

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報 (B 2)

(11)特許番号

特許第 3 2 9 3 7 0 9 号

(P 3 2 9 3 7 0 9)

(45)発行日 平成14年6月17日(2002.6.17)

(24)登録日 平成14年4月5日(2002.4.5)

(51)Int. Cl. ⁷	識別記号	F I		
G 1 0 L	19/08	G 1 0 L	9/14	G
	19/00			S
	19/12		9/18	E

請求項の数 3

(全 9 頁)

(21)出願番号	特願平6-43519	(73)特許権者	000004226 日本電信電話株式会社 東京都千代田区大手町二丁目3番1号
(22)出願日	平成6年3月15日(1994.3.15)	(72)発明者	守谷 健弘 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本 電信電話株式会社内
(65)公開番号	特開平7-253795	(72)発明者	佐々木 茂明 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本 電信電話株式会社内
(43)公開日	平成7年10月3日(1995.10.3)	(72)発明者	片岡 章俊 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本 電信電話株式会社内
審査請求日	平成11年11月12日(1999.11.12)	(74)代理人	100066153 弁理士 草野 卓
		審査官	渡邊 聡

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 励振信号直交化音声符号化法

1

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】 入力音声信号をフレーム単位で線形予測分析して予測係数を求め、ピッチ周期成分をもつ適応符号帳と複数の系統の乱数符号帳とからの各ベクトルの利得付き和を励振源として、先に求められた予測係数に基づいたインパルス応答行列Hの合成フィルタを通して合成された音声と上記入力音声との誤差を最小とするようなピッチ周期、乱数ベクトルの符号、利得を決定する音声符号化法において、

第1段階で適応符号帳からのベクトルPを決定し、このベクトルPの上記合成フィルタ通過後のベクトルHPを求め、

第2段階で上記乱数符号帳からの乱数ベクトルC_{ij}(i = 0, …, L - 1, j = 0, …, N - 1, L: 乱数符号帳の数、N: 乱数符号帳あたりのベクトル数)を探

2

索する際に、上記入力音声ベクトルXを上記第1段階のベクトルHPに直交させた信号ベクトルX^THを作り、このベクトルX^THを上記合成フィルタ通過後のベクトルX^THを作り、このベクトルX^THと各上記乱数ベクトルC_{ij}との内積の値を基準に上記乱数ベクトルC_{ij}を選択することを特徴とする励振信号直交化音声符号化法。

【請求項 2】 請求項 1 記載の励振信号直交化音声符号化法において $X^T H P$, $H P^2$, $X = X - (X^T H P) H P / H P^2$ から、ベクトルX^THを上記合成フィルタ通過後のベクトルX^THを予め計算し、X^THと乱数ベクトルC_{ij}との内積d_{ij}の大きいものから順にn個を残し、このn個の内積を定める乱数ベクトルC_{ij}を予備選択することを特徴とする励振信号直交化音声符号化法(但しA^TはAの転置ベクトルである)。

10

【請求項3】 請求項1または2記載の励振信号直交化音声符号化法において、第n段階(n=3)以後のベクトルの選択にも同様の方法を用いることを特徴とする励振信号直交化音声符号化法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は音声信号を符号化により生じる歪をできるだけ小さく保ったまま、できるだけ少ない情報量でデジタル符号化する音声符号化における励振信号音声符号化法に関する。

【0002】

【従来の技術】現在、音声を高能率に符号化する方法として、原音声をフレームと呼ばれる5~50ms程度の一定間隔の区間に分割し、その1フレームの音声を周波数スペクトルの包絡形状と、その包絡形状に対応する線形フィルタを駆動するための駆動音源信号という2つの情報に分離し、それぞれを符号化することが提案されている。その場合、駆動音源信号を符号化する方法として、駆動音源信号を音声の基本周波数(ピッチ周期)に対応すると考えられる周期成分と、それ以外の成分(言い換えれば非周期成分)とに分離して符号化する方法が知られている。この駆動音源情報の符号化法として符号駆動線形予測符号化(Code-Excited Linear Prediction Coding: CELP)およびベクトル和駆動線形予測符号化(Vector Sum Excited Linear Prediction Coding: VSELP)法がある。それぞれの技術については、M.R.Schroeder and B.S.Atal: "Code-Excited Linear Prediction (CELP): Highquality Speech at Very Low Bit Rates", Proc. ICASSP'85, 25.1.1, pp.937-940, 1985、およびI.A.Gerson and M.A.Jasiuk: "Vector Sum Excited

