

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-94543

(43)公開日 平成5年(1993)4月16日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 6 F 15/74	3 3 0 A	7530-5L		
A 6 1 B 5/05	A	8119-4C		
G 0 1 N 27/72		9118-2 J		
		8310-2 J		
G 0 1 R 33/02		8203-2G		

審査請求 未請求 請求項の数6(全 29 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平3-336012

(22)出願日 平成3年(1991)11月25日

(31)優先権主張番号 特願平3-195581

(32)優先日 平3(1991)8月5日

(33)優先権主張国 日本(J P)

(71)出願人 000002853

ダイキン工業株式会社

大阪府大阪市北区中崎西2丁目4番12号

梅田センタービル

(72)発明者 上田 智章

滋賀県草津市岡本町字大谷1000番地の2

ダイキン工業株式会社滋賀製作所内

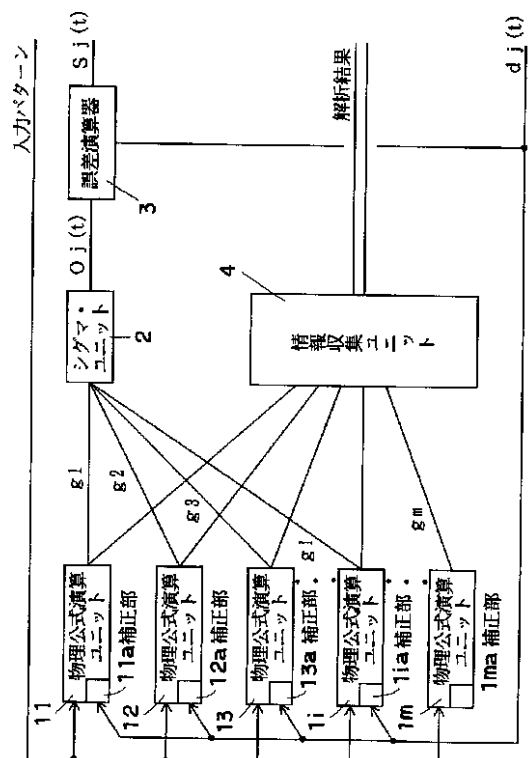
(74)代理人 弁理士 津川 友士

(54)【発明の名称】 物理量解析方法およびその装置

(57)【要約】

【目的】 構成を簡素化し、かつ少ない学習回数で測定値に基づく物理源の物理量の解析を行なう。

【構成】 既知の情報に基づいて複数の物理公式演算ユニット11, 12, …, 1mにより、物理量に基づいて主要部が定められている物理公式の演算を行ない、シグマ・ユニット2により累積加算して誤差演算器3により実際の測定値との差を算出し、物理公式演算ユニット11, 12, …, 1mの補正部11a, 12a, …, 1maにより物理公式に含まれる変数を上記差が小さくなるように補正する。上記一連の処理を必要回数だけ反復した後に、情報収集ユニット4により補正された変数を収集して物理量解析結果として出力する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 個々の物理源から離れた任意箇所において測定可能な物理量が物理源の物理量と観測条件を含む所定の演算式に基づいて算出可能であるとともに、複数の物理源から離れた任意箇所において測定可能な物理量に線形加算性が成立する場合に物理源の物理量を物理源から離れた所定箇所において測定された物理量に基づいて解析する方法であって、既知の情報に基づいて物理量の種類に対応して定まる複数の演算式の演算を行ない、各演算式の演算結果を累積加算して得られる値と測定した物理量との差を算出し、算出した差に基づいて各演算式に含まれる複数の変数を補正し、差が十分に小さくなるまで上記一連の処理を反復してから各物理公式に含まれる補正された変数を物理量解析結果として出力することを特徴とする物理量解析方法。

【請求項2】 個々の物理源から離れた任意箇所において測定可能な物理量が物理源の物理量と観測条件を含む所定の演算式に基づいて算出可能であるとともに、複数の物理源から離れた任意箇所において測定可能な物理量に線形加算性が成立する場合に各物理源の物理量を物理源から離れた所定箇所において測定された物理量に基づいて解析する装置であって、解析対象となる物理量の原因の個数よりも多い個数の、上記演算式に基づく演算を行なう物理公式演算手段(11)(12)・・・(1m)と、各物理公式演算手段(11)(12)・・・(1m)から出力される演算結果を累積加算する累積加算手段(2)と、累積加算手段(2)から出力される累積加算結果と物理量計測値とを入力として誤差を算出する誤差算出手段(3)と、算出誤差に基づいて各物理公式演算手段(11)(12)・・・(1m)における物理量の原因の補正を行なう補正手段(11a)(12a)・・・(1ma)と、補正手段(11a)(12a)・・・(1ma)による補正が施された結果を収集して物理源の物理量解析結果として出力する補正結果収集手段(4)とを含むことを特徴とする物理量解析装置。

【請求項3】 個々の物理源から離れた任意箇所において測定可能な物理量が、抗原抗体反応により光導波路(31)の近傍に拘束される蛍光標識体(35)の量であり、所定の演算式が、光導波路(31)を全反射しながら伝播する励起光を導入したことに応じて光導波路(31)から出射される蛍光の強度を規定する実験式であり、物理公式演算手段(11)(12)・・・(1m)の個数が実験式に含まれる未知数の数よりも少ない所定数であり、補正結果収集手段(4)が少なくとも免疫蛍光および非特異吸着蛍光に対応する補正された未知数を免疫測定結果として出力するものである請求項2に記載の物理量解析装置。

【請求項4】 個々の物理源から離れた任意箇所において測定可能な物理量が、酵素の存在下において生成さ

れ、あるいは消失される物質の量であり、所定の演算式が、酵素固定化膜(53)に直接または間接に被検溶液を点着したことに応じて酵素固定化膜(53)を支持する下地電極(51)から出力される電気信号の強度を規定する式であり、物理公式演算手段(11)(12)・・・(1m)の個数が式に含まれる未知数の数よりも少ない所定数であり、補正結果収集手段(4)が少なくとも酵素反応を行なう物質の濃度に対応する補正された未知数を該当する物質の濃度測定結果として出力するものである請求項2に記載の物理量解析装置。

【請求項5】 個々の物理源から離れた任意箇所において測定可能な物理量が物理源の物理量と観測条件を含む所定の演算式に基づいて算出可能であるとともに、複数の物理源から離れた任意箇所において測定可能な物理量に線形加算性が成立する場合であり、かつ解析対象となる物理量が物理源が有している物理的性質であり、この物理量を物理源から離れた所定箇所において測定された物理量に基づいて解析する装置であって、物理源に対して波を放射する送波手段(7)と、物理源から反射される波を受波して物理量測定値を得る複数の受波手段(i)と、物理的性質に対応する物理公式に基づく演算を行なう複数の物理公式演算手段(11)(12)・・・(1m)と、各物理公式演算手段(11)(12)・・・(1m)から出力される演算結果を累積加算する累積加算手段(2)と、累積加算手段(2)から出力される累積加算結果と受波手段(i)により得られる物理量計測値とを入力として誤差を算出する誤差算出手段(3)と、算出誤差に基づいて各物理公式演算手段(11)(12)・・・(1m)における物理量の原因を規定する値の補正を行なう補正手段(11a)(12a)・・・(1ma)と、補正手段(11a)(12a)・・・(1ma)による補正が施された結果を収集して物理源の物理量解析結果として出力する補正結果収集手段(4)とを含むことを特徴とする物理量解析装置。

【請求項6】 線スペクトル・ノイズが含まれた計測信号から線スペクトル・ノイズを除去する装置であって、線スペクトル・ノイズの種類に対応する個数の、線スペクトル・ノイズに対応する物理公式に基づく演算を行なう物理公式演算手段(11)(12)・・・(1m)と、各物理公式演算手段(11)(12)・・・(1m)から出力される演算結果を累積加算する累積加算手段(2)と、累積加算手段(2)から出力される累積加算結果と測定されたスペクトル信号とを入力として誤差を算出する誤差算出手段(3)と、算出誤差に基づいて各物理公式演算手段における線スペクトルの原因を規定する値の補正を行なう補正手段(11a)(12a)・・・(1ma)とを含むことを特徴とする線スペクトル・ノイズ除去装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は物理量解析装置に関し、物理源を含む系の支配法則が所定の演算式として既知である場合に、物理源から離れた複数箇所において得られた物理量計測値と計測時の観測条件に基づいて物理源の物理量を算出する装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来から超伝導量子干渉素子 (Superconducting Quantum Interference Device、以下、SQUIDと略称する) を用いた複数個のSQUID磁束計を生体に近接させた状態で配置することにより、生体内部の磁場源 (物理源の一種) を解析する装置が提案されている。

【0003】この装置は、スーパーコンピュータを用いて以下の処理を行なうものである。即ち、

a) 複数個のSQUID磁束計による探査空間に乱数を用いてm個の電流素片をばらまく。ここで、電流素片iの入力パラメータは位置情報P(x, y, z)および電流ベクトルI(X, Y, Z)であるから、xi, yi, zi, Xi, Yi, Zi (但し、i = 1, 2, ... m) の6m個のパラメータを乱数を用いて決定する。

b) 後述する推定誤差演算プロセスにより全推定誤差Eを算出する。

c) 以下のd) からg) の処理を反復する。

d) 任意に電流素片を選択し、該当する電流素片kのパラメータおよび全推定誤差を退避する。即ち、位置情報Ps(x_s, y_s, z_s) = Pk(x_k, y_k, z_k)

電流ベクトルIs(X_s, Y_s, Z_s) = Ik(X_k, Y_k, Z_k)

全推定誤差Es = Eの処理を行なう。

e) 電流素片kのパラメータを乱数を用いて微小な量だ*

$$B_{ej} (B X_{ej}, B Y_{ej}, B Z_{ej}) = (\sum_{i=1}^m B X_{ej i}, \sum_{i=1}^m B Y_{ej i}, \sum_{i=1}^m B Z_{ej i})$$

【0006】の演算を行なう。

II. 各測定点jにおける測定値Bj(BX_j, BY_j, BZ_j)と全電流素片に基づく推定値Be_jから推定誤差E_jを演算し、全推定誤差Eを算出する。即ち、5) 次の6) の処理を全ての測定点jについて行なう。

6) 各測定点jにおける推定誤差E_jを次式に基づいて演算する。

$$E_j = (B X_j - B X_{ej})^2 + (B Y_j - B Y_{ej})^2 + (B Z_j - B Z_{ej})^2$$

7) 全推定誤差Eを次式に基づいて算出する。

【0007】

【数2】

$$E = \sum_{j=1}^n E_j$$

【0008】

* け変化させる。即ち、各成分の微小な変化量を x, y, z, X, Y, Zとすれば、

$$P_k(x_k, y_k, z_k) = P_k(x_k + \Delta x, y_k + \Delta y, z_k + \Delta z)$$

$$I_k(X_k, Y_k, Z_k) = I_k(X_k + \Delta X, Y_k + \Delta Y, Z_k + \Delta Z)$$

f) 後述する推定誤差演算プロセスにより全推定誤差Eを算出する。

g) 退避した全推定誤差Esとf)で算出された全推定誤差Eとを比較し、全推定誤差Esの方が小さければ、

d)で退避した情報を復帰させる。即ち、

$$P_k(x_k, y_k, z_k) = P_s(x_s, y_s, z_s)$$

$$I_k(X_k, Y_k, Z_k) = I_s(X_s, Y_s, Z_s)$$

全推定誤差E = Esの処理を行なう。

【0004】また、上記推定誤差演算プロセスは次のとおりである。

I. 各電流素片のパラメータから各測定点j (j = 1, 2, ... N)における磁場を演算する。即ち、

1) 次の2), 3)の処理を全ての測定点jについて行なう。

2) 次の3)の処理を全ての電流素片iについて行なう。

3) ビオサバルの法則を用いて、測定点jに電流素片iがつくる磁場Be_{ji}(BX_{ej i}, BY_{ej i}, BZ_{ej i})を演算する。

4) m個の電流素片が測定点jにつくる磁場Be_jを次式に基づいて演算する。

【0005】

【数1】

【発明が解決しようとする課題】上記装置を用いて磁場源の解析を行なえば、全推定誤差Eが小さくなるように電流素片kのパラメータを微量ずつ変化させるのであるから最終的に正しい解析結果が得られるように思われる。しかし、図17(A)に示すように電流素片kの初期状態が設定された場合に、2400回の処理を行なった場合に図17(B)に示す状態にまで各電流素片kが変化され、3600回の処理を行なった場合に図17(C)に示す状態にまで各電流素片kが変化されただけであり、最終的な解を得ることができない。また、図17(B)(C)を比較すると電流素片kの状態は余り変化しておらず、処理回数を増加させても最終的な解を得ることができないという不都合がある。また、3600回の処理を行なうためにスーパーコンピュータを用いても約20分の時間がかかっており、到底実用化できない

という不都合もある。

【0009】このような不都合の発生は、1回の処理を行っても全推定誤差Eが小さくなるという保証が全くなく、および上記処理中、推定誤差演算プロセスのI. 1), 2), 3)とII. 5), 6)の部分のみについて並列処理が可能であり、他の処理については並列処理できないのであるから並列プロセッサを使用しても全体としての演算の高速化が達成できないことが原因であることを見出した。

【0010】また、近年ニューラルネットワークの研究が進展しており、上記磁場源の解析にニューラルネットワークを適用することが考えられている。ここで、ニューラルネットワークは階層型パーセプトロン(図18参照)およびポップフィールド・モデル(図21参照)に大別される。階層型パーセプトロンは、図18に示すように、入力パターンを受取る入力層と、少なくとも1層からなる中間層と、出力パターンを出力する出力層とで構成されており、各層を構成する複数個のニューロン素子同士を互に接続している。そして、階層型パーセプトロンの学習則としてバックプロパゲーション則が用いられる。しかし、階層型パーセプトロンにおいて取扱う問題が複雑になると多階層構造が要求されるか、または中間層の1層を構成する為のニューロン素子数の増加が要求され、全体のニューロン素子数が著しく多くなるのであるから、学習により決定する必要がある荷重の数が著しく多くなり、解を収束させるための演算負荷が膨大になってしまうという不都合がある。具体的には、図19に示すように、通常は1パターン当り50回程度の学習を行なうことにより誤差が急激に小さくなり1回目の収束値に落ちつく。しかし、さらに学習を続けると、さらに何回か誤差が急激に変化する場合がある。図20は個々のパターンに対する誤差の変化を示す図であり、全体としての誤差(図20中破線参照)が殆どない部分においても誤差配分の譲り合いが継続しており(図20中実線参照)、全体としての誤差を減少させる試みが継続することになる。したがって、1回目の収束値で目的とす*

$$E_n(U_1, U_2, \dots, U_n, h_1, h_2, \dots, h_n) \\ = \sum_i \sum_j W_{ij} U_i U_j + \sum_i \alpha_i h_i U_i$$

【0015】但し、 α_i は正の定数、上式の第1項において $i \neq j$ である。また、ポップフィールド・モデルを用いて解析を行なうに当たって、次の1)から4)の準備作業が必須である。即ち、

1) 解析のために与えられた具体的な目的関数を数4の関数形に変換する。

2) 具体的に目的関数を構成する独立変数をニューロンモデルの活性度あるいは出力値 U_i になるように変換させるとともに、数3で与えられるような活性度あるいは出力値 U_i の変換規則を定める。

* 精度が得られない場合には、次の誤差の収束までの膨大な演算が要求されることになり、しかも次の収束値で十分な精度が得られる保証がないことになる。

【0011】以上から明らかなように物理現象の学習処理に関する制約の為、階層型パーセプトロンを磁場源解析に用いることは実用上殆ど不可能である。ポップフィールド・モデルは、図21に示すように、各ニューロンモデルが他の全てのニューロンモデルと結合した構成を有しており、階層型パーセプトロンのように入力層、中間層、出力層という区分はなされていない。そして、全てのニューロンモデルが入力層、出力層あるいは中間層としての機能を達成できる。ここで、各ニューロンモデルが閾値素子モデルであると仮定すれば、ニューロンモデル i の状態変化は数3の何れかの式でモデル化される。

