

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5133401号
(P5133401)

(45) 発行日 平成25年1月30日 (2013. 1. 30)

(24) 登録日 平成24年11月16日 (2012. 11. 16)

(51) Int. Cl.	F I
G 1 0 L 19/00 (2013. 01)	G 1 0 L 19/00 4 0 0 Z
G 1 0 L 19/20 (2013. 01)	G 1 0 L 19/00 3 3 0 B
G 1 0 L 19/008 (2013. 01)	G 1 0 L 19/00 2 1 3
G 1 0 L 19/02 (2013. 01)	G 1 0 L 19/02 1 7 0 Z

請求項の数 27 (全 32 頁)

(21) 出願番号	特願2010-504535 (P2010-504535)
(86) (22) 出願日	平成20年4月23日 (2008. 4. 23)
(65) 公表番号	特表2010-525403 (P2010-525403A)
(43) 公表日	平成22年7月22日 (2010. 7. 22)
(86) 国際出願番号	PCT/EP2008/003282
(87) 国際公開番号	W02008/131903
(87) 国際公開日	平成20年11月6日 (2008. 11. 6)
審査請求日	平成21年11月30日 (2009. 11. 30)
(31) 優先権主張番号	60/914, 267
(32) 優先日	平成19年4月26日 (2007. 4. 26)
(33) 優先権主張国	米国 (US)

(73) 特許権者	506427990
	ドルビー・インターナショナル・アクチボ ラゲット DOLBY INTERNATIONAL AB オランダ、1101 セー・エン アムス テルダム・ザイドースト、ヘリケルベルク ベーク、1-35、アポロ・ビルディング 、3・エー

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 出力信号の合成装置及び合成方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第1のオーディオチャネル信号と第2のオーディオチャネル信号とを持つ再現出力信号（350）を合成する装置であって、

第1のオーディオオブジェクトダウンミックス信号と第2のオーディオオブジェクトダウンミックス信号とを含むダウンミックス信号（352）から、デコリレート済の1つのチャネル信号、又はデコリレート済の第1チャネル信号及びデコリレート済の第2チャネル信号、を有するデコリレート済信号（358）を生成するためのデコリレータステージ（356）であって、前記ダウンミックス信号（352）は複数のオーディオオブジェクトのダウンミックスをダウンミックス情報（354）に従って表現している、デコリレータステージ（356）と、

前記ダウンミックス情報（354）と、仮想の再生セットアップにおける前記オーディオオブジェクトの仮想位置を示す目標再現情報（360）と、前記オーディオオブジェクトを表現するエネルギー情報と相関関係情報とを含むパラメトリックオーディオオブジェクト情報（362）とから、重み付き結合のための重み係数（P、Q、C₀、G）を計算し、これらの重み係数を用いて前記ダウンミックス信号（352）と前記デコリレート済信号（358）との重み付き結合を実行して前記再現出力信号（350）を得る結合器（364）と、を備えることを特徴とする合成装置。

【請求項 2】

前記結合器（364）は、前記第1のオーディオオブジェクトダウンミックス信号と前記

第2のオーディオオブジェクトダウンミックス信号とのドライミックス操作(401)により得られたドライミックス信号(452)が、前記目標再現情報(360)を用いて元のオーディオオブジェクトを再現する場合に取得できるであろう状態に対して波形マッチするように、前記重み付き結合のための重み係数を計算することを特徴とする、請求項1に記載の合成装置。

【請求項3】

前記結合器(364)は、前記第1のオーディオオブジェクトダウンミックス信号と前記第2のオーディオオブジェクトダウンミックス信号とをミキシングするためのドライミックス行列 C_0 を次式に基づいて計算し、

$$C_0 = A E D^* (D E D^*)^{-1}$$

10

ここで、 C_0 はドライミックス行列であり、 A は前記目標再現情報(360)を表現する目標再現行列であり、 D は前記ダウンミックス情報(354)を表現するダウンミックス行列であり、 $*$ は複素共役転位演算を示し、 E は前記パラメトリックオーディオオブジェクト情報(362)を示すオーディオオブジェクト共分散行列であることを特徴とする、請求項1又は2に記載の合成装置。

【請求項4】

前記結合器(364)は、前記再現出力信号(350)の共分散行列 R を次式に基づいて計算し、

$$R = A E A^*$$

ここで、 A は前記目標再現情報(360)を表現する目標再現行列であり、 E は前記パラメトリックオーディオオブジェクト情報(362)を示すオーディオオブジェクト共分散行列であることを特徴とする、請求項1乃至3のいずれか1項に記載の合成装置。

20

【請求項5】

前記結合器(364)は、ドライミックス信号(452)の共分散行列 R_0 を次式に基づいて計算する、

$$R_0 = C_0 D E D^* C_0^*$$

ことを特徴とする、請求項3に記載の合成装置。

【請求項6】

前記結合器(364)は、

ドライミックス行列 C_0 を計算し、かつそのドライミックス行列 C_0 を前記ダウンミックス信号(352)に適用するドライミックス操作(401)と、

30

デコリレータ後処理行列 P を計算し、かつそのデコリレータ後処理行列 P を前記デコリレート済信号(358)に適用するデコリレータ後操作(404)と、

前記再現出力信号(350)を取得するために、前記操作(401, 404)の結果を結合する操作(454)と、

を実行することを特徴とする、請求項1乃至5のいずれか1項に記載の合成装置。

【請求項7】

前記デコリレータステージ(356)は、前記ダウンミックス信号(352)を処理するデコリレータ前操作(402)を実行可能であり、当該デコリレータ前操作により処理された信号はデコリレータ(403)に供給されることを特徴とする、請求項1乃至6のいずれか1項に記載の合成装置。

40

【請求項8】

前記デコリレータ前操作(402)は、前記オーディオオブジェクトの前記ダウンミックス信号への配分を示す前記ダウンミックス情報(354)に基づいて、前記第1のオーディオオブジェクトダウンミックス信号と第2のオーディオオブジェクトダウンミックス信号とをミキシングするミックス操作を含むことを特徴とする、請求項7に記載の合成装置。

【請求項9】

前記結合器(364)は、前記ドライミックス行列 C_0 を使用し、

前記デコリレータ前操作(402)は、前記ドライミックス行列 C_0 と次の関係式が成立

50

するデコリレータ前行列Qを使用し、

$$q_{n,k} = c_{1,k} + c_{2,k}, \quad k=1,2; \quad n=1,2,\dots,N_d, \quad (31)$$

ここで、 $q_{n,k}$ はQの行列要素であり、 $c_{n,k}$ は C_0 の行列要素であることを特徴とする、請求項7又は8に記載の出力信号の合成装置。

【請求項10】

前記デコリレータ後処理行列Pは、ドライミックス信号(452)に対して加算されるべき前記デコリレート済信号(358)の共分散行列の固有値分解(1102)を実行することを特徴とする、請求項6に記載の合成装置。

10

【請求項11】

前記結合器(364)は、前記固有値分解(1102)により取得された固有値から導出された行列(T)と前記デコリレート済信号(358)の共分散行列との掛け算(1104)に基づいて、前記重み係数(P)を計算することを特徴とする、請求項10に記載の合成装置。

【請求項12】

前記結合器(364)は、単一のデコリレータ(403)が使用された場合に、デコリレータ後処理行列Pが単一の列と前記再現出力信号内のチャンネル信号数に等しい数の行とを有するか、又は、2つのデコリレータ(403)が使用された場合に、デコリレータ後処理行列Pが2つの列と前記再現出力信号内のチャンネル信号数に等しい数の行とを有するように、前記重み係数を計算することを特徴とする、請求項10に記載の合成装置。

20

【請求項13】

前記結合器(364)は、前記デコリレート済信号(358)の共分散行列 R_z を次式によって計算し、

$$R_z = Q D E D^* Q^*$$

ここで、Qはデコリレータ前のミックス行列であり、Dはダウンミックス情報(354)を表現するダウンミックス行列であり、Eはパラメトリックオーディオオブジェクト情報(362)を表現するオーディオオブジェクト共分散行列であることを特徴とする、請求項10乃至12のいずれか1項に記載の合成装置。

30

【請求項14】

前記結合器(364)は、前記デコリレート済信号がドライミックス操作の反対の正負符号を有する2つのドライミックス信号(452)に加算される形で、前記デコリレータ後処理行列Pが計算(1201)されるように、前記重み付き結合のための重み係数(c)を計算することを特徴とする、請求項6に記載の合成装置。

【請求項15】

前記結合器(364)は、前記デコリレート済信号(358)が、前記再現出力信号の2つのチャンネル間の相関キューにより決定された重み係数(c)により重み付けされ、前記相関キューは、目標再現行列(A)に基づく仮想目標再現操作により決定された相関値に類似しているように、前記重み係数(c)を計算する(1208)ことを特徴とする、請求項14に記載の合成装置。

40

【請求項16】

前記重み係数(c)を決定するために二次方程式(26)が解かれ、もしこの二次方程式に実数値の解が存在しない場合には、前記デコリレート済信号の加算を減少又は停止させる(1208)ことを特徴とする、請求項15に記載の合成装置。

【請求項17】

前記結合器(364)は、前記ダウンミックス信号(352)のエネルギーとの比較におけるドライミックス信号(

50

4 5 2) 内のエネルギー誤差が減少するように、前記ドライミックス信号 (4 5 2) に重み付けする方法で利得補償 (4 0 9) を実行 (1 3 0 2) することにより、前記重み付き結合が表現可能となるように、前記重み係数を計算することを特徴とする、請求項 6 に記載の合成装置。

【請求項 1 8】

前記結合器 (3 6 4) は、デコリレート済信号の加算がアーチファクトの発生をもたらすかどうかを判定 (1 4 0 2) し、

もしアーチファクトの発生をもたらすと判定した場合には、前記結合器 (3 6 4) はデコリレート済信号の加算を停止又は減少 (1 4 0 4) させ、

かつ、そのデコリレート済信号の加算の停止又は減少 (1 4 0 4) に起因するパワー誤差を減少 (1 4 0 6) させることを特徴とする、請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の合成装置。

10

【請求項 1 9】

前記結合器 (3 6 4) は、前記ドライミックス信号 (4 5 2) のパワーが増大するように、前記重み係数を計算することを特徴とする、請求項 1 8 に記載の合成装置。

【請求項 2 0】

前記結合器 (3 6 4) は、

前記ドライミックス信号 (4 5 2) と、前記目標再現情報 (3 6 0) を使用してある仮想目標再現の枠組みにより決定された再現出力信号 (3 5 0) と、の間の誤差信号の相関構成を表現する誤差共分散行列 ΔR を計算 (1 1 0 1) し、

20

前記誤差共分散行列 ΔR の非対角要素の正負符号を判定 (1 4 0 2) し、この符号が正の場合には、前記加算を停止 (1 4 0 4) 又は減少させることを特徴とする、請求項 1 8 に記載の合成装置。

【請求項 2 1】

前記ダウンミックス信号を、複数のサブバンドダウンミックス信号を含むスペクトル表現へと変換するための時間／周波数変換器 (3 0 2) であって、各サブバンド信号について、デコリレータ操作 (4 0 3) と結合器操作 (3 6 4) とを使用して複数の再現出力サブバンド信号を生成する、時間／周波数変換器 (3 0 2) と、

前記再現出力信号 (3 5 0) の複数のサブバンド信号を時間ドメイン表現へと変換するための周波数／時間変換器 (3 0 4) と、をさらに備えることを特徴とする、請求項 1 乃至 2 0 のいずれか 1 項に記載の合成装置。

30

【請求項 2 2】

前記ダウンミックス信号のサンプル値のブロックを生成し、かつ前記デコリレータステージ (3 5 6) 及び前記結合器 (3 6 4) がサンプル値の個々のブロックを処理するように制御するための、ブロック処理制御器をさらに備えることを特徴とする、請求項 1 乃至 2 1 のいずれか 1 項に記載の合成装置。

【請求項 2 3】

前記サンプル値の各ブロック又は前記各サブバンド信号について前記オーディオオブジェクト情報が与えられ、かつ前記目標再現情報と前記オーディオオブジェクトダウンミックス情報とは、1つの時間ブロックの周波数に亘って一定であることを特徴とする、請求項 2 1 又は 2 2 に記載の合成装置。

40

【請求項 2 4】

前記結合器 (3 6 4) は、前記第 1 のオブジェクトダウンミックス信号と前記第 2 のオブジェクトダウンミックス信号とを 1つのドライミックス信号 (4 5 2) へと線形結合する、強化された行列化ユニット (3 0 3) を含み、

前記結合器 (3 6 4) は、前記デコリレート済信号 (3 5 8) を 1つの信号へと線形結合し、この線形結合された信号は前記ドライミックス信号 (4 5 2) とのチャンネル単位の加算により、前記強化された行列化ユニット (3 0 3) のステレオ出力を構成し、

さらに前記結合器 (3 6 4) は、前記ダウンミックス情報 (3 5 4) と、前記パラメトリックオーディオオブジェクト情報 (3 6 2) と、前記目標再現情報 (3 6 0) とに基づい

50

て、前記強化された行列化ユニット（３０３）により使用される前記線形結合のための前記重み係数を演算する行列計算器（２０２）を含むことを特徴とする、請求項１乃至２３のいずれか１項に記載の出力信号の合成装置。