*Linear Prediction (VSELP) Speech Coding at 8 kbps", Proc. ICASSP'90, S9.3, pp.461-464, 1990、に述べられている。

【0003】これらの符号化では図2に示すように入力音声Xはフレームを単位として線形予測分析部11で線形予測分析されて予測係数が算出され、量子化されたのち、補助情報として伝送されると共にまた合成フィルタ12の係数として用いられる。励振源のうち適応符号帳13の出力ベクトルはピッチ周期を決めることで決定される。一方図2の場合、2系統(チャンネル)の乱数符号帳14, 15をもち、2つのベクトルの和で最終的な出力と入力音声Xの歪が最小となる組合せを符号帳から選択する。適応符号帳13からのベクトルと乱数符号帳14, 15からのベクトルはそれぞれに最適な利得(ゲイン)の組をゲイン符号帳16から探索して決定する。なお、乱数符号帳が1乃至複数系統であるのがCELPで、乱数符号帳の系統が割り当てられたビット数Bと同じであって、各乱数符号帳に唯一の基本ベクトルしか持たない場合がVSELPである。図2はこれらを一般化し、特に2系統の例を示している。

【0004】乱数符号帳の符号を決定するときには図3に示す処理を行うことで、歪を小さくすることができる。まず適応符号帳13の出力ベクトルPを決定する(ステップS1)。次に各乱数ベクトルC_{ij}(i=0, ..., L-1, j=0, ..., N-1, L:乱数符号帳の数, N:乱数符号帳あたりのベクトル数)を合成フィルタに通してHC_{ij}を作る(S2)。Hはインパルス応答行列である。次にHC_{ij}をHPと直交させてU_{ij}を作る。

【0005】

$$U_{ij} = HC_{ij} - (P^T H^T HC_{ij} HP) / HP^2 \quad (1)$$

ijとの歪dを求め、

$$d = X - U_{ij}^2 \quad (2)$$

【0006】その後、次式を最小とする利得の和g₁, g₂を決定する(S4)。

$$X - \{g_1 HP + g_2 H(C_{i+1})\}^2 \quad (3)$$

法:特開平5-100697号公報)を提案している。先に提案した音声符号化法は適応符号帳ベクトルPを決定し(ステップS1)、次にX^TH=a, P^TH^TH=b, HP²=Cをそれぞれ計算する(S2)、Xは前フレームからの応答分を除いた入力ベクトル、Hは合成フィルタの伝達関数であるインパルス応答行列、HPはステップS1で計算したものをを用いる。

【0008】一方の乱数符号帳14の乱数ベクトルC_{0j}は、C_{0j} - (b C_{0j} P) / C = eを計算し(S3)、さらにd_{0j} = d eを計算し(S4)、d_{0j}のうち大きいものから順にn個をとり、そのn個のd_{0j}と対応するC_{0j}を予備選択として残す。同様に他方の乱数符号帳15につい}}}}}}

上付添字Tは転置行列を示す。次に入力ベクトルX(前フレームから合成フィルタの応答分を除いたもの)とU

はi=0からL-1までこの歪dを最小化するベクトル番号J(0)・・・J(L-1)を決める(S3)。

はi=0からL-1まで、ベクトルはすべてM次元としている。図3の右に各ステップにおける計算回数を示す。VSELPの場合には割り当てられるビット数Bが例えば12の場合、これらの処理に関係するベクトルの総数Tも12であるため、現実的な演算量の範囲で処理が可能である。しかしながらCELPでは極性ビットを除いた11ビットに対応する符号帳ベクトルの個数Tは2¹¹個となり、膨大な演算量となり、実時間処理が困難となる。

