

(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
2024年7月4日(04.07.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/143071 A1

(51) 国際特許分類:
G01S 7/02 (2006.01) G01S 13/42 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2023/045521

(22) 国際出願日: 2023年12月19日(19.12.2023)

(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 2022-209187 2022年12月27日(27.12.2022) JP

(71) 出願人: パナソニック IP マネジメント株式会社 (PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY MANAGEMENT CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5710057 大阪府門真市元町2番6号 Osaka (JP).

(72) 発明者: 白木 信之 (SHIRAKI, Nobuyuki). 中山 武司 (NAKAYAMA, Takeshi). 飯塚 翔一 (IIZUKA, Shoichi). 本間 尚樹 (HONMA, Naoki). 伊藤 友則 (ITO, Tomonori). 下總 拓海 (SHIMOFUSA, Takumi).

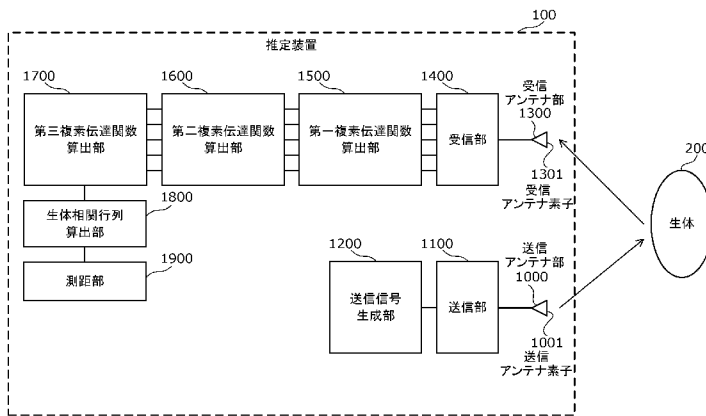
(74) 代理人: 新居 広守, 外 (NII, Hiromori et al.); 〒5320011 大阪府大阪市淀川区西中島5丁目3番10号イトーピア新大阪ビル6階新居国際特許事務所内 Osaka (JP).

(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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU,

(54) Title: ESTIMATION DEVICE, ESTIMATION METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 推定装置、推定方法、及び、プログラム



100 Estimation device
200 Living body
1000 Transmitting antenna unit
1001 Transmitting antenna element
1100 Transmitting unit
1200 Transmission signal generator
1300 Receiving antenna unit
1301 Receiving antenna element
1400 Receiving unit
1500 First complex transfer function calculation unit
1600 Second complex transfer function calculation unit
1700 Third complex transfer function calculation unit
1800 Living body correlation matrix calculation unit
1900 Distance measuring unit

(57) Abstract: This estimation device comprises: a transmitting unit (1100) that processes a multicarrier signal and transmits the processed signal to a transmitting antenna unit; the transmitting antenna unit (1000) consisting of M transmitting antenna elements; a receiving antenna unit (1300) consisting of N receiving antenna elements; a receiving unit (1400) that observes the received signal for the first period; a first complex transfer function calculation unit (1500) that calculates a plurality of first complex transfer functions representing propagation characteristics between each transmitting antenna element and each receiving antenna element from the plurality of received signals observed within the first period for each subcarrier of the modulated signal; and a second complex transfer function calculation unit (1600) that calculates second complex transfer functions by dividing all elements of the first complex transfer functions by a direct wave component.



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, ME, 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：推定装置は、マルチキャリア信号を処理して送信アンテナ部に伝える送信部（1100）と、M個の送信アンテナ素子からなる送信アンテナ部（1000）と、N個の受信アンテナ素子からなる受信アンテナ部（1300）と、受信信号を第一期間について観測する受信部（1400）と、変調信号のサブキャリアそれぞれに対して第一期間に観測された複数の受信信号から、各送信アンテナ素子と各受信アンテナ素子との間の伝搬特性を表す第一複素伝達関数を複数算出する第一複素伝達関数算出部（1500）と、直接波成分で第一複素伝達関数の全要素を除算することにより第二複素伝達関数を算出する第二複素伝達関数算出部（1600）と、を備える。

明 細 書

発明の名称：推定装置、推定方法、及び、プログラム

技術分野

[0001] 本開示は、生体に関する情報を精度よく推定するための推定装置、推定方法、及び、プログラムに関する。

背景技術

[0002] 人物の位置などを知る方法として、無線信号を利用する方法が検討されている（例えば、特許文献１～４参照）。特許文献１、２及び３には、差分計算を用いてドップラシフトを含む成分を解析することで、検出対象となる人物の位置や状態を推定する技術が開示されている。特許文献４及び５には、OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 信号を用いたドップラセンサが開示されている。

先行技術文献

特許文献

- [0003] 特許文献１：特開２０１５－１１７９７２号公報
特許文献２：特開２０１７－１２９５５８号公報
特許文献３：特開２０１８－００８０２１号公報
特許文献４：特開２０１２－０８８２７９号公報
特許文献５：特開２０１２－１３７３４０号公報
特許文献６：特開２００６－１５７６６３号公報
特許文献７：特開２００１－１４４７２２号公報

非特許文献

- [0004] 非特許文献１：H. Yamada, M. Ohmiya, Y. Ogawa and K. Itoh, "Superresolution techniques for time-domain measurements with a network analyzer," in IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 39, no. 2, p p. 177-183, Feb. 1991

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 従来の方法では、より高精度に生体に関する情報を推定することが難しい。

[0006] 本開示は、上述の事情を鑑みてなされたもので、より高精度に生体に関する情報を推定できる推定装置を提供する。

課題を解決するための手段

[0007] 上記目的を達成するために、本開示の一形態に係る推定装置は、複数のサブキャリア信号が変調されたマルチキャリア信号を生成する送信信号生成部と、 M 個（ M は1以上の自然数）の送信アンテナ素子を有する送信アンテナ部と、前記マルチキャリア信号を処理して前記送信アンテナ部に出力することで、前記マルチキャリア信号を前記送信アンテナ部に送信させる送信部と、 N 個（ N は1以上の自然数）の受信アンテナ素子を有する受信アンテナ部と、前記 N 個の受信アンテナ素子のそれぞれにより受信された受信信号であって、前記 M 個の送信アンテナ素子のそれぞれから送信された前記マルチキャリア信号が生体によって反射または散乱された反射信号を含む受信信号を、前記生体の活動に由来する周期に相当する第一期間について観測する受信部と、前記受信部において前記第一期間に観測された複数の前記受信信号を用いて、前記 M 個の送信アンテナ素子のそれぞれと前記 N 個の受信アンテナ素子のそれぞれの組合せである $M \times N$ 個の組合せのそれぞれについて、当該組合せにおける前記送信アンテナ素子と前記受信アンテナ素子との間の伝搬特性を表す第一複素伝達関数を、前記複数のサブキャリア信号がそれぞれ対応している複数のサブキャリアのそれぞれ毎に複数算出する第一複素伝達関数算出部と、前記第一複素伝達関数の1以上の要素を用いて抽出された直接波成分であって、前記複数の受信信号から前記生体を経由しない直接波成分で、前記第一複素伝達関数の全要素を除算することにより第二複素伝達関数を算出する第二複素伝達関数算出部と、を備える。

[0008] また、本開示の一態様に係る推定方法は、複数のサブキャリア信号が変調されたマルチキャリア信号を生成し、前記マルチキャリア信号を処理して M

個（ M は1以上の自然数）の送信アンテナ素子を有する送信アンテナ部に出
力することで、前記マルチキャリア信号を前記送信アンテナ部に送信させ、
受信アンテナ部を構成する N 個（ N は1以上の自然数、但し M 及び N のうち
少なくともいずれか一方は2以上）の受信アンテナ素子のそれぞれにより受
信された受信信号であって、前記 M 個の送信アンテナ素子のそれぞれから送
信された前記マルチキャリア信号が生体によって反射または散乱された反射
信号を含む受信信号を、前記生体の活動に由来する周期に相当する第一期間
について観測し、前記第一期間に観測された複数の前記受信信号を用いて、
前記 M 個の送信アンテナ素子のそれぞれと前記 N 個の受信アンテナ素子のそ
れぞれとの組合せである $M \times N$ 個の組合せのそれぞれについて、当該組合せ
における前記送信アンテナ素子と前記受信アンテナ素子との間の伝搬特性を
表す第一複素伝達関数を、前記複数のサブキャリア信号がそれぞれ対応して
いる複数のサブキャリアのそれぞれ毎に複数算出し、前記第一複素伝達関数
の1以上の要素を用いて抽出された直接波成分であって、前記複数の受信信
号から前記生体を経由しない直接波成分で、前記第一複素伝達関数の全要素
を除算することにより第二複素伝達関数を算出する。

[0009] なお、これらの全般的または具体的な態様は、システム、集積回路、コン
ピュータプログラムまたはコンピュータ読み取り可能なCD-ROMなどの
記録媒体で実現されてもよく、装置、システム、方法、集積回路、コンピ
ュータプログラム及び記録媒体の任意な組み合わせで実現されてもよい。

発明の効果

[0010] 本開示によれば、より高精度に生体に関する情報を推定することができる。
。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]図1は、推定装置の構成の一例を示すブロック図である。

[図2]図2は、受信信号の位相が周波数および距離により変化することを示す
模式図である。

[図3]図3は、位相誤差とチャネルの関係を示す模式図である。

[図4]図4は、周波数と位相差の傾きの関係を示す模式図である。

[図5]図5は、時間領域生体成分伝達関数行列の位相を示す模式図である。

[図6]図6は、生体と送信アンテナ素子、受信アンテナ素子の位置関係と第三距離によって限定される生体の位置を示す模式図である。

[図7]図7は、複数の受信アンテナ素子を用いることで生体の位置を推定する模式図である。

[図8]図8は、推定装置の推定処理を示すフローチャートである。

[図9]図9は、第二複素伝達関数算出処理を示すフローチャートである。

[図10]図10は、第三複素伝達関数算出処理を示すフローチャートである。

[図11]図11は、測距処理を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0012] (本開示の基礎となった知見)

人物の位置などを知る方法として、無線信号を利用する方法が検討されている。

[0013] 例えば特許文献1および2には、所定の領域に無線信号を送信し、検出対象で反射した無線信号を複数のアンテナで受信して、送受信アンテナ間の複素伝達関数を推定することが開示されている。複素伝達関数は、入力と出力の関係を表す複素数の関数であり、ここでは、送受信アンテナ間の伝搬特性を表すものである。この複素伝達関数の要素の数は、送信アンテナ数および受信アンテナ数の積と等しい。さらに、特許文献3には特許文献2と同様の構成にて、受信電力から求められるRCS (Radar Cross Section) を用いて生体の姿勢を推定することが開示されている。RCSは送信波を反射した物体の面積を表す指標であり、生体のRCSは姿勢によってさまざまに変化する。

[0014] 特許文献1には、さらに、フーリエ変換を用いてドップラシフトを含む成分を解析することで、検出対象となる人物の位置や状態を知ることができることが開示されている。より具体的には、複素伝達関数の要素の時間変化を記録し、その時間波形をフーリエ変換する。人物などの生体は、呼吸や心拍

などの生体活動により、反射波に僅かなドップラ効果を与える。したがって、ドップラシフトを含む成分は人物の影響を含んでいる。一方、ドップラシフトの無い成分は人物の影響を受けていない、つまり固定物からの反射波や送受信アンテナ間の直接波に対応する。すなわち、フーリエ変換した波形において所定の周波数範囲に含まれる成分を用いて、検出対象となる人物の位置や状態を知ることができる。

[0015] 特許文献2には、複素伝達関数の要素の時間変化を記録し、その差分情報を解析することにより、生体による影響を含んだ僅かなドップラシフトを含む成分を抽出する方法が開示されている。すなわち、前記差分情報を用いて検出対象となる人物の位置や状態を知ることができる。

[0016] 一方、特許文献3には、OFDM信号を用いたパルスを送信し、対象である移動体によるドップラシフトを検出するOFDMドップラレーダが開示されている。また、特許文献4には、OFDMドップラレーダに関してフーリエ変換が不要で高速な処理方法が開示されている。

[0017] また、特許文献6および7には、OFDM信号を送信することで、送受信アンテナ間の複素伝達関数の推定精度を向上させる技術が開示されている。特許文献5では、複素伝達関数をサブキャリア毎に平均化することで、特許文献7では、最大の受信電力を持つサブキャリアを選択することで、それぞれ受信されたノイズ成分が軽減できることが開示されている。

[0018] しかしながら、特許文献1、2および3の方法では無変調波を送信しているため、市販のデバイスを流用することが困難であり、専用のハードウェアを必要とする。すなわち、現在普及している通信デバイスを利用することができず、利用者は既存の通信装置に加え専用ハードウェアを追加で設置する必要がある。

[0019] また、特許文献4および5の方法も十分な精度を得るためには送信パルスを急峻にする必要があり、そのためには広い周波数帯域が必要である。そのためハードウェアのコストが民生向けの通信装置と比べて高価となる。

