

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4624790号
(P4624790)

(45) 発行日 平成23年2月2日(2011.2.2)

(24) 登録日 平成22年11月12日(2010.11.12)

(51) Int.Cl.

H04S 5/02 (2006.01)

F 1

H04S 5/02

B

請求項の数 21 (全 38 頁)

(21) 出願番号 特願2004-537236 (P2004-537236)
 (86) (22) 出願日 平成15年9月22日 (2003.9.22)
 (65) 公表番号 特表2006-500809 (P2006-500809A)
 (43) 公表日 平成18年1月5日 (2006.1.5)
 (86) 國際出願番号 PCT/FR2003/002784
 (87) 國際公開番号 WO2004/027642
 (87) 國際公開日 平成16年4月1日 (2004.4.1)
 審査請求日 平成18年9月20日 (2006.9.20)
 (31) 優先権主張番号 02/11739
 (32) 優先日 平成14年9月23日 (2002.9.23)
 (33) 優先権主張国 フランス (FR)

(73) 特許権者 505106346
 トリノヴ・オーディオ
 フランス国 94800 ヴィレジュイフ,
 アヴニュー・ドゥ・ラ・レビュブリック
 30/32
 (74) 代理人 100089705
 弁理士 社本 一夫
 (74) 代理人 100076691
 弁理士 増井 忠式
 (74) 代理人 100075270
 弁理士 小林 泰
 (74) 代理人 100080137
 弁理士 千葉 昭男
 (74) 代理人 100096013
 弁理士 富田 博行

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】音場表現処理方法およびシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

空間処理動作のフィルタリング組み合わせを決定する方法であって、前記フィルタリング組み合わせ

【数 1】

$$(C_{l,m}^{(I)})$$

は、時間及び三次元空間での初期音場を表す係数により形成される初期音場表現

【数 2】

$$(P_{l,m}^{(I)})$$

に適用されることによって、時間及び三次元空間でのその音場を表す係数により形成される修正音場表現

【数 3】

$$(P_{l,m}^{(T)})$$

を提供し、前記方法が、

少なくとも1つの方向性関数からなる組によって前記処理動作を定めるステップ(2)と、

- 各方向性関数の球面調和係数を確立するステップ(4)と、
- 前記球面調和係数から前記フィルタリング組み合わせを決定するステップ(6)と、
を備えた、方法。

【請求項2】

請求項1記載の方法において、前記初期音場を表す前記係数と、前記修正音場を表す前記係数とは、フーリエ-ベッセル係数である、方法。

【請求項3】

請求項2記載の方法であって、さらに、前記フーリエ-ベッセル係数の次数限界を表すパラメータ(L)を指定するステップを含む、方法。

【請求項4】

請求項1から3のいずれかに記載の方法において、前記処理動作は、1つの方向性関数と、そして

- ・方向性関数として表される前記初期音場、及び
- ・前記処理動作の前記方向性関数、

に適用されるよう意図した所定の動作とによって定められ、

前記方法は、さらに、

-前記所定の動作に関連した重み係数を決定するステップ、
を含み、前記フィルタリング組み合わせを決定するステップ(6)は、前記球面調和係数
(G)と前記重み係数(c)の線形の組み合わせから各々のフィルタリング組み合わせを
決定するステップ(30)を含む、方法。

10

20

【請求項5】

請求項1から4のいずれかに記載の方法において、前記所定の動作は、各方向に關し、
前記初期音場の前記方向性関数と前記処理動作の前記方向性関数の値の乗算処理である、
方法。

【請求項6】

請求項5記載の方法において、前記乗算処理の前記重み係数
【数4】

$$C_{l,m,l'',m''}^{l',m'}$$

30

は、

【数5】

$$c_{l,m,l'',m''}^{l',m'} = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} (c_{l,m,l'',m''}^{l',m' (1)} + c_{l,-m,l'',m''}^{l',m' (1)}) & \text{for } m > 0 \\ c_{l,0,l'',m''}^{l',m' (1)} & \text{for } m = 0 \\ \frac{j}{\sqrt{2}} (c_{l,-m,l'',m''}^{l',m' (1)} - c_{l,m,l'',m''}^{l',m' (1)}) & \text{for } m < 0 \end{cases}$$

で与えられ、ここで、

40

【数6】

$$c_{l,m,l'',m''}^{l',m' (1)} = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} (c_{l,m,l'',m''}^{l',m' (2)} + c_{l,m,l'',-m''}^{l',m' (2)}) & \text{for } m'' > 0 \\ c_{l,m,l'',0}^{l',m' (2)} & \text{for } m'' = 0 \\ \frac{j}{\sqrt{2}} (c_{l,m,l'',-m''}^{l',m' (2)} - c_{l,m,l'',m''}^{l',m' (2)}) & \text{for } m'' < 0 \end{cases}$$

ここで、

【数7】

$$\underline{c_{l,m,l'',m''}^{l',m' (2)}} = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} (c_{l,m,l'',m''}^{l',m' (3)} + c_{l,m,l'',m''}^{l',-m' (3)}) & \text{for } m' > 0 \\ c_{l,m,l'',m''}^{l',0 (3)} & \text{for } m' = 0 \\ \frac{1}{j\sqrt{2}} (c_{l,m,l'',m''}^{l',-m' (3)} - c_{l,m,l'',m''}^{l',m' (3)}) & \text{for } m' < 0 \end{cases}$$

ここで、

【数8】

10

$$\underline{c_{l,m,l'',m''}^{l',m' (3)}} = \delta_{m''}^{m'-m} \frac{1}{2\sqrt{\pi}} \frac{\sqrt{(2l+1)(2l'+1)(2l''+1)}}{l+l'+l''+1} \sqrt{\frac{C_{l+|m|}^l C_{l'+|m'|}^{l'} C_{l''+|m''|}^{l''}}{C_l^{|m|} C_{l'}^{|m'|} C_{l''}^{|m''|}}} \times \sum_{k=|m|}^l \sum_{k'=|m'|}^{l'} \sum_{k''=|m''|}^{l''} (-1)^{k+k'+k''} \frac{C_l^k C_l^{k-|m|} C_{l'}^{k'} C_{l'}^{k'-|m'|} C_{l''}^{k''} C_{l''}^{k''-|m''|}}{C_{l+l'+l''}^{k+k'+k''-n}}$$

【数9】

20

$$\underline{\delta_x^y} = \begin{cases} 1 & \text{for } x = y \\ 0 & \text{for } x \neq y \end{cases}$$

【数10】

$$\underline{n = \frac{|m| + |m'| + |m''|}{2}}$$

【数11】

30

$$\underline{C_n^p = \frac{n!}{p! (n-p)!}}$$

である、方法。

【請求項7】

請求項1から4のいずれかに記載の方法において、前記所定の動作は、各方向に關し、前記初期音場の前記方向性関数と前記処理動作の前記方向性関数の値の畳み込み処理である、方法。

【請求項8】

40

請求項7記載の方法において、前記畳み込み処理の前記重み係数

【数12】

$$\underline{C_{l,m,l'',m''}^{l',m'}}$$

は、

【数13】

$$c_{l,m,l'',m''}^{l',m'} = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} (c_{l,m,l'',m''}^{l',m' (1)} + c_{l,-m,l'',m''}^{l',m' (1)}) & \text{for } m > 0 \\ c_{l,0,l'',m''}^{l',m' (1)} & \text{for } m = 0 \\ \frac{j}{\sqrt{2}} (c_{l,-m,l'',m''}^{l',m' (1)} - c_{l,m,l'',m''}^{l',m' (1)}) & \text{for } m < 0 \end{cases}$$

で与えられ、ここで、

【数14】

10

$$c_{l,m,l'',m''}^{l',m' (1)} = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} (c_{l,m,l'',m''}^{l',m' (2)} + c_{l,m,l'',-m''}^{l',m' (2)}) & \text{for } m'' > 0 \\ c_{l,m,l'',0}^{l',m' (2)} & \text{for } m'' = 0 \\ \frac{j}{\sqrt{2}} (c_{l,m,l'',-m''}^{l',m' (2)} - c_{l,m,l'',m''}^{l',m' (2)}) & \text{for } m'' < 0 \end{cases}$$

ここで、

【数15】

20

$$c_{l,m,l'',m''}^{l',m' (2)} = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} (c_{l,m,l'',m''}^{l',m' (3)} + c_{l,m,l'',-m''}^{l',-m' (3)}) & \text{for } m' > 0 \\ c_{l,m,l'',m''}^{l',0 (3)} & \text{for } m' = 0 \\ \frac{1}{j\sqrt{2}} (c_{l,m,l'',m''}^{l',-m' (3)} - c_{l,m,l'',m''}^{l',m' (3)}) & \text{for } m' < 0 \end{cases}$$

ここで、

【数16】

$$c_{l,m,l'',m''}^{l',m' (3)} = \delta_{l''}^l \delta_{m''}^{m' - m} 2\sqrt{\pi} \varepsilon_{m'}^{m'} \varepsilon_{m''}^{m''} \frac{\sqrt{2l+1}}{l'+l+1} \sqrt{\frac{C_l^l C_{l'+|m'|}^{l'+|m'|} C_{l'}^{|m''|}}{C_l^{|m|} C_{l'}^{|m'|} C_{l'+|m''|}^{l'+|m''|}}} \sum_{k=|m|}^l C_l^k C_l^{k-|m|} \times \sum_{p=\max(0, -m)}^{\min(l' - m', l' + m'')} (-1)^{p+k+m} C_{l'+m''}^p C_{l'-m''}^{p+m} \times \begin{cases} 1/C_{l'+l}^{p+k} & \text{if } m \geq 0 \\ 1/C_{l'+l}^{p+k+m} & \text{if } m \leq 0 \end{cases}$$

【数17】

$$\varepsilon_m^m = (\text{sign}(m))^m$$

40

である、方法。

【請求項9】

請求項1から8のいずれかに記載の方法において、前記処理動作は歪みであり、前記少なくとも1つの方向性関数からなる組は、N対の方向性関数を含み、該N対の方向性関数は、前記歪みを表す歪み対の組を形成し、

前記フィルタリング組み合わせは、前記N対の方向性関数の前記球面調和係数から決定される、

方法。

【請求項10】

初期音場に空間処理動作を適用する方法であって、

50

- 初期音場表現を確立するステップであって、該初期音場表現は、時間および三次元空間での前記初期音場を表す係数により形成される、ステップと、

- 前記処理動作のフィルタリング組み合わせを、請求項1から9のいずれかに記載の方法にしたがって決定するステップと、

- 前記フィルタリング組み合わせを前記初期音場表現に適用するステップと、
を備えた、方法。

【請求項11】

初期音場に空間処理動作の組み合わせを適用する方法であって、

- 初期音場表現を確立するステップであって、該初期音場表現は、時間および三次元空間での前記初期音場を表す係数により形成される、ステップと、

- 各処理動作のフィルタリング組み合わせを決定するステップであって、前記フィルタリング組み合わせは、前記初期音場表現に適用されることによって、時間及び三次元空間でのその音場を表す係数により形成される修正音場表現を提供し、少なくとも1つの処理動作の前記フィルタリング組み合わせは、請求項1から9のいずれかに記載の方法によって実現される、ステップと、

- 各処理動作の前記フィルタリング組み合わせを組み合わせることによって全フィルタリング組み合わせを決定するステップと、

- 前記全フィルタリング組み合わせを前記初期音場表現に適用するステップと、
を備えた、方法。

【請求項12】

請求項11記載の方法において、少なくとも1つの処理動作は、回転処理であり、
前記方法は、さらに、

- 前記回転を表すパラメータ(_____,_____)による前記回転処理の前記フィルタリング組み
合わせを、

【数18】

$$C_{l,m}^{l,m'} = \delta_l^{l'} D_{m',m}^{lR}$$

にしたがって決定ステップを含み、ここで、

【数19】

$$D_{m',m}^{lR} = \begin{cases} \Re(D_{m',m}^l + D_{-m',m}^l) & \text{if } m' > 0 \text{ and } m > 0 \\ \sqrt{2} \Re(D_{m',0}^l) & \text{if } m' > 0 \text{ and } m = 0 \\ \Im(D_{m',m}^l + D_{-m',m}^l) & \text{if } m' > 0 \text{ and } m < 0 \\ \sqrt{2} \Re(D_{0,m}^l) & \text{if } m' = 0 \text{ and } m > 0 \\ D_{0,0}^l & \text{if } m' = 0 \text{ and } m = 0 \\ \sqrt{2} \Im(D_{0,m}^l) & \text{if } m' = 0 \text{ and } m < 0 \\ \Im(D_{-m',m}^l - D_{m',m}^l) & \text{if } m' < 0 \text{ and } m > 0 \\ -\sqrt{2} \Im(D_{m',0}^l) & \text{if } m' < 0 \text{ and } m = 0 \\ \Re(D_{m',m}^l - D_{-m',m}^l) & \text{if } m' < 0 \text{ and } m < 0 \end{cases}$$

