

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4861593号
(P4861593)

(45) 発行日 平成24年1月25日 (2012. 1. 25)

(24) 登録日 平成23年11月11日 (2011. 11. 11)

(51) Int. Cl.

F I

H04S 3/02 (2006.01)

H04S 3/02

H04R 3/00 (2006.01)

H04R 3/00 310

請求項の数 30 (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2001-578151 (P2001-578151)
 (86) (22) 出願日 平成12年10月6日 (2000. 10. 6)
 (65) 公表番号 特表2003-531555 (P2003-531555A)
 (43) 公表日 平成15年10月21日 (2003. 10. 21)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2000/027851
 (87) 国際公開番号 W02001/082651
 (87) 国際公開日 平成13年11月1日 (2001. 11. 1)
 審査請求日 平成19年9月10日 (2007. 9. 10)
 (31) 優先権主張番号 09/552, 378
 (32) 優先日 平成12年4月19日 (2000. 4. 19)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 510175399
 エスエヌケー テック インベストメント
 エル. エル. シー.
 アメリカ合衆国, デラウェア州 1980
 8, ウィルミントン, スイート 400,
 センタービル ロード 2711
 (74) 代理人 100079108
 弁理士 稲葉 良幸
 (74) 代理人 100109346
 弁理士 大貫 敏史
 (72) 発明者 ムーアー, ジェームス エー.
 アメリカ合衆国, 94903, カリフォル
 ニア州, サン ラファエル, バンブー テ
 ラス 639

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 3次元空間高調波を保存するマルチチャンネルサラウンドサウンドマスタリングおよび再生方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

少なくとも4つのスピーカの1つに個別に供給する少なくとも4つの複数のチャンネルを有するサラウンドサウンドシステムを介して、所定の周波数範囲上での音場再生のための音場の処理方法であって、

音場の複数の信号を取得する段階と、および

取得した音場信号を、複数のチャンネルの個別のチャンネルに、全周波数領域についての相対利得のセットと共に送り出す段階とを含み、

前記セットは、傾聴エリア周囲の選択されたスピーカ位置であって、ただし同一平面的配置には制約されない位置の項を含む関係式を、音場の複数の3次元空間高調波の各々を実質的に保存するように解くことにより決定され、

それによって、前記選択された位置に配置されたスピーカから再生された音場が、取得された音場の複数の3次元空間高調波を実質的に再生する、方法。

【請求項 2】

実質的に保存される複数の3次元空間高調波は、零次および1次高調波のみを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項 3】

実質的に保存される複数の3次元空間高調波は、零次からn次の高調波を含み、nはスピーカ数の平方根未満の整数以下の整数である、請求項1に記載の方法。

【請求項 4】

10

20

音場の複数の信号の取得段階は、傾聴エリア周囲の特定位置に置こうとするサウンドの複数のモノラル信号の取得を含み、前記関係式はそのような特定の位置を含み、それによって、スピーカから再生された音場が前記特定位置におけるモノラルサウンドをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

音場の複数の信号の取得段階は、複数の指向性マイクの音場中での位置決めを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

相対利得のセットは、ある傾聴エリア周囲の想定スピーカ位置を含む関係式により、少なくとも部分的に決定される、請求項 1 に記載の方法。

10

【請求項 7】

相対利得のセットは、傾聴エリア周囲の実際のスピーカ位置を含む関係式により、傾聴エリアに隣接する場所で少なくとも部分的に決定される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 8】

相対利得のセットは、速度およびパワーベクトルを実質的に整列させるものによりさらに決定される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 9】

相対利得のセットは、前記複数の 3 次元空間高調波の 2 次またはより高次のものを最小限にするものによりさらに決定される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 10】

20

サラウンドサウンドシステムは、ちょうど 6 つチャンネルを有し、該チャンネルの各々が、ちょうど 6 つのスピーカの別々の 1 つに供給する、請求項 1 ～ 9 のいずれかに記載の方法。

【請求項 11】

前記ちょうど 6 つのスピーカの少なくとも 1 つは、前記ちょうど 6 つのスピーカの他のものと非共面となるように配置される、請求項 10 に記載の方法。

【請求項 12】

マルチチャンネルサラウンドサウンドシステム中のサウンドの所望の見かけの 3 次元位置をシミュレーションする方法であって、
3 次元位置をシミュレートしようとするサウンドをモノラル的に取得する段階と、および
取得したモノラルサウンドを複数のチャンネルの個別チャンネルに相対利得のセットと共に送り出す段階とを含み、
前記セットは、サウンドの所望の見かけ位置の偏角および方位角の関係式を、ある点および該点の周囲に延びマルチチャンネル信号の各々により駆動されるスピーカの予想位置に対応する各位置のセットに関して、サウンドが予想位置でスピーカを通して再生された場合にあたかもモノラルサウンドが前記見かけの位置に実際に存在しているかのように、サウンドの少なくとも零次および 1 次の 3 次元高調波を実質的に保存するように解くことにより決定される、方法。

30

【請求項 13】

スピーカは、少なくともその 1 つが予想される位置とは異なる実際の位置を有するよう
に実際に配置され、さらに、スピーカの実際の位置を含む第 2 の関係式を解くことにより
相対利得の修正セットを計算する段階を含み、サウンドの少なくとも零次および 1 次の 3
次元高調波を、サウンドが予想位置でスピーカを通して再生された場合にあたかもモノ
ラルサウンドが前記見かけの位置に実際に存在しているかのように、保存してなる、請求項
12 に記載の方法。

40

【請求項 14】

相対利得のセットは、スピーカを介して再生された音場の速度およびパワーベクトルを実質的に整列させるものによりさらに決定される、請求項 12 または 13 のいずれかに記載の方法。

【請求項 15】

50

相対利得のセットは、スピーカを介して再生された音場の 2 次およびより高次の 3 次元空間高調波を最小限にするものによりさらに決定される、請求項 1 2 または 1 3 のいずれかに記載の方法。

【請求項 1 6】

チャンネル数は 4 以上である、請求項 1 2 または 1 3 のいずれかに記載の方法。

【請求項 1 7】

チャンネル数はちょうど 6 である、請求項 1 2 または 1 3 のいずれかに記載の方法。

【請求項 1 8】

スピーカの予想位置の少なくとも 1 つは、スピーカの他の予想位置とは非共面である、請求項 1 6 に記載の方法。

10

【請求項 1 9】

傾聴エリア周囲に配置された 4 つ以上のスピーカを介して 3 次元音場を再生する方法であって、
音場を表す複数の電気信号を取得する段階と、
前記複数の電気信号を、前記音場の少なくとも零次および 1 次の 3 次元空間高調波の信号を生成するように処理する段階と、および
スピーカの実際の位置の項を含む関係式を、取得された音場の零次および 1 次の 3 次元高調波にそれぞれ一致する、スピーカを介して再生された音場の少なくとも零次および 1 次の 3 次元高調波を実質的に保存するように解くことにより、スピーカの個々に供給される相対利得を決定するように 3 次元空間高調波処理する段階とを含む、
方法。

20

【請求項 2 0】

音場を表わす複数の電気信号を記録および再生する段階をさらに含む、請求項 1 9 に記載の方法。

【請求項 2 1】

音場高調波の信号を記録および再生する段階をさらに含む、請求項 1 9 に記載の方法。

【請求項 2 2】

音場はちょうど 6 つのスピーカを介して再生される、請求項 1 9 ~ 2 1 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 2 3】

30

前記ちょうど 6 つのスピーカの少なくとも 1 つは、前記ちょうど 6 つのスピーカの他のものと非共面となるように配置される、請求項 2 2 に記載の方法。

【請求項 2 4】

傾聴エリアを包囲する特定の想定位置の少なくとも 4 つのスピーカの各々により再生されることを目的とするオリジナルの音場の少なくとも 4 つのオーディオ信号を受信する入力部と、想定位置とは異なる傾聴エリアを包囲する特定の実際の位置の少なくとも 4 つのスピーカを駆動する出力部とを有するサウンド再生システムであって、
偏角と方位角とを含む、特定の実際の位置のスピーカの情報を受け入れる入力部と、および
偏角と方位角とを含む入力された実際のスピーカ位置および想定されたスピーカ位置に
応答して入力信号から出力部へ他の信号を供給する電子的に実行されるマトリクスとを含み、
前記出力部は、スピーカを駆動して複数の 3 次元空間高調波によって音場を再生し、前記高調波は、オリジナルの音場中の同数の 3 次元空間高調波の個々に個別に実質的に一致する、システム。

40

【請求項 2 5】

マトリクスは、想定スピーカ位置情報と入力信号とから、複数の 3 次元空間高調波と対応する個々の信号を生み出す第 1 の部分と、および 3 次元空間高調波信号と実際のスピーカ位置情報とから、実際のスピーカについての個々の信号を生み出す第 2 の部分とをさらに含む、請求項 2 4 に記載のサウンドシステム。

50

【請求項 2 6】

複数の一致した 3 次元空間高調波は、零次および 1 次高調波を含む、請求項 2 4 または 2 5 のいずれかに記載のサウンドシステム。

【請求項 2 7】

複数の一致した 3 次元空間高調波は、零次および 1 次高調波のみを含む、請求項 2 4 または 2 5 のいずれかに記載のサウンドシステム。

【請求項 2 8】

実際のスピーカ位置の複数のスピーカは、ちょうど 6 つ含む、請求項 2 4 または 2 5 のいずれかに記載のサウンドシステム。

【請求項 2 9】

前記実際のスピーカ位置の少なくとも 1 つは、前記実際のスピーカ位置の他のものと非共面となるように配置される、請求項 2 5 に記載のサウンドシステム。

【請求項 3 0】

オリジナルの 3 次元音場のオーディオ信号を受信する入力部と、傾聴エリアを包囲する特定の実際の位置の少なくとも 4 つのラウドスピーカを駆動して音場を再生する出力部とを含むサウンドシステムであって、

スピーカの実際の位置の情報を受け入れる入力部と、および

入力された実際のスピーカ位置の情報および入力信号に応答して出力部へ信号を供給する電子的に実行されるマトリクスとを含み、

前記出力部は、スピーカを駆動して複数の 3 次元空間高調波によって音場を再生し、前記高調波は、オリジナルの音場中の同数の 3 次元空間高調波の実質的に対応するものに個別に一致してなる、システム。

【発明の詳細な説明】**【0 0 0 1】**

(関連出願への相互参照)

本出願は、この参照により本願明細書に組み入れられる 1 9 9 7 年 9 月 2 4 日出願の出願番号第 0 8 / 9 3 6 , 6 3 6 号の一部継続出願である。

