

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2017年12月7日(07.12.2017)



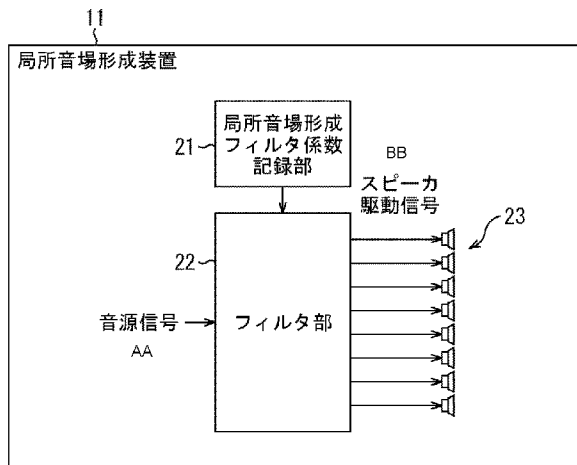
(10) 国際公開番号  
**WO 2017/208819 A1**

- (51) 国際特許分類:  
*H04R 3/00* (2006.01)      *H04R 1/40* (2006.01)
- (21) 国際出願番号:                      PCT/JP2017/018498
- (22) 国際出願日:                      2017年5月17日(17.05.2017)
- (25) 国際出願の言語:                      日本語
- (26) 国際公開の言語:                      日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2016-107355    2016年5月30日(30.05.2016) JP
- (71) 出願人: ソニー株式会社 (SONY CORPORATION) [JP/JP]; 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 前野 悠(MAENO Yu); 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP). 光藤 祐基(MITSUFUJI Yuhki); 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 西川 孝, 外 (NISHIKAWA Takashi et al.); 〒1600023 東京都新宿区西新宿7丁目5番25号 西新宿木村屋ビルディング9階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ,

(54) Title: LOCAL SOUND FIELD FORMATION DEVICE, LOCAL SOUND FIELD FORMATION METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 局所音場形成装置および方法、並びにプログラム

FIG. 7



- 11 Local sound field formation device
- 21 Local sound field formation filter coefficient recording unit
- 22 Filter unit
- AA Sound source signal
- BB Speaker drive signal

(57) Abstract: The present technology relates to a local sound field formation device, a local sound field formation method, and a program that make it possible to reduce sound leakage in unintended directions. A local sound field formation device that has: a local sound field formation filter coefficient recording unit that records audio filter coefficients that are for forming a sound field by means of evanescent waves; a filter unit that folds the audio filter coefficients into a sound source signal to generate a speaker drive signal; and a speaker array that is configured from a plurality of speakers that include a directional speaker and that generates sound on the basis of the speaker drive signal. The present technology can be applied to local sound field formation devices.

WO 2017/208819 A1

TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

---

(57) 要約：本技術は、意図しない方向への音の漏れ出しを低減させることができるようにする局所音場形成装置および方法、並びにプログラムに関する。局所音場形成装置は、エバネッセント波により音場を形成するためのオーディオフィルタ係数を記録する局所音場形成フィルタ係数記録部と、オーディオフィルタ係数と音源信号とを畳み込んでスピーカ駆動信号を生成するフィルタ部と、指向性スピーカを含む複数のスピーカから構成され、スピーカ駆動信号に基づいて音を再生するスピーカアレイとを有する。本技術は局所音場形成装置に適用することができる。

## 明 細 書

### 発明の名称：局所音場形成装置および方法、並びにプログラム 技術分野

[0001] 本技術は局所音場形成装置および方法、並びにプログラムに関し、特に、意図しない方向への音の漏れ出しを低減させることができるようにした局所音場形成装置および方法、並びにプログラムに関する。

### 背景技術

[0002] 近年、空港や駅などの公共の場においては、映像ディスプレイを用いて運航情報やサイネージが提示されている。

[0003] このように公共の場でコンテンツを提示するときに、映像に加えて音声を用いることで、より効果的にコンテンツの提示が可能になるが、一方で、その情報を必要としていない不特定多数の人にまで音声が届いてしまうことになる。

[0004] そこで、所望の領域近傍でのみ再生音を聞き取ることができ、その領域から外れると再生音を殆ど聞き取ることができないようにする局所音場形成技術が提案されている。

[0005] 例えば、そのような局所音場を形成する方法として、パラメトリックスピーカを用いた超指向性制御による局所音場形成方法が知られている。

[0006] しかしながら、パラメトリックスピーカを用いた超指向性制御による方法では、一度、パラメトリックスピーカを設置すると決まった用途にしか使用することができず、安全性についても何らかの工夫が必要であった。さらに、再生音として使用できる周波数帯域が限られているため、再生コンテンツも制限されてしまう。

[0007] これに対して、再生コンテンツを制限することなく局所音場形成を実現する方法も提案されている。

[0008] 例えば、そのような方法として、スピーカアレイを用いてエバネッセント波を生成する方法が提案されている（例えば、特許文献1参照）。また、エ

バネッセント波を生成するにあたり、有限長のスピーカアレイを用いることによる空間の打ち切り誤差を抑えるために、空間方向に窓掛けを行うことで誤差を減少させる方法も提案されている（例えば、非特許文献1参照）。

[0009] これらの特許文献1や非特許文献1に記載されている方法を用いれば、再生コンテンツを制限することなく局所音場を形成することができるだけでなく、スピーカアレイに対して横方向への伝搬波の漏れ出しをある程度抑えることができる。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0010] 特許文献1：特開2012-44572号公報

#### 非特許文献

[0011] 非特許文献1：Itou et al. “EVANESCENT WAVE REPRODUCTION USING LINEAR ARRAY OF LOUDSPEAKERS,” in IEEE Workshop on Applications of Signal Processing to Audio and Acoustics (WASPAA), 2011.

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0012] しかしながら、上述した技術では、意図しない方向への音の漏れ出しを十分に抑えることができないことがあった。

[0013] 例えば特許文献1や非特許文献1に記載の技術でコンテンツ再生を行う場合、スピーカアレイを構成するスピーカの数が少ないときや、時間周波数における高域の音声を再生するときには、意図しない方向への音の漏れ出しが多くなってしまう。

[0014] そうすると、所望の領域外でも再生コンテンツの音声を聞き取ることができる領域が生じてしまい、目的とする人以外にも音声が届いてしまう。

[0015] 本技術は、このような状況に鑑みてなされたものであり、意図しない方向への音の漏れ出しを低減させることができるようにするものである。

#### 課題を解決するための手段

- [0016] 本技術の一側面の局所音場形成装置は、エバネッセント波により音場を形成するためのオーディオフィルタ係数を記録する局所音場形成フィルタ係数記録部と、前記オーディオフィルタ係数と音源信号とを畳み込んでスピーカ駆動信号を生成するフィルタ部と、指向性スピーカを含む複数のスピーカから構成され、前記スピーカ駆動信号に基づいて音を再生するスピーカアレイとを備える。
- [0017] 前記指向性スピーカを、平面スピーカ、または平面波スピーカとすることができる。
- [0018] 前記スピーカアレイを、直線スピーカアレイ、または平面スピーカアレイとすることができる。
- [0019] 前記スピーカアレイを構成する前記複数の前記スピーカのうちの半分以上の前記スピーカを前記指向性スピーカとすることができる。
- [0020] 本技術の一側面の局所音場形成方法またはプログラムは、エバネッセント波により音場を形成するためのオーディオフィルタ係数を記録する局所音場形成フィルタ係数記録部と、前記オーディオフィルタ係数と音源信号とを畳み込んでスピーカ駆動信号を生成するフィルタ部と、指向性スピーカを含む複数のスピーカから構成され、前記スピーカ駆動信号に基づいて音を再生するスピーカアレイとを備える局所音場形成装置の局所音場形成方法またはプログラムであって、前記フィルタ部が前記スピーカ駆動信号を生成し、前記スピーカアレイが前記スピーカ駆動信号に基づいて音を再生するステップを含む。
- [0021] 本技術の一側面においては、エバネッセント波により音場を形成するためのオーディオフィルタ係数を記録する局所音場形成フィルタ係数記録部と、前記オーディオフィルタ係数と音源信号とを畳み込んでスピーカ駆動信号を生成するフィルタ部と、指向性スピーカを含む複数のスピーカから構成され、前記スピーカ駆動信号に基づいて音を再生するスピーカアレイとを備える局所音場形成装置において、前記フィルタ部により前記スピーカ駆動信号が生成され、前記スピーカアレイにより前記スピーカ駆動信号に基づいて音が

再生される。

## 発明の効果

[0022] 本技術の一側面によれば、意図しない方向への音の漏れ出しを低減させることができる。

[0023] なお、ここに記載された効果は必ずしも限定されるものではなく、本開示中に記載された何れかの効果であってもよい。

## 図面の簡単な説明

[0024] [図1]スピーカ数による音の漏れ出しについて説明する図である。

[図2]時間周波数による音の漏れ出しについて説明する図である。

[図3]無指向性スピーカについて説明する図である。

[図4]指向性スピーカについて説明する図である。

[図5]スピーカ数の削減について説明する図である。

[図6]時間周波数の高域の音声の再現について説明する図である。

[図7]局所音場形成装置の構成を示す図である。

[図8]座標系について説明する図である。

[図9]局所音場形成処理を説明するフローチャートである。

[図10]スピーカ駆動信号の空間スペクトルについて説明する図である。

[図11]形成音場の空間スペクトルについて説明する図である。

[図12]スピーカアレイの伝達特性の空間スペクトルについて説明する図である。

[図13]コンピュータの構成例を示す図である。

## 発明を実施するための形態

[0025] 以下、図面を参照して、本技術を適用した実施の形態について説明する。

[0026] 〈第1の実施の形態〉

〈本技術について〉

本技術は、スピーカアレイを用いて、そのスピーカアレイの近傍においてのみ聴取に十分な音圧が保たれ、遠方では急峻に音圧が減衰するような音場である局所音場を形成するものである。

- [0027] 本技術では、局所音場を形成するためにスピーカアレイが用いられてエバネッセント波が生成される。エバネッセント波とは、スピーカアレイに対して垂直方向に指数関数的に音圧が距離減衰する性質をもった波である。
- [0028] このようなエバネッセント波を用いれば、所望の領域でのみ十分な音圧が保たれるようにコンテンツの音声を再生することができるが、実用上、スピーカアレイの長さは有限長となる。そうすると、実際には、意図しない方向へと音が漏れ出してしまうことがある。
- [0029] このような音の漏れ出しは、例えば図1に示すようにスピーカアレイを構成するスピーカの数が少ないほど多くなることが知られている。
- [0030] なお、図1において横方向は空間上におけるスピーカアレイのスピーカが並ぶ方向を示しており、以下ではこの方向をx方向とも称する。また、図中、縦方向は空間上におけるx方向とは垂直な方向を示しており、以下ではこの方向をy方向とも称する。特にy方向は、スピーカアレイにより音が出力される方向と平行な方向である。
- [0031] 図1において、矢印A11に示す部分は、40個のスピーカからなるスピーカアレイSPA11を用いてエバネッセント波により音場を形成したときの、ある時刻における空間上の音の波面の様子を示している。ここでは各位置における濃淡は音波の振幅を示している。
- [0032] また、矢印A12に示す部分は、スピーカアレイSPA11で矢印A11に示した音場を形成したときの空間上の各位置における音圧を示しており、特に各位置における濃淡が音圧を示している。
- [0033] この例では、例えばスピーカアレイSPA11近傍にある矢印Q11に示す領域では音圧が大きく、十分に音声を聞き取ることができるようになっていることが分かる。これに対して、矢印Q11に示す領域から遠ざかると急激に音圧が下がり、音声が殆ど聞き取れなくなって局所音場が形成されていることが分かる。但し、この場合においても例えば矢印Q12に示す領域などでは、僅かに音が漏れ出していることが分かる。
- [0034] これに対して、図1において矢印A13に示す部分は、20個のスピーカ

からなるスピーカアレイSPA12を用いてエバネッセント波により音場を形成したときの、ある時刻における空間上の音の波面の様子を示している。ここでは各位置における濃淡は音波の振幅を示している。

[0035] また、矢印A 1 4に示す部分は、スピーカアレイSPA12で矢印A 1 3に示した音場を形成したときの空間上の各位置における音圧を示しており、特に各位置における濃淡が音圧を示している。

[0036] この例では、例えばスピーカアレイSPA12近傍にある矢印Q 1 3に示す領域では音圧が大きく、十分に音声を聞き取ることができるようになっていることが分かる。これに対して、矢印Q 1 3に示す領域から遠ざかると音圧が下がっているが、例えば矢印Q 1 4に示す領域や、矢印Q 1 5に示す領域、矢印Q 1 6に示す領域などでは、スピーカアレイSPA11における場合と比較して、音が多く漏れ出してしまっている。

[0037] このようにエバネッセント波で局所音場を形成する場合、スピーカアレイを構成するスピーカの数が少なくなるほど音の漏れ出しが多くなってしまふ。

[0038] さらに、スピーカアレイのスピーカ数だけでなく、例えば図2に示すように、再生する音声の時間周波数の帯域によっても音の漏れ出しが多くなる。

[0039] なお、図2において図1における場合と対応する部分には同一の符号を付してあり、その説明は適宜省略する。また、図2において横方向は空間上におけるスピーカアレイSPA11のスピーカが並ぶ方向、すなわち上述したx方向を示しており、図中、縦方向は上述したy方向を示している。

