

(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
2020年5月22日(22.05.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/100340 A1

- (51) 国際特許分類:
H04R 3/00 (2006.01) *H04R 1/40* (2006.01)
G10K 15/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/025835
- (22) 国際出願日: 2019年6月28日(28.06.2019)
- (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 2018-212009 2018年11月12日(12.11.2018) JP
- (71) 出願人: 日本電信電話株式会社 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 江村 暁(EMURA, Satoru); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町三丁目9番11号 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 中尾 直樹, 外(NAKAO, Naoki et al.); 〒1600022 東京都新宿区新宿三丁目1番22号 新宿NSビル6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, JO, JP, KE, KG, KH,

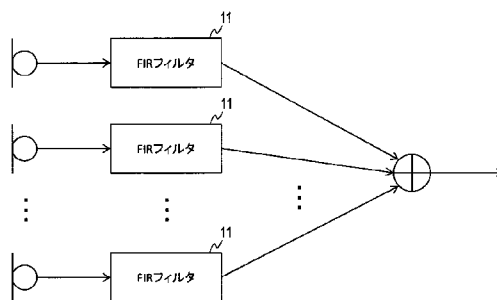
(54) Title: TRANSFER FUNCTION ESTIMATING DEVICE, METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 伝達関数推定装置、方法及びプログラム

$$y(f, l) = [v_1(f), \dots, v_M(f)] \begin{bmatrix} t_1(f) \\ \vdots \\ t_M(f) \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} u_1(f) \\ \vdots \\ u_M(f) \end{bmatrix} = D(f) \begin{bmatrix} t_1(f) \\ \vdots \\ t_M(f) \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$[c_1(f), \dots, c_M(f)] = [v_1(f), \dots, v_M(f)] D^{-1}(f) \\ c_i(f) = [c_{i,1}(f), \dots, c_{i,M}(f)]^T \quad i = 1, \dots, M \quad (3)$$



11... FIR FILTER

図1

(57) Abstract: This transfer function estimating device comprises: a correlation matrix calculation unit 43 for calculating the correlation matrix of N frequency domain signals $y(f, l)$; a signal space base vector calculation unit 44 for deriving M vectors $v_1(f)$ through $v_M(f)$ in the eigenvector of the correlation matrix in decreasing order of corresponding eigenvalue; and a plurality of RTF estimation units 45 for deriving $t_i(f)$ through $t_M(f)$ that satisfy the relationship of expression (1), deriving a matrix $D(f)$ that is not a zero matrix and that makes $u_1(f)$

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, 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)）

through $u_M(f)$ defined by expression (2) sparse in the time direction, deriving $c_{i,1}(f)$ through $c_{M,N}(f)$ that satisfy the relationship of expression (3), and outputting $c_1(f)/c_{1,j}(f)$ through $c_M(f)/c_{M,j}(f)$, where j is an integer of 1 to N , as relative transfer functions.

(57) 要約：伝達関数推定装置は、 N 個の周波数領域信号 $y(f,l)$ の相関行列を算出する相関行列算出部43と、相関行列の固有ベクトルの中の、対応する固有値が大きい方から M 個のベクトル $v_1(f), \dots, v_M(f)$ を求める信号空間基底ベクトル算出部44と、式(1)の関係を満たす $t_1(f), \dots, t_M(f)$ を求め、式(2)により定義される $u_1(f), \dots, u_M(f)$ を時間方向にスパースにする、ゼロ行列ではない行列 $D(f)$ を求め、式(3)の関係を満たす $c_{i,1}(f), \dots, c_{M,N}(f)$ を求め、 j を1以上 N 以下の整数として、 $c_1(f)/c_{1,j}(f), \dots, c_M(f)/c_{M,j}(f)$ を相対伝達関数として出力する複数RTF推定部45と、を備えている。

明 細 書

発明の名称：伝達関数推定装置、方法及びプログラム

技術分野

[0001] この発明は、伝達関数を推定する技術に関する。

背景技術

[0002] 複数のマイクロホンを音場に設置してマルチチャネルのマイクロホン信号を取得し、そこからノイズ及びその他音声をなるべく取り除いて、ターゲットとする音声や音をクリアして取り出すニーズが近年高まっている。そのために、複数のマイクロホンを用いてビームを形成するビームフォーミング技術が、近年盛んに研究開発されている。

[0003] ビームフォーミングでは、図1のように各マイクロホン信号にFIRフィルタ11を適用し総和を取ることで、雑音を大幅に減らし、ターゲット音をより明瞭に取り出すことができる。このようなビームフォーミングのフィルタを求める方法として、Minimum Variance Distortionless Response法（MVDR法）がよく使われる（例えば、非特許文献1参照。）。

[0004] 以下、図2を用いて、このMVDR法を説明する。MVDR法では、ターゲット音源から各マイクロホンへの相対伝達関数 $g_r(f)$ （Relative Transfer Functions、以下、RTFと略する。）（例えば、非特許文献2参照。）が予め推定され、与えられている。

[0005] マイクロホンアレー21からのNチャネルマイクロホン信号 $y_n(k)$ ($1 \leq n \leq N$) は、フレームごとに短時間フーリエ変換部22において短時間フーリエ変換される。周波数 f 、フレーム l での変換結果を、

[0006] [数1]

$$\mathbf{y}(f, l) = \begin{bmatrix} y_1(f, l) \\ \vdots \\ y_N(f, l) \end{bmatrix}$$

[0007] のようにベクトル化して扱う。このNチャネル信号 $\mathbf{y}(f, l)$ は、

[0008]

[数2]

$$\mathbf{y}(f, l) = \mathbf{x}(f, l) + \mathbf{x}_n(f, l)$$

[0009] のようにターゲット音に由来するマルチチャネル信号 $\mathbf{x}(f, l)$ と非ターゲット音のマルチチャネル信号 $\mathbf{x}_n(f, l)$ とからなる。

[0010] 相関行列算出部23は、Nチャネルマイクロホン信号の周波数 f での空間相関行列 $\mathbf{R}(f, l)$ を以下の式により算出する。

[0011] [数3]

$$\mathbf{R}(f, l) = \mathbf{E}[\mathbf{y}(f, l)\mathbf{y}^H(f, l)]$$

[0012] ただし、 $\mathbf{E}[\]$ は期待値を取ることを意味する。また、 $\mathbf{y}^H(f, l)$ は、 $\mathbf{y}(f, l)$ を転置し複素共役を取ったベクトルである。なお、実際の処理では、通常 $\mathbf{E}[\]$ の代わりに短時間平均が用いられる。

[0013] アレーフィルタ推定部24は、次の拘束条件付きの最適化問題を解いて、N次元複素数ベクトルであるフィルタ係数ベクトル $\mathbf{h}(f, l)$ を求める。

[0014] [数4]

$$\mathbf{h}(f, l) = \underset{\mathbf{h}}{\operatorname{argmin}} \mathbf{h}^H(f, l)\mathbf{R}(f, l)\mathbf{h}(f, l)$$

[0015] ここで、拘束条件は、

[0016] [数5]

$$\mathbf{h}^H(f, l)\mathbf{g}_r(f, l) = 1$$

[0017] である。

[0018] 上記の最適化問題では、周波数 f においてターゲット音を無歪みで出力するという拘束のもとで、アレー出力信号のパワーが最小になるようにフィルタ係数ベクトルを求めている。

[0019] アレーフィルタリング部25は、推定されたフィルタ係数ベクトル $\mathbf{h}(f, l)$ を、周波数領域に変換されたマイクロホン信号 $\mathbf{y}(f, l)$ に適用する。

[0020] [数6]

$$Z(f, l) = \mathbf{h}^H(f, l) \mathbf{y}(f, l)$$

[0021] これにより、ターゲット音以外の成分を極力抑えて、周波数領域のターゲット音 $Z(f, l)$ を取り出すことができる。

[0022] 短時間逆フーリエ変換部 26 は、ターゲット音 $Z(f, l)$ を短時間逆フーリエ変換する。これにより、時間領域のターゲット音を取り出すことができる。

[0023] なお、非特許文献 2 で推定した RTF を用いる場合には、ターゲット音源の音そのものではなく、ターゲット音源の音が音響経路を経て参照マイクロホンで収音された音が、ターゲット音となる。

