



PCT

特許協力条約に基づいて公開された国際出願

<p>(51) 国際特許分類 5 <b>H03M 13/12, H04L 25/30, 27/00</b></p>	<p>A1</p>	<p>(11) 国際公開番号 <b>WO 95/15034</b></p> <p>(43) 国際公開日 1995年6月1日 (01.06.95)</p>
---	-----------	--

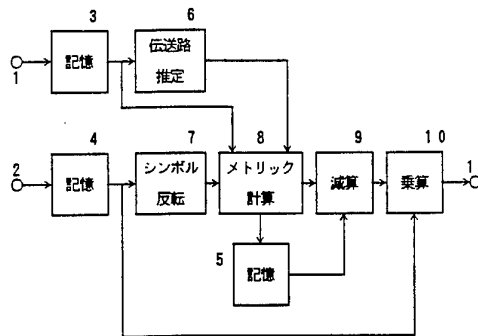
<p>(21) 国際出願番号 PCT/JP94/00386 (22) 国際出願日 1994年3月10日(10. 03. 94)</p> <p>(30) 優先権データ 特願平5/297847 1993年11月29日(29. 11. 93) JP</p> <p>(71) 出願人(米国を除くすべての指定国について) 沖電気工業株式会社 (OKI ELECTRIC INDUSTRY CO., LTD.)(JP/JP) 〒105 東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 Tokyo, (JP)</p> <p>(72) 発明者;および (75) 発明者/出願人(米国についてのみ) 小野 茂(ONO, Shigeru)(JP/JP) 林 宏(HAYASHI, Hiroshi)(JP/JP) 田中朋子(TANAKA, Tomoko)(JP/JP) 近藤則昭(KONDOH, Noriaki)(JP/JP) 〒105 東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気工業株式会社内 Tokyo, (JP)</p> <p>(74) 代理人 弁理士 鈴木敏明(SUZUKI, Toshiaki) 〒108 東京都港区芝浦4丁目10番3号 沖電気工業株式会社内 Tokyo, (JP)</p> <p>(81) 指定国 FI, JP, NO, US, 欧州特許(AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p>	<p>添付公開書類 国際調査報告書</p>
---	-----------------------

(54) Title : DEVICE FOR ESTIMATING SOFT JUDGEMENT VALUE AND DEVICE FOR ESTIMATING MAXIMUM LIKELIHOOD SYSTEM

(54) 発明の名称 軟判定値推定器および最尤系列推定器

(57) Abstract

Metric calculating means calculates a first metric of a transmitted symbol sequence estimated by an adaptive equalizer. Then it calculates a second metric of a symbol sequence in which the polarity of a symbol in a position where the soft judgment value is to be determined in the transmitted symbol sequence is inverted. A subtraction unit (9) subtracts the second metric from the first metric. Thereafter, a multiplication unit (10) multiplies the result of the subtraction by the symbol in the position where the soft judgment value is to be determined in the transmitted symbol sequence, thus outputting the soft judgment value.



- 3, 4, and 5 ... memory
- 6 ... estimation of transmission path
- 7 ... symbol inversion
- 8 ... metric calculation
- 9 ... subtraction
- 10 ... multiplication

(57) 要約

メトリック計算手段8が、適応等化器で推定した送信シンボル系列に対する第1のメトリックを計算し、次いで、その送信シンボル系列の内で軟判定値を求める位置のシンボルの極性を反転させたシンボル系列に対する第2のメトリックを計算する。そして、減算部9は第1のメトリックから第2のメトリックを減算する。さらに、乗算部10が、減算部9の出力である減算結果とその送信シンボル系列の内で軟判定値を求める位置のシンボルとを乗算し、軟判定値を出力する。

情報としての用途のみ

PCTに基づいて公開される国際出願をパンフレット第一頁にPCT加盟国を同定するために使用されるコード

AM	アルメニア	EE	エストニア	LK	スリランカ	RU	ロシア連邦
AT	オーストリア	ES	スペイン	LR	リベリア	SD	スーダン
AU	オーストラリア	FI	フィンランド	LT	リトアニア	SE	スウェーデン
BB	バルバドス	FR	フランス	LU	ルクセンブルグ	SG	シンガポール
BE	ベルギー	GA	ガボン	LV	ラトヴィア	SI	スロヴェニア
BF	ブルキナ・ファソ	GB	イギリス	MC	モナコ	SK	スロヴァキア共和国
BG	ブルガリア	GE	グルジア	MD	モルドバ	SN	セネガル
BJ	ベナン	GN	ギニア	MG	マダガスカル	SZ	スワジランド
BR	ブラジル	GR	ギリシャ	ML	マリ	ID	インドネシア
BY	ベラルーシ	HU	ハンガリー	MN	モンゴル	TG	トーゴ
CA	カナダ	IE	アイルランド	MR	モーリタニア	TJ	タジキスタン
CF	中央アフリカ共和国	IS	アイスランド	MW	マラウイ	TM	トルクメニスタン
CG	コンゴ	IT	イタリア	MX	メキシコ	TT	トリニダード・トバゴ
CH	スイス	JP	日本	NE	ニジェール	UA	ウクライナ
CI	コート・ジボアール	KE	ケニア	NL	オランダ	UG	ウガンダ
CM	カメルーン	KG	キルギスタン	NO	ノルウェー	US	米国
CN	中国	KP	朝鮮民主主義人民共和国	NZ	ニュージーランド	UZ	ウズベキスタン共和国
CZ	チェコ共和国	KR	大韓民国	PL	ポーランド	VN	ベトナム
DE	ドイツ	KZ	カザフスタン	PT	ポルトガル		
DK	デンマーク	LI	リヒテンシュタイン	RO	ルーマニア		

## 明細書

## 軟判定値推定器および最尤系列推定器

## 5 技術分野

この発明は、デジタル通信用の受信機に関するものである。より詳細には、適応等化器とチャンネル復号器を有する高速デジタル通信用の受信機において、チャンネル復号器で軟判定復号を行うために、適応等化器の出力を軟判定化する軟判定値推定器に関するものである。また、  
10 送信シンボルを推定する最尤系列推定器に関するものである。

## 背景技術

軟判定値推定器に関する従来技術については、たとえば、

文献1 : Joachim Hagenauer and Peter Hoeher, 「A Viterbi algorithm with  
15 soft-decision outputs and its application」,IEEE GLOBECOM'89,  
IEEE Cat.No. CH2682-3/89,pp.1680-1686,1989

文献2 : Jan-Eric Stjernvall,Bo Hedberg and Sven Ekemark, 「Radio test per-  
formance of a narrowband TDMA system」,IEEE VTC'87,  
IEEE Cat.No.CH2429-9/87,pp293-299,1987

20 に記載されている。

また、最尤系列推定器については、たとえば、

文献3 : Gottfried Ungerboeck, 「Adaptive Maximum-Likelihood Receiver for  
Carrier-Modulated Data-Transmission Systems」,IEEE Transactions on Commu-  
nications, Vol.COM-22, No.5, pp624-636, May 1974に記載されている。

25 高速デジタル通信においては、マルチパス伝搬による周波数選択性  
フェージングのために、時間とともに伝送路特性が大きく変動する。こ

の変動と雑音の影響を受けた受信信号から正しく送信シンボルを復元するために、適応等化器が用いられることが多い。そして、この種の適応等化器としては文献1に示される最尤系列推定型等化器（以下、MLSE等化器と呼ぶ）や文献2で用いられる判定帰還型等化器が多用されている。MLSE等化器の最尤系列推定器では、通常、デジタル化された受信信号を伝送路特性に応じて特性を変化して雑音の影響を最小化する整合フィルタに通し、その出力から送信シンボル系列を最尤推定する。このときの最尤推定アルゴリズムとしては、上記の文献3に示されるように、ビタビアルゴリズムが用いられることが多い。

又、高速デジタル移動通信においては、一般に、送信データが誤ることを軽減するために、畳み込み符号などの誤り訂正符号が用いられる。すなわち、誤り訂正符号として畳み込み符号を用いた場合、送信データを畳み込み符号化した送信シンボルを変調して送信し、受信時には、変調周波数帯域からベースバンドに復調を行った後に適応等化器により送信シンボルを推定し、その後、畳み込み符号を復号して送信データを復元する。

畳み込み符号の復号には、通常、ビタビアルゴリズムが用いられる。ビタビアルゴリズムによる畳み込み符号の復号には、大きく分けて硬判定型と軟判定型の2種類があるが、軟判定型の方が良好な特性を有する。そして、この軟判定型の復号を行うためには、畳み込み復号部の入力である適応等化器の出力が軟判定値となっていなければならない。

文献1に示されるように、適応等化器としてMLSE等化器を用いた場合、適応等化器の出力を軟判定値とするためには、送信シンボルの最尤推定アルゴリズムを軟判定出力型のビタビアルゴリズムとする必要がある。軟判定出力型のビタビアルゴリズムでは、送信シンボルを表すパスが確定するたびに、対応する送信シンボルの確かさを表す量（信頼度と

