

(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  
2022年5月19日(19.05.2022)



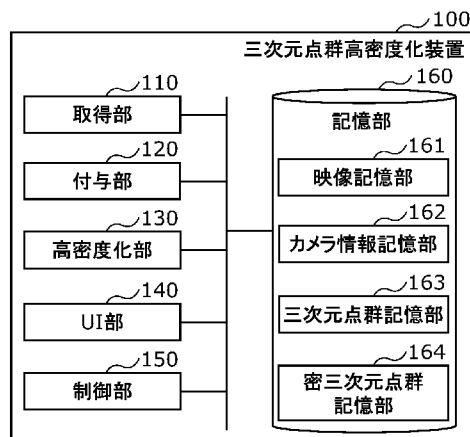
(10) 国際公開番号

WO 2022/102476 A1

- (51) 国際特許分類:  
G06T 19/20 (2011.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/040435
- (22) 国際出願日: 2021年11月2日(02.11.2021)
- (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 2020-190367 2020年11月16日(16.11.2020) 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]; 〒5406207 大阪府大阪市中央区城見2丁目1番6-1号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 松延 徹 (MATSUNOBU, Toru). 寺西 研翔 (TERANISHI, Kensho). 福田 将 貴 (FUKUDA, Masaki). 桂 右京 (KATSURA, Ukyou). 香林 誠 (KOHRIN, Makoto). 吉川 哲史(YOSHIKAWA, Satoshi).
- (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号タナカ・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, 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, IT, JO, JP, 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,

(54) Title: THREE-DIMENSIONAL POINT CLOUD DENSIFICATION DEVICE, THREE-DIMENSIONAL POINT CLOUD DENSIFICATION METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 三次元点群高密度化装置、三次元点群高密度化方法、及び、プログラム



- 100 Three-dimensional point cloud densification device  
110 Acquisition unit  
120 Imparting unit  
130 Densification unit  
140 UI unit  
150 Control unit  
160 Storage unit  
161 Image storage unit  
162 Camera information storage unit  
163 Three-dimensional point cloud storage unit  
164 Densified three-dimensional point cloud storage unit

(57) Abstract: A three-dimensional point cloud densification device (100) comprises: an acquisition unit (110) that acquires a plurality of three-dimensional points each indicating a three-dimensional position of at least one object, and auxiliary information for creating a polygon; and a densification unit (130) that specifies, on the basis of the auxiliary information, a polygon having at least three of the plurality of three-dimensional points as vertices, and that generates a new three-dimensional point in the specified polygon.

(57) 要約: 三次元点群高密度化装置(100)は、それぞれが少なくとも1つのオブジェクトの三次元位置を示す複数の三次元点と、ポリゴンを作成するための補助情報とを取得する取得部(110)と、補助情報に基づいて、複数の三次元点のうち少なくとも3つを頂点とするポリゴンを特定し、当該ポリゴン内に新たな三次元点を生成する高密度化部(130)と、を備える。

WO 2022/102476 A1

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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

## 明 細 書

発明の名称：

三次元点群高密度化装置、三次元点群高密度化方法、及び、プログラム  
技術分野

[0001] 本開示は、三次元点群高密度化装置、三次元点群高密度化方法、及び、プログラムに関する。

### 背景技術

[0002] 近年、人物又は建物等の被写体（オブジェクト）を多視点から撮影することにより得られる多視点画像を用いてオブジェクトの三次元形状を計測し、複数の三次元点（三次元点群）からなるオブジェクトの三次元モデルを生成する技術がある（例えば、特許文献1参照）。

[0003] 特許文献1に開示されている技術では、多視点画像を構成するそれぞれの画像が撮影された際のカメラパラメータ（カメラの位置、向き、ピクセル単位の焦点距離、及び、レンズ歪み等）を幾何学的に推定した後、推定したカメラパラメータを用いて各画像上の各画素を三次元空間上に投影することによりオブジェクトの三次元モデルを生成する。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0004] 特許文献1：特開2015-056142号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0005] 三次元点は、例えば、複数の画像に含まれるオブジェクトの特徴となる位置（特徴点）に基づいて生成される。

[0006] ここで、特徴点の数が少ない場合には、オブジェクトを構成する三次元点群における点の数が少なくなる。この場合、三次元点群には、三次元モデルを構成する三次元点として新たな三次元点が追加される。これにより、点が密な三次元点群が生成されることで、被写体に外観がより似ている三次元モ

デルが生成される。

[0007] このように、三次元モデルを構成する三次元点群に新たに三次元点を追加する場合、適切な位置に三次元点を追加する必要がある。

[0008] 本開示は、適切な位置に三次元点を生成できる三次元点群高密度化装置等を提供する。

### 課題を解決するための手段

[0009] 本開示の一態様に係る三次元点群高密度化装置は、それぞれが少なくとも1つのオブジェクトの三次元位置を示す複数の三次元点と、ポリゴンを作成するための補助情報とを取得する取得部と、前記補助情報に基づいて、前記複数の三次元点のうち少なくとも3つを頂点とするポリゴンを特定し、前記ポリゴン内に新たな三次元点を生成する高密度化部と、を備える。

[0010] また、本開示の一態様に係る三次元点群高密度化方法は、それぞれが少なくとも1つのオブジェクトの三次元位置を示す複数の三次元点と、ポリゴンを作成するための補助情報とを取得する取得ステップと、前記補助情報に基づいて、前記複数の三次元点のうち少なくとも3つを頂点とするポリゴンを特定する特定ステップと、前記ポリゴン内に新たな三次元点を生成する高密度化ステップと、を含む。

[0011] なお、本開示は、上記三次元点群高密度化方法に含まれる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されてもよい。また、本開示は、そのプログラムを記録したコンピュータによって読み取り可能なCD-ROM等の非一時的な記録媒体として実現されてもよい。また、本開示は、そのプログラムを示す情報、データ又は信号として実現されてもよい。そして、それらプログラム、情報、データ及び信号は、インターネット等の通信ネットワークを介して配信されてもよい。

### 発明の効果

[0012] 本開示によれば、適切な位置に三次元点を生成できる三次元点群高密度化装置等を提供できる。

### 図面の簡単な説明

[0013] [図1]図1は、実施の形態に係る三次元点群生成システムを説明するための図である。

[図2]図2は、実施の形態に係る三次元点群生成システムの構成を示すブロック図である。

[図3]図3は、実施の形態に係る三次元点群生成システムが生成する密三次元点群を説明するための図である。

[図4]図4は、実施の形態に係る三次元点群高密度化装置の構成を示すブロック図である。

[図5]図5は、実施の形態に係る三次元点群高密度化装置が備える各部の処理手順を示すシーケンス図である。

[図6]図6は、実施の形態に係る三次元点群高密度化装置の取得処理を示すフローチャートである。

[図7]図7は、実施の形態に係る三次元点群高密度化装置が備えるUI部が表示する画像の一例を示す図である。

[図8]図8は、実施の形態に係る三次元点群高密度化装置が備えるUI部がユーザによって操作される際の画像の一例を示す図である。

[図9]図9は、実施の形態に係る三次元点群高密度化装置が備えるUI部がユーザによって操作される際の画像の別の一例を示す図である。

[図10]図10は、実施の形態に係る三次元点群高密度化装置が実行する補助情報の生成方法の一例を説明するための図である。

[図11]図11は、実施の形態に係る三次元点群高密度化装置が実行する補助情報の生成方法の別の一例を説明するための図である。

[図12]図12は、実施の形態に係る三次元点群生成システムが備えるカメラでの撮影方法を説明するための図である。

[図13]図13は、実施の形態に係る三次元点群高密度化装置が実行する高密度化処理を説明するための図である。

[図14]図14は、実施の形態に係る三次元点群高密度化装置の処理手順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

[0014] (本開示の概要)

本開示の一態様に係る三次元点群高密度化装置は、それぞれが少なくとも1つのオブジェクトの三次元位置を示す複数の三次元点と、ポリゴンを作成するための補助情報とを取得する取得部と、前記補助情報に基づいて、前記複数の三次元点のうち少なくとも3つを頂点とするポリゴンを特定し、前記ポリゴン内に新たな三次元点を生成する高密度化部と、を備える。

[0015] これによれば、高密度化部は、補助情報に基づいて適切な少なくとも3つの三次元点を頂点とするポリゴンを特定できる。そのため、高密度化部は、特定したポリゴン内に三次元点を追加（生成）することで、適切な位置に新たな三次元点を生成できる。

[0016] また、例えば、前記取得部は、ユーザから指示を受け付けるための操作装置を介して、前記補助情報を取得し、前記指示は、前記ポリゴンの形状を指定する。

[0017] これによれば、高密度化部は、ユーザからポリゴンの形状の指定を取得してポリゴンを特定するため、ユーザが所望する位置に新たな三次元点を生成できる。

[0018] また、例えば、本開示に係る三次元点群高密度化装置は、さらに、前記少なくとも1つのオブジェクトを撮影することにより得られた画像データに基づいて前記補助情報を生成する生成部を備える。

[0019] また、例えば、前記生成部は、前記画像データに含まれる複数のオブジェクトの種別を示す種別情報を前記補助情報として生成して、前記複数の三次元点のそれぞれに対応する前記種別情報を、前記複数の三次元点のそれぞれに付与し、前記高密度化部は、前記オブジェクトの種別が同じ少なくとも3つの三次元点を頂点とする前記ポリゴンを特定する。

[0020] これによれば、高密度化部は、構成するオブジェクトの種別が同じ三次元点の間を補完するように新たな三次元点を生成できる。

[0021] また、例えば、前記生成部は、前記画像データに含まれるオブジェクトの

エッジを前記補助情報として生成し、前記高密度化部は、前記エッジと交差しない前記ポリゴンを特定する。

[0022] これによれば、高密度化部は、異なるオブジェクト間であって、オブジェクトが存在しない位置に新たな三次元点を生成することを抑制できる。

[0023] また、例えば、前記取得部は、前記少なくとも1つのオブジェクトを撮影することにより得られた複数の画像データを生成したカメラの撮影時の位置及びカメラの姿勢を示すカメラ情報を前記補助情報として取得し、前記高密度化部は、前記カメラ情報に基づいて、前記ポリゴンを特定する。

[0024] また、例えば、前記高密度化部は、前記カメラ情報に基づいて決定した、前記複数の三次元点を表現する仮想の三次元空間における上下方向に基づいて、所定の位置より下方に位置する前記複数の三次元点のうち少なくとも3つを頂点とする前記ポリゴンを特定する。