【0012】

【数3】

$$\sum_j W_{ij} - h_i > 0 \text{ ならば } U_i \rightarrow 1$$

$$\sum_j W_{ij} - h_i < 0 \text{ ならば } U_i \rightarrow 0$$

$$\sum_j W_{ij} - h_i = 0 \text{ ならば } U_i \text{ は不変}$$

【0013】但し、 U_i はニューロンモデル i の活性度あるいは出力値であり、 h_i はニューロンモデル i の閾値であり、 W_{ij} は荷重であり、 $i \neq j$ である。そして、ニューロンモデルの荷重および学習則を決定する評価関数としてポップフィールドが定義した数4で示される関数は、各ニューロンモデルが数3に基づく内部状態変化を非同期に行なえば、それぞれの変化によって数4を減少させ、最小値または極小値になった時点でニューロンモデルの活性度あるいは出力値が収束することになる。

【0014】

【数4】

3) 最終的にあるパターンに収束できるように各 U_i への入力パターン、即ち、各 U_i の初期値を定める。

4) 1)および2)で得られた学習則を用いて出力パターンが収束するまであるいは関数 E_n が最小になるまで同一の情報処理を反復する。

【0016】そして、これらの準備作業のうち、1)および2)の作業は非常に困難であり、うまく関数の変換ができない可能性が高く、著しく多大の作業量が必要になる。また、3)の準備作業についても、初期値の与え方によっては収束したり収束しなかったりするるのである

から、収束性が高い初期値の設定が困難であるとともに、初期値の与え方によっては得られる解が異なる場合が生じる。さらに、4)の準備作業については、何れかのニューロンモデルの内部状態の変化が引き起こした非平衡状態が全体に伝播して新たな安定状態に落ちつくまでかなりの時間がかかるのであるから、非同期に情報処理を行なって収束値を得るまでの所要時間が非常長くなる場合がある。

【0017】以上から明らかなように、ポップフィールド・モデルを磁場源解析に用いることも実用上殆ど不可能である。尚、以上は磁場源解析に適用する場合についてのみ説明したが、圧力源、温度源のように該当する系の支配法則が数式で表記されるとともに、線形加算性が成立する物理源の解析に適用した場合にも同様の不都合が生じる。

【0018】

【発明の目的】この発明は上記の問題点を鑑みてなされたものであり、複数箇所において得られる測定値に基づく物理源の解析を簡単に、かつ高速に達成できる新規な物理量解析装置を提供することを目的としている。

【0019】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するための、請求項1の物理量解析方法は、個々の物理源から離れた任意箇所において測定可能な物理量が物理源の物理量と観測条件とを含む所定の演算式に基づいて算出可能であるとともに、複数の物理源から離れた任意箇所において測定可能な物理量に線形加算性が成立する場合に各物理源の物理量を物理源から離れた所定箇所において測定された物理量に基づいて解析する方法であって、既知の情報に基づいて物理量の種類に対応して定まる複数の物理公式の演算を行ない、物理公式の演算結果を累積加算して得られる値と測定した物理量との差を算出し、算出した差に基づいて各物理公式に含まれる複数の変数を補正し、差が十分に小さくなるまで上記一連の処理を反復してから各物理公式に含まれる補正された変数を物理量解析結果として出力する方法である。

【0020】請求項2の物理量解析装置は、個々の物理源から離れた任意箇所において測定可能な物理量が物理源の物理量と観測条件とを含む所定の演算式に基づいて算出可能であるとともに、複数の物理源から離れた任意箇所において測定可能な物理量に線形加算性が成立する場合に各物理源の物理量を物理源から離れた所定箇所において測定された物理量に基づいて算出する装置であって、解析対象となる物理量の原因の個数よりも多い個数の、上記演算式に基づく演算を行なう物理公式演算手段と、各物理公式演算手段から出力される演算結果を累積加算する累積加算手段と、累積加算手段から出力される累積加算結果と物理量計測値とを入力として誤差を算出し、算出した誤差を各物理公式演算手段にフィードバックする誤差算出手段と、各物理公式演算手段における物

理量の原因の算出誤差に基づく補正が施された結果を収集して物理源の物理量解析結果として出力する補正結果収集手段とを含んでいる。

【0021】請求項3の物理量解析装置は、個々の物理源から離れた任意箇所において測定可能な物理量が、抗原抗体反応により光導波路の近傍に拘束される蛍光標識体の量であり、所定の演算式が、光導波路に全反射しながら伝播する励起光を導入したことに応じて光導波路から出射される蛍光の強度を規定する実験式であり、物理公式演算手段の個数が実験式に含まれる未知数の数よりも少なくない所定数であり、補正結果収集手段が少なくとも免疫蛍光および非特異吸着蛍光に対応する補正された未知数を免疫測定結果として出力するものである。

【0022】請求項4の物理量解析装置は、個々の物理源から離れた任意箇所において測定可能な物理量が、酵素の存在下において生成され、あるいは消失される物質の量であり、所定の演算式が、酵素固定化膜に直接または間接に被検溶液を点着したことに応じて酵素固定化膜を支持する下地電極から出力される電気信号の強度を規定する式であり、物理公式演算手段の個数が式に含まれる未知数の数よりも少なくない所定数であり、補正結果収集手段が少なくとも酵素反応を行なう物質の濃度に対応する補正された未知数を該当する物質の濃度測定結果として出力するものである。

【0023】請求項5の物理量解析装置は、個々の物理源から離れた任意箇所において測定可能な物理量が物理源の物理量と観測条件とを含む所定の演算式に基づいて算出可能であるとともに、複数の物理源から離れた任意箇所において測定可能な物理量に線形加算性が成立する場合であり、かつ解析対象となる物理量が物理源が有している物理的性質であり、この物理量を物理源から離れた所定箇所において測定された物理量に基づいて解析する装置であって、物理源に対して波を放射する送波手段と、物理源から反射される波を受波して物理量測定値を得る複数個の受波手段と、物理的性質に対応する物理公式に基づく演算を行なう複数個の物理公式演算手段と、各物理公式演算手段から出力される演算結果を累積加算する累積加算手段と、累積加算手段から出力される累積加算結果と受波手段により得られる物理量計測値とを入力として誤差を算出する誤差算出手段と、算出誤差に基づいて各物理公式演算手段における物理量の原因を規定する値の補正を行なう補正手段と、補正手段による補正が施された結果を収集して物理源の物理量解析結果として出力する補正結果収集手段とを含んでいる。

【0024】請求項6の線スペクトル・ノイズ除去装置は、線スペクトル・ノイズが含まれた計測信号から線スペクトル・ノイズを除去する装置であって、線スペクトル・ノイズの種類に対応する個数の、線スペクトル・ノイズに対応する物理公式に基づく演算を行なう物理公式演算手段と、各物理公式演算手段から出力される演算結

10

20

30

40

50

果を累積加算する累積加算手段と、累積加算手段から出力される累積加算結果と測定されたスペクトル信号とを入力として誤差を算出する誤差算出手段と、算出誤差に基づいて各物理公式演算手段における線スペクトルの原因を規定する値の補正を行なう補正手段とを含んでいる。

【0025】

【作用】請求項1の物理量解析方法であれば、物理源から離れた任意箇所における物理量が所定の演算式に基づいて算出可能であるとともに、線形加算性が成立する物理源の物理量を物理源から離れた所定箇所において測定された物理量に基づいて解析する場合に、既知の情報に基づいて物理量の種類に対応して定まる複数の演算式（定数値が互に異なる複数の演算式）の演算を行ない、演算式の演算結果を累積加算して測定値に対応する推定値を得る。そして、得られた推定値と測定した物理量との差を算出し、算出した差に基づいて各演算式に含まれる変数を補正することにより、差を小さくすべく変数を変化させる。その後は、変化された変数に基づいて上記一連の処理を反復することにより差を一層小さくすべく変数をさらに変化させる。そして、差が十分に小さくなるまで上記一連の処理を反復することにより、推定値を測定値に高精度に近似できるので、この時点における各演算式に含まれる補正された変数を物理量解析結果として出力することにより物理量の解析結果を得ることができる。

【0026】この方法においては、既知の物理公式に含まれる、物理量に対応して定まるべき定数を、累積加算結果と測定結果との差に対応して変化させるだけでよいから、全体として処理を簡素化できるとともに、解析所要時間を大巾に短縮できる。即ち、従来のニューラル・ネットを用い、かつ測定結果を教師信号として物理量の解析を行なうこともできるが、この場合には演算式自体を学習により決定しなければならないことになるため学習所要時間が著しく長くなってしまい、学習のリアル・タイム性が要求される場合に適用できない事は勿論である。また、取り扱う物理法則が複雑である場合の物理量の解析には到底適用できない。また、演算式自体を学習により決定するのであるから、所期の精度の物理量解析結果が得られるという保証もない。さらに、既知の物理公式に基づいて測定結果から物理量を解析するための演算式を得て物理量の解析を行なうことも考えられるが、物理源の数の増加に伴って演算式が著しく複雑化し、または適切な演算式が得られない可能性があるという不都合がある。また、この方法は特定の系に適用できるだけであり、系が変われば演算式を再び設定しなおさなければならないのであるから、汎用性に乏しいという不都合もある。これに対して請求項1の発明は、既知の物理公式等をそのまま適用して演算を行なうのであるから、演算式の設定が容易であるとともに演算結果が正確に得

られ、しかも物理公式等に含まれる、物理量に対応して定まるべき定数のみを学習により補正するのであるから所要時間を著しく短くできる。

【0027】請求項2の物理量解析装置であれば、物理源から離れた任意箇所における物理量が所定の演算式に基づいて算出可能であるとともに、線形加算性が成立する物理源の物理量を物理源から離れた所定箇所において測定された物理量に基づいて算出する場合に、解析対象となる物理量の原因の個数以上の個数の物理公式演算手段によって、上記演算式に基づく演算を行ない、各物理公式演算手段から出力される演算結果を累積加算手段によって累積加算し、累積加算手段から出力される累積加算結果と物理量計測値とを入力として誤差算出手段により誤差を算出し、算出した誤差を各物理公式演算手段にフィードバックすることにより各物理公式演算手段における補正を行なわせる。そして、各物理公式演算手段における物理量の原因の算出誤差に基づく補正が施された結果を補正結果収集手段により収集して物理源の物理量解析結果として出力する。

【0028】さらに詳細に説明すると、物理源から離れた任意箇所における物理量が所定の演算式に基づいて算出可能であるとともに、観測位置に各物理源が作り出す物理量の線形加算性が成立する物理源の物理量を物理源から離れた所定箇所において測定された物理量に基づいて算出する場合には、計測時刻、計測位置等の既知情報が多数存在しているのであるから、物理公式演算手段における演算式に含まれる変数を任意の値に設定した状態で各既知情報をそれぞれ物理公式演算手段に供給して対応する演算結果を得、各物理公式演算手段から出力される演算結果を累積加算手段に供給して累積加算値、即ち、物理量計測値に対応する値を得る。この場合に得られる累積加算値は、変数が任意に設定されている関係上、物理量計測値と一致しない可能性が高いのであるが、この累積加算値と実際の物理量計測値とを誤差算出手段に供給して両者の誤差を算出し、算出された誤差を各物理公式演算手段にフィードバックして、誤差に対応して変数の設定値を補正することにより誤差が少なくなるように各物理公式演算手段の変数を変化させることができる。

【0029】したがって、上記一連の処理を必要回数だけ反復することにより両者の誤差を著しく小さくでき、この時点において各物理公式演算手段において設定されている変数を補正結果収集手段により収集して出力することにより物理源の物理量を得ることができる。なお、この場合において最終的に得られる解析結果がローカル・ミニマムになるのではないかと思われるかもしれないが、各物理公式演算手段の変数全てが算出された誤差に基づいて変化されるのであるから、系全体としてゆらぎが少なくなるように変数が変化されることになり、最終的にローカル・ミニマムではない正確な解析結果を得る

ことができる。

【0030】また、必要な演算は、各物理公式演算手段における演算、累積加算手段における累積加算、誤差算出手段における誤差算出およびフィードバックされた誤差に基づく補正手段による変数の補正演算だけでよいかから従来方法と比較して演算量を著しく低減できる。請求項3の物理量解析装置であれば、光導波路に励起光を導入して免疫測定を開始した後に得られる既知の情報（例えば時刻）を複数の物理公式演算手段に供給することにより、定数値が互に異なる複数の実験式の演算を行ない、実験式の演算結果を累積加算手段によって累積加算して測定された蛍光強度に対応する推定蛍光強度を得る。そして、得られた推定蛍光強度と測定された蛍光強度との差を誤差算出手段により算出し、算出した誤差を各物理公式演算手段にフィードバックすることにより各物理公式演算手段における定数値の補正を行なわせる。そして、誤差算出手段により算出される誤差が十分に小さくなるまで上記一連の処理を反復し、誤差が十分に小さくなった時点において、補正結果収集手段により少なくとも免疫蛍光および非特異吸着蛍光に対応する補正された定数値を免疫測定結果として出力する。

【0031】したがって、従来は光導波路に起因する蛍光等の影響を受けて免疫測定精度が低下するとともに、免疫測定結果が得られるまでに長時間がかかっていたのであるが、この発明によれば、免疫測定の初期に得られるデータのみを用いて短時間で高精度に免疫測定結果を得ることができる。請求項4の物理源解析装置であれば、酵素固定化膜に被検溶液を点着した後得られる既知の情報（例えば時刻）を複数の物理公式演算手段に供給することにより、定数値が互に異なる複数の式の演算を行ない、式の演算結果を累積加算手段によって、累積加算して物質の酵素反応の結果生成または消失される物質の量に対応する測定された電気信号に対応する推定電気信号を得る。そして、得られた推定電気信号と測定された電気信号との差を誤差算出手段により算出し、算出した誤差を各物理公式演算手段にフィードバックすることにより各物理公式演算手段における定数値の補正を行なわせる。そして、誤差算出手段により算出される誤差が十分に小さくなるまで上記一連の処理を反復し、誤差が十分に小さくなった時点において、補正結果収集手段により少なくとも酵素反応を行なう物質の濃度に対応する補正された定数値を酵素反応を行なう物質の濃度測定結果として出力する。

【0032】したがって、従来は膜厚、下地電極に対する膜の装着状態等の影響を受けて濃度測定精度が低下するとともに、電気信号が安定するまで待つと濃度測定結果が得られるまでに長時間がかかっていたのであるが、この発明によれば、濃度測定の初期に得られるデータのみを用いて、対象物質濃度の高低に拘らず短時間で高精度に濃度測定結果を得ることができる。

【0033】請求項5の物理量解析装置であれば、物理源から離れた任意箇所における物理量が所定の演算式に基づいて算出可能であるとともに、線形加算性が成立する物理源の物理量であり、かつ解析対象となる物理量が物理源が有している物理的性質であり、この物理量を物理源から離れた所定箇所において測定された物理量に基づいて解析する場合に、送波手段により物理源に対して波を放射し、物理源から反射される波を複数の受波手段により受波して物理量測定値を得る。そして、解析対象となる物理量の原因の個数よりも多い個数の物理公式演算手段によって、上記演算式に基づく演算を行ない、各物理公式演算手段から出力される演算結果を累積加算手段によって累積加算し、累積加算手段から出力される累積加算結果と物理量計測値とを入力として誤差算出手段により誤差を算出し、算出した誤差に基づいて補正手段により各物理公式演算手段における補正を行なわせる。そして、各物理公式演算手段における物理量の原因の算出誤差に基づく補正が施された結果を補正結果収集手段により収集して物理源の物理量解析結果として出力する。

【0034】したがって、解析対象となる物理量が、物理源が積極的に外部に放射を行なっていない量である場合、例えば、赤外線吸収率、超音波反射率等が解析対象となる物理量である場合に、送波手段から該当する波を放射して物理源により反射させることにより、等価的に物理源自体が何らかの物理量を外部に放射している状態を生成できるので、請求項2の場合と同様に少ない学習時間で高精度の物理量解析結果を得ることができる。

