

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7435824号
(P7435824)

(45)発行日 令和6年2月21日(2024.2.21)

(24)登録日 令和6年2月13日(2024.2.13)

(51)国際特許分類

F I

G 0 1 S 13/89 (2006.01)

G 0 1 S 13/89

請求項の数 10 (全21頁)

(21)出願番号	特願2022-564957(P2022-564957)	(73)特許権者	000004237
(86)(22)出願日	令和2年11月27日(2020.11.27)		日本電気株式会社
(86)国際出願番号	PCT/JP2020/044319		東京都港区芝五丁目7番1号
(87)国際公開番号	WO2022/113294	(74)代理人	100110928
(87)国際公開日	令和4年6月2日(2022.6.2)		弁理士 速水 進治
審査請求日	令和5年5月24日(2023.5.24)	(72)発明者	住谷 達哉
			東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
		(72)発明者	小倉 一峰
			東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
		(72)発明者	有吉 正行
			東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
		審査官	渡辺 慶人

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 レーダ装置、イメージング方法、およびプログラム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の送信アンテナと複数の受信アンテナを用いて生成されたレーダ信号を取得するレーダ信号送受信手段と、

検査対象を眺める方向を表す投影方向と、三次元のレーダ画像が生成されるべき領域を示すイメージング領域と、前記三次元のレーダ画像の生成に用いる送信アンテナと受信アンテナの組の集合の情報である集合情報とを含むイメージングポリシーを保持する投影方向・イメージングポリシー制御手段と、

前記イメージングポリシーに従い前記レーダ信号から前記三次元のレーダ画像を生成するイメージング手段と、

生成された前記三次元のレーダ画像を、前記イメージングポリシーが示す前記投影方向に投影して二次元化する投影処理手段と、
を備えることを特徴とするレーダ装置。

【請求項2】

前記イメージングポリシーは、前記レーダ信号から前記三次元のレーダ画像を生成するためのアルゴリズム又は当該アルゴリズムを指定する情報を含み、

前記イメージング手段は、前記アルゴリズムを用いて前記三次元のレーダ画像を生成する、請求項1に記載のレーダ装置。

【請求項3】

前記送信アンテナと前記受信アンテナは、検査対象の通行路を挟んで対向している少な

くとも 2 枚のパネル内に配置されている、請求項 1 または 2 に記載のレーダ装置。

【請求項 4】

前記 2 枚のパネルは互いに平行であることを特徴とする、請求項 3 に記載のレーダ装置。

【請求項 5】

複数の前記投影方向毎に前記イメージングポリシーが設定されており、

前記複数の投影方向は、前記検査対象の正面、背面、左側面、及び右側面を含む、請求項 1 から 4 のいずれか一つに記載のレーダ装置。

【請求項 6】

複数の前記投影方向毎に前記イメージングポリシーが設定されており、

前記投影方向は 90° 間隔の 4 つの方向を含み、

前記 4 つの方向は、前記 2 枚のパネルに垂直又は平行である、請求項 4 に記載のレーダ装置。

【請求項 7】

前記投影方向・イメージングポリシー制御手段は、前記イメージング領域に前記検査対象が存在するかの判定を行い、

前記イメージング手段は、前記検査対象が前記イメージング領域に存在すると判定された場合に、前記三次元のレーダ画像の生成を行う、請求項 1 から 6 のいずれか一つに記載のレーダ装置。

【請求項 8】

前記投影方向・イメージングポリシー制御手段は、前記イメージング領域に前記検査対象が存在するかの判定を、前記レーダ信号に基づいて行う、請求項 7 に記載のレーダ装置。

【請求項 9】

コンピュータが、

複数の送信アンテナと複数の受信アンテナを用いて生成されたレーダ信号を取得するレーダ信号送受信処理と、

検査対象を眺める方向を表す投影方向と、三次元のレーダ画像が生成されるべき領域を示すイメージング領域と、前記三次元のレーダ画像の生成に用いる送信アンテナと受信アンテナの組の集合の情報である集合情報とを含むイメージングポリシーを保持する投影方向・イメージングポリシー制御処理と、

前記イメージングポリシーに従い前記レーダ信号から前記三次元のレーダ画像を生成するイメージング処理と、

生成された前記三次元のレーダ画像を、前記イメージングポリシーが示す前記投影方向に投影して二次元化する投影処理と、
を備えることを特徴とするイメージング方法。

【請求項 10】

コンピュータに、

複数の送信アンテナと複数の受信アンテナを用いて生成されたレーダ信号を取得するレーダ信号送受信機能と、

検査対象を眺める方向を表す投影方向と、三次元のレーダ画像が生成されるべき領域を示すイメージング領域と、前記三次元のレーダ画像の生成に用いる送信アンテナと受信アンテナの組の集合の情報である集合情報とを含むイメージングポリシーを保持する投影方向・イメージングポリシー制御機能と、

前記イメージングポリシーに従い前記レーダ信号から前記三次元のレーダ画像を生成するイメージング機能と、

生成された前記三次元のレーダ画像を、前記イメージングポリシーが示す前記投影方向に投影して二次元化する投影処理機能と、
を持たせるプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

20

30

40

50

本発明は、物体で反射された電磁波を受信してイメージングを行うレーダ装置、イメージング方法およびプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

ボディスキャナを実現するレーダ装置が、空港等に導入されている。このレーダ装置において、送信アンテナがミリ波等の電磁波を所定のエリア内の対象物（被験者の人体や所持物など）に照射し、対象物で反射された電磁波を受信アンテナがレーダ信号として受信する。ボディスキャナシステムは、レーダ信号に基づいてレーダ画像の生成（イメージング）を行い、このイメージングの結果を用いた処理、例えば、被験者が不審物を所持しているか否かの検査を実行する。レーダ画像は一般に、三次元空間内の物体形状を反映した三次元画像として得られる。一方、人間にとっての解釈のしやすさや、被験者が不審物を所持しているか否かを自動判定するための物体認識処理の計算コストなどの観点からは、三次元のレーダ画像を二次元化する処理が有用である。

10

【0003】

特許文献1には、複数のパネル上にアンテナが配置されたボディスキャナシステムが記載されている。非特許文献1には、三次元のレーダ画像に二次元画像用の物体検出アルゴリズムを適用するために、レーダ画像を特定の方向に投影（射影）して二次元化する手法が記載されている。非特許文献2及び非特許文献3には、対象物で反射された電磁波をアンテナで受信し、受信した信号に基づき画像を生成することで、対象物のレーダ画像を生成（イメージング）する技術が記載されている。

20

【0004】

また特許文献2には、検査対象の正面・側面・背面を見るために3セットの対向するパネルを用いることが記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】米国特許出願公開第2019/0242990号明細書

【文献】特表2017-514109号公報

【非特許文献】

【0006】

【文献】L. Carrer and A. G. Yarovoy, "Concealed weapon detection using UWB 3-D radar imaging and automatic target recognition," The 8th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP 2014), The Hague, 2014, pp. 2786-2790, doi: 10.1109/EuCAP.2014.6902403.

30

【文献】S. S. Ahmed, A. Schiessl, F. Gumbmann, M. Tiebout, S. Methfessel and L. Schmidt, "Advanced Microwave Imaging," in IEEE Microwave Magazine, vol. 13, no. 6, pp. 26-43, Sept.-Oct. 2012, doi: 10.1109/MMM.2012.2205772.

【文献】X. Zhuze and A. G. Yarovoy, "Three-Dimensional Near-Field MIMO Array Imaging Using Range Migration Techniques," in IEEE Transactions on Image Processing, vol. 21, no. 6, pp. 3026-3033, June 2012, doi: 10.1109/TIP.2012.2188036.

