

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4650662号
(P4650662)

(45) 発行日 平成23年3月16日(2011.3.16)

(24) 登録日 平成22年12月24日(2010.12.24)

(51) Int.Cl.

F I

G 1 O G 3/04 (2006.01)

G 1 O G 3/04

G 1 O H 1/00 (2006.01)

G 1 O H 1/00

B

G 1 O L 11/00 (2006.01)

G 1 O L 11/00

4 O 2 K

請求項の数 7 (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2004-84815 (P2004-84815)
 (22) 出願日 平成16年3月23日(2004.3.23)
 (65) 公開番号 特開2005-274708 (P2005-274708A)
 (43) 公開日 平成17年10月6日(2005.10.6)
 審査請求日 平成19年3月14日(2007.3.14)

(73) 特許権者 000002185
 ソニー株式会社
 東京都港区港南1丁目7番1号
 (74) 代理人 100082131
 弁理士 稲本 義雄
 (72) 発明者 小林 由幸
 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソ
 ニー株式会社内
 審査官 鈴木 聡一郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 信号処理装置および信号処理方法、プログラム、並びに記録媒体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

オーディオ信号を処理する信号処理装置において、
 前記オーディオ信号のレベルの推移を表すレベル信号を生成する生成手段と、
 前記生成手段により生成された前記レベル信号を周波数分析する周波数分析手段と、
 前記周波数分析手段による周波数分析の分析結果に基づいて前記オーディオ信号のテン
 ポを求め、前記オーディオ信号に基づいて前記オーディオ信号の前記テンポ以外の特微量
 を求める特微量算出手段と、
 前記テンポを前記特微量に基づいて補正することにより、最終的なテンポを決定するテ
 ンポ決定手段と
 を備え、
 前記特微量算出手段は、前記オーディオ信号のスピード感を、前記特微量として求める
 ことを特徴とする信号処理装置。

【請求項2】

前記特微量算出手段はまた、前記分析結果に基づいて前記オーディオ信号のテンポの揺
 らぎを求める
 ことを特徴とする請求項1に記載の信号処理装置。

【請求項3】

前記周波数分析手段による周波数分析の分析結果の統計処理を行う統計処理手段
 をさらに備え、

前記特徴量算出手段は、前記統計処理手段により統計処理された前記分析結果に基づいて、前記テンポを求める

ことを特徴とする請求項 1 に記載の信号処理装置。

【請求項 4】

前記周波数分析手段による周波数分析の分析結果である前記レベル信号の各周波数成分に対して、倍音の関係となる周波数成分を加算し、その加算値を、前記レベル信号の各周波数成分として出力する周波数成分処理手段をさらに備え、

前記特徴量算出手段は、前記周波数成分処理手段が出力する前記各周波数成分に基づいて、前記テンポを求める

ことを特徴とする請求項 1 に記載の信号処理装置。

10

【請求項 5】

オーディオ信号を処理する信号処理装置の信号処理方法において、

前記オーディオ信号のレベルの推移を表すレベル信号を生成する生成ステップと、

前記生成ステップの処理により生成された前記レベル信号を周波数分析する周波数分析ステップと、

前記周波数分析ステップの処理による周波数分析の分析結果に基づいて前記オーディオ信号のテンポを求め、前記オーディオ信号に基づいて前記オーディオ信号の前記テンポ以外の特徴量を求める特徴量算出ステップと、

前記テンポを前記特徴量に基づいて補正することにより、最終的なテンポを決定するテンポ決定ステップと

20

を含み、

前記特徴量算出ステップの処理では、前記オーディオ信号のスピード感を、前記特徴量として求める

ことを特徴とする信号処理方法。

【請求項 6】

オーディオ信号の処理をコンピュータに行わせるプログラムにおいて、

前記オーディオ信号のレベルの推移を表すレベル信号を生成する生成ステップと、

前記生成ステップの処理により生成された前記レベル信号を周波数分析する周波数分析ステップと、

前記周波数分析ステップの処理による周波数分析の分析結果に基づいて前記オーディオ信号のテンポを求め、前記オーディオ信号に基づいて前記オーディオ信号の前記テンポ以外の特徴量を求める特徴量算出ステップと、

30

前記テンポを前記特徴量に基づいて補正することにより、最終的なテンポを決定するテンポ決定ステップと

を含み、

前記特徴量算出ステップの処理では、前記オーディオ信号のスピード感を、前記特徴量として求める

処理をコンピュータに行わせることを特徴とするプログラム。

【請求項 7】

オーディオ信号の処理をコンピュータに行わせるプログラムが記録されている記録媒体において、

40

前記オーディオ信号のレベルの推移を表すレベル信号を生成する生成ステップと、

前記生成ステップの処理により生成された前記レベル信号を周波数分析する周波数分析ステップと、

前記周波数分析ステップの処理による周波数分析の分析結果に基づいて前記オーディオ信号のテンポを求め、前記オーディオ信号に基づいて前記オーディオ信号の前記テンポ以外の特徴量を求める特徴量算出ステップと、

前記テンポを前記特徴量に基づいて補正することにより、最終的なテンポを決定するテンポ決定ステップと

を含み、

50

前記特徴量算出ステップの処理では、前記オーディオ信号のスピード感を、前記特徴量として求める

処理をコンピュータに行わせることを特徴とするプログラムが記録されている記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、信号処理装置および信号処理方法、プログラム、並びに記録媒体に関し、特に、テンポ等のオーディオ信号の特徴量を精度良く検出することができるようにする信号処理装置および信号処理方法、プログラム、並びに記録媒体に関する。

10

【背景技術】

【0002】

例えば、楽曲などのオーディオ信号のテンポを検出する方法としては、オーディオ信号の発音開始時刻の自己相関関数のピーク部分とレベルを観察することにより、発音時刻の周期性を解析し、その解析結果から1分間の4分音符の数であるテンポを検出する方法が知られている(特に、特許文献1参照)。

【0003】

【特許文献1】特開2002-116754号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

20

【0004】

しかしながら、例えば、自己相関関数において、8分音符に相当する部分にピークが出現する場合、上述したような自己相関関数のピーク部分の発音時刻の周期性からテンポを検出する方法では、1分間の4分音符の数ではなく、8分音符の数がテンポとして検出されることがある。例えば、テンポ60(1分間の4分音符の数が60個)の音楽も、1分間のピークの数、即ち、8分音符の数は120個であるとして、テンポ120が検出されることがある。従って、テンポを正確に検出することが困難であった。

【0005】

また、ある短時間のオーディオ信号を対象に、いわば瞬間的なテンポの検出を行うアルゴリズムは多数存在するが、楽曲全体のテンポを検出することは困難であった。

30

【0006】

本発明は、このような状況に鑑みてなされたものであり、テンポ等のオーディオ信号の特徴量を精度良く検出することができるようにするものである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の信号処理装置は、オーディオ信号のレベルの推移を表すレベル信号を生成する生成手段と、生成手段により生成されたレベル信号を周波数分析する周波数分析手段と、周波数分析手段による周波数分析の分析結果に基づいてオーディオ信号のテンポを求め、オーディオ信号に基づいてオーディオ信号のテンポ以外の特徴量を求める特徴量算出手段と、テンポを特徴量に基づいて補正することにより、最終的なテンポを決定するテンポ決定手段とを備え、前記特徴量算出手段は、前記オーディオ信号のスピード感を、前記特徴量として求めることを特徴とする。

40

【0010】

特徴量算出手段にはまた、分析結果に基づいてオーディオ信号のテンポの揺らぎを求めさせることができる。

【0012】

信号処理装置には、周波数分析手段による周波数分析の分析結果の統計処理を行う統計処理手段をさらに設けることができ、特徴量算出手段には、統計処理手段により統計処理された分析結果に基づいて、テンポを求めさせることができる。

【0013】

50

信号処理装置には、周波数分析手段による周波数分析の分析結果であるレベル信号の各周波数成分に対して、倍音の関係となる周波数成分を加算し、その加算値を、レベル信号の各周波数成分として出力する周波数成分処理手段をさらに設けることができ、特徴量算出手段には、周波数成分処理手段が出力する各周波数成分に基づいて、テンポを求めさせることができる。

【 0 0 1 4 】

本発明の信号処理方法は、オーディオ信号のレベルの推移を表すレベル信号を生成する生成ステップと、生成ステップの処理により生成されたレベル信号を周波数分析する周波数分析ステップと、周波数分析ステップの処理による周波数分析の分析結果に基づいてオーディオ信号のテンポを求め、オーディオ信号に基づいてオーディオ信号のテンポ以外の
10 特徴量を求める特徴量算出ステップと、テンポを特徴量に基づいて補正することにより、最終的なテンポを決定するテンポ決定ステップとを含み、前記特徴量算出ステップの処理では、前記オーディオ信号のスピード感を、前記特徴量として求めることを特徴とする。

【 0 0 1 5 】

本発明のプログラムは、オーディオ信号のレベルの推移を表すレベル信号を生成する生成ステップと、生成ステップの処理により生成されたレベル信号を周波数分析する周波数分析ステップと、周波数分析ステップの処理による周波数分析の分析結果に基づいてオーディオ信号のテンポを求め、オーディオ信号に基づいてオーディオ信号のテンポ以外の
20 特徴量を求める特徴量算出ステップと、テンポを特徴量に基づいて補正することにより、最終的なテンポを決定するテンポ決定ステップとを含み、前記特徴量算出ステップの処理では、前記オーディオ信号のスピード感を、前記特徴量として求める処理をコンピュータに行わせることを特徴とする。

【 0 0 1 6 】

本発明の記録媒体に記録されているプログラムは、オーディオ信号のレベルの推移を表すレベル信号を生成する生成ステップと、生成ステップの処理により生成されたレベル信号を周波数分析する周波数分析ステップと、周波数分析ステップの処理による周波数分析の分析結果に基づいてオーディオ信号のテンポを求め、オーディオ信号に基づいてオーディオ信号のテンポ以外の
30 特徴量を求める特徴量算出ステップと、テンポを特徴量に基づいて補正することにより、最終的なテンポを決定するテンポ決定ステップとを含み、前記特徴量算出ステップの処理では、前記オーディオ信号のスピード感を、前記特徴量として求める処理をコンピュータに行わせることを特徴とする。