ここで、

【数20】

$$D_{m',m}^l = \varepsilon_m^m \varepsilon_{m'}^{m'} d_{m',m}^l(\theta) e^{-jm'\phi} e^{-jm\psi}$$

ここで、

10

20

30

40

50

【数21】

$$d_{m',m}^l(\theta) = \sqrt{\frac{(l+m')! (l-m')!}{(l+m)! (l-m)!}} \sum_{k=\max(0,m-m')}^{\min(l-m',l+m)} (-1)^k C_{l+m}^k C_{l-m}^{k+m'-m} \times \left(\cos \frac{\theta}{2}\right)^{2l+m-m'-2k} \left(\sin \frac{\theta}{2}\right)^{2k+m'-m}$$

【数22】

$$\Re(x) = \text{real part}(x)$$

10

【数23】

$$\Im(x) = \text{imaginary part}(x)$$

である、方法。

【請求項13】

空間処理動作のフィルタリング組み合わせを決定するデバイスであって、前記フィルタリング組み合わせ

【数24】

$$(C_{l,m}^{l',m'})$$

20

は、時間及び三次元空間での初期音場を表す係数により形成される初期音場表現

【数25】

$$(P_{l,m}^{(I)})$$

に適用されることによって、時間及び三次元空間でのその音場を表す係数により形成される修正音場表現

【数26】

$$(P_{l,m}^{(T)})$$

30

を提供し、前記デバイスが、

- 少なくとも1つの方向性関数からなる組によって前記処理動作を定める手段と、
 - 各方向性関数の球面調和係数を確立する手段と、
 - 前記球面調和係数から前記フィルタリング組み合わせを決定する手段と、
- を備えた、デバイス。

【請求項14】

請求項13記載のデバイスにおいて、前記初期音場を表す前記係数と、前記修正音場を表す前記係数とは、フーリエ-ベッセル係数である、デバイス。

40

【請求項15】

請求項14記載のデバイスであって、さらに、前記フーリエ-ベッセル係数の次数限界を表すパラメータ(L)を指定する手段を含む、デバイス。

【請求項16】

請求項13から15のいずれかに記載のデバイスであって、さらに、

- 前記処理動作を、1つの方向性関数と、そして
- ・方向性関数として表される前記初期音場、及び
- ・前記処理動作の前記方向性関数、

に適用されるよう意図した所定の動作とによって定める手段と、

50

- 前記所定の動作に関連した重み係数を決定する手段と、
を含み、前記フィルタリング組み合わせを決定する手段は、前記球面調和係数 (G) と前記重み係数 (c) の線形の組み合わせから各々のフィルタリング組み合わせを決定する手段 (30) を含む、デバイス。

【請求項 17】

請求項 13 から 16 のいずれかに記載のデバイスにおいて、前記所定の動作は、各方向に關し、前記初期音場の前記方向性関数と前記処理動作の前記方向性関数の値の乗算処理である、デバイス。

【請求項 18】

請求項 17 記載のデバイスにおいて、前記乗算処理の前記重み係数

【数 27】

$$c_{l,m,l'',m''}^{l',m'}$$

は、

【数 28】

$$c_{l,m,l'',m''}^{l',m'} = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} (c_{l,m,l'',m''}^{l',m' (1)} + c_{l,-m,l'',m''}^{l',m' (1)}) & \text{for } m > 0 \\ c_{l,0,l'',m''}^{l',m' (1)} & \text{for } m = 0 \\ \frac{j}{\sqrt{2}} (c_{l,-m,l'',m''}^{l',m' (1)} - c_{l,m,l'',m''}^{l',m' (1)}) & \text{for } m < 0 \end{cases}$$

10

20

で与えられ、ここで、

【数 29】

$$c_{l,m,l'',m''}^{l',m' (1)} = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} (c_{l,m,l'',m''}^{l',m' (2)} + c_{l,m,l'',-m''}^{l',m' (2)}) & \text{for } m'' > 0 \\ c_{l,m,l'',0}^{l',m' (2)} & \text{for } m'' = 0 \\ \frac{j}{\sqrt{2}} (c_{l,m,l'',-m''}^{l',m' (2)} - c_{l,m,l'',m''}^{l',m' (2)}) & \text{for } m'' < 0 \end{cases}$$

30

で、

【数 30】

$$c_{l,m,l'',m''}^{l',m' (2)} = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} (c_{l,m,l'',m''}^{l',m' (3)} + c_{l,m,l'',-m''}^{l',-m' (3)}) & \text{for } m' > 0 \\ c_{l,m,l'',m''}^{l',0 (3)} & \text{for } m' = 0 \\ \frac{1}{j\sqrt{2}} (c_{l,m,l'',-m''}^{l',-m' (3)} - c_{l,m,l'',m''}^{l',m' (3)}) & \text{for } m' < 0 \end{cases}$$

で、

【数 31】

$$c_{l,m,l'',m''}^{l',m' (3)} = \delta_{m''-m}^{m'-m} \frac{1}{2\sqrt{\pi}} \frac{\sqrt{(2l+1)(2l'+1)(2l''+1)}}{l+l'+l''+1} \sqrt{\frac{C_{l+|m|}^l C_{l'+|m'|}^{l'} C_{l''+|m''|}^{l''}}{C_l^{|m|} C_{l'}^{|m'|} C_{l''}^{|m''|}}} \times \\ \sum_{k=|m|}^l \sum_{k'=|m'|}^{l'} \sum_{k''=|m''|}^{l''} (-1)^{k+k'+k''} \frac{C_l^k C_l^{k-|m|} C_{l'}^{k'} C_{l'}^{k'-|m'|} C_{l''}^{k''} C_{l''}^{k''-|m''|}}{C_{l+l'+l''}^{k+k'+k''-n}}$$

40

【数3 2】

$$\delta_x^y = \begin{cases} 1 & \text{for } x = y \\ 0 & \text{for } x \neq y \end{cases}$$

【数3 3】

$$n = \frac{|m| + |m'| + |m''|}{2}$$

10

【数3 4】

$$C_n^p = \frac{n!}{p! (n-p)!}$$

である、デバイス。

【請求項1 9】

請求項1 3から1 6のいずれかに記載のデバイスにおいて、前記所定の動作は、各方向に關し、前記初期音場の前記方向性関数と前記処理動作の前記方向性関数の値の畳み込み処理である、デバイス。

20

【請求項2 0】

請求項1 9記載のデバイスにおいて、前記畳み込み処理の前記重み係数

【数3 5】

$$c_{l,m,l',m'}^{l',m'}$$

は、

【数3 6】

$$c_{l,m,l',m'}^{l',m'} = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} (c_{l,m,l',m'}^{l',m' (1)} + c_{l,-m,l',m'}^{l',m' (1)}) & \text{for } m > 0 \\ c_{l,0,l',m'}^{l',m' (1)} & \text{for } m = 0 \\ \frac{i}{\sqrt{2}} (c_{l,-m,l',m'}^{l',m' (1)} - c_{l,m,l',m'}^{l',m' (1)}) & \text{for } m < 0 \end{cases}$$

30

で与えられ、ここで、

【数3 7】

$$c_{l,m,l',m'}^{l',m' (1)} = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} (c_{l,m,l',m'}^{l',m' (2)} + c_{l,m,l',-m'}^{l',m' (2)}) & \text{for } m' > 0 \\ c_{l,m,l',0}^{l',m' (2)} & \text{for } m' = 0 \\ \frac{i}{\sqrt{2}} (c_{l,m,l',-m'}^{l',m' (2)} - c_{l,m,l',m'}^{l',m' (2)}) & \text{for } m' < 0 \end{cases}$$

40

ここで、

【数38】

$$c_{l,m,l'',m''}^{l',m'(2)} = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} (c_{l,m,l'',m''}^{l',m'(3)} + c_{l,m,l'',m''}^{l',-m'(3)}) & \text{for } m' > 0 \\ c_{l,m,l'',m''}^{l',0(3)} & \text{for } m' = 0 \\ \frac{1}{j\sqrt{2}} (c_{l,m,l'',m''}^{l',-m'(3)} - c_{l,m,l'',m''}^{l',m'(3)}) & \text{for } m' < 0 \end{cases}$$

ここで、

【数39】

$$\varepsilon_{l,m,l'',m''}^{l',m'(3)} = \delta_{l''}^l \delta_{m''}^{m'-m} 2\sqrt{\pi} \varepsilon_{m'}^{m'} \varepsilon_{m''}^{m''} \frac{\sqrt{2l+1}}{l'+l+1} \sqrt{\frac{C_{l+|m|}^l C_{l'+|m'|}^{l'} C_{l''}^{|m''|}}{C_l^{|m|} C_{l'}^{|m'|} C_{l'+|m''|}^{l'+|m''|}}} \sum_{k=|m|}^l C_l^k C_l^{k-|m|} \times \sum_{p=\max(0,-m)}^{\min(l'-m',l'+m'')} (-1)^{p+k+m} C_{l'+m''}^p C_{l'-m''}^{p+m} \times \begin{cases} 1/C_{l'+l}^{p+k} & \text{if } m \geq 0 \\ 1/C_{l'+l}^{p+k+m} & \text{if } m \leq 0 \end{cases}$$

【数40】

$$\varepsilon_m^m = (\text{sign}(m))^m$$

10

20

である、デバイス。

【請求項21】

請求項13から20のいずれかに記載のデバイスにおいて、前記処理動作は歪みであり、

前記少なくとも1つの方向性関数からなる組は、N対の方向性関数を含み、該N対の方向性関数は、前記歪みを表す歪み対の組を形成し、

前記フィルタリング組み合わせは、前記N対の方向性関数の前記球面調和係数から決定される、

デバイス。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、音場表現を処理して、少なくとも空間処理によって修正した音場表現を供給する方法およびシステムに関する。

【背景技術】

【0002】

現在、時間および空間の関数として係数の形態とした音場表現から始まって、音場の少なくとも空間処理に対応する線形結合によって得られる、これら係数の修正表現を可能にする方法およびシステムが存在する。

【0003】

しかしながら、可能な処理動作は限られており、全ての場合において予め決められている。

例えば、「アンビソニック」(ambisonic)という用語の下で類別されるシステムは、聴取位置に同化させた地点を中心とし、その周囲における仮装音源の角分布の形態で、音響環境の表現を用いる。

【0004】

これらのシステムは、方位上の角度歪み、優位偏光方位での合焦、または所与の軸に対する回転のような、特定的な所定の修正のみの実行ができるに過ぎない。

30

40

50

加えて、これらのシステムは、その精度に関して限界がある。このため、既存のシステムでは、いずれの方向においても合焦のような処理動作は、一次数学(first-order mathematics)に対応する精度レベルに限定される、即ち、低品質の表現に適用できるに過ぎない。

【0005】

したがって、従来技術のシステムには、音場表現のいずれの修正でも実行可能とし、特に、例えば高次の優れた品質の初期表現の場合に、修正表現を得られるようにしたものは全くないと思われる。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0006】

本発明の目的は、音場表現を処理し、非常に多種多様の処理動作の実行を可能にする方法およびシステムを提供することによって、前述の問題を克服することである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明は、音場表現を処理し、音場の少なくとも空間処理に対応するこの処理の適用によって修正した表現を得る方法に関し、

- 時間および三次元空間での音場を表す1組の係数の形態での、音場の初期表現の確立と、

- 処理動作に対応し、初期表現の係数に適用するフィルタリングの組み合わせによって修正した表現の確立と、

を備え、処理動作を定めるステップを更に備えており、このステップが、

- 球面調和に基づく関数の分解に対応する1組の係数の形態で、処理動作を表す1組の方向性関数を確立するステップと、

- 分解に基づいてフィルタリングの組み合わせを決定し、このように定められたフィルタリングの組み合わせを初期表現の係数に適用するステップを実施して、修正表現を得るステップと、

を備えたことを特徴とする。

【0008】

本発明の別の特徴によれば、

30

- 1組の方向性関数を決定するステップは、複数の所定のフォーマットの1つまたは別の1つで、1組の指向性関数の全部または一部を直接決定するサブステップを含み、

- 1組の方向性関数を決定するステップは、処理命令を自動的に解釈し、処理命令に基づいて、複数の所定のフォーマットの1つまたは別の1つで、1組の方向性関数の全部または一部を自動的に供給可能とするサブステップを含み、

- 処理動作を表す1組の方向性関数は、複数の所定のフォーマットの1つまたは別の1つに応じて表現され、1組の方向性関数を確立するステップは、所定のフォーマットから、球面調和に基づいた方向性関数の分解に対応する1組の係数に変換するサブステップを含み、