呼ぶ)を更新する。このため、パスメモリと同様に状態数×送信シンボル数のマトリックス状の信頼度メモリが必要になる。

一方、適応等化受信器として文献2で用いられる判定帰還型等化器を用いた場合、基本的には、適応等化器内の判定器の前の信号を出力することにより、軟判定値を得ることができる。

しかしながら、上述した従来の軟判定値推定器においては、適応等化器としてMLSE等化器を用いた場合、状態数×送信シンボル数のマトリックス状の信頼度メモリが必要になり、特に、考慮すべきマルチパスの最大遅延時間が長くなると軟判定出力型のビタビアルゴリズムの考慮する状態数が指数的に増加して、この信頼度メモリの容量が膨大となる。また、信頼度を計算するための処理量も大きくなるという問題点もあった。

そして、適応等化器として判定帰還型等化器を用いた場合、一般に高速デジタル移動通信で用いられるQPSK,QAMといった複数ビットの情報で1シンボルを表わすような変調方式においては、推定された送信シンボルに対する軟判定値は各ビットに単純に対応しない。特にバースト誤りに対処するために送信側でインターリーブが行なわれている場合、受信側の適応等化器の出力でデインターリーブを行なう必要があるが、軟判定のままこれを行なうことが難しいという問題があった。

20

#### 発明の開示

従ってこの発明における目的は、軟判定値推定器の上記問題点を考慮してなされたものであり、適応等化器の種類に関係なく、小さなメモリ容量と処理量で軟判定値を推定できる軟判定値推定器を提供することである。

25

また、この発明における他の目的は、最尤系列推定器の上記問題点を考

慮してなされたものであり、受信特性を著しく劣化させることなく、小さなメモリ容量と処理量で軟判定値を出力する最尤系列推定器を提供することである。

## 5 図面の簡単な説明

第1図は、軟判定値推定器の第1の実施例を示すブロック図である。

第2図は、軟判定値推定器を適用する受信機の構成を示すブロック図である。

第3図は、高速デジタル移動通信において用いられるバースト信号の構成例を示す図である。

第4図は、軟判定値推定器の第2の実施例を示すブロック図である。

第5図は、最尤系列推定器の実施例を示すブロック図である。

第6図は、最尤系列推定器に用いる軟判定値計算部の第1の実施例を示すブロック図である。

15 第7図は、最尤系列推定器を適用する高速デジタル移動通信の送受信系の構成例を示すブロック図である。

第8図は、整合フィルタ部の構成例を示すブロック図である。

第9図は、最尤系列推定器に用いる軟判定値計算部の第2の実施例を示すブロック図である。

20 第10図は、この発明の最尤系列推定器の計算機シミュレーション結果の例を示す図である。

## 発明を実施するための最良の形態

25 第1図は、この発明の軟判定値推定器の実施例を示すブロック図である。第1図において、入力端子1は記憶部3の入力端に接続されており、記憶部3の出力端は伝送路推定部6並びにメトリック計算部8の入

力端に接続されている。また、伝送路推定部 6 の出力端はメトリック計算部 8 の入力端に接続されている。

一方、入力端子 2 は記憶部 4 の入力端に接続されており、記憶部 4 の出力端はシンボル反転部 7 の入力端に接続されている。シンボル反転部 7 の出力端はメトリック計算部 8 の入力端に接続され、メトリック計算部 8 の出力端は記憶部 5 並びに減算部 9 の入力端に接続されている。また、記憶部 5 の出力端は減算部 9 の入力端に接続されている。そして、減算部 9 の出力端は乗算部 10 の入力端に接続されており、乗算部 10 の出力端は出力端子 11 に接続されている。また、前述の記憶部 4 の出力端は、さらに乗算部 10 の入力端に接続されている。

第 2 図は、この発明の軟判定値推定器を適用する受信機の構成を示すブロック図である。

第 2 図において、入力端子 12 は適応等化器 13 並びに軟判定値推定部 14 の入力端に接続されている。また、適応等化部 13 の出力端も軟判定値推定部 14 の入力端に接続されている。軟判定値推定部 14 の出力端はチャンネル復号部 15 の入力端に接続され、チャンネル復号部 15 の出力端は出力端子 16 に接続されている。

次に、第 1 図及び第 2 図を参照しながら、この発明の軟判定値推定器の動作について、信号の流れに沿って、詳しく説明する。

第 2 図において、受信機の受信信号は、受信端子 12 より適応等化部 13 に入力される。但し、第 2 図では、この発明と直接関係しないため、受信端子 12 前のアンテナ、受信端子 12 後の周波数変換器、復調器、各種フィルタなどを省略している。適応等化部 13 では、フェージングやマルチパスといった伝送路の特性を等化し、送信シンボルを推定する。この発明の軟判定値推定方式を適用するためには、適応等化部 13 の方式は、送信シンボルを硬判定するものであればどのような種類

のものでもよく、MLSE等化器や判定帰還型等化器など各種等化器を用いることができる。また、特殊な場合であるが、特に等化を行わずに送信シンボルを閾値判定するだけでもよい。適応等化部13からの出力は、軟判定値推定部14に入力される。

- 5 第1図において、軟判定値推定部14の入力端子1には、適応等化部13に入力される信号、すなわち受信端子12からの受信信号が入力され、記憶部3に一時記憶される。また、軟判定値推定部14の入力端子2には、適応等化部13からの出力信号が入力され、記憶部4に一時記憶される。但し、第1図、第2図では特に示していないが、記憶部3、
- 10 4への信号は、通常デジタル化されている。第3図は、高速デジタル通信において用いられるバースト信号の構成を示す図であり、欧州の標準デジタル移動通信システムであるGSMシステムでの例を示している。軟判定値推定部14の処理はこのバーストを単位として行なわれ、このため、記憶部3、4は、1バースト分の信号を記憶する。
- 15 記憶部3に記憶された信号は、まず、伝送路推定部6に供給され、伝送路のインパルス応答が推定される。この推定の方法としては、各種の方法が考えられるが、例えば第3図のバースト信号を用いるGSMシステムの場合、バースト信号の中央付近で伝送されるトレーニング信号を用いて、比較的容易に推定を行なうことができる。すなわち、このトレーニング信号はインパルス状の理想的な自己相関特性を有するように定められているため、伝送路推定部6では、このトレーニング信号を発生し、
- 20 記憶部3からのバースト信号のトレーニング信号部分に対応する信号と相関を採れば、これが推定すべき伝送路のインパルス応答を表わしている。なお、適応等化部13がMLSE等化器として構成された場合、適応等
- 25 化部13内に伝送路推定部を有しているため、特に軟判定値推定部14内に伝送路推定部6を設けなくても、適応等化部13内の伝送路推定部



の信号を用いればよい。

次いで、記憶部4で記憶された信号は、シンボル反転部7で何の処理も受けずにメトリック計算部8に供給される。この信号は送信シンボルを硬判定推定した系列であり、メトリック計算部8では、後述する方法  
5 で、この適応等化部13で推定し送信した送信シンボルに対するメトリックを計算する。そして、このメトリックは、記憶部5に記憶される。なお、適応等化部13がMLSE等化器として構成されている場合、このメトリックは、適応等化部13における最終メトリックに等しく、適応等化部13から直接供給されることも可能である。

10 記憶部5に適応等化部13で推定した送信シンボル系列に対するメトリックが記憶されると、シンボル反転部7は、記憶部4に記憶されている送信シンボル系列の第1番目のシンボルの極性を反転させたシンボル系列を作り、メトリック計算部8に供給する。メトリック計算部8は、このシンボル系列に対するメトリックを計算し、減算部9に供給する。  
15 そして、減算部9において記憶部5に記憶されているメトリック（すなわち、適応等化部13における最終メトリックに等しいメトリック）からメトリック計算部8から供給されたメトリックが減算される。そして、減算部9の出力は乗算部10において、記憶部4に記憶されている適応等化部13で推定した送信シンボル系列の第1番目のシンボルと乗算さ  
20 れ、これが第1番目の軟判定値として出力端子11から出力される。

その後、シンボル反転部7において、記憶部4に記憶されている送信シンボル系列における第2番目のシンボルの極性を反転させたシンボル系列を作り、そのシンボル系列はメトリック計算部8に供給される。メトリック計算部8はこの第2番目のシンボルを反転したシンボル系列に対  
25 するメトリックを計算する。そして、減算部9において、記憶部5に記憶されたメトリックからメトリック計算部8の出力するメトリックが減

算される。減算部 9 の出力は、乗算部 10 において、記憶部 4 に記憶されている送信シンボル系列の第 2 番目のシンボルと乗算され、この出力が第 2 の軟判定値として出力端子 11 から出力される。以後同様に、最後のシンボルに対する軟判定値が得られるまで処理が続けられる。

- 5       メトリック計算部 8 は、後述するようにメトリックを計算するために、適応等化部 13 に入力される以前の信号である記憶部 3 の内容と、伝送路推定部 6 の出力である伝送路のインパルス応答を必要とし、第 1 図に示すように供給される。

