

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-78999

(P2003-78999A)

(43)公開日 平成15年3月14日(2003.3.14)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード*(参考)

H 0 4 S 7/00

H 0 4 S 7/00

F 5 D 0 6 2

G 1 0 K 15/00

G 1 0 K 15/00

M

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願2001-264413(P2001-264413)

(71)出願人 800000080

タマティールエルオー株式会社

東京都八王子市旭町9番1号 八王子スク

エアビル11階

(22)出願日 平成13年8月31日(2001.8.31)

(72)発明者 松本 光雄

東京都八王子市中野町2665-1 工学院大

学内

(72)発明者 東山 三樹夫

東京都八王子市中野町2665-1 工学院大

学内

(74)代理人 100094053

弁理士 佐藤 隆久

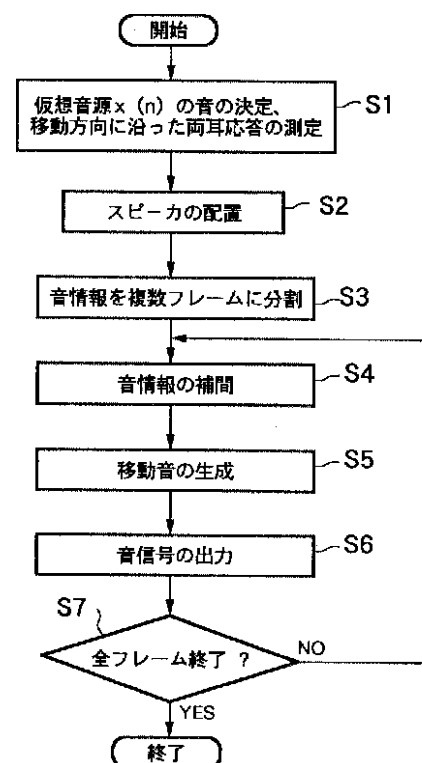
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 3次元移動音生成方法とその装置

(57)【要約】

【課題】 3次元的に音を正確に移動させる3次元移動音生成方法及装置を提供する。

【解決手段】 3次元移動音生成方法は、複数の音再生手段を移動音を再生可能に3次元状に配設するステップ2と、移動方向に沿った複数の位置における複数の仮想音源における予め得られた音情報と、移動する音情報をさせるべき予め得られた視聴者の両耳応答とを、ある位置における仮想音源x(n)における音情報とその位置に対する両耳応答 $h_k(n)$ とを次式： $h_k(n) \times x(n) = y(n)$ 、 $y(n)$ は音信号に基づいて畳み込み、前回のサンプリング処理のときの繰越分を残響成分として上記畳み込み結果に加算し、前回までのサンプリングにおける処理結果を今回の処理結果を結合するステップ5と、前記生成された音信号を前記複数の音再生手段に、前記仮想音源から発せられた音が移動していくように出力する音出力ステップ6とを有する。3次元移動音生成装置は上記方法を実施する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】複数の音再生手段を移動音を再生可能に 3 次元状に配設する段階と、
 移動方向に沿った複数の位置における複数の仮想音源における予め得られた音情報と、移動する音情報を定位させるべき予め得られた視聴者の両耳応答とを、ある位置における仮想音源における音情報とその位置に対する両耳応答を用いて畳み込み、前回の処理のときの繰越分を残響成分として上記畳み込み結果に加算し、前回までの処理結果と今回の処理結果とを結合する段階と、
 前記生成された音信号を前記複数の音再生手段に、前記仮想音源から発せられた音が移動していくように出力する音出力段階と、
 を有する 3 次元移動音生成方法。

【請求項 2】前記音情報と両耳応答との畳み込み演算を下記の演算式に従って行うことを特徴とする、

【数 1】 $h_k(n) * x(n) = y(n)$

ただし、 $x(n)$ は n 番目の位置における仮想音源であり、 $h_k(n)$ は k 番目の仮想音源位置 $x(n)$ と視聴者の両耳（左右の耳の）との間の応答であり、 $y(n)$ は音信号である。

請求項 1 記載の 3 次元移動音生成方法。

【請求項 3】前記処理結果には、それ以前の処理における音情報の直接音を含まない、

請求項 2 記載の 3 次元移動音生成方法。

【請求項 4】一連の複数の仮想音源の音情報を複数フレームに分割し、該フレームに分割された音情報について上記演算処理を行う、

請求項 1 ~ 3 いずれか記載の 3 次元移動音生成方法。

【請求項 5】前記各フレームに分割した音について、移動方向に沿って隣接する仮想音源の間、あるいは、隣接した補間仮想音源の間を複数に補間した補間仮想音源に対する音情報を補間する、

請求項 4 記載の 3 次元移動音生成方法。

【請求項 6】移動音を再生可能に 3 次元状に配設された複数の音再生手段と、

移動方向に沿った複数の位置における複数の仮想音源における予め得られた音情報と、移動する音情報を定位させるべき予め得られた視聴者の両耳応答とを、ある位置における仮想音源における音情報とその位置に対する両耳応答を用いて畳み込み、前回の処理のときの繰越分を残響成分として上記畳み込み結果に加算し、前回までの処理結果と今回の処理結果とを結合する演算処理手段と、

