

(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2003-5770

(P2003-5770A)

(43) 公開日 平成15年1月8日 (2003.1.8)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマコード\*(参考)

G 1 0 K 15/12

G 1 0 K 15/00

B 5 D 1 0 8

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2001-192055(P2001-192055)

(22) 出願日 平成13年6月25日 (2001.6.25)

(71) 出願人 800000080

タマティーエルオー株式会社

東京都八王子市旭町9番1号 八王子スク

エアビル11階

(71) 出願人 594009302

日本キャストム株式会社

東京都立川市錦町1丁目4番4号

(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

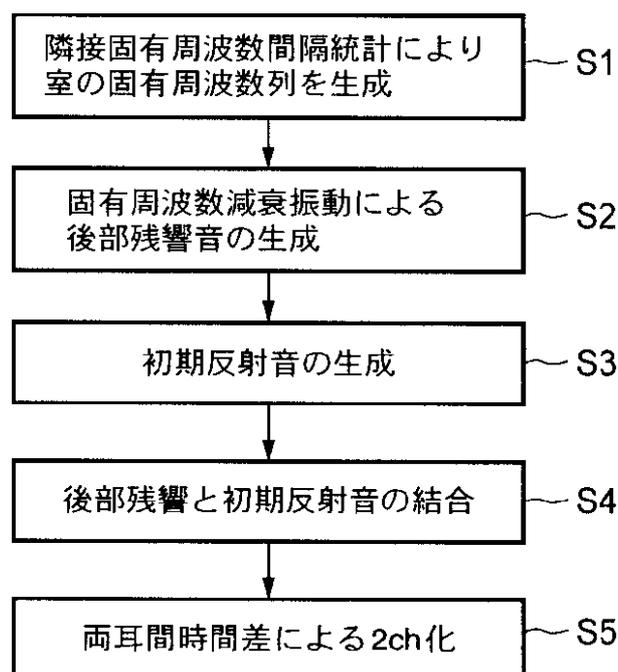
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 残響生成付加方法とその装置

(57) 【要約】

【課題】より自然な残響音をより簡単な構成により生成しソース音源に付加することのできる残響生成付加装置とその方法を提供する。

【解決手段】残響音を表すインパルス応答を、後部と初期部に分割して生成する。また、後部インパルス応答は、固有周波数列の生成とそれらの固有周波数を振動数とする減衰自由振動の生成の2段階の処理により行う。したがって、まず隣接固有周波数間隔統計により室の固有周波数数列を生成し(ステップS1)、これに基づいて固有周波数減衰振動を生成して後部残響音を生成する(ステップS2)。一方で、初期反射音を生成し(ステップS3)、これら生成した後部残響音を初期反射音と結合し(ステップS4)、さらに両耳間時間差を用いて2チャンネル化を行う(ステップS5)。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】室内音場の固有周波数を振動数とし、振幅、位相および減衰の各特性が各々所定の特性に規定された減衰自由振動を後部残響音として生成し、振幅、減衰、周波数および遅れ時間間隔分布の各特性が各々所望の特性に規定された初期反射音を生成し、前記生成された後部残響音および初期反射音、および直接音を合成して室内インパルス応答を生成し、前記生成された室内インパルス応答を音源信号に付加する残響生成付加方法。

【請求項 2】前記後部残響音は、前記初期反射音と前記後部残響音のエネルギー比、残響時間周波数特性、共振（固有）周波数分布、減衰自由振動振幅および位相分布、反射音到来方向分布に基づいて確率的に抽出された共振周波数を振動数とし、振幅がレーレー（Rayleigh）分布、初期位相が一様分布として生成される指数減衰自由振動である請求項 1 に記載の残響生成付加方法。

【請求項 3】前記初期反射音は、要求される室内広さ感に応じて設定される前記遅れ時間間隔分布、要求される残響付加音の明瞭度に応じて設定される前記初期反射音の振幅および減衰特性および所望の特性に設定される前記周波数特性に基づいて生成し、さらに微小な乱反射音が付加されて生成される請求項 1 または 2 に記載の残響生成付加方法。

【請求項 4】さらに、周波数帯域別に、1つの反射音群とみなせるサンプル個数の遅れ時間を、反射音の到来方向確率分布と反射音の両耳間時間差に基づいて変化させることにより、前記インパルス応答を確率的に複数チャンネル化する請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の残響生成付加方法。

【請求項 5】前記室内インパルス応答の付加は、帯域合成後部残響波形、帯域合成後部残響波形の包絡線と正弦波搬送波、あるいは、後部帯域残響波形の包絡線のいずれかを保存し、かつ波形を二乗誤差尺度で最良近似する正弦波搬送波を用いて行う請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の残響生成付加方法。

【請求項 6】室内音場の固有周波数を振動数とし、振幅、位相および減衰の各特性が各々所定の特性に規定された後部残響音を生成する後部残響音生成手段と、振幅、減衰、周波数、遅れ時間間隔分布の各特性が各々所望の特性に規定された初期反射音を生成する初期反射音生成手段と、前記生成された後部残響音および初期反射音、および、直接音を合成して室内インパルス応答を生成する室内インパルス応答生成手段と、前記生成された室内インパルス応答を音源信号に付加する付加手段とを有する残響生成付加装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、たとえばカーオーディオ機器などに適用して好適な、残響生成付加装置およびその方法に関する。

【0002】

【従来の技術および発明が解決しようとする課題】従来の代表的な残響付加装置は、図 23 に示すような FIR デジタルフィルタ形、あるいは図 24 に示すような帰還路を有する IIR デジタルフィルタ形のいずれかに大別される。図 23 に示した FIR 形フィルタの係数は、コンサートホールで予め収録した残響特性から決定されることが多い。したがって、この残響生成付加方式では、自然な残響音が生成される代わりに、コンサートホールの残響特性実測データベースの利用に起因する制限がある。

【0003】また、図 24 に示す方式では、実測データを不要とする代わりに、残響音生成アルゴリズムが未だ研究開発対象であるため、自然な残響音を生成しにくいという困難を有していた。特に、室容積、室形、広がり感を含む室内音場パラメータによる残響音制御、自然な初期反射音群の生成、原音の音色を損なわない自然な残響音減衰特性と周波数特性の実現、規則的な繰り返しがなく密度の高い残響反射音の生成、さらに、商用ステレオ音楽ソースの定位感を損なわずに豊かな広がり感を付加した残響音の生成、というような未解決課題があり改善の余地があった。

【0004】したがって本発明の目的は、より自然な残響音をより簡単な構成により生成しソース音源に付加することのできる残響生成付加装置とその方法を生成することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するために、本発明の残響付加方法は、室内音場の固有周波数を振動数とする減衰自由振動の重畳によって室内インパルス応答を表現、生成し、さらに、残響音の特徴に応じて複数の初期反射音を加えることによって、室内インパルス応答を生成するようにした。そして、この生成したインパルス応答を音源信号に畳み込むことにより、残響音を付加するようにした。また、特に本発明においては、新たに開拓された室内音場理論に基づいて、(a) 減衰自由振動の周波数選択、(b) 減衰自由振動の振幅と位相の配列、(c) 減衰自由振動の減衰特性の設定、(d) 初期反射音の時間間隔、減衰特性と周波数特性の制御、(e) 初期残響音における微小な乱反射音の生成、(f) 反射音の到来方向と両耳効果に基づくステレオ化処理、を行うことにより、従来の課題を解決し好ましい残響音を付加するようにした。

