

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7601175号
(P7601175)

(45)発行日 令和6年12月17日(2024.12.17)

(24)登録日 令和6年12月9日(2024.12.9)

(51)国際特許分類

F I

H 0 3 M 13/19 (2006.01)

H 0 3 M 13/19

請求項の数 2 (全144頁)

(21)出願番号	特願2023-175766(P2023-175766)	(73)特許権者	000002185
(22)出願日	令和5年10月11日(2023.10.11)		ソニーグループ株式会社
(62)分割の表示	特願2022-160301(P2022-160301)		東京都港区港南1丁目7番1号
	)の分割	(74)代理人	100121131
原出願日	平成28年11月18日(2016.11.18)		弁理士 西川 孝
(65)公開番号	特開2023-171551(P2023-171551)	(74)代理人	
	A)		稲本 義雄
(43)公開日	令和5年12月1日(2023.12.1)	(74)代理人	100168686
審査請求日	令和5年11月8日(2023.11.8)		弁理士 三浦 勇介
(出願人による申告)平成28年度、総務省、委託研究「地上テレビジョン放送の高度化技術に関する研究開発」、産業技術力強化法第17条の適用を受ける特許出願		(72)発明者	篠原 雄二
			東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内
		(72)発明者	山本 真紀子
			東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内
最終頁に続く			

(54)【発明の名称】 送受信システム及び送受信方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

符号長Nが69120ビットであり、符号化率rが8/16のLDPC符号の検査行列に基づき、LDPC符号化を行う符号化部を備える送信装置と、

前記LDPC符号を復号する復号部を備える受信装置と

を備え、

前記LDPC符号は、情報ビットとパリティビットを含み、

前記検査行列は、前記情報ビットに対応する情報行列部及び前記パリティビットに対応するパリティ行列部を含み、

前記情報行列部は、検査行列初期値テーブルによって表され、

前記検査行列初期値テーブルは、前記情報行列部の1の要素の位置を360列ごとに表すテーブルであって、

1850 4176 4190 7294 8168 8405 9258 9710 13440 16304 16600 18184

18834 19899 22513 25068 26659 27137 27232 29186 29667 30549 31428

33634

2477 2543 5094 8081 9573 10269 11276 11439 13016 13327 16717 180

42 19362 19721 20089 20425 20503 21396 24677 24722 28703 32486 32

759 33630

1930 2158 2315 2683 3818 4883 5252 5505 8760 9580 11867 13117 14

566 15639 17273 18820 21069 24945 25667 26785 30678 31271 33003 33244

1279 1491 2038 2347 2432 4336 4905 6588 7507 7666 8775 9172 10405
12249 12270 12373 12936 13046 13364 15130 17597 22855 27548 32895
620 1897 3775 5552 6799 7621 10167 10172 10615 11367 12093 13241
15426 16623 19467 19792 22069 22370 24472 24594 25205 25954 27800
29422
582 1618 4673 5809 6318 6883 8051 12335 12409 13176 14078 15206
17580 18624 18876 19079 20786 21177 25894 26395 27377 27757 30167
31971
1157 2189 4160 4480 5055 8961 9171 9444 10533 11581 12904 14256
14620 15773 16232 17598 19756 21134 21443 22559 23258 25137 25555
28150
987 1258 1269 2394 4859 5642 5705 6093 6408 7734 8804 10657 11946
16132 20267 25402 26505 26548 27060 29767 29780 31915 31966 33590
1010 1363 1626 5283 6356 10961 12418 14332 14362 16288 16303 165
92 17096 20115 20285 20478 21774 22165 22425 23198 25048 25596 31
540 32841
895 2743 2912 4971 8803 11183 14500 14617 14638 16776 17901 1862
2 20244 20845 22214 25676 26161 26281 29978 30392 30922 31542 320
38 32443
188 260 411 2823 5512 5645 10019 11856 12671 14273 14673 16091 1
6169 22333 22934 22945 23542 26503 27159 27279 28277 30114 31626
32722
357 516 3530 4317 8587 9491 10348 11330 13446 14533 15423 17003
17217 19127 20088 20750 21767 22386 24021 27749 29008 29376 30329
32940
2909 3036 4875 9967 10632 12069 12410 14004 14628 15605 15852 18
231 18657 19705 20620 22241 29575 29656 31246 32190 32781 33489 3
3842 34492
4242 5461 5577 7662 11130 13663 17240 17773 18339 19400 22905 24
219 25464 25890 26359 27121 27318 27840 30800 32587 32924 33427 3
3940 34058
421 2222 3457 5257 5600 10147 12754 17380 18854 20333 20345 2075
2 24578 25196 25638 25725 25822 27610 28006 28563 29632 29973 299
91 34166
41 207 1043 4650 5387 6826 7261 8687 9092 10775 11446 12596 16613
19463 20923 24155 24927 25384 26064 27377 28094 32578 32639 34115
1050 5731 15820 16281 26130 29314
5980 6161 14479 22181 22537 32924
7828 9134 11297 17143 25449 29674
8299 10457 14486 21548 22510 32039
1527 7792 10424 19166 29302 29768
5823 13974 21254 21506 25658 29491
6285 9873 12846 14474 17005 29377
1740 4929 8285 20994 32271 34522
12862 16827 22427 23369 27051 30378
4787 10372 10408 12091 20349 26162
6659 22752 24697 28261 28917 32536
6788 15367 21778 28916 30324 33927
7181 12373 21912 24703 28680 34045
2238 4945 14336 19270 29574 33459

10

20

30

40

50

10283 15311 17440 24599 24867 28293
324 5264 5375 6581 24348 30288
3112 7656 23825
21624 22318 22633
5284 19790 22758
2700 4039 12576
17028 17520 19579
11914 17834 33989
2199 5502 7184
22 20701 26497
5551 27014 32876
4019 26547 28521
7580 10016 33855
4328 11674 34018
8491 9956 10029
6167 11267 24914
5317 9049 29657
20717 28724 33012
16841 21647 31096
11931 16278 20287
9402 10557 11008
11826 15349 34420
14369 17031 20597
19164 27947 29775
15537 18796 33662
5404 21027 26757
6269 12671 24309
8601 29048 29262
10099 20323 21457
15952 17074 30434
7597 20987 33095
11298 24182 29217
12055 16250 16971
5350 9354 31390
8168 14168 18570
5448 13141 32381
3921 21113 28176
8756 19895 27917
9391 16617 25586
3357 18527 34238
2378 16840 28948
7470 27466 32928
8366 19376 30916
3116 7267 18016
15309 18445 21799
4731 23773 34546
260 4898 5180
8897 22266 29587
2539 23717 33142
19233 28750 29724

10

20

30

40

50

9937 15384 16599
10234 17089 26776
8869 9425 13658
6197 24086 31929
9237 20931 27785
10403 13822 16734
20038 21196 26868
13170 27813 28875
1110 20329 24508
11844 22662 28987
2891 2918 14512
15707 27399 34135
8687 20019 26178
6847 8903 16307
23737 23775 27776
17388 27970 31983

である

送受信システム。

【請求項2】

符号長Nが69120ビットであり、符号化率rが8/16のLDPC符号の検査行列に基づき、LDPC符号化を行う符号化ステップと、

前記LDPC符号を復号する復号ステップと

を備え、

前記LDPC符号は、情報ビットとパリティビットを含み、

前記検査行列は、前記情報ビットに対応する情報行列部及び前記パリティビットに対応するパリティ行列部を含み、

前記情報行列部は、検査行列初期値テーブルによって表され、

前記検査行列初期値テーブルは、前記情報行列部の1の要素の位置を360列ごとに表すテーブルであって、

1850 4176 4190 7294 8168 8405 9258 9710 13440 16304 16600 18184
18834 19899 22513 25068 26659 27137 27232 29186 29667 30549 31428
33634

2477 2543 5094 8081 9573 10269 11276 11439 13016 13327 16717 180
42 19362 19721 20089 20425 20503 21396 24677 24722 28703 32486 32
759 33630

1930 2158 2315 2683 3818 4883 5252 5505 8760 9580 11867 13117 14
566 15639 17273 18820 21069 24945 25667 26785 30678 31271 33003 33244
1279 1491 2038 2347 2432 4336 4905 6588 7507 7666 8775 9172 10405
12249 12270 12373 12936 13046 13364 15130 17597 22855 27548 32895
620 1897 3775 5552 6799 7621 10167 10172 10615 11367 12093 13241
15426 16623 19467 19792 22069 22370 24472 24594 25205 25954 27800
29422

582 1618 4673 5809 6318 6883 8051 12335 12409 13176 14078 15206
17580 18624 18876 19079 20786 21177 25894 26395 27377 27757 30167
31971

1157 2189 4160 4480 5055 8961 9171 9444 10533 11581 12904 14256
14620 15773 16232 17598 19756 21134 21443 22559 23258 25137 25555
28150

987 1258 1269 2394 4859 5642 5705 6093 6408 7734 8804 10657 11946
16132 20267 25402 26505 26548 27060 29767 29780 31915 31966 33590

10

20

30

40

50

1010 1363 1626 5283 6356 10961 12418 14332 14362 16288 16303 165
92 17096 20115 20285 20478 21774 22165 22425 23198 25048 25596 31
540 32841
895 2743 2912 4971 8803 11183 14500 14617 14638 16776 17901 1862
2 20244 20845 22214 25676 26161 26281 29978 30392 30922 31542 320
38 32443
188 260 411 2823 5512 5645 10019 11856 12671 14273 14673 16091 1
6169 22333 22934 22945 23542 26503 27159 27279 28277 30114 31626
32722
357 516 3530 4317 8587 9491 10348 11330 13446 14533 15423 17003
17217 19127 20088 20750 21767 22386 24021 27749 29008 29376 30329
32940
2909 3036 4875 9967 10632 12069 12410 14004 14628 15605 15852 18
231 18657 19705 20620 22241 29575 29656 31246 32190 32781 33489 3
3842 34492
4242 5461 5577 7662 11130 13663 17240 17773 18339 19400 22905 24
219 25464 25890 26359 27121 27318 27840 30800 32587 32924 33427 3
3940 34058
421 2222 3457 5257 5600 10147 12754 17380 18854 20333 20345 2075
2 24578 25196 25638 25725 25822 27610 28006 28563 29632 29973 299
91 34166
41 207 1043 4650 5387 6826 7261 8687 9092 10775 11446 12596 16613
19463 20923 24155 24927 25384 26064 27377 28094 32578 32639 34115
1050 5731 15820 16281 26130 29314
5980 6161 14479 22181 22537 32924
7828 9134 11297 17143 25449 29674
8299 10457 14486 21548 22510 32039
1527 7792 10424 19166 29302 29768
5823 13974 21254 21506 25658 29491
6285 9873 12846 14474 17005 29377
1740 4929 8285 20994 32271 34522
12862 16827 22427 23369 27051 30378
4787 10372 10408 12091 20349 26162
6659 22752 24697 28261 28917 32536
6788 15367 21778 28916 30324 33927
7181 12373 21912 24703 28680 34045
2238 4945 14336 19270 29574 33459
10283 15311 17440 24599 24867 28293
324 5264 5375 6581 24348 30288
3112 7656 23825
21624 22318 22633
5284 19790 22758
2700 4039 12576
17028 17520 19579
11914 17834 33989
2199 5502 7184
22 20701 26497
5551 27014 32876
4019 26547 28521
7580 10016 33855

10

20

30

40

50

4328 11674 34018
8491 9956 10029
6167 11267 24914
5317 9049 29657
20717 28724 33012
16841 21647 31096
11931 16278 20287
9402 10557 11008
11826 15349 34420
14369 17031 20597
19164 27947 29775
15537 18796 33662
5404 21027 26757
6269 12671 24309
8601 29048 29262
10099 20323 21457
15952 17074 30434
7597 20987 33095
11298 24182 29217
12055 16250 16971
5350 9354 31390
8168 14168 18570
5448 13141 32381
3921 21113 28176
8756 19895 27917
9391 16617 25586
3357 18527 34238
2378 16840 28948
7470 27466 32928
8366 19376 30916
3116 7267 18016
15309 18445 21799
4731 23773 34546
260 4898 5180
8897 22266 29587
2539 23717 33142
19233 28750 29724
9937 15384 16599
10234 17089 26776
8869 9425 13658
6197 24086 31929
9237 20931 27785
10403 13822 16734
20038 21196 26868
13170 27813 28875
1110 20329 24508
11844 22662 28987
2891 2918 14512
15707 27399 34135
8687 20019 26178

10

20

30

40

50

6847 8903 16307

23737 23775 27776

17388 27970 31983

である

送受信方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本技術は、送受信システム及び送受信方法に関し、特に、例えば、LDPC符号を用いたデータ伝送において、良好な通信品質を確保することができるようにする送受信システム及び送受信方法に関する。

10

【背景技術】

【0002】

LDPC(Low Density Parity Check)符号は、高い誤り訂正能力を有し、近年では、例えば、欧州等のDVB(Digital Video Broadcasting)-S.2や、DVB-T.2、DVB-C.2、米国等のATSC(Advanced Television Systems Committee)3.0等のデジタル放送等の伝送方式に広く採用されている（例えば、非特許文献1を参照）。

【0003】

LDPC符号は、近年の研究により、ターボ符号等と同様に、符号長を長くしていくにしたがって、シャノン限界に近い性能が得られることがわかりつつある。また、LDPC符号は、最小距離が符号長に比例するという性質があることから、その特徴として、ブロック誤り確率特性がよく、さらに、ターボ符号等の復号特性において観測される、いわゆるエラーフロア現象が殆ど生じないことも利点として挙げられる。

20

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0004】

【文献】ATSC Standard:Physical Layer Protocol(A/322), 7 September 2016

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

LDPC符号を用いたデータ伝送では、例えば、LDPC符号が、QPSK(Quadrature Phase Shift Keying)等の直交変調（デジタル変調）のシンボルとされ（シンボル化され）、そのシンボルが、直交変調の信号点にマッピングされて送信される。

30

【0006】

以上のようなLDPC符号を用いたデータ伝送は、世界的に拡がりつつあり、良好な通信（伝送）品質を確保することが要請されている。

【0007】

本技術は、このような状況に鑑みてなされたものであり、LDPC符号を用いたデータ伝送において、良好な通信品質を確保することができるようにするものである。

【課題を解決するための手段】

40

【0008】

本技術の第1の送信装置／方法は、符号長Nが69120ビットであり、符号化率rが7/16のLDPC符号の検査行列に基づき、LDPC符号化を行う符号化部／ステップを備え、前記LDPC符号は、情報ビットとパリティビットを含み、前記検査行列は、前記情報ビットに対応する情報行列部及び前記パリティビットに対応するパリティ行列部を含み、前記情報行列部は、検査行列初期値テーブルによって表され、前記検査行列初期値テーブルは、前記情報行列部の1の要素の位置を360列ごとに表すテーブルであって、

5189 9880 13538 15175 16621 16804 17705 17961 20733 21467 21989
22238 22463 22918 23828 24930 25118 29684 33583 37271

70 5848 12393 14052 14252 17346 17509 19994 20675 24493 25258 2

50

9167 29758 30689 33714 33848 33910 34528 36773 38204
460 3837 6795 6912 7428 10696 12315 13575 15357 21353 23908 249
33 30574 32972 33778 34513 35079 35137 36858 38213
157 8681 9967 11922 12445 14847 16658 19556 22644 24339 25625 2
8151 28405 29858 30427 31235 32999 33392 33666 38766
3951 10022 12466 13163 13699 15100 16425 17314 22941 23114 2318
6 23320 31711 32091 32346 32880 33839 34080 35244 35281
1963 3894 4747 5005 9478 11504 11733 13851 15703 18601 19091 20
025 23748 26876 28310 33966 36096 36785 38241 38311
1787 5475 7062 11439 11686 12094 13500 14948 16457 21418 23783
27664 29522 30557 30960 31551 31893 32108 32636 35190
420 1601 4105 10709 11003 19228 21225 21427 21627 22632 23597 2
4691 24876 27272 30053 30632 37024 37337 38287 38865
2010 2747 4310 4828 6790 6992 7149 7686 7839 9174 10122 12007 15
980 17263 18970 21288 24460 33544 34955 36082
4728 5125 5485 6758 7027 7310 9319 12741 13418 14280 14608 18831
19770 20620 22885 24340 29811 30383 31190 31328
1394 1527 2639 3398 3525 5055 10589 14304 17665 24839 28525 295
30 30637 30730 31979 32294 32322 36477 36553 38823
30459911 11773 12368 13334 18650 19865 21411 24014 25991 27310
27609 28086 28782 30162 34481 34903 35059 36026 36601
1245 1578 4372 7080 8475 13246 14436 15058 16006 16453 16536 20
386 21253 25032 25217 27143 33582 34233 35898 37013
156 579 1835 2921 4288 5799 13536 17576 18882 19825 20721 21827
22488 23207 30595 30943 33676 34224 36783 37618
1761 2419 4684 5188 8865 11427 13523 22508 22588 22658 23319 24
649 27740 28615 28701 30469 31004 31708 38366 38845
3458 4318 8330 11232 11559 12478 14158 14837 16062 22913 23562
27331 27356 27424 27568 27668 30979 34747 35621 36680
144 1310 2076 2897 8483 10803 15403 21321 24285 24473 28105 287
15 28756 29235 30570 32778 33148 35641 37148 37821
4019 4750 6236 10250 10853 13526 15851 17279 18650 19259 20752
21209 21331 22157 22387 27086 29179 30736 32244 36708
20671 21714 26907 28806
10538 15159 29903 35695
7414 15003 28833 31718
28014 30364 31097 34164
118 7358 17504 27943
11617 12578 20090 33389
3664 4126 20256 31569
2510 3137 4580 13643
19359 19928 28120 34072
29 28234 33691 33901
1652 4422 9877 32434
9374 16809 26890 27786
6375 7463 20276 25951
877 5288 22733 32789
11506 11756 36420 37946
2188 3978 21657 24557
2467 13247 15618 38099

10

20

30

40

50

8086 19322 20602 26103
14418 28964 30852
8699 24256 28148
23353 25683 28619
20308 20717 29796
15424 18549 27624
8364 10552 12097
1131 2885 7391
1261 21060 38209
17317 21621 36705
5639 12807 17190
5191 24907 28557
2388 8217 10171
9817 13630 22551
12602 25327 29827
7656 19444 25085
6267 28863 36436
12681 14004 16008
13384 17331 20619
2733 5250 10975
12205 23370 30549
14780 27173 29844
8279 20595 21487
4138 6047 26339
9456 11906 20885
1705 17926 20388
1454 9194 30263
1231 8351 23181
10266 18803 27246
21186 22194 28560
781 5216 11393
13912 17866 28143
5477 10640 24020
685 19226 26846
11800 15237 19218
16399 32732 36732
4557 6863 14336
17277 19652 23485
3611 7209 21276
1050 21873 30442
2306 18242 28443
5814 9730 22265
1208 6778 7945
7738 14314 14752
26797 35849 37481
10778 14777 37667
2552 23380 26101
2779 15412 34159
3571 29931 32092

である送信装置／方法である。

10

20

30

40

50

【0009】

第1の送信装置／方法においては、符号長Nが69120ビットであり、符号化率rが7/16のLDPC符号の検査行列に基づき、LDPC符号化が行われる。前記LDPC符号は、情報ビットとパリティビットを含み、前記検査行列は、前記情報ビットに対応する情報行列部及び前記パリティビットに対応するパリティ行列部を含み、前記情報行列部は、検査行列初期値テーブルによって表され、前記検査行列初期値テーブルは、前記情報行列部の1の要素の位置を360列ごとに表すテーブルであって、

5189 9880 13538 15175 16621 16804 17705 17961 20733 21467 21989
22238 22463 22918 23828 24930 25118 29684 33583 37271

70 5848 12393 14052 14252 17346 17509 19994 20675 24493 25258 2
9167 29758 30689 33714 33848 33910 34528 36773 38204

460 3837 6795 6912 7428 10696 12315 13575 15357 21353 23908 249
33 30574 32972 33778 34513 35079 35137 36858 38213

157 8681 9967 11922 12445 14847 16658 19556 22644 24339 25625 2
8151 28405 29858 30427 31235 32999 33392 33666 38766

3951 10022 12466 13163 13699 15100 16425 17314 22941 23114 2318
6 23320 31711 32091 32346 32880 33839 34080 35244 35281

1963 3894 4747 5005 9478 11504 11733 13851 15703 18601 19091 20
025 23748 26876 28310 33966 36096 36785 38241 38311

17875475 7062 11439 11686 12094 13500 14948 16457 21418 23783
27664 29522 30557 30960 31551 31893 32108 32636 35190

420 1601 4105 10709 11003 19228 21225 21427 21627 22632 23597 2
4691 24876 27272 30053 30632 37024 37337 38287 38865

2010 2747 4310 4828 6790 6992 7149 7686 7839 9174 10122 12007 15
980 17263 18970 21288 24460 33544 34955 36082

4728 5125 5485 6758 7027 7310 9319 12741 13418 14280 14608 18831
19770 20620 22885 24340 29811 30383 31190 31328

1394 1527 2639 3398 3525 5055 10589 14304 17665 24839 28525 295
30 30637 30730 31979 32294 32322 36477 36553 38823

3045 9911 11773 12368 13334 18650 19865 21411 24014 25991 27310
27609 28086 28782 30162 34481 34903 35059 36026 36601

1245 1578 4372 7080 8475 13246 14436 15058 16006 16453 16536 20
386 21253 25032 25217 27143 33582 34233 35898 37013

156 579 1835 2921 4288 5799 13536 17576 18882 19825 20721 21827
22488 23207 30595 30943 33676 34224 36783 37618

1761 2419 4684 5188 8865 11427 13523 22508 22588 22658 23319 24
649 27740 28615 28701 30469 31004 31708 38366 38845

3458 4318 8330 11232 11559 12478 14158 14837 16062 22913 23562
27331 27356 27424 27568 27668 30979 34747 35621 36680

144 1310 2076 2897 8483 10803 15403 21321 24285 24473 28105 287
15 28756 29235 30570 32778 33148 35641 37148 37821

4019 4750 6236 10250 10853 13526 15851 17279 18650 19259 20752
21209 21331 22157 22387 27086 29179 30736 32244 36708

20671 21714 26907 28806

10538 15159 29903 35695

7414 15003 28833 31718

28014 30364 31097 34164

118 7358 17504 27943

11617 12578 20090 33389

3664 4126 20256 31569

10

20

30

40

50

2510 3137 4580 13643
19359 19928 28120 34072
29 28234 33691 33901
1652 4422 9877 32434
9374 16809 26890 27786
6375 7463 20276 25951
877 5288 22733 32789
11506 11756 36420 37946
2188 3978 21657 24557
2467 13247 15618 38099
8086 19322 20602 26103
14418 28964 30852
8699 24256 28148
23353 25683 28619
20308 20717 29796
15424 18549 27624
8364 10552 12097
1131 2885 7391
1261 21060 38209
17317 21621 36705
5639 12807 17190
5191 24907 28557
2388 8217 10171
9817 13630 22551
12602 25327 29827
7656 19444 25085
6267 28863 36436
12681 14004 16008
13384 17331 20619
2733 5250 10975
12205 23370 30549
14780 27173 29844
8279 20595 21487
4138 6047 26339
9456 11906 20885
1705 17926 20388
1454 9194 30263
1231 8351 23181
10266 18803 27246
21186 22194 28560
781 5216 11393
13912 17866 28143
5477 10640 24020
685 19226 26846
11800 15237 19218
16399 32732 36732
4557 6863 14336
17277 19652 23485
3611 7209 21276
1050 21873 30442

10

20

30

40

50

2306 18242 28443
5814 9730 22265
1208 6778 7945
7738 14314 14752
26797 35849 37481
10778 14777 37667
2552 23380 26101
2779 15412 34159
3571 29931 32092

になっている。

【0010】

本技術の第1の受信装置／方法は、符号長Nが69120ビットであり、符号化率rが7/16のLDPC符号の検査行列に基づき、LDPC符号化を行う符号化部を備え、前記LDPC符号は、情報ビットとパリティビットを含み、前記検査行列は、前記情報ビットに対応する情報行列部及び前記パリティビットに対応するパリティ行列部を含み、前記情報行列部は、検査行列初期値テーブルによって表され、前記検査行列初期値テーブルは、前記情報行列部の1の要素の位置を360列ごとに表すテーブルであって、

5189 9880 13538 15175 16621 16804 17705 17961 20733 21467 21989
22238 22463 22918 23828 24930 25118 29684 33583 37271

70 5848 12393 14052 14252 17346 17509 19994 20675 24493 25258 2
9167 29758 30689 33714 33848 33910 34528 36773 38204

460 3837 6795 6912 7428 10696 12315 13575 15357 21353 23908 249
33 30574 32972 33778 34513 35079 35137 36858 38213

157 8681 9967 11922 12445 14847 16658 19556 22644 24339 25625 2
8151 28405 29858 30427 31235 32999 33392 33666 38766

3951 10022 12466 13163 13699 15100 16425 17314 22941 23114 2318
6 23320 31711 32091 32346 32880 33839 34080 35244 35281

1963 3894 4747 5005 9478 11504 11733 13851 15703 18601 19091 20
025 23748 26876 28310 33966 36096 36785 38241 38311

1787 5475 7062 11439 11686 12094 13500 14948 16457 21418 23783
27664 29522 30557 30960 31551 31893 32108 32636 35190

420 1601 4105 10709 11003 19228 21225 21427 21627 22632 23597 2
4691 24876 27272 30053 30632 37024 37337 38287 38865

2010 2747 4310 4828 6790 6992 7149 7686 7839 9174 10122 12007 15
980 17263 18970 21288 24460 33544 34955 36082

4728 5125 5485 6758 7027 7310 9319 12741 13418 14280 14608 18831
19770 20620 22885 24340 29811 30383 31190 31328

1394 1527 2639 3398 3525 5055 10589 14304 17665 24839 28525 295
30 30637 30730 31979 32294 32322 36477 36553 38823

3045 9911 11773 12368 13334 18650 19865 21411 24014 25991 27310
27609 28086 28782 30162 34481 34903 35059 36026 36601

1245 1578 4372 7080 8475 13246 14436 15058 16006 16453 16536 20
386 21253 25032 25217 27143 33582 34233 35898 37013

156 579 1835 2921 4288 5799 13536 17576 18882 19825 20721 21827
22488 23207 30595 30943 33676 34224 36783 37618

1761 2419 4684 5188 8865 11427 13523 22508 22588 22658 23319 24
649 27740 28615 28701 30469 31004 31708 38366 38845

3458 4318 8330 11232 11559 12478 14158 14837 16062 22913 23562
27331 27356 27424 27568 27668 30979 34747 35621 36680

144 1310 2076 2897 8483 10803 15403 21321 24285 24473 28105 287

10

20

30

40

50

15 28756 29235 30570 32778 33148 35641 37148 37821
4019 4750 6236 10250 10853 13526 15851 17279 18650 19259 20752
21209 21331 22157 22387 27086 29179 30736 32244 36708
20671 21714 26907 28806
10538 15159 29903 35695
7414 15003 28833 31718
28014 30364 31097 34164
118 7358 17504 27943
11617 12578 20090 33389
3664 4126 20256 31569
2510 3137 4580 13643
19359 19928 28120 34072
29 28234 33691 33901
1652 4422 9877 32434
9374 16809 26890 27786
6375 7463 20276 25951
877 5288 22733 32789
11506 11756 36420 37946
2188 3978 21657 24557
246713247 15618 38099
8086 19322 20602 26103
14418 28964 30852
8699 24256 28148
23353 25683 28619
20308 20717 29796
15424 18549 27624
8364 10552 12097
1131 2885 7391
1261 21060 38209
17317 21621 36705
5639 12807 17190
5191 24907 28557
2388 8217 10171
9817 13630 22551
12602 25327 29827
7656 19444 25085
6267 28863 36436
12681 14004 16008
13384 17331 20619
2733 5250 10975
12205 23370 30549
14780 27173 29844
8279 20595 21487
4138 6047 26339
9456 11906 20885
1705 17926 20388
1454 9194 30263
1231 8351 23181
10266 18803 27246
21186 22194 28560

10

20

30

40

50

781 5216 11393
13912 17866 28143
5477 10640 24020
685 19226 26846
11800 15237 19218
16399 32732 36732
4557 6863 14336
17277 19652 23485
3611 7209 21276
1050 21873 30442
2306 18242 28443
5814 9730 22265
1208 6778 7945
7738 14314 14752
26797 35849 37481
10778 14777 37667
2552 23380 26101
2779 15412 34159
3571 29931 32092

である送信装置から送信されてくるデータから得られる前記LDPC符号を復号する復号部／ステップを備える受信装置／方法である。

【0011】

第1の受信装置／方法においては、符号長Nが69120ビットであり、符号化率rが7/16のLDPC符号の検査行列に基づき、LDPC符号化を行う符号化部を備え、前記LDPC符号は、情報ビットとパリティビットを含み、前記検査行列は、前記情報ビットに対応する情報行列部及び前記パリティビットに対応するパリティ行列部を含み、前記情報行列部は、検査行列初期値テーブルによって表され、前記検査行列初期値テーブルは、前記情報行列部の1の要素の位置を360列ごとに表すテーブルであって、

5189 9880 13538 15175 16621 16804 17705 17961 20733 21467 21989
22238 22463 22918 23828 24930 25118 29684 33583 37271
70 5848 12393 14052 14252 17346 17509 19994 20675 24493 25258 2
9167 29758 30689 33714 33848 33910 34528 36773 38204
460 3837 6795 6912 7428 10696 12315 13575 15357 21353 23908 249
33 30574 32972 33778 34513 35079 35137 36858 38213
157 8681 9967 11922 12445 14847 16658 19556 22644 24339 25625 2
8151 28405 29858 30427 31235 32999 33392 33666 38766
3951 10022 12466 13163 13699 15100 16425 17314 22941 23114 2318
6 23320 31711 32091 32346 32880 33839 34080 35244 35281
1963 3894 4747 5005 9478 11504 11733 13851 15703 18601 19091 20
025 23748 26876 28310 33966 36096 36785 38241 38311
1787 5475 7062 11439 11686 12094 13500 14948 16457 21418 23783
27664 29522 30557 30960 31551 31893 32108 32636 35190
420 1601 4105 10709 11003 19228 21225 21427 21627 22632 23597 2
4691 24876 27272 30053 30632 37024 37337 38287 38865
2010 2747 4310 4828 6790 6992 7149 7686 7839 9174 10122 12007 15
980 17263 18970 21288 24460 33544 34955 36082
4728 5125 5485 6758 7027 7310 9319 12741 13418 14280 14608 18831
19770 20620 22885 24340 29811 30383 31190 31328
1394 1527 2639 3398 3525 5055 10589 14304 17665 24839 28525 295
30 30637 30730 31979 32294 32322 36477 36553 38823

3045 9911 11773 12368 13334 18650 19865 21411 24014 25991 27310
27609 28086 28782 30162 34481 34903 35059 36026 36601
1245 1578 4372 7080 8475 13246 14436 15058 16006 16453 16536 20
386 21253 25032 25217 27143 33582 34233 35898 37013
156 579 1835 2921 4288 5799 13536 17576 18882 19825 20721 21827
22488 23207 30595 30943 33676 34224 36783 37618
1761 2419 4684 5188 8865 11427 13523 22508 22588 22658 23319 24
649 27740 28615 28701 30469 31004 31708 38366 38845
3458 4318 8330 11232 11559 12478 14158 14837 16062 22913 23562
27331 27356 27424 27568 27668 30979 34747 35621 36680
144 1310 2076 2897 8483 10803 15403 21321 24285 24473 28105 287
15 28756 29235 30570 32778 33148 35641 37148 37821
4019 4750 6236 10250 10853 13526 15851 17279 18650 19259 20752
21209 21331 22157 22387 27086 29179 30736 32244 36708
20671 21714 26907 28806
10538 15159 29903 35695
7414 15003 28833 31718
28014 30364 31097 34164
118 7358 17504 27943
11617 12578 20090 33389
3664 4126 20256 31569
2510 3137 4580 13643
19359 19928 28120 34072
29 28234 33691 33901
1652 4422 9877 32434
9374 16809 26890 27786
6375 7463 20276 25951
877 5288 22733 32789
11506 11756 36420 37946
2188 3978 21657 24557
2467 13247 15618 38099
8086 19322 20602 26103
14418 28964 30852
8699 24256 28148
23353 25683 28619
20308 20717 29796
15424 18549 27624
8364 10552 12097
1131 2885 7391
1261 21060 38209
17317 21621 36705
5639 12807 17190
5191 24907 28557
2388 8217 10171
9817 13630 22551
12602 25327 29827
7656 19444 25085
6267 28863 36436
12681 14004 16008
13384 17331 20619

10

20

30

40

50

2733 5250 10975
12205 23370 30549
14780 27173 29844
8279 20595 21487
4138 6047 26339
9456 11906 20885
1705 17926 20388
1454 9194 30263
1231 8351 23181
10266 18803 27246
21186 22194 28560
781 5216 11393
13912 17866 28143
5477 10640 24020
685 19226 26846
11800 15237 19218
16399 32732 36732
4557 6863 14336
17277 19652 23485
36117209 21276
1050 21873 30442
2306 18242 28443
5814 9730 22265
1208 6778 7945
7738 14314 14752
26797 35849 37481
10778 14777 37667
2552 23380 26101
2779 15412 34159
3571 29931 32092

10

20

30

である送信装置から送信されてくるデータから得られる前記LDPC符号が復号される。

【0012】

本技術の第2の送信装置／方法は、符号長Nが69120ビットであり、符号化率rが7/16のLDPC符号の検査行列に基づき、LDPC符号化を行う符号化部／ステップを備え、前記LDPC符号は、情報ビットとパリティビットを含み、前記検査行列は、前記情報ビットに対応する情報行列部及び前記パリティビットに対応するパリティ行列部を含み、前記情報行列部は、検査行列初期値テーブルによって表され、前記検査行列初期値テーブルは、前記情報行列部の1の要素の位置を360列ごとに表すテーブルであって、

3781 6916 6934 11478 12245 13955 15314 15521 16710 18163 21883
24658 26586 27981 28648 31274 31994 34499 37654 38089 38646
3409 4491 5576 6779 8290 9295 10165 10287 12457 13052 15649 188
61 22798 24303 27720 28767 31148 32645 33114 34014 34571
1346 3203 4376 8828 12144 12192 14471 15695 16838 16973 19039 2
0649 20772 22260 22370 23704 26220 30178 31953 32499 38758
1999 2724 2805 5711 5722 8176 8583 12845 13604 14529 16195 19312
19612 19892 22950 23697 24556 26319 27521 27582 31615
5209 8943 9877 10643 10853 11048 13651 17069 17210 19068 22040
23883 25579 28354 28597 29409 29457 31169 34228 36180 38572
271 910 4894 5838 7166 9457 12559 12752 16661 16732 19190 21313
21378 24410 25551 25708 28928 30537 30682 31552 37906

40

50

131 4378 6224 8143 9240 11696 14292 14520 19337 22025 26069 274
18 29338 31791 32164 32573 33547 34934 36289 37163 37319
1756 4041 7413 9799 10173 10574 11704 12500 13043 14811 15087 1
5521 16177 18453 18681 28169 30555 31106 32511 34350 37236
589 2827 3183 4406 12246 13112 16739 17616 17952 20154 21240 21
938 23145 24248 26189 27216 27386 31623 32819 36361 38005
1214 1245 1755 1940 6822 6895 7750 8687 11684 11802 12942 13362
16423 18240 19600 21676 23939 28782 35714 37597 38146
286 5126 6405 6586 9097 10975 12268 12805 14506 14744 17117 188
27 26361 26441 27256 28757 29140 29568 31553 37795 38655
961 2442 3434 3890 4209 4320 6417 6430 7180 9265 20461 21026 273
25 31207 33765 36370 36500 36977 38064 38244 38418
5836 8876 9094 9332 13613 13780 14565 15475 15887 16458 16489 1
6776 18723 21934 24271 24363 25696 27794 37030 38030
2707 3249 3740 7503 10158 11464 12834 14675 18245 18332 18888 2
0213 23130 25452 29019 30588 32027 34057 34209 38495
381 570 3671 10027 10746 11751 12139 18163 19455 19681 20051 23
763 25300 26984 27021 28070 28763 30826 33291 37391
8609 10336 10568 11672 12691 13250 15095 15785 18246 20835 2151
6 24332 24612 25226 27732 28106 32122 32676 33437 36733
2063 3030 4285 4466 7200 10031 14609 15378 16363 20611 20757 21
235 21420 22476 24313 24319 28117 29270 34947 38242
425 1528 3005 4946 5624 6809 11163 11656 14898 16555 19289 20411
22140 23168 27381 28648 31395 34424 37450 37775
7763 12513 14792 20465
3337 4306 13225 26639
3511 4168 7745 18770
3034 26440 31723 32582
2458 13276 28213 34317
4590 5331 9772 22678
6678 16422 17052 22284
4795 7956 23271 34038
5100 15330 23420 23750
20996 25124 29783 38015
3207 5296 6461 26697
16855 27613 31134 31686
645 9868 18039 29836
2837 27058 32786 37066
5648 25181 31874 35839
1831 21924 31081 33927
5649 7669 15910 33928
1748 10198 33744 35288
2171 17317 31053
11028 20243 35491
17583 20154 34159
17839 23678 37001
4358 14031 25177
12213 18527 26206
1897 9338 17717
9315 20885 34713

10

20

30

40

50

26252 29369 36804
1535 19475 31065
11508 26408 34731
4430 11634 38416
8986 11977 34069
17765 24479 30156
1099 26782 31497
981 18470 28248
9162 13600 19481
5511 19553 30120
2299 35420 38187
1631 10361 36516
10702 24063 37997
26964 33568 33761
10905 13637 24483
12467 16884 21722
4981 23353 24018
6032 23198 29021
9021 11723 19411
12601 22896 32001
5407 20108 22816
21401 22681 23327
15260 23228 25012
12631 18459 34837
14055 27588 37191
6994 7622 19062
26176 31883 35168
29635 34213 34806
271 7694 36198
28822 31540 36325
5327 14023 35685
5336 5992 29716
2240 19183 21378
6970 21252 23374
8500 19154 29238
5559 6658 16206
18842 34518 34742
729 10571 34149
1654 2000 35507
12555 29469 38762

である送信装置／方法である。

【0013】

第2の送信装置／方法においては、符号長 N が69120ビットであり、符号化率 r が $7/16$ のLDPC符号の検査行列に基づき、LDPC符号化が行われる。前記LDPC符号は、情報ビットとパリティビットを含み、前記検査行列は、前記情報ビットに対応する情報行列部及び前記パリティビットに対応するパリティ行列部を含み、前記情報行列部は、検査行列初期値テーブルによって表され、前記検査行列初期値テーブルは、前記情報行列部の1の要素の位置を360列ごとに表すテーブルであって、

3781 6916 6934 11478 12245 13955 15314 15521 16710 18163 21883
24658 26586 27981 28648 31274 31994 34499 37654 38089 38646

10

20

30

40

50

3409 4491 5576 6779 8290 9295 10165 10287 12457 13052 15649 188
61 22798 24303 27720 28767 31148 32645 33114 34014 34571
1346 3203 4376 8828 12144 12192 14471 15695 16838 16973 19039 2
0649 20772 22260 22370 23704 26220 30178 31953 32499 38758
1999 2724 2805 5711 5722 8176 8583 12845 13604 14529 16195 19312
19612 19892 22950 23697 24556 26319 27521 27582 31615
5209 8943 9877 10643 10853 11048 13651 17069 17210 19068 22040
23883 25579 28354 28597 29409 29457 31169 34228 36180 38572
271 910 4894 5838 7166 9457 12559 12752 16661 16732 19190 21313
21378 24410 25551 25708 28928 30537 30682 31552 37906
131 4378 6224 8143 9240 11696 14292 14520 19337 22025 26069 274
18 29338 31791 32164 32573 33547 34934 36289 37163 37319
1756 4041 7413 9799 10173 10574 11704 12500 13043 14811 15087 1
5521 16177 18453 18681 28169 30555 31106 32511 34350 37236
589 2827 3183 4406 12246 13112 16739 17616 17952 20154 21240 21
938 23145 24248 26189 27216 27386 31623 32819 36361 38005
1214 1245 1755 1940 6822 6895 7750 8687 11684 11802 12942 13362
16423 18240 19600 21676 23939 28782 35714 37597 38146
286 5126 6405 6586 9097 10975 12268 12805 14506 14744 17117 188
27 26361 26441 27256 28757 29140 29568 31553 37795 38655
961 2442 3434 3890 4209 4320 6417 6430 7180 9265 20461 21026 273
25 31207 33765 36370 36500 36977 38064 38244 38418
5836 8876 9094 9332 13613 13780 14565 15475 15887 16458 16489 1
6776 18723 21934 24271 24363 25696 27794 37030 38030
2707 3249 3740 7503 10158 11464 12834 14675 18245 18332 18888 2
0213 23130 25452 29019 30588 32027 34057 34209 38495
381 570 3671 10027 10746 11751 12139 18163 19455 19681 20051 23
763 25300 26984 27021 28070 28763 30826 33291 37391
8609 10336 10568 11672 12691 13250 15095 15785 18246 20835 2151
6 24332 24612 25226 27732 28106 32122 32676 33437 36733
2063 3030 4285 4466 7200 10031 14609 15378 16363 20611 20757 21
235 21420 22476 24313 24319 28117 29270 34947 38242
425 1528 3005 4946 5624 6809 11163 11656 14898 16555 19289 20411
22140 23168 27381 28648 31395 34424 37450 37775
7763 12513 14792 20465
3337 4306 13225 26639
3511 4168 7745 18770
3034 26440 31723 32582
2458 13276 28213 34317
4590 5331 9772 22678
6678 16422 17052 22284
4795 7956 23271 34038
5100 15330 23420 23750
20996 25124 29783 38015
3207 5296 6461 26697
16855 27613 31134 31686
645 9868 18039 29836
2837 27058 32786 37066
5648 25181 31874 35839
1831 21924 31081 33927

10

20

30

40

50

5649 7669 15910 33928
1748 10198 33744 35288
2171 17317 31053
11028 20243 35491
17583 20154 34159
17839 23678 37001
4358 14031 25177
12213 18527 26206
1897 9338 17717
9315 20885 34713
26252 29369 36804
1535 19475 31065
11508 26408 34731
4430 11634 38416
8986 11977 34069
17765 24479 30156
1099 26782 31497
981 18470 28248
9162 13600 19481
5511 19553 30120
2299 35420 38187
1631 10361 36516
10702 24063 37997
26964 33568 33761
10905 13637 24483
12467 16884 21722
4981 23353 24018
6032 23198 29021
9021 11723 19411
12601 22896 32001
5407 20108 22816
21401 22681 23327
15260 23228 25012
12631 18459 34837
14055 27588 37191
6994 7622 19062
26176 31883 35168
29635 34213 34806
271 7694 36198
28822 31540 36325
5327 14023 35685
5336 5992 29716
2240 19183 21378
6970 21252 23374
8500 19154 29238
5559 6658 16206
18842 34518 34742
729 10571 34149
1654 2000 35507
12555 29469 38762

10

20

30

40

50

になっている。

【0014】

本技術の第2の受信装置／方法は、符号長Nが69120ビットであり、符号化率rが7/16のLDPC符号の検査行列に基づき、LDPC符号化を行う符号化部を備え、前記LDPC符号は、情報ビットとパリティビットを含み、前記検査行列は、前記情報ビットに対応する情報行列部及び前記パリティビットに対応するパリティ行列部を含み、前記情報行列部は、検査行列初期値テーブルによって表され、前記検査行列初期値テーブルは、前記情報行列部の1の要素の位置を360列ごとに表すテーブルであって、

3781 6916 6934 11478 12245 13955 15314 15521 16710 18163 21883
24658 26586 27981 28648 31274 31994 34499 37654 38089 38646
3409 4491 5576 6779 8290 9295 10165 10287 12457 13052 15649 188
61 22798 24303 27720 28767 31148 32645 33114 34014 34571
1346 3203 4376 8828 12144 12192 14471 15695 16838 16973 19039 2
0649 20772 22260 22370 23704 26220 30178 31953 32499 38758
1999 2724 2805 5711 5722 8176 8583 12845 13604 14529 16195 19312
19612 19892 22950 23697 24556 26319 27521 27582 31615
5209 8943 9877 10643 10853 11048 13651 17069 17210 19068 22040
23883 25579 28354 28597 29409 29457 31169 34228 36180 38572
271 910 4894 5838 7166 9457 12559 12752 16661 16732 19190 21313
21378 24410 25551 25708 28928 30537 30682 31552 37906
131 4378 6224 8143 9240 11696 14292 14520 19337 22025 26069 274
18 29338 31791 32164 32573 33547 34934 36289 37163 37319
1756 4041 7413 9799 10173 10574 11704 12500 13043 14811 15087 1
5521 16177 18453 18681 28169 30555 31106 32511 34350 37236
589 2827 3183 4406 12246 13112 16739 17616 17952 20154 21240 21
938 23145 24248 26189 27216 27386 31623 32819 36361 38005
1214 1245 1755 1940 6822 6895 7750 8687 11684 11802 12942 13362
16423 18240 19600 21676 23939 28782 35714 37597 38146
286 5126 6405 6586 9097 10975 12268 12805 14506 14744 17117 188
27 26361 26441 27256 28757 29140 29568 31553 37795 38655
961 2442 3434 3890 4209 4320 6417 6430 7180 9265 20461 21026 273
25 31207 33765 36370 36500 36977 38064 38244 38418
5836 8876 9094 9332 13613 13780 14565 15475 15887 16458 16489 1
6776 18723 21934 24271 24363 25696 27794 37030 38030
2707 3249 3740 7503 10158 11464 12834 14675 18245 18332 18888 2
0213 23130 25452 29019 30588 32027 34057 34209 38495
381 570 3671 10027 10746 11751 12139 18163 19455 19681 20051 23
763 25300 26984 27021 28070 28763 30826 33291 37391
8609 10336 10568 11672 12691 13250 15095 15785 18246 20835 2151
6 24332 24612 25226 27732 28106 32122 32676 33437 36733
2063 3030 4285 4466 7200 10031 14609 15378 16363 20611 20757 21
235 21420 22476 24313 24319 28117 29270 34947 38242
425 1528 3005 4946 5624 6809 11163 11656 14898 16555 19289 20411
22140 23168 27381 28648 31395 34424 37450 37775
7763 12513 14792 20465
3337 4306 13225 26639
3511 4168 7745 18770
3034 26440 31723 32582
2458 13276 28213 34317
4590 5331 9772 22678

10

20

30

40

50

6678 16422 17052 22284
4795 7956 23271 34038
5100 15330 23420 23750
20996 25124 29783 38015
3207 5296 6461 26697
16855 27613 31134 31686
645 9868 18039 29836
2837 27058 32786 37066
5648 25181 31874 35839
1831 21924 31081 33927
5649 7669 15910 33928
1748 10198 33744 35288
2171 17317 31053
11028 20243 35491
17583 20154 34159
17839 23678 37001
4358 14031 25177
12213 18527 26206
1897 9338 17717
9315 20885 34713
26252 29369 36804
1535 19475 31065
11508 26408 34731
4430 11634 38416
8986 11977 34069
17765 24479 30156
1099 26782 31497
981 18470 28248
9162 13600 19481
5511 19553 30120
2299 35420 38187
1631 10361 36516
10702 24063 37997
26964 33568 33761
10905 13637 24483
12467 16884 21722
4981 23353 24018
6032 23198 29021
9021 11723 19411
12601 22896 32001
5407 20108 22816
21401 22681 23327
15260 23228 25012
12631 18459 34837
14055 27588 37191
6994 7622 19062
26176 31883 35168
29635 34213 34806
271 7694 36198
28822 31540 36325

10

20

30

40

50

5327 14023 35685
5336 5992 29716
2240 19183 21378
6970 21252 23374
8500 19154 29238
5559 6658 16206
18842 34518 34742
729 10571 34149
1654 2000 35507
12555 29469 38762

10

である送信装置から送信されてくるデータから得られる前記LDPC符号を復号する復号部／ステップを備える受信装置／方法である。

【0015】

第2の受信装置／方法においては、符号長Nが69120ビットであり、符号化率rが7/16のLDPC符号の検査行列に基づき、LDPC符号化を行う符号化部を備え、前記LDPC符号は、情報ビットとパリティビットを含み、前記検査行列は、前記情報ビットに対応する情報行列部及び前記パリティビットに対応するパリティ行列部を含み、前記情報行列部は、検査行列初期値テーブルによって表され、前記検査行列初期値テーブルは、前記情報行列部の1の要素の位置を360列ごとに表すテーブルであって、

20

37816916 6934 11478 12245 13955 15314 15521 16710 18163 21883
24658 26586 27981 28648 31274 31994 34499 37654 38089 38646
3409 4491 5576 6779 8290 9295 10165 10287 12457 13052 15649 188
61 22798 24303 27720 28767 31148 32645 33114 34014 34571
1346 3203 4376 8828 12144 12192 14471 15695 16838 16973 19039 2
0649 20772 22260 22370 23704 26220 30178 31953 32499 38758
1999 2724 2805 5711 5722 8176 8583 12845 13604 14529 16195 19312
19612 19892 22950 23697 24556 26319 27521 27582 31615
5209 8943 9877 10643 10853 11048 13651 17069 17210 19068 22040
23883 25579 28354 28597 29409 29457 31169 34228 36180 38572
271 910 4894 5838 7166 9457 12559 12752 16661 16732 19190 21313
21378 24410 25551 25708 28928 30537 30682 31552 37906
131 4378 6224 8143 9240 11696 14292 14520 19337 22025 26069 274
18 29338 31791 32164 32573 33547 34934 36289 37163 37319
1756 4041 7413 9799 10173 10574 11704 12500 13043 14811 15087 1
5521 16177 18453 18681 28169 30555 31106 32511 34350 37236
589 2827 3183 4406 12246 13112 16739 17616 17952 20154 21240 21
938 23145 24248 26189 27216 27386 31623 32819 36361 38005
1214 1245 1755 1940 6822 6895 7750 8687 11684 11802 12942 13362
16423 18240 19600 21676 23939 28782 35714 37597 38146
286 5126 6405 6586 9097 10975 12268 12805 14506 14744 17117 188
27 26361 26441 27256 28757 29140 29568 31553 37795 38655
961 2442 3434 3890 4209 4320 6417 6430 7180 9265 20461 21026 273
25 31207 33765 36370 36500 36977 38064 38244 38418
5836 8876 9094 9332 13613 13780 14565 15475 15887 16458 16489 1
6776 18723 21934 24271 24363 25696 27794 37030 38030
2707 3249 3740 7503 10158 11464 12834 14675 18245 18332 18888 2
0213 23130 25452 29019 30588 32027 34057 34209 38495
381 570 3671 10027 10746 11751 12139 18163 19455 19681 20051 23
763 25300 26984 27021 28070 28763 30826 33291 37391
8609 10336 10568 11672 12691 13250 15095 15785 18246 20835 2151

30

40

50

6 24332 24612 25226 27732 28106 32122 32676 33437 36733
2063 3030 4285 4466 7200 10031 14609 15378 16363 20611 20757 21
235 21420 22476 24313 24319 28117 29270 34947 38242
425 1528 3005 4946 5624 6809 11163 11656 14898 16555 19289 20411
22140 23168 27381 28648 31395 34424 37450 37775
7763 12513 14792 20465
3337 4306 13225 26639
3511 4168 7745 18770
3034 26440 31723 32582
2458 13276 28213 34317
4590 5331 9772 22678
6678 16422 17052 22284
4795 7956 23271 34038
5100 15330 23420 23750
20996 25124 29783 38015
3207 5296 6461 26697
16855 27613 31134 31686
645 9868 18039 29836
2837 27058 32786 37066
5648 25181 31874 35839
1831 21924 31081 33927
5649 7669 15910 33928
1748 10198 33744 35288
2171 17317 31053
11028 20243 35491
17583 20154 34159
17839 23678 37001
4358 14031 25177
12213 18527 26206
1897 9338 17717
9315 20885 34713
26252 29369 36804
1535 19475 31065
11508 26408 34731
4430 11634 38416
8986 11977 34069
17765 24479 30156
1099 26782 31497
981 18470 28248
9162 13600 19481
5511 19553 30120
2299 35420 38187
1631 10361 36516
10702 24063 37997
26964 33568 33761
10905 13637 24483
12467 16884 21722
4981 23353 24018
6032 23198 29021
9021 11723 19411

10

20

30

40

50

12601 22896 32001
5407 20108 22816
21401 22681 23327
15260 23228 25012
12631 18459 34837
14055 27588 37191
6994 7622 19062
26176 31883 35168
29635 34213 34806
271 7694 36198
28822 31540 36325
5327 14023 35685
5336 5992 29716
2240 19183 21378
6970 21252 23374
8500 19154 29238
5559 6658 16206
18842 34518 34742
729 10571 34149
1654 2000 35507
12555 29469 38762

10

である送信装置から送信されてくるデータから得られる前記LDPC符号が復号される。

【0016】

本技術の第3の送信装置／方法は、符号長Nが69120ビットであり、符号化率rが8/16のLDPC符号の検査行列に基づき、LDPC符号化を行う符号化部／ステップを備え、前記LDPC符号は、情報ビットとパリティビットを含み、前記検査行列は、前記情報ビットに対応する情報行列部及び前記パリティビットに対応するパリティ行列部を含み、前記情報行列部は、検査行列初期値テーブルによって表され、前記検査行列初期値テーブルは、前記情報行列部の1の要素の位置を360列ごとに表すテーブルであって、

20

1850 4176 4190 7294 8168 8405 9258 9710 13440 16304 16600 18184
18834 19899 22513 25068 26659 27137 27232 29186 29667 30549 31428
33634

30

2477 2543 5094 8081 9573 10269 11276 11439 13016 13327 16717 18
042 19362 19721 20089 20425 20503 21396 24677 24722 28703 32486 3
2759 33630

1930 2158 2315 2683 3818 4883 5252 5505 8760 9580 11867 13117 14
566 15639 17273 18820 21069 24945 25667 26785 30678 31271 33003 33244
1279 1491 2038 2347 2432 4336 4905 6588 7507 7666 8775 9172 1040
5 12249 12270 12373 12936 13046 13364 15130 17597 22855 27548 32895
620 1897 3775 5552 6799 7621 10167 10172 10615 11367 12093 13241
15426 16623 19467 19792 22069 22370 24472 24594 25205 25954 27800
29422

40

582 1618 4673 5809 6318 6883 8051 12335 12409 13176 14078 15206
17580 18624 18876 19079 20786 21177 25894 26395 27377 27757 30167
31971

1157 2189 4160 4480 5055 8961 9171 9444 10533 11581 12904 14256
14620 15773 16232 17598 19756 21134 21443 22559 23258 25137 25555
28150

987 1258 1269 2394 4859 5642 5705 6093 6408 7734 8804 10657 1194
6 16132 20267 25402 26505 26548 27060 29767 29780 31915 31966 33590

50

1010 1363 1626 5283 6356 10961 12418 14332 14362 16288 16303 16
592 17096 20115 20285 20478 21774 22165 22425 23198 25048 25596 3
1540 32841

895 2743 2912 4971 8803 11183 14500 14617 14638 16776 17901 186
22 20244 20845 22214 25676 26161 26281 29978 30392 30922 31542 32
038 32443

188 260 411 2823 5512 5645 10019 11856 12671 14273 14673 16091 1
6169 22333 22934 22945 23542 26503 27159 27279 28277 30114 31626
32722

357 516 3530 4317 8587 9491 10348 11330 13446 14533 15423 17003
17217 19127 20088 20750 21767 22386 24021 27749 29008 29376 30329
32940

10

2909 3036 4875 9967 10632 12069 12410 14004 14628 15605 15852 1
8231 18657 19705 20620 22241 29575 29656 31246 32190 32781 33489
33842 34492

4242 5461 5577 7662 11130 13663 17240 17773 18339 19400 22905 2
4219 25464 25890 26359 27121 27318 27840 30800 32587 32924 33427
33940 34058

421 2222 3457 5257 5600 10147 12754 17380 18854 20333 20345 207
52 24578 25196 25638 25725 25822 27610 28006 28563 29632 29973 29
991 34166

20

41 207 1043 4650 5387 6826 7261 8687 9092 10775 11446 12596 1661
3 19463 20923 24155 24927 25384 26064 27377 28094 32578 32639 34115

1050 5731 15820 16281 26130 29314

5980 6161 14479 22181 22537 32924

7828 9134 11297 17143 25449 29674

8299 10457 14486 21548 22510 32039

1527 7792 10424 19166 29302 29768

5823 13974 21254 21506 25658 29491

6285 9873 12846 14474 17005 29377

30

1740 4929 8285 20994 32271 34522

12862 16827 22427 23369 27051 30378

4787 10372 10408 12091 20349 26162

6659 22752 24697 28261 28917 32536

6788 15367 21778 28916 30324 33927

7181 12373 21912 24703 28680 34045

2238 4945 14336 19270 29574 33459

10283 15311 17440 24599 24867 28293

324 5264 5375 6581 24348 30288

3112 7656 23825

40

21624 22318 22633

5284 19790 22758

2700 4039 12576

17028 17520 19579

11914 17834 33989

2199 5502 7184

22 20701 26497

5551 27014 32876

4019 26547 28521

7580 10016 33855

50

4328 11674 34018
8491 9956 10029
6167 11267 24914
5317 9049 29657
20717 28724 33012
16841 21647 31096
11931 16278 20287
9402 10557 11008
11826 15349 34420
14369 17031 20597
19164 27947 29775
15537 18796 33662
5404 21027 26757
6269 12671 24309
8601 29048 29262
10099 20323 21457
15952 17074 30434
7597 20987 33095
11298 24182 29217
12055 16250 16971
5350 9354 31390
8168 14168 18570
5448 13141 32381
3921 21113 28176
8756 19895 27917
9391 16617 25586
3357 18527 34238
2378 16840 28948
7470 27466 32928
8366 19376 30916
3116 7267 18016
15309 18445 21799
4731 23773 34546
260 4898 5180
8897 22266 29587
2539 23717 33142
19233 28750 29724
9937 15384 16599
10234 17089 26776
8869 9425 13658
6197 24086 31929
9237 20931 27785
10403 13822 16734
20038 21196 26868
13170 27813 28875
1110 20329 24508
11844 22662 28987
2891 2918 14512
15707 27399 34135
8687 20019 26178

10

20

30

40

50

6847 8903 16307
23737 23775 27776
17388 27970 31983

である送信装置／方法である。

【0017】

第3の送信装置／方法においては、符号長Nが69120ビットであり、符号化率rが8/16のLDPC符号の検査行列に基づき、LDPC符号化が行われる。前記LDPC符号は、情報ビットとパリティビットを含み、前記検査行列は、前記情報ビットに対応する情報行列部及び前記パリティビットに対応するパリティ行列部を含み、前記情報行列部は、検査行列初期値テーブルによって表され、前記検査行列初期値テーブルは、前記情報行列部の1の要素

10

1850 4176 4190 7294 8168 8405 9258 9710 13440 16304 16600 18184
18834 19899 22513 25068 26659 27137 27232 29186 29667 30549 31428
33634

2477 2543 5094 8081 9573 10269 11276 11439 13016 13327 16717 18
042 19362 19721 20089 20425 20503 21396 24677 24722 28703 32486 3
2759 33630

1930 2158 2315 2683 3818 4883 5252 5505 8760 9580 11867 13117 14
566 15639 17273 18820 21069 24945 25667 26785 30678 31271 33003 33244
1279 1491 2038 2347 2432 4336 4905 6588 7507 7666 8775 9172 1040
5 12249 12270 12373 12936 13046 13364 15130 17597 22855 27548 32895
620 1897 3775 5552 6799 7621 10167 10172 10615 11367 12093 13241
15426 16623 19467 19792 22069 22370 24472 24594 25205 25954 27800
29422

20

582 1618 4673 5809 6318 6883 8051 12335 12409 13176 14078 15206
17580 18624 18876 19079 20786 21177 25894 26395 27377 27757 30167
31971

1157 2189 4160 4480 5055 8961 9171 9444 10533 11581 12904 14256
14620 15773 16232 17598 19756 21134 21443 22559 23258 25137 25555
28150

30

987 1258 1269 2394 4859 5642 5705 6093 6408 7734 8804 10657 1194
6 16132 20267 25402 26505 26548 27060 29767 29780 31915 31966 33590
1010 1363 1626 5283 6356 10961 12418 14332 14362 16288 16303 16
592 17096 20115 20285 20478 21774 22165 22425 23198 25048 25596 3
1540 32841

895 2743 2912 4971 8803 11183 14500 14617 14638 16776 17901 186
22 20244 20845 22214 25676 26161 26281 29978 30392 30922 31542 32
038 32443

188 260 411 2823 5512 5645 10019 11856 12671 14273 14673 16091 1
6169 22333 22934 22945 23542 26503 27159 27279 28277 30114 31626
32722

40

357 516 3530 4317 8587 9491 10348 11330 13446 14533 15423 17003
17217 19127 20088 20750 21767 22386 24021 27749 29008 29376 30329
32940

2909 3036 4875 9967 10632 12069 12410 14004 14628 15605 15852 1
8231 18657 19705 20620 22241 29575 29656 31246 32190 32781 33489
33842 34492

4242 5461 5577 7662 11130 13663 17240 17773 18339 19400 22905 2
4219 25464 25890 26359 27121 27318 27840 30800 32587 32924 33427
33940 34058

50

421 2222 3457 5257 5600 10147 12754 17380 18854 20333 20345 207
52 24578 25196 25638 25725 25822 27610 28006 28563 29632 29973 29
991 34166

41 207 1043 4650 5387 6826 7261 8687 9092 10775 11446 12596 1661
3 19463 20923 24155 24927 25384 26064 27377 28094 32578 32639 34115

1050 5731 15820 16281 26130 29314

5980 6161 14479 22181 22537 32924

7828 9134 11297 17143 25449 29674

8299 10457 14486 21548 22510 32039

1527 7792 10424 19166 29302 29768

5823 13974 21254 21506 25658 29491

6285 9873 12846 14474 17005 29377

1740 4929 8285 20994 32271 34522

12862 16827 22427 23369 27051 30378

4787 10372 10408 12091 20349 26162

6659 22752 24697 28261 28917 32536

6788 15367 21778 28916 30324 33927

7181 12373 21912 24703 28680 34045

2238 4945 14336 19270 29574 33459

10283 15311 17440 24599 24867 28293

324 5264 5375 6581 24348 30288

3112 7656 23825

21624 22318 22633

5284 19790 22758

2700 4039 12576

17028 17520 19579

11914 17834 33989

2199 5502 7184

22 20701 26497

5551 27014 32876

4019 26547 28521

7580 10016 33855

4328 11674 34018

8491 9956 10029

6167 11267 24914

5317 9049 29657

20717 28724 33012

16841 21647 31096

11931 16278 20287

9402 10557 11008

11826 15349 34420

14369 17031 20597

19164 27947 29775

15537 18796 33662

5404 21027 26757

6269 12671 24309

8601 29048 29262

10099 20323 21457

15952 17074 30434

7597 20987 33095

10

20

30

40

50

11298 24182 29217
12055 16250 16971
5350 9354 31390
8168 14168 18570
5448 13141 32381
3921 21113 28176
8756 19895 27917
9391 16617 25586
3357 18527 34238
2378 16840 28948
7470 27466 32928
8366 19376 30916
3116 7267 18016
15309 18445 21799
4731 23773 34546
260 4898 5180
8897 22266 29587
2539 23717 33142
19233 28750 29724
9937 15384 16599
10234 17089 26776
8869 9425 13658
6197 24086 31929
9237 20931 27785
10403 13822 16734
20038 21196 26868
13170 27813 28875
1110 20329 24508
11844 22662 28987
2891 2918 14512
15707 27399 34135
8687 20019 26178
6847 8903 16307
23737 23775 27776
17388 27970 31983
になっている。