前記生成された音信号を前記複数の音再生手段に前記仮想音源から発せられた音が移動していくように出力する音出力手段と、

を有する 3 次元移動音生成装置。

【請求項 7】前記演算処理手段は、前記音情報と両耳応答との畳み込み演算を下記の演算式に従って行う、

【数 2】 $h_k(n) * x(n) = y(n)$

ただし、 $x(n)$ は n 番目の位置における仮想音源であり、 $h_k(n)$ は k 番目の仮想音源位置 $x(n)$ と視聴者の両耳（左右の耳の）との間の応答であり、 $y(n)$ は音信号である。

請求項 6 記載の 3 次元移動音生成装置。

【請求項 8】前記演算処理手段における前記処理結果には、それ以前の処理における音情報の直接音を含まない、

10 請求項 7 記載の 3 次元移動音生成装置。

【請求項 9】前記演算処理手段は、一連の複数の仮想音源の音情報を複数フレームに分割し、該フレームに分割された音情報について上記演算処理を行う、
 請求項 6 ~ 8 いずれか記載の 3 次元移動音生成装置。

【請求項 10】前記演算処理手段は、前記各フレームに分割した音について、移動方向に沿って隣接する仮想音源の間、あるいは、隣接した補間仮想音源の間を複数に補間した補間仮想音源に対する音情報を補間する、
 請求項 9 記載の 3 次元移動音生成装置。

20 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は 3 次元移動音を生成する方法と装置に関する。

【0002】

【従来の技術】コンピュータゲーム、遠隔会議、航空管制など音に関して仮想現実感を体験させるような場合、視聴者に対して、音が移動していく状況が要望されている。たとえば、コンピュータゲームにおいて、戦闘機が視聴者に接近し、去っていく映像を提供する際、その戦闘機の移動に関連づけた音を生成することが行われている。同様に、航空管制において複数の航空機の位置およびその移動位置に応じた航空機の音、もしくはその時の機長の声を管制官に聞かせると臨場感が高まり管制官の認識が向上することが期待されている。逆に、不確かな航空機の移動音は管制官のご判断を招く可能性もある。このように、正確に視覚と聴覚とを関連づけた情報を提供することは種々の分野で有効である。視聴者に対して、3 次元的に移動する映像および音声を提供する技術のうちで、本発明は特に、移動音を生成する方法と装置に関する。

30

40

【0003】3 次元的に移動音を生成する従来の試みについて例示する。第 1 例として、ステレオ再生装置が知られている。ステレオ再生装置においては、たとえば、視聴者の前方の左右に 2 個のスピーカを離して設置し、音再生装置から 2 個のスピーカに出力する音信号の音量を音の移動に対応させて変化させていく。しかしながら、このような方法では正確な移動音の提供にはならない。第 2 例としては、仮想音源位置と視聴者の両耳との間のインパルス応答または伝達関数を減衰器、遅延器、および、1 対のスピーカによって模擬して希望する位置

50

に音像を定位させる技術が知られている。しかしながら、このような方法でも音像を希望するようには動かすことはできないので、この方法も正確な移動音の提供にはならない。

【0004】音像を移動させる方法として、たとえば、図9に図解したように複数の仮想音源を準備し、それらの仮想音源を順次（逐次）切り換えていく方法も試みられている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、図9に図解した方法において、仮想音源が2つの実音源、たとえば、スピーカの間にあるとき、同時に2か所からの音によって音像が形成されることになるため、音像がぼけて曖昧になり、実際に音源が移動した状況とは物理的に異なるという不具合がある。

【0006】本発明の目的はより正確な移動音像を提供可能な3次元移動音生成技術を提供することにある。本発明の他の目的は、視聴者の両耳特性をも考慮して、より正確な移動音像を提供可能な3次元移動音生成技術を提供することにある。本発明のさらに他の目的は、比較的簡易な方法で、上記より正確な移動音像を提供可能な3次元移動音生成技術を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明の第1の観点によれば、(a)複数の音再生手段を移動音を再生可能な3次元状に配設する段階と、(b)移動方向に沿った複数の位置における複数の仮想音源における予め得られた音情報と、移動する音情報を定位させるべき予め得られた視聴者の両耳応答とを、ある位置における仮想音源における音情報とその位置に対する両耳応答を用いて畳み込み、前回の処理のときの繰越分を残響成分として上記畳み込み結果に加算し、前回までの処理結果と今回の処理結果とを結合する段階と、(c)前記生成された音信号を前記複数の音再生手段に、前記仮想音源から発せられた音が移動していくように出力する音出力段階とを有する3次元移動音生成方法が提供される。

