

(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2003-333697

(P2003-333697A)

(43)公開日 平成15年11月21日(2003.11.21)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード*(参考)
H 0 4 S 1/00		H 0 4 S 1/00	K 5 D 0 6 2 L 5 J 0 8 3
G 0 1 S 3/801		G 0 1 S 3/801	
H 0 4 S 7/00		H 0 4 S 7/00	F

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 11 頁)

(21)出願番号 特願2002-136343(P2002-136343)

(22)出願日 平成14年5月10日(2002.5.10)

(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

(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

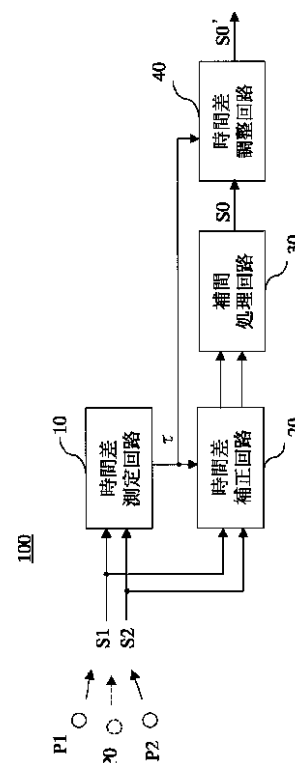
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 信号補間装置及びその補間方法

(57)【要約】

【課題】インパルス応答の推定処理において、到来信号の時間差補正を行ったあと補間処理を行うことにより、インパルス応答の推定をより正確に行うことができ、高品質の音響環境をシミュレーションできる信号補間装置及びその補間方法を提供する。

【解決手段】異なる音源からの到来信号S1とS2に応じて、時間差測定回路10はこれらの到来信号の到来時間差を測定し、当該測定結果に基づき、時間差補正回路20は到来信号S1とS2が時間軸上揃うように補正を行い、補間処理回路30は上記補正結果を用いて補間処理を行い、さらに時間差調整回路40は補間結果に対して測定された時間差に基づき時間差調整を行い、仮想音源からの到来信号S0を推定するので、仮想音源に対応するインパルス応答の推定を正確に実現できる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】測定点から異なる距離を離れた第 1 と第 2 の位置から発信された信号が、上記測定点に到達した第 1 と第 2 の到来信号の到来時間差を測定する時間差測定手段と、

上記時間差測定手段によって測定した時間差に応じて、上記測定点で測定された上記第 1 と第 2 の到来信号が時間軸上揃うように補正する時間差補正手段と、

上記時間差補正手段によって補正された上記第 1 と第 2 の到来信号に応じて補間処理を行い、上記第 1 と第 2 の位置と異なる第 3 の位置からの到来信号を推定する補間処理手段とを有する信号補間装置。

【請求項 2】上記第 1 と第 2 の位置が、上記測定点に対して異なる方位角に配置されている請求項 1 記載の信号補間装置。

【請求項 3】上記第 3 の位置が、上記第 1 と第 2 の位置の間に配置されている請求項 2 記載の信号補間装置。

【請求項 4】上記時間差測定手段は、上記第 1 と第 2 の到来信号の相互相関関数を演算する相関演算手段と、

上記相関演算手段によって算出した上記相互相関関数の最大値の位置に応じて、上記第 1 と第 2 の到来信号の時間差を計算する時間差計算手段とを有する請求項 1 記載の信号補間装置。

【請求項 5】上記時間差測定手段は、上記第 1 と第 2 の到来信号の一方を所定の時間差で順次ずらしながら、他方の信号との差の二乗値の和を計算する二乗差演算手段と、

上記二乗差演算手段によって算出した結果の最小値の位置に応じて、上記第 1 と第 2 の到来信号の時間差を計算する時間差計算手段とを有する請求項 1 記載の信号補間装置。

【請求項 6】上記補間処理手段は、上記時間差補正手段によって補正された上記第 1 と第 2 の到来信号を用いて、線形補間処理によって上記第 3 の位置からの到来信号を推定する請求項 1 記載の信号補間装置。

【請求項 7】上記補間処理手段は、上記時間差補正手段によって補正された上記第 1 と第 2 の到来信号を周波数領域に変換する変換手段と、

上記変換手段によって周波数領域に変換された信号の帯域を変換し、帯域変換された信号を時間領域に変換し、当該変換の結果に応じて上記第 3 の位置からの到来信号を推定する推定手段とを有する請求項 1 記載の信号補間装置。

【請求項 8】上記補間処理手段は、上記時間差補正手段によって補正された上記第 1 と第 2 の到来信号に応じて、所定の補間関数を用いて上記第 3 の位置からの到来信号を推定する請求項 1 記載の信号補間装置。

【請求項 9】上記補間処理手段によって補間処理された上記第 3 の位置からの到来信号に対して、上記時間差測定手段によって測定された上記第 1 と第 2 の到来信号の

時間差に応じて、到来時間差の補正を行う補正手段をさらに有する請求項 1 記載の信号補間装置。

【請求項 10】測定点から異なる距離を離れた第 1 と第 2 の位置から発信された信号が、上記測定点に到達した第 1 と第 2 の到来信号の到来時間差を測定するステップと、

上記測定した時間差に応じて、上記測定点で測定された上記第 1 と第 2 の到来信号が時間軸上揃うように補正するステップと、

10 上記時間差が補正された上記第 1 と第 2 の到来信号に応じて補間処理を行い、上記第 1 と第 2 の位置と異なる第 3 の位置からの到来信号を推定するステップとを有する信号補間方法。

【請求項 11】上記補間処理された上記第 3 の位置からの到来信号に対して、上記測定された上記第 1 と第 2 の到来信号の時間差に応じて、到来時間差の補正を行うステップをさらに有する請求項 10 記載の信号補間方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