10

20

30

【0018】

本技術の第3の受信装置／方法は、符号長Nが69120ビットであり、符号化率rが8/16のLDPC符号の検査行列に基づき、LDPC符号化を行う符号化部を備え、前記LDPC符号は、情報ビットとパリティビットを含み、前記検査行列は、前記情報ビットに対応する情報行列部及び前記パリティビットに対応するパリティ行列部を含み、前記情報行列部は、検査行列初期値テーブルによって表され、前記検査行列初期値テーブルは、前記情報行列部の1の要素の位置を360列ごとに表すテーブルであって、

40

1850 4176 4190 7294 8168 8405 9258 9710 13440 16304 16600 18184
18834 19899 22513 25068 26659 27137 27232 29186 29667 30549 31428
33634

2477 2543 5094 8081 9573 10269 11276 11439 13016 13327 16717 18
042 19362 19721 20089 20425 20503 21396 24677 24722 28703 32486 3
2759 33630

1930 2158 2315 2683 3818 4883 5252 5505 8760 9580 11867 13117 14

50

566 15639 17273 18820 21069 24945 25667 26785 30678 31271 33003 33244
1279 1491 2038 2347 2432 4336 4905 6588 7507 7666 8775 9172 1040
5 12249 12270 12373 12936 13046 13364 15130 17597 22855 27548 32895
620 1897 3775 5552 6799 7621 10167 10172 10615 11367 12093 13241
15426 16623 19467 19792 22069 22370 24472 24594 25205 25954 27800
29422
582 1618 4673 5809 6318 6883 8051 12335 12409 13176 14078 15206
17580 18624 18876 19079 20786 21177 25894 26395 27377 27757 30167
31971
1157 2189 4160 4480 5055 8961 9171 9444 10533 11581 12904 14256
14620 15773 16232 17598 19756 21134 21443 22559 23258 25137 25555
28150
987 1258 1269 2394 4859 5642 5705 6093 6408 7734 8804 10657 1194
6 16132 20267 25402 26505 26548 27060 29767 29780 31915 31966 33590
1010 1363 1626 5283 6356 10961 12418 14332 14362 16288 16303 16
592 17096 20115 20285 20478 21774 22165 22425 23198 25048 25596 3
1540 32841
895 2743 2912 4971 8803 11183 14500 14617 14638 16776 17901 186
22 20244 20845 22214 25676 26161 26281 29978 30392 30922 31542 32
038 32443
188 260 411 2823 5512 5645 10019 11856 12671 14273 14673 16091 1
6169 22333 22934 22945 23542 26503 27159 27279 28277 30114 31626
32722
357 516 3530 4317 8587 9491 10348 11330 13446 14533 15423 17003
17217 19127 20088 20750 21767 22386 24021 27749 29008 29376 30329
32940
2909 3036 4875 9967 10632 12069 12410 14004 14628 15605 15852 1
8231 18657 19705 20620 22241 29575 29656 31246 32190 32781 33489
33842 34492
4242 5461 5577 7662 11130 13663 17240 17773 18339 19400 22905 2
4219 25464 25890 26359 27121 27318 27840 30800 32587 32924 33427
33940 34058
421 2222 3457 5257 5600 10147 12754 17380 18854 20333 20345 207
52 24578 25196 25638 25725 25822 27610 28006 28563 29632 29973 29
991 34166
41 207 1043 4650 5387 6826 7261 8687 9092 10775 11446 12596 1661
3 19463 20923 24155 24927 25384 26064 27377 28094 32578 32639 34115
1050 5731 15820 16281 26130 29314
5980 6161 14479 22181 22537 32924
7828 9134 11297 17143 25449 29674
8299 10457 14486 21548 22510 32039
1527 7792 10424 19166 29302 29768
5823 13974 21254 21506 25658 29491
6285 9873 12846 14474 17005 29377
1740 4929 8285 20994 32271 34522
12862 16827 22427 23369 27051 30378
4787 10372 10408 12091 20349 26162
6659 22752 24697 28261 28917 32536
6788 15367 21778 28916 30324 33927
7181 12373 21912 24703 28680 34045

10

20

30

40

50

2238 4945 14336 19270 29574 33459
10283 15311 17440 24599 24867 28293
324 5264 5375 6581 24348 30288
3112 7656 23825
21624 22318 22633
5284 19790 22758
2700 4039 12576
17028 17520 19579
11914 17834 33989
2199 5502 7184
22 20701 26497
5551 27014 32876
4019 26547 28521
7580 10016 33855
4328 11674 34018
8491 9956 10029
6167 11267 24914
5317 9049 29657
20717 28724 33012
16841 21647 31096
11931 16278 20287
9402 10557 11008
11826 15349 34420
14369 17031 20597
19164 27947 29775
15537 18796 33662
5404 21027 26757
6269 12671 24309
8601 29048 29262
10099 20323 21457
15952 17074 30434
7597 20987 33095
11298 24182 29217
12055 16250 16971
5350 9354 31390
8168 14168 18570
5448 13141 32381
3921 21113 28176
8756 19895 27917
9391 16617 25586
3357 18527 34238
2378 16840 28948
7470 27466 32928
8366 19376 30916
3116 7267 18016
15309 18445 21799
4731 23773 34546
260 4898 5180
8897 22266 29587
2539 23717 33142

10

20

30

40

50

19233 28750 29724
9937 15384 16599
10234 17089 26776
8869 9425 13658
6197 24086 31929
9237 20931 27785
10403 13822 16734
20038 21196 26868
13170 27813 28875
1110 20329 24508
11844 22662 28987
2891 2918 14512
15707 27399 34135
8687 20019 26178
6847 8903 16307
23737 23775 27776
17388 27970 31983

である送信装置から送信されてくるデータから得られる前記LDPC符号を復号する復号部／ステップを備える受信装置／方法である。

【0019】

第3の受信装置／方法においては、符号長Nが69120ビットであり、符号化率rが8/16のLDPC符号の検査行列に基づき、LDPC符号化を行う符号化部を備え、前記LDPC符号は、情報ビットとパリティビットを含み、前記検査行列は、前記情報ビットに対応する情報行列部及び前記パリティビットに対応するパリティ行列部を含み、前記情報行列部は、検査行列初期値テーブルによって表され、前記検査行列初期値テーブルは、前記情報行列部の1の要素の位置を360列ごとに表すテーブルであって、

1850 4176 4190 7294 8168 8405 9258 9710 13440 16304 16600 18184
18834 19899 22513 25068 26659 27137 27232 29186 29667 30549 31428
33634

2477 2543 5094 8081 9573 10269 11276 11439 13016 13327 16717 18
042 19362 19721 20089 20425 20503 21396 24677 24722 28703 32486 3
2759 33630

1930 2158 2315 2683 3818 4883 5252 5505 8760 9580 11867 13117 14
566 15639 17273 18820 21069 24945 25667 26785 30678 31271 33003 33244
1279 1491 2038 2347 2432 4336 4905 6588 7507 7666 8775 9172 1040
5 12249 12270 12373 12936 13046 13364 15130 17597 22855 27548 32895
620 1897 3775 5552 6799 7621 10167 10172 10615 11367 12093 13241
15426 16623 19467 19792 22069 22370 24472 24594 25205 25954 27800
29422

582 1618 4673 5809 6318 6883 8051 12335 12409 13176 14078 15206
17580 18624 18876 19079 20786 21177 25894 26395 27377 27757 30167
31971

1157 2189 4160 4480 5055 8961 9171 9444 10533 11581 12904 14256
14620 15773 16232 17598 19756 21134 21443 22559 23258 25137 25555
28150

987 1258 1269 2394 4859 5642 5705 6093 6408 7734 8804 10657 1194
6 16132 20267 25402 26505 26548 27060 29767 29780 31915 31966 33590
1010 1363 1626 5283 6356 10961 12418 14332 14362 16288 16303 16
592 17096 20115 20285 20478 21774 22165 22425 23198 25048 25596 3
1540 32841

10

20

30

40

50

895 2743 2912 4971 8803 11183 14500 14617 14638 16776 17901 186
22 20244 20845 22214 25676 26161 26281 29978 30392 30922 31542 32
038 32443

188 260 411 2823 5512 5645 10019 11856 12671 14273 14673 16091 1
6169 22333 22934 22945 23542 26503 27159 27279 28277 30114 31626
32722

357 516 3530 4317 8587 9491 10348 11330 13446 14533 15423 17003
17217 19127 20088 20750 21767 22386 24021 27749 29008 29376 30329
32940

2909 3036 4875 9967 10632 12069 12410 14004 14628 15605 15852 1
8231 18657 19705 20620 22241 29575 29656 31246 32190 32781 33489
33842 34492

4242 5461 5577 7662 11130 13663 17240 17773 18339 19400 22905 2
4219 25464 25890 26359 27121 27318 27840 30800 32587 32924 33427
33940 34058

421 2222 3457 5257 5600 10147 12754 17380 18854 20333 20345 207
52 24578 25196 25638 25725 25822 27610 28006 28563 29632 29973 29
991 34166

41 207 1043 4650 5387 6826 7261 8687 9092 10775 11446 12596 1661
3 19463 20923 24155 24927 25384 26064 27377 28094 32578 32639 34115

1050 5731 15820 16281 26130 29314

5980 6161 14479 22181 22537 32924

7828 9134 11297 17143 25449 29674

8299 10457 14486 21548 22510 32039

1527 7792 10424 19166 29302 29768

5823 13974 21254 21506 25658 29491

6285 9873 12846 14474 17005 29377

1740 4929 8285 20994 32271 34522

12862 16827 22427 23369 27051 30378

4787 10372 10408 12091 20349 26162

6659 22752 24697 28261 28917 32536

6788 15367 21778 28916 30324 33927

7181 12373 21912 24703 28680 34045

2238 4945 14336 19270 29574 33459

10283 15311 17440 24599 24867 28293

324 5264 5375 6581 24348 30288

3112 7656 23825

21624 22318 22633

5284 19790 22758

2700 4039 12576

17028 17520 19579

11914 17834 33989

2199 5502 7184

22 20701 26497

5551 27014 32876

4019 26547 28521

7580 10016 33855

4328 11674 34018

8491 9956 10029

6167 11267 24914

10

20

30

40

50

5317 9049 29657
20717 28724 33012
16841 21647 31096
11931 16278 20287
9402 10557 11008
11826 15349 34420
14369 17031 20597
19164 27947 29775
15537 18796 33662
5404 21027 26757
6269 12671 24309
8601 29048 29262
10099 20323 21457
15952 17074 30434
7597 20987 33095
11298 24182 29217
12055 16250 16971
5350 9354 31390
8168 14168 18570
5448 13141 32381
3921 21113 28176
8756 19895 27917
9391 16617 25586
3357 18527 34238
2378 16840 28948
7470 27466 32928
8366 19376 30916
3116 7267 18016
15309 18445 21799
4731 23773 34546
260 4898 5180
8897 22266 29587
2539 23717 33142
19233 28750 29724
9937 15384 16599
10234 17089 26776
8869 9425 13658
6197 24086 31929
9237 20931 27785
10403 13822 16734
20038 21196 26868
13170 27813 28875
1110 20329 24508
11844 22662 28987
2891 2918 14512
15707 27399 34135
8687 20019 26178
6847 8903 16307
23737 23775 27776
17388 27970 31983

10

20

30

40

50

である送信装置から送信されてくるデータから得られる前記LDPC符号が復号される。

【0020】

本技術の第4の送信装置／方法は、符号長Nが69120ビットであり、符号化率rが8/16のLDPC符号の検査行列に基づき、LDPC符号化を行う符号化部／ステップを備え、前記LDPC符号は、情報ビットとパリティビットを含み、前記検査行列は、前記情報ビットに対応する情報行列部及び前記パリティビットに対応するパリティ行列部を含み、前記情報行列部は、検査行列初期値テーブルによって表され、前記検査行列初期値テーブルは、前記情報行列部の1の要素の位置を360列ごとに表すテーブルであって、

1194 2400 2789 3893 5030 5033 7851 10775 12793 13985 15133 16913
18431 18436 19931 20421 21073 23361 24493 26860 28864 34457

10

1818 2451 7250 7687 8756 9438 11365 12085 12956 14339 17179 173
95 17695 21298 21870 23350 24405 25359 26180 28086 30345 32192

206 4671 5265 6393 7960 9628 9839 11216 11352 12190 15252 15310
16952 17066 19600 21722 22729 25154 26172 27666 28099 34330

769 3876 4330 7293 8230 8431 14839 14856 17227 18920 18964 22763
22860 23184 24350 25709 26099 27143 27330 28311 33058 33640

123 1567 3562 5478 8714 9355 10394 10413 12711 12949 16390 19491
25027 27126 28594 28897 28965 29846 31037 32273 33114 33164

2545 6567 9115 10916 11048 11526 11675 13251 13359 13758 14344
14795 15700 15994 16516 17918 19530 20572 27737 28087 30591 32277

20

485 1069 1561 1685 2841 3856 6096 6854 7715 10535 18860 19241 21
526 23316 24224 24315 25631 29180 31725 33481 33719 33968

279 1102 5684 6114 8078 10368 10912 11442 11889 14611 15192 161
93 16779 17454 21249 23471 23517 24226 25910 26237 28126 33541

774 3559 3708 3919 4588 5736 5816 6424 8253 9708 11379 12845 131
39 18161 25545 27698 30011 32310 32388 32894 34141 34274

2136 3009 5250 5692 8090 12167 12227 13741 14201 14671 14674 14
899 16619 18688 21509 22772 24361 24681 32835 33835 33878 33996

2410 3265 6681 7912 8316 9076 10257 11336 12959 13043 16289 167
98 19530 20607 21636 22652 25743 27170 28501 30316 30381 34192

30

319 528 2926 3212 8888 9526 10802 16128 16206 17305 17542 17850
18019 21127 22494 23945 24080 24901 25540 27434 29640 33300

7616 9188 9326 10429 10455 11285 11787 13435 14037 16175 18470
19131 21639 21810 22423 24599 25018 28546 29069 29715 32689

1910 2775 3753 4013 6351 8865 12978 13683 14512 18254 18521 188
97 19077 20010 21623 21634 24967 26045 31096 33597 33984

313 1368 2647 4352 5022 6109 9941 10298 12553 13196 14783 17155
18100 19718 20620 24301 25486 27909 30534 33259 34513

2174 2552 2756 2831 3660 3838 4124 6346 6923 11057 11348 11716 1
6473 18152 20008 21875 23400 25136 27305 28890 30208

40

2677 4884 5180 14655 18383 20722

3731 4560 16588 20888 22987 30500

2776 11584 13605 23303 26861 33705

4750 5877 15021 24513 25807 27249

1733 8791 26142 28266 28573 32676

2576 4916 22443 24303 29550 31838

1609 5086 19583 27560 28457 30786

1555 7025 9030 14979 29890 31128

2134 9879 15542 27554 31328 31506

15899 17881 18012 21037 30363 32843

50

4086 12709 15898 16296 22656 23283
1646 8284 8347 10975 17603 30820
1384 19111 23378 26081 27575 33447
4029 10225 10310 17309 23450 32464
7980 10708 15814 26794 30307 34137
938 1050 16505 21793 23756 27989
12080 17375 25097
4944 8065 26757
17431 31423 33965
2055 9209 32469
1478 9521 21387
29845 30046 33714
9682 12149 23918
11085 19303 21788
4468 15006 21379
5284 20588 20738
8014 17206 25821
10381 20361 28424
4863 11209 17937
20210 20328 20730
13542 19028 22227
11168 20701 30936
12508 16374 24496
6209 16964 33036
6756 28360 31237
23232 30412 30976
203 6872 26370
25583 32239 32339
4739 12433 28074
4738 26426 31737
2011 5339 18941
6232 17052 20823
7607 18826 25953
4954 14425 17019
5940 16709 30710
638 9382 30894
1771 30351 31507
1514 11139 26183
109 18294 34428
4383 26492 34521
1773 14950 16561
27695 31971 32389
18403 28619 30177
18604 20098 25440
12117 18020 27088
3491 22430 32930
13268 25034 27216
915 23504 30680
4058 16335 25867
686 12461 13265

10

20

30

40

50

11645 14604 25925
2389 11979 31351
2153 5962 17134
11556 15306 18241
29222 29572 31650
20901 25671 28487
5556 9824 10776
10249 19003 24103
8918 26171 27774
3029 20658 20956
4488 18921 26120
3930 24219 27094
16134 16168 33971
22365 24953 28351
26753 32830 34099
3823 26356 31319
11488 23615 31762
5977 8588 29437
11223 23697 31768
13038 19258 19346

である送信装置／方法である。

【0021】

第4の送信装置／方法においては、符号長 N が69120ビットであり、符号化率 r が8/16のLDPC符号の検査行列に基づき、LDPC符号化が行われる。前記LDPC符号は、情報ビットとパリティビットを含み、前記検査行列は、前記情報ビットに対応する情報行列部及び前記パリティビットに対応するパリティ行列部を含み、前記情報行列部は、検査行列初期値テーブルによって表され、前記検査行列初期値テーブルは、前記情報行列部の1の要素の位置を360列ごとに表すテーブルであって、

1194 2400 2789 3893 5030 5033 7851 10775 12793 13985 15133 16913
18431 18436 19931 20421 21073 23361 24493 26860 28864 34457
1818 2451 7250 7687 8756 9438 11365 12085 12956 14339 17179 173
95 17695 21298 21870 23350 24405 25359 26180 28086 30345 32192
206 4671 5265 6393 7960 9628 9839 11216 11352 12190 15252 15310
16952 17066 19600 21722 22729 25154 26172 27666 28099 34330
769 3876 4330 7293 8230 8431 14839 14856 17227 18920 18964 22763
22860 23184 24350 25709 26099 27143 27330 28311 33058 33640
123 1567 3562 5478 8714 9355 10394 10413 12711 12949 16390 19491
25027 27126 28594 28897 28965 29846 31037 32273 33114 33164
2545 6567 9115 10916 11048 11526 11675 13251 13359 13758 14344
14795 15700 15994 16516 17918 19530 20572 27737 28087 30591 32277
485 1069 1561 1685 2841 3856 6096 6854 7715 10535 18860 19241 21
526 23316 24224 24315 25631 29180 31725 33481 33719 33968
279 1102 5684 6114 8078 10368 10912 11442 11889 14611 15192 161
93 16779 17454 21249 23471 23517 24226 25910 26237 28126 33541
774 3559 3708 3919 4588 5736 5816 6424 8253 9708 11379 12845 131
39 18161 25545 27698 30011 32310 32388 32894 34141 34274
2136 3009 5250 5692 8090 12167 12227 13741 14201 14671 14674 14
899 16619 18688 21509 22772 24361 24681 32835 33835 33878 33996
2410 3265 6681 7912 8316 9076 10257 11336 12959 13043 16289 167
98 19530 20607 21636 22652 25743 27170 28501 30316 30381 34192

10

20

30

40

50

319 528 2926 3212 8888 9526 10802 16128 16206 17305 17542 17850
18019 21127 22494 23945 24080 24901 25540 27434 29640 33300
7616 9188 9326 10429 10455 11285 11787 13435 14037 16175 18470
19131 21639 21810 22423 24599 25018 28546 29069 29715 32689
1910 2775 3753 4013 6351 8865 12978 13683 14512 18254 18521 188
97 19077 20010 21623 21634 24967 26045 31096 33597 33984
313 1368 2647 4352 5022 6109 9941 10298 12553 13196 14783 17155
18100 19718 20620 24301 25486 27909 30534 33259 34513
2174 2552 2756 2831 3660 3838 4124 6346 6923 11057 11348 11716 1
6473 18152 20008 21875 23400 25136 27305 28890 30208
2677 4884 5180 14655 18383 20722
3731 4560 16588 20888 22987 30500
2776 11584 13605 23303 26861 33705
4750 5877 15021 24513 25807 27249
1733 8791 26142 28266 28573 32676
2576 4916 22443 24303 29550 31838
1609 5086 19583 27560 28457 30786
1555 7025 9030 14979 29890 31128
2134 9879 15542 27554 31328 31506
15899 17881 18012 21037 30363 32843
4086 12709 15898 16296 22656 23283
1646 8284 8347 10975 17603 30820
1384 19111 23378 26081 27575 33447
4029 10225 10310 17309 23450 32464
7980 10708 15814 26794 30307 34137
938 1050 16505 21793 23756 27989
12080 17375 25097
4944 8065 26757
17431 31423 33965
2055 9209 32469
1478 9521 21387
29845 30046 33714
9682 12149 23918
11085 19303 21788
4468 15006 21379
5284 20588 20738
8014 17206 25821
10381 20361 28424
4863 11209 17937
20210 20328 20730
13542 19028 22227
11168 20701 30936
12508 16374 24496
6209 16964 33036
6756 28360 31237
23232 30412 30976
203 6872 26370
25583 32239 32339
4739 12433 28074
4738 26426 31737

10

20

30

40

50

2011 5339 18941
6232 17052 20823
7607 18826 25953
4954 14425 17019
5940 16709 30710
638 9382 30894
1771 30351 31507
1514 11139 26183
109 18294 34428
4383 26492 34521
1773 14950 16561
27695 31971 32389
18403 28619 30177
18604 20098 25440
12117 18020 27088
3491 22430 32930
13268 25034 27216
915 23504 30680
4058 16335 25867
686 12461 13265
11645 14604 25925
2389 11979 31351
2153 5962 17134
11556 15306 18241
29222 29572 31650
20901 25671 28487
5556 9824 10776
10249 19003 24103
8918 26171 27774
3029 20658 20956
4488 18921 26120
3930 24219 27094
16134 16168 33971
22365 24953 28351
26753 32830 34099
3823 26356 31319
11488 23615 31762
5977 8588 29437
11223 23697 31768
13038 19258 19346
になっている。

【0022】

本技術の第4の受信装置／方法は、符号長Nが69120ビットであり、符号化率rが8/16のLDPC符号の検査行列に基づき、LDPC符号化を行う符号化部を備え、前記LDPC符号は、情報ビットとパリティビットを含み、前記検査行列は、前記情報ビットに対応する情報行列部及び前記パリティビットに対応するパリティ行列部を含み、前記情報行列部は、検査行列初期値テーブルによって表され、前記検査行列初期値テーブルは、前記情報行列部の1の要素の位置を360列ごとに表すテーブルであって、

1194 2400 2789 3893 5030 5033 7851 10775 12793 13985 15133 16913
18431 18436 19931 20421 21073 23361 24493 26860 28864 34457

10

20

30

40

50

1818 2451 7250 7687 8756 9438 11365 12085 12956 14339 17179 173
95 17695 21298 21870 23350 24405 25359 26180 28086 30345 32192
206 4671 5265 6393 7960 9628 9839 11216 11352 12190 15252 15310
16952 17066 19600 21722 22729 25154 26172 27666 28099 34330
769 3876 4330 7293 8230 8431 14839 14856 17227 18920 18964 22763
22860 23184 24350 25709 26099 27143 27330 28311 33058 33640
123 1567 3562 5478 8714 9355 10394 10413 12711 12949 16390 19491
25027 27126 28594 28897 28965 29846 31037 32273 33114 33164
2545 6567 9115 10916 11048 11526 11675 13251 13359 13758 14344
14795 15700 15994 16516 17918 19530 20572 27737 28087 30591 32277
485 1069 1561 1685 2841 3856 6096 6854 7715 10535 18860 19241 21
526 23316 24224 24315 25631 29180 31725 33481 33719 33968
279 1102 5684 6114 8078 10368 10912 11442 11889 14611 15192 161
93 16779 17454 21249 23471 23517 24226 25910 26237 28126 33541
774 3559 3708 3919 4588 5736 5816 6424 8253 9708 11379 12845 131
39 18161 25545 27698 30011 32310 32388 32894 34141 34274
2136 3009 5250 5692 8090 12167 12227 13741 14201 14671 14674 14
899 16619 18688 21509 22772 24361 24681 32835 33835 33878 33996
2410 3265 6681 7912 8316 9076 10257 11336 12959 13043 16289 167
98 19530 20607 21636 22652 25743 27170 28501 30316 30381 34192
319 528 2926 3212 8888 9526 10802 16128 16206 17305 17542 17850
18019 21127 22494 23945 24080 24901 25540 27434 29640 33300
7616 9188 9326 10429 10455 11285 11787 13435 14037 16175 18470
19131 21639 21810 22423 24599 25018 28546 29069 29715 32689
1910 2775 3753 4013 6351 8865 12978 13683 14512 18254 18521 188
97 19077 20010 21623 21634 24967 26045 31096 33597 33984
313 1368 2647 4352 5022 6109 9941 10298 12553 13196 14783 17155
18100 19718 20620 24301 25486 27909 30534 33259 34513
2174 2552 2756 2831 3660 3838 4124 6346 6923 11057 11348 11716 1
6473 18152 20008 21875 23400 25136 27305 28890 30208
2677 4884 5180 14655 18383 20722
3731 4560 16588 20888 22987 30500
2776 11584 13605 23303 26861 33705
4750 5877 15021 24513 25807 27249
1733 8791 26142 28266 28573 32676
2576 4916 22443 24303 29550 31838
1609 5086 19583 27560 28457 30786
1555 7025 9030 14979 29890 31128
2134 9879 15542 27554 31328 31506
15899 17881 18012 21037 30363 32843
4086 12709 15898 16296 22656 23283
1646 8284 8347 10975 17603 30820
1384 19111 23378 26081 27575 33447
4029 10225 10310 17309 23450 32464
7980 10708 15814 26794 30307 34137
938 1050 16505 21793 23756 27989
12080 17375 25097
4944 8065 26757
17431 31423 33965
2055 9209 32469

10

20

30

40

50

1478 9521 21387
29845 30046 33714
9682 12149 23918
11085 19303 21788
4468 15006 21379
5284 20588 20738
8014 17206 25821
10381 20361 28424
4863 11209 17937
20210 20328 20730
13542 19028 22227
11168 20701 30936
12508 16374 24496
6209 16964 33036
6756 28360 31237
23232 30412 30976
203 6872 26370
25583 32239 32339
4739 12433 28074
4738 26426 31737
2011 5339 18941
6232 17052 20823
7607 18826 25953
4954 14425 17019
5940 16709 30710
638 9382 30894
1771 30351 31507
1514 11139 26183
109 18294 34428
4383 26492 34521
1773 14950 16561
27695 31971 32389
18403 28619 30177
18604 20098 25440
12117 18020 27088
3491 22430 32930
13268 25034 27216
915 23504 30680
4058 16335 25867
686 12461 13265
11645 14604 25925
2389 11979 31351
2153 5962 17134
11556 15306 18241
29222 29572 31650
20901 25671 28487
5556 9824 10776
10249 19003 24103
8918 26171 27774
3029 20658 20956

10

20

30

40

50

4488 18921 26120
3930 24219 27094
16134 16168 33971
22365 24953 28351
26753 32830 34099
3823 26356 31319
11488 23615 31762
5977 8588 29437
11223 23697 31768
13038 19258 19346

10

である送信装置から送信されてくるデータから得られる前記LDPC符号を復号する復号部／ステップを備える受信装置／方法である。

【0023】

第4の受信装置／方法においては、符号長Nが69120ビットであり、符号化率rが8/16のLDPC符号の検査行列に基づき、LDPC符号化を行う符号化部を備え、前記LDPC符号は、情報ビットとパリティビットを含み、前記検査行列は、前記情報ビットに対応する情報行列部及び前記パリティビットに対応するパリティ行列部を含み、前記情報行列部は、検査行列初期値テーブルによって表され、前記検査行列初期値テーブルは、前記情報行列部の1の要素の位置を360列ごとに表すテーブルであって、

1194 2400 2789 3893 5030 5033 7851 10775 12793 13985 15133 16913
18431 18436 19931 20421 21073 23361 24493 26860 28864 34457
1818 2451 7250 7687 8756 9438 11365 12085 12956 14339 17179 173
95 17695 21298 21870 23350 24405 25359 26180 28086 30345 32192
206 4671 5265 6393 7960 9628 9839 11216 11352 12190 15252 15310
16952 17066 19600 21722 22729 25154 26172 27666 28099 34330
769 3876 4330 7293 8230 8431 14839 14856 17227 18920 18964 22763
22860 23184 24350 25709 26099 27143 27330 28311 33058 33640
123 1567 3562 5478 8714 9355 10394 10413 12711 12949 16390 19491
25027 27126 28594 28897 28965 29846 31037 32273 33114 33164
2545 6567 9115 10916 11048 11526 11675 13251 13359 13758 14344
14795 15700 15994 16516 17918 19530 20572 27737 28087 30591 32277
485 1069 1561 1685 2841 3856 6096 6854 7715 10535 18860 19241 21
526 23316 24224 24315 25631 29180 31725 33481 33719 33968
279 1102 5684 6114 8078 10368 10912 11442 11889 14611 15192 161
93 16779 17454 21249 23471 23517 24226 25910 26237 28126 33541
774 3559 3708 3919 4588 5736 5816 6424 8253 9708 11379 12845 131
39 18161 25545 27698 30011 32310 32388 32894 34141 34274
2136 3009 5250 5692 8090 12167 12227 13741 14201 14671 14674 14
899 16619 18688 21509 22772 24361 24681 32835 33835 33878 33996
2410 3265 6681 7912 8316 9076 10257 11336 12959 13043 16289 167
98 19530 20607 21636 22652 25743 27170 28501 30316 30381 34192
319 528 2926 3212 8888 9526 10802 16128 16206 17305 17542 17850
18019 21127 22494 23945 24080 24901 25540 27434 29640 33300
7616 9188 9326 10429 10455 11285 11787 13435 14037 16175 18470
19131 21639 21810 22423 24599 25018 28546 29069 29715 32689
1910 2775 3753 4013 6351 8865 12978 13683 14512 18254 18521 188
97 19077 20010 21623 21634 24967 26045 31096 33597 33984
313 1368 2647 4352 5022 6109 9941 10298 12553 13196 14783 17155
18100 19718 20620 24301 25486 27909 30534 33259 34513
2174 2552 2756 2831 3660 3838 4124 6346 6923 11057 11348 11716 1

20

30

40

50

6473 18152 20008 21875 23400 25136 27305 28890 30208
2677 4884 5180 14655 18383 20722
3731 4560 16588 20888 22987 30500
2776 11584 13605 23303 26861 33705
4750 5877 15021 24513 25807 27249
1733 8791 26142 28266 28573 32676
2576 4916 22443 24303 29550 31838
1609 5086 19583 27560 28457 30786
1555 7025 9030 14979 29890 31128
2134 9879 15542 27554 31328 31506
15899 17881 18012 21037 30363 32843
4086 12709 15898 16296 22656 23283
1646 8284 8347 10975 17603 30820
1384 19111 23378 26081 27575 33447
4029 10225 10310 17309 23450 32464
7980 10708 15814 26794 30307 34137
938 1050 16505 21793 23756 27989
12080 17375 25097
4944 8065 26757
17431 31423 33965
2055 9209 32469
1478 9521 21387
29845 30046 33714
9682 12149 23918
11085 19303 21788
4468 15006 21379
5284 20588 20738
8014 17206 25821
10381 20361 28424
4863 11209 17937
20210 20328 20730
13542 19028 22227
11168 20701 30936
12508 16374 24496
6209 16964 33036
6756 28360 31237
23232 30412 30976
203 6872 26370
25583 32239 32339
4739 12433 28074
4738 26426 31737
2011 5339 18941
6232 17052 20823
7607 18826 25953
4954 14425 17019
5940 16709 30710
638 9382 30894
1771 30351 31507
1514 11139 26183
109 18294 34428

10

20

30

40

50

4383 26492 34521
1773 14950 16561
27695 31971 32389
18403 28619 30177
18604 20098 25440
12117 18020 27088
3491 22430 32930
13268 25034 27216
915 23504 30680
4058 16335 25867
686 12461 13265
11645 14604 25925
2389 11979 31351
2153 5962 17134
11556 15306 18241
29222 29572 31650
20901 25671 28487
5556 9824 10776
10249 19003 24103
8918 26171 27774
3029 20658 20956
4488 18921 26120
3930 24219 27094
16134 16168 33971
22365 24953 28351
26753 32830 34099
3823 26356 31319
11488 23615 31762
5977 8588 29437
11223 23697 31768
13038 19258 19346

10

20

30

である送信装置から送信されてくるデータから得られる前記LDPC符号が復号される。

【0024】

なお、送信装置や受信装置は、独立した装置であっても良いし、1個の装置を構成している内部ブロックであっても良い。

【発明の効果】

【0025】

本技術によれば、LDPC符号を用いたデータ伝送において、良好な通信品質を確保することができる。

【0026】

なお、ここに記載された効果は必ずしも限定されるものではなく、本開示中に記載されたいずれかの効果であってもよい。

【図面の簡単な説明】

【0027】

【図1】LDPC符号の検査行列Hを説明する図である。

【図2】LDPC符号の復号手順を説明するフローチャートである。

【図3】LDPC符号の検査行列の例を示す図である。

【図4】検査行列のタナーグラフの例を示す図である。

【図5】バリアブルノードの例を示す図である。

【図6】チェックノードの例を示す図である。

40

50

- 【図 7】本技術を適用した伝送システムの一実施の形態の構成例を示す図である。
- 【図 8】送信装置 1 1 の構成例を示すブロック図である。
- 【図 9】ビットインターリーブ 1 1 6 の構成例を示すブロック図である。
- 【図 1 0】検査行列の例を示す図である。
- 【図 1 1】パリティ行列の例を示す図である。
- 【図 1 2】DVB-T.2の規格に規定されているLDPC符号の検査行列を説明する図である。
- 【図 1 3】DVB-T.2の規格に規定されているLDPC符号の検査行列を説明する図である。
- 【図 1 4】LDPC符号の復号についてのタナグラフの例を示す図である。
- 【図 1 5】階段構造になっているパリティ行列 H_T と、そのパリティ行列 H_T に対応するタナグラフの例を示す図である。
- 【図 1 6】パリティインターリーブ後のLDPC符号に対応する検査行列 H のパリティ行列 H_T の例を示す図である。
- 【図 1 7】ビットインターリーブ 1 1 6、及び、マップ 1 1 7で行われる処理の例を説明するフローチャートである。
- 【図 1 8】LDPCエンコーダ 1 1 5の構成例を示すブロック図である。
- 【図 1 9】LDPCエンコーダ 1 1 5の処理の例を説明するフローチャートである。
- 【図 2 0】符号化率 $1/4$ 、符号長 16200 の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。
- 【図 2 1】検査行列初期値テーブルから検査行列 H を求める方法を説明する図である。
- 【図 2 2】検査行列の構造を示す図である。
- 【図 2 3】検査行列初期値テーブルの例を示す図である。
- 【図 2 4】検査行列初期値テーブルから生成される A 行列を説明する図である。
- 【図 2 5】 B 行列のパリティインターリーブを説明する図である。
- 【図 2 6】検査行列初期値テーブルから生成される C 行列を説明する図である。
- 【図 2 7】 D 行列のパリティインターリーブを説明する図である。
- 【図 2 8】検査行列に、パリティインターリーブを元に戻すパリティデインターリーブとしての列置換(column permutation)を行った検査行列を示す図である。
- 【図 2 9】検査行列に、行置換(row permutation)を行うことにより得られる変換検査行列を示す図である。
- 【図 3 0】 $N=69120$ ビットで、 $r=2/16$ のタイプA符号の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。
- 【図 3 1】 $N=69120$ ビットで、 $r=3/16$ のタイプA符号の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。
- 【図 3 2】 $N=69120$ ビットで、 $r=3/16$ のタイプA符号の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。
- 【図 3 3】 $N=69120$ ビットで、 $r=4/16$ のタイプA符号の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。
- 【図 3 4】 $N=69120$ ビットで、 $r=5/16$ のタイプA符号の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。
- 【図 3 5】 $N=69120$ ビットで、 $r=5/16$ のタイプA符号の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。
- 【図 3 6】 $N=69120$ ビットで、 $r=6/16$ のタイプA符号の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。
- 【図 3 7】 $N=69120$ ビットで、 $r=6/16$ のタイプA符号の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。
- 【図 3 8】 $N=69120$ ビットで、 $r=7/16$ のタイプA符号の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。
- 【図 3 9】 $N=69120$ ビットで、 $r=7/16$ のタイプA符号の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。
- 【図 4 0】 $N=69120$ ビットで、 $r=8/16$ のタイプA符号の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

10

20

30

40

50

【図 4 1】 $N=69120$ ビットで、 $r=8/16$ のタイプA符号の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【図 4 2】 $N=69120$ ビットで、 $r=7/16$ のタイプB符号の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【図 4 3】 $N=69120$ ビットで、 $r=7/16$ のタイプB符号の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【図 4 4】 $N=69120$ ビットで、 $r=7/16$ のタイプB符号の検査行列初期値テーブルの他の例を示す図である。

【図 4 5】 $N=69120$ ビットで、 $r=7/16$ のタイプB符号の検査行列初期値テーブルの他の例を示す図である。

10

【図 4 6】 $N=69120$ ビットで、 $r=8/16$ のタイプB符号の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【図 4 7】 $N=69120$ ビットで、 $r=8/16$ のタイプB符号の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【図 4 8】 $N=69120$ ビットで、 $r=8/16$ のタイプB符号の検査行列初期値テーブルの他の例を示す図である。

【図 4 9】 $N=69120$ ビットで、 $r=8/16$ のタイプB符号の検査行列初期値テーブルの他の例を示す図である。

【図 5 0】 $N=69120$ ビットで、 $r=9/16$ のタイプB符号の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

20

【図 5 1】 $N=69120$ ビットで、 $r=9/16$ のタイプB符号の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【図 5 2】 $N=69120$ ビットで、 $r=9/16$ のタイプB符号の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【図 5 3】 $N=69120$ ビットで、 $r=9/16$ のタイプB符号の検査行列初期値テーブルの他の例を示す図である。

【図 5 4】 $N=69120$ ビットで、 $r=9/16$ のタイプB符号の検査行列初期値テーブルの他の例を示す図である。

【図 5 5】 $N=69120$ ビットで、 $r=9/16$ のタイプB符号の検査行列初期値テーブルの他の例を示す図である。

30

【図 5 6】 $N=69120$ ビットで、 $r=10/16$ のタイプB符号の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【図 5 7】 $N=69120$ ビットで、 $r=10/16$ のタイプB符号の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【図 5 8】 $N=69120$ ビットで、 $r=10/16$ のタイプB符号の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【図 5 9】 $N=69120$ ビットで、 $r=10/16$ のタイプB符号の検査行列初期値テーブルの他の例を示す図である。

【図 6 0】 $N=69120$ ビットで、 $r=10/16$ のタイプB符号の検査行列初期値テーブルの他の例を示す図である。

40

【図 6 1】 $N=69120$ ビットで、 $r=10/16$ のタイプB符号の検査行列初期値テーブルの他の例を示す図である。

【図 6 2】 $N=69120$ ビットで、 $r=11/16$ のタイプB符号の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【図 6 3】 $N=69120$ ビットで、 $r=11/16$ のタイプB符号の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【図 6 4】 $N=69120$ ビットで、 $r=11/16$ のタイプB符号の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【図 6 5】 $N=69120$ ビットで、 $r=11/16$ のタイプB符号の検査行列初期値テーブルの他の例を示す図である。

50

【図 6 6】 $N=69120$ ビットで、 $r=11/16$ のタイプB符号の検査行列初期値テーブルの他の例を示す図である。

【図 6 7】 $N=69120$ ビットで、 $r=11/16$ のタイプB符号の検査行列初期値テーブルの他の例を示す図である。

【図 6 8】 $N=69120$ ビットで、 $r=12/16$ のタイプB符号の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【図 6 9】 $N=69120$ ビットで、 $r=12/16$ のタイプB符号の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【図 7 0】 $N=69120$ ビットで、 $r=12/16$ のタイプB符号の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

10

【図 7 1】 $N=69120$ ビットで、 $r=12/16$ のタイプB符号の検査行列初期値テーブルの他の例を示す図である。

【図 7 2】 $N=69120$ ビットで、 $r=12/16$ のタイプB符号の検査行列初期値テーブルの他の例を示す図である。

【図 7 3】 $N=69120$ ビットで、 $r=12/16$ のタイプB符号の検査行列初期値テーブルの他の例を示す図である。

【図 7 4】 $N=69120$ ビットで、 $r=13/16$ のタイプB符号の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【図 7 5】 $N=69120$ ビットで、 $r=13/16$ のタイプB符号の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

20

【図 7 6】 $N=69120$ ビットで、 $r=13/16$ のタイプB符号の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【図 7 7】 $N=69120$ ビットで、 $r=13/16$ のタイプB符号の検査行列初期値テーブルの他の例を示す図である。

【図 7 8】 $N=69120$ ビットで、 $r=13/16$ のタイプB符号の検査行列初期値テーブルの他の例を示す図である。

【図 7 9】 $N=69120$ ビットで、 $r=13/16$ のタイプB符号の検査行列初期値テーブルの他の例を示す図である。

【図 8 0】 $N=69120$ ビットで、 $r=14/16$ のタイプB符号の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

30

【図 8 1】 $N=69120$ ビットで、 $r=14/16$ のタイプB符号の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【図 8 2】 $N=69120$ ビットで、 $r=14/16$ のタイプB符号の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【図 8 3】 $N=69120$ ビットで、 $r=14/16$ のタイプB符号の検査行列初期値テーブルの他の例を示す図である。

【図 8 4】 $N=69120$ ビットで、 $r=14/16$ のタイプB符号の検査行列初期値テーブルの他の例を示す図である。

【図 8 5】 $N=69120$ ビットで、 $r=14/16$ のタイプB符号の検査行列初期値テーブルの他の例を示す図である。

40

【図 8 6】列重みが3で、行重みが6であるデグリーシーケンスのアンサンブルのタナーグラフの例を示す図である。

【図 8 7】マルチエッジタイプのアンサンブルのタナーグラフの例を示す図である。

【図 8 8】タイプA方式の検査行列を説明する図である。

【図 8 9】タイプA方式の検査行列を説明する図である。

【図 9 0】タイプB方式の検査行列を説明する図である。

【図 9 1】タイプB方式の検査行列を説明する図である。

【図 9 2】 $N=69120$ ビットで、 $r=2/16$ のタイプA符号を用いて行ったシミュレーションのシミュレーション結果を示す図である。

【図 9 3】 $N=69120$ ビットで、 $r=2/16$ のタイプA符号を用いて行ったシミュレーション

50

【図94】N=69120ビットで、 $r=3/16$ のタイプA符号を用いて行ったシミュレーションのシミュレーション結果を示す図である。

【図 9 6】 $N=69120$ ビットで、 $r=4/16$ のタイプ A 符号を用いて行ったシミュレーションのシミュレーション結果を示す図である。

【図98】N=69120ビットで、 $r=5/16$ のタイプA符号を用いて行ったシミュレーションのシミュレーション結果を示す図である。

【図100】N=69120ビットで、r=6/16のタイプA符号を用いて行ったシミュレーションのシミュレーション結果を示す図である。

【図102】N=69120ビットで、 $r=7/16$ のタイプA符号を用いて行ったシミュレーションのシミュレーション結果を示す図である。

【図104】N=69120ビットで、 $r=8/16$ のタイプA符号を用いて行ったシミュレーションのシミュレーション結果を示す図である。

【図106】N=69120ビットで、 $r=7/16$ のタイプB符号を用いて行ったシミュレーションのシミュレーション結果を示す図である。

【図108】N=69120ビットで、 $r=7/16$ の他のタイプB符号を用いて行ったシミュレーションのシミュレーション結果を示す図である。

【図110】N=69120ビットで、 $r=8/16$ のタイプB符号を用いて行ったシミュレーションのシミュレーション結果を示す図である。

【図112】N=69120ビットで、 $r=8/16$ の他のタイプB符号を用いて行ったシミュレーションのシミュレーション結果を示す図である。

【図114】N=69120ビットで、 $r=9/16$ のタイプB符号を用いて行ったシミュレーションのシミュレーション結果を示す図である。

【図116】N=69120ビットで、 $r=9/16$ の他のタイプB符号を用いて行ったシミュレーションのシミュレーション結果を示す図である。

【図 1 1 8】 $N=69120$ ビットで、 $r=10/16$ のタイプB符号を用いて行ったシミュレーション結果

ヨンのシミュレーション結果を示す図である。

【図119】 $N=69120$ ビットで、 $r=10/16$ のタイプB符号を用いて行ったシミュレーションのシミュレーション結果を示す図である。

【図120】 $N=69120$ ビットで、 $r=10/16$ の他のタイプB符号を用いて行ったシミュレーションのシミュレーション結果を示す図である。

【図121】 $N=69120$ ビットで、 $r=10/16$ の他のタイプB符号を用いて行ったシミュレーションのシミュレーション結果を示す図である。

【図122】 $N=69120$ ビットで、 $r=11/16$ のタイプB符号を用いて行ったシミュレーションのシミュレーション結果を示す図である。

【図123】 $N=69120$ ビットで、 $r=11/16$ のタイプB符号を用いて行ったシミュレーションのシミュレーション結果を示す図である。

10

【図124】 $N=69120$ ビットで、 $r=11/16$ の他のタイプB符号を用いて行ったシミュレーションのシミュレーション結果を示す図である。

【図125】 $N=69120$ ビットで、 $r=11/16$ の他のタイプB符号を用いて行ったシミュレーションのシミュレーション結果を示す図である。

【図126】 $N=69120$ ビットで、 $r=12/16$ のタイプB符号を用いて行ったシミュレーションのシミュレーション結果を示す図である。

【図127】 $N=69120$ ビットで、 $r=12/16$ のタイプB符号を用いて行ったシミュレーションのシミュレーション結果を示す図である。

【図128】 $N=69120$ ビットで、 $r=12/16$ の他のタイプB符号を用いて行ったシミュレーションのシミュレーション結果を示す図である。

20

【図129】 $N=69120$ ビットで、 $r=12/16$ の他のタイプB符号を用いて行ったシミュレーションのシミュレーション結果を示す図である。

【図130】 $N=69120$ ビットで、 $r=13/16$ のタイプB符号を用いて行ったシミュレーションのシミュレーション結果を示す図である。

【図131】 $N=69120$ ビットで、 $r=13/16$ のタイプB符号を用いて行ったシミュレーションのシミュレーション結果を示す図である。

【図132】 $N=69120$ ビットで、 $r=13/16$ の他のタイプB符号を用いて行ったシミュレーションのシミュレーション結果を示す図である。

【図133】 $N=69120$ ビットで、 $r=13/16$ の他のタイプB符号を用いて行ったシミュレーションのシミュレーション結果を示す図である。

30

【図134】 $N=69120$ ビットで、 $r=14/16$ のタイプB符号を用いて行ったシミュレーションのシミュレーション結果を示す図である。

【図135】 $N=69120$ ビットで、 $r=14/16$ のタイプB符号を用いて行ったシミュレーションのシミュレーション結果を示す図である。

【図136】 $N=69120$ ビットで、 $r=14/16$ の他のタイプB符号を用いて行ったシミュレーションのシミュレーション結果を示す図である。

【図137】 $N=69120$ ビットで、 $r=14/16$ の他のタイプB符号を用いて行ったシミュレーションのシミュレーション結果を示す図である。

【図138】変調方式がQPSKである場合のUCの信号点の座標の例を示す図である。

40

【図139】変調方式が16QAMである場合の2D NUCの信号点の座標の例を示す図である。

【図140】変調方式が1024QAMである場合の1D NUCの信号点の座標の例を示す図である。

【図141】1024QAMのシンボル y と、そのシンボル y に対応する1D NUCの信号点 z_s の座標としての複素数のリアルパート $\text{Re}(z_s)$ 及びイマジナリパート $\text{Im}(z_s)$ それぞれとの関係を示す図である。

【図142】ブロックインターリーブ25の構成例を示すブロック図である。

【図143】ブロックインターリーブ25で行われるブロックインターリーブを説明する図である。

50

【図144】グループワイズインターリーバ24で行われるグループワイズインターリーブを説明する図である。

【図145】受信装置12の構成例を示すブロック図である。

【図146】ビットデインターリーバ165の構成例を示すブロック図である。

【図147】デマッパ164、ビットデインターリーバ165、及び、LDPCデコーダ166が行う処理の例を説明するフローチャートである。

【図148】LDPC符号の検査行列の例を示す図である。

【図149】検査行列に行置換と列置換を施した行列（変換検査行列）の例を示す図である。

【図150】 5×5 単位に分割した変換検査行列の例を示す図である。

【図151】ノード演算をP個まとめて行う復号装置の構成例を示すブロック図である。

【図152】LDPCデコーダ166の構成例を示すブロック図である。

【図153】ブロックデインターリーバ54の構成例を示すブロック図である。

【図154】ビットデインターリーバ165の他の構成例を示すブロック図である。

【図155】受信装置12を適用可能な受信システムの第1の構成例を示すブロック図である。

【図156】受信装置12を適用可能な受信システムの第2の構成例を示すブロック図である。

【図157】受信装置12を適用可能な受信システムの第3の構成例を示すブロック図である。

【図158】本技術を適用したコンピュータの一実施の形態の構成例を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0028】

以下、本技術の実施の形態について説明するが、その前に、LDPC符号について説明する。

【0029】

<LDPC符号>

【0030】

なお、LDPC符号は、線形符号であり、必ずしも2元である必要はないが、ここでは、2元であるものとして説明する。

【0031】

LDPC符号は、そのLDPC符号を定義する検査行列(parity check matrix)が疎なものであることを最大の特徴とする。ここで、疎な行列とは、行列の要素の"1"の個数が非常に少ない行列（ほとんどの要素が0の行列）である。

【0032】

図1は、LDPC符号の検査行列Hの例を示す図である。

【0033】

図1の検査行列Hでは、各列の重み（列重み）（"1"の数）(weight)が"3"であり、且つ、各行の重み（行重み）が"6"になっている。

【0034】

LDPC符号による符号化（LDPC符号化）では、例えば、検査行列Hに基づいて生成行列Gを生成し、この生成行列Gを2元の情報ビットに対して乗算することで、符号語（LDPC符号）が生成される。

【0035】

具体的には、LDPC符号化を行う符号化装置は、まず、検査行列Hの転置行列 H^T との間に、式 $GH^T=0$ が成立する生成行列Gを算出する。ここで、生成行列Gが、 $K \times N$ 行列である場合には、符号化装置は、生成行列Gに対してKビットからなる情報ビットのビット列（ベクトルu）を乗算し、Nビットからなる符号語 $c(=uG)$ を生成する。この符号化装置によって生成された符号語（LDPC符号）は、所定の通信路を介して受信側において受信される。

10

20

30

40

50

【0036】

LDPC符号の復号は、Gallagerが確率復号(Probabilistic Decoding)と称して提案したアルゴリズムであって、バリエブルノード(variable node (メッセージノード(message node)とも呼ばれる))と、チェックノード(check node)とからなる、いわゆるタナグラフ(Tanner graph)上での確率伝播(belief propagation)によるメッセージ・パッシング・アルゴリズムによって行うことが可能である。ここで、以下、適宜、バリエブルノードとチェックノードを、単に、ノードともいう。

【0037】

図2は、LDPC符号の復号の手順を示すフローチャートである。

【0038】

なお、以下、適宜、受信側で受信したLDPC符号(1符号語)の*i*番目の符号ビットの、値の"0"らしさを対数尤度比(log likelihood ratio)で表現した実数値(受信LLR)を、受信値 u_{0i} ともいう。また、チェックノードから出力されるメッセージを u_j とし、バリエブルノードから出力されるメッセージを v_i とする。

【0039】

まず、LDPC符号の復号においては、図2に示すように、ステップS11において、LDPC符号が受信され、メッセージ(チェックノードメッセージ) u_j が"0"に初期化されるとともに、繰り返し処理のカウンタとしての整数をとる変数*k*が"0"に初期化され、ステップS12に進む。ステップS12において、LDPC符号を受信して得られる受信値 u_{0i} に基づいて、式(1)に示す演算(バリエブルノード演算)を行うことによってメッセージ(バリエブルノードメッセージ) v_i が求められ、さらに、このメッセージ v_i に基づいて、式(2)に示す演算(チェックノード演算)を行うことによってメッセージ u_j が求められる。

【0040】

【数1】

$$v_i = u_{0i} + \sum_{j=1}^{d_v-1} u_j$$

・・・(1)

【0041】

【数2】

$$\tanh\left(\frac{u_j}{2}\right) = \prod_{i=1}^{d_c-1} \tanh\left(\frac{v_i}{2}\right)$$

・・・(2)

【0042】

ここで、式(1)と式(2)における d_v と d_c は、それぞれ、検査行列Hの縦方向(列)と横方向(行)の"1"の個数を示す任意に選択可能とされるパラメータである。例えば、図1に示したような列重みが3で、行重みが6の検査行列Hに対するLDPC符号((3,6)LDPC符号)の場合には、 $d_v=3$ 、 $d_c=6$ となる。

【0043】

なお、式(1)のバリエブルノード演算、及び(2)のチェックノード演算においては、それぞれ、メッセージを出力しようとする枝(edge)(バリエブルノードとチェックノードとを結ぶ線)から入力されたメッセージを、演算の対象としないことから、演算の範囲が、1ないし d_v-1 又は1ないし d_c-1 となっている。また、式(2)のチェックノード演算は、実際には、2入力 v_1 、 v_2 に対する1出力で定義される式(3)に示す関数 $R(v_1, v_2)$ のテーブルを予め作成しておき、これを式(4)に示すように連続的(再帰的)に用いることによって行われる。

【0044】

10

20

30

40

50

【数 3】

$$x = 2 \tanh^{-1} \{ \tanh(v_1/2) \tanh(v_2/2) \} = R(v_1, v_2)$$

・・・ (3)

【0045】

【数 4】

$$u_j = R(v_1, R(v_2, R(v_3, \dots R(v_{d_c-2}, v_{d_c-1})))$$

・・・ (4)

【0046】

ステップ S 1 2 では、さらに、変数 k が "1" だけインクリメントされ、ステップ S 1 3 に進む。ステップ S 1 3 では、変数 k が所定の繰り返し復号回数 C よりも大きいか否かが判定される。ステップ S 1 3 において、変数 k が C よりも大きくないと判定された場合、ステップ S 1 2 に戻り、以下、同様の処理が繰り返される。

【0047】

また、ステップ S 1 3 において、変数 k が C よりも大きいと判定された場合、ステップ S 1 4 に進み、式 (5) に示す演算を行うことによって最終的に出力する復号結果としてのメッセージ v_i が求められて出力され、LDPC 符号の復号処理が終了する。

【0048】

【数 5】

$$v_i = u_{0i} + \sum_{j=1}^{d_v} u_j$$

・・・ (5)

【0049】

ここで、式 (5) の演算は、式 (1) のバリエブルノード演算とは異なり、バリエブルノードに接続している全ての枝からのメッセージ u_j を用いて行われる。

【0050】

図 3 は、(3,6)LDPC 符号 (符号化率 1/2、符号長 12) の検査行列 H の例を示す図である。

【0051】

図 3 の検査行列 H では、図 1 と同様に、列の重みが 3 に、行の重みが 6 に、それぞれなっている。

【0052】

図 4 は、図 3 の検査行列 H のタナーグラフを示す図である。

【0053】

ここで、図 4 において、プラス "+" で表わされるのが、チェックノードであり、イコール "=" で表わされるのが、バリエブルノードである。チェックノードとバリエブルノードは、それぞれ、検査行列 H の行と列に対応する。チェックノードとバリエブルノードとの間の結線は、枝 (edge) であり、検査行列の要素の "1" に相当する。

【0054】

すなわち、検査行列の第 j 行第 i 列の要素が 1 である場合には、図 4 において、上から i 番目のバリエブルノード ("=" のノード) と、上から j 番目のチェックノード ("+" のノード) とが、枝により接続される。枝は、バリエブルノードに対応する符号ビットが、チェックノードに対応する拘束条件を持つことを表す。

【0055】

LDPC 符号の復号方法であるサンプロダクトアルゴリズム (Sum Product Algorithm) で

10

20

30

40

50

は、バリエブルノード演算とチェックノード演算とが繰り返し行われる。

【0056】

図5は、バリエブルノードで行われるバリエブルノード演算を示す図である。

【0057】

バリエブルノードでは、計算しようとしている枝に対応するメッセージ v_i は、バリエブルノードに繋がっている残りの枝からのメッセージ u_1 および u_2 と、受信値 u_{0i} を用いた式(1)のバリエブルノード演算により求められる。他の枝に対応するメッセージも同様に求められる。

【0058】

図6は、チェックノードで行われるチェックノード演算を示す図である。

10

【0059】

ここで、式(2)のチェックノード演算は、式 $a \times b = \exp\{\ln(|a|) + \ln(|b|)\} \times \text{sign}(a) \times \text{sign}(b)$ の関係を用いて、式(6)に書き直すことができる。但し、 $\text{sign}(x)$ は、 $x \geq 0$ のとき1であり、 $x < 0$ のとき-1である。

【0060】

【数6】

$$\begin{aligned} u_j &= 2 \tanh^{-1} \left(\prod_{i=1}^{d_c-1} \tanh \left(\frac{v_i}{2} \right) \right) \\ &= 2 \tanh^{-1} \left[\exp \left\{ \sum_{i=1}^{d_c-1} \ln \left(\left| \tanh \left(\frac{v_i}{2} \right) \right| \right) \right\} \times \prod_{i=1}^{d_c-1} \text{sign} \left(\tanh \left(\frac{v_i}{2} \right) \right) \right] \\ &= 2 \tanh^{-1} \left[\exp \left\{ - \left(\sum_{i=1}^{d_c-1} - \ln \left(\tanh \left(\frac{|v_i|}{2} \right) \right) \right) \right\} \times \prod_{i=1}^{d_c-1} \text{sign}(v_i) \right] \end{aligned}$$

20

... (6)

30

【0061】

$x \geq 0$ において、関数 $\phi(x)$ を、式 $\phi(x) = \ln(\tanh(x/2))$ と定義すると、式 $\phi^{-1}(x) = 2 \tanh^{-1}(e^{-x})$ が成り立つから、式(6)は、式(7)に変形することができる。

【0062】

【数7】

$$u_j = \phi^{-1} \left(\sum_{i=1}^{d_c-1} \phi(|v_i|) \right) \times \prod_{i=1}^{d_c-1} \text{sign}(v_i)$$

40

... (7)

【0063】

チェックノードでは、式(2)のチェックノード演算が、式(7)に従って行われる。

【0064】

すなわち、チェックノードでは、図6のように、計算しようとしている枝に対応するメッセージ u_j は、チェックノードに繋がっている残りの枝からのメッセージ v_1, v_2, v_3, v_4, v_5 を用いた式(7)のチェックノード演算によって求められる。他の枝に対応するメッセージも同様に求められる。

【0065】

なお、式(7)の関数 $\phi(x)$ は、式 $\phi(x) = \ln((e^x + 1)/(e^x - 1))$ で表すことができ、 $x > 0$

50

において、 $\phi(x) = \phi^{-1}(x)$ である。関数 $\phi(x)$ および $\phi^{-1}(x)$ をハードウェアに実装する際には、LUT(Look Up Table)を用いて実装される場合があるが、両者共に同一のLUTとなる。

【0066】

＜本技術を適用した伝送システムの構成例＞

【0067】

図7は、本技術を適用した伝送システム（システムとは、複数の装置が論理的に集合した物をいい、各構成の装置が同一筐体中にあるか否かは、問わない）の一実施の形態の構成例を示す図である。

【0068】

図7において、伝送システムは、送信装置11と受信装置12とから構成される。

【0069】

送信装置11は、例えば、テレビジョン放送の番組等の送信（放送）（伝送）を行う。すなわち、送信装置11は、例えば、番組としての画像データや音声データ等の、送信の対象である対象データをLDPC符号に符号化し、例えば、衛星回線や、地上波、ケーブル（有線回線）等の通信路13を介して送信する。

【0070】

受信装置12は、送信装置11から通信路13を介して送信されてくるLDPC符号を受信し、対象データに復号して出力する。

【0071】

ここで、図7の伝送システムで使用されるLDPC符号は、AWGN(Additive White Gaussian Noise)通信路で極めて高い能力を発揮することが知られている。

【0072】

一方、通信路13では、バースト(burst)誤りやイレージャ(erasure)が発生することがある。例えば、特に、通信路13が地上波である場合、OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)システムでは、D/U(Desired to Undesired Ratio)が0dB(Undesired=echoのパワーがDesired=メインパスのパワーと等しい)のマルチパス環境において、エコー(echo)（メインパス以外のパス）の遅延(delay)に応じて、特定のシンボルのパワーが0になってしまう(erasure)ことがある。

【0073】

また、フラッタ(flutter)(遅延が0でドップラ(doppler)周波数の掛かったechoが加算される通信路)でも、D/Uが0dBである場合には、ドップラ周波数によって、特定の時刻のOFDMのシンボル全体のパワーが0になる(erasure)場合が生じる。

【0074】

さらに、受信装置12側の、送信装置11からの信号を受信するアンテナ等の受信部（図示せず）から受信装置12までの配線の状況や、受信装置12の電源の不安定性により、バースト誤りが発生することがある。

【0075】

一方、LDPC符号の復号においては、検査行列Hの列、ひいては、LDPC符号の符号ビットに対応するバリエブルノードにおいて、図5に示したように、LDPC符号の符号ビット（の受信値 u_{0i} ）の加算を伴う式（1）のバリエブルノード演算が行われるため、そのバリエブルノード演算に用いられる符号ビットにエラーが生じると、求められるメッセージの精度が低下する。

【0076】

そして、LDPC符号の復号では、チェックノードにおいて、そのチェックノードに繋がっているバリエブルノードで求められるメッセージを用いて、式（7）のチェックノード演算が行われるため、繋がっている複数のバリエブルノード（に対応するLDPC符号の符号ビット）が同時にエラー（イレージャを含む）となるチェックノードの数が多くなると、復号の性能が劣化する。

【0077】

すなわち、例えば、チェックノードは、そのチェックノードに繋がっているバリエブル

10

20

30

40

50

ノードの2個以上が同時にイレージャになると、全バリエブルノードに、値が0である確率と1である確率とが等確率のメッセージを戻す。この場合、等確率のメッセージを戻すチェックノードは、1回の復号処理（1セットのバリエブルノード演算及びチェックノード演算）に寄与しないこととなり、その結果、復号処理の繰り返し回数を多く必要とすることになって、復号の性能が劣化し、さらに、LDPC符号の復号を行う受信装置12の消費電力が増大する。

【0078】

そこで、図7の伝送システムでは、AWGN通信路（AWGNチャネル）での性能を維持しつつ、バースト誤りやイレージャへの耐性を向上させることが可能になっている。

【0079】

＜送信装置11の構成例＞

【0080】

図8は、図7の送信装置11の構成例を示すブロック図である。

【0081】

送信装置11では、対象データとしての1以上のインプットストリーム(Input Streams)が、モードアダプテーション／マルチプレクサ(Mode Adaptation/Multiplexer)111に供給される。

【0082】

モードアダプテーション／マルチプレクサ111は、モード選択、及び、そこに供給される1以上のインプットストリームの多重化等の処理を必要に応じて行い、その結果得られるデータを、パダー(padder)112に供給する。

【0083】

パダー112は、モードアダプテーション／マルチプレクサ111からのデータに対して、必要なゼロ詰め（Nullの挿入）を行い、その結果得られるデータを、BBスクランブラ(BB Scrambler)113に供給する。

【0084】

BBスクランブラ113は、パダー112からのデータに、BBスクランブル(Base-Band Scrambling)を施し、その結果得られるデータを、BCHエンコーダ(BCH encoder)114に供給する。