【0008】好ましくは、前記音情報と両耳応答 $h_k(n)$ との畳み込み演算を下記の演算式に従って行うことを特徴とする。

【数3】 $h_k(n) * x(n) = y(n)$

ただし、 $x(n)$ は n 番目の位置における仮想音源であり、 $h_k(n)$ は k 番目の仮想音源位置 $x(n)$ と視聴者の両耳（左右の耳の）との間の応答であり、 $y(n)$ は音信号である。

【0009】さらに好ましくは、前記処理結果には、それ以前の処理における音情報の直接音を含まない。

【0010】また好ましくは、一連の複数の仮想音源の音情報を複数フレームに分割し、該フレームに分割された音情報について上記演算処理を行う。

【0011】さらに好ましくは、前記各フレームに分割

した音について、移動方向に沿って隣接する仮想音源の間、あるいは、隣接した補間仮想音源の間を複数に補間した補間仮想音源に対する音情報を補間する。

【0012】本発明の第2の観点によれば、上記3次元移動音生成方法を実施する装置、すなわち、3次元移動音生成装置が提供される。当該3次元移動音生成装置は、(イ)移動音を再生可能な3次元状に配設された複数の音再生手段と、(ロ)移動方向に沿った複数の位置における複数の仮想音源における予め得られた音情報と、移動する音情報を定位させるべき予め得られた視聴者の両耳応答とを、ある位置における仮想音源における音情報とその位置に対する両耳応答を用いて畳み込み、前回の処理のときの繰越分を残響成分として上記畳み込み結果に加算し、前回までの処理結果と今回の処理結果とを結合する演算処理手段と、(ハ)前記生成された音信号を前記複数の音再生手段に前記仮想音源から発せられた音が移動していくように出力する音出力手段と、を有する。

【0013】事前に音像を移動させたい経路に沿った、少なくとも、主要な位置における複数の仮想音源の音を決定し、その時の移動方向に沿った視聴者の両耳応答を測定しておく。主要な位置の仮想音源とする意味は、データ数を必要最小限にするため、主要な位置についてのみ、仮想音源を決定してその両耳応答を測定し、その間の位置の仮想音源は補間により推定させるためである。もちろん、極力、多数の位置における仮想音源と両耳応答を測定することが望ましい。仮想音源は移動音像の移動経路、そのときの音量、高低、その他の音条件を考慮して決定する。また、仮想音源に対する左右の耳の位置が異なるから、左右の耳ごとに両耳応答を測定することが望ましい。

【0014】視聴者の両耳応答については、上述したように、特定の視聴者についての両耳応答を測定してもよいし、不特定多数に対する標準的な両耳応答でもよい。

【0015】このようにして得られた仮想音源 $x(n)$ の音情報および両耳応答 $h_k(n)$ を上記式を用いて演算し、その結果をスピーカなどの音再生手段に順次出力していくことにより、両耳応答を考慮した移動音を再生することができる。

【0016】

【発明の実施の形態】本発明の基本事項について述べる。本発明の発明者の研究によれば、図1に図解したように、仮想音源 $x(n)$ が視聴者Hの周囲を1サンプル毎に方向を変えて移動したとき、対応する方向の視聴者Hの両耳 L_e 、 R_e で再生される音信号 $y(n)$ は下記式1で表されることが判った。

【0017】両耳応答 $h_k(n)$ におけるインデックス n は n 番目の位置を示し、 $h_k(n)$ は k 番目の仮想音源位置 $x(n)$ と視聴者Hの両耳との間の応答を示す。たとえば、 $h_0(0)$ 、 $h_1(0)$ 、 $h_2(0)$ はそれぞれ、0、

1、2番目における仮想音源 $x(0)$ 、 $x(1)$ 、 $x(2)$ と視聴者の両耳との間の応答 $h_k(n)$ である。また、たとえば、 $h_2(0)$ は、サンプル位置 2 において、仮想音源 *

$$\begin{aligned}
 y(0) &= h_0(0)x(0) \\
 y(1) &= h_0(1)x(0) + h_1(0)x(1) \\
 y(2) &= h_0(2)x(0) + h_1(1)x(1) + h_2(0)x(2) \\
 &\vdots \\
 &\dots(1)
 \end{aligned}$$

* $x(0)$ を残響として感じる両耳応答である。

【0018】

【数4】

【0019】式1の意味を図2を参照して述べる。図2は仮想音源 $x(n)$ が移動したときに視聴者Hの両耳で感じる音信号を図解した図である。

(1) 視聴者の両耳で感覚される音信号 $y(0)$ は、0番目の仮想音源 $x(0)$ × 両耳応答 $h_0(0)$ になる。

(2) 視聴者の両耳で感覚される音信号 $y(1)$ は、1番目の仮想音源 $x(1)$ × 両耳応答 $h_1(0)$ と、前のサンプル位置 0 における仮想音源 $x(0)$ × 両耳応答 $h_0(1)$ との和となる。 $x(0)$ × $h_0(1)$ で規定される成分は、仮想音源 $x(n)$ の残響成分を示している。