【0 0 0 2】**【発明の属する技術分野】**

本発明は、一般に電子的な音の伝送、録音および再生の方法に関し、より詳細にはサラウンドサウンド技術の改良に関する。

【0 0 0 3】**【従来の技術】**

サウンド再生の品質および臨場感の改良は、過去数十年間着実になされてきた。空間的に分離されたラウドスピーカを介してのステレオ (2 チャンネル) 録音および再生により、以前のモノラル (1 チャンネル) サウンド再生と比較して、再生サウンドの臨場感が大きく改善される。より最近では、オーディオ信号は、リスナーを取り囲むように配置された 4 つ以上のラウドスピーカを駆動するように 2 つのチャンネルにおいて符号化されている。このサラウンドサウンドにより、再生音の臨場感がさらに増した。マルチチャンネル (3 チャンネル以上) 録音はほとんどの映画のサウンドトラックに用いられ、これにより聴衆を取り囲むようにその壁の周りに配置されたラウドスピーカを含むサウンドシステムを適切に備えた劇場において劇的なオーディオ効果がもたらされる。家庭用に非常に人気を博すことが期待される小型の光学式 C D S (コンパクトディスク) でのマルチチャンネル録音のための規格が現在持ち上がっている。最近の D V D (デジタルビデオディスク) 規格は、映像を含むことも含まないこともある C D における P C M (パルス符号変調) オーディオの多重チャンネルを規定している。

【0 0 0 4】

理論的には、オーディオ波面の最も正確な再生は、音響ホログラムを記録および再生することによって得られるであろう。しかしながら、数万、さらには数百万の別個のチャンネルを記録することが必要となるであろう。オリジナルの音響波面を正確に再生するために

10

20

30

40

50

は、再生しようとする最高周波数波長の2分の1を超えない間隔、すなわち1センチメートル未満隔てて、2次元配列のスピーカを家庭または劇場の周囲に配置することが必要になろう。別個のチャンネルは、この非常に多くのスピーカの各々について記録される必要があり、記録工程の間に同様に多くのマイクの使用を伴うであろう。したがって、音響波面のそのような正確な再生は、家庭、劇場および同様のところで使用されるオーディオ再生システムには全く実用的ではない。

【0005】

所望の再生が3次元であり、スピーカがもはや同一平面上にない場合、これらの複雑化は対応して増大し、この種の再生はよりいっそう非実用的になる。3次元への拡張により、オリジナル音源平面に限定されない場合だけでなく、映画用または音楽録音のマスタリングにおける特殊効果が可能になる。例えば、平面的なステージ上のミュージシャンの録音の場合でさえも、結果として生じる周囲のサウンド環境は、取り込みおよび再生できる楽器配置における反響および変動によって3次元的性格を有することになる。音源の定位よりも定量化は困難であるが、3次元が含まれることにより、実際の音源が同一平面的配置にある場合でさえも、音場についてのこの「広がり」と奥行き感覚が増す。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

したがって、サラウンドサウンドシステムにおいて現在用いられるのとほぼ同数のラウドスピーカにより、出現しつつある新しいオーディオ規格において規定されるようなマルチチャンネル録音による改善された臨場感のあるサウンド再生技術を提供することが本発明の主要かつ全般的な目的である。

【0007】

録音または伝送されたマルチチャンネルサウンドを、家庭、劇場、またはその他の傾聴場所において再生する方法および/またはシステムを提供することが本発明の別の目的であり、このシステムにより、ユーザは、そこで使用されているラウドスピーカの特定の配置用に傾聴位置で電子マトリクスを設定できる。

【0008】

これらの技術および方法を、ラウドスピーカが非共面的配置に置かれている場合に3次元音場の取り込みと再生に拡張することが本発明のさらなる目的である。

【0009】

【課題を解決するための手段】

これらの目的および付加的な目的は本発明により実現され、本発明では、簡潔かつ全体として、傾聴エリアを包囲するように配置された4つ以上のラウドスピーカを介した多重信号により音響場が確保および再生され、信号は、取得された音響場の指定数の空間高調波を、傾聴エリア周囲のスピーカの実際的に任意の配置により再生するように処理される。これにより、ラウドスピーカの位置についてどのような特有の制約も課されることなく、サウンド再生の臨場感が増す。

【0010】

システムが指定数の空間高調波を再生できる前に、スピーカがある特定のパターンに配置されることが必要とされるのではなく、存在するどのようなスピーカ位置も、再生レイアウトにおいてこの有利な結果を引き起こすためにマルチチャンネルサウンド信号の電子的符号化および/または復号化におけるパラメータとして用いられる。もし1つ以上のスピーカが移動されると、これらのパラメータは、再生されたサウンドの空間高調波を保存するように変更される。5つのチャンネルおよび5つのスピーカの使用は、本発明の様々な局面を例示するために以下で説明してある。

【0011】

本発明の1つの特定の局面によると、個々のモノラル音声は、マトリクスを用いて一緒にミックスされ、このマトリクスは、録音または音声伝送を形成する場合に、モノラル音声を角度を有して配置し、これらリスナーの周囲に想定されたスピーカ配置を通して再生される場合に、臨場感が改善される。サウンドの位置のそれぞれの側でスピーカを駆動す

10

20

30

40

50

る2つのチャンネルに所定のモノラル音声を単に送るのでなく、現在、標準的なパンニング技法によってなされているように、サウンドを所望の空間高調波で再生するために、全チャンネルが潜在的に含まれる。代表的用途は、一緒に演奏している複数のミュージシャンの録音のマスタリングにおけるものである。最初に、各楽器のサウンドが別々に録音され、次に、再生時に傾聴エリア周囲に配置されるようにミックスされる。空間高調波を維持するために全チャンネルを使用することにより、再生された音場は、ミュージシャンが演奏している室内に存在する音場により近いものになる。

【0012】

本発明の別の特定の局面によると、当初マスタリングされた時に想定されたものと異なるスピーカ配置に対応するため、マルチチャンネルサウンドは、家庭、劇場または再生場所
10
で再マトリクス化できる。所望の空間高調波は、スピーカの異なる実際の配置を用いて正確に再生される。これにより、改善されたサウンドの臨場感を失うことなく、スピーカ配置にしばしば制約が課される家庭内でとりわけ重要な、自由なスピーカ配置が可能になる。

【0013】

本発明のさらなる特定の局面によると、音場は最初に、複数の指向性マイクを用いて方向情報と共に取得される。マイク出力、あるいはマイク出力の当初の部分的マトリクス化の結果としての空間高調波信号が、記録または別個のチャンネルにより傾聴位置に伝送される。伝送された信号は、次に、記録位置の空間高調波と適合させたある数の空間高調波と
20
共に、記録された音場を再生するため、家庭または他の傾聴場所で、実際のスピーカ位置を考慮して再マトリクス化される。

【0014】

これらの種々の局面は、2次元または3次元空間高調波を用い得る。2次元のケースでは、当初の録音が2次元空間高調波に基づくものであると、スピーカ面上への3次元投影によるものであると、音波波面は主として同一平面にあるラウドスピーカ配置により再生される。3次元再生において、1つ以上のスピーカが、2次元面とは異なる高さに置かれる。同様に、3次元音場は、多重指向性マイクの非共面的配置により取得される。

【0015】

本発明の様々な局面の付加的な目的、特徴および利点は、本発明の好ましい実施形態から明白になるであろうが、これらの実施形態は、添付図面と関連して解釈されるべきである
30
。

【0016】

【発明の実施の形態】

2次元面における空間高調波の方法から論じることにする。この方法論の結果のいくつかは以下の通りである。すなわち、(1)任意数のスピーカへの供給に使用できるサラウンドサウンドの記録方法、(2)所定の空間高調波セットを正確に作り出すためのモノラルサウンドのパンニング方法、および(3)サラウンドサウンドを3チャンネルで蓄積または伝送する方法であって、その結果、チャンネルのうちの2つが標準ステレオミックスであり、第3のチャンネルを用いて、オリジナルの空間高調波を保存するサラウンド供給が再生できる。
40

【0017】

2次元の議論に続き、この同じ理論を3次元に拡張する。2次元において、空間高調波は、単一変数、すなわち角度 φ のフーリエ正弦および余弦級数に基づく。あいにく、3Dバージョンの数学は2Dについてほどクリーンかつコンパクトではない。複雑さを減じるのにどのような特に良い方法もなく、このため、2Dバージョンを最初に提示する。

【0018】

空間高調波の方法を3次元に拡張するため、次にルジャンドル関数および球面調和関数を簡潔に論じる。ある意味、これはフーリエ正弦および余弦級数の一般化である。フーリエ級数は1つの角度、 φ の関数である。級数は周期的である。これは円上の関数の表現として考えることができる。球面調和関数は、球面上に定義され、2つの角度、 θ と φ との関
50

数である。 φ は、0度がまっすぐ前方であり、90°が左であり、180°がまっすぐ後方である場合に定義される方位角である。 θ は偏角（上方および下方）で、0度ではまっすぐ頭上であり、90°では水平面であり、180°ではまっすぐ下方である。これらは点（ θ ， φ ）について図9において示してある。 θ の範囲が0～180°であるのに対して、 φ の範囲が0～360°（あるいは、-180°～180°）であることに留意されたい。

【0019】

2次元における空間高調波

図1には、人11が傾聴エリアの中央に示されており、このエリアは、スピーカSP1、SP2、SP3、SP4およびSP5により包囲されていて、これらのスピーカは、それらのサウンドを中心に送り出すように向けてある。この応用における説明のために角座標系が設定してある。前方スピーカSP1に面しているリスナー11の前方方向は、基準として、（ θ_1 ， φ_1 ）=（90°，0°）に位置するものと見なす。残りのスピーカSP2（前方左）、SP3（後方左）、SP4（後方右）およびSP5（前方右）の角位置は、その基準からそれぞれ（ θ_2 ， φ_2 ）、（ θ_3 ， φ_3 ）、（ θ_4 ， φ_4 ）、および（ θ_5 ， φ_5 ）である。ここで、スピーカは、実質的に平面である表面を定義する典型的な配置に置かれ、1つの例では、スピーカが置かれた部屋の床と平行な、 $\theta = 90^\circ$ の水平面である。この状況においては、 $\theta_1 - \theta_5$ の各々は90°であり、これらの θ は、さしあたり明示的に表わされず、図1から省略される。1つ以上のスピーカを、1つ以上の他のスピーカより高くする必要はないが、限定された空間に合わせるためになされることがある。 $\theta_i \neq 90^\circ$ の1つ以上のケースは下で論じる。

【0020】

単独の楽器からのような、モノラルサウンド13を、ゼロ基準から角度 φ_0 のスピーカが全くない位置に配置することが望まれる。通常、他の角度で同時に配置されることが望まれる他のモノラルサウンドがあるが、説明を単純にするため、ソース13のみをここでは示してある。多楽器音楽ソースについては、例えば、個々の楽器の音は典型的には、マスタリング工程の間、傾聴エリア周囲の種々の角度 φ_0 に配置される。各楽器の音は、少なくとも1つの別個のチャンネル上でモノラルに録音する1つ以上のマイクにより取得される。これらのモノラル録音は、マスタリング工程の間に音源の役割をする。代わりに、マスタリングは、別個の楽器マイクからリアルタイムで実行できる。