【0085】

BCHエンコーダ114は、BBスクランブラ113からのデータをBCH符号化し、その結果得られるデータを、LDPC符号化の対象であるLDPC対象データとして、LDPCエンコーダ(LDPC encoder)115に供給する。

【0086】

LDPCエンコーダ115は、BCHエンコーダ114からのLDPC対象データについて、例えば、LDPC符号のパリティビットに対応する部分であるパリティ行列が階段(dual diagonal)構造になっている検査行列等に従ったLDPC符号化を行い、LDPC対象データを情報ビットとするLDPC符号を出力する。

【0087】

すなわち、LDPCエンコーダ115は、LDPC対象データを、例えば、DVB-S.2や、DVB-T.2、DVB-C.2、ATSC3.0等の所定の規格に規定されている（検査行列に対応する）LDPC符号、その他のLDPC符号に符号化するLDPC符号化を行い、その結果得られるLDPC符号を出力する。

【0088】

ここで、DVB-S.2やATSC3.0の規格に規定されているLDPC符号や、ATSC3.0で採用予定のLDPC符号は、IRA(Irregular Repeat Accumulate)符号であり、そのLDPC符号の検査行列におけるパリティ行列（の一部又は全部）は、階段構造になっている。パリティ行列、及び、階段構造については、後述する。また、IRA符号については、例えば、"Irregular Repeat-Accumulate Codes," H. Jin, A. Khandekar, and R. J. McEliece, in Proceedings of 2nd International Symposium on Turbo codes and Related Top

10

20

30

40

50

ics, pp. 1-8, Sept. 2000に記載されている。

【0089】

LDPCエンコーダ115が出力するLDPC符号は、ビットインターリーバ(Bit Interleaver)116に供給される。

【0090】

ビットインターリーバ116は、LDPCエンコーダ115からのLDPC符号について、後述するビットインターリーブを行い、そのビットインターリーブ後のLDPC符号を、マップ(Mapper)117に供給する。

【0091】

マップ117は、ビットインターリーバ116からのLDPC符号を、そのLDPC符号の1ビット以上の符号ビットの単位(シンボル単位)で、直交変調の1つのシンボルを表す信号点にマッピングして直交変調(多値変調)を行う。

10

【0092】

すなわち、マップ117は、ビットインターリーバ116からのLDPC符号を、搬送波と同相のI成分を表すI軸と、搬送波と直交するQ成分を表すQ軸とで規定されるIQ平面(IQコンスタレーション)上の、LDPC符号の直交変調を行う変調方式で定める信号点にマッピングして直交変調を行う。

【0093】

マップ117で行われる直交変調の変調方式で定める信号点の数が、 2^m 個である場合、LDPC符号のmビットの符号ビットを、シンボル(1シンボル)として、マップ117では、ビットインターリーバ116からのLDPC符号が、シンボル単位で、 2^m 個の信号点のうちの、シンボルを表す信号点にマッピングされる。

20

【0094】

ここで、マップ117で行われる直交変調の変調方式としては、例えば、DVB-S.2やATSC3.0の規格等に規定されている変調方式、その他の変調方式、すなわち、例えば、BPSK(Binary Phase Shift Keying)や、QPSK(Quadrature Phase Shift Keying), 8PSK(Phase-Shift Keying), 16APSK(Amplitude Phase-Shift Keying), 32APSK, 16QAM(Quadrature Amplitude Modulation), 64QAM, 256QAM, 1024QAM, 4096QAM, 4PAM(Pulse Amplitude Modulation)等がある。マップ117において、いずれの変調方式による直交変調が行われるかは、例えば、送信装置11のオペレータの操作等に従って、あらかじめ設定される。

30

【0095】

マップ117での処理により得られるデータ(シンボルを信号点にマッピングしたマッピング結果)は、時間インターリーバ(Time Interleaver)118に供給される。

【0096】

時間インターリーバ118は、マップ117からのデータについて、シンボル単位での時間インターリーブ(時間方向のインターリーブ)を行い、その結果得られるデータを、SISO/MISOエンコーダ(SISO/MISO(Single Input Single Output/Multiple Input Single Output) encoder)119に供給する。

【0097】

SISO/MISOエンコーダ119は、時間インターリーバ118からのデータに、時空間符号化を施し、周波数インターリーバ(Frequency Interleaver)120に供給する。

40

【0098】

周波数インターリーバ120は、SISO/MISOエンコーダ119からのデータについて、シンボル単位での周波数インターリーブ(周波数方向のインターリーブ)を行い、フレームビルダ/リソースアロケーション部(Frame Builder & Resource Allocation)131に供給する。

【0099】

一方、BCHエンコーダ121には、例えば、BBシグナリング(Base Band Signalling)(BB Header)等の伝送制御用の制御データ(signalling)が供給される。

50

【0100】

BCHエンコーダ121は、そこに供給される制御データを、BCHエンコーダ114と同様にBCH符号化し、その結果得られるデータを、LDPCエンコーダ122に供給する。

【0101】

LDPCエンコーダ122は、BCHエンコーダ121からのデータを、LDPC対象データとして、LDPCエンコーダ115と同様にLDPC符号化し、その結果得られるLDPC符号を、マップ123に供給する。

【0102】

マップ123は、マップ117と同様に、LDPCエンコーダ122からのLDPC符号を、そのLDPC符号の1ビット以上の符号ビットの単位（シンボル単位）で、直交変調の1つのシンボルを表す信号点にマッピングして直交変調を行い、その結果得られるデータを、周波数インターリーバ124に供給する。

【0103】

周波数インターリーバ124は、周波数インターリーバ120と同様に、マップ123からのデータについて、シンボル単位での周波数インターリーブを行い、フレームビルダ／リソースアロケーション部131に供給する。

【0104】

フレームビルダ／リソースアロケーション部131は、周波数インターリーバ120、及び、124からのデータ（シンボル）の必要な位置に、パイロット(Pilot)のシンボルを挿入し、その結果得られるデータ（シンボル）から、所定の数のシンボルで構成されるフレーム（例えば、PL(Physical Layer)フレームや、T2フレーム、C2フレーム等）を構成して、OFDM生成部(OFDM generation)132に供給する。

【0105】

OFDM生成部132は、フレームビルダ／リソースアロケーション部131からのフレームから、そのフレームに対応するOFDM信号を生成し、通信路13（図7）を介して送信する。

【0106】

なお、送信装置11は、例えば、時間インターリーバ118、SISO/MISOエンコーダ119、周波数インターリーバ120、及び、周波数インターリーバ124等の、図8に図示したブロックの一部を設けずに構成することができる。

【0107】

<ビットインターリーバ116の構成例>

【0108】

図9は、図8のビットインターリーバ116の構成例を示すブロック図である。

【0109】

ビットインターリーバ116は、データをインターリーブする機能を有し、パリティインターリーバ(Parity Interleaver)23、グループワイズインターリーバ(Group-Wise Interleaver)24、及びブロックインターリーバ(Block Interleaver)25から構成される。

【0110】

パリティインターリーバ23は、LDPCエンコーダ115からのLDPC符号のパリティビットを、他のパリティビットの位置にインターリーブするパリティインターリーブを行い、そのパリティインターリーブ後のLDPC符号を、グループワイズインターリーバ24に供給する。

【0111】

グループワイズインターリーバ24は、パリティインターリーバ23からのLDPC符号について、グループワイズインターリーブを行い、そのグループワイズインターリーブ後のLDPC符号を、ブロックインターリーバ25に供給する。

【0112】

ここで、グループワイズインターリーブでは、1符号分のLDPC符号を、その先頭から、

10

20

30

40

50

後述するユニットサイズPに等しい360ビット単位に区分した、その1区分の360ビットを、ビットグループとして、パリティインターリーブ23からのLDPC符号が、ビットグループ単位でインターリーブされる。

【0113】

グループワイズインターリーブを行う場合には、グループワイズインターリーブを行わない場合に比較して、エラーレートを改善させることができ、その結果、データ伝送において、良好な通信品質を確保することができる。

【0114】

ブロックインターリーブ25は、グループワイズインターリーブ24からのLDPC符号を逆多重化するためのブロックインターリーブを行うことで、例えば、1符号分のLDPC符号を、マッピングの単位であるmビットのシンボルにシンボル化し、マップ117（図8）に供給する。

【0115】

ここで、ブロックインターリーブでは、例えば、カラム(column)（縦）方向に所定のビット数を記憶する記憶領域としてのカラムが、ロウ(row)（横）方向に、シンボルのビット数mに等しい数だけ並んだ記憶領域に対して、グループワイズインターリーブ24からのLDPC符号が、カラム方向に書き込まれ、ロウ方向に読み出されることで、LDPC符号が、mビットのシンボルにシンボル化される。

【0116】

＜LDPC符号の検査行列＞

【0117】

図10は、図8のLDPCエンコーダ115でLDPC符号化に用いられる検査行列Hの例を示す図である。

【0118】

検査行列Hは、LDGM(Low-Density Generation Matrix)構造になっており、LDPC符号の符号ビットのうちの、情報ビットに対応する部分の情報行列 H_A と、パリティビットに対応するパリティ行列 H_T とによって、式 $H=[H_A | H_T]$ （情報行列 H_A の要素を左側の要素とし、パリティ行列 H_T の要素を右側の要素とする行列）で表すことができる。

【0119】

ここで、1符号のLDPC符号（1符号語）の符号ビットのうちの情報ビットのビット数と、パリティビットのビット数を、それぞれ、情報長Kと、パリティ長Mというとともに、1個（1符号語）のLDPC符号の符号ビットのビット数を、符号長 $N(=K+M)$ という。

【0120】

ある符号長NのLDPC符号についての情報長Kとパリティ長Mは、符号化率によって決まる。また、検査行列Hは、行×列が $M \times N$ の行列（M行N列の行列）となる。そして、情報行列 H_A は、 $M \times K$ の行列となり、パリティ行列 H_T は、 $M \times M$ の行列となる。

【0121】

図11は、図8のLDPCエンコーダ115でLDPC符号化に用いられる検査行列Hのパリティ行列 H_T の例を示す図である。

【0122】

LDPCエンコーダ115でLDPC符号化に用いられる検査行列Hのパリティ行列 H_T としては、例えば、DVB-T.2等の規格に規定されているLDPC符号の検査行列Hと同様のパリティ行列 H_T を採用することができる。

【0123】

DVB-T.2等の規格に規定されているLDPC符号の検査行列Hのパリティ行列 H_T は、図11に示すように、1の要素が、いわば階段状に並ぶ階段構造の行列(lower bidiagonal matrix)になっている。パリティ行列 H_T の行重みは、1行目については1で、残りの全ての行については2になっている。また、列重みは、最後の1列については1で、残りの全ての列で2になっている。

【0124】

10

20

30

40

50

以上のように、パリティ行列 H_T が階段構造になっている検査行列 H のLDPC符号は、その検査行列 H を用いて、容易に生成することができる。

【0125】

すなわち、LDPC符号（1符号語）を、行ベクトル c で表すとともに、その行ベクトルを転置して得られる列ベクトルを、 c^T と表す。また、LDPC符号である行ベクトル c のうちの、情報ビットの部分、行ベクトル A で表すとともに、パリティビットの部分、行ベクトル T で表すこととする。

【0126】

この場合、行ベクトル c は、情報ビットとしての行ベクトル A と、パリティビットとしての行ベクトル T とによって、式 $c = [A \mid T]$ （行ベクトル A の要素を左側の要素とし、行ベクトル T の要素を右側の要素とする行ベクトル）で表すことができる。

【0127】

検査行列 H と、LDPC符号としての行ベクトル $c = [A \mid T]$ とは、式 $Hc^T = 0$ を満たす必要があり、かかる式 $Hc^T = 0$ を満たす行ベクトル $c = [A \mid T]$ を構成するパリティビットとしての行ベクトル T は、検査行列 $H = [H_A \mid H]$ のパリティ行列 H_T が、図11に示した階段構造になっている場合には、式 $Hc^T = 0$ における列ベクトル Hc^T の1行目の要素から順に、各行の要素を0にしていくようにすることで、逐次的（順番）に求めることができる。

【0128】

図12は、DVB-T.2等の規格に規定されているLDPC符号の検査行列 H を説明する図である。

【0129】

DVB-T.2等の規格に規定されているLDPC符号の検査行列 H の1列目からの KX 列については、列重みが X に、その後の $K3$ 列については、列重みが3に、その後の $M-1$ 列については、列重みが2に、最後の1列については、列重みが1に、それぞれなっている。

【0130】

ここで、 $KX + K3 + M - 1 + 1$ は、符号長 N に等しい。

【0131】

図13は、DVB-T.2等の規格に規定されているLDPC符号の各符号化率 r についての、列数 KX 、 $K3$ 、及び M 、並びに、列重み X を示す図である。

【0132】

DVB-T.2等の規格では、64800ビットと16200ビットの符号長 N のLDPC符号が規定されている。

【0133】

そして、符号長 N が64800ビットのLDPC符号については、11個の符号化率(nominal rate) $1/4, 1/3, 2/5, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9$ 、及び $9/10$ が規定されており、符号長 N が16200ビットのLDPC符号については、10個の符号化率 $1/4, 1/3, 2/5, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6$ 、及び $8/9$ が規定されている。

【0134】

ここで、以下、64800ビットの符号長 N を、64kビットともいい、16200ビットの符号長 N を、16kビットともいう。

【0135】

LDPC符号については、検査行列 H の列重みが大の列に対応する符号ビットほど、エラーレートが低い傾向がある。

【0136】

図12及び図13に示した、DVB-T.2等の規格に規定されている検査行列 H では、先頭側（左側）の列ほど、列重みが大の傾向にあり、したがって、その検査行列 H に対応するLDPC符号については、先頭の符号ビットほど、エラーに強く（エラーに対する耐性があり）、終わりの符号ビットほど、エラーに弱い傾向がある。

【0137】

<パリティインターリーブ>

10

20

30

40

50

【0138】

図14ないし図16を参照して、図9のパリティインターリーブ23によるパリティインターリーブについて説明する。

【0139】

図14は、LDPC符号の検査行列のタナグラフ（の一部）の例を示す図である。

【0140】

チェックノードは、図14に示すように、そのチェックノードに繋がっているバリエブルノード（に対応する符号ビット）の2個等の複数が同時にイレージャ等のエラーになると、そのチェックノードに繋がっている全バリエブルノードに、値が0である確率と1である確率とが等確率のメッセージを戻す。このため、同一のチェックノードに繋がっている複数のバリエブルノードが同時にイレージャ等になると、復号の性能が劣化する。

10

【0141】

ところで、図8のLDPCエンコーダ115が出力するLDPC符号は、例えば、DVB-T.2等の規格に規定されているLDPC符号と同様に、IRA符号であり、検査行列Hのパリティ行列 H_T は、図11に示したように、階段構造になっている。

【0142】

図15は、図11に示したように、階段構造になっているパリティ行列 H_T と、そのパリティ行列 H_T に対応するタナグラフの例を示す図である。

【0143】

図15のAは、階段構造になっているパリティ行列 H_T の例を示しており、図15のBは、図15のAのパリティ行列 H_T に対応するタナグラフを示している。

20

【0144】

階段構造になっているパリティ行列 H_T では、各行において、1の要素が隣接する（1行目を除く）。このため、パリティ行列 H_T のタナグラフにおいて、パリティ行列 H_T の値が1になっている隣接する2つの要素の列に対応する、隣接する2つのバリエブルノードは、同一のチェックノードに繋がっている。

【0145】

したがって、バースト誤りやイレージャ等によって、上述の隣接する2つのバリエブルノードに対応するパリティビットが同時にエラーとなると、そのエラーとなった2つのパリティビットに対応する2つのバリエブルノード（パリティビットを用いてメッセージを求めるバリエブルノード）に繋がっているチェックノードは、値が0である確率と1である確率とが等確率のメッセージを、そのチェックノードに繋がっているバリエブルノードに戻すため、復号の性能が劣化する。そして、バースト長（連続してエラーとなるパリティビットのビット数）が大になると、等確率のメッセージを戻すチェックノードが増加し、復号の性能は、さらに劣化する。

30

【0146】

そこで、パリティインターリーブ23（図9）は、上述した復号の性能の劣化を防止するため、LDPCエンコーダ115からの、LDPC符号のパリティビットを、他のパリティビットの位置にインターリーブするパリティインターリーブを行う。

【0147】

図16は、図9のパリティインターリーブ23が行うパリティインターリーブ後のLDPC符号に対応する検査行列Hのパリティ行列 H_T を示す図である。

40

【0148】

ここで、LDPCエンコーダ115が出力するLDPC符号に対応する検査行列Hの情報行列 H_A は、DVB-T.2等の規格に規定されているLDPC符号に対応する検査行列Hの情報行列と同様に、巡回構造になっている。

【0149】

巡回構造とは、ある列が、他の列をサイクリックシフトしたものと一致している構造をいい、例えば、P列ごとに、そのP列の各行の1の位置が、そのP列の最初の列を、パリティ長Mを除算して得られる値qに比例する値等の所定の値だけ、列方向にサイクリックシフ

50

トした位置になっている構造も含まれる。以下、適宜、巡回構造におけるP列を、ユニットサイズという。

【0150】

DVB-T.2等の規格に規定されているLDPC符号としては、図12及び図13で説明したように、符号長Nが64800ビットと16200ビットとの、2種類のLDPC符号があり、その2種類のLDPC符号のいずれについても、ユニットサイズPが、パリティ長Mの約数のうちの、1とMを除く約数の1つである360に規定されている。

【0151】

また、パリティ長Mは、符号化率によって異なる値qを用いて、式 $M = q \times P = q \times 360$ で表される素数以外の値になっている。したがって、値qも、ユニットサイズPと同様に、パリティ長Mの約数のうちの、1とMを除く約数の他の1つであり、パリティ長Mを、ユニットサイズPで除算することにより得られる（パリティ長Mの約数であるP及びqの積は、パリティ長Mとなる）。

10

【0152】

パリティインターリーブ23は、上述したように、情報長をKとし、また、0以上P未満の整数をxとするとともに、0以上q未満の整数をyとすると、パリティインターリーブとして、NビットのLDPC符号の符号ビットのうちの、 $K + qx + y + 1$ 番目の符号ビットを、 $K + Py + x + 1$ 番目の符号ビットの位置にインターリーブする。

【0153】

$K + qx + y + 1$ 番目の符号ビット、及び、 $K + Py + x + 1$ 番目の符号ビットは、いずれも、 $K + 1$ 番目以降の符号ビットであるから、パリティビットであり、したがって、パリティインターリーブによれば、LDPC符号のパリティビットの位置が移動される。

20

【0154】

このようなパリティインターリーブによれば、同一のチェックノードに繋がれるバリエブルノード（に対応するパリティビット）が、ユニットサイズP、すなわち、ここでは、360ビットだけ離れるので、バースト長が360ビット未満である場合には、同一のチェックノードに繋がっているバリエブルノードの複数が同時にエラーになる事態を避けることができ、その結果、バースト誤りに対する耐性を改善することができる。

【0155】

なお、 $K + qx + y + 1$ 番目の符号ビットを、 $K + Py + x + 1$ 番目の符号ビットの位置にインターリーブするパリティインターリーブ後のLDPC符号は、元の検査行列Hの、 $K + qx + y + 1$ 番目の列を、 $K + Py + x + 1$ 番目の列に置換する列置換を行って得られる検査行列（以下、変換検査行列ともいう）のLDPC符号に一致する。

30

【0156】

また、変換検査行列のパリティ行列には、図16に示すように、P列（図16では、360列）を単位とする擬似巡回構造が現れる。

【0157】

ここで、擬似巡回構造とは、一部を除く部分が巡回構造になっている構造を意味する。

【0158】

DVB-T.2等の規格に規定されているLDPC符号の検査行列に対して、パリティインターリーブに相当する列置換を施して得られる変換検査行列は、変換検査行列の右上隅部分の360行×360列の部分（後述するシフト行列）に、1の要素が1つだけならず（0の要素になっており）、その点で、（完全な）巡回構造ではなく、いわば、擬似巡回構造になっている。

40

【0159】

LDPCエンコーダ115が出力するLDPC符号の検査行列に対する変換検査行列は、例えば、DVB-T.2等の規格に規定されているLDPC符号の検査行列に対する変換検査行列と同様に、擬似巡回構造になっている。

【0160】

なお、図16の変換検査行列は、元の検査行列Hに対して、パリティインターリーブに

50

相当する列置換の他、変換検査行列が、後述する構成行列で構成されるようにするための行の置換（行置換）も施された行列になっている。

【0161】

図17は、図8のLDPCエンコーダ115、ビットインターリーバ116、及び、マップ117で行われる処理を説明するフローチャートである。

【0162】

LDPCエンコーダ115は、BCHエンコーダ114から、LDPC対象データが供給されるのを待って、ステップS101において、LDPC対象データを、LDPC符号に符号化し、そのLDPC符号を、ビットインターリーバ116に供給して、処理は、ステップS102に進む。

10

【0163】

ビットインターリーバ116は、ステップS102において、LDPCエンコーダ115からのLDPC符号を対象として、ビットインターリーブを行い、そのビットインターリーブによって得られるシンボルを、マップ117に供給して、処理は、ステップS103に進む。

【0164】

すなわち、ステップS102では、ビットインターリーバ116（図9）において、パリティインターリーバ23が、LDPCエンコーダ115からのLDPC符号を対象として、パリティインターリーブを行い、そのパリティインターリーブ後のLDPC符号を、グループワイズインターリーバ24に供給する。

20

【0165】

グループワイズインターリーバ24は、パリティインターリーバ23からのLDPC符号を対象として、グループワイズインターリーブを行い、ブロックインターリーバ25に供給する。

【0166】

ブロックインターリーバ25は、グループワイズインターリーバ24によるグループワイズインターリーブ後のLDPC符号を対象として、ブロックインターリーブを行い、その結果得られるmビットのシンボルを、マップ117に供給する。

【0167】

マップ117は、ステップS103において、ブロックインターリーバ25からのシンボルを、マップ117で行われる直交変調の変調方式で定める 2^m 個の信号点のいずれかにマッピングして直交変調し、その結果得られるデータを、時間インターリーバ118に供給する。

30

【0168】

以上のように、パリティインターリーブや、グループワイズインターリーブを行うことで、LDPC符号の複数の符号ビットを1個のシンボルとして送信する場合のエラーレートを改善することができる。

【0169】

ここで、図9では、説明の便宜のため、パリティインターリーブを行うブロックであるパリティインターリーバ23と、グループワイズインターリーブを行うブロックであるグループワイズインターリーバ24とを、別個に構成するようにしたが、パリティインターリーバ23とグループワイズインターリーバ24とは、一体的に構成することができる。

40

【0170】

すなわち、パリティインターリーブと、グループワイズインターリーブとは、いずれも、メモリに対する符号ビットの書き込み、及び読み出しによって行うことができ、符号ビットの書き込みを行うアドレス（書き込みアドレス）を、符号ビットの読み出しを行うアドレス（読み出しアドレス）に変換する行列によって表すことができる。

【0171】

したがって、パリティインターリーブを表す行列と、グループワイズインターリーブを表す行列とを乗算して得られる行列を求めておけば、それらの行列によって、符号ビット

50

を変換することで、パリティインターリーブを行い、さらに、そのパリティインターリーブ後のLDPC符号をグループワイズインターリーブした結果を得ることができる。

【0172】

また、パリティインターリーブ23とグループワイズインターリーブ24に加えて、ブロックインターリーブ25も、一体的に構成することが可能である。

【0173】

すなわち、ブロックインターリーブ25で行われるブロックインターリーブも、LDPC符号を記憶するメモリの書き込みアドレスを、読み出しアドレスに変換する行列によって表すことができる。

【0174】

したがって、パリティインターリーブを表す行列、グループワイズインターリーブを表す行列、及び、ブロックインターリーブを表す行列を乗算して得られる行列を求めておけば、それらの行列によって、パリティインターリーブ、グループワイズインターリーブ、及び、ブロックインターリーブを、一括して行うことができる。

【0175】

なお、パリティインターリーブ及びグループワイズインターリーブのうちの一方又は量は、行わないこととすることができる。

【0176】

<LDPCエンコーダ115の構成例>

【0177】

図18は、図8のLDPCエンコーダ115の構成例を示すブロック図である。

【0178】

なお、図8のLDPCエンコーダ122も、同様に構成される。

【0179】

図12及び図13で説明したように、DVB-T.2等の規格では、64800ビットと16200ビットとの2通りの符号長NのLDPC符号が規定されている。

【0180】

そして、符号長Nが64800ビットのLDPC符号については、11個の符号化率 $1/4, 1/3, 2/5, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9$ 、及び $9/10$ が規定されており、符号長Nが16200ビットのLDPC符号については、10個の符号化率 $1/4, 1/3, 2/5, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6$ 、及び $8/9$ が規定されている（図12及び図13）。

【0181】

LDPCエンコーダ115は、例えば、このような、符号長Nが64800ビットや16200ビットの各符号化率のLDPC符号による符号化（誤り訂正符号化）を、符号長Nごと、及び符号化率ごとに用意された検査行列Hに従って行うことができる。

【0182】

その他、LDPCエンコーダ115は、任意の符号長Nの、任意の符号化率rのLDPC符号の検査行列Hに従って、LDPC符号化を行うことができる。

【0183】

LDPCエンコーダ115は、符号化処理部601と記憶部602とから構成される。

【0184】

符号化処理部601は、符号化率設定部611、初期値テーブル読み出し部612、検査行列生成部613、情報ビット読み出し部614、符号化パリティ演算部615、及び制御部616から構成され、LDPCエンコーダ115に供給されるLDPC対象データのLDPC符号化を行い、その結果得られるLDPC符号を、ビットインターリーブ116（図8）に供給する。

【0185】

すなわち、符号化率設定部611は、例えば、オペレータの操作等に応じて、LDPC符号の符号長Nや符号化率r、その他、LDPC符号を特定する特定情報を設定する。

【0186】

10

20

30

40

50

初期値テーブル読み出し部 6 1 2 は、符号化率設定部 6 1 1 が設定した特定情報によって特定される LDPC 符号の検査行列を表す、後述する検査行列初期値テーブルを、記憶部 6 0 2 から読み出す。

【0 1 8 7】

検査行列生成部 6 1 3 は、初期値テーブル読み出し部 6 1 2 が読み出した検査行列初期値テーブルに基づいて、検査行列 H を生成し、記憶部 6 0 2 に格納する。例えば、検査行列生成部 6 1 3 は、符号化率設定部 6 1 1 が設定した符号長 N 及び符号化率 r に応じた情報長 K ($=$ 符号長 N - パリティ長 M) に対応する情報行列 H_A の 1 の要素を列方向に 360 列 (ユニットサイズ P) ごとの周期で配置して検査行列 H を生成し、記憶部 6 0 2 に格納する。

【0 1 8 8】

情報ビット読み出し部 6 1 4 は、LDPC エンコーダ 1 1 5 に供給される LDPC 対象データから、情報長 K 分の情報ビットを読み出す (抽出する)。

【0 1 8 9】

符号化パリティ演算部 6 1 5 は、検査行列生成部 6 1 3 が生成した検査行列 H を記憶部 6 0 2 から読み出し、その検査行列 H を用いて、情報ビット読み出し部 6 1 4 が読み出した情報ビットに対するパリティビットを所定の式に基づいて算出することにより、符号語 (LDPC 符号) を生成する。

【0 1 9 0】

制御部 6 1 6 は、符号化処理部 6 0 1 を構成する各ブロックを制御する。

【0 1 9 1】

記憶部 6 0 2 には、例えば、64800 ビットや 16200 ビット等の符号長 N それぞれについての、図 1 2 及び図 1 3 に示した複数の符号化率等それぞれに対応する複数の検査行列初期値テーブル等が格納されている。また、記憶部 6 0 2 は、符号化処理部 6 0 1 の処理上必要なデータを一時記憶する。

【0 1 9 2】

図 1 9 は、図 1 8 の LDPC エンコーダ 1 1 5 の処理の例を説明するフローチャートである。

【0 1 9 3】

ステップ S 2 0 1 において、符号化率設定部 6 1 1 は、LDPC 符号化を行う符号長 N 及び符号化率 r 、その他の LDPC 符号を特定する特定情報を設定する。

【0 1 9 4】

ステップ S 2 0 2 において、初期値テーブル読み出し部 6 1 2 は、符号化率設定部 6 1 1 により設定された特定情報としての符号長 N 及び符号化率 r 等により特定される、予め定められた検査行列初期値テーブルを、記憶部 6 0 2 から読み出す。

【0 1 9 5】

ステップ S 2 0 3 において、検査行列生成部 6 1 3 は、初期値テーブル読み出し部 6 1 2 が記憶部 6 0 2 から読み出した検査行列初期値テーブルを用いて、符号化率設定部 6 1 1 により設定された符号長 N 及び符号化率 r の LDPC 符号の検査行列 H を求め (生成し)、記憶部 6 0 2 に供給して格納する。

【0 1 9 6】

ステップ S 2 0 4 において、情報ビット読み出し部 6 1 4 は、LDPC エンコーダ 1 1 5 に供給される LDPC 対象データから、符号化率設定部 6 1 1 により設定された符号長 N 及び符号化率 r に対応する情報長 K ($= N \times r$) の情報ビットを読み出すとともに、検査行列生成部 6 1 3 が求めた検査行列 H を、記憶部 6 0 2 から読み出し、符号化パリティ演算部 6 1 5 に供給する。

【0 1 9 7】

ステップ S 2 0 5 において、符号化パリティ演算部 6 1 5 は、情報ビット読み出し部 6 1 4 からの情報ビットと検査行列 H とを用い、式 (8) を満たす符号語 c のパリティビットを順次演算する。

【0 1 9 8】

10

20

30

40

50

$$Hc^T = 0$$

・・・ (8)

【0199】

式(8)において、 c は、符号語(LDPC符号)としての行ベクトルを表し、 c^T は、行ベクトル c の転置を表す。

【0200】

ここで、上述したように、LDPC符号(1符号語)としての行ベクトル c のうちの、情報ビットの部分を、行ベクトル A で表すとともに、パリティビットの部分を、行ベクトル T で表す場合には、行ベクトル c は、情報ビットとしての行ベクトル A と、パリティビットとしての行ベクトル T とによって、式 $c = [A \mid T]$ で表すことができる。

10

【0201】

検査行列 H と、LDPC符号としての行ベクトル $c = [A \mid T]$ とは、式 $Hc^T = 0$ を満たす必要があり、かかる式 $Hc^T = 0$ を満たす行ベクトル $c = [A \mid T]$ を構成するパリティビットとしての行ベクトル T は、検査行列 $H = [H_A \mid H_T]$ のパリティ行列 H_T が、図11に示した階段構造になっている場合には、式 $Hc^T = 0$ における列ベクトル Hc^T の1行目の要素から順に、各行の要素を0にしていくようにすることで、逐次的に求めることができる。

【0202】

符号化パリティ演算部615は、情報ビット読み出し部614からの情報ビット A に対して、パリティビット T を求め、その情報ビット A とパリティビット T とによって表される符号語 $c = [A \mid T]$ を、情報ビット A のLDPC符号化結果として出力する。

20

【0203】

その後、ステップS206において、制御部616は、LDPC符号化を終了するかどうかを判定する。ステップS206において、LDPC符号化を終了しないと判定された場合、すなわち、例えば、LDPC符号化すべきLDPC対象データが、まだある場合、処理は、ステップS201(又は、ステップS204)に戻り、以下、ステップS201(又は、ステップS204)ないしS206の処理が繰り返される。

【0204】

また、ステップS206において、LDPC符号化を終了すると判定された場合、すなわち、例えば、LDPC符号化すべきLDPC対象データがない場合、LDPCエンコーダ115は、処理を終了する。

30

【0205】

LDPCエンコーダ115については、様々な符号長 N や符号化率 r のLDPC符号の(検査行列を表す)検査行列初期値テーブルをあらかじめ用意することができる。LDPCエンコーダ115では、あらかじめ用意された検査行列初期値テーブルから生成される検査行列 H を用いて、様々な符号長 N や符号化率 r のLDPC符号へのLDPC符号化を行うことができる。

【0206】

<検査行列初期値テーブルの例>

【0207】

検査行列初期値テーブルは、例えば、検査行列 H の、LDPC符号(検査行列 H によって定義されるLDPC符号)の符号長 N 及び符号化率 r に応じた情報長 K に対応する情報行列 H_A (図10)の1の要素の位置を360列(ユニットサイズ P)ごとに表すテーブルであり、各符号長 N 及び各符号化率 r の検査行列 H ごとに、あらかじめ作成される。

40

【0208】

すなわち、検査行列初期値テーブルは、少なくとも、情報行列 H_A の1の要素の位置を360列(ユニットサイズ P)ごとに表す。

【0209】

また、検査行列 H には、パリティ行列 H_T の全部が階段構造になっている検査行列や、パリティ行列 H_T の一部が階段構造になっており、残りの部分が対角行列(単位行列)になっている検査行列がある。

50

【0210】

以下、パリティ行列 H_T の一部が階段構造になっており、残りの部分が対角行列になっている検査行列を表す検査行列初期値テーブルの表現方式を、タイプA方式ともいう。また、パリティ行列 H_T の全部が階段構造になっている検査行列を表す検査行列初期値テーブルの表現方式を、タイプB方式ともいう。

【0211】

また、タイプA方式の検査行列初期値テーブルが表す検査行列に対するLDPC符号を、タイプA符号ともいい、タイプB方式の検査行列初期値テーブルが表す検査行列に対するLDPC符号を、タイプB符号ともいう。

【0212】

「タイプA」及び「タイプB」の呼称は、ATSC 3.0の規格に準じた呼称である。例えば、ATSC3.0では、タイプA符号及びタイプB符号の両方が採用されている。

【0213】

なお、DVB-T.2等では、タイプB符号が採用されている。

【0214】

図20は、タイプB方式の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【0215】

すなわち、図20は、DVB-T.2の規格に規定されている、符号長 N が16200ビットの、符号化率（DVB-T.2の表記上の符号化率） r が $1/4$ のタイプB符号の（検査行列 H を表す）検査行列初期値テーブルを示している。

【0216】

検査行列生成部613（図18）は、タイプB方式の検査行列初期値テーブルを用いて、以下のように、検査行列 H を求める。

【0217】

図21は、タイプB方式の検査行列初期値テーブルから検査行列 H を求める方法を説明する図である。

【0218】

すなわち、図21は、DVB-T.2の規格に規定されている、符号長 N が16200ビットの、符号化率 r が $2/3$ のタイプB符号の検査行列初期値テーブルを示している。

【0219】

タイプB方式の検査行列初期値テーブルは、LDPC符号の符号長 N 及び符号化率 r に応じた情報長 K に対応する情報行列 H_A の全体の1の要素の位置を、360列（ユニットサイズ P ）ごとに表すテーブルであり、その i 行目には、検査行列 H の $1+360 \times (i-1)$ 列目の1の要素の行番号（検査行列 H の1行目の行番号を0とする行番号）が、その $1+360 \times (i-1)$ 列目の列が持つ列重みの数だけ並んでいる。

【0220】

ここで、タイプB方式の検査行列 H の、パリティ長 M に対応するパリティ行列 H_T （図10）は、図15に示したように階段構造に決まっているので、検査行列初期値テーブルにより、情報長 K に対応する情報行列 H_A （図10）を求めることができれば、検査行列 H を求めることができる。

【0221】

タイプB方式の検査行列初期値テーブルの行数 $k+1$ は、情報長 K によって異なる。

【0222】

情報長 K と、検査行列初期値テーブルの行数 $k+1$ との間には、式（9）の関係が成り立つ。

【0223】

$$K = (k+1) \times 360$$

・・・（9）

【0224】

ここで、式（9）の360は、図16で説明したユニットサイズ P である。

【0225】

図21の検査行列初期値テーブルでは、1行目から3行目までに、13個の数値が並び、4行目から $k+1$ 行目（図21では、30行目）までに、3個の数値が並んでいる。

【0226】

したがって、図21の検査行列初期値テーブルから求められる検査行列Hの列重みは、1列目から、 $1+360 \times (3-1)-1$ 列目までは、13であり、 $1+360 \times (3-1)$ 列目から、K列目までは、3である。

【0227】

図21の検査行列初期値テーブルの1行目は、0,2084,1613,1548,1286,1460,3196,4297,2481,3369,3451,4620,2622となっており、これは、検査行列Hの1列目において、行番号が、0,2084,1613,1548,1286,1460,3196,4297,2481,3369,3451,4620,2622の行の要素が1であること（かつ、他の要素が0であること）を示している。

10

【0228】

また、図21の検査行列初期値テーブルの2行目は、1,122,1516,3448,2880,1407,1847,3799,3529,373,971,4358,3108となっており、これは、検査行列Hの361（ $=1+360 \times (2-1)$ ）列目において、行番号が、1,122,1516,3448,2880,1407,1847,3799,3529,373,971,4358,3108の行の要素が1であることを示している。

【0229】

以上のように、検査行列初期値テーブルは、検査行列Hの情報行列 H_A の1の要素の位置を360列ごとに表す。

20

【0230】

検査行列Hの $1+360 \times (i-1)$ 列目以外の列、つまり、 $2+360 \times (i-1)$ 列目から、 $360 \times i$ 列目までの各列は、検査行列初期値テーブルによって定まる $1+360 \times (i-1)$ 列目の1の要素を、パリティ長Mに従って下方向（列の下方向）に、周期的にサイクリックシフトして配置したものになっている。

【0231】

すなわち、例えば、 $2+360 \times (i-1)$ 列目は、 $1+360 \times (i-1)$ 列目を、 $M/360 (=q)$ だけ下方向にサイクリックシフトしたものとなっており、次の $3+360 \times (i-1)$ 列目は、 $1+360 \times (i-1)$ 列目を、 $2 \times M/360 (=2 \times q)$ だけ下方向にサイクリックシフトしたもの（ $2+360 \times (i-1)$ 列目を、 $M/360 (=q)$ だけ下方向にサイクリックシフトしたもの）となっている。

30

【0232】

いま、検査行列初期値テーブルの i 行目（上から i 番目）の j 列目（左から j 番目）の数値を、 $h_{i,j}$ と表すとともに、検査行列Hの w 列目の、 j 個目の1の要素の行番号を、 H_{w-j} と表すこととすると、検査行列Hの $1+360 \times (i-1)$ 列目以外の列である w 列目の、1の要素の行番号 H_{w-j} は、式(10)で求めることができる。

【0233】

$$H_{w-j} = \text{mod}\{h_{i,j} + \text{mod}((w-1), P) \times q, M\} \quad \dots (10)$$

【0234】

ここで、 $\text{mod}(x, y)$ は x を y で割った余りを意味する。

40

【0235】

また、 P は、上述したユニットサイズであり、本実施の形態では、例えば、DVB-T.2等やATSC3.0の規格と同様に、360である。さらに、 q は、パリティ長 M を、ユニットサイズ $P (=360)$ で除算することにより得られる値 $M/360$ である。

【0236】

検査行列生成部613（図18）は、検査行列初期値テーブルによって、検査行列Hの $1+360 \times (i-1)$ 列目の1の要素の行番号を特定する。

【0237】

さらに、検査行列生成部613（図18）は、検査行列Hの $1+360 \times (i-1)$ 列目以外の列である w 列目の、1の要素の行番号 H_{w-j} を、式(10)に従って求め、以上により得られ

50

た行番号の要素を 1 とする検査行列 H を生成する。

【0238】

図 22 は、タイプ A 方式の検査行列 H の構造を示す図である。

【0239】

タイプ A 方式の検査行列は、A 行列、B 行列、C 行列、D 行列、及び、Z 行列で構成される。

【0240】

A 行列は、所定値 $M1$ と、LDPC 符号の情報長 $K = \text{符号長 } N \times \text{符号化率 } r$ とで表される $M1$ 行 K 列の、検査行列 H の左上の行列である。

【0241】

B 行列は、 $M1$ 行 $M1$ 列の、A 行列の右に隣接する階段構造の行列である。

【0242】

C 行列は、 $N-K-M1$ 行 $K+M1$ 列の、A 行列及び B 行列の下に隣接する行列である。

【0243】

D 行列は、 $N-K-M1$ 行 $N-K-M1$ 列の、C 行列の右に隣接する単位行列である。

【0244】

Z 行列は、 $M1$ 行 $N-K-M1$ 列の、B 行列の右に隣接するゼロ行列（0 行列）である。

【0245】

以上のような A 行列ないし D 行列、及び、Z 行列で構成されるタイプ A 方式の検査行列 H では、A 行列、及び、C 行列の一部が、情報行列を構成しており、B 行列、C 行列の残りの部分、D 行列、及び、Z 行列が、パリティ行列を構成している。

【0246】

なお、B 行列は、階段構造の行列であり、D 行列は、単位行列であるので、タイプ A 方式の検査行列 H のパリティ行列は、一部（B 行列の部分）が階段構造になっており、残りの部分（D 行列の部分）が対角行列（単位行列）になっている。

【0247】

A 行列及び C 行列は、タイプ B 方式の検査行列 H の情報行列と同様に、ユニットサイズ P の列（例えば、360 列）ごとの巡回構造になっており、タイプ A 方式の検査行列初期値テーブルは、A 行列及び C 行列の 1 の要素の位置を 360 列ごとに表す。

【0248】

ここで、上述したように、A 行列、及び、C 行列の一部は、情報行列を構成するから、A 行列及び C 行列の 1 の要素の位置を 360 列ごとに表すタイプ A 方式の検査行列初期値テーブルは、少なくとも、情報行列の 1 の要素の位置を 360 列ごとに表している、ということができる。

【0249】

なお、タイプ A 方式の検査行列初期値テーブルは、A 行列及び C 行列の 1 の要素の位置を 360 列ごとに表すから、検査行列の一部（C 行列の残りの部分）の 1 の要素の位置を 360 列ごとに表している、ということもできる。

【0250】

図 23 は、タイプ A 方式の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【0251】

すなわち、図 23 は、符号長 N が 35 ビットの、符号化率 r が $2/7$ の検査行列 H を表す検査行列初期値テーブルの例を示している。

【0252】

タイプ A 方式の検査行列初期値テーブルは、A 行列及び C 行列の 1 の要素の位置を、ユニットサイズ P ごとに表すテーブルであり、その i 行目には、検査行列 H の $1+P \times (i-1)$ 列目の 1 の要素の行番号（検査行列 H の 1 行目の行番号を 0 とする行番号）が、その $1+P \times (i-1)$ 列目の列が持つ列重みの数だけ並んでいる。

【0253】

なお、ここでは、説明を簡単にするため、ユニットサイズ P は、例えば、5 であるとする

10

20

30

40

50

。

【0254】

タイプA方式の検査行列Hについては、パラメータとして、M1、M2、Q1、及び、Q2がある。

【0255】

M1（図22）は、B行列のサイズを決めるパラメータであり、ユニットサイズPの倍数の値をとる。M1を調整することで、LDPC符号の性能は変化し、検査行列Hを決定するときに、所定の値に調整される。ここでは、M1として、ユニットサイズP=5の3倍の15が採用されていることとする。

【0256】

M2（図22）は、パリティ長Mから、M1を減算した値M-M1をとる。

【0257】

ここでは、情報長Kは、 $N \times r = 35 \times 2/7 = 10$ であり、パリティ長Mは、 $N - K = 35 - 10 = 25$ であるので、M2は、 $M - M1 = 25 - 15 = 10$ となる。

【0258】

Q1は、式 $Q1 = M1/P$ に従って求められ、A行列におけるサイクリックシフトのシフト数（行数）を表す。

【0259】

すなわち、タイプA方式の検査行列HのA行列の $1+P \times (i-1)$ 列目以外の列、つまり、 $2+P \times (i-1)$ 列目から、 $P \times i$ 列目までの各列は、検査行列初期値テーブルによって定まる $1+P \times (i-1)$ 列目の1の要素を下方（列の下方）に、周期的にサイクリックシフトして配置したものになっており、Q1は、A行列における、そのサイクリックシフトのシフト数を表す。

【0260】

Q2は、式 $Q2 = M2/P$ に従って求められ、C行列におけるサイクリックシフトのシフト数（行数）を表す。

【0261】

すなわち、タイプA方式の検査行列HのC行列の $1+P \times (i-1)$ 列目以外の列、つまり、 $2+P \times (i-1)$ 列目から、 $P \times i$ 列目までの各列は、検査行列初期値テーブルによって定まる $1+P \times (i-1)$ 列目の1の要素を下方（列の下方）に、周期的にサイクリックシフトして配置したものになっており、Q2は、C行列における、そのサイクリックシフトのシフト数を表す。

【0262】

ここでは、Q1は、 $M1/P = 15/5 = 3$ であり、Q2は、 $M2/P = 10/5 = 2$ である。

【0263】

図23の検査行列初期値テーブルでは、1行目と2行目に、3個の数値が並び、3行目から5行目までに、1個の数値が並んでおり、かかる数値の並びによれば、図23の検査行列初期値テーブルから求められる検査行列HのA行列及びC行列の部分の列重みは、 $1=1+5 \times (1-1)$ 列目から、 $10=5 \times 2$ 列目までは、3であり、 $11=1+5 \times (3-1)$ 列目から、 $25=5 \times 5$ 列目までは、1である。

【0264】

すなわち、図23の検査行列初期値テーブルの1行目は、2,6,18となっており、これは、検査行列Hの1列目において、行番号が、2,6,18の行の要素が1であること（かつ、他の要素が0であること）を示している。

【0265】

ここで、いまの場合、A行列（図22）は、15行10列（M1行K列）の行列であり、C行列（図22）は、10行25列（N-K-M1行K+M1列）の行列であるから、検査行列Hの行番号0ないし14の行は、A行列の行であり、検査行列Hの行番号15ないし24の行は、C行列の行である。

【0266】

したがって、行番号が2,6,18の行（以下、行#2,#6,#18のように記載する）のうちの、行#2及び#6は、A行列の行であり、行#18は、C行列の行である。

【0 2 6 7】

図23の検査行列初期値テーブルの2行目は、2,10,19となっており、これは、検査行列Hの6($=1+5 \times (2-1)$)列目において、行#2,#10,#19の要素が1であることを示している。

【0 2 6 8】

ここで、検査行列Hの6($=1+5 \times (2-1)$)列目において、行#2,#10,#19のうちの、行#2及び#10は、A行列の行であり、行#19は、C行列の行である。

【0 2 6 9】

図23の検査行列初期値テーブルの3行目は、22となっており、これは、検査行列Hの11($=1+5 \times (3-1)$)列目において、行#22の要素が1であることを示している。

【0 2 7 0】

ここで、検査行列Hの11($=1+5 \times (3-1)$)列目において、行#22は、C行列の行である。

【0 2 7 1】

以下同様に、図23の検査行列初期値テーブルの4行目の19は、検査行列Hの16($=1+5 \times (4-1)$)列目において、行#19の要素が1であることを示しており、図23の検査行列初期値テーブルの5行目の15は、検査行列Hの21($=1+5 \times (5-1)$)列目において、行#15の要素が1であることを示している。

【0 2 7 2】

以上のように、検査行列初期値テーブルは、検査行列HのA行列及びC行列の1の要素の位置をユニットサイズP=5列ごとに表す。

【0 2 7 3】

検査行列HのA行列及びC行列の $1+5 \times (i-1)$ 列目以外の列、つまり、 $2+5 \times (i-1)$ 列目から、 $5 \times i$ 列目までの各列は、検査行列初期値テーブルによって定まる $1+5 \times (i-1)$ 列目の1の要素を、パラメータQ1及びQ2に従って下方向（列の下方向）に、周期的にサイクリックシフトして配置したものになっている。

【0 2 7 4】

すなわち、例えば、A行列の、 $2+5 \times (i-1)$ 列目は、 $1+5 \times (i-1)$ 列目を、Q1($=3$)だけ下方向にサイクリックシフトしたものとなっており、次の $3+5 \times (i-1)$ 列目は、 $1+5 \times (i-1)$ 列目を、 $2 \times Q1(=2 \times 3)$ だけ下方向にサイクリックシフトしたもの（ $2+5 \times (i-1)$ 列目を、Q1だけ下方向にサイクリックシフトしたもの）となっている。

【0 2 7 5】

また、例えば、C行列の、 $2+5 \times (i-1)$ 列目は、 $1+5 \times (i-1)$ 列目を、Q2($=2$)だけ下方向にサイクリックシフトしたものとなっており、次の $3+5 \times (i-1)$ 列目は、 $1+5 \times (i-1)$ 列目を、 $2 \times Q2(=2 \times 2)$ だけ下方向にサイクリックシフトしたもの（ $2+5 \times (i-1)$ 列目を、Q2だけ下方向にサイクリックシフトしたもの）となっている。

【0 2 7 6】

図24は、図23の検査行列初期値テーブルから生成されるA行列を示す図である。

【0 2 7 7】

図24のA行列では、図23の検査行列初期値テーブルの1行目にしたがって、1($=1+5 \times (1-1)$)列目の行#2及び#6の要素が1になっている。

【0 2 7 8】

そして、2($=2+5 \times (1-1)$)列目から5($=5+5 \times (1-1)$)列目までの各列は、直前の列を、Q1=3だけ下方向にサイクリックシフトしたものになっている。

【0 2 7 9】

さらに、図24のA行列では、図23の検査行列初期値テーブルの2行目にしたがって、6($=1+5 \times (2-1)$)列目の行#2及び#10の要素が1になっている。

【0 2 8 0】

そして、7($=2+5 \times (2-1)$)列目から10($=5+5 \times (2-1)$)列目までの各列は、直前の列を

10

20

30

40

50

、 $Q1=3$ だけ下方方向にサイクリックシフトしたものになっている。

【0281】

図25は、B行列のパリティインターリーブを示す図である。

【0282】

検査行列生成部613（図18）は、検査行列初期値テーブルを用いて、A行列を生成し、そのA行列の右隣に、階段構造のB行列を配置する。そして、検査行列生成部613は、B行列をパリティ行列とみなして、階段構造のB行列の隣接する1の要素が、行方向に、ユニットサイズ $P=5$ だけ離れるように、パリティインターリーブを行う。

【0283】

図25は、図24のB行列のパリティインターリーブ後のA行列及びB行列を示している。

10

【0284】

図26は、図23の検査行列初期値テーブルから生成されるC行列を示す図である。

【0285】

図26のC行列では、図23の検査行列初期値テーブルの1行目にしたがって、検査行列Hの $1(=1+5 \times (1-1))$ 列目の行#18の要素が1になっている。

【0286】

そして、C行列の $2(=2+5 \times (1-1))$ 列目から $5(=5+5 \times (1-1))$ 列目までの各列は、直前の列を、 $Q2=2$ だけ下方方向にサイクリックシフトしたものになっている。

【0287】

さらに、図26のC行列では、図23の検査行列初期値テーブルの2行目ないし5行目にしたがって、検査行列Hの $6(=1+5 \times (2-1))$ 列目の行#19、 $11(=1+5 \times (3-1))$ 列目の行#22、 $16(=1+5 \times (4-1))$ 列目の行#19、及び、 $21(=1+5 \times (5-1))$ 列目の行#15の要素が1になっている。

20

【0288】

そして、 $7(=2+5 \times (2-1))$ 列目から $10(=5+5 \times (2-1))$ 列目までの各列、 $12(=2+5 \times (3-1))$ 列目から $15(=5+5 \times (3-1))$ 列目までの各列、 $17(=2+5 \times (4-1))$ 列目から $20(=5+5 \times (4-1))$ 列目までの各列、及び、 $22(=2+5 \times (5-1))$ 列目から $25(=5+5 \times (5-1))$ 列目までの各列は、直前の列を、 $Q2=2$ だけ下方方向にサイクリックシフトしたものになっている。

【0289】

検査行列生成部613（図18）は、検査行列初期値テーブルを用いて、C行列を生成し、そのC行列を、A行列及び（パリティインターリーブ後の）B行列の下に配置する。

30

【0290】

さらに、検査行列生成部613は、B行列の右隣に、Z行列を配置するとともに、C行列の右隣に、D行列を配置し、図26に示す検査行列Hを生成する。

【0291】

図27は、D行列のパリティインターリーブを示す図である。

【0292】

検査行列生成部613は、図26の検査行列Hを生成した後、D行列をパリティ行列とみなして、単位行列のD行列の奇数行と次の偶数行との1の要素が、行方向に、ユニットサイズ $P=5$ だけ離れるように、（D行列のみの）パリティインターリーブを行う。

40

【0293】

図27は、図26の検査行列Hについて、D行列のパリティインターリーブを行った後の検査行列Hを示している。

【0294】

LDPCエンコーダ115（の符号化パリティ演算部615（図18））は、例えば、図27の検査行列Hを用いて、LDPC符号化（LDPC符号の生成）を行う。

【0295】

ここで、図27の検査行列Hを用いて生成されるLDPC符号は、パリティインターリーブを行ったLDPC符号になっており、したがって、図27の検査行列Hを用いて生成されるL

50

DPC符号については、パリティインターリーブ23（図9）において、パリティインターリーブを行う必要はない。

【0296】

図28は、図27の検査行列HのB行列、C行列の一部（C行列のうちの、B行列の下に配置されている部分）、及び、D行列に、パリティインターリーブを元に戻すパリティデインターリーブとしての列置換(column permutation)を行った検査行列Hを示す図である。

【0297】

LDPCエンコーダ115では、図28の検査行列Hを用いて、LDPC符号化（LDPC符号の生成）を行うことができる。

【0298】

図28の検査行列Hを用いて、LDPC符号化を行う場合、そのLDPC符号化によれば、パリティインターリーブを行っていないLDPC符号が得られる。したがって、図28の検査行列Hを用いて、LDPC符号化を行う場合には、パリティインターリーブ23（図9）において、パリティインターリーブが行われる。

【0299】

図29は、図27の検査行列Hに、行置換(row permutation)を行うことにより得られる変換検査行列Hを示す図である。

【0300】

変換検査行列は、後述するように、 $P \times P$ の単位行列、その単位行列の1のうち1個以上が0になった準単位行列、単位行列又は準単位行列をサイクリックシフトしたシフト行列、単位行列、準単位行列、又はシフト行列のうちの2以上の和である和行列、及び、 $P \times P$ の0行列の組合わせで表される行列になっている。

【0301】

変換検査行列を、LDPC符号の復号に用いることにより、LDPC符号の復号において、後述するように、チェックノード演算、及びバリアブルノード演算を、 P 個同時に行うアーキテクチャを採用することができる。

【0302】

<新LDPC符号>

【0303】

LDPC符号を用いたデータ伝送において、良好な通信品質を確保する方法の1つとして、性能の良いLDPC符号を用いる方法がある。

【0304】

以下では、性能の良い新たなLDPC符号（以下、新LDPC符号ともいう）について説明する。

【0305】

新LDPC符号としては、例えば、ユニットサイズ P が、DVB-T.2やATSC3.0等と同様の360で、巡回構造の検査行列Hに対応するタイプA符号やタイプB符号を採用することができる。

【0306】

LDPCエンコーダ115（図8、図18）は、以下のような、符号長 N が、64kビットよりも長い、例えば、69120ビットで、符号化率 r が、例えば、 $2/16$ 、 $3/16$ 、 $4/16$ 、 $5/16$ 、 $6/16$ 、 $7/16$ 、 $8/16$ 、 $9/16$ 、 $10/16$ 、 $11/16$ 、 $12/16$ 、 $13/16$ 、又は、 $14/16$ のうちのいずれかの新LDPC符号の検査行列初期値テーブル（から求められる検査行列H）を用いて、新LDPC符号へのLDPC符号化を行うことができる。

【0307】

この場合、LDPCエンコーダ115（図8）の記憶部602には、新LDPC符号の検査行列初期値テーブルが記憶される。

【0308】

図30は、符号長 N が69120ビットで、符号化率 r が $2/16$ の新LDPC符号としてのタイプA符号（以下、 $r=2/16$ のタイプA符号ともいう）の検査行列Hを表す（タイプA方式の）

10

20

30

40

50

検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【0309】

図31、及び、図32は、符号長 N が69120ビットで、符号化率 r が $3/16$ の新LDPC符号としてのタイプA符号（以下、 $r=3/16$ のタイプA符号ともいう）の検査行列 H を表す検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【0310】

なお、図32は、図31に続く図である。

【0311】

図33は、符号長 N が69120ビットで、符号化率 r が $4/16$ の新LDPC符号としてのタイプA符号（以下、 $r=4/16$ のタイプA符号ともいう）の検査行列 H を表す検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

10

【0312】

図34、及び、図35は、符号長 N が69120ビットで、符号化率 r が $5/16$ の新LDPC符号としてのタイプA符号（以下、 $r=5/16$ のタイプA符号ともいう）の検査行列 H を表す検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【0313】

なお、図35は、図34に続く図である。

【0314】

図36、及び、図37は、符号長 N が69120ビットで、符号化率 r が $6/16$ の新LDPC符号としてのタイプA符号（以下、 $r=6/16$ のタイプA符号ともいう）の検査行列 H を表す検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

20

【0315】

なお、図37は、図36に続く図である。

【0316】

図38、及び、図39は、符号長 N が69120ビットで、符号化率 r が $7/16$ の新LDPC符号としてのタイプA符号（以下、 $r=7/16$ のタイプA符号ともいう）の検査行列 H を表す検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【0317】

なお、図39は、図38に続く図である。

【0318】

図40、及び、図41は、符号長 N が69120ビットで、符号化率 r が $8/16$ の新LDPC符号としてのタイプA符号（以下、 $r=8/16$ のタイプA符号ともいう）の検査行列 H を表す検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

30

【0319】

なお、図41は、図40に続く図である。

【0320】

図42、及び、図43は、符号長 N が69120ビットで、符号化率 r が $7/16$ の新LDPC符号としてのタイプB符号（以下、 $r=7/16$ のタイプB符号ともいう）の検査行列 H を表す（タイプB方式の）検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【0321】

なお、図43は、図42に続く図である。

40

【0322】

図44、及び、図45は、 $r=7/16$ のタイプB符号の検査行列 H を表す検査行列初期値テーブルの他の例を示す図である。

【0323】

なお、図45は、図44に続く図である。図44、及び、図45の検査行列初期値テーブル（が表す検査行列 H ）から得られる $r=7/16$ のタイプB符号を、以下、 $r=7/16$ の他のタイプB符号ともいう。

【0324】

図46、及び、図47は、符号長 N が69120ビットで、符号化率 r が $8/16$ の新LDPC符

50

号としてのタイプB符号（以下、 $r=8/16$ のタイプB符号ともいう）の検査行列Hを表す検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【0325】

なお、図47は、図46に続く図である。

【0326】

図48、及び、図49は、 $r=8/16$ のタイプB符号の検査行列Hを表す検査行列初期値テーブルの他の例を示す図である。

【0327】

なお、図49は、図48に続く図である。図48、及び、図49の検査行列初期値テーブルから得られる $r=8/16$ のタイプB符号を、以下、 $r=8/16$ の他のタイプB符号ともいう。

【0328】

図50、図51、及び、図52は、符号長Nが69120ビットで、符号化率rが $9/16$ の新LDPC符号としてのタイプB符号（以下、 $r=9/16$ のタイプB符号ともいう）の検査行列Hを表す検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【0329】

なお、図51は、図50に続く図であり、図52は、図51に続く図である。

【0330】

図53、図54、及び、図55は、 $r=9/16$ のタイプB符号の検査行列Hを表す検査行列初期値テーブルの他の例を示す図である。

【0331】

なお、図54は、図53に続く図であり、図55は、図54に続く図である。図53ないし図55の検査行列初期値テーブルから得られる $r=9/16$ のタイプB符号を、以下、 $r=9/16$ の他のタイプB符号ともいう。

【0332】

図56、図57、及び、図58は、符号長Nが69120ビットで、符号化率rが $10/16$ の新LDPC符号としてのタイプB符号（以下、 $r=10/16$ のタイプB符号ともいう）の検査行列Hを表す検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【0333】

なお、図57は、図56に続く図であり、図58は、図57に続く図である。

【0334】

図59、図60、及び、図61は、 $r=10/16$ のタイプB符号の検査行列Hを表す検査行列初期値テーブルの他の例を示す図である。

【0335】

なお、図60は、図59に続く図であり、図61は、図60に続く図である。図59ないし図61の検査行列初期値テーブルから得られる $r=10/16$ のタイプB符号を、以下、 $r=10/16$ の他のタイプB符号ともいう。

【0336】

図62、図63、及び、図64は、符号長Nが69120ビットで、符号化率rが $11/16$ の新LDPC符号としてのタイプB符号（以下、 $r=11/16$ のタイプB符号ともいう）の検査行列Hを表す検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【0337】

なお、図63は、図62に続く図であり、図64は、図63に続く図である。

【0338】

図65、図66、及び、図67は、 $r=11/16$ のタイプB符号の検査行列Hを表す検査行列初期値テーブルの他の例を示す図である。

【0339】

なお、図66は、図65に続く図であり、図67は、図66に続く図である。図65ないし図67の検査行列初期値テーブルから得られる $r=11/16$ のタイプB符号を、以下、 $r=11/16$ の他のタイプB符号ともいう。

【0340】

10

20

30

40

50

図 6 8、図 6 9、及び、図 7 0 は、符号長 N が 69120 ビットで、符号化率 r が $12/16$ の新 LDPC 符号としてのタイプ B 符号（以下、 $r=12/16$ のタイプ B 符号ともいう）の検査行列 H を表す検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【0341】

なお、図 6 9 は、図 6 8 に続く図であり、図 7 0 は、図 6 9 に続く図である。

【0342】

図 7 1、図 7 2、及び、図 7 3 は、 $r=12/16$ のタイプ B 符号の検査行列 H を表す検査行列初期値テーブルの他の例を示す図である。

【0343】

なお、図 7 2 は、図 7 1 に続く図であり、図 7 3 は、図 7 2 に続く図である。図 7 1 ないし図 7 3 の検査行列初期値テーブルから得られる $r=12/16$ のタイプ B 符号を、以下、 $r=12/16$ の他のタイプ B 符号ともいう。

【0344】

図 7 4、図 7 5、及び、図 7 6 は、符号長 N が 69120 ビットで、符号化率 r が $13/16$ の新 LDPC 符号としてのタイプ B 符号（以下、 $r=13/16$ のタイプ B 符号ともいう）の検査行列 H を表す検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【0345】

なお、図 7 5 は、図 7 4 に続く図であり、図 7 6 は、図 7 5 に続く図である。

【0346】

図 7 7、図 7 8、及び、図 7 9 は、 $r=13/16$ のタイプ B 符号の検査行列 H を表す検査行列初期値テーブルの他の例を示す図である。

【0347】

なお、図 7 8 は、図 7 7 に続く図であり、図 7 9 は、図 7 8 に続く図である。図 7 7 ないし図 7 9 の検査行列初期値テーブルから得られる $r=13/16$ のタイプ B 符号を、以下、 $r=13/16$ の他のタイプ B 符号ともいう。

【0348】

図 8 0、図 8 1、及び、図 8 2 は、符号長 N が 69120 ビットで、符号化率 r が $14/16$ の新 LDPC 符号としてのタイプ B 符号（以下、 $r=14/16$ のタイプ B 符号ともいう）の検査行列 H を表す検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

【0349】

なお、図 8 1 は、図 8 0 に続く図であり、図 8 2 は、図 8 1 に続く図である。

【0350】

図 8 3、図 8 4、及び、図 8 5 は、 $r=14/16$ のタイプ B 符号の検査行列 H を表す検査行列初期値テーブルの他の例を示す図である。

【0351】

なお、図 8 4 は、図 8 3 に続く図であり、図 8 5 は、図 8 4 に続く図である。図 8 3 ないし図 8 5 の検査行列初期値テーブルから得られる $r=14/16$ のタイプ B 符号を、以下、 $r=14/16$ の他のタイプ B 符号ともいう。

