

(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2006-86921

(P2006-86921A)

(43) 公開日 平成18年3月30日(2006.3.30)

(51) Int. Cl.		F I				テーマコード (参考)
<b>HO4S</b>	<b>3/00</b>	<b>(2006.01)</b>	HO4S	3/00	Z	5D018
<b>HO4R</b>	<b>1/40</b>	<b>(2006.01)</b>	HO4R	1/40	310	5D062
<b>HO4S</b>	<b>5/02</b>	<b>(2006.01)</b>	HO4S	5/02	G	

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2004-270873 (P2004-270873)  
 (22) 出願日 平成16年9月17日 (2004.9.17)

(71) 出願人 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 100091546  
 弁理士 佐藤 正美  
 (72) 発明者 佐古 曜一郎  
 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 寺内 俊郎  
 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 三浦 雅美  
 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

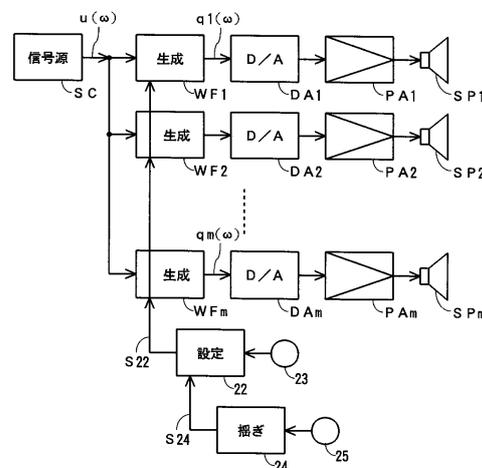
(54) 【発明の名称】 オーディオ信号の再生方法およびその再生装置

(57) 【要約】

【課題】 演奏や音声を再生する場合、自然で躍動感や臨場感にあふれた再生を実現する。

【解決手段】 スピーカSP1~SPmによりスピーカアレイを構成する。スピーカアレイSP1~SPmから出力される音波が波面合成されて仮想音源を形成するようにスピーカアレイSP1~SPmに供給されるオーディオ信号を処理する処理回路WF1~WFmを設ける。仮想音源の位置を設定する設定回路22と、この設定回路22による仮想音源の位置を、その近傍で変化させるようにオーディオ信号の処理を制御する制御回路24とを設ける。

【選択図】 図8



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

スピーカアレイに所定のオーディオ信号を供給して波面合成を行い、この波面合成により仮想音源を形成するとともに、上記オーディオ信号を制御して上記仮想音源の位置を、その近傍で変化させるようにしたオーディオ信号の再生方法。

**【請求項 2】**

請求項 1 に記載のオーディオ信号の再生方法において、上記仮想音源の位置の変化が所定の揺らぎであるようにしたオーディオ信号の再生方法。

10

**【請求項 3】**

請求項 2 に記載のオーディオ信号の再生方法において、上記揺らぎのパラメータあるいはパターンをユーザが設定できるようにしたオーディオ信号の再生方法。

**【請求項 4】**

請求項 1 に記載のオーディオ信号の再生方法において、上記仮想音源を複数の位置に形成するとともに、その位置を変化させるようにしたオーディオ信号の再生方法。

**【請求項 5】**

スピーカアレイから出力される音波が波面合成されて仮想音源を形成するように上記スピーカアレイに供給されるオーディオ信号を処理する処理回路と、上記仮想音源の位置を設定する設定回路と、この設定回路による上記仮想音源の位置を、その近傍で変化させるように上記オーディオ信号の処理を制御する制御回路とを有するオーディオ信号の再生装置。

20

**【請求項 6】**

請求項 5 に記載のオーディオ信号の再生装置において、上記仮想音源の位置の変化が所定の揺らぎであるようにしたオーディオ信号の再生装置。

**【請求項 7】**

請求項 5 に記載のオーディオ信号の再生装置において、上記処理回路は、上記仮想音源を複数の位置に形成するようにしたオーディオ信号の再生装置。

30

**【請求項 8】**

請求項 6 に記載のオーディオ信号の再生装置において、上記揺らぎの種類、大きさ、周波数をユーザが選択する操作手段を有するようにしたオーディオ信号の再生装置。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

