

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2014年8月14日(14.08.2014)

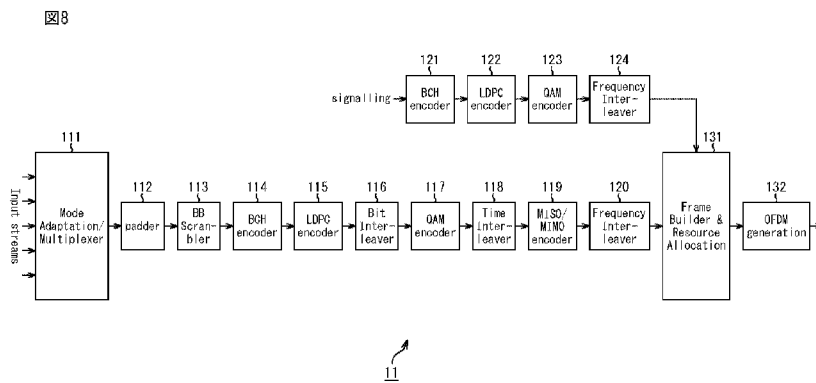


(10) 国際公開番号
WO 2014/123014 A1

- (51) 国際特許分類:
H03M 13/19 (2006.01)
 - (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/051620
 - (22) 国際出願日: 2014年1月27日(27.01.2014)
 - (25) 国際出願の言語: 日本語
 - (26) 国際公開の言語: 日本語
 - (30) 優先権データ:
特願 2013-023879 2013年2月8日(08.02.2013) JP
 - (71) 出願人: ソニー株式会社 (SONY CORPORATION) [JP/JP]; 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号 Tokyo (JP).
 - (72) 発明者: 篠原 雄二 (SHINOHARA Yuji); 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP). 山本 真紀子 (YAMAMOTO Makiko); 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP).
 - (74) 代理人: 稲本 義雄, 外 (INAMOTO Yoshio et al.); 〒1600023 東京都新宿区西新宿7丁目5番25号 西新宿木村屋ビルディング9階 Tokyo (JP).
 - (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
 - (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: DATA PROCESSING DEVICE AND DATA PROCESSING METHOD

(54) 発明の名称: データ処理装置、及びデータ処理方法



(57) Abstract: This technology pertains to a data processing device and data processing method which are capable of providing an LDPC code having a favorable error rate. This LDPC encoder encodes at a code length of 64,800 bits and at a 2/30, 3/30, 4/30, 5/30 or 6/30 LDPC code rate. The LDPC code contains information bits and parity bits, and a check matrix (H) is configured from an information matrix section corresponding to the information bits of the LDPC code, and a parity matrix section corresponding to the parity bits. The information matrix section of the check matrix (H) is represented by a check matrix initial value table expressing the position of one element of the information matrix section for each of 360 rows. This technology can be applied in cases when conducting LDPC encoding and LDPC decoding.

(57) 要約: 本技術は、良好なエラーレートの LDPC 符号を提供することができるようにするデータ処理装置、及びデータ処理方法に関する。LDPC エンコーダは、符号長が 64800 ビットで、符号化率が 2/30, 3/30, 4/30, 5/30, 又は、6/30 の LDPC 符号による符号化を行う。LDPC 符号は、情報ビットとパリティビットを含み、検査行列 H は、LDPC 符号の情報ビットに対応する情報行列部とパリティビットに対応するパリティ行列部とで構成される。検査行列 H の情報行列部は、その情報行列部の 1 の要素の位置を 360 列ごとに表す検査行列初期値テーブルによって表される。本技術は、LDPC 符号化及び LDPC 復号を行う場合に適用できる。

WO 2014/123014 A1

明 細 書

発明の名称：データ処理装置、及びデータ処理方法

技術分野

[0001] 本技術は、データ処理装置、及びデータ処理方法に関し、特に、例えば、良好なエラーレートのLDPC符号を提供することができるようにするデータ処理装置、及び、データ処理方法に関する。

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、欧州で行われているDVB(Digital Video Broadcasting)-S.2等の衛星デジタル放送を含む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）。また、LDPC符号は、DVB-T.2等の次世代の地上デジタル放送にも採用されている。

[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。

[0004] 以下、このようなLDPC符号について具体的に説明する。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。

[0005] 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。

[0006] 図1は、LDPC符号の検査行列Hの例を示している。

[0007] 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。

- [0008] 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。
- [0009] 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。
- [0010] 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、いわゆるタナーグラフ(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。
- [0011] 図2は、LDPC符号の復号の手順を示している。
- [0012] 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。
- [0013] 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。

[0014] [数1]

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

[0015] [数2]

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

[0016] 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。

[0017] 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。

[0018] [数3]

$$x = 2 \tanh^{-1} \{ \tanh(v_1/2) \tanh(v_2/2) \} = R(v_1, v_2) \quad \dots (3)$$

[0019]

[数4]

$$u_j = R(v_1, R(v_2, R(v_3, \dots, R(v_{d_c-2}, v_{d_c-1}))) \dots) \quad (4)$$

[0020] 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。

[0021] 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。

[0022] [数5]

$$v_i = u_{0i} + \sum_{j=1}^{d_v} u_j \dots (5)$$

[0023] 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。

[0024] 図3は、(3,6)LDPC符号(符号化率1/2、符号長12)の検査行列Hの例を示している。

[0025] 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。

[0026] 図4は、図3の検査行列Hのタナーグラフを示している。

[0027] 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。

[0028] 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。

[0029] 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。

[0030] 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している。

[0031] 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_0 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。

[0032] 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している。

[0033] 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。

[0034] [数 6]

$$\begin{aligned}
 u_j &= 2 \tanh^{-1} \left(\prod_{i=1}^{d_c-1} \tanh \left(\frac{v_i}{2} \right) \right) \\
 &= 2 \tanh^{-1} \left[\exp \left\{ \sum_{i=1}^{d_c-1} \ln \left(\left| \tanh \left(\frac{v_i}{2} \right) \right| \right) \right\} \times \prod_{i=1}^{d_c-1} \text{sign} \left(\tanh \left(\frac{v_i}{2} \right) \right) \right] \\
 &= 2 \tanh^{-1} \left[\exp \left\{ - \left(\sum_{i=1}^{d_c-1} - \ln \left(\tanh \left(\frac{|v_i|}{2} \right) \right) \right) \right\} \times \prod_{i=1}^{d_c-1} \text{sign}(v_i) \right] \\
 &\quad \dots (6)
 \end{aligned}$$

[0035] $x \geq 0$ 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。

[0036] [数7]

$$u_j = \phi^{-1} \left(\sum_{i=1}^{d_c-1} \phi(|v_i|) \right) \times \prod_{i=1}^{d_c-1} \text{sign}(v_i) \quad \dots (7)$$

[0037] 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。

[0038] 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。

[0039] 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、 $x > 0$ 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。

先行技術文献

非特許文献

[0040] 非特許文献1 : DVB-S.2 : ETSI EN 302 307 V1.2.1 (2009-08)

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0041] LDPC符号を採用する、例えば、DVB-S.2や、DVB-T.2、DVB-C.2等では、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)、そのシンボルが信号点にマッピングされて送信される。

[0042] ところで、最近では、例えば、フルハイビジョンの約4倍の、横×縦が3840

×2160画素等の解像度の、いわゆる4k画像や、3D(Dimension)画像等の大容量のデータ等を、効率的に伝送することが要請されている。

[0043] しかしながら、データ伝送の効率性を優先させれば、エラーレートが劣化する。

[0044] 一方、データ伝送の効率性を、多少犠牲にしても、良好なエラーレートで、データを伝送することが要請されることがある。

[0045] 今後、様々な効率でのデータ伝送が要請されることが予想されるが、LDPC符号によれば、例えば、符号化率が異なる複数のLDPC符号を用意することによって、様々な効率でのデータ伝送を行うことができる。

[0046] したがって、データ伝送にあたっては、ある程度多くの数（例えば、データ伝送で要請される数以上の数）の符号化率を設定しやすい符号化率のLDPC符号を採用することが望ましい。

[0047] そして、どのような符号化率のLDPC符号を採用する場合であっても、エラーに対する耐性が高い（強い）こと、すなわち、エラーレートが良好であることが望ましい。

[0048] 本技術は、このような状況に鑑みてなされたものであり、良好なエラーレートのLDPC符号を提供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

[0049] 本技術の第1のデータ処理装置又はデータ処理方法は、LDPC(Low Density Parity Check)符号の検査行列に基づき、情報ビットを、符号長が64800ビットで符号化率が2/30のLDPC符号に符号化する符号化部又は符号化ステップを備え、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と前記パリティビットに対応するパリティ行列部とを含み、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、

30 251 2458 3467 9897 12052 12191 15073 15949 16328 16972 17704 206
72 22200 22276 25349 26106 28258 29737 30518 30951 32440 43031 46622

47113 52077 52609 52750 54295 55384 56954 57155 57853 59942
6985 7975 8681 10628 10866 13223 14882 18449 19570 24418 24538 2455
6 25926 26162 26947 28181 30049 33678 35497 37980 41276 43443 44124 4
8684 50382 51223 53635 57661 58040 59128 59300 59614 60200 60329
1896 5169 7347 10895 14434 14583 15125 15279 17169 18374 20805 2520
3 29509 30267 30925 33774 34653 34827 35707 36868 38136 38926 42690 4
3464 44624 46562 50291 50321 51544 56470 56532 58199 58398 60423
144 152 1236 8826 11983 12930 13349 19562 20564 30203 31766 35635 4
0367 40905 41792 41872 42428 43828 44359 47973 48041 49046 50158 5078
6 55527 55541 57260 57353 57821 58770 59098 59407 60358 60475
2085 28320 37838 50085
6903 21724 38880 59861
17156 20293 21231 44440
16799 38095 41049 44269
11939 30310 39689 47323
10563 17282 45331 60186
19860 23595 59085 60417
10403 19812 27225 48006

であるデータ処理装置又はデータ処理方法である。

[0050] 本技術の第2のデータ処理装置又はデータ処理方法は、LDPC(Low Density Parity Check)符号の検査行列に基づき、符号長が64800ビットで符号化率が2/30のLDPC符号を復号する復号部又は復号ステップを備え、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と前記パリティビットに対応するパリティ行列部とを含み、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、

30 251 2458 3467 9897 12052 12191 15073 15949 16328 16972 17704 206

72 22200 22276 25349 26106 28258 29737 30518 30951 32440 43031 46622
47113 52077 52609 52750 54295 55384 56954 57155 57853 59942
6985 7975 8681 10628 10866 13223 14882 18449 19570 24418 24538 2455
6 25926 26162 26947 28181 30049 33678 35497 37980 41276 43443 44124 4
8684 50382 51223 53635 57661 58040 59128 59300 59614 60200 60329
1896 5169 7347 10895 14434 14583 15125 15279 17169 18374 20805 2520
3 29509 30267 30925 33774 34653 34827 35707 36868 38136 38926 42690 4
3464 44624 46562 50291 50321 51544 56470 56532 58199 58398 60423
144 152 1236 8826 11983 12930 13349 19562 20564 30203 31766 35635 4
0367 40905 41792 41872 42428 43828 44359 47973 48041 49046 50158 5078
6 55527 55541 57260 57353 57821 58770 59098 59407 60358 60475
2085 28320 37838 50085
6903 21724 38880 59861
17156 20293 21231 44440
16799 38095 41049 44269
11939 30310 39689 47323
10563 17282 45331 60186
19860 23595 59085 60417
10403 19812 27225 48006

であるデータ処理装置又はデータ処理方法である。

[0051] 本技術の第3のデータ処理装置又はデータ処理方法は、LDPC(Low Density Parity Check)符号の検査行列に基づき、情報ビットを、符号長が64800ビットで符号化率が3/30のLDPC符号に符号化する符号化部又は符号化ステップを備え、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と前記パリティビットに対応するパリティ行列部とを含み、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、

153 2939 6037 11618 12401 17787 18472 22673 25220 26245 29839 35106
36915 37622 37655 45425 55595 56308 56726 58286
146 160 9060 12867 16536 20818 31754 35546 36480 36698 56314 56509
56837 57342 57373 57895 57947 58163 58202 58262
58 1555 10183 10446 12204 16197 16830 17382 19144 19565 21476 29121
41158 49953 51531 55642 57423 57587 57627 57974
120 9906 12466 21668 26856 27304 28451 29413 30168 31274 33309 3349
9 37486 38265 43457 50299 55218 56971 57059 58115
80 6649 9541 12490 14153 14346 19926 20677 23672 42397 45629 46288
55935 56115 56555 56865 56993 57921 58049 58190
46 152 3536 7134 9040 10474 10504 11549 17066 19102 27486 29364 395
77 39995 48289 56236 57279 57560 57608 57930
19824 21165 34427 58143
22747 50215 50864 58176
2943 31340 39711 57281
1186 20802 27612 33409
1347 20868 29222 48776
19 8548 46255 56946
10762 20467 48519
39 7401 34355
142 10827 17009
1822 29424 39439
5944 11349 28870
4981 14731 15377

であるデータ処理装置又はデータ処理方法である。

[0052] 本技術の第4のデータ処理装置又はデータ処理方法は、LDPC(Low Density Parity Check)符号の検査行列に基づき、符号長が64800ビットで符号化率が3/30のLDPC符号を復号する復号部又は復号ステップを備え、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と前記パリティビットに対応するパリティ行列部とを含み、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、

153 2939 6037 11618 12401 17787 18472 22673 25220 26245 29839 35106
36915 37622 37655 45425 55595 56308 56726 58286
146 160 9060 12867 16536 20818 31754 35546 36480 36698 56314 56509
56837 57342 57373 57895 57947 58163 58202 58262
58 1555 10183 10446 12204 16197 16830 17382 19144 19565 21476 29121
41158 49953 51531 55642 57423 57587 57627 57974
120 9906 12466 21668 26856 27304 28451 29413 30168 31274 33309 3349
9 37486 38265 43457 50299 55218 56971 57059 58115
80 6649 9541 12490 14153 14346 19926 20677 23672 42397 45629 46288
55935 56115 56555 56865 56993 57921 58049 58190
46 152 3536 7134 9040 10474 10504 11549 17066 19102 27486 29364 395
77 39995 48289 56236 57279 57560 57608 57930
19824 21165 34427 58143
22747 50215 50864 58176
2943 31340 39711 57281
1186 20802 27612 33409
1347 20868 29222 48776
19 8548 46255 56946
10762 20467 48519
39 7401 34355
142 10827 17009
1822 29424 39439
5944 11349 28870

4981 14731 15377

であるデータ処理装置又はデータ処理方法である。

[0053] 本技術の第5のデータ処理装置又はデータ処理方法は、LDPC(Low Density Parity Check)符号の検査行列に基づき、情報ビットを、符号長が64800ビットで符号化率が4/30のLDPC符号に符号化する符号化部又は符号化ステップを備え、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と前記パリティビットに対応するパリティ行列部とを含み、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、

7248 8578 11266 16015 17433 18038 20159 20848 22164 23848 24516 250
93 25888 28382 31701 33259 33540 34615 36428 38595 38683 38814 41592
44323 44522 44859 45857 48657 49686 53354 54260 54853 55069 55426 561
27

715 1505 3314 5537 6377 6750 11039 11271 15840 16615 24045 24314 24
435 26992 28524 28745 28935 32956 33359 34964 36217 37546 38189 42599
44326 49694 54236 54779 55501 55543 55721 55865 55961 55966 55988

70 116 613 2482 6204 6608 7392 13585 14175 14228 17842 20004 20142
21324 22575 24443 24497 25394 26585 30222 37825 38548 41709 44999 509
25 52186 53793 54177 54705 55096 55489 55584 56019 56055 56151

9 2054 3493 3584 3989 5916 11915 14323 15091 16998 17631 18645 1888
2 20510 27499 28990 30054 32231 36556 37437 39651 41543 41963 42798 4
2937 44864 48056 48971 53104 54511 54610 55151 55216 55470 55736

30 81 110 294 1636 2152 4312 6098 9415 12105 14021 15226 15618 1861
4 21368 23154 28913 29260 36969 37792 39386 42362 42949 43758 43765 4
4572 45877 46424 46948 47683 47903 48245 51804 52166 53264

3 50 987 1771 4255 9714 9907 13728 17807 20438 24206 24326 24458 26
039 26898 35691 36875 37877 38103 38398 38671 39288 40642 41533 41753

42069 45374 46377 48016 48165 48805 49392 50660 51907 51968
138 441 4163 6450 7419 10743 11330 14962 14984 15032 24819 28987 29
221 33223 35464 37535 38213 39085 39223 39925 41220 41341 41643 44944
46330 46870 47142 48577 49387 50732 52578 53839 54085 55426 56132
3773 41938 55428 55720
8833 47844 49437 50265
7054 31403 48642 53739
2286 22401 42270 53546
14435 24811 29047 36135
21010 23783 55073 55612
20516 27533 51132 52391
884 22844 25100 56123
1150 12133 44416 53752
9761 38585 52021 55545
1476 5057 49721 50744
16334 39503 40494 43840
24 31960 33866 53369
22065 22989 32356 52287
111 155 3706 13753
17878 18240 27828 55776
13582 47019 54558 55557

であるデータ処理装置又はデータ処理方法である。

- [0054] 本技術の第6のデータ処理装置又はデータ処理方法は、LDPC(Low Density Parity Check)符号の検査行列に基づき、符号長が64800ビットで符号化率が4/30のLDPC符号を復号する復号部又は復号ステップを備え、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と前記パリティビットに対応するパリティ行列部とを含み、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、

7248 8578 11266 16015 17433 18038 20159 20848 22164 23848 24516 250
93 25888 28382 31701 33259 33540 34615 36428 38595 38683 38814 41592
44323 44522 44859 45857 48657 49686 53354 54260 54853 55069 55426 561
27

715 1505 3314 5537 6377 6750 11039 11271 15840 16615 24045 24314 24
435 26992 28524 28745 28935 32956 33359 34964 36217 37546 38189 42599
44326 49694 54236 54779 55501 55543 55721 55865 55961 55966 55988

70 116 613 2482 6204 6608 7392 13585 14175 14228 17842 20004 20142
21324 22575 24443 24497 25394 26585 30222 37825 38548 41709 44999 509
25 52186 53793 54177 54705 55096 55489 55584 56019 56055 56151

9 2054 3493 3584 3989 5916 11915 14323 15091 16998 17631 18645 1888
2 20510 27499 28990 30054 32231 36556 37437 39651 41543 41963 42798 4
2937 44864 48056 48971 53104 54511 54610 55151 55216 55470 55736

30 81 110 294 1636 2152 4312 6098 9415 12105 14021 15226 15618 1861
4 21368 23154 28913 29260 36969 37792 39386 42362 42949 43758 43765 4
4572 45877 46424 46948 47683 47903 48245 51804 52166 53264

3 50 987 1771 4255 9714 9907 13728 17807 20438 24206 24326 24458 26
039 26898 35691 36875 37877 38103 38398 38671 39288 40642 41533 41753
42069 45374 46377 48016 48165 48805 49392 50660 51907 51968

138 441 4163 6450 7419 10743 11330 14962 14984 15032 24819 28987 29
221 33223 35464 37535 38213 39085 39223 39925 41220 41341 41643 44944
46330 46870 47142 48577 49387 50732 52578 53839 54085 55426 56132

3773 41938 55428 55720

8833 47844 49437 50265

7054 31403 48642 53739

2286 22401 42270 53546

14435 24811 29047 36135
21010 23783 55073 55612
20516 27533 51132 52391
884 22844 25100 56123
1150 12133 44416 53752
9761 38585 52021 55545
1476 5057 49721 50744
16334 39503 40494 43840
24 31960 33866 53369
22065 22989 32356 52287
111 155 3706 13753
17878 18240 27828 55776
13582 47019 54558 55557

であるデータ処理装置又はデータ処理方法である。

[0055] 本技術の第7のデータ処理装置又はデータ処理方法は、LDPC(Low Density Parity Check)符号の検査行列に基づき、情報ビットを、符号長が64800ビットで符号化率が5/30のLDPC符号に符号化する符号化部又は符号化ステップを備え、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と前記パリティビットに対応するパリティ行列部とを含み、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、

2035 5424 6737 8778 10775 15496 17467 21825 23901 27869 28939 29614
34298 34951 35578 37326 39797 44488 45293 45900 49239 53415 53900
2090 4170 12643 12925 13383 17659 23995 24520 25766 26042 26585 295
31 31126 34856 43610 49028 49872 50309 50455 51586 52161 52207 53263
819 1629 5521 8339 8501 18663 22208 24768 25082 35272 35560 40387 4
0618 42891 44288 46834 47264 47458 47561 48563 49141 49583 51837

100 564 4861 9130 15954 22395 23542 26105 27127 31905 33977 35256 3
7679 40472 40912 42224 43230 44945 45473 52217 52707 52953 53468
73 86 6004 9799 13581 14067 14910 14944 15502 22412 26032 27498 277
46 27993 28590 35442 38766 44649 47956 48653 48724 50247 52165
108 1173 5321 6132 7304 15477 18466 19091 20238 23398 26431 34944 3
6899 40209 42997 48433 48762 49752 49826 50984 51319 53634 53657
4541 7635 11720 12065 16896 28028 28457 30950 35156 38740 39045 431
53 43802 44180 45186 45716 45794 46645 48679 49071 49181 53212 53489
6118 8633 11204 11448 15114 19954 24570 26810 28236 39277 43584 460
42 47499 48573 48715 49697 50511 51228 51563 51635 53410 53760 53851
1223 4008 8948 9130 16129 17767 22039 23572 24550 28200 29157 32730
33821 38449 39758 48433 49362 52582 53129 53282 53407 53414 53972
176 10948 11719 12340 13870 15842 18928 20987 24540 24852 28366 300
17 36547 37426 38667 40361 44725 48275 48825 51211 52901 53737 53868
21792 35759 44481 53371
147 33771 34263 35853
15696 41236 46244 46674
48208 52868 53324 53794
34077 36441 49909 53506
34932 51666 53755 53974
18455 38927 49349 51201
3836 31114 37755 53469
31831 42633 46626 52743
21053 28415 46538 53154
5752 19363 42484
719 48444 52185
25502 53443 53739
11596 53495 53635

43934 52112 53323

42015 52196 52288

72 129 52340

9 17870 43153

24743 41406 53180

23388 48087 52441

であるデータ処理装置又はデータ処理方法である。

[0056] 本技術の第8のデータ処理装置又はデータ処理方法は、LDPC(Low Density Parity Check)符号の検査行列に基づき、符号長が64800ビットで符号化率が5/30のLDPC符号を復号する復号部又は復号ステップを備え、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と前記パリティビットに対応するパリティ行列部とを含み、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、

2035 5424 6737 8778 10775 15496 17467 21825 23901 27869 28939 29614

34298 34951 35578 37326 39797 44488 45293 45900 49239 53415 53900

2090 4170 12643 12925 13383 17659 23995 24520 25766 26042 26585 295
31 31126 34856 43610 49028 49872 50309 50455 51586 52161 52207 53263

819 1629 5521 8339 8501 18663 22208 24768 25082 35272 35560 40387 4
0618 42891 44288 46834 47264 47458 47561 48563 49141 49583 51837

100 564 4861 9130 15954 22395 23542 26105 27127 31905 33977 35256 3
7679 40472 40912 42224 43230 44945 45473 52217 52707 52953 53468

73 86 6004 9799 13581 14067 14910 14944 15502 22412 26032 27498 277
46 27993 28590 35442 38766 44649 47956 48653 48724 50247 52165

108 1173 5321 6132 7304 15477 18466 19091 20238 23398 26431 34944 3
6899 40209 42997 48433 48762 49752 49826 50984 51319 53634 53657

4541 7635 11720 12065 16896 28028 28457 30950 35156 38740 39045 431

53 43802 44180 45186 45716 45794 46645 48679 49071 49181 53212 53489
6118 8633 11204 11448 15114 19954 24570 26810 28236 39277 43584 460
42 47499 48573 48715 49697 50511 51228 51563 51635 53410 53760 53851
1223 4008 8948 9130 16129 17767 22039 23572 24550 28200 29157 32730
33821 38449 39758 48433 49362 52582 53129 53282 53407 53414 53972
176 10948 11719 12340 13870 15842 18928 20987 24540 24852 28366 300
17 36547 37426 38667 40361 44725 48275 48825 51211 52901 53737 53868
21792 35759 44481 53371
147 33771 34263 35853
15696 41236 46244 46674
48208 52868 53324 53794
34077 36441 49909 53506
34932 51666 53755 53974
18455 38927 49349 51201
3836 31114 37755 53469
31831 42633 46626 52743
21053 28415 46538 53154
5752 19363 42484
719 48444 52185
25502 53443 53739
11596 53495 53635
43934 52112 53323
42015 52196 52288
72 129 52340
9 17870 43153
24743 41406 53180
23388 48087 52441

であるデータ処理装置又はデータ処理方法である。

[0057] 本技術の第9のデータ処理装置又はデータ処理方法は、LDPC(Low Density Parity Check)符号の検査行列に基づき、情報ビットを、符号長が64800ビットで符号化率が6/30のLDPC符号に符号化する符号化部又は符号化ステップを備え、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と前記パリティビットに対応するパリティ行列部とを含み、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、

13033 14477 15028 17763 19244 20156 22458 24073 32202 32591 33531 3
3552 35823 41495 46351 49442 51612

44 66 8422 8760 14694 18768 20943 27806 29012 33594 36262 36820 404
34 47704 49355 51729 51758

4233 16270 18958 20915 21313 27009 28249 33438 33855 34475 34541 37
093 38835 42139 42169 44757 50122

82 10760 14292 17911 18008 23008 33152 34162 35749 36166 37411 3752
3 40838 42786 43581 46177 48829

4661 5201 5824 6014 8283 12840 22044 22103 29657 29722 32246 32893
34131 36007 40779 44900 51089

5869 12204 14095 26632 27101 27300 32344 33761 35081 38057 40709 46
805 47733 48220 49806 51318 51691

87 5764 16204 20947 23257 31579 38832 40942 43112 43239 44602 49032
49482 49727 49929 50186 50593

880 1883 8876 9204 12370 21536 32858 35875 36247 36319 37151 38601
48914 49533 51239 51399 51824

20 129 2841 5695 8176 15720 26066 26197 34149 35814 36477 37478 453
38 48988 50675 51071 51774

7252 14498 19246 20257 20693 22336 26037 29523 29844 34015 35828 38
232 40999 41437 43343 44109 49883

4859 8000 9342 16137 21600 24083 36364 37038 38988 44465 45445 4656
9 48994 50591 51065 51166 51268
7728 9766 11199 11244 13877 14245 23083 27064 28433 28810 34979 390
31 42939 44517 45730 48365 51374
67 135 1601 6123 9100 22043 24498 25417 30186 34430 34535 37216 403
59 42794 47908 50685 51501
1006 10492 18259 51816
27272 49144 51574 51631
23 5636 38161 39514
9490 41564 46463 51162
33623 41959 50610
11626 22027 50936
28345 39504 45097
46639 50046 50319
74 18582 27985
102 17060 43142
38765 49453 51242
6102 41272 51729
24686 33446 49011
19634 49837 50000
569 22448 25746
33986 50729 51301
9883 14876 29601
9142 29505 50604
22623 40979 51260
23109 33398 51819
163 50643 50984
47021 47381 50970

16215 20964 21588

であるデータ処理装置又はデータ処理方法である。

[0058] 本技術の第10のデータ処理装置又はデータ処理方法は、LDPC(Low Density Parity Check)符号の検査行列に基づき、符号長が64800ビットで符号化率が6/30のLDPC符号を復号する復号部又は復号ステップを備え、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と前記パリティビットに対応するパリティ行列部とを含み、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、

13033 14477 15028 17763 19244 20156 22458 24073 32202 32591 33531 3
3552 35823 41495 46351 49442 51612

44 66 8422 8760 14694 18768 20943 27806 29012 33594 36262 36820 404
34 47704 49355 51729 51758

4233 16270 18958 20915 21313 27009 28249 33438 33855 34475 34541 37
093 38835 42139 42169 44757 50122

82 10760 14292 17911 18008 23008 33152 34162 35749 36166 37411 3752
3 40838 42786 43581 46177 48829

4661 5201 5824 6014 8283 12840 22044 22103 29657 29722 32246 32893
34131 36007 40779 44900 51089

5869 12204 14095 26632 27101 27300 32344 33761 35081 38057 40709 46
805 47733 48220 49806 51318 51691

87 5764 16204 20947 23257 31579 38832 40942 43112 43239 44602 49032
49482 49727 49929 50186 50593

880 1883 8876 9204 12370 21536 32858 35875 36247 36319 37151 38601
48914 49533 51239 51399 51824

20 129 2841 5695 8176 15720 26066 26197 34149 35814 36477 37478 453
38 48988 50675 51071 51774

7252 14498 19246 20257 20693 22336 26037 29523 29844 34015 35828 38
232 40999 41437 43343 44109 49883
4859 8000 9342 16137 21600 24083 36364 37038 38988 44465 45445 4656
9 48994 50591 51065 51166 51268
7728 9766 11199 11244 13877 14245 23083 27064 28433 28810 34979 390
31 42939 44517 45730 48365 51374
67 135 1601 6123 9100 22043 24498 25417 30186 34430 34535 37216 403
59 42794 47908 50685 51501
1006 10492 18259 51816
27272 49144 51574 51631
23 5636 38161 39514
9490 41564 46463 51162
33623 41959 50610
11626 22027 50936
28345 39504 45097
46639 50046 50319
74 18582 27985
102 17060 43142
38765 49453 51242
6102 41272 51729
24686 33446 49011
19634 49837 50000
569 22448 25746
33986 50729 51301
9883 14876 29601
9142 29505 50604
22623 40979 51260
23109 33398 51819

163 50643 50984

47021 47381 50970

16215 20964 21588

であるデータ処理装置又はデータ処理方法である。

[0059] 本技術においては、LDPC(Low Density Parity Check)符号の検査行列に基づき、情報ビットが、符号長が64800ビットで符号化率が2/30, 3/30, 4/30, 5/30、又は、6/30のLDPC符号に符号化される。

[0060] また、本技術においては、LDPC(Low Density Parity Check)符号の検査行列に基づき、符号長が64800ビットで符号化率が2/30, 3/30, 4/30, 5/30、又は、6/30のLDPC符号が復号される。

[0061] 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と前記パリティビットに対応するパリティ行列部とを含み、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になっている。

[0062] 符号化率が2/30の検査行列初期値テーブルは、

30 251 2458 3467 9897 12052 12191 15073 15949 16328 16972 17704 206
72 22200 22276 25349 26106 28258 29737 30518 30951 32440 43031 46622
47113 52077 52609 52750 54295 55384 56954 57155 57853 59942
6985 7975 8681 10628 10866 13223 14882 18449 19570 24418 24538 2455
6 25926 26162 26947 28181 30049 33678 35497 37980 41276 43443 44124 4
8684 50382 51223 53635 57661 58040 59128 59300 59614 60200 60329
1896 5169 7347 10895 14434 14583 15125 15279 17169 18374 20805 2520
3 29509 30267 30925 33774 34653 34827 35707 36868 38136 38926 42690 4
3464 44624 46562 50291 50321 51544 56470 56532 58199 58398 60423
144 152 1236 8826 11983 12930 13349 19562 20564 30203 31766 35635 4
0367 40905 41792 41872 42428 43828 44359 47973 48041 49046 50158 5078
6 55527 55541 57260 57353 57821 58770 59098 59407 60358 60475

2085 28320 37838 50085
6903 21724 38880 59861
17156 20293 21231 44440
16799 38095 41049 44269
11939 30310 39689 47323
10563 17282 45331 60186
19860 23595 59085 60417
10403 19812 27225 48006

になっている。

[0063] 符号化率が3/30の検査行列初期値テーブルは、

153 2939 6037 11618 12401 17787 18472 22673 25220 26245 29839 35106
36915 37622 37655 45425 55595 56308 56726 58286
146 160 9060 12867 16536 20818 31754 35546 36480 36698 56314 56509
56837 57342 57373 57895 57947 58163 58202 58262
58 1555 10183 10446 12204 16197 16830 17382 19144 19565 21476 29121
41158 49953 51531 55642 57423 57587 57627 57974
120 9906 12466 21668 26856 27304 28451 29413 30168 31274 33309 3349
9 37486 38265 43457 50299 55218 56971 57059 58115
80 6649 9541 12490 14153 14346 19926 20677 23672 42397 45629 46288
55935 56115 56555 56865 56993 57921 58049 58190
46 152 3536 7134 9040 10474 10504 11549 17066 19102 27486 29364 395
77 39995 48289 56236 57279 57560 57608 57930
19824 21165 34427 58143
22747 50215 50864 58176
2943 31340 39711 57281
1186 20802 27612 33409
1347 20868 29222 48776
19 8548 46255 56946

10762 20467 48519

39 7401 34355

142 10827 17009

1822 29424 39439

5944 11349 28870

4981 14731 15377

になっている。

[0064] 符号化率が4/30の検査行列初期値テーブルは、

7248 8578 11266 16015 17433 18038 20159 20848 22164 23848 24516 250
93 25888 28382 31701 33259 33540 34615 36428 38595 38683 38814 41592
44323 44522 44859 45857 48657 49686 53354 54260 54853 55069 55426 561
27

715 1505 3314 5537 6377 6750 11039 11271 15840 16615 24045 24314 24
435 26992 28524 28745 28935 32956 33359 34964 36217 37546 38189 42599
44326 49694 54236 54779 55501 55543 55721 55865 55961 55966 55988

70 116 613 2482 6204 6608 7392 13585 14175 14228 17842 20004 20142
21324 22575 24443 24497 25394 26585 30222 37825 38548 41709 44999 509
25 52186 53793 54177 54705 55096 55489 55584 56019 56055 56151

9 2054 3493 3584 3989 5916 11915 14323 15091 16998 17631 18645 1888
2 20510 27499 28990 30054 32231 36556 37437 39651 41543 41963 42798 4
2937 44864 48056 48971 53104 54511 54610 55151 55216 55470 55736

30 81 110 294 1636 2152 4312 6098 9415 12105 14021 15226 15618 1861
4 21368 23154 28913 29260 36969 37792 39386 42362 42949 43758 43765 4
4572 45877 46424 46948 47683 47903 48245 51804 52166 53264

3 50 987 1771 4255 9714 9907 13728 17807 20438 24206 24326 24458 26
039 26898 35691 36875 37877 38103 38398 38671 39288 40642 41533 41753
42069 45374 46377 48016 48165 48805 49392 50660 51907 51968

138 441 4163 6450 7419 10743 11330 14962 14984 15032 24819 28987 29

221 33223 35464 37535 38213 39085 39223 39925 41220 41341 41643 44944
46330 46870 47142 48577 49387 50732 52578 53839 54085 55426 56132
3773 41938 55428 55720
8833 47844 49437 50265
7054 31403 48642 53739
2286 22401 42270 53546
14435 24811 29047 36135
21010 23783 55073 55612
20516 27533 51132 52391
884 22844 25100 56123
1150 12133 44416 53752
9761 38585 52021 55545
1476 5057 49721 50744
16334 39503 40494 43840
24 31960 33866 53369
22065 22989 32356 52287
111 155 3706 13753
17878 18240 27828 55776
13582 47019 54558 55557
になっている。

[0065] 符号化率が5/30の検査行列初期値テーブルは、

2035 5424 6737 8778 10775 15496 17467 21825 23901 27869 28939 29614
34298 34951 35578 37326 39797 44488 45293 45900 49239 53415 53900
2090 4170 12643 12925 13383 17659 23995 24520 25766 26042 26585 295
31 31126 34856 43610 49028 49872 50309 50455 51586 52161 52207 53263
819 1629 5521 8339 8501 18663 22208 24768 25082 35272 35560 40387 4
0618 42891 44288 46834 47264 47458 47561 48563 49141 49583 51837
100 564 4861 9130 15954 22395 23542 26105 27127 31905 33977 35256 3

7679 40472 40912 42224 43230 44945 45473 52217 52707 52953 53468
73 86 6004 9799 13581 14067 14910 14944 15502 22412 26032 27498 277
46 27993 28590 35442 38766 44649 47956 48653 48724 50247 52165
108 1173 5321 6132 7304 15477 18466 19091 20238 23398 26431 34944 3
6899 40209 42997 48433 48762 49752 49826 50984 51319 53634 53657
4541 7635 11720 12065 16896 28028 28457 30950 35156 38740 39045 431
53 43802 44180 45186 45716 45794 46645 48679 49071 49181 53212 53489
6118 8633 11204 11448 15114 19954 24570 26810 28236 39277 43584 460
42 47499 48573 48715 49697 50511 51228 51563 51635 53410 53760 53851
1223 4008 8948 9130 16129 17767 22039 23572 24550 28200 29157 32730
33821 38449 39758 48433 49362 52582 53129 53282 53407 53414 53972
176 10948 11719 12340 13870 15842 18928 20987 24540 24852 28366 300
17 36547 37426 38667 40361 44725 48275 48825 51211 52901 53737 53868
21792 35759 44481 53371
147 33771 34263 35853
15696 41236 46244 46674
48208 52868 53324 53794
34077 36441 49909 53506
34932 51666 53755 53974
18455 38927 49349 51201
3836 31114 37755 53469
31831 42633 46626 52743
21053 28415 46538 53154
5752 19363 42484
719 48444 52185
25502 53443 53739
11596 53495 53635
43934 52112 53323

42015 52196 52288

72 129 52340

9 17870 43153

24743 41406 53180

23388 48087 52441

になっている。

[0066] 符号化率が6/30の検査行列初期値テーブルは、

13033 14477 15028 17763 19244 20156 22458 24073 32202 32591 33531 3

3552 35823 41495 46351 49442 51612

44 66 8422 8760 14694 18768 20943 27806 29012 33594 36262 36820 404

34 47704 49355 51729 51758

4233 16270 18958 20915 21313 27009 28249 33438 33855 34475 34541 37

093 38835 42139 42169 44757 50122

82 10760 14292 17911 18008 23008 33152 34162 35749 36166 37411 3752

3 40838 42786 43581 46177 48829

4661 5201 5824 6014 8283 12840 22044 22103 29657 29722 32246 32893

34131 36007 40779 44900 51089

5869 12204 14095 26632 27101 27300 32344 33761 35081 38057 40709 46

805 47733 48220 49806 51318 51691

87 5764 16204 20947 23257 31579 38832 40942 43112 43239 44602 49032

49482 49727 49929 50186 50593

880 1883 8876 9204 12370 21536 32858 35875 36247 36319 37151 38601

48914 49533 51239 51399 51824

20 129 2841 5695 8176 15720 26066 26197 34149 35814 36477 37478 453

38 48988 50675 51071 51774

7252 14498 19246 20257 20693 22336 26037 29523 29844 34015 35828 38

232 40999 41437 43343 44109 49883

4859 8000 9342 16137 21600 24083 36364 37038 38988 44465 45445 4656

9 48994 50591 51065 51166 51268
7728 9766 11199 11244 13877 14245 23083 27064 28433 28810 34979 390
31 42939 44517 45730 48365 51374
67 135 1601 6123 9100 22043 24498 25417 30186 34430 34535 37216 403
59 42794 47908 50685 51501
1006 10492 18259 51816
27272 49144 51574 51631
23 5636 38161 39514
9490 41564 46463 51162
33623 41959 50610
11626 22027 50936
28345 39504 45097
46639 50046 50319
74 18582 27985
102 17060 43142
38765 49453 51242
6102 41272 51729
24686 33446 49011
19634 49837 50000
569 22448 25746
33986 50729 51301
9883 14876 29601
9142 29505 50604
22623 40979 51260
23109 33398 51819
163 50643 50984
47021 47381 50970
16215 20964 21588

になっている。

[0067] なお、データ処理装置は、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

[0068] 本技術によれば、良好なエラーレートのLDPC符号を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0069] [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を示す図である。

[図5]バリエブルノードを示す図である。

[図6]チェックノードを示す図である。

[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11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バ116の構成例を示すブロック図である。

[図10]検査行列を示す図である。

[図11]パリティ行列を示す図である。

[図12]DVB-S.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13]DVB-S.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14]16QAMの信号点配置を示す図である。

[図15]64QAMの信号点配置を示す図である。

[図16]64QAMの信号点配置を示す図である。

[図17]64QAMの信号点配置を示す図である。

[図18]DVB-S.2の規格に規定されている信号点配置を示す図である。

- [図19]DVB-S. 2の規格に規定されている信号点配置を示す図である。
- [図20]DVB-S. 2の規格に規定されている信号点配置を示す図である。
- [図21]DVB-S. 2の規格に規定されている信号点配置を示す図である。
- [図22]デマルチプレクサ25の処理を説明する図である。
- [図23]デマルチプレクサ25の処理を説明する図である。
- [図24]LDPC符号の復号についてのタナーグラフを示す図である。
- [図25]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 に対応するタナーグラフを示す図である。
- [図26]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。
- [図27]変換検査行列を示す図である。
- [図28]カラムツイストインターリーブ24の処理を説明する図である。
- [図29]カラムツイストインターリーブに必要なメモリ31のカラム数と、書き始めの位置のアドレスを示す図である。
- [図30]カラムツイストインターリーブに必要なメモリ31のカラム数と、書き始めの位置のアドレスを示す図である。
- [図31]ビットインターリーブ116、及び、QAMエンコーダ117で行われる処理を説明するフローチャートである。
- [図32]シミュレーションで採用した通信路のモデルを示す図である。
- [図33]シミュレーションで得られたエラーレートと、フラッタのドップラ周波数 f_d との関係を示す図である。
- [図34]シミュレーションで得られたエラーレートと、フラッタのドップラ周波数 f_d との関係を示す図である。
- [図35]LDPCエンコーダ115の構成例を示すブロック図である。
- [図36]LDPCエンコーダ115の処理を説明するフローチャートである。
- [図37]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38]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39]DVB-S. 2の規格に規定されている符号長が64800ビットのLDPC符号のBER /FERの特性を示す図である。

[図40]符号化率2/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図41]符号化率3/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図42]符号化率4/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図43]符号化率5/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図44]符号化率6/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図45]符号化率7/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図46]符号化率8/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図47]符号化率8/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図48]符号化率9/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図49]符号化率9/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図50]符号化率10/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図51]符号化率10/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図52]符号化率11/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図

である。

[図53]符号化率11/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図54]符号化率12/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図55]符号化率12/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図56]符号化率13/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図57]符号化率13/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図58]符号化率14/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図59]符号化率14/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図60]符号化率15/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図61]符号化率15/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図62]符号化率16/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図63]符号化率16/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図64]符号化率16/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図65]符号化率17/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図66]符号化率17/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図

である。

[図67]符号化率17/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図68]符号化率18/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図69]符号化率18/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図70]符号化率18/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図71]符号化率19/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図72]符号化率19/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図73]符号化率19/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図74]符号化率20/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図75]符号化率20/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図76]符号化率20/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図77]符号化率21/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図78]符号化率21/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図79]符号化率21/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図80]符号化率22/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図

である。

[図81]符号化率22/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図82]符号化率22/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図83]符号化率23/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図84]符号化率23/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図85]符号化率23/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図86]符号化率24/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図87]符号化率24/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図88]符号化率24/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図89]符号化率25/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図90]符号化率25/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図91]符号化率25/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図92]符号化率26/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図93]符号化率26/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図94]符号化率26/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図

である。

[図95]符号化率27/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図96]符号化率27/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図97]符号化率27/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図98]符号化率27/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図99]符号化率28/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図100]符号化率28/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図101]符号化率28/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図102]符号化率28/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図103]符号化率29/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図104]符号化率29/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図105]符号化率29/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図106]符号化率29/30、符号長64800の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[図107]列重みが3で、行重みが6であるという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108]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109]符号長64800のLDPC符号の検査行列の最小サイクル長と性能閾値とを示す図である。

[図110]符号長64800のLDPC符号の検査行列を説明する図である。

[図111]符号長64800のLDPC符号の検査行列を説明する図である。

[図112]符号長64800のLDPC符号のBER/FERのシミュレーション結果を示す図である。

[図113]符号長64800のLDPC符号のBER/FERのシミュレーション結果を示す図である。

[図114]符号長64800のLDPC符号のBER/FERのシミュレーション結果を示す図である。

[図115]符号長64800のLDPC符号のBER/FERのシミュレーションに用いたBCH符号を示す図である。

[図116]受信装置12の構成例を示すブロック図である。

[図117]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118]QAMデコーダ164、ビットデインターリーバ165、及び、LDPCデコーダ166が行う処理を説明するフローチャートである。

[図119]LDPC符号の検査行列の例を示す図である。

[図120]検査行列に行置換と列置換を施した行列（変換検査行列）を示す図である。

[図121]5×5単位に分割した変換検査行列を示す図である。

[図122]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123]LDPCデコーダ166の構成例を示すブロック図である。

[図124]ビットデインターリーバ165を構成するマルチプレクサ54の処理を説明する図である。

[図125]カラムツイストデインターリーバ55の処理を説明する図である。

[図126]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127]受信装置 1 2 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128]受信装置 1 2 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129]受信装置 1 2 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130]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

[0070] [本技術を適用した伝送システムの構成例]

[0071] 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している。

[0072] 図 7 において、伝送システムは、送信装置 1 1 と受信装置 1 2 とから構成される。

[0073] 送信装置 1 1 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 1 1 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 1 3 を介して送信する。

[0074] 受信装置 1 2 は、送信装置 1 1 から通信路 1 3 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。

[0075] 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。

。

[0076] 一方、通信路 1 3 では、バースト (burst) 誤りやイレージャ (erasure) を発生することがある。例えば、特に、通信路 1 3 が地上波である場合、OFDM (Or

thogonal 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。

[0077] また、フラッタ(flutter)(遅延が0でドップラ(dopper)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。

[0078] 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。

[0079] 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、前述の図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。

[0080] 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。

[0081] 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。

[0082] そこで、図7の伝送システムでは、AWGN通信路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。

[0083] [送信装置11の構成例]

[0084] 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。

[0085] 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。

[0086] 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。

[0087] 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。

[0088] 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。

[0089] 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。

[0090] 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、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構造になっている検査行列に従った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。

[0091] 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符号や、あらかじめ定められた(検査行列に対応する) LDPC符号等に符号化するLDPC符号化を行い、その結果得られるLDPC符号を出力する。

[0092] ここで、DVB-S.2や、DVB-T.2, DVB-C.2の規格に規定されている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 Topics, pp. 1-8, Sept. 2000に記載されている。

[0093] 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ブ116に供給される。

[0094] ビットインターリーブ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、QAMエンコーダ(QAM encoder)117に供給する。

[0095] QAMエンコーダ117は、ビットインターリーブ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。

[0096] すなわち、QAMエンコーダ117は、ビットインターリーブ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。

[0097] ここで、QAMエンコーダ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、DVB-T.2、DVB-C.2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), 16APSK(Amplitude Phase-Shift Keying), 32APSK, 16QAM(Quadrature Amplitude Modulation), 64QAM, 256QAM, 1024QAM, 4096QAM, 4PAM(Pulse Amplitude Modulation)等がある。QAMエンコ

ーダ 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。

[0098] QAMエンコーダ 117 での処理により得られるデータ（信号点にマッピングされたシンボル）は、時間インターリーバ(Time Interleaver) 118 に供給される。

[0099] 時間インターリーバ 118 は、QAMエンコーダ 117 からのデータ（シンボル）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、MISO/MIMOエンコーダ(MISO/MIMO encoder) 119 に供給する。

[0100] MISO/MIMOエンコーダ 119 は、時間インターリーバ 118 からのデータ（シンボル）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。

[0101] 周波数インターリーバ 120 は、MISO/MIMOエンコーダ 119 からのデータ（シンボル）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。

[0102] 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。

[0103] 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。

[0104] 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、QAMエンコーダ 123 に供給する。

[0105] QAMエンコーダ 123 は、QAMエンコーダ 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(シンボル)を、周波数インターリーバ124に供給する。

[0106] 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、QAMエンコーダ123からのデータ(シンボル)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。

[0107] 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。

[0108] 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。

[0109] なお、送信装置11は、例えば、時間インターリーバ118、MISO/MIMO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。

[0110] 図9は、図8のビットインターリーバ116の構成例を示している。

[0111] 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データ処理装置であり、パリティインターリーバ(parity interleaver)23、カラムツイストインターリーバ(column twist interleaver)24、及びデマルチプレクサ(DEMUX)25から構成される。なお、ビットインターリーバ116は、パリティインターリーバ23、及び、カラムツイストインターリーバ24の一方、又は、両方を設けずに構成することができる。

[0112] 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、カラムツイストインターリーブ24に供給する。

[0113] カラムツイストインターリーブ24は、パリティインターリーブ23からのLDPC符号について、カラムツイストインターリーブを行い、そのカラムツイストインターリーブ後のLDPC符号を、デマルチプレクサ25に供給する。

[0114] すなわち、LDPC符号は、図8のQAMエンコーダ117において、そのLDPC符号の1ビット以上の符号ビットを、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送信される。

[0115] カラムツイストインターリーブ24では、LDPCエンコーダ115で用いられる検査行列の任意の1行にある1に対応するLDPC符号の複数の符号ビットが、1つのシンボルに含まれないように、パリティインターリーブ23からのLDPC符号の符号ビットを並び替える並び替え処理として、例えば、後述するようなカラムツイストインターリーブが行われる。

[0116] デマルチプレクサ25は、カラムツイストインターリーブ24からのLDPC符号について、シンボルとなるLDPC符号の2以上の符号ビットの位置を入れ替える入れ替え処理を行うことで、AWGNに対する耐性を強化したLDPC符号を得る。そして、デマルチプレクサ25は、入れ替え処理によって得られる、LDPC符号の2以上の符号ビットを、シンボルとして、QAMエンコーダ117（図8）に供給する。

[0117] 次に、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を示している。

[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個の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、DVB-S.2, DVB-T.2, 及びDVB-C.2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 を示している。

[0122] 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。

[0123] 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。

[0124] 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 で表すこととする。

[0125] 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 $c = [A|T]$ (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。

[0126] 検査行列 H と、LDPC符号としての行ベクトル $c=[A|T]$ 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 $c=[A|T]$ 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 $H=[H_A|H_T]$ 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

(順番)に求めることができる。

- [0127] 図 1 2 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。
- [0128] 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。
- [0129] ここで、 $KX+K3+M-1+1$ は、符号長Nに等しい。
- [0130] 図 1 3 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。
- [0131] 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。
- [0132] 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。
- [0133] 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。
- [0134] 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ことが知られている。
- [0135] 図 1 2 及び図 1 3 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。
- [0136] 次に、図 1 4 は、図 8 のQAMエンコーダ 1 1 7 で16QAMが行われる場合の、16個のシンボル(に対応する信号点)のIQ平面上の配置の例を示している。
- 。

- [0137] すなわち、図14のAは、DVB-T.2の16QAMのシンボルを示している。
- [0138] 16QAMでは、1シンボルは、4ビットで表され、16 (=2⁴)個のシンボルが存在する。そして、16個のシンボルは、IQ平面の原点を中心として、I方向×Q方向が4×4の正方形状となるように配置されている。
- [0139] いま、1シンボルが表すビット列の、最上位ビットからi+1ビット目のビットを、ビット y_i と表すこととすると、16QAMの1シンボルが表す4ビットは、最上位ビットから順に、ビット y_0, y_1, y_2, y_3 と表すことができる。変調方式が16QAMの場合には、LDPC符号の符号ビットの4ビットが、4ビット y_0 ないし y_3 のシンボル（シンボル値）に（シンボル化）される。
- [0140] 図14のBは、16QAMのシンボルが表す4ビット（以下、シンボルビットともいう） y_0 ないし y_3 それぞれについてのビット境界を示している。
- [0141] ここで、シンボルビット y_i （図14では、 $i=0, 1, 2, 3$ ）についてのビット境界とは、そのシンボルビット y_i が0になっているシンボルと、1になっているシンボルとの境界を意味する。
- [0142] 図14のBに示すように、16QAMのシンボルが表す4シンボルビット y_0 ないし y_3 のうちの最上位のシンボルビット y_0 については、IQ平面のQ軸の1箇所だけがビット境界となり、2番目（最上位ビットから2番目）のシンボルビット y_1 については、IQ平面のI軸の1箇所だけがビット境界となる。
- [0143] また、3番目のシンボルビット y_2 については、4×4個のシンボルのうちの、左から1列目と2列目との間、及び3列目と4列目との間の2箇所が、ビット境界となる。
- [0144] さらに、4番目のシンボルビット y_3 については、4×4個のシンボルのうちの、上から1行目と2行目との間、及び3行目と4行目との間の2箇所が、ビット境界となる。
- [0145] シンボルが表すシンボルビット y_i は、ビット境界から離れているシンボルが多いほど、誤りにくく（エラー確率が低く）、ビット境界に近いシンボルが多いほど、誤りやすい（エラー確率が高い）。
- [0146] いま、誤りにくい（エラーに強い）ビットを、「強いビット」というとと

もに、誤りやすい（エラーに弱い）ビットを、「弱いビット」ということとすると、16QAMのシンボルの4シンボルビット y_0 ないし y_3 については、最上位のシンボルビット y_0 、及び2番目のシンボルビット y_1 が強いビットになっており、3番目のシンボルビット y_2 、及び4番目のシンボルビット y_3 が弱いビットになっている。

[0147] 図15ないし図17は、図8のQAMエンコーダ117で64QAMが行われる場合の、64個のシンボル（に対応する信号点）のIQ平面上の配置の例、すなわち、DVB-T.2の16QAMのシンボルを示している。

[0148] 64QAMでは、1シンボルは、6ビットを表し、64(=2⁶)個のシンボルが存在する。そして、64個のシンボルは、IQ平面の原点を中心として、I方向×Q方向が8×8の正方形形状となるように配置されている。

[0149] 64QAMの1シンボルのシンボルビットは、最上位ビットから順に、ビット y_0 , y_1 , y_2 , y_3 , y_4 , y_5 と表すことができる。変調方式が64QAMの場合には、LDPC符号の符号ビットの6ビットは、6ビットのシンボルビット y_0 ないし y_5 のシンボルにされる。

[0150] ここで、図15は、64QAMのシンボルのシンボルビット y_0 ないし y_5 のうちの、最上位のシンボルビット y_0 と、2番目のシンボルビット y_1 それぞれについてのビット境界を、図16は、3番目のシンボルビット y_2 と、4番目のシンボルビット y_3 それぞれについてのビット境界を、図17は、5番目のシンボルビット y_4 と、6番目のシンボルビット y_5 それぞれについてのビット境界を、それぞれ示している。

[0151] 図15に示すように、最上位のシンボルビット y_0 と、2番目のシンボルビット y_1 それぞれについてのビット境界は、1箇所になっている。また、図16に示すように、3番目のシンボルビット y_2 と、4番目のシンボルビット y_3 それぞれについてのビット境界は、2箇所になっており、図17に示すように、5番目のシンボルビット y_4 と、6番目のシンボルビット y_5 それぞれについてのビット境界は、4箇所になっている。

[0152] したがって、64QAMのシンボルのシンボルビット y_0 ないし y_5 については、最

上位シンボルビット y_0 、及び2番目のシンボルビット y_1 が、強いビットになっており、3番目のシンボルビット y_2 、及び4番目のシンボルビット y_3 が、その次に強いビットになっている。そして、5番目のシンボルビット y_4 と、6番目のシンボルビット y_5 は、弱いビットになっている。

[0153] 図14、さらには、図15ないし図17から、直交変調のシンボルのシンボルビットについては、上位ビットが強いビットとなり、下位ビットが弱いビットになる傾向があることが分かる。

[0154] 図18は、通信路13（図7）として衛星回線を採用し、図8のQAMエンコーダ117でQPSKが行われる場合の、4個のシンボル（に対応する信号点）のIQ平面上の配置の例、すなわち、例えば、DVB-S.2のQPSKのシンボルを示す図である。

[0155] DVB-S.2のQPSKでは、シンボルは、IQ平面上の原点を中心とする半径 ρ が1の円の円周上の4個の信号点のいずれかにマッピングされる。

[0156] 図19は、通信路13（図7）として衛星回線を採用し、図8のQAMエンコーダ117で8PSKが行われる場合の、8個のシンボルのIQ平面上の配置の例、すなわち、例えば、DVB-S.2の8PSKのシンボルを示す図である。

[0157] DVB-S.2の8PSKでは、シンボルは、IQ平面上の原点を中心とする半径 ρ が1の円の円周上の8個の信号点のいずれかにマッピングされる。

[0158] 図20は、通信路13（図7）として衛星回線を採用し、図8のQAMエンコーダ117で16APSKが行われる場合の、16個のシンボルのIQ平面上の配置の例、すなわち、例えば、DVB-S.2の16APSKのシンボルを示す図である。

[0159] 図20のAは、DVB-S.2の16APSKの信号点の配置を示している。

[0160] DVB-S.2の16APSKでは、シンボルは、IQ平面上の原点を中心とする半径が R_1 の円の円周上の4個の信号点、及び、半径が R_2 ($>R_1$) の円の円周上の12個の信号点の、合計で16個の信号点のいずれかにマッピングされる。

[0161] 図20のBは、DVB-S.2の16APSKの信号点の配置における半径 R_2 と R_1 との比 $\gamma = R_2/R_1$ を示している。

[0162] DVB-S.2の16APSKの信号点の配置において、半径 R_2 と R_1 との比 γ は、符号化

率ごとに異なる。

- [0163] 図 2 1 は、通信路 1 3 (図 7) として衛星回線を採用し、図 8 の QAM エンコーダ 1 1 7 で 32APSK が行われる場合の、3 2 個のシンボルの IQ 平面上の配置の例、すなわち、例えば、DVB-S. 2 の 32APSK のシンボルを示す図である。
- [0164] 図 2 1 の A は、DVB-S. 2 の 32APSK の信号点の配置を示している。
- [0165] DVB-S. 2 の 32APSK では、シンボルは、IQ 平面上の原点を中心とする半径が R_1 の円の円周上の 4 個の信号点、半径が $R_2 (>R_1)$ の円の円周上の 1 2 個の信号点、及び、半径が $R_3 (>R_2)$ の円の円周上の 1 6 個の信号点の、合計で 3 2 個の信号点のいずれかにマッピングされる。
- [0166] 図 2 1 の B は、DVB-S. 2 の 32APSK の信号点の配置における半径 R_2 と R_1 との比 $\gamma_1 = R_2 / R_1$ 、及び、半径 R_3 と R_1 との比 $\gamma_2 = R_3 / R_1$ を示している。
- [0167] DVB-S. 2 の 32APSK の信号点の配置において、半径 R_2 と R_1 との比 γ_1 、及び、半径 R_3 と R_1 との比 γ_2 は、符号化率ごとに異なる。
- [0168] 図 1 8 ないし図 2 1 に信号点の配置を示した DVB-S. 2 の各直交変調 (QPSK, 8 PSK, 16APSK, 32APSK) のシンボルのシンボルビットについても、図 1 4 ないし図 1 7 の場合と同様に、強いビットと弱いビットとがある。
- [0169] ここで、図 1 2 及び図 1 3 で説明したように、LDPC エンコーダ 1 1 5 (図 8) が出力する LDPC 符号については、エラーに強い符号ビットと、エラーに弱い符号ビットがある。
- [0170] また、図 1 4 ないし図 2 1 で説明したように、QAM エンコーダ 1 1 7 で行われる直交変調のシンボルのシンボルビットについては、強いビットと弱いビットがある。
- [0171] したがって、LDPC 符号の、エラーに弱い符号ビットを、直交変調のシンボルの、弱いシンボルビットに割り当てると、全体として、エラーに対する耐性が低下する。
- [0172] そこで、LDPC 符号の、エラーに弱い符号ビットを、直交変調のシンボルの、強いビット (シンボルビット) に割り当てる傾向で、LDPC 符号の符号ビットをインターリーブするインターリーバが提案されている。

- [0173] 図9のデマルチプレクサ25は、そのインターリーバの処理を行うことができる。
- [0174] 図22は、図9のデマルチプレクサ25の処理を説明する図である。
- [0175] すなわち、図22のAは、デマルチプレクサ25の機能的な構成例を示している。
- [0176] デマルチプレクサ25は、メモリ31及び入れ替え部32から構成される。
- [0177] メモリ31には、LDPCエンコーダ115からのLDPC符号が供給される。
- [0178] メモリ31は、ロウ(row) (横) 方向にmbビットを記憶するとともに、コラム(column) (縦) 方向にN/(mb)ビットを記憶する記憶容量を有し、そこに供給されるLDPC符号の符号ビットを、コラム方向に書き込み、ロウ方向に読み出して、入れ替え部32に供給する。
- [0179] ここで、N (=情報長K+パリティ長M) は、上述したように、LDPC符号の符号長を表す。
- [0180] また、mは、1シンボルとなるLDPC符号の符号ビットのビット数を表し、bは所定の正の整数で、mを整数倍するのに用いられる倍数である。デマルチプレクサ25は、上述したように、LDPC符号の符号ビットをシンボルとする (シンボル化する) が、倍数bは、デマルチプレクサ25が、いわば一度のシンボル化によって得るシンボルの個数を表す。
- [0181] 図22のAは、変調方式がシンボルを64個の信号点のいずれかにマッピングする64QAM等である場合のデマルチプレクサ25の構成例を示しており、したがって、1シンボルとなるLDPC符号の符号ビットのビット数mは、6ビットである。
- [0182] また、図22のAでは、倍数bは1になっており、したがって、メモリ31は、コラム方向×ロウ方向がN/(6×1)×(6×1)ビットの記憶容量を有する。
- [0183] ここで、メモリ31の、ロウ方向が1ビットの、コラム方向に延びる記憶領域を、以下、適宜、コラムという。図22のAでは、メモリ31は、6 (=6×1)個のコラムから構成される。

- [0184] デマルチプレクサ25では、LDPC符号の符号ビットを、メモリ31を構成する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。
- [0185] そして、符号ビットの書き込みが、最も右のカラムの一番下まで終了すると、メモリ31を構成するすべてのカラムの1行目から、ロウ方向に、6ビット（mbビット）単位で、符号ビットが読み出され、入れ替え部32に供給される。
- [0186] 入れ替え部32は、メモリ31からの6ビットの符号ビットの位置を入れ替える入れ替え処理を行い、その結果得られる6ビットを、64QAMの1シンボルを表す6シンボルビット $y_0, y_1, y_2, y_3, y_4, y_5$ として出力する。
- [0187] すなわち、メモリ31からは、ロウ方向に、mbビット（ここでは、6ビット）の符号ビットが読み出されるが、その、メモリ31から読み出されるmbビットの符号ビットの、最上位ビットからiビット目を($i=0, 1, \dots, mb-1$)、ビット b_i と表すこととすると、メモリ31からロウ方向に読み出される6ビットの符号ビットは、最上位ビットから順に、ビット $b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5$ と表すことができる。
- [0188] 図12及び図13で説明した列重みの関係で、ビット b_0 の方向にある符号ビットは、エラーに強い符号ビットになっており、ビット b_5 の方向にある符号ビットは、エラーに弱い符号ビットになっている。
- [0189] 入れ替え部32では、メモリ31からの6ビットの符号ビット b_0 ないし b_5 のうちの、エラーに弱い符号ビットが、64QAMの1シンボルのシンボルビット y_0 ないし y_5 のうちの、強いビットに割り当てられるように、メモリ31からの6ビットの符号ビット b_0 ないし b_5 の位置を入れ替える入れ替え処理を行うことができる。
- [0190] ここで、メモリ31からの6ビットの符号ビット b_0 ないし b_5 をどのように入れ替えて、64QAMの1シンボルを表す6シンボルビット y_0 ないし y_5 のそれぞれに割り当てるかの入れ替え方式としては、各社から、様々な方式が提案されている。

