

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2009-44268
(P2009-44268A)

(43) 公開日 平成21年2月26日(2009.2.26)

(51) Int.Cl.
H04R 3/04 (2006.01)

F I
H04R 3/04

テーマコード(参考)
5D020

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 29 頁)

(21) 出願番号 特願2007-204755 (P2007-204755)
(22) 出願日 平成19年8月6日(2007.8.6)

(71) 出願人 00005049
シャープ株式会社
大阪府大阪市阿倍野区長池町2番2号
(74) 代理人 110000338
特許業務法人原謙三国際特許事務所
(72) 発明者 久保 勝稔
大阪府大阪市阿倍野区長池町2番2号
シャープ株式会社内
Fターム(参考) 5D020 CE02

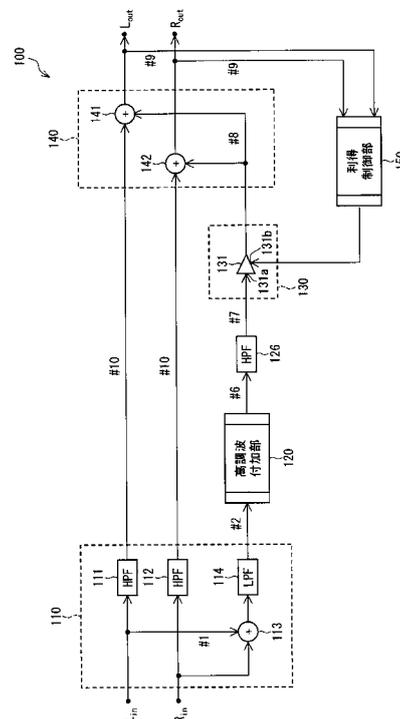
(54) 【発明の名称】 音声信号処理装置、音声信号処理方法、音声信号処理プログラム、及び、記録媒体

(57) 【要約】

【課題】出力先装置においてクリッピングが発生しないよう、かつ、中高域成分の音量にゆれが生じないよう低域信号を増幅する。

【解決手段】音声信号処理装置100は、低域信号#2を増幅器131により増幅し、中高域信号と合成して出力する。利得制御部150は、LoutおよびRoutから出力される出力信号#9の振幅に基づいて、増幅器131の利得を制御する。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

音声信号から低域信号を分離する音声信号分離手段と、
分離された上記低域信号の増幅または減衰の少なくとも何れかを行う、利得可変な低域信号増減手段と、

増幅または減衰された上記低域信号を上記音声信号の少なくとも一部に合成することによって出力信号を得る音声信号合成手段と、

得られた上記出力信号に基づいて上記低域信号増減手段の利得を制御する利得制御手段と、を備えている、

ことを特徴とする音声信号処理装置。

10

【請求項 2】

上記低域信号増減手段の利得は、負の値（デシベル単位）を取り得る、ことを特徴とする請求項 1 に記載の音声信号処理装置。

【請求項 3】

上記音声信号分離手段により分離された上記低域信号に基本波を含む高調波成分を付加する高調波付加手段を更に備えており、

上記低域信号増減手段は、上記高調波付加手段により高調波成分が付加された上記低域信号を増幅するものである、

ことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の音声信号処理装置。

【請求項 4】

20

上記高調波付加手段は、

上記音声信号分離手段により分離された上記低域信号を半波整流する半波整流手段を含んでいる、

ことを特徴とする請求項 3 に記載の音声信号処理装置。

【請求項 5】

上記高調波付加手段は、

上記音声信号分離手段により分離された上記低域信号を半波整流する半波整流手段と、半波整流された上記低域信号の値を二乗する二乗手段と、を含んでいる、

ことを特徴とする請求項 3 に記載の音声信号処理装置。

【請求項 6】

30

上記低域信号増減手段に入力される低域信号のうち、所定の周波数以下の低域成分を減衰する低域成分減衰手段を更に備えており、

上記低域信号増減手段は、上記低域成分減衰手段により低域成分が減衰された低域信号を増幅する、

ことを特徴とする請求項 1 から 5 までの何れか 1 項に記載の音声信号処理装置。

【請求項 7】

音声信号から低域信号を分離する音声信号分離工程と、

分離された上記低域信号の増幅または減衰の少なくとも何れかを、利得可変な低域信号増減手段によって行う低域信号増減工程と、

増幅または減衰された上記低域信号を上記音声信号の少なくとも一部に合成することによって出力信号を得る音声信号合成工程と、

上記低域信号増減手段の利得を上記出力信号に基づいて制御する利得制御工程と、を含んでいる、

ことを特徴とする音声信号処理方法。

40

【請求項 8】

デジタルシグナルプロセッサを請求項 1 から 6 までの何れか 1 項に記載の音声信号処理装置として動作させるための音声信号処理プログラムであって、

上記デジタルシグナルプロセッサを、上記音声信号処理装置が備えている各手段として機能させる、音声信号処理プログラム。

【請求項 9】

50

請求項 8 に記載の音声信号処理プログラムを記録している、デジタルシグナルプロセッサ読み取り可能な記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、低音感を増強する音声信号処理装置、および、音声信号処理方法に関する。また、そのような音声信号処理装置としてデジタルシグナルプロセッサを動作させるための音声信号処理プログラム、および、そのような音声信号処理プログラムが記録された記録媒体に関する。

【背景技術】

【0002】

人間の可聴周波数範囲は 20 Hz から 20 kHz までに及ぶが、小型スピーカを用いて音声を再生する場合、100 Hz 以下の低音に対して十分な音圧レベルが得られず、一般的に低音感が不足しがちになる。特に、液晶テレビをはじめとする表示装置の薄型化が志向されている昨今、表示装置に内蔵可能な小型スピーカを用いて、十分な低音感を伴った音声を再生することが重要な課題となっている。

【0003】

図 30 は、テレビに内蔵可能な小型スピーカの周波数特性を例示するグラフである。100 Hz 以下の低域に関して著しい音圧低下が見られ、実際、50 Hz における音圧は、100 Hz における音圧と比べて約 20 dB も低下していることが分かる。

【0004】

このような小型のスピーカを用いて十分な低音感を伴った音声を再生する技術として、人間の聴覚における錯覚を利用して擬似的に低音感を増強する技術が知られている。

【0005】

例えば、特許文献 1 に記載の倍音付加装置は、入力された楽音信号から基本波を含む所定の範囲の帯域の信号を抽出し、抽出した信号から生成した上記基本波の倍音成分を上記楽音信号に混合して出力する（特許文献 1 の図 1 参照）。この倍音付加装置によれば、例えば、100 Hz の基本波を十分な音圧レベルでスピーカから出力することができない場合でも、その倍音成分（200 Hz、300 Hz、...）を強調してスピーカから出力することができる。これにより、あたかも 100 Hz の基本波が十分な音圧で鳴っているかのように、リスナーに錯覚させることができる。

【0006】

また、特許文献 2 に記載のサウンドエンハンスメントシステムは、ローパスフィルタにより抽出された低域信号から、複数のバンドパスフィルタを用いて帯域の異なる低域信号群を抽出する。そして、バンドパスフィルタにより抽出された低域信号群を利得可変な増幅器を用いて増幅した後、増幅された低域信号群を合成することによって、入力された音声信号に混合する低域信号を得る（特許文献 2 の図 16 参照）。

【特許文献 1】特開平 8 - 95567（1996 年 4 月 12 日公開）

【特許文献 2】特表 2002 - 524996（2002 年 8 月 6 日公表）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、上記従来の装置においては、出力信号の出力レベルが出力先装置（D/A コンバータやパワーアンプ等）の許容レベル（クリップレベル）を超えてしまい、最終的にスピーカから出力される音声が歪んでしまうという問題があった。

【0008】

この問題について、もう少し具体的に説明すれば以下のとおりである。

【0009】

特許文献 1 に記載の倍音付加装置においては、入力された楽音信号と生成された倍音成分とがそれぞれ増幅部により増幅されて混合される。したがって、入力レベル（楽音信号

10

20

30

40

50

の振幅)が出力先装置においてクリッピングを生じることのない大きさであったとしても、楽音信号が増幅されることにより、また、増幅された倍音成分が楽音信号に付加されることにより、出力レベルが出力先装置の許容レベルを超えてしまうことがしばしば起こり、スピーカから出力される音声の歪みが増える。

【0010】

また、特許文献2に記載のサウンドエンハンスメントシステムにおいては、複数のバンドパスフィルタを用いて抽出された低域信号群を増幅する増幅器の利得を、それらのバンドパスフィルタに入力される低域信号に基づいて制御している。このため、特許文献1に記載の倍音付加装置と比べてクリッピングが低減する。しかしながら、このサウンドエンハンスメントシステムにおける増幅器の利得制御は、バンドパスフィルタに入力される前の低域信号に基づいて行われるため、バンドパスフィルタを通過した低域信号群を増幅する段階、増幅された低域信号群を合成する段階、および、合成された低域信号を元の音声信号と混合する段階を経て出力される出力信号の出力レベルが、出力先装置の許容レベルを超えてしまうということが容易に起こり得る。また、このようにしてクリッピングが起こらないようにするために増幅器の利得を低めに設定すると、今度は、低域信号群が十分に増幅されず、十分な低音感を得られないという問題を生じる。

10

【0011】

本発明は、上記の課題に鑑みてなされたものであり、出力先装置におけるクリッピングを確実に防止すると同時に、十分な低音感の得られる音声信号を出力することができる音声信号処理装置を実現することにある。

20

【課題を解決するための手段】

【0012】

上記課題を解決するために、本発明に係る音声信号処理装置は、音声信号から低域信号を分離する音声信号分離手段と、分離された上記低域信号の増幅または減衰の少なくとも何れかを行う、利得可変な低域信号増減手段と、増幅または減衰された上記低域信号を音声信号の少なくとも一部に合成することによって出力信号を得る音声信号合成手段と、得られた上記出力信号に基づいて上記低域信号増減手段の利得を制御する利得制御手段と、を備えている。

【0013】

上記の構成に拠れば、上記音声信号から分離され増幅または減衰された低域信号と、上記音声信号の少なくとも一部とを合成した出力信号を得ることができる。すなわち、上記音声信号における低域成分が強調された出力信号を得ることができる。このため、得られた出力信号に基づいてスピーカを駆動すれば、十分な低音感を伴った音声を再生することができる。

30

【0014】

しかも、上記の構成に拠れば、上記低域信号増減手段の利得は、増幅または減衰された低域信号を上記音声信号の少なくとも一部に合成することにより得られた出力信号に基づいて制御される。したがって、得られた出力信号を出力先装置に出力する場合に、その出力先装置においてクリッピングが発生することを確実に防止することができる、という効果を奏する。

40

【0015】

さらに、上記の構成に拠れば、上記利得制御手段により制御される利得は、分離された低域信号を増幅または減衰する上記低域信号増減手段の利得である。したがって、低域信号の増幅率または減衰率が増減することはあっても、上記音声信号における低域信号以外の中高域信号の増幅率または減衰率が増減することはない。このため、上記音声信号が大振幅の低域信号を含んでいる場合でも、中高域信号の増幅率は一定に保たれる。したがって、得られた出力信号に基づいてスピーカを駆動すれば、中高域における音量のふらつきが生じることはない、という効果を奏する。

【0016】

なお、上記音声信号から分離された上記低域信号は、例えば、上記音声信号に含まれる

50

成分のうち、所定の周波数以上の中高域成分を減衰することにより得られる信号であって、該所定の周波数以下の低域成分を主たる成分とする信号のことである。

【0017】

また、増幅された上記低域信号に合成される信号は、上記音声信号そのものであってもよいし、上記音声信号の一部、例えば、上記音声信号のうち、所定の周波数以下の低域成分を減衰することにより得られた、該所定の周波数以上の中高域成分を主たる成分とする中高域信号であってよい。

【0018】

また、上記利得制御手段は、上記音声信号処理装置より出力される上記出力信号の振幅が予め定めた所定の範囲内に維持されるよう上記低域信号増減手段の利得を制御するものであればよく、例えば、上記出力信号の振幅が所定の閾値以上であるとき、上記低域信号増減手段の利得を低下させ、上記出力信号の振幅が所定の閾値より小さいとき、上記低域信号増減手段の利得を上昇させるように構成することができる。

10

【0019】

なお、上記低域信号増減手段は、分離された上記低域信号を増幅するものであっても、減衰するものであっても、増幅と減衰とを適宜行うものであってもよい。換言すれば、上記低域信号増減手段の利得は、正の値(dB単位)のみを取り得るものであっても、負の値(dB単位)のみを取り得るものであっても、正負双方の値(dB単位)を取り得るものであってもよい。

【0020】

上記低域信号増減手段の利得が負の値を取り得る場合には、出力先装置のクリップレベルを超える大振幅の音声信号が上記音声信号処理装置に入力されたときに、出力先装置においてクリッピングが発生することをより確実に防止することができる。なお、大振幅の音声信号が上記音声信号処理装置に入力され得る状況としては、例えば、上記音声信号処理装置の前段で、擬似サラウンド処理やイコライザ処理が行われ低域が過剰に強調された場合や、マルチチャンネルのダウンミックス処理が行われ複数チャンネルの音声信号が加算された場合などが想定される。