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

上記したレーダ装置において、対象物が所持している所持品を精度良く検出することが求められている。本発明の目的の一例は、対象物が所持している所持品を精度良く検出することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明によれば、複数の送信アンテナと複数の受信アンテナを用いて生成されたレーダ

50

信号を取得するレーダ信号送受信手段と、

検査対象を眺める方向を表す投影方向と、三次元のレーダ画像が生成されるべき領域を示すイメージング領域と、前記三次元のレーダ画像の生成に用いる送信アンテナと受信アンテナの組の集合の情報である集合情報とを含むイメージングポリシーを保持する投影方向・イメージングポリシー制御手段と、

前記イメージングポリシーに従い前記レーダ信号から前記三次元のレーダ画像を生成するイメージング手段と、

生成された前記三次元のレーダ画像を、前記イメージングポリシーが示す前記投影方向に投影して二次元化する投影処理手段と、

を備えることを特徴とするレーダ装置が提供される。

10

【 0 0 0 9 】

本発明によれば、コンピュータが、

複数の送信アンテナと複数の受信アンテナを用いて生成されたレーダ信号を取得するレーダ信号送受信処理と、

検査対象を眺める方向を表す投影方向と、三次元のレーダ画像が生成されるべき領域を示すイメージング領域と、前記三次元のレーダ画像の生成に用いる送信アンテナと受信アンテナの組の集合の情報である集合情報とを含むイメージングポリシーを保持する投影方向・イメージングポリシー制御処理と、

前記イメージングポリシーに従い前記レーダ信号から前記三次元のレーダ画像を生成するイメージング処理と、

20

生成された前記三次元のレーダ画像を、前記イメージングポリシーが示す前記投影方向に投影して二次元化する投影処理と、

を備えることを特徴とするイメージング方法が提供される。

【 0 0 1 0 】

本発明によれば、コンピュータに、

複数の送信アンテナと複数の受信アンテナを用いて生成されたレーダ信号を取得するレーダ信号送受信機能と、

検査対象を眺める方向を表す投影方向と、三次元のレーダ画像が生成されるべき領域を示すイメージング領域と、前記三次元のレーダ画像の生成に用いる送信アンテナと受信アンテナの組の集合の情報である集合情報とを含むイメージングポリシーを保持する投影方向・イメージングポリシー制御機能と、

30

前記イメージングポリシーに従い前記レーダ信号から前記三次元のレーダ画像を生成するイメージング機能と、

生成された前記三次元のレーダ画像を、前記イメージングポリシーが示す前記投影方向に投影して二次元化する投影処理機能と、

を持たせるプログラムが提供される。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 1 】

本発明によれば、対象物が所持している所持品を精度良く検出できる。

【 図面の簡単な説明 】

40

【 0 0 1 2 】

上述した目的、およびその他の目的、特徴および利点は、以下に述べる好適な実施の形態、およびそれに付随する以下の図面によってさらに明らかになる。

【 0 0 1 3 】

【 図 1 】 一般的なレーダ装置の構成例を示すブロック図である。

【 図 2 】 三次元のレーダ画像の一例を示す図である。

【 図 3 】 送信アンテナと受信アンテナの配置の一例を示す図である。

【 図 4 】 二次元画像の一例を示す図である。

【 図 5 】 送信アンテナと受信アンテナの配置の一例を示す図である。

【 図 6 】 送信アンテナと受信アンテナの配置の一例を示す図である。

50

【図 7】二次元画像の一例を示す図である。

【図 8】第 1 の実施形態のレーダ装置の構成例を示すブロック図である。

【図 9】送信アンテナと受信アンテナの配置の一例を示す図である。

【図 10】イメージングポリシーを説明するための図である。

【図 11】イメージングポリシーを説明するための図である。

【図 12】イメージングポリシーを説明するための図である。

【図 13】イメージングポリシーを説明するための図である。

【図 14】レーダ装置の動作を説明するためのフローチャートである。

【図 15】第 2 の実施形態のレーダ装置の構成例を示すブロック図である。

【図 16】レーダ装置の動作を説明するためのフローチャートである。

10

【図 17】第 3 の実施形態のレーダ装置の構成例を示すブロック図である。

【図 18】レーダ装置の動作を説明するためのフローチャートである。

【図 19】レーダ装置のハードウェア構成の一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、本発明の実施の形態について、図面を用いて説明する。尚、すべての図面において、同様な構成要素には同様の符号を付し、適宜説明を省略する。

【0015】

まず、前提技術について説明する。

【0016】

20

図 1 は一般的なレーダ装置の構成例を示すブロック図である。図 1 に示すレーダ装置 800 は、レーダ信号送受信部 803 と、イメージング部 804 と、投影方向制御部 805 と、投影処理部 806 とを備えている。レーダ信号送受信部 803 は、電磁波を出射する送信アンテナ (Tx) 801 の電磁波の出射 (具体的には、出射タイミングなど) を制御し、かつ、対象物からの反射波などを受信する受信アンテナ (Rx) 802 からレーダ信号を取得する。イメージング部 804 は、レーダ信号から三次元のレーダ画像を生成する。投影方向制御部 805 は、三次元のレーダ画像を二次元化するための投影方向の設定を保持する。投影方向の設定数は一つでも複数でも良い。投影処理部 806 は、イメージング部 804 で生成されたレーダ画像を、投影方向制御部 805 に設定された各投影方向に投影し、それぞれの投影方向に対応した二次元画像を生成する。なお、図 1 には、1 つの送信アンテナ (Tx) 801 と 1 つの受信アンテナ (Rx) 802 とが例示されているが、実際には、複数の Tx と複数の Rx が設置されている。

30

【0017】

投影処理部 806 は、例えば非特許文献 1 のように、レーダ画像の強度和に基づく投影処理を行う。投影処理部 806 は、投影方向が Z 軸になるように直交座標系 XYZ をとり、その際のレーダ画像を $I(X, Y, Z)$ と表記することにする。 $I(X, Y, Z)$ を式 (1) に従い二次元画像 $I'(X, Y)$ に変換する。

【0018】

【数 1】

$$I'(X, Y) = \sum_Z |I(X, Y, Z)|^2 \quad \dots (1)$$

40

【0019】

図 2 の左のような三次元のレーダ画像が得られている場合、投影処理部 806 は、この変換により、図 2 の右のような、Z 軸に関して投影された二次元画像を生成する。この二次元画像は、投影方向に従って対象物を眺めたときの見え方に対応する。

【0020】

非特許文献 1 の投影方法は、Tx と Rx が同一のパネル上に配置されている図 3 のような装置から得られるレーダ画像に対しては、よく機能する。一方、ある物体がレーダ画像に映るためには、Tx から出射した電磁波をその物体で反射した反射波が Rx で受信される必要が

50

ある。したがって、図 3 において得られるレーダ画像には、人体のパネル側の面のみが映り、パネル側とは反対の面や両側面などの、反射波を Rx が受信できない面は映らない。そこで、図 3 中の矢印のようにパネルと垂直な向きに投影を行うことで、パネルのある位置から人体を眺めた状況に対応する二次元画像が図 4 のように得られる。図 3 のようにナイフ・銃などの不審物がパネル側の面に隠されていた場合、図 4 の画像に現れることが期待される。

【 0 0 2 1 】

一方、不審物がどこに隠されているかは実際は不定であり、人体の一面のみではなく全面に対して検査を行う必要がある。このため、複数のパネル上に Tx と Rx を配置することで人体の全面検査を行う装置も考えられる。例えば図 5 のように両側にパネルを並べ、一方のパネルからもう一方のパネルへの送受信波を取得することで、パネルに垂直な向きの物体からの反射も捉えることができる。パネルに平行な向きの物体からの反射も図 3 の装置と同様に捉えることができる。

【 0 0 2 2 】

一方、図 5 のような装置から得られる、人体の全面が映ったレーダ画像に対して非特許文献 1 の投影方法は適用できない。なぜなら、人体の正面と背面、または右側面と左側面の情報が混ざって投影されてしまうからである。特に問題になる例として、図 6 のように人体正面に不審物が隠されており、背面にはノートパソコンのような大型金属物が背負われている状況を挙げる。この状況における三次元のレーダ画像を、図 6 中の矢印の方向に投影して二次元化すると、図 7 のように不審物の形状が大型金属物に埋もれて消えてしまう可能性がある。このように、人体の全面が映ったレーダ画像に対する投影処理は、本来眺めたい方向から見た面の情報が反対の面により消されてしまう可能性がある。その結果、不審物検査の精度が低下する。