この発明は、オーディオ信号の再生方法およびその再生装置に関する。

40

**【背景技術】****【0002】**

2チャンネルステレオにおいては、例えば図10に示すように、左チャンネルのスピーカSPLと、右チャンネルのスピーカSPRとを結ぶ線上に仮想音源VSSが形成され、この仮想音源VSSから音響が出力されるとともに、この仮想音源VSSの位置に音像が定位する。この場合、リスナは、スピーカSPL、SPRを結ぶ直線を底辺とする正三角形の頂点に位置すると、最良の効果が得られる。

**【0003】**

また、多数のスピーカにより音場を形成するマルチチャンネルステレオにおいては、も

50

との音場をより正確に再現することができる。

【0004】

なお、先行技術文献として例えば以下のものがある。

【特許文献1】特表2002-505058号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、実際に楽器を演奏する場合、ほとんどの楽器は演奏者が手で支えているので、楽器の位置は演奏につれて、特にメロディやリズムにつれて小さく揺らいている。また、ピアノなどのように床に固定して演奏する楽器であっても、楽器から発せられた音は演奏者により反射したり回折したりするとともに、演奏者は演奏につれて体を動かすので、楽器の位置は演奏につれて等価的に揺らいている。さらに、歌、スピーチ、会話などの場合も、歌手や話者の頭や顔の位置や向き、つまり音源である口の位置は発声につれて揺らいている。

10

【0006】

ところが、ステレオシステムにより仮想音源VSSを形成した場合、その位置は上述のように両スピーカSPL、SPRを結ぶ線上に固定されている。このため、ステレオシステムにより、演奏や発声を再生すると、不自然で躍動感や臨場感に乏しいものになってしまう。

【0007】

この発明は、このような問題点を解決しようとするものである。

20

【課題を解決するための手段】

【0008】

この発明においては、

スピーカアレイに所定のオーディオ信号を供給して上記スピーカアレイから出力される音波の波面合成を行い、

この波面合成により仮想音源を形成するとともに、

上記オーディオ信号を制御して上記仮想音源の位置を、その近傍で変化させるようにしたオーディオ信号の再生方法とするものである。

30

【発明の効果】

【0009】

この発明によれば、再現される仮想音源の位置に揺らぎが与えられるので、音楽の再生時であれば、実際に楽器を演奏しているかのように、自然で、躍動感や臨場感にあふれ、ふくらみのある音場や音源を提供することができる。あるいは音声であれば、息使いのわかるようなリアリティを出すことができる。

【0010】

さらに、音源の移動状態をシミュレートしたり、デフォルメした特殊効果を創造したりすることもできる。特に、アニメやゲームあるいはSF映画などの映像をとまなうような場合には、より効果的な音像処理を行うことができる。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

この発明は、波面合成の技術を用いて仮想音源を実現するとともに、この仮想音源の位置を制御することにより上述の問題点を解決するものである。これらについて、順を追って以下に説明する。

【0012】

〔1〕音場の再現について

今、図1に示すように、任意の形状の空間を包み込んだ閉曲面Sを想定するとともに、この閉曲面Sの内部には音源が含まれていないものとする。そして、この閉曲面Sの内部空間および外部空間について、

50

$p(r_i)$  : 内部空間における任意の点  $r_i$  の音圧  
 $p(r_j)$  : 閉曲面  $S$  上における任意の点  $r_j$  の音圧  
 $ds$  : 点  $r_j$  を含む微小面積  
 $n$  : 点  $r_j$  における微小面積  $ds$  に対する法線  
 $u_n(r_j)$  : 点  $r_j$  における法線  $n$  方向の粒子速度  
 $\omega$  : オーディオ信号の角周波数  
 $\rho$  : 空気の密度  
 $c$  : 音速 (= 340m/s)  
 $k$  :  $\omega / c$

とすると、キルヒホッフの積分公式は図 2 における (1) 式で示される。

10

## 【0013】

これは、閉曲面  $S$  上の点  $r_j$  の音圧  $p(r_j)$  と、その点  $r_j$  における法線  $n$  の方向の粒子速度  $u_n(r_j)$  とを適切に制御することができれば、閉曲面  $S$  の内部空間の音場を再現できることを意味している。