- 軟判定値推定部 14 の出力端子 11 からの軟判定値の系列は、チャンネル復号部 15 において、誤り訂正符号の軟判定復号が行なわれる。これは、例えば誤り訂正符号として畳み込み符号を用いた場合、軟判定型のビタビアルゴリズムを用いることができる。また、送信側でインターリーブが行なわれている場合、デインターリーブもチャンネル復号部 15 において行なわれる。チャンネル復号部 15 からの出力データは、出力端子 16 より出力される。
- 10
- 15

- ここで、メトリック計算部 8 で計算されるメトリックについて、詳細に説明する。メトリック計算部 8 で用いるメトリックは、各種のものが考えられるが、最も基本的には、二乗平均誤差である。これは、シンボル系列を送信したときに期待される適応等化部 13 の入力信号（すなわち、伝送路推定部 6 で推定された伝送路のインパルス応答とメトリックの計算において対象としたシンボル系列との畳み込み演算によって得られた信号）と実際の適応等化部 13 の入力信号との二乗平均誤差であり、以下のように書ける。
- 20

$$25 \quad M = \sum_k \frac{E_s}{N_0} \left| y(k) - \sum_m h(m) x(k-m) \right|^2 \quad (1)$$

但し、 $y(k)$ は記憶部3に記憶した適応等化部13の入力信号、 $h(m)$ は伝送路推定部6で推定した伝送路のインパルス応答、 $x(k)$ はメトリックを求めるために仮定したシンボル系列、 $E_s/N_0$ は瞬時SNRである。式(1)の最初の $k$ に関する $\Sigma$ はシンボル系列の長さまでの和を採る。このメトリックは、定数を乗算しても、定数を加算してもよい。

さて、高速デジタル移動通信においては、QPSKやQAMといった複数ビットの情報で1シンボルを表わすような変調方式を用いることが多い。第4図は、このような場合に適用するこの発明の軟判定値推定器の実施例を示すブロック図である。第1図と同じ要素には同じ符号を付している。第4図において、入力端子1は記憶部3の入力端に接続されており、記憶部3の出力端は伝送路推定部6ならびにメトリック計算部8の入力端に接続されている。また、伝送路推定部6の出力端もメトリック計算部8の入力端に接続されている。

一方、入力端子2はビット展開部17の入力端に接続されており、ビット展開部17の出力端は記憶部4の入力端に接続されている。記憶部4の出力端はビット反転部18ならびにユニポーラ/バイポーラ変換部19(以下U/B変換部19)の入力端に接続されている。ビット反転部18の出力端はメトリック計算部8入力端に接続されており、メトリック計算部8の出力端は記憶部5ならびに減算部9の入力端に接続されている。また、記憶部5の出力端は減算部9の入力端に接続されている。そして、減算部9の出力端は乗算部10の入力端に接続されている。また、乗算部10の入力端は前述したU/B変換部19の出力端に接続されている。乗算部10の出力端は出力端子11に接続されている。

第4図において、入力端子1には、適応等化部13に入力される信号、すなわち受信端子12からの受信信号が供給され、記憶部3に一時記憶される。供給された適応等化部13の入力信号は、第1図の場合と同様

に伝送路推定部 6 において伝送路のインパルス応答が推定され、その結果がメトリック計算部 8 に供給される。

一方、入力端子 2 には、適応等化部 1 3 から出力された送信シンボルを硬判定した系列が供給される。その送信シンボルを硬判定した系列は、  
5 まず、ビット展開部 1 7 において、各シンボルを表わすビットに展開される。そして、この出力ビット列が、記憶部 4 に記憶される。次に、記憶部 4 に記憶されたビット列は、まず、ビット反転部 1 8 で何の処理も受けずにメトリック計算部 8 に供給され、後述する方法で、メトリックが計算される。そして、このメトリックは、記憶部 5 に記憶される。

10 記憶部 5 に記憶部 4 のビット列に対するメトリックが記憶されたら、ビット反転部 1 8 は、記憶部 4 に記憶されているビット列の第 1 番目のビットを反転したビット列を作り、メトリック計算部 8 に供給する。メトリック計算部 8 は、このビット列に対するメトリックを計算し、次に、減算部 9 において記憶部 5 に記憶されているメトリックからメトリック計算部 8 の出力するメトリックが減算される。そして、減算部 9  
15 の出力は、乗算部 1 0 において、記憶部 4 に記憶されているビット列の第 1 番目のビットを U/B 変換部において  $(0, 1) \rightarrow (+1, -1)$  変換した値と乗算される。そして、乗算結果が、第 1 番目の軟判定値として出力端子 1 1 から出力される。

20 その後、ビット反転部 1 8 において、記憶部 4 に記憶されているビット列の第 2 番目のビットを反転させたビット列が作られ、メトリック計算部 8 に供給される。メトリック計算部 8 はこの第 2 番目のビットを反転したビット列に対するメトリックを計算する。そして、減算部 9 において、記憶部 5 に記憶されたメトリックからメトリック計算部 8 の出力するメトリックが減算される。減算部 9 の出力は、乗算部 1 0 において、  
25 記憶部 4 に記憶されているビット列の第 2 番目のビットを U/B 変換部にお

いて  $(0, 1) \rightarrow (+1, -1)$ 変換した値と乗算され、この出力が第2の軟判定値として出力端子11から出力される。以下同様に最後ビットまで処理が行なわれる。

5       メトリック計算部8で用いるメトリックは、第1図の場合と同様に各種のものが考えられる。すなわち、第1図に対して用いたメトリックを、ビットに関連するように変換すればよい。メトリックとして二乗平均誤差を用いた場合、ビット列を変調理論に基づいてシンボル列に変換し、式(1)を用いてメトリックを計算することができる。

10       なお、以上に説明した第1図、第2図、第4図では、この発明を構成する機能ブロックで表わして、それぞれを個別のハードウェアで実現するように表現しているが、DSPなどを用いて、ソフトウェアで機能を分割して表現することも可能である。

      続いて、上述した軟判定値推定器を最尤系列推定器に応用した実施例を以下に示す。

15       第5図は、最尤系列推定器の実施例を示すブロック図である。第5図において、入力端子21は、記憶部22の入力端に接続されており、記憶部22の出力端は、伝送路推定部25ならびに整合フィルタ23の入力端に接続されている。更に、伝送路推定部25の出力端は係数設定部24の入力端に接続されており、係数設定部24の出力端は整合フィルタ部23の入力端に接続されている。そして、整合フィルタ部23の出力端は記憶部26の入力端に接続されており、記憶部26の出力端は硬判定値計算部27の入力端に接続されている。また、前述の伝送路推定部25の出力端も、硬判定値推定部27の入力端に接続されている。硬判定値計算部27の出力端は、軟判定値計算部28の入力端に接続されており、軟判定値計算部28の入力端には、さらに伝送路推定部25ならびに記憶部26の出力端が接続されている。そして、軟判定値計算部28

20

25

の出力端は出力端子 29 に接続されている。

第 6 図は、最尤系列推定器に用いる軟判定値計算部 28 の実施例を示すブロック図である。第 1 図と同じ要素には、同じ参照符号を付している。第 6 図において、入力端子 2 は、記憶部 4 の入力端に接続されている。記憶部 4 の出力端は、シンボル反転部 7 の入力端に接続されており、シンボル反転部 7 の出力端は、メトリック計算部 8 の入力端に接続されている。さらに、メトリック計算部 8 の入力端には、第 5 図で示した伝送路推定部 25 と記憶部 26 の出力端が、入力端子 14、15 を介してそれぞれ接続されている。メトリック計算部 8 の出力端は、記憶部 5 および減算部 9 の入力端に接続されている。そして、記憶部 5 の出力端は減算部 9 の入力端に接続されている。減算部 9 の出力端は乗算部 10 の入力端に接続され、乗算部 10 の入力端には更に記憶部 4 の出力端が接続されている。そして、乗算部 10 の出力端は、出力端子 11 に接続されている。

第 7 図は、この発明の最尤系列推定器を適用する高速デジタル移動通信の送受信系の構成例を示すブロック図である。第 7 図において、送信データ入力端子 30 は、符号化部 31 に接続されている。符号化部 31 の出力端は変調部 32 の入力端に接続されており、変調部 32 の出力端は伝送路 33 を介して周波数変換部 34 の入力端に接続されている。周波数変換部 34 の出力端は低域通過フィルタ (LPF と略す) 部 35 の入力端に接続されており、LPF 部 35 の出力端は A/D 変換部 36 の入力端に接続されている。A/D 変換部 36 の出力端は、最尤系列推定部 37 の入力端に接続されており、最尤系列推定部 37 の出力端は復号部 38 の入力端に接続されている。復号部 38 の出力端はデータ出力端子 39 の出力端に接続されている。そして、最尤系列推定部 37 が第 5 図全体に対応している。

次に、第5図から第7図を参照しながら、この発明の最尤系列推定器について、信号の流れに沿って、詳しく説明する。第7図において、送信データが、送信データ入力端子30より符号化部31に供給されると、例えば畳み込み符号を用いて誤り訂正符号化が行われる。そして、符号化部31の出力は、変調部32において、無線周波数帯域へと変調され、電波として出力される。