[0025] これによれば、高密度化部は、例えば、三次元点群に含まれる三次元点のうち、下方に位置する複数の三次元点を道路等の地面としてオブジェクトの種別を決定し、同じオブジェクトの種別の三次元点を頂点とするポリゴンを特定できる。

[0026] また、例えば、前記高密度化部は、前記カメラ情報に基づいて、前記上下方向における前記カメラの高さを決定し、決定した前記高さより下方に前記所定の位置を決定する。

[0027] これによれば、高密度化部は、カメラの高さから、さらに適切にオブジェクトの種別が地面である三次元点を特定できる。

[0028] また、例えば、前記高密度化部は、前記所定の位置より下方に位置する前記複数の三次元点のうち少なくとも3つを頂点とするポリゴンの法線方向と、前記上下方向とのなす角度に基づいて前記ポリゴンを特定する。

[0029] 例えば、地面又は道路等を構成する三次元点を頂点とするポリゴンの法線方向は、上下方向と同じ方向になりやすい。つまり、地面又は道路等を構成する少なくとも3つの三次元点を頂点とするポリゴンの法線方向と上下方向とのなす角度が平行ではなく大きすぎる場合、当該少なくとも3つの三次元

点の少なくとも1つが地面又は道路等を構成する三次元点ではなくノイズである可能性が高い。そのため、このような構成によれば、例えば、高密度化部は、地面又は道路等を構成する三次元点ではない可能性が高い三次元点を頂点とするポリゴン内に新たな三次元点を生成しないようにできる。

[0030] また、例えば、前記補助情報は、前記複数の三次元点のそれぞれが属するグループを示す情報であり、前記高密度化部は、前記補助情報に基づいて同じグループに属する三次元点をのうちの少なくとも3つを頂点とする前記ポリゴンを特定する。

[0031] これによれば、高密度化部は、例えば、オブジェクトの種別が同じ三次元点同士、画像データに含まれるオブジェクトのエッジを跨がずに線で結ぶことが可能な三次元点同士、又は、三次元点を表現する仮想の三次元空間（仮想空間）における所定の位置より下方に位置する三次元点同士等、構成するオブジェクトが同じ又は同じである可能性が高い三次元点同士を、同じグループに属する三次元点として示す補助情報に基づいてポリゴンを特定することで、構成するオブジェクトが同じ又は同じである可能性が高い三次元点を頂点とするポリゴンを特定できる。

[0032] また、本開示の一態様に係る三次元点群高密度化方法は、それぞれが少なくとも1つのオブジェクトの三次元位置を示す複数の三次元点と、ポリゴンを作成するための補助情報とを取得する取得ステップと、前記補助情報に基づいて、前記複数の三次元点のうちの少なくとも3つを頂点とするポリゴンを特定する特定ステップと、前記ポリゴン内に新たな三次元点を生成する高密度化ステップと、を含む。

[0033] これによれば、三次元点群高密度化装置と同様の効果を奏する。

[0034] なお、本開示は、上記三次元点群高密度化方法に含まれる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されてもよい。

[0035] 以下では、本開示に係る三次元点群高密度化装置等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、以下に説明する各実施の形態は、いずれも本開示の一具体例を示すものである。したがって、以下の各実施の形

態で示される数値、形状、材料、構成要素、構成要素の配置及び接続形態、ステップ、ステップの順序等は、一例であり、本開示を限定する主旨ではない。

[0036] また、以下の実施の形態における構成要素のうち、本開示の一形態に係る実現形態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、任意の構成要素として説明される。本開示の実現形態は、現行の独立請求項に限定されるものではなく、他の独立請求項によっても表現され得る。

[0037] また、各図は、模式図であり、必ずしも厳密に図示されたものではない。また、各図において、実質的に同一の構成に対しては同一の符号を付しており、重複する説明は省略又は簡略化する場合がある。

[0038] (実施の形態)

[三次元点群生成システム]

まず、実施の形態に係る三次元点群高密度化装置 100 を含む三次元点群生成システム 400 の構成について説明する。

[0039] 図 1 は、実施の形態に係る三次元点群生成システム 400 を説明するための図である。図 2 は、実施の形態に係る三次元点群生成システム 400 の構成を示すブロック図である。

[0040] 三次元点群生成システム 400 は、所定の領域を撮影する撮影装置（カメラ）である撮影部 300 と、撮影部 300 で生成された複数の画像（より具体的には、画像データ）に基づいて、複数の画像に含まれるオブジェクトの三次元モデルを構成する複数の三次元点からなる三次元点群（より具体的には、三次元点群を示す点群データ）を生成し、生成した三次元点群に対して、新たな三次元点を生成して追加した密三次元点群（より具体的には、密三次元点群を示すデータ）を生成するシステムである。

[0041] なお、オブジェクトとは、例えば、空間（所定の領域）内の少なくとも 1 つの物体を示す。或いは、例えば、オブジェクトとは、撮影で生成された場合は、少なくとも 1 つの被写体を示す。或いは、例えば、オブジェクトとは、測距で生成された場合は、少なくとも 1 つの計測対象を示す。

- [0042] また、オブジェクト（例えば、図1に示すオブジェクト700、701、702）の実物が撮影された複数の画像から、当該複数の画像に含まれるオブジェクト（例えば、図1に示すオブジェクト710、711、712）を仮想的な三次元空間に形状復元、つまり、表現（生成）された当該オブジェクトを、三次元モデルという。三次元モデルは、複数の三次元点の集合（三次元点群）である。
- [0043] また、所定の領域とは、静止している静止物体或いは人物等の動いている動体、又は、その両方をオブジェクトとして含む領域である。言い換えると、所定の領域は、例えば、静止している静止物体、及び、動いている動物体のうち少なくとも一方を被写体として含む領域である。静止物体と動物体とを含む所定の領域の例として、バスケットボール等のスポーツの試合、又は、人物或いは車が存在する街中等がある。また、所定の領域は、被写体となる特定の対象物だけではなく、風景等を含むシーンでもよい。以下では、特定の対象物だけではなく、風景等を含む所定の領域を、単にオブジェクトともいう。
- [0044] 点群データは、複数の三次元点のそれぞれのデータを含む情報である。三次元点は、例えば、少なくとも1つのオブジェクトの三次元位置（三次元座標）を示す情報である。三次元点には、例えば、互いに直交するX軸、Y軸、及び、Z軸からなる三次元空間のX成分、Y成分、及び、Z成分からなる三値情報（つまり、座標を示す位置情報）が含まれる。また、三次元点には、位置情報だけでなく、三次元点の色を示す色情報、三次元点及びその周辺の表面形状を表すテクスチャ情報等のいわゆる属性情報が含まれてもよい。
- [0045] 三次元点群生成システム400は、撮影部300と、三次元点群生成装置200と、三次元点群高密度化装置100と、を備える。
- [0046] 撮影部300は、オブジェクトを撮影するための撮影装置である。撮影部300は、例えば、1以上のカメラ301から構成され、オブジェクトを撮影することで生成した複数の画像を、三次元点群生成装置200に出力する。

- [0047] なお、撮影部300は、複数のカメラ301を備えてもよいし、1つのカメラ301を備えてもよい。例えば、ユーザは、1つのカメラ301を移動させながらカメラ301に互いに視点の異なる複数の画像（言い換えると、多視点映像データ）を生成させるように、カメラ301に撮影させてもよい。つまり、撮影部300が三次元点群生成装置200に出力する複数の画像は、撮影部300が有するカメラ301の位置及び姿勢の少なくとも一方が互いに異なるカメラ301により撮影（生成）された画像であればよい。
- [0048] また、カメラ301は、二次元画像を生成するカメラでもよいし、三次元モデルを生成する三次元計測センサを備えるカメラでもよい。本実施の形態では、撮影部300は、二次元画像を生成するカメラ301を有する。
- [0049] 撮影部300は、生成した画像を三次元点群生成装置200に出力できるように、有線又は無線によって、三次元点群生成装置200自体に、又は、通信機器若しくはサーバ等の図示しないハブに接続可能な構成となっている。
- [0050] なお、撮影部300が生成した画像は、リアルタイムに出力されてもよいし、画像が一度メモリ又はクラウドサーバ等の外部記憶装置に記録された後、それらの外部記憶装置から画像が出力されてもよい。
- [0051] また、撮影部300が複数のカメラ301を有する場合、複数のカメラ301は、それぞれ、互いに位置及び姿勢の少なくとも一方が異なるように、固定されたカメラ301であってもよい。カメラ301の姿勢とは、カメラ301の撮影方向、及び、カメラ301の傾きの少なくとも一方を示す。
- [0052] カメラ301の種別は、特に限定されない。カメラ301は、例えば、ビデオカメラ、スマートフォン、又は、ウェアラブルカメラ等のモバイルカメラであってもよいし、撮影機能付きドローン等の移動カメラであってもよいし、監視カメラ等の固定されたカメラでもよい。
- [0053] 三次元点群生成装置200は、撮影部300から出力された複数の画像に基づいて、三次元点群を生成する装置である。
- [0054] 三次元点群生成装置200は、例えば、複数の画像に基づいて、撮影部3

00が画像を生成した際の位置及び姿勢等を示すカメラ情報（カメラパラメータともいう）を推定（算出）する。

[0055] ここで、カメラ情報とは、カメラ301の特性を示すパラメータであり、カメラ301の焦点距離及び画像中心等からなる内部パラメータ、カメラ301の撮影時の位置（より具体的には、三次元位置）及び姿勢を示す外部パラメータ、並びに、カメラ301とオブジェクトとの距離等のパラメータである。また、カメラ301を移動させながらカメラ301で複数回撮影した場合には、カメラ情報には、複数の画像を生成したカメラ301の撮影時の軌跡を示す情報が含まれていてもよい。

[0056] なお、三次元点群生成装置200がカメラ301の位置及び姿勢を推定する推定方法は、特に限定されない。三次元点群生成装置200は、例えば、Visual-SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) 技術、Structure-from-Motion (SfM) 技術等を用いてカメラ301が画像を生成した際の位置及び姿勢を推定する。三次元点群生成装置200は、撮影部300にLiDARが含まれ、当該LiDARから得られる情報に基づいて、カメラ情報を推定してもよい。

[0057] また、カメラ情報は、撮影部300から三次元点群生成装置200に出力されてもよいし、三次元点群生成装置200が備える図示しないメモリに予め記憶されていてもよい。この場合、三次元点群生成装置200は、カメラ情報を推定しなくてもよい。

