

(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
2012 年 10 月 18 日(18.10.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/140997 A1

- (51) 国際特許分類:
G11B 20/18 (2006.01) *G11B 20/14* (2006.01)
G11B 20/10 (2006.01) *H03M 13/41* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/057552
- (22) 国際出願日: 2012 年 3 月 23 日(23.03.2012)
- (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 2011-090630 2011 年 4 月 15 日(15.04.2011) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日立
コンシューマエレクトロニクス株式会社(HITA-
CHI CONSUMER ELECTRONICS CO., LTD.)
[JP/JP]; 〒1000004 東京都千代田区大手町二丁目
2 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 中村 悠介
(NAKAMURA Yusuke) [JP/JP]; 〒2440817 神奈川県
横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社日立
製作所 横浜研究所内 Kanagawa (JP). 石原 一

(ISHIHARA Hajime) [JP/JP]; 〒2440817 神奈川県横
浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社日立製
作所 横浜研究所内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: ポレール特許業務法人(POLAIRE I.P.C.);
〒1040032 東京都中央区八丁堀二丁目 7 番 1 号
Tokyo (JP).

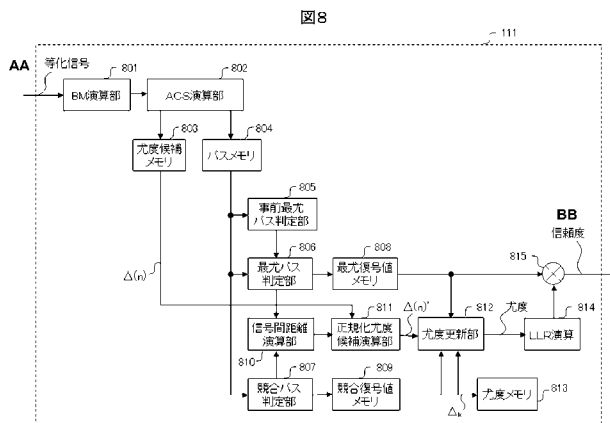
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,
BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO,
CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,
GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS,
KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT,
LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY,
MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA,
RO, RS, RU, RW, 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, MD, RU, TJ, TM), ヨー
ロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,

[続葉有]

(54) Title: INFORMATION REPRODUCTION DEVICE AND INFORMATION REPRODUCTION METHOD

(54) 発明の名称: 情報再生装置および情報再生方法



- 801 BM calculation unit
802 ACS calculation unit
803 Likelihood candidate memory
804 Path memory
805 Preliminary maximum likelihood path determination unit
806 Maximum likelihood path determination unit
807 Conflict path determination unit
808 Maximum likelihood decode value memory
809 Conflict decode value memory
810 Inter-signal distance calculation unit
811 Normalization likelihood candidate calculation unit
812 Likelihood update unit
813 Likelihood memory
814 LLR calculation
AA Equalization signal
BB Reliability

(57) Abstract: Provided is a method to calculate, in an in-
formation reproduction device, the effective reliability of
even an RLL modulated data string. The device comprises the
following: a maximum likelihood path determination unit that
outputs a maximum likelihood path, which leads to the most
probable decoding results; a conflict path determination unit
that outputs a conflict path for which the decoding results dif-
fer from those of the maximum likelihood path; a likelihood
calculation unit that outputs a likelihood that is the difference
between the maximum likelihood path and the conflict path;
an inter-signal distance calculation unit that outputs an in-
ter-signal distance which is the distance between a maximum
likelihood waveform generated from maximum likelihood
path decoding results and a conflict waveform generated from
conflict path decoding results; and a reliability output unit
that outputs reliability on the basis of a normalization likeli-
hood in which the likelihood is normalized by the inter-signal
distance.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2012/140997 A1



ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, 添付公開書類:

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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

情報再生装置において、RLL変調されているデータ列に対しても有効な信頼度を算出する方法を提供する。装置の構成は、最も確からしい復号結果となる最尤パスを出力する最尤パス判定部と、前記最尤パスと異なる復号結果となる競合パスを出力する競合パス判定部と、前記最尤パスと前記競合パスの差分である尤度を出力する尤度演算部と、前記最尤パスの復号結果から生成される最尤波形と、前記競合パスの復号結果から生成される競合波形との距離である信号間距離を出力する信号間距離演算部と、前記尤度を前記信号間距離で正規化した正規化尤度に基づいて信頼度を出力する信頼度出力部とを有する。

明 細 書

発明の名称： 情報再生装置および情報再生方法

技術分野

[0001] 本発明は、情報記録媒体から情報を再生する情報再生装置および情報再生方法に関する。

背景技術

[0002] 現在、光ディスクの容量を向上させるため、BD（Blu-ray Disc（商標））規格では1層25GBを2層、またBDXL（商標）規格では1層32GBを4層のように高密度化、多層化が図られている。

[0003] 今後の更なる高密度、大容量化においては、例えば特許文献1の段落〔0007〕に記載の技術が挙げられる。この文献には、「その有力方式として、SOVA（Soft-Output Viterbi Algorithm）がある。これは、硬判定出力型PRML検出部210において、最尤復号されたバイナリデータ（0，1）に加え、その信頼度（復号結果の確からしさに関する情報）を出力し、アナログ値としての復号結果を得る方式である。書き込み側で予め符号化（外符号化）しておけば、読み出し側では前記アナログ値を用いて、外符号を軟判定復号することができる。軟判定復号は、アナログ値を信頼度情報として利用できるため、硬判定復号に比べて誤り率特性が向上することが知られている。」と記載されている。

[0004] このSOVAにおける信頼度を得るには、例えば特許文献1の段落〔0018〕に記載のように、「軟判定出力型PRML検出器において、最尤復号系列と同時に2番目に確からしい系列（2nd系列）を求め、両系列に対する尤度の差を求め、これを更新する手段を設ける」ことで可能にしていた。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開平11-355151号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかし、光ディスクなどにこの技術を適用する場合、RLL (Run Length Limited) 変調されている点が問題となる。RLL 変調されることによって、最尤復号系列と 2nd 系列の距離がデータ列のパターンによって変化することになり、特許文献 1 のように「両系列に対する尤度の差」を求めるだけの方法では、正しく尤度を求めることはできない。

[0007] そこで本発明の目的は、RLL 変調されているデータ列に対しても有効な信頼度を算出する情報再生装置および情報再生方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0008] 上記課題は、請求の範囲に記載の発明により解決される。その一例を挙げるなら、情報再生装置において、最も確からしい復号結果となる最尤パスを出力する最尤パス判定部と、前記最尤パスと異なる復号結果となる競合パスを出力する競合パス判定部と、前記最尤パスと前記競合パスの差分である尤度を出力する尤度演算部と、前記最尤パスの復号結果から生成される最尤波形と、前記競合パスの復号結果から生成される競合波形との距離である信号間距離を出力する信号間距離演算部と、前記尤度を前記信号間距離で正規化した正規化尤度に基づいて信頼度を出力する信頼度出力部と、を有する構成とする。

発明の効果

[0009] 本発明によれば、RLL 変調されているデータ列に対しても有効な信頼度を算出することが可能となり、軟判定復号における訂正能力を向上させる効果がある。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]第 1 の実施例における記録再生装置の構成図。

[図2]PR (1, 2, 2, 2, 1) を用いたビタビアルゴリズムの状態遷移図。

[図3]最尤波形、誤り波形、再生波形の例を表す図。

[図4]最尤波形、誤り波形の例を表す図。

[図5]最尤波形、誤り波形の例を表す図。

[図6]パターン毎の尤度分布および合成した尤度分布を表す図。

[図7]パターン毎の正規化尤度分布および合成した正規化尤度分布を表す図。

[図8]第1の実施例における軟出力復号部の構成図。

[図9]第1の実施例におけるメモリ構成図。

[図10]第1の実施例における軟出力復号を説明するトレリス線図。

[図11]第1の実施例における軟出力復号を説明する波形を表す図。

[図12]第1の実施例における尤度更新手順を表すフローチャート。

[図13]第2の実施例における軟出力復号部の構成図。

[図14]第2の実施例におけるメモリ構成図。

[図15]第2の実施例における尤度更新手順を表すフローチャート。

[図16]第3の実施例における軟出力復号部の構成図。

[図17]第3の実施例における尤度更新手順を表すフローチャート。

[図18]パターン毎の尤度分布および合成した尤度分布を表す図。

[図19]第4の実施例における軟出力復号部の構成図。

[図20]第4の実施例における軟出力復号を説明するトレリス線図。

[図21]第4の実施例における軟出力復号を説明するトレリス線図。

[図22]PR(a, b; c, d)を用いたビタビアルゴリズムの状態遷移図。

[図23]第5の実施例における軟出力復号を説明するトレリス線図。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、本発明の実施例について説明する。

実施例 1

[0012] 本実施例は、光ディスク再生におけるPRML(Partial Response Maximum Likelihood)方式において、適切な信頼度を出力することを可能とする情報再生装置および方法を提供する。

[0013] まず図1を用いて本実施例の記録再生装置および方法の概略について説明する。

[0014] 記録動作時には、ホスト101からユーザーデータを受信し、誤り訂正符号化部102はLDPC (Low Density Parity Check) 符号などにより誤り訂正符号化を、変調部103は例えばBDで使用されているような(1, 7) RLL変調方式に従い、2ビットデータを3ビットデータへ変調する処理を実行する。(1, 7) RLL変調方式とは、変調後のビットにおいて連続する0の数が最小1つ、最大7個の範囲となるRLL (1, 7) のランレングス制限に従った変調データとする変調方式である。LDD (Laser Diode Driver) 104は変調データをディスクに記録するために必要なレーザーの強度変調を行い、ピックアップ105はレーザーを発光しディスク106に記録する。

[0015] 次に再生動作時には、ディスク106よりピックアップ105を介して記録データを読み出し、AFE (Analog Front End) 108は振幅調整とフィルター処理を実行し、ADC (Analog-Digital Converter) 109はデジタル化処理する。波形等化部110はデジタル化された再生信号を軟出力復号部111で使用するPR (1, 2, 2, 2, 1) などのPR特性となるように波形に等化し、軟出力復号部111は後述する方法により軟出力復号値を得る。軟値復調部112は軟出力復号値の(1, 7) RLL変調を復調し、誤り訂正部113はSum-product復号などによるLDPC符号の誤り訂正を実施した後、ホスト101にデータを送信する。

[0016] ここで、図2乃至図7を用いて軟出力復号部111の概念について説明する。

[0017] 軟出力復号部111の基本はビタビ復号であり、例えばBDXLではPR (1, 2, 2, 2, 1) というPR特性を使用しており、図2に示すように(1, 7) RLL変調を反映した状態遷移による復号を行う。ビタビ復号における最尤波形(図3のT)と波形等化部110出力波形(図3のW)のユークリッド距離ED (T, W)は(式1)で、誤り波形(図3のF)と波形等化部110出力波形(W)のユークリッド距離ED (F, W)は(式2)

で、それらの差分である尤度 Δ は（式3）で表わされる。 t_n 、 f_n 、 w_n は時刻 n における T 、 F 、 W の振幅値を示す。

[0018] [数1]

$$ED(T, W) = \sum_n (t_n - w_n)^2 \quad (\text{式1})$$

$$ED(F, W) = \sum_n (f_n - w_n)^2 \quad (\text{式2})$$

$$\Delta = ED(F, W) - ED(T, W) \quad (\text{式3})$$

[0019] また、誤り訂正部113におけるSum-product復号は対数領域の復号法であることから、軟出力復号部111出力である信頼度は対数尤度比（LLR: Log Likelihood Ratio）とする必要がある。このLLRは、尤度 Δ の確率密度関数が正規分布に近いとすれば（式4）で近似することが可能である。 μ は分布の平均値、 σ は標準偏差を示す。

[0020] [数2]

$$LLR = \frac{2 \cdot \mu}{\sigma^2} \cdot \Delta \quad (\text{式4})$$

[0021] この信頼度算出の過程において、（1、7）RL変調が施されたデータでは T 、 F の復号値は実際に存在し得るパターンとなること、すなわち最短ランレングスは2 T であり1 T の存在を許容しないという点が問題となる。例えば図4の例において、 T の復号値は[0000111]、 F の復号値は[0001111]であり誤りビット数は1であるが、図5の例において、 T の復号値は[00011000]、 F の復号値は[00110000]であり誤りビット数は2となる。これはRL変調の規則を満たすようにビタビアルゴリズムが動作するため、図5の T が誤る場合1 T シフトは許容されず2 T 部分がスリップすることに起因する。このためRL変調されたデータにおいて、 T と F のユークリッド距離（式5）は復号結果によって変化してしまう。

[0022]

