

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報 ( B 2 )

(11)特許番号

特許第 3 1 3 9 6 0 2 号

( P 3 1 3 9 6 0 2 )

(45)発行日 平成13年3月5日(2001.3.5)

(24)登録日 平成12年12月15日(2000.12.15)

(51)Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I		
G 1 0 L	19/02	G 1 0 L	7/04	G
	19/00		9/14	G
	19/04			J
	19/08		9/18	E
				C
請求項の数 7			( 全 1 1 頁 )	

(21)出願番号	特願平7-65622	(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7年3月24日(1995.3.24)	(72)発明者	神 明夫 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8-263096	(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
(43)公開日	平成8年10月11日(1996.10.11)	(72)発明者	三樹 聡 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10年12月21日(1998.12.21)	(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】音響信号符号化方法及び復号化方法

1

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】 楽音や音声などの最高周波数が  $f_n$  の音響入力信号を周波数  $f_1, f_2, \dots, f_{n-1}$  ( $f_1 < f_2 < \dots < f_{n-1} < f_n$ ) の  $n$  個の区分 ( $n$  は 2 以上の整数) に分割して符号化する符号化方法において、

上記入力信号から周波数が  $f_1$  以下の第 1 帯域信号を選出する第 1 帯域選択過程と、

上記第 1 帯域信号を第 1 符号化方法で符号化して第 1 符号号を出力する第 1 符号化過程と、

第  $i - 1$  以下の各符号 ( $i = 2, 3, \dots, n$ ) から周波数が  $f_{i-1}$  以下の第  $i - 1$  復号信号を得る第  $i - 1$  復号化過程と、

上記入力信号から周波数  $f_i$  以下の第  $i$  帯域信号を選出する第  $i$  選択過程と、

2

上記第  $i$  帯域信号から上記第  $i - 1$  復号信号を差し引いて第  $i$  差信号を得る第  $i$  差過程と、

上記第  $i$  差信号を第  $i$  符号化方法で符号化して第  $i$  符号号を出力する第  $i$  符号化過程と、

を有する音響信号符号化方法。

【請求項 2】 上記第  $i - 1$  復号化過程は上記第  $i - 1$  符号を復号する過程と、その復号された信号と第  $i - 2$  復号信号とを加算する過程と、その加算された信号を標本化周波数が  $2 f_i$  の信号に変換して上記第  $i - 1$  復号信号を得る過程と、

10 有することを特徴とする請求項 1 記載の音響信号符号化方法。

【請求項 3】 楽音、音声などの最高周波数が  $f_n$  の音響入力信号を、周波数  $f_1, f_2, \dots, f_{n-1}$  ( $f_1 < f_2 < \dots < f_{n-1} < f_n$ ) ( $n = 2$  以上の整数) で区分

してそれぞれを符号化する符号化方法において、  
 上記入力信号より標本化周波数が  $2f_i$  の第  $i$  帯域信号  
 を得る第  $i$  帯域選択過程と、  
 上記第  $i$  帯域信号を第  $i$  符号化法により符号化して第  $i$   
 符号を出力する第  $i$  符号化過程と、  
 上記  $i - 1$  符号化過程 ( $i = 2, 3, \dots, n$ ) の符号誤  
 差として第  $i - 1$  誤差信号を得る第  $i - 1$  誤差取出し過  
 程と、  
 上記第  $i - 1$  誤差信号を標本化周波数が  $2f_i$  の第  $i - 1$   
 変換誤差信号に変換する第  $i - 1$  変換過程と、  
 上記入力音響信号より周波数帯域が  $f_{i-1} \sim f_i$ 、標本  
 化周波数が  $2f_i$  の第  $i$  帯域信号を得る第  $i$  帯域選出過  
 程と、  
 上記第  $i - 1$  変換誤差信号と上記第  $i$  帯域信号とを加算  
 して第  $i$  加算信号を得る第  $i$  加算過程と、  
 上記第  $i$  加算信号を第  $i$  符号化法により符号化して第  $i$   
 符号を出力する第  $i$  符号化過程と、  
 を有する音響信号符号化方法。

【請求項 4】 上記第  $i$  符号化法は符号駆動線形予測符  
 号化法であり、上記第  $n$  符号化法は変換符号化法である  
 ことを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れかに記載の音響  
 信号符号化方法。

【請求項 5】 上記第  $i$  符号化法から上記第  $n$  符号化法  
 までの各々が変換符号化法であることを特徴とする請求  
 項 1 乃至 3 の何れかに記載の音響信号符号化方法。

【請求項 6】 上記音響入力信号中の周波数  $f_i$  以下の  
 ほぼ全域の成分のスペクトル包絡を重みの基準として、  
 上記第  $i$  符号化過程において心理聴覚重み付け量子化を  
 行うことを特徴とする請求項 1 乃至 5 の何れかに記載の  
 音響信号符号化方法。

【請求項 7】 入力符号を第 1 乃至第  $n$  符号 ( $n$  は 2 以  
 上の整数) に分離する分離過程と、  
 上記第 1 符号を復号して、標本化周波数  $2f_1$  の第 1 復  
 号信号を第 1 復号化出力として出力する第 1 復号過程  
 と、  
 上記第  $i - 1$  復号化出力 ( $i = 2, 3, \dots, n$ ) を標本  
 化周波数が  $2f_i$  の第  $i - 1$  変換復号化出力に変換する  
 第  $i - 1$  変換過程と、  
 上記第  $i$  符号を復号して標本化周波数  $2f_i$  の第  $i$  復  
 号信号を得る第  $i$  復号過程と、  
 上記第  $i$  復号信号と上記第  $i - 1$  変換復号化出力とを加  
 算して第  $i$  復号化出力を出力する第  $i$  加算過程と、  
 を有する音響信号復号化方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、楽音や音声などの音  
 響信号を周波数領域で帯域分割して階層符号化する符号  
 化方法及びその復号化方法に関する。

【0002】

【従来の技術】音響信号を周波数領域で帯域分割して符

号化する方法として、サブバンド符号化方法がある。サ  
 ブバンド符号化方法は QMF (Quadrature  
 Mirror Filter) を用いて入力信号を複数  
 の周波数帯域に分割し、その各帯域に適切なビット割り  
 当てを行いつつ各帯域を独立に符号化する。