[0058] 三次元点群生成装置200は、カメラ情報と、複数の画像とに基づいて、三次元空間（仮想空間）における三次元モデル（三次元点群）を生成する。

[0059] 三次元点群生成装置200は、例えば、制御プログラムと、当該制御プログラムを実行するプロセッサ又は論理回路等の処理回路と、当該制御プログラムを記憶する内部メモリ又はアクセス可能な外部メモリ等の記録装置と、を備えるコンピュータシステムにより実現される。本実施の形態では、三次元点群生成装置200は、三次元点群高密度化装置100とともにコンピュ

ータ500として実現されている。

[0060] コンピュータ500は、プロセッサ、当該プロセッサが実行するプログラムが記憶されたメモリ、撮影部300等と通信するための通信インターフェース、ユーザからの入力を受け付ける操作装置510、画像及び三次元点群等を表示する表示装置520等を含む装置（システム）である。

[0061] 通信インターフェースは、アンテナと無線通信回路とを備える無線通信インターフェースでもよいし、通信線と接続されるコネクタを備える有線通信インターフェースでもよい。

[0062] 操作装置510は、ユーザが操作するユーザインターフェースであり、キーボード、マウス、タッチパネル等により実現される装置である。

[0063] 表示装置520は、画像及び三次元点群等を表示するためのディスプレイである。

[0064] 三次元点群生成装置200は、生成した三次元点群、及び、カメラ情報を三次元点群高密度化装置100に出力する。三次元点群生成装置200は、三次元点群を生成する際に用いた複数の画像も三次元点群高密度化装置100に出力してもよい。

[0065] なお、撮影部300と三次元点群生成装置200とは、撮影機能を有する1つのコンピュータとして一体に形成されていてもよい。

[0066] また、三次元点群生成装置200と三次元点群高密度化装置100とが互いに異なるコンピュータ等により実現されている場合、三次元点群生成装置200と三次元点群高密度化装置100とは、ネットワークを介して通信可能に接続されていてもよいし、HDD（Hard Disk Drive）等によってオフラインでデータのやり取りが可能に構成されていてもよい。

[0067] また、三次元点群高密度化装置100が、カメラ情報を算出してもよいし、カメラ情報を予め記憶していてもよい。この場合、三次元点群生成装置200は、カメラ情報を三次元点群高密度化装置100に出力しなくてもよい。

[0068] 三次元点群高密度化装置100は、三次元点群生成装置200が生成した

三次元点群に新たな三次元点を生成することで、密三次元点群を生成する装置である。

[0069] 三次元点群高密度化装置100は、例えば、制御プログラムと、当該制御プログラムを実行するプロセッサ又は論理回路等の処理回路と、当該制御プログラムを記憶する内部メモリ又はアクセス可能な外部メモリ等の記録装置と、を備えるコンピュータシステムにより実現される。本実施の形態では、三次元点群高密度化装置100は、三次元点群生成装置200とともにコンピュータ500として実現されている。

[0070] 三次元点群高密度化装置100と三次元点群生成装置200とは、1つのプロセッサによって実現されてもよいし、互いに異なるプロセッサにより実現されてもよい。また、三次元点群高密度化装置100と三次元点群生成装置200とのそれぞれが実行するプログラムは、1つのメモリに記憶されていてもよいし、互いに異なるメモリに記憶されていてもよい。

[0071] 図3は、実施の形態に係る三次元点群生成システム400が生成する密三次元点群を説明するための図である。

[0072] まず、図3の(a)に示すように、三次元点群生成装置200は、撮影部300で生成された複数の画像に基づいて、三次元点群を生成する。

[0073] 次に、図3の(b)に示すように、三次元点群高密度化装置100は、三次元点群に含まれる複数の三次元点を直線(メッシュ線ともいう)で結ぶことで、メッシュ化する。

[0074] なお、メッシュ化とは、三次元点同士をメッシュ線で結ぶことで複数の三次元点を頂点とするポリゴンを作成することをいう。メッシュは、複数のポリゴンによって形成される。

[0075] 図3の(b)に示す例では、それぞれが3つの三次元点を頂点として、ポリゴン720、721、722、723、724の5つのポリゴンが作成されている。ここで、三次元点群高密度化装置100は、メッシュ線同士が接触(交差)しないように、近接する三次元点同士をメッシュ線で結ぶ。もちろん、三次元点群高密度化装置100は、三次元点同士を結ぶためにメッシ

メッシュ線を生成する必要はなく、各三次元点を頂点とする領域（ポリゴン）が特定できればよい。

[0076] 次に、図3の(c)に示すように、三次元点群高密度化装置100は、メッシュ線で囲まれた領域に、つまり、ポリゴン内に、新たな三次元点（追加三次元点）を生成することで、密三次元点群を生成する。

[0077] なお、ポリゴン内とは、メッシュ線で囲まれた領域の内側だけでなく、メッシュ線上も含むことを意味する。

[0078] ここで、三次元点同士を結ぶ位置が適切でないと、つまり、少なくとも3つの三次元点を頂点とするポリゴンが適切に作成されないと、オブジェクトが存在しない位置に三次元点群が追加される等して、実際のオブジェクトの形状とは異なる三次元モデルが生成される虞がある。

[0079] そこで、三次元点群高密度化装置100は、ポリゴンを作成するための補助情報に基づいて、複数の三次元点のうちの少なくとも3つを頂点とするポリゴン内に新たな三次元点を生成する。

[0080] [三次元点群高密度化装置の構成]

続いて、三次元点群高密度化装置100の構成の詳細について説明する。

[0081] 図4は、実施の形態に係る三次元点群高密度化装置100の構成を示すブロック図である。

[0082] 三次元点群高密度化装置100は、取得部110と、付与部（生成部）120と、高密度化部130と、UI（User Interface）部140と、制御部150と、記憶部160と、を備える。

[0083] 取得部110は、三次元点群生成装置200から出力されたデータ、及び、記憶部160に記憶されているデータ等を取得する処理部である。取得部110は、例えば、三次元点群高密度化装置100が備える図示しない有線通信若しくは無線通信を行うための通信インターフェース又は通信線等を介して三次元点群生成装置200、記憶部160、及び、図示しないサーバ等の外部装置からデータを取得する。

[0084] 取得部110は、それぞれが少なくとも1つのオブジェクトの三次元位置

を示す複数の三次元点と、ポリゴンを作成（特定）するための補助情報とを取得する。

[0085] 少なくとも3つの三次元点を頂点とするポリゴンを作成するための情報は、主情報と、主情報以外の補助情報とを含む。主情報は、ポリゴンを作成するために用いられる周知の情報である。主情報は、例えば、2つの三次元点間の距離に関する。2つの三次元点間の距離が所定の閾値未満の場合、当該2つの三次元点を頂点とし、当該2つの三次元点を結ぶことでメッシュ線が規定される。補助情報は、適切なポリゴンを作成するために、三次元点、及び、2つの三次元点を結ぶメッシュ線のうちの少なくとも一方を取捨選択するために用いられる。

[0086] メッシュ線は、例えば、同じグループに属する三次元点同士で結ばれ、異なるグループに属する三次元点同士では結ばれない。このように、例えば、補助情報は、複数の三次元点のそれぞれが属するグループを示す情報である。

[0087] また、補助情報は、例えば、三次元点が構成するオブジェクトの種別を示す情報、ユーザにより任意に設定されたグループを示す情報、及び、三次元点群を生成する際に用いられた画像に含まれるオブジェクトを示す情報等である。

[0088] ここでいうエッジとは、画像に含まれるオブジェクトの外周を規定する線だけでなく、画像におけるオブジェクト内の稜線（異なる2面の境界線）であってもよい。また、エッジとは、コンピュータ上の三次元空間（つまり、複数の三次元点を表現する仮想の三次元空間）において三次元モデルを規定する線（三次元点の繋がり）であってもよい。さらに、エッジは、当該三次元モデル規定する線を二次元平面（例えば、画像）に投影したものであってもよい。

[0089] なお、上記したカメラ情報が、補助情報として用いられてもよい。

[0090] 或いは、補助情報は、メッシュ線で接続してもよい三次元点同士を示すリスト情報でもよい。

- [0091] 例えば、取得部110は、ユーザから指示を受け付けるための操作装置510を介して、補助情報を取得する。当該指示は、例えば、ポリゴンの形状を指定する指示である。ポリゴンの形状を指定する指示とは、具体的には、メッシュ線で結ぶべき三次元点を指定する指示、及び／又は、結ぶべきメッシュ線の位置を指定する指示である。
- [0092] 取得部110は、例えば、操作装置510と通信可能に接続されており、操作装置510を介してユーザから補助情報を取得する。
- [0093] また、例えば、取得部110は、少なくとも1つのオブジェクトを撮影することにより得られた複数の画像データを生成したカメラ301の撮影時の位置（つまり、軌跡）及びカメラの姿勢を示すカメラ情報を補助情報として取得する。取得部110は、カメラ情報を補助情報として取得してもよい。
- [0094] また、例えば、取得部110は、三次元点群が生成される際に用いられた複数の画像データを取得する。
- [0095] 付与部120は、補助情報を生成する処理部である。付与部120は、例えば、三次元点群に含まれる各三次元点のそれぞれに、当該各三次元点のそれぞれに対応した補助情報を付与する処理部である。付与するとは、例えば、三次元点のデータに、補助情報を追加する（紐付ける）ことを意味する。
- [0096] 例えば、付与部120は、少なくとも1つのオブジェクトを撮影することにより得られた画像データに基づいて補助情報を生成する。当該画像データは、例えば、三次元点群生成装置200が三次元点群を生成する際に用いた画像である。なお、当該画像データは、三次元点群生成装置200が三次元点群を生成する際に用いていない画像でもよい。
- [0097] 具体的には、付与部120は、取得部110が取得した画像データに含まれる複数のオブジェクトの種別を示す種別情報を補助情報として生成して、複数の三次元点のそれぞれに対応する種別情報を、複数の三次元点のそれぞれに付与する。
- [0098] 或いは、例えば、付与部120は、取得部110が取得した画像データに含まれるオブジェクトのエッジを補助情報として生成する。