【0035】請求項6の線スペクトル・ノイズ除去装置であれば、線スペクトル・ノイズの種類に対応する個数の物理公式演算手段により、各線スペクトル・ノイズに対応する物理公式に基づく演算を行ない、各物理公式演算手段から出力される演算結果を累積加算手段により累積加算する。そして、累積加算手段から出力される累積加算結果と測定されたスペクトル信号とを誤差算出手段に供給して測定結果に対する累積加算結果の誤差を算出し、算出誤差に基づいて補正手段により各物理公式演算手段における線スペクトルの原因を規定する値の補正を行なう。

【0036】そして、線スペクトルの原因を規定する値の補正が終了した後は、補正手段による補正のみを中断することにより、スペクトル信号から線スペクトル・ノイズを除去した信号が誤差算出手段から出力されるので、各補正手段により補正された値を収集する必要がなく、全体として構成を一層簡素化できるとともに、線スペクトル・ノイズのみを除去した高品質の観測信号を得ることができる。

【0037】

【実施例】以下、実施例を示す添付図面によって詳細に説明する。図1はこの発明の物理量解析装置の一実施例

を示すブロック図であり、複数個の物理公式演算ユニット11, 12, …, 1mと、物理公式演算ユニット11, 12, …, 1mから出力される演算結果g1, g2, …, gmを累積加算するシグマ・ユニット2と、シグマ・ユニット2から出力される累積加算結果Oj(t)と教師パターンとしての物理量計測値Sj(t)とを入力として両者の差を算出する誤差演算器3と、算出された差に基づいて、物理公式演算ユニットにおいて推定されている変数を補正する補正部11a, 12a, …, 1maと、物理公式演算ユニット11, 12, …, 1mにおいて推定されている変数の値を収集して解析結果として出力する情報収集ユニット4とを有している。尚、上記物理公式演算ユニット11, 12, …, 1mは時刻t、計測位置等の既知情報が供給されたことに応答して、既知情報に基づいて各物理公式演算ユニット

$$O_j(t) = \sum_{i=1}^m g_i(t, a_{i1}, a_{i2}, a_{i3}, \dots, a_{iL})$$

【0040】即ち、物理量Oj(t)は時刻tとL個の未知数ai1, ai2, ai3, …, aiLを持つ関数gi(t, ai1, ai2, ai3, …, aiL)のm個の線形和であると仮定する。但し、関数giは既知の情報をその式の中に含んでいてもよい。尚、このような仮定は決して不自然なものではなく、例えば、圧力、温度、音波、電磁波、電界、磁界、光波、重力、粒子線等を解析対象とする場合に成立する仮定である。

【0041】この仮定の下において、時刻t、計測位置等の既知情報をm個の物理公式演算ユニット11, 12, …, 1mに供給してそれぞれ関数g1, g2, …, gmを算出し、算出された全ての関数値をシグマ・ユニット2に供給することにより累積加算値Oj(t)を得ることができる。但し、当初は未知数が適当に設定されているのであるから、得られる累積加算値Oj(t)は実際の測定値Sj(t)とは異なる。したがって、誤差演算器3において実際の測定値Sj(t)と累

$$\frac{\partial E_j(t)}{\partial O_j(t)} = - \{S_j(t) - O_j(t)\}$$

【0044】そして、各物理公式演算ユニットにおける未知数の補正を最急降下法に基づいて行なうこととすれば、推定誤差評価関数値が最小になる未知数の推定は数7に基づいて行なうことができる。但し、kは未知数

$$\begin{aligned} a_{ik} &= a_{ik} - \varepsilon_k \{ \frac{\partial E_j(t)}{\partial a_{ik}} \} \\ &= a_{ik} - \varepsilon_k \{ (\frac{\partial E_j(t)}{\partial O_j(t)} / \frac{\partial O_j(t)}{\partial a_{ik}}) \} \\ &= a_{ik} + \varepsilon_k \{ S_j(t) - O_j(t) \} / \frac{\partial O_j(t)}{\partial a_{ik}} \end{aligned}$$

【0046】また、数5から数8の関係式が得られる。

【0047】

* トに設定されている物理公式に基づく演算を行なうとともに、誤差演算器3から出力される推定誤差dj(t) { = Sj(t) - Oj(t) } が供給されたことに応答して物理公式に含まれる変数を推定誤差が少なくなるように補正する。また、物理公式演算ユニットの数は、解析対象となる物理量の原因の個数よりも多い個数に設定されている。さらに、物理公式演算ユニットはそれぞれ同期的に動作するように制御してもよく、また、非同期的に動作するように制御してもよい。

10 【0038】上記の構成の物理量解析装置の作用は次のとおりである。解析対象となる物理量Oj(t)が数5で与えられるものと仮定する。

【0039】

【数5】

積加算値Oj(t)との差を算出し、算出された差を推定誤差dj(t)として物理公式演算ユニット11, 12, …, 1mの補正部11a, 12a, …, 1maにフィードバックし、推定誤差dj(t)が小さくなるように各物理公式演算ユニットの未知数を変化させる。

【0042】上記一連の処理を反復すれば推定誤差dj(t)が小さくなり、ついには推定誤差dj(t)がほぼ0になるので、この時点において物理公式演算ユニット11, 12, …, 1mの未知数の値を情報収集ユニット4により収集して出力することにより物理源の物理量に関する解析結果を得ることができる。また、推定誤差評価関数Ej(t)を次式で定義すれば、数6が得られる。

$$E_j(t) = (1/2) \{S_j(t) - O_j(t)\}^2$$

【0043】

【数6】

aikの学習ゲイン(補正ゲイン)である。

【0045】

【数7】

【数8】

$$\begin{aligned} \frac{\partial O_j(t)}{\partial a_{ik}} &= \frac{\partial \left\{ \sum_{i=1}^m g_i(t, a_{i1}, a_{i2}, a_{i3}, \dots, a_{iL}) \right\}}{\partial a_{ik}} \\ &= \frac{\partial \{ g_i(t, a_{i1}, a_{i2}, a_{i3}, \dots, a_{iL}) \}}{\partial a_{ik}} \end{aligned}$$

【0048】そして、数8を数7に代入すれば数9が得られる。
* 【0049】 * 【数9】

$$a_{ik} = a_{ik} + \epsilon_k \{ S_j(t) - O_j(t) \} \left[\frac{\partial \{ g_i(t, a_{i1}, a_{i2}, a_{i3}, \dots, a_{iL}) \}}{\partial a_{ik}} \right]$$

【0050】したがって、物理モデルがある物理公式 $g_j(t, a_{i1}, a_{i2}, a_{i3}, \dots, a_{iL})$ によって表現され、かつ数5によって推定される物理量を算出できる場合には、数9の処理を行なうことにより未知数の推定精度を高め、より正確な物理量を得ることができる。図2は推定誤差評価関数の一例を示す図であり、

この推定誤差評価関数の状態を示す表1と共に推定誤差評価関数値が最小となる未知数の推定動作を説明する。但し、 a_{ik} は未知数 a_{ik} に対する補正值である。

【0051】
【表1】

a_{ik}	← 減少		増加 →		
$E_j(t)$	↗	極大	↘	極小	↗
$\frac{\partial E_j(t)}{\partial a_{ik}}$	正	0	負	0	正
Δa_{ik}	負	不定	正	0	負

【0052】上述したように、未知数の推定は推定誤差評価関数の値が小さくなるように行なえばよいのであるから、推定誤差評価関数 $E_j(t)$ の傾きの符号に着目すればよく、傾きが正の場合には補正值 a_{ik} を負に、傾きが負の場合には補正值 a_{ik} を正にすればよい。また、図2には極小点が含まれているのであるから、上記未知数の推定を行なった場合に、極小点に対応する未知数 a_{ik} が得られるように思われる。しかし、1つの未知数のみについて推定処理を行なうのではなく、全ての未知数について同期的に推定処理を行なうのであるから、推定処理を行なう毎に推定誤差評価関数自体が変化することになり、この結果、最終的に推定誤差評価関数値を最小にする未知数を得ることができる。したがって、最終的に得られた未知数を情報収集ユニット4により収集して出力することにより物理源の解析を達成できる。

【0053】

【具体例1】図3は蛍光を用いる免疫測定装置の一例を示す概略図である。この免疫装置を用いて免疫測定を行なう場合には、光導波路31の一側に反応槽32を設け、反応槽32と光導波路31との境界面に例えば抗原33を固定しておき、光導波路31の内部を全反射しながら進む励起光を導入した状態で反応槽32に被検溶液34を注入して免疫の程度に対応する量の抗原抗体反応

30
40
50

を行なわせ、次いで蛍光物質で標識された標識抗体35を注入して、上記境界面の近傍に拘束されている標識抗体35のみを励起光のエバネッセント波成分により励起する。この励起された蛍光は光導波路31の内部を全反射しながら伝播し、励起光の入射端面31aから出射される。そして、出射される蛍光をビームスプリッタ等36により励起光から分離し、光電子増倍管等の光センサ37に導くことにより測定信号を得る。

【0054】図4は上記免疫測定装置により得られた測定信号の時間的変化を示す概略図であり、標識抗体35を注入するまでは光導波路31自体が発する蛍光等に起因するオフセットが測定信号として得られ、標識抗体35を注入した後は、抗原抗体反応を行なった抗原38に対して標識抗体35が抗原抗体反応を行なって境界面の近傍に拘束されることになり、しかも拘束される標識抗体35の量が徐々に増加するのであるから、上記オフセットを基準として測定信号が指数関数的に増加し、最終的に免疫反応の程度に基づいて定まる所定値になる。

【0055】したがって、最終的に得られる測定信号のみならずオフセットが正確に得られなければ免疫の程度を正確に測定することができない。この点を考慮して直線近似の最小自乗法(1次回帰)を用いてオフセットを推定することが考えられるが、免疫の程度によってオフセットの推定に誤差が大きく生じてしまうので免疫測定

を精度よく達成することができない。

【0056】しかし、図1の構成の物理源解析装置を用いることにより免疫反応の量を高精度に推定できる。即ち、出射される蛍光に対応する測定信号が数10に基づいて算出できることが実験的に確認されている。但し、*

$$g_j(t) = A \{ 1 - e^{-B(t-C)} \} + D$$

【0058】尚、この場合には推定すべき未知数が4つであるから物理公式演算ユニットは4つだけでよく、また各物理公式演算ユニットにおいては数10に基づく処理を行なうようにしておけばよい。また、各未知数A, B, C, Dに対してそれぞれ任意の初期値を与えておく。このように初期設定された物理源解析装置に対して共通の測定条件として時刻を供給するとともに、供給された時刻に対応して得られている測定信号を教師信号として供給すればよく、図5に示すフローチャートに基づ

$$\partial O_j(t) / \partial A = 1 - e^{-B(t-C)}$$

$$\partial O_j(t) / \partial B = A(t-C) e^{-B(t-C)}$$

$$\partial O_j(t) / \partial C = -A B e^{-B(t-C)}$$

$$\partial O_j(t) / \partial D = 1$$

【0061】この結果、各未知数A, B, C, Dの推定則は数12に示すとおりになる。

$$A = A + \epsilon a \{ S_j(t) - O_j(t) \} (\partial O_j(t) / \partial A)$$

$$B = B + \epsilon b \{ S_j(t) - O_j(t) \} (\partial O_j(t) / \partial B)$$

$$C = C + \epsilon c \{ S_j(t) - O_j(t) \} (\partial O_j(t) / \partial C)$$

$$D = D + \epsilon d \{ S_j(t) - O_j(t) \} (\partial O_j(t) / \partial D)$$

【0063】したがって、ステップSP1において各未知数A, B, C, Dに対して初期値を与え、ステップSP2において免疫反応開始後の任意の時刻tおよび対応する測定信号S_j(t)を抽出し、ステップSP3において現在の推定未知数A, B, C, Dに基づいて各物理公式演算ユニット11, 12, 13, 14による演算およびシグマ・ユニット2による累積加算を行ない、ステップSP4において測定信号と累積加算値との差S_j(t) - O_j(t)を算出し、ステップSP5において、算出された差が予め設定した所望の推定誤差以下であるか否かを判別する。そして、算出された差が所望の推定誤差よりも大きいと判別された場合には、ステップSP6において数11の処理を行なって累積加算値の偏微分値を算出し、ステップSP7において数12の処理を行なって各未知数A, B, C, Dの推定を行ない、再びステップSP2の処理を行なう。上記ステップSP5において算出された差が予め設定した所望の推定誤差以下であると判別された場合にはそのまま一連の処理を終了する。

【0064】以上の一連の処理を実行することにより各

* Aは免疫蛍光と非特異吸着蛍光との和を、Bは免疫抗体濃度に依存する数値を、Cは反応開始時刻を、Dは光導波路31のオフセットをそれぞれ示している。

【0057】

【数10】

く処理を行なって上記各未知数A, B, C, Dを高精度に推定できる。即ち、免疫反応の程度を高精度に推定できる。

【0059】さらに詳細に説明すると、測定信号が数10により算出できることが実験的に知られているのであるから、測定信号の偏微分値は数11で与えられる。

【0060】

【数11】

【0062】

【数12】

未知数A, B, C, Dを高精度に推定できる。また、初期データを用いて精度よく未知数の推定を達成できる。さらに、推定のための処理が簡単であるから所要時間を著しく短くできる。また、異なる演算式、実験式に基づく化学反応における未知数の推定に対してもデータ処理部分の変更、即ちプログラムの変更のみで簡単に処理できる。もちろん他のパラメータの推定を行なうことも可能である。

【0065】

【具体例2】図6は酵素反応を利用したグルコース濃度測定装置の要部を示す概略図である。このグルコース濃度測定装置を用いてグルコース濃度の測定を行なう場合には、例えば、白金電極51aと銀電極51bとを有する下地電極51の表面に過酸化水素選択透過膜52、グルコースオキシダーゼ(以下、GODと略称する)を固定化したGOD固定化膜53およびグルコースの拡散をある程度制限する拡散制限膜54をこの順に積層しておいて、拡散制限膜54の上に被検溶液を滴下する。滴下された被検溶液中のグルコースは拡散制限膜54により拡散がある程度制限され、被検溶液中のグルコース濃度

10

40

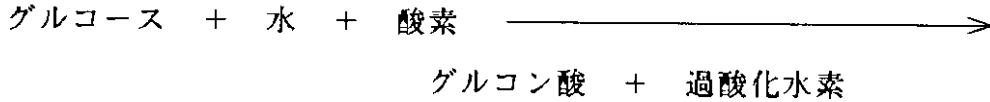
50

よりも低い濃度のグルコースがG O D固定化膜5 3に到達し、G O Dの存在下において化1の反応が行なわれる。

* 【0 0 6 6】
【化1】

*

G O D



【0 0 6 7】この反応の結果生成される過酸化水素は過酸化水素選択透過膜5 2を通過して下地電極5 1の表面に導かれ、下地電極5 1から過酸化水素の量に対応する測定信号が出力される。したがって、測定信号に基づいてグルコース濃度を測定できる。また、化1から明らかのように、被検溶液中の酸素の量により反応できるグルコースの量、即ち、グルコース濃度の測定限界が定まるのであるから、被検溶液を直接G O D固定化膜5 3に滴下する代わりに拡散制限膜5 4を介在させてグルコースの拡散量を制限し、グルコース濃度の測定限界を高めている。

【0 0 6 8】図7は上記グルコース濃度測定装置により得られた測定信号の時間的变化を示す概略図であり、被検溶液を滴下するまでは、先行する測定の影響を受けて測定信号が徐々に減少し、被検溶液を滴下した後は化1の反応が行なわれるので測定信号が指数関数的に増加し、最終的にグルコースの濃度に基づいて定まる所定値になる。但し、図7は被検溶液中の酸素量が十分である状態を示している。