20

【0021】

なお、人間の聴覚は、中高域信号によるクリッピングと比べ、低域信号によるクリッピングを歪みと感じやすいという性質を有する。このため、上記のように低域信号を減衰させることは、歪み感の軽減に特に有効に作用する。ここで、低域信号によるクリッピングを歪みと感じやすい理由としては、低域信号によるクリッピングが生じると、聴覚感度の高い周波数領域(周知の等ラウドネス曲線を参照されたい)に高調波が生じることなどが挙げられる。

30

【0022】

本発明に係る音声信号処理装置は、上記音声信号分離手段により分離された上記低域信号に基本波を含む高調波成分を付加する高調波付加手段を更に備えており、上記低域信号増減手段は、上記高調波付加手段により高調波成分が付加された上記低域信号を増幅するものである、ことが好ましい。

【0023】

上記の構成に拠れば、高調波成分が付加された低域信号と上記音声信号の少なくとも一部とを合成した出力信号が得られる。すなわち、低域信号がスピーカの再生下限周波数以下の低域成分を含んでいる場合でも、その低域成分の倍音成分であって、そのスピーカの再生限界周波数より高い周波数の倍音成分を含んだ出力信号を得ることができる。このため、得られた出力信号に基づいてスピーカを駆動すれば、スピーカの再生下限周波数以下の低域があたかも再生されているような感覚をリスナーに与えることができる。

40

【0024】

しかも、高調波成分が付加された低域信号から不要な高次高調波を除去するために、ローパスフィルタを用いる構成を採用した場合にも、低域信号に付加される高調波成分が基本波を含んでいるので、そのローパスフィルタの通過周波数帯域全域に渡って、低域信号

50

をバランス良く強調することができる。これは、2次以上の高調波が上記ローパスフィルタにより減衰されてしまう、上記通過周波数帯域の上限近傍の周波数を有する低域成分に対しても、その基本波（その低域成分自体）が減衰されずに上記ローパスフィルタを通過するためである。

【0025】

なお、上記高調波付加手段は、上記音声信号分離手段により分離された上記低域信号を半波整流する半波整流手段を含んで構成されている、ことが好ましい。

【0026】

上記の構成に拠れば、上記低域信号に基本波と偶数次高調波とを付加することができる。このため、スピーカから出力したときに十分な低音感が得られ、かつ、より歪み感の少ない出力信号を得ることができるという更なる効果を奏する。なぜなら、人間の聴覚には、奇数次倍音を歪みと感じ易いのに対し、偶数次倍音を歪みと感じ難いという性質があるためである。

10

【0027】

なお、上記高調波付加手段は、上記音声信号分離手段により分離された上記低域信号を半波整流する半波整流手段と、半波整流された上記低域信号の値を二乗する二乗手段と、を含んで構成されていてもよい。

【0028】

この場合、上記低域信号に基本波と2次高調波と、3次以上の奇数次高調波とを付加することができる。

20

【0029】

本発明に係る音声信号処理装置は、上記低域信号増減手段に入力される低域信号のうち、所定の周波数以下の低域成分を減衰する低域成分減衰手段を更に備えており、上記低域信号増減手段は、上記低域成分減衰手段により低域成分が減衰された低域信号を増幅する、ことが好ましい。

【0030】

上記の構成に拠れば、上記所定の周波数を、例えば、スピーカの再生下限周波数に設定した場合、スピーカの再生下限周波数以下の低域成分が減衰された低域信号が、上記低域信号増減手段により増幅される。これにより、そもそもスピーカにより再生し得ない低域成分によって、出力信号の出力レベルが上昇することを回避できる。このため、上記低域成分減衰手段を設けない構成と比べて、上記低域信号増減手段の利得を高く設定することができ、低音感をより強調することが可能になるという更なる効果を奏する。

30

【0031】

上記課題を解決するために、本発明に係る音声信号処理方法は、音声信号から低域信号を分離する音声信号分離工程と、分離された上記低域信号の増幅または減衰の少なくとも何れかを、利得可変な低域信号増減手段によって行う低域信号増減工程と、増幅または減衰された上記低域信号を上記音声信号の少なくとも一部に合成することによって出力信号を得る音声信号合成工程と、上記低域信号増減手段の利得を上記出力信号に基づいて制御する利得制御工程と、を含んでいる。

【0032】

上記の構成に拠れば、上記音声信号処理装置と同様、出力先装置においてクリッピングを生じさせたり、スピーカから出力したときに中域および高域における音量のふらつきを生じさせたりすることなく、スピーカから出力したときに十分な低音感を得られる出力信号を得ることができる、という効果を奏する。

40

【0033】

なお、上記音声信号処理装置は、デジタルシグナルプロセッサ（DSP：digital signal processor）として実現されていてもよい。この場合、デジタルシグナルプロセッサを上記各手段として機能させることにより、そのデジタルシグナルプロセッサを上記音声信号処理装置として動作させる音声信号処理プログラム、および、そのプログラムを記録した記録媒体も、本発明の範疇に含まれる。

50

【発明の効果】

【0034】

本発明に係る音声信号処理装置は、以上のように、音声信号から低域信号を分離する音声信号分離手段と、分離された上記低域信号の増幅または減衰の少なくとも何れかを行う、利得可変な低域信号増減手段と、増幅または減衰された上記低域信号を上記音声信号の少なくとも一部に合成することによって出力信号を得る音声信号合成手段と、得られた上記出力信号に基づいて上記低域信号増減手段の利得を制御する利得制御手段と、を備えている。

【0035】

また、本発明に係る音声信号処理方法は、以上のように、音声信号から低域信号を分離する音声信号分離工程と、分離された上記低域信号の増幅または減衰の少なくとも何れかを、利得可変な低域信号増減手段によって行う低域信号増減工程と、増幅または減衰された上記低域信号を上記音声信号の少なくとも一部に合成することによって出力信号を得る音声信号合成工程と、上記低域信号増減手段の利得を上記出力信号に基づいて制御する利得制御工程と、を含んでいる。

10

【0036】

したがって、出力先装置においてクリッピングを生じさせたり、スピーカから出力したときに中域および高域における音量のふらつきを生じさせたりすることなく、スピーカから出力したときに十分な低音感を得られる出力信号を得ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

20

【0037】

〔実施形態1〕

本発明の一実施形態に係る音声信号処理装置100について、図面に基づいて説明すれば以下のとおりである。

【0038】

<音声信号処理装置の構成について>

まず、音声信号処理装置100の構成について、図1に基づいて説明する。

【0039】

図1は、音声信号処理装置100の構成を示すブロック図である。音声信号処理装置100は、入力部 L_{in} および R_{in} を介して入力されたデジタル音声信号を処理し、処理済のデジタル音声信号を出力部 L_{out} および R_{out} を介して出力する。出力部 L_{out} および R_{out} に接続される、処理済のデジタル音声信号の出力先装置としては、例えば、D/Aコンバータ（不図示）を介して音声信号処理装置100に接続されたパワーアンプ（不図示）などが想定される。

30

【0040】

図1に示したように、音声信号処理装置100は、概略的に言えば、音声信号分離部110（音声信号分離手段）と、高調波付加部120（高調波付加手段）と、低域信号増幅部130（低域信号増減手段）と、音声信号合成部140（音声信号合成手段）と、利得制御部150（利得制御手段）とを備えており、例えば、デジタルシグナルプロセッサ（DSP：digital signal processor）を上記各部として機能させることにより実現することができる。以下、音声信号処理装置100が備えている各部について、図1を参照しながら説明する。

40

【0041】

（音声信号分離部）

音声信号分離部110は、入力された音声信号#1を低域信号#2と中高域信号#10とに分離するための手段である。ここで、低域信号とは、所定の周波数（例えば、200Hz）以下の信号成分を主たる成分とする音声信号のことである。また、中高域信号とは、所定の周波数（例えば、200Hz）以上の信号成分を主たる成分とする音声信号のことである。

【0042】

50

音声信号分離部 110 は、例えば、図 1 に示したように、左チャンネルの音声信号を入力するための入力部 L_{in} に接続されたハイパスフィルタ 111 と、右チャンネルの音声信号を入力するための入力部 R_{in} に接続されたハイパスフィルタ 112 と、入力部 L_{in} および R_{in} に接続された加算器 113 と、加算器 113 に接続されたローパスフィルタ 114 とにより構成することができる。

【0043】

図 1 に示した構成において、ハイパスフィルタ 111 は、入力部 L_{in} を介して入力された左チャンネルの音声信号 # 1 における所定の周波数 L_{111} 以下の低域成分を減衰し、残った中高域信号 # 10 を音声信号合成部 140 に供給する。また、ハイパスフィルタ 112 は、入力部 R_{in} を介して入力された右チャンネルの音声信号 # 1 における所定の周波数 L_{112} 以下の低域信号を減衰し、残った中高域信号 # 10 を音声信号合成部 140 に供給する。一方、入力部 L_{in} および R_{in} から入力された左右チャンネルの音声信号 # 1 は、加算器 113 により加算された後、ローパスフィルタ 114 に供給される。ローパスフィルタ 114 は、加算された音声信号 # 1 における所定の周波数 H_{114} 以上の中高域信号を減衰し、残った低域信号 # 2 を高調波付加部 120 に供給する。なお、ハイパスフィルタ 111、および、112 は、省略可能であり、この場合、入力部 L_{in} および R_{in} を介して入力された音声信号 # 1 自体が音声信号合成部 140 に供給される。

10

【0044】

(高調波付加部)

高調波付加部 120 は、音声信号分離部 110 により分離された低域信号 # 2 に、基本波 (一次高調波) を含む高調波成分を付加するための手段である。

20

【0045】

高調波付加部 120 は、概略的に言えば、(1) 音声信号分離部 110 により分離された低域信号 # 2 を半波整流することによって、あるいは、(2) 音声信号分離部 110 により分離された低域信号 # 2 を半波整流し、かつ半波整流された低域信号 # 2 を 2 乗することによって、基本波を含む高調波成分を低域信号 # 2 に付加する。高調波付加部 120 により高調波成分が付加された低域信号 # 6 は、ハイパスフィルタ 126 を介して低域信号増幅部 130 に供給される。この高調波付加部 120 の詳細については、参照する図面を代えて後で説明する。

【0046】

ハイパスフィルタ 126 は、高調波付加部 120 により高調波成分が付加された低域信号 # 6 (すなわち、低域信号増幅部 130 に入力される低域信号) のうち、所定の周波数以下の低域成分を減衰する低域成分減衰手段として機能する。このハイパスフィルタ 126 についても、参照する図面を代えて後に詳しく説明する。

30

【0047】

(低域信号増幅部)

低域信号増幅部 130 は、高調波付加部 120 により高調波成分が付加された低域信号 # 6 を増幅するための手段であり、具体的には、ハイパスフィルタ 126 を介して入力された低域信号 # 7 を増幅する。低域信号増幅部 130 は、例えば、図 1 に示したように、高調波付加部 120 と利得制御部 150 とに接続された増幅器 131 により構成される。

40

【0048】

増幅器 131 は、利得可変な増幅器であって、増幅するべき音声信号を入力するための音声信号入力部 131a と、利得を制御する制御信号を入力するための制御信号入力部 131b とを備えている。音声信号入力部 131a には、増幅するべき音声信号として、高調波付加部 120 により高調波が付加された低域信号 # 6 が、ハイパスフィルタ 126 を介して入力される。一方、制御信号入力部 131b には、増幅器 131 の利得を制御するための制御信号が、利得制御部 150 より入力される。

【0049】

なお、図 1 において、低域信号増幅部 130 は、正の利得 (dB 単位) をもつよう、増幅器 131 により構成されているが、負の利得 (dB 単位) をもつよう、増幅器 131 に

50

代えて、例えば、減衰器により構成してもよい。また、正負双方の利得をもち得るよう、例えば、増幅器と減衰器とを組み合わせで構成してもよい。

【0050】

(音声信号合成部)

音声信号合成部140は、低域信号増幅部130により増幅された低域信号#8と音声信号分離部110により分離された中高域信号#10とを合成することによって出力信号#9を得るための手段である。

【0051】

音声信号合成部140は、例えば、図1に示したように、音声信号分離部110(具体的にはハイパスフィルタ111)および低域信号増幅部130に接続された加算器141と、音声信号分離部110(具体的にはハイパスフィルタ112)および低域信号増幅部130に接続された加算器142とにより構成することができる。

10

【0052】

図1に示した構成において、加算器141は、ハイパスフィルタ111により分離された左チャンネルの中高域信号#10と、低域信号増幅部130により増幅された低域信号#8とを加算することによって、左チャンネルの出力信号#9を得る。また、加算器142は、ハイパスフィルタ112により分離された右チャンネルの中高域信号#10と、低域信号増幅部130により増幅された低域信号#8とを加算することによって、右チャンネルの出力信号#9を得る。加算器141および142により得られた出力信号#9は、それぞれ出力部 L_{out} および R_{out} を介してD/Aコンバータ等の出力先装置に出力されるとともに、利得制御部150に供給される。