- [0099] 高密度化部130は、三次元点群に新たな三次元点（より具体的には、三次元点を示すデータ）を生成して追加した密三次元点群（より具体的には、密三次元点群を示すデータ）を生成する処理部である。高密度化部130は、補助情報に基づいて、複数の三次元点のうち少なくとも3つを頂点とするポリゴンを特定（作成）し、特定したポリゴン内に新たな三次元点を生成する。
- [0100] なお、新たな三次元点は、例えば、少なくとも2つの三次元点間の補間で生成されてもよいし、少なくとも2枚の画像（例えば、カメラ301によって撮影されることで生成された画像）間の特徴点マッチングによって生成されてもよい。ただし、新たな三次元点の生成方法は、これら方法に限定されず、周知な方法であれば何でもよい。
- [0101] 例えば、高密度化部130は、操作装置510を介して取得部110がユーザから取得したポリゴンの形状を指定する補助情報に基づいて、複数の三次元点のうち少なくとも3つを頂点とするポリゴンを特定する。
- [0102] なお、ポリゴンを特定するとは、新たな三次元点を生成する位置を決定するための当該少なくとも3つの三次元点を頂点とする多角形の領域の位置を特定することを意味する。また、ポリゴンについてもメッシュ線と同様に、ポリゴンが作成される（つまり、メッシュ線が生成される）必要はなく、ポリゴンが特定されればよい。
- [0103] 例えば、高密度化部130は、補助情報に基づいて同じグループに属する三次元点をのうち少なくとも3つを頂点とするポリゴンを特定し、特定したポリゴン内に新たな三次元点を生成する。
- [0104] なお、高密度化部130は、補助情報に基づいて三次元点同士をメッシュ線で結ぶことでポリゴンを特定し、特定されたポリゴン内に新たな三次元点を生成してもよい。或いは、高密度化部130は、三次元点同士をメッシュ線で一度結ぶことでポリゴンを特定し、その後、補助情報に基づいて三次元点同士で結ばれたメッシュ線を一部削除し（つまり、メッシュ線で結んでいないとし）、残ったメッシュ線で形成されるポリゴン内に新たな三次元点

を生成してもよい。言い換えると、高密度化部130は、補助情報に基づいてポリゴンの頂点となる三次元点を決定してポリゴンを特定してもよいし、一旦ポリゴンを特定したうえで、補助情報に基づいて頂点となる三次元点を減らして追加三次元点を生成するポリゴンを再度特定してもよい。

[0105] 例えば、高密度化部130は、オブジェクトの種別が同じ少なくとも3つの三次元点を頂点とするポリゴンを特定し、特定したポリゴン内に新たな三次元点を生成する。なお、高密度化部130（又は、付与部120）は、新たに生成した三次元点に、当該3つの三次元点と同じ種別を示す種別情報を付与してもよい。

[0106] 或いは、例えば、高密度化部130は、エッジと交差しないポリゴンを特定し、特定したポリゴン内に新たな三次元点を生成する。例えば、高密度化部130は、エッジと交差しないように形成できるポリゴンを特定し、特定したポリゴン内に新たな三次元点を生成する。

[0107] 或いは、例えば、高密度化部130は、カメラ情報に基づいて、複数の三次元点のうち少なくとも3つを頂点とするポリゴンを特定し、特定したポリゴン内に新たな三次元点を生成する。具体的には、高密度化部130は、カメラ情報に基づいて決定した、複数の三次元点を表現する仮想の三次元空間における（つまり、コンピュータ上での仮想空間における）上下方向に基づいて、所定の位置より下方に位置する複数の三次元点のうち少なくとも3つを頂点とするポリゴンを特定し、特定したポリゴン内に新たな三次元点を生成する。

[0108] なお、所定の位置は、予め任意に定められてもよい。上記した通り、カメラ情報には、例えば、カメラ301の撮影時の位置を示す情報が含まれる。例えば、高密度化部130は、カメラ情報に基づいて、仮想の三次元空間での上下方向におけるカメラ301の高さを決定し、決定した高さに基づいて、より具体的には、決定した高さの下方に所定の位置を決定する。或いは、高密度化部130は、カメラ情報が示すカメラ301の位置（高さ）を所定の高さとしてもよい。

- [0109] なお、高密度化部130は、補助情報、及び、カメラ301の撮影時の軌跡及びカメラ301の姿勢の少なくとも一方を示すカメラ情報に基づいて、ポリゴンの頂点とする三次元点を決定してもよい。
- [0110] なお、カメラ情報は、カメラ301の撮影時の軌跡（移動軌跡）を示す情報を含み、高密度化部130は、カメラ情報に含まれるカメラ301の軌跡を示す情報に基づいて、複数の三次元点のうちの少なくとも3つを頂点とするポリゴンを特定してもよい。例えば、カメラ301の軌跡は、カメラ301が通過できる空間であることから、カメラ301の軌跡上には、オブジェクトが存在しない可能性が高い。そこで、高密度化部130は、カメラの軌跡を跨ぐようなメッシュ線を生成しない又は排除してもよい。
- [0111] UI部140は、ユーザからの入力を受け付けたり、ユーザに画像を表示するためのユーザインターフェースである。UI部140は、例えば、操作装置510、表示装置520等により実現される。
- [0112] 制御部150は、三次元点群高密度化装置100が備える各処理部、UI部140等の動作タイミング等を制御するための処理部である。
- [0113] 記憶部160は、三次元点群、密三次元点群、補助情報、複数の画像、カメラ情報等のデータ、三次元点群高密度化装置100が備える各処理部が実行する制御プログラム等を記憶する記憶装置である。記憶部160は、例えば、HDD、フラッシュメモリ等により実現される。
- [0114] 記憶部160は、例えば、映像記憶部161と、カメラ情報記憶部162と、三次元点群記憶部163と、密三次元点群記憶部164と、を含む。
- [0115] 映像記憶部161は、三次元点群の生成に用いられた複数の画像（複数の画像データ）を記憶する。
- [0116] カメラ情報記憶部162は、カメラ情報を記憶する。
- [0117] 三次元点群記憶部163は、三次元点群（三次元点群データ）を記憶する。
- [0118] 密三次元点群記憶部164は、密三次元点群（密三次元点群データ）を記憶する。なお、密三次元点群記憶部164は、三次元点群記憶部163に記

憶されている三次元点群に対して追加された三次元点の情報のみを記憶していてもよい。

[0119] なお、映像記憶部161と、カメラ情報記憶部162と、三次元点群記憶部163と、密三次元点群記憶部164とは、1つの記憶装置により実現されていてもよいし、互いに異なる記憶装置により実現されていてもよい。

[0120] [三次元高密度化装置の処理手順]

続いて、三次元点群高密度化装置100が実行する密三次元点群の生成の処理手順について、詳細に説明する。

[0121] <概要>

図5は、実施の形態に係る三次元点群高密度化装置100が備える各部（より具体的には、UI部140、取得部110、付与部120、及び、高密度化部130）の処理手順を示すシーケンス図である。

[0122] まず、取得部110は、高密度化部130が密三次元点群を生成するための情報を取得する（S101）。例えば、取得部110は、三次元点群及び補助情報等を記憶部160から取得する。

[0123] なお、取得部110は、例えば、UI部140を介してユーザから密三次元点群を生成する処理（高密度化処理）の実行を開始する指示を取得した場合に、ステップS101を開始してもよい。

[0124] 次に、UI部140は、ユーザからの指示を受け付けるための画像を表示する（S102）。ここで、例えば、三次元点群への補助情報の付与を、手動で行うか否かをユーザに選択させる。

[0125] 次に、例えば、UI部140がユーザから補助情報の入力を受け付けたか否かを判定する（S103）。当該判定は、三次元点群高密度化装置100が備える任意の処理部が実行すればよく、例えば、取得部110が実行してもよいし、制御部150が実行してもよい。

[0126] UI部140がユーザから補助情報の入力を受け付けていないと判定した場合（S103でN）、付与部120は、各三次元点のそれぞれに応じた補助情報を生成する（S104）。

[0127] 取得部110は、UI部140がユーザから補助情報の入力を受け付けたと判定された場合（S103でYes）、UI部140から補助情報を取得し、付与部120が補助情報を生成した場合（S104）、付与部120から補助情報を取得する（S105）。

[0128] 次に、高密度化部130は、三次元点群と、取得部110が取得した補助情報とに基づいて、新たな三次元点を生成する（S106）。

[0129] <取得処理>

図6は、実施の形態に係る三次元点群高密度化装置100の取得処理を示すフローチャートである。

[0130] まず、取得部110は、三次元点群生成装置200から三次元点群を取得し、取得した三次元点群を三次元点群記憶部163に記憶させる（S201）。

[0131] 次に、取得部110は、三次元点群生成装置200から、ステップS201で取得した三次元点群と同じ空間で撮影された画像を取得し、取得した画像を映像記憶部161に記憶させる（S202）。同じ空間で撮影された画像とは、例えば、三次元点群を生成するために用いられた複数の画像である。或いは、同じ空間で撮影された画像としては、SfM等のように画像に基づいて三次元点群の生成が行われた場合には当該画像、レーザスキャンが用いられて三次元点群の生成が行われた場合には三次元点群の各三次元点の色を示す属性情報を付与するために当該レーザスキャンを実行したレーザ装置との位置関係が既知であるカメラ301で撮影された画像等が例示される。

[0132] 次に、取得部110は、三次元点群生成装置200から、ステップS202で取得した画像を撮影した際のカメラ301の三次元位置及び姿勢を示すカメラ情報を取得し、取得したカメラ情報をカメラ情報記憶部162に記憶させる（S203）。カメラ情報には、例えば、SfM等のように画像に基づいて三次元点群の生成が行われた場合には、当該画像が撮影された際のカメラ301の三次元位置及び姿勢が含まれる。或いは、カメラ情報には、レーザスキャンが用いられて三次元点群の生成が行われた場合には、レーザス

キャンを実行したレーザ装置との位置関係が既知であるカメラ301の三次元位置及び姿勢を示す情報が含まれる。カメラ情報には、当該レーザ装置の三次元位置を示す情報が含まれていてもよい。

[0133] なお、取得部110は、三次元点群と同じ空間を撮影した画像であれば、どのような画像を取得してもよい。例えば、取得部110は、三次元点群生成装置200が三次元点群の生成に利用していない画像、及び、当該画像を生成したカメラの、GPS (Global Positioning System) 又はジャイロセンサ等により位置及び姿勢を示すカメラ情報を取得してもよい。

[0134] また、取得部110は、画像及びカメラ情報に関しては、三次元点群に対する補助情報として利用しない場合、取得しなくてもよい。

[0135] これによれば、三次元点群高密度化装置100が実行する処理を削減でき、且つ、記憶部160に記憶する情報を削減できる。

[0136] <表示例>

図7は、実施の形態に係る三次元点群高密度化装置100が備えるUI部140が表示する画像の一例を示す図である。なお、図7には、UI部140が備える、画像を表示する表示装置を示している。

[0137] UI部140は、図5に示すステップS102では、例えば、図7に示すように、点群画像600と、重畳画像610と、調整部620を含む画像と、選択部630を含む画像と、を表示する。

