(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3577798号
(P3577798)
(45)発行日　平成16年10月13日(2004.10.13)　(24)登録日　平成16年7月23日(2004.7.23)

(51)Int.Cl.[7]		F I		
H04R	5/033	H04R	5/033	Z
H04S	1/00	H04S	1/00	L

請求項の数 19　(全 22 頁)

(21)出願番号　特願平7-224004
(22)出願日　平成7年8月31日(1995.8.31)
(65)公開番号　特開平9-70094
(43)公開日　平成9年3月11日(1997.3.11)
審査請求日　平成14年8月14日(2002.8.14)

(73)特許権者　000002185
ソニー株式会社
東京都品川区北品川６丁目７番３５号
(74)代理人　100067736
弁理士　小池　晃
(74)代理人　100086335
弁理士　田村　榮一
(74)代理人　100096677
弁理士　伊賀　誠司
(72)発明者　山田　裕司
東京都品川区北品川６丁目７番３５号　ソニー株式会社内
(72)発明者　稲永　潔文
東京都品川区北品川６丁目７番３５号　ソニー株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】ヘッドホン装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
Ｎチャンネルの音声入力信号に信号処理を施す信号処理手段と、この信号処理手段で処理された音声信号を電力増幅する電力増幅手段と、この電力増幅手段により駆動されるヘッドホンと、このヘッドホンの装着者の回転運動角度を検出する回転角検出手段とを備え、該回転角検出手段で得られた回転運動角度に応じて上記信号処理手段における信号処理内容を更新してそれぞれの音像を上記ヘッドホン装着者の頭外の一定方向に定位させるヘッドホン装置であって、
上記信号処理手段は、
上記Ｎチャンネルの音声入力信号を定位させる位置に置かれたＮ個の音源から両耳に至る頭部伝達関数を時間領域に変換したインパルスレスポンスを畳み込む２Ｎ個のディジタルフィルタ手段と、
上記Ｎチャンネルのうちの Ｍ（Ｍ≦Ｎ）チャンネルに対応する２Ｍ個のディジタルフィルタ手段のＬ，Ｒ極性の同じ出力同士を加算する第１の一対の加算手段と、
上記Ｎチャンネルのうちの Ｎ－Ｍチャンネルに対応する２（Ｎ－Ｍ）個のディジタルフィルタ手段のＬ，Ｒ極性の同じ出力同士を加算する第２の一対の加算手段と、
上記第１の一対の加算手段のＬ側及びＲ側の出力に接続される第１の一対の時間差付加手段と、
上記第２の一対の加算手段のＬ側及びＲ側の出力に接続される第２の一対の時間差付加手段と、

上記第１の一対の時間差付加手段と上記第２の一対の時間差付加手段のそれぞれのＬ側及びＲ側二系統の出力を同じ極性同士で加算する第３の一対の加算手段とを備え、
上記回転角検出手段で検出した回転運動角度に応じて上記第１の一対の時間差付加手段と上記第２の一対の時間差付加手段とで付加する時間差の増減方向を逆にすることを特徴とするヘッドホン装置。
【請求項２】
上記信号処理手段は、
上記第１の一対の時間差付加手段の入力側又は出力側に第１の一対のレベル差付加手段と、
上記第２の一対の時間差付加手段の入力側又は出力側に第２の一対のレベル差付加手段とを備え、
上記回転角検出手段で検出した回転運動角度に応じて上記第１の一対のレベル差付加手段と上記第２の一対のレベル差付加手段とで付加するレベル差の増減方向を逆にすることを特徴とする請求項１記載のヘッドホン装置。
【請求項３】
上記信号処理手段は、上記第１の一対の時間差付加手段の入力側又は出力側に第１の一対の周波数特性制御手段と、
上記第２の一対の時間差付加手段の入力側又は出力側に第２の一対の周波数特性制御手段とを備え、
上記回転角検出手段で検出した回転運動角度に応じて上記第１の一対の周波数特性制御手段と上記第２の一対の周波数特性制御手段とで制御する周波数特性の変化方向を逆にすることを特徴とする請求項１記載のヘッドホン装置。
【請求項４】
上記音声入力信号には多チャンネルの信号を２チャンネル化した信号を用い、該信号処理手段の前段に２チャンネル音声信号を多チャンネル音声信号に変換する復調手段を備えることを特徴とする請求項１記載のヘッドホン装置。
【請求項５】
上記回転角検出手段は、角速度センサである圧電振動ジャイロと、該圧電振動ジャイロからの角速度信号を積分して回転角度信号に変換する積分器とを備えることを特徴とする請求項１記載のヘッドホン装置。
【請求項６】
上記回転角検出手段には地磁気方位センサを用いることを特徴とする請求項１記載のヘッドホン装置。
【請求項７】
上記回転角検出手段は、前方或いは周囲に置かれた発光手段と上記ヘッドホンに設けられた少なくとも２個の光強度センサの出力比により回転角を算出するようにしたことを特徴とする請求項１記載のヘッドホン装置。
【請求項８】
上記回転角検出手段は、ヘッドホン上の離れた２カ所に取り付けられたマイクロホンと前方或いは周囲に置かれた超音波発振器とからなり、上記発振器からは断続的なバースト信号を発生して、それをマイクロホンで読み取りそれぞれの受信信号の時間差から回転角度を算出するようにしたことを特徴とする請求項１記載のヘッドホン装置。
【請求項９】
上記回転角検出手段及び上記信号処理手段は、ヘッドホン上に同時に装着できるようにしたことを特徴とする請求項１記載のヘッドホン装置。
【請求項１０】
上記音声入力信号は、ワイヤレスで上記ヘッドホンに供給できるようにしたことを特徴とする請求項１記載のヘッドホン装置。
【請求項１１】
Ｎチャンネルの音声入力信号に信号処理を施す信号処理手段と、この信号処理手段で処理

された音声信号を電力増幅する電力増幅手段と、この電力増幅手段により駆動されるヘッドホンと、このヘッドホンの装着者の回転運動角度を検出する回転角検出手段とを備え、該回転角検出手段で得られた回転運動角度に応じて上記信号処理手段における信号処理内容を更新してそれぞれの音像を上記ヘッドホン装着者の頭外の一定方向に定位させるヘッドホン装置であって、

上記信号処理手段は、

上記Ｎチャンネルの音声入力信号を定位させる位置に置かれたＮ個の音源から両耳に至る頭部伝達関数を時間領域に変換したインパルスレスポンスを畳み込む２Ｎ個のディジタルフィルタ手段と、

上記ＮチャンネルのうちのＭ（Ｍ≦Ｎ）チャンネルに対応する２Ｍ個のディジタルフィルタ手段のＬ，Ｒ極性の同じ出力同士を加算する第１の一対の加算手段と、

上記ＮチャンネルのうちのＮ－Ｍチャンネルに対応する２（Ｎ－Ｍ）個のディジタルフィルタ手段のＬ，Ｒ極性の同じ出力同士を加算する第２の一対の加算手段と、

上記第１の一対の加算手段のＬ側及びＲ側の出力に接続される第１の一対の位相差付加手段と、

上記第２の一対の加算手段のＬ側及びＲ側の出力に接続される第２の一対の位相差付加手段と、

上記第１の一対の位相差付加手段と上記第２の一対の位相差付加手段のそれぞれのＬ側及びＲ側二系統の出力を同じ極性同士で加算する第３の一対の加算手段とを備え、

上記回転角検出手段で検出した回転運動角度に応じて上記第１の一対の位相差付加手段と上記第２の一対の位相差付加手段とで付加する位相差の増減方向を逆にすることを特徴とするヘッドホン装置。

【請求項１２】

上記信号処理手段は、

上記第１の一対の位相差付加手段の入力側又は出力側に第１の一対のレベル差付加手段と、

上記第２の一対の位相差付加手段の入力側又は出力側に第２の一対のレベル差付加手段とを備え、

上記回転角検出手段で検出した回転運動角度に応じて上記第１の一対のレベル差付加手段と上記第２の一対のレベル差付加手段とで付加するレベル差の増減方向を逆にすることを特徴とする請求項１１記載のヘッドホン装置。

【請求項１３】

上記信号処理手段は、

上記第１の一対の位相差付加手段の入力側又は出力側に第１の一対の周波数特性制御手段と、

上記第２の一対の位相差付加手段の入力側又は出力側に第２の一対の周波数特性制御手段とを備え、

上記回転角検出手段で検出した回転運動角度に応じて上記第１の一対の周波数特性制御手段と上記第２の一対の周波数特性制御手段とで制御する周波数特性の変化方向を逆にすることを特徴とする請求項１１記載のヘッドホン装置。

【請求項１４】

Ｎチャンネルの音声入力信号に信号処理を施す信号処理手段と、この信号処理手段で処理された音声信号を電力増幅する電力増幅手段と、この電力増幅手段により駆動されるヘッドホンと、このヘッドホンの装着者の回転運動角度を検出する回転角検出手段とを備え、該回転角検出手段で得られた回転運動角度に応じて上記信号処理手段における信号処理内容を更新してそれぞれの音像を上記ヘッドホン装着者の頭外の一定方向に定位させるヘッドホン装置であって、

上記信号処理手段は、

上記Ｎチャンネルの音声入力信号を定位させる位置に置かれたＮ個の音源から両耳に至る頭部伝達関数を時間領域に変換したインパルスレスポンスを畳み込む２Ｎ個のディジタル

フィルタ手段と、
上記ヘッドホンの装着者が正面方向を向いている状態を基準状態としてこの時に定位させるべき方向によって該Ｎチャンネルの音声信号を複数のブロックに分類し、この分類された各ブロック毎に、そのブロックに含まれる各チャンネルのそれぞれのディジタルフィルタの出力のＬ，Ｒ極性の同じもの同士を加算する一対の加算手段と、
上記一対の加算手段のＬ側及びＲ側の出力に接続される一対の時間差付加手段と、
上記一対の時間差付加手段のＬ側及びＲ側の出力を同じ極性同士で加算する加算手段とを備え、
上記回転角検出手段で検出した回転運動角度に応じて上記一対の時間差付加手段で付加する時間差の量を上記各ブロック毎に独立に変化させることを特徴とするヘッドホン装置。

【請求項１５】
上記信号処理手段は、
上記一対の時間差付加手段の入力側又は出力側に一対のレベル差付加手段を備え、
上記回転角検出手段で検出した回転運動角度に応じて上記一対のレベル差付加手段で付加するレベル差を独立に変化させることを特徴とする請求項１４記載のヘッドホン装置。

【請求項１６】
上記信号処理手段は、
上記一対の時間差付加手段の入力側又は出力側に一対の周波数特性制御手段を備え、
上記回転角検出手段で検出した回転運動角度に応じて上記一対の周波数特性制御手段で制御する周波数特性を独立に変化させることを特徴とする請求項１４記載のヘッドホン装置。