(3) 視聴者の両耳で感覚される音信号 $y(2)$ は、0番目の仮想音源 $x(0)$ × 両耳応答 $h_0(2)$ と、1番目の仮想音源 $x(1)$ × 両耳応答 $h_1(1)$ と、2番目の仮想音源 $x(2)$ × 両耳応答 $h_2(0)$ との和となる。この場合は、 $x(0)$ × $h_0(2)$ の項が仮想音源 $x(0)$ による残響成分、 $x(1)$ × $h_1(1)$ が仮想音源 $x(1)$ による残響成分を意味している。

もちろん、仮想音源 $x(1)$ による残響成分は、図1に図解した例示および一般的な見地から時間の経過とともに減衰していくから、たとえば、音信号 $y(1)$ に含まれる $x(0)$ × $h_0(1)$ は音信号 $y(2)$ に含まれる $x(0)$ × $h_0(2)$ より大きい。換言すれば、 $x(0)$ × $h_0(2)$ は $x(0)$ × $h_0(1)$ より小さい。

【0020】本発明においては、仮想音源 $x(n)$ の音信号 $y(n)$ に対して、それ以前の残響音を考慮しているが、それ以前の直接音成分、たとえば、1つ前の直接音の仮想音源 $x(n-1)$ 、2つ前の直接音の仮想音源 $x(n-2)$ それ自体を含めていないことである。換言すれば、本発明においては、従来方法のように、単に音の強弱を変化させるだけで前の処理の音の成分を次の処理の音成分に重畳した方法とは異なり、仮想音源 $x(n)$ そのものを次の処理の音信号 $y(n)$ には含めず、従来方法における重複音による曖昧さを克服している。

【0021】本例においては、デジタル信号処理装置を用いて仮想音源 $x(n)$ などの扱いをサンプル処理したものとしているが、もちろん、アナログ信号を連続的に処理した場合でもよい。ただし下記の記述においては、デジタル信号処理した場合について述べる。

【0022】図1の図解は、視聴者と一定の距離を保って視聴者の周囲を回るように仮想音源 $x(n)$ が移動していく場合を例示したが、視聴者と仮想音源 $x(n)$ との移

10 動関係は、図1の図解に限らず、任意であってもよい。たとえば、仮想音源 $x(n)$ が視聴者に向かって直線的に接近し、そして、遠ざかる方向に移動してもよい。また、視聴者と仮想音源 $x(n)$ との移動関係は二次元状態に限らず、3次元的であってもよい。以下、簡単化のため、図1に図解したように、二次元空間において仮想音源 $x(n)$ が移動する場合を例示する。

【0023】図3に図解したように、仮想音源 $x(n)$ から視聴者Hの左右の両耳 L_e 、 R_e への距離 d_l 、 d_r は異なる。したがって、視聴者の両耳応答 $h_k(n)$ 、すなわち、左右の耳の応答は、視聴者Hと仮想音源 $x(n)$ との位置に応じて異なるから、視聴者の両耳応答 $h_k(n)$ を、視聴者と仮想音源 $x(n)$ との離隔間隔に応じて異ならせる。

【0024】通常、視聴者Hは仮想音源 $x(n)$ の位置に応じて顔の向きを変化させる可能性が高い。しかし、ここでは、視聴者Hは仮想音源 $x(n)$ の位置に応じて顔の向きを変化させないと仮定して述べる。もし、視聴者Hが仮想音源 $x(n)$ の移動に合わせて顔の向きを変え、その結果、視聴者Hの両耳応答 $h_k(n)$ に相違がない場合は、その処理は簡単になる。

【0025】視聴者の聴覚は個人差があるから、視聴者の両耳応答 $h_k(n)$ は視聴者によっても異なる。したがって、厳密には視聴者に応じて両耳応答 $h_k(n)$ を異ならせることが望ましい。視聴者が特定される場合などには、その視聴者に応じた両耳応答 $h_k(n)$ を用いることが望ましい。ただし、簡便化のためには、あるいは、多数の不特定の視聴者を対象とする場合は、標準的な視聴者についての両耳応答 $h_k(n)$ を用いてもよい。以下の記述においては、視聴者についてはこだわらないで述べる。

【0026】式1は行列を用いて下記式2で表すことができる。仮想音源 $x(n)$ が移動するときは、式2の左辺の視聴者の両耳の応答から行列の各列のベクトルは同じではない。このことは通常の畳み込みとは異なることを示している。仮想音源 $x(n)$ の移動方向が m サンプル毎に変化するとき、視聴者の両耳における音信号は、図2を参照して上述したように、対応する移動方向の両耳応答 $h_k(n)$ との畳み込みとなる。

【0027】

【数5】

$$\begin{matrix} 7 \\ \begin{pmatrix} h_0(0) & 0 & 0 & 0 \\ h_0(1) & h_1(0) & 0 & 0 \\ h_0(2) & h_1(1) & h_2(0) & 0 \\ \vdots & h_1(2) & h_2(1) & \ddots \end{pmatrix} \end{matrix} \begin{matrix} x(0) \\ x(1) \\ x(2) \\ \vdots \end{matrix} = \begin{matrix} y(0) \\ y(1) \\ y(2) \\ \vdots \end{matrix} \dots(2)$$