20

【0053】

(利得制御部)

利得制御部150は、音声信号合成部140により得られた出力信号#9に基づいて低域信号増幅部130の利得を制御するための手段である。

【0054】

利得制御部150は、概略的に言えば、音声信号合成部140により得られた出力信号#9の振幅が所定の閾値以上であるとき、低域信号増幅部130の利得を低下させ、音声信号合成部140により得られた出力信号#9の振幅が所定の閾値より小さいとき、低域信号増幅部130の利得を上昇させることによって、出力部 L_{out} および R_{out} より出力される出力信号#9の振幅を所定の範囲内に維持する。これにより、出力部 L_{out} および R_{out} に接続されるD/Aコンバータやパワーアンプ等の出力先装置がクリップすることを防止する。この利得制御部150の詳細については、参照する図面を代えて後に説明する。

30

【0055】

<高調波付加部の詳細>

次に、音声信号処理装置100の高調波付加部120の詳細について、図2から図16に基づいて説明する。

【0056】

(高調波付加部の構成)

高調波付加部120の構成例を、図2を参照して説明する。

40

【0057】

図2は、高調波付加部120の構成例を示したブロック図である。

【0058】

高調波付加部120は、例えば、図2に示したように、音声信号分離部110に接続された半波整流部121と、半波整流部121に接続されたハイパスフィルタ122と、ハイパスフィルタ122に接続されたローパスフィルタ123と、ローパスフィルタ123に接続されたボリューム124と、音声信号分離部110およびボリューム124に接続された加算器125とにより構成することができる。

【0059】

図2に示した構成において、半波整流部121には、音声信号分離部110によって音

50

声信号 # 1 から分離された低域信号 # 2 が供給される。半波整流部 1 2 1 は、(1) 低域信号 # 2 を半波整流することによって、あるいは、(2) 低域信号 # 2 を半波整流し、かつ、半波整流された低域信号の値を 2 乗することによって、低域信号 # 2 に基本波を含む高調波成分を付加する。半波整流部 1 2 1 は、上記 2 つの方法のうちの予め定められた何れか一方の方法によって高調波成分を付加するものであってもよいし、上記 2 つの方法のうち何れの方法によって高調波成分を付加するかを切り替え可能に構成され、上記 2 つの方法から選択された何れか一方の方法によって高調波成分を付加するものであってもよい。この際、高調波成分を付加する方法の切り替えは、音声信号処理装置 1 0 0 によって自動的に行われてもよいし、あるいは、ユーザによって手動で行われてもよい。

【 0 0 6 0 】

また、図 2 に示した構成において、ハイパスフィルタ 1 2 2 には、半波整流部 1 2 1 によって高調波成分が付加された低域信号 # 3 が供給される。ハイパスフィルタ 1 2 2 は、半波整流部 1 2 1 より供給された低域信号 # 3 における所定のカットオフ周波数 L_{122} 以下の低域成分を減衰し、残った低域信号 # 4 をローパスフィルタ 1 2 3 に供給する。ローパスフィルタ 1 2 3 は、ハイパスフィルタ 1 2 2 より供給された低域信号 # 4 における所定のカットオフ周波数 H_{123} 以上の高域成分を減衰し、残った低域信号 # 5 をボリューム 1 2 4 を介して加算器 1 2 5 に供給する。

【 0 0 6 1 】

また、図 2 に示した構成において、ローパスフィルタ 1 2 3 より出力された低域信号 # 5 は、ボリューム 1 2 4 によって振幅を調整された後、加算器 1 2 5 に入力される。ローパスフィルタ 1 2 3 より出力された低域信号 # 5 をボリューム 1 2 4 を介して加算器 1 2 5 に入力することによって、加算器 1 2 5 によって得られる低域信号 # 6 における低域信号 # 2 と低域信号 # 5 との比率を所望の値に設定することができる。ここで、ボリューム 1 2 4 は、低域信号 # 5 を予め設定された減衰率で減衰する減衰器であってもよいし、低域信号 # 5 を予め設定された増幅率で増幅する増幅器であってもよい。加算器 1 2 5 は、ボリューム 1 2 4 によって振幅が調整された低域信号 # 5 と、音声信号分離部 1 1 0 によって分離された低域信号 # 2 とを加算し、得られた低域信号 # 6 をハイパスフィルタ 1 2 6 を介して低域信号増幅部 1 3 0 に供給する。

【 0 0 6 2 】

なお、図 2 においては、半波整流部 1 2 1 に接続されたハイパスフィルタ 1 2 2 の後段にローパスフィルタ 1 2 3 を配置する構成例を示しているが、高調波付加部 1 2 0 の構成はこれに限定されるものではない。例えば、半波整流部 1 2 1 にローパスフィルタ 1 2 3 を接続し、その後段にハイパスフィルタ 1 2 2 を接続する構成、あるいは、ハイパスフィルタ 1 2 2 とローパスフィルタ 1 2 3 の双方の機能を有するバンドパスフィルタを半波整流部 1 2 1 に接続する構成を採用してもよい。

【 0 0 6 3 】

(高調波付加の実施例 1)

図 2 に示した高調波付加部 1 2 0 における高調波付加の一実施例を、図 3 から図 8 までに基づいて説明する。

【 0 0 6 4 】

本実施例において、半波整流部 1 2 1 は、低域信号 # 2 を半波整流することによって、低域信号 # 2 に基本波を含む高調波成分を付加するものとした。また、ハイパスフィルタ 1 2 2 のカットオフ周波数 L_{122} を 2 0 0 H z に設定し、ローパスフィルタ 1 2 3 のカットオフ周波数 H_{123} は 3 0 0 H z に設定し、ボリューム 1 2 4 の増幅率 (または減衰率) を 0 d B に設定した。

【 0 0 6 5 】

図 3 は、本実施例におけるハイパスフィルタ 1 2 2 、および、ローパスフィルタ 1 2 3 の周波数特性を示すグラフである。同図において、実線により示したグラフは、カットオフ周波数 L_{122} を 2 0 0 H z に設定したハイパスフィルタ 1 2 2 の周波数特性を示しており、点線により示したグラフは、カットオフ周波数 H_{123} を 3 0 0 H z に設定したローパ

10

20

30

40

50

スフィルタ 1 2 3 の周波数特性を示している。

【 0 0 6 6 】

本実施例においては、100 Hz を中心周波数とする低域信号 # 2 を高調波付加部 1 2 0 に入力した。図 4 (a) は、本実施例において高調波付加部 1 2 0 に入力した低域信号 # 2 の波形図である。図 4 (b) は、同低域信号 # 2 の周波数特性を示すグラフである。

【 0 0 6 7 】

図 5 (a) は、半波整流部 1 2 1 によって得られた、半波整流された低域信号 # 3 の波形図である。図 5 (b) は、同低域信号 # 3 の周波数特性を示すグラフである。図 5 (b) から明らかなように、半端整流部 1 2 1 によって、元の低域信号 # 2 における中心周波数と同じ 100 Hz の基本波と、元の低域信号 # 2 における中心周波数の偶数倍の周波数を有する 2 次、4 次、6 次、... の偶数次高調波とを含む低域信号 # 3 を生成することができた。

10

【 0 0 6 8 】

図 6 (a) は、ハイパスフィルタ 1 2 2 によって低域成分が減衰された低域信号 # 4 の波形図である。図 6 (b) は、同低域信号 # 4 の周波数特性を示すグラフである。図 6 (b) から明らかなように、ハイパスフィルタ 1 2 2 によって、低域信号 # 3 から DC 成分、および、スピーカの再生下限周波数以下の不要な低域成分を除去することができた。

【 0 0 6 9 】

図 7 (a) は、ローパスフィルタ 1 2 3 によって高域成分が減衰された低域信号 # 5 の波形図である。図 7 (b) は、同低域信号 # 5 の周波数特性を示すグラフである。図 7 (b) から明らかなように、ローパスフィルタ 1 2 2 によって、低域信号 # 4 から不要な高次高調波、具体的には、6 次以上の高次高調波を除去することができた。

20

【 0 0 7 0 】

図 8 (a) は、低域信号 # 5 と低域信号 # 2 とを加算器 1 2 5 によって加算して得られた低域信号 # 6 の波形図である。図 8 (b) は、同低域信号 # 6 の周波数特性を示すグラフである。図 8 (b) から明らかなように、高調波付加部 1 2 0 により出力される低域信号 # 6 は、高調波付加部 1 2 0 に入力された低域信号 # 2 に、1 次、2 次、および、4 次の高調波を付加した低域信号となった。

【 0 0 7 1 】

(高調波付加の実施例 2)

図 2 に示した高調波付加部 1 2 0 における高調波付加の他の実施例を、図 9 から図 1 2 までに基づいて説明する。

30

【 0 0 7 2 】

本実施例において、半波整流部 1 2 1 は、低域信号 # 2 を半波整流し、更に半波整流された低域信号を 2 乗することによって、低域信号 # 2 に基本波を含む高調波成分を付加するものとした。

【 0 0 7 3 】

また、本実施例においても、先の実施例と同様、ハイパスフィルタ 1 2 2 のカットオフ周波数 L_{122} を 200 Hz に設定し、ローパスフィルタ 1 2 3 のカットオフ周波数 H_{123} を 300 Hz に設定し、ボリューム 1 2 4 の増幅率 (減衰率) を 0 dB に設定した。また、本実施例においても、先の実施例と同様、図 4 (a) および図 4 (b) に示した 100 Hz を中心周波数とする低域信号 # 2 を高調波付加部 1 2 0 に入力した。

40

【 0 0 7 4 】

図 9 (a) は、半波整流部 1 2 1 によって得られた、半波整流され 2 乗された低域信号 # 3 の波形図である。図 9 (b) は、同低域信号 # 3 の周波数特性を示すグラフである。図 9 (b) から明らかなように、半端整流部 1 2 1 によって、元の低域信号 # 2 における中心周波数と同じ 100 Hz の基本波と、元の低域信号 # 2 における中心周波数の 2 倍の周波数を有する 2 次高調波と、さらに、元の低域信号 # 2 における中心周波数の奇数倍の周波数を有する 3 次、5 次、7 次、... の奇数次高調波とを含む低域信号 # 3 を生成することができた。

50

【 0 0 7 5 】

図 1 0 (a) は、ハイパスフィルタ 1 2 2 によって得られた、低域成分が減衰された低域信号 # 4 の波形図である。図 1 0 (b) は、同低域信号 # 4 の周波数特性を示すグラフである。図 1 0 (b) から明らかなように、ハイパスフィルタ 1 2 2 によって、低域信号 # 3 から DC 成分、および、スピーカの再生下限周波数以下の不要な低域成分を除去することができた。

【 0 0 7 6 】

図 1 1 (a) は、ローパスフィルタ 1 2 3 によって得られた、高域成分が減衰された低域信号 # 5 の波形図である。図 1 1 (b) は、同低域信号 # 5 の周波数特性を示すグラフである。図 1 1 (b) から明らかなように、ローパスフィルタ 1 2 2 によって、低域信号 # 4 から不要な高次高調波、5 次以上の高次高調波を除去することができた。

10

【 0 0 7 7 】

図 1 2 (a) は、加算器 1 2 5 によって低域信号 # 5 と低域信号 # 2 とを加算して得られた、低域信号 # 6 の波形図である。図 1 2 (b) は、同低域信号 # 6 の周波数特性を示すグラフである。図 1 2 (b) から明らかなように、高調波付加部 1 2 0 により出力される低域信号 # 6 は、高調波付加部 1 2 0 に入力された低域信号 # 2 に、1 次、2 次、および、3 次の高調波を付加した低域信号となった。

【 0 0 7 8 】

(高調波付加部による効果)

図 2 に示した高調波付加部 1 2 0 において、半波整流を行う半波整流部 1 2 1 を、全波整流を行う全波整流部に置き換えた場合、付加することが可能な高調波成分は、2 次以上の高調波成分に限定される。このため、ハイパスフィルタ 1 1 1 の通過周波数帯域の上限に近い周波数を有する低域信号 # 2 に対しては、2 次以上の高調波成分が後段のローパスフィルタ 1 2 3 により減衰されてしまい、十分な振幅の高調波成分を得ることができない。したがって、ハイパスフィルタ 1 1 1 の通過周波数帯域全域に渡って、低域信号 # 2 をバランス良く強調することができないという問題を生じる。

20

【 0 0 7 9 】

図 1 3 および図 1 4 は、全波整流により高調波成分を付加した場合に生じる上記問題点を説明するための図である。

【 0 0 8 0 】

図 1 3 (a) は、2 0 0 H z の入力信号を全波整流した波形を示す波形図であり、図 1 3 (b) は、同信号の周波数特性を示すグラフである。図 1 3 (b) から明らかなように、全波整流後の信号は、4 0 0 H z の 2 次高調波を含み、2 0 0 H z の基本波を含まない。