【請求項１７】
Ｎチャンネルの音声入力信号に信号処理を施す信号処理手段と、この信号処理手段で処理された音声信号を電力増幅する電力増幅手段と、この電力増幅手段により駆動されるヘッドホンと、このヘッドホンの装着者の回転運動角度を検出する回転角検出手段とを備え、該回転角検出手段で得られた回転運動角度に応じて上記信号処理手段における信号処理内容を更新してそれぞれの音像を上記ヘッドホン装着者の頭外の一定方向に定位させるヘッドホン装置であって、
上記信号処理手段は、
上記Ｎチャンネルの音声入力信号を定位させる位置に置かれたＮ個の音源から両耳に至る頭部伝達関数を時間領域に変換したインパルスレスポンスを畳み込む２Ｎ個のディジタルフィルタ手段と、
上記ヘッドホンの装着者が正面方向を向いている場合を基準状態としてこの時に定位させるべき方向によって該Ｎチャンネルの音声信号を複数のブロックに分類するブロック分類手段と、
このブロック分類手段で分類された各ブロック毎に、そのブロックに含まれる各チャンネルのディジタルフィルタの出力のＬ，Ｒ極性の同じもの同士を加算する一対の加算手段と、
上記一対の加算手段のＬ側及びＲ側の出力に接続される一対の位相差付加手段と、
上記一対の位相差付加手段のＬ側及びＲ側の出力を同じ極性同士で加算する加算手段とを備え、
上記回転角検出手段で検出した回転運動角度に応じて上記一対の位相差付加手段で付加する位相差の量を上記各ブロック毎に独立に変化させることを特徴とするヘッドホン装置。

【請求項１８】
上記信号処理手段は、
上記一対の位相差付加手段の入力側又は出力側に一対のレベル差付加手段を備え、
上記回転角検出手段で検出した回転運動角度に応じて上記一対のレベル差付加手段で付加するレベル差を独立に変化させることを特徴とする請求項１７記載のヘッドホン装置。

【請求項１９】
上記信号処理手段は、

上記一対の位相差付加手段の入力側又は出力側に一対の周波数特性制御手段を備え、
上記回転角検出手段で検出した回転運動角度に応じて上記一対の周波数特性制御手段で制御する周波数特性を独立に変化させることを特徴とする請求項１７記載のヘッドホン装置。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

本発明は、頭部回転角度検出機能を備えたヘッドホン装置に関する。

【０００２】

【従来の技術】

一般的に、映画等の映像に伴う音声信号は、映像の両側に置かれたスピーカによって再生されることを想定して記録されており、これにより、映像中の音源と実際に聞こえてくる音像位置が一致して自然な映像と音声の定位位置関係が確立される。

【０００３】

しかし、従来のヘッドホン装置を使用してこのような音声を鑑賞しようとした場合、音像は頭の中に定位し、映像方向と音像定位位置が一致せず、極めて不自然な音像定位となる。もちろん楽音等の音声だけを鑑賞する場合も同様でスピーカ再生と異なり音が頭の中から聞こえてくることは極めて不自然な現象といえる。

【０００４】

この現象を改善する為ヘッドホン装置で聴取しても、スピーカで再生した場合と同等に音場を得る為に、あらかじめ前方に置かれたスピーカから聴取者の両耳までのインパルスレスポンスを測定あるいは計算し、これをＦＩＲフィルタ等のディジタルフィルタにより音声信号に畳込んだ後、ヘッドホン装置により聴取するという方法がある。この方法によれば音像定位は頭外に定位するようになるが依然として前方の音像は頭内あるいは頭の側に定位して依然として不自然さは残る。更に映像を伴う場合は音像が頭の動きに同期して移動するので映像方向と音像方向のズレを生じ極めて不自然な音像定位となる。

【０００５】

このため更にヘッドホン装着者の頭の動きを検出しそれに応じて上記ディジタルフィルタの係数を随時更新し常に音像方向を聴取環境に対し固定する方法がある。ディジタル信号処理装置にはＦＩＲフィルタ等のディジタルフィルタが構成される。この方法によれば音像は頭の中に定位することもなく前方に置かれたスピーカが再生した音像と極めて類似した音像が得られる。しかし、この場合、頭部の微小な回転運動の毎に係数を更新しなければならず莫大な数の積和演算器やメモリーを必要とするという問題があった。

【０００６】

また、逐次係数を更新する煩雑さを避けるための他の方法もある。これはディジタルフィルタの係数を一定方向の頭部伝達関数のデータに固定し、頭部の動きに対する補正を全ての入力信号に対し時間差付加装置とレベル差付加装置で行うというものである。この方法によれば逐次係数を補正する必要がなくなり回路規模を格段に減少させることが出来るが、時間差付加装置及びレベル差付加装置で実現できる音像定位方向が前方１８０°の範囲内に限定され後方に音像を定位させることができなかった。

【０００７】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、上記したように回転角センサを用いて頭部の回転角度を算出しこの角度によりヘッドホン装置を用いても多チャンネルの音声信号を前方あるいはかつ後方に固定する音像にして再生しようとした場合、更新するインパルスレスポンスの演算量が莫大になり大型かつ高価なシステムになってしまうという問題があった。さらにこれを簡略化されたシステムで実現しようとした場合には音像定位方向が前方１８０°の範囲内に限定され後方に音像定位を同時に実現する事はできなかった。

【０００８】

本発明は、上記実情に鑑みてなされたものであり、インパルスレスポンスの演算量を抑え

ながらも、前方及び後方に音像定位を同時に実現できるヘッドホン装置の提供を目的とする。

【０００９】

【課題を解決するための手段】

本発明に係るヘッドホン装置は、上記課題を解決するために、信号処理手段として、Ｎチャンネルの音声入力信号を定位させる位置に置かれたＮ個の音源から両耳に至る頭部伝達関数を時間領域に変換したインパルスレスポンスを畳み込む２Ｎ個のディジタルフィルタ手段と、上記Ｎチャンネルのうちの Ｍ（Ｍ≦Ｎ）チャンネルに対応する２Ｍ個のディジタルフィルタ手段のＬ，Ｒ極性の同じ出力同士を加算する第１の一対の加算手段と、上記Ｎチャンネルのうちの Ｎ－Ｍチャンネルに対応する２（Ｎ－Ｍ）個のディジタルフィルタ手段のＬ，Ｒ極性の同じ出力同士を加算する第２の一対の加算手段と、上記第１の一対の加算手段のＬ側及びＲ側の出力に接続される第１の一対の時間差付加手段又は第１の一対の位相差付加手段と、上記第２の一対の加算手段のＬ側及びＲ側の出力に接続される第２の一対の時間差付加手段又は第２の一対の位相差付加手段と、上記第１の一対の時間差付加手段又は上記第１の一対の位相差付加手段と上記第２の一対の時間差付加手段又は上記第２の一対の位相差付加手段のそれぞれのＬ側及びＲ側二系統の出力を同じ極性同士で加算する第３の一対の加算手段とを備え、上記回転運動角度計算手段で検出した回転運動角度に応じて上記第１の一対の時間差付加手段又は第１の一対の位相差付加手段と上記第２の一対の時間差付加手段又は第２の一対の位相差付加手段とで付加する時間差又は位相差の増減方向を逆にして、上記信号処理手段における信号処理内容を更新して音像をヘッドホン装着者の頭外の一定方向に定位させる。

【００１０】

ここで、上記信号処理手段は、上記第１の一対の時間差付加手段又は第１の一対の位相差付加手段の入力側又は出力側に第１の一対のレベル差付加手段と、上記第２の一対の時間差付加手段又は第２の一対の時間差付加手段の入力側又は出力側に第２の一対のレベル差付加手段とを備え、上記回転運動角度計算手段で検出した回転運動角度に応じて上記第１の一対のレベル差付加手段と上記第２の一対のレベル差付加手段とで付加するレベル差の増減方向を逆にする。

【００１１】

また、上記信号処理手段は、上記第１の一対の時間差付加手段又は上記第１の一対の位相差付加手段の入力側又は出力側に第１の一対の周波数特性制御手段と、上記第２の一対の時間差付加手段又は第２の一対の位相差付加手段の入力側又は出力側に第２の一対の周波数特性制御手段とを備え、上記回転運動角度計算手段で検出した回転運動角度に応じて上記第１の一対の周波数特性制御手段と上記第２の一対の周波数特性制御手段とで制御する周波数特性の変化方向を逆にする。

【００１２】

具体的には、入力音声チャンネルを聴取者の前方１８０°側に定位するチャンネルと後方１８０°側に定位するチャンネルとに分けそれぞれに対して固定したインパルスレスポンスデータを畳み込んだ後、頭の回転方向に応じて前方と後方とで逆方向にその特性が変化するような時間差付加手段とレベル差付加手段とを前方用と後方用にそれぞれ設ける。

【００１３】

また、本発明に係るヘッドホン装置は、上記課題を解決するために、信号処理手段として、Ｎチャンネルの音声入力信号を定位させる位置に置かれたＮ個の音源から両耳に至る頭部伝達関数を時間領域に変換したインパルスレスポンスを畳み込む２Ｎ個のディジタルフィルタ手段と、ヘッドホンの装着者が正面方向を向いている状態を基準状態としてこの時に定位させるべき方向によって該Ｎチャンネルの音声信号を複数のブロックに分類し、この分類された各ブロック毎に、そのブロックに含まれる各チャンネルのそれぞれのディジタルフィルタの出力のＬ，Ｒ極性の同じもの同士を加算する一対の加算手段と、上記一対の加算手段のＬ側及びＲ側の出力に接続される一対の時間差付加手段又は一対の位相差付加手段と、上記一対の時間差付加手段又は一対の位相差付加手段のＬ側及びＲ側の出力を

同じ極性同士で加算する加算手段とを備え、上記回転運動角度計算手段で検出した回転運動角度に応じて上記一対の時間差付加手段又は一対の位相差付加手段で付加する時間差又は位相差の量を上記各ブロック毎に独立に変化させて、上記信号処理手段における信号処理内容を更新して音像をヘッドホン装着者の頭外の一定方向に定位させる。

【００１４】

ここで、上記信号処理手段は、上記一対の時間差付加手段又は一対の位相差付加手段の入力側又は出力側に一対のレベル差付加手段を備え、上記回転運動角度計算手段で検出した回転運動角度に応じて上記一対のレベル差付加手段で付加するレベル差を独立に変化させる。

【００１５】

また、上記信号処理手段は、上記一対の時間差付加手段又は一対の位相差付加手段の入力側又は出力側に一対の周波数特性制御手段を備え、上記回転運動角度計算手段で検出した回転運動角度に応じて上記一対の周波数特性制御手段で制御する周波数特性を独立に変化させる。

