

(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1月2日(02.01.2020)



(10) 国際公開番号

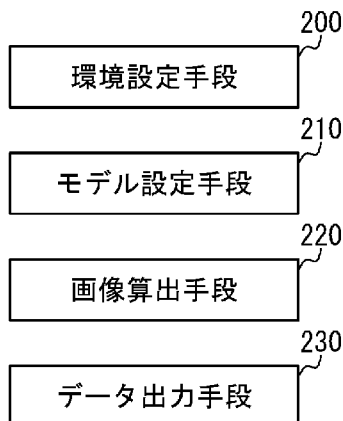
WO 2020/003586 A1

- (51) 国際特許分類:
G01S 13/90 (2006.01) *G06T 7/00* (2017.01)
G06N 20/00 (2019.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/005793
- (22) 国際出願日: 2019年2月18日(18.02.2019)
- (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 2018-123944 2018年6月29日(29.06.2018) JP
- (71) 出願人: 三菱重工業株式会社 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.)
[JP/JP]; 〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 川戸 博史 (KAWATO Hiroshi);
〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP).
栗下 悠斗(KURISHITA Yuto); 〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 狩野 芳正 (KARINO Yoshimasa);
〒1400013 東京都品川区南大井六丁目20番8号 9階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, 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,

(54) Title: DATA GENERATION DEVICE, IMAGE IDENTIFICATION DEVICE, DATA GENERATION METHOD, AND STORAGE MEDIUM

(54) 発明の名称: データ生成装置、画像識別装置、データ生成方法及び記憶媒体

46



- 200 Environment setting means
210 Model setting means
220 Image calculation means
230 Data output means

(57) Abstract: This data generation device is provided with: an environment setting means (200); a model setting means (210); an image calculation means (220); and data output means (230). The environment setting means sets a radar parameter indicating specifications of a radar which is a synthetic aperture radar or an inverse synthetic aperture radar. The model setting means sets a 3D model which indicates the shape of an object to be identified. The image calculation means calculates a simulation image on the basis of the 3D model and the radar parameter. The data output means outputs learning data which associates the simulation image with the type of the object. The data output means also outputs difference data which indicates a difference between a radar image and the simulation image. The model setting means changes the 3D model on the basis of model correction data inputted on the basis of the difference data. This data generation device increases the identification rate of the image identification device which targets radar images.

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：データ生成装置は、環境設定手段（200）と、モデル設定手段（210）と、画像算出手段（220）と、データ出力手段（230）とを備える。環境設定手段は、合成開口レーダまたは逆合成開口レーダであるレーダの仕様を示すレーダパラメータを設定する。モデル設定手段は、識別する対象物の形状を示す3Dモデルを設定する。画像算出手段は、3Dモデルと、レーダパラメータとに基づき、模擬画像を算出する。データ出力手段は、模擬画像と、対象物の種類とを関連付けた学習用データを出力する。また、データ出力手段は、レーダ画像と模擬画像との差異を示す差異データを出力する。モデル設定手段は、差異データに基づき入力されたモデル修正データに基づき、3Dモデルを変更する。このデータ生成装置により、レーダ画像を対象とした画像識別装置の識別率が向上される。

明 細 書

発明の名称：

データ生成装置、画像識別装置、データ生成方法及び記憶媒体

技術分野

[0001] 本発明は、データ生成装置、画像識別装置、データ生成方法及び記憶媒体に関するものである。

背景技術

[0002] 画像に撮影されている対象物を識別する画像識別装置が知られている。例えば、画像識別装置は、対象物が既知のサンプル画像と識別対象の画像とを照合し、最も合致しているサンプル画像を検索する。画像識別装置は、識別対象の画像に撮影されている物を、検索したサンプル画像に対応する対象物であると識別する。

[0003] 特許文献1（特開2003-331289号公報）には、多数のサンプル画像を必要とする合成開口レーダ（SAR：Synthetic Aperture Radar）または逆合成開口レーダ（ISAR：Inverse Synthetic Aperture Radar）により得られるSAR画像またはISAR画像に対して、パターンマッチングにより画像を識別する方法が開示されている。この方法は、パターンマッチングの結果に対して、データマイニングとニューラルネットワークとを用いて識別することで、識別率の向上とメモリの削減を図っている。

[0004] さらに、特許文献1には、この多数のサンプル画像をシミュレーションにより得ることが記載されている。具体的には、識別すべき対象物の3Dモデルを予め用意する。この3Dモデルの撮影方向を変更して得られる画像をサンプル画像として利用する。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2003-331289号公報

発明の概要

- [0006] SAR画像またはISAR画像は、船舶の検出には利用されるが、船舶の識別に利用することは難しい。このため、SAR画像またはISAR画像に撮影された船舶などを識別することが求められている。
- [0007] 本発明は、以上の状況に鑑みなされたものであり、SAR画像またはISAR画像を対象とした画像識別装置の識別率を向上させるための学習用データを提供することを目的の1つとする。他の目的については、以下の記載及び実施の形態の説明から理解することができる。
- [0008] 上記目的を達成するための一実施の形態によるデータ生成装置は、環境設定手段と、モデル設定手段と、画像算出手段と、データ出力手段とを備える。環境設定手段は、合成開口レーダまたは逆合成開口レーダであるレーダの仕様を示すレーダパラメータを設定する。モデル設定手段は、識別する対象物の形状を示す3Dモデルを設定する。画像算出手段は、3Dモデルと、レーダパラメータとに基づき、模擬画像を算出する。データ出力手段は、レーダにより得られる対象物のレーダ画像を保持し、レーダ画像と、模擬画像との差異を示す差異データを出力する。また、モデル設定手段は、差異データに基づき入力されたモデル修正データに基づき、3Dモデルを変更する。環境設定手段は、3Dモデルが決定されたと判断すると、複数のレーダパラメータを設定する。画像算出手段は、複数のレーダパラメータのそれぞれに対応した複数の模擬画像を算出する。データ出力手段は、複数の模擬画像と、対象物の種類とを関連付けた学習用データを出力する。このときの学習用データは、入力された画像に撮影された物の種類を識別する画像識別装置が学習するためのデータである。
- [0009] 一実施の形態による画像識別装置は、学習手段と、識別手段とを備える。学習手段は、前述のデータ生成装置で生成した学習データを用いて学習する。識別手段は、学習手段の結果に基づき、入力された画像に撮影された物の種類を識別する。
- [0010] 一実施の形態によるデータ生成方法は、演算装置が実行する以下のステッ