【 0 0 2 3 】

[第 1 の実施の形態]

[構成の説明]

図 8 は、第 1 の実施形態のレーダ装置の構成例を示すブロック図である。第 1 の実施形態のレーダ装置 100 は、レーダ信号送受信部 103 と、投影方向・イメージングポリシー制御部 107 と、イメージング部 104 と、投影処理部 106 とを備えている。レーダ信号送受信部 103 は、送信アンテナ (Tx) 101 と受信アンテナ (Rx) 102 を備えている。

【 0 0 2 4 】

レーダ装置の外観は図 9 のように複数 (例えば 2 枚) のパネルを並べたものであり、検査を受ける被験者はこれらのパネルの間を通り抜ける。以下、被験者の進行方向を y 軸とした座標系を用いる。

【 0 0 2 5 】

レーダ信号送受信部 103 は、ミリ波等の電磁波を出射する送信アンテナ (Tx) 101 の電磁波の出射 (具体的には、出射タイミングなど) を制御し、対象物からの反射波などを受信する受信アンテナ (Rx) 102 からレーダ信号を取得する。なお、図 8 には、1 つの送信アンテナ (Tx) 101 と 1 つの受信アンテナ (Rx) 102 とが例示されているが、実際には複数の Tx と複数の Rx があり、図 9 に示すように少なくとも 2 枚のパネル内に設置されている。

【 0 0 2 6 】

レーダ信号送受信部 103 は、送信アンテナ (Tx) 101 による電磁波の送信 (出射) を制御し、受信アンテナ (Rx) 102 による受信波に基づくレーダ信号を取得する。具体的には、例えば、あらかじめ定めた Tx の出射順序に従って順番に Tx が出射を行い、全ての Rx が反射波を受信することで、全ての Tx と Rx の組に関してレーダ信号を取得する。これを 1 セットのレーダ信号として、イメージング部 104 に出力する。なお、レーダ信号が不要な Tx と Rx の組がある場合は、その組のレーダ信号は取得しないようにしても良い。レーダ信号送受信部 103 は、1 セットのレーダ信号の取得および出力を一定の時間間隔な

どで繰り返し行う。

【 0 0 2 7 】

投影方向・イメージングポリシー制御部 1 0 7 は、イメージングポリシーを保持する。イメージングポリシーは、三次元のレーダ画像を二次元化するための投影方向と、各投影方向に対する、イメージング領域やイメージングに用いるTxとRxの組の集合（集合情報）などの情報を含んでいる。投影方向は、二次元画像を生成する際にどの方向から人体を眺めるかということに対応する。一つのイメージングポリシーに複数個の投影方向が設定されていてもよい。イメージング領域は、レーダ画像の生成（イメージング）を行う空間領域を示している。一般に、ある特定の方向から人体を眺めた画像を生成するにあたり、その方向の面を映すのに適した装置内における人体の立ち位置と、イメージングに用いるTxとRxの組の集合は、その方向に応じて違ったものになる。その違いに応じて、投影方向ごとにイメージングポリシーが設定されている。

10

【 0 0 2 8 】

例として、図 9 に示したような被験者（検査対象）の通行路を挟むように設置した 2 枚のパネルを用いる方式において、人体の左側面・右側面・正面・背面が見える 4 つの投影方向を用いるという状況のもとで説明を行う。この例において、投影方向は 9 0 ° 間隔の 4 つの方向を含み、かつ、これら 4 つの方向は、2 枚のパネルに垂直又は平行になっている。なお、図 9 において 2 枚のパネルは検査対象の進行方向に対して平行に並んでいるが、このように並行に設置してもよいし、平行でない配置で設置してもよい。以下の説明において、パネルの中心位置のy座標を y_0 とする。

20

【 0 0 2 9 】

人体の左側面のみを映すためには、図 1 0 の四角形領域のような $y = y_0$ 付近の領域内を立ち位置として、TxもRxもどちらもレーダパネル（ 1 ）内にあるような組のみを使うのが良い。従って、図 1 0 中の矢印が示す投影方向に関しては、図 1 0 の四角形領域のようにイメージング領域を設定し、TxもRxもどちらもレーダパネル（ 1 ）内にあるような組のみでイメージングするというイメージングポリシーが設定される。人体の右側面に関してもほぼ同様であり、図 1 1 中の矢印が示す投影方向に関しては、図 1 1 の四角形領域のようにイメージング領域を設定し、TxもRxもどちらもレーダパネル（ 2 ）内にあるような組のみでイメージングするというイメージングポリシーが設定される。なお、図 1 0 と図 1 1 中のイメージング領域は、同じでも異なっても良い。

30

【 0 0 3 0 】

一方、人体の正面のみを映すためには、図 1 2 の四角形領域のような $y = y_0$ （より具体的には、 $y_D < y_0$ を設定して $y = y_D$ ）の領域内を立ち位置として、Txがレーダパネル（ 1 ）にありRxがレーダパネル（ 2 ）にあるような組のみを使うのが良い（TxとRxのあるパネルは逆でも良いし、その両方を使うということにしても良い）。また、 $y = y_D$ の位置にあるようなTxないしRxは、人体の正面を映すのに寄与しにくく、むしろ不要な背面の情報を映してしまう可能性がある。したがって、 $y = y_D$ の位置にTxないしRxがあるような組をイメージングに用いないようにしても良い。上記に従って、図 1 2 中の矢印が示す投影方向に関するイメージングポリシーが設定される。

【 0 0 3 1 】

40

人体の背面もほぼ同様であり、図 1 3 中の矢印が示す投影方向に関するイメージングポリシーを同様に設定できる。この場合も、 $y = y_U$ の位置にTxないしRxがあるような組をイメージングに用いないようにしても良い。

【 0 0 3 2 】

図 9 のように被験者が装置内を通り抜ける間に、各投影方向による画像に、被験者の人体を捉えたものが少なくとも 1 つ含まれていることが望ましい。そのために、例えば、レーダ信号送受信部 1 0 3 は、想定される速度で歩く被験者が各イメージング領域を通り抜ける間に少なくとも 1 セットのレーダ信号を取得するような周期でレーダ信号の取得を行う。

【 0 0 3 3 】

50

イメージング部 104 は、投影方向・イメージングポリシー制御部 107 に設定された投影方向の数だけ分かれて存在し、それぞれが各投影方向を担当する。イメージング部 104 のそれぞれは、担当する投影方向のイメージングポリシーが規定するTxとRxの組の集合に従って、レーダ信号送受信部 103 から必要なレーダ信号を受け取る。受け取ったレーダ信号から、イメージングポリシーが規定するイメージング領域において三次元のレーダ画像の生成（イメージング）を行う。レーダ信号からレーダ画像を計算（生成）する手続き（イメージングアルゴリズム）の一例は、非特許文献 2 や非特許文献 3 に記載されている。イメージング部 104 のそれぞれは、生成されたレーダ画像を投影処理部 106 に出力する。

【0034】

担当する投影方向によっては、レーダ信号送受信部 103 が全てのTxとRxの組に関する 1 セットのレーダ信号を取得する前に、イメージングに必要な信号が全て集まることもある。イメージング部 104 のそれぞれは、レーダ信号送受信部 103 が 1 セットのレーダ信号を取得する前であってもレーダ信号を受け取ってイメージングを開始しても良い。