【0021】

マスタリング工程を説明する前に、空間周波数の概念を例示するため、図2A～Dを参照する。図2（A）は、傾聴エリアを包囲する空間を、角位置の観点から示すものである。スピーカSP1、SP2、SP3、SP4およびSP5それぞれの5つの位置は、音源13の所望の位置はそのまま示してある。音源13は、フーリエ展開として以下の通り表現し得る空間インパルスと見ることができ、

$$f(\phi) = a_0 + \sum_{m=1}^M (a_m \cos m\phi + b_m \sin m\phi) \quad (1)$$

式中、 m は個別の空間高調波の整数で、0～ M 個の高調波が再構成され、個々の高調波の1つの構成要素の係数であり、 a_m は各高調波の1つの成分の係数であり、 b_m は各高調波の直交成分の係数である。したがって、値 a_0 は、空間関数の零次の値である。

【0022】

空間零次は図2（B）に示してあり、空間インパルス音源13の大きさに伴って上下する空間全体の周りで等しい大きさを有している。図2Cは、1次空間関数を示すもので、空間周囲に1つの完全なサイクルを有しているのに対して、インパルス13の角度で最大値である。図2Dに例示されるように、2次空間関数は、空間周囲に2つの完全なサイクルを有している。数学的には、空間インパルス13は多数の次数により正確に表されるが、わずが数台のスピーカのみが用いられているという事実により、再生された音場に含まれ得る空間高調波の数には限界がある。もしスピーカの数（ $1 + 2n$ ）以上であれば（ n

はここでは再生しようとする高調波の数)、再生された音場のゼロから n の空間高調波が、オリジナルの音場中に存在するものと実質的にぴったり再生できる。逆に言えば、正確に再生できる空間高調波は、ゼロから n の高調波であり、ここで n は、傾聴エリアの周りに配置されたスピーカの数未満の整数の半分以下である最大の整数である。代わりに、特定のシステムにおいて再生されるように、考えられる空間高調波のこの最大数より小さい数が選択され得る。

【0023】

本発明の1つの特定の局面が図3に例示されており、これは、マルチチャンネル記録をマスタリングするために使用されるサウンドコンソールのいくつかの機能を図式的に示すものである。この例では、5つの信号 S_1 、 S_2 、 S_3 、 S_4 および S_5 は、おそらくデジタル形式で、テープのような適切な記録媒体の5つの別個のチャンネルに記録されている。これらの信号の各々は、個別のスピーカを駆動することになる。2つのモノラル音源17および19がミックスされて記録された信号 $S_1 - S_5$ になるのが例示されている。これらの音源17および19は、例えば、一緒にミックスされている種々の楽器のライブまたは記録された信号とすることができる。音源17および19の一方または双方は、合成的に生成または自然に記録されたサウンド効果、声および同様のものであってもよい。実際には、通常、記録を行うためにはそのような信号は2つよりずっと多く使用される。個々の信号は、記録トラックに1つずつ追加するか、同時記録用に一緒にミックスできる。

【0024】

図3に例示してあるものは、モノラルサウンドの「位置決め」技法である。すなわち、記録がサラウンドサウンドシステムを介して再生される時の音源17および19の各々の見かけの位置は、図1に関して上記で説明したように、マスタリング工程の間に設定される。現在、マスタリングコンソールの通常のパンニング技法は、モノラルサウンドを、記録された信号 $S_1 - S_5$ のうちの2つにのみ送り、これがそのサウンド用に要望される位置の両側にあるスピーカに、音源のリスナーに対する見かけの位置を決定する相対的な振幅と共に、供給する。しかし、これにはある種の臨場感が欠けている。したがって、図3に示されるように、各音源は、5つのチャンネルの各々へ、その場所から発している音場の、ある数の空間高調波、少なくとも零次および1次高調波を有する信号のセットを構築するために設定される相対利得と共に供給される。1つ以上のチャンネルは、特定信号の部分をそれでもなお全く受け取ることができないことがあるが、それは所定数の空間高調波が保存された結果であって、信号が2つのチャンネルのみに人為的に限定されているからではない。

【0025】

5つの別個のチャンネル $S_1 - S_5$ へのソース17信号の相対的寄与率は、個々の可変利得増幅器21、22、23、24および25により示される。これらの増幅器のそれぞれの利得 g_1 、 g_2 、 g_3 、 g_4 および g_5 は、制御プロセッサ29からの制御信号により回路27中に設定される。同様に、ソース19のサウンド信号は、チャンネル $S_1 - S_5$ の各々へそれぞれの増幅器31、32、33、34および35を通して送られる。増幅器31 - 35のそれぞれの利得 g_1' 、 g_2' 、 g_3' 、 g_4' および g_5' も、回路37を介して制御プロセッサ29により設定される。利得のこれらのセットは、制御盤45を介してのサウンドエンジニアからの入力から制御プロセッサ29により計算される。これらの入力は、ソース17および19からのサウンドの所望の配置の角度 θ (図1) および想定上のスピーカセット配置角度 $\phi_1 - \phi_5$ を含んでいる。計算されたパラメータも、任意に回路47を通して供給されて記録され得る。増幅器21 - 25それぞれの個々の出力は、それぞれの加算ノード39、40、41、42および43により増幅器31 - 35の出力と結合され、5つのチャンネル信号 $S_1 - S_5$ を提供する。これらの信号 $S_1 - S_5$ は結局、スピーカ $SP_1 - SP_5$ のそれぞれの1つを介して再生される。

【0026】

制御プロセッサ29は、モノラル音源の各々について1組の相対利得を計算するため、入力された情報から連立方程式を解くために動作するDSP(デジタル信号プロセッサ)を

10

20

30

40

50

含んでいる。個々の別個に置かれた音源の配置について解かれる 1 次方程式の原則セットは以下の通りに表し得る。

$$1 + 2 \sum_m \cos m(\phi_0 - \phi_i) = \sum_{j=1}^N g_j [1 + 2 \sum_m \cos m(\phi_j - \phi_i)] \quad (2)$$

式中、 ϕ_0 は、サウンド所望の見かけの位置の角度を表し、 ϕ_i および ϕ_j は、個々のチャンネルについてのラウドスピーカの配置に対応した角位置を表し、 i および j の各々は、1 からチャンネル数までの整数値を有し、 m は空間高調波を表し、この空間高調波は 0 から、再生時にオリジナル音場の高調波と整合させられる高調波の数まで達し、 N はチャンネルの総数であり、 g_j は個々のチャンネルの相対利得を表し、 i は 1 からチャンネル数まで達する。方程式が解かれるのは、この相対利得のセットについてである。添字 i および j の使用は、マトリクスについての通常の数学的表記に従い、 i はマトリクスの項の行数であり j は列数である。

【 0 0 2 7 】

チャンネル数 N 、およびスピーカ数も 5 であり、零次および 1 次空間高調波が正確に再生される特定の例においては、上記の 1 次方程式は下記のマトリクスとして表現し得る。

$$\begin{bmatrix} 1+2\cos(\phi_0-\phi_1) \\ 1+2\cos(\phi_0-\phi_2) \\ 1+2\cos(\phi_0-\phi_3) \\ 1+2\cos(\phi_0-\phi_4) \\ 1+2\cos(\phi_0-\phi_5) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1+2\cos(\phi_1-\phi_1) & 1+2\cos(\phi_2-\phi_1) & 1+2\cos(\phi_3-\phi_1) & 1+2\cos(\phi_4-\phi_1) & 1+2\cos(\phi_5-\phi_1) \\ 1+2\cos(\phi_1-\phi_2) & 1+2\cos(\phi_2-\phi_2) & 1+2\cos(\phi_3-\phi_2) & 1+2\cos(\phi_4-\phi_2) & 1+2\cos(\phi_5-\phi_2) \\ 1+2\cos(\phi_1-\phi_3) & 1+2\cos(\phi_2-\phi_3) & 1+2\cos(\phi_3-\phi_3) & 1+2\cos(\phi_4-\phi_3) & 1+2\cos(\phi_5-\phi_3) \\ 1+2\cos(\phi_1-\phi_4) & 1+2\cos(\phi_2-\phi_4) & 1+2\cos(\phi_3-\phi_4) & 1+2\cos(\phi_4-\phi_4) & 1+2\cos(\phi_5-\phi_4) \\ 1+2\cos(\phi_1-\phi_5) & 1+2\cos(\phi_2-\phi_5) & 1+2\cos(\phi_3-\phi_5) & 1+2\cos(\phi_4-\phi_5) & 1+2\cos(\phi_5-\phi_5) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} g_1 \\ g_2 \\ g_3 \\ g_4 \\ g_5 \end{bmatrix} \quad (3)$$

この一般マトリクスを、相対利得 $g_1 - g_5$ の所望のセットについて解く。

【 0 0 2 8 】

これは階数 3 のマトリクスであり、これを満たす多くの相対利得値があることを意味する。一意の利得セットを提供するためには、別の制約が付加される。そのような制約の 1 つは、第 2 の空間高調波がゼロであるというもので、これにより、上記のマトリクスの下側 2 行が変わる。

$$\begin{bmatrix} 1+2\cos(\phi_0-\phi_1) \\ 1+2\cos(\phi_0-\phi_2) \\ 1+2\cos(\phi_0-\phi_3) \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1+2\cos(\phi_1-\phi_1) & 1+2\cos(\phi_2-\phi_1) & 1+2\cos(\phi_3-\phi_1) & 1+2\cos(\phi_4-\phi_1) & 1+2\cos(\phi_5-\phi_1) \\ 1+2\cos(\phi_1-\phi_2) & 1+2\cos(\phi_2-\phi_2) & 1+2\cos(\phi_3-\phi_2) & 1+2\cos(\phi_4-\phi_2) & 1+2\cos(\phi_5-\phi_2) \\ 1+2\cos(\phi_1-\phi_3) & 1+2\cos(\phi_2-\phi_3) & 1+2\cos(\phi_3-\phi_3) & 1+2\cos(\phi_4-\phi_3) & 1+2\cos(\phi_5-\phi_3) \\ \cos(2\phi_1) & \cos(2\phi_2) & \cos(2\phi_3) & \cos(2\phi_4) & \cos(2\phi_5) \\ \sin(2\phi_1) & \sin(2\phi_2) & \sin(2\phi_3) & \sin(2\phi_4) & \sin(2\phi_5) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} g_1 \\ g_2 \\ g_3 \\ g_4 \\ g_5 \end{bmatrix} \quad (4)$$