【0003】現在、楽音及び音声などの音響信号の符号  
 化方法は使用目的、復号品質、符号化速度などに応じて  
 多種多様な方法があるが、1つの音響信号に対して複数  
 の符号化方法を得ることなく 1つの符号化方法でのみ符  
 号化するのが普通である。しかし、例えば図 1 A に示す  
 ように音響信号 11 を周波数軸上で低域側から 3 つのサブ  
 バンド  $S_{B_1}$ 、 $S_{B_2}$ 、 $S_{B_3}$  に分割して階層化し、  
 図 2 に示すようにその下位層 (階層 1) であるサブバン  
 ド  $S_{B_1}$  は符号化品質は低い、すなわち復号再生音の周  
 波数帯域が狭く、量子化誤差も大きい符号化方法、例え  
 ば符号駆動線形の予測符号化法: CELP により高圧縮  
 率で符号化し、逆に上位層 (階層 3) であるサブバンド  
 $S_{B_3}$  の符号化は符号化品質が高く、すなわち復号再生  
 音の周波数帯域が広く、量子化誤差が小さい符号化方法  
 (例えば離散コサイン変換符号化方法などの変換符号化  
 法で低圧縮率で符号化し、中位層 (階層 2) であるサブ  
 バンド  $S_{B_2}$  に対しては下位層の符号化方法と、上位層  
 の符号化方法との中間の符号化方法とし、利用者の要求  
 に応じて階層 1 のみを符号化送出し、あるいは階層 1 と  
 2 を符号化送出し、又は全ての階層を符号化送出する  
 という符号化方法も、考えられる。

【0004】あるいは前述のように 3 つに階層符号化さ  
 れた各種の楽音又は音声信号を例えばデータベースとし  
 て設け、利用者からのそのデータベースをアクセスし、  
 30 所望の楽音信号を受け取り、その利用者の復号器に応じ  
 て、階層 1 の符号のみを復号して狭帯域かつ量子化誤差  
 の大きい低品質の再生音を得、あるいは階層 1 及び 2 の  
 符号を復号、又は階層 1、2、3 の全ての符号を復号し  
 て広帯域かつ量子化誤差の小さい高品質な再生音を得る  
 ことが考えられる。

【0005】又は、例えば、音声が支配的な広帯域の音  
 響信号を 2 階層に分けて符号化し、その下位層符号のみ  
 を復号すれば主に音声的な性質を有する音響信号をきれ  
 いに復号し、下位層と上位層との両符号を復号すれば、  
 40 更に、非音声的な性質を有する音響信号も含めた信号の  
 復号ができる、ということが考えられる。またこれらの  
 場合において、下位層符号のみを受け取り、その際の伝  
 送路の利用時間を短くしたり、伝送容量の小さな伝  
 送路を使用し、かつ実時間で復号したり、長い時間かけ  
 て上位層符号をも受け取り、一度蓄積した後、改めて再  
 生復号することにより高品質の復号信号を得ることもで  
 きる。

【0006】あるいは、これらの場合において、下位・  
 上位層の全ての符号を一度蓄積した後、下位層符号のみ  
 を、小型かつ経済的な遅延時間の小さい復号器により実

時間で復号したり、高品質な音を再生したい時には、上位層符号をも含めて、大型かつ遅延時間の大きな復号器により、時間をかけて復号し、その後で一度に再生することもできる。

【0007】前述のように復号品質や符号化圧縮率に選択性をもたせる符号化方法はスケーラブルな階層符号化方法と称せられる。スケーラブルな階層符号化方法としては図1Aに示したサブバンド符号化方法が考えられる。すなわち符号化方法1によってサブバンド $S_{B_1}$ の周波数帯域を符号化し、同様にして帯域 $S_{B_2}$ 、 $S_{B_3}$ を各々独立した符号化方法2、3により符号化を実行する。図1Bに示すように、復号化の際には、例えば、広帯域の復号音を必要としない時には、サブバンド $S_{B_1}$ の符号のみを符号化方法1の復号器により復号化して、サブバンド $S_{B_1}$ の帯域のみの音の復号信号 $12_1$ を得、また広帯域復号音を必要とする場合はサブバンド $S_{B_1}$ 、 $S_{B_2}$ 、 $S_{B_3}$ の各符号をそれぞれ符号化方法1、2、3と対応した復号量により復号して復号信号 $12_1$ 、 $12_2$ 、 $12_3$ を得てこれらの合成信号12を出力する。

#### 【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかし、このようなサブバンド符号化方法による階層符号化では、各帯域(すなわち各層)に発生する量子化誤差、すなわち符号器の入力信号とその局部復号器の出力信号、つまり伝送路などの影響を受けていない復号信号との誤差が図1Cに示すように各帯域 $S_{B_1}$ 、 $S_{B_2}$ 、 $S_{B_3}$ にそれぞれ量子化誤差 $13_1$ 、 $13_2$ 、 $13_3$ として保存され、よって全周波数帯域の復号信号12には各帯域毎に独立に歪みや雑音が発生してしまう。従って、全帯域を復号する場合(すなわち上位層までの復号化)でさえも、下位層の大きな量子化誤差 $13_1$ も、そのまま発生するため、高品質のものは得られない。広帯域復号信号を高品質に得るには各サブバンド $S_{B_1}$ 、 $S_{B_2}$ 、 $S_{B_3}$ での各符号化圧縮率を小さくしなければ、量子化雑音を低減させることができない。従ってこのような階層符号化方法では、スケーラブルな符号化を実現できない。

【0009】従来のサブバンド符号化方法によってスケーラブルな符号化ができないことを図3を参照して更に具体的に説明する。即ち原音響信号11の帯域を2分割し、第1階層(低域領域)をCELP方式で符号化し、第2階層(高域領域)を変換符号化方法により符号化している。第1階層では、音声の圧縮効率の高いCELP符号化が実行されているため、その局部復号信号 $12_1$ 、(図3B)の量子化誤差信号 $13_1$ は図3Cに示すように比較的大きい。一方第2階層では様々な波形に対して符号化可能な変換符号化が実行されているため、その局部復号信号 $12_2$ は図3Bに示すように原音信号11に近く、量子化誤差信号 $13_2$ は図3Cに示すように小さい。しかし第1階層の符号及び第2階層の符号を

それぞれ復号して広域復号信号を得ても、図3Dに示すようにその復号信号の量子化誤差の低域部分 $14_1$ は第1階層の量子化誤差 $13_1$ と変わらない。すなわち、第2階層までの復号品質は低周波数の帯域においてCELP符号化方法の符号化性能に依存してしまう。

【0010】この発明の目的は、下位層での復号品質の影響を上位層でも受けない高品質の復号品質が得られるスケーラブルな符号化方法及びその復号化方法を提供することにある。