## 【0014】

そこで、例えば図 3 A に示すように、左側に音源  $SS$  が配置され、右側に半径  $R$  の閉曲面  $SR$  (破線図示) が配置されているとする。すると、音源  $SS$  により閉曲面  $SR$  の内部空間に生じる音場は、上記のように閉曲面  $SR$  上の音圧および粒子速度を制御すれば、音源  $SS$  がなくても再現が可能である。そして、このとき、音源  $SS$  の位置に仮想音源  $VSS$  を生じることになる。つまり、閉曲面  $SR$  上の音圧および粒子速度を適切に制御すれば、閉曲面  $SR$  の内側にいるリスナは、音源  $SS$  の位置に仮想音源  $VSS$  が存在するかのように音響を知覚する。

20

## 【0015】

次に、閉曲面  $SR$  の半径  $R$  を無限大にすると、図 3 A に実線で示すように、閉曲面  $SR$  は平面  $SSR$  となる。そして、この場合も、音源  $SS$  により閉曲面  $SR$  の内部空間、すなわち、平面  $SSR$  の右側に生じる音場は、平面  $SSR$  上の音圧および粒子速度を制御することにより、音源  $SS$  がなくても再現が可能である。また、このときも、音源  $SS$  の位置に仮想音源  $VSS$  を生じる。

## 【0016】

つまり、平面  $SSR$  上のすべての点における音圧および粒子速度を適切に制御すれば、平面  $SSR$  よりも左側に仮想音源  $VSS$  を配置し、右側に音場を配置することができ、その音場を受聴空間とすることができる。

30

## 【0017】

実際には、図 3 B にも示すように、平面  $SSR$  を有限の広さとし、この平面  $SSR$  上における有限の点  $CP1 \sim CPx$  の音圧および粒子速度を制御すればよい。なお、以下においては、平面  $SSR$  上の、音圧および粒子速度の制御される点  $CP1 \sim CPx$  を「制御点」と呼ぶものとする。

## 【0018】

〔2〕 制御点  $CP1 \sim CPx$  における音圧および粒子速度の制御について

制御点  $CP1 \sim CPx$  における音圧および粒子速度を制御するには、図 4 にも示すように、(A) 平面  $SSR$  の音源側に、複数  $m$  個のスピーカ  $SP1 \sim SPm$  を、平面  $SSR$  と例えば平行に配置する。なお、このスピーカ  $SP1 \sim SPm$  はスピーカアレイを構成するものである。(B) スピーカ  $SP1 \sim SPm$  に供給されるオーディオ信号を制御して制御点  $CP1 \sim CPx$  における音圧および粒子速度を制御する。

40

とすればよい。

## 【0019】

このようにすれば、スピーカ  $SP1 \sim SPm$  から出力される音波が波面合成され、あたかも仮想音源  $VSS$  から音波が出力されているかのように作用するとともに、所望の音場を形成することができる。なお、スピーカ  $SP1 \sim SPm$  から出力される音波が波面合成される位置は、平面  $SSR$  となるので、以下においては、平面  $SSR$  を「波面合成面」と呼ぶものとする。

50

する。

【0020】

〔3〕 波面合成の様子

図5は、波面合成の様子の一例をシミュレーションにより示すものである。スピーカ  $S P 1 \sim S P m$  に供給されるオーディオ信号の処理内容・処理方法については後述するが、この例においては、各値を以下のように設定した場合である。

スピーカの数  $m$  : 16個

スピーカの間隔 : 10cm

スピーカの口径 : 8 cm

制御点の位置 : スピーカからリスナ側に10cmの位置

制御点の数 : 1.3cm間隔で1列に116点

仮想音源の位置 : 受聴領域の前方1 m (図5 Aの場合)

受聴領域の前方3 m (図5 Bの場合)

受聴領域の広さ : 2.9m (前後方向) × 4 m (左右方向)

なお、

$w$  : スピーカの間隔 [ m ]

$c$  : 音速 ( = 340m/s )

$f_{hi}$  : 再生上限周波数 [ Hz ]

とすれば、

$$f_{hi} = c / ( 2 w )$$

となる。したがって、スピーカ  $S P 1 \sim S P m$  ( $m = 16$ ) の間隔  $w$  は狭くすることが好ましく、そのためにはスピーカ  $S P 1 \sim S P m$  の口径を小さくする必要がある。