【0035】

また、イメージング領域や使用するTxとRxの組の集合によって適するイメージングアルゴリズムが変わることがある。例えば、非特許文献 3 に記載されている方法は計算速度が優れているが、全てのTxとRxが同一平面上に設置されていなければならないという制約があるため、図 10 と図 11 に対応するイメージングには適用できるが、図 12 と図 13 に対応するイメージングには適用できない。一方、非特許文献 2 に記載されている方法はアンテナの配置に関する制約がないため、図 12 と図 13 に対応するイメージングにも適用できる。このようなイメージングアルゴリズムの違いを踏まえて、投影方向ごとのイメージングポリシーにイメージングアルゴリズムを指定する情報（イメージングアルゴリズムそのものが含まれていてもよい）も付加して投影方向・イメージングポリシー制御部 107 に設定し、イメージング部 104 に指示するようにしても良い。

【0036】

投影処理部 106 は、投影方向・イメージングポリシー制御部 107 に設定された投影方向の数だけ分かれて存在し、それぞれが各投影方向を担当する。投影処理部 106 のそれぞれは、同じ投影方向を担当するイメージング部 104 から三次元のレーダ画像を受け取り、設定された投影方向に従って投影処理を行って二次元化する。以下の説明において、投影方向がZ軸になるように直交座標系XYZをとり、その際のレーダ画像を $I(X,Y,Z)$ と表記することにする。投影処理は、例えば、非特許文献 1 のように式 (1) に従って二次元画像 $I'(X,Y)$ に変換する。他の投影方法として式 (2) のようにする方法も考えられる。

【0037】

【数 2】

$$I'(X,Y) = \max_Z |I(X,Y,Z)| \quad \dots (2)$$

【0038】

投影処理部 106 のそれぞれは、生成された二次元画像をディスプレイや画像処理エンジンなどに出力する。

【0039】

[動作の説明]

次に、図 14 のフローチャートを参照して、レーダ装置 100 の動作を説明する。

【0040】

ステップ S101 では、二次元画像を生成する際にどの方向から人体を眺めるかを表す投影方向が定められ、この設定が投影方向・イメージングポリシー制御部 107 に保持される。この設定は、例えばレーダ装置 100 の使用者または管理者が行う。また、設定した投影方向の数だけ、イメージング部 104 と投影処理部 106 が用意される。

【 0 0 4 1 】

ステップS102では、ステップS101で設定された各投影方向別に、イメージングポリシーに含まれる各情報が定められる。ここで定められる情報には、その方向から人体を眺めた画像を生成するのに適したイメージング領域、及びTxとRxの組の集合を示す集合情報が含まれる。これらの情報は、投影方向・イメージングポリシー制御部107に保持される。このようにして、投影方向・イメージングポリシー制御部107は、投影方向別にイメージングポリシーを保持する。

【 0 0 4 2 】

ステップS103では、レーダ信号送受信部103が送信アンテナ(Tx)101に電磁波を出射させ、受信アンテナ(Rx)102による受信波に基づくレーダ信号を取得し、イメージング部104に出力する。

10

【 0 0 4 3 】

ステップS104では、イメージング部104のそれぞれが、投影方向・イメージングポリシー制御部107に保持された、当該イメージング部104が担当する投影方向のイメージングポリシーに従って、レーダ信号から三次元のレーダ画像を生成し、投影処理部106に出力する。

【 0 0 4 4 】

ステップS105では、投影処理部106のそれぞれが、同じ投影方向を担当するイメージング部104から三次元のレーダ画像を受け取り、設定された投影方向に従って投影処理を行って二次元化する。生成された各々の二次元画像をディスプレイや画像処理エンジンなどに出力する。

20

【 0 0 4 5 】

< ハードウェア構成例 >

図19は、レーダ装置100のハードウェア構成例を示す図である。レーダ装置100は、バス1010、プロセッサ1020、メモリ1030、ストレージデバイス1040、入出力インタフェース1050、及びネットワークインタフェース1060を有する。

【 0 0 4 6 】

バス1010は、プロセッサ1020、メモリ1030、ストレージデバイス1040、入出力インタフェース1050、及びネットワークインタフェース1060が、相互にデータを送受信するためのデータ伝送路である。ただし、プロセッサ1020などを互いに接続する方法は、バス接続に限定されない。

30

【 0 0 4 7 】

プロセッサ1020は、CPU(Central Processing Unit)やGPU(Graphics Processing Unit)などで実現されるプロセッサである。

【 0 0 4 8 】

メモリ1030は、RAM(Random Access Memory)などで実現される主記憶装置である。

【 0 0 4 9 】

ストレージデバイス1040は、HDD(Hard Disk Drive)、SSD(Solid State Drive)、メモリカード、又はROM(Read Only Memory)などで実現される補助記憶装置である。ストレージデバイス1040はレーダ装置100の各機能を実現するプログラムモジュールを記憶している。プロセッサ1020がこれら各プログラムモジュールをメモリ1030上に読み込んで実行することで、そのプログラムモジュールに対応する各機能が実現される。

40

【 0 0 5 0 】

入出力インタフェース1050は、レーダ装置100と各種入出力機器とを接続するためのインタフェースである。

【 0 0 5 1 】

ネットワークインタフェース1060は、レーダ装置100をネットワークに接続するためのインタフェースである。このネットワークは、例えばLAN(Local Area Networ

50

k)やWAN(Wide Area Network)である。ネットワークインタフェース1060がネットワークに接続する方法は、無線接続であってもよいし、有線接続であってもよい。

【0052】

[効果の説明]

本実施形態によれば、レーダ装置100は、それぞれの投影方向に対して、その方向の面がよく映るようにイメージング領域とイメージングに使用するTxとRxの組の集合を使い分けることにより、他の面、特に裏側の面の情報がレーダ画像に映らないようにできる。このため、レーダ装置100は、各投影方向から人体を眺めた画像を精度よく作成できる。それにより、対象物が所持している所持品(例えば不審物)の検出精度などが向上する。

【0053】

[第2の実施の形態]

[構成の説明]

図15は、第2の実施形態のレーダ装置の構成例を示すブロック図である。第2の実施形態のレーダ装置200は、レーダ信号送受信部103と、投影方向・イメージングポリシー制御部207と、複数のイメージング部204と、複数の投影処理部106とを備えている。レーダ信号送受信部103は、送信アンテナ(Tx)101と受信アンテナ(Rx)102を備えている。

【0054】

第1の実施形態では、イメージング部104のそれぞれはイメージング領域に被験者がいないときであっても常にイメージング処理を行っていた。第2実施形態では、計算コストの削減のため、イメージング部204のそれぞれはイメージング領域に被験者がいるときのみイメージング処理を行うようにする。なお、イメージング部204が行うイメージング処理の詳細は、イメージング部104が行うイメージング処理と同様である。

【0055】

投影方向・イメージングポリシー制御部207、およびイメージング部204以外の各ブロックの機能は、第1の実施形態におけるそのブロックの機能と同じである。ただし、レーダ信号送受信部103に関しては、レーダ信号を投影方向・イメージングポリシー制御部207にも出力するように変更されている。

【0056】

投影方向・イメージングポリシー制御部207は、第1の実施形態で述べた機能に加えて、レーダ信号送受信部103から受け取ったレーダ信号に基づいて各投影方向に対応するイメージング領域内に被験者が存在するかを判定する機能を担う。判定結果のそれぞれはイメージング部204に出力する。

【0057】

判定方法の例として、各イメージング領域を全て含むような領域をイメージングして存在判定用の3次元のレーダ画像を生成し、この存在判定用のレーダ画像内における電磁波の反射強度の分布を用いる方法が挙げられる。存在判定用のレーダ画像は、最終的に生成されるレーダ画像とは異なる画像である。存在判定用のレーダ画像を $I_0(x,y,z)$ とする。このレーダ画像は被験者の存在判定のみに使われるため形状に関する細かい情報を含む必要がなく、疎なサンプル点でのみ計算されていれば良い。また、全てのレーダ信号を用いて計算しても良いし、一部のTxとRxの組によるレーダ信号のみを用いて計算しても良い。領域Rに被験者が存在するかどうかを判定する際に、例えば、ある閾値 t を用いて式(3)が満たされていれば存在すると判定する。