【0352】

新 LDPC 符号は、性能の良い LDPC 符号になっている。

【0353】

ここで、性能の良い LDPC 符号とは、適切な検査行列 H から得られる LDPC 符号である。

【0354】

適切な検査行列 H とは、例えば、検査行列 H から得られる LDPC 符号を、低い E_s/N_0 、又は E_b/N_0 （1 ビットあたりの信号電力対雑音電力比）で送信したときに、BER (bit error rate)（及び FER (frame error rate)）をより小にする、所定の条件を満たす検査行列である。

【0355】

適切な検査行列 H は、例えば、所定の条件を満たす様々な検査行列から得られる LDPC 符号を、低い E_s/N_0 で送信したときの BER を計測するシミュレーションを行うことにより求

10

20

30

40

50

めることができる。

【0356】

適切な検査行列Hが満たすべき所定の条件としては、例えば、デンシティエボリューション(Density Evolution)と呼ばれる符号の性能の解析法で得られる解析結果が良好であること、サイクル4と呼ばれる、1の要素のループが存在しないこと、等がある。

【0357】

ここで、情報行列H_Aにおいて、サイクル4のように、1の要素が密集していると、LDPC符号の復号性能が劣化することが知られており、このため、検査行列Hには、サイクル4が存在しないことが望ましい。

【0358】

検査行列Hにおいて、1の要素によって構成されるループの長さ（ループ長）の最小値は、ガス(girth)と呼ばれる。サイクル4が存在しないこととは、ガスが4より大であることを意味する。

【0359】

なお、適切な検査行列Hが満たすべき所定の条件は、LDPC符号の復号性能の向上や、LDPC符号の復号処理の容易化（単純化）等の観点から適宜決定することができる。

【0360】

図86及び図87は、適切な検査行列Hが満たすべき所定の条件としての解析結果が得られるデンシティエボリューションを説明する図である。

【0361】

デンシティエボリューションとは、後述するデグリーシーケンス(degree sequence)で特徴付けられる符号長Nが∞のLDPC符号全体（アンサンブル(ensemble)）に対して、そのエラー確率の期待値を計算する、符号の解析法である。

【0362】

例えば、AWGNチャネル上で、ノイズの分散値を0からどんどん大きくしていくと、あるアンサンブルのエラー確率の期待値は、最初は0であるが、ノイズの分散値が、ある閾値(threshold)以上となると、0ではなくなる。

【0363】

デンシティエボリューションによれば、そのエラー確率の期待値が0ではなくなる、ノイズの分散値の閾値（以下、性能閾値ともいう）を比較することで、アンサンブルの性能（検査行列の適切さ）の良し悪しを決めることができる。

【0364】

なお、具体的なLDPC符号に対して、そのLDPC符号が属するアンサンブルを決定し、そのアンサンブルに対してデンシティエボリューションを行うと、そのLDPC符号のおおまかな性能を予想することができる。

【0365】

したがって、性能の良いLDPC符号は、性能の良いアンサンブルを見つければ、そのアンサンブルに属するLDPC符号の中から見つけることができる。

【0366】

ここで、上述のデグリーシーケンスとは、LDPC符号の符号長Nに対して、各値の重みをもつバリエブルノードやチェックノードがどれくらいの割合だけあるかを表す。

【0367】

例えば、符号化率が1/2のregular(3,6)LDPC符号は、すべてのバリエブルノードの重み（列重み）が3で、すべてのチェックノードの重み（行重み）が6であるというデグリーシーケンスによって特徴付けられるアンサンブルに属する。

【0368】

図86は、そのようなアンサンブルのタナーグラフ(Tanner graph)を示している。

【0369】

図86のタナーグラフでは、図中丸印（○印）で示すバリエブルノードが、符号長Nに等しいN個だけ存在し、図中四角形（□印）で示すチェックノードが、符号長Nに符号化率

10

20

30

40

50

1/2を乗算した乗算値に等しいN/2個だけ存在する。

【0370】

各バリエブルノードには、列重みに等しい3本の枝(edge)が接続されており、したがって、N個のバリエブルノードに接続している枝は、全部で、3N本だけ存在する。

【0371】

また、各チェックノードには、行重みに等しい6本の枝が接続されており、したがって、N/2個のチェックノードに接続している枝は、全部で、3N本だけ存在する。

【0372】

さらに、図86のタナグラフでは、1つのインターリーバが存在する。

【0373】

インターリーバは、N個のバリエブルノードに接続している3N本の枝をランダムに並べ替え、その並べ替え後の各枝を、N/2個のチェックノードに接続している3N本の枝のうちのいずれかに繋げる。

【0374】

インターリーバでの、N個のバリエブルノードに接続している3N本の枝を並べ替える並べ替えパターンは、 $(3N)!$ ($= (3N) \times (3N-1) \times \dots \times 1$) 通りだけある。したがって、すべてのバリエブルノードの重みが3で、すべてのチェックノードの重みが6であるというデグリーリーケンスによって特徴付けられるアンサンブルは、 $(3N)!$ 個のLDPC符号の集合となる。

【0375】

性能の良いLDPC符号（適切な検査行列）を求めるシミュレーションでは、デンシティエボリューションにおいて、マルチエッジタイプ(multi-edge type)のアンサンブルを用いた。

【0376】

マルチエッジタイプでは、バリエブルノードに接続している枝と、チェックノードに接続している枝とが経由するインターリーバが、複数(multi edge)に分割され、これにより、アンサンブルの特徴付けが、より厳密に行われる。

【0377】

図87は、マルチエッジタイプのアンサンブルのタナグラフの例を示している。

【0378】

図87のタナグラフでは、第1インターリーバと第2インターリーバとの2つのインターリーバが存在する。

【0379】

また、図87のタナグラフでは、第1インターリーバに繋がる枝が1本で、第2インターリーバに繋がる枝が0本のバリエブルノードがv1個だけ、第1インターリーバに繋がる枝が1本で、第2インターリーバに繋がる枝が2本のバリエブルノードがv2個だけ、第1インターリーバに繋がる枝が0本で、第2インターリーバに繋がる枝が2本のバリエブルノードがv3個だけ、それぞれ存在する。

【0380】

さらに、図87のタナグラフでは、第1インターリーバに繋がる枝が2本で、第2インターリーバに繋がる枝が0本のチェックノードがc1個だけ、第1インターリーバに繋がる枝が2本で、第2インターリーバに繋がる枝が2本のチェックノードがc2個だけ、第1インターリーバに繋がる枝が0本で、第2インターリーバに繋がる枝が3本のチェックノードがc3個だけ、それぞれ存在する。

【0381】

ここで、デンシティエボリューションと、その実装については、例えば、"On the Design of Low-Density Parity-Check Codes within 0.0045 dB of the Shannon Limit", S.Y.Chung, G.D.Forney, T.J.Richardson, R.Urbanke, IEEE Communications Letters, VOL.5, NO.2, Feb 2001に記載されている。

【0382】

10

20

30

40

50

新LDPC符号（の検査行列）を求めるシミュレーションでは、マルチエッジタイプのデシエンティエボリューションによって、BERが落ち始める（小さくなっていく） E_b/N_0 （1ビットあたりの信号電力対雑音電力比）である性能閾値が、所定値以下になるアンサンブルを見つけ、そのアンサンブルに属するLDPC符号の中から、QPSK等の1以上の直交変調を用いた場合のBERを小さくするLDPC符号を、性能の良いLDPC符号として選択した。

【0383】

新LDPC符号（の検査行列を表す検査行列初期値テーブル）は、以上のようなシミュレーションにより求められた。

【0384】

したがって、新LDPC符号によれば、データ伝送において、良好な通信品質を確保することができる。

【0385】

図88は、新LDPC符号としてのタイプA符号の検査行列Hの列重みを説明する図である。

【0386】

タイプA符号の検査行列Hについては、図88に示すように、A行列の1列目からK1列の列重みをY1と、A行列のその後のK2列の列重みをY2と、C行列の1列目からK1列の列重みをX1と、C行列のその後のK2列の列重みをX2と、C行列のさらにその後のM1列の列重みをX3と、それぞれ表すこととする。

【0387】

なお、 $K1+K2$ は、情報長Kに等しく、 $M1+M2$ は、パリティ長Mに等しい。したがって、 $K1+K2+M1+M2$ は、符号長 $N=69120$ ビットに等しい。

【0388】

また、タイプA符号の検査行列Hについては、B行列の1列目からM1-1列の列重みは2であり、B行列のM1列目（最後の列）の列重みは1である。さらに、D行列の列重みは1であり、Z行列の列重みは0である。

【0389】

図89は、図30ないし図41の（検査行列初期値テーブルが表す）タイプA符号の検査行列Hのパラメータを示す図である。

【0390】

$r=2/16, 3/16, 4/16, 5/16, 6/16, 7/16, 8/16$ のタイプA符号の検査行列HのパラメータとしてのX1, Y1, K1, X2, Y2, K2, X3, M1, M2、及び、性能閾値は、図89に示す通りになっている。

【0391】

パラメータX1, Y1, K1（又はK2）、X2, Y2, X3, M1（又はM2）は、LDPC符号の性能（例えば、エラーレート等）がより向上するように設定される。

【0392】

図90は、新LDPC符号としてのタイプB符号の検査行列Hの列重みを説明する図である。

【0393】

タイプB符号の検査行列Hについては、図90に示すように、1列目からKX1列の列重みをX1と、その後のKX2列の列重みをX2と、その後のKY1列の列重みをY1と、その後のKY2列の列重みをY2と、それぞれ表すこととする。

【0394】

なお、 $KX1+KX2+KY1+KY2$ は、情報長Kに等しく、 $KX1+KX2+KY1+KY2+M$ は、符号長 $N=69120$ ビットに等しい。

【0395】

また、タイプB符号の検査行列Hについては、最後のM列のうちの、最後の1列を除くM-1列の列重みは2であり、最後の1列の列重みは1である。

【0396】

10

20

30

40

50

図 9 1 は、図 4 2 ないし図 8 5 の（検査行列初期値テーブルが表す）タイプ B 符号の検査行列 H のパラメータを示す図である。

【 0 3 9 7 】

$r=7/16$, $8/16$, $9/16$, $10/16$, $11/16$, $12/16$, $13/16$, $14/16$ のタイプ B 符号及び他のタイプ B 符号の検査行列 H のパラメータとしての $X1$, $KX1$, $X2$, $KX2$, $Y1$, $KY1$, $Y2$, $KY2$, M 、及び、性能閾値は、図 9 1 に示す通りになっている。

【 0 3 9 8 】

パラメータ $X1$, $KX1$, $X2$, $KX2$, $Y1$, $KY1$, $Y2$, $KY2$ は、LDPC 符号の性能がより向上するように設定される。

【 0 3 9 9 】

<シミュレーション結果>

【 0 4 0 0 】

図 9 2 及び図 9 3 は、 $r=2/16$ のタイプ A 符号を QPSK で伝送するシミュレーションのシミュレーション結果としての BER/FER カーブ及びキャパシティを、それぞれ示す図である。

【 0 4 0 1 】

シミュレーションでは、通信路 1 3（図 7）として、AWGN チャネルを採用するとともに、LDPC 符号の繰り返し復号回数 $C(it)$ として、50 回を採用した。

【 0 4 0 2 】

キャパシティ（通信路容量）は、1 シンボルで伝送することができる情報量を表し、シミュレーションでは、 10^{-6} の BER が得られるときの E_s/N_0 （1 シンボルあたりの信号電力対雑音電力比）でのキャパシティを求めた。

【 0 4 0 3 】

なお、BER/FER カーブの図において、実線は BER を表し、点線は FER を表す。また、キャパシティの図には、LDPC 符号に対するキャパシティとともに、シャノン限界を図示してある。以下のシミュレーション結果の図でも、同様である。

【 0 4 0 4 】

図 9 4 及び図 9 5 は、 $r=3/16$ のタイプ A 符号を QPSK で伝送するシミュレーションのシミュレーション結果としての BER/FER カーブ及びキャパシティを、それぞれ示す図である。

【 0 4 0 5 】

図 9 6 及び図 9 7 は、 $r=4/16$ のタイプ A 符号を QPSK で伝送するシミュレーションのシミュレーション結果としての BER/FER カーブ及びキャパシティを、それぞれ示す図である。

【 0 4 0 6 】

図 9 8 及び図 9 9 は、 $r=5/16$ のタイプ A 符号を QPSK で伝送するシミュレーションのシミュレーション結果としての BER/FER カーブ及びキャパシティを、それぞれ示す図である。

【 0 4 0 7 】

図 1 0 0 及び図 1 0 1 は、 $r=6/16$ のタイプ A 符号を QPSK で伝送するシミュレーションのシミュレーション結果としての BER/FER カーブ及びキャパシティを、それぞれ示す図である。

【 0 4 0 8 】

図 1 0 2 及び図 1 0 3 は、 $r=7/16$ のタイプ A 符号を QPSK で伝送するシミュレーションのシミュレーション結果としての BER/FER カーブ及びキャパシティを、それぞれ示す図である。

【 0 4 0 9 】

図 1 0 4 及び図 1 0 5 は、 $r=8/16$ のタイプ A 符号を QPSK で伝送するシミュレーションのシミュレーション結果としての BER/FER カーブ及びキャパシティを、それぞれ示す図である。

10

20

30

40

50

【0410】

図106及び図107は、 $r=7/16$ のタイプB符号をQPSKで伝送するシミュレーションのシミュレーション結果としてのBER/FERカーブ及びキャパシティを、それぞれ示す図である。

【0411】

図108及び図109は、 $r=7/16$ の他のタイプB符号をQPSKで伝送するシミュレーションのシミュレーション結果としてのBER/FERカーブ及びキャパシティを、それぞれ示す図である。

【0412】

図110及び図111は、 $r=8/16$ のタイプB符号をQPSKで伝送するシミュレーションのシミュレーション結果としてのBER/FERカーブ及びキャパシティを、それぞれ示す図である。

10

【0413】

図112及び図113は、 $r=8/16$ の他のタイプB符号をQPSKで伝送するシミュレーションのシミュレーション結果としてのBER/FERカーブ及びキャパシティを、それぞれ示す図である。

【0414】

図114及び図115は、 $r=9/16$ のタイプB符号をQPSKで伝送するシミュレーションのシミュレーション結果としてのBER/FERカーブ及びキャパシティを、それぞれ示す図である。

20

【0415】

図116及び図117は、 $r=9/16$ の他のタイプB符号をQPSKで伝送するシミュレーションのシミュレーション結果としてのBER/FERカーブ及びキャパシティを、それぞれ示す図である。

【0416】

図118及び図119は、 $r=10/16$ のタイプB符号をQPSKで伝送するシミュレーションのシミュレーション結果としてのBER/FERカーブ及びキャパシティを、それぞれ示す図である。

【0417】

図120及び図121は、 $r=10/16$ の他のタイプB符号をQPSKで伝送するシミュレーションのシミュレーション結果としてのBER/FERカーブ及びキャパシティを、それぞれ示す図である。

30

【0418】

図122及び図123は、 $r=11/16$ のタイプB符号をQPSKで伝送するシミュレーションのシミュレーション結果としてのBER/FERカーブ及びキャパシティを、それぞれ示す図である。

【0419】

図124及び図125は、 $r=11/16$ の他のタイプB符号をQPSKで伝送するシミュレーションのシミュレーション結果としてのBER/FERカーブ及びキャパシティを、それぞれ示す図である。

40

【0420】

図126及び図127は、 $r=12/16$ のタイプB符号をQPSKで伝送するシミュレーションのシミュレーション結果としてのBER/FERカーブ及びキャパシティを、それぞれ示す図である。

【0421】

図128及び図129は、 $r=12/16$ の他のタイプB符号をQPSKで伝送するシミュレーションのシミュレーション結果としてのBER/FERカーブ及びキャパシティを、それぞれ示す図である。

【0422】

図130及び図131は、 $r=13/16$ のタイプB符号をQPSKで伝送するシミュレーション

50

ンのシミュレーション結果としてのBER/FERカーブ及びキャパシティを、それぞれ示す図である。

【0423】

図132及び図133は、 $r=13/16$ の他のタイプB符号をQPSKで伝送するシミュレーションのシミュレーション結果としてのBER/FERカーブ及びキャパシティを、それぞれ示す図である。

【0424】

図134及び図135は、 $r=14/16$ のタイプB符号をQPSKで伝送するシミュレーションのシミュレーション結果としてのBER/FERカーブ及びキャパシティを、それぞれ示す図である。

【0425】

図136及び図137は、 $r=14/16$ の他のタイプB符号をQPSKで伝送するシミュレーションのシミュレーション結果としてのBER/FERカーブ及びキャパシティを、それぞれ示す図である。

【0426】

図92ないし図137のシミュレーション結果によれば、新LDPC符号により、良好なBER/FERが実現されるとともに、シャノン限界に近いキャパシティが実現されることを確認することができる。

【0427】

<コンスタレーション>

【0428】

図138ないし図141は、図7の伝送システムで採用するコンスタレーションの例を示す図である。

【0429】

図7の伝送システムでは、例えば、変調方式(MODulation)とLDPC符号(CODE)との組み合わせであるMODCODに対して、そのMODCODで使用するコンスタレーションを設定することができる。

【0430】

1のMODCODに対しては、1以上のコンスタレーションを設定することができる。

【0431】

コンスタレーションには、信号点の配置が一様になっているUC(Uniform Constellation)と、一様になっていないNUC(Non Uniform Constellation)とがある。

【0432】

また、NUCには、例えば、1D NUC(1-dimensional M^2 -QAM non-uniform constellation)と呼ばれるコンスタレーションや、2D NUC(2-dimensional QAM non-uniform constellation)と呼ばれるコンスタレーション等がある。

【0433】

一般に、UCよりも1D NUCの方が、BERが改善し、さらに、1D NUCよりも2D NUCの方が、BERが改善する。

【0434】

変調方式がQPSKのコンスタレーションは、UCになる。変調方式が16QAMや、64QAM、256QAM等のコンスタレーションとしては、例えば、2D NUCを採用することができる、変調方式が1024QAMや4096QAM等のコンスタレーションとしては、例えば、1D NUCを採用することができる。

【0435】

図7の伝送システムでは、例えば、ATSC3.0等で規定されているコンスタレーション等を使用することができる。

【0436】

すなわち、変調方式がQPSKである場合には、LDPC符号の各符号化率 r について、例えば、同一のコンスタレーションを使用することができる。

10

20

30

40

50

【0437】

また、変調方式が、16QAM、64QAM、又は、256QAMである場合には、例えば、LDPC符号の符号化率 r それぞれごとに異なる2D NUCのコンスタレーションを使用することができる。

【0438】

さらに、変調方式が、1024QAM又は4096QAMである場合には、例えば、LDPC符号の符号化率 r それぞれごとに異なる1D NUCのコンスタレーションを使用することができる。

【0439】

以下、ATSC3.0で規定されているコンスタレーションの幾つかについて説明する。

10

【0440】

図138は、変調方式がQPSKである場合に、ATSC3.0で規定されているLDPC符号のすべての符号化率について使用されるUCのコンスタレーションの信号点の座標を示す図である。

【0441】

図138において、"Input Data cell y "は、QPSKのUCにマッピングする2ビットのシンボルを表し、"Constellation point z_s "は、信号点 z_s の座標を表す。なお、信号点 z_s のインデクス s は、シンボルの離散時間（あるシンボルと次のシンボルとの間の時間間隔）を表す。

【0442】

図138では、信号点 z_s の座標は、複素数の形で表されており、 j は、虚数単位（ $\sqrt{-1}$ ）を表す。

20

【0443】

図139は、変調方式が16QAMである場合に、ATSC3.0で規定されているLDPC符号の符号化率 $r(CR)=2/15, 3/15, 4/15, 5/15, 6/15, 7/15, 8/15, 9/15, 10/15, 11/15, 12/15, 13/15$ について使用される2D NUCのコンスタレーションの信号点の座標を示す図である。

【0444】

図139では、図138と同様に、信号点 z_s の座標は、複素数の形で表されており、 j は、虚数単位を表す。

30

【0445】

図139において、 $w\#k$ は、コンスタレーションの第1象限の信号点の座標を表す。

【0446】

2D NUCにおいて、コンスタレーションの第2象限の信号点は、第1象限の信号点を、Q軸に対して対称に移動した位置に配置され、コンスタレーションの第3象限の信号点は、第1象限の信号点を、原点に対して対称に移動した位置に配置される。そして、コンスタレーションの第4象限の信号点は、第1象限の信号点を、I軸に対して対称に移動した位置に配置される。

【0447】

ここで、変調方式が 2^m QAMである場合には、 m ビットを1個のシンボルとして、その1個のシンボルが、そのシンボルに対応する信号点にマッピングされる。

40

【0448】

m ビットのシンボルは、例えば、0ないし 2^m-1 の整数値で表現することができるが、いま、 $b=2^m/4$ とすると、0ないし 2^m-1 の整数値で表現されるシンボル $y(0), y(1), \dots, y(2^m-1)$ は、シンボル $y(0)$ ないし $y(b-1)$, $y(b)$ ないし $y(2b-1)$, $y(2b)$ ないし $y(3b-1)$ 、及び、 $y(3b)$ ないし $y(4b-1)$ の4つに分類することができる。

【0449】

図139において、 $w\#k$ のサフィックス k は、0ないし $b-1$ の範囲の整数値をとり、 $w\#k$ は、シンボル $y(0)$ ないし $y(b-1)$ の範囲のシンボル $y(k)$ に対応する信号点の座標を表す。

【0450】

50

そして、シンボル $y(b)$ ないし $y(2b-1)$ の範囲のシンボル $y(k+b)$ に対応する信号点の座標は、 $-\text{conj}(w\#k)$ で表され、シンボル $y(2b)$ ないし $y(3b-1)$ の範囲のシンボル $y(k+2b)$ に対応する信号点の座標は、 $\text{conj}(w\#k)$ で表される。また、シンボル $y(3b)$ ないし $y(4b-1)$ の範囲のシンボル $y(k+3b)$ に対応する信号点の座標は、 $-w\#k$ で表される。

【0451】

ここで、 $\text{conj}(w\#k)$ は、 $w\#k$ の複素共役を表す。

【0452】

例えば、変調方式が16QAMである場合には、 $m=4$ ビットのシンボル $y(0)$ 、 $y(1)$ 、 $\dots$ 、 $y(15)$ は、 $b=2^4/4=4$ として、シンボル $y(0)$ ないし $y(3)$ 、 $y(4)$ ないし $y(7)$ 、 $y(8)$ ないし $y(11)$ 、及び、 $y(12)$ ないし $y(15)$ の4つに分類される。

10

【0453】

そして、シンボル $y(0)$ ないし $y(15)$ のうちの、例えば、シンボル $y(12)$ は、シンボル $y(3b)$ ないし $y(4b-1)$ の範囲のシンボル $y(k+3b)=y(0+3\times 4)$ であり、 $k=0$ であるから、シンボル $y(12)$ に対応する信号点の座標は、 $-w\#k=-w_0$ となる。

【0454】

いま、LDPC符号の符号化率 $r(\text{CR})$ が、例えば、 $9/15$ であるとする、図139によれば、変調方式が16QAMで、符号化率 r が、 $9/15$ である場合の w_0 は、 $0.2386+j0.5296$ であるので、シンボル $y(12)$ に対応する信号点の座標 $-w_0$ は、 $-(0.2386+j0.5296)$ となる。

【0455】

図140は、変調方式が1024QAMである場合に、ATSC3.0で規定されているLDPC符号の符号化率 $r(\text{CR})=2/15, 3/15, 4/15, 5/15, 6/15, 7/15, 8/15, 9/15, 10/15, 11/15, 12/15, 13/15$ について使用される1D NUCの信号点の座標の例を示す図である。

20

【0456】

図140において、 $u\#k$ は、1D NUCの信号点 z_s の座標としての複素数のリアルパート $\text{Re}(z_s)$ 及びイマジナリパート $\text{Im}(z_s)$ を表す。

【0457】

図141は、1024QAMのシンボル y と、そのシンボル y に対応する1D NUCの信号点 z_s の座標を表す複素数のリアルパート $\text{Re}(z_s)$ 及びイマジナリパート $\text{Im}(z_s)$ それぞれとしての $u\#k$ との関係を示す図である。

30

【0458】

いま、1024QAMの10ビットのシンボル y を、その先頭のビット（最上位ビット）から、 $y_{0,s}, y_{1,s}, y_{2,s}, y_{3,s}, y_{4,s}, y_{5,s}, y_{6,s}, y_{7,s}, y_{8,s}, y_{9,s}$ と表すこととする。

【0459】

図141のAは、シンボル y の偶数番目の5ビット $y_{1,s}, y_{3,s}, y_{5,s}, y_{7,s}, y_{9,s}$ と、そのシンボル y に対応する信号点 z_s の（座標の）リアルパート $\text{Re}(z_s)$ を表す $u\#k$ との対応関係を表している。

【0460】

図141のBは、シンボル y の奇数番目の5ビット $y_{0,s}, y_{2,s}, y_{4,s}, y_{6,s}, y_{8,s}$ と、そのシンボル y に対応する信号点 z_s のイマジナリパート $\text{Im}(z_s)$ を表す $u\#k$ との対応関係を表している。

40

【0461】

1024QAMの10ビットのシンボル $y=(y_{0,s}, y_{1,s}, y_{2,s}, y_{3,s}, y_{4,s}, y_{5,s}, y_{6,s}, y_{7,s}, y_{8,s}, y_{9,s})$ が、例えば、 $(0,0,1,0,0,1,1,1,0,0)$ である場合、奇数番目の5ビット $(y_{0,s}, y_{2,s}, y_{4,s}, y_{6,s}, y_{8,s})$ は、 $(0,1,0,1,0)$ であり、偶数番目の5ビット $(y_{1,s}, y_{3,s}, y_{5,s}, y_{7,s}, y_{9,s})$ は、 $(0,0,1,1,0)$ である。

【0462】

図141のAでは、偶数番目の5ビット $(0,0,1,1,0)$ は、 u_{11} に対応付けられており、したがって、シンボル $y=(0,0,1,0,0,1,1,1,0,0)$ に対応する信号点 z_s のリアルパート $\text{Re}(z_s)$ は、 u_{11} になる。

50

【0463】

図141のBでは、奇数番目の5ビット(0,1,0,1,0)は、 u_3 に対応付けられており、したがって、シンボル $y=(0,0,1,0,0,1,1,1,0,0)$ に対応する信号点 z_s のイマジナリパート $\text{Im}(z_s)$ は、 u_3 になる。

【0464】

一方、LDPC符号の符号化率 r が、例えば、 $6/15$ であるとする、上述の図140によれば、変調方式が1024QAMで、LDPC符号の符号化率 $r(\text{CR})=6/15$ である場合に使用される1D NUCについては、 u_3 は、0.1295であり、 u_{11} は、0.7196である。

【0465】

したがって、シンボル $y=(0,0,1,0,0,1,1,1,0,0)$ に対応する信号点 z_s のリアルパート $\text{Re}(z_s)$ は、 $u_{11}=0.7196$ になり、イマジナリパート $\text{Im}(z_s)$ は、 $u_3=0.1295$ になる。その結果、シンボル $y=(0,0,1,0,0,1,1,1,0,0)$ に対応する信号点 z_s の座標は、 $0.7196+j0.1295$ で表される。

10

【0466】

なお、1D NUCの信号点は、コンスタレーションにおいて、I軸に平行な直線上やQ軸に平行な直線上に、格子状に並ぶ。但し、信号点どうしの間隔は、一定にはならない。また、信号点（にマッピングされたデータ）の送信にあたって、コンスタレーション上の信号点の平均電力は正規化することができる。正規化は、コンスタレーション上の信号点（の座標）のすべてについての絶対値の自乗平均値を P_{ave} と表すこととすると、その自乗平均値 P_{ave} の平方根 $\sqrt{P_{\text{ave}}}$ の逆数 $1/(\sqrt{P_{\text{ave}}})$ を、コンスタレーション上の各信号点 z_s に乗算することによって行うことができる。

20

【0467】

図7の伝送システムでは、以上のようなATSC3.0で規定されているコンスタレーション等を使用することができる。

【0468】

<ブロックインターリーブ25>

【0469】

図142は、図9のブロックインターリーブ25の構成例を示すブロック図である。

【0470】

ブロックインターリーブ25は、パート1(part 1)と呼ばれる記憶領域と、パート2(part 2)と呼ばれる記憶領域とを有する。

30

【0471】

パート1及び2は、いずれも、ロウ（横）方向に、1ビットを記憶し、カラム（縦）方向に所定のビット数を記憶する記憶領域としてのカラム(column)が、ロウ方向に、シンボルのビット数 m に等しい数 C だけ並んで構成される。

【0472】

パート1のカラムがカラム方向に記憶するビット数（以下、パートカラム長ともいう）を、 $R1$ と表すとともに、パート2のカラムのパートカラム長を、 $R2$ と表すこととすると、 $(R1+R2) \times C$ は、ブロックインターリーブの対象のLDPC符号の符号長 N に等しい。

【0473】

また、パートカラム長 $R1$ は、ユニットサイズ P である360ビットの倍数に等しく、パートカラム長 $R2$ は、パート1のパートカラム長 $R1$ とパート2のパートカラム長 $R2$ との和（以下、カラム長ともいう） $R1+R2$ を、ユニットサイズ P である360ビットで除算したときの剰余に等しい。

40

【0474】

ここで、カラム長 $R1+R2$ は、ブロックインターリーブの対象のLDPC符号の符号長 N を、シンボルのビット数 m で除算した値に等しい。

【0475】

例えば、符号長 N が69120ビットのLDPC符号について、変調方式として、16QAMを採用する場合には、シンボルのビット数 m は、4ビットであるから、カラム長 $R1+R2$ は、17

50

280(=69120/4)ビットになる。

【0476】

さらに、カラム長 $R1+R2=17280$ を、ユニットサイズ P である360ビットで除算したときの剰余は、0であるから、パート2のパートカラム長 $R2$ は、0ビットとなる。

【0477】

そして、パート1のパートカラム長 $R1$ は、 $R1+R2-R2=17280-0=17280$ ビットとなる。

【0478】

図143は、図142のブロックインターリーブ25で行われるブロックインターリーブを説明する図である。

【0479】

ブロックインターリーブ25は、パート1及び2に対して、LDPC符号を書き込んで読み出すことにより、ブロックインターリーブを行う。

【0480】

すなわち、ブロックインターリーブでは、図143のAに示すように、1符号語のLDPC符号の符号ビットを、パート1のカラムの上から下方向（カラム方向）に書き込むことが、左から右方向のカラムに向かって行われる。

【0481】

そして、符号ビットの書き込みが、パート1のカラムの最も右のカラム（ C 番目のカラム）の一番下まで終了すると、残りの符号ビットをパート2のカラムの上から下方向（カラム方向）に書き込むことが、左から右方向のカラムに向かって行われる。

【0482】

その後、符号ビットの書き込みが、パート2のカラムの最も右のカラム（ C 番目のカラム）の一番下まで終了すると、図143のBに示すように、パート1の C 個すべてのカラムの1行目から、ロウ方向に、 $C=m$ ビット単位で、符号ビットが読み出される。

【0483】

そして、パート1の C 個すべてのカラムからの符号ビットの読み出しは、下の行に向かって順次行われ、その読み出しが最後の行である $R1$ 行目まで終了すると、パート2の C 個すべてのカラムの1行目から、ロウ方向に、 $C=m$ ビット単位で、符号ビットが読み出される。

【0484】

パート2の C 個すべてのカラムからの符号ビットの読み出しは、下の行に向かって順次行われ、最後の行である $R2$ 行目まで行われる。

【0485】

以上のようにして、パート1及び2から m ビット単位で読み出される符号ビットは、シンボルとして、マップ117（図8）に供給される。

【0486】

<グループワイズインターリーブ>

【0487】

図144は、図9のグループワイズインターリーブ24で行われるグループワイズインターリーブを説明する図である。

【0488】

グループワイズインターリーブでは、1符号語のLDPC符号を、その先頭から、ユニットサイズ P に等しい360ビット単位に区分した、その1区分の360ビットを、ビットグループとして、1符号語のLDPC符号が、ビットグループ単位で、所定のパターン（以下、GWパターンともいう）に従ってインターリーブされる。

【0489】

ここで、1符号語のLDPC符号をビットグループに区分したときの先頭から $i+1$ 番目のビットグループを、以下、ビットグループ i とも記載する。

【0490】

10

20

30

40

50

ユニットサイズPが360である場合、例えば、符号長Nが1800ビットのLDPC符号は、ビットグループ0,1,2,3,4の5($=1800/360$)個のビットグループに区分される。さらに、例えば、符号長Nが16200ビットのLDPC符号は、ビットグループ0,1,...,44の45($=16200/360$)個のビットグループに区分され、符号長Nが64800ビットのLDPC符号は、ビットグループ0,1,...,179の180($=64800/360$)個のビットグループに区分される。また、例えば、符号長Nが69120ビットのLDPC符号は、ビットグループ0,1,...,191の192($=69120/360$)個のビットグループに区分される。

【0491】

ここで、GWパターンを、ビットグループを表す数字の並びで表すこととする。例えば、符号長Nが1800ビットのLDPC符号について、例えば、GWパターン4,2,0,3,1は、ビットグループ0,1,2,3,4の並びを、ビットグループ4,2,0,3,1の並びにインターリーブする（並び替える）ことを表す。

【0492】

GWパターンは、少なくとも、LDPC符号の符号長Nごとに設定することができる。

【0493】

例えば、符号長Nが64800ビットのLDPC符号についてのGWパターンとしては、64800ビットのLDPC符号のビットグループ0ないし179の並びを、ビットグループ

39, 47, 96, 176, 33, 75, 165, 38, 27, 58, 90, 76, 17, 46, 10, 91, 133, 69, 171, 32, 117, 78, 13, 146, 101, 36, 0, 138, 25, 77, 122, 49, 14, 125, 140, 93, 130, 2, 104, 102, 128, 4, 111, 151, 84, 167, 35, 127, 156, 55, 82, 85, 66, 114, 8, 147, 115, 113, 5, 31, 100, 106, 48, 52, 67, 107, 18, 126, 112, 50, 9, 143, 28, 160, 71, 79, 43, 98, 86, 94, 64, 3, 166, 105, 103, 118, 63, 51, 139, 172, 141, 175, 56, 74, 95, 29, 45, 129, 120, 168, 92, 150, 7, 162, 153, 137, 108, 159, 157, 173, 23, 89, 132, 57, 37, 70, 134, 40, 21, 149, 80, 1, 121, 59, 110, 142, 152, 15, 154, 145, 12, 170, 54, 155, 99, 22, 123, 72, 177, 131, 116, 44, 158, 73, 11, 65, 164, 119, 174, 34, 83, 53, 24, 42, 60, 26, 161, 68, 178, 41, 148, 109, 87, 144, 135, 20, 62, 81, 169, 124, 6, 19, 30, 163, 61, 179, 136, 97, 16, 88

の並びにインターリーブするパターン等がある。

【0494】

<受信装置12の構成例>

【0495】

図145は、図7の受信装置12の構成例を示すブロック図である。

【0496】

OFDM処理部(OFDM operation)151は、送信装置11（図7）からのOFDM信号を受信し、そのOFDM信号の信号処理を行う。OFDM処理部151が信号処理を行うことにより得られるデータは、フレーム管理部(Frame Management)152に供給される。

【0497】

フレーム管理部152は、OFDM処理部151から供給されるデータで構成されるフレームの処理（フレーム解釈）を行い、その結果得られる対象データの信号と、制御データの信号とを、周波数デインターリーバ(Frequency Deinterleaver)161と153とに、それぞれ供給する。

【0498】

周波数デインターリーバ153は、フレーム管理部152からのデータについて、シンボル単位での周波数デインターリーブを行い、デマッパ(Demapper)154に供給する。

【0499】

デマッパ154は、周波数デインターリーバ153からのデータ（コンスタレーション上のデータ）を、送信装置11側で行われる直交変調で定められる信号点の配置（コンスタレーション）に基づいてデマッピング（信号点配置復号）して直交復調し、その結果得

られるデータ（LDPC符号（の尤度））を、LDPCデコーダ(LDPC decoder) 155に供給する。

【0500】

LDPCデコーダ155は、デマッパ154からのLDPC符号のLDPC復号を行い、その結果得られるLDPC対象データ（ここでは、BCH符号）を、BCHデコーダ(BCH decoder) 156に供給する。

【0501】

BCHデコーダ156は、LDPCデコーダ155からのLDPC対象データのBCH復号を行い、その結果得られる制御データ（シグナリング）を出力する。

【0502】

一方、周波数デインターリーバ161は、フレーム管理部152からのデータについて、シンボル単位での周波数デインターリーブを行い、SISO/MISOデコーダ(SISO/MISO decoder) 162に供給する。

【0503】

SISO/MISOデコーダ162は、周波数デインターリーバ161からのデータの時空間復号を行い、時間デインターリーバ(Time Deinterleaver) 163に供給する。

【0504】

時間デインターリーバ163は、SISO/MISOデコーダ162からのデータについて、シンボル単位での時間デインターリーブを行い、デマッパ(Demapper) 164に供給する。

【0505】

デマッパ164は、時間デインターリーバ163からのデータ（コンスタレーション上のデータ）を、送信装置11側で行われる直交変調で定められる信号点の配置（コンスタレーション）に基づいてデマッピング（信号点配置復号）して直交復調し、その結果得られるデータを、ビットデインターリーバ(Bit Deinterleaver) 165に供給する。

【0506】

ビットデインターリーバ165は、デマッパ164からのデータのビットデインターリーブを行い、そのビットデインターリーブ後のデータであるLDPC符号（の尤度）を、LDPCデコーダ166に供給する。

【0507】

LDPCデコーダ166は、ビットデインターリーバ165からのLDPC符号のLDPC復号を行い、その結果得られるLDPC対象データ（ここでは、BCH符号）を、BCHデコーダ167に供給する。

【0508】

BCHデコーダ167は、LDPCデコーダ155からのLDPC対象データのBCH復号を行い、その結果得られるデータを、BBデスクランブラ(BB DeScrambler) 168に供給する。

【0509】

BBデスクランブラ168は、BCHデコーダ167からのデータに、BBデスクランブルを施し、その結果得られるデータを、ヌル削除部(Null Deletion) 169に供給する。

【0510】

ヌル削除部169は、BBデスクランブラ168からのデータから、図8のパダー112で挿入されたNullを削除し、デマルチプレクサ(Demultiplexer) 170に供給する。

【0511】

デマルチプレクサ170は、ヌル削除部169からのデータに多重化されている1以上のストリーム（対象データ）それぞれを分離し、必要な処理を施して、アウトプットストリーム(Output stream)として出力する。

【0512】

なお、受信装置12は、図145に図示したブロックの一部を設けずに構成することができる。すなわち、例えば、送信装置11（図8）を、時間インターリーバ118、SISO/MISOエンコーダ119、周波数インターリーバ120、及び、周波数インターリーバ124を設けずに構成する場合には、受信装置12は、送信装置11の時間インターリーバ

10

20

30

40

50

118、SISO/MISOエンコーダ119、周波数インターリーバ120、及び、周波数インターリーバ124にそれぞれ対応するブロックである時間デインターリーバ163、SISO/MISOデコーダ162、周波数デインターリーバ161、及び、周波数デインターリーバ153を設けずに構成することができる。

【0513】

＜ビットデインターリーバ165の構成例＞

【0514】

図146は、図145のビットデインターリーバ165の構成例を示すブロック図である。

【0515】

ビットデインターリーバ165は、ブロックデインターリーバ54、及びグループワイズデインターリーバ55から構成され、デマッパ164（図145）からのデータであるシンボルのシンボルビットの（ビット）デインターリーブを行う。

【0516】

すなわち、ブロックデインターリーバ54は、デマッパ164からのシンボルのシンボルビットを対象として、図9のブロックインターリーバ25が行うブロックインターリーブに対応するブロックデインターリーブ（ブロックインターリーブの逆の処理）、すなわち、ブロックインターリーブによって並び替えられたLDPC符号の符号ビット（の尤度）の位置を元の位置に戻すブロックデインターリーブを行い、その結果得られるLDPC符号を、グループワイズデインターリーバ55に供給する。

【0517】

グループワイズデインターリーバ55は、ブロックデインターリーバ54からのLDPC符号を対象として、図9のグループワイズインターリーバ24が行うグループワイズインターリーブに対応するグループワイズデインターリーブ（グループワイズインターリーブの逆の処理）、すなわち、例えば、図144で説明したグループワイズインターリーブによってビットグループ単位で並びが変更されたLDPC符号の符号ビットを、ビットグループ単位で並び替えることにより、元の並びに戻すグループワイズデインターリーブを行う。

【0518】

ここで、デマッパ164から、ビットデインターリーバ165に供給されるLDPC符号に、パリティインターリーブ、グループワイズインターリーブ、及びブロックインターリーブが施されている場合、ビットデインターリーバ165では、パリティインターリーブに対応するパリティデインターリーブ（パリティインターリーブの逆の処理、すなわち、パリティインターリーブによって並びが変更されたLDPC符号の符号ビットを、元の並びに戻すパリティデインターリーブ）、ブロックインターリーブに対応するブロックデインターリーブ、及び、グループワイズインターリーブに対応するグループワイズデインターリーブのすべてを行うことができる。

【0519】

但し、図146のビットデインターリーバ165では、ブロックインターリーブに対応するブロックデインターリーブを行うブロックデインターリーバ54、及び、グループワイズインターリーブに対応するグループワイズデインターリーブを行うグループワイズデインターリーバ55は、設けられているが、パリティインターリーブに対応するパリティデインターリーブを行うブロックは、設けられておらず、パリティデインターリーブは、行われない。

【0520】

したがって、ビットデインターリーバ165（のグループワイズデインターリーバ55）から、LDPCデコーダ166には、ブロックデインターリーブ、及び、グループワイズデインターリーブが行われ、かつ、パリティデインターリーブが行われていないLDPC符号が供給される。

【0521】

LDPCデコーダ166は、ビットデインターリーバ165からのLDPC符号のLDPC復号

10

20

30

40

50

を、図 8 の LDPC エンコーダ 1 1 5 が LDPC 符号化に用いたタイプ B 方式の検査行列 H に対して、パリティインターリーブに相当する列置換を少なくとも行って得られる変換検査行列や、タイプ A 方式の検査行列（図 2 7）に行置換を行って得られる変換検査行列（図 2 9）を用いて行い、その結果得られるデータを、LDPC 対象データの復号結果として出力する。

【0 5 2 2】

図 1 4 7 は、図 1 4 6 のデマッパ 1 6 4、ビットデインターリーバ 1 6 5、及び、LDPC デコーダ 1 6 6 が行う処理を説明するフローチャートである。

【0 5 2 3】

ステップ S 1 1 1 において、デマッパ 1 6 4 は、時間デインターリーバ 1 6 3 からのデータ（信号点にマッピングされたコンスタレーション上のデータ）をデマッピングして直交復調し、ビットデインターリーバ 1 6 5 に供給して、処理は、ステップ S 1 1 2 に進む。

【0 5 2 4】

ステップ S 1 1 2 では、ビットデインターリーバ 1 6 5 は、デマッパ 1 6 4 からのデータのデインターリーブ（ビットデインターリーブ）を行って、処理は、ステップ S 1 1 3 に進む。

【0 5 2 5】

すなわち、ステップ S 1 1 2 では、ビットデインターリーバ 1 6 5 において、ブロックデインターリーバ 5 4 が、デマッパ 1 6 4 からのデータ（シンボル）を対象として、ブロックデインターリーブを行い、その結果得られる LDPC 符号の符号ビットを、グループワイズデインターリーバ 5 5 に供給する。

【0 5 2 6】

グループワイズデインターリーバ 5 5 は、ブロックデインターリーバ 5 4 からの LDPC 符号を対象として、グループワイズデインターリーブを行い、その結果得られる LDPC 符号（の尤度）を、LDPC デコーダ 1 6 6 に供給する。

【0 5 2 7】

ステップ S 1 1 3 では、LDPC デコーダ 1 6 6 が、グループワイズデインターリーバ 5 5 からの LDPC 符号の LDPC 復号を、図 8 の LDPC エンコーダ 1 1 5 が LDPC 符号化に用いた検査行列 H を用いて行い、すなわち、例えば、検査行列 H から得られる変換検査行列を用いて行い、その結果得られるデータを、LDPC 対象データの復号結果として、BCH デコーダ 1 6 7 に出力する。

【0 5 2 8】

なお、図 1 4 6 でも、図 9 の場合と同様に、説明の便宜のため、ブロックデインターリーブを行うブロックデインターリーバ 5 4 と、グループワイズデインターリーブを行うグループワイズデインターリーバ 5 5 とを、別個に構成するようにしたが、ブロックデインターリーバ 5 4 とグループワイズデインターリーバ 5 5 とは、一体的に構成することができる。

【0 5 2 9】

また、送信装置 1 1 において、グループワイズインターリーブを行わない場合には、受信装置 1 2 は、グループワイズデインターリーブを行うグループワイズデインターリーバ 5 5 を設けずに構成することができる。

【0 5 3 0】

<LDPC 復号>

【0 5 3 1】

図 1 4 5 の LDPC デコーダ 1 6 6 で行われる LDPC 復号について、さらに説明する。

【0 5 3 2】

図 1 4 5 の LDPC デコーダ 1 6 6 では、上述したように、グループワイズデインターリーバ 5 5 からの、ブロックデインターリーブ、及び、グループワイズデインターリーブが行われ、かつ、パリティデインターリーブが行われていない LDPC 符号の LDPC 復号が、図 8 の LDPC エンコーダ 1 1 5 が LDPC 符号化に用いたタイプ B 方式の検査行列 H に対して、

10

20

30

40

50

パリティインターリーブに相当する列置換を少なくとも行って得られる変換検査行列や、タイプA方式の検査行列（図27）に行置換を行って得られる変換検査行列（図29）を用いて行われる。

【0533】

ここで、LDPC復号を、変換検査行列を用いて行うことで、回路規模を抑制しつつ、動作周波数を十分実現可能な範囲に抑えることが可能となるLDPC復号が先に提案されている（例えば、特許第4224777号を参照）。

【0534】

そこで、まず、図148ないし図151を参照して、先に提案されている、変換検査行列を用いたLDPC復号について説明する。

【0535】

図148は、符号長 N が90で、符号化率が $2/3$ のLDPC符号の検査行列 H の例を示す図である。

【0536】

なお、図148では（後述する図149及び図150においても同様）、0を、ピリオド(.)で表現している。

【0537】

図148の検査行列 H では、パリティ行列が階段構造になっている。

【0538】

図149は、図148の検査行列 H に、式(11)の行置換と、式(12)の列置換を施して得られる検査行列 H' を示す図である。

【0539】

行置換: $6s+t+1$ 行目 $\rightarrow 5t+s+1$ 行目

・・・(11)

【0540】

列置換: $6x+y+61$ 列目 $\rightarrow 5y+x+61$ 列目

・・・(12)

【0541】

但し、式(11)及び(12)において、 s, t, x, y は、それぞれ、 $0 \leq s < 5$, $0 \leq t < 6$, $0 \leq x < 5$, $0 \leq t < 6$ の範囲の整数である。

【0542】

式(11)の行置換によれば、6で割って余りが1になる1, 7, 13, 19, 25行目を、それぞれ、1, 2, 3, 4, 5行目に、6で割って余りが2になる2, 8, 14, 20, 26行目を、それぞれ、6, 7, 8, 9, 10行目に、という具合に置換が行われる。

【0543】

また、式(12)の列置換によれば、61列目以降（パリティ行列）に対して、6で割って余りが1になる61, 67, 73, 79, 85列目を、それぞれ、61, 62, 63, 64, 65列目に、6で割って余りが2になる62, 68, 74, 80, 86列目を、それぞれ、66, 67, 68, 69, 70列目に、という具合に置換が行われる。

【0544】

このようにして、図148の検査行列 H に対して、行と列の置換を行って得られた行列(matrix)が、図149の検査行列 H' である。

【0545】

ここで、検査行列 H の行置換を行っても、LDPC符号の符号ビットの並びには影響しない。

【0546】

また、式(12)の列置換は、上述の、 $K+qx+y+1$ 番目の符号ビットを、 $K+Py+x+1$ 番目の符号ビットの位置にインターリーブするパリティインターリーブの、情報長 K を60と、ユニットサイズ P を5と、パリティ長 M （ここでは、30）の約数 $q(=M/P)$ を6と、それ

10

20

30

40

50

それしたときのパリティインターリーブに相当する。

【0547】

したがって、図149の検査行列 H' は、図148の検査行列（以下、適宜、元の検査行列という） H の、 $K+qx+y+1$ 番目の列を、 $K+Py+x+1$ 番目の列に置換する列置換を、少なくとも行って得られる変換検査行列である。

【0548】

図149の変換検査行列 H' に対して、図148の元の検査行列 H のLDPC符号に、式(12)と同一の置換を行ったものを乗じると、0ベクトルが出力される。すなわち、元の検査行列 H のLDPC符号（1符号語）としての行ベクトル c に、式(12)の列置換を施して得られる行ベクトルを c' と表すこととすると、検査行列の性質から、 Hc^T は、0ベクトルとなるから、 $H'c'^T$ も、当然、0ベクトルとなる。

10

【0549】

以上から、図149の変換検査行列 H' は、元の検査行列 H のLDPC符号 c に、式(12)の列置換を行って得られるLDPC符号 c' の検査行列になっている。

【0550】

したがって、元の検査行列 H のLDPC符号 c に、式(12)の列置換を行い、その列置換後のLDPC符号 c' を、図149の変換検査行列 H' を用いて復号（LDPC復号）し、その復号結果に、式(12)の列置換の逆置換を施すことで、元の検査行列 H のLDPC符号を、その検査行列 H を用いて復号する場合と同様の復号結果を得ることができる。

【0551】

20

図150は、 5×5 の行列の単位に間隔を空けた、図149の変換検査行列 H' を示す図である。

【0552】

図150においては、変換検査行列 H' は、ユニットサイズ P である 5×5 （ $=P \times P$ ）の単位行列、その単位行列の1のうち1個以上が0になった行列（以下、適宜、準単位行列という）、単位行列または準単位行列をサイクリックシフト(cyclic shift)した行列（以下、適宜、シフト行列という）、単位行列、準単位行列、またはシフト行列のうちの2以上の和（以下、適宜、和行列という）、 5×5 の0行列の組合わせで表されている。

【0553】

図150の変換検査行列 H' は、 5×5 の単位行列、準単位行列、シフト行列、和行列、0行列で構成されているといえることができる。そこで、変換検査行列 H' を構成する、これらの 5×5 の行列（単位行列、準単位行列、シフト行列、和行列、0行列）を、以下、適宜、構成行列という。

30

【0554】

$P \times P$ の構成行列で表される検査行列のLDPC符号の復号には、チェックノード演算、及びバリアブルノード演算を、 P 個同時に行うアーキテクチャ(architecture)を用いることができる。

【0555】

図151は、そのような復号を行う復号装置の構成例を示すブロック図である。

【0556】

40

すなわち、図151は、図148の元の検査行列 H に対して、少なくとも、式(12)の列置換を行って得られる図150の変換検査行列 H' を用いて、LDPC符号の復号を行う復号装置の構成例を示している。

【0557】

図151の復号装置は、6つのFIFO300₁ないし300₆からなる枝データ格納用メモリ300、FIFO300₁ないし300₆を選択するセレクタ301、チェックノード計算部302、2つのサイクリックシフト回路303及び308、18個のFIFO304₁ないし304₁₈からなる枝データ格納用メモリ304、FIFO304₁ないし304₁₈を選択するセレクタ305、受信データを格納する受信データ用メモリ306、バリアブルノード計算部307、復号語計算部309、受信データ並べ替え部310、復号データ並べ替え部

50

3 1 1 かなる。

【0558】

まず、枝データ格納用メモリ300と304へのデータの格納方法について説明する。

【0559】

枝データ格納用メモリ300は、図150の変換検査行列 H' の行数30を構成行列の行数（ユニットサイズ P ）5で除算した数である6つのFIFO300₁ないし300₆から構成されている。FIFO300_y（ $y=1, 2, \dots, 6$ ）は、複数の段数の記憶領域からなり、各段の記憶領域については、構成行列の行数及び列数（ユニットサイズ P ）である5つの枝に対応するメッセージを同時に読み出すこと、及び、書き込むことができるようになっている。また、FIFO300_yの記憶領域の段数は、図150の変換検査行列の行方向の1の数（ハミング重み）の最大数である9になっている。

【0560】

FIFO300₁には、図150の変換検査行列 H' の第1行目から第5行目までの1の位置に対応するデータ（バリアブルノードからのメッセージ v_i ）が、各行共に横方向に詰めた形に（0を無視した形で）格納される。すなわち、第 j 行第 i 列を、 (j,i) と表すこととすると、FIFO300₁の第1段の記憶領域には、変換検査行列 H' の $(1,1)$ から $(5,5)$ の 5×5 の単位行列の1の位置に対応するデータが格納される。第2段の記憶領域には、変換検査行列 H' の $(1,21)$ から $(5,25)$ のシフト行列（ 5×5 の単位行列を右方向に3つだけサイクリックシフトしたシフト行列）の1の位置に対応するデータが格納される。第3から第8段の記憶領域も同様に、変換検査行列 H' と対応付けてデータが格納される。そして、第9段の記憶領域には、変換検査行列 H' の $(1,86)$ から $(5,90)$ のシフト行列（ 5×5 の単位行列のうちの1行目の1を0に置き換えて1つだけ左にサイクリックシフトしたシフト行列）の1の位置に対応するデータが格納される。

【0561】

FIFO300₂には、図150の変換検査行列 H' の第6行目から第10行目までの1の位置に対応するデータが格納される。すなわち、FIFO300₂の第1段の記憶領域には、変換検査行列 H' の $(6,1)$ から $(10,5)$ の和行列（ 5×5 の単位行列を右に1つだけサイクリックシフトした第1のシフト行列と、右に2つだけサイクリックシフトした第2のシフト行列の和である和行列）を構成する第1のシフト行列の1の位置に対応するデータが格納される。また、第2段の記憶領域には、変換検査行列 H' の $(6,1)$ から $(10,5)$ の和行列を構成する第2のシフト行列の1の位置に対応するデータが格納される。

【0562】

すなわち、重みが2以上の構成行列については、その構成行列を、重みが1である $P \times P$ の単位行列、単位行列の要素の1のうち1個以上が0になった準単位行列、又は単位行列もしくは準単位行列をサイクリックシフトしたシフト行列のうちの複数の和の形で表現したときの、その重みが1の単位行列、準単位行列、又はシフト行列の1の位置に対応するデータ（単位行列、準単位行列、又はシフト行列に属する枝に対応するメッセージ）は、同一アドレス（FIFO300₁ないし300₆のうちの同一のFIFO）に格納される。

【0563】

以下、第3から第9段の記憶領域についても、変換検査行列 H' に対応付けてデータが格納される。

【0564】

FIFO300₃ないし300₆も同様に変換検査行列 H' に対応付けてデータを格納する。

【0565】

枝データ格納用メモリ304は、変換検査行列 H' の列数90を、構成行列の列数（ユニットサイズ P ）である5で割った18個のFIFO304₁ないし304₁₈から構成されている。FIFO304_x（ $x=1, 2, \dots, 18$ ）は、複数の段数の記憶領域からなり、各段の記憶領域については、構成行列の行数及び列数（ユニットサイズ P ）である5つの枝に対応するメッセージを同時に読み出すこと、及び、書き込むことができるようになっている。

【0566】

FIFO304₁には、図150の変換検査行列H'の第1列目から第5列目までの1の位置に対応するデータ（チェックノードからのメッセージ u_j ）が、各列共に縦方向に詰めた形に（0を無視した形で）格納される。すなわち、FIFO304₁の第1段の記憶領域には、変換検査行列H'の(1,1)から(5,5)の5×5の単位行列の1の位置に対応するデータが格納される。第2段の記憶領域には、変換検査行列H'の(6,1)から(10,5)の和行列（5×5の単位行列を右に1つだけサイクリックシフトした第1のシフト行列と、右に2つだけサイクリックシフトした第2のシフト行列との和である和行列）を構成する第1のシフト行列の1の位置に対応するデータが格納される。また、第3段の記憶領域には、変換検査行列H'の(6,1)から(10,5)の和行列を構成する第2のシフト行列の1の位置に対応するデータが格納される。

10

【0567】

すなわち、重みが2以上の構成行列については、その構成行列を、重みが1である $P \times P$ の単位行列、単位行列の要素の1のうち1個以上が0になった準単位行列、又は単位行列もしくは準単位行列をサイクリックシフトしたシフト行列のうちの複数の和の形で表現したときの、その重みが1の単位行列、準単位行列、又はシフト行列の1の位置に対応するデータ（単位行列、準単位行列、又はシフト行列に属する枝に対応するメッセージ）は、同一アドレス（FIFO304₁ないし304₁₈のうちの同一のFIFO）に格納される。

【0568】

以下、第4及び第5段の記憶領域についても、変換検査行列H'に対応付けて、データが格納される。このFIFO304₁の記憶領域の段数は、変換検査行列H'の第1列から第5列における行方向の1の数（ハミング重み）の最大数である5になっている。

20

【0569】

FIFO304₂と304₃も同様に変換検査行列H'に対応付けてデータを格納し、それぞれの長さ（段数）は、5である。FIFO304₄ないし304₁₂も同様に、変換検査行列H'に対応付けてデータを格納し、それぞれの長さは3である。FIFO304₁₃ないし304₁₈も同様に、変換検査行列H'に対応付けてデータを格納し、それぞれの長さは2である。

【0570】

次に、図151の復号装置の動作について説明する。

【0571】

枝データ格納用メモリ300は、6つのFIFO300₁ないし300₆からなり、前段のサイクリックシフト回路308から供給される5つのメッセージD311が、図150の変換検査行列H'のどの行に属するかの情報（Matrixデータ）D312に従って、データを格納するFIFOを、FIFO300₁ないし300₆の中から選び、選んだFIFOに5つのメッセージD311をまとめて順番に格納していく。また、枝データ格納用メモリ300は、データを読み出す際には、FIFO300₁から5つのメッセージD300₁を順番に読み出し、次段のセレクタ301に供給する。枝データ格納用メモリ300は、FIFO300₁からのメッセージの読み出しの終了後、FIFO300₂ないし300₆からも、順番に、メッセージを読み出し、セレクタ301に供給する。

30

【0572】

セレクタ301は、セレクト信号D301に従って、FIFO300₁ないし300₆のうちの、現在データが読み出されているFIFOからの5つのメッセージを選択し、メッセージD302として、チェックノード計算部302に供給する。

40

【0573】

チェックノード計算部302は、5つのチェックノード計算器302₁ないし302₅からなり、セレクタ301を通して供給されるメッセージD302(D302₁ないしD302₅)（式（7）のメッセージ v_i ）を用いて、式（7）に従ってチェックノード演算を行い、そのチェックノード演算の結果得られる5つのメッセージD303(D303₁ないしD303₅)（式（7）のメッセージ u_j ）をサイクリックシフト回路303に供給する。

【0574】

50

サイクリックシフト回路303は、チェックノード計算部302で求められた5つのメッセージ $D303_1$ ないし $D303_5$ を、対応する枝が変換検査行列 H' において元となる単位行列（又は準単位行列）を幾つサイクリックシフトしたものであるかの情報（Matrixデータ） $D305$ を元にサイクリックシフトし、その結果をメッセージ $D304$ として、枝データ格納用メモリ304に供給する。

【0575】

枝データ格納用メモリ304は、18個のFIFO 304_1 ないし 304_{18} からなり、前段のサイクリックシフト回路303から供給される5つのメッセージ $D304$ が変換検査行列 H' のどの行に属するかの情報 $D305$ に従って、データを格納するFIFOを、FIFO 304_1 ないし 304_{18} の中から選び、選んだFIFOに5つのメッセージ $D304$ をまとめて順番に格納していく。また、枝データ格納用メモリ304は、データを読み出す際には、FIFO 304_1 から5つのメッセージ $D306_1$ を順番に読み出し、次段のセクタ305に供給する。枝データ格納用メモリ304は、FIFO 304_1 からのデータの読み出しの終了後、FIFO 304_2 ないし 304_{18} からも、順番に、メッセージを読み出し、セクタ305に供給する。

【0576】

セクタ305は、セレクト信号 $D307$ に従って、FIFO 304_1 ないし 304_{18} のうちの、現在データが読み出されているFIFOからの5つのメッセージを選択し、メッセージ $D308$ として、バリアブルノード計算部307と復号語計算部309に供給する。

【0577】

一方、受信データ並べ替え部310は、通信路13を通して受信した、図148の検査行列 H に対応するLDPC符号 $D313$ を、式(12)の列置換を行うことにより並べ替え、受信データ $D314$ として、受信データ用メモリ306に供給する。受信データ用メモリ306は、受信データ並べ替え部310から供給される受信データ $D314$ から、受信LLR（対数尤度比）を計算して記憶し、その受信LLRを5個ずつまとめて受信値 $D309$ として、バリアブルノード計算部307と復号語計算部309に供給する。

【0578】

バリアブルノード計算部307は、5つのバリアブルノード計算器 307_1 ないし 307_5 からなり、セクタ305を通して供給されるメッセージ $D308$ （ $D308_1$ ないし $D308_5$ ）（式(1)のメッセージ u_j ）と、受信データ用メモリ306から供給される5つの受信値 $D309$ （式(1)の受信値 u_{0i} ）を用いて、式(1)に従ってバリアブルノード演算を行い、その演算の結果得られるメッセージ $D310$ （ $D310_1$ ないし $D310_5$ ）（式(1)のメッセージ v_j ）を、サイクリックシフト回路308に供給する。

【0579】

サイクリックシフト回路308は、バリアブルノード計算部307で計算されたメッセージ $D310_1$ ないし $D310_5$ を、対応する枝が変換検査行列 H' において元となる単位行列（又は準単位行列）を幾つサイクリックシフトしたものであるかの情報を元にサイクリックシフトし、その結果をメッセージ $D311$ として、枝データ格納用メモリ300に供給する。

【0580】

以上の動作を1巡することで、LDPC符号の1回の復号（バリアブルノード演算及びチェックノード演算）を行うことができる。図151の復号装置は、所定の回数だけLDPC符号を復号した後、復号語計算部309及び復号データ並べ替え部311において、最終的な復号結果を求めて出力する。

【0581】

すなわち、復号語計算部309は、5つの復号語計算器 309_1 ないし 309_5 からなり、セクタ305が出力する5つのメッセージ $D308$ （ $D308_1$ ないし $D308_5$ ）（式(5)のメッセージ u_j ）と、受信データ用メモリ306から供給される5つの受信値 $D309$ （式(5)の受信値 u_{0i} ）を用い、複数回の復号の最終段として、式(5)に基づいて、復号結果（復号語）を計算して、その結果得られる復号データ $D315$ を、復号データ並べ替え部311に供給する。

【0582】

10

20

30

40

50

復号データ並べ替え部 311 は、復号語計算部 309 から供給される復号データ D315 を対象に、式 (12) の列置換の逆置換を行うことにより、その順序を並べ替え、最終的な復号結果 D316 として出力する。

【0583】

以上のように、検査行列（元の検査行列）に対して、行置換と列置換のうちの一方又は両方を施し、 $P \times P$ の単位行列、その要素の 1 のうち 1 個以上が 0 になった準単位行列、単位行列もしくは準単位行列をサイクリックシフトしたシフト行列、単位行列、準単位行列、もしくはシフト行列の複数の和である和行列、 $P \times P$ の 0 行列の組合せ、つまり、構成行列の組み合わせで表すことができる検査行列（変換検査行列）に変換することで、LDPC 符号の復号を、チェックノード演算とバリアブルノード演算を、検査行列の行数や列数より小さい数の P 個同時に行うアーキテクチャを採用することが可能となる。ノード演算（チェックノード演算とバリアブルノード演算）を、検査行列の行数や列数より小さい数の P 個同時に行うアーキテクチャを採用する場合、ノード演算を、検査行列の行数や列数に等しい数だけ同時に行う場合に比較して、動作周波数を実現可能な範囲に抑えて、多数の繰り返し復号を行うことができる。

