

(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2003-76385  
( P2003-76385A )

(43)公開日 平成15年3月14日 (2003.3.14)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード*(参考)
G 1 0 L 11/00		G 0 1 R 23/16	A 5 J 0 6 4
G 0 1 R 23/16		H 0 3 M 7/30	A
H 0 3 M 7/30		G 1 0 L 9/00	A
		9/16	
		7/02	A
審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 16 頁)			

(21)出願番号 特願2001-265002(P2001-265002)

(22)出願日 平成13年8月31日(2001.8.31)

(71)出願人 800000080

タマティールエロ株式会社  
東京都八王子市旭町9番1号 八王子スク  
エアビル11階

(72)発明者 東山 三樹夫

東京都八王子市中野町2665-1 工学院大  
学内

(72)発明者 風間 道子

東京都新宿区下落合3-4-7

(74)代理人 100094053

弁理士 佐藤 隆久

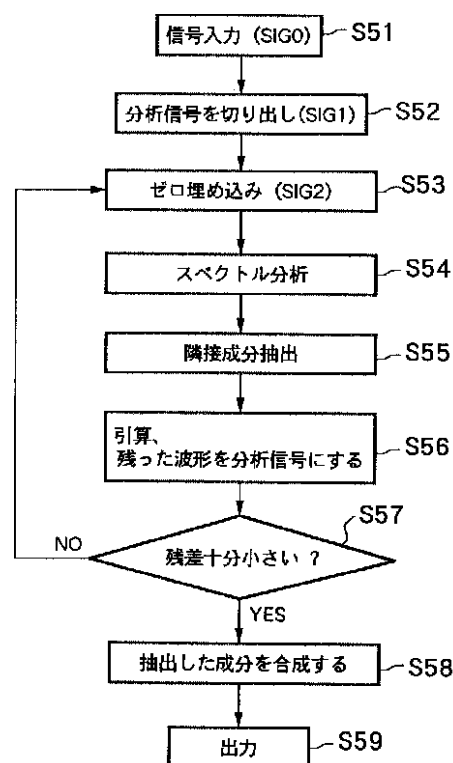
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 信号分析方法および信号分析装置

(57)【要約】

【課題】偽スペクトル成分を避けて、正確に高速度で正しい周波数成分を抽出できる信号分析方法および信号分析装置を提供し、また、隣接する周波数成分を分離して抽出することができる信号分析方法および信号分析装置を提供する。

【解決手段】分析信号の窓の片側での値をゼロに設定し、窓とゼロを埋めた領域を含む領域で周波数分析を行い、得られた周波数分布における主要周波数成分を抽出し、分析信号から差し引いて、残差波形を求め、該残差信号について、上記の処理を繰り返し、次の主要周波数成分と次の残差信号を求め、上記の処理をさらに繰り返し、分析信号の全ての主要周波数成分を順次に抽出し、該全ての主要周波数成分を合成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】時間によって変化する原信号の主要周波数成分を抽出して合成する信号分析方法であって、前記原信号の第 1 の時間区間における部分を切り出して、第 1 の信号とする信号切り出し工程と、前記第 1 の時間区間および前記第 1 の時間区間の片側にあるゼロ埋めこみ区間の和からなる第 2 の時間区間において、第 2 の信号を定義し、前記第 1 の時間区間において、該第 2 の信号の値は前記第 1 の信号の値と同一であり、前記ゼロ埋めこみ区間において、前記第 2 の信号の値をゼロに設定するゼロ埋めこみ工程と、該第 2 の時間区間において、前記第 2 の信号の周波数成分を分析する周波数分析工程と、前記分析によって得られた前記第 2 の信号の第 1 の主要周波数成分に対応する波形を前記第 1 の時間区間において前記第 1 の信号の波形から差し引いて、該差信号を第 1 の残差信号とする主要成分抽出と引算工程と、前記第 1 の残差信号について、前記ゼロ埋めこみ工程、周波数分析工程、及び主要成分抽出と引算工程の処理を繰り返し、得られた前記第 2 の信号の第 2 の主要周波数成分に対応する波形を前記第 1 の残差信号の波形から差し引いた第 2 の残差信号を求める工程と、さらに、前記原信号の他の主要周波数成分を順次に求めて、これらの主要周波数成分を前記原信号として合成する工程とを有する信号分析方法。

【請求項 2】時間によって変化する原信号の主要周波数成分を抽出して合成する信号分析方法であって、前記原信号の第 1 の時間区間における部分を切り出して、第 1 の信号とする信号切り出し工程と、前記第 1 の時間区間および前記第 1 の時間区間の片側にあるゼロ埋めこみ区間の和からなる第 2 の時間区間において、第 2 の信号を定義し、前記第 1 の時間区間において、該第 2 の信号の値は前記第 1 の信号の値と同一であり、前記ゼロ埋めこみ区間において、前記第 2 の信号の値をゼロに設定するゼロ埋めこみ工程と、該第 2 の時間区間において、前記第 2 の信号の周波数成分を分析する周波数分析工程と、前記周波数分析工程によって、前記原信号に含まれている第 1 グループの隣接する複数の周波数成分を求める隣接成分分離工程と、前記第 1 の時間区間において、前記第 1 グループの隣接する複数の周波数成分に対応する波形を前記第 1 の信号から差し引いて、第 1 の残差信号を求める隣接成分引算工程と、前記第 1 の残差信号について、前記ゼロ埋めこみ工程、周波数分析工程、隣接成分分離工程と隣接成分引算工程の処理を繰り返し、第 2 グループの隣接する複数の周波数成分を求め、該第 2 グループの隣接する複数の周波数成分に対応する波形を前記第 1 の残差信号から差し引いた第 2 の残差信号を求める工程と、

さらに、前記原信号の他の隣接する周波数成分グループを順次に求め、これらの隣接する周波数成分グループを前記原信号として合成する工程とを有する信号分析方法。

【請求項 3】前記原信号に含まれている隣接する複数の周波数成分を求める隣接成分分離工程において、前記原信号に含まれている隣接する複数の周波数成分と、前記第 1 の時間区間に定義されている第 1 の信号に含まれている隣接する複数の周波数成分と、前記原信号を前記第 1 の信号として切り出した窓の作用を表す窓関数との関係式から、前記原信号に含まれている隣接する周波数成分を求める請求項 2 に記載の信号分析方法。

【請求項 4】前記原信号に含まれている隣接する複数の周波数成分を求める隣接成分分離工程において、前記原信号に含まれている隣接する複数の周波数成分と、前記第 1 の時間区間に定義されている第 1 の信号に含まれている隣接する複数の周波数成分と、前記原信号を前記第 1 の信号として切り出した窓の作用を表す窓関数との関係式を満たす解を近似法によって求める請求項 3 に記載の信号分析方法。

【請求項 5】前記原信号に含まれている隣接する複数の周波数成分を求める隣接成分分離工程において、前記原信号に含まれている隣接する周波数成分の本数  $M$  は、該  $M$  本の周波数成分を合成した合成信号と前記原信号との誤差を最小にするように決める請求項 3 に記載の信号分析方法。

【請求項 6】時間によって変化する原信号の主要周波数成分を抽出して合成する信号分析装置であって、前記原信号を入力する入力手段と、前記原信号の第 1 の時間区間における部分を切り出して、第 1 の信号として出力する切り出し手段と、前記第 1 の時間区間および前記第 1 の時間区間の片側にあるゼロ埋めこみ区間の和からなる第 2 の時間区間において、第 2 の信号を定義し、前記第 1 の時間区間において、該第 2 の信号の値は前記第 1 の信号の値と同一であり、前記ゼロ埋めこみ区間において、前記第 2 の信号の値をゼロに設定するゼロ埋め込み手段と、該第 2 の時間区間において、前記第 2 の信号の周波数成分を分析する周波数分析手段と、前記分析によって得られた前記第 2 の信号の第 1 の主要周波数成分に対応する波形を前記第 1 の時間区間において前記第 1 の信号の波形から差し引いて、該差信号を第 1 の残差信号として出力する引算手段と、信号を出力する出力手段とを有し、前記切り出し手段は、入力された前記原信号の前記第 1 の時間区間における部分を切り出し、

前記第 1 の時間区間片側にある前記ゼロ埋めこみ区間において、前記ゼロ埋め込み手段は前記第 1 の時間区間において前記第 1 の信号と同じであり、前記ゼロ埋めこみ区間においてゼロとなる第 2 の信号を定義し、前記第 1 と前記ゼロ埋めこみ区間との和からなる第 2 の時間区間において、前記周波数分析手段は前記ゼロが付けられた第 2 の信号を分析し、前記引算手段は、前記分析によって得られた前記第 2 の信号の第 1 の主要周波数成分に対応する波形を前記第 1 の時間区間において前記第 1 の信号の波形から差し引いて、前記第 1 の残差信号として出力し、前記第 1 の残差信号について、ゼロ埋め込みと周波数成分分析と主要周波数成分抽出と主要周波数成分を引算する処理を繰り返し、第 2 の主要周波数成分および第 2 の残差信号を求めて、以上の処理をさらに繰り返して、他の主要周波数成分を順次に求めて、これらの主要周波数成分を前記原信号として合成して、前記出力手段は前記合成された信号を出力する信号分析装置。