【 0 0 2 9 】

一般マトリクスの解に課し得る別の制約は、速度ベクトル（約 750 ~ 1500 Hz の範囲内の遷移周波数以下の周波数）およびパワーベクトル（この遷移より上の周波数での）が実質的に整列されなければならないというものである。公知のように、人の耳は、遷移の上下の周波数範囲において、異なるメカニズムによってサウンドの方向を識別する。したがって、両方の周波数範囲へ潜在的に拡張するサウンドの見かけの位置は、耳には同じ場所から来るように見えるようにされる。これは、これらのベクトルの各々の角方向についての式を以下の通り同等に見なすことにより得られる。

10

20

30

40

$$\arctan \frac{\sum g_i \sin \phi_i}{\sum g_i \cos \phi_i} \approx \arctan \frac{\sum g_i^2 \sin \phi_i}{\sum g_i^2 \cos \phi_i} \quad (5)$$

速度ベクトル方向の定義は等号の左であり、パワーベクトルの定義は右である。パワーベクトルについては、利得項の平方を取ることは、高い周波数範囲への人の耳の反応のし方のモデルの近似であり、そのため個人間で多少変わり得る。

【 0 0 3 0 】

リスナー 1 1 の周囲に配置されるべきサウンドの各々について 1 セットの相対利得が制御プロセッサ 2 9 によりひとたび計算されると、結果として得られる信号 S 1 - S 5 は、記録 1 5 から再生され、スピーカ S P 1 - S P 5 の 1 つを個別に駆動できる。もしスピーカが、各音源の計算時に想定されたリスナー 1 1 周囲の角位置 $\phi_1 - \phi_5$ に正確に、またはそれらの位置に非常に近く位置すれば、すべての音源の位置は、リスナーにはサウンドエンジニアがそれらの音源を配置しようとした場所にあるように思われるであろう。これらの計算に含まれる 0 次、1 次、および任意のより高次の空間高調波も忠実に再生されるであろう。

【 0 0 3 1 】

しかしながら、家庭、劇場または録音が再生されるべき他の場所の物理的制約により、そのサウンドシステムのスピーカを置き得る場所がしばしば制約される。もし記録中に想定したものと異なる角度で傾聴エリア周囲に配置されると、個々の音源の空間化は最適ではないことがある。したがって、本発明の別の局面によれば、信号 S 1 - S 5 は、図 4 に例示されるように、リスナーのサウンドシステムによって再マトリクス化される。録音 1 5 から再生されるサウンドチャンネル S 1 - S 5 は、特定の実施例において、最初に高調波マトリクス 5 1 により、空間高調波信号 a_0 (零次高調波)、 a_1 および b_1 (1 次高調波) に変換される。1 次高調波信号 a_1 および b_1 は互いに直交している。

【 0 0 3 2 】

もし 0 次および 1 次空間高調波より高次のものが保存されるべきであれば、さらなる高調波各々について 2 つの付加的な直交信号がマトリクス 5 1 により生成される。次に、これらの高調波信号はスピーカマトリクス 5 3 への入力として働き、スピーカマトリクスがこれらの信号を信号 S 1'、S 2'、S 3'、S 4' および S 5' の修正されたセットに変換され、これらの信号は、種々のスピーカ位置が想定されて録音 1 5 が当初マスタリングされた時に意図された再生サウンドの改善された臨場感を提供するように、一意に配置されたスピーカを駆動する。これは、制御プロセッサ 5 9 からのそれぞれの利得制御回路 5 5 および 5 7 を介してマトリクス 5 1 および 5 3 中に設定される相対利得により達成される。プロセッサ 5 9 は、サウンドトラックによって記録および再生されたマスタリングパラメータ、第 1 に想定されたスピーカ角度 ϕ_1 、 ϕ_2 、 ϕ_3 、 ϕ_4 、および ϕ_5 、ならびに制御盤 6 1 を介してリスナーにより制御プロセッサに供給される対応する実際のスピーカ角度 β_1 、 β_2 、 β_3 、 β_4 および β_5 からこれらの利得を計算する。

【 0 0 3 3 】

高調波マトリクス 5 1 のアルゴリズムは、3 つずつ 5 組に配置された 1 5 個の可変利得増幅器を用いて例示してある。増幅器のうちの 3 つは、記録から再生されるサウンド信号 S 1 - S 5 の各々を受信するように接続されている。増幅器 6 3、6 4 および 6 5 は S 1 信号を受信し、増幅器 6 7、6 8 および 6 9 は S 2 信号を受信し、以下同様である。これらの 5 つのグループの各々の 1 つの増幅器からの出力は、 a_0 出力信号を有する加算ノード 8 1 に接続され、これらの 5 つのグループの各々の別の増幅器からの出力は、 a_1 出力信号を有する加算ノード 8 3 に接続され、各グループの第 3 の増幅器からの出力は、第 3 の加算ノード 8 5 に接続され、このノードの出力は b_1 信号である。

【 0 0 3 4 】

マトリクス 5 1 は、記録 1 5 から再生されるオーディオ信号 S 1 - S 5 およびマスタリング中に想定されるスピーカ角度 ϕ_1 、 ϕ_2 、 ϕ_3 、 ϕ_4 、および ϕ_5 のみから、下記のように

中間信号 a_0 、 a_1 および b_1 を計算する。

$$a_0 = S1 + S2 + S3 + S4 + S5$$

$$a_1 = S1 \cos \phi_1 + S2 \cos \phi_2 + S3 \cos \phi_3 + S4 \cos \phi_4 + S5 \cos \phi_5 \quad (6)$$

$$b_1 = S1 \sin \phi_1 + S2 \sin \phi_2 + S3 \sin \phi_3 + S4 \sin \phi_4 + S5 \sin \phi_5$$

したがって、マトリクス 5 1 として示されるこのアルゴリズムの説明において、増幅器 6 3、6 7、7 0、7 3 および 7 6 は単位利得を有し、増幅器 6 4、6 8、7 1、7 4 および 7 7 は、想定されたスピーカ角度の余弦関数であるものより小さい利得を有し、増幅器 6 5、6 9、7 2、7 5 および 7 8 は、想定されたスピーカ角度の正弦関数であるものより小さい利得を有する。

【0035】

マトリクス 5 3 は、これらの信号を取り、新しい信号 $S1'$ 、 $S2'$ 、 $S3'$ 、 $S4'$ および $S5'$ を供給して、傾聴エリアを取り囲む一意の位置を有するスピーカを駆動する。図 4 に示される処理の説明には、信号 a_0 を受信する 5 つの増幅器 8 7 - 9 1、信号 a_1 を受信する 5 つの増幅器 9 2 - 9 7、および信号 b_1 を受信する 5 つの増幅器 9 8 - 1 0 3 でグループ化された 1 5 の可変利得増幅器 8 7 - 1 0 3 が含まれる。これら 3 グループの各々の増幅器の一意のものの出力は、加算ノード 1 0 5 へ入力进行供給し、これらのグループの各々の別のものの出力は、加算ノード 1 0 7 へ入力进行供給し、他の増幅器は、図示されるように、それらの出力が同様な方法でノード 1 0 9、1 1 1 および 1 1 3 に接続されている。

【0036】

増幅器 8 7 - 1 0 3 の相対利得は、実際のスピーカ角度 β に依存する連立方程式の以下のセットを満たすように設定される。

$$\sum_{j=1}^N [1 + 2 \cos(\beta_j - \beta_i)] S_j' = a_0 + a_1 \cos \beta_i + b_1 \sin \beta_i \quad (7)$$

式中、この例では $N = 5$ であり、結果として、 i および j は、1、2、3、4 および 5 の値を有する。この結果は、家庭、劇場または他のユーザが、ラウドスピーカの位置により取られた特定の角度を「ダイヤル・イン」できることであり、これは、マスタリング技術が提供する改善された空間性能を維持するために、その時々に変更することさえできる。

【0037】

実際のスピーカ位置角度 β についての上記の連立方程式のマトリクス式は以下の通りで、ここではゼロに等しい第 2 の空間高調波の条件も課される。

$$\begin{bmatrix} 1+2\cos(\beta_1-\beta_1) & 1+2\cos(\beta_2-\beta_1) & 1+2\cos(\beta_3-\beta_1) & 1+2\cos(\beta_4-\beta_1) & 1+2\cos(\beta_5-\beta_1) \\ 1+2\cos(\beta_1-\beta_2) & 1+2\cos(\beta_2-\beta_2) & 1+2\cos(\beta_3-\beta_2) & 1+2\cos(\beta_4-\beta_2) & 1+2\cos(\beta_5-\beta_2) \\ 1+2\cos(\beta_1-\beta_3) & 1+2\cos(\beta_2-\beta_3) & 1+2\cos(\beta_3-\beta_3) & 1+2\cos(\beta_4-\beta_3) & 1+2\cos(\beta_5-\beta_3) \\ \cos(2\beta_1) & \cos(2\beta_2) & \cos(2\beta_3) & \cos(2\beta_4) & \cos(2\beta_5) \\ \sin(2\beta_1) & \sin(2\beta_2) & \sin(2\beta_3) & \sin(2\beta_4) & \sin(2\beta_5) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} S1' \\ S2' \\ S3' \\ S4' \\ S5' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_0 + a_1 \cos \beta_1 + b_1 \sin \beta_1 \\ a_0 + a_1 \cos \beta_2 + b_1 \sin \beta_2 \\ a_0 + a_1 \cos \beta_3 + b_1 \sin \beta_3 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (8)$$

増幅器 8 7 - 1 0 3 の相対利得の値は、実際のスピーカ位置角度 $\beta_1 - \beta_5$ で回路マトリクス 5 3 の出力信号 $S1' - S5'$ についての上記のマトリクスを解いた結果である係数 a_0 、 a_1 および b_1 を満たすように選ばれる。

【0038】

前述の説明では、マスタリングおよび再生プロセスを、図 3 および図 4 の各々におけるブロック 1 5 により示されるように、記録を含むものとして扱った。しかしながら、これらのプロセスは、ブロック 1 5 を介した、1 つ以上の再生位置へのマスタリングされたサウンドのリアルタイム伝送がある場合にも用い得る。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 9 】

図 3 および図 4 に関する説明は、主として 3 次元音場のマスタリングに向けられ、あるいは個々のモノラル音源からのものに少なくとも寄与する。図 5 を参照すると、音場を 3 次元で表現する信号からの記録またはサウンド伝送のマスタリングのための技術が例示してある。3 つのマイク 1 2 1、1 2 3 および 1 2 5 は同一であり、音場に関して配置され、1 組のサラウンドサウンドスピーカにおける音場の再生を可能にする音場情報を含むオーディオ信号 m_1 、 m_2 および m_3 を作り出す。そのようなマイクを、例えばシンフォニーホールに配置することにより信号が作り出され、この信号から、臨場感ある指向性を伴う音響効果を再構成し得る。