[0024] なお、RTF を推定する従来方法として、非ターゲット音が無視できターゲットのみから音が出ているとみなせる状況、すなわち単一音源モデルが適用できる状況で、収音信号の固有値分解や一般化固有値分解を用いて RTF を推定する方法などが提案されている（例えば、非特許文献 2、3 参照。）。

[0025] この方法を図 3 に示す。マイクロホンアレー 31 及び短時間フーリエ変換部 32 の処理は、図 2 のマイクロホンアレー 21 及び短時間フーリエ変換部 22 の処理と同様である。

[0026] 相関行列算出部 33 は、単一音源モデルが適用できる区間の N チャンネル収音信号から、各周波数における $N \times N$ 相関行列を算出する。

[0027] 信号空間基底ベクトル算出部 34 は、この相関行列を固有値分解し、絶対値が最大の固有値に対応する N 次元固有ベクトル

[0028] [数7]

$$\mathbf{v}(f) = [\mathbf{v}_1(f) \ \cdots \ \mathbf{v}_N(f)]^T$$

[0029] を信号空間基底ベクトル $\mathbf{v}(f)$ として求める。ただし、 $\mathbf{a}$ を任意のベクトル又は行列として、 $\mathbf{a}^T$ は $\mathbf{a}$ の転置を表す。音源が 1 つのとき、相関行列の固有値は 1 つだけが有意な値をもち、残り $N-1$ 個の固有値はほぼ 0 になる。そして、この有意な固有値の固有ベクトルに、音源から各マイクロホンへの伝達特性に関する情報が含まれる。

[0030] RTF算出部35は、第1マイクロホンを参照マイクロホンとすると、以下の式により定義される $v'(f)$ をRTFとして出力する。

[0031] [数8]

$$v'(f) = \left[1, \frac{v_2(f)}{v_1(f)}, \dots, \frac{v_N(f)}{v_1(f)} \right]^T$$

[0032] 複数音源から同時に音が出ている状況に対しては、各音源信号がスペクトログラム上で音声のように疎だと仮定する。そして、收音信号スペクトログラム上の各時点各周波数で、各音源信号のスペクトルが衝突しない又は重ならないと想定する。この想定にもとづくと、単一音源モデルを適用して、RTFを推定することができる（例えば、非特許文献4，5参照。）。

先行技術文献

非特許文献

[0033] 非特許文献1：D. H. Johnson, D. E. Dudgeon, Array Signal Processing, Prentice Hall 1993.

非特許文献2：S. Gannot, D. Burshtein, and E. Weinstein, Signal Enhancement Using Beamforming and Nonstationarity with Applications to Speech, IEEE Trans. Signal processing, 49, 8, pp. 1614-1626, 2001.

非特許文献3：S. Markovich, S. Gannot, and I. Cohen, Multichannel Eigenspace Beamforming in a Reverberant Noisy Environment With Multiple Interfering Speech Signals, IEEE Trans. On Audio, Speech, Lang., 17, 6, pp. 1071-1086, 2009.

非特許文献4：S. Araki, H. Sawada, and S. Makino, Blind speech separation in a meeting situation with maximum SNR beamformer, in proc. IEEE Int. Conf. Acoust. Speech Signal Process. (ICASSP2007), 2007, pp. 41-44.

非特許文献5：E. Warsitz, R. Haeb-Umbach, Blind Acoustic Beamforming Based on Generalized Eigenvalue Decomposition, IEEE Trans. Audio, Spee

ch, Lang., 15, 5, pp. 1529-1539, 2007.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0034] しかし、例えば残響の大きい部屋で複数話者が話すような場合、残響のためにスペクトルグラム上で異なる話者のスペクトルが重なる状況が生じる。つまり、残響により、単一音源モデルの適合性が大幅に下がってしまうことがある。

[0035] そこで、本発明は、複数話者のスペクトルが重なり得る状況でも、RTFを推定できる伝達関数推定装置、方法及びプログラムを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0036] この発明の一態様による伝達関数推定装置は、 N を2以上の整数とし、 f を周波数を表すインデックスとし、 l をフレームを表すインデックスとして、マイクロホンアレーを構成する N 個のマイクロホンで収音された N 個の時間領域信号に対応する N 個の周波数領域信号 $y(f, l)$ の相関行列を算出する相関行列算出部と、 M を2以上の整数として、相関行列の固有ベクトルの中の、対応する固有値が大きい方から M 個のベクトル $v_1(f), \dots, v_M(f)$ を求める信号空間基底ベクトル算出部と、 L を2以上の整数とし、 $Y(f, l)=[y(f, l+1), \dots, y(f, l+L)]$ として、

[0037] [数9]

$$Y(f, l)=[v_1(f), \dots, v_M(f)] \begin{bmatrix} t_1(f) \\ \vdots \\ t_M(f) \end{bmatrix}$$

[0038] の関係を満たす $t_1(f), \dots, t_M(f)$ を求め、

[0039] [数10]

$$\begin{bmatrix} u_1(f) \\ \vdots \\ u_M(f) \end{bmatrix} = D(f) \begin{bmatrix} t_1(f) \\ \vdots \\ t_M(f) \end{bmatrix}$$

[0040] の式により定義される $u_1(f), \dots, u_M(f)$ を時間方向にスパースにする、ゼロ行列ではない行列 $D(f)$ を求め、

[0041] [数11]

$$[c_1(f), \dots, c_M(f)] = [v_1(f), \dots, v_M(f)] D^{-1}(f)$$

$$c_i(f) = [c_{i,1}(f), \dots, c_{i,N}(f)]^T \quad i=1, \dots, M$$

[0042] の関係を満たす $c_{i,1}(f), \dots, c_{i,N}(f)$ を求め、 j を1以上 N 以下の整数として、 $c_1(f)/c_{1,j}(f), \dots, c_M(f)/c_{M,j}(f)$ を相対伝達関数として出力する複数RTF推定部と、を備えている。

発明の効果

[0043] 複数話者のスペクトルが重なり得る状況でも、RTFを推定できる。

図面の簡単な説明

[0044] [図1]図1は、ビームフォーミング技術を説明するための図である。

[図2]図2は、MVDR法を説明するための図である。

[図3]図3は、RTFを推定するため従来技術を説明するための図。

[図4]図4は、この発明の伝達関数推定装置の機能構成の例を示す図である。

[図5]図5は、この発明の伝達関数推定方法の処理手続きの例を示す図である。

[図6]図6は、コンピュータの機能構成例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0045] 以下、この発明の実施の形態について詳細に説明する。なお、図面中において同じ機能を有する構成部には同じ番号を付し、重複説明を省略する。

[0046] [伝達関数推定装置及び方法]

伝達関数推定装置は、図4に示すように、マイクロホンアレー41、短時間フーリエ変換部42、相関行列算出部43、信号空間基底ベクトル算出部44及び複数RTF推定部45を例えば備えている。

[0047] 伝達関数推定方法は、伝達関数推定装置の各構成部が、以下に説明する及び図5に示すステップS2からステップS5の処理を行うことにより例えば実現される。

[0048] 以下、伝達関数推定装置の各構成部について説明する。

[0049] マイクホンアレー 4 1 は、N 個のマイクホンにより構成されている。N は 2 以上の整数である。各マイクホンで收音された時間領域信号は、短時間フーリエ変換部 4 2 に入力される。

[0050] 短時間フーリエ変換部 4 2 は、入力された各時間領域信号に対して短時間フーリエ変換をすることにより、周波数領域信号 $y(f, l)$ を生成する（ステップ S 2）。 f は周波数を表すインデックスであり、 l はフレームを表すインデックスである。 $y(f, l)$ は、N 個のマイクホンで收音された N 個の時間領域信号に対応する N 個の周波数領域信号 $Y_1(f, l), \dots, Y_N(f, l)$ を要素とする N 次元ベクトルである。生成された周波数領域信号 $y(f, l)$ は、相関行列算出部 4 3、信号空間基底ベクトル算出部 4 4 及び複数 R T F 推定部 4 5 に出力される。

[0051] M を 2 以上かつ N 以下の整数として、音源数が M である場合には、周波数領域信号 $y(f, l)$ は、以下のように表される。例えば、M=2 である。音源数 M は、映像等の別情報に基づいて予め定められる。また、音源数 M は、非特許文献 2 に記載された手法や、相関行列の固有値の分布から、有意な固有値の数を推定することで得てもよい。また、音源数 M は、非特許文献 2 に記載された手法等の既存の方法により定められてもよい。

