

(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
2023年5月19日(19.05.2023)



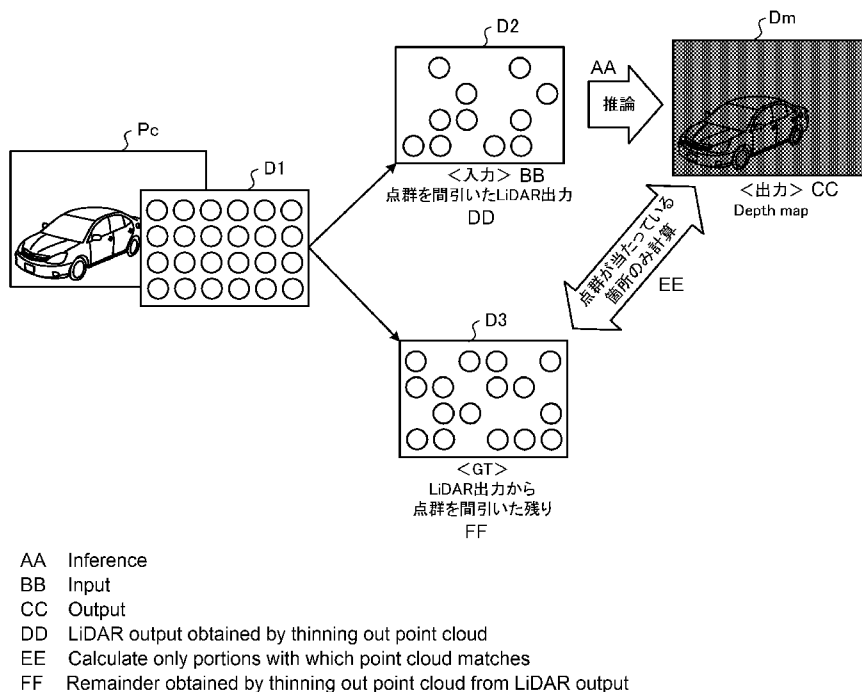
(10) 国際公開番号

WO 2023/085017 A1

- (51) 国際特許分類:
G01S 17/89 (2020.01) G06T 7/00 (2017.01) 神奈川県厚木市旭町四丁目14番1号 Kanagawa (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2022/038868 (72) 発明者: 花澤 周平 (HANAZAWA, Shuhei);
〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁目14番1号 ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社内 Kanagawa (JP).
- (22) 国際出願日: 2022年10月19日(19.10.2022)
- (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 2021-182831 2021年11月9日(09.11.2021) JP
- (71) 出願人: ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社(SONY SEMICONDUCTOR SOLUTIONS CORPORATION) [JP/JP]; 〒2430014
- (74) 代理人: 弁理士法人酒井国際特許事務所 (SAKAI INTERNATIONAL PATENT OFFICE); 〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎の門三井ビルディング 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,

(54) Title: LEARNING METHOD, LEARNING PROGRAM, INFORMATION PROCESSING DEVICE, INFORMATION PROCESSING METHOD, AND INFORMATION PROCESSING PROGRAM

(54) 発明の名称: 学習方法、学習プログラム、情報処理装置、情報処理方法、および情報処理プログラム



(57) Abstract: A learning method according to the present disclosure is executed by a computer. The learning method includes: generating, on the basis of a predetermined number of point cloud data items (D2) thinned out from three-dimensional point cloud data (D1) acquired by LiDAR and an image (Pc) corresponding to the three-dimensional point cloud data (D1), a depth image (Dm) corresponding to the image (Pc); and performing machine learning by adjusting a

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, 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, 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, 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))

coefficient of a convolutional neural network such that, when point cloud data (D3) remaining after the predetermined number of point cloud data items (D2) is thinned out from the three-dimensional point cloud data (D1) is defined as a ground truth, a difference between the depth image (Dm) and the ground truth becomes small.

- (57) 要約: 本開示に係る学習方法は、コンピュータが実行する学習方法であって、L i D A Rによって取得される3次元点群データ(D 1)から間引いた所定数の点群データ(D 2)と、3次元点群データ(D 1)に対応する画像(P c)とに基づいて画像(P c)に対応する深度画像(D m)を生成し、3次元点群データ(D 1)から所定数の点群データ(D 2)が間引かれて残った点群データ(D 3)をグラントゥールスとして、深度画像(D m)とグラントゥールスとの差分が小さくなるように、畳み込みニューラルネットワークの係数を調整して機械学習することを含む。

明 細 書

発明の名称：

学習方法、学習プログラム、情報処理装置、情報処理方法、および情報処理プログラム

技術分野

[0001] 本開示は、学習方法、学習プログラム、情報処理装置、情報処理方法、および情報処理プログラムに関する。

背景技術

[0002] L i D A R (Light Detection And Ranging) によって取得される 3 次元点群データから深度画像を生成し、深度画像を用いて畳み込みニューラルネットワーク (C N N : Convolutional Neural Network) の機械学習に使用する教師データを生成する技術がある (例えば、特許文献 1 参照)。

[0003] 教師データを生成する場合には、例えば、複数回スキャンした 3 次元点群データから生成した複数の深度画像を加算 (合成) し、合成画像からステレオ画像を使用して、間違いの点群データを除去したグラントゥールスを生成する。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開 2 0 2 1 - 6 8 1 3 8 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、C N N の機械学習には、膨大な数の教師データが必要であるため、上記の従来技術では、グラントゥールスの生成に要する処理量が嵩む。

[0006] そこで、本開示では、グラントゥールスの生成に要する処理量を低減できる学習方法、学習プログラム、情報処理装置、情報処理方法、および情報

処理プログラムを提案する。

課題を解決するための手段

[0007] 本開示に係る学習方法は、コンピュータが実行する学習方法であって、LiDAR (Light Detection And Ranging) によって取得される3次元点群データから間引いた所定数の点群データと、前記3次元点群データに対応する画像とに基づいて前記画像に対応する深度画像を生成し、前記3次元点群データから前記所定数の点群データが間引かれて残った点群データをグランドトゥールースとして、前記深度画像と前記グランドトゥールースとの差分が小さくなるように、畳み込みニューラルネットワークの係数を調整して機械学習することを含む。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]本開示に係る車両制御システムの構成例を示すブロック図である。

[図2]本開示に係る学習方法の説明図である。

[図3]本開示に係る画像の一例を示す図である。

[図4]本開示に係る画像に付加されるラベルデータの説明図である。

[図5]本開示に係る情報処理装置が実行する処理の説明図である。

発明を実施するための形態

[0009] 以下に、本開示の実施形態について図面に基づいて詳細に説明する。なお、以下の各実施形態において、同一の部位には同一の符号を付することにより重複する説明を省略する。

[0010] [1. 車両制御システムの構成例]

図1は、本技術が適用される移動装置制御システムの一例である車両制御システム11の構成例を示すブロック図である。

[0011] 車両制御システム11は、車両1に設けられ、車両1の走行支援及び自動運転に関わる処理を行う。

[0012] 車両制御システム11は、車両制御ECU (Electronic Control Unit) 21、通信部22、地図情報蓄積部23、位置情報取得部24、外部認識センサ25、車内センサ26、車両センサ27、記憶部28、走行支援・自動

運転制御部 29、DMS (Driver Monitoring System) 30、HMI (Human Machine Interface) 31、及び、車両制御部 32 を備える。