【0007】この問題を解決するために、本出願人は図4に示すように合成フィルタ演算をできるだけ少なくして探索を行う方法(音声符号化における励振信号符号化

10

20

30

40

50

て d_{1j} を求め、 n 個の C_{1j} を予備選択して残す (S_6)、これら残された $2n$ の乱数ベクトル C_{0j} 、 C_{1j} について合成フィルタ 12 を通過させて HP と直交させて $U_{0j} = HC_{0j} - (bHP) / C$ および $U_{1j} = HC_{1j} - (bHP) / C$ をそれぞれ計算し (S_7)、 $E = \{ X^T (U_{0j} + U_{1j}) \}^2 / (U_{0j} + U_{1j})^2$ を最大とする C_{0j} 、 C_{1j} を探索し (S_8)、その後 P 、 C_{0j} 、 C_{1j} の各ベクトルの利得 g_1 、 g_2 の最適な組を決定する (S_9)。

【0009】この先に提案した音声符号化における励振信号符号化法によれば予備選択によりしぼられた $2n$ 個の乱数ベクトル候補だけから歪が最小となる乱数ベクトル C_{0j} 、 C_{1j} の組を探索するから演算処理量を図3の場合より大幅に少なくすることができる。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、この先に提案した音声符号化における励振信号符号化法によっても予備選択に多くの演算量が要求される不都合がある。この発明の目的は、先に提案した音声符号化法より予備選択に要する演算処理量を低減することができる励振信号符号化法を提案しようとするものである。

【0011】

【課題を解決するための手段】この発明では音声信号をフレーム単位で線形予測分析して予測係数を求め、ピッチ*

$$D = X - g U_{ij} \quad (4)$$

$$= X^T X - 2g X^T U_{ij} + g^2 U_{ij}^2$$

ここで L 、 M 、 N はそれぞれ符号帳の系統 (チャンネル) 数、ベクトルの次元数、系統あたりのベクトル数は $i = 0$ から $L - 1$ である。ゲイン g は励振ベクトル決

$$E = (X^T U_{ij})^2 / U_{ij}^2 \quad (5)$$

従って、 E の分子の内積に MNL 回、分母のエネルギーに MN^L 回の積和演算が必要で、さらに N^L 回の加減算、除算、比較が必要である。このほか合成部で M^2NL 、直交部で $2MNL$ 回程度の積和演算が必要である。なお、 HP の演算は適応符号ベクトルを決定するときに

$$E = (X^T U_{0j} + X^T U_{1j})^2 / (U_{0j} + U_{1j})^2 \quad (6)$$

例えば $B = 12$ で、極性を除いて各系統に 5 ビットを割り当てるとすると、 $N = 32$ となる。このとき分子の積和演算回数は 64 回に対し、分母のエネルギーは 1024 回のベクトル演算を要する。従って、積和演算のみで