【 0 0 1 7 】

本発明の情報処理装置および情報処理方法、並びにプログラムおよび記録媒体に記録されているプログラムにおいては、オーディオ信号のレベルの推移を表すレベル信号を生成し、そのレベル信号を周波数分析する。そして、その周波数分析の分析結果に基づいてオーディオ信号のテンポを求め、オーディオ信号に基づいてオーディオ信号のスピード感を
特徴量として求め、テンポを特徴量に基づいて補正することにより、最終的なテンポを決定する。

【発明の効果】

【 0 0 1 8 】

本発明によれば、テンポ等の音楽の特徴量を精度良く検出することが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 1 9 】

以下に本発明の実施の形態を説明するが、請求項に記載の構成要件と、発明の実施の形態における具体例との対応関係を例示すると、次のようになる。この記載は、請求項に記載されている発明をサポートする具体例が、発明の実施の形態に記載されていることを確認するためのものである。従って、発明の実施の形態中には記載されているが、構成要件に対応するものとして、ここには記載されていない具体例があったとしても、そのことは、その具体例が、その構成要件に対応するものではないことを意味するものではない。逆に、具体例が構成要件に対応するものとしてここに記載されていたとしても、そのことは
50

、その具体例が、その構成要件以外の構成要件には対応しないものであることを意味するものでもない。

【 0 0 2 0 】

さらに、この記載は、発明の実施の形態に記載されている具体例に対応する発明が、請求項に全て記載されていることを意味するものではない。換言すれば、この記載は、発明の実施の形態に記載されている具体例に対応する発明であって、この出願の請求項には記載されていない発明の存在、すなわち、将来、分割出願されたり、補正により追加される発明の存在を否定するものではない。

【 0 0 2 1 】

請求項 1 に記載の信号処理装置は、
オーディオ信号を処理する信号処理装置(例えば、図 1 の特徴量検出装置 1)において、
オーディオ信号のレベルの推移を表すレベル信号を生成する生成手段(例えば、図 1 のレベル計算部 2 1)と、
生成手段により生成されたレベル信号を周波数分析する周波数分析手段(例えば、図 1 の周波数分析部 2 2)と、
周波数分析手段による周波数分析の分析結果に基づいてオーディオ信号のテンポを求め、オーディオ信号に基づいてオーディオ信号のテンポ以外の特徴量を求める特徴量算出手段(例えば、図 1 の特徴抽出部 2 3)と、
テンポを特徴量に基づいて補正することにより、最終的なテンポを決定するテンポ決定手段と
を備え、
前記特徴量算出手段は、前記オーディオ信号のスピード感を、前記特徴量として求めることを特徴とする。

【 0 0 2 2 】

請求項 4 に記載の信号処理装置は、
周波数分析手段による周波数分析の分析結果の統計処理を行う統計処理手段(例えば、図 2 の統計処理部 4 9)をさらに備え、
特徴量算出手段は、統計処理手段により統計処理された分析結果に基づいて、テンポを求めることを特徴とする。

【 0 0 2 3 】

請求項 5 に記載の信号処理装置は、
周波数分析手段による周波数分析の分析結果であるレベル信号の各周波数成分に対して、倍音の関係となる周波数成分を加算し、その加算値を、レベル信号の各周波数成分として出力する周波数成分処理手段(例えば、図 2 の周波数成分処理部 4 8)をさらに備え、
特徴量算出手段は、周波数成分処理手段が出力する周波数成分に基づいて、テンポを求めることを特徴とする。

【 0 0 2 4 】

請求項 5 に記載の信号処理方法は、
オーディオ信号を処理する信号処理装置の信号処理方法において、
オーディオ信号のレベルの推移を表すレベル信号を生成する生成ステップ(例えば、図 5 のステップ S 1 2)と、
生成ステップの処理により生成されたレベル信号を周波数分析する周波数分析ステップ(例えば、図 5 のステップ S 1 3)と、
周波数分析ステップの処理による周波数分析の分析結果に基づいてオーディオ信号のテンポを求め、オーディオ信号に基づいてオーディオ信号のテンポ以外の特徴量を求める特徴量算出ステップ(例えば、図 5 のステップ S 1 4 および S 1 5)と、
テンポを特徴量に基づいて補正することにより、最終的なテンポを決定するテンポ決定ステップと

を含み、

前記特徴量算出ステップの処理では、前記オーディオ信号のスピード感を、前記特徴量として求める

ことを特徴とする。

【0025】

請求項6に記載のプログラムおよび請求項7に記載の記録媒体に記録されているプログラムは、

オーディオ信号の処理をコンピュータに行わせるプログラムにおいて、

オーディオ信号のレベルの推移を表すレベル信号を生成する生成ステップ（例えば、図5のステップS12）と、

生成ステップの処理により生成されたレベル信号を周波数分析する周波数分析ステップ（例えば図5のステップS13）と、

周波数分析ステップの処理による周波数分析の分析結果に基づいてオーディオ信号のテンポを求め、オーディオ信号に基づいてオーディオ信号のテンポ以外の特徴量を求める特徴量算出ステップ（例えば、図5のステップS14およびS15）と、

テンポを特徴量に基づいて補正することにより、最終的なテンポを決定するテンポ決定ステップと

を含み、

前記特徴量算出ステップの処理では、前記オーディオ信号のスピード感を、前記特徴量として求める

処理をコンピュータに行わせることを特徴とする。

【0026】

以下に、本発明の実施の形態を説明する。

【0027】

図1は、本発明を適用した特徴量検出装置の一実施の形態の構成例を示すブロック図である。

【0028】

図1の特徴量検出装置1には、例えば、CD（Compact Disc）などから再生された楽曲のデジタル信号であるオーディオ信号が供給され、特徴量検出装置1は、そのオーディオ信号の特徴量としての、例えば、テンポ t 、スピード感 S 、およびテンポ揺れ W を検出し、出力する。なお、図1において、特徴量検出装置1に供給されるオーディオ信号は、ステレオ信号となっている。

【0029】

特徴量検出装置1は、加算器20、レベル計算部21、周波数分析部22、および特徴抽出部23から構成される。

【0030】

加算器20には、楽曲の左チャンネルのオーディオ信号と右チャンネルのオーディオ信号が供給される。加算器20は、左チャンネルと右チャンネルのオーディオ信号を加算し、レベル計算部21に供給する。

【0031】

レベル計算部21は、加算器20から供給されるオーディオ信号のレベルの推移を表すレベル信号を生成し、周波数分析部22に供給する。

【0032】

周波数分析部22は、レベル計算部21から供給されるオーディオ信号のレベルの推移を表すレベル信号を周波数分析し、その分析結果として、レベル信号の各周波数の周波数成分 A を出力する。そして、周波数分析部22は、その周波数成分 A を特徴抽出部23に供給する。

【0033】

特徴抽出部23は、テンポ算出部31、スピード感検出部32、テンポ補正部33、およびテンポ揺れ検出部34から構成される。

【 0 0 3 4 】

テンポ算出部 3 1 は、周波数分析部 2 2 から供給されるレベル信号の周波数成分 A に基づいて、オーディオ信号のテンポ（特徴量） t を出力し、テンポ補正部 3 3 に供給する。

【 0 0 3 5 】

スピード感検出部 3 2 は、周波数分析部 2 2 から供給されるレベル信号の周波数成分 A に基づいて、オーディオ信号のスピード感 S を検出し、テンポ補正部 3 3 に供給するとともに、オーディオ信号の特徴量の 1 つとして、外部に出力する。

【 0 0 3 6 】

テンポ補正部 3 3 は、テンポ算出部 3 1 から供給されるテンポ t を、スピード感検出部 3 2 から供給されるスピード感 S に基づき、必要に応じて補正（修正）し、オーディオ信号の特徴量の 1 つとして、外部に出力する。

10

【 0 0 3 7 】

テンポ揺れ検出部 3 4 は、周波数分析部 2 2 から供給されるレベル信号の周波数成分 A に基づいて、オーディオ信号のテンポの揺らぎであるテンポ揺れ W を検出し、オーディオ信号の特徴量の 1 つとして、外部に出力する。

【 0 0 3 8 】

以上のように構成される特徴量検出装置 1 では、楽曲の左チャンネルと右チャンネルのオーディオ信号が加算器 2 0 を介して、レベル計算部 2 1 に供給され、レベル計算部 2 1 が、そのオーディオ信号をレベル信号に変換する。そして、周波数分析部 2 2 が、そのレベル信号の周波数成分 A を検出し、その周波数成分 A に基づいて、テンポ算出部 3 1 がテンポ t を演算するとともに、スピード感検出部 3 2 がスピード感 S を検出する。テンポ補正部 3 3 は、テンポ t を、スピード感 S に基づき、必要に応じて補正し、出力する。また、テンポ揺れ検出部 3 4 は、周波数成分 A に基づいて、テンポ揺れ W を検出し、出力する。

20

【 0 0 3 9 】

図 2 は、図 1 のレベル計算部 2 1 と周波数分析部 2 2 の詳細構成例を示している。

【 0 0 4 0 】

レベル計算部 2 1 は、E Q（Equalize）処理部 4 1 およびレベル信号生成部 4 2 から構成され、周波数分析部 2 2 は、デシメーションフィルタ部 4 3、ダウンサンプリング部 4 4、E Q 処理部 4 5、窓処理部 4 6、周波数変換部 4 7、周波数成分処理部 4 8、および統計処理部 4 9 から構成されている。

30

【 0 0 4 1 】

E Q 処理部 4 1 には、加算器 2 0 からオーディオ信号が供給される。E Q 処理部 4 1 は、そのオーディオ信号に対してフィルタ処理を行う。例えば、E Q 処理部 4 1 は、例えば、HPF(High Pass Filter)を構成しており、テンポ t の抽出に適していないオーディオ信号の低域成分を除去し、テンポ t の抽出に適した周波数成分のオーディオ信号を、レベル信号生成部 4 2 に供給する。なお、E Q 処理部 4 1 のフィルタ処理で用いられるフィルタの係数は、特に限定されるものではない。