【0006】したがって、本発明の残響付加方法は、室内音場の固有周波数を振動数とし、振幅、位相および減衰の各特性が各々所定の特性に規定された減衰自由振動を後部残響音として生成し、振幅、減衰、周波数および

遅れ時間間隔分布の各特性が各々所望の特性に規定された初期反射音を生成し、前記生成された後部残響音および初期反射音、および直接音を合成して室内インパルス応答を生成し、前記生成された室内インパルス応答を音源信号に付加する。

【0007】好適には、前記後部残響音は、前記初期反射音と前記後部残響音のエネルギー比、残響時間周波数特性、共振（固有）周波数分布、減衰自由振動振幅および位相分布、反射音到来方向分布に基づいて確率的に抽出された共振周波数を振動数とし、振幅がレーレー分布、初期位相が一様分布として生成される指数減衰自由振動である。

【0008】また好適には、前記初期反射音は、要求される室内広さ感に応じて設定される前記遅れ時間間隔分布、要求される残響付加音の明瞭度に応じて設定される前記初期反射音の振幅および減衰特性および所望の特性に設定される前記周波数特性に基づいて生成し、さらに微小な乱反射音が付加され生成される。

【0009】さらに好適には、周波数帯域別に、1つの反射音群とみなせるサンプル個数の遅れ時間を、反射音の到来方向確率分布と反射音の両耳間時間差に基づいて変化させることにより、前記インパルス応答を確率的に複数チャンネル化する

【0010】また好適には、前記室内インパルス応答の付加は、帯域合成後部残響波形、帯域合成後部残響波形の包絡線と正弦波搬送波、あるいは、後部帯域残響波形の包絡線のいずれかを保存し、かつ波形を二乗誤差尺度で最良近似する正弦波搬送波を用いて行う。

【0011】また、本発明の残響生成付加装置は、室内音場の固有周波数を振動数とし、振幅、位相および減衰の各特性が各々所定の特性に規定された後部残響音を生成する後部残響音生成手段と、振幅、減衰、周波数、遅れ時間間隔分布の各特性が各々所望の特性に規定された初期反射音を生成する初期反射音生成手段と、前記生成された後部残響音および初期反射音、および、直接音を合成して室内インパルス応答を生成する室内インパルス応答生成手段と、前記生成された室内インパルス応答を音源信号に付加する付加手段とを有する。

【0012】

【発明の実施の形態】本発明の一実施の形態の残響生成付加方法について、図1～図2を参照して説明する。本実施の形態の残響生成付加方法は、商用音楽ソースを含む2チャンネルの音源信号に、所望の残響・広がり感を付加するものであって、まず、室内音場特性と両耳受聴効果に基づいて残響音を室内のインパルス応答として求め、生成されるインパルス応答を、音楽あるいは音声信号を含む音源信号に畳み込むことによって所望の残響を付加するものである。

【0013】以下、その残響生成付加方法の基本的な処理手順、すなわち残響音場のインパルス応答を生成する

処理の流れについて説明する。図1は、残響音場のインパルス応答を生成する処理の概略の流れを示すフローチャートである。残響音場のインパルス応答は、直接音、いくつかの独立した反射音である初期反射音、および、それに後続する残響音群である後部残響音に分割して考えることができ、この後部残響音は、主として音場の統計的性質に基づいて特徴づけられる。したがって、本方式では、まず、残響音を表すインパルス応答を、後部と初期部に分割して生成する。また、後部インパルス応答は、固有周波数列の生成とそれらの固有周波数を振動数とする減衰自由振動の生成の2段階の処理により行う。

【0014】したがって、本実施の形態の方法においては、図1に示すように、まず隣接固有周波数間隔統計により室の固有周波数数列を生成し（ステップS1）、これに基づいて固有周波数減衰振動を生成して後部残響音を生成する（ステップS2）。一方で、初期反射音を生成し（ステップS3）、これら生成した後部残響音を初期反射音と結合し（ステップS4）、さらに両耳間時間差を用いて2チャンネル化を行う（ステップS5）。

【0015】以下、各ステップの処理について詳細に説明する。

【0016】固有周波数列の生成

残響音場解析の手法としては、固有周波数感覚分布に関する研究が古くから行われているが（M. R. Schroeder, J. Acoust. Soc. Am., 45, 545-565 (1969)）、近年、隣接固有周波数の間隔分布と音線伝搬のカオス性との関連が指摘され（M. R. Schroeder, J. Audio Eng. Soc., 37, 795-808 (1989)）、音線伝搬のカオス性の増大に伴って隣接固有周波数間隔分布が自由度1から非整数自由度を経て自由度2のガンマ分布へ推移する予測が述べられている。ここで、式(1)に示すような、平均値を1とする自由度2のガンマ分布（Wigner分布）に着目する。

【0017】

【数1】

$$p(x) = 4xe^{-2x} \quad (x \geq 0) \quad (1)$$

【0018】但し、 $x$ は式(2)で表される。

【0019】

【数2】

$$x \equiv \frac{\delta f}{d(f)} \cong \frac{4\pi V f^2}{c^3} \delta f \quad (2)$$

【0020】ここで $c$ は音速（m/s）、 $V$ は室容積（ $m^3$ ）、 $f$ は周波数（Hz）を各々表す。また、 $d(f)$ は平均固有周波数を表し、固有周波数の密度 $n(f)$ の逆数として、式(3)により表される。

【0021】

【数3】

$$n(f) \cong \frac{4\pi f^2}{c^3} V \cong \frac{1}{d(f)} \quad (1/\text{Hz}) \quad (3)$$

【0022】式(1)に基づく、不整形室における固有周波数間隔分布を図2(A)に示す。図2(A)に示すように、不整形室における固有周波数間隔分布においては、固有周波数の縮退が起こりにくいことがわかる。なお、直方体室における固有周波数間隔分布は、自由度1のガンマ分布、すなわちポアソン分布として与えられ、その固有周波数間隔分布は、図2(B)のようになる。この場合、図2(A)に示した不整形音場と比較して、固有周波数の縮退が起こりやすいことがわかる。本実施の形態による残響生成方式においては、コンサートホールのような複雑形状で囲まれた音場、すなわち図2(A)に示すような不整形室の固有周波数分布に着目する。

【0023】式(3)は、固有周波数の密度が周波数の二乗に比例して上昇することを示している。この周波数の上昇に伴う密度の増大は音場の波動理論に基づく解析を困難にする要因の1つとなっているが、音場統計論では多数の隣接する固有周波数による自由振動の重畳が基本的原理になっている。固有周波数による自由振動の励振特性が有する周波数帯域幅 (Modal Bandwidth) は、式(4)で表される。ここで、 $T_R$  は残響時間 (s)、 $H(f)$  は減衰自由振動の励振特性である。

【0024】

【数4】

$$B(f) \cong \frac{\int |H(f)|^2 df}{|H(f)|_{\max}^2} \cong \frac{6.9}{2T_R} \quad (4)$$

【0025】本実施の形態においては、図2(A)に示した隣接固有周波数間隔分布と式(2)に基づいて、式(5)より固有周波数間隔  $\delta f$  を抽出し、固有周波数列  $p(f)$  を発生させる。

【0026】

【数5】

$$\delta f = x d(f) \quad (5)$$

【0027】なお、周波数の増大とともに固有周波数間隔が小さくなるため、ここでは固有周波数間隔が周波数帯域幅 (Modal Bandwidth) より大きいものだけを抽出するものとする。具体的には、フローチャートを図3に示すように、まず図2(A)に示したような隣接固有周波数間隔のヒストグラムより隣接固有周波数間隔  $x$  を抽出し(ステップS11)、前述した式(2)および式(4)に基づいて固有周波数間隔  $\delta f$  と周波数帯域幅  $B$  を求める(ステップS12)。固有周波数間隔  $\delta f$  が周波数帯域幅  $B$  より大きい場合には(ステップS13)、周波数  $f + \delta f$  に対応する固有周波数列  $P$  の値を1とす