$$D_2 = -2 (X^T U_{0j} + X^T U_{1j}) = -2 (d_{0j} + d_{1j}) \quad (7)$$

$$d_{0j} = X^T H [C_{0j} - \{ (P^T H^T H C_{0j}) / HP^2 \} P] \quad (8)$$

$$d_{1j} = X^T H [C_{1j} - \{ (P^T H^T H C_{1j}) / HP^2 \} P] \quad (9)$$

上記のなかで HC の合成演算に多くの演算を必要とするのでこれを避ける必要がある。その一つの方法が、音声符号化における励振信号符号化法：特開平 5 - 1006

$$d_{0j} = X^T H C_{0j} - \{ (X^T HP) / HP^2 \} P^T H^T H C_{0j} \quad (10)$$

$$d_{0j} = [X - \{ (X^T HP) / HP^2 \} HP]^T H C_{0j} \quad (11)$$

すなわち、 X を HP に直交させた X を使って内積計算*

$$X = X - (X^T HP) HP / HP^2 \quad (12)$$

* ち周期成分をもつ適応符号帳と複数の系統の乱数符号帳としてからの各ベクトルの利得付き和を励振源として先に求められた予測係数に基づいて合成された音声と入力音声 X との誤差を最小とするようなピッチ周期、乱数ベクトルの符号、利得を決定する音声符号化法において、第1段階で適応符号帳からのベクトル P を決定し、ベクトル P を合成フィルタ通過後の HP を求め、第2段階で上記第1段階で求めた HP に直交させた信号 X を作り、 X を合成フィルタを通過後の XH を求め、この XH と乱数ベクトル C_{1j} との内積値を基準に乱数ベクトル C_{1j} を選択する。

【0012】つまり、 $d_{0j} = X^T H C_{0j}$ と $d_{1j} = X^T H C_{1j}$ を計算し、それぞれの大きいものから順に n 個をとり、その n 個の d_{0j} および d_{1j} と対応する乱数ベクトル C_{0j} および C_{1j} を予備選択して残す。この予備選択の手順を採ることにより、 $X^T HP$ 、 HP^2 および $X^T H$ を先に1回だけ計算しておけば、数多くの乱数ベクトル C_{1j} に対する合成演算を行う必要がなく、演算量を低減することができる。

【0013】

【実施例】図3の従来の符号決定法をもとにこの発明による処理を説明する。図3の距離部の計算を展開する。

定後に量子化するので、 g は任意の値をとることができる。このとき D の最小化は E の最大化と等価となる。

【0014】

求められているのでここでの演算量には含めない。

【0015】簡単のため、特に $L = 2$ の場合についてこの発明の処理の背景を説明する。 E をもう一度以下のように書き直す。

【0016】

予備選択を行い、少数の候補ベクトルのみでエネルギーを計算することで演算量を削減できる。(6)式の分子の項 D_2 を d_{0j} と d_{1j} にわけて展開する。

【0017】

97号公報に示されている。しかし、この発明では、さらに以下のように変形する。

【0017】

$$d_{0j} = X^T H C_{0j} - \{ (X^T HP) / HP^2 \} P^T H^T H C_{0j} \quad (10)$$

$$d_{0j} = [X - \{ (X^T HP) / HP^2 \} HP]^T H C_{0j} \quad (11)$$

* をすればよいことが解る。

$$X = X - (X^T HP) HP / HP^2 \quad (12)$$

$$d_{0j} = X^T H C_{0j} \tag{13}$$

同様に

$$d_{1j} = X^T H C_{1j} \tag{14}$$

となる。D₂ の計算の範囲では X^T H P , H P² および X^T H を先に 1 回だけ計算しておけば数多くの乱数ベクトル C_{ij} に対する合成演算 (フィルタの畳み込み) をする必要がなくなる。また乱数ベクトル C_{ij} に対する内積演算も最小限に抑えられる。そこで各系統独立に d_{0j} , d_{1j} を高速に計算し、それぞれの系統で内積の大きなものから候補を残し、少ないベクトルの組み合わせで最終的な歪が最小となるものを選択する。この計算手順をまとめて図 1 に示す。

【0018】一般の L について X^T H P および H P² の計算に M + M (ステップ S₁) , X^T H の計算に M² + M (S₂ , S₃) , また d_{ij} の演算 (S₄) に L M N 回の積和が必要である。さらに N のなかから n を選ぶソーティングも L 回必要である (S₅) 。以上が予備選択で、本選択は見かけ上、乱数符号帳のベクトル数が小さくなって従来どおりの距離計算を行うことになる。