- [0191] 図22のBは、第1の入れ替え方式を、図22のCは、第2の入れ替え方式を、図22のDは、第3の入れ替え方式を、それぞれ示している。
- [0192] 図22のBないし図22のDにおいて（後述する図23においても同様）、ビット b_i と y_j とを結ぶ線分は、符号ビット b_i を、シンボルのシンボルビット y_j に割り当てる（シンボルビット y_j の位置に入れ替える）ことを意味する。
- [0193] 図22のBの第1の入れ替え方式としては、3種類の入れ替え方のうちのいずれか1つを採用することが提案されており、図22のCの第2の入れ替え方式としては、2種類の入れ替え方のうちのいずれか1つを採用することが提案されている。
- [0194] 図22のDの第3の入れ替え方式としては、6種類の入れ替え方を順番に選択して用いることが提案されている。
- [0195] 図23は、変調方式がシンボルを64個の信号点のいずれかにマッピングする64QAM等であり（したがって、1シンボルにマッピングされるLDPC符号の符号ビットのビット数 m は、図22と同様に6ビットである）、かつ、倍数 b が2の場合のデマルチプレクサ25の構成例と、第4の入れ替え方式を示している。
- [0196] 倍数 b が2である場合、メモリ31は、カラム方向×ロウ方向が $N/(6 \times 2) \times (6 \times 2)$ ビットの記憶容量を有し、12(=6×2)個のカラムから構成される。
- [0197] 図23のAは、メモリ31へのLDPC符号の書き込み順を示している。
- [0198] デマルチプレクサ25では、図22で説明したように、LDPC符号の符号ビットを、メモリ31を構成する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。
- [0199] そして、符号ビットの書き込みが、最も右のカラムの一番下まで終了すると、メモリ31を構成するすべてのカラムの1行目から、ロウ方向に、12ビット（ mb ビット）単位で、符号ビットが読み出され、入れ替え部32に供給される。
- [0200] 入れ替え部32は、メモリ31からの12ビットの符号ビットの位置を、第4の入れ替え方式で入れ替える入れ替え処理を行い、その結果得られる1

2ビットを、64QAMの2シンボル（ b 個のシンボル）を表す12ビット、つまり、64QAMの1シンボルを表す6シンボルビット $y_{0r}, y_{1r}, y_{2r}, y_{3r}, y_{4r}, y_{5r}$ と、次の1シンボルを表す6シンボルビット $y_{0i}, y_{1i}, y_{2i}, y_{3i}, y_{4i}, y_{5i}$ として出力する。

[0201] ここで、図23のBは、図23のAの入れ替え部32による入れ替え処理の第4の入れ替え方式を示している。

[0202] なお、倍数 b が2である場合（3以上である場合も同様）、入れ替え処理では、 mb ビットの符号ビットが、連続する b 個のシンボルの mb ビットのシンボルビットに割り当てられる。図23を含め、以下では、説明の便宜上、連続する b 個のシンボルの mb ビットのシンボルビットの最上位ビットから $i+1$ ビット目を、ビット（シンボルビット） y_i と表す。

[0203] どのような符号ビットの入れ替え方が適切であるか、つまり、AWGN通信路でのエラーレートをより向上させるかは、LDPC符号の符号化率や符号長、変調方式等によって異なる。

[0204] [パリティインターリーブ]

[0205] 次に、図24ないし図26を参照して、図9のパリティインターリーブ3によるパリティインターリーブについて説明する。

[0206] 図24は、LDPC符号の検査行列のタナーグラフ（の一部）を示している。

[0207] チェックノードは、図24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。

[0208] ところで、図8のLDPCエンコーダ115が出力する、DVB-S.2等の規格に規定されているLDPC符号は、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。

[0209] 図25は、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 に対応するタナーグラフを示している。

- [0210] すなわち、図25のAは、階段構造になっているパリティ行列 H_T を示しており、図25のBは、図25のAのパリティ行列 H_T に対応するタナーグラフを示している。
- [0211] 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 のタナーグラフにおいて、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。
- [0212] 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に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。
- [0213] 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。
- [0214] 図26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 を示している。
- [0215] ここで、LDPCエンコーダ115が出力する、DVB-S.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 H_A は、巡回構造になっている。
- [0216] 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 に比例する値だけ、列方向にサイクリックシフ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、巡回構造の単位の列数という。

[0217] DVB-S. 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、巡回構造の単位の列数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。

[0218] 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、巡回構造の単位の列数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、巡回構造の単位の列数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）。

[0219] 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、 $K+qx+ty+1$ 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。

[0220] $K+qx+ty+1$ 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。

[0221] 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、巡回構造の単位の列数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。

[0222] なお、 $K+qx+ty+1$ 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、 $K+qx+ty+1$ 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。

[0223] また、変換検査行列のパリティ行列には、図26に示すように、P列（図26では、360列）を単位とする擬似巡回構造が現れる。

[0224] 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。DVB-S.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、その右隅部分の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。

[0225] なお、図26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。

[0226] [カラムツイストインターリーブ]

[0227] 次に、図27ないし図30を参照して、図9のカラムツイストインターリーブ24による並び替え処理としてのカラムツイストインターリーブについて説明する。

[0228] 図8の送信装置11では、LDPC符号の符号ビットの1ビット以上を、1個のシンボルとして送信する。すなわち、例えば、符号ビットの2ビットを1個のシンボルとする場合には、変調方式として、例えば、QPSKが用いられ、符号ビットの4ビットを1個のシンボルとする場合には、変調方式として、例えば、16APSKや16QAMが用いられる。

[0229] 符号ビットの2ビット以上を、1個のシンボルとして送信する場合、あるシンボルに、イレージャ等が発生すると、そのシンボルの符号ビットは、すべてエラー（イレージャ）になる。

[0230] したがって、復号の性能を向上させるために、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（に対応する符号ビット）の複数が同時にイレ

ージャになる確率を低下させるには、1個のシンボルの符号ビットに対応するバリアブルノードが、同一のチェックノードに繋がることを避ける必要がある。

[0231] 一方、上述したように、LDPCエンコーダ115が出力する、DVB-S.2等の規格に規定されているLDPC符号の検査行列Hでは、情報行列 H_A が巡回構造を有し、パリティ行列 H_T が階段構造を有している。そして、図26で説明したように、パリティインターリーブ後のLDPC符号の検査行列である変換検査行列では、パリティ行列にも巡回構造（正確には、上述したように、擬似巡回構造）が現れる。

[0232] 図27は、変換検査行列を示している。

[0233] すなわち、図27のAは、符号長Nが64800ビットで、符号化率(r)が3/4のLDPC符号の検査行列Hの変換検査行列を示している。

[0234] 図27のAでは、変換検査行列において、値が1になっている要素の位置が、点(・)で示されている。

[0235] 図27のBは、図27のAの変換検査行列のLDPC符号、つまり、パリティインターリーブ後のLDPC符号を対象として、デマルチプレクサ25(図9)が行う処理を示している。

[0236] 図27のBでは、変調方式が16APSKや16QAM等の、シンボルを16個の信号点のいずれかにマッピングする方式であるとして、デマルチプレクサ25のメモリ31を構成する4カラムに、パリティインターリーブ後のLDPC符号の符号ビットが、カラム方向に書き込まれている。

[0237] メモリ31を構成する4カラムに、カラム方向に書き込まれた符号ビットは、ロウ方向に、4ビット単位で読み出され、1シンボルとなる。

[0238] この場合、1シンボルとなる4ビットの符号ビット B_0, B_1, B_2, B_3 は、図27のAの変換検査行列の、任意の1行にある1に対応する符号ビットとなっていることがあり、この場合、その符号ビット B_0, B_1, B_2, B_3 それぞれに対応するバリアブルノードは、同一のチェックノードに繋がっている。

[0239] したがって、1シンボルの4ビットの符号ビット B_0, B_1, B_2, B_3 が、変換検査行

列の任意の1行にある1に対応する符号ビットとなっている場合には、そのシンボルに、イレージャが発生すると、符号ビット B_0, B_1, B_2, B_3 それぞれに対応するバリエブルノードが繋がっている同一のチェックノードにおいて、適切なメッセージを求めることができず、その結果、復号の性能が劣化する。

[0240] 符号化率が $3/4$ 以外の符号化率についても、同様に、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に対応する複数の符号ビットが、16A PSKや16QAMの1個のシンボルとされることがある。

[0241] そこで、カラムツイストインターリーブ24は、変換検査行列の任意の1行にある1に対応する複数の符号ビットが、1個のシンボルに含まれないように、パリティインターリーブ23からのパリティインターリーブ後のLDPC符号の符号ビットをインターリーブするカラムツイストインターリーブを行う。

[0242] 図28は、カラムツイストインターリーブを説明する図である。

[0243] すなわち、図28は、デマルチプレクサ25のメモリ31（図22、図23）を示している。

[0244] メモリ31は、図22で説明したように、カラム（縦）方向に $N/(mb)$ ビットを記憶するとともに、ロウ（横）方向に mb ビットを記憶する記憶容量を有し、 mb 個のカラムから構成される。そして、カラムツイストインターリーブ24は、メモリ31に対して、LDPC符号の符号ビットを、カラム方向に書き込み、ロウ方向に読み出すときの書き始めの位置を制御することで、カラムツイストインターリーブを行う。

[0245] すなわち、カラムツイストインターリーブ24では、複数のカラムそれぞれについて、符号ビットの書き込みを開始する書き始めの位置を、適宜変更することで、ロウ方向に読み出される、1シンボルとされる複数の符号ビットが、変換検査行列の任意の1行にある1に対応する符号ビットにならないようにする（検査行列の任意の1行にある1に対応する複数の符号ビットが、同一のシンボルに含まれないように、LDPC符号の符号ビットを並び替える）。

[0246] ここで、図28は、変調方式が16APSKや16QAMであり、かつ、図22で説明

した倍数 b が1である場合の、メモリ31の構成例を示している。したがって、1シンボルにされるLDPC符号の符号ビットのビット数 m は、4ビットであり、また、メモリ31は、4(= mb)個のカラムで構成されている。

[0247] カラムツイストインターリーブ24は、(図22のデマルチプレクサ25に代わり)LDPC符号の符号ビットを、メモリ31を構成する4個のカラムの上から下方向(カラム方向)に書き込むことを、左から右方向のカラムに向かって行う。

[0248] そして、符号ビットの書き込みが、最も右のカラムまで終了すると、カラムツイストインターリーブ24は、メモリ31を構成するすべてのカラムの1行目から、ロウ方向に、4ビット(mb ビット)単位で、符号ビットを読み出し、カラムツイストインターリーブ後のLDPC符号として、デマルチプレクサ25の入れ替え部32(図22、図23)に出力する。

[0249] 但し、カラムツイストインターリーブ24では、各カラムの先頭(一番上)の位置のアドレスを0として、カラム方向の各位置のアドレスを、昇順の整数で表すこととすると、最も左のカラムについては、書き始めの位置を、アドレスが0の位置とし、(左から)2番目のカラムについては、書き始めの位置を、アドレスが2の位置とし、3番目のカラムについては、書き始めの位置を、アドレスが4の位置とし、4番目のカラムについては、書き始めの位置を、アドレスが7の位置とする。

[0250] なお、書き始めの位置が、アドレスが0の位置以外の位置のカラムについては、符号ビットを、最も下の位置まで書き込んだ後は、先頭(アドレスが0の位置)に戻り、書き始めの位置の直前の位置までの書き込みが行われる。そして、その後、次(右)のカラムへの書き込みが行われる。

[0251] 以上のようなカラムツイストインターリーブを行うことにより、DVB-T.2等の規格に規定されているLDPC符号について、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に対応する複数の符号ビットが、16APSKや16QAMの1個のシンボルとされること(同一のシンボルに含まれること)を回避することができ、その結果、イレージャのある通信路での復号の性能を向上

させることができる。

[0252] 図29は、DVB-T.2の規格に規定されている、符号長 N が64800の、11個の符号化率それぞれのLDPC符号について、カラムツイストインターリーブに必要なメモリ31のカラム数と、書き始めの位置のアドレスを、変調方式ごとに示している。

[0253] 倍数 b が1であり、かつ、変調方式として、例えば、QPSKが採用されることによって、1シンボルのビット数 m が、2ビットである場合、図29によれば、メモリ31は、ロウ方向に $2 \times 1 (=mb)$ ビットを記憶する2個のカラムを有し、カラム方向に $64800 / (2 \times 1)$ ビットを記憶する。

[0254] そして、メモリ31の2個のカラムのうちの1番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが0の位置と、2番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが2の位置と、それぞれされる。

[0255] なお、例えば、デマルチプレクサ25（図9）の入れ替え処理の入れ替え方式として、図22の第1ないし第3の入れ替え方式のうちのいずれかが採用される場合等に、倍数 b は1となる。

[0256] 倍数 b が2であり、かつ、変調方式として、例えば、QPSKが採用されることによって、1シンボルのビット数 m が、2ビットである場合、図29によれば、メモリ31は、ロウ方向に 2×2 ビットを記憶する4個のカラムを有し、カラム方向に $64800 / (2 \times 2)$ ビットを記憶する。

[0257] そして、メモリ31の4個のカラムのうちの1番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが0の位置と、2番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが2の位置と、3番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが4の位置と、4番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが7の位置と、それぞれされる。

[0258] なお、例えば、デマルチプレクサ25（図9）の入れ替え処理の入れ替え方式として、図23の第4の入れ替え方式が採用される場合等に、倍数 b は2となる。

[0259] 倍数 b が1であり、かつ、変調方式として、例えば、16QAMが採用されること

によって、1シンボルのビット数 m が、4ビットである場合、図29によれば、メモリ31は、ロウ方向に 4×1 ビットを記憶する4個のカラムを有し、カラム方向に $64800 / (4 \times 1)$ ビットを記憶する。

[0260] そして、メモリ31の4個のカラムのうちの、1番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが0の位置と、2番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが2の位置と、3番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが4の位置と、4番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが7の位置と、それぞれされる。

[0261] 倍数 b が2であり、かつ、変調方式として、例えば、16QAMが採用されることによって、1シンボルのビット数 m が、4ビットである場合、図29によれば、メモリ31は、ロウ方向に 4×2 ビットを記憶する8個のカラムを有し、カラム方向に $64800 / (4 \times 2)$ ビットを記憶する。

[0262] そして、メモリ31の8個のカラムのうちの、1番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが0の位置と、2番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが0の位置と、3番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが2の位置と、4番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが4の位置と、5番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが4の位置と、6番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが5の位置と、7番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが7の位置と、8番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが7の位置と、それぞれされる。

[0263] 倍数 b が1であり、かつ、変調方式として、例えば、64QAMが採用されることによって、1シンボルのビット数 m が、6ビットである場合、図29によれば、メモリ31は、ロウ方向に 6×1 ビットを記憶する6個のカラムを有し、カラム方向に $64800 / (6 \times 1)$ ビットを記憶する。

[0264] そして、メモリ31の6個のカラムのうちの、1番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが0の位置と、2番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが2の位置と、3番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが5の位置と、4番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが9の位置と、5番目のカ

ラムの書き始めの位置は、アドレスが10の位置と、6番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが13の位置と、それぞれされる。

[0265] 倍数 b が2であり、かつ、変調方式として、例えば、64QAMが採用されることによって、1シンボルのビット数 m が、6ビットである場合、図29によれば、メモリ31は、ロウ方向に 6×2 ビットを記憶する12個のカラムを有し、カラム方向に $64800 / (6 \times 2)$ ビットを記憶する。

[0266] そして、メモリ31の12個のカラムのうちの、1番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが0の位置と、2番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが0の位置と、3番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが2の位置と、4番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが2の位置と、5番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが3の位置と、6番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが4の位置と、7番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが4の位置と、8番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが5の位置と、9番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが5の位置と、10番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが7の位置と、11番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが8の位置と、12番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが9の位置と、それぞれされる。

[0267] 倍数 b が1であり、かつ、変調方式として、例えば、256QAMが採用されることによって、1シンボルのビット数 m が、8ビットである場合、図29によれば、メモリ31は、ロウ方向に 8×1 ビットを記憶する8個のカラムを有し、カラム方向に $64800 / (8 \times 1)$ ビットを記憶する。

[0268] そして、メモリ31の8個のカラムのうちの、1番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが0の位置と、2番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが0の位置と、3番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが2の位置と、4番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが4の位置と、5番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが4の位置と、6番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが5の位置と、7番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが7の位置と、8番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが7の位置

と、それぞれされる。

[0269] 倍数 b が2であり、かつ、変調方式として、例えば、256QAMが採用されることによって、1シンボルのビット数 m が、8ビットである場合、図29によれば、メモリ31は、ロウ方向に 8×2 ビットを記憶する16個のカラムを有し、カラム方向に $64800 / (8 \times 2)$ ビットを記憶する。

[0270] そして、メモリ31の16個のカラムのうちの、1番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが0の位置と、2番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが2の位置と、3番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが2の位置と、4番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが2の位置と、5番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが2の位置と、6番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが3の位置と、7番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが7の位置と、8番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが15の位置と、9番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが16の位置と、10番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが20の位置と、11番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが22の位置と、12番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが22の位置と、13番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが27の位置と、14番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが27の位置と、15番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが28の位置と、16番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが32の位置と、それぞれされる。

[0271] 倍数 b が1であり、かつ、変調方式として、例えば、1024QAMが採用されることによって、1シンボルのビット数 m が、10ビットである場合、図29によれば、メモリ31は、ロウ方向に 10×1 ビットを記憶する10個のカラムを有し、カラム方向に $64800 / (10 \times 1)$ ビットを記憶する。

[0272] そして、メモリ31の10個のカラムのうちの、1番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが0の位置と、2番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが3の位置と、3番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが6の位置と、4番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが8の位置と、5番目の

カラムの書き始めの位置は、アドレスが11の位置と、6番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが13の位置と、7番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが15の位置と、8番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが17の位置と、9番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが18の位置と、10番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが20の位置と、それぞれされる。

[0273] 倍数 b が2であり、かつ、変調方式として、例えば、1024QAMが採用されることによって、1シンボルのビット数 m が、10ビットである場合、図29によれば、メモリ31は、ロウ方向に 10×2 ビットを記憶する20個のカラムを有し、カラム方向に $64800 / (10 \times 2)$ ビットを記憶する。

[0274] そして、メモリ31の20個のカラムのうちの、1番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが0の位置と、2番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが1の位置と、3番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが3の位置と、4番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが4の位置と、5番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが5の位置と、6番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが6の位置と、7番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが6の位置と、8番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが9の位置と、9番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが13の位置と、10番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが14の位置と、11番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが14の位置と、12番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが16の位置と、13番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが21の位置と、14番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが21の位置と、15番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが23の位置と、16番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが25の位置と、17番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが25の位置と、18番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが26の位置と、19番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが28の位置と、20番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが30の位置と、それぞれされる。

[0275] 倍数 b が1であり、かつ、変調方式として、例えば、4096QAMが採用されることによって、1シンボルのビット数 m が、12ビットである場合、図29によれば、メモリ31は、ロウ方向に 12×1 ビットを記憶する12個のカラムを有し、カラム方向に $64800 / (12 \times 1)$ ビットを記憶する。

[0276] そして、メモリ31の12個のカラムのうちの、1番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが0の位置と、2番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが0の位置と、3番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが2の位置と、4番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが2の位置と、5番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが3の位置と、6番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが4の位置と、7番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが4の位置と、8番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが5の位置と、9番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが5の位置と、10番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが7の位置と、11番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが8の位置と、12番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが9の位置と、それぞれされる。

[0277] 倍数 b が2であり、かつ、変調方式として、例えば、4096QAMが採用されることによって、1シンボルのビット数 m が、12ビットである場合、図29によれば、メモリ31は、ロウ方向に 12×2 ビットを記憶する24個のカラムを有し、カラム方向に $64800 / (12 \times 2)$ ビットを記憶する。

[0278] そして、メモリ31の24個のカラムのうちの、1番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが0の位置と、2番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが5の位置と、3番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが8の位置と、4番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが8の位置と、5番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが8の位置と、6番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが8の位置と、7番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが10の位置と、8番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが10の位置と、9番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが10の位置と、10番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが12の位置と、11番目のカラム

ムの書き始めの位置は、アドレスが13の位置と、12番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが16の位置と、13番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが17の位置と、14番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが19の位置と、15番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが21の位置と、16番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが22の位置と、17番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが23の位置と、18番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが26の位置と、19番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが37の位置と、20番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが39の位置と、21番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが40の位置と、22番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが41の位置と、23番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが41の位置と、24番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが41の位置と、それぞれされる。

[0279] 図30は、DVB-T.2の規格に規定されている、符号長Nが16200の、10個の符号化率それぞれのLDPC符号について、カラムツイストインターリーブに必要なメモリ31のカラム数と、書き始めの位置のアドレスを、変調方式ごとに示している。

[0280] 倍数bが1であり、かつ、変調方式として、例えば、QPSKが採用されることによって、1シンボルのビット数mが、2ビットである場合、図30によれば、メモリ31は、ロウ方向に 2×1 ビットを記憶する2個のカラムを有し、カラム方向に $16200 / (2 \times 1)$ ビットを記憶する。

[0281] そして、メモリ31の2個のカラムのうちの、1番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが0の位置と、2番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが0の位置と、それぞれされる。

[0282] 倍数bが2であり、かつ、変調方式として、例えば、QPSKが採用されることによって、1シンボルのビット数mが、2ビットである場合、図30によれば、メモリ31は、ロウ方向に 2×2 ビットを記憶する4個のカラムを有し、カラム方向に $16200 / (2 \times 2)$ ビットを記憶する。

[0283] そして、メモリ31の4個のカラムのうちの、1番目のカラムの書き始め

の位置は、アドレスが0の位置と、2番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが2の位置と、3番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが3の位置と、4番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが3の位置と、それぞれされる。

[0284] 倍数 b が1であり、かつ、変調方式として、例えば、16QAMが採用されることによって、1シンボルのビット数 m が、4ビットである場合、図30によれば、メモリ31は、ロウ方向に 4×1 ビットを記憶する4個のカラムを有し、カラム方向に $16200 / (4 \times 1)$ ビットを記憶する。

[0285] そして、メモリ31の4個のカラムのうちの、1番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが0の位置と、2番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが2の位置と、3番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが3の位置と、4番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが3の位置と、それぞれされる。

[0286] 倍数 b が2であり、かつ、変調方式として、例えば、16QAMが採用されることによって、1シンボルのビット数 m が、4ビットである場合、図30によれば、メモリ31は、ロウ方向に 4×2 ビットを記憶する8個のカラムを有し、カラム方向に $16200 / (4 \times 2)$ ビットを記憶する。

[0287] そして、メモリ31の8個のカラムのうちの、1番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが0の位置と、2番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが0の位置と、3番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが0の位置と、4番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが1の位置と、5番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが7の位置と、6番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが20の位置と、7番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが20の位置と、8番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが21の位置と、それぞれされる。

[0288] 倍数 b が1であり、かつ、変調方式として、例えば、64QAMが採用されることによって、1シンボルのビット数 m が、6ビットである場合、図30によれば、メモリ31は、ロウ方向に 6×1 ビットを記憶する6個のカラムを有し、カ

ラム方向に $16200/(6 \times 1)$ ビットを記憶する。

[0289] そして、メモリ 31 の 6 個のカラムのうちの、1 番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが 0 の位置と、2 番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが 0 の位置と、3 番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが 2 の位置と、4 番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが 3 の位置と、5 番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが 7 の位置と、6 番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが 7 の位置と、それぞれされる。

[0290] 倍数 b が 2 であり、かつ、変調方式として、例えば、64QAM が採用されることによって、1 シンボルのビット数 m が、6 ビットである場合、図 30 によれば、メモリ 31 は、ロウ方向に 6×2 ビットを記憶する 12 個のカラムを有し、カラム方向に $16200/(6 \times 2)$ ビットを記憶する。

[0291] そして、メモリ 31 の 12 個のカラムのうちの、1 番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが 0 の位置と、2 番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが 0 の位置と、3 番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが 0 の位置と、4 番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが 2 の位置と、5 番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが 2 の位置と、6 番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが 2 の位置と、7 番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが 3 の位置と、8 番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが 3 の位置と、9 番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが 3 の位置と、10 番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが 6 の位置と、11 番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが 7 の位置と、12 番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが 7 の位置と、それぞれされる。

[0292] 倍数 b が 1 であり、かつ、変調方式として、例えば、256QAM が採用されることによって、1 シンボルのビット数 m が、8 ビットである場合、図 30 によれば、メモリ 31 は、ロウ方向に 8×1 ビットを記憶する 8 個のカラムを有し、カラム方向に $16200/(8 \times 1)$ ビットを記憶する。

[0293] そして、メモリ 31 の 8 個のカラムのうちの、1 番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが 0 の位置と、2 番目のカラムの書き始めの位置は、アド

レスが0の位置と、3番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが0の位置と、4番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが1の位置と、5番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが7の位置と、6番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが20の位置と、7番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが20の位置と、8番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが21の位置と、それぞれされる。

[0294] 倍数 b が1であり、かつ、変調方式として、例えば、1024QAMが採用されることによって、1シンボルのビット数 m が、10ビットである場合、図30によれば、メモリ31は、ロウ方向に 10×1 ビットを記憶する10個のカラムを有し、カラム方向に $16200 / (10 \times 1)$ ビットを記憶する。

[0295] そして、メモリ31の10個のカラムのうちの、1番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが0の位置と、2番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが1の位置と、3番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが2の位置と、4番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが2の位置と、5番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが3の位置と、6番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが3の位置と、7番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが4の位置と、8番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが4の位置と、9番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが5の位置と、10番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが7の位置と、それぞれされる。

[0296] 倍数 b が2であり、かつ、変調方式として、例えば、1024QAMが採用されることによって、1シンボルのビット数 m が、10ビットである場合、図30によれば、メモリ31は、ロウ方向に 10×2 ビットを記憶する20個のカラムを有し、カラム方向に $16200 / (10 \times 2)$ ビットを記憶する。

[0297] そして、メモリ31の20個のカラムのうちの、1番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが0の位置と、2番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが0の位置と、3番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが0の位置と、4番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが2の位置と、5番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが2の位置と、6番目のカラムの書き始

めの位置は、アドレスが2の位置と、7番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが2の位置と、8番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが2の位置と、9番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが5の位置と、10番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが5の位置と、11番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが5の位置と、12番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが5の位置と、13番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが5の位置と、14番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが7の位置と、15番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが7の位置と、16番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが7の位置と、17番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが7の位置と、18番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが8の位置と、19番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが8の位置と、20番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが10の位置と、それぞれされる。

[0298] 倍数 b が1であり、かつ、変調方式として、例えば、4096QAMが採用されることによって、1シンボルのビット数 m が、12ビットである場合、図30によれば、メモリ31は、ロウ方向に 12×1 ビットを記憶する12個のカラムを有し、カラム方向に $16200 / (12 \times 1)$ ビットを記憶する。

[0299] そして、メモリ31の12個のカラムのうちの、1番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが0の位置と、2番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが0の位置と、3番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが0の位置と、4番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが2の位置と、5番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが2の位置と、6番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが2の位置と、7番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが3の位置と、8番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが3の位置と、9番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが3の位置と、10番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが6の位置と、11番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが7の位置と、12番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが7の位置と、それぞれされる。

[0300] 倍数 b が2であり、かつ、変調方式として、例えば、4096QAMが採用されることによって、1シンボルのビット数 m が、12ビットである場合、図30によれば、メモリ31は、ロウ方向に 12×2 ビットを記憶する24個のカラムを有し、カラム方向に $16200 / (12 \times 2)$ ビットを記憶する。

[0301] そして、メモリ31の24個のカラムのうちの、1番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが0の位置と、2番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが0の位置と、3番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが0の位置と、4番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが0の位置と、5番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが0の位置と、6番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが0の位置と、7番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが0の位置と、8番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが1の位置と、9番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが1の位置と、10番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが1の位置と、11番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが2の位置と、12番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが2の位置と、13番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが2の位置と、14番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが3の位置と、15番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが7の位置と、16番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが9の位置と、17番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが9の位置と、18番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが9の位置と、19番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが10の位置と、20番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが10の位置と、21番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが10の位置と、22番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが10の位置と、23番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが10の位置と、24番目のカラムの書き始めの位置は、アドレスが11の位置と、それぞれされる。

[0302] 図31は、図8のLDPCエンコーダ115、ビットインターリーバ116、及び、QAMエンコーダ117で行われる処理を説明するフローチャートである。

- [0303] 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ブ116に供給して、処理は、ステップS102に進む。
- [0304] ビットインターリーブ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後のLDPC符号をシンボル化したシンボルを、QAMエンコーダ117に供給して、処理は、ステップS103に進む。
- [0305] すなわち、ステップS102では、ビットインターリーブ116（図9）において、パリティインターリーブ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、カラムツイストインターリーブ24に供給する。
- [0306] カラムツイストインターリーブ24は、パリティインターリーブ23からのLDPC符号を対象として、カラムツイストインターリーブを行い、デマルチプレクサ25に供給する。
- [0307] デマルチプレクサ25は、カラムツイストインターリーブ24によるカラムツイストインターリーブ後のLDPC符号の符号ビットを入れ替えて、入れ替え後の符号ビットを、シンボルのシンボルビット（シンボルを表すビット）とする入れ替え処理を行う。
- [0308] ここで、デマルチプレクサ25による入れ替え処理は、図22及び図23に示した第1ないし第4の入れ替え方式に従って行うことができる他、LDPC符号の符号ビットを、シンボルを表すシンボルビットに割り当てるための、あらかじめ定めた所定の割り当てルールに従って行うことができる。
- [0309] デマルチプレクサ25による入れ替え処理によって得られたシンボルは、デマルチプレクサ25から、QAMエンコーダ117に供給される。
- [0310] QAMエンコーダ117は、ステップS103において、デマルチプレクサ25からのシンボルを、QAMエンコーダ117で行われる直交変調の変調方式で定める信号点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

間インターリーブ118に供給する。

- [0311] 以上のように、パリティインターリーブや、カラムツイスト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、イレージャやバースト誤りに対する耐性を向上させることができる。
- [0312] 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ブ23と、カラムツイストインターリーブを行うブロックであるカラムツイストインターリーブ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ブ23とカラムツイストインターリーブ24とは、一体的に構成することができる。
- [0313] すなわち、パリティインターリーブと、カラムツイスト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。
- [0314] したがって、パリティインターリーブを表す行列と、カラムツイスト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、その行列によって、符号ビットを変換することで、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符号をカラムツイストインターリーブした結果を得ることができる。
- [0315] また、パリティインターリーブ23とカラムツイストインターリーブ24に加えて、デマルチプレクサ25も、一体的に構成することが可能である。
- [0316] すなわち、デマルチプレクサ25で行われる入れ替え処理も、LDPC符号を記憶するメモリ31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。
- [0317] したがって、パリティインターリーブを表す行列、カラムツイストインターリーブを表す行列、及び、入れ替え処理を表す行列を乗算して得られる行列を求めておけば、その行列によって、パリティインターリーブ、カラムツ

イストインターリーブ、及び、入れ替え処理を、一括して行うことができる。

[0318] なお、パリティインターリーブと、カラムツイストインターリーブとについては、そのうちのいずれか一方だけを行うようにすること、又は、いずれも行わないようにすることが可能である。例えば、DVB-S.2のように、通信路13（図7）が、AWGN以外の、バースト誤りやフラッタ等をそれほど考慮せずに済む衛星回線等である場合には、パリティインターリーブやカラムツイストインターリーブは、行わないようにすることができる。

[0319] 次に、図32ないし図34を参照して、図8の送信装置11について行った、エラーレート(bit error rate)を計測するシミュレーションについて説明する。

[0320] シミュレーションは、D/Uが0dBのフラッタ(flutter)がある通信路を採用して行った。

[0321] 図32は、シミュレーションで採用した通信路のモデルを示している。

[0322] すなわち、図32のAは、シミュレーションで採用したフラッタのモデルを示している。

[0323] また、図32のBは、図32のAのモデルで表されるフラッタがある通信路のモデルを示している。

[0324] なお、図32のBにおいて、Hは、図32のAのフラッタのモデルを表す。また、図32のBにおいて、Nは、ICI(Inter Carrier Interference)を表し、シミュレーションでは、そのパワーの期待値 $E[N^2]$ を、AWGNで近似した。

[0325] 図33及び図34は、シミュレーションで得られたエラーレートと、フラッタのドップラ周波数 f_d との関係を示している。

[0326] なお、図33は、変調方式が16QAMで、符号化率(r)が(3/4)で、入れ替え方式が第1の入れ替え方式である場合の、エラーレートとドップラ周波数 f_d との関係を示している。また、図34は、変調方式が64QAMで、符号化率(r)が(5/6)で、入れ替え方式が第1の入れ替え方式である場合の、エラーレートとドップラ周波数 f_d との関係を示している。

- [0327] さらに、図33及び図34において、太線は、パリティインターリーブ、カラムツイストインターリーブ、及び、入れ替え処理のすべてを行った場合の、エラーレートとドップラ周波数 f_d との関係を示しており、細線は、パリティインターリーブ、カラムツイストインターリーブ、及び、入れ替え処理のうちの、入れ替え処理だけを行った場合の、エラーレートとドップラ周波数 f_d との関係を示している。
- [0328] 図33及び図34のいずれにおいても、パリティインターリーブ、カラムツイストインターリーブ、及び、入れ替え処理のすべてを行った場合の方が、入れ替え処理だけを行った場合よりも、エラーレートが向上する（小さくなる）ことが分かる。
- [0329] [LDPCエンコーダ115の構成例]
- [0330] 図35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。
- [0331] なお、図8のLDPCエンコーダ122も、同様に構成される。
- [0332] 図12及び図13で説明したように、DVB-S.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。
- [0333] 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）。
- [0334] 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。
- [0335] 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。
- [0336] 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バ 116 (図 8) に供給する。

[0337] 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 と符号化率 r を設定する。

[0338] 初期値テーブル読み出し部 612 は、符号化率設定部 611 が設定した符号長 N 及び符号化率 r に対応する、後述する検査行列初期値テーブルを、記憶部 602 から読み出す。

[0339] 検査行列生成部 613 は、初期値テーブル読み出し部 612 が読み出した検査行列初期値テーブルに基づいて、符号化率設定部 611 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 (巡回構造の単位の列数 P) ごとの周期で配置して検査行列 H を生成し、記憶部 602 に格納する。

[0340] 情報ビット読み出し部 614 は、LDPCエンコーダ 115 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)。

[0341] 符号化パリティ演算部 615 は、検査行列生成部 613 が生成した検査行列 H を記憶部 602 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 614 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。

[0342] 制御部 616 は、符号化処理部 601 を構成する各ブロックを制御する。

[0343] 記憶部 602 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 12 及び図 13 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 602 は、符号化処理部 601 の処理上必要なデータを一時記憶する。

[0344] 図 36 は、図 35 の LDPCエンコーダ 115 の処理を説明するフローチャートである。

[0345] ステップ S201 において、符号化率設定部 611 は、LDPC 符号化を行う符号長 N 及び符号化率 r を決定 (設定) する。

- [0346] ステップS202において、初期値テーブル読み出し部612は、符号化率設定部611により決定された符号長N及び符号化率rに対応する、予め定められた検査行列初期値テーブルを、記憶部602から読み出す。
- [0347] ステップS203において、検査行列生成部613は、初期値テーブル読み出し部612が記憶部602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611により決定された符号長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602に供給して格納する。
- [0348] ステップS204において、情報ビット読み出し部614は、LDPCエンコーダ115に供給されるLDPC対象データから、符号化率設定部611により決定された符号長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613が求めた検査行列Hを、記憶部602から読み出し、符号化パリティ演算部615に供給する。
- [0349] ステップS205において、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。

$$[0350] \quad Hc^T=0$$

. . . (8)

- [0351] 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。
- [0352] 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で表すと同時に、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 $c=[A|T]$ で表すことができる。
- [0353] 検査行列Hと、LDPC符号としての行ベクトル $c=[A|T]$ 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 $c=[A|T]$ 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 $H=[H_A|H_T]$ 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。

[0354] 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 $c = [A | T]$ を、情報ビットAのLDPC符号化結果として出力する。

[0355] 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。

[0356] 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。

[0357] 以上のように、各符号長N、及び、各符号化率rに対応する検査行列初期値テーブルが用意されており、LDPCエンコーダ115は、所定の符号長Nの、所定の符号化率rのLDPC符号化を、その所定の符号長N、及び、所定の符号化率rに対応する検査行列初期値テーブルから生成される検査行列Hを用いて行う。

[0358] [検査行列初期値テーブルの例]

[0359] 検査行列初期値テーブルは、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（巡回構造の単位の列数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。

[0360] 図37は、検査行列初期値テーブルの例を示す図である。

[0361] すなわち、図37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の検査行列Hに対す

る検査行列初期値テーブルを示している。

[0362] 検査行列生成部 613 (図 35) は、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。

[0363] すなわち、図 38 は、検査行列初期値テーブルから検査行列Hを求める方法を示している。

[0364] なお、図 38 の検査行列初期値テーブルは、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の検査行列Hに対する検査行列初期値テーブルを示している。

[0365] 検査行列初期値テーブルは、上述したように、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 (巡回構造の単位の列数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。

[0366] ここで、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 25 に示したように決まっているので、検査行列初期値テーブルによれば、検査行列Hの、情報長Kに対応する情報行列 H_A (図 10) が求められる。

[0367] 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。

[0368] 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。

$$[0369] \quad K=(k+1) \times 360$$

．．． (9)

[0370] ここで、式 (9) の360は、図 26 で説明した巡回構造の単位の列数Pである。

[0371] 図 38 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 38 では、30行目) までに、3個の数値が並んでいる。

[0372] したがって、図 38 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。

[0373] 図38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。

[0374] また、図38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。

[0375] 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。

[0376] 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。

[0377] 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。

[0378] 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）の数值を、 $h_{i,j}$ 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。

[0379]
$$H_{w-j} = \text{mod} \{ h_{i,j} + \text{mod}((w-1), P) \times q, M \}$$

．．． (10)

- [0380] ここで、 $\text{mod}(x, y)$ は x を y で割った余りを意味する。
- [0381] また、 P は、上述した巡回構造の単位の列数であり、例えば、DVB-S.2, DVB-T.2、及び、DVB-C.2の規格では、上述のように、360である。さらに、 q は、パリティ長 M を、巡回構造の単位の列数 $P(=360)$ で除算することにより得られる値 $M/360$ である。
- [0382] 検査行列生成部613 (図35) 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。
- [0383] さらに、検査行列生成部613 (図35) 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、以上により得られた行番号の要素を1とする検査行列 H を生成する。
- [0384] [新LDPC符号]
- [0385] ところで、DVB-S.2を改良した規格 (以下、DVB-Sxともいう) の提案が要請されている。
- [0386] DVB-Sxの規格化会議に提出されたCfT(Call for Technology)では、ユースケースに応じ、 C/N (Carrier to Noise ratio)(SNR(Signal to Noise Ratio))の各レンジ (範囲) について、所定数のModCod (変調方式(Modulation)とLDP C符号(Code)との組み合わせ) が要求されている。
- [0387] すなわち、CfTでは、第1の要求として、DTH(Direct To Home)用途のために、 C/N が5dBから12dBまでの7dBのレンジに、20個のModCodを準備することが要求されている。
- [0388] その他、CfTでは、第2の要求として、 C/N が12dBから24dBまでの12dBのレンジに、22個のModCodを準備すること、第3の要求として、 C/N が-3dBから5dBまでの8dBのレンジに、12個のModCodを準備すること、及び、第4の要求として、 C/N が-10dBから-3dBまでの7dBのレンジに、5個のModCodを準備することが要求されている。
- [0389] また、CfTでは、第1ないし第4の要求のModCodのFER(Frame Error Rate)が、 10^{-5} 程度 (以下) となることが要求されている。

- [0390] なお、CfTにおいて、第1の要求のプライオリティは、最も高い”1”になっているが、第2ないし第4の要求のプライオリティは、いずれも、第1の要求のプライオリティよりも低い”2”になっている。
- [0391] そこで、本技術では、少なくとも、CfTにおいて、最もプライオリティが高い第1の要求を満たし得るLDPC符号（の検査行列）を、新LDPC符号として提供する。
- [0392] 図39は、DVB-S.2に規定されている、符号長Nが64kビットの11個の符号化率のLDPC符号について、変調方式としてQPSKを採用した場合のBER/FERカーブを示している。
- [0393] 図39において、横軸は、C/Nに相当する E_s/N_0 （1シンボルあたりの信号電力対雑音電力比）を表し、縦軸は、FER/BERを表す。なお、図39において、実線が、FERを表し、点線が、BER(Bit Error Rate)を表す。
- [0394] 図39では、 E_s/N_0 が10dBのレンジに、DVB-S.2に規定されている、符号長Nが64kビットの11個の符号化率のLDPC符号について、変調方式としてQPSKを採用した場合のFER(BER)カーブが存在する。
- [0395] すなわち、図39では、 E_s/N_0 が約-3dBから約7dBまでの10dB程度のレンジに、変調方式をQPSKに固定したModCodのFERカーブが、11本存在する。
- [0396] したがって、DVB-S.2に規定されている、符号長Nが64kビットの11個の符号化率のLDPC符号については、ModCodどうしのFERカーブの平均的な間隔（以下、平均間隔ともいう）は、約1dB（ $\cong 10\text{dB} / (10 - 1)$ ）になる。
- [0397] 一方、CfTの第1の要求では、 E_s/N_0 (C/N)が7dBのレンジに、20個のModCodを準備することが要求されているので、ModCodどうしのFERカーブの平均間隔は、約0.3dB（ $\cong 7\text{dB} / (20 - 1)$ ）になる。
- [0398] 余裕をみるために、変調方式を、QPSK等の1種類に固定した場合、11個の符号化率のLDPC符号によって、平均間隔が約1dBのModCodが得られるDVB-S.2の場合との比較で、CfTの第1の要求を満たす、平均間隔が0.3dBのModCodを得るためには、11個の符号化率の約3倍（ $\cong 1\text{dB} / 0.3\text{dB}$ ）程度の数、すなわち、30個程度の符号化率のLDPC符号があればよい。

- [0399] そこで、本技術は、30個程度の符号化率を設定しやすい符号化率のLDPC符号として、符号化率が、 $i/30$ (i は、30未満の正の整数)で、符号長が64kのLDPC符号を準備し、少なくとも、CfTで最もプライオリティが高い第1の要求を満たす新LDPC符号として提供する。
- [0400] なお、新LDPC符号については、DVB-S.2との親和性(compatibility)を、なるべく維持する観点から、DVB-S.2に規定されているLDPC符号と同様に、検査行列Hのパリティ行列 H_T は、階段構造とする(図11)。
- [0401] さらに、新LDPC符号については、DVB-S.2に規定されているLDPC符号と同様に、検査行列Hの情報行列 H_A は、巡回構造とし、巡回構造の単位の列数 P も、360とする。
- [0402] 図40ないし図106は、以上のような、符号長 N が64kビットで、符号化率が $i/30$ の新LDPC符号の検査行列初期値テーブルの例を示す図である。
- [0403] ここで、新LDPC符号は、符号化率が $i/30$ で表されるLDPC符号であるので、最大で、 $1/30$ 、 $2/30$ 、 $3/30$ 、 \dots 、 $28/30$ 、及び、 $29/30$ の29個の符号化率のLDPC符号がある。
- [0404] 但し、符号化率が $1/30$ のLDPC符号は、効率の面で、使用が制限される可能性がある。また、符号化率が $29/30$ のLDPC符号は、エラーレート(BER/FER)の面で、使用が制限されることがあり得る。
- [0405] そこで、符号化率 $1/30$ ないし $29/30$ の29個の符号化率のLDPC符号のうちの、符号化率が $1/30$ のLDPC符号と、符号化率が $29/30$ のLDPC符号のうち的一方、又は、両方は、新LDPC符号として扱わないこととすることができる。
- [0406] ここでは、符号化率 $1/30$ ないし $29/30$ のうちの、例えば、符号化率 $2/30$ ないし $29/30$ の28個の符号化率のLDPC符号を、新LDPC符号とし、以下に、新LDPC符号の検査行列Hに対する検査行列初期値テーブルを示す。
- [0407] 図40は、符号長 N が64kビットの、符号化率 r が $2/30$ のLDPC符号の検査行列Hに対する検査行列初期値テーブルを示している。
- [0408] 図41は、符号長 N が64kビットの、符号化率 r が $3/30$ のLDPC符号の検査行列Hに対する検査行列初期値テーブルを示している。

- [0409] 図42は、符号長 N が64kビットの、符号化率 r が $4/30$ のLDPC符号の検査行列 H に対する検査行列初期値テーブルを示している。
- [0410] 図43は、符号長 N が64kビットの、符号化率 r が $5/30$ のLDPC符号の検査行列 H に対する検査行列初期値テーブルを示している。
- [0411] 図44は、符号長 N が64kビットの、符号化率 r が $6/30$ のLDPC符号の検査行列 H に対する検査行列初期値テーブルを示している。
- [0412] 図45は、符号長 N が64kビットの、符号化率 r が $7/30$ のLDPC符号の検査行列 H に対する検査行列初期値テーブルを示している。
- [0413] 図46、及び、図47は、符号長 N が64kビットの、符号化率 r が $8/30$ のLDPC符号の検査行列 H に対する検査行列初期値テーブルを示している。
- [0414] 図48、及び、図49は、符号長 N が64kビットの、符号化率 r が $9/30$ のLDPC符号の検査行列 H に対する検査行列初期値テーブルを示している。
- [0415] 図50、及び、図51は、符号長 N が64kビットの、符号化率 r が $10/30$ のLDP C符号の検査行列 H に対する検査行列初期値テーブルを示している。
- [0416] 図52、及び、図53は、符号長 N が64kビットの、符号化率 r が $11/30$ のLDP C符号の検査行列 H に対する検査行列初期値テーブルを示している。
- [0417] 図54、及び、図55は、符号長 N が64kビットの、符号化率 r が $12/30$ のLDP C符号の検査行列 H に対する検査行列初期値テーブルを示している。
- [0418] 図56、及び、図57は、符号長 N が64kビットの、符号化率 r が $13/30$ のLDP C符号の検査行列 H に対する検査行列初期値テーブルを示している。
- [0419] 図58、及び、図59は、符号長 N が64kビットの、符号化率 r が $14/30$ のLDP C符号の検査行列 H に対する検査行列初期値テーブルを示している。
- [0420] 図60、及び、図61は、符号長 N が64kビットの、符号化率 r が $15/30$ のLDP C符号の検査行列 H に対する検査行列初期値テーブルを示している。
- [0421] 図62、図63、及び、図64は、符号長 N が64kビットの、符号化率 r が $16/30$ のLDPC符号の検査行列 H に対する検査行列初期値テーブルを示している。
- [0422] 図65、図66、及び、図67は、符号長 N が64kビットの、符号化率 r が $17/30$ のLDPC符号の検査行列 H に対する検査行列初期値テーブルを示している。

- [0423] 図68、図69、及び、図70は、符号長 N が64kビットの、符号化率 r が $18/30$ のLDPC符号の検査行列 H に対する検査行列初期値テーブルを示している。
- [0424] 図71、図72、及び、図73は、符号長 N が64kビットの、符号化率 r が $19/30$ のLDPC符号の検査行列 H に対する検査行列初期値テーブルを示している。
- [0425] 図74、図75、及び、図76は、符号長 N が64kビットの、符号化率 r が $20/30$ のLDPC符号の検査行列 H に対する検査行列初期値テーブルを示している。
- [0426] 図77、図78、及び、図79は、符号長 N が64kビットの、符号化率 r が $21/30$ のLDPC符号の検査行列 H に対する検査行列初期値テーブルを示している。
- [0427] 図80、図81、及び、図82は、符号長 N が64kビットの、符号化率 r が $22/30$ のLDPC符号の検査行列 H に対する検査行列初期値テーブルを示している。
- [0428] 図83、図84、及び、図85は、符号長 N が64kビットの、符号化率 r が $23/30$ のLDPC符号の検査行列 H に対する検査行列初期値テーブルを示している。
- [0429] 図86、図87、及び、図88は、符号長 N が64kビットの、符号化率 r が $24/30$ のLDPC符号の検査行列 H に対する検査行列初期値テーブルを示している。
- [0430] 図89、図90、及び、図91は、符号長 N が64kビットの、符号化率 r が $25/30$ のLDPC符号の検査行列 H に対する検査行列初期値テーブルを示している。
- [0431] 図92、図93、及び、図94は、符号長 N が64kビットの、符号化率 r が $26/30$ のLDPC符号の検査行列 H に対する検査行列初期値テーブルを示している。
- [0432] 図95、図96、図97、及び、図98は、符号長 N が64kビットの、符号化率 r が $27/30$ のLDPC符号の検査行列 H に対する検査行列初期値テーブルを示している。
- [0433] 図99、図100、図101、及び、図102は、符号長 N が64kビットの、符号化率 r が $28/30$ のLDPC符号の検査行列 H に対する検査行列初期値テーブルを示している。
- [0434] 図103、図104、図105、及び、図106は、符号長 N が64kビットの、符号化率 r が $29/30$ のLDPC符号の検査行列 H に対する検査行列初期値テーブルを示している。
- [0435] LDPCエンコーダ115（図8、図35）は、図40ないし図106に示し

た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、符号長Nが64kビットの、符号化率rが2/30ないし29/30の28種類のうちのいずれかの（新）LDPC符号への符号化を行うことができる。

[0436] この場合、LDPCエンコーダ115（図8）の記憶部602には、図40ないし図106に示した検査行列初期値テーブルが記憶される。

[0437] なお、図40ないし図106の（検査行列初期値テーブルから求められる）、符号化率rが2/30ないし29/30の28種類のLDPC符号のすべてを、必ずしも、新LDPCとして採用する必要はない。すなわち、図40ないし図106の、符号化率rが2/30ないし29/30の28種類のLDPC符号については、そのうちの任意の1個以上の符号化率のLDPC符号を、新LDPC符号として採用することができる。

[0438] 図40ないし図106の検査行列初期値テーブルから求められる検査行列Hを用いて得られるLDPC符号は、性能の良いLDPC符号になっている。

[0439] 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。

[0440] また、適切な検査行列Hとは、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（及びFER）をより小にする、所定の条件を満たす検査行列である。

[0441] 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めることができる。

[0442] 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。

[0443] 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、適切な検査行列Hが満たすべき所定の条件として、サイクル4が存在しないことが

要求される。

- [0444] 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。
- [0445] 図107及び図108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。
- [0446] 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。
- [0447] 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。
- [0448] 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。
- [0449] 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。
- [0450] 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。
- [0451] 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。
- [0452] 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。

- [0453] 図107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。
- [0454] 図107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 $1/2$ を乗算した乗算値に等しい $N/2$ 個だけ存在する。
- [0455] 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。
- [0456] 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。
- [0457] さらに、図107のタナーグラフでは、1つのインターリーバが存在する。
- [0458] 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。
- [0459] 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。
- [0460] 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。
- [0461] 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。

- [0462] 図108は、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している。
- [0463] 図108のタナーグラフでは、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。
- [0464] また、図108のタナーグラフでは、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 v_1 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 v_2 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 v_3 個だけ、それぞれ存在する。
- [0465] さらに、図108のタナーグラフでは、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 c_1 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 c_2 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 c_3 個だけ、それぞれ存在する。
- [0466] 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。
- [0467] 新LDPC符号（の検査行列初期値テーブル）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ンシ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、DVB-S.2等で用いられる複数の変調方式における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。

- [0468] 上述の新LDPC符号の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、符号長 N が64kビットのLDPC符号の検査行列初期値テーブルである。
- [0469] 図109は、図40ないし図106の、符号長 N が64kビットで、符号化率が $2/30$ ないし $29/30$ の28種類それぞれの新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 の最小サイクル長と性能閾値とを示す図である。
- [0470] ここで、最小サイクル長(girth)とは、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)の最小値を意味する。
- [0471] 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 には、サイクル4(ループ長が4の、1の要素のループ)は、存在しない。
- [0472] また、符号化率 r が小さいほど、LDPC符号の冗長性が大になるため、性能閾値は、符号化率 r が小さくなるにつれて、向上する(小さくなる)傾向がある。
- [0473] 図110は、図40ないし図106の(検査行列初期値テーブルから求められる)検査行列 H (以下、新LDPC符号の検査行列 H ともいう)を説明する図である。
- [0474] 新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 $KY1$ 列については、列重みが $Y1$ に、その後の $KY2$ 列については、列重みが $Y2$ 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。
- [0475] ここで、 $KX+KY1+KY2+M-1+1$ は、符号長 $N=64800$ ビットに等しい。
- [0476] 図111は、新LDPC符号の各符号化率 r についての、図110の列数 KX 、 $KY1$ 、 $KY2$ 、及び M 、並びに、列重み X 、 $Y1$ 、及び、 $Y2$ を示す図である。
- [0477] 符号長 N が64kの新LDPC符号の検査行列 H については、図12及び図13で説明した検査行列と同様に、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、新LDPC符号の先頭の符号ビットほど、エラーに強い(エラーに対する耐性がある)傾向がある。

- [0478] なお、符号長 N が64kの新LDPC符号の検査行列初期値テーブルから、図38で説明したようにして検査行列を求めるときに行われるサイクリックシフトのシフト量 q は、式 $q=M/P=M/360$ で表される。
- [0479] したがって、符号化率が $2/30, 3/30, 4/30, 5/30, 6/30, 7/30, 8/30, 9/30, 10/30, 11/30, 12/30, 13/30, 14/30, 15/30, 16/30, 17/30, 18/30, 19/30, 20/30, 21/30, 22/30, 23/30, 24/30, 25/30, 26/30, 27/30, 28/30, 29/30$ の新LDPC符号についてのシフト量は、それぞれ、168, 162, 156, 150, 144, 138, 132, 126, 120, 114, 108, 102, 96, 90, 84, 78, 72, 66, 60, 54, 48, 42, 36, 30, 24, 18, 12, 6となる。
- [0480] 図112、図113、及び、図114は、図40ないし図106の新LDPC符号のBER/FERのシミュレーション結果を示す図である。
- [0481] シミュレーションでは、AWGNの通信路（チャネル）を想定し、変調方式として、BPSKを採用するとともに、繰り返し復号回数 $C(it)$ として、50回を採用した。
- [0482] 図112、図113、及び、図114において、横軸は、 E_s/N_0 を表し、縦軸は、BER/FERを表す。なお、実線がBERを表し、点線がFERを表す。
- [0483] 図112ないし図114の、符号化率が $2/30$ ないし $29/30$ の28種類それぞれの新LDPC符号のFER(BER)カーブは、 E_s/N_0 が（ほぼ） -10dB から 5dB までの 15dB （程度）のレンジにおいて、FERが 10^{-5} 以下になっている。
- [0484] シミュレーションによれば、 E_s/N_0 が -10dB から 5dB までの 15dB のレンジにおいて、FERが 10^{-5} 以下になるModCodを28個設定することができるので、シミュレーションで用いたBPSK以外の、例えば、QPSKや、8PSK, 16APSK, 32APSK, 16QAM, 32QAM, 64QAM等の各種の変調方式を考慮することにより、 5dB から 12dB までの 7dB のレンジに、FERが 10^{-5} 以下になるModCodを、20個以上設定することができるが、十分に予想される。
- [0485] したがって、CfTの第1の要求を満たす、良好なエラーレートのLDPC符号を提供することができる。
- [0486] また、図112ないし図114によれば、新LDPC符号のFER(BER)カーブは、そのほとんどが 1dB よりも小さい間隔で、符号化率の低、中、高のグループ

ごとに、比較的、等間隔に並んでいる。したがって、送信装置 1 1 によって番組の放送を行う放送事業者にとっては、新LDPC符号は、チャンネル（通信路 1 3）の状況等に応じて、放送に用いる符号化率を選択しやすいという利点がある。

[0487] なお、図 1 1 2 ないし図 1 1 4 のBER/FERカーブを求めるシミュレーションでは、情報をBCH符号化し、その結果得られるBCH符号をLDPC符号化した。

[0488] 図 1 1 5 は、シミュレーションに用いたBCH符号化を説明する図である。

[0489] すなわち、図 1 1 5 の A は、DVB-S. 2 に規定されている64kのLDPC符号へのLDPC符号化の前に行われるBCH符号化のパラメータを示す図である。

[0490] DVB-S. 2 では、LDPC符号の符号化率に応じて、192ビット、160ビット、又は、128ビットの冗長ビットが付加されることにより、12ビット、10ビット、又は、8ビットの誤り訂正が可能なBCH符号化が行われる。

[0491] 図 1 1 5 の B は、シミュレーションに用いたBCH符号化のパラメータを示す図である。

[0492] シミュレーションでは、DVB-S. 2 の場合と同様に、LDPC符号の符号化率に応じて、192ビット、160ビット、又は、128ビットの冗長ビットを付加することにより、12ビット、10ビット、又は、8ビットの誤り訂正が可能なBCH符号化を行った。

[0493] [受信装置 1 2 の構成例]

[0494] 図 1 1 6 は、図 7 の受信装置 1 2 の構成例を示すブロック図である。

[0495] OFDM処理部(OFDM operation) 1 5 1 は、送信装置 1 1（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 1 5 1 が信号処理を行うことにより得られるデータ（シンボル）は、フレーム管理部(Frame Management) 1 5 2 に供給される。

[0496] フレーム管理部 1 5 2 は、OFDM処理部 1 5 1 から供給されるシンボル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シンボルと、制御データのシンボルとを、周波数デインターリーバ(Frequency Deinterleaver) 1 6 1 と 1 5 3 とに、それぞれ供給する。

- [0497] 周波数デインターリーバ153は、フレーム管理部152からのシンボルについて、シンボル単位での周波数デインターリーブを行い、QAMデコーダ(QAM decoder)154に供給する。
- [0498] QAMデコーダ154は、周波数デインターリーバ153からのシンボル（信号点に配置されたシンボル）をデマッピング（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）を、LDPCデコーダ(LDPC decoder)155に供給する。
- [0499] LDPCデコーダ155は、QAMデコーダ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。
- [0500] 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。
- [0501] 一方、周波数デインターリーバ161は、フレーム管理部152からのシンボルについて、シンボル単位での周波数デインターリーブを行い、MISO/MIMOデコーダ(MISO/MIMO decoder)162に供給する。
- [0502] MISO/MIMOデコーダ162は、周波数デインターリーバ161からのデータ（シンボル）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。
- [0503] 時間デインターリーバ163は、MISO/MIMOデコーダ162からのデータ（シンボル）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、QAMデコーダ(QAM decoder)164に供給する。
- [0504] QAMデコーダ164は、時間デインターリーバ163からのシンボル（信号点に配置されたシンボル）をデマッピング（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（シンボル）を、ビットデインターリーバ(Bit Deinterleaver)165に供給する。
- [0505] ビットデインターリーバ165は、QAMデコーダ164からのデータ（シンボル）のビットデインターリーブを行い、その結果得られるLDPC符号を、LDPCデコーダ166に供給する。

- [0506] LDPCデコーダ166は、ビットインターリーバ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。
- [0507] 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。
- [0508] 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。
- [0509] 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。
- [0510] 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。
- [0511] なお、受信装置12は、図116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、MISO/MIMO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118、MISO/MIMO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インターリーバ163、MISO/MIMOデコーダ162、周波数インターリーバ161、及び、周波数インターリーバ153を設けずに構成することができる。
- [0512] 図117は、図116のビットインターリーバ165の構成例を示すブロック図である。
- [0513] ビットインターリーバ165は、マルチプレクサ(MUX)54、及びカラムツイストインターリーバ55から構成され、QAMデコーダ164（図116

)からの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。

[0514] すなわち、マルチプレクサ54は、QAMデコーダ164からのシンボルのシンボルビットを対象として、図9のデマルチプレクサ25が行う入れ替え処理に対応する逆入れ替え処理(入れ替え処理の逆の処理)、すなわち、入れ替え処理によって入れ替えられたLDPC符号の符号ビット(シンボルビット)の位置を元の位置に戻す逆入れ替え処理を行い、その結果得られるLDPC符号を、カラムツイストデインターリーブ55に供給する。

[0515] カラムツイストデインターリーブ55は、マルチプレクサ54からのLDPC符号を対象として、図9のカラムツイストインターリーブ24が行う並び替え処理としてのカラムツイストインターリーブに対応するカラムツイストデインターリーブ(カラムツイストインターリーブの逆の処理)、すなわち、並び替え処理としてのカラムツイスト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、元の並びに戻す逆並び替え処理としての、例えば、カラムツイストデインターリーブを行う。

[0516] 具体的には、カラムツイストデインターリーブ55は、図28等を示したメモリ31と同様に構成される、デインターリーブ用のメモリに対して、LDPC符号の符号ビットを書き込み、さらに読み出すことで、カラムツイストデインターリーブを行う。

[0517] 但し、カラムツイストデインターリーブ55では、符号ビットの書き込みは、メモリ31からの符号ビットの読み出し時の読み出しアドレスを、書き込みアドレスとして用いて、デインターリーブ用のメモリのロウ方向に行われる。また、符号ビットの読み出しは、メモリ31への符号ビットの書き込み時の書き込みアドレスを、読み出しアドレスとして用いて、デインターリーブ用のメモリのカラム方向に行われる。

[0518] カラムツイストデインターリーブの結果得られるLDPC符号は、カラムツイストデインターリーブ55からLDPCデコーダ166に供給される。

[0519] ここで、QAMデコーダ164から、ビットデインターリーブ165に供給されるLDPC符号に、パリティインターリーブ、カラムツイストインターリーブ

、及び入れ替え処理が施されている場合、ビットデインターリーブ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）、入れ替え処理に対応する逆入れ替え処理、及び、カラムツイストインターリーブに対応するカラムツイストデインターリーブのすべてを行うことができる。

[0520] 但し、図117のビットデインターリーブ165では、入れ替え処理に対応する逆入れ替え処理を行うマルチプレクサ54、及び、カラムツイストインターリーブに対応するカラムツイストデインターリーブを行うカラムツイストデインターリーブ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、行われぬ。

[0521] したがって、ビットデインターリーブ165（のカラムツイストデインターリーブ55）から、LDPCデコーダ166には、逆入れ替え処理、及び、カラムツイスト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。

[0522] 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、図8のLDPCエンコーダ115がLDPC符号化に用いた検査行列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。

[0523] 図118は、図117のQAMデコーダ164、ビットデインターリーブ165、及び、LDPCデコーダ166が行う処理を説明するフローチャートである。

[0524] ステップS111において、QAMデコーダ164は、時間デインターリーブ163からのシンボル（信号点にマッピングされたシンボル）をデマッピングして直交復調し、ビットデインターリーブ165に供給して、処理は、ス

テップS 1 1 2に進む。

- [0525] ステップS 1 1 2では、ビットデインターリーブ1 6 5は、QAMデコーダ1 6 4からのシンボルのシンボルビット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。
- [0526] すなわち、ステップS 1 1 2では、ビットデインターリーブ1 6 5において、マルチプレクサ5 4が、QAMデコーダ1 6 4からのシンボルのシンボルビットを対象として、逆入れ替え処理を行い、その結果得られるLDPC符号の符号ビットを、カラムツイストデインターリーブ5 5に供給する。
- [0527] カラムツイストデインターリーブ5 5は、マルチプレクサ5 4からのLDPC符号を対象として、カラムツイストデインターリーブを行い、その結果得られるLDPC符号を、LDPCデコーダ1 6 6に供給する。
- [0528] ステップS 1 1 3では、LDPCデコーダ1 6 6が、カラムツイストデインターリーブ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、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。
- [0529] なお、図1 1 7でも、図9の場合と同様に、説明の便宜のため、逆入れ替え処理を行うマルチプレクサ5 4と、カラムツイストデインターリーブを行うカラムツイストデインターリーブ5 5とを、別個に構成するようにしたが、マルチプレクサ5 4とカラムツイストデインターリーブ5 5とは、一体的に構成することができる。
- [0530] また、図9のビットインターリーブ1 1 6において、カラムツイストインターリーブを行わない場合には、図1 1 7のビットデインターリーブ1 6 5において、カラムツイストデインターリーブ5 5は、設ける必要がない。
- [0531] 次に、図1 1 6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。
- [0532] 図1 1 6のLDPCデコーダ1 6 6では、上述したように、カラムツイストデ

インターリーブ55からの、逆入れ替え処理、及び、カラムツイスト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115がLDPC符号化に用いた検査行列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119ないし図122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119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の例を示している。

[0536] なお、図119では（後述する図120及び図121においても同様）、0を、ピリオド(.)で表現している。

[0537] 図119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120は、図119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'を示している。

[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、 $0 \leq s < 5$, $0 \leq t < 6$, $0 \leq x < 5$, $0 \leq y < 6$ 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119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120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、巡回構造の単位の列数Pを5と、パリティ長M(ここでは、30)の約数 $q(=M/P)$ を6と、それぞ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120の検査行列H'は、図119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120の変換検査行列H'に対して、図119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。

[0549] 以上から、図120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120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] 図121は、 5×5 の行列の単位に間隔を空けた、図120の変換検査行列 H' を示している。