ることにより、これを抽出する(ステップS14)。

【0028】そして、その周波数  $f + \delta f$  が、標準化周波数  $f_0$  の  $1/2$  よりも大きい場合には(ステップS15)、それまで抽出した固有周波数をもって、固有周波数列収集の処理を終了する(ステップS17)。また、ステップS13において固有周波数間隔  $\delta f$  が周波数帯域幅  $B$  以下の場合、または、ステップS15において周波数  $f + \delta f$  が標準化周波数  $f_0$  の  $1/2$  以下の場合には、周波数  $f$  を固有周波数間隔  $\delta f$  だけ増加させて(ステップS16)、再びステップS11以下の処理を繰り返す。以上の処理により、固有周波数列  $p(f)$  を発生させる。

【0029】図4に、生成された固有周波数列の例を示す。周波数の増大とともに固有周波数の間隔が狭まる状態が理解できる。この固有周波数の密度の周波数に伴う増加は、自然な残響音を生成する上で非常に重要である。

【0030】減衰自由振動の生成による後部残響音の生成

前述したように生成された固有周波数列の各固有周波数を振動数  $f_i$  とし、式(6)に示すような減衰自由振動を考え、これを重畳することにより、後部残響音のインパルス応答を生成する。

【0031】

【数6】

$$y_i(t) = A_i e^{-\alpha t} \cos(2\pi f_i t + \theta_i) \quad (6)$$

【0032】ここで  $A_i$  及び  $\theta_i$  はそれぞれ減衰振動の初期振幅と初期位相を表す。また、 $\alpha$  は振動の減衰係数で、予め設定される残響時間に基づいて決定される。換言すれば、着目する周波数帯域別に固有インパルス応答の減衰特性を制御することによって、所望の残響特性が実現される。また、初期振幅は確率変数  $A$  と表すことにし、標準偏差  $\sigma$ 、平均値0のガウス雑音の振幅分布を表す式(7)に示すレーレー分布に従う母集団から抽出される。

【0033】

【数7】

$$p(a) = \frac{a}{\sigma} \exp\left(-\frac{a^2}{2\sigma}\right) \quad (7)$$

【0034】また、初期位相角も確率変数  $\theta$  として一様分布する母集団から選び出す。全帯域にわたって自然な残響減衰特性を実現するためには、それぞれの固有インパルス応答の振幅と位相特性を制御する必要がある。そのため本方式では、不規則音場の性質を鑑み、このようにレーレー分布および一様分布を用いる。

【0035】このようにして得られた後部インパルス応答、すなわち後部残響音の例を、図5に示す。また、この後部残響音の振幅周波数特性を図6に、残響減衰曲線

を図7に、帯域別残響特性を図8に、残響時間周波数特性を図9に各々示す。

#### 【0036】初期反射音の生成

初期反射音群は、反射音の到来時間間隔を確率変数として、直接音から50msの間に到来する反射音間隔を正規乱数として生成する。本実施の形態においては、個々の初期反射音に対して、初期反射音の遅れ時間間隔分布、初期反射音の大きさと減衰特性、および、初期反射音の周波数特性の3つ条件を設定することにより、生成する初期反射音を規定する。

【0037】具体的には、初期反射音の遅れ時間間隔分布は、残響を生成する室内の広さ感に応じて、たとえば図10に示すような分布のいずれかを選択することにより設定する。また、初期反射音の大きさと減衰特性は、音源の明瞭度に応じて、図11に示すような初期減衰特性のいずれかを選択することにより設定する。また、初期反射音の周波数特性としては、たとえば図12に示すような特性を設定する。このようにして得られた初期反射音の例を、図13に示す。また、この初期反射音の振幅周波数特性を図14示す。

#### 【0038】後部残響音と初期反射音の結合

図5に示したような後部残響音と、図13に示したような初期反射音を所望のエネルギー比をもって合成することにより、残響音を表すインパルス応答を生成する。後部と初期部を合成したインパルス応答の例を図15に、また、この振幅周波数特性を図16に、残響曲線を図17に示す。

#### 【0039】両耳間時間差による2チャンネル化

残響音は直接音に響きを付加する以外に、反射音の到来方向による両耳間時間差の変化に基づく2チャンネル化を施すことにより、音場の広がり感の制御が期待できる。本実施の形態の方法においては、両耳を2つのマイクロホンに置き換えるときに必要なマイクロホン距離、すなわち等価両耳間距離を用いて、図18に示すように音波の到来方向によって決定される両耳間時間差に基づいて、周波数帯域別に2チャンネルの残響音を生成する。

【0040】また、音像の定位感を安定させるため、周波数帯域別に反射音群を定めて、反射音群ごとに図19に示すような反射音到来方向分布を生成する。図20は、音の到来方向と両耳間時間差に基づいて2チャンネル化されたインパルス応答の例である。

【0041】以上が、本実施の形態の残響生成付加方法の基本的な処理手順の説明であるが、次に、このような残響生成付加方法をコンピュータシステムにおいて、あるいは専用装置として適用する場合に好適な構成の一例をを図21および図22に示す。図21は、本実施の形態の残響生成付加方法を具体的な装置に適用する場合の処理構成の一例を模式的に示す図である。

【0042】この例においては、まず、初期設定とし

て、室容積、室形、初期反射音到来間隔、初期減衰、初期周波数特性、残響時間、残響周波数特性、反射音到来方向、初期反射音と残響音のエネルギー比を設定する(ステップS21)。次に、後部残響音を設定するために、設定した室容積、室形および残響時間に基づいて共振周波数分布を求め、これより減衰振動数を設定する(ステップS22)。

【0043】次に、これを帯域分割し(ステップS23)、設定された残響時間および残響周波数特性に基づいて、特に本実施の形態においては振幅特性はレーレー分布より、位相特性は一様乱数により求めるものとして帯域ごとの減衰波形を生成し(ステップS24)、ここでは特に各帯域ごとに、正規分布と設定した反射音到来方向および両耳間時間差に基づいて減衰波形の2chステレオ化を行う(ステップS25)。そして、各帯域ごとの減衰波形を合成することにより、全域の後部残響波形を生成する(ステップS26)。

【0044】一方、初期反射音を生成する処理としては、設定された初期反射音到来間隔、すなわち本実施の形態においては正規分布とした初期反射音到来間隔に基づいて反射音を設定し(ステップS27)、設定した初期減衰、すなわち本実施の形態においては指数減衰とした初期減衰にもとづいて初期減衰波形を生成する(ステップS28)。次に、低域および高域通過フィルタを通すことにより、同じく設定された周波数特性となるように制御するとともに微小な乱反射音を生成し(ステップS29)、さらに、後部残響波形と同様に、正規分布と設定した反射音到来方向および両耳間時間差に基づいてステレオ化を行う(ステップS30)。