[0013] 車両制御 ECU 21、通信部 22、地図情報蓄積部 23、位置情報取得部 24、外部認識センサ 25、車内センサ 26、車両センサ 27、記憶部 28、走行支援・自動運転制御部 29、ドライバモニタリングシステム (DMS) 30、ヒューマンマシーンインタフェース (HMI) 31、及び、車両制御部 32 は、通信ネットワーク 41 を介して相互に通信可能に接続されている。通信ネットワーク 41 は、例えば、CAN (Controller Area Network)、LIN (Local Interconnect Network)、LAN (Local Area Network)、FlexRay (登録商標)、イーサネット (登録商標) といったデジタル双方向通信の規格に準拠した車載通信ネットワークやバス等により構成される。通信ネットワーク 41 は、伝送されるデータの種類によって使い分けられてもよい。例えば、車両制御に関するデータに対して CAN が適用され、大容量データに対してイーサネットが適用されるようにしてもよい。なお、車両制御システム 11 の各部は、通信ネットワーク 41 を介さずに、例えば近距離無線通信 (NFC (Near Field Communication)) や Bluetooth (登録商標) といった比較的近距離での通信を想定した無線通信を用いて直接的に接続される場合もある。

[0014] 通信部 22 は、車内及び車外の様々な機器、他の車両、サーバ、基地局等と通信を行い、各種のデータの送受信を行う。

[0015] 地図情報蓄積部 23 は、外部から取得した地図及び車両 1 で作成した地図の一方又は両方を蓄積する。例えば、地図情報蓄積部 23 は、3 次元の高精度地図、高精度地図より精度が低く、広いエリアをカバーするグローバルマップ等を蓄積する。

[0016] 位置情報取得部 24 は、GNSS (Global Navigation Satellite System) 衛星から GNSS 信号を受信し、車両 1 の位置情報を取得する。取得した位置情報は、走行支援・自動運転制御部 29 に供給される。なお、位置情報取得部 24 は、GNSS 信号を用いた方式に限定されず、例えば、ビーコ

ンを用いて位置情報を取得してもよい。

[0017] 外部認識センサ 25 は、車両 1 の外部の状況の認識に用いられる各種のセンサを備え、各センサからのセンサデータを車両制御システム 11 の各部に供給する。外部認識センサ 25 が備えるセンサの種類や数は任意である。

[0018] 例えば、外部認識センサ 25 は、カメラ 51、レーダ 52、L i D A R (Light Detection and Ranging、Laser Imaging Detection and Ranging) 53、及び、超音波センサ 54 を備える。

[0019] 車内センサ 26 は、車内の情報を検出するための各種のセンサを備え、各センサからのセンサデータを車両制御システム 11 の各部に供給する。車内センサ 26 が備える各種センサの種類や数は、現実的に車両 1 に設置可能な種類や数であれば特に限定されない。例えば、車内センサ 26 は、カメラ、レーダ、着座センサ、ステアリングホイールセンサ、マイクロフォン、生体センサのうち 1 種類以上のセンサを備えることができる。

[0020] 車両センサ 27 は、車両 1 の状態を検出するための各種のセンサを備え、各センサからのセンサデータを車両制御システム 11 の各部に供給する。車両センサ 27 が備える各種センサの種類や数は、現実的に車両 1 に設置可能な種類や数であれば特に限定されない。例えば、車両センサ 27 は、速度センサ、加速度センサ、角速度センサ（ジャイロセンサ）、及び、それらを統合した慣性計測装置（IMU（Inertial Measurement Unit））を備える。

[0021] 記憶部 28 は、不揮発性の記憶媒体及び揮発性の記憶媒体のうち少なくとも一方を含み、データやプログラムを記憶する。記憶部 28 は、例えば E E P R O M (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) 及び R A M (Random Access Memory) として用いられ、記憶媒体としては、H D D (Hard Disc Drive) といった磁気記憶デバイス、半導体記憶デバイス、光記憶デバイス、及び、光磁気記憶デバイスを適用することができる。記憶部 28 は、車両制御システム 11 の各部が用いる各種プログラムやデータを記憶する。

[0022] 走行支援・自動運転制御部 29 は、車両 1 の走行支援及び自動運転の制御

を行う。例えば、走行支援・自動運転制御部 29 は、分析部 61、行動計画部 62、及び、動作制御部 63 を備える。

[0023] 分析部 61 は、車両 1 及び周囲の状況の分析処理を行う。分析部 61 は、自己位置推定部 71、センサフュージョン部 72、及び、認識部 73 を備える。

[0024] 自己位置推定部 71 は、外部認識センサ 25 からのセンサデータ、及び、地図情報蓄積部 23 に蓄積されている高精度地図に基づいて、車両 1 の自己位置を推定する。

[0025] センサフュージョン部 72 は、複数の異なる種類のセンサデータ（例えば、カメラ 51 から供給される画像データ、L i D A R 53、及び、レーダ 52 から供給されるセンサデータ）を組み合わせ、新たな情報を得るセンサフュージョン処理を行う。異なる種類のセンサデータを組合せる方法としては、統合、融合、連合等がある。

[0026] 認識部 73 は、車両 1 の外部の状況の検出を行う検出処理、及び、車両 1 の外部の状況の認識を行う認識処理を実行する。

[0027] 例えば、認識部 73 は、外部認識センサ 25 からの情報、自己位置推定部 71 からの情報、センサフュージョン部 72 からの情報等に基づいて、車両 1 の外部の状況の検出処理及び認識処理を行う。

[0028] 具体的には、例えば、認識部 73 は、車両 1 の周囲の物体の検出処理及び認識処理等を行う。物体の検出処理とは、例えば、物体の有無、大きさ、形、位置、動き等を検出する処理である。物体の認識処理とは、例えば、物体の種類等の属性を認識したり、特定の物体を識別したりする処理である。ただし、検出処理と認識処理とは、必ずしも明確に分かれるものではなく、重複する場合がある。

[0029] 例えば、認識部 73 は、レーダ 52 又は L i D A R 53 等によるセンサデータに基づくポイントクラウドを点群の塊毎に分類するクラスタリングを行うことにより、車両 1 の周囲の物体を検出する。これにより、車両 1 の周囲の物体の有無、大きさ、形状、位置が検出される。

[0030] 例えば、認識部 7 3 は、クラスタリングにより分類された点群の塊の動きを追従するトラッキングを行うことにより、車両 1 の周囲の物体の動きを検出する。これにより、車両 1 の周囲の物体の速度及び進行方向（移動ベクトル）が検出される。

[0031] 例えば、認識部 7 3 は、カメラ 5 1 から供給される画像データに基づいて、車両、人、自転車、障害物、構造物、道路、信号機、交通標識、道路標示等を検出又は認識する。また、認識部 7 3 は、セマンティックセグメンテーション等の認識処理を行うことにより、車両 1 の周囲の物体の種類を認識してもよい。

[0032] 行動計画部 6 2 は、車両 1 の行動計画を作成する。例えば、行動計画部 6 2 は、経路計画、経路追従の処理を行うことにより、行動計画を作成する。

[0033] なお、経路計画（Global path planning）とは、スタートからゴールまでの大まかな経路を計画する処理である。この経路計画には、軌道計画と言われ、計画した経路において、車両 1 の運動特性を考慮して、車両 1 の近傍で安全かつ滑らかに進行することが可能な軌道生成（Local path planning）を行う処理も含まれる。