20 【発明の属する技術分野】本発明は、例えば、所定の音響環境において、それぞれ異なる方位角にある複数の音源に対して視聴者の両耳のインパルス応答の時間差を測定し、当該測定した時間差に応じて音源若しくは視聴者の移動に伴う両耳のインパルス応答を補間処理により推定する信号補間装置及びその補間方法に関するものである。

【0002】

30 【従来の技術】音声を発生する音源を含む実際の音響環境では、音源若しくは視聴者の移動に伴って、音源と視聴者の距離が変化する。その結果、視聴者の両耳に到達する音声信号の波形が変わらず、信号の到来時間が変わることが多い。このような音響環境において、例えば、所定の数の音源に対応するインパルス応答に応じて、他の仮想音源に対応するインパルス応答を補間処理などの方法により推定することが一般的に行われている。この補間処理において、波形だけではなく、到来時間の補間も重要となってくる。

【0003】

40 【発明が解決しようとする課題】ところで、これまでの補間処理では、複数の音源に対するインパルス応答に基づいて、線形処理によって仮想音源のインパルス応答を推定する。このとき、補間されるインパルス応答の到達時間差は、補間に用いられるインパルス応答の時間軸についての補間からではなく、振幅の補間から決定されるため、正確に求められなかった。また、補間に用いられるインパルス応答を最小位相成分のみからなるインパルス応答に変換したあと、元の信号との共分散 (Covariance) が最大となる遅延時間を近似的な到来時間として、その時間を用いて補間されるインパルス応答の到来時間を求める方法も提案されていたが、この方法では近似的

な到来時間から間接にしか求められないという不利益がある。

【0004】本発明は、かかる事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、インパルス応答の推定処理において、到来信号の時間差補正を行ったあと補間処理を行うことにより、インパルス応答の推定をより正確に行うことができ、仮想音源をよりリアルに表現でき、高品質の音響環境をシミュレーションできる信号補間装置及びその補間方法を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明の信号補間装置は、測定点から異なる距離を離れた第1と第2の位置から発信された信号が、上記測定点に到達した第1と第2の到来信号の到来時間差を測定する時間差測定手段と、上記時間差測定手段によって測定した時間差に応じて、上記測定点で測定された上記第1と第2の到来信号が時間軸上揃うように補正する時間差補正手段と、上記時間差補正手段によって補正された上記第1と第2の到来信号に応じて補間処理を行い、上記第1と第2の位置と異なる第3の位置からの到来信号を推定する補間処理手段とを有する。

【0006】また、本発明では、好適には、上記第1と第2の位置が上記測定点に対して異なる方位角に配置され、上記第3の位置が上記第1と第2の位置の間に配置されている。

【0007】また、本発明では、好適には、上記時間差測定手段は、上記第1と第2の到来信号の相互相関関数を演算する相関演算手段と、上記相関演算手段によって算出した上記相互相関関数の最大値の位置に応じて、上記第1と第2の到来信号の時間差を計算する時間差計算手段とを有する。

【0008】また、本発明では、好適には、上記時間差測定手段は、上記第1と第2の到来信号の一方を所定の時間差で順次ずらしながら、他方の信号との差の二乗値の和を計算する二乗差演算手段と、上記二乗差演算手段によって算出した結果の最小値の位置に応じて、上記第1と第2の到来信号の時間差を計算する時間差計算手段とを有する。

【0009】また、本発明では、好適には、上記補間処理手段は、上記時間差補正手段によって補正された上記第1と第2の到来信号を用いて、線形補間処理によって上記第3の位置からの到来信号を推定する。

【0010】また、本発明では、好適には、上記補間処理手段は、上記時間差補正手段によって補正された上記第1と第2の到来信号を周波数領域に変換する変換手段と、上記変換手段によって周波数領域に変換された信号の帯域を変換し、帯域変換された信号を時間領域逆変換し、当該逆変換の結果に応じて上記第3の位置からの到来信号を推定する推定手段とを有する。

【0011】また、本発明では、好適には、上記補間処

理手段は、上記時間差補正手段によって補正された上記第1と第2の到来信号に応じて、所定の補間関数を用いて上記第3の位置からの到来信号を推定する。

【0012】また、本発明では、好適には、上記補間処理手段によって補間処理された上記第3の位置からの到来信号に対して、上記時間差測定手段によって測定された上記第1と第2の到来信号の時間差に応じて、到来時間差の補正を行う補正手段をさらに有する。

【0013】また、本発明の信号補間方法は、測定点から異なる距離を離れた第1と第2の位置から発信された信号が、上記測定点に到達した第1と第2の到来信号の到来時間差を測定するステップと、上記測定した時間差に応じて、上記測定点で測定された上記第1と第2の到来信号が時間軸上揃うように補正するステップと、上記時間差が補正された上記第1と第2の到来信号に応じて補間処理を行い、上記第1と第2の位置と異なる第3の位置からの到来信号を推定するステップとを有する。

【0014】また、本発明では、好適には、上記補間処理された上記第3の位置からの到来信号に対して、上記測定された上記第1と第2の到来信号の時間差に応じて、到来時間差の補正を行うステップをさらに有する。

【0015】

【発明の実施の形態】図1は本発明に係る信号補間装置の一実施形態を示すブロック図である。図示のように、本実施形態の信号補間装置100は、時間差測定回路10、時間差補正回路20、補間処理回路30及び時間差調整回路40によって構成されている。

【0016】本実施形態の信号補間装置100は、例えば、所定の音響環境の中異なる音源P1とP2からの到来信号S1とS2を受信し、受信したこれらの到来信号に応じて、音源P1とP2以外の仮想音源P0からの到来信号S0を補間処理によって推定する。

【0017】時間差測定回路10は、音源P1とP2からの到来信号S1とS2の到来時間差を測定し、測定結果を時間差補正回路20及び時間差調整回路40にそれぞれ供給する。時間差補正回路20は、時間差測定回路10によって測定された到来時間差に応じて、到来信号S1とS2が時間軸上揃うように時間差を補正する。補間処理回路30は、時間差補正回路20によって到来時間差が補正された2つの到来信号に対して、所定の補間処理方法で補間処理を施し、音源P1及びP2と異なる仮想音源P0からの到来信号S0を推定する。時間差調整回路40は、補間処理回路30によって推定された到来信号S0に対して、時間差測定回路10によって測定した時間差に基づいて時間差を補正する。時間差補正の結果、推定信号S0'を出力する。