プを含む。

- ・合成開口レーダまたは逆合成開口レーダであるレーダの仕様を示すレーダパラメータを設定するステップ

- ・識別する対象物の形状を示す3Dモデルを設定するステップ

- ・3Dモデルとレーダパラメータとに基づき、模擬画像を算出するステップ

- ・レーダにより得られる対象物のレーダ画像と、模擬画像との差異を示す差異データを出力するステップ

- ・差異データに基づき入力されたモデル修正データに基づき、3Dモデルを変更するステップ

- ・3Dモデルが決定されたと判断されると、複数のレーダパラメータを設定するステップ

- ・複数のレーダパラメータのそれぞれに対応した複数の模擬画像を算出するステップ

- ・複数の模擬画像と、対象物の種類とを関連付けた学習用データを出力するステップ

このときの学習用データは、入力された画像に撮影された物の種類を識別する画像識別装置が学習するためのデータである。

[0011] 一実施の形態による記憶媒体には、演算装置に以下のステップを実行させるプログラムが記載されている。

- ・合成開口レーダまたは逆合成開口レーダであるレーダの仕様を示すレーダパラメータを設定するステップ

- ・識別する対象物の形状を示す3Dモデルを設定するステップ

- ・3Dモデルとレーダパラメータとに基づき、模擬画像を算出するステップ

- ・レーダにより得られる対象物のレーダ画像と、模擬画像との差異を示す差異データを出力するステップ

- ・差異データに基づき入力されたモデル修正データに基づき、3Dモデル

を変更するステップ

- ・ 3Dモデルが決定されたと判断されると、複数のレーダパラメータを設定するステップ

- ・ 複数のレーダパラメータのそれぞれに対応した複数の模擬画像を算出するステップ

- ・ 複数の模擬画像と、対象物の種類とを関連付けた学習用データを出力するステップ

このときの学習用データは、入力された画像に撮影された物の種類を識別する画像識別装置が学習するためのデータである。

[0012] 本発明によれば、高い識別率を有する画像識別装置を得るための学習用データを生成することができる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]図1はレーダ画像を撮影するときの概略図である。

[図2]図2はレーダ画像を撮影するときの入射角を説明するための図である。

[図3]図3はレーダ画像を撮影するときの照射方位を説明するための図である。

[図4]図4は画像識別システムの構成を示す図である。

[図5]図5は画像識別装置の構成を示す図である。

[図6]図6は画像識別プログラムの構成を示す図である。

[図7]図7はデータ生成装置の構成を示す図である。

[図8]図8はデータ生成プログラムの構成を示す図である。

[図9]図9はデータ生成プログラムの処理に関するフロー図である。

発明を実施するための形態

[0014] 合成開口レーダまたは逆合成開口レーダであるレーダにより得られるレーダ画像では、対象物の詳細な形状を把握するのが難しい。このことから、発明者らは、レーダ画像を識別するために、深層学習（Deep Learning）を用いることが有用であることを見出した。深層学習を用いるためには、多数の学習用画像が必要である。しかし、レーダ画像は高額であるた

め、実際に撮影されたレーダ画像を多数用意するのは難しい。

[0015] 3Dモデルとシミュレータとを用いることで、多数のレーダ画像の模擬画像 (simulation image) を得ることができる。しかし、シミュレータを用いて得られる模擬画像と、実際に撮影されたレーダ画像との間で差異が生じる。発明者らは、船舶の形状が詳細に表現されていないレーダ画像において、この差異が識別率に大きく影響することを見出し、本発明に至った。

[0016] (実施の形態)

レーダ画像は、対象物を複数の方向から撮影した画像を合成することにより取得される。このため、図1に示すように、人工衛星1は、移動しながら、対象物である船舶3にレーダを照射し、その反射波を受信することでレーダ画像を撮影する。これにより、人工衛星1は、複数の地点から撮影したレーダ画像を取得でき、この複数のレーダ画像を合成することで、レーダ画像を得る。このため、レーダ画像には、移動している対象物、波に揺れている船舶3などの詳細な形状が写りにくい。レーダ画像は、一般に反射波の振幅の大きさを輝度として示している。具体的には、輝度の高い部分は、振幅が大きい位置、言い換えると反射波のエネルギーが大きい位置を示す。

[0017] また、レーダ画像は、人工衛星1が船舶3に照射するレーダの角度により、大きく変化する。人工衛星1が船舶3に照射するレーダの角度は、主に入射角 α と照射方位 β とで規定できる。入射角 α は、図2に示すように、人工衛星1と船舶3とを結ぶ直線5、つまり合成開口レーダまたは逆合成開口レーダと船舶3とを結ぶ直線と船舶3の位置における鉛直方向との成す角を示す。照射方位 β は、図3に示すように、船舶3の鉛直方向から見たときの、人工衛星1と船舶3とを結ぶ直線5と船舶3の進行方向との成す角を示す。詳細には、照射方位 β は、船舶3の進行方向から、船舶3に相対的な人工衛星1の方向までの時計回りの角度を示す。このため、照射方位 β は、0度から360度までの範囲を有する。具体的には、船舶3の進行方向を向いたとき、船舶3に対して人工衛星1が右方向にある場合、照射方位 β は0度から

180度を示す。船舶3に対して人工衛星1が左方向にある場合、照射方位 β は180度から360度を示す。レーダ画像は、同じ船舶3を撮影しても、入射角 α 、照射方位 β に応じて異なる。

[0018] このレーダ画像を識別するために、人工衛星1は、図1に示すように、取得したレーダ画像を陸上施設2に送信する。陸上施設2は、受信したレーダ画像を識別する。具体的には、図4に示すように、人工衛星1は、レーダ画像を取得する画像取得装置10を備える。陸上施設2は、レーダ画像を識別する画像識別システム20を備える。

[0019] 画像取得装置10は、レーダ画像を取得するためのレーダ、例えばSARを備える。画像取得装置10は、レーダにより得られるレーダ画像を画像識別システム20に送信する。

[0020] 画像識別システム20には、画像識別装置30と、データ生成装置40とを備える。画像識別装置30は、レーダ画像に撮影された物の種類を識別する。データ生成装置40は、画像識別装置30の学習に使用する学習用データを生成する。物の種類には、車両、客船、漁船、艦艇、貨物船、タンカーなどの移動体の種類、機種などを含む。

[0021] (画像識別装置)

画像識別装置30は、図5に示すように、通信装置31と、入力装置32と、演算装置33と、記憶装置34と、出力装置35とを備える。通信装置31は、外部との通信を行い、人工衛星1が送信するレーダ画像などを受信する。通信装置31は、演算装置33に接続され、受信したデータを演算装置33に出力する。また、通信装置31は、演算装置33から入力されるデータを外部の装置に送信する。通信装置31として、例えば、LAN (Local Area Network)、WAN (Wide Area Network) などに接続するNIC (Network Interface Card)、外部装置と直接接続するUSB (Universal Serial Bus)、無線通信を行うためのアンテナなどの種々の装置が例示される。

- [0022] 入力装置 32 は、演算に必要となるデータの入力を受け付ける。入力装置 32 は、入力されたデータを演算装置 33 に出力する。入力装置 32 は、キーボード、マウス、マイク、タッチパネルなどの種々の装置が含まれる。
- [0023] 演算装置 33 は、記憶装置 34 に格納された画像識別プログラム 36 を読み出し、画像識別プログラム 36 を実行する。また、通信装置 31 と入力装置 32 とから入力されたデータを必要に応じて、記憶装置 34 に格納する。演算装置 33 には、中央処理装置（CPU: Central Processing Unit）などが含まれる。
- [0024] 記憶装置 34 は、画像識別プログラム 36 と、演算装置 33 が画像識別プログラム 36 を実行するために必要なデータとを格納する。記憶装置 34 は、演算装置 33 からの指示に基づき、格納しているデータを演算装置 33 に出力する。記憶装置 34 は、読み書き可能な記録媒体、読み出し専用記録媒体などの種々の装置を含む。読み書き可能な記録媒体には、HDD（Hard Disk Drive）、USBメモリなどが含まれる。読み出し専用記録媒体には、CD（Compact Disk）などが含まれる。
- [0025] 出力装置 35 は、演算装置 33 が実行した処理の結果などを出力する。例えば、出力装置 35 には、液晶ディスプレイなどの表示装置が含まれ、演算装置 33 が処理した結果を表示する。また、出力装置 35 には、スピーカ、警告灯など、ユーザに報知する種々の装置が含まれる。
- [0026] このように、画像識別装置 30 は、記憶装置 34 に格納された画像識別プログラム 36 に基づき演算装置 33 が処理を行うことで、画像を識別する。このため、画像識別プログラム 36 には、図 6 に示すように、学習手段 100 と、識別手段 110 とが含まれる。
- [0027] 学習手段 100 は、深層学習を用いてレーダ画像を識別するために、学習する機能を有する。例えば、画像識別プログラム 36 には、初期値としてディープニューラルネットワークの構造と、パラメータとが設定されている。このディープニューラルネットワークに、学習用画像を含む多数の学習用データを入力することで、ディープニューラルネットワークの構造とパラメータ