[0052] [数12]

$$y(f, l) = g_1(f) s_1(f, l) + \dots + g_M(f) s_M(f, l) \quad \dots (1)$$

[0053] ここで、 $i=1, \dots, M$ として、 $s_i(f, l)$ は第 i 音源の音であり、 $g_i(f)$ は第 i 音源からマイクホンアレー 1 を構成する各マイクホンまでの伝達特性である。

[0054] 相関行列算出部 4 3 は、複数話者音声が混合した收音信号である周波数領域信号 $y(f, l)$ の相関行列を算出する（ステップ S 3）。より詳細には、相関行列算出部 4 3 は、マイクホンアレーを構成する N 個のマイクホンで收音された N 個の時間領域信号に対応する N 個の周波数領域信号 $y(f, l)$ の相関行列を算出する。算出された相関行列は、信号空間基底ベクトル算出部 4 4 に出力される。

[0055] 相関行列算出部 4 3 は、例えば相関行列算出部 2 3 と同様の処理により、

相関行列を算出する。

[0056] 信号空間基底ベクトル算出部44は、この相関行列を固有値分解し、固有値の絶対値の大きい方から、音源数Mと同数の固有ベクトル $v_1(f), \dots, v_M(f)$ を取得する（ステップS4）。言い換えれば、信号空間基底ベクトル算出部44は、相関行列の固有ベクトルの中の、対応する固有値が大きい方からM個のベクトル $v_1(f), \dots, v_M(f)$ を求める。

[0057] 式(1)によれば、N次元信号ベクトルである周波数領域信号 $y(f, l)$ は、必ずM個のベクトル $g_1(f), \dots, g_M(f)$ で張られる空間上にある。周波数領域信号 $y(f, l)$ の相関行列を固有値分解すると、M個の固有値の絶対値のみが有意に大きく、残りのN-M個の固有値はほぼ0になる。そして、ベクトル $g_1(f), \dots, g_M(f)$ の張る空間と $v_1(f), \dots, v_M(f)$ の張る空間が一致する。 $g_1(f), \dots, g_M(f)$ と $v_1(f), \dots, v_M(f)$ とが1対1に対応することはほとんどないが、 $g_1(f), \dots, g_M(f)$ のそれぞれは、 $v_1(f), \dots, v_M(f)$ の線形和で表される（例えば、参考文献1参照。）。

[0058] [参考文献1] S. Malkovich, S. Gannot, and I. Cohen, Multichannel Eigenspace Beamforming in a Reverberant Noisy Environment With Multiple Interfering Speech Signals, IEEE Trans. On Audio, speech, Lang., 17, 7, pp. 1071-1086, 2009.

[0059] 複数RTF推定部5は、この線形和の情報を抽出することで、RTFを推定する。

[0060] 具体的には、複数RTF推定部45は、まず、Lを2以上の整数として、連続するLフレームの周波数領域信号 $y(f, l)$ からなる $Y(f, L)$

[0061] [数13]

$$Y(f, L) = [y(f, l+1), \dots, y(f, l+L)]$$

[0062] を、信号空間基底ベクトル算出部44で抽出された固有ベクトル $v_1(f), \dots, v_M(f)$ を用いて、

[0063] [数14]

$$Y(f, L) \rightarrow [v_1(f), \dots, v_M(f)] \begin{bmatrix} t_1(f) \\ \vdots \\ t_M(f) \end{bmatrix}$$

[0064] と分解する。ここで、 $i=1, \dots, M$ として、 $t_i(f)$ は、

[0065] [数15]

$$t_i(f) = v_i^H(f) Y(f, l)$$

[0066] で算出される $1 \times L$ ベクトルである。ここで、 v を任意のベクトルとして、 v^H は、 v を転置し複素共役を取ったベクトルである。

[0067] $t_i(f), \dots, t_M(f)$ を $M \times M$ 行列 $D(f)$ で $u_1(f), \dots, u_M(f)$ に変換することを考える。

音源信号の一例として音声进行想定すると、音声は混合されることでスパース性が低下する。そこで、 $u_1(f), \dots, u_M(f)$ を時間方向になるべくスパースにする $D(f)$ を求めれば、 $u_1(f), \dots, u_M(f)$ が、混合前の各話者音声に近づくことが期待できる。

[0068] そこで、 $u_1(f), \dots, u_M(f)$ のスパース性を $L1$ ノルムで計量してコスト関数とする。複数R T F 推定部45は、最適化問題

[0069] [数16]

$$\begin{aligned} & \text{Minimize } |u_1(f)|_1 + \dots + |u_M(f)|_1 \\ & \begin{bmatrix} u_1(f) \\ \vdots \\ u_M(f) \end{bmatrix} = D(f) \begin{bmatrix} t_1(f) \\ \vdots \\ t_M(f) \end{bmatrix} \end{aligned}$$

[0070] を、拘束条件

[0071] [数17]

$$D_{ii}(f) = 1 \quad (i=1, \dots, M)$$

[0072] を解くことで、 $D(f)$ を求める。ここで、 $D(f)$ の対角成分を1に制約することで、 $D(f)$ がゼロ行列になることを回避する。なお、 $D(f)$ の対角成分は1ではなく他の所定の値に制約してもよい。その際、対角成分毎に異なる値を取ってもよい。すなわち、

[0073] [数18]

$$D_{ii}(f) \neq D_{jj}(f)$$

[0074] となる $i, j \in [1, \dots, M]$ があってもよい。このようにして、複数R T F 推定部45は、 $D(f)$ の対角成分を所定の値に固定した状態で、 $|u_1(f)|_1 + \dots + |u_M(f)|_1$ を

最小にする $D(f)$ を求める。この最適化問題は凸なので、解は唯一になる。

[0075] $Y(f, l)$ は、音源信号の $1 \times L$ 行列 $S_i(f, l)$

[0076] [数19]

$$S_i(f, l) = [s_i(f, l+1), \dots, s_i(f, l+L)] \quad (i=1, \dots, M)$$

[0077] を用いて、

[0078] [数20]

$$\begin{aligned} Y(f, l) &= [v_1(f), \dots, v_M(f)] \begin{bmatrix} t_1(f) \\ \vdots \\ t_M(f) \end{bmatrix} \\ &= [v_1(f), \dots, v_M(f)] D^{-1}(f) \begin{bmatrix} u_1(f) \\ \vdots \\ u_M(f) \end{bmatrix} \\ &= [g_1(f), \dots, g_M(f)] \begin{bmatrix} S_1(f) \\ \vdots \\ S_M(f) \end{bmatrix} \end{aligned}$$

[0079] と書ける。以下、

[0080] [数21]

$$[c_1(f), \dots, c_M(f)] = [v_1(f), \dots, v_M(f)] D^{-1}(f)$$

[0081] とおく。

[0082] もし、混合音声が $D(f)$ によりうまく分解されれば、 $i=1, \dots, M$ として、 $s_i(f)$ と $u_i(f)$ はスケーリングを除きほぼ一致する。つまり、ベクトルの向きがほぼそろっていると期待できる。同時に、 $i=1, \dots, M$ として、 $c_i(f)$ と $g_i(f)$ の向きもほぼそろっていると期待できる。したがって、 j を1以上 N 以下の整数とし、第 j マイクロホンを参照マイクロホンとし、 $i=1, \dots, M$ とし、

[0083] [数22]

$$c_i(f) = [c_{i,1}(f), \dots, c_{i,N}(f)]^T$$

[0084] とすると、 $c_i(f)/c_{i,1}(f)$ は、各音源に関する相対伝達関数の推定値になる。

[0085] このようにして、複数次元R T F推定部45は、 L を2以上の整数とし、 $Y(f, l) = [y(f, l+1), \dots, y(f, l+L)]$ として、

[0086] [数23]

$$Y(f, D) = [v_1(f), \dots, v_M(f)] \begin{bmatrix} t_1(f) \\ \vdots \\ t_M(f) \end{bmatrix}$$

[0087] の関係を満たす $t_1(f), \dots, t_M(f)$ を求め、

[0088] [数24]

$$\begin{bmatrix} u_1(f) \\ \vdots \\ u_M(f) \end{bmatrix} = D(f) \begin{bmatrix} t_1(f) \\ \vdots \\ t_M(f) \end{bmatrix}$$