【0019】以上の例では適応符号帳からの P を第 1 段階のベクトル、乱数符号帳からの乱数ベクトル C_{ij} を第 2 段階のベクトルとする 2 段階の励振ベクトルの決定における 2 段階目の探索にかかわる直交法を示した。n 段階 (n > 3) 以上でベクトルを決定する場合にも同様に適用できることは明らかである。また乱数ベクトル C_{ij} の要素のほとんどが 0 であるようなベクトルの場合、それを利用して予備選択の計算をさらに削減する方法と併用することが可能である。

【0020】

【発明の効果】実施例で示したように、この発明よれば乱数ベクトルの距離計算部において、数多くの乱数ベクトルに対する合成フィルタ演算をまったく行わず、内積演算の回数も最小化することができ、予備選択で絞られた候補についてのみエネルギーの計算を行うため、演算量を大幅に削減することができる。この結果、M = 8 0 , L = 2 , N = 3 2 の条件で予備選択の部分の演算量

を比較すると特開平 5 - 1 0 0 6 9 7 号公報で提案した音声符号化における励振信号符号化法の約半分の演算量で全く同じ結果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】この発明の乱数ベクトルを決定するための計算手順を示す流れ図。

【図 2】音声符号化における励振信号符号化法の一般的構成の要部を示すブロック図。

【図 3】乱数符号を最適に決定する従来の計算手順を示す流れ図。

【図 4】乱数符号を少ない演算で決定する従来の計算手順を示す流れ図。

【符号の説明】

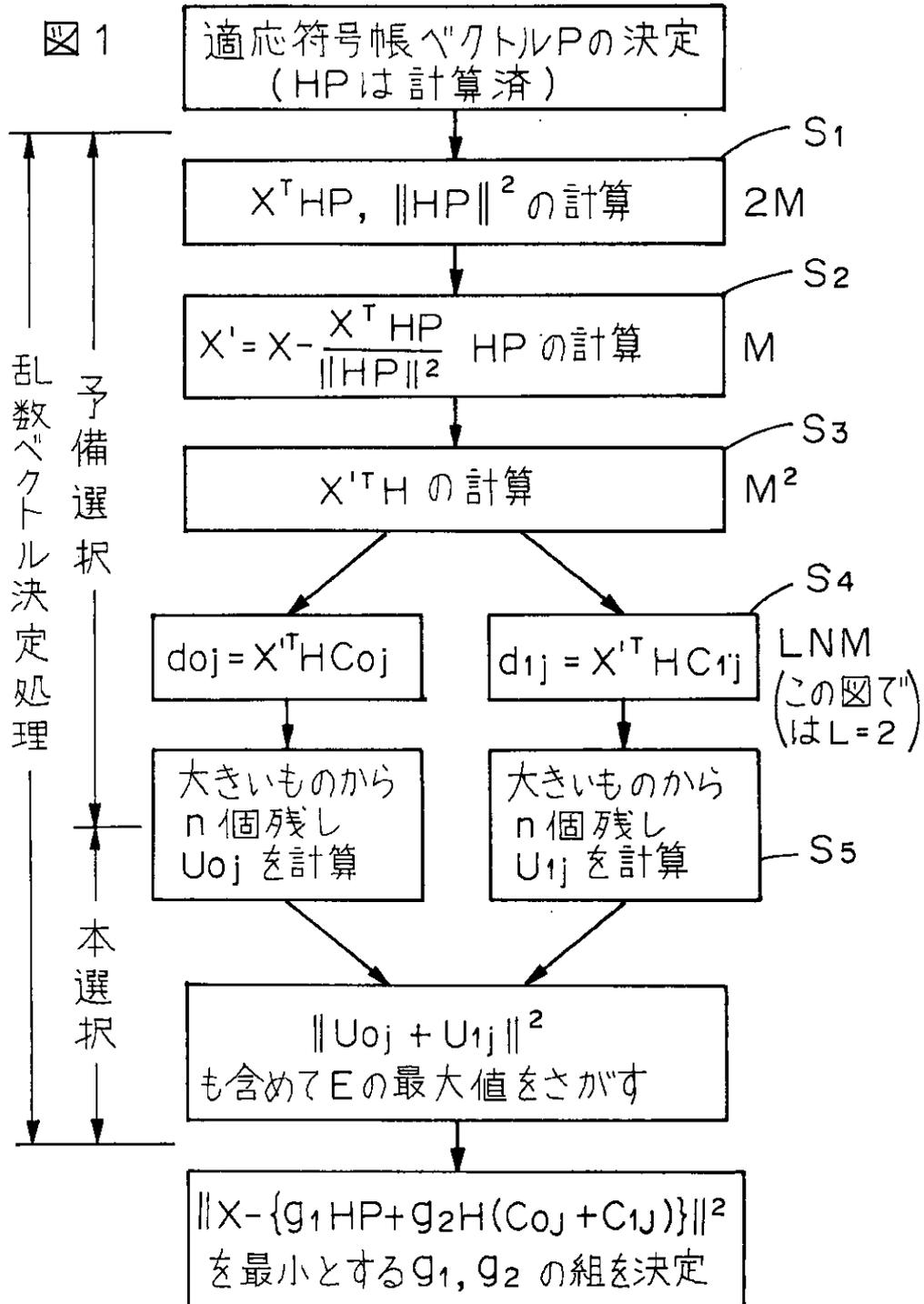
- 1 1 線形予測分析部
- 1 2 合成フィルタ
- 1 3 適応符号帳
- 1 4 , 1 5 乱数符号帳
- 1 6 ゲイン符号帳
- X 入力音声ベクトル
- X 入力音声ベクトル X をベクトル H P と直交させたベクトル
- P 適応符号帳から生成した符号ベクトル
- H P 合成フィルタを通った符号ベクトル
- H 合成フィルタのインパルス応答行列
- g 利得
- C_{ij} 乱数ベクトル
- H C_{ij} 合成フィルタを通った乱数ベクトル
- U_{ij} H C_{ij} を H P と直交させたベクトル
- d 歪
- M ベクトルの次元数
- L 乱数符号帳の数
- N 乱数符号帳あたりのベクトル数