30

【 0 0 8 1 】

図 1 4 (a) は、図 1 3 (a) および図 1 3 (b) に示した全波整流後の信号を、カットオフ周波数 2 0 0 H z のハイパスフィルタとカットオフ周波数 3 0 0 H z のローパスフィルタと通過させることによって得られた信号の波形図である。図 1 4 (b) は、同信号の周波数特性を示すグラフである。図 1 4 (b) から明らかなように、全波整流により付加された 2 次高調波の振幅が、ローパスフィルタにより減衰される。このように、ローパスフィルタのカットオフ周波数に近い周波数を有する入力信号に対しては、十分な低音感を与える低域信号を得ることができない。

40

【 0 0 8 2 】

一方、図 2 に示した高調波付加部 1 2 0 の構成によれば、半波整流により高調波成分を付加しているので、高調波付加部 1 2 0 に入力された低域信号 # 2 に、基本波を含む高調波成分を付加することができる。このため、2 次以上の高調波成分がローパスフィルタ 1 2 3 により減衰されてしまったとしても、基本波が存在することにより、低音感が失われることはない。したがって、高調波付加部 1 2 0 は、入力された低域信号 # 2 をバランス良く強調することができる。

【 0 0 8 3 】

50

図15および図16は、半波整流により高調波成分を付加した場合の利点を説明するための図である。

【0084】

図15(a)は、200Hzの入力信号を半波整流した波形を示す波形図であり、図15(b)は、同信号の周波数特性を示すグラフである。図15(b)から明らかなように、全波整流後の信号は、200Hzの基本波と、400Hzの2次高調波とを含む。

【0085】

図16(a)は、図15(a)および図15(b)に示した半波整流後の信号を、カットオフ周波数200Hzのハイパスフィルタとカットオフ周波数300Hzのローパスフィルタと通過させることによって得られた信号の波形図である。図16(b)は、同信号の周波数特性を示すグラフである。図16(b)から明らかなように、2次高調波の振幅は、ローパスフィルタにより減衰されているが、基本波の振幅は減衰されていない。このように、ローパスフィルタのカットオフ周波数に近い周波数を有する入力信号に対しても、十分な低音感を与える低域信号を得ることができる。

10

【0086】

<利得制御部の詳細>

次に、音声信号処理装置100の利得制御部150の詳細について、図17から図25に基づいて説明する。

【0087】

(利得制御部による利得制御)

20

まず、利得制御部150による利得制御の流れを、図17を参照して説明する。

【0088】

図17は、利得制御部150による利得制御の流れを示したフローチャートである。利得制御部150は、図17のフローチャートに示した一連の工程を単位時間毎に繰り返し実行することにより、低域信号増幅部130の利得を段階的に制御する。利得制御部150による利得制御に含まれる各ステップについて説明すれば以下のとおりである。

【0089】

ステップS1：利得制御部150は、音声信号処理装置100より出力される出力信号#9の左チャンネルの値Lの絶対値と、同出力信号#9の右チャンネルの値Rの絶対値とを算出し、算出された2つの絶対値のうち大きい方の値を求めることにより、出力信号#9の出力レベル $X = \text{Max}\{|L|, |R|\}$ を決定する。

30

【0090】

ステップS2：次に、利得制御部150は、ステップS1にて決定された出力レベルXと予め定められた閾値 T_h とを大小比較する。出力レベルXが閾値 T_h より大きかった場合(S2:Yes)、利得制御部150は、以下のステップS3~S5によって、増幅器131の利得を低下させる。一方、出力レベルXが閾値 T_h 以下であった場合(S2:No)、利得制御部150は、以下のステップS6~S8によって、増幅器131の利得を上昇させる。

【0091】

ステップS3：ステップS2にて出力レベルXが閾値 T_h より大きいと判定された場合(S2:Yes)、利得制御部150は、現在の利得Gと、予め設定された下限利得 G_{min} とを大小比較する。

40

【0092】

ステップS4：ステップS3にて現在の利得Gが下限利得 G_{min} より大きいと判定された場合(S3:Yes)、利得制御部150は、増幅器131の利得Gを、現在の利得Gより G_{max}/T_{attack} だけ小さい値 $G - G_{max}/T_{attack}$ に設定する。ここで、 G_{max} は、予め設定された上限利得であり、 T_{attack} は、予め設定されたアタックタイムである。

【0093】

ステップS5：ステップS3にて現在の利得Gが下限利得 G_{min} 以下であると判定された場合(S3:No)、利得制御部150は、増幅器131の利得Gを、下限利得 G_{min}

50

に設定し、利得低下を完了する。

【0094】

ステップS6：ステップS2にてXが閾値Th以下であると判定された場合（S2：No）、利得制御部150は、現在の利得Gと、予め設定された上限利得 G_{max} とを大小比較する。

【0095】

ステップS7：ステップS6にて現在の利得Gが上限利得 G_{max} より小さいと判定された場合（S6：Yes）、利得制御部150は、増幅器131の利得Gを、現在の利得Gより $G_{max} / T_{release}$ だけ大きい値 $G + G_{max} / T_{release}$ に設定する。ここで、 $T_{release}$ は、予め設定されたリリースタイムである。

10

【0096】

ステップS8：ステップS6にて現在の利得Gが上限利得 G_{max} 以上であると判定された場合（S6：No）、利得制御部150は、増幅器131の利得Gを、上限利得 G_{max} に設定し、利得上昇を完了する。

【0097】

なお、図17に示したフローチャートは、 $G_{max} > 0$ の場合（増幅器131の利得が正の値を取る場合）を想定したものであるが、 $G_{max} = 0$ の場合（増幅器131の利得Gが0以下の値をとる場合、すなわち減衰器の場合）には、ステップS4において、利得Gを $|G_{min}| / T_{attack}$ 、または $(G_{max} - G_{min}) / T_{attack}$ だけ減少させ、ステップS7において、利得Gを $|G_{min}| / T_{release}$ 、または $(G_{max} - G_{min}) / T_{release}$ だけ増加させるようにしてもよい。あるいは、利得をデシベル単位ではなく、比率（ $= 10^{(利得 / 20)}$ ）に換算して扱い、常に $G_{max} > 0$ となるようにしてもよい。

20

【0098】

図18は、出力信号#9の出力レベルXの時間変化を示すグラフである。図18に示したグラフにおいて、横軸は時刻を表し、縦軸は出力信号#9の出力レベルXを表す。

【0099】

図18に示したように、出力信号#9の出力レベルXが時刻 t_1 において閾値Thに達すると、利得制御部150は、時刻 t_1 から時刻 t_2 までの間、増幅器131の利得Gを徐々に低下させる。より具体的に言うと、図17に示した一連の処理を1回実行する毎に、増幅器131の利得Gを G_{max} / T_{attack} ずつ減少させる。ここで、利得Gの減少が終了する時刻 t_2 は、増幅器131の利得Gが下限利得 G_{min} に達する時刻である。そして、利得制御部150は、時刻 t_2 から時刻 t_3 までの間、増幅器131の利得Gを、下限利得 G_{min} に保つ。ここで、時刻 t_3 は、出力レベルXが閾値Thに達する時刻である。そして、利得制御部150は、時刻 t_3 から時刻 t_4 までの間、増幅器131の利得Gを徐々に上昇させる。より具体的に言うと、図17に示した一連の処理を1回実行する毎に、増幅器131の利得Gを $G_{max} / T_{release}$ ずつ上昇させる。ここで、時刻 t_4 は、増幅器131の利得Gが上限利得 G_{max} に達する時刻である。以後、再び出力レベルXが再び閾値Thに達するまで、増幅器131の利得Gは、上限利得 G_{max} に保たれる。

30

【0100】

図19は、増幅器131に入力される低域信号#7の入力レベルと、音声信号処理装置100より出力される出力信号#9の出力レベルとの相関を示すグラフである。ここでは、上限利得 G_{max} を6dBに、下限利得 G_{min} を0dBに、そして、閾値Thを-1.5dBに設定している。図19から明らかなように、出力信号#9の出力レベルが閾値Th以下のとき、増幅器131に入力される低域信号#7は、上限利得 G_{max} で増幅される。また、出力信号#9の出力レベルが閾値Thより大きいとき、増幅器131に入力される低域信号#7は、下限利得 G_{min} で増幅される。

40

【0101】

（利得制御部による利得制御の実施例）

図17に示した利得制御部150による利得制御の実施例を、図20から図24までを参照して説明する。以下の実施例において、閾値Th、上限利得 G_{max} 、下限利得 G_{min} 、

50

アタックタイム T_{attack} 、および、リリースタイム T_{release} は、以下の表に示すように設定した。

【 0 1 0 2 】

【 表 1 】

項目	設定値
閾値 Th	-1.5dB
上限利得 G_{max}	6dB
下限利得 G_{min}	0dB
アタックタイム T_{attack}	5ms
リリースタイム T_{release}	500ms

10

【 0 1 0 3 】

20

まず、低域成分（中心周波数 100 Hz）のみからなる音声信号 # 1 を音声信号処理装置 100 に入力した。図 20（a）は、ここで音声信号処理装置 100 に入力した音声信号 # 1 の信号波形を表す波形図である。図 20（b）は、同音声信号 # 1 の周波数特性を表すグラフである。

【 0 1 0 4 】

図 21（a）は、図 20（a）および図 20（b）に示した音声信号 # 1 を音声信号処理装置 100 に入力することにより得られた、出力信号 # 9 の信号波形を示す波形図である。図 21（b）は、同出力信号 # 9 の周波数特性を示すグラフである。

【 0 1 0 5 】

図 21（a）から分かるように、出力信号 # 9 は、約 0.02 秒程度で速やかに定常状態に達した。すなわち、入力開始時には小さかった出力信号 # 9 の振幅が、時間経過に伴い徐々に大きくなり、約 0.02 秒で一定の値に達した。これは、ハイパスフィルタ 126 として、IIR 型のハイパスフィルタを用いているためである。そして、定常状態においては、入力された音声信号 # 1 において 0.5 であった振幅が 0.84 に増幅された。すなわち、4.5 dB 程度の利得が得られた。

30

【 0 1 0 6 】

なお、図 20（a）および図 21（a）において、振幅は、音声信号処理装置 100 の後段に接続される D/A コンバータのクリップレベルを 1 とするように規格化されている。つまり、図 21（a）に示した出力信号 # 9 の振幅は、D/A コンバータのクリップレベル以下に維持されている。

40

【 0 1 0 7 】

次に、低域成分（中心周波数 100 Hz）と中域成分（中心周波数 500 Hz）とからなる音声信号 # 1 を音声信号処理装置 100 に入力した。図 22（a）は、ここで音声信号処理装置 100 に入力した音声信号 # 1 の信号波形を示す波形図である。図 22（b）は、同音声信号 # 1 の周波数特性を示すグラフである。音声信号 # 1 は、俳優の台詞（中域成分）と爆発音（低域成分）とが同時に鳴ったときの音声信号に相当している。ここでは、音声信号 # 1 の最大振幅がちょうど D/A コンバータのクリップレベルに一致するよう、低域成分および中域成分の振幅をそれぞれ 0.5 とした。

【 0 1 0 8 】

図 23（a）は、図 22（a）および図 22（b）に示した音声信号 # 1 を音声信号処

50

理装置 100 に入力することにより得られた、出力信号 # 9 の信号波形を示す波形図である。図 23 (b) は、同出力信号 # 9 の周波数特性を示すグラフである。

【0109】

図 23 (a) から分かるように、定常状態においては、出力信号 # 9 の最大振幅が D/A コンバータのクリップレベル以下に維持された。このように、出力信号 # 9 の最大振幅を D/A コンバータのクリップレベル以下に維持することができるのは、利得制御手段 150 が、増幅器 131 から出力される低域信号 # 8 に基づいてではなく、中域成分を含む出力信号 # 10 に基づいて利得制御を行っているためである。

【0110】

また、図 23 (b) から分かるように、出力信号 # 9 における中域成分の振幅は、入力信号 # 1 における中域成分の振幅と同じ 0.5 程度に維持された。すなわち、爆音のような低域成分が音声信号 # 1 に含まれている場合でも、俳優の台詞のような中域成分の振幅の減衰が生じないこと、つまり、中域成分の「音量のふらつき」が発生しないことが確認された。このように、出力信号 # 9 における中域成分の振幅を入力信号 # 1 の振幅と同程度に維持することができるのは、利得制御手段 150 による利得制御が、音声信号 # 1 全域を増幅するのではなく、低域信号のみを増幅する増幅器 131 の利得を制御しているためである。

10

【0111】

最後に、中域成分 (中心周波数 500 Hz) のみからなる音声信号 # 1 を音声信号処理装置 100 に入力した。図 24 (a) は、ここで音声信号処理装置 100 に入力した音声信号 # 1 の信号波形を表す波形図である。図 24 (b) は、同音声信号 # 1 の周波数特性を表すグラフである。