[0020] 非特許文献1の技術では、ネットワークアナライザなどの測定器を用いて

複数の周波数の信号を送受信することで、送信アンテナと受信アンテナ間の T o F (Time Of Flight) や T o F から算出できる距離を推定可能である。これは F M C W (Frequency Modulated Continuous Wave) レーダによる測距センサと同様に、周波数が異なる 2 つの信号を同一位相で送信した場合、受信アンテナで受信される位相は信号の周波数差とアンテナ間を伝搬する距離に依存して変化する性質を活用している。非特許文献 1 の技術はさらに M U S I C (Multiple Signal Classification) 法を用いた T o F 推定を行うことで分解能を向上させている。しかしながら、送信側と受信側が同一の基準周波数で動作するか、高精度に同期されている必要があり、無線 L A N などの家庭用機器を用いることはできない。また、推定可能であるのはアンテナ間の距離のみであり、例えば特別な機器を持たない生体などとの距離を推定することはできない。

[0021] そこで、発明者らは、このことを鑑み、既存の通信デバイスを用いて低コストかつ高精度に、O F D M に代表されるマルチキャリア無線信号を利用して、より高精度に生体に関する情報を推定することができる推定装置等を発明するに至った。なお、生体に関する情報は、推定装置から生体までの距離、推定装置から生体への方向、生体の位置、生体の識別子などである。

[0022] すなわち、本開示の第 1 の状態に係る推定装置は、複数のサブキャリア信号が変調されたマルチキャリア信号を生成する送信信号生成部と、M 個 (M は 1 以上の自然数) の送信アンテナ素子を有する送信アンテナ部と、前記マルチキャリア信号を処理して前記送信アンテナ部に出力することで、前記マルチキャリア信号を前記送信アンテナ部に送信させる送信部と、N 個 (N は 1 以上の自然数) の受信アンテナ素子を有する受信アンテナ部と、前記 N 個の受信アンテナ素子のそれぞれにより受信された受信信号であって、前記 M 個の送信アンテナ素子のそれぞれから送信された前記マルチキャリア信号が生体によって反射または散乱された反射信号を含む受信信号を、前記生体の活動に由来する周期に相当する第一期間について観測する受信部と、前記受信部において前記第一期間に観測された複数の前記受信信号を用いて、前記

M個の送信アンテナ素子のそれぞれと前記N個の受信アンテナ素子のそれぞれとの組合せである $M \times N$ 個の組合せのそれぞれについて、当該組合せにおける前記送信アンテナ素子と前記受信アンテナ素子との間の伝搬特性を表す第一複素伝達関数を、前記複数のサブキャリア信号がそれぞれ対応している複数のサブキャリアのそれぞれ毎に複数算出する第一複素伝達関数算出部と、前記第一複素伝達関数の1以上の要素を用いて抽出された直接波成分であって、前記複数の受信信号から前記生体を経由しない直接波成分で、前記第一複素伝達関数の全要素を除算することにより第二複素伝達関数を算出する第二複素伝達関数算出部と、を備える。

[0023] これによれば、周波數位相誤差と、(1)送信アンテナ部から送信する送信信号生成部と送信部からなる送信機と、受信アンテナ部により受信する受信部からなる受信機との間のクロック揺らぎ、および、(2)送信信号のデジタルーアナログ変換または受信信号のアナログーデジタル変換のタイミング揺らぎ、の少なくとも一方に対応する成分とが抑制されている第二複素伝達関数を算出することができる。このため、無線信号を利用して生体に関する情報を、短時間かつ高精度に行うことができる。

[0024] この構成により、送信信号にOFDMなどのマルチキャリア信号を用いることで既存の通信装置を流用して生体レーダを実現することが可能である。例えばOFDM受信機はすでに携帯電話やテレビジョン放送受信機、無線LAN機器などとして普及しており、無変調信号を用いる場合より低コストである。

[0025] 本開示の第2の態様に係る推定装置は、第1の態様に係る推定装置であって、前記直接波成分の抽出に用いられる前記1以上の要素は、前記複数のサブキャリアのうちで周波数的に隣接する2以上のサブキャリアにそれぞれ対応する2以上の要素を含む。

[0026] このため、(1)送信アンテナ部から送信する送信信号生成部と送信部からなる送信機と、受信アンテナ部により受信する受信部からなる受信機との間のクロック揺らぎ、および、(2)送信信号のデジタルーアナログ変換ま

たは受信信号のアナログーデジタル変換のタイミング揺らぎ、の少なくとも一方に対応する成分をより効果的に抑制することができる。

[0027] 本開示の第3の態様に係る推定装置は、第2の態様に係る推定装置であって、前記直接波成分は、前記第一複素伝達関数に含まれる一つの要素と、前記2以上の要素との平均値である。

[0028] 本開示の第4の態様に係る推定装置は、第2の態様に係る推定装置であって、前記直接波成分は、前記第一複素伝達関数に含まれる一つの要素と前記2以上の要素との相関行列を固有値分解することで算出された固有値および固有ベクトルの対のうち、前記固有値の最大となる対となる前記固有ベクトルを前記第一複素伝達関数に乗算して算出された、直接波のチャネル成分である直接波伝達関数である。

[0029] 本開示の第5の態様に係る推定装置は、第1の態様から第4の態様のいずれか1つの態様に係る推定装置であって、さらに、前記送信アンテナ素子及び前記受信アンテナ素子の間の距離と前記第一複素伝達関数とに基づいて、前記複数のサブキャリアにおける周波數位相誤差を補正した第三複素伝達関数を算出する第三複素伝達関数算出部を備える。

[0030] 本開示の第6の態様に係る推定装置は、第1の態様から第4の態様のいずれか1つの態様に係る推定装置であって、さらに、前記送信アンテナ素子及び前記受信アンテナ素子の間の距離と第二期間について観測された複素伝達関数である基準複素伝達関数行列とに基づいて、前記複数のサブキャリアにおける周波數位相誤差を補正した第三複素伝達関数を算出する第三複素伝達関数算出部を備える。

[0031] 本開示の第7の態様に係る推定装置は、第5の態様または第6の態様に係る推定装置であって、さらに、算出された複数の前記第三複素伝達関数を観測された順である時系列に逐次記録し、前記第三複素伝達関数中の生体に関する成分を抽出することで、生体相関行列を算出する生体相関行列算出部と、前記生体相関行列を用いて、前記送信アンテナ部と前記生体との間の第一距離、及び、前記受信アンテナ部と前記生体との間の第二距離の和である第

三距離を推定する測距部と、を備える。

[0032] このため、より高精度に第三距離を算出することができる。

[0033] 本開示の第8の態様に係る推定装置は、第7の態様に係る推定装置であって、前記生体相関行列算出部は、前記第三複素伝達関数の相関行列を算出し、前記相関行列の対角項を除く下三角行列をベクトル化した第一ベクトルを算出し、前記第一ベクトル中の生体に関する成分を抽出することで、前記生体相関行列を算出する。

[0034] このため、より高精度に第三距離を算出することができる。

[0035] 本開示の第9の態様に係る推定装置は、第7の態様または第8の態様に係る推定装置であって、前記測距部は、MUSIC (M U L T I P L E S I G N A L C L A S S I F I C A T I O N) 法、ビームフォーマ法、及び、Capon法のいずれか1つを用いて前記第三距離を推定する。

[0036] 本開示の第10の態様に係る推定装置は、第7の態様から第9の態様のいずれか1つの態様に係る推定装置であって、前記M個の送信アンテナ素子及び前記N個の受信アンテナ素子の少なくとも一方は、2個のアンテナ素子を含み、前記M個の送信アンテナ素子及び前記N個の受信アンテナ素子の位置を焦点とし、かつ、長軸の長さが前記第三距離である楕円を2つ以上算出し、その交点を生体の位置として推定する位置推定部を備える。

[0037] このため、より高精度に推定装置を基準とした生体の位置を推定することができる。

[0038] 本開示の第11の態様に係る推定方法は、複数のサブキャリア信号が変調されたマルチキャリア信号を生成し、前記マルチキャリア信号を処理してM個（Mは1以上の自然数）の送信アンテナ素子を有する送信アンテナ部に出力することで、前記マルチキャリア信号を前記送信アンテナ部に送信させ、受信アンテナ部を構成するN個（Nは1以上の自然数、但しM及びNのうち少なくともいずれか一方は2以上）の受信アンテナ素子のそれぞれにより受信された受信信号であって、前記M個の送信アンテナ素子のそれぞれから送信された前記マルチキャリア信号が生体によって反射または散乱された反射

信号を含む受信信号を、前記生体の活動に由来する周期に相当する第一期間について観測し、前記第一期間に観測された複数の前記受信信号を用いて、前記M個の送信アンテナ素子のそれぞれと前記N個の受信アンテナ素子のそれぞれとの組合せである $M \times N$ 個の組合せのそれぞれについて、当該組合せにおける前記送信アンテナ素子と前記受信アンテナ素子との間の伝搬特性を表す第一複素伝達関数を、前記複数のサブキャリア信号がそれぞれ対応している複数のサブキャリアのそれぞれ毎に複数算出し、前記第一複素伝達関数の1以上の要素を用いて抽出された直接波成分であって、前記複数の受信信号から前記生体を経由しない直接波成分で、前記第一複素伝達関数の全要素を除算することにより第二複素伝達関数を算出する。

[0039] これによれば、周波數位相誤差と、(1)送信アンテナ部から送信する送信信号生成部と送信部からなる送信機と、受信アンテナ部により受信する受信部からなる受信機との間のクロック揺らぎ、および、(2)送信信号のデジタルーアナログ変換または受信信号のアナログーデジタル変換のタイミング揺らぎ、の少なくとも一方に対応する成分とが抑制されている第二複素伝達関数を算出することができる。このため、無線信号を利用して生体に関する情報を、短時間かつ高精度に行うことができる。

[0040] この構成により、送信信号にOFDMなどのマルチキャリア信号を用いることで既存の通信装置を流用して生体レーダを実現することが可能である。例えばOFDM受信機はすでに携帯電話やテレビジョン放送受信機、無線LAN機器などとして普及しており、無変調信号を用いる場合より低コストである。

[0041] 本開示の第12の態様に係るプログラムは、第11の態様に係る推定方法をコンピュータに実行させるためのプログラムである。

[0042] なお、本開示は、装置として実現するだけでなく、このような装置が備える処理手段を備える集積回路として実現したり、その装置を構成する処理手段をステップとする方法として実現したり、それらステップをコンピュータに実行させるプログラムとして実現したり、そのプログラムを示す情報、デ

ータまたは信号として実現したりすることもできる。そして、それらプログラム、情報、データおよび信号は、ＣＤ－ＲＯＭ等の記録媒体やインターネット等の通信媒体を介して配信してもよい。

[0043] 以下、本開示の実施の形態について、図面を用いて詳細に説明する。なお、以下で説明する実施の形態は、いずれも本開示の好ましい一具体例を示すものである。以下の実施の形態で示される数値、形状、材料、構成要素、構成要素の配置位置及び接続形態、ステップ、ステップの順序などは、一例であり、本開示を限定する主旨ではない。また、以下の実施の形態における構成要素のうち、本開示の最上位概念を示す独立請求項に記載されていない構成要素については、より好ましい形態を構成する任意の構成要素として説明される。なお、本明細書及び図面において、実質的に同一の機能構成を有する構成要素については、同一の符号を付することにより重複説明を省略する。

[0044] (実施の形態１)

以下では、図面を参照しながら、実施の形態における推定装置１００が検出対象である生体までの距離を推定する方法について説明する。

[0045] [推定装置１００の構成]

図１は、実施の形態における推定装置１００の構成の一例を示すブロック図である。

[0046] 図１に示す推定装置１００は、送信アンテナ部１０００と、送信部１１００と、送信信号生成部１２００と、受信アンテナ部１３００と、受信部１４００と、第一複素伝達関数算出部１５００と、第二複素伝達関数算出部１６００と、第三複素伝達関数算出部１７００と、生体相関行列算出部１８００と、測距部１９００とを備える。推定装置１００は、推定装置１００の位置を基準として、生体２００の存在する位置を推定する。推定装置１００は、例えば、推定装置１００から生体２００までの距離を推定する。

[0047] [送信信号生成部１２００]

送信信号生成部１２００は、送信アンテナ部１０００が備えるＭ個の送信

アンテナ素子のそれぞれ毎に、複数のサブキャリア信号が返答されたマルチキャリア信号を生成する。送信信号生成部 1200 は、それぞれ互いに異なる周波数帯の S 個（S は 2 以上の自然数）のサブキャリアに対応する S 個のサブキャリア信号を生成し、生成した S 個のサブキャリア信号を多重化することでマルチキャリア信号を生成する。本実施の形態では、送信信号生成部 1200 がマルチキャリア信号として OFDM 信号を例に説明するが、マルチキャリア変調により得られるマルチキャリア信号であれば各サブキャリアが直交している OFDM 信号を生成することに限らずに、単純な FDM（Frequency Division Multiplexing）信号などの他のマルチキャリア信号を生成しても構わない。なお、OFDM 信号は、周波数帯の利用効率が高く、例えば、S 個のサブキャリアに対応する S 個のサブキャリア信号が多重化された信号である。

[0048] また、送信信号生成部 1200 が生成する信号は、通信用に用いる信号と共用であっても構わない。

[0049] [送信部 1100]

送信部 1100 は、送信信号生成部 1200 が生成した信号に適切な処理を加え、送信波を生成する。ここで行われる処理には例えば信号を IF（Intermediate Frequency）の周波数帯から RF（Radio Frequency）の周波数帯に変換するアップコンバート、適切な送信レベルに信号を増幅するアンプなどがある。そして図 1 に示すように、送信部 1100 は、処理後のマルチキャリア信号を送信アンテナ部 1000 に出力することで、当該マルチキャリア信号を送信アンテナ部 1000 に送信させる。これにより、マルチキャリア信号は、送信アンテナ部 1000 が備える M 個（M は 1 以上の自然数）の送信アンテナ素子 1001 から送信される。