【0028】式2を一般的に表現すれば、下記式3で表される。下記式3は、〔課題を解決するための手段〕において記載した式と実質的に同じである。

$$h_k(n) * x(n) = y(n)$$

ただし、 $x(n)$ は n 番目の位置における仮想音源であり、 $h_k(n)$ は k 番目の仮想音源位置 $x(n)$ と視聴者の両耳（左右の耳の）との間の応答であり、 $y(n)$ は音信号である。

【0030】実験結果

上記方法により、仮想音源 $x(n)$ が1サンプルあたり x 移動するときの視聴者の両耳応答 $h_k(n)$ をシミュレーションによって算出した結果と、実測した結果とを比較した結果を図4のグラフに示す。

【0031】本発明に基づく仮想音源 $x(n)$ が1サンプル当たり 4.5×10^{-4} 度(°)移動したとき、両耳応答 $h_k(n)$ として実測した応答、たとえば、毎5°方向、1方向当たり512サンプル、サンプリング周波数 $f_s = 44.1 \text{ kHz}$ で実測した応答を用いて視聴者Hの両耳位置での音信号 $y(n)$ を求めた。曲線Aは仮想音源 $x(n)$ の信号と $0 \sim 15^\circ$ の範囲で4方向の両耳応答 $h_k(n)$ について実測した結果を示す。曲線Bは 5° 、 10° に対応する両耳応答 $h_k(n)$ を 0° 、 15° の両耳応答 $h_k(n)$ から補間した場合の視聴者Hの両耳での音信号 $y(n)$ を示す。曲線Cは曲線Aの結果と曲線Bの結果との差異、すなわち、誤差を示す。

【0032】試聴した結果、曲線Aに示す実測した両耳応答 $h_k(n)$ を用いた場合に違和感がない移動音像を知覚(感覚)できた。また曲線Bに示した補間による両耳応答 $h_k(n)$ についても音像に違和感のない移動音像を知覚(感覚)できた。したがって、上述した本発明の基本事項に基づく仮想音源 $x(n)$ の移動および両耳応答 $h_k(n)$ を適用すると、良好な移動音像が得られることが判った。

【0033】実施の形態

本発明の3次元移動音生成方法および装置の実施の形態として、上述した方法を参照して実現した方法と装置の例を下記に述べる。図5は本発明の実施の形態としての3次元移動音生成方法を説明するフローチャートである。

【0034】ステップ1：仮想音源 $x(n)$ の音の決定と両耳応答 $h_k(n)$ の測定

第1の準備段階として、音像を移動させたい経路に沿った、少なくとも、主要な位置における複数の仮想音源 $x(n)$ の音を決定し、その時の移動方向に沿った視聴者H

* 【0029】

【数6】

$$\dots(3)$$

の両耳応答 $h_k(n)$ を測定する。主要な位置の仮想音源 $x(n)$ とする意味は、データ数を必要最小限にするため、主要な位置についてのみ、仮想音源 $x(n)$ を決定してその両耳応答 $h_k(n)$ を測定し、その間の位置の仮想音源 $x(n)$ は補間により推定させるためである。もちろん、極力、多数の位置における仮想音源 $x(n)$ と両耳応答 $h_k(n)$ を測定することが望ましい。仮想音源 $x(n)$ は移動音像の移動経路、そのときの音量、高低、その他の音条件を考慮して決定する。また、図3を参照して述べたように、仮想音源 $x(n)$ に対する左右の耳の位置が異なるから、左右の耳ごとに両耳応答 $h_k(n)$ を測定することが望ましい。しかしながら、簡略化する場合、あるいは、左右の耳の感覚に相違がない場合は一方の耳で代表させるか、両耳が同じ特性であるとしてもよい。

【0035】ステップ2：スピーカの配置

第2の準備段階として、図6に例示したように、複数のスピーカを仮想音源 $x(n)$ が移動していく経路に従って仮想音源 $x(n)$ から移動音像が再生できるように配置する。複数のスピーカの配置は、後述する音信号の出力によって、複数のスピーカから、結果として、図1に図解した仮想音源 $x(n)$ の移動が達成されるような配置にする。本発明の実施の形態における音出力は3次元音が移動するようにすることを前提としているから、スピーカはもちろん、ステレオ用スピーカを用い、視聴者Hにとって左右の耳で感覚される音の相違が出るよう出力される。なお、スピーカの配置は上述したステップ1の処理と同時、または、ステップ1の処理の前に行ってもよい。

【0036】視聴者Hの両耳応答 $h_k(n)$ については、上述したように、特定の視聴者Hについての両耳応答 $h_k(n)$ を測定してもよいし、不特定多数に対する標準的な両耳応答 $h_k(n)$ でもよい。不特定多数の視聴者Hの両耳応答 $h_k(n)$ は事前にわかっているから、その場合は、この段階の処理を行う必要はない。また、特定の視聴者Hについて事前に両耳応答 $h_k(n)$ を測定してある場合も、この段階の処理を行う必要はない。