[0040] 図2において、矢印A 2 1に示す部分は、スピーカアレイSPA11を用いてエバネッセント波により時間周波数が500Hzである音声を再生して音場を形成したときの、ある時刻における空間上の音の波面の様子を示している。ここでは各位置における濃淡は音波の振幅を示している。

[0041] また、矢印A 2 2に示す部分は、スピーカアレイSPA11で矢印A 2 1に示した音場を形成したときの空間上の各位置における音圧を示しており、特に各位置における濃淡が音圧を示している。

- [0042] この例では、例えばスピーカアレイSPA11近傍にある矢印Q 2 1 に示す領域では音圧が大きく、十分に音声を聞き取ることができるようになっていることが分かる。これに対して、矢印Q 2 1 に示す領域から遠ざかると急激に音圧が下がり、音声が殆ど聞き取れなくなって局所音場が形成されていることが分かる。但し、この場合においても例えば矢印Q 2 2 に示す領域などでは、音が漏れ出していることが分かる。
- [0043] これに対して、図2において、矢印A 2 3 に示す部分は、スピーカアレイSPA11を用いてエバネッセント波により時間周波数が1500Hzである音声を再生して音場を形成したときの、ある時刻における空間上の音の波面の様子を示している。ここでは各位置における濃淡は音波の振幅を示している。
- [0044] また、矢印A 2 4 に示す部分は、スピーカアレイSPA11で矢印A 2 3 に示した音場を形成したときの空間上の各位置における音圧を示しており、特に各位置における濃淡が音圧を示している。
- [0045] この例では、例えばスピーカアレイSPA11近傍にある矢印Q 2 3 に示す領域では音圧が大きく、十分に音声を聞き取ることができるようになっていることが分かる。これに対して、矢印Q 2 3 に示す領域から遠ざかると音圧が下がっているが、例えば矢印Q 2 4 に示す領域や矢印Q 2 5 に示す領域などでは、500Hzの音声を再生する場合と比較して、音が多く漏れ出してしまっている。
- [0046] このようにエバネッセント波で局所音場を形成する場合、再生する音声の時間周波数が高いほど、つまり時間周波数の高域ほど音の漏れ出しが多くなってしまう。
- [0047] そこで、本技術では、エバネッセント波を発生させるためのスピーカ駆動信号生成時における信号処理に加えて、指向性スピーカを含むスピーカアレイを用いることで、意図しない方向への音の漏れ出しを低減させることができるようにした。
- [0048] ここで、指向性スピーカとは、例えば平面スピーカや平面波スピーカ、パラメトリックスピーカなどのスピーカであり、通常の無指向性スピーカより

も指向性が強いスピーカである。

[0049] 例えば図3に示すように無指向性スピーカからなるスピーカアレイで音場を形成する場合について考える。なお、図3において横方向は上述した空間上におけるx方向を示しており、図中、縦方向は上述したy方向を示している。

[0050] 矢印A31に示す部分は、無指向性スピーカSPK11を用いて音声を再生したときの空間上の各位置における音圧を示しており、特に各位置における濃淡が音圧を示している。この例から分かるように、無指向性スピーカSPK11を用いて音声を再生した場合、各方向の音圧が等しくなり、音の波面が全方向に広がって伝搬されている。

[0051] 矢印A32に示す部分は、無指向性スピーカSPK11と同様のスピーカを複数並べて得られたスピーカアレイSPA21を用いてエバネッセント波により音場を形成したときの、ある時刻における空間上の音の波面の様子を示している。ここでは各位置における濃淡は音波の振幅を示している。

[0052] また、矢印A33に示す部分は、スピーカアレイSPA21で矢印A32に示した音場を形成したときの空間上の各位置における音圧を示しており、特に各位置における濃淡が音圧を示している。

[0053] この例では、例えばスピーカアレイSPA21近傍にある矢印Q31に示す領域では音圧が大きく、十分に音声を聞き取ることができるようになっていることが分かる。これに対して、矢印Q31に示す領域から遠ざかると急激に音圧が下がり、音声が殆ど聞き取れなくなって局所音場が形成されている。

[0054] しかし、例えば矢印Q32に示す領域や矢印Q33に示す領域などでは、音が漏れ出していることが分かる。特に、矢印Q33に示す領域など、スピーカアレイSPA21近傍のx方向側にある領域では音の漏れ出しが多いことが分かる。

[0055] これに対して、例えば図4に示すように指向性スピーカからなるスピーカアレイで音場を形成する場合について考える。なお、図4において横方向は上述した空間上におけるx方向を示しており、図中、縦方向は上述したy方

向を示している。

[0056] 矢印A 4 1 に示す部分は、指向性スピーカSPK21を用いて音声を再生したときの空間上の各位置における音圧を示しており、特に各位置における濃淡が音圧を示している。この例から分かるように、指向性スピーカSPK21を用いて音声を再生した場合、指向性スピーカSPK21前方の音圧が大きく、また指向性スピーカSPK21の右側および左側の音圧は極めて低くなっており、強い指向性を有する音波が伝搬されている。

[0057] 矢印A 4 2 に示す部分は、指向性スピーカSPK21と同様のスピーカを複数並べて得られたスピーカアレイSPA31を用いてエバネッセント波により音場を形成したときの、ある時刻における空間上の音の波面の様子を示している。ここでは各位置における濃淡は音波の振幅を示している。

[0058] また、矢印A 4 3 に示す部分は、スピーカアレイSPA31で矢印A 4 2 に示した音場を形成したときの空間上の各位置における音圧を示しており、特に各位置における濃淡が音圧を示している。

[0059] この例では、例えばスピーカアレイSPA31近傍にある矢印Q 4 1 に示す領域では音圧が大きく、十分に音声を聞き取ることができるようになっていることが分かる。これに対して、矢印Q 4 1 に示す領域から遠ざかると急激に音圧が下がり、音声が殆ど聞き取れなくなって局所音場が形成されている。

[0060] 指向性スピーカからなるスピーカアレイSPA31を用いたときでも、例えば矢印Q 4 2 に示す領域や矢印Q 4 3 に示す領域などでは音が漏れ出しているが、それでも図3を参照して説明した例と比較すると、音の漏れ出しは非常に少ないことが分かる。

[0061] このような指向性スピーカからなるスピーカアレイSPA31を用いれば、上述したスピーカ数が少ない場合や、高域の音声を再生する場合でも、十分に音の漏れ出しが抑制された局所音場を形成することができる。

[0062] 換言すれば、本技術によれば、十分に音の漏れ出しを低減させることで、スピーカ数を削減したり、音の漏れ出しが十分に小さい状態で再生可能な時間周波数帯域をより高域へと拡張したりすることができるようになる。

- [0063] 例えば図3に示したスピーカアレイSPA21と、図4に示したスピーカアレイSPA31とを比較すると、スピーカ数が20個であり、再生する音声の時間周波数が500Hzであるときには、音の漏れ出しの状態は図5に示すようになる。
- [0064] なお、図5において、図3または図4における場合と対応する部分には同一の符号を付してあり、その説明は省略する。また、図5において横方向は空間上におけるスピーカアレイSPA21またはスピーカアレイSPA31のスピーカが並ぶ方向、すなわち上述したx方向を示しており、図中、縦方向は上述したy方向を示している。
- [0065] 図5において、矢印A51に示す部分は、スピーカアレイSPA21を用いてエバネッセント波により時間周波数が500Hzである音声を再生して音場を形成したときの、ある時刻における空間上の音の波面の様子を示している。ここではスピーカアレイSPA21は20個の無指向性スピーカから構成されており、各位置における濃淡は音波の振幅を示している。
- [0066] また、矢印A52に示す部分は、スピーカアレイSPA21で矢印A51に示した音場を形成したときの空間上の各位置における音圧を示しており、特に各位置における濃淡が音圧を示している。
- [0067] この例では、スピーカアレイSPA21近傍の領域が局所音場で音声を再生したい領域となっているが、例えば矢印Q51乃至矢印Q53で示す領域など、音声を再生したい領域近傍だけでなく、比較的遠い位置の領域まで音が漏れ出してしまっている。
- [0068] これに対して、矢印A53に示す部分は、スピーカアレイSPA31を用いてエバネッセント波により時間周波数が500Hzである音声を再生して音場を形成したときの、ある時刻における空間上の音の波面の様子を示している。ここではスピーカアレイSPA31は20個の指向性スピーカから構成されており、各位置における濃淡は音波の振幅を示している。
- [0069] また、矢印A54に示す部分は、スピーカアレイSPA31で矢印A53に示した音場を形成したときの空間上の各位置における音圧を示しており、特に各位置における濃淡が音圧を示している。

[0070] この例では、スピーカアレイSPA31近傍の領域が局所音場で音声を再生したい領域となっているが、例えば矢印Q 5 4や矢印Q 5 5で示す領域など、音声を再生したい領域近傍で音が漏れ出してしまっている。しかし、スピーカアレイSPA31を用いた場合、スピーカアレイSPA21を用いた場合と比較すると、大幅に音の漏れ出しが低減されていることが分かる。すなわち、スピーカアレイを比較的少ない数のスピーカで構成したときでも、意図しない方向への音の漏れ出しを十分に抑制できていることが分かる。

[0071] 同様に、例えばスピーカアレイSPA21と、スピーカアレイSPA31とを比較すると、スピーカ数が40個であり、再生する音声の時間周波数が1500Hzであるときには、音の漏れ出しの状態は図6に示すようになる。

[0072] なお、図6において、図5における場合と対応する部分には同一の符号を付してあり、その説明は省略する。また、図6において横方向は空間上におけるスピーカアレイSPA21またはスピーカアレイSPA31のスピーカが並ぶ方向、すなわち上述したx方向を示しており、図中、縦方向は上述したy方向を示している。

[0073] 図6において、矢印A 6 1に示す部分は、スピーカアレイSPA21を用いてエバネッセント波により時間周波数が1500Hzである音声を再生して音場を形成したときの、ある時刻における空間上の音の波面の様子を示している。ここではスピーカアレイSPA21は40個の無指向性スピーカから構成されており、各位置における濃淡は音波の振幅を示している。

[0074] また、矢印A 6 2に示す部分は、スピーカアレイSPA21で矢印A 6 1に示した音場を形成したときの空間上の各位置における音圧を示しており、特に各位置における濃淡が音圧を示している。

[0075] この例では、スピーカアレイSPA21近傍の領域が局所音場で音声を再生したい領域となっているが、例えば矢印Q 6 1や矢印Q 6 2で示す領域など、音声を再生したい領域近傍だけでなく、比較的遠い位置の領域まで広い領域で音が漏れ出している。

[0076] これに対して、矢印A 6 3に示す部分は、スピーカアレイSPA31を用いてエ

バネッセント波により時間周波数が1500Hzである音声を再生して音場を形成したときの、ある時刻における空間上の音の波面の様子を示している。ここではスピーカアレイSPA31は40個の指向性スピーカから構成されており、各位置における濃淡は音波の振幅を示している。

[0077] また、矢印A64に示す部分は、スピーカアレイSPA31で矢印A63に示した音場を形成したときの空間上の各位置における音圧を示しており、特に各位置における濃淡が音圧を示している。

[0078] この例では、スピーカアレイSPA31近傍の領域が局所音場で音声を再生したい領域となっているが、例えば矢印Q63や矢印Q64で示す領域など、音声を再生したい領域近傍で音が漏れ出してしまっている。しかし、スピーカアレイSPA31を用いた場合、スピーカアレイSPA21を用いた場合と比較すると、大幅に音の漏れ出しが低減されていることが分かる。すなわち、高域の音声を再生したときでも、意図しない方向への音の漏れ出しを十分に抑制できていることが分かる。

[0079] 以上のような本技術によれば、指向性スピーカを含むスピーカアレイと、エバネッセント波を発生させるためのスピーカ駆動信号生成時における信号処理とを組み合わせることで局所音場の形成を行うことで、意図しない方向への音の漏れ出しを低減させることができる。特に、本技術によれば、スピーカアレイのスピーカ数が少ない場合や、高域の音声を再生する場合でも、十分に音の漏れ出しを抑制することができる。

[0080] なお、図4乃至図6を参照して説明した例では、スピーカアレイを構成するスピーカが全て指向性スピーカである場合について説明したが、スピーカアレイを構成するスピーカのうちの少なくとも一部を指向性スピーカとすればよい。

[0081] 例えば指向性スピーカと無指向性スピーカとを組み合わせるスピーカアレイを構成する場合、スピーカアレイの右半分を複数の無指向性スピーカにより構成し、残りの左半分を複数の指向性スピーカにより構成するようにしてもよい。また、例えば指向性スピーカと無指向性スピーカとを交互に

並べてスピーカアレイを構成するようにしてもよい。

[0082] 〈局所音場形成装置の構成例〉

続いて、以上において説明した本技術のより具体的な実施の形態について説明する。

[0083] 図7は、本技術を適用した局所音場形成装置の構成例を示す図である。

[0084] 図7に示す局所音場形成装置11は、局所音場形成フィルタ係数記録部21、フィルタ部22、およびスピーカアレイ23を有している。

[0085] 局所音場形成フィルタ係数記録部21は、例えば不揮発性のメモリなどからなり、エバネッセント波を発生させて音場を形成することで局所音場を形成させるためのオーディオフィルタの係数を予め記録している。すなわち、局所音場形成フィルタ係数記録部21に記録されているオーディオフィルタ係数は、エバネッセント波により所望の音場を形成するための局所音場形成フィルタのためのフィルタ係数である。