【 0 0 4 2 】

レベル信号生成部 4 2 は、例えば、E Q 処理部 4 1 から供給されるオーディオ信号のレベルの推移を表すレベル信号を生成し、周波数分析部 2 2（のデシメーションフィルタ部 4 3）に供給する。なお、レベル信号としては、例えば、オーディオ信号の絶対値や、パワー（2 乗）、絶対値またはパワーの移動平均（値）、レベルメータでのレベル表示に用いられている値などを採用することができる。ここで、レベルメータでのレベル表示に用いられている値をレベル信号として採用した場合、オーディオ信号の各サンプル点の絶対値が、そのサンプル点におけるレベル信号とされる。但し、いまレベル信号を出力しようとしているサンプル点のオーディオ信号の絶対値が、直前のサンプル点のレベル信号より小さい場合には、その直前のサンプル点のレベル信号に、0.0 以上 1.0 未満のリリース係数 R （0.0 $R < 1.0$ ）を乗算した値が、いま出力しようとしているサンプル点におけるレベル信号とされる。

40

50

【 0 0 4 3 】

デシメーションフィルタ部 4 3 は、後段のダウンサンプリング部 4 4 でダウンサンプリングを行うために、レベル信号生成部 4 2 から供給されるレベル信号の高周波数成分を除去し、ダウンサンプリング部 4 4 に供給する。

【 0 0 4 4 】

ダウンサンプリング部 4 4 は、デシメーションフィルタ部 4 3 から供給されるレベル信号のダウンサンプリングを行う。ここで、テンポ t を検出するためには、レベル信号の数百 Hz 程度の成分があれば十分である。そこで、ダウンサンプリング部 4 4 は、レベル信号のサンプルを間引くことにより、そのサンプリング周波数を、172Hz にダウンサンプリングする。ダウンサンプリング後のレベル信号は、E Q 処理部 4 5 に供給される。ここで、
10
ダウンサンプリング部 4 4 によるダウンサンプリングにより、その後の処理の負荷(演算量)を軽減することができる。

【 0 0 4 5 】

E Q 処理部 4 5 は、ダウンサンプリング部 4 4 から供給されるレベル信号をフィルタ処理することにより、その低周波数成分(例えば、D C 成分とテンポ 5 0 (1 分間の 4 分音符の数が 5 0 個) に対応する周波数以下の成分)と、高周波数成分(テンポ 4 0 0 (1 分間の 4 分音符の数が 4 0 0 個) に対応する周波数以上の成分)とを除去する。即ち、E Q 処理部 4 5 は、テンポ t の抽出に適していない低周波数成分と高周波数成分を除去する。そして、E Q 処理部 4 5 は、その低周波数成分と高周波数成分を除去した結果残った周波数成分のレベル信号を、窓処理部 4 6 に供給する。なお、以下では、1 分間の 4 分音符の
20
数が i 個であるオーディオ信号のテンポを、テンポ i という。

【 0 0 4 6 】

窓処理部 4 6 は、E Q 処理部 4 5 から供給されるレベル信号から、所定の時間分、即ち、所定のサンプル数のレベル信号を、1 つのブロックとして、時系列に抽出する。さらに、窓処理部 4 6 は、ブロックの両端のレベル信号が急激に変化していることの影響を低減する等のために、その両端の部分を徐々に減衰させるハミング窓やハニング窓等の窓関数で、ブロックのレベル信号を窓処理し(ブロックのレベル信号に窓関数を乗算し)、周波数変換部 4 7 に供給する。

【 0 0 4 7 】

周波数変換部 4 7 は、窓処理部 4 6 から供給されるブロックのレベル信号に対して、例えば、離散コサイン変換を行うことで、レベル信号の周波数変換(周波数分析)を行う。周波数変換部 4 7 は、ブロックのレベル信号を周波数変換することにより得られる周波数成分のうちの、例えば、テンポ 5 0 乃至 1 6 0 0 に対応する周波数の周波数成分を得て、周波数成分処理部 4 8 に供給する。
30

【 0 0 4 8 】

周波数成分処理部 4 8 は、周波数変換部 4 7 からのブロックのレベル信号の周波数成分を処理する。即ち、周波数成分処理部 4 8 は、周波数変換部 4 7 からのブロックのレベル信号の周波数成分のうちの、例えば、テンポ 5 0 乃至 4 0 0 の範囲に対応する周波数の周波数成分に、そのテンポの 2 倍、3 倍、4 倍となるテンポに対応する周波数の周波数成分(倍音)をそれぞれ加算し、その加算結果を、そのテンポに対応する周波数の周波数成分とする。
40

【 0 0 4 9 】

例えば、テンポ 5 0 に対応する周波数の周波数成分には、テンポ 5 0 の 2 倍となるテンポ 1 0 0、3 倍となるテンポ 1 5 0、4 倍となるテンポ 2 0 0 に対応する周波数それぞれの周波数成分が加算され、テンポ 5 0 に対応する周波数の周波数成分とされる。また、例えば、テンポ 1 0 0 に対応する周波数の周波数成分には、テンポ 1 0 0 の 2 倍となるテンポ 2 0 0、3 倍となるテンポ 3 0 0、4 倍となるテンポ 4 0 0 に対応する周波数それぞれの周波数成分が加算され、テンポ 1 0 0 に対応する周波数の周波数成分とされる。

【 0 0 5 0 】

なお、例えば、テンポ 5 0 に対応する周波数成分を求めるときに加算する、テンポ 1 0
50

0に対応する周波数成分は、その倍音の周波数成分が加算される前のテンポ100に対応する周波数成分である。他のテンポについても、同様である。

【0051】

上述のように、周波数成分処理部48は、テンポ50乃至400の範囲に対応する周波数の各周波数成分に対して、その倍音の周波数成分を加算し、その加算値を、いわば新たな周波数成分とすることにより、テンポ50乃至400の範囲に対応する周波数の各周波数成分を、ブロックごとに得て、統計処理部49に供給する。

【0052】

ここで、ある周波数の周波数成分は、その周波数がレベル信号の基本周波数（ピッチ周波数） f_0 である可能性の高さを表している。従って、ある周波数の周波数成分は、その周波数の基本周波数らしさであるといえる。なお、基本周波数 f_0 は、その基本周波数で、レベル信号が繰り返していることを表すので、元のオーディオ信号のテンポに対応している。

【0053】

統計処理部49は、1曲分のブロックを対象に統計処理を行う。即ち、統計処理部49は、周波数成分処理部48からブロック単位で供給される1曲分のレベル信号の周波数成分を、周波数ごとに加算する。そして、統計処理部49は、その統計処理によって得られる、1曲分のブロックに亘る周波数成分の加算結果を、その1曲のレベル信号の周波数成分Aとして、特徴抽出部23に供給する。

【0054】

図3は、図1のスピード感検出部32の詳細構成例を示すブロック図である。

【0055】

図3のスピード感検出部32は、ピーク抽出部61、ピーク加算部62、ピーク周波数演算部63、およびスピード感演算部64から構成される。

【0056】

ピーク抽出部61には、周波数分析部22からレベル信号の周波数成分Aが供給される。ピーク抽出部61は、例えば、レベル信号の周波数成分Aから、ピーク（極大値）となっているものを検出し、さらにその中から、大きい順に上位10個のピークとなっている周波数成分 A_1 乃至 A_{10} を抽出する。ここで、大きい順にi番目のピークとなっている周波数成分を A_i （ $i=1,2,\dots$ ）と表し、対応する周波数を f_i と表す。

【0057】

ピーク抽出部61は、上位10個の周波数成分 A_1 乃至 A_{10} をピーク加算部62に供給するとともに、その周波数成分 A_1 乃至 A_{10} と、対応する周波数 f_1 乃至 f_{10} を、ピーク周波数演算部63に供給する。

【0058】

ピーク加算部62は、ピーク抽出部61から供給される周波数成分 A_1 乃至 A_{10} をすべて加算し、その結果得られる加算値 A_i （ $=A_1+A_2+\dots+A_{10}$ ）を、スピード感演算部64に供給する。

【0059】

ピーク周波数演算部63は、ピーク抽出部61から供給される周波数成分 A_1 乃至 A_{10} と周波数 f_1 乃至 f_{10} とを用いて、周波数成分 A_i と周波数 f_i との積の総和である積算値 $A_i \times f_i$ （ $=A_1 \times f_1 + A_2 \times f_2 + \dots + A_{10} \times f_{10}$ ）を演算し、スピード感演算部64に供給する。

【0060】

スピード感演算部64は、ピーク加算部62から供給される加算値 A_i と、ピーク周波数演算部63から供給される積算値 $A_i \times f_i$ とに基づいて、スピード感（を表す情報）Sを演算し、テンポ補正部33に供給するとともに、外部に出力する。

【0061】

図4は、図1のテンポ揺れ検出部34の詳細構成例を示すブロック図である。

【0062】

10

20

30

40

50

図4のテンポ揺れ検出部34は、加算部81、ピーク抽出部82、および除算部83から構成される。

【0063】

加算部81には、周波数分析部22からテンポ50乃至400の範囲に対応する各周波数の周波数成分Aが供給される。加算部81は、周波数分析部22からの周波数成分Aを、すべての周波数に亘って加算し、その結果得られる加算値Aを除算部83に供給する。

【0064】

ピーク抽出部82には、周波数分析部22からテンポ50乃至400の範囲に対応する各周波数の周波数成分Aが供給される。ピーク抽出部82は、その周波数成分Aから、最大の周波数成分 A_1 を抽出し、除算部83に供給する。

10

【0065】

除算部83は、加算部81から供給される周波数成分Aの加算値Aと、ピーク抽出部82から供給される最大の周波数成分 A_1 に基づいて、テンポ揺れWを演算し、外部に出力する。

【0066】

次に、図5のフローチャートを参照して、図1の特徴量検出装置1が行う特徴量検出処理を説明する。この特徴量検出処理は、加算器20に左チャンネルと右チャンネルのオーディオ信号が供給されたとき、開始される。

【0067】

20

ステップS11において、加算器20は、左チャンネルと右チャンネルのオーディオ信号を加算し、レベル計算部21に供給して、ステップS12に進む。

【0068】

ステップS12において、レベル計算部21は、加算器20から供給されるオーディオ信号のレベル信号を生成し、周波数分析部22に供給する。

【0069】

具体的には、レベル計算部21のEQ処理部41は、テンポtの抽出に適していないオーディオ信号の低域成分を除去し、テンポtの抽出に適した周波数成分のオーディオ信号を、レベル信号生成部42に供給する。そして、レベル信号生成部42は、EQ処理部41から供給されるオーディオ信号のレベルの推移を表すレベル信号を生成し、周波数分析部22に供給する。