【0018】本実施形態の応用例として、例えば、所定の音響環境における視聴者の両耳のインパルス応答の測定に用いることができる。図2は、両耳のインパルス応答を測定するとき、所定の音響環境において音源と視聴

者の空間配置を示す図である。図示のように、音源Pは空間の所定の位置に配置されている。視聴者は、音源から一定の距離を離れた位置にある。

【0019】図2に示す音響環境において、音源Pに対して視聴者の両耳それぞれのインパルス応答 $h_l(t)$ 及び $h_r(t)$ を求めることができる。さらに、音源Pが空間において異なる位置に配置される場合、それぞれの位置に対して視聴者の両耳のインパルス応答を求めることができる。ここで、2次元空間における視聴者の両耳インパルス応答について考える。この場合、視聴者と音源は同一の平面上にある。視聴者の両耳インパルス応答は、この平面上あるゆる方位角に対して求めることができる。こうして求められた視聴者の両耳インパルス応答は、音響環境を高品質で表現する場合に利用される。例えば、音響環境において有限の数の音源を用いながら、仮想現実感を視聴者に与えたり、空間に仮想の音源を作ったり、移動する音源を仮想的に発生するために利用することができる。

【0020】図3は、平面上において、視聴者の両耳インパルス応答を求めるときの一例を示している。図示のように、この場合、視聴者の頭部中心軸を中心とした円弧上に音源を配置し、音源によって所定の音声信号を発生しながら、それぞれの位置に対して視聴者の両耳インパルス応答が測定される。

【0021】図3において、例えば、視聴者の正面の方位角を 0° として、時計回りに方位角が増加する方向とすると、視聴者の右側は方位角 90° にあたり、また、視聴者の後ろ方向は、方位角 180° にあたる。図3に示す平面において、音源Pの方位角を変えながら、各方位角に対して視聴者の両耳インパルス応答を測定することにより、平面上における全方位の両耳インパルス応答が求められる。

【0022】しかし、実際の測定においては、方位角を細かい刻みで変えながら、あらゆる方位角において視聴者の両耳インパルス応答を逐次測定することは、場合によって大変困難な作業である。このため、所定の間隔で方位角度を変えて音源を設置し、各位置に対して視聴者の両耳インパルス応答を測定し、そして、測定した方位角以外の角度における両耳インパルス応答を、補間処理、例えば内挿法によって推定することができる。これによって、少ない測定値からより多くのインパルス応答を求めることができる。

【0023】例えば、図3において、方位角 0° と 15° における両耳インパルス応答をそれぞれ測定し、例えば、方位角 0° においてインパルス応答 $h_l(t)$ が得られ、方位角 15° においてインパルス応答 $h_k(t)$ が得られるとすると、方位角 0° と 15° の間の任意の角度 a_j におけるインパルス応答 $h_j(t)$ が補間処理によって求められる。

【0024】本発明の信号補間装置100では、線形補

間、離散フーリエ変換(DFT)による補間、及びスプライン補間の3つの方法が取り入れられている。そして、補間処理の前に、それぞれの方位角におけるインパルス応答の到来時間差を測定し、測定結果に基づきインパルス応答の時間差を補正し、時間差の補正を施したインパルス応答を用いて補間処理を行うことにより、より正確な補間処理を実現できる。以下、到来時間差の測定及び到来時間差の補正について説明し、そして、時間差補正後のインパルス応答を用いた補間処理について説明する。

【0025】到来時間差の測定方法

図3に示すように、音源Pは、視聴者の頭部を中心とした円弧上に配置されている。このため、方位角の異なる位置にある音源に対するインパルス応答は、音源と視聴者の耳との間の音声の伝搬経路の距離差によって、視聴者の耳に到達する到来時間も異なる。本発明の信号補正装置において、図1に示す時間差測定回路10において、この到来時間差を測定し、そして、時間差補正回路20において、測定した到来時間差に基づき異なる方位角からの到来信号の到来時間差を補正し、補正結果を補間処理回路30に供給する。

【0026】時間差測定回路10は、相互相関演算法及び二乗差演算法を用いて到来時間差を測定する。以下、それぞれの時間差測定方法について説明する。

【0027】相互相関演算法

相互相関演算法は、2つの到来信号の相互相関関数を演算し、そして、相互相関関数の最大値の出現位置に応じて到来時間差を求める。図4は、時間差測定回路の一構成例を示している。図示のように、本例の時間差測定回路10aは、相互相関関数演算部11と、時間差計算部12とによって構成されている。

【0028】相互相関関数演算部11は、2つの方位角にある音源からの到来信号の相互相関関数を求める。時間差計算部12は、相互相関関数演算部11によって求められた相互相関関数の最大値を検出し、当該最大値の位置に応じて2つの信号の到来時間差を求める。

【0029】ここで、例えば、方位角方位角 a_i におけるインパルス応答を $h_i(t)$ とし、方位角 k におけるインパルス応答を $h_k(t)$ として、さらに、これらのインパルス応答の時間サンプルをそれぞれ $h_i(n)$ 、 $h_k(n)$ とする。インパルス応答 $h_i(n)$ 、 $h_k(n)$ との相互相関関数 $R_{ik}(\tau)$ は、次式によって計算される。

【0030】

【数1】

$$R_{ik}(\tau) = \sum h_i(n) \cdot h_k(n + \tau) \quad \dots (1)$$

【0031】図5は、インパルス応答の波形例を示している。図示のように、この波形例は、方位角 90° と 105° における音源からのインパルス応答の波形を示し

ている。図6は、これらのインパルス応答に基づいて算出される相互相関関数 $R_{ik}(\tau)$ の波形を示している。

【0032】時間差計算部12は、式(1)によって求めた相互相関関数 $R_{ik}(\tau)$ の最大値 R_{max} を検出し、当該最大値 R_{max} に対応する時間 τ_{max} を求める。この時間 τ_{max} がインパルス応答 $h_i(n)$ と $h_k(n)$ の時間差として出力する。