[0552] 図121においては、変換検査行列 H' は、 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121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うことが出来る。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。

[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、及びバリエブルノード演算を、 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122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] すなわち、図122は、図119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121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122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、バリエブルノード計算部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311か

らなる。

[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121の変換検査行列 H' の行数30を構成行列の行数（巡回構造の単位の列数 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（巡回構造の単位の列数 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121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121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（バリエ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121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(FIF0300₁ないし300₆のうちの同一のFIF0)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] FIF0300₃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(巡回構造の単位の列数 P)である5で割った18個のFIF0304₁ないし304₁₈から構成されている。FIF0304 _{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(巡回構造の単位の列数 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] FIF0304₁には、図121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、FIF0304₁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。

[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(FIF0304₁ないし304₁₈のうちの同一のFIF0)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FIF0304₁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。

[0569] FIF0304₂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。FIF0304₄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。FIF0304₁₃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122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FIF0300₁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121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FIF0を、FIF0300₁ないし300₆の中から選び、選んだFIF0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、FIF0300₁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、セクタ301に供給する。

[0572] セクタ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。

[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_i)をサイクリックシフト回路303に供給する。

[0574] 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D303₁ないしD303₅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FIFO304₁ないし304₁₈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、FIFO304₁ないし304₁₈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、FIFO304₁から5つのメッセージD306₁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、FIFO304₁からのデータの読み出しの終了後、FIFO304₂ないし304₁₈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、FIFO304₁ないし304₁₈

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、バリエブルノード計算部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119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、バリエブルノード計算部307と復号語計算部309に供給する。

[0578] バリエブルノード計算部307は、5つのバリエブルノード計算器307₁ないし307₅からなり、セレクタ305を通して供給されるメッセージD308(D308₁ないしD308₅) (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)に従ってバリエ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(D310₁ないしD310₅) (式(1)のメッセージ v_i)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、バリエブルノード計算部307で計算されたメッセージD310₁ないしD310₅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(バリエ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122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309₁ないし309₅からなり、セレクタ305が出力する5つのメッセージD308(D308₁ないしD

308₅) (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] 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エブルノード演算を、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 (architecture) 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エブルノード演算) 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 116 の受信装置 12 を構成する LDPC デコーダ 166 は、例えば、図 122 の復号装置と同様に、チェックノード演算とバリエブルノード演算を 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 119 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、 $K+py+tx+1$ 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、巡回構造の単位の列数 P を5に、パリティ長 M の約数 $q(=M/P)$ を6に、それぞれして行われる。

[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116の受信装置12では、上述したように、カラムツイストデインターリーバ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122の復号装置と同様の処理が行われる。

[0588] すなわち、図123は、図116のLDPCデコーダ166の構成例を示している。

[0589] 図123において、LDPCデコーダ166は、図122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122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122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122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119ないし図123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、巡回構造の単位の列数(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 、巡回構造の単位の列数 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等と、情報長 K を $N-Pq(=N-M)$ と、巡回構造の単位の列数 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123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エブルノード演算を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] 図124は、図117のビットデインターリーバ165を構成するマルチプレクサ54の処理を説明する図である。

[0594] すなわち、図124のAは、マルチプレクサ54の機能的な構成例を示している。

[0595] マルチプレクサ54は、逆入れ替え部1001、及びメモリ1002から構成される。

[0596] マルチプレクサ54は、前段のQAMデコーダ164から供給されるシンボルのシンボルビットを対象として、送信装置11のデマルチプレクサ25が行う入れ替え処理に対応する逆入れ替え処理（入れ替え処理の逆の処理）、すなわち、入れ替え処理によって入れ替えられたLDPC符号の符号ビット（シンボルビット）の位置を元の位置に戻す逆入れ替え処理を行い、その結果得られるLDPC符号を、後段のカラムツイストデインターリーバ55に供給する。

[0597] すなわち、マルチプレクサ54において、逆入れ替え部1001には、（連続する） b 個のシンボルの単位で、その b 個のシンボルの mb ビットのシンボルビット $y_0, y_1, \dots, y_{mb-1}$ が供給される。

[0598] 逆入れ替え部1001は、 mb ビットのシンボルビット y_0 ないし y_{mb-1} を、元の m ビットの符号ビット $b_0, b_1, \dots, b_{mb-1}$ の並び（送信装置11側のデマルチプレクサ25を構成する入れ替え部32での入れ替えが行われる前の符号ビット b_0 ないし b_{mb-1} の並び）に戻す逆入れ替えを行い、その結果得られる mb ビットの符号ビット b_0 ないし b_{mb-1} を出力する。

[0599] メモリ1002は、送信装置11側のデマルチプレクサ25を構成するメモリ31と同様に、ロウ(row)（横）方向に mb ビットを記憶するとともに、カラム(column)（縦）方向に $N/(mb)$ ビットを記憶する記憶容量を有する。すなわち、メモリ1002は、 $N/(mb)$ ビットを記憶する mb 個のカラムから構成される。

- [0600] 但し、メモリ1002では、送信装置11のデマルチプレクサ25のメモリ31からの符号ビットの読み出しが行われる方向に、逆入れ替え部1001が出力するLDPC符号の符号ビットの書き込みが行われ、メモリ31への符号ビットの書き込みが行われる方向に、メモリ1002に書き込まれた符号ビットの読み出しが行われる。
- [0601] すなわち、受信装置12のマルチプレクサ54では、図124のAに示すように、逆入れ替え部1001が出力するLDPC符号の符号ビットを、mbビット単位で、ロウ方向に書き込むことが、メモリ1002の1行目から下の行に向かって順次行われる。
- [0602] そして、1符号長分の符号ビットの書き込みが終了すると、マルチプレクサ54では、メモリ1002から、符号ビットを、カラム方向に読み出して、後段のカラムツイストデインターリーバ55に供給する。
- [0603] ここで、図124のBは、メモリ1002からの符号ビットの読み出しを示す図である。
- [0604] マルチプレクサ54では、LDPC符号の符号ビットを、メモリ1002を構成するカラムの上から下方向（カラム方向）に読み出すことが、左から右方向のカラムに向かって行われる。
- [0605] 図125は、図117のビットデインターリーバ165を構成するカラムツイストデインターリーバ55の処理を説明する図である。
- [0606] すなわち、図125は、マルチプレクサ54のメモリ1002の構成例を示している。
- [0607] メモリ1002は、カラム（縦）方向にmbビットを記憶するとともに、ロウ（横）方向に $N/(mb)$ ビットを記憶する記憶容量を有し、mb個のカラムから構成される。
- [0608] カラムツイストデインターリーバ55は、メモリ1002に対して、LDPC符号の符号ビットを、ロウ方向に書き込み、カラム方向に読み出すときの読み出し始めの位置を制御することで、カラムツイストデインターリーブを行う。

- [0609] すなわち、カラムツイストデインターリーバ55では、複数のカラムそれぞれについて、符号ビットの読み出しを開始する読み出し始めの位置を、適宜変更することで、カラムツイストインターリーブで並び替えられた符号ビットの並びを、元の並びに戻す逆並び替え処理を行う。
- [0610] ここで、図125は、図28で説明した、変調方式が16APSKや16QAM等であり、かつ、倍数 b が1である場合の、メモリ1002の構成例を示している。この場合、1シンボルのビット数 m は、4ビットであり、また、メモリ1002は、4($=mb$)個のカラムで構成される。
- [0611] カラムツイストデインターリーバ55は、マルチプレクサ54に代わり、逆入れ替え部1001が出力するLDPC符号の符号ビットのロウ方向への書き込みを、メモリ1002の1行目から下の行に向かって順次行う。
- [0612] そして、1符号長分の符号ビットの書き込みが終了すると、カラムツイストデインターリーバ55は、符号ビットを、メモリ1002の上から下方向（カラム方向）に読み出すことを、左から右方向のカラムに向かって行う。
- [0613] 但し、カラムツイストデインターリーバ55は、送信装置11側のカラムツイストインターリーバ24が符号ビットを書き込む書き始めの位置を、符号ビットの読み出し始めの位置として、メモリ1002からの符号ビットの読み出しを行う。
- [0614] すなわち、各カラムの先頭（一番上）の位置のアドレスを0として、カラム方向の各位置のアドレスを、昇順の整数で表すこととすると、変調方式が16APSKや16QAMであり、かつ、倍数 b が1である場合には、カラムツイストデインターリーバ55では、最も左のカラムについては、読み出し始めの位置を、アドレスが0の位置とし、（左から）2番目のカラムについては、読み出し始めの位置を、アドレスが2の位置とし、3番目のカラムについては、読み出し始めの位置を、アドレスが4の位置とし、4番目のカラムについては、読み出し始めの位置を、アドレスが7の位置とする。
- [0615] なお、読み出し始めの位置が、アドレスが0の位置以外の位置のカラムについては、符号ビットの読み出しを、最も下の位置まで行った後は、先頭（ア

ドレスが0の位置)に戻り、読み出し始めの位置の直前の位置までの読み出しが行われる。そして、その後、次(右)のカラムからの読み出しが行われる。

- [0616] 以上のようなカラムツイストデインターリーブを行うことにより、カラムツイストインターリーブで並び替えられた符号ビットの並びが、元の並びに戻される。
- [0617] 図126は、図116のビットデインターリーブ165の他の構成例を示すブロック図である。
- [0618] なお、図中、図117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。
- [0619] すなわち、図126のビットデインターリーブ165は、パリティデインターリーブ1011が新たに設けられている他は、図117の場合と同様に構成されている。
- [0620] 図126では、ビットデインターリーブ165は、マルチプレクサ(MUX)54、カラムツイストデインターリーブ55、及び、パリティデインターリーブ1011から構成され、QAMデコーダ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。
- [0621] すなわち、マルチプレクサ54は、QAMデコーダ164からのLDPC符号を対象として、送信装置11のデマルチプレクサ25が行う入れ替え処理に対応する逆入れ替え処理(入れ替え処理の逆の処理)、すなわち、入れ替え処理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逆入れ替え処理を行い、その結果得られるLDPC符号を、カラムツイストデインターリーブ55に供給する。
- [0622] カラムツイストデインターリーブ55は、マルチプレクサ54からのLDPC符号を対象として、送信装置11のカラムツイストインターリーブ24が行う並び替え処理としてのカラムツイストインターリーブに対応するカラムツイストデインターリーブを行う。
- [0623] カラムツイストデインターリーブの結果得られるLDPC符号は、カラムツイ

ストデインターリーバ55からパリティデインターリーバ1011に供給される。

- [0624] パリティデインターリーバ1011は、カラムツイストデインターリーバ55でのカラムツイスト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バ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。
- [0625] 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バ1011からLDPCデコーダ166に供給される。
- [0626] したがって、図126のビットデインターリーバ165では、LDPCデコーダ166には、逆入れ替え処理、カラムツイストデインターリーブ、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。
- [0627] 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、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。すなわち、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、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。
- [0628] ここで、図126では、ビットデインターリーバ165（のパリティデインターリーバ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LDPCエンコーダ115がLDPC符号化に用いた検査行列Hそのもの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 deco

ding)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。

[0629] 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場合には、LDPCデコーダ166は、チェックノード演算、及びバリアブルノード演算を、P（又はPの1以外の約数）個同時に行うアーキテクチャ(architecture)の復号装置であって、変換検査行列を得るための列置換と同様の列置換を、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122）で構成することができる。

[0630] なお、図126では、説明の便宜のため、逆入れ替え処理を行うマルチプレクサ54、カラムツイストデインターリーブを行うカラムツイストデインターリーバ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、マルチプレクサ54、カラムツイストデインターリーバ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、カラムツイストインターリーバ24、及び、デマルチプレクサ25と同様に、一体的に構成することができる。

[0631] また、送信装置11のビットインターリーバ116（図8）を、パリティインターリーバ23、及び、カラムツイストインターリーバ24を設けずに構成する場合には、図126において、ビットデインターリーバ165は、カラムツイストデインターリーバ55、及び、パリティデインターリーバ1011を設けずに構成することができる。

[0632] この場合も、LDPCデコーダ166は、検査行列Hそのものを用いてLDPC復号を行うフルシリアルデコーディング方式の復号装置や、検査行列Hそのものを用いてLDPC復号を行うフルパラレルデコーディング方式の復号装置、変換検

査行列 H' を用いて、 P 個同時のチェックノード演算、及びバリエブルノード演算によるLDPC復号を行う、受信データ並べ替え部310を有する復号装置（図122）で構成することができる。

[0633] [受信システムの構成例]

[0634] 図127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。

[0635] 図127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。

[0636] 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。

[0637] 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。

[0638] 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。

[0639] 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。

- [0640] 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。
- [0641] 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。
- [0642] 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。
- [0643] 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。
- [0644] 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。
- [0645] 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。
- [0646] 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。
- [0647] 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。
- [0648] 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。
- [0649] 以上のような図 127 の受信システムは、例えば、デジタル放送として

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。

[0650] 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。

[0651] 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することが可能である。

[0652] 図128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。

[0653] なお、図中、図127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。

[0654] 図128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127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127の場合と相違する。

[0655] 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。

[0656] 以上のような図128の受信システムは、例えば、デ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。

[0657] 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11

11に供給される。

[0658] 図129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。

[0659] なお、図中、図127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。

[0660] 図129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127の場合と共通する。

[0661] 但し、図129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127の場合と相違する。

[0662] 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）。

[0663] 以上のような図129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。

[0664] なお、図129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。

[0665] [コンピュータの一実施の形態]

[0666] 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。

[0667] そこで、図130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。

[0668] 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。

- [0669] 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。
- [0670] 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。
- [0671] 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。

[0672] 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。

[0673] 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。

[0674] 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。

[0675] すなわち、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）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。

符号の説明

[0676] 11 送信装置, 12 受信装置, 23 パリティインターリーバ,
24 カラムツイストインターリーバ, 25 デマルチプレクサ, 3
1 メモリ, 32 入れ替え部, 54 マルチプレクサ, 55 カ
ラムツイストインターリーバ, 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 QAMエンコーダ, 118 時間インターリーバ, 119 MISO/M
IMO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 QAMエンコーダ, 124 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

132 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 QAMデコーダ, 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 MISO/MIMOデコーダ, 163 時間デインターリーバ, 16
4 QAMデコーダ, 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кса, 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, 602 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, 70
1 バス, 702 CPU, 703 ROM, 704 RAM, 705 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 入出カインタフェース, 711 リムーバ
ブル記録媒体, 1001 逆入れ替え部, 1002 メモリ, 101
1 パリティデインターリーバ, 1101 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, 11
21 記録部

請求の範囲

[請求項1] LDPC(Low Density Parity Check)符号の検査行列に基づき、情報ビットを、符号長が64800ビットで符号化率が2/30のLDPC符号に符号化する符号化部を備え、

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と前記パリティビットに対応するパリティ行列部とを含み、

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、

30 251 2458 3467 9897 12052 12191 15073 15949 16328 16972 17
704 20672 22200 22276 25349 26106 28258 29737 30518 30951 3244
0 43031 46622 47113 52077 52609 52750 54295 55384 56954 57155
57853 59942

6985 7975 8681 10628 10866 13223 14882 18449 19570 24418 245
38 24556 25926 26162 26947 28181 30049 33678 35497 37980 41276
43443 44124 48684 50382 51223 53635 57661 58040 59128 59300 5
9614 60200 60329

1896 5169 7347 10895 14434 14583 15125 15279 17169 18374 208
05 25203 29509 30267 30925 33774 34653 34827 35707 36868 38136
38926 42690 43464 44624 46562 50291 50321 51544 56470 56532 5
8199 58398 60423

144 152 1236 8826 11983 12930 13349 19562 20564 30203 31766
35635 40367 40905 41792 41872 42428 43828 44359 47973 48041 49
046 50158 50786 55527 55541 57260 57353 57821 58770 59098 5940
7 60358 60475

2085 28320 37838 50085

6903 21724 38880 59861

17156 20293 21231 44440

16799 38095 41049 44269

11939 30310 39689 47323

10563 17282 45331 60186

19860 23595 59085 60417

10403 19812 27225 48006

である

データ処理装置。

[請求項2] 前記検査行列初期値テーブルの行を i と表すとともに、前記LDPC符号のパリティ長を M と表すとき、

前記検査行列の $2+360 \times (i-1)$ 列目は、前記検査行列初期値テーブルで1の要素の位置が表される前記検査行列の $1+360 \times (i-1)$ 列目を、 $q = M/360$ だけ下方向にサイクリックシフトした列である

請求項1に記載のデータ処理装置。

[請求項3] 前記検査行列の $1+360 \times (i-1)$ 列については、

前記検査行列初期値テーブルの i 行目が、前記検査行列の $1+360 \times (i-1)$ 列目の1の要素の行番号を表し、

前記検査行列の $1+360 \times (i-1)$ 列目以外の列である $2+360 \times (i-1)$ 列目から $360 \times i$ 列目までの各列については、

前記検査行列初期値テーブルの i 行目の j 列目の数値を $h_{i,j}$ と表すとともに、前記検査行列 H の w 列目の、 j 個目の1の要素の行番号を H_{w-j} と表すとき、

前記検査行列の $1+360 \times (i-1)$ 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 $H_{w-j} = \text{mod}\{h_{i,j} + \text{mod}((w-1), 360) \times M/360, M\}$ で表される

請求項2に記載のデータ処理装置。

[請求項4] 前記 q は、168である

請求項2に記載のデータ処理装置。

- [請求項5] 前記LDPC符号の符号ビットのパリティビットのみをインターリーブするパリティインターリーブ部をさらに備える
請求項1に記載のデータ処理装置。
- [請求項6] 前記LDPC符号の符号ビットを、カラム方向にずらして記憶することによりカラムツイストインターリーブを行うカラムツイストインターリーブ部をさらに備える
請求項1に記載のデータ処理装置。
- [請求項7] 前記LDPC符号の符号ビットを、所定のデジタル変調方式で定める所定数の信号点のうちの一つに対応するシンボルのシンボルビットに入れ替える入れ替え部をさらに備える
請求項1に記載のデータ処理装置。
- [請求項8] 前記入れ替え部は、カラム方向に記憶されてロウ方向に読み出される前記符号ビットを入れ替える
請求項7に記載のデータ処理装置。
- [請求項9] 前記検査行列は、サイクル4が存在しない検査行列である
請求項1に記載のデータ処理装置。
- [請求項10] 前記検査行列は、マルチエッジタイプのデンシティエボリューションによって検出される、BERが落ち始める E_b/N_0 である性能閾値が所定値以下になるLDPC符号のアンサンブルに属するLDPC符号の検査行列である
請求項1に記載のデータ処理装置。
- [請求項11] LDPC(Low Density Parity Check)符号の検査行列に基づき、情報ビットを、符号長が64800ビットで符号化率が2/30のLDPC符号に符号化する符号化ステップを備え、
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と前記パリティビットに対応するパリティ行列部とを含み、
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、

30 251 2458 3467 9897 12052 12191 15073 15949 16328 16972 17
704 20672 22200 22276 25349 26106 28258 29737 30518 30951 3244
0 43031 46622 47113 52077 52609 52750 54295 55384 56954 57155
57853 59942

6985 7975 8681 10628 10866 13223 14882 18449 19570 24418 245
38 24556 25926 26162 26947 28181 30049 33678 35497 37980 41276
43443 44124 48684 50382 51223 53635 57661 58040 59128 59300 5
9614 60200 60329

1896 5169 7347 10895 14434 14583 15125 15279 17169 18374 208
05 25203 29509 30267 30925 33774 34653 34827 35707 36868 38136
38926 42690 43464 44624 46562 50291 50321 51544 56470 56532 5
8199 58398 60423

144 152 1236 8826 11983 12930 13349 19562 20564 30203 31766
35635 40367 40905 41792 41872 42428 43828 44359 47973 48041 49
046 50158 50786 55527 55541 57260 57353 57821 58770 59098 5940
7 60358 60475

2085 28320 37838 50085

6903 21724 38880 59861

17156 20293 21231 44440

16799 38095 41049 44269

11939 30310 39689 47323

10563 17282 45331 60186

19860 23595 59085 60417

10403 19812 27225 48006

である

データ処理方法。

- [請求項12] 前記検査行列初期値テーブルの行を i と表すとともに、前記LDPC符号のパリティ長を M と表すとき、
前記検査行列の $2+360 \times (i-1)$ 列目は、前記検査行列初期値テーブルで1の要素の位置が表される前記検査行列の $1+360 \times (i-1)$ 列目を、 $q = M/360$ だけ下方方向にサイクリックシフトした列である
請求項11に記載のデータ処理方法。
- [請求項13] 前記検査行列の $1+360 \times (i-1)$ 列については、
前記検査行列初期値テーブルの i 行目が、前記検査行列の $1+360 \times (i-1)$ 列目の1の要素の行番号を表し、
前記検査行列の $1+360 \times (i-1)$ 列目以外の列である $2+360 \times (i-1)$ 列目から $360 \times i$ 列目までの各列については、
前記検査行列初期値テーブルの i 行目の j 列目の数値を $h_{i,j}$ と表すとともに、前記検査行列 H の w 列目の、 j 個目の1の要素の行番号を H_{w-j} と表すとき、
前記検査行列の $1+360 \times (i-1)$ 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 $H_{w-j} = \text{mod}\{h_{i,j} + \text{mod}((w-1), 360) \times M/360, M\}$ で表される
請求項12に記載のデータ処理方法。
- [請求項14] 前記 q は、168である
請求項12に記載のデータ処理方法。
- [請求項15] 前記LDPC符号の符号ビットのパリティビットのみをインターリーブする
請求項11に記載のデータ処理方法。
- [請求項16] 前記LDPC符号の符号ビットを、カラム方向にずらして記憶することによりカラムツイストインターリーブを行う
請求項11に記載のデータ処理方法。
- [請求項17] 前記LDPC符号の符号ビットを、所定のデジタル変調方式で定める所定数の信号点のうちの一つれかに対応するシンボルのシンボルピッ

トに入れ替える

請求項 1 1 に記載のデータ処理方法。

[請求項18] 前記符号ビットの入れ替えでは、カラム方向に記憶されてロウ方向に読み出される前記符号ビットを入れ替える

請求項 1 7 に記載のデータ処理方法。

[請求項19] 前記検査行列は、サイクル4が存在しない検査行列である

請求項 1 1 に記載のデータ処理方法。

[請求項20] 前記検査行列は、マルチエッジタイプのデンシティエボリューションによって検出される、BERが落ち始める E_b/N_0 である性能閾値が所定値以下になるLDPC符号のアンサンブルに属するLDPC符号の検査行列である

請求項 1 1 に記載のデータ処理方法。

[請求項21] LDPC(Low Density Parity Check)符号の検査行列に基づき、符号長が64800ビットで符号化率が2/30のLDPC符号を復号する復号部を備え、

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と前記パリティビットに対応するパリティ行列部とを含み、

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、

30 251 2458 3467 9897 12052 12191 15073 15949 16328 16972 17
704 20672 22200 22276 25349 26106 28258 29737 30518 30951 3244
0 43031 46622 47113 52077 52609 52750 54295 55384 56954 57155
57853 59942

6985 7975 8681 10628 10866 13223 14882 18449 19570 24418 245
38 24556 25926 26162 26947 28181 30049 33678 35497 37980 41276
43443 44124 48684 50382 51223 53635 57661 58040 59128 59300 5

9614 60200 60329

1896 5169 7347 10895 14434 14583 15125 15279 17169 18374 208
05 25203 29509 30267 30925 33774 34653 34827 35707 36868 38136
38926 42690 43464 44624 46562 50291 50321 51544 56470 56532 5
8199 58398 60423

144 152 1236 8826 11983 12930 13349 19562 20564 30203 31766
35635 40367 40905 41792 41872 42428 43828 44359 47973 48041 49
046 50158 50786 55527 55541 57260 57353 57821 58770 59098 5940
7 60358 60475

2085 28320 37838 50085

6903 21724 38880 59861

17156 20293 21231 44440

16799 38095 41049 44269

11939 30310 39689 47323

10563 17282 45331 60186

19860 23595 59085 60417

10403 19812 27225 48006

である

データ処理装置。

[請求項22] 前記検査行列初期値テーブルの行を i と表すとともに、前記LDPC符号のパリティ長を M と表すとき、

前記検査行列の $2+360 \times (i-1)$ 列目は、前記検査行列初期値テーブルで1の要素の位置が表される前記検査行列の $1+360 \times (i-1)$ 列目を、 $q = M/360$ だけ下方方向にサイクリックシフトした列である

請求項21に記載のデータ処理装置。

[請求項23] 前記検査行列の $1+360 \times (i-1)$ 列については、

前記検査行列初期値テーブルの i 行目が、前記検査行列の $1+360 \times (i-1)$ 列目の1の要素の行番号を表し、

前記検査行列の $1+360 \times (i-1)$ 列目以外の列である $2+360 \times (i-1)$ 列目から $360 \times i$ 列目までの各列については、

前記検査行列初期値テーブルの i 行目の j 列目の数値を $h_{i,j}$ と表すとともに、前記検査行列 H の w 列目の、 j 個目の1の要素の行番号を H_{w-j} と表すとき、

前記検査行列の $1+360 \times (i-1)$ 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 $H_{w-j} = \text{mod}\{h_{i,j} + \text{mod}((w-1), 360) \times M/360, M\}$ で表される

請求項 2 2 に記載のデータ処理装置。

[請求項24] 前記 q は、168である

請求項 2 2 に記載のデータ処理装置。

[請求項25] 前記LDPC符号の符号ビットを、カラム方向にずらして記憶することによりカラムツイストインターリーブが行われている場合に、前記LDPC符号の符号ビットを元の並びに戻すカラムツイストデインターリーブを行うカラムツイストデインターリーブ部をさらに備える

請求項 2 1 に記載のデータ処理装置。

[請求項26] 前記LDPC符号の符号ビットを、所定のデジタル変調方式で定める所定数の信号点のうちの一つに対応するシンボルのシンボルビットに入れ替える入れ替え処理が行われている場合に、前記シンボルビットとして位置が入れ替えられた前記符号ビットを、元の位置に戻す逆入れ替え処理を行う逆入れ替え部をさらに備える

請求項 2 1 に記載のデータ処理装置。

[請求項27] 前記逆入れ替え部は、ロウ方向に記憶されてカラム方向に読み出される前記符号ビットを元の位置に戻す逆入れ替え処理を行う

請求項 2 6 に記載のデータ処理装置。

[請求項28] 前記検査行列は、サイクル4が存在しない検査行列である

請求項 2 1 に記載のデータ処理装置。

[請求項29] 前記検査行列は、マルチエッジタイプのデンシティエボリューション

ンによって検出される、BERが落ち始める E_b/N_0 である性能閾値が所定値以下になるLDPC符号のアンサンブルに属するLDPC符号の検査行列である

請求項 2 1 に記載のデータ処理装置。

[請求項30]

LDPC(Low Density Parity Check)符号の検査行列に基づき、符号長が64800ビットで符号化率が2/30のLDPC符号を復号する復号ステップを備え、

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と前記パリティビットに対応するパリティ行列部とを含み、

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、

30 251 2458 3467 9897 12052 12191 15073 15949 16328 16972 17
704 20672 22200 22276 25349 26106 28258 29737 30518 30951 3244
0 43031 46622 47113 52077 52609 52750 54295 55384 56954 57155
57853 59942

6985 7975 8681 10628 10866 13223 14882 18449 19570 24418 245
38 24556 25926 26162 26947 28181 30049 33678 35497 37980 41276
43443 44124 48684 50382 51223 53635 57661 58040 59128 59300 5
9614 60200 60329

1896 5169 7347 10895 14434 14583 15125 15279 17169 18374 208
05 25203 29509 30267 30925 33774 34653 34827 35707 36868 38136
38926 42690 43464 44624 46562 50291 50321 51544 56470 56532 5
8199 58398 60423

144 152 1236 8826 11983 12930 13349 19562 20564 30203 31766
35635 40367 40905 41792 41872 42428 43828 44359 47973 48041 49
046 50158 50786 55527 55541 57260 57353 57821 58770 59098 5940

7 60358 60475
 2085 28320 37838 50085
 6903 21724 38880 59861
 17156 20293 21231 44440
 16799 38095 41049 44269
 11939 30310 39689 47323
 10563 17282 45331 60186
 19860 23595 59085 60417
 10403 19812 27225 48006

である

データ処理方法。

[請求項31] 前記検査行列初期値テーブルの行を i と表すとともに、前記LDPC符号のパリティ長を M と表すとき、

前記検査行列の $2+360 \times (i-1)$ 列目は、前記検査行列初期値テーブルで1の要素の位置が表される前記検査行列の $1+360 \times (i-1)$ 列目を、 $q = M/360$ だけ下方方向にサイクリックシフトした列である

請求項30に記載のデータ処理方法。

[請求項32] 前記検査行列の $1+360 \times (i-1)$ 列については、

前記検査行列初期値テーブルの i 行目が、前記検査行列の $1+360 \times (i-1)$ 列目の1の要素の行番号を表し、

前記検査行列の $1+360 \times (i-1)$ 列目以外の列である $2+360 \times (i-1)$ 列目から $360 \times i$ 列目までの各列については、

前記検査行列初期値テーブルの i 行目の j 列目の数値を $h_{i,j}$ と表すとともに、前記検査行列 H の w 列目の、 j 個目の1の要素の行番号を H_{w-j} と表すとき、

前記検査行列の $1+360 \times (i-1)$ 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 $H_{w-j} = \text{mod}\{h_{i,j} + \text{mod}((w-1), 360) \times M/360, M\}$ で表される

請求項 3 1 に記載のデータ処理方法。

[請求項33]

前記 q は、168である

請求項 3 1 に記載のデータ処理方法。

[請求項34]

前記LDPC符号の符号ビットを、カラム方向にずらして記憶することによりカラムツイストインターリーブが行われている場合に、前記LDPC符号の符号ビットを元の並びに戻すカラムツイストデインターリーブを行う

請求項 3 0 に記載のデータ処理方法。

[請求項35]

前記LDPC符号の符号ビットを、所定のデジタル変調方式で定める所定数の信号点のうちの一つに対応するシンボルのシンボルビットに入れ替える入れ替え処理が行われている場合に、前記シンボルビットとして位置が入れ替えられた前記符号ビットを、元の位置に戻す逆入れ替え処理を行う

請求項 3 0 に記載のデータ処理方法。

[請求項36]

前記逆入れ替え処理では、ロウ方向に記憶されてカラム方向に読み出される前記符号ビットを元の位置に戻す

請求項 3 5 に記載のデータ処理方法。

[請求項37]

前記検査行列は、サイクル4が存在しない検査行列である

請求項 3 0 に記載のデータ処理方法。

[請求項38]

前記検査行列は、マルチエッジタイプのデンシティエボリューションによって検出される、BERが落ち始める E_b/N_0 である性能閾値が所定値以下になるLDPC符号のアンサンブルに属するLDPC符号の検査行列である

請求項 3 0 に記載のデータ処理方法。

[請求項39]

LDPC(Low Density Parity Check)符号の検査行列に基づき、情報ビットを、符号長が64800ビットで符号化率が3/30のLDPC符号に符号化する符号化部を備え、

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と前記パリティビットに対応するパリティ行列部とを含み、

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、

153 2939 6037 11618 12401 17787 18472 22673 25220 26245 2983
9 35106 36915 37622 37655 45425 55595 56308 56726 58286
146 160 9060 12867 16536 20818 31754 35546 36480 36698 56314
56509 56837 57342 57373 57895 57947 58163 58202 58262
58 1555 10183 10446 12204 16197 16830 17382 19144 19565 2147
6 29121 41158 49953 51531 55642 57423 57587 57627 57974
120 9906 12466 21668 26856 27304 28451 29413 30168 31274 333
09 33499 37486 38265 43457 50299 55218 56971 57059 58115
80 6649 9541 12490 14153 14346 19926 20677 23672 42397 45629
46288 55935 56115 56555 56865 56993 57921 58049 58190
46 152 3536 7134 9040 10474 10504 11549 17066 19102 27486 29
364 39577 39995 48289 56236 57279 57560 57608 57930
19824 21165 34427 58143
22747 50215 50864 58176
2943 31340 39711 57281
1186 20802 27612 33409
1347 20868 29222 48776
19 8548 46255 56946
10762 20467 48519
39 7401 34355
142 10827 17009
1822 29424 39439
5944 11349 28870

4981 14731 15377

である

データ処理装置。

[請求項40]

LDPC(Low Density Parity Check)符号の検査行列に基づき、情報ビットを、符号長が64800ビットで符号化率が3/30のLDPC符号に符号化する符号化ステップを備え、

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と前記パリティビットに対応するパリティ行列部とを含み、

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、

153 2939 6037 11618 12401 17787 18472 22673 25220 26245 2983

9 35106 36915 37622 37655 45425 55595 56308 56726 58286

146 160 9060 12867 16536 20818 31754 35546 36480 36698 56314

56509 56837 57342 57373 57895 57947 58163 58202 58262

58 1555 10183 10446 12204 16197 16830 17382 19144 19565 2147

6 29121 41158 49953 51531 55642 57423 57587 57627 57974

120 9906 12466 21668 26856 27304 28451 29413 30168 31274 333

09 33499 37486 38265 43457 50299 55218 56971 57059 58115

80 6649 9541 12490 14153 14346 19926 20677 23672 42397 45629

46288 55935 56115 56555 56865 56993 57921 58049 58190

46 152 3536 7134 9040 10474 10504 11549 17066 19102 27486 29

364 39577 39995 48289 56236 57279 57560 57608 57930

19824 21165 34427 58143

22747 50215 50864 58176

2943 31340 39711 57281

1186 20802 27612 33409

1347 20868 29222 48776

19 8548 46255 56946

10762 20467 48519

39 7401 34355

142 10827 17009

1822 29424 39439

5944 11349 28870

4981 14731 15377

である

データ処理方法。

[請求項41]

LDPC(Low Density Parity Check)符号の検査行列に基づき、符号長が64800ビットで符号化率が3/30のLDPC符号を復号する復号部を備え

、
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と前記パリティビットに対応するパリティ行列部とを含み、

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、

153 2939 6037 11618 12401 17787 18472 22673 25220 26245 2983

9 35106 36915 37622 37655 45425 55595 56308 56726 58286

146 160 9060 12867 16536 20818 31754 35546 36480 36698 56314

56509 56837 57342 57373 57895 57947 58163 58202 58262

58 1555 10183 10446 12204 16197 16830 17382 19144 19565 2147

6 29121 41158 49953 51531 55642 57423 57587 57627 57974

120 9906 12466 21668 26856 27304 28451 29413 30168 31274 333

09 33499 37486 38265 43457 50299 55218 56971 57059 58115

80 6649 9541 12490 14153 14346 19926 20677 23672 42397 45629

46288 55935 56115 56555 56865 56993 57921 58049 58190
 46 152 3536 7134 9040 10474 10504 11549 17066 19102 27486 29
 364 39577 39995 48289 56236 57279 57560 57608 57930
 19824 21165 34427 58143
 22747 50215 50864 58176
 2943 31340 39711 57281
 1186 20802 27612 33409
 1347 20868 29222 48776
 19 8548 46255 56946
 10762 20467 48519
 39 7401 34355
 142 10827 17009
 1822 29424 39439
 5944 11349 28870
 4981 14731 15377

である

データ処理装置。

[請求項42]

LDPC(Low Density Parity Check)符号の検査行列に基づき、符号長が64800ビットで符号化率が3/30のLDPC符号を復号する復号ステップを備え、

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と前記パリティビットに対応するパリティ行列部とを含み、

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、

153 2939 6037 11618 12401 17787 18472 22673 25220 26245 2983
 9 35106 36915 37622 37655 45425 55595 56308 56726 58286

146 160 9060 12867 16536 20818 31754 35546 36480 36698 56314
56509 56837 57342 57373 57895 57947 58163 58202 58262
58 1555 10183 10446 12204 16197 16830 17382 19144 19565 2147
6 29121 41158 49953 51531 55642 57423 57587 57627 57974
120 9906 12466 21668 26856 27304 28451 29413 30168 31274 333
09 33499 37486 38265 43457 50299 55218 56971 57059 58115
80 6649 9541 12490 14153 14346 19926 20677 23672 42397 45629
46288 55935 56115 56555 56865 56993 57921 58049 58190
46 152 3536 7134 9040 10474 10504 11549 17066 19102 27486 29
364 39577 39995 48289 56236 57279 57560 57608 57930
19824 21165 34427 58143
22747 50215 50864 58176
2943 31340 39711 57281
1186 20802 27612 33409
1347 20868 29222 48776
19 8548 46255 56946
10762 20467 48519
39 7401 34355
142 10827 17009
1822 29424 39439
5944 11349 28870
4981 14731 15377

である

データ処理方法。

[請求項43]

LDPC(Low Density Parity Check)符号の検査行列に基づき、情報ビットを、符号長が64800ビットで符号化率が4/30のLDPC符号に符号化する符号化部を備え、

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と前記パリティビットに対応するパリティ行列部とを含み、

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、

7248 8578 11266 16015 17433 18038 20159 20848 22164 23848 24
516 25093 25888 28382 31701 33259 33540 34615 36428 38595 3868
3 38814 41592 44323 44522 44859 45857 48657 49686 53354 54260
54853 55069 55426 56127

715 1505 3314 5537 6377 6750 11039 11271 15840 16615 24045 2
4314 24435 26992 28524 28745 28935 32956 33359 34964 36217 375
46 38189 42599 44326 49694 54236 54779 55501 55543 55721 55865
55961 55966 55988

70 116 613 2482 6204 6608 7392 13585 14175 14228 17842 20004
20142 21324 22575 24443 24497 25394 26585 30222 37825 38548 4
1709 44999 50925 52186 53793 54177 54705 55096 55489 55584 560
19 56055 56151

9 2054 3493 3584 3989 5916 11915 14323 15091 16998 17631 186
45 18882 20510 27499 28990 30054 32231 36556 37437 39651 41543
41963 42798 42937 44864 48056 48971 53104 54511 54610 55151 5
5216 55470 55736

30 81 110 294 1636 2152 4312 6098 9415 12105 14021 15226 156
18 18614 21368 23154 28913 29260 36969 37792 39386 42362 42949
43758 43765 44572 45877 46424 46948 47683 47903 48245 51804 5
2166 53264

3 50 987 1771 4255 9714 9907 13728 17807 20438 24206 24326 2
4458 26039 26898 35691 36875 37877 38103 38398 38671 39288 406
42 41533 41753 42069 45374 46377 48016 48165 48805 49392 50660

51907 51968

138 441 4163 6450 7419 10743 11330 14962 14984 15032 24819 2
8987 29221 33223 35464 37535 38213 39085 39223 39925 41220 413
41 41643 44944 46330 46870 47142 48577 49387 50732 52578 53839
54085 55426 56132

3773 41938 55428 55720

8833 47844 49437 50265

7054 31403 48642 53739

2286 22401 42270 53546

14435 24811 29047 36135

21010 23783 55073 55612

20516 27533 51132 52391

884 22844 25100 56123

1150 12133 44416 53752

9761 38585 52021 55545

1476 5057 49721 50744

16334 39503 40494 43840

24 31960 33866 53369

22065 22989 32356 52287

111 155 3706 13753

17878 18240 27828 55776

13582 47019 54558 55557

である

データ処理装置。

[請求項44]

LDPC(Low Density Parity Check)符号の検査行列に基づき、情報ビットを、符号長が64800ビットで符号化率が4/30のLDPC符号に符号化する符号化ステップを備え、

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と前記パリティビットに対応するパリティ行列部とを含み、

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、

7248 8578 11266 16015 17433 18038 20159 20848 22164 23848 24
516 25093 25888 28382 31701 33259 33540 34615 36428 38595 3868
3 38814 41592 44323 44522 44859 45857 48657 49686 53354 54260
54853 55069 55426 56127

715 1505 3314 5537 6377 6750 11039 11271 15840 16615 24045 2
4314 24435 26992 28524 28745 28935 32956 33359 34964 36217 375
46 38189 42599 44326 49694 54236 54779 55501 55543 55721 55865
55961 55966 55988

70 116 613 2482 6204 6608 7392 13585 14175 14228 17842 20004
20142 21324 22575 24443 24497 25394 26585 30222 37825 38548 4
1709 44999 50925 52186 53793 54177 54705 55096 55489 55584 560
19 56055 56151

9 2054 3493 3584 3989 5916 11915 14323 15091 16998 17631 186
45 18882 20510 27499 28990 30054 32231 36556 37437 39651 41543
41963 42798 42937 44864 48056 48971 53104 54511 54610 55151 5
5216 55470 55736

30 81 110 294 1636 2152 4312 6098 9415 12105 14021 15226 156
18 18614 21368 23154 28913 29260 36969 37792 39386 42362 42949
43758 43765 44572 45877 46424 46948 47683 47903 48245 51804 5
2166 53264

3 50 987 1771 4255 9714 9907 13728 17807 20438 24206 24326 2
4458 26039 26898 35691 36875 37877 38103 38398 38671 39288 406
42 41533 41753 42069 45374 46377 48016 48165 48805 49392 50660

51907 51968

138 441 4163 6450 7419 10743 11330 14962 14984 15032 24819 2
8987 29221 33223 35464 37535 38213 39085 39223 39925 41220 413
41 41643 44944 46330 46870 47142 48577 49387 50732 52578 53839
54085 55426 56132

3773 41938 55428 55720

8833 47844 49437 50265

7054 31403 48642 53739

2286 22401 42270 53546

14435 24811 29047 36135

21010 23783 55073 55612

20516 27533 51132 52391

884 22844 25100 56123

1150 12133 44416 53752

9761 38585 52021 55545

1476 5057 49721 50744

16334 39503 40494 43840

24 31960 33866 53369

22065 22989 32356 52287

111 155 3706 13753

17878 18240 27828 55776

13582 47019 54558 55557

である

データ処理方法。

[請求項45] LDPC(Low Density Parity Check)符号の検査行列に基づき、符号長が64800ビットで符号化率が4/30のLDPC符号を復号する復号部を備え

、

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と前記パリティビットに対応するパリティ行列部とを含み、

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、

7248 8578 11266 16015 17433 18038 20159 20848 22164 23848 24
516 25093 25888 28382 31701 33259 33540 34615 36428 38595 3868
3 38814 41592 44323 44522 44859 45857 48657 49686 53354 54260
54853 55069 55426 56127

715 1505 3314 5537 6377 6750 11039 11271 15840 16615 24045 2
4314 24435 26992 28524 28745 28935 32956 33359 34964 36217 375
46 38189 42599 44326 49694 54236 54779 55501 55543 55721 55865
55961 55966 55988

70 116 613 2482 6204 6608 7392 13585 14175 14228 17842 20004
20142 21324 22575 24443 24497 25394 26585 30222 37825 38548 4
1709 44999 50925 52186 53793 54177 54705 55096 55489 55584 560
19 56055 56151

9 2054 3493 3584 3989 5916 11915 14323 15091 16998 17631 186
45 18882 20510 27499 28990 30054 32231 36556 37437 39651 41543
41963 42798 42937 44864 48056 48971 53104 54511 54610 55151 5
5216 55470 55736

30 81 110 294 1636 2152 4312 6098 9415 12105 14021 15226 156
18 18614 21368 23154 28913 29260 36969 37792 39386 42362 42949
43758 43765 44572 45877 46424 46948 47683 47903 48245 51804 5
2166 53264

3 50 987 1771 4255 9714 9907 13728 17807 20438 24206 24326 2
4458 26039 26898 35691 36875 37877 38103 38398 38671 39288 406
42 41533 41753 42069 45374 46377 48016 48165 48805 49392 50660

51907 51968

138 441 4163 6450 7419 10743 11330 14962 14984 15032 24819 2
8987 29221 33223 35464 37535 38213 39085 39223 39925 41220 413
41 41643 44944 46330 46870 47142 48577 49387 50732 52578 53839
54085 55426 56132

3773 41938 55428 55720

8833 47844 49437 50265

7054 31403 48642 53739

2286 22401 42270 53546

14435 24811 29047 36135

21010 23783 55073 55612

20516 27533 51132 52391

884 22844 25100 56123

1150 12133 44416 53752

9761 38585 52021 55545

1476 5057 49721 50744

16334 39503 40494 43840

24 31960 33866 53369

22065 22989 32356 52287

111 155 3706 13753

17878 18240 27828 55776

13582 47019 54558 55557

である

データ処理装置。

[請求項46]

LDPC(Low Density Parity Check)符号の検査行列に基づき、符号長が64800ビットで符号化率が4/30のLDPC符号を復号する復号ステップを備え、

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と前記パリティビットに対応するパリティ行列部とを含み、

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、

7248 8578 11266 16015 17433 18038 20159 20848 22164 23848 24
516 25093 25888 28382 31701 33259 33540 34615 36428 38595 3868
3 38814 41592 44323 44522 44859 45857 48657 49686 53354 54260
54853 55069 55426 56127

715 1505 3314 5537 6377 6750 11039 11271 15840 16615 24045 2
4314 24435 26992 28524 28745 28935 32956 33359 34964 36217 375
46 38189 42599 44326 49694 54236 54779 55501 55543 55721 55865
55961 55966 55988

70 116 613 2482 6204 6608 7392 13585 14175 14228 17842 20004
20142 21324 22575 24443 24497 25394 26585 30222 37825 38548 4
1709 44999 50925 52186 53793 54177 54705 55096 55489 55584 560
19 56055 56151

9 2054 3493 3584 3989 5916 11915 14323 15091 16998 17631 186
45 18882 20510 27499 28990 30054 32231 36556 37437 39651 41543
41963 42798 42937 44864 48056 48971 53104 54511 54610 55151 5
5216 55470 55736

30 81 110 294 1636 2152 4312 6098 9415 12105 14021 15226 156
18 18614 21368 23154 28913 29260 36969 37792 39386 42362 42949
43758 43765 44572 45877 46424 46948 47683 47903 48245 51804 5
2166 53264

3 50 987 1771 4255 9714 9907 13728 17807 20438 24206 24326 2
4458 26039 26898 35691 36875 37877 38103 38398 38671 39288 406
42 41533 41753 42069 45374 46377 48016 48165 48805 49392 50660

51907 51968

138 441 4163 6450 7419 10743 11330 14962 14984 15032 24819 2
8987 29221 33223 35464 37535 38213 39085 39223 39925 41220 413
41 41643 44944 46330 46870 47142 48577 49387 50732 52578 53839
54085 55426 56132

3773 41938 55428 55720

8833 47844 49437 50265

7054 31403 48642 53739

2286 22401 42270 53546

14435 24811 29047 36135

21010 23783 55073 55612

20516 27533 51132 52391

884 22844 25100 56123

1150 12133 44416 53752

9761 38585 52021 55545

1476 5057 49721 50744

16334 39503 40494 43840

24 31960 33866 53369

22065 22989 32356 52287

111 155 3706 13753

17878 18240 27828 55776

13582 47019 54558 55557

である

データ処理方法。

[請求項47] LDPC(Low Density Parity Check)符号の検査行列に基づき、情報ビットを、符号長が64800ビットで符号化率が5/30のLDPC符号に符号化する符号化部を備え、

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と前記パリティビットに対応するパリティ行列部とを含み、

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、

2035 5424 6737 8778 10775 15496 17467 21825 23901 27869 2893
9 29614 34298 34951 35578 37326 39797 44488 45293 45900 49239
53415 53900

2090 4170 12643 12925 13383 17659 23995 24520 25766 26042 26
585 29531 31126 34856 43610 49028 49872 50309 50455 51586 5216
1 52207 53263

819 1629 5521 8339 8501 18663 22208 24768 25082 35272 35560
40387 40618 42891 44288 46834 47264 47458 47561 48563 49141 49
583 51837

100 564 4861 9130 15954 22395 23542 26105 27127 31905 33977
35256 37679 40472 40912 42224 43230 44945 45473 52217 52707 52
953 53468

73 86 6004 9799 13581 14067 14910 14944 15502 22412 26032 27
498 27746 27993 28590 35442 38766 44649 47956 48653 48724 5024
7 52165

108 1173 5321 6132 7304 15477 18466 19091 20238 23398 26431
34944 36899 40209 42997 48433 48762 49752 49826 50984 51319 53
634 53657

4541 7635 11720 12065 16896 28028 28457 30950 35156 38740 39
045 43153 43802 44180 45186 45716 45794 46645 48679 49071 4918
1 53212 53489

6118 8633 11204 11448 15114 19954 24570 26810 28236 39277 43
584 46042 47499 48573 48715 49697 50511 51228 51563 51635 5341

0 53760 53851

1223 4008 8948 9130 16129 17767 22039 23572 24550 28200 2915

7 32730 33821 38449 39758 48433 49362 52582 53129 53282 53407

53414 53972

176 10948 11719 12340 13870 15842 18928 20987 24540 24852 28

366 30017 36547 37426 38667 40361 44725 48275 48825 51211 5290

1 53737 53868

21792 35759 44481 53371

147 33771 34263 35853

15696 41236 46244 46674

48208 52868 53324 53794

34077 36441 49909 53506

34932 51666 53755 53974

18455 38927 49349 51201

3836 31114 37755 53469

31831 42633 46626 52743

21053 28415 46538 53154

5752 19363 42484

719 48444 52185

25502 53443 53739

11596 53495 53635

43934 52112 53323

42015 52196 52288

72 129 52340

9 17870 43153

24743 41406 53180

23388 48087 52441

である

データ処理装置。

[請求項48]

LDPC(Low Density Parity Check)符号の検査行列に基づき、情報ビットを、符号長が64800ビットで符号化率が5/30のLDPC符号に符号化する符号化ステップを備え、

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と前記パリティビットに対応するパリティ行列部とを含み、

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、

2035 5424 6737 8778 10775 15496 17467 21825 23901 27869 2893
9 29614 34298 34951 35578 37326 39797 44488 45293 45900 49239
53415 53900

2090 4170 12643 12925 13383 17659 23995 24520 25766 26042 26
585 29531 31126 34856 43610 49028 49872 50309 50455 51586 5216
1 52207 53263

819 1629 5521 8339 8501 18663 22208 24768 25082 35272 35560
40387 40618 42891 44288 46834 47264 47458 47561 48563 49141 49
583 51837

100 564 4861 9130 15954 22395 23542 26105 27127 31905 33977
35256 37679 40472 40912 42224 43230 44945 45473 52217 52707 52
953 53468

73 86 6004 9799 13581 14067 14910 14944 15502 22412 26032 27
498 27746 27993 28590 35442 38766 44649 47956 48653 48724 5024
7 52165

108 1173 5321 6132 7304 15477 18466 19091 20238 23398 26431
34944 36899 40209 42997 48433 48762 49752 49826 50984 51319 53
634 53657

4541 7635 11720 12065 16896 28028 28457 30950 35156 38740 39
045 43153 43802 44180 45186 45716 45794 46645 48679 49071 4918
1 53212 53489

6118 8633 11204 11448 15114 19954 24570 26810 28236 39277 43
584 46042 47499 48573 48715 49697 50511 51228 51563 51635 5341
0 53760 53851

1223 4008 8948 9130 16129 17767 22039 23572 24550 28200 2915
7 32730 33821 38449 39758 48433 49362 52582 53129 53282 53407
53414 53972

176 10948 11719 12340 13870 15842 18928 20987 24540 24852 28
366 30017 36547 37426 38667 40361 44725 48275 48825 51211 5290
1 53737 53868

21792 35759 44481 53371

147 33771 34263 35853

15696 41236 46244 46674

48208 52868 53324 53794

34077 36441 49909 53506

34932 51666 53755 53974

18455 38927 49349 51201

3836 31114 37755 53469

31831 42633 46626 52743

21053 28415 46538 53154

5752 19363 42484

719 48444 52185

25502 53443 53739

11596 53495 53635

43934 52112 53323

42015 52196 52288

72 129 52340

9 17870 43153

24743 41406 53180

23388 48087 52441

である

データ処理方法。

[請求項49]

LDPC(Low Density Parity Check)符号の検査行列に基づき、符号長が64800ビットで符号化率が5/30のLDPC符号を復号する復号部を備え

、
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と前記パリティビットに対応するパリティ行列部とを含み、

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、

2035 5424 6737 8778 10775 15496 17467 21825 23901 27869 2893
9 29614 34298 34951 35578 37326 39797 44488 45293 45900 49239
53415 53900

2090 4170 12643 12925 13383 17659 23995 24520 25766 26042 26
585 29531 31126 34856 43610 49028 49872 50309 50455 51586 5216
1 52207 53263

819 1629 5521 8339 8501 18663 22208 24768 25082 35272 35560
40387 40618 42891 44288 46834 47264 47458 47561 48563 49141 49
583 51837

100 564 4861 9130 15954 22395 23542 26105 27127 31905 33977
35256 37679 40472 40912 42224 43230 44945 45473 52217 52707 52
953 53468

73 86 6004 9799 13581 14067 14910 14944 15502 22412 26032 27

498 27746 27993 28590 35442 38766 44649 47956 48653 48724 5024
7 52165

108 1173 5321 6132 7304 15477 18466 19091 20238 23398 26431
34944 36899 40209 42997 48433 48762 49752 49826 50984 51319 53
634 53657

4541 7635 11720 12065 16896 28028 28457 30950 35156 38740 39
045 43153 43802 44180 45186 45716 45794 46645 48679 49071 4918
1 53212 53489

6118 8633 11204 11448 15114 19954 24570 26810 28236 39277 43
584 46042 47499 48573 48715 49697 50511 51228 51563 51635 5341
0 53760 53851

1223 4008 8948 9130 16129 17767 22039 23572 24550 28200 2915
7 32730 33821 38449 39758 48433 49362 52582 53129 53282 53407
53414 53972

176 10948 11719 12340 13870 15842 18928 20987 24540 24852 28
366 30017 36547 37426 38667 40361 44725 48275 48825 51211 5290
1 53737 53868

21792 35759 44481 53371

147 33771 34263 35853

15696 41236 46244 46674

48208 52868 53324 53794

34077 36441 49909 53506

34932 51666 53755 53974

18455 38927 49349 51201

3836 31114 37755 53469

31831 42633 46626 52743

21053 28415 46538 53154

5752 19363 42484

719 48444 52185
 25502 53443 53739
 11596 53495 53635
 43934 52112 53323
 42015 52196 52288
 72 129 52340
 9 17870 43153
 24743 41406 53180
 23388 48087 52441

である

データ処理装置。

[請求項50]

LDPC(Low Density Parity Check)符号の検査行列に基づき、符号長が64800ビットで符号化率が5/30のLDPC符号を復号する復号ステップを備え、

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と前記パリティビットに対応するパリティ行列部とを含み、

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、

2035 5424 6737 8778 10775 15496 17467 21825 23901 27869 2893
 9 29614 34298 34951 35578 37326 39797 44488 45293 45900 49239
 53415 53900

2090 4170 12643 12925 13383 17659 23995 24520 25766 26042 26
 585 29531 31126 34856 43610 49028 49872 50309 50455 51586 5216
 1 52207 53263

819 1629 5521 8339 8501 18663 22208 24768 25082 35272 35560
 40387 40618 42891 44288 46834 47264 47458 47561 48563 49141 49

583 51837

100 564 4861 9130 15954 22395 23542 26105 27127 31905 33977
35256 37679 40472 40912 42224 43230 44945 45473 52217 52707 52
953 53468

73 86 6004 9799 13581 14067 14910 14944 15502 22412 26032 27
498 27746 27993 28590 35442 38766 44649 47956 48653 48724 5024
7 52165

108 1173 5321 6132 7304 15477 18466 19091 20238 23398 26431
34944 36899 40209 42997 48433 48762 49752 49826 50984 51319 53
634 53657

4541 7635 11720 12065 16896 28028 28457 30950 35156 38740 39
045 43153 43802 44180 45186 45716 45794 46645 48679 49071 4918
1 53212 53489

6118 8633 11204 11448 15114 19954 24570 26810 28236 39277 43
584 46042 47499 48573 48715 49697 50511 51228 51563 51635 5341
0 53760 53851

1223 4008 8948 9130 16129 17767 22039 23572 24550 28200 2915
7 32730 33821 38449 39758 48433 49362 52582 53129 53282 53407
53414 53972

176 10948 11719 12340 13870 15842 18928 20987 24540 24852 28
366 30017 36547 37426 38667 40361 44725 48275 48825 51211 5290
1 53737 53868

21792 35759 44481 53371

147 33771 34263 35853

15696 41236 46244 46674

48208 52868 53324 53794

34077 36441 49909 53506

34932 51666 53755 53974

18455 38927 49349 51201
3836 31114 37755 53469
31831 42633 46626 52743
21053 28415 46538 53154
5752 19363 42484
719 48444 52185
25502 53443 53739
11596 53495 53635
43934 52112 53323
42015 52196 52288
72 129 52340
9 17870 43153
24743 41406 53180
23388 48087 52441

である

データ処理方法。

[請求項51]

LDPC(Low Density Parity Check)符号の検査行列に基づき、情報ビットを、符号長が64800ビットで符号化率が6/30のLDPC符号に符号化する符号化部を備え、

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と前記パリティビットに対応するパリティ行列部とを含み、

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、

13033 14477 15028 17763 19244 20156 22458 24073 32202 32591
33531 33552 35823 41495 46351 49442 51612

44 66 8422 8760 14694 18768 20943 27806 29012 33594 36262 36

820 40434 47704 49355 51729 51758
4233 16270 18958 20915 21313 27009 28249 33438 33855 34475 3
4541 37093 38835 42139 42169 44757 50122
82 10760 14292 17911 18008 23008 33152 34162 35749 36166 374
11 37523 40838 42786 43581 46177 48829
4661 5201 5824 6014 8283 12840 22044 22103 29657 29722 32246
32893 34131 36007 40779 44900 51089
5869 12204 14095 26632 27101 27300 32344 33761 35081 38057 4
0709 46805 47733 48220 49806 51318 51691
87 5764 16204 20947 23257 31579 38832 40942 43112 43239 4460
2 49032 49482 49727 49929 50186 50593
880 1883 8876 9204 12370 21536 32858 35875 36247 36319 37151
38601 48914 49533 51239 51399 51824
20 129 2841 5695 8176 15720 26066 26197 34149 35814 36477 37
478 45338 48988 50675 51071 51774
7252 14498 19246 20257 20693 22336 26037 29523 29844 34015 3
5828 38232 40999 41437 43343 44109 49883
4859 8000 9342 16137 21600 24083 36364 37038 38988 44465 454
45 46569 48994 50591 51065 51166 51268
7728 9766 11199 11244 13877 14245 23083 27064 28433 28810 34
979 39031 42939 44517 45730 48365 51374
67 135 1601 6123 9100 22043 24498 25417 30186 34430 34535 37
216 40359 42794 47908 50685 51501
1006 10492 18259 51816
27272 49144 51574 51631
23 5636 38161 39514
9490 41564 46463 51162
33623 41959 50610

11626 22027 50936
28345 39504 45097
46639 50046 50319
74 18582 27985
102 17060 43142
38765 49453 51242
6102 41272 51729
24686 33446 49011
19634 49837 50000
569 22448 25746
33986 50729 51301
9883 14876 29601
9142 29505 50604
22623 40979 51260
23109 33398 51819
163 50643 50984
47021 47381 50970
16215 20964 21588

である

データ処理装置。

[請求項52]

LDPC(Low Density Parity Check)符号の検査行列に基づき、情報ビットを、符号長が64800ビットで符号化率が6/30のLDPC符号に符号化する符号化ステップを備え、

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と前記パリティビットに対応するパリティ行列部とを含み、

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、

13033 14477 15028 17763 19244 20156 22458 24073 32202 32591
33531 33552 35823 41495 46351 49442 51612
44 66 8422 8760 14694 18768 20943 27806 29012 33594 36262 36
820 40434 47704 49355 51729 51758
4233 16270 18958 20915 21313 27009 28249 33438 33855 34475 3
4541 37093 38835 42139 42169 44757 50122
82 10760 14292 17911 18008 23008 33152 34162 35749 36166 374
11 37523 40838 42786 43581 46177 48829
4661 5201 5824 6014 8283 12840 22044 22103 29657 29722 32246
32893 34131 36007 40779 44900 51089
5869 12204 14095 26632 27101 27300 32344 33761 35081 38057 4
0709 46805 47733 48220 49806 51318 51691
87 5764 16204 20947 23257 31579 38832 40942 43112 43239 4460
2 49032 49482 49727 49929 50186 50593
880 1883 8876 9204 12370 21536 32858 35875 36247 36319 37151
38601 48914 49533 51239 51399 51824
20 129 2841 5695 8176 15720 26066 26197 34149 35814 36477 37
478 45338 48988 50675 51071 51774
7252 14498 19246 20257 20693 22336 26037 29523 29844 34015 3
5828 38232 40999 41437 43343 44109 49883
4859 8000 9342 16137 21600 24083 36364 37038 38988 44465 454
45 46569 48994 50591 51065 51166 51268
7728 9766 11199 11244 13877 14245 23083 27064 28433 28810 34
979 39031 42939 44517 45730 48365 51374
67 135 1601 6123 9100 22043 24498 25417 30186 34430 34535 37
216 40359 42794 47908 50685 51501
1006 10492 18259 51816

27272 49144 51574 51631

23 5636 38161 39514

9490 41564 46463 51162

33623 41959 50610

11626 22027 50936

28345 39504 45097

46639 50046 50319

74 18582 27985

102 17060 43142

38765 49453 51242

6102 41272 51729

24686 33446 49011

19634 49837 50000

569 22448 25746

33986 50729 51301

9883 14876 29601

9142 29505 50604

22623 40979 51260

23109 33398 51819

163 50643 50984

47021 47381 50970

16215 20964 21588

である

データ処理方法。

[請求項53]

LDPC(Low Density Parity Check)符号の検査行列に基づき、符号長が64800ビットで符号化率が6/30のLDPC符号を復号する復号部を備え

、

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と前記パリティビットに対応するパリティ行列部とを含み、

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、

13033 14477 15028 17763 19244 20156 22458 24073 32202 32591
33531 33552 35823 41495 46351 49442 51612
44 66 8422 8760 14694 18768 20943 27806 29012 33594 36262 36
820 40434 47704 49355 51729 51758
4233 16270 18958 20915 21313 27009 28249 33438 33855 34475 3
4541 37093 38835 42139 42169 44757 50122
82 10760 14292 17911 18008 23008 33152 34162 35749 36166 374
11 37523 40838 42786 43581 46177 48829
4661 5201 5824 6014 8283 12840 22044 22103 29657 29722 32246
32893 34131 36007 40779 44900 51089
5869 12204 14095 26632 27101 27300 32344 33761 35081 38057 4
0709 46805 47733 48220 49806 51318 51691
87 5764 16204 20947 23257 31579 38832 40942 43112 43239 4460
2 49032 49482 49727 49929 50186 50593
880 1883 8876 9204 12370 21536 32858 35875 36247 36319 37151
38601 48914 49533 51239 51399 51824
20 129 2841 5695 8176 15720 26066 26197 34149 35814 36477 37
478 45338 48988 50675 51071 51774
7252 14498 19246 20257 20693 22336 26037 29523 29844 34015 3
5828 38232 40999 41437 43343 44109 49883
4859 8000 9342 16137 21600 24083 36364 37038 38988 44465 454
45 46569 48994 50591 51065 51166 51268
7728 9766 11199 11244 13877 14245 23083 27064 28433 28810 34

979 39031 42939 44517 45730 48365 51374

67 135 1601 6123 9100 22043 24498 25417 30186 34430 34535 37

216 40359 42794 47908 50685 51501

1006 10492 18259 51816

27272 49144 51574 51631

23 5636 38161 39514

9490 41564 46463 51162

33623 41959 50610

11626 22027 50936

28345 39504 45097

46639 50046 50319

74 18582 27985

102 17060 43142

38765 49453 51242

6102 41272 51729

24686 33446 49011

19634 49837 50000

569 22448 25746

33986 50729 51301

9883 14876 29601

9142 29505 50604

22623 40979 51260

23109 33398 51819

163 50643 50984

47021 47381 50970

16215 20964 21588

である

データ処理装置。

[請求項54]

LDPC(Low Density Parity Check)符号の検査行列に基づき、符号長が64800ビットで符号化率が6/30のLDPC符号を復号する復号ステップを備え、