#### 【0011】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明によれば、楽音や音声などの最高周波数が $f_n$ の音響入力信号を周波数 $f_1$ 、 $f_2$ 、……、 $f_{n-1}$  ( $f_1 < f_2 < \dots < f_{n-1} < f_n$ )の $n$ 個の区分( $n$ は2以上の整数)に分割して符号化する符号化方法において、入力信号から周波数が $f_1$ 以下の第1帯域信号を選出し、その第1帯域信号を第1符号化方法で符号化して第1符号を出力し、第 $i-1$ 以下の各符号( $i=2, 3, \dots, n$ )から周波数が $f_{i-1}$ 以下の第 $i-1$ 復号信号を得、上記入力信号から周波数 $f_i$ 以下の第 $i$ 帯域信号を選出し、その第 $i$ 帯域信号から上記第 $i-1$ 復号信号を差し引いて第 $i$ 差信号を得、その第 $i$ 差信号を第 $i$ 符号化方法で符号化して第 $i$ 符号を出力する。

【0012】第 $i-1$ 復号信号は例えば、第 $i-1$ 符号を復号化した信号と、第 $i-2$ 復号信号とを加算し、その加算信号を標準化周波数が $2f_i$ の信号に変換して得る。請求項3の発明の符号化方法によれば楽音、音声などの最高周波数が $f_n$ の音響入力信号を、周波数 $f_1$ 、 $f_2 \dots, f_{n-1}$  ( $f_1 < f_2 < \dots < f_{n-1} < f_n$ ) ( $n=2$ 以上の整数)で区分してそれぞれ符号化する符号化方法において、上記音響入力信号より標準化周波数が $2f_1$ の第1帯域音響信号を得、その第1帯域信号を第1符号化法により符号化して第1符号を出力し、その第1符号の符号化誤差を第 $i-1$ 誤差信号を得( $i=2, 3, \dots, n$ )、その第 $i-1$ 誤差信号を標準化周波数が $2f_i$ の第 $i-1$ 変換誤差信号に変換し、上記音響入力信号より周波数帯域が $f_{i-1} \sim f_i$ 、標準化周波数が $2f_i$ の第 $i$ 帯域信号を得、上記第 $i-1$ 変換誤差信号と上記第 $i$ 帯域信号とを加算して第 $i$ 加算信号を得、その第 $i$ 加算信号と第 $i$ 符号化法により符号化して第 $i$ 符号を出力する。

【0013】請求項4の発明によれば、請求項1乃至3の何れかの発明において上記第1符号化法として符号駆動線形予測符号化法を用い、上記第 $n$ 符号化法として変換符号化法を用いる。請求項5の発明によれば、請求項1乃至3の何れかの発明において上記第1乃至第 $n$ 符号化法として何れも変換符号化法を用いる。請求項6の発明では請求項1乃至5の何れかの発明において、上記音響入力信号中の周波数 $f_i$ 以下のほぼ全域の成分のスペクトル包絡を重みの基準として、上記第 $i$ 符号の符号化

過程において心理聴覚重み付け量子化を行う。

【0014】請求項7の発明の復号化方法によれば、入力符号を第1乃至第n符号（nは2以上の整数）に分離し、上記第1符号を復号して、標本化周波数 $2f_1$ の第1復号信号を出力し、上記第 $i-1$ 復号信号（ $i=2, 3, \dots, n$ ）を標本化周波数が $2f_i$ の第 $i-1$ 変換復号信号に変換し、上記第 $i$ 符号を復号して標本化周波数 $2f_i$ の第 $i$ 復号信号を得、その第 $i$ 復号信号と上記第 $i-1$ 変換復号信号とを加算して第 $i$ 加算信号を出力する。

【0015】

【実施例】図4Aに請求項1の発明の符号化方法の実施例を適用した符号化器の例を示す。この例では原音信号を2つの周波数帯域に分けて符号化、つまり2階層符号化する場合である。入力端子21からの原音入力信号11は標本化周波数が $24\text{kHz}$ 、つまり最高周波数 $f_2$ が $12\text{kHz}$ のデジタル信号であり、この入力信号は第1帯域選択手段としてのサンプルレート変換器22<sub>1</sub>で標本化周波数が $16\text{kHz}$ の信号に変換されて第1帯域信号23が取出される。このサンプルレート変換はいわゆるダウンサンプリングであり、例えば変換標本化周波数比に応じた間隔でサンプルが除去された後、デジタル低域通過フィルタを通して実行される。このサンプルレート変換器22<sub>1</sub>よりの周波数が $f_1=8\text{kHz}$ 以下の第1帯域信号23が取出され、この第1帯域信号23は第1符号化方法による第1符号器24<sub>1</sub>で符号化される。この例では第1符号器24<sub>1</sub>としてCELP（符号駆動線形予測符号化）符号方法により符号化する。この符号化の結果である第1符号 $C_1$ が出力される。

【0016】この実施例では局部復号器25<sub>1</sub>で復号され、周波数が $f_1$ 以下の第1復号信号12<sub>1</sub>が得られ、その復号信号12<sub>1</sub>は第1サンプルレート変換器26<sub>1</sub>で標本化周波数が $24\text{kHz}$ の変換復号信号27に変換される。このサンプルレート変換器26<sub>1</sub>はいわゆるアップサンプリングを行うものであり、例えば、変換周波数比に応じた間隔でゼロサンプルを加えた後デジタル低域通過フィルタに通せばよい。差回路28で入力信号11からこの変換復号信号27が差引かれ、その差信号29が第2符号化方法による第2符号器24<sub>2</sub>で符号化される。この実施例では第2符号器24<sub>2</sub>で変形離散コサイン変換などの変換符号化（Transform coding）により符号化される。この符号化結果の第2符号 $C_2$ は出力される。第1符号 $C_1$ と第2符号 $C_2$ は多重化回路31で、例えば図4bに示すように符号化フレームごとに時分割的に多重化され、符号化符号 $C$ として出力される。利用者の要求によっては第1符号 $C_1$ のみを出力してもよい。

【0017】標本化周波数 $24\text{kHz}$ の原音入力信号11の周波数スペクトルは例えば図5Aに示され、この信号11中の $8\text{kHz}$ 以下の信号が標本化周波数 $16\text{kHz}$

zの信号23（図5B）として下位層の第1符号器24<sub>1</sub>に入力され、高い圧縮効率で符号化される。その符号化符号 $C_1$ の局部復号器25<sub>1</sub>により復号された復号信号12<sub>1</sub>は図5Bに示すように、下位層入力信号23に対しては少なからず量子化誤差13<sub>1</sub>が図5Cに示すように生じる。差回路28からこの誤差信号13<sub>1</sub>と、原音入力信号11の $8\text{kHz}$ 以上の高域信号33とよりなる信号29が上位層の第2符号器24<sub>2</sub>に入力され、あらゆる性質の入力信号を高品質に符号化可能な変換符号化方法により符号化される。