【0058】

【数3】

$$\max_{(x,y,z) \in R} |I_0(x,y,z)| > t \quad \dots (3)$$

【0059】

10

20

30

40

50

イメージング部 204 のそれぞれは、担当する投影方向のイメージング領域内に被験者が存在すると投影方向・イメージングポリシー制御部 207 が判定した場合のみ、第 1 の実施形態と同様の処理を行う。一方、イメージング部 204 は、そのイメージング部 204 が担当する投影方向に対応するイメージング領域に被験者が存在しないと判定された場合は、処理をスキップする。

【0060】

[動作の説明]

次に、図 16 のフローチャートを参照して、レーダ装置 200 の動作を説明する。

ステップ S101 及び S102 の処理は、第 1 の実施形態と同じである。ステップ S103 の処理は、第 1 の実施形態と同じである。ただし、レーダ信号は投影方向・イメージングポリシー制御部 207 にも出力される。

10

【0061】

次に、ステップ S207 では、投影方向・イメージングポリシー制御部 207 は、レーダ信号送受信部 103 から受け取ったレーダ信号に基づいて、各投影方向に対応するイメージング領域内に被験者が存在するかを判定し、それぞれの判定結果をイメージング部 204 に出力する。

【0062】

ステップ S204 では、イメージング部 204 のそれぞれは、担当する投影方向のイメージング領域内に被験者が存在すると投影方向・イメージングポリシー制御部 207 が判定した場合に、投影方向・イメージングポリシー制御部 207 においてそのイメージング部 204 に対して設定されたイメージングポリシーに従って、レーダ信号から三次元のレーダ画像を生成し、投影処理部 106 に出力する。

20

【0063】

ステップ S105 の処理は、第 1 の実施形態と同じである。

【0064】

[効果の説明]

本実施形態によれば、被験者のいない領域におけるイメージング処理を省くことにより、所持品の検出精度を第 1 の実施形態と同程度に保ったまま、計算コストを軽量化できる。

【0065】

[第 3 の実施の形態]

30

[構成の説明]

図 17 は、第 3 の実施形態のレーダ装置の構成例を示すブロック図である。第 3 の実施形態のレーダ装置 300 は、レーダ信号送受信部 103 と、投影方向・イメージングポリシー制御部 307 と、複数のイメージング部 204 と、複数の投影処理部 106 と、外部センサ 308 とを備えている。レーダ信号送受信部 103 は、送信アンテナ (Tx) 101 と受信アンテナ (Rx) 102 を備えている。

【0066】

第 2 の実施形態では、各イメージング領域に被験者が存在するかの判定にあたりレーダ信号を用いた。第 3 の実施形態では、圧力センサやカメラなどの被験者の存在に関する情報を取得できる外部センサ 308 により、被験者の存在判定を行う。

40

【0067】

投影方向・イメージングポリシー制御部 307、イメージング部 204、および外部センサ 308 以外のブロックの機能は、第 1 の実施形態における機能と同じである。イメージング部 204 の機能は第 2 の実施形態における機能と同じである。

【0068】

外部センサ 308 は、レーダ信号送受信部 103 によるレーダ信号取得と同じタイミングでセンサの測定情報を取得し、投影方向・イメージングポリシー制御部 307 に出力する。外部センサ 308 の例として、床に設置した圧力センサが挙げられる。その場合は、外部センサ 308 は、どの位置が被験者に踏まれているかなどを示す情報を、投影方向・イメージングポリシー制御部 307 に出力する。

50

【 0 0 6 9 】

投影方向・イメージングポリシー制御部 3 0 7 は、第 1 の実施形態で述べた機能に加えて、外部センサ 3 0 8 から受け取った情報に基づいて各投影方向に対応するイメージング領域内に被験者が存在するかを判定する機能を担う。前記の例のように外部センサ 3 0 8 として床に設置した圧力センサを用いる場合は、イメージング領域の直下の位置の近辺が踏まれている（例えば外部センサ 3 0 8 が反応している）ならば被験者が存在すると判定する方法が挙げられる。判定結果のそれぞれはイメージング部 2 0 4 に出力する。

【 0 0 7 0 】

[動作の説明]

次に、図 1 8 のフローチャートを参照して、レーダ装置 3 0 0 の動作を説明する。

10

【 0 0 7 1 】

ステップ S 1 0 1、S 1 0 2 の処理は、第 1 の実施形態と同じである。ステップ S 3 0 3 では、レーダ信号送受信部 1 0 3 が送信アンテナ (Tx) 1 0 1 に電磁波を出射させ、受信アンテナ (Rx) 1 0 2 による受信波に基づくレーダ信号を取得し、イメージング部 1 0 4 に出力する。それと同じタイミングで外部センサ 3 0 8 は測定情報を取得し、投影方向・イメージングポリシー制御部 3 0 7 に出力する。

【 0 0 7 2 】

ステップ S 3 0 7 では、外部センサ 3 0 8 から受け取った測定情報に基づいて、投影方向・イメージングポリシー制御部 3 0 7 は各投影方向に対応するイメージング領域内に被験者が存在するかを判定する。それぞれの判定結果をイメージング部 2 0 4 に出力する。

20

【 0 0 7 3 】

ステップ S 2 0 4 の処理は、第 2 の実施形態と同じである。また、ステップ S 1 0 5 の処理は、第 1 の実施形態と同じである。

【 0 0 7 4 】

[効果の説明]

第 2 の実施形態と同様に、被験者のいない領域におけるイメージング処理を省くことにより、検査などの精度を第 1 の実施形態と同程度に保ったまま、計算処理を軽量化できる。また、被験者の存在判定に用いるセンサによっては、第 2 の実施形態で述べたようなレーダ信号を用いて存在判定を行う方法と比較して、計算コストがより軽くなる、または判定精度が良くなるといった改善が期待できる。

30

【 0 0 7 5 】

以上、図面を参照して本発明の実施形態について述べたが、これらは本発明の例示であり、上記以外の様々な構成を採用することもできる。

【 0 0 7 6 】

また、上述の説明で用いた複数のフローチャートでは、複数の工程（処理）が順番に記載されているが、各実施形態で実行される工程の実行順序は、その記載の順番に制限されない。各実施形態では、図示される工程の順番を内容的に支障のない範囲で変更することができる。また、上述の各実施形態は、内容が相反しない範囲で組み合わせることができる。

【 0 0 7 7 】

40

上記の実施形態の一部または全部は、以下の付記のようにも記載されうるが、以下に限られない。

1．複数の送信アンテナと複数の受信アンテナを用いて生成されたレーダ信号を取得するレーダ信号送受信部と、

検査対象を眺める方向を表す投影方向と、三次元のレーダ画像が生成されるべき領域を示すイメージング領域と、前記三次元のレーダ画像の生成に用いる送信アンテナと受信アンテナの組の集合の情報である集合情報とを含むイメージングポリシーを保持する投影方向・イメージングポリシー制御部と、

前記イメージングポリシーに従い前記レーダ信号から前記三次元のレーダ画像を生成するイメージング部と、

50

生成された前記三次元のレーダ画像を、前記イメージングポリシーが示す前記投影方向に投影して二次元化する投影処理部と、
を備えることを特徴とするレーダ装置。

2．前記イメージングポリシーは、前記レーダ信号から前記三次元のレーダ画像を生成するためのアルゴリズム又は当該アルゴリズムを指定する情報を含み、

前記イメージング部は、前記アルゴリズムを用いて前記三次元のレーダ画像を生成する、上記1に記載のレーダ装置。

3．前記送信アンテナと前記受信アンテナは、検査対象の通行路を挟んで対向している少なくとも2枚のパネル内に配置されている、上記1または2に記載のレーダ装置。

4．前記2枚のパネルは互いに平行であることを特徴とする、上記3に記載のレーダ装置。 10

5．複数の前記投影方向毎に前記イメージングポリシーが設定されており、

前記複数の投影方向は、前記検査対象の正面、背面、左側面、及び右側面を含む、上記1から4のいずれか一つに記載のレーダ装置。

6．上記複数の前記投影方向毎に前記イメージングポリシーが設定されており、

前記投影方向は90°間隔の4つの方向を含み、

前記4つの方向は、前記2枚のパネルに垂直又は平行である、上記4に記載のレーダ装置。

7．前記投影方向・イメージングポリシー制御部は、前記イメージング領域に前記検査対象が存在するかの判定を行い、

前記イメージング部は、前記検査対象が前記イメージング領域に存在すると判定された場合に、前記三次元のレーダ画像の生成を行う、上記1から6のいずれか一つに記載のレーダ装置。 20