【0033】図6に示すように、相互相関関数 $R_{ik}(\tau)$ は、ほぼ $\tau = 113$ において最大値 R_{max} が検出される。これに応じて、時間差計算部12は、インパルス応答 $h_i(n)$ と $h_k(n)$ の時間差を113と推定する。

【0034】二乗差演算法

次に、二乗差演算法によるインパルス応答の時間差の求め方について説明する。二乗差演算法は、2つのインパルス応答をずらしながら、それらの差の二乗和を演算し、当該演算結果に応じて2つのインパルス応答の時間差を計算する。

【0035】図7は、二乗差演算法を用いる時間差測定回路の一構成例を示している。図示のように、本例の時間差測定回路10bは、二乗差演算部15と、時間差計算部16とによって構成されている。

【0036】二乗差演算部15は、2つの方位角にある音源からの到来信号の時間サンプル $h_i(n)$ と $h_k(n)$ を用いて、これらの信号をずらしながら、二乗差関数を演算する。即ち、二乗差演算部15では、次式に基づき2つのインパルス応答 $h_i(n)$ と $h_k(n)$ を用いて二乗差関数 $D_{ik}(\tau)$ を計算する。

【0037】

【数2】
$$D_{ik}(\tau) = \sum (h_i(n) - h_k(n + \tau))^2 \dots (2)$$

【0038】図8は、図5に示すインパルス応答の波形例に対して、式(2)を用いて算出される二乗差関数 $D_{ik}(\tau)$ の波形を示している。

【0039】時間差計算部16は、式(2)によって求めた二乗差関数 $D_{ik}(\tau)$ の最小値 D_{min} を検出し、当該最小値 D_{min} に対応する時間 τ_{min} を求める。そして、この時間 τ_{min} がインパルス応答 $h_i(n)$ と $h_k(n)$ の時間差として出力する。図8に示す二乗差関数 $D_{ik}(\tau)$ は、ほぼ $\tau = 113$ において最小値 D_{min} が検出される。このため、時間差計算部16は、インパルス応答 $h_i(n)$ と $h_k(n)$ の時間差を113と推定する。

【0040】上述したように、時間差計算回路10は、相互相関演算または二乗差演算により、2つのインパルス応答の時間差 τ を求めることができる。なお、図5に示すインパルス応答の波形に対して、図6に示す相互相関関数 $R_{ik}(\tau)$ の最大値 R_{max} に基づき、時間差 τ を求めることができ、また、図8に示す二乗差関数 $D_{ik}(\tau)$ の最小値 D_{min} に基づいても、時間差 τ を求め

10

20

30

40

50

ることができる。即ち、図5に示すインパルス応答の波形例では、何れかの時間差計算方法でも正しく時間差を計算することができる。

【0041】相互相関関数の演算処理は積和演算のため、インパルス応答の波形によって、相互相関関数 $R_{ik}(\tau)$ の最大値 R_{max} が明確に現れにくい場合がある。この場合、二乗差演算法では、2つの信号の差分の二乗を計算するので、2つの信号のもつ電力の大きさに関わらずその下限が“0”に近づく。また、必要に応じて、計算された二乗差関数 $D_{ik}(\tau)$ の対数値を求めることでその最小値 D_{min} をさらに正確に求められる。

【0042】上述したように、時間差測定回路10において、2つのインパルス応答の相互相関関数または二乗差関数を求め、その結果に基づき、2つのインパルス応答の時間差 τ を算出できる。時間差補正回路20は、上述したように算出した時間差 τ に基づき、2つのインパルス応答の時間差を補正する。

【0043】時間差補正回路20における補正処理は、2つのインパルス応答が時間軸上揃うように、算出した時間差だけ2つのインパルス応答の一方を時間軸上移動させる。これによって、2つのインパルス応答の時間差が補正される。図9は、時間差補正回路20において、時間差補正処理を行う場合の波形例を示している。図9(a)に示すように、例えば、インパルス応答 $h_i(t)$ は $h_k(t)$ より時間 τ だけ遅れて到着する場合、時間差補正回路20において、インパルス応答 $h_i(t)$ を時間軸上前方に移動させる。時間差補正の結果、図9(b)に示すように、補正後のインパルス応答 $h_i'(t)$ と $h_k'(t)$ が時間軸上揃えられる。

【0044】時間差補正回路20によって時間差が補正された2つのインパルス応答 $h_i'(n)$ と $h_k'(n)$ が補間処理回路30に出力される。補間処理回路30では、時間補正後のインパルス応答に基づき、例えば、内挿法などで補間処理を行い、インパルス応答 $h_i(n)$ と $h_k(n)$ に対応する方位角の間の任意の方位角に対応するインパルス応答を計算する。

【0045】補間処理回路30における補間処理は、線形補間法、DFTを用いた補間法及びスプライン法などに基づいて行われる。以下、それぞれの補間法について説明する。なお、以下の説明では、インパルス応答を時間サンプルとして取り扱う。ここで、方位角 a_i におけるインパルス応答を $h_i(n)$ とし、方位角 k におけるインパルス応答を $h_k(n)$ とする。補間処理回路30における補間処理は、これらのインパルス応答に基づき、方位角 a_i と a_k の間にある任意の方位角 a_j におけるインパルス応答 $h_j(n)$ を求める。

【0046】線形補間法

線形補間法は、方位角 a_i と a_k においてそれぞれ測定したインパルス応答を用いて、線形演算により方位角 a_i と a_k の間にある方位角 a_j におけるインパルス応答