[0089] 上記の式により定義される $u_1(f), \dots, u_M(f)$ を時間方向にスパースにする、ゼロ行列ではない行列 $D(f)$ を求め、

[0090] [数25]

$$[c_1(f), \dots, c_M(f)] = [v_1(f), \dots, v_M(f)] D^{-1}(f)$$

$$c_i(f) = [c_{i,1}(f), \dots, c_{i,N}(f)]^T \quad i = 1, \dots, M$$

[0091] の関係を満たす $c_{i,1}(f), \dots, c_{i,N}(f)$ を求め、 j を1以上N以下の整数として、 $c_1(f)/c_{1,j}(f), \dots, c_M(f)/c_{M,j}(f)$ を相対伝達関数として出力する。

[0092] [変形例]

上記の最適化では、時変動ベクトル $t_1(f), \dots, t_M(f)$ から行列 $D(f)$ で $u_1(f), \dots, u_M(f)$ を求める際に、 $u_1(f), \dots, u_M(f)$ が時間方向に最もスパースになる $D(f)$ を求めようとしている。その目的で、 $u_1(f), \dots, u_M(f)$ のスパース性をL1ノルムを用いて測る。

[0093] しかし、L1ノルムを用いる場合、 $u_1(f), \dots, u_M(f)$ が時間方向にスパースになるときだけでなく、 $u_1(f), \dots, u_M(f)$ の振幅が小さくなる時も、L1ノルムは小さくなる。このため、L1ノルムの最小化で常に最もスパースな信号が得られるとは限らない。

[0094] そこで、より確実にスパースな信号を得るために、信号 $u_1(f), \dots, u_M(f)$ の信号パワーが一定、という拘束条件のもとで、信号 $u_1(f), \dots, u_M(f)$ を最もスパースにする $D(f)$ を求める。

[0095] 具体的には、複数 R T F 推定部 45 は、まず、時変動ベクトル $t_1(f), \dots, t_M(f)$

f のそれぞれのL2ノルムが1になるように正規化し、正規時変動ベクトルとする。すなわち、複数量R T F 推定部45は、 $i=1, \dots, M$ として、 $t_{ni}(f)=t_i(f)/||t_i(f)||_2$ を計算する。 $||t_i(f)||_2$ は $t_i(f)$ のL2ノルムである。正規時変動ベクトルは、 $(t_{n1}(f), \dots, t_{nM}(f))$ である。

[0096] つぎに、複数量R T F 推定部45はL1ノルムをコスト関数に用いる最適化問題を解いて、行列 A を求める。すなわち、複数量R T F 推定部45は、 $t_{n1}(f), \dots, t_{nM}(f)$ を用いて、 $|u_1(f)|_1 + \dots + |u_M(f)|_1$ を最小にする、以下の条件を満たす行列 A を求める。

[0097] [数26]

$$\begin{bmatrix} u_1(f) \\ \vdots \\ u_M(f) \end{bmatrix} = A \begin{bmatrix} t_{n1}(f) \\ \vdots \\ t_{nM}(f) \end{bmatrix}$$

$$A^H A = I_M$$

[0098] ここで、 A^H は行列 A のエルミート行列であり、 I_M は $M \times M$ の単位行列である。ここで、行列 A の各成分は以下のように記述できる。行列 A の各成分を係数と呼ぶこともある。

[0099] [数27]

$$A = \begin{bmatrix} \alpha_{1,1} & \cdots & \alpha_{1,M} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \alpha_{M,1} & \cdots & \alpha_{M,M} \end{bmatrix}$$

[0100] なお、この最適化問題は、Alternating Direction Method of Multipliers法(ADMM法)を適用して解くことができる(例えば、参考文献2参照。)

[0101] [参考文献2] S. Boyd, N. Parikh, E. Chu, B. Peleato and J. Eckstein, "Distributed Optimization and Statistical Learning via the Alternating Direction Method of Multipliers, Foundations and Trends in Machine Learning", Vol. 3, No. 1 (2010) 1-122.

[0102] 行列 A を用いると、最もスパースな信号は、

[0103]

[数28]

$$\begin{bmatrix} u_1(f) \\ \vdots \\ u_M(f) \end{bmatrix} = A \begin{bmatrix} t_{n1}(f) \\ \vdots \\ t_{nM}(f) \end{bmatrix} \\ = A \begin{bmatrix} 1/\|t_1(f)\|_2 & 0 & 0 \\ 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 1/\|t_M(f)\|_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} t_1(f) \\ \vdots \\ t_M(f) \end{bmatrix}$$

[0104] と表される。ここで、

[0105] [数29]

$$D(f) = A \begin{bmatrix} 1/\|t_1(f)\|_2 & 0 & 0 \\ 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 1/\|t_M(f)\|_2 \end{bmatrix}$$

[0106] と置くと、

[0107] [数30]

$$\begin{aligned} Y(f, D) &= [v_1(f), \dots, v_M(f)] \begin{bmatrix} t_1(f) \\ \vdots \\ t_M(f) \end{bmatrix} \\ &= [v_1(f), \dots, v_M(f)] D^{-1}(f) \begin{bmatrix} u_1(f) \\ \vdots \\ u_M(f) \end{bmatrix} \\ &= [g_1(f), \dots, g_M(f)] \begin{bmatrix} s_1(f) \\ \vdots \\ s_M(f) \end{bmatrix} \end{aligned}$$

[0108] の関係が成立する。したがって、上記のD(f)を用いることで、前記と同様の方法で、各音源の相対伝達関数を推定できる。

[0109] すなわち、複数R T F推定部45は、求まったD(f)及び固有ベクトル $v_1(f)$, $\dots$, $v_M(f)$ を用いて、

[0110] [数31]

$$\begin{aligned} [c_1(f), \dots, c_M(f)] &= [v_1(f), \dots, v_M(f)] D^{-1}(f) \\ c_i(f) &= [c_{i,1}(f), \dots, c_{i,N}(f)]^T \quad i=1, \dots, M \end{aligned}$$

[0111] の関係を満たす $c_{i,1}(f)$, $\dots$, $c_{i,N}(f)$ を求め、jを1以上N以下の整数として、 $c_1(f)$

$/c_{1,j}(f), \dots, c_m(f)/c_{m,j}(f)$ を相対伝達関数として出力する。

[0112] なお、收音信号にはノイズが含まれるので、收音信号から算出される時変動ベクトル $t_1(f), \dots, t_m(f)$ にも、音源に由来する成分と同時にノイズに由来する成分も含まれる。

[0113] 上記の手法では、時変動ベクトルを正則化している。このため、 $t_1(f), \dots, t_m(f)$ のノルムは状況により様々な値をとる。とある周波数 f に注目する。第1音源の成分及び第 m 音源の成分がそれぞれ同等にあるような場合、 $t_1(f), \dots, t_m(f)$ のノルムは近い値をとる。ここで、 m は、2から M の何れかの整数である。

[0114] しかし、例えば第2音源の成分が第1音源に対して非常に小さいとき、 $t_1(f)$ のノルムに対し、 $t_2(f)$ のノルムは非常に小さくなる。このような場合、 $t_2(f)$ を正則化した正規時変動ベクトル $t_{n2}(f)$ には第2音源に由来する成分がごくわずかな一方で、ノイズが大半を占める状況になることがある。

[0115] このような $t_{n2}(f)$ を用いてR T Fを推定すると、R T Fの推定が大きく劣化する可能性がある。

[0116] そこで、 $t_1(f)$ のノルムに対し、 $t_2(f)$ のノルムが非常に小さい場合には、R T F推定値の劣化が制限されるように、正規時変動ベクトル $t_{n2}(f)$ に係る係数に上限を設けてもよい。

[0117] 複数R T F推定部45は、例えば、この上限を以下のように求める。

[0118] まず、 $t_1(f), t_2(f)$ はそれぞれ同等のノイズが含まれると仮定する。

[0119] 複数R T F推定部45は、時変動ベクトルを正規化するときのノルム比 θ_1, θ_2 を

[0120] [数32]

$$\theta_1 = \frac{\|t_m(f)\|_2}{\|t_1(f)\|_2}$$

$$\theta_2 = \frac{\|t_{n2}(f)\|_2}{\|t_2(f)\|_2}$$

[0121] とする。 $t_1(f), t_2(f)$ は相関行列の固有値から求められ、 $t_1(f)$ に関連する固有値が $t_2(f)$ に関連する固有値よりも大きいために、 $\|t_1(f)\|_2 \geq \|t_2(f)\|_2$ である。正規化後のノルムは何れも1になるので、 $\theta_1 \leq \theta_2$ になる。