【００１７】

【発明の実施の形態】

以下、本発明に係るヘッドホン装置のいくつかの実施の形態について図面を参照しながら説明する。先ず、第１の実施の形態は、図１に示すように、例えば４チャンネルの音声入力信号を定位させる位置に置かれた４個の音源2_1・・・2_4からの該音声入力信号を４個のＡ／Ｄ変換器3_1・・・3_4を介してディジタル信号として受け取り、該４チャンネルの音声入力ディジタル信号にディジタル信号処理を施すディジタル信号処理回路４と、このディジタル信号処理回路４でディジタル処理が施された音声ディジタル信号をステレオ信号としてＬ，Ｒの２系統に分けた後、Ｄ／Ａ変換器5_L、5_Rを介してアナログ信号として受け取り、電力増幅する電力増幅器6_L、6_Rと、この電力増幅器6_L、6_Rにより駆動される発音体7_L、7_Rを備えたヘッドホン７と、このヘッドホン７のヘッドバンド７ａに取り付けられてこのヘッドホン７を装着している装着者の頭部の回転角速度を検出する回転角速度センサ８と、この回転角速度センサ８の検出出力を帯域制限フィルタ９で帯域制限しＡ／Ｄ変換器１０でディジタル信号に変換してから、取り込み、ヘッドホン７の装着者の正面方向（基準方向）からの回転運動角度を計算する回転運動角度計算機能を持つマイクロプロセッサ１１とを備え、上記マイクロプロセッサ１１で得られた回転運動角度に応じて上記ディジタル信号処理回路４における信号処理内容を更新して音像を上記ヘッドホン７装着者の頭外の一定方向に定位させるようにしたヘッドホン装置１である。

【００１８】

ヘッドホン７が回転運動を持つとヘッドバンド７ａに取り付けられた回転角速度センサ８は、その角速度に比例した電圧を出力する。この出力信号は、帯域制限フィルタ９でフィルタリングされた後、Ａ／Ｄ変換器１０で符号化され、マイクロプロセッサ１１に入力される。マイクロプロセッサ１１に入力されたＡ／Ｄ変換器１０の出力信号は、一定時間間隔でサンプリングされた後積分され、角度データに変換される。この角度データから実際に音像を定位させるための回転角度が算出されて対応する信号処理データをディジタル信号処理回路４に転送する。

【００１９】

一方、４個の音源2_1・・・2_4から入力された４チャンネルの音声信号は、４個のＡ／Ｄ変換器3_1・・・3_4で符号化されてディジタル信号処理回路４に入力される。ディジタル信号処理回路４では、マイクロプロセッサ１１で算出された角度データに対応して必要となる音声信号を頭外に定位させるためのディジタル信号処理を施し、その結果をステレオのＬ、Ｒの２系統に対応させた２個のＤ／Ａ変換器5_L、5_Rに出力する。２個のＤ／Ａ変換器5_L、5_Rにより再びアナログ信号に戻された音声信号は、電力増幅器6_L、6_Rを介して、ヘッドホン７の発音体7_L、7_Rに供給され、これを聴取する聴取者に最適の頭外定位信号を与える。

【００２０】
ここで、ディジタル信号処理回路４は、図２に示すように、入力端子１５$_1$、１５$_2$、１５$_3$及び１５$_4$を介して受け取った４チャンネルの上記音声入力ディジタル信号の上記４個の音源２$_1$・・・２$_4$からヘッドホン装着者の両耳に至る頭部伝達関数を時間領域に変換したインパルスレスポンスを畳み込む８個のディジタルフィルタ１６$_L$、１６$_R$、１７$_L$、１７$_R$、１８$_L$、１８$_R$、１９$_L$及び１９$_R$と、この４チャンネルのうち入力端子１５$_1$及び１５$_2$から供給される２チャンネルに対応する４個のディジタルフィルタ１６$_L$、１６$_R$、１７$_L$及び１７$_R$のＬ、Ｒ極性の同じ出力同士を加算する第１の一対の加算器２０$_L$及び２０$_R$と、上記４チャンネルのうちの入力端子１５$_3$及び１５$_4$から供給される残りの２チャンネルに対応する４個のディジタルフィルタ１８$_L$、１８$_R$、１９$_L$及び１９$_R$のＬ、Ｒ極性の同じ出力同士を加算する第２の一対の加算器２１$_L$及び２１$_R$と、上記第１の一対の加算器２０$_L$及び２０$_R$に接続される第１の一対の時間差付加回路２２$_L$及び２２$_R$と、上記第２の一対の加算器２１$_L$及び２１$_R$に接続される第２の一対の時間差付加回路２３$_L$及び２３$_R$と、上記第１の一対の時間差付加回路２２$_L$及び２２$_R$に接続される第１の一対のレベル差付加回路２４$_L$及び２４$_R$と、上記第２の一対の時間差付加回路２３$_L$及び２３$_R$に接続される第２のレベル差付加回路２５$_L$及び２５$_R$と、上記第１の一対のレベル差付加回路２４$_L$及び２４$_R$と上記第２の一対のレベル差付加回路２５$_L$及び２５$_R$のそれぞれのＬ側及びＲ側二系統の出力を同じ極性同士で加算する第３の一対の加算器２６$_L$及び２６$_R$とを備え、上記マイクロプロセッサ１１で検出した回転運動角度に応じて上記第１の一対の時間差付加回路２２$_L$及び２２$_R$と上記第２の一対の時間差付加回路２３$_L$及び２３$_R$とで付加する時間差及び上記第１の一対のレベル差付加回路２４$_L$及び２４$_R$と上記第２の一対のレベル差付加回路２５$_L$及び２５$_R$とで付加するレベル差の増減方向を逆にする。
【００２１】
このディジタル信号処理回路４では、図３に示すような状態を想定して、ヘッドホン装置７の発音体７$_L$、７$_R$に駆動信号を供給している。すなわち、入力信号は、正面範囲１８０°に定位させるべきものとして音源２$_1$、音源２$_2$から２チャンネルを考え、また、後方１８０°の範囲内に定位させるべきものとして音源２$_3$、音源２$_4$から２チャンネルを考え、計４チャンネルとした。
【００２２】
先ず、入力端子１５$_1$及び１５$_2$より入力された音声入力ディジタル信号は、それぞれ初期状態において前方のある方向に定位するのに相当する音源２$_1$、音源２$_2$から両耳への頭部伝達関数に相当するインパルスレスポンスがディジタルフィルタ１６$_L$、１６$_R$、１７$_L$及び１７$_R$によって畳み込まれ、Ｌ側出力が加算器２０$_L$で加算されて時間差付加回路２２$_L$及びレベル差付加回路２４$_L$を介して加算器２６$_L$に出力され、Ｒ側出力が加算器２０$_R$で加算されて時間差付加回路２２$_R$及びレベル差付加回路２４$_R$を介して加算器２６$_R$に出力される。
【００２３】
ここで、音源２$_1$、音源２$_2$から聴取者Ｍの両耳ｌ，ｒへの頭部伝達関数は、図３に示すようなＨ$_{Ll}$、Ｈ$_{Lr}$、Ｈ$_{Rl}$、Ｈ$_{Rr}$が考慮される。そして、左耳ｌにはＳ$_L$Ｈ$_{Ll}$＋Ｓ$_R$Ｈ$_{Rl}$が、右耳ｒにはＳ$_R$Ｈ$_{Rr}$＋Ｓ$_L$Ｈ$_{Lr}$が供給されるように、インパルスレスポンスがディジタルフィルタ１６$_L$、１６$_R$、１７$_L$及び１７$_R$によって畳み込まれた音声がヘッドホン７によって装着者に与えられる。
【００２４】
なお、聴取者Ｍが頭部を例えば左側に動かすと、左耳ｌは音源２$_1$及び２$_2$から遠ざかることになり、右耳ｒは音源２$_1$及び２$_2$に近づくことになる。このため、左耳ｌと右耳ｒに達する音声入力信号には時間差及びレベル差が生ずることになる。この時間差及びレベル差を生じさせるのが上記第１の一対の時間差付加回路２２$_L$及び２２$_R$と、上記第１の一対のレベル差付加回路２４$_L$及び２４$_R$である。
【００２５】

Ｌ側用の時間差付加回路２２$_L$で付加される遅延時間は、図４の遅延時間特性の一点鎖線の特性カーブＴ$_b$で示され、Ｒ側用の時間差付加回路２２$_R$で付加される遅延時間は、図４の遅延時間特性の破線の特性カーブＴ$_a$で示される。特性カーブＴ$_a$及びＴ$_b$は聴取者Ｍの頭部の回転方向に対して全く逆の増減方向を持つ曲線となっている。これにより聴取者Ｍが前方１８０°の範囲内に置かれた音源からの音を頭を左右に回転させながら聞いた場合と同様の音源から両耳までの時間変化がヘッドホン７を用いた場合でも入力端子１５$_1$及び１５$_2$から入力された信号に付加されることになる。

【００２６】

また、Ｌ側用のレベル差付加回路２４$_L$で付加されるレベル差は、図５の相対レベル特性の破線の特性カーブＬ$_a$で示され、Ｒ側用のレベル差付加回路２４$_R$で付加されるレベル差は、図５の相対レベル特性の一点鎖線の特性カーブＬ$_b$で示される。この図５は、頭の回転位置が０°の状態からの相対レベルを示している。特性カーブＬ$_a$及びＬ$_b$は聴取者Ｍの頭部の回転方向に対して全く逆の増減方向を持つ曲線となっている。すなわち、レベル差付加回路２４$_L$では特性カーブＬ$_a$のレベル変化、レベル差付加回路２４$_R$では特性カーブＬ$_b$のレベル変化が付加されるので前方の音源を実際に聞くのと同様の音量変化がヘッドホン装着者においても入力端子１５$_1$及び１５$_2$からの入力信号に付加される。

【００２７】

同様に、入力端子１５$_3$及び１５$_4$より入力された音声入力ディジタル信号は、それぞれ初期状態において後方のある方向に定位するのに相当する音源２$_3$、音源２$_4$から両耳への頭部伝達関数に相当するインパルスレスポンスがディジタルフィルタ１８$_L$、１８$_R$、１９$_L$及び１９$_R$によって畳み込まれ、Ｌ側出力が加算器２１$_L$で加算されて時間差付加回路２３$_L$及びレベル差付加回路２５$_R$を介して加算器２６$_L$に出力され、Ｒ側出力が加算器２１$_R$で加算されて時間差付加回路２３$_R$及びレベル差付加回路２５$_R$を介して加算器２６$_R$に出力される。

【００２８】

ここで、音源２$_3$、音源２$_4$から聴取者Ｍの両耳ｌ，ｒへの頭部伝達関数は、図３に示すようなｈ$_{Ll}$、ｈ$_{Lr}$、ｈ$_{Rl}$、ｈ$_{Rr}$が考慮され、左耳ｌにはｓ$_L$ｈ$_{Ll}$＋ｓ$_R$ｈ$_{Rl}$が、右耳ｒにはｓ$_R$ｈ$_{Rr}$＋ｓ$_L$ｈ$_{Lr}$が供給されるように、インパルスレスポンスがディジタルフィルタ１８$_L$、１８$_R$、１９$_L$及び１９$_R$によって畳み込まれた音声がヘッドホン７によって与えられる。