[0086] 局所音場形成フィルタ係数記録部21は、記録しているオーディオフィルタ係数をフィルタ部22に供給する。

[0087] フィルタ部22には、スピーカアレイ23により局所音場を形成する音声の音声信号である音源信号が供給される。フィルタ部22は、供給された音源信号に対して、局所音場形成フィルタ係数記録部21から供給されたオーディオフィルタ係数を用いたフィルタ処理を施すことで、スピーカアレイ23により局所音場を形成させるためのスピーカ駆動信号を生成する。フィルタ部22は、このようにして得られた各スピーカのスピーカ駆動信号をスピーカアレイ23に供給して音声を再生させる。

[0088] スピーカアレイ23は、複数のスピーカを直線状に並べて得られる直線スピーカアレイや、複数のスピーカを平面上に並べて得られる平面スピーカアレイなどからなり、フィルタ部22から供給されたスピーカ駆動信号に基づいて、音声を再生する。

[0089] これにより、スピーカアレイ23によってエバネッセント波が生成され、スピーカアレイ23近傍の領域でのみ音声を聞き取ることができる、局所音

場が形成される。

[0090] なお、スピーカアレイ 2 3 は複数のスピーカから構成されているが、上述したように、それらの複数のスピーカのうちの少なくとも 1 以上のスピーカは、平面スピーカや、平面波スピーカ、パラメトリックスピーカなどの指向性スピーカとされている。つまり、スピーカアレイ 2 3 を構成する一部または全部のスピーカが指向性スピーカとなっている。

[0091] 例えばスピーカアレイ 2 3 を構成するスピーカのうちの半分以上のスピーカを、平面スピーカや平面波スピーカなどの指向性スピーカとすることができる。

[0092] (局所音場形成フィルタ係数記録部)

次に、局所音場形成装置 1 1 の各部について、より詳細に説明する。

[0093] まず、局所音場形成フィルタ係数記録部 2 1 について説明する。

[0094] 例えば以下では、図 8 に示す 3 次元直交座標系で、3 次元自由空間における音場の所定の位置  $V$  が記述される場合について説明する。

[0095] 図 8 に示す例では、スピーカアレイ 2 3 は平面スピーカアレイとされており、その平面スピーカアレイ上の所定の位置が 3 次元直交座標系である  $x y z$  座標系の原点  $O$  とされている。また、この  $x y z$  座標系では図中、横方向が  $x$  軸方向 ( $x$  方向) とされ、図中、手前方向が  $y$  軸方向 ( $y$  方向) とされ、図中、縦方向が  $z$  軸方向 ( $z$  方向) とされている。

[0096] したがって、この例では任意の位置  $V$  は、 $x$  座標、 $y$  座標、および  $z$  座標を用いて位置  $V = (x, y, z)$  と表される。

[0097] 特に、この例では  $y$  方向がスピーカアレイ 2 3 を構成するスピーカが並ぶ方向と垂直な方向となっており、局所音場形成時には、 $y$  方向に減衰するエバネッセント波が発生するように、スピーカアレイ 2 3 により音声再生される。

[0098] 局所音場形成フィルタ係数記録部 2 1 には、 $y$  方向に減衰するエバネッセント波をスピーカアレイ 2 3 により生成するためのオーディオフィルタのフィルタ係数が記録されている。例えば、オーディオフィルタを構成するフィ

ルタ係数は、以下のようにして求められる。

[0099] すなわち、3次元自由空間において、任意の位置  $V$  における時刻  $t$  の音場  $p(V, t)$  は、次式 (1) に示す波動方程式を満たす。

[0100] [数1]

$$\nabla^2 p(V, t) - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 p(V, t)}{\partial t^2} = 0 \quad \dots (1)$$

[0101] なお、式 (1) において  $c$  は音速を示しており、 $\nabla^2$  は次式 (2) に示す通りである。

[0102] [数2]

$$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \quad \dots (2)$$

[0103] また、時間フーリエ逆変換  $T(t)$  を次式 (3) に示すものとする、時間フーリエ変換  $F(\cdot)$  は以下の式 (4) に示すようになる。

[0104] [数3]

$$T(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \bar{T}(\omega) e^{i\omega t} d\omega \quad \dots (3)$$

[0105] [数4]

$$F\left(\frac{\partial^2 T(t)}{\partial t^2}\right) = (i\omega)^2 \bar{T}(\omega) \quad \dots (4)$$

[0106] なお、式 (3) および式 (4) において、 $i$  は虚数単位を示しており、 $\omega$  は角周波数を示している。

[0107] ここで、上述した式 (1) に対して、次式 (5) に示すように変数分離を行って空間の微分と時間の微分を分けて、さらに式 (4) を用いると、以下の式 (6) に示すヘルムホルツ方程式が得られる。

[0108] [数5]

$$p(V, t) = X(V) T(t) \quad \dots (5)$$

[0109]

[数6]

$$\nabla^2 P(V, \omega) + \left(\frac{\omega}{c}\right)^2 P(V, \omega) = 0 \quad \dots (6)$$

[0110] なお、式(6)において $P(V, \omega)$ は、位置 $V$ における角周波数 $\omega$ の音場を示している。また、角周波数が $\omega_{pw}$ であり、 $x$ 方向、 $y$ 方向、および $z$ 方向のそれぞれの波数が $k_{pw,x}$ 、 $k_{pw,y}$ 、および $k_{pw,z}$ であるときの、角周波数 $\omega_{pw}$ 、波数 $k_{pw,x}$ 、波数 $k_{pw,y}$ 、および波数 $k_{pw,z}$ により表される方向に伝搬する平面波を表す、式(6)に示すヘルムホルツ方程式の一般解は、次式(7)に示すものとなる。

[0111] [数7]

$$P(V, \omega) = 2\pi \delta(\omega - \omega_{pw}) e^{-i(k_{pw,x}x + k_{pw,y}y + k_{pw,z}z)} \quad \dots (7)$$

[0112] なお、式(7)において $\delta(\omega - \omega_{pw})$ はデルタ関数を示している。

[0113] ここで、波数領域では、次式(8)に示す関係が成立する。

[0114] [数8]

$$\left(\frac{\omega}{c}\right)^2 = k_{pw,x}^2 + k_{pw,y}^2 + k_{pw,z}^2 \quad \dots (8)$$

[0115] 式(8)を $y$ 方向の波数 $k_{pw,y}$ について解くと、次式(9)に示すようになる。

[0116] [数9]

$$k_{pw,y} = \begin{cases} \pm \sqrt{\left(\frac{\omega}{c}\right)^2 - k_{pw,x}^2 - k_{pw,z}^2} & \text{for } \sqrt{k_{pw,x}^2 + k_{pw,z}^2} < \left|\frac{\omega}{c}\right| \\ \pm i \sqrt{k_{pw,x}^2 + k_{pw,z}^2 - \left(\frac{\omega}{c}\right)^2} & \text{for } \left|\frac{\omega}{c}\right| < \sqrt{k_{pw,x}^2 + k_{pw,z}^2} \end{cases} \quad \dots (9)$$

[0117] この式(9)の上段、つまり上側に示される波数 $k_{pw,y}$ の波は通常の伝搬波を表しており、式(9)の下段、つまり下側に示される波数 $k_{pw,y}$ の波はエバネッセント波を表している。

[0118] そこで、式(9)の下段に示されるエバネッセント波の波数 $k_{pw,y}$ を式(7)

に示した音場 $P(V, \omega)$ に代入すると、次式(10)に示すようになる。

[0119] [数10]

$$P(V, \omega) = 2\pi \delta(\omega - \omega_{pw}) e^{-\sqrt{k_{pw,x}^2 + k_{pw,z}^2 - \left(\frac{\omega}{c}\right)^2} y} e^{-i(k_{pw,x}x + k_{pw,z}z)} \dots (10)$$

[0120] 但し、波数 $k_{pw,y}$ を式(7)に代入するにあたり、波数 $k_{pw,y}$ の符号が正の項は物理的に意味をもたない解となるため、符号が負である項が代入されている。

[0121] また、式(10)における $(k_{pw,x}^2 + k_{pw,z}^2 - (\omega/c)^2)^{1/2}$ は、エバネッセント波の減衰の大きさを定める項である。

[0122] したがって、例えば角周波数 $\omega$ に依存せず、一定の減衰の大きさとしたい場合には、減衰の大きさを表す定数 $\alpha$ を用いて、次式(11)を満たすように波数 $k_{pw,x}$ および波数 $k_{pw,z}$ を設定すればよい。このとき、式(10)から分かるように定数 $\alpha$ が大きいほど、エバネッセント波の減衰率が大きくなる。

[0123] [数11]

$$\alpha = \sqrt{k_{pw,x}^2 + k_{pw,z}^2 - \left(\frac{\omega}{c}\right)^2} \dots (11)$$

[0124] ここで、式(10)で表されるエバネッセント波を生成するスピーカ駆動信号を得るためのオーディオフィルタの係数を求めることを考える。なお、オーディオフィルタの係数の求め方については、例えば「Itou et al. “EVANESCENT WAVE REPRODUCTION USING LINEAR ARRAY OF LOUDSPEAKERS,” in IEEE Workshop on Applications of Signal Processing to Audio and Acoustics (WASPAA), 2011.」などにも詳細に記載されている。

[0125] 式(10)を $x$ について空間フーリエ変換すると、次式(12)に示すように表される。

[0126] [数12]

$$P'(k_x, y, z, \omega) = 4\pi^2 \delta(\omega - \omega_{pw}) \delta(k_x - k_{pw,x}) e^{-\alpha y} e^{-ik_{pw,z}z} \dots (12)$$

[0127] また、伝達関数の空間周波数スペクトル $G'(k_x, y, z, \omega)$ は、次式(13)に示すように表される。

[0128] [数13]

$$G'(k_x, y, z, \omega)$$

$$= \begin{cases} -\frac{i}{4} H_0^{(2)} \left( \sqrt{\left(\frac{\omega}{c}\right)^2 - k_x^2} \sqrt{y^2 + z^2} \right) & \text{for } |k_x| \leq \left| \frac{\omega}{c} \right| \\ \frac{1}{2\pi} K_0 \left( \sqrt{k_x^2 - \left(\frac{\omega}{c}\right)^2} \sqrt{y^2 + z^2} \right) & \text{for } |k_x| > \left| \frac{\omega}{c} \right| \end{cases} \dots (13)$$

[0129] なお、式(13)において $H_0^{(2)}$ は第二種ハンケル関数を示しており、 $K_0$ はベッセル関数を示している。

[0130] さらに、SDM (Spectral Division Method) 法より、スピーカ駆動信号の空間周波数スペクトル $D'(k_x, \omega)$ は次式(14)に示すようになる。なお、SDM法については、例えば「Jens Ahrens and Sascha Spors, “Sound Field Reproduction Using Planar and Linear Arrays of Loudspeakers,” in IEEE TRANSACTIONS ON AUDIO, SPEECH, AND LANGUAGE PROCESSING, VOL. 18, NO. 8, NOVEMBER 2010.」などに詳細に記載されている。

[0131] [数14]

$$D'(k_x, \omega) = \frac{8\pi^3 e^{-\alpha y_{ref}} e^{-ik_{pw,z}z}}{K_0(\alpha y_{ref})} \delta(\omega - \omega_{pw}) \delta(k_x - k_{pw,x}) \dots (14)$$

[0132] 式(14)において、 $y_{ref}$ は $y$ 方向における基準となる参照位置、すなわち制御点の位置を示している。

[0133] このようにして得られた式(14)を、波数 $k_x$ について逆空間フーリエ変換することで、次式(15)に示すスピーカ駆動信号の時間周波数スペクトル $D(x, \omega)$ が得られる。

[0134]

[数15]

$$D(x, \omega) = \frac{4\pi^2 e^{-\alpha y_{\text{ref}}} e^{-ik_{\text{pw}, z} z}}{K_0(\alpha y_{\text{ref}})} e^{-ik_{\text{pw}, x} x} \delta(\omega - \omega_{\text{pw}}) \quad \dots (15)$$

[0135] さらに、このようにして得られた時間周波数スペクトル $D(x, \omega)$ を逆時間フーリエ変換すると、次式(16)に示すようにスピーカ駆動信号の時間波形 $d(x, t)$ 、すなわち時間信号であるスピーカ駆動信号 $d(x, t)$ が求まる。

[0136] [数16]

$$d(x, t) = \frac{2\pi e^{-\alpha y_{\text{ref}}} e^{-ik_{\text{pw}, z} z}}{K_0(\alpha y_{\text{ref}})} e^{-ik_{\text{pw}, x} x} e^{-i\omega_{\text{pw}} t} \quad \dots (16)$$

[0137] このとき、スピーカアレイ23を構成するスピーカを識別し、そのスピーカの位置を示すインデックスを $l$ とすると、以下の式(17)に示すように、式(16)からインデックス $l$ のスピーカのオーディオフィルタのフィルタ係数 $h(l, m)$ が求まる。