【請求項２５】

前記結合器（３６４）は、前記再現出力信号（３５０）内のデコリレート済信号（３５８）のエネルギー部分が最小となるように、かつ前記第１のオーディオオブジェクトダウンミックス信号と前記第２のオーディオオブジェクトダウンミックス信号とを線形結合することで取得されるドライミックス信号（４５２）のエネルギー部分が最大となるように、前記重み係数を計算することを特徴とする、請求項１乃至２３のいずれか１項に記載の合成装置。

10

【請求項２６】

第１のオーディオチャンネル信号と第２のオーディオチャンネル信号とを持つ再現出力信号（３５０）を合成する方法であって、

第１のオーディオオブジェクトダウンミックス信号と第２のオーディオオブジェクトダウンミックス信号とを含むダウンミックス信号（３５２）から、デコリレート済の１つのチャンネル信号、又はデコリレート済の第１チャンネル信号及びデコリレート済の第２チャンネル信号、を有するデコリレート済信号（３５８）を生成するステップ（３５６）であって、前記ダウンミックス信号（３５２）は複数のオーディオオブジェクトのダウンミックスをダウンミックス情報（３５４）に従って表現している、ステップ（３５６）と、

前記ダウンミックス情報（３５４）と、仮想の再生セットアップにおける前記オーディオオブジェクトの仮想位置を示す目標再現情報（３６０）と、前記オーディオオブジェクトを表現するエネルギー情報と相関関係情報とを含むパラメトリックオーディオオブジェクト情報（３６２）と、から導出された重み付き結合のための重み係数（ P 、 Q 、 C_0 、 G ）の計算に基づいて、これらの重み係数を用いて前記ダウンミックス信号（３５２）と前記デコリレート済信号（３５８）との重み付き結合を実行して前記再現出力信号（３５０）を得るステップ（３６４）と、を備える方法。

20

【請求項２７】

コンピュータに請求項２６に記載の方法を実行させるためのプログラムコードを有するコンピュータプログラム。

【発明の詳細な説明】

30

【技術分野】

【０００１】

本発明は、利用可能な多チャンネルダウンミックスと追加的制御データとに基づいて、ステレオ出力信号や３つ以上のオーディオチャンネル信号を有する出力信号のような再現出力信号(rendered output signal)を合成する手法に関する。具体的には、この多チャンネルダウンミックスとは、複数のオーディオオブジェクト信号のダウンミックスのことである。

【背景技術】

【０００２】

オーディオ技術における近年の進歩により、ステレオ（又はモノラル）信号と対応する制御データとに基づいて、オーディオ信号の多チャンネル表現を再生することが可能となった。これらパラメトリックサラウンド符号化の方法は、通常はパラメータ化を含んでいる。パラメトリック多チャンネルオーディオ復号器（例えば非特許文献１及び非特許文献２に定義されたISO/IEC23003-1のMP E Gサラウンド復号器）は、伝送された K 個のチャンネルに基づいて M 個のチャンネルを再生する。ここで、 $M > K$ であり、追加の制御データが使用される。この制御データは、IID（チャンネル間強度差）及びICC（チャンネル間コヒーレンス）に基づく多チャンネル信号のパラメータ化からなる。これらのパラメータは、通常、符号化の段階で抽出され、アップミックスの過程で使用されるチャンネル・ペア間のパワー比及び相関関係を表わしている。このような復号化の枠組みを使用することで、符号化において、 M 個の全てのチャンネルを伝送する場合に比べてかなり低いデータ率を達成できるため、符号化をきわめて効率的にすると同時に、 K チャンネルの装置と M チャンネルの装置との両

40

50

方への互換性を保証している。

【0003】

特に関連のある符号化システムとして、非特許文献3と特許文献1に開示された対応するオーディオオブジェクト符号器が挙げられる。この中では、複数のオーディオオブジェクトが符号器でダウンミックスされ、その後、制御データに従ってアップミックスされる。このアップミックスの過程は、ダウンミックスにおいてミキシングされたオブジェクトの分離過程としても見る事ができる。その結果として得るアップミックスされた信号は、1つ又は複数の再生チャンネルへと再現される。さらに詳しく言えば、非特許文献3及び特許文献1は、(合計信号と呼ばれる)ダウンミックスと、ソースオブジェクトに関する統計的な情報と、好ましい出力フォーマットを表すデータとから、オーディオチャンネルを合成する方法を開示している。複数のダウンミックス信号が使用された場合には、これらのダウンミックス信号はオブジェクトの様々なサブセットから成り、かつアップミックスは各ダウンミックスチャンネルについて個別に実行される。

10

【0004】

ステレオオブジェクトダウンミックスからステレオへとオブジェクト再現する場合、又は例えばMP EGサラウンド復号器によるさらなる処理にとって好適なステレオ信号を生成する場合には、2つのチャンネルを時間と周波数とに依存する行列化の枠組を用いて合同的に処理することで、非常に有利な結果が得られることが先行技術により知られている。オーディオオブジェクト符号化の範囲外ではあるが、特許文献2には、関連技術を適用して、1つのステレオオーディオ信号を別のステレオオーディオ信号へと部分的に変換する技術が示されている。さらに、一般的なオーディオオブジェクト符号化システムにとっては、望ましい参照場面を知覚的に再生するために、再現過程においてデコリレーション(decorrelation)処理の追加的導入が必要であることが公知である。しかし、行列化(matrixing)とデコリレーションとの合同的に最適化された組合せについて開示した先行技術は存在しない。従来の方法を単純に組み合わせただけでは、多チャンネルオブジェクトダウンミックスが提供できる能力を非効率的で非柔軟的に使用する結果になるか、あるいはオブジェクト復号器の再現結果が低いステレオイメージ品質をもたらすことになる。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

30

【特許文献1】C. Faller, "Parametric Joint-Coding of Audio Sources," Patent application PCT/EP2006/050904, 2006.

【特許文献2】W02006/103584

【非特許文献】

【0006】

【非特許文献1】L. Villemoes, J. Herre, J. Breebaart, G. Hotho, S. Disch, H. Purnhagen, and K. Kjørting, "MPEG Surround: The Forthcoming ISO Standard for Spatial Audio Coding," in 28th International AES Conference, The Future of Audio Technology Surround and Beyond, Pitea, Sweden, June 30-July 2, 2006.

【非特許文献2】J. Breebaart, J. Herre, L. Villemoes, C. Jin, , K. Kjørting, J. Plogsties, and J. Koppens, "Multi-Channels goes Mobile: MPEG Surround Binaural Rendering," in 29th International AES Conference, Audio for Mobile and Handheld Devices, Seoul, Sept 2-4, 2006.

40

【非特許文献3】C. Faller, "Parametric Joint-Coding of Audio Sources," Convention Paper 6752 presented at the 120th AES Convention, Paris, France, May 20-23, 2006.

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明の目的は、再現出力信号を合成するための改善された概念を提供することである

50

。

【課題を解決するための手段】

【0008】

この目的は、請求項1に記載の再現出力信号の合成装置、請求項27に記載の再現出力信号を合成する方法、又は請求項28に記載のコンピュータプログラムにより達成される。

。

【0009】

本発明は、2つ（ステレオ）又はそれ以上の数のオーディオチャネル信号を有する1つの再現出力信号を合成する手法を提供する。多数のオーディオオブジェクトがある場合には、合成されたオーディオチャネル信号の数は、元のオーディオオブジェクトの数よりも少なくなる。しかし、オーディオオブジェクトの数が少数（例えば2つ）か、又は出力チャネルの数が2か3か又はそれ以上の場合には、オーディオ出力チャネルの数がオブジェクトの数よりも多くなる可能性がある。本発明の再現出力信号の合成は、復号化済みのオーディオオブジェクトへの完全なオーディオオブジェクトの復号化処理と、それに続く合成されたオーディオオブジェクトの目標再現処理とを行うことなく、実行される。本発明では、ダウンミックス情報と、目標再現情報と、エネルギー情報及び相関情報のようなオーディオオブジェクトを表現するオーディオオブジェクト情報とに基づいて、再現出力信号の計算がパラメータドメインで実行される。従って、合成装置における構成の複雑さに大きな影響を与えるデコリレータ(decorrelator)の数を、出力チャネル数よりも少ない数に削減することができ、さらにはオーディオオブジェクト数よりも実質的に少ない数にまで削減することができる。具体的には、高品質のオーディオ合成のために、唯一つ又は2つのデコリレータだけを備える合成器も構成可能である。さらに、完全なオーディオオブジェクトの復号化処理とそれに続く目標再現処理が実行されないという事実から、記憶と計算に係る資源が節約できる。また、それぞれの処理によって潜在的なアーチファクトがもたらされるものである。しかし、本発明の方法における計算は、好ましくはパラメータドメインだけにおいて実行されるので、パラメータとしてではなく、例えば時間ドメインやサブバンドドメインとして与えられるオーディオ信号は、少なくとも2つのオブジェクトダウンミックス信号だけとなる。オーディオ合成の過程では、これら2つの信号はデコリレータに対し、単一のデコリレータを用いた場合にはダウンミックスされた形で導入され、各チャネル毎に1つのデコリレータを用いた場合にはミキシングされた形で導入される。時間ドメイン、フィルタバンクドメイン又はミキシングされたチャネル信号において実行される他の処理は、重み付き加算(weighted additions)又は重み付き減算(weighted subtractions)のような重み付きの組合せ、即ち線形演算(linear operation)だけである。従って、完全なオーディオオブジェクトの復号化処理とそれに続く目標再現処理がもたらすアーチファクトを排除することができる。

【0010】

本発明のオーディオオブジェクト情報は、好適にはエネルギー情報及び相関情報として、例えばオブジェクト共分散行列の形で与えられる。さらに好適には、このような行列は各サブバンドと各時間ブロックとに対して利用可能であり、周波数-時間マップが存在する。ここでは各マップエントリがオーディオオブジェクト共分散行列を含み、そのサブバンドにおける夫々のオーディオオブジェクトのエネルギーと、対応するサブバンドにおけるオーディオオブジェクトの夫々のペア間の相関関係とを表現している。当然ながら、この情報は、1つのサブバンド信号又はオーディオ信号におけるある時間ブロック、時間枠又は時間部分に関係している。

【0011】

本発明のオーディオ合成は、好適には第1又は左のオーディオチャネル信号と、第2又は右のオーディオチャネル信号とを備える再現ステレオ出力信号へと実行される。これにより、複数のオブジェクトからステレオへの再現が参照ステレオの再現にできるだけ近くなるような、オーディオオブジェクト符号化の手法を適用できる。

【0012】

10

20

30

40

50

オーディオオブジェクト符号化の多くの方法においては、複数のオブジェクトからステレオへの再現が参照ステレオ再現にできるだけ近いという点が非常に重要である。参照ステレオ再現への近似としての高品質なステレオ再現を達成することは、そのステレオ再現がオブジェクト符号器の最終出力である場合においても、また、そのステレオ再現が後続の装置、例えばステレオダウンミックスモードで作動しているMPEGサラウンド復号器のような後続の装置に対して供給される場合においても、オーディオ品質の観点から重要である。

【0013】

本発明は、行列化及びデコリレーションの方法が合同的に最適化された組合せを提供し、オーディオオブジェクト復号器が、2つ以上のチャンネルを有する1つのオブジェクトダウンミックスを使用するオーディオオブジェクト符号化の枠組みの潜在能力を最大限活用できるようにするものである。

10

【0014】

本発明の実施形態は、以下の特徴を有する。

—複数の個別のオーディオオブジェクトを再現するためのオーディオオブジェクト復号器であって、1つの多チャンネルダウンミックスと、オブジェクトを表現する制御データと、ダウンミックスを表現する制御データと、再現情報とを使用し、下記の構成要素を含む。

—強化された行列化ユニットを備えるステレオ処理器であり、多チャンネルダウンミックスチャンネルを1つのドライミックス信号とデコリレータ入力信号へと線形結合し、次にそのデコリレータ入力信号をデコリレータユニットへと入力し、このデコリレータユニットの出力信号は1つの信号へと線形結合され、この信号とドライアップミックス信号とのチャンネル単位の加算により、強化された行列化ユニットのステレオ出力を形成するステレオ処理器、又は、

20

—オブジェクトを表現する制御データと、ダウンミックスを表現する制御データと、ステレオ再現情報とに基づき、強化された行列化ユニットに使用される線形結合のための重みを演算する行列計算器。

【0015】

本発明の実施例を添付の図面を参照しながら以下に説明するが、これらの例は本発明の範囲や思想を限定するものではない。

【図面の簡単な説明】

30

【0016】

【図1】符号化と復号化とを含むオーディオオブジェクト符号化の操作を示した図である。

【図2a】オーディオオブジェクト復号化のステレオへの操作を示した図である。

【図2b】オーディオオブジェクト復号化の操作を示した図である。

【図3a】ステレオ処理器の構造を示した図である。

【図3b】再現出力信号を合成する装置を示した図である。

【図4a】ドライ信号ミックス行列 C_0 と、デコリレータ前のミックス行列 Q と、デコリレータ後のアップミックス行列 P とを含む、本発明の第1の実施形態を示した図である。