8．前記投影方向・イメージングポリシー制御部は、前記イメージング領域に前記検査対象が存在するかの判定を、前記レーダ信号に基づいて行う、上記7に記載のレーダ装置。

9．前記投影方向・イメージングポリシー制御部は、前記イメージング領域に前記検査対象が存在するかの判定において、前記レーダ信号から前記イメージング領域を含む領域における存在判定用のレーダ画像を生成し、当該仮のレーダ画像内における電磁波の反射強度の分布に基づいて前記判定を行う、上記8に記載のレーダ装置。

10．前記投影方向・イメージングポリシー制御部は、前記イメージング領域に前記検査対象が存在するかの判定を、前記検査対象の存在を把握可能なセンサの計測結果を用いて行う、上記7に記載のレーダ装置。 30

11．前記センサは、床に設置した圧力センサである、上記10に記載のレーダ装置。

12．コンピュータが、

複数の送信アンテナと複数の受信アンテナを用いて生成されたレーダ信号を取得するレーダ信号送受信処理と、

検査対象を眺める方向を表す投影方向と、三次元のレーダ画像が生成されるべき領域を示すイメージング領域と、前記三次元のレーダ画像の生成に用いる送信アンテナと受信アンテナの組の集合の情報である集合情報とを含むイメージングポリシーを保持する投影方向・イメージングポリシー制御処理と、

前記イメージングポリシーに従い前記レーダ信号から前記三次元のレーダ画像を生成するイメージング処理と、 40

生成された前記三次元のレーダ画像を、前記イメージングポリシーが示す前記投影方向に投影して二次元化する投影処理と、

を備えることを特徴とするイメージング方法。

13．前記イメージングポリシーは、前記レーダ信号から前記三次元のレーダ画像を生成するためのアルゴリズム又は当該アルゴリズムを指定する情報を含み、

前記イメージング処理において、前記コンピュータは、前記アルゴリズムを用いて前記三次元のレーダ画像を生成する、上記12に記載のイメージング方法。

14．前記送信アンテナと前記受信アンテナは、検査対象の通行路を挟んで対向している少なくとも2枚のパネル内に配置されている、上記12または13に記載のイメージング 50

方法。

15．前記2枚のパネルは互いに平行であることを特徴とする、上記14に記載のイメージング方法。

16．複数の前記投影方向毎に前記イメージングポリシーが設定されており、

前記複数の投影方向は、前記検査対象の正面、背面、左側面、及び右側面を含む、上記12から15のいずれか一つに記載のイメージング方法。

17．上記複数の前記投影方向毎に前記イメージングポリシーが設定されており、

前記投影方向は90°間隔の4つの方向を含み、

前記4つの方向は、前記2枚のパネルに垂直又は平行である、上記15に記載のイメージング方法。

10

18．前記投影方向・イメージングポリシー制御処理において、前記コンピュータは、前記イメージング領域に前記検査対象が存在するかの判定を行い、

前記イメージング処理において、前記コンピュータは、前記検査対象が前記イメージング領域に存在すると判定された場合に、前記三次元のレーダ画像の生成を行う、上記12から17のいずれか一つに記載のイメージング方法。

19．前記投影方向・イメージングポリシー制御処理において、前記コンピュータは、前記イメージング領域に前記検査対象が存在するかの判定を、前記レーダ信号に基づいて行う、上記18に記載のイメージング方法。

20．前記投影方向・イメージングポリシー制御処理において、前記コンピュータは、前記イメージング領域に前記検査対象が存在するかの判定において、前記レーダ信号から前記イメージング領域を含む領域における存在判定用のレーダ画像を生成し、当該仮のレーダ画像内における電磁波の反射強度の分布に基づいて前記判定を行う、上記19に記載のイメージング方法。

20

21．前記投影方向・イメージングポリシー制御処理において、前記コンピュータは、前記イメージング領域に前記検査対象が存在するかの判定を、前記検査対象の存在を把握可能なセンサの計測結果を用いて行う、上記18に記載のイメージング方法。

22．前記センサは、床に設置した圧力センサである、上記21に記載のイメージング方法。

23．コンピュータに、

複数の送信アンテナと複数の受信アンテナを用いて生成されたレーダ信号を取得するレーダ信号送受信機能と、

30

検査対象を眺める方向を表す投影方向と、三次元のレーダ画像が生成されるべき領域を示すイメージング領域と、前記三次元のレーダ画像の生成に用いる送信アンテナと受信アンテナの組の集合の情報である集合情報とを含むイメージングポリシーを保持する投影方向・イメージングポリシー制御機能と、

前記イメージングポリシーに従い前記レーダ信号から前記三次元のレーダ画像を生成するイメージング機能と、

生成された前記三次元のレーダ画像を、前記イメージングポリシーが示す前記投影方向に投影して二次元化する投影処理機能と、

を持たせるプログラム。

40

24．前記イメージングポリシーは、前記レーダ信号から前記三次元のレーダ画像を生成するためのアルゴリズム又は当該アルゴリズムを指定する情報を含み、

前記イメージング機能は、前記アルゴリズムを用いて前記三次元のレーダ画像を生成する、上記23に記載のプログラム。

25．前記送信アンテナと前記受信アンテナは、検査対象の通行路を挟んで対向している少なくとも2枚のパネル内に配置されている、上記23または24に記載のプログラム。

26．前記2枚のパネルは互いに平行であることを特徴とする、上記25に記載のプログラム。

27．複数の前記投影方向毎に前記イメージングポリシーが設定されており、

前記複数の投影方向は、前記検査対象の正面、背面、左側面、及び右側面を含む、上記

50

- 2 3 から 2 6 のいずれか一つに記載のプログラム。
- 2 8 . 上記複数の前記投影方向毎に前記イメージングポリシーが設定されており、
前記投影方向は 9 0 ° 間隔の 4 つの方向を含み、
前記 4 つの方向は、前記 2 枚のパネルに垂直又は平行である、上記 2 6 に記載のプログラム。
- 2 9 . 前記投影方向・イメージングポリシー制御機能は、前記イメージング領域に前記検査対象が存在するかの判定を行い、
前記イメージング機能は、前記検査対象が前記イメージング領域に存在すると判定された場合に、前記三次元のレーダ画像の生成を行う、上記 2 3 から 2 8 のいずれか一つに記載のプログラム。
- 3 0 . 前記投影方向・イメージングポリシー制御機能は、前記イメージング領域に前記検査対象が存在するかの判定を、前記レーダ信号に基づいて行う、上記 2 9 に記載のプログラム。
- 3 1 . 前記投影方向・イメージングポリシー制御機能は、前記イメージング領域に前記検査対象が存在するかの判定において、前記レーダ信号から前記イメージング領域を含む領域における存在判定用のレーダ画像を生成し、当該仮のレーダ画像内における電磁波の反射強度の分布に基づいて前記判定を行う、上記 3 0 に記載のプログラム。
- 3 2 . 前記投影方向・イメージングポリシー制御機能は、前記イメージング領域に前記検査対象が存在するかの判定を、前記検査対象の存在を把握可能なセンサの計測結果を用いて行う、上記 2 9 に記載のプログラム。
- 3 3 . 前記センサは、床に設置した圧力センサである、上記 3 2 に記載のプログラム。