【0 0 6 9】また、測定信号が変化しなくなるまで待つ

$$g_j(t) = A \left\{ 1 + 2 \sum_{k=1}^{\infty} (-1)^k e^{-B(t-C)} \right\} + D$$

【0 0 7 2】尚、この場合には推定すべき未知数が4つであるから物理公式演算ユニットは4つだけでよく、また各物理公式演算ユニットにおいては数1 3に基づく処理を行なうようにしておけばよい。また、各未知数A, B, C, Dに対してそれぞれ任意の初期値を与えておく。このように初期設定された物理源解析装置に対して共通の測定条件として時刻を供給するとともに、供給された時刻に対応して得られている測定信号を教師信号として供給すればよく、図5に示すフローチャートと同様

$$\begin{aligned} \partial O_j(t) / \partial A &= 1 + 2 \sum_{k=1}^{\infty} (-1)^k e^{-B(t-C)} \\ \partial O_j(t) / \partial B &= 2 A (t-C) \sum_{k=1}^{\infty} (-1)^k e^{-B(t-C)} \\ \partial O_j(t) / \partial C &= -2 A B \sum_{k=1}^{\infty} (-1)^k e^{-B(t-C)} \\ \partial O_j(t) / \partial D &= 1 \end{aligned}$$

【0 0 7 5】この結果、各未知数A, B, C, Dの推定則は数1 5に示すとおりになる。

てグルコース濃度の測定を行なおうとすれば所要時間が著しく長くなるので、測定信号の時間微分値の最大値を得てグルコース濃度の測定を行なうことが一般的である。さらに、得られる測定信号はグルコース濃度のみならず下地電極5 1に積層される膜の厚み、積層条件等の影響をも受けるのであるから、一般的には膜を交換する毎に既知のグルコース濃度の溶液を用いてキャリブレーションを行なうようにしている。

【0 0 7 0】しかし、図1の構成の物理源解析装置を用いることによりグルコース濃度を簡単にかつ高精度に推定できる。即ち、測定信号が拡散第2方程式が導出できる数1 3に基づいて算出できることが確認されている。但し、Aはグルコース濃度と膜質により定まる量との積を、Bは反応の立ち上がりの速さに関係する数値を、Cは反応開始時刻を、Dは反応開始時の測定信号の値をそれぞれ示している。尚、膜厚が薄ければBが大きくなり、グルコース濃度が濃いとBが大きくなることが知られており、Bが大きいと反応が早く収束する。

【0 0 7 1】

【数1 3】

の処理を行なって上記各未知数A, B, C, Dを高精度に推定できる。即ち、グルコース濃度を高精度に推定できる。

【0 0 7 3】さらに詳細に説明すると、測定信号が数1 3により算出できるのであるから、測定信号の偏微分値は数1 4で与えられる。

【0 0 7 4】

【数1 4】

【0 0 7 6】

【数1 5】

$$A = A + \varepsilon a^{21} \{S_j(t) - O_j(t)\} (\partial O_j(t) / \partial A)^{22}$$

$$B = B + \varepsilon b \{S_j(t) - O_j(t)\} (\partial O_j(t) / \partial B)$$

$$C = C + \varepsilon c \{S_j(t) - O_j(t)\} (\partial O_j(t) / \partial C)$$

$$D = D + \varepsilon d \{S_j(t) - O_j(t)\} (\partial O_j(t) / \partial D)$$

【0077】したがって、ステップSP1において各未知数A, B, C, Dに対して初期値を与え、ステップSP2において化1の反応開始後の任意の時刻tおよび対応する測定信号 $S_j(t)$ を抽出し、ステップSP3において現在の推定未知数A, B, C, Dに基づいて各物理公式演算ユニット11, 12, 13, 14による演算およびシグマ・ユニット2による累積加算を行ない、ステップSP4において測定信号と累積加算値との差 $S_j(t) - O_j(t)$ を算出し、ステップSP5において、算出された差が予め設定した所望の推定誤差以下であるか否かを判別する。そして、算出された差が所望の推定誤差よりも大きいと判別された場合には、ステップSP6において数14の処理を行なって累積加算値の偏微分値を算出し、ステップSP7において数15の処理を行なって各未知数A, B, C, Dの推定を行ない、再びステップSP2の処理を行なう。上記ステップSP5において算出された差が予め設定した所望の推定誤差以下であると判別された場合にはそのまま一連の処理を終了する。

【0078】以上の一連の処理を実行することにより各未知数A, B, C, Dを高精度に推定できる。また、初期データを用いて精度よく未知数の推定を達成できる。さらに、推定のための処理が簡単であるから所要時間を著しく短くできる。また、異なる演算式、実験式に基づく化学反応における未知数の推定に対してもデータ処理部分の変更、即ちプログラムの変更のみで簡単に対処できる。もちろん他のパラメータの推定を行なうことも可能である。さらに、上記未知数Aをグルコース濃度に対応する未知数A1と膜質で定まる量に対応する未知数A2とに区分しておき、それぞれの未知数A1, A2をも推定することが可能であり、この場合には、グルコース濃度を直接推定できるのであるからキャリブレーションが不要になる。

【0079】尚、以上には免疫測定およびグルコース濃度測定のみについて説明したが、他の化学反応における各種パラメータの推定に適用できることはもちろんである。

【0080】

【実施例2】図8は図6の装置を用いた磁場源解析装置

の構成を示す概略ブロック図であり、図6と異なる点は、N個の磁場センサMSを配置して磁場を検出してN個中のいずれかの測定値とその観測条件をそれぞれ制御回路Cにより制御されるマルチプレクサMX1, MX2により選択して誤差演算器3に教師信号として供給している点のみである。

【0081】ここで、N個の磁場センサのうち、j番目の磁場センサjによる測定値を B_j とし、磁場センサjによる測定点jにおける推定値を B_{ej} とすれば、j番目の磁場センサjによる測定点jにおける推定誤差 E_j は次式で表される。

$$E_j = (1/2) (B_j - B_{ej})^2$$

また、 B_{ej} がm個の電流素片が発生する磁場によって形成されている場合には、各電流素片iの位置情報、電流ベクトルおよび測定点jの位置情報等に基づいて推定値 B_{ej} を求めることができる。電流素片iが測定点jにつくる磁場を B_{eji} とすれば数16が成立する。即ち、線形加算性を有している。

【0082】

【数16】

$$B_{ej} = \sum_{i=1}^m B_{eji}$$

【0083】さらに、電流素片iの入力パラメータを W_{ik} ($k=1, 2, \dots, L$)で示し{例えば、入力パラメータが位置情報 $P_i(x_i, y_i, z_i)$ および電流ベクトル $I_i(X_i, Y_i, Z_i)$ からなる場合には $L=6$ であり、 $W_{i1}=x_i, W_{i2}=y_i, W_{i3}=z_i, W_{i4}=X_i, W_{i5}=Y_i, W_{i6}=Z_i$ となる}、入力パラメータ W_{ik} の変化分を ΔW_{ik} で示せば、最急降下法を用いて推定誤差 E_j を最小に導くためには、数17を満足しなければならない。

【0084】

【数17】

$$\Delta W_{ik} \propto -\partial E_j / \partial W_{ik}$$

【0085】これらの関係を考慮すれば、推定誤差 E_j をより小さい値にするための入力パラメータ W_{ik} の補正を行なうための演算として数18が得られる。

【0086】

【数18】

$$\begin{aligned}
 W_{ik} &= W_{ik} - \varepsilon_k \cdot \partial E_j / \partial W_{ik} \\
 &= W_{ik} - \varepsilon_k (\partial E_j / \partial B_{ej}) (\partial B_{ej} / \partial B_{eji}) \\
 &\quad (\partial B_{eji} / \partial W_{ik}) \\
 &= W_{ik} + \varepsilon_k (B_j - B_{ej}) (\partial B_{eji} / \partial W_{ik})
 \end{aligned}$$

24

【0087】但し、 k は学習ゲイン、 $i=1, 2, 3, \dots, m$ 、 $k=1, 2, 3, \dots, L$ である。ここで、 N 個の磁場センサのうち、 j 番目の磁場センサ j による測定値を B_{zj} とし、 xy 平面に平行な電流ベクトルを有する電流素片 i が測定点 j に形成する z 方向の磁場成分を B_{zeji} とすれば、磁場成分 B_{zeji} は次式で与えられることが知られている。

$$B_{zeji} = (\mu_0 \cdot M_i / 4) \{ (y_j - y_i) \cos \theta_i - (x_j - x_i) \sin \theta_i \} / \{ (x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2 + (z_j - z_i)^2 \}^{3/2}$$

$$\begin{aligned}
 x_i &= x_i + \varepsilon_x (B_{zj} - B_{zej}) (\partial B_{zeji} / \partial x_i) \\
 y_i &= y_i + \varepsilon_y (B_{zj} - B_{zej}) (\partial B_{zeji} / \partial y_i) \\
 z_i &= z_i + \varepsilon_z (B_{zj} - B_{zej}) (\partial B_{zeji} / \partial z_i) \\
 \theta_i &= \theta_i + \varepsilon_T (B_{zj} - B_{zej}) (\partial B_{zeji} / \partial \theta_i) \\
 M_i &= M_i + \varepsilon_M (B_{zj} - B_{zej}) (\partial B_{zeji} / \partial M_i)
 \end{aligned}$$

【0090】ここで、 x, y, z, T および M は微小な正の値であり、学習ゲインである。また、各物理公式演算ユニットにおける数19に基づく未知数の補正処理を同期的に行なうようにしている。尚、数19に含まれる各偏微分項は数20に基づいて解析的に求めることができるのであるから、数19に基づく未知数の

*ここで、未知数 x_i, y_i, z_i はそれぞれ電流素片 i の x, y, z 座標、未知数 θ_i は電流素片 i が xy 平面上で x 軸となす角、未知数 M_i は電流素片 i のモーメント、未知数 x_j, y_j, z_j はそれぞれ測定点 j の x, y, z 座標である。

【0088】したがって、数18に各未知数を代入して最急降下法による磁場源解析を行なうことができる。即ち、各未知数について数19が得られる。

【0089】

【数19】

補正処理を簡単に達成できる。但し、式を簡略化するために、 $X = x_j - x_i, Y = y_j - y_i, Z = z_j - z_i, A = X^2 + Y^2 + Z^2$ としている。

【0091】

【数20】

30

$$\begin{aligned}
\partial B z e j i / \partial x i &= \{ \partial B z e j i / \partial (x j - x i) \} \\
&\{ \partial (x j - x i) / \partial x i \} \\
&= (\mu 0 \cdot M i / 4 \pi) [\{ 3 X Y \cos \theta i + \\
&(A - 3 X^2) \sin \theta i \} / A^{5/2}] \\
\partial B z e j i / \partial y i &= \{ \partial B z e j i / \partial (y j - y i) \} \\
&\{ \partial (y j - y i) / \partial y i \} \\
&= (-\mu 0 \cdot M i / 4 \pi) [\{ (A - 3 Y^2) \cos \theta i + \\
&3 X Y \sin \theta i \} / A^{5/2}] \\
\partial B z e j i / \partial z i &= \{ \partial B z e j i / \partial (z j - z i) \} \\
&\{ \partial (z j - z i) / \partial z i \} \\
&= (-\mu 0 \cdot M i / 4 \pi) \{ 3 Z (Y \cos \theta i - X \sin \theta i) / \\
&A^{5/2} \} \\
\partial B z e j i / \partial \theta i &= (-\mu 0 \cdot M i / 4 \pi) \\
&\{ (Y \sin \theta i + X \cos \theta i) / A^{3/2} \} \\
\partial B z e j i / \partial M i &= (\mu 0 / 4 \pi) \\
&\{ (Y \cos \theta i - X \sin \theta i) / A^{3/2} \}
\end{aligned}$$

【0092】図8の装置を用いて磁場源解析を行なうことにより、比較的少ない学習回数で十分に高い精度を持つ未知数を得ることができ、得られた未知数を情報収集ユニット4により収集して解析結果として出力できる。また、未知数を補正するための学習ゲインを十分に小さい値に設定しているにも拘らず、計測値 $B z j$ と推定値 $B z e j$ との差が大きい場合には各未知数を大きく補正できるので収束するまでに必要な学習回数を少なくできる。また、上記差が小さい場合には各未知数を微量ずつ補正できるので、最終的に得られる未知数の精度を十分に高めることができる。また、計測値 $B z j$ と推定値 $B z e j$ との差が小さい場合であって、しかもローカルミナ（真の解でない場合）には数19に含まれる偏微分項の少なくとも1つが有限の値をもつために、各未知数の補正が行なえ、ローカルミナの状態を脱する事ができる。一時的に推定誤差は増加するが、ふたたび誤差が小さくなる様に各未知数の補正を行なう事ができる。従って他の方式で用いられているsimulated annealingを行なう必要はない。尚、この実施例は磁場源の解析に適用した場合についてのみ説明しているが、物理源が何らかの物理量（熱、電磁波等）を放射しているような系であれば同様に適用できる。

【0093】

【実施例3】図9は図6の装置を用いた音響探査装置の構成を示す概略ブロック図であり、図6と異なる点は、

1個の送波器7から音波を送波し、n個の反射点からの反射波を受波するm個の受波センサiを配置して反射波を検出し、n個中のいずれかの測定値とその観測条件をそれぞれ制御回路Cにより制御されるマルチプレクサM X1, M X2により選択して誤差演算器3に教師信号として供給している点のみである。

【0094】ここで、送波器7が微小な点音源であって時間波形が $S(t)$ の短パルスを送波しているものとするれば、図5に示すように反射点 k ($k = 1, 2, \dots, n$) によって反射された音波が受波センサ i ($i = 1, 2, \dots, m$) に到達して作る時刻 j における速度ポテンシャルを $i j k$ とすれば、受波センサ i によって時刻 j に観測される速度ポテンシャル $i j$ は、音圧が十分に小さい場合には数21によって定まることが知られている。

【0095】

【数21】

$$\phi i j = \sum_{k=1}^m \phi i j k$$

【0096】また、受波センサ i において速度ポテンシャル $i j k$ を作り出す音波の経路は送波器7から反射点 k までは共通であり、反射点 k から各受波センサ i までが異なっている。ここで送波器7から反射点 k までの距離を $r s k$ とし、反射点 k から受波センサ i までの距離を $r R k i$ とすれば、速度ポテンシャルは距離に反比

例して減衰するので次の関係式が得られる。

$$i_{jk} = k \cdot S \{ t - (r_{sk} + r_{Rki}) / c \} \cdot (1 / r_{sk}) \cdot (1 / r_{Rki})$$

但し、cは音速、kは反射点kの反射率に比例する定数である。また、時刻tと時刻jの変換はサンプリング間隔tに基づいてt = t · jによりなされるものとしている。さらに、座標系を統一するために送波器7の座標を(x_s, y_s, z_s)、反射点kの座標を(x_k, y_k, z_k)、受波センサiの座標を(x_i, y_i, z_i)とすれば、

$$r_{sk} = \{ (x_s - x_k)^2 + (y_s - y_k)^2 + (z_s - z_k)^2 \}^{1/2}$$

$$r_{Rki} = \{ (x_i - x_k)^2 + (y_i - y_k)^2 + (z_i - z_k)^2 \}^{1/2}$$

$$\alpha_k = \alpha_k + \epsilon_a (\Phi_{ij} - \phi_{ij}) (\partial \phi_{ijk} / \partial \alpha_k)$$

$$x_k = x_k + \epsilon_x (\Phi_{ij} - \phi_{ij}) (\partial \phi_{ijk} / \partial x_k)$$

$$y_k = y_k + \epsilon_y (\Phi_{ij} - \phi_{ij}) (\partial \phi_{ijk} / \partial y_k)$$

$$z_k = z_k + \epsilon_z (\Phi_{ij} - \phi_{ij}) (\partial \phi_{ijk} / \partial z_k)$$

【0099】但し、a, x, y, zは学習ゲインであり、正の定数である。尚、数22の偏微分項は数学的に式変形を行なって算出できるが、数値演算法に基づいて算出することもできる。数値演算法に基づく算出

$$\partial \phi_{ijk} / \partial \alpha_k = \{ \phi(\alpha_k + \epsilon_a, x_k, y_k, z_k) - \phi(\alpha_k - \epsilon_a, x_k, y_k, z_k) \} / 2 \epsilon_a$$

【0101】尚、この実施例は音響探査に適用した場合についてのみ説明しているが、物理源が放射していない物理量に基づく解析(赤外線吸光特性解析等)を行なう場合には同様に適用できる。