【0037】ステップ3：音源の音を複数フレームに分割

一連の複数の仮想音源 $x(n)$ の音情報を複数フレームに分割する。その理由は、信号処理を容易にするため、各

20

30

40

50

フレームごとに信号処理するためである。複数フレームに分割された音は、メモリに蓄積しておく。

【0038】ステップ4：補間処理

データ量の関係で、主要部分、あるいは、サンプルを粗くした場合には、各フレームに分割した音について、移動方向に沿って隣接する仮想音源 $x(n)$ の間、あるいは、隣接した補間仮想音源 $x(n)$ の間を複数に補間した補間仮想音源 $x(n)$ に対する音情報を補間して生成する。補間方法としては、線型補間などを適用する。このような補間したデータをメモリに記憶する。図4を参照して、適切な補間を行えば十分正確な移動音像が再生できることは上述した。もちろん、補間する必要がないほど十分な仮想音源 $x(n)$ が測定されている場合はこの処理は不要である。

【0039】ステップ5：移動音像の生成

上述のごとく生成された各フレームの各サンプル位置の仮想音源 $x(n)$ の音を、移動音像を生成させたい方向の両耳応答 $h_k(n)$ とを、式2に従って畳み込む演算処理を行う。次いで、前回の処理のときの繰越分を残響成分として上記今回の演算結果に加算する。さらに、前回までの処理結果を今回の処理結果を結合する。上述したように、この信号処理によって、直接音は次の処理には含ませず、その残響音が時間経過に伴って減衰しているように、音信号が生成される。また、この信号処理によって左右の耳の知覚状況に則した音信号が生成される。

【0040】ステップ6：音信号の出力

このようにして生成された音信号は、適切に配設された複数のスピーカ、たとえば、図6に図解したように配設した少なくとも2個の複数のスピーカ、図6の例示は3個のスピーカ、から出力される。

【0041】複数のスピーカに対して上述した生成した音信号を分配するかは、複数のスピーカの位置、音量などの移動音の状態、および、音の移動方向などを考慮して決定する。たとえば、図1に例示したように、仮想音源 $x(n)$ が右方向に移動していく場合は、図6の右側に位置するスピーカへの音量が大きくなるように、複数のスピーカへの音出力信号を調整していく。その結果、図1を参照して述べた仮想音源 $x(n)$ の移動に則した音が視聴者Hで感覚される。

【0042】ステップ5の処理について述べたように、そして、図2および図4の実験結果を参照して述べたように、再生された仮想音源 $x(n)$ の移動音は正確である。その1つの理由として、たとえば、仮想音源 $x(0)$ の直接音は0番目にのみ存在させ、仮想音源 $x(0)$ の直接音自体とそれ以降のサンプル期間、たとえば、1番目、2番目には存在させず、その残響のみ関連させている、たとえば、順次、減衰させるように関連させている。したがって、そのように処理された音信号を複数のスピーカから出力した場合、従来技術におけるように、単に前回の音の音量を減減していった場合のように音の

不明瞭さは起きず、希望する移動音が再生できる。もちろん、左右の耳の知覚状況に則した音信号が生成される。

【0043】ステップ7：終了判定

全フレームの仮想音源 $x(n)$ の音について上記処理を行うまで、上述したステップ3～5の処理を反復する。

【0044】図5および図6を参照して述べた、本発明の1実施の形態としての3次元移動音生成方法は比較的簡単な処理であり、その実施は容易である。

【0045】図7は本発明の実施の形態としての、上記図5および図6を参照して述べた3次元移動音生成方法を実施する3次元移動音生成装置の構成図である。図7に図解した3次元移動音生成装置は、本発明の音出力手段としての図6に図解した複数のスピーカと、記憶手段11と、演算処理手段12と、出力手段13とを有する。記憶手段11は、図5のステップ1で得られた結果、すなわち、仮想音源 $x(n)$ の音情報と、両耳応答 $h_k(n)$ を保持し、さらにステップ2で複数のフレームに分割される音情報を記憶する。記憶手段11はまた、必要に応じて補間を行うときは、ステップ3における補間結果も保持する。演算処理手段12は、ステップ2における複数フレームへの分割処理、ステップ3の補間処理、ステップ4の移動音の生成処理、ステップ5の図6に図解したステップへの生成した音信号の出力処理、および、ステップ6の終了判断処理を行う。出力手段13は、演算処理手段12で演算した音信号結果を複数のスピーカに出力する。記憶手段11、演算処理手段12および出力手段13はたとえば、メモリ、CPU、出力インタフェースを有するコンピュータを用いて実現できる。