【0045】そして、2ch各々に初期反射音と後部残響音を合成し、最後に、元の音源信号と合成して、残響音を付加したインパルス応答を生成する(ステップS31)。

【0046】また、図22は、本実施の形態の残響生成付加方法を適用した処理装置の具体的な構成の一例を示す図である。図22に示す例においては、周波数帯域を1/32oct分析して2チャンネル化された帯域合成残響波形を生成した後、全帯域に渡る重畳によって2チャンネル全帯域合成残響波形を生成する。1/32oct分析されたそれぞれの帯域合成残響波形は、遅延加算装置による初期反射音生成部と、振幅・位相・周波数・減衰係数の異なる減衰自由振動発生器から構成される後部残響音生成部と、2チャンネル可変遅延器を有する2チャンネル残響音声部から構成される。

【0047】それぞれの1/32oct帯域内の処理は全て同様である。帯域内の各処理において、初期反射音生成部の初期反射音を生成する遅延加算装置は、図10～図12に示した初期反射音の遅れ時間間隔分布、初期減衰特性ならびに初期反射音の周波数特性に基づいて、遅延器、乗算器を設定する。後部残響音生成部は、減衰

自由振動発生器によって構成され、室容積を  $500\text{ m}^3$  としたとき、図 2 (A) に示した頻度分布に従って、図 3 に示したような固有周波数による指数減衰自由振動を生成する。指数減衰特性は、図 18 の残響時間周波数特性から設定する。

【0048】次に、指数減衰自由振動の初期振幅を、レーレー分布、位相を一様分布として、それぞれの指数減衰自由振動を帯域別に(図 22 の実施例では、 $1/320\text{ oct}$ ) 合成したそれぞれの帯域合成残響波形を、最小二乗誤差の意味で最良近似する帯域別減衰自由振動波形を生成する。2チャンネル残響音生成部は、図 18 に示したような反射音帯域別到来方向分布と、同一方向から到来する音波の帯域別継続時間に基づいて、両耳間時間差を帯域別に設定する。全帯域合成部は、帯域別残響波形の線形結合によって、全帯域残響波形を生成する。

【0049】なお、本発明は本実施の形態に限られるものではなく、任意好適な種々の改変が可能である。たとえば、固有周波数列を生成する際に固有周波数間隔が小さくなった場合、本実施の形態においては、固有周波数間隔が周波数帯域幅 (Modal Bandwidth) より大きいものだけを抽出するようにした。しかし、たとえば、生成される固有周波数間隔の平均値が周波数帯域幅 (Modal Bandwidth) より小さくなった場合には、周波数帯域幅おきにランダムに固有周波数を抽出するようにしてもよい。得ようとする残響音の特徴や、実際に処理する際の処理能力、処理精度などに応じて任意の方法で固有周波数の抽出方法、さらには、図 21 に示したような各処理条件などを設定するようにしてよい。

#### 【0050】

【発明の効果】このように、本発明によれば、より自然な残響音をより簡単な構成により生成しソース音源に付加することのできる残響生成付加装置とその方法を生成することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】図 1 は、残響音場のインパルス応答を生成する処理の概略の流れを示すフローチャートである。

【図 2】図 2 (A) は、不整形室における固有周波数間隔分布を示すヒストグラムであり、図 2 (B) は直方体室における固有周波数間隔分布を示すヒストグラムである。

【図 3】図 3 は、固有周波数列を生成する処理の流れを示すフローチャートである。

【図 4】図 4 は、生成された固有周波数列の例を示す図である。

【図 5】図 5 は、生成された後部残響音を示す波形図である。

【図 6】図 6 は、図 5 に示した後部残響音の振幅周波数特性を示す図である。

【図 7】図 7 は、図 5 に示した後部残響音の残響減衰曲線を示す図である。

【図 8】図 8 は、図 5 に示した後部残響音の帯域別残響特性を示す図である。

10 【図 9】図 9 は、図 5 に示した後部残響音の残響時間周波数特性を示す図である。

【図 10】図 10 は、設定する初期反射音の遅れ時間間隔分布を示す図である。

【図 11】図 11 は、設定する初期反射音の減衰特性を示す図である。

【図 12】図 12 は、設定される初期反射音の周波数特性の一例を示す図である。

【図 13】図 13 は、生成された初期反射音を示す波形図である。

20 【図 14】図 14 は、図 13 に示した初期反射音の振幅周波数特性を示す図である。

【図 15】図 15 は、後部と初期部を合成したインパルス応答を示す波形図である。

【図 16】図 16 は、図 15 に示した後部と初期部を合成したインパルス応答の振幅周波数特性を示す図である。

【図 17】図 17 は、図 15 に示した後部と初期部を合成したインパルス応答の残響減衰曲線を示す図である。

【図 18】図 18 は、等価両耳間距離を説明するための図である。

30 【図 19】図 19 は、帯域別に設定される反射音到来方向分布を示す図である。

【図 20】図 20 は、音の到来方向と両耳間時間差に基づいて 2チャンネル化されたインパルス応答の例である。

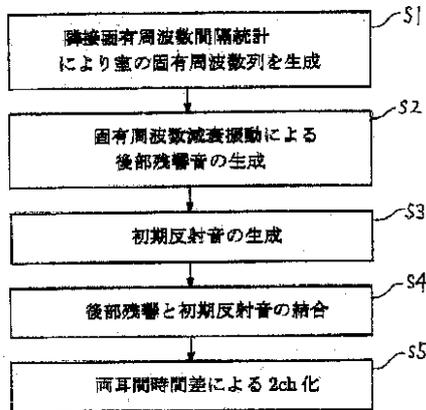
【図 21】図 21 は、本実施の形態の残響生成付加方法を具体的な装置に適用する場合の処理手順の例を模式的に示す図である。

【図 22】図 22 は、本実施の形態の残響生成付加方法を適用した処理装置の具体的な構成の例を示す図である。

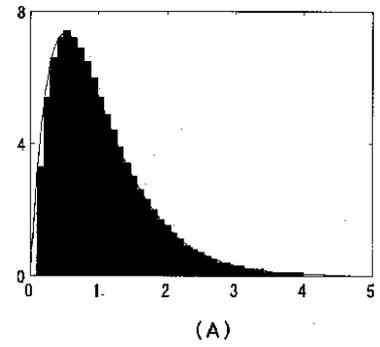
40 【図 23】図 23 は、従来の FIR デジタルフィルタ形の残響付加装置の処理を説明するための図である。

【図 24】図 24 は、従来の IIR デジタルフィルタ形の残響付加装置の処理を説明するための図である。

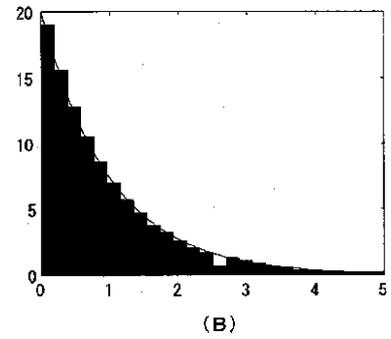
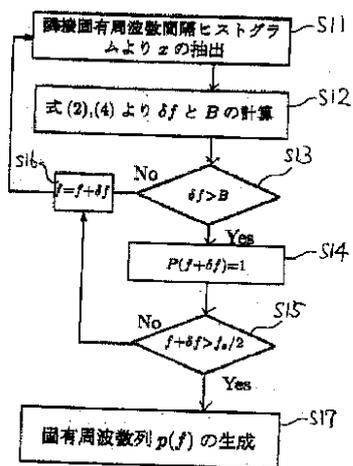
【図1】