【0018】このようにこの実施例では下位層の符号化符号 $C_1$ は原音をそれ程忠実には符号化しないが、上位層では下位層の量子化誤差も含めて符号化されるため、後述で明らかにするように、上位層まで復号する場合に、下位層をも高い忠実度で復号再生することが可能となる。つまり下位層では高い圧縮効率で符号化し、しかも上位層をも復号する場合は、高品質の復号信号を得ることができる。

【0019】特に前記実施例では下位層の符号化にCELP方式を用いているため符号化対象が音声の場合、下位層の第1符号 $C_1$ のみを復号しても比較的良好な品質が得られ、また演算量が少なく、実時間処理が容易である。下位層の第1符号 $C_1$ と上位層の第2符号 $C_2$ をそれぞれ復号すれば、上位層の変換符号 $C_2$ の復号信号が、下位層のCELP符号 $C_1$ への符号化誤差を補償するので、符号化対象が楽音であっても広帯域にわたり、品質の高い復号信号が得られる。

【0020】符号化を行う場合に、人間の心理聴覚、例えば大きいレベルのスペクトルによるマスキング特性などを考慮して、心理聴覚重み付けをして符号化することにより聴覚的に量子化誤差を抑圧した効率的な符号化をすることがよくある。例えば符号器24<sub>1</sub>のCELP符号化方法においては図6に示すように、制御部35により指定される周期（ピッチ）のベクトルが適応符号帳36から取出され、また指定された雑音符号帳37から雑音ベクトルが取出され、これらはそれぞれ利得が付与された後、合成されて線形予測合成フィルタ38に励振ベクトルとして入力される。一方図4Aのサンプルレート変換器22<sub>1</sub>よりの入力信号は符号化フレーム周期で線形予測分析部39で線形予測分析され、その線形予測係数が量子化部41で量子化され、その量子化線形予測係数に応じて合成フィルタ38のフィルタ係数が設定される。また聴覚重み付け係数演算部43で線形予測係数より求めたスペクトル包絡に基づいて心理聴覚重み付けのためのフィルタ係数を求めて、聴覚重み付けフィルタ42に設置する。サンプルレート変換器22<sub>1</sub>よりの入力信号から合成フィルタ38よりの合成信号が差引かれ、その差信号が聴覚重み付けフィルタ42へ通され、その出力のエネルギーが最小になるように制御部35により適応符号帳36、雑音符号帳37に対する選択が行

われる。

【0021】変換符号器  $24_2$  の変換符号化方法においては、例えば図7に示すように差回路器  $28$  の出力が離散コサイン変換器  $45$  で直交コサイン変換されて周波数領域の係数に変換され、そのスペクトル包絡成分が線形予測分析部  $46$  で線形予測分析され、これよりスペクトル包絡を得、そのスペクトル包絡で変換器  $45$  の出力係数が割算されて正規化され、その平均化された係数が聴覚重み付け部  $47$  で聴覚重み付けがなされ、更に量子化部  $48$  で例えばベクトル量子化される。聴覚重み付け係数を得るため、この実施例について入力端子  $21$  から原音入力信号  $11$  が離散コサイン変換器  $49$  で直交コサイン変換して、周波数領域に変換され、その変換係数のスペクトル包絡にもとづいて聴覚重み付け係数が係数演算部  $51$  で演算されて聴覚重み付け部  $47$  に与えられ、正規化係数の対応する成分に対する乗算がなされる。

【0022】つまり、上位層の第  $2$  の符号器  $24_2$  では図5Cに示すスペクトルの信号  $29$  を符号化するが、この信号  $29$  のスペクトル包絡にもとづいて聴覚重み付けを行うのではなく、原音入力信号  $11$  のスペクトル包絡(図5D)を求め、これに基づいて聴覚重み付け符号化を行う。次にこの発明の復号化方法の実施例を図8を参照して説明する。この実施例は図4に示した符号化法による符号化符号の復号化に適用した場合である。入力端子  $55$  より入力された入力符号に分離回路  $56$  で第  $1$  符号  $C_1$  と第  $2$  符号  $C_2$  とに分離され、第  $1$  符号  $C_1$  は第  $1$  復号器  $57_1$  によりこの例ではCELP復号化方法により最高信号周波数  $f_1$  (標準化周波数  $16\text{kHz}$ ) の第  $1$  復号信号  $58_1$  に復号されて下位層(低域)復号化出力  $63_1$  として出力される。

【0023】この第  $1$  復号化出力  $58_1$  はサンプルレート変換器  $59$  により最高信号周波数  $f_2$  (標準化周波数が  $24\text{kHz}$ ) の変換復号信号  $61_1$  に変換される。一方分離回路  $56$  よりの第  $2$  符号  $C_2$  は第  $2$  復号器  $57_2$  によりこの例では変換符号復号化がなされ、最高信号周波数  $f_2$  (標準化周波数が  $24\text{kHz}$ ) の第  $2$  復号信号  $58_2$  が得られて、この第  $2$  復号信号  $58_2$  は第  $1$  変換復号信号  $61_1$  と加算器  $62_2$  で加算されて上位層(全帯域)復号化出力  $63_2$  として出力される。

【0024】つまり下位層復号化出力  $63_1$  としては理想的な場合は図5B中の復号信号  $12_1$  が得られる。一方第  $2$  復号器  $57_2$  の復号信号  $58_2$  は理想的には図5Eに示すように、下位層(低域)の量子化誤差信号  $13_1$  の復号信号  $60_1$  と、高域信号  $33$  の復号信号  $64_2$  とである。よって加算器  $62_2$  よりの復号化出力  $63_2$  には低域の復号信号  $58_1$  に対し、その量子化誤差  $13_1$  と対応する復号信号  $60_1$  が加算され、量子化誤差が著しく軽減され、かつ高域復号信号  $64_2$  に高い忠実度のものであるから、加算器  $62$  から得られる上位層までの復号化出力  $63_2$  は原音入力信号  $11$  に著しく近く、