20

【0112】

図 25 (a) は、図 24 (a) および図 24 (b) に示した音声信号 # 1 を音声信号処理装置 100 に入力することにより得られた、出力信号 # 9 の信号波形を示す波形図である。図 24 (b) は、同出力信号 # 9 の周波数特性を示すグラフである。図 25 (a) および図 25 (b) から確認できるように、出力信号 # 9 における中域成分の振幅は、入力信号 # 1 における中域成分の振幅と同じ 0.5 程度に維持された。

【0113】

< 低域成分減衰手段 >

30

音声信号処理装置 100 は、低域信号増幅部 130 に入力される低域信号 # 6 のうち、所定の周波数以下の低域成分を減衰する低域成分減衰手段として、ハイパスフィルタ 126 を備えている。以下、このハイパスフィルタ 126 について、もう少し詳しく説明する。

【0114】

上記所定の周波数、すなわち、ハイパスフィルタ 126 のカットオフ周波数は、例えば、音声信号処理装置 100 により処理された音声信号を音波として出力するスピーカの再生下限周波数に設定される。これにより、スピーカの再生下限周波数以下の低域成分が除去された低域信号 # 7 が、低域信号増幅部 130 により増幅される。

【0115】

40

これにより、そもそもスピーカにより再生し得ない低域成分による、出力信号 # 9 の出力レベルの上昇を避けることができる。このため、ハイパスフィルタ 126 が存在しない場合と比べて増幅器 131 の利得を高め設定することができ、低音感をより強調することが可能になる。

【0116】

図 26 (a) は、50 Hz の超低域成分と 100 Hz の低域成分とからなる音声信号を、ハイパスフィルタ 126 を取り外した音声信号処理装置 100 に入力して得られた、低域信号増幅部 130 の出力信号 # 8 の波形図である。図 26 (b) は、同出力信号 # 8 の定常状態における周波数特性を示すグラフである。

【0117】

50

ハイパスフィルタ 126 を取り外した場合、図 26 (a) から分かるように、出力信号 # 8 の振幅が過渡状態においてクリップレベルを超えるので、利得制御部 150 により増幅器 131 の利得が低下される。このため、スピーカの再生下限周波数（ここでは 100 Hz を想定）より低い超低域成分の振幅も、スピーカの再生下限周波数である低域成分の振幅もともに小さくなってしまふ。

【0118】

図 27 (a) は、50 Hz の超低域成分と 100 Hz の低域成分とからなる同じ音声信号を、ハイパスフィルタ 126 を備えた音声信号処理装置 100 に入力して得られた、低域信号増幅部 130 の出力信号 # 8 の波形図である。図 27 (b) は、同出力信号 # 8 の定常状態における周波数特性を示すグラフである。

10

【0119】

ハイパスフィルタ 126 を取り付けた場合、図 26 (a) から分かるように、出力信号 # 8 の振幅がクリップレベル未満になるので、利得制御部 150 により増幅器 131 の利得が上昇される。このため、スピーカの再生下限周波数以上の周波数を有する 100 Hz の低域成分の振幅を、より大きくすることができる。

【0120】

〔実施形態 2〕

本発明の他の実施形態に係る音声信号処理装置 100' について、図 28 および図 29 に基づいて説明すれば以下のとおりである。

【0121】

図 28 は、音声信号処理装置 100' の構成を示すブロック図である。また、図 29 は、音声信号処理装置 100' が備えている高調波付加部 120' の内部構成を示すブロック図である。

20

【0122】

音声信号処理装置 100' は、基本的に、図 1 および図 2 に示した音声信号処理装置 100 の各ブロックを組み合わせることにより構成されている。このため、図 28 および図 29 において、各ブロックの参照符号を、音声信号処理装置 100 において同一機能を有するブロックの参照符号と一致させることにより、各ブロックについての個別の説明を省略する。

【0123】

図 28 にかから分かるように、音声信号処理装置 100' における音声信号処理装置 100 との相違点は、以下のとおりである。

30

【0124】

まず、音声信号処理装置 100 は、ローパスフィルタ 114、高調波付加部 120、ハイパスフィルタ 126、および、利得可変な増幅器 131 からなる低域信号増幅回路を左右独立に 2 系統備えている。

【0125】

また、音声信号処理装置 100' は、音声信号の入力を受け付けるか否かを切り替えるためのスイッチ SW1 を備えている。

【0126】

また、音声信号処理装置 100' は、2 系統の低域信号増幅回路の各々に対し、ローパスフィルタ 114 によって抽出された低域信号をそのまま低域信号増幅回路に入力するか、あるいは、同低域信号を高調波付加部 120' を介して低域信号増幅回路に入力するかを切り替えるスイッチ SW2 を備えている。

40

【0127】

ローパスフィルタ 114 によって抽出された低域信号をそのまま低域信号増幅回路に入力する場合、音声信号処理装置 100' は、入力された音声信号のうち、ローパスフィルタ 114 を通過した低域信号のみを単純に増幅する、通常の低域強調処理を実行する。一方、ローパスフィルタ 114 によって抽出された低域信号を高調波付加部 120' を介して低域信号増幅回路に入力する場合、倍音により低音感を強調する音声信号処理装置 10

50

0と同様の低域強調処理を実行する。

【0128】

また、音声信号処理装置100'は、ローパスフィルタ114によって抽出された低域信号、または、高調波付加部120'によって該低域信号に高調波成分が付加された低域信号を、そのまま中高域信号と合成するか、あるいは、ハイパスフィルタ126によって不要な低域成分を減衰したうえで増幅器131によって増幅した後、中高域信号と合成するかを切り替えるスイッチSW3を備えている。

【0129】

さらに、音声信号処理装置100'は、利得制御部150が増幅器131の利得を制御するために参照する音声信号を、出力部 L_{out} および R_{out} から出力される出力信号とするか、あるいは、増幅器131により増幅された低域信号とするかを切り替えるスイッチSW4を備えている。

10

【0130】

なお、音声信号処理装置100'において、出力部 L_{out} および R_{out} から出力される出力信号は、まず、出力レベル決定部152に入力される。出力信号レベル決定部152は、 L_{out} から出力される左チャンネルの出力信号の絶対値と、 R_{out} から出力される右チャンネルの出力信号の絶対値とを算出し、算出した2つの絶対値のうち大きい方の値をスイッチSW4に入力する。

【0131】

また、左右チャンネルの低域信号を増幅する2つの増幅器131から出力された低域信号は、低域信号レベル決定部151に入力される。低域信号レベル決定部151は、左チャンネルの低域信号の絶対値と、右チャンネルの低域信号の絶対値とを算出し、算出した2つの絶対値のうち大きい方の値をスイッチSW4に入力する。

20

【0132】

これにより、利得制御部150は、出力部 L_{out} および R_{out} から出力される出力信号の出力レベル、あるいは、増幅器131により増幅された低域信号の低域レベルの何れかに基づいて、増幅器131の利得を制御することができる。

【0133】

なお、音声信号処理装置100'は、低音強調以外の目的で使用することも可能である。すなわち、SW2を高調波付加をしない設定とし、増幅器131の下限利得 G_{min} を-3dBのように減衰できる値に設定することにより、入力部 L_{in} および R_{in} の前段における信号処理(5.1chなどのマルチチャンネルの信号を2chの信号にするダウンミックス処理、擬似サラウンド処理、イコライジング処理など)によって低域成分の振幅が予期せぬ大きさに増幅された場合に、クリップを防止する保護処理装置として使用することが可能である。

30

【0134】

〔付記事項〕

音声信号処理装置100は、上述したように、デジタルシグナルプロセッサにより実現することができる。すなわち、音声信号処理装置100は、高速積和演算器やALU(arithmetic logical unit)等の演算装置と、その演算装置を音声信号分離部110、高調波付加部120、低域信号増幅部130、音声信号合成部140、および、利得制御部150として機能させる音声信号処理プログラムを担持したプログラムメモリ等の記憶装置とを備えたデジタルシグナルプロセッサとして構成することができる。音声信号処理装置100'についても同様である。

40

【0135】

そして、本発明の目的は、上記音声信号処理プログラムがデジタルシグナルプロセッサのプログラムメモリに固定的に担持されている場合に限らず、上記音声信号処理プログラムのプログラムコード(実行形式プログラム、中間コードプログラム、または、ソースプログラム)を汎用的なデジタルシグナルプロセッサに供給し、そのデジタルシグナルプロセッサが上記プログラムコードを実行することによっても、あるいは、上記プログラムコ

50

ードを記録した記録媒体を音声信号処理装置 100 に供給し、音声信号処理装置 100 が備えている汎用的なデジタルシグナルプロセッサが上記記録媒体に記録されている上記プログラムコードを読み出して実行することによっても、達成可能である。

【0136】

上記記録媒体としては、例えば、磁気テープやカセットテープ等のテープ系、フロッピー（登録商標）ディスク／ハードディスク等の磁気ディスクや CD-ROM / MO / MD / DVD / CD-R 等の光ディスクを含むディスク系、ICカード（メモリカードを含む）／光カード等のカード系、あるいはマスク ROM / EPROM / EEPROM / フラッシュ ROM 等の半導体メモリ系などを用いることができる。

【0137】

また、デジタルシグナルプロセッサ（あるいは、デジタルシグナルプロセッサを備えた音声信号処理装置 100）を通信ネットワークと接続可能に構成し、上記プログラムコードを通信ネットワークを介して、そのデジタルシグナルプロセッサに供給してもよい。この通信ネットワークとしては、特に限定されず、例えば、インターネット、イントラネット、エキストラネット、LAN、ISDN、VAN、CATV 通信網、仮想専用網（virtual private network）、電話回線網、移動体通信網、衛星通信網等が利用可能である。また、通信ネットワークを構成する伝送媒体としては、特に限定されず、例えば、IEEE 1394、USB、電力線搬送、ケーブル TV 回線、電話線、ADSL 回線等の有線でも、IrDA やリモコンのような赤外線、Bluetooth（登録商標）、802.11 無線、HDD、携帯電話網、衛星回線、地上波デジタル網等の無線でも利用可能である。なお、本発明は、上記プログラムコードが電子的な伝送によって具現化された、搬送波に埋め込まれたコンピュータデータ信号の形態によっても実現され得る。

【0138】

また、以上の説明では、音声信号処理装置 100 は、デジタル音声信号を処理するものとしたが、これに限定されるものではない。すなわち、音声信号処理装置 100 は、アナログ音声信号を処理するものであってもよい。

【0139】

この場合、音声信号分離部 110 は、例えば、抵抗とコンデンサーとからなるハイパスフィルターおよびローパスフィルターにより構成すればよい。また、高調波付加部 120 は、例えば、シリコンダイオードからなる半波整流部と、抵抗とコンデンサーとからなるハイパスフィルターおよびローパスフィルターとにより構成することができる。また、低域信号増幅部 130 は、例えば、トランジスタを用いて構成することができる。また、出力信号を A/D コンバータを介して利得制御部 150 に入力することにより、出力信号がアナログ信号である場合でも、利得制御部 150 をデジタルシグナルプロセッサにより構成することができる。音声信号処理装置 100 についても同様である。

【0140】

本発明は上述した各実施形態に限定されるものではなく、請求項に示した範囲で種々の変更が可能であり、異なる実施形態にそれぞれ開示された技術的手段を適宜組み合わせ得られる実施形態についても本発明の技術的範囲に含まれる。

【産業上の利用可能性】

【0141】

本発明は、スピーカにより出力される音声信号を処理する各種装置に対して、広く利用することができる。特に、小型スピーカを搭載した薄型表示装置に対して、とりわけ好適に利用することができる。

【図面の簡単な説明】

【0142】

【図 1】本発明の実施形態を示すものであり、音声信号処理装置の構成を示すブロック図である。

【図 2】本発明の実施形態を示すものであり、音声信号処理装置が備えている高調波付加部の構成を示したブロック図である。

10

20

30

40

50

【図3】本発明の一実施例を示すものであり、ローパスフィルタおよびハイパスフィルタの周波数特性を示すグラフである。

【図4】図4(a)は、本発明の一実施例を示すものであり、高調波付加部に入力された低域信号の信号波形を示す波形図である。図4(b)は、本発明の一実施例を示すものであり、高調波付加部に入力された低域信号の周波数特性を示すグラフである。

【図5】図5(a)は、本発明の一実施例を示すものであり、半波整流された低域信号の信号波形を示す波形図である。図5(b)は、本発明の一実施例を示すものであり、半波整流された低域信号の周波数特性を示すグラフである。

【図6】図6(a)は、本発明の一実施例を示すものであり、ハイパスフィルタを通過した低域信号の信号波形を示す波形図である。図6(b)は、本発明の一実施例を示すものであり、ハイパスフィルタを通過した低域信号の周波数特性を示すグラフである。

【図7】図7(a)は、本発明の一実施例を示すものであり、ローパスフィルタを通過した低域信号の信号波形を示す波形図である。図7(b)は、本発明の一実施例を示すものであり、ローパスフィルタを通過した低域信号の周波数特性を示すグラフである。