30

【0070】

ステップS12の処理後は、ステップS13に進み、周波数分析部22は、レベル計算部21から供給されるレベル信号を周波数分析し、その分析結果として、レベル信号の各周波数の周波数成分Aを出力する。そして、周波数分析部22は、その周波数成分Aを特徴抽出部23のテンポ算出部31、スピード感検出部32、およびテンポ揺れ検出部34に供給し、ステップS14に進む。

【0071】

ステップS14において、テンポ算出部31は、周波数分析部22から供給されるレベル信号の周波数成分Aに基づいて、オーディオ信号のテンポtを求め、テンポ補正部33に供給する。

40

【0072】

具体的には、テンポ算出部31は、周波数分析部22から供給されるレベル信号の周波数成分Aから、最大の周波数成分 A_1 を検出し、その最大の周波数成分 A_1 の周波数を、レベル信号の基本周波数 f_b に決定する。即ち、レベル信号の各周波数の周波数成分Aは、上述したように、その周波数の基本周波数らしさを表しているのので、最大の周波数成分 A_1 の周波数は、基本周波数らしさが最大、即ち、最も基本周波数らしい周波数である。そこで、レベル信号の周波数成分Aのうちの、最大の周波数成分 A_1 の周波数が、基本周波数 f_b に決定される。

【0073】

50

さらに、テンポ算出部 3 1 は、基本周波数 f_b と、レベル信号のサンプリング周波数 f_s とに基づいて、以下の式 (1) を用いて、元のオーディオ信号のテンポ t を求め、テンポ補正部 3 3 に供給する。

【 0 0 7 4 】

$$t = f_b / f_s \times 60$$

・・・ (1)

【 0 0 7 5 】

ステップ S 1 4 の処理後は、ステップ S 1 5 に進み、スピード感検出部 3 2 は、周波数分析部 2 2 から供給される周波数成分 A に基づいて、スピード感検出処理を行い、その結果得られるオーディオ信号のスピード感 S を、テンポ補正部 3 3 に供給するとともに、外部に出力する。

10

【 0 0 7 6 】

ステップ S 1 5 の処理後は、ステップ S 1 6 に進み、テンポ補正部 3 3 は、ステップ S 1 4 でテンポ算出部 3 1 から供給されたテンポ t を、ステップ S 1 5 でスピード感検出部 3 2 から供給されたスピード感 S に基づき、必要に応じて補正するテンポ補正処理を行い、その結果得られるテンポ t (を表す情報) を外部に出力して、処理を終了する。

【 0 0 7 7 】

ステップ S 1 6 の処理後は、ステップ S 1 7 に進み、テンポ揺れ検出部 3 4 は、周波数分析部 2 2 から供給されるレベル信号の周波数成分 A に基づいて、テンポ揺れ検出処理を行い、その結果得られるオーディオ信号のテンポの揺らぎであるテンポ揺れ W を、外部に出力する。そして、テンポ揺れ検出部 3 4 は、処理を終了する。

20

【 0 0 7 8 】

なお、上述したステップ S 1 4 乃至 S 1 6 で外部に出力されたテンポ t 、スピード感 S 、テンポ揺れ W は、例えば、モニタに供給され、表示される。

【 0 0 7 9 】

次に、図 6 のフローチャートを参照して、図 5 のステップ S 1 3 の周波数分析処理について説明する。

【 0 0 8 0 】

ステップ S 3 1 において、周波数分析部 2 2 (図 2) のデシメーションフィルタ部 4 3 は、後段のダウンサンプリング部 4 4 でダウンサンプリングを行うために、レベル信号生成部 4 2 から供給されるレベル信号の高周波数成分を除去し、ダウンサンプリング部 4 4 に供給して、ステップ S 3 2 に進む。

30

【 0 0 8 1 】

ステップ S 3 2 において、ダウンサンプリング部 4 4 は、デシメーションフィルタ部 4 3 から供給されるレベル信号のダウンサンプリングを行い、ダウンサンプリング後のレベル信号を、E Q 処理部 4 5 に供給する。

【 0 0 8 2 】

ステップ S 3 2 の処理後は、ステップ S 3 3 に進み、E Q 処理部 4 5 は、ダウンサンプリング部 4 4 から供給されるレベル信号をフィルタ処理することにより、その低周波数成分と高周波数成分を除去する。そして、E Q 処理部 4 5 は、その低周波数成分と高周波数成分を除去した結果残った周波数成分のレベル信号を、窓処理部 4 6 に供給し、ステップ S 3 4 に進む。

40

【 0 0 8 3 】

ステップ S 3 4 において、窓処理部 4 6 は、E Q 処理部 4 5 から供給されるレベル信号から、時系列に所定のサンプル数のレベル信号を、1 つのブロックのレベル信号として抽出し、窓処理をして、周波数変換部 4 7 に供給する。なお、以下、ステップ S 3 4 乃至 S 3 6 の処理は、ブロック単位で行われる。

【 0 0 8 4 】

ステップ S 3 4 の処理後は、ステップ S 3 5 に進み、周波数変換部 4 7 は、窓処理部 4 6 から供給されるブロックのレベル信号に対して、離散コサイン変換を行うことで、レベ

50

ル信号の周波数変換を行う。そして、周波数変換部 47 は、ブロックのレベル信号を周波数変換することにより得られる周波数成分のうちの、例えば、テンポ 50 乃至 1600 に対応する周波数の周波数成分を得て、周波数成分処理部 48 に供給する。

【0085】

ステップ S35 の処理後は、ステップ S36 に進み、周波数成分処理部 48 は、周波数変換部 47 からのブロックのレベル信号の周波数成分を処理する。即ち、周波数成分処理部 48 は、周波数変換部 47 からのブロックのレベル信号の周波数成分のうちの、例えば、テンポ 50 乃至 400 の範囲に対応する周波数の周波数成分に、そのテンポの 2 倍、3 倍、4 倍となるテンポに対応する周波数の周波数成分（倍音）のそれぞれを加算し、その加算値を、いわば新たな周波数成分とすることにより、テンポ 50 乃至 400 の範囲に対応する周波数の各周波数成分を得て、統計処理部 49 に供給する。

10

【0086】

ステップ S36 の処理後は、ステップ S37 に進み、統計処理部 49 は、周波数成分生成部 48 から、1 曲分のブロックのレベル信号の周波数成分が供給されたかどうかを判定し、1 曲分のブロックのレベル信号の周波数成分が供給されていないと判定した場合、ステップ S34 に戻る。そして、ステップ S34 において、窓処理部 46 は、直前に、1 ブロックとして抽出されたレベル信号の直後のレベル信号から、1 ブロック分のレベル信号を抽出し、窓処理を行う。そして、窓処理部 46 は、窓処理後のブロックのレベル信号を、周波数変換部 47 に供給して、ステップ S35 に進み、上述した処理を繰り返す。

【0087】

20

なお、窓処理部 46 は、直前のステップ S34 で抽出されたブロックの時間的に直後から 1 ブロック分のレベル信号を抽出し、窓処理を行うこともできるし、直前のステップ S34 で抽出されたブロックにオーバーラップするように、1 ブロック分のレベル信号を抽出し、窓処理を行うこともできる。

【0088】

ステップ S37 において、1 曲分のブロックのレベル信号の周波数成分が供給されたと判定された場合、ステップ S38 に進み、統計処理部 49 は、1 曲分のブロックを対象に統計処理を行う。即ち、統計処理部 49 は、周波数成分処理部 48 からブロック単位で供給される 1 曲分のレベル信号の周波数成分を、周波数ごとに加算する。そして、統計処理部 49 は、その統計処理によって得られる、1 曲に亘るレベル信号の各周波数の周波数成分 A を、特徴抽出部 23 に供給し、図 5 のステップ S13 に戻る。

30

【0089】

図 5 のステップ S13 の処理後は、ステップ S14 に進み、テンポ算出部 31 は、統計処理部 49 から供給された 1 曲分のブロックのレベル信号の周波数成分を統計処理して得られる周波数成分 A のうちの、最大の周波数成分 A_1 の周波数を、レベル信号の基本周波数 f_b として、式 (1) によりテンポ t を求める。これにより、1 曲分に対応するオーディオ信号のテンポ t を精度良く求めることができる。

【0090】

次に、図 7A 乃至図 7E と図 8 を参照して、周波数分析部 22 の周波数分析処理を、さらに説明する。

40

【0091】

周波数分析部 22 において、図 7A に示すレベル信号が、EQ 処理部 45 から窓処理部 46 に供給された場合、図 6 のステップ S34 において、窓処理部 46 は、図 7B に示すように、1 ブロックのレベル信号を抽出する。即ち、窓処理部 46 は、図 7A に示すレベル信号から、所定のサンプル数のレベル信号を、1 ブロックのレベル信号として抽出する。そして、窓処理部 46 は、図 7B に示すブロックのレベル信号に対して窓処理を行い（所定の窓関数を乗算し）、ブロックの両端の部分を減衰させた図 7C に示すレベル信号を得る。

【0092】

図 7C に示すブロックのレベル信号が、窓処理部 46 から周波数変換部 47 に供給され

50

、図 6 のステップ S 3 5 において、周波数変換部 4 7 は、そのレベル信号を離散コサイン変換し、図 7 D に示すように、テンポ 5 0 乃至 1 6 0 0 の範囲に対応する周波数の周波数成分を得る。なお、図 7 D において、横軸は周波数を表し、縦軸は周波数成分(の大きさ)を表している。また、横軸に記載されている「 $T = 5 0$ 」は、テンポ 5 0 に対応する周波数の値を表し、「 $T = 1 6 0 0$ 」は、テンポ 1 6 0 0 に対応する周波数の値を表している。

【 0 0 9 3 】

図 7 D に示すテンポ 5 0 乃至テンポ 1 6 0 0 の範囲に対応する周波数の周波数成分が周波数変換部 4 7 から周波数成分処理部 4 8 に供給され、図 6 のステップ S 3 6 において、周波数成分処理部 4 8 は、テンポ 5 0 乃至テンポ 4 0 0 の範囲に対応する各周波数の周波数成分に、そのテンポの 2 倍、3 倍、4 倍となるテンポに対応する周波数の周波数成分(倍音)を加算し、その加算値を、新たに、そのテンポに対応する周波数の周波数成分とする。これにより、図 7 E に示すように、テンポ 5 0 乃至 4 0 0 の範囲に対応する各周波数の周波数成分が得られる。なお、図 7 E においては、図 7 D と同様に、横軸は周波数を表し、縦軸は周波数成分を表している。また、横軸に記載されている「 $T = 5 0$ 」は、テンポ 5 0 に対応する周波数の値を表し、「 $T = 4 0 0$ 」は、テンポ 4 0 0 に対応する周波数の値を表している。