【００２９】

なお、聴取者Ｍが頭部を例えば左側に動かすと、右耳ｒは音源２$_3$及び２$_4$から遠ざかることになり、左耳ｌは音源２$_3$及び２$_4$に近づくことになる。このため、左耳ｌと右耳ｒに達する音声入力信号には時間差及びレベル差が生ずることになる。この時間差及びレベル差を生じさせるのが上記第２の一対の時間差付加回路２３$_L$及び２３$_R$と、上記第２の一対のレベル差付加回路２５$_L$及び２５$_R$である。

【００３０】

Ｌ側用の時間差付加回路２３$_L$で付加される遅延時間は、図４の遅延時間特性の破線の特性カーブＴ$_a$で示され、Ｒ側用の時間差付加回路２３$_R$で付加される遅延時間は、図４の遅延時間特性の一点鎖線の特性カーブＴ$_b$で示される。特性カーブＴ$_a$及びＴ$_b$は上述したように聴取者Ｍの頭部の回転方向に対して全く逆の増減方向を持つ曲線となっている。これにより聴取者Ｍが後方１８０°の範囲内に置かれた音源からの音を頭を左右に回転させながら聞いた場合と同様の音源から両耳までの時間変化がヘッドホン７装着時においても入力端子１５$_3$及び１５$_4$から入力された信号に付加されることになる。

【００３１】

また、Ｌ側用のレベル差付加回路２５$_L$で付加されるレベル差は、図５の相対レベル特性の一点鎖線の特性カーブＬ$_b$で示され、Ｒ側用のレベル差付加回路２５$_R$で付加されるレベル差は、図５の相対レベル特性の破線の特性カーブＬ$_a$で示される。特性カーブＬ$_a$及びＬ$_b$は上述したように聴取者Ｍの頭部の回転方向に対して全く逆の増減方向を持つ曲線となっている。すなわち、レベル差付加回路２５$_L$では特性カーブＬ$_b$のレベル変化、レ

ベル差付加回路２５$_R$では特性カーブＬ$_a$のレベル変化が付加されるので後方の音源を実際に聞くのと同様の音量変化がヘッドホン装着者においても入力端子１５$_3$及び１５$_4$からの入力信号に付加される。

【００３２】

以上より、本発明の実施の形態となるヘッドホン装置１によれば、前方及び後方に質の高い音像を同時に定位させることが可能となる。

なお、このヘッドホン装置１のディジタル信号処理回路４は、図６、図８及び図１０のような構成としてもよい。

【００３３】

図６に示すディジタル信号処理回路４は、図２に示した第１の一対のレベル差付加回路２４$_L$及び２４$_R$の代わりに第１の一対の周波数特性制御回路２８$_L$及び２８$_R$を第１の一対の時間差付加回路２２$_L$及び２２$_R$の出力側に、第２の一対のレベル差付加回路２５$_L$及び２５$_R$の代わりに第２の一対の周波数特性制御回路２９$_L$及び２９$_R$を第２の一対の時間差付加回路２３$_L$及び２３$_R$の出力側に接続してなる。

【００３４】

ここで、第１の一対の周波数特性制御回路２８$_L$及び２８$_R$と、第２の一対の周波数特性制御回路２９$_L$及び２９$_R$は、図７に示すような周波数特性をヘッドホン７装着者の頭部の回転角度に応じて上記入力信号に与えて、周波数特性を制御するものである。頭部を正面前方に固定したまま（０°と図示する。）であれば実線で示すように周波数ｆが高くなってもレスポンスは一定であるが、例えば右側に９０°回転した場合と左側に９０°回転した場合では、周波数ｆが高くなるに従いレポンス差が生じる。頭部を右側に９０°回転した場合（＋９０°と図示する。）、一点鎖線で示すように、周波数ｆが高くなるほどレスポンスは上昇する。これに対して、頭部を左側に９０°回転した場合（－９０°と図示する。）、破線で示すように、周波数ｆが高くなるほどレスポンスは減少する。両者は頭部を正面方向に固定した際の実線で示すレスポンス特性を軸にして上下対称となっている。さらにこの周波数特性は、音源が前方１８０°の範囲内に置かれた場合と、後方１８０°の範囲内に置かれた場合とで逆になる。

【００３５】

したがって、図６に示したディジタル信号処理回路４を用いたヘッドホン装置１によれば、前方２チャンネルと後方２チャンネルの計４個の音源からの入力信号に、第１の一対の時間差付加回路２２$_L$及び２２$_R$、第２の一対の時間差付加回路２３$_L$及び２３$_R$で頭部回転角度に応じて付加する時間差の増減方向を逆にして与え、第１の一対の周波数特性制御回路２８$_L$及び２８$_R$、第２の一対の周波数特性制御回路２９$_L$及び２９$_R$で頭部回転角度に応じて制御する周波数特性の変化方向を逆にするので、前方音声信号に対しても、後方音声信号に対しても実際の音源を頭を動かしながら聞くのと同等の両耳間の時間差、及び周波数特性を実現できるので、あらゆる方向に良好な頭外音像定位を実現できる。

【００３６】

次に、図８に示すディジタル信号処理回路４は、図２に示した第１の一対の時間差付加回路２２$_L$及び２２$_R$の代わりに第１の一対の位相差付加回路３０$_L$及び３０$_R$を第１の一対のレベル差付加回路２４$_L$及び２４$_R$の入力側に、第２の一対の時間差付加回路２３$_L$及び２３$_R$の代わりに第２の一対の位相差付加回路３１$_L$及び３１$_R$を第２の一対のレベル差付加回路２５$_L$及び２５$_R$の入力側に接続してなる。

ここで、第１の一対の位相差付加回路３０$_L$及び３０$_R$と、第２の一対の位相差付加回路３１$_L$及び３１$_R$は、図９に示すような位相変化特性に応じた位相差をヘッドホン７装着者の頭部の回転角度に応じて上記入力信号に与える。頭部を正面前方に固定したままで（０°と図示する。）であれば実線で示すような位相差θとなるが、例えば頭部が右側に９０°回転した場合と左側に９０°回転した場合では、位相差が左右にシフトする。頭部を右側に９０°回転した場合（＋９０°と図示する。）、一点鎖線で示すように位相は進む。これに対して、頭部を左側に９０°回転した場合（－９０°と図示する。）、破線で示すように位相は遅れる。両者は頭部を正面方向に固定した際の実線で示すレスポンス特性

を軸にして左右対称となっている。さらにこの特性は、音源が前方１８０°の範囲内に置かれた場合と、後方１８０°の範囲内に置かれた場合とで逆になる。

【００３７】

したがって、図８に示したディジタル信号処理回路４を用いたヘッドホン装置１によれば、前方２チャンネルと後方２チャンネルの計４個の音源からの入力信号に、第１の一対の位相差付加回路３０$_L$及び３０$_R$、第２の一対の位相差付加回路３１$_L$及び３１$_R$で頭部回転角度に応じて付加する位相差の増減方向を逆にして与え、第１の一対のレベル差付加回路２４$_L$及び２４$_R$、第２の一対のレベル差付加回路２５$_L$及び２５$_R$で頭部回転角度に応じて付加する位相差の増減方向を逆にして与えるので、前方音声信号に対しても、後方音声信号に対しても実際の音源を頭を動かしながら聞くのと同等の両耳間の位相差特性、及びレベル差特性を再現できるので、あらゆる方向に良好な頭外音像定位を実現できる。

【００３８】

さらに次に、図１０に示すディジタル信号処理回路４は、図６に示した第１の一対の時間差付加回路２２$_L$及び２２$_R$の代わりに第１の一対の位相差付加回路３０$_L$及び３０$_R$を第１の一対の周波数特性制御回路２８$_L$及び２８$_R$の入力側に、第２の一対の時間差付加回路２３$_L$及び２３$_R$の代わりに第２の一対の位相差付加回路３１$_L$及び３１$_R$を第２の一対の周波数特性制御回路２９$_L$及び２９$_R$の入力側に接続してなる。

【００３９】

ここで、第１の一対の位相差付加回路３０$_L$及び３０$_R$と、第２の一対の位相差付加回路３１$_L$及び３１$_R$は、図９に示すような位相変化特性に応じた位相差をヘッドホン７装着者の頭部の回転角度に応じて上記入力信号に与える。

また、第１の一対の周波数特性制御回路２８$_L$及び２８$_R$と、第２の一対の周波数特性制御回路２９$_L$及び２９$_R$は、図７に示すような周波数特性をヘッドホン７装着者の頭部の回転角度に応じて上記入力信号に与えて、周波数特性を制御するものである。

【００４０】

したがって、図１０に示したディジタル信号処理回路４を用いたヘッドホン装置１によれば、前方２チャンネルと後方２チャンネルの計４個の音源からの入力信号に、第１の一対の位相差付加回路３０$_L$及び３０$_R$、第２の一対の位相差付加回路３１$_L$及び３１$_R$で頭部回転角度に応じて付加する位相差の増減方向を逆にして与え、第１の一対の周波数特性制御回路２８$_L$及び２８$_R$、第２の一対の周波数特性制御回路２９$_L$及び２９$_R$で頭部回転角度に応じて制御する周波数特性の変化方向を逆にするので、前方音声信号に対しても、後方音声信号に対しても実際の音源を頭を動かしながら聞くのと同等の両耳間の位相差、及び周波数特性を実現できるので、あらゆる方向に良好な頭外音像定位を実現できる。

【００４１】

ここで、図１に示した回転角速度センサ８について説明しておく。回転角速度センサ８は、上述したようにヘッドホン７を装着している装着者の頭部の回転角速度を検出する。特に、この実施の形態となるヘッドホン装置１では、回転角速度センサ８として図１１に示すような圧電振動ジャイロ装置３２を用いている。この圧電振動ジャイロ装置３２は、運動体の揺動運動を圧電素子により検出する装置である。図１１において、正方形断面の振動用四角柱からなる振動用圧電素子３３は種々の振動体から構成される。この振動用圧電素子３３の対向する２面には、検出用圧電素子３４及び３５、駆動用圧電素子３６及び３７が取り付けられている。

【００４２】

駆動用圧電素子３６及び３７には駆動用信号源３８が接続され、交番信号を供給するように構成されている。検出用圧電素子３４及び３５の出力は、差動増幅器３９に供給される。この差動増幅器３９の差動出力と駆動用信号源３８の出力とが乗算器又は位相検波器４０に供給され、乗算又は位相検波される。乗算器又は位相検波器４０の出力は、図１に示す帯域制限フィルタ９に供給されて搬送波成分が除去された後に、Ａ／Ｄ変換器１０に供給されて符号化される。