タとを更新する。学習手段１００には、このディープニューラルネットワークの構造とパラメータとの初期値を設定する手段と、更新する手段とが含まれる。

[0028] 識別手段１１０は、深層学習を用いて、レーダ画像を識別する機能を有する。例えば、識別手段１１０は、学習手段１００により学習されたディープニューラルネットワークを用いて、レーダ画像を識別する。学習手段１００により、ディープニューラルネットワークの構造と、パラメータとは、レーダ画像を識別できるように更新されている。このため、学習したディープニューラルネットワークに、レーダ画像を入力すると、レーダ画像に撮影されている物を識別し、識別した物の種類を示すデータを出力することができる。

[0029] このように、画像識別装置３０は、学習用データを用いて学習し、レーダ画像に撮影されている物の種類を識別する。

[0030] (データ生成装置)

データ生成装置４０は、図７に示すように、通信装置４１と、入力装置４２と、演算装置４３と、記憶装置４４と、出力装置４５とを備える。通信装置４１と、入力装置４２と、出力装置４５とは、それぞれ、画像識別装置３０の通信装置３１と、入力装置３２と、出力装置３５と同様に機能する。

[0031] 演算装置４３は、記憶装置４４に格納されたデータ生成プログラム４６を読み出し、データ生成プログラム４６を実行する。また、画像識別装置３０の演算装置３３と同様に、通信装置４１と、入力装置４２とから入力されたデータを必要に応じて、記憶装置４４に格納する。演算装置４３には中央処理装置が含まれる。

[0032] 記憶装置４４は、データ生成プログラム４６と、演算装置４３がデータ生成プログラム４６を実行するために必要となるデータとを格納する。記憶装置４４は、演算装置４３からの指示に基づき、格納しているデータを演算装置４３に出力する。記憶装置４４は、画像識別装置３０の記憶装置３４と同様に、読み書き可能な記録媒体、読み出し専用記録媒体などの種々の装置を

含む。

[0033] データ生成プログラム46は、既知の対象物が撮影されたレーダ画像を用いて、画像識別装置30が学習するための学習用データを生成する。データ生成プログラム46は、図8に示すように、環境設定手段200と、モデル設定手段210と、画像算出手段220と、データ出力手段230とを備える。モデル設定手段210は、レーダ画像に撮影された対象物の3Dモデルを示すモデルデータを設定する。画像算出手段220は、SARまたはISARにより得られるレーダ画像を算出するシミュレーションを用いて、モデル設定手段210が設定した3Dモデルの模擬画像を算出する。環境設定手段200は、画像算出手段220がシミュレーションを行うためのパラメータを設定する。このパラメータには、レーダの入射角 α 、照射方位 β などを示すレーダパラメータが含まれる。データ出力手段230は、対象物の種類と、算出した模擬画像とを関連付けた学習用データを出力する。

[0034] データ生成装置40を用いて、模擬画像を含む学習用データを生成する方法を示す。データ生成装置40は、データ生成プログラム46を実行すると、図9に示すデータ生成方法を実行する。環境設定手段200は、既知の対象物が撮影されたレーダ画像のレーダパラメータを保持する。ステップS200において、環境設定手段200は、既知の対象物が撮影されたレーダ画像のレーダパラメータを設定する。レーダパラメータには、入射角 α 、照射方位 β のほか、レーダのバンド、偏波方向、画像分解能などのレーダ特性を示すデータが含まれてもよい。また、複数のレーダ画像がある場合、環境設定手段200は、第1レーダパラメータセットと、第2レーダパラメータセットとを保持してもよい。この場合、第1レーダパラメータセットは、ステップS210以降の処理において模擬画像を算出するために既に用いたレーダパラメータを含む。第2レーダパラメータセットは、レーダ画像に対応したレーダパラメータを1以上含む。環境設定手段200は、設定したレーダパラメータを、第1レーダパラメータセットに加える。これにより、模擬画像を算出するために用いたレーダパラメータは、第1レーダパラメータセッ

トに含まれる。

[0035] ステップS 2 1 0において、モデル設定手段2 1 0は、シミュレータに入力するための3 Dモデルのモデルデータを設定する。この3 Dモデルの形状は、レーダ画像に撮影された既知の対象物の形状を示す。また、3 Dモデルの各部について、想定される材料に応じた反射率を設定する。例えば、金属の部分では反射率を高く設定し、木材などの部分では反射率を低く設定する。モデル設定手段2 1 0は、3 Dモデルを作成するためのアプリケーションを提供し、ユーザが入力装置4 2に入力するデータに基づき3 Dモデルを設定する。また、モデル設定手段2 1 0は、予め用意されている3 Dモデルを選択してもよい。また、対象物の写真（例えば、光学画像）、図面などに基づき、モデル設定手段2 1 0が3 Dモデルを生成してもよい。

[0036] ステップS 2 2 0において、画像算出手段2 2 0は、設定された3 Dモデルにレーダ、例えばS A Rを照射することで得られる模擬画像を算出する。画像算出手段2 2 0は、3 Dモデルと、レーダパラメータとに基づき、シミュレーションを実行する。シミュレーションの実行結果として、模擬画像が算出される。

[0037] データ出力手段2 3 0は、既知の対象物が撮影されたレーダ画像を保持している。ステップS 2 3 0において、データ出力手段2 3 0は、画像算出手段2 2 0が算出した模擬画像と、対象物が撮影されたレーダ画像とを出力装置4 5に出力する。模擬画像とレーダ画像とは、比較を容易にするため、並べて表示される。ユーザは、模擬画像とレーダ画像とを比較する。模擬画像がレーダ画像と異なる場合は、3 Dモデルの大きさ、アスペクト比、詳細な形状、各部の反射率などを修正するためのモデル修正データをユーザが入力することで、処理はステップS 2 1 0に移行する。ステップS 2 1 0では、モデル修正データに基づき、モデル設定手段2 1 0は3 Dモデルを修正する。例えば、同じ位置において、レーダ画像の輝度と、模擬画像の輝度とを比較する。模擬画像の輝度よりもレーダ画像の輝度の方が高い場合、モデル設定手段2 1 0がその位置に対応する3 Dモデルの反射率を高くするようにモ