【 0 0 4 0 】

1 2 7 に示されるように、これら 3 つの信号は直ちに記録または 3 つのチャンネル中の伝送により配送できる。次に、 m_1 、 m_2 および m_3 信号は、家庭、劇場および / またはその他の場所で再生、処理および再生される。再生システムは、マイクマトリクス回路 1 2 9 とスピーカマトリクス回路 1 3 1 とを含んでおり、これらはそれぞれの回路 1 3 5 および 1 3 7 を介して制御プロセッサ 1 3 3 により操作される。これにより、傾聴エリア周囲のラウドスピーカの特定の一意的な配置でオリジナルな音場を正確に再生するため、スピーカに供給される信号 $S_1 - S_5$ を最適化するように、マイク信号を傾聴位置で制御および処理することが可能になる。マトリクス 1 2 9 は、マイク信号 m_1 、 m_2 および m_3 から、零次および 1 次空間高調波信号 a_0 、 a_1 および b_1 を展開する。スピーカマトリクス 1 3 1 はこれらの信号を取り込み、図 4 のマトリクス 5 3 について説明したのと同じアルゴリズムで個々のスピーカ信号 $S_1 - S_5$ を生成する。制御盤 1 3 9 により、傾聴位置のユーザは、マトリクス 1 3 1 による使用のための正確なスピーカ位置、および必要とされる他の任意のパラメータも指定できる。

【 0 0 4 1 】

図 6 の配置は、記録または伝送される信号において異なること以外は、図 5 の配置と非常に似ている。1 2 7 (図 5) でマイク信号を記録または伝送する代わりに、マイクマトリクス化 1 2 9 は、サウンド発生位置 (図 6) で実行されて、結果として得られる音場の空間高調波 a_0 、 a_1 および b_1 は 1 2 7' で記録または伝送される。制御プロセッサ 1 4 1 および制御盤 1 4 3 はマスタリング場所で使われる。制御プロセッサ 1 4 5 および制御盤 1 4 7 は傾聴場所で使われる。図 6 のシステムの利点は、記録または伝送された信号が用いたマイクのタイプおよび配置に依存せず、したがってこれらの情報は傾聴場所で知る必要がないことである。

【 0 0 4 2 】

図 5 および図 6 のマイクマトリクス 1 2 9 の例を図 7 に示す。3 つのマイク信号 m_1 、 m_2 および m_3 の各々は、3 つの可変利得増幅器のバンクへの入力である。信号 m_1 は増幅器 1 5 1 - 1 5 3 に、信号 m_2 は増幅器 1 5 4 - 1 5 6 に、信号 m_3 は増幅器 1 5 7 - 1 5 9 に適用される。増幅器の各バンクの 1 つの出力は、結果としてゼロ空間高調波信号 a_0 になる加算ノードに接続される。また、各バンクの増幅器出力の別の 1 つは加算ノード 1 6 3 に接続され、結果として第 1 空間高調波信号 a_1 になる。さらに、各バンクの第 3 増幅器の出力は、加算ノード 1 6 5 において一緒に接続され、第 1 高調波信号 b_1 を供給する。

【 0 0 4 3 】

増幅器 1 5 1 - 1 5 9 の利得は、回路 1 3 5 を介して制御プロセッサ 1 3 3 または 1 4 1 (図 5 または図 6) により個別に設定される。これらの利得により、マイクマトリクス 1 2 9 の伝達関数が定義される。必要な伝達関数は、使われているマイク 1 2 1、1 2 3 および 1 2 5 のタイプと配置とに依存する。図 8 は、1 つの特定のマイク配置を例示するものである。マイクは同一のものとし得るが、そうでなくてもよい。マイクのうちの 1 つだけを全方向性とし得る。特定の例として、各々はカージオイドパターンを有する音圧傾度型マイクである。これらは、Y 字パターンに配置され、それらの主要感度軸は、矢印の方向に外方に向けられている。マイク 1 2 1 および 1 2 5 の方向は、他のマイク 1 2 3 の方向軸の反対側に、角度 α で配置される。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 4 】

この特定の例において、マイク信号は以下のように表すことができ、ここで v は、マイク 1 2 3 の方向軸に関しての音源角度である。

$$\begin{aligned} m_1 &= 1 + \cos(v - \alpha) \\ m_2 &= 1 - \cos v \\ m_3 &= 1 + \cos(v + \alpha) \end{aligned} \quad (9)$$

マトリクス 1 2 9 の 3 つの空間高調波出力は、その 3 つのマイク信号入力について、以下のようになる。

$$a_0 = \frac{\frac{(m_1 + m_3)}{2} + m_2 \cos \alpha}{1 + \cos \alpha} \quad 10$$

$$a_1 = \frac{\frac{(m_1 + m_3)}{2} - m_2}{1 + \cos \alpha} \quad (10)$$

$$b_1 = \frac{m_1 - m_3}{2 \sin \alpha} \quad 20$$

これらは 1 次方程式なので、増幅器 1 5 1 - 1 5 9 の利得は、これらの方程式の m_1 、 m_2 および m_3 項それぞれの係数である。

【 0 0 4 5 】

説明を明瞭にするため、様々なサウンド処理アルゴリズムをアナログ回路について説明してきた。説明したマトリクスのいくつかまたはすべてをこの方法で実施できるが、記録または伝送用に信号を符号化する場合に商業的に利用可能なデジタルサウンドマスタリングコンソールで、および再生装置のデジタル回路において、これらのアルゴリズムを傾聴位置で実施するのがより便利である。次に、マトリクスは、上記で説明したアルゴリズムを実行する供給されたソフトウェアまたはファームウェアコードに応答して、装置内でデジタル形式に形成される。

【 0 0 4 6 】

マスタリングおよび再生の双方において、マトリクスは、予期されるまたは実際のスピーカ位置を含むパラメータにより形成される。これらのスピーカ位置には制約はほとんどない。スピーカ位置がどのようなものであれ、それらは種々のアルゴリズムにおいてパラメータとして考慮される。改善された臨場感は、正反対に置いたスピーカ対、矩形の部屋の床および天井の隅に置いたスピーカ、他の特定の直線的配置等の使用のような、他のものにより必要であると示唆される特定のスピーカ位置を必要とせずに行われる。むしろ、本発明の処理により、最初にスピーカを傾聴エリア周囲の所望の場所に配置でき、次にそれらの位置は、信号を得るための信号処理におけるパラメータとして用いられ、その信号は、それらのスピーカを介して、オリジナルのオーディオ波面の空間高調波と実質的にちょうど同じ指定された数の空間高調波によって音を再生する。

【 0 0 4 7 】

上記の例において忠実に再生される空間高調波は零次および 1 次高調波であるが、より高次の高調波も、もしそのために十分なスピーカが使用されるのであれば再生し得る。さらに、信号処理は、再生される全周波数について同じであり、高品質システムは、下は数十ヘルツから 20,000 Hz 以上まで広がっている。2 つの周波数帯における別個の信号処理は必要ではない。

【 0 0 4 8 】

3次元表現

これまで論じてきたのは、ロードスピーカと音源とを1つの平面に置くことによる2次元空間高調波の方法を提示するものであった。この同じ理論は、3次元へ拡張できる。その場合、3次元空間高調波展開の第0および第1項を伝送するために4つのチャンネルが必要となる。これは、2つのチャンネルが標準のステレオミックスを運び、他の2つのチャンネルはリスナー周囲の任意数のスピーカ用の供給をもたらすような同じマトリクス化特性を有している。あいにく、3Dバージョンの場合の数学は2Dの場合ほどクリーンかつコンパクトではない。複雑さを減らすどのようなうまい方法もない。

【 0 0 4 9 】

空間高調波の方法を3次元に拡張するため、ルジャンドル関数および球面調和関数を手短かに論じる必要がある。ある意味で、これはフーリエ正弦および余弦級数の一般化である。フーリエ級数は1つの角度、 φ の関数である。この級数は周期的であり、円上の関数を表すために使用できる。フーリエ正弦および余弦級数が、円上の直交関数の完全セットであるように、球面調和関数は、球体表面で定義された直交関数の完全セットである。そのようなものとして、球上のどのような関数も、一般化フーリエ級数中の球面調和関数により表すことができる。

【 0 0 5 0 】

球面調和関数は、球上の2つの座標、すなわち角度 θ と φ との関数である。これらは図9に示してあり、そこでは、球面上の点がペア (θ, φ) によって表され、 φ は方位角である。0度はまっすぐ前方である。90°は左である。180°はまっすぐ後方である。 θ は偏角(上下)である。0度はまっすぐ上方である。90°は水平面であり、180°はまっすぐ下方である。 θ の範囲が0~180°であるのに対して、 φ の範囲は0~360°(または-180°~180°)であることに留意されたい。2次元での議論において、角変数 θ は伏せられ、90°に等しいものとされてきた。より一般的には、両方の角度が含まれる。例えば、図1におけるスピーカSP1、SP2、SP3、SP4およびSP5の位置は、ここではそれぞれの角度ペア (θ_1, φ_1) 、 (θ_2, φ_2) 、 (θ_3, φ_3) 、 (θ_4, φ_4) および (θ_5, φ_5) により与えられ、ここで θ_1 は、0°~180°の範囲のどこかに位置する。図1および図8は、示された要素の同一平面上の配置または特定の平面部分空間上への3次元状況の投影と見なすことができる。

【 0 0 5 1 】

球面調和関数の一般的な定義は、ルジャンドルの多項式で始まり、これは以下のように定義される。

$$P_n(\mu) \equiv \frac{1}{2^n n!} \frac{d^n}{d\mu^n} (\mu^2 - 1)^n \quad (11)$$

これらから、ルジャンドルの関連関数を定義でき、それらは以下のように定義される。

$$P_n^m(\mu) \equiv (-1)^m (1 - \mu^2)^{m/2} \frac{d^m P_n(\mu)}{d\mu^m} \quad (12)$$

式中、 $P_0(\cos \theta) = 1$ 、 $P_1(\cos \theta) = \cos \theta$ 、 $P_1^1(\cos \theta) = -\sin \theta$ 、等である。ルジャンドルの多項式および関連関数の双方は直交している(ただし、正規直交でない)。何人かの著者が若干難しく定義しているので、これらの特定の定義を与えた。もし代替の定義の1つが用いられれば、下記の方程式は適宜変更しなければならない。

【 0 0 5 2 】

これらは多項式であるけれども、以下の置換によって周期関数に変えることができる。

$$\mu \equiv \cos \theta \quad (13)$$

これらから、極座標中の関数の展開を下記の通り行える。

$$f(\theta, \phi) = \sum_{n=0}^{\infty} \left\{ A_n P_n(\cos \theta) + \sum_{m=1}^n (A_{nm} \cos m\phi + B_{nm} \sin m\phi) P_n^m(\cos \theta) \right\} \quad (14)$$