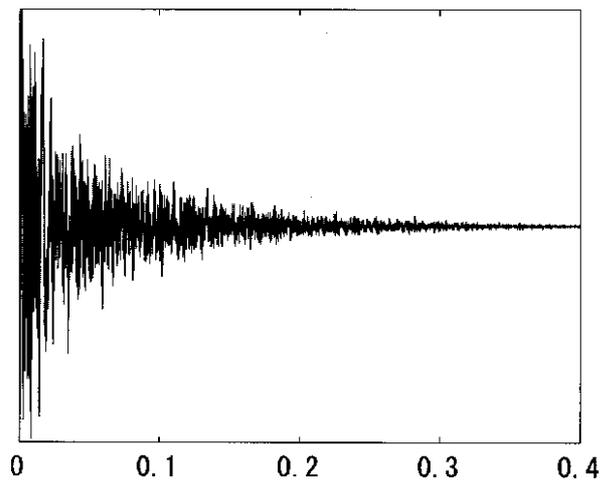
【図2】



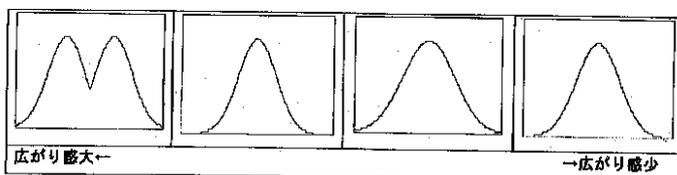
【図3】



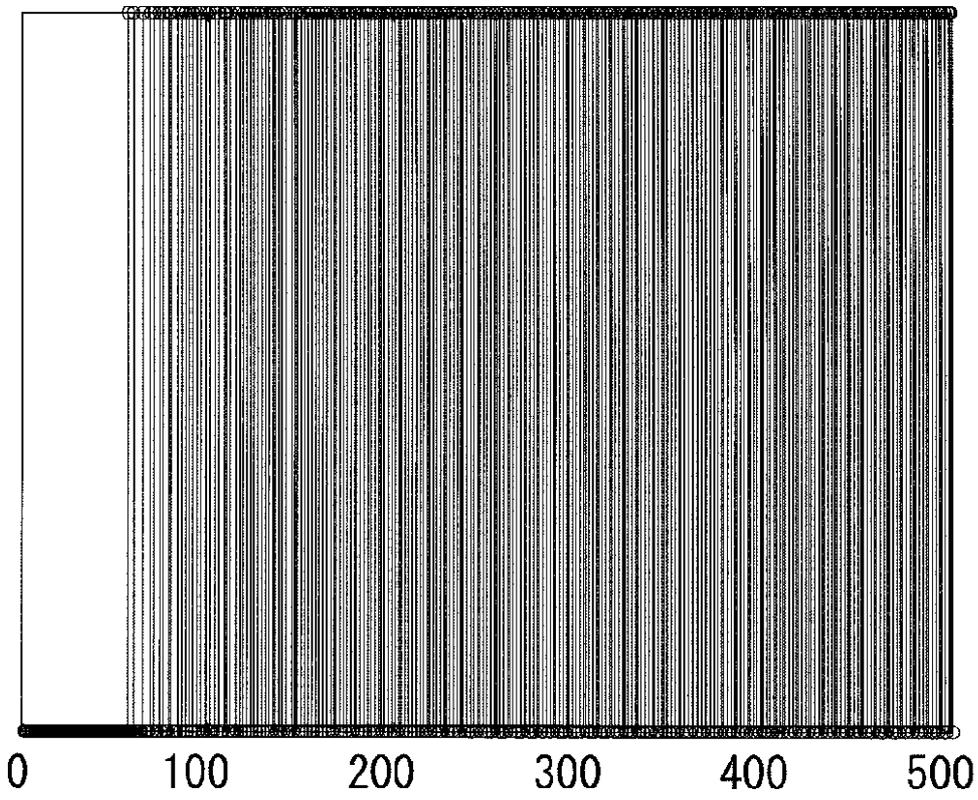
【図5】



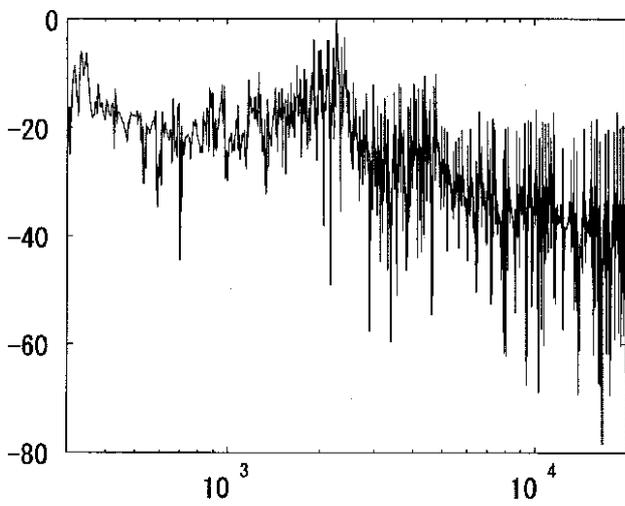
【図19】



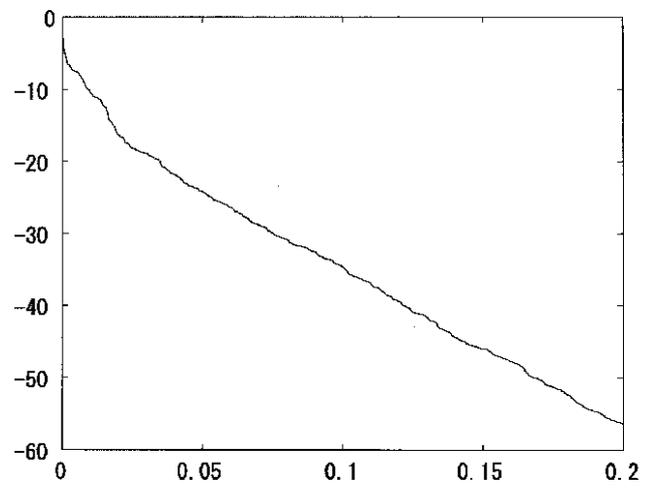
【図4】



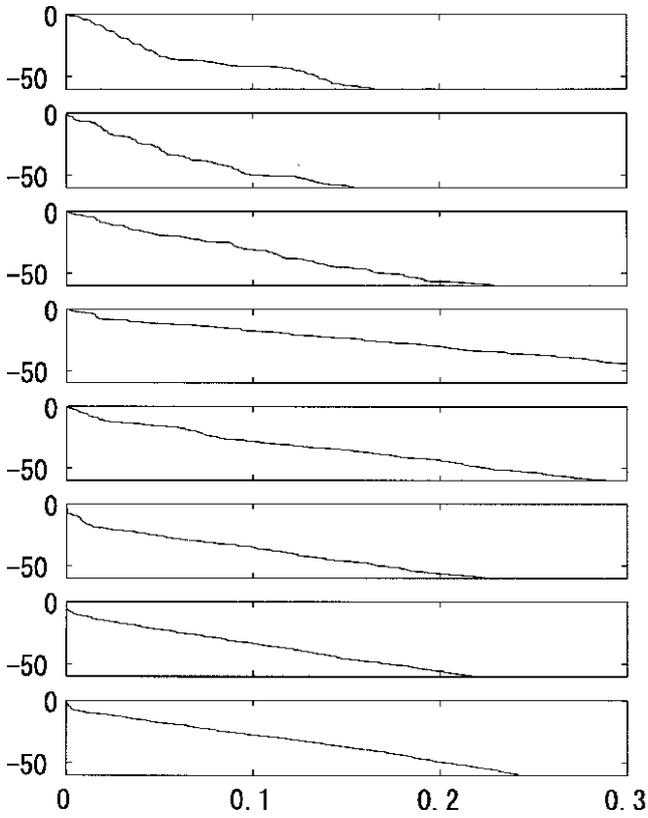
【図6】



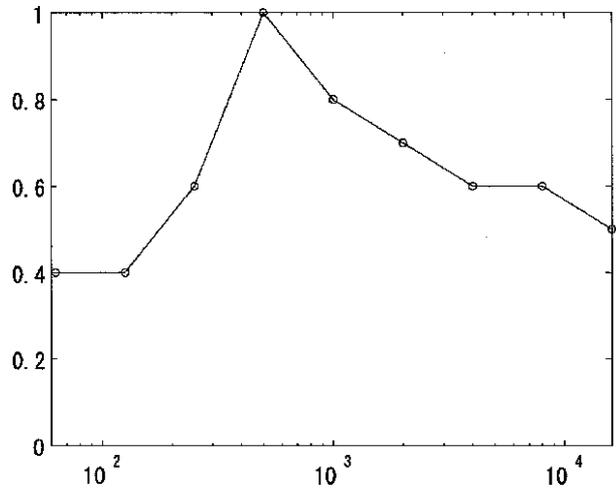
【図7】



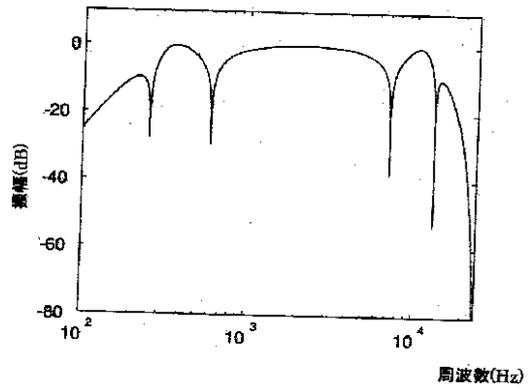
【図8】