デル修正データが入力される。模擬画像の輝度よりもレーダ画像の輝度の方が低い場合、モデル設定手段210がその位置に対応する3Dモデルの反射率を低くするにモデル修正データが入力される。また、レーダ画像の輝度と、模擬画像との輝度との差が許容できる場合、模擬画像とレーダ画像との差がないものとしてモデル修正データが入力される。モデル設定手段210は、このようなモデル修正データに基づき3Dモデルを調整することで、船舶3の金属ワイヤー、金属部材などの詳細な部分に対応した反射率を設定することができる。例えば、金属ワイヤーには、船舶3の通信用アンテナ、落下防止の金属柵などが含まれる。金属部材には、木造船の金属補強材や接続材などが含まれる。模擬画像とレーダ画像との差がない場合、または、差が許容できる場合、処理はステップS240に移行する。

[0038] ステップS240において、環境設定手段200は、他のレーダパラメータによるレーダ画像があるかを判断する。他のレーダパラメータによるレーダ画像がある場合、ステップS200に戻り、レーダパラメータを変更する。変更したレーダパラメータと、これに対応するレーダ画像とに基づき、ステップS210からステップS230を実行し、3Dモデルが修正される。他のレーダパラメータによるレーダ画像がない場合、環境設定手段200は、3Dモデルが決定されたと判断し、ステップS250に移行する。具体的には、環境設定手段200は、第2レーダパラメータセットに含まれるレーダパラメータが、すべて第1レーダパラメータセットに含まれるかを確認する。第1レーダパラメータセットには、模擬画像の算出に一度設定したレーダパラメータが含まれる。一方、第2レーダパラメータセットには、既存のレーダ画像に対応したレーダパラメータが含まれる。このため、第1レーダパラメータセットに含まれないレーダパラメータが、第2レーダパラメータセットに含まれる場合、処理はステップS200に戻り、第1レーダパラメータセットに含まれないレーダパラメータを設定する。この結果、まだ模擬画像の算出に利用していないレーダパラメータを用いて、3Dモデルの修正が行われる。第1レーダパラメータセットに含まれないレーダパラメータが

、第2レーダパラメータセットにない場合、処理はステップS 2 5 0に移行する。これにより、既存のレーダ画像に対応したすべてのレーダパラメータについて、3 Dモデルを設定することができる。なお、複数のレーダパラメータに対して、3 Dモデルを修正する必要がない場合、この処理を省略してもよい。

[0039] このステップS 2 4 0により、実際に撮影されるレーダ画像と模擬画像との差異は小さくなる。一方向からのレーダ画像では、影になり撮影されていない部分が含まれる。また、レーダのバンドが異なる場合、材料に応じて反射率が変化する。このため、複数のレーダパラメータによるレーダ画像を用いて3 Dモデルを設定することで、対象物のより詳細な構造を3 Dモデルに設定することができる。よって、より詳細な構造が設定された3 Dモデルを用いて、模擬画像が生成される。この結果、この模擬画像を用いて学習した画像識別装置3 0は、高い識別率を有する。

[0040] ステップS 2 5 0において、環境設定手段2 0 0は、3 Dモデルに照射するレーダのレーダパラメータを複数設定する。例えば、3 Dモデルを設定するときに使用した各バンドの値と、任意の入射角 α の値と、任意の照射方位 β の値とを組み合わせ、複数のレーダパラメータを設定する。

[0041] ステップS 2 6 0において、画像算出手段2 2 0は、環境設定手段2 0 0が設定した複数のレーダパラメータのそれぞれに対応した複数の模擬画像を算出する。つまり、画像算出手段2 2 0は、1つのレーダパラメータに対して、1つの模擬画像を算出する。

[0042] ステップS 2 7 0において、データ出力手段2 3 0は、画像算出手段2 2 0が算出した模擬画像と、対象物の種類を示すデータとを含む学習用データを出力する。学習用データでは、模擬画像と、対象物の種類を示すデータとが関連付けられている。

[0043] 画像識別装置3 0は、データ出力手段2 3 0が出力した学習用データを用いて、深層学習を行う。データ出力手段2 3 0が出力する学習用データと、対象物のレーダ画像との差は小さい。このため、画像識別装置3 0は、この

学習用データを用いて深層学習を行うことで、高い識別率を得ることができる。

[0044] また、学習用データに、入射角 α の値、レーダのバンドの値などのレーダパラメータを含めてもよい。この場合、模擬画像と、模擬画像の算出に用いたレーダパラメータと、対象物の種類を示すデータとは、関連付けられている。レーダのバンドの値などのレーダパラメータは、レーダ画像の仕様であるため、撮影したレーダ画像により決定される。このため、識別手段110によりレーダ画像を識別するときに、画像識別装置30にレーダパラメータを入力することができる。つまり、画像識別装置30は、学習するときにレーダパラメータが入力されることで、レーダパラメータも用いて、レーダ画像を識別することができる。このため、画像識別装置30は識別率を向上することができる。

[0045] 画像算出手段220は、船舶3の動揺、速度などの状態の変化に応じた模擬画像を算出してもよい。例えば、船舶3の速度が速い場合、船舶3は進行方向に伸びた形状でレーダ画像に撮影される。このため、画像算出手段220は、人工衛星1の速度と、船舶3の速度とに応じて、船舶3の位置を変更したレーダ画像を算出し、合成することで模擬画像を算出してもよい。

[0046] また、船舶3が接岸している場合、隣接する港湾施設により船舶の輪郭が不鮮明になる。このため、画像算出手段220は、船舶3だけでなく湾岸設備の周辺3Dモデルを示すデータを含めて、模擬画像を算出してもよい。さらに、波が高い場合に船舶3の動揺によりレーダ画像が不鮮明になるため、画像算出手段220は、船舶3の動揺を設定し、模擬画像を算出してもよい。また、画像算出手段220は、船舶3の喫水線の位置を設定し、模擬画像を算出してもよい。

[0047] また、画像算出手段220は、シミュレーションにより模擬画像を算出した後に、船舶3の動揺、速度などに基づき、模擬画像を修正してもよい。例えば、高い波により船舶3が動揺している場合、または、船舶3が接岸している場合に、画像算出手段220は模擬画像の船舶3の輪郭にノイズを追加

してもよい。また、船舶3の速度が速い場合、画像算出手段220は、船舶3が進行方向に伸びるように模擬画像を修正してもよい。

[0048] モデル設定手段210は、レーダ画像に撮影された対象物が移動しているときに、ステップS210において、対象物の速度を設定してもよい。この場合、画像算出手段220は、ステップS220において、設定された速度を反映したシミュレーションを行い、模擬画像を算出する。これにより、レーダ画像に撮影されている対象物が移動していても、模擬画像とレーダ画像とを容易に比較することができる。言い換えると、モデル設定手段210は3Dモデルをより詳細に設定することができる。結果として、画像識別装置30の識別率を向上することができる。

[0049] また、レーダ画像に撮影された対象物が湾岸設備に停泊している場合、ステップS210において、モデル設定手段210が湾岸設備の周辺3Dモデルを示すデータを設定してもよい。この場合、画像算出手段220は、ステップS220において、設定された湾岸設備の3Dモデルと対象物の3Dモデルとを配置して、模擬画像を算出する。算出した模擬画像とレーダ画像とを比較し、3Dモデルを修正することで、3Dモデルをより詳細に設定することができる。