【図4b】デコリレータ前のミックス行列を含まずに構成された、本発明の他の実施形態を示した図である。

40

【図4c】デコリレータ後のアップミックス行列を含まずに構成された、本発明の他の実施形態を示した図である。

【図4d】追加的な利得補償行列 G を備えて構成された、本発明の他の実施形態を示した図である。

【図4e】単一のデコリレータが用いられた場合の、デコリレータダウンミックス行列 Q とデコリレータアップミックス行列 P との構成を示した図である。

【図4f】ドライ信号ミックス行列 C_0 の構成を示した図である。

【図4g】ドライ信号ミックスの結果とデコリレータ又はデコリレータアップミックス操作の結果との現実的な組合せを詳細に示した図である。

50

【図5】多数のデコリレータを有する多チャンネルデコリレータステージにおける操作を示した図である。

【図6】所定の各識別符号を有する複数のオーディオオブジェクトを表現するマップであって、オブジェクトオーディオファイルと、合同のオーディオオブジェクト情報行列Eとを含むマップを示した図である。

【図7】図6のオブジェクト分散行列Eの説明を示した図である。

【図8】ダウンミックス行列と、このダウンミックス行列Dにより制御されるオーディオオブジェクト符号器とを示した図である。

【図9】通常はユーザーにより与えられる目標再現行列Aと、ある具体的な目標再現のシナリオの例を示した図である。

10

【図10】図4a～図4dに示す4つの異なる実施例に従う各行列の行列要素を決定するために実行される計算前のステップを示した図である。

【図11】第1の実施形態に従う計算ステップを示した図である。

【図12】第2の実施形態に従う計算ステップを示した図である。

【図13】第3の実施形態に従う計算ステップを示した図である。

【図14】第4の実施形態に従う計算ステップを示した図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

後述する実施例は、本発明が提供する出力信号の合成装置及び方法の原理を説明するための単に例示的な実施例である。ここに示す形態及び詳細の修正あるいは変形が可能であることは、当業者には明らかである。従って、本発明の趣旨は特許請求の範囲の記載によってのみ限定されるものであり、以下の明細書に記載する実施例の具体的な詳細説明によって限定されるものではない。

20

【0018】

図1は、オブジェクト符号器101とオブジェクト復号器102とを備えるオーディオオブジェクト符号化の操作を示す。この空間オーディオオブジェクト符号器101は、符号化パラメータに従って、N個のオブジェクトを、K(>1)個のオーディオチャンネルからなる1つのオブジェクトダウンミックスへと符号化する。適用されたダウンミックス重み行列Dに関する情報は、ダウンミックスのパワーと相関関係に関する随意のデータと共に、オブジェクト符号器により出力される。この行列Dは、時間と周波数に関し、必ずというわけではないが一定である場合が多い。そのため、比較的少ない量の情報を表す。オブジェクト符号器は最後に、知覚的考察により定義されるある解像度(resolution)における、時間と周波数との両方の関数として、各オブジェクトのためのオブジェクトパラメータを抽出する。空間オーディオオブジェクト復号器102は、オブジェクトダウンミックスチャンネルと、ダウンミックス情報と、(符号器により生成された)オブジェクトパラメータと、を入力として受け取り、M個のオーディオチャンネルを備える出力をユーザーへ送信するために生成する。N個のオブジェクトからM個のオーディオチャンネルへの再現には、ユーザーからオブジェクト復号器へ入力として与えられる再現行列(rendering matrix)が使用される。

30

【0019】

図2aは、所望の出力がステレオオーディオ信号である場合のオーディオオブジェクト復号器102の構成要素を示す。オーディオオブジェクトダウンミックスは、ステレオ処理器201へ入力され、この処理器は信号処理を実行してステレオオーディオ出力を生成する。この処理は、行列計算器202により与えられる行列情報に依存する。この行列情報は、オブジェクトパラメータと、ダウンミックス情報と、N個のオブジェクトからステレオへのある再現行列を用いた所望の目標再現を示す供給されたオブジェクト再現情報と、から導出される。

40

【0020】

図2bは、所望の出力が一般的な多チャンネルオーディオ信号である場合のオーディオオブジェクト復号化102の構成要素を示す。オーディオオブジェクトダウンミックスは、

50

ステレオ処理器 201 へ入力され、この処理器は信号処理を実行してステレオ信号出力を生成する。この処理は、行列計算器 202 により与えられる行列情報に依存する。この行列情報は、オブジェクトパラメータと、ダウンミックス情報と、再現減数器(rendering reducer) 204 により出力される減数されたオブジェクト再現情報と、から導出される。

この減数されたオブジェクト再現情報は、N 個のオブジェクトからステレオへのある再現行列を用いた所望の再現を示しており、それは、オーディオオブジェクト復号器 102 に与えられた、N 個のオブジェクトから M 個のオーディオチャネルへの再現を示す再現情報と、オブジェクトパラメータと、オブジェクトダウンミックス情報と、から導出される。追加的な処理器 203 は、再現情報とダウンミックス情報とオブジェクトパラメータとに基づいて、ステレオ処理器 201 により生成されたステレオ信号を最終の多チャネルオーディオ出力へと変換する。この追加的な処理器 203 の典型的で重要な構成要素としては、ステレオダウンミックスモードで作動する M P E G サラウンド復号器が挙げられる。

【0021】

図 3 a は、ステレオ処理器 201 の構成を示す。K チャネルのオーディオ符号器から、ビットストリーム出力形式のオブジェクトダウンミックスが送信されてきた場合を考える。このビットストリームは、まずオーディオ復号器 301 により K 個の時間ドメインオーディオ信号へと復号化される。次に、これらの信号は、T/F ユニット 302 により全て周波数ドメインへと変換される。結果として得られる周波数ドメイン信号 X に対し、本発明に係る時間/周波数で変化する強化された行列化であって、かつステレオ処理器 201 に与えられた行列情報により定義される行列化が、強化された行列化ユニット 303 (enhanced matrixing unit) により実行される。このユニットは、周波数ドメインでステレオ信号 Y' を出力し、この出力は F/T ユニット 304 により時間ドメイン信号へと変換される。

【0022】

図 3 b は再現出力信号 350 を合成する装置を示した図であり、信号 350 は、ステレオ再現操作の場合には第 1 のオーディオチャネル信号と第 2 のオーディオチャネル信号とを備え、それより多数のチャネル再現の場合には、3 つ以上の出力チャネル信号を備える。しかし、例えば 3 つ以上の多数のオーディオオブジェクトの場合には、出力チャネルの数は、ダウンミックス信号 352 に寄与した元のオーディオオブジェクトの数よりも少ない方が好ましい。具体的には、ダウンミックス信号 352 は、少なくとも第 1 のオブジェクトダウンミックス信号と第 2 のオブジェクトダウンミックス信号とを備えており、このダウンミックス信号 352 は、ダウンミックス情報 354 に従って複数のオーディオオブジェクト信号のダウンミックスを表現している。具体的には、図 3 b に示す本発明のオーディオ合成器は、1 つのデコリレート済信号を生成するデコリレータステージ 356 を含んでおり、このデコリレート済信号は、単一のデコリレート済チャネル信号を有するか、2 つのデコリレータの場合に第 1 のデコリレート済チャネル信号と第 2 のデコリレート済チャネル信号とを有するか、あるいは 3 つ以上のデコリレータの場合に 3 つ以上のデコリレート済チャネル信号を有するものである。しかし、デコリレータに起因する構成の複雑さを考慮して、デコリレータの数は多数よりも少数の方が好ましい。好適には、デコリレータの数はダウンミックス信号 352 に含まれるオーディオオブジェクトの数よりも少なく、より好適には出力信号 350 中のチャネル信号の数に等しいか、又は再現出力信号 350 中のオーディオチャネル信号の数よりも少ない。しかし、少数(例えば 2 又は 3 つ)のオーディオオブジェクトの場合には、デコリレータの数は、オーディオオブジェクトの数と等しいか又はそれ以上であっても良い。

【0023】

図 3 b に示すように、デコリレータステージは、ダウンミックス信号 352 を入力として受け取り、デコリレート済信号 358 を出力として生成する。ダウンミックス情報 354 に加え、目標再現情報 360 とオーディオオブジェクトパラメータ情報 362 とが供給される。詳細には、このオーディオオブジェクトパラメータ情報は、少なくとも結合器 364 において使用されるものであり、後述するようにデコリレータステージ 356 におい

ても任意に使用可能である。このオーディオオブジェクトパラメータ情報 3 6 2 は、好適にはエネルギー及び相関関係の情報を含み、1 と 0 の間の数や、所定の値の範囲内で定義される所定の数などのパラメータ化された形式でオーディオオブジェクトを表現するものであり、後述するように、2 つのオーディオオブジェクトの間のエネルギー、パワー又は相関値を示している。

【0024】

結合器 3 6 4 は、ダウンミックス信号 3 5 2 とデコリレート済信号 3 5 8 との重み付き結合を実行する。さらに結合器 3 6 4 は、ダウンミックス情報 3 5 4 及び目標再現情報 3 6 0 から、この重み付き結合のための重み係数を計算する。ステレオ再現においては、この目標再現情報は、あるオブジェクトを第 1 の出力チャンネル内で再現すべきか又は第 2 の出力チャンネル内で再現すべきか、即ち左の出力チャンネル内で再現すべきか又は右の出力チャンネル内で再現すべきかを決定するために、仮想の再生セットアップ内におけるオーディオオブジェクトの仮想位置を示し、かつそれらオーディオオブジェクトの具体的な配置を示す。しかし、多チャンネル再現が実行される場合には、この目標再現情報は、所定のチャンネルが左サラウンド寄りに配置すべきであるとか、右サラウンド寄り又は中央チャンネル寄りに配置すべきである等を追加的に示す。いかなる再現のシナリオも実行可能であるが、後述するように、好ましくは目標再現行列の形式であって通常はユーザーによって与えられる目標再現情報によって、それぞれに異なる再現がもたらされるであろう。

【0025】

最後に、結合器 3 6 4 は、好適にはオーディオオブジェクトを表現するエネルギー情報及び相関情報を示すオーディオオブジェクトパラメータ情報 3 6 2 を使用する。ある実施例においては、このオーディオオブジェクトパラメータ情報は、時間／周波数平面の中の各「タイル」毎に 1 つのオーディオオブジェクト共分散行列として与えられる。換言すれば、各サブバンド及びこのサブバンドに係る各時間ブロックについて、1 つの完全なオブジェクト共分散行列、即ち、パワー／エネルギー情報と相関情報とを有する行列が、オーディオオブジェクトパラメータ情報 3 6 2 として与えられる。

【0026】

図 3 b と図 2 a 又は図 2 b とを比較してみれば、図 1 のオーディオオブジェクト復号器 1 0 2 は再現出力信号の合成装置に対応することが分かる。

【0027】

さらに、ステレオ処理器 2 0 1 は、図 3 b のデコリレータステージ 3 5 6 を含む。他方、結合器 3 6 4 は図 2 a の行列計算器 2 0 2 を含む。さらに、デコリレータステージ 3 5 6 がデコリレータダウンミックス操作を含む場合には、行列計算器 2 0 2 のこの部分は、結合器 3 6 4 の中よりもむしろデコリレータステージ 3 5 6 の中に含まれる。

【0028】

しかしながら、ある機能のいかなる特別な配置も、ここでは決定的ではない。なぜなら、本発明は、ソフトウェア内、又は関連用途を持つデジタル信号処理器内、又は汎用目的のパーソナルコンピュータ内において構成されても、本発明の範囲に含まれるからである。従って、ある所定の機能のある所定のブロックに帰属させることは、ハードウェア内における本発明の 1 つの実施方法である。しかし、全てのブロック回路図が操作ステップのある流れを示すフローチャートとして考慮される時、ある機能があるブロックへと寄与することは自在に可能であるし、この寄与が、実施の形態やプログラムの条件に依存して可能となることは明らかである。

【0029】

さらに、図 3 b と図 3 a を比較してみれば、結合器 3 6 4 の機能である重み付き結合のための重み係数を計算する機能は、行列計算機 2 0 2 に含まれることが明らかである。換言すれば、行列情報は強化された行列化ユニット 3 0 3 に適用される重み係数の集合体を構成し、この強化された行列化ユニット 3 0 3 は、結合器 3 6 4 内に構成されてはいるが、（行列 Q に関連して後述するように）デコリレータステージ 3 5 6 の一部分を含むことも可能である。従って、強化された行列化ユニット 3 0 3 は、好適には少なくとも 2 つの

オブジェクトダウンミックス信号のサブバンドの結合操作を実行し、このとき行列情報は、これら少なくとも2つのダウンミックス信号又はデコリレート済信号を結合操作を実行する前に重み付けするための重み係数を含む。