【0584】

図 145 の受信装置 12 を構成する LDPC デコーダ 166 は、例えば、図 151 の復号装置と同様に、チェックノード演算とバリアブルノード演算を P 個同時に行うことで、LDPC 復号を行うようになっている。

【0585】

すなわち、いま、説明を簡単にするために、図 8 の送信装置 11 を構成する LDPC エンコーダ 115 が出力する LDPC 符号の検査行列が、例えば、図 148 に示した、パリティ行列が階段構造になっている検査行列 H であるとする、送信装置 11 のパリティインターリーブ 23 では、 $K+qx+y+1$ 番目の符号ビットを、 $K+Py+x+1$ 番目の符号ビットの位置にインターリーブするパリティインターリーブが、情報長 K を 60 に、ユニットサイズ P を 5 に、パリティ長 M の約数 $q (= M/P)$ を 6 に、それぞれ設定して行われる。

【0586】

このパリティインターリーブは、上述したように、式 (12) の列置換に相当するから、LDPC デコーダ 166 では、式 (12) の列置換を行う必要がない。

【0587】

このため、図 145 の受信装置 12 では、上述したように、グループワイズデインターリーブ 55 から、LDPC デコーダ 166 に対して、パリティデインターリーブが行われていない LDPC 符号、つまり、式 (12) の列置換が行われた状態の LDPC 符号が供給され、LDPC デコーダ 166 では、式 (12) の列置換を行わないことを除けば、図 151 の復号装置と同様の処理が行われる。

【0588】

すなわち、図 152 は、図 145 の LDPC デコーダ 166 の構成例を示す図である。

【0589】

図 152 において、LDPC デコーダ 166 は、図 151 の受信データ並べ替え部 310 が設けられていないことを除けば、図 151 の復号装置と同様に構成されており、式 (12) の列置換が行われないことを除いて、図 151 の復号装置と同様の処理を行うため、その説明は省略する。

【0590】

以上のように、LDPC デコーダ 166 は、受信データ並べ替え部 310 を設けずに構成することができるので、図 151 の復号装置よりも、規模を削減することができる。

【0591】

なお、図 148 ないし図 152 では、説明を簡単にするために、LDPC 符号の符号長 N を 90 と、情報長 K を 60 と、ユニットサイズ（構成行列の行数及び列数） P を 5 と、パリティ長 M の約数 $q (= M/P)$ を 6 と、それぞれしたが、符号長 N 、情報長 K 、ユニットサイズ P 、及び約数 $q (= M/P)$ のそれぞれは、上述した値に限定されるものではない。

【0592】

すなわち、図8の送信装置11において、LDPCエンコーダ115が出力するのは、例えば、符号長 N を64800や、16200、69120等と、情報長 K を $N-Pq(=N-M)$ と、ユニットサイズ P を360と、約数 q を M/P と、それぞれするLDPC符号であるが、図152のLDPCデコーダ166は、そのようなLDPC符号を対象として、チェックノード演算とバリアブルノード演算を P 個同時に行うことで、LDPC復号を行う場合に適用可能である。

【0593】

また、LDPCデコーダ166でのLDPC符号の復号後、その復号結果のパリティの部分が必要であり、復号結果の情報ビットだけを出力する場合には、復号データ並べ替え部311なしで、LDPCデコーダ166を構成することができる。

10

【0594】

<ブロックデインターリーバ54の構成例>

【0595】

図153は、図146のブロックデインターリーバ54の構成例を示すブロック図である。

【0596】

ブロックデインターリーバ54は、図142で説明したブロックインターリーバ25と同様に構成される。

【0597】

したがって、ブロックデインターリーバ54は、パート1(part 1)と呼ばれる記憶領域と、パート2(part 2)と呼ばれる記憶領域とを有し、パート1及び2は、いずれも、ロウ方向に、1ビットを記憶し、カラム方向に所定のビット数を記憶する記憶領域としてのカラムが、ロウ方向に、シンボルのビット数 m に等しい数 C だけ並んで構成される。

20

【0598】

ブロックデインターリーバ54は、パート1及び2に対して、LDPC符号を書き込んで読み出すことにより、ブロックデインターリーブを行う。

【0599】

但し、ブロックデインターリーブでは、(シンボルとなっている)LDPC符号の書き込みは、図142のブロックインターリーバ25がLDPC符号を読み出す順に行われる。

【0600】

さらに、ブロックデインターリーブでは、LDPC符号の読み出しは、図142のブロックインターリーバ25がLDPC符号を書き込む順に行われる。

30

【0601】

すなわち、図142のブロックインターリーバ25によるブロックインターリーブでは、LDPC符号が、パート1及び2に対して、カラム方向に書き込まれ、ロウ方向に読み出されるが、図153のブロックデインターリーバ54によるブロックデインターリーブでは、LDPC符号が、パート1及び2に対して、ロウ方向に書き込まれ、カラム方向に読み出される。

【0602】

<ビットデインターリーバ165の他の構成例>

40

【0603】

図154は、図145のビットデインターリーバ165の他の構成例を示すブロック図である。

【0604】

なお、図中、図146の場合と対応する部分については、同一の符号を付してあり、以下では、その説明は、適宜省略する。

【0605】

すなわち、図154のビットデインターリーバ165は、パリティデインターリーバ1011が新たに設けられている他は、図146の場合と同様に構成されている。

【0606】

50

図154では、ビットデインターリーブ165は、ブロックデインターリーブ54、グループワイズデインターリーブ55、及び、パリティデインターリーブ1011から構成され、デマップ164からのLDPC符号の符号ビットのビットデインターリーブを行う。

【0607】

すなわち、ブロックデインターリーブ54は、デマップ164からのLDPC符号を対象として、送信装置11のブロックインターリーブ25が行うブロックインターリーブに対応するブロックデインターリーブ（ブロックインターリーブの逆の処理）、すなわち、ブロックインターリーブによって入れ替えられた符号ビットの位置を元の位置に戻すブロックデインターリーブを行い、その結果得られるLDPC符号を、グループワイズデインターリーブ55に供給する。

【0608】

グループワイズデインターリーブ55は、ブロックデインターリーブ54からのLDPC符号を対象として、送信装置11のグループワイズインターリーブ24が行う並び替え処理としてのグループワイズインターリーブに対応するグループワイズデインターリーブを行う。

【0609】

グループワイズデインターリーブの結果得られるLDPC符号は、グループワイズデインターリーブ55からパリティデインターリーブ1011に供給される。

【0610】

パリティデインターリーブ1011は、グループワイズデインターリーブ55でのグループワイズデインターリーブ後の符号ビットを対象として、送信装置11のパリティインターリーブ23が行うパリティインターリーブに対応するパリティデインターリーブ（パリティインターリーブの逆の処理）、すなわち、パリティインターリーブによって並びが変更されたLDPC符号の符号ビットを、元の並びに戻すパリティデインターリーブを行う。

【0611】

パリティデインターリーブの結果得られるLDPC符号は、パリティデインターリーブ1011からLDPCデコーダ166に供給される。

【0612】

したがって、図154のビットデインターリーブ165では、LDPCデコーダ166には、ブロックデインターリーブ、グループワイズデインターリーブ、及び、パリティデインターリーブが行われたLDPC符号、すなわち、検査行列Hに従ったLDPC符号化によって得られるLDPC符号が供給される。

【0613】

LDPCデコーダ166は、ビットデインターリーブ165からのLDPC符号のLDPC復号を、送信装置11のLDPCエンコーダ115がLDPC符号化に用いた検査行列Hを用いて行う。

【0614】

すなわち、LDPCデコーダ166は、タイプB方式については、ビットデインターリーブ165からのLDPC符号のLDPC復号を、送信装置11のLDPCエンコーダ115がLDPC符号化に用いた（タイプB方式の）検査行列Hそのものを用いて、又は、その検査行列Hに対して、パリティインターリーブに相当する列置換を少なくとも行って得られる変換検査行列を用いて行う。また、LDPCデコーダ166は、タイプA方式については、ビットデインターリーブ165からのLDPC符号のLDPC復号を、送信装置11のLDPCエンコーダ115がLDPC符号化に用いた（タイプA方式の）検査行列（図27）に列置換を施して得られる検査行列（図28）、又は、LDPC符号化に用いた検査行列（図27）に行置換を施して得られる変換検査行列（図29）を用いて行う。

【0615】

ここで、図154では、ビットデインターリーブ165（のパリティデインターリーブ1011）からLDPCデコーダ166に対して、検査行列Hに従ったLDPC符号化によって得られるLDPC符号が供給されるため、そのLDPC符号のLDPC復号を、送信装置11のLD

10

20

30

40

50

PCエンコーダ 115 が LDPC 符号化に用いたタイプ B 方式の検査行列 H そのもの、又は、LDPC 符号化に用いたタイプ A 方式の検査行列（図 27）に列置換を施して得られる検査行列（図 28）を用いて行う場合には、LDPC デコーダ 166 は、例えば、メッセージ（チェックノードメッセージ、バリバブルノードメッセージ）の演算を 1 個のノードずつ順次行うフルシリアルデコーディング (full serial decoding) 方式による LDPC 復号を行う復号装置や、メッセージの演算をすべてのノードについて同時（並列）に行うフルパラレルデコーディング (full parallel decoding) 方式による LDPC 復号を行う復号装置で構成することができる。

【0616】

また、LDPC デコーダ 166 において、LDPC 符号の LDPC 復号を、送信装置 11 の LDPC エンコーダ 115 が LDPC 符号化に用いたタイプ B 方式の検査行列 H に対して、パリティインターリーブに相当する列置換を少なくとも行って得られる変換検査行列、又は、LDPC 符号化に用いたタイプ A 方式の検査行列（図 27）に行置換を施して得られる変換検査行列（図 29）を用いて行う場合には、LDPC デコーダ 166 は、チェックノード演算、及びバリバブルノード演算を、P（又は P の 1 以外の約数）個同時に行うアーキテクチャの復号装置であって、変換検査行列を得るための列置換（パリティインターリーブ）と同様の列置換を、LDPC 符号に施すことにより、その LDPC 符号の符号ビットを並び替える受信データ並べ替え部 310 を有する復号装置（図 151）で構成することができる。

【0617】

なお、図 154 では、説明の便宜のため、ブロックデインターリーブを行うブロックデインターリーバ 54、グループワイズデインターリーブを行うグループワイズデインターリーバ 55、及び、パリティデインターリーブを行うパリティデインターリーバ 1011 それぞれを、別個に構成するようにしたが、ブロックデインターリーバ 54、グループワイズデインターリーバ 55、及び、パリティデインターリーバ 1011 の 2 以上は、送信装置 11 のパリティインターリーバ 23、グループワイズインターリーバ 24、及び、ブロックインターリーバ 25 と同様に、一体的に構成することができる。

【0618】

＜受信システムの構成例＞

【0619】

図 155 は、受信装置 12 を適用可能な受信システムの第 1 の構成例を示すブロック図である。

【0620】

図 155 において、受信システムは、取得部 1101、伝送路復号処理部 1102、及び、情報源復号処理部 1103 から構成される。

【0621】

取得部 1101 は、番組の画像データや音声データ等の LDPC 対象データを、少なくとも LDPC 符号化することで得られる LDPC 符号を含む信号を、例えば、地上デジタル放送、衛星デジタル放送、CATV 網、インターネットその他のネットワーク等の、図示せぬ伝送路（通信路）を介して取得し、伝送路復号処理部 1102 に供給する。

【0622】

ここで、取得部 1101 が取得する信号が、例えば、放送局から、地上波や、衛星波、CATV (Cable Television) 網等を介して放送されてくる場合には、取得部 1101 は、チューナや STB (Set Top Box) 等で構成される。また、取得部 1101 が取得する信号が、例えば、web サーバから、IPTV (Internet Protocol Television) のようにマルチキャストで送信されてくる場合には、取得部 1101 は、例えば、NIC (Network Interface Card) 等のネットワーク I/F (Interface) で構成される。

【0623】

伝送路復号処理部 1102 は、受信装置 12 に相当する。伝送路復号処理部 1102 は、取得部 1101 が伝送路を介して取得した信号に対して、伝送路で生じる誤りを訂正する処理を少なくとも含む伝送路復号処理を施し、その結果得られる信号を、情報源復号処

理部 1103 に供給する。

【0624】

すなわち、取得部 1101 が伝送路を介して取得した信号は、伝送路で生じる誤りを訂正するための誤り訂正符号化を、少なくとも行うことで得られた信号であり、伝送路復号処理部 1102 は、そのような信号に対して、例えば、誤り訂正処理等の伝送路復号処理を施す。

【0625】

ここで、誤り訂正符号化としては、例えば、LDPC符号化や、BCH符号化等がある。ここでは、誤り訂正符号化として、少なくとも、LDPC符号化が行われている。

【0626】

また、伝送路復号処理には、変調信号の復調等が含まれることがある。

【0627】

情報源復号処理部 1103 は、伝送路復号処理が施された信号に対して、圧縮された情報を元の情報に伸張する処理を少なくとも含む情報源復号処理を施す。

【0628】

すなわち、取得部 1101 が伝送路を介して取得した信号には、情報としての画像や音声等のデータ量を少なくするために、情報を圧縮する圧縮符号化が施されていることがあり、その場合、情報源復号処理部 1103 は、伝送路復号処理が施された信号に対して、圧縮された情報を元の情報に伸張する処理(伸張処理)等の情報源復号処理を施す。

【0629】

なお、取得部 1101 が伝送路を介して取得した信号に、圧縮符号化が施されていない場合には、情報源復号処理部 1103 では、圧縮された情報を元の情報に伸張する処理は行われない。

【0630】

ここで、伸張処理としては、例えば、MPEGデコード等がある。また、伝送路復号処理には、伸張処理の他、デスクランブル等が含まれることがある。

【0631】

以上のように構成される受信システムでは、取得部 1101 において、例えば、画像や音声等のデータに対して、MPEG符号化等の圧縮符号化が施され、さらに、LDPC符号化等の誤り訂正符号化が施された信号が、伝送路を介して取得され、伝送路復号処理部 1102 に供給される。

【0632】

伝送路復号処理部 1102 では、取得部 1101 からの信号に対して、例えば、受信装置 12 が行うのと同様の処理等が、伝送路復号処理として施され、その結果得られる信号が、情報源復号処理部 1103 に供給される。

【0633】

情報源復号処理部 1103 では、伝送路復号処理部 1102 からの信号に対して、MPEGデコード等の情報源復号処理が施され、その結果得られる画像、又は音声が出力される。

【0634】

以上のような図 155 の受信システムは、例えば、ディジタル放送としてのテレビジョン放送を受信するテレビチューナ等に適用することができる。

【0635】

なお、取得部 1101、伝送路復号処理部 1102、及び、情報源復号処理部 1103 は、それぞれ、1つの独立した装置(ハードウェア(IC(Integrated Circuit)等)、又はソフトウェアモジュール)として構成することが可能である。

【0636】

また、取得部 1101、伝送路復号処理部 1102、及び、情報源復号処理部 1103 については、取得部 1101 と伝送路復号処理部 1102 とのセットや、伝送路復号処理部 1102 と情報源復号処理部 1103 とのセット、取得部 1101、伝送路復号処理部 1102、及び、情報源復号処理部 1103 のセットを、1つの独立した装置として構成

10

20

30

40

50

することが可能である。

【0637】

図156は、受信装置12を適用可能な受信システムの第2の構成例を示すブロック図である。

【0638】

なお、図中、図155の場合と対応する部分については、同一の符号を付してあり、以下では、その説明は、適宜省略する。

【0639】

図156の受信システムは、取得部1101、伝送路復号処理部1102、及び、情報源復号処理部1103を有する点で、図155の場合と共通し、出力部1111が新たに設けられている点で、図155の場合と相違する。

10

【0640】

出力部1111は、例えば、画像を表示する表示装置や、音声を出力するスピーカであり、情報源復号処理部1103から出力される信号としての画像や音声等を出力する。すなわち、出力部1111は、画像を表示し、あるいは、音声を出力する。

【0641】

以上のような図156の受信システムは、例えば、ディジタル放送としてのテレビジョン放送を受信するTV（テレビジョン受像機）や、ラジオ放送を受信するラジオ受信機等に適用することができる。

【0642】

なお、取得部1101において取得された信号に、圧縮符号化が施されていない場合には、伝送路復号処理部1102が出力する信号が、出力部1111に供給される。

20

【0643】

図157は、受信装置12を適用可能な受信システムの第3の構成例を示すブロック図である。

【0644】

なお、図中、図155の場合と対応する部分については、同一の符号を付してあり、以下では、その説明は、適宜省略する。

【0645】

図157の受信システムは、取得部1101、及び、伝送路復号処理部1102を有する点で、図155の場合と共通する。

30

【0646】

但し、図157の受信システムは、情報源復号処理部1103が設けられておらず、記録部1121が新たに設けられている点で、図155の場合と相違する。

【0647】

記録部1121は、伝送路復号処理部1102が出力する信号（例えば、MPEGのTSのTSパケット）を、光ディスクや、ハードディスク（磁気ディスク）、フラッシュメモリ等の記録（記憶）媒体に記録する（記憶させる）。

【0648】

以上のような図157の受信システムは、テレビジョン放送を録画するレコーダ等に適用することができる。

40

【0649】

なお、図157において、受信システムは、情報源復号処理部1103を設けて構成し、情報源復号処理部1103で、情報源復号処理が施された後の信号、すなわち、デコードによって得られる画像や音声を、記録部1121で記録することができる。

【0650】

<コンピュータの一実施の形態>

【0651】

次に、上述した一連の処理は、ハードウェアにより行うこともできるし、ソフトウェアにより行うこともできる。一連の処理をソフトウェアによって行う場合には、そのソフト

50

ウェアを構成するプログラムが、汎用のコンピュータ等にインストールされる。

【0652】

そこで、図158は、上述した一連の処理を実行するプログラムがインストールされるコンピュータの一実施の形態の構成例を示している。

【0653】

プログラムは、コンピュータに内蔵されている記録媒体としてのハードディスク705やROM703に予め記録しておくことができる。

【0654】

あるいはまた、プログラムは、フレキシブルディスク、CD-ROM(Compact Disc Read Only Memory)、MO(Magneto Optical)ディスク、DVD(Digital Versatile Disc)、磁気ディスク、半導体メモリなどのリムーバブル記録媒体711に、一時的あるいは永続的に格納(記録)しておくことができる。このようなリムーバブル記録媒体711は、いわゆるパッケージソフトウェアとして提供することができる。

【0655】

なお、プログラムは、上述したようなリムーバブル記録媒体711からコンピュータにインストールする他、ダウンロードサイトから、デジタル衛星放送用の人工衛星を介して、コンピュータに無線で転送したり、LAN(Local Area Network)、インターネットといったネットワークを介して、コンピュータに有線で転送し、コンピュータでは、そのようにして転送されてくるプログラムを、通信部708で受信し、内蔵するハードディスク705にインストールすることができる。

【0656】

コンピュータは、CPU(Central Processing Unit)702を内蔵している。CPU702には、バス701を介して、入出力インタフェース710が接続されており、CPU702は、入出力インタフェース710を介して、ユーザによって、キーボードや、マウス、マイク等で構成される入力部707が操作等されることにより指令が入力されると、それに従って、ROM(Read Only Memory)703に格納されているプログラムを実行する。あるいは、また、CPU702は、ハードディスク705に格納されているプログラム、衛星若しくはネットワークから転送され、通信部708で受信されてハードディスク705にインストールされたプログラム、又はドライブ709に装着されたリムーバブル記録媒体711から読み出されてハードディスク705にインストールされたプログラムを、RAM(Random Access Memory)704にロードして実行する。これにより、CPU702は、上述したフローチャートに従った処理、あるいは上述したブロック図の構成により行われる処理を行う。そして、CPU702は、その処理結果を、必要に応じて、例えば、入出力インタフェース710を介して、LCD(Liquid Crystal Display)やスピーカ等で構成される出力部706から出力、あるいは、通信部708から送信、さらには、ハードディスク705に記録等させる。

【0657】

ここで、本明細書において、コンピュータに各種の処理を行わせるためのプログラムを記述する処理ステップは、必ずしもフローチャートとして記載された順序に沿って時系列に処理する必要はなく、並列的あるいは個別に実行される処理(例えば、並列処理あるいはオブジェクトによる処理)も含むものである。

【0658】

また、プログラムは、1つのコンピュータにより処理されるものであっても良いし、複数のコンピュータによって分散処理されるものであっても良い。さらに、プログラムは、遠方のコンピュータに転送されて実行されるものであっても良い。

【0659】

なお、本技術の実施の形態は、上述した実施の形態に限定されるものではなく、本技術の要旨を逸脱しない範囲において種々の変更が可能である。

【0660】

例えば、上述した新LDPC符号(の検査行列初期値テーブル)は、通信路13(図7)

10

20

30

40

50

は、衛星回線や、地上波、ケーブル（有線回線）、その他のいずれであっても用いることが可能である。さらに、新LDPC符号は、デジタル放送以外のデータ伝送にも用いることができる。

【0661】

なお、本明細書に記載された効果はあくまで例示であって限定されるものではなく、他の効果があってもよい。

【符号の説明】

【0662】

11 送信装置, 12 受信装置, 23 パリティインターリーバ, 24 グループ
ワイズインターリーバ, 25 ブロックインターリーバ, 54 ブロックデインターリー
バ, 55 グループワイズデインターリーバ, 111 モードアダプテーション／マ
ルチプレクサ, 112 パダー, 113 BBスクランブラ, 114 BCHエンコーダ
, 115 LDPCエンコーダ, 116 ビットインターリーバ, 117 マップ, 1
18 時間インターリーバ, 119 SISO/MISOエンコーダ, 120 周波数インター
リーバ, 121 BCHエンコーダ, 122 LDPCエンコーダ, 123 マップ, 1
24 周波数インターリーバ, 131 フレームビルダ／リソースアロケーション部 1
32 OFDM生成部, 151 OFDM処理部, 152 フレーム管理部, 153 周波
数デインターリーバ, 154 デマップ, 155 LDPCデコーダ, 156 BCHデコ
ーダ, 161 周波数デインターリーバ, 162 SISO/MISOデコーダ, 163 時
間デインターリーバ, 164 デマップ, 165 ビットデインターリーバ, 166
LDPCデコーダ, 167 BCHデコーダ, 168 BBデスクランブラ, 169 ヌル
削除部, 170 デマルチプレクサ, 300 枝データ格納用メモリ, 301 セレク
タ, 302 チェックノード計算部, 303 サイクリックシフト回路, 304 枝デ
ータ格納用メモリ, 305 セレクタ, 306 受信データ用メモリ, 307 バリア
ブルノード計算部, 308 サイクリックシフト回路, 309 復号語計算部, 310
受信データ並べ替え部, 311 復号データ並べ替え部, 601 符号化処理部, 6
02 記憶部, 611 符号化率設定部, 612 初期値テーブル読み出し部, 613
検査行列生成部, 614 情報ビット読み出し部, 615 符号化パリティ演算部,
616 制御部, 701 バス, 702 CPU, 703 ROM, 704 RAM, 7
05 ハードディスク, 706 出力部, 707 入力部, 708 通信部, 709
ドライブ, 710 入出力インタフェース, 711, リムーバブル記録媒体, 10
01 逆入れ替え部, 1002 メモリ, 1011 パリティデインターリーバ, 11
01 取得部, 1101 伝送路復号処理部, 1103 情報源復号処理部, 1111
出力部, 1121 記録部

10

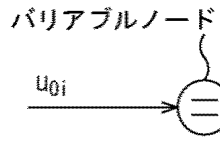
20

30

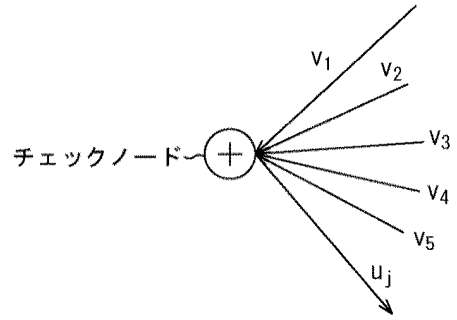
40

50

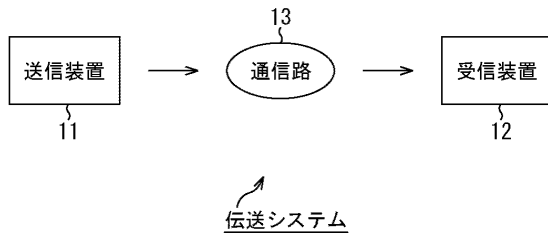
【図 5】
FIG. 5



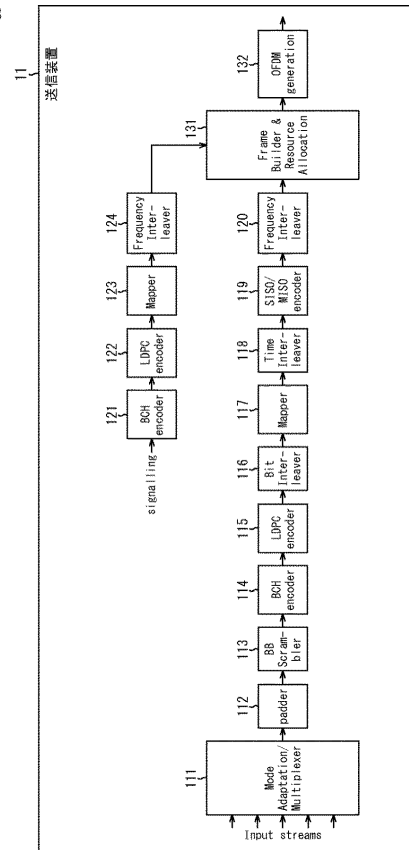
【図 6】
FIG. 6



【図 7】
FIG. 7



【図 8】
FIG. 8



10

20

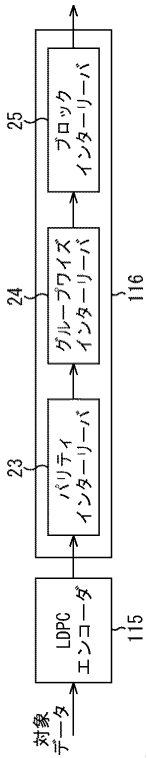
30

40

50

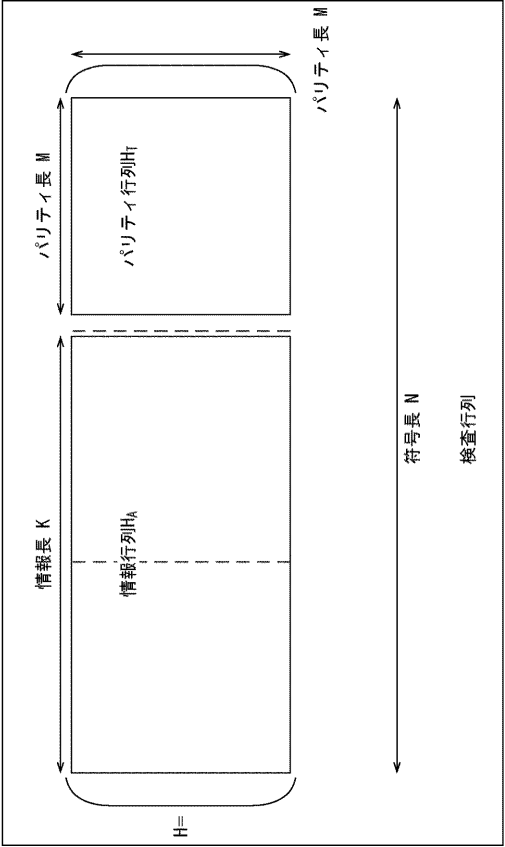
【図 9】

FIG. 9



【図 10】

FIG. 10

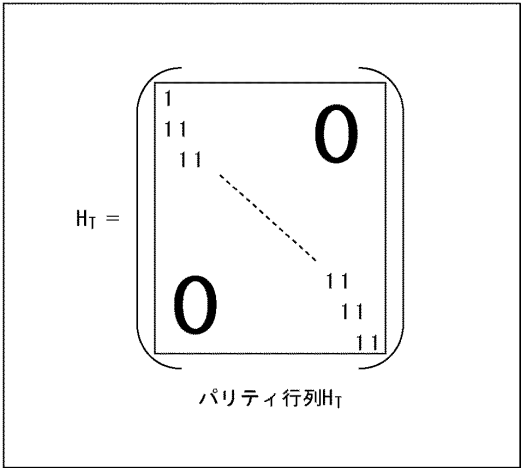


10

20

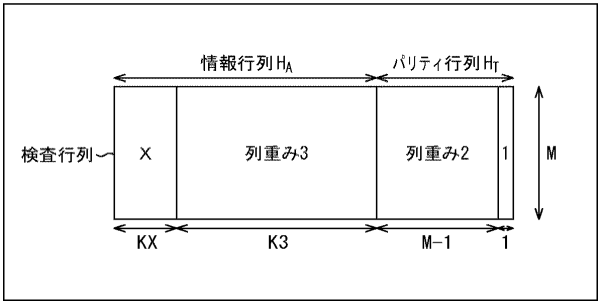
【図 11】

FIG. 11



【図 12】

FIG. 12



30

40

50

【図 13】

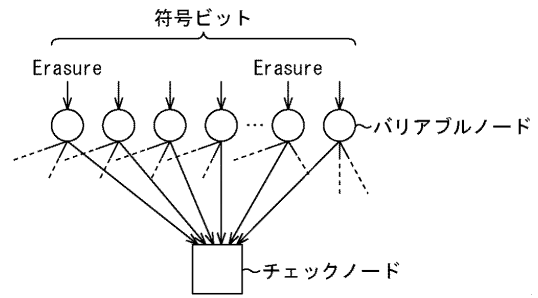
FIG.13

Nominal 符号化率	N=64800				N=16200				M
	X	KX	K3	M	X	KX	K3	M	
1/4	12	5400	10800	48600	12	1440	1800	12960	
1/3	12	7200	14400	43200	12	1800	3600	10800	
2/5	12	8640	17280	38880	12	2160	4320	9720	
1/2	8	12960	19440	32400	8	1800	5400	9000	
3/5	12	12960	25920	25920	12	3240	6480	6480	
2/3	13	4320	38880	21600	13	1080	9720	5400	
3/4	12	5400	43200	16200	12	360	11520	4320	
4/5	11	6480	45360	12960	-	0	12600	3600	
5/6	13	5400	48600	10800	13	360	12960	2880	
8/9	4	7200	50400	7200	4	1800	12600	1800	
9/10	4	6480	51840	6480	-	-	-	-	

各列重みの
列数

【図 14】

FIG.14

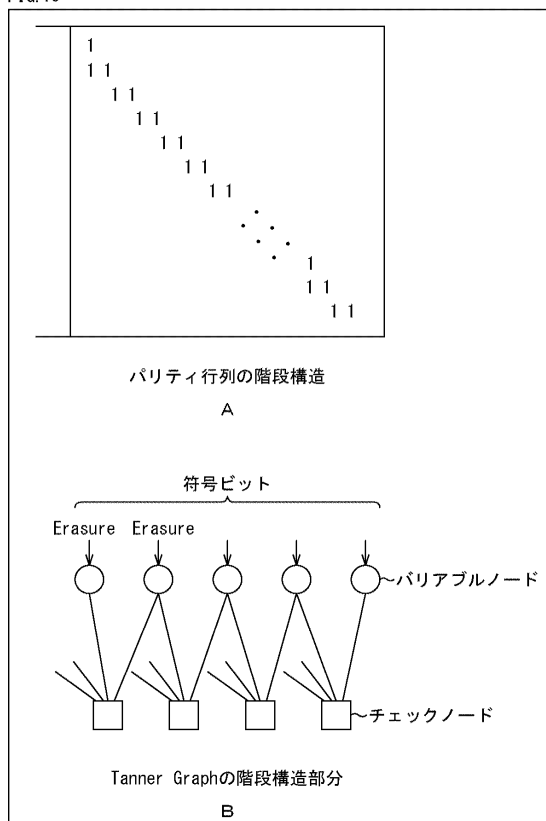


10

20

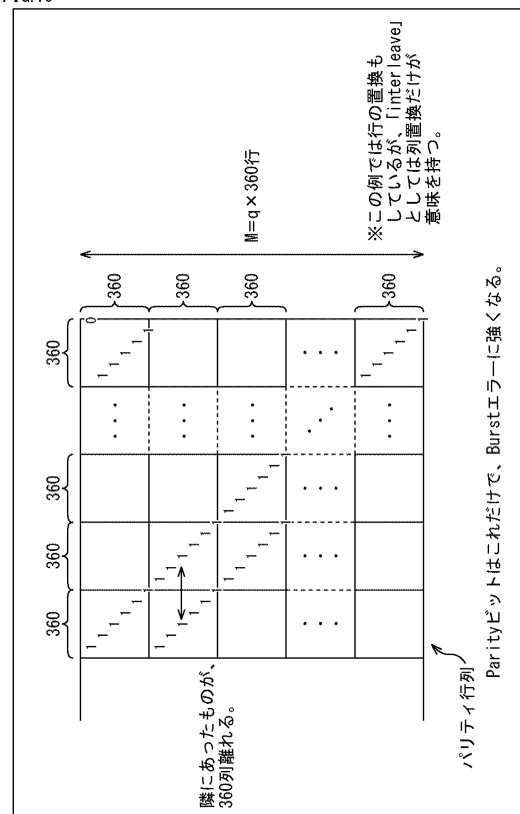
【図 15】

FIG.15



【図 16】

FIG.16



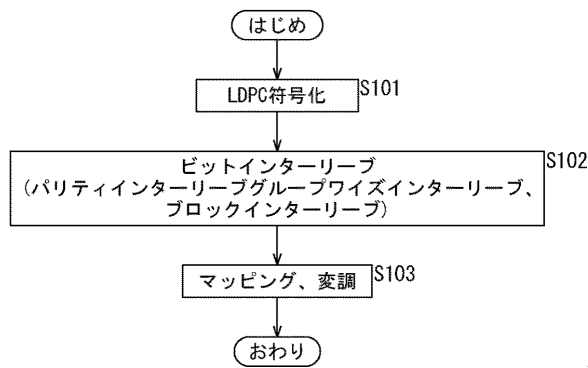
30

40

50

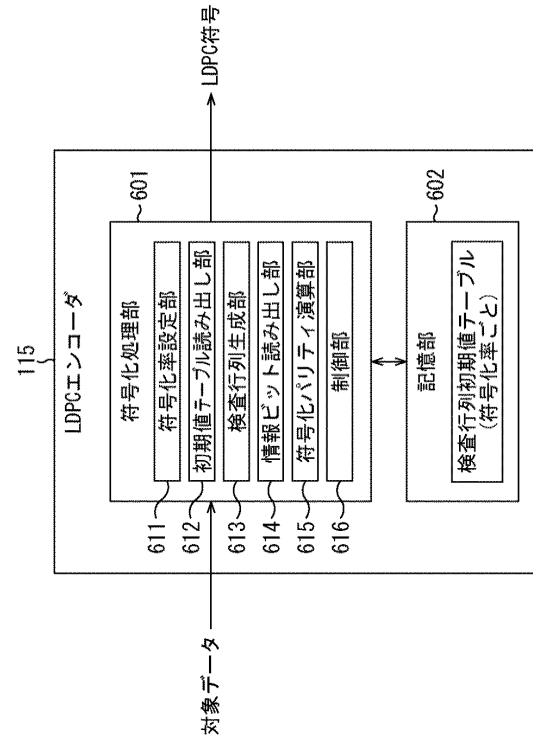
【図 17】

FIG. 17



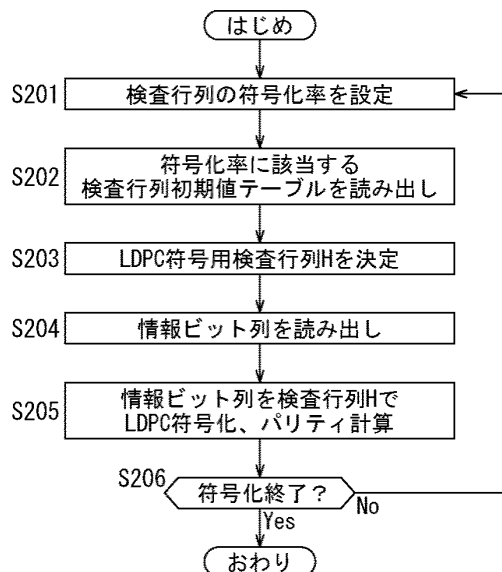
【図 18】

FIG. 18



【図 19】

FIG. 19



【図 20】

FIG. 20

r1/4 16K															
6295	9626	304	7695	4839	4936	1660	144	11203	5567	6347	12557				
10691	4988	3859	3734	3071	3494	7687	10313	5964	8069	8296	11090				
10774	3613	5208	11177	7676	3549	8746	6583	7239	12265	2674	4292				
11869	3708	5981	8718	4908	10650	6805	3334	2627	10461	9285	11120				
7844	3079	10773													
3385	10854	5747													
1360	12010	12202													
6189	4241	2343													
9840	12726	4977													

10

20

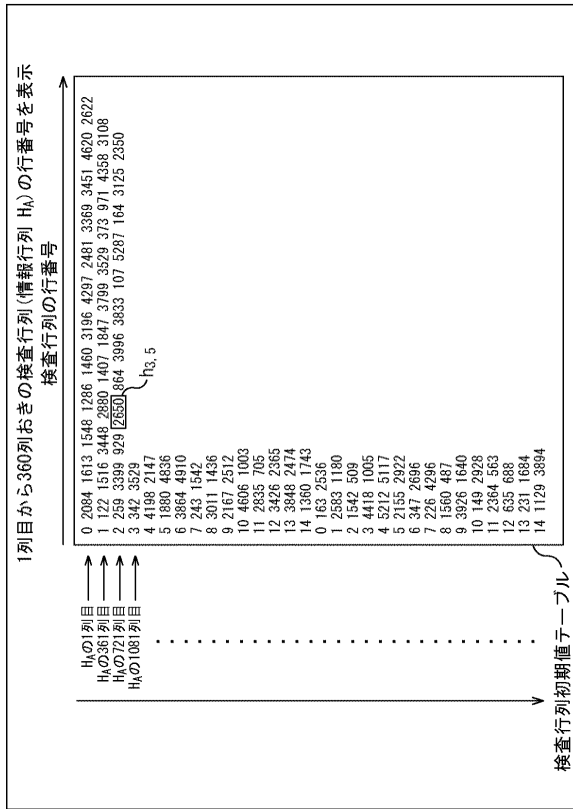
30

40

50

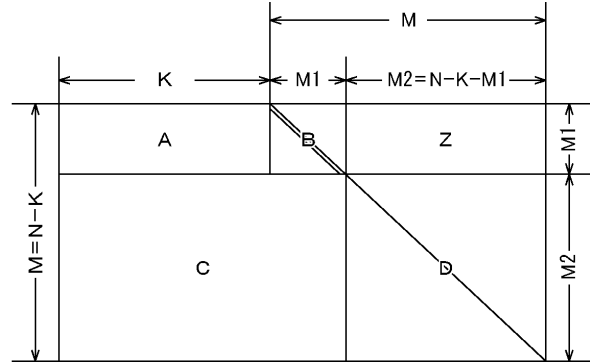
【図 2 1】

FIG. 21



【図 2 2】

FIG. 22

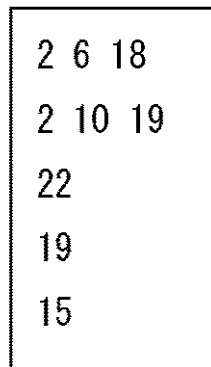


10

20

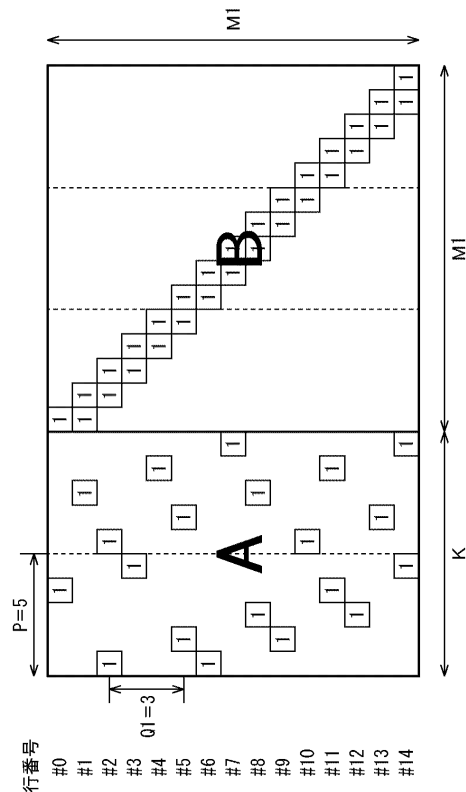
【図 2 3】

FIG. 23



【図 2 4】

FIG. 24



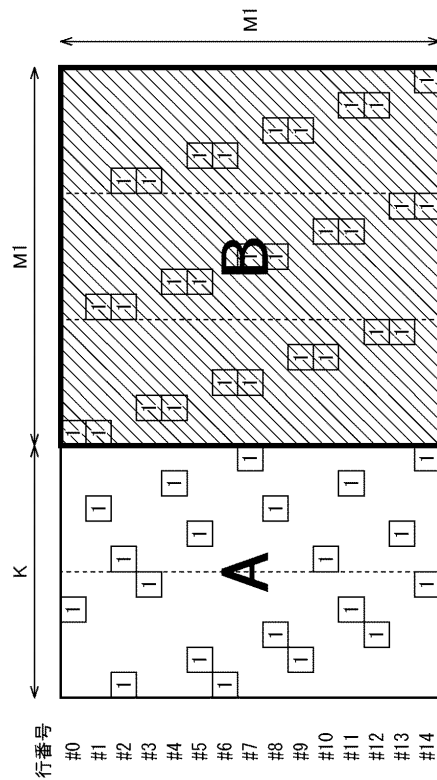
30

40

50

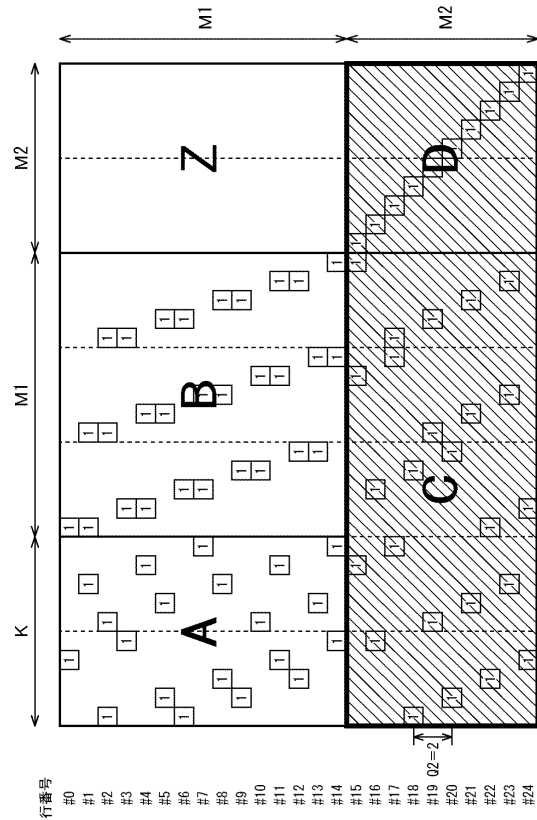
【図 25】

FIG. 25



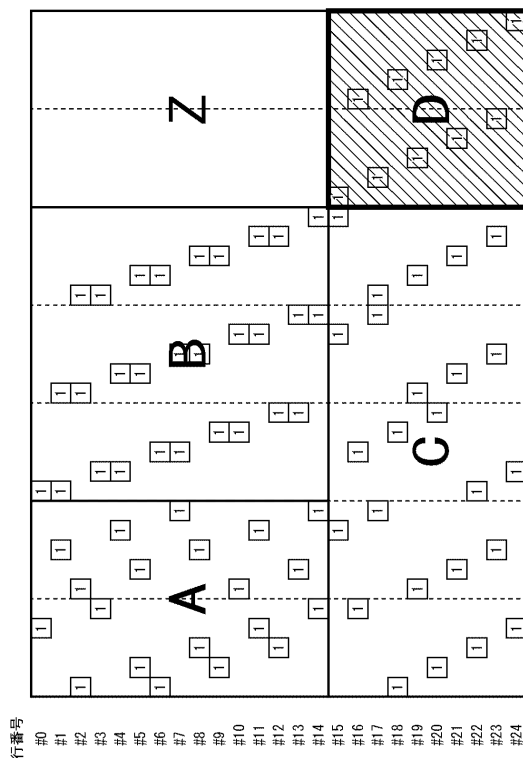
【図 26】

FIG. 26



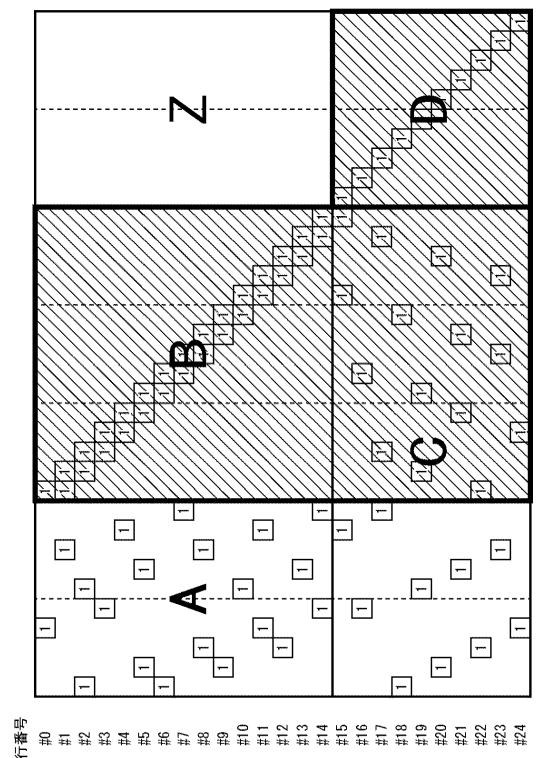
【図 27】

FIG. 27



【図 28】

FIG. 28



10

20

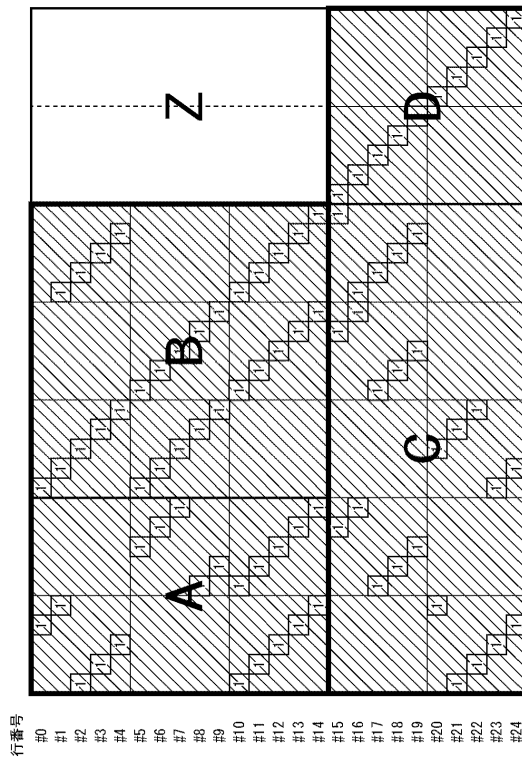
30

40

50

【図 29】

FIG. 29



【図 30】

FIG. 30

Rate 2/16 N=69120 タイプA	
1617 1754 1768 2501 6874 12486 12872 16244 18612 19698 21649 30954 33221 33723	
34495 37587 38542 41510 42268 52159 59780	
206 610 991 2665 4994 5681 12371 17343 25547 26291 26678 27791 27828 32437 33153	
35429 39943 45246 46732 53342 60451	
119 682 963 3339 6794 7021 7295 8856 8942 10842 11318 14050 14474 27281 28637	
29963 37861 42536 43865 48803 59969	
175 201 355 5418 7990 10567 10642 12987 16685 18463 21861 24307 25274 27515 39631	
40166 43058 47429 55512 55519 59426	
117 839 1043 1960 6896 19146 24022 26586 28342 29906 33129 33647 33883 34113	
34550 38720 40247 45551 51756 53053 56814	
135 236 257 7505 9412 12642 19752 20201 26010 28967 31146 37156 44685 45667 50066	
51283 54365 55475 56501 58763 59121	
109 840 1573 5523 19968 23924 24644 27064 29410 31276 31526 32173 38175 43570	
43722 46655 46660 48353 54025 57319 59818	
522 1236 1573 6563 11625 13846 17570 19547 22579 22584 29338 30497 33124 33152	
35407 36384 37726 41426 53800 57130	
504 1330 14721 13809 15761 20050 26339 27418 29630 32073 33762 34354 36966 43315	
47773 47998 48824 50535 53437 55345	
348 1244 1492 9626 9655 15638 22727 22971 28357 28841 31523 37543 41100 42372	
48983 50354 51434 54574 55031 58193	
742 1223 1459 20477 21731 23163 23587 30829 31144 32186 32235 32593 34130 40829	
42217 42294 42753 44058 49940 51993	
841 860 1534 5878 7083 7113 9658 10508 12871 12964 14023 21055 22680 23927 32701	
35168 40986 42139 50708 55350	
657 1018 1690 6464 7645 7698 8657 9615 16462 18030 19850 19857 33265 33552 42208	
44424 48965 52762 55439 58299	
14 511 1376 2586 6797 9409 9599 10784 13076 18509 27363 27667 30262 34043 37043	
38143 40246 53811 58872 59250	
315 883 1487 2067 7537 8749 10785 11820 15702 20232 22850 23540 30247 41182 44884	
50601 52140 55970 57879 58514	
656 1442 1534 2342 9734 10789 15334 15356 20334 20433 22923 23521 29391 30553	
35406 35643 35701 37968 39541 58097	
260 1238 1557 14167 15271 18046 20588 23444 25820 26660 30619 31625 33258 38554	
40401 46471 53589 54904 56455 60016	
591 885 1463 3411 14043 17083 17372 23029 23365 24691 25527 26389 28621 29999	
40343 40359 40394 45685 46209 54887	
1119 1411 1664 7879 17732 27000 28506 32237 32445 34100 34926 36470 42848 43126	
44117 48780 49519 49592 51901 56580	
147 1333 1580 6045 11526 14867 15647 19496 26626 27600 28044 30446 35920 37523	
42907 42974 46452 52480 57061 60152	
304 591 680 5557 6948 13550 19689 19697 22417 23237 25813 31836 32736 36321 36493	
36671 46756 53311 59230 59248	
586 777 1018 2393 2817 4057 8068 10632 12430 13193 16433 17344 24526 24902 27693	
39301 39776 42300 45215 52149	
604 1425 1732 2436 4279 7375 8493 10023 14908 20703 25556 25757 27251 27316 33211	
35741 38672 42098 50778 58753	
962 981 1773 2814 3799 6243 8163 12655 21226 31370 32506 35372 36697 47037 49095	
55400 57506 58743 59678 60422	
6229 6484 8795 8981 13576 28622 35526 36922 37284 42155 43443 44080 44446 46649	
50824 52987 59033	
2742 5176 10231 10336 16729 17273 18474 25875 28227 34891 39826 42595 48600 52542	
53023 53072 57331	
5512 4163 4725 5375 8585 19795 22844 28615 28649 29481 41484 41657 53255 54222	
54229 57258 57647	
3358 5239 9423 10858 15636 17937 20678 22427 31220 37069 38770 42079 47256 52442	
55152 56964 59169	
2243 10090 12309 15437 19426 23065 24872 36192 36336 36949 41387 49915 50155 54338	
54422 56561 57984	

【図 31】

FIG. 31

Rate 3/16 N=69120 タイプA	
126 1125 1373 4698 5254 17832 23701 31126 33867 46596 46794 48392 49352 51151 52100	
55162	
794 1435 1552 4483 14668 16919 21871 36755 42132 43323 46650 47676 50412 53484	
54886 55333	
698 1356 1519 5555 6877 8407 8414 14248 17811 22998 28378 40695 46542 52817 53284	
55998	
457 493 1080 2261 4637 5314 9670 11171 12679 29201 35980 43792 44337 47131 49880	
55301	
467 721 1484 5326 8676 11727 15221 17477 21390 22224 27074 28845 37670 38917 40996	
43851	
305 389 526 9156 11091 12367 13337 14299 22072 25367 29827 30710 37688 44321 48351	
54663	
23 342 1426 5889 7362 8213 8512 10655 14549 15486 26010 30403 32196 36341 37705	
45137	
123 429 485 4093 6933 11291 11639 12558 20096 22292 24696 32438 34615 38061 40659	
51577	
920 1086 1257 8839 10010 13126 14367 18612 23252 23777 32883 32982 35684 40534	
53318 55947	
579 937 1593 2549 12702 17659 19393 20047 25145 27792 30322 33311 39737 42052 50294	
53363	
116 883 1067 9847 10660 12052 18157 20519 21191 24139 27132 27643 30745 33852 37692	
37724	
915 1154 1698 5197 5249 13741 25043 29802 31354 32707 33804 36856 39887 41245 42065	
50240	
317 1304 1770 12854 14018 14061 16657 24029 24408 34493 35322 35755 38593 47428	
53811 55008	
163 216 719 5541 13996 18754 19287 24293 38575 39520 43058 43395 45390 46665 50706	
55269	
42 415 1326 2553 7963 14878 17850 21757 22166 32986 39076 39267 46154 46790 52877	
53780	
593 1511 1515 13942 14258 14432 24537 38229 38251 40975 41350 43490 44880 45278	
46574 51442	
219 262 955 1978 10654 13021 16873 23340 27412 32762 40024 42723 45976 46603 47761	
54095	
632 944 1598 12924 17942 18478 26487 28036 42462 43513 44487 44584 48245 53274	
54343 55453	
501 912 1656 2009 6339 15581 20597 26886 32241 34471 37497 43009 45977 46587 46821	
51187	
610 713 1619 5176 6122 6445 8044 12220 14126 32911 38647 40715 45111 47872 50111	
55027	
258 445 1137 4517 5846 7644 15604 16606 16969 17622 20691 34589 35808 43692 45126	
49827	
612 854 1521 13045 14525 15821 21096 23774 24274 25855 26266 27296 30033 40847	
44681 46072	
714 876 1365 5836 10004 15778 17044 22417 26397 31508 32354 37917 42049 50828 50947	
54052	
1338 1595 1718 4722 4981 12275 13632 15276 15547 17668 21645 26616 29044 39417	
39669 53539	
687 721 1054 5918 10421 13356 15941 17657 20704 21564 23649 35798 36475 46109 46414	
49845	
734 1635 1666 9737 23679 24394 24784 26917 27334 28772 29454 35246 35512 37169	
39638 44309	
469 918 1212 3912 10712 13084 13906 14000 16602 18040 18697 25940 30677 44811 50590	
52018	
70 332 496 6421 19082 19665 25460 27377 27378 31086 36629 37104 37236 37771 38622	
40678	

【図 32】

FIG. 32

48 142 1668 2102 3421 10462 13086 13671 24889 36914 37586 40166 42935 49052 49205	
52170	
294 616 840 2360 5386 7278 10202 15133 24149 24629 27338 28672 31892 39559 50438	
50453	
517 946 1043 2563 3416 6620 8572 10920 31906 32685 36852 40521 46898 48369 48700	
49210	
1325 1424 1741 11692 11761 19152 19732 28863 30563 34985 42394 44802 49339 54524	
55731	
664 1340 1437 9442 10378 12176 18760 19872 21648 34682 37784 40545 44808 47558	
53061	
378 705 1356 16007 16336 19543 21682 28716 30262 34500 40335 44238 48274 50341	
52887	
999 1202 1328 10688 11514 11724 15674 21039 35182 36272 41441 42542 52517 54945	
56157	
247 384 1270 6610 10335 24421 25984 27761 38728 41010 46216 46892 47392 48394 51471	
10091 10124 12187 13741 18018 20438 21412 24163 35862 36925 37532 46234	
7860 8123 8712 17553 20624 29410 29697 29853 43483 43603 53476 53737	
11547 11741 19045 20400 23052 28251 32038 44283 50596 53622 55875 55888	
3825 11292 11723 13819 26483 28571 33319 33721 34911 37766 47843 48667	
10114 10336 14710 15586 19531 22471 27945 28397 45637 46131 47760 52375	

10

20

30

40

50

【図 3 3】

FIG. 33

Rate 4/16 N=69120 タイプA
561 825 1718 4745 7515 13041 13466 18039 19065 21821 32596 32708 35323 36399 36450
41124 43036 43218 43363 44875 49948
56 102 1779 2427 5381 8768 15336 26473 35717 38748 39066 45002 50720
694 1150 1533 2177 5801 6610 7601 15657 18949 33472 47746 49581 50668
90 1122 1472 2085 2593 4986 8200 9175 15502 44084 46057 48546 50487
521 619 708 6915 8978 14211 17426 23058 23463 27440 29822 33443 42871
449 912 1471 8058 9344 11928 20533 20600 20737 26557 26970 27616 33791
355 700 1528 6478 9588 10790 20992 33122 34283 41295 43439 46249 47763
997 1543 1679 5874 7973 7975 11113 28275 28812 29864 35070 36864 50676
85 326 1392 4186 10855 11005 12913 19263 22984 31733 33787 37567 48173
986 1144 1508 19864 28918 29117 33609 36452 47975 48432 48842 49274 51533
437 1190 1413 3814 6695 17541 22060 25845 28431 37453 38912 44170 49231
327 1171 1204 6952 11880 16489 25058 28956 31523 36770 40189 43422 46481
123 605 619 8118 8455 19550 20529 21762 21950 28485 30946 34755 34765
113 896 971 6400 7059 33383 34537 35827 38786 40582 42594 43098 46525
162 854 1015 2938 10659 12085 13040 32772 33023 35878 49874 51060 51333
100 452 1703 1932 4208 5127 12086 14549 16084 17890 20870 41364 48498
1569 1633 1666 12957 18611 22499 38418 38719 42135 46815 48274 50947 51387
119 691 1190 2457 3865 7468 12512 30782 31811 33508 36586 41789 47426
867 1117 1666 4376 13263 13466 33524 37440 38136 39800 41454 41620 42510
378 900 1754 16303 25369 27103 28360 30958 35316 44165 46682 47016 50004
1321 1549 1570 16276 17284 19431 23482 23920 27386 27517 46253 48617 50118
37 383 1418 1932 22551 28843 36532 36718 38805 39226 45671 47712 51769
150 787 1441 17828 19396 21576 21805 24048 31868 32891 42486 43020 45492
1095 1214 1744 2445 5773 10209 11526 29504 30121 36526 45786 47376 49366
412 448 1281 11164 14501 15538 15773 23305 31960 32721 40744 45731 50269
183 626 837 4491 12237 13705 15177 15973 21266 25374 41232 44147 50529
618 1550 1594 5474 9260 16552 18122 26688 30420 30922 32661 34390 43236
135 496 757 9327 15659 20738 24327 26688 29063 38993 46155 49532 50001
64 126 1714 5561 8921 11300 12688 14454 16857 19585 20528 24107 27252
528 687 1730 9735 11737 16396 19200 33712 34271 38241 42027 44471 45581
69 646 1447 8603 19706 22153 22398 23840 24638 27254 29107 30368 41419
673 845 1285 9100 11064 14804 15425 17357 27248 31223 32410 35444 48018
124 1531 1677 3672 3673 3786 8886 9557 10003 11053 13053 22458 25413
102 1154 1758 5721 6034 14567 17772 28670 33380 34284 35356 47480 48123
48 351 760 2078 9797 22956 26120 34119 39658 41039 45237 47861 49022
254 445 841 6835 18340 19021 22053 22874 32639 36679 42004 45696 49530
16 802 903 6218 16206 22668 23049 28201 30377 33947 44358 44739 49303
153 1542 1629 7992 29900 34931 36927 38651 39981 41085 41327 50185 51484
525 1291 1765 9425 20271 31229 37444 38996 39145 41711 43188 45203 51255
2 244 1648 12321 14991 17426 18456 20126 29915 32581 38880 39516 49013
23 452 705 9414 11862 13764 18179 35458 37892 40471 46041 46494 48746
509 1201 1328 8921 9867 10947 19476 22693 32636 34301 38356 39238 51797
246 249 1390 12438 13266 24060 33628 37130 42923 43298 43709 43721 45413
117 257 748 9419 9461 11350 12790 16724 33147 34168 34683 37884 42699
619 646 740 7468 7604 8152 16296 19120 27614 27748 40170 40289 49366
914 1360 1716 10817 17672 18919 28146 29631 40903 45716 49502 51576 51657
68 702 1552 10431 10925 12856 24515 26440 30834 31179 32277 35019 44108
588 880 1524 6641 9453 9563 13679 14488 20714 25865 42217 42637 48312
6380 12240 12558 12816 21460 24206 26129 28555 41616 51767
8889 16221 21629 23476 33954 40572 43494 44666 44885 49813
16938 17727 17913 18898 21754 32515 35686 36920 39898 43560
9170 11747 14681 22874 24537 24685 26989 28947 33592 34621
2427 10241 29649 30522 37700 37789 41656 44020 49801 51268

【図 3 5】

FIG. 35

251 1162 1260 9766 13137 34769 36646 43313 43736 43828 45151
214 1002 1688 5357 19091 19213 24460 28843 32869 35013 39791
646 733 1735 11175 11336 12043 22962 33892 35646 37116 38655
293 927 1064 4818 5842 10983 12871 17804 33127 41604 46588
10927 15514 22748 34850 37645 40669 41583 44090
3329 7548 8092 11659 16832 35304 46738 46888
3510 5915 9603 30333 37198 42866 44361 46416
2575 5311 9421 13410 15375 34017 37136 43990
12468 14492 24417 26394 38565 38936 41899 45593