- 処理動作を定めるステップは、更に、処理動作に対して1組のパラメータを確立するステップを含み、

- 1組のパラメータは、以下のパラメータの全部または一部から成り、

- 重み係数を形成し、処理動作の性質の関数として定められた1組の定数、および

- 方法の動作の限界次数を指定し、所望の数学的精度限界に対応するパラメータ、

- 1組のパラメータを確立するステップは、1組のパラメータの全部または一部を直接決定するサブステップを含み、

- 1組のパラメータを確立するステップは、処理命令を自動的に解釈し、処理命令に基づいて、1組のパラメータの全部または一部の自動供給を可能にするサブステップを含み、

- 1組のパラメータを確立するステップは、処理動作の性質の関数として、1組の定数

40

50

の全部または一部を計算するサブステップを含み、

- フィルタリングの組み合わせを決定するステップは、処理動作を表す1組の方向性関数の、球面調和に基づく分解に対応する係数の線形結合によって、フィルタリングの組み合わせを計算する少なくとも1つのサブステップを含み、

- 線形結合によって計算するサブステップは、1組の定数を重み係数として用い、

- 手順を複数回繰り返し、種々の計算サブステップから得られたフィルタリングの組み合わせを互いに組み合わせて、初期表現の係数に適用するフィルタリングの組み合わせを形成し、

- 計算サブステップの結果は、初期表現の係数に適用するフィルタリングの組み合わせを直接形成し、

- 前述の処理が畳み込み処理であり、

- 前述の処理が窓処理であり、

- 前述の処理は、初期音場表現に適用する少なくとも1つの歪みを含み、1組の方向性関数を確立するステップにおいて決定した方向性関数の全部または一部が、歪みを表す1組の歪み対を、球面調和に基づいた歪み対の分解に対応する1組の係数の形態で形成し、

- 処理は、公称(nominal)と呼ばれる第1処理動作、および歪みから成り、公称処理に対応するフィルタリングの組み合わせを求める計算サブステップおよびフィルタリングの組み合わせを決定するステップは、更に、歪みを表す歪み対に基づいて、計算サブステップによって供給されたフィルタリングの組み合わせを修正することによって、初期表現の係数に適用するフィルタリングの組み合わせを求める、少なくとも1つの歪みサブステップを含み、

- 1組のパラメータは、歪み効果を表すパラメータを含み、即ち、適用する処理と公称処理との間の類似性を指定し、

- 前述の処理は歪みのみから成り、フィルタリングの組み合わせを決定するステップは、歪みを表す歪み対のみに基づいてフィルタリングの組み合わせを求め、初期表現の係数に適用するフィルタリングの組み合わせを求める少なくとも1つの歪みサブステップを含み、

- 本方法は、複数の歪みサブステップを含み、これらの歪みサブステップが互いに対し再帰的であり、各歪みサブステップが、先行のサブステップによって得られたフィルタリングの組み合わせを入力として受け取り、

- 少なくとも1つの歪みサブステップは、歪み対が直接目標としない初期表現の部分に対して実行する修正に対応するフィルタリングの組み合わせの決定を可能とする最適化サブステップを含み、

- 前述の処理を複数の基礎的処理動作に分割し、少なくともフィルタリングの組み合わせを決定するステップを複数回繰り返し、フィルタリングの組み合わせは、種々の計算および/または歪みサブステップの結果得られ、初期表現の係数に適用されるフィルタリングの組み合わせを形成するように互いの間で配列した基本的処理動作に対応し、

- フィルタリングの組み合わせを決定するステップは、所定のフォーマットで表されたフィルタリングの組み合わせを変換し、フィルタリングの組み合わせを適用するステップの実行を考慮して、所与のフィルタのパラメータ化に適したフィルタ・パラメータを供給するサブステップを含み、

- 前述の処理は空間処理であり、フィルタリングの組み合わせを適用するステップは、初期表現の係数に適用する利得修正から成り、

- 前述の処理は空間および周波数処理であり、フィルタリングの組み合わせを適用するステップは、周波数の関数として変化するフィルタを初期表現の係数に適用することから成り、

- 初期音場表現および修正表現を表す1組の係数は、フーリエ・ベッセル係数と呼ばれる係数の組である。

【0009】

また、本発明は、音場表現を処理し、音場の少なくとも空間処理に対応するこの処理の

10

20

30

40

50

適用によって音場の表現を得るデバイスにも関し、このデバイスは、時間および三次元空間での音場を表す1組の係数の形態で、音場の初期表現を入力として受け取り、初期表現の係数に適用する処理に対応するフィルタリングの組み合わせによって修正した表現を出力として供給し、前述のデバイスは、処理動作を定める手段を備え、この手段が、

- 球面調和に基づく方向性関数の分解に対応する1組の係数の形態で、処理動作を表す1組の方向性関数を確立する手段と、
 - フィルタリング手段(80)による使用のために、分解に基づいてフィルタリングの組み合わせを決定し、初期表現の係数を入力として受け取り、修正表現を出力として供給する手段と、
- を備えたことを特徴とする。

10

【0010】

前述のデバイスの他の特徴によれば、

- 処理動作を定める手段は、複数のフォーマットの1つまたは別の1つで、デバイスのための処理データを直接取得するモジュールを備えており、
- 処理動作を定める手段は、処理命令を自動的に解釈し、処理データを自動的に複数の所定のフォーマットの1つまたは別の1つで供給するモジュールを備えており、
- 処理データは、処理動作を表す1組の方向性関数から成り、

処理動作を定める手段は、1組の方向性関数を、複数の所定のフォーマットの1つまたは別の1つから、球面調和に基づいた方向性関数の分解に対応する1組の係数に変換するのに適した変換モジュールを備えており、

20

- 処理データは、処理動作のための1組のパラメータから成り、
- 処理動作を定める手段は、処理動作の性質の関数として、1組のパラメータの全部または一部を計算するモジュールを備えており、
- フィルタリングの組み合わせを決定する手段は、処理動作を表す方向性集合の、球面調和に基づく分解に対応する係数の線形結合によって、フィルタリングの組み合わせを計算するモジュールを備えており、

- 1組の処理パラメータは1組の定数から成り、線形結合による計算モジュールは、1組の定数を重み係数として用い、

- 処理動作は少なくとも1つの歪みから成り、1組の方向性関数の全部または一部は初期表現に適用する歪みに対応する1組の歪み対を形成し、フィルタリングの組み合わせを決定する手段は、更に、歪み対に基づいた、計算モジュールによって供給されるフィルタリング係数の修正により、初期表現の係数に適用するフィルタリングの組み合わせを求める歪みモジュールを備えており、

30

- 前述の処理動作は、1つ以上の歪みのみから成り、1組の方向性関数の全部または一部は、初期表現に適用する歪みに対応する1組の歪み対を形成し、フィルタリングの組み合わせを決定する手段は、歪み対のみに基づいてフィルタリングの組み合わせを求める歪みモジュールのみを備えている。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

本発明の理解は、純粹に一例として示す以下の説明を読み、添付図面を参照することによって、一層深まろう。

40

【0012】

図1は、本文において参照する座標系を明確にするための、従来の球面座標系を示す。この座標系は、原点Oを有し、3本の軸(OX)、(OY)および(OZ)を備えた正規直交座標である。

この座標系では、

【0013】

【数1】

→
X

50

【0014】

で示される位置は、空間座標($r, \underline{\quad}, \underline{\quad}$)によって記述され、ここで r は原点に対する距離を示し、 $\underline{\quad}$ は垂直面における方位、そして $\underline{\quad}$ は水平面における方位を示す。

このような座標系では、 $p(r, \underline{\quad}, \underline{\quad}, t)$ で示される音圧が各時点 t において全ての点で定められる場合、音場が分かれる。音圧のフーリエ変換は、 $P(r, \underline{\quad}, \underline{\quad}, f)$ で示され、ここで f は周波数を示す。

【0015】

本発明の方法は、あらゆる音場を時間および三次元空間で記述することを可能にする空間時間関数の使用に基づく。

記載する実施形態では、これらの関数は、第1種の球面フーリエ・ベッセル関数として知られており、以後フーリエ・ベッセル関数と呼ぶこととする。

10

【0016】

音源がなく障害物もない領域では、フーリエ・ベッセル関数は、波動方程式の解に対応し、その領域の外側に設けられた音源が生成する全ての音場を発生する基準を構成する。

したがって、いずれの三次元音場であっても、以下の式にしたがって、フーリエ・ベッセル関数の線形的な組み合わせによって表現することができる。

【0017】

【数2】

$$P(r, \theta, \phi, f) = 4\pi \sum_{l=0}^{\infty} \sum_{m=-l}^l P_{l,m}(f) j_l^m(kr) y_l^m(\theta, \phi)$$

20

【0018】

この式において、項 $P_{l,m}(f)$ は、音場 $p(r, \underline{\quad}, \underline{\quad}, t)$ 、

【0019】

【数3】

$$k = \frac{2\pi f}{c}$$

【0020】

のフーリエ・ベッセル係数として定められ、 c は空气中における光速(340 ms^{-1})であり、 $j_l(kr)$ は、

30

【0021】

【数4】

$$j_l(x) = \sqrt{\frac{\pi}{2x}} J_{l+1/2}(x)$$

【0022】

によって定められる第1種および次数 l の球面ベッセル関数であり、 $J_{\underline{\quad}}(x)$ は第1種および次数 \underline{v} の球面ベッセル関数であり、

【0023】

【数5】

$$y_l^m(\theta, \phi)$$

40

【0024】

は、次数 l および項 m の実球面調和であり、 m は $-l$ から l までの範囲であり、以下の式によって定められる。

【0025】

【数6】

$$y_l^m(\theta, \phi) = P_l^{|m|}(\cos \theta) \operatorname{trg}_m(\phi)$$

【0026】

50

ここで、

【0027】

【数7】

$$\operatorname{trg}_m(\phi) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{\pi}} \cos(m\phi) & \text{for } m > 0 \\ \frac{1}{\sqrt{2\pi}} & \text{for } m = 0 \\ \frac{1}{\sqrt{\pi}} \sin(m\phi) & \text{for } m < 0 \end{cases}$$

10

【0028】

である。

この式において、

【0029】

【数8】

$$P_l^m(x)$$

【0030】

は、関連するルジャンドル関数(Legendre function)であり、次の式で定める。

20

【0031】

【数9】

$$P_l^m(x) = \sqrt{\frac{2l+1}{2}} \sqrt{\frac{(l-m)!}{(l+m)!}} (1-x^2)^{m/2} \frac{d^m}{dx^m} P_l(x)$$

【0032】

$P_l(x)$ は、以下の式で定められるルジャンドル多項式を示す。

【0033】

【数10】

$$P_l(x) = \frac{1}{2^l l!} \frac{d^l}{dx^l} (x^2 - 1)^l.$$

30

【0034】

フーリエ - ベッセル係数も、フーリエ - ベッセル係数 $P_{l,m}(f)$ の逆時間フーリエ変換に
対応する係数 $p_{l,m}(t)$ によって、時間ドメインにおいて表現される。

別の実施形態では、音場を関数毎に分解し、関数の各々を、フーリエ - ベッセル関数の
任意に無限の線形結合によって表す。

【0035】

図2は、本発明の方法の概略的なフロー・チャートを示す。

一般に、この方法は、音場の表現に適用し、当該音場の少なくとも空間処理に対応する
処理動作を定めるステップ2から開始する。

40

【0036】

処理動作を定めるステップ2は、処理動作を表す1組の方向性関数を確立するステップ
4を含む。

方向性関数とは、任意に周波数または周波数範囲の関数である実数値または複素数値を
、空間における各方向と関連付ける、 $G(_, _, f)$ で示される関数を意味する。

【0037】

いずれのdirection性関数 $G(_, _, f)$ でも、球面フーリエ変換によって、 $G_{l,m}(f)$ で示される
球面調和係数に分解する。つまり、以下の式にしたがって、逆球面フーリエ変換によって
、球面フーリエ係数 $G_{l,m}(f)$ から方向性関数 $G(_, _, f)$ を得るのである。

50

【0038】

【数11】

$$G(\theta, \phi, f) = \sum_{l=0}^{\infty} \sum_{m=-l}^l G_{l,m}(f) y_l^m(\theta, \phi)$$

【0039】

この文書の残りの部分では、方向性関数は、直接空間におけるその数式 $G(_, _, f)$ 、または球面フーリエ係数 $G_{l,m}(f)$ の形式で示す場合もある。

この1組の方向性関数は、ステップ4の終了時に、球面調和に基づいた方向性関数の分解に対応する1組の係数の形態で得られる。

10

【0040】

その後、ステップ4において実行した方向性関数の分解に基づいて、フィルタリングの組み合わせを決定するステップ6を実行する。フィルタリングの観念は、周波数、振幅、および位相フィルタリング、またはその組み合わせを包含する。

【0041】

したがって、フィルタリングの組み合わせを決定するステップ6では、フィルタ・パラメータの形態で適用される処理に対応するフィルタリングの組み合わせが得られ、後に、例えば、1組のディジタル・フィルタの補助によって、これらのフィルタリングの組み合わせの実施が可能となる。