[0034] 動作制御部 6 3 は、行動計画部 6 2 により作成された行動計画を実現するために、車両 1 の動作を制御する。

[0035] DMS 3 0 は、車内センサ 2 6 からのセンサデータ、及び、後述する HMI 3 1 に入力される入力データ等に基づいて、運転者の認証処理、及び、運転者の状態の認識処理等を行う。認識対象となる運転者の状態としては、例えば、体調、覚醒度、集中度、疲労度、視線方向、酩酊度、運転操作、姿勢等が想定される。HMI 3 1 は、各種のデータや指示等の入力と、各種のデータの運転者等への提示を行う。

[0036] 車両制御部 3 2 は、車両 1 の各部の制御を行う。車両制御部 3 2 は、ステアリング制御部 8 1、ブレーキ制御部 8 2、駆動制御部 8 3、ボディ系制御部 8 4、ライト制御部 8 5、及び、ホーン制御部 8 6 を備える。

[0037] ステアリング制御部 8 1 は、車両 1 のステアリングシステムの状態の検出

及び制御等を行う。ステアリングシステムは、例えば、ステアリングホイール等を備えるステアリング機構、電動パワーステアリング等を備える。ステアリング制御部 8 1 は、例えば、ステアリングシステムの制御を行うステアリング ECU、ステアリングシステムの駆動を行うアクチュエータ等を備える。

[0038] ブレーキ制御部 8 2 は、車両 1 のブレーキシステムの状態の検出及び制御等を行う。ブレーキシステムは、例えば、ブレーキペダル等を含むブレーキ機構、ABS (Antilock Brake System)、回生ブレーキ機構等を備える。ブレーキ制御部 8 2 は、例えば、ブレーキシステムの制御を行うブレーキ ECU、ブレーキシステムの駆動を行うアクチュエータ等を備える。

[0039] 駆動制御部 8 3 は、車両 1 の駆動システムの状態の検出及び制御等を行う。駆動システムは、例えば、アクセルペダル、内燃機関又は駆動用モータ等の駆動力を発生させるための駆動力発生装置、駆動力を車輪に伝達するための駆動力伝達機構等を備える。駆動制御部 8 3 は、例えば、駆動システムの制御を行う駆動 ECU、駆動システムの駆動を行うアクチュエータ等を備える。

[0040] ボディ系制御部 8 4 は、車両 1 のボディ系システムの状態の検出及び制御等を行う。ボディ系システムは、例えば、キーレスエントリーシステム、スマートキーシステム、パワーウィンドウ装置、パワーシート、空調装置、エアバッグ、シートベルト、シフトレバー等を備える。ボディ系制御部 8 4 は、例えば、ボディ系システムの制御を行うボディ系 ECU、ボディ系システムの駆動を行うアクチュエータ等を備える。

[0041] ライト制御部 8 5 は、車両 1 の各種のライトの状態の検出及び制御等を行う。制御対象となるライトとしては、例えば、ヘッドライト、バックライト、フォグライト、ターンシグナル、ブレーキライト、プロジェクション、バンパーの表示等が想定される。ライト制御部 8 5 は、ライトの制御を行うライト ECU、ライトの駆動を行うアクチュエータ等を備える。

[0042] ホーン制御部 8 6 は、車両 1 のカーホーンの状態の検出及び制御等を行う

。ホーン制御部 86 は、例えば、カーホーンの制御を行うホーン ECU、カーホーンの駆動を行うアクチュエータ等を備える。

[0043] [2. 認識部が使用する物体検出モデルの一例]

一般的な物体検出モデルとして、SSD (Single Shot MultiBox Detector) がある。SSD は、入力画像から物体を検出するように機械学習された畳み込みニューラルネットワーク (CNN: Convolutional Neural Network) を備える。

[0044] CNN の機械学習には、画像に対して、画像に含まれる物体の種類 (クラス) と画像における物体の領域を示すグラントゥールス (GT) とが付与された教師データが使用される。教師データを生成する場合には、例えば、縦に 60 個のレーザを備えた一般的な LIDAR (Light Detection And Ranging) によって物体を複数回スキャン (例えば、11 スキャン) した 3 次元点群データから深度画像を生成する。

[0045] そして、生成した複数の深度画像を加算 (合成) し、合成画像からステレオ画像を使用して、間違いの点群データを除去することによってグラントゥールスを生成する。しかしながら、CNN の機械学習には、膨大な数の教師データが必要であるため、グラントゥールスの生成に要する処理量が嵩む。

[0046] [3. 本開示に係る学習方法]

そこで、図 2 に示すように、認識部 73 に含まれる情報処理装置は、縦に 128 個のレーザを備えた LIDAR 53 によって取得される 3 次元点群データ D1 から間引いた所定数の点群データ D2 と、3 次元点群データ D1 に対応する画像 P_c とに基づいて画像 P_c に対応する深度画像 D_m を生成する。

[0047] そして、情報処理装置は、3 次元点群データ D1 から所定数の点群データ D2 が間引かれて残った点群データ D3 をグラントゥールスとして、深度画像 D_m とグラントゥールスとの差分が小さくなるように、CNN の係数を調整して機械学習する。

- [0048] このように、本開示に係る学習方法では、L i D A R 5 3によって取得される3次元点群データD 1から所定数の点群データD 2が間引かれて残った点群データD 3を生成するだけで、グラントゥールス（間引かれて残った点群データD 3）を生成することができる。したがって、本開示に係る学習方法によれば、上記した一般的な教師データの生成方法に比べて、グラントゥールスの生成に要する処理量を大幅に低減できる。
- [0049] 3次元点群データD 1から所定数の点群データD 2を間引く場合には、間引く所定数の点群データD 2のデータ量（点の数）を少なくとも3次元点群データD 1のデータ量（点の数）50%未満とする。これにより、教師データの入力の一つとなる所定数の点群データD 2よりも画像P cの特徴量を多く含む確度の高いグラントゥールス（間引かれて残った点群データD 3）を生成することができる。
- [0050] 3次元点群データD 1から所定数の点群データD 2を間引く方法としては、例えば、行列状に配置された3次元点群データD 1からランダムなデータの点を間引く方法、数行毎に1行のデータの点を間引く方法、および数列毎に1列のデータの点を間引く方法などがある。
- [0051] また、画像P cには、画像P cにおける被写体の領域を示すデータと、被写体の種類（クラス）を示すデータとを含むラベルデータが付加されているものがある。このため、情報処理装置は、画像P cに写る物体の種類を示すラベルと、画像P cにおける物体の領域を示すデータとが画像に対応付けられている場合に、物体の種類毎に、物体の領域に対応する3次元点群データから間引く点群データの間引き率を変更する。
- [0052] これにより、情報処理装置は、3次元点群データD 1の全領域から一律に所定数の点群データD 2を間引くのではなく、被写体の特性や物体検出の用途に応じて、3次元点群データD 1の領域毎に適切な量の所定数の点群データD 2を間引くことができる。
- [0053] 例えば、図3に示すように、画像P cには、車両V cと、複数本のポールP oと、背景B gとが写っている。そして、画像P cには、図4に示すよう

に、車両V_cの領域と領域内の物体が車両V_cであることを示すラベルデータL_{V_c}が付加されている。

[0054] さらに、画像P_cには、ポールP_oの領域と領域内の物体がポールP_oであることを示すラベルデータL_{P_o}と、背景B_gの領域と領域内の物体が背景B_gであることを示すラベルデータL_{B_g}とが付加されている。