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と前記パリティビットに対応するパリティ行列部とを含み、

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、

13033 14477 15028 17763 19244 20156 22458 24073 32202 32591

33531 33552 35823 41495 46351 49442 51612

44 66 8422 8760 14694 18768 20943 27806 29012 33594 36262 36

820 40434 47704 49355 51729 51758

4233 16270 18958 20915 21313 27009 28249 33438 33855 34475 3

4541 37093 38835 42139 42169 44757 50122

82 10760 14292 17911 18008 23008 33152 34162 35749 36166 374

11 37523 40838 42786 43581 46177 48829

4661 5201 5824 6014 8283 12840 22044 22103 29657 29722 32246

32893 34131 36007 40779 44900 51089

5869 12204 14095 26632 27101 27300 32344 33761 35081 38057 4

0709 46805 47733 48220 49806 51318 51691

87 5764 16204 20947 23257 31579 38832 40942 43112 43239 4460

2 49032 49482 49727 49929 50186 50593

880 1883 8876 9204 12370 21536 32858 35875 36247 36319 37151

38601 48914 49533 51239 51399 51824

20 129 2841 5695 8176 15720 26066 26197 34149 35814 36477 37

478 45338 48988 50675 51071 51774

7252 14498 19246 20257 20693 22336 26037 29523 29844 34015 3

5828 38232 40999 41437 43343 44109 49883
4859 8000 9342 16137 21600 24083 36364 37038 38988 44465 454
45 46569 48994 50591 51065 51166 51268
7728 9766 11199 11244 13877 14245 23083 27064 28433 28810 34
979 39031 42939 44517 45730 48365 51374
67 135 1601 6123 9100 22043 24498 25417 30186 34430 34535 37
216 40359 42794 47908 50685 51501
1006 10492 18259 51816
27272 49144 51574 51631
23 5636 38161 39514
9490 41564 46463 51162
33623 41959 50610
11626 22027 50936
28345 39504 45097
46639 50046 50319
74 18582 27985
102 17060 43142
38765 49453 51242
6102 41272 51729
24686 33446 49011
19634 49837 50000
569 22448 25746
33986 50729 51301
9883 14876 29601
9142 29505 50604
22623 40979 51260
23109 33398 51819
163 50643 50984

47021 47381 50970

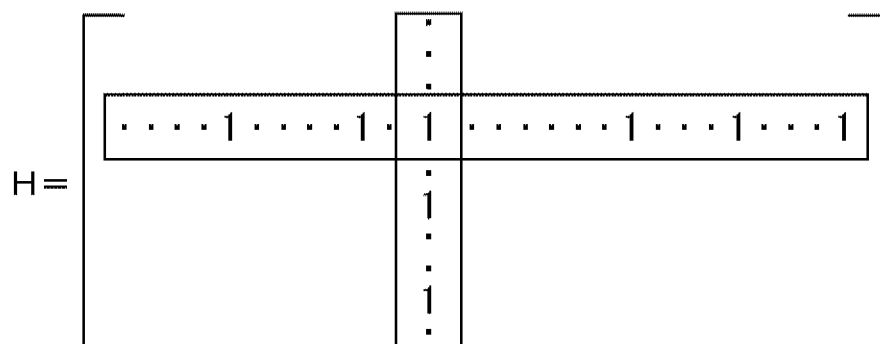
16215 20964 21588

である

データ処理方法。

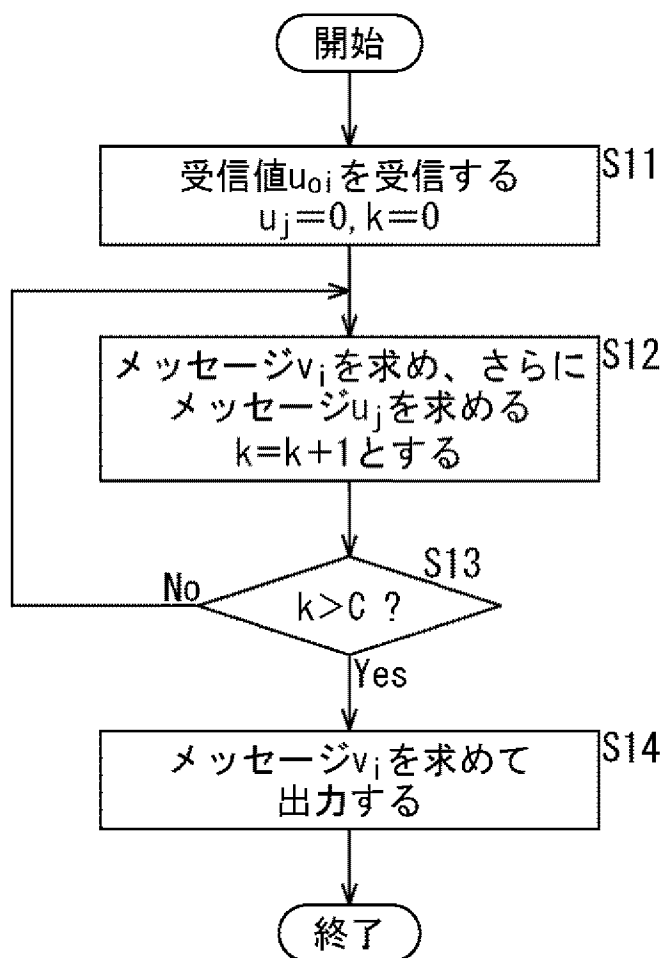
[図1]

図1



[図2]

図2



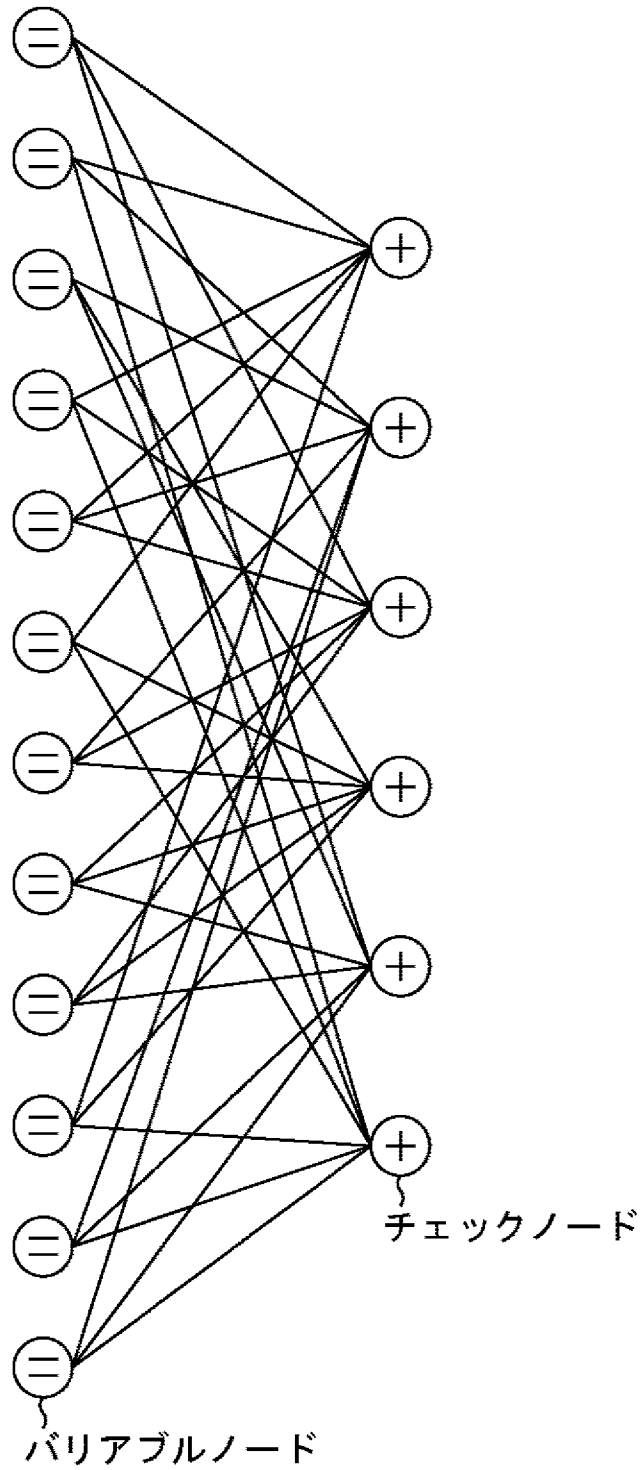
[図3]

[図3]

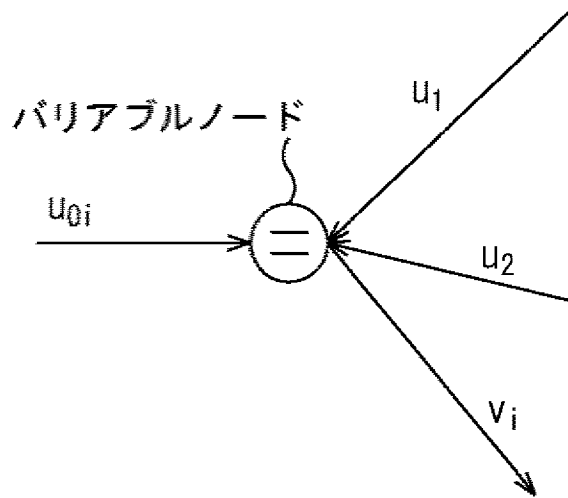
$$H = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

[図4]

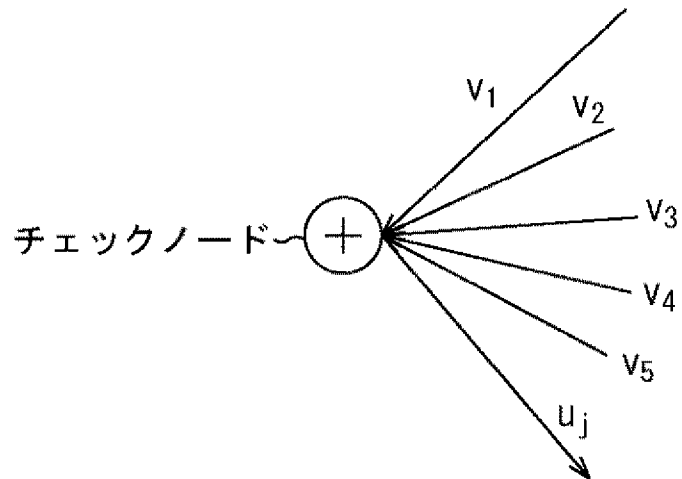
図4



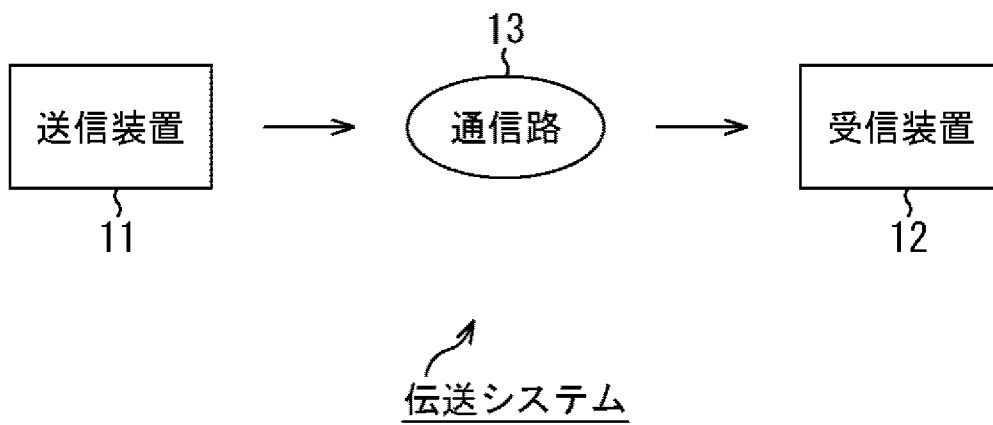
[図5]
図5



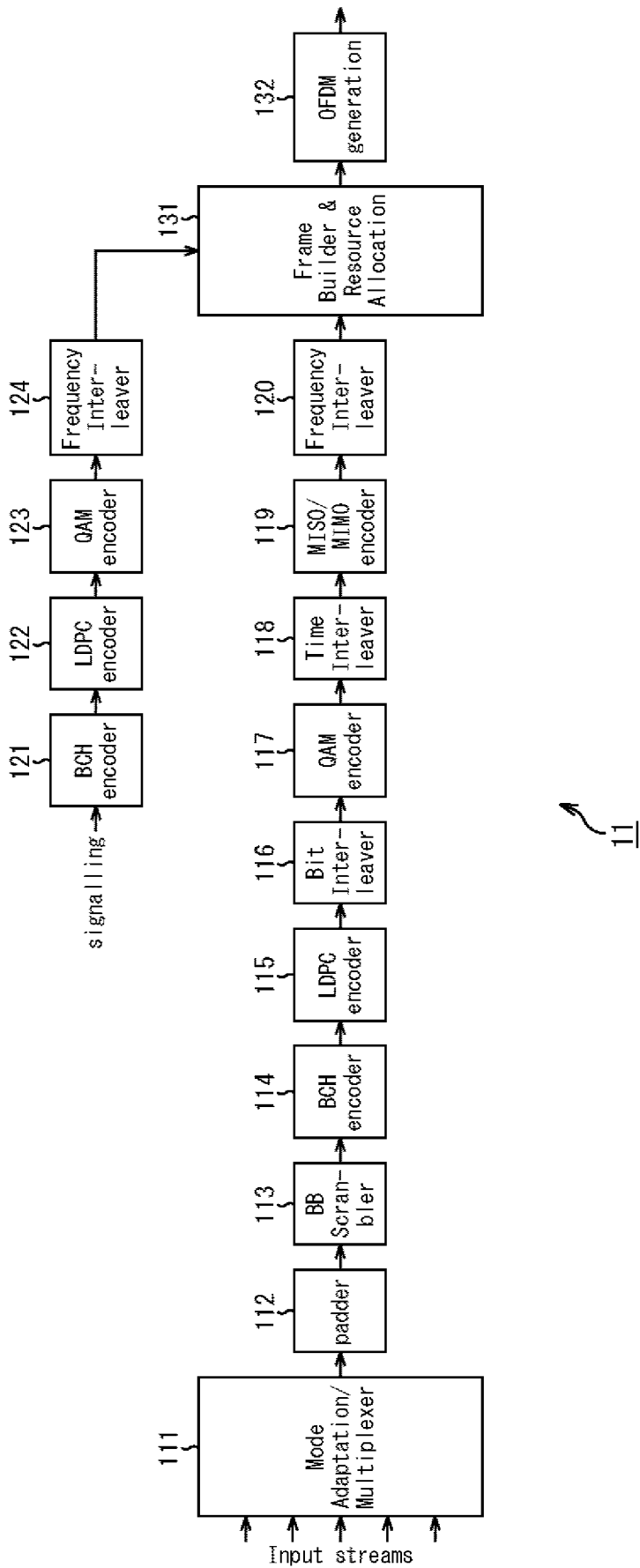
[図6]
図6



[図7]
図7

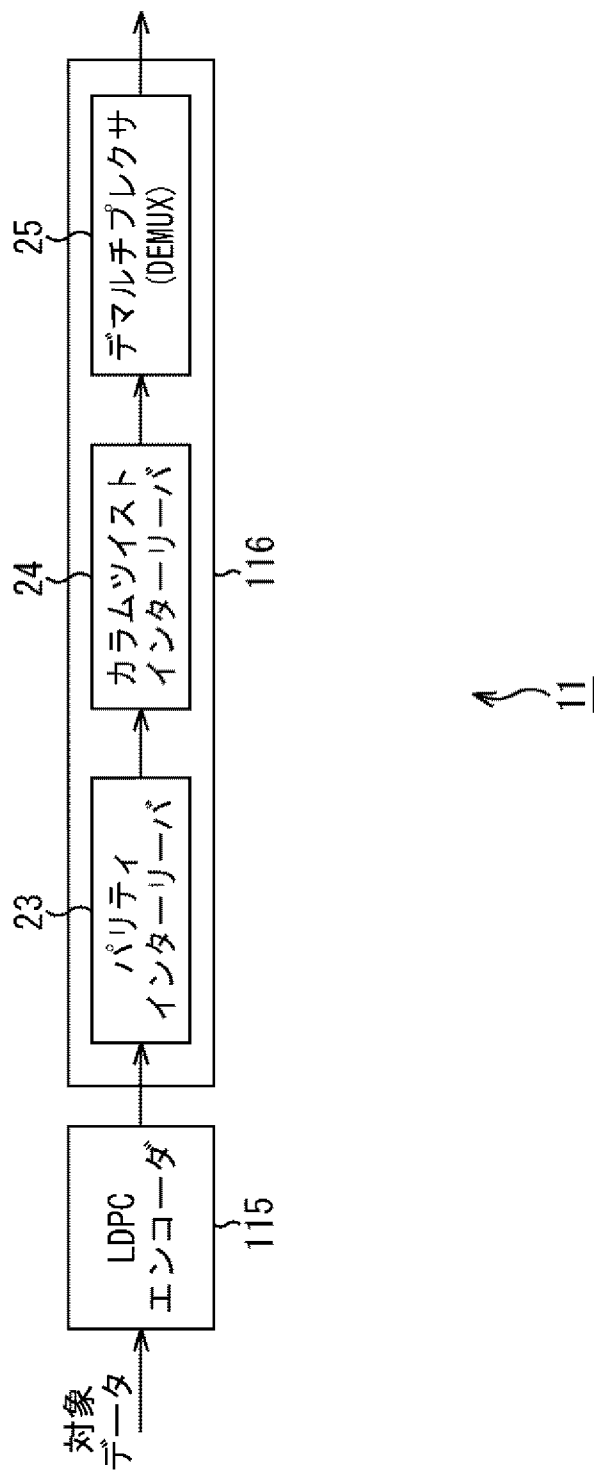


[8]
8



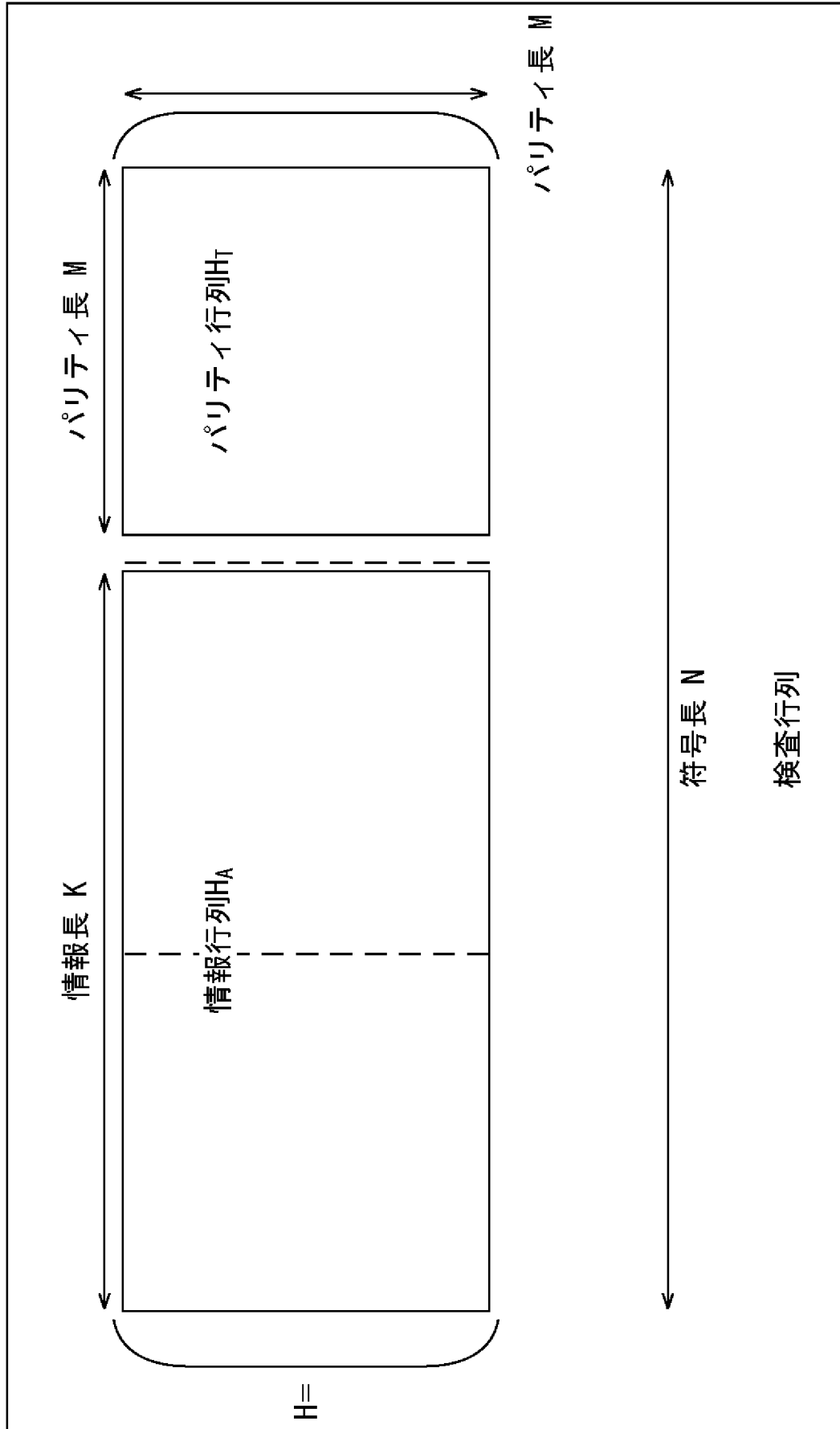
[図9]

図9



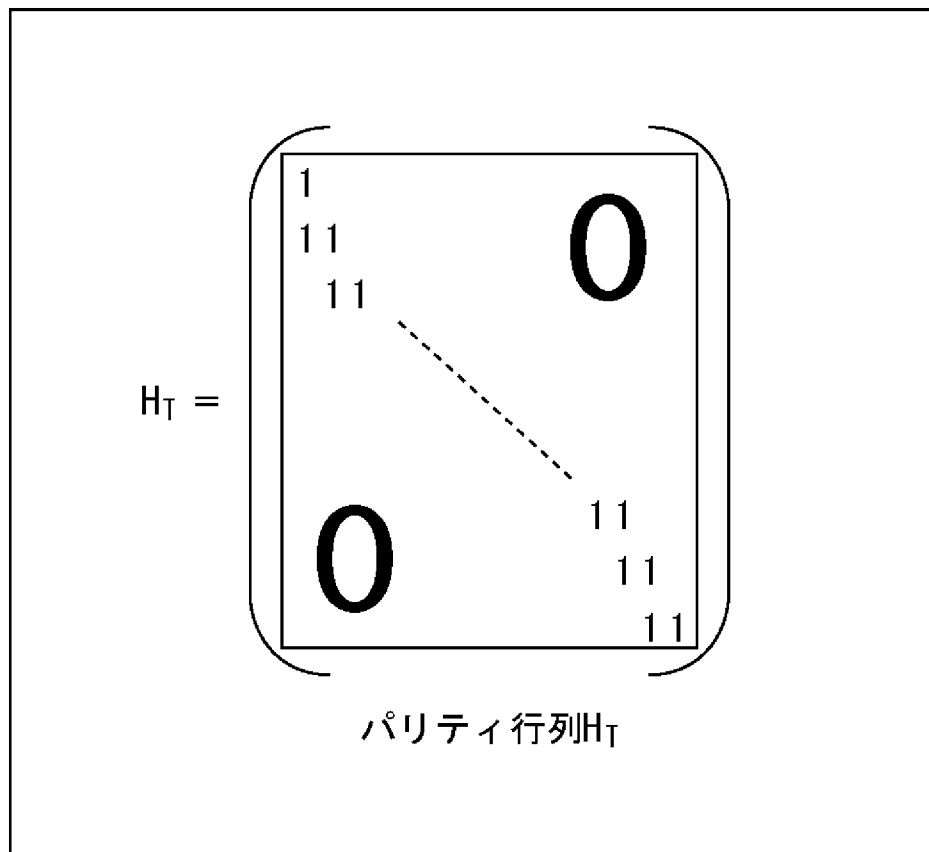
[図10]

図10



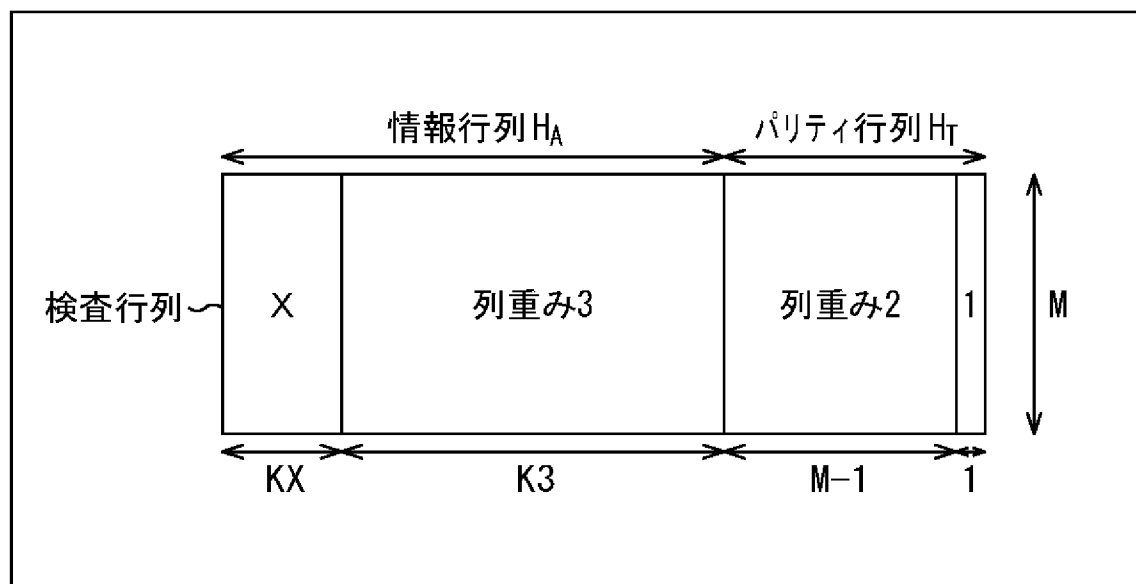
[図11]

図11



[図12]

図12



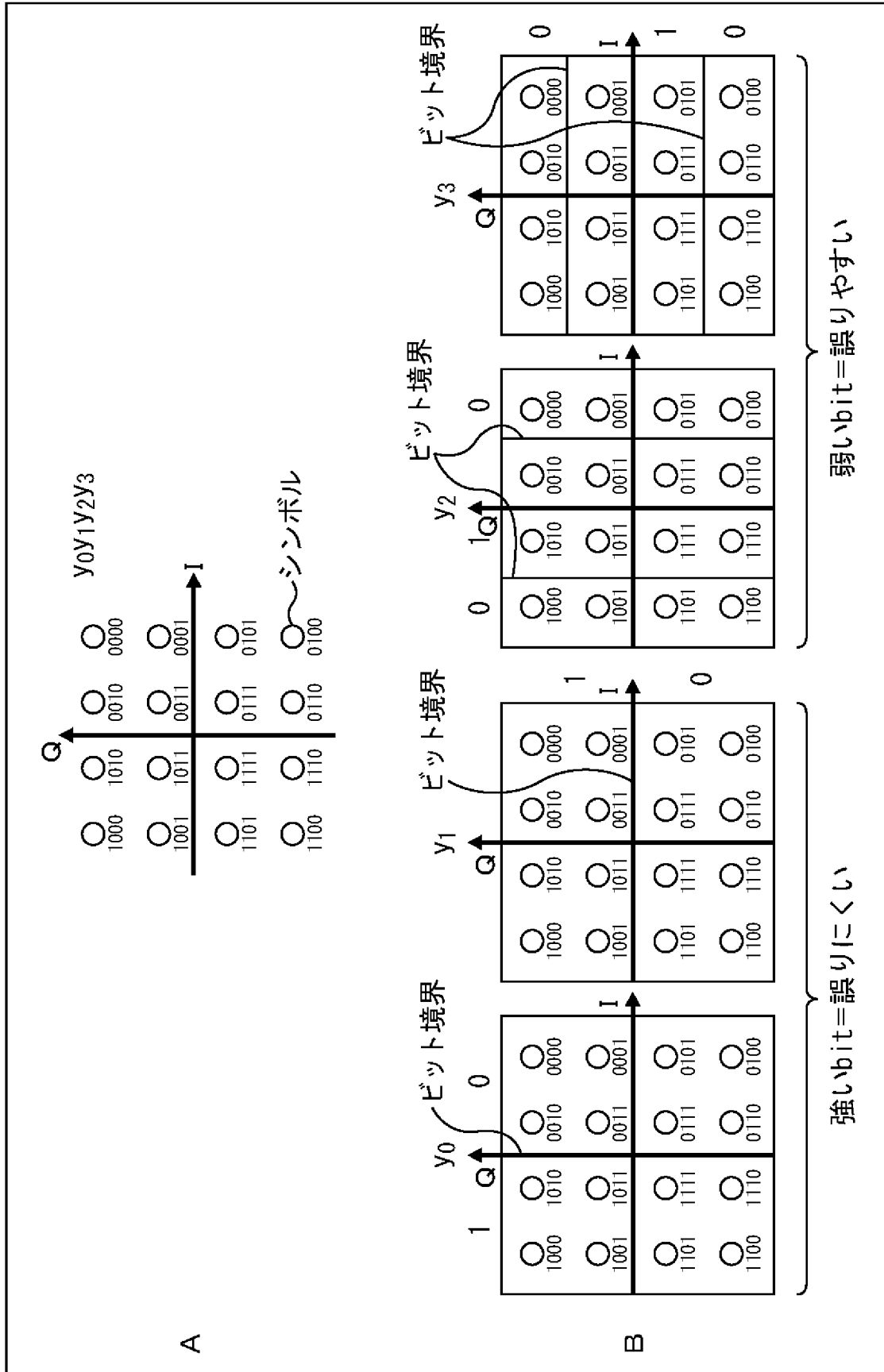
[図13]

図13

各列重みの
列数

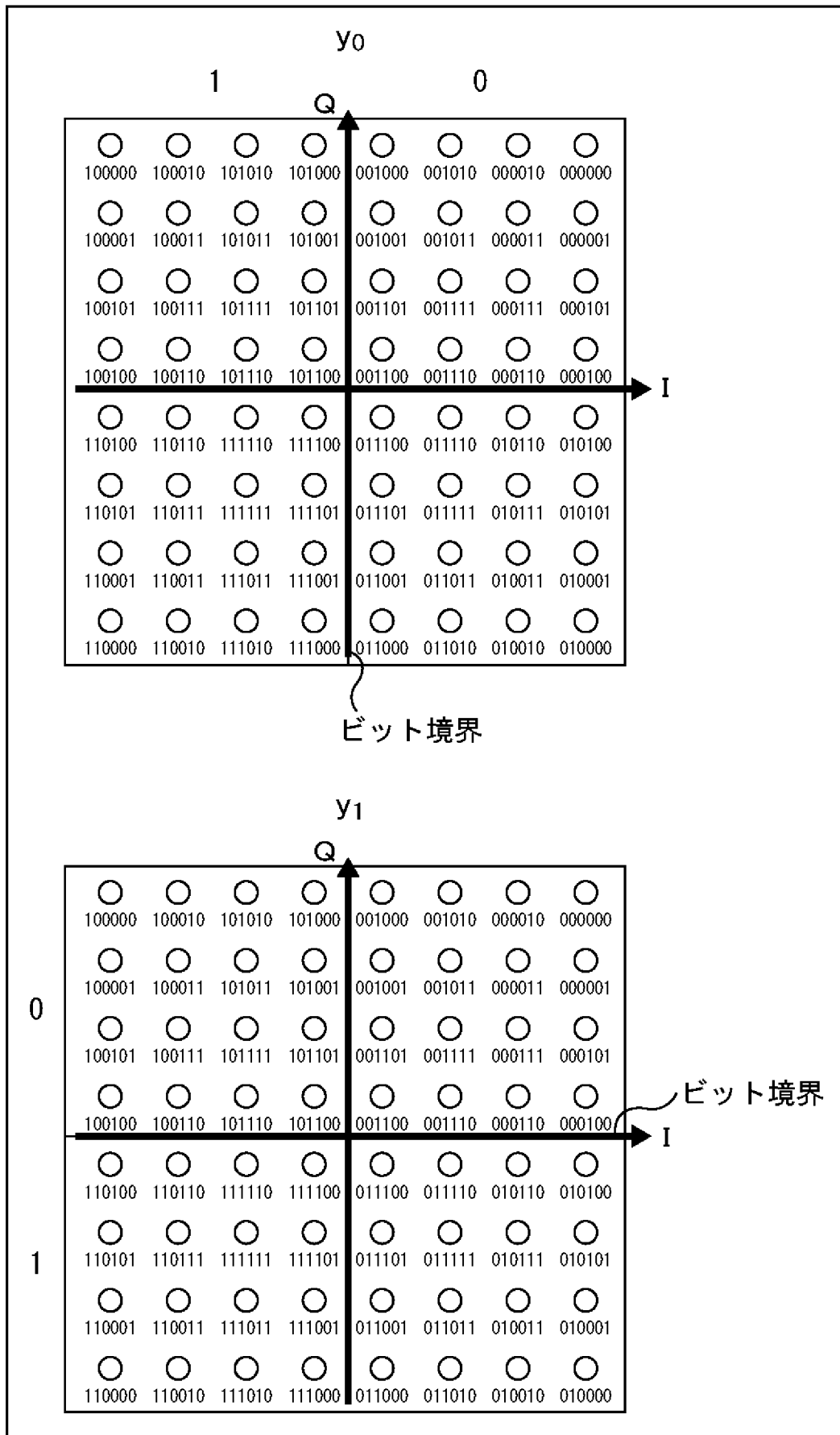
Nominal 符号化率	N=64800					N=16200				
	X	KX	K3	M		X	KX	K3	M	
1/4	12	5400	10800	48600		12	1440	1800	12960	
1/3	12	7200	14400	43200		12	1800	3600	10800	
2/5	12	8640	17280	38880		12	2160	4320	9720	
1/2	8	12960	19440	32400		8	1800	5400	9000	
3/5	12	12960	25920	25920		12	3240	6480	6480	
2/3	13	4320	38880	21600		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		---	---	---	---	

[図14]
図14

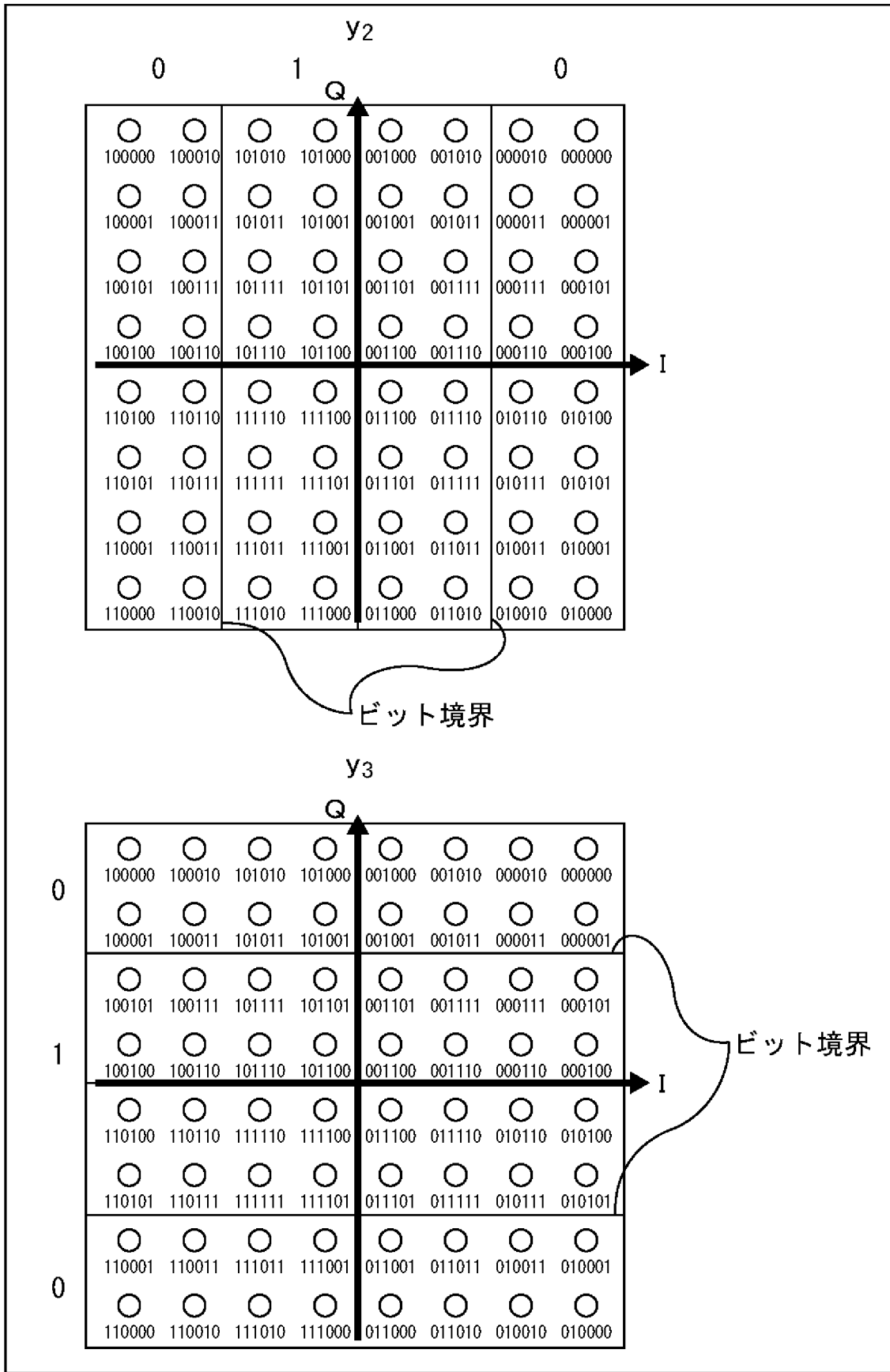


[図15]

図15

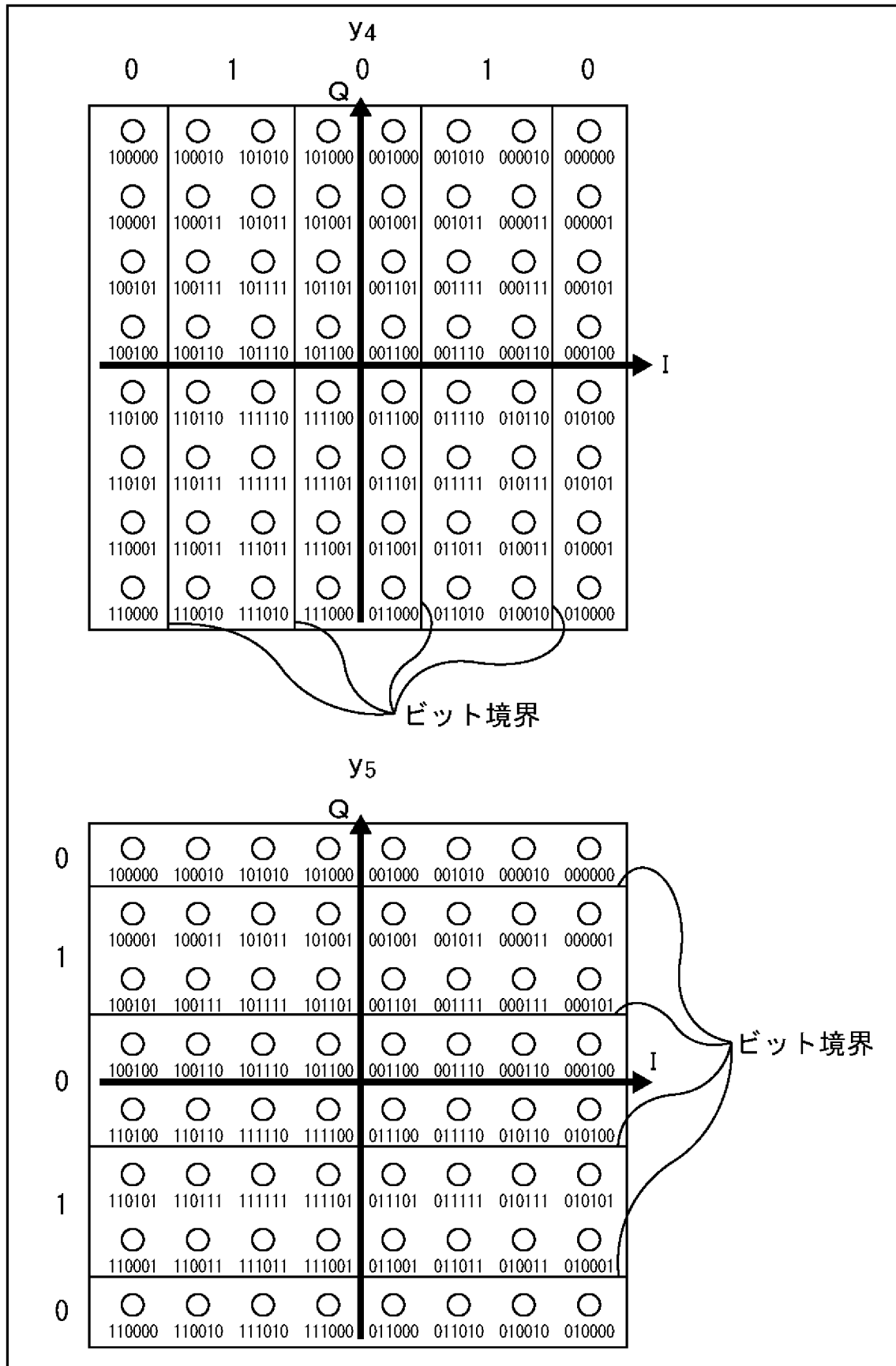


[図16]
図16



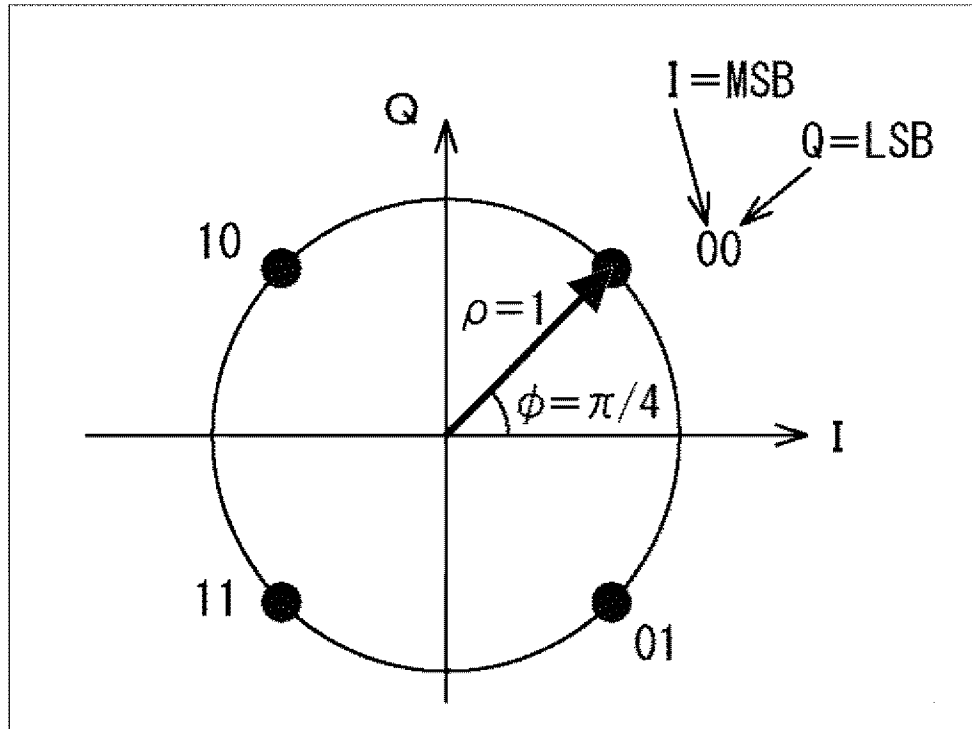
[図17]

図17



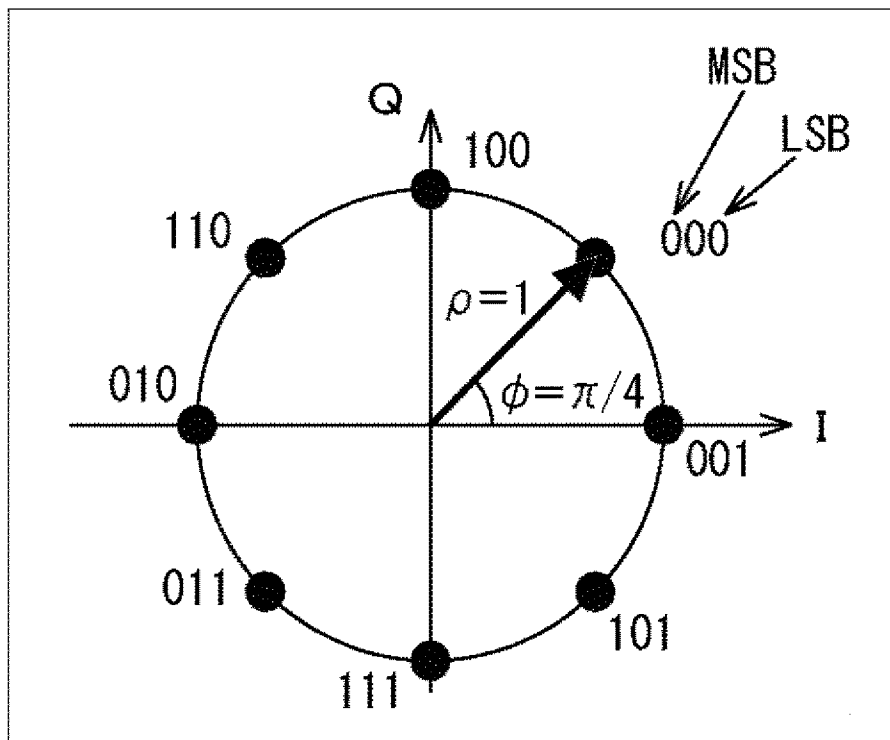
[図18]

[図18]



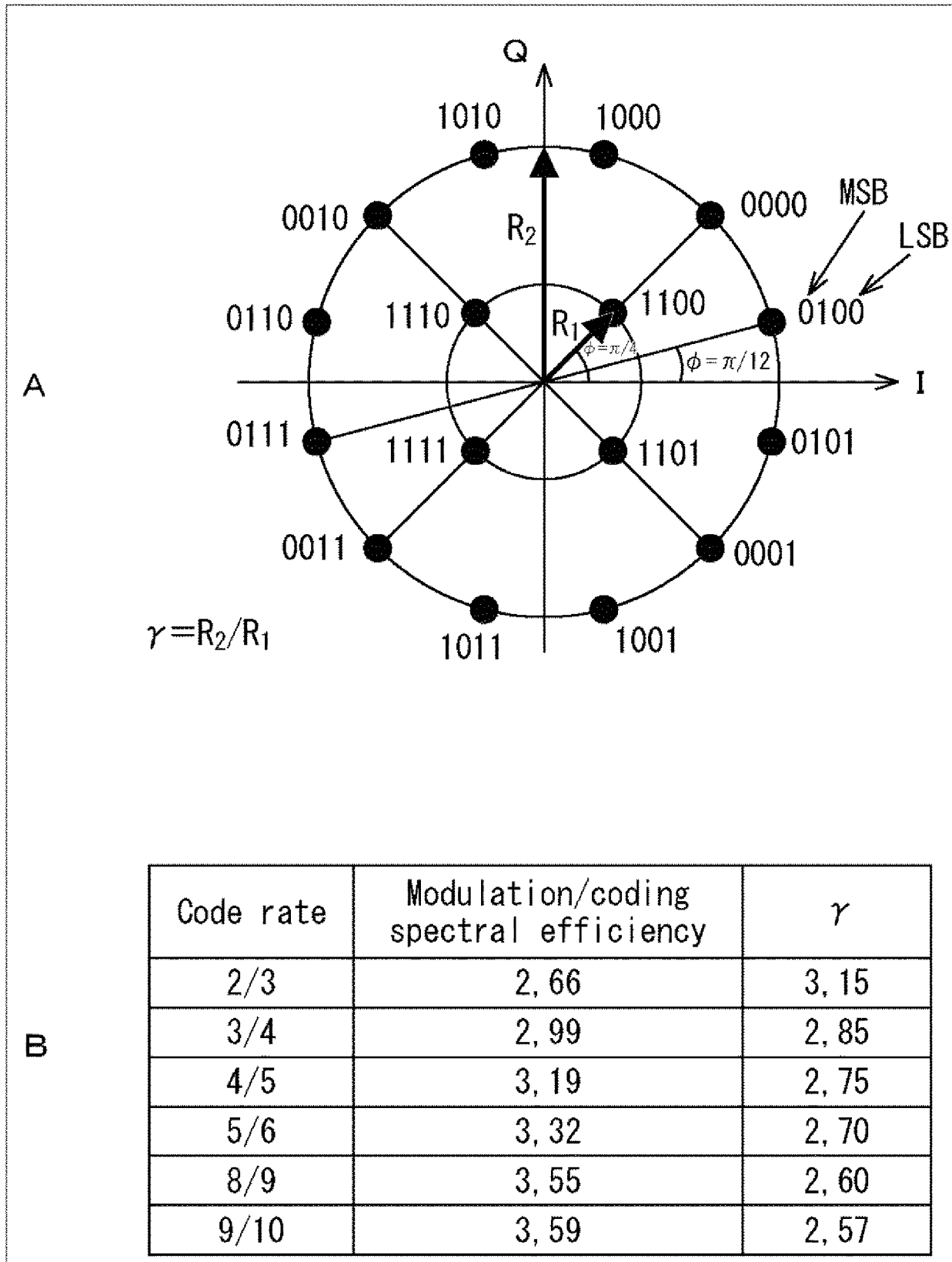
[図19]

[図19]



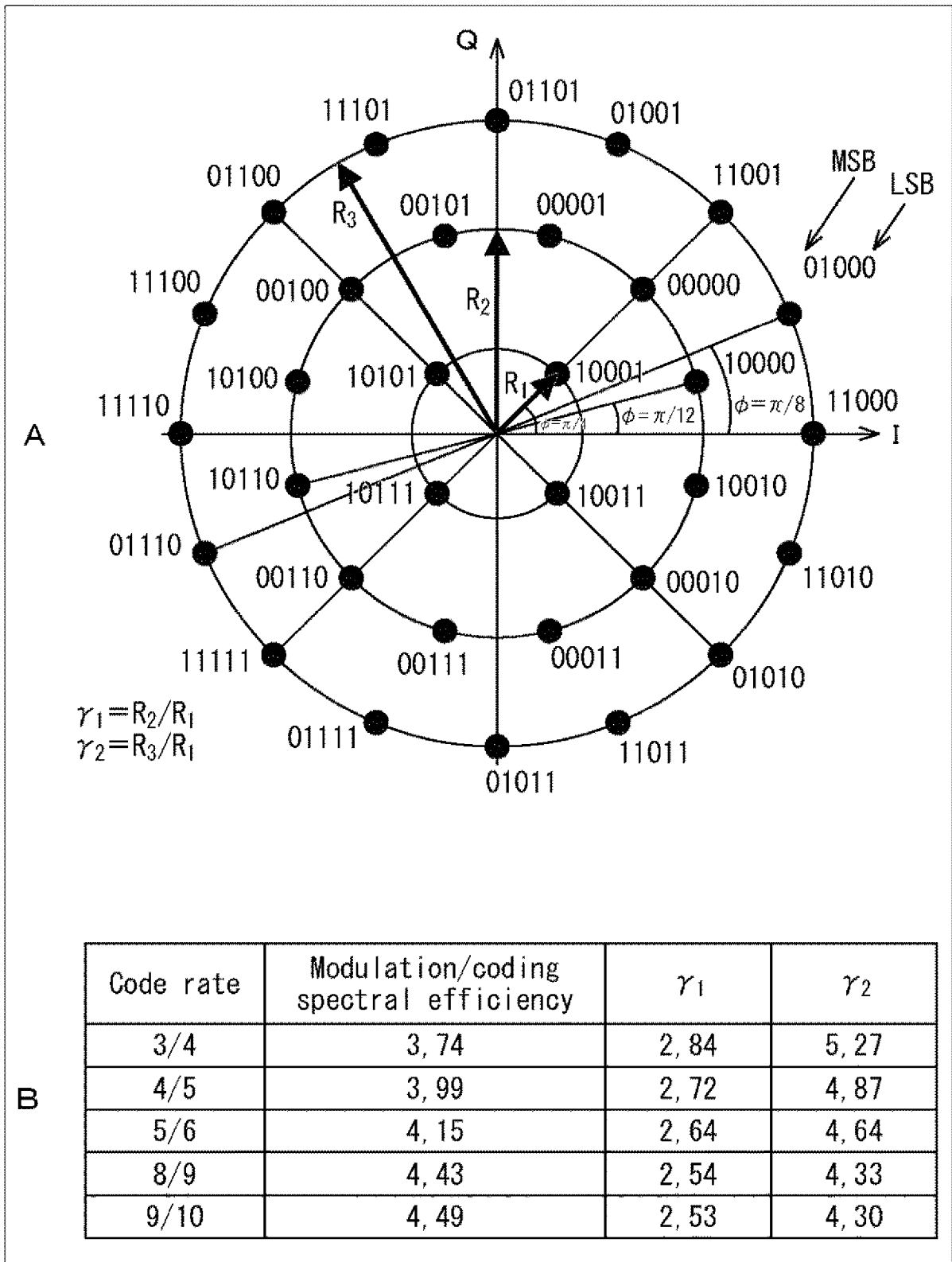
[図20]

図20



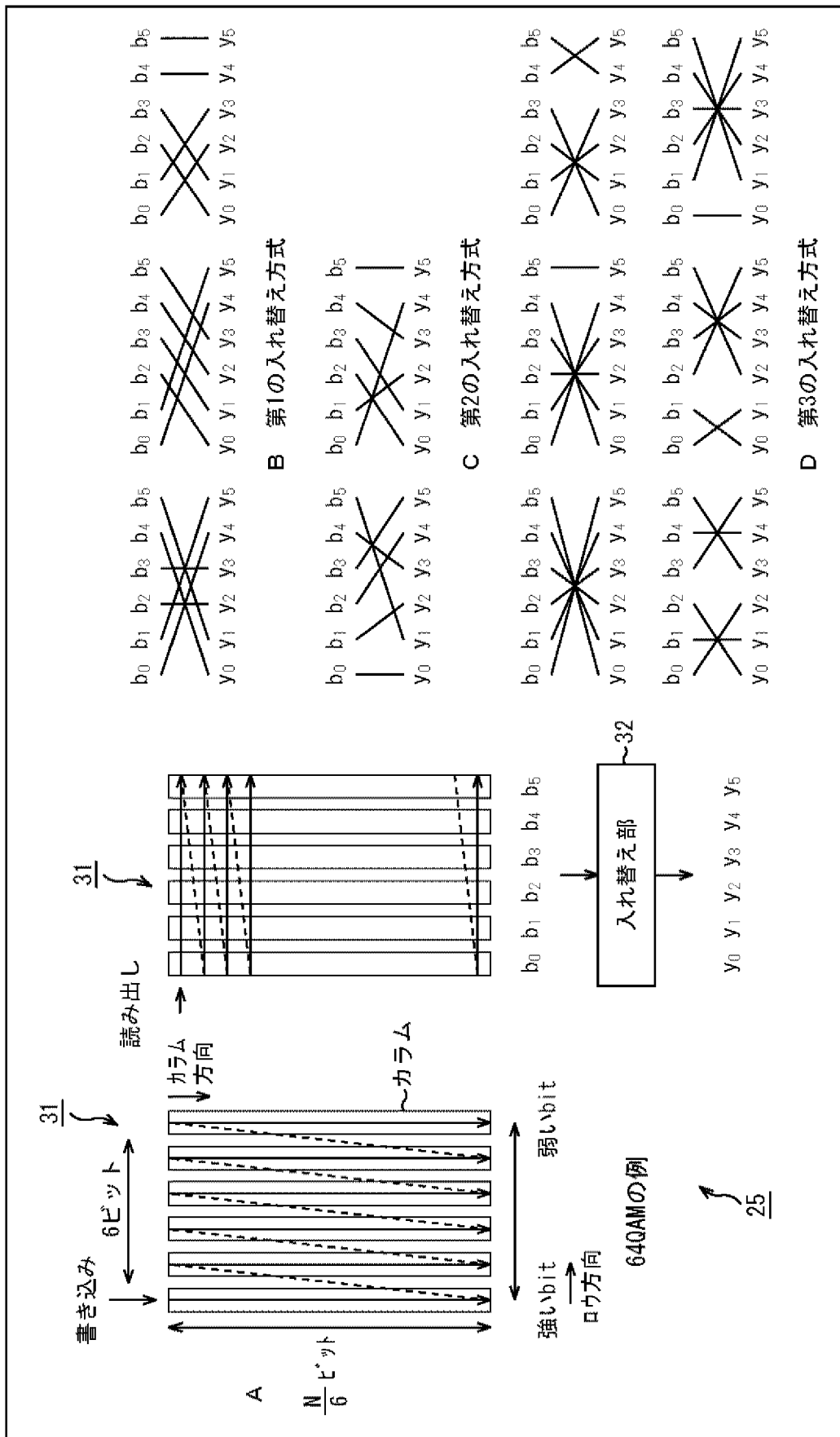
[図21]

図21



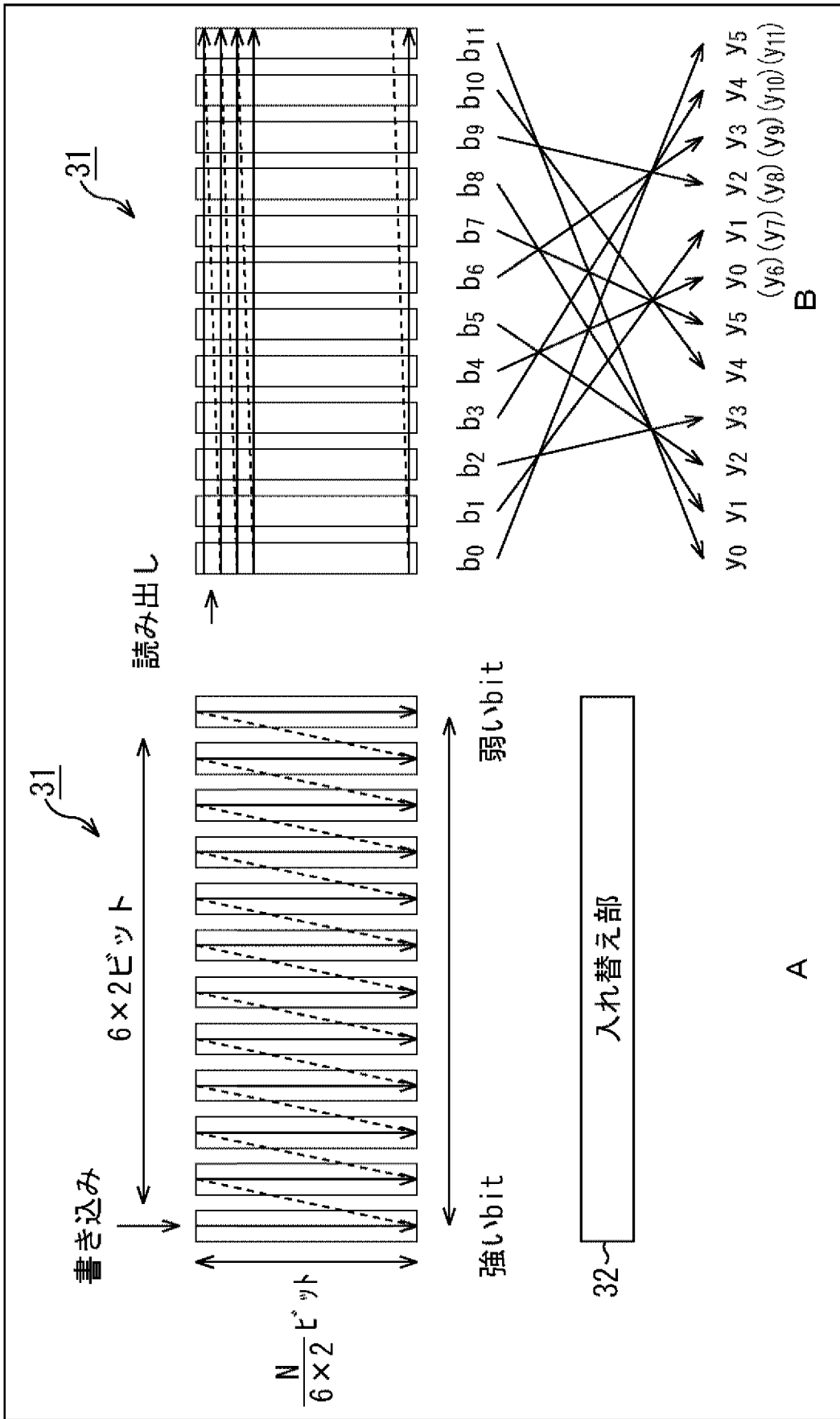
[図22]

図22

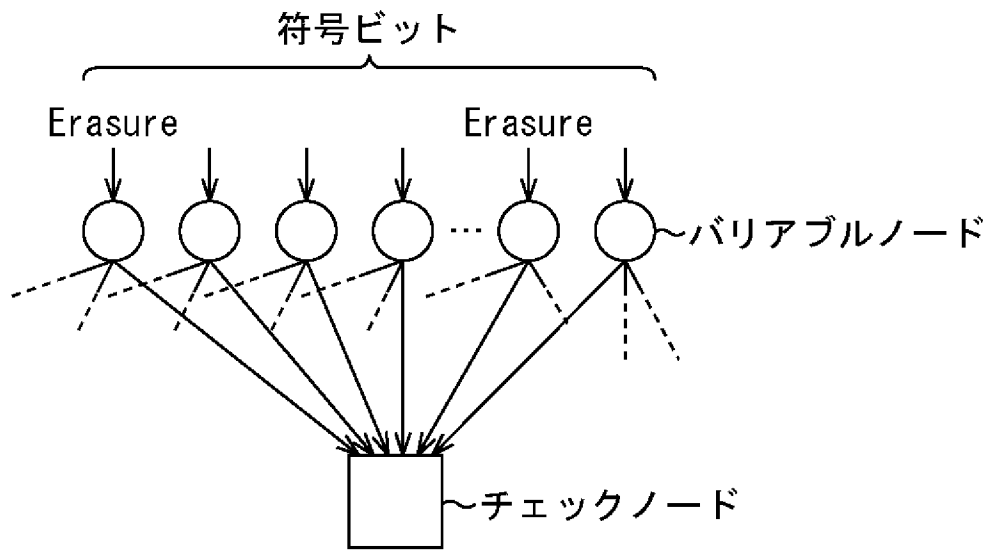


[図23]