【0042】

この処理を適用することに関して、本方法は、1組の係数の形態で音場の初期表現を確立するステップ8を含む。この音場の初期表現は、当該音場を時間および三次元空間で表す。

20

【0043】

即ち、この1組の係数は、図1を参照して定めた、「フーリエ・ベッセル」係数として知られているものの1組である。

次いで、本方法は、定義ステップ2で定めたフィルタリングの組み合わせを、ステップ8において定めた初期表現の係数に適用するステップ10を含む。

【0044】

ステップ10では、定めた処理によって修正した初期音場の時間および三次元空間の表現に対応する修正表現を、フーリエ・ベッセル係数と呼ばれる1組の係数の形態で生成することが可能となる。

30

【0045】

図3は、本発明の第1実施形態のフロー・チャートを詳細に示す。

この実施形態では、適用する処理動作は、初期音場を発生したと見なされる仮想音源の全部または一部の利得を変更することから成る空間窓処理(spatial windowing)、これら仮想音源の全部または一部の角度的広がりを修正することから成る空間畳み込み(spatial convolution)または空間フィルタリングのような処理動作、または他の類似した処理動作であればいずれでもよい。

【0046】

40

窓処理および畳み込み処理は、周波数と共に変動する場合があり、距離およびスペクトル修正を仮想音源の全部または一部に実行することを可能にする。

図2に記載したように、本方法は、適用する処理を表す1組の方向性関数を決定するステップ4から開始する。

【0047】

処理が、窓処理または畳み込み処理のような、单一の処理動作のみから成る場合、それを表すには单一の方向性関数で十分であり、この方向性関数は任意に周波数と共に変化する。

【0048】

ステップ4は、複数の所定のフォーマットの1つまたは別の1つにおいて、1組の方向

50

性関数の全部または一部を直接決定するサブステップ12を含むという利点がある。

加えてまたは代わりに、ステップ4は、処理命令の入力のためのサブステップ14を含み、これは解釈サブステップ16において自動的に解釈され、複数の所定のフォーマットの1つ以上で、1組の方向性関数の全部または一部の自動供給が可能となる。例えば、この処理は、コンピュータにおいてソフトウェア手段によって用いられ、処理命令はアイコンの形態とし、その有効性を判断することにより、ソフトウェア手段による所与の処理動作を実行する。

【0049】

サブステップ12および14は、例えば、内部メモリまたは外部デバイスから来る方向性データの手動取得または受信にも対応する。

1組の方向性関数を決定したフォーマットの関数として、ステップ4は、1組の方向性関数の所定のフォーマットから、球面調和に基づく方向性関数の分解に対応する1組の係数への変換を行うサブステップ18を必要とする場合もある。

【0050】

1組の方向性関数の各方向性関数 $G_{l,m}(f)$ 毎に、この変換サブステップは数種類の方法で実行することができる。

例えば、Q個の仮想音源の位置、およびこれら音源の各々の周波数応答を指定するパラメータ $H_q(f)$ を指定するパラメータ (r_q, θ_q, ϕ_q) に基づいて、方向性関数 $G_{l,m}(f)$ を定める。放射モデルが各仮想音源に伴うので、これらの音源全体が生成する音場のフーリエ・ベッセル係数での表現は、方向性関数をその音場に関連付けることができると仮定する。

【0051】

例えば、各音源に伴う放射モデルは、球面波放射モデルであり、方向性関数 $G_{l,m}(f)$ は、以下の式によって、サブステップ18において求められる。

【0052】

【数12】

$$G_{l,m}(f) = \sum_{q=1}^Q \frac{H_q(f)}{r_q} e^{-\frac{j2\pi r_q f}{c}} \xi_l(r_q, f) y_l^m(\theta_q, \phi_q)$$

【0053】

ここで、

【0054】

【数13】

$$\xi_l(r_q, f) = \sum_{k=0}^l \frac{(l+k)!}{2^k k! (l-k)!} \left(\frac{j2\pi r_q f}{c} \right)^{-k}$$

【0055】

である。

ある変形では、この計算は、Q個の音源の方向を指定するパラメータ (θ_q, ϕ_q) に基づいて実行する。その場合、平面波放射モデルが各音源に伴い、方向性関数 $G_{l,m}(f)$ は以下の式によって得られる。

【0056】

【数14】

$$G_{l,m}(f) = \sum_{q=1}^Q H_q(f) y_l^m(\theta_q, \phi_q)$$

【0057】

別の実施形態では、 $G_{l,m}(f)$ は、平面波および球面波放射モデルの組み合わせに基づいて決定する。

別の場合では、方向性関数は、方向性関数のパラメータ記述を表すパラメータに基づいて定める。この記述は、直接空間において行われ、各方向と、複素数としてもよい値とを

10

20

30

40

50

関連付ける。パラメータは周波数と共に変化してもよいという利点がある。

【0058】

その場合、方向性関数 $G_{l,m}(f)$ の係数は、パラメータ・モデルを用いることによって決定する。モデルのパラメータは、ベクトル (f) 内に置かれ、方向性関数のパラメータ・モデルを $G(_,_(f))$ と書く。方向性関数 $G_{l,m}(f)$ の係数は、以下の式にしたがって、球面フーリエ変換 $G(_,_(f))$ によって得られる。

【0059】

【数15】

$$G_{l,m}(f) = \int_{\theta=0}^{\pi} \int_{\phi=0}^{2\pi} G(\theta, \phi, \vec{\gamma}(f)) y_l^m(\theta, \phi) \sin \theta d\theta d\phi \quad 10$$

【0060】

例えば、パラメータ・モデルは、単一のロープを有する方向性関数に対応する場合もある。このモデルは、ロープの方向を指定するパラメータ $(_, _(f))$ と、ロープの開放角度を指定するパラメータ $_0(f)$ によって制御される。

【0061】

このように、パラメータ・モデルは、いずれの方向にも値0を有し、各方向 $(_, _)$ に対して値1を有する方向性関数であり、以下の関係を証明する。

【0062】

【数16】

$$(\theta_1(f), \phi_1(f)) \cdot (\theta, \phi) > \cos(\theta_0(f)) \quad 20$$

【0063】

ここで、 $(_, _(f)) \cdot (_, _)$ は、方向 $(_, _(f))$ および $(_, _)$ 間のスカラ積を示す。

その場合、方向性関数の係数 $G_{l,m}(f)$ は以下の式で示される。

【0064】

【数17】

$$G_{l,m}(f) = 2\pi y_l^m(\theta_1(f), \phi_1(f)) \frac{P_{l-1}(\cos \theta_0(f)) - P_{l+1}(\cos \theta_0(f))}{2l+1} \quad 30$$

【0065】

この式では、 $P_{-1}(x) = 1$ である。

ある変形では、方向性関数のパラメータ記述のパラメータは、時間と共に変化する場合がある。その場合、モデルのパラメータをベクトル (t) に置き、方向性関数のパラメータ・モデルを、

【0066】

【数18】

$$g(\theta, \phi, \gamma^{(t)})$$

【0067】

と書く。次いで、時間ドメインにおいて表される方向性関数 $g_{l,m}(t)$ の係数を、以下の式にしたがって、

【0068】

【数19】

$$g(\theta, \phi, \gamma^{(t)})$$

【0069】

の球面フーリエ変換によって求める。

【0070】

【数20】

$$g_{l,m}(t) = \int_{\theta=0}^{\pi} \int_{\phi=0}^{2\pi} g(\theta, \phi, \vec{\gamma}(t)) y_l^m(\theta, \phi) \sin \theta d\theta d\phi$$

【0071】

次いで、周波数ドメインにおいて表される方向性関数の係数 $G_{l,m}(f)$ を、係数 $g_{l,m}(t)$ の時間フーリエ変換によって求める。

更に別の場合は、方向性関数を Q 個のサンプルのリストという形態で定める。このリストは、 Q 対の $\{((\underline{q}, \underline{q}), v_q)\}$ で構成され、 $(\underline{q}, \underline{q})$ はサンプル q の方向であり、 v_q は方向 $(\underline{q}, \underline{q})$ における方向性関数の値である。サンプルのリストは、複数の周波数 f について取得することができる利点があり、 $\{((\underline{q}, \underline{q}), v_q)\}(f)$ で示される。
10

【0072】

各動作周波数 f について、方向性関数の係数 $G_{l,m}(f)$ をサンプル $\{((\underline{q}, \underline{q}), v_q)\}(f)$ のリストから導出する。これらの係数を求めるには、角度サンプリング・プロセスを逆に行うことにより、球面調和係数の形態で供給される方向性関数に基づいて、リスト $\{((\underline{q}, \underline{q}), v_q)\}(f)$ からのサンプルの導出を可能にする。この逆行は、サンプル間の内挿補間を制御するために、種々の形態を取ることができる。

【0073】

記載中の実施形態では、サンプルは以下のようにベクトル V 内に置かれる。

【0074】

【数21】

$$[v_1 \ v_2 \ \dots \ v_q]^t$$

【0075】

マトリクス Y は、以下のようにサンプリング方向で構成されている。

【0076】

【数22】

$$\begin{bmatrix} Y_{1,0,0} & Y_{1,1,-1} & Y_{1,1,0} & Y_{1,1,1} & \cdots & Y_{1,L,-L} & \cdots & Y_{1,L,0} & \cdots & Y_{1,L,L} \\ Y_{2,0,0} & Y_{2,1,-1} & Y_{2,1,0} & Y_{2,1,1} & \cdots & Y_{2,L,-L} & \cdots & Y_{2,L,0} & \cdots & Y_{2,L,L} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ Y_{Q,0,0} & Y_{Q,1,-1} & Y_{Q,1,0} & Y_{Q,1,1} & \cdots & Y_{Q,L,-L} & \cdots & Y_{Q,L,0} & \cdots & Y_{Q,L,L} \end{bmatrix}$$

30

【0077】

ここで、各要素 $Y_{q,l,m}$ は、

【0078】

【数23】

$$Y_{q,l,m} = y_l^m(\theta_q, \phi_q)$$

【0079】

に等しい。

40

【0080】

【数24】

$$y_l^m(\theta_q, \phi_q)$$

【0081】

は、検討対象のサンプリング方向

【0082】

【数25】

$$\theta_q, \phi_q$$

50

【0083】

について、次数lおよび項mの球面調和を示すことを思い出されたい。

係数 $G_{l,m}(f)$ を収容するベクトルGを、周波数fに対して決定する。ベクトルGは、以下の関係によって決定することができる。

【0084】

- 周波数fにおけるサンプルの数Qが係数 $G_{l,m}(f)$ の数よりも多い場合、

$$G = (Y^T Y)^{-1} Y^T V$$

- 周波数fにおけるサンプルの数Qが係数 $G_{l,m}(f)$ の数よりも少ない場合、

$$G = Y^T (Y Y^T)^{-1} V$$

ベクトルGにおいて、係数 $G_{l,m}(f)$ は、以下のように編成されている。

10

【0085】

【数26】

$$[G_{0,0}(f) \ G_{1,-1}(f) \ G_{1,0}(f) \ G_{1,1}(f) \ \dots \ G_{L,-L}(f) \ \dots \ G_{L,0}(f) \ \dots \ G_{L,L}(f)]'$$

【0086】

ある変形では、サンプルのリストを複数の時点tについて取得することができ、 $\{((\underline{q}, \underline{q}), v_q)\}(t)$ で示す。

取得した時点t毎に、時間ドメインで表した方向性関数の係数 $g_{l,m}(t)$ をサンプル $\{((\underline{q}, \underline{q}), v_q)\}(t)$ のリストから導出する。これらの係数を求めるには、角度サンプリング・プロセスを逆に行うことにより、球面調和係数の形態で供給される方向性関数に基づいて、リスト $\{((\underline{q}, \underline{q}), v_q)\}(f)$ からのサンプルの導出を可能にする。

20

【0087】

次いで、周波数ドメインで表された方向性関数の係数 $G_{l,m}(f)$ を、係数 $g_{l,m}(t)$ の時間フーリエ変換によって求める。

勿論、ステップ12または16において、球面調和に基づいて方向性関数の分解に対応する係数の形態で直接方向性関数を得る場合、変換サブステップ18では関数を修正しない。

【0088】

このため、ステップ4の終了時には、適用する処理を表す1組の方向性関数が、球面調和に基づいたこれらの関数の分解に対応する1組の係数の形態で得られる。

30

加えて、処理動作を定めるステップ2は、1組の処理パラメータを確立するステップ20も含む。

【0089】

ステップ4の場合のように、直接決定のサブステップ22の間、および/または処理命令の入力のサブステップ24、および1組のパラメータの全部または一部の自動供給を可能にする処理命令の解釈のサブステップ26の後に、この1組のパラメータを直接決定することもできる。