【0030】

次に、結合器364及びデコリレータステージ356の好適な実施例の詳細な構成を説明する。具体的には、デコリレータステージ356及び結合器364の機能に関する複数の異なる実施例を、図4a～図4dを参照しながら説明する。図4e～図4gは、図4a～図4dの中のある項目について具体的な実施例を示す。図4a～図4dを詳細に説明する前に、これらの図の全般的な構成を説明する。各図には、デコリレート済信号に係る上側の分枝と、ドライ信号に係る下側の分枝とが含まれる。さらには、各分枝の出力信号、即ちライン450における信号と、ライン452における信号とが、結合器454の中で結合され、最終的には再現出力信号350が取得される。概略的には、図4aに示すシステムは、3つの行列処理ユニット401, 402, 404を示す。401はドライ信号ミックスユニットである。少なくとも2つのオブジェクトダウンミックス信号352は、重み付けられ及び／又は互いにミックスされて、その結果、加算器454へ入力されるドライ信号分枝からの信号に対応する2つのドライミックスオブジェクト信号が取得される。また、ドライ信号分枝は、もう1つの行列処理ユニット、即ち図4dの中でドライ信号ミックスユニット401の下流側に接続されている利得補償ユニット409をさらに備えても良い。

10

【0031】

結合ユニット364は、デコリレータアップミックス行列Pを有するデコリレータアップミックスユニット404を含んでも良いし、含まなくても良い。

20

【0032】

当然ながら、行列化ユニット404, 401及び409（図4d）と結合器454とは、分離して説明しているが、勿論、対応する実施例を構成することもできる。しかし、上述例の代わりに、これらの行列の機能は、単一の「大きな」行列を介して構成されても良く、この「大きな」行列とは、入力としてデコリレート済信号358とダウンミックス信号352とを受け取り、2つ又は3つ又はそれ以上の再現出力チャンネル350を出力する行列である。このような「大きな行列」の構成においては、ライン450と452における信号は必ずしも発生する必要がない。このような「大きな行列」の機能を表現すると、ある意味では、中間の結果であるライン450と452とは明確な形で発生しないかもしれないが、この行列を適用した結果を表現したものが、行列化ユニット404, 401又は409と結合器454とによって実行される様々なサブ操作であると言う事ができる。

30

【0033】

さらに、デコリレータステージ356は、デコリレータ前のミックスユニット402を含んでも良いし、含まなくても良い。図4bはこのユニットが含まれていない状態を示す。2つのダウンミックスチャンネル信号のための2つのデコリレータが与えられ、かつある特定のダウンミックスが必要ではない時に、この状態は特に有用となる。当然ながら、両方のダウンミックスに対して所定の利得係数を適用しても良いし、あるいは、特定の実施条件によっては、デコリレータステージへと入力される前に2つのダウンミックスチャンネルをミックスしても良い。しかし、他方では、行列Qの機能もまた特定の行列Pの中にも含まれても良い。つまり、同様の結果が得られるとしても、図4bの行列Pは図4aの行列Pとは異なるという意味である。この観点から、デコリレータステージ356はいかなる行列を全く含んでいなくても良く、また、完全な行列情報の計算が結合器の中で実行され、かつこれら行列の完全な適用もまた結合器の中で実行されても良い。これらの数学的背景にある技術的な機能をより分かりやすく示すために、図4a～図4dに記載の具体的で技術的に明白な行列処理の枠組みに関し、以下に本発明の説明を続ける。

40

【0034】

図4aは本発明の強化された行列化ユニット303の構成を示す。

少なくとも2つのチャネルを備える入力Xは、ドライ信号ミックスユニット401へと入力され、このユニット401は、ドライミックス行列Cに従って行列演算を実行し、ステレオドライアップミックス信号 $\hat{Y}$ を出力する。

この入力Xはまた、デコリレータ前のミックスユニット402へも入力され、このユニット402は、デコリレータ前のミックス行列Qに従って行列演算を実行し、 N_d チャネル信号を出力して、デコリレータユニット403へと供給する。結果として得られる N_d チャネルのデコリレート済信号Zは、次にデコリレータアップミックスユニット404へと入力され、このユニット404は、デコリレータアップミックス行列Pに従って行列演算を実行し、デコリレート済のステレオ信号を出力する。

10

最後に、デコリレート済のステレオ信号と、ステレオドライアップミックス信号 $\hat{Y}$ とは、単純なチャネル単位の加算によりミックスされ、強化された行列化ユニットの出力信号 Y' が形成される。

3つのミックス行列(C, Q, P)は、行列計算器202によりステレオ処理器201へと供給された行列情報により、全て表現されている。下側のドライ信号分枝のみを持つ先行技術システムはあるかもしれない。しかし、そのようなシステムでは、1つのステレオ音楽オブジェクトが1つのオブジェクトダウンミックスチャネルの中に含まれ、かつ1つのモノラル音声オブジェクトが他のオブジェクトダウンミックスチャネルに含まれるような単純な場合には、劣悪な再現結果をもたらすであろう。なぜなら、デコリレーションを含むパラメトリックステレオの手法は、遥かに高く知覚されるオーディオ品質を達成することが知られているが、その音楽からステレオへの再現は、周波数選択的なパニング(panning)に全般的に頼ることになるからである。デコリレーションを含むが2つの個別のモノラルオブジェクトダウンミックスに基づいた全く異なる先行技術のシステムが、上述の特別な例に対してより良い再現結果をもたらすかもしれない。しかし、他方でこのシステムは、音楽は真のステレオに保たれ、かつ音声は同じ重みを用いて2つのオブジェクトダウンミックスチャネルへとミックスされるような、後方互換性ダウンミックスの場合のための上述したドライステレオシステムと同等の品質に到達するであろう。例として、ステレオ音楽オブジェクトだけから成るカラオケ型の目標再現の場合を考える。ダウンミックスチャネルの夫々を個別に処理する方法は、チャネル間相関などの送信されたステレオオーディオオブジェクト情報を考慮に入れる合同処理に比べて、音声オブジェクトの抑制において最適度が低くなる。本発明の重要な特徴は、このような単純な環境のみならず、オブジェクトダウンミックスが遥かに複雑に結合して再現する環境においても、できるだけ高いオーディオ品質を可能にすることである。

20

30

【0035】

図4bは、上述したように、図4aとは対照的に、デコリレータ前のミックス行列Qが不要とされるか、又はデコリレータアップミックス行列Pの中に「吸収」された状態を示す。

【0036】

図4cは、デコリレータ前のミックス行列Qがデコリレータステージ356の中に構成されており、さらにデコリレータアップミックス行列Pが不要とされるか、又は行列Qの中に「吸収」された状態を示す。

40

【0037】

さらに、図4dは図4aと同様の行列を備え、追加的な利得補償行列Gをさらに備えている。この行列Gは、図13に関して後述する第3実施例と図14に関して後述する第4実施例とにおいて、特に有用である。

【0038】

デコリレータステージ356は、1つ又は2つのデコリレータを含んでも良い。図4eは、単一のデコリレータ403を備え、ダウンミックス信号が2チャネルのオブジェクトダウンミックス信号で、出力信号が2チャネルのオーディオ出力信号である場合を示す。

50

この場合、デコリレータダウンミックス行列 Q は1つの行（横列）と2つの列（縦列）とを有し、デコリレータアップミックス行列は1つの列と2つの行とを有する。しかし、ダウンミックス信号が2つよりも多いチャンネルを持つ場合には、行列 Q の列の数はダウンミックス信号のチャンネルの数と等しくなり、合成される再現出力信号が2つよりも多いチャンネルを持つ場合には、デコリレータアップミックス行列 P は再現出力信号のチャンネルの数と同数の行を持つであろう。

【0039】

図4 fは、 C_0 として示され、かつ 2×2 の実施例においては2つの行と2つの列とを持つドライ信号ミックスユニット401の回路状構成の例を示す。行列要素は、回路状構成の中の重み係数 C_{ij} として示される。さらに、図4 fから分かるように、重み付けされたチャンネルは加算器を用いて結合される。しかし、ダウンミックスチャンネルの数が再現出力信号チャンネルの数と異なる場合には、ドライミックス行列 C_0 は二次の行列ではなく、行の数と列の数が異なる行列になるであろう。

【0040】

図4 gは、図4 aの加算ステージ454の機能を詳細に示す。具体的には、例えば左ステレオチャンネル信号及び右ステレオチャンネル信号からなる2つの出力チャンネルの場合には、図4 gに示すように、2つの異なる加算器ステージ454が設けられ、これらが、デコリレータ信号に関係する上側の分枝からの出力信号と、ドライ信号に関係する下側の分枝からの出力信号と、を結合させる。

【0041】

ブロック409の利得補償行列 G について説明すれば、この利得補償行列の要素は、行列 G の対角上にのみ存在する。ドライ信号ミックス行列 C_0 を説明する図4 fに示された 2×2 の場合を考えると、左ドライ信号を利得補償するための利得係数はこの行列 C_0 の C_{11} の位置にあり、右ドライ信号を利得補償するための利得係数はこの行列 C_0 の C_{22} の位置にあることになるだろう。 C_{12} 及び C_{21} の値は、図4 d内のブロック409で示す 2×2 の利得行列 G においては、0に等しくなるであろう。

【0042】

図5は多チャンネルデコリレータ403の先行技術の動作を示す。このような装置は、例えばMP EGサラウンドの中で使用されている。 N_d 個の信号、即ち信号1, 信号2, ..., 信号 N_d は、それぞれ個別にデコリレータ1, デコリレータ2, ..., デコリレータ N_d へと入力される。各デコリレータは、典型的には、入力信号のパワーを保持しながらも入力信号とできるだけ相関がない出力信号を生成することを目的とするフィルタで構成されている。しかも、様々なデコリレータフィルタは、各出力であるデコリレータ信号1, デコリレータ信号2, ..., デコリレータ信号 N_d がペアとしてもできるだけ相関がないように選択されている。デコリレータは、典型的にはオーディオオブジェクト復号器の他の部品に比べて高度な演算複雑度を持つことから、この値 N_d をできるだけ少数に保つことが重要となる。

【0043】

本発明は、この値 N_d が1か2以上であるが、好ましくはオーディオオブジェクトの数よりも少ない場合のための解決方法を提供するものである。具体的には、ある好ましい実施例においては、デコリレータの数は、再現出力信号のオーディオチャンネル信号350の数と同じか、あるいはそれ以下である。

【0044】

本発明の数学的な説明を以下に述べる。ここで考察する全ての信号は、変調されたフィルタバンク又は離散時間信号のウィンドウ化されたFFT解析からのサブバンドサンプルである。これらのサブバンドは、対応する合成フィルタバンク操作によって離散時間ドメインへと戻し変換されるべきことが理解できる。 L 個のサンプルから成る1つの信号ブロックは、時間と周波数の1つの区間におけるその信号を表現しており、その1区間とは、信号特性を表現するために適用された時間一周波数平面の知覚的に動機付けられたタイリングの1つの部分である。このような設定において、与えられたオーディオオブジェクト

10

20

30

40

50

は、次に示す行列の中で、長さ L を持つ N 個の行として表現できる。

$$\mathbf{S} = \begin{bmatrix} s_1(0) & s_1(1) & \dots & s_1(L-1) \\ s_2(0) & s_2(1) & \dots & s_2(L-1) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ s_N(0) & s_N(1) & \dots & s_N(L-1) \end{bmatrix}. \quad (1)$$

【0045】

図6は、 N 個のオブジェクトを表すオーディオオブジェクトマップのある実施例を示す。以下に述べる図6の例示的な説明の中では、各オブジェクトは、オブジェクトIDと、対応するオブジェクトオーディオファイルと、さらに重要なことは、そのオーディオオブジェクトのエネルギー及びオーディオオブジェクト間の相関に係るオーディオオブジェクト情報と、を有している。具体的には、このオーディオオブジェクトパラメータ情報は、各サブバンド及び各時間ブロックについてのオブジェクト共分散行列 E を含む。

【0046】

図7は、このようなオブジェクトオーディオパラメータ情報の行列 E の一例を示す。対角線上の要素 e_{ii} は、対応するサブバンド及び対応する時間ブロックにおけるオーディオオブジェクト i のパワー又はエネルギー情報を含む。この情報を得るために、所定のオーディオオブジェクト i を表現するサブバンド信号がパワー又はエネルギー計算器に入力される。この計算器は、例えば、ある正規化を用いるか又は用いずに自動相関化機能(acf)を実行して値 e_{ii} を取得しても良い。また代わりに、所定の長さに亘るその信号の二乗の合計（即ちベクトルの積： $s s^*$ ）として、そのエネルギーを計算しても良い。上記自動相関化機能は、ある意味ではエネルギーのスペクトル分散を表現しているが、しかし、好適には周波数選択のための時間／周波数変換が使用されるという事実から、エネルギー計算は自動相関化機能を用いずに、各サブバンド毎に個別に実行されても良い。このように、オブジェクトオーディオパラメータ行列 E は、あるサブバンドとある時間ブロックにおける、オーディオオブジェクトのパワー又はエネルギーの値を表している。

【0047】

他方では、対角線外の要素 e_{ij} は、対応するサブバンド及び対応する時間ブロックにおける、オーディオオブジェクト i 、 j の間のそれぞれの相関値を示す。図7から明らかであるが、行列 E は、実数値のエントリについては、主対角線に対して対称である。一般的に、この行列はエルミート行列である。相関値要素 e_{ij} は、例えば、相互相関値が取得されるように、各オーディオオブジェクトの2つのサブバンド信号のある相互相関により計算されても良い。この相互相関値は正規化されてもされなくても良い。他の相関値であって、相互相関演算では計算されないが、2つの信号の相関を決定する他の方法により計算された値も使用可能である。現実的な理由から、行列 E の全ての要素は正規化され、その結果、それらの値は0から1の間の絶対値を持ち、このとき1は最大パワー又は最大相関を示し、0は最小パワー（ゼロパワー）を示し、-1は最小相関（位相外れ）を示す。