図23

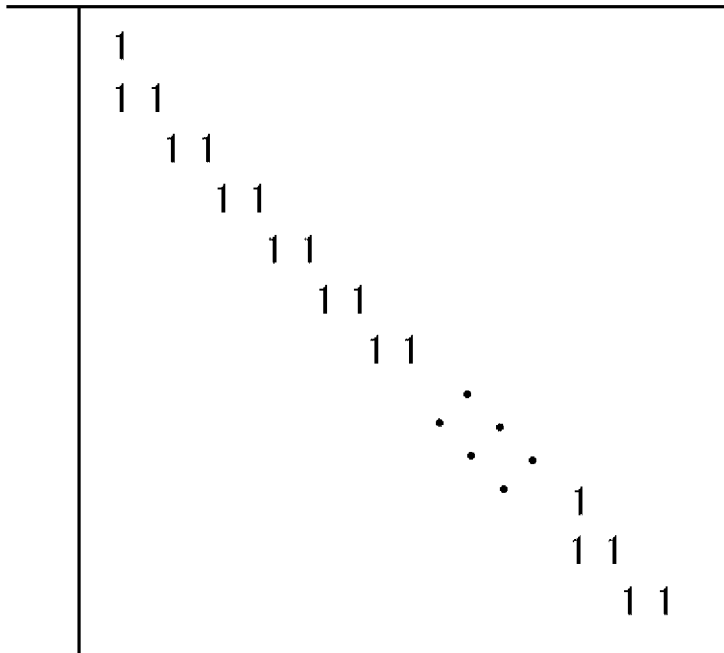


[図24]
図24



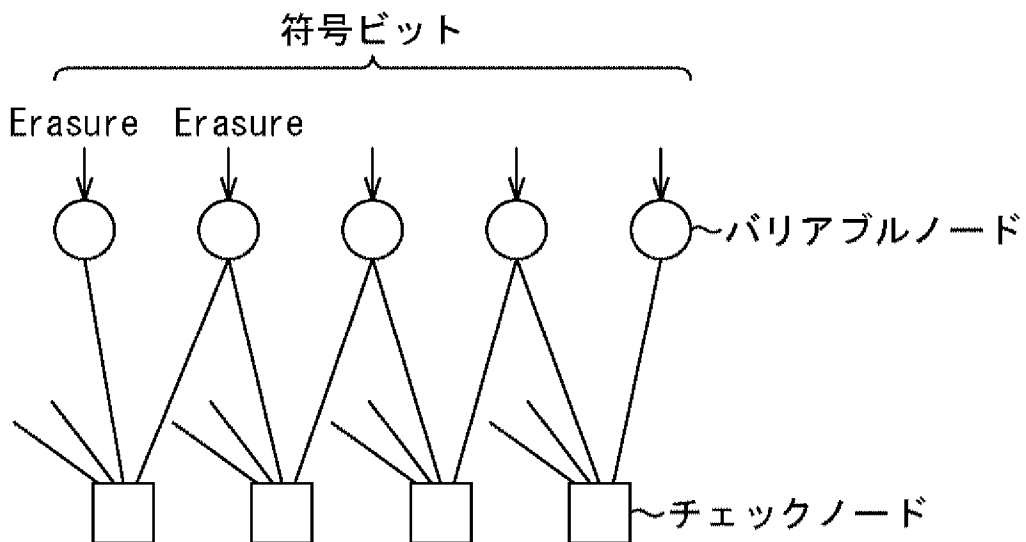
[図25]

図25



パリティ行列の階段構造

A

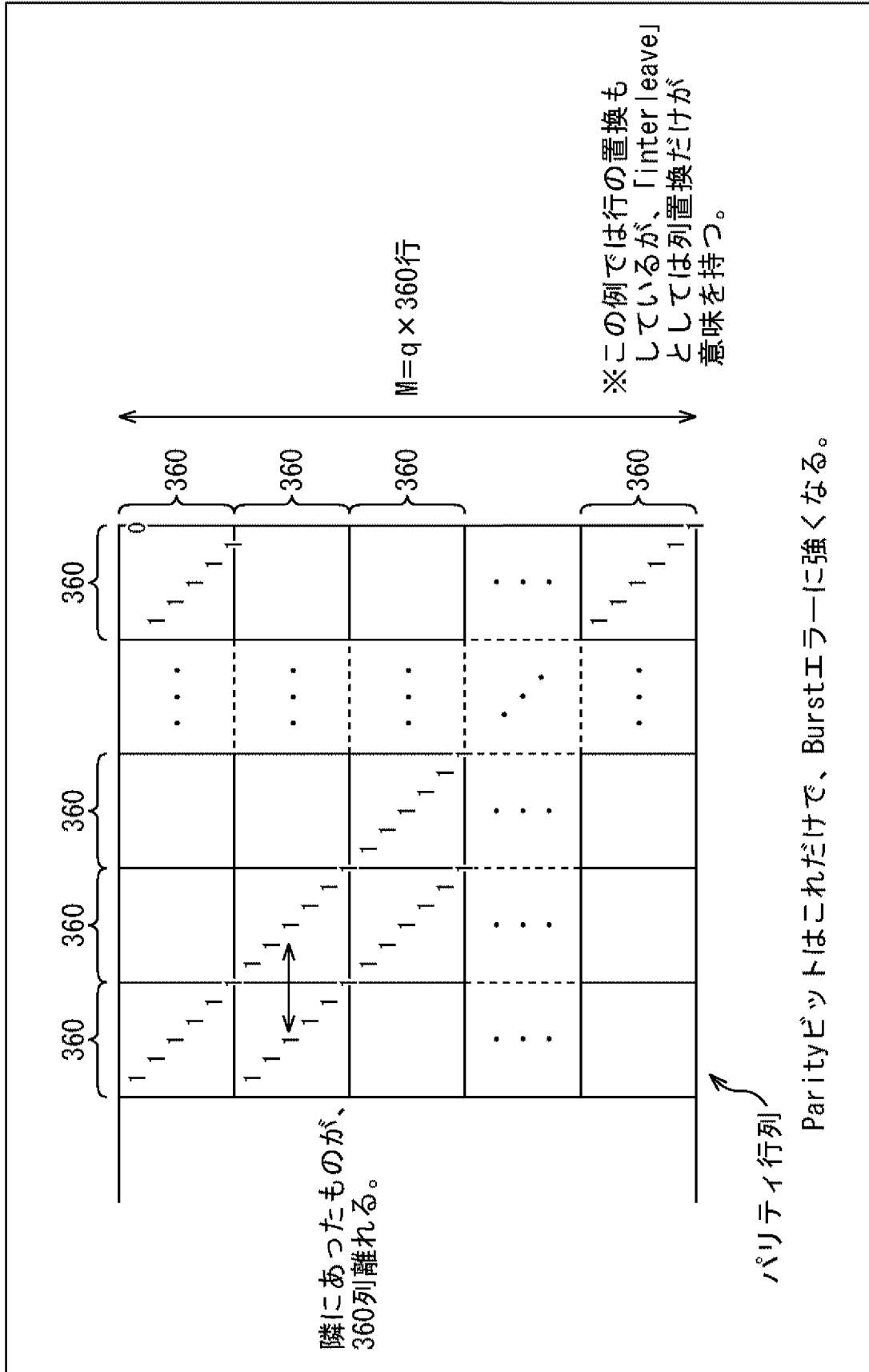


Tanner Graphの階段構造部分

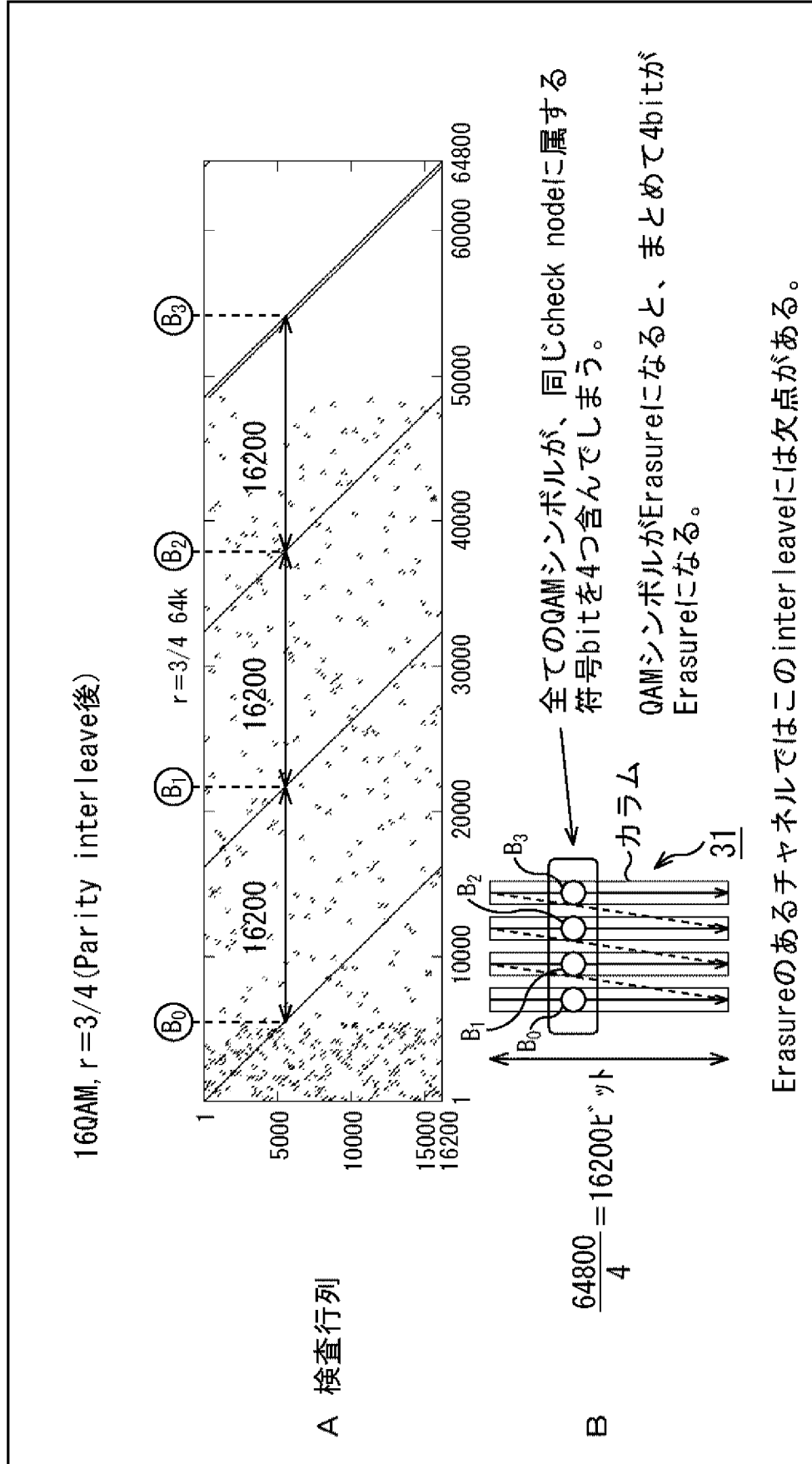
B

[図26]

図26

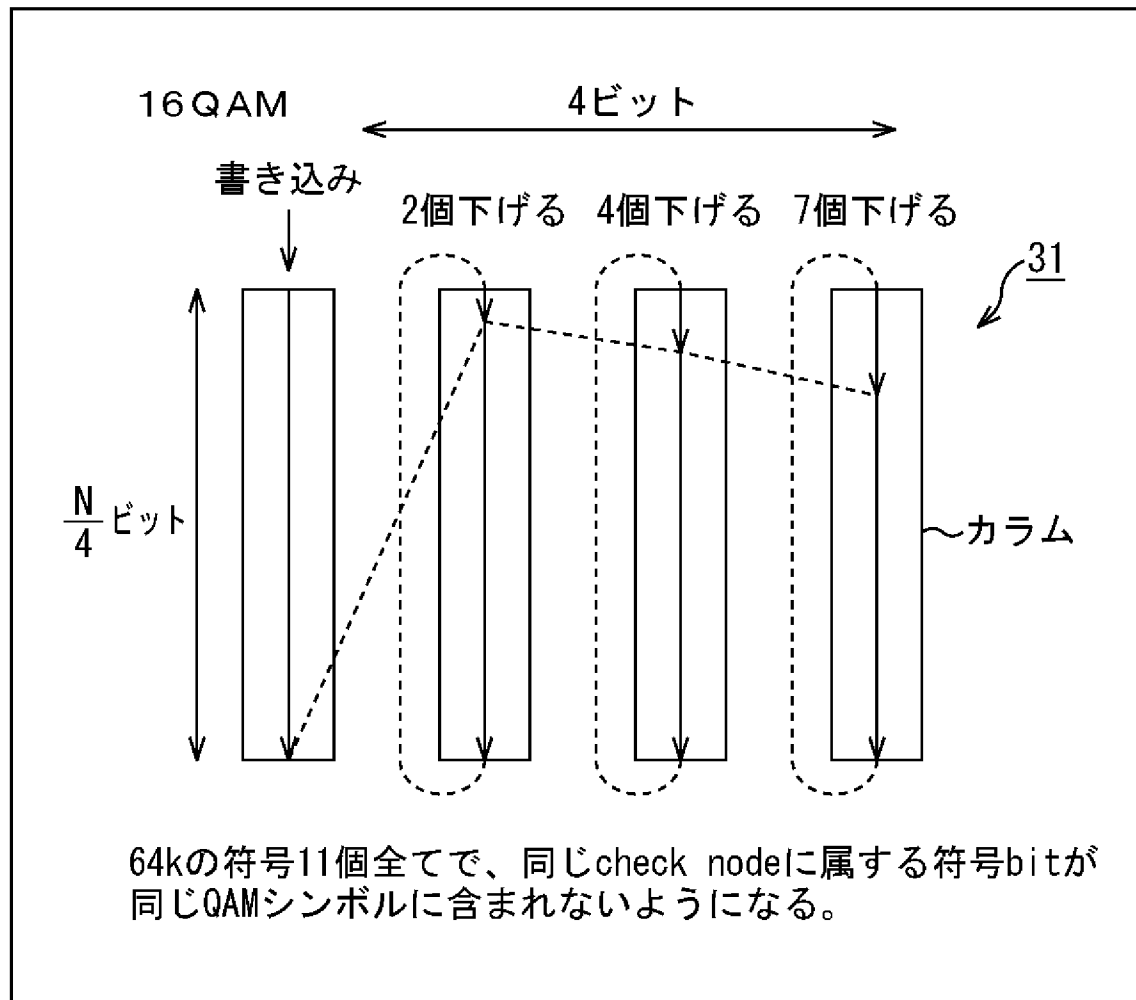


[図27]
 図27



[図28]

図28



[図29]

図29

		mb個の各カラムの書き始めの位置																								
必要な カラム数 mb	b=1 (第1ないし 第3の 入れ替え方式)	b=2 (第4の 入れ替え 方式)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
2	QPSK		0	2																						
4	16QAM	QPSK	0	2	4	7																				
6	64QAM		0	2	5	9	10	13																		
8	256QAM	16QAM	0	0	2	4	4	5	7	7																
10	1024QAM		0	3	6	8	11	13	15	17	18	20														
12	4096QAM	64QAM	0	0	2	2	3	4	4	5	5	7	8	9												
16		256QAM	0	2	2	2	2	3	7	15	16	20	22	27	27	28	32									
20		1024QAM	0	1	3	4	5	6	6	9	13	14	14	16	21	21	23	25	25	26	28	30				
24		4096QAM	0	5	8	8	8	8	10	10	10	12	13	16	17	19	21	22	23	26	27	39	40	41	41	41

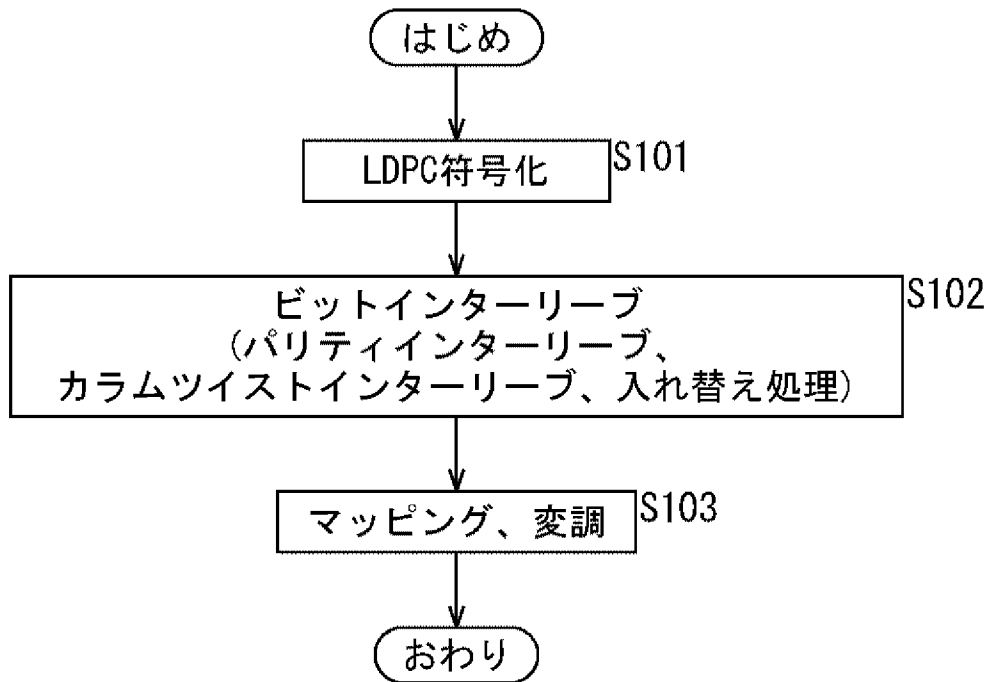
[図30]

図30

		mb個の各カラムの書き始めの位置																									
必要な メモリ数 mb	b=1 (第1ないし 第3の 入れ替え方式)	b=2 (第4の 入れ替え 方式)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
2	QPSK		0	0																							
4	16QAM	QPSK	0	2	3	3																					
6	64QAM		0	0	2	3	7	7																			
8	256QAM	16QAM	0	0	0	1	7	20	20	21																	
10	1024QAM		0	1	2	2	3	3	4	4	5	7															
12	4096QAM	64QAM	0	0	0	2	2	2	3	3	3	6	7	7													
20		1024QAM	0	0	0	2	2	2	2	2	5	5	5	5	5	5	7	7	7	7	8	8	10				
24		4096QAM	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	2	2	3	3	7	9	9	9	10	10	10	10	10	11

[図31]

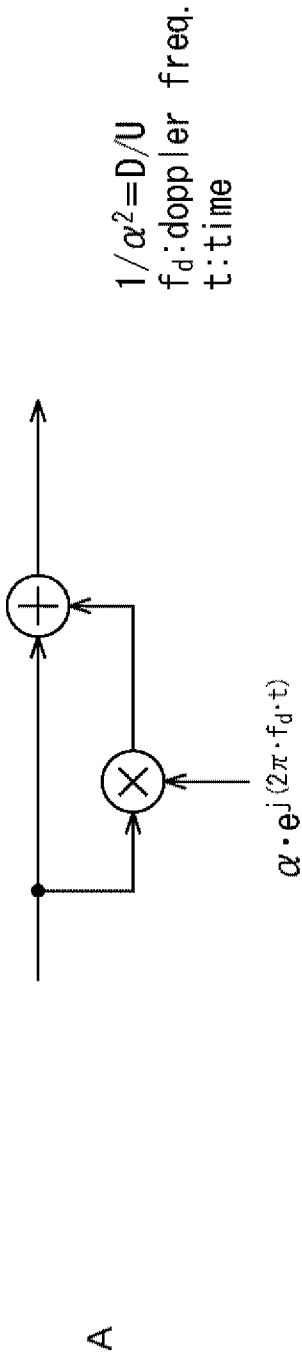
図31



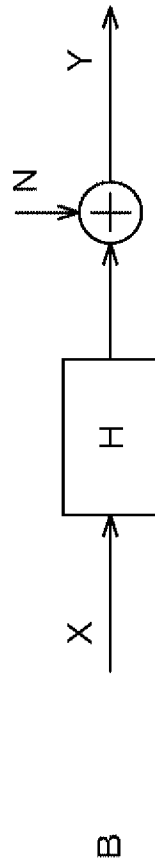
[図32]

図32

Flutterの等価低減モデル



このチャネルでOFDMシンボルを送り、受信側でFFT後に1carrierだけ抜き出したモデルでsimulationを行った。



$$Y = \left[1 + \alpha \cdot \exp \left(j2\pi \cdot m \cdot f_d \cdot T_s + j2\pi \cdot \frac{(Nu-1) \cdot f_d \cdot Tu}{Nu} \right) \cdot \frac{\text{sinc}(\pi \cdot f_d \cdot Tu)}{\text{sinc}(\pi \cdot f_d \cdot Tu / Nu)} \right] \cdot X + N$$

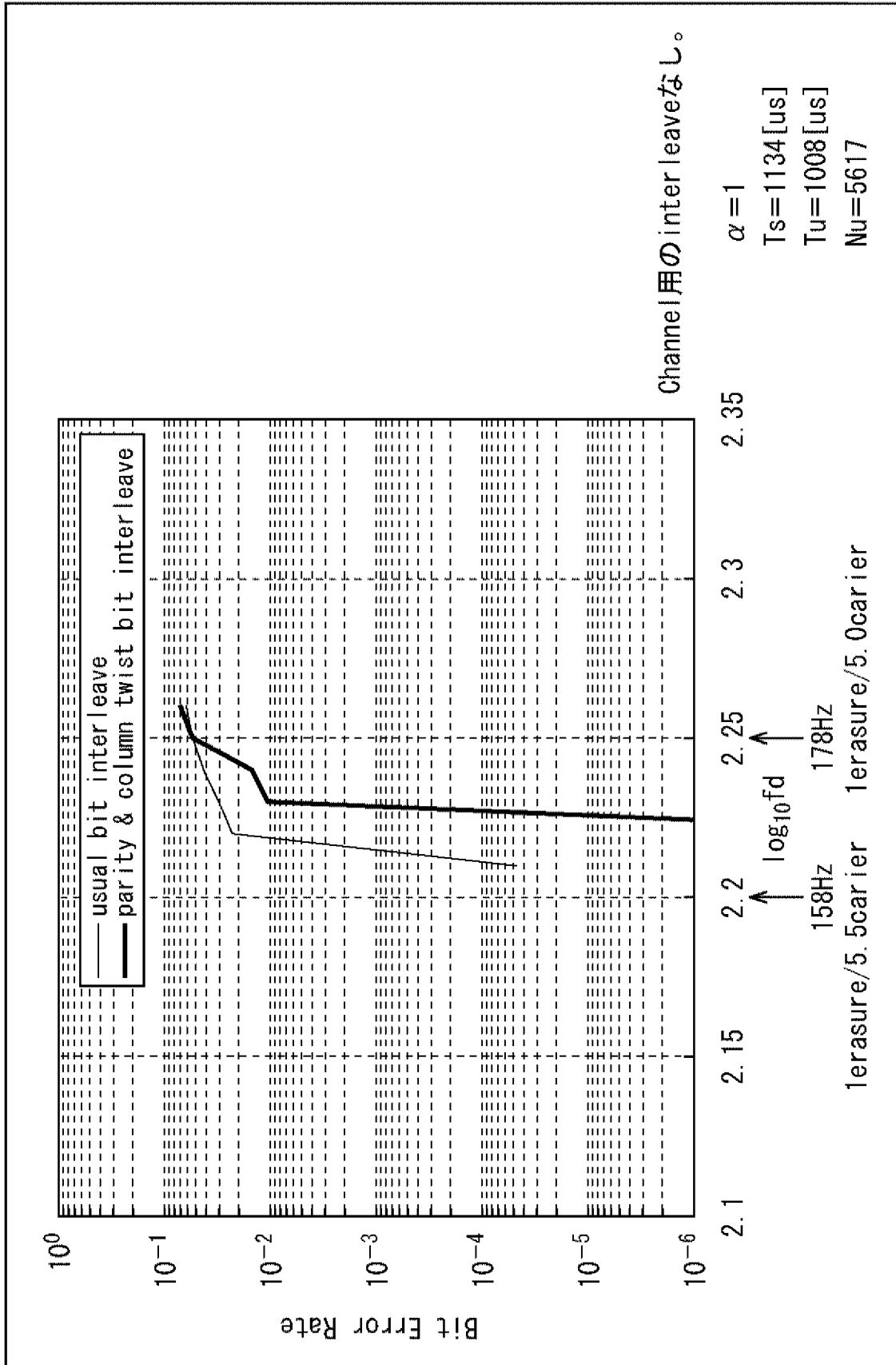
$$E[N^2] = \alpha^2 \cdot \left(1 - \left| \frac{\text{sinc}(\pi \cdot f_d \cdot Tu)}{\text{sinc}(\pi \cdot f_d \cdot Tu / Nu)} \right|^2 \right)$$

|C|のパワー : AWGNで近似

m : symbol number
 T_s : symbol length(sec)
 T_u : effective symbol length(sec)
 N_u : number of OFDM carriers

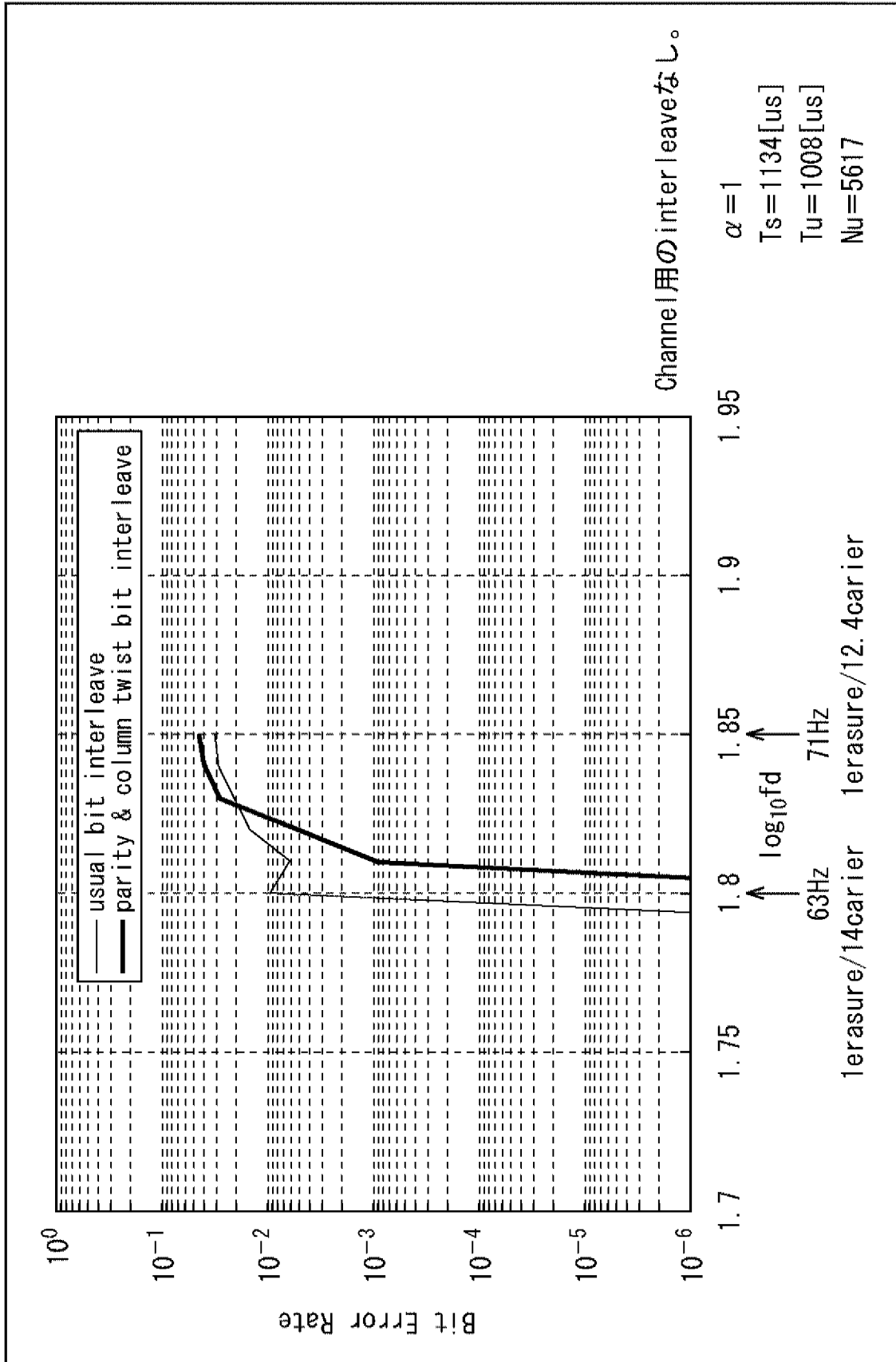
[図33]

図33

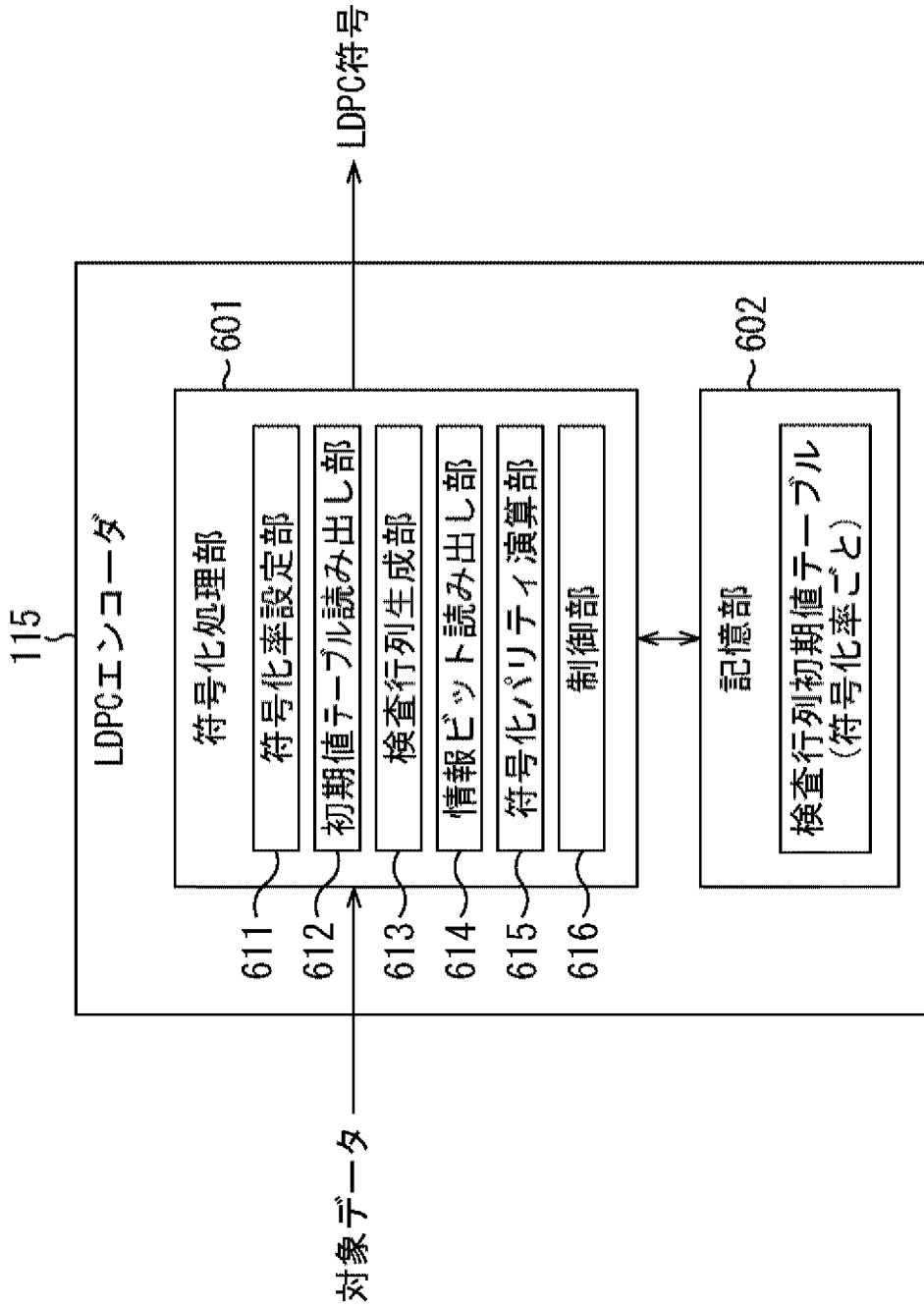


[図34]

図34

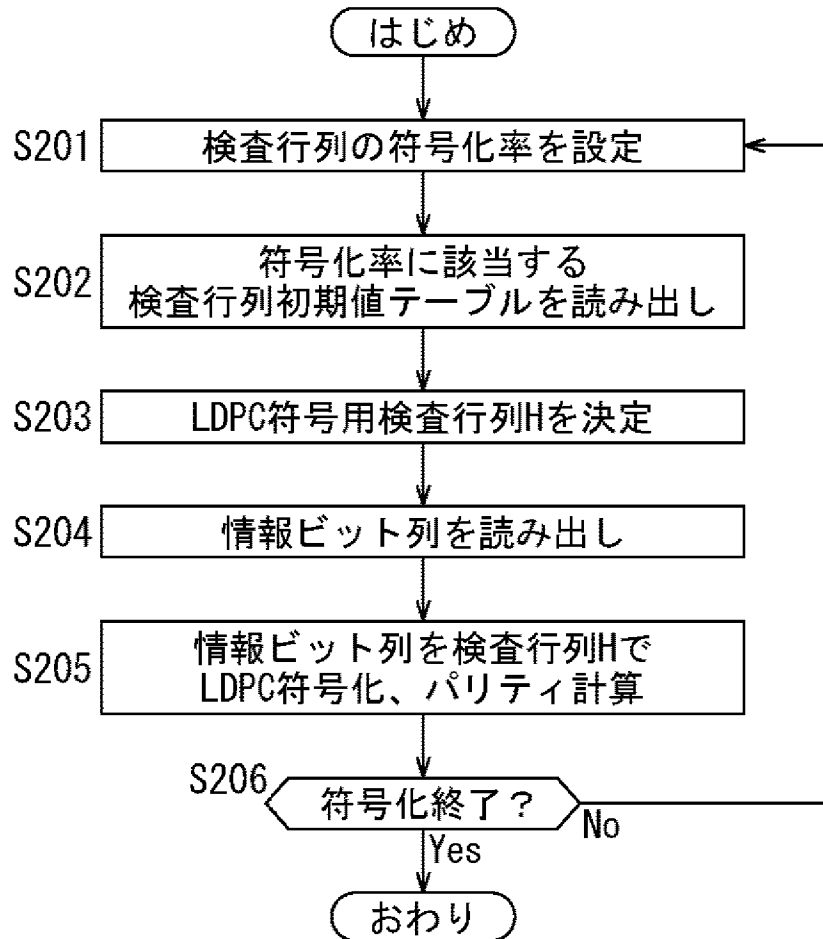


[図35]
図35



[図36]

図36



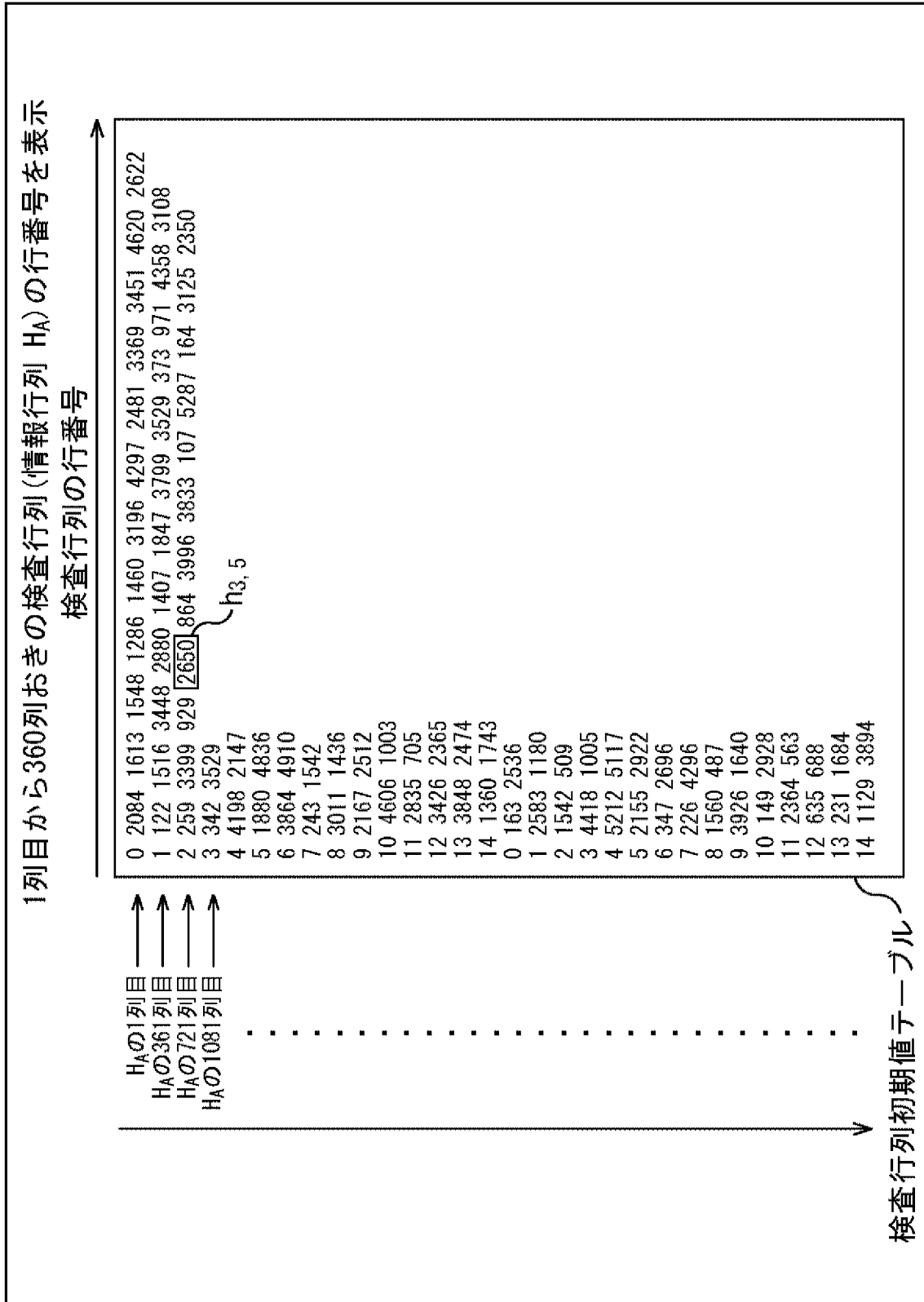
[図37]

図37

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									

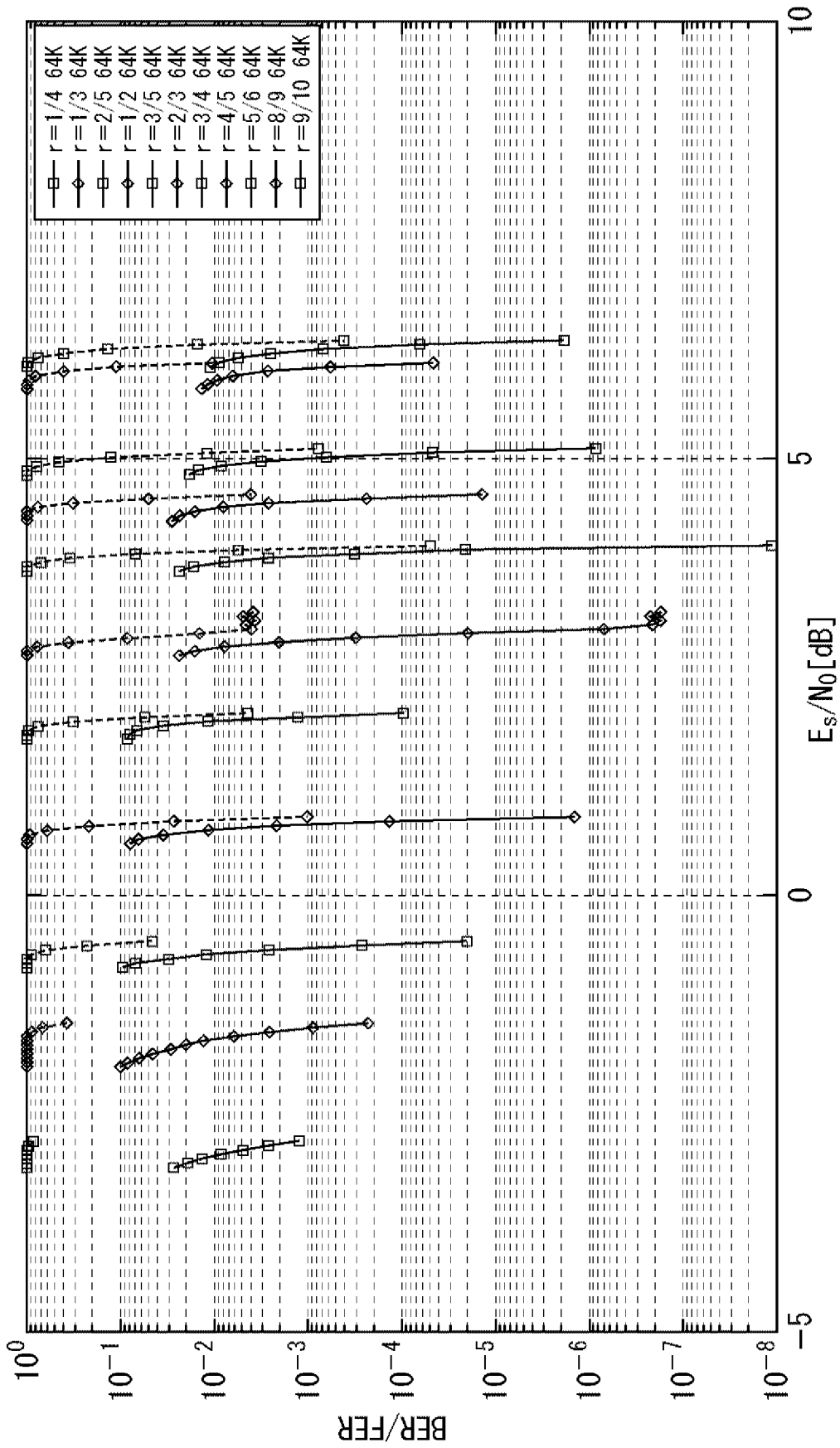
[図38]

図38



[図39]

図39



[40]40

N=64800, rate=2/30

30 251 2458 3467 9897 12052 12191 15073 15949 16328 16972 17704 20672 22200 22276 25349
 26106 28258 29737 30518 30951 32440 43031 46622 47113 52077 52609 52750 54295 55384 56954
 57155 57853 59942
 6985 7975 8681 10628 10866 13223 14882 18449 19570 24418 24538 24556 25926 26162 26947
 28181 30049 33678 35497 37980 41276 43443 44124 48684 50382 51223 53635 57661 58040 59128
 59300 59614 60200 60329
 1896 5169 7347 10895 14434 14583 15125 15279 17169 18374 20805 25203 29509 30267 30925
 33774 34653 34827 35707 36868 38136 38926 42690 43464 44624 46562 50291 50321 51544 56470
 56532 58199 58398 60423
 144 152 1236 8826 11983 12930 13349 19562 20564 30203 31766 35635 40367 40905 41792 41872
 42428 43828 44359 47973 48041 49046 50158 50786 55527 55541 57260 57353 57821 58770 59098
 59407 60358 60475
 2085 28320 37838 50085
 6903 21724 38880 59861
 17156 20293 21231 44440
 16799 38095 41049 44269
 11939 30310 39689 47323
 10563 17282 45331 60186
 19860 23595 59085 60417
 10403 19812 27225 48006

[41]41

N=64800, rate=3/30

153 2939 6037 11618 12401 17787 18472 22673 25220 26245 29839 35106 36915 37622 37655
 45425 55595 56308 56726 58286
 146 160 9060 12867 16536 20818 31754 35546 36480 36698 56314 56509 56837 57342 57373
 57895 57947 58163 58202 58262
 58 1555 10183 10446 12204 16197 16830 17382 19144 19565 21476 29121 41158 49953 51531
 55642 57423 57587 57627 57974
 120 9906 12466 21668 26856 27304 28451 29413 30168 31274 33309 33499 37486 38265 43457
 50299 55218 56971 57059 58115
 80 6649 9541 12490 14153 14346 19926 20677 23672 42397 45629 46288 55935 56115 56555
 56865 56993 57921 58049 58190
 46 152 3536 7134 9040 10474 10504 11549 17066 19102 27486 29364 39577 39995 48289 56236
 57279 57560 57608 57930
 19824 21165 34427 58143
 22747 50215 50864 58176
 2943 31340 39711 57281
 1186 20802 27612 33409
 1347 20868 29222 48776
 19 8548 46255 56946
 10762 20467 48519
 39 7401 34355
 142 10827 17009
 1822 29424 39439
 5944 11349 28870
 4981 14731 15377

[図43]

図43

N=64800, rate=5/30

2035 5424 6737 8778 10775 15496 17467 21825 23901 27869 28939 29614 34298 34951 35578
37326 39797 44488 45293 45900 49239 53415 53900
2090 4170 12643 12925 13383 17659 23995 24520 25766 26042 26585 29531 31126 34856 43610
49028 49872 50309 50455 51586 52161 52207 53263
819 1629 5521 8339 8501 18663 22208 24768 25082 35272 35560 40387 40618 42891 44288
46834 47264 47458 47561 48563 49141 49583 51837
100 564 4861 9130 15954 22395 23542 26105 27127 31905 33977 35256 37679 40472 40912
42224 43230 44945 45473 52217 52707 52953 53468
73 86 6004 9799 13581 14067 14910 14944 15502 22412 26032 27498 27746 27993 28590 35442
38766 44649 47956 48653 48724 50247 52165
108 1173 5321 6132 7304 15477 18466 19091 20238 23398 26431 34944 36899 40209 42997 48433
48762 49752 49826 50984 51319 53634 53657
4541 7635 11720 12065 16896 28028 28457 30950 35156 38740 39045 43153 43802 44180 45186
45716 45794 46645 48679 49071 49181 53212 53489
6118 8633 11204 11448 15114 19954 24570 26810 28236 39277 43584 46042 47499 48573 48715
49697 50511 51228 51563 51635 53410 53760 53851
1223 4008 8948 9130 16129 17767 22039 23572 24550 28200 29157 32730 33821 38449 39758
48433 49362 52582 53129 53282 53407 53414 53972
176 10948 11719 12340 13870 15842 18928 20987 24540 24852 28366 30017 36547 37426 38667
40361 44725 48275 48825 51211 52901 53737 53868
21792 35759 44481 53371
147 33771 34263 35853
15696 41236 46244 46674
48208 52868 53324 53794
34077 36441 49909 53506
34932 51666 53755 53974
18455 38927 49349 51201
3836 31114 37755 53469
31831 42633 46626 52743
21053 28415 46538 53154
5752 19363 42484
719 48444 52185
25502 53443 53739
11596 53495 53635
43934 52112 53323
42015 52196 52288
72 129 52340
9 17870 43153
24743 41406 53180
23388 48087 52441

[44]44

N=64800, rate=6/30

13033 14477 15028 17763 19244 20156 22458 24073 32202 32591 33531 33552 35823 41495
 46351 49442 51612
 44 66 8422 8760 14694 18768 20943 27806 29012 33594 36262 36820 40434 47704 49355 51729
 51758
 4233 16270 18958 20915 21313 27009 28249 33438 33855 34475 34541 37093 38835 42139 42169
 44757 50122
 82 10760 14292 17911 18008 23008 33152 34162 35749 36166 37411 37523 40838 42786 43581
 46177 48829
 4661 5201 5824 6014 8283 12840 22044 22103 29657 29722 32246 32893 34131 36007 40779
 44900 51089
 5869 12204 14095 26632 27101 27300 32344 33761 35081 38057 40709 46805 47733 48220 49806
 51318 51691
 87 5764 16204 20947 23257 31579 38832 40942 43112 43239 44602 49032 49482 49727 49929
 50186 50593
 880 1883 8876 9204 12370 21536 32858 35875 36247 36319 37151 38601 48914 49533 51239
 51399 51824
 20 129 2841 5695 8176 15720 26066 26197 34149 35814 36477 37478 45338 48988 50675 51071
 51774
 7252 14498 19246 20257 20693 22336 26037 29523 29844 34015 35828 38232 40999 41437 43343
 44109 49883
 4859 8000 9342 16137 21600 24083 36364 37038 38988 44465 45445 46569 48994 50591 51065
 51166 51268
 7728 9766 11199 11244 13877 14245 23083 27064 28433 28810 34979 39031 42939 44517 45730
 48365 51374
 67 135 1601 6123 9100 22043 24498 25417 30186 34430 34535 37216 40359 42794 47908 50685
 51501
 1006 10492 18259 51816
 27272 49144 51574 51631
 23 5636 38161 39514
 9490 41564 46463 51162
 33623 41959 50610
 11626 22027 50936
 28345 39504 45097
 46639 50046 50319
 74 18582 27985
 102 17060 43142
 38765 49453 51242
 6102 41272 51729
 24686 33446 49011
 19634 49837 50000
 569 22448 25746
 33986 50729 51301
 9883 14876 29601
 9142 29505 50604
 22623 40979 51260
 23109 33398 51819
 163 50643 50984
 47021 47381 50970
 16215 20964 21588

[図45]

図45

N=64800, rate=7/30

548 9528 12205 12770 22023 22082 25884 27421 33215 36046 43580 43953 47539
919 2623 5098 5514 5645 6348 9666 13795 14555 43224 44048 44948 47964
995 7270 17753 21272 29228 29916 31634 34055 35205 37499 37777 47490 49301
645 3803 8836 9470 11054 20253 29417 31243 31990 36468 38715 39932 43045
14572 18646 21100 26617 32033 32410 37195 38586 43833 44577 45584 46453 49515
6004 16982 17829 24616 28056 29646 32944 39051 42517 47086 48585 48772 49247
1306 1447 4898 7781 18587 25724 26672 35062 35202 37080 39781 46111 47595
92 3231 13043 22258 24198 28923 33303 37846 43610 44857 47322 48914 49291
298 12557 13469 14451 21917 23539 26310 29839 37050 38507 41377 46971 48155
12582 13044 21039 30600 34202 34947 37120 39108 39203 43449 46941 48542 49354
871 12218 12680 14152 17171 25797 29021 37783 43728 47519 48794 48898 48980
35 4623 13422 15881 16692 17463 23675 28063 31248 41997 44246 47992 48339
7150 13015 17950 18214 20659 23579 25714 28328 32658 39717 39995 43322 45884
82 11054 11845 19085 24174 26694 41530 45954 46508 46892 48832 49097 49420
5789 13839 18512 25596 26478 26736 29431 32349 33384 41765 46661 49206 49543
13805 17786 17798 29653 30310 34870 40176 40391 43227 45292 46423 46855 49454
12433 27119 34645
32065 34998 44021
5158 16546 34359
44 33285 39929
39032 39296 40317
9885 45251 47640
14383 43446 44478
31280 39945 48472
27961 38221 48391
2927 37404 38716
19461 42462 46162
24909 25915 40636
11029 35538 45381
26880 34179 48775
192 6032 26853
4563 14952 24256
10003 30853 43811
749 36334 41363
100 17006 24982
9507 20228 31214
41691 44310 47083
24070 30411 46982
2727 28251 49289
16689 21167 32590
40813 41198 46175
8336 32714 43075

[図46]

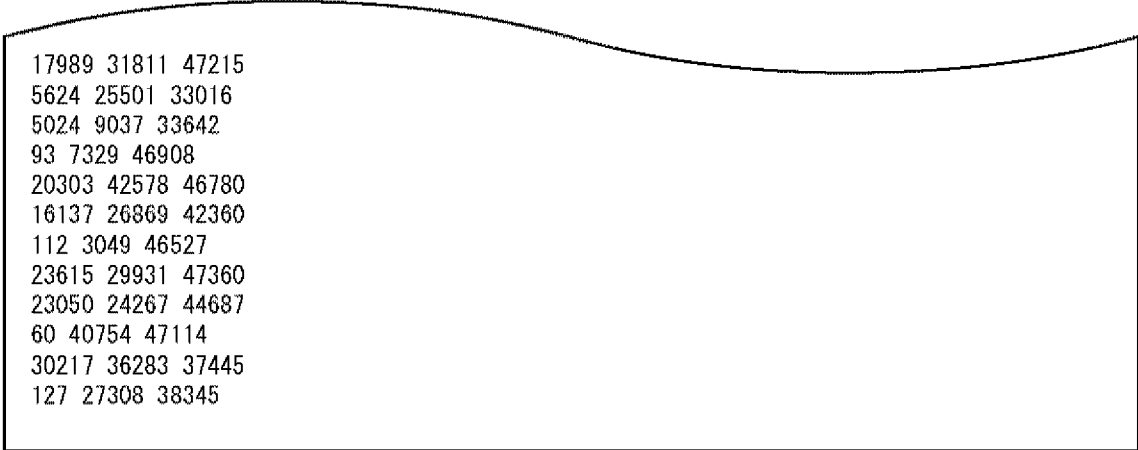
図46

N=64800, rate=8/30

100 3433 4111 9089 13360 24012 26305 30252 31430 31769 34689 34917 36091 40873 41983
 42689 43835 44318 47109
 3 48 124 2240 7029 21694 24565 29302 39777 42706 43631 43784 46033 47064 47079 47141
 47239 47439 47479
 2 5675 7056 12715 24128 26596 30571 38210 38586 41138 42272 43336 43444 43917 45812 46840
 47245 47286 47510
 2103 4285 10068 10702 12693 17619 18711 21309 22191 22999 37432 45646 46275 46338 46777
 46860 46963 47432 47472
 6827 8209 8606 10412 15670 19469 22205 22215 25425 29565 34843 34985 37686 39277 44625
 45016 45623 47069 47250
 58 114 1751 7913 24642 26995 40734 41486 43133 44804 45490 45725 46122 46412 47019 47080
 47103 47495 47506
 96 5952 9078 9786 17738 17888 17986 31657 34430 34763 35450 37276 42395 43223 43283
 44261 45648 47014 47276
 106 5405 9614 20500 21633 23242 28875 37238 38854 41778 42292 43883 45909 46558 46826
 47292 47353 47436 47504
 32 11217 12153 26818 27616 38783 39976 40842 43581 43703 44287 44435 44576 44774 46080
 46098 46801 46813 47168
 65 102 111 3879 11224 11772 23623 27306 28726 34663 34873 36288 39196 42003 45279 45629
 46836 47021 47419
 77 131 11275 18964 20418 22364 22635 27727 28689 29720 29781 32110 41597 42046 43952
 44786 46416 46808 47200
 87 8637 10829 23737 24117 26486 29603 34389 35509 35872 38948 40643 42698 45949 46159
 46660 47041 47165 47220
 2 58 3110 7539 8886 10422 11597 13385 27870 35895 38120 43546 44948 46272 46369 46596
 47199 47317 47351
 78 16119 27760 32231 38973 39088 40118 40231 43170 44131 44203 44878 45905 46250 47011
 47113 47195 47303 47427
 2960 6685 8830 11107 11843 12811 30030 36574 36850 36920 37706 38025 41007 43554 44109
 44643 45874 46469 46565
 125 366 10175 29860
 45 17503 44634 45789
 6272 19614 34408 37248
 14785 41017 44274 46858
 19935 22960 44726 44919
 15247 17925 33947 37392
 34631 39148 43287 45443
 8544 26457 30996 38672
 11725 31442 42167 45461
 22357 41743 46702 47285
 13786 26288 41358 43082
 7306 21352 43298 47359
 77 5188 20988 45572
 10334 23790 40878
 9304 29379 47450
 22048 44762 47300
 8529 8825 47443
 40831 41328 46415
 26715 43038 46498
 26925 30797 43181
 32434 45624 47460

[図47]

図47



17989	31811	47215
5624	25501	33016
5024	9037	33642
93	7329	46908
20303	42578	46780
16137	26869	42360
112	3049	46527
23615	29931	47360
23050	24267	44687
60	40754	47114
30217	36283	37445
127	27308	38345

[図48]

図48

N=64800, rate=9/30

339 4777 5366 7623 13034 13260 15107 17772 20338 21178 25914 27663 29948 37489 41021
 3871 5812 9795 23437 24079 27699 33471 39878 40302 41038 41217 42316 42765 43675 45118
 3699 4072 16553 21492 26210 29839 30322 34139 38227 39696 40762 41156 41269 45168 45350
 995 12194 12494 16542 20423 21950 23519 26215 26708 30587 38352 38840 39729 41645 43210
 3963 4315 6832 11354 21042 21084 21108 25595 33109 34029 34448 35129 38018 39012 44791
 164 887 2902 9021 9193 16705 17850 19241 25893 33427 37416 41024 41355 44381 45303
 1367 1495 5495 14440 18026 18130 18178 21946 24057 25663 29216 31965 38107 43907 44278
 10763 13722 13975 18294 20813 23028 23353 24211 37366 38805 40985 41792 42495 43259

43528

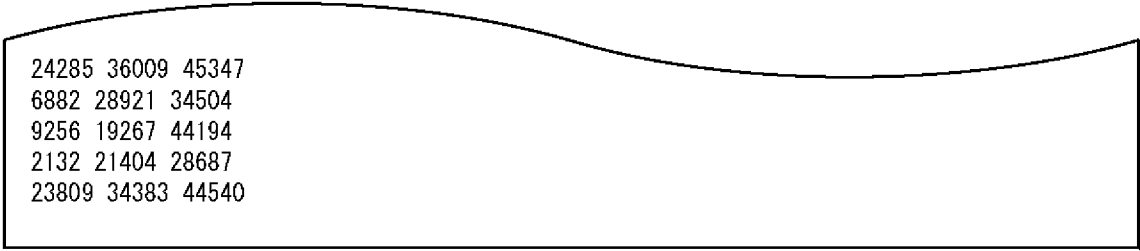
1580 12448 21464 31246 33058 34794 35760 36021 36426 37138 37478 38199 42138 42335 45207
 83 112 12225 15224 18205 21345 28488 34362 37195 39660 42371 42814 44509 45201 45244
 6836 7635 11644 16591 17121 19307 21456 23544 30596 37887 38141 38581 43607 44246 45097
 9174 14934 17131 29762 30243 31656 33251 35498 37106 37655 41462 44002 44649 45032 45230
 33 5376 13536 17068 18581 23478 32021 32074 33716 38434 39452 42166 44305 44979 45306
 6013 7553 10023 19354 23126 25427 27665 30239 32699 34123 36171 38898 38972 41974 45213
 41 98 3088 8522 26252 29602 30009 30138 30948 32190 32428 32498 34273 34955 45311
 2000 15664 20677 20792 22980 25111 31491 37611 37981 39872 41668 42336 43602 43828 45329
 23 67 97 5339 8121 8583 20647 25425 32305 37158 40968 41578 43492 44929 45273
 1643 3496 5121 6546 15643 16423 20602 39950 43178 43252 43683 43992 44001 44611 45125
 11093 19172 20548 24518 28289 29246 30148 34884 40403 40745 42723 43064 44448 44723

44812

12748 12799 28567 41605
 1965 4087 31879
 27178 33638 38344
 9580 13096 45337
 2672 22800 43869
 28287 31407 31975
 2823 5108 9945
 5891 30848 42082
 23 41944 44909
 909 2311 45162
 24998 37829 44704
 35339 40087 45019
 16928 26505 35256
 26462 27297 37766
 19656 35067 38586
 6958 17172 41412
 72 26012 37231
 15259 16044 30243
 2879 12148 34601
 36173 39731 42668
 20670 35816 43266
 22570 27213 30404
 40284 44171 45313
 17765 22514 39347
 24711 39892 45132
 13741 34633 44535
 15209 31692 45280
 11189 43771 45303
 28294 31110 32287
 29085 39876 45246

[図49]

図49



24285 36009 45347
6882 28921 34504
9256 19267 44194
2132 21404 28687
23809 34383 44540

[図50]

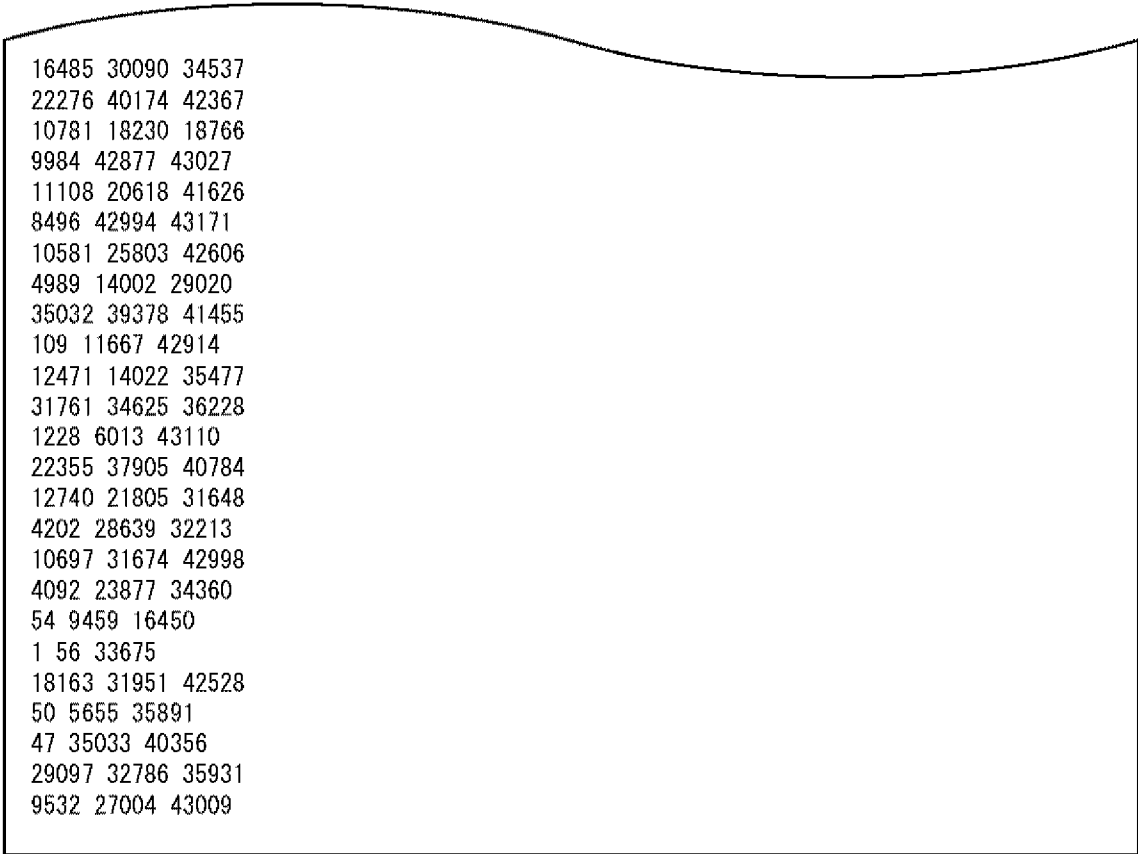
図50

N=64800, rate=10/30

867 2733 2978 8947 10214 11810 13566 15922 18838 20543 25845 29179 30055 31284 33447
 34330 35081 35605 36268 39563 42331 43174
 2765 6017 6394 6769 12351 13567 15195 19900 23094 27077 28626 28914 32219 33106 33662
 33905 34878 37861 39749 39862 40976 42690
 2343 4231 7603 7789 8396 8783 15636 16221 20591 21538 24008 25117 25663 26817 29692 30937
 31472 32070 33793 39506 41763 43172
 8536 10705 10960 11206 12513 15399 17108 17224 17512 20180 25288 27824 28958 30600 36792
 36828 38891 39575 39581 42342 42914 42961
 9 107 681 1195 9957 14055 21420 23279 26129 32044 35750 37065 37092 37165 37179 40127
 40835 41476 41564 41571 42576 42910
 86 1760 6842 8119 8904 12644 17603 18189 20018 22259 22654 25620 27606 27833 28002 31053
 31814 31848 35573 36133 40698 41370
 28 115 4354 9276 11229 11252 13848 21112 22851 29912 32453 34693 37344 37420 40926 40992
 41063 41762 41856 42012 42642 43045
 1589 7190 7221 7668 11805 14071 14367 14629 17087 19579 19861 25505 35471 35514 37495
 38375 40286 40330 40402 41662 42638 43126
 76 99 3237 5137 7982 9598 13470 14045 26680 27058 32025 32235 34601 35658 36841 38408
 40517 40987 41400 41861 42691 42772
 54 2470 2728 3177 3484 8267 9351 17523 18513 21119 22947 23771 26569 27308 31217 35887
 36449 38529 40424 41873 42146 42706
 39 80 385 1386 3397 5234 14733 16955 17656 23262 23463 25340 31638 31676 32683 37130
 37641 39064 41839 42193 42495 43063
 62 573 11847 14616 16033 16064 16302 18776 19434 23845 23873 25937 27741 32244 32612
 33554 38445 38480 38610 40933 42386 42520
 33 183 968 5477 6173 7363 10358 12597 14468 18025 23369 23387 24723 25254 28299 28989
 31675 32776 35077 40241 41572 42035
 36 2529 2543 3891 7108 9002 9481 16496 19796 26687 27343 33300 35495 37070 39247 40126
 41758 41892 42124 42622 42738 43100
 91 6897 8794 9581 12922 15711 18539 19227 21592 22906 26449 29804 30895 31538 31930 33392
 38006 38294 38705 38952 39005 42120
 64 76 709 1155 3162 7099 8740 9670 12678 21126 29239 29844 31248 32001 35243 36814 38008
 42050 42149 42631 42705 43119
 17670 40897 42359
 17471 20895 32101
 5458 5508 30504
 17291 19627 27186
 14600 41106 43103
 18059 28398 40623
 23776 30190 32880
 4676 13593 21791
 19 2832 27959
 6193 21762 42854
 64 16088 42982
 29425 35004 42209
 14338 31982 41789
 21572 42838 42923
 5 87 6639
 5529 42541 43173
 15512 31740 35801
 44 86 43183
 26027 26995 36455