[0122] 正規時変動ベクトル($t_{n1}(f)$, $t_{n2}(f)$)に含まれるノイズをそれぞれ $\Delta t_{n1}(f)$, $\Delta t_{n2}(f)$ とする。

[0123] [数33]

$$\frac{\|\Delta t_{n1}(f)\|_2}{\|\Delta t_{n2}(f)\|_2} = \frac{\theta_1}{\theta_2}$$

[0124] の関係がある。 $\theta_1 \leq \theta_2$ の関係より、 $\|\Delta t_{n2}(f)\|_2 \geq \|\Delta t_{n1}(f)\|_2$ である。

[0125] 今、スパース化された信号ベクトル $u_1(f)$ が係数 $\alpha_{1,1}$ と $\alpha_{1,2}$ を用いて、

[0126] [数34]

$$u_1(f) = \alpha_{1,1}t_{n1}(f) + \alpha_{1,2}t_{n2}(f)$$

[0127] となるとき、 $u_1(f)$ に含まれる誤差は、

[0128] [数35]

$$|\alpha_{1,1}|^2 \|\Delta t_{n1}(f)\|_2^2 + |\alpha_{1,2}|^2 \|\Delta t_{n2}(f)\|_2^2$$

[0129] になる。これが、 $\|\Delta t_{n1}(f)\|_2^2$ のT倍におさまるように係数 $\alpha_{1,2}$ の大きさを制限する。つまり、

[0130] [数36]

$$\begin{aligned} |\alpha_{1,1}|^2 \|\Delta t_{n1}(f)\|_2^2 + |\alpha_{1,2}|^2 \|\Delta t_{n2}(f)\|_2^2 &\leq T \|\Delta t_{n1}(f)\|_2^2 \\ |\alpha_{1,2}|^2 &\leq (T - |\alpha_{1,1}|^2) \|\Delta t_{n1}(f)\|_2^2 / \|\Delta t_{n2}(f)\|_2^2 \\ &= (T - |\alpha_{1,1}|^2) \frac{\theta_1^2}{\theta_2^2} \\ |\alpha_{1,2}| &\leq \sqrt{T - |\alpha_{1,1}|^2} \frac{\theta_1}{\theta_2} \end{aligned}$$

[0131] により係数 $\alpha_{1,2}$ の上限を設定する。Tは所定の正の数である。Tとしては、100以上の値を使うことが望ましい。なお、 $|\alpha_{1,1}| < T$ のため、上記の代わりに、

[0132] [数37]

$$|\alpha_{1,2}| \leq \sqrt{T} \frac{\theta_1}{\theta_2}$$

[0133] で上限を指定してもよい。

[0134] このように、正規時変動ベクトル $t_{n2}(f)$ に係る係数 $\alpha_{1,2}$ に上限を設けることで、RTFの推定精度が増す。

[0135] なお、音源数 M が2より大きい場合には、時変動ベクトルを正規化するときのノルム比 $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_M$ を

[0136] [数38]

$$\begin{aligned}\theta_1 &= \frac{\|t_{n1}(f)\|_2}{\|t_1(f)\|_2} \\ \theta_2 &= \frac{\|t_{n2}(f)\|_2}{\|t_2(f)\|_2} \\ &\vdots \\ \theta_M &= \frac{\|t_{nM}(f)\|_2}{\|t_M(f)\|_2}\end{aligned}$$

[0137] として、第 m' 番目($1 \leq m' \leq M$)の抽出信号は、

[0138] [数39]

$$u_{m'}(f) = \alpha_{m',1}t_{n1}(f) + \alpha_{m',2}t_{n2}(f) + \dots + \alpha_{m',M}t_{nM}(f)$$

[0139] のように、係数 $\alpha_{m',1}, \dots, \alpha_{m',M}$ で表現される。このとき、複数R T F 推定部45は、

[0140] [数40]

$$|\alpha_{m',m}| \leq \sqrt{T} \frac{\theta_1}{\theta_m} (2 \leq m \leq M)$$

[0141] により係数 $\alpha_{m',m}$ の大きさの上限を定めてもよい。

[0142] なお、複数R T F 推定部45では、 $m=1, \dots, M$ として、音源数 M のとき各周波数で、 M 個の相対伝達関数を要素とする相対伝達関数ベクトル $c^m(f) = c_1(f)/c_{1,j}(f), \dots, c_m(f)/c_{m,j}(f), \dots, c_M(f)/c_{M,j}(f)$ が推定される。相対伝達関数ベクトル $c^m(f)$ は、複数R T F 推定部45で m 番目に生成される相対伝達関数ベクトルである。

[0143] ここで、相対伝達関数のインデックス1から M と音源との対応、すなわち最適化により求められた $u_{m'}(f)$ ($1 \leq m' \leq M$)のインデックス m' と音源との対応は、どの周波数でも同じになるとは限らない。そのため、各周波数で $u_{m'}(f)$ が対応する音源のインデックス $\sigma(f, m)$ を求める必要がある。これをパーミュテーション解決と呼ぶ。

[0144] パーミュテーション解決部46は、このパーミュテーション解決を行ってもよい。パーミュテーション解決は、例えば、参考文献3に記載された手法により実現することができる。

[0145] [参考文献3] H. Sawada, S. Araki, S. Makino, "MLSP 2007 Data Analysis Competition: Frequency-Domain Blind Source Separation for Convolutional Mixtures of Speech/Audio Signals", IEEE International Workshop on Machine Learning for Signal Processing (MLSP 2007), pp. 45-50, Aug. 2007.

[0146] ある周波数 f において、 $u_m(f)$ には相対伝達関数のベクトル $c^m(f)$ が対応する。パーミュテーション解決により、この相対伝達関数のベクトル $c^m(f)$ が対応するのは、 $\sigma(f, m)$ 番目の音源になる。

[0147] 以上、この発明の実施の形態及び変形例について説明したが、具体的な構成は、これらの実施の形態に限られるものではなく、この発明の趣旨を逸脱しない範囲で適宜設計の変更等があっても、この発明に含まれることはいうまでもない。

[0148] 実施の形態において説明した各種の処理は、記載の順に従って時系列に実行されるのみならず、処理を実行する装置の処理能力あるいは必要に応じて並列的にあるいは個別に実行されてもよい。

[0149] [プログラム、記録媒体]

上記説明した各装置における各種の処理機能をコンピュータによって実現する場合、各装置が有すべき機能の処理内容はプログラムによって記述される。そして、このプログラムをコンピュータで実行することにより、上記各装置における各種の処理機能がコンピュータ上で実現される。例えば、上述の各種の処理は、図6に示すコンピュータの記録部2020に、実行させるプログラムを読み込ませ、制御部2010、入力部2030、出力部2040などに動作させることで実施できる。

[0150] この処理内容を記述したプログラムは、コンピュータで読み取り可能な記録媒体に記録しておくことができる。コンピュータで読み取り可能な記録媒

体としては、例えば、磁気記録装置、光ディスク、光磁気記録媒体、半導体メモリ等のようなものでもよい。

[0151] また、このプログラムの流通は、例えば、そのプログラムを記録したDVD、CD-ROM等の可搬型記録媒体を販売、譲渡、貸与等することによって行う。さらに、このプログラムをサーバコンピュータの記憶装置に格納しておき、ネットワークを介して、サーバコンピュータから他のコンピュータにそのプログラムを転送することにより、このプログラムを流通させる構成としてもよい。

[0152] このようなプログラムを実行するコンピュータは、例えば、まず、可搬型記録媒体に記録されたプログラムもしくはサーバコンピュータから転送されたプログラムを、一旦、自己の記憶装置に格納する。そして、処理の実行時、このコンピュータは、自己の記憶装置に格納されたプログラムを読み取り、読み取ったプログラムに従った処理を実行する。また、このプログラムの別の実行形態として、コンピュータが可搬型記録媒体から直接プログラムを読み取り、そのプログラムに従った処理を実行することとしてもよく、さらに、このコンピュータにサーバコンピュータからプログラムが転送されるたびに、逐次、受け取ったプログラムに従った処理を実行することとしてもよい。また、サーバコンピュータから、このコンピュータへのプログラムの転送は行わず、その実行指示と結果取得のみによって処理機能を実現する、いわゆるASP (Application Service Provider) 型のサービスによって、上述の処理を実行する構成としてもよい。なお、本形態におけるプログラムには、電子計算機による処理の用に供する情報であってプログラムに準ずるもの（コンピュータに対する直接の指令ではないがコンピュータの処理を規定する性質を有するデータ等）を含むものとする。