[数3]

$$ED(F, T) = \sum_n (f_n - t_n)^2 \quad (\text{式5})$$

[0023] この影響について図6を用いて説明する。図は横軸を尤度 Δ 、縦軸を発生頻度として、RLL変調されたデータ列に対して尤度 Δ をヒストグラム化したイメージを示す。図4のパターンの分布を第1分布、図5のパターンの分布を第2分布とした。それぞれの分布は正規分布に従うとすれば、分布の平均値 μ は $W = T$ となる時であり（式6）で示される。

[0024] [数4]

$$\mu = \Delta(W = T) = UD(F, T) \quad (\text{式6})$$

[0025] この値はTとFのユークリッド距離がパターンによって異なることから、第1分布と第2分布で異なり、結果として合成した全体分布は正規分布から外れる。このため（式4）に示したLLR計算式を適用することが困難となる。

[0026] そこでこの問題を解決するため、本実施例は（式7）に示すようにTとFのユークリッド距離で尤度 Δ を正規化することを特徴とする。

[0027] [数5]

$$\Delta' = \frac{\Delta}{ED(F, T)} \quad (\text{式7})$$

[0028] 図7は横軸を正規化尤度 Δ' 、縦軸を発生頻度として正規化尤度 Δ' をヒストグラム化したイメージを示す。正規化尤度を使用することにより平均値が一致し、全体分布も正規分布に近くなることからLLRを正しく算出することが可能となる。

[0029] 以下にこの概念を用いた軟出力復号部111の詳細について、図8乃至図12を用いて説明する。まず図8に軟出力復号部111の構成を示す。なお、使用するPR特性をPR(1, 2, 2, 2, 1)として説明するがこれに限定するものではない。

[0030] まずBM演算部801において、図2の基準値REF000000～REF

1 1 1 1 1 と軟出力復号部 1 1 1 の入力である等化波形との差分の 2 乗であるブランチメトリックを計算する。その後、ACS 演算部 802 において図 2 の状態 S 0 0 0 0 ~ S 1 1 1 1 毎のパスメトリックにブランチメトリックを加算し、図 2 のパスが合流している点で加算結果を比較し小さいパスを選択する。この合流した 2 つのパスの加算結果差分を尤度候補 Δ として尤度候補メモリ 803 に格納する。また、ACS 演算部 802 のパス選択結果をパスメモリ 804 に格納する。

[0031] 尤度を算出する際に最尤パスが不確かであればその尤度の信頼性も落ちることから、最尤パスを確定させた後、その結果を基点として尤度算出用の最尤パスと競合パスを確定させる。この最初の最尤パス判定を事前最尤パス判定部 805 で、その結果を基点とする最尤パス判定を最尤パス判定部 806 で、競合パス判定を競合パス判定部 807 で実施する。事前最尤パス判定のパスメモリ長を L_1 、最尤パス判定のパスメモリ長を L_2 とした時の、パスメモリ 804 と尤度候補メモリ 803 の構成を図 9 に示す。横軸は時刻を示し、時刻 n を基点としている。なお、図 9 には後述する最尤復号値メモリ 808、競合復号値メモリ 809、尤度メモリ 813 の例も示している。

[0032] 図 10 を用いてこのパス判定方法について時刻 n 周辺を例に説明する。図 10 のトレリス線図は図 2 の状態遷移図を展開したものである。まず、事前最尤パス判定部 805 において、パスメモリ 804 のパス選択結果を時刻 $n + L_1$ から時刻 n までトレースバックすることにより最尤パスを確定する。この時刻 n での状態を基点状態とする。次に最尤パス判定部 806 において、時刻 n での基点状態を開始点として、時刻 n から時刻 $n - L_2$ まで通常通りトレースバックすることにより最尤パスを確定する。また競合パス判定部 807 において、時刻 n での基点状態を開始点として、時刻 $n - 1$ への遷移に関してのみパスメモリ 804 に格納されたのとは異なるパスを選択、その後時刻 $n - 1$ から時刻 $n - L_2$ まで通常通りトレースバックすることにより競合パスを確定する。但し、基点となる状態に接続されるパスが 1 本だけだった場合、基点状態を時刻 n から時刻 $n - 1$ に移し

、時刻 $n - 2$ への遷移に関してのみパスメモリ 804 に格納されたのとは異なるパスを選択する。同様に基点となる状態に接続されるパスが 1 本でなくなるまで遡るものとする。最尤パス判定部 806 での最尤パスによる復号結果を最尤復号値メモリ 808 に、競合パス判定部 807 での最尤パスによる復号結果を競合復号値メモリ 809 に格納する。

[0033] 本実施例では前述のように最尤波形と競合波形のユークリッド距離で尤度を正規化する必要がある。図 11 に図 10 での最尤パスと競合パスに対応する最尤波形と競合波形を示す。信号間距離演算部 810 において最尤復号値と競合復号値に $PR(1, 2, 2, 2, 1)$ といった PR 特性を畳み込むなどして最尤波形と競合波形を生成し、波形間ユークリッド距離を算出する。

[0034] この後の尤度算出方法について図 12 のフローチャートを用いて説明する。

[0035] まず正規化尤度候補演算部 811 において、時刻 n の尤度候補 $\Delta(n)$ を尤度候補メモリ 803 から取得する (S1201)。この尤度候補 $\Delta(n)$ を信号間距離演算部 810 出力である波形間ユークリッド距離で除算し、正規化尤度候補 $\Delta(n)'$ を算出する (S1202)。尤度更新部 812 では、最尤復号値メモリ 808 から k 番目 ($1 \leq k \leq L2$) の最尤復号値 b_{m_k} を取得し (S1203)、競合復号値メモリ 809 から k 番目 ($1 \leq k \leq L2$) の競合復号値 b_{c_k} を取得 (S1204) する。そして最尤復号値 b_{m_k} と競合復号値 b_{c_k} を比較する (S1205)。S1205 での比較結果が一致したら、尤度メモリ 813 に格納されている k 番目の尤度 Δ_k はそのまま保持する (S1206)。比較結果が一致しなければ、尤度メモリ 813 に格納されている k 番目の尤度 Δ_k と正規化尤度候補 $\Delta(n)'$ を比較する (S1207)。S1207 での比較結果、正規化尤度候補 $\Delta(n)'$ が小さければ尤度メモリ 813 に格納されている k 番目の尤度 Δ_k を $\Delta(n)'$ に置き換える (S1208) (例えば図 10 の Δ_5)。比較の結果、正規化尤度候補 $\Delta(n)'$ が大きければ尤度メモリ 813 に格納されている k 番目の尤度 Δ_k はそのまま保持する (S1206) (例えば図 10 の Δ_8)。これら S1203 か

ら S 1 2 0 8 までの処理を $k = 1$ から L 2 まで実施し、その過程で S 1 2 0 8（尤度の置き換え）が実行されたかを確認する（S 1 2 0 9）。S 1 2 0 8 が実行された場合は尤度メモリ 8 1 3 の L 2 番目の尤度 Δ_{L2} を尤度として出力し（S 1 2 1 0）、実行されなかった場合は尤度が一度も更新されなかったため尤度を 1 として出力する（S 1 2 1 1）。これは、正規化尤度を使用しているため図 7 に示す分布の平均値を与えていることに相当する。

[0036] 以上で算出した尤度 Δ を用いて、L L R 演算部 8 1 4 において、（式 4）の L L R 計算式に従い L L R を算出する。なお、（式 4）における平均値 μ 、標準偏差 σ は実測してもよいが、予め設定しておいた値を使用してもよい。最後に乗算部 8 1 5 において、最尤復号値メモリ 8 0 8 の L 2 番目の最尤復号値と L L R を乗算した結果を信頼度として軟値復調部 1 1 2 に出力する。

[0037] 以上の回路構成、処理手順によれば、R L L 変調されているデータ列に対しても有効な信頼度を算出することが可能となり、軟判定復号における訂正能力を向上させることが可能となる。

[0038] なお、本実施例では波形間距離を算出するのにユークリッド距離を利用したが、絶対値に読み替えて実施してもよい。また（1、7）R L L を例に説明したが、これに限定するものではなく、任意の変調方式においても適用可能である。これらのことは以降の実施例についても同様である。

実施例 2

[0039] 本実施例では実施例 1 と異なり、尤度の更新には正規化しない尤度を使用する。図 1 3 は本実施例における軟出力復号部 1 1 1 の構成を示す。実施例 1（図 8）の尤度更新部 8 1 2 と尤度メモリ 8 1 3 の部分を、図 1 3 では尤度更新部 1 3 0 1、比較用尤度メモリ 1 3 0 2、出力用尤度メモリ 1 3 0 3 で置き換えている。比較用尤度メモリ 1 3 0 2 と出力用尤度メモリ 1 3 0 3 の構成を図 1 4 に示す。

[0040] ここで、図 1 3 における尤度更新部 1 3 0 1 の動作について図 1 5 のフローチャートを用いて説明する。

[0041] S 1 2 0 5 までの動作は実施例 1 と同一である。S 1 2 0 5 の比較結果が一致したら、比較用尤度メモリ 1 3 0 2 および出力用尤度メモリ 1 3 0 3 に格納されている k 番目の尤度 Δ_k 、 Δ_k' はそのまま保持する (S 1 5 0 1)。比較結果が一致しなければ、比較用尤度メモリ 1 3 0 2 に格納されている k 番目の尤度 Δ_k と尤度候補 $\Delta(n)$ を比較する (S 1 5 0 2)。S 1 5 0 2 の比較結果、尤度候補 $\Delta(n)$ が小さければ比較用尤度メモリ 1 3 0 2 に格納されている k 番目の尤度 Δ_k を尤度候補 $\Delta(n)$ に置き換え (S 1 5 0 3)、さらに出力用尤度メモリ 1 3 0 3 に格納されている k 番目の尤度 Δ_k' を正規化尤度候補 $\Delta(n)'$ に置き換える (S 1 5 0 4)。また S 1 5 0 2 の比較結果、尤度候補 $\Delta(n)$ が大きければ比較用尤度メモリ 1 3 0 2 および出力用尤度メモリ 1 3 0 3 に格納されている k 番目の尤度 Δ_k 、 Δ_k' はそのまま保持する (S 1 5 0 1)。これら S 1 2 0 3 から S 1 5 0 4 までの処理を $k = 1$ から $L 2$ まで実施し、その過程で S 1 5 0 3、S 1 5 0 4 (尤度の置き換え) が実行されたかを確認する (S 1 5 0 5)。S 1 5 0 3、S 1 5 0 4 が実行された場合は、出力用尤度メモリ 1 3 0 3 の $L 2$ 番目の尤度 $\Delta_{L 2}'$ を尤度として出力し (S 1 5 0 6)、実行されなかった場合は尤度が一度も更新されなかったので尤度を 1 として出力する (S 1 5 0 7)。これは、正規化尤度を使用しているため図 7 に示す分布の平均値を与えていることに相当する。

[0042] 以上の回路構成、処理手順によれば、尤度更新の比較は正規化前、実際に出力するのは正規化後の尤度を使用することができ、軟判定復号における訂正能力を向上させることが可能となる。

実施例 3

[0043] 本実施例では実施例 1、2 と異なり、尤度の更新および出力にも正規化しない尤度を使用する。図 1 6 は本実施例における軟出力復号部 1 1 1 の構成を示す。実施例 1 (図 8) の尤度更新部 8 1 2 の部分を図 1 6 では尤度更新部 1 6 0 1 で置き換え、図 8 の信号間距離演算部 8 1 0、正規化尤度候補演算部 8 1 1 を削除している。

[0044] ここで、図 16 における尤度更新部 1601 の動作について図 17 のフローチャートを用いて説明する。

[0045] S1205 までの動作は実施例 1 と同一である。S1205 の比較結果が一致したら、尤度メモリ 813 に格納されている k 番目の尤度 Δ_k はそのまま保持する (S1701)。比較結果が一致しなければ、尤度メモリ 813 に格納されている k 番目の尤度 Δ_k と尤度候補 $\Delta(n)$ を比較する (S1702)。S1702 の比較結果、尤度候補 $\Delta(n)$ が小さければ尤度メモリ 813 に格納されている k 番目の尤度 Δ_k を尤度候補 $\Delta(n)$ に置き換え (S1703)、尤度候補 $\Delta(n)$ が大きければ尤度メモリ 813 に格納されている k 番目の尤度 Δ_k はそのまま保持する (S1701)。これら S1203 から S1703 までの処理を $k=1$ から $L2$ まで実施し、その過程で S1703 (尤度の置き換え) が実行されたかを確認する (S1704)。S1703 が実行された場合は、尤度メモリ 813 の $L2$ 番目の尤度 Δ_{L2} を尤度として出力する (S1705)。実行されなかった場合は尤度が一度も更新されなかったため、最尤波形と競合波形の波形間ユークリッド距離 $ED(T, F)$ が最小となるものを尤度として出力する (S1706)。これは、正規化しない場合、尤度は図 18 のような分布をとるため、その分布の中で最も誤りやすいパスの分布の平均値 (図 18 では μ_2) を与えていることに相当する。また、S1706 で出力する尤度としては、図 18 における全体分布の平均値 (μ_{all}) を使用しても良い。