電波は空間を伝搬し、受信機に到達する。第7図では、空間を伝送路33で表している。受信機に到達した受信信号は、周波数変換部34において、同期検波などによりベースバンド信号に周波数変換される。このとき、変調部32の変調方式がQPSKやMSKといった直交変調型の方式であれば、同相成分と直交成分の2つが出力される。この場合、周波数変換部34以降は、全て同相と直交の2つの信号を取り扱うことになる。周波数変換部34からの信号は、LPF部35において所望周波数帯域外の雑音を除去され、A/D変換部36においてデジタル信号に変換される。A/D変換部36の出力のデジタル信号が、最尤系列推定部37に供給される。

ここで、最尤系列推定部37についてさらに詳細に説明すると、最尤系列推定部37に供給されたデジタル信号は、第5図に示したように、入力端子21を介して記憶部22に一時記憶される。高速デジタル移動通信においては、一般に、信号はバーストを構成して伝送される。最尤系列推定部37の処理はこのバーストを単位として行われるため、記憶部22には1バースト分の信号が記憶される。

記憶部22に記憶された信号は、まず、伝送路推定部25に供給され、伝送路のインパルス応答が推定される。この推定の方法としては、各種の方法が考えられるが、例えば第3図のバーストを用いるGSMシステムの場合、バーストの中央付近で伝送されるトレーニング信号を用い

て、比較的容易に推定を行うことができる。すなわち、このトレーニング信号はインパルス状の理想的な自己相関特性を有するように定められているため、伝送路推定部 2 5 では、このトレーニング信号を発生し、記憶部 2 2 からのバーストのトレーニング信号部分に対応する信号と相  
5 関を採れば、これが推定すべき伝送路のインパルス応答を表している。

記憶部 2 2 に記憶された信号は、一方、整合フィルタ部 2 3 にも供給される。第 8 図は整合フィルタ部 3 の構成例を示すブロック図である。第 8 図は、いわゆるトランスバーサル型のデジタルフィルタであり、次数  $N$  が 5 の場合に対応する図となっている。入力端子 3 1 0 から入力さ  
10 れたデジタル信号は、デジタル信号のサンプリング周期  $T$  に等しい遅延時間を有する遅延部 3 2 1、3 2 2、…、3 2  $N$  を順次に通過する。その際、入力端子 3 1 0 と遅延部 3 2 1、3 2 2、…、3 2  $N$  からのそれぞれの出力信号が、乗算部 3 3 0、3 3 1、…、3 3  $N$  において、それぞれタップ係数  $C_0$ 、 $C_1$ 、…、 $C_N$  を乗算される。そして、  
15 乗算部 3 3 0、3 3 1、…、3 3  $N$  の出力信号が、加算部 3 4 0 で全て加算され、出力端子 3 5 0 に出力される。但し、直交変調型においては、同相成分を実数部、直交成分を虚数部として、便宜上複素数で信号を表すことが普通であり、この場合、タップ係数  $C_0$ 、 $C_1$ 、…、 $C_N$  は複素数となる。タップ係数  $C_0$ 、 $C_1$ 、…、 $C_N$  は、雑音の影響を最  
20 小化する整合フィルタとして作用するためには、伝送路のインパルス応答の時間反転複素共役となるように設定する必要がある。

上述した設定は、伝送路推定部 2 5 の出力の伝送路のインパルス応答を入力として、係数設定部 2 4 でこの時間反転複素共役を採ることにより行われ、これが整合フィルタ部 2 3 にタップ係数として供給される。

25 整合フィルタ部 2 3 の出力信号は、記憶部 2 6 に一時記憶される。記憶部 2 6 に記憶された信号は、まず、硬判定値推定部 2 7 に供給され、供



給された信号は最尤推定アルゴリズムを用いて送信シンボル系列の最尤推定が行われる。このときの最尤推定アルゴリズムとしては、例えば文献1に示されるようなビタビアルゴリズムを用いることができる。ビタビアルゴリズムは、後で具体的に述べるメトリックと呼ばれる評価量を用いて、最も確からしい送信シンボルを逐次的に選択決定するものである。そして、このメトリックを計算するために、伝送路推定部25で得た伝送路のインパルス応答が必要になる。硬判定値推定部27の出力信号は、軟判定値計算部28に供給され、軟判定値の計算が行われる。

軟判定値の計算についてさらに詳細に説明すると、軟判定値計算部28に入力された信号は、第6図に示したように、入力端子2を介して記憶部4に一時記憶される。記憶部4に記憶された信号、すなわち、入力端子2に入力された信号は、硬判定値推定部27で推定された送信シンボル系列の硬判定値(推定送信シンボル系列)であり、まず、シンボル反転部7で何の処理も受けずにメトリック計算部8に供給される。メトリック計算部8では、入力された推定送信シンボル系列に対するメトリックが計算される。ただし、推定送信シンボルに対するメトリックは、硬判定値推定部27における最終メトリックに等しく、硬判定値推定部27から直接供給されることも可能である。メトリック計算部8で計算された最終メトリックに等しいメトリックは、記憶部5に記憶される。

その後、シンボル反転部7は、記憶部4に記憶されている送信シンボル系列の第1番目のシンボルの極性を反転したシンボル系列を作り、メトリック計算部8に供給する。メトリック計算部8は、この第1番目のシンボルの極性を反転したシンボル系列に対するメトリックを計算する。そして、記憶部5に記憶されたメトリックが減算部9に供給され、同時に、メトリック計算部8で計算されたメトリックも減算部9に供給される。そして、減算部9においては、記憶部5に記憶されているメトリッ

ク(すなわち、硬判定値推定部27における最終メトリックに等しいメトリック)からメトリック計算部8の出力するメトリックが減算される。そして、減算部9の出力は、乗算部10において、記憶部4に記憶されている推定した送信シンボル系列の第1のシンボルと乗算され、これが第1の軟判定値として出力端子11から出力される。

その後、シンボル反転部7において、記憶部4に記憶されている推定した送信シンボル系列における第2番目のシンボルの極性を反転させたシンボル系列を作り、そのシンボル系列はメトリック計算部8に供給される。メトリック計算部8は、この第2番目のシンボルの極性を反転したシンボル系列に対するメトリックを計算する。そして、減算部9において、記憶部5に記憶されたメトリックからメトリック計算部8から出力されたメトリックが減じられる。そして、減算部9の出力は、乗算部10において、記憶部4に記憶されている推定送信シンボル系列の第2番目のシンボルと乗算され、これが第2の軟判定値として出力端子11から出力される。以下同様に、最後のシンボルに対する軟判定値が得られるまで処理が行われる。

メトリック計算部8は、前述したメトリックを計算するために、整合フィルタ部23の出力である記憶部26の内容と、伝送路推定部25の出力である伝送路のインパルス応答を必要とする。その記憶部26の内容と伝送路のインパルス応答は、メトリック計算部8に、それぞれ入力端子14と15から供給される。最尤系列推定部37の出力端子29からの軟判定値の系列は、復号部38に供給され、誤り訂正符号の軟判定復号が行われる。これは、例えば誤り訂正符号として畳み込み符号を用いた場合、軟判定型のビタビアルゴリズムを用いて行うことができる。復号部38からの出力データは、復号データ出力端子39より出力される。

硬判定値推定部 2 7 の最尤推定アルゴリズムや軟判定値計算部 2 8 内の  
 メトリック計算部 8 で用いるメトリックは、各種のものが考えられる  
 が、最も基本的には文献 2 に示される二乗平均誤差である。これは、シ  
 ンボル系列を送信したときに期待される整合フィルタ部 2 3 の入力信  
 5 号、すなわち、伝送路推定部 2 5 で推定された伝送路のインパルス応答  
 とメトリックの計算において対象としたシンボル系列との畳み込み積分  
 演算によって得られた信号と、実際の整合フィルタ部 2 3 の入力信号と  
 の二乗平均誤差であり、以下のように書ける。

$$10 \quad M = \sum_k \frac{E_s}{N_0} \left| y(k) - \sum_m h(m) x(k-m) \right|^2 \quad (1)$$

但し、 $y(k)$  は整合フィルタ部 2 3 の入力信号であり、すなわち、記憶部  
 2 2 に記憶した最尤系列推定部 3 7 の入力信号である。また、 $h(m)$  は伝送  
 路推定部 2 5 で推定した伝送路のインパルス応答、 $x(k)$  はメトリックの計  
 15 算において対象としたシンボル系列、 $E_s/N_0$  は瞬時 S N R である。式(1)  
 の最初の  $k$  に関する  $\Sigma$  はシンボル系列の長さまで和を採り、後ろの  $m$  に  
 関する  $\Sigma$  は伝送路のインパルス応答  $h(m)$  が値を有する範囲で和を採る。