【請求項 7】時間によって変化する原信号の主要周波数成分を抽出して合成する信号分析装置であって、前記原信号を入力する入力手段と、前記原信号の第 1 の時間区間における部分を切り出して、第 1 の信号として出力する切り出し手段と、前記第 1 の時間区間および前記第 1 の時間区間の片側にあるゼロ埋めこみ区間の和からなる第 2 の時間区間において、第 2 の信号を定義し、前記第 1 の時間区間において、該第 2 の信号の値は前記第 1 の信号の値と同一であり、前記ゼロ埋めこみ区間において、前記第 2 の信号の値をゼロに設定するゼロ埋め込み手段と、該第 2 の時間区間において、前記第 2 の信号の周波数成分を分析する周波数分析手段と、前記周波数分析手段の分析結果を用いて、前記原信号に含まれている第 1 グループの隣接する複数の周波数成分を求める隣接成分抽出手段と、前記第 1 グループの隣接する複数の周波数成分に対応する波形を前記第 1 の時間区間において前記第 1 の信号から差し引いて、第 1 の残差信号として出力する引算手段と、信号を出力する出力手段とを有し、前記切り出し手段は、入力された前記原信号の前記第 1 の時間区間における部分を切り出し、前記第 1 の時間区間の片側にある前記ゼロ埋めこみ区間において、前記ゼロ埋め込み手段は前記第 1 の時間区間において前記第 1 の信号と同じであり、前記ゼロ埋めこみ区間においてゼロとなる第 2 の信号を定義し、前記第 1 と前記ゼロ埋めこみ区間との和からなる第 2 の時間区間において、前記周波数分析手段は前記ゼロが付けられた第 2 の信号を分析し、

前記隣接成分抽出手段は前記原信号に含まれている第 1 グループの隣接する複数の周波数成分を求め、前記引算手段は、前記第 1 グループの隣接する複数の周波数成分に対応する波形を前記第 1 の時間区間において前記第 1 の信号の波形から差し引いて、第 1 の残差信号として出力し、前記第 1 の残差信号について、ゼロ埋め込みと周波数成分分析とグループ化された隣接する周波数成分抽出と該グループ化された隣接する周波数成分を引算する処理を繰り返し、第 2 グループの隣接する周波数成分および第 2 の残差信号を求めて、以上の処理をさらに繰り返して、前記原信号の他の隣接する周波数成分グループを順次に求めて、該隣接する周波数成分グループを前記原信号として合成して、前記出力手段は前記合成された合成信号を出力する信号分析装置。

【請求項 8】前記原信号に含まれている隣接する複数の周波数成分と、前記第 1 の時間区間に定義されている第 1 の信号に含まれている隣接する複数の周波数成分と、前記原信号を前記第 1 の信号として切り出した関数の作用を表す関数との関係式から、前記原信号に含まれている隣接する周波数成分を求める請求項 7 に記載の信号分析装置。

【請求項 9】前記原信号に含まれている隣接する複数の周波数成分と、前記第 1 の時間区間に定義されている第 1 の信号に含まれている隣接する複数の周波数成分と、前記原信号を前記第 1 の信号として切り出した関数の作用を表す関数との関係式を満たす解を近似法によって求める請求項 8 に記載の信号分析装置。

【請求項 10】前記原信号に含まれている隣接する周波数成分の本数  $M$  は、該  $M$  本の周波数成分を合成した合成信号と前記原信号との誤差を最小にするように決める請求項 8 に記載の信号分析装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は時間によって変化する波形の周波数成分を抽出し、合成する信号分析方法および信号分析装置に関する。

【0002】

【従来の技術】時間により変化する信号の処理においては、短い時間区間で信号のスペクトル分析は重要である。この分析によって、信号の周波数成分を検出することによって、信号の性質を把握し、様々な分野において、種々の用途がある。例えば、音声信号の場合には、音声合成、音声認識、雑音抑圧、伝送帯域圧縮、または、音による機械の性能の調査などを行うことができる。

【0003】図1は、信号のスペクトル分析処理の1例を示すフローチャートである。まずは、例えば、SIG0と呼ぶ分析しようとする信号が入力される(ステップS11)、そして、該SIG0の一部分を切り取って、例えば、SIG1と呼ぶ分析信号となる(ステップS12)。これについて、次に簡単に説明する。

【0004】分析しようとする信号SIG0は、通常信号を観測する時間と比べてはるか長い、無限大に続くと考えても良いが、実際に信号の分析において、分析装置が観測できる信号の長さに制限があり、また、コンピュータなどの分析装置が処理できるデータの量も制限されているので、この分析しようとする元の信号SIG0の一部を切り取って、分析することは一般的である。SIG0を切り取った窓は信号SIG1の長さを決める。この窓の幅はフレームと言ひ、信号SIG1の信号長、または、信号観測時間に相当する。

【0005】次は、切り取った分析信号SIG1について、スペクトル分析を行う(ステップS13)。以上のスペクトル分析の重要な方法としては、フーリエ変換(Fourier Transform、或は、FT)という調和分析方法がよく知られている。フーリエ変換は信号SIG1を所定の振幅と位相を有する高調波成分に分解する。

【0006】次は、以上のスペクトル分析の結果に基づいて、信号SIG0に含まれている周波数成分、特に、信号SIG0の特性に影響の大きい主要成分を抽出する(ステップS14)。これら主要成分を全部見つけたかどうか、例えば、信号SIG1の波形から、以上の処理で見つけた成分が対応する波形を差し引いた残差波形の誤差を定義し、例えば、信号SIG1と見つけた成分の合成信号との標準偏差がある設定値より小さくなるまで、以上の抽出処理を続ける(ステップS15)。全部の主要成分を見つけたら、これら成分を、例えば、逆フーリエ変換(Inverse Fourier Transform)によって合成する(ステップS16)。そして、その合成信号を出力する(ステップS17)。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】以降は、主にスペクトル分析と主要成分抽出について述べる。前述したように、フーリエ変換は信号SIG1を所定の振幅と位相を有する高調波成分に分解する。これら高調波成分の周波数が信号SIG1の長さ、即ち、信号の観測時間に決められて、数と値が限られている。具体的に、SIG1の長さをNとすると、SIG1の高調波の規格化周波数は $n/N$  ( $n=1,2,\dots$ )となる。

【0008】また、別の観点から見ると、本来は無限大に続く元の信号を有限の信号長Nに切り取ると、次のようなことが起こる。信号長Nを有する信号 $x_s(n)$ をフーリエ変換して、得られたスペクトル $X(k)$ には、 $x_s(n)$ が無限大に続く場合に含む周波数以外の成分も現れる(以下は、偽成分と呼ぶ)。

【0009】以上の問題があるので、様々な波形分析方法、特に、主要周波数成分を抽出する方法が提案された。周波数の数と値が限られているという問題を改善する方法として、スペクトル補間が良く用いられている。スペクトル補間(spectrum interpolation)は、有限信号長とされた信号から、元の信号の中に $n/N$ で表せないスペクトルを推定する方法としてよく知られている。スペクトル補間を行う方法がいくつかあるが、ゼロ埋めこみ方法がその中の1つである、いわゆる、信号SIG1の窓の領域と該窓の片側にある所定領域に、信号SIG2を定義し、信号SIG2は上記窓領域においては、信号SIG1となり、窓の片側の上記領域に、信号SIG2の値をゼロとする。窓領域とゼロが埋められた領域に定義された信号SIG2について、分析などの処理をする。波形データにゼロを埋め込むと、フーリエ変換される信号の長さが長くなるので、周波数成分は細くなり、信号のスペクトルを詳細に観察するにも有利である。しかし、ゼロ埋め込み方法は前述した偽成分の問題を解決できない。

【0010】Journal of Sound and Vibration (2001) 241(1), 41-52において、本発明の発明者が提案した主要周波数成分を抽出する方法が開示されている。図2はこの方法を説明するフローチャートである。次は、図2を用いて、この方法を簡単に説明する。まずは、分析しようとする信号SIG0が入力される(ステップS21)、そして、該SIG0の一部分を切り取って、分析信号SIG1となる(ステップS22)。次は、信号SIG1について、フーリエ変換を用いたスペクトル分析を行う(ステップS23)。次は、以上のスペクトルから、エネルギーの大きい成分が抽出される(ステップS24)。次は、ステップS23で得られた信号SIG1のスペクトルからステップS24で選択されたエネルギーの大きい成分を差し引いて、その差となるスペクトルは白色雑音のスペクトルになったかどうかによって、抽出処理を続けるかどうかを判断する(ステップS25)。全部の主要成分を見つけたら、これら成分を合成する(ステップS26)。そして、その合成信号を出力する(ステップS27)。

【0011】以上に説明したように、この方法では、ゼロ埋め込みをせずにフーリエ変換を行う、そして、エネルギーが大きいものだけを選び、また、抽出処理中に分析信号から選んだ成分を差し引くこともせず、そのまま選んだ成分を合成し、音声信号を表して、雑音を抑圧して、音質を改善することを試みた。

【0012】この方法は簡単に実行できるという利点がある。しかしながら、この方法を用いる場合は、偽成分が抽出される可能性があり、合成信号の正確度が十分ではなかった。

【0013】また、特許第2714880号公報において、別の波形解析方法が開示されている。図3はこの方法を説明するフローチャートである。次は、図3を用いて、この方法を簡単に説明する。まずは、分析しようとする信