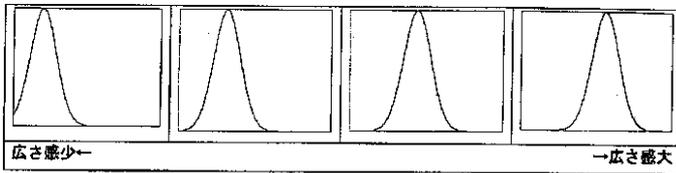
【図9】



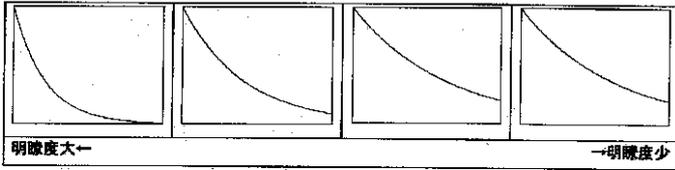
【図12】



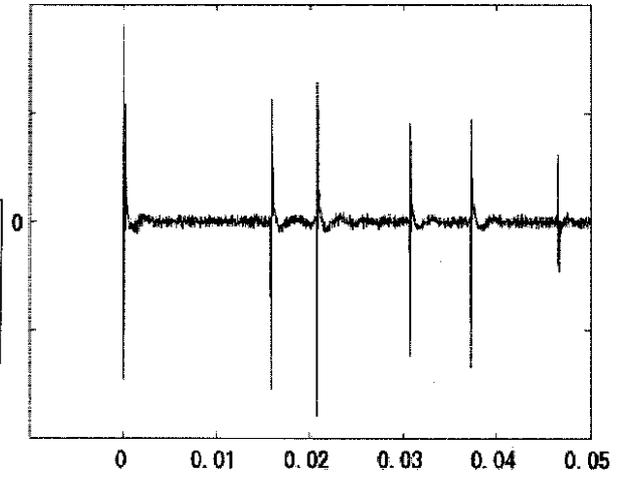
【図10】



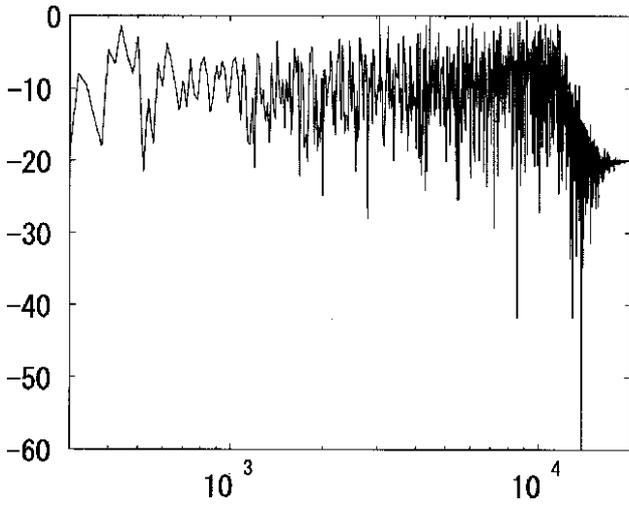
【図11】



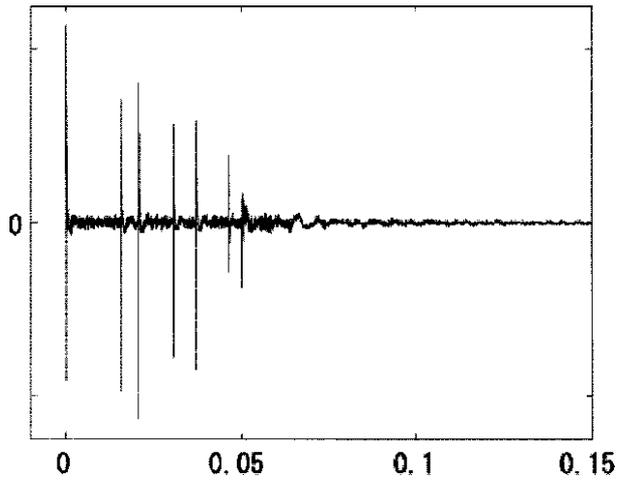
【図13】



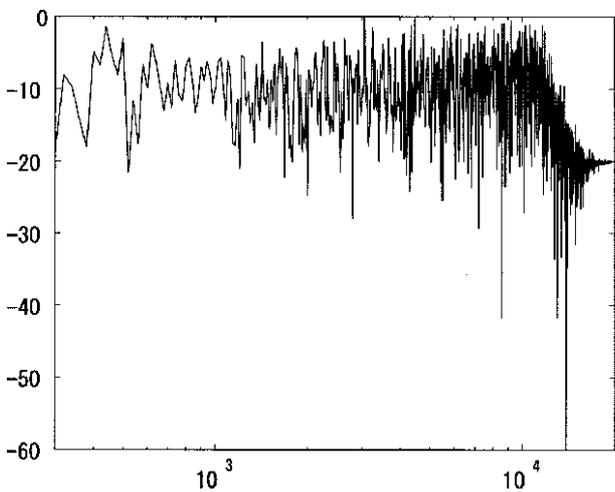
【図14】



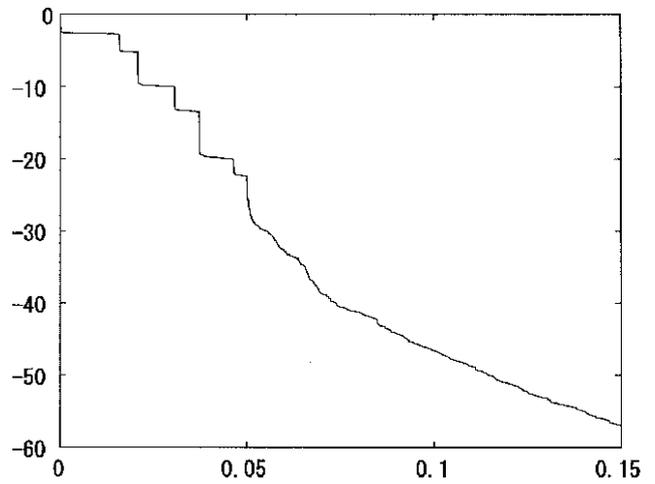
【図15】



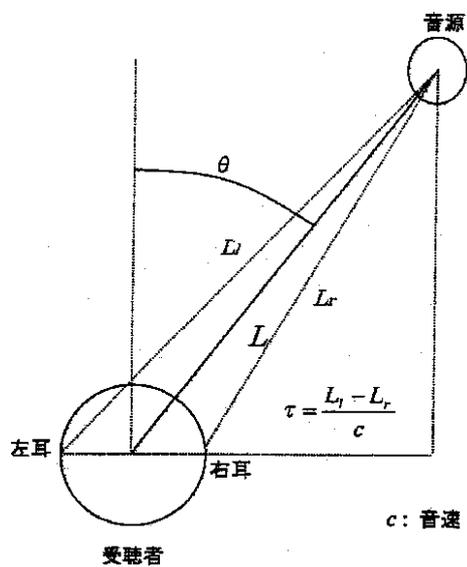
【図16】



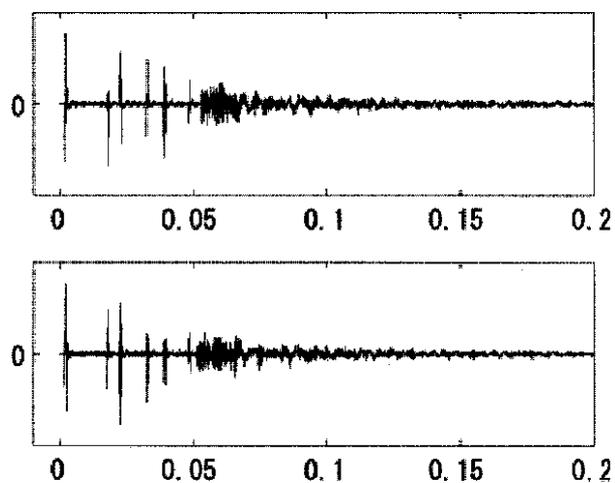