[0046] 以上の回路構成、処理手順によれば、正規化しない尤度を用いる場合においても適切な尤度を出力させることができ、軟判定復号における訂正能力を向上させることが可能となる。

実施例 4

[0047] 本実施例が実施例 1-3 と異なるのは、競合パス判定の動作である。実施例 1 では事前最尤パス判定を実施した後、最尤パス、競合パスを判定していたのに対し、本実施例では事前最尤パス判定しないことを特徴とする。

[0048] 図 19 は本実施例における軟出力復号部 111 の構成を示す。実施例 1 (

図 8) の最尤パス判定部 806、競合パス判定部 807 の部分を図 19 では最尤パス判定部 1901、競合パス判定部 1902 で置き換え、図 8 の尤度候補メモリ 803、事前最尤パス判定部 805 を削除している。

[0049] 図 20 を用いてこのパス判定方法について時刻 n 周辺を例に説明する。図 20 のトレリス線図は図 2 の状態遷移図を展開したものである。まず、時刻 n でのパスメトリックが最小のステートを基点ステートとする。次に最尤パス判定部 1901 において、時刻 n での基点ステートを開始点として、時刻 n から時刻 $n-L2$ まで通常通りトレースバックすることにより最尤パスを確定する。また競合パス判定部 1902 において、時刻 n での基点ステートを開始点として、時刻 $n-1$ への遷移に関してのみパスメモリ 804 に格納されたのとは異なるパスを選択、その後時刻 $n-1$ から時刻 $n-L2$ まで通常通りトレースバックすることにより競合パスを確定する。

[0050] もしくは、競合パスの判定に以下の方法を採用してもよい。

[0051] 図 21 を用いてこのパス判定方法について時刻 n 周辺を例に説明する。図 21 のトレリス線図は図 2 の状態遷移図を展開したものである。最尤パス判定部 1901 において、時刻 n での最小パスメトリックとなるステートを開始点として、時刻 n から時刻 $n-L2$ まで通常通りトレースバックすることにより最尤パスを確定する。また競合パス判定部 1902 において、時刻 n でのパスメトリックが二番目に小さい次点パスメトリックとなるステートを開始点として、時刻 n から時刻 $n-L2$ まで通常通りトレースバックすることにより競合パスを確定する。なお、この場合の尤度候補 $\Delta(n)$ は図 21 に示すように最小パスメトリックと次点パスメトリックの差分とする。

[0052] 以上の回路構成、処理手順によれば、RL 変調されているデータ列に対しても有効な信頼度を算出することが可能となり、さらにメモリ量を削減することが可能である。

[0053] また、本実施例は実施例 1 に対して説明したが、他の実施例についても同様に適用可能である。

実施例 5

[0054] 以上の実施例では1次元について説明したが、本実施例では2次元の例について説明する。実施例1と異なるのは尤度候補 Δ の算出方法などである。

[0055] 図22、図23を用いて尤度候補 Δ の算出方法についてn番目ピクセル周辺を例に説明する。図22に(式8)に示すような 2×2 行列の2次元PR特性の状態遷移図を示す。a, b, c, dは任意の実数である。なお、使用する2次元PR特性はこれに限定するものではなく任意の行列を用いても同様に拡張できる。

[0056] [数6]

$$PR \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} \quad (\text{式8})$$

[0057] まずBM演算部801において、図22の基準値REF[00;00]～REF[11;11]と軟出力復号部505入力である等化波形との差分の2乗であるブランチメトリックを計算する。その後、ACS演算部802において図22のステートS[0;0]～S[1;1]毎のパスメトリックにブランチメトリックを加算し、図22のパスが合流している点で加算結果を比較するのだが、図のように4本のパスが合流していることから、この4本のうち加算結果が最も小さくなるパスを選択する。

[0058] 図23のトレリス線図は図22の状態遷移図を展開したものであり、n番目ピクセルのS[0;0]でのパスの合流を例に考える。ACS演算部802において、選択したパスとその他のパスの加算結果差分(図23の Δ_1 、 Δ_2 、 Δ_3)を算出し、これら Δ_1 、 Δ_2 、 Δ_3 のうち最小となるものを最も誤り易いパスと判断し、尤度候補 Δ として尤度候補メモリ803に格納する。図23では Δ_1 が最小としている。

[0059] また、競合パス判定部807では、n番目ピクセルでの基点ステートを開始点として、n-1番目ピクセルへの遷移に関してのみパスメモリ804に格納されたのとは異なるパスを選択するが、この異なるパスとは尤度候補 Δ を算出した時に使用したパスとする。図23では Δ_1 であったパスを競合パスとしている。

[0060] さらに尤度更新部 812 では、最尤復号値メモリ 808 から k 番目 ($1 \leq k \leq L2$) の最尤復号値 b_{m_k} を取得し (S1203)、競合復号値メモリ 809 から k 番目 ($1 \leq k \leq L2$) の競合復号値 b_{c_k} を取得する (S1204)。(式 8) の例では図 22 のように 2 ビット同時に復号されるため、最尤復号値 b_{m_k} と競合復号値 b_{c_k} は 2 ビットの信号となる。よって、最尤復号値 b_{m_k} と競合復号値 b_{c_k} を比較する際には (S1205)、0 ビット目と 1 ビット目の夫々のビットで比較を実施する。以降、尤度の更新は 0 ビット目と 1 ビット目の夫々で実施する。

[0061] 以上の回路構成、処理手順によれば、2 次元 PR 特性を用いた場合にも有効な信頼度を算出することが可能となり、軟判定復号を用いることにより訂正能力を向上させることが可能となる。

[0062] また、本実施例は実施例 1 に対して説明したが、他の実施例についても同様に適用可能である。

符号の説明

[0063] 101: ホスト、102: 誤り訂正符号化部、103: 変調部、104: LDD、105: ピックアップ、106: ディスク、107: スピンドルモータ、108: AFE、109: ADC、110: 波形等化部、111: 軟出力復号部、112: 軟値復調部、113: 誤り訂正部、801: BM 演算部、802: ACS 演算部、803: 尤度候補メモリ、804: パスメモリ部、805: 事前最尤パス判定部、806: 最尤パス判定部、807: 競合パス判定部、808: 最尤復号値メモリ、809: 競合復号値メモリ、810: 信号間距離演算部、811: 正規化尤度候補演算部、812: 尤度更新部、813: 尤度メモリ、814: LLR 演算部、815: 乗算部、1301: 尤度更新部、1302: 比較用尤度メモリ、1303: 出力用尤度メモリ、1601: 尤度更新部、1901: 最尤パス判定部、1902: 競合パス判定部。

請求の範囲

[請求項1]

情報再生装置において、
最も確からしい復号結果となる最尤パスを出力する最尤パス判定部と、
前記最尤パスと異なる復号結果となる競合パスを出力する競合パス判定部と、
前記最尤パスと前記競合パスの差分である尤度を出力する尤度演算部と、
前記最尤パスの復号結果から生成される最尤波形と、前記競合パスの復号結果から生成される競合波形との距離である信号間距離を出力する信号間距離演算部と、
前記尤度を前記信号間距離で正規化した正規化尤度に基づいて信頼度を出力する信頼度出力部と、
を有することを特徴とする情報再生装置。

[請求項2]

請求項1に記載の情報再生装置において、
前記尤度を前記信号間距離で正規化した正規化尤度を出力する正規化尤度演算部と、
前記最尤パスの復号結果と前記競合パスの復号結果が異なる時刻の尤度候補と前記正規化尤度を比較し、前記正規化尤度が小さい場合に前記正規化尤度を尤度候補とする尤度更新部と、
前記尤度候補に基づいて信頼度を出力する信頼度出力部と、
を有することを特徴とする情報再生装置。

[請求項3]

請求項1に記載の情報再生装置において、
前記最尤パスの復号結果と前記競合パスの復号結果が異なる時刻の尤度候補と前記尤度を比較し、前記尤度が小さい場合に前記尤度を尤度候補とする尤度更新部と、
前記尤度候補を前記信号間距離で正規化した正規化尤度候補を出力する正規化尤度候補演算部と、

前記正規化尤度候補に基づいて信頼度を入力する信頼度出力部と、
を有することを特徴とする情報再生装置。

[請求項4]

情報再生装置において、

最も確からしい復号結果となる最尤パスを入力する最尤パス判定部と、

前記最尤パスと異なる復号結果となる競合パスを入力する競合パス判定部と、

前記最尤パスと前記競合パスの差分である尤度を入力する尤度演算部と、

前記最尤パスの復号結果から生成される最尤波形と、前記競合パスの復号結果から生成される競合波形との距離である信号間距離を入力する信号間距離演算部と、

前記最尤パスの復号結果と前記競合パスの復号結果が異なる時刻の尤度候補と前記尤度を比較し、前記尤度が小さい場合に前記尤度を尤度候補とする尤度更新部と、

前記比較動作が実施されなかった場合は前記信号間距離に基づいて信頼度を入力し、前記比較動作が実施された場合は前記尤度候補に基づいて信頼度を入力する信頼度出力部と、

を有することを特徴とする情報再生装置。

[請求項5]

請求項4に記載の情報再生装置において、

前記比較動作が実施されなかった場合は前記信号間距離の最小値に基づいて信頼度を入力し、前記比較動作が実施された場合は前記尤度候補に基づいて信頼度を入力する信頼度出力部を有することを特徴とする情報再生装置。

[請求項6]

請求項4に記載の情報再生装置において、

前記比較動作が実施されなかった場合は前記信号間距離の平均値に基づいて信頼度を入力し、前記比較動作が実施された場合は前記尤度候補に基づいて信頼度を入力する信頼度出力部を有することを特徴と

する情報再生装置。

[請求項7]

請求項1乃至6に記載の情報再生装置において、

前記競合パスとは、前記最尤パスのある時刻のパス合流点において強制的に分岐させたパスとすることを特徴とする情報再生装置。

[請求項8]

情報再生方法において、

最も確からしい復号結果となる最尤パスを出力し、

前記最尤パスと異なる復号結果となる競合パスを出力し、

前記最尤パスと前記競合パスの差分である尤度を出力し、

前記最尤パスの復号結果から生成される最尤波形と、前記競合パスの復号結果から生成される競合波形との距離である信号間距離を出力し、

前記尤度を前記信号間距離で正規化した正規化尤度に基づいて信頼度を出力することを特徴とする情報再生方法。

[請求項9]

請求項8に記載の情報再生方法において、

前記尤度を前記信号間距離で正規化した正規化尤度を出力し、

前記最尤パスの復号結果と前記競合パスの復号結果が異なる時刻の尤度候補と前記正規化尤度を比較し、前記正規化尤度が小さい場合に前記正規化尤度を尤度候補とし、

前記尤度候補に基づいて信頼度を出力することを特徴とする情報再生方法。

[請求項10]