【図8】図8(a)は、本発明の一実施例を示すものであり、加算器によって加算された低域信号の信号波形を示す波形図である。図8(b)は、本発明の一実施例を示すものであり、加算器によって加算された低域信号の周波数特性を示すグラフである。

【図9】図9(a)は、本発明の他の実施例を示すものであり、半波整流され2乗された低域信号の信号波形を示す波形図である。図9(b)は、本発明の他の実施例を示すものであり、半波整流され2乗された低域信号の周波数特性を示すグラフである。

【図10】図10(a)は、本発明の他の実施例を示すものであり、ハイパスフィルタを通過した低域信号の信号波形を示す波形図である。図10(b)は、本発明の他の実施例を示すものであり、ハイパスフィルタを通過した低域信号の周波数特性を示すグラフである。

【図11】図11(a)は、本発明の他の実施例を示すものであり、ローパスフィルタを通過した低域信号の信号波形を示す波形図である。図11(b)は、本発明の他の実施例を示すものであり、ローパスフィルタを通過した低域信号の周波数特性を示すグラフである。

【図12】図12(a)は、本発明の他の実施例を示すものであり、加算器によって加算された低域信号の信号波形を示す波形図である。図12(b)は、本発明の他の実施例を示すものであり、加算器によって加算された低域信号の周波数特性を示すグラフである。

【図13】図13(a)は、従来技術を示すものであり、200Hzの入力信号を全波整流した信号波形を示す波形図である。図13(b)は、従来技術を示すものであり、200Hzの入力信号を全波整流した信号の周波数特性を示すグラフである。

【図14】図14(a)は、従来技術を示すものであり、ハイパスフィルタおよびローパスフィルタを通過した信号の信号波形を示す波形図である。図14(b)は、従来技術を示すものであり、ハイパスフィルタおよびローパスフィルタを通過した信号の周波数特性を示す波形図である。

【図15】図15(a)は、本発明の実施例を示すものであり、200Hzの入力信号を半波整流した信号波形を示す波形図である。図15(b)は、本発明の実施例を示すものであり、200Hzの入力信号を半波整流した信号の周波数特性を示すグラフである。

【図16】図16(a)は、本発明の実施例を示すものであり、ハイパスフィルタおよびローパスフィルタを通過した信号の信号波形を示す波形図である。図16(b)は、本発明の実施例を示すものであり、ハイパスフィルタおよびローパスフィルタを通過した信号の周波数特性を示す波形図である。

【図17】本発明の実施形態を示すものであり、利得制御部による利得制御の流れを示したフローチャートである。

【図18】本発明の実施形態を示すものであり、音声信号処理装置の出力信号の出力レベルの時間変化を示すグラフである。

【図19】本発明の実施形態を示すものであり、音声信号処理装置における入力レベルと

10

20

30

40

50

出力レベルとの相関を示すグラフである。

【図 20】図 20 (a) は、本発明の一実施例を示すものであり、音声信号処理装置に入力した音声信号の信号波形を示す波形図である。図 20 (b) は、本発明の一実施例を示すものであり、音声信号処理装置に入力した音声信号の周波数特性を示すグラフである。

【図 21】図 21 (a) は、本発明の一実施例を示すものであり、図 20 (a) および図 20 (b) に示した音声信号を音声信号処理装置に入力することにより得られた、出力信号の信号波形を示す波形図である。図 21 (b) は、本発明の一実施例を示すものであり、図 20 (a) および図 20 (b) に示した音声信号を音声信号処理装置に入力することにより得られた、出力信号の周波数特性を示すグラフである。

【図 22】図 22 (a) は、本発明の他の実施例を示すものであり、音声信号処理装置に入力した音声信号の信号波形を示す波形図である。図 22 (b) は、本発明の他の実施例を示すものであり、音声信号処理装置に入力した音声信号の周波数特性を示すグラフである。

【図 23】図 23 (a) は、本発明の他の実施例を示すものであり、図 22 (a) および図 22 (b) に示した音声信号を音声信号処理装置に入力することにより得られた、出力信号の信号波形を示す波形図である。図 23 (b) は、本発明の他の実施例を示すものであり、図 22 (a) および図 22 (b) に示した音声信号を音声信号処理装置に入力することにより得られた、出力信号の周波数特性を示すグラフである。

【図 24】図 24 (a) は、本発明の他の実施例を示すものであり、音声信号処理装置に入力した音声信号の信号波形を示す波形図である。図 24 (b) は、本発明の他の実施例を示すものであり、音声信号処理装置に入力した音声信号の周波数特性を示すグラフである。

【図 25】図 25 (a) は、本発明の一実施例を示すものであり、図 24 (a) および図 24 (b) に示した音声信号を音声信号処理装置に入力することにより得られた、出力信号の信号波形を示す波形図である。図 25 (b) は、本発明の一実施例を示すものであり、図 24 (a) および図 24 (b) に示した音声信号を音声信号処理装置に入力することにより得られた、出力信号の周波数特性を示すグラフである。

【図 26】図 26 (a) は、超低域成分と低域成分とを含む音声信号を、ハイパスフィルタを介さずに増幅して得られた信号の信号波形を示す波形図である。図 26 (b) は、超低域成分と低域成分とを含む音声信号を、ハイパスフィルタを介さずに増幅して得られた信号の周波数特性を示すグラフである。

【図 27】図 27 (a) は、超低域成分と低域成分とを含む音声信号を、ハイパスフィルタを通過させてから増幅して得られた信号の信号波形を示す波形図である。図 27 (b) は、超低域成分と低域成分とを含む音声信号を、ハイパスフィルタを通過させてから増幅して得られた信号の周波数特性を示すグラフである。

【図 28】本発明の他の実施形態を示すものであり、音声信号処理装置の構成を示すブロック図である。

【図 29】本発明の他の実施形態を示すものであり、音声信号処理装置が備えている高調波付加部の構成を示したブロック図である。

【図 30】テレビに搭載可能な、小型スピーカの周波数特性を例示するグラフである。

【符号の説明】

【0143】

- | | |
|---------|-------------------|
| 100、100 | 音声信号処理装置 |
| 110 | 音声信号分離部（音声信号分離手段） |
| 111、112 | ハイパスフィルタ |
| 113 | 加算器 |
| 114 | ローパスフィルタ |
| 120 | 高調波付加部（高調波付加手段） |
| 121 | 半波整流部 |
| 122 | ハイパスフィルタ |

10

20

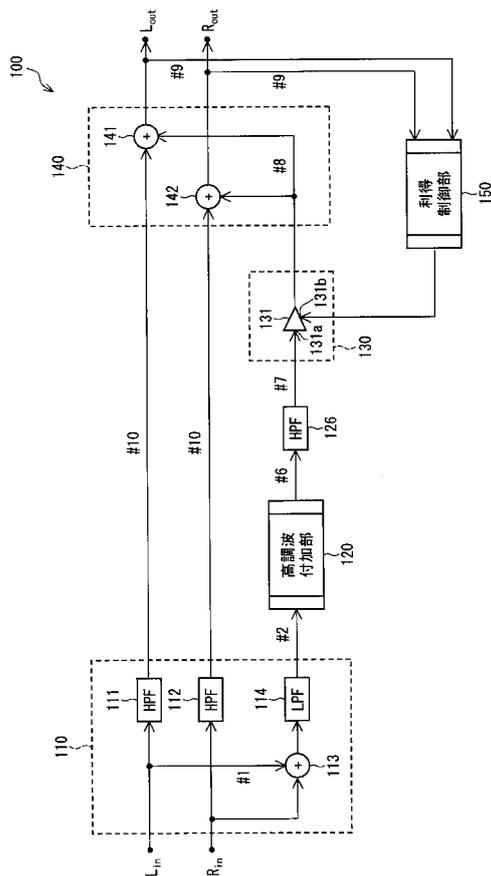
30

40

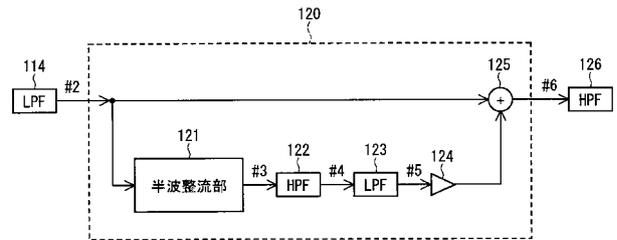
50

- 1 2 3 ローパスフィルタ
- 1 2 4 ボリューム
- 1 2 5 加算器
- 1 2 6 ハイパスフィルタ（低域成分減衰手段）
- 1 3 0 低域信号増幅部（低域信号増減手段）
- 1 3 1 増幅器
- 1 4 0 音声信号合成部（音声信号合成手段）
- 1 4 1、1 4 2 加算器
- 1 5 0 利得制御部（利得制御手段）

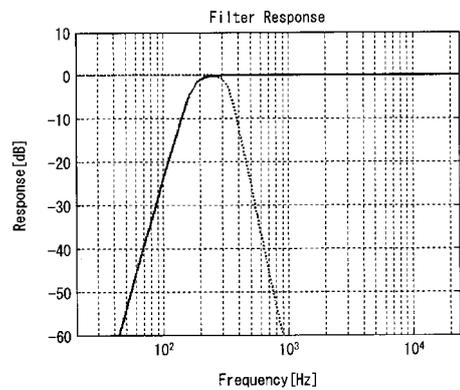
【 図 1 】



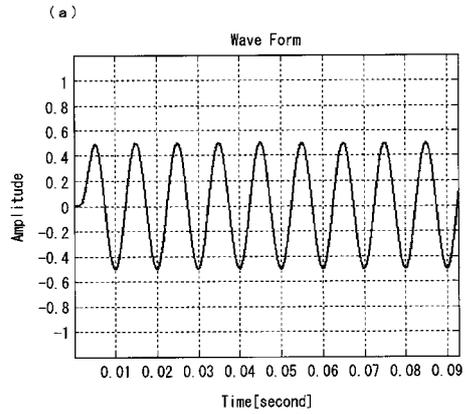
【 図 2 】



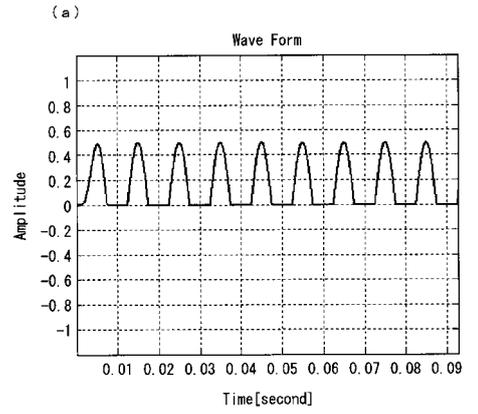
【 図 3 】



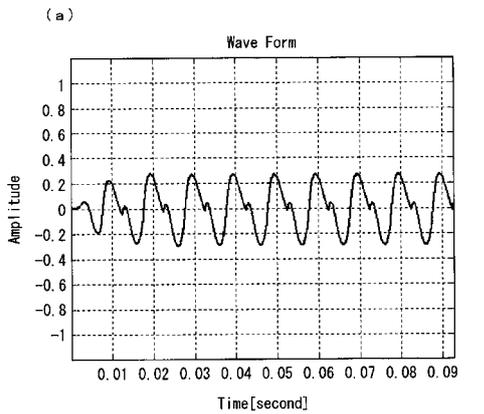
【 図 4 】



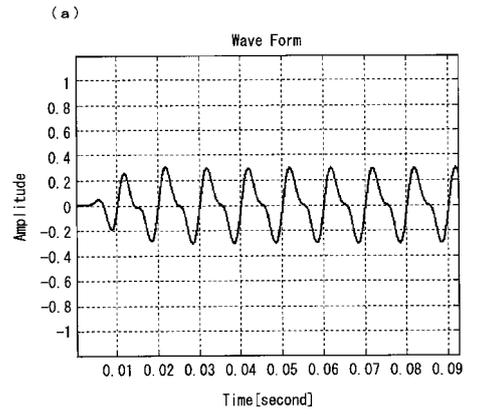
【 図 5 】



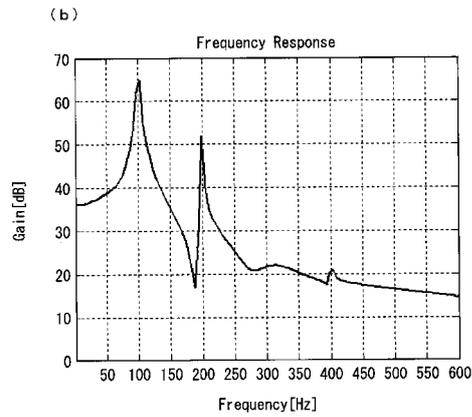
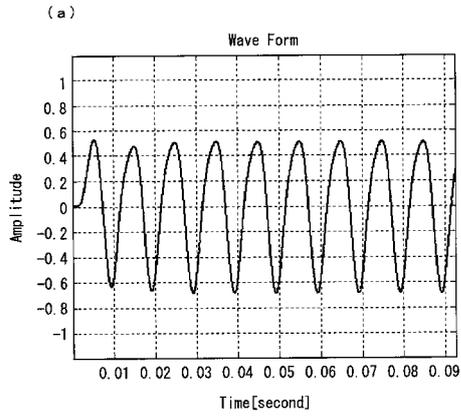
【 図 6 】