[0138] 点群画像600は、三次元点群を含む画像である。

[0139] 重畳画像610は、三次元点群を生成するために用いられた画像（二次元画像）に、三次元点群が重畳された画像である。

[0140] 調整部620を含む画像は、ユーザからの入力を受け付けて、三次元点群を表示する向きを変更するための画像である。UI部140は、例えば、調整部620で受け付けた入力に応じて、点群画像600として表示している画像の三次元点群の向きを変更する。これにより、ユーザは、調整部620を操作することで、三次元点群を様々な角度から確認することができる。

[0141] 選択部630を含む画像は、ユーザからの入力を受け付けて、自動で（例えば、付与部120が）補助情報を生成するか、ユーザが補助情報を決定するかを決定するための画像である。例えば、ユーザが「自動」を選択した場合（図5に示すステップS103でNo）、付与部120は、補助情報を生成するための処理（図5に示すステップS104）を行う。一方、例えば、ユーザが「手動」を選択した場合（図5に示すステップS103でNo）、UI部140は、補助情報の入力を受け付けるための画像に表示している画像を切り替える。

[0142] 図8は、実施の形態に係る三次元点群高密度化装置100が備えるUI部140がユーザによって操作される際の画像の一例を示す図である。具体的には、図8の（a）は、ユーザが選択部630で「手動」を選択した際にUI部140が表示する画像の一例を示す図である。また、図8の（b）は、ユーザがUI部140を操作することで、補助情報を入力している様子を示す画像の一例を示す図である。また、図8の（c）は、ユーザがUI部140を操作することで、補助情報を入力している様子を示す画像の別の一例を示す図である。

[0143] UI部140は、ユーザから選択部630を介して「手動」の入力を受け付けた場合、図8の（a）に示すように、三次元点群を示す画像を表示する。

[0144] この場合、ユーザは、図8の（b）に示すように、UI部140が備える操作装置を操作することで、カーソル640を動かして三次元点を選択し、選択した三次元点にオブジェクトの種別等を示す種別情報を補助情報として入力する。

[0145] 例えば、図8に示す例では、補助情報が入力（付与）されていない三次元点群を白丸で示し、補助情報が入力（付与）された三次元点にハッチングを付して示している。このように、ユーザは、UI部140に表示された三次元点群を見ながら、三次元点毎に、例えば、オブジェクトの種別が「木」である「第1種別」、オブジェクトの種別が「家」である「第2種別」等のよ

うに、三次元点毎に補助情報を付与していく。

[0146] なお、図8の(c)に示すように、ユーザがカーソル640をドラッグ操作で操作軌跡650の示すように移動させることで、三次元点群をまとめて選択できるように、UI部140が処理してもよい。

[0147] 図9は、実施の形態に係る三次元点群高密度化装置100が備えるUI部140がユーザによって操作される際の画像の別の一例を示す図である。図9の(a)は、図8の(a)に対応する図であり、図9の(b)は、図8の(b)に対応する図であり、図9の(c)は、図8の(c)に対応する図である。

[0148] 図9に示す例では、図8とは異なり、UI部140は、画像(二次元画像)に三次元点群を重畳して表示している。

[0149] これによれば、三次元点が構成するオブジェクトの種別をユーザが適切に選択しやすくなる。

[0150] なお、図7には、選択部630として「自動」と「手動」とのボタン(ユーザが選択する部分)を示しているが、選択部630は、補助情報をユーザが入力するか付与部120に生成させるかを選択できればよい。

[0151] また、選択部630には、「自動」及び「手動」の以外に、「半自動」等の選択肢があってもよい。例えば、ユーザが「半自動」を選択した場合、付与部120は、補助情報を生成する。次に、UI部140は、付与部120が生成した補助情報を含む画像を表示する。さらに、ユーザは、付与部120が生成した補助情報を変更する場合、UI部140を操作することで、変更後の補助情報を入力する。

[0152] これにより、ユーザは、付与部120によって大まかには正しく補助情報が付与された状況から補助情報を入力する作業を開始できる。そのため、ユーザが意図通りに各三次元点に補助情報を入力する作業量を削減できる。

[0153] <補助情報生成>

図10は、実施の形態に係る三次元点群高密度化装置100が実行する補助情報の生成方法の一例を説明するための図である。具体的には、図10の

(a) は、カメラ301が撮影する様子を上方から見た場合を示す概略図であり、図10の(b)は、図10の(a)でカメラ301により生成された画像の一例を示す図であり、図10の(c)は、付与部120が図10の(b)に示す画像を画像認識(物体認識)した例を示す図である。

[0154] 図10に示す例では、付与部120は、画像認識することで、画像に含まれるオブジェクトの種別を認識(識別)している。

[0155] 高密度化される三次元点群を生成する際に用いられた画像を生成したカメラ301の位置と、当該三次元点群に対応する実際のオブジェクトの位置とが既知である場合、三次元点と当該画像に含まれる画素との関係が一意に定まる。

[0156] そのため、三次元点が、画像に含まれるどのオブジェクトを構成する三次元点であるかをグループ分けすることで、オブジェクト間を跨ぐようなメッシュ線が生成されることを抑制することができる。

[0157] これにより、高密度化部130は、三次元点群に対して精度よく、つまり、適切な位置に三次元点を追加するように高密度化処理ができる。

[0158] 図10に示す例では、付与部120は、画像認識することで、画像に含まれる各画素が構成するオブジェクトの種別を識別する。さらに、付与部120は、三次元点と当該画像に含まれる画素との関係から、各三次元点が構成するオブジェクトの種別を示す種別情報を、三次元点毎に補助情報として生成して付与する。高密度化部130は、同じ種別情報が付与された三次元点を頂点とするポリゴンを特定する。

[0159] なお、オブジェクトの種別を認識する方法は、特に限定されない。付与部120は、例えば、セマンティックセグメンテーションのように、画像認識によって各画素が構成するオブジェクトの種別を認識してもよい。或いは、付与部120は、例えば、インスタンスセグメンテーションのように、同じ種別のオブジェクトでも個体が異なる場合には別の種別として取り扱ってもよい。例えば、付与部120は、「木」と識別されるオブジェクトが画像に2つ存在する場合、一方の「木」と他方の「木」とで異なるオブジェクトで

あるとしてもよい。

[0160] 図11は、実施の形態に係る三次元点群高密度化装置100が実行する補助情報の生成方法の別の一例を説明するための図である。具体的には、図11の(a)は、カメラ301が撮影する様子を上方から見た場合を示す概略図であり、図11の(b)は、図11の(a)でカメラ301により生成された画像の一例を示す図であり、図11の(c)は、付与部120が図11の(b)に示す画像を画像認識した例を示す図である。

[0161] 図11に示す例では、付与部120は、上記した画像認識することで、画像に含まれる各画素が構成するオブジェクトのエッジを示す補助情報として抽出(生成)する。例えば、付与部120は、Canny法等により、画像に含まれるオブジェクトのエッジを抽出する。この際、付与部120は、エッジを跨がない(つまり、ある点で交わるように交差しない)ように、メッシュ線で結ぶことができる三次元点に同じ情報(接続情報)を付与してもよい。例えば、付与部120は、各三次元点のそれぞれで固有のID(identified)情報と、接続情報とを紐付けて、記憶部160に記憶させる。

[0162] 高密度化部130は、例えば、同じ接続情報を有する三次元点を頂点とするポリゴンを特定する。これにより、高密度化部130は、付与部120が抽出したエッジを跨がない(つまり、ある点で交わるように交差しない)ように、メッシュ線で三次元点同士を結ぶことができる。つまり、高密度化部130は、エッジに基づいてメッシュ線を結ぶ箇所を限定して、三次元点群をメッシュ化できる。

[0163] これによれば、三次元点群により構成されるオブジェクトの輪郭となりやすい位置でメッシュ線が交差することを抑制できる。また、異なるオブジェクト間を跨ぐようにメッシュ線が結ばれることを抑制できる。

[0164] なお、高密度化部130は、カメラ301としてステレオカメラ又はRGB-Dカメラが採用されている場合、画像から得られる深度情報と付与部120が生成したエッジ情報とに基づいて、三次元点群をメッシュ化してもよ

い。

[0165] これによれば、三次元点群生成装置 200 から取得した三次元点群が疎な（言い換えると、三次元点群に含まれる三次元点の数が少ない）場合に、オブジェクトの輪郭周辺の三次元点が少なく適切にメッシュ化できないときでも、深度情報に基づいて適切な位置に三次元点を追加できる。

[0166] なお、高密度化部 130 は、取得部 110 が取得した点群データに示される三次元点群に含まれる三次元点の数を判定し、所定数より少ない場合に高密度化処理をし、所定数以上の場合に高密度化処理をしない等の判定を実行してもよい。

[0167] 図 12 は、実施の形態に係る三次元点群生成システム 400 が備えるカメラ 301 での撮影方法を説明するための図である。

[0168] 高密度化部 130 は、カメラ 301 の位置及び姿勢の少なくとも一方を示すカメラ情報に基づいて、各三次元点が属するグループを決定してもよい。

[0169] 例えば、カメラ 301 は、地面から同じ高さを維持して撮影等を行うことが多い。また、カメラ 301 での撮影時には、地面が画像の下側（下方）に位置することが一般的である。

[0170] そこで、例えば、ユーザは、カメラ 301 を水平又は地面に対して平行に移動させながら撮影するとする。また、例えば、ユーザは、下方に地面が位置するようにカメラ 301 で撮影するとする。

[0171] このような条件であれば、付与部 120 は、高密度化される三次元点群を生成する際に用いられた画像を生成したカメラ 301 の位置と、当該三次元点群に対応する実際のオブジェクトの位置とが既知である場合、カメラ 301 の軌跡を示す軌跡情報に基づいて、カメラ 301 の下方（例えば、図 12 に示す地面方向）に位置する地面の位置を特定し、特定された位置に位置する三次元点のオブジェクトの種別を「地面」とすることができる。

[0172] 例えば、付与部 120 は、カメラ情報に示されるカメラ軌跡に基づいて、カメラ 301 が通過する平面の位置を推定する。また、付与部 120 は、推定した平面を地面と平行な平面と推定する。これによれば、カメラ 301 が

ら地面が位置する向きを示す情報、つまり、上下方向を示す情報、及び、カメラ301から地面までの高さを示す情報に基づいて、三次元点群における地面に対応する位置が特定できるため、当該位置に位置する三次元点に「地面」という補助情報を付与できる。

[0173] このように、例えば、付与部120は、地面と平行な平面である推定した平面に基づいて、三次元点群が配置される仮想の三次元空間における上下方向（重力方向）を推定して、推定した上下方向を示す情報を補助情報として生成してもよい。