【0021】

また、スピーカ  $S P 1 \sim S P m$  に供給されるオーディオ信号をデジタル処理している場合には、そのサンプリングによる影響を除くため、制御点  $C P 1 \sim C P x$  の間隔は、そのサンプリング周波数に対応する波長の  $1/4 \sim 1/5$  以下にすることが好ましい。上記の数値例においては、サンプリング周波数を 8 k Hz としたので、制御点  $C P 1 \sim C P x$  の間隔を上記のように 1.3cm としている。

【0022】

そして、図5によれば、スピーカ  $S P 1 \sim S P m$  から出力された音波は、仮想音源  $V S S$  から出力された音波であるかのように波面合成され、受聴領域にきれいな波紋が描かれている。つまり、波面合成が適切に行われ、目的とする仮想音源  $V S S$  および音場が形成されていることがわかる。

【0023】

また、上記のように図5 A の場合には、仮想音源  $V S S$  の位置が受聴領域の前方1 m であって、仮想音源  $V S S$  が平面  $S S R$  に比較的近いので、波紋の曲率は小さい。しかし、図5 B の場合には、仮想音源  $V S S$  の位置が受聴領域の前方3 m であって、仮想音源  $V S S$  が図5 A の場合よりも平面  $S S R$  から遠ざかっているため、波紋の曲率は図5 A の場合よりも大きくなっている。つまり、仮想音源  $V S S$  を遠ざけるにつれて、音波は平行波面に近づいていくことがわかる。

【0024】

〔4〕 波面合成のアルゴリズム

波面合成面  $S S R$  における波面合成は、例えば図4において、仮想音源  $V S S$  の位置の音源  $S S$  によって制御点  $C P 1 \sim C P x$  に生じる信号と、スピーカ  $S P 1 \sim S P m$  によって制御点  $C P 1 \sim C P x$  に生じる信号との差が最小となるように、スピーカ  $S P 1 \sim S P m$  から出力される信号を制御すればよい。

【0025】

そこで、図6 A に示すように、

$u ( )$  : 仮想音源  $V S S$  の出力信号、つまり、原オーディオ信号

$A ( )$  : 仮想音源  $V S S$  から制御点  $C P 1 \sim C P x$  までの伝達関数

10

20

30

40

50

$d(\ )$  : 制御点  $C P 1 \sim C P x$  に得られるべき信号 ( 希望信号 )  
 とすると、原オーディオ信号  $u(\ )$  に伝達関数  $A(\ )$  を畳み込んだ信号が、希望信号  $d(\ )$  であるから、

$$d(\ ) = A(\ ) \cdot u(\ )$$

となる。この場合、仮想音源  $V S S$  から制御点  $C P 1 \sim C P x$  までの伝達特性を求めておくことにより、伝達関数  $A(\ )$  を規定できる。

【 0 0 2 6 】

また、図 6 B に示すように、

$H(\ )$  : 適切な波面合成を実現するために信号  $u(\ )$  に畳み込む伝達関数

$C(\ )$  : スピーカ  $S P 1 \sim S P m$  から制御点  $C P 1 \sim C P m$  までの伝達関数

$q(\ )$  : 波面合成により実際に制御点  $C P 1 \sim C P x$  に再現される信号

とすると、同様に、

$$q(\ ) = C(\ ) \cdot H(\ ) \cdot u(\ )$$

となる。この場合、スピーカ  $S P 1 \sim S P m$  から制御点  $C P 1 \sim C P x$  までの伝達特性を求めておくことにより、伝達関数  $C(\ )$  を規定できる。

【 0 0 2 7 】

そして、伝達関数  $H(\ )$  を制御して再現信号  $q(\ )$  を希望信号  $d(\ )$  に等しくすれば、このときの再現信号  $q(\ )$  により適切な波面合成が実現され、希望信号  $d(\ )$  により形成した音場および音像と同等の音場および音像を再現することができる。

【 0 0 2 8 】

したがって、

$$e(\ ) = d(\ ) - q(\ )$$

で示されるエラー信号  $e(\ )$  を求め、値  $e(\ )^T \cdot e(\ )$  が最小となるように伝達関数  $H(\ )$  を制御することになる。なお、最小二乗解は、

$$H(\ ) = C(\ )^T \cdot A(\ ) / ( C(\ )^T \cdot C(\ ) )$$

となる。

【 0 0 2 9 】

また、仮想音源  $V S S$  を理想点音源とするには、

$$Q(\ ) = e( - j x / c ) / x$$

$x$  : 距離

$c$  : 音速

で示される伝達関数  $Q(\ )$  を、伝達関数  $A(\ )$  および  $C(\ )$  に代入して伝達関数  $H(\ )$  を求めればよい。

【 0 0 3 0 】

〔 5 〕 生成回路

上記の〔 4 〕にしたがって原オーディオ信号  $u(\ )$  から再現オーディオ信号  $q(\ )$  を生成する場合、その生成回路は例えば図 7 に示すように構成することができる。なお、この生成回路は、スピーカ  $S P 1 \sim S P m$  のそれぞれごとに設けられるもので、これを生成回路  $W F 1 \sim W F m$  とする。