【0090】

サブステップ22および24は、例えば、特定のパラメータの手動による取得、あるいは内部メモリまたは外部デバイスからのパラメータ・データの受信にも対応する。

40

即ち、1組のパラメータを確立するステップ20の間に、以下のパラメータの全部または一部を定める。

【0091】

- 本方法の動作の限界次数(limit order)を指定し、所望の数学的精度の限界に対応するパラメータL、および

- 処理動作の性質(nature)の関数として定められる重み係数を形成する1組の定数。これを

【0092】

【数27】

 $C_{l,m,l',m''}^{l',m'}$

【0093】

で示す。即ち、これらの係数を方向性関数に適用して、前述のフィルタリングの組み合わせが得られるという利点がある。

パラメータの中には不变のものもあり、直接本方法に統合することができる。

【0094】

パラメータによって、本方法を初期表現の精度レベルに適用することが可能となり、即ち、本発明が関係する方法が、高い精度レベルを有する初期表現に処理動作を適用することが可能となる。 10

【0095】

前述のように、定数

【0096】

【数28】

 $C_{l,m,l',m''}^{l',m'}$

【0097】

は、操作者によって、メモリまたは内部に設けられているデバイスからステップ20の間に直接決定することができる。例えば、これらを全て前もって計算しておき、メモリに格納して、処理動作の性質の関数として選択する。 20

【0098】

あるいは、処理動作の性質を定める命令をサブステップ25の間に取得し、サブステップ26は、処理動作の特徴の関数として、そして後に本文において説明する関係から、この1組の定数の全部または一部を計算することに対応する。

【0099】

勿論、定数

【0100】

【数29】

 $C_{l,m,l',m''}^{l',m'}$

30

【0101】

は、説明した解法の組み合わせを用いて決定することができる。

ステップ20の間に確立したパラメータ、そしてステップ4の間に確立した方向性関数に対応する係数も、フィルタリングの組み合わせを決定するステップ6において用いられる。

【0102】

この決定ステップ6は、処理動作を表す1組の方向性関数の、球面調和に基づく分解に対応する係数の線形結合によって、フィルタリングの組み合わせを計算するサブステップ30を含む。 40

【0103】

この最初の計算サブステップ30において、

【0104】

【数30】

 $C_{l,m}^{l',m'}(f)$

【0105】

で示されるフィルタリングの組み合わせは、方向性関数 $G_{l,m}(f)$ 、および処理動作の性質の関数として決定され、線形結合の重み係数を形成する定数

【0106】

50

【数3 1】

$$C_{l,m,l'',m''}^{l',m'}$$

【0 1 0 7】

に基づいて決定される。次いで、フィルタリングの組み合わせを以下のように決定する。

【0 1 0 8】

【数3 2】

$$C_{l,m}^{l',m'}(f) = \sum_{l''=0}^L \sum_{m''=-l}^{l''} C_{l,m,l'',m''}^{l',m'} G_{l'',m''}(f)$$

10

【0 1 0 9】

この関係において、 l および m は、それぞれ、初期表現の係数の次数および項を示し、 l' 、 m' は、修正した表現の係数の次数および項を示し、 l'' 、 m'' は、方向性関数の係数の次数および項を示す。

【0 1 1 0】

処理動作が窓処理型の処理動作である場合、定数

【0 1 1 1】

【数3 3】

$$C_{l,m,l'',m''}^{l',m'}$$

20

【0 1 1 2】

は以下の関係によって決定される。

【0 1 1 3】

【数3 4】

$$c_{l,m,l'',m''}^{l',m'} = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} (c_{l,m,l'',m''}^{l',m' (1)} + c_{l,-m,l'',m''}^{l',m' (1)}) & \text{for } m > 0 \\ c_{l,0,l'',m''}^{l',m' (1)} & \text{for } m = 0 \\ \frac{j}{\sqrt{2}} (c_{l,-m,l'',m''}^{l',m' (1)} - c_{l,m,l'',m''}^{l',m' (1)}) & \text{for } m < 0 \end{cases}$$

【0 1 1 4】

30

ここで、

【0 1 1 5】

【数3 5】

$$c_{l,m,l'',m''}^{l',m' (1)} = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} (c_{l,m,l'',m''}^{l',m' (2)} + c_{l,m,l'',-m''}^{l',m' (2)}) & \text{for } m'' > 0 \\ c_{l,m,l'',0}^{l',m' (2)} & \text{for } m'' = 0 \\ \frac{j}{\sqrt{2}} (c_{l,m,l'',-m''}^{l',m' (2)} - c_{l,m,l'',m''}^{l',m' (2)}) & \text{for } m'' < 0 \end{cases}$$

【0 1 1 6】

ここで、

40

【0 1 1 7】

【数3 6】

$$c_{l,m,l'',m''}^{l',m' (2)} = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} (c_{l,m,l'',m''}^{l',m' (3)} + c_{l,m,l'',-m''}^{l',-m' (3)}) & \text{for } m' > 0 \\ c_{l,m,l'',m''}^{l',0 (3)} & \text{for } m' = 0 \\ \frac{1}{j\sqrt{2}} (c_{l,m,l'',-m''}^{l',-m' (3)} - c_{l,m,l'',m''}^{l',m' (3)}) & \text{for } m' < 0 \end{cases}$$

【0 1 1 8】

ここで、

【0 1 1 9】

50

【数37】

$$c_{l,m,l'',m''}^{l',m' (3)} = \delta_{m''}^{m'-m} \frac{1}{2\sqrt{\pi}} \frac{\sqrt{(2l+1)(2l'+1)(2l''+1)}}{l+l'+l''+1} \sqrt{\frac{C_{l+|m|}^l C_{l'+|m'|}^{l'} C_{l''+|m''|}^{l''}}{C_l^{|m|} C_{l'}^{|m'|} C_{l''}^{|m''|}}} \times \\ \sum_{k=|m|}^l \sum_{k'=|m'|}^{l'} \sum_{k''=|m''|}^{l''} (-1)^{k+k'+k''} \frac{C_l^k C_l^{k-|m|} C_{l'}^{k'} C_{l'}^{k'-|m'|} C_{l''}^{k''} C_{l''}^{k''-|m''|}}{C_{l+l'+l''}^{k+k'+k''-n}}$$

【0120】

更に、

【0121】

【数38】

$$\delta_x^y = \begin{cases} 1 & \text{for } x = y \\ 0 & \text{for } x \neq y \end{cases}$$

【0122】

そして、

【0123】

【数39】

$$n = \frac{|m| + |m'| + |m''|}{2}$$

【0124】

また、

【0125】

【数40】

$$C_n^p = \frac{n!}{p! (n-p)!}$$

【0126】

である。

この処理動作は、空間窓処理に対する時間フィルタの適用に対応する。何故なら、球面調和係数 $G_{l,m}(f)$ は方向性関数 $G(_, _, f)$ に対応するからである。同様に、初期音場のフーリエ - ベッセル係数 $P^{(1)}_{l,m}(f)$ は、方向性関数 $P^{(1)}(_, _, f)$ の球面調和係数に対応する。したがって、空間窓処理に時間フィルタリングを適用することによって、周波数 f 每に、方向性関数 $G(_, _, f)$ による方向性関数 $P^{(1)}(_, _, f)$ の窓処理がなされ、これら 2 つの方向性関数の値の各方向 $(_, _)$ 每の乗算に対応し、2 つの方向性関数の値は複素数となることができる。

【0127】

前述のように、音場に適用する処理は、音場を生成すると見なされる 1 組の仮想音源の全部または一部の振幅、距離、およびスペクトルを修正する効果がある。

方向性関数 $G(_, _, f)$ は、周波数とは独立であってもよく、その場合 $G(_, _)$ で示す。すると、処理は、空間のみとなり、周波数 f 每の、方向性関数 $P^{(1)}(_, _, f)$ と方向性関数 $G(_, _)$ との積に対応する。

【0128】

処理動作が畳み込み型である場合、定数

【0129】

10

20

30

40

【数4 1】

$$C_{l,m,l',m''}^{l',m'}$$

【0 1 3 0】

は、以下の関係によって決定される。

【0 1 3 1】

【数4 2】

$$c_{l,m,l'',m''}^{l',m'} = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} (c_{l,m,l'',m''}^{l',m' (1)} + c_{l,-m,l'',m''}^{l',m' (1)}) & \text{for } m > 0 \\ c_{l,0,l'',m''}^{l',m' (1)} & \text{for } m = 0 \\ \frac{j}{\sqrt{2}} (c_{l,-m,l'',m''}^{l',m' (1)} - c_{l,m,l'',m''}^{l',m' (1)}) & \text{for } m < 0 \end{cases} \quad 10$$

【0 1 3 2】

ここで、

【0 1 3 3】

【数4 3】

$$c_{l,m,l'',m''}^{l',m' (1)} = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} (c_{l,m,l'',m''}^{l',m' (2)} + c_{l,m,l'',-m''}^{l',m' (2)}) & \text{for } m'' > 0 \\ c_{l,m,l'',0}^{l',m' (2)} & \text{for } m'' = 0 \\ \frac{j}{\sqrt{2}} (c_{l,m,l'',-m''}^{l',m' (2)} - c_{l,m,l'',m''}^{l',m' (2)}) & \text{for } m'' < 0 \end{cases} \quad 20$$

【0 1 3 4】

ここで、

【0 1 3 5】

【数4 4】

$$c_{l,m,l'',m''}^{l',m' (2)} = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} (c_{l,m,l'',m''}^{l',m' (3)} + c_{l,m,l'',-m''}^{l',-m' (3)}) & \text{for } m' > 0 \\ c_{l,m,l'',m''}^{l',0 (3)} & \text{for } m' = 0 \\ \frac{1}{j\sqrt{2}} (c_{l,m,l'',m''}^{l',-m' (3)} - c_{l,m,l'',m''}^{l',m' (3)}) & \text{for } m' < 0 \end{cases} \quad 30$$

【0 1 3 6】

ここで、

【0 1 3 7】

【数4 5】

$$c_{l,m,l'',m''}^{l',m' (3)} = \delta_{l''}^l \delta_{m''}^{m'-m} 2\sqrt{\pi} \varepsilon_{m'}^m \varepsilon_{m''}^{m''} \frac{\sqrt{2l+1}}{l'+l+1} \sqrt{\frac{C_{l+|m|}^l C_{l'+|m'|}^{l'+|m'|} C_{l'}^{|m''|}}{C_l^{|m|} C_{l'}^{|m'|} C_{l'+|m''|}^{l'+|m''|}}} \sum_{k=|m|}^l C_l^k C_t^{k-|m|} \times \sum_{p=\max(0,-m)}^{\min(l'-m',l'+m'')} (-1)^{p+k+m} C_{l'+m''}^p C_{l'-m''}^{p+m} \times \begin{cases} 1/C_{l'+l}^{p+k} & \text{if } m \geq 0 \\ 1/C_{l'+l}^{p+k+m} & \text{if } m \leq 0 \end{cases} \quad 40$$

【0 1 3 8】

更に、

【0 1 3 9】

【数4 6】

$$\varepsilon_m^m = (\text{sign}(m))^m$$

【0 1 4 0】

この処理動作は、空間フィルタリングへの時間フィルタリングの適用に対応する。

球面調和係数 $G_{l,m}(f)$ は、方向 (0, 0) から来る平面インパルス波のような、基準音

場による励起に応答して、線形および角度不变音響系によって生成される音場のフーリエ-ベッセル係数に対応する。このような応答は、「空間-時間応答」という表現で示される。線形音響システムは、それが受けた音場の回転が、それが生成した音場上において同一の回転を誘発するとき、角度的に不变である。したがって、係数 $G_{l,m}(f)$ は、このような音響システムの空間-時間応答に対応する。

【0141】

初期音場のフーリエ-ベッセル係数 $P^{(1)}_{l,m}(f)$ は、方向性関数 $P^{(1)}(_,_,f)$ の球面調和係数としても見なされる。つまり、空間畳み込みと時間フィルタリングによって、各周波数 f 毎に、方向性関数 $P^{(1)}(_,_,f)$ の方向性関数 $G(_,_,f)$ による空間畳み込みが行われ、これは、各周波数 f において、方向性畳み込みカーネルと見なされる。

10

【0142】

記載中の実施形態では、畳み込みを適用する際に方向 $(_,_0)$ を考慮し、次いで畳み込みカーネル $G(_,_,f)$ を回転させ、その北極 $(_ = 0, _ = 0)$ の垂直方向)を $(_,_0)$ に移動させる。方向 $(_,_')$ において修正音場 $P^{(T)}(_,_,f)$ の値を求めるために、回転したカーネルの方向 $(_,_')$ における値を、方向 $(_,_0)$ における $P^{(1)}(_,_,f)$ の値と乗算し、これらの積を、方向 $(_,_0)$ の全てについて、互いに加算する。

【0143】

この処理を音場に適用することによって、例えば、角拡散、即ち、空間定位精度を修正することが可能となる。即ち、各周波数 f 毎に、初期音場を生成すると見なされる仮想点音源のサイズを修正することができる。この処理は、ウィンドウによる時間的畳み込みの空間における類似であり、その効果は、例えば、平均または遅延効果のような、音響事象の時間的拡散を修正することである。