【0102】

【実施例4】図11計測対象信号の周波数帯域と線スペクトル性ノイズの周波数帯域とがオーバーラップしている場合に線スペクトル性ノイズのみを除去するための線スペクトル除去装置を示すブロック図であり、図6の装置と異なる点は、情報収集ユニット4が省略されている点のみである。

【0103】このような線スペクトル性ノイズの除去は後段におけるデータ処理の解析精度を高めるために行なわれるのであるが、従来はアナログ・フィルタまたは適応フィルタが一般的に用いられていた。このうち、アナログ・フィルタの一種であるバンド・エリミネーション・フィルタは構成が簡単で、かつ安価ではあるが、ノイズ源の線スペクトル成分のみならず計測対象信号のスペクトル成分をも減衰させてしまい、また、中心周波数近傍において振幅のみならず位相をもずらしてしまい、計測対象信号の解析精度が必然的に低下してしまうという不都合がある。また、適応フィルタを採用すればノイズ源の線スペクトル成分のみを除去でき、計測対象信号の解析精度を高めることができるのであるが、ノイズ源の

* i - z k)² }^{1/2} となり、ijkは4つの未知数k, x_k, y_k, z_kを有する関数{ i_{jk} = (k, x_k, y_k, z_k) }として表現できる。したがって、図4の装置に適用できる。尚、入力パターンはj, x_i, y_i, z_iであり、教師パターンがi_jの実測値i_jとなる。

【0097】以上から明らかなように、図4の各物理公式演算ユニットにおける未知数の学習則は数22のとおりに定めておけばよく、比較的少ない学習回数で高精度の音響探査を達成できる。

【0098】

【数22】

20 を行なう場合には、数23により簡単に算出できる。

【0100】

【数23】

30

線スペクトル成分のみを計測する参照チャンネルが必須であるから構成が複雑化するという不都合がある。ノイズ源の線スペクトル成分のみを計測することが不可能な場合には適用できない。

【0104】図11に示す線スペクトル除去装置は上述の不都合を解消するものであり、除去すべき線スペクトルの数と等しい個数の物理公式演算ユニット11, 12, …, 1mから出力される演算結果をシグマ・ユニット2に供給し、シグマ・ユニット2から出力される累積加算結果O(t)と教師パターンとしての物理量計測値S(t)とを誤差演算器3に供給して両者の差d(t)を算出し、算出された差d(t)を物理公式演算ユニット11, 12, …, 1mの補正部11a, 12a, …, 1maにフィードバックするとともに、線スペクトル除去信号として出力する。尚、除去対象となる線スペクトルの本数、周波数は予め測定されている。また、補正部11a, 12a, …, 1maにおいては、例えば上記差d(t)の2乗が最小値になるように物理公式に含まれる未知数を補正するようにしている。

【0105】上記構成の線スペクトル除去装置の作用は次のとおりである。妨害要因となる線スペクトルの周波数f_iは従来公知の測定手段により測定できていると仮定すれば、該当する線スペクトルは、

$$g(t, A_i, i) = A_i \cdot \sin(2 \pi f_i t +$$

50

29

i) で表現できる。したがって、累積加算結果 $O(t)$ は数 24 となる。

$$O(t) = \sum_{i=1}^m A_i \cdot \sin(2\pi f_i t + \theta_i)$$

【0107】また、差 $d(t)$ は $d(t) = S(t) - O(t)$ となる。さらに累積加算結果 $O(t)$ の偏微分値は数 25 となる。

$$\partial O(t) / \partial A_i = \sin(2\pi f_i t + \theta_i)$$

$$\partial O(t) / \partial \theta_i = A_i \cdot \cos(2\pi f_i t + \theta_i)$$

【0109】以上の各式から、各未知数 A_i , i を補正するための式はそれぞれ

$$A_i = A_i + A \cdot d(t) \cdot \sin(2\pi f_i t + \theta_i)$$

$$i = i + T \cdot d(t) \cdot A_i \cdot \cos(2\pi f_i t + \theta_i)$$

となる。尚、 A , T はそれぞれ正の定数である。したがって、各物理公式演算ユニット 11, 12, ... 1m の補正部 11a, 12a, ... 1ma において差 $d(t)$ に基づいて上記補正のための式に基づく演算を行なうことにより未知数 A_i , i を正確に推定できる。未知数 A_i , i が正確に推定できれば各物理公式演算ユニット 11, 12, ... 1m から対応する線スペクトル・ノイズが出力され、累積加算器 2 により累積加算された後に誤差演算器 3 により測定信号 $S(t)$ から減算されるのであるから、線スペクトル・ノイズ成分のみが除去された差 $d(t)$ が出力される。

【0110】以下のプログラムは 1 本の線スペクトルの振幅 A_i と位相 i を推定するプログラムである。

```
FOR j=0 TO 20000
Sj=FNF(j,A0,f0,0)
Oj=FNF(j,Ai,fi,i)
dj=Sj-Oj
Ai=Ai+A*dj*Oj/Ai
IF Ai<0 THEN Ai=-Ai: i=i+
i=i-INT(i/2)*2
IF i<0 THEN i=i+2
Oj=FNF(j,Ai,fi,i)
D0=FNG(j,Ai,fi,i)
dj=Sj-Oj
i=i+T*dj*D0
i=i-INT(i/2)*2
IF i<0 THEN i=i+2
NEXT j
尚、FNF(j,A,f,)=A*sin(2*pi*f*j/1000+), FNG(j,A,f,)=A*cos(2*pi*f*j/1000+), A=0.003, T=0.000003としてそれぞれ定義しておく。
```

30

* 【0106】
* 【数24】

【0108】
【数25】

【0111】上記プログラムにおいて線スペクトルの振幅を 48.0000、位相を 0.9767、周波数を 90.000000 としておき、種々の初期値を与えてシミュレーションを行なったところ、のべ 1 万回の処理の繰り返しで図 12 に示すように同一の推定値 { 振幅 A_i が 48.0006 あるいは 47.9994、位相 i が 0.9767、推定誤差 d_j が $\pm 5E-4$ 程度、評価関数値 E_j が $3E-7$ 程度 } が得られた。ここで、 A_i について 2 通りの答えがある様に思われるかも知れないが、この計算は 32 ビット単精度浮動小数点形式で行なった為、10 進数で 5.5 桁程度の精度しかない為である。

【0112】また、線スペクトルの振幅を 72.0000、位相を 1.3525、周波数を 18.000000 としておき、種々の初期値を与えてシミュレーションを行なったところ、のべ 1 万回の処理の繰り返しで図 13 に示すように同一の推定値 { 振幅 A_i が 71.9987、位相 i が 1.3525、推定誤差 d_j が $1.2E-3$ 程度、評価関数値 E_j が $1.53E-6$ 程度 } が得られた。すなわち 10 進数で 5.5 桁程度の精度が得られた。

【0113】以下のプログラムは複数本の線スペクトルの振幅 A_i と位相 i を推定するプログラムである。

```
FOR j=0 TO 10000
Sj=0
FOR k=1 TO k1
Sj=Sj+FNF(j,A0(k),f0(k),0(k))
NEXT k
FOR kL=1 TO k1
Oj=Oj+FNF(j,Ai(kL),fi(kL),i(kL))
NEXT kL
dj=Sj-Oj
dA=FNFA(j,Ai(k),fi(k),i(k))
Ai(k)=Ai(k)+A*dj*dA
IF Ai(k)<0 THEN Ai(k)=-Ai(k): i(k)=i(k)+
```



```

31
i(k) = i(k) - INT( i(k) / 2 )
* 2
IF i(k) < 0 THEN i(k) = i
(k) + 2
Oj = 0
FOR kL = 1 TO k1
Oj = Oj + FNF(j, Ai(kL), fi(k
L), i(kL))
NEXT kL
dj = Sj - Oj
dT = FNFT(j, Ai(k), fi(k), i
(k))
i(k) = i(k) + T * dj * dT
i(k) = i(k) - INT( i(k) / 2 )
* 2
IF i(k) < 0 THEN i(k) = i
(k) + 2
NEXT k
NEXT j
尚、FNF(j, A, f, ) = A * sin(2 * f
* j / 1000 + )、FNFA(j, A, f, ) =
sin(2 * f * j / 1000 + )、FNFT
(j, A, f, ) = A * cos(2 * f * j / 10
00 + )、 A = 0.005、 T = 0.00000
5、 k0, k1は未知数の数としてそれぞれ定義してお
く。

```

【0114】上記プログラムにおいてk0 = 7、k1 = *

$$O(t) = A_0 + \sum_{i=1}^m A_i \cdot \sin(2\pi f_i t + \theta_i)$$

【0117】但し、図15示すように、A0 = A0 + 30
A · d(t)の演算を行なって未知数の推定を行なう物
理公式演算ユニット10を追加する必要がある。

【0118】

【実施例5】図16は心磁界計測装置を示すブロック図
であり、図11の実施例と異なる点は、心磁界計測部6
1と、心電図計測部62と、得られた心電図(以下、E
CGと略称する)に基づいてR波を抽出するR波抽出部
63と、抽出されたR波を中心とする前後のP波、T波
の時刻範囲を得る時刻範囲出力部64と、得られた心磁
界(以下、MCGと略称する)に、ECGのR波に対応
してトリガをかけるトリガ部65と、P波、T波の時刻
範囲に対応するMCGの誤差演算器3への供給を禁止す
る心磁界制限部66とをさらに有している点のみであ
る。

【0119】上記R波抽出部63は、ECGにおけるQ
RS群の形状が負正負のパルス波であることに着目し、
所定の時間比(t1 : t2 : t3)に設定された第1負
性波、正性波および第2負性波からなる矩形窓(図17
参照)を用いてQRS群との相互相関をとり、相互相関
の最大値に対応する時刻をQRS群の中心時刻、即ちR

32

* 7に設定しておき、7本の線スペクトルの振幅、位相、
周波数をそれぞれ69.0000, 2.1046, 3
4.000000、75.0000, 2.6461, 2
9.000000、86.0000, 5.0893, 4
5.0000、29.0000, 5.9306, 67.
000000、90.0000, 0.8073, 20.
000000、37.0000, 3.4211, 90.
000000、77.0000, 1.6288, 46.
000000としておき、任意の初期値を与えてシミュ
レーションを行なったところ、各線スペクトルに対応し
て振幅、位相がそれぞれ69.0000, 2.104
6、75.0003, 2.6461、85.9998,
5.0894、29.0000, 5.9308、90.
0000, 0.8073、36.9999, 3.421
1、77.0002, 1.6288と推定された。ま
た、これらの場合における推定処理回数が1万回、推定
誤差djが-4.8828E-4、評価関数値Ejが
2.38419E-7であった。即ち、32ビット単精
度浮動小数点形式の限界である6桁部分の精度で各未知
数を推定できた。また、これら7つの線スペクトルの推
定プロセスを図14に示す。

【0115】また、この実施例において累積加算値O
(t)を数26として定義しておけば、直流オフセット
のキャンセルも行なうことができる。

【0116】

【数26】

波の時刻とする。

【0120】心磁界計測部61、心電図計測部62およ
びトリガ部65としては従来公知のものを採用できるの
であるから詳細な説明は省略する。上記の構成の心磁界
計測装置の作用は次のとおりである。本件発明者が心磁
界について鋭意研究を重ねた結果、ECGのR波やT波
の出現時刻に、商用電源、冷凍機ノイズ等に起因する線
スペクトルの周波数成分と同じ周波数のスペクトルが出現し、心磁界計測における線スペクトル・ノイズの推定
処理に対して外乱として作用することを見出した。そし
て、心磁界の全範囲を教師信号として誤差演算器3に供
給して各物理公式演算ユニットにおける未知数の推定処
理を行なうと、R波やT波の出現時刻に出現する上記ス
ペクトルに起因して推定処理の所要時間が著しく長くな
ることを見出した。

【0121】この実施例は上記知見に基づいてなされた
ものであり、P波の先頭からT波の終端での領域に対応
する心磁界のサンプリングを未知数推定処理から除外す
ることにより収束性を高め、推定処理の所要時間を著し
く短縮する。さらに詳細に説明すると、外乱としてのス
ペクトルを含まない理想状態のMCGとECGとの関係

は図13(A)(B)に例示したとおりであり、理想状態のMCGに29Hzと60Hzのスペクトル・ノイズが混入した場合の波形は図18(C)に示すとおりである。

【0122】そして、図11の構成の線スペクトル除去装置を用い、図18の波形の全範囲を教師信号として未知数の推定を行なったところ、図19(A)に示す教師信号の2500サンプルに基づいて1回、2回、3回、4回および5回推定処理を行なうことによりスペクトル・ノイズを大巾に除去でき(図19(B)(C)(D)(E)(F)参照)、図19(A)の波形にかなり近いMCG波形(図14(F)参照)を得ることができた。しかし、図19(F)の波形においてもスペクトル・ノイズがある程度残留しており、後段のデータ処理における精度を低下させる原因になる。したがって、このスペクトル・ノイズをより低減しようとするれば推定処理回数を多くしなければならず、この結果、所要時間が大巾に増加することになる。

【0123】これに対して図16の構成の心磁界計測装置を用いて未知数の推定処理を行なう場合には、図18(B)に示すECGのP波からT波までを含む領域(図18(B)中領域R1参照)をR波抽出部63により抽出したR波のピーク時刻に基づいて、時刻範囲出力部64によりP波の先頭からT波の終端までの時刻範囲を得る。そして、心磁界計測部61により得られたMCGに、ECGのR波に対応してトリガ部65によりトリガをかけ、P波、T波の時刻範囲に対応するMGCの誤差演算器3への供給を心磁界制限部66により禁止する。

【0124】このようにして制限された範囲の心磁界を教師信号として未知数の推定を行なったところ、制限された範囲の心磁界の2500サンプルに基づいて1回、2回、3回、4回および5回推定処理を行なうことによりスペクトル・ノイズを大巾に除去でき(図20(A)(B)(C)(D)(E)参照)、図20(A)の波形に非常に近いMCG波形(図20(E)参照)を得ることができた。また、図19と図20の波形を比較してみれば、図20(A)の波形は図19(E)と図19(F)との中間の波形(4.5回分の推定処理結果)とほぼ同等であることがわかる。この結果から明らかなように、図11の構成の線スペクトル除去装置と同程度のスペクトル・ノイズ除去を達成すれば十分である場合には推定処理回数を大巾に低減できるので推定処理所要時間を大巾に短縮できる。また、図11の構成の線スペクトル除去装置と同じ回数の推定処理を行なえば、スペクトル・ノイズ除去効果が大巾に高めることができ、後段のデータ処理における精度を著しく高めることができる。

【0125】また、スペクトル・ノイズのみを収集してテンプレートを作製するという作業が不要になり、作業性を著しく高めることができる。

【0126】

【実施例6】図21は所望の周波数成分を解析するスペクトル・アナライザの構成を示すブロック図であり、解析対象周波数の数に対応する個数の物理公式演算ユニット11, 12, …, 1mから出力される演算結果をシグマ・ユニット2に供給して累積加算を行ない、累積加算結果 $O(t)$ および解析対象となる測定データ $S(t)$ を誤差演算器3に供給して推定誤差 $d(t)$ を算出し、推定誤差 $d(t)$ を未知数補正のための情報として上記物理公式演算ユニット11, 12, …, 1mの補正部11a, 12a, …, 1maにフィードバックしている。そして、未知数の推定処理が収束した時点において情報収集ユニット4により上記物理公式演算ユニット11, 12, …, 1mから収束した未知数を抽出し、周波数成分解析結果として出力する。また、補正部11a, 12a, …, 1maにおいては、例えば上乱差 $d(t)$ の2乗が最小値になるように物理公式に含まれる未知数を補正するようにしている。