請求項8に記載の情報再生方法において、

前記最尤パスの復号結果と前記競合パスの復号結果が異なる時刻の尤度候補と前記尤度を比較し、前記尤度が小さい場合に前記尤度を尤度候補とし、

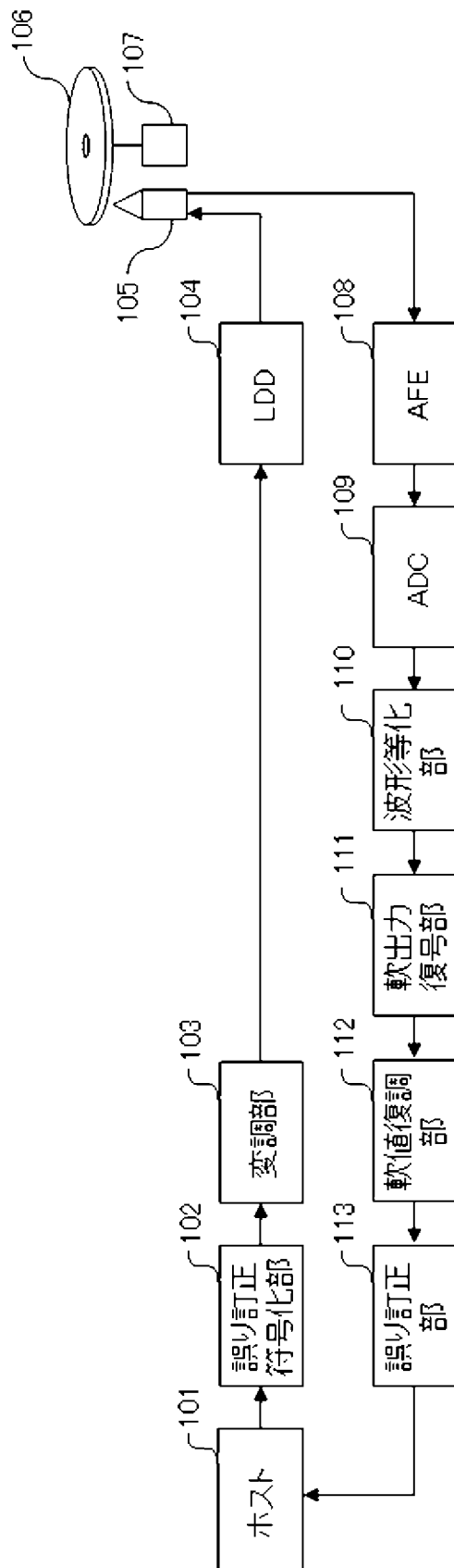
前記尤度候補を前記信号間距離で正規化した正規化尤度候補を出力し、

前記正規化尤度候補に基づいて信頼度を出力することを特徴とする情報再生方法。

- [請求項11] 情報再生方法において、
最も確からしい復号結果となる最尤パスを出力し、
前記最尤パスと異なる復号結果となる競合パスを出力し、
前記最尤パスと前記競合パスの差分である尤度を出力し、
前記最尤パスの復号結果から生成される最尤波形と、前記競合パスの復号結果から生成される競合波形との距離である信号間距離を出力し、
前記最尤パスの復号結果と前記競合パスの復号結果が異なる時刻の尤度候補と前記尤度を比較し、前記尤度が小さい場合に前記尤度を尤度候補とし、
前記比較動作が実施されなかった場合は前記信号間距離に基づいて信頼度を出力し、前記比較動作が実施された場合は前記尤度候補に基づいて信頼度を出力することを特徴とする情報再生方法。
- [請求項12] 請求項 1 1 に記載の情報再生方法において、
前記比較動作が実施されなかった場合は前記信号間距離の最小値に基づいて信頼度を出力し、前記比較動作が実施された場合は前記尤度候補に基づいて信頼度を出力することを特徴とする情報再生方法。
- [請求項13] 請求項 1 1 に記載の情報再生方法において、
前記比較動作が実施されなかった場合は前記信号間距離の平均値に基づいて信頼度を出力し、前記比較動作が実施された場合は前記尤度候補に基づいて信頼度を出力することを特徴とする情報再生方法。
- [請求項14] 請求項 8 乃至 1 3 に記載の情報再生方法において、
前記競合パスとは、前記最尤パスのある時刻のパス合流点において強制的に分岐させた
パスとすることを特徴とする情報再生方法。

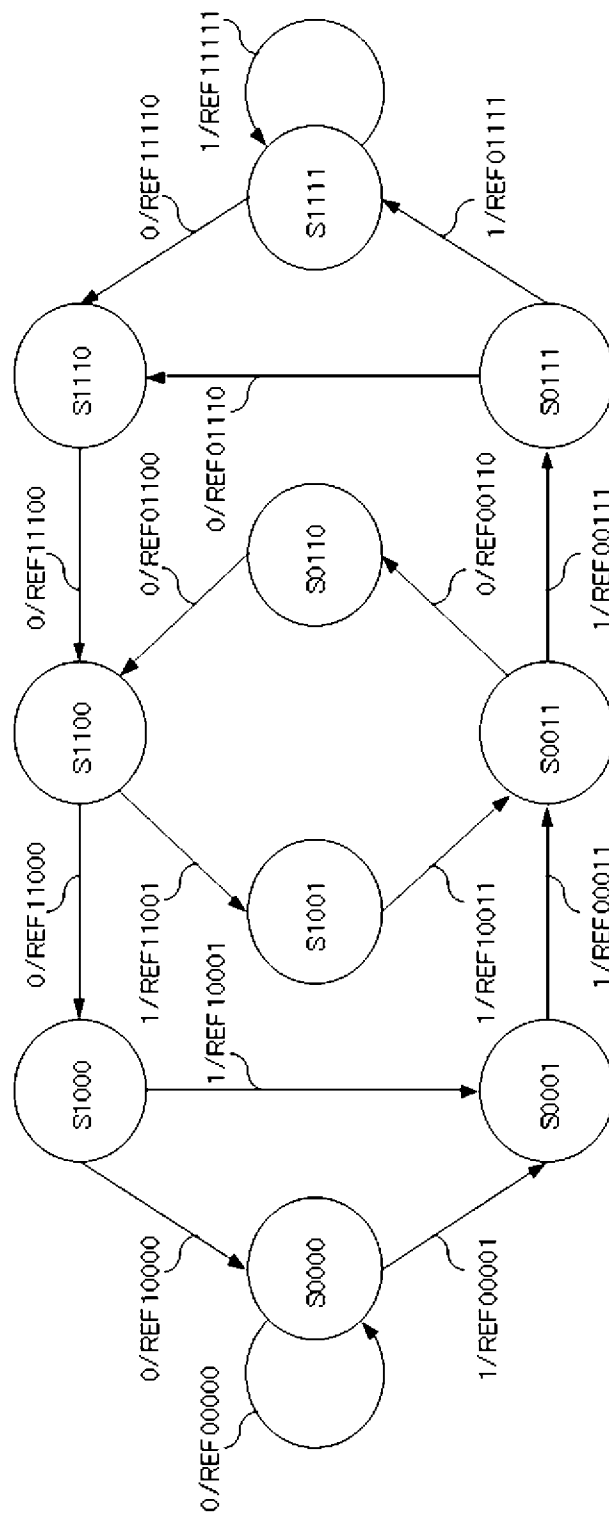
[図1]

図1



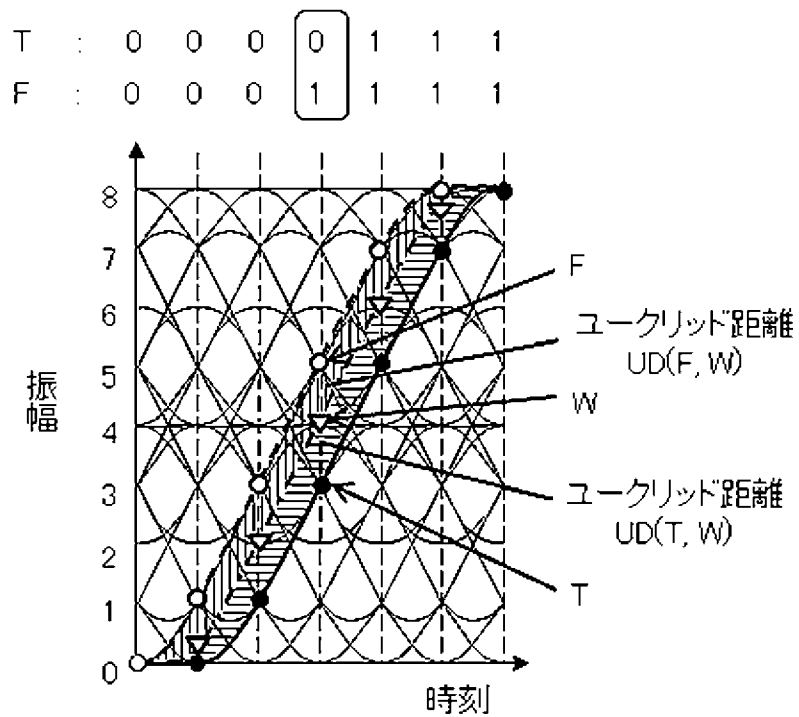
[図2]

[図2]



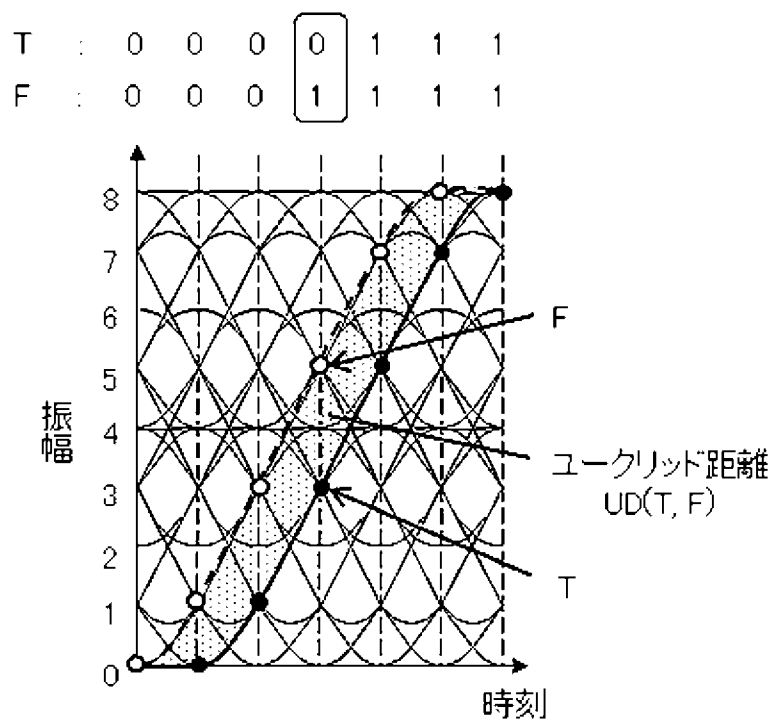
[図3]

図3



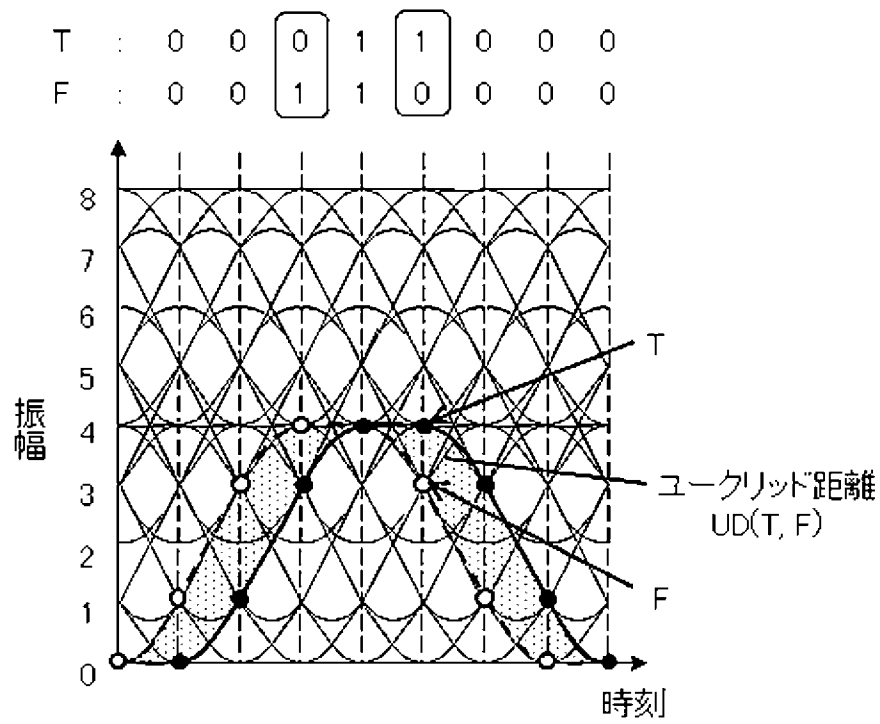
[図4]

図4



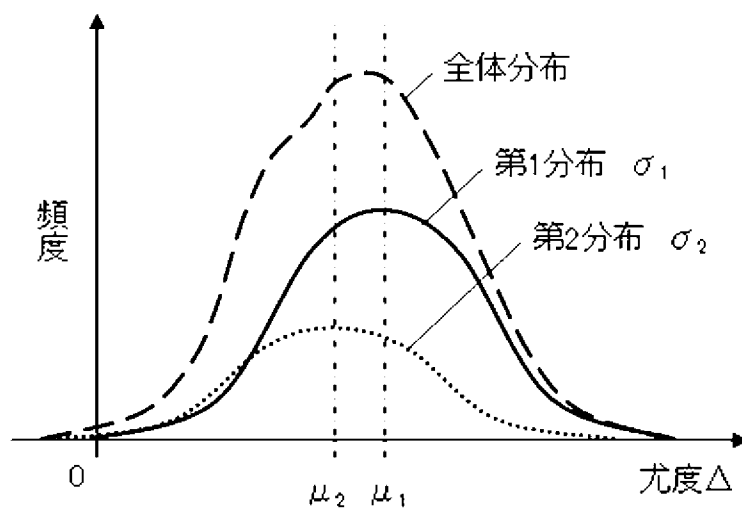
[図5]