式(1) は最も基本的なメトリックであるが、前述したように整合フィ  
 ルタ 2 3 は雑音の影響を最小化するものであるから、信号の評価は、一  
 20 般に整合フィルタ 2 3 の前よりも後ろで行う方が良い。このため、メト  
 リックとして、シンボル系列を送信したときに期待される整合フィルタ  
 部 3 の出力信号と実際の整合フィルタ部 2 3 の出力信号との二乗平均誤  
 差を採れば、以下のように書ける。

$$25 \quad M = \sum_k \left| z(k) - \sum_m s(m) x(k-m) \right|^2 \quad (2)$$

但し、 $z(k)$ は整合フィルタ部23の出力信号である。また、 $s(m)$ は伝送路推定部25で推定した伝送路のインパルス応答 $h(m)$ が整合フィルタ部23を通過したときの応答を表しており、整合フィルタ部23の伝達関数を $g(m)$ として、

$$5 \quad s(m) = \sum_n g(n) h(m-n) \quad (3)$$

と書ける。整合フィルタ23の伝達関数 $g(m)$ は伝送路のインパルス応答 $h(m)$ の時間反転複素共役を採ったものとなっているため、 $s(m)$ は伝送路のインパルス応答の自己相関になる。また、式(2)の最初の $k$ に関する $\Sigma$ は  
10 シンボル系列の長さまで和を採り、後ろの $m$ に関する $\Sigma$ は伝送路のインパルス応答の自己相関 $s(m)$ が値を有する範囲で和を採り、また、式(3)の $n$ に関する $\Sigma$ は整合フィルタ部23のタップ数だけ和を採る。また、このメトリックは、定数を乗算しても、定数を加算してもよい。

さて、上記の式(1)または式(2)に示した二乗平均誤差は、基本的なメ  
15 トリックであるが、計算が複雑なため、文献1に示されるように、式(4)に示すこれを変形した量をメトリックとして用いることが多い。

$$M = \sum_n 2\text{Re}[x(n)^* z(n)] - \sum_n \left[ \sum_i x(i)^* h(n-i) \right] \left[ \sum_k x(k)^* h(n-k) \right] \quad (4)$$

但し、 $\text{Re}[\ ]$ は $[\ ]$ 内の実数部を採ることを示し、 $*$ は複素共役を採ることを示す。また、 $n$ に関する $\Sigma$ は仮定したシンボル系列の長さまで和を採り、 $i$ 、 $k$ に関する $\Sigma$ は伝送路のインパルス応答の長さだけ和を採ることを示している。式(4)は、シンボル系列と整合フィルタ部3の出力の相互相関の実数部の2倍から、シンボル系列と伝送路のインパルス応答の相互相関の自己相関を減ずることを意味している。式(4)は、次のよう  
25 にも変形できる。

$$M = \sum_n 2\text{Re}[x(n)^* z(n)] - \sum_i \sum_k x(i)^* s(i-k)x(k) \quad (5)$$

5 また、これに、定数を乗算しても、定数を加算してもよい。式(5)の  
メトリックを用いて、第6図に示す軟判定値計算部28の処理を行う  
と、これは、次の式を実行することと等価になる。

$$L(n) = 4\text{Re}\left[x(n)^* \left(z(n) - \sum_k s(n-k)x(k)\right)\right] \quad (6)$$

10 但し、kに関するΣは伝送路のインパルス応答の自己相関s(n-k)が値を  
有する範囲でk=n以外のときに和を採ることを意味する。このため、軟判  
定値計算部28は式(6)を演算してもよいことになる。

15 第9図は、この発明の最尤系列推定器に用いる軟判定値計算部28の別  
の実施例を示すブロック図であり、特に、前述した式(6)を利用して実  
現するものである。そして、第6図と同じ要素には、同じ参照符号を付  
している。第9図において、入力端子2には、硬判定値推定部27から  
出力されたシンボル系列が供給される。入力端子2に供給されたシンボ  
ル系列は、そのまま記憶部4に一時記憶される。また、入力端子15に  
20 は、伝送路推定部25から伝送路のインパルス応答が入力される。そし  
て、まず、自己相関計算部41が、入力端子15から入力された伝送路  
のインパルス応答の自己相関(式(3))を計算する。

この計算が終わるのを待って、積和部43は、記憶部4に記憶されてい  
るシンボル系列の最初のシンボルと自己相関計算部41の出力である自  
己相関関数の時間原点を合わせて積和演算をする。具体的には、式(6)の  
25 kに関するΣの演算を行う。積和部43の出力は、減算部44に出力さ  
れる。また、減算部44には入力端子14が接続され、整合フィルタ部

2 3の最初の出力が、入力端子1 4を介して供給される。そこで、減算部4 4は、その整合フィルタ部2 3の最初の出力から積和部4 3の出力を減算する。減算が行なわれた減算部4 4の出力は、乗算部4 5に供給される。

- 5 次に、複素共役部4 2が先の記憶部4からの最初のシンボルから複素共役を採り、この出力が、乗算部4 5に入力される。そこで、乗算部4 5は、複素共役部4 2の出力と減算部4 4の出力を乗算し、その結果を実数部選択部4 6に出力する。実数部選択部4 6は、乗算部4 5から出力された乗算結果から実数のみを選択して出力する。そして、実数部選択部4 6の出力が、第1番目の軟判定値として出力端子1 1から出力される。
- 10 その後記憶部4に記憶されているシンボル系列の2番目のシンボルに対して同様の処理が行われ、第2番目の軟判定値として出力端子1 1から出力され、以下同様に最後のシンボルまで処理が行われる。なお、式(6)にある定数4の乗算は、乗算部4 5で行ってもよいし、省略してもよい。
- 15

- さて、送信するバーストの長さに対して、伝送路が時間的に速く変化する場合、伝送路推定部2 5で推定した伝送路のインパルス応答が定常とは見なせなくなる。この場合、整合フィルタ部2 3の処理が、かえって性能を劣化させることがある。この場合、整合フィルタ部2 3を無処理、もしくは、第5図における記憶部2 2の出力をそのまま硬判定値推定部7に入力した方がよい。この場合にも、この発明に特徴的な軟判定値の計算は有効である。ただし、記憶部2 2の出力をそのまま硬判定値推定部7に入力した場合、記憶部2 2の出力は、軟判定値計算部2 8にも入力される。
- 20

- 25 なお、以上に説明した第5図、第6図、第7図、第8図、第9図では、この発明を構成する機能をブロックで表して、それぞれを個別の

ハードウェアで実現するように表現しているが、DSPなどを用いて、ソフトウェアで機能を分割して実現することも可能である。第10図は、この発明の最尤系列推定器の計算機シミュレーション結果の例を示す図である。横軸に1ビット当たりの信号電力と雑音電力密度の比 $E_b/N_0$ 、縦軸にビット誤り率を採っている。また、この場合、GSMシステムの条件を前提としている。第10図は、この発明の最尤系列推定器が軟判定型のビタビアルゴリズムを用いた従来の最尤系列推定器とほぼ同じ性能を有することを示している。

#### 10 産業上の利用可能性

上述したように、この発明は、適応等化部の出力する硬判定推定値の送信シンボル系列あるいは送信ビット列から軟判定値を推定することができる。したがって、適応等化器の種類に関係なく、また、小さなメモリ容量と処理量で軟判定値を推定する軟判定値推定器を提供することができる。

さらに、この発明を用いた最尤系列推定器は、軟判定出力型のビタビアルゴリズムを用いることなく、硬判定値の系列を推定した後に軟判定値の系列を計算することができる。さらに、この計算は、硬判定値の系列と整合フィルタの出力と伝送路のインパルス応答とから計算されるため、最尤系列推定器は、信頼度メモリが不要となり、小さなメモリと処理量で軟判定値を出力することができる。

## 請求の範囲

- 1、適応等化器で推定した送信シンボル系列に対するメトリックを計算する第1のメトリック計算手段と、
- 5 前記送信シンボル系列の中で軟判定値を求める位置のシンボルの極性を反転したシンボル系列を生成すると共に、前記シンボル系列に対するメトリックを計算する第2のメトリック計算手段と、
- 前記第1のメトリック計算手段で得られたメトリックから前記第2のメトリック計算手段で得られたメトリックを減ずる減算手段と、
- 10 前記減算手段の出力を前記送信シンボル系列内で軟判定値を求める位置のシンボルと乗算する乗算手段と、
- を有することを特徴とする軟判定値推定器。
- 2、前記送信シンボル系列の中で軟判定値を求める位置のシンボルを極性を反転させたシンボル系列を生成するシンボル反転手段と、
- 15 適応等化器で推定した送信シンボル系列に対する第1のメトリック、および前記シンボル系列に対する第2のメトリックを順次計算するメトリック計算手段と、
- 前記第1のメトリックから第2のメトリックを減じる減算手段と、
- 前記減算手段の出力を前記送信シンボル系列内で軟判定値を求める位置
- 20 のシンボルと乗算する乗算手段と、
- を有することを特徴とする軟判定値推定器。
- 3、前記メトリックは、伝送路のインパルス応答とメトリックの計算において対象としたシンボル系列との畳み込み演算によって得られた信号と適応等化器への入力信号との二乗平均誤差と等価であるか、その定数
- 25 倍あるいは定数加算したものであることを特徴とする請求項1もしくは2に記載の軟判定値推定器。