[0174] これによれば、付与部120は、上下方向に基づいて、平面を構成する複数の三次元点のオブジェクトの種別を推定したり、除去したりできる。

[0175] 例えば、高密度化部130は、所定の位置より下方に位置する複数の三次元点のうち少なくとも3つを頂点とするポリゴンの法線方向と、当該上下方向とのなす角度に基づいてポリゴンを特定する。具体的に例えば、高密度化部130は、所定の位置より下方に位置する複数の三次元点のうち少なくとも3つを頂点とするポリゴンの法線方向と、当該上下方向とのなす角度が所定の角度以上であるか否かを判定し、所定の角度以上であると判定した場合、所定の位置より下方に位置する複数の三次元点のうち少なくとも3つを頂点とするポリゴン内には新たな三次元点を生成しない。

[0176] 或いは、例えば、高密度化部130は、付与部120が推定した上下方向に対して、法線方向が所定の角度以上の平面を構成する三次元点については、除去する。具体的には、高密度化部130は、所定の位置より下方に位置する複数の三次元点のうち少なくとも3つを頂点とするポリゴンの法線方向と、当該上下方向とのなす角度が所定の角度以上であるか否かを判定し、所定の角度以上であると判定した場合、所定の位置より下方に位置する複数の三次元点のうち少なくとも3つを頂点とするポリゴン内には新たな三次元点を生成せずに、所定の位置より下方に位置する複数の三次元点のうち少なくとも3つのうちの少なくとも1つを除去する。当該少なくとも3つの三次元点全てを除去してもよいし、例えば、複数のポリゴンのうちの他のポ

リゴンの頂点になっていない三次元点等、他の条件にも基づいて除去する三次元点を決定して除去してもよい。

[0177] 付与部120が推定した上下方向に対して、法線方向が所定の角度以上の平面を構成する三次元点は、異なるオブジェクト間を跨ぐようなノイズである可能性が高いためである。これにより、高密度化部130は、高密度化した際に、精度の悪い高密度化をした場合においても、つまり、適切ではない位置に三次元点を追加した場合においても、適切ではない位置に追加した三次元点を適切に除去できる。

[0178] なお、高密度化部130が三次元点を除去する場合、当該三次元点のデータを記憶部160から削除してもよいし、当該三次元点を例えば表示装置520に表示させないようにして当該三次元点のデータを記憶部160から削除しなくてもよい。

[0179] また、所定の角度は、予め任意に定められてもよく、特に限定されない。

[0180] また、例えば、付与部120は、上下方向に対して法線方向が直交する平面を構成する三次元点については、オブジェクトの種別を壁と推定できる。

[0181] また、上記した通り、カメラ301での撮影時には、建屋等の天井が画像の上側に位置することが一般的である。そのため、付与部120は、オブジェクトの種別を「地面」と推定する方法と同様に、高密度化される三次元点群を生成する際に用いられた画像を生成したカメラ301の位置と、当該三次元点群に対応する実際のオブジェクトの位置とが既知である場合、カメラ301の軌跡を示す軌跡情報に基づいて、カメラ301の上方に位置する天井の位置を特定し、特定された位置に位置する三次元点のオブジェクトの種別を「天井」とすることができる。

[0182] <高密度化処理>

図13は、実施の形態に係る三次元点群高密度化装置100が実行する高密度化処理を説明するための図である。具体的には、図13の(a)は、取得部110が取得する三次元点群及び補助情報を示す図である。また、図13の(b)は、図13の(a)に示す三次元点群に対して高密度化部130

がメッシュ線を結んだ状態を示す図である。また、図13の(c)は、高密度化部130が図13の(a)に示す三次元点群に対して高密度化処理を行った、つまり、三次元点群に対して新たな三次元点を生成することにより生成した密三次元点群を示す図である。

[0183] なお、図13の(a)には、付与部120が、各三次元点にオブジェクトの種別を示す種別情報を補助情報として付与した例を示している。

[0184] 例えば、取得部110は、三次元点群記憶部163に記憶されている三次元点群を取得する。次に、付与部120は、例えば、映像記憶部161に記憶されている画像について画像認識をすることで、当該画像に含まれる各画素について、画素が構成するオブジェクトの種別を識別する。次に、各画素に対応する三次元点に、各画素が構成するオブジェクトの種別を示す種別情報を補助情報として付与する。これにより、図13の(a)に示すように、各三次元点は、例えば、「木」、「家」、「道路」等の種別情報が付与される。

[0185] なお、三次元点には、例えば、「道路」及び「家」等のように、複数の種別を示す種別情報が付与されてもよい。

[0186] 次に、高密度化部130は、図13の(b)に示すように、同じ種別を示す種別情報が付与された三次元点を頂点とするポリゴンを特定する。例えば、高密度化部130は、種別情報に示される種別が少なくとも1つ同じ三次元点同士をメッシュ線で結ぶようにメッシュ化することで、ポリゴンを特定する。

[0187] 次に、高密度化部130は、図13の(c)に示すように、ポリゴン内に新たな三次元点を生成することで、密三次元点群を生成する。

[0188] このように、高密度化部130は、例えば、同じ種別の三次元点同士のみをメッシュ線で結ぶようにすることで、道路、木、又は、家等の異なるオブジェクトを構成する三次元点を結ぶメッシュ線を生成することを抑制できる。

[0189] 高密度化部130は、例えば、画像に三次元点を投影してメッシュ化を行

う。メッシュ化の方法としては、ドロネー三角形分割等が例示される。

[0190] なお、高密度化部130は、付与部120によるインスタンスセグメンテーションの結果等がある場合、例えば、同じ種別を示す種別情報が付与された三次元点と同じ領域（つまり、三次元点で囲まれる領域）内にしか、同じ種別を示す種別情報が付与された三次元点をメッシュ線で結ぶことができない等の制約の下でメッシュ化を行ってもよい。

[0191] これによれば、種別情報が示す種別が同じであって、且つ、異なるオブジェクトを構成する三次元点が隣接している場合等に、当該三次元点同士を結ぶメッシュ線が生成されることが抑制される。

[0192] また、高密度化部130は、密三次元点群を投影（逆投影）して密な深度画像を生成し、生成した密な深度画像に基づいて、三次元点群を生成し、生成した三次元点群に対して高密度化を行ってもよい。

[0193] また、高密度化部130は、三次元点を画像に投影してメッシュ線を結ぶ位置を決定する方法ではなく、三次元空間上で近い三次元点同士を結ぶようにメッシュ化してもよい。

[0194] また、高密度化部130は、メッシュ線（より具体的には、ポリゴン）の法線を算出し、算出した法線を用いてメッシュ線をフィルタリングしてもよい。例えば、地面又は道路等を構成する三次元点を頂点とするポリゴンを特定した場合、当該ポリゴンの法線方向は、上下方向（重力方向）と同じ方向になりやすい。つまり、地面又は道路等を構成する少なくとも3つの三次元点を頂点とするポリゴンの法線方向が、上下方向と平行でない場合、当該少なくとも3つの三次元点の少なくとも1つに誤った種別情報が付与されている可能性が高い。そのため、高密度化部130は、法線と上下方向のなす角が所定の角度以下であるか否かを判定し、判定結果に基づいて、当該メッシュ線を削除するか否かを決定してもよい。

[0195] なお、所定の角度は、カメラ301のレンズ中心から、当該法線を有するポリゴンまでの距離に基づいて決定されてもよい。例えば、所定の角度は、当該距離が小さければ小さいほど、大きく設定されてもよい。

[0196] <まとめ>

図14は、実施の形態に係る三次元点群高密度化装置100の処理手順を示すフローチャートである。

[0197] まず、取得部110は、それぞれが少なくとも1つのオブジェクトの三次元位置を示す複数の三次元点と、ポリゴンを作成するための補助情報とを取得する(S301)。取得部110は、複数の三次元点を含む点群データを三次元点群生成装置200から取得してもよいし、三次元点群記憶部163から取得してもよい。また、取得部110は、UI部140を介してユーザから補助情報を取得してもよいし、付与部120が生成した補助情報を付与部120から取得してもよい。

[0198] 次に、高密度化部130は、補助情報に基づいて、複数の三次元点のうちの少なくとも3つを頂点とするポリゴンと特定する(S302)。例えば、高密度化部130は、補助情報に基づいて各三次元点のそれぞれが属するグループを決定する。例えば、高密度化部130は、補助情報が種別情報である場合、少なくとも1つが同じ種別を含む種別情報が付与された三次元点同士を、同じグループに決定(分類)する。次に、高密度化部130は、同じグループに属する三次元点を頂点とするポリゴンを特定する。

[0199] 次に、高密度化部130は、特定したポリゴン内に新たな三次元点を生成する(S303)。

[0200] [効果等]

以上、実施の形態に係る三次元点群高密度化装置100は、それぞれが少なくとも1つのオブジェクトの三次元位置を示す複数の三次元点と、ポリゴンを作成するための補助情報とを取得する取得部110と、補助情報に基づいて、複数の三次元点のうちの少なくとも3つを頂点とするポリゴンを特定し、当該ポリゴン内に新たな三次元点を生成する高密度化部130と、を備える。

[0201] これによれば、高密度化部130は、補助情報に基づいて適切な少なくとも3つの三次元点を頂点とするポリゴンを特定できる。そのため、高密度化

部130は、特定したポリゴン内に三次元点を追加することで、適切な位置に新たな三次元点を生成できる。

[0202] また、例えば、取得部110は、ユーザから指示を受け付けるための操作装置（例えば、UI部140）を介して、補助情報を取得する。例えば、当該指示は、ポリゴンの形状を指定する指示である。

[0203] これによれば、高密度化部130は、ユーザからポリゴンの形状の指定を取得してポリゴンを特定するため、ユーザが所望する位置に新たな三次元点を生成できる。

[0204] また、例えば、三次元点群高密度化装置100は、さらに、少なくとも1つのオブジェクトを撮影することにより得られた画像データに基づいて補助情報を生成する付与部120を備える。

[0205] また、例えば、付与部120は、画像データに含まれる複数のオブジェクトの種別を示す種別情報を補助情報として生成して、複数の三次元点のそれぞれに対応する種別情報を、複数の三次元点のそれぞれに付与する。この場合、例えば、高密度化部130は、オブジェクトの種別が同じ少なくとも3つの三次元点を頂点とするポリゴンを特定する。

[0206] これによれば、高密度化部130は、構成するオブジェクトの種別が同じ三次元点の間を補完するように新たな三次元点を生成できる。

[0207] また、例えば、付与部120は、画像データに含まれるオブジェクトのエッジを補助情報として生成する。この場合、例えば、高密度化部130は、エッジと交差しないポリゴンを特定する。