【図17】



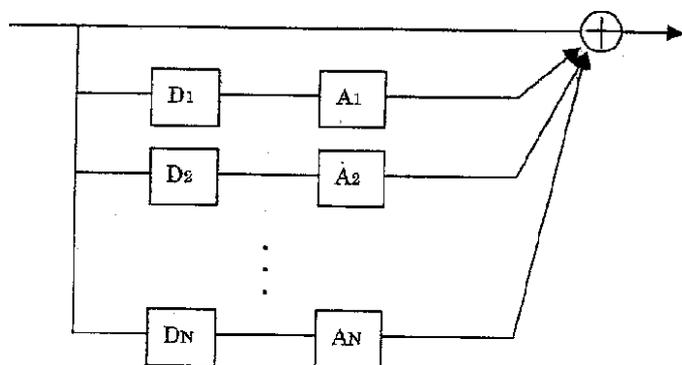
【図18】



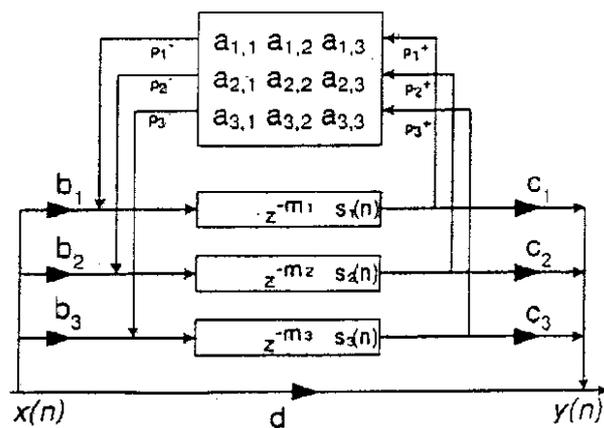
【図20】



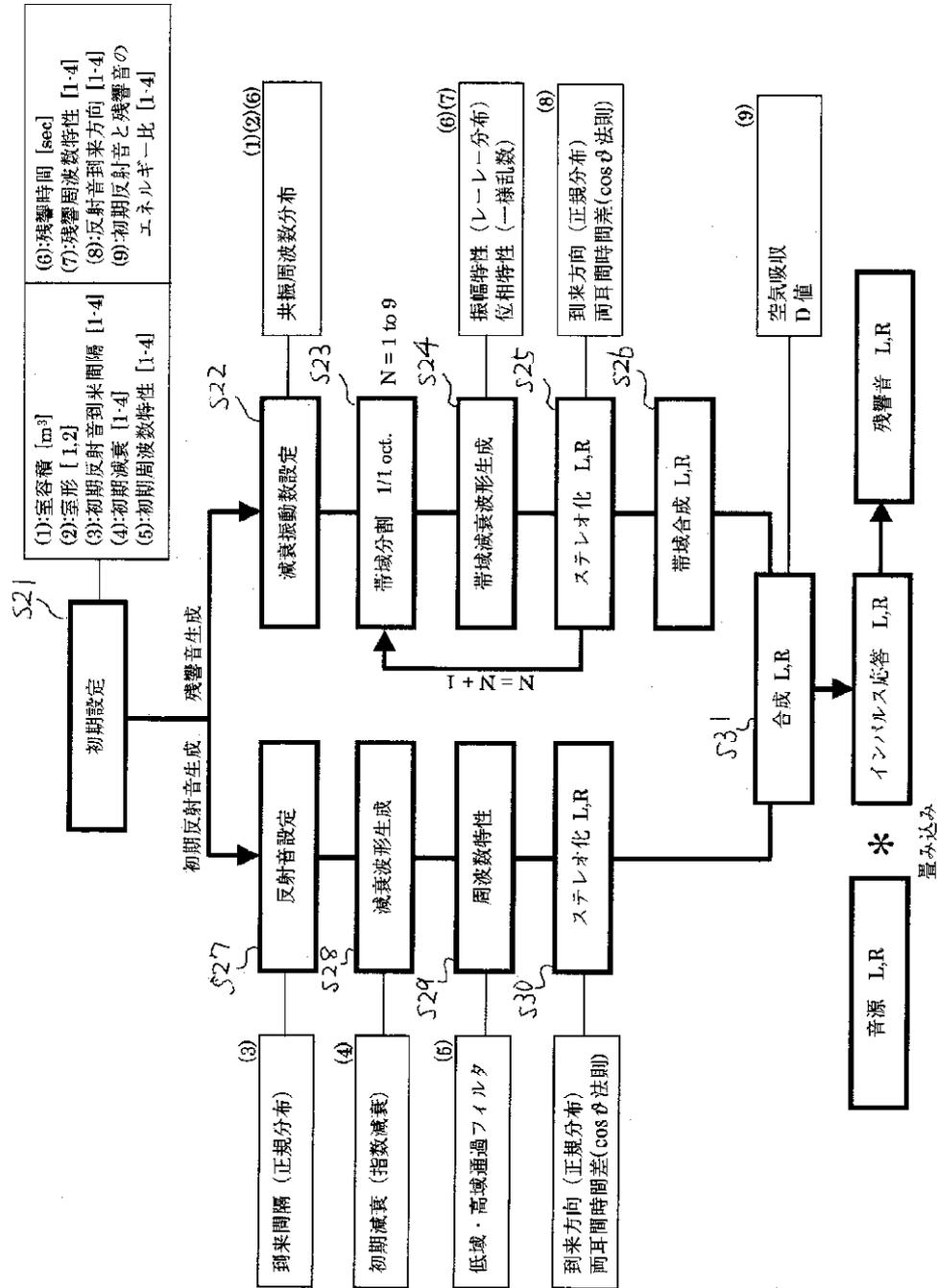
【図23】



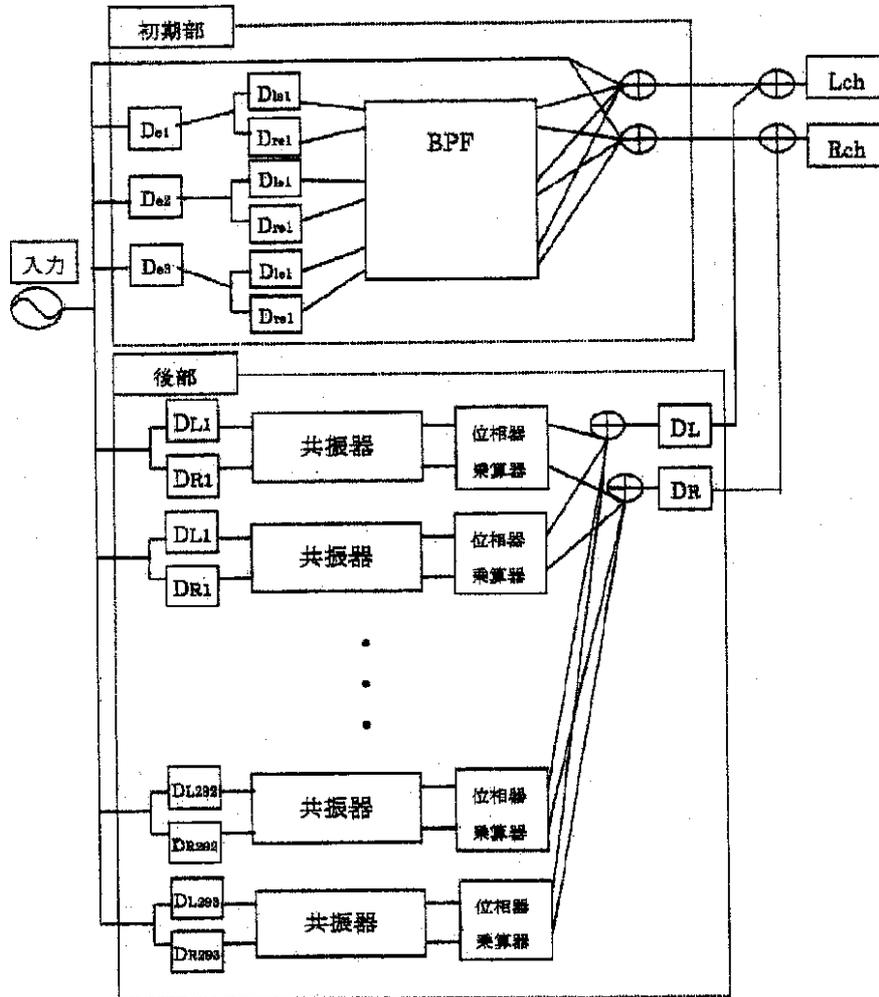
【図24】



【図21】



【図22】



【手続補正書】

【提出日】平成13年7月10日(2001.7.10)

【手続補正1】

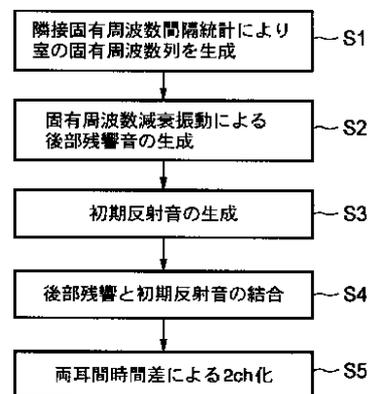
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図1

【補正方法】変更

【補正内容】

【図1】