- 4、適応等化器で推定した送信シンボルを変調方式に応じて送信ビット列に展開するビット展開手段と、
- 前記ビット展開手段で得られた送信ビット列に対するメトリックを計算する第1のメトリック計算手段と、
- 5 前記送信ビット列内で軟判定値を求める位置のビットを反転したビット列を生成すると共に、前記ビット列に対するメトリックを計算する第2のメトリック計算手段と、
- 前記第1のメトリック計算手段で得られたメトリックから第2のメトリック計算手段で得られたメトリックを減じる減算手段と、
- 10 前記ビット列内で軟判定値を求める位置のビットを±1のバイポーラ値に変換するユニポーラ/バイポーラ変換手段と、
- 前記ユニポーラ/バイポーラ変換手段の出力を前記減算手段の出力と乗算する乗算手段と、
- を有することを特徴とする軟判定値推定器。
- 15 5、適応等化器で推定した送信シンボルを変調方式に応じて送信ビット列に展開するビット展開手段と、
- 前記送信ビット列内で軟判定値を求める位置のビットを反転したビット列を生成するビット反転手段と、
- 前記ビット展開手段で得られた送信ビット列に対する第1のメトリック、および前記ビット反転手段から得られた前記ビット列に対する第2のメトリックを順次計算するメトリック計算手段と、
- 20 前記第1のメトリックから第2のメトリックを減じる減算手段と、
- 前記送信ビット列内で軟判定値を求める位置のビットを±1のバイポーラ値に変換するユニポーラ/バイポーラ変換手段と、
- 25 前記ユニポーラ/バイポーラ変換手段の出力を前記減算手段の出力と乗算する乗算手段と、

を有することを特徴とする軟判定値推定器。

6、入力信号から伝送路のインパルス応答を推定する伝送路推定手段と、

5 前記伝送路のインパルス応答に基づいたタップ係数によって、前記入力信号における雑音の影響を最小化する整合フィルタ手段と、

前記整合フィルタ手段の出力から、前記伝送路のインパルス応答を用いて送信シンボル系列を最尤推定する硬判定値推定手段と、

10 前記硬判定値推定手段の出力から、前記整合フィルタ手段の出力と前記伝送路のインパルス応答を用いて軟判定値を計算する軟判定値計算手段と、

を有することを特徴とする最尤系列推定器。

7、入力信号から伝送路のインパルス応答を推定する伝送路推定手段と、

15 前記入力信号から、前記伝送路のインパルス応答を用いて送信シンボル系列を最尤推定する硬判定値推定手段と、

前記硬判定値推定手段の出力から、前記入力信号と前記伝送路のインパルス応答を用いて軟判定値を計算する軟判定値計算手段と、

を有することを特徴とする最尤系列推定器。

20 8、前記軟判定値計算手段は、前記硬判定値推定手段から出力された推定送信シンボル系列に対するメトリックを計算する第1のメトリック計算手段と、

前記推定送信シンボル系列の中で軟判定値を求める位置のシンボルの極性を反転したシンボル系列を生成すると共に、前記シンボル系列に対するメトリックを計算する第2のメトリック計算手段と、

25 前記第1のメトリック計算手段で得られたメトリックから前記第2のメトリック計算手段で得られたメトリックを減算する減算手段と、

前記減算手段の出力を前記推定送信シンボル系列の中で軟判定値を求める位置のシンボルと乗算する乗算手段と、

を有することを特徴とする請求項6もしくは7に記載の最尤系列推定器。

5 9、前記軟判定値計算手段は、

前記硬判定値推定手段から出力された推定送信シンボル系列の中で軟判定値を求める位置のシンボルの極性を反転させたシンボル系列を生成するシンボル反転手段と、

10 前記硬判定値推定手段から出力された推定送信シンボル系列に対する第1のメトリック、および前記シンボル反転手段から出力された前記シンボル系列に対する第2のメトリックを順次計算するメトリック計算手段と、

前記第1のメトリックから第2のメトリックを減じる減算手段と、

15 前記減算手段の出力を前記送信シンボル系列内で軟判定値を求める位置のシンボルと乗算する乗算手段と、

を有することを特徴とする請求項6もしくは7に記載の最尤系列推定器。

10、前記メトリックは、

20 前記伝送路のインパルス応答とメトリックの計算において対象としたシンボル系列とから畳み込み積分演算により算出された出力を整合フィルタに通した出力と、前記整合フィルタ手段の出力との二乗平均誤差であるか、前記二乗平均誤差を定数倍あるいは定数加算したものであることを特徴とする請求項8もしくは9に記載の最尤系列推定器。

11、前記メトリックは、

25 前記硬判定値推定手段で推定されたシンボル系列と整合フィルタ手段の出力の相互相関の実数部の2倍から、前記メトリックの計算において対

象としたシンボル系列と前記伝送路のインパルス応答との相互相関の自己相関を減じた算出値か、前記算出値に定数倍あるいは定数加算したものであることを特徴とする請求項 8 もしくは 9 に記載の最尤系列推定器。

- 5      1 2、前記軟判定値計算手段は、  
        前記伝送路のインパルス応答の自己相関を計算する自己相関計算手段と、  
        前記硬判定値推定手段で推定した推定送信シンボル系列の軟判定値を求めるシンボルと自己相関計算手段で計算した自己相関の時間原点を合わせて積和を採る積和手段と、
- 10     軟判定値を求めるシンボルに対応する位置の前記整合フィルタ手段の出力から前記積和手段の出力を減算する減算手段と、  
        前記軟判定値を求めるシンボルの複素共役を採る複素共役手段と、  
        前記減算手段の出力と前記複素共役手段の出力を乗算する乗算手段と、
- 15     前記乗算手段の出力の実数部を採る実数部選択手段と、  
        を有することを特徴とする請求項 6 に記載の最尤系列推定器。