[0050] [送信アンテナ部 1000]

送信アンテナ部 1000 は、M 個の送信アンテナ素子 1001 を有する。本実施の形態では、送信アンテナ部 1000 は、1 個の送信アンテナ素子 1001 を有する。上述したように、送信アンテナ素子 1001 は、送信部 1

100が生成した信号（送信波）を送信する。

[0051] [受信アンテナ部1300]

受信アンテナ部1300は、N個（Nは1以上の自然数）の受信アンテナ素子1301を有する。本実施の形態では、受信アンテナ部1300は、1個の受信アンテナ素子1301を有する。そして、例えば図1に示すように、1個の受信アンテナ素子1301は、1個の送信アンテナ素子1001から送信され、生体200によって反射された信号（受信信号）を受信する。

[0052] [受信部1400]

受信部1400は、受信アンテナ素子1301により受信された受信信号であって、送信アンテナ素子1001から送信されたマルチキャリア信号が生体200によって反射または散乱された反射信号を含む受信信号を、当該生体200の活動に由来する周期に相当する第一期間について観測する。生体の活動に由来する周期は、生体200の呼吸、心拍および体動のうちいずれかの半周期以上の時間である生体由来の周期（生体変動周期）である。

[0053] 受信部1400は、受信アンテナ素子1301で受信された高周波の信号を、信号処理が可能な低周波の信号に変換する。そして受信部1400は、送信アンテナ素子1001により送信されたM個のOFDM信号に対して復調を行い、 $S \times M$ 個のサブキャリアの信号に復調する。本実施の形態では、 $M=1$ であるため、S個のサブキャリア信号が復調される。 $S \times M$ 個のサブキャリア信号のそれぞれは、IQシンボルで表される。受信部1400は、少なくとも第一期間、N個の受信アンテナ素子1301で受信された高周波の信号を変換することで得られた $S \times M$ 組のサブキャリア信号（低周波の信号）を、第一複素伝達関数算出部1500に出力する。

[0054] なお、受信部1400は、常に受信アンテナ部1300で受信された受信信号を観測し続け、第一複素伝達関数算出部1500に連続的に、または定期的に $S \times M$ 個のサブキャリア信号（IQシンボル）を伝達し続けてもよい。

[0055] [第一複素伝達関数算出部1500]

第一複素伝達関数算出部 1500 は、受信部 1400 において第一期間に観測された複数の受信信号を用いて、M 個の送信アンテナ素子 1001 のそれぞれと N 個の受信アンテナ素子 1301 のそれぞれとの組み合わせである $M \times N$ 個の組合せのそれぞれについて、当該組合せにおける送信アンテナ素子 1001 と受信アンテナ素子 1301 との間の伝搬特性を表す第一複素伝達関数を、複数のサブキャリア信号がそれぞれ対応している複数のサブキャリアのそれぞれ毎に複数算出する。本実施の形態では、推定装置 100 は、1 個の送信アンテナ素子 1001 と、1 個の受信アンテナ素子 1301 とを備えるため、組合せは 1 個である。

[0056] 本実施の形態では、第一複素伝達関数算出部 1500 は、式 1 に示すように、受信部 1400 から伝達された S 個のサブキャリア信号（I Q シンボル）を用いて、S 個のサブキャリア信号のそれぞれに対して送信アンテナ素子 1001 と受信アンテナ素子 1301 との間の伝搬特性を表す第一複素伝達関数として、第一複素伝達関数ベクトル h を算出する。

[0057] [数1]

$$h = [h_1 \dots, h_S] \quad (\text{式 1})$$

[0058] [第二複素伝達関数算出部 1600]

ここで第一複素伝達関数ベクトル h には、送信機および受信機由来の周波数変動成分と、生体由来のドップラシフトとが含まれる。また第一複素伝達関数ベクトルには、直接波、固定物由来の反射波など、生体 200 を経由しない反射波も含まれている。

[0059] 送信機および受信機由来の周波数変動成分には、例えば、(i) 送信信号の空間伝搬による減衰または位相回転、(i i) 送信機および受信機間のクロック周波数誤差 ($f_{RX} - f_{TX}$)、(i i i) D A 変換など無線機内にて用いられるサンプリングクロック周波数誤差などが含まれる。第一複素伝達関数ベクトル h から送信機および受信機由来の周波数変動成分の位相回転を除去するために、第二複素伝達関数算出部 1600 は、直接波成分として第一複素伝達関数ベクトル h の任意の一つの要素 h_i を抽出する。

[0060] [数2]

$$h' = h/h_l \quad (\text{式2})$$

[0061] そして、第二複素伝達関数算出部1600は、式2に示されるように第一複素伝達関数ベクトル h の全要素を直接波成分として抽出した一つの要素 h_l にて除算することで、第二複素伝達関数ベクトル h' を算出する。ここで、直接波成分の要素は、要素 h_l など、第一複素伝達関数ベクトル h のうちの一つの要素であればどの要素を用いても良い。なお、第二複素伝達関数ベクトル h' は、第二複素伝達関数の一例である。

[0062] このように、第二複素伝達関数算出部1600は、第一複素伝達関数ベクトル h の1つ以上の要素を用いて所定の演算を行うことにより、第一複素伝達関数ベクトル h から、(1)送信アンテナ部1000から送信する送信信号生成部1200と送信部1100からなる送信機と、受信アンテナ部1300により受信する受信部1400からなる受信機との間のクロック揺らぎ、および、(2)送信信号のデジタルーアナログ変換または受信信号のアナログーデジタル変換のタイミング揺らぎ、の少なくとも一方に対応する成分が抑制された第二複素伝達関数ベクトル h' を算出する。具体的には、第二複素伝達関数算出部1600は、第一複素伝達関数の1以上の要素を用いて抽出された直接波成分で、第一複素伝達関数の全要素を除算することにより、第二複素伝達関数を算出する。直接波成分は、複数の受信信号から抽出された、生体200を経由しない成分である。

[0063] [第三複素伝達関数算出部1700]

第三複素伝達関数算出部1700は、第二複素伝達関数算出部1600により算出された第二複素伝達関数ベクトル h' を取得し、周波数方向の位相誤差を校正(補正)するための周波數位相補正值 $h_{c_{all}}$ を求める。周波数方向の位相誤差とは、互いに異なる周波数を有する複数の信号間における位相誤差である。図2を用いて校正が必要な位相誤差について説明する。図2は、受信信号の位相が周波数及び距離により変化することを示す模式図である。

[0064] 周波数が異なる信号が空間を伝搬して受信されるとき、送信信号が受信信号に対して位相回転する量は、周波数及び送信アンテナと受信アンテナとの間の距離（以下、アンテナ間距離という）に依存して異なる。図2の3つの送信波2001-A、2001-B、2001-Cは、同じ位相で送信アンテナ部1000から送信された周波数が互いに異なる信号であり、伝搬距離が増えるにつれて位相が異なってゆくことが分かる（2002-B、2002-C）。このため、アンテナ間距離は、既知の複数の周波数の信号を送受信し位相差を測定することで逆算して求めることができる。ところが、実際に測定される位相差は、送信アンテナと受信アンテナとの間の空間伝搬による影響だけでなく、送信機及び受信機の内部の回路、アンテナの位相特性の影響による誤差（以下、位相誤差という）を含む。そのため、アンテナ間距離を正しく測定するためには、観測した信号から位相誤差を取り除く必要がある。

[0065] 図3は前述の位相誤差とチャネル（複素伝達関数）との対応を示す図である。

[0066] 位相誤差は、測定で得られた行列で示されるチャネル h_{meas} と、アンテナ間距離から算出可能な行列で示される空間の理想チャネル h_{ideal} との差を算出することで、求めることができる。このことは、アンテナ間距離の推定に限らず、生体200との距離を推定する場合にも当てはまる。

[0067] 以降、第三複素伝達関数算出部1700の具体的な動作を説明する。第三複素伝達関数算出部1700は、第二複素伝達関数ベクトル h' を取得し、周波數位相誤差を補正する。ここで周波數位相誤差とは、第二複素伝達関数行列において基準サブキャリア信号S0の位相との差のうちアンテナ間の空間伝搬によらないものを指す。具体的には、周波數位相誤差は、送信部1100及び受信部1400の周波数特性、送信部1100の内部の回路の電気長、受信部1400内部の回路の電気長などによる影響による誤差を含む。位相誤差は、送信アンテナ部1000及び送信部1100による位相誤差 $e^{j\phi_{tx}}$ と、受信アンテナ部1300及び受信部1400による位相誤差 $e^{j\phi_{rx}}$

とを含む。

[0068] 第三複素伝達関数算出部 1700 は、第二複素伝達関数ベクトルの各要素に対し、周波數位相補正值を所定の方法で算出する。まず、第三複素伝達関数算出部 1700 は、あらかじめ入力された送信アンテナ素子 1001 と受信アンテナ素子 1301 との間の距離 d をもとに理想的なアンテナ素子間のチャネルである h_{ideal} を求める。ここで h_{ideal} は、サブキャリア数 S 個の要素を持つ複素数のベクトルであり i 番目の要素は式 3 で計算される。

[0069] [数3]

$$h_{ideal(i)} = \exp(-jk_id) \quad (\text{式 3})$$

ここで k_i は i 番目のサブキャリアの波数である。

[0070] このように、 h_{ideal} は、送信アンテナ素子 1001 と受信アンテナ素子 1301 との間のアンテナ間の距離に基づいて得られる、送信アンテナ素子と受信アンテナ素子との間の理想的な複素伝達関数である。

[0071] 次に第三複素伝達関数算出部 1700 は、基準となる第二期間の間に受信された複素伝達関数ベクトルである基準複素伝達関数ベクトルを第二複素伝達関数算出部 1600 から取得する。第二期間は、当該生体 200 の活動に由来する周期に相当する。生体の活動に由来する周期とは、生体 200 の呼吸、心拍及び体動のいずれかの周期のうち半周期以上の時間である生体由来の周期（生体変動周期）である。なお、基準複素伝達関数ベクトルの測定は、生体などの動体による影響が少ない無人状態であることが望ましいが、生体やその他動体による影響が含まれていてもよい。基準複素伝達関数ベクトルには、第二複素伝達関数算出部 1600 から取得した最初の複素伝達関数ベクトルが用いられてもよい。なお、基準複素伝達関数ベクトルは、第二期間が無人状態でない場合や直接波成分が十分大きくない場合は、観測された複素伝達関数ベクトルを観測時間（slow time）に対してフーリエ変換し、時間変動しない成分のみを抽出することで得られた複素伝達関数ベクトルであってよい。また、第三複素伝達関数算出部 1700 は、複素伝達関数の絶対値の時間変動を同時に算出することで得られた変動が少ないタイ

ミングのデータに基づいて新たな基準複素伝達関数行列を算出し、算出した新たな基準複素伝達関数行列で基準複素伝達関数行列を更新してもよい。本実施の形態では、送信アンテナ素子1001が1個であり、受信アンテナ素子1301が1個であるため、基準複素伝達関数ベクトルは要素数Sのベクトルである。

[0072] 次に、第三複素伝達関数算出部1700は、理想的なチャネル h_{ideal} と、基準複素伝達関数（チャネル h_{meas} ）とに基づいて、S個のサブキャリアにおける周波數位相誤差を補正するための周波數位相補正值 h_{cal} を算出する。具体的には、第三複素伝達関数算出部1700は、計算で得られた理想的なチャネルである h_{ideal} と、測定された基準複素伝達関数行列 h_{meas} との比を算出し、その比を周波數位相補正值 h_{cal} とする。具体的には以下の式4を用いて周波數位相補正值 h_{cal} が算出される。

[0073] [数4]

$$h_{cal} = h_{ideal} \oslash h' \quad (\text{式4})$$

ここで $\oslash$ はベクトルの要素ごとの除算であるアダマール除算を表す。

[0074] 周波數位相補正值 h_{cal} は基準複素伝達関数が変わらなければ同一である。このため、第三複素伝達関数算出部1700は、算出した周波數位相補正值 h_{cal} をメモリ等に記憶し、次回以降にメモリ等に記憶した周波數位相補正值 h_{cal} を用いてもよい。つまり、第三複素伝達関数算出部1700は、一度周波數位相補正值 h_{cal} を算出すれば、次回以降は周波數位相補正值 h_{cal} を算出しなくてもよい。

[0075] 最後に第三複素伝達関数算出部1700は周波數位相補正值 h_{cal} に基づいて、第二複素伝達関数ベクトル h' を次の式5に従って補正し、第三複素伝達関数ベクトル h'' を算出する。第三複素伝達関数ベクトル h'' は、第三複素伝達関数の一例である。

[0076] [数5]

$$h'' = e^{j\angle h_{cal}} \circ h' \quad (\text{式5})$$

ここで $\angle h_{cal}$ は h_{cal} の位相角、を表す。また、 $\circ$ は要素ごとの積であるアダマール積を表す。

[0077] このように、第三複素伝達関数算出部1700は、送信アンテナ素子1001

01及び受信アンテナ素子1301の間の距離と第二期間について観測された複素伝達関数である基準複素伝達関数行列とに基づいて、複数のサブキャリアにおける周波數位相誤差を補正した第三複素伝達関数ベクトル h'' を算出する。