【図 3 4】

FIG. 34

Rate 5/16 N=69120 タイプA
152 1634 7484 23081 24142 26799 33620 40989 41902 44319 44378 45067
140 701 5137 7313 12672 16929 20359 27052 30236 33846 36254 46973
748 769 2891 19104 20551 25796 28144 35158 34124
542 976 2279 18904 20877 24190 25903 28129 36800 41152 41957 46888
173 960 2926 11682 12304 13284 18037 22702 30255 33718 34073 37152
78 1487 4898 7472 8033 10631 11732 19334 24577 34586 38651 43639
594 1095 1857 2368 8909 17295 17546 21865 23257 31273 37013 41454
72 419 1596 7849 16093 23167 26923 31883 36092 40348 44500
866 1120 1568 1986 3532 20094 21663 26664 26970 33542 42578
868 917 1216 12018 15402 20891 24730 33133 36692 40278 46516
955 1070 1749 7988 10235 19174 22733 24283 27985 38200 44029
613 1729 1787 19542 21227 21376 31057 36104 36874 38078 42445
86 1555 1644 4633 14402 14997 25724 31382 31911 32224 43900
353 1132 1246 5544 7248 17887 25769 27008 28773 33188 44663
600 958 1376 6417 6814 17587 20680 25376 29522 31396 40526
179 528 1472 2481 5589 15696 20148 28040 29690 32370 42163
122 784 681 6613 11230 20862 26396 27733 35928 39396 42713
934 1256 1420 3681 4467 5830 7897 9587 17940 40333 41925
622 1458 1490 16541 18443 19401 24860 26981 28157 32875 38755
1017 1143 1511 2169 17322 24662 25971 29149 31450 31670 34779
935 1084 1534 2918 10596 11534 17476 27269 30344 31104 37975
173 532 1766 8001 10483 17002 19002 26759 31006 43466 47443
221 610 1795 9197 11770 12793 14875 30177 30610 42274 43888
188 439 1332 7030 9246 15150 20600 26541 27190 28259 36763
812 1643 1750 7446 7888 7995 18804 21646 28995 30727 39065
44 481 555 5618 9621 9873 19182 22059 42510 45343 46058
156 532 1799 6258 18733 19988 23237 27657 30835 34738 39503
1128 1553 1790 8372 11543 13764 17062 28627 38502 40796 42461
564 777 1286 3446 5566 12105 16038 18918 21802 25954 28137
1167 1178 1770 4151 11422 11833 16823 17799 19188 22517 29979
576 638 1364 12257 22028 24243 24297 31788 36398 38409 47211
334 592 940 2065 12075 12708 21452 31981 32150 35723 46278
1205 1267 1721 9293 18685 18917 23490 27678 37645 40114 45733
189 628 821 17066 19218 21462 25452 26858 34808 38941 42354
190 951 1019 5672 7135 15647 32613 33863 33981 35670 43727
84 1003 1597 12597 15567 21221 21891 23151 23964 24816 46178
756 1262 1345 6694 6893 9300 9497 17950 19082 35688 38447
848 948 1560 6591 12529 12535 20567 23882 34481 46531 46541
504 631 777 10585 12300 13822 15388 23332 27688 35985 38051
676 1484 1575 2251 5830 6049 13558 25034 30602 35663 41025
1298 1427 1732 13930 15611 19462 20975 23200 30460 30682 34883
1491 1593 1615 4289 7010 10264 21047 26704 27024 29658 46766
969 1730 1748 2217 7181 7623 15860 21332 28133 28998 36077
302 1216 1374 5177 6849 7239 10255 34952 37908 39911 41738
220 362 1491 5235 5439 22708 29228 29461 33272 36831 46487
4 728 1278 4579 8325 8505 27604 31437 35574 41716 45082
472 735 1558 4454 6957 14867 18307 22437 38304 42604 45307
85 466 851 3669 7119 32748 32845 41914 42595 42600 45101
52 553 824 2994 4569 12505 24738 33258 37121 43381 44753
37 495 1553 7684 8908 12412 15563 16461 17872 29922 30619
254 1057 1481 9971 18408 19815 28669 29164 39281 42723 45604
16 1213 1614 4352 8091 8847 10022 24394 35661 43800 44362
395 750 888 2682 3772 4151 26025 36367 42326 42673 7393
862 1379 1441 6413 25621 28378 34869 35491 41774 44165 45411
46 213 1597 2771 4694 4923 17101 17212 19347 22002 43226
1339 1544 1610 13522 14840 15355 29399 30125 33685 36350 37672

【図 3 6】

FIG. 36

Rate 6/16 N=69120 タイプA
608 1394 3635 14404 15203 19848 22161 23175 26651 31945 41227
481 570 11088 11673 11866 17145 17247 17564 21607 25992 31286
1207 1257 1870 8472 8855 10511 15656 17064 22720 28352 30914
1171 1585 6218 7621 10121 11374 13184 22714 27207 27959 38572
244 548 2073 4937 7509 11840 12850 18762 25618 27902 37150
15 1352 7060 7886 8151 10574 14172 15258 24838 30827 35337
1009 1651 13386 13958 26240 29883 32340 40743 41553 42475 42873
638 1405 5544 6797 10001 14934 24766 35758 40719 41787 42342
1467 1481 3202 11324 14048 15217 17608 22544 26736 32073 33405
1274 1343 3576 4166 8712 10756 21175 26866 37021 40341 42064
1232 1590 4409 8705 13307 28481 30893 36031 36780 37697 39149
189 1678 9943 10774 11765 25520 26133 27351 27353 40664 41534
125 1421 5009 9365 12792 15933 16231 25975 27076 27997 32429
1361 1784 5376 11071 14456 16324 20318 26168 26445 30392 34235
017 1303 3312 6738 7813 18149 25506 29032 36789 38742 43116
463 967 10876 13874 14303 16789 21656 26555 38738 39195 40668
630 1104 3029 3165 5157 12880 14175 16498 35121 38917 40944
716 1054 10011 11739 16913 19396 20892 23370 24392 27614 38467
1081 1238 2872 10259 13618 16943 17363 23570 29721 32411 38969
775 1002 2978 9202 16618 22697 30716 31750 36517 37294 40454
25 497 10687 13308 15302 17525 17539 21865 22279 24516 26992
781 878 6426 8651 12328 21375 27626 28192 29731 33423 35606
729 1374 3479 6850 14347 14776 21998 33617 34690 38597 38704
122 1378 1660 7448 7659 11900 13039 13796 19908
504 716 1551 5655 6245 8365 9825 16627 29100
88 900 1057 2620 16729 17278 17444 26106 26587
30 1697 1736 8718 11664 20885 27043 42569 42913
293 634 1188 4005 5266 6205 26756 30207 37757
254 755 1187 4631 13433 26555 28354 28883 30446
316 1381 1552 3131 4340 27284 28246 28282 43174
84 293 645 2148 7925 13104 25010 36836 39033
982 1486 1660 4287 5335 18350 26913 30774 31280
418 1028 1039 3334 4577 6553 7011 17259 31922
1324 1361 1690 5991 7740 16880 18479 25713 31823
735 1322 1727 8629 14655 15815 16762 23263 36859
19 829 1551 11161 12894 14226 21331 41128 41883
327 940 1004 13616 15894 31400 34106 34443 37957
576 953 1226 2122 4900 5002 10248 25476 30787
249 632 1240 5432 23019 29225 31719 36658 41360
980 1154 1783 4351 10245 23347 27442 28328 38555
581 863 1552 5057 7572 14544 20482 29482 31672
4 502 1450 4893 5178 6824 10430 32680 39581
21 761 1558 2269 5391 13213 24184 25523 39429
1085 1163 1244 7694 9125 17387 22223 26343 37933
204 1127 1483 18302 19939 20576 31599 32619 42911
345 387 591 8727 18080 20628 32251 34562 42821
957 1126 1133 4099 12272 15595 20906 23606 34564
409 1310 1335 2761 11952 26853 27941 29262 31647
329 818 1527 3890 5238 8742 15586 28739 43015
231 1158 1677 4314 15937 17525 18391 22963 39322
34 275 526 2975 4742 16109 17346 29145 37673
497 735 1261 7468 8769 17342 19763 32646 33497
879 1233 1633 11612 22941 23723 31969 35571 39510
886 954 1355 5532 8283 26965 29267 30820 40402
356 1199 1452 8833 14845 21722 23840 26539 27970
553 1570 1732 8249 16820 23181 23234 30754 40399

10

20

30

40

50

【図 3 7】

FIG. 37

457 1304 1698 2774 11357 32906 34484 38700 41799
456 579 1155 23844 27261 29172 30980 35000 40984
301 1290 1782 6798 9735 23655 31040 35554 36366
228 483 561 12346 16698 32688 34518 38648 41677
35 184 997 4915 7077 9878 16772 26263 27270
181 193 1255 7548 17103 34511 36590 38107 42065
697 1024 1541 2164 15638 22061 32499 32667 32732
654 968 1632 3215 4901 6286 12414 13963 29636
89 150 450 5771 10863 29809 36886 37914 42983
517 1046 1153 5458 18093 25579 31084 37779 42050
345 914 1372 4548 6720 13678 13755 15422 41938
301 518 1107 3603 6076 9265 19580 41645 42621
155 1013 1441 10166 10545 22042 30084 33026 34505
899 1308 1766 22228 24520 24589 30833 32126 37147
177 230 349 6309 9642 25713 30455 34964 40524
802 1364 1703 3573 17317 20364 22849 24265 24925
3952 10609 11011 16296 31430 39995 40207 41606 42424
16548 19896 22579 23043 23126 24141 34331 34959 37990
12197 15244 22990 23110 25507 30011 37681 38902 39432
2292 11871 15562 22304 33059 35126 39158 41206 41866
3497 7847 11510 16212 19408 26780 27967 33953 34451

【図 3 8】

FIG. 38

Rate 7/16 N=69120 タイプA
1012 3997 5398 5796 21940 23609 25002 28007 32214 33822 38194
1110 4016 5752 10837 15440 19562 17802 27468 32933 33191 35420
95 1953 6564 11381 12839 12880 22901 26742 26910 27621 37825
1146 2232 6558 13131 13785 16771 17466 20561 29400 32962 36879
2023 3420 5107 10789 12303 13316 14428 24912 35363 36348 38787
3283 3637 12474 14376 20459 22584 23093 28876 31485 31742 34849
1807 3890 4865 7562 9091 13778 18361 21934 24548 34267 38260
1613 3620 10165 11464 14071 20675 20803 26814 27593 29483 36485
849 3946 8585 9208 9939 14676 14990 19276 23459 30577 36838
1890 2583 5961 6003 11943 13641 16319 18379 22957 24644 33430
1936 3958 5267 6314 12665 19626 20457 22010 27958 30238 32976
2153 4318 6782 13048 17730 17923 24137 24741 25594 32852 33209
1869 4262 6616 13522 19266 19384 22769 28883 30389 35102 36019
3037 3116 7478 7841 10627 10908 14060 14163 23772 27946 37835
1668 3125 7485 8525 14659 22834 24080 24838 30890 33391 36788
1623 2836 6776 8549 11448 23281 32033 32729 33650 34069 34607
101 1420 5172 7475 11673 18807 21367 23095 26368 30688 37882
3874 3940 4823 16485 21601 21655 21885 25541 30177 31686 35067
592 643 4847 6870 7671 10412 25081 33412 33478 33495 35976
2578 2677 12592 17140 17185 21962 23206 23838 27624 32594 34828
3058 3443 4959 21179 22411 24033 26004 26489 26775 33816 36694
91 2998 10137 11957 12444 22330 24300 26008 26441 26521 38191
889 1840 8881 10228 12495 18162 22259 23385 25687 35853 38848
1332 1931 13482 14262 15897 23112 25954 28035 34898 36286 36991
2505 2598 10980 15245 20084 20114 24496 26309 31139 34090 37258
599 1778 8935 16154 19546 23537 24938 32059 32406 35564 37175
392 1777 4793 8050 10543 10668 14823 25252 32922 36658 37832
1680 2630 7190 7880 10894 20675 27523 33460 33733 34000 35829
532 3750 5075 10603 12466 19838 24231 24998 27647 35111 38617
1786 3066 11367 12452 13896 15346 24646 25509 26109 30358 37392
1027 1658 6483 16919 17636 18905 19741 30579 35934 36515 37617
2064 2264 14018 16460 21378 21719 22981 23329 31701 32057 32640
2009 4421 7595 8790 12803 17649 18527 24246 27584 28757 31794
364 646 9398 13898 17486 17709 20911 31493 31810 32019 33341
2246 3760 4911 19338 25792 27511 28689 30634 31928 34984 36605
3178 3544 8858 9336 9602 12290 16521 27872 28391 28422 36105
1981 2209 12718 20656 21253 22574 28653 29967 33692 36759 37871
787 1545 6276 8376 9628 9995 10289 16260 17606 22673 34564
196 4580 12749 16670 18727 19131 19449 26152 29165 30820 31678
1577 2980 8659 12301 13813 14838 20782 23068 30185 34308 34676
84 434 13572 21777 24581 28397 28490 32547 33282 34655 37579
2927 4440 8979 14992 19009 20435 23558 26280 31320 35106 37704
1974 2712 6552 8585 10051 14848 15186 22968 24285 25878 36054
585 1990 3457 5010 8808
9 2792 4678 22656 32922
342 507 861 18844 32947
554 3395 4094 8147 34616
356 2061 2801 20330 38214
425 2432 4573 7323 28157
73 1192 2618 7812 17947
842 1053 4088 10818 24053
1234 1249 4171 6645 37350
1498 2113 4175 6432 17014
524 2135 2205 6311 7502
191 954 3166 28938 31869
548 586 4101 12129 25819

10

20

【図 3 9】

FIG. 39

127 2352 3215 6791 13523
286 4262 4423 14087 38061
1645 3551 4209 14083 15827
719 1087 2813 32857 34499
651 2752 4548 25139 25514
1702 4186 4478 10785 33263
34 3157 4196 5811 36555
643 649 1524 6587 27246
291 836 1036 18936 19201
78 1099 4174 18305 36119
3083 3173 4667 27349 32057
3449 4090 4339 18334 24596
503 3816 4465 29204 35316
102 1693 1799 17180 35877
288 324 1237 16167 33970
224 2831 3571 17861 28530
1202 2803 2834 4943 31485
1112 2196 3027 29308 37101
4242 4291 4503 16344 28769
1020 1927 3349 9686 33845
3179 3304 3891 8448 37247
1076 2319 4512 17010 18781
987 1391 3781 12318 35710
2268 3467 3619 15764 25608
764 1135 2224 8647 17486
2091 4081 4648 8101 33818
471 3668 4069 14925 36242
932 2140 3428 12523 33270
5840 8959 12039 15972 38496
5960 7759 10493 31160 38054
10380 14835 26024 35399 36517
5260 7306 13419 28804 31112
12747 23075 32458 36239 37437
14096 16976 21598 32228 34672
5024 5769 21798 22675 25316
8617 14189 17874 22776 29780
7828 13623 16676 30019 33213
14090 14254 18897 21720 38550
17306 17709 19135 22995 28597
13137 18028 23943 27468 37156
7704 8171 10815 28138 29526

【図 4 0】

FIG. 40

Rate 8/16 N=69120 タイプA
772 2281 3473 15662 19233 22166 24358 31768 34191
3072 3151 3484 20863 23023 26841 27472 27784 29051
2021 3203 4065 5144 12966 13620 14649 18456 30842
1806 2504 3675 6095 15703 15906 16025 19622 24749
745 954 14959 19379 21307 27232 30747 31580 34498
1289 2798 3630 11125 14405 16833 17549 27047 34127
744 805 5289 15458 24911 26399 28735 32526 32568
732 2368 7341 7508 9188 15676 18894 28544 32643
932 1971 3577 13308 13857 23512 27614 30417 34011
509 2152 3819 15873 18472 18916 20285 2421 29629
2475 3045 7516 12450 19365 21118 22154 22988 29632
1826 1847 4147 15787 16852 18336 22299 30945 33813
265 2184 9121 12341 12405 18908 29587 31365 33794
2599 2683 4025 6139 8989 15158 18010 28167 31929
845 2103 6653 7355 12824 15366 16277 17519 23286
1399 2887 5173 25401 26413 26782 27209 28194 33477
921 2171 5580 5853 10183 11788 12757 13160 34061
1908 2156 5805 13283 14262 19954 21960 29163 32575
252 1729 10690 18304 18921 23512 23540 28800 29738
1471 2630 5594 8245 15787 25205 28758 30257 30851
348 1947 5694 17122 20090 21065 22347 29035 33466
737 1373 6599 6614 19068 26595 27778 28013 28882
364 430 6008 6607 8543 13936 23464 29610 31484
2229 2680 18999 20491 21334 26172 28296 28546 33400
1307 3104 5116 6493 6538 13889 25830 28978 32982
1620 2845 3850 10010 18108 18460 22770 23335 27961
498 2120 6084 9410 13331 14260 23516 23987 34035
1231 2804 7437 13770 20375 30750 32395 32396 34111
953 1902 5780 10797 22700 24101 26068 30912 32091
861 936 12129 19924 20120 21381 21388 21447 27204
731 2953 7262 17370 18981 22098 23033 28091 33702
490 583 7131 15101 16559 28310 28868 29782 32476
774 2299 4672 6318 8582 23242 31128 33233 33525
1180 1856 6398 11619 18864 23107 26863 27068 32107
1254 2724 9924 14935 17381 20494 28231 28315 29981
1421 1859 10349 13014 13756 16003 20857 21287 24049
894 1864 5740 6223 7764 10832 14172 16277 25480
401 1753 10617 11842 17705 25037 26925 28610 32447
368 1880 8209 10558 11877 18052 19470 19596 28767
1388 3186 6150 8082 8270 12210 22672 29391 33400
2539 2632 4691 6341 8535 18093 18920 20974 31393
1611 2540 4975 11114 13694 15237 15296 18284 29706
619 1682 11939 18221 23276 24770 25283 25410 32475
453 465 4205 7369 10207 12725 19737 20902 29125
1417 1526 17833 18009 18408 23118 28438 28886 34324
373 2396 6529 6707 6725 16691 17338 20424 23712
800 2808 6021 8438 10096 17394 21026 29668 33876
841 2257 10435 14237 16470 16753 23284 27020 30550
1524 2908 5865 10368 19372 26633 29011 30192 30678
32 1640 6508 11257 26512 26659 28075 30862 33427
1520 2860 15351 20014 20361 22955 23045 25940 29105
1848 3081 5809 6815 8987 17563 20524 22236 34381
1733 3082 5621 9635 12551 21520 21557 28829 31273
573 1926 3702 4446 7768 11703 12656 16747 32713
2705 2727 5610 6984 7075 9535 21223 23408 32966
1483 2888 5752 13993 22125 25473 27225 30868 34054

30

40

50

【図 4 1】

FIG. 41

408 931 7731 7880 16550 16761 22642 25286 26968
217 2319 5061 6695 12187 17401 28224 30334 32593
1319 3188 10631 11963 17985 23154 24420 28803 32833
1471 2891 4175 5199 6623 6832 13063 18914 25227
757 1672 5079 7155 8150 11799 21473 27494 32731
1140 2034 7259 10518 12677 13273 17037 23868 29066
1250 3144 4255 8848 14589 25473 25509 27133 32673
2185 2773 2904 19831 32400
526 2408 2978 4992 9564
578 1746 2082 18696 24913
116 264 3061 4871 10963
447 1822 3231 18207 27174
2651 2999 3121 23668 27550
1255 1992 2049 4049 25914
64 79 1151 5004 13816
200 927 2939 13713 17084
2733 2798 3029 13090 32805
853 2811 2992 22211 26911
1514 2268 2539 23500 25820
395 2466 2940 8672 18048
806 1216 3135 6930 20670
997 1840 1910 17014 23446
672 1229 1879 24074 33504
661 1711 2178 10269 28513
2271 2396 2924 21728 27477
529 1049 1530 10830 33896
287 553 3234 5247 9578
2540 2755 2823 8364 25923
1273 1477 1899 10801 33426
115 1682 3012 7235 34142
770 875 1902 7121 27451
2021 3016 3161 8460 31418
827 1239 3118 9614 27521
54 763 2991 20076 33220
1048 1090 2609 8009 16443
1164 1181 1986 3586 19697
1249 1580 2088 6836 12021
402 847 3128 5938 29404
900 1802 2632 16352 23618
1236 1745 2266 14737 16547
20017 20848 24075
11014 15424 32909
5987 6407 24724
8867 22426 26033
4688 8615 28486
4008 17476 26160
6202 16436 21222
7867 9461 20071
8927 32032 33217

【図 4 2】

FIG. 42

Rate 7/16 N=69120 タイプB
5189 9880 13538 15175 16621 16804 17705 17961 20733 21467 21989 22238 22463 22918
23828 24930 25118 29884 33583 37271
70 5848 12393 14052 14152 17346 17509 19994 20675 24493 25258 29167 29758 30689
33714 33848 33910 34528 36773 38204
460 3837 6795 6912 7428 10696 12315 13575 15357 21353 23908 24933 30574 32972 33778
34513 35079 35137 36858 38213
157 8681 9967 11922 12445 14847 16658 19556 22644 24339 25625 28151 28405 29858
30427 31235 32999 33392 33666 38766
3951 10022 12486 13163 13699 15100 16425 17314 22941 23114 23186 23320 31711 32091
32346 32880 33839 34080 35244 35281
1963 3894 4747 5005 9478 11504 11733 13851 15703 18601 19091 20025 23748 26876
28310 33966 36096 36785 38241 38311
1787 5475 7062 11439 11686 12094 13500 14948 16457 21418 23783 27664 29522 30557
30960 31551 31893 32108 32636 35190
420 1601 4105 10709 11003 19228 21225 21427 21627 22632 23597 24691 24876 27272
30053 30632 37024 37337 38287 38865
2010 2747 4310 4828 6790 6992 7149 7686 7839 9174 10122 12007 15980 17263 18970
21288 24460 35345 34956 36082
4728 5125 6485 6758 7027 7310 9319 12741 13418 14280 14608 18831 19770 20620 22885
24340 29811 30383 31190 31328
1394 1527 2639 3398 3525 5055 10589 14304 17665 24839 28525 29530 30637 30730 31979
32294 32322 36477 36553 38823
3045 9911 11773 12368 13334 18650 19865 21411 24014 25991 27310 27609 28086 28782
30162 34481 34903 35059 36026 36601
1245 1578 4372 7080 8475 13246 14436 15058 16006 16453 16536 20386 21253 25032
25217 27143 33582 34233 35898 37013
156 579 1835 2921 4288 5799 13536 17576 18882 19825 20721 21827 22488 23207 30595
30943 33676 34224 36783 37618
1761 2419 4684 5188 8865 11427 13523 22508 22588 22658 23319 24649 27740 28615
28701 30469 31004 31708 38366 38845
3458 4318 8336 11232 11559 12478 14158 14837 16062 22913 23562 27331 27356 27424
27568 27688 30879 34747 35621 36680
144 1310 2076 2897 8483 10803 15403 21321 24285 24473 28105 28715 28756 29235 30570
32778 33148 35641 37148 37821
4019 4750 6236 10250 10853 13526 15851 17279 18650 19259 20752 21209 21331 22157
22387 27086 29179 30736 32244 36708
20671 21714 26907 28806
10538 15159 29903 36595
7414 15003 28833 31718
28014 30364 31097 34164
118 7358 17504 27943
11617 12578 20090 33389
3664 4126 20256 31569
2510 3137 4580 13643
19359 19928 28120 34072
29 28234 33691 33901
1652 4422 9877 32434
9374 16809 26890 27786
6375 7463 20276 25951
877 5288 22733 32789
11506 11756 36420 37946
2188 3978 21657 24557
2467 13247 15618 38099
8086 19322 20802 26103
14418 28964 30852
8699 24256 28148

10

20

【図 4 3】

FIG. 43

23353 25683 28619
20308 20717 29796
15424 18549 27624
8364 10552 12097
1131 2885 7391
1261 21060 38209
17317 21621 36705
5639 12807 17190
5191 24907 28557
2388 8217 10171
9817 13630 22551
12602 25327 29827
7656 19444 25085
6267 28863 36436
12681 14004 16008
13384 17331 20619
2733 5250 10975
12205 23370 30549
14780 27173 29844
8279 20595 21487
4138 6047 26339
9456 11906 20885
1705 17826 20388
1454 9194 30263
1231 8351 23181
10266 18803 27246
21186 22194 28560
781 5216 11393
13912 17866 28143
5477 10640 24020
685 19226 26846
11800 15237 19218
16399 32732 36732
4587 6863 14336
17277 19652 23485
3611 7209 21276
1050 21873 30442
2306 18242 28443
5814 9730 22265
1208 6778 7945
7738 14314 14752
26797 35849 37481
10778 14777 37667
2552 23380 26101
2779 15412 34159
3571 29931 32092

【図 4 4】

FIG. 44

Rate 7/16 N=69120 他のタイプB
3781 6916 6934 11478 12245 13955 15314 15521 16710 18163 21883 24658 26586 27981
28648 31274 31984 34499 37054 38089 38646
3409 4491 5576 6779 8290 9295 10165 10287 12457 13052 15649 18861 22798 24303 27720
28767 31148 32645 33114 34014 34571
1346 3203 4376 8828 12144 12192 14471 15695 16838 16973 19039 20649 20772 22260
22370 23704 26220 30178 31953 32499 38758
1999 2724 2805 5711 5722 8176 8583 12845 13604 14529 16195 19312 19612 19892 22950
23697 24556 26319 27521 27582 31615
5209 8943 9877 10643 10853 11048 13651 17069 17210 19068 22040 23883 25579 28354
28897 29408 29457 31189 34228 36180 38572
271 910 4894 6838 7166 9457 12559 12752 16661 16732 19190 21313 21378 24410 25551
25708 28928 30537 30682 31552 37906
131 4378 6224 8143 9240 11696 14292 14520 19337 22025 26069 27418 29338 31791 32164
32573 33547 34934 36289 37163 37319
1756 4041 7413 9799 10173 10574 11704 12500 13043 14811 15087 15521 16177 18453
18681 28189 30555 31106 32511 34350 37235
589 2827 3183 4406 12246 13112 16739 17616 17952 20154 21240 21938 23145 24248
26189 27216 27386 31623 32819 36361 38005
1214 1245 1755 1940 6822 6895 7750 8887 11684 11802 12942 13362 16423 18240 19600
21676 29399 28782 35714 37597 38146
286 5126 6405 6586 9097 10975 12268 12805 14506 14744 17117 18827 26361 26441 27256
28757 29140 29568 31553 37795 38655
961 2442 3434 3890 4209 4320 6417 6430 7180 9265 20461 21026 27325 31207 33765
36370 36500 36977 38054 38244 38418
5836 8876 9094 9332 13613 13780 14565 15475 15887 16458 16489 16776 18723 21934
24271 24363 25696 27794 37030 38030
2707 3249 3740 7503 10158 11464 12834 14675 18245 18332 18888 20213 23130 25452
29019 30588 32027 34057 34209 38495
381 570 3671 10027 10746 11751 12139 18163 19455 19681 20051 23763 25300 26984
27021 28070 28763 30826 33291 37391
8609 10336 10568 11672 12691 13250 15095 15785 18246 20835 21516 24332 24612 25226
27732 28106 32122 32676 33437 36733
2063 3030 4285 4466 7200 10031 14609 15378 16363 20611 20757 21235 21420 22476
24313 24319 28117 29270 34947 38242
425 1528 3005 4946 5624 6809 11163 11656 14898 16555 19289 20411 22140 23168 27381
28648 31395 34424 37450 37775
7763 12513 14792 20465
3337 4306 13225 29539
3511 4168 7745 16770
3034 26440 31723 32582
2458 13276 28213 34317
4590 5331 9772 22678
6678 16422 17052 22284
4795 7956 23271 34038
5100 15330 23420 23750
20996 25124 28783 38015
3207 5296 6461 26697
16855 27613 31134 31686
645 9868 18039 29836
2837 27058 32786 37066
5648 25181 31874 35839
1831 21924 31081 33927
5649 7669 15910 33828
1748 10198 33744 35288
2171 17317 31053
11028 20243 35491

30

40

50

【図 4 5】

FIG. 45

17583 20154 34159
17839 23678 37001
4358 14031 25177
12213 18527 26206
1897 9338 17717
9315 20885 34713
26252 29369 36804
1535 19475 31065
11508 26408 34731
4430 11634 38416
8986 11977 34069
17765 24479 30156
1099 26782 31497
981 18470 28248
9162 13600 19481
5511 19553 30120
2299 35420 38187
1631 10361 36516
10702 24063 37997
28964 33568 33761
10905 13637 24483
12467 16884 21722
4981 23353 24018
6032 23198 29021
9021 11723 19411
12601 22896 32001
5407 20108 22816
21401 22681 23327
15260 23228 25012
12631 18459 34837
14055 27588 37191
6994 7622 19062
26176 31883 35168
29635 34213 34806
271 7694 36198
28822 31540 36325
5327 14023 35685
5336 5992 29716
2240 19183 21378
6970 21252 23374
8500 19154 29238
5559 6658 16206
18842 34518 34742
729 10571 34149
1654 2000 35507
12555 29469 38762

【図 4 6】

FIG. 46

Rate 8/16 N=69120 タイプB
1850 4176 4190 7294 8168 8405 9258 9710 13440 16304 16600 18184 18834 19899 22513
25008 26569 27137 27232 29186 29667 30549 31428 33634
2477 2543 5094 8081 9573 10269 11276 11439 13016 13327 16717 18042 19362 19721
20089 20425 20503 21396 24677 24722 28703 32486 32759 33630
1930 2158 2315 2683 3818 4883 5522 5505 8760 9580 11867 13117 14566 15639 17273
18820 21069 24945 25667 26785 30678 31271 33003 33244
1279 1491 2038 2347 2432 4336 4905 6588 7507 7666 8775 9172 10405 12249 12270 12373
12936 13046 13364 15130 17597 22855 27548 32895
620 1897 3775 5552 6799 7621 10167 10172 10615 11367 12093 13241 15426 16623 19467
19792 22069 22370 24472 24594 25205 25954 27800 29422
582 1618 4673 5809 6318 6883 8051 12335 12409 13176 14078 15206 17580 18624 18876
19079 20786 21177 25894 26395 27377 27757 30167 31971
1157 2189 4160 4480 5055 8961 9171 9444 10533 11581 12904 14256 14620 15773 16232
17598 19756 21134 21443 22559 23258 25137 25555 28150
987 1258 1269 2394 4859 5642 5705 6093 6408 7734 8804 10657 11946 16132 20267 25402
26505 26548 27060 29767 29780 31915 31966 33590
1010 1363 1626 5283 6356 10961 12418 14332 14362 16288 16303 16592 17096 20115
20285 20478 21774 22165 22425 23198 25048 25696 31540 32841
895 2743 2912 4971 8803 11183 14500 14617 14638 16776 17901 18622 20244 20845 22214
25676 26161 26281 29978 30392 30922 31542 32038 32443
188 260 411 2823 5512 5645 10019 11856 12671 14273 14673 16091 16169 22333 22934
22945 23542 26503 27159 27279 28277 30114 31626 32722
357 516 3530 4317 8587 9491 10348 11330 13446 14533 15423 17003 17217 19127 20088
20750 21767 22386 24021 27749 29008 29376 30329 32940
2909 3036 4875 9987 10632 12069 12410 14004 14628 15605 15852 18231 18657 19705
20620 22241 29575 29656 31246 32190 32781 33489 33842 34492
4242 5461 5577 7662 11130 13663 17240 17773 18339 19400 22905 24219 25464 25890
26359 27121 27318 27840 30800 32587 32924 33427 33940 34058
421 2222 3457 5257 5600 10147 12754 17380 18854 20333 20345 20752 24578 25196 25638
25725 25822 27610 28006 28563 29632 29973 29991 34166
41 207 1043 4650 5387 6826 7261 8687 9092 10775 11446 12596 16613 19463 20923 24155
24927 25384 26064 27377 28094 32578 32639 34115
050 5731 15820 16281 26130 29314
5980 6161 14479 22181 22537 32924
7828 9134 11297 17143 25449 29674
8299 10457 14486 21548 22510 32039
1572 7792 10424 19166 29302 29768
5823 13974 21254 21506 25658 29491
6285 9873 12846 14474 17005 29377
1740 4929 8285 20994 32271 34522
12862 16827 22427 23369 27051 30378
4787 10372 10408 12091 20349 26162
6659 22752 24697 28261 28917 32536
6788 15367 21778 28916 30324 33927
7181 12373 21912 24703 28680 34045
2238 4945 14336 19270 29574 33459
10283 15311 17440 24599 24867 28293
324 5264 5375 6581 24348 30288
3112 7656 23825
21624 22318 22633
5284 19790 22758
2700 4039 12576
17028 17520 19579
11914 17834 33989
2199 5502 7184
22 20701 26497

10

20

【図 4 7】

FIG. 47

5551 27014 32876
4019 26547 28521
7580 10016 33855
4328 11674 34018
8491 9956 10029
6167 11267 24914
5317 9049 29657
20717 28724 33012
16841 21647 31096
11931 16278 20287
9402 10557 11008
11826 15349 34420
14369 17031 20597
19164 27947 29775
15537 18796 33662
5404 21027 26757
6269 12671 24309
8601 29048 29262
10099 20323 21457
15952 17074 30434
7597 20987 33095
11298 24182 29217
12055 16250 16971
5350 9354 31390
8168 14168 18570
5448 13141 32381
3921 21113 28176
8756 19895 27917
9391 16617 25586
3357 18527 34238
2378 16840 28948
7470 27466 32928
8366 19376 30916
3116 7267 18016
15309 18445 21799
4731 23773 34546
260 4898 5180
8697 22256 29587
2539 23717 33142
19233 28750 29724
9937 15384 16599
10234 17089 26776
8869 9425 13658
6197 24086 31929
9237 20931 27785
10403 13822 16734
20038 21196 26868
13170 27813 28875
1110 20329 24508
11844 22662 28987
2891 2918 14512
15707 27399 34135
8687 20019 26178
6847 8903 16307
23737 23775 27776
17388 27970 31983

【図 4 8】

FIG. 48

Rate 8/16 N=69120 他のタイプB
1194 2400 2789 3893 5030 5033 7851 10775 12793 13985 15133 16913 18431 18436 19931
20421 21073 23361 24493 26860 28864 34457
1818 2451 7250 1687 8156 12085 12956 14339 17179 17395 17695 21298 21870
23350 24405 25359 26180 28086 30345 32192
206 4671 5265 6393 7960 9628 9839 11216 11352 12190 15252 15310 16952 17066 19600
21722 22729 25154 26172 27666 28099 34330
769 3876 4330 7293 8230 8431 14839 14856 17227 18920 18964 22763 22860 23184 24350
25709 26099 27143 27330 28311 33058 33640
123 1567 3562 5478 8714 9355 10394 10413 12711 12949 16390 19491 25027 27126 28594
28897 28965 29846 31037 31041 33164
2545 6567 9115 10916 11048 11526 11675 13251 13359 13758 14344 14795 15700 15994
16516 17918 19530 20572 27737 28087 30591 32277
485 1069 1561 1685 2841 3856 6096 6854 7715 10535 18860 19241 21526 23316 24224
24315 25631 29180 31725 33481 33719 33968
279 1102 5684 6114 8078 10368 10912 11442 11889 14611 15192 16193 16779 17454 21249
23471 23517 24226 25910 26237 28126 33541
174 3559 3708 3919 4598 5736 5816 6424 8253 9708 11379 12845 13139 18161 25545
27698 30011 32310 32388 32894 34141 34274
2136 3009 5250 5692 8090 12167 12227 13741 14201 14671 14674 14899 16619 18688
21509 22772 24361 24681 32835 33835 33878 33996
2410 3265 6681 7912 8316 9076 10257 11336 12959 13043 16289 16798 19530 20607 21636
22652 25743 27170 28501 30316 30381 34192
319 528 2926 3212 8888 9526 10802 16128 16206 17305 17542 17850 18019 21127 22494
23945 24086 24901 25540 27434 29640 33300
7616 9188 9326 10429 10455 11285 11787 13435 14037 16175 18470 19131 21639 21810
22423 24599 25018 28546 29069 29715 32689
1910 2775 3753 4013 6351 8865 12978 13683 14512 18254 18521 18897 19077 20010 21623
21634 24967 26045 31096 33597 33984
313 1368 2647 4352 5022 6109 9941 10298 12553 13196 14783 17155 18100 19718 20620
24301 25486 27909 30534 33259 34513
2174 2552 2756 2831 3660 3838 4124 6346 6923 11057 11348 11716 16473 18152 20008
21875 23400 25136 27305 28890 30208
2677 4884 5180 14655 18383 20722
3731 4560 16588 20888 22987 30500
2776 11584 13605 23303 26861 33705
4750 5877 15021 24513 25807 27249
1733 8791 26142 28266 28573 32676
2576 4916 22443 24303 29550 31838
1809 5086 19593 27560 28457 30786
1555 7025 9030 14979 29890 31128
2134 9879 15542 27554 31328 31506
15899 17881 18012 21037 30363 32843
4086 12709 15898 16296 22656 23283
1646 8284 8347 10975 17603 30820
1384 19111 23378 26081 27575 33447
4029 10225 10310 17309 23450 32484
7980 10708 15814 26794 30307 34137
938 1050 16505 21793 23756 27989
12080 17375 25097
4944 8065 26757
17431 31423 33965
2055 9208 32469
1478 9521 21387
29845 30046 33714
9682 12149 23918
11085 19303 21788

30

40

50

【図 49】

FIG. 49

4468 15006 21379
5284 20588 20738
8014 17206 25821
10381 20361 28424
4863 11209 17937
20210 20328 20730
13542 19028 22227
11168 20701 30936
12508 16374 24496
6209 16984 33036
6756 28360 31237
23232 30412 30976
203 6872 26370
25583 32239 32339
4739 12433 28074
4738 26426 31737
2011 5339 18941
6232 17052 20823
7607 18826 25853
4954 14425 17019
5940 16709 30710
638 9382 30894
1771 30351 31507
1514 11139 26183
109 18294 34428
4383 26492 34521
1773 14950 16561
27695 31971 32389
18403 28619 30177
18604 20098 25440
12117 18020 27088
3401 22430 32930
13268 25034 27216
915 23504 30680
4058 16335 25867
686 12461 13265
11645 14604 25925
2389 11979 31351
2153 5962 17134
11556 15306 18241
29222 29572 31650
20901 25671 28487
5556 9824 10776
10249 19003 24103
8918 26171 27774
3029 20658 20856
4488 18921 26120
3930 24219 27094
16134 16168 33971
22365 24953 28351
26753 32830 34099
3623 26356 31319
11488 23615 31762
5977 8588 29437
11223 23697 31768
13038 19258 19346

【図 50】

FIG. 50

Rate 9/16 N=69120 タイプB
110 3064 6740 7801 10228 13445 17599 17891 17979 18044 19923 21848 23262 25585
25968 30124
1578 8914 9141 9731 10605 11690 12824 18127 18458 24648 24950 25150 26323 26514
27385 27460
3054 3640 3923 7332 10770 12215 14455 14849 15619 20870 22033 26427 28067 28560
29777 29780
1348 4248 5479 8902 9101 9356 10581 11614 12813 21554 22985 23701 24099 24575 24786
27370
3266 8358 16544 16689 16693 16823 17565 18543 19229 21121 23799 24981 25423 28997
29808 30202
320 1198 1549 5407 6080 8542 9352 12418 13391 14736 15012 18328 19398 23391 28117
28793
2114 3294 3770 5225 5556 5991 7075 7889 11145 11386 16561 18956 19034 23605 26085
27132
3623 4011 4225 5249 5489 5711 7240 9831 10458 14697 15420 16015 17782 23244 24215
24386
2624 2750 3871 8247 11135 13702 19290 22209 22975 23811 23931 24872 25154 25165
28375 30200
1060 1240 2040 2382 7723 9165 9656 10398 14517 16653 21241 22348 23476 27203 28443
28445
1070 1233 3416 6633 11736 12808 15454 16505 18720 20162 21425 21874 26069 26855
27292 27978
420 5524 10279 11218 12500 12913 15389 15824 19414 19588 21138 23846 26621 27907
28594 28781
151 1356 2323 3289 4501 10573 13667 14642 16127 17040 17475 18055 24061 26204 26567
29277
1410 3656 4080 6963 8834 10527 17490 17584 18065 19234 22211 22338 23746 24662
29863 30227
1924 2694 3285 8761 9693 11005 17592 21259 21322 21546 21555 24044 24173 26988
27640 28506
1069 6483 6554 9027 11655 12453 16595 17877 18350 18995 21304 21442 23836 25468
28520 29452
149 1621 2199 3141 8403 11974 14969 16197 18844 21027 21921 22266 22399 22691 25727
27721
3689 4839 7971 8419 10500 12308 13435 14487 16502 16622 17229 17468 22710 23904
25074 28508
1270 7007 9830 12698 14204 16075 17613 19391 21362 21726 21816 23014 23651 26419
26748 27195
95 1953 2456 2712 2809 3196 5939 10634 21828 24606 26169 26801 27391 28578 29725
30142
832 3394 4145 5375 6199 7122 7405 7706 10136 10792 15058 15860 21881 23908 25174
25837
730 1735 2917 4106 5004 5849 8194 8943 9136 17599 18456 20191 22798 27935 29559
6238 6776 6799 9142 11199 11867 15979 16830 18110 18396 21897 22590 24020 29578
29644
407 2138 4493 7979 8225 9467 11956 12940 15566 15809 16058 18211 22073 28314 28713
957 1552 1869 4388 7642 7904 13408 13453 16431 19327 21444 22188 25719 28511 29192
3617 8663 22378 28704
8598 12647 19278 22416
15176 16377 16644 22732
12463 12711 18341
11079 13446 29071
2446 4068 6542
10838 11660 27428
16403 21750 23199
9181 16572 18381

10

20

【図 51】

FIG. 51

7227 18770 21858
7379 9316 16247
8923 14861 29618
6531 24652 26817
5564 8875 18025
8019 14642 21169
16683 17257 29298
4078 6023 8853
13942 15217 15501
7484 8302 27199
671 14966 20886
1240 11897 14925
12800 25474 28603
3576 5308 11168
13430 15265 18232
3439 5544 21849
3257 16996 23750
1865 14153 22669
7640 15098 17364
6137 19401 24836
5986 9035 11444
4799 20865 29150
8360 23554 29246
2002 18215 22258
9679 11951 26583
2844 12330 18156
3744 6949 14754
8262 10288 27142
1087 16563 22815
1328 13273 21749
2092 9191 28045
3250 10549 18252
13975 15172 17135
2520 26310 28787
4395 8961 26753
6413 15437 19520
5809 10936 17089
1670 13574 25125
5865 6175 21175
8391 11680 22660
5485 11743 15165
21021 21798 30209
12519 13402 26300
3472 25935 26412
3377 7398 28867
2430 24650 29426
3364 13409 22914
6838 13491 16229
18393 20764 28078
289 20279 24906
4732 6162 13569
8993 17053 29387
2210 5024 24030
21 22976 24053
12359 15499 28251

【図 52】

FIG. 52

4640 11480 24391
1083 7965 16573
13116 23916 24421
10129 16284 23855
1758 3843 21163
5626 13543 26708
14918 17713 21718
13556 20450 24679
3911 16778 29952
11735 13710 22611
5347 21681 22906
6912 12045 15866
713 15429 23281
7133 17440 28962
12355 17564 28059
7658 11158 29885
17610 16755 28852
7680 16212 30111
8812 10144 15718

30

40

50

【図 5 3】

FIG. 53

Rate 9/16 N=69120 他タイプB
344 5260 5449 9663 11572 11933 15244 18579 18949 19398 22175 23672 25646 26228
28656 29695
94 6796 7678 7790 9294 13003 13506 17577 19909 21842 23240 24312 25607 25987 26138
30141
3065 9660 10194 11700 12775 17826 17987 18011 18139 24640 24992 25167 25574 26525
27409 27443
1518 3037 3662 7312 8949 9104 10654 10834 12255 15569 18449 20854 26340 26423 28075
29817
3919 4274 5506 8843 9351 12805 14505 14817 22069 23012 23697 24041 24857 27342
28623 29808
1366 3228 8386 9132 10558 11608 16663 16748 18548 21121 21582 23833 24567 25013
25403 29764
308 1250 6105 8501 13402 14997 16464 16818 17606 18331 19164 19334 23429 28729
29007 30169
1554 3279 5266 5459 5567 5975 7137 7853 9379 12396 14725 16695 19013 26100 27158
28072
2133 3771 4208 5514 5638 7263 9895 10454 11108 11387 15416 15975 18907 23647 24254
24409
2608 3636 3885 4012 5274 8303 11157 13722 14668 17777 22255 22941 23224 23929 24944
30207
1070 1235 2018 2770 7700 9196 10392 16689 19241 21249 23477 23848 25122 25188 28342
28421
2429 9607 14502 15391 18716 20177 21473 21901 22390 26796 27148 27280 28004 28402
998 1213 3439 6597 10328 11231 11688 12840 16477 19477 19575 21107 26074 26599
486 1371 3334 5527 12458 12880 15407 15875 18054 23790 27937 28635 28771 29282
120 2312 4476 10565 13656 14622 16086 17050 17477 17581 24038 26200 26615 29827
1348 3651 4047 6897 8889 10520 17523 18098 19120 22206 22293 23689 24682 30177
2079 2735 3279 8789 11028 17564 21316 21515 21532 24039 24130 26966 27697 28492
6469 6581 9021 9726 11535 12494 16590 17814 18338 19023 21298 21308 21437 28882
151 1046 2232 8476 11980 18863 21898 22338 22363 22712 23817 25461 25734 29400
1668 3131 10514 12275 13430 14485 14992 16193 16508 16629 17274 21073 25068 27722
3687 4793 7864 8450 9907 16051 17443 17599 19361 21676 22751 23868 27209 28484
143 1270 6994 12753 14256 21367 21805 21839 22983 23617 26439 26733 26876 30154
1992 2512 2731 2804 3245 5915 10631 15085 15832 24562 26149 27402 28617 29672
834 3370 4116 5323 6152 7121 7454 7716 10103 10818 21888 23912 25179 25823
741 1684 2871 4082 4984 5870 8192 8918 9090 17613 20205 22816 27968 29511
370 6780 8411 26549
5927 9312 11874 20454
4336 17108 18408 18897
6749 18091 26151
7902 18151 21999
15828 18958 24454
404 14744 15626
8591 14022 28659
2040 5109 11281
942 4875 29186
7636 13511 17003
4387 13433 30206
19971 22197 28180
1903 7945 21440
7599 12181 17498
9627 9781 29214
5913 19534 19715
17181 18814 22441
9332 10906 22747
11759 12446 13494

【図 5 4】

FIG. 54

2153 8541 29548
4064 9514 23731
11472 14128 21164
5437 15964 23258
7653 17635 21840
9305 17248 22322
1217 11497 29585
6530 8964 23600
5541 6473 28616
8027 17996 21190
16475 18833 27974
602 8864 17254
5278 10823 13942
4219 15579 27155
654 8304 14964
11905 20886 22560
12724 20022 25462
5307 11167 28611
3689 13424 15205
2807 16621 18304
5593 17026 23628
1847 3244 22123
7578 15120 17363
5249 15063 24837
5996 6161 11489
4804 9001 20869
23529 29222 29282
5215 8637 18187
11992 22251 26548
2797 9705 18211
3749 12285 14742
7143 8246 10294
16576 20446 27195
1063 1109 21510
2094 9194 13298
10566 18281 27976
3243 13978 15137
2536 17133 28750
4405 8946 26327
6412 10950 26757
5797 17123 19493
1602 10946 25184
5840 13553 21189
6175 8343 11687
5480 15151 22652
16701 21831 25393
12444 26268 30217
13405 25944 26459
3507 7470 28891
2432 3442 29419
3410 22921 24658
13423 13472 16250
6851 16360 20810
270 20303 28071
4759 13533 24922

10

20

【図 5 5】

FIG. 55

6206 9012 17085
2197 24065 29373
4958 23009 24076
8 15463 28227
11489 12362 24430
4660 7919 16602
1044 13104 24399
10090 16288 23920

【図 5 6】

FIG. 56

Rate 10/16 N=69120 タイプB
200 588 3305 4771 6288 8400 11092 11126 14245 14255 17022 17190 19241 20350 20451
21069 25243
80 2914 4126 5426 6129 7790 9546 12909 14660 17357 18278 19612 21168 22367 23314
24801 24907
1216 2713 4897 6540 7016 7787 8321 9717 9934 12295 18749 20344 21386 21682 21735
24205 24625
6784 8163 8691 8743 10045 10319 10767 11141 11756 12004 12463 13407 14682 15458
20771 21060 22914
463 1260 1897 2128 2908 5157 7851 14177 16187 17463 18212 18221 19212 21864 24198
25318 25450
794 835 1163 4551 4597 5792 6092 7809 8576 8862 10986 12164 13053 14459 15978 23829
25072
144 4258 4342 7326 8165 9627 11432 12552 17582 17621 18145 19201 19372 19718 21036
25147 25774
617 2639 2749 2898 3414 4305 4802 6183 8551 9850 13679 20759 22501 24244 24331
24631 25587
1622 2258 4257 6069 10343 10642 11003 12520 13993 17086 18236 18522 24679 25361
25371 25595
1826 3926 5021 5905 6192 6839 7678 9136 9188 9716 10986 11191 12551 14648 16169
16234
2175 2396 2473 8548 9753 12115 12208 13469 15438 16985 19350 20424 21357 22819
22630 2567
265 397 6675 7152 8074 13030 13161 13336 15843 16917 17930 18014 18660 19218 22236
24940
5744 6883 7780 7839 8485 10016 10548 12131 12158 16211 16793 18749 20570 21757
22255 24489
2082 4768 7025 8803 10237 10932 13885 14266 14370 14982 16411 18443 18773 19570
21420 23311
1040 1376 2823 2998 3789 6636 7755 9819 13705 13868 14176 16202 16247 24943 25196
25489
223 1967 3289 4541 7420 9881 11086 12868 13550 14760 15434 18287 19098 20909 22905
25887
1906 2049 2147 2756 2845 4773 8337 8832 9363 12375 13651 16366 17546 20486 21624
22664
1619 1955 2393 3078 3208 3593 5246 8565 10956 11335 11865 14837 15006 15544 18820
22687
2086 3409 3586 4269 6587 8650 10165 11241 15624 16728 17814 18392 18667 19859 21132
25339
382 1160 1912 3700 3783 12069 14672 16842 18053 19626 20724 21244 21792 22679 23873
24517
1217 1486 5139 6774 7413 10622 11571 11697 13406 13487 20713 22436 22610 22806
23522 23632
1225 2927 6221 6247 8197 9322 11826 11948 12230 13899 15820 16791 17444 23155 24543
24650
1056 2975 6018 7698 7736 7940 11870 12964 17498 17577 19541 20124 20705 22693 23151
25627
658 790 1559 3683 6060 9059 12347 12990 13095 16317 17801 18816 20050 20979 23584
25472
1133 3343 6895 7146 7261 8340 9115 11248 14543 16030 16291 17972 22369 22479 24388
25280
1907 4021 8277 17631
7807 8063 10076 24958
5455 8638 13801 18832
15525 24030 24978
7854 21083 21197
8416 15614 24639

30

40

50

【図 5 7】

FIG. 57

9382 13998 24091
1244 19468 24804
5100 14187 21263
12267 18441 22757
185 23294 23412
5136 24218 25509
6159 12323 19472
7490 9770 19813
1457 2204 4188
14200 15609 18700
4544 8337 17759
3697 13810 14537
10853 16611 23001
504 12709 23116
1338 21523 22880
1098 8530 23846
13699 19176 25783
3299 3629 16222
1821 2402 12416
11177 20793 24292
21580 24038 24094
11769 13819 13950
5388 9428 13527
20320 23996 24762
2923 14906 18768
911 10059 17607
1535 3090 22968
3398 8243 12265
9801 10001 20184
11839 15703 16757
1834 13787 14101
4469 11503 14694
4047 8684 23737
15682 21342 21898
7345 8077 22245
4108 20676 24406
8787 19625 22194
8536 15518 20879
3339 15738 19592
2916 13483 23680
3853 12107 18338
16962 21265 25429
10181 18667 25563
2867 21873 23535
8601 19728 23807
4484 17647 22060
6457 17641 23777
17432 18680 20224
3046 14453 19429
807 2064 12639
17630 20286 21847
13703 13720 24044
8382 9588 10339
18818 23311 24714
5397 13213 24988

【図 5 8】

FIG. 58

4077 9348 21707
10628 15352 21292
1075 7625 18287
5771 20506 20926
13545 18180 21566
12022 19203 25134
86 12306 20066
7797 10752 15305
2986 4188 9128
9099 17285 24986
3530 17904 21836
2283 20216 25272
22562 24667 25143
1673 3837 5198
4188 13181 22061
17800 20341 22591
3466 4433 24958
145 7746 23940
4718 15618 19372
2735 11877 13719
3560 6483 10536
4167 7567 8558
4511 5862 16331
3268 6965 25578
5552 20627 24489
1425 2331 4414
3352 12606 19595
4653 8383 20029
9163 22097 24174
7324 16151 20228
280 4353 25404
5173 7657 25604
6910 13531 22225
18274 19994 21778

10

20

【図 5 9】

FIG. 59

Rate 10/16 N=69120 他 of タイプ B
271 1020 5185 7275 8003 11480 12855 14175 14467 15086 15696 16443 16565 18130 20056
24630 24862 25892
1339 1853 2850 3222 4490 4644 4818 5174 6072 6698 10681 12635 14197 16281 20247
22338 23417 24076
3129 3405 3651 4498 4751 4876 6253 8473 8938 9552 9761 12593 13222 13694 15200
16230 20808 20887
1055 2296 2308 3380 7113 9524 11765 16519 19064 19672 19895 20421 20498 21381 21565
21587 24283 25908
932 1729 2020 6611 7879 8243 8912 12436 14276 16021 18171 19185 20154 23285 23342
24000 24372 24391
802 1025 2896 5686 9630 10075 10956 13238 14133 16693 16799 17305 18117 18375 18739
22385 22805 23012
365 1160 2879 4714 8810 10702 11054 13219 13599 14592 15414 20406 20592 22774 24045
24529 24685 25074
113 1165 1947 3823 5944 9058 9129 11673 12560 13816 14978 15027 15095 19019 20354
22452 25688
1637 2422 3115 3487 7500 7590 15048 15512 16354 18274 18449 19120 20724 21135 23145
23732 25911
2845 5592 7719 8334 9489 9892 10722 15313 15721 16306 18219 18232 18387 18503 20614
24467 24761
114 903 1910 5652 7270 10269 14202 16169 18835 19131 19208 19475 20389 21871 22037
23766 25226
1391 2688 6776 9001 10533 11495 12445 12868 13853 14176 14195 14764 18050 19508
20450 21465 24422
1118 3116 4245 5978 7207 8450 10891 13765 14966 15115 16605 18300 18630 19680 22654
22905 23307
99 2340 2383 2766 5097 9097 12169 18669 18716 20237 21059 22426 22990 23495 24511
25416 25790
701 1693 2106 2897 4540 5298 6106 6380 6604 8683 9279 12937 13575 18789 20512 21598
22132
608 1473 2459 3522 3593 4295 5008 7004 7699 7786 14450 15096 15830 17286 19571
23907 25288
5399 5791 5815 6785 7837 9632 10181 13688 15504 15594 15783 18758 18900 19305 20550
25385 25404
355 819 1841 3868 6517 7054 8097 10246 11123 11573 13354 13565 13807 14072 24327
24620 25029
1296 1630 3750 5091 6496 6780 7154 8414 11468 15004 16441 16619 18374 19047 22090
24448 24606
1818 3512 7338 7994 8149 8875 9345 9985 10716 11568 13029 16063 16709 19295 19487
20368 24977
1024 2737 3819 5584 6314 7683 7965 9796 13695 13917 14267 16079 18133 18763 19880
20213 25354
509 3489 4746 5544 6877 7607 9237 11923 12548 13078 14148 14809 15479 18172 23026
23320 24011
565 3039 3652 4540 7101 9564 10165 10898 11473 12788 12884 13091 15654 17926 19344
21818 24494
1554 2393 2767 4498 4755 5179 5306 6509 9849 12108 12920 14191 14607 14854 18992
20294 21249
1680 2417 4122 7193 7727 8288 10235 10518 12601 15579 15606 17894 19077 20170 22807
25023 25075
6260 7065 8165 8835
925 1768 14353 17531
946 1215 1772 12359
816 8662 9026
2813 12966 16694
2230 11960 14896

【図 6 0】

FIG. 60

3800 24516 25345
5484 8458 23922
4987 9596 19066
1436 9374 14690
5028 11659 21771
5315 7165 18489
10407 12975 19434
5145 10245 18045
10673 22010 25886
11519 22187 22639
2980 24742 25213
3076 6738 25207
2739 2928 21112
11489 11589 19758
5855 14238 15751
17401 17827 24389
824 11592 21377
5183 5873 7732
1876 14696 25162
4304 20807 20818
10 13313 19688
9836 11073 25026
4018 6771 20919
927 14197 20942
8641 12334 21236
3269 14018 20385
2351 4788 18118
11617 18588 22838
12792 15919 21163
3349 11643 17665
14371 19374 25649
10067 11785 19622
4569 13536 18587
5964 10331 13181
599 19974 24864
6112 14924 15064
6583 10602 24102
9557 24762 25615
6604 15093 16126
8661 14067 25778
7528 13483 14749
2778 5178 17304
9446 14594 20887
4643 9835 10941
9150 16139 21198
2718 10848 25290
7441 8240 16973
11007 18715 22798
14372 14528 25882
12746 22454 23509
460 6355 23769
12219 16424 20964
2807 9851 19461
1927 9166 15241
6383 20232 24804

30

40

50

【図 6 1】

FIG. 61

6897 12660 14081
974 21928 23655
3028 3106 15497
853 1253 16940
7120 13030 17698
4899 7645 13181
3241 17169 25337
818 10204 15188
5719 19557 20043
15487 18016 22407
2235 3953 22675
4744 10340 24145
7241 9321 25600
7221 11284 16819
4930 23831 23960
6080 10021 14223
1735 2786 4567
4388 8739 18918
9298 9450 19150
1233 13832 24372
15796 15975 21750
6155 15182 18451
203 11202 19855
16073 23604 25852
98 19028 20997
7921 11254 12101
6747 7647 8952
2010 19596 24301
7463 19200 24382
1705 17928 25288
2005 9490 17390
3413 11573 17375
9213 13062 14270
1307 15050 20865

【図 6 2】

FIG. 62

Rate 11/16 N=69120 タイプB
983 2226 4091 5418 5824 6483 6914 8239 8364 10220 10322 15658 16928 17307 18061
1584 8655 6787 7213 7270 8585 8995 9294 9832 9982 11185 12221 12889 17573 19096
319 1077 1796 2421 6574 11763 13465 14527 15147 15218 16000 18284 20199 21095 21194
767 1018 3780 3826 4288 4855 7169 7431 9151 10097 10919 12050 13261 19816 20932
173 692 3552 5046 6523 6784 9542 10482 14658 14663 15168 16153 16410 17546 20989
2214 2286 2445 2856 3662 3615 3970 6065 7117 7989 8180 15971 20253 21312 21428
532 1361 1905 3577 5147 10409 11348 11660 15230 17283 18724 20190 20542 21159 21282
3242 5061 7587 7677 8614 8834 9130 9135 9331 13480 13544 14263 15438 20548 21174
1507 4159 4946 5215 5653 6385 7131 8049 10198 10499 12215 14105 16118 17016 21371
212 1856 1981 2056 6766 8123 10128 10957 11159 11237 12893 14064 17760 18933 19009
329 5552 5948 6484 10108 10127 10816 13210 14985 15110 15565 15969 17138 18504
20818
4753 5744 6511 7062 7355 8379 8817 13503 13650 14014 15393 15640 18127 18595 20426
1152 1707 4013 5932 8540 9077 11521 11923 11954 12529 13519 15641 16262 17874 19386
858 2355 2511 3125 5531 6472 8146 11423 11558 11760 13556 15194 20782 20988 21261
216 1722 2750 3809 6210 8233 9183 10734 11339 12321 12988 15902 17437 19085 21588
1560 1718 1757 2292 2349 3992 6943 7369 7806 10282 11373 13624 14608 17067 18011
1315 1640 2015 2539 2691 2967 4344 7125 9176 9435 12379 12520 12901 15704 18897
1703 2861 2986 3574 7208 8486 9412 9879 13027 13945 14873 15546 16516 18931 21070
309 1587 3118 5472 10035 13988 15019 15322 16373 17580 17728 18125 18872 19876
20457
984 991 1203 3159 4303 5734 8850 9626 12217 17227 17269 18695 18854 19580 19684
2429 6165 6828 7761 9761 9899 9942 10151 11198 11271 13184 14026 14560 18962 20570
876 1074 5177 5185 6415 6451 10856 11603 14590 14658 16293 17221 19273 19319 20447
557 807 2473 3002 6601 9876 10284 10809 13563 14849 15710 16798 17509 18927 21306
939 1271 3085 5054 5723 5959 7530 10912 13375 16966 18753 19673 20328 21068 21258
2802 3312 5015 6041 6943 7606 9375 12116 12868 12964 13374 13594 14978 16125 18621
3002 6512 6965 6967 8504 10777 11217 11931 12647 12686 12740 12900 12958 13870
17860
151 3874 4228 7837 10244 10589 14530 15323 16462 17711 18995 19363 19376 19540
20641
1249 2946 2959 3330 4264 7797 10652 11845 12987 15974 16536 17520 19851 20150 20172
4769 11033 14937
1431 2870 15158
9416 14905 20800
1708 9944 16952
1116 1179 20743
3665 8987 16223
655 11424 17411
42 2717 11613
2787 9015 15081
3718 7305 11822
18306 18499 18843
1208 4586 10578
9494 12676 13710
10580 15127 20614
4439 15646 19861
5255 12337 14649
2532 7552 10813
1591 7781 13020
7264 8634 17208
7462 10069 17710
1320 3382 6439
4057 9762 11401
1618 7604 19881
3858 16826 17768

10

20

【図 6 3】

FIG. 63

6158 11759 19274
3767 11872 15137
2111 15653 16776
1888 15452 17925
2840 15375 16376
3695 11232 16970
10181 16329 17920
9743 13974 17724
29 16450 20509
2393 17877 19591
1827 15175 15366
3771 14716 18363
5585 14762 19813
7186 8104 12067
2554 12025 15873
2208 5739 6150
2816 12745 17143
9353 11582 17976
5834 8178 12517
3546 15667 19511
5211 10685 20833
3399 7774 16435
3767 4542 8775
4404 6349 19426
4812 11088 16761
5761 11289 17985
9989 11488 15986
10200 16710 20899
6970 12774 20558
1304 2495 3507
5236 7678 10437
4483 10472 19880
1883 14768 21100
352 18797 20570
1411 3221 4379
3304 11013 18382
14864 16951 18782
2087 15658 17633
7109 7383 19956
4293 12990 13934
9890 15206 15786
2987 5455 8787
5782 7137 15981
736 1961 10441
2728 11808 21305
4663 4693 13680
1965 3668 9025
818 10532 16332
7006 16717 21102
2955 15500 20140
8274 13451 19436
3604 13158 21154
5519 6531 9995
1629 17919 18532
15199 16690 16884

【図 6 4】

FIG. 64

5177 5869 14843
5 5088 19940
16910 20686 21206
10662 11610 17578
3378 4579 12849
5947 19300 19762
2545 10665 12579
4568 10814 19032
677 18652 18992
190 11377 12987
4183 6801 20025
6944 8321 15868
3311 6049 14757
7155 11435 16353
4778 5674 15973
1889 3361 7563
467 5999 10103
7613 11096 19536
2244 4442 6000
9055 13516 15414
4831 6111 10744
3792 8258 15106
6990 9168 17589
7920 11548 20786
10533 14361 19577