号SIG0が入力される(ステップS31)、そして、該SIG0の一部分を切り取って、分析信号SIG1となる(ステップS32)。次は、信号SIG1のスペクトル成分の候補となる正弦波について、それぞれ信号SIG1との誤差を取る(ステップS33)。以上の正弦波候補の中で、これらの誤差(差の2乗)を最小にする成分を1主要成分として抽出する(ステップS34)。次は、分析信号SIG1から、以上に抽出された成分を差し引いて、その残差波形を新しい分析信号とし(ステップS35)、候補成分と分析信号との誤差が十分小さくなったかどうかにより、以上の処理を繰り返すかどうかを判断する(ステップS36)。このようにして、主要成分を順次に抽出する。全部の主要成分を見つけたら、これら成分を合成する(ステップS36)。そして、その合成信号を出力する(ステップS37)。

【0014】以上に説明したように、この波形解析方法では、ゼロ埋め込みをせず、正弦波の周期に合わせて分析区間を変えることによって、分解能を上げて、正しい周波数成分を見つけることを試みた。しかしながら、この波形解析方法によれば、1周波数成分を見つけるためには、全ての候補の引算をしなければならない。また、この方法のアルゴリズムが複雑であり、計算回数が多く、計算時間が長く、実用するのは難しいという問題がある。

【0015】以上、主要周波数成分を抽出する方法として、スペクトル補間を説明してきた。前述のように、ゼロ埋めこみによるスペクトル補間方法を用いれば、信号長が有限であっても、補間スペクトルのピークから信号の正しい周波数成分を推定することができる。しかし、補間スペクトルのピークから周波数成分を推定できない場合もある。振幅が徐々に減衰、或は、徐々に増大する信号においては、狭い周波数の間隔で、多数の周波数成分が分布している。

【0016】このような信号が窓にカットされて、そしてフーリエ変換を用いた分析をして得た周波数分布のピークは、信号の真の周波数成分に対応しなくなる。その理由は、信号の真の周波数成分がフーリエ変換を用いた分析によって得られた周波数分布に現れない可能性があり、さらに、得られた成分がお互いに干渉し合う、いわゆる、漏れスペクトルの重なりということ(spectrum leakage overlap)も起こる。これによって、補間スペクトルのピークからこのような信号の周波数成分を推定することができない。

【0017】このような信号の処理方法は様々な用途において重要となる。例えば、FFTアナライザという信号分析装置においては、音声信号だけではなく、あらゆる信号に対して、周波数が近接する2周波をどのくらい分離できるかは、FFTアナライザの重要な特性である。

【0018】本発明はこのような問題点を鑑みてなされ

たものであり、その第1の目的は、偽成分を避けて、正確に高速度で正しい成分を抽出でき、実用性のある信号分析方法および信号分析装置を提供することにある。また、本発明の第2の目的は、立ち下がっている、或は、立ちあがっている信号において、隣接する周波数成分を分離及び抽出でき、且つ、信号を表現できる信号分析方法および信号分析装置を提供することにある。

【0019】

【課題を解決するための手段】以上の目的を達成するために、本発明の第1観点に関わる信号分析方法は、時間によって変化する原信号の主要周波数成分を抽出して合成する信号分析方法であって、前記原信号の第1の時間区間における部分を切り出して、第1の信号とする信号切り出し工程と、前記第1の時間区間および前記第1の時間区間の片側にあるゼロ埋めこみ区間の和からなる第2の時間区間において、第2の信号を定義し、前記第1の時間区間において、該第2の信号の値は前記第1の信号の値と同一であり、前記ゼロ埋めこみ区間において、前記第2の信号の値をゼロに設定するゼロ埋めこみ工程と、該第2の時間区間において、前記第2の信号の周波数成分を分析する周波数分析工程と、前記分析によって得られた前記第2の信号の第1の主要周波数成分に対応する波形を前記第1の時間区間において前記第1の信号の波形から差し引いて、該差信号を第1の残差信号とする主要成分抽出と引算工程と、前記第1の残差信号について、前記ゼロ埋めこみ工程、周波数分析工程、及び主要成分抽出と引算工程の処理を繰り返し、得られた前記第2の信号の第2の主要周波数成分に対応する波形を前記第1の残差信号の波形から差し引いた第2の残差信号を求める工程と、さらに、前記原信号の他の主要周波数成分を順次に求めて、これらの主要周波数成分を前記原信号として合成する工程とを有する。

【0020】また、以上の目的を達成するために、本発明の第2観点に関わる信号分析方法は、時間によって変化する原信号の主要周波数成分を抽出して合成する信号分析方法であって、前記原信号の第1の時間区間における部分を切り出して、第1の信号とする信号切り出し工程と、前記第1の時間区間および前記第1の時間区間の片側にあるゼロ埋めこみ区間の和からなる第2の時間区間において、第2の信号を定義し、前記第1の時間区間において、該第2の信号の値は前記第1の信号の値と同一であり、前記ゼロ埋めこみ区間において、前記第2の信号の値をゼロに設定するゼロ埋めこみ工程と、該第2の時間区間において、前記第2の信号の周波数成分を分析する周波数分析工程と、前記周波数分析工程によって、前記原信号に含まれている第1グループの隣接する複数の周波数成分を求める隣接成分分離工程と、前記第1の時間区間において、前記第1グループの隣接する複数の周波数成分に対応する波形を前記第1の信号から差し引いて、第1の残差信号を求める隣接成分引算工程

と、前記第 1 の残差信号について、前記ゼロ埋めこみ工程、周波数分析工程、隣接成分分離工程と隣接成分引算工程の処理を繰り返し、第 2 グループの隣接する複数の周波数成分を求め、該第 2 グループの隣接する複数の周波数成分に対応する波形を前記第 1 の残差信号から差し引いた第 2 の残差信号を求める工程と、さらに、前記原信号の他の隣接する周波数成分グループを順次に求め、これらの隣接する周波数成分グループを前記原信号として合成する工程とを有する。

【0021】また、前記信号分析方法では、好ましくは、前記原信号に含まれている隣接する複数の周波数成分を求める隣接成分分離工程において、前記原信号に含まれている隣接する複数の周波数成分と、前記第 1 の時間区間に定義されている第 1 の信号に含まれている隣接する複数の周波数成分と、前記原信号を前記第 1 の信号として切り出した窓の作用を表す窓関数との関係式から、前記原信号に含まれている隣接する周波数成分を求める。

【0022】また、前記信号分析方法では、好ましくは、前記原信号に含まれている隣接する複数の周波数成分を求める隣接成分分離工程において、前記原信号に含まれている隣接する複数の周波数成分と、前記第 1 の時間区間に定義されている第 1 の信号に含まれている隣接する複数の周波数成分と、前記原信号を前記第 1 の信号として切り出した窓の作用を表す窓関数との関係式を満たす解を近似法によって求める。

【0023】また、前記信号分析方法では、好ましくは、前記原信号に含まれている隣接する複数の周波数成分を求める隣接成分分離工程において、前記原信号に含まれている隣接する周波数成分の本数Mは、該M本の周波数成分を合成した合成信号と前記原信号との誤差を最小にするように決める。

【0024】また、以上の目的を達成するために、本発明の第 3 観点に関わる信号分析装置は、時間によって変化する原信号の主要周波数成分を抽出して合成する信号分析装置であって、前記原信号を入力する入力手段と、前記原信号の第 1 の時間区間における部分を切り出して、第 1 の信号として出力する切り出し手段と、前記第 1 の時間区間および前記第 1 の時間区間の片側にあるゼロ埋めこみ区間の和からなる第 2 の時間区間において、第 2 の信号を定義し、前記第 1 の時間区間において、該第 2 の信号の値は前記第 1 の信号の値と同一であり、前記ゼロ埋めこみ区間において、前記第 2 の信号の値をゼロに設定するゼロ埋め込み手段と、該第 2 の時間区間において、前記第 2 の信号の周波数成分を分析する周波数分析手段と、前記分析によって得られた前記第 2 の信号の第 1 の主要周波数成分に対応する波形を前記第 1 の時間区間において前記第 1 の信号の波形から差し引いて、該差信号を第 1 の残差信号として出力する引算手段と、信号を出力する出力手段とを有し、前記切り出し手段

は、入力された前記原信号の前記第 1 の時間区間における部分を切り出し、前記第 1 の時間区間片側にある前記ゼロ埋めこみ区間において、前記ゼロ埋め込み手段は前記第 1 の時間区間において前記第 1 の信号と同じであり、前記ゼロ埋めこみ区間においてゼロとなる第 2 の信号を定義し、前記第 1 と前記ゼロ埋めこみ区間との和からなる第 2 の時間区間において、前記周波数分析手段は前記ゼロが付けられた第 2 の信号を分析し、前記引算手段は、前記分析によって得られた前記第 2 の信号の第 1 の主要周波数成分に対応する波形を前記第 1 の時間区間において前記第 1 の信号の波形から差し引いて、前記第 1 の残差信号として出力し、前記第 1 の残差信号について、ゼロ埋め込みと周波数成分分析と主要周波数成分抽出と主要周波数成分を引算する処理を繰り返し、第 2 の主要周波数成分および第 2 の残差信号を求めて、以上の処理をさらに繰り返して、他の主要周波数成分を順次に求めて、これらの主要周波数成分を前記原信号として合成して、前記出力手段は前記合成された信号を出力する。