【００４３】
このように構成された圧電ジャイロ装置３２は、以下のように動作する。先ず、駆動用圧電素子３６及び３７に振動用圧電素子３３の固有振動周波数の交番信号を印加すると、振動用圧電素子３３は図示の振動波形に基づいて強制振動される。この振動は一定のモードで共振を発生させるものである。
【００４４】
この場合、外力が加わらない状態では、検出用圧電素子３４及び３５の出力はないが、振動用圧電素子３３に対して軸方向に角速度ωの回転力が加わると、コリオリの力により、搬送波としての強制振動用の交番信号が振幅変調され、検出信号となって検出される。この場合の振幅の大きさは、軸に及ぼされる回転の角速度ωに比例し、回転方向は駆動用信号に対する検出信号の位相ずれ方向に対応する。
【００４５】
従って、振幅変調された検出信号と、駆動用信号との積をとり、その信号を低域フィルタとしての帯域制限フィルタ９で搬送波成分を除去し、検出信号とすることが行われている。
また、回転角速度センサ８は、図１２に示すようなアナログ角度検出器４１でもよい。このアナログ角度検出器４１は、ヘッドホン７のヘッドバンド７ａに設けられ、頭部の動きを検出する。アナログ角度検出器４１では、ヘッドバンド７ａの中央部にＣＤＳやフォトダイオード等の光の強さにより抵抗値が変化する受光素子からなる受光器４２を取り付けている。この受光器４２と対向して電球や発光ダイオード等の発光器４４が設けられていて、この発光器４４により一定の強さの光を受光器４２に向けて照射するようになっている。
【００４６】
その際、この発光器４４の投射光の通路間に回転角度のより投射光の透過度が変化するような可動シャッター４３が設けられており、この可動シャッター４３は磁針４５と共に回転するようになっている。従って、受光器４２に一定の電流を流すとき、受光器４２の受光素子両端の電圧は磁針４５の示す南北方向を基準として、ヘッドホン装着者の方向を含む頭の動きを示すアナログ出力が取り出される。
【００４７】
また、回転角速度センサ８は、図１３に示すようなディジタル角度検出器５０でもよい。このディジタル角度検出器５０は、ヘッドホン７のヘッドバンド７ａに設けられ、頭部の動きを検出する。このディジタル角度検出器５０では、ヘッドバンド７ａの中央部にロータリーエンコーダ５１が、その入力軸が垂直となるように設けられていると共に、その入力軸に、磁針５２が設けられている。従って、ロータリーエンコーダ５１からは、磁針５２の示す南北方向を基準として、ヘッドホン装着者の方向を含む頭の動きを示す出力が取り出される。この場合、出力は既にディジタル信号となっているので、図１の帯域制限フィルタ９、Ａ／Ｄ変換器１０を省略できる。
【００４８】
また、回転角速度センサ８は、前方或いは周囲に置かれた発光器と上記ヘッドホンのヘッドバンドに設けられた少なくとも２個の光強度センサの出力比により回転角を算出するようにしてもよい。
また、この回転角速度センサ８は、ヘッドホン７上の離れた２カ所に取り付けられたマイクロホンで、前方或いは周囲に置かれた超音波発振器とから断続的に発生されるバースト信号を、読み取りそれぞれの受信信号の時間差から回転角度を算出するようにしてもよい。
【００４９】
なお、上記回転角速度センサ８を含め、帯域制限フィルタ９、Ａ／Ｄ変換器１０、マイクロプロセッサ１１、ディジタル信号処理回路４、Ｄ／Ａ変換器5_L、5_R、電力増幅器6_L、6_Rは、ヘッドホン７上に設けられていてもよい。この場合、Ａ／Ｄ変換器3_1・・・3_4からディジタル信号処理回路４には、ワイヤレスで音声入力信号が供給されてもよ

い。

【００５０】

もちろん、上記回転角速度センサ８を除く、他の各部はヘッドホン７上ではなく別に設けられてもよい。この場合、電力増幅器６_{L}及び６_{R}からヘッドホン７の発音体７_{L}及び７_{R}へはワイヤレスで出力信号が供給されてもよい。

次に、本発明に係るヘッドホン装置の第２の実施の形態について説明する。この第２の実施の形態は、図１４に示すように、例えばｎチャンネルの音声入力信号を発生するｎ個の音源６１_{1}・・・６１_{n}からの該音声入力信号をｎ個のＡ／Ｄ変換器６２_{1}・・・６２_{n}を介してディジタル信号として受け取り、該ｎチャンネルの音声入力ディジタル信号を例えば４入力づつまとめて入力信号群とし、該入力信号群にディジタル信号処理を施すディジタル信号処理回路６３と、このディジタル信号処理回路６３でディジタル信号処理が施された音声ディジタル信号をステレオ信号としてＬ、Ｒの２系統に分けた後、Ｄ／Ａ変換器６４_{L}、６４_{R}を介してアナログ信号として受け取り、電力増幅する電力増幅器６５_{L}、６５_{R}と、この電力増幅器６５_{L}、６５_{R}により駆動される発音体６６_{L}、６６_{R}を備えたヘッドホン６６と、このヘッドホン６６のヘッドバンド６６ａに取り付けられてこのヘッドホン６６を装着している装着者の頭部の回転角速度を検出する回転角速度センサ６７と、この回転角速度センサ６７の検出出力を帯域制限フィルタ６８で帯域制限しＡ／Ｄ変換器６９でディジタル信号に変換してから取り込みヘッドホン６６の装着者の正面方向からの回転運動角度を計算する回転運動角度計算機能を持つマイクロプロセッサ７０とを備え、上記マイクロプロセッサ７０で得られた回転運動角度に応じて上記ディジタル信号処理回路６３における信号処理内容を更新して音像を上記ヘッドホン６６装着者の頭外の一定方向に定位させるようにしたヘッドホン装置６０である。

【００５１】

ヘッドホン６６が回転運動を持つとヘッドバンド６６ａに取り付けられた回転角速度センサ６７は、その角速度に比例した電圧を出力する。この出力信号は、帯域制限フィルタ６８でフィルタリングされた後、Ａ／Ｄ変換器６９で符号化され、マイクロプロセッサ７０に入力される。マイクロプロセッサ７０に入力されたＡ／Ｄ変換器６９の出力信号は、一定時間間隔でサンプリングされた後積分され、角度データに変換される。この角度データから実際に音像を定位させるための回転角度が算出されて対応する信号処理データをディジタル信号処理回路６３に転送する。

【００５２】

一方、ｎ個の音源６１_{1}・・・６１_{n}から入力されたｎチャンネルの音声信号は、ｎ個のＡ／Ｄ変換器６２_{1}・・・６２_{n}で符号化されてディジタル信号処理回路６３に入力される。ディジタル信号処理回路６３では、マイクロプロセッサ７０で算出された角度データに対応して必要となる音声信号を頭外に定位させるためのディジタル信号処理を施し、その結果をステレオのＬ、Ｒの２系統に対応させた２個のＤ／Ａ変換器６４_{L}、６４_{R}に出力する。２個のＤ／Ａ変換器６４_{L}、６４_{R}により再びアナログ信号に戻された音声信号は、電力増幅器６５_{L}、６５_{R}を介して、ヘッドホン６６の発音体６６_{L}、６６_{R}に供給され、これを聴取する聴取者に最適の頭外定位信号を与える。

【００５３】

ここで、ディジタル信号処理回路６３は、図１５に示すように、ヘッドホン装着者が正面方向を向いている場合を基準状態としてこの時に定位させるべき方向によって複数のブロックに分類された各ブロック毎の音声入力信号に上記信号処理を施す信号処理ブロック６３_{1}、６３_{2}・・・$６３_{n/4}$に分割されている。

【００５４】

例えば、信号処理ブロック６３_{1}は、定位方向が近い音源６１_{1}・・・６１_{4}からの４つの入力信号を図１６に示すように入力端子７１_{1}、７１_{2}・７１_{4}を介して受け取る。入力端子７１_{1}、７１_{2}・７１_{4}を介して受け取った上記４つの入力信号は、上記４個の音源６１_{1}・・・６１_{4}からヘッドホン装着者の両耳に至る頭部伝達関数を時間領域に変換したインパルスレスポンスとして計８個のディジタルフィルタ７４_{L}、７４_{R}、７５_{L}、

７５$_{R}$・・７７$_{L}$及び７７$_{R}$で畳み込まれる。ディジタルフィルタ７４$_{L}$、７４$_{R}$、７５$_{L}$、７５$_{R}$・・７７$_{L}$及び７７$_{R}$からのフィルタ出力は、ＬとＲのチャンネル毎に一対の加算器７８$_{L}$、７８$_{R}$で加算され、それぞれ時間差付加回路７９$_{L}$、７９$_{R}$に供給される。

【００５５】

時間差付加回路７９$_{L}$、７９$_{R}$の出力は、レベル差付加回路８０$_{L}$、８０$_{R}$を介して、出力端子８１$_{L}$、８１$_{R}$から、図１５の一対の加算器７２$_{L}$、７２$_{R}$に供給される。一対の加算器７２$_{L}$、７２$_{R}$には、信号処理ブロック６３$_{2}$・・・６３$_{n/4}$においてそれぞれ８個のディジタルフィルタでフィルタリングされ、Ｌ，Ｒ毎に時間差及びレベル差が付加された信号が供給される。

【００５６】

ある一つの信号処理ブロックに入力される信号は、定位方向が近いものが集められ、従って基準方向を向いている状態（０°）に対して頭が回転したときに付加する時間差及びレベル差は同一の特性とすることが可能となる。

各信号処理ブロックのＬ，Ｒチャンネル用出力信号は、加算器７２$_{L}$、７２$_{R}$で加算され、ヘッドホン６６への出力信号として出力端子７３$_{L}$、７３$_{R}$から出力される。

【００５７】

したがって、この第２の実施の形態のヘッドホン装置６０は、複数の信号処理ブロック内で独立した時間差付加及びレベル差付加が行われ、ヘッドホン再生を行う場合に、任意の方向への音像定位を可能とする。

なお、このヘッドホン装置６０でも、時間差付加回路の代わりに、位相差付加回路を用いてもよい。また、レベル差付加回路の代わりに周波数特性制御回路を用いてもよい。

【００５８】

また、このヘッドホン装置６０に用いられる回転角速度センサ６７には、上記図１１、図１２、図１３に示した圧電ジャイロ装置３２、アナログ角度検出器４１、ディジタル角度検出器５０を用いてもよい。次に、本発明に係るヘッドホン装置の第３の実施の形態について説明する。この第３の実施の形態は、図１７に示すように、例えば３系統の音声信号を図１８に示すように前方１８０°の範囲内に配置した音源８６$_{1}$、８６$_{2}$、８６$_{3}$で再生する場合を想定している。このような場合、一般的に音源８６$_{2}$が再生する音声信号による音像は、その音声信号のレベルを減衰した後、音源８６$_{1}$及び音源８６$_{3}$に分配して再生することによってもほぼ同等の音像を再現できる。従って、多チャンネルの音声信号入力がある場合、定位方向に近い信号は他のチャンネルに分配して加算することにより、伝送チャンネル数を減らすことができる。