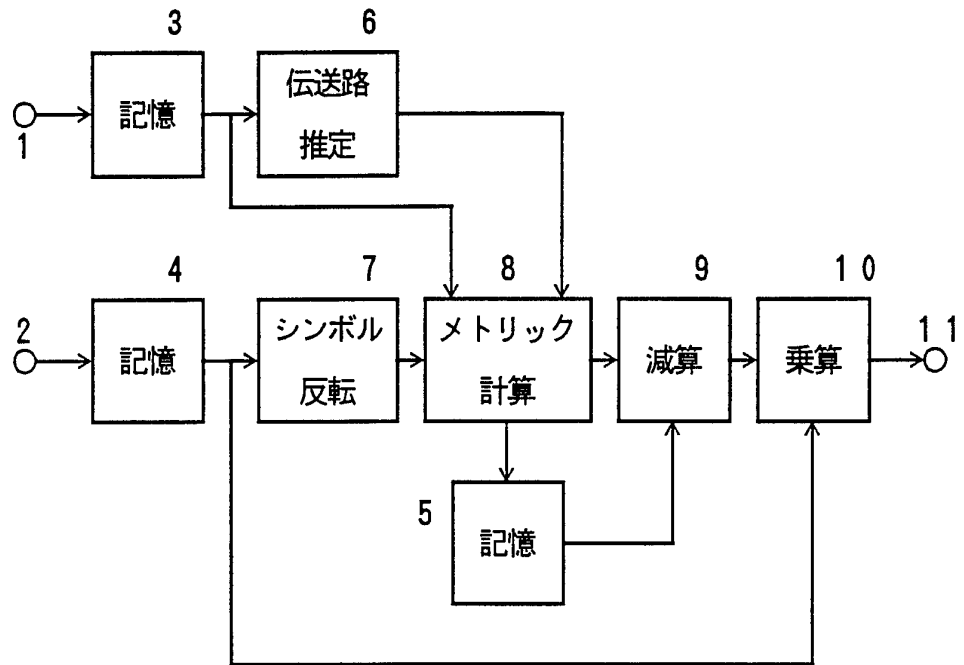


FIG. 1

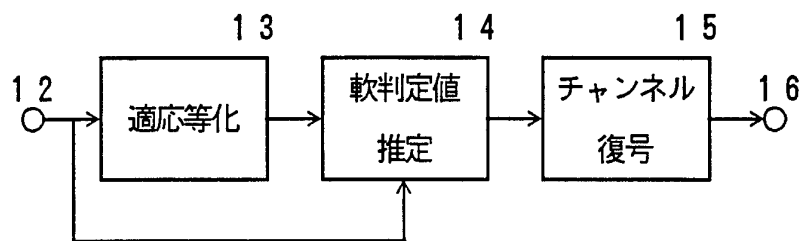


FIG. 2

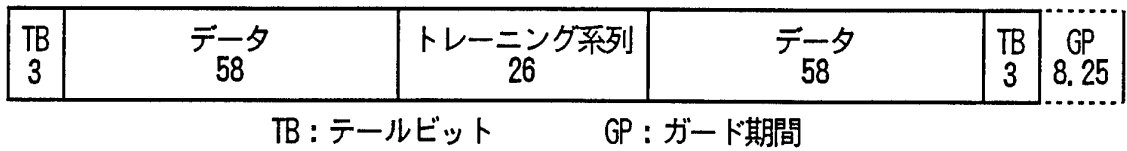


FIG. 3

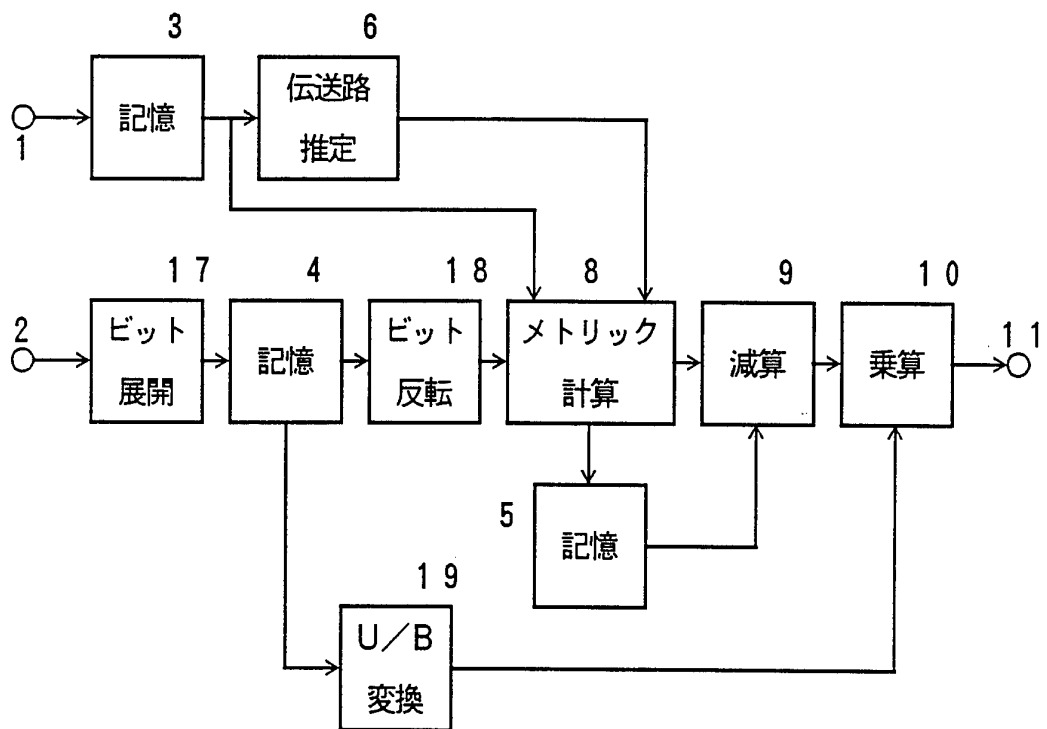


FIG. 4

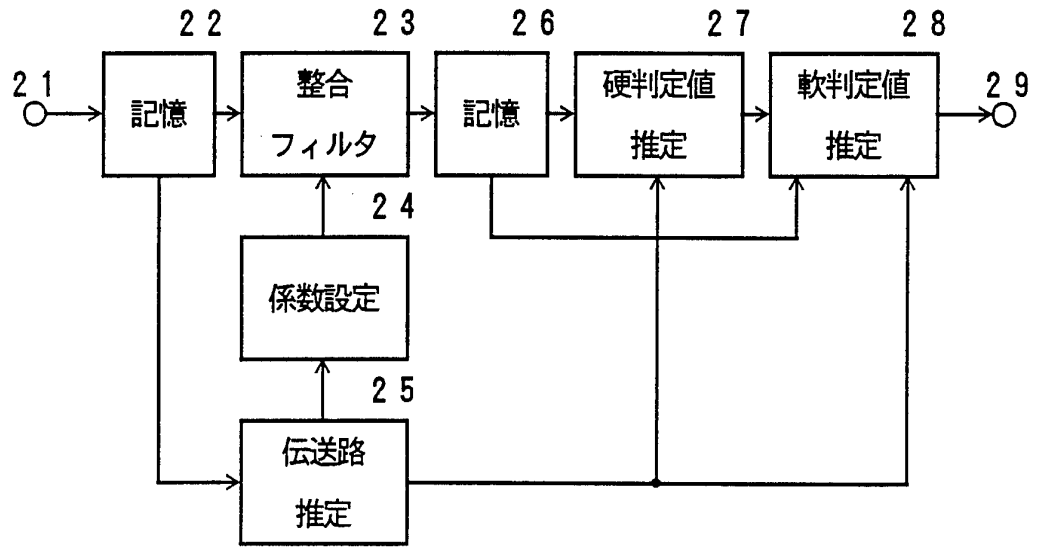


FIG. 5

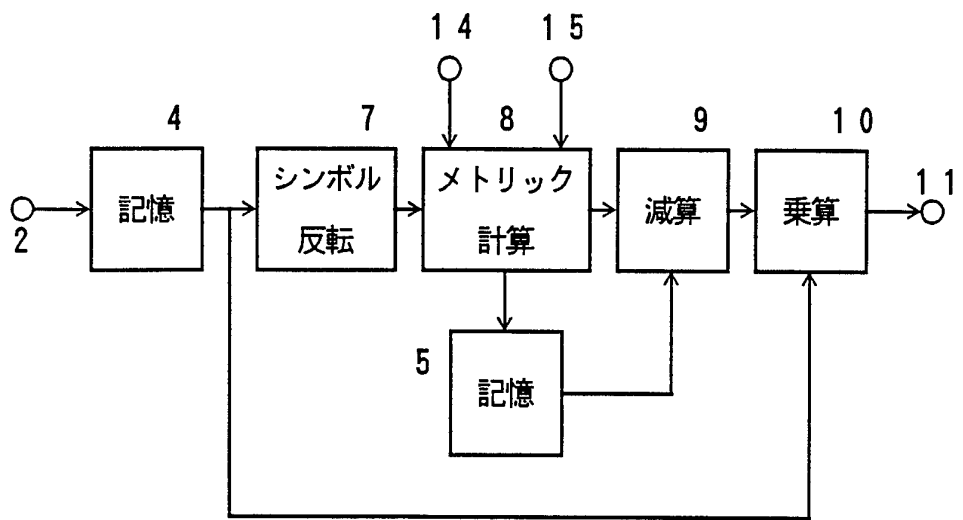


FIG. 6

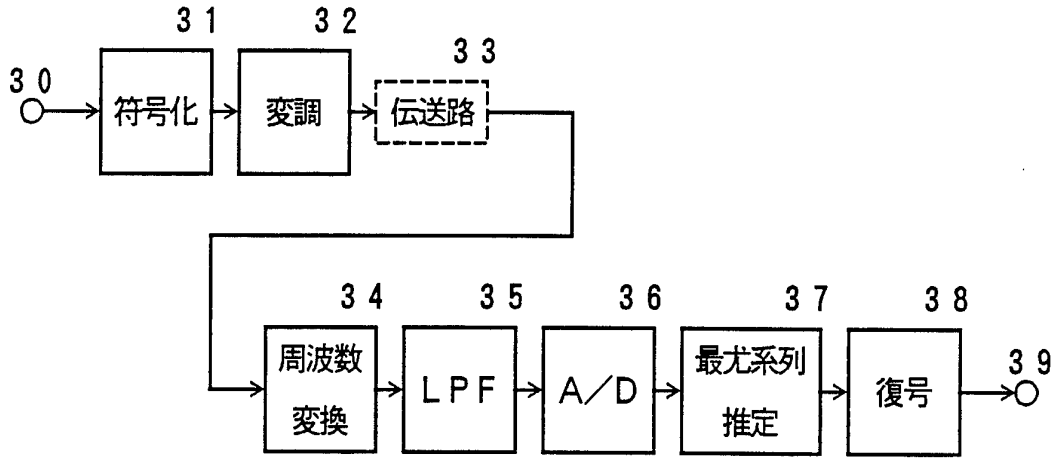


FIG. 7

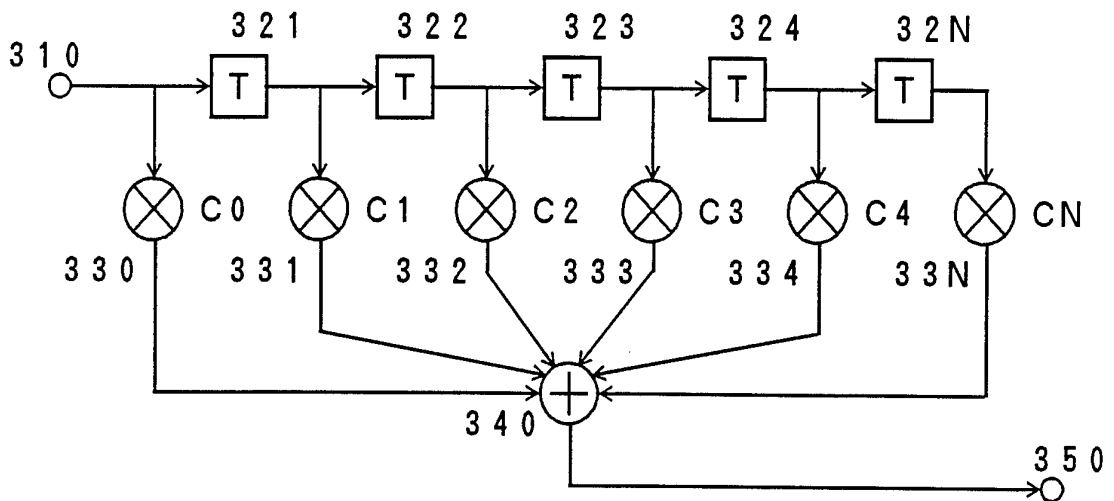


FIG. 8



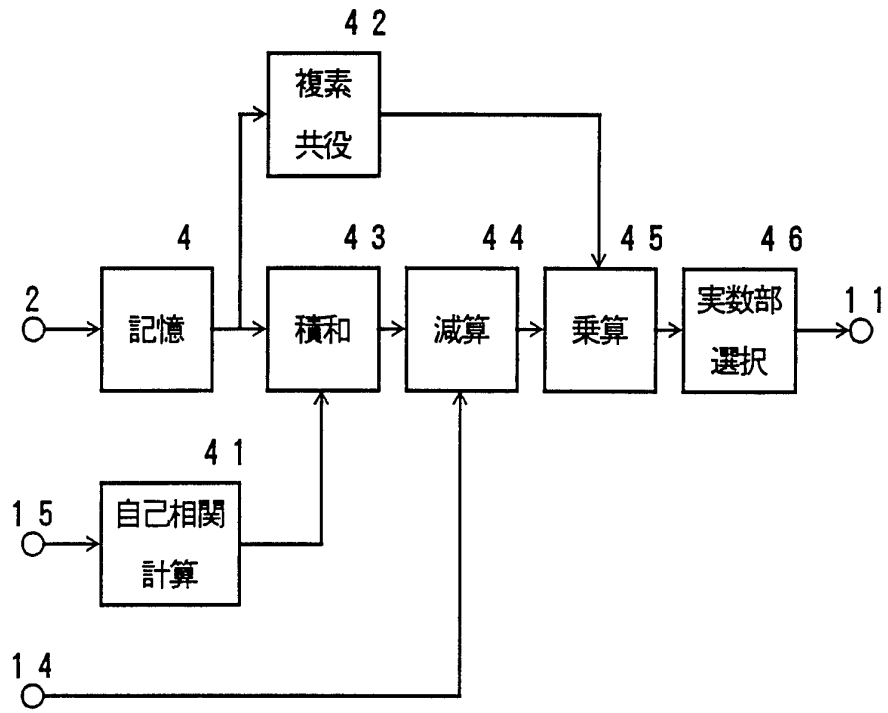


FIG. 9

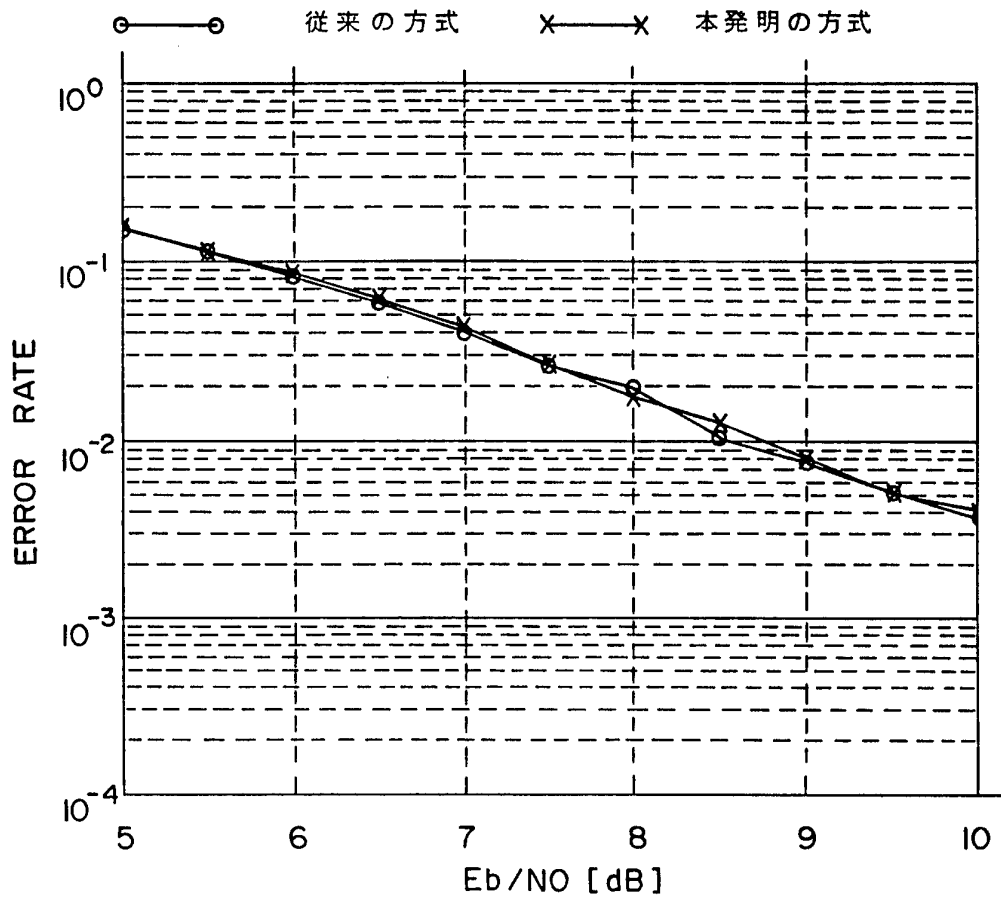


FIG. 10

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP94/00386

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int. Cl <sup>5</sup> H03M13/12, H04L25/30, H04L27/00 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) Int. Cl <sup>5</sup> H03M13/12, H04L25/30, H04L27/00 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1926 - 1994 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971 - 1994 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) WPI, WPI/L, EPAT		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP, A2, 467522 (TECHNOPHONE LIMITED), January 22, 1992 (22. 01. 92), Line 10, page 10 to line 45, page 13, & GB, A, 2246272	1-12
A	JP, A, 5-504872 (Motorla, Inc.), July 22, 1993 (22. 07. 93), Line 6, upper left column, page 3 to line 8, upper right column, page 4 & WO, A1, 91/6165 & AU, A, 90/67294 & CN, A, 1050958 & EP, A1, 495006 & PT, A, 95577 & AU, B, 637166 & US, A, 5271042	1-12
A	JP, A, 61-230430 (Mitsubishi Electric Corp.), October 14, 1986 (14. 10. 86), Line 13, upper right column, page 4 to line 20, page 6, (Family: none)	1-12
A	JP, A, 61-161027 (Mitsubishi Electric Corp.), July 21, 1986 (21. 07. 86),	1-12
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> 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 document 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 May 9, 1994 (09. 05. 94)	Date of mailing of the international search report May 31, 1994 (31. 05. 94)	