[図51]

図51



16485 30090 34537
22276 40174 42367
10781 18230 18766
9984 42877 43027
11108 20618 41626
8496 42994 43171
10581 25803 42606
4989 14002 29020
35032 39378 41455
109 11667 42914
12471 14022 35477
31761 34625 36228
1228 6013 43110
22355 37905 40784
12740 21805 31648
4202 28639 32213
10697 31674 42998
4092 23877 34360
54 9459 16450
1 56 33675
18163 31951 42528
50 5655 35891
47 35033 40356
29097 32786 35931
9532 27004 43009

[図52]

図52

N=64800, rate=11/30

3208 6587 9493 9539 12368 12501 14811 15784 17625 18654 18721 19471 19503 20079 20411
 20876 21493 22083 22430 27275 29322 32758 33227 33347 33715 34472 34711 38450 39151 39709
 39862 40093 40497 40912
 42 1118 3086 5466 6379 8483 9051 9330 13250 13898 14055 15033 18094 21429 22652 25251
 28709 29909 30233 30472 30635 31367 32603 33614 33708 36404 36530 37039 37782 38115 38307
 40225 40597 40822
 5939 11990 15027 15162 16503 17171 17806 17902 18031 18077 21216 22134 22660 24170 28558
 29364 30003 31128 32674 33103 33361 34196 34435 34626 34991 35974 36022 37459 38170 38709
 39774 39960 40571 40858
 63 3871 9148 10328 12830 12912 18361 18839 20122 23126 23795 28612 30350 32251 32750
 33762 33866 36188 36979 37562 37836 38536 38705 38829 39609 40219 40324 40336 40367 40638
 40699 40809 40987 41019
 36 70 104 3737 5028 19023 19575 19746 23840 24611 24661 26741 27749 30359 31027 31509
 32621 32859 33830 34619 35281 35479 36796 37344 37555 38993 39088 39445 40276 40299 40762
 40771 40835 40967
 113 2313 4411 5858 9909 10426 18955 21663 21884 24105 24472 26944 27826 28574 28689 29579
 30903 32352 33334 36408 36795 36805 37112 37121 38731 39080 39739 40007 40326 40356 40472
 40476 40622 40778
 54 84 3529 5202 9825 9900 10846 12104 13332 14493 14584 23772 24084 25786 25963 26145
 28306 29514 30050 30060 33171 33416 33657 33951 34908 37715 37854 38088 38966 39148 40166
 40633 40746 40939
 105 8722 10244 12148 13029 16368 18186 19660 19830 21616 22256 22534 23100 23219 25473
 26585 29858 32350 33305 34290 34356 34675 35297 37052 37144 37934 38201 39867 40270 40539
 40781 40804 40944 40966
 53 61 82 96 2665 6552 9517 15693 17214 17588 18347 19039 20679 21962 24255 25861 27117
 27919 30691 36195 36379 37031 37309 37535 37793 38198 38212 38595 38808 38911 39474 39677
 40135 40935
 15 67 723 2962 4991 5285 11583 13398 16301 16338 20996 21510 25697 28214 29143 30539
 30573 31108 32500 32506 32727 32755 36134 37226 37655 37799 39219 39626 39980 40093 40105
 40628 40634 40816
 18854 37884 40104 40772
 35209 40379 40447 40508
 3049 36078 39403 40402
 19118 27981 35730 36649
 20465 28570 39076 40910
 24047 31275 39790 40126
 31041 33526 34162 39092
 1152 8976 24071 35698
 3 27991 31485 40934
 5245 20676 30579 38823
 47 11196 38674 38894
 14920 15270 16047 40928
 23974 30146 39805 40911
 8791 16641 25060 31681
 1147 4233 34386 37802
 58 5354 22265 41018
 869 3078 39882 40730
 1071 6322 9163 10642
 7235 32596 35540 37487
 26910 35537 40830 41035
 81 11905 16179 19558

[図53]

図53

29 41 5161 12173
3043 5574 9993 26058
875 36935 39423 40956
3362 19166 20017 39729
12893 16403 33880 37115
9980 27100 28525 36786
3218 12776 40651 40703
7669 25783 32781 34504
25951 34595 39049 40597
11271 35112 35290 40600
5330 38324 40325 40986
58 24777 40560 40835
23895 25427 33552 37472
2811 4731 11601 39912
109 39021 40611 40754
79 15387 30999 40978
31162 34975 38844 39784
34891 37007 39433 40102
42 9072 21526 22610
20243 20499 24418 29056
7951 26469 29729 40956
6 10833 13188 15714
7910 20652 40574 40874
14586 24839 37804 40722
1103 11381 21050 30084
10 9032 20123 28528
19477 29966 37702 37766
131 31352 39069 40971
34 7368 17799 27467
16767 27584 32869 34769
31515 34543 36230 40752
15098 25451 26402 27629
149 10388 24558 40709
6997 7288 23995 29893
346 12245 13843 40402

[図54]

図54

N=64800, rate=12/30

2455 2650 6184 7016 7280 7409 7507 8261 8591 8829 11277 13729 14302 15883 17754 18506
 19816 19940 22442 23981 26881 26981 28760 29688 31138 31497 32673 35889 37690 38665
 50 327 3574 4465 5954 9702 10606 11684 11715 12627 14132 14951 20099 24111 24283 27026
 27473 28162 30076 31032 31476 35031 36675 36914 37008 37425 37530 37689 38830 38856
 59 102 5278 5548 5850 11840 13813 16641 19597 20543 24088 24298 25171 25224 26925 28312
 28867 31551 31898 32849 33616 34486 34562 35252 35931 36107 37950 38494 38537 38547
 79 2084 2361 2922 3048 3525 5712 9376 10012 10463 11842 15200 18443 19223 20476 21361
 22584 24343 24594 28001 28304 28475 28969 31149 31528 32574 33007 35120 38245 38253
 821 2803 8187 8501 10063 10497 14472 14570 15613 18469 19620 23034 24029 24578 26538
 31025 32621 34134 34508 34988 35201 35907 36693 36793 37608 37998 38090 38506 38611 38682
 9 50 88 1222 2430 2824 7233 9972 10225 15762 18283 18961 20711 28455 29946 32016 35611
 35763 37263 37325 38287 38360 38416 38471 38518 38551 38643 38759 38763 38818
 33 38 151 2523 3787 5069 6710 7667 8501 11083 17631 19589 24263 24684 24940 28493 30646
 31916 33741 35060 35810 36284 36394 36400 38209 38312 38340 38782 38825 38858
 8 49 84 381 4009 6978 9983 14028 14051 16325 17393 24325 25130 25838 30998 35159 36135
 37516 37636 37837 37927 38433 38620 38647 38650 38699 38733 38784 38804 38862
 44 76 4362 4480 8679 8833 13730 16493 16507 22419 24544 25614 25671 33032 33120 35219
 35986 36415 36505 38169 38173 38327 38371 38468 38508 38546 38551 38747 38761 38853
 16 683 1013 8364 8665 12213 12279 12643 13134 15450 16703 17846 20656 21664 22896 23487
 25022 32049 32482 33647 35029 35197 36636 37162 38376 38408 38430 38520 38721 38734
 3 760 1052 6377 8526 9014 11769 12589 16661 18156 20521 21303 23361 27434 32315 34602
 34892 35078 35262 35639 36655 37893 38063 38578 38602 38719 38737 38748 38837 38861
 15 30 79 99 16844 19586 24117 24702 25088 26129 27790 28383 30976 33472 34613 35266 35337
 36278 36841 36980 37214 37651 37817 38085 38218 38338 38396 38432 38760 38812
 12483 24049 35782 38706
 12146 19270 23193 38389
 26418 34831 37883 38501
 25045 36512 37567 38487
 15238 33547 38210 38696
 14 6773 17384 38679
 14367 16694 16867 38453
 15371 37498 37910 38610
 2509 18705 27907 28422
 21246 37360 38125 38868
 11357 23312 24884 36318
 14467 19559 22338 37893
 26899 35264 36300 37973
 17311 28273 32934 38607
 0 14452 16264 38585
 6736 19801 31034 38279
 35256 36593 38204 38655
 10037 29019 32956 38670
 98 17138 28233 37750
 576 4888 14014 23030
 2003 2470 18968 38841
 1042 4623 8098 9963
 61 3037 9719 27052
 15129 26628 31307 37604
 9791 11904 12369 34528
 7996 15467 21456 38165
 7644 12741 34083 38851

[図55]

図55

4766 26027 31133 38830
17783 36021 37697 38571
4925 9033 28100 32671
9452 23191 32529 36265
6124 19224 27145 30628
24 26468 35718 38718
14403 14741 20334 38444
322 15324 22539 33347
22663 29889 38488
7 13998 38748
8835 20728 20777
9742 24551 26087
23173 24287 38644
16606 30002 32432
30691 37266 38776
20366 21134 35082
21617 28615 29424
15974 26095 34262
92 35091 36358
9348 28177 38737
16104 37933 38151
14133 30118 38803
1314 37661 38852
19118 28886 37980
20212 22241 32326
3885 17856 38675
12577 21905 30465
28672 35317 35384
12880 16994 34495
16353 34789 38134
465 37194 38658
23 6202 38823
24020 25383 37955

[図56]

図56

N=64800, rate=13/30

1153 2676 2759 5782 7192 10887 11573 11888 12383 18472 20695 21466 21753 23630 24580
 25006 25182 25636 25887 29615 29677 31968 32188 32277 33135
 935 5609 7730 9427 9519 10465 11182 12164 15765 17266 18156 20309 20542 21193 21697 22913
 22989 23780 27048 30762 31731 35754 36161 36379 36710
 644 2718 6995 7088 7898 11242 13921 14068 14328 15840 19581 19919 21938 22749 23311 23767
 25945 26731 27405 27830 31023 32589 33239 33957 34456
 17 131 2331 6624 10568 12965 16184 17665 19575 20690 22609 23378 24385 28281 30808 33083
 34435 34509 36016 36355 36525 36580 36586 36636 36644
 5 42 59 80 100 3327 4882 5238 6588 15417 17416 17476 18307 19336 20336 22770 33204 33302
 34207 35133 35594 35650 36090 36619 36659
 46 141 308 995 2267 2645 5224 5839 7945 8336 10865 14607 21285 22062 23225 23772 24190
 25324 26738 29253 29674 33264 35593 36564 36608
 55 2316 8545 13623 14353 14516 15773 18442 20172 21970 22319 26595 27849 29185 30141
 31195 33614 34586 35699 35994 36309 36445 36516 36662 36665
 17 59 82 955 5050 7239 17495 19753 23481 25131 30124 32434 33042 34583 35231 35786 36232
 36336 36518 36530 36541 36584 36592 36629 36648
 1 16 78 717 5622 7351 7729 9200 10674 12647 22946 24316 25268 28139 31794 32278 33243
 34217 34485 34505 34929 35450 35865 36340 36565
 15 36 73 2381 4118 6829 9453 11705 12402 14884 17442 19226 21328 25523 26538 29300 34635
 35066 35547 35617 36285 36343 36599 36607 36708
 27 58 3657 8026 9245 11874 14579 15588 16280 16426 22692 25061 27788 29797 31776 34992
 35324 35529 36295 36298 36469 36608 36626 36661 36679
 13 36 78 3785 5888 10015 13647 14824 18283 20282 26268 26890 27517 33128 33659 34191
 35729 35965 36196 36381 36385 36501 36593 36659 36667
 0 6 63 1713 8050 11113 18981 20118 22082 23210 24401 27239 31104 32963 33846 34334 35232
 35626 36159 36424 36441 36457 36523 36609 36640
 39 60 64 92 438 4764 6022 9256 14471 20458 23327 26872 30944 34061 34882 35249 35586 35642
 35680 36092 36126 36548 36626 36633 36649
 40 67 6336 8195 9735 19400 20396 21095 22015 28597 31367 33511 33932 34732 34847 35247
 35543 36020 36258 36619 36651 36688 36693 36709 36717
 13990 15734 24992 35907
 448 14650 29725 36141
 27195 27825 34118 35317
 2514 7964 31027 31885
 12966 22180 24997 33406
 13568 17438 18377 36038
 76 15846 25385 35720
 1 758 23751 36083
 2238 8449 29406 31840
 80 14882 15923 33878
 86 18320 24636 36111
 5392 24119 31102 34507
 6485 8182 14790 21264
 13702 29065 35939 36554
 9160 11429 36663 36691
 9153 12051 20063 25493
 37 3918 13758 18923
 18643 24675 31646 33893
 3941 9238 30160 36584
 26037 31006 35886
 115 8925 13728

[図57]

図57

8079 12229 21571
18315 34532 35200
14760 36073 36540
27155 28360 36381
24111 32816 36411
17214 32333 35208
10181 13269 24419
55 13696 29382
35958 36528 36673
21481 27758 31170
2161 27055 36569
14381 22920 36680
9113 19651 32334
2500 20917 29374
1966 30518 30855
14419 25676 36077
31502 33331 34982
23192 27819 36698
23130 34074 35969
39 82 9069
1665 23618 28887
13344 16378 16410
3753 6863 27107
5309 26232 29584
83 10780 35045
23884 31975 36715
8591 27909 35282
16924 29871 36684
11923 21783 30567
20309 26955 36030
33545 36648 36706
6851 9052 35671
2188 11594 34478
32 5093 24903
7863 21519 23494
2227 25547 36218
27745 35240 36580
8094 13505 31136
14191 28503 33160
14107 25438 30594
30235 33886 35034
14118 35846 36621

[図58]

図58

N=64800, rate=14/30

2422 2919 3173 3795 4428 12681 13428 14654 17367 17687 19587 20017 23588 24353 25280
 27167 29853 32040 32473 33170 33375
 34 79 817 12478 12769 14798 15383 16688 16739 17538 21654 22792 25145 25588 26995 27388
 31655 32133 32601 33452 34471
 88 986 1907 2868 3657 6826 8595 11922 14704 17681 19503 20604 24251 28125 28612 29976
 30687 31208 31464 33686 33909
 526 3853 4486 6507 10616 11300 11453 13385 20007 21420 21441 22554 23794 24581 24959
 27083 28710 30235 32852 34179 34327
 43 1775 4405 5644 6553 8885 10337 11178 14114 15108 16189 16192 18490 18801 21475 22748
 28269 28970 30758 31968 33554
 27 624 1191 1470 4277 5054 5695 9632 10911 11365 13339 21097 23810 26677 27822 28433
 29878 31026 32525 33335 33873
 14 45 760 1098 1567 2003 6710 10195 12052 13024 13337 19088 22647 25050 25899 27035 28844
 29927 33916 34033 34490
 30 94 4493 11928 14051 17759 18541 20842 21277 24587 24948 25790 27442 31120 31205 31526
 32107 32263 33696 34393 34529
 3 4245 5284 7791 10196 10922 13992 14397 14947 16908 21032 24585 27219 30300 30981 32732
 33362 33558 33725 34424 34537
 78 6958 8297 15781 23302 23386 23863 25570 25734 31844 31919 32100 32815 33345 33531
 33561 33889 34348 34504 34512 34530
 52 90 775 3760 4099 6945 8954 11931 16578 20804 23252 26583 29420 32461 33695 33874 33964
 34018 34177 34483 34506
 81 1162 3084 3986 4494 8523 10309 10934 12819 16784 23113 23803 25952 29134 29930 30530
 32021 33343 33400 33664 33685
 0 35 57 1564 9062 19694 24489 24737 26422 27021 30630 31513 33317 33425 33545 33624 33743
 33869 33875 34046 34519
 58 639 2340 3613 19319 21917 24284 29214 29430 29736 32496 32785 32830 32835 33176 33323
 33711 33967 34197 34438 34468
 71 77 88 953 4233 7365 8395 15176 16662 18280 21989 24348 26847 27645 31050 31890 34119
 34223 34235 34548 34551
 163 4304 4697 7470 11857 12787 12837 18000 18472 18489 19730 27014 29653 29740 30070
 30252 32769 33637 34382 34394 34555
 7 29 79 7321 9770 11315 15354 16240 18888 19559 27783 28220 28924 30659 31474 33084 33310
 33644 34282 34452 34557
 8 24 41 4491 11252 14225 18230 25845 30258 30801 31349 32655 32932 32951 33058 33794
 33889 34150 34338 34463 34494
 13 13092 15747 23904 29675 29732 30199 31273 31928 32211 32704 32959 33056 33374 33646
 33931 34043 34203 34426 34429 34509
 6 11188 19937
 11738 14763 34508
 11 4674 25431
 6346 9658 31716
 13231 32283 33193
 19187 31166 33846
 297 27886 32712
 74 8683 24435
 2200 20501 21571
 25 10097 29631
 4515 32145 33245
 13010 26434 29967
 0 30598 33940

[59]

59

1342 27835 33782
2253 7519 33030
9079 13091 29109
20124 20880 27383
14317 16550 26394
84 2860 33197
21726 28620 31525
12888 23822 32157
1221 10300 34113
15613 22759 28517
4889 28647 31367
22184 25784 30338
21714 26800 28577
1408 15983 16148
6569 18901 23827
42 7606 25499
11193 13616 31040
8996 28561 30145
6335 23176 26286
6236 23314 24004
25452 30736 31684
3826 12150 21414
10711 17869 29177
13382 34510 34532
14491 16483 31945
77 16047 34221
17991 32178 32575
5508 6547 13800
4265 19226 25358
10154 23746 29274
3421 20929 34055
2976 9237 30748
17492 23256 34334
14069 21117 34122
2 30 34279
4782 18300 33733
153 4829 34472
6935 20289 25347
94 23931 34474
4955 13105 18305
3455 6361 16383
5195 13496 34289
1637 5512 18417
14082 20496 28064
12268 18659 23956
9430 22419 34549
6153 21548 24847
1995 12662 13605
13498 29840 31922
14059 14662 33208
20727 33280 34067
564 20975 23516

[図60]

図60

N=64800, rate=15/30

760 874 3785 6601 10266 14790 16713 18014 18215 20992 21237 21250 24161 24295 25360
 25380 26306 28764 30139 30708 31719 31730 32179
 191 7294 12316 12887 15172 15688 16749 18425 21102 25133 25875 25892 26013 26763 27058
 29510 29746 30265 30326 30386 31467 31665 32391
 76 2184 4641 6139 8656 9053 10603 15456 15797 15853 19689 21857 23984 24703 24732 26828
 26912 27714 27978 28627 30815 31332 31701
 13 5917 11178 13332 13401 16567 18144 18332 21502 22585 26654 27287 27474 27580 28266
 28949 30045 30669 30950 31388 31786 31820 32319
 723 9266 11501 12279 14691 14757 16829 18863 19022 19311 21466 22322 23441 23479 26959
 29450 29621 30075 30305 32044 32050 32110 32387
 42 3584 3807 6900 8188 12414 14341 20161 20466 23466 23722 26503 28207 29006 30745 30942
 31023 31647 31668 31908 32130 32332 32338
 2108 6363 8375 8971 10744 12734 15004 16460 16558 21479 22043 23858 24423 27887 28871
 30000 30089 30596 30926 31378 31525 32333 32355
 28 948 5841 6154 6643 10141 11528 12498 12525 13792 15031 18762 20383 20443 23824 25767
 27445 27558 27979 31402 32064 32133 32394
 14 19 2616 3474 4620 5333 6095 8507 8656 9411 13922 17800 18897 23695 25311 29891 30342
 31067 31124 31139 31467 32019 32240
 0 1082 2189 4147 8496 8986 10062 11294 16960 20197 23516 23989 24429 25718 29296 30293
 31195 31351 31665 31820 32073 32355 32376
 1661 4207 5859 14432 17329 18592 20431 20758 23186 23573 29558 29974 30107 30295 30396
 30635 30935 31185 31534 31650 31685 31960 32007
 89 4834 5934 6765 7256 7928 9025 12135 14585 23859 25231 25332 26519 26921 30891 31001
 31496 31625 31700 31730 31852 32022 32224
 5460 6506 6639 10691 16488 20520 21627 22863 25303 26209 26647 27502 27898 28112 28982
 29023 29188 31060 31193 31673 31911 32200 32343
 4652 9366 12753 13047 16124 19840 19846 19928 22041 26095 27473 28784 29506 29827 29958
 30347 31018 31027 31904 32274 32300 32383 32387
 2265 3996 4208 6150 7258 9151 9983 12269 12788 12986 15469 17063 26727 26859 28941 30162
 30172 30616 30714 31315 31357 31818 32284
 6518 11111 24325 32103
 72 12699 23236 30992
 8360 19792 19940 32358
 14197 21794 25358 27036
 4398 6859 18988 32137
 841 22129 27876 31949
 6974 7937 17758 27732
 7040 9749 9755 32242
 2949 17069 29881 30587
 1373 9669 30875 32281
 11884 12078 27981 32205
 7736 24771 25380 32163
 74 3602 19540 25410
 16273 30193 32344 32355
 1315 13197 20672 25600
 13 9947 14814 27294
 21919 29940 31822 32276
 11 3234 17261 27366
 18543 21226 24436 32375
 18492 19557 22383 30490
 24 17620 23927 32049
 14847 22301 22903 29032

[図61]

図61

2676 11480 11692 18567
12192 31056 31967 32098
44 27120 32324 32378
5721 9533 32015 32311
30379 31576 31774 32209
5335 10732 31892 32363
11000 22458 32187 32398
1872 10630 32347 32391
16571 17488 23289 23346
27732 29271 29371 30145
3353 29492 31289 31868
2198 6637 10704 26015
15354 19712 25567
21163 24225 25981
4200 22366 31698
9311 18196 25010
28406 31360 31879
5159 6285 31195
28054 29700 31997
4049 10513 29649
78 29253 32396
1024 7865 16946
4124 20295 22713
14007 19361 32315
4044 12702 14541
25377 29764 31569
2057 25664 32000
8836 10649 14172
6497 27125 29138
11983 21816 29095
8545 16142 25004
13112 27787 32221
28 7470 32149
21978 31113 32332
24788 31901 32359
19016 31956 32312
8082 16436 22264
27 23947 28943
20 19713 25231
24 5409 25558
17325 22825 29039
58 30869 32333
52 7935 13780
76 27127 32224
16783 30121 30450
9138 17711 31443
16066 25671 32301
13418 14979 22933
11496 16370 20860
4727 10245 15174
1523 17435 32170
60 10068 32392
8324 27536 32209

[図62]

図62

N=64800, rate=16/30

3111 4871 6505 6799 7635 11197 14052 14348 14826 15557 15659 18613 21220 22340 22401
 27614 28374 29255 29841
 3361 4302 5676 9039 12309 14206 14677 15432 18320 20678 22348 23548 24612 27694 28211
 28562 29155 29406 29548
 5 53 3037 4529 5584 5648 17104 18025 18489 20393 24434 24500 24814 25552 25565 26415
 27851 29090 29780
 5161 5493 5523 10121 12283 13234 14979 17374 18240 20035 24222 25047 26289 26734 28216
 28403 28465 28810 29385
 43 186 1836 4590 11586 12799 13507 13724 14711 15317 21647 23476 24193 24699 25994 28699
 29940 30122 30203
 2003 3800 5130 6577 9365 10145 11356 15819 15932 16104 18223 19103 20631 22002 23366
 26895 28896 28976 30165
 23 9657 11412 13196 15347 15358 16644 17463 18784 19185 26582 28301 28342 28525 28922
 29224 29957 30116 30120
 2206 3177 4177 6441 7458 11162 15727 16894 19718 20753 20946 22516 22660 26757 26827
 26850 28909 29822 30046
 739 3969 4582 14549 15188 15831 21294 22417 22460 23015 25237 25515 26568 26656 27187
 27924 28526 29071 29734
 4208 4241 4427 6512 14103 18082 22518 23522 24048 24879 27014 28704 28753 29196 29438
 29571 29695 29829 30174
 13 32 3455 8111 10978 13661 13856 18718 19398 20224 22663 23517 26241 27440 28748 28817
 28979 29377 30187
 1463 3641 4046 6345 6676 10287 12165 13506 15052 15192 20449 23322 23426 24120 25788
 26284 27049 28460 30124
 1569 3052 3370 5187 6418 12733 15343 15725 16555 19231 25563 26273 27866 28411 28938
 29006 29339 29387 29566
 77 4306 7810 12815 18400 19686 19803 20446 20940 21189 22144 23248 24200 25226 28695
 28801 29268 30118 30206
 45 649 1691 4421 8406 9642 10567 11550 12441 15117 17109 18327 19727 24980 26328 27075
 27235 28892 30221
 12483 13895 20152 20245 20655 21468 22162 22961 24057 24365 24605 25411 26180 26761
 27446 29507 30100 30181 30216
 44 1264 3026 7950 8626 14270 17615 17922 18819 23010 23725 25137 25284 25409 27704 28128
 28675 29774 30092
 55 2812 7572 7825 8647 19309 20122 20243 20787 22530 22612 24719 24955 25546 26352 26396
 26477 29301 29918
 6419 11660 28980 30169
 62 7613 22157 25645
 3958 5559 27517 28608
 2395 6628 21235 27555
 750 14167 14443 29001
 14265 15570 28940 29039
 77 600 7982 16623
 19331 26506 29810 30208
 1269 1541 23861 27282
 19 12841 24031 27927
 1666 14901 16818 28517
 3189 11786 18478 23399
 6495 10934 16584 25011
 8 28009 28559 30049
 58 1288 17394 18565

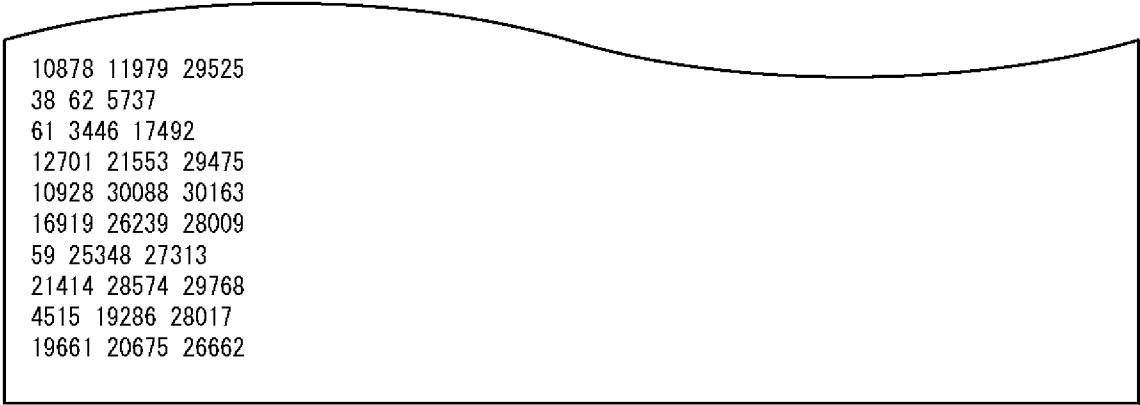
[図63]

図63

13723 28172 29034
8440 9110 16677
12909 17320 30012
24814 27014 29165
17859 24172 24616
13076 28350 28463
22 10992 13100
13027 14490 29661
8454 13705 30238
11 21997 22751
12860 16875 26073
14510 26256 29962
3886 4042 27359
11582 29084 29204
17120 28447 29009
21893 24307 30195
79 20747 27546
34 8136 23729
19787 29064 29759
18463 22634 26188
6266 6668 8406
12813 19765 27450
37 29680 29989
4708 9183 26121
46 3504 4132
69 18724 30090
24867 27125 30171
2214 4898 23823
20902 27008 30091
7073 17524 29356
120 2952 29234
3325 23880 29001
65 9413 21897
26943 27109 29732
602 29267 29947
8477 14722 24091
7886 28109 29997
12730 27726 29820
27 12228 30239
17638 28758 30236
24 13634 30168
8892 16810 25858
5263 9232 29835
527 18583 30143
28 1820 21525
2574 24420 29901
3 6599 20094
3484 24193 24838
43 12248 22044
1052 1669 27379
20703 28365 30141
892 23049 29633
9076 16913 27030

[図64]

図64



10878 11979 29525
38 62 5737
61 3446 17492
12701 21553 29475
10928 30088 30163
16919 26239 28009
59 25348 27313
21414 28574 29768
4515 19286 28017
19661 20675 26662

[図65]

図65

N=64800, rate=17/30

3638 3722 7015 10458 11119 12197 14103 14536 17412 18774 22287 22612 22713 25635 27548
 27686 27778 27826
 5324 7803 10924 11606 12282 12502 12860 16739 22141 23364 23709 23875 25369 26285 26862
 26922 26948 27844
 118 2886 6188 8567 8753 10752 11895 11939 12361 12739 14031 15749 16127 16638 18517 22030
 23682 27925
 158 489 824 1854 2935 4257 6997 11791 15452 15664 16719 19672 24085 25188 25240 25283
 25636 27011
 2918 5981 6349 7833 12983 14033 14242 14344 17083 17405 19655 21959 22550 23777 27153
 27827 27848 27921
 3265 5089 6050 6323 10714 18435 20910 21582 24038 24361 24712 25131 25484 26901 27073
 27174 27309 27693
 17 26 32 3083 10749 11918 11982 12657 13842 14454 18559 20569 23993 27282 27712 27732
 27772 27820
 3991 4273 5550 8223 9048 10163 12392 15961 19676 20564 20586 21360 24139 26555 27189
 27334 27708 27844
 1611 3553 6046 9278 10150 13220 13670 14436 17764 19828 20986 21353 21723 25542 25691
 26339 27591 27823
 6173 6835 7028 7803 8388 8626 11307 15884 17784 18339 19512 24249 26438 27137 27255 27594
 27770 28072
 67 486 3205 5487 10201 11054 14546 20328 23045 23272 23673 25248 25527 25802 26578 27235
 27872 27971
 23 3605 3873 13976 16258 18335 18529 20465 22508 24880 24946 25672 26326 26479 26514
 27758 28026 28047
 2183 7317 10716 11014 11637 20111 21269 22729 23581 25870 25891 27176 27185 27709 27747
 27912 28003 28024
 12 31 53 68 1492 9988 15395 19124 20807 23692 25299 25979 26394 27022 27026 27092 27576
 28041
 18 52 4442 12761 15481 17938 20266 24312 24821 25137 25916 26131 26642 26851 27065 27311
 27697 27987
 49 4516 5076 12930 15048 20703 21360 22615 25025 25577 25997 26353 26659 26701 27206
 27655 28030 28037
 36 1654 2703 8738 13150 15338 18464 20505 21404 25826 25911 27400 27433 27513 27891 28011
 28015 28043
 40 54 6027 11231 14164 15995 17839 19890 22537 25509 26043 26700 27141 27166 27182 27660
 27893 27990
 2840 11826 14170 15701 15758 17947 19094 23029 26232 26528 26556 26849 27015 27456 27761
 27881 27987 28036
 30 680 1541 5734 8251 19767 20127 21120 22480 25861 25867 26517 26755 26821 27220 27547
 27793 27875
 1630 5956 7702 9606 10458 10541 17763 19609 21908 23593 24189 24356 24896 25180 26091
 27038 27081 27422
 2459 2748 22536 23254
 597 7455 22226 26562
 12250 13286 13325 25013
 8523 13590 27754
 39 19867 24723
 19403 21896 22752
 8491 20514 23236
 4300 25422 27311
 11586 19002 28004

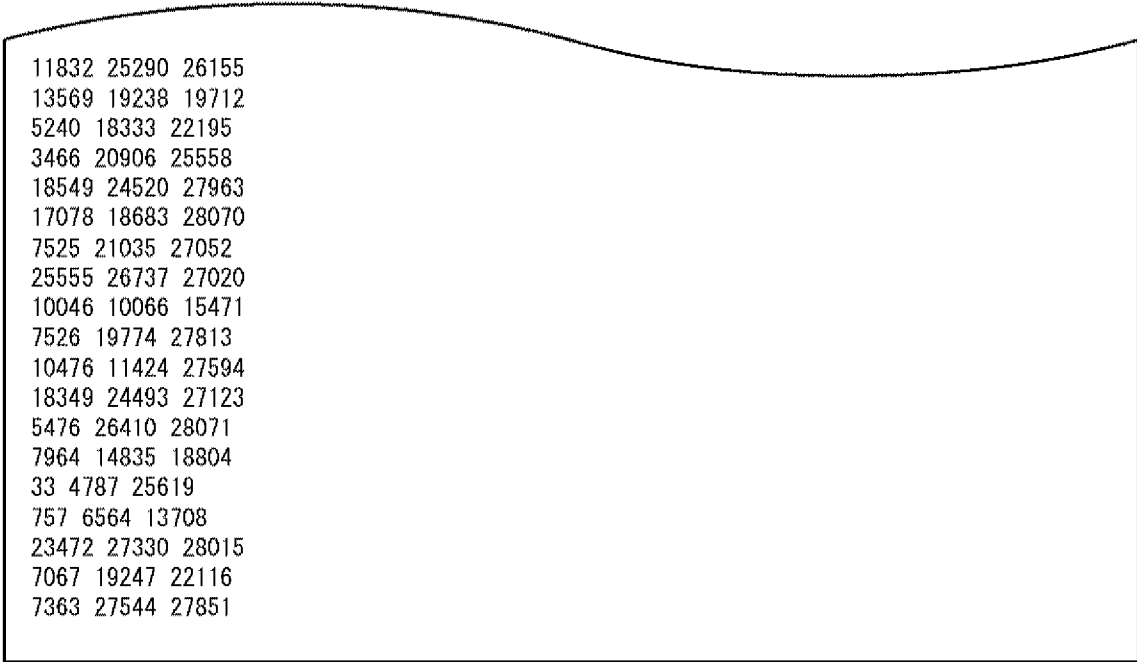
[図66]

図66

10358 19197 20224
11549 24404 24743
25288 26238 27603
7064 7516 12667
10495 22956 25193
2138 16441 19980
57 3925 20396
26 3672 6014
8425 24543 26134
8188 8317 24909
40 2219 17740
4187 10940 11324
2447 7425 20795
46 13240 16149
37 12701 25168
4044 5791 27998
33 24019 25005
18081 22487 23003
13 20833 25074
15660 22973 27116
2816 17854 27914
18148 23098 27712
3886 19711 20993
54 17332 26188
10188 16959 27174
74 14117 23707
8805 19540 27887
25062 27736 28002
1698 16599 28039
19195 24524 25323
6814 27968 27986
942 972 24673
4760 24441 27142
680 11557 27969
4544 14190 19878
15369 18267 27683
9155 20072 26804
65 5166 12757
49 14369 26870
1 35 26298
5975 12813 19445
20809 27226 27431
59 75 5907
9940 17252 27654
11221 14695 17335
10851 18647 27885
8004 26096 26754
7 23111 27220
22256 26278 27521
1087 24826 28022
3753 11220 15209
11595 12395 27701
21 67 1577

[図67]

図67



11832 25290 26155
13569 19238 19712
5240 18333 22195
3466 20906 25558
18549 24520 27963
17078 18683 28070
7525 21035 27052
25555 26737 27020
10046 10066 15471
7526 19774 27813
10476 11424 27594
18349 24493 27123
5476 26410 28071
7964 14835 18804
33 4787 25619
757 6564 13708
23472 27330 28015
7067 19247 22116
7363 27544 27851

[図68]

図68

N=64800, rate=18/30

113 1557 3316 5680 6241 10407 13404 13947 14040 14353 15522 15698 16079 17363 19374 19543
 20530 22833 24339
 271 1361 6236 7006 7307 7333 12768 15441 15568 17923 18341 20321 21502 22023 23938 25351
 25590 25876 25910
 73 605 872 4008 6279 7653 10346 10799 12482 12935 13604 15909 16526 19782 20506 22804
 23629 24859 25600
 1445 1690 4304 4851 8919 9176 9252 13783 16076 16675 17274 18806 18882 20819 21958 22451
 23869 23999 24177
 1290 2337 5661 6371 8996 10102 10941 11360 12242 14918 16808 20571 23374 24046 25045
 25060 25662 25783 25913
 28 42 1926 3421 3503 8558 9453 10168 15820 17473 19571 19685 22790 23336 23367 23890
 24061 25657 25680
 0 1709 4041 4932 5968 7123 8430 9564 10596 11026 14761 19484 20762 20858 23803 24016
 24795 25853 25863
 29 1625 6500 6609 16831 18517 18568 18738 19387 20159 20544 21603 21941 24137 24269
 24416 24803 25154 25395
 55 66 871 3700 11426 13221 15001 16367 17601 18380 22796 23488 23938 25476 25635 25678
 25807 25857 25872
 1 19 5958 8548 8860 11489 16845 18450 18469 19496 20190 23173 25262 25566 25668 25679
 25858 25888 25915
 7520 7690 8855 9183 14654 16695 17121 17854 18083 18428 19633 20470 20736 21720 22335
 23273 25083 25293 25403
 48 58 410 1299 3786 10668 18523 18963 20864 22106 22308 23033 23107 23128 23990 24286
 24409 24595 25802
 12 51 3894 6539 8276 10885 11644 12777 13427 14039 15954 17078 19053 20537 22863 24521
 25087 25463 25838
 3509 8748 9581 11509 15884 16230 17583 19264 20900 21001 21310 22547 22756 22959 24768
 24814 25594 25626 25880
 21 29 69 1448 2386 4601 6626 6667 10242 13141 13852 14137 18640 19951 22449 23454 24431
 25512 25814
 18 53 7890 9934 10063 16728 19040 19809 20825 21522 21800 23582 24556 25031 25547 25562
 25733 25789 25906
 4096 4582 5766 5894 6517 10027 12182 13247 15207 17041 18958 20133 20503 22228 24332
 24613 25689 25855 25883
 0 25 819 5539 7076 7536 7695 9532 13668 15051 17683 19665 20253 21996 24136 24890 25758
 25784 25807
 34 40 44 4215 6076 7427 7965 8777 11017 15593 19542 22202 22973 23397 23423 24418 24873
 25107 25644
 1595 6216 22850 25439
 1562 15172 19517 22362
 7508 12879 24324 24496
 6298 15819 16757 18721
 11173 15175 19966 21195
 59 13505 16941 23793
 2267 4830 12023 20587
 8827 9278 13072 16664
 14419 17463 23398 25348
 6112 16534 20423 22698
 493 8914 21103 24799
 6896 12761 13206 25873
 2 1380 12322 21701
 11600 21306 25753 25790

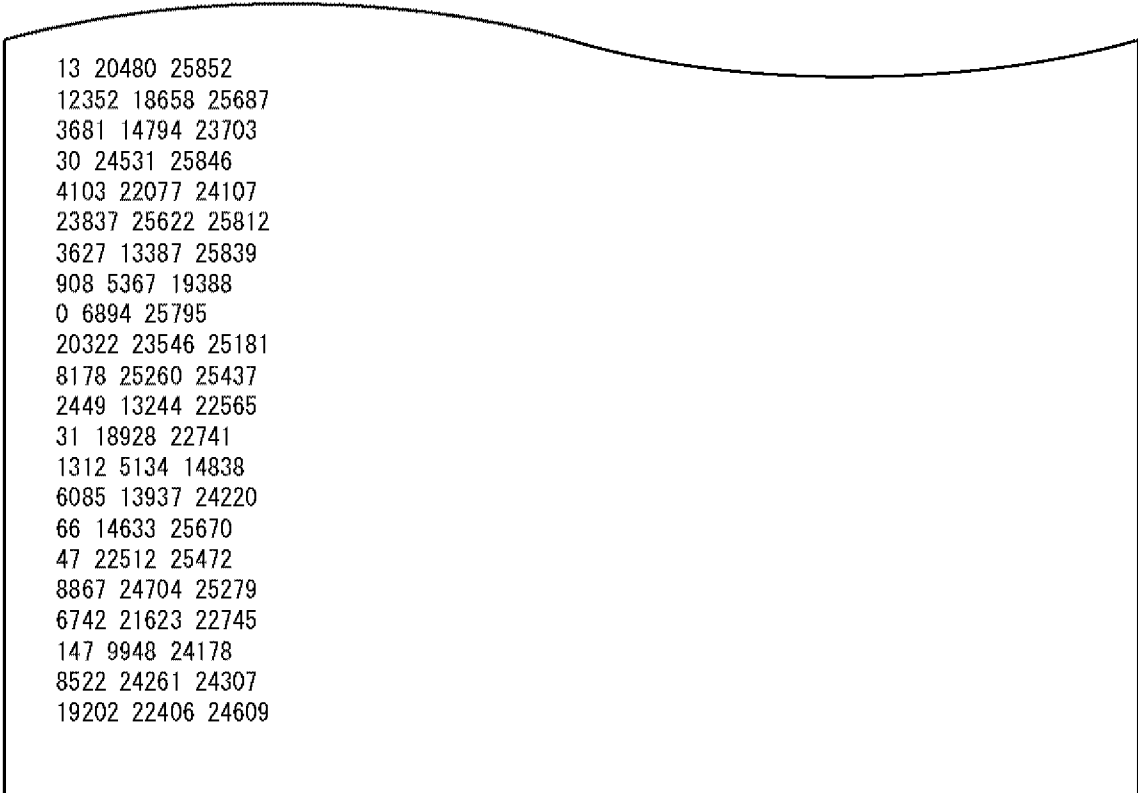
[図69]

図69

8421 13076 14271 15401
9630 14112 19017 20955
212 13932 21781 25824
5961 9110 16654 19636
58 5434 9936 12770
6575 11433 19798
2731 7338 20926
14253 18463 25404
21791 24805 25869
2 11646 15850
6075 8586 23819
18435 22093 24852
2103 2368 11704
10925 17402 18232
9062 25061 25674
18497 20853 23404
18606 19364 19551
7 1022 25543
6744 15481 25868
9081 17305 25164
8 23701 25883
9680 19955 22848
56 4564 19121
5595 15086 25892
3174 17127 23183
19397 19817 20275
12561 24571 25825
7111 9889 25865
19104 20189 21851
549 9686 25548
6586 20325 25906
3224 20710 21637
641 15215 25754
13484 23729 25818
2043 7493 24246
16860 25230 25768
22047 24200 24902
9391 18040 19499
7855 24336 25069
23834 25570 25852
1977 8800 25756
6671 21772 25859
3279 6710 24444
24099 25117 25820
5553 12306 25915
48 11107 23907
10832 11974 25773
2223 17905 25484
16782 17135 20446
475 2861 3457
16218 22449 24362
11716 22200 25897
8315 15009 22633

[図70]

図70



13 20480 25852
12352 18658 25687
3681 14794 23703
30 24531 25846
4103 22077 24107
23837 25622 25812
3627 13387 25839
908 5367 19388
0 6894 25795
20322 23546 25181
8178 25260 25437
2449 13244 22565
31 18928 22741
1312 5134 14838
6085 13937 24220
66 14633 25670
47 22512 25472
8867 24704 25279
6742 21623 22745
147 9948 24178
8522 24261 24307
19202 22406 24609

[図71]

図71

N=64800, rate=19/30

354 794 1214 1640 8278 9195 11069 11580 11911 13276 13438 14495 14734 15741 19195 19537
 21951
 4657 5351 5887 6634 7718 8327 10300 10815 11822 13506 16746 19429 19920 21548 22087 23650
 23712
 4603 5160 6345 7259 8428 8937 9665 11623 11864 13590 13613 17117 18678 19118 21126 21884
 23054
 27 2157 3039 3219 4191 5651 7098 12555 12634 13791 14885 15505 16163 16664 19792 20437
 23588
 30 49 2768 3314 4345 6972 8994 15294 16653 18282 18808 19324 20597 21510 21643 23741
 23748
 1 553 2228 4277 4499 5818 10580 10823 12135 14102 14923 15980 15995 16319 18577 22838
 23058
 4 2307 2764 3075 4755 8064 9673 12150 21139 21224 21572 21682 23415 23598 23703 23710
 23739
 4 9 13 5867 6028 7730 10859 14755 14879 15746 21166 21643 22777 23409 23502 23511 23734
 13 28 481 7146 8144 13768 15081 19349 20187 20858 21913 22025 23134 23472 23506 23711
 23744
 12 24 36 1004 3080 3496 7356 7834 16011 16492 19536 20918 22833 22937 23717 23745 23749
 31 378 812 1578 1957 5163 14759 16701 16829 18111 22931 23253 23314 23351 23584 23660
 23699
 25 38 1183 6573 9556 12523 14303 14412 18209 18530 21334 21770 21809 22630 22734 23154
 23186
 57 3497 6667 9653 10168 12771 15082 19365 19415 19514 19611 19785 21242 22974 23107 23690
 23715
 2456 2562 6223 7150 12652 14580 14807 20072 20513 21091 21201 21922 23010 23046 23215
 23514 23663
 5 635 3760 4981 6824 8425 13532 14618 19654 20026 21439 21684 22023 23027 23499 23691
 23707
 8 3018 4509 9002 11537 17156 17490 17779 20182 22018 22416 23348 23497 23575 23685 23708
 23753
 3 19 60 9502 12512 12907 17118 20225 20508 21429 21695 22010 22187 22347 23574 23608
 23617
 2 5 22 61 6583 15302 17930 18081 18562 19427 21204 21744 22713 23422 23503 23597 23730
 15 4333 9774 11921 15075 20998 21581 21622 22468 22638 23104 23530 23593 23613 23645
 23648 23719
 16 48 65 2563 3079 12594 17391 17524 20302 21062 21809 22772 23189 23501 23625 23628
 23756
 59 4288 6124 13237 13580 13607 19899 20348 21481 22380 22510 22883 23114 23233 23709
 23715 23735
 46 2949 3278 6100 9887 10255 19509 19883 20022 21147 21422 21915 22489 22777 23422 23750
 23754
 761 8196 8895 23472
 10842 15470 23658 23748
 13 16585 19888 21445
 13341 17522 18603 20826
 2932 8194 19093 21220
 6202 9623 23715
 2288 21290 22116
 5143 10529 19731
 15559 16069 23704
 137 11927 20849

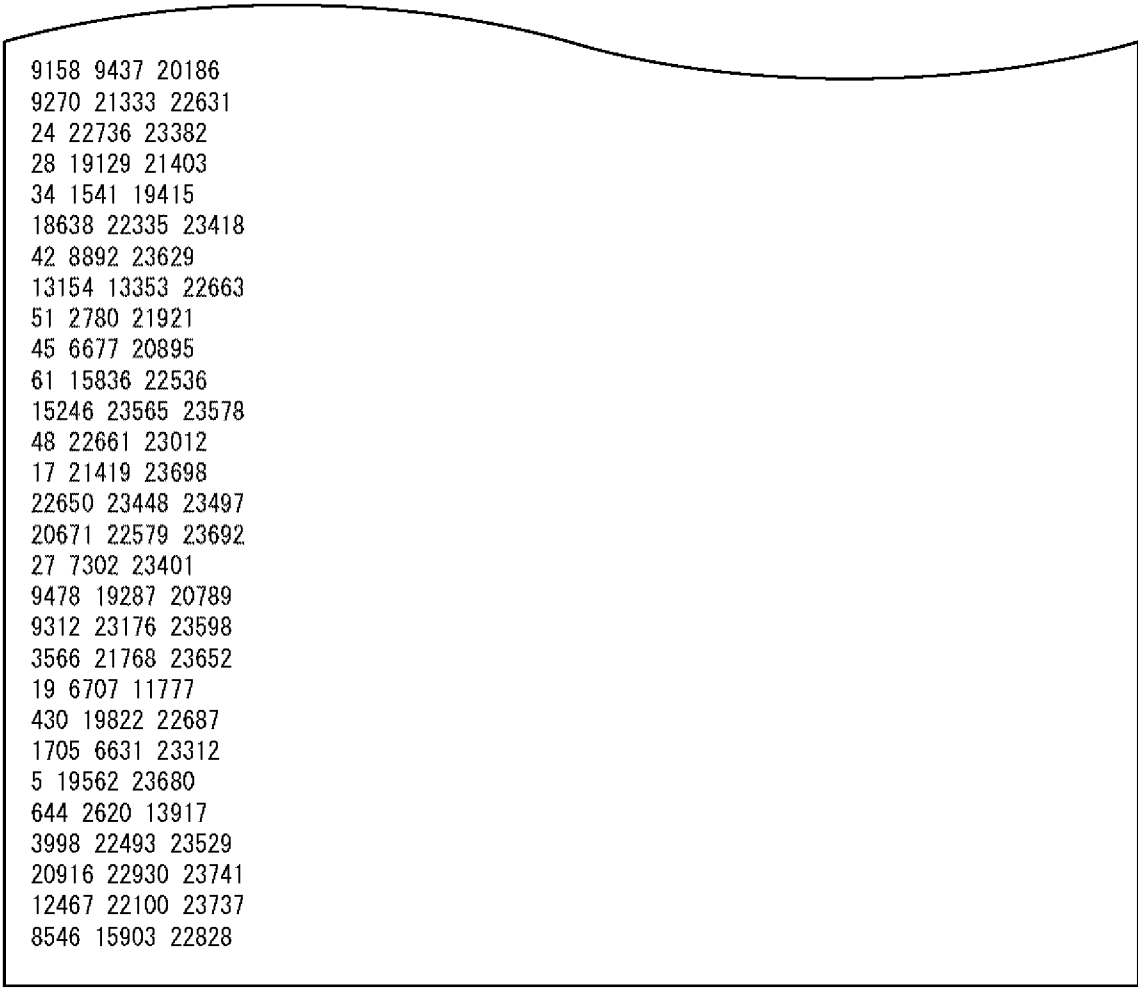
[図72]

図72

11 5997 11214
1212 9635 22820
8785 10770 15217
14930 15004 19622
15 9351 22137
6984 10545 18086
17 5394 22378
5666 17493 23525
2788 2962 18427
15308 18638 23694
6477 21407 23683
5907 22795 23101
3398 17256 18334
3010 12780 18130
2912 12048 19907
10071 21798 22747
9806 23050 23683
13541 23317 23733
11998 12007 17363
9401 16372 23473
16221 19981 21929
32 7499 20187
17718 22377 23147
17276 21344 22014
21779 22541 23607
16248 18722 23096
4225 19889 20582
21394 23463 23652
10428 11323 12984
60 23098 23752
8941 12692 20396
3909 12976 23323
4172 13704 21088
4252 20334 23229
5669 9953 23616
747 22117 23391
1201 17300 19083
6226 22684 23382
8854 14713 23706
18391 19269 20334
15856 16811 23747
39 3964 14259
11159 17884 18130
11388 23637 23738
12481 16865 23422
17762 22000 23602
13515 19709 21596
45 16207 16302
2011 13753 23611
20451 23564 23756
13 10379 16323
20 14421 16684
11082 19565 22082

[図73]

図73



9158 9437 20186
9270 21333 22631
24 22736 23382
28 19129 21403
34 1541 19415
18638 22335 23418
42 8892 23629
13154 13353 22663
51 2780 21921
45 6677 20895
61 15836 22536
15246 23565 23578
48 22661 23012
17 21419 23698
22650 23448 23497
20671 22579 23692
27 7302 23401
9478 19287 20789
9312 23176 23598
3566 21768 23652
19 6707 11777
430 19822 22687
1705 6631 23312
5 19562 23680
644 2620 13917
3998 22493 23529
20916 22930 23741
12467 22100 23737
8546 15903 22828

[図74]

図74

N=64800, rate=20/30

692 1779 1973 2726 5151 6088 7921 9618 11804 13043 15975 16214 16889 16980 18585 18648
 13 4090 4319 5288 8102 10110 10481 10527 10953 11185 12069 13177 14217 15963 17661 20959
 2330 2516 2902 4087 6338 8015 8638 9436 10294 10843 11802 12304 12371 14095 18486 18996
 125 586 5137 5701 6432 6500 8131 8327 10488 11032 11334 11449 12504 16000 20753 21317
 30 480 2681 3635 3898 4058 12803 14734 20252 20306 20680 21329 21333 21466 21562 21568
 20 44 738 4965 5516 7659 8464 8759 12216 14630 18241 18711 19093 20217 21316 21490
 31 43 3554 5289 5667 8687 14885 16579 17883 18384 18486 19142 20785 20932 21131 21308
 7054 9276 10435 12324 12354 13849 14285 16482 19212 19217 19221 20499 20831 20925 21195

21247

9 13 4099 10353 10747 14884 15492 17650 19291 19394 20356 20658 21068 21117 21183 21586
 28 2250 2980 8988 10282 12503 13301 18351 20546 20622 21006 21293 21344 21472 21530

21542

17 32 2521 4374 5098 7525 13035 14437 15283 18635 19136 20240 21147 21179 21300 21349
 57 4735 5657 7649 8807 12375 16092 16178 16379 17545 19461 19489 20321 20530 21453 21457
 35 55 5333 14423 14670 15438 19468 19667 20823 21084 21241 21344 21447 21520 21554 21586
 13 20 2025 11854 12516 14938 15929 18081 19730 19929 20408 21338 21391 21425 21468 21546
 54 7451 8176 10136 15240 16442 16482 19431 19483 19762 20647 20839 20966 21512 21579

21592

26 465 3604 4233 9831 11741 13692 18953 18974 21021 21039 21133 21282 21488 21532 21558
 1 7 16 59 6979 7675 7717 9791 12370 13050 18534 18729 19846 19864 20127 20165
 15 31 11089 12360 13640 14237 17937 18043 18410 19443 21107 21444 21449 21528 21576 21584
 32 51 9768 17848 18095 19326 19594 19618 19765 20440 20482 20582 21236 21338 21563 21587
 44 55 4864 10253 11306 12117 13076 13901 15610 17057 18205 19794 20939 21132 21267 21573
 3436 11304 15361 16511 16860 18238 18639 19341 20106 20123 20407 21200 21280 21452 21526

21569

679 8822 11045 14403 16588 17838 19117 19453 20265 20558 21374 21396 21428 21442 21529

21590

391 13002 13140 14314 17169 17175 17846 18122 19447 20075 20212 20436 20583 21330 21359

21403

7601 10257 20060 21285

4419 9150 18097 20315

4675 13376 21435

610 1238 16704

5732 7096 21104

5690 13531 14545

4334 14839 17357

8 2814 17674

2392 8128 18369

502 7403 15133

343 13624 20673

13188 15687 21593

321 16866 21347

1242 4261 17449

4691 8086 8691

8500 11538 20278

6269 12905 18192

5984 15452 17111

11541 18717 21534

16 10780 16107

12310 12959 20390

1365 18306 19634

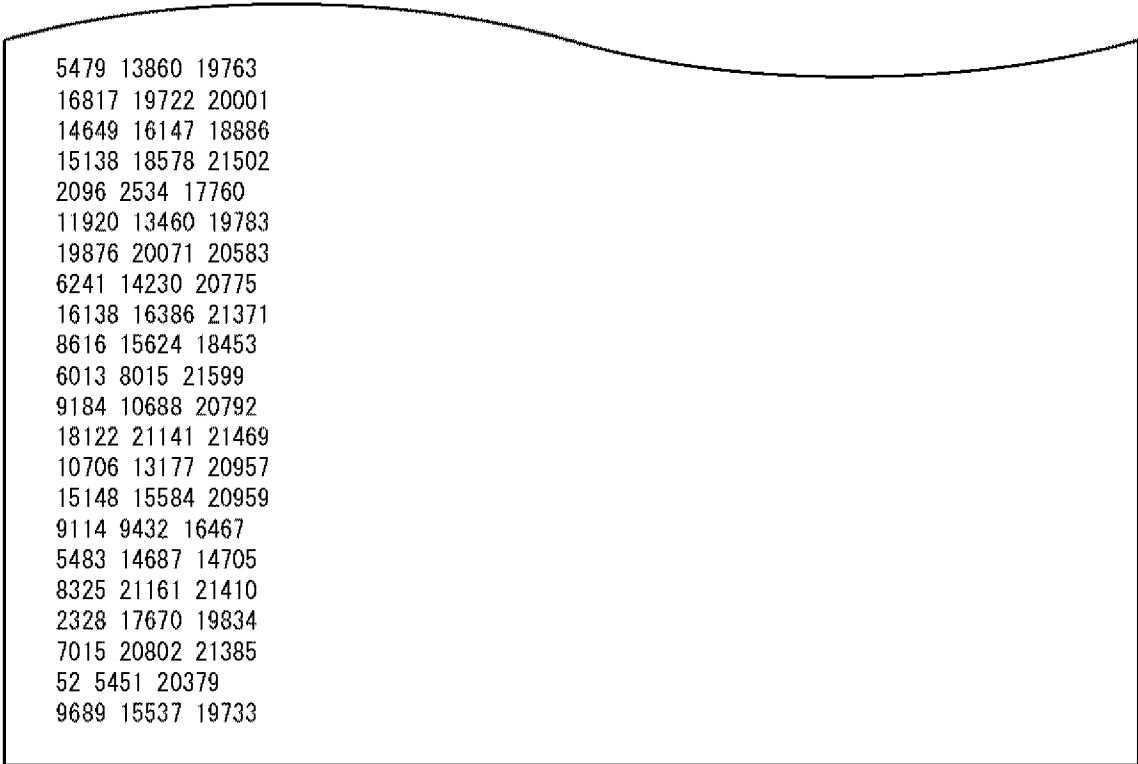
[図75]

図75

6125 19132 20242
3012 17233 21533
5816 13021 21440
13207 17811 18798
2762 7586 12139
3949 5545 13584
11374 18279 19241
2736 10989 21209
4095 20677 21395
8251 10084 20498
7628 8875 21406
2743 8943 9090
1817 7788 15767
9333 9838 21268
6203 9480 12042
5747 21187 21468
2553 18281 21500
3179 9155 15222
12498 18109 20326
14106 21209 21592
7454 17484 20791
20804 21120 21574
5754 18178 20935
30 4322 21381
11905 20416 21397
12452 19899 21497
1917 6028 16868
9891 18710 18953
912 21083 21446
370 14355 18069
16519 19003 20902
11163 17558 18424
8427 14396 21405
8885 11796 21361
4960 15431 20653
11944 16839 21236
9967 14529 17208
14144 19354 19745
7986 12680 21396
6097 11501 13028
33 13803 21038
3177 20124 20803
2692 6841 18655
971 5892 14354
3887 19455 21271
17214 17315 21148
6539 13910 21526
3809 5153 15793
3865 21438 21510
7129 17787 19636
5972 13150 14182
7078 14906 16911
15705 21160 21482

[図76]

図76



5479 13860 19763
16817 19722 20001
14649 16147 18886
15138 18578 21502
2096 2534 17760
11920 13460 19783
19876 20071 20583
6241 14230 20775
16138 16386 21371
8616 15624 18453
6013 8015 21599
9184 10688 20792
18122 21141 21469
10706 13177 20957
15148 15584 20959
9114 9432 16467
5483 14687 14705
8325 21161 21410
2328 17670 19834
7015 20802 21385
52 5451 20379
9689 15537 19733

[図77]

図77

N=64800, rate=21/30

549 611 1357 3717 5079 5412 5964 10310 13716 16028 16067 16726 16856 18095 18515
 25 163 1310 4468 5938 8348 9208 11118 13355 13539 14004 14869 16512 17878 19194
 9 3271 4816 5091 5642 6704 8049 8431 8513 9264 10118 10905 17317 19047 19204
 1775 2009 2741 3978 5427 6376 8143 9682 12173 13086 13232 14386 15220 17433 19332
 18 519 4261 4265 6356 6409 11253 12973 14592 16637 17039 18474 19112 19202 19214
 874 2918 3977 8791 9100 10391 10623 11738 16545 16968 17928 19049 19251 19295 19384
 15 2832 4906 5010 7208 7315 8266 12524 14718 14789 16532 16637 17333 19314 19361
 1 44 169 967 3980 7358 8489 9672 11731 12519 19027 19030 19156 19348 19434
 32 112 2611 5885 6907 9231 9890 10047 10456 17955 17959 19236 19361 19395 19419
 5 13 38 51 1307 6348 7275 10351 11869 13074 17179 17889 18802 18957 18963
 45 1114 1822 13768 13968 16002 17945 18577 18944 19097 19142 19191 19211 19280 19410
 16 25 31 6527 7318 10336 11522 11826 12038 17843 19218 19270 19346 19365 19428
 44 3166 11719 13946 14592 16659 17881 18127 18335 18401 18672 19025 19093 19218 19233
 3890 4804 10421 11575 15260 15641 15738 15835 16462 17085 17902 18650 19131 19328 19336
 40 4635 6324 12215 13030 14029 15387 16287 18128 18893 18939 19138 19409 19416 19422
 26 10421 10487 11386 12158 13231 16951 17521 18100 18309 18468 18689 18745 18862 19350
 33 1635 8499 10728 12209 15641 16482 17298 18157 18247 18498 18885 19018 19304 19340
 155 7584 9130 9253 10095 14414 15396 16572 16660 18942 19031 19287 19319 19334 19418
 0 452 4180 6281 7401 13527 13855 14524 16190 18133 18346 18428 18983 19370 19377
 43 5974 9711 10621 11296 13782 16955 17413 17514 17949 18441 18465 18800 19368 19380
 20 2462 6141 6157 7855 13754 17444 17900 18517 19099 19217 19392 19416 19419 19436
 44 3197 6827 8627 12967 13503 14327 15070 16306 17079 18212 18283 19000 19021 19318
 0 9 24 784 875 2519 3900 5797 13090 13395 18070 18095 18767 19024 19212
 27 1943 4688 5617 7512 7773 10220 13453 15976 15984 17284 17785 18950 19187 19422
 2095 17203 18559
 29 10616 15594
 14366 14924 15179
 5487 7882 14228
 1228 19301 19420
 2144 9744 10245
 47 12037 16969
 4990 8811 19259
 13271 13624 18766
 11793 15199 18405
 13618 15135 16272
 9174 15906 19070
 10882 15172 19435
 2925 5216 18611
 8983 16271 19303
 5729 11533 19203
 3507 5159 11003
 11001 13292 17253
 101 1300 14833
 8847 16410 19344
 38 3941 11470
 10236 12322 19338
 1260 12919 18542
 14 1600 18816
 7291 10840 19376
 13341 17748 18862
 2024 16189 16472

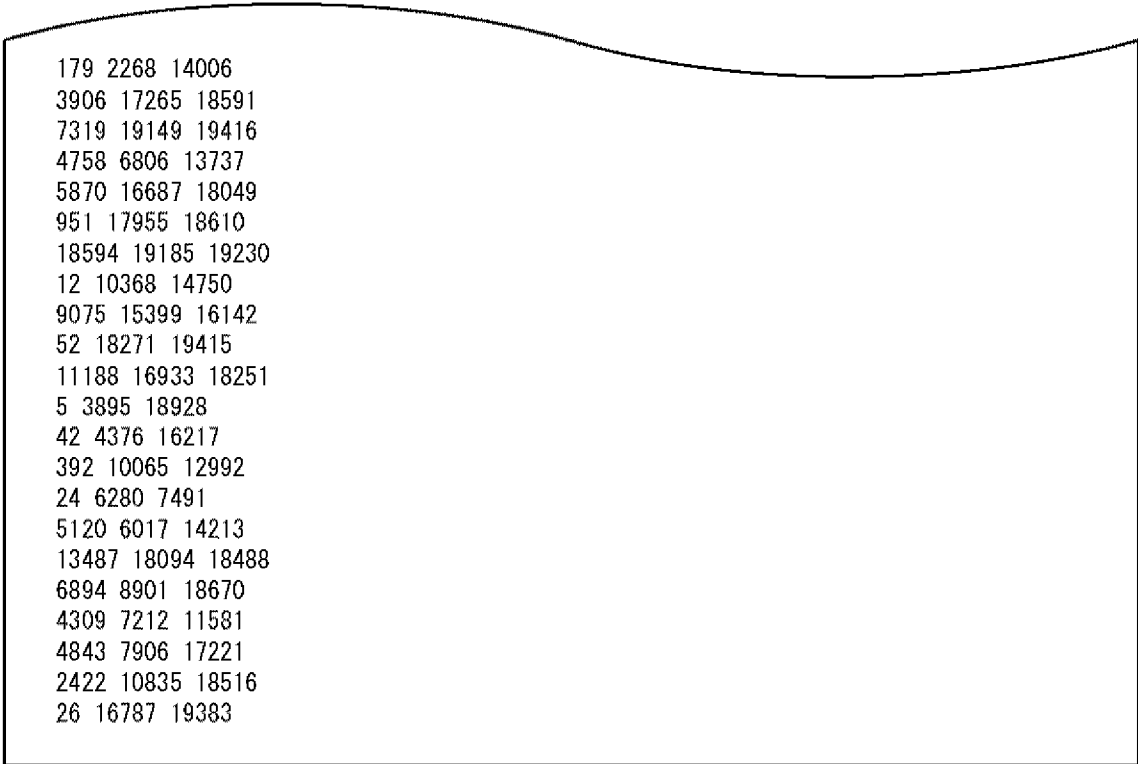
[図78]