[0153] また、この形態では、コンピュータ上で所定のプログラムを実行させることにより、本装置を構成することとしたが、これらの処理内容の少なくとも一部をハードウェア的に実現することとしてもよい。

符号の説明

- [0154] 4 1 マイクロホンアレー
- 4 2 短時間フーリエ変換部
- 4 3 相関行列算出部
- 4 4 信号空間基底ベクトル算出部
- 4 5 推定部

請求の範囲

[請求項1]

Nを2以上の整数とし、fを周波数を表すインデックスとし、lをフレームを表すインデックスとして、マイクロホンアレーを構成するN個のマイクロホンで収音されたN個の時間領域信号に対応するN個の周波数領域信号 $y(f, l)$ の相関行列を算出する相関行列算出部と、

Mを2以上の整数として、前記相関行列の固有ベクトルの中の、対応する固有値が大きい方からM個のベクトル $v_1(f), \dots, v_M(f)$ を求める信号空間基底ベクトル算出部と、

Lを2以上の整数とし、 $Y(f, l)=[y(f, l+1), \dots, y(f, l+L)]$ として、

[数41]

$$Y(f, l)=[v_1(f), \dots, v_M(f)] \begin{bmatrix} t_1(f) \\ \vdots \\ t_M(f) \end{bmatrix}$$

の関係を満たす $t_1(f), \dots, t_M(f)$ を求め、

[数42]

$$\begin{bmatrix} u_1(f) \\ \vdots \\ u_M(f) \end{bmatrix} = D(f) \begin{bmatrix} t_1(f) \\ \vdots \\ t_M(f) \end{bmatrix}$$

上記の式により定義される $u_1(f), \dots, u_M(f)$ を時間方向にスパースにする、ゼロ行列ではない行列 $D(f)$ を求め、

[数43]

$$[c_1(f), \dots, c_M(f)] = [v_1(f), \dots, v_M(f)] D^{-1}(f)$$

$$c_i(f) = [c_{i,1}(f), \dots, c_{i,N}(f)]^T \quad i=1, \dots, M$$

の関係を満たす $c_{i,1}(f), \dots, c_{i,N}(f)$ を求め、jを1以上N以下の整数として、 $c_1(f)/c_{1,j}(f), \dots, c_M(f)/c_{M,j}(f)$ を相対伝達関数として出力する複数R T F 推定部と、

を含む伝達関数推定装置。

[請求項2]

請求項1の伝達関数推定装置であって、

前記複数R T F 推定部は、前記行列 $D(f)$ の対角成分を所定の値に固

定した状態で、 $|u_1(f)|_1 + \dots + |u_M(f)|_1$ を最小にする行列 $D(f)$ を求める

、

伝達関数推定装置。

[請求項3] 請求項1の伝達関数推定装置であって、

A^H は行列 A のエルミート行列であり、 I_M は $M \times M$ の単位行列であり、 $i = 1, \dots, M$ として、 $\|t_i(f)\|_2$ は $t_i(f)$ の L_2 ノルムであり、 $t_{ni}(f) = t_i(f) / \|t_i(f)\|_2$ であり、

前記複数 $R T F$ 推定部は、 $|u_1(f)|_1 + \dots + |u_M(f)|_1$ を最小にする、以下の条件を満たす行列 A を求め、

[数44]

$$\begin{bmatrix} u_1(f) \\ \vdots \\ u_M(f) \end{bmatrix} = A \begin{bmatrix} t_{n1}(f) \\ \vdots \\ t_{nM}(f) \end{bmatrix}$$

$$A^H A = I_M$$

求まった行列 A を用いて以下の式により定義される行列 $D(f)$ を求める

、

[数45]

$$D(f) = A \begin{bmatrix} 1/\|t_1(f)\|_2 & 0 & 0 \\ 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 1/\|t_M(f)\|_2 \end{bmatrix}$$

伝達関数推定装置。

[請求項4] 相関行列算出部が、 N を 2 以上の整数とし、 f を周波数を表すインデックスとし、 l をフレームを表すインデックスとして、マイクロホンアレーを構成する N 個のマイクロホンで収音された N 個の時間領域信号に対応する N 個の周波数領域信号 $y(f, l)$ の相関行列を算出する相関行列算出ステップと、

信号空間基底ベクトル算出部が、 M を 2 以上 N 以下の整数として、前記相関行列の固有ベクトル $v_1(f), \dots, v_M(f)$ を求める信号空間基底ベクトル算出ステップと、

複数 R T F 推定部が、 L を 2 以上の整数とし、 $Y(f, l)=[y(f, l+1), \dots, y(f, l+L)]$ として、

[数46]

$$Y(f, l)=[v_1(f), \dots, v_M(f)] \begin{bmatrix} t_1(f) \\ \vdots \\ t_M(f) \end{bmatrix}$$

の関係を満たす $t_1(f), \dots, t_M(f)$ を求め、

[数47]

$$\begin{bmatrix} u_1(f) \\ \vdots \\ u_M(f) \end{bmatrix} = D(f) \begin{bmatrix} t_1(f) \\ \vdots \\ t_M(f) \end{bmatrix}$$

上記の式により定義される $u_1(f), \dots, u_M(f)$ を時間方向にスパースにする、ゼロ行列ではない行列 $D(f)$ を求め、

[数48]

$$[c_1(f), \dots, c_M(f)] = [v_1(f), \dots, v_M(f)] D^{-1}(f)$$

$$c_i(f) = [c_{i,1}(f), \dots, c_{i,N}(f)]^T \quad i=1, \dots, M$$

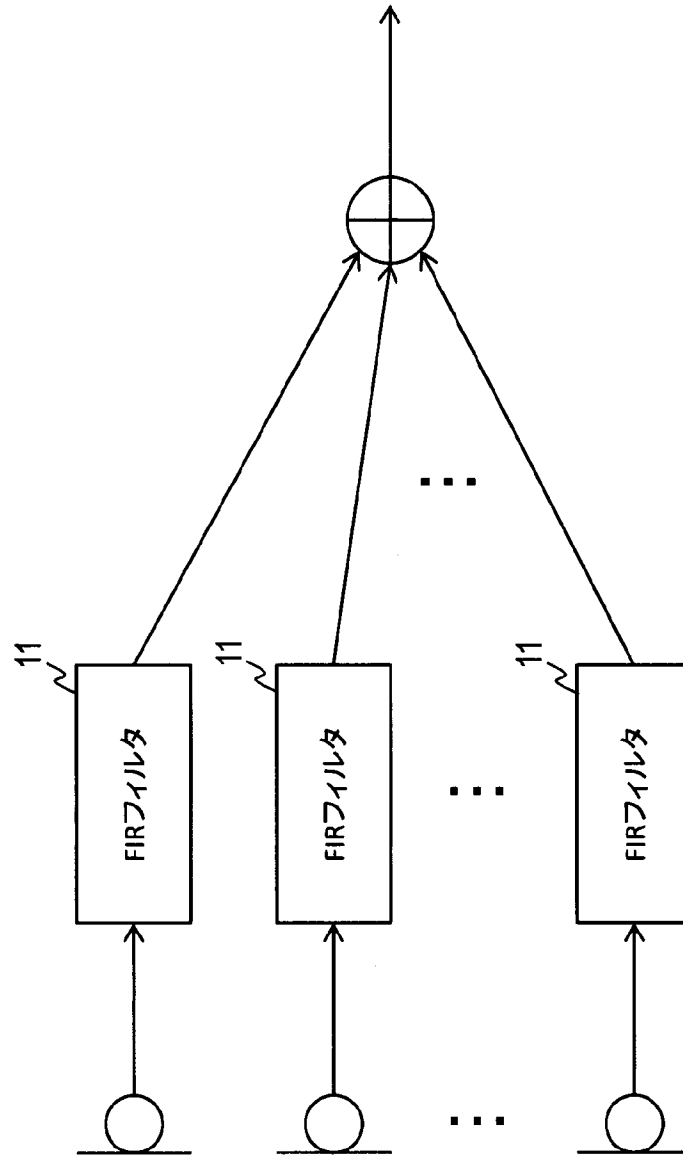
の関係を満たす $c_{i,1}(f), \dots, c_{i,N}(f)$ を求め、 j を 1 以上 N 以下の整数として、 $c_1(f)/c_{1,j}(f), \dots, c_M(f)/c_{M,j}(f)$ を相対伝達関数として出力する複数 R T F 推定ステップと、