【0048】

$K \times N$ の大きさを持ち $K > 1$ であるダウンミックス行列 D が、次式に示す行列の掛け算を通して、 K 個の行を有する行列の形式である K チャンネルのダウンミックス信号を決定する。

$$\mathbf{X} = \mathbf{D}\mathbf{S}. \quad (2)$$

【0049】

図8は、ダウンミックス行列要素 d_{ij} を備えたダウンミックス行列 D の一例を示す。このような要素 d_{ij} は、オブジェクト j の一部又は全部がオブジェクトダウンミックス信号 i に含まれるか否かを示している。例えば d_{12} がゼロに等しい時は、オブジェクト2がオ

10

20

30

40

50

ブジェクトダウンミックス信号 1 に含まれないことを意味する。他方、 d_{23} の値が 1 に等しい時は、オブジェクト 3 がオブジェクトダウンミックス信号 2 に完全に含まれることを意味する。

【0050】

ダウンミックス行列要素の値は 0 から 1 の間で可能である。具体的には、0.5 という値は、あるオブジェクトが 1 つのダウンミックス信号に含まれているが、しかし、その半分のエネルギーだけを伴っているという意味である。従って、オブジェクト番号 4 であるオーディオオブジェクトが両方のダウンミックス信号チャネルに対して同等に配分された時には、 d_{24} と d_{14} とは 0.5 に等しくなるであろう。このようなダウンミキシングの方法は、いくつかの環境において好適なエネルギー保存型のダウンミックス操作である。しかし、この操作の代わりに、非エネルギー保存型のダウンミックスもまた使用することが可能である。この場合、このオーディオオブジェクト全体が左ダウンミックスチャネルと右ダウンミックスチャネルとに導入され、その結果、このオーディオオブジェクトのエネルギーは、ダウンミックス信号内における他のオーディオオブジェクトの 2 倍になっている。

【0051】

図 8 の下側部分には、図 1 のオブジェクト符号器 101 の概略図を示す。具体的には、オブジェクト符号器 101 は 2 つの異なる部分 101a と 101b とを含む。部分 101a は、好適にはオーディオオブジェクト 1, 2, ..., N の重み付き線形結合 (linear combination) を実行するダウンミキサであり、他方、符号器 101 の第 2 部分は、オーディオオブジェクトパラメータ計算器 101b であって、行列 E のようなオーディオオブジェクトパラメータ情報を各時間ブロック又はサブバンドのために計算し、オーディオのエネルギー及び相關情報を提供する。この情報はパラメトリック情報であるため、低ビットレートで送信することができ、また少ない記憶容量を消費するだけで記憶することができる。

【0052】

$M \times N$ の大きさを持ちユーザーにより制御されるオブジェクト再現行列 A が、次式に示す行列の乗算によって、M 個の行を有する行列の形式で、オーディオオブジェクトの M チャネルの目標再現信号を決定する。

$$\mathbf{Y} = \mathbf{AS} \quad (3)$$

【0053】

以下に説明する派生的な導出方法の全般に亘り、 $M = 2$ つまりステレオ再現に焦点をあてた場合を想定する。これは、もし最初に 3 つ以上のチャネルへの再現行列が与えられ、次にこれら複数のチャネルから 2 チャネルへのダウンミックス則が与えられる場合には、当業者にとって、ステレオ再現のために $2 \times N$ の大きさを持つ対応する再現行列 A を導出することは自明である。この減数操作は再現減数器 204 において実行される。簡素化のため、オブジェクトダウンミックスもまたステレオ信号となるように、 $K = 2$ であると仮定する。ステレオオブジェクトダウンミックスの場合は、適用シナリオの観点から、最も重要で特別な場合といえる。

【0054】

図 9 は、目標再現行列 A の詳細な説明を示す。適用方法に依るが、この目標再現行列 A はユーザーによって与えられても良い。ユーザーは、再生設定のために、オーディオオブジェクトが仮想の方法でどこに配置されるべきかについて、全く自由に指示することができる。オーディオオブジェクトの概念の強みとは、ダウンミックス情報とオーディオオブジェクトパラメータ情報とが、オーディオオブジェクトの具体的な定位 (localization) に対して、完全に独立しているという点である。このオーディオオブジェクトの定位は、ユーザーにより、目標再現情報の形式で提供される。好適には、この目標再現情報は、図 9 の行列の形式でも可能な目標再現行列 A として構成されても良い。具体的には、再現行列

AはM個の行とN個の列とを持ち、Mは再現出力信号内のチャンネルの数に等しく、Nはオーディオオブジェクトの数に等しい。Mは好適なステレオ再現シナリオでは2であるが、もしMチャンネルの再現が実行されたならば、この行列AはM個の行を持つことになる。

【0055】

行列要素 a_{ij} は、具体的には、オブジェクトjの一部又は全部が特定の出力チャンネルi内で再現されるか否かを示している。図9の下側部分には、あるシナリオの目標再現行列の単純な一例を示す。このシナリオでは、6つのオーディオオブジェクトA01～A06が存在するが、1～5番目のオーディオオブジェクトだけを特定の位置に再現し、6番目のオーディオオブジェクトは全く再現しない。

【0056】

A01に関しては、ユーザーはこのオーディオオブジェクトが再生シナリオの左側に再現されるように望んでいる。従って、このオブジェクトは（仮定の）再生室の中の左スピーカの位置に配置され、その結果、再現行列Aの第1列は（10）となる。2番目のオーディオオブジェクトに関しては、 a_{22} は1であり、 a_{12} は0であるから、この2番目のオーディオオブジェクトは右側に再現されることになる。

【0057】

オーディオオブジェクト3は、左スピーカと右スピーカとの間に再現されるべきであり、このオーディオオブジェクトのレベル又は信号の50パーセントが左チャンネルへと入り、50パーセントが右チャンネルへと入るので、目標再現行列Aの対応する第3の列は（0.5長さ0.5）となる。

【0058】

同様にして、左スピーカと右スピーカとの間のどのような配置も目標再現行列で指示することができる。オーディオオブジェクト4に関しては、その行列要素 a_{24} が a_{14} より大きいので、その配置は右寄りである。同様に、5番目のオーディオオブジェクトA05は、その目標再現行列要素 a_{15} と a_{25} とが示すように、左寄りに再現されることになる。目標再現行列Aは、さらに、所定のオーディオオブジェクトを全く再現しないようにすることもできる。この例は、目標再現行列Aの6番目の列がゼロ要素を持つことにより示されている。

【0060】

オブジェクトダウンミックスオーディオ信号の損失を伴う符号化の影響について暫く考慮しないことにすると、オーディオオブジェクト復号器の作業目的は、再現行列AとダウンミックスXとダウンミックス行列Dとオブジェクトパラメータが与えられた時、元のオーディオオブジェクトの目標再現Yの知覚的な意味における近似を生成することである。本発明の強化された行列化ユニット303の構成は、図4に示される。ブロック403の中で互いに直交する N_d 個のデコリレータが与えられた場合、次の3つのミキシング行列が存在する。

- ・ 2×2 の大きさを持つ行列Cがドライ信号ミックスを実行する。
- ・ $N_d \times 2$ の大きさを持つ行列Qがデコリレータ前のミックスを実行する。
- ・ $2 \times N_d$ の大きさを持つ行列Pがデコリレータ後のアップミックスを実行する。

【0061】

デコリレータがパワー保存型であると仮定すると、デコリレート済信号の行列Zは対角値 $N_d \times N_d$ の共分散行列 $R_z = Z Z^*$ を備え、その対角値は、デコリレータ前のミックス処理済のオブジェクトダウンミックスの共分散行列

$$Q X X^* Q^*$$

(4)

の値と等しくなる。（ここで、以下の説明においても、*は複素共役転位行列演算 (complex conjugate transpose matrix operation) を示す。さらに、演算上の都合から全体を通して使用される形式 $U V^*$ の確定的共分散行列は、数学的期待値 $E \{U V^*\}$ に置き換えることが可能であることが分かる。）さらに、全てのデコリレート済信号は、オブジェクト

ダウンミックス信号と相関がないと仮定することができる。従って、次式に示す本発明の強化された行列化ユニット 303 の結合された出力、

$$\mathbf{Y}' = \hat{\mathbf{Y}} + \mathbf{PZ} = \mathbf{CX} + \mathbf{PZ}, \quad (5)$$

の共分散 $\mathbf{R}'$ は、ドライ信号ミックス $\hat{\mathbf{Y}} = \mathbf{CX}$ の共分散 $\hat{\mathbf{R}} = \hat{\mathbf{Y}}\hat{\mathbf{Y}}^*$ と、結果として得られるデコリレータ出力共分散との合計として、次式で表すことができる。

$$\mathbf{R}' = \hat{\mathbf{R}} + \mathbf{PR}_z\mathbf{P}^*. \quad (6)$$

10

【0062】

オブジェクトパラメータは、典型的にはオブジェクトパワーと、選択的なオブジェクト間相関とに関する情報を運ぶ。これらのパラメータから、 $N \times N$ のオブジェクト共分散 $\mathbf{S}^*$ のモデル $\mathbf{E}$ が達成される。

$$\mathbf{SS}^* = \mathbf{E}. \quad (7)$$

【0063】

オーディオオブジェクト復号器に対して使用可能なデータは、この場合、行列の三つ組 ($\mathbf{D}$, $\mathbf{E}$, $\mathbf{A}$) により表現される。また、本発明が教示する方法においては、このデータを使用して、結合された出力 (5) の波形マッチング及びその共分散 (6) を、目標再現信号 (4) に対して合同的に最適化する。ドライ信号ミックス行列が与えられたとき、ここで問題になるのは、正確な目標共分散 $\mathbf{R}' = \mathbf{R}$ に照準を定めることであり、その値は、次式により推定することができる。

20

$$\mathbf{R} = \mathbf{YY}^* = \mathbf{ASS}^*\mathbf{A}^* = \mathbf{AEA}^*. \quad (8)$$

【0064】

誤差行列 (error matrix) を次式のように定義すれば、

$$\Delta\mathbf{R} = \mathbf{R} - \hat{\mathbf{R}}, \quad (9)$$

上述の式 (6) との比較から、次式に示す設計条件が導かれる。

$$\mathbf{PR}_z\mathbf{P}^* = \Delta\mathbf{R}. \quad (10)$$

【0065】

この式 (10) の左側は、任意に選択したデコリレータミックス行列 $\mathbf{P}$ のための正の半正定値 (semidefinite) 行列であるから、上記の式 (9) の誤差行列もまた正の半正定値行列でなければならない。以下に記載する式の詳細を明らかにするために、ドライ信号ミックスの共分散と目標再現とを、次式のようにパラメータ化する。

40

$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} L & p \\ p & R \end{bmatrix}, \quad \hat{\mathbf{R}} = \begin{bmatrix} \hat{L} & \hat{p} \\ \hat{p} & \hat{R} \end{bmatrix}. \quad (11)$$

【0066】

次式に示す誤差行列式において、

50

$$\Delta \mathbf{R} = \begin{bmatrix} \Delta L & \Delta p \\ \Delta p & \Delta R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L - \hat{L} & p - \hat{p} \\ p - \hat{p} & R - \hat{R} \end{bmatrix}, \quad (12)$$

正の半正定値行列となるための必要条件は、次の3つの式で表すことができる。

$$\Delta L \geq 0, \quad \Delta R \geq 0, \quad \Delta L \Delta R - (\Delta p)^2 \geq 0. \quad (13)$$

【0067】

以下に、図10について説明する。図10は、図11～図14に関連して後述する4つの全ての実施例のために好適に準備された、いくつかの前計算ステップの集まりを示す。このような前計算ステップの1つは、図10の符号1000で示すような目標再現信号の共分散行列Rの計算である。ブロック1000は、上述の式(8)に対応する。

【0068】

ブロック1002で示すように、ドライミックス行列は後述する式(15)を用いて計算することができる。特に、デコリレート済の信号は全く加算されないものと仮定して、目標再現信号の最高のマッチングがダウンミックス信号を用いて取得されるように、ドライミックス行列 C_0 が計算される。その結果、このドライミックス行列により、ミックス行列出力信号の波形が、追加のデコリレート済の信号を全く必要とせずに、目標再現信号に対してできるだけ近くマッチすることが確実になる。ドライミックス行列に対するこのような前提条件は、出力チャンネルの中のデコリレート済信号の割合をできるだけ低く保つために、特に有益である。一般に、デコリレート済の信号は、デコリレータにより大幅に修正された信号である。そのため、このような信号は、カラー化(colorization)や時間劣化(time smearing)や悪い過渡応答などのようなアーチファクトを、通常は含んでいる。従って、この実施例は、デコリレーション過程からの信号がより少ないほどオーディオ出力がより高品質になるという利点をもたらす。波形マッチングを実行することで、即ち、ダウンミックス信号内の2つ以上のチャンネルを重み付けしかつ結合して、ドライミックス操作後のこれらのチャンネルを目標再現信号にできるだけ近似させることで、デコリレート済の信号は最小限しか必要でなくなる。