10

20

30

40

50

【0025】また、以上の目的を達成するために、本発明の第 4 観点に関わる信号分析装置は、時間によって変化する原信号の主要周波数成分を抽出して合成する信号分析装置であって、前記原信号を入力する入力手段と、前記原信号の第 1 の時間区間における部分を切り出して、第 1 の信号として出力する切り出し手段と、前記第 1 の時間区間および前記第 1 の時間区間の片側にあるゼロ埋めこみ区間の和からなる第 2 の時間区間において、第 2 の信号を定義し、前記第 1 の時間区間において、該第 2 の信号の値は前記第 1 の信号の値と同一であり、前記ゼロ埋めこみ区間において、前記第 2 の信号の値をゼロに設定するゼロ埋め込み手段と、該第 2 の時間区間において、前記第 2 の信号の周波数成分を分析する周波数分析手段と、前記周波数分析手段の分析結果を用いて、前記原信号に含まれている第 1 グループの隣接する複数の周波数成分を求める隣接成分抽出手段と、前記第 1 グループの隣接する複数の周波数成分に対応する波形を前記第 1 の時間区間において前記第 1 の信号から差し引いて、第 1 の残差信号として出力する引算手段と、信号を出力する出力手段とを有し、前記切り出し手段は、入力された前記原信号の前記第 1 の時間区間における部分を切り出し、前記第 1 の時間区間の片側にある前記ゼロ埋めこみ区間において、前記ゼロ埋め込み手段は前記第 1 の時間区間において前記第 1 の信号と同じであり、前記ゼロ埋めこみ区間においてゼロとなる第 2 の信号を定義し、前記第 1 と前記ゼロ埋めこみ区間との和からなる第 2 の時間区間において、前記周波数分析手段は前記ゼロが付けられた第 2 の信号を分析し、前記隣接成分抽出手段は前記原信号に含まれている第 1 グループの隣接する複数の周波数成分を求め、前記引算手段は、前記第 1 グループの隣接する複数の周波数成分に対応する波形を前

記第1の時間区間において前記第1の信号の波形から差し引いて、第1の残差信号として出力し、前記第1の残差信号について、ゼロ埋め込みと周波数成分分析とグループ化された隣接する周波数成分抽出と該グループ化された隣接する周波数成分を引算する処理を繰り返し、第2グループの隣接する周波数成分および第2の残差信号を求めて、以上の処理をさらに繰り返して、前記原信号の他の隣接する周波数成分グループを順次に求めて、該隣接する周波数成分グループを前記原信号として合成して、前記出力手段は前記合成された合成信号を出力する。

【0026】また、前記信号分析装置では、好ましくは、前記原信号に含まれている隣接する複数の周波数成分と、前記第1の時間区間に定義されている第1の信号に含まれている隣接する複数の周波数成分と、前記原信号を前記第1の信号として切り出した関数の作用を表す関数との関係式から、前記原信号に含まれている隣接する周波数成分を求める。

【0027】また、前記信号分析装置では、好ましくは、前記原信号に含まれている隣接する複数の周波数成分と、前記第1の時間区間に定義されている第1の信号に含まれている隣接する複数の周波数成分と、前記原信号を前記第1の信号として切り出した関数の作用を表す関数との関係式を満たす解を近似法によって求める。

【0028】また、前記信号分析装置では、好ましくは、前記原信号に含まれている隣接する周波数成分の本数Mは、該M本の周波数成分を合成した合成信号と前記原信号との誤差を最小にするように決める。

【0029】

【発明の実施の形態】次は、本発明の信号分析方法および信号分析装置の実施形態について、添付した図面を用いて説明する。

#### 第1の実施形態

図4は本発明の波形分析方法を説明するフローチャートである。

【0030】図4によれば、まずは、分析しようとする信号SIG0が入力される(ステップS41)、そして、該SIG0の一部を切り取って、分析信号SIG1とする(ステップS42)。次は、信号SIG1の窓領域と窓の片側の所定領域とを合わせた領域に、信号SIG2を定義し、信号SIG1の窓領域に、信号SIG2は信号SIG1となり、また、上記窓の片側の所定領域に、信号SIG2の値は0とする、即ち、ゼロを埋めて、信号SIG1の窓領域およびその片側のゼロが埋められた所定領域に定義されている信号SIG2を処理する(ステップS43)。次は、信号SIG2について、フーリエ変換を用いたスペクトル分析を行う(ステップS44)。次は、以上のスペクトルから、エネルギーが一番大きい成分を抽出する(ステップS45)。次は、信号SIG1の波形から前記抽出されたエネルギーが大きい成分の対応する波形を差し引いて、残りの残差波形は次の分析

信号とする(ステップS46)。前記残差波形から求めた誤差が十分小さいかどうかにより、次の成分の抽出を続けるかどうかを判断する(ステップS47)。全部の主要成分を見つけたら、これら成分を合成する(ステップS48)。そして、その合成信号を出力する(ステップS49)。

【0031】次は、数式を用いて、本発明の方法を具体的に説明する。前述したように、ゼロ埋め込みによるスペクトル補間は、有限信号長の信号から元信号の周波数成分を推定できる。例えば、N点を有する信号SIG1は、解析的表現を用いて、次のように表すとする。

【数1】

$$x_a(n) = Ae^{j\frac{2\pi}{N}(p+\frac{a}{q})n} \quad \dots \quad (1)$$

ただし、p、qとaは整数である。この信号長がNとなる信号 $x_a(n)$ の時間軸上には、(M-N)個のゼロを埋めて、そして、N個の信号データと合わせて、M=Nq点のフーリエ変換によって、次のような周波数分布が得られる。

【0032】

【数2】

$$X(k) = \frac{A}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x_a(n) e^{-j\frac{2\pi kn}{M}} \quad \dots \quad (2)$$

この分布 $X(k)$ は補間スペクトルと言い、このスペクトルの振幅(または、パワー)が最大となる成分(ピークと言う)から、無限に続く信号 $x_a(n)$ を(以下は、このような信号を“真の信号”と呼ぶ)有限の長さに切り取った後であっても、その周波数を推定できる。 $X(k)$ には、 $x_a(n)$ の周波数以外の成分も含んでいる。これは本来無限に続く信号 $x_a(n)$ を有限の信号長Nにしたことに起因した。

【0033】図5と図6は、テストデータを用いて本発明に係わる波形分析方法による信号分析の1例を示す。図5(a)に示す5つの周波数成分を用い、位相成分は0とし、信号を合成して、さらに、S/N=20dBの雑音を重ねて、図5(b)に示すテスト信号を得る。このテスト信号は図5(b)の四角枠に切り出した部分は分析対象となる。図5(a)と図5(b)において、横軸はそれぞれ周波数と時間となっている。図5(b)の信号は次の式によって表せる。

【数3】

$$x_a(n) = \sum_{k=1}^K A_k e^{j\frac{2\pi}{N}(p+\frac{k}{q})n} + \varepsilon_k(n) \quad \dots \quad (3)$$

ただし、 $\varepsilon_k(n)$ は雑音信号を表し、 $A_k$ はk番目の正弦波成分の複素振幅、Kは主要正弦波成分の本数をそれぞれ示す。図5(b)では、信号長N=512、K=5、p=q=8である。次に説明する手順で、この5つの主要成分を正しく抽出できる。

【0034】まずは、信号 $x_a(n)$ の時間軸上に、信号長 $N$ の右側に、 $(M-N)$ 個のゼロを埋めて、そして、 $N$ 個の信号データと合わせて、 $M=Nq=4096$ 点のフーリエ変換を用いた分析を行うことによって、図5(c)のような補間スペクトル $X(k)$ が得られる。該補間スペクトル $X(k)$ が式4で表せる。図5(b)において、横軸は周波数である。

【数4】

$$X(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x_a(n) e^{-j \frac{2\pi kn}{M}} \quad \dots \quad (4)$$

図5(c)の補間スペクトル $X(k)$ の5つの周波数成分は信号 $x_a(n)$ の主要成分である。

【0035】次は、信号 $x_a(n)$ のパワースペクトル $|X(k_p)|^2$ を最大にする $k_p$ を1主要成分として選ぶ。

【0036】次は、信号長が $N$ となる信号 $x_a(n)$ から、該最大の成分、例えば、図5(c)の補間スペクトルの中心にある成分の信号長が同じ $N$ となる波形を差し引く。

【数5】

$$\hat{x}_a(n) = x_a(n) - X(k_p) e^{j \frac{2\pi k_p n}{M}} \quad \dots \quad (5)$$

ただし、 $n=0, 1, \dots, N-1$ 。

【0037】次は、この差は新しい被分析信号 $\hat{x}_a(n)$ とし、そして、この $\hat{x}_a(n)$ の信号長 $N$ の右側に $(M-N)$ 個のゼロを埋めて、 $M=Nq=4096$ 点のフーリエ変換を用いた分析を行い、図6(a)のようなスペクトルが得られる。次は、信号 $\hat{x}_a(n)$ のパワースペクトルを最大にする成分、例えば、図6(b)の中心より1つ左にある成分を抽出し、信号 $\hat{x}_a(n)$ から差し引いて、差し引いた信号を引き続き分析する。次の条件を満たすまでに、以上の処理を繰り返して、式3に示した信号 $x_a(n)$ の5つの主要成分を全部見つける。

【数6】

$$\sum_{n=0}^{N-1} |\hat{x}_a(n)|^2 < E \quad \dots \quad (6)$$

ただし、 $E$ は設定された許容誤差である。

【0038】図6は図5に続き、以上の過程を説明する図である。図6(a)、(b)、(c)、(d)と(e)は、それぞれ図5(c)に示された5つの周波数成分を順次に差し引いたスペクトルを示す。最後は図6(e)のスペクトルは数式3の $x_a(n)$ に対応する雑音になった事を確認できる。