図5



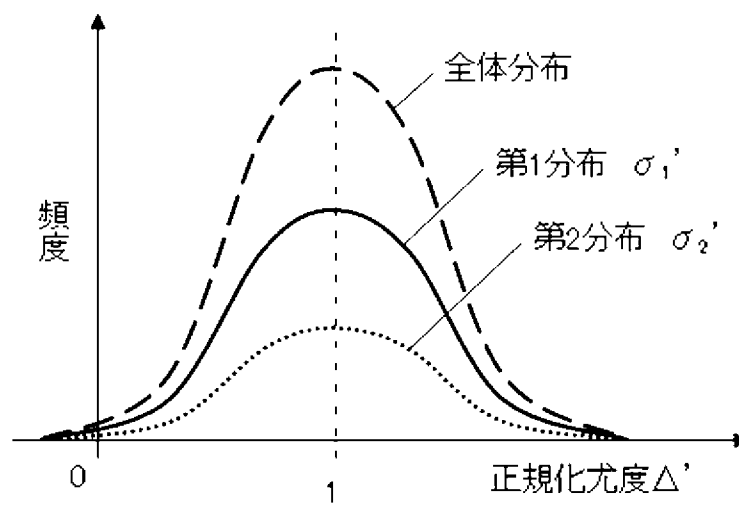
[図6]

図6



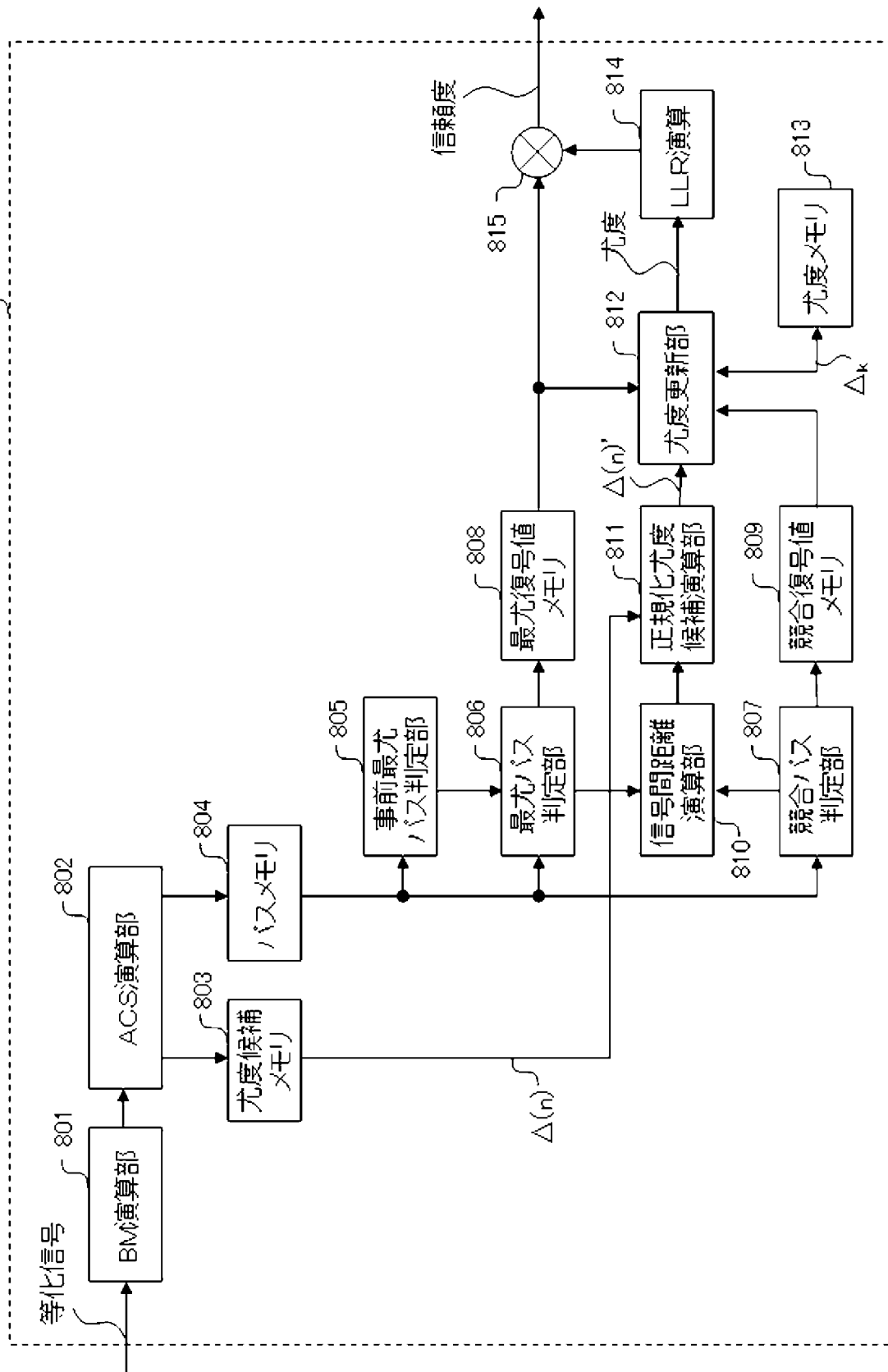
[図7]

図7



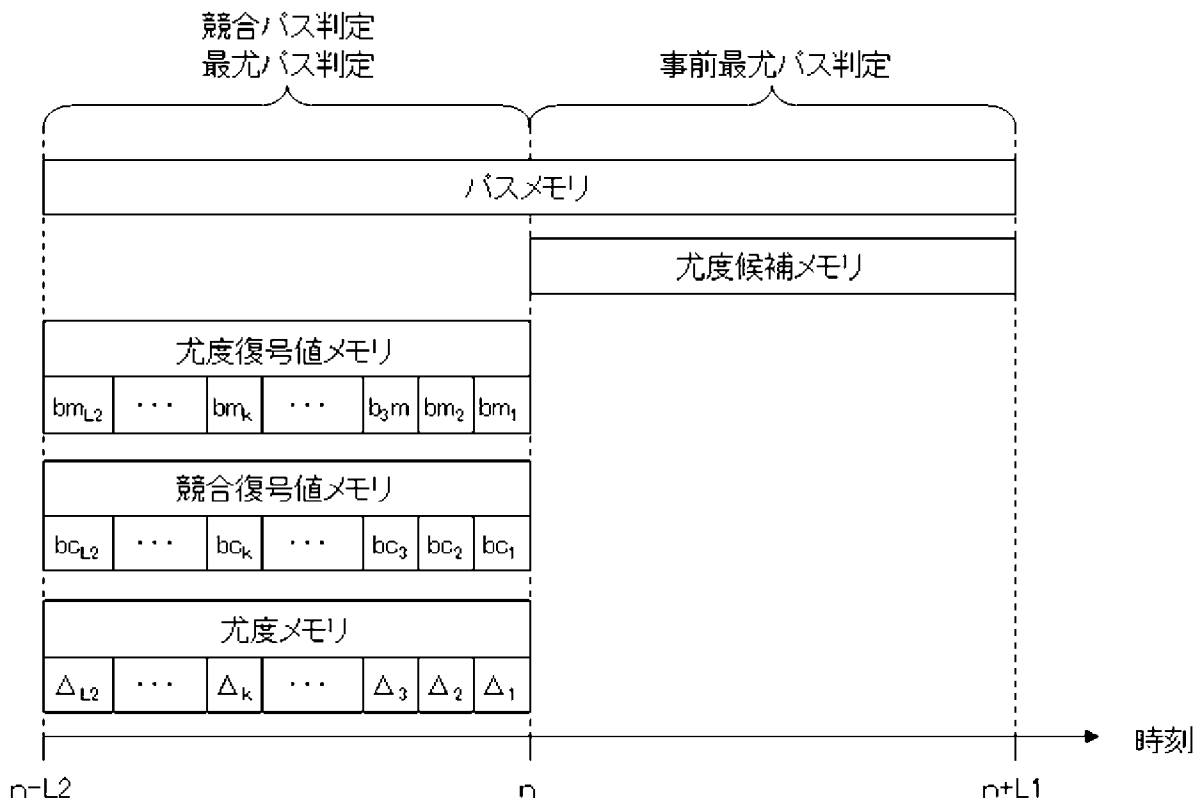
[図8]

図8



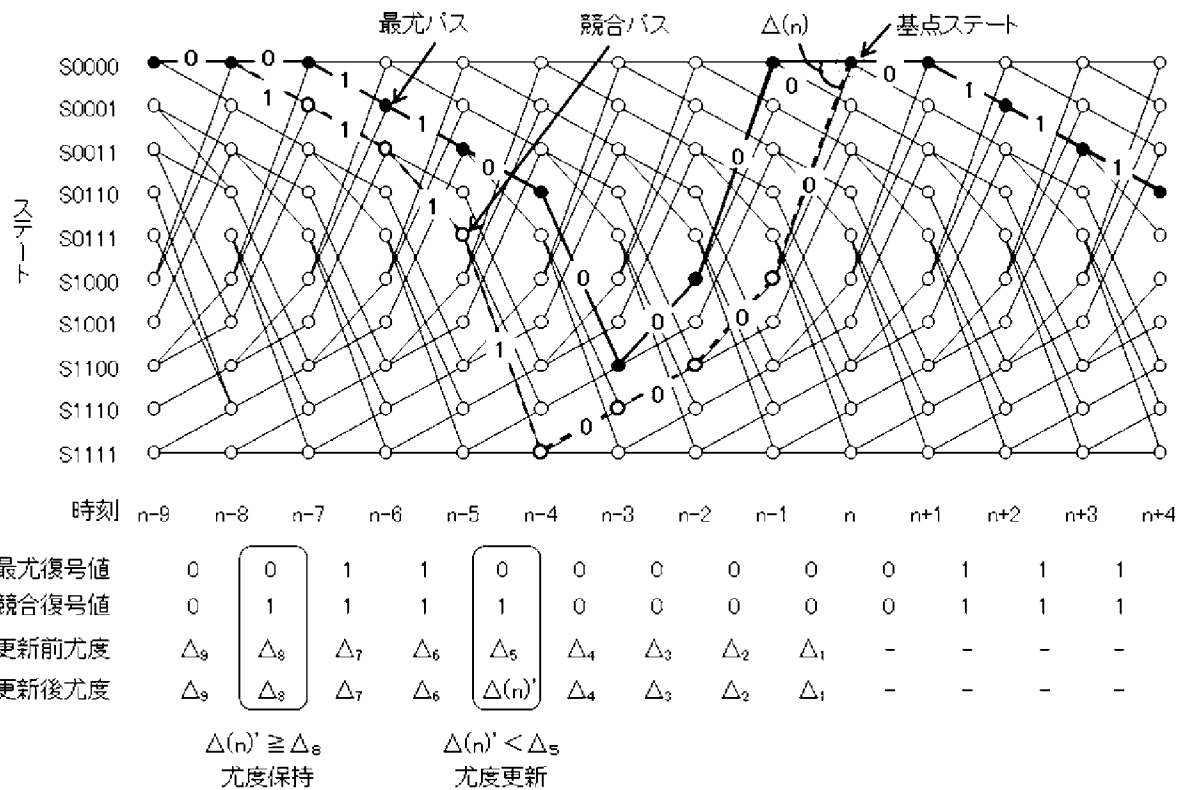
[図9]

図9



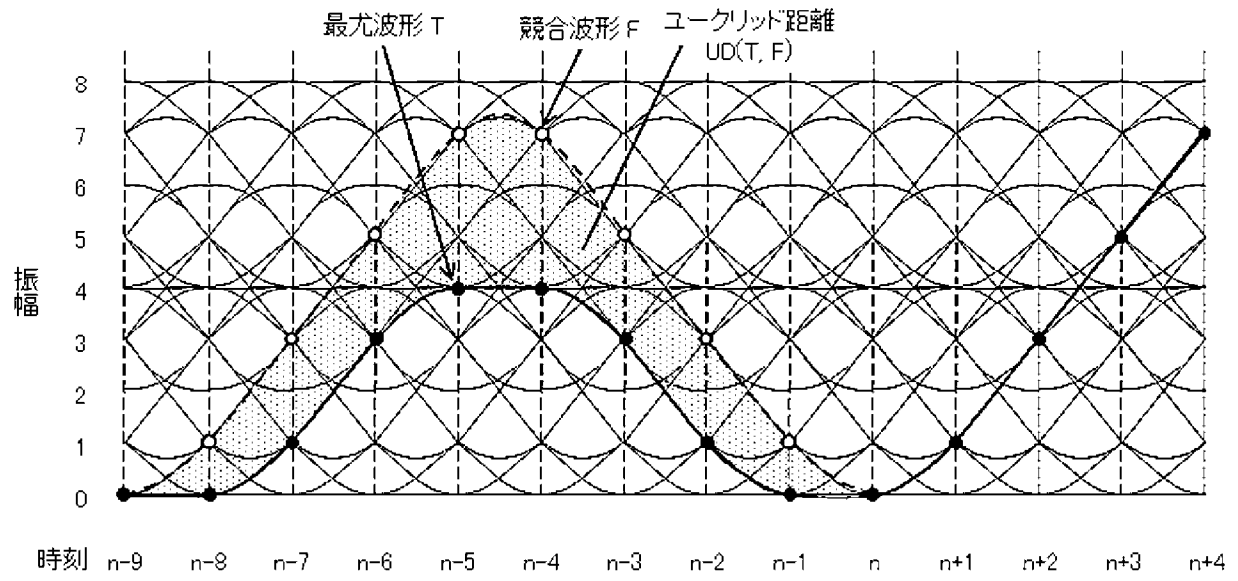
[図10]