関数 $P_n(\cos \theta)$ 、 $\cos m\phi P_n^m(\cos \theta)$ 、および $\sin m\phi P_n^m(\cos \theta)$ は、球面調和関数と呼ばれる。この展開は方程式(1)のフーリエ級数と等価であるが、実際にこれ導き出すのは比較的面倒である。1つのアプローチは、 θ の値を固定、すなわち 90° にすることである。残りの項は、フーリエ正弦および余弦級数と等しいものにまとめられる。係数 (A_n , A_{nm} , B_{nm}) は、方程式(1)における係数 (a_0 , a_m , b_m) を $n \neq 0$ について一般化する。

【0053】

円上で定義されたばかりの関数については、次数0からTまでの高調波を含んでいる級数用の $1 + 2T$ 個の係数がある。球面調和関数展開については、もし次数Tまでの高調波が含まれていれば、係数の総数は $(T + 1)^2$ であり、球が2次元表面なので平方が現れる。したがって、1次までの高調波を保存するには、3つの項 a_0 、 a_1 、および b_1 の代わりに、4つの項 A_0 、 A_1 、 A_{11} 、および B_{11} が今度は必要になる。

【0054】

サウンドに適用される場合には、これは、リスナーの位置に集中された空間中の点における微視的な球の表面の音圧と見なすことができる。この拡張は、リスナー周りの任意の方向から生じ得る音のためにパンマトリクスおよびマイク処理の生成を介して指針として用い得る。

【0055】

2Dの議論におけるように、近似しようとする球上の関数は、リスナーへの方向 (θ_0 , ϕ_0) の単位インパルスであると見なされ、付加的な座標 θ が今度は明示的になる。コンパクトにするため、 μ_0 を以下のように定義する。

$$\mu_0 \equiv \cos \theta_0 \quad (15)$$

その方向の単位インパルスの拡張は、計算できて以下ようになる。

$$f_0(\theta, \phi) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{2n+1}{2\pi} \left\{ \frac{1}{2} P_n(\mu_0) P_n(\mu) + \sum_{m=1}^n \frac{(n-m)!}{(n+m)!} \cos m(\phi - \phi_0) P_n^m(\mu_0) P_n^m(\mu) \right\} \quad (16)$$

多くの様々な位置 (θ_0 , ϕ_0) の多重点ソースまたは非点ソースについては、この関数は、これらの点の合計または分布の積分でそれぞれ置き換えられる。

【0056】

ここでの議論は、球面座標から生じる3次元高調波を用いてなされているが、3次元での他の直交関数のセットも同様に用い得るであろう。対応する直交関数が、方程式(16)および他の方程式において代わりに用いられるであろう。例えば、もし傾聴エリアの3次元的スピーカ配置の幾何学が特有の座標系に適合するか、あるいはリスナーに対応している点の周りの微視的表面がマイク配置または特性のために非球形であれば、回転楕円体座標系の1つおよび対応する直交展開が用いられるであろう。

【0057】

図1に戻ると、リスナー周囲に (θ_1 , ϕ_1)、(θ_2 , ϕ_2)、...、(θ_N , ϕ_N) の角度でN個のスピーカが置かれているが、 $N = 5$ の模範的な値およびそれぞれが $\theta_i = 90^\circ$ は、もはや用いられない。スピーカ各々への利得、 g_i は、結果として得られる中心における点の周りの音場が、所望の音場 ($f_0(\theta, \phi)$ 上記) とできるだけうまく一致するように求められる。これらの利得は、結果として得られる音場と所望の音場との間の積分した平方差をできるだけ小さくすることにより得られる。この最適化の結果は以下のマトリクス方程式であり、これは左辺と右辺を切り換えて方程式(2)を一般化させる。

$$B G = S \quad (17)$$

式中、Gはスピーカ利得の列ベクトルである。

$$G^T = [g_1 \dots g_N] \quad (18)$$

マトリクスBの成分は以下のように計算できる。

$$b_{ij} = \sum_{n=0}^{2n+1} \frac{1}{2\pi} \left\{ \frac{1}{2} P_n(\mu_i) P_n(\mu_j) + \sum_{m=1}^n (-1)^m \frac{(n-m)!}{(n+m)!} \cos m(\phi_i - \phi_j) P_n^m(\mu_i) P_n^m(\mu_j) \right\} \quad (19)$$

10

さらに、

$$S = [b_{10} \dots b_{N0}]^T \quad (20)$$

【0058】

方程式(19)は、項 $(-1)^m$ を除けば、一定の方向の単位インパルスについての方程式(16)における展開に類似していることに留意すべきである。最初の合計は上限なしで書かれているが、実際には、これは有限の合計である。マトリクスBの階数は、展開項がいくつ保存されるかによる。もし第0および第1項が保存されれば、Bの階数は4になるであろう。もう1つの項が取られれば、階数は9になるであろう。Bの階数により、その多くの展開項に一致させるために必要なスピーカの最小数も決定される。

【0059】

20

どのような数のスピーカも用い得るが、もしスピーカ数が、T次高調波に対応する完全平方数 $(T+1)^2$ でなければ、連立方程式は未決定である。未決定系を解くための種々の方法がある。1つの方法は、マトリクスBの擬似逆数を用いて系を解くことである。これは、最小ノルム解を選ぶことと等しく、完全に許容できる解がもたらされる。別の方法は、いくつかのより高次の高調波をゼロにする方程式で系を増大させることである。これには、階数を保存するBの最小数の行を取ること、次に下記の形式の行を加えることが含まれる。

$$[P_{n+1}(\mu_1) \dots P_{n+1}(\mu_N)] = [0] \quad (21a)$$

または

$$[\cos \phi_1 P_{n+1}^m(\mu_1) \dots \cos \phi_N P_{n+1}^m(\mu_N)] = [0] \quad (21b)$$

30

または

$$[\sin \phi_1 P_{n+1}^m(\mu_1) \dots \sin \phi_N P_{n+1}^m(\mu_N)] = [0] \quad (21c)$$

これらの方程式は、上記の方程式(3)を方程式(4)に変えるために用いられたプロセスの一般化である。これらのどれが取られるかは厳密には大きな影響を与えない。各付加行は、最高限の階数に達するまで、マトリクスの階数を増やす。

【0060】

したがって、本発明者は、3次元のいくつかの空間高調波を正確に保存する多重スピーカにシングル(モノフォニック)音源をパンするためのスピーカ利得を作り出すために必要なマトリクス方程式を導き出した。

【0061】

40

図3および図4は、5つの信号にミックスされた2つのモノラルソースの共面の例の場合のマスタリングおよび再構成プロセスを例示するもので、これらの信号は、1次を介して空間高調波に変換され、最終的に修正された信号のセットにマトリクス化された。そこで言及されたように、共通のマルチチャンネル構成は、映画および家庭映画サウンドトラックの5.1フォーマットであるので、記録である5つの信号と出力としての5つの修正信号の選択が便利であるけれども、これらの特定の選択のうちのいずれも、様々に取り得た。代替りのマルチチャンネル記録および再生方法は、例えば、James A. Mooreによる2000年2月17日出願の同時継続米国特許出願第09/505,556号「CD再生拡大」に記載されるものであり、これはこの参照により本明細書に組み入れられる。

50

【 0 0 6 2 】

図 3 および図 4 の配置は、3 次元高調波を含むように適用され、主要な変更は、もし T までの高調波が保存されるならば、 $(1 + 2T)$ 信号の代わりに、今度は $(T + 1)^2$ 信号が高調波マトリクス 5 1 の出力になることである。したがって、1 次を介して高調波を保存するには、3 つの項 (a_0, a_1, b_1) の代わりに 4 つの項 $(A_0, A_1, A_{11}, B_{11})$ が必要となる。さらに、今度は制御プロセッサ 5 9 は、個々の方位角 ϕ_i および β_j の代わりに、想定されたスピーカ角度のペア (θ_i, φ_i) および実際のスピーカ角度のペア (γ_j, β_j) から利得を計算しなければならず、 (γ_j, β_j) は再び制御盤 6 1 を介して提供される。最後に、3 次元用に便利な 1 つの選択は、非共面のケースの、6 つの信号 $S_1 - S_6$ および 6 つの信号 $S_1' - S_6'$ の修正セットを用いることである。いずれにせよ、2 D のケースで少なくとも 3 つの非共線的スピーカが必要なと同様に、球面調和関数には少なくとも 4 つの非共面スピーカが必要である。なぜならば、球を定義するためには、少なくとも 4 つの非共面点が必要であり、3 つの非共線点が平面上に円を定義するからである。

10

【 0 0 6 3 】

6 つのスピーカが便利な選択である理由は、それにより、媒体 1 5 上に記録または伝送された 4 つないし 5 つのトラックを共面配置用にミックスし、残りの 2 つないし 1 つのトラックを平面から離れて置いたスピーカ用とすることができるからである。これにより、高くしたスピーカ無しでまたは球面調和関数用の再生装置なしで、リスナーは、4 つないし 5 つの共面トラックにアクセスしかつ使うことが可能になる一方で、リスナー用に完全な 3 次元再生能力と共に残りのトラックが媒体上で依然として利用可能である。これは、従来のステレオ再生において 2 つのチャンネルを用い得る 2 D のケースについて上記で説明した状況と類似しているが、付加的チャンネルは、音場の再生に利用できる。6 つのチャンネルの 3 D のケースでは、2 つのチャンネルはステレオミックスに用いられ、4 チャンネルサラウンドサウンド録音用に 2 つのチャンネルで増強され、最後の 2 チャンネルは、6 つのチャンネルを介して再生をさらに増強して次元音場を提供するために利用可能である。リスナーは、例えば上記の参照により含まれる同時継続出願「C D 再生拡大」に記載されるような、記憶された媒体から必要なチャンネル数にアクセスできるであろう。

20

【 0 0 6 4 】

図 3 に戻ると、この例での修正は、各モノラルソース用の 1 つの追加の増幅器および付加的信号 S_6 を媒体 1 5 に供給するために追加されたものを含むことである。その場合、制御盤 2 9 は、ソースの各々についての付加的利得も供給し、すべての利得は、想定されたスピーカ配置の方位角位置からだけでなく偏角からも導き出される。同様に図 4 においては、6 つの信号 $S_1 - S_6$ の各々は、マトリクス 5 1 中の 4 つの増幅器に供給し、この例における 4 つの出力を 0 次および 1 次高調波を用いて作り出すため、 A_0, A_1, A_{11}, B_{11} (あるいは、より一般的には、これらの 4 つの独立した 1 次結合) に対応する 4 つの加算ノードについて 1 つが供給する。マトリクス 5 3 は、これら 4 つの高調波の各々について 6 つの増幅器を有し、6 つの修正信号 $S_1' - S_6'$ のセットを作り出している。この場合もやはり、実際のスピーカ配置の方位角位置だけでなく偏角も使われる。より一般的に、制御盤 6 1 は、他のスピーカと同じ球面上にないどのようなスピーカについての半径情報も制御プロセッサ 5 9 に供給することもできるであろう。その場合、制御プロセッサ 5 9 は、この情報マトリクス 5 3 を使って、対応する修正信号を作り出し、遅延を導入することにより異なる半径の補償、波面拡散の補償、またはその両方を行えるであろう。