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer  Telephone No.	

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP94/00386

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Line 2, upper left column, page 3 to line 16, lower left column, page 5, (Family: none)  JP, A, 3-253123 (Kokusai Denshi Denwa Co., Ltd), November 12, 1991 (12. 11. 91), Line 15, upper right column, page 4 to line 12, upper left column, page 10, (Family: none)	1-12

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl. <sup>8</sup> H03M13/12, H04L25/30, H04L27/00		
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. <sup>8</sup> H03M13/12, H04L25/30, H04L27/00		
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 1926-1994年 日本国公開実用新案公報 1971-1994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)		
WPI, WPI/L, EPAT		
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 請求の範囲の番号
A	EP, A2, 467522 (TECHNOPHONE LIMITED), 22. 1月. 1992 (22. 01. 92), 第10頁第10行-第13頁第45行 & GB, A, 2246272	1-12
A	JP, A, 5-504872 (モトローラ・インコーポレイテッド), 22. 7月. 1993 (22. 07. 93), 第3頁左上欄第6行-第4頁右上欄第8行 & WO, A1, 91/6165 & AU, A, 90/67294	1-12
<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」 先行文献ではあるが、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	国際調査報告の発送日	
09. 05. 94	31.05.94	
名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100 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) 近藤 聡	5 J 8 7 3 0
	電話番号 03-3581-1101 内線	3536

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 請求の範囲の番号
	<p>&amp;CN, A, 1050958&amp;EP, A1, 495006 &amp;PT, A, 95577&amp;AU, B, 637166 &amp;US, A, 5271042</p>	
A	<p>JP, A, 61-230430 (三菱電機株式会社), 14. 10月. 1986 (14. 10. 86), 第4頁右上欄第13行-第6頁第20行 (ファミリーなし)</p>	1-12
A	<p>JP, A, 61-161027 (三菱電機株式会社), 21. 7月. 1986 (21. 07. 86), 第3頁左上欄第2行-第5頁左下欄第16行 (ファミリーなし)</p>	1-12
A	<p>JP, A, 3-253123 (国際電信電話株式会社), 12. 11月. 1991 (12. 11. 91), 第4頁右上欄第15行-第10頁左上欄12行 (ファミリーなし)</p>	1-12