その量子化誤差信号は例えば図5Fに示すように全帯域にわたり、著しく小さなものとなる。

【0025】次にこの発明の符号化方法を  $n$  階層( $n$  帯域)分割符号化に適用した例として  $n = 4$  の場合について図9を参照して説明する。図9において図4Aと対応する部分に同一符号を付けてある。この例では原音入力信号  $11$  は最高周波数が  $f_n = f_4$  でその標準化周波数が  $2f_4$  であり、第  $1$  サンプルレート変換器(第  $1$  帯域選択手段)  $22_1$  で標準化周波数が  $2f_1$  (但し  $f_1 < f_2 < f_3 < f_4$ ) の入力信号  $23_1$  に変換され、つまり周波数  $f_1$  以下の第  $1$  帯域信号  $23_1$  が選出され、その第  $1$  帯域信号  $23_1$  は第  $1$  符号器  $24_1$  で符号化され、第  $1$  符号  $C_1$  として出力されると共にその第  $1$  符号  $C_1$  は第  $1$  復号器  $25_1$  で標準化周波数  $2f_1$  の信号に復号され、その復号信号  $12_1$  は第  $1$  サンプルレート変換器  $26_1$  で標準化周波数が  $2f_2$  の第  $1$  変換復号信号に変換される。一方入力信号  $11$  が第  $2$  帯域選択手段としてのサンプルレート変換器  $22_2$  で標準化周波数が  $2f_2$  の信号に変換されて、周波数  $f_2$  以下の第  $2$  帯域信号  $23_2$  が取出される。この第  $2$  帯域信号  $23_2$  から第  $1$  サンプルレート変換器  $26_1$  よりの第  $1$  変換復号信号が第  $2$  差回路  $28_2$  で引算され、その第  $2$  差信号  $29_2$  が第  $2$  符号器  $24_2$  で符号化され、第  $2$  符号  $C_2$  が出力される。

【0026】以下同様の処理を行うが、第  $3$  符号  $C_3$  を得る処理を、 $i = 3$  ( $i = 2, 3, \dots, n$ 、この例では  $n = 4$ ) を例として説明する。第  $i - 1$  (=第  $2$ ) 符号  $C_{i-1}$  (=  $C_2$ ) が第  $i - 1$  (=第  $2$ ) 復号器  $25_2$  で復号されて標準化周波数  $2f_{i-1}$  (=  $2f_2$ ) の第  $i - 1$  (=第  $2$ ) 復号信号を得、この第  $i - 1$  (=第  $2$ ) 復号信号と第  $i - 2$  (=第  $1$ ) サンプルレート変換器  $26_{i-2}$  (=  $26_1$ ) よりの第  $i - 2$  (=第  $1$ ) 変換復号信号との和が加算器  $60_{i-1}$  (=  $60_2$ ) でとられ、その和信号は第  $i - 1$  (=第  $2$ ) サンプルレート変換器  $26_{i-1}$  (=  $26_2$ ) で標準化周波数  $2f_i$  (=  $2f_3$ )、周波数が  $f_i$  (=  $f_3$ ) 以下の第  $i - 1$  (=第  $2$ ) 変換復号信号に変換される。一方、第  $i$  (=第  $3$ ) 帯域選択手段としてのサンプルレート変換器  $22_i$  (=  $22_3$ ) により入力信号  $11$  から、周波数が  $f_i$  (=  $f_3$ )、標準化周波数が  $2f_i$  (=  $2f_3$ ) の第  $i$  (=第  $3$ ) 帯域信号  $23_i$  (=  $23_3$ ) が取出され、その第  $i$  (=第  $3$ ) 帯域信号  $23_i$  (=  $23_3$ ) は第  $i - 1$  (=第  $2$ ) サンプルレート変換器  $26_{i-1}$  (=  $26_2$ ) よりの変換復号信号が第  $i$  (=第  $3$ ) 差回路  $28_i$  (=  $28_3$ ) で減算され、その第  $i$  (=第  $3$ ) 減算信号  $29_3$  が第  $i$  (=第  $3$ ) 符号器  $24_i$  (=  $24_3$ ) で符号化され、第  $i$  (=第  $3$ ) 符号  $C_i$  (=  $C_3$ ) を出力する。なお、第  $i - 1$  (=第  $2$ ) 復号器  $25_{i-1}$  (=  $25_2$ ) と、加算器  $60_{i-1}$  (=  $60_2$ ) と第  $i - 1$  (=第  $2$ ) サンプルレート変換器  $26_{i-1}$  (=  $26_2$ ) は第  $i - 1$

(=第2)復号化手段 $40_{i-1}$ ( $=40_2$ )を構成する。ただ第1復号化手段 $40_1$ は第 $i-2$ 層が存在せず、つまり更に低域の信号を扱わないので加算器 $60_{i-1}$ は省略される。また最上位層の帯域信号 $23_n$ ( $=23_4$ )は周波数 $f_n$ ( $=f_4$ )以下の信号であるため第 $n$ ( $=4$ )帯域選択手段としてのサンプルレート変換器 $22_n$ ( $=22_4$ )を備える必要はない。

【0027】このようにしてこの発明は入力信号帯域を $n$ 区間に分割して符号化する場合に適用できる。第1~第 $n$ (=第4)符号 $C_1 \sim C_n$ ( $=C_4$ )は多重化回路31でフレームごとに多重化されて符号化符号 $C$ として出力される。この場合多重化回路31は第1又は第1~第 $i$ 符号の何れでも選択して出力することができるようにされる。第1~第 $n$ (=第4)符号器 $24_1 \sim 24_n$ ( $=24_4$ )は符号器 $24_i$ の $i$ が大となる程圧縮率が小さくなる、という使い方をすれば広帯域、高品質の符号化をする。これを満たせばその符号化方法は、例えば全てを変換符号化としてもよい。

【0028】第1~第4符号器 $24_1 \sim 24_4$ において聴覚重み付け符号化を行う場合はサンプルレート変換器 $22_1, 22_2, 22_3$ よりの各周波数が $f_1, f_2, f_3$ 以下の信号が聴覚重み付け係数演算部 $72_1, 72_2, 72_3$ へそれぞれ供給され、それぞれそのスペクトル包絡に基づく聴覚重み付け係数が演算され、また入力信号が聴覚重み付け係数演算部 $72_4$ に入力されて同様に聴覚重み付け係数が演算され、これら聴覚重み付け係数演算部 $72_1 \sim 72_4$ でそれぞれ演算された聴覚重み付け係数が第1~第4符号器 $24_1 \sim 24_4$ へ供給され、前述したように聴覚重み付け符号化が行われる。

【0029】この発明の符号化方法を $n$ 階層分割符号化への適用例として $n=4$ の場合を図10に示す。この例も原音入力信号11の最高周波数が $f_n=f_4$ でその標本化周波数が $2f_4$ の場合で、第1サンプルレート変換器(第1帯域選択手段)22<sub>1</sub>で標本化周波数が $2f_1$ (但し $f_1 < f_2 < f_3 < f_4$ )の入力信号23<sub>1</sub>に変換され、つまり周波数 $f_1$ 以下の第1帯域信号23<sub>1</sub>が選出され、その第1帯域信号23<sub>1</sub>は第1符号器24<sub>1</sub>で符号化され、第1符号 $C_1$ として出力されると共にその第1符号 $C_1$ は第1複号器25<sub>1</sub>で標本化周波数 $2f_1$ の信号に復号され、その復号信号12<sub>1</sub>と第1帯域信号23<sub>1</sub>との差が第1差回路65<sub>1</sub>でとられ、その差信号(第1誤差信号)13<sub>1</sub>は第1サンプルレート変換器26<sub>1</sub>で標本化周波数が $2f_2$ の第1変換誤差信号に変換される。