【0127】従来から高精度の周波数成分の解析を行なうことができる方法として高速フーリエ変換(以下、FFTと略称する)が知られている。しかし、FFTはサンプリング定理に基づく処理を行なう方法であるから、通常測定信号に含まれている不要の高調波を除去するためにアンチ・エイリアシング・フィルタと呼ばれるローパス・フィルタを設けることが必須であり、構成が複雑化するという不都合がある。また、サンプリング区間のデータが周期的に連続するという保証がなければ周波数解析結果の精度が著しく低下してしまうのであるから、適用可能な信号の種類が制限されてしまうという不都合もある。このような不都合を解消するために、ハミング、ハニング等の窓関数を用いることが提案されているが、逆フィルタの演算時に窓関数を用いると演算後にサンプリング区間全体にわたって波形が歪み、解析精度が低下するという新たな不都合が生じる。さらに、サンプリング間隔に基づいて定まる周波数間隔の出力しか得られないのであるから、広帯域の解析が必要な場合には必然的にサンプル数を増加させなければならないという不都合もある。さらにまた、周波数軸が対数目盛であっても等間隔にサンプリングを行なわなければならないので著しく多量のメモリが必要になり、また、サンプル数にも 2^n でなければならないという制約があるという不都合もある。

【0128】この実施例はこれらの不都合を解消すべくなされたものであり、アンチ・エイリアシング・フィルタを不要とし、しかも不等間隔のサンプル・データを用いることができ、さらに解析周波数を任意に設定することができる。さらに詳細に説明すると、解析対象信号のうち、周波数が f_i の成分のモデルとして数27を用いることができる。

【0129】

【数27】

$$O(t) = C + \sum_{i=1}^m \{ A_i \cdot \cos(2\pi f_i t) + B_i \cdot \sin(2\pi f_i t) \}$$

【0130】但し、 A_i 、 B_i はそれぞれ振幅を示す定数である。また、上式から数28の関係が得られる。

【0131】

【数28】

$$\partial O(t) / \partial C = 1$$

$$\partial O(t) / \partial A_i = \cos(2\pi f_i t)$$

$$\partial O(t) / \partial B_i = \sin(2\pi f_i t)$$

10

*

$$O(t) = C + \sum_{i=1}^m \{ A_i \cdot \cos(2\pi f_i t) + B_i \cdot \sin(2\pi f_i t) \}$$

$$d(t) = S(t) - O(t)$$

$$A_i = A_i + \epsilon A \cdot d(t) \cdot \cos(2\pi f_i t)$$

$$B_i = B_i + \epsilon B \cdot d(t) \cdot \sin(2\pi f_i t)$$

$$C = C + \epsilon C \cdot d(t)$$

【0134】したがって、シグマ・ユニット2において $O(t)$ の演算を行ない、誤差演算器3において推定誤差 $d(t)$ を算出する演算を行ない、各物理公式演算ユニットにおいて推定誤差 $d(t)$ に基づいて各未知数 A_i 、 B_i 、 C を補正する演算を行なうとともに、補正された各未知数に基づいて物理公式の演算を行なえばよく、未知数 A_i 、 B_i 、 C の推定が収束した時点において情報収集ユニット4により各収束した未知数を収集することにより、解析対象信号に含まれる任意の周波数成分の解析を高精度に達成できる。

【0135】

【発明の効果】以上のように請求項1の発明は、物理源の物理量に起因する影響が既知であり、しかも線形加算性が成立する系において測定値に基づいて簡単に、かつ正確に物理量の解析を行なうことができるという特有の効果奏する。請求項2の発明は、物理源の物理量に起因する影響が既知であり、しかも複数の物理源に起因する影響に線形加算性が成立する系において、正確に物理量の解析を行なうことができ、解析対象となる物理源の推定数の増減に簡単に対処できるという特有の効果奏する。

【0136】請求項3の発明は、免疫測定 of 初期に得られるデータのみを用いて短時間で高精度に免疫測定結果を得ることができるという特有の効果奏する。請求項4の発明は、濃度測定 of 初期に得られるデータのみを用いて、対象物質濃度の高低に拘らず短時間で高精度に濃度測定結果を得ることができるという特有の効果奏す

* 【0132】これら数28を数13に代入すれば、数29が得られる。

【0133】

【数29】

10

*

30

40

50

る。
 【0137】請求項5の発明は、物理源の物理的性質に起因する影響が既知であり、しかも複数の物理源に起因する影響に線形加算性が成立する系において、正確に物理的性質の解析を行なう事ができ、解析対象となる物理源の推定数の増減に簡単に対処できるという特有の効果奏する。請求項6の発明は、線スペクトル・ノイズを正確に解析し、この線スペクトル・ノイズのみを除去した高品質の観測信号を得ることができ、しかも線スペクトル・ノイズの解析結果のみを収集する必要がないので構成を簡素化できるという特有の効果奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の物理量解析装置の一実施例を示すブロック図である。

【図2】推定誤差評価関数の一例を示す図である。

【図3】蛍光を用いる免疫測定装置の一例を示す概略図である。

【図4】図3の免疫測定装置により得られた測定信号の時間的变化を示す概略図である。

【図5】図1の物理量解析装置を用いる免疫測定処理を説明するフローチャートである。

【図6】グルコース濃度測定装置の一例を示す概略図である。

【図7】図6のグルコース濃度測定装置により得られた測定信号の時間的变化を示す概略図である。

【図8】図1の装置を用いた磁場源解析装置の構成を示す概略ブロック図である。

【図9】図1の装置を用いた音響探査装置の構成を示す概略ブロック図である。

【図10】送波点と反射点と受波点との関係を概略的に示す図である。

【図11】線スペクトル除去装置を示すブロック図である。

【図12】初期値の変化に対応する1つの線スペクトル・ノイズの収束状況を説明する図である。

【図13】複数の線スペクトル・ノイズの収束状況を説明する図である。

【図14】複数の線スペクトル・ノイズの収束状況を説明する図である。

【図15】直流オフセット除去機能を有する線スペクトル除去装置を示すブロック図である。

【図16】心磁界計測装置を示すブロック図である。

【図17】EGCにおけるQRS群を抽出するための矩形窓の一例を示す図である。

【図18】MGCおよびEGCの波形を示す図である。

【図19】MGCの全範囲を教師信号として心磁界計測を行なった場合における学習回数の増加に対応するMGC波形を示す図である。

【図20】図15の心磁界計測装置により心磁界を計測した場合における学習回数の増加に対応するMGC波形*

*を示す図である。

【図21】所望の周波数成分を解析するスペクトル・アナライザの構成を示すブロック図である。

【図22】従来方法による磁場源解析結果を示す図である。

【図23】階層型パーセプトロンの構成を概略的に示す図である。

【図24】階層型パーセプトロンにおける学習回数と誤差の関係を示す図である。

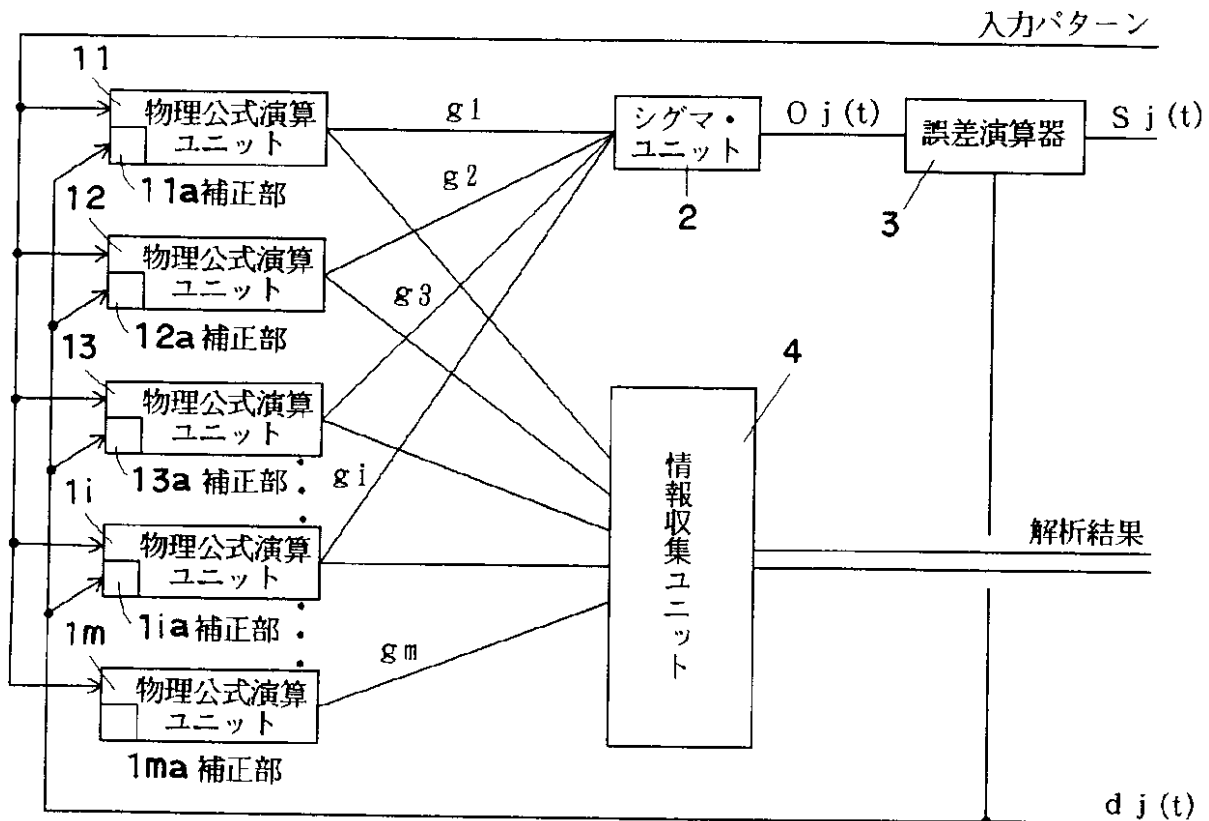
10 【図25】階層型パーセプトロンにおける学習回数に対応する個々のパターンに対する誤差と全体としての誤差の変化を示す図である。

【図26】ポップフィールド・モデルを概略的に示す図である。

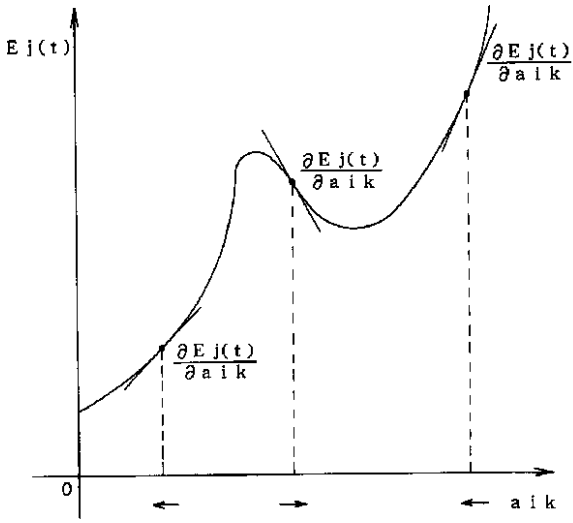
【符号の説明】

- 11, 12, ... 1m 物理公式演算ユニット
- 11a, 12a, ... 1ma 補正部
- 2 シグマ・ユニット
- 3 誤差演算部
- 4 情報収集ユニット
- 7 送波器
- i 受波センサ
- 31 光導波路
- 35 標識抗体
- 51 下地電極
- 53 GOD固定化膜

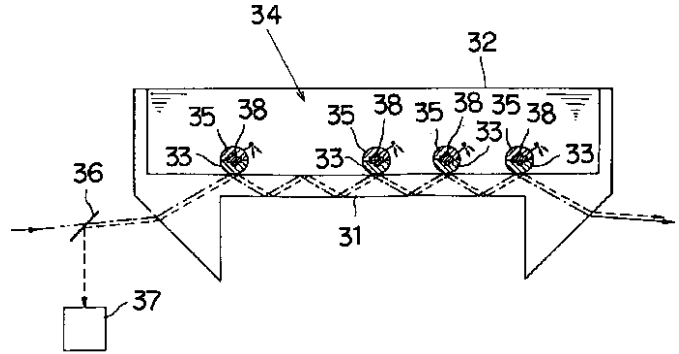
【図1】



【図2】

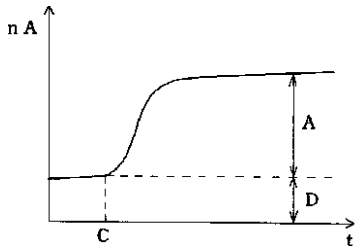


【図3】

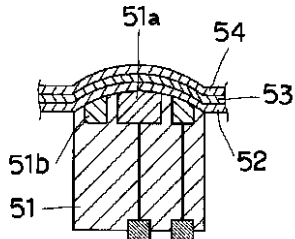


【図4】

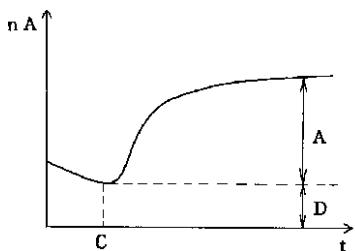
【図5】



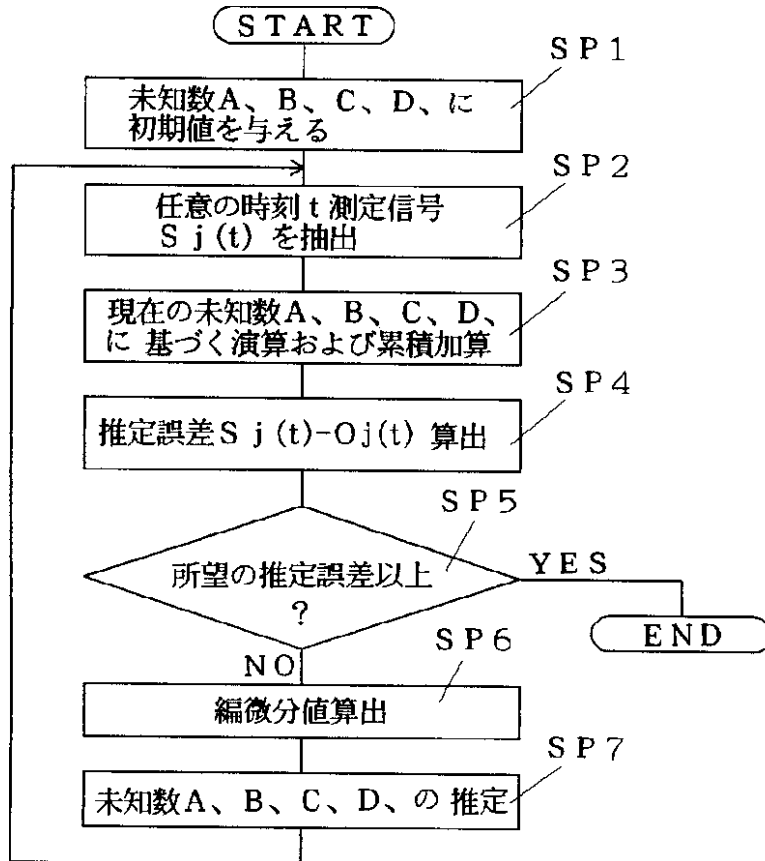
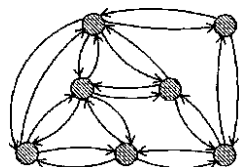
【図6】