20

【0144】

方向性関数 $G_{l,m}(f)$ が円筒状対称性を有する場合、即ち、 $m = 0$ に対して $G_{l,m}(f) = 0$ である場合、前述の式は簡略化され、そのため、係数

【0145】

【数47】

$$C_{l,m,l',m'}^{l',m'} = \delta_{l'}^l \delta_{l'}^l \delta_{m'}^m \delta_{m'}^0 \sqrt{\frac{4\pi}{2l+1}}$$

30

【0146】

は以下の関係によって決定される。

【0147】

【数48】

$$C_{l,m,l',m'}^{l',m'} = \delta_{l'}^l \delta_{l'}^l \delta_{m'}^m \delta_{m'}^0 \sqrt{\frac{4\pi}{2l+1}}$$

【0148】

方向性関数 $G(_,_,f)$ は、周波数とは独立であってもよく、その場合 $G(_,_)$ で示す。すると、処理は、空間のみとなり、各周波数 f 毎に、方向性関数 $G(_,_)$ による、初期音場に伴う方向性関数 $P^{(1)}(_,_,f)$ の畳み込みに対応する。

40

【0149】

加えて、本発明の方法は、回転処理も実行することができる。しかしながら、その場合、方向性関数を用いず、本方法は、原点 O を中心とした音場の回転を表すパラメータ $(_,_,_)$ を必要とする。

【0150】

したがって、処理動作が回転である場合、フィルタリングの組み合わせは、以下の関係にしたがって、音場の回転を表すパラメータ $(_,_,_)$ から決定される。

【0151】

【数49】

$$C_{l,m}^{l',m'} = \delta_l^{l'} D_{m',m}^{lR}$$

【 0 1 5 2 】

ここで、

【 0 1 5 3 】

【数50】

$$D_{m',m}^{lR} = \begin{cases} \Re(D_{m',m}^l + D_{-m',m}^l) & \text{if } m' > 0 \text{ and } m > 0 \\ \sqrt{2} \Re(D_{m',0}^l) & \text{if } m' > 0 \text{ and } m = 0 \\ \Im(D_{m',m}^l + D_{-m',m}^l) & \text{if } m' > 0 \text{ and } m < 0 \\ \sqrt{2} \Re(D_{0,m}^l) & \text{if } m' = 0 \text{ and } m > 0 \\ D_{0,0}^l & \text{if } m' = 0 \text{ and } m = 0 \\ \sqrt{2} \Im(D_{0,m}^l) & \text{if } m' = 0 \text{ and } m < 0 \\ \Im(D_{-m',m}^l - D_{m',m}^l) & \text{if } m' < 0 \text{ and } m > 0 \\ -\sqrt{2} \Im(D_{m',0}^l) & \text{if } m' < 0 \text{ and } m = 0 \\ \Re(D_{m',m}^l - D_{-m',m}^l) & \text{if } m' < 0 \text{ and } m < 0 \end{cases} \quad 10$$

【 0 1 5 4 】

ここで、

【 0 1 5 5 】

【数51】

$$D_{m',m}^l = \varepsilon_m^m \varepsilon_{m'}^{m'} d_{m',m}^l(\theta) e^{-jm'\phi} e^{-jm\psi}$$

【 0 1 5 6 】

ここで、

【 0 1 5 7 】

【数52】

$$d_{m',m}^l(\theta) = \sqrt{\frac{(l+m')! (l-m')!}{(l+m)! (l-m)!}} \sum_{k=\max(0,m-m')}^{\min(l-m',l+m)} (-1)^k C_{l+m}^k C_{l-m}^{k+m'-m} \times \\ \left(\cos \frac{\theta}{2}\right)^{2l+m-m'-2k} \left(\sin \frac{\theta}{2}\right)^{2k+m'-m}$$

【 0 1 5 8 】

そして、

【 0 1 5 9 】

【数53】

$$\Re(x) = \text{real part}(x)$$

【 0 1 6 0 】

更に、

【 0 1 6 1 】

【数54】

$$\Im(x) = \text{imaginary part}(x)$$

【 0 1 6 2 】

である。

この関係では、角度 $_$ 、 $_$ および $_$ に用いられる規則は、軸(OZ)を中心とした角度 $_$ にわたる回転、次いで軸(OY)を中心とした角度 $_$ にわたる回転、そして軸(OZ)を中心とした角度 $_$ にわたる回転を行うことから成る。

【0163】

最後に、実行する処理は、中立処理(neutral processing)に対応してもよい。この場合、フィルタリングの組み合わせは、 $l' = l$ および $m' = m$ で、これらが 1 に等しい場合の値を除いて、全て 0 となる。

【0164】

勿論、記載する処理動作の組み合わせだけだけでなく他の処理動作も、1組の重み係数 10

【0165】

【数55】

$$C_{l,m,l',m''}^{l',m'}$$

【0166】

の定めにより、実行することができる。

例えば、前述の1組の定数のランダムな定めによって、ランダム処理も実行することができる。

【0167】

計算サブステップ30は、非ゼロ定数 20

【0168】

【数56】

$$C_{l,m,l',m''}^{l',m'}$$

【0169】

に対してのみ実行するという利点がある。

こうして得たフィルタリングの組み合わせ

【0170】

【数57】

$$C_{l,m}^{l',m'}(f)$$

30

【0171】

を、サイズが $(L' + 1)^2 \times (L + 1)^2$ のマトリクス C 内に置く。

適用する処理動作が回転、畳み込み、またはフィルタリングのみから成る場合、マトリクス C は、適用するフィルタリングの組み合わせに直接対応し、一般には F で示されるので、計算サブステップ30の結果は、初期表現の係数に適用するフィルタリングの組み合わせを形成する。

【0172】

処理動作が、回転、フィルタリング動作、畳み込み、および / またはあらゆる種類の処理というような、処理動作の組み合わせに対応する場合、サブステップ30を複数回繰り返し、各マトリクス C を連続的に記憶し、後続のマトリクスと結合し、最終的に、初期表現の係数に適用するフィルタリングの組み合わせに対応する係数から成るマトリクス F を得る。つまり、マトリクス F は、連続マトリクス C のマトリクス乗算によって得られる。

40

【0173】

マトリクス F の各要素

【0174】

【数58】

$$F_{l,m}^{l',m'}(f)$$

【0175】

50

は、空間 - 時間処理フィルタの周波数応答を表す。

フィルタおよびフィルタリング方法の種々の形態は、音場の初期表現にフィルタリングの組み合わせを適用するステップ 10 において用いることができる。

【0176】

フィルタを周波数応答を用いて直接パラメータ化する場合、係数

【0177】

【数59】

$F_{l,m}^{l,m'}(f)$

【0178】

を直接適用する。フィルタリングの組み合わせを決定するステップ 6 は、他のフィルタリング方法のためにフィルタのパラメータを決定する変換サブステップ 32 を含むという利点がある。

【0179】

例えば、フィルタリングの組み合わせ

【0180】

【数60】

$F_{l,m}^{l,m'}(f)$

【0181】

を以下のように変換する。

【0182】

【数61】

$F_{l,m}^{l,m'}(f)$

【0183】

の逆時間フーリエ変換によって計算する有限インパルス応答

【0184】

【数62】

$f_{l,m}^{l,m'}(t)$

【0185】

。各インパルス応答

【0186】

【数63】

$f_{l,m}^{l,m'}(t)$

【0187】

をサンプリングし、次いで各応答に適した長さに切り詰める。または、

- 適応化方法を用いて

【0188】

【数64】

$F_{l,m}^{l,m'}(f)$

【0189】

から計算した無限インパルス応答を有する再帰フィルタの係数。

ステップ 2 で定めた少なくとも空間処理を表す処理フィルタをそれに適用することによって、このように定めたフィルタリングの組み合わせを、フィルタリングの組み合わせを適用するステップ 10 において適用し、初期表現 $P^{(1)}|_{l,m}(f)$ を修正表現に変換する。修正

10

20

30

40

50

表現は、 $P^{(T)}_{l,m}(f)$ で示され、修正音場に対応する。

【0190】

ステップ10において、以下のように周波数応答処理フィルタ

【0191】

【数65】

$F_{l,m}^{l,m'}(f)$

【0192】

を適用することによって、修正表現 $P^{(T)}$ の係数に対応する係数 $p^{(T)}_{l,m}(t)$ を、初期表現 $P^{(1)}$ の係数に対応する係数 $p^{(1)}_{l,m}(t)$ から導出する。

10

【0193】

【数66】

$$P_{l,m}^{(T)}(f) = \sum_{l=0}^L \sum_{m=-l}^l F_{l,m}^{l,m'}(f) P_{l,m}^{(1)}(f)$$

【0194】

ここで、 $P^{(1)}_{l,m}(f)$ は、 $p^{(1)}_{l,m}(t)$ のフーリエ変換であり、 $P^{(T)}_{l,m}(f)$ は、 $p^{(T)}_{l,m}(t)$ のフーリエ変換であり、これらは、それぞれ、初期表現および修正表現に関係する係数である。

【0195】

20

このように、ステップ10は、従来の時間フィルタリング方法を実施し、ステップ2で得られたフィルタリングの組み合わせを相応しい形態で適用する。

例えば、

- フィルタリングは、周波数ドメインにおいて、例えば、ブロック畳み込み技法のようなフィルタリング方法によって実行することができる。その場合、フィルタリングの組み合わせは、周波数応答

【0196】

【数67】

$F_{l,m}^{l,m'}(f)$

30

【0197】

の形態で求められる。

- フィルタリングは、時間ドメインにおいては、時間畳み込みによって実行することができる。その場合、フィルタリングの組み合わせは、インパルス応答

【0198】

【数68】

$f_{l,m}^{l,m'}(t)$

【0199】

の形態で求められる。

40

- フィルタリングは、時間ドメインにおいては、無限インパルス応答再帰フィルタによって実行することができる。その場合、フィルタリングの組み合わせは、再帰関係係数の形態で求められる。

【0200】

図4は、有限インパルス応答フィルタリングの場合を記述している。このフィルタリングは、初期状態において、各応答

【0201】

【数69】

$f_{l,m}^{l,m'}(t)$

50

【0202】

を特徴付けるサンプル数に対応する変数

【0203】

【数70】

$T_{l,m}^{l,m'}$

【0204】

の決定を必要とし、以下の時間畳み込み式が導かれる。

【0205】

【数71】

10

$$p_{l,m}^{(T)}[t] = \sum_{l=0}^L \sum_{m=-l}^l \sum_{\tau=0}^{T_{l,m}^{l,m'}-1} f_{l,m}^{l,m'}[\tau] p_{l,m}^{(l)}[t-\tau]$$

【0206】

これらの係数 $p_{l,m}^{(T)}$ が表す音場は、少なくとも 1 つの音源が生成した音場を、方向、距離および / または利得がそのように修正される少なくとも 1 つの音源によって生成した別の音場と関連付ける少なくとも空間処理の適用後の初期音場に対応する。

【0207】

別の実施形態では、本発明の方法は、初期音場を生成する仮想音源の全部または一部の拡散、位置、振幅の特性に対する修正による、音場の部分的な歪みに対応する歪み型処理動作の適用を可能にする。

20

【0208】

この歪み処理は、周波数と共に変化し、これら仮装音源の全部または一部において、距離およびスペクトルの変更を実行可能にする。

この処理は、図 3 を参照しながら説明した処理動作の 1 つと組み合わせることができる利点がある。

【0209】

図 5 は、公称処理と呼ばれ前述のような処理動作に対応する第 1 処理動作を、空間歪み処理動作と組み合わせて、初期音場の表現の成分の周波数、振幅および / または位相特性の歪みを得るような実施形態における、本発明の方法のフロー・チャートを示す。

30

【0210】

つまり、この実施形態では、処理を定めるステップ 2 は、以前と同様、1 組の方向性関数を確立するステップ 4 を含み、ステップ 4 は、直接決定のサブステップ 1.2 および / または取得のサブステップ 1.4 および解釈のサブステップ 1.6、ならびに球面調和に基づいたこれらの関数の分解に対応する 1 組の係数の形態で 1 組の方向性関数を与えることを可能にする変換サブステップ 1.8 から成る。

【0211】

この実施形態では、ステップ 4 において決定した 1 組の方向性関数の一部が、適用する歪みを表す N 個の歪み対に対応する。前述の実施形態と同様に、これらの歪み対は、球面調和に基づくこれらの分解に対応する、 $\{(H_{l,m,n}(f), H'_{l,m,n}(f))\}$ で示される 1 組の係数の形態で記述される。

40

【0212】

各歪み対は、音源音場および目標音場のフーリエ・ベッセル係数に対応する 2 つの方向性関数によって構成され、音源音場に歪み動作を適用すると、それを目標音場に類似させ易くなる。