【0030】一方入力信号11から第2帯域選択手段66<sub>2</sub>で周波数帯域が $f_1 \sim f_2$ 、標本化周波数が $2f_2$ の第2帯域信号23<sub>2</sub>が取出される。例えば入力信号11がサンプルレート変換器22<sub>2</sub>で標本化周波数 $2f_2$ の信号に変換され、その信号が遮断周波数 $f_1$ の高域通過フィルタ67<sub>2</sub>に通されて第2帯域信号23<sub>2</sub>が得ら

れる。この第2帯域信号23<sub>2</sub>は第1サンプルレート変換器26<sub>1</sub>よりの第1変換誤差信号と第2加算器68<sub>2</sub>で加算され、その第2加算信号29<sub>2</sub>が第2符号器24<sub>2</sub>で符号化され、第2符号 $C_2$ が出力される。

【0031】以下同様の処理を行うが、第3符号 $C_3$ を得る処理を、 $i=3$ ( $i=2, 3, \dots, n$ 、この例では4まで)を例として説明する。第 $i-1$ (=第2)符号 $C_{i-1}$ ( $=C_2$ )が第 $i-1$ (=第2)復号器25<sub>2</sub>で復号されて標本化周波数 $2f_{i-1}$ ( $=2f_2$ )の第 $i-1$ (=第2)復号信号を得、この第 $i-1$ (=第2)復号信号と第 $i-1$ (=第2)加算器68<sub>i-1</sub>( $=68_2$ )より第 $i-1$ (=第2)加算信号29<sub>i-1</sub>( $=29_2$ )との差が差回路65<sub>i-1</sub>( $=65_2$ )でとられ、その第 $i-1$ (=第2)誤差信号13<sub>2</sub>は第 $i-1$ (=第2)サンプルレート変換器26<sub>i-1</sub>( $=26_2$ )で標本化周波数 $2f_i$ ( $=2f_3$ )の第 $i-1$ (=第2)変換誤差信号に変換される。一方、第 $i$ (=第3)帯域選択手段66<sub>i</sub>( $=66_3$ )により入力信号11から、帯域が $f_{i-1} \sim f_i$ ( $=f_2 \sim f_3$ )、標本化周波数が $2f_i$ ( $=2f_3$ )の第 $i$ (=第3)帯域信号23<sub>i</sub>( $=23_3$ )が取出され、その第 $i$ (=第3)帯域信号23<sub>i</sub>( $=23_3$ )は第 $i-1$ (=第2)変換誤差信号と第 $i$ (=第3)加算器68<sub>i</sub>( $=68_3$ )で加算され、その第 $i$ (=第3)加算信号29<sub>3</sub>が第 $i$ (=第3)符号器24<sub>i</sub>( $=24_3$ )で符号化され、第 $i$ (=第3)符号 $C_i$ ( $=C_3$ )を出力する。

【0032】このようにしてこの発明は入力信号帯域を $n$ 区間に分割して符号化する場合に適用できる。最上位層、つまり周波数 $f_{n-1} \sim f_n$ ( $=f_3 \sim f_4$ )の帯域を選出する第 $n$ (=第4)帯域選択手段66<sub>n</sub>( $=66_4$ )は単なる遮断周波数が $f_{n-1}$ ( $=f_3$ )の高域通過フィルタ67<sub>n</sub>( $=67_4$ )でよい。第1~第 $n$ (=第4)符号 $C_1 \sim C_n$ ( $=C_4$ )は多重化回路31でフレームごとに多重化されて符号化符号 $C$ として出力される。この場合多重化回路31は第1又は第1~第 $i$ 符号の何れでも選択して出力することができるようにされる。

【0033】第1~第 $n$ (=第4)符号器 $24_1 \sim 24_n$ ( $=24_4$ )は符号器 $24_i$ の $i$ が大となる程圧縮率が小さくなる、という使い方をすれば広帯域、高品質の符号化をする。これを満たせばその符号化方法は、例えば全てを変換符号化としてもよい。第1~第4符号器 $24_1 \sim 24_4$ において聴覚重み付け符号化を行う場合はサンプルレート変換器71<sub>1}, 71<sub>2}, 71<sub>3</sub>により入力信号がそれぞれ標本化周波数が $2f_1, 2f_2, 2f_3$ の信号により変換されることにより、入力信号11からそれぞれ周波数が $f_1, f_2, f_3$ 以下の信号が取出されて聴覚重み付け係数演算部72<sub>1}, 72<sub>2}, 72<sub>3</sub>へそれぞれ供給され、それぞれそのスペクトル包絡に基づく聴覚重み付け係数が演算され、また入力信号が聴覚重</sub></sub></sub></sub>

み付け係数演算部 7 2<sub>4</sub> に入力されて同様に聴覚重み付け係数が演算され、これら聴覚重み付け係数演算部 7 2<sub>1</sub> ~ 7 2<sub>4</sub> でそれぞれ演算された聴覚重み付け係数が第 1 ~ 第 4 符号器 2 4<sub>1</sub> ~ 2 4<sub>4</sub> へ供給され、前述したように聴覚重み付け符号化が行われる。

【0034】この発明による復号化方法を適用した復号化器の例として、 $n = 4$ 、つまり入力符号が第 1 ~ 第 4 符号  $C_1 \sim C_4$  が入力される場合を図 1 1 に、図 8 と対応する部分に同一符号を付けて示す。符号分離手段 5 6 で入力符号  $C$  は第 1 ~ 第 4 符号  $C_1 \sim C_4$  に分離され、それぞれ第 1 ~ 第 4 復号器 5 7<sub>1</sub> ~ 5 7<sub>4</sub> へ供給される。第 1 復号器 5 7<sub>1</sub> の第 1 復号信号 5 8<sub>1</sub> は第 1 復号化出力 6 3<sub>1</sub> として出力されると共にサンプルレート変換器 5 9<sub>1</sub> で標準化周波数がそれぞれ  $2 f_2$ 、第 1 変換復号信号 6 1<sub>1</sub> に変換され、その第 1 変換復号信号 6 1<sub>1</sub> は第 2 復号器 5 7<sub>2</sub> より第 2 復号信号 5 8<sub>2</sub> に第 2 加算器 6 2<sub>2</sub> で加算されて第 2 復号化出力 6 3<sub>2</sub> として出力されると共に第 2 サンプルレート変換器 5 9<sub>2</sub> で標準化周波数が  $2 f_3$  の変換復号信号に変換される。一般には第  $i - 1$  ( $i = 2, 3, \dots, n$ 、例えば  $i = 3$ ) 加算器 6 2 <sub>$i-1$</sub>  ( $= 6 2_2$ ) よりの第  $i - 1$  ( $=$  第 3) 復号化出力 6 3 <sub>$i-1$</sub>  ( $= 6 3_2$ ) が第  $i - 1$  (第 2) サンプルレート変換器 5 9 <sub>$i-1$</sub>  ( $= 5 9_2$ ) で標準化周波数が  $2 f_i$  ( $= 2 f_3$ ) の第  $i - 1$  ( $=$  第 2) 変換復号信号 6 1 <sub>$i-1$</sub>  ( $= 6 1_2$ ) に変換され、その第  $i - 1$  ( $=$  第 2) 変換復号信号 6 1 <sub>$i-1$</sub>  ( $= 6 1_2$ ) と第  $i$  ( $=$  第 3) 復号器 5 7 <sub>$i$</sub>  ( $= 5 7_3$ ) からの第  $i$  ( $=$  第 3) 復号信号 5 8 <sub>$i$</sub>  ( $= 5 8_3$ ) とが第  $i$  ( $=$  第 3) 加算器 6 2 <sub>$i$</sub>  ( $= 6 2_3$ ) で加算されて第  $i$  ( $=$  第 3) 復号化出力 6 3 <sub>$i$</sub>  ( $= 6 3_3$ ) を得ることができ、これが出力される。