【 0 0 3 1 】

すなわち、生成回路  $W F 1 \sim W F m$  のそれぞれにおいて、デジタル化された原オーディオ信号  $u(\ )$  が、入力端子 1 1 を通じてデジタルフィルタ 1 2 に供給されて希望信号  $d(\ )$  とされる。また、信号  $u(\ )$  が、デジタルフィルタ 1 3 およびデジタルフィルタ 1 4 に順に供給されて再現信号  $q(\ )$  とされる。そして、これら信号  $d(\ )$ 、 $q(\ )$  が減算回路 1 5 に供給されてエラー信号  $e(\ )$  が取り出され、この信号  $e(\ )$  が変換回路 1 7 により制御信号に変換され、この制御信号により、エラー信号  $e(\ )$  が最小となるようにデジタルフィルタ 1 3 の伝達関数  $H(\ )$  が制御される。

【 0 0 3 2 】

したがって、デジタルフィルタ 1 4 から出力される再現信号  $q(\ )$  を、スピーカ  $S P 1 \sim S P m$  のうち、対応するスピーカに供給すれば、仮想音源  $V S S$  が形成されるとともに、

10

20

30

40

50

その位置に音像が形成される。

【0033】

〔6〕 実施例

図8は、上述の〔1〕～〔5〕にしたがって仮想音源VSSの位置に揺らぎを与える、あるいは仮想音源VSSの位置を移動させるようにした再生装置の一例を示す。すなわち、CDプレーヤ、DVDプレーヤ、デジタル放送チューナなどの信号源SCからデジタルオーディオ信号 $u()$ が取り出され、この信号 $u()$ が生成回路WF1～WFmに供給されて再現信号 $q()$ に対応する再現信号 $q1()$ ～ $qm()$ が生成される。そして、これら信号 $q1()$ ～ $qm()$ がD/Aコンバータ回路DA1～DAmに供給されてアナログのオーディオ信号にD/A変換され、これら信号がパワーアンプPA1～PAmを通じてスピーカSP1～SPmに供給される。 10

【0034】

なお、この場合、スピーカSP1～SPmは、例えば図4により説明したように、リスナの前方に水平に配置され、スピーカアレイを構成している。具体的には、〔3〕により説明したとおりとすることができる。

【0035】

また、仮想音源VSSの位置を設定するため、音源位置設定回路22が設けられて所定の制御信号S22が形成され、この制御信号S22が生成回路WF1～WFmのデジタルフィルタ13～13に供給されてそれらの伝達関数 $H1()$ ～ $Hm()$ が制御される。この結果、音源位置設定回路22の操作手段23を操作すると、その操作につれて生成回路WF1～WFmのデジタルフィルタ13～13の伝達関数 $H1()$ ～ $Hm()$ が制御され、仮想音源VSSの位置が、例えば図5AおよびBに示すように、あるいはさらに他の位置へと変更される。 20

【0036】

さらに、仮想音源VSSの位置に揺らぎを与えるため、揺らぎ制御回路24が設けられて揺らぎ制御信号S24が形成され、この制御信号S24により音源位置設定回路22が制御され、その結果、制御信号S22により設定される仮想音源VSSの位置に揺らぎが与えられる。

【0037】

この揺らぎの禁止・許可、種類(波形)、大きさ、周波数(速度)、規則性の有無などのパラメータは、揺らぎ制御回路24に接続された操作手段25を通じてリスナ(ユーザ)により選択あるいは設定される。なお、このとき、 $1/f$ 揺らぎのように、揺らぎの周波数が高くなるほど振幅を小さくすることができる。 30