を計算する。

【0047】具体的に、補間処理装置30は、次式により、方位角 a_i と a_k においてそれぞれ測定したインパルス応答 $h_i(n)$ と $h_k(n)$ に基づき、方位角 a_j *

$$h_j(n) = (a h_k(n) + b h_i(n)) / (a + b)$$

*におけるインパルス応答 $h_j(n)$ を演算する。

【0048】

【数3】

... (3)

【0049】式(3)において、 a は方位角 a_i と a_j との間の角度を示し、 b は方位角 a_j と a_k との間の角度を示す。

【0050】DFTを用いた補間法

図10は、DFTを用いた補間処理の方法を示している。図10において、行列Hの各列は、所定の角度間隔で測定したインパルス応答の時間サンプルからなる。このため、インパルス応答を補間処理によって推定することは、図10に示す行列の列の数を補間処理によって増やすことである。なお、行列Hの各列を形成するインパルス応答は、上述した時間差補正処理によって、時間差が補正されたインパルス応答である。

【0051】DFTを用いた補間処理では、まず、行列Hの各行からなる行ベクトルに対して離散フーリエ変換を行い、行ベクトルを周波数領域に変換する。図10に示すように、行ベクトル s は、各インパルス応答の同じ時刻のサンプルから構成されている。そして、行ベクトル s に対してDFT処理の結果、周波数領域の行ベクトル v が得られる。

【0052】次に、行ベクトル v に対して0を挿入し、行ベクトルの係数を増やす。図10に示すように、行ベクトル v の係数が低周波数帯域に移動され、高周波数帯域に0が埋め込まれる。こうして得られた行ベクトル v' が逆DFTを用いて時間領域に逆変換され、行ベクトル s' が得られる。この結果、行ベクトル s' は、処理前の行ベクトル s に較べて、係数の数が増えた。この処理を行列Hのすべての行ベクトルに対して行われる。この結果、列の数が増えた新しい行列H'が得られる。例えば、処理前の行列Hにおいて、隣接した列 $h_i(n)$ と $h_k(n)$ の間に、新しい列 $h_j(n)$ が生成される。この列 $h_j(n)$ は、インパルス応答 $h_i(n)$ と $h_k(n)$ に対応する音源の間に位置する仮想の音源に対応するインパルス応答である。

【0053】上述したように、インパルス応答によって構成された行列Hの各行ベクトルに対して、DFTで周波数領域に変換された行ベクトルに数値0を挿入したベクトルを逆DFTを用いて時間領域に逆変換した結果、新しいインパルス応答を推定できる。

【0054】スプライン補間法

スプライン補間法は、所定の補間関数を用いて2つ若しくは2つ以上のインパルス応答の時間サンプルを用いて、新しいインパルス応答の時間サンプルの値を計算する。スプライン補間に使用される補間関数は、例えば、キュービック関数と呼ばれている3次関数が一般的に使

10 用されている。キュービック関数を用いて、例えば、隣接する4つのインパルス応答サンプルに応じて、新しいインパルス応答のサンプルを計算することができる。これによって、測定されたインパルス応答から新しいインパルス応答を推定することができる。

【0055】本実施形態の信号補間装置100において、補間処理回路30において上述した線形補間法、DFT補間法またはスプライン補間法の何れかを用いて補間処理を行い、仮想の音源に対応するインパルス応答を求める。そして、時間差調整回路40において、補間処理によって求められたインパルス応答に対して、さらに時間補正を行うことによって、より正確に両耳インパルス応答を求める。

20 【0056】補間処理回路30によって求められたインパルス応答の時間補正は、時間差測定回路10によって測定されたインパルス応答 $h_i(n)$ と $h_k(n)$ の到来時間差及び補間処理で求められたインパルス応答 $h_j(n)$ の方位角に応じて行われる。

【0057】ここで、例えば、インパルス応答 $h_i(n)$ に対応する音源の方位角を a_i 、インパルス応答 $h_k(n)$ に対応する音源の方位角を a_k とし、補間処理で求められたインパルス応答 $h_j(n)$ に対応する音源の方位角を a_j とする。そして、方位角 a_i と a_j との間の角度を a とし、方位角 a_j と a_k との間の角度を b とする。インパルス応答 $h_j(n)$ の到来時間差 τ_j は、次式のように線形演算によって求められる。

【0058】

【数4】

$$\tau_j = b / (a + b) \dots (4)$$

【0059】このように補間処理によって求められたインパルス応答 $h_j(n)$ に対して、インパルス応答 $h_i(n)$ と $h_k(n)$ の到来時間差及び補間処理で求められたインパルス応答 $h_j(n)$ の方位角に応じて、式(4)で時間差の補正を行うことができる。これによって、より正確にインパルス応答を推定することができる。

【0060】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の信号補間装置及びその補間方法によれば、所定の音響環境において異なる空間位置にある音源に対応するインパルス応答に基づいて、補間処理により他の空間位置にある仮想音源に対応するインパルス応答を求めることができる。また、本発明において、異なる空間位置からの到来信号の到来時間差を測定し、当該測定結果に応じて到来時間差

を補正し、補正結果に基づいて補間処理を行う。そして、補間処理の結果に対して上記測定した時間差に基づきさらに時間軸上の補正処理を行うことで、より正確にインパルス応答を推定することができる利点がある。このため、本発明によって推定された仮想音源のインパルス応答を用いることによって、仮想音源をよりリアルに表現でき、高品質の音響環境をシミュレーションできる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係る信号補間装置の一実施形態を示すブロック図である。