図10



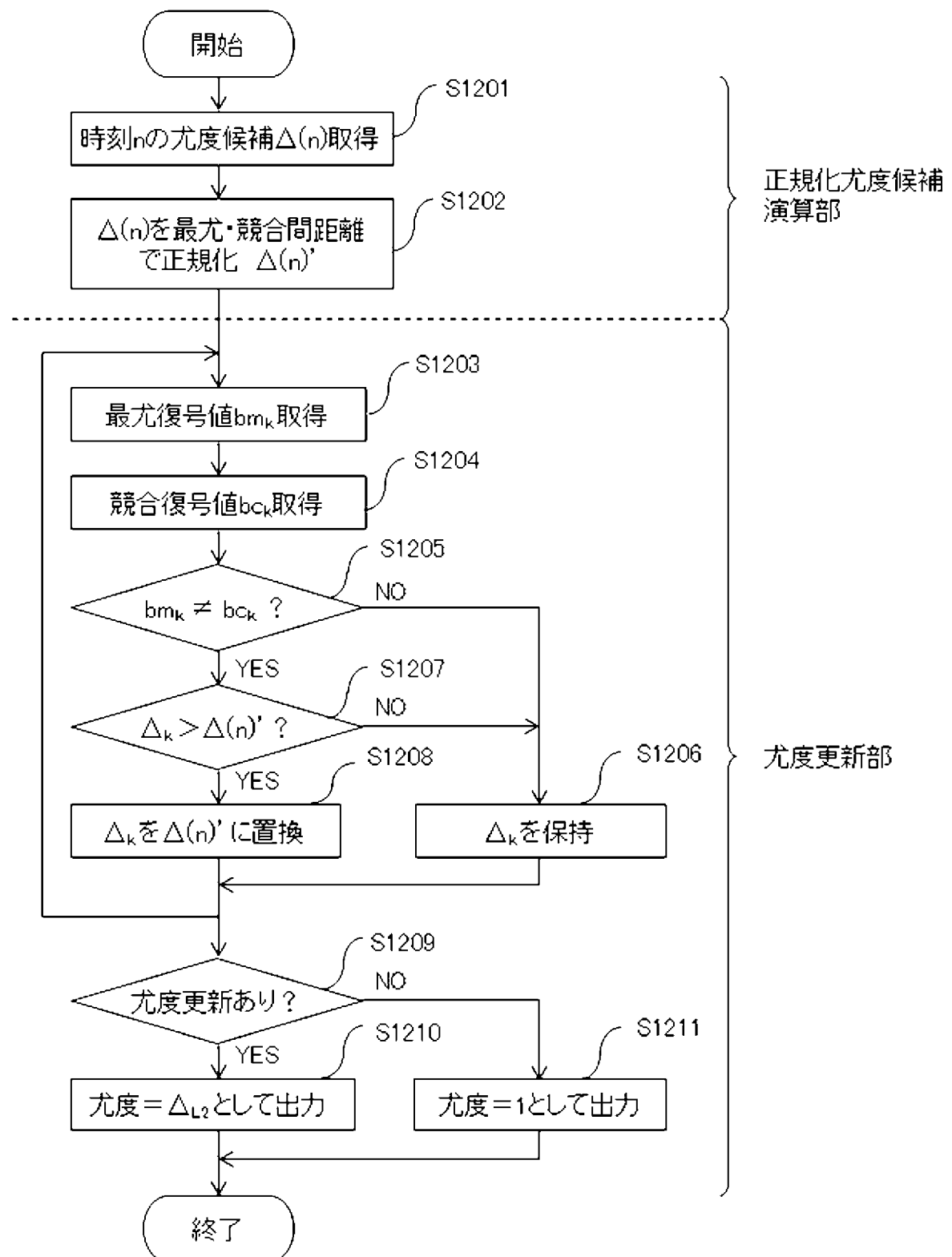
[図11]

図11



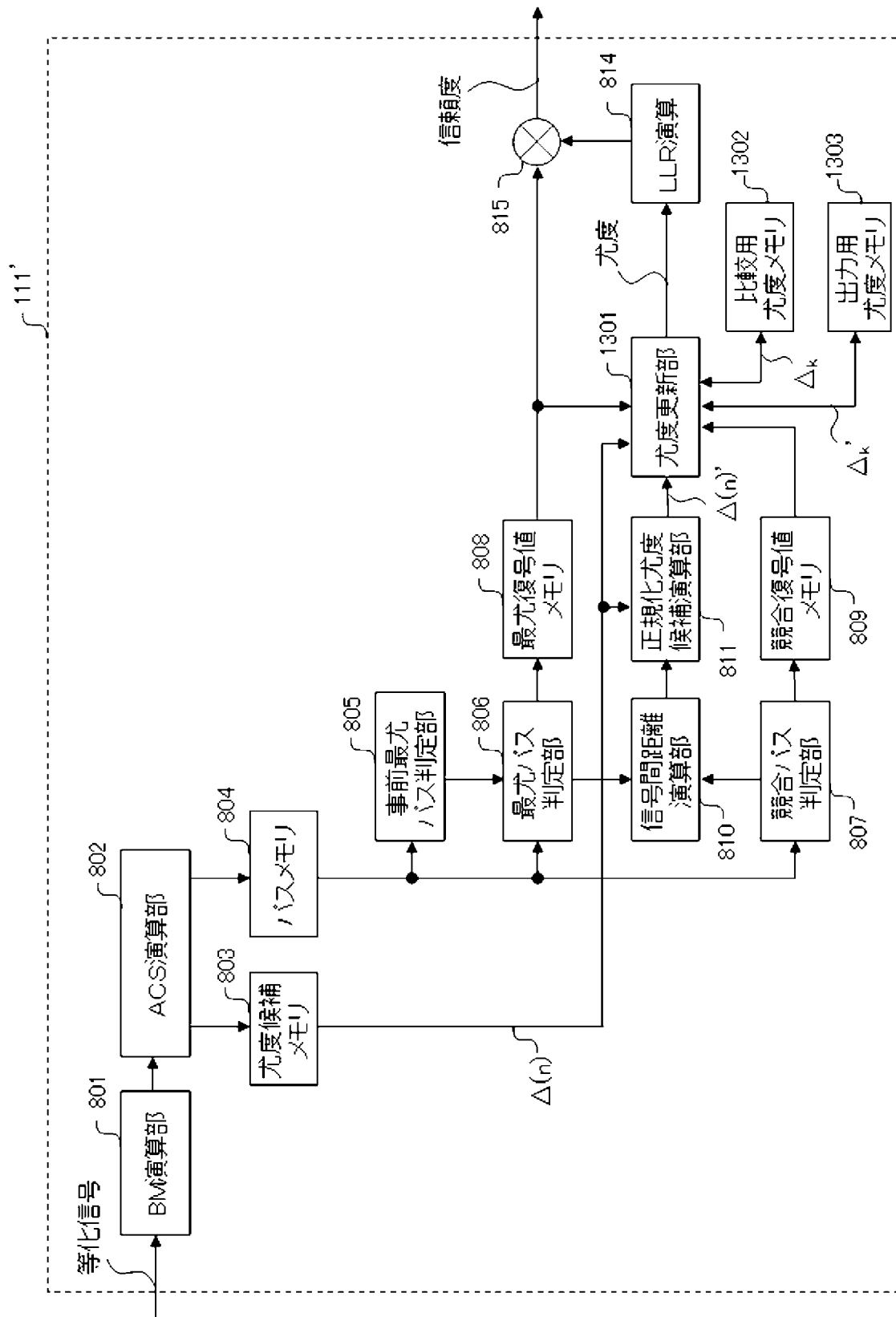
[図12]

図12



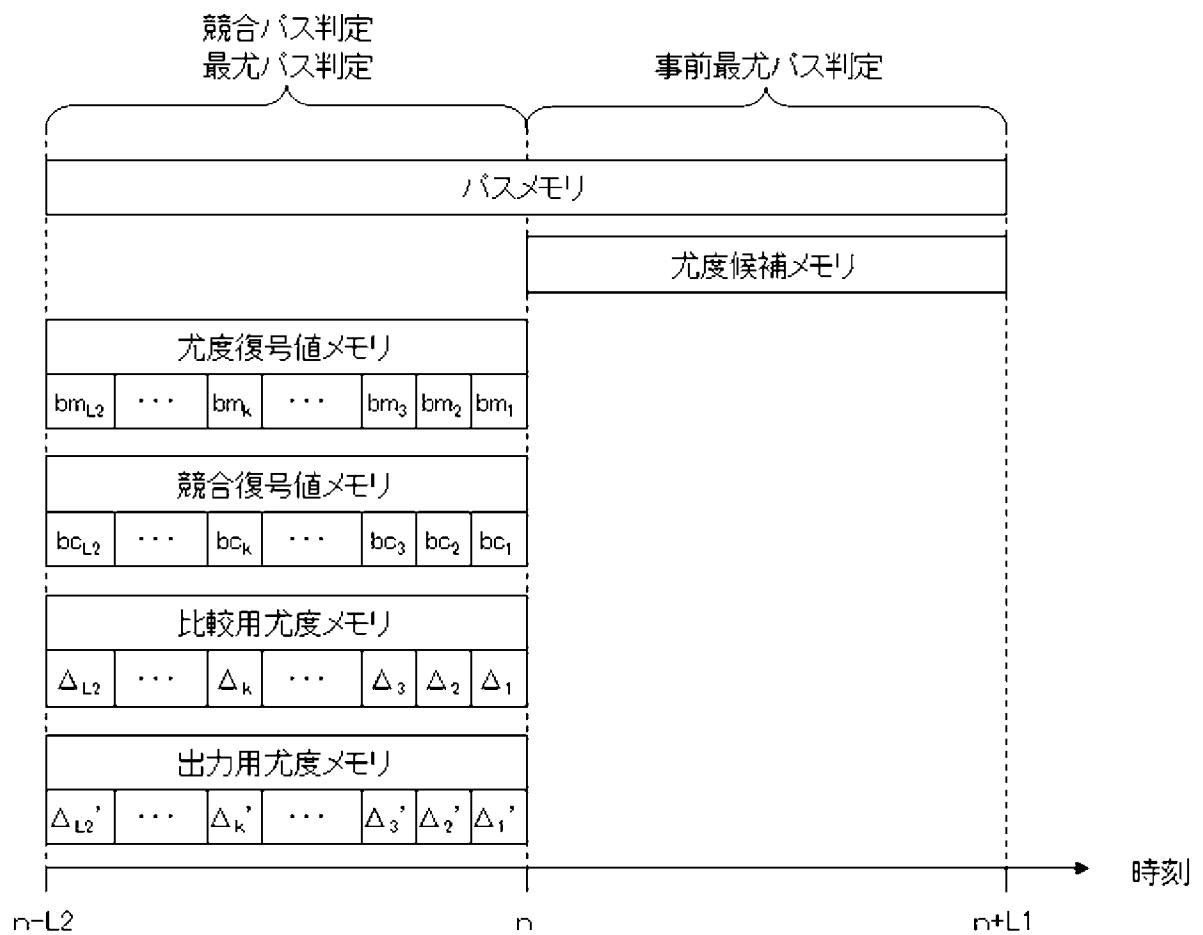
[図13]