【0038】

図9は制御信号S24の制御により得られる揺らぎの例を示す。図9Aは、仮想音源VSSが、本来の位置を中心にして、その前後方向、左右方向、上下方向、あるいはこれらを組み合わせた方向に揺らぐ場合である。また、図9Bは、仮想音源VSSが3次元空間における所定の面内で回転する場合であり、図9Cは、あらかじめ用意しておいた関数の示すコースに沿って立体的に移動する場合である。

【0039】

さらに、図9Dは、仮想音源VSSの大きさが変化する場合である。この場合には、例えば、スピーカSP1～SPmを複数組に分割し、それぞれの組により形成される仮想音源位置を異ならせるとともに、その組み合わせを変更すればよい。なお、これら図9A～Dの揺らぎは組み合わせることも可能で、仮想音源VSSが例えば図9Bに示すように回転しながら図9Dに示すように大きさも変化するように制御することもできる。そして、これらの揺らぎのパターンも、操作手段25を通じてリスナ(ユーザ)により選択あるいは設定される。 40

【0040】

こうして、図8に示した再生装置においては、再現される仮想音源VSSの位置に揺らぎを与えたり、位置を変化させたりすることができる。したがって、この再生装置によれば 50

、音楽の再生時であれば、実際に楽器を演奏しているかのように、自然で、躍動感や臨場感にあふれ、ふくらみのある音場や音源を提供することができる。あるいは音声であれば、息使いのわかるようなリアリティを出すことができる。

【0041】

さらに、音源の移動状態をシミュレートしたり、デフォルメした特殊効果を作り出ししたりすることができる。特に、アニメやゲームあるいはSF映画などの映像をともなうような場合には、より効果的な音像処理を行うことができる。例えば、音源が遠くからリスナに向かって近づいてくる場合、そのように仮想音源VSSの位置を制御すると同時に、音源が近づくにつれて仮想音源VSSの大きさが次第に大きくなるように制御すれば、よりいっそうの迫力や臨場感を与えることができる。

10

【0042】

〔7〕 その他

上述においては、複数m個のスピーカSP1~SPmを1列に水平に配置してスピーカアレイを構成した場合であるが、垂直面内に複数行×複数列にわたってマトリックス状に配置してスピーカアレイを構成することもできる。また、上述においては、スピーカSP1~SPmと、平面SSRとは平行であるとしたが、平行である必要はなく、さらに、スピーカSP1~SPmは直線状あるいは平面状に配置しなくてもよい。

【0043】

また、方向に関する聴覚は、水平方向には感度や識別能力は高いが、垂直方向には低いので、スピーカSP1~SPmを、十字状あるいは逆T字状に配置してもよい。さらに、AVシステムと一体化するような場合には、スピーカSP1~SPmをディスプレイの上下左右に枠状に配置したり、ディスプレイの上あるいは下と左右とに冂字状あるいは凵字状に配置したりすることもできる。

20

【0044】

さらに、映像をともなう場合には、その映像となるビデオ信号にしたがって仮想音源VSSの揺らぎを制御することもできる。

【0045】

〔略語の一覧〕

AV : Audio and Visual  
 CD : Compact Disc  
 D/A : Digital to Analog  
 SF : Science Fiction

30

【図面の簡単な説明】

【0046】

【図1】この発明を説明するための音響空間の図である。

【図2】この発明を説明するための数式を示す図である。

【図3】この発明を説明するための音響空間の図である。

【図4】この発明による音響空間の一例を示す図である。

【図5】この発明における波面合成の様子を示す図である。

【図6】この発明を説明するための音響空間の図である。

40

【図7】この発明に使用できる回路の一形態を示す系統図である。

【図8】この発明の一形態を示す系統図である。

【図9】この発明を説明するための図である。

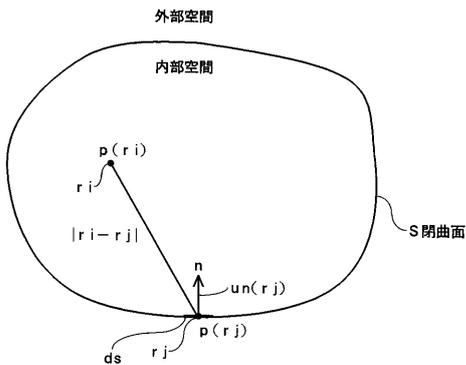
【図10】一般のステレオ音場を説明するための図である。

【符号の説明】

【0047】

12、13および14...デジタルフィルタ、17...変換回路、22...音源位置設定回路、24...揺らぎ制御回路、SC...信号源、SP1~SPm...スピーカ、WF1~WFm...生成回路