10

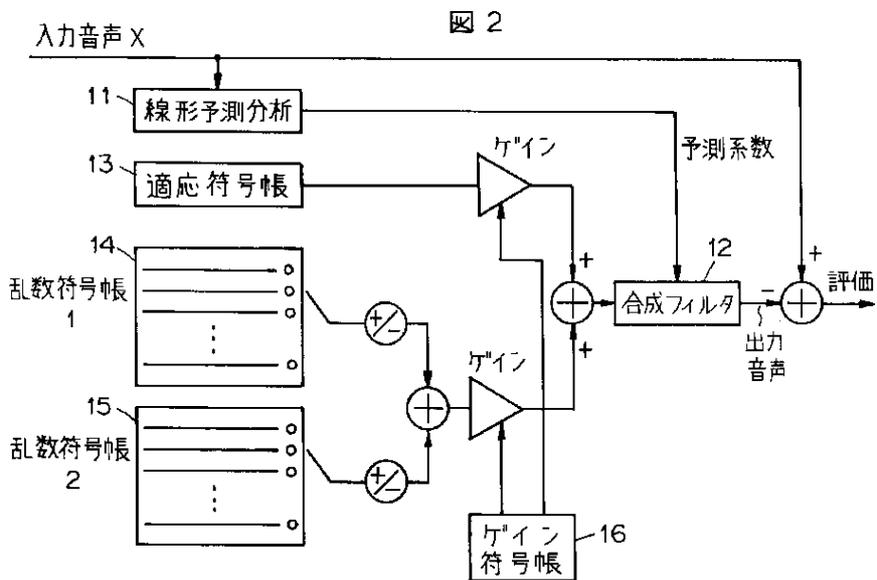
20

30

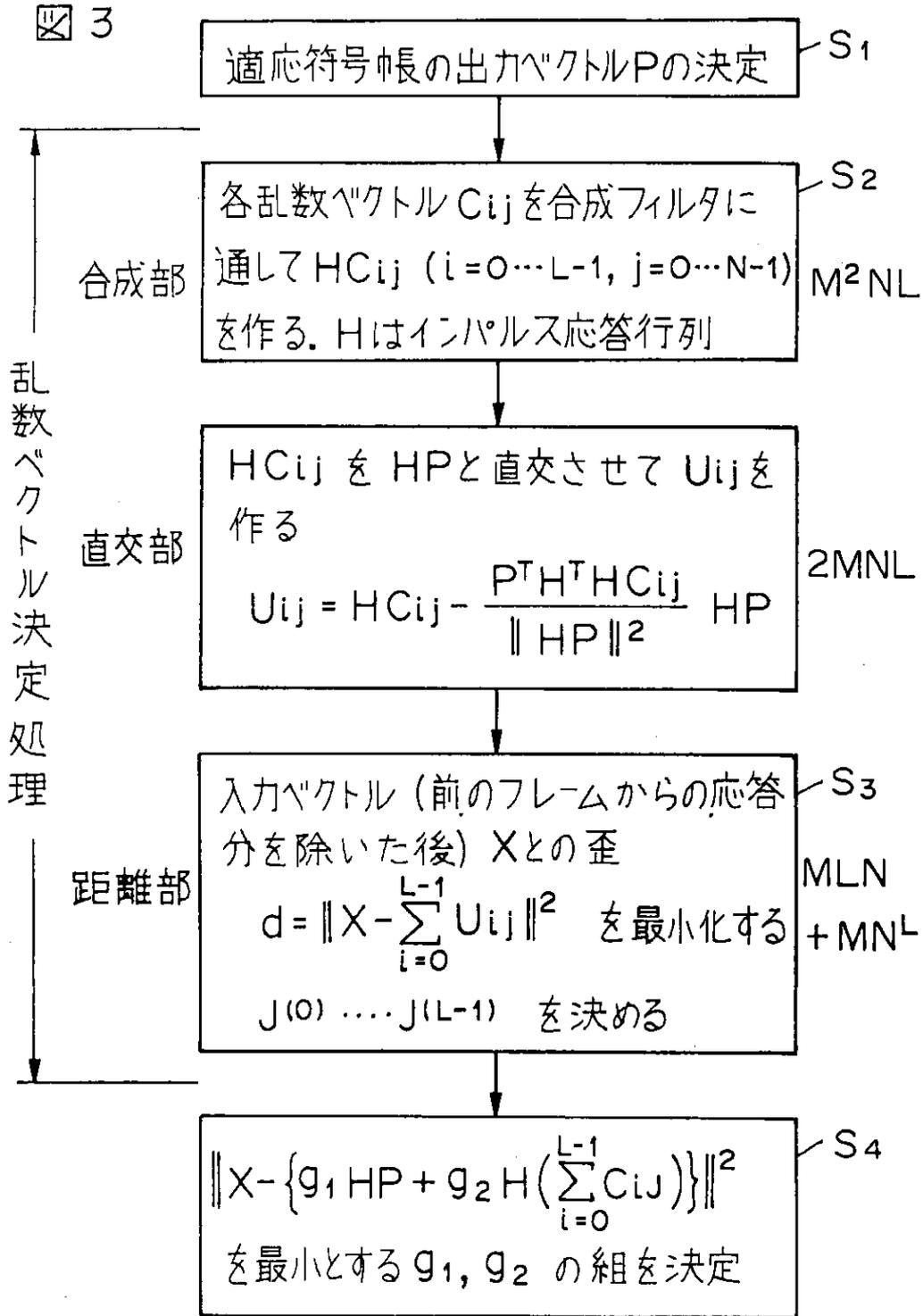
【図1】



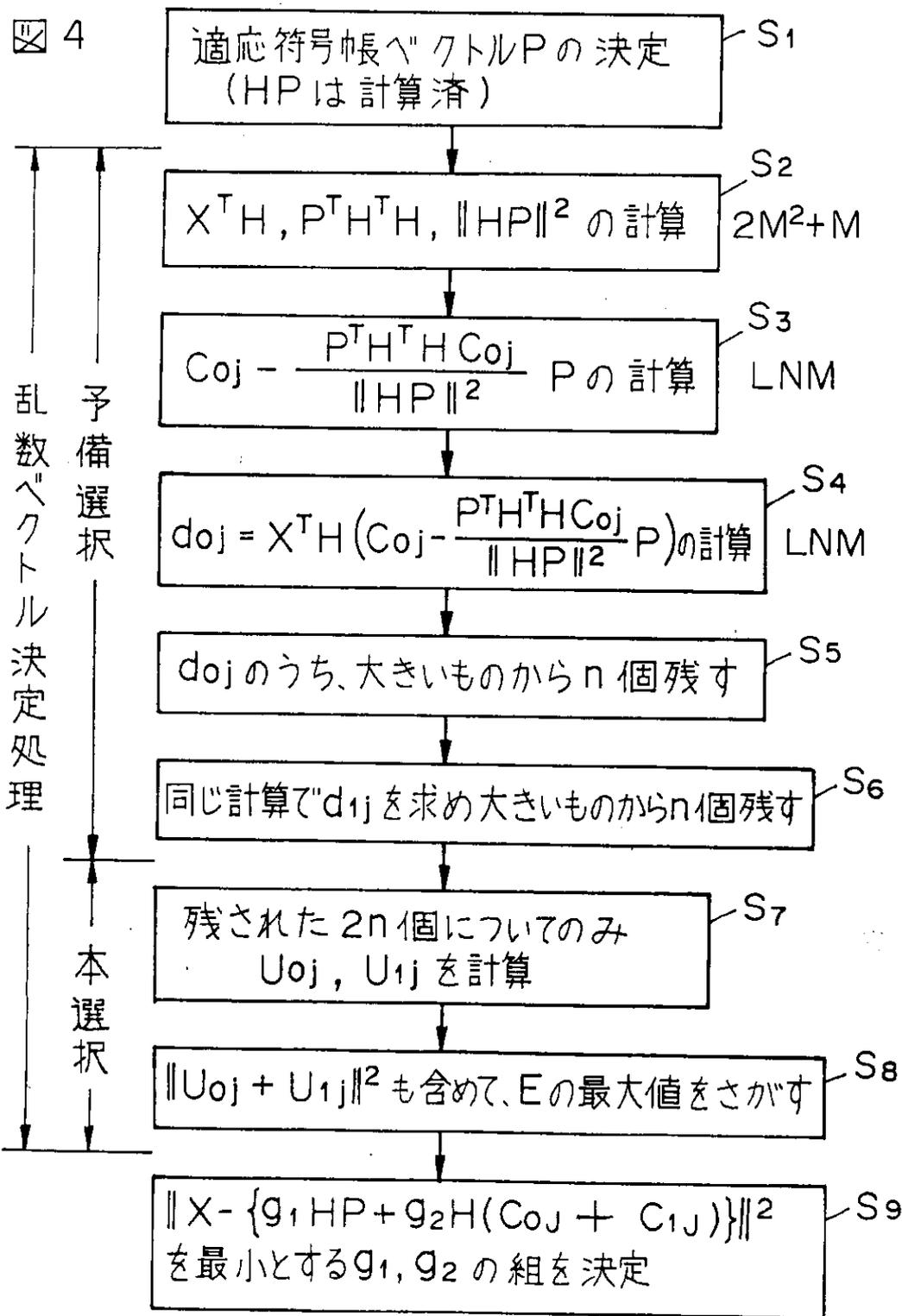
【図 2】



【図 3】



【図4】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開 平 5 - 100697 (J P , A)
特開 平 1 - 319799 (J P , A)
特開 平 4 - 270400 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, D B 名)
G10L 19/12