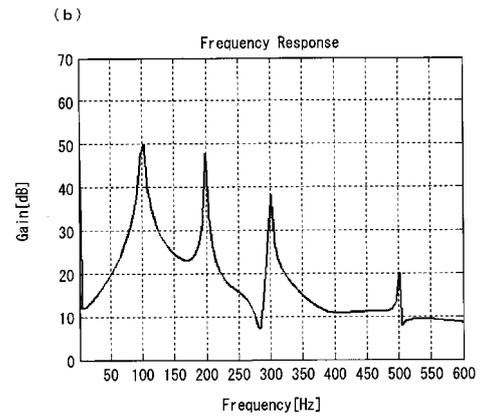
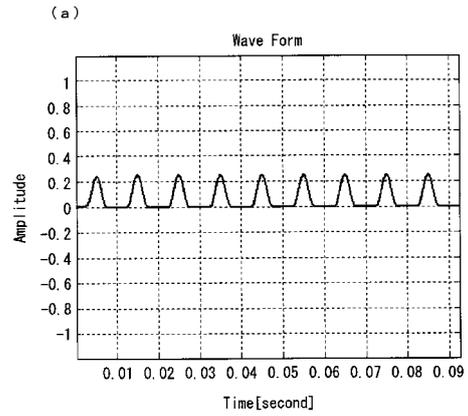
【 図 7 】



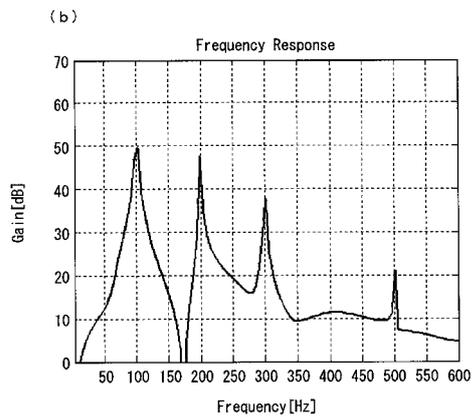
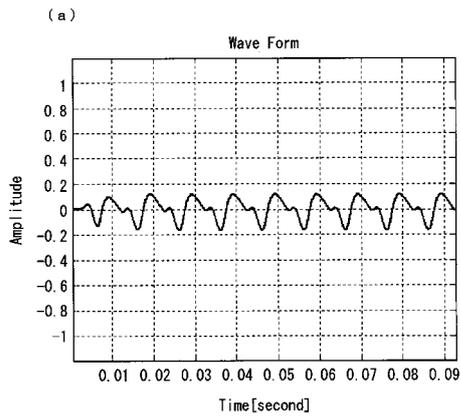
【 8 】



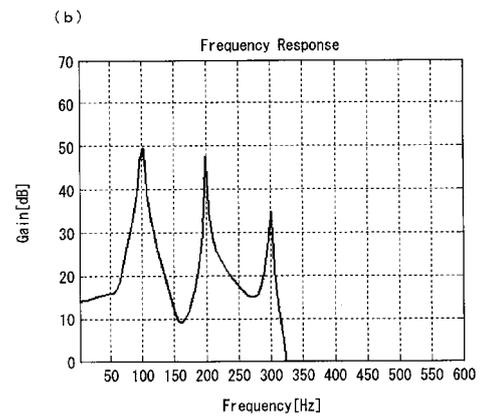
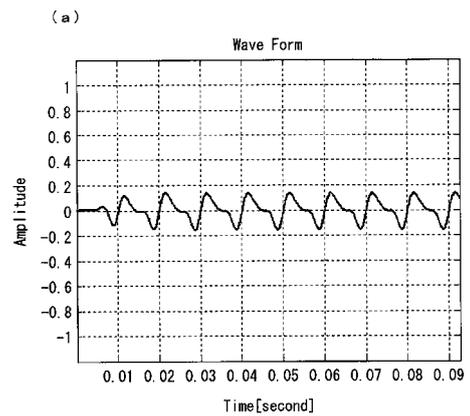
【 9 】



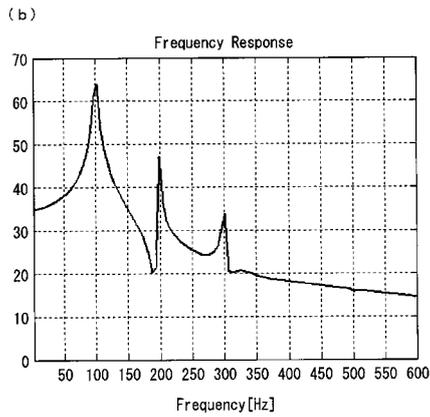
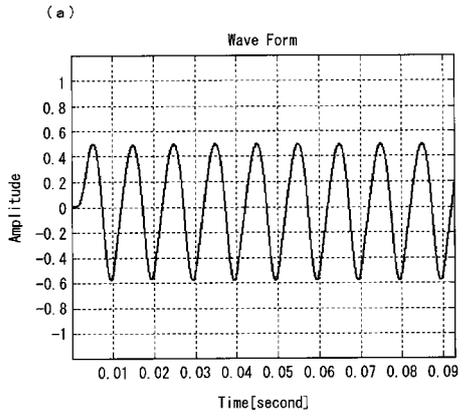
【 1 0 】



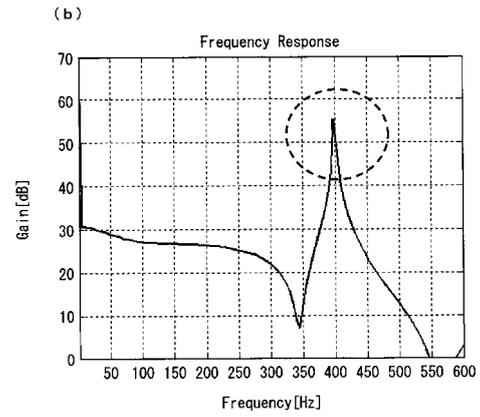
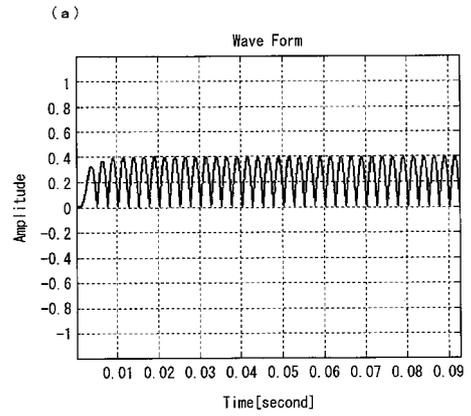
【 1 1 】



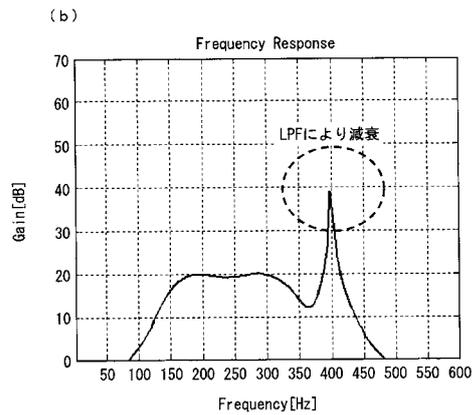
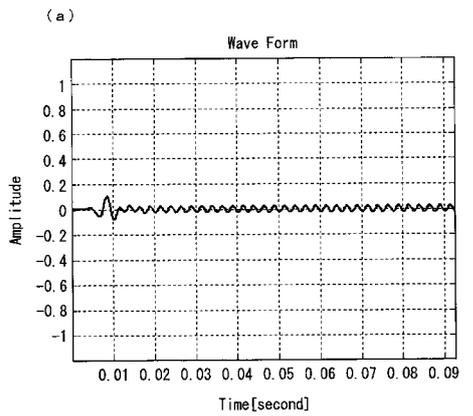
【 図 1 2 】



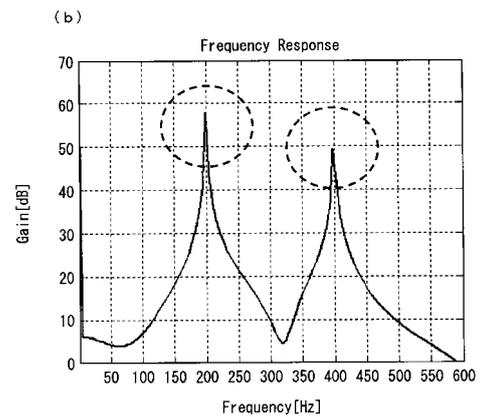
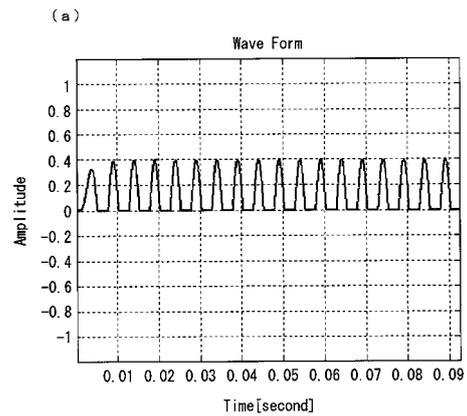
【 図 1 3 】



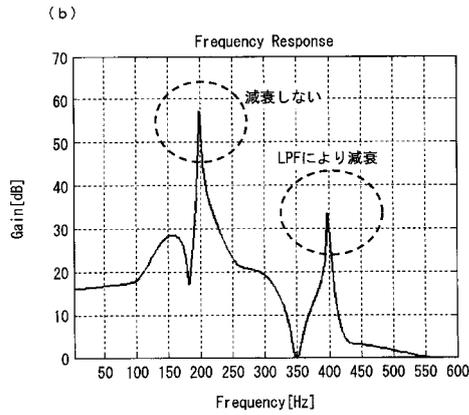
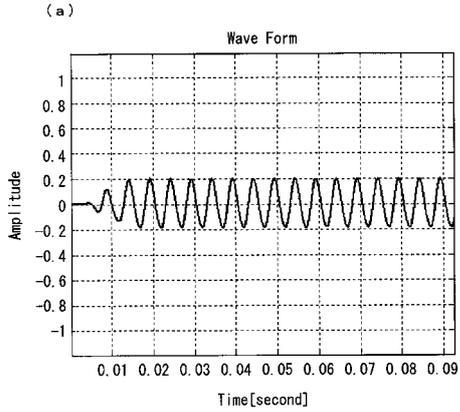
【 図 1 4 】