【００５９】

すなわち、このヘッドホン装置８５は、図１７に示すように、例えば３チャンネルの音声入力信号を定位させる位置に置かれた３個の音源８６$_{1}$、８６$_{2}$、８６$_{3}$からの該音声入力信号を３個のＡ／Ｄ変換器８７$_{1}$、８７$_{2}$、８７$_{3}$を介してディジタル信号として受け取り、該３チャンネルの音声入力ディジタル信号に上述したようなディジタル信号処理を施すディジタル信号処理回路８８と、このディジタル信号処理回路８８でディジタル処理が施された音声ディジタル信号をステレオ信号としてＬ、Ｒの２系統に分けた後、Ｄ／Ａ変換器８９$_{L}$、８９$_{R}$を介してアナログ信号として受け取り、電力増幅する電力増幅器９０$_{L}$、９０$_{R}$と、この電力増幅器９０$_{L}$、９０$_{R}$により駆動される発音体９１$_{L}$、９１$_{R}$を備えたヘッドホン９１と、このヘッドホン９１のヘッドバンド９１$_{a}$に取り付けられてこのヘッドホン９１を装着している装着者の頭部の回転角速度を検出する回転角速度センサ９２と、この回転角速度センサ９２の検出出力を帯域制限フィルタ９３で帯域制限しＡ／Ｄ変換器９４でディジタル信号に変換してから取り込みヘッドホン９１の装着者の正面方向からの回転運動角度を計算する回転運動角度計算機能を持つマイクロプロセッサ９５とを備え、上記マイクロプロセッサ９５で得られた回転運動角度に応じて上記ディジタル信号処理回路８８における信号処理内容を更新して音像を上記ヘッドホン９１装着者の頭外の一定方向に定位させるようにしたヘッドホン装置８５である。

【００６０】
ヘッドホン９１が回転運動を持つとヘッドバンド９１ａに取り付けられた回転角速度センサ９２は、その角速度に比例した電圧を出力する。この出力信号は、帯域制限フィルタ９３でフィルタリングされた後、Ａ／Ｄ変換器９４で符号化され、マイクロプロセッサ９５に入力される。マイクロプロセッサ９５に入力されたＡ／Ｄ変換器９４の出力信号は、一定時間間隔でサンプリングされた後積分され、角度データに変換される。この角度データから実際に音像を定位させるための回転角度が算出され対応する信号処理データをディジタル信号処理回路８８に転送する。
【００６１】
一方、３個の音源８６_{1}、８６_{2}、８６_{3}から入力された３チャンネルの音声信号は、３個のＡ／Ｄ変換器８７_{1}、８７_{2}、８７_{3}で符号化されディジタル信号処理回路８８に入力される。ディジタル信号処理回路８８では、マイクロプロセッサ９５で算出された角度データに対応して必要となる音声信号を頭外に定位させるためのディジタル信号処理を施し、その結果をステレオのＬ、Ｒの２系統に対応させた２個のＤ／Ａ変換器８９_{L}、８９_{R}に出力する。２個のＤ／Ａ変換器８９_{L}、８９_{R}により再びアナログ信号に戻された音声信号は、電力増幅器９０_{L}、９０_{R}を介して、ヘッドホン９１の発音体９１_{L}、９１_{R}に供給され、これを聴取する聴取者に最適の頭外定位信号を与える。
【００６２】
ここで、ディジタル信号処理回路８８は、図１９に示すように、入力端子９６_{1}から供給された入力信号S_{1}による音像と、入力端子９６_{3}から供給された入力信号S_{3}による音像の間にある入力端子９６_{2}から供給された入力信号S_{2}のレベルを減衰器９７により減衰し、減衰信号S_{2}’を加算器９８_{a}、加算器９８_{b}により入力信号S_{1}、入力信号S_{3}に加算している。そして、加算器９８_{a}の加算出力$S_{1}+S_{2}$’をディジタルフィルタ９９_{L}及び９９_{R}に供給し、加算器９８_{b}の加算出力$S_{3}+S_{2}$’をディジタルフィルタ１００_{L}及び１００_{R}に供給している。その後、ヘッドホン９１に出力するＬ，Ｒチャンネル毎に加算器１０１_{L}、加算器１０１_{R}でディジタルフィルタ出力を加算し、時間差付加回路１０２_{L}、時間差付加回路１０２_{R}で頭が回転した場合の時間差を付加し、レベル差付加回路１０３_{L}、レベル差付加回路１０３_{R}でレベル差を付加することにより、入力信号S_{2}のためのディジタルフィルタを省略して全ての入力信号に対する音像定位を実現できる。なお、レベル差付加回路１０３_{L}の出力信号は、出力端子１０４_{L}を介してＤ／Ａ変換器８９_{L}に供給される。また、レベル差付加回路１０３_{R}の出力信号は、出力端子１０４_{R}を介してＤ／Ａ変換器８９_{R}に供給される。
【００６３】
なお、このヘッドホン装置８５でも、時間差付加回路の代わりに、位相差付加回路を用いてもよい。また、レベル差付加回路の代わりに周波数特性制御回路を用いてもよい。
また、このヘッドホン装置８５に用いられる回転角速度センサ９２には、上記図１１、図１２、図１３に示した圧電ジャイロ装置３２、アナログ角度検出器４１、ディジタル角度検出器５０を用いてもよい。
【００６４】
次に、本発明に係るヘッドホン装置の第４の実施の形態について図２０を参照しながら説明する。入力端子１０６_{1}、入力端子１０６_{2}には、多チャンネルの信号を例えば２チャンネルにエンコードした信号が入力される。この信号は、デコーダ１０７によってデコードされそれぞれ、ディジタル信号処理回路１０８_{1}、１０８_{2}・・・１０８_{n}に供給される。ディジタル信号処理回路１０８_{1}、１０８_{2}・・・１０８_{n}は、図２、図６、図８、図１０、図１６に示したようなディジタル信号処理回路とすることができる。
【００６５】
したがって、この第４の実施の形態は、２チャンネル分の音声入力端子を有するのみで多チャンネルの頭外音像定位をヘッドホン受聴において実現できる。
【００６６】
【発明の効果】

本発明に係るヘッドホン装置は、Ｎ個の音源からのＮチャンネルの入力信号に対して２Ｎ個のディジタルフィルタ手段を用い、上記Ｎチャンネルのうちの Ｍ（Ｍ≦Ｎ）チャンネルに対応する２Ｍ個のディジタルフィルタ手段のＬ，Ｒ極性の同じ出力同士を第１の一対の加算手段で加算し、上記Ｎチャンネルのうちの Ｎ－Ｍチャンネルに対応する２（Ｎ－Ｍ）個のディジタルフィルタ手段のＬ，Ｒ極性の同じ出力同士を第２の一対の加算手段で加算し、上記第１の一対の加算手段のＬ側及びＲ側の出力を第１の一対の時間差付加手段又は第２の一対の位相差付加手段に供給し、上記第２の一対の加算手段のＬ側及びＲ側の出力を第２の一対の時間差付加手段又は第２の一対の位相差付加手段に供給し、上記第１の一対の時間差付加手段又は上記第１の一対の位相差付加手段と上記第２の一対の時間差付加手段又は上記第２の一対の位相差付加手段のそれぞれのＬ側及びＲ側二系統の出力を同じ極性同士で第３の一対の加算手段で加算する。ここで、上記回転運動角度計算手段で検出した回転運動角度に応じて上記第１の一対の時間差付加手段又は第１の一対の位相差付加手段と上記第２の一対の時間差付加手段又は第２の一対の位相差付加手段とで付加する時間差又は位相差の増減方向を逆にして、上記信号処理手段における信号処理内容を更新する。このため、前方音声信号に対しても、後方音声信号に対しても実際の音源の音を頭を動かしながら聞くのと同等の両耳間遅延時間差又は位相差を再現できるのであらゆる方向に良好な頭外音像定位を実現することができる。

【００６７】

ここで、上記第１の一対の時間差付加手段又は第１の一対の位相差付加手段の入力側又は出力側に第１の一対のレベル差付加手段と、上記第２の一対の時間差付加手段又は第２の一対の時間差付加手段の入力側又は出力側に第２の一対のレベル差付加手段とを備え、上記回転運動角度計算手段で検出した回転運動角度に応じて上記第１の一対のレベル差付加手段と上記第２の一対のレベル差付加手段とで付加するレベル差の増減方向を逆にすれば、前方音声信号に対しても、後方音声信号に対しても実際の音源の音を頭を動かしながら聞くのと同様の両耳間レベル差特性も再現できる。

【００６８】

また、上記第１の一対の時間差付加手段又は上記第１の一対の位相差付加手段の入力側又は出力側に第１の一対の周波数特性制御手段と、上記第２の一対の時間差付加手段又は第２の一対の位相差付加手段の入力側又は出力側に第２の一対の周波数特性制御手段とを備え、上記回転運動角度計算手段で検出した回転運動角度に応じて上記第１の一対の周波数特性制御手段と上記第２の一対の周波数特性制御手段とで制御する周波数特性の変化方向を逆にすれば、前方音声信号に対しても、後方音声信号に対しても実際の音源の音を頭を動かしながら聞くのと同等の両耳間の周波数特性変化も再現できる。

【００６９】

また、本発明に係るヘッドホン装置は、Ｎ個の音源からのＮチャンネルの入力信号に対して２Ｎ個のディジタルフィルタ手段を用い、ヘッドホンの装着者が正面方向を向いている状態を基準状態としてこの時に定位させるべき方向によって該Ｎチャンネルの音声信号を複数のブロックに分類し、この分類された各ブロック毎に、そのブロックに含まれる各チャンネルのそれぞれのディジタルフィルタの出力のＬ，Ｒ極性の同じもの同士を一対の加算手段で加算し、上記一対の加算手段のＬ側及びＲ側の出力を一対の時間差付加手段又は一対の位相差付加手段に供給し、上記一対の時間差付加手段又は一対の位相差付加手段のＬ側及びＲ側の出力を同じ極性同士で加算手段で加算する。ここで、上記回転運動角度計算手段で検出した回転運動角度に応じて上記一対の時間差付加手段又は一対の位相差付加手段で付加する時間差又は位相差の量を上記各ブロック毎に独立に変化させて、上記信号処理手段における信号処理内容を更新する。このため、頭部全周のあらゆる方向の音声信号に対し実際に頭を動かしながら音を聞くのに極めて近似した両耳間差特性を実現できるのであらゆる方向に良好な頭外音像定位を実現できる。