[0050] また、モデル設定手段210は、ステップS210において、波高、喫水線の位置などを設定してもよい。この場合、画像算出手段220は、ステップS220において、設定した喫水線になるように対象物の3Dモデルを配置し、波高に応じて対象物に動揺を加えて、模擬画像を算出する。さらに、画像算出手段220は、波高、波の周期などによる海面の変化を加えて、模擬画像を算出してもよい。

[0051] このように、モデル設定手段210が対象物とその周囲の状況を設定することで、算出された模擬画像とレーダ画像との比較を容易にすることができる。このため、対象物の3Dモデルを詳細に設定することができる。詳細に設定された3Dモデルを用いて、学習用データに含まれる模擬画像を算出することができるため、この学習用データを用いて学習した画像識別装置30

は高い識別力を有する。

[0052] また、データ生成装置40は、対象物の速度、湾岸施設などの周囲の施設、波高、喫水線などを変化させた模擬画像を算出し、学習用データに含めてもよい。これにより、対象物の種々の状況に応じた学習用データを得ることができるため、この学習用データを用いて学習した画像識別装置30は高い識別力を有する。さらに、データ生成装置40は、人工衛星1と対象物との距離を変化させた模擬画像を算出し、学習用データに含めてもよい。また、波高、波の周期、人工衛星1と対象物との距離などレーダ画像を撮影したときの状況として取得可能なデータを含む環境パラメータが学習データに含まれてもよい。この場合、環境パラメータと、模擬画像と、対象物の種類を示すデータとは関連付けられている。

[0053] (変形例)

上記実施の形態では、人工衛星1がレーダ画像を撮影する例を示したが、これに限定されない。レーダ画像を撮影することができれば、任意の方法を選択することができる。例えば、航空機などの飛行体、または、地上施設がレーダ画像を撮影してもよい。

[0054] また、対象物として、船舶3を例示して説明したが、レーダ画像で撮影可能な物であれば任意に選択することができる。例えば、対象物として、車両、航空機、陸上施設などが例示される。

[0055] 上記実施の形態では、データ出力手段230は、差異データとして、レーダ画像と模擬画像とを出力する例を示したが、これに限定されない。ユーザがレーダ画像と模擬画像との差異を確認できればよく、任意の方法を選択することができる。例えば、データ出力手段230は、レーダ画像と模擬画像とを比較し、異なる領域を強調表示した画像を出力してもよい。また、データ出力手段230は、レーダ画像と模擬画像との輝度の差異を、輝度として示す画像を出力してもよい。

[0056] 上記実施の形態では、ステップS230において、ユーザが差異データに基づきモデル修正データを入力する例を示したが、これに限定されない。デ

ータ出力手段２３０は、差異データに基づき、モデル修正データを出力してもよい。具体的には、データ出力手段２３０は、レーダ画像の位置と、それに対応する模擬画像の位置とにおいて、輝度の差を算出する。次に、データ出力手段２３０は算出された輝度の差が予め決められた閾値より大きい位置を検索する。データ出力手段２３０は、検索した位置に対応する３Ｄモデルの反射率を修正するモデル修正データを出力する。このように、データ出力手段２３０は、レーダ画像の輝度と模擬画像の輝度とで異なる位置を修正位置として検索し、修正位置に対応する３Ｄモデルの設定を変更するモデル修正データを出力してもよい。

[0057] 以上において説明した処理は一例であり、各ステップの順番、処理内容は、機能を阻害しない範囲で変更してもよい。また、説明した構成は、機能を阻害しない範囲で、任意に変更してもよい。例えば、人工衛星１は、各地点で撮影した画像のデータを陸上施設２に送信し、陸上施設２において各画像を合成したレーダ画像を算出してもよい。また、１つの装置が、画像識別装置３０の機能と、データ生成装置４０の機能とを有してもよい。複数の装置により、画像識別装置３０の機能と、データ生成装置４０の機能とが実行されてもよい。データ生成装置４０は、入力装置４２と出力装置４５とを備えなくてもよい。この場合、通信装置４１は、入力装置４２と出力装置４５とを備える外部装置と通信し、入力データの受信と出力データの送信を行う。画像識別装置３０も同様に、入力装置３２と出力装置３５とを備えなくてもよい。また、画像識別装置３０は、深層学習に限らず、種々の識別方法を選択してもよい。また、画像識別装置３０は、物の種類とともに、対象物の速度を示すデータなどの環境パラメータの一部または全部を識別してもよい。速度を示すデータなどの環境パラメータを識別することで、画像識別装置３０は、対象物の種類に対して速度などが明らかにおかしい結果を排除することができる。

[0058] 本発明は上記各実施の形態に限定されず、本発明の技術思想の範囲内において、各実施の形態は適宜変形または変更され得ることは明らかである。各

実施の形態の技術は、技術的矛盾の発生しない限り、他の実施の形態で用いることが可能である。

[0059] 本出願は、2018年6月29日に出願された日本国特許出願2018-123944を基礎とする優先権を主張し、その開示の全てをここに取り込む。

請求の範囲

- [請求項1] 合成開口レーダまたは逆合成開口レーダであるレーダの仕様を示す第1レーダパラメータを設定する環境設定手段と、
- 識別する対象物の形状を示す3Dモデルを設定するモデル設定手段と、
- 前記3Dモデルと、前記第1レーダパラメータとに基づき、模擬画像を算出する画像算出手段と、
- 前記レーダにより得られる前記対象物のレーダ画像を保持し、前記レーダ画像と、前記模擬画像との差異を示す差異データを出力するデータ出力手段と、
- を備え、
- 前記モデル設定手段は、前記差異データに基づき入力されたモデル修正データを用いて、前記3Dモデルを変更し、
- 前記環境設定手段は、前記3Dモデルが決定されたと判断すると、複数のレーダパラメータを設定し、
- 前記画像算出手段は、前記複数のレーダパラメータのそれぞれに対応した複数の模擬画像を算出し、
- 前記データ出力手段は、前記複数の模擬画像と、前記対象物の種類とを関連付けた学習用データを出力し、
- 前記学習用データは、入力された画像に撮影された物の種類を識別する画像識別装置が学習するためのデータである
- データ生成装置。
- [請求項2] 請求項1に記載のデータ生成装置であって、
- 前記画像算出手段は、
- 前記対象物を撮影するときの状況を示す環境パラメータを用いて、前記模擬画像を算出する
- データ生成装置。
- [請求項3] 請求項2に記載のデータ生成装置であって、

前記環境パラメータは、前記対象物の周辺の施設を示す周辺3Dモデルを含む

データ生成装置。

[請求項4] 請求項2または3に記載のデータ生成装置であって、
前記対象物は船舶であり、
前記環境パラメータは、波高を含む
データ生成装置。

[請求項5] 請求項2から4のいずれか1項に記載のデータ生成装置であって、
前記学習用データは、
前記環境パラメータを含み、
前記複数の模擬画像と、前記環境パラメータとを関連付けている
データ生成装置。

[請求項6] 請求項1から5のいずれか1項に記載のデータ生成装置であって、
前記画像算出手段は、前記対象物の速度を用いて、前記模擬画像を
算出する
データ生成装置。