【 図 1 】



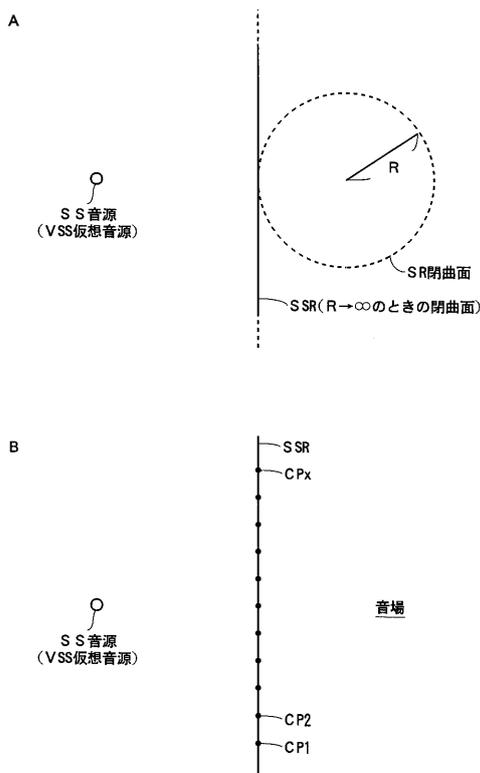
【 図 2 】

$$p(r_i) = \int_S \left( p(r_j) \frac{\partial G_{ij}}{\partial n} + j \omega \rho un(r_j) G_{ij} \right) ds \quad \dots (1)$$