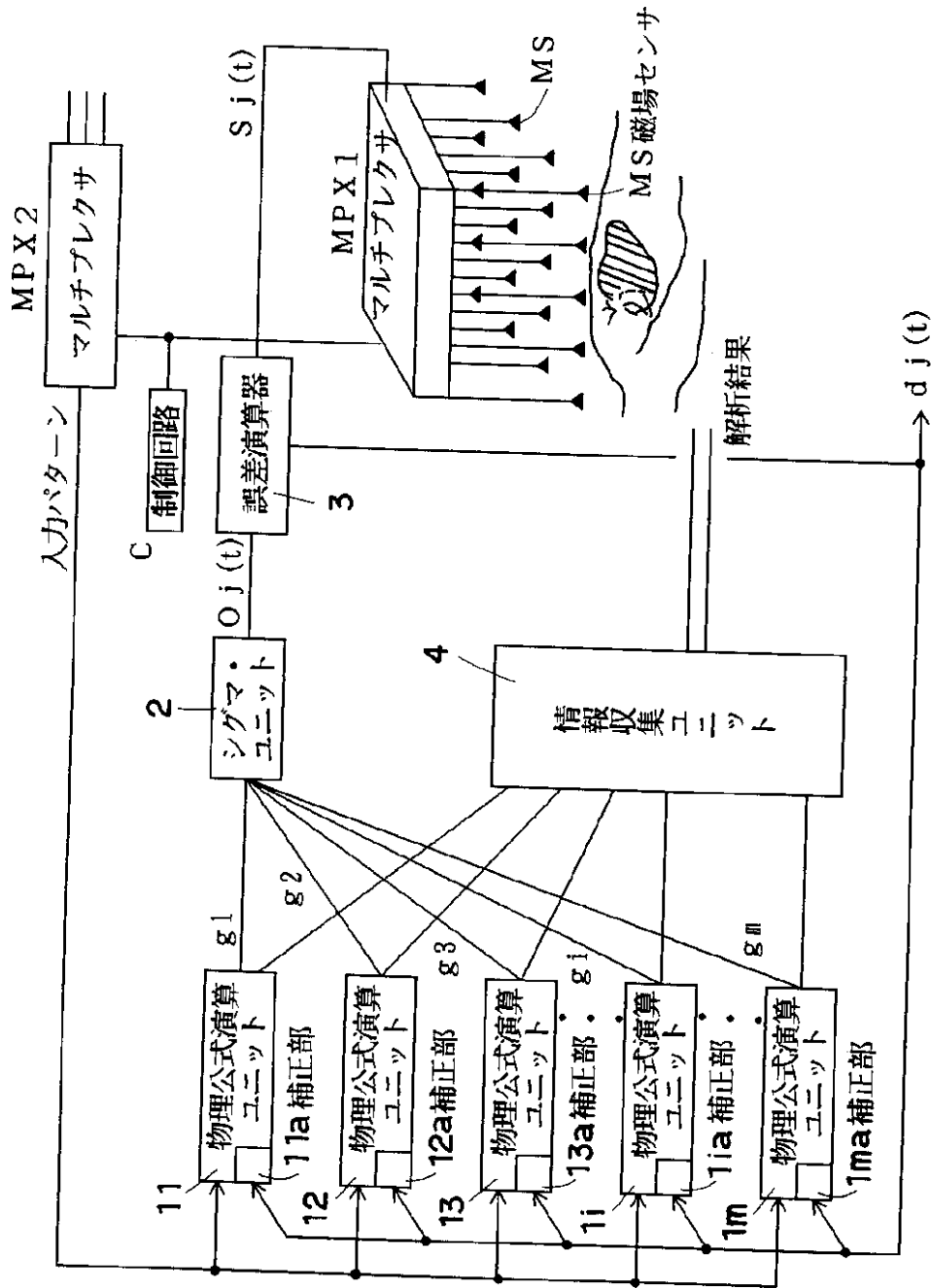
【図7】



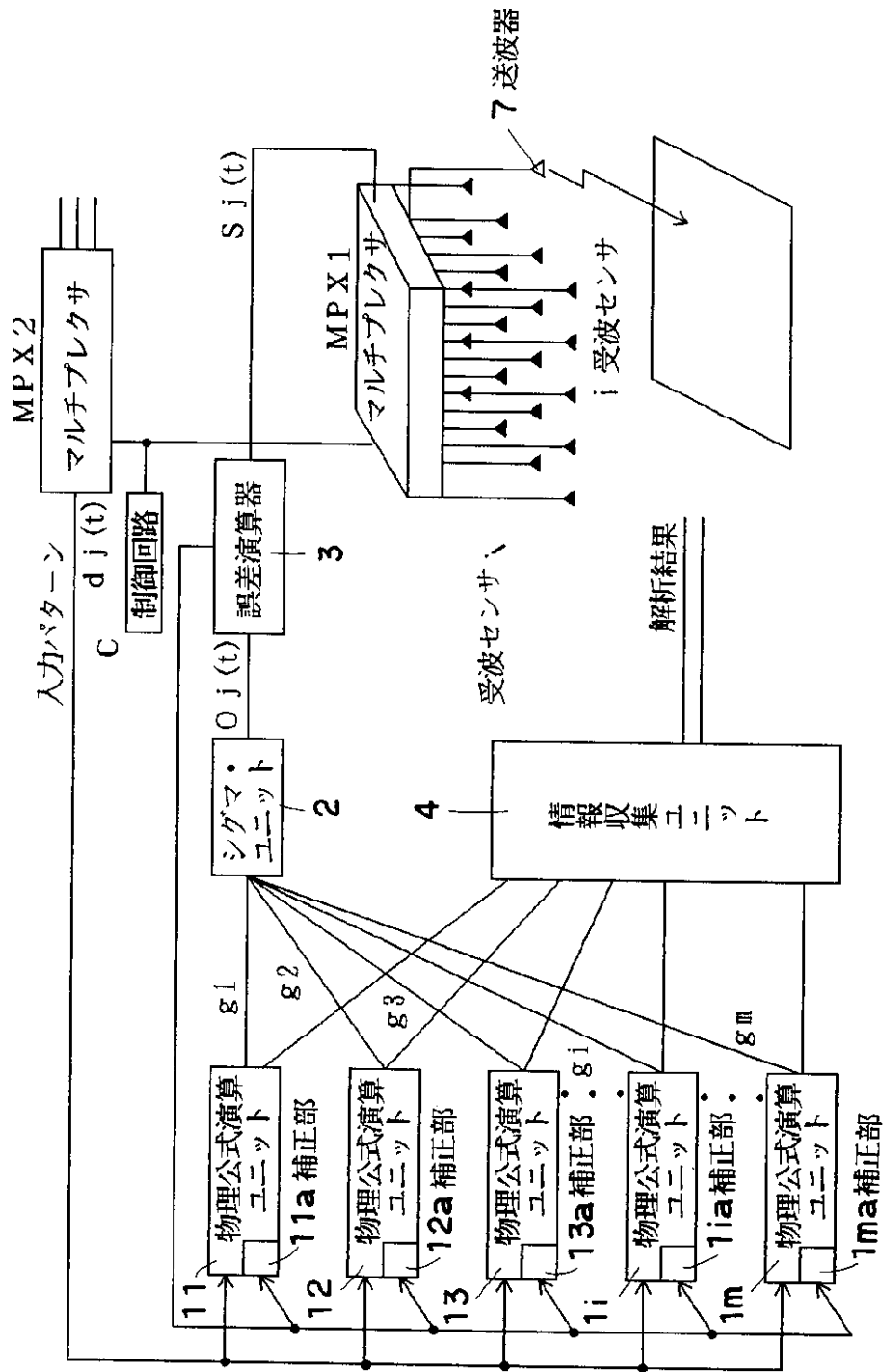
【図26】



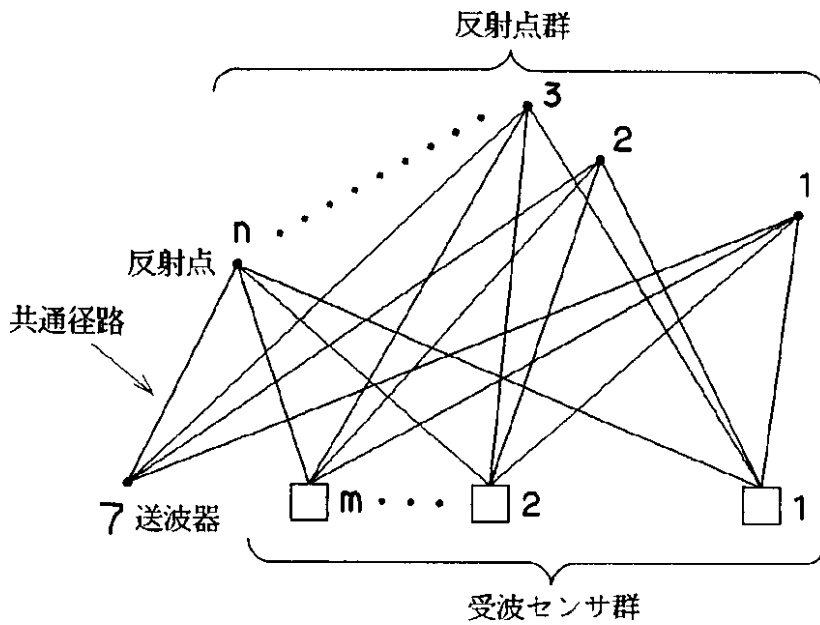
【図8】



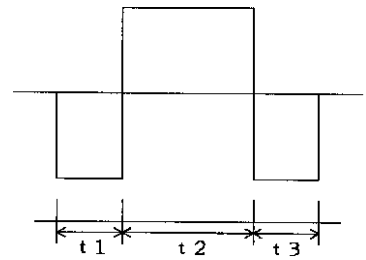
【図9】



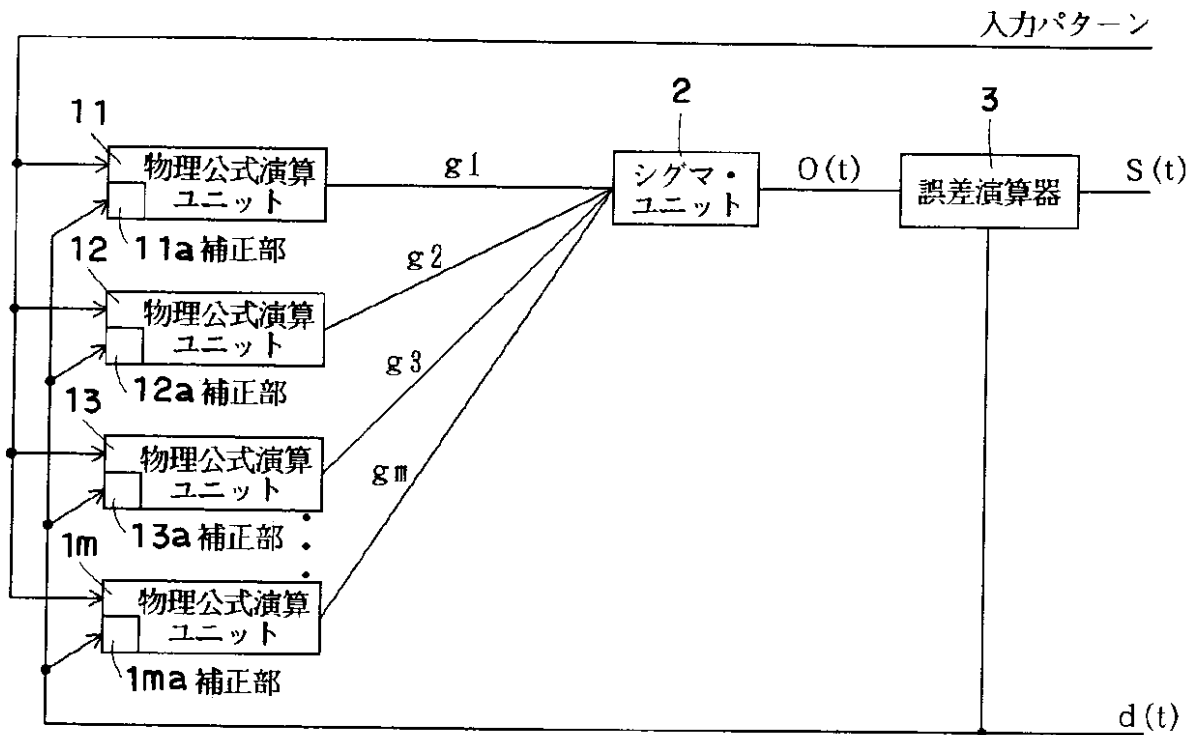
【図10】



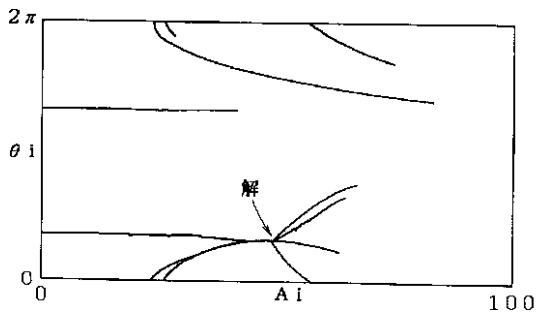
【図17】



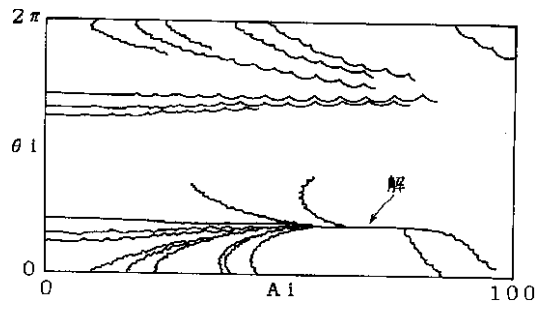
【図11】



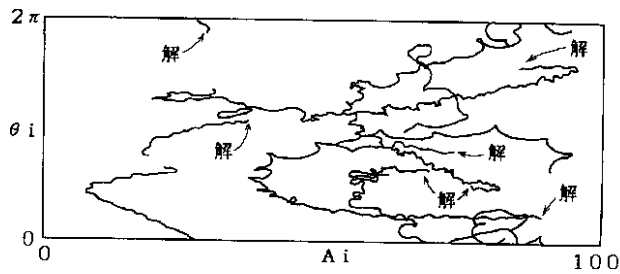
【図12】



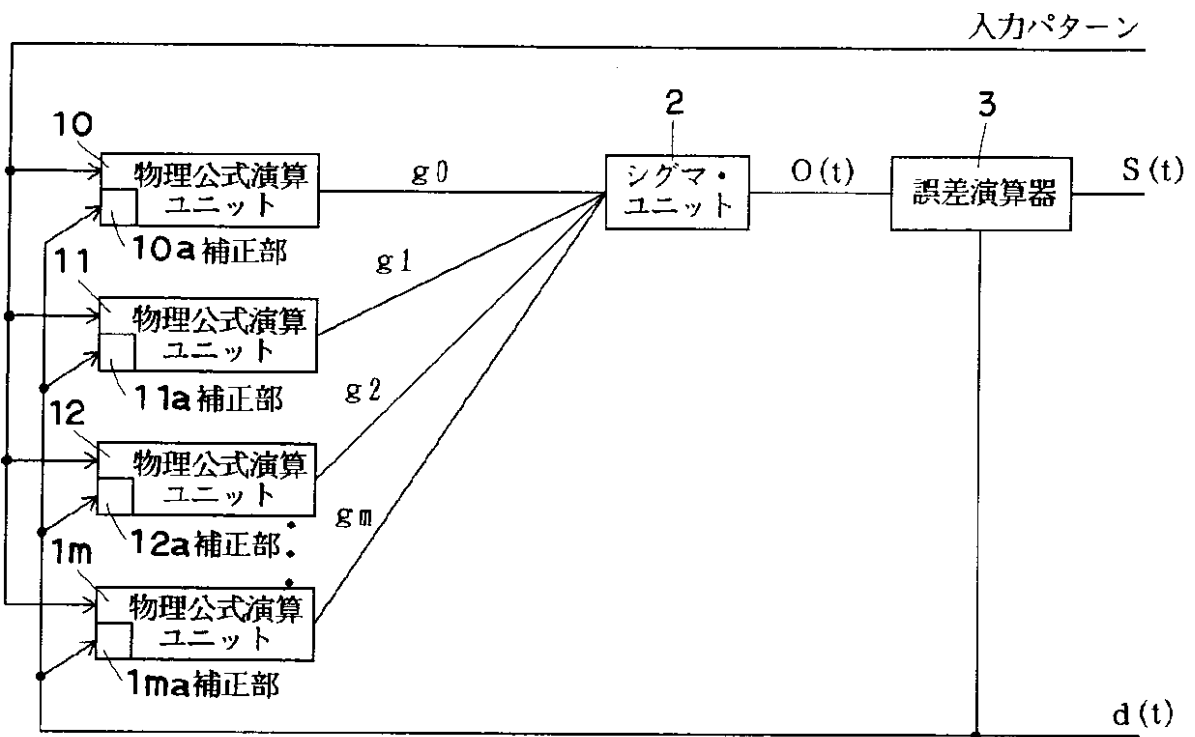
【図13】



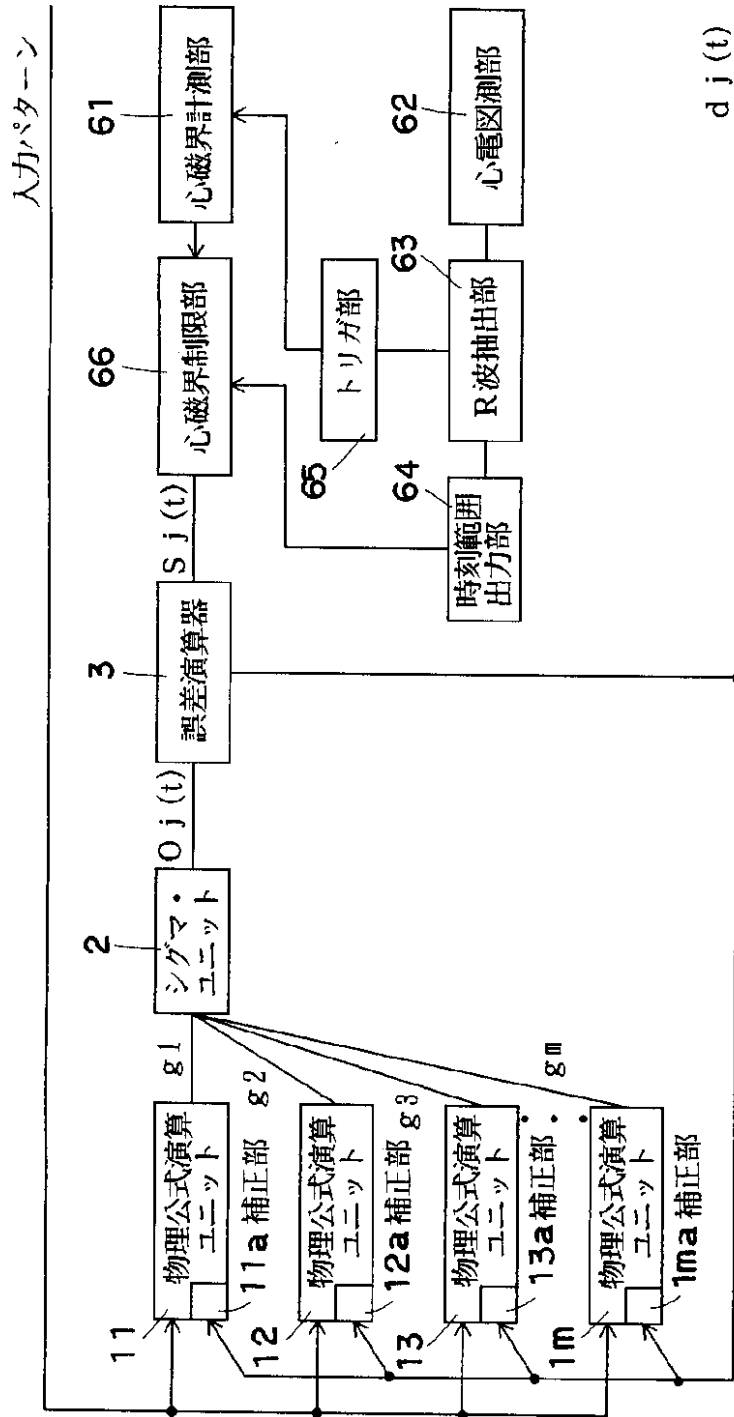
【図14】