【0035】

【発明の効果】以上説明したように、この発明によれば、階層符号化方法において下位層の量子化誤差を上位層で符号化しているため、C E L P 符号化方法と変換符

号化方法などの、圧縮方法の異なる符号化方法によって階層を構成しても、上位層までの復号信号において符号化品質を低下させない、という効果がある。また、下位層の量子化誤差を上位層で符号化する、という操作を繰り返すことにより、複数階層化において量子化誤差を階層数に応じて減少させることが可能となる。更に、このような符号化方法によって、どの階層で復号しても聴感上の復号品質が最適となり、スケーラブルな階層符号化を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】サブバンド符号化方法を 3 つの周波数帯域に分割する方法によって実現した場合の原音 (A) と符号化再生音 (B)、および量子化誤差 (C) の例を示す図。

【図 2】スケーラブルな階層構造を持つ階層符号化方法の特徴を説明するための図。

【図 3】サブバンド符号化方法によって階層符号化を実現した場合の原音、復号信号、量子化誤差の様子を示す図。

【図 4】A はこの発明による符号化方法を 2 階層符号化に適用した場合の符号化器の例を示すブロック図、B は多重化された符号の例を示す図である。

【図 5】A ~ D は図 4 A の符号化動作における原音、復号信号、上位層符号化入力、上位層聴覚重み付けの基準の各例を示す図、E, F は上位層の復号信号、上位層までの復号の量子化誤差の例を示す図である。