図13



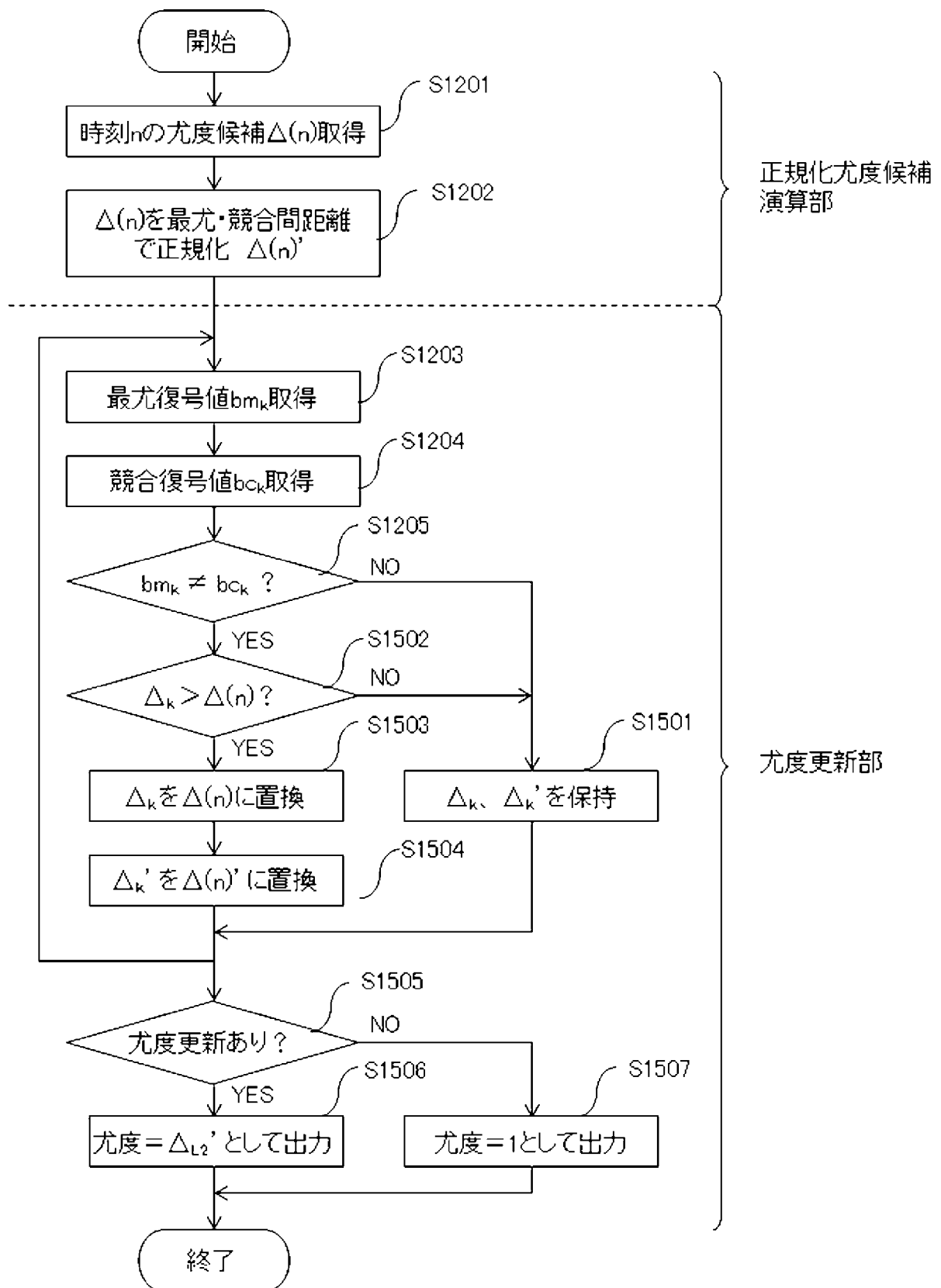
[図14]

図14



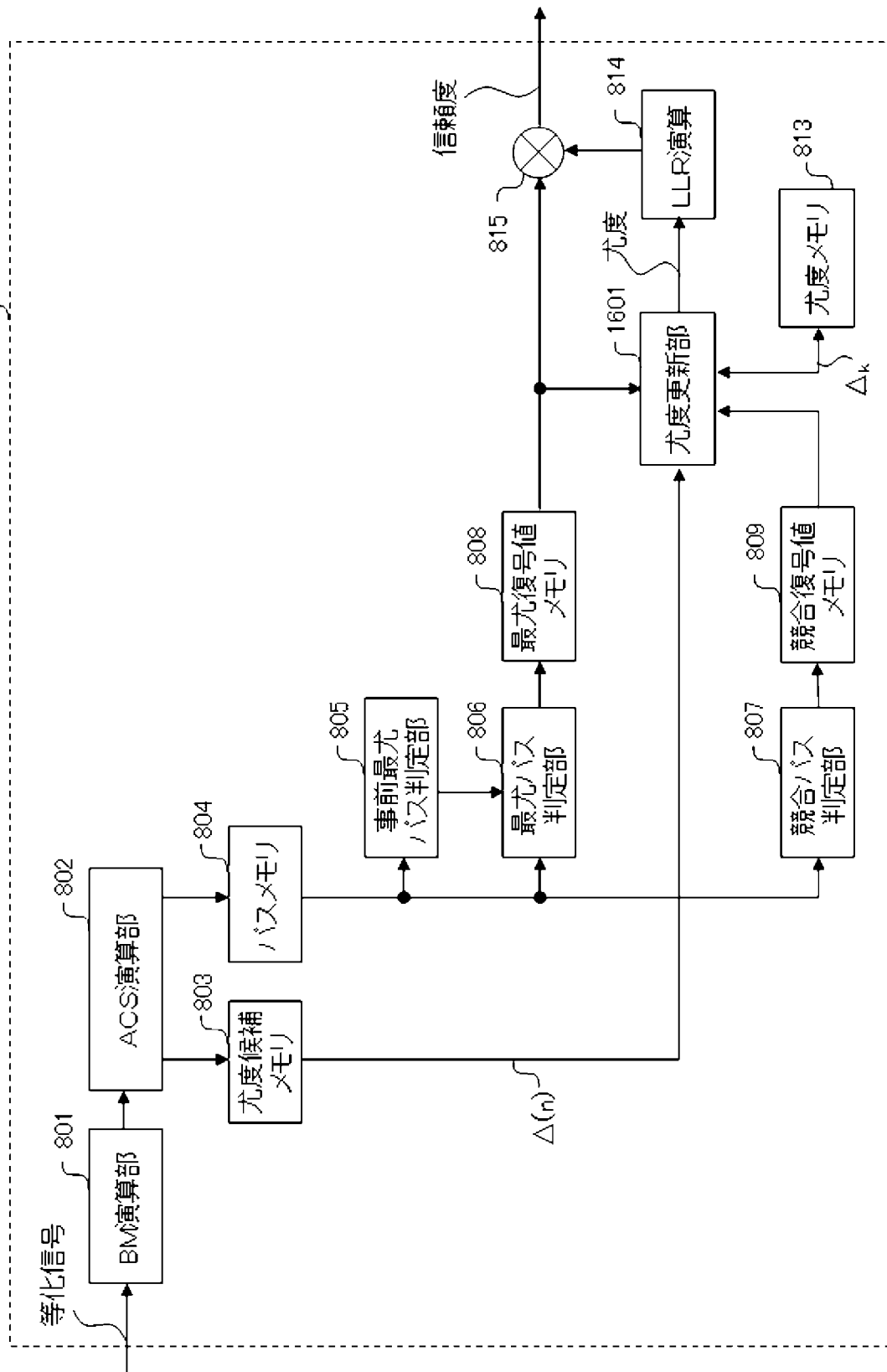
[図15]

図15



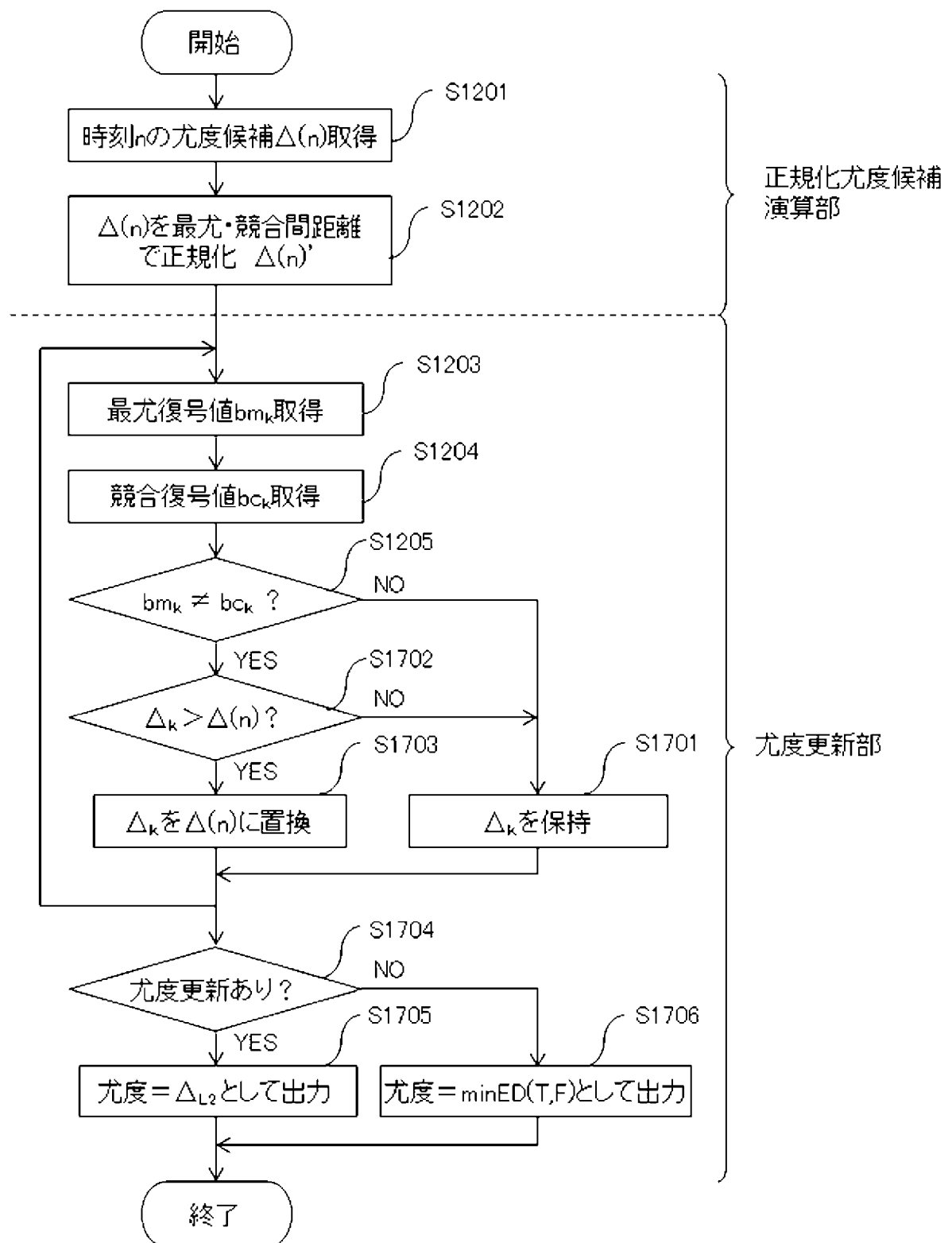
[図16]

図16



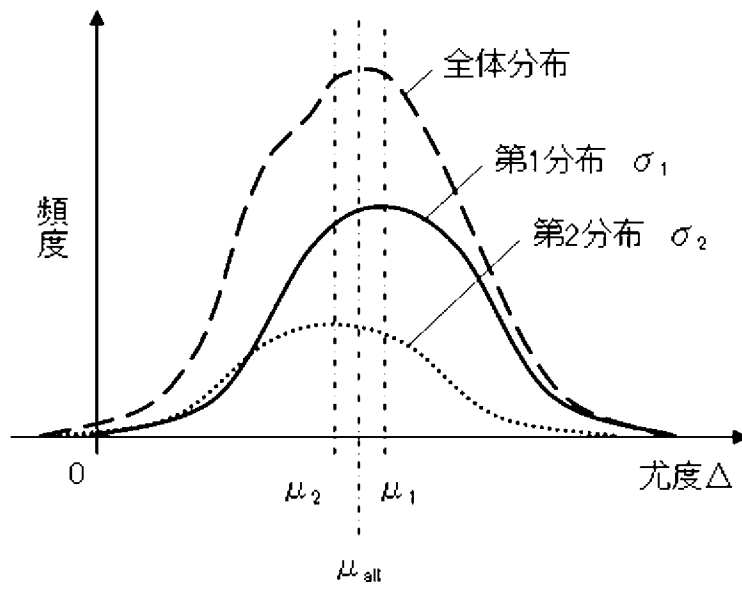
[図17]