[0055] この場合、情報処理装置は、検出対象として主要な物体の領域における間引き率を、検出対象として主要でない物体の領域における間引き率よりも低くする。換言すれば、情報処理装置は、検出対象として主要な物体の領域に残す点群データの量を、検出対象として主要でない物体の領域における点群データの量よりも多くする。これにより、情報処理装置は、検出対象として主要な物体の領域に対してより信頼性の高いグラントゥールスを生成することができる。

[0056] 例えば、情報処理装置は、物体検出の用途が自車両走行中に他の車両V_cを検出することである場合、車両V_cの領域については、3次元点群データD₁から全体の50%の所定数の点群データD₂を間引き、残り50%の点群データ（間引かれて残った点群データD₃）を残してグラントゥールスにする。

[0057] また、情報処理装置は、ポールP_oが検出対象でない場合、ポールP_oの領域については、3次元点群データD₁から全体の80%の所定数の点群データD₂を間引き、残り20%の点群データ（間引かれて残った点群データD₃）を残してグラントゥールスにする。

[0058] この場合、ポールP_oのグラントゥールスとなる間引かれて残った点群データD₃のデータ量が少なくなるが、ポールP_oは、L i D A R 5 3のレーザが当たり難い物体である。このため、情報処理装置は、ポールP_oの検出を行う場合には、主に画像P_cのデータを使用する。情報処理装置は、記憶部28に記憶された情報処理プログラムを実行することによって、上記したC N Nの機械学習および物体検出処理を行う。

[0059] [4. 情報処理装置が実行する処理]

図5は、本開示に係る情報処理装置が実行する処理の説明図である。図5に示すLiDARは、LiDAR53から取得する3次元点群データD1を立面画像にしたデータである。図5に示すLiDAR'は、立面画像から点群データを間引いた所定数の点群データD2である。図5に示すt-1フレーム、tフレーム、t+1フレームは、間引かれて残った点群データD3に対応する時系列に3連続で撮像されたRGB画像である。

[0060] 図5に示すカメラパラメータKは、カメラ51の内部パラメータであり、画像Pcの左上を原点とするUV座標から、カメラ51を中心としたカメラ座標に変換するために使用されるパラメータである。図5に示すVelocityは、通信ネットワーク41(CAN)から取得したtフレームでの車両の速度である。

[0061] 図5に示すDepthencoderは、3次元点群データから特徴を抽出するネットワークである。図5に示すRGBencoderは、RGB画像から特徴を抽出するネットワークである。図5に示すDecoderは、抽出された特徴をDepthMapに変換するネットワークである。図5に示すPoseは、時系列な画像から自車両の移動距離と向きを推定するネットワークである。

[0062] 情報処理装置は、LiDAR53から3次元点群データD1(図5に示すLiDAR)が入力されると、3次元点群データD1(図5に示すLiDAR)から点群データを間引き(ステップS1)、所定数の点群データD2(図5に示すLiDAR')を生成する。

[0063] そして、情報処理装置は、Depthencoderによって、所定数の点群データD2(図5に示すLiDAR')から特徴を抽出する(ステップS2)する。また、情報処理装置は、RGBencoderによって、3次元点群データD1(図5に示すLiDAR)に対応するtフレームの画像から特徴を抽出する。

[0064] その後、情報処理装置は、DepthencoderおよびRGBencoderによって抽出された特徴をDecoderによってDepth

hMapに変換する（ステップS3）。そして、情報処理装置は、DepthMapが滑らかになるようなSmoothLossを算出する（ステップS4）。さらに、情報処理装置は、DepthMapと、図5に示すLiDARの教師となるグラントゥールスとの差分であるDepthLossを算出する（ステップS5）。

[0065] 情報処理装置は、例えば、下記式（1）によってDepthLossを算出する。

[数1]

$$L_{depth} = \sum_{x \in \Omega} |\hat{D}_t(x) - S_t(x)| \quad \cdots \cdots (1)$$

$\hat{D}_t(x)$: Depth推定値

$S_t(x)$: Depth観測値

[0066] 情報処理装置は、SmoothLossおよびDepthLossが最小となるように、CNNのパラメータを調整して機械学習する。

[0067] また、情報処理装置は、Poseによって、 $t-1$ フレーム、 t フレーム、および $t+1$ フレームの時系列な画像から自車両の移動距離と向きを推定する（ステップS6）。Poseの出力は、下記式（2）によって表される。

[数2]

$t-1 \rightarrow t$ へのポーズの行列

R:回転行列

t:平行移動

$$(R|t) = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & t_x \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & t_y \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & t_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad \cdots \cdots (2)$$

[0068] さらに、情報処理装置は、推定した移動距離から速度に変換し（ステップS7）、速度Lossを算出する（ステップS8）。速度Lossは、Poseによって推定された移動距離と速度とから算出する移動距離の差分であ

る。速度Lossは、下記式（3）によって算出する。

[数3]

$$\mathcal{L}_v(\hat{\mathbf{t}}_{t \rightarrow s}, v) = \left| \|\hat{\mathbf{t}}_{t \rightarrow s}\| - |v| \Delta T_{t \rightarrow s} \right| \cdots (3)$$

$\|\hat{\mathbf{t}}_{t \rightarrow s}\|$: (tx,ty,tz)のノルム

$|v|$: 教師Velocity

ΔT : フレーム間の秒数

[0069] また、情報処理装置は、Poseの出力と、DepthMapと、カメラパラメータとから前のtフレームの画像を生成する（ステップS9）。その後、情報処理装置は、t-1フレーム、tフレーム、およびt+1フレームの時系列な画像と、ステップS9によって生成した画像とに基づいて、同物体を除去するマスクを生成する（ステップS10）。

[0070] 続いて、情報処理装置は、ステップS9によって生成した画像からマスクを使用して同物体を除去して合成画像を生成する。そして、情報処理装置は、合成画像と真の画像（tフレームの画像）との差分となる画像Lossを算出する。情報処理装置は、画像Lossが最小となるようにCNNのパラメータを調整して機械学習する。

[0071] [5. 効果]

実施形態に係る学習方法は、コンピュータが実行する学習方法であって、LiDAR53によって取得される3次元点群データD1から間引いた所定数の点群データD2と、3次元点群データD1に対応する画像Pcとに基づいて画像に対応する深度画像Dmを生成し、3次元点群データD1から所定数の点群データD2が間引かれて残った点群データD3をグランドトゥールースとして、深度画像Dmとグランドトゥールースとの差分が小さくなるように、畳み込みニューラルネットワークの係数を調整して機械学習する。実施形態に係る学習方法によれば、LiDAR53から取得するロウデータのみを使用してグランドトゥールースを生成できるので、グランドトゥールースの生成に要する処理量を大幅に低減できる。

[0072] また、実施形態に係る学習方法は、画像P cに写る物体の種類を示すラベルと、画像P cにおける物体の領域を示すデータとが画像に対応付けられている場合に、物体の種類毎に、物体の領域に対応する3次元点群データD 1から間引く点群データの間引き率を変更する。。実施形態に係る学習方法によれば、3次元点群データD 1の全領域から一律に所定数の点群データD 2を間引くのではなく、被写体の特性や物体検出の用途に応じて、3次元点群データD 1の領域毎に適切な量の所定数の点群データD 2を間引くことができる。

[0073] また、実施形態に係る学習方法は、検出対象として主要な物体の領域における間引き率を、検出対象として主要でない物体の領域における間引き率よりも低くする。実施形態に係る学習方法によれば、検出対象として主要な物体の領域に対してより信頼性の高いグラントゥールスを生成することができる。