【図 6】C E L P 符号化器の概略を示すブロック図。

【図 7】変換符号化器の概略を示すブロック図。

【図 8】この発明の復号化方法を 2 階層符号化の復号化に適用した復号器の例を示すブロック図。

【図 9】この発明の符号化方法を 4 階層符号化方法として実現した場合の符号器の例を示すブロック図。

【図 10】この発明による 4 階層符号化方法を実現する符号器の他の例を示すブロック図。

【図 11】この発明の復号化方法を 4 階層符号化方法として実現した場合の復号器の例を示すブロック図。

【図 2】

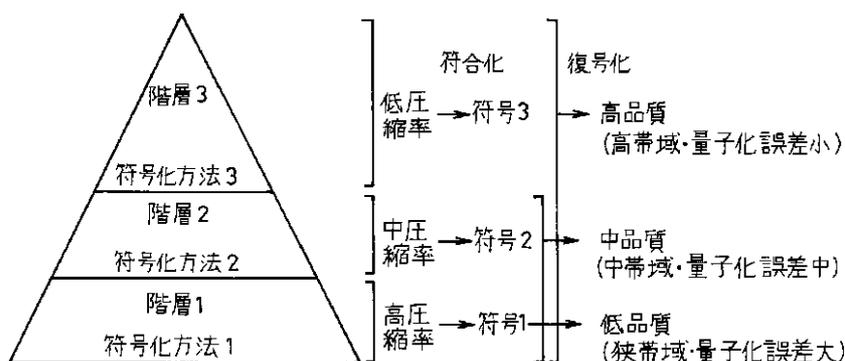


図 2

【図 1】

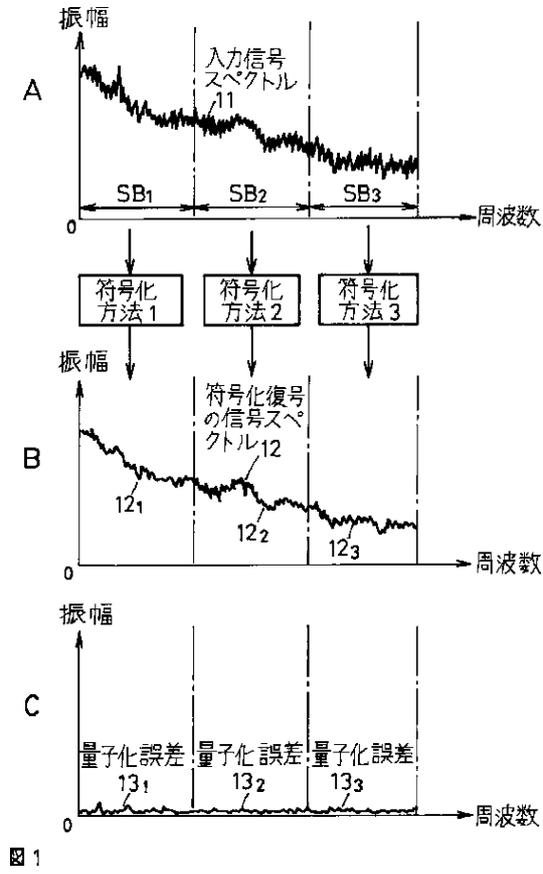


図 1

【図 7】

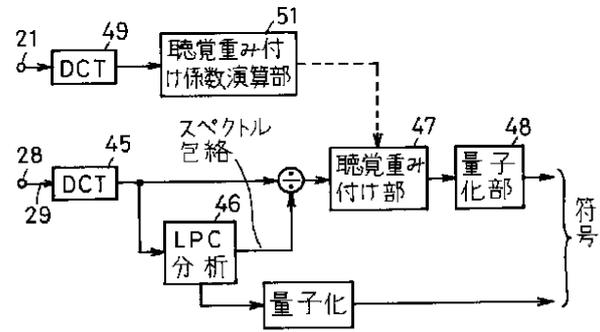


図 7

【図 3】

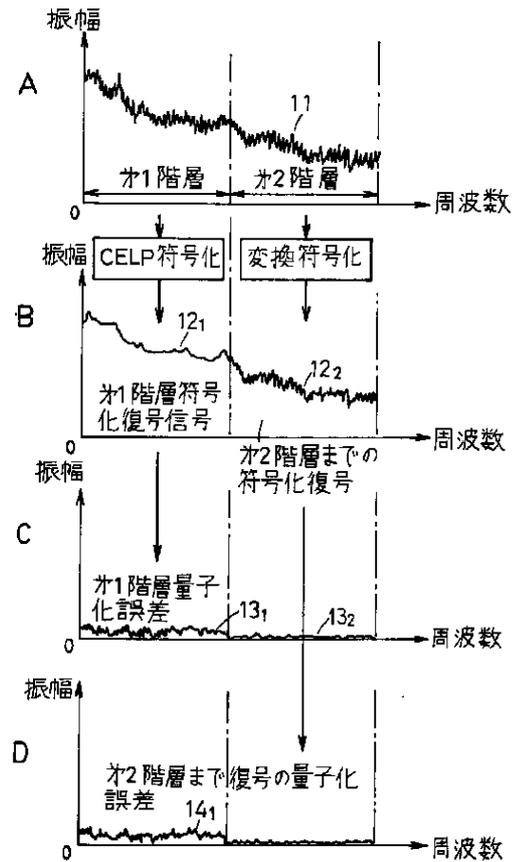


図 3

【図 4】

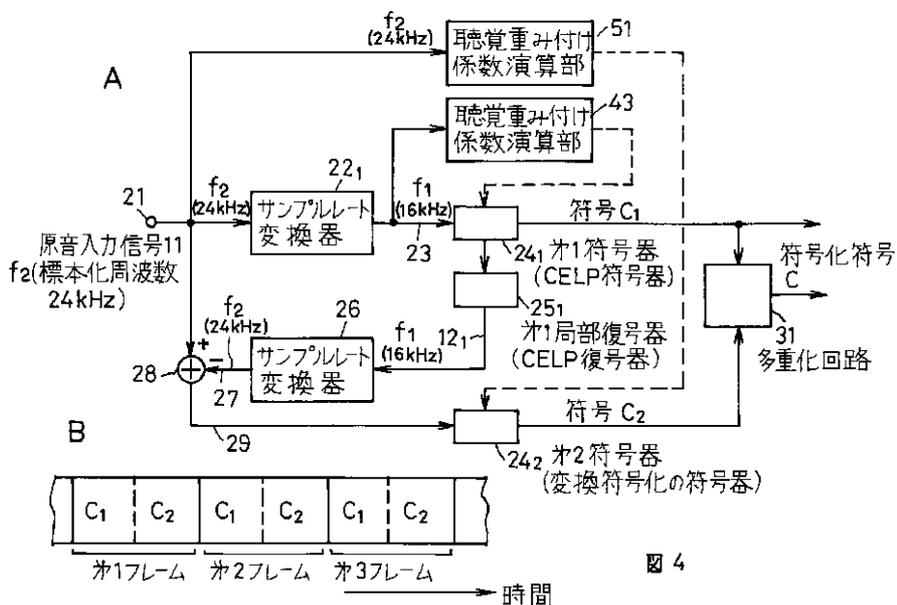


図 4

【図 6】

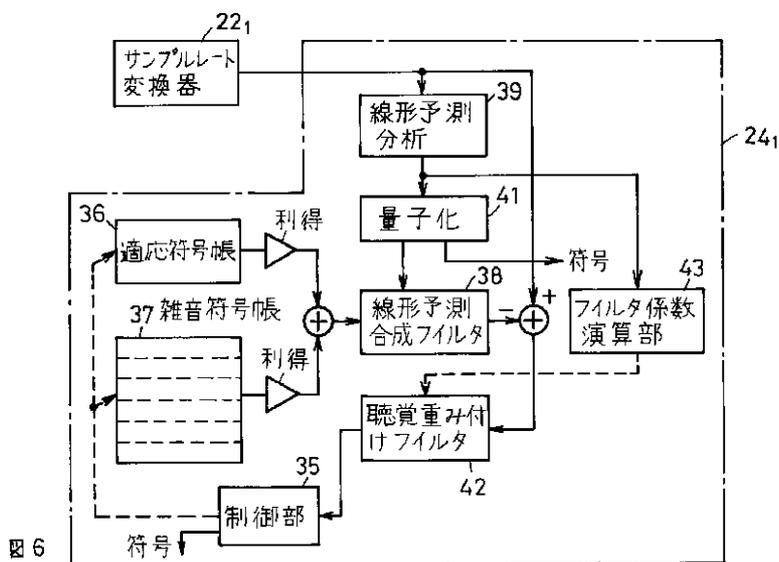


図 6

【図 5】

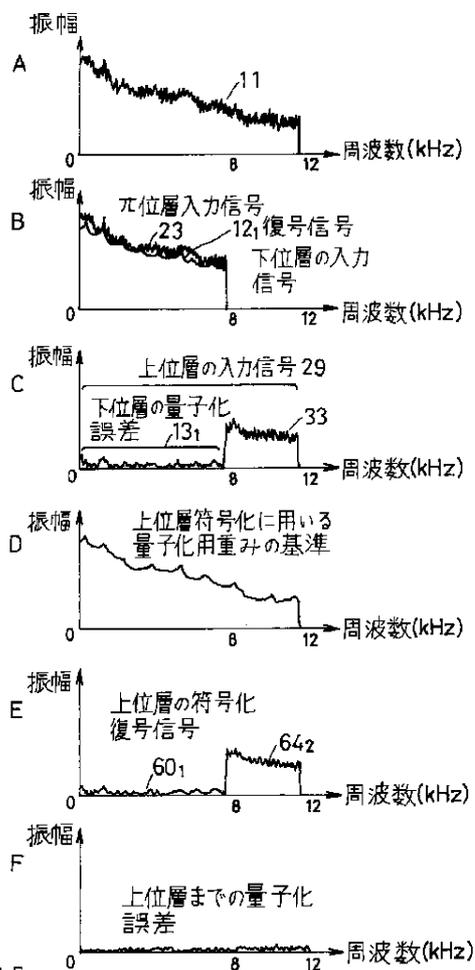


図 5



フロントページの続き

(56)参考文献 特開 平 8 - 46517 ( J P , A )  
特開 昭63 - 201700 ( J P , A )  
特開 平 4 - 104617 ( J P , A )  
特開 平 6 - 197084 ( J P , A )  
特開 平 1 - 233496 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, D B名)  
G10L 19/02