[0138] [数17]

$$h(l, m) = \frac{2\pi e^{-\alpha y_{\text{ref}}} e^{-ik_{\text{pw}, z} z}}{K_0(\alpha y_{\text{ref}})} e^{-ik_{\text{pw}, x} l} e^{-i\omega_{\text{pw}} m} \quad \dots (17)$$

[0139] なお、式(17)において、 $m$ は時間インデックスを示している。このフィルタ係数 $h(l, m)$ は、式(16)に示したスピーカ駆動信号 $d(x, t)$ における $x$ をインデックス $l$ に置き換えるとともに、 $t$ を時間インデックス $m$ に置き換えることにより得られる。このようなフィルタ係数 $h(l, m)$ を用いて音源信号にフィルタ処理を施すと、音源信号に基づいて形成される波面に対して空間方向に窓掛けが行われることになり、サイドローブ、つまり伝搬波の発生を低減させることができる。

[0140] また、以上においては、波数領域でエバネッセント波を求め、フィルタ係数 $h(l, m)$ を算出する方法について説明したが、これ以外の方法でエバネッセント波を生成するフィルタ係数を求めるようにしてもよい。

[0141] (フィルタ部)

フィルタ部22は、次式(18)に示す計算を行うことで、局所音場形成フィルタ係数記録部21から供給されるオーディオフィルタのフィルタ係数 $h(l, m)$ と音源信号とを畳み込み、スピーカアレイ23の各スピーカのスピーカ駆動信号 $s(l, n)$ を算出する。すなわち、音源信号に対して、フィルタ係数 $h(l, m)$ からなるオーディオフィルタを用いたフィルタ処理を施すことで、スピーカ駆動信号 $s(l, n)$ が生成される。

[0142] [数18]

$$s(l, n) = \sum_{m=0}^N h(l, m)x(n-m) \quad \dots (18)$$

[0143] なお、式(18)において、 $n$ は時間インデックスを示しており、 $x(n)$ は音源信号を示している。また、 $N$ はフィルタ長を示している。

[0144] フィルタ部22は、このようにして得られたスピーカ駆動信号 $s(l, n)$ を、スピーカアレイ23を構成する各スピーカに供給し、音声を再生させる。

[0145] 〈局所音場形成処理の説明〉

次に、図9のフローチャートを参照して、局所音場形成装置11により行われる局所音場形成処理について説明する。

[0146] ステップS11において、フィルタ部22は、局所音場形成フィルタ係数記録部21から各スピーカのフィルタ係数 $h(l, m)$ を読み出して、スピーカごとに、読み出したフィルタ係数 $h(l, m)$ と、供給された音源信号とを畳み込み、スピーカ駆動信号 $s(l, n)$ を生成する。

[0147] ステップS11では、スピーカアレイ23を構成するスピーカごとに、上述した式(18)の計算が行われて、スピーカ駆動信号 $s(l, n)$ が生成される。

[0148] ステップS12において、フィルタ部22は、生成したスピーカ駆動信号 $s(l, n)$ をスピーカアレイ23を構成するスピーカに供給して音声を再生させ、局所音場形成処理は終了する。これにより、スピーカアレイ23によってエバネッセント波での音場形成が行われ、局所音場が形成される。

[0149] 以上のように局所音場形成装置11は、空間方向の窓掛けを行うフィルタ

係数を用いてスピーカ駆動信号を生成するとともに、指向性スピーカを構成要素として含むスピーカアレイ 23 でスピーカ駆動信号に基づく音声を再生させる。このようにすることで、意図しない方向への音の漏れ出しを低減させることができる。

[0150] ところで、フィルタ部 22 で得られたスピーカ駆動信号に基づいて、スピーカアレイ 23 で音声を再生する際に、特にスピーカアレイ 23 を構成するスピーカの数が多い場合や、時間周波数の高域の音声を再生する場合には  $x$  方向に伝搬波が漏れ出してしまふ。

[0151] ここで、図 10 にエバネッセント波を生成するためのスピーカ駆動信号の空間スペクトルの例を示す。

[0152] 図 10 では、矢印 A 71 に示す部分は、スピーカ駆動信号の空間スペクトル、すなわち時空間スペクトログラムを示しており、特に横軸は空間周波数、つまり  $x$  方向の波数  $k_x$  を示しており、縦軸は時間周波数  $f$  を示している。さらに、空間スペクトルにおける濃淡は音圧（振幅）を示している。

[0153] なお、ここでは説明を簡単にするために  $z$  方向の波数  $k_z = 0$  とし、スピーカアレイ 23 を構成するスピーカは、 $x$  軸上に一直線に並べられているものとされている。

[0154] 矢印 A 71 に示す空間スペクトルにおいて、直線で表されている境界 BD 11-1 および境界 BD 11-2 は、エバネッセント領域と伝搬波領域との境界位置、つまりエバネッセント境界を表している。

[0155] 局所音場形成装置 11 では、スピーカ駆動信号  $s(l, n)$  に基づいて音声を再生すると、矢印 A 71 に示すような空間スペクトルの波面が生成されるが、生成される波には、エバネッセント波と伝搬波とが含まれている。

[0156] このとき、境界 BD 11-1 よりも図中、右側かつ、境界 BD 11-2 よりも図中、左側の領域が伝搬波領域であり、この伝搬波領域内の波が伝搬波となる。これに対して、エバネッセント境界の外側にあたる、境界 BD 11-1 よりも図中、左側の領域と、境界 BD 11-2 よりも図中、右側の領域とがエバネッセント領域であり、このエバネッセント領域内の波がエバネッ

セント波である。

[0157] なお、以下、境界BD 1 1 - 1および境界BD 1 1 - 2を特に区別する必要のない場合、単に境界BD 1 1と称する。

[0158] 境界BD 1 1は、波数 $k = (k_x^2 + k_z^2)^{1/2}$ 、特にこの例では波数 $k_x$ が $k_x = |\omega/c|$ となる位置であり、この位置の波はx方向に進む伝搬波となる。

[0159] また、矢印A 7 2に示す部分は、矢印A 7 1に示す空間スペクトルにおける所定領域、すなわち直線L 1 1における部分の波数 $k_x$ と、形成される波（音波）の振幅との関係を示している。すなわち、矢印A 7 2に示す部分において縦軸は振幅を示しており、横軸は波数 $k_x$ を示している。

[0160] 図1 0に示す例では、矢印A 7 1に示す空間スペクトルから分かるように、矢印W 1 1に示す部分がスペクトルピークとして観測されている。すなわち、境界BD 1 1 - 2に沿うようにスペクトルピークが存在し、このスペクトルピークはエバネッセント領域内に位置している。

[0161] したがって、矢印A 7 2に示すように形成される波面における、矢印W 1 1に示す部分、つまりスペクトルピーク部分がメインローブとなり、スピーカ駆動信号 $s(l, n)$ に基づいて音声を再生すると、主にエバネッセント波が生成されることが分かる。

[0162] このように、エバネッセント境界の外側にあたる、 $|\omega/c| < |k_x|$ となるエバネッセント領域にエバネッセント波を表すスペクトルのピークが存在するが、スピーカアレイ2 3のx方向の長さは有限長であるため打切り誤差が発生する。これにより、スペクトルのサイドローブがエバネッセント境界の内側にあたる、 $|k_x| < |\omega/c|$ となる伝搬波領域に漏れ出してしまう、エバネッセント波だけでなく、伝搬波も発生してしまうことが分かる。

[0163] 上述したようにサイドローブの影響は、スピーカアレイ2 3を構成するスピーカの数が少ないほど大きく、また式(1 1)に示した $\alpha$ を定数とした場合、時間周波数の高域になるほどサイドローブの影響が大きくなる。

[0164] そこで、局所音場形成装置1 1では、スピーカアレイ2 3を構成するスピーカのなかの1以上のスピーカが指向性スピーカとされている。

- [0165] 例えばスピーカアレイ 2 3 を構成する 1 以上のスピーカとして、図 4 を参照して説明したように、正面方向、つまり  $y$  方向に指向性をもつ指向性スピーカを用いることで、 $x$  方向への音の漏れ出しを減少させることができる。
- [0166] ここで、例えばスピーカアレイ 2 3 を構成するスピーカ全てを  $y$  方向に指向性をもつ指向性スピーカとすると、図 1 1 に示すように形成音場におけるエバネッセント境界付近の伝搬波領域のエネルギーが小さくなる。
- [0167] なお、図 1 1 において図 1 0 における場合と対応する部分には同一の符号を付してありその説明は適宜省略する。
- [0168] 図 1 1 において矢印 A 8 1 に示す部分は、スピーカアレイ 2 3 を構成するスピーカを全て無指向性スピーカとしたときの形成された音場の空間スペクトル、すなわち時空間スペクトログラムを示している。また、矢印 A 8 2 に示す部分は、スピーカアレイ 2 3 を構成するスピーカを全て指向性スピーカとしたときの形成された音場の空間スペクトル、すなわち時空間スペクトログラムを示している。特に、これらの空間スペクトルにおいて、横軸は空間周波数、つまり波数  $k_x$  を示しており、縦軸は時間周波数  $f$  を示している。さらに、空間スペクトルにおける濃淡は音圧（エネルギー）を示している。
- [0169] 矢印 A 8 1 に示す空間スペクトルでは、境界 B D 1 1 近傍における伝搬波領域のエネルギーが大きく、 $x$  方向、つまりスピーカアレイ 2 3 におけるスピーカが並んでいる方向へと伝搬する平面波（伝搬波）が発生してしまう。つまり、スピーカアレイ 2 3 に対して  $x$  方向への音の漏れ出しが多くなってしまふ。
- [0170] これに対して、矢印 A 8 2 に示す空間スペクトルでは、境界 B D 1 1 近傍における伝搬波領域のエネルギーが小さく、 $x$  方向への音の漏れ出しが大きく低減されていることが分かる。これは、指向性スピーカを用いることで境界 B D 1 1 近傍、つまりエバネッセント境界付近に漏れ出すサイドローブの影響が小さくなるからである。
- [0171] また、スピーカアレイ 2 3 を構成するスピーカに指向性スピーカを採用すると、 $x$  方向への音の漏れ出しが少なくなる現象は、例えば図 1 2 に示すよ

うに、スピーカアレイ 23 の伝達特性の時空間スペクトログラムでも確認することができる。なお、図 12 において図 10 における場合と対応する部分には同一の符号を付してありその説明は適宜省略する。

[0172] 図 12 において矢印 A 9 1 に示す部分は、スピーカアレイ 23 を構成するスピーカを全て無指向性スピーカとしたときの、スピーカアレイ 23 の伝達特性の時空間スペクトログラム、すなわち空間スペクトルを示している。また、矢印 A 9 2 に示す部分は、スピーカアレイ 23 を構成するスピーカを全て指向性スピーカとしたときの、スピーカアレイ 23 の伝達特性の時空間スペクトログラム、すなわち空間スペクトルを示している。特に、これらの空間スペクトルにおいて、横軸は空間周波数、つまり波数  $k_x$  を示しており、縦軸は時間周波数  $f$  を示している。さらに、空間スペクトルにおける濃淡は音圧（エネルギー）を示している。

[0173] 矢印 A 9 1 に示す空間スペクトルでは、境界 B D 1 1 であるエバネッセント境界付近の伝搬波領域、つまり  $x$  方向へ伝搬する信号が一定のエネルギーを持っていることが分かる。

[0174] これに対して、矢印 A 9 2 に示す空間スペクトルでは、境界 B D 1 1 であるエバネッセント境界付近の伝搬波領域において、矢印 A 9 1 に示す空間スペクトルにおける場合と比べて同じ領域でも信号のエネルギーがより小さくなっていることが分かる。

[0175] 以上のように、スピーカアレイ 23 を構成するスピーカのうちの 1 以上のスピーカを、指向性スピーカとすることで、無指向性スピーカのみからなるスピーカアレイを用いる場合よりも、意図しない方向への音の漏れ出しを大幅に低減させることができる。

[0176] 〈コンピュータの構成例〉

ところで、上述した一連の処理は、ハードウェアにより実行することもできるし、ソフトウェアにより実行することもできる。一連の処理をソフトウェアにより実行する場合には、そのソフトウェアを構成するプログラムが、コンピュータにインストールされる。ここで、コンピュータには、専用のハ

ードウェアに組み込まれているコンピュータや、各種のプログラムをインストールすることで、各種の機能を実行することが可能な、例えば汎用のコンピュータなどが含まれる。

[0177] 図13は、上述した一連の処理をプログラムにより実行するコンピュータのハードウェアの構成例を示すブロック図である。

[0178] コンピュータにおいて、CPU (Central Processing Unit) 501, ROM (Read Only Memory) 502, RAM (Random Access Memory) 503は、バス504により相互に接続されている。

[0179] バス504には、さらに、入出インターフェース505が接続されている。入出インターフェース505には、入力部506、出力部507、記録部508、通信部509、及びドライブ510が接続されている。

[0180] 入力部506は、キーボード、マウス、マイクロホン、撮像素子などよりなる。出力部507は、ディスプレイ、スピーカアレイなどよりなる。記録部508は、ハードディスクや不揮発性のメモリなどよりなる。通信部509は、ネットワークインターフェースなどよりなる。ドライブ510は、磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスク、又は半導体メモリなどのリムーバブル記録媒体511を駆動する。