を含む伝達関数推定方法。

[請求項5]

請求項 1 から 3 の何れかの伝達関数推定装置の各部としてコンピュータを機能させるためのプログラム。

[図1]



[図2]

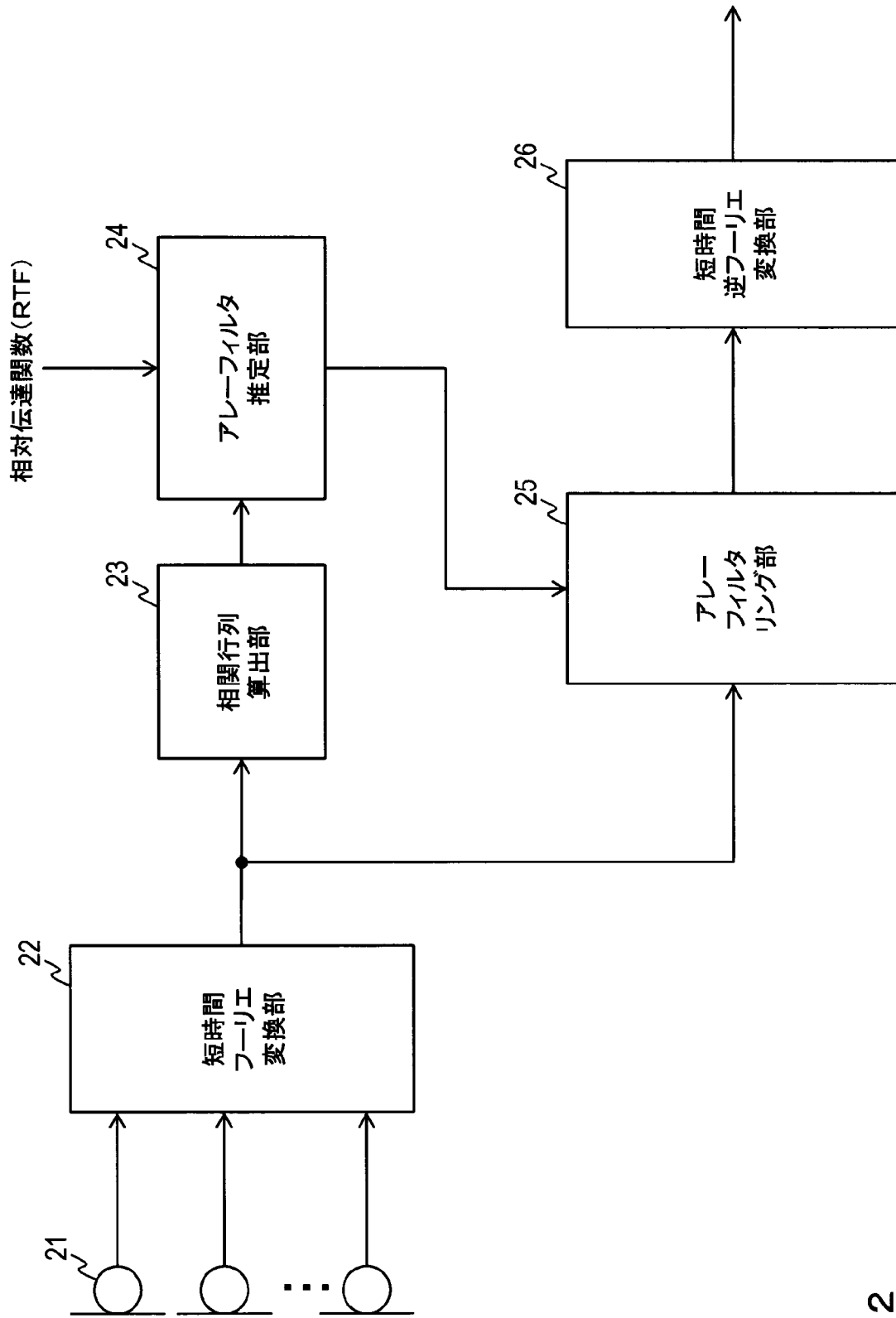


図2

[図3]

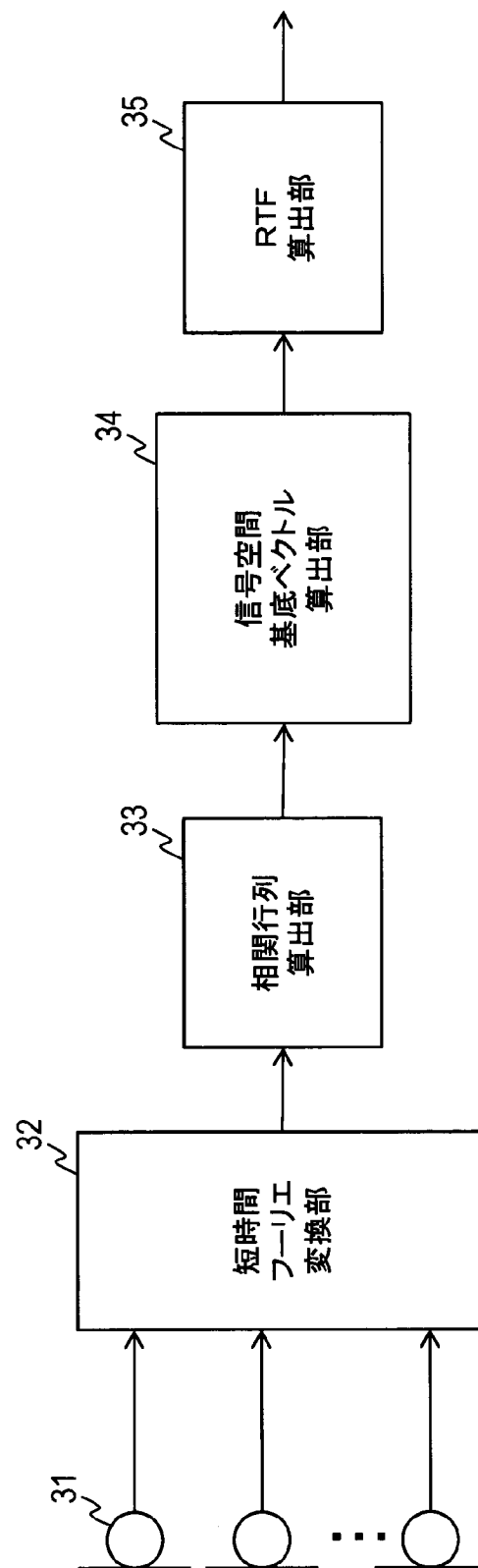


図3

[図4]