【0213】

このように、ステップ 4 は、公称処理、および球面調和に基づく方向性関数の分解に対応する 1 組の係数の形態で適用される歪みを表す歪み対にも対応する、1 組の方向性関数を与える。

【0214】

50

前述のように、ステップ2は、直接決定サブステップ22および／または取得のサブステップ24および解釈のサブステップ26によって、1組の処理パラメータを決定するステップ20を含む。

【0215】

しかしながら、この実施形態では、パラメータを決定するステップ20は、パラメータも決定することができる。パラメータ_—は、0と1との間で調節することができ、適用する最終処理と、ステップ5によって決定する公称処理との間の類似性、即ち、実行する歪みの相対的な大きさを指定する。

【0216】

したがって、_—が1に等しい場合、歪みのみを考慮に入れ、_—が0に等しい場合、ステップ4において決定した処理のみを考慮に入れる。 10

図3を参照しながら説明した実施形態におけると同様、フィルタリングの組み合わせを決定するステップ6は、計算サブステップ30を含む。計算サブステップ30は、前述のように実行され、ステップ4において決定した1組の方向性関数によって決定される公称処理の適用に対応する1組のフィルタリングの組み合わせから成るマトリクスCを供給することができる。

【0217】

1組の歪み対は、フィルタリングの組み合わせを決定するステップ6において、計算サブステップ30の終了時に決定されるフィルタリングの組み合わせの修正による歪みのサブステップ50の間に用いられる。 20

【0218】

このサブステップ50の間、フィルタリングの組み合わせ

【0219】

【数72】

$C_{l,m}^{r,m'}(f)$

【0220】

は、 $\{(H_{l,m,n}(f), H'_{l,m,n}(f))\}$ で示される歪み対およびパラメータ_—に基づいて修正され、出力として、公称処理および歪みを含む処理を表し、初期表現の係数に適用するフィルタリングの組み合わせ 30

【0221】

【数73】

$F_{l,m}^{r,m'}(f)$

【0222】

を求める。

サブステップ50の間、N個の音源方向性関数を表す球面調和係数 $H_{l,m,n}(f)$ を、以下のように、サイズが $(L+1)^2 \times N$ のマトリクスHに置かれる。

【0223】

【数74】

$$\left[\begin{array}{cccc} H_{0,0,1}(f) & H_{0,0,2}(f) & \cdots & H_{0,0,N}(f) \\ H_{1,-1,1}(f) & H_{1,-1,2}(f) & \cdots & H_{1,-1,N}(f) \\ H_{1,0,1}(f) & H_{1,0,2}(f) & \cdots & H_{1,0,N}(f) \\ H_{1,1,1}(f) & H_{1,1,2}(f) & \cdots & H_{1,1,N}(f) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ H_{L,-L,1}(f) & H_{L,-L,2}(f) & \cdots & H_{L,-L,N}(f) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ H_{L,0,1}(f) & H_{L,0,2}(f) & \cdots & H_{L,0,N}(f) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ H_{L,L,1}(f) & H_{L,L,2}(f) & \cdots & H_{L,L,N}(f) \end{array} \right]$$

10

20

30

40

50

【0224】

同様に、N個の目標方向性関数を表す球面調和係数 $H'_{l,m,n}(f)$ も、サイズが $(L'+1)^2 \times N$ のマトリクス H' に置かれる。

【0225】

【数75】

$$\begin{bmatrix} H'_{0,0,1}(f) & H'_{0,0,2}(f) & \cdots & H'_{0,0,N}(f) \\ H'_{1,-1,1}(f) & H'_{1,-1,2}(f) & \cdots & H'_{1,-1,N}(f) \\ H'_{1,0,1}(f) & H'_{1,0,2}(f) & \cdots & H'_{1,0,N}(f) \\ H'_{1,1,1}(f) & H'_{1,1,2}(f) & \cdots & H'_{1,1,N}(f) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ H'_{L',-L',1}(f) & H'_{L',-L',2}(f) & \cdots & H'_{L',-L',N}(f) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ H'_{L',0,1}(f) & H'_{L',0,2}(f) & \cdots & H'_{L',0,N}(f) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ H'_{L',L',1}(f) & H'_{L',L',2}(f) & \cdots & H'_{L',L',N}(f) \end{bmatrix}$$

10

【0226】

公称処理のフィルタリングの組み合わせの係数

【0227】

【数76】

$$C_{l,m}^{r,m'}(f)$$

20

【0228】

も、サイズが $(L'+1)^2 \times (L+1)^2$ のマトリクス C に置かれる。

【0229】

【数77】

$$\begin{bmatrix} C_{0,0}^{0,0}(f) & C_{1,-1}^{0,0}(f) & C_{1,0}^{0,0}(f) & C_{1,1}^{0,0}(f) & \cdots & C_{L,-L}^{0,0}(f) & \cdots & C_{L,L}^{0,0}(f) \\ C_{0,0}^{1,-1}(f) & C_{1,-1}^{1,-1}(f) & C_{1,0}^{1,-1}(f) & C_{1,1}^{1,-1}(f) & \cdots & C_{L,-L}^{1,-1}(f) & \cdots & C_{L,L}^{1,-1}(f) \\ C_{0,0}^{1,0}(f) & C_{1,-1}^{1,0}(f) & C_{1,0}^{1,0}(f) & C_{1,1}^{1,0}(f) & \cdots & C_{L,-L}^{1,0}(f) & \cdots & C_{L,L}^{1,0}(f) \\ C_{0,0}^{1,1}(f) & C_{1,-1}^{1,1}(f) & C_{1,0}^{1,1}(f) & C_{1,1}^{1,1}(f) & \cdots & C_{L,-L}^{1,1}(f) & \cdots & C_{L,L}^{1,1}(f) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ C_{0,0}^{L,-L}(f) & C_{1,-1}^{L,-L}(f) & C_{1,0}^{L,-L}(f) & C_{1,1}^{L,-L}(f) & \cdots & C_{L,-L}^{L,-L}(f) & \cdots & C_{L,L}^{L,-L}(f) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ C_{0,0}^{L,0}(f) & C_{1,-1}^{L,0}(f) & C_{1,0}^{L,0}(f) & C_{1,1}^{L,0}(f) & \cdots & C_{L,-L}^{L,0}(f) & \cdots & C_{L,L}^{L,0}(f) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ C_{0,0}^{L,L}(f) & C_{1,-1}^{L,L}(f) & C_{1,0}^{L,L}(f) & C_{1,1}^{L,L}(f) & \cdots & C_{L,-L}^{L,L}(f) & \cdots & C_{L,L}^{L,L}(f) \end{bmatrix}$$

30

【0230】

次に、1組のフィルタリングの組み合わせを決定する最適化に対応する歪みサブステップ50の間に、処理動作全体を表すフィルタリングの組み合わせ

【0231】

【数78】

$$F_{l,m}^{r,m'}(f)$$

40

【0232】

を決定し、できる限り最良の方法で、歪み対および

【0233】

【数79】

$$F_{l,m}^{r,m'}(f)$$

【0234】

と

50

【0235】

【数80】

 $C_{l,m}^{l,m'}(f)$

【0236】

との間の類似性を検証する。

この最適化は、勾配下降(gradient descent)またはマトリクス反転方法(matrix inversion method)というような方法によって実行することができ、初期音場を生成したと見なされる仮想音源上において、歪み対によって直接指定されない修正の決定も可能にする。

【0237】

10 例えは、歪み対によって定められる修正は、直接目標部分に隣接する部分で内挿補間してフィルタリングの組み合わせを求め、歪み対が直接目標とする部分の周囲における音場の初期表現を徐々に修正する。

【0238】

記載中の実施形態は、マトリクス反転方法を用い、次の関係にしたがって、サブステップ50においてマトリクスFを決定する。

$$F = ((1 - \underline{\quad}) C + \underline{\quad} H \quad H^T) ((1 - \underline{\quad}) I + \underline{\quad} H \quad H^T)^{-1}$$

ここで、Iはサイズが $(L+1)^2$ の恒等マトリクスを示す。

【0239】

$\underline{\quad}$ が1に等しく、 $N \underline{\quad} (L+1)^2$ の場合、マトリクスFは次の式で示される。

$$F = C + (H' - CH) (H^T H)^{-1} H^T$$

マトリクスFでは、係数

【0240】

【数81】

 $F_{l,m}^{l,m'}(f)$

【0241】

が次のように編成されている。

【0242】

【数82】

$$\left[\begin{array}{cccccccccc} F_{0,0}^{0,0}(f) & F_{1,-1}^{0,0}(f) & F_{1,0}^{0,0}(f) & F_{1,1}^{0,0}(f) & \cdots & F_{L,-L}^{0,0}(f) & \cdots & F_{L,0}^{0,0}(f) & \cdots & F_{L,L}^{0,0}(f) \\ F_{0,0}^{1,-1}(f) & F_{1,-1}^{1,-1}(f) & F_{1,0}^{1,-1}(f) & F_{1,1}^{1,-1}(f) & \cdots & F_{L,-L}^{1,-1}(f) & \cdots & F_{L,0}^{1,-1}(f) & \cdots & F_{L,L}^{1,-1}(f) \\ F_{0,0}^{1,0}(f) & F_{1,-1}^{1,0}(f) & F_{1,0}^{1,0}(f) & F_{1,1}^{1,0}(f) & \cdots & F_{L,-L}^{1,0}(f) & \cdots & F_{L,0}^{1,0}(f) & \cdots & F_{L,L}^{1,0}(f) \\ F_{0,0}^{1,1}(f) & F_{1,-1}^{1,1}(f) & F_{1,0}^{1,1}(f) & F_{1,1}^{1,1}(f) & \cdots & F_{L,-L}^{1,1}(f) & \cdots & F_{L,0}^{1,1}(f) & \cdots & F_{L,L}^{1,1}(f) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ F_{0,0}^{L,-L}(f) & F_{1,-1}^{L,-L}(f) & F_{1,0}^{L,-L}(f) & F_{1,1}^{L,-L}(f) & \cdots & F_{L,-L}^{L,-L}(f) & \cdots & F_{L,0}^{L,-L}(f) & \cdots & F_{L,L}^{L,-L}(f) \\ F_{0,0}^{L,0}(f) & F_{1,-1}^{L,0}(f) & F_{1,0}^{L,0}(f) & F_{1,1}^{L,0}(f) & \cdots & F_{L,-L}^{L,0}(f) & \cdots & F_{L,0}^{L,0}(f) & \cdots & F_{L,L}^{L,0}(f) \\ F_{0,0}^{L,L}(f) & F_{1,-1}^{L,L}(f) & F_{1,0}^{L,L}(f) & F_{1,1}^{L,L}(f) & \cdots & F_{L,-L}^{L,L}(f) & \cdots & F_{L,0}^{L,L}(f) & \cdots & F_{L,L}^{L,L}(f) \end{array} \right]$$

【0243】

勿論、用いた内挿補間法によれば、この最適化ステップは、歪み対が直接目標とする部分と隣接する部分との間の修正において、漸進的な変動、または、一方では、急激な変動を伴う場合がある。

【0244】

続いて、サブステップ32においてフィルタリングの組み合わせ

【0245】

【数83】

 $F_{l,m}^{l,m'}(f)$

10

20

30

40

50

【0246】

を任意に変換し、図3および図4を参照して説明したように、ステップ10において適用する。

数個の歪みを連続的に適用し、本方法は、互いに対して再帰的である複数の歪みサブステップ50から成り、各サブステップ50は、入力として、公称処理と同様、前回のサブステップで得られたフィルタリングの組み合わせを受け取る。

【0247】

パラメータλが0に等しい場合、歪みを適用せず、計算サブステップ30において決定したフィルタリング結合は、処理を表すフィルタリングの組み合わせに直接対応する。このようにパラメータ化すると、本実施形態は、図3および図4を参照して説明した第1実施形態に対応する。 10

【0248】

別の実施形態では、歪みのみを適用し、フィルタリングの組み合わせは、以下の関係にしたがって歪み対のみによって決定する。

【0249】

【数84】

— $N \leq (L+1)^2$ の場合、

$$\mathbf{F} = \mathbf{I} + (\mathbf{H}' - \mathbf{H})(\mathbf{H}'^T \mathbf{H})^{-1} \mathbf{H}^T$$

— $N \geq (L+1)^2$ の場合、 20

$$\mathbf{F} = \mathbf{H}' \mathbf{H}^T (\mathbf{H} \mathbf{H}^T)^{-1}$$

【0250】

これらの式において、マトリクスHおよびH'を前述のように決定する。この場合、マトリクスCを用いず、サブステップ30を実行しない。つまり、ステップ2は歪みサブステップ50のみを含む。

【0251】

本実施形態は、λが1に等しく、公称処理が中立処理である場合における、前述の実施形態の簡略化である。

したがって、本発明の方法によって、処理動作を表し、球面調和に基づいたこれらの関数の分解に対応する1組の係数の形態で表される1組の方向性関数の使用により、高いレベルの精度を有する音場表現に対して、多種多様の処理動作の適用が可能となる。 30