[0078] 第三複素伝達関数算出部1700はこのようにして得られた校正済みの第三複素伝達関数ベクトル h'' を後段の生体相関行列算出部1800に出力する。

[0079] なお、本実施の形態では、複素伝達関数の測定結果から校正値を算出する方法を説明したが、校正値が時間変化しない場合は工場などでネットワークアナライザ等の測定器を用いて測定した値を校正値としてメモリに保持し、当該校正値が第三複素伝達関数ベクトル h'' の算出に用いられてもよい。

[0080] [生体相関行列算出部1800]

生体相関行列算出部1800は、S個のサブキャリアのそれぞれ毎、かつ、 $M \times N$ 個の組合せのそれぞれ毎に、算出された第三複素伝達関数ベクトル h'' を、観測された順である時系列順に逐次記録する。そして、生体相関行列算出部1800は、S個のサブキャリアのそれぞれ毎、かつ、 $M \times N$ の組合せのそれぞれ毎に、時系列に逐次記録された第一期間に観測された第三複素伝達関数ベクトル h'' から生体に関する成分を抽出することで、 $M \times N$ 次元の行列により表現される生体成分伝達関数ベクトルをS個のサブキャリアのそれぞれ毎に算出する。

[0081] ここで生体成分伝達関数ベクトルは、受信信号に含まれる、生体200を経由した反射波または散乱波（生体成分）を抽出したものである。生体成分を時系列に記録された複素伝達関数から求める方法には特許文献1で開示されているフーリエ変換や、特許文献2で開示されている差分情報を用いる方法がある。

[0082] 例えばフーリエ変換を用いる方法では、第三複素伝達関数ベクトル h'' を観測時間（slow time）に対しフーリエ変換し特定の周波数成分のみを抽出することで、生体成分伝達関数ベクトル h''_{fft} を算出することができる。

ここで、生体成分伝達関数ベクトル h_{fft} は、生体の活動の影響を含みうる周波数、例えば 0.1 Hz から 3 Hz に含まれる複数の周波数成分のそれぞれに対してそれぞれ算出される。この方法では、算出された生体成分伝達関数ベクトル h_{fft} をさらにサブキャリア方向に逆フーリエ変換し、時間領域で表現された生体成分伝達関数ベクトル h_{ifft} を求めることにより、生体成分を含む信号が送信部 1100 から送信され、受信部 1400 で受信されるまでの時間が算出される。

[0083] ここで、生体成分伝達関数ベクトル h'_{fft} の周波数（行列の列方向）及び位相の関係を図4に示す。実線4100は生体200がある位置に存在した場合の生体成分伝達関数ベクトルの各成分の位相がサブキャリア周波数によって変動する様子を表す。ここでの位相は第二複素伝達関数算出の際に基準としたチャネル h_1 （サブキャリア S_0 の周波数）における位相からの差分である。上記位置から生体200が送信アンテナ素子1001または受信アンテナ素子1301に近づくと、生体200が反射する電波の経路長が短くなるため、グラフの傾きがなだらかになり破線4200のようになる。原理的にはこのグラフの傾きから T_oF (Time of Flight) または生体までの距離が推定可能である。具体的にはこの生体成分伝達関数ベクトル h'_{fft} をさらにサブキャリア方向に逆フーリエ変換し時間領域生体成分伝達関数ベクトル h'_{ifft} を求めると、生体成分を含む信号が送信機から送信されてから受信機で受信されるまでの時間が求まる。

[0084] 図5に時間領域生体成分伝達関数ベクトル h'_{ifft} の時間（行列の列方向）と位相の関係を示す。図4における実線4100および破線4200の位相変化がそれぞれ実線5100、破線5200で示すピークとして現れる。しかし、ここで求まる時間の時間分解能 Δt は、サブキャリアの帯域幅 B を用いて、式6で表される。

[0085] [数6]

$$\Delta t = \frac{1}{B} [s] \quad (\text{式6})$$

[0086] 例えば帯域幅が 20 MHz の場合、時間分解能は $0.05\text{ }\mu\text{s}$ に相当し、

距離分解能に換算すると約 15 m と実用には堪えない。

[0087] そこで本実施の形態では MUSIC (Multiple Signal Classification) 法を用いて分解能の向上が図られている。MUSIC 法を用いるために生体相関行列算出部 1800 は、生体成分伝達関数ベクトル $\mathbf{h}_{fft}'$ の相関行列 $\mathbf{R}_f$ (生体相関行列) を次の式 7 に従って算出する。

[0088] [数7]

$$\mathbf{R}_f = E[\mathbf{h}_{fft}' \mathbf{h}_{fft}^H] \quad (\text{式 7})$$

[0089] ここで生体成分伝達関数ベクトル $\mathbf{h}_{fft}'$ は、第三複素伝達関数ベクトル $\mathbf{h}'$ に対するフーリエ変換後の生体による揺れを含みうる周波数それぞれに対して存在する。式 7 の $E[\cdot]$ は周波数方向の平均処理を示す。

[0090] [測距部 1900]

測距部 1900 は、生体相関行列算出部 1800 が算出した相関行列 $\mathbf{R}_f$ を用いて MUSIC 法による測距を行う。まず測距部 1900 は、相関行列 $\mathbf{R}_f$ を固有値分解し信号に対応するベクトル $\mathbf{U}_s$ 及び雑音に対応する固有ベクトル $\mathbf{U}_N$ を求める。ここで信号に対応する固有ベクトルとは、第一固有ベクトルから順に、測距したい対象の数までのベクトルであり、例えば対象が 1 人であれば第一固有ベクトルのみである。また、信号に対応する固有ベクトルとは、例えば、対象が k 人 (k は 2 以上の自然数) であれば第一固有ベクトルから第 k 固有ベクトルまでの k 個の固有ベクトルである。また、雑音に対応する固有ベクトルとは、信号に対応する固有ベクトル以外の固有ベクトルを指す。

[0091] 以上のようにして得られた固有ベクトルを用いて次式に従って MUSIC スペクトル $P_{MUSIC}(d)$ を算出する。

[0092] [数8]

$$P_{MUSIC}(d) = \frac{\mathbf{a}^H(d) \mathbf{a}(d)}{\mathbf{a}^H(d) \mathbf{U}_N \mathbf{U}_N^H \mathbf{a}(d)} \quad (\text{式 8})$$

[0093] ここで $\mathbf{a}(d)$ はステアリングベクトルを表し、式 9 に示すように算出される。

[0094] [数9]

$$\mathbf{a}(d) = [e^{-j\frac{2\pi}{\lambda_1}d}, \dots, e^{-j\frac{2\pi}{\lambda_i}d}, \dots, e^{-j\frac{2\pi}{\lambda_S}d}]^T \quad (\text{式9})$$

[0095] ここで、 λ_i は i 番目のサブキャリアの波長を表す。

[0096] このようにして得られた MUSIC スペクトル $P_{\text{MUSIC}}(d)$ の極大値をとる d は、後述する図6における距離 a （第一距離）及び距離 b （第二距離）の和（第三距離）に対応している。距離 a （第一距離）は、送信アンテナ素子 1001 と生体 200 との間の距離である。距離 b （第二距離）は、受信アンテナ素子 1301 と生体 200 との間の距離である。つまり、測距部 1900 は、極大値 d を算出することで、第三距離を算出することができる。このようにして、測距部 1900 は、複数のサブキャリアのそれぞれ毎に算出された生体相関行列を用いて、送信アンテナ部 1000 と生体 200 との間の第一距離及び第二距離の和である第三距離を推定する。

[0097] 図6は、生体、送信アンテナ素子及び受信アンテナ素子の位置関係と第三距離によって限定される生体の位置を示す模式図である。

[0098] 図6に示すように、第三距離を推定することで平面上における生体 200 の位置は、送信アンテナ部 1000 及び受信アンテナ部 1300 の位置を焦点とする楕円 6100 の周上に限定されることがわかる。なお、図7に示すように3つ以上の送信アンテナ部 1000 または受信アンテナ部 1300 を用い、複数の第三距離を推定することで楕円の交点から生体 200 の位置を推定してもよい。

[0099] 図7は、複数の受信アンテナ素子を用いることで生体の位置を推定する模式図である。

[0100] この場合の推定装置 100 の受信アンテナ部 1300 は、3つの受信アンテナ素子 1301-1、1301-2、1301-3 を備える。なお、受信アンテナ部 1300 は、3つ以上の受信アンテナ素子を有していればよく、3つの受信アンテナ素子を有することに限定されない。また、受信アンテナ部 1300 が3つ以上の受信アンテナ素子を有する代わりに、送信アンテナ部 1000 が3つ以上の送信アンテナ素子を有していてもよい。

[0101] これにより、送信アンテナ素子 1001 及び受信アンテナ素子 1301-1 の組合せ、送信アンテナ素子 1001 及び受信アンテナ素子 1301-2 の組合せ、並びに、送信アンテナ素子 1001 及び受信アンテナ素子 1301-3 の組合せの 3 つの組合せ（つまり、 $M \times N$ 個の組合せ）のそれぞれについて、当該組合せに含まれる送信アンテナ素子及び受信アンテナ素子の位置を焦点とし、かつ、長軸の長さが第三距離である楕円 7100-1、7100-2、7100-3 を算出し、算出により得られる 3 つ（つまり、 $M \times N$ 個）の楕円 7100-1、7100-2、7100-3 の交点のうち互いに最も近い 3 つの（つまり、 $M \times N$ 個）交点に基づいて、生体 200 の位置を推定する。

[0102] [直接波成分の他の例]

なお、実施の形態の第二複素伝達関数算出部 1600 は、第一複素伝達関数ベクトル h を、直接波成分として第一複素伝達関数ベクトル h 内の任意の一つの要素 h_i にて除算することで、第二複素伝達関数ベクトル h' を算出したが、一つの要素 h_i にて除算することに限らない。

[0103] 具体的には、直接波成分の抽出には、第一複素伝達関数ベクトルに含まれる複数の要素のうち、複数のサブキャリアのうちで周波数的に隣接する 2 以上のサブキャリアにそれぞれ対応する 2 以上の要素が用いられてもよい。2 以上の要素は、周波数が互いに異なる複数のサブキャリアのうちで、全てが隣接し合う 2 以上のサブキャリアに対応する要素である。2 以上のサブキャリアは、それぞれが他の 1 つのサブキャリアのみに隣接する 2 つの第 1 サブキャリアを少なくとも有する。2 以上のサブキャリアのうち 2 つの第 1 サブキャリアを除くサブキャリアは、それぞれが他の 2 つのサブキャリアに隣接する。このように、互いに隣接し合う 2 以上のサブキャリアは、当該 2 つのサブキャリアのうちの最低周波数に対応するサブキャリアから最高周波数に対応するサブキャリアまで連続して隣接する複数のサブキャリアを含む。以下、互いに隣接し合う 2 以上のサブキャリアをサブキャリア方向に隣接する K 個（ $K = K_1 + K_2$ 、 K_1 は $1 - K_1 \geq 1$ を満たす 0 以上の整数、 K_2 は $1 + K_2$

≦ S を満たす 0 以上の整数) のサブキャリアと呼ぶことがある。

[0104] 例えば、第一複素伝達関数ベクトル h の l 番目の要素 h_l の除算に用いる直接波成分は、第一複素伝達関数ベクトル h の l 番目の要素 h_l とサブキャリア方向に隣接する K 個の要素との平均値であってもよい。 l 番目の要素の平均値 h_{lmean} は以下の式 10 を用いて算出され、第二複素伝達関数ベクトル h' の l 番目の要素 h'_l は、算出された l 番目の要素の平均値 h_{lmean} および式 11 を用いて算出される。

[0105] [数10]

$$h_{lmean} = \frac{1}{K+1} \sum_{k=l-K_1}^{l+K_2} h_k \quad (\text{式 10})$$

[0106] [数11]

$$h'_l = h_l / h_{lmean} \quad (\text{式 11})$$

[0107] この場合、第二複素伝達関数ベクトル h' は、第一複素伝達関数ベクトル h の各要素に基づいて式 11 を用いて算出される。ここで、式 10 より算出可能な第二複素伝達関数ベクトル h' の要素数は $S - K$ 個である。この場合、式 8 に用いるステアリングベクトル $a(d)$ は式 12 に示されるように算出される。

[0108] [数12]

$$a(d) = [e^{-j\frac{2\pi}{\lambda_{K_1}}d}, e^{-j\frac{2\pi}{\lambda_{(K_1+1)}}d}, \dots, e^{-j\frac{2\pi}{\lambda_{(S-K_2)}}d}]^T \quad (\text{式 12})$$

[0109] また、例えば、除算に用いる直接波成分は、複素伝達関数を一定期間観測することで $h(t)$ を取得し、当該観測時間全体の相関行列を固有値分解し、式 13 及び式 14 より算出された固有値及び固有ベクトルに基づいて算出されてもよい。これにより、第二複素伝達関数ベクトル h' は、式 15 のように算出されてもよい。

[0110] [数13]

$$R_R = U D_R U^H \quad (\text{式 13})$$

[0111]