30

40

50

【図 6 5】

FIG. 65

Rate 11/16 N=69120 他のタイプB
5490 5926 6153 9501 10594 12266 13298 15737 15849 16368 18972 20100 21448
2883 3284 4934 6022 6970 7082 7565 9582 10633 13616 14218 16328 17327
175 521 2754 3971 5252 9283 9285 14281 16044 18969 17080 17577 21029
2415 4516 5139 6516 10793 11827 11855 14197 14510 15207 16311 17658 20663
80 3472 7951 8080 10234 12239 17853 18113 18604 19386 20179 20679 20725
988 2274 4092 5402 5870 6505 6901 8246 8386 15629 16943 17316 18097
5692 6810 7203 7269 8586 8944 9272 9798 10328 11207 12875 17544 19096
355 1581 1785 9970 11809 12194 13440 14564 15168 15223 18191 20182 21117
667 1018 1025 2413 3831 4298 4819 6560 12059 15977 19856 20922 21207
684 3795 5098 6508 7163 7421 9179 10113 10456 10891 13305 14643 17525
159 3554 3627 6834 7991 9511 14657 15156 15986 16186 16393 20958 21460
2207 2335 2460 2869 3555 3994 6085 7103 8180 17292 20216 20261 21348
499 1362 1881 3575 5138 11393 11691 15210 18752 20530 21177 21242
5077 7604 7627 8584 8821 9172 10386 13490 14242 15449 20528 21129
1507 3244 4191 4940 5204 6376 8096 9178 9336 10454 12190 13538
2082 5646 7082 10181 12858 14150 16128 17004 17819 18937 18971 21407
237 1809 2033 6763 8105 10113 10945 11139 11237 14058 14992 15995
330 5520 5994 6525 10099 10815 13203 15021 15569 17146 18507 20783
4741 5712 6488 7075 8380 10111 13532 14029 15626 18154 18562 20413
5868 7360 8541 8769 11577 11898 11953 13672 15406 16261 17845 19412
1145 1683 2373 2477 3994 5561 8112 9087 12486 13559 15649 21244
887 3164 6234 6422 11430 11562 11788 13538 15200 15956 20795 20985
219 1673 2743 3830 8271 9190 10706 11317 12300 12854 17422 19111
1575 1795 2309 2348 4018 6919 7343 7816 10267 11376 14604 21551
1371 1736 2555 2945 4351 7124 12516 13672 15681 17083 18027 18886
1657 2039 2680 2830 8469 9134 9431 9848 12366 12933 13065 18903
1698 2963 3555 7254 9376 13944 14837 15339 15552 16532 17600 21115
325 1586 3064 5498 10061 14027 15028 16349 17719 18177 19867 20401
990 1009 3173 4310 5642 8862 12180 12728 18682 18874 18888 19573
1213 6143 9641 9722 9924 11186 11264 13174 17240 18977 19716 20530
10313 14037
3209 14570
6831 19778
5185 12416
5204 7840
11612 19708
4659 5323 14616
3845 10823 20987
7315 16851 19284
393 9282 17957
6615 9927 19581
8762 10378 18285
126 979 14823
7406 16098 21548
5070 7514 17416
10867 16714 21080
541 1786 19439
909 7175 7837
6412 21072 21433
600 14981 18811
7068 8454 13564
8869 9382 12550
2959 12960 13342
3342 16081 18877
5024 6538 11481
6968 16526 21138

【図 6 6】

FIG. 66

7454 11219 12698
11932 12947 16517
10331 12943 17316
7005 10228 18632
75 15320 20696
5870 5915 13512
14560 17709 19541
16464 18083 19314
130 3689 20149
957 17371 17573
7746 9927 19855
11643 16516 20091
1505 10633 12002
3844 11767 16366
4765 10654 16233
1419 1890 9048
145 10483 19316
396 7322 18963
918 1634 19717
667 7091 21486
291 15485 21553
1119 2755 16534
9347 10335 17322
17926 20004 20269
192 11781 18888
10845 13081 14349
2186 16948 20609
2190 16999 17340
550 8318 15654
14684 16175 19827
436 2578 10257
7772 8333 16220
7283 9160 19568
1817 7490 10732
1379 3761 9571
7222 11433 19744
13051 18284 18482
6727 16078 17813
1929 22003 1376
6393 11850 16334
5570 12906 17366
1887 2815 13127
862 16341 16977
2441 10081 15136
1325 13948 21228
15583 17700 21313
6285 16705 20468
2372 7152 16478
3762 14746 19837
5380 14780 18375
7074 9956 19811
12004 12078 21514
696 1739 2571
5752 12729 17139
11359 11604 14650

10

20

【図 6 7】

FIG. 67

8209 9383 12497
8180 15708 19385
4490 10726 20606
7798 18102 20850
3369 8058 8779
4420 6322 12787
16779 17406 19405
4808 11292 15134
52 10337 17972
9970 10227 16717
12763 12825 20901
3508 7001 21224
2471 7609 9957
5235 15813 17315
5254 18218 21073
14761 18809 20523
5819 12863 20957
1433 11016 18416
3542 14844 18780
16735 16974 17596
171 2911 6424

【図 6 8】

FIG. 68

Rate 12/16 N=69120 タイプB
1507 1536 2244 4721 6374 7839 11001 12684 13196 13602 14245 14383 14398 16182 17248
623 696 1186 1370 4409 5237 5911 8278 9539 12139 12810 13422 15525 16232 16252
530 1953 3745 5512 6676 9069 9433 10683 11530 12263 12519 14931 15326 15581 16208
273 685 3132 5872 6388 7149 7316 7367 9041 11102 11211 12059 15189 15973 16435
814 1297 1896 6018 7801 8810 9701 9992 10314 13618 13771 14934 15198 16340 16742
58 803 2565 3967 6032 8374 9168 10047 10073 10909 12701 12748 13543 14111 17043
1082 1577 2106 2244 5035 5051 10038 10356 12156 12308 13815 15453 15830 16305 17234
1882 3731 5182 5554 6330 6605 7126 10195 10508 12151 12191 12241 12288 13755 16472
85 604 1278 3768 4831 6820 9471 10773 10873 12785 12973 13623 14562 14697 16811
928 1864 6027 7023 7644 8279 8580 9221 9417 9883 12032 12483 12734 14335 15842
2104 2752 4530 4820 5662 9197 9464 9972 10057 11079 12408 13005 13684 15507 16295
82 752 3374 4026 7265 8112 12236 12434 12480 13110 13495 15110 15299 15359 17221
1137 1411 1546 1614 1835 6053 6151 8518 9059 14057 14941 15670 16321 16965
447 1960 2369 2861 3047 3508 4077 4358 4370 5806 12517 13658 14371 14749
420 981 1657 2313 3353 4899 5094 5184 10076 10530 11521 13040 15960 16853
3572 3851 3870 5218 6400 6780 9167 9603 10328 10543 12892 13722 16910 16929
203 2588 4522 4692 5399 6840 7417 8896 9045 9188 10390 12507 12615 16386
543 1262 2536 4358 7658 7714 9392 11079 12283 12694 14734 16195 16317 16751
905 1059 3393 4347 4554 4758 5568 8652 9991 10717 10975 11146 12824 16373
1229 2308 4876 5329 5424 5906 6227 6667 7141 7697 12055 12969 13582 16638
697 1864 2560 4190 5097 5288 6565 9150 9282 9519 10277 12492 13282 16924
363 3152 3715 3722 4582 5050 6399 9413 9851 10305 12116 13471 15318 16018
338 2342 2404 4733 6189 6792 7251 7921 8509 8579 8729 11921 12900 15546
1630 1867 2018 3038 3202 6364 7648 8692 9496 9705 10433 13508 14583 16341
1041 2754 3015 3427 3512 4351 5174 6539 8100 8639 9912 11911 12666 14187
1134 1619 4758 5545 6842 7045 8421 10373 10390 12672 13484 15178 16697 16727
589 652 1174 2157 3951 4733 5278 5859 7619 9488 11665 12335 15516 16024
1457 1832 2525 3690 5093 6000 6276 7874 8652 9759 10434 15025 15267 16448
932 3328 3349 3511 4776 6266 6711 7761 8674 9748 11167 12134 12942 14354
1939 1979 3141 4238 6715 7148 7673 12025 12455 14829 14989 15081 16491 17242
1363 2451
1953 10230
6218 7655
9302 15856
10461 10503
9005 16075
878 14223 15181
3535 5327 14405
8116 8396 9828
2864 6306 14832
24 11009 16377
7064 11014 16139
4518 8353 14997
583 5626 10217
11196 13669 16585
6123 7518 9304
2258 8250 12082
7564 14195 15236
10104 10233 13778
2044 7801 11705
10906 11443 13227
1592 7853 14796
3054 8887 13077
6486 7003 9238
424 9055 13390
618 4077 11120

30

40

50

【図 69】

FIG. 69

11159 13405 16070
2927 8689 17210
723 5842 12062
4817 9269 10820
208 6947 12903
2987 10116 11520
3522 6321 15637
148 3087 12764
262 1613 14121
7236 10798 11759
3193 4958 11292
7537 12439 15202
8000 9580 17269
9665 9691 15654
5946 14246 16040
4283 8145 10944
1082 1829 11267
1272 6119 13182
20 11943 14128
4591 8403 16530
2212 13724 13933
2079 10365 14633
1269 11307 16370
2467 4744 10714
6256 7915 9724
8799 11433 16880
459 6799 10102
3795 6930 13350
1295 13018 14967
3542 7310 10974
6905 15080 16105
2673 3143 12349
4698 4801 14770
7512 15844 15965
3276 4069 10099
1893 4676 6679
1985 7244 10163
6333 12760 12912
852 5954 11771
6958 9242 10613
5651 10089 12309
4124 7455 13224
503 6787 10720
10594 12717 14007
4501 5311 8067
4507 5620 13932
9133 11025 13866
5021 16201 16217
6166 7438 17185
1324 5671 11586
2266 6335 7716
512 9515 11595
869 6096 13886
10049 12536 14474
470 8286 8306

【図 70】

FIG. 70

1268 5478 6424
8178 8817 14506
11460 15128 16761
6364 10121 16806
9347 15211 16915
1587 3591 15546
17 4132 17071
1677 8810 15764
3862 7633 13685
3855 11931 12792
2652 13909 17080
5581 13919 16126
7129 8976 11152
6662 7845 13424
9751 9965 13847
3662 9308 9534
4283 7474 7682
2418 8774 13433
508 3864 6859
12098 13920 15326
1129 3271 16892
5072 8819 10323
4749 4984 6390
212 13603 14893
4966 8895 9320
1012 3677 5711
6654 9969 15178
4596 5147 5905
1541 4149 15594
8005 8604 15147
2519 10882 11961
190 8417 13600
3543 4639 14618

10

20

【図 71】

FIG. 71

Rate 12/16 N=69120 他ノタイプ
142 2165 3185 4195 5590 5742 7410 10850 12863 13660 14020 16831
397 3640 4105 7434 9470 9491 11337 11448 13018 13562 14133 16512
56 1940 2743 5216 6347 8608 9778 11569 12156 14913 15519 16598
791 4323 4700 5211 6469 8199 12509 13542 14292 14489 16171 16605
1818 3304 4541 5563 5792 6609 6684 7166 8280 13868 14456 15283
1293 5440 5814 6864 7396 7860 8007 8929 9766 10275 14026 16130
315 1405 1943 9459 10782 11634 12127 12159 12802 14565 16894 16955
553 777 857 3044 3415 3866 5269 5942 8716 9617 15845 16739
541 3047 4121 5219 5750 7341 8094 8377 10625 11751 14027 16778
114 2846 2917 5468 6412 7606 11745 12096 12808 12931 13150 17183
1757 1833 1954 2287 2852 3178 4890 5688 6571 13856 16191 17042
436 1494 2848 4085 9080 9348 12151 14977 16140 16443 16917 16995
1083 4047 6080 6867 7084 7325 8350 10757 11419 12374 16450 16904
1239 2628 3357 3945 4129 5112 6106 6439 7300 7470 9760 10841
634 4538 5696 8145 8363 11300 12883 13607 14248 15134 15181 17123
161 1476 1584 5398 6524 8082 8757 8927 9018 10297 11238 12799
283 4460 4788 8081 8652 10590 11954 12024 12443 13684 14830 16639
3817 4569 5212 5225 5642 6709 8069 10835 11184 12541 14503 16342
4688 5857 7055 9256 9523 9555 10935 12296 13024 14271 14842 15510
950 1364 1886 2001 3202 4445 6861 7266 10005 10827 12503 17034
676 2506 5170 6505 9123 9223 9428 10841 12158 12720 16647 16796
160 1341 2169 3030 4866 6616 7382 8657 9035 9855 10304 13928
1275 1429 1905 3211 5541 5874 6259 8254 9098 11688 15281 17260
1092 1367 1825 2046 3468 5686 10019 10898 12575 13663 14429 15077
1321 1604 2153 2296 2364 7328 7554 7888 9903 10391 10427 15163
1346 2379 2878 5786 6798 7501 11153 11894 12245 12440 13244 16895
240 1276 2457 4404 8038 11188 12037 13089 14099 14497 15895 16362
799 813 2506 3447 4526 7075 9747 13800 14189 14949 15078 15106
988 4928 7720 7814 8950 9006 10522 13788 15213 15871 15755 16432
850 1927 4131 4155 5432 6209 7913 7946 8159 11227 11630 15452
14826 16365
11703 12119
712 13566
3116 11731
7615 15442
1992 5349
221 4010 5696
7888 12867 13468
3483 10904 13985
443 8895 11950
6009 10985 12886
2658 6385 13354
8724 15844 16946
5553 10363 16261
2195 5238 10663
598 14905 15764
1356 4805 10512
1933 5558 9695
2230 7616 10698
1298 2545 10290
4025 6617 14782
9819 10189 16907
1284 4501 8928
10113 10629 17016
947 10255 11116
2798 15081 15460

【図 72】

FIG. 72

6519 8395 9415
3112 8471 16950
3533 15619 16970
11279 11872 15206
116 3420 17037
2067 12776 16138
3697 4594 6209
2367 2540 13278
9495 14852 16127
3104 8112 10391
4142 12073 12995
2472 7209 8753
2944 5383 15319
309 4701 8866
4373 9882 15750
716 5906 13071
78 2218 9153
1514 2173 13201
868 7469 8268
377 2499 16002
11512 15110 15766
5883 10040 17274
3100 3283 13572
5509 11243 14059
6640 12508 14361
444 11714 15330
5032 1917 12948
336 6212 11902
3947 10941 12964
1199 6038 15689
1523 3008 8298
1570 9146 17153
13517 15799 16392
10424 12847 14222
2769 4919 5386
5113 9478 12123
7335 13077 13877
1494 3229 10364
4095 4963 12427
1923 3102 6193
8090 8142 16950
12476 14207 15195
9909 13375 16390
4912 13153 15689
5717 11788 15854
2976 5965 14731
5661 11816 15865
2726 6512 9612
570 2062 11845
1359 10196 13672
11719 13691 14355
3858 6418 7492
6563 10020 15506
5853 16473 17261
16339 16680 17098

30

40

50

【図 7 3】

FIG. 73

6215 14625 14945
3988 6352 13238
6996 12116 13959
5139 13712 16488
8647 14367 16382
2382 8015 10853
10204 13362 16750
5576 10259 16953
1980 2806 6075
8358 12635 14776
3453 14575 16909
2035 3301 16459
3497 15047 16762
2570 8801 11073
2661 6265 15068
11856 13537 14066
1325 2346 12514
848 10405 15966
3122 9804 13003
12159 12651 16601
2207 2362 4348
1576 2758 5671
593 8385 17045
2174 6624 10983
2936 3732 7787
1578 7226 8406
1315 1827 13382
1489 2356 10605
3022 10770 14184
160 5972 6797
2911 5113 16931
7977 12445 12476
1367 4594 13365

【図 7 4】

FIG. 74

Rate 13/16 N=69120 タイプB
1031 4123 6253 6610 8007 8656 9181 9404 9596 11501 11654 11710 11994 12177
399 553 1442 2820 4402 4823 5011 5493 7070 8340 8500 9054 11201 11387
201 607 1428 2354 5358 5524 6617 6785 7708 10220 11970 12268 12339 12537
36 992 1930 4525 5837 6283 6887 7284 7489 7550 10329 11202 11399 12795
589 1564 1747 2960 3833 4502 7491 7746 8196 9567 9574 10187 10591 12947
804 1177 1414 3765 4745 7594 9126 9230 9251 10299 10336 11563 11844 12209
2774 2830 3918 4148 4963 5356 7125 7645 7868 8137 9119 9189 9206 12363
59 448 947 3622 5139 8115 9364 9548 9609 9750 10212 10937 11044 12668
715 1352 4538 5277 5729 6210 6418 6938 7090 7109 7386 9012 10737 11893
1583 2059 3398 3619 4277 6896 7484 7525 8284 9318 9817 10227 11635 12204
53 549 3010 5441 6090 9175 9336 9358 9839 10117 11307 11467 11507 12902
861 1054 1177 1201 1383 2538 4563 6451 6800 10540 11222 11757 12240 12732
330 1450 1798 2301 2652 3038 3187 3277 4324 4610 9395 10240 10796 11100
316 751 1226 1746 2124 2505 3497 3833 3891 7551 8696 9763 11978 12661
2677 2888 2904 3923 4804 5105 6855 7222 7893 7907 9674 10274 12683 12702
173 3397 3520 5131 5560 6666 6783 6893 7742 7842 9364 9442 12287
421 943 1893 1920 3273 4052 5758 5787 7043 11051 12141 12209 12500
578 792 2543 3243 3385 3576 4190 7501 8233 8302 9212 9522 12286
911 3651 4023 4462 4650 5336 5762 6506 8050 8381 9636 9724 12486
1373 1728 1911 4101 4913 5003 6859 7137 8035 9056 9378 9937 10184
515 2357 2779 2797 3163 3845 3976 6969 7704 9104 10102 11507 12700
270 1744 1804 3432 3782 4643 5946 6279 6549 7064 7393 11659 12002
261 1517 2269 3554 4762 5103 5460 6429 6464 8962 9651 10927 12268
782 1217 1395 2383 5754 6060 6540 7109 7286 7438 7846 9488 10119
2070 2247 2589 2644 3270 3875 4901 6475 8953 10090 10829 12496 12547
863 1190 1609 2971 3564 4148 5123 5262 6301 7797 7804 9517 11408
449 488 865 3549 3939 4410 4500 5700 7120 8778 9223 11660 12021
1107 1408 1883 2752 3818 4714 5979 6485 7314 7821 11290 11472 12325
713 2492 2507 2641 3576 4711 5021 5831 7334 8362 9094 9690 10778
1487 2344 5035 5336 5727 6495 9009 9345 11090 11261 11314 12383 12944
1038 1463 1472 2944 3202 5742 5793 6972 7853 8919 9808 10549 12619
134 957 2018 2140 2629 3884 5821 7319 8676 10305 10670 12031 12588
5294 9842
4396 6648
2863 5308
10467 11711
3412 6909
450 3919
5639 9801
298 4323
397 10223
4424 9051
2038 2376
5889 11321 12500
3590 4081 12684
3465 4016 9826
6 2869 8310
5983 9818 10877
2282 9346 11477
4931 6135 10473
300 2901 9937
3185 8215 7479
472 5845 5915
2476 7687 11934
3279 8782 11527
4350 7138 7144

10

20

【図 7 5】

FIG. 75

7454 7818 8253
1391 8717 8844
1940 4736 10556
5471 7344 8089
9157 10640 11919
1343 5402 12724
2581 4118 8142
5165 9328 11386
7222 7262 12955
6711 11224 11737
401 3195 11940
6114 6969 8208
1402 7917 9738
965 7700 10139
3428 5767 12000
3501 7052 8803
1447 10504 10961
1870 1914 7762
613 2063 10520
3561 6480 10466
3389 3887 10110
995 1104 1640
1492 4122 7572
3243 9765 12415
7297 11200 11533
1959 10325 11306
1675 5313 11475
3621 4658 12790
4208 5650 8687
2467 7691 11886
3039 3190 5017
866 1375 2272
4374 6453 8228
2763 4668 4749
640 1346 6924
6588 6983 10075
3389 9260 12508
89 5799 9973
1290 2978 8038
317 742 8017
5378 5618 6586
3369 3827 4536
1000 10436 12288
3762 11384 11897
848 874 8968
1001 4751 12066
1788 6685 12397
5721 8247 9005
649 7547 9837
2263 9415 10862
3954 4111 7767
952 4393 5523
8132 8580 10906
4191 9677 12585
1071 10601 11106

【図 7 6】

FIG. 76

3069 6943 11015
5555 8088 9537
85 2810 3100
1249 8418 8684
2743 12099 12686
2908 3691 9890
10172 10409 11615
8358 10584 12082
4902 6310 8368
4976 10047 11299
7325 8228 11092
4942 6974 8533
5782 9780 9869
15 4728 10395
369 1900 11517
3796 7434 9085
2473 9813 12636
1472 3557 6607
174 3715 4811
6263 6694 8114
4538 6635 9101
3199 8348 10057
6176 7498 7937
1837 3382 5688
8897 11342 11680
455 6465 7428
1900 3666 8968
3481 6308 10199
159 2654 12150
5602 6695 12897
3309 4899 6415
6 99 7615
1722 6386 11112
5090 8873 10718
4164 6731 12121
367 846 7678
222 6050 12711
3154 7149 7557
1556 4667 7990
2536 9712 9932
4104 7040 9983
6365 11604 12457
3393 10323 10743
724 2237 5455
108 1705 6151

30

40

50

【図 7 7】

FIG. 77

Rate 13/16 N=69120 他のタイプ
27 138 512 3648 6422 7200 7557 7879 8302 10042 12340 12482
654 1411 2309 2394 2617 4009 5321 5725 6321 8138 11632 12041
920 1594 2256 2572 3039 3367 4787 4869 7115 8111 10119 11192
1556 1717 1827 2370 2446 3120 4228 4487 6608 6866 10373 10452
1151 1671 2238 3557 4755 5885 6265 7650 9526 9837 9946 10224
446 525 897 1165 8246 10195 10688 10768 10792 12143 12187 12955
1008 3306 3957 4122 4448 6200 7142 9087 9602 10049 11651 12175
399 5015 6604 7077 8014 8665 9207 9372 11161 11503 11677 11992
538 1475 2369 2818 4424 4805 5503 8325 8394 9038 11400
190 593 1430 5341 5541 6507 6795 10193 11986 12256 12326
56 1002 4503 5839 7278 7492 7732 10356 11205 11401 12563
597 1937 2970 4522 6295 6913 7515 7536 9519 10152 12803
793 1554 1755 3782 7529 7765 8204 9551 10336 10556 12947
1169 1414 3763 4723 9110 9224 9261 10325 11591 11864 12240
2800 3882 4166 4965 5362 7650 7862 9124 9130 9201 12351
481 965 2839 3617 7103 8066 8168 9724 10200 10932 12651
62 708 1338 5185 6408 9005 9369 9559 9608 11039 11887
3419 4514 5267 5727 6217 6933 7089 7104 7414 10745 12224
1556 2080 3630 4222 7467 7551 8302 9301 9736 10255 11640
553 3008 5461 6093 6897 9161 9340 9847 10143 11319 11456
60 1391 2546 9359 10530 11218 11515 11750 12251 12718 12916
835 1078 1157 1217 4537 4614 6476 6770 9393 10224 10768
350 1475 1774 2139 2271 2636 3051 3198 3305 4326 11083
311 1742 2486 3482 3819 3912 7554 8672 9776 11970 12655
754 1252 2676 2897 3921 5087 6844 7221 7889 12685 12688
2905 3413 4795 6889 7767 7808 7885 9380 9432 9657 10282
179 933 1916 3494 4062 5134 5560 6669 6785 12166 12295
402 1875 3265 5735 5778 7035 8294 9535 11028 12208 12518
655 813 2536 3263 3389 3565 4184 7498 8212 9204 12304
4021 4438 4647 5363 5778 6514 8050 8383 9641 9733 12479
906 1754 1917 3669 4083 4928 4973 6870 9048 9936 10173
506 1395 3160 3836 5961 6967 7145 8035 9374 10091 12696
3530 11498
2796 10372
8659 9088
4259 6291
11049 12016
270 11119
1751 8793
1882 5943
8569 11663
3543 7916
252 1030
9665 10929
1394 3968 5448
281 337 11360
1609 5754 9754
906 1195 8105
8990 10130 12550
6509 9483 10115
6141 7428 10545
8857 9027 10637
3631 4907 12244
6724 7578 12649
2266 2719 7243
838 1443 3616

【図 7 8】

FIG. 78

1398 7425 11702
1193 4163 5298
5264 6320 9664
3528 3668 6577
7487 8696 8761
4192 9218 10299
870 1163 10429
2308 3938 5734
9693 11434 12271
1081 6002 10959
1896 7732 10913
783 1260 11478
2518 2841 4737
713 1458 12515
5623 5804 10940
2647 8253 9156
5036 9712 10555
1061 8734 9006
404 5329 9358
72 5829 5843
1547 11330 12353
1499 3198 12624
1028 1780 10560
5791 7095 9846
4941 7853 9509
8691 8953 11549
3206 5817 10683
2143 3862 4010
968 7329 12611
2130 10319 10546
15 6646 9847
1021 3352 5294
3404 5202 10447
459 7101 10473
338 4348 5640
1651 9359 12576
728 2392 9036
1625 9291 11413
642 4294 6389
2153 5822 8773
7178 9718 12838
5042 7056 11253
2696 7336 9803
3072 5166 6596
1234 4900 11321
3053 7530 8012
3301 5327 12048
445 4755 12353
7533 7957 9501
4346 6967 7079
3771 6763 7734
1375 2572 8655
4748 7305 10657
4908 5465 10785
1062 9845 10599

10

20

【図 7 9】

FIG. 79

1035 1507 5409
7989 8484 10043
4405 5476 9335
4278 7166 12949
471 1591 4184
3772 4154 11870
6103 8231 10496
4901 9720 12946
3292 10522 12786
3138 8211 10124
665 6331 7024
478 8300 10970
1534 1553 7741
411 564 639
2116 3576 8829
3849 5742 6601
1645 5256 8584
5095 7257 10292
2873 10015 10787
9035 9462 11210
1955 2626 12278
2713 3341 8743
3620 4676 7613
3600 5617 8398
4721 11914 12508
3026 5025 7367
876 1372 2296
4724 11154 11783
4698 4994 9565
621 1311 6934
2085 7891 7991
5355 7579 9867
5604 9014 9906
3005 10394 11802
1177 3156 9518
6066 6371 9334
3351 5659 9722
993 3930 12165
1138 9610 10196
3920 8992 12639
2860 4736 8667
1692 5761 8813
6996 7155 10053
51 653 7528
4549 8443 10867

【図 8 0】

FIG. 80

Rate 14/16 N=69120 タイプB
387 648 945 3023 3889 4856 5002 5167 6868 7477 7590 8165 8354
42 406 1279 1968 3016 4196 4599 4996 5019 6350 6785 7051 8529
534 784 1034 1160 2530 5033 5171 5469 6167 6372 6913 7718 8621
944 2506 2806 3149 3559 5101 6076 6083 6092 6147 6866 7908 8155
308 1869 1888 2569 3297 4742 5232 5442 6135 6814 7284 8238 8405
34 464 667 899 2421 3425 5382 6258 6373 6399 6489 7367 7922
2276 3014 3525 3829 4135 4276 4611 4733 4738 4956 6025 7152 8155
1047 1370 2406 2819 4600 4991 5017 5590 6199 6483 6556 6834 7760
66 380 2033 3698 4068 6096 6223 6238 6757 7541 7641 7677 8595
562 697 782 808 921 1703 3032 4300 7027 7481 7839 8160 8526
236 962 1557 2023 2135 2190 2892 3072 4523 6254 6838 7209 7381
196 1167 1179 1426 1675 1763 2345 2580 2613 5024 5761 6522 7973
512 822 1778 1924 2610 3445 4570 4805 5263 5299 8439 8448 8494
1923 2270 3204 3698 4456 4522 4601 5161 5207 6260 6310 6441 6851
104 261 622 1276 2172 2334 2731 3417 3854 4698 8095 8195 8333
451 528 1269 2169 2274 2393 3853 5002 5543 6121 6351 7364 8139
1685 2675 2790 2953 3103 3560 4336 5372 5495 5568 6429 6492 8206
604 1190 1279 2427 2714 3283 3312 3855 4566 6045 6664 6788 8317
338 917 1873 2102 2561 2655 4635 4765 5370 6249 6724 7668 8456
184 1166 1583 1859 2376 2521 3093 4181 4713 4926 5146 6070 8004
75 1227 2367 3402 3628 3982 4265 4282 4355 5912 6434 7260 7765
801 922 1029 1531 1606 3170 3824 4358 4732 4849 5225 6759 8183
509 1507 1704 1765 2183 2574 3271 4050 4299 4964 5968 6324 7091
567 795 1376 2390 2767 3424 5195 6355 6726 7607 8346 8352
308 1060 1973 2364 2937 3526 4221 4745 5185 5845 6146 7762
323 590 732 917 2636 3008 3792 3990 4322 4893 5211 8014
471 1249 1674 1841 2567 3124 3130 4885 5575 7521 7648 8227
1582 1669 1772 2386 3340 3387 3881 4322 6018 6055 6488 7177
976 1003 2127 3575 3816 6225 7404 7499 7542 8237 8421 8530
675 961 1957 3825 3858 4646 5248 5801 5940 6533 7040 8037
79 639 1363 1436 1763 2570 3874 4876 6870 6886 7104 8399
20 297 1330 2264 3287 3534 4441 4746 6569 6971 6976 8179
482 1125 1589 2892 3759 3871 4635 6038 6214 6796 6816 7621
1127 3336 3867 3929 4269 4794 5054 5842 6471 6547 7039 8560
217 1521
1983 8283
3731 4402
208 6703
242 4988
4170 5038
4108 8035
3301 8543
3168 8249
5028 5838
3470 8597
2901 5264
2505 4505
934 5117
1712 5819
3165 7273
3274 6115
4576 6330 7327
5380 6732 8439
2474 3723 7782
384 2783 5846
1453 4436 6625

30

40

50

【図 8 1】

FIG. 81

3220 4261 4835
163 3117 7554
502 2119 4059
2200 4263 4930
2378 6294 7713
743 5501 6809
1364 6062 7808
4680 6468 7895
3469 3602 7304
1609 5386 5647
267 2921 3206
2565 3020 6269
1651 5224 5718
1128 5058 8579
286 3396 7660
1497 5171 6519
1894 6349 7924
1306 7744 8083
3096 3438 3836
2556 7409 8570
3273 4245 7935
1633 2023 3125
584 4914 6062
2015 2915 3435
1457 6368 6481
23 3576 8132
5322 6300 6520
5715 7113 7822
2044 5053 6607
63 5432 7850
5353 6355 8637
346 590 2648
4780 5997 6991
2556 2583 6537
661 2497 8350
7610 8307 8441
671 860 5986
1133 3158 5891
4360 5802 6547
4782 5688 6955
447 5030 6268
1501 5163 7232
1133 2743 3214
959 4100 7554
5712 7643 8385
1442 3180 8008
697 3078 8421
137 922 5123
597 2879 6340
824 2071 7882
1827 4411 5941
3646 5970 6398
1561 1580 7668
4335 6936 8042
4504 5309 6737

【図 8 2】

FIG. 82

1846 3273 3333
272 4885 6718
1835 4761 6931
2141 3760 5129
3975 5012 6504
1258 2822 6030
242 4947 7668
559 6100 8425
1655 1962 4401
2369 2476 2765
114 156 3195
1651 4154 4448
4669 6064 7317
4988 5567 6697
2963 5578 5679
2064 2286 7790
289 4639 7582
1258 4312 5340
2428 4219 7268
1752 2321 6806
118 7302 8603
4170 4280 4445
2207 5067 7257
2 55 7413
1141 4791 7149
3407 5649 8075
2773 3198 3720
6970 7222 8633
2498 4764 5281
1048 2093 5031
2500 2851 8396
1694 3795 6666
2565 3343 4688
4228 4374 5947
2267 6745 7172
175 2662 3926
90 1517 6056
4069 5439 7648
1679 3394 4707
2136 4553 8265
482 2100 2302
3306 3729 8063
5263 7710 8240
1001 1335 4500
576 6736 7250
181 3601 3755
5899 7515 7714
1181 5332 7197
542 1150 1196
1386 2156 5873
656 3019 3213
253 1117 5957
4495 5904 6462
2547 2786 4215
4954 5848 6225
940 4478 7633
2124 3347 7069

【図 8 3】

FIG. 83

Rate 14/16 N=69120 他ノタイプB
95 128 735 809 2382 2719 4381 4445 4500 5651 6000 6009 6400 7394
2222 2648 2825 4051 4054 4330 5281 5407 6228 6263 6861 7261 8175 8307
1954 2285 2329 2649 2954 3340 3544 4626 4776 5451 5603 6158 7148 7422
465 677 939 1007 1600 2226 3425 3645 4766 5036 5404 6247 6539 7760
442 1249 2489 2579 3259 4572 4608 4726 5439 6095 6378 8317 8378 8574
74 663 1080 1534 3128 3293 3730 4292 4521 4924 5148 6979 7633 8630
538 689 717 915 939 1607 2766 2992 4129 4543 5450 5845 6883 7205
598 659 812 1014 1066 1245 1731 2847 3656 3775 4960 4992 6300 7578
673 1149 1176 1436 2884 3475 3951 5169 5226 5591 5950 6603 7573 8426
127 629 1242 2196 3758 4017 6013 6128 6232 6538 7073 7307 7946 8166
388 401 1268 1814 2256 3549 4884 5615 6895 7107 7474 7544 7551 7825
523 2477 3119 3849 3901 3978 4486 4518 5258 5593 6899 7587 7912 8215
421 1000 2064 2070 2723 3941 4078 4640 5827 5846 6525 7719 8169
353 1017 1895 2566 2574 2651 4356 5860 6711 6970 7567 7727 8522
238 257 1225 2032 3000 3955 4118 4325 5482 5932 6285 6680 6994
365 523 2306 2379 4362 5344 5993 7473 7500 7861 8116 8431 8492
1119 1320 1993 2434 2783 3032 3758 4830 5154 5206 5339 5516 6453
1209 2599 2786 3404 4309 4487 4753 5051 5064 5100 5170 5558 7108
1551 1696 2789 3142 4097 4267 5178 5815 6165 7088 7731 7806 8269
60 1189 1720 3119 6403 6586 6603 7019 7623 7732 7934 8081 8157
500 1218 1227 1422 1558 1901 3610 4263 4273 4704 4730 5192 6489
146 377 437 1477 2328 2785 4195 6535 7595 7652 7718 7894 8601
36 453 1103 3738 4136 4580 6604 6917 7166 7538 8002 8105 8632
873 3043 3334 4506 4620 4638 5016 5608 6251 6383 6781 6795 8253
185 223 1023 2907 3101 3330 3654 4088 5876 6460 6482 7657 7838
540 583 1507 2890 2997 3820 4288 4571 5231 7105 7311 7401 7916
761 1368 2218 2456 2562 2701 4744 5161 5247 6038 6430 6551 6957
1003 1115 4045 4052 4491 5573 6070 6225 6528 6770 7087 8484 8526
945 1500 2141 2852 5895 5924 6589 6660 7360 7831 7920 7839 8188
282 686 1010 2301 2830 3248 4635 4810 4847 5099 5873 5905 6844
1796 3108 3214 3282 3746 4286 4995 6281 7235 7276 7773 8245 8328
1349 1762 1823 1935 2526 3184 3511 4531 6070 6697 6969 7190 7760
984 1410 2807 3035 3992 4082 4605 5097 5115 6391 6692 8362 8476
757 1281 1736 2103 4164 5905 6331 7278 7514 8213 8396 8440 8465
645 4414
1338 8195
1237 5945
1000 7040
1171 8124
68 2695
3561 5194
1561 3302
4487 6075
3508 8439
2166 2546
1368 1397
785 6326
657 4177
2314 4074
587 5476
1487 5944 6170
3645 6414 7448
1927 3790 6692
1176 4020 7527
1237 5395 6965
83 928 3291

【図 8 4】

FIG. 84

1820 2600 3721
369 4250 6233
533 874 6303
1060 3459 6348
380 486 6925
455 2030 8562
775 1917 7294
5145 6283 7207
1806 2399 2634
1022 7564 8614
331 3107 7576
2829 4326 5540
252 1419 7450
721 829 3416
1289 3312 8018
2823 3249 6538
1007 5952 8298
1902 4571 6734
2565 6406 7168
773 915 5018
3028 4051 7741
79 1753 3852
903 3404 3680
5489 5848 5866
2424 3301 4317
2796 3577 6028
3170 8557 7179
4217 4630 8466
5750 7831 8430
596 3008 4747
2145 3431 8483
303 2293 2476
3344 5905 8022
1863 4341 8296
5287 6278 6816
1066 1699 4779
166 2129 7295
3924 3954 6338
980 6321 7691
437 823 6203
4958 6320 7338
1751 4642 6000
1964 2806 4900
3596 6569 7941
1014 1565 5628
2535 4549 8594
307 3169 5499
2241 3013 3111
363 3334 3692
1019 1169 2529
1184 1548 8550
628 3240 4777
6847 7871 8606
7005 7866 8170
3091 4408 8309

10

20

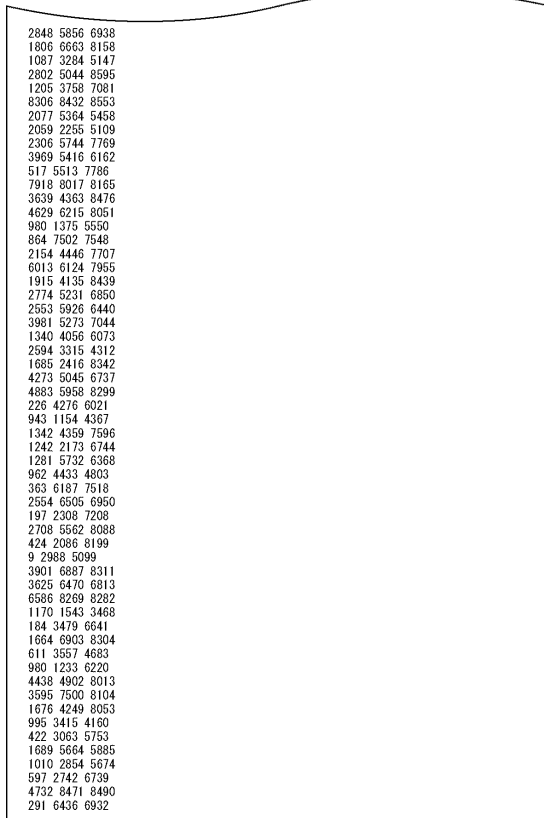
30

40

50

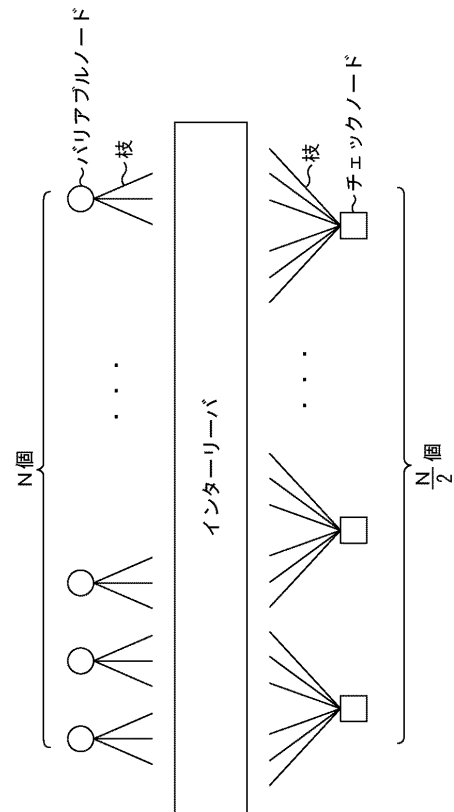
【図 8 5】

FIG. 85



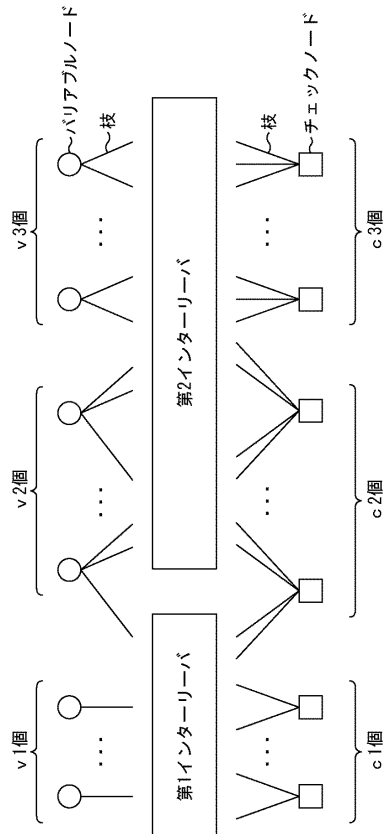
【図 8 6】

FIG. 86



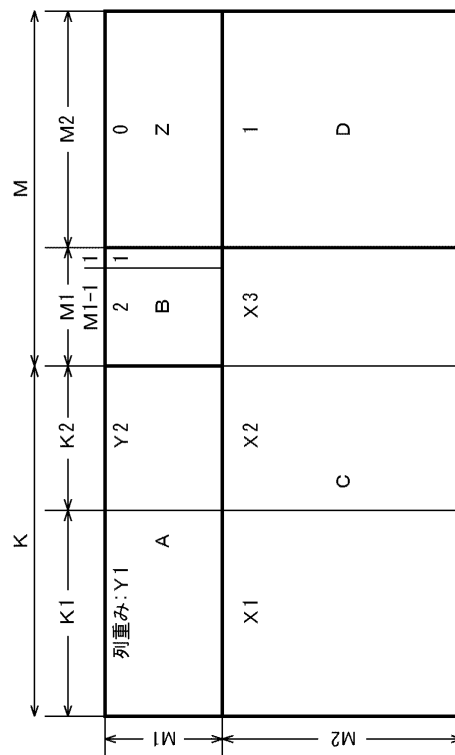
【図 8 7】

FIG. 87



【図 8 8】

FIG. 88



10

20

30

40

50

【図 8 9】

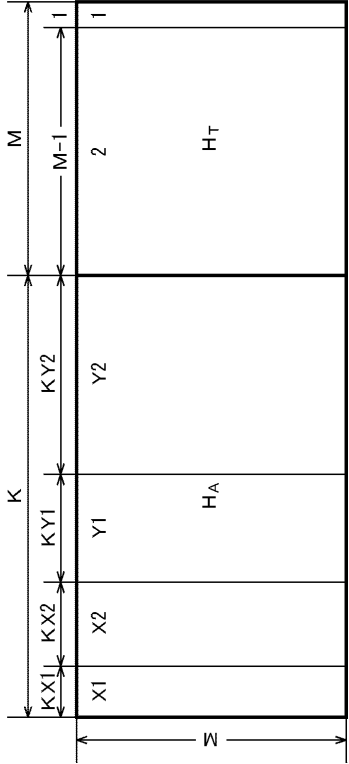
FIG. 89

列重み分布と性能閾値一覧:

Rate	X1	Y1	K1	X2	Y2	K2	X3	M1	M2	性能閾値 (Es/No)
2/16	18	3	2520	17	3	6120	17	1800	58680	-6.813095
3/16	13	3	11160	12	3	1800	12	1800	54360	-4.865416
4/16	18	3	360	10	3	16920	10	1800	50040	-3.416395
5/16	10	2	2520	8	3	19080	8	1800	45720	-2.220124
6/16	9	2	8280	6	3	17640	9	1800	41400	-1.188440
7/16	9	2	15480	2	3	14760	5	4680	34200	-0.237234
8/16	7	2	22680	2	3	11880	3	3240	31320	0.603630

【図 9 0】

FIG. 90



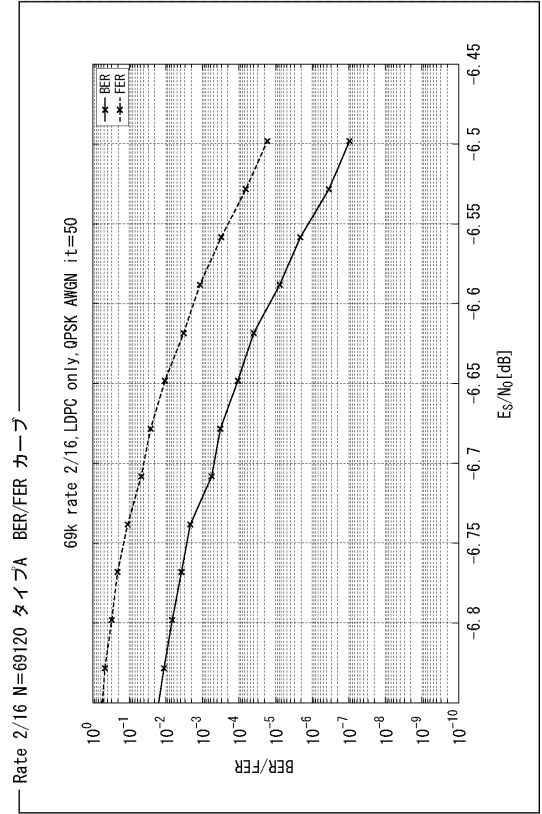
【図 9 1】

FIG. 91

	Rate	X1	KX1	X2	KX2	Y1	KY1	Y2	KY2	M	性能閾値 (Es/No)
タイプB	7/16	-	0	20	6480	4	6480	3	17280	38880	-0.093497
他のタイプB	7/16	21	4320	20	2160	4	6480	3	17280	38880	-0.095051
タイプB	8/16	-	0	24	5760	6	5760	3	23040	34560	0.668232
他のタイプB	8/16	22	4320	21	1440	6	5760	3	23040	34560	0.677172
タイプB	9/16	16	7560	15	1440	4	1080	3	28800	30240	1.428823
他のタイプB	9/16	16	3960	14	5040	4	1080	3	28800	30240	1.437271
タイプB	10/16	17	2880	16	6120	4	1080	3	33120	25920	2.16195
他のタイプB	10/16	18	2520	17	6480	4	1080	3	33120	25920	2.155295
タイプB	11/16	-	0	15	10080	-	0	3	37440	21600	2.911363
他のタイプB	11/16	13	4320	12	6480	2	2160	3	34560	21600	2.935036
タイプB	12/16	15	4320	14	6480	2	2160	3	38880	17280	3.683039
他のタイプB	12/16	-	0	12	10800	2	2160	3	38880	17280	3.712254
タイプB	13/16	14	5400	13	6120	2	3960	3	40680	12960	4.524858
他のタイプB	13/16	12	2880	11	8640	2	4320	3	40320	12960	4.552867
タイプB	14/16	13	8280	12	3960	2	6120	3	42120	8640	5.498004
他のタイプB	14/16	14	4320	13	7920	2	5760	3	42480	8640	5.492328