[0208] これによれば、高密度化部130は、異なるオブジェクト間であって、オブジェクトが存在しない位置に新たな三次元点を生成することを抑制できる。

[0209] また、例えば、取得部110は、少なくとも1つのオブジェクトを撮影することにより得られた複数の画像データを生成したカメラ301の撮影時の位置及びカメラ301の姿勢を示すカメラ情報を補助情報として取得する。この場合、例えば、高密度化部130は、カメラ情報に基づいて、ポリゴン

を特定する。

[0210] また、例えば、高密度化部130は、カメラ情報に基づいて決定した、複数の三次元点を表現する仮想の三次元空間における上下方向に基づいて、所定の位置より下方に位置する複数の三次元点のうちの少なくとも3つを頂点とするポリゴンを特定する。

[0211] これによれば、高密度化部130は、例えば、三次元点群に含まれる三次元点のうちで、下方に位置する複数の三次元点を道路等の地面としてオブジェクトの種別を決定し、同じオブジェクトの種別の三次元点を頂点とするポリゴンを特定できる。

[0212] また、例えば、高密度化部130は、カメラ情報に基づいて、仮想の三次元空間での上下方向におけるカメラ301の高さを決定し、決定した高さに基づいて、所定の位置を決定する。

[0213] これによれば、高密度化部130は、カメラ301の高さから、さらに適切にオブジェクトの種別が地面である三次元点を特定できる。

[0214] また、例えば、高密度化部130は、所定の位置より下方に位置する複数の三次元点のうちの少なくとも3つを頂点とするポリゴンの法線方向と、上下方向とのなす角度に基づいてポリゴンを特定する。

[0215] 例えば、地面又は道路等を構成する三次元点を頂点とするポリゴンの法線方向は、上下方向と同じ方向になりやすい。つまり、地面又は道路等を構成する少なくとも3つの三次元点を頂点とするポリゴンの法線方向と上下方向とのなす角度が平行ではなく大きすぎる場合、当該少なくとも3つの三次元点の少なくとも1つが地面又は道路等を構成する三次元点ではなくノイズである可能性が高い。そのため、このような構成によれば、例えば、高密度化部は、地面又は道路等を構成する三次元点ではない可能性が高い三次元点を頂点とするポリゴン内に新たな三次元点を生成しないようにできる。

[0216] また、例えば、補助情報は、複数の三次元点のそれぞれが属するグループを示す情報である。この場合、例えば、高密度化部130は、補助情報に基づいて同じグループに属する三次元点をのうちの少なくとも3つを頂点とす

るポリゴンを特定する。

[0217] これによれば、高密度化部130は、例えば、オブジェクトの種別が同じ三次元点同士、画像データに含まれるオブジェクトのエッジを跨がずに線で結ぶことが可能な三次元点同士、又は、三次元点を表現する仮想の三次元空間における所定の位置より下方に位置する三次元点同士等、構成するオブジェクトが同じ又は同じである可能性が高い三次元点同士を、同じグループに属する三次元点として示す補助情報に基づいてポリゴンを特定することで、構成するオブジェクトが同じ又は同じである可能性が高い三次元点を頂点とするポリゴンを特定できる。

[0218] また、本開示の一態様に係る三次元点群高密度化方法は、それぞれが少なくとも1つのオブジェクトの三次元位置を示す複数の三次元点と、ポリゴンを作成するための補助情報とを取得する取得ステップ(S301)と、補助情報に基づいて、複数の三次元点のうちの少なくとも3つを頂点とするポリゴンを特定する特定ステップ(S302)と、当該ポリゴン内に新たな三次元点を生成する高密度化ステップ(S303)と、を含む。

[0219] これによれば、三次元点群高密度化装置と同様の効果を奏する。

[0220] なお、本開示は、上記三次元点群高密度化方法に含まれる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されてもよい。また、本開示は、そのプログラムを記録したコンピュータによって読み取り可能なCD-ROM等の非一時的な記録媒体として実現されてもよい。また、本開示は、そのプログラムを示す情報、データ又は信号として実現されてもよい。そして、それらプログラム、情報、データ及び信号は、インターネット等の通信ネットワークを介して配信されてもよい。

[0221] (その他の実施の形態)

以上、本開示に係る三次元点群高密度化装置等について、上記実施の形態に基づいて説明したが、本開示は、上記実施の形態に限定されるものではない。

[0222] 例えば、三次元点群生成装置200は、三次元点群高密度化装置100が

生成した密三次元点群を用いて、三次元点群の生成を再度行っても構わない。

[0223] また、例えば、三次元点群高密度化装置100がユーザからの指示を受けずに三次元点群が入力された場合に自動的に高密度化処理を行って出力する場合、UI部140を備えなくてもよい。

[0224] また、例えば、上記実施の形態では、三次元点群高密度化装置100が備える制御部150等の処理部の構成要素は、それぞれ1つ又は複数の電子回路で構成されてもよい。1つ又は複数の電子回路は、それぞれ、汎用的な回路でもよいし、専用の回路でもよい。1つ又は複数の電子回路には、例えば、半導体装置、IC(Integrated Circuit)、又は、LSI(Large Scale Integration)等が含まれてもよい。IC又はLSIは、1つのチップに集積されてもよく、複数のチップに集積されてもよい。ここでは、IC又はLSIと呼んでいるが、集積の度合いによって呼び方が変わり、システムLSI、VLSI(Very Large Scale Integration)、又は、ULSI(Ultra Large Scale Integration)と呼ばれるかもしれない。また、LSIの製造後にプログラムされるFPGA(Field Programmable Gate Array)も同じ目的で使うことができる。

[0225] また、本開示の全般的又は具体的な態様は、システム、装置、方法、集積回路、又は、コンピュータプログラムで実現されてもよい。或いは、当該コンピュータプログラムが記憶された光学ディスク、HDD(Hard Disk Drive)若しくは半導体メモリ等のコンピュータ読み取り可能な非一時的記録媒体で実現されてもよい。また、システム、装置、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。

[0226] その他、各実施の形態に対して当業者が思いつく各種変形を施して得られる形態や、本開示の趣旨を逸脱しない範囲で実施の形態における構成要素及

び機能を任意に組み合わせることで実現される形態も本開示に含まれる。

### 産業上の利用可能性

[0227] 本開示は、例えば、画像等から生成されたオブジェクト等の三次元点群データにおける当該三次元点群の点の数を適切に増やすことができるシステムに適用できる。

### 符号の説明

- [0228] 100 三次元点群高密度化装置
- 110 取得部
- 120 付与部（生成部）
- 130 高密度化部
- 140 UI部
- 150 制御部
- 160 記憶部
- 161 映像記憶部
- 162 カメラ情報記憶部
- 163 三次元点群記憶部
- 164 密三次元点群記憶部
- 200 三次元点群生成装置
- 300 撮影部
- 301 カメラ
- 400 三次元点群生成システム
- 500 コンピュータ
- 510 操作装置
- 520 表示装置
- 600 点群画像
- 610 重畳画像
- 620 調整部
- 630 選択部

640 カーソル

650 操作軌跡

700、701、702、710、711、712 オブジェクト

720、721、722、723、724 ポリゴン

## 請求の範囲

- [請求項1]           それぞれが少なくとも1つのオブジェクトの三次元位置を示す複数の三次元点と、ポリゴンを作成するための補助情報とを取得する取得部と、
- 前記補助情報に基づいて、前記複数の三次元点のうちの少なくとも3つを頂点とするポリゴンを特定し、
- 前記ポリゴン内に新たな三次元点を生成する高密度化部と、を備える
- 三次元点群高密度化装置。
- [請求項2]           前記取得部は、ユーザから指示を受け付けるための操作装置を介して、前記補助情報を取得し、
- 前記指示は、前記ポリゴンの形状を指定する
- 請求項1に記載の三次元点群高密度化装置。
- [請求項3]           さらに、前記少なくとも1つのオブジェクトを撮影することにより得られた画像データに基づいて前記補助情報を生成する生成部を備える
- 請求項1に記載の三次元点群高密度化装置。
- [請求項4]           前記生成部は、前記画像データに含まれる複数のオブジェクトの種別を示す種別情報を前記補助情報として生成して、前記複数の三次元点のそれぞれに対応する前記種別情報を、前記複数の三次元点のそれぞれに付与し、
- 前記高密度化部は、前記オブジェクトの種別が同じ少なくとも3つの三次元点を頂点とする前記ポリゴンを特定する
- 請求項3に記載の三次元点群高密度化装置。
- [請求項5]           前記生成部は、前記画像データに含まれるオブジェクトのエッジを前記補助情報として生成し、
- 前記高密度化部は、前記エッジと交差しない前記ポリゴンを特定する

請求項3に記載の三次元点群高密度化装置。

[請求項6] 前記取得部は、前記少なくとも1つのオブジェクトを撮影することにより得られた複数の画像データを生成したカメラの撮影時の位置及びカメラの姿勢を示すカメラ情報を前記補助情報として取得し、

前記高密度化部は、前記カメラ情報に基づいて、前記ポリゴンを特定する

請求項1に記載の三次元点群高密度化装置。

[請求項7] 前記高密度化部は、前記カメラ情報に基づいて決定した、前記複数の三次元点を表現する仮想の三次元空間における上下方向に基づいて、所定の位置より下方に位置する前記複数の三次元点のうち少なくとも3つを頂点とする前記ポリゴンを特定する

請求項6に記載の三次元点群高密度化装置。

[請求項8] 前記高密度化部は、前記カメラ情報に基づいて、前記上下方向における前記カメラの高さを決定し、決定した前記高さより下方に前記所定の位置を決定する

請求項7に記載の三次元点群高密度化装置。

[請求項9] 前記高密度化部は、前記所定の位置より下方に位置する前記複数の三次元点のうち少なくとも3つを頂点とするポリゴンの法線方向と、前記上下方向とのなす角度に基づいて前記ポリゴンを特定する