[0181] 以上のように構成されるコンピュータでは、CPU501が、例えば、記録部508に記録されているプログラムを、入出インターフェース505及びバス504を介して、RAM503にロードして実行することにより、上述した一連の処理が行われる。

[0182] コンピュータ (CPU501) が実行するプログラムは、例えば、パッケージメディア等としてのリムーバブル記録媒体511に記録して提供することができる。また、プログラムは、ローカルエリアネットワーク、インターネット、デジタル衛星放送といった、有線または無線の伝送媒体を介して提供することができる。

[0183] コンピュータでは、プログラムは、リムーバブル記録媒体511をドライブ510に装着することにより、入出インターフェース505を介して、

記録部508にインストールすることができる。また、プログラムは、有線または無線の伝送媒体を介して、通信部509で受信し、記録部508にインストールすることができる。その他、プログラムは、ROM502や記録部508に、あらかじめインストールしておくことができる。

[0184] なお、コンピュータが実行するプログラムは、本明細書で説明する順序に沿って時系列に処理が行われるプログラムであっても良いし、並列に、あるいは呼び出しが行われたとき等の必要なタイミングで処理が行われるプログラムであっても良い。

[0185] また、本技術の実施の形態は、上述した実施の形態に限定されるものではなく、本技術の要旨を逸脱しない範囲において種々の変更が可能である。

[0186] 例えば、本技術は、1つの機能をネットワークを介して複数の装置で分担、共同して処理するクラウドコンピューティングの構成をとることができる。

[0187] また、上述のフローチャートで説明した各ステップは、1つの装置で実行する他、複数の装置で分担して実行することができる。

[0188] さらに、1つのステップに複数の処理が含まれる場合には、その1つのステップに含まれる複数の処理は、1つの装置で実行する他、複数の装置で分担して実行することができる。

[0189] また、本明細書中に記載された効果はあくまで例示であって限定されるものではなく、他の効果があってもよい。

[0190] さらに、本技術は、以下の構成とすることも可能である。

[0191] (1)

エバネッセント波により音場を形成するためのオーディオフィルタ係数を記録する局所音場形成フィルタ係数記録部と、

前記オーディオフィルタ係数と音源信号とを畳み込んでスピーカ駆動信号を生成するフィルタ部と、

指向性スピーカを含む複数のスピーカから構成され、前記スピーカ駆動信号に基づいて音を再生するスピーカアレイと

を備える局所音場形成装置。

(2)

前記指向性スピーカは、平面スピーカ、または平面波スピーカである

(1)に記載の局所音場形成装置。

(3)

前記スピーカアレイは、直線スピーカアレイ、または平面スピーカアレイである

(1)または(2)に記載の局所音場形成装置。

(4)

前記スピーカアレイを構成する前記複数の前記スピーカのうちの半分以上の前記スピーカが前記指向性スピーカである

(1)乃至(3)の何れか一項に記載の局所音場形成装置。

(5)

エバネッセント波により音場を形成するためのオーディオフィルタ係数を記録する局所音場形成フィルタ係数記録部と、

前記オーディオフィルタ係数と音源信号とを畳み込んでスピーカ駆動信号を生成するフィルタ部と、

指向性スピーカを含む複数のスピーカから構成され、前記スピーカ駆動信号に基づいて音を再生するスピーカアレイと

を備える局所音場形成装置の局所音場形成方法であって、

前記フィルタ部が前記スピーカ駆動信号を生成し、

前記スピーカアレイが前記スピーカ駆動信号に基づいて音を再生する

ステップを含む局所音場形成方法。

(6)

エバネッセント波により音場を形成するためのオーディオフィルタ係数を記録する局所音場形成フィルタ係数記録部と、

前記オーディオフィルタ係数と音源信号とを畳み込んでスピーカ駆動信号を生成するフィルタ部と、

指向性スピーカを含む複数のスピーカから構成され、前記スピーカ駆動信号に基づいて音を再生するスピーカアレイと

を備える局所音場形成装置を制御するコンピュータに、  
前記フィルタ部により前記スピーカ駆動信号を生成させ、  
前記スピーカアレイにより前記スピーカ駆動信号に基づいて音を再生させる

ステップを含む処理を実行させるプログラム。

### 符号の説明

- [0192] 11 局所音場形成装置, 21 局所音場形成フィルタ係数記録部,  
22 フィルタ部, 23 スピーカアレイ

## 請求の範囲

- [請求項1] エバネッセント波により音場を形成するためのオーディオフィルタ係数を記録する局所音場形成フィルタ係数記録部と、  
前記オーディオフィルタ係数と音源信号とを畳み込んでスピーカ駆動信号を生成するフィルタ部と、  
指向性スピーカを含む複数のスピーカから構成され、前記スピーカ駆動信号に基づいて音を再生するスピーカアレイと  
を備える局所音場形成装置。
- [請求項2] 前記指向性スピーカは、平面スピーカ、または平面波スピーカである  
請求項1に記載の局所音場形成装置。
- [請求項3] 前記スピーカアレイは、直線スピーカアレイ、または平面スピーカアレイである  
請求項1に記載の局所音場形成装置。
- [請求項4] 前記スピーカアレイを構成する前記複数の前記スピーカのうちの半分以上の前記スピーカが前記指向性スピーカである  
請求項1に記載の局所音場形成装置。
- [請求項5] エバネッセント波により音場を形成するためのオーディオフィルタ係数を記録する局所音場形成フィルタ係数記録部と、  
前記オーディオフィルタ係数と音源信号とを畳み込んでスピーカ駆動信号を生成するフィルタ部と、  
指向性スピーカを含む複数のスピーカから構成され、前記スピーカ駆動信号に基づいて音を再生するスピーカアレイと  
を備える局所音場形成装置の局所音場形成方法であって、  
前記フィルタ部が前記スピーカ駆動信号を生成し、  
前記スピーカアレイが前記スピーカ駆動信号に基づいて音を再生する  
ステップを含む局所音場形成方法。