図78

15455 19239 19324
7128 12794 13415
2451 13218 15127
11 9927 15112
12 10965 18860
6608 9066 12275
41 18066 19438
9728 14238 15735
2681 18067 18373
5703 12695 17303
6313 10968 16782
11614 17966 19415
8655 11059 19328
5073 10392 17906
14548 18253 18669
19 14499 15650
2143 4832 19385
34 14211 19234
2 12953 17512
25 10861 17406
5130 5806 14134
39 7187 9438
10151 13443 14947
3133 17418 19306
10438 17365 18111
663 1871 9263
2263 10489 18872
1394 11495 14248
13142 14532 17626
4112 8384 17008
343 10678 16973
36 15014 18796
7493 9878 17251
4377 18986 19224
308 4759 14859
351 4223 15427
8202 9473 16372
34 11406 17412
288 17583 19377
11399 19314 19423
12751 16286 18472
8491 18395 19437
4963 17013 17320
8 8055 18734
16273 18187 18587
2518 11798 16676
53 10193 12952
12684 17095 19344
12177 17294 19409
2392 2779 11655
22 2710 13906
13632 18515 18736
7382 14797 19428

[図79]

図79



179 2268 14006
3906 17265 18591
7319 19149 19416
4758 6806 13737
5870 16687 18049
951 17955 18610
18594 19185 19230
12 10368 14750
9075 15399 16142
52 18271 19415
11188 16933 18251
5 3895 18928
42 4376 16217
392 10065 12992
24 6280 7491
5120 6017 14213
13487 18094 18488
6894 8901 18670
4309 7212 11581
4843 7906 17221
2422 10835 18516
26 16787 19383

[80]

80

N=64800, rate=22/30

696 989 1238 3091 3116 3738 4269 6406 7033 8048 9157 10254 12033 16456 16912
 444 1488 6541 8626 10735 12447 13111 13706 14135 15195 15947 16453 16916 17137 17268
 401 460 992 1145 1576 1678 2238 2320 4280 6770 10027 12486 15363 16714 17157
 1161 3108 3727 4508 5092 5348 5582 7727 11793 12515 12917 13362 14247 16717 17205
 542 1190 6883 7911 8349 8835 10489 11631 14195 15009 15454 15482 16632 17040 17063
 17 487 776 880 5077 6172 9771 11446 12798 16016 16109 16171 17087 17132 17226
 1337 3275 3462 4229 9246 10180 10845 10866 12250 13633 14482 16024 16812 17186 17241
 15 980 2305 3674 5971 8224 11499 11752 11770 12897 14082 14836 15311 16391 17209
 0 3926 5869 8696 9351 9391 11371 14052 14172 14636 14974 16619 16961 17033 17237
 3033 5317 6501 8579 10698 12168 12966 14019 15392 15806 15991 16493 16690 17062 17090
 981 1205 4400 6410 11003 13319 13405 14695 15846 16297 16492 16563 16616 16862 16953
 1725 4276 8869 9588 14062 14486 15474 15548 16300 16432 17042 17050 17060 17175 17273
 1807 5921 9960 10011 14305 14490 14872 15852 16054 16061 16306 16799 16833 17136 17262
 2826 4752 6017 6540 7016 8201 14245 14419 14716 15983 16569 16652 17171 17179 17247
 1662 2516 3345 5229 8086 9686 11456 12210 14595 15808 16011 16421 16825 17112 17195
 2890 4821 5987 7226 8823 9869 12468 14694 15352 15805 16075 16462 17102 17251 17263
 3751 3890 4382 5720 10281 10411 11350 12721 13121 14127 14980 15202 15335 16735 17123
 26 30 2805 5457 6630 7188 7477 7556 11065 16608 16859 16909 16943 17030 17103
 40 4524 5043 5566 9645 10204 10282 11696 13080 14837 15607 16274 17034 17225 17266
 904 3157 6284 7151 7984 11712 12887 13767 15547 16099 16753 16829 17044 17250 17259
 7 311 4876 8334 9249 11267 14072 14559 15003 15235 15686 16331 17177 17238 17253
 4410 8066 8596 9631 10369 11249 12610 15769 16791 16960 17018 17037 17062 17165 17204
 24 8261 9691 10138 11607 12782 12786 13424 13933 15262 15795 16476 17084 17193 17220
 88 11622 14705 15890
 304 2026 2638 6018
 1163 4268 11620 17232
 9701 11785 14463 17260
 4118 10952 12224 17006
 3647 10823 11521 12060
 1717 3753 9199 11642
 2187 14280 17220
 14787 16903 17061
 381 3534 4294
 3149 6947 8323
 12562 16724 16881
 7289 9997 15306
 5615 13152 17260
 5666 16926 17027
 4190 7798 16831
 4778 10629 17180
 10001 13884 15453
 6 2237 8203
 7831 15144 15160
 9186 17204 17243
 9435 17168 17237
 42 5701 17159
 7812 14259 15715
 39 4513 6658
 38 9368 11273
 1119 4785 17182
 5620 16521 16729

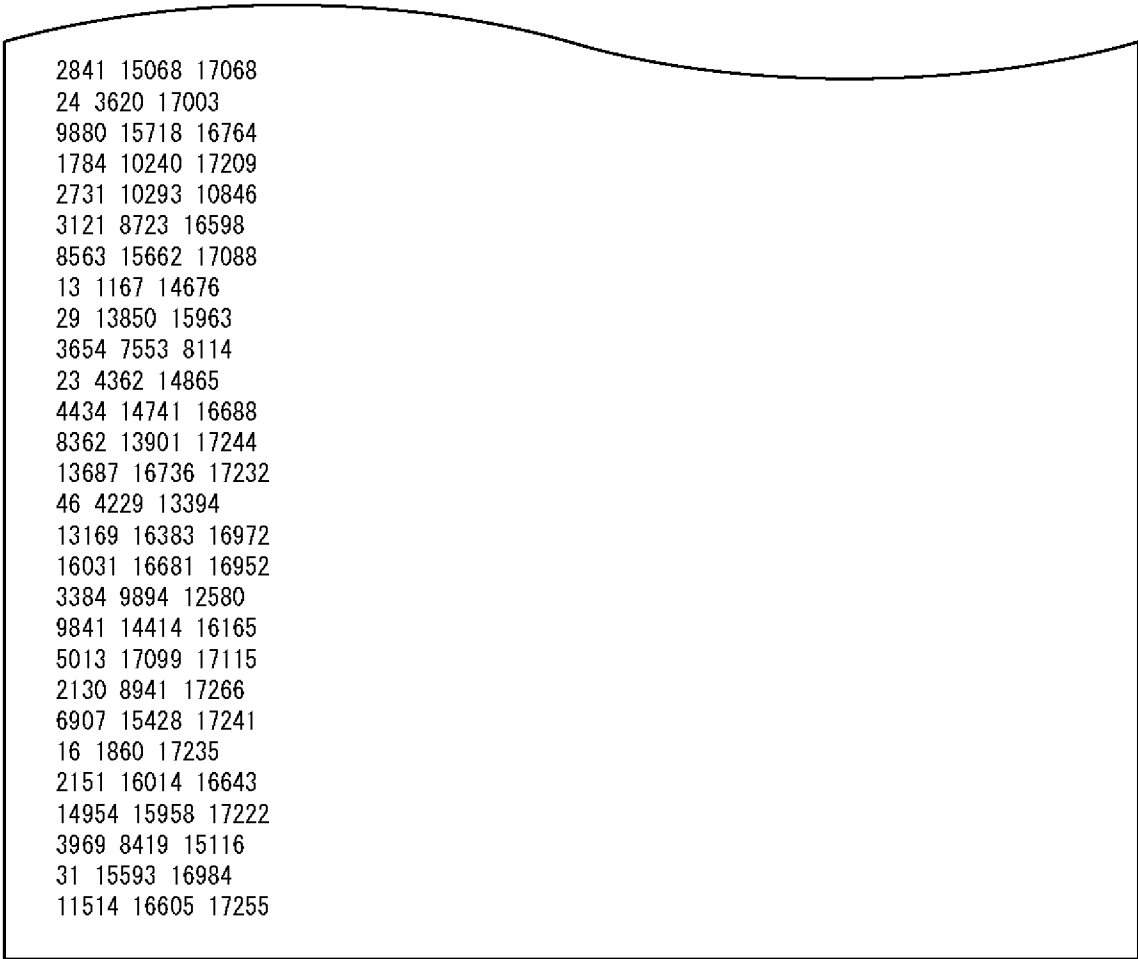
[図81]

図81

16 6685 17242
210 3452 12383
466 14462 16250
10548 12633 13962
1452 6005 16453
22 4120 13684
5195 11563 16522
5518 16705 17201
12233 14552 15471
6067 13440 17248
8660 8967 17061
8673 12176 15051
5959 15767 16541
3244 12109 12414
31 15913 16323
3270 15686 16653
24 7346 14675
12 1531 8740
6228 7565 16667
16936 17122 17162
4868 8451 13183
3714 4451 16919
11313 13801 17132
17070 17191 17242
1911 11201 17186
14 17190 17254
11760 16008 16832
14543 17033 17278
16129 16765 17155
6891 15561 17007
12741 14744 17116
8992 16661 17277
1861 11130 16742
4822 13331 16192
13281 14027 14989
38 14887 17141
10698 13452 15674
4 2539 16877
857 17170 17249
11449 11906 12867
285 14118 16831
15191 17214 17242
39 728 16915
2469 12969 15579
16644 17151 17164
2592 8280 10448
9236 12431 17173
9064 16892 17233
4526 16146 17038
31 2116 16083
15837 16951 17031
5362 8382 16618
6137 13199 17221

[図82]

図82



2841 15068 17068
24 3620 17003
9880 15718 16764
1784 10240 17209
2731 10293 10846
3121 8723 16598
8563 15662 17088
13 1167 14676
29 13850 15963
3654 7553 8114
23 4362 14865
4434 14741 16688
8362 13901 17244
13687 16736 17232
46 4229 13394
13169 16383 16972
16031 16681 16952
3384 9894 12580
9841 14414 16165
5013 17099 17115
2130 8941 17266
6907 15428 17241
16 1860 17235
2151 16014 16643
14954 15958 17222
3969 8419 15116
31 15593 16984
11514 16605 17255

[図83]

図83

N=64800, rate=23/30

310 1729 3466 4343 5079 5360 6486 7268 8660 8684 9687 10496 12682 13283 14142
10 35 3137 4489 4906 5614 6655 9072 10341 10512 11699 12547 12992 15098 15103
20 28 1671 4321 8051 8676 9003 10395 11047 11259 12221 13005 14041 14459 15078
82 329 2415 3798 8856 11071 11483 12210 12283 13592 14111 14118 14890 15043 15080
38 3425 4256 5892 6586 9088 10029 10168 10845 13170 13742 14143 14505 14648 14949
24 1462 5755 9371 9921 10303 11838 13574 13755 13982 14821 14848 14916 15082 15088
27 4818 7432 7508 8148 9725 10575 13009 13205 13469 14264 14707 14967 15029 15092
4118 6906 8252 10421 11578 12851 13114 13662 13815 14535 14795 14971 15007 15019 15094
34 5330 7799 9336 10563 11473 11624 13103 13490 13664 14286 14782 15013 15075 15089
30 1833 4359 7535 10347 10691 12403 13357 14063 14358 14554 14563 14611 14886 14894
2 11 2662 3363 5469 5674 8489 9870 11571 12625 14094 14602 14962 14972 15016
2666 3305 4681 8359 9701 9970 10838 11432 12869 13053 13873 14664 14703 14928 14998
3164 5920 5949 9228 10188 11757 12119 12878 13410 13951 14398 14652 14910 14967 15103
7840 9295 9875 11112 12316 12463 12771 13094 13197 13712 14085 14444 14707 14947 14987
1110 1223 3530 6281 10867 13008 14412 14528 14628 14753 14901 14938 15063 15087 15112
21 791 3863 5611 8101 10837 12988 13585 13731 14228 14435 14843 14910 15052 15082
40 1358 6434 9368 9892 10005 11561 11996 12506 13093 13167 14607 14674 14844 15030
803 1072 4593 6553 8291 8954 10035 11469 13719 14077 14173 14771 14812 14888 14992
6 5334 7322 7499 9560 10116 11560 11795 11874 11994 13936 14284 14376 14671 14863
41 5509 7768 9585 9698 10441 11621 12907 13092 13535 13832 14759 14887 14903 14972
4836 6794 8298 8883 10019 11625 12322 12563 13084 14192 14431 14526 14611 14883 15044
39 2210 7759 8572 8654 13258 13651 14070 14115 14279 14418 14566 14718 14811 15004
19 3975 4451 5642 6685 7975 8633 9640 9811 10753 10890 11243 11269 12598 14952
6363 6545 9439 9791 9818 13695 14229 14556 14711 14730 14744 14758 14844 14962 15032
6068 6472 6852 7431
3260 8709 11880 14644
8072 10635 12785 14902
936 12069 14934 14957
31 3503 7561 14443
4377 13028 14483 14513
397 6963 12232
8743 10726 14721
2800 3819 12560
11057 13202 15084
2256 4829 13796
2759 3104 14683
139 10014 12174
3531 9304 14860
3890 5170 13556
10401 13606 14910
4070 4564 7583
13749 14399 15019
2025 13882 15031
10616 11730 14148
2890 6342 12520
2071 6431 14496
8209 9125 13522
6008 7161 12442
14655 14792 15037
9054 14297 15119
5028 6219 12074

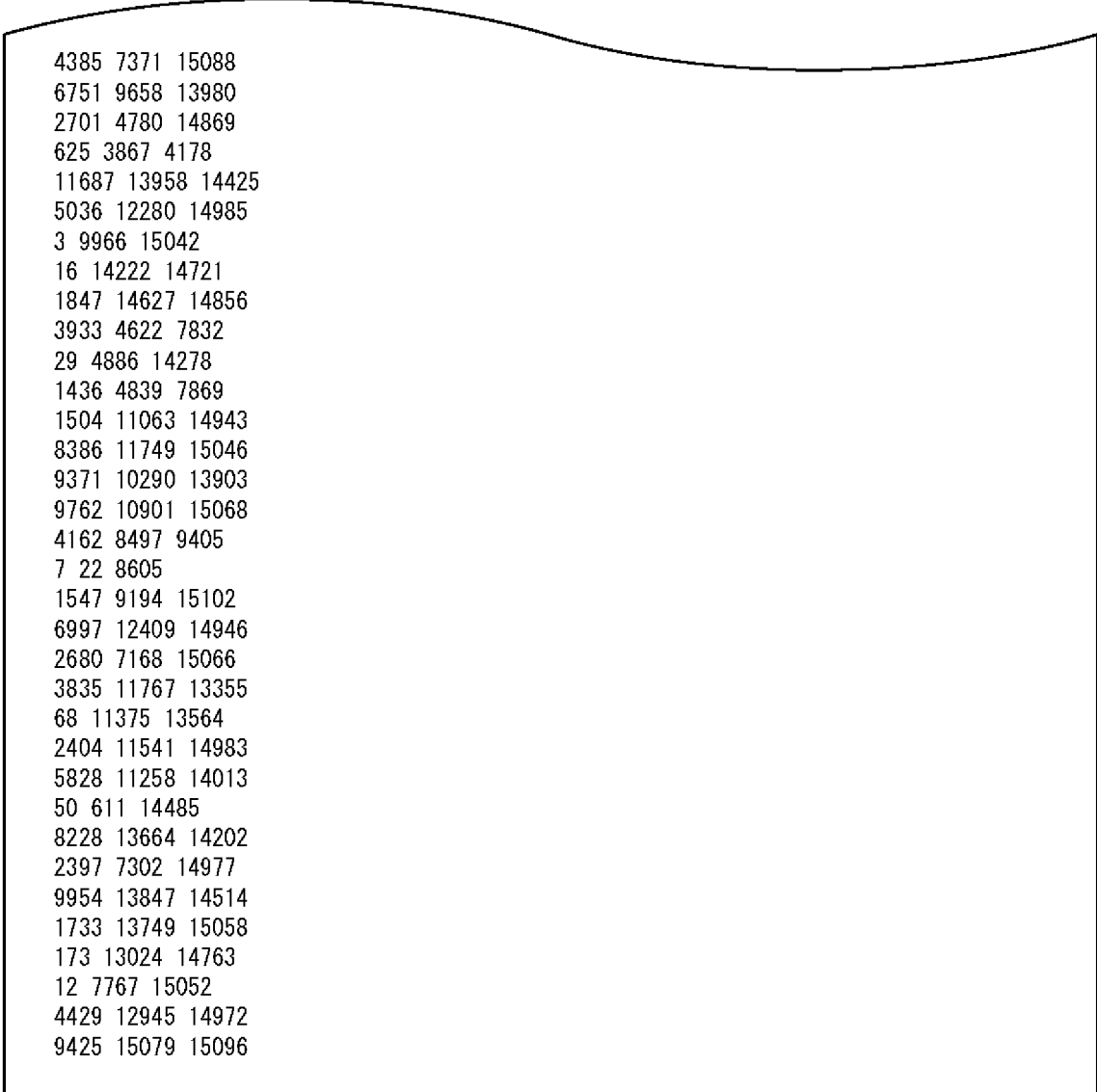
[図84]

図84

4932 6117 12187
12826 13557 14731
29 3332 10904
3244 5024 14841
1049 2209 13864
5834 7363 9300
8811 13949 15067
2676 14611 14917
4002 8661 14258
2371 3303 13028
3752 8981 15017
4942 10910 14170
3468 7594 8043
36 10685 12755
9662 11320 15033
9492 9545 15037
2896 12060 14451
702 9889 14014
645 2309 8254
4 10526 14294
24 6849 9207
4757 8294 14632
4831 14801 15043
10 6249 12881
4410 14983 15118
2286 7820 11208
7426 14880 14989
1509 10463 12060
1178 5443 8507
8631 9398 13789
6338 14601 15113
7697 10138 15054
3320 4956 8415
3367 13345 14874
13 2297 12215
610 10921 13983
7774 9106 13675
14 6002 6695
10257 13816 15090
12630 13922 14694
11114 14476 15105
32 9315 14962
5 3297 5106
3295 5972 10033
2417 14325 14447
2402 13380 13428
18 3172 14813
25 2268 9077
8145 8832 9014
2603 12606 12669
28 6315 14074
2569 3887 13526
2849 4358 15087

[図85]

図85



4385 7371 15088
6751 9658 13980
2701 4780 14869
625 3867 4178
11687 13958 14425
5036 12280 14985
3 9966 15042
16 14222 14721
1847 14627 14856
3933 4622 7832
29 4886 14278
1436 4839 7869
1504 11063 14943
8386 11749 15046
9371 10290 13903
9762 10901 15068
4162 8497 9405
7 22 8605
1547 9194 15102
6997 12409 14946
2680 7168 15066
3835 11767 13355
68 11375 13564
2404 11541 14983
5828 11258 14013
50 611 14485
8228 13664 14202
2397 7302 14977
9954 13847 14514
1733 13749 15058
173 13024 14763
12 7767 15052
4429 12945 14972
9425 15079 15096

[86]

86

N=64800, rate=24/30

1504 2103 2621 2840 3869 4594 5246 6314 7327 7364 10425 11934 12898 12954
27 1903 3923 4513 7812 8098 8428 9789 10519 11345 12032 12157 12573 12930
17 191 660 2451 2475 2976 3398 3616 5769 6724 8641 10046 11552 12842
13 1366 4993 6468 7689 8563 9131 10012 10914 11574 11837 12203 12715 12946
432 872 2603 3286 3306 3385 4137 5563 7540 9339 9948 12315 12656 12929
1113 1394 4104 4186 7240 8827 11522 11833 12359 12363 12629 12821 12904 12946
14 441 1432 1677 2432 8981 11478 11507 12599 12783 12793 12912 12922 12943
1579 1806 7971 8586 9845 10357 11600 12007 12020 12339 12576 12817 12830 12904
20 546 3672 5538 6944 8052 8781 9743 12269 12393 12418 12549 12555 12718
1 3540 4397 5011 6626 8617 9587 10360 10602 11402 11983 12068 12495 12838
30 1572 4908 7421 8041 8910 8963 11005 11930 12240 12340 12467 12892 12933
33 2060 3907 4215 5545 8306 8655 8743 8806 9315 9364 10685 11954 12959
1338 2596 4876 5207 9555 10421 10929 11648 11739 12375 12416 12643 12742 12754
9469 10544 10932 11250 11426 11582 11846 12139 12202 12210 12356 12378 12873 12929
2681 3337 3616 6113 7078 8167 8624 9697 10908 11781 11855 12095 12475 12659
28 4086 5432 6555 6848 7368 8794 11483 11572 12414 12816 12894 12936 12957
5 5044 5572 9023 9192 9589 9979 10009 10855 10991 11715 12314 12610 12945
17 272 602 5681 6530 9572 9886 11061 11495 12238 12265 12483 12885 12955
22 2245 4282 4469 5007 6650 6733 10151 10401 11571 12004 12261 12805 12844
23 3270 4468 8621 9662 11240 11934 12091 12444 12691 12717 12858 12888 12917
740 1519 4923 6191 7878 8350 9293 10779 11020 11287 11630 12792 12862 12920
12 28 3584 6072 7079 8075 10477 11130 11383 11780 12341 12667 12818 12927
14 118 5283 5382 8301 9097 9413 9664 10437 10701 11124 12685 12730 12734
32 1426 3078 4325 5353 7780 9042 9928 10077 10377 10679 11191 11750 12611
1 669 3831 3980 5381 5412 6552 8453 9435 10243 11546 11821 11987 12807
232 483 919 1232 2156 2396 2990 3774 8539 8704 8819 10810 11868 12634
2381 7309 9334
348 6494 12623
4872 6257 11090
7 11970 11985
6615 12788 12855
1173 5269 12647
1944 7738 8116
17 4828 9175
2329 6034 12642
1254 2366 5013
2984 5078 5664
7423 10265 11528
1656 8526 8716
22 287 2837
18 100 3079
299 3171 12169
33 5920 11144
1286 3650 9309
2283 8809 12588
3199 8242 9081
2507 6846 8113
5211 8722 12689
1064 2592 8659
6136 6925 12958
1256 12789 12932

[図87]

図87

4274 8045 8788
1824 3209 6926
11 8899 12669
6249 6338 8730
641 9679 12831
3459 9876 11185
3226 6148 8173
9078 12126 12771
10907 11278 12731
3392 4020 12838
2814 11588 12909
6063 9214 11519
6064 6827 12683
1610 2452 6582
903 6289 8074
4592 8138 12952
2587 6271 9945
2733 11844 11893
581 4601 10020
14 5597 6049
343 3582 5931
5263 6521 12846
1394 2457 5251
11 4627 12747
2650 10366 12390
6285 11893 12062
10143 12892 12956
8448 11917 12330
4209 11693 12356
1529 2360 9086
5389 8148 10224
64 4876 12862
9483 12659 12887
3587 6767 12478
3122 5245 9044
3267 10118 11466
1347 3857 6705
9384 9576 11971
1366 8708 10758
412 4249 12863
1676 10488 11850
17 1605 2455
14 111 6045
11368 12919 12953
10588 11530 12937
4549 5143 12218
3088 4185 11674
23 2554 7823
6615 9291 9863
2229 3629 10855
3818 5509 12764
2740 11525 12914
8297 8611 12948

[図88]

図88

3606 11104 12920
5097 10412 12759
6502 7266 12072
5425 5490 10728
22 73 8462
32 12439 12657
8483 9540 10430
7275 7377 7420
5748 9726 12356
5672 6150 9156
28 3527 5857
520 7099 11335
405 6173 12865
5847 12843 12934
4289 7679 10386
2950 8021 12938
8844 11214 12955
2130 10760 12665
734 4790 12940
8 6991 12772
19 8205 11289
12 1440 9077
8670 8837 12951
3531 9166 12937
15 8901 8929
838 10114 11740
2648 9959 10934
323 7499 12877
5505 5659 11395
6627 12709 12933
364 1976 12888
8213 9124 12793
9588 10088 11108
299 890 11634
7368 7598 11602
28 4669 12585
15 27 12474
1426 3614 4205
30 2087 11147
6226 6259 12941

[89]

89

N=64800, rate=25/30

1860 2354 3967 4292 4488 5243 5373 5766 8378 9111 10468 10505 10774
24 2266 2380 3282 4255 4779 8729 9140 9566 10102 10661 10711 10797
605 650 1108 1669 2251 3133 5847 6197 6902 7545 10521 10600 10773
1016 1428 1612 2335 3102 3810 4926 5953 9964 10246 10569 10734 10784
3195 6308 8029 9030 9397 9461 9833 10239 10499 10675 10736 10757 10773
2 27 3641 4566 7332 9318 9323 9916 10365 10438 10561 10581 10750
2405 2458 4820 6232 6254 6347 7139 7474 8623 8779 8798 10747 10794
3164 4736 6474 7162 7420 7517 7835 8238 8412 8489 9006 10113 10440
20 2372 5561 5649 6907 8393 8505 9181 9567 9595 10388 10483 10714
1071 2899 5135 5780 6616 7111 7773 8582 9015 9912 10139 10387 10768
292 2833 5490 6011 6136 6713 7517 9096 10128 10328 10407 10525 10736
1044 3711 4421 5140 5207 8118 8749 8884 9205 10359 10372 10746 10784
3241 5696 6440 7240 7419 8613 8878 9593 9959 9997 10401 10404 10754
3133 4647 5912 6065 6694 7208 7346 8227 9465 9739 10452 10516 10770
2254 6444 7449 8095 8120 8710 9030 9162 9643 9968 10101 10571 10678
918 1445 2217 4262 4623 5401 5749 7446 7907 9539 10125 10514 10726
6 1341 1788 3105 4359 5263 5470 7552 8249 8644 10609 10674 10733
1994 3000 3151 3173 7742 8335 8438 8741 9232 9296 9817 10023 10257
467 1674 3016 3950 4055 5399 6688 7113 7273 8658 8702 9642 10545
2007 2541 3125 7380 7550 8122 8501 8665 9882 10403 10519 10594 10696
334 587 709 1540 2023 2876 6216 8768 9328 9481 10424 10507 10779
2165 4185 4306 5019 6961 7386 8447 9082 9837 10091 10461 10559 10570
7 903 2948 6312 6654 7738 7980 8312 9104 9743 10070 10278 10406
3047 3154 4160 4378 5461 8711 8809 9040 9173 9252 9537 9995 10735
2018 2355 3828 3854 6201 6696 8313 8459 8550 8833 9586 10202 10224
1402 1908 4286 4660 6029 6115 6737 7538 9495 9517 10055 10509 10644
3442 3589 3868 5051 5322 5580 8725 9046 9170 10041 10613 10681 10689
2733 7826 10622
3597 4753 7086
1394 7297 10264
2848 7502 10304
1649 2405 10783
647 2911 9069
2572 4006 7508
1361 8887 10103
3681 4023 9090
1496 4962 6325
2016 5120 9747
3954 5260 8568
3364 8719 10035
4208 4806 9973
29 3361 3490
1835 2317 10436
7312 8177 9041
7728 8097 10761
2109 7902 9685
5424 8943 9436
4369 7643 9152
2240 10140 10528
3435 6124 10604
8962 9357 10040

[図90]

図90

26 1931 8629
8275 10455 10643
8 24 4952
3995 6456 10633
28 10300 10337
4894 9286 9429
5587 6721 9120
1859 9198 9762
6374 6453 7011
1319 4530 5442
1507 10711 10798
2115 3445 3641
6668 9139 10163
4038 8117 10295
1479 3403 8247
2522 2934 3562
1526 5073 9650
2136 9820 10636
4214 8464 9891
8018 10330 10610
8984 10209 10647
3414 7272 8599
4883 9077 9525
22 8173 8425
2941 6536 10126
29 6540 7361
5 3787 10468
4264 4818 6906
3903 7041 10412
6078 7661 10619
6922 9723 9890
5112 5416 6253
5925 9961 10447
9 10311 10598
8790 8814 10793
4768 5466 10664
10 10675 10766
6814 8705 10737
17 769 6692
1503 10696 10742
1285 4632 8976
4279 4973 7907
4650 4775 10785
28 729 10331
1914 5240 10723
3569 4921 9561
4 9442 10796
494 2328 9507
1717 8768 10750
9540 10599 10774
11 10075 10644
10246 10607 10753
5510 7088 9053

[図91]

図91

1347 3584 5523
7872 10596 10736
628 10592 10695
5632 5688 10627
2375 10009 10561
4169 4630 8871
2896 10038 10521
89 9695 9799
20 7563 9069
4534 10321 10697
8212 9868 10716
7485 9312 10327
234 536 6293
5515 7350 9251
283 3182 7167
2444 5378 6130
6183 8315 10726
43 4871 8347
2427 10219 10728
10 21 9448
1067 8312 8420
4793 9522 10105
4688 10536 10724
3825 7496 10709
682 8544 10449
2794 7110 10741
9279 10741 10767
2897 5442 8771
33 7957 10460
5 10393 10792
6225 10224 10798
23 9014 10786
7836 8339 8642
3476 5455 9788
1939 10251 10384
4008 7890 10450
926 2090 3804
1038 2497 10701
22 6220 8405
5153 5944 10367
7260 7726 9529
3039 8397 10665
7262 9644 10083
5531 6248 10795
7926 8248 8413
4649 8971 10182

[92]

92

N=64800, rate=26/30

142 2307 2598 2650 4028 4434 5781 5881 6016 6323 6681 6698 8125
2932 4928 5248 5256 5983 6773 6828 7789 8426 8494 8534 8539 8583
899 3295 3833 5399 6820 7400 7753 7890 8109 8451 8529 8564 8602
21 3060 4720 5429 5636 5927 6966 8110 8170 8247 8355 8365 8616
20 1745 2838 3799 4380 4418 4646 5059 7343 8161 8302 8456 8631
9 6274 6725 6792 7195 7333 8027 8186 8209 8273 8442 8548 8632
494 1365 2405 3799 5188 5291 7644 7926 8139 8458 8504 8594 8625
192 574 1179 4387 4695 5089 5831 7673 7789 8298 8301 8612 8632
11 20 1406 6111 6176 6256 6708 6834 7828 8232 8457 8495 8602
6 2654 3554 4483 4966 5866 6795 8069 8249 8301 8497 8509 8623
21 1144 2355 3124 6773 6805 6887 7742 7994 8358 8374 8580 8611
335 4473 4883 5528 6096 7543 7586 7921 8197 8319 8394 8489 8636
2919 4331 4419 4735 6366 6393 6844 7193 8165 8205 8544 8586 8617
12 19 742 930 3009 4330 6213 6224 7292 7430 7792 7922 8137
710 1439 1588 2434 3516 5239 6248 6827 8230 8448 8515 8581 8619
200 1075 1868 5581 7349 7642 7698 8037 8201 8210 8320 8391 8526
3 2501 4252 5256 5292 5567 6136 6321 6430 6486 7571 8521 8636
3062 4599 5885 6529 6616 7314 7319 7567 8024 8153 8302 8372 8598
105 381 1574 4351 5452 5603 5943 7467 7788 7933 8362 8513 8587
787 1857 3386 3659 6550 7131 7965 8015 8040 8312 8484 8525 8537
15 1118 4226 5197 5575 5761 6762 7038 8260 8338 8444 8512 8568
36 5216 5368 5616 6029 6591 8038 8067 8299 8351 8565 8578 8585
1 23 4300 4530 5426 5532 5817 6967 7124 7979 8022 8270 8437
629 2133 4828 5475 5875 5890 7194 8042 8345 8385 8518 8598 8612
11 1065 3782 4237 4993 7104 7863 7904 8104 8228 8321 8383 8565
2131 2274 3168 3215 3220 5597 6347 7812 8238 8354 8527 8557 8614
5600 6591 7491 7696
1766 8281 8626
1725 2280 5120
1650 3445 7652
4312 6911 8626
15 1013 5892
2263 2546 2979
1545 5873 7406
67 726 3697
2860 6443 8542
17 911 2820
1561 4580 6052
79 5269 7134
22 2410 2424
3501 5642 8627
808 6950 8571
4099 6389 7482
4023 5000 7833
5476 5765 7917
1008 3194 7207
20 495 5411
1703 8388 8635
6 4395 4921
200 2053 8206
1089 5126 5562

[図93]

図93

10 4193 7720
1967 2151 4608
22 738 3513
3385 5066 8152
440 1118 8537
3429 6058 7716
5213 7519 8382
5564 8365 8620
43 3219 8603
4 5409 5815
5 6376 7654
4091 5724 5953
5348 6754 8613
1634 6398 6632
72 2058 8605
3497 5811 7579
3846 6743 8559
15 5933 8629
2133 5859 7068
4151 4617 8566
2960 8270 8410
2059 3617 8210
544 1441 6895
4043 7482 8592
294 2180 8524
3058 8227 8373
364 5756 8617
5383 8555 8619
1704 2480 4181
7338 7929 7990
2615 3905 7981
4298 4548 8296
8262 8319 8630
892 1893 8028
5694 7237 8595
1487 5012 5810
4335 8593 8624
3509 4531 5273
10 22 830
4161 5208 6280
275 7063 8634
4 2725 3113
2279 7403 8174
1637 3328 3930
2810 4939 5624
3 1234 7687
2799 7740 8616
22 7701 8636
4302 7857 7993
7477 7794 8592
9 6111 8591
5 8606 8628
347 3497 4033

[図94]

図94

1747 2613 8636
1827 5600 7042
580 1822 6842
232 7134 7783
4629 5000 7231
951 2806 4947
571 3474 8577
2437 2496 7945
23 5873 8162
12 1168 7686
8315 8540 8596
1766 2506 4733
929 1516 3338
21 1216 6555
782 1452 8617
8 6083 6087
667 3240 4583
4030 4661 5790
559 7122 8553
3202 4388 4909
2533 3673 8594
1991 3954 6206
6835 7900 7980
189 5722 8573
2680 4928 4998
243 2579 7735
4281 8132 8566
7656 7671 8609
1116 2291 4166
21 388 8021
6 1123 8369
311 4918 8511
0 3248 6290
13 6762 7172
4209 5632 7563
49 127 8074
581 1735 4075
0 2235 5470
2178 5820 6179
16 3575 6054
1095 4564 6458
9 1581 5953
2537 6469 8552
14 3874 4844
0 3269 3551
2114 7372 7926
1875 2388 4057
3232 4042 6663
9 401 583
13 4100 6584
2299 4190 4410
21 3670 4979

[95]

95

N=64800, rate=27/30

658 706 898 1149 2577 2622 2772 3266 3329 5243 6079 6271
289 784 1682 3584 3995 4821 4856 5063 5974 6168 6437 6453
658 1426 2043 2065 2986 4118 4284 5394 5444 5477 5727 6018
641 928 1225 2841 4052 4840 4992 5268 5533 6249 6461 6475
2312 2917 3713 3849 4059 4241 4610 5440 5727 6101 6397 6444
1165 1592 1891 2154 3981 4817 5181 5748 5788 6012 6266 6350
13 2758 3069 4233 4697 5100 5279 5677 5919 5969 6280 6422
818 1500 2125 2340 3774 4707 4901 5170 5744 6008 6316 6353
857 3054 3409 3496 3704 4868 5326 6211 6292 6356 6367 6381
0 7 12 1709 2166 3418 3723 4887 5770 6043 6069 6431
2481 3379 4650 4900 4919 5060 5410 5425 6056 6173 6283 6386
15 814 854 1871 2934 3387 3915 5180 5303 5442 5581 5665
146 1882 3076 4458 4848 5252 5602 5778 5821 6213 6251 6401
2 947 1419 1566 3437 3646 4615 4634 4735 5819 5943 6280
1231 2309 2920 4158 4185 4298 4711 5082 5757 5762 6204 6209
257 297 337 2783 3230 4134 4480 4749 5295 5689 5921 6202
1436 2151 2629 3217 3930 4078 5386 5799 5906 6146 6226 6366
133 530 2448 4745 5000 5020 5224 5273 6211 6266 6431 6453
13 2644 3895 3898 4485 4722 5142 5462 5951 6031 6084 6351
6 3000 3873 3995 4680 5158 5504 5692 5755 6255 6338 6359
166 465 1658 2549 2941 4244 5071 5149 5452 5874 5939 6038
2309 2937 4282 4628 5113 5454 5731 5825 6021 6171 6402 6472
3 1077 2116 2426 2830 4853 5066 5571 5850 5916 6389 6421
817 1608 2229 2925 3281 4393 5042 5058 5377 5464 5588 6448
1848 3871 4381 4776 5366 5578 5648 6143 6389 6434 6465 6473
1263 1616 3150 3497 3759 4078 5530 5665 5694 5913 6397 6420
11 813 2185 2795 3349 4652 4678 5078 5504 6011 6286 6387
3060 3161 4584 4996 5143 5542 5697 5937 6141 6155 6342 6445
1638 2333 2632 3450 3505 3911 4399 4454 5499 5860 6044 6360
650 1744 4517
5772 6071 6471
3582 3622 5776
6153 6380 6446
3977 5932 6447
2071 4597 4891
11 1428 3776
1111 3874 5048
1410 2144 4445
4681 5481 6462
4044 5037 5497
2716 2891 6411
3299 4384 6224
1843 6087 6400
4664 5009 5856
1548 4383 5055
3172 4190 6373
5899 6443 6470
2572 3647 6240
1295 2158 6466
5604 6269 6368
3 5551 6454

[図96]

図96

3325 5797 6261
666 1397 5538
3069 4274 6410
4042 5992 6437
743 3075 3447
1344 2725 6386
283 2808 6303
2 4627 4632
26 1565 4000
4012 4946 6472
1629 6158 6467
6300 6351 6376
2969 4344 4440
2317 3115 4832
2099 5263 6285
2409 5868 5997
3752 4200 6350
3125 5841 6142
1 2249 6328
16 2525 6379
3198 5269 5960
4 1705 2069
990 4948 5520
1664 3836 4521
1765 4110 6454
9 1373 6387
1969 2405 6368
623 1428 3946
3111 6380 6436
1861 5611 5934
9 2444 3081
5 5508 6317
3184 4988 5995
1060 4803 6400
5021 5826 6289
1608 4754 5648
4702 6391 6421
3899 4811 6128
927 2286 5313
4123 6181 6453
2893 4150 5261
605 4332 5094
17 3518 6358
2858 6126 6478
15 1316 6465
2 2032 2983
5249 6340 6427
5 6003 6200
4478 6315 6420
5158 6390 6447
2598 3229 5399
3747 6424 6446
1412 2453 6332

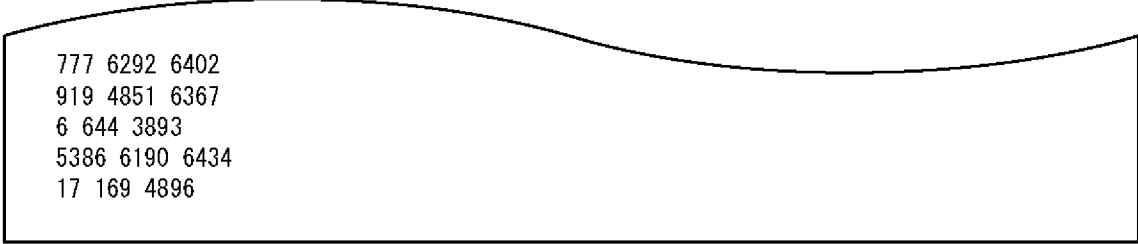
[図97]

図97

5256 5715 6455
2137 3421 4368
15 3880 5245
17 3156 5638
3227 3798 6230
2094 3129 6458
1412 5573 5932
175 1182 6304
3555 6407 6463
583 1654 6339
14 6261 6449
3553 5383 5679
2092 2744 4153
0 4466 6472
11 3840 4354
17 5457 6222
1467 6083 6220
3449 3858 6337
3782 5318 6426
417 5038 5790
3571 5638 5873
6117 6241 6476
1898 5680 6219
3235 3817 6429
2095 4194 6224
2 4092 6448
5 6330 6383
285 5075 6334
10 505 2867
1183 5956 6466
839 4716 6471
984 3254 6432
1501 4790 6465
8 1457 1707
1660 1969 6438
4349 6182 6305
1423 3848 5490
1651 2969 6345
344 4164 6298
2397 6027 6274
2233 2778 6161
13 1778 2977
9 1916 3377
0 3 6190
395 4893 6394
3512 4098 6400
3490 6281 6473
12 1359 6465
4202 5179 6412
3007 3542 4271
2400 3350 6351
7 5490 5716
4695 5231 6266

[図98]

図98



777 6292 6402
919 4851 6367
6 644 3893
5386 6190 6434
17 169 4896

[99]

99

N=64800, rate=28/30

85 314 1602 1728 1929 2295 2729 2924 3779 4054 4276
918 1378 1838 1903 2399 2524 2937 3615 3740 4140 4213
1361 1430 2639 2648 2910 3418 3511 3543 4177 4209 4248
472 1143 1318 1545 1830 2228 2249 2256 3626 3839 3991
226 1401 2154 2318 2851 3317 3468 3944 3983 4047 4093
490 1145 1247 1851 2671 2776 3152 3229 3345 3758 3786
522 1393 1473 2196 2707 3052 3398 3814 3827 4148 4301
417 1982 2176 2336 2459 2806 3005 3771 3870 4080 4243
112 1040 1596 1621 1685 2118 2571 3359 3945 4034 4171
646 1705 2181 2439 2808 2851 2987 3044 3494 4049 4312
6 11 115 245 663 1773 2624 3444 3601 3952 4246
11 541 1020 1326 2259 2347 2750 2861 3328 3428 4126
515 941 1233 1804 2295 2528 3265 3826 4002 4022 4224
46 484 679 1949 2342 2929 3555 3860 3918 4068 4113
1832 2023 2279 2376 2965 3278 3318 3549 3640 3843 3910
241 943 1222 1583 1637 2745 3338 4080 4086 4203 4300
11 1419 1841 2398 2920 3409 3703 3768 3878 4052 4254
878 2049 2123 2431 2657 2704 3135 3342 3728 4141 4162
16 837 1267 1410 2100 3026 3099 3107 4042 4129 4157
133 646 1367 1394 2118 2311 2676 2956 3195 3536 3657
698 1444 2129 2432 2494 2793 2947 3852 3985 4254 4319
11 1076 1618 1995 2332 2743 2934 3009 3565 4169 4188
14 20 808 2629 2681 3090 3491 3835 4017 4068 4083
433 1386 2416 2570 2950 3611 3869 3969 4248 4251 4316
384 1292 1534 2610 2617 3559 3638 3964 4131 4293 4313
271 564 1719 2288 2597 2674 3429 3455 3793 4074 4286
133 190 815 955 1485 2000 2860 3000 3734 4013 4287
559 771 1762 2537 2764 2816 3186 3806 3933 4224 4271
11 733 1198 1735 1856 2668 2754 3216 4070 4113 4311
4 806 1832 2047 2058 2724 3387 3793 3833 4005 4319
506 1456 2339 3069 3343 3442 3889 3939 4013 4212 4278
2038 3980 4313
64 2373 4080
800 1535 4166
1030 3759 4002
1687 3269 4225
1219 2632 3878
719 2916 4277
1261 1930 3459
777 1568 1914
4 397 3290
10 3451 4115
3629 3885 4155
2652 3668 4026
135 3172 4319
1426 1970 3657
199 1268 2064
570 845 2761
41 1067 3498
1588 2482 2750
1615 2013 2715

[図100]

図100

121 1812 2588
10 992 1082
1929 4225 4279
6 1967 3760
593 1812 4107
891 2146 4158
924 2282 3585
592 2971 4235
260 3493 4313
2423 3180 3449
2042 3118 3625
2877 3064 3882
7 2139 4316
4 7 2954
1398 3947 4272
3675 4253 4318
1561 1977 2432
2531 4192 4209
1032 1102 4268
75 1718 3438
925 1073 4171
2124 2762 4148
4 3455 4069
3 1279 3382
1277 1746 3969
2727 3127 4230
584 1108 3454
9 2057 3061
1608 4103 4310
2673 3164 3713
1379 4072 4318
950 3447 4146
2509 4255 4296
819 1352 3371
3562 3865 4041
940 1217 3607
114 2544 4310
4 2178 4213
2035 4246 4251
272 1236 2733
953 2762 4115
1853 3496 4309
1119 3740 4318
2051 4058 4317
0 3162 4207
2389 4034 4111
4 3395 4301
3716 4089 4198
6 4272 4311
1 4 1854
4238 4299 4305
7 10 3737
11 3764 4296

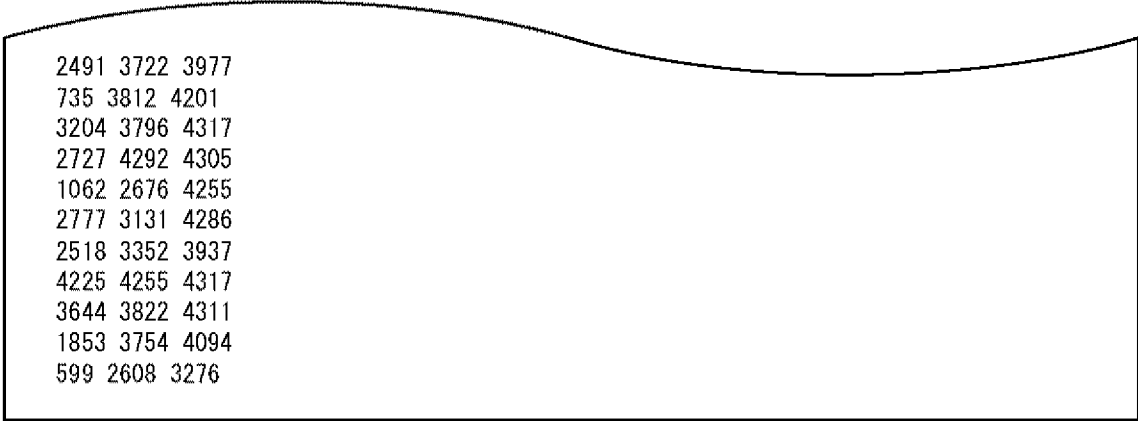
[図101]

図101

297 1912 4117
1087 1796 4056
2153 3882 4030
962 4043 4203
243 3841 4308
2183 3886 4216
943 1974 2897
278 3224 3933
3 4196 4245
3409 4301 4315
2 2176 3214
462 3203 4008
478 2178 4202
3593 3825 4216
115 2796 4225
3827 4196 4251
1375 4301 4306
296 407 2055
688 3913 4281
3446 3840 4314
1073 3444 4146
1556 2761 3391
2 3543 4264
1378 3347 4305
847 1952 2745
1 1743 4042
2087 3048 4254
1010 4073 4132
2610 4129 4152
4106 4120 4313
7 4282 4304
3885 4227 4319
1235 4105 4195
1700 2332 4224
9 3750 4282
1539 4013 4310
3734 3834 4011
1397 2758 3645
7 1000 2984
11 3433 4068
1139 1800 3352
8 546 2561
1 4209 4239
2366 4063 4282
279 2524 2533
657 1913 4006
2322 2623 2960
758 803 2304
9 13 4241
3887 4299 4318
2612 3830 4230
1300 1596 2155
3622 3671 4230

[図102]

図102



2491	3722	3977
735	3812	4201
3204	3796	4317
2727	4292	4305
1062	2676	4255
2777	3131	4286
2518	3352	3937
4225	4255	4317
3644	3822	4311
1853	3754	4094
599	2608	3276

[図103]

図103

N=64800, rate=29/30
212 499 911 940 1392
316 563 1527 2006 2077
2 1906 2043 2112 2123
537 901 1582 1812 1955
5 978 1280 1933 2145
5 2035 2044 2108 2121
5 939 1874 1974
4 1069 1758
694 2096 2106
1129 1511 1659
1564 2089 2159
2 1605 2004
474 1341 2003
103 2128 2150
1656 1993 2153
1881 2122 2138
1088 1968 2141
1 298 2073
1042 1724 2137
1253 1758 2145
1209 1566 2123
1466 2116 2155
43 2006 2049
592 1806 1865
3 143 2149
1158 1448 2002
1422 2152 2157
485 2119 2150
371 1831 2086
204 2042 2151
174 544 974
1469 1795 1995
13 708 1883
5 1144 2030
486 1309 1576
165 2030 2147
504 2073 2126
263 565 1798
239 861 1861
862 1610 1716
1346 1971 2128
5 804 1399
2139 2144 2155
4 2136 2159
1485 2059 2158
50 1091 1332
373 1730 2092
59 1086 1401
1166 1781 2065

[図104]

図104

213 2080 2154
492 1905 2110
1 1517 2126
722 1427 2146
885 991 1842
3 278 1806
967 1354 1907
1697 2047 2156
684 1924 2151
2077 2122 2157
978 2054 2135
435 2034 2150
136 1997 2125
1504 1850 2153
1404 1989 2119
109 1001 2152
780 1473 2150
198 1723 2062
927 2087 2138
1 666 2018
1293 1960 2141
1648 2033 2144
681 1578 1999
1342 2022 2157
949 1907 1994
138 1261 2135
3 608 982
1211 1501 2150
201 228 1186
1295 2089 2132
267 556 2142
801 2052 2122
1382 2135 2155
572 1503 1704
346 1183 2129
1926 2090 2149
1337 2133 2140
5 1806 2125
1383 1628 2068
1193 1626 2138
1999 2115 2146
217 274 2021
3 816 2024
1380 2138 2157
607 1385 2110
184 1195 2063
0 1767 2108
0 2081 2097
1135 2036 2128
1748 2001 2125

[図105]

図105

797 1552 1926
1046 1890 2128
291 1859 2131
1075 1214 1762
60 549 1943
581 1197 1232
1009 2026 2136
884 2002 2117
1 576 1449
519 1968 2114
5 1489 1630
1926 2037 2158
2 1249 2159
0 811 2114
2055 2152 2159
802 1911 2120
204 1033 2033
1840 2012 2037
1746 2111 2155
1098 1835 2157
2 1492 1831
353 1537 1830
375 1264 2036
2 1638 2035
1096 1971 2021
950 1809 1884
253 467 1600
5 379 1833
4 1698 1970
37 1637 2136
1174 1460 2157
612 1827 2134
1783 1802 1949
2029 2118 2151
1984 2030 2141
2 347 462
862 1693 2121
2 895 1401
4 1901 2100
1183 1674 2069
1575 1940 2158
5 1904 2097
1044 2029 2092
1441 1943 2150
0 3 1300
2 516 1735
503 1342 2019
1421 1914 2131
28 986 1467
1270 1851 1988

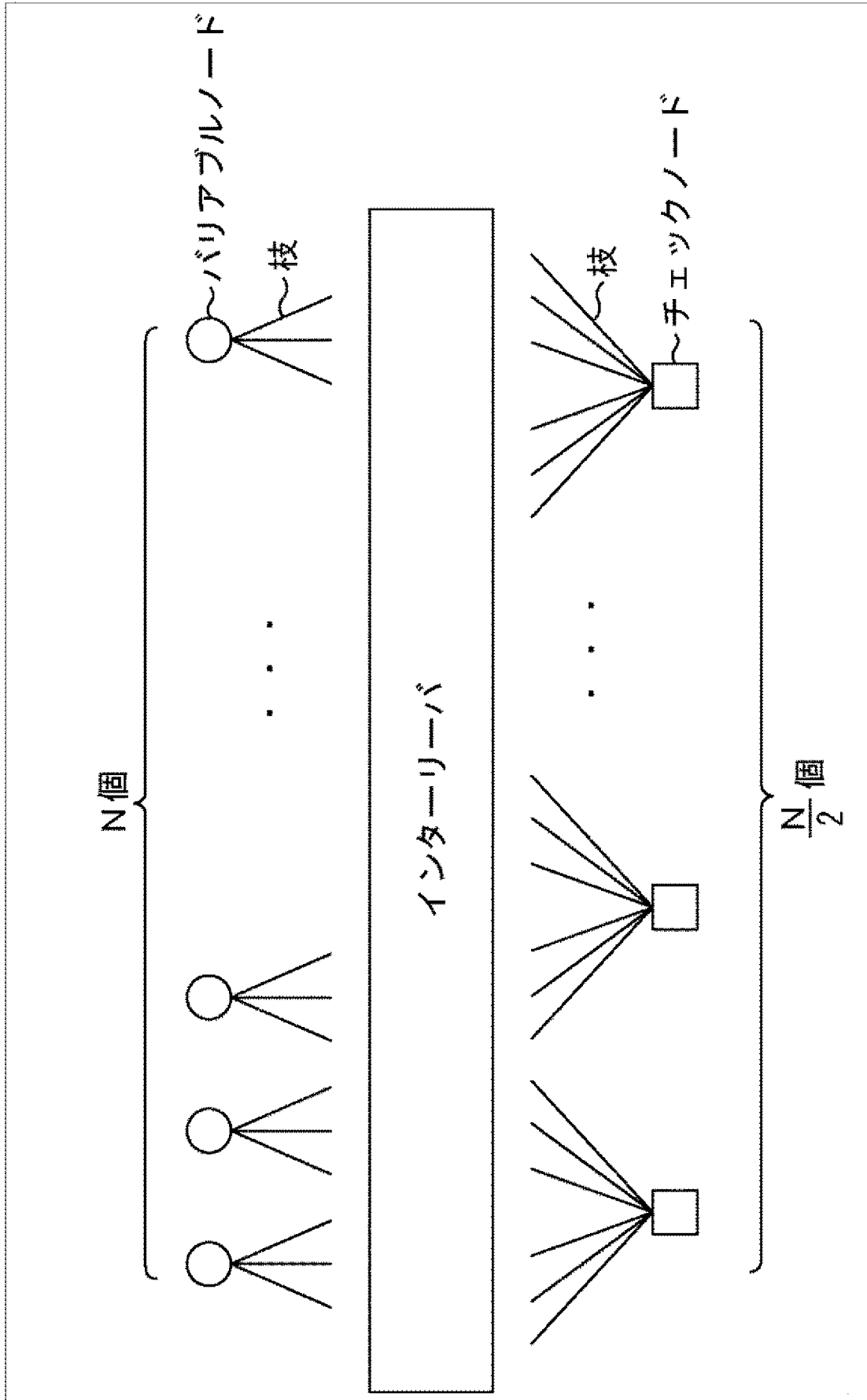
[図106]

図106

481 1265 2016
530 546 909
653 1909 2158
1805 2002 2149
2 1359 1518
1640 2104 2129
1656 2109 2155
1307 1762 2114
565 1647 2118
1690 2081 2156
1 300 1995
5 1681 2151
1602 2050 2156
1 1960 2153
2061 2070 2138
1581 1673 2142
1048 1142 2101
1867 1991 2055
856 1640 1878
251 561 966
343 1816 2114
3 966 2045
1885 1922 2158
57 556 2059
732 1724 2147

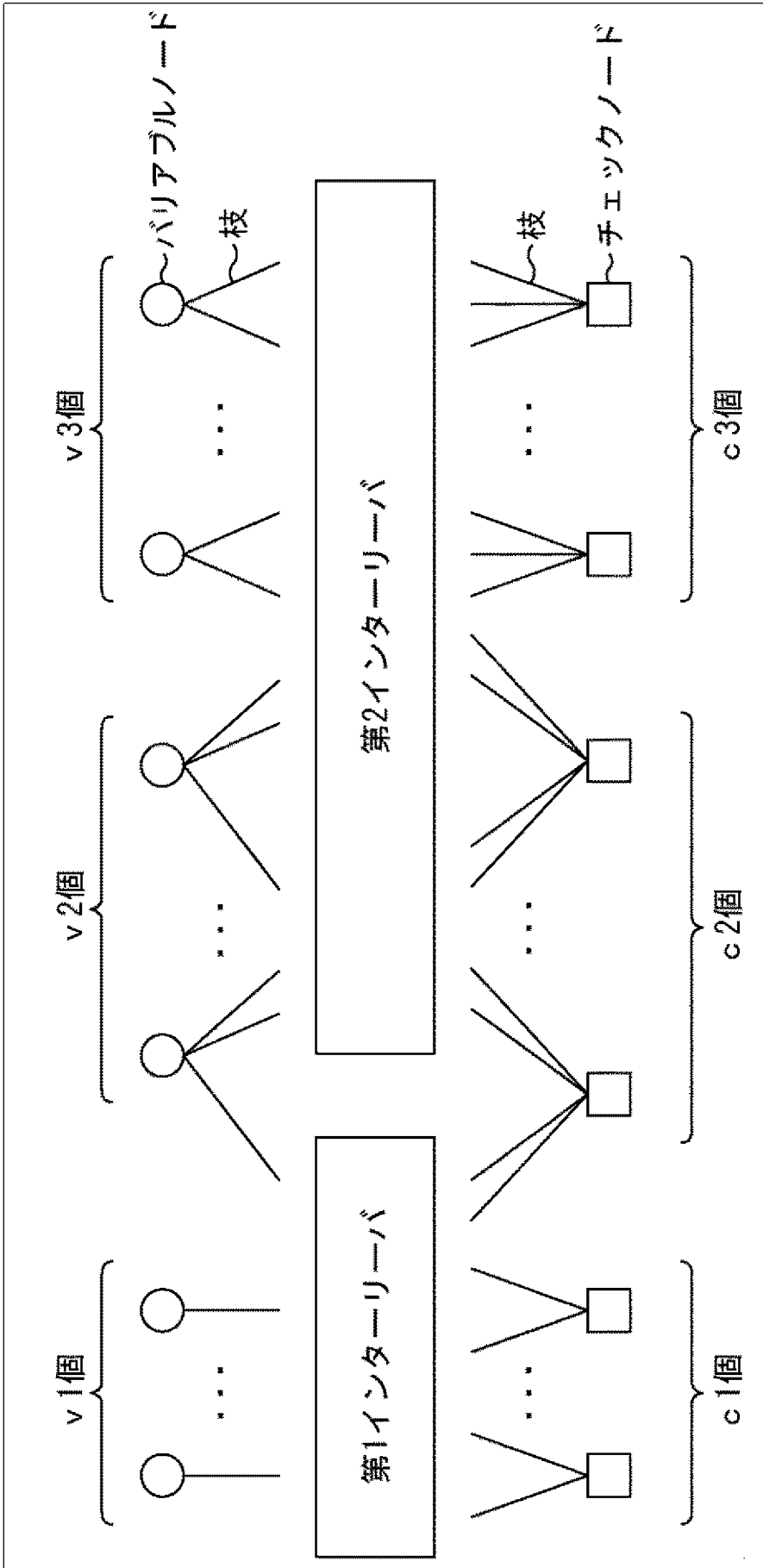
[図107]

図107



[図108]

図108

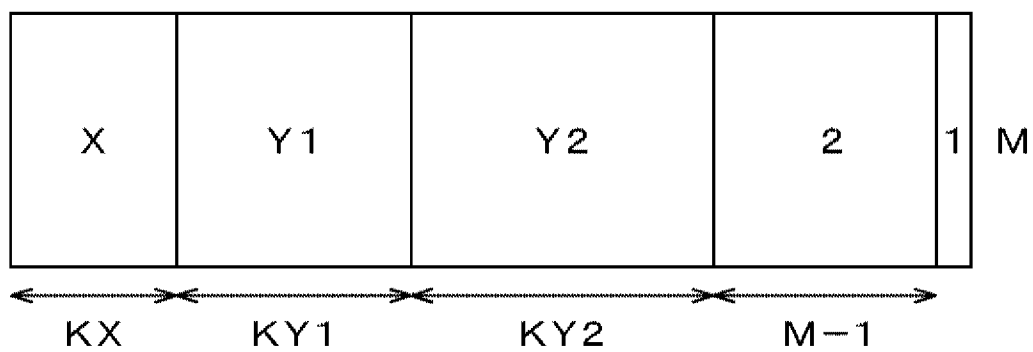


[図109]
図109

Rate	性能閾値 (Es/N0)	最小 サイクル長
2/30	-9.523519	14
3/30	-7.758979	14
4/30	-6.428797	6
5/30	-5.490092	10
6/30	-4.589849	10
7/30	-3.760281	12
8/30	-3.191565	8
9/30	-2.550214	10
10/30	-1.878597	8
11/30	-1.378961	8
12/30	-0.947792	6
13/30	-0.494134	6
14/30	-0.045119	8
15/30	0.428446	8
16/30	0.829080	8
17/30	1.248503	8
18/30	1.658523	8
19/30	2.078240	8
20/30	2.489205	6
21/30	2.918982	6
22/30	3.351930	6
23/30	3.788323	6
24/30	4.252169	6
25/30	4.761537	6
26/30	5.301749	6
27/30	5.921125	6
28/30	6.675945	6
29/30	7.881048	6

[図110]

図110

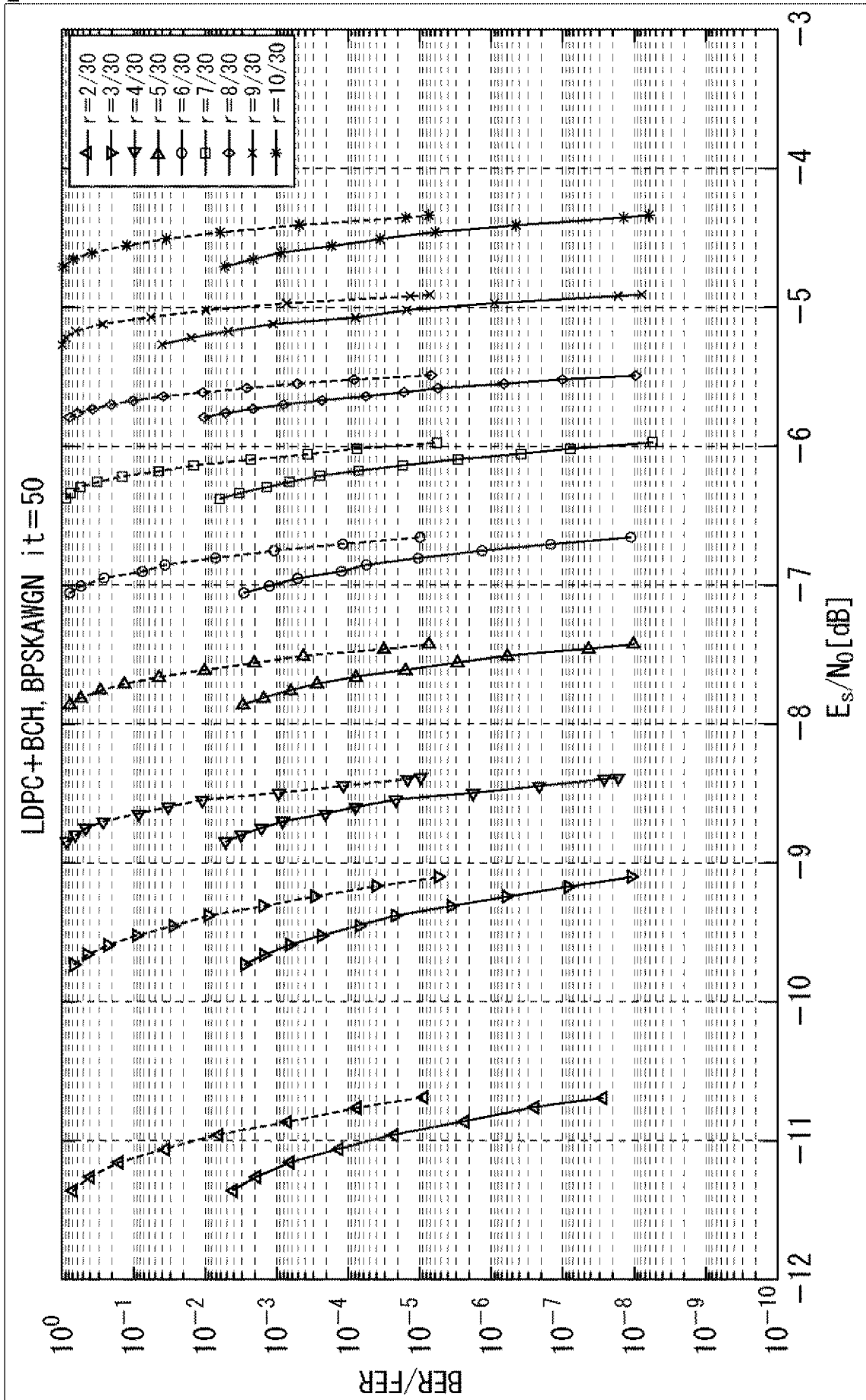


[☒111]