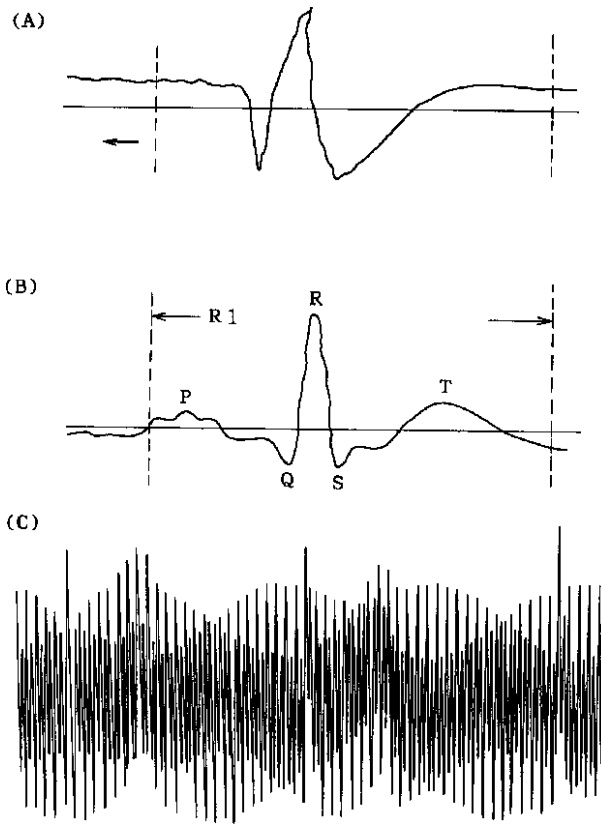
【図15】



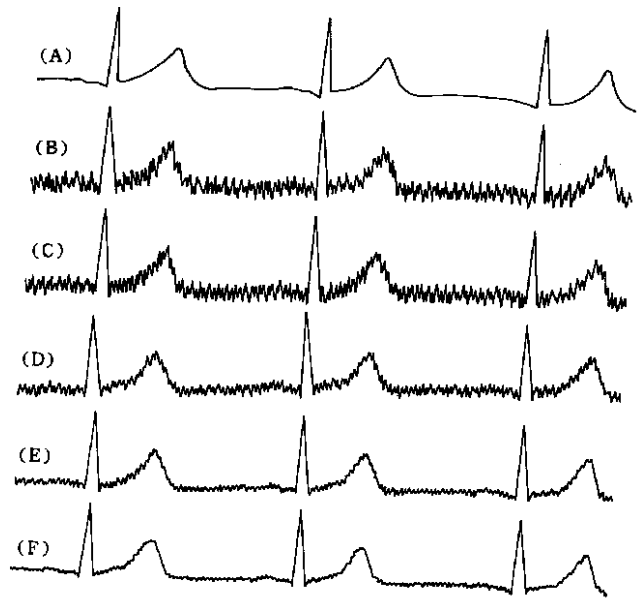
【図16】



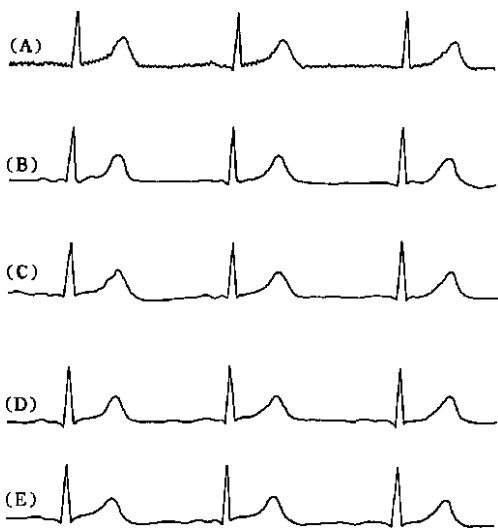
【図18】



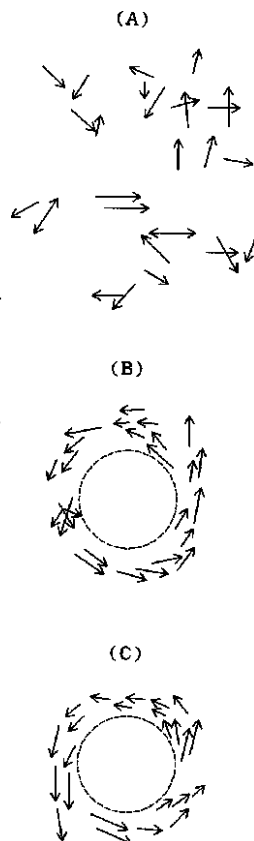
【図19】



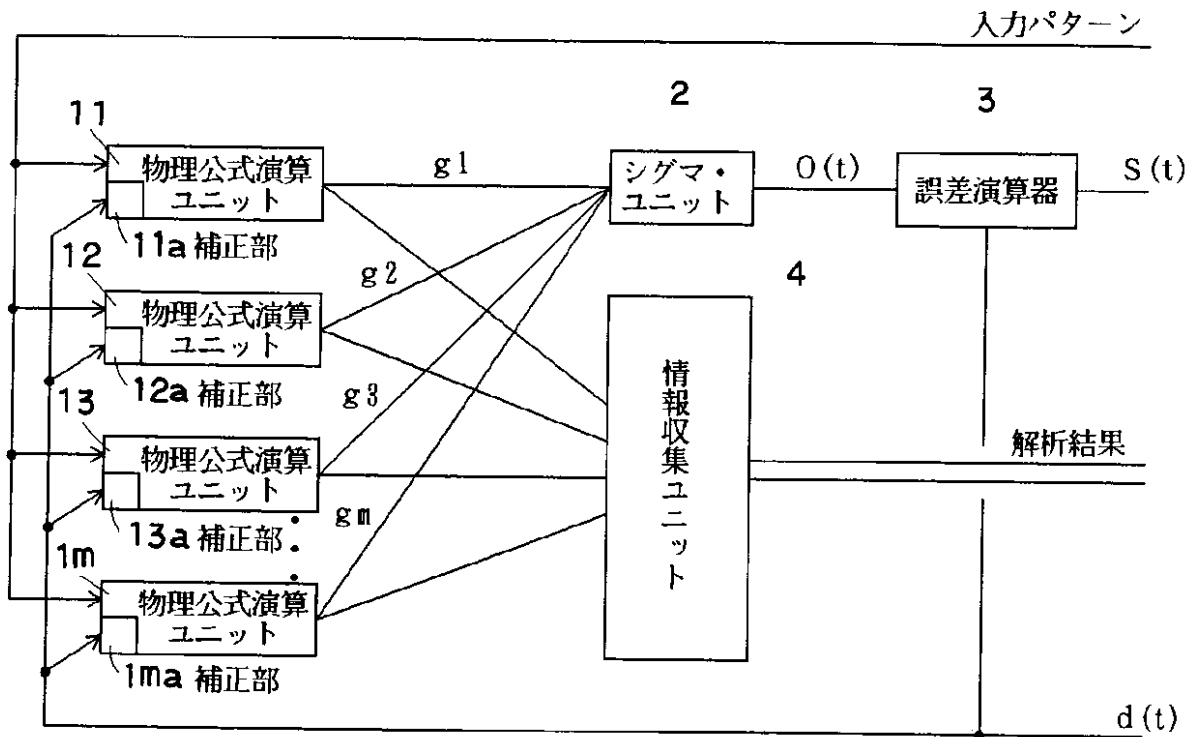
【図20】



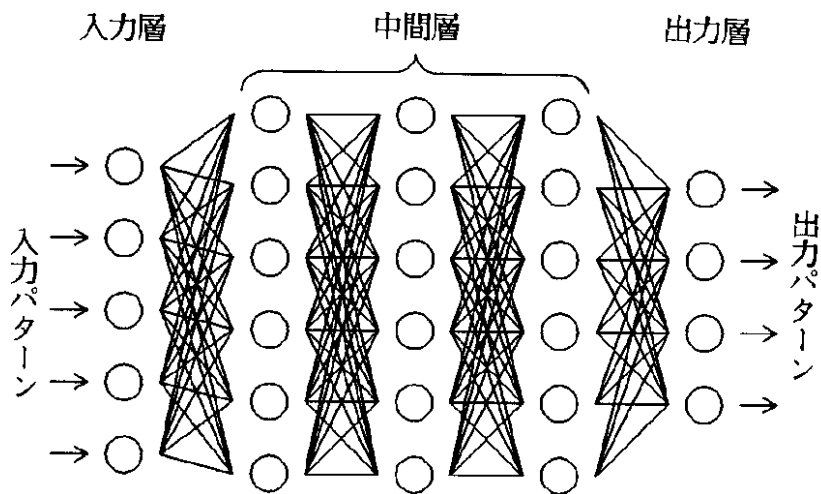
【図22】



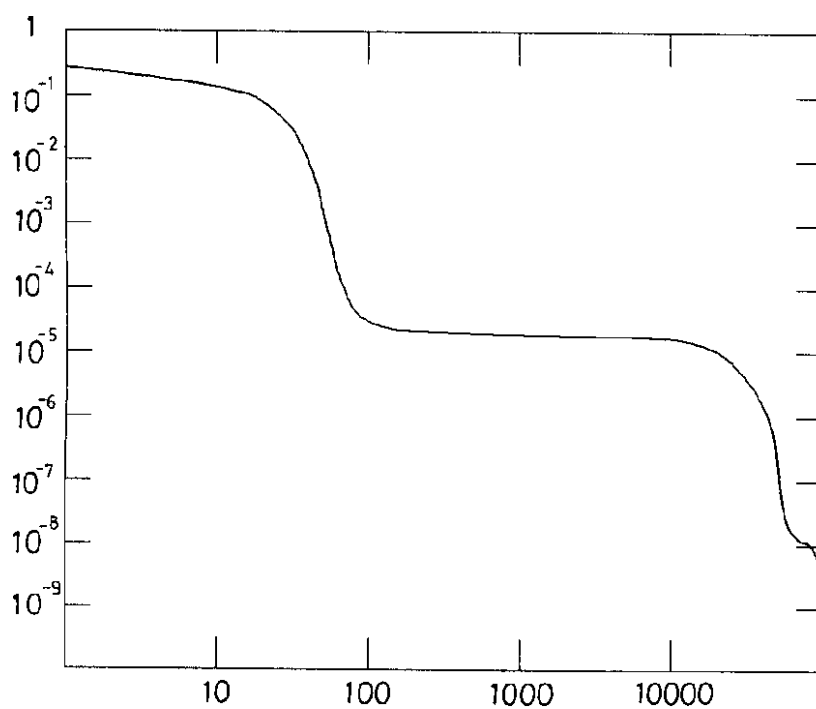
【図21】



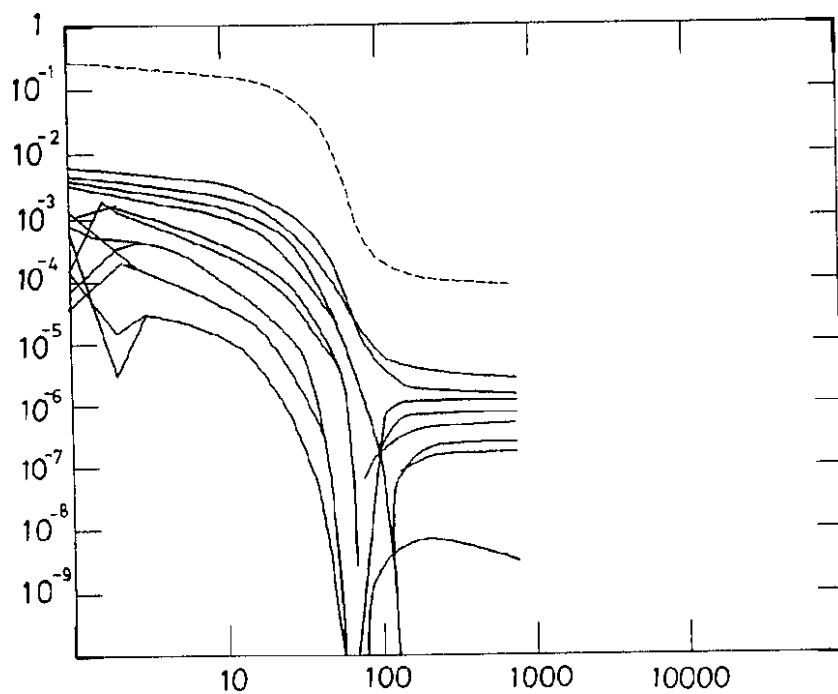
【図23】



【図24】



【図25】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁵
G 0 1 R 33/035

識別記号 庁内整理番号
Z A A 8203 - 2 G

F I

技術表示箇所