【図 2】本発明の信号補間装置を用いて視聴者の両耳インパルス応答を測定する場合、音源と視聴者の空間配置を示す図である。

【図 3】平面上において視聴者の両耳インパルス応答を求める場合の一例を示す図である。

【図 4】時間差測定回路の一構成例を示すブロック図で*

*ある。

【図 5】インパルス応答の波形例を示す波形図である。

【図 6】インパルス応答の相互相関関数 R_{ik} の波形を示す図である。

【図 7】時間差測定回路の他の構成例を示すブロック図である。

【図 8】インパルス応答の二乗差関数 D_{ik} の波形を示す図である。

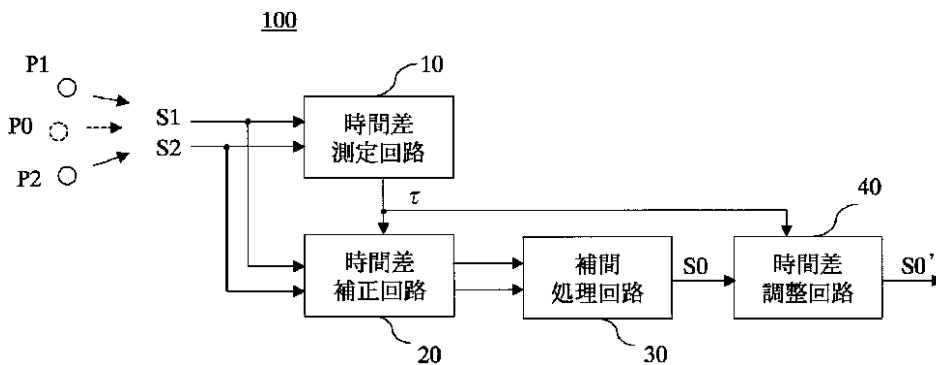
【図 9】時間差補正処理を示す波形図である。

10 【図 10】DFTを用いた補間処理法を示す概念図である。

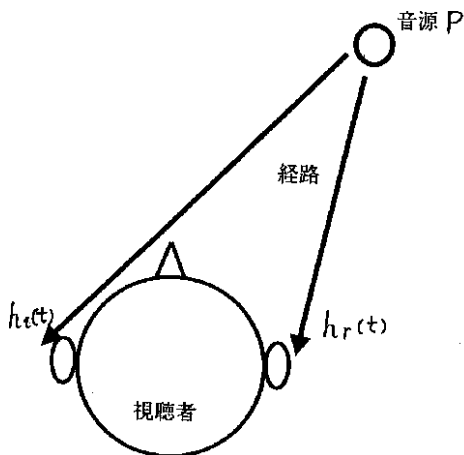
【符号の説明】

100...信号補間回路、10、10a、10b...時間差測定回路、11...相関演算部、12...時間差計算部、15...二乗差演算部、16...時間差計算部、20...時間差補正回路、30...補間処理回路、40...時間差調整回路。