[請求項7] 請求項1から6のいずれか1項に記載のデータ生成装置であって、
前記学習用データは、
前記複数のレーダパラメータを含み、
前記複数のレーダパラメータと、前記複数の模擬画像とを関連付
けている
データ生成装置。

[請求項8] 請求項1から7のいずれか1項に記載のデータ生成装置であって、
前記第1レーダパラメータは、
前記対象物の鉛直方向と、前記レーダと前記対象物とを結ぶ直線
との成す角を示す入射角と、
前記対象物の進行方向と、前記対象物に対する前記レーダの方向
との成す角を示す照射方位と

を含む

データ生成装置。

[請求項9] 請求項1から8のいずれか1項に記載のデータ生成装置であって、
前記第1レーダパラメータと前記複数のレーダパラメータとは、前記レーダのバンドを含む

データ生成装置。

[請求項10] 請求項1から9のいずれか1項に記載のデータ生成装置であって、
前記環境設定手段は、

前記レーダ画像が撮影されたときの第2レーダパラメータを保持し、

前記模擬画像を算出するために用いた前記第1レーダパラメータと異なる前記第2レーダパラメータを保持している場合、前記第1レーダパラメータと異なる前記第2レーダパラメータを設定し、

前記3Dモデルを設定するために用いた前記第1レーダパラメータと異なる前記第2レーダパラメータを保持していない場合、前記3Dモデルが決定されたと判断する

データ生成装置。

[請求項11] 請求項1から10のいずれか1項に記載のデータ生成装置であって、

前記データ出力手段は、

前記差異データに基づき、前記レーダ画像と前記模擬画像とで異なる修正位置を検索し、

前記修正位置に対応する前記3Dモデルの設定を修正する前記モデル修正データを出力する

データ生成装置。

[請求項12] 請求項1から11のいずれか1項に記載のデータ生成装置で生成した前記学習用データを用いて学習する学習手段と、

前記学習手段の結果に基づき、入力された画像に撮影された物の種

類を識別する識別手段と、

を備える画像識別装置。

[請求項13] 深層学習を用いる請求項12に記載の画像識別装置。

[請求項14] 演算装置が実行する、

合成開口レーダまたは逆合成開口レーダであるレーダの仕様を示すレーダパラメータを設定するステップと、

識別する対象物の形状を示す3Dモデルを設定するステップと、

前記3Dモデルと、前記レーダパラメータとに基づき、模擬画像を算出するステップと、

前記レーダにより得られる前記対象物のレーダ画像と、前記模擬画像との差異を示す差異データを出力するステップと、

前記差異データに基づき入力されたモデル修正データに基づき、前記3Dモデルを変更するステップと、

前記3Dモデルが決定されたと判断されると、複数のレーダパラメータを設定するステップと、

前記複数のレーダパラメータのそれぞれに対応した複数の模擬画像を算出するステップと、

前記複数の模擬画像と、前記対象物の種類とを関連付けた学習用データを出力するステップと、

を含み、

前記学習用データは、入力された画像に撮影された物の種類を識別する画像識別装置を学習させるためのデータである

データ生成方法。

[請求項15] 合成開口レーダまたは逆合成開口レーダであるレーダの仕様を示すレーダパラメータを設定するステップと、

識別する対象物の形状を示す3Dモデルを設定するステップと、

前記3Dモデルと、前記レーダパラメータとに基づき、模擬画像を算出するステップと、

前記レーダにより得られる前記対象物のレーダ画像と、前記模擬画像との差異を示す差異データを出力するステップと、

前記差異データに基づき入力されたモデル修正データに基づき、前記3Dモデルを変更するステップと、

前記3Dモデルが決定されたと判断されると、複数のレーダパラメータを設定するステップと、

前記複数のレーダパラメータのそれぞれに対応した複数の模擬画像を算出するステップと、

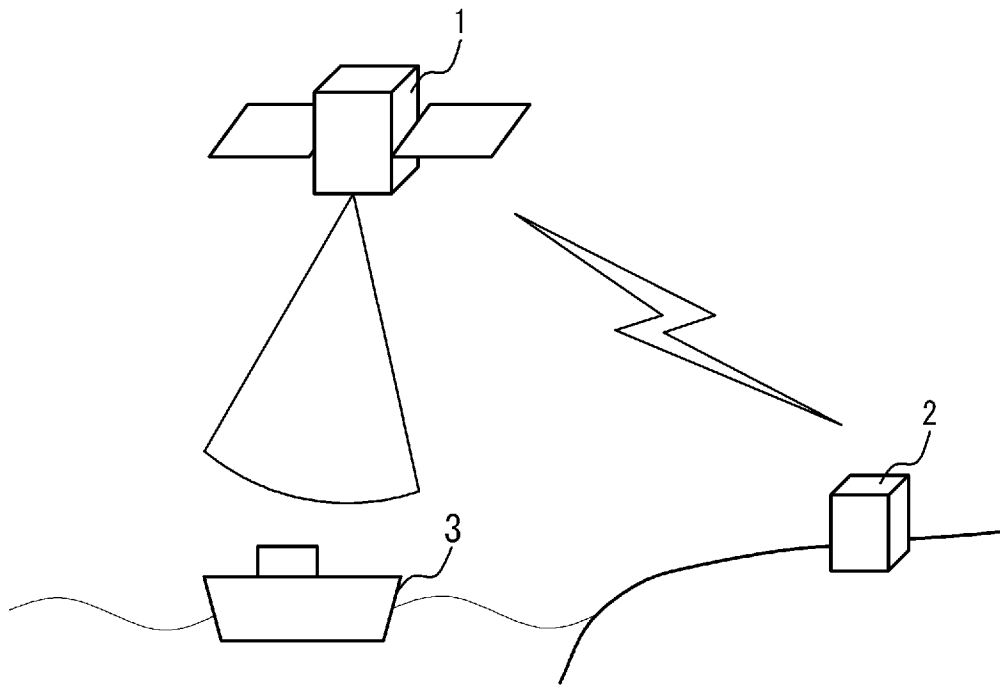
前記複数の模擬画像と、前記対象物の種類とを関連付けた学習用データを出力するステップと、

を演算装置に実行させ、

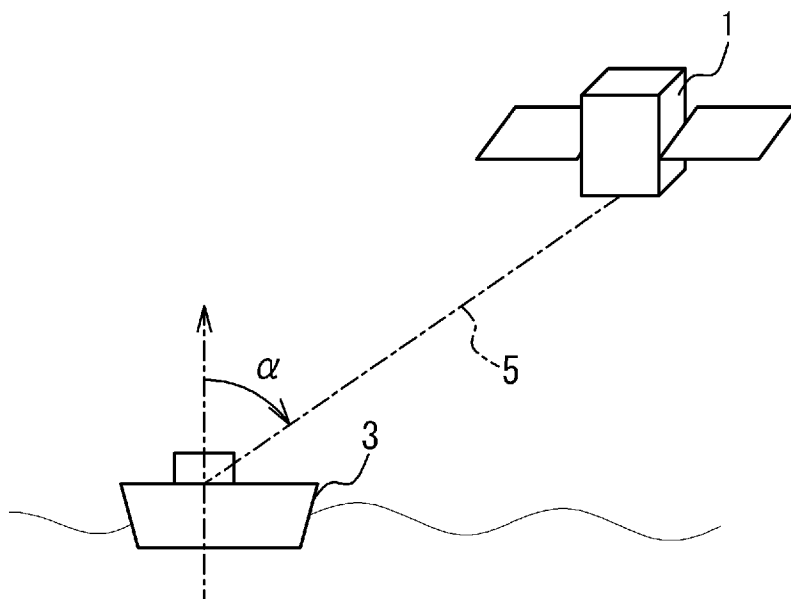
前記学習用データは、入力された画像に撮影された物の種類を識別する画像識別装置を学習させるためのデータである