【0046】たとえば、コンピュータのCPUで構成される演算処理手段12の処理は、各サンプリング時間ごとに、上述したステップ2における複数フレームへの分割処理、ステップ3の補間処理、ステップ4の移動音の生成処理、ステップ5の図6に図解したステップへの生成した音信号の出力処理、および、ステップ6の終了判断処理を行う。なお、演算処理手段12を、上記各ステップの処理に対応させて、図8に図解したように、フレーム分割手段121と、補間処理手段122と、移動音生成処理手段123と、音信号出力処理手段124に分割して構成することもできる。なお、高速な信号処理が必要な場合、これらの手段をデジタル信号プロセッサ(DSP)などで実現することもできる。

【0047】図7および図8に図解した本発明の1実施の形態としての3次元移動音生成装置は既存のハードウェア、たとえば、既存のコンピュータ、既存のDSPなどを用いて実現することができ、その実施は容易である。

【0048】上述した本発明の実施の形態の3次元移動音生成方法または3次元移動音生成装置を、コンピュー

タゲーム、航空管制、会議電話などに適用すると、映像の移動に同期して音が移動する仮想音源の移動が実現できる。そのような移動音を用いると臨場感が一層向上する。

【0049】本発明の実施の形態に際しては上述した実施の形態に限定されず、種々の変形態様をとることができる。

【0050】

【発明の効果】本発明の3次元移動音生成方法によれば、比較的簡単な方法で、仮想音源が移動していく移動音を正確に再生することができる。特に、本発明の3次元移動音生成方法は、視聴者の移動方向に対する両耳応答を考慮しており、視聴者にとって臨場感に富んだ正確な移動音を提供できる。

【0051】本発明の3次元移動音生成装置によれば、比較的簡単な方法で、既存のハードウェアを活用して、仮想音源が移動していく移動音を正確に再生することができる。特に、本発明の3次元移動音生成方法は、視聴者の移動方向に対する両耳応答を考慮しており、視聴者にとって臨場感に富んだ正確な移動音を提供できる。