【0039】図7は実際に音声进行分析した例である。図7においては、(a)は $S/N=20$ dBの雑音付きの音声信号、(b)は(a)の音声信号のパワースペクトル、(c)は以上に説明した手順で抽出した主要成分を合成した信号、(d)は(a)と(c)の残差波形、(e)は残差波形(d)のパワースペクトルを示す。

【0040】図7(a)の波形の右側にゼロを埋めた

後、フーリエ変換を用いたスペクトル分析をして、図7(b)のようなパワースペクトルが得られる。図7(b)においては、図7(a)の波形に含まれている主要成分に対応するピークがある。これらのピークを順次に抽出して、対応する波形信号を順次に図7(a)から引いて、再びゼロ埋めこみをし、式6の条件を満たすまで繰り返し、全部の主要周波数成分を抽出することができる。図7(d)の残差信号と図7(e)の残差信号のスペクトルから分かるように、原信号の本来の周波数成分は切り出された有限信号長の信号から正しく推測できる。

【0041】以上本発明の波形分析方法の手順をまとめると、本発明の波形分析方法では、ゼロ埋め込み方法を利用し、パワースペクトルの主要ピークだけを使い、そして、分析信号の波形から見つけた主要成分の波形を引いて、引いた分析信号に再びゼロを埋め込み、というように繰り返し、全部の主要周波数成分を抽出することができる。

【0042】前述した偽成分の問題について、本発明では、パワースペクトルの主要ピークの値だけを使うことによって、簡単に解決ができた。分析で得られたスペクトルの中に必ず一番大きいピークが存在するので、この一番大きいピークに対応する正弦波を元の波形から引算する。そうすることによって、もう一回フーリエ変換分析で引算された信号波形を分析すると、波形には、元々の一番大きいピークがなくなって、さらに、偽成分も消える。その理由は、波形にゼロを埋め込んだので、このゼロ領域を含む信号の全体から正弦波を引算すれば、偽成分は消えない。本発明では、信号が存在する領域だけから引算し、そして、残りの信号の片側の同じ領域にまたゼロを埋めて、このゼロが埋まった信号についてフーリエ変換を行い、次の一番大きいピークを引算する、というように繰り返す。このように、本当の成分を順次に見つけることができる。

【0043】本実施形態によれば、分析信号に常にゼロ埋め込みすることと主要成分を抽出した後にすぐ元の時間波形から引くことから、偽成分を避けて、正確に正しい成分を抽出することができる。また、本発明の方法のアルゴリズムが非常に簡単なので、高速計算ができる。

【0044】第2の実施形態

図8は本発明に係わる波形分析装置の構成の概略図である。図8に示す波形分析装置10は、信号を入力する入力手段1と、該波形分析装置の動作を制御する制御部2と、制御部2が制御や計算をする時の中間データを記憶するメモリ3と、信号を出力する出力手段4とを含む。制御部2は元の信号を時間窓で切り出して、分析信号として出力する切り出し手段5と、分析信号にゼロを埋めこむゼロ埋め込み手段6と、信号の周波数成分を分析する周波数分析手段7と、分析信号と抽出された信号の主要周波数成分に対応する波形との差を取って出力する引



算手段 8 とを含む。

【0045】このような構成の波形分析装置は、本発明の波形分析方法を実行する。具体的に、切り出し手段 5 は、入力された信号を時間窓で切り出して、ゼロ埋め込み手段 6 は切り出された信号の右側にゼロを埋めて、周波数分析手段 7 はゼロが付けられた信号を分析する。引算手段 8 は、上記分析によって見つけた主要周波数成分に対応する波形を分析信号から差し引いて、残差波形を出力する。この残差信号について、ゼロ埋め込みと周波数成分分析と主要周波数成分抽出と主要周波数成分を引算する処理を繰り返し、次の主要周波数成分および次の残差信号が求められる。以上の処理を繰り返せば、信号の全ての主要周波数成分を順次に抽出することができる。

【0046】本発明に係わる波形分析装置は第 1 の実施形態に述べた効果を奏する。

【0047】第 3 の実施形態

本実施形態は、第 1 実施形態の方法で分析できない包絡線に変化があって、隣接する周波数成分を有する信号の分析方法に関する。図 9 は本発明の信号分析方法を説明するフローチャートである。図 9 において、ステップ S51 からステップ S54 まで、そして、ステップ S57 からステップ S59 までは第 1 実施形態と同じであり、説明を省略 \*

$$\begin{pmatrix} X_o(k_0) \\ \vdots \\ X_o(k_{L-1}) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} W(k_0 - k_i) & \cdots & W(k_0 - k_{i+M-1}) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ W(k_{L-1} - k_i) & \cdots & W(k_{L-1} - k_{i+M-1}) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \hat{X}_T(k_i) \\ \vdots \\ \hat{X}_T(k_{i+M-1}) \end{pmatrix} \quad \cdots \quad (8)$$

ここで、M は仮定する真の正弦波の本数（以下、M が 2 以上とする）、L は観測する正弦波の本数（スペクトルの観測点数）を示し、M < L、X<sub>o</sub> は観測された信号のスペクトル、X<sub>T</sub> は真の正弦波のスペクトル、W は窓関数 w(n) のスペクトルを示す。窓関数 w(n) の形状が矩形であれば、

【0050】

【数 9】

$$W(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} w(n) e^{-i \frac{2\pi}{q} nk}, \quad k=0, 1, \dots, N-1 \quad \cdots \quad (9)$$

式 8 により得られる解または最小二乗誤差解(Least Square Error、或は、LSE 近似解) X<sub>T</sub> により、それぞれの周波数成分を表す正弦波の振幅と位相が得られ、信号の周波数分析が可能となる。

【0051】図 10 は、以上に数式で説明した第 3 の実施形態に係わる隣接する周波数成分を抽出する方法を説明するフローチャートである。ゼロ埋め込み（ステップ S53）のあと、フーリエ変換分析によってスペクトルを分析し（ステップ S64）、式 8 の連立方程式が得られる。式 8 の連立方程式を解いて、または、LSE 近似解を求めて（ステップ S65）、真の正弦波の振幅と位相が得られ、信号の周波数分析が実現できる（ステップ S66）。

\* する。ゼロ埋め込みとフーリエ変換を用いた分析を行った後、観測された周波数成分と真の周波数成分と分析信号を切り出した窓の作用を考慮した連立線型方程式が得られる。ステップ S55 では、この連立方程式を解くことによって、隣接した周波数成分を推定する。次は、得られた数本の周波数成分を分析信号から差し引いて、残りの残差波形は次の分析信号とする（ステップ S56）。

【0048】次は、数式を用いて、本実施形態の分析方法を具体的に説明する。例えば、N 点を有する信号 SIG1 は、解析的表現を用いて、次のように表すとす。

【数 7】

$$x(n) = \sum_{k=K_1}^{K_2} A_k e^{i \frac{2\pi}{N} (p + \frac{k}{q}) n} + \varepsilon_k(n) \quad \cdots \quad (7)$$

ただし、ε<sub>k</sub>(n) は雑音信号を表し、A<sub>k</sub> は k 番目の正弦波成分の複素振幅を示し、p、q と k は整数である。この信号 x<sub>a</sub>(n) の時間軸上には、信号長 N の右側に、(M-N) 個のゼロを埋めて、そして、N 個の信号データと合わせて、M = Nq 点のフーリエ変換を用いた分析を行うことによって、次のような連立方程式が得られる。

【0049】

【数 8】

【0052】以上が、フーリエ変換に基づく正弦波モデルを用いて、周波数成分がスペクトル上のピーク周辺に集結する信号の周波数分析する方法を提案した。有限信号長の分析信号は隣接する周波数成分を有する場合には、漏れた周波数成分(spectrum leakage)の重なりと干渉作用によって、補間スペクトルのピークから該隣接する周波数成分を推定することができない。この場合は、スペクトルのピークを引算しても、関連波形が消えない。このときは、本実施形態の方法を適用する。本実施形態の信号分析の方法は、ピークを見つける代わりに、ピークとその周辺の正弦波のかたまりを見つけてくる。

【0053】多くの場合は、第 1 の実施形態の方法で信号分析ができる。もし第 1 の実施形態の方法で、時間と共に増大又は減少するような信号の包絡線の特徴が分析合成できない場合には、例えば、波形上で引算しても、結果のスペクトルではピーク又はエネルギーが減らない場合には、本実施形態の方法に切り替えて、つまり、集群した正弦波を見つけて引算する。補間スペクトルにおいて、観測された多数の成分が本当の基本周波数と倍音であって、集群しているのか、或は、本当のピークは 1 つだけ、ほかのは、前述した窓で切り取ったことによって発生した人工的な成分なのかは、観測だけでは分らな

い。その区別は、波形上窓領域で引算して初めて分かる。引いて消えれば、真の成分である。引いても、消えなければ、偽物である。

【0054】式8を用いて、漏れスペクトルの重なり(spectrum leakage overlap)を解消し、隣接して干渉し合う成分をもとの独立な正弦波の正しい大きさに戻す。式8の連立方程式を正確に解くことはできるが、被分析信号に雑音が付加されていると思われる場合には、観測点数(L)を正弦波本数(M)より大きくしたとき、誤差が一番小さくなる最小二乗誤差解(Least Square Error法による近似解)を求める。

【0055】正弦波モデルにおいて、正弦波成分の候補を仮定し、連立線型方程式を解いて、真の正弦波成分を求める。しかし、この正弦波成分候補をどう選択するかは常に問題となっている。本実施形態では、補間スペクトルのピーク周辺に集結した隣接する周波数成分が正弦波成分の候補とした。