【符号の説明】

【 0 0 7 8 】

- 1 0 0 , 2 0 0 , 3 0 0 , 8 0 0 レーダ装置
- 1 0 1 , 8 0 1 送信アンテナ (Tx)
- 1 0 2 , 8 0 2 受信アンテナ (Rx)
- 1 0 3 , 8 0 3 レーダ信号送受信部
- 1 0 4 , 2 0 4 , 8 0 4 イメージング部
- 8 0 5 投影方向制御部
- 1 0 6 , 8 0 6 投影処理部
- 1 0 7 , 2 0 7 , 3 0 7 投影方向・イメージングポリシー制御部
- 3 0 8 外部センサ

10

20

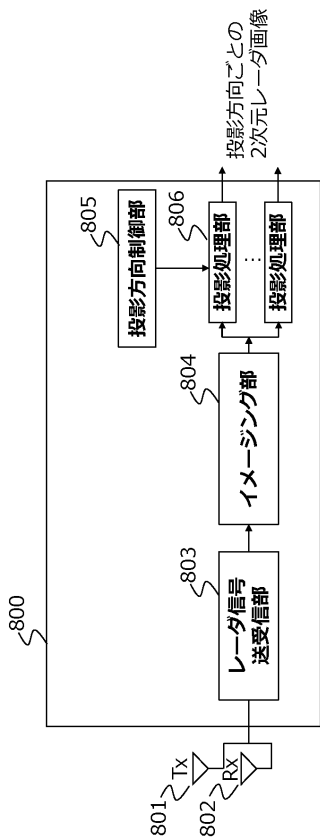
30

40

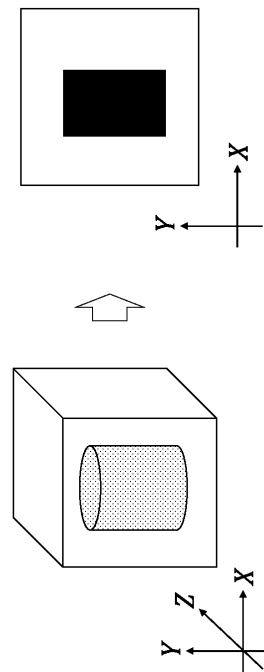
50

【図面】

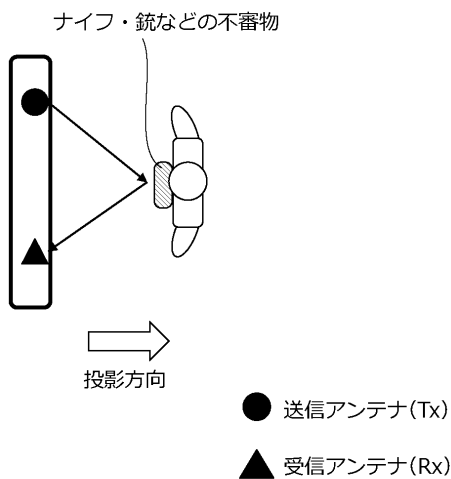
【図 1】



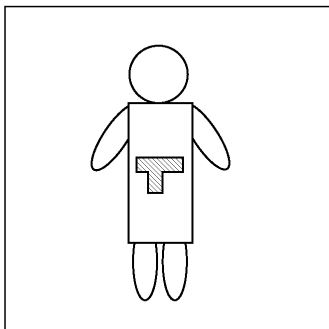
【図 2】



【図 3】



【図 4】



10

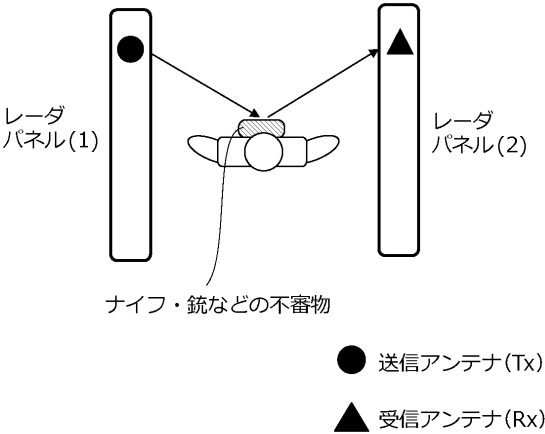
20

30

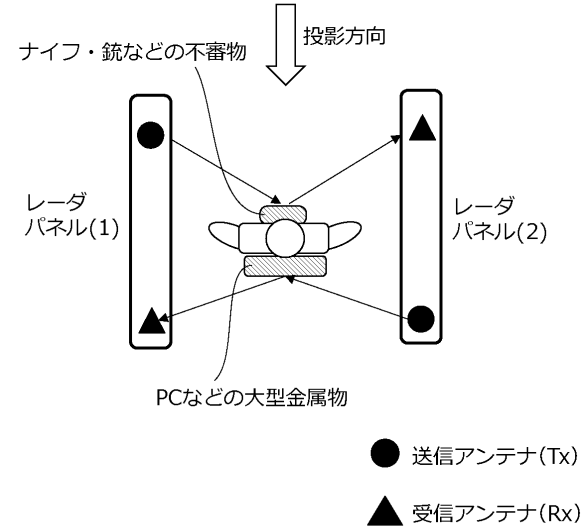
40

50

【 図 5 】

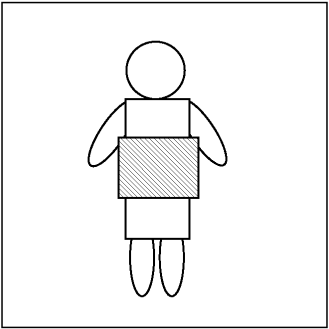


【 図 6 】

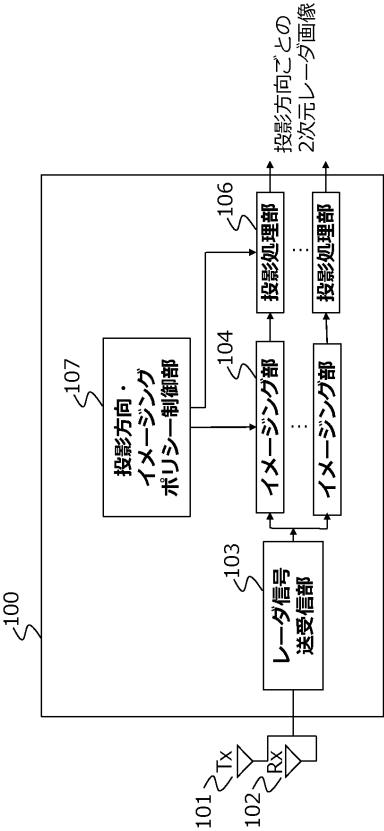


10

【 図 7 】



【 図 8 】



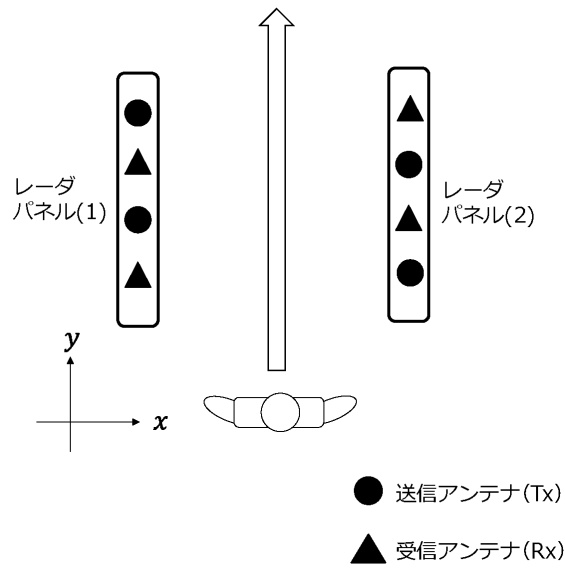
20

30

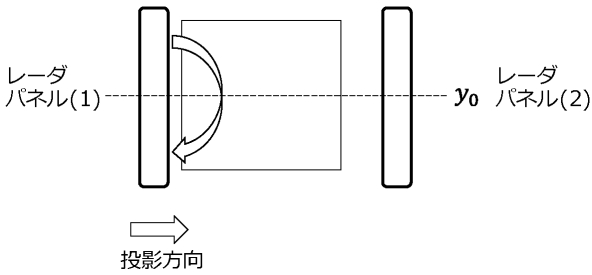
40

50

【図 9】

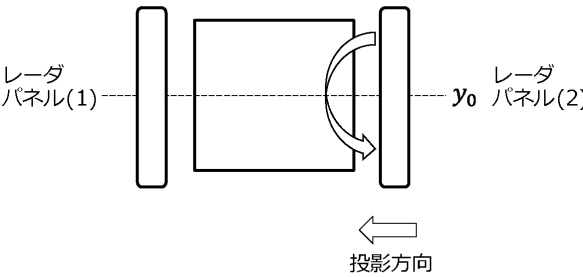