【0069】

第1オブジェクトダウンミックス信号と第2オブジェクトダウンミックス信号とのミキシング操作の結果452が、目標再現結果に対して波形マッチするように、結合器364は重み係数を計算する。この目標再現結果とは、パラメトリックオーディオオブジェクト情報362がオーディオオブジェクトの損失のない表現であると仮定すれば、目標再現情報360を用いて元のオーディオオブジェクトを再現する場合に取得できるであろう状態に、できるだけ一致した状態を意味する。量子化されていないE行列を用いたとしても、信号の正確な再構成は決して保証されるものではない。誤差を平均二乗法で最小化することもできる。そのようにして、波形マッチを取得しようとし、パワー及び相互相関が再構成される。

【0070】

10

20

30

40

例えば上述した方法によりドライミックス行列 C_0 が計算されると直ぐに、ドライミックス信号の共分散行列 $\hat{R}_0$ が計算できる。具体的には、図10に記載の式の右側、即ち $C_0 D E D^* C_0^*$ を使用することが望ましい。この計算式を使用した場合には、ドライ信号ミックスの結果の共分散行列 $\hat{R}_0$ を計算するために、パラメータだけが必要となり、サブバンドサンプルが必要でなくなる。しかし、この方法に代えて、ドライ信号ミックスの結果の共分散行列を、ドライミックス行列 C_0 とダウンミックス信号とを使用して計算することもできる。しかし、パラメータドメインだけで実行される第1の計算方法は、複雑さがより低い方法である。

10

【0071】

計算ステップ1000, 1002, 1004の後で、ドライ信号ミックス行列 C_0 と、目標再現信号の共分散行列 R と、ドライミックス信号の共分散行列 $\hat{R}_0$ とが使用可能になる。

【0072】

特定の行列 Q , P を決定するために、4つの異なる実施例を以下に説明する。加えて、(例えば第3及び第4の実施例のための)図4dに記載の場合、即ち利得補償行列 G も決定される場合についても説明する。当業者にとっては、これらの行列の値を計算するために、他の実施例も存在することが分かるであろう。なぜなら、必要となる行列の重み係数を決定する方法には、ある程度の自由度が存在するからである。

20

【0073】

本発明の第1実施例においては、行列計算器202の演算は以下のように設定される。まず、次式に示すように、ドライアップミックス行列が信号波形マッチのための最小二乗解(the least squares solution)を達成するように導出される。

$$\hat{Y} = CX \approx Y = AS, \quad (14)$$

【0074】

30

ここで、 $\hat{Y}_0 = C_0 \cdot X = C_0 \cdot D \cdot S$ が有効であることに注意すべきである。さらに、次式もまた真である。

$$\begin{aligned} \hat{R}_0 &= \hat{Y}_0 \hat{Y}_0^* = C_0 \cdot D \cdot S \cdot (C_0 \cdot D \cdot S)^* = \\ &C_0 \cdot D \cdot (S \cdot S^*) \cdot D^* \cdot C_0^* = C_0 \cdot D \cdot E \cdot D^* \cdot C_0^* \end{aligned}$$

【0075】

この問題に対する解は、次式により与えられ、

40

$$C \approx C_0 = A E D^* (D E D^*)^{-1} \quad (15)$$

また、この解は最小二乗解のさらなる公知の特性も備えており、式(13)からも容易に証明できるように、誤差 $\Delta Y = Y - \hat{Y}_0 = AS - C_0 X$ は近似 $\hat{Y} = C_0 X$ に対して直交となる。従って、次式の演算において、交差項は消滅する。

$$\begin{aligned}
\mathbf{R} &= \mathbf{Y}\mathbf{Y}^* = (\hat{\mathbf{Y}}_0 + \Delta\mathbf{Y})(\hat{\mathbf{Y}}_0 + \Delta\mathbf{Y})^* \\
&= \mathbf{Y}_0\mathbf{Y}_0^* + (\Delta\mathbf{Y})(\Delta\mathbf{Y})^* \\
&= \hat{\mathbf{R}}_0 + (\Delta\mathbf{Y})(\Delta\mathbf{Y})^*
\end{aligned} \tag{16}$$

【0076】

その結果、次式がもたらされ、

$$\Delta\mathbf{R} = (\Delta\mathbf{Y})(\Delta\mathbf{Y})^*, \tag{17}$$

10

この式は式(10)が解法できるような単純な正の半正定値である。ある象徴的な方法においては、この解は、次式で示される。

$$\mathbf{P} = \mathbf{T}\mathbf{R}_Z^{-1/2}, \tag{18}$$

【0077】

ここで、第2の係数 $\mathbf{R}_Z^{-1/2}$ は対角線に対する要素単位の演算によって単純に定義され、行列 $\mathbf{T}$ は行列式 $\mathbf{T}\mathbf{T}^* = \Delta\mathbf{R}$ の解である。この行列式の解の選択には大きな自由度がある。本発明が開示する方法は、 $\Delta\mathbf{R}$ の特異値分解 (singular value decomposition) から開始する。この対称的な行列に関しては、本発明の方法は次式のような通常の固有ベクトル分解へと削減でき、

20

$$\Delta\mathbf{R} = \mathbf{U} \begin{bmatrix} \lambda_{\max} & 0 \\ 0 & \lambda_{\min} \end{bmatrix} \mathbf{U}^*; \quad \mathbf{U} = \begin{bmatrix} u_1 & u_2 \\ u_2 & -u_1 \end{bmatrix}, \tag{19}$$

ここで、固有ベクトル行列 $\mathbf{U}$ はユニタリ行列であり、その列は、順次減少する大きさ $\lambda_{\max} \geq \lambda_{\min} \geq 0$ の中で分類された固有値に対応する固有ベクトルを含む。本発明が教示する1つのデコリレータ ($N_d = 1$) を備える第1の解は、式(19)内では $\lambda_{\min} = 0$ と設定し、式(18)において次式に示す自然近似 (natural approximation) を挿入することで取得できる。

30

$$\mathbf{T} \approx \begin{bmatrix} u_1 \sqrt{\lambda_{\max}} \\ u_2 \sqrt{\lambda_{\max}} \end{bmatrix} \tag{20}$$

【0078】

また、 $\Delta\mathbf{R}$ の最小固有値 $\lambda_{\min}$ からの損失最小有意寄与 (missing least significant contribution) を追加することと、式(19)の第1の係数 $\mathbf{U}$ と対角固有値行列の要素単位の平方根との積に対応して式(20)に第2の列を追加することにより、2つのデコリレータ ($N_d = 2$) を備える場合の全部の解が取得できる。以上の詳細を式で表すと、次式(21)になる。

40

$$\mathbf{T} = \begin{bmatrix} u_1 \sqrt{\lambda_{\max}} & u_2 \sqrt{\lambda_{\min}} \\ u_2 \sqrt{\lambda_{\max}} & -u_1 \sqrt{\lambda_{\min}} \end{bmatrix}. \tag{21}$$

50

【0079】

次に、第1実施例に従う行列Pの計算を、図11を参照しながら説明する。ステップ1101では、誤差信号、即ち図4aを参照して説明すれば、上側の分枝において相関づけられた信号の共分散行列 ΔR が、図10のステップ1000及びステップ1004の結果を用いて計算される。次に、上述の式(19)に関連して説明したこの行列の固有値分解(eigenvalue decomposition)が実行される。

【0080】

次に、後述する複数の利用可能な方法のうちの1つを用いて、行列Qが選択される。ここで選択された行列Qに基づき、図11のボックス1103の右側に記載の等式、即ち $Q^H D E D^H Q^H$ の行列掛け算を使用して、行列化されたデコリレート済信号の共分散行列 R_z が計算される。次に、ステップ1103で取得された R_z を基にして、デコリレータアップミックスPが計算される。この行列は、図4aのブロック404の行列Pの出力において、入力よりも多いチャンネル信号が存在する場合には、必ずしも現実のアップミックスを実行する必要はないことが明らかである。これは、単一のデコリレータの場合に起こりうるが、デコリレータが2つの場合には、デコリレータアップミックス行列Pは2つの入力チャンネルを受け取り、2つの出力チャンネルを出力する、図4fに示すドライアップミックス行列として構成されても良い。

【0081】

上述のように、第1実施例は、 C_0 とPとが計算されるという点で独特である。出力の正確な相関結果構造を保証するためには、2つのデコリレータが必要である。しかし他方では、デコリレータを1つだけ使用することが可能であることは有利である。この方法は、式(20)に示される。具体的には、より小さい固有値を持つデコリレータが実装される。

【0082】

本発明の第2実施例においては、行列計算器202の演算は下記のように設計される。デコリレータミックス行列は次式の形式に限定される。

$$\mathbf{P} = c \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix}. \quad (22)$$

【0083】

この限定により、単一のデコリレート済信号の共分散行列はスカラー $R_z = r_z$ であり、結合された出力(6)の共分散は、次式となり、

$$\mathbf{R}' = \hat{\mathbf{R}} + \mathbf{P} \mathbf{R}_z \mathbf{P}^H = \begin{bmatrix} \hat{L} & \hat{p} \\ \hat{p}^* & \hat{R} \end{bmatrix} + \alpha \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}, \quad (23)$$

ここで、 $\alpha = c^2 r_z$ である。一般的に、目標共分散 $\mathbf{R}' = \mathbf{R}$ への完全なマッチは不可能であるが、出力チャンネル間の知覚的に重要な正規化された相関は、広範囲の状況において目標相関へと合致させることができる。ここで、目標相関は次式により定義され、

$$\rho = \frac{p}{\sqrt{LR}}, \quad (24)$$

また、結合された出力(23)により達成された相関は次式により与えられる。

$$\rho' = \frac{\hat{p} - \alpha}{\sqrt{(\hat{L} + \alpha)(\hat{R} + \alpha)}} \quad (25)$$

【0084】

式(24)と式(25)とを等しくすると、 α の二次方程式が得られる。

$$\rho^2(\hat{L} + \alpha)(\hat{R} + \alpha) = (\hat{p} - \alpha)^2 \quad (26)$$

10

【0085】

式(26)が1つの正の解 $\alpha = \alpha_0 > 0$ を有するときは、本発明の第2実施例は、ミックス行列の定義(22)の中で定数 $c = \sqrt{\alpha_0 / r_z}$ を使用することを教示する。もし式(26)の両方の解が正である場合には、 c のより小さいノルムをもたらす方の解が使用されるべきである。そのような解が存在しない場合には、 $c = 0$ を選択することで、デコリレータの寄与はゼロに設定される。なぜなら、 c の複素解は、デコリレート済信号の中で知覚可能な位相の歪みをもたらすからである。 $\hat{p}$ の演算は、信号 $\hat{Y}$ から直接演算する方法か、あるいは $\hat{R} = \mathbf{C} \mathbf{D} \mathbf{E} \mathbf{D}^* \mathbf{C}^*$ のように、オブジェクト共分散行列をダウンミックス及び再現情報との組合せて結合させる方法か、の2つの異なる方法で実現可能である。ここで、1番目の方法は、複素数 $\hat{p}$ をもたらす結果となるので、上記の式(26)の右側における二乗部分は、実数部分又は $(\hat{p} - \alpha)$ の絶対値からそれぞれ導かれるべきである。しかし代わりに、複素数 $\hat{p}$ であっても使用可能である。そのような複素数は、特定の実施例について使用可能な特定の位相を持つ相関を示す。

20

【0086】

この実施例の特徴は、式(25)から分かるように、ドライミックスの相関よりも相関を減少させることだけが可能であるという点にある。つまり、次式となる。

30

$$\rho' \leq \hat{\rho} = \hat{p} / \sqrt{\hat{L} \hat{R}}$$

【0087】

要約すれば、第2実施例は図12に示される。図11内のステップ1101と同一であるステップ1101における共分散行列 ΔR の計算から開始し、次に式(22)が実行される。具体的には、行列 P の事前設定され、 P の両方の要素に対して同一である重み係数 c だけが計算可能となる。具体的には、単一の列を備えた行列 P は、単一のデコリレータだけがこの第2実施例の中で使用されることを示している。さらに、行列 P の要素の正負符号は、デコリレート済の信号が、1つのチャンネル例えばドライミックス信号の左チャンネルに対して加算され、かつドライミックス信号の右チャンネルから減算されることを明らかにする。つまり、最大のデコリレーションは、デコリレート済信号を1つのチャンネルに加算し、デコリレート済信号を他のチャンネルから減算することで達成される。ステップ1202, 1206, 1103, 1208は、値 c を決定するために実行される。具体的には、式(24)に示すように目標相関の行がステップ1202で計算される。この値は、ステレオ再現が実行される時の2つのオーディオチャンネル信号間のチャンネル間相互相関値を示している。次に、ステップ1202の結果に基づき、式(26)を用いて、ステップ1206で示すように重み係数 α が決定される。さらに、ステップ1103で示し、かつ図12のボックス1103の右側に等式で示すように、行列 Q の行列要素の値が選択され、この場合はスカラー値だけである共分散行列 R_z が計算される。最後に、係数 c がステッ