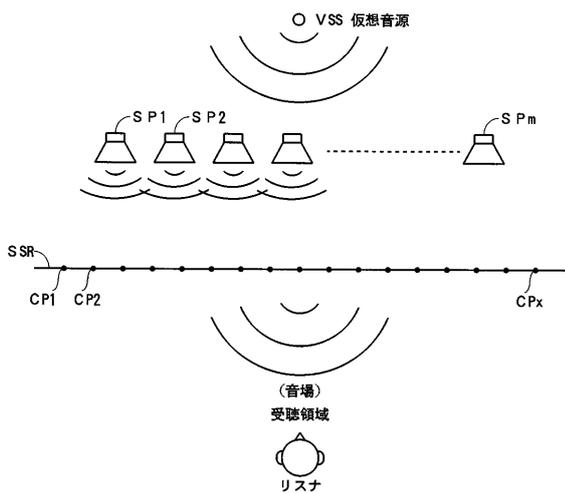
ただし、

$$G_{ij} = \frac{e^{-jk|r_i - r_j|}}{4\pi|r_i - r_j|}$$

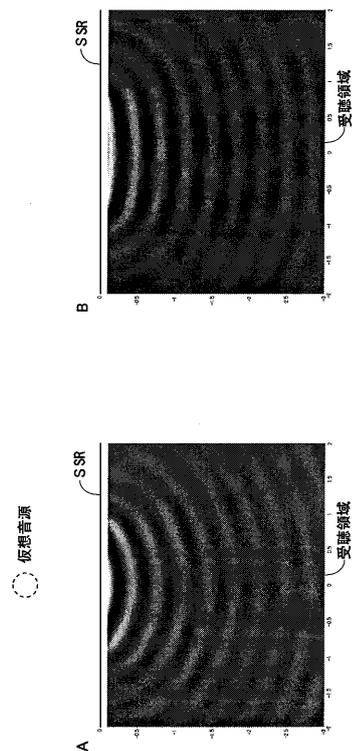
【 図 3 】



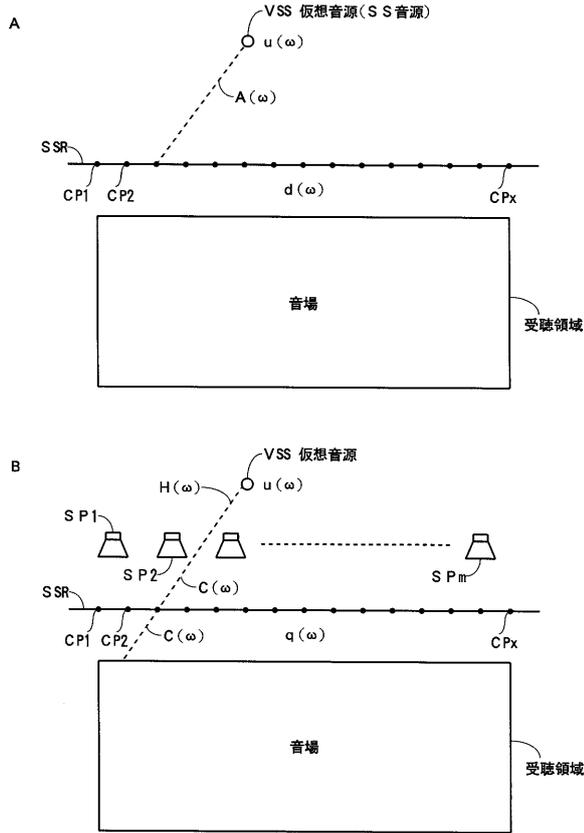
【 図 4 】



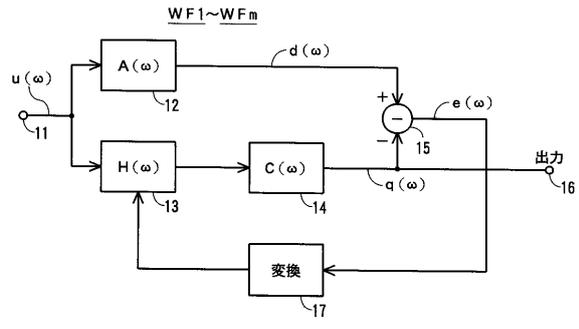
【 図 5 】



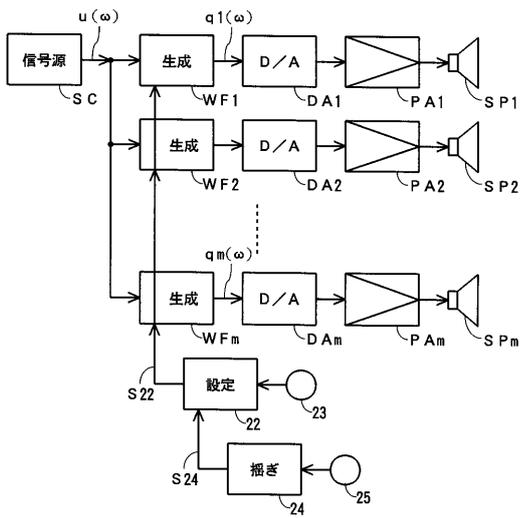
【 図 6 】



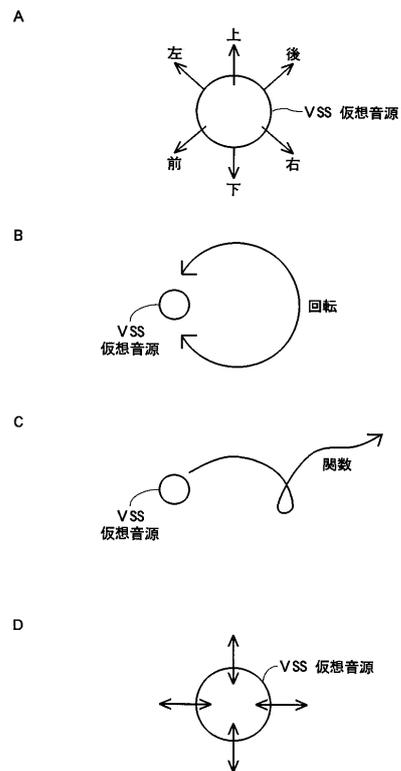
【 図 7 】



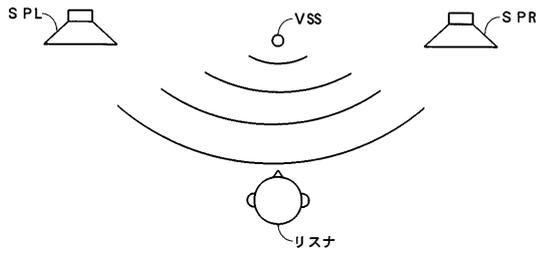
【 図 8 】



【 図 9 】



【図10】



---

フロントページの続き

(72)発明者 矢部 進  
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 山下 功誠  
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

Fターム(参考) 5D018 AF22  
5D062 AA66