プログラムが記載された記憶媒体。

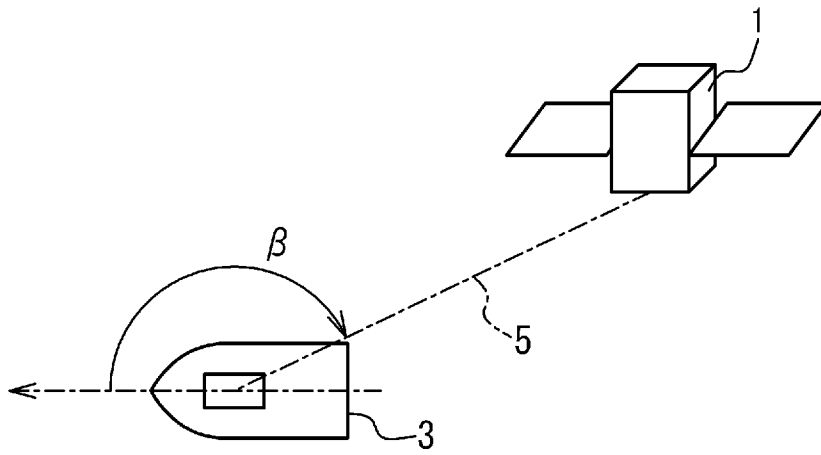
[図1]



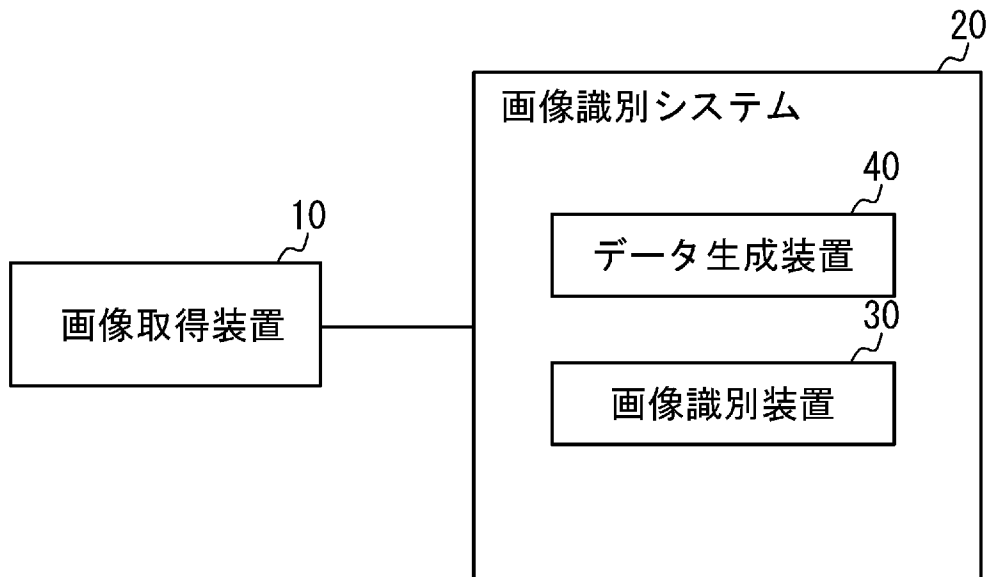
[図2]



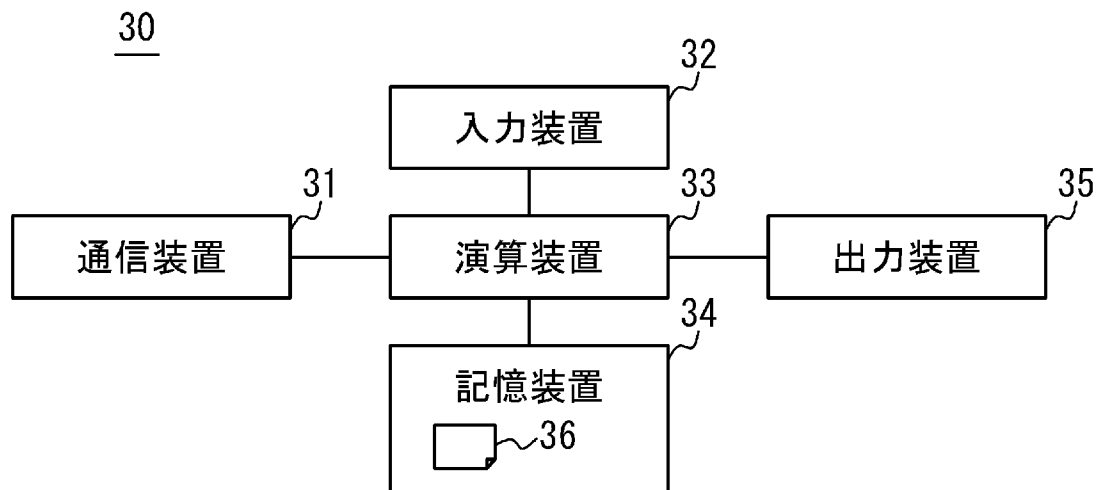
[図3]



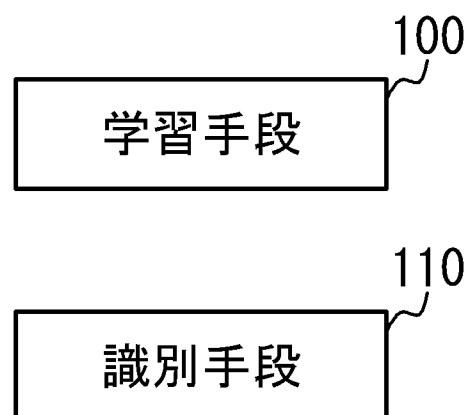
[図4]



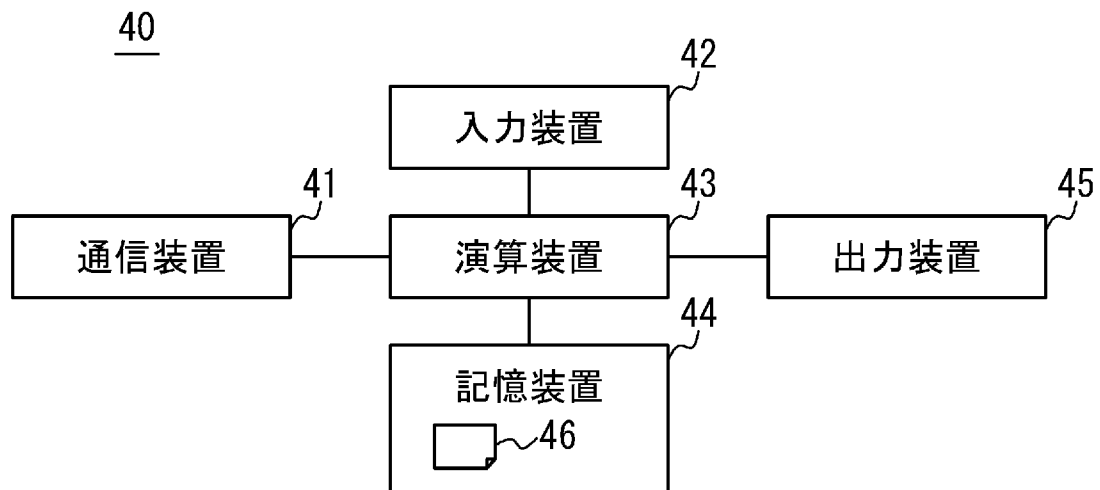
[図5]