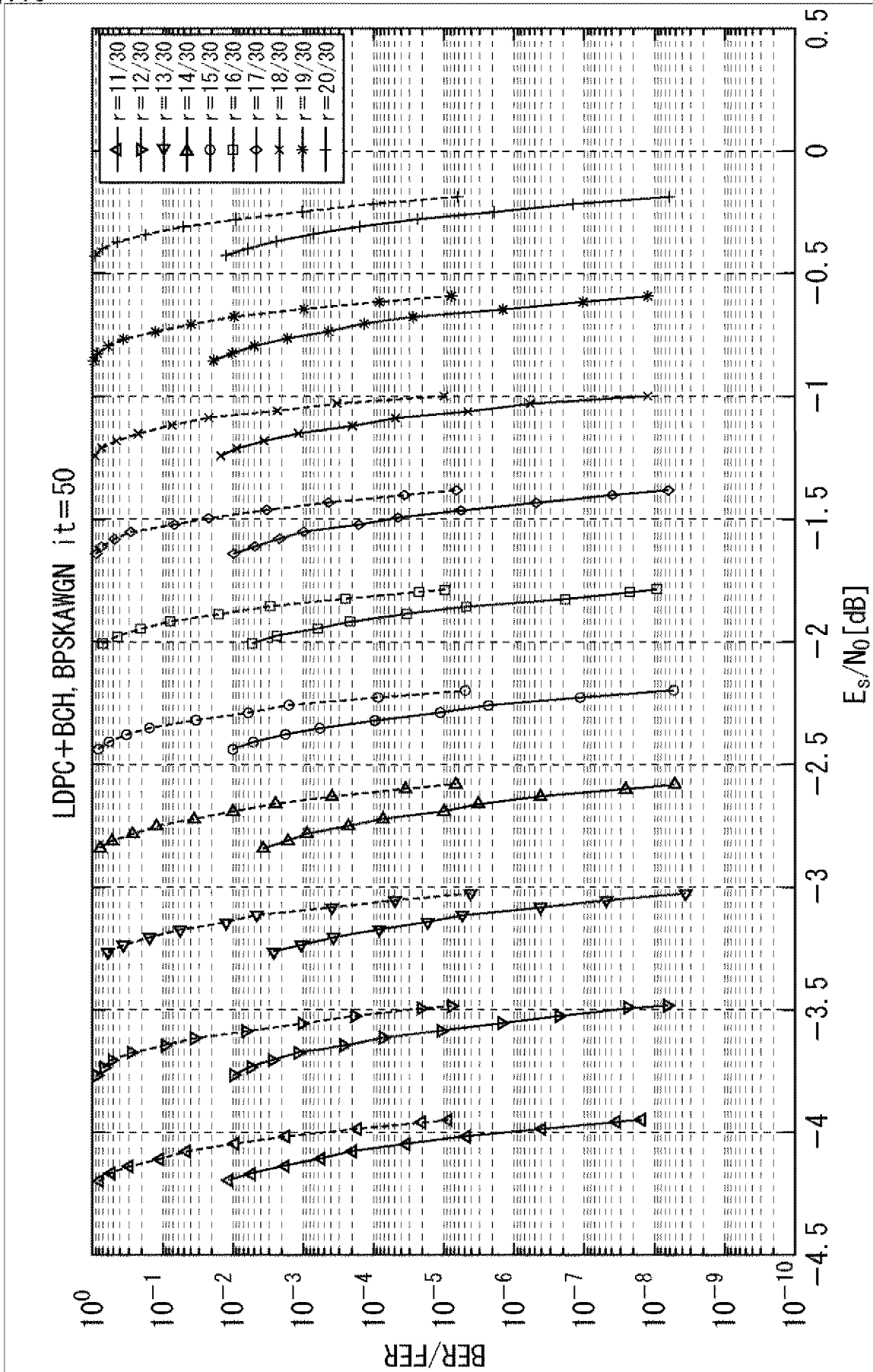
☒111

Rate	X	KX	Y1	KY1	Y2	KY2	M
2/30	34	1440	4	2880	3	0	60480
3/30	20	2160	4	2160	3	2160	58320
4/30	35	2520	4	6120	3	0	56160
5/30	23	3600	4	3600	3	3600	54000
6/30	17	4680	4	1440	3	6840	51840
7/30	13	5760	4	0	3	9360	49680
8/30	19	5400	4	4680	3	7200	47520
9/30	15	6840	4	360	3	12240	45360
10/30	22	5760	4	0	3	15840	43200
11/30	34	3600	4	20160	3	0	41040
12/30	30	4320	4	12600	3	9000	38880
13/30	25	5400	4	6840	3	15840	36720
14/30	21	6840	4	0	3	23400	34560
15/30	23	5400	4	12240	3	14760	32400
16/30	19	6480	4	5400	3	22680	30240
17/30	18	7560	4	1080	3	28080	28080
18/30	19	6840	4	6840	3	25200	25920
19/30	17	7920	4	1800	3	31320	23760
20/30	16	8280	4	720	3	34200	21600
21/30	15	8640	4	0	3	36720	19440
22/30	15	8280	4	2520	3	36720	17280
23/30	15	8640	4	2160	3	38880	15120
24/30	14	9360	4	0	3	42480	12960
25/30	13	9720	4	0	3	44280	10800
26/30	13	9360	4	360	3	46440	8640
27/30	12	10440	4	0	3	47880	6480
28/30	11	11160	4	0	3	49320	4320
29/30	5	2160	4	360	3	60120	2160

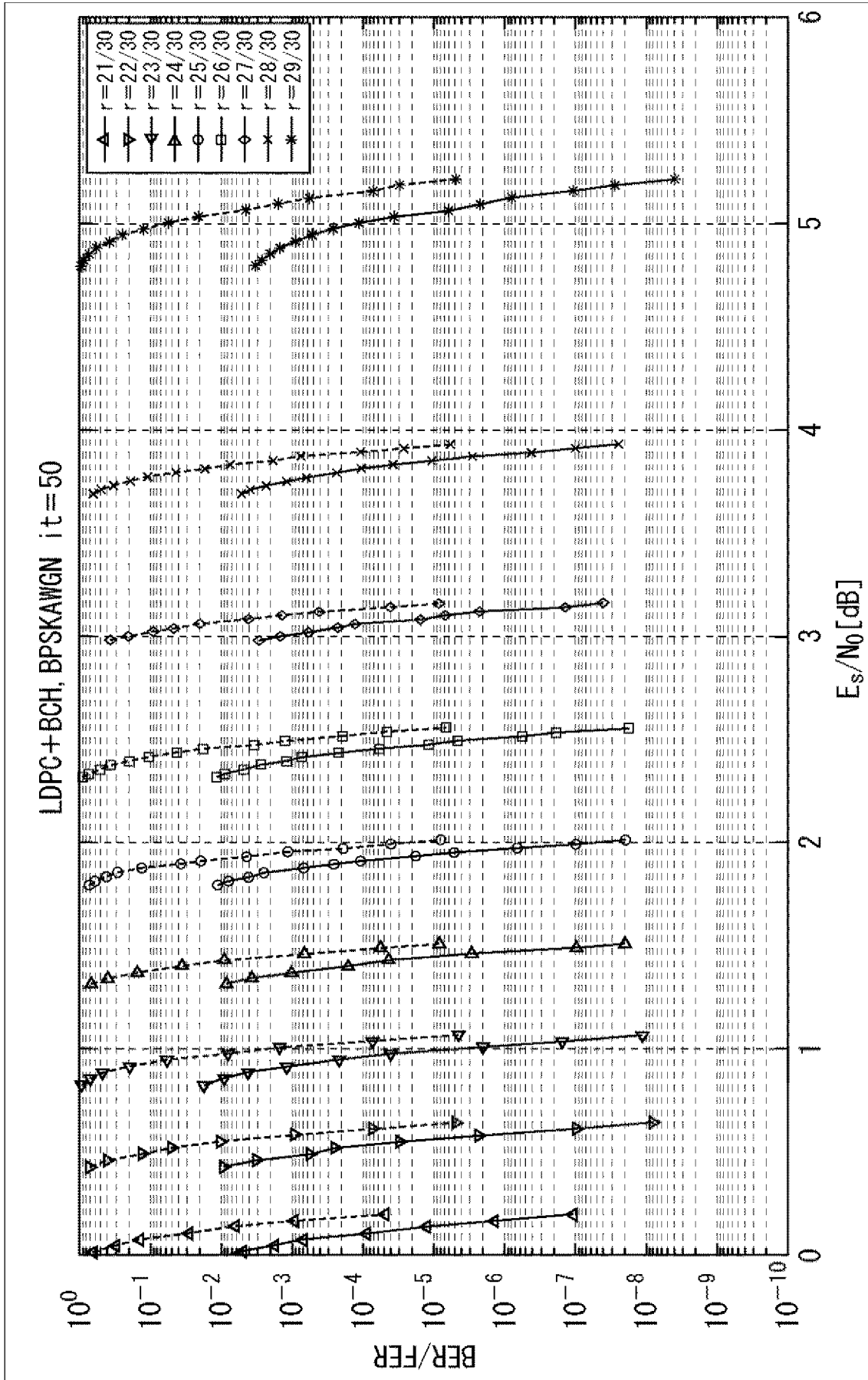
[図112]
図112



[図113]
図113



[] 114
 114



[図115]

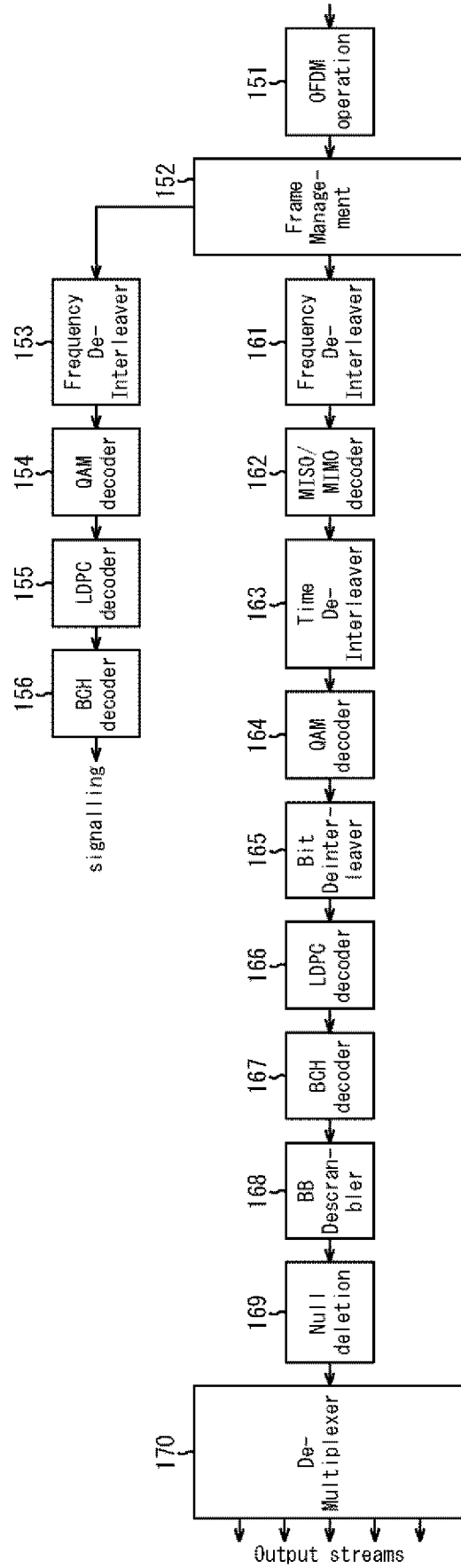
図115

A	LDPG code	BCH Uncoded Block K_{bch}	BCH coded block LDPC Uncoded Block K_{ldpc}	BCH t-error correction	LDPC Coded Block Π_{ldpc}
	1/4	16 008	16 200	12	64 800
	1/3	21 408	21 600	12	64 800
	2/5	25 728	25 920	12	64 800
	1/2	32 208	32 400	12	64 800
	3/5	38 688	38 880	12	64 800
	2/3	43 040	43 200	10	64 800
	3/4	48 408	48 600	12	64 800
	4/5	51 648	51 840	12	64 800
	5/6	53 840	54 000	10	64 800
	8/9	57 472	57 600	8	64 800
	9/10	58 192	58 320	8	64 800

B	LDPG code rate	BCH符号情報ビット数	BCH符号ビット数、(LDPC符号情報ビット数)	BCH訂正ビット数	LDPC符号ビット数
	2/30	4128	4320	12	64800
	3/30	6288	6480	12	64800
	4/30	8448	8640	12	64800
	5/30	10608	10800	12	64800
	6/30	12768	12960	12	64800
	7/30	14928	15120	12	64800
	8/30	17088	17280	12	64800
	9/30	19248	19440	12	64800
	10/30	21408	21600	12	64800
	11/30	23568	23760	12	64800
	12/30	25728	25920	12	64800
	13/30	27888	28080	12	64800
	14/30	30048	30240	12	64800
	15/30	32208	32400	12	64800
	16/30	34368	34560	12	64800
	17/30	36528	36720	12	64800
	18/30	38688	38880	12	64800
	19/30	40848	41040	12	64800
	20/30	43040	43200	10	64800
	21/30	45168	45360	12	64800
	22/30	47328	47520	12	64800
	23/30	49488	49680	12	64800
	24/30	51648	51840	12	64800
25/30	53840	54000	10	64800	
26/30	56032	56160	8	64800	
27/30	58192	58320	8	64800	
28/30	60352	60480	8	64800	
29/30	62512	62640	8	64800	

[]116]

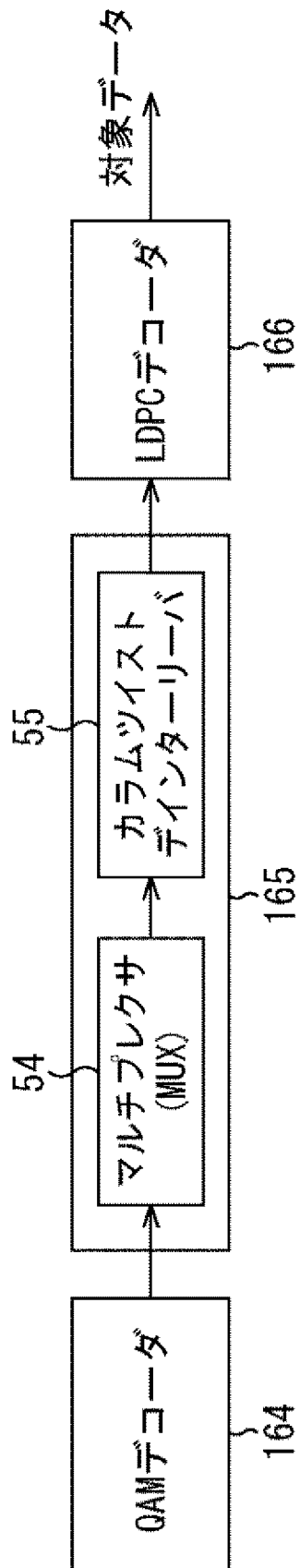
[]116



12

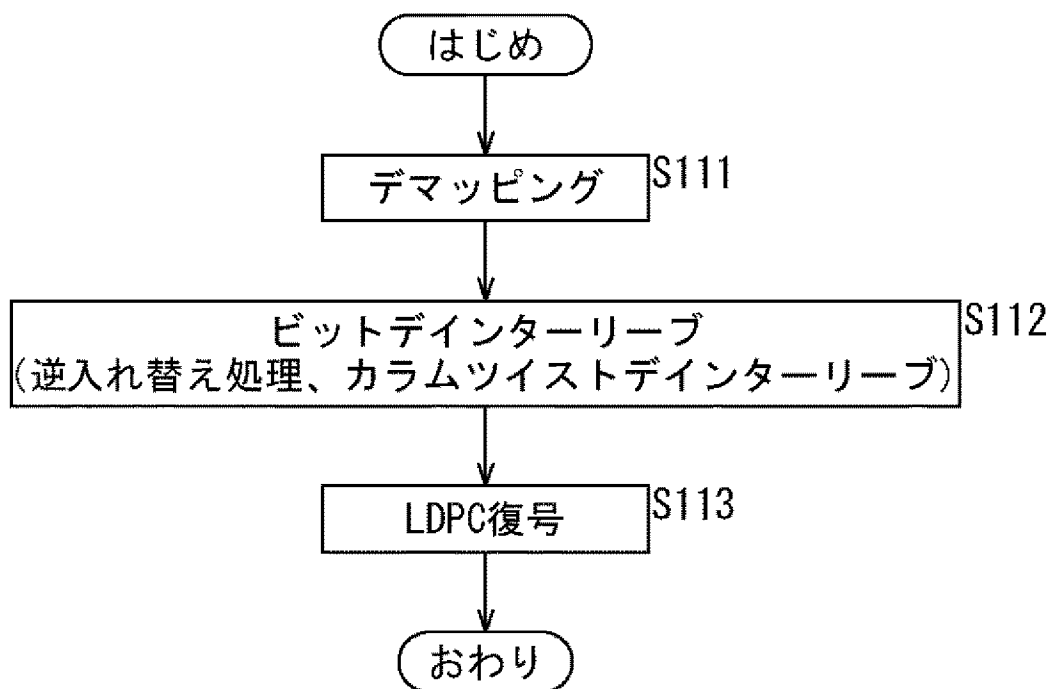
[図117]

図117



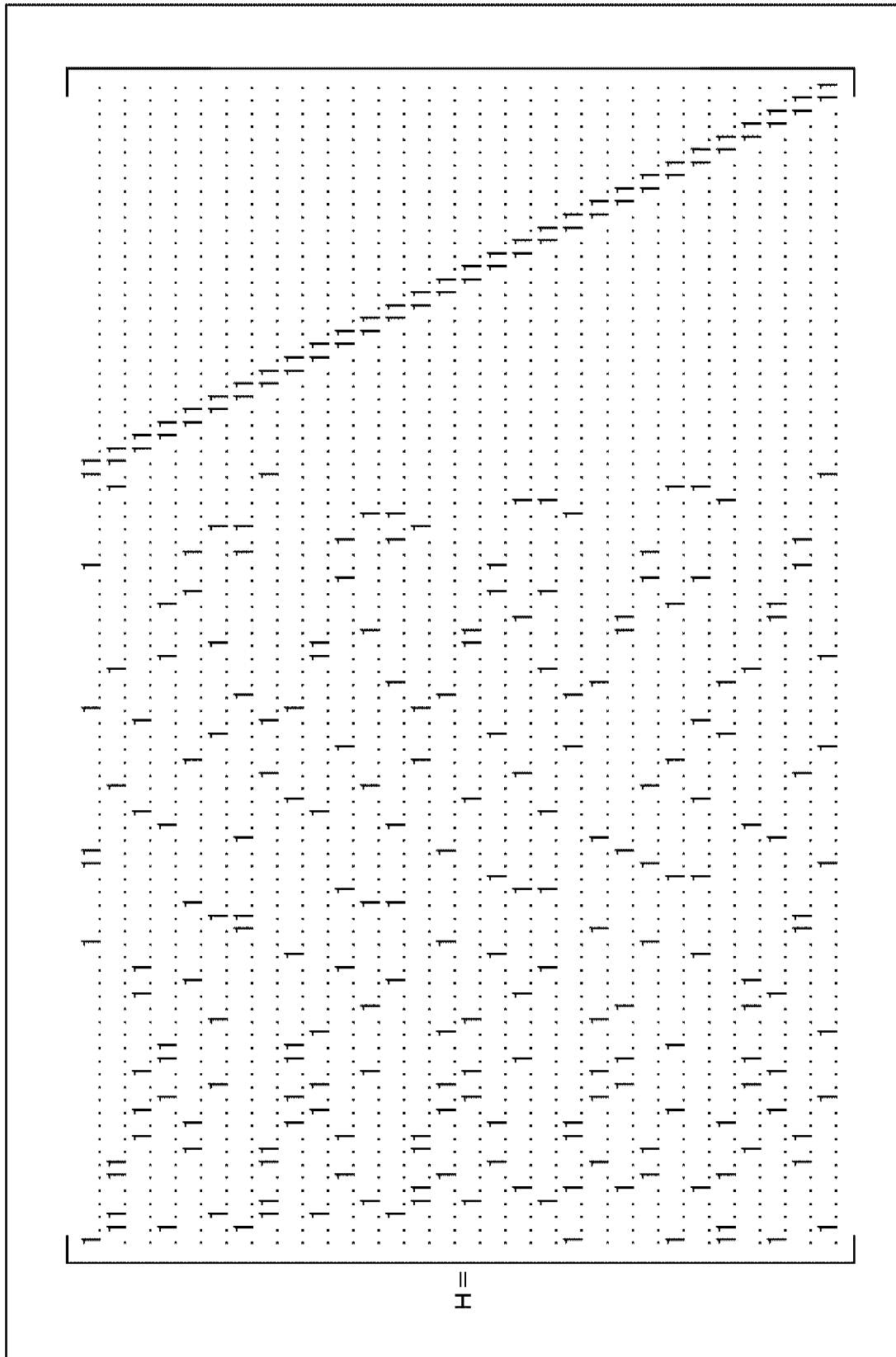
[図118]

図118



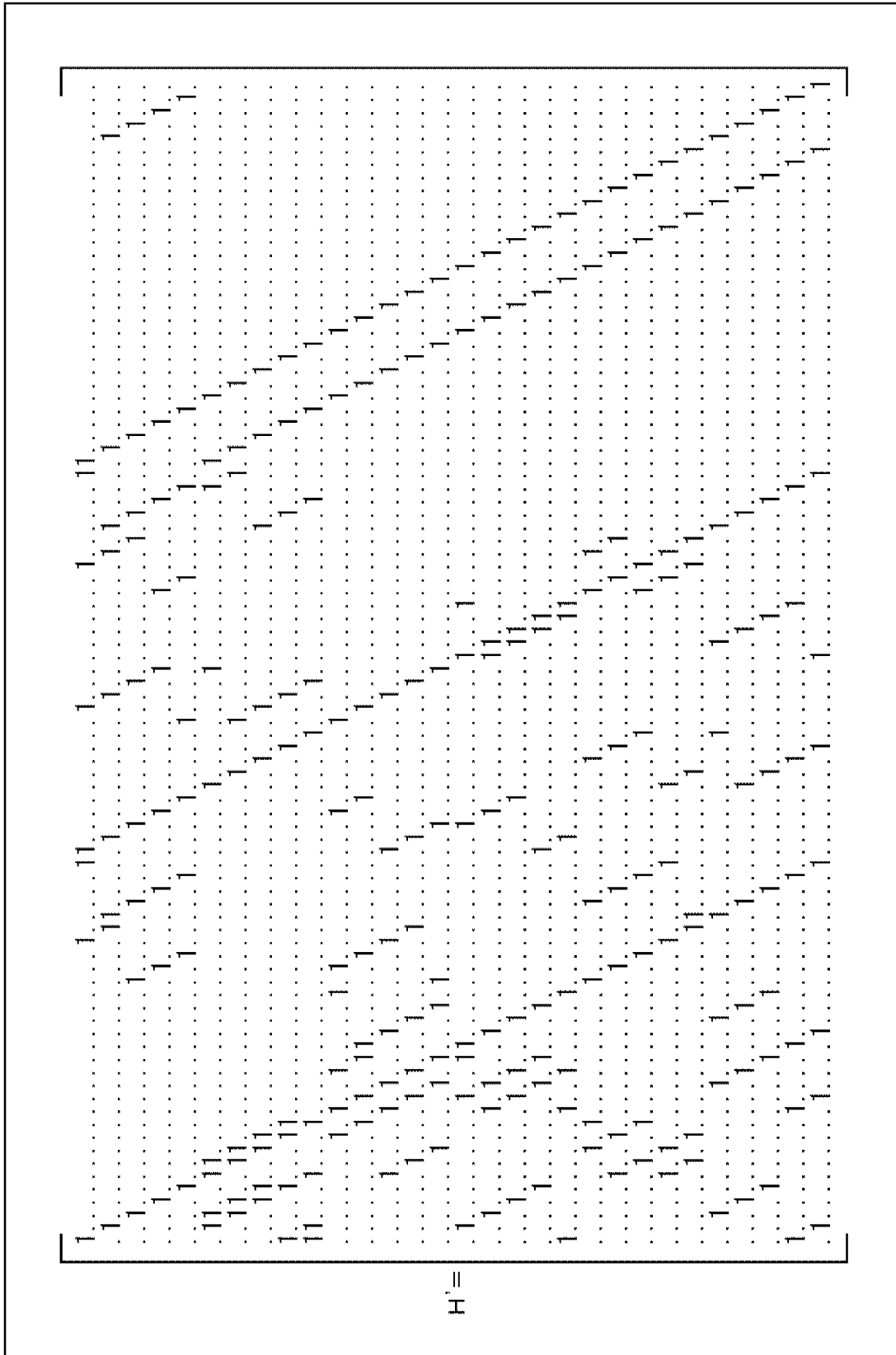
[図119]

図119



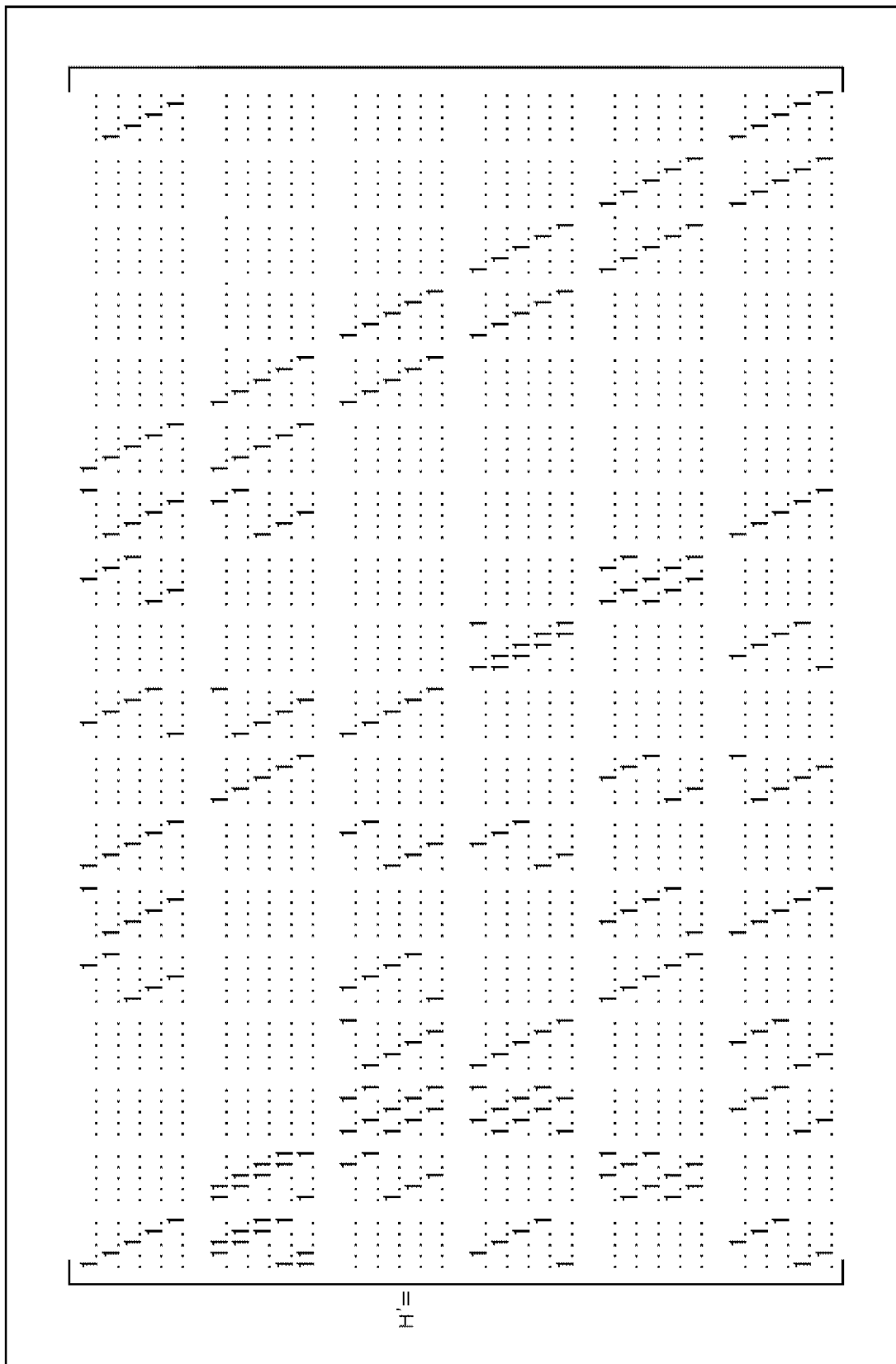
[図120]

図120



[図121]

図121



[図122]
図122

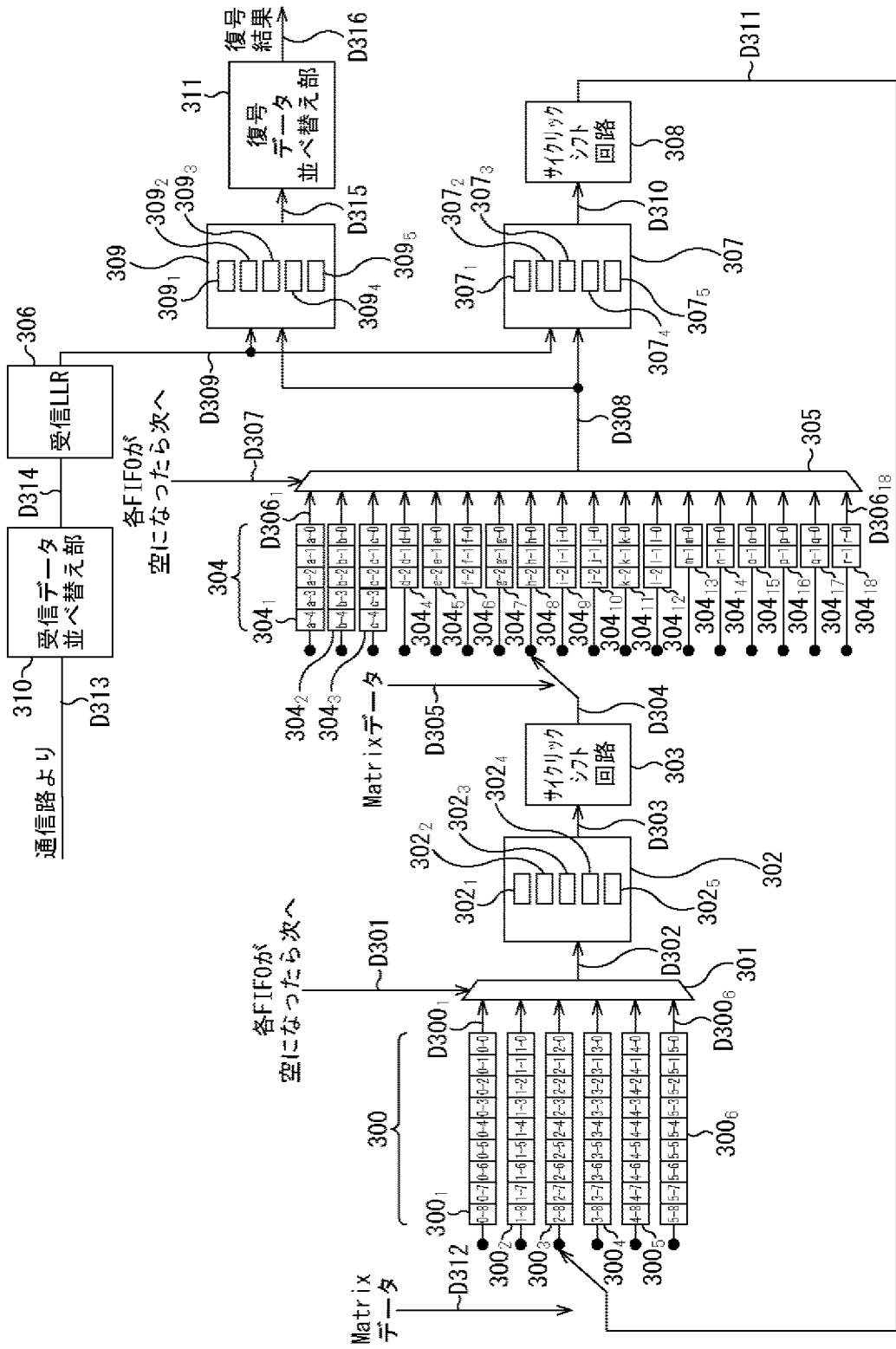
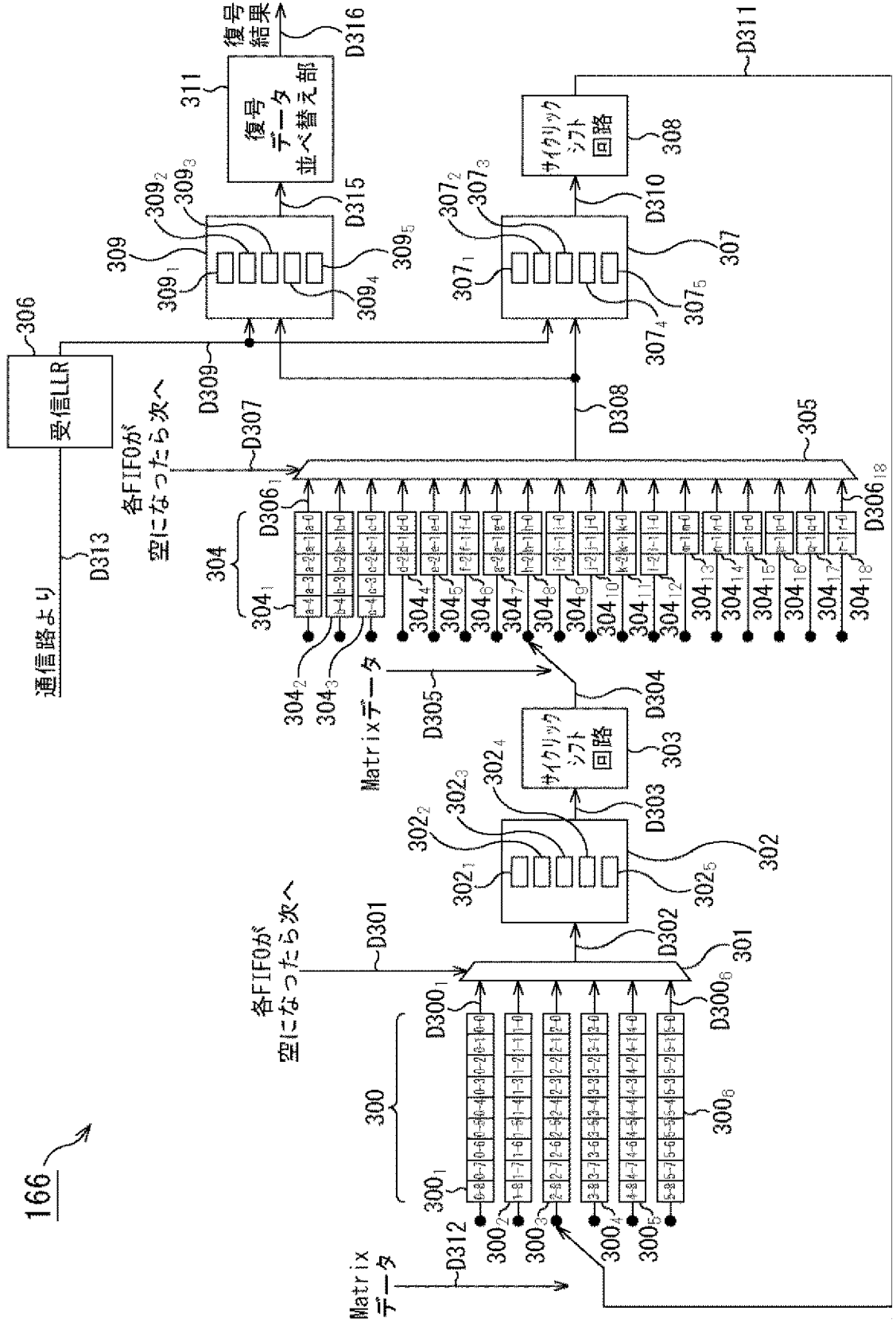
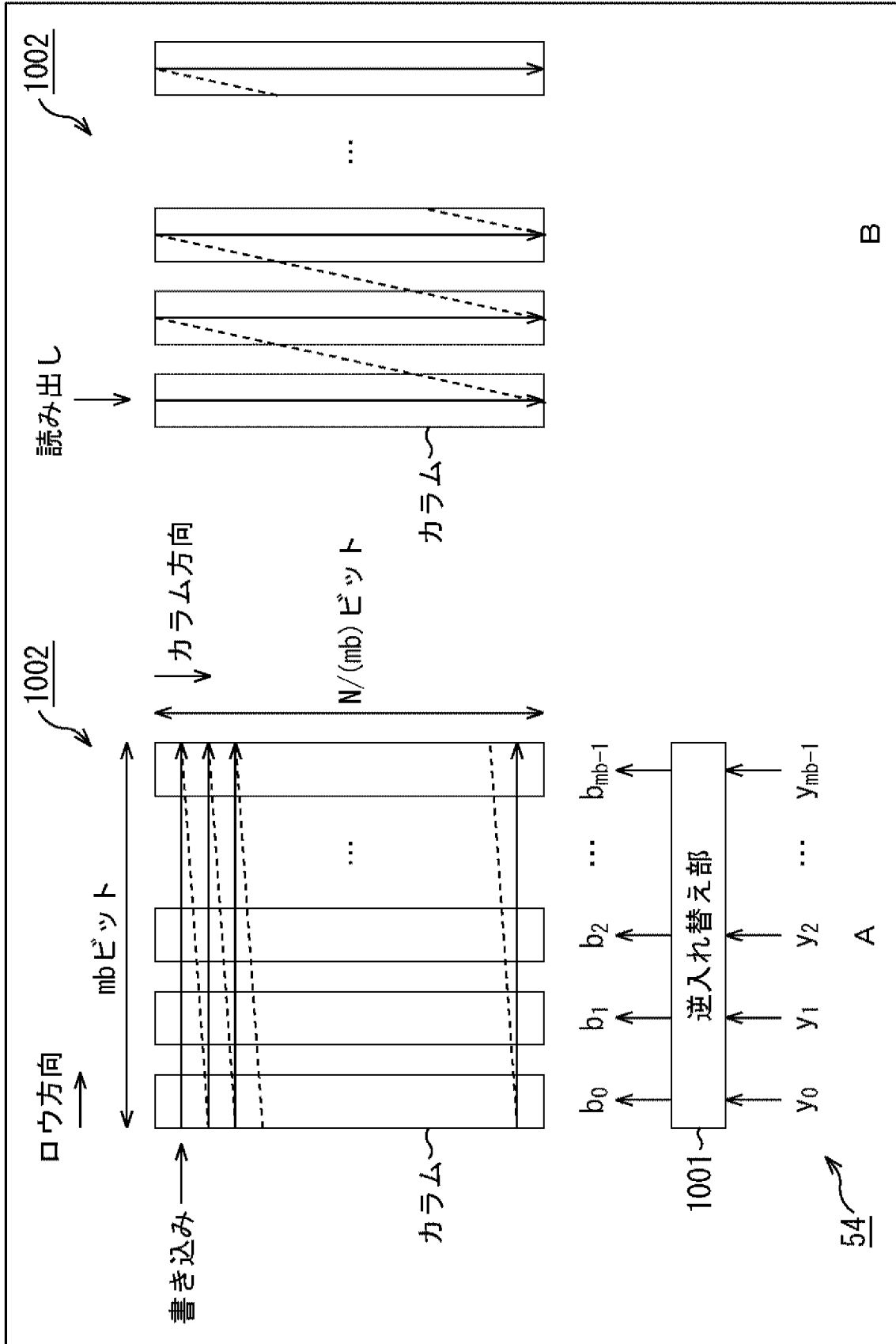


図123
図123



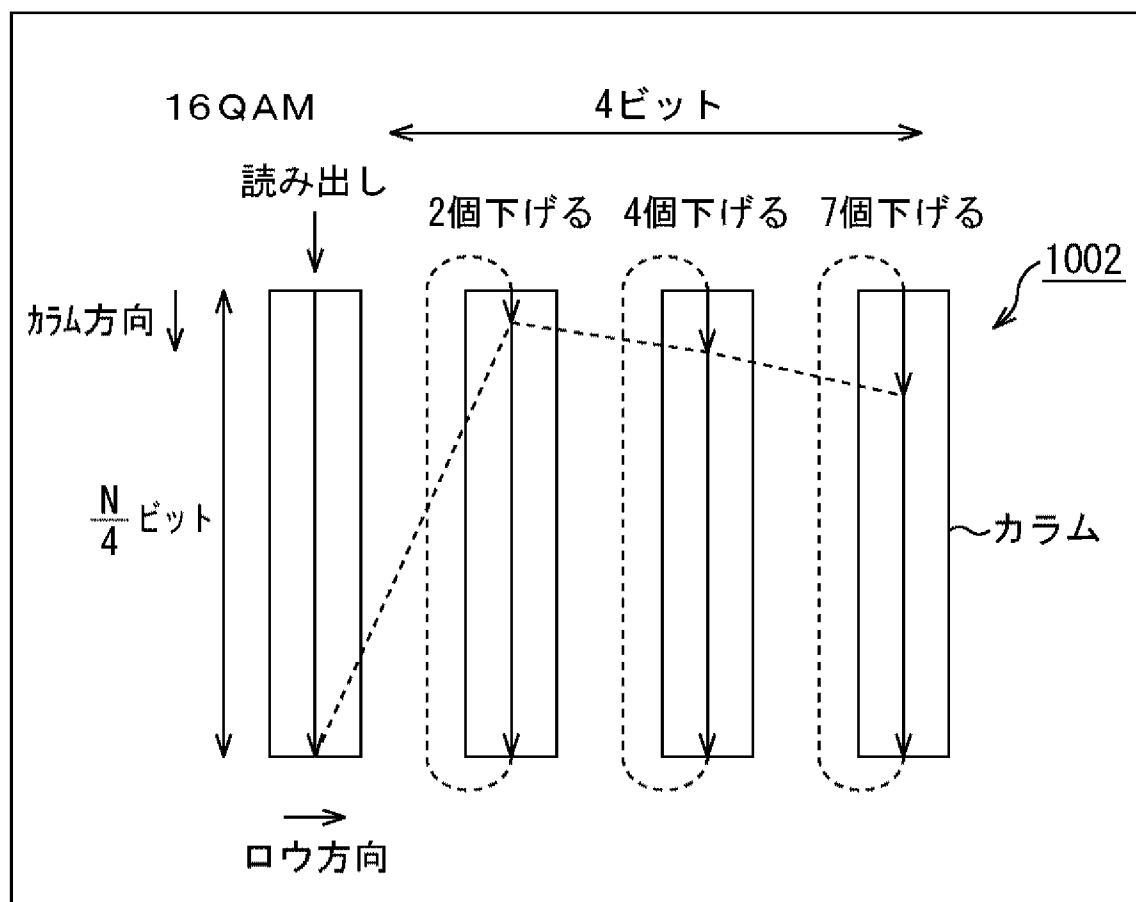
166

[図124]
図124

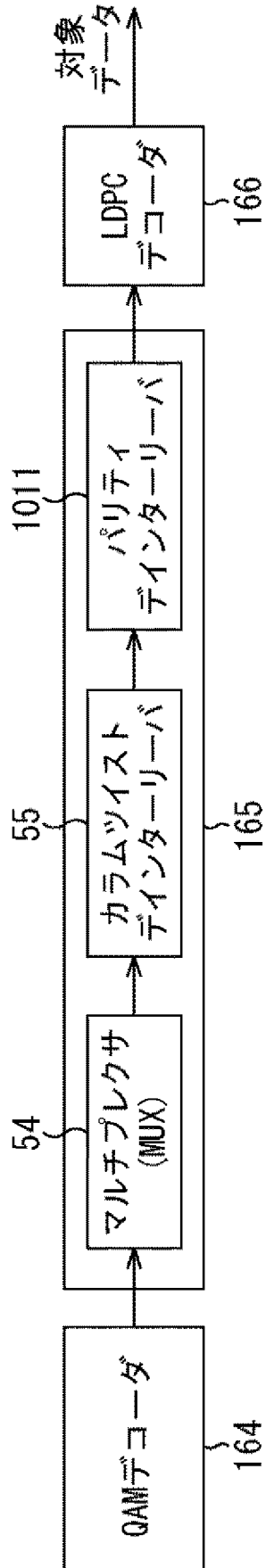


[図125]

図125

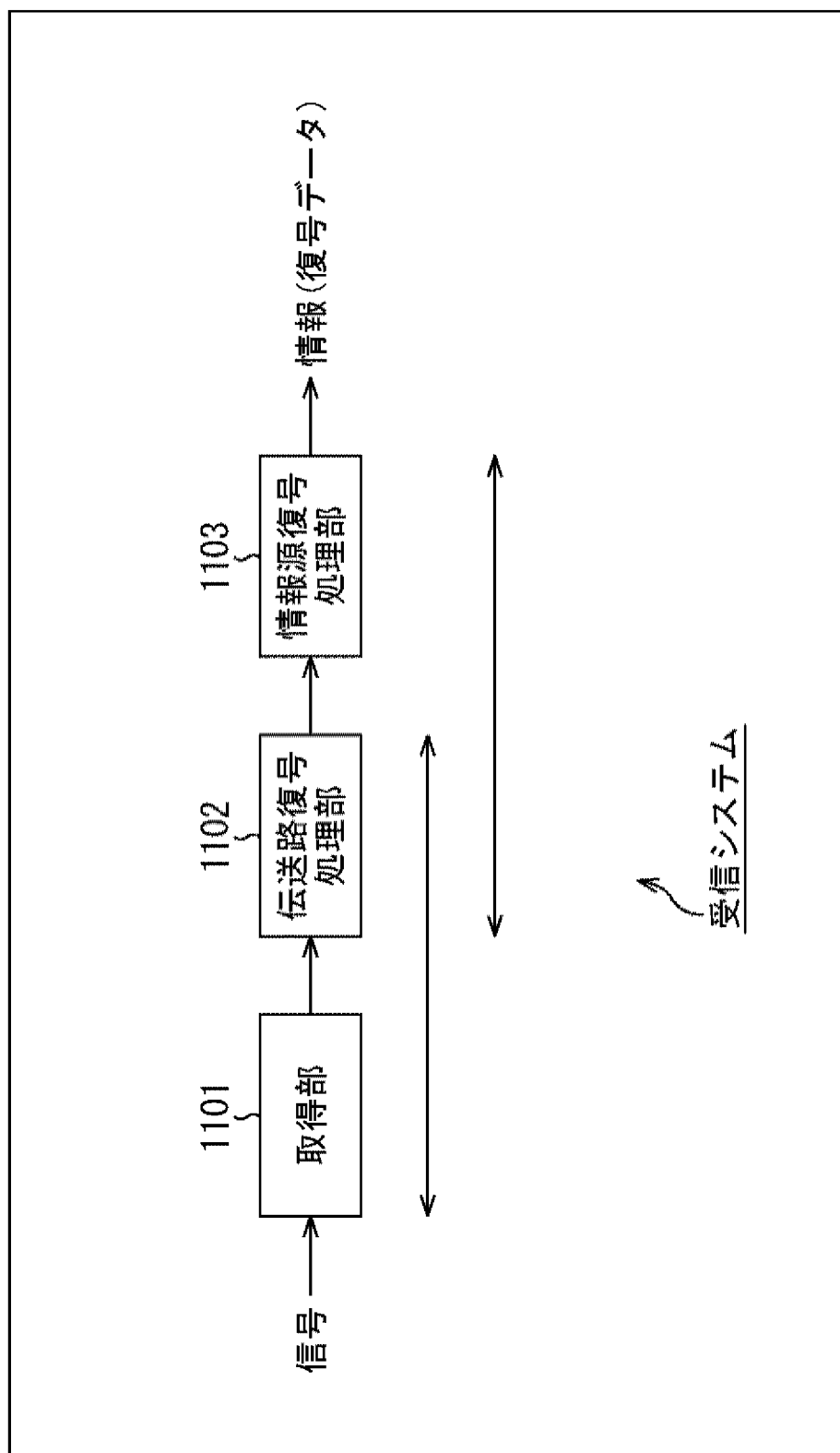


[図126]
 図126



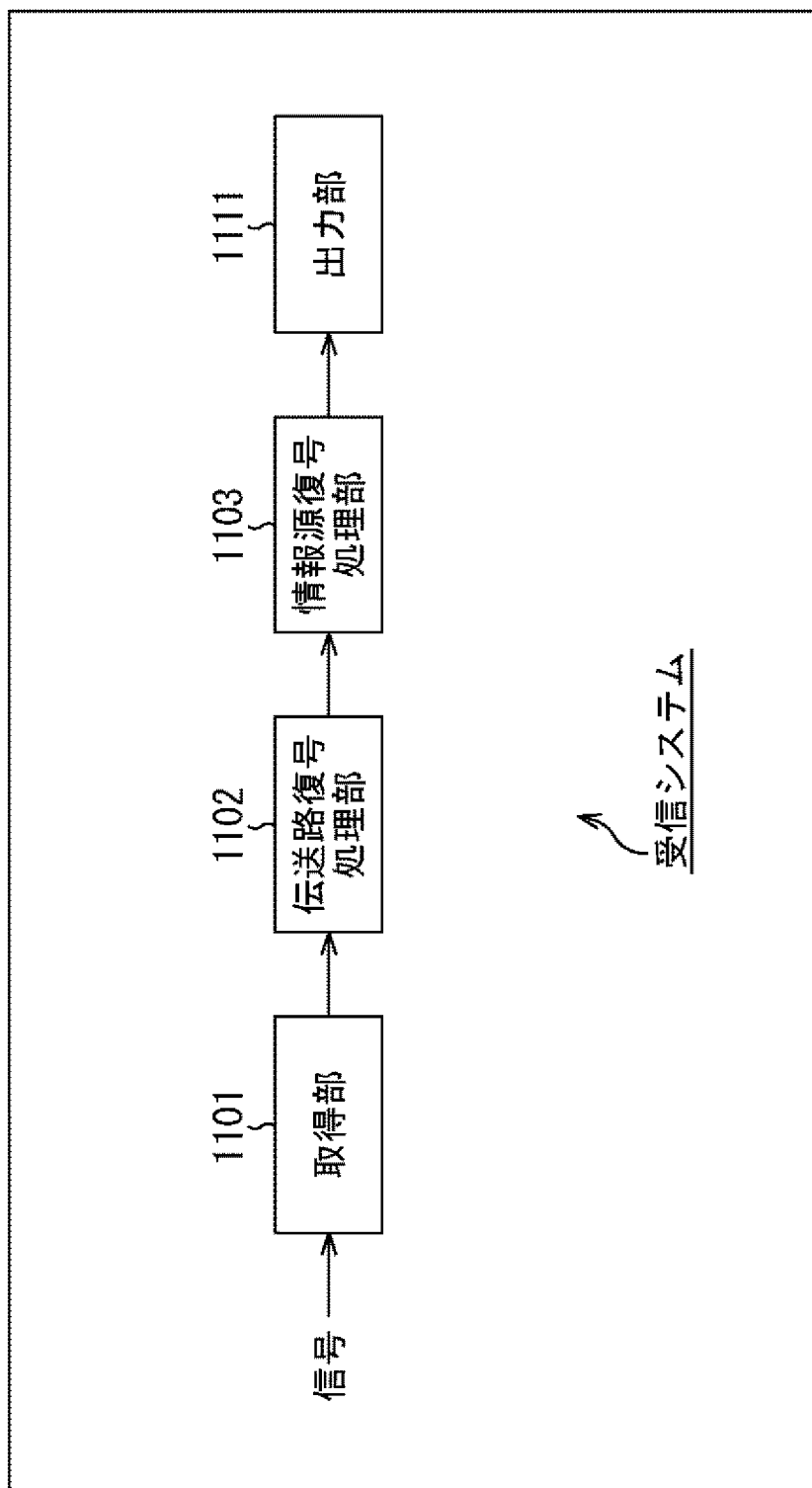
[図127]

図127



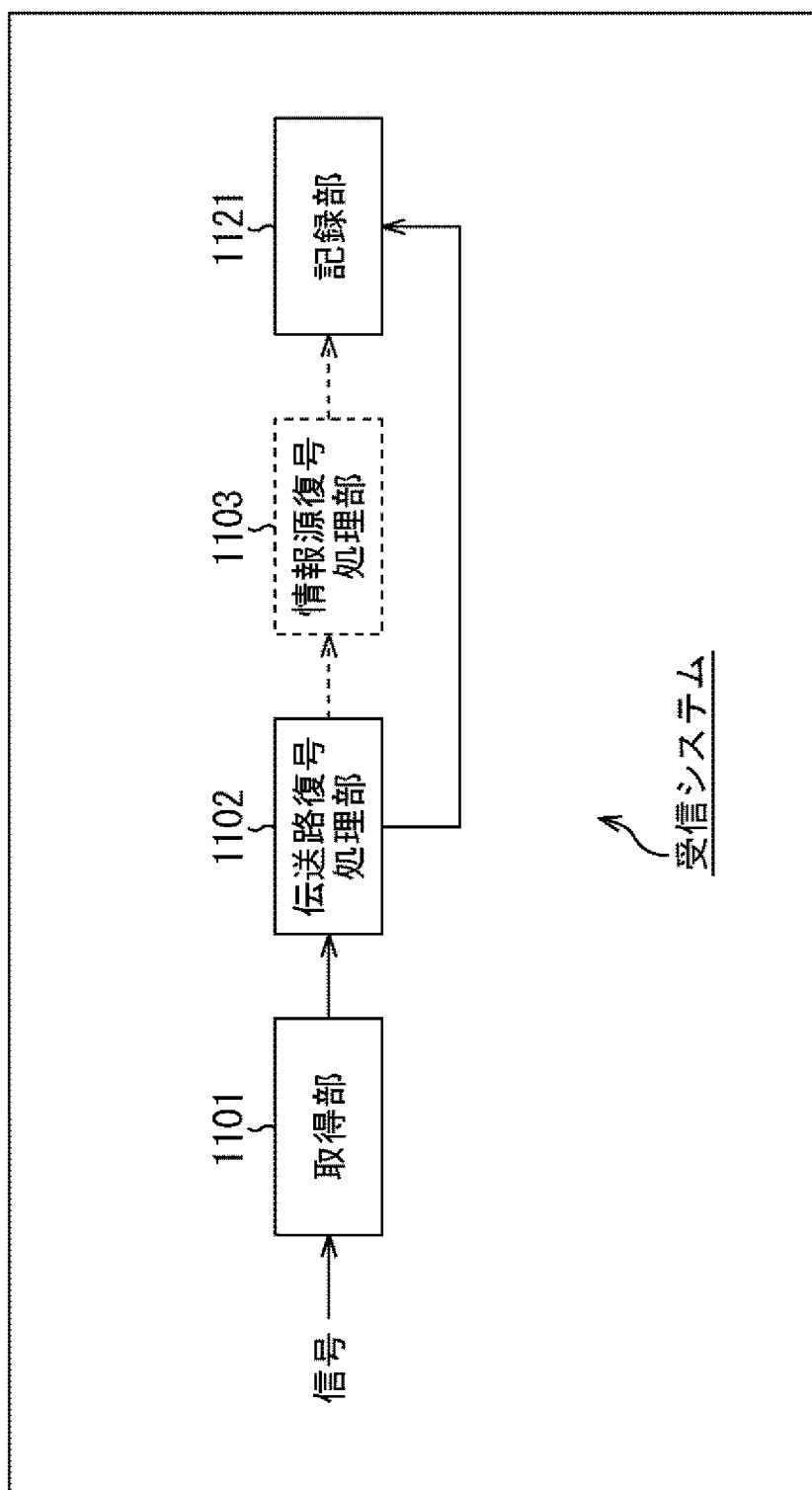
[図128]

図128



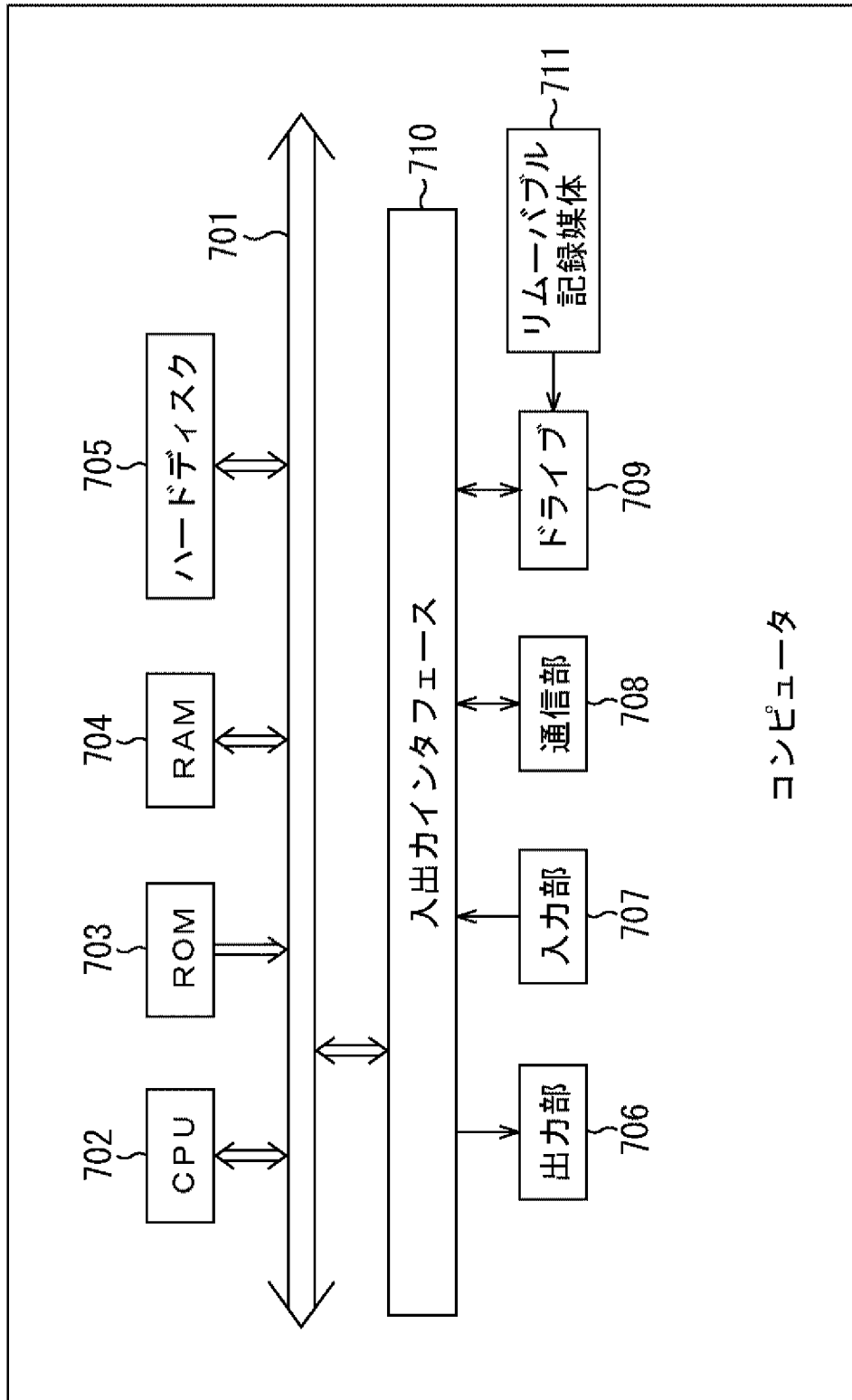
[図129]

図129



[図130]

図130



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2014/051620

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H03M13/19(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H03M13/19

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
IEEE Xplore, CiNii

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2005-136990 A (The Directv Group, Inc.), 26 May 2005 (26.05.2005), paragraphs [0024] to [0040] & US 2005/0091565 A1 & US 2007/0226578 A1 & EP 1528687 A1 & CA 2486044 A & KR 10-2005-0040770 A & CN 1642063 A & HK 1078697 A	1-54
A	WO 2011/105287 A1 (Sony Corp.), 01 September 2011 (01.09.2011), paragraphs [0359] to [0399]; fig. 35 to 43 & JP 2011-176782 A	1-54

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 04 April, 2014 (04.04.14)	Date of mailing of the international search report 15 April, 2014 (15.04.14)
--	---

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/051620

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2009/069628 A1 (Sony Corp.), 04 June 2009 (04.06.2009), paragraphs [0498] to [0545]; fig. 41 to 86 & JP 2009-153109 A & US 2009/0125780 A1 & EP 2056464 A2 & KR 10-2009-0045096 A & AU 2008330661 A & CN 101874350 A & EA 201070630 A & CO 6300822 A & TW 200937870 A & DK 2056549 T & ES 2398851 T & NZ 585421 A	1-54
A	JP 2012-147197 A (Panasonic Corp.), 02 August 2012 (02.08.2012), paragraphs [0014] to [0020], [0087] to [0093]; fig. 3, 4 & US 2012/0179947 A1 & WO 2012/096396 A1	1-54
A	JP 2012-517138 A (Telefonaktiebolaget LM Ericsson (publ)), 26 July 2012 (26.07.2012), paragraphs [0057] to [0062], [0103] to [0106] & US 2010/0287453 A1 & EP 2392074 A & WO 2010/087776 A1	1-54
A	Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2), ETSI EN 302 755, V1.3.1, 2012.04, pp.1,40-45,130-138	1-54

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. H03M13/19(2006.01)i		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. H03M13/19		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2014年 日本国実用新案登録公報 1996-2014年 日本国登録実用新案公報 1994-2014年		
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語) IEEE Xplore, CiNii		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2005-136990 A (ザ・ディレクティブ・グループ・インコーポレイテッド) 2005.05.26, 段落【0024】 - 【0040】 & US 2005/0091565 A1 & US 2007/0226578 A1 & EP 1528687 A1 & CA 2486044 A & KR 10-2005-0040770 A & CN 1642063 A & HK 1078697 A	1-54
A	WO 2011/105287 A1 (ソニー株式会社) 2011.09.01, 段落【0359】 - 【0399】、第35-43図 & JP 2011-176782 A	1-54
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 04.04.2014	国際調査報告の発送日 15.04.2014	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 岡 裕之 電話番号 03-3581-1101 内線 3556	5 K 5380

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	WO 2009/069628 A1 (ソニー株式会社) 2009. 06. 04, 段落【0498】－【0545】、第41－86図 & JP 2009-153109 A & US 2009/0125780 A1 & EP 2056464 A2 & KR 10-2009-0045096 A & AU 2008330661 A & CN 101874350 A & EA 201070630 A & CO 6300822 A & TW 200937870 A & DK 2056549 T & ES 2398851 T & NZ 585421 A	1-54
A	JP 2012-147197 A (パナソニック株式会社) 2012. 08. 02, 段落【0014】－【0020】、【0087】－【0093】、 第3, 4図 & US 2012/0179947 A1 & WO 2012/096396 A1	1-54
A	JP 2012-517138 A (テレフオンアクチーボラゲット エル エム エ リクソン (パブル)) 2012. 07. 26, 段落【0057】－【0062】、【0103】－【0106】 & US 2010/0287453 A1 & EP 2392074 A & WO 2010/087776 A1	1-54
A	Digital Video Broadcasting (DVB) ;Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2), ETSI EN 302 755, V1.3.1, 2012. 04, pp. 1, 40-45, 130-138	1-54