【図面の簡単な説明】

*【図1】図1は本発明の例示として仮想音源の音を移動させて移動音を生成する態様を図解した図である。

【図2】図2は本発明の移動音を生成する方法を図解したグラフである。

【図3】図3は視聴者の左右の耳と仮想音源との距離の相違を図解した図である。

【図4】図4は本発明の1例の実験結果を示すグラフである。

【図5】図5は本発明の1実施の形態としての3次元移動音生成方法の処理を示すフローチャートである。

【図6】図6は本発明の音再生手段の1例としての複数のスピーカの配置を図解した図である。

【図7】図7は図5に図解した処理を実施する本発明の1実施の形態の3次元移動音生成装置の構成図である。

【図8】図8は図7に図解した演算処理手段の構成を図解した図である。

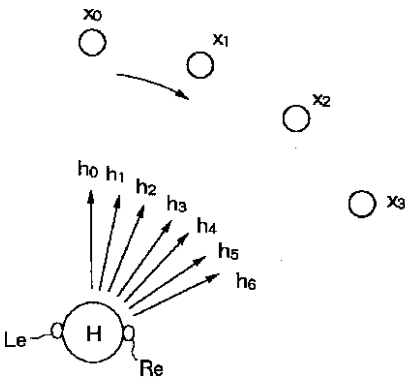
【図9】図9は従来技術の1例を図解した図である。

【符号の説明】

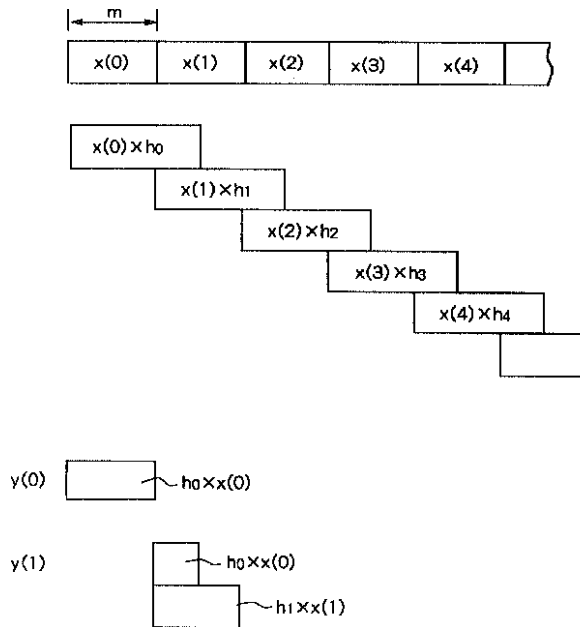
11・・・記憶手段、12・・・演算処理手段、13・・・出力手段

*

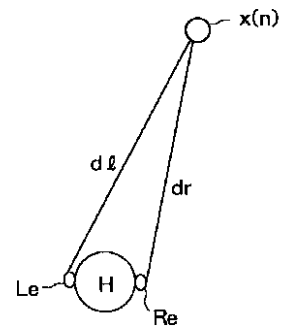
【図1】



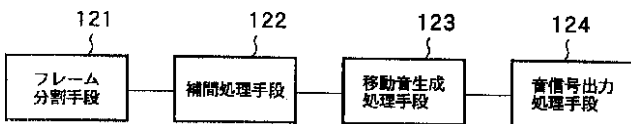
【図2】



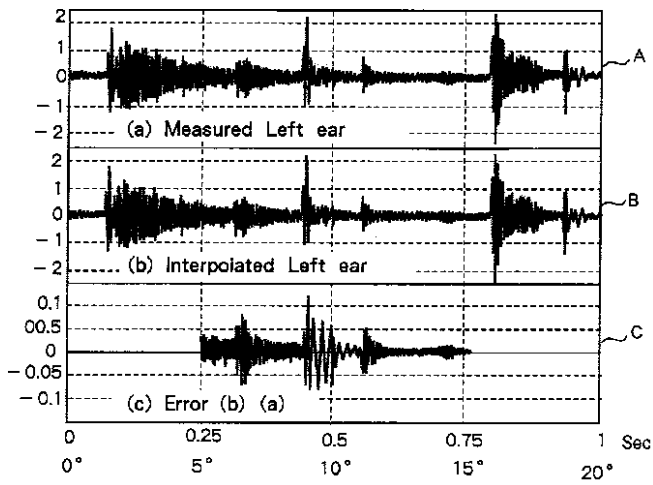
【図3】



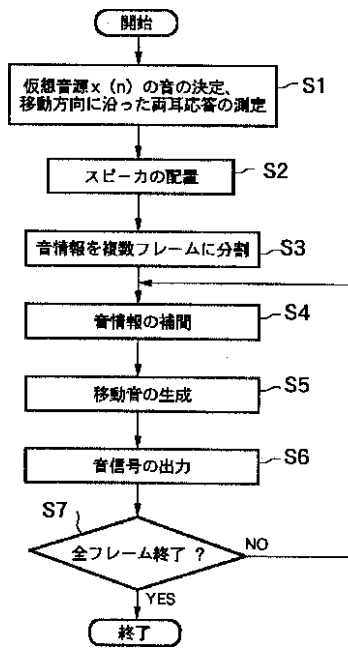
【図8】



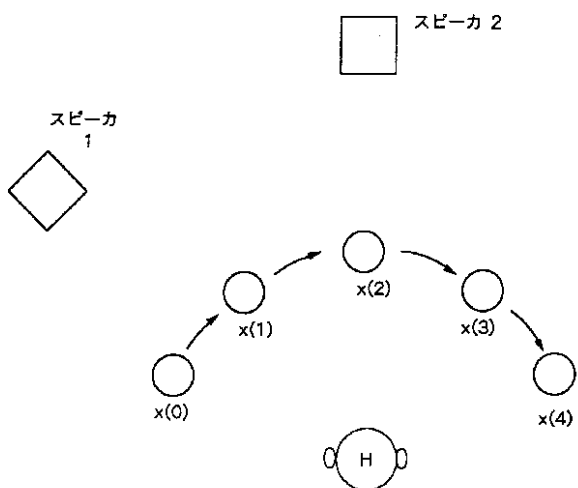
【図4】



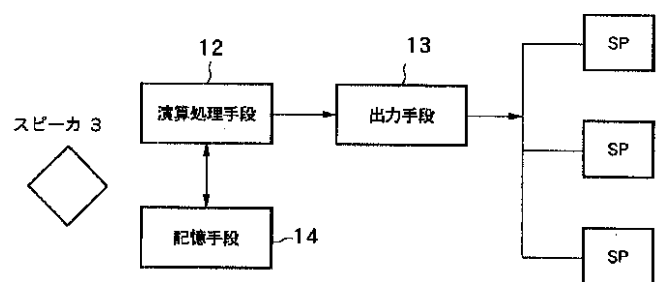
【図5】



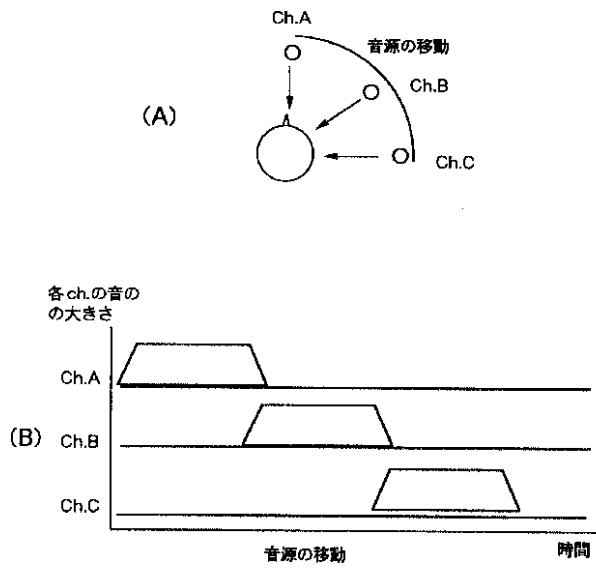
【図6】



【図7】



【図9】



フロントページの続き

(72)発明者 山中 晋
東京都八王子市中野町2665 - 1 工学院大
学内

Fターム(参考) 5D062 CC16