## [請求項6]

エバネッセント波により音場を形成するためのオーディオフィルタ係数を記録する局所音場形成フィルタ係数記録部と、

前記オーディオフィルタ係数と音源信号とを畳み込んでスピーカ駆動信号を生成するフィルタ部と、

指向性スピーカを含む複数のスピーカから構成され、前記スピーカ駆動信号に基づいて音を再生するスピーカアレイと

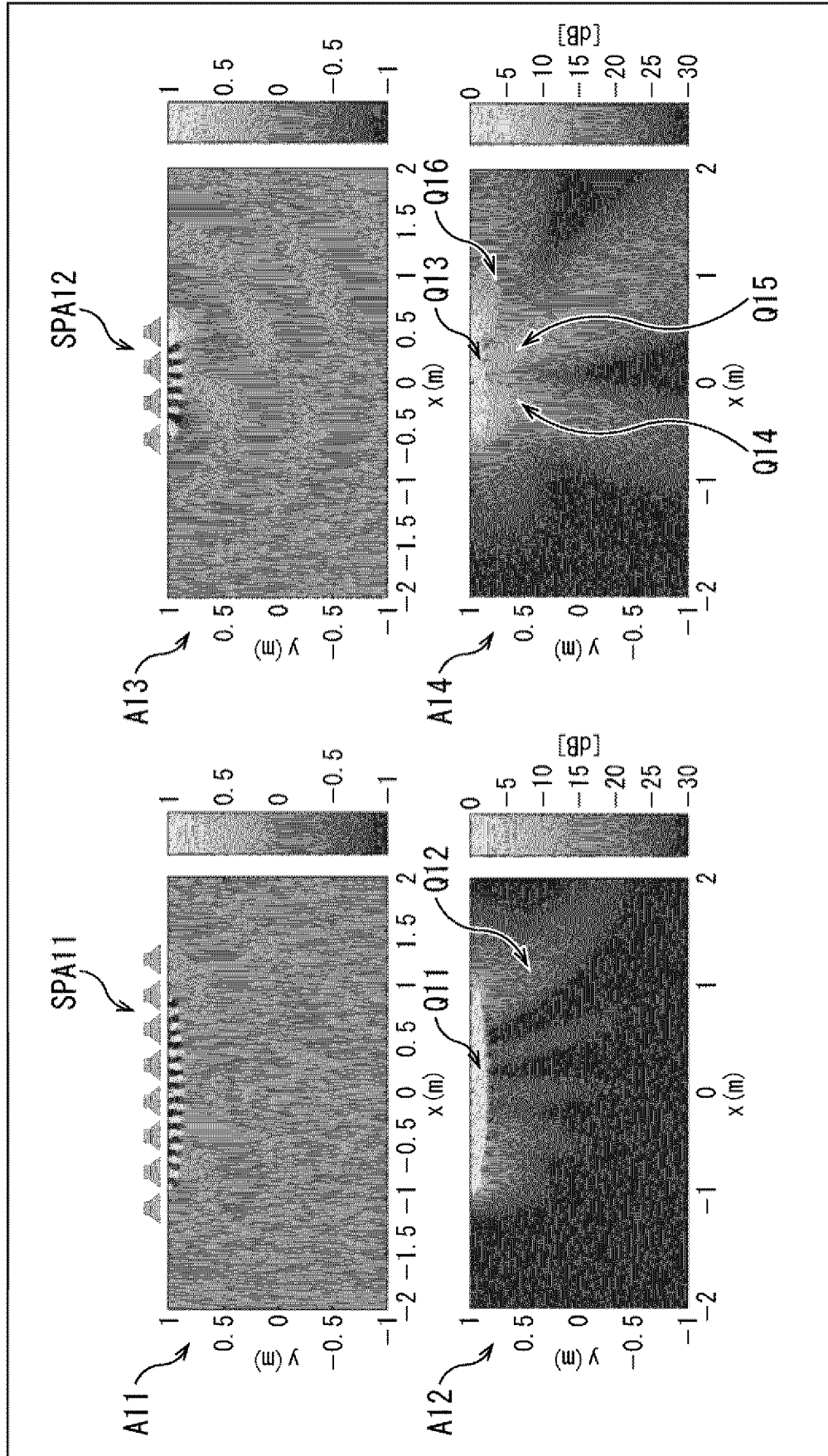
を備える局所音場形成装置を制御するコンピュータに、

前記フィルタ部により前記スピーカ駆動信号を生成させ、

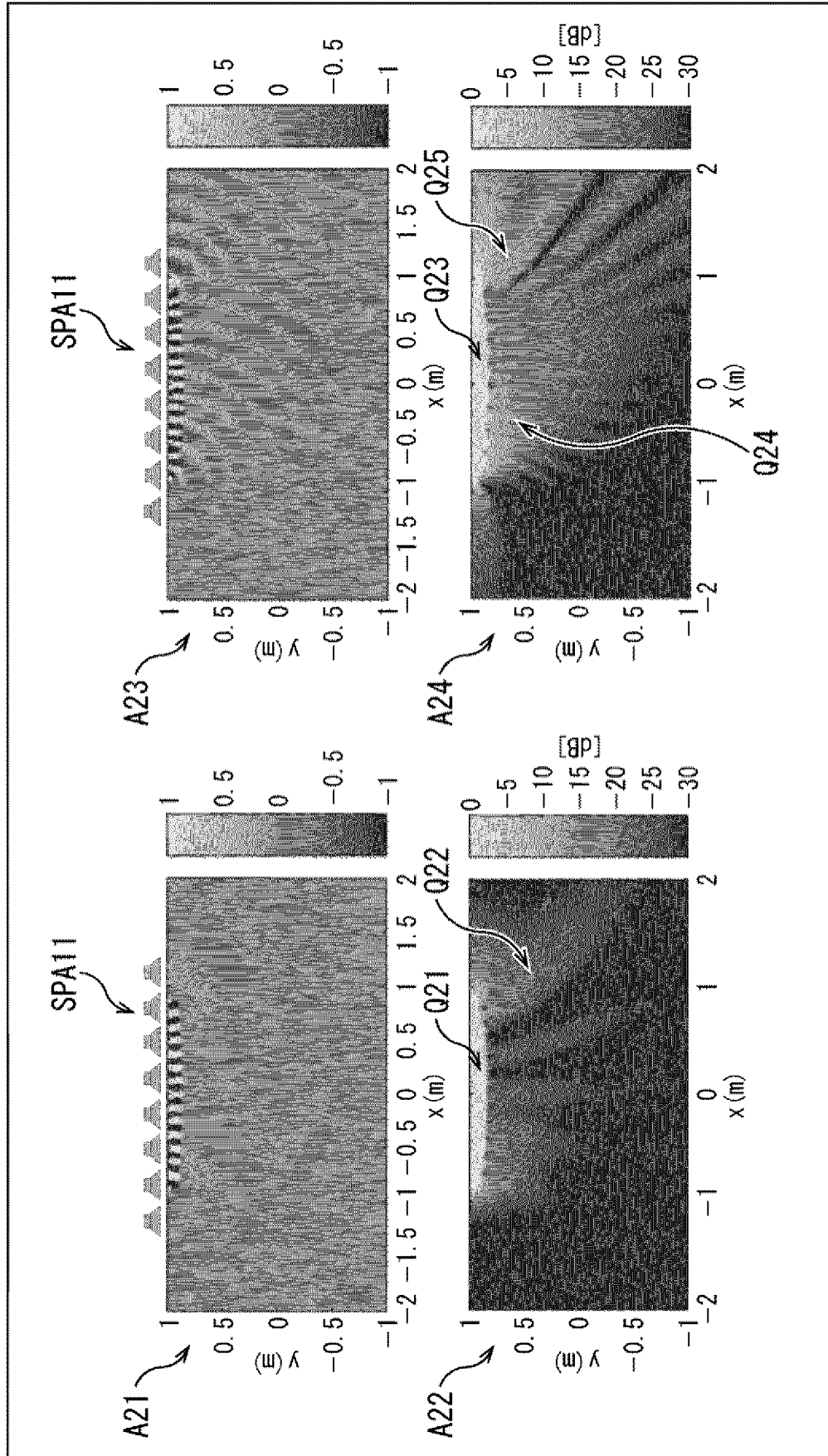
前記スピーカアレイにより前記スピーカ駆動信号に基づいて音を再生させる

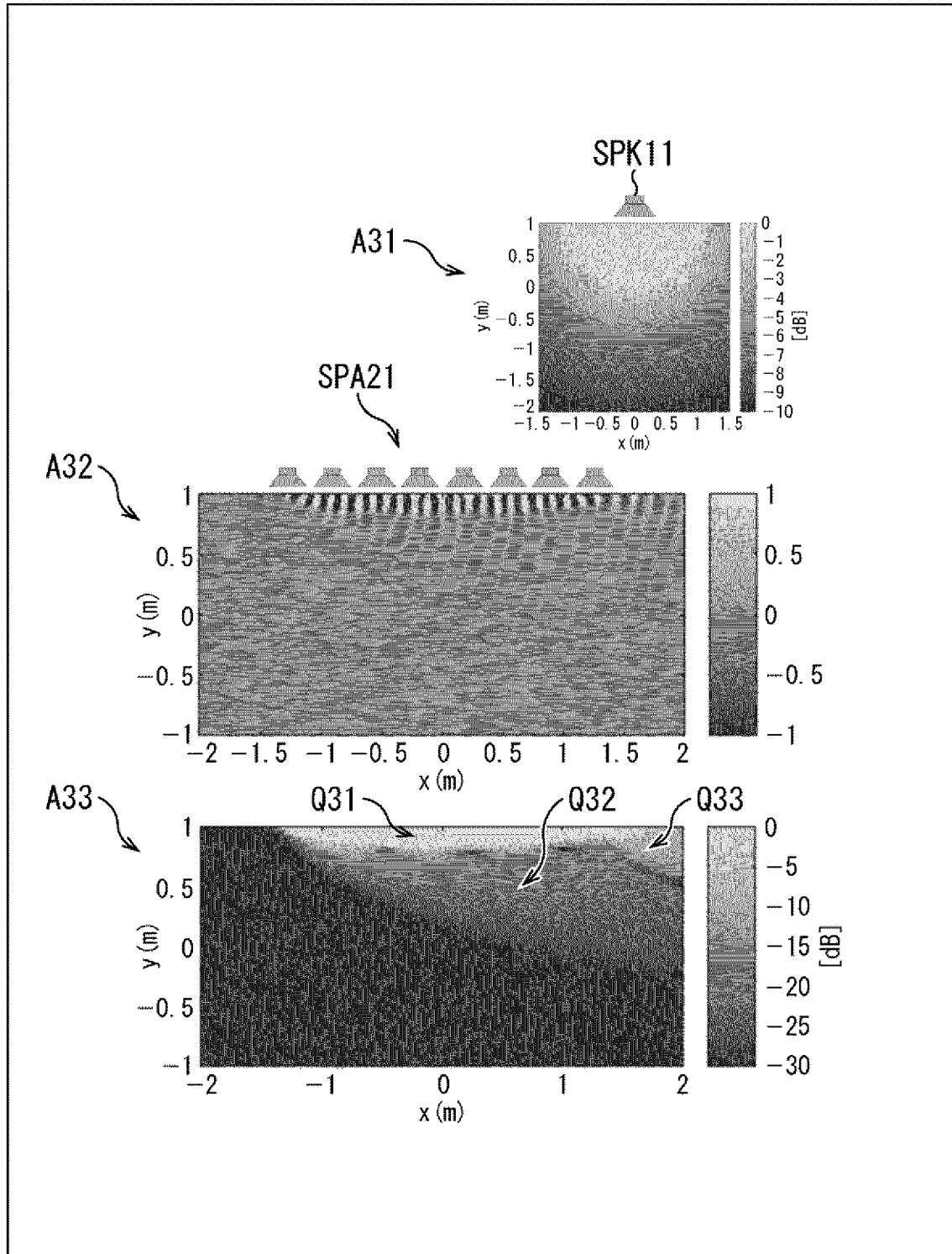
ステップを含む処理を実行させるプログラム。


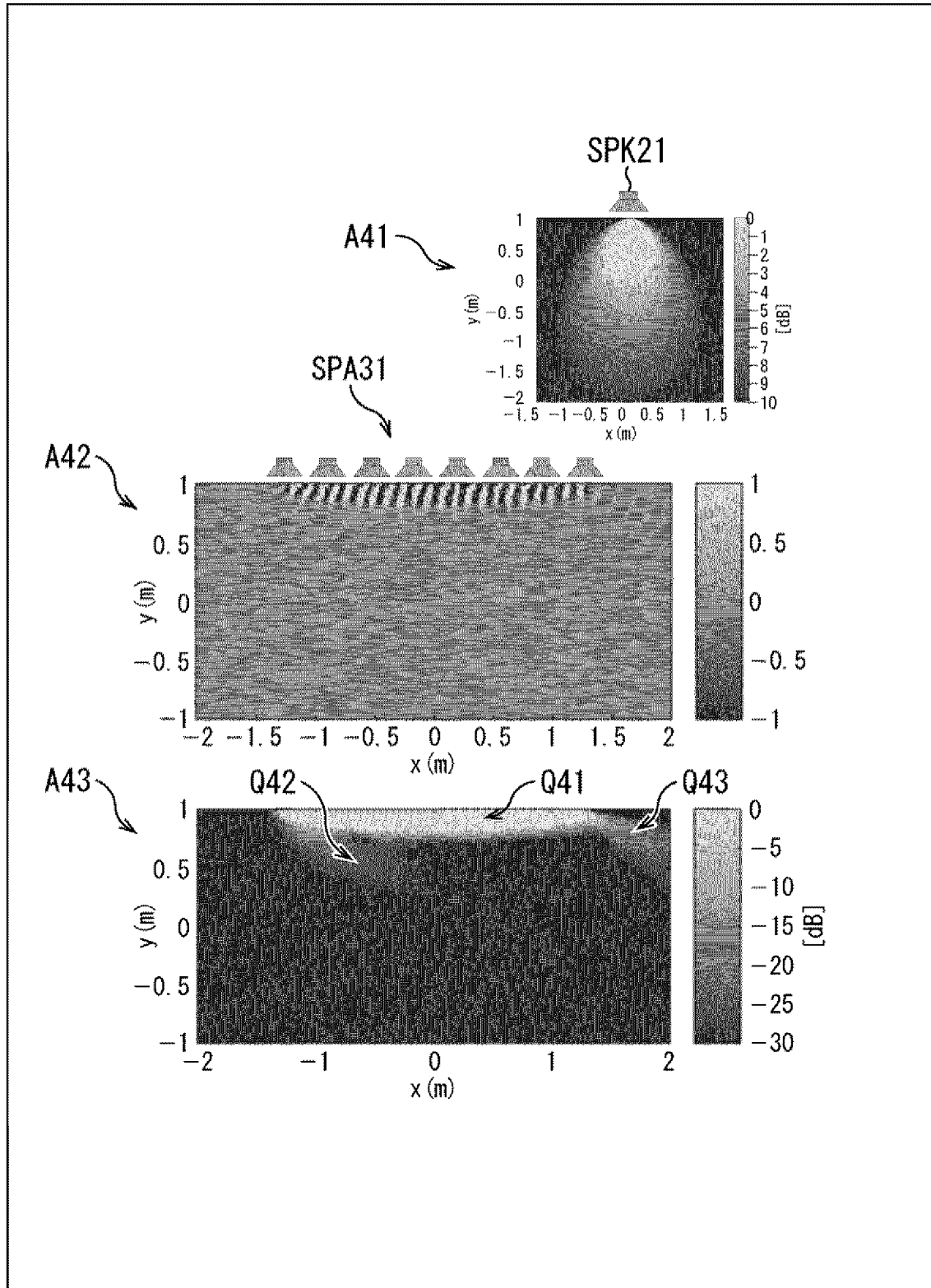
[] FIG. 1



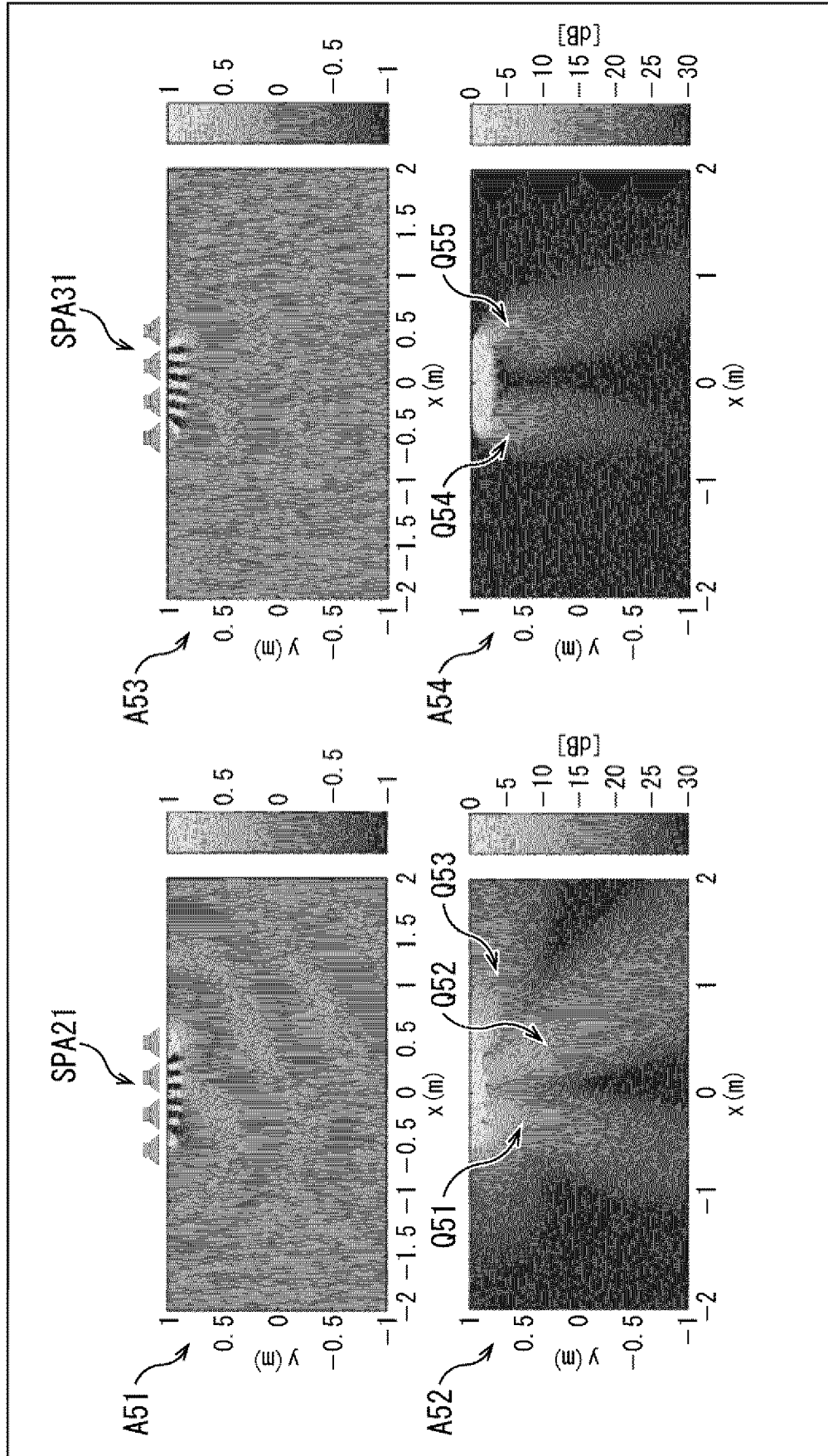
[図2]  
FIG. 2



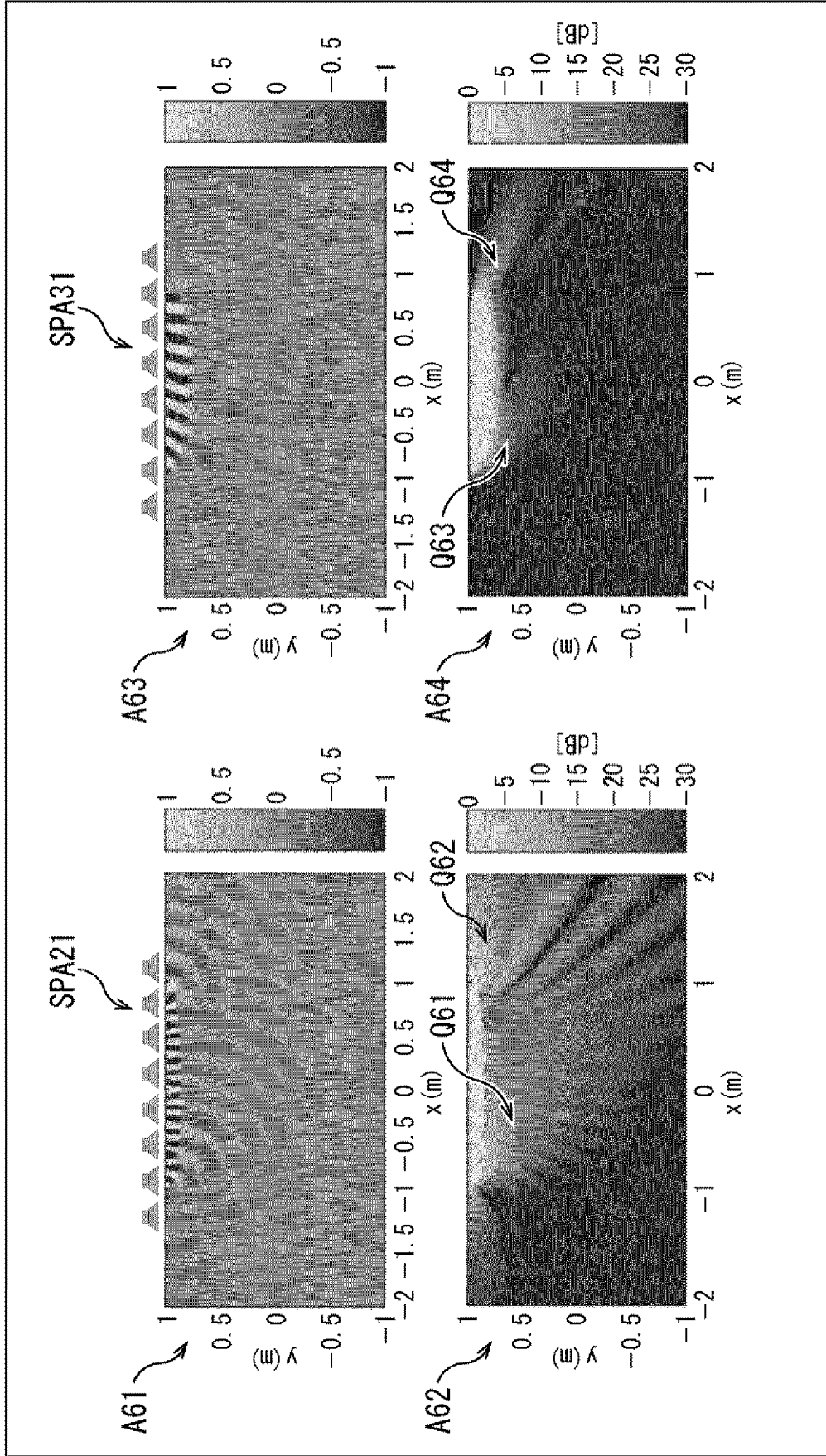
[図3]  
FIG. 3

[]4]  
FIG. 4

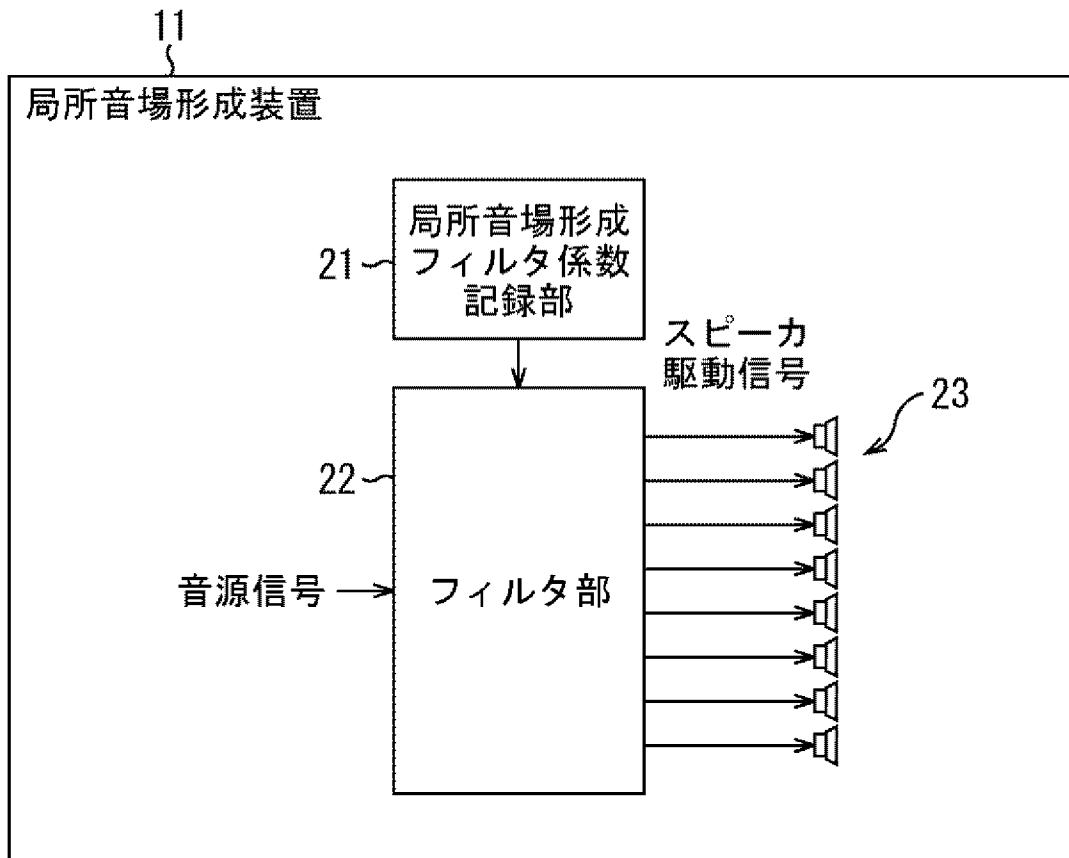
[図5]  
FIG. 5

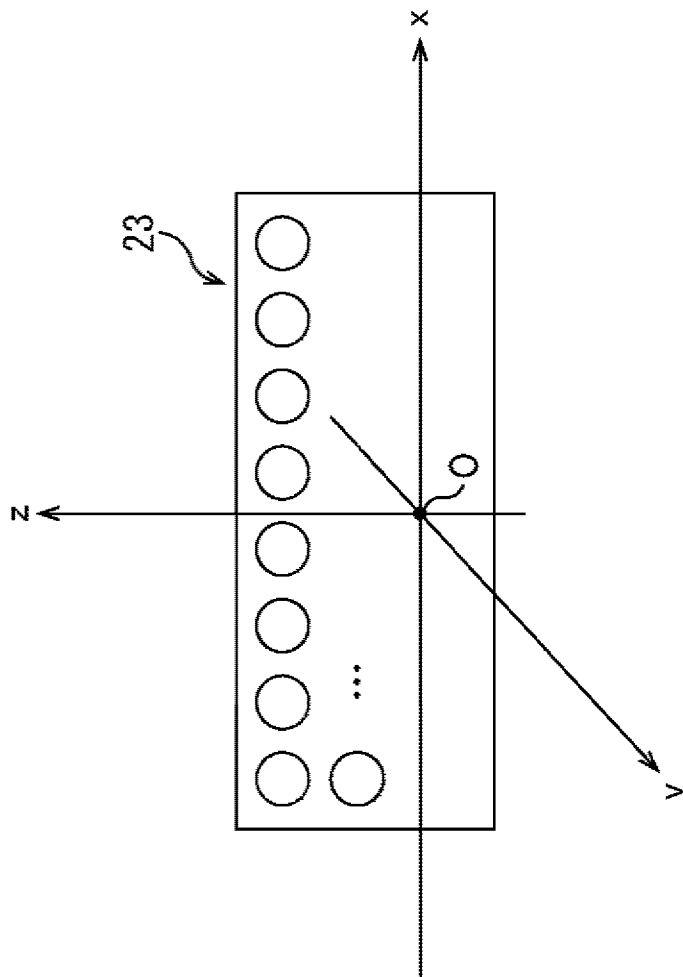


[図6]  
FIG. 6

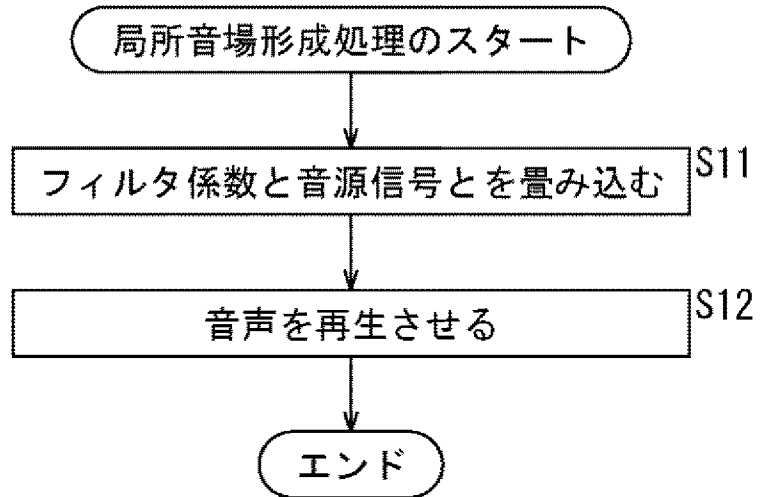


[図7]  
FIG. 7

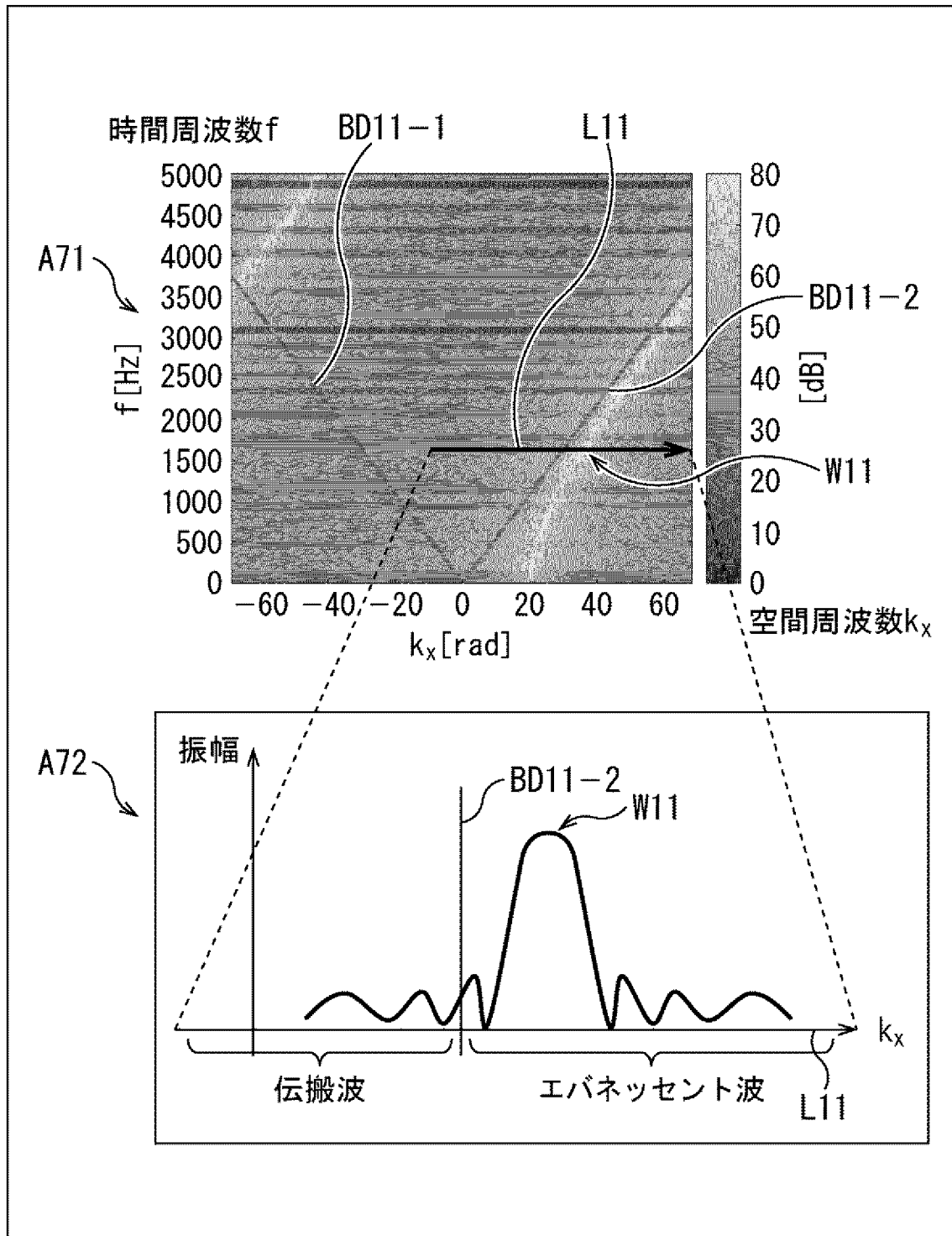


[図8]  
FIG. 8

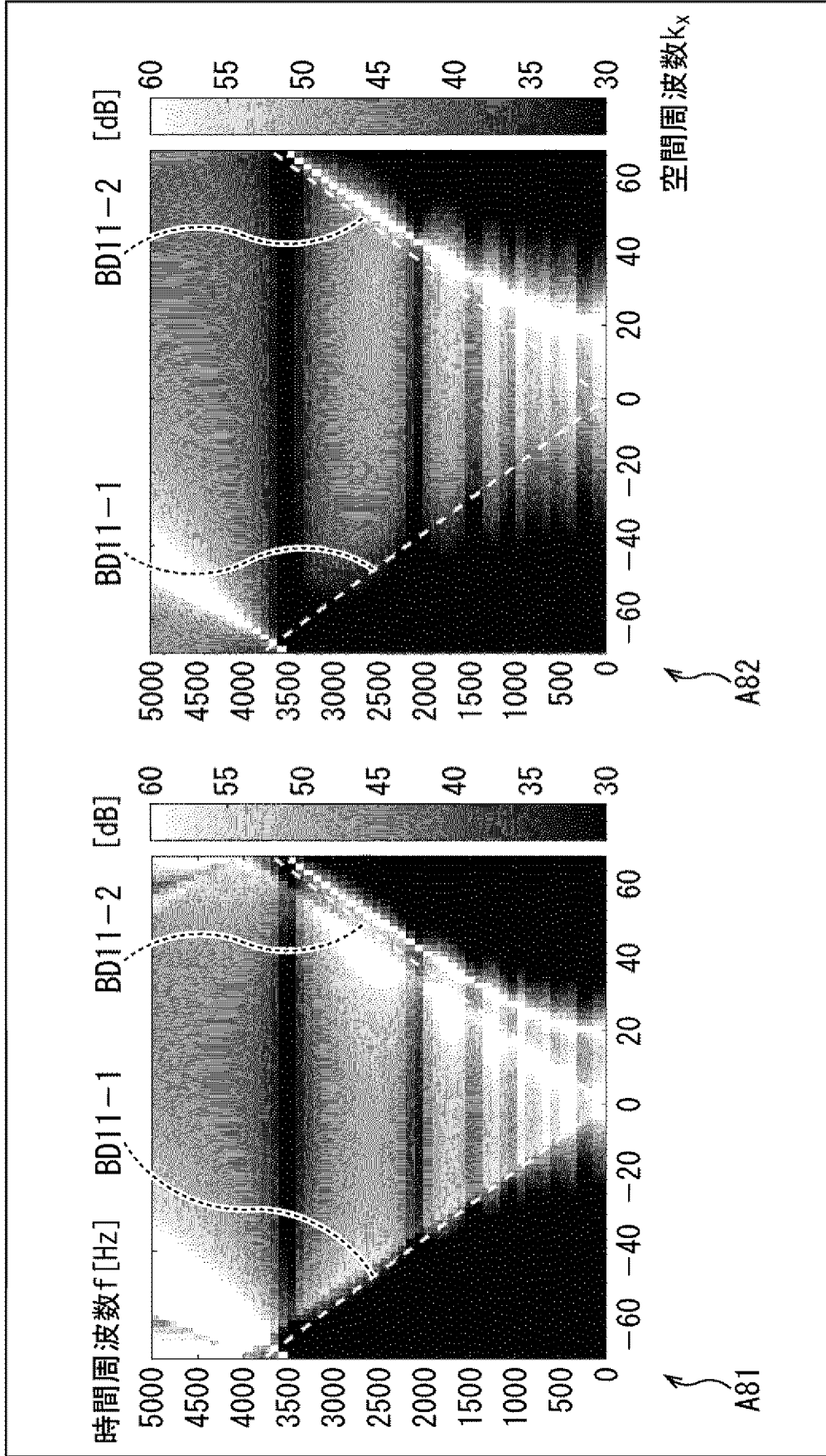
[図9]  
FIG. 9



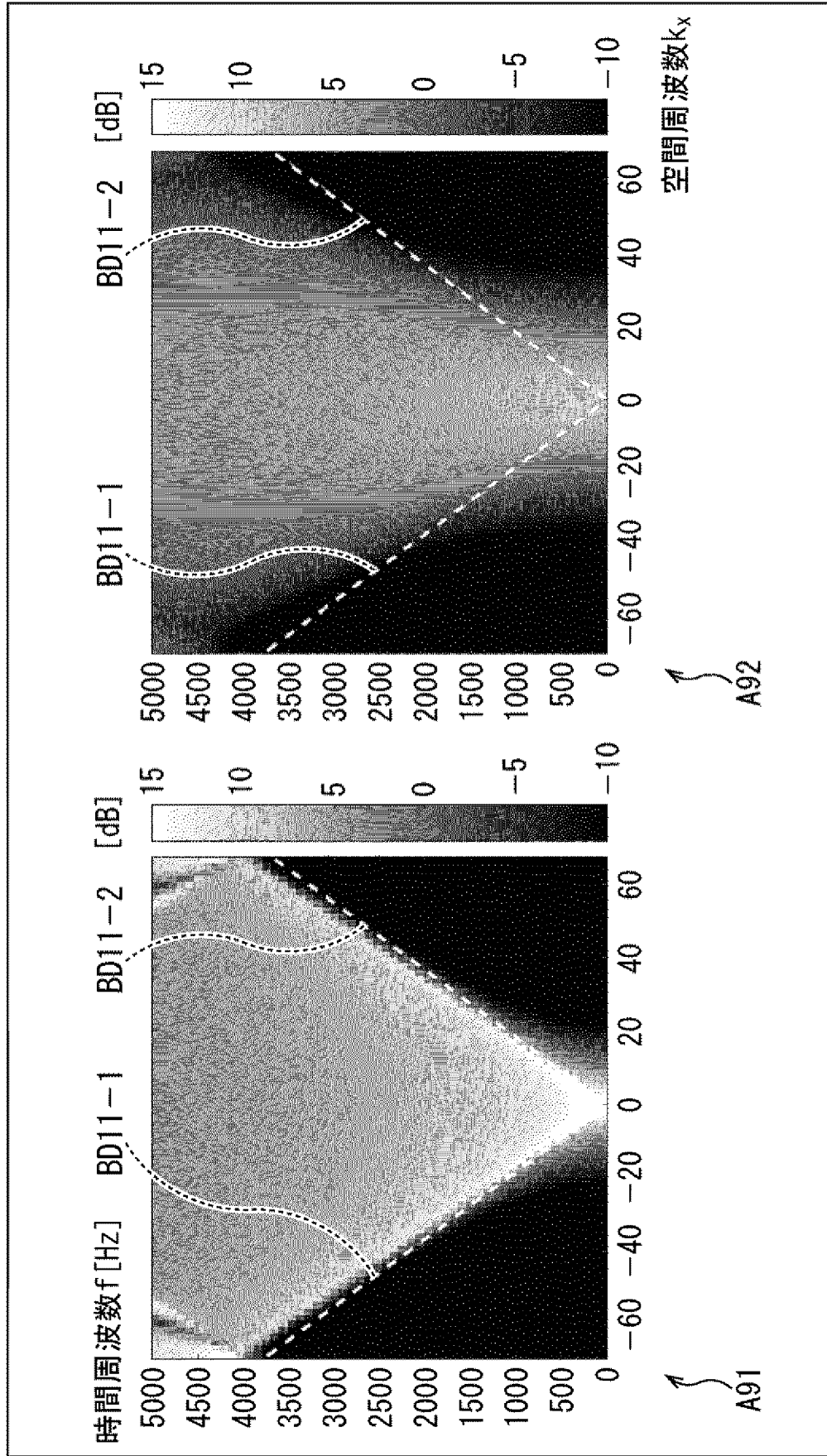
[図10]  
FIG. 10



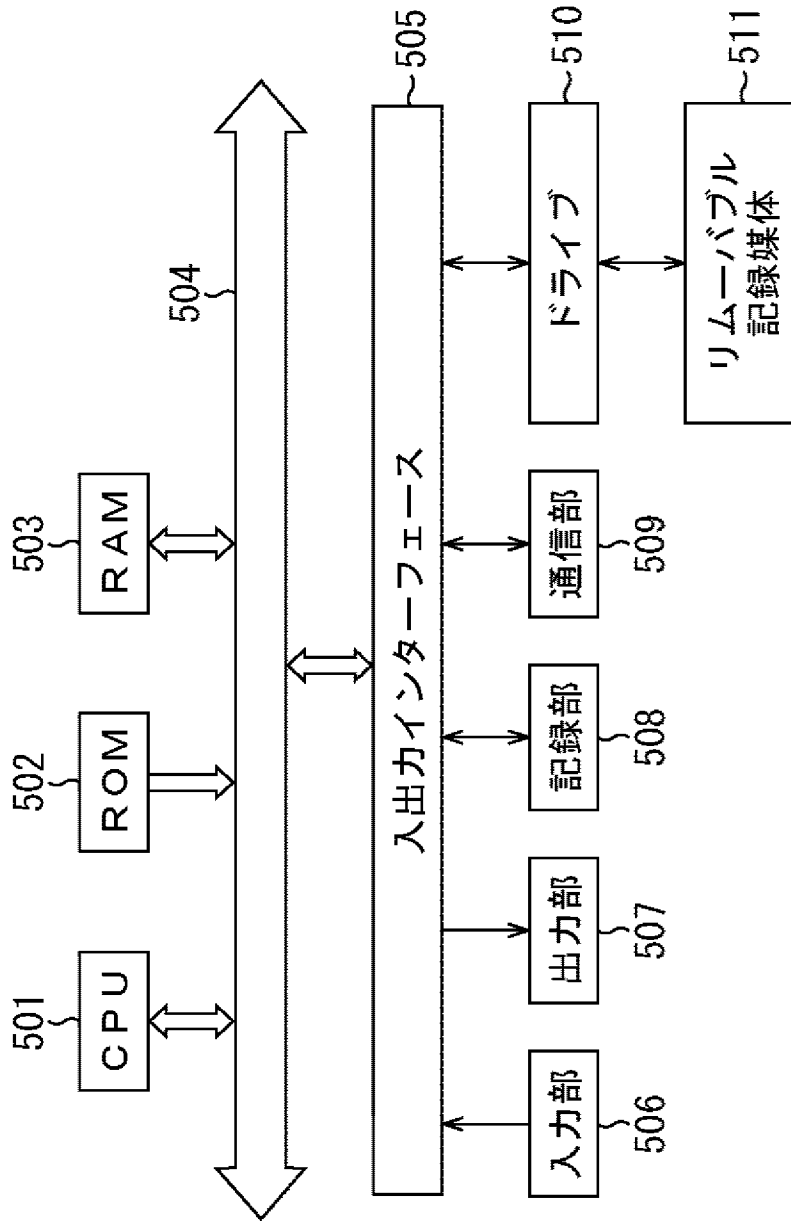
[図11]  
FIG. 11



[図12]  
FIG. 12



[図13]  
FIG. 13



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.  
PCT/JP2017/018498