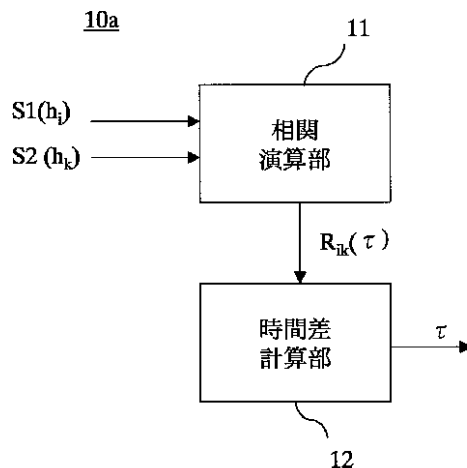
【図 1】



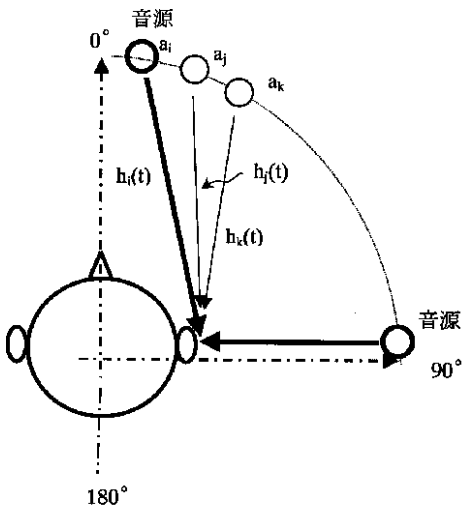
【図 2】



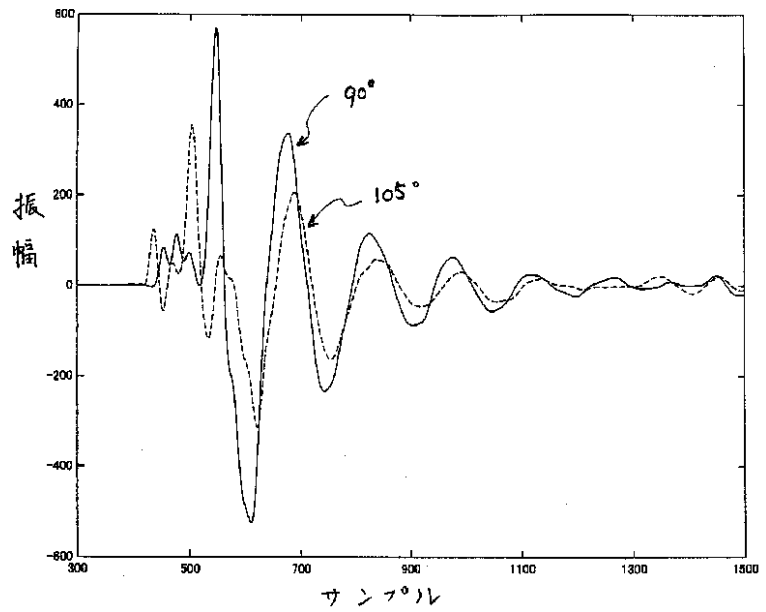
【図 4】



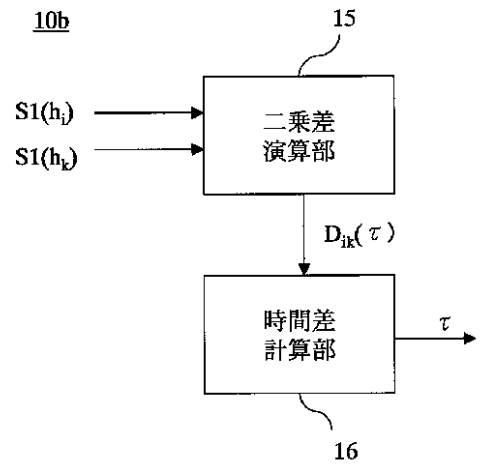
【図3】



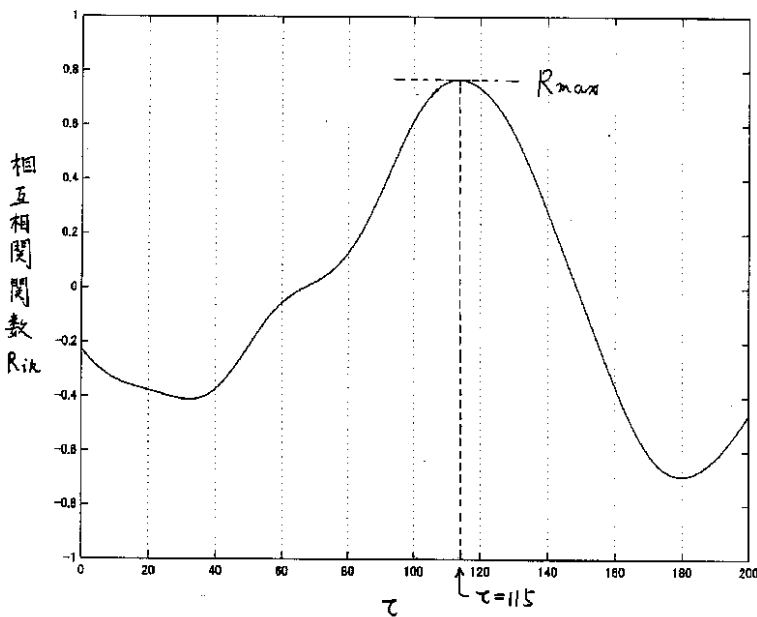
【図5】



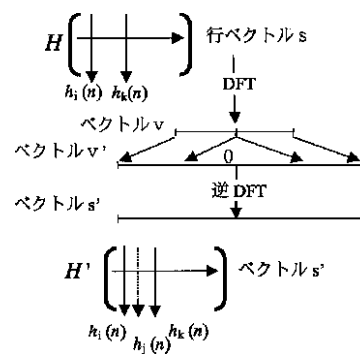
【図7】



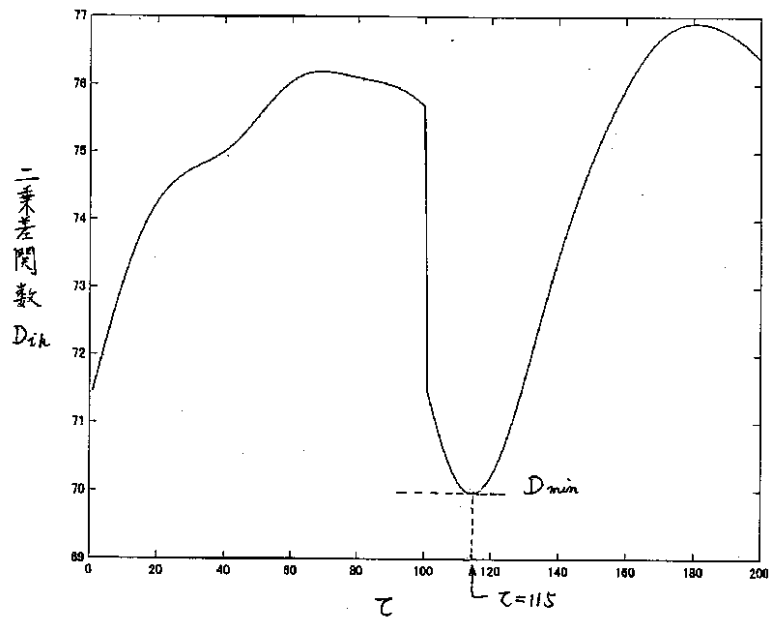
【図6】



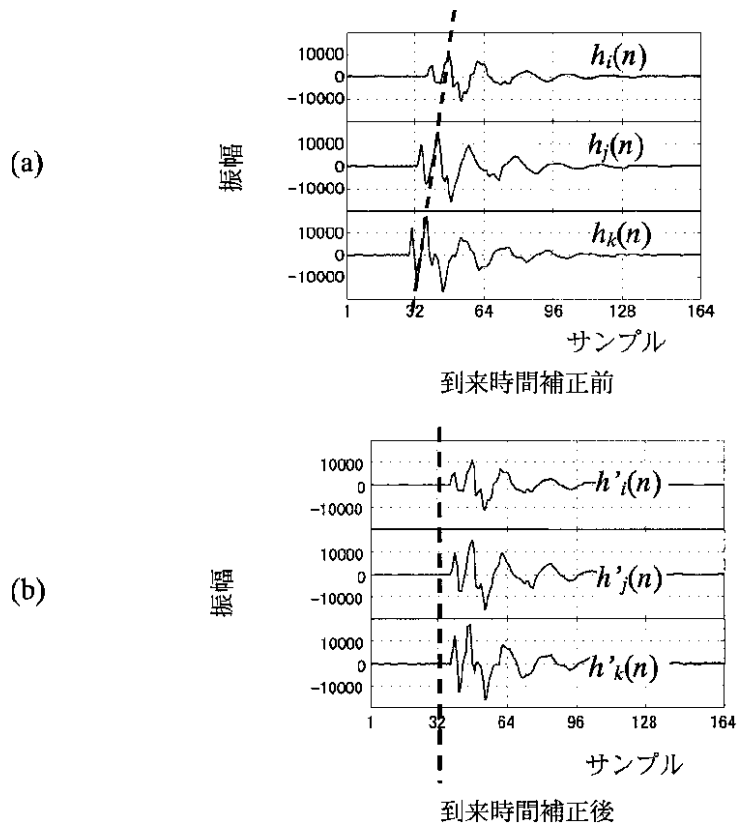
【図10】



【図8】



【図9】



【手続補正書】

【提出日】平成14年5月21日(2002.5.21)