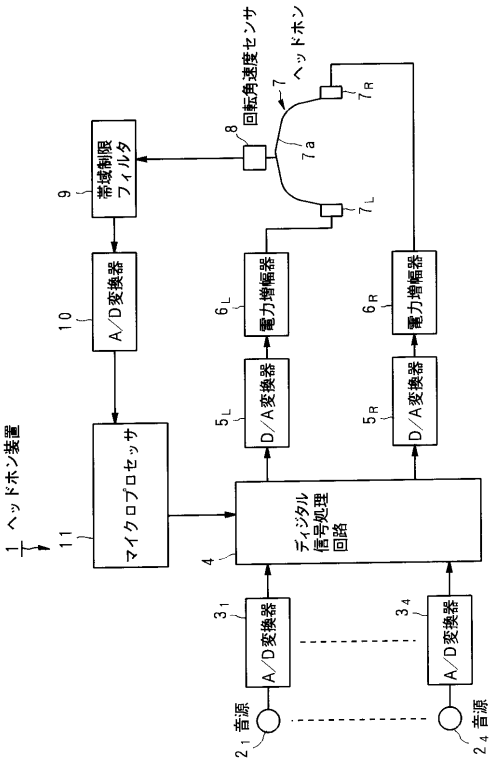
【図面の簡単な説明】

【図１】本発明に係るヘッドホン装置の第１の実施の形態のブロック図である。

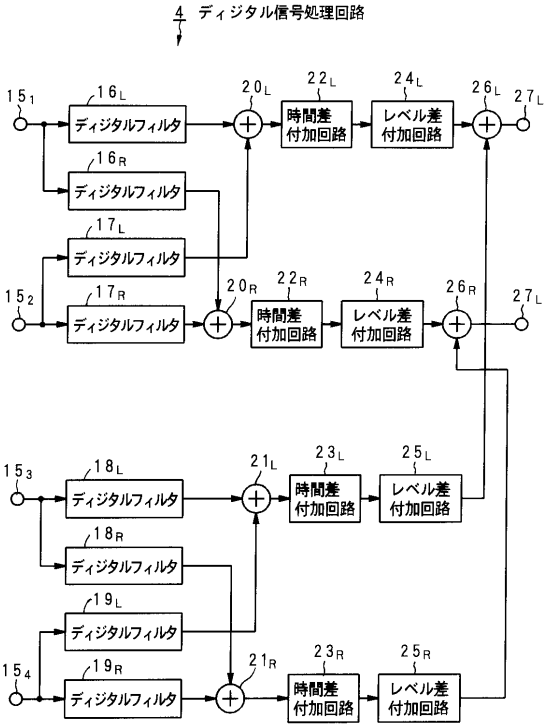
【図２】上記第１の実施の形態に用いられるディジタル信号処理回路のブロック図である

。
【図３】上記第１の実施の形態が想定している状態を示す模式図である。
【図４】上記第１の実施の形態に用いられるディジタル信号処理回路内の時間差付加回路で付加される遅延時間の特性図である。
【図５】上記第１の実施の形態に用いられるディジタル信号処理回路内のレベル差付加回路で付加されるレベル差の特性図である。
【図６】上記第１の実施の形態に用いられるディジタル信号処理回路で時間差付加回路と周波数特性制御回路を用いた場合のブロック図である。
【図７】上記周波数特性制御回路で行われる周波数制御の特性図である。
【図８】上記第１の実施の形態に用いられるディジタル信号処理回路で位相差付加回路とレベル差付加回路を用いた場合のブロック図である。
【図９】上記位相差付加回路で付加される位相差の変化特性図である。
【図１０】上記第１の実施の形態に用いられるディジタル信号処理回路で位相差付加回路と周波数特性制御回路を用いた場合のブロック図である。
【図１１】上記第１の実施の形態に用いられる回転角速度センサに適用できる圧電振動ジャイロ装置の概略構成図である。
【図１２】上記第１の実施の形態に用いられる回転角速度センサに適用できるアナログ角度検出器の概略構成図である。
【図１３】上記第１の実施の形態に用いられる回転角速度センサに適用できるディジタル角度検出器の概略構成図である。
【図１４】本発明に係るヘッドホン装置の第２の実施の形態のブロック図である。
【図１５】上記第２の実施の形態のディジタル信号処理回路のブロック図である。
【図１６】上記第２の実施の形態の信号処理ブロックのブロック図である。
【図１７】本発明に係るヘッドホン装置の第３の実施の形態のブロック図である。
【図１８】上記第３の実施の形態が想定している状態を示す模式図である。
【図１９】上記第３の実施の形態に用いられるディジタル信号処理回路のブロック図である。
【図２０】本発明に係るヘッドホン装置の第４の実施の形態のブロック図である。
【符号の説明】
１　ヘッドホン装置
2_1～2_4　音源
４　ディジタル信号処理回路
6_L、6_R　電力増幅器
７　ヘッドホン
８　回転角速度センサ
１１　マイクロプロセッサ
16_L、16_R、17_L、17_R、18_L、18_R、19_L、19_R　ディジタルフィルタ
20_L、20_R　第１の一対の加算器
21_L、21_R　第２の一対の加算器
22_L、22_R　第１の一対の時間差付加回路
23_L、23_R　第２の一対の時間差付加回路
24_L、24_R　第１の一対のレベル差付加回路
25_L、25_R　第２の一対のレベル差付加回路
26_L、26_R　第３の一対の加算器

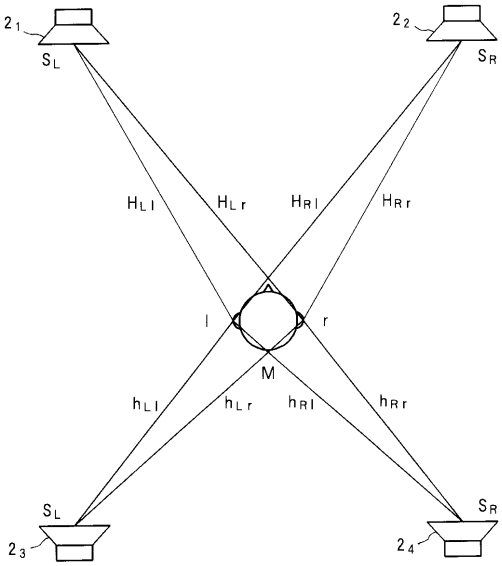
【図１】


ヘッドホン装置
1
マイクロプロセッサ
11
ディジタル信号処理回路
4
A/D変換器
10
帯域制限フィルタ
9
回転角速度センサ
8
ヘッドホン
7
7a
7R
7L
D/A変換器
5L
5R
電力増幅器
6L
6R
A/D変換器
31
34
音源
21
24

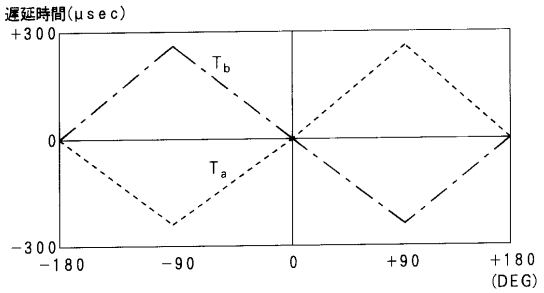
【図２】


4 ディジタル信号処理回路
151
152
153
154
ディジタルフィルタ
16L
16R
17L
17R
18L
18R
19L
19R
20L
20R
21L
21R
時間差付加回路
22L
22R
23L
23R
レベル差付加回路
24L
24R
25L
25R
26L
26R
27L

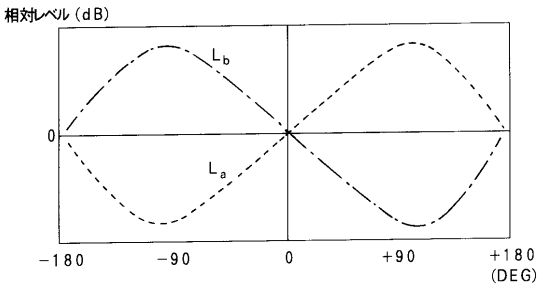
【図３】


21
22
SL
SR
HLl
HLr
HRl
HRr
l
r
M
hLl
hLr
hRl
hRr
23
24

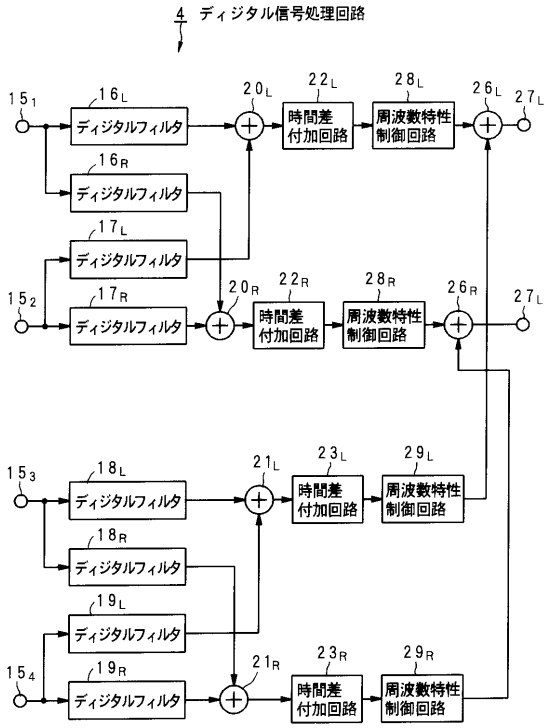
【図４】


遅延時間(μsec)
+300
0
−300
Tb
Ta
−180
−90
0
+90
+180
(DEG)

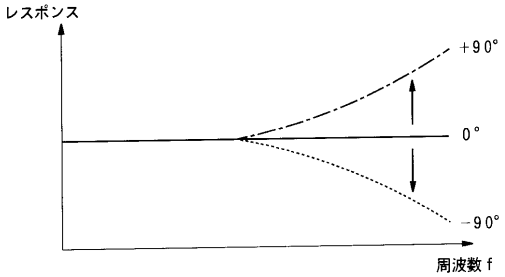
【図５】


相対レベル(dB)
0
Lb
La
−180
−90
0
+90
+180
(DEG)

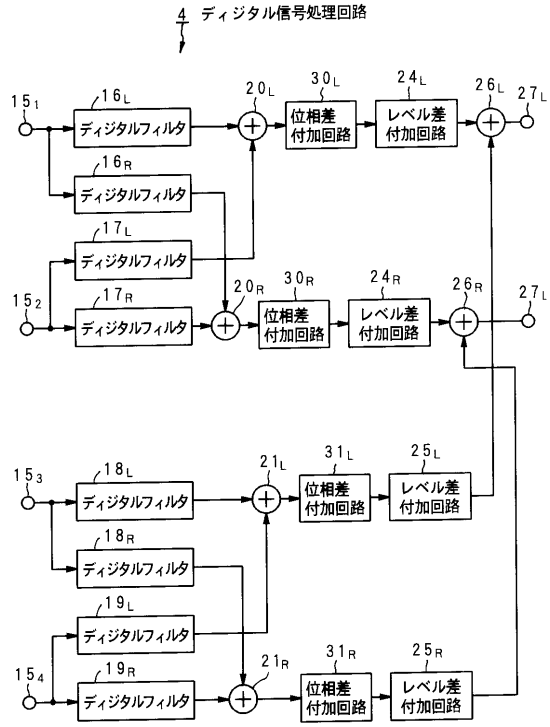
【図６】


4 ディジタル信号処理回路
15₁
15₂
15₃
15₄
16L
16R
17L
17R
18L
18R
19L
19R
ディジタルフィルタ
20L
20R
21L
21R
22L
22R
23L
23R
時間差付加回路
28L
28R
29L
29R
周波数特性制御回路
26L
26R
27L