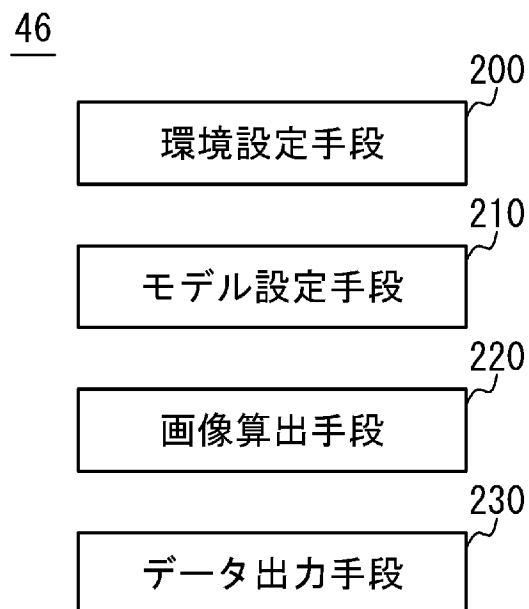
[図6]

36

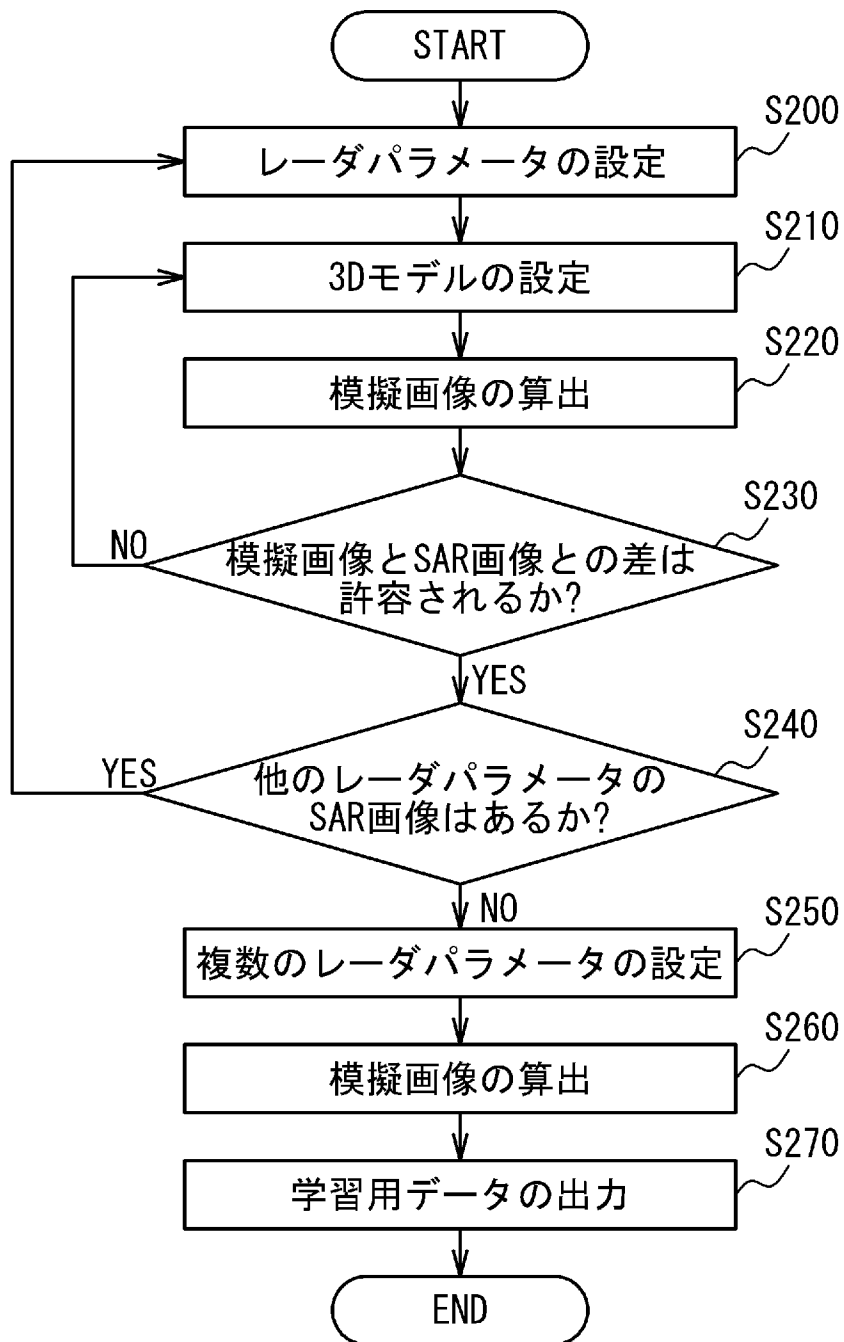
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/005793

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. G01S13/90 (2006.01) i, G06N20/00 (2019.01) i, G06T7/00 (2017.01) 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. G01S7/00-G01S7/42, G01S13/00-G01S13/95, G06T1/00-G06T19/20, G06N20/00-G06N20/20

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	JP 2013-210207 A (NEC CORP.) 10 October 2013, whole document (Family: none)	1-15
A	JP 2013-231843 A (KOKUSAI KOGYO CO., LTD.) 14 November 2013, whole document (Family: none)	1-15
A	JP 2003-331289 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 21 November 2003, whole document (Family: none)	1-15
A	US 2009/0184865 A1 (VALE, Hilde) 23 July 2009, whole document & WO 2007/133085 A1 & EP 2018528 A1	1-15

☐ 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
12.04.2019

Date of mailing of the international search report
23.04.2019

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. G01S 13/90(2006.01)i, G06N 20/00(2019.01)i, G06T 7/00(2017.01)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. G01S 7/00 - G01S 7/42, G01S 13/00 - G01S 13/95, G06T 1/00 - G06T 19/20, G06N 20/00 - G06N 20/20

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	JP 2013-210207 A（日本電気株式会社）2013.10.10 *Whole Document*（ファミリーなし）	1-15
A	JP 2013-231843 A（国際航業株式会社）2013.11.14 *Whole Document*（ファミリーなし）	1-15
A	JP 2003-331289 A（三菱電機株式会社）2003.11.21 *Whole Document*（ファミリーなし）	1-15

☒ 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

12.04.2019

国際調査報告の発送日

23.04.2019

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）

田中 純

2S

7857

電話番号 03-3581-1101 内線 3216

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	US 2009/0184865 A1 (VALE, Hilde) 2009.07.23 *Whole Document* & WO 2007/133085 A1 & EP 2018628 A1	1-15