【0252】

適用する処理が、前述のような複数の基本処理動作に分割できる場合、処理動作全体としてのフィルタリングの組み合わせは、複数の処理動作の各々に対応するマトリクスのマトリクス乗算によって、即ち、計算サブステップ30および/または歪みサブステップ50によって得られるフィルタリングの組み合わせを構成することによって、得ることができる。

【0253】

したがって、この処理を複数回繰り返し、各実行結果を、以前の実行結果と組み合わせる。 40

【0254】

図6は、本発明の方法を実施するのに適したデバイスのブロック図を示す。

デバイス60は、音場表現の少なくとも空間処理を行い、少なくとも空間処理によって修正した表現を与えることができる。

デバイス60は、本発明の方法のステップ2の実施のための処理を定める手段61を備えている。これらの手段61は、この処理を表す1組の方向性関数を、球面調和に基づいたこれら方向性関数の分解に対応する1組の係数の形態で、1組の方向性関数を確立する手段を備えている。

【0255】

これらの手段は、操作者が、メモリまたは外部デバイスから、デバイス 60 のための動作データを直接取得するモジュール 62 を備えており、特に、1組の方向性関数の直接的な決定を可能にするという利点がある。

【0256】

例えば、取得モジュール 62 は、データの直接取得を可能にするキーボード、または本発明の方法の実施に必要なデータを直接供給する外部デバイスとのインターフェースによつて構成されている。

【0257】

モジュール 62 は、処理命令を入力するために用いることができ、その場合、手段 61 は、その命令の自動解釈モジュール 64 も備え、デバイス 60 に動作データ、即ち、1組の方向性関数を供給する。

【0258】

取得モジュール 62 および / または解釈モジュール 64 によって入力されるデータは、異なる所定のフォーマットを有してもよく、デバイス 60 は、所定のフォーマットと、本発明の方法の実施のために選択したフォーマットとの間でデータを変換するモジュール 66 を備えている。

【0259】

即ち、モジュール 66 は、1組の方向性関数を、複数のフォーマットの1つまたは別の1つから、球面調和に基づくそれらの分解に対応する1組の係数に変換することができる。

【0260】

このように、モジュール 62、64 および 66 は、本発明の方法のステップ 4 および 20 の実施を可能にし、球面調和に基づくこれらの関数の分解に対応する係数の形態で処理動作を表す1組の方向性関数が得られる。

【0261】

デバイス 60 を歪み処理を実行するため用いる場合、モジュール 62、64 および 66 は、歪み対を形成する方向性関数を供給する。

また、モジュール 62、64 および 66 は、本発明の方法の実施に必要な1組のパラメータの全部または一部の決定も可能にする。

【0262】

即ち、これらのモジュール 62、64 および 66 は、以下のパラメータの全部または一部の定めを可能にする。

- 本方法の動作の限界次数を指定し、所望の数学的精度の限界に対応するパラメータ S 、

- 実行する処理動作の性質を定めるパラメータ S 、
- 重み係数を形成し、処理動作の性質の関数として定められる、

【0263】

【数 85】

$$C_{l,m,l',m''}^{r,m'}$$

【0264】

で示される1組の定数の全部または一部、および

- 実行する歪みの大きさを指定するパラメータ S 。

デバイス 60 は、これらのパラメータの全部または一部、特に1組の定数を格納することができるメモリを備えているという利点がある。例えば、このようなメモリは、複数の組の定数を備えており、各々が処理動作に対応し、複数から選択した1組の定数を、処理動作を表すパラメータ S の関数として用いる。

【0265】

あるいは、処理動作を定める手段 61 は、処理動作の性質を表すパラメータ S の関数として1組の定数の全部または一部を決定するのに適した計算モジュールを備えている。

10

20

30

40

50

これらの動作データの全てを、フィルタリングの組み合わせを決定する手段70に導入し、この手段70は、処理動作を定める手段61内に含まれており、本方法のステップ6を実施するのに適している。手段70は、線形結合の適用による計算モジュール72を備えており、本方法の計算サブステップ30の実施を可能にする。モジュール72は、入力として、1組の指向性関数を受け取り、処理動作を表す1組の指向性関数の球面調和に基づく分解に対応する係数の線形結合によって、フィルタリングの組み合わせを行う。

【0266】

モジュール62、64および66によって与えられる係数は、重み係数を形成し、モジュール72において線形結合の係数として用いられるという利点がある。

デバイス60が歪み処理も用いる場合、モジュール72によって供給されるフィルタリングの組み合わせの修正による歪みモジュール74を備え、本方法のサブステップ50を実施する。このモジュールは、入力として、適用する歪みを表す歪み対、および前述のように用いられる歪み効果を表すパラメータ__を受け取る。

【0267】

歪みのみを適用する場合、モジュール72は、デバイスの使用には関与せず、歪みモジュール74のみが必要となる。

このように、手段70は、適用する処理を表すフィルタリングの組み合わせに対応する1組の係数を供給する。

【0268】

任意に、前述のような方法のサブステップ32を実施することによって、フィルタリングの組み合わせからフィルタ・パラメータを得るのに適した変換モジュール76に、これらのフィルタリングの組み合わせを導入する。

【0269】

これらのフィルタ・パラメータ、または直接的に、フィルタリングの組み合わせをフィルタリング手段80に適用する。フィルタリング手段80は、前述の方法のステップ10を実施し、入力として、時間および三次元空間における当該音場を表す1組の係数の形態で、音場の初期表現を受け、先に定めた処理によって修正した初期音場に対応する修正表現を得るために決定したフィルタを適用する。

【0270】

例えば、フィルタリング手段80は、信号処理プロセッサによって初期音場のデジタル表現に適用されるデジタル・フィルタリング手段である。

他の実施形態では、これらのフィルタリング手段は、利得制御アナログ・フィルタリング手段であり、音場の初期表現の係数に各々対応する1組の信号の形態で、音場の類似表現に適用される。

【0271】

例えば、デバイス60は、計算用ソフトウェア手段と、取得および再生用ハードウェア手段とを装備したコンピュータの形態をなし、データ入力手段62の使用、ならびに音場の初期表現および音場の修正表現の出力の取得を可能にする。デバイス60の種々のエレメントは、ソフトウェア手段およびハードウェア手段の組み合わせによって形成する。

【0272】

別の実施形態では、デバイス60は、音響処理の実行のみに専用の特定の取得カードに対応し、あるいはこれらの機能のみを実装するようにプログラムしたコンポーネントの形態をなす。

【0273】

デバイス60は、音場を取得する手段と、その音場を時間および三次元空間で1組の係数の形態で表し、音場の初期表現を得る手段とを備えた音響システムに統合すると有利である。このようなシステムは、制御手段によって制御される再生ユニットも備えており、入力として、音場の修正表現を受け取り、修正音場の再生を得るために、再生ユニットを制御する。

【図面の簡単な説明】

10

20

30

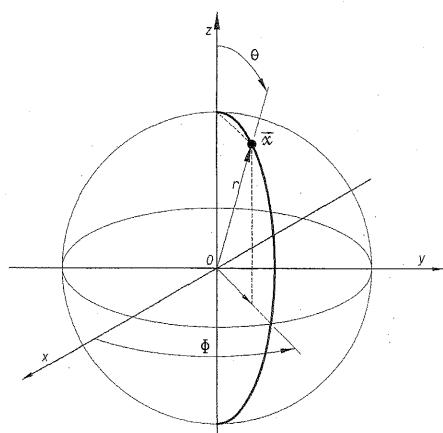
40

50

【0274】

- 【図1】図1は、球面座標系の図である。
- 【図2】図2は、本発明の方法の概略的なフロー・チャートである。
- 【図3】図3は、本発明の第1実施形態の詳細なフロー・チャートである。
- 【図4】図4は、処理を適用するステップの一実施形態の図である。
- 【図5】図5は、本発明の第2実施形態の詳細なフロー・チャートである。
- 【図6】図6は、本発明の方法を実施するのに適したデバイスのブロック図である。

【図1】



【図3】

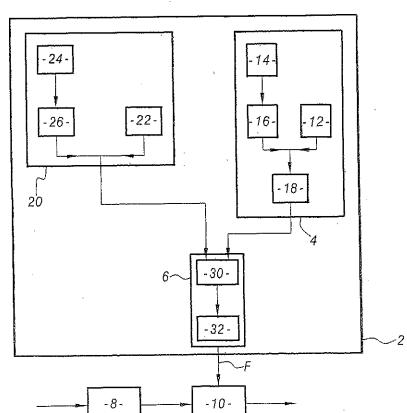


FIG.3

FIG.1

【図2】

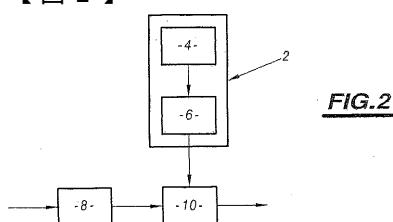


FIG.2

【図4】

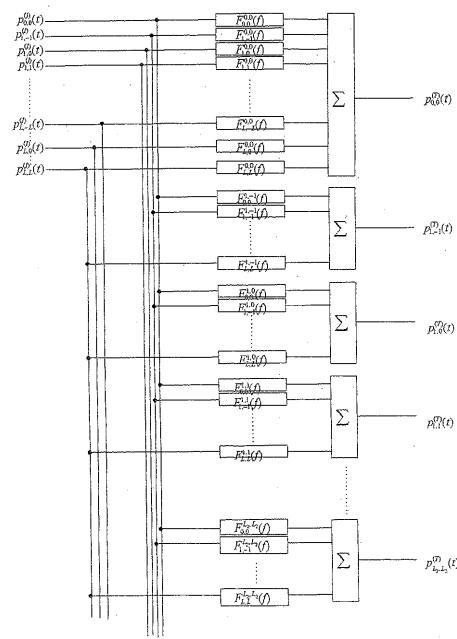


FIG.4

【図5】

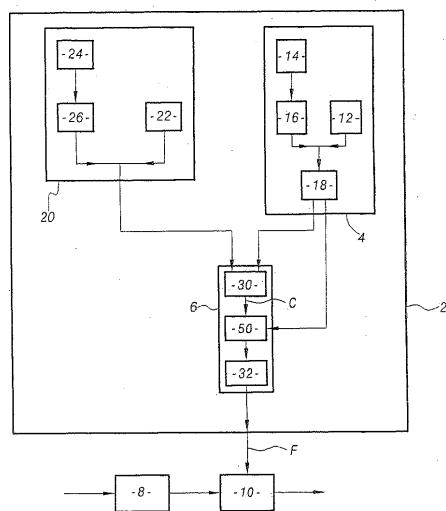


FIG.5

【図6】

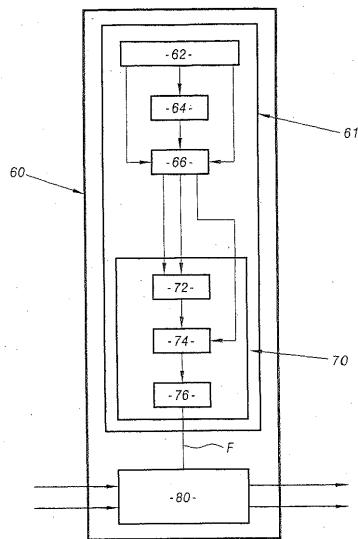


FIG.6

フロントページの続き

(74)代理人 100120112

弁理士 中西 基晴

(72)発明者 ブルーノ, レミ

フランス国94400 ヴィトリ・シュール・セーヌ, アヴニュ・エヴァ・サルモン 23

(72)発明者 ラボリー, アルノード

フランス国94400 ヴィトリ・シュール・セーヌ, ピーズ・リュー・アラゴ 24

(72)発明者 モントヤ, ゼバスチャン

フランス国75019 パリ, リュー・ガストン・ピノット 4

審査官 井出 和水

(56)参考文献 國際公開第03/073791 (WO, A2)

JASKULA MAREK, New windows family based on modified Legendre polynomials, 19TH IEEE INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT TECHNOLOGY CONFERENCE, 米国, IEEE, 2002年 5月21日, P.556-556

FOX P D ET AL, Modeling of CW annular arrays using limited diffraction Bessel beams, IEEE TRANSACTIONS ON ULTRASONICS, FERROELECTRICS AND FREQUENCY CONTROL, 米国, IEEE, 2002年 1月, Vol 49, No.1, P.85-93

GUMEROV N A ET AL, Modeling the effect of a nearby boundary on the HRTF, 2001 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ACOUSTICS, SPEECH, AND SIGNAL PROCESSING. PROCEEDINGS, 米国, IEEE, 2001年 5月 7日, 3337-3340

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04S 1/00 - H04S 7/00

H04R 3/00 - H04R 5/04