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
H04R3/00(2006.01)i, H04R1/40(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
H04R3/00, H04R1/40

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Hiroaki ITO, Ken'ichi FURUYA, Yoichi HANEDA, Report of the 2011 Spring Meeting, the Acoustical Society of Japan CD-ROM [CD-ROM], 2011.03, pages 947 to 948	1-6
A	JP 2012-175679 A (Nippon Telegraph and Telephone Corp.), 10 September 2012 (10.09.2012), paragraphs [0024] to [0026] (Family: none)	1-6
A	JP 2012-8156 A (Nippon Telegraph and Telephone Corp.), 12 January 2012 (12.01.2012), paragraph [0028] (Family: none)	1-6

Further documents are listed in the continuation of Box C.       See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 18 July 2017 (18.07.17)	Date of mailing of the international search report 01 August 2017 (01.08.17)
--	---

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer  Telephone No.
--	---

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2017/018498

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2012-44572 A (Nippon Telegraph and Telephone Corp.), 01 March 2012 (01.03.2012), paragraphs [0002] to [0005] (Family: none)	1-6

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. H04R3/00(2006.01)i, H04R1/40(2006.01)i		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. H04R3/00, H04R1/40		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2017年 日本国実用新案登録公報 1996-2017年 日本国登録実用新案公報 1994-2017年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	伊藤弘章, 古家賢一, 羽田陽一, 日本音響学会 2011年 春季 研究発表会講演論文集CD-ROM [CD-ROM], 2011.03, p947-948	1-6
A	JP 2012-175679 A (日本電信電話株式会社) 2012.09.10, 段落[0024]-[0026] (ファミリーなし)	1-6
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <span style="margin-left: 200px;"><input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。</span>		
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 18.07.2017	国際調査報告の発送日 01.08.2017	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官（権限のある職員） 大石 剛 電話番号 03-3581-1101 内線 3591	5Z 4882

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2012-8156 A (日本電信電話株式会社) 2012. 01. 12, 段落[0028] (ファミリーなし)	1-6
A	JP 2012-44572 A (日本電信電話株式会社) 2012. 03. 01, 段落[0002]-[0005] (ファミリーなし)	1-6