[0074] 実施形態に係る学習プログラムは、L i D A R 5 3によって取得される3次元点群データD 1から間引いた所定数の点群データD 2と、3次元点群データD 1に対応する画像P cとに基づいて画像P cに対応する深度画像D mを生成する手順と、3次元点群データD 1から所定数の点群データD 2が間引かれて残った点群データD 3をグラントゥールスとして、深度画像D mとグラントゥールスとの差分が小さくなるように、畳み込みニューラルネットワークの係数を調整して機械学習する手順とをコンピュータに実行させる。これにより、コンピュータは、L i D A R 5 3から取得するロウデータのみを使用してグラントゥールスを生成できるので、グラントゥールスの生成に要する処理量を大幅に低減できる。

[0075] 実施形態に係る情報処理装置は、L i D A R 5 3によって取得される3次元点群データD 1から間引いた所定数の点群データD 2と、3次元点群データD 1に対応する画像P cとに基づいて画像P cに対応する深度画像D bを生成し、3次元点群データD 1から所定数の点群データD 2が間引かれて残った点群データD 3をグラントゥールスとして、深度画像D mとグラント

トゥールースとの差分が小さくなるように、畳み込みニューラルネットワークの係数を調整して機械学習し、畳み込みニューラルネットワークに入力される3次元点群データおよび画像から物体を検出する情報処理部を備える。これにより、情報処理装置は、LiDAR53から取得するロウデータのみを使用してグラントゥールースを生成できるので、グラントゥールースの生成に要する処理量を大幅に低減できる。

[0076] 実施形態に係る情報処理方法は、コンピュータが実行する情報処理方法であって、LiDAR53によって取得される3次元点群データD1から間引いた所定数の点群データD2と、3次元点群データD1に対応する画像Pcとに基づいて画像Pcに対応する深度画像Dmを生成し、3次元点群データD1から所定数の点群データD2が間引かれて残った点群データD3をグラントゥールースとして、深度画像Dmとグラントゥールースとの差分が小さくなるように、畳み込みニューラルネットワークの係数を調整して機械学習し、畳み込みニューラルネットワークに入力される3次元点群データおよび画像から物体を検出する。これにより、コンピュータは、LiDAR53から取得するロウデータのみを使用してグラントゥールースを生成できるので、グラントゥールースの生成に要する処理量を大幅に低減できる。

[0077] 実施形態に係る情報処理プログラムは、LiDAR53によって取得される3次元点群データD1から間引いた所定数の点群データD2と、3次元点群データD1に対応する画像Pcとに基づいて画像Pcに対応する深度画像Dmを生成する手順と、3次元点群データD1から所定数の点群データD2が間引かれて残った点群データD3をグラントゥールースとして、深度画像Dmとグラントゥールースとの差分が小さくなるように、畳み込みニューラルネットワークの係数を調整して機械学習する手順と、畳み込みニューラルネットワークに入力される3次元点群データおよび画像から物体を検出する手順とをコンピュータに実行させる。これにより、コンピュータは、LiDAR53から取得するロウデータのみを使用してグラントゥールースを生成できるので、グラントゥールースの生成に要する処理量を大幅に低減できる。

。

[0078] なお、本明細書に記載された効果はあくまで例示であって限定されるものではなく、また他の効果があってもよい。

[0079] なお、本技術は以下のような構成も取ることができる。

(1)

コンピュータが実行する学習方法であって、

L i D A R (Light Detection And Ranging) によって取得される 3 次元点群データから間引いた所定数の点群データと、前記 3 次元点群データに対応する画像とに基づいて前記画像に対応する深度画像を生成し、

前記 3 次元点群データから前記所定数の点群データが間引かれて残った点群データをグラントゥールスとして、前記深度画像と前記グラントゥールスとの差分が小さくなるように、畳み込みニューラルネットワークの係数を調整して機械学習する

ことを含む学習方法。

(2)

前記画像に写る物体の種類を示すラベルと、前記画像における前記物体の領域を示すデータとが前記画像に対応付けられている場合に、前記物体の種類毎に、前記物体の領域に対応する前記 3 次元点群データから間引く点群データの間引き率を変更する

前記 (1) に記載の学習方法。

(3)

検出対象として主要な前記物体の領域における前記間引き率を、検出対象として主要でない前記物体の領域における前記間引き率よりも低くする

前記 (2) に記載の学習方法。

(4)

L i D A R によって取得される 3 次元点群データから間引いた所定数の点群データと、前記 3 次元点群データに対応する画像とに基づいて前記画像に対応する深度画像を生成する手順と、

前記 3 次元点群データから前記所定数の点群データが間引かれて残った点群データをグラントゥールスとして、前記深度画像と前記グラントゥールスとの差分が小さくなるように、畳み込みニューラルネットワークの係数を調整して機械学習する手順と

をコンピュータに実行させる学習プログラム。

(5)

L i D A R によって取得される 3 次元点群データから間引いた所定数の点群データと、前記 3 次元点群データに対応する画像とに基づいて前記画像に対応する深度画像を生成し、

前記 3 次元点群データから前記所定数の点群データが間引かれて残った点群データをグラントゥールスとして、前記深度画像と前記グラントゥールスとの差分が小さくなるように、畳み込みニューラルネットワークの係数を調整して機械学習し、

前記畳み込みニューラルネットワークに入力される 3 次元点群データおよび画像から物体を検出する情報処理部

を備える情報処理装置。

(6)

コンピュータが実行する情報処理方法であって、

L i D A R によって取得される 3 次元点群データから間引いた所定数の点群データと、前記 3 次元点群データに対応する画像とに基づいて前記画像に対応する深度画像を生成し、

前記 3 次元点群データから前記所定数の点群データが間引かれて残った点群データをグラントゥールスとして、前記深度画像と前記グラントゥールスとの差分が小さくなるように、畳み込みニューラルネットワークの係数を調整して機械学習し、

前記畳み込みニューラルネットワークに入力される 3 次元点群データおよび画像から物体を検出する

ことを含む情報処理方法。

(7)

L i D A Rによって取得される3次元点群データから間引いた所定数の点群データと、前記3次元点群データに対応する画像とに基づいて前記画像に対応する深度画像を生成する手順と、

前記3次元点群データから前記所定数の点群データが間引かれて残った点群データをグラントゥールスとして、前記深度画像と前記グラントゥールスとの差分が小さくなるように、畳み込みニューラルネットワークの係数を調整して機械学習する手順と、