【図 9 2】

FIG. 92



10

20

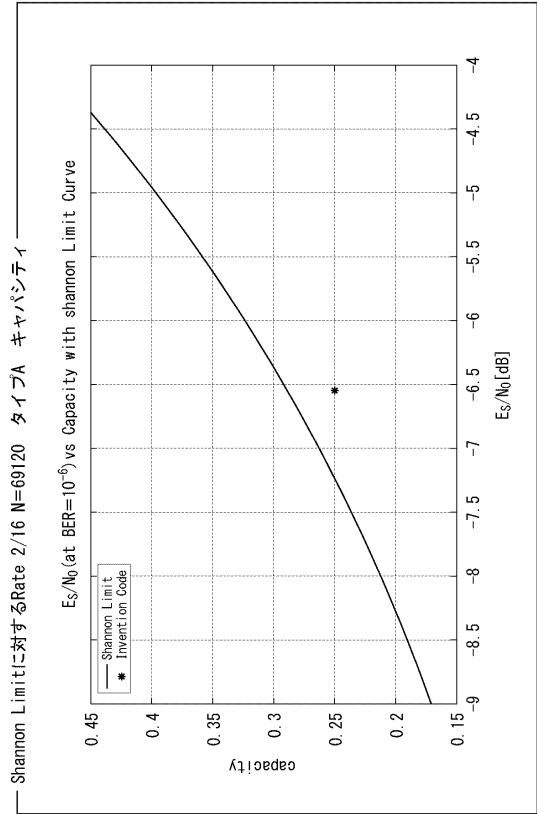
30

40

50

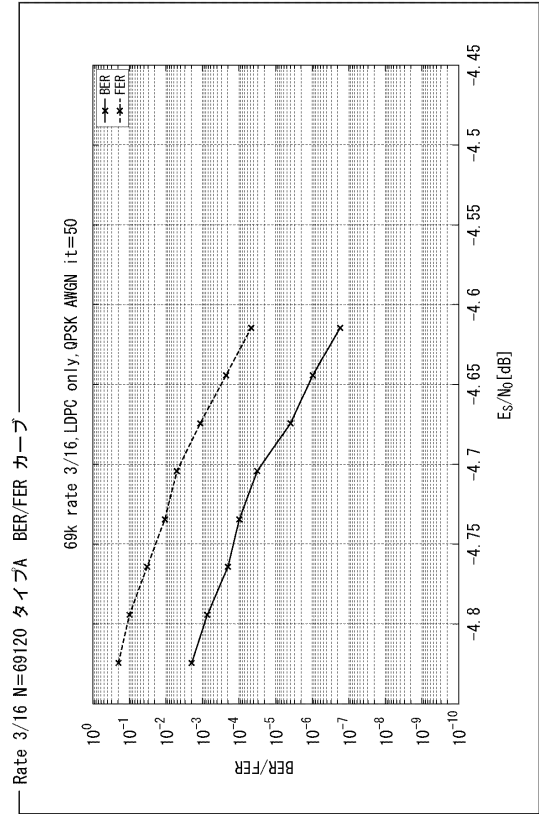
【図 9 3】

FIG. 93



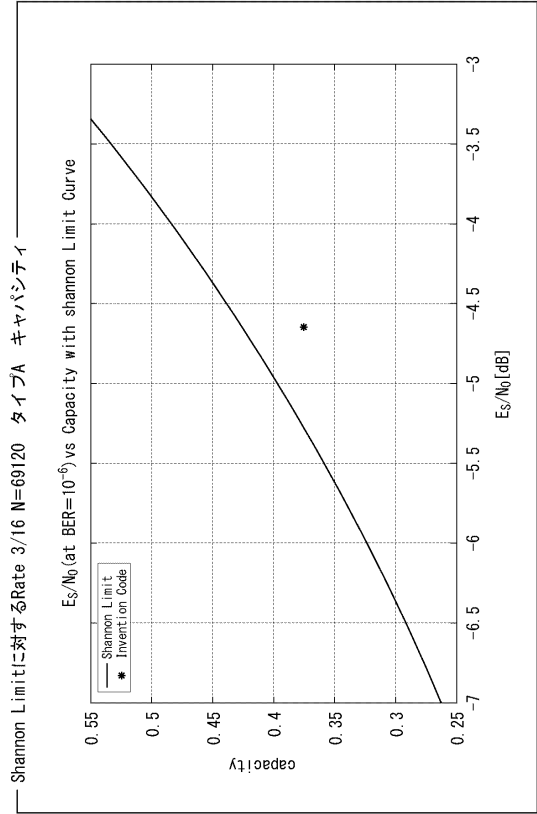
【図 9 4】

FIG. 94



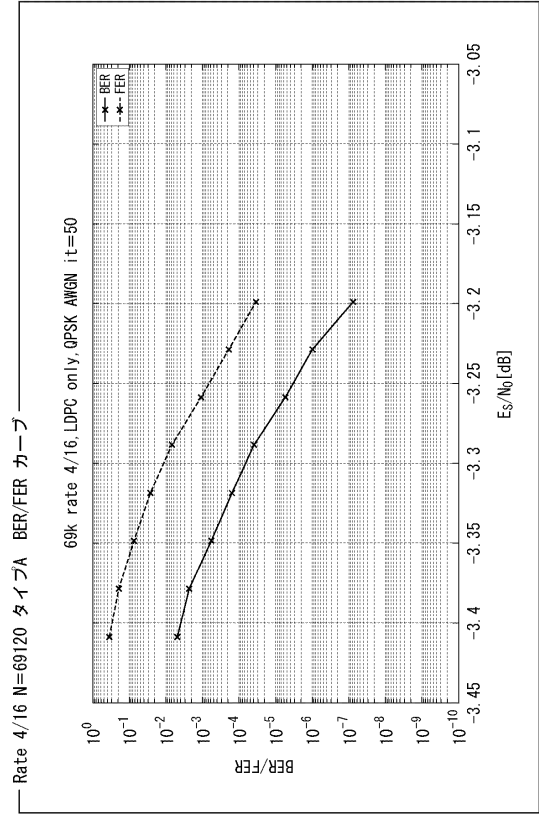
【図 9 5】

FIG. 95



【図 9 6】

FIG. 96



10

20

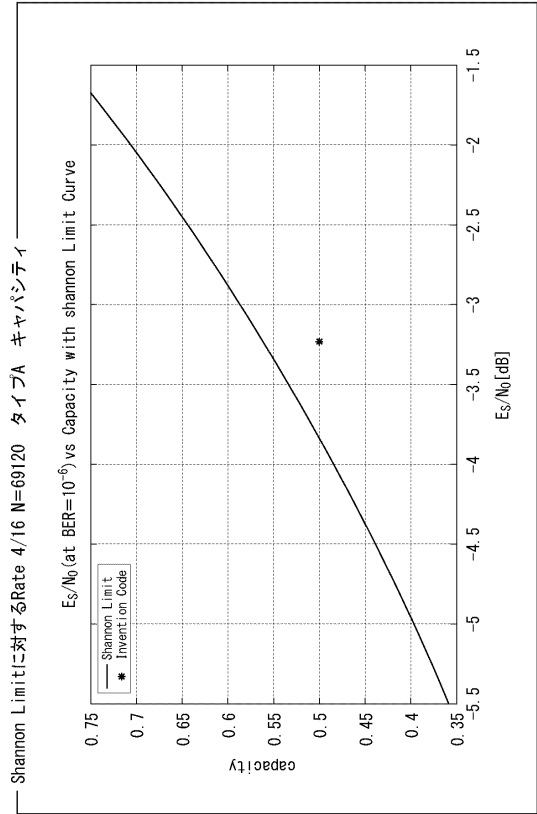
30

40

50

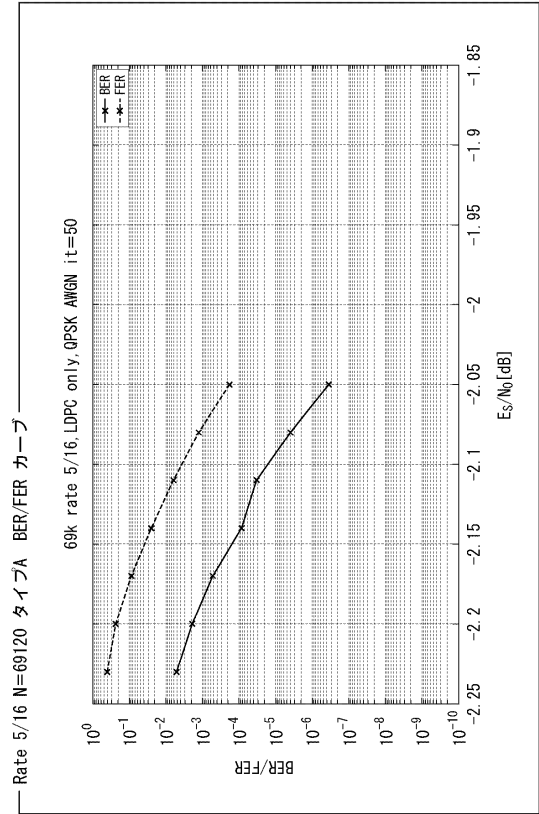
【図 9 7】

FIG. 97



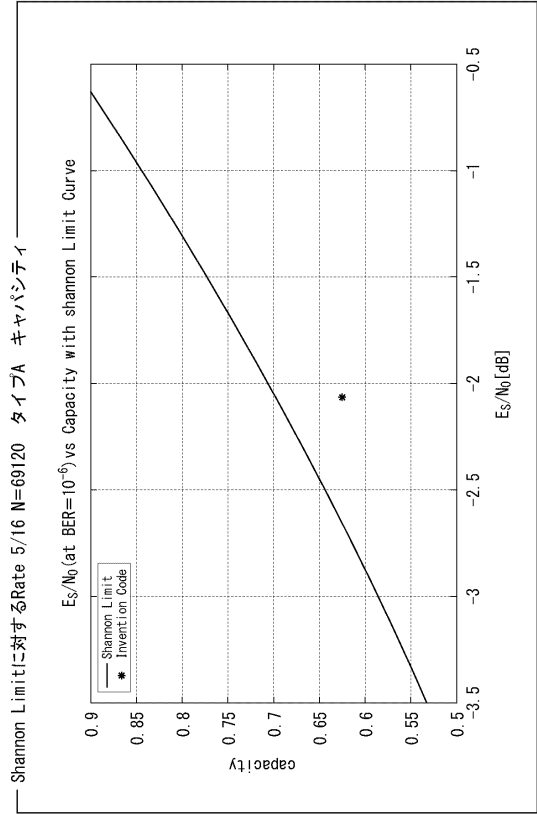
【図 9 8】

FIG. 98



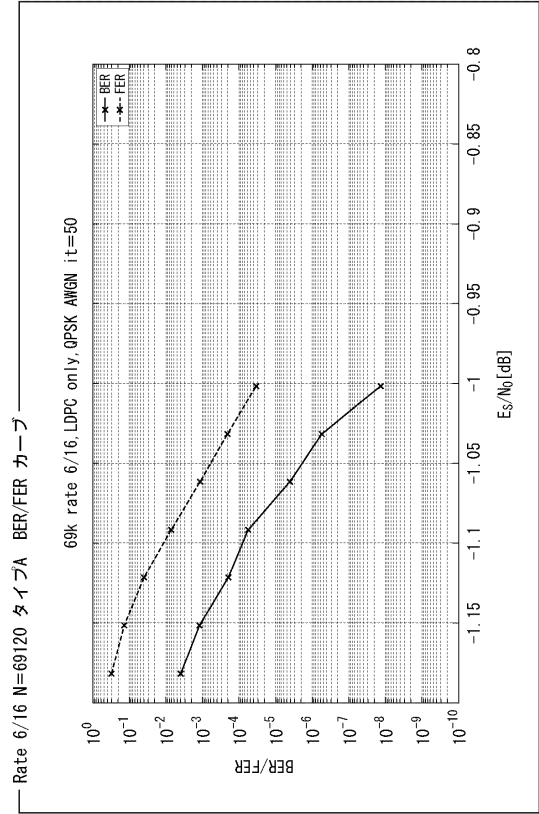
【図 9 9】

FIG. 99



【図 1 0 0】

FIG. 100



10

20

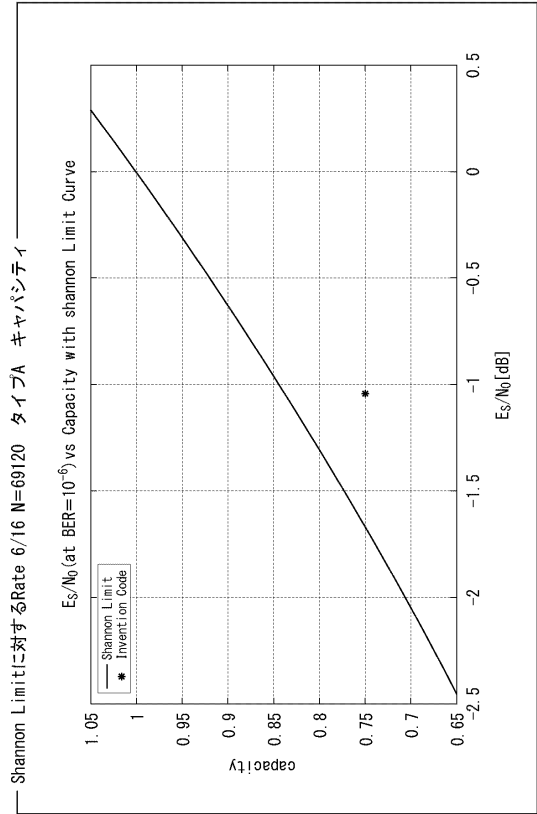
30

40

50

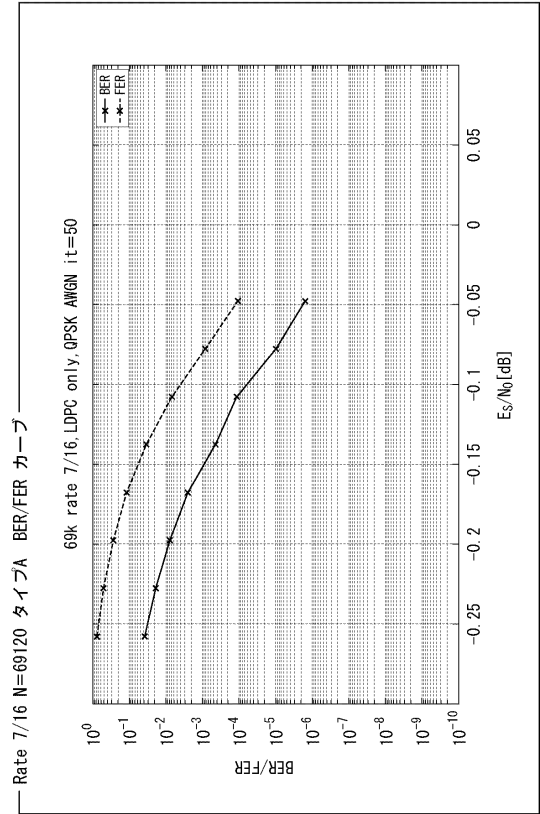
【図101】

FIG. 101



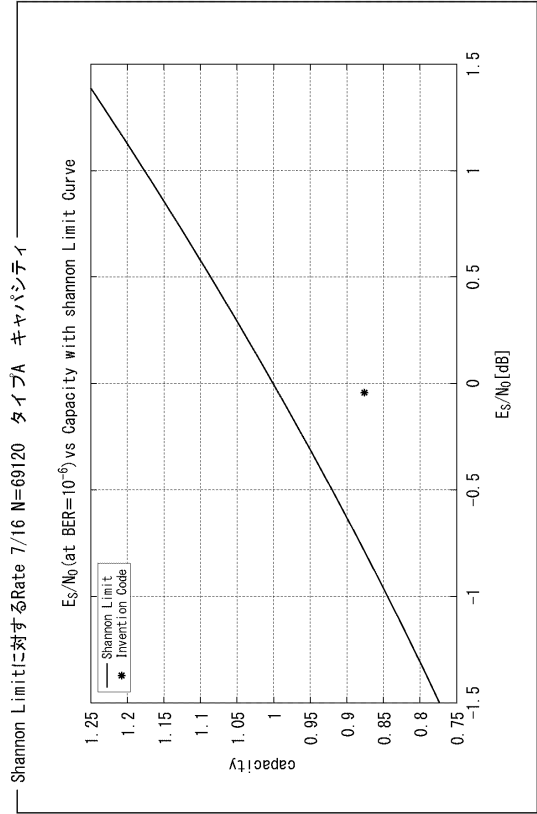
【図102】

FIG. 102



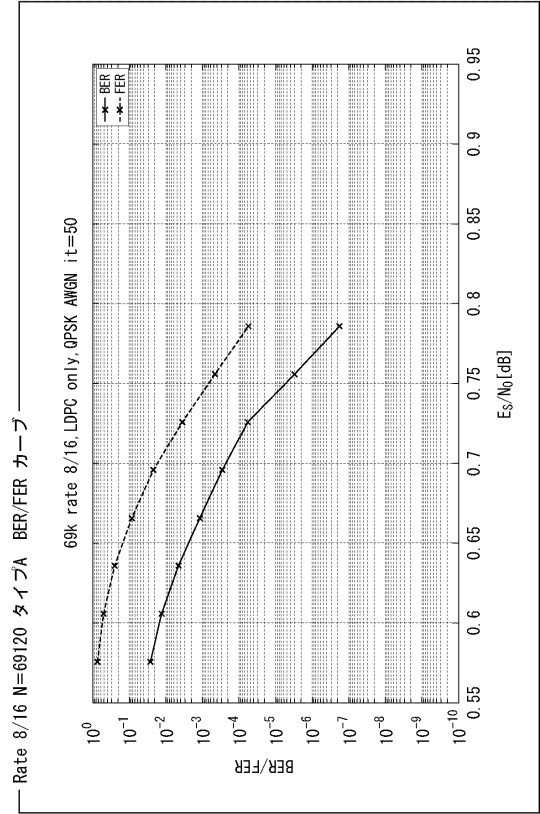
【図103】

FIG. 103



【図104】

FIG. 104



10

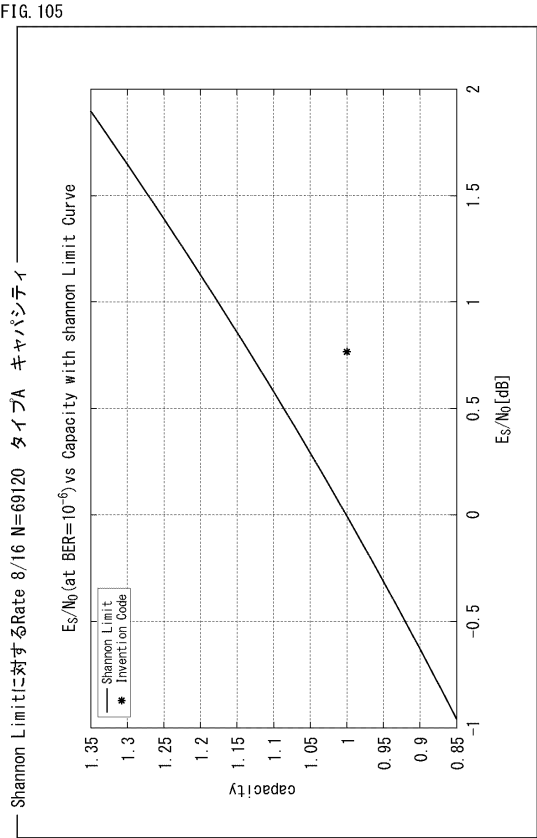
20

30

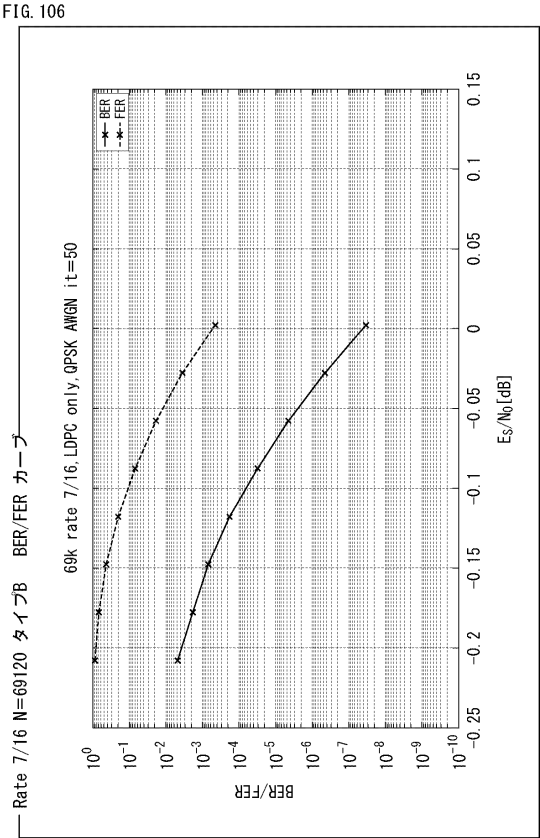
40

50

【図105】



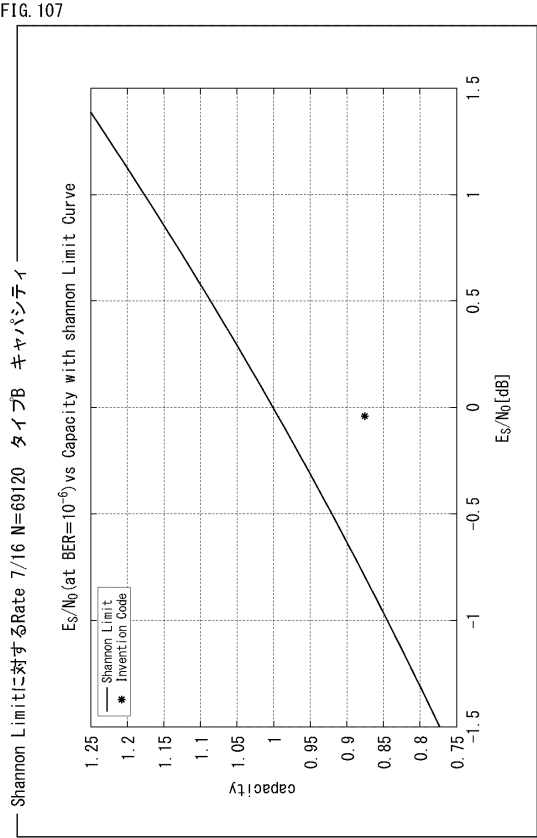
【図106】



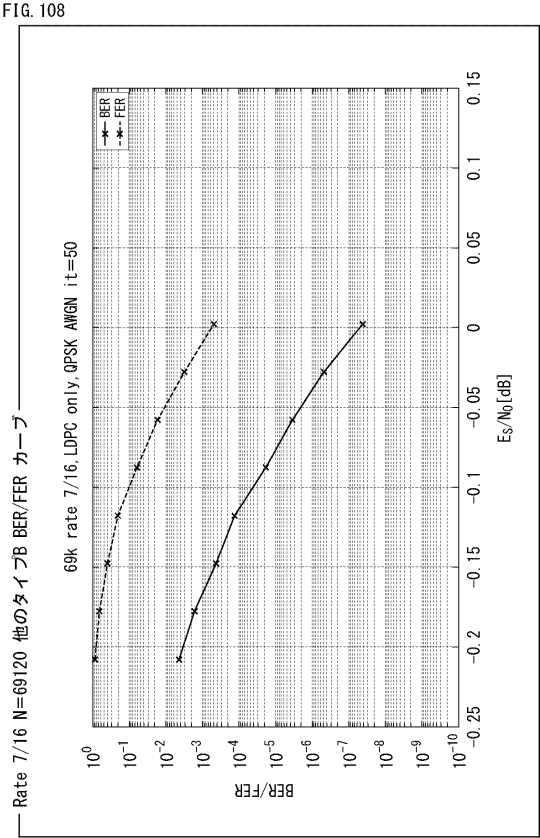
10

20

【図107】



【図108】



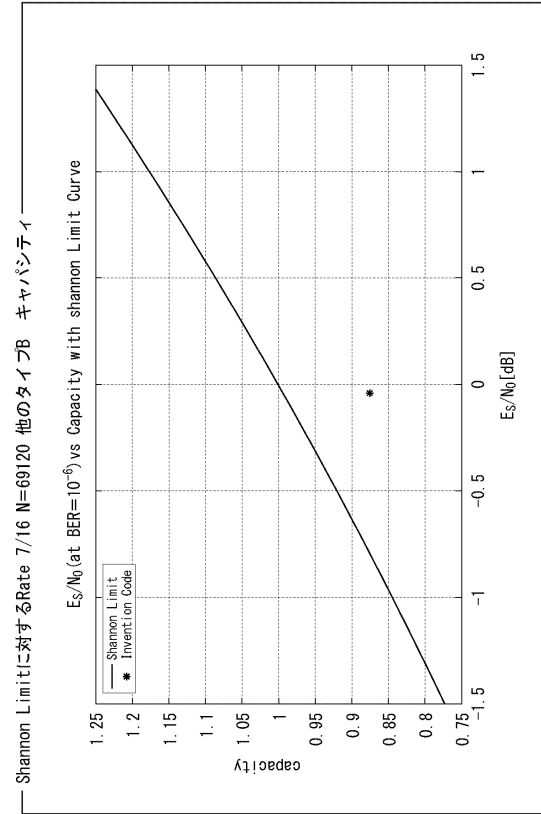
30

40

50

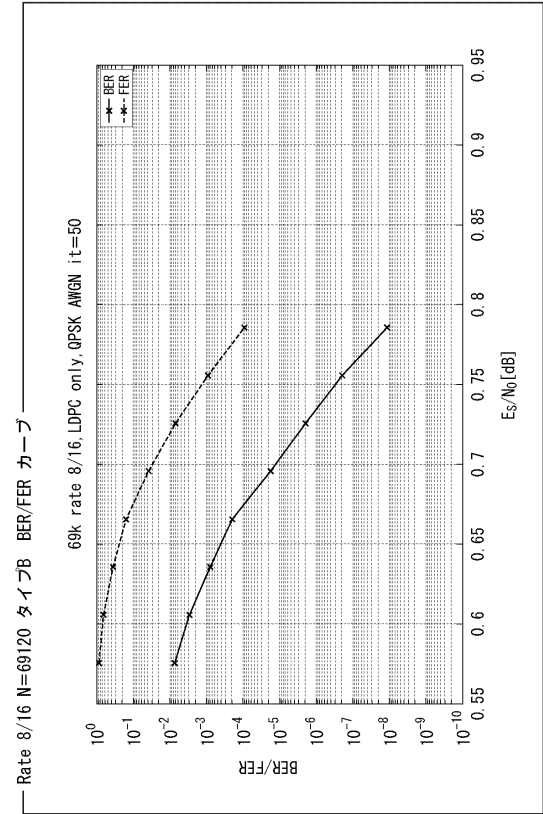
【図109】

FIG. 109



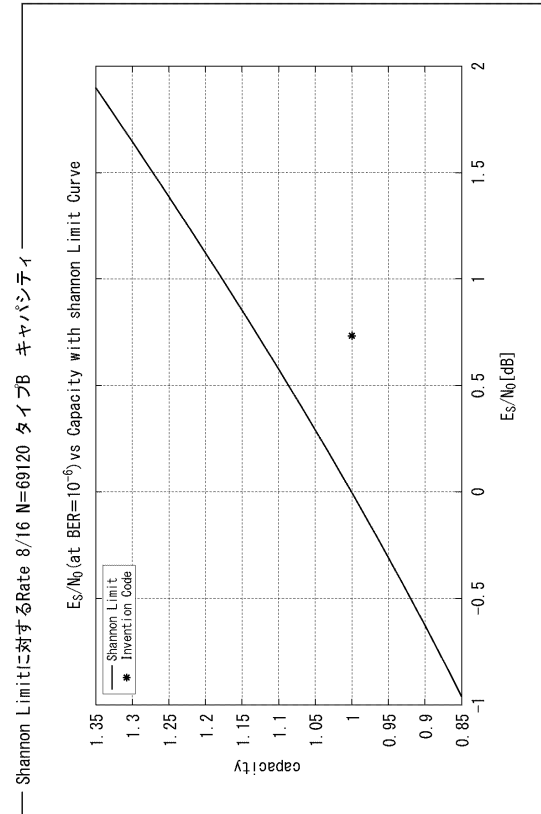
【図110】

FIG. 110



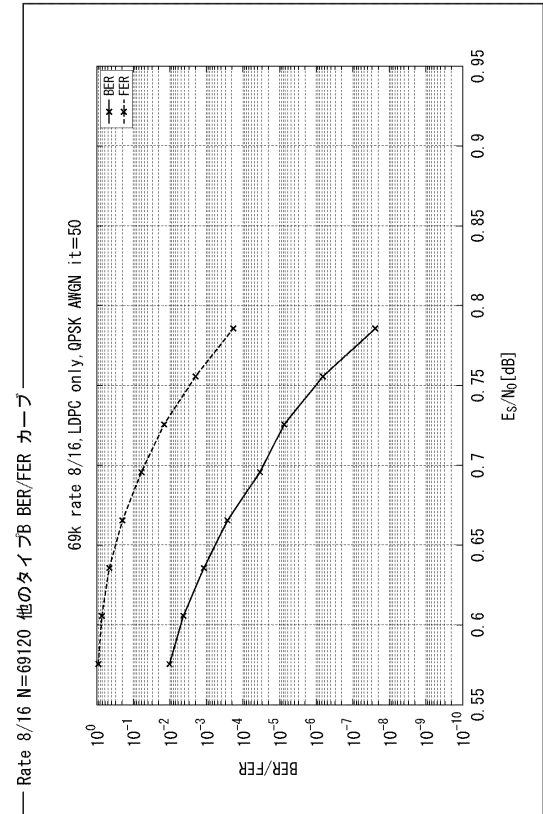
【図111】

FIG. 111



【図112】

FIG. 112



10

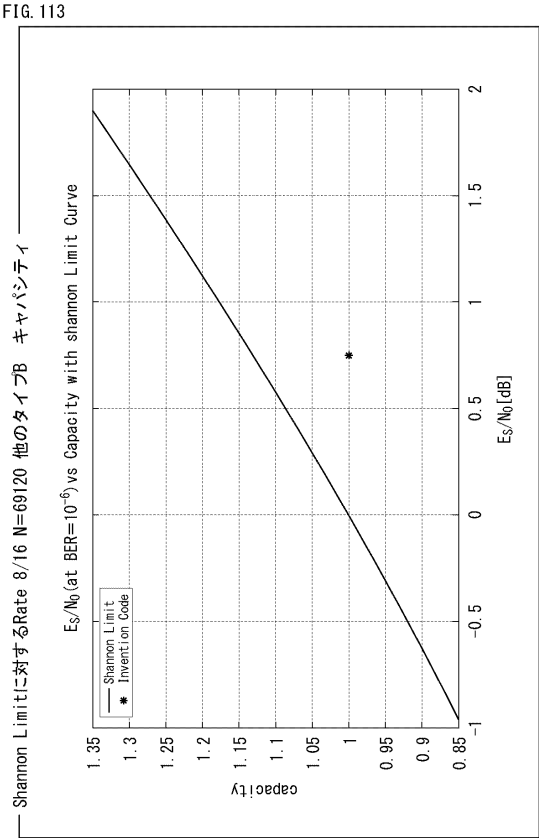
20

30

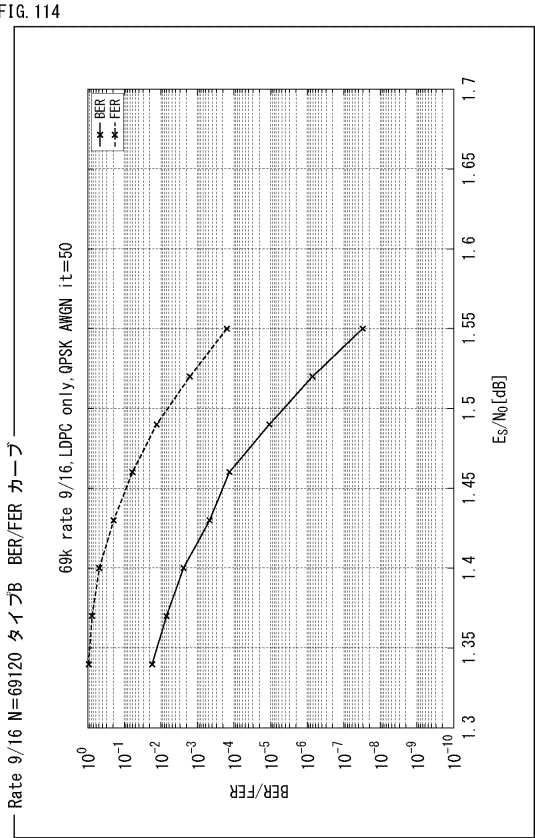
40

50

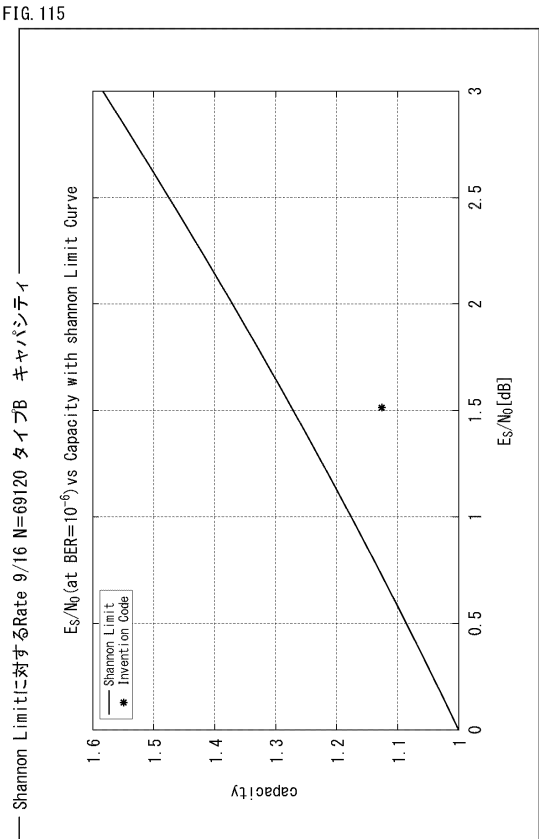
【図 1 1 3】



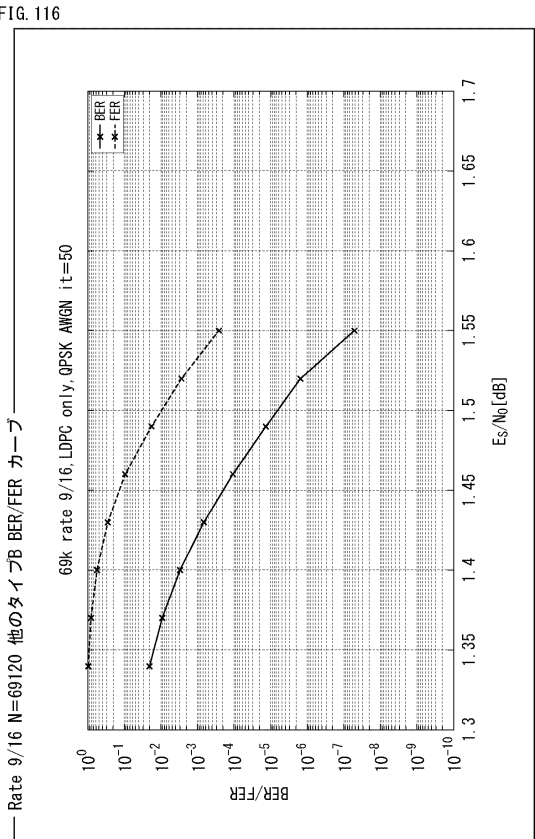
【図 1 1 4】



【図 1 1 5】



【図 1 1 6】



10

20

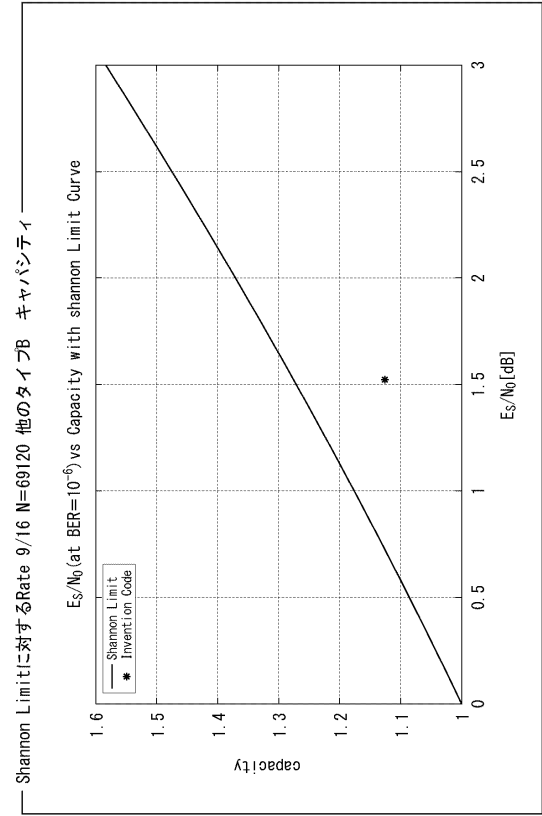
30

40

50

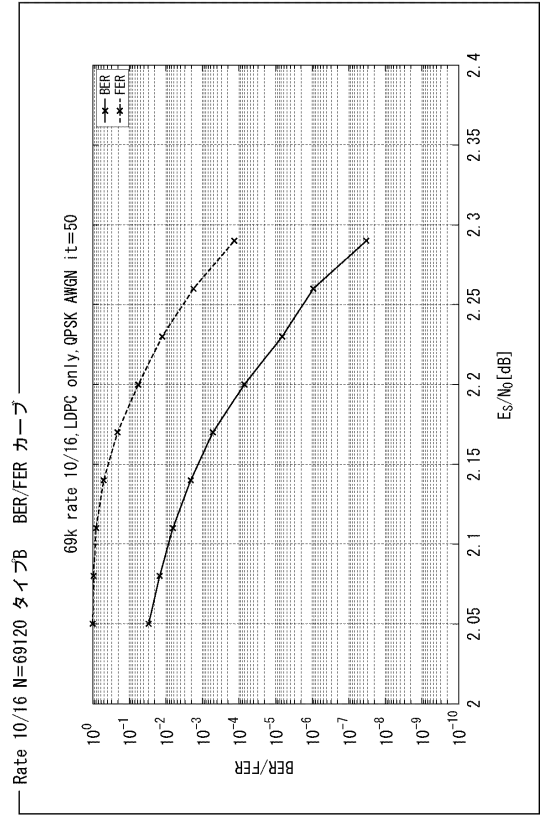
【図 1 1 7】

FIG. 117



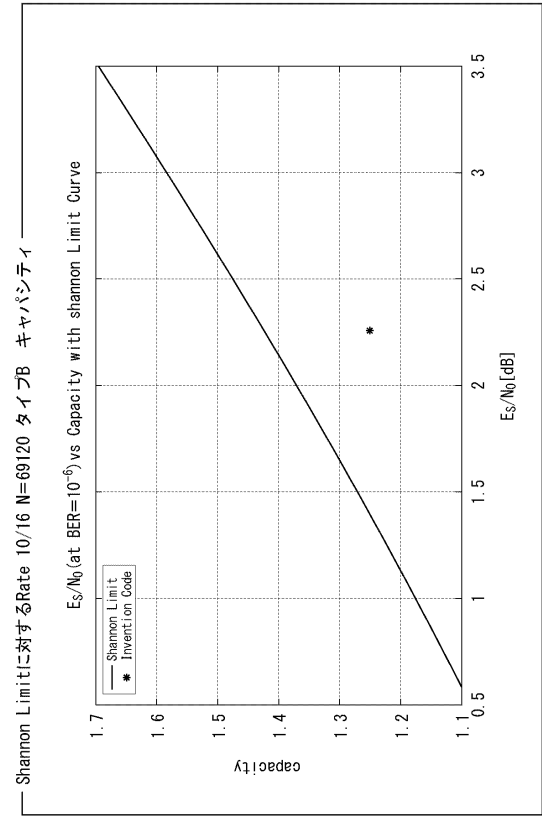
【図 1 1 8】

FIG. 118



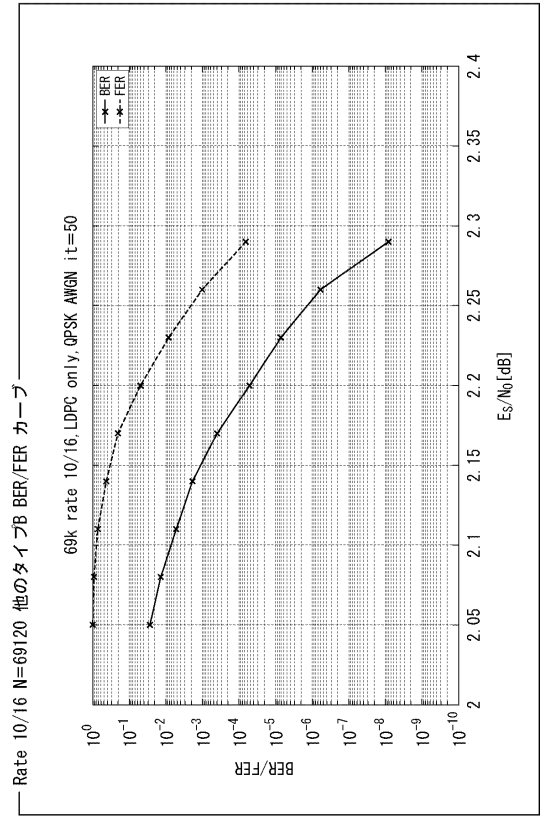
【図 1 1 9】

FIG. 119



【図 1 2 0】

FIG. 120



10

20

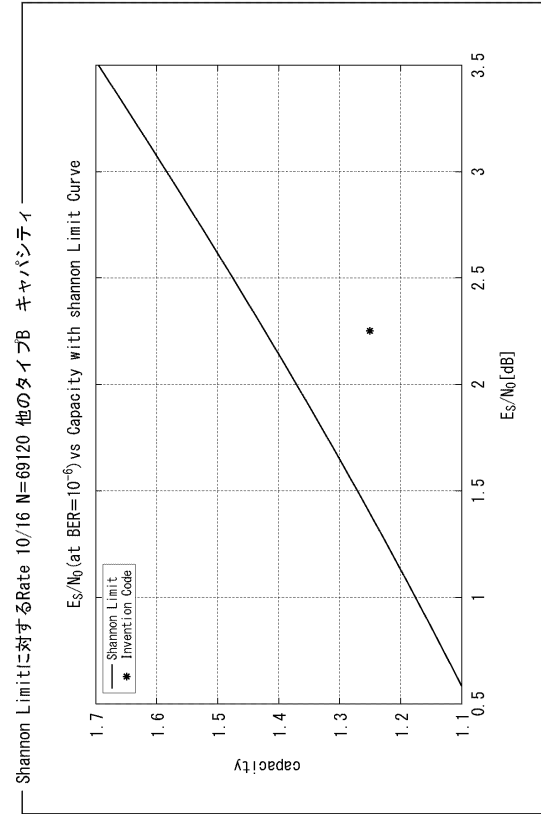
30

40

50

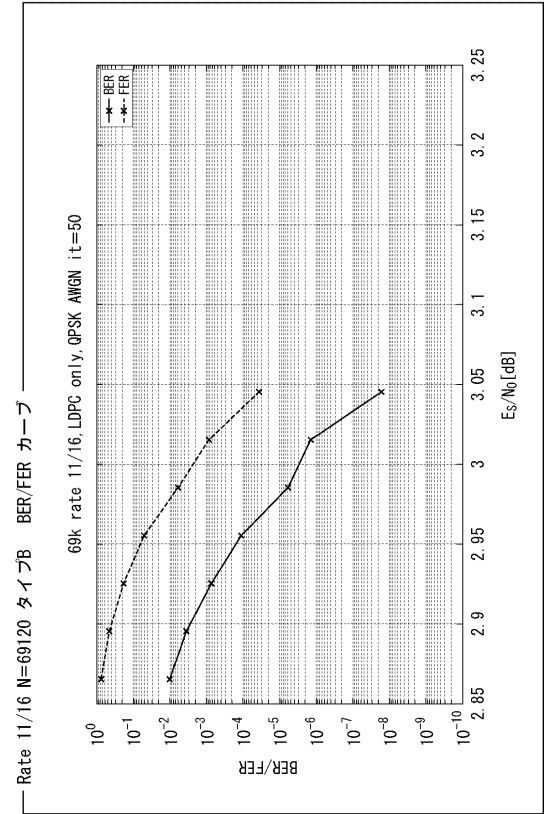
【図 1 2 1】

FIG. 121



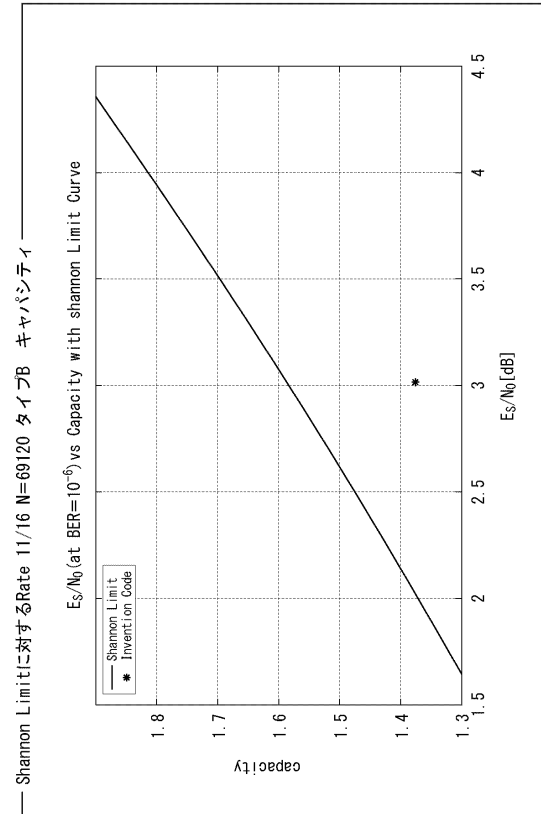
【図 1 2 2】

FIG. 122



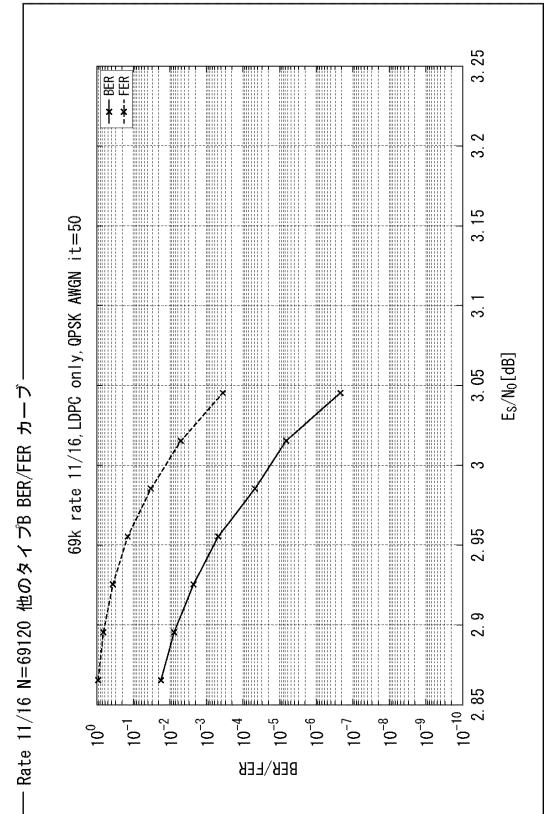
【図 1 2 3】

FIG. 123



【図 1 2 4】

FIG. 124



10

20

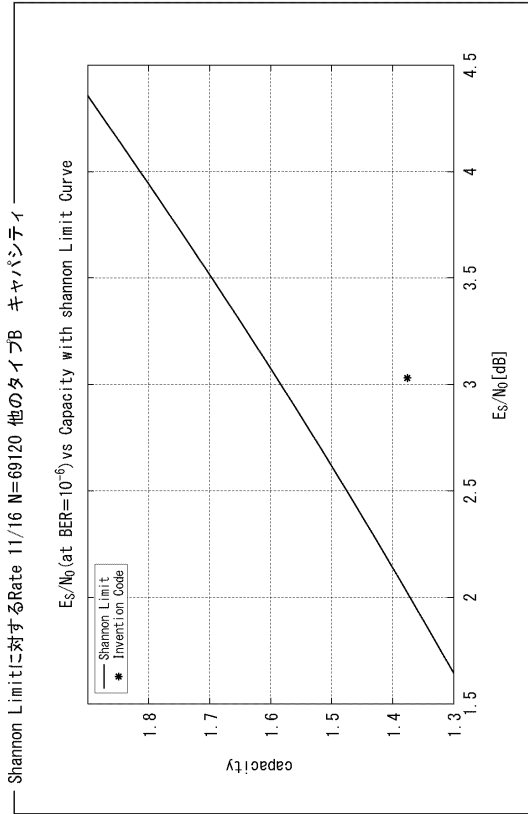
30

40

50

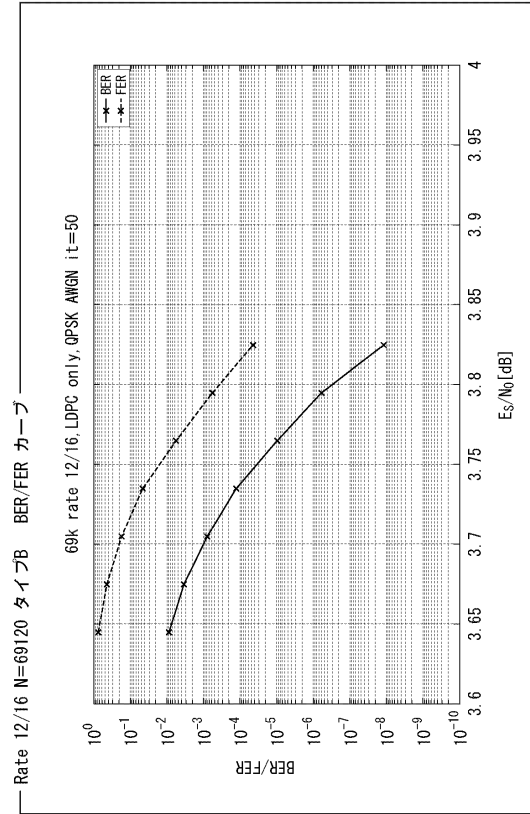
【図 1 2 5】

FIG. 125



【図 1 2 6】

FIG. 126

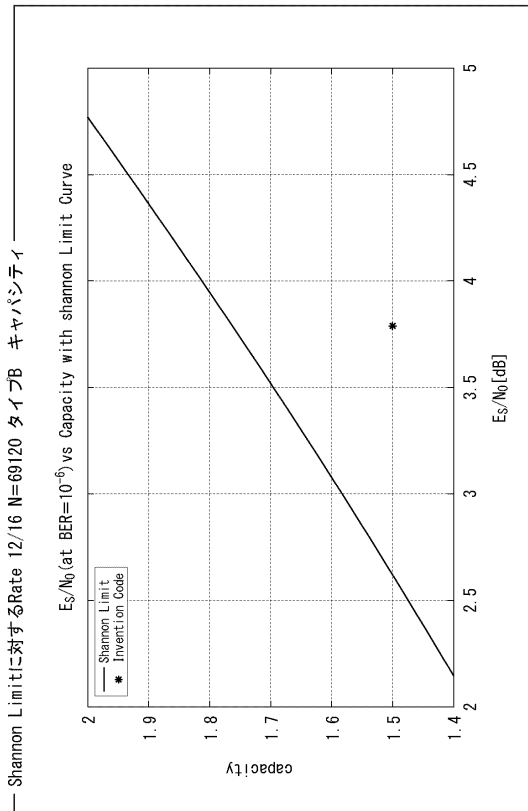


10

20

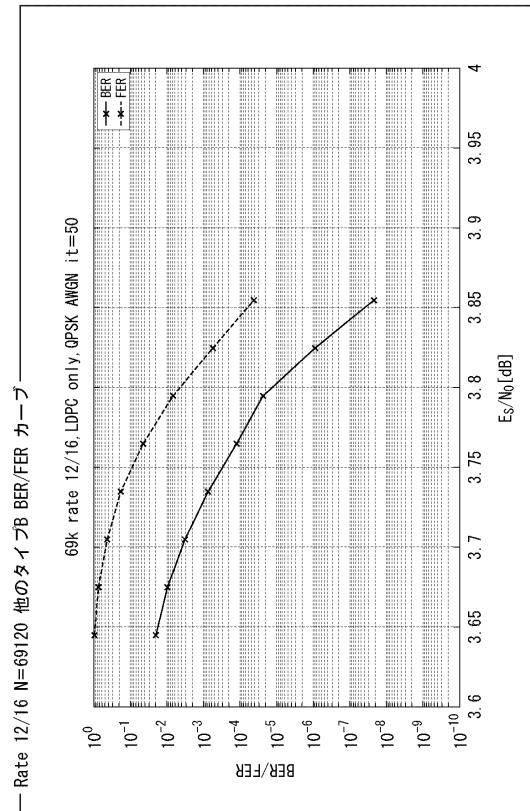
【図 1 2 7】

FIG. 127



【図 1 2 8】

FIG. 128



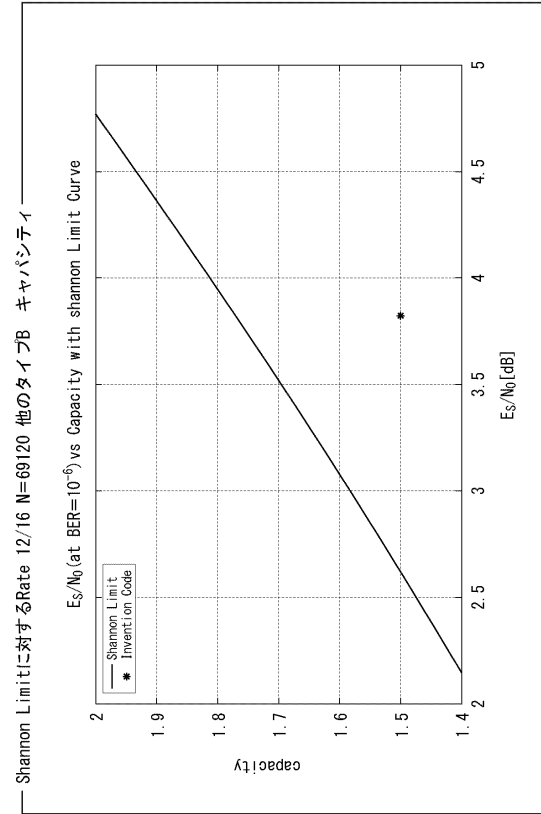
30

40

50

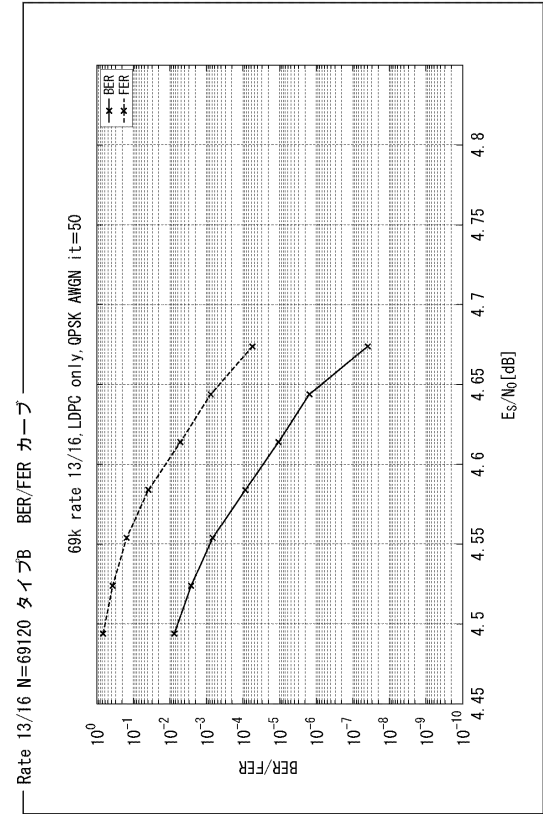
【図 1 2 9】

FIG. 129



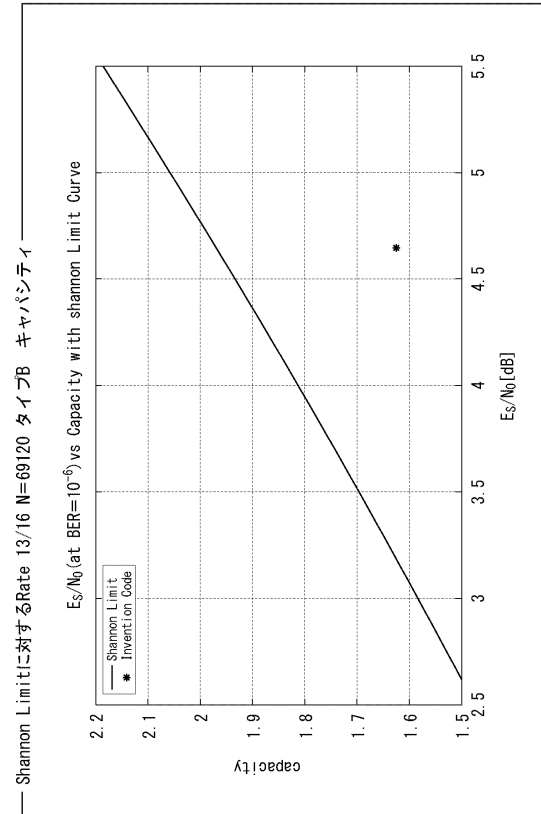
【図 1 3 0】

FIG. 130



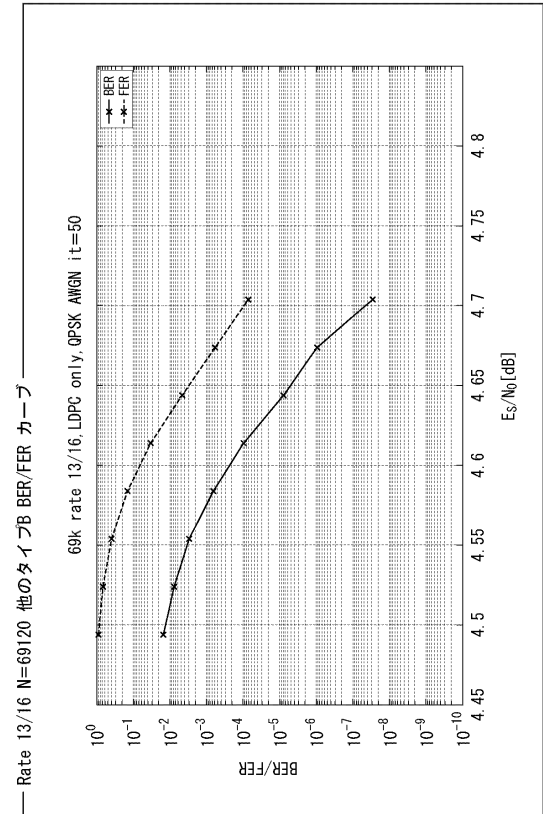
【図 1 3 1】

FIG. 131



【図 1 3 2】

FIG. 132



10

20

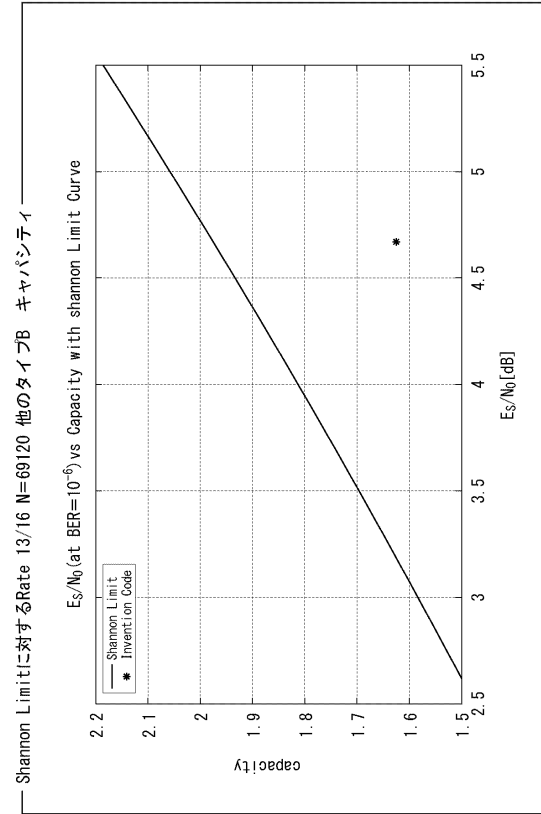
30

40

50

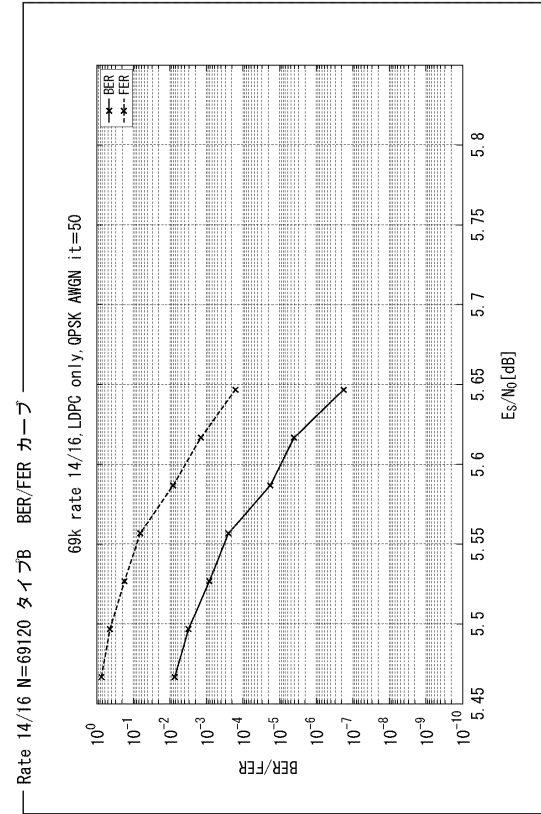
【図 1 3 3】

FIG. 133



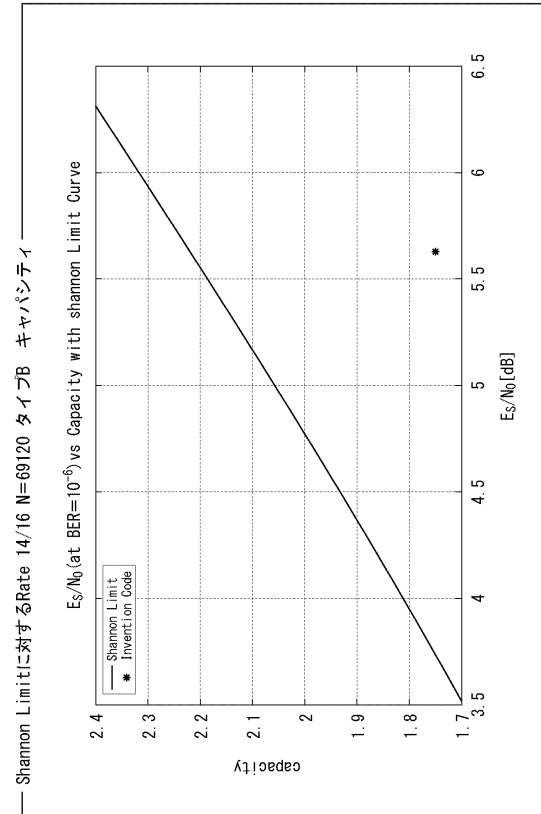
【図 1 3 4】

FIG. 134



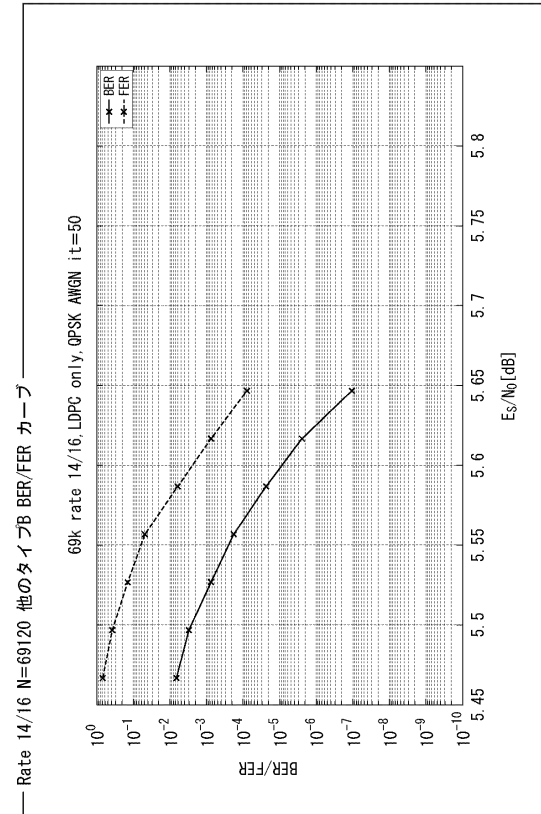
【図 1 3 5】

FIG. 135



【図 1 3 6】

FIG. 136



10

20

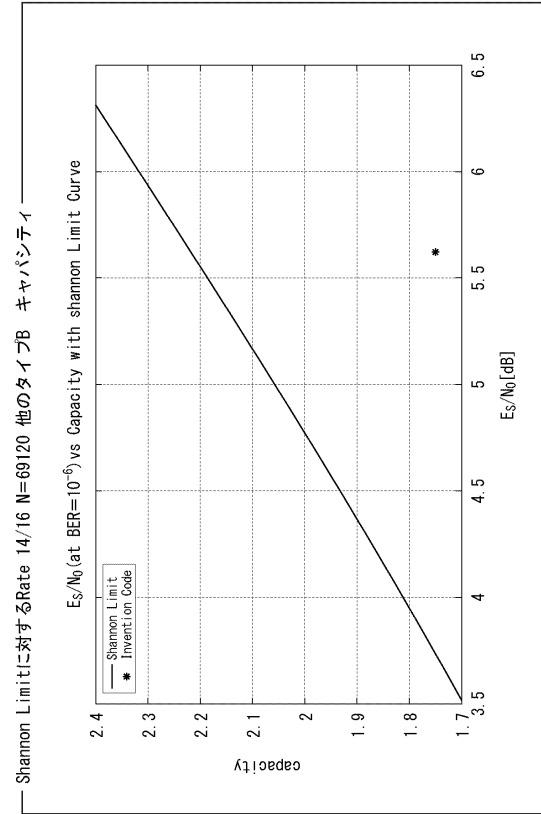
30

40

50

【図 1 3 7】

FIG. 137



【図 1 3 8】

FIG. 138

Input Data Cell y	Constellation Point z_s
00	$(1+j1)/\sqrt{2}$
01	$(-1+j1)/\sqrt{2}$
10	$(+1-j1)/\sqrt{2}$
11	$(-1-j1)/\sqrt{2}$

10

20

【図 1 3 9】

FIG. 139

w/OR	2/15	3/15	4/15	5/15	6/15	7/15
w0	0.7062+j0.7075	0.3620+j0.5534	0.3412+j0.5241	0.3192+j0.5011	0.5115+j1.2092	0.2592+j0.4888
w1	0.7075+j0.7062	0.5534+j0.3620	0.5241+j0.3412	0.5011+j0.3192	1.2092+j0.5115	0.4888+j0.2592
w2	0.7072+j0.7077	0.5940+j1.1000	0.5797+j1.1282	0.5575+j1.1559	0.2663+j0.4530	0.5072+j1.1980
w3	0.7077+j0.7072	1.1000+j0.5940	1.1282+j0.5797	1.1559+j0.5575	0.4530+j0.2663	1.1980+j0.5072

w/OR	8/15	9/15	10/15	11/15	12/15	13/15
w0	0.2535+j0.4923	0.2386+j0.5296	0.4487+j1.1657	0.9342+j0.9847	0.9555+j0.9555	0.9517+j0.9511
w1	0.4923+j0.2535	0.5296+j0.2386	1.2080+j0.5377	0.9866+j0.2903	0.9555+j0.2949	0.9524+j0.3061
w2	0.4927+j1.2044	0.4882+j1.1934	0.2213+j0.4416	0.2716+j0.9325	0.2949+j0.9555	0.3067+j0.9524
w3	1.2044+j0.4927	1.1934+j0.4882	0.6186+j0.2544	0.2901+j0.2695	0.2949+j0.2949	0.3061+j0.3067

【図 1 4 0】

FIG. 140

u/OR	2/15	3/15	4/15	5/15	6/15	7/15
u0	0.3317	0.2382	0.1924	0.1313	0.1275	0.0951
u1	0.3321	0.2556	0.1940	0.1311	0.1276	0.0949
u2	0.3322	0.2749	0.2070	0.1269	0.1294	0.1319
u3	0.3321	0.2558	0.2050	0.1271	0.1295	0.1322
u4	0.3327	0.2748	0.3056	0.3516	0.3424	0.3170
u5	0.3328	0.2949	0.3096	0.3504	0.3431	0.3174
u6	0.3322	0.2749	0.2890	0.3569	0.3675	0.3936
u7	0.3322	0.2558	0.2854	0.3581	0.3666	0.3921
u8	0.9369	0.9486	0.7167	0.6295	0.6097	0.5786
u9	0.9418	0.8348	0.7362	0.6301	0.6072	0.5789
u10	0.9514	0.7810	0.7500	0.6953	0.7113	0.7205
u11	0.9471	0.8348	0.7326	0.6903	0.7196	0.7456
u12	0.9448	0.9463	0.9667	0.9753	0.9418	0.9299
u13	0.9492	0.8336	0.9665	1.0185	1.0048	1.0084
u14	0.9394	0.9459	1.1332	1.2021	1.2286	1.2349
u15	0.9349	1.4299	1.4761	1.4981	1.5031	1.5118

u/OR	8/15	9/15	10/15	11/15	12/15	13/15
u0	0.0773	0.0638	0.0592	0.0502	0.0354	0.0325
u1	0.0773	0.0638	0.0594	0.0637	0.0921	0.0967
u2	0.1614	0.1757	0.1780	0.1615	0.1602	0.1623
u3	0.1614	0.1756	0.1790	0.1842	0.2185	0.2280
u4	0.3086	0.3069	0.2996	0.2760	0.2910	0.2957
u5	0.3085	0.3067	0.3041	0.3178	0.3530	0.3645
u6	0.4159	0.4333	0.4241	0.4040	0.4264	0.4361
u7	0.4163	0.4343	0.4404	0.4686	0.4947	0.5100
u8	0.5810	0.5765	0.5561	0.5535	0.5763	0.5878
u9	0.5872	0.5862	0.6008	0.6362	0.6531	0.6696
u10	0.7213	0.7282	0.7141	0.7293	0.7417	0.7566
u11	0.7604	0.7705	0.8043	0.8302	0.8324	0.8497
u12	0.9212	0.9218	0.9261	0.9432	0.9386	0.9498
u13	1.0349	1.0364	1.0639	1.0704	1.0529	1.0588
u14	1.2281	1.2234	1.2285	1.2158	1.1917	1.1795
u15	1.4800	1.4646	1.4309	1.3884	1.3675	1.3184

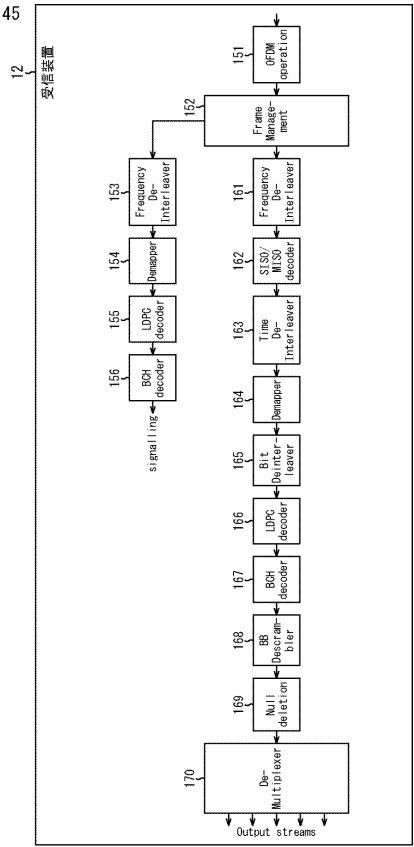
30

40

50

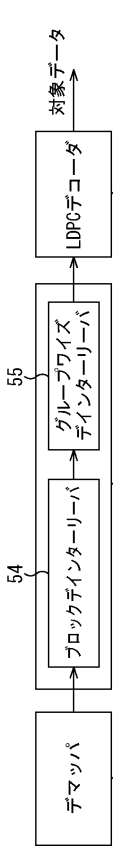
【図 1 4 5】

FIG. 145



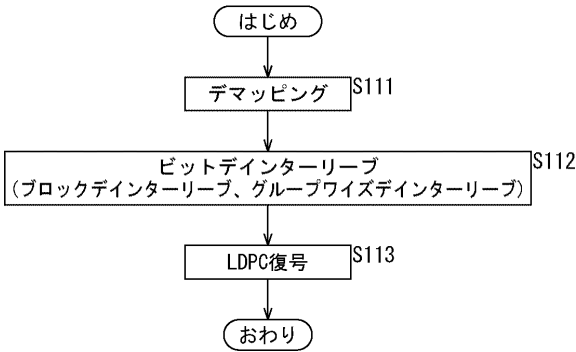
【図 1 4 6】

FIG. 146



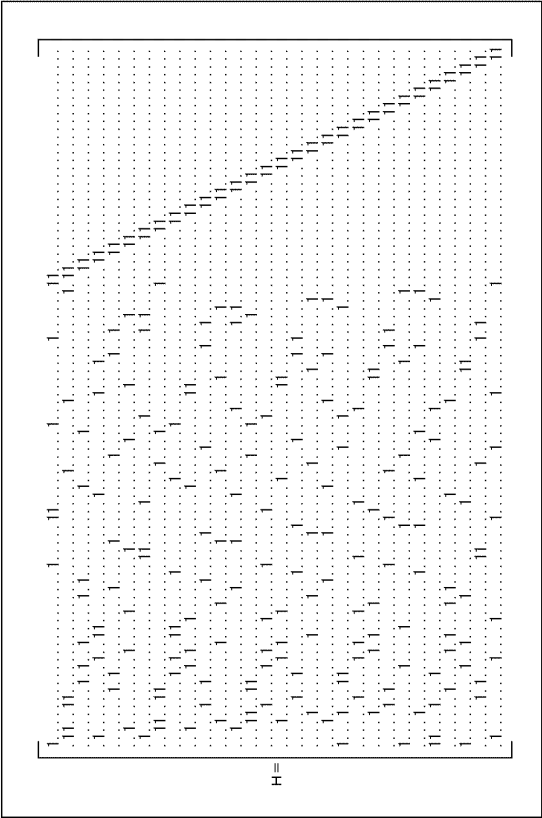
【図 1 4 7】

FIG. 147



【図 1 4 8】

FIG. 148



10

20

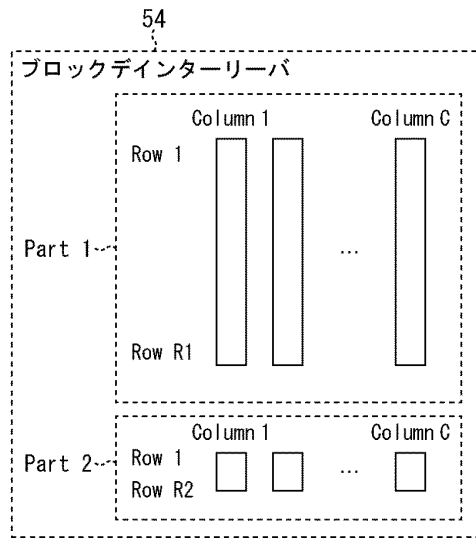
30

40

50

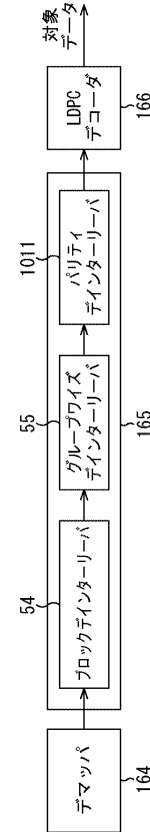
【図 1 5 3】

FIG. 153



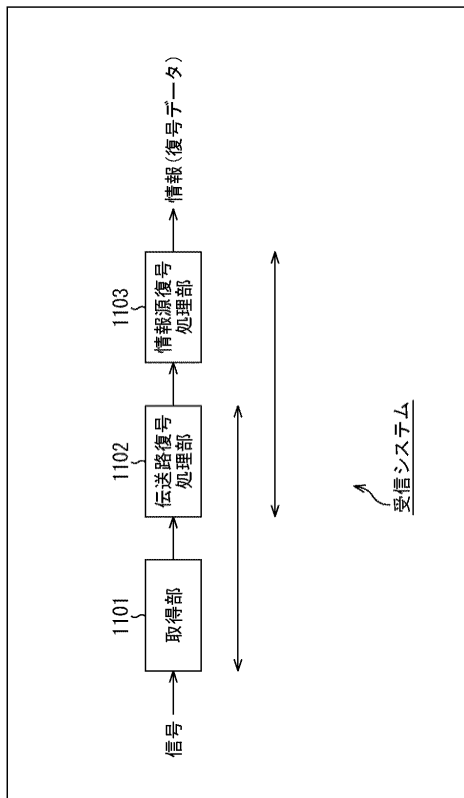
【図 1 5 4】

FIG. 154



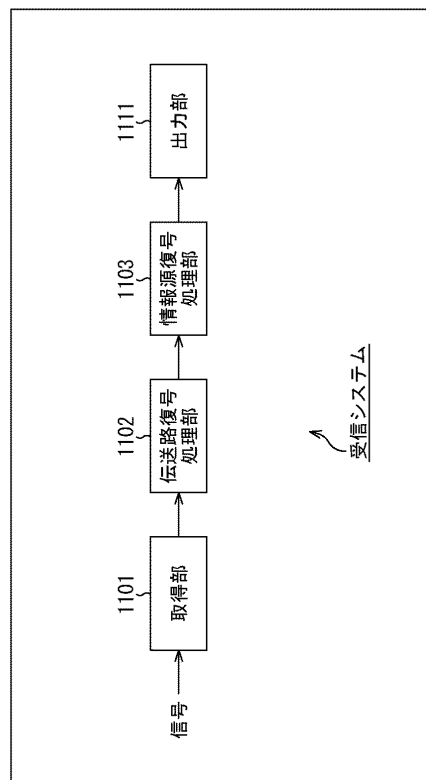
【図 1 5 5】

FIG. 155



【図 1 5 6】

FIG. 156



10

20

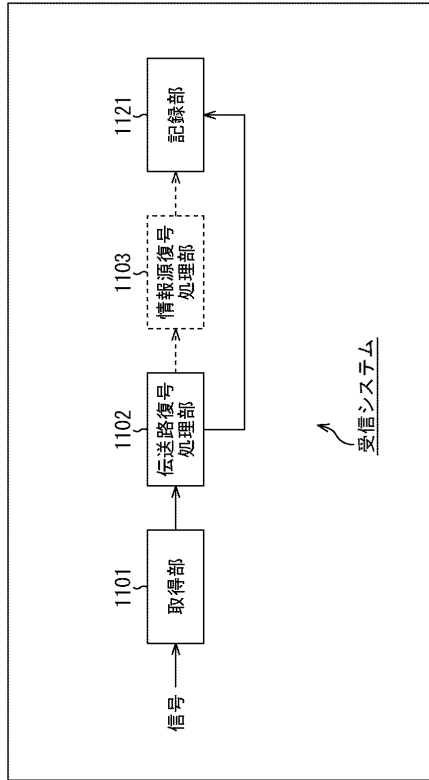
30

40

50

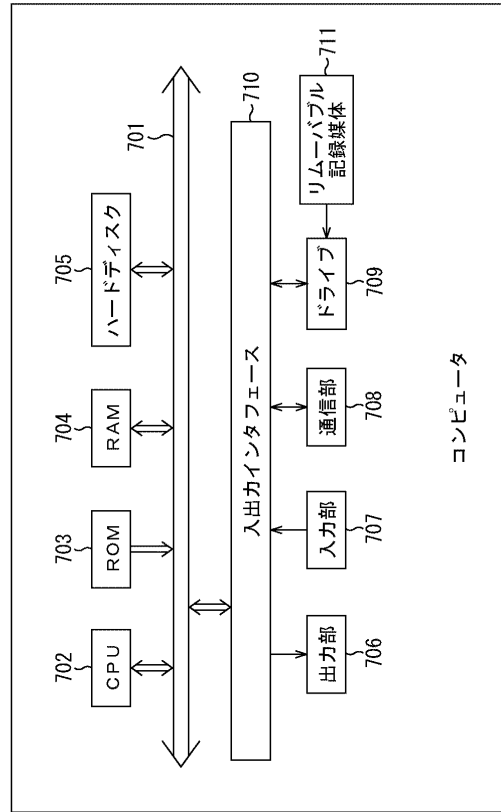
【図 1 5 7】

FIG. 157



【図 1 5 8】

FIG. 158



10

20

30

40

50

フロントページの続き

審査官 吉江 一明

(56)参考文献 特開 2015-156530 (JP, A)

米国特許出願公開第 2016/0233893 (US, A1)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

H03M 13/19