[数14]

$$R_T = V D_T V^H \quad (\text{式 1 4})$$

[0112] [数15]

$$h'(t) = h(t) / (u_1^H h(t) v_1) \quad (\text{式 1 5})$$

[0113] 式 1 3 および式 1 4 に示されるように、第二複素伝達関数算出部 1 6 0 0 は、第一複素伝達関数ベクトル $h(t)$ の相関行列 R_R 、 R_T を算出し、算出した相関行列 R_R 、 R_T のそれぞれを固有値分解することで、固有値 D_R 、 D_T および固有ベクトル U 、 V を算出する。次に、第二複素伝達関数算出部 1 6 0 0 は、式 1 3 および式 1 4 で算出された結果を用いて、式 1 5 で示されるように、固有値 D_R 、 D_T が最大となる対となる固有ベクトル u_1 、 v_1 を第一複素伝達関数ベクトル $h(t)$ に乗算して、直接波のチャネル成分 $u_1^H h(t) v_1$ を算出し、第一複素伝達関数ベクトル h の全要素を直接波のチャネル成分 $u_1^H h(t) v_1$ にて除算することで、第二複素伝達関数ベクトル h' を算出する。

[0114] なお、当該直接波成分は、観測時間全体の相関行列を固有値分解し、式 1 3、式 1 4 より算出される固有ベクトルに基づいて算出されてもよい。これにより、第二複素伝達関数ベクトル h' は、式 1 6 のように算出されてもよい。

[0115] [数16]

$$h'(t) = h(t) / \left(\frac{u_1^H h(t) v_1}{u_1^H h(t_1) v_1} \right) \quad (\text{式 1 6})$$

[0116] [生体相関行列の他の例]

なお、実施の形態の生体相関行列算出部 1 8 0 0 は、フーリエ変換を用いる方法により相関行列 R_f を算出するとしたが、下三角行列を用いて生体相関行列を算出してもよい。

[0117] 生体相関行列算出部 1 8 0 0 は、第二複素伝達関数ベクトル h' の相関行列 R は式 1 7 のように算出してもよい。

[0118]

[数17]

$$\mathbf{R} = \mathbf{h}'\mathbf{h}'^H = \begin{pmatrix} h'_1 h_1'^H & \cdots & h'_1 h_S'^H \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ h'_S h_1'^H & \cdots & h'_S h_S'^H \end{pmatrix} \quad (\text{式 1 7})$$

[0119] 生体相関行列算出部 1800 は、相関行列 $\mathbf{R}$ の対角項を除く下三角行列を式 18 のようにベクトル化することで下三角ベクトル $\mathbf{h}''$ を算出する。

[0120] [数18]

$$\mathbf{h}'' = [h'_2 h_1'^H, \dots, h'_S h_1'^H, \dots, h'_S h_{(S-1)}'^H]^T \quad (\text{式 1 8})$$

[0121] 生体相関行列算出部 1800 は、下三角ベクトル $\mathbf{h}''$ を観測時間 (slow time) に対しフーリエ変換し特定の周波数成分のみを抽出することで 0.1 Hz から 3 Hz 程のそれぞれの周波数成分に対して生体成分伝達関数ベクトル $\mathbf{h}_{fft}$ を算出することができる。生体相関行列算出部 1800 は、生体成分伝達関数ベクトル $\mathbf{h}_{fft}$ から式 7 より相関行列 $\mathbf{R}_f$ を算出する。

[0122] この場合、式 8 におけるステアリングベクトル $\mathbf{a}(d)$ は以下のように算出される。

[0123] [数19]

$$\mathbf{a}(d)' = [e^{-j\frac{2\pi}{\lambda_1}d}, \dots, e^{-j\frac{2\pi}{\lambda_i}d}, \dots, e^{-j\frac{2\pi}{\lambda_S}d}]^T \quad (\text{式 1 9})$$

[0124] [数20]

$$\mathbf{R}_a(d) = \mathbf{a}(d)' \mathbf{a}(d)^H = \begin{pmatrix} a_1(d)' a_1(d)^H & \cdots & a_1(d)' a_S(d)^H \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_S(d)' a_1(d)^H & \cdots & a_S(d)' a_S(d)^H \end{pmatrix} \quad (\text{式 2 0})$$

[0125] 生体相関行列算出部 1800 は、相関行列 $\mathbf{R}_a(d)$ の対角項を除く下三角行列を式 21 のようにベクトル化することでステアリングベクトル $\mathbf{a}(d)$ を算出する。

[0126] [数21]

$$\mathbf{a}(d) = [a_2(d)' a_1(d)^H, \dots, a_S(d)' a_1(d)^H, \dots, a_S(d)' a_{S-1}(d)^H]^T \quad (\text{式 2 1})$$

[0127] また、生体相関行列算出部 1800 は、式 11 及び式 12 を用いる場合に

は要素数に対応して（式 18）および（式 21）を算出する。

[0128] [推定装置 100 の動作]

以上のように構成された推定装置 100 の推定処理の動作について説明する。図 8 は、本実施の形態における推定装置 100 の推定処理を示すフローチャートである。

[0129] まず、推定装置 100 は、第一複素伝達関数を直接波成分にて除算することで、第二複素伝達関数を算出する（S1100）。

[0130] 次に、推定装置 100 は、算出した周波數位相補正值に基づいて、第三複素伝達関数を算出する（S1200）。

[0131] そして、推定装置 100 は、当該第三複素伝達関数に基づいて生体相関行列を算出し、送信アンテナ部 1000 と生体 200 との間の距離 a （第一距離）、及び、受信アンテナ部 1300 と生体 200 との間の距離 b （第二距離）の和である第三距離を推定する（S1300）。

[0132] 図 9 は、ステップ S1100 における第二複素伝達関数算出の詳細な処理を示すフローチャートである。

[0133] まず、推定装置 100 は、送信アンテナ素子 1001 から S 個のサブキャリアを含むマルチキャリア信号を送信する（S1110）。

[0134] そして、推定装置 100 は、推定対象領域である所定の空間に生体やその他動体の存在しない第二期間について、送信アンテナ素子 1001 から送信された信号（受信信号）を受信アンテナ素子 1301 で観測する（S1120）。

[0135] 次に、推定装置 100 は、第二期間に観測された受信信号に対してマルチキャリア復調を行い S 個のサブキャリア信号に復調する（S1130）。

[0136] 次に、推定装置 100 は、第二期間に観測された S 個のサブキャリア信号から、送信アンテナ素子 1001 と受信アンテナ素子 1301 との間の伝搬特性を表す第一複素伝達関数を、複数のサブキャリア信号がそれぞれ対応している複数のサブキャリアのそれぞれ毎に複数算出する（S1140）。これらの処理は、各サブキャリアに対して並列または逐次的に行われる。詳細

は上述した通りであるため、ここでの説明は省略する。以下も同様である。

[0137] 次に、推定装置 100 は、サブキャリア毎の複素伝達関数から直接波成分 h_l を算出する (S 1150)。

[0138] そして、推定装置 100 は、直接波成分 h_l と第二期間についての複素伝達関数との差 h' を算出する (S 1160)。

[0139] 図 10 は、ステップ S 1200 における第三複素伝達関数算出の詳細な処理を示すフローチャートである。

[0140] まず、推定装置 100 は、あらかじめ与えられた送信アンテナ素子 1001 と受信アンテナ素子 1301 との間の距離から理想的なチャネル h_{ideal} を算出する (S 1210)。

[0141] そして、推定装置 100 は、理想的なチャネル h_{ideal} と第二複素伝達関数ベクトル h' とから周波數位相補正值 h_{cal} を算出する (S 1220)。

[0142] 図 11 は、ステップ S 1300 における測距の詳細な処理を示すフローチャートである。

[0143] まず、推定装置 100 は、送信アンテナ素子 1001 から S 個のサブキャリアを含むマルチキャリア信号を送信する (S 1310)。

[0144] そして、推定装置 100 は、生体 200 によって反射された反射信号を含む受信信号を、生体 50 の活動に由来する周期に相当する第一期間について観測する (S 1320)。

[0145] 次に、推定装置 100 は、第一期間に観測された受信信号に対してマルチキャリア復調を行い、S 個の信号列に復調する (S 1330)。

[0146] 次に、推定装置 100 は、第一期間に観測された S 個のサブキャリア信号から、送信アンテナ素子 1001 と受信アンテナ素子 1301 との間の伝搬特性を表す第一複素伝達関数を、複数のサブキャリア信号がそれぞれ対応している複数のサブキャリアのそれぞれ毎に複数算出する (S 1340)。

[0147] 次に、推定装置 100 は、式 2 に従い第二複素伝達関数ベクトル h' を算出する (S 1350)。

[0148] 次に、推定装置 100 は、周波數位相補正值 h_{cal} を用いて式 5 に従い第二

複素伝達関数ベクトル h' を補正することで第三複素伝達関数ベクトル h' を算出する(S1360)。

[0149] 次に、推定装置100は、校正済みの第三複素伝達関数ベクトル h'_{fft} から生体成分伝達関数ベクトル h_{fft} を算出し、式5に従い相関行列 R_f を算出する(S1370)。

[0150] 次に、推定装置100は、式8に従いMUSICスペクトル $P_{MUSIC}(d)$ を算出する(S1380)。

[0151] 最後に、推定装置100は、MUSICスペクトル $P_{MUSIC}(d)$ が極大となる d を探索し、探索結果を送信アンテナ素子1001と生体200との間の距離 a 、及び、生体200と受信アンテナ素子1301との間の距離 b の和として出力する(S1390)。

[0152] [効果等]

本実施の形態の推定装置100および推定方法によれば、送信信号にOFDMなどのマルチキャリア信号を用いることで既存のマルチキャリア送受信機を流用して生体とアンテナとの間の距離を推定することが可能である。

[0153] また、MUSIC法を用いることで細かい距離分解能での測距が可能である。

[0154] また、本実施の形態に係る推定装置100によれば、3つ以上の送信機により、受信機までの複数の第三距離を推定することで楕円の交点から生体の位置を推定することができる。

[0155] また、本実施の形態に係る推定装置100によれば、3つ以上の受信機により、送信機までの複数の第三距離を推定することで楕円の交点から生体の位置を推定することができる。

[0156] また、本実施の形態に係る推定装置100によれば、MISO (Multiple-Input Single-output) やSIMO (Single-Input Multiple-output) , MIMO (Multiple-Input Multiple-output) 構成であっても生体とアンテナ間の距離やの生体の位置を推定することができる。

[0157] 以上のように、本実施の形態に係る推定装置100によれば、無線信号を利

用して生体が存在する距離や位置の推定を、短時間かつ高精度に行うことができる推定装置および推定方法を実現することができる。

[0158] 以上、本開示の一態様に係る測位センサおよび距離推定方法について、実施の形態に基づいて説明したが、本開示は、これらの実施形態に限定されるものではない。本開示の趣旨を逸脱しない限り、当業者が思いつく各種変形を本実施形態に施したもの、あるいは異なる実施形態における構成要素を組み合わせて構築される形態も、本開示の範囲内に含まれる。

[0159] 例えば、上記実施の形態では、生体200の距離推定や位置推定を例として説明したが、生体200に限らない。高周波の信号が照射された場合に、その活動によって反射波にドップラ効果を与える種々の動体（機械等）に適用可能である。

[0160] また、例えば、上記実施の形態では、M個の送信アンテナ素子は1個であり、N個の受信アンテナ素子は1個である例について主に説明したが、これに限らない。M個の送信アンテナ素子は2個以上であってもよいし、N個の受信アンテナ素子は2個以上であってもよい。M個の送信アンテナ素子は2個以上であり、かつ、N個の受信アンテナ素子は2個以上であってもよい。

[0161] また、例えば、上記実施の形態では、推定装置100は、第三複素伝達関数算出部1700、生体相関行列算出部1800、及び、測距部1900を備えたとしたが、これらの構成要素を備えていなくてもよい。推定装置100は、第二複素伝達関数算出部1600により算出された第二複素伝達関数ベクトル h' を用いて、生体200に関する情報を推定できればよい。生体200に関する情報は、上述したように、例えば、推定装置から生体までの距離、推定装置から生体への方向、生体の位置、生体の識別子などである。このように、推定装置100により算出された第二複素伝達関数ベクトル h' は、推定装置から生体までの距離を推定する以外にも、推定装置から生体への方向、生体の位置、生体の識別子などを推定することに用いることができる。第二複素伝達関数ベクトル h' は、周波數位相誤差と、（1）送信アンテナ部1000から送信する送信信号生成部1200と送信部1100か

らなる送信機と、受信アンテナ部 1300 により受信する受信部 1400 からなる受信機との間のクロック揺らぎ、および、(2) 送信信号のデジタルーアナログ変換または受信信号のアナログーデジタル変換のタイミング揺らぎ、の少なくとも一方に対応する成分とが抑制されている。このため、推定装置から生体へ方向、生体の位置、生体の識別子などを高精度に推定することができる。

[0162] なお、上記各実施の形態において、各構成要素は、専用のハードウェアで構成されるか、各構成要素に適したソフトウェアプログラムを実行することによって実現されてもよい。各構成要素は、CPU またはプロセッサなどのプログラム実行部が、ハードディスクまたは半導体メモリなどの記録媒体に記録されたソフトウェアプログラムを読み出して実行することによって実現されてもよい。