【0056】図11、図12、と図13は本発明に係わる信号分析方法によって、信号を分析する例である。式(8)において $A_k=1$ 、 $N=256$ 、 $p=q=8$ 、 $K_1=1$ 、 $K_2=5$ とし、5本の正弦波からなる合成波に白色雑音をSN比10(dB)として付加し、分析合成を行った。被分析信号のフーリエ変換による観測スペクトル成分を式(9)で $L=5$ とする $k_0 \sim k_{L-1} = 66 \sim 70$ の正弦波、仮定する真のスペクトル成分を $M=3$ とする $k_i \sim k_{i+M-1} = 67 \sim 69$ の正弦波として、式(10)のLSE解を用いて正弦波を合成し、原信号との比較を行った。その結果を図11に示した。図11(a)は原正弦波合成信号、(b)は雑音付きの被分析信号、(c)は本実施形態に係わる信号分析方法によって(b)を分析して得た合成信号、(d)は(a)と(c)の残差信号、(e)と(f)はそれぞれ(a)と(d)のパワースペクトルである。LSE解による正弦波分析合成の近似精度が高いことが分かる。

【0057】図12は本発明の第3の実施形態に係わる信号分析方法によって、1/4oct-band帯域分割信号の分析合成例である。観測スペクトル成分を式(8)で $L=7$ とする $k_0 \sim k_{L-1} = 176 \sim 182$ の正弦波、仮定する真のスペクトル成分を $M=5$ とする $k_i \sim k_{i+M-1} = 177 \sim 181$ の正弦波として信号分析と合成を行った。その結果を図12に示した。図12(a)は標準化周波数48kHz、中心周波数500Hzの音声信号である。図12(b)は5本の正弦波を使って最小二乗誤差解合成波、(c)は(a)と(b)の残差信号、(d)、(e)はそれぞれ(a)と(c)のパワースペクトルである。図12により、5本の正弦波により包絡線を含む狭帯域音声が表示されていることが分かる。帯域分割された音声信号を表示するには、式(8)により得られるLSE解が有効である。

【0058】図13は、本発明の第3の実施形態に係わる信号分析方法において、分析に使う正弦波の本数と残差信号の関係を示す例である。図13(a)は図11

(a)に示すピークスペクトル正弦波1本による分析合成波形、同様に図13(b)は図11(b)に示した被分析信号からの残差波形のパワースペクトルである。残差信号のパワーが十分小さいことが読み取れる。しかしピークスペクトル正弦波1本では、図11(b)に示した被分析信号の包絡線の特徴が抽出できないこともわかる。図13(c)は図11(a)に示すピークスペクトルを中心周波数とする正弦波3本による分析合成波形、図13(d)は残差波形のパワースペクトルである。残差信号のパワーも大きく、被分析信号の包絡線の特徴も抽出できない。図13(e)と(f)は、図13(c)と同一の3本の正弦波を用いた本発明における数式(8)による分析合成波形と残差信号のパワースペクトルである。残差信号パワーは、ピークスペクトル正弦波1本による分析合成波形(図13(b)の場合)に比べ大きい。本発明によるこの方法では被分析信号の包絡線の特徴も含めて分析合成が可能となる。

【0059】本実施形態の信号分析方法によれば、信号の隣接する周波数成分を分離して、被分析信号の方絡線の特徴を含めて分析、抽出、合成することができる。また、本実施形態の信号分析方法によれば、例えば、FFTアナライザにおいて、周波数が近接する2周波を分離する周波数分析の分解能を高めることができる。

#### 【0060】第4の実施形態

図14は第4実施形態に係わる信号分析装置の構成の概略図である。図14に示す信号分析装置20は、信号を入力する入力手段21と、該信号分析装置の動作を制御する制御部22と、制御部22が制御や計算をする時の中間データを記憶するメモリ23と、信号を出力する出力手段24とを含む。制御部22は元の信号を時間窓で切り出して、分析信号として出力する切り出し手段25と、分析信号にゼロを埋めこむゼロ埋め込み手段26と、信号の周波数成分を分析する周波数分析手段27と、隣接する周波数成分を分離して抽出する隣接成分抽出手段29、及び、分析信号と抽出された信号の主要周波数成分に対応する波形との差を取って出力する引算手段28とを含む。

【0061】このような構成の信号分析装置は、第3の実施形態の信号分析方法で動作する。具体的に、切り出し手段25は、入力された信号を時間窓で切り出して、ゼロ埋め込み手段26は切り出された信号にゼロを埋めて、周波数分析手段27はゼロが付けられた信号を分析する。隣接成分抽出手段29は、分析信号を切り出した窓の作用を考慮した連立線型方程式を解くことによって、隣接する周波数成分を分離して抽出する。引算手段28は、見つけた主要周波数成分に対応する波形を分析信号から差し引いて、残差波形を出力する。この残差信号について、ゼロ埋め込みと周波数成分分析と主要周波数成分抽出と主要周波数成分を引算する処理を繰り返して、次の主要周波数成分および次の残差信号が求められ

る。

【0062】本発明に係わる信号分析装置は第1の実施形態に述べた効果を奏する。

【0063】本発明は以上に説明した実施の形態に限られるものではなく、種々の変更が可能である。以上の説明で主に音声信号を用いていたが、本発明が他の種の信号にも適用する。

【0064】

【発明の効果】本発明によれば、例えば、フーリエ変換を用いた分析を行って、ゼロ埋め込みして、そしてピークの値だけを使って引算して、偽成分を避けて、正しく本当の成分を見つけることができた。本発明は計算アルゴリズムがかなり簡単であり、実用性が高い。また、本発明によれば、信号の隣接する周波数成分を分離して、被分析信号の方絡線の特徴を含めて分析、抽出、合成することができ、また、周波数分析の分解能を高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】信号のスペクトル分析処理の1例を示すフローチャートである。

【図2】従来の信号分析方法の1例を説明するフローチャートである。

【図3】従来の信号分析方法の他の例を説明するフローチャートである。

【図4】本発明の第1実施形態に係わる信号分析方法を説明するフローチャートである。

【図5】本発明の第1実施形態に係わる信号分析方法による信号分析の1例である。(a)はテスト信号を作るに用いた周波数成分、(b)は(a)の周波数成分を合成した雑音付きの分析信号、(c)は本発明に係わる信号分析方法によって得られた(b)の信号のスペクトルである。

【図6】図5に続き、本発明の第1実施形態に係わる信号分析方法を説明する図である。(a)、(b)、(c)、(d)と(e)は、それぞれ図5(b)の合成信号から図5(c)の1番目の周波数成分、2番目の成分、3番目の成分、4番目の成分、5番目の成分を順次に差し引いたあとにゼロ埋め込みを行って、フーリエ変換で分析して得られたスペクトルを示す図である。

【図7】本発明の第1実施形態に係わる信号分析方法によって音声信号を分析する例である。(a)はS/N=20dBの雑音付きの音声信号、(b)は(a)の音声信号のパワースペクトル、(c)は本発明の第1実施形態に係わ

る信号分析方法で抽出した主要成分を合成した信号、(d)は(a)と(c)の残差波形、(e)は残差波形(d)のパワースペクトルを示す図である。

【図8】本発明の第2実施形態に係わる信号分析装置の構成を示す図である。

【図9】本発明の第3の実施形態に係わる信号分析方法を説明するフローチャートである。

【図10】本発明の第3の実施形態に係わる隣接する周波数成分を抽出する方法を説明するフローチャートである。

【図11】本発明の第3の実施形態に係わる信号分析方法を説明するデータである。(a)は原正弦波合成信号、(b)雑音付きの被分析信号、(c)は本実施形態に係わる信号分析方法によって(b)を分析して得た合成信号、(d)は(a)と(c)の残差信号、(e)と(f)はそれぞれ(a)と(d)のパワースペクトルである。

【図12】本発明の第3の実施形態に係わる信号分析方法によって、1/4oct-band音声信号の分析例である。

(a)は標本化周波数48kHz、中心周波数500Hzの音声信号、(b)は5本の正弦波を使って最小二乗誤差合成波、(c)は(a)と(b)の残差信号、(d)、(e)はそれぞれ(a)と(c)のパワースペクトルである。

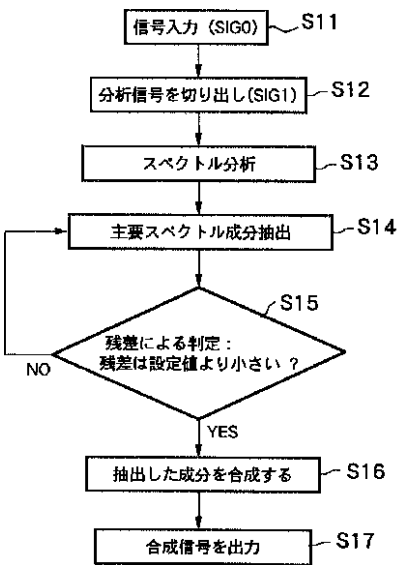
【図13】本発明の第3の実施形態に係わる信号分析方法において、分析に使う正弦波の本数と合成誤差との関係を示す図である。(a)は図11aに示すピークスペクトル正弦波1本による分析合成波形、(b)は図11bに示した被分析信号からの残差波形のパワースペクトル、(c)は図11aに示すピークスペクトルを中心周波数とする正弦波3本による分析合成波形、(d)は残差波形のパワースペクトル、(e)と(f)はそれぞれ(c)と同一の3本の正弦波を用いた数式(8)による分析合成波形と残差信号のパワースペクトルである。