前記畳み込みニューラルネットワークに入力される3次元点群データおよび画像から物体を検出する手順と

をコンピュータに実行させる情報処理プログラム。

符号の説明

- [0080] P c 画像
- D 1 3次元点群データ
- D 2 所定数の点群データ
- D 3 間引かれて残った点群データ
- D m 深度画像

請求の範囲

- [請求項1] コンピュータが実行する学習方法であって、
- L i D A R (Light Detection And Ranging) によって取得される 3 次元点群データから間引いた所定数の点群データと、前記 3 次元点群データに対応する画像とに基づいて前記画像に対応する深度画像を生成し、
- 前記 3 次元点群データから前記所定数の点群データが間引かれて残った点群データをグラントゥールスとして、前記深度画像と前記グラントゥールスとの差分が小さくなるように、畳み込みニューラルネットワークの係数を調整して機械学習することを含む学習方法。
- [請求項2] 前記画像に写る物体の種類を示すラベルと、前記画像における前記物体の領域を示すデータとが前記画像に対応付けられている場合に、前記物体の種類毎に、前記物体の領域に対応する前記 3 次元点群データから間引く点群データの間引き率を変更する
- 請求項 1 に記載の学習方法。
- [請求項3] 検出対象として主要な前記物体の領域における前記間引き率を、検出対象として主要でない前記物体の領域における前記間引き率よりも低くする
- 請求項 2 に記載の学習方法。
- [請求項4] L i D A R によって取得される 3 次元点群データから間引いた所定数の点群データと、前記 3 次元点群データに対応する画像とに基づいて前記画像に対応する深度画像を生成する手順と、
- 前記 3 次元点群データから前記所定数の点群データが間引かれて残った点群データをグラントゥールスとして、前記深度画像と前記グラントゥールスとの差分が小さくなるように、畳み込みニューラルネットワークの係数を調整して機械学習する手順と
- をコンピュータに実行させる学習プログラム。

[請求項5] L i D A Rによって取得される3次元点群データから間引いた所定数の点群データと、前記3次元点群データに対応する画像とに基づいて前記画像に対応する深度画像を生成し、

前記3次元点群データから前記所定数の点群データが間引かれて残った点群データをグラントゥールスとして、前記深度画像と前記グラントゥールスとの差分が小さくなるように、畳み込みニューラルネットワークの係数を調整して機械学習し、

前記畳み込みニューラルネットワークに入力される3次元点群データおよび画像から物体を検出する情報処理部

を備える情報処理装置。

[請求項6] コンピュータが実行する情報処理方法であって、

L i D A Rによって取得される3次元点群データから間引いた所定数の点群データと、前記3次元点群データに対応する画像とに基づいて前記画像に対応する深度画像を生成し、

前記3次元点群データから前記所定数の点群データが間引かれて残った点群データをグラントゥールスとして、前記深度画像と前記グラントゥールスとの差分が小さくなるように、畳み込みニューラルネットワークの係数を調整して機械学習し、

前記畳み込みニューラルネットワークに入力される3次元点群データおよび画像から物体を検出する

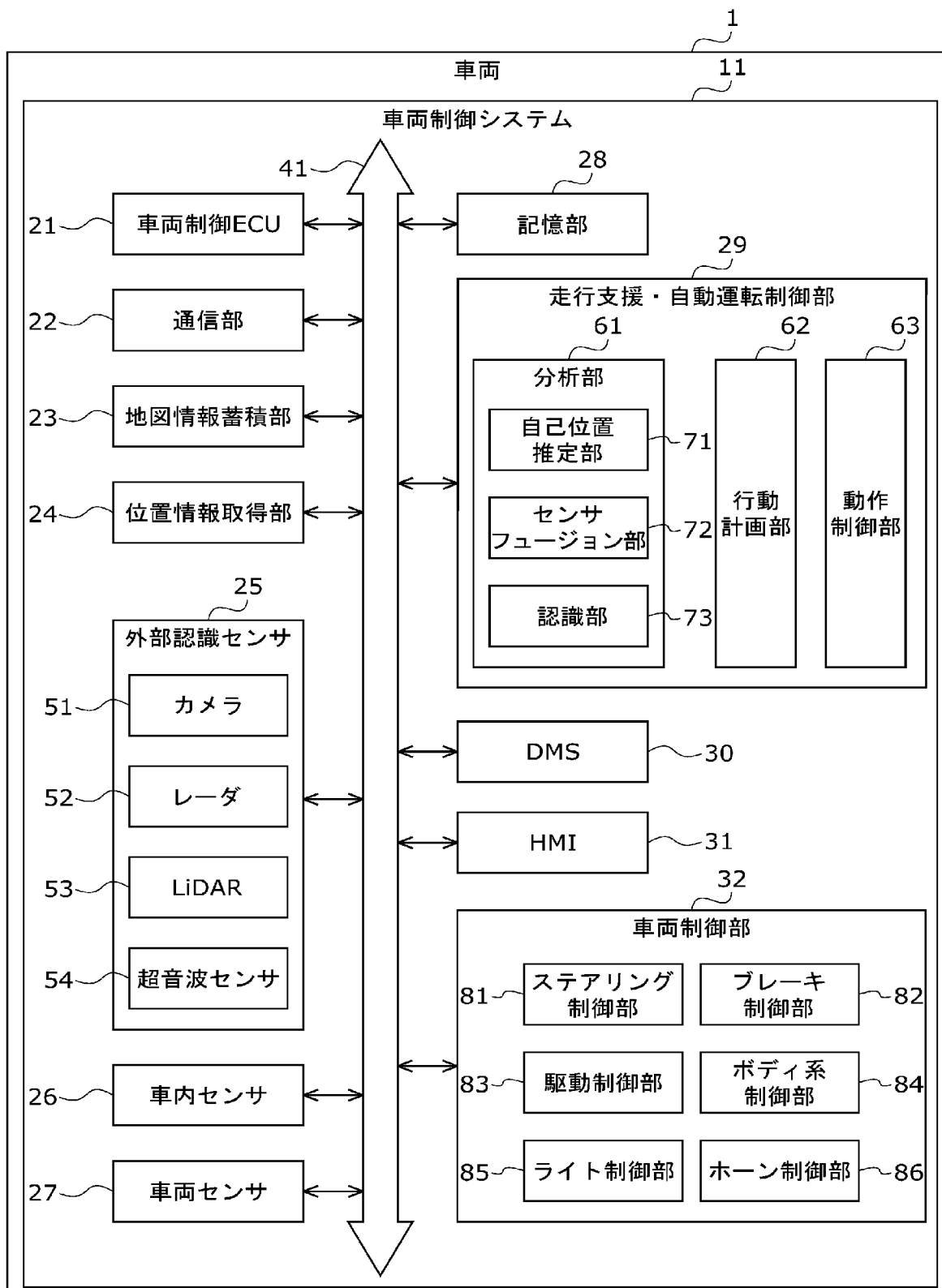
ことを含む情報処理方法。

[請求項7] L i D A Rによって取得される3次元点群データから間引いた所定数の点群データと、前記3次元点群データに対応する画像とに基づいて前記画像に対応する深度画像を生成する手順と、