【 0 0 9 4 】

以上のような処理が 1 曲分の各ブロックのレベル信号に対して行われ、1 曲分のブロックのレベル信号それぞれについての、図 7 E に示す各周波数の周波数成分が、周波数成分処理部 4 8 から統計処理部 4 9 に供給された場合、図 6 のステップ S 3 8 において、統計処理部 4 9 は、1 曲分の各ブロックのレベル信号をそれぞれについての、図 7 E に示す周波数成分を、周波数ごとに加算し、これにより、1 曲のオーディオ信号について、例えば、図 8 に示す周波数成分 A を得る。

【 0 0 9 5 】

図 8 の周波数成分 A では、ピーク(極大値) A_1 乃至 A_{11} の 1 1 個のピークがある。ここで、1 1 個のピーク A_1 乃至 A_{11} のうち、大きい順に上位 1 0 個のピークは、周波数成分 A_1 乃至 A_{10} であり、対応する周波数は f_1 乃至 f_{10} である。そして、最大の周波数成分は、周波数成分 A_1 である。

【 0 0 9 6 】

この場合、図 5 のステップ S 1 4 では、最大の周波数成分 A_1 の周波数 f_1 を、レベル信号の基本周波数 f_b として、式 (1) により、1 曲のオーディオ信号全体のテンポ t が求められる。

【 0 0 9 7 】

次に、図 9 のフローチャートを参照して、図 5 のステップ S 1 5 のスピード感検出処理を説明する。

【 0 0 9 8 】

ステップ S 5 1 において、図 3 のスピード感検出部 3 2 におけるピーク抽出部 6 1 は、図 6 のステップ S 3 8 で統計処理部 4 9 (図 2) から供給されたレベル信号の周波数成分 A から、ピークとなっているものを検出し、さらにその中から、大きい順に上位 1 0 個のピークとなっている周波数成分 A_1 乃至 A_{10} を抽出する。そして、ピーク抽出部 6 1 は、上位 1 0 個の周波数成分 A_1 乃至 A_{10} をピーク加算部 6 2 に供給するとともに、その周波数成分 A_1 乃至 A_{10} と、対応する周波数 f_1 乃至 f_{10} を、ピーク周波数演算部 6 3 に供給する。

【 0 0 9 9 】

例えば、図 8 に示した周波数成分 A が統計処理部 4 9 からスピード感検出部 3 2 に供給された場合、ピーク抽出部 6 1 は、ピークとなっている周波数成分 A_1 乃至 A_{11} のうち、大きい順に上位 1 0 個のピークとなっている周波数成分 A_1 乃至 A_{10} を抽出する。そして、周波数成分 A_1 乃至 A_{10} がピーク加算部 6 2 に供給されるとともに、周波数成分 A_1 乃至 A_{10} と、対応する周波数 f_1 乃至 f_{10} とがピーク周波数演算部 6 3 に供給される。

【 0 1 0 0 】

ステップ S 5 1 の処理後は、ステップ S 5 2 に進み、ピーク加算部 6 2 は、ピーク抽出部 6 1 から供給される周波数成分 A_1 乃至 A_{10} をすべて加算し、その結果得られる加算値 $A_i (= A_1 + A_2 + \dots + A_{10})$ を、スピード感演算部 6 4 に供給する。

【 0 1 0 1 】

ステップ S 5 2 の処理後は、ステップ S 5 3 に進み、ピーク周波数演算部 6 3 は、ピーク抽出部 6 1 から供給される周波数成分 A_1 乃至 A_{10} と周波数 f_1 乃至 f_{10} とを用いて、周波数成分 A_i と周波数 f_i との積の総和である積算値 $A_i \times f_i (= A_1 \times f_1 + A_2 \times f_2 + \dots + A_{10} \times f_{10})$ を演算し、スピード感演算部 6 4 に供給する。

【 0 1 0 2 】

ステップ S 5 3 の処理後は、ステップ S 5 4 に進み、スピード感演算部 6 4 は、ピーク加算部 6 2 から供給される加算値 A_i と、ピーク周波数演算部 6 3 から供給される積算値 $A_i \times f_i$ とに基づいて、スピード感(を表す情報) S を演算し、テンポ補正部 3 3 に供給するとともに、外部に出力する。そして、スピード感演算部 6 4 は、図 5 のステップ S 1 6 に戻る。

【 0 1 0 3 】

具体的には、スピード感演算部 6 4 は、以下の式 (2) を用いてスピード感 S を演算し、テンポ補正部 3 3 に供給する。

【 0 1 0 4 】

【 数 1 】

$$S = \frac{\sum_{i=1}^{10} A_i \times f_i}{\sum_{i=1}^{10} A_i} = \frac{A_1}{\sum_{i=1}^{10} A_i} \times f_1 + \frac{A_2}{\sum_{i=1}^{10} A_i} \times f_2 + \dots + \frac{A_{10}}{\sum_{i=1}^{10} A_i} \times f_{10} \quad \dots (2)$$

【 0 1 0 5 】

式 (2) では、ピークとなっている周波数成分の周波数 f_i が、そのピークとなっている周波数成分 A_i の大きさに対応して重み付けされ、加算される。従って、式 (2) を用いて求められるスピード感 S は、周波数成分 A_i の大きいピークが高周波数側に多くある場合大きくなり、周波数成分 A_i の大きいピークが低周波数側に多くある場合小さくなる。

【 0 1 0 6 】

次に、図 1 0 と図 1 1 を参照して、式 (2) を用いて求められるスピード感 S について、さらに説明する。

【 0 1 0 7 】

図 1 0 と図 1 1 は、周波数分析部 2 2 で得られる、1 曲のオーディオ信号についての周波数成分 A の例を示している。なお、横軸は、周波数を表し、縦軸は、周波数成分 (基本周波数らしさ) を表している。

【 0 1 0 8 】

スピード感がない (遅い) オーディオ信号については、そのレベル信号の周波数成分 A が、図 1 0 に示すように低域側に偏る。この場合、式 (2) によれば、値の小さいスピード感 S が求められる。

【 0 1 0 9 】

一方、スピード感がある (速い) オーディオ信号については、そのレベル信号の周波数成分 A が図 1 1 に示すように高域側に偏る。この場合、式 (2) によれば、値の大きいスピード感 S が求められる。

【 0 1 1 0 】

従って、式 (2) によれば、オーディオ信号のスピード感に対応した値が求められる。

【 0 1 1 1 】

10

20

30

40

50

次に、図 12 のフローチャートを参照して、図 5 のステップ S 16 のテンポ補正処理を説明する。

【0112】

ステップ S 71 において、テンポ補正部 33 は、図 5 のステップ S 14 でテンポ算出部 31 (図 1) から供給されたテンポ t が所定の値 (閾値) TH1 より大きいかどうかを判定する。なお、所定の値 TH1 は、例えば、製造時に、特徴量検出装置 1 の製造元により設定される。

【0113】

ステップ S 71 において、テンポ算出部 31 からのテンポ t が所定の値 TH1 より大きいと判定された場合、即ち、テンポ算出部 31 からのテンポ t が速い場合、ステップ S 72 10
に進み、テンポ補正部 33 は、図 9 のステップ S 54 でスピード感検出部 32 から供給されたスピード感 S が所定の値 (閾値) TH2 より大きいかどうかを判定する。なお、所定の値 TH2 は、例えば、製造時に、特徴量検出装置 1 の製造元により設定される。

【0114】

ステップ S 72 において、スピード感検出部 32 からのスピード感 S が所定の値 TH2 より大きいと判定された場合、即ち、元のオーディオ信号について、テンポ t もスピード感 S も速いという処理結果が得られた場合、ステップ S 74 に進む。

【0115】

また、ステップ S 71 において、テンポ算出部 31 からのテンポ t が所定の値 TH1 より大きくはないと判定された場合、即ち、テンポ算出部 31 からのテンポ t が遅い場合、ステップ S 73 20
に進み、ステップ S 72 と同様に、図 9 のステップ S 54 でスピード感検出部 32 から供給されたスピード感 S が所定の値 TH3 より大きいかどうかを判定する。

【0116】

なお、所定の値 TH3 は、例えば、製造時に、特徴量検出装置 1 の製造元により設定される。また、所定の値 TH2 と TH3 の値は、同一であってもよいし、異なってもよい。

【0117】

ステップ S 73 において、テンポ算出部 31 からのスピード感 S が所定の値 TH3 より大きくはないと判定された場合、即ち、元のオーディオ信号について、テンポ t もスピード感 S も遅いという処理結果が得られた場合、ステップ S 74 に進む。

【0118】

ステップ S 74 において、テンポ補正部 33 は、テンポ算出部 31 からのテンポ t を、そのままオーディオ信号のテンポに決定する。即ち、ステップ S 72 でスピード感 S が大きいと判定された場合、テンポ算出部 31 からのテンポ t は速く、スピード感検出部 32 30
からのスピード感 S は速いと判定されているので、テンポ算出部 31 からのテンポ t は、そのスピード感 S との比較から正当であるとして、ステップ S 74 において、テンポ算出部 31 からのテンポ t が、そのまま、オーディオ信号のテンポとして、最終的に決定される。

【0119】

また、ステップ S 73 でスピード感 S が大きくはないと判定された場合、テンポ算出部 31 からのテンポ t は遅く、スピード感検出部 32 からのスピード感 S が遅いと判定されているので、テンポ算出部 31 からのテンポ t は、そのスピード感 S との比較から、やはり正当であるとして、ステップ S 74 において、テンポ算出部 31 からのテンポ t が、そのまま、オーディオ信号のテンポとして、最終的に決定される。テンポ算出部 31 は、テンポを決定した後、図 5 のステップ S 16 に戻る。 40

【0120】

ステップ S 72 において、スピード感検出部 32 からのスピード感 S が所定の値 TH2 より大きくはないと判定された場合、即ち、元のオーディオ信号について、テンポ算出部 31 からのテンポ t は速いが、スピード感検出部 32 からのスピード感 S は遅いという処理結果が得られた場合、ステップ S 75 に進む。