【図 10】

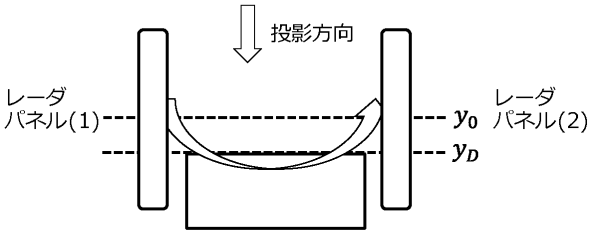


10

【図 11】



【図 12】



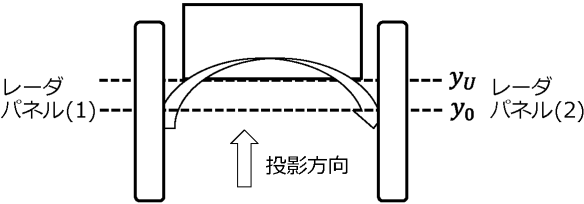
20

30

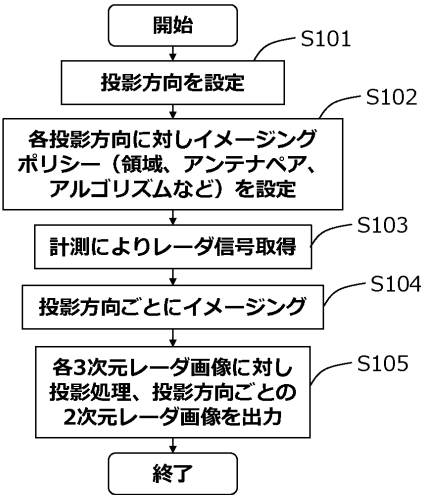
40

50

【図 1 3】

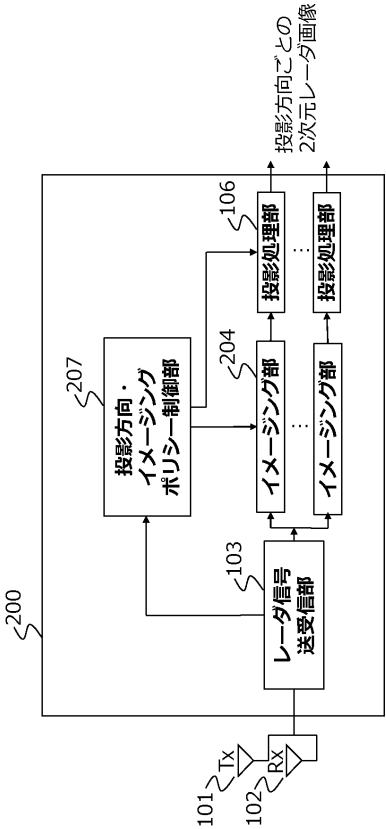


【図 1 4】

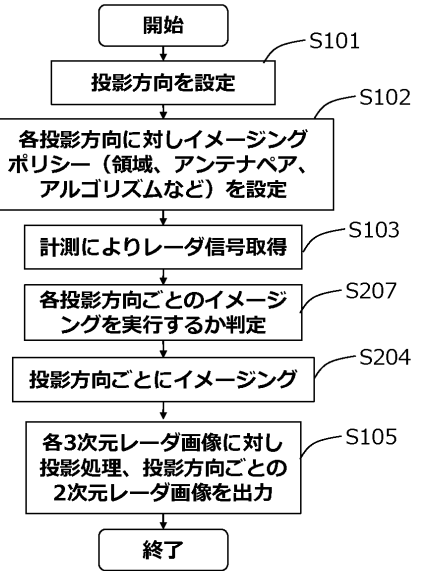


10

【図 1 5】



【図 1 6】



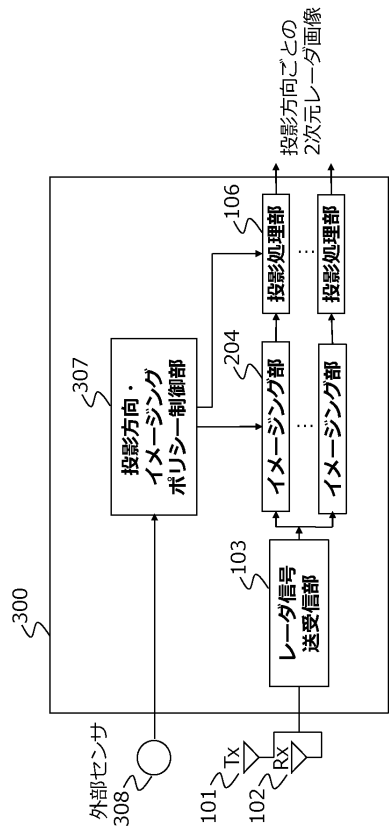
20

30

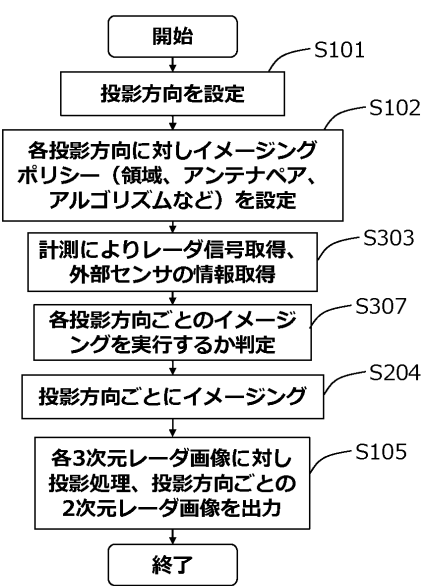
40

50

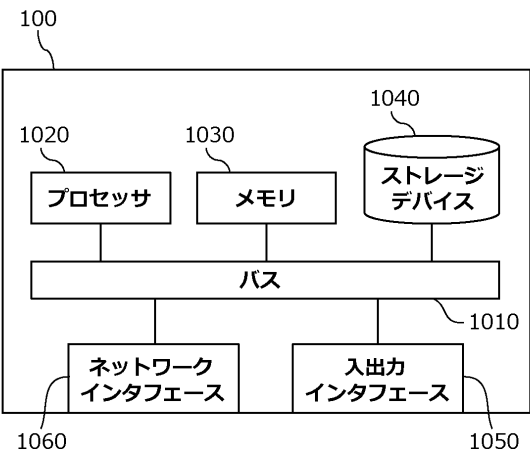
【図 1 7】



【図 1 8】



【図 1 9】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(56)参考文献 国際公開第 2 0 1 9 / 2 3 4 8 5 2 (W O , A 1)
 特開 2 0 1 9 - 0 2 0 2 1 2 (J P , A)
 特開 2 0 1 8 - 1 4 6 2 5 7 (J P , A)
 特開 2 0 0 0 - 1 1 1 6 3 5 (J P , A)
 米国特許出願公開第 2 0 1 8 / 0 2 2 4 5 3 8 (U S , A 1)
 米国特許出願公開第 2 0 1 6 / 0 2 1 6 3 7 1 (U S , A 1)
(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
 G 0 1 S 7 / 0 0 - 7 / 4 2
 1 3 / 0 0 - 1 3 / 9 5