【図14】本発明の第4の実施形態に係わる信号分析装置の構成を示す図である。

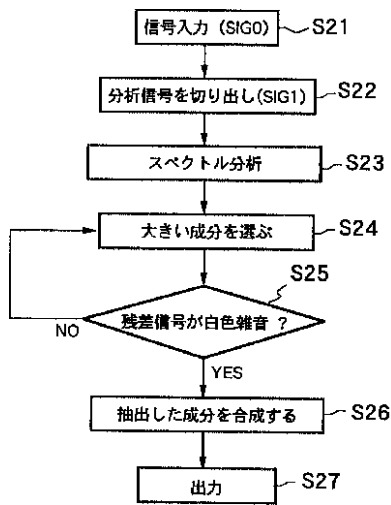
【符号の説明】

1、21...入力手段、2、22...制御部、3、23...メモリ、4、24...出力手段、5、25...切り出し手段、6、26...ゼロ埋めこみ手段、7、27...周波数分析手段、8、28...引算手段、29...隣接成分抽出手段、10、20...信号分析装置。

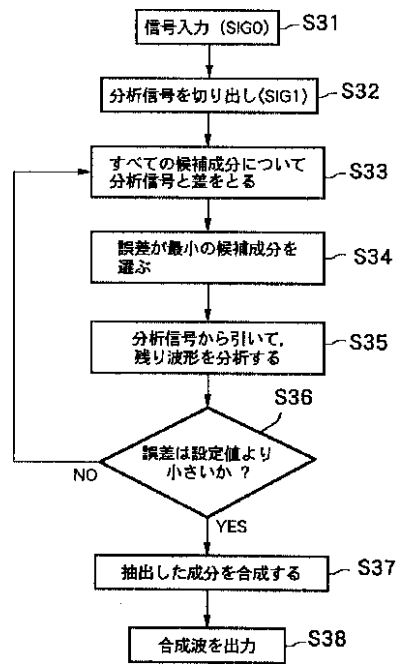
【図1】



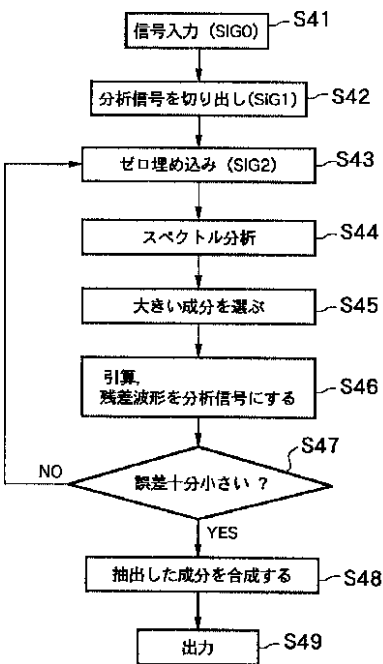
【図2】



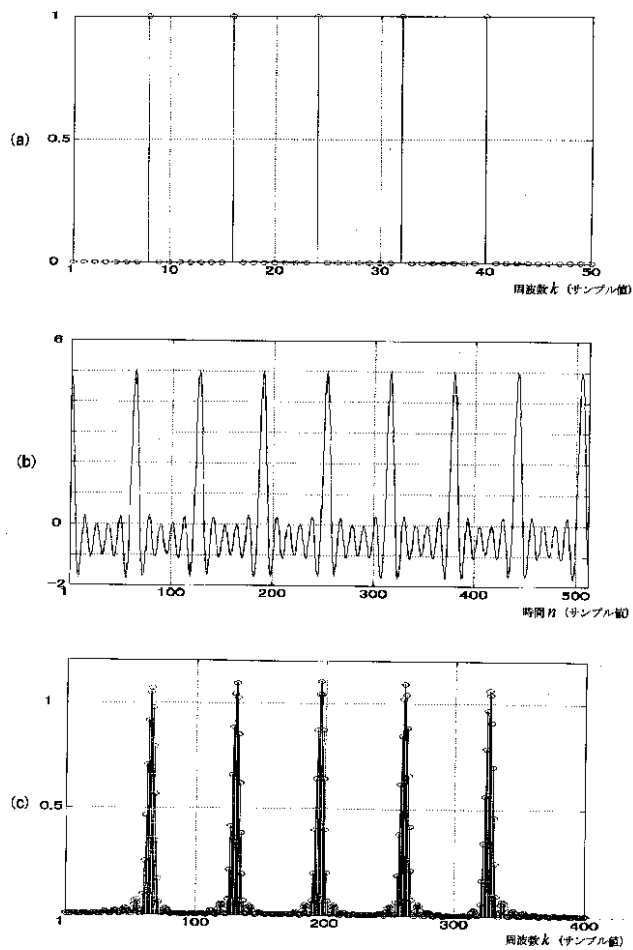
【図3】



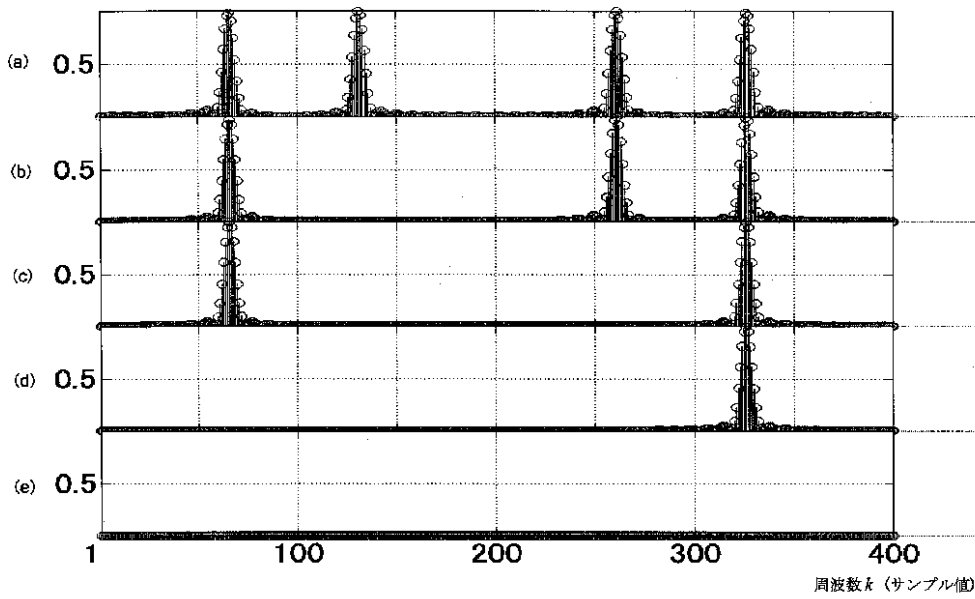
【図4】



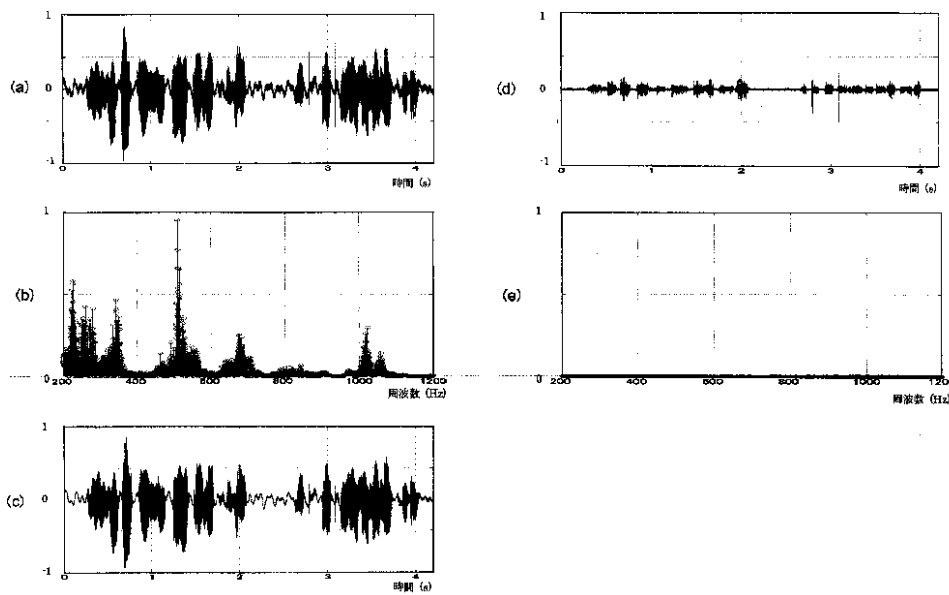
【図5】