【手続補正1】

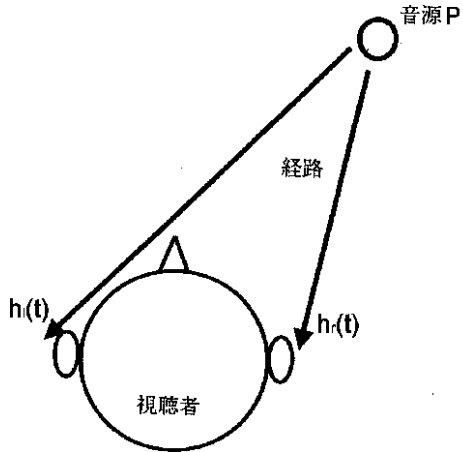
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図2

【補正方法】変更

【補正内容】

【図2】



*【手続補正2】

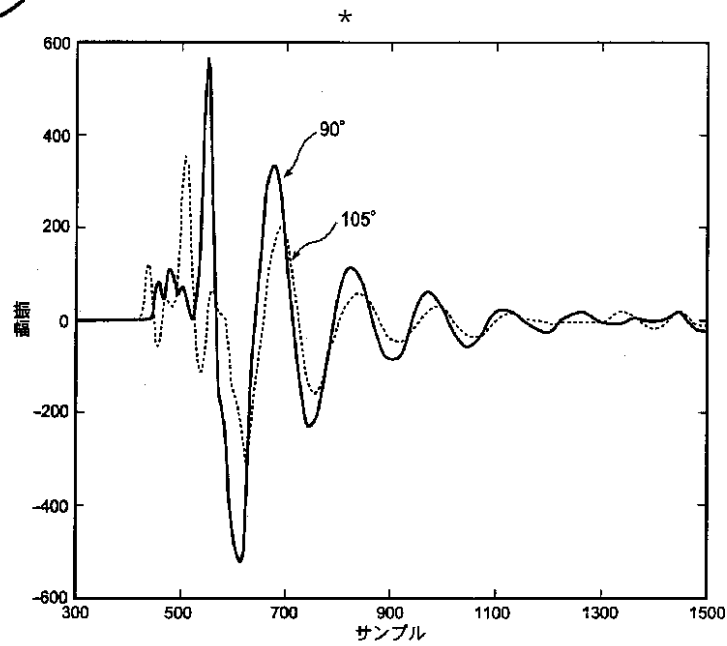
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図5

【補正方法】変更

【補正内容】

【図5】



【手続補正3】

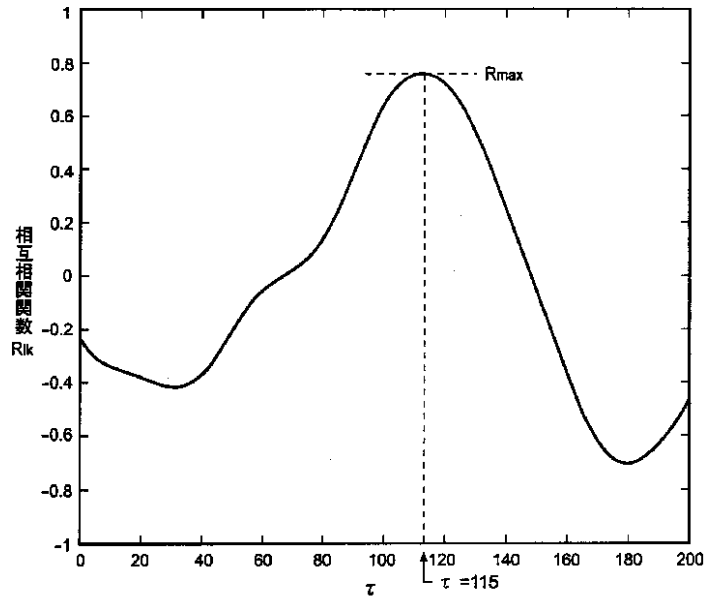
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図6

【補正方法】変更

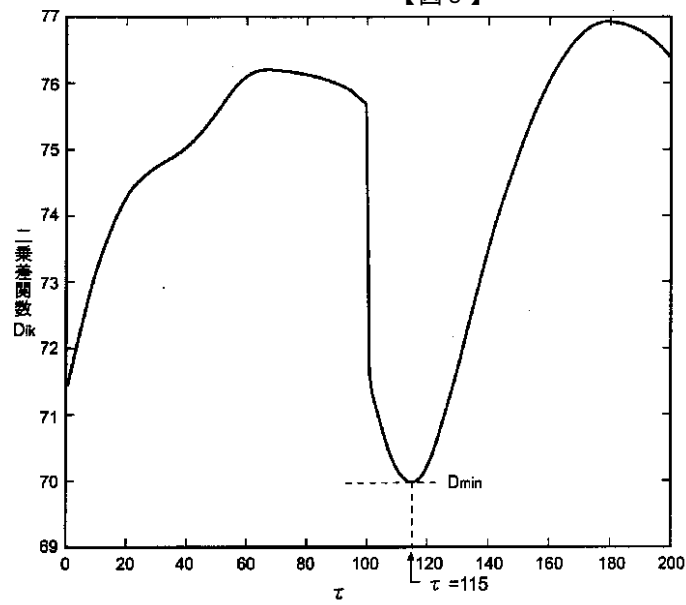
【補正内容】

【図6】



【手続補正4】
 【補正対象書類名】図面
 【補正対象項目名】図8

* 【補正方法】変更
 【補正内容】
 * 【図8】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5D062 AA65 AA67 AA74 CC16
 5J083 AA05 AC07 AC29 AD04 AD18
 BE10 BE41 EA08