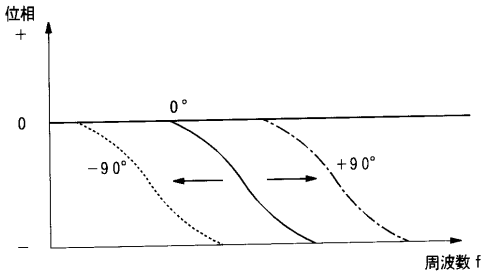
【図７】


レスポンス
+90°
0°
−90°
周波数 f

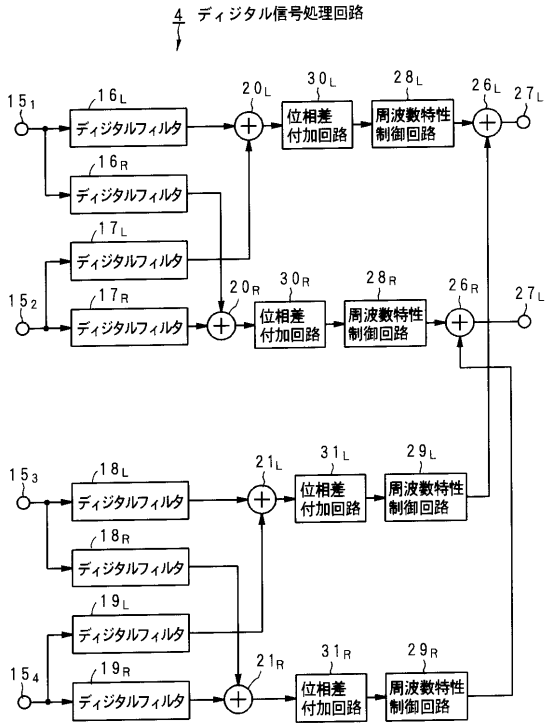
【図８】


4 ディジタル信号処理回路
15₁
15₂
15₃
15₄
16L
16R
17L
17R
18L
18R
19L
19R
ディジタルフィルタ
20L
20R
21L
21R
30L
30R
31L
31R
位相差付加回路
24L
24R
25L
25R
レベル差付加回路
26L
26R
27L

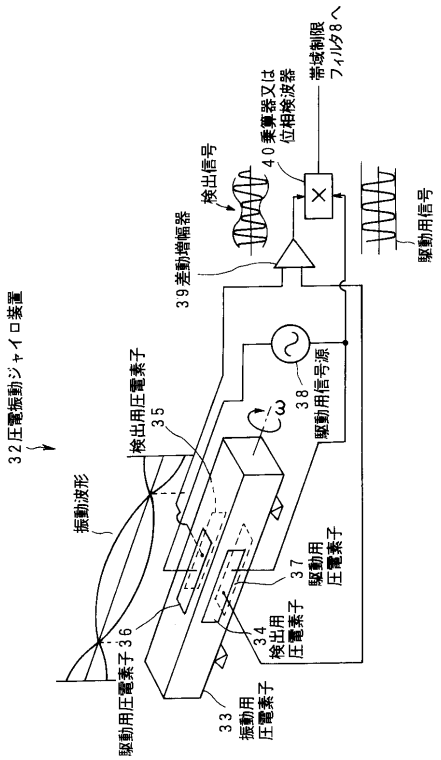
【図９】


位相
+
0
−
0°
−90°
+90°
周波数 f

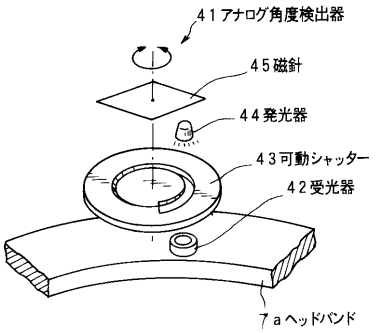
【図１０】



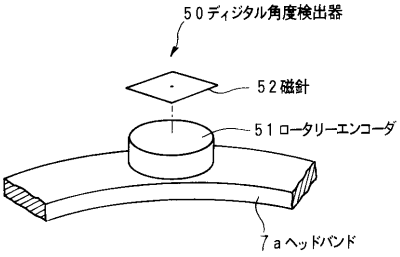
【図１１】



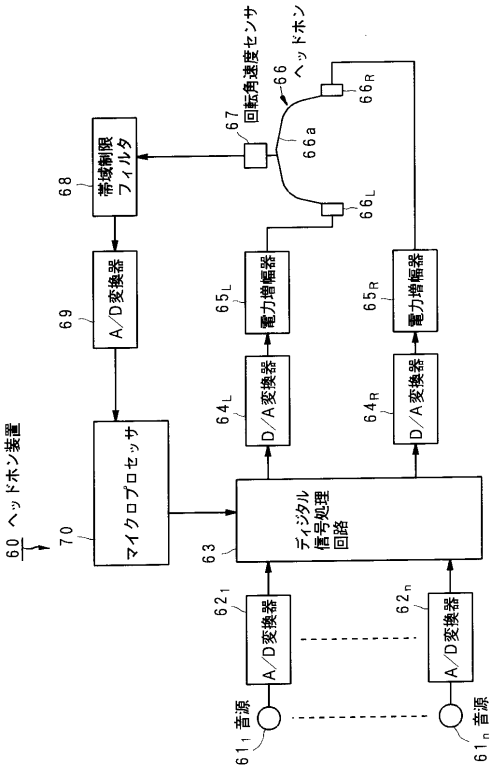
【図１２】



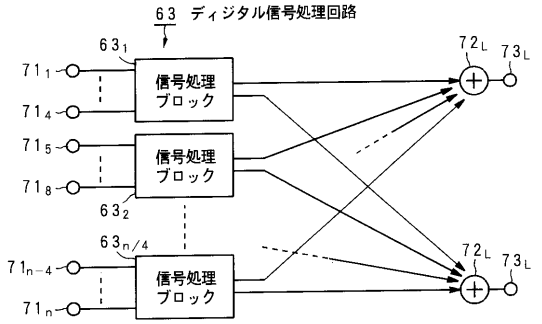
【図１３】



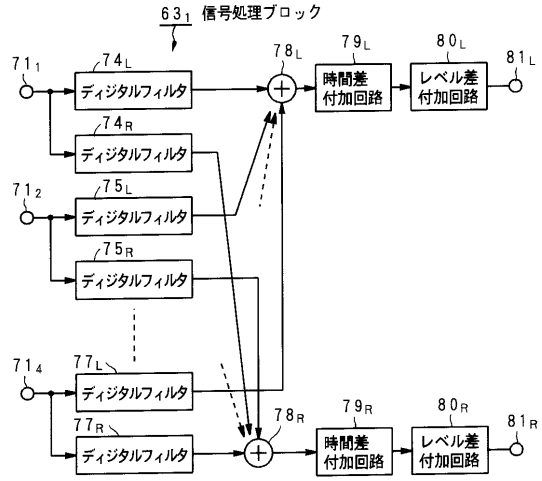
【図１４】



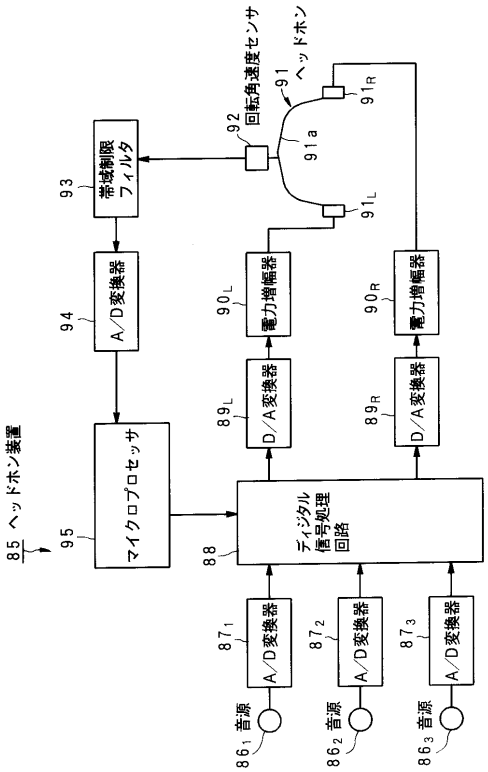
【図１５】



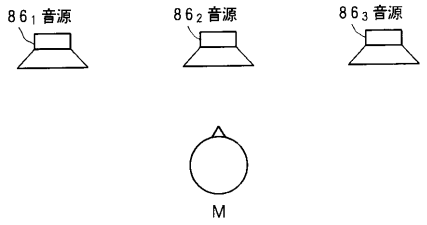
【図１６】



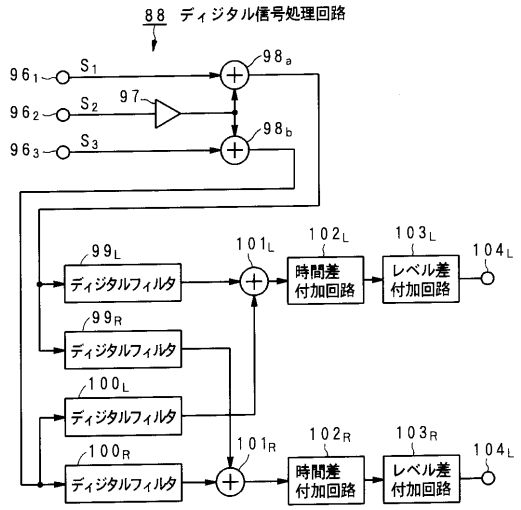
【図１７】



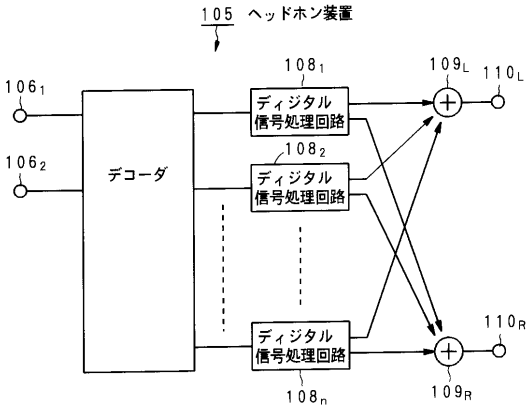
【図１８】



【図１９】



【図２０】



フロントページの続き

審査官　武田　裕司

(56)参考文献　特開平０２－２８４６００（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－１６５０７９（ＪＰ，Ａ）
特開平０２－２１９４００（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－２３３３９８（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－２６１３９９（ＪＰ，Ａ）
再公表特許９５／１０１６７号公報　（ＪＰ，Ａ１）

(58)調査した分野(Int.Cl.^{7}，ＤＢ名)
H04R5/033,H04S1/00-7/00