[0163] また、本開示は、このような特徴的な構成要素を備える、測位センサとして実現することができるだけでなく、測位センサに含まれる特徴的な構成要素をステップとする推定方法などとして実現することもできる。また、そのような方法に含まれる特徴的な各ステップをコンピュータに実行させるコンピュータプログラムとして実現することもできる。そして、そのようなコンピュータプログラムを、CD-ROM 等のコンピュータで読取可能な非一時的な記録媒体あるいはインターネット等の通信ネットワークを介して流通させることができるのは、言うまでもない。

産業上の利用可能性

[0164] 本開示は、無線信号を利用した生体の距離や位置を推定する測位センサおよび距離推定方法に利用でき、特に、生体と機械を含む生体の距離や位置を測定する測定器、生体の距離や位置に応じた制御を行う家電機器、生体の侵入を検知する監視装置などに利用できる。

符号の説明

[0165] 100 推定装置
200 生体

1 0 0 0 送信アンテナ部
1 0 0 1 送信アンテナ素子
1 1 0 0 送信部
1 2 0 0 送信信号生成部
1 3 0 0、1 3 0 0 - 1、1 3 0 0 - 2、1 3 0 0 - 3 受信アンテナ部
1 3 0 1 受信アンテナ素子
1 4 0 0 受信部
1 5 0 0 第一複素伝達関数算出部
1 6 0 0 第二複素伝達関数算出部
1 7 0 0 第三複素伝達関数算出部
1 8 0 0 生体相関行列算出部
1 9 0 0 測距部
2 0 0 1 - A、2 0 0 1 - B、2 0 0 1 - C 送信アンテナ部から送信される各サブキャリア信号の位相
2 0 0 2 - B、2 0 0 2 - C 送信アンテナ部から送信された周波数が異なる信号の位相変化
4 1 0 0、4 2 0 0 複素伝達関数行列の周波数に対する位相の変化
5 1 0 0、5 2 0 0 複素伝達関数行列の逆フーリエ変換後の位相
6 1 0 0、7 1 0 0 - 1、7 1 0 0 - 2、7 1 0 0 - 3 第三距離により求まる生体が存在しうる楕円

請求の範囲

- [請求項1] 複数のサブキャリア信号が変調されたマルチキャリア信号を生成する送信信号生成部と、
- M個（Mは1以上の自然数）の送信アンテナ素子を有する送信アンテナ部と、
- 前記マルチキャリア信号を処理して前記送信アンテナ部に出力することで、前記マルチキャリア信号を前記送信アンテナ部に送信させる送信部と、
- N個（Nは1以上の自然数）の受信アンテナ素子を有する受信アンテナ部と、
- 前記N個の受信アンテナ素子のそれぞれにより受信された受信信号であって、前記M個の送信アンテナ素子のそれぞれから送信された前記マルチキャリア信号が生体によって反射または散乱された反射信号を含む受信信号を、前記生体の活動に由来する周期に相当する第一期間について観測する受信部と、
- 前記受信部において前記第一期間に観測された複数の前記受信信号を用いて、前記M個の送信アンテナ素子のそれぞれと前記N個の受信アンテナ素子のそれぞれとの組合せである $M \times N$ 個の組合せのそれぞれについて、当該組合せにおける前記送信アンテナ素子と前記受信アンテナ素子との間の伝搬特性を表す第一複素伝達関数を、前記複数のサブキャリア信号がそれぞれ対応している複数のサブキャリアのそれぞれ毎に複数算出する第一複素伝達関数算出部と、
- 前記第一複素伝達関数の1以上の要素を用いて抽出された直接波成分であって、前記複数の受信信号から前記生体を経由しない直接波成分で、前記第一複素伝達関数の全要素を除算することにより第二複素伝達関数を算出する第二複素伝達関数算出部と、を備える
- 推定装置。
- [請求項2] 前記直接波成分の抽出に用いられる前記1以上の要素は、前記複数

のサブキャリアのうちで周波数的に隣接する 2 以上のサブキャリアにそれぞれ対応する 2 以上の要素を含む

請求項 1 に記載の推定装置。

[請求項3] 前記直接波成分は、前記第一複素伝達関数に含まれる一つの要素と、前記 2 以上の要素との平均値である

請求項 2 に記載の推定装置。

[請求項4] 前記直接波成分は、前記第一複素伝達関数に含まれる一つの要素と前記 2 以上の要素との相関行列を固有値分解することで算出された固有値および固有ベクトルの対のうち、前記固有値の最大となる対となる前記固有ベクトルを前記第一複素伝達関数に乗算して算出された、直接波のチャネル成分である直接波伝達関数である

請求項 2 に記載の推定装置。

[請求項5] さらに、

前記送信アンテナ素子及び前記受信アンテナ素子の間の距離と前記第一複素伝達関数とに基づいて、前記複数のサブキャリアにおける周波數位相誤差を補正した第三複素伝達関数を算出する第三複素伝達関数算出部を備える

請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の推定装置。

[請求項6] さらに、

前記送信アンテナ素子及び前記受信アンテナ素子の間の距離と第二期間について観測された複素伝達関数である基準複素伝達関数行列とに基づいて、前記複数のサブキャリアにおける周波數位相誤差を補正した第三複素伝達関数を算出する第三複素伝達関数算出部を備える

請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の推定装置。

[請求項7] さらに、

算出された複数の前記第三複素伝達関数を観測された順である時系列に逐次記録し、前記第三複素伝達関数中の生体に関する成分を抽出することで、生体相関行列を算出する生体相関行列算出部と、

前記生体相関行列を用いて、前記送信アンテナ部と前記生体との間の第一距離、及び、前記受信アンテナ部と前記生体との間の第二距離の和である第三距離を推定する測距部と、を備える

請求項 5 または 6 に記載の推定装置。

[請求項8]

前記生体相関行列算出部は、

前記第三複素伝達関数の相関行列を算出し、

前記相関行列の対角項を除く下三角行列をベクトル化した第一ベクトルを算出し、

前記第一ベクトル中の生体に関する成分を抽出することで、前記生体相関行列を算出する

請求項 7 に記載の推定装置。

[請求項9]

前記測距部は、MUSIC (Multiple Signal Classification) 法、ビームフォーマ法、及び、Capon法のいずれか1つを用いて前記第三距離を推定する

請求項 7 または 8 に記載の推定装置。

[請求項10]

前記M個の送信アンテナ素子及び前記N個の受信アンテナ素子の少なくとも一方は、2個のアンテナ素子を含み、

前記M個の送信アンテナ素子及び前記N個の受信アンテナ素子の位置を焦点とし、かつ、長軸の長さが前記第三距離である楕円を2つ以上算出し、その交点を生体の位置として推定する位置推定部を備える

請求項 7 から 9 のいずれか1項に記載の推定装置。

[請求項11]

複数のサブキャリア信号が変調されたマルチキャリア信号を生成し、

前記マルチキャリア信号を処理してM個 (Mは1以上の自然数) の送信アンテナ素子を有する送信アンテナ部に出力することで、前記マルチキャリア信号を前記送信アンテナ部に送信させ、

受信アンテナ部を構成するN個 (Nは1以上の自然数、但しM及びNのうち少なくともいずれか一方は2以上) の受信アンテナ素子のそ

れぞれにより受信された受信信号であって、前記M個の送信アンテナ素子のそれぞれから送信された前記マルチキャリア信号が生体によって反射または散乱された反射信号を含む受信信号を、前記生体の活動に由来する周期に相当する第一期間について観測し、

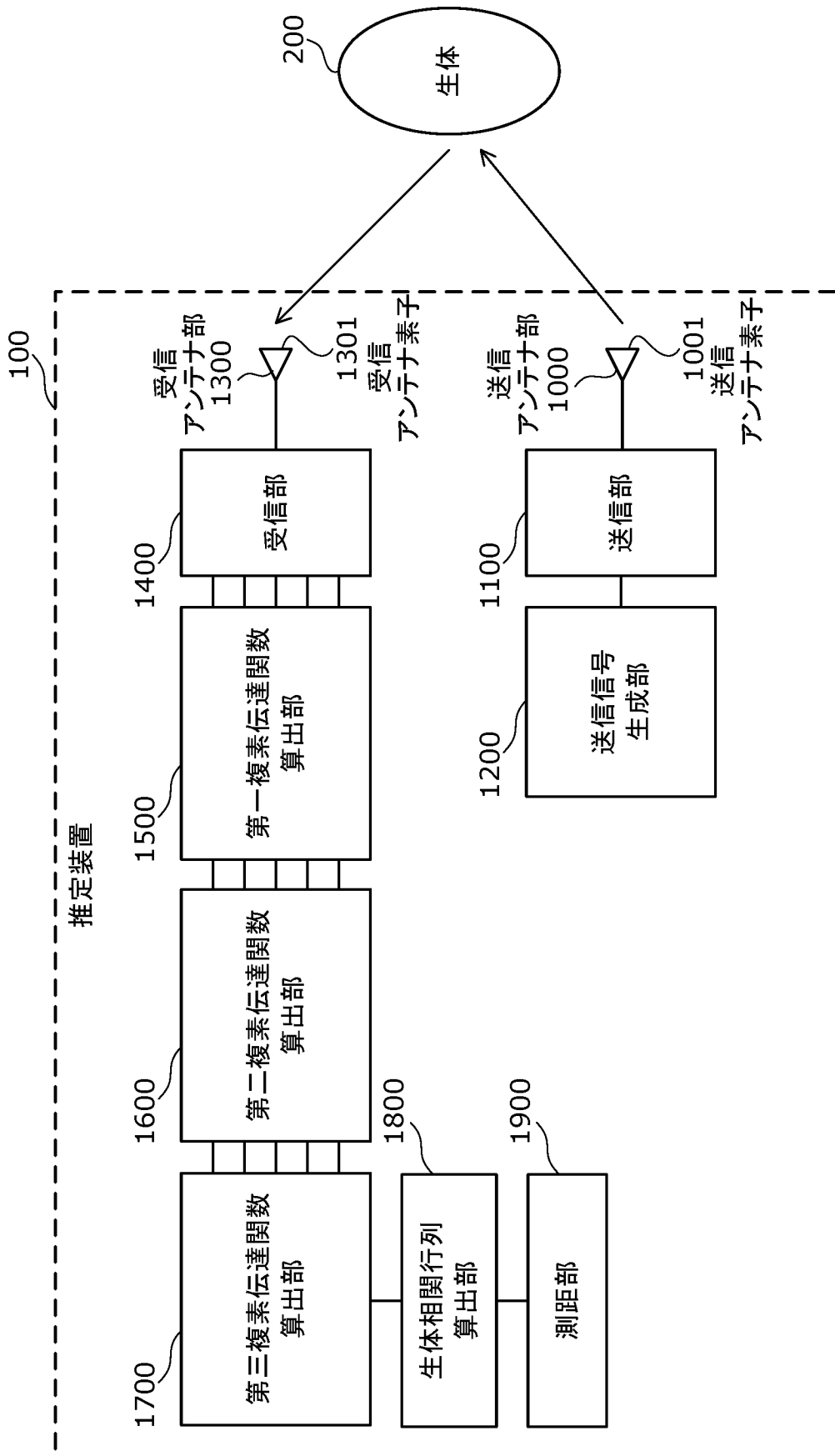
前記第一期間に観測された複数の前記受信信号を用いて、前記M個の送信アンテナ素子のそれぞれと前記N個の受信アンテナ素子のそれぞれとの組合せである $M \times N$ 個の組合せのそれぞれについて、当該組合せにおける前記送信アンテナ素子と前記受信アンテナ素子との間の伝搬特性を表す第一複素伝達関数を、前記複数のサブキャリア信号がそれぞれ対応している複数のサブキャリアのそれぞれ毎に複数算出し、

前記第一複素伝達関数の1以上の要素を用いて抽出された直接波成分であって、前記複数の受信信号から前記生体を経由しない直接波成分で、前記第一複素伝達関数の全要素を除算することにより第二複素伝達関数を算出する