30

40

【 0 0 6 5 】

この配置において、上記の方程式 (6) に相当するものは以下になる。

$$\begin{aligned}
A_0 &= S1 + S2 + S3 + S4 + S5 + S6 \\
A_1 &= S1 \cos \theta_1 + S2 \cos \theta_2 + S3 \cos \theta_3 + S4 \cos \theta_4 + S5 \cos \theta_5 + S6 \cos \theta_6 \\
A_{11} &= S1 \cos \phi_1 \sin \theta_1 + S2 \cos \phi_2 \sin \theta_2 + S3 \cos \phi_3 \sin \theta_3 \\
&\quad + S4 \cos \phi_4 \sin \theta_4 + S5 \cos \phi_5 \sin \theta_5 + S6 \cos \phi_6 \sin \theta_6 \\
B_{11} &= S1 \sin \phi_1 \sin \theta_1 + S2 \sin \phi_2 \sin \theta_2 + S3 \sin \phi_3 \sin \theta_3 \\
&\quad + S4 \sin \phi_4 \sin \theta_4 + S5 \sin \phi_5 \sin \theta_5 + S6 \sin \phi_6 \sin \theta_6
\end{aligned} \tag{6'}$$

スピーカのうちの4つ、すなわちS1 - S4を、部屋の床に平行な典型的な共面配置、 $\theta_1 - \theta_4 = 90^\circ$ となるようにすると、方程式(6')はかなり単純になる。さらに、完全な3次元表現を持つことにより、 θ sおよび ϕ sを固定することによって、傾聴エリアの他の任意の面上への2次元投影を実現できる。

【0066】

標準的な指向性マイクは、零次および1次空間球面調和関数として表現されうるピックアップパターンを有している。標準的な音圧傾度マイクのパターンについての方程式は以下の通りである。

$$m(\theta, \phi) = C + (1 - C) \{ \cos \theta \cos \theta + \sin \theta \sin \theta \cos(\phi - \Phi) \} \tag{22}$$

式中、 θ および ϕ は、マイク主軸の球座標中の角度である。すなわち、これらは、マイクが「指している」方向である。方程式(22)は方程式(9)のより一般的な形である。それらの方程式は、両者の全体因数まで、それぞれのマイク m_1 、 m_2 、または m_3 について $C = 1/2$ 、 $\theta = \Theta = 90^\circ$ 、 $\phi = \nu$ 、および $\Phi = \alpha$ 、0、または $-\alpha$ とした方程式(22)に対応する。定数Cはマイクの「指向性」と呼ばれ、マイクのタイプにより決定される。Cは全方向性マイクについてのものであり、「8字」マイクについてはゼロである。中間値により、カージオイド(1/2)、ハイパーカージオイド(1/4)、スーパーカージオイド(3/8)、およびサブカージオイド(3/4)のような標準ピックアップパターンが得られる。4つのマイクで、3D音場の零次および1次空間高調波を以下のように回復し得る。

$$\begin{bmatrix} A_0 \\ A_1 \\ A_{11} \\ B_{11} \end{bmatrix} = D \begin{bmatrix} m_1 \\ m_2 \\ m_3 \\ m_4 \end{bmatrix} \tag{23}$$

この方程式は、方程式(10)の2D零次および1次空間高調波に対応する。この方程式の左辺の空間高調波係数は、市販の音場マイクにおいてW、Y、Z、およびXと呼ばれることがある。これら4つの係数による3次元音場の表現は、「B-フォーマット」と呼ばれることがある。(この術語は、「A-フォーマット」と呼ばれることがある直接的なマイクロ供給と単に区別するためである。)

【0067】

項 m_1 、...、 m_M は、角度 (Θ_1, Φ_1) 、...、 (Θ_M, Φ_1) におけるM個の音圧傾度マイクを指す。マトリクスDはその逆数により以下のように定義し得る。

$$D^{-1} = \begin{bmatrix} C_1 & (1-C_1)\cos\Theta_1 & (1-C_1)\sin\Theta_1\cos\Phi_1 & (1-C_1)\sin\Theta_1\sin\Phi_1 \\ C_2 & (1-C_2)\cos\Theta_2 & (1-C_2)\sin\Theta_2\cos\Phi_2 & (1-C_2)\sin\Theta_2\sin\Phi_2 \\ C_3 & (1-C_3)\cos\Theta_3 & (1-C_3)\sin\Theta_3\cos\Phi_3 & (1-C_3)\sin\Theta_3\sin\Phi_3 \\ C_4 & (1-C_4)\cos\Theta_4 & (1-C_4)\sin\Theta_4\cos\Phi_4 & (1-C_4)\sin\Theta_4\sin\Phi_4 \end{bmatrix} \quad (24)$$

【 0 0 6 8 】

このマトリクスの各行は、マイクの1つの方向パターンである。4つのマイクが、球面調和関数展開の0次および1次項についてのすべての係数を明白に決定する。マイクの角度は、識別可能（同じ方向を指しているマイクが2つないこと）かつ非共面（それが、2つではなく1つの角度次元のみの情報をもたらすので）でなければならない。これらのケースでは、マトリクスは良好な状態にあり、逆数がある。

10

【 0 0 6 9 】

対応する変化は、図5、図6、および図7においても必要とされる。図5および図6においては、マイク数は4であり、方程式(23)における $m_1 - m_4$ に対応し、さらに4つの高調波（ A_0 、 A_1 、 A_{11} 、 B_{11} 、または4つの独立一次結合）は、3つの項（ a_0 、 a_1 、 b_1 ）に取って代わる。出力信号の数も調整される。上記で用いた例においては、 S_6 または S_6' が含まれる。さらに、各マイクの整列は、1対のパラメータ、主軸の角度（ Θ 、 Φ ）により指定され、信号 $S_1 - S_6$ または $S_1' - S_6'$ の各々は、方位角だけでなく偏角を有している。対応して、図7のマイクマトリクスは4つの増幅器を4セット有することになる。

20

【 0 0 7 0 】

方程式(23)および(24)の4つのマイクの考えられる1つの配置は、図8のように $m_1 - m_3$ を赤道面上に配置し、 m_4 を球の北極に置くことである。これは、（ Θ_1 、 Φ_1 ）、（ Θ_3 、 Φ_3 ）＝（ 90° 、 $\pm\alpha$ ）、（ Θ_2 、 Φ_2 ）＝（ 90° 、 180° ）、 $\Theta_4 = 0^\circ$ に相当する。別の選択肢は、図10に示されるように、後方に面している2つのマイクと共にマイクを配置するもので、 m_1 1 2 1は（ 90° 、 α ）、 m_2 1 2 3は（ $90^\circ + \delta$ 、 180° ）、 m_3 1 2 5は（ 90° 、 $-\alpha$ ）、および m_4 1 2 6は（ $90^\circ - \delta$ 、 180° ）である。 $\alpha = \delta = 60^\circ$ を取ると、正4面体配置になる。

【 0 0 7 1 】

いくつかの応用においては、マイクの1つは、実用的な理由のための種々の半径で置かれることがあり、その場合、対応する信号のいくらかの遅れまたは進みが導入されるべきである。例えば、図8の後方に面しているマイク m_2 が後方へ移動されれば、伝搬時間を保証するために1フィート移動するごとに記録は約1ms進むであろう。

30

【 0 0 7 2 】

方程式(23)は、この場合もやはりそれらのうちの1つだけが全方向性であると仮定して4つのマイクのどのようなセットについても有効である。マイクの2つの異なるセットについてこの方程式を見ると、ピックアップの方向パターンは、これらの4つの信号をマトリクス化することによって変更できる。起点は、マイクの2つの異なるセットについての方程式(23)および(24)ならびにそれらの対応マトリクスDである。実際のマイクおよびマトリクスは、ティルデにより示される再マトリクス化された「バーチャル」量と共に、文字mおよびDで示される。

40

【 0 0 7 3 】

方程式(23)および(24)の公式化が与えられれば、これらのマイク供給は、以下のような「バーチャル」マイク供給のセットに変換し得る。

$$\begin{bmatrix} \tilde{m}_1 \\ \tilde{m}_2 \\ \tilde{m}_3 \\ \tilde{m}_4 \end{bmatrix} = \tilde{D}^{-1} \begin{bmatrix} A_0 \\ A_1 \\ A_{11} \\ B_{11} \end{bmatrix} = \tilde{D}^{-1} D \begin{bmatrix} m_1 \\ m_2 \\ m_3 \\ m_4 \end{bmatrix} \quad (25)$$

【 0 0 7 4 】

マトリクスD（注：ティルデD）は、「バーチャル」マイクの方向性と角度とを表している。この結果は、用いられたマイクの代わりに、バーチャルマイクが記録部に存在していたら記録されたであろうサウンドである。これにより、「一般」の音場マイクを用いて記録を行い、次いで後にそれらをマイクの任意のセットにマトリクス化することができる。例えば、最初の2つのバーチャルマイク、 m_1 （注：ティルデ m_1 ）および m_2 （注：ティルデ m_2 ）だけを選び、それらを標準CD記録用のステレオペアとして用いることができるであろう。次に、 m_3 （注：ティルデ m_3 ）を上述の平面サラウンドサウンド記録に、フル3次元実現用に使われる m_4 （注：ティルデ m_4 ）と共に加えることができるであろう。

10

【 0 0 7 5 】

これら4つのマイクフィールドの任意の非縮退変換は、マイクフィールドの任意の他のセットを作り出すために用いることができ、またはオリジナルの音場の零次および1次空間高調波を正確に再生できる任意数（4以上）のスピーカ用のスピーカフィールドを生成するために使用できる。言い換えれば、音場マイク技術は、記録が完了した後にマイクの方角特性と角度とを調整するために用い得る。したがって、2Dの場合に第3の後方向きマイクを、および3Dの場合に第4の非共面マイクを加えることにより、マイクは簡単なマトリクス操作で修正できる。データがマルチチャンネル型式で発売されることを意図しているかどうかにかかわらず、第3の後方向きチャンネルの記録により、ステレオリリースの自由が増し、第4の非共面チャンネルの記録により、ステレオおよび平面サラウンドサウンドにおける自由が増す。