【0121】

ステップS 7 5において、テンポ補正部 3 3は、テンポ算出部 3 1からのテンポ t の、例えば半分の値を、オーディオ信号のテンポ t に決定する。即ち、いまの場合、テンポ算出部 3 1からのテンポ t は速いが、スピード感検出部 3 2からのスピード感 S は遅いと判定されているので、テンポ算出部 3 1からのテンポ t が、スピード感検出部 3 2からのスピード感 S に対応していない。そこで、テンポ補正部 3 3は、テンポ算出部 3 1からのテンポ t を半分の値に補正し、オーディオ信号のテンポに決定する。テンポ補正部 3 3は、テンポを決定した後、図 5 のステップ S 1 6に戻る。

【 0 1 2 2 】

ステップS 7 3において、スピード感検出部 3 2からのスピード感 S が所定の値 $TH3$ より大きいと判定された場合、即ち、元のオーディオ信号について、テンポ算出部 3 1からのテンポ t は遅いが、スピード感検出部 3 2からのスピード感 S は速いという処理結果が得られた場合、ステップS 7 6に進む。

10

【 0 1 2 3 】

ステップS 7 6において、テンポ補正部 3 3は、テンポ算出部 3 1からのテンポ t の、例えば 2 倍の値を、オーディオ信号のテンポに決定する。即ち、いまの場合、テンポ算出部 3 1からのテンポ t は遅いが、スピード感検出部 3 2からのスピード感 S は速いと判定されているので、テンポ算出部 3 1からのテンポ t が、スピード感検出部 3 2からのスピード感 S に対応していない。そこで、テンポ補正部 3 3は、テンポ算出部 3 1からのテンポ t を 2 倍の値に補正し、オーディオ信号のテンポに決定する。テンポ補正部 3 3は、テンポを決定した後、図 5 のステップ S 1 6に戻る。

20

【 0 1 2 4 】

上述したように、図 1 2 のステップS 7 4乃至S 7 6では、テンポ補正部 3 3は、スピード感検出部 3 2からのスピード感 S に基づいて、テンポ算出部 3 1からのテンポ t を補正するので、スピード感 S に対応した正確なテンポ t を得ることができる。

【 0 1 2 5 】

次に、図 1 3 のフローチャートを参照して、図 4 のテンポ揺れ検出部 3 4 が図 5 のステップS 1 7で行うテンポ揺れ検出処理を説明する。

【 0 1 2 6 】

ステップS 9 1において、加算部 8 1は、図 6 のステップS 3 8で周波数分析部 2 2から供給されたテンポ 5 0乃至4 0 0の範囲に対応する各周波数の周波数成分 A を、すべての周波数に亘って加算し、その結果得られる加算値 A を除算部 8 3に供給する。

30

【 0 1 2 7 】

ステップS 9 1の処理後は、ステップS 9 2において、ピーク抽出部 8 2は、図 6 のステップS 3 8で周波数分析部 2 2から供給されたテンポ 5 0乃至4 0 0の範囲に対応する各周波数の周波数成分 A から、最大の周波数成分 A_1 を抽出し、除算部 8 3に供給する。

【 0 1 2 8 】

ステップS 9 2の処理後は、ステップS 9 3に進み、除算部 8 3は、加算部 8 1から供給される周波数成分 A の加算値 A と、ピーク抽出部 8 2から供給される最大の周波数成分 A_1 とに基づいて、テンポ揺れ W を演算し、外部に出力する。

【 0 1 2 9 】

40

具体的には、除算部 8 3は、以下の式 (3) を用いてテンポ揺れ W を演算する。

【 0 1 3 0 】

【 数 2 】

$$W = \frac{\sum A}{A_1}$$

・・・ (3)

【 0 1 3 1 】

式 (3) では、テンポ揺れ W は、最大の周波数成分 A_1 に対する周波数成分の加算値

50

Aの割合を表している。従って、式(3)を用いて求められるテンポ揺れWは、周波数成分 A_1 が、他の周波数成分Aに対して突出して大きい場合小さくなり、周波数成分 A_1 が、他の周波数成分Aに対して突出して大きくはない場合大きくなる。

【0132】

次に、図14と図15を参照して、式(3)を用いて求められるスピード感Sについて説明する。

【0133】

図14と図15は、周波数分析部22で得られる、1曲のオーディオ信号についての周波数成分Aの例を示している。なお、横軸は、周波数を表し、縦軸は、周波数成分(基本周波数らしさ)を表している。

10

【0134】

テンポ揺れが小さいオーディオ信号、即ち、テンポがほとんど変化しないオーディオ信号においては、そのレベル信号の最大の周波数成分 A_1 が、図14に示すように他の周波数成分Aに対して突出する。この場合、式(3)によれば、値の小さいテンポ揺れWが求められる。

【0135】

一方、テンポ揺れが大きいオーディオ信号においては、そのレベル信号の最大の周波数成分 A_1 が、図15に示すように他の周波数成分Aに対してそれほど大きく突出しない。この場合、式(3)によれば、値の大きいテンポ揺れWが求められる。

20

【0136】

従って、式(3)によれば、オーディオ信号のテンポの変化の程度に応じた値のテンポ揺れWを求めることができる。

【0137】

以上のように、特徴量検出装置1では、オーディオ信号のレベル信号を求め、そのレベル信号を周波数分析し、その周波数分析の結果に基づいてテンポtを求めるようにしたので、テンポtを精度良く検出することができる。

【0138】

また、特徴量検出装置1により出力されたテンポtやテンポ揺れWを用いて、例えば、ユーザに対して音楽(楽曲)を推薦することができる。

30

【0139】

即ち、例えば、クラシック音楽や生演奏のオーディオ信号は、一般に、テンポtが遅く、テンポ揺れWが大きい。また、例えば、電子ドラムが用いられている音楽のオーディオ信号は、一般に、テンポtが速く、テンポ揺れWが小さい。

【0140】

従って、テンポtやテンポ揺れWなどに基づいて、オーディオ信号のジャンル等を識別し、ユーザが希望するジャンル等の楽曲の推薦が可能となる。

【0141】

なお、本実施の形態では、テンポ補正部33は、オーディオ信号のレベル信号の周波数分析により求められたテンポtを、そのオーディオ信号のスピード感Sに基づいて補正したが、このテンポtの補正は、任意の方法で得たテンポを対象に行うことも可能である。

40

【0142】

また、特徴量検出装置1では、処理の負荷を軽減するため、加算器20により、左チャンネルと右チャンネルのオーディオ信号を加算させたが、左チャンネルのオーディオ信号と右チャンネルのオーディオ信号を加算せず、チャンネル毎に特徴量検出処理を行うこともできる。この場合、左チャンネルと右チャンネルのオーディオ信号それぞれについて、テンポtや、スピード感S、テンポ揺れWといった特徴量を精度良く検出することができる。

【0143】

さらに、特徴量検出装置1では、レベル信号の周波数分析に離散コサイン変換を用いたが、レベル信号の周波数分析には、その他、例えば、コムフィルタや、短時間フーリエ解

50

析、ウェーブレット変換などを用いることもできる。

【0144】

また、特徴量検出装置1において、オーディオ信号に対する処理は、そのオーディオ信号を、複数の周波数帯域のオーディオ信号に帯域分割し、各周波数帯域ごとのオーディオ信号に対して行うようにすることが可能である。この場合、テンポ t 、スピード感 S 、およびテンポ揺れ W をより精度良く検出することができる。

【0145】

さらに、オーディオ信号は、ステレオ信号ではなく、モノラル信号であってもよい。

【0146】

また、統計処理部49では、1曲分のブロックを対象に統計処理を行うようにしたが、統計処理は、その他、例えば、1曲の一部のブロックを対象に行うこともできる。

10

【0147】

さらに、周波数変換部47では、1曲のレベル信号全体を対象に、離散コサイン変換を行ってもよい。

【0148】

また、本実施の形態では、デジタル信号のオーディオ信号を入力するようにしたが、アナログ信号のオーディオ信号を入力することも可能である。但し、この場合、例えば、加算器20の前段や、加算器20とレベル計算部21との間に、A/D(Analog/Digital)変換器を設ける必要がある。

【0149】

20

さらに、スピード感 S の演算式は、式(2)に限定されるものではない。同様に、テンポ揺れ W の演算式も、式(3)に限定されるものではない。

【0150】

また、本実施の形態では、オーディオ信号の特徴量として、テンポ t 、スピード感 S 、およびテンポ揺れ W を求めるようにしたが、その他、例えば、ビートなどの特徴量を求めることも可能である。

【0151】

次に、上述した一連の処理は、専用のハードウェアにより行うこともできるし、ソフトウェアにより行うこともできる。一連の処理をソフトウェアによって行う場合には、そのソフトウェアを構成するプログラムが、汎用のコンピュータ等にインストールされる。

30

【0152】

そこで、図16は、上述した一連の処理を実行するプログラムがインストールされるコンピュータの一実施の形態の構成例を示している。

【0153】

プログラムは、コンピュータに内蔵されている記録媒体としてのハードディスク105やROM103に予め記録しておくことができる。

【0154】

あるいはまた、プログラムは、フレキシブルディスク、CD-ROM(Compact Disc Read Only Memory)、MO(Magneto Optical)ディスク、DVD(Digital Versatile Disc)、磁気ディスク、半導体メモリなどのリムーバブル記録媒体111に、一時的あるいは永続的に格納(記録)しておくことができる。このようなリムーバブル記録媒体111は、いわゆるパッケージソフトウェアとして提供することができる。

40

【0155】

なお、プログラムは、上述したようなリムーバブル記録媒体111からコンピュータにインストールする他、ダウンロードサイトから、デジタル衛星放送用の人工衛星を介して、コンピュータに無線で転送したり、LAN(Local Area Network)、インターネットといったネットワークを介して、コンピュータに有線で転送し、コンピュータでは、そのようにして転送されてくるプログラムを、通信部108で受信し、内蔵するハードディスク105にインストールすることができる。