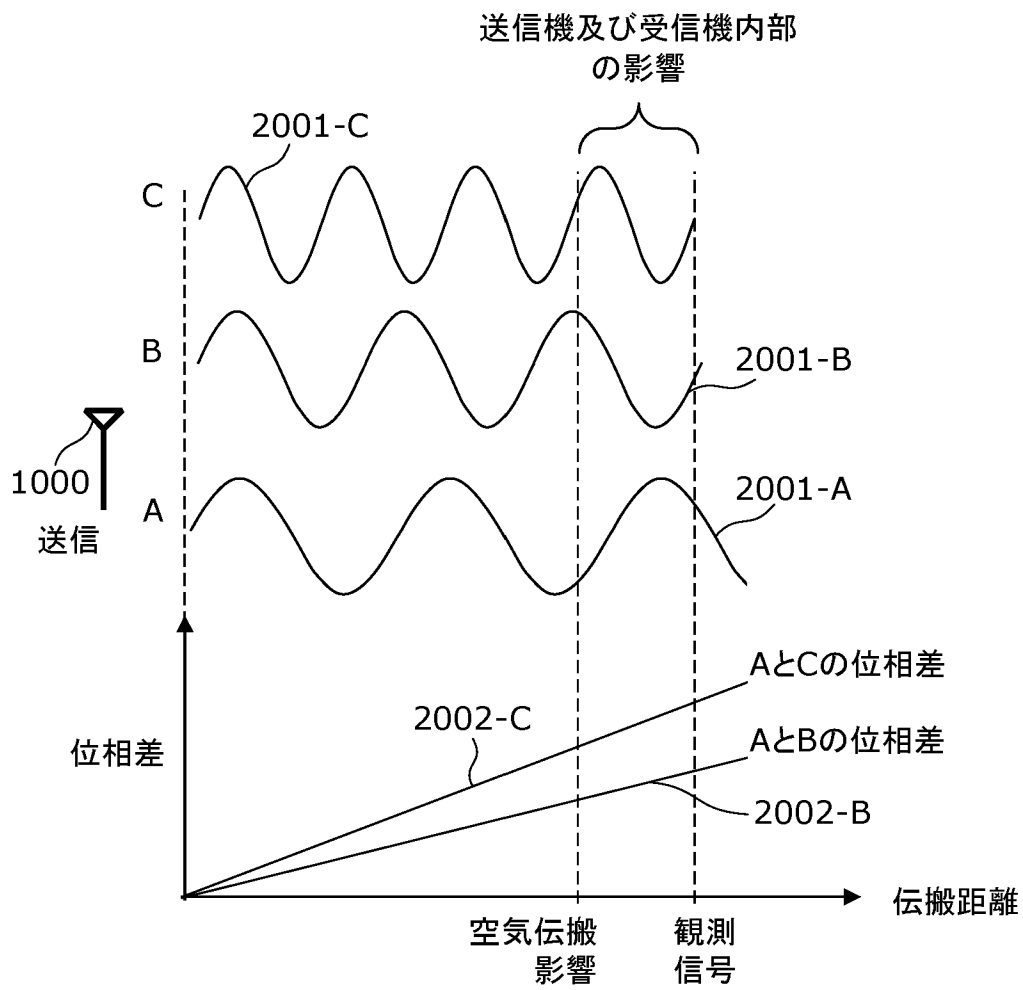
推定方法。

[請求項12] 請求項11に記載の推定方法をコンピュータに実行させるためのプログラム。

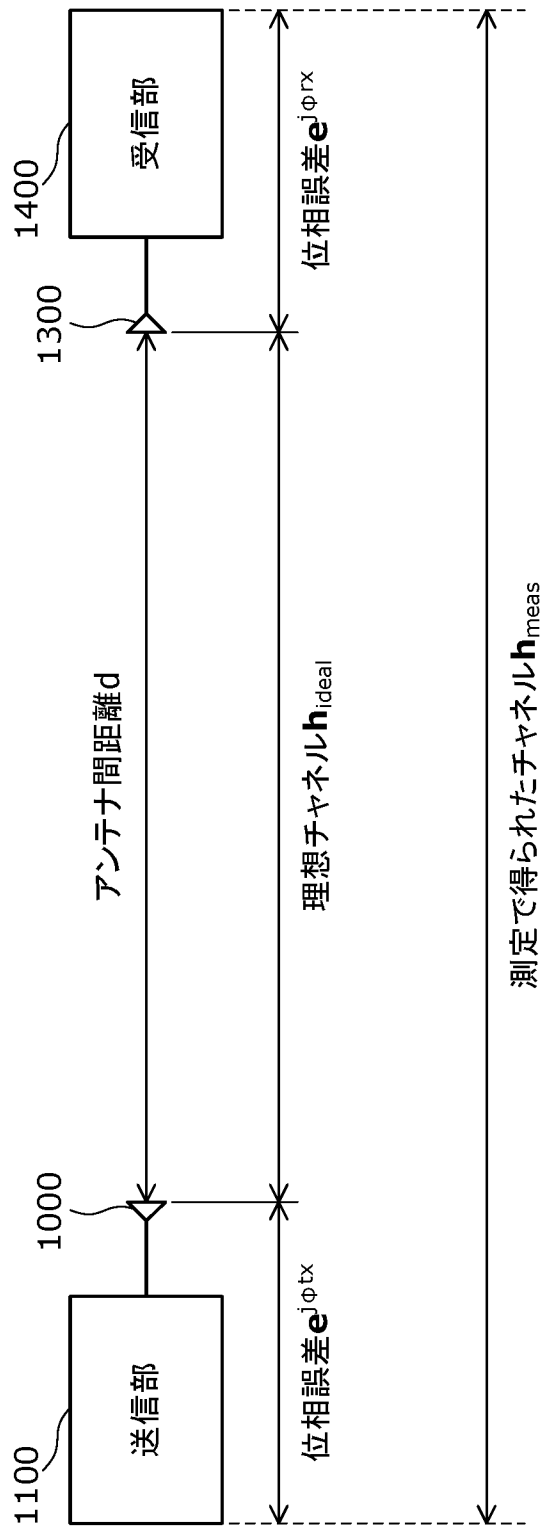
[図1]



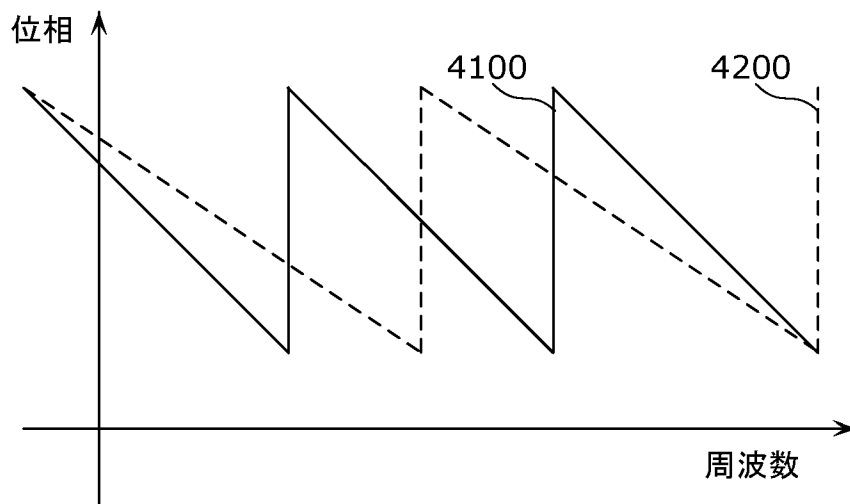
[図2]



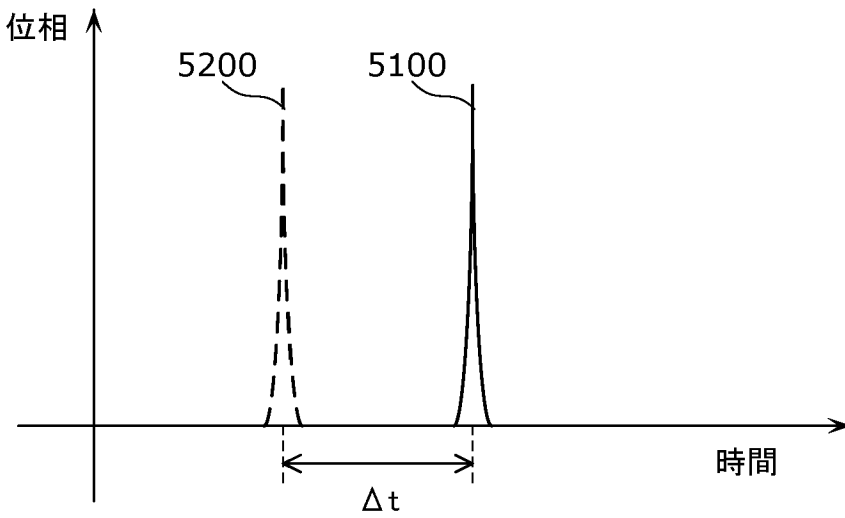
[図3]



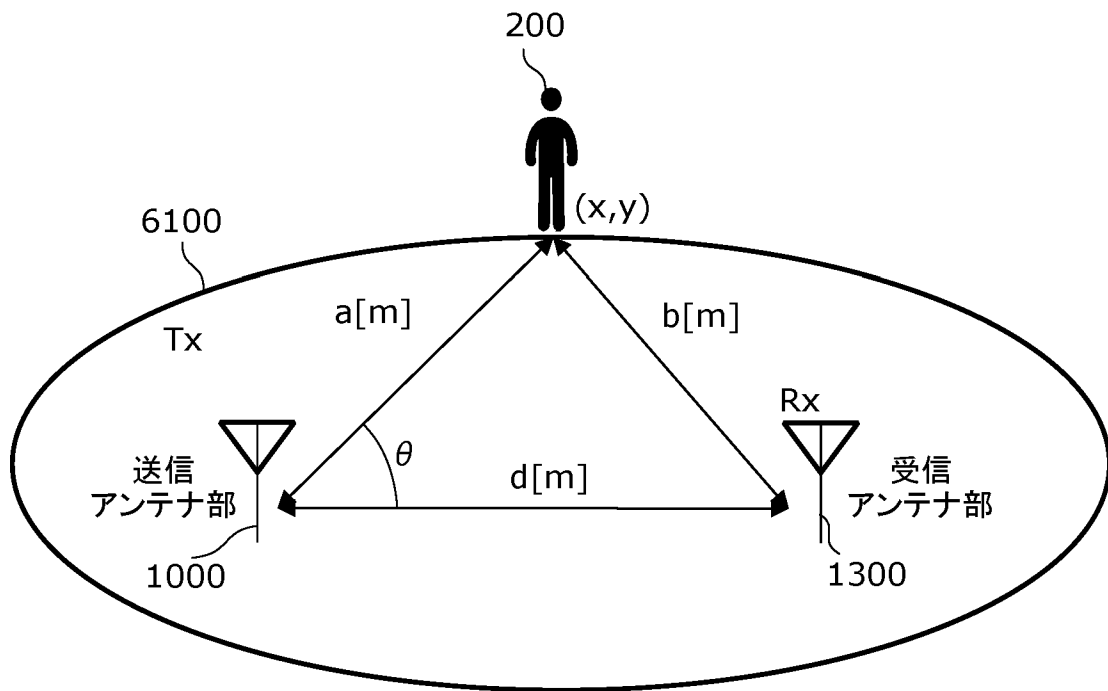
[図4]



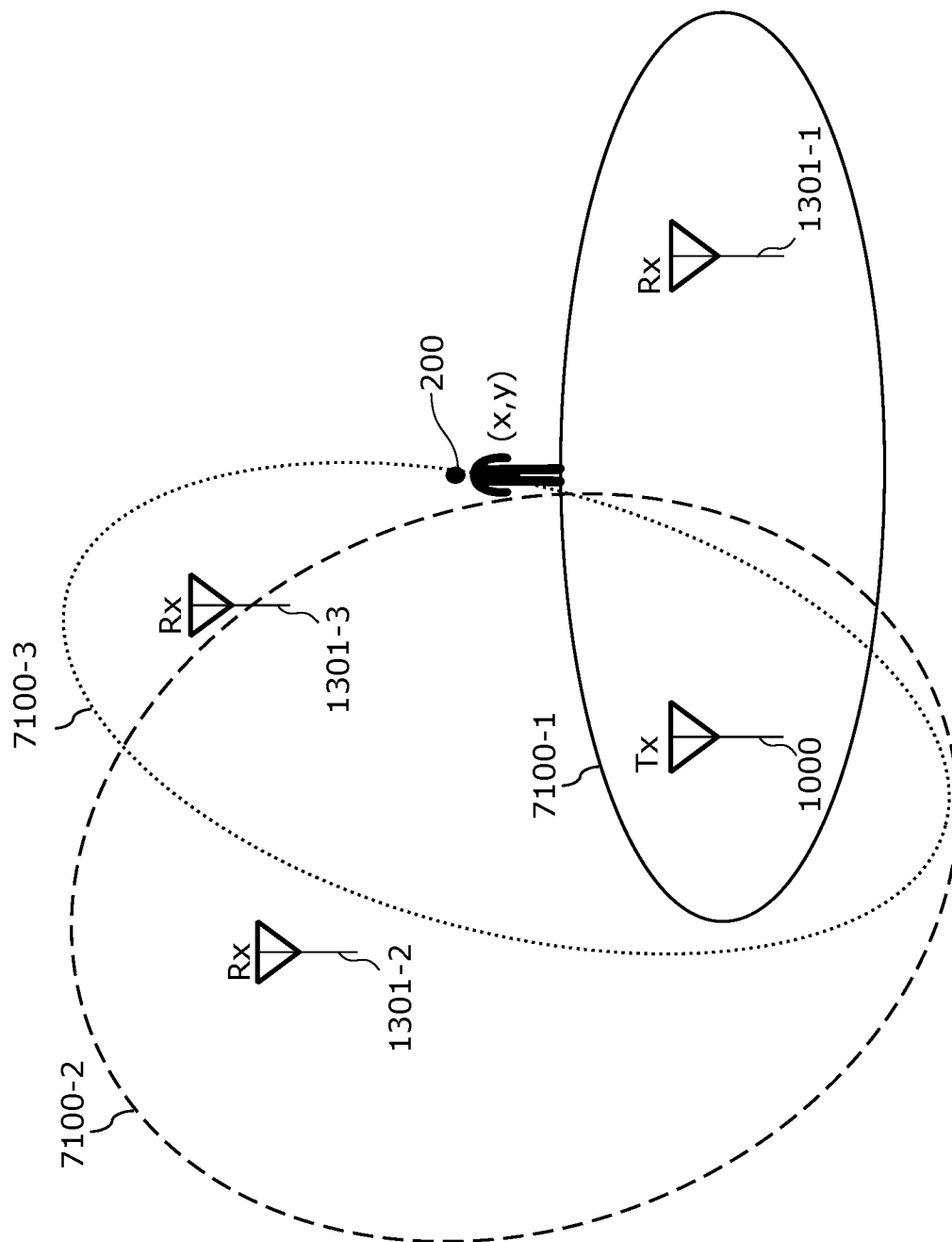
[図5]