【手続補正2】

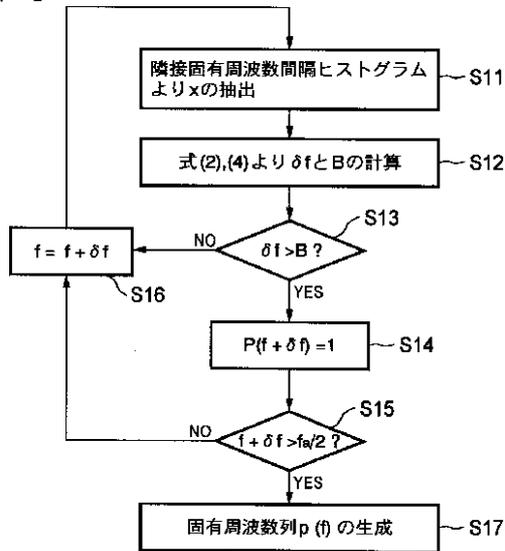
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図3

【補正方法】変更

【補正内容】

【図3】



\*【手続補正3】

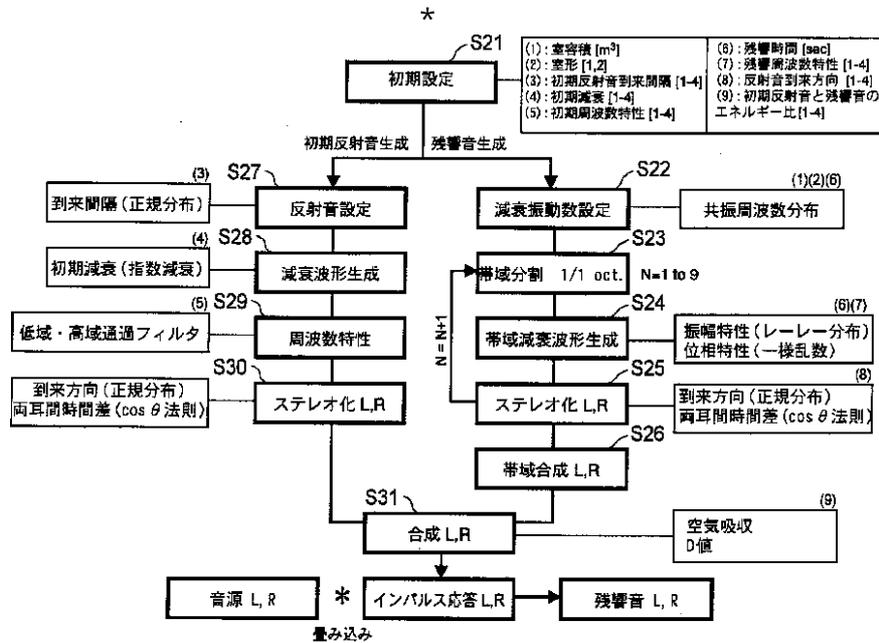
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図21

【補正方法】変更

【補正内容】

【図21】



フロントページの続き

(72)発明者 風間 道子  
東京都新宿区下落合3-4-7

(72)発明者 神谷 裕一  
神奈川県川崎市宮前区鷺沼1-11-1 D  
I Kマンション308号  
Fターム(参考) 5D108 AB07 AB08 AC02 AD04 AD05  
AD07