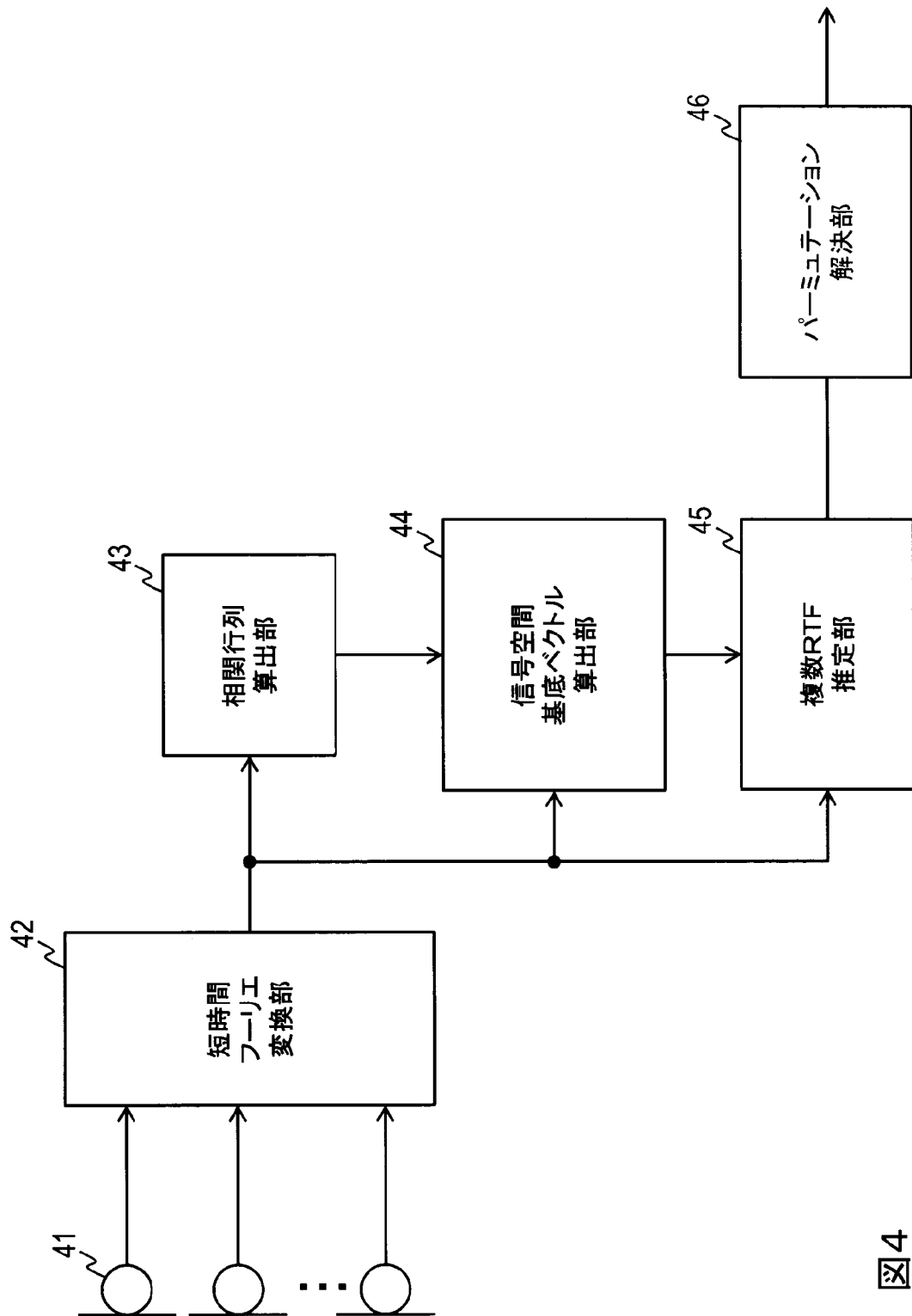


図4

[図5]

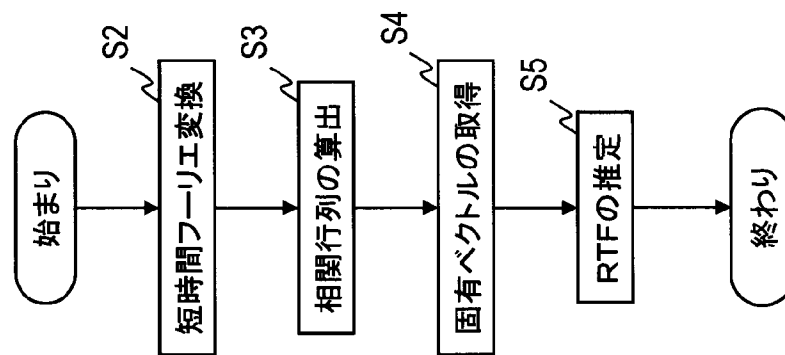


図5

[図6]

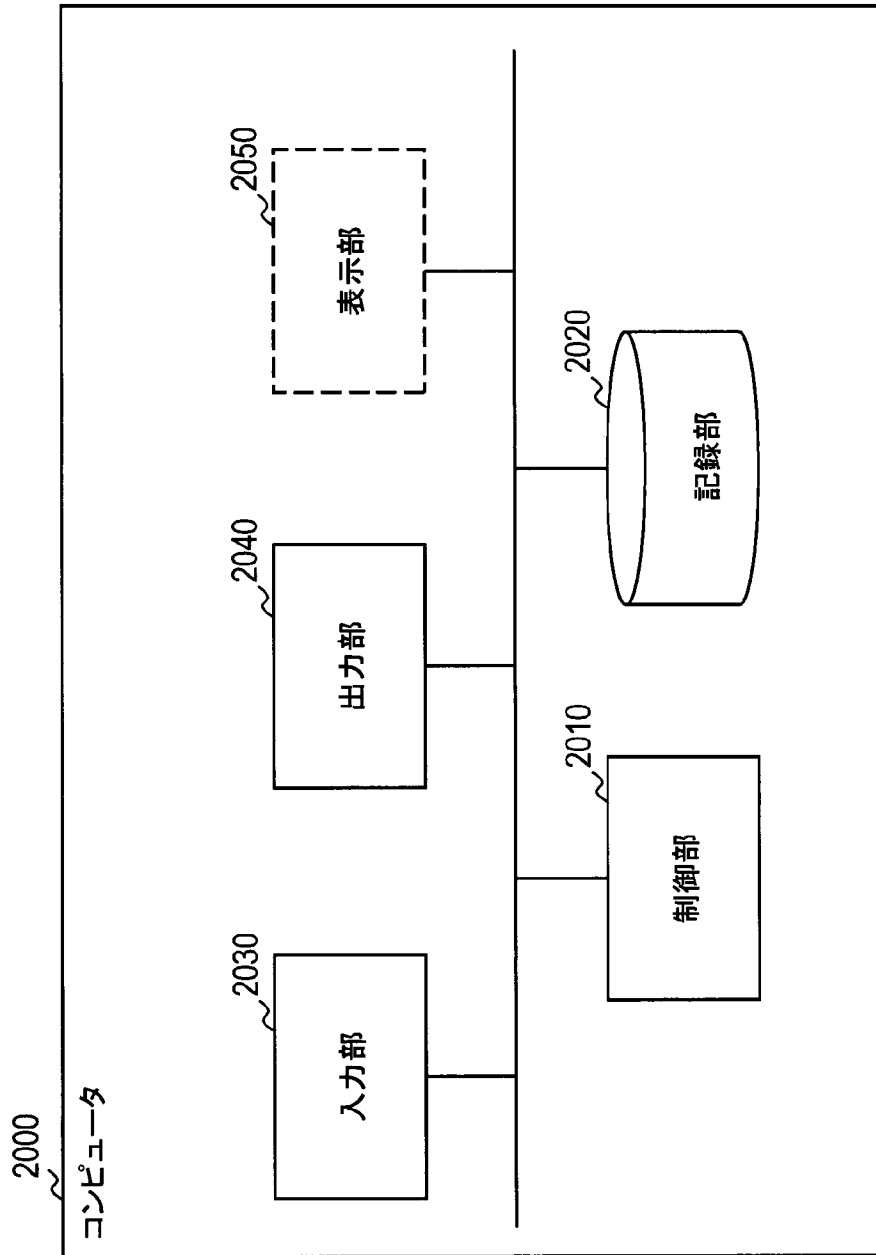


図6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/025835

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. H04R3/00 (2006.01) i, G10K15/00 (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)

Int. Cl. H04R3/00, G10K15/00, H04R1/40

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2019

Registered utility model specifications of Japan 1996-2019

Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

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	US 7254199 B1 (MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 07 August 2007, column 3, line 1 to column 10, line 18 (Family: none)	1-5
A	JP 2007-215038 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORP.) 23 August 2007, paragraphs [0001]-[0045] (Family: none)	1-5

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“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)

“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

“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

“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

“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

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
30.07.2019

Date of mailing of the international search report
13.08.2019

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

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, G10K15/00(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, G10K15/00, 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	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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	US 7254199 B1 (MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 2007.08.07, 第3欄第1行-第10欄第18行 (ファミリーなし)	1-5
A	JP 2007-215038 A (日本電信電話株式会社) 2007.08.23, 段落[0001]-[0045] (ファミリーなし)	1-5

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 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

の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

30.07.2019

国際調査報告の発送日

13.08.2019

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

5 Z

4 8 8 2

電話番号 03-3581-1101 内線 3591