図17



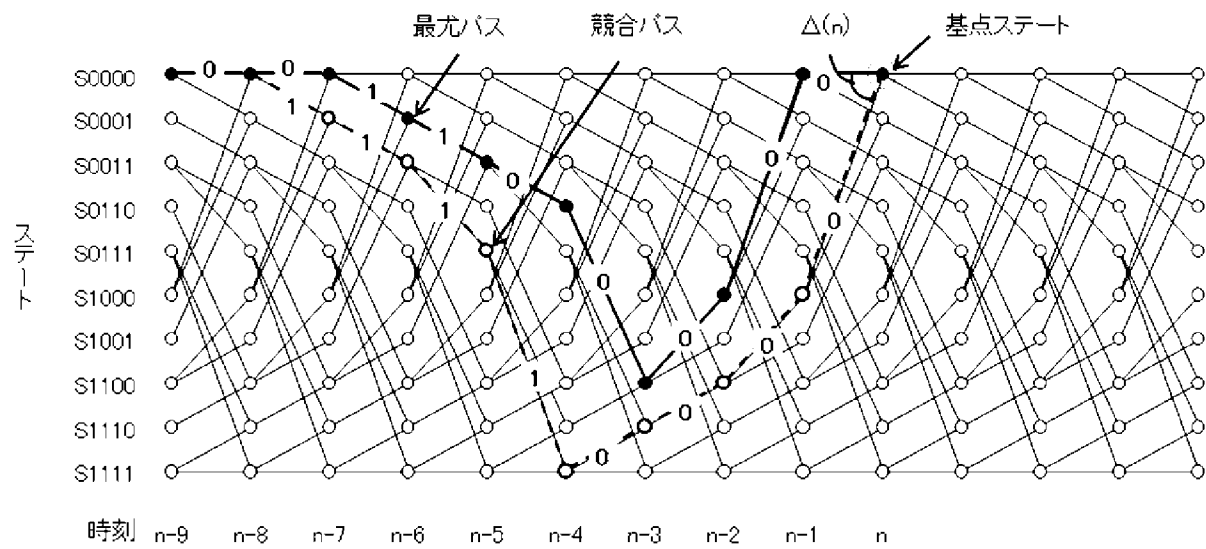
[図18]

図18



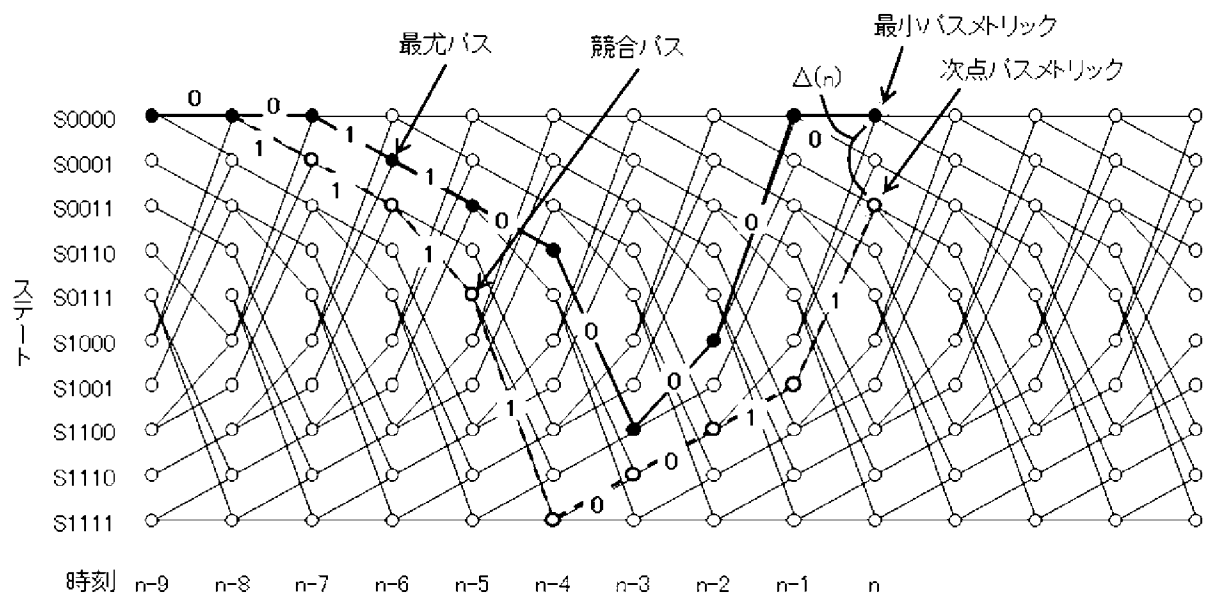
[図20]

図20



[図21]

図21



[図22]

図22

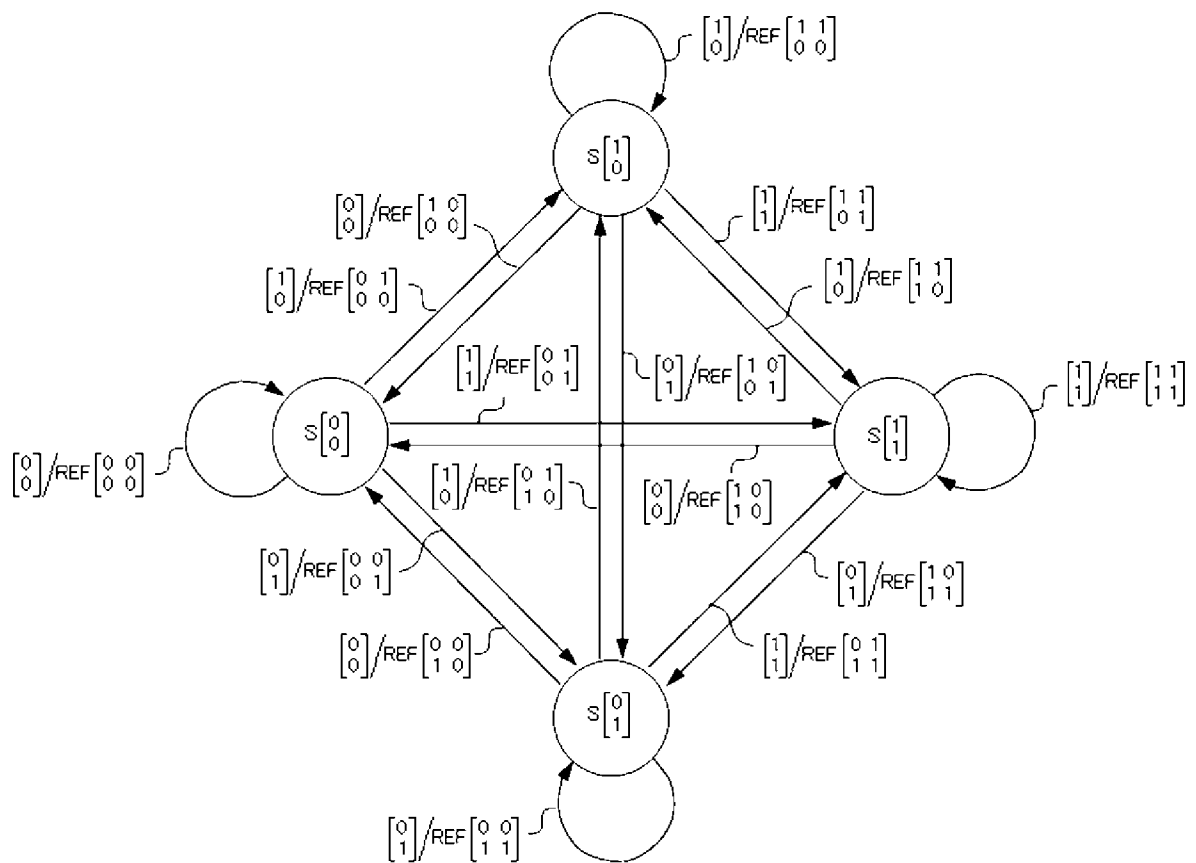
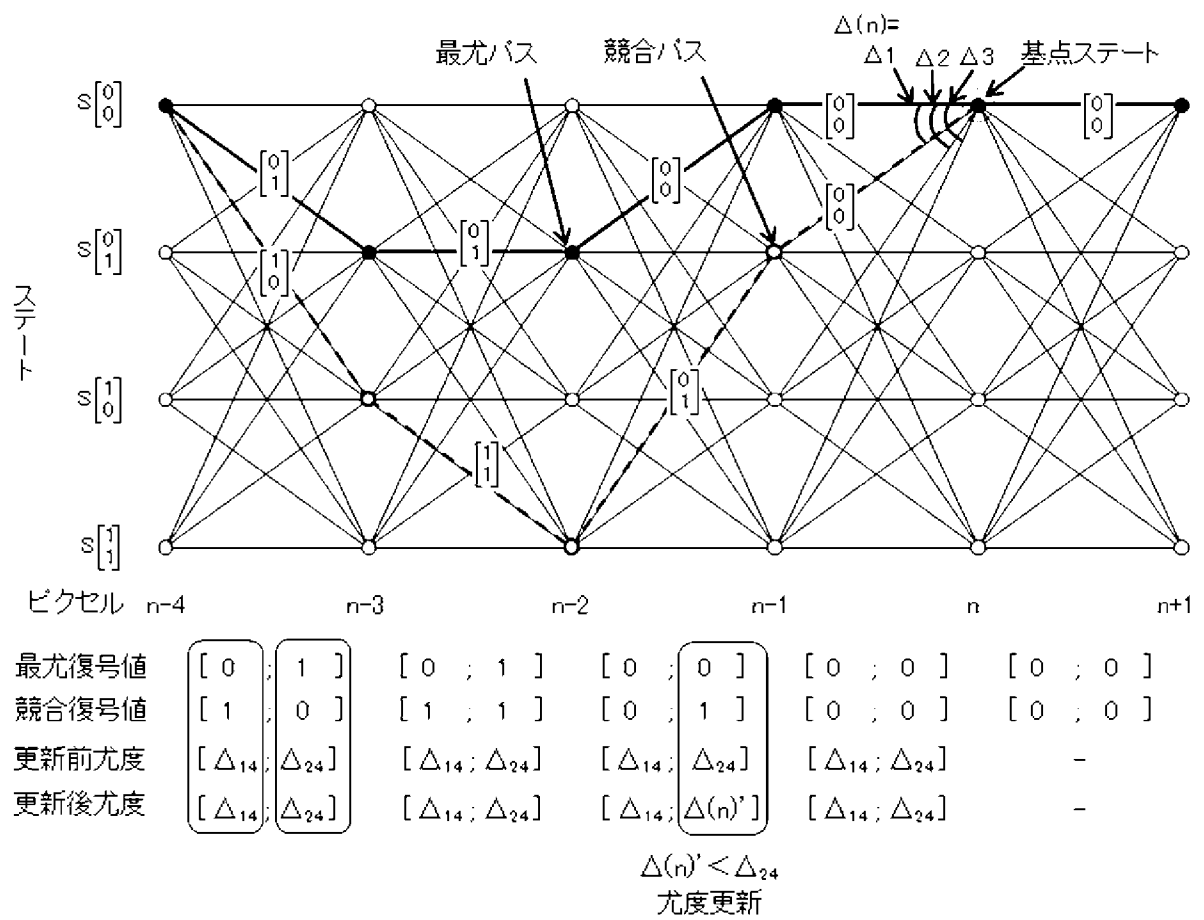


图23



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/057552

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G11B20/18(2006.01)i, G11B20/10(2006.01)i, G11B20/14(2006.01)i, H03M13/41(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)

G11B20/18, G11B20/10, G11B20/14, H03M13/41

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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 11-355151 A (Hitachi, Ltd.), 24 December 1999 (24.12.1999), paragraphs [0029] to [0031]; fig. 8, 9 (Family: none)	1, 7, 8, 14 2-6, 9-13
A	JP 2005-166221 A (Canon Inc.), 23 June 2005 (23.06.2005), entire text; all drawings & US 2005/0122877 A1	1-14
A	JP 2006-286073 A (Sony Corp.), 19 October 2006 (19.10.2006), entire text; all drawings & US 2007/0234188 A1	1-14



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“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)

“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

“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

“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

“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

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
10 April, 2012 (10.04.12)

Date of mailing of the international search report
24 April, 2012 (24.04.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G11B20/18(2006.01)i, G11B20/10(2006.01)i, G11B20/14(2006.01)i, H03M13/41(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 (I P C))

Int.Cl. G11B20/18, G11B20/10, G11B20/14, H03M13/41

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 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)

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
X A	JP 11-355151 A (株式会社日立製作所) 1999. 12. 24, 段落【0029】-【0031】, 図8, 図9 (ファミリーなし)	1, 7, 8, 14 2-6, 9-13
A	JP 2005-166221 A (キヤノン株式会社) 2005. 06. 23, 全文, 全図 & US 2005/0122877 A1	1-14
A	JP 2006-286073 A (ソニー株式会社) 2006. 10. 19, 全文, 全図 & US 2007/0234188 A1	1-14

C欄の続きにも文献が列挙されている。

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

の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

1 0 . 0 4 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

2 4 . 0 4 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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)

堀 洋介

5 D

3 9 9 6

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 5 1