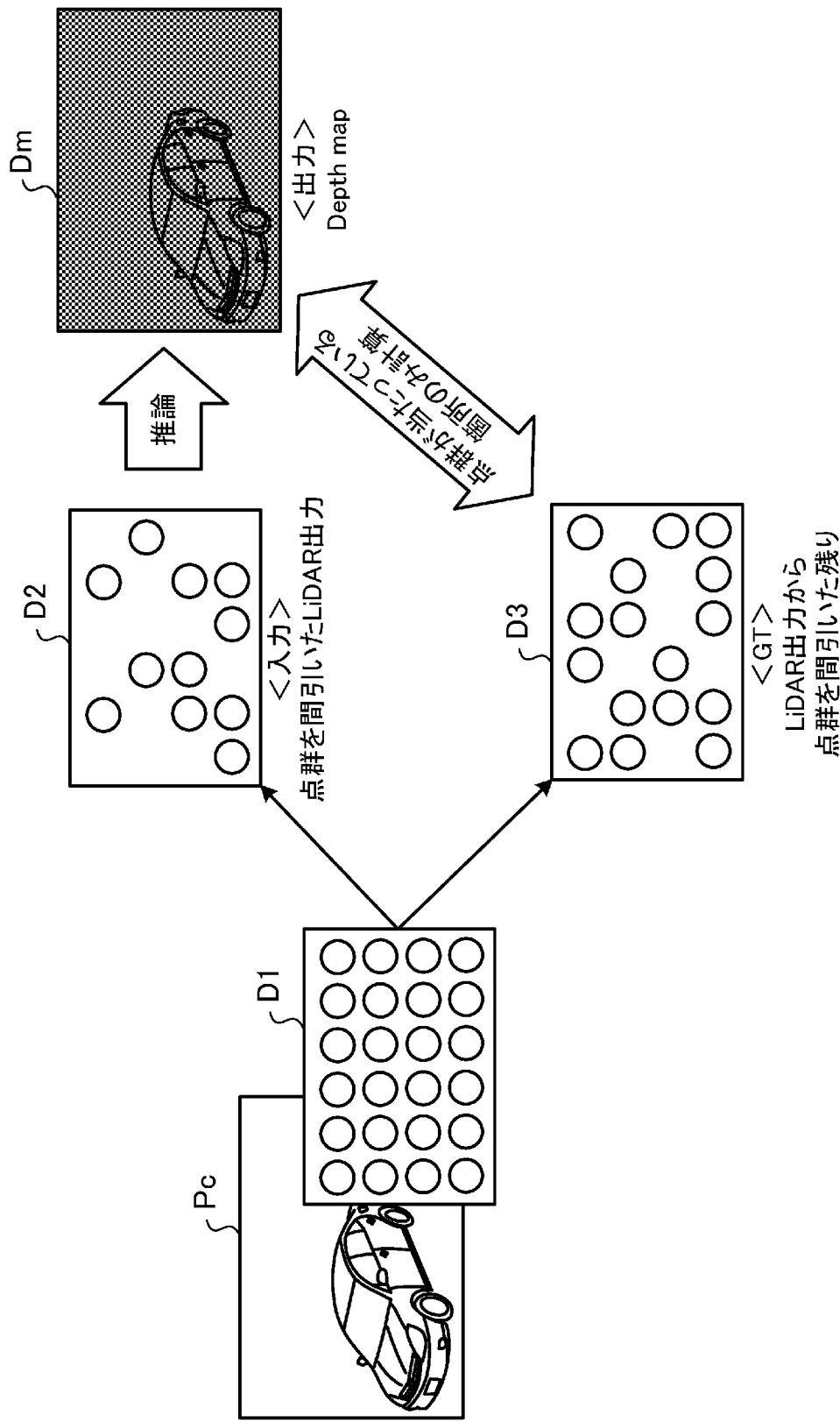
前記3次元点群データから前記所定数の点群データが間引かれて残った点群データをグラントゥールスとして、前記深度画像と前記グラントゥールスとの差分が小さくなるように、畳み込みニューラルネットワークの係数を調整して機械学習する手順と、

前記畳み込みニューラルネットワークに入力される３次元点群データおよび画像から物体を検出する手順と
をコンピュータに実行させる情報処理プログラム。

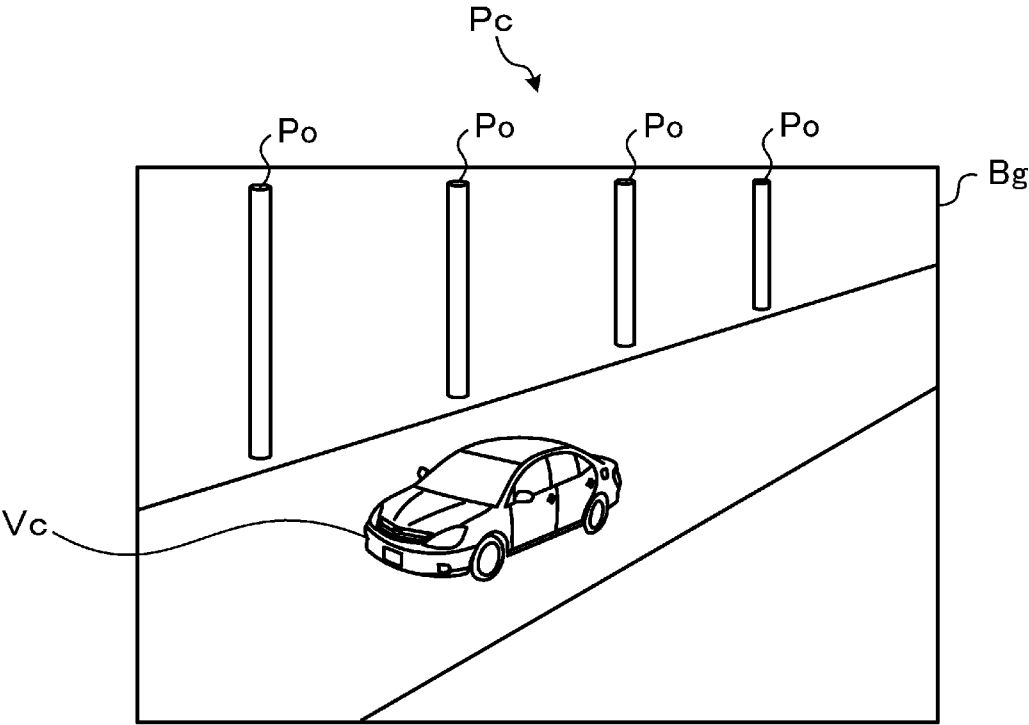
[図1]



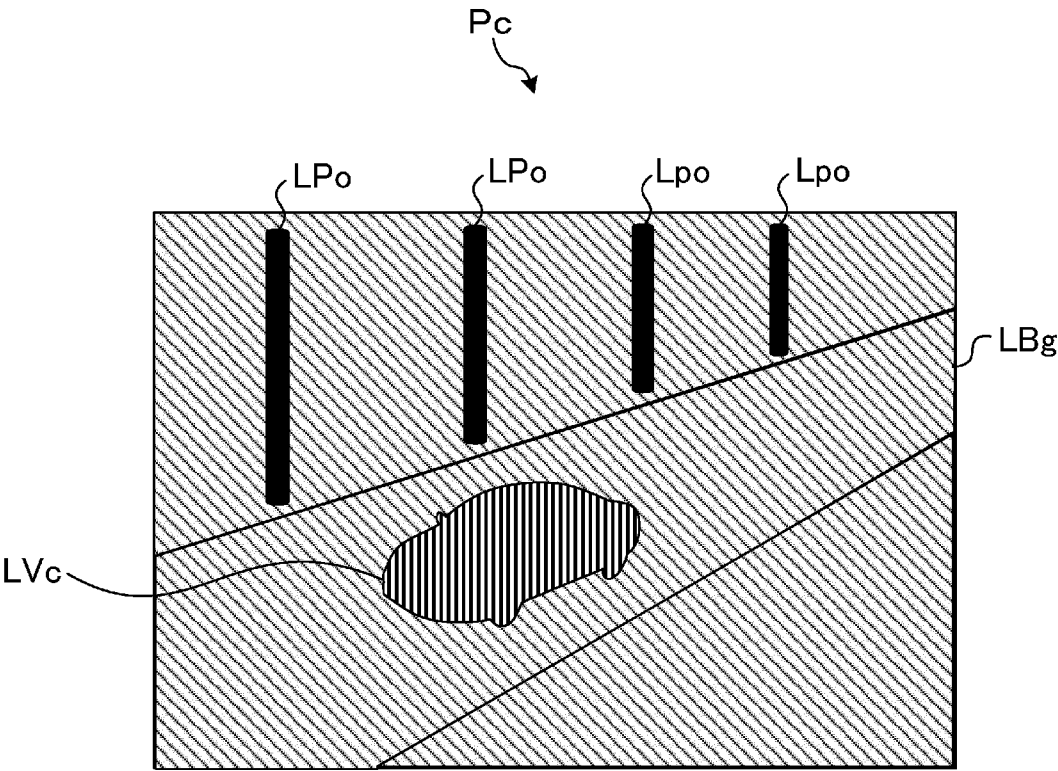
[図2]