40

50

プ 1 2 0 8 で示すように計算される。方程式 (26) は、 α について 2 つの正の解を与えることができる二次方程式である。この場合には、上述したように、 c のより小さいノルムをもたらす解が使用されるべきである。しかし、そのような正の解がない場合には、 c は 0 に設定される。

【0088】

以上のように、第 2 実施例においては、ボックス 1 2 0 1 内における行列 P で示したように、2 つのチャンネルのための 1 つのデコリレータという特別な場合を用いて、行列 P を計算する。ある場合には、解が存在せずに、デコリレータを単に遮断することになる。この実施例の利点は、正の相関関係をもつ合成信号を決して加算しない点である。この点は有益である。なぜなら、そのような信号が発生すると、定位された幻覚源のように知覚される恐れがあり、再現出力信号のオーディオ品質を減退させるアーチファクトになるからである。導出過程において、パワーの問題が考慮されていないという事実から、出力信号の中にミスマッチが発生する、即ち出力信号がダウンミックス信号よりも大きいか又は小さいパワーを持つ可能性がある。この場合には、オーディオ品質をさらに強化するために、好適な実施例において追加的な利得補償を設けることができる。

10

【0089】

本発明の第 3 実施例においては、行列計算器 2 0 2 の演算は以下のように設計される。開始点は、次式に示す利得補償ドライミックスであり、

$$\hat{\mathbf{Y}} = \begin{bmatrix} g_1 & 0 \\ 0 & g_2 \end{bmatrix} \hat{\mathbf{Y}}_0, \quad (27)$$

20

ここでは、例えば、補償されていないドライミックス $\hat{\mathbf{Y}}_0$ は、式 (15) で与えられたミックス行列を用いた最小二乗近似 $\hat{\mathbf{Y}}_0 = \mathbf{C}_0 \mathbf{X}$ の結果である。さらに、 $\mathbf{C} = \mathbf{G} \mathbf{C}_0$ であり、ここで、 $\mathbf{G}$ はエントリ g_1 と g_2 とを持つ対角行列である。この場合、

$$\begin{aligned} \hat{\mathbf{R}} &= \begin{bmatrix} \hat{L} & \hat{p} \\ \hat{p} & \hat{R} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} g_1 & 0 \\ 0 & g_2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \hat{L}_0 & \hat{p}_0 \\ \hat{p}_0 & \hat{R}_0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} g_1 & 0 \\ 0 & g_2 \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} g_1^2 \hat{L}_0 & g_1 g_2 \hat{p}_0 \\ g_1 g_2 \hat{p}_0 & g_2^2 \hat{R}_0 \end{bmatrix}, \end{aligned} \quad (28)$$

30

であって、誤差行列は、次式で示される。

$$\Delta \mathbf{R} = \begin{bmatrix} \Delta L & \Delta p \\ \Delta p & \Delta R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L - g_1^2 \hat{L}_0 & p - g_1 g_2 \hat{p}_0 \\ p - g_1 g_2 \hat{p}_0 & R - g_2^2 \hat{R}_0 \end{bmatrix}, \quad (29)$$

40

【0090】

本発明の第 3 実施例では、補償利得 (g_1 , g_2) を、式 (13) で与えられる制約の下で、次式で示される誤差パワーの重み付けされた合計を最小化するように選択する。

$$w_1 \Delta L + w_2 \Delta R = w_1 (L - g_1^2 \hat{L}_0) + w_2 (R - g_2^2 \hat{R}_0), \quad (30)$$

この式 (30) の重みの選択例として、 $(w_1, w_2) = (1, 1)$ 又は $(w_1, w_2) = ($

50

R, L) が挙げられる。結果として得られる誤差行列 ΔR は、次に、式 (18) ~ (21) のステップに従うデコリレータミックス行列 P の演算への入力として使用される。この実施例の魅力的な特徴は、誤差信号

$$\mathbf{Y} - \hat{\mathbf{Y}}_0$$

がドライアップミックスに似ている場合に、最終出力に加算されるデコリレート済の信号の量は、本発明の第 1 実施例により最終出力へと加算されるデコリレート済の信号の量よりも少ないという点である。

【0091】

図 13 に関連して説明した第 3 実施例の中で、追加的な利得行列 G は、図 4 d に示すような行列 G と推定される。式 (29) と式 (30) とに関連した説明に従い、利得係数 g_1 と g_2 は、式 (30) に続く説明文に記載したように選択された w_1 , w_2 を使用し、かつ式 (13) で示されたような誤差行列に対する制約に基づいて、計算される。これらステップ 1301 と 1302 とを実行した後に、ステップ 1303 に示すように、利得係数 g_1 と g_2 とを使用して、誤差信号共分散行列 ΔR を計算できる。ここで注意すべきは、ステップ 1303 で計算されたこの誤差信号共分散行列は、図 11 と図 12 の中のステップ 1101 で計算された共分散行列 R とは異なるという点である。次に、図 11 の第 1 実施例に関連して説明したステップ 1102, 1103, 1104 と同様のステップが実行される。

【0092】

第 3 実施例は、ドライミックスが単に波形マッチしているだけではなく、さらに利得補償されているという点で有利である。これにより、デコリレート済の信号の量をさらに減少させることにもなり、その結果、デコリレート済の信号を加算することから生じるいかなるアーチファクトも同様に減少させることができる。このように、第 3 実施例は、利得補償とデコリレータの加算との組合せから最高の可能性を引き出そうとするものである。再び言及するが、この実施例の目的は、チャンネルパワーを含む共分散構成を十分に再構成することと、方程式 (30) を最小化するなどにより合成信号の使用をできるだけ少なくすることである。

【0093】

次に、第 4 実施例を説明する。ステップ 1401 内には、単一のデコリレータが設けられている。実際の構成にとってはデコリレータが単一であることが最も有利であることから、複雑性の低い実施例が構成される。次のステップ 1101 では、第 1 実施例のステップ 1101 に関連して説明したように、共分散行列 ΔR が計算される。しかし、代わりの方法として、この共分散行列 ΔR は、図 13 のステップ 1303 に示すように、波形マッチに加えて利得補償も実行する方法で計算されても良い。次に、共分散行列 ΔR の非対角要素である Δp の正負符号がチェックされる。この符号が負であるとステップ 1402 が決定すれば、第 1 実施例におけるステップ 1102, 1103, 1104 が実行されるが、このとき、 r_z はスカラー値であるという事実から、ステップ 1103 は特に非複素計算となる。なぜなら、デコリレータは 1 つしかないからである。

【0094】

Δp の正負符号が正であると決定された時には、行列 P の要素をゼロに設定するなどして、デコリレート済信号の加算は完全に省略される。代わりに、デコリレート済信号の加算を、ゼロよりも大きい値であるが、正負符号が負である場合に生じるであろう値よりも小さい値まで減少させても良い。しかし、好適には、行列 P の行列要素は、小さな値に設定されるだけではなく、図 14 のブロック 1404 に示すようにゼロに設定される。図 4 d に従えば、ブロック 1406 の中に示すような利得補償を実行するため、利得係数 g_1 と g_2 とが決定される。具体的には、利得補償は、式 (29) の右側の行列の主対角要素がゼロになるように計算される。つまり、誤差信号の共分散行列が主対角においてゼロの要素を持つという意味になる。このように、特定の相関特性を持つデコリレート済信号が

加算された時に起こり得る幻覚源アーチファクトを避けるための対策として、デコリレータ信号が削減されるか又は完全にスイッチオフされる場合に、利得補償が達成される。

【0095】

上述のように、第4実施例は、第1実施例のいくつかの特徴を組み合わせ、かつ単一のデコリレータの解決法に依存しているが、しかし、誤差信号（加算された信号）の共分散行列 ΔR 内の値 Δp のような品質の指標値が正になる時には、デコリレート済信号が削減又は完全に除去できるように、デコリレート済信号の品質を決定するためのチェックを含んでいる。

【0096】

デコリレータ前の行列 Q の選択は、知覚的な考慮に基づくべきである。なぜなら、上述した2番目の理論は、どのような具体的な行列を使用してもかまわないからである。このことは、行列 Q の選択に繋がる考察は、上述した各実施例の間の選択からは独立していることを示唆する。

【0097】

本発明が教示する第1の好適な解決策は、全てのデコリレータへの入力として、ドライステレオミックスのモノラルダウンミックスを使用することである。行列要素に関しては、次式を意味することになり、

$$q_{n,k} = c_{1,k} + c_{2,k}, \quad k=1,2; \quad n=1,2,\dots,N_d, \quad (31)$$

ここで、 $\{q_{n,k}\}$ は Q の行列要素であり、 $\{c_{n,k}\}$ は C_0 の行列要素である。

【0098】

本発明が教示する第2の好適な解決策では、デコリレータ前の行列 Q がダウンミックス行列 D だけから導出される。この導出方法は、全てのオブジェクトが単位パワーを持ち、かつ互いに相関がないという仮定に基づいている。それらオブジェクトからそれらの個々の予測誤差へのアップミックス行列は、この仮定を基にして形成される。次に、ダウンミックスチャンネルに亘る全体の予測オブジェクト誤差エネルギーに比例して、デコリレータ前の重みの二乗が選択される。最終的に、全てのデコリレータについて同じ重みが使用される。詳細には、まず $N \times N$ 行列を形成し、

$$W = I - D^*(DD^*)^{-1}D, \quad (32)$$

次に、式(32)の全ての非対角値をゼロに設定することで定義されたオブジェクト予測誤差エネルギー行列 W_0 の推定値を導出することから、これらの重みが取得される。 DW_0D^* の対角値を、各ダウンミックスチャンネルに対する全体のオブジェクト誤差エネルギーの寄与を表す t_1 、 t_2 を用いて示すと、デコリレータ前の行列要素の最終的な選択は、次式に示される。

$$q_{n,k} = \sqrt{\frac{t_k}{t_1 + t_2}}, \quad k=1,2; \quad n=1,2,\dots,N_d, \quad (33)$$

【0099】

デコリレータのある具体的な実施形態に関して言えば、残響器又は他のいかなるデコリレータなど、全てのデコリレータが使用可能である。しかし、好適な実施例においては、デコリレータはパワー保存型であるべきである。つまり、デコリレータ出力信号のパワーは、デコリレータ入力信号のパワーと同一であるべきである。しかし、非パワー保存型のデコリレータに起因するばらつきも、例えば行列 P を計算する時にこの点を考慮に入れることで、吸収することができる。

【0100】

上述したように、好適な実施例では、正の相関を持つ合成信号が加算されるのを回避し

ようとしている。なぜなら、そのような信号は定位された合成幻覚源として知覚される可能性があるからである。第2実施例においては、ブロック1201内に記載した行列Pの特定の構成により、この問題が明らかに回避されている。さらに、第4実施例においては、ステップ1402内のチェック操作により、この問題を明白に回避している。そのような幻覚源アーチファクトが回避できるようにするための方法であって、デコリレート済信号の品質と、具体的には相関特性とを決定する他の方法も、当業者にとって使用可能である。また、それらの方法は、いくつかの実施例に示したように、デコリレート済信号の加算をスイッチオフするために使用しても良いし、あるいは、利得補償済の出力信号を得るために、デコリレート済信号のパワーを減少させてドライ信号のパワーを増大させるように使用されても良い。

10

【0101】

全ての行列E、D、Aは複素行列として説明してきたが、これら行列は実数値行列でも良い。しかし、本発明は、非ゼロの虚数を持つ複素係数を現実にも備えた複素行列D、A、Eに関しても有用である。

【0102】

さらに、全ての行列の中で最も高度の時間及び周波数解像度を持つ行列Eと比較して、行列Dと行列Aとがかなり低度のスペクトル及び時間解像度を持つ場合も、しばしば発生するであろう。具体的には、目標再現行列とダウンミックス行列とは、周波数には依存せず、時間に依存するかもしれない。ダウンミックス行列に関しては、これは特定の最適化されたダウンミックス操作において発生するかもしれない。目標再現行列に関しては、このような事態は、オーディオオブジェクトが移動し、その位置が時間とともに左と右との間で変化する場合に発生する可能性がある。

20

【0103】

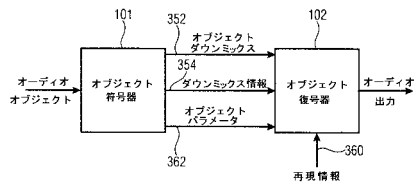
上述した実施例は、本発明の原理を説明するための、単に例示的な実施例である。ここに示す形態及び詳細の修正あるいは変形が可能であることは、当業者には明らかである。従って、本発明の趣旨は特許請求の範囲の記載によってのみ限定されるものであり、明細書に記載する具体的な詳細説明によって限定されるものではない。