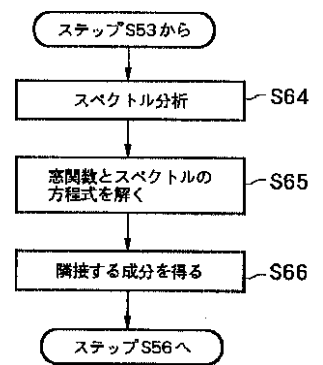
【図6】



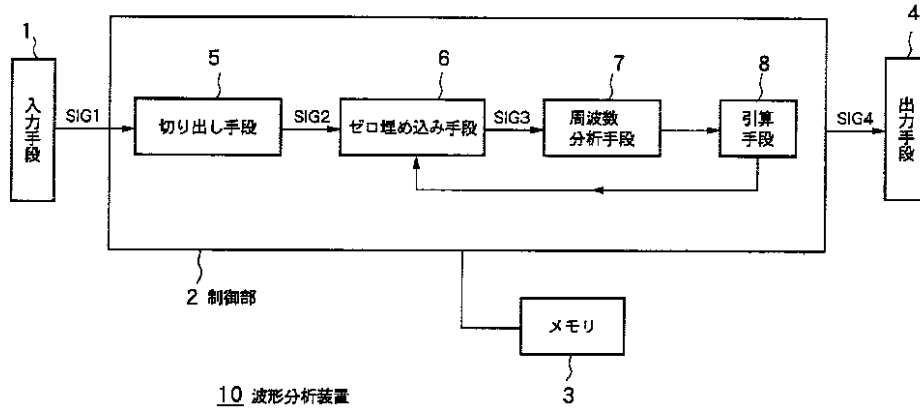
【図7】



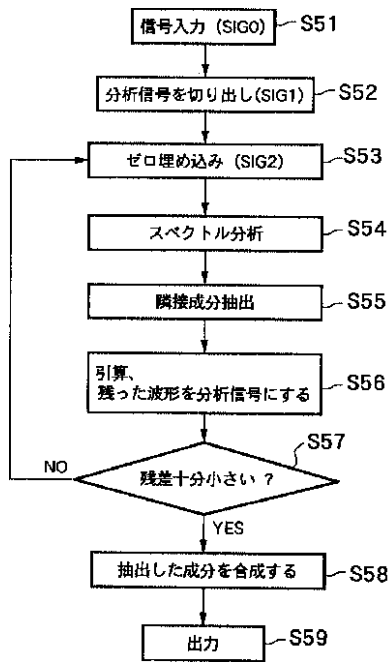
【図10】



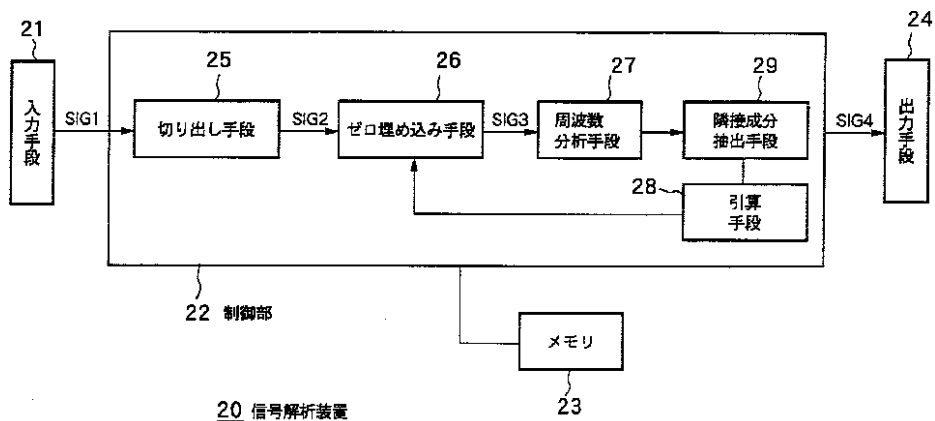
【図8】



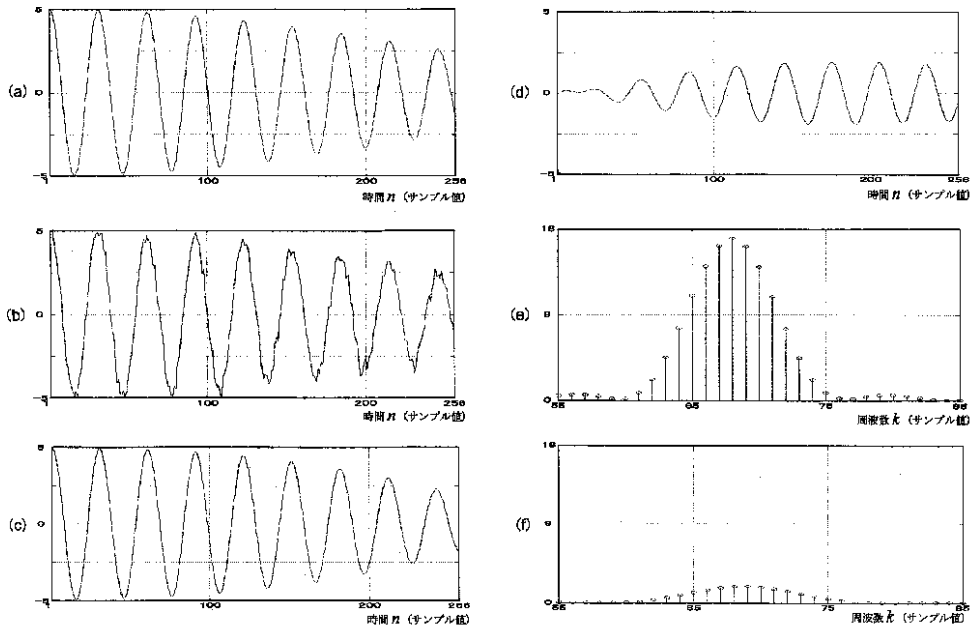
【図9】



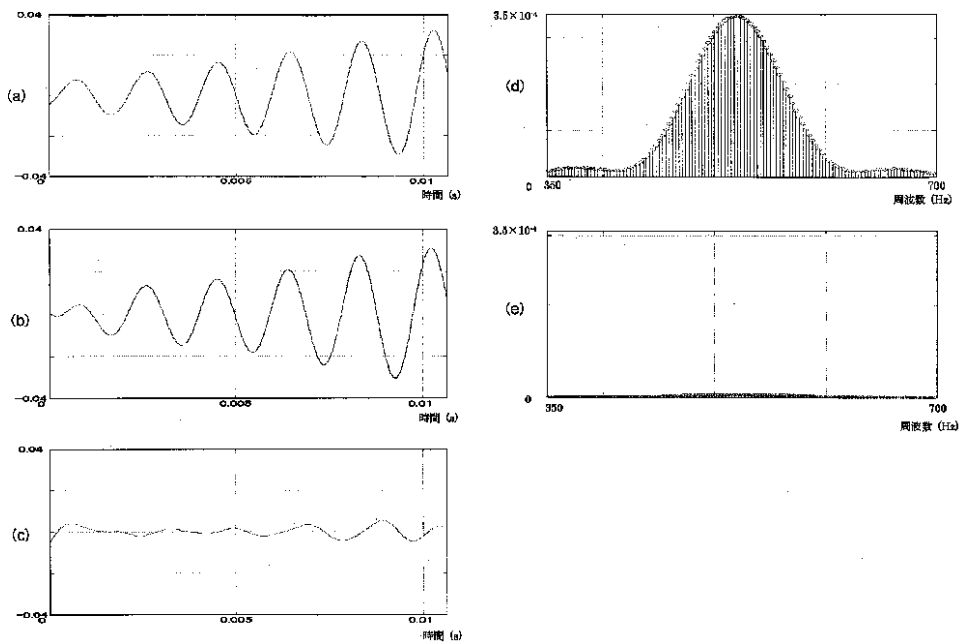
【図14】



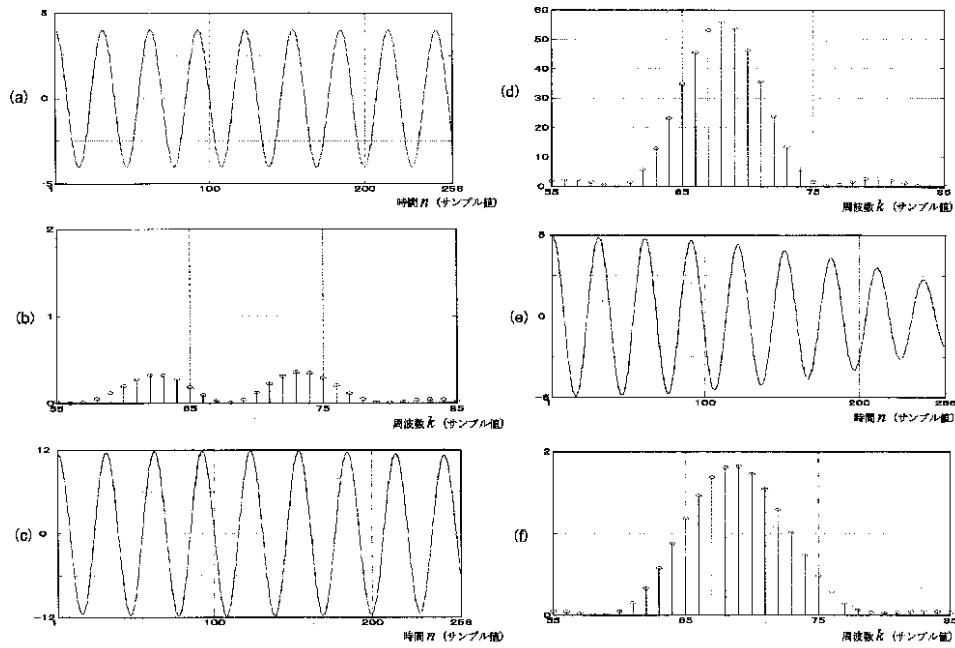
【図11】



【図12】



【図13】



フロントページの続き

(72)発明者 吉田 和明  
 東京都八王子市田町3 - 3 エクセレンス  
 小川306号室

Fターム(参考) 5J064 AA01 AA03 BB01 BB04 BC08  
 BD01