請求項7又は8に記載の三次元点群高密度化装置。

[請求項10] 前記補助情報は、前記複数の三次元点のそれぞれが属するグループを示す情報であり、

前記高密度化部は、前記補助情報に基づいて同じグループに属する三次元点をのうち少なくとも3つを頂点とする前記ポリゴンを特定する

請求項1に記載の三次元点群高密度化装置。

[請求項11] それぞれが少なくとも1つのオブジェクトの三次元位置を示す複数の三次元点と、ポリゴンを作成するための補助情報とを取得する取得

ステップと、

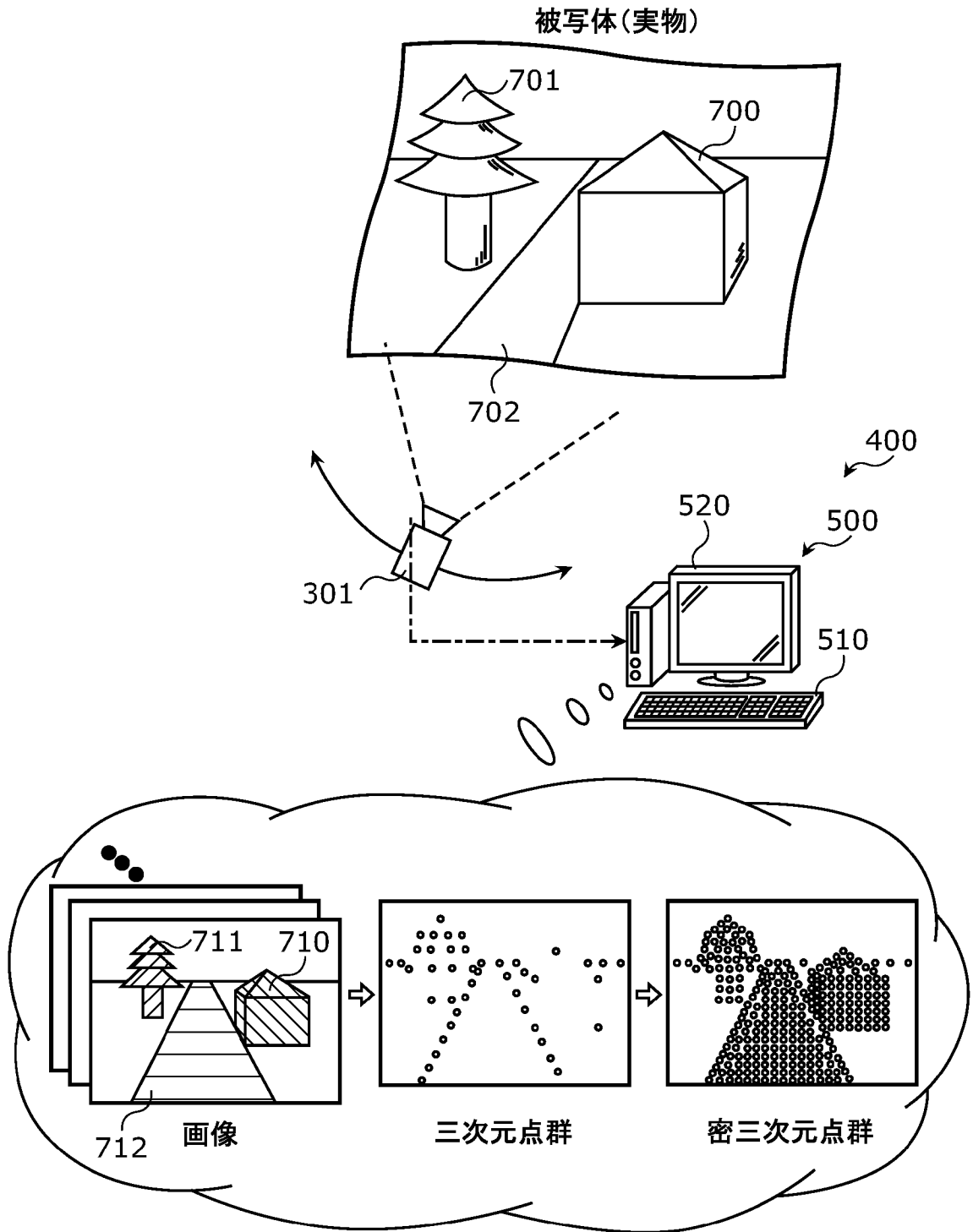
前記補助情報に基づいて、前記複数の三次元点のうちの少なくとも3つを頂点とするポリゴンを特定する特定ステップと、

前記ポリゴン内に新たな三次元点を生成する高密度化ステップと、  
を含む

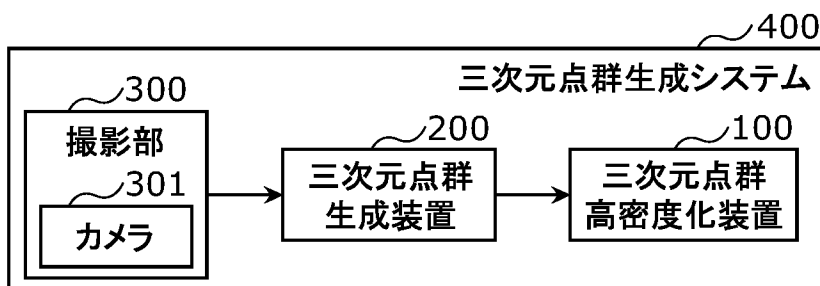
三次元点群高密度化方法。

[請求項12] 請求項11に記載の三次元点群高密度化方法をコンピュータに実行させるための  
プログラム。

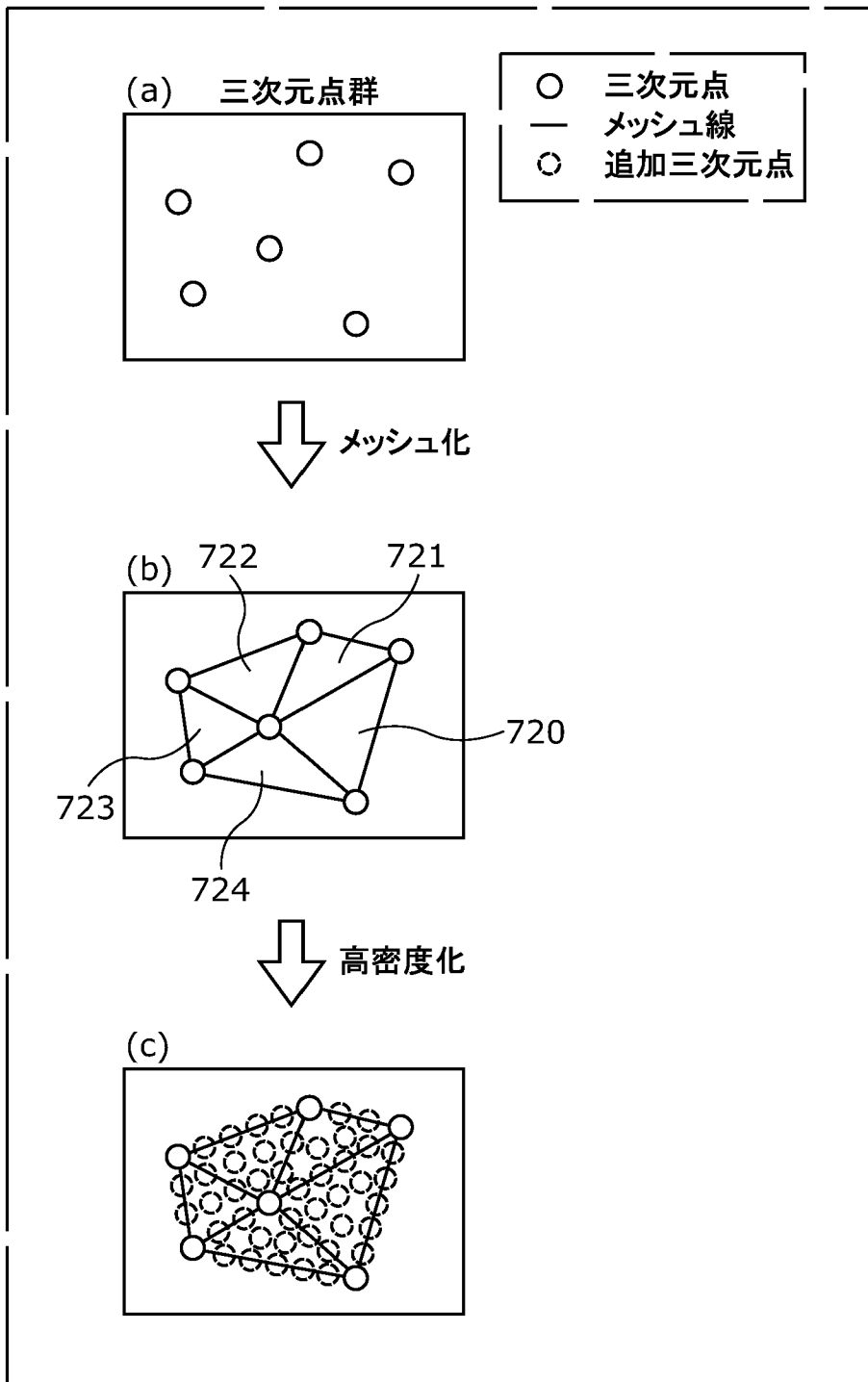
[図1]



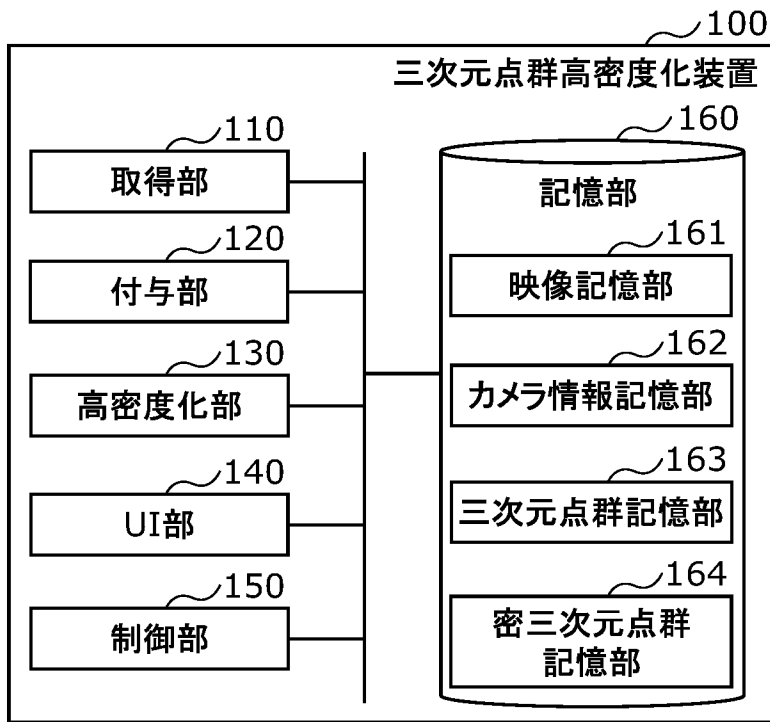
[図2]