【0156】

50

コンピュータは、CPU(Central Processing Unit) 1 0 2 を内蔵している。CPU 1 0 2 は、バス 1 0 1 を介して、入出力インタフェース 1 1 0 が接続されており、CPU 1 0 2 は、入出力インタフェース 1 1 0 を介して、ユーザによって、キーボードや、マウス、マイク等で構成される入力部 1 0 7 が操作等されることにより指令が入力されると、それにしたがって、ROM(Read Only Memory) 1 0 3 に格納されているプログラムを実行する。あるいは、また、CPU 1 0 2 は、ハードディスク 1 0 5 に格納されているプログラム、衛星若しくはネットワークから転送され、通信部 1 0 8 で受信されてハードディスク 1 0 5 にインストールされたプログラム、またはドライブ 1 0 9 に装着されたリムーバブル記録媒体 1 1 1 から読み出されてハードディスク 1 0 5 にインストールされたプログラムを、RAM(Random Access Memory) 1 0 4 にロードして実行する。これにより、CPU 1 0 2 は、上述したフローチャートにしたがった処理、あるいは上述したブロック図の構成により行われる処理を行う。そして、CPU 1 0 2 は、その処理結果を、必要に応じて、例えば、入出力インタフェース 1 1 0 を介して、LCD(Liquid Crystal Display)やスピーカ等で構成される出力部 1 0 6 から出力、あるいは、通信部 1 0 8 から送信、さらには、ハードディスク 1 0 5 に記録等させる。

10

【 0 1 5 7 】

ここで、本明細書において、コンピュータに各種の処理を行わせるためのプログラムを記述する処理ステップは、必ずしもフローチャートとして記載された順序に沿って時系列に処理する必要はなく、並列的あるいは個別に実行される処理（例えば、並列処理あるいはオブジェクトによる処理）も含むものである。

20

【 0 1 5 8 】

また、プログラムは、1のコンピュータにより処理されるものであっても良いし、複数のコンピュータによって分散処理されるものであっても良い。さらに、プログラムは、遠方のコンピュータに転送されて実行されるものであっても良い。

【図面の簡単な説明】

【 0 1 5 9 】

【図 1】本発明を適用した特徴量検出装置の一実施の形態の構成例を示すブロック図である。

【図 2】図 1 のレベル計算部と周波数分析部の詳細構成例を示している。

【図 3】図 1 のスピード感検出部の詳細構成例を示すブロック図である。

30

【図 4】図 1 のテンポ揺れ検出部の詳細構成例を示すブロック図である。

【図 5】図 1 の特徴量検出装置が行う特徴量検出処理を説明するフローチャートである。

【図 6】図 5 のステップ S 1 3 の周波数分析処理について説明するフローチャートである。

。

【図 7】周波数分析部の周波数分析処理を、さらに説明する図である。

【図 8】周波数分析部の周波数分析処理を、さらに説明する図である。

【図 9】図 5 のステップ S 1 5 のスピード感検出処理を説明するフローチャートである。

【図 1 0】周波数分析部で得られる、1曲のオーディオ信号についての周波数成分の例を示す図である。

【図 1 1】周波数分析部で得られる、1曲のオーディオ信号についての周波数成分の例を示す図である。

40

【図 1 2】図 5 のステップ S 1 6 のテンポ補正処理を説明するフローチャートである。

【図 1 3】図 5 のステップ S 1 7 のテンポ揺れ検出処理を説明するフローチャートである。

。

【図 1 4】周波数分析部で得られる、1曲のオーディオ信号についての周波数成分の例を示す図である。

【図 1 5】周波数分析部で得られる、1曲のオーディオ信号についての周波数成分の例を示す図である。

【図 1 6】本発明を適用したコンピュータの一実施の形態の構成例を示すブロック図である。

50

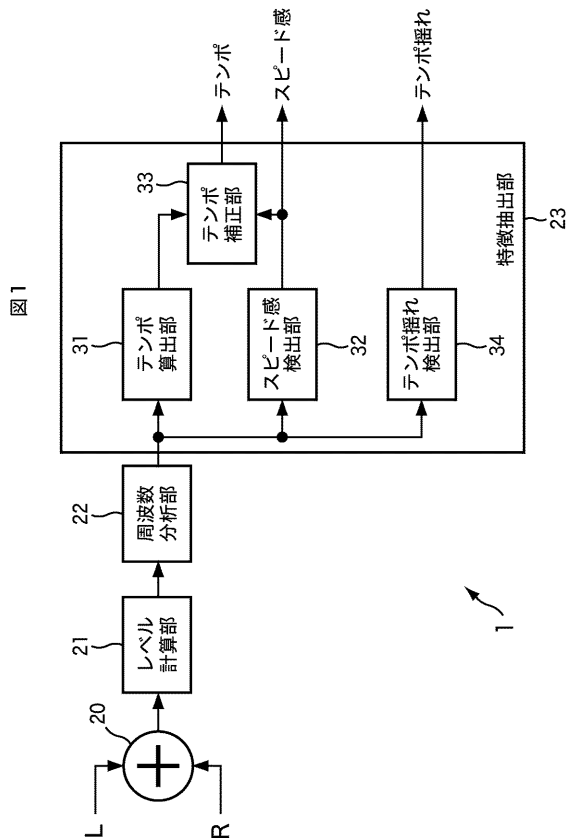
【符号の説明】

【0160】

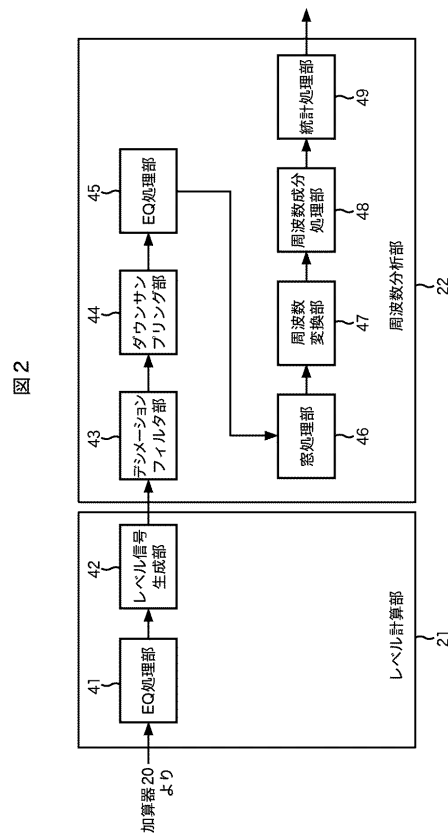
1 特徴量検出装置, 20 加算器, 21 レベル計算部, 22 周波数分析部, 23 特徴抽出部, 31 テンポ算出部, 32 スピード感検出部, 33 テンポ補正部, 34 テンポ揺れ検出部, 41 EQ処理部, 42 レベル信号生成部, 43 デシメーションフィルタ部, 44 ダウンサンプリング部, 45 EQ処理部, 46 窓処理部, 47 周波数変換部, 48 周波数成分処理部, 49 統計処理部, 101 バス, 102 CPU, 103 ROM, 104 RAM, 105 ハードディスク, 106 出力部, 107 入力部, 108 通信部, 109 ドライブ, 110 入出力インタフェース, 111 リムーバブル記録媒体