【0104】

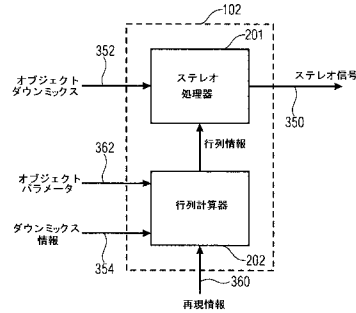
本発明の方法のいくつかの実施態様条件にも依るが、本発明の方法は、ハードウェアにおいてもソフトウェアにおいても実現可能である。この実施の形態は、その中に格納される電子的に読出し可能な制御信号を有し、本発明の方法が実行されるようにプログラム可能なコンピュータシステムと協働するデジタル格納媒体、特に、ディスク、DVD又はCDを用いて実行できる。したがって、一般に、本発明は機械読出し可能なキャリアに格納されたプログラムコードを有するコンピュータプログラム製品であり、プログラムコードは、コンピュータプログラム製品がコンピュータ上で実行されるときに、本発明の方法の少なくとも1つを実行するように作動する。したがって、換言すれば、本発明の方法は、コンピュータプログラムがコンピュータ上で実行されるときに、本発明の方法の少なくとも1つを実行するためのプログラムコードを有するコンピュータプログラムである。

30

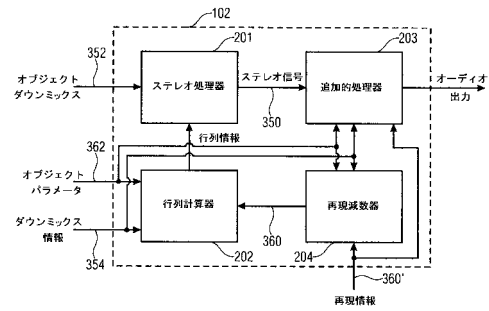
【図 1】



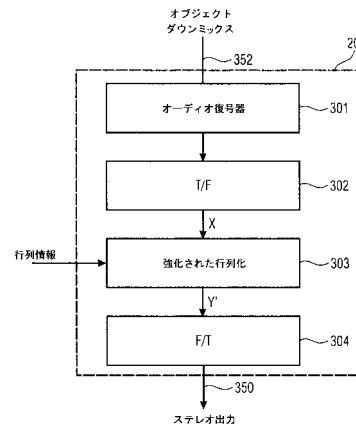
【図 2 a】



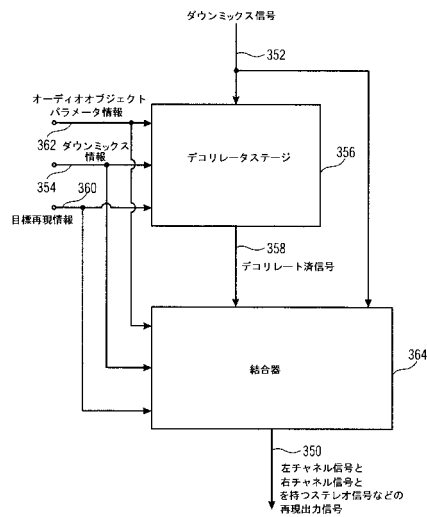
【図 2 b】



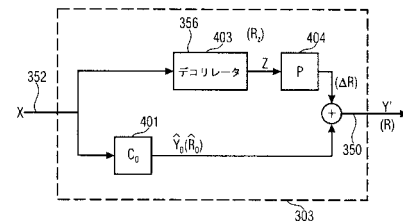
【図 3 a】



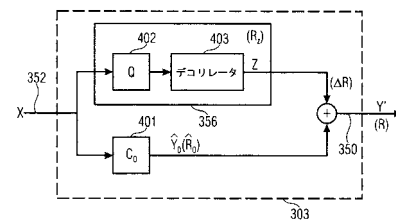
【図 3 b】



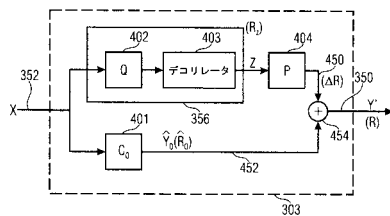
【図 4 b】



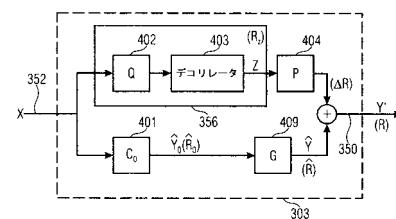
【図 4 c】



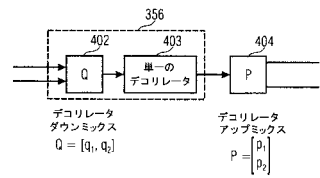
【図 4 a】



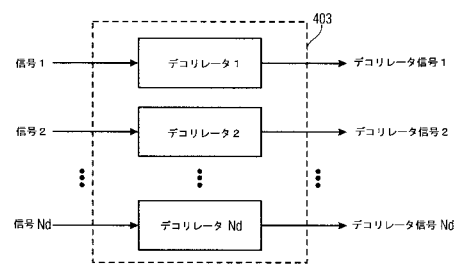
【図 4 d】



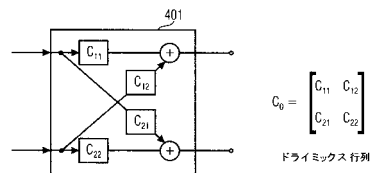
【図 4 e】



【図 5】



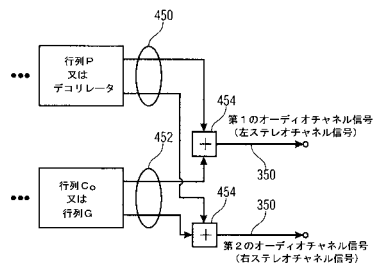
【図 4 f】



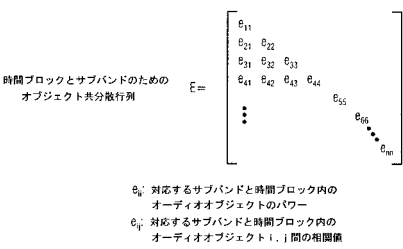
【図 6】

オブジェクト ID	オブジェクトエネルギー	オブジェクトオーディオパラメータ エネルギー及び相関
1		各サブバンド及び各時間ブロックのための行列 E
2		
3		
⋮	⋮	
N		

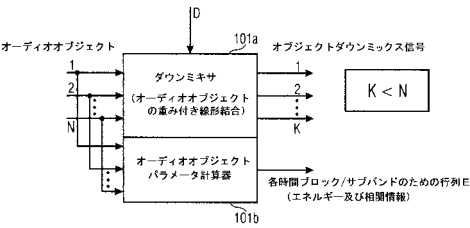
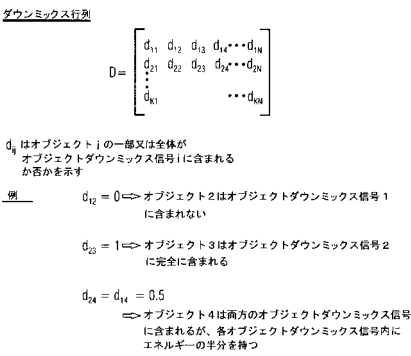
【図 4 g】



【図 7】



【図 8】



【図 9】

目標再現行列 A (通常はユーザーにより与えられる)

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} & \dots & a_{1N} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} & \dots & a_{2N} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{M1} & \dots & \dots & \dots & \dots & a_{MN} \end{bmatrix}$$

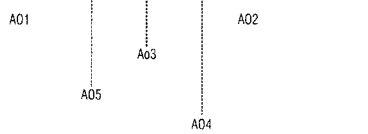
$M=2$ ステレオ再現のとき

$M=M$ M チャンネル再現のとき

a_{ij} はオブジェクトの一部又は全部が
出力チャンネル i 内に再現されるべきかどうかを示す

左スピーカ (チャンネル 1)

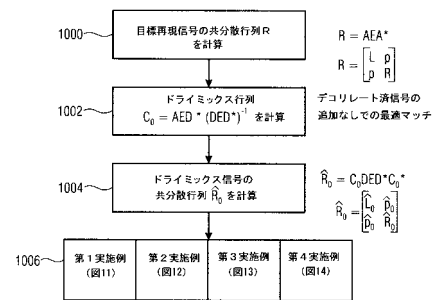
右スピーカ (チャンネル 2)



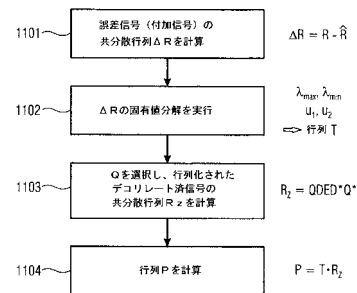
$$\text{例示的行列 } A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0.5 & 0.25 & 0.75 & 0 \\ 0 & 1 & 0.5 & 0.75 & 0.25 & 0 \end{bmatrix}$$

(オブジェクト 6 は全く再現されない)

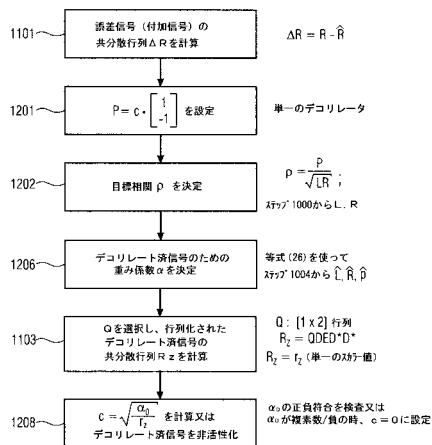
【図 10】



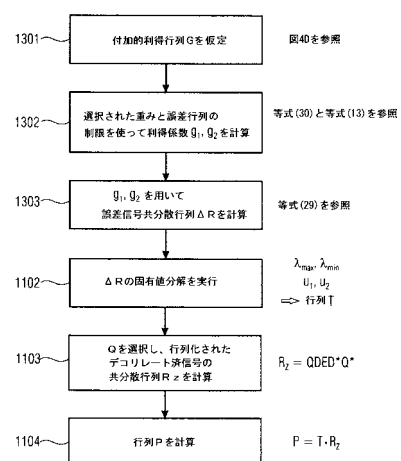
【図 11】



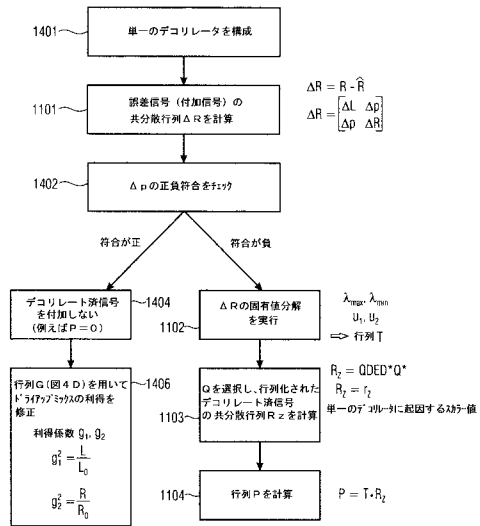
【図 12】



【図 13】



【図 14】



フロントページの続き

(73)特許権者 500341779

フラウンホーファー・ゲゼルシャフト・ツール・フェルデルング・デル・アンゲヴァンテン・フォルシュング・アインゲトラゲネル・フェライン

ドイツ連邦共和国, 80686 ミュンヘン, ハンザシュトラッセ 27 ツェー

(74)代理人 100085497

弁理士 筒井 秀隆

(72)発明者 エングデガルド ヨナス

スウェーデン王国 11543 ストックホルム ヴェンストレムスヴェーゲン 6

(72)発明者 ヴィレモース ラルス

スウェーデン王国 17556 ヤルフェッラ マンドリンヴェーゲン 22

(72)発明者 プルンハーゲン ハイコ

スウェーデン王国 17265 スンドビーバーリ ギュテリバッケン 17

(72)発明者 レッシュ バーバラ

スウェーデン王国 16963 ソルナ ハガルンズガタン 12

(72)発明者 ファルシュ コルネリア

ドイツ連邦共和国 90491 ニュルンベルク カッセラー ストラッセ 12

(72)発明者 ヘルレ ユルゲン

ドイツ連邦共和国 91054 ブッケンドルフ ハーラーズトラッセ 24

(72)発明者 ヒルペルト ヨハネス

ドイツ連邦共和国 90411 ニュルンベルク ヘルンヒューテストラッセ 46

(72)発明者 ヘルツァー アンドレアス

ドイツ連邦共和国 91054 エアランゲン オーベレ カールストラッセ 23

(72)発明者 テレンティフ レオニド

ドイツ連邦共和国 91056 エアランゲン アム ユーロパカナル 36

審査官 田部井 和彦

(56)参考文献 米国特許出願公開第2006/0239473 (US, A1)

Call for Proposals on Spatial Audio Object Coding, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11MPEG2007/N885 3, January 2007, Marrakech, Morocco, 2007年 2月, CODING OF MOVING PICTURES AND AUDIO, URL, http://mpeg.chiariglione.org/working_documents/mpeg-d/sac/SAOC-CfP.zip
J. Herre, H. Purnhagen, J. Breebaart, C. Faller, S. Disch, K. Kjørting, E. Schuijers, J. Hilpert, F. Myburg, The Reference Model Architecture for MPEG Spatial Audio Coding, Audio Engineering Society Convention Paper 6447, 2005年 5月, URL, http://www.iis.fraunhofer.de/Images/AES6447_MPEG_Spatial_Audio_Reference_Model_Architecture_tcm182-51641.pdf

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G10L 11/00-21/06

H04S 1/00- 7/00