20

【 0 0 7 6 】

マイクフィールドを多数のスピーカにマトリクス化するため、マトリクス方程式（17）の右辺をパンニング用に以下のように再公式化する。

30

$$BG = R = R_1 D \begin{bmatrix} m_1 \\ m_2 \\ m_3 \\ m_4 \end{bmatrix} \quad (26)$$

および

$$R_1 = \begin{bmatrix} P_0(\mu_1) & P_1(\mu_1) & -\cos\phi_1 P_1^1(\mu_1) & -\sin\phi_1 P_1^1(\mu_1) \\ & \dots & & \\ P_0(\mu_N) & P_1(\mu_N) & -\cos\phi_N P_1^1(\mu_N) & -\sin\phi_N P_1^1(\mu_N) \end{bmatrix} \quad (27)$$

40

マトリクス R_1 は、単にスピーカ位置で評価された0次および1次球面調和関数である。項 $(-1)^m$ を含めるには慎重でなければならない。なぜならば、それは、これらの方程式を導き出すために必要な最小二乗最適化の直接的な結果だからである。

【 0 0 7 7 】

音場の記録に戻ると、2Dおよび3D音場にそれぞれ対応する（好適には未圧縮の）オーディオデータの3つないし4つのチャンネルが、ディスクまたは他の媒体上に記憶され、

50

次に、簡単な方法でステレオまたはサラウンドに再マトリクス化される。方程式(25) (または、その2D還元)により、4つのチャンネルの他の4つのチャンネルへの無損失の非縮退変換が無数にある。したがって、空間高調波を記憶する代わりに、2つのチャンネルが適切なステレオミックスを記憶し、第3のものが2Dサラウンド用にチャンネルを記憶し、3Dサラウンドミックス用に第4のチャンネルを用いることができるであろう。オーディオに加え、マトリクスまたはその逆数も媒体上に記憶し得る。ステレオ実演については、プレーヤーは、オーディオの第3および第4のチャンネルを単に無視し、他の2つを左右のフィールドとして演奏する。2Dサラウンド実演については、0次および1次2D空間高調波を最初の3つのチャンネルから導き出すためにマトリクスの逆数が用いられる。空間高調波から、方程式(8)または方程式(17)の平面投影のようなマトリクスが形成され、スピーカフィールドが計算される。3Dサラウンド実演については、3D高調波は、4つのチャンネル全部を用いてから導き出され、方程式(17)のマトリクスを形成し、スピーカフィールドを計算する。

10

【0078】

本発明の様々な局面を、その好ましい実施形態について説明してきたが、本発明が添付の請求項の全範囲内での保護を受ける権利があることが理解されるであろう。

【図面の簡単な説明】

【図1】 傾聴エリアを包囲している多重ラウドスピーカの配置の平面図である。

【図2】 図1のサウンド再生配置の音響空間周波数を例示する。

【図3】 モノラルサウンドの位置を決めるためのマトリクス化システムのブロック図である。

20

【図4】 当初信号をマトリクス化する際に想定したものと異なるスピーカ位置を考慮するために、図3でマトリクス化された信号を再マトリクス化するためのブロック図である。

【図5】 多重指向性マイクからのサウンドを取得および再生するための代替的配置を示すブロック図である。

【図6】 多重指向性マイクからのサウンドを取得および再生するための代替的配置を示すブロック図である。

【図7】 図5および図6のマイクマトリクスブロックのさらなる細部を示す。

【図8】 図5および図6のシステムへのオーディオ信号源としての3つのマイクの配置を示す。

30

【図9】 球座標の配置を例示する。

【図10】 4つのマイクの3次元配列のための角度配置を示す。

【図 1】

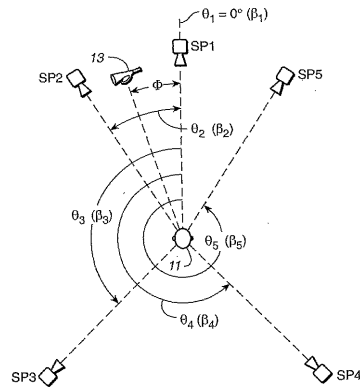
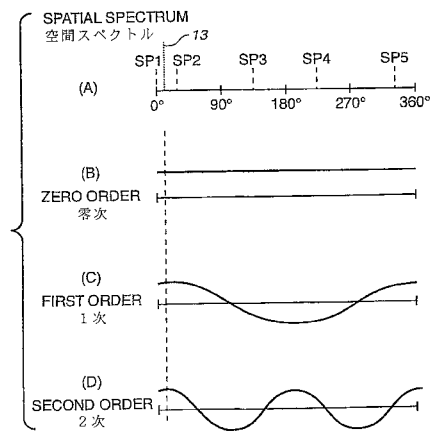
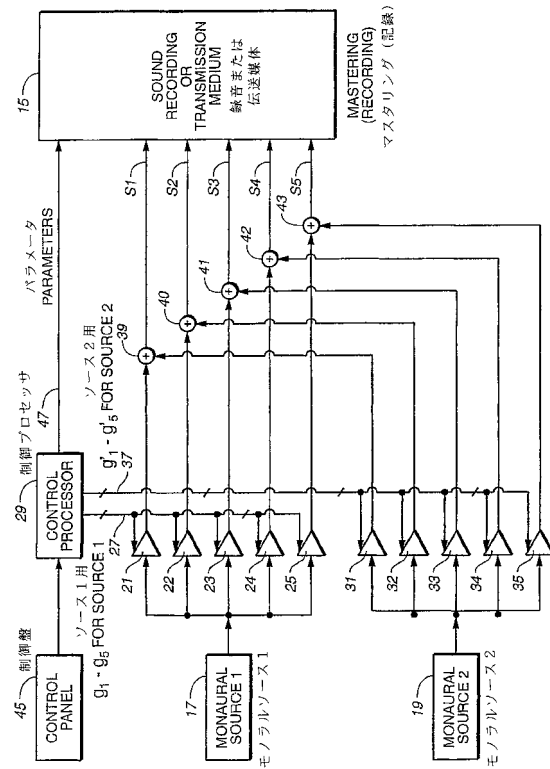


FIG. 1

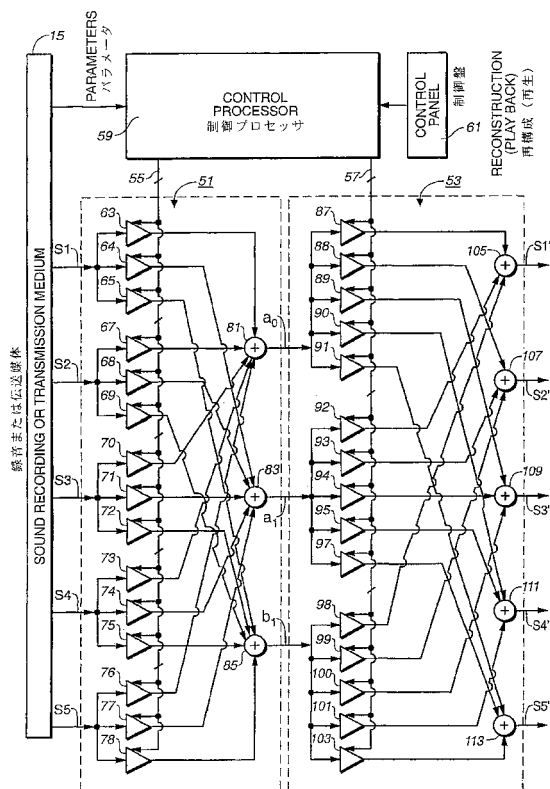
【図 2】



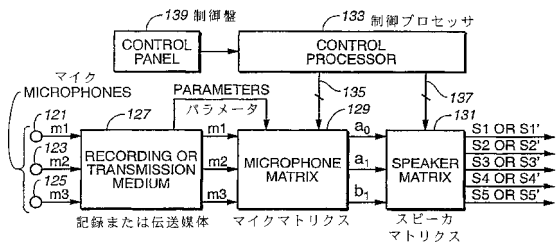
【図 3】



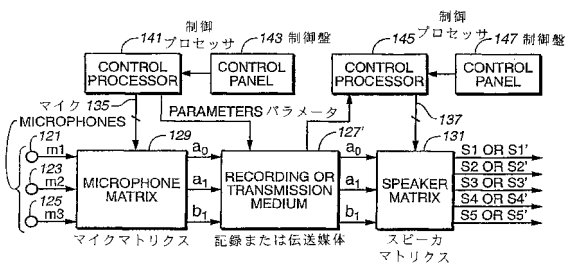
【図 4】



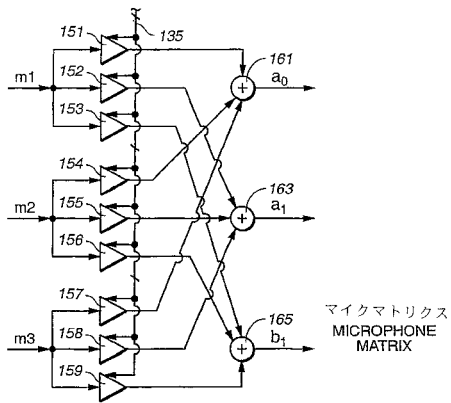
【図 5】



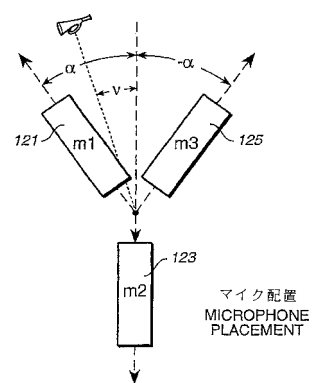
【図 6】



【図 7】



【図 8】



【図 9】

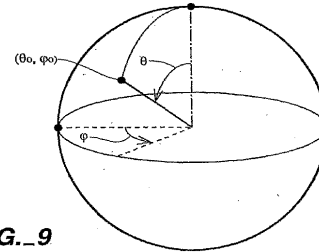


FIG. 9

【図 10】

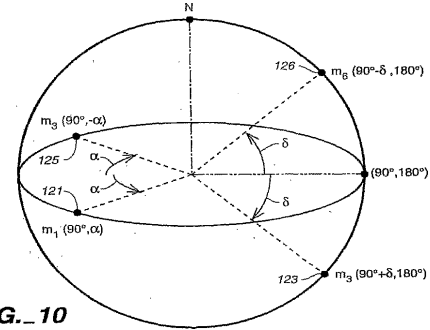


FIG. 10

フロントページの続き

審査官 菊池 充

- (56)参考文献 特表平06-506092(JP,A)
国際公開第00/019415(WO,A1)
特開平11-018199(JP,A)
特表平05-505298(JP,A)
特開平08-130793(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)
H04S 1/00- 7/00
H04R 3/00- 3/14