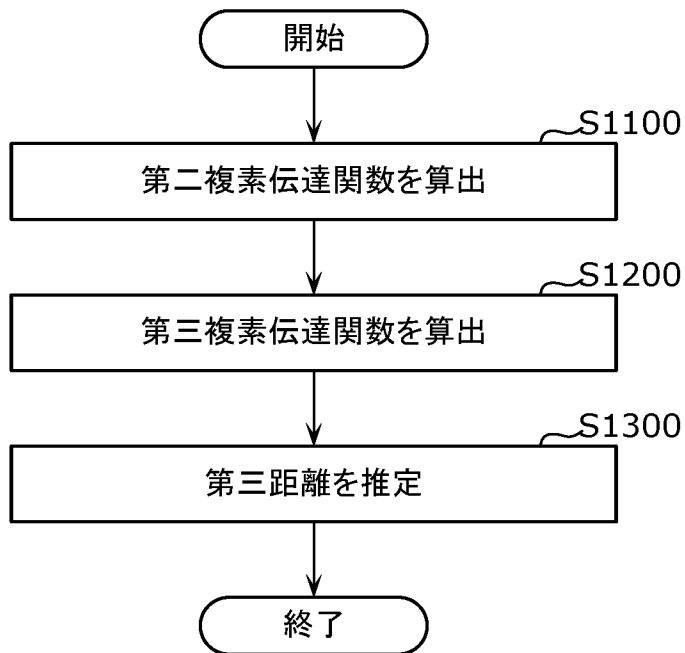
[図6]



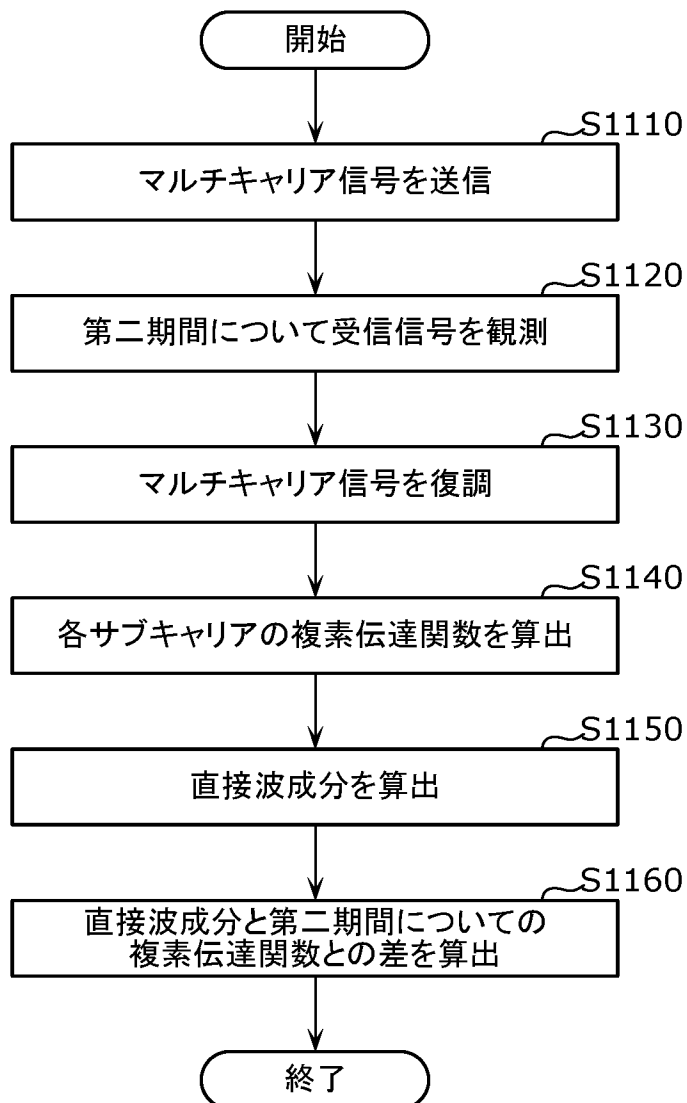
[図7]



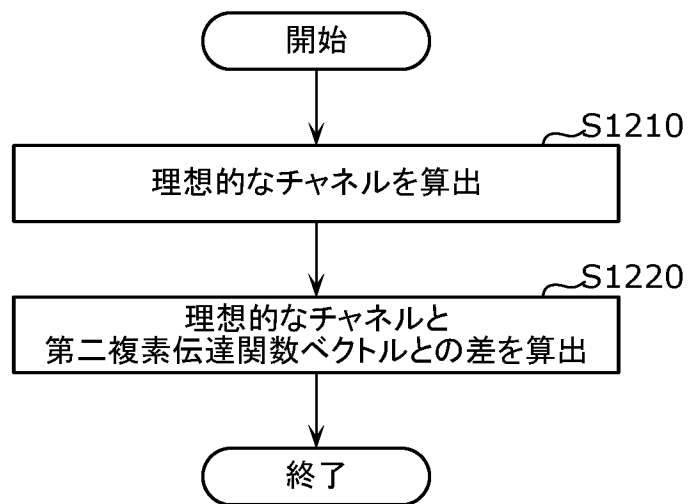
[図8]



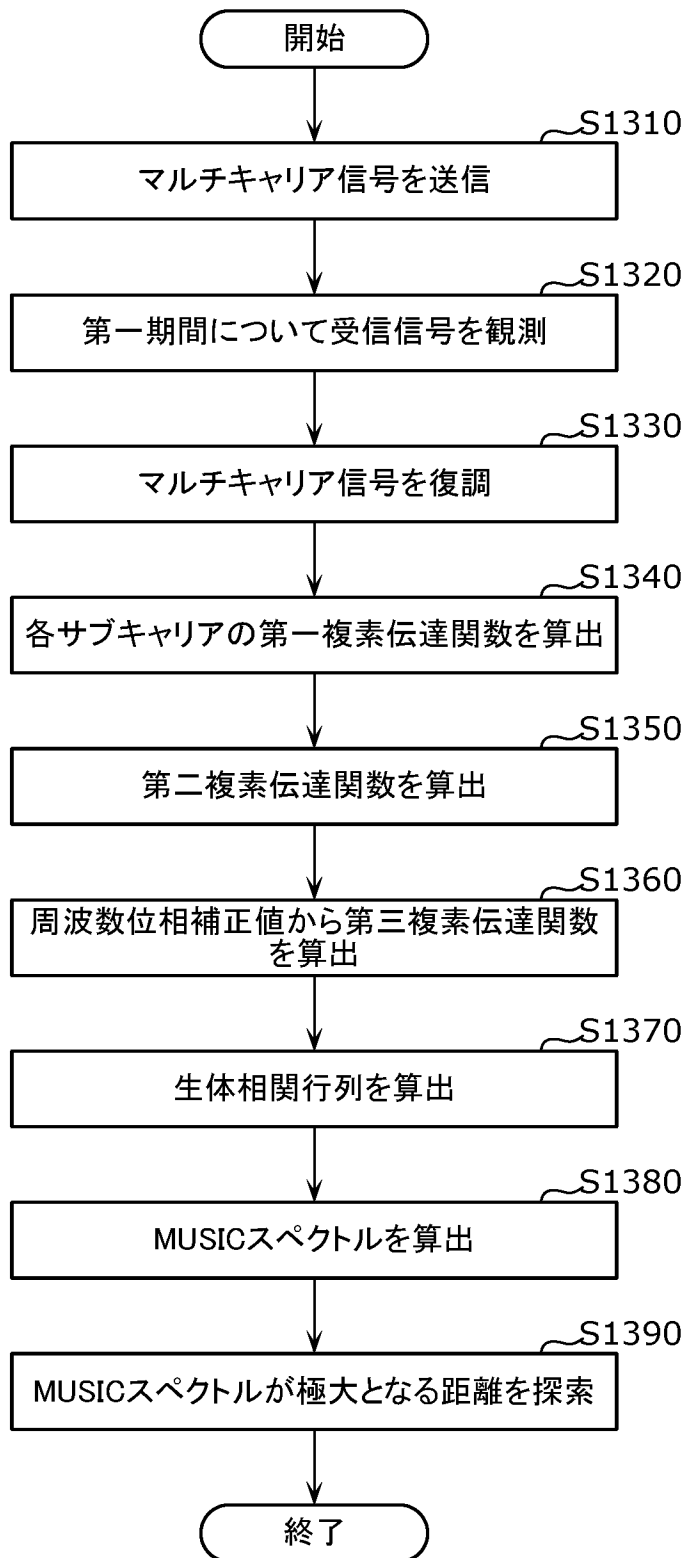
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/045521

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G01S 7/02**(2006.01)i; **G01S 13/42**(2006.01)i

FI: G01S7/02 216; G01S13/42

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)

G01S7/00 - G01S7/42; G01S13/00 - G01S13/95; A61B5/024; A61B5/11 - A61B5/113

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 1971-2024

Registered utility model specifications of Japan 1996-2024

Published registered utility model applications of Japan 1994-2024

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.
Y	JP 2020-8548 A (PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY MANAGEMENT CO., LTD.) 16 January 2020 (2020-01-16) paragraphs [0021]-[0096], fig. 1-6	1-2, 11-12
A		3-10
Y	JP 2020-109389 A (PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY MANAGEMENT CO., LTD.) 16 July 2020 (2020-07-16) paragraphs [0018]-[0030], [0063], [0083]-[0116], fig. 5-6	1-2, 11-12
A		3-10
A	JP 2020-109391 A (PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY MANAGEMENT CO., LTD.) 16 July 2020 (2020-07-16) entire text, all drawings	1-12
A	JP 2020-505179 A (UNIVERSITY OF NOTRE DAME DU LAC) 20 February 2020 (2020-02-20) entire text, all drawings	1-12

☒ 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

“D” document cited by the applicant in the international application

“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

24 January 2024

Date of mailing of the international search report

06 February 2024

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/045521

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 111157960 A (NANJING HUIJUN SEMICONDUCTOR TECHNOLOGY CO., LTD.) 15 May 2020 (2020-05-15) entire text, all drawings	1-12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/045521

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2020-8548	A	16 January 2020	US 2020/0011967 A1 paragraphs [0029]-[0112], fig. 1-6 CN 110673129 A	
JP	2020-109389	A	16 July 2020	US 2020/0209351 A1 paragraphs [0028]-[0040], [0079], [0095]-[0134], fig. 5-6 CN 111381229 A	
JP	2020-109391	A	16 July 2020	US 2020/0209379 A1 entire text, all drawings CN 111381230 A	
JP	2020-505179	A	20 February 2020	US 2020/0022607 A1 entire text, all drawings WO 2018/145042 A1	
CN	111157960	A	15 May 2020	WO 2021/109526 A1 entire text, all drawings	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

G01S 7/02(2006.01)i; G01S 13/42(2006.01)i

FI: G01S7/02 216; G01S13/42

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））

G01S7/00 - G01S7/42; G01S13/00 - G01S13/95; A61B5/024; A61B5/11 - A61B5/113

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 - 2024年

日本国実用新案登録公報

1996 - 2024年

日本国登録実用新案公報

1994 - 2024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
Y	JP 2020-8548 A（パナソニックIPマネジメント株式会社）16.01.2020（2020 - 01 - 16）	1-2, 11-12
A	段落 [0021]-[0096], 図 1-6	3-10
Y	JP 2020-109389 A（パナソニックIPマネジメント株式会社）16.07.2020（2020 - 07 - 16）	1-2, 11-12
A	段落 [0018]-[0030], [0063], [0083]-[0116], 図 5-6	3-10
A	JP 2020-109391 A（パナソニックIPマネジメント株式会社）16.07.2020（2020 - 07 - 16）	1-12
	全文, 全図	
A	JP 2020-505179 A（ユニバーシティ・オブ・ノートル・ダム・デュ・ラック）20.02.2020（2020 - 02 - 20）	1-12
	全文, 全図	

☒ 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、一般的技术水準を示すもの

“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献

“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抵触するものではなく、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

24.01.2024

国際調査報告の発送日

06.02.2024

名称及びあて先

日本国特許庁(ISA/JP)

〒100-8915

日本国

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

権限のある職員（特許庁審査官）

藤田 都志行 2M 3014

電話番号 03-3581-1101 内線 3216

様式 PCT/ISA/210（第2ページ）（2022年7月）

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	CN 111157960 A (NANJING HUIJUN SEMICONDUCTOR TECHNOLOGY CO., LTD.) 15.05.2020 (2020 - 05 - 15) 全文, 全図	1-12

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/045521

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2020-8548	A	16.01.2020	US 2020/0011967 A1 段落 [0029]-[0112], 図 1-6 CN 110673129 A	
JP	2020-109389	A	16.07.2020	US 2020/0209351 A1 段落 [0028]-[0040], [0079], [0095]-[0134], 図 5-6 CN 111381229 A	
JP	2020-109391	A	16.07.2020	US 2020/0209379 A1 全文, 全図 CN 111381230 A	
JP	2020-505179	A	20.02.2020	US 2020/0022607 A1 全文, 全図 WO 2018/145042 A1	
CN	111157960	A	15.05.2020	WO 2021/109526 A1 全文, 全図	