10

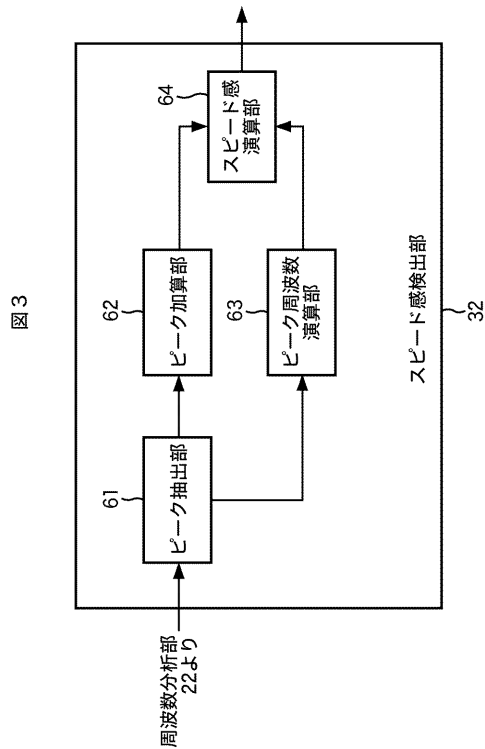
【図1】



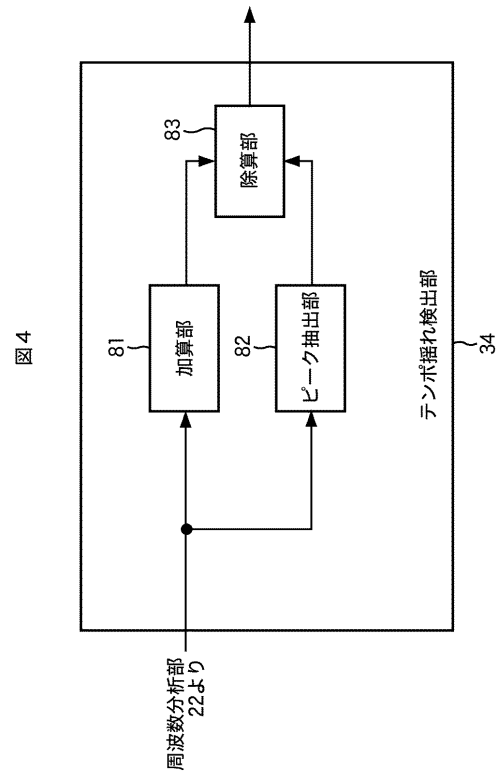
【図2】



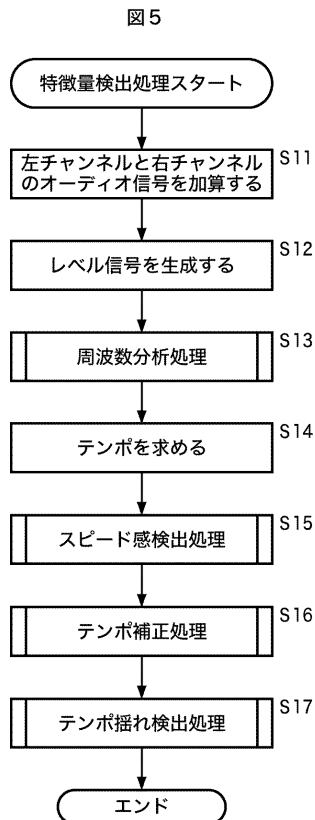
【図 3】



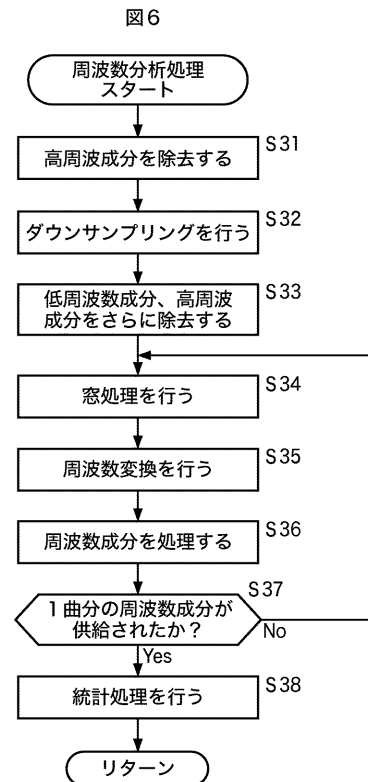
【図 4】

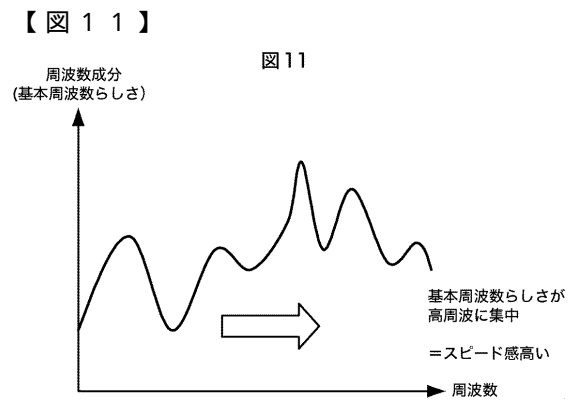
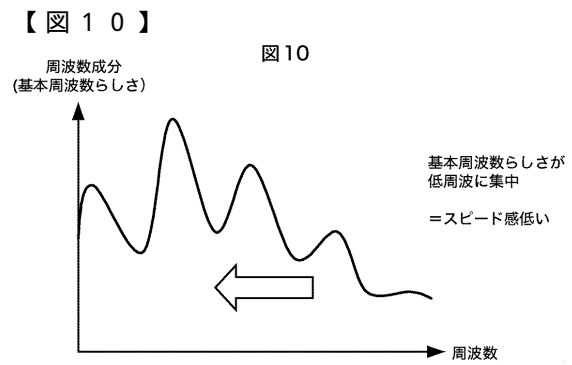
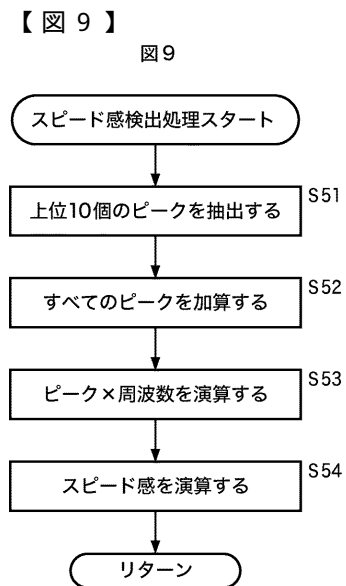
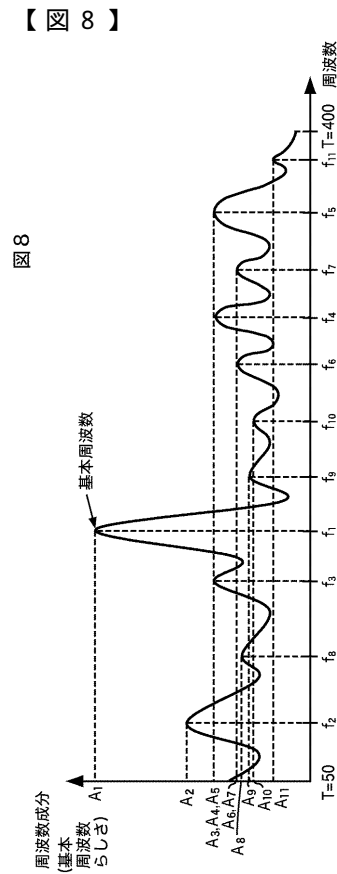
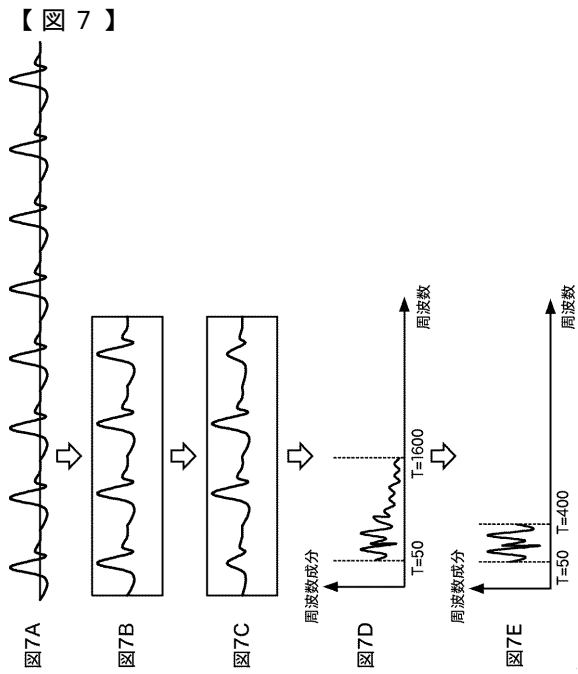


【図 5】

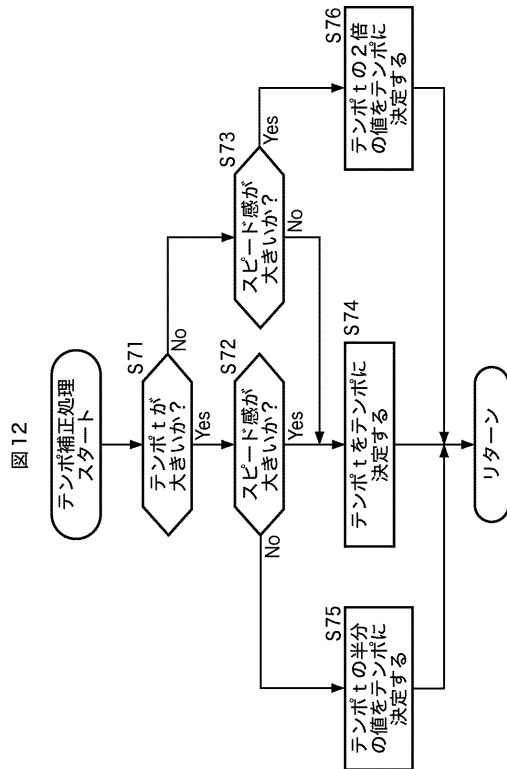


【図 6】



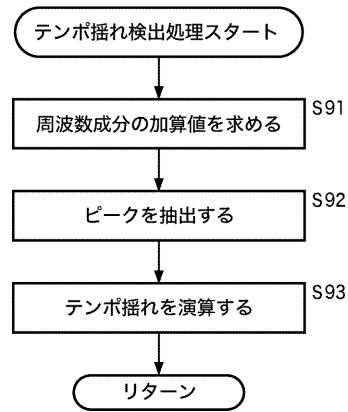


【図 12】



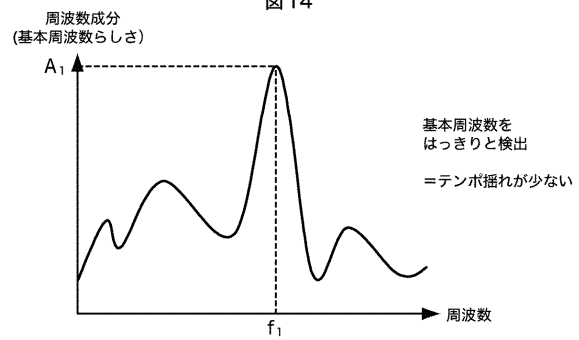
【図 13】

図 13



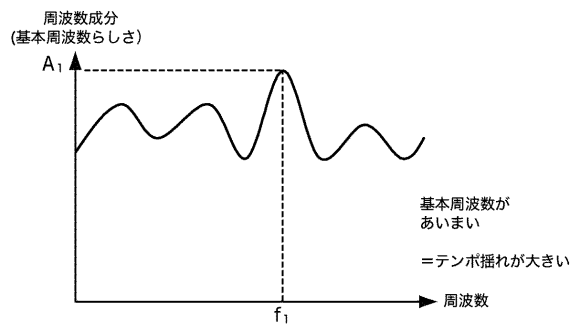
【図 14】

図 14



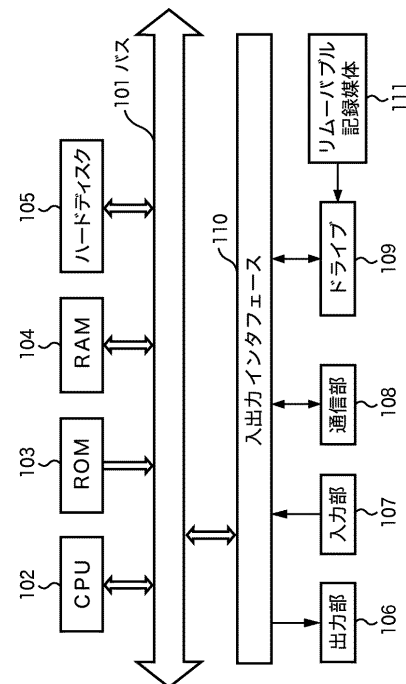
【図 15】

図 15



【図 16】

図 16



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2000-347659(JP,A)
特開2002-116754(JP,A)
特開2003-263162(JP,A)
特開2001-042877(JP,A)
特開2002-287744(JP,A)
特開平07-064544(JP,A)
特開平04-336599(JP,A)
特開平07-191697(JP,A)
特開平10-134549(JP,A)
特開平08-196637(JP,A)
特開平07-295560(JP,A)
特開2003-022096(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G10G 1/00 - 7/02
G10H 1/00 - 7/12
G10L 11/00 - 13/08
G10L 19/00 - 21/06