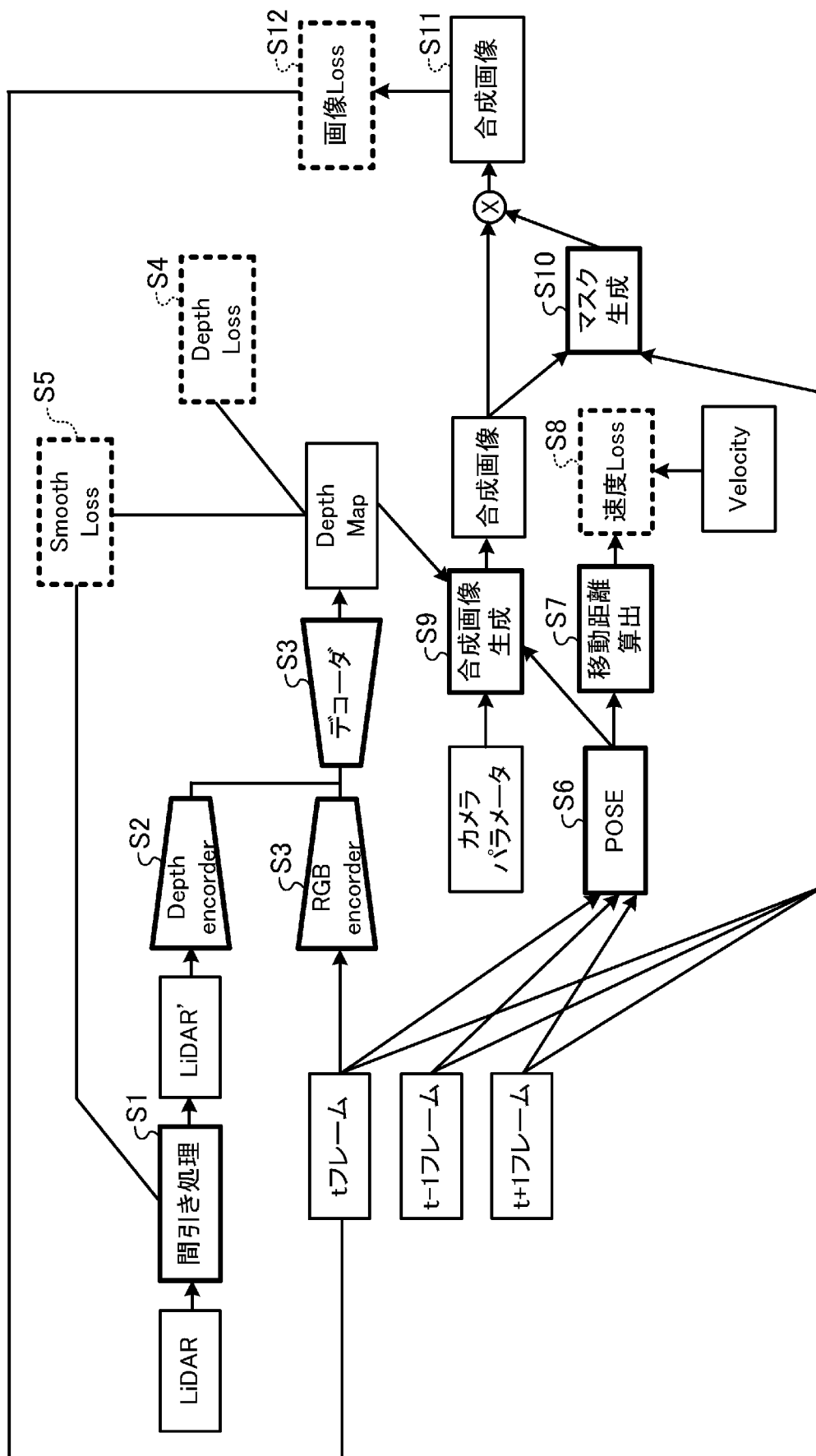
[図3]



[図4]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/038868

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G01S 17/89**(2020.01)i; **G06T 7/00**(2017.01)i

FI: G01S17/89; G06T7/00 350C

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)

G01S7/48-7/51; G01S17/00-17/95; G06T7/00;

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 1971-2022

Registered utility model specifications of Japan 1996-2022

Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

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 2020-146449 A (KYUSHU UNIV.) 17 September 2020 (2020-09-17) entire text, all drawings	1-7
A	WO 2020/116195 A1 (SONY SEMICONDUCTOR SOLUTIONS CORP.) 11 June 2020 (2020-06-11) entire text, all drawings	1-7
A	JP 2000-090272 A (HITACHI ZOSEN CORP.) 31 March 2000 (2000-03-31) entire text, all drawings	1-7
A	WO 2020/053611 A1 (TOYOTA MOTOR EUROPE) 19 March 2020 (2020-03-19) entire text, all drawings	1-7



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

02 November 2022

Date of mailing of the international search report

13 December 2022

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
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2022/038868

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2020-146449	A	17 September 2020	(Family: none)	
WO	2020/116195	A1	11 June 2020	EP	3893194 A1
JP	2000-090272	A	31 March 2000	(Family: none)	
WO	2020/053611	A1	19 March 2020	CN	112930554 A

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G01S 17/89(2020.01)i; G06T 7/00(2017.01)i FI: G01S17/89; G06T7/00 350C										
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）） G01S7/48-7/51; G01S17/00-17/95; G06T7/00;										
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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2022年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2022年	日本国実用新案登録公報	1996-2022年	日本国登録実用新案公報	1994-2022年
日本国実用新案公報	1922-1996年									
日本国公開実用新案公報	1971-2022年									
日本国実用新案登録公報	1996-2022年									
日本国登録実用新案公報	1994-2022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 2020-146449 A（国立大学法人九州大学）17.09.2020（2020-09-17） 全文、全図	1-7								
A	WO 2020/116195 A1（ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社）11.06.2020（2020-06-11） 全文、全図	1-7								
A	JP 2000-090272 A（日立造船株式会社）31.03.2000（2000-03-31） 全文、全図	1-7								
A	WO 2020/053611 A1（TOYOTA MOTOR EUROPE）19.03.2020（2020-03-19） 全文、全図	1-7								
☐ 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。										
<table border="0"> <tr> <td> * 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 “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 </td> <td> “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 </td> </tr> </table>			* 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 “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						
* 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 “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 02.11.2022	国際調査報告の発送日 13.12.2022									
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） 安井 英己 2M 6001 電話番号 03-3581-1101 内線 3216									

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/JP2022/038868

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	2020-146449	A	17.09.2020	(ファミリーなし)			
WO	2020/116195	A1	11.06.2020	EP	3893194	A1	
JP	2000-090272	A	31.03.2000	(ファミリーなし)			
WO	2020/053611	A1	19.03.2020	CN	112930554	A	