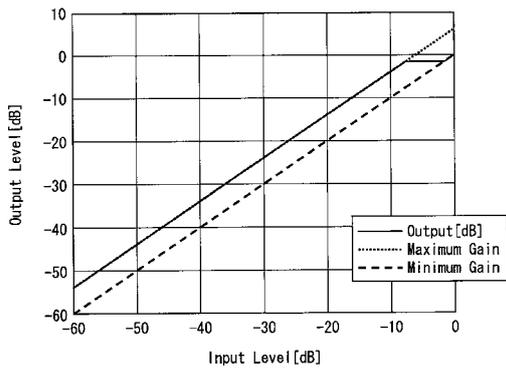
【 図 1 5 】



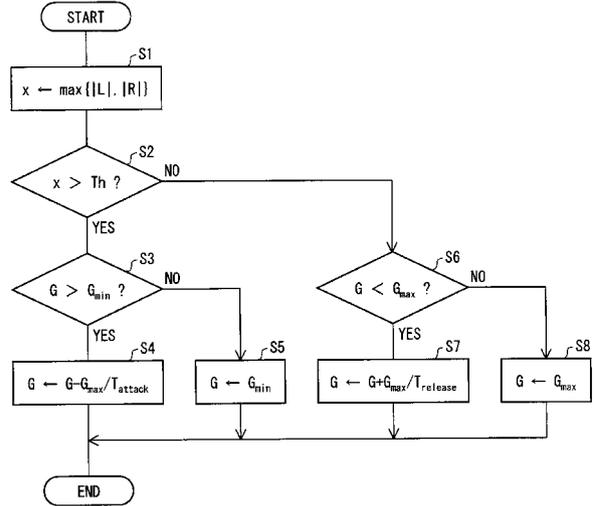
【 図 1 6 】



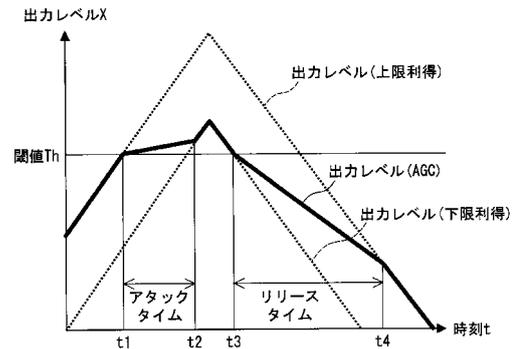
【 図 1 9 】



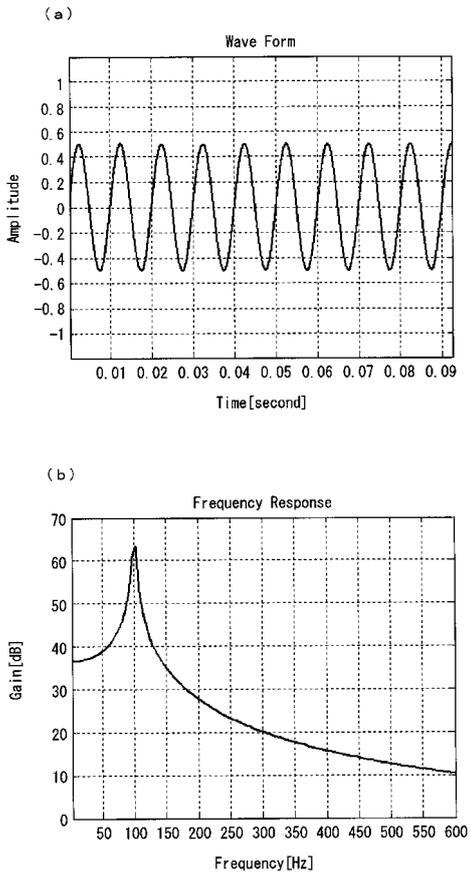
【 図 1 7 】



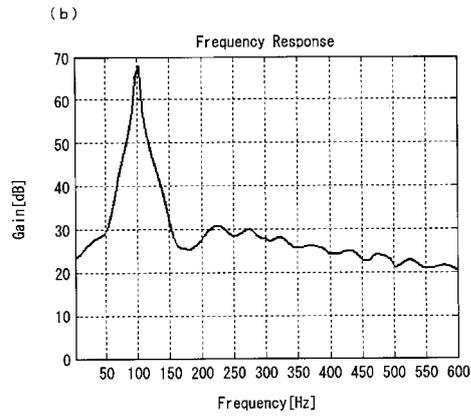
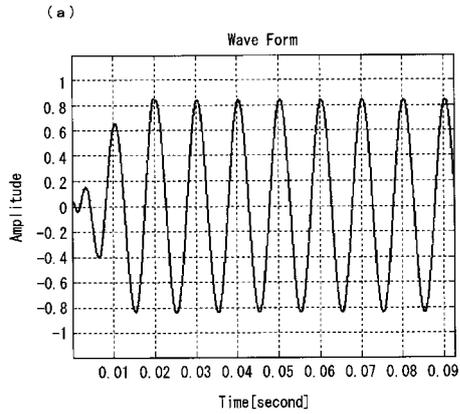
【 図 1 8 】



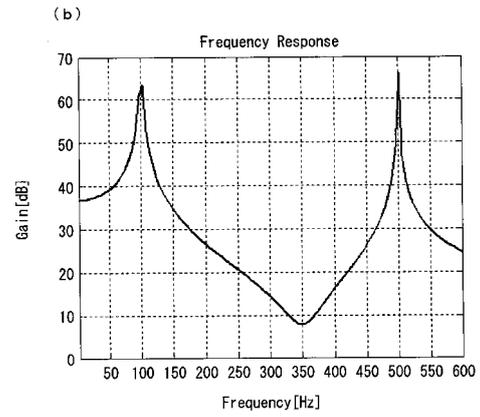
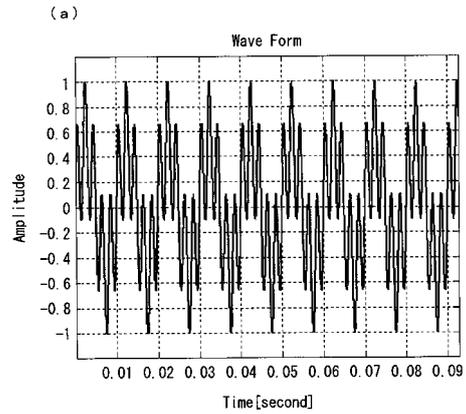
【 図 2 0 】



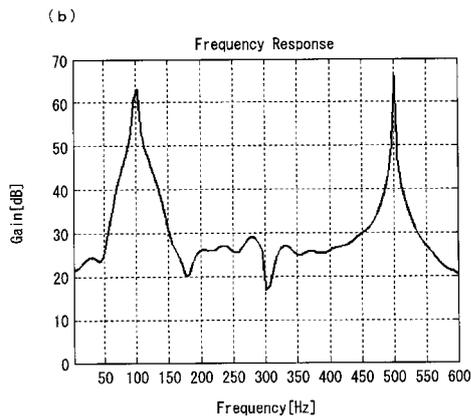
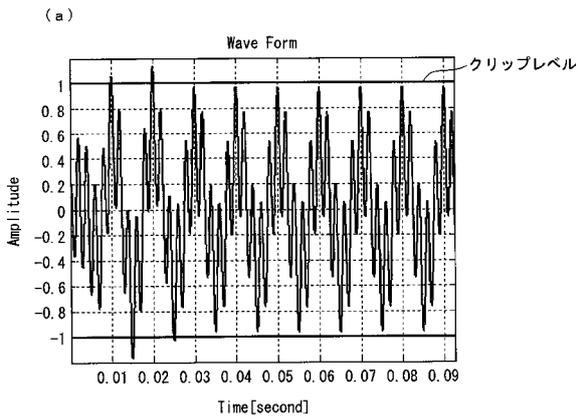
【 図 2 1 】



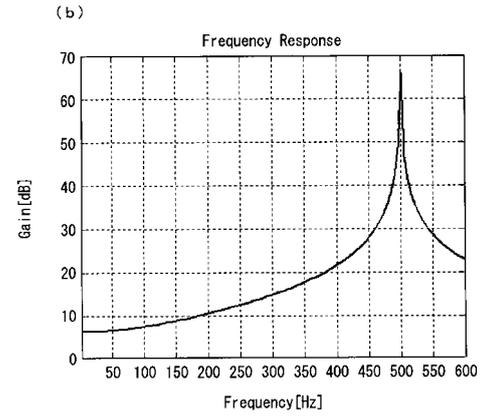
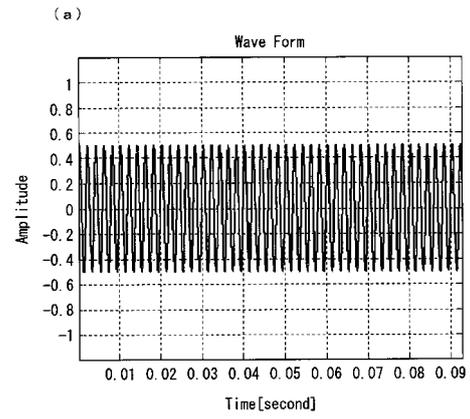
【 図 2 2 】



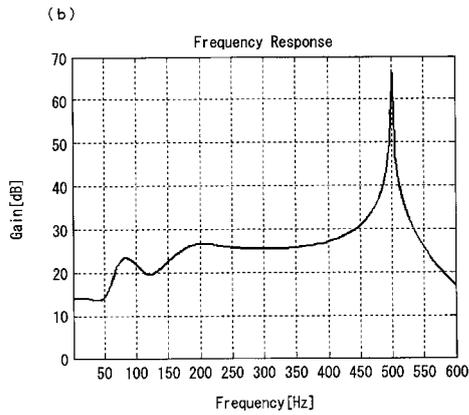
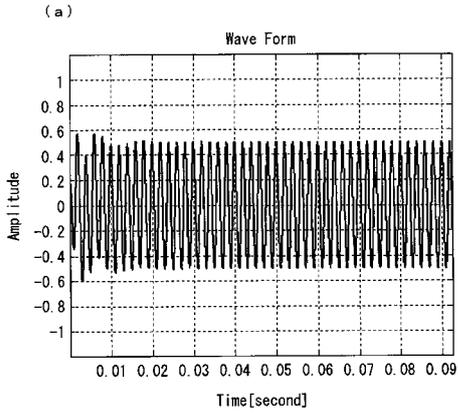
【 図 2 3 】



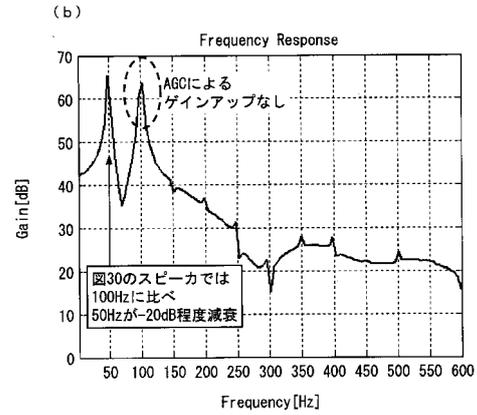
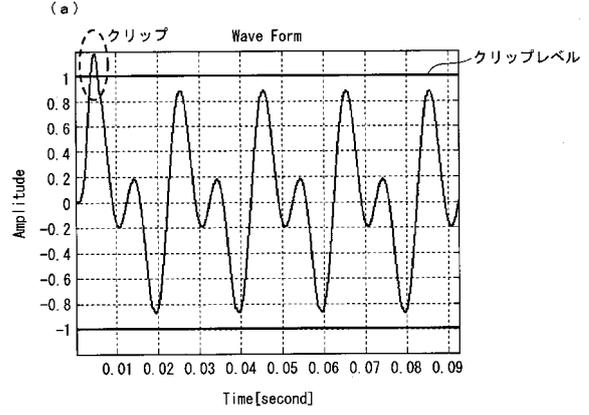
【 図 2 4 】



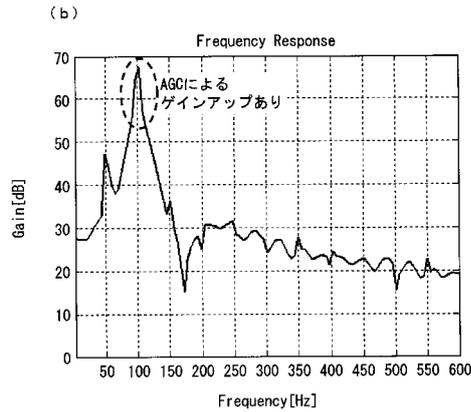
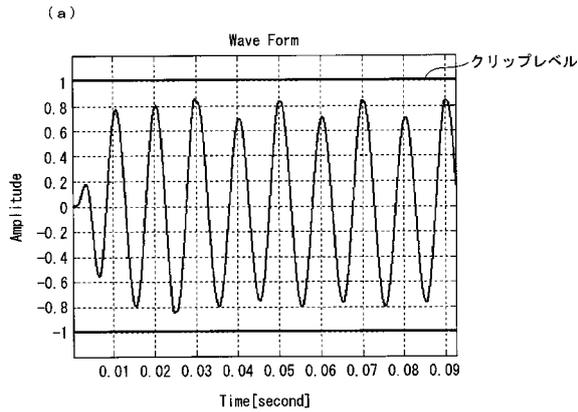
【 図 2 5 】



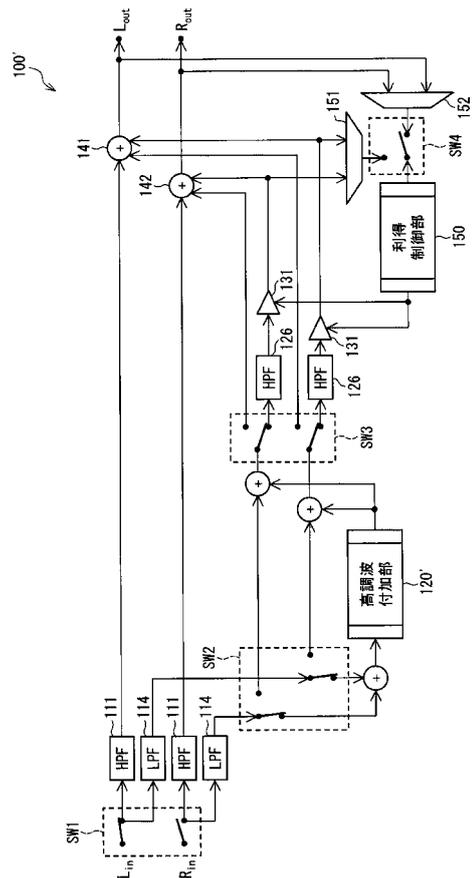
【 図 2 6 】



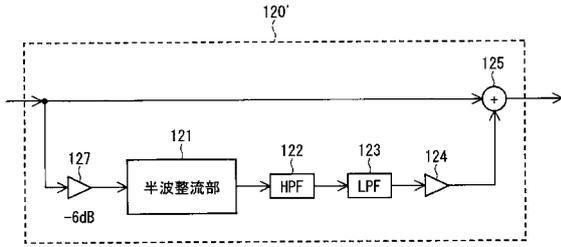
【 図 2 7 】



【 図 2 8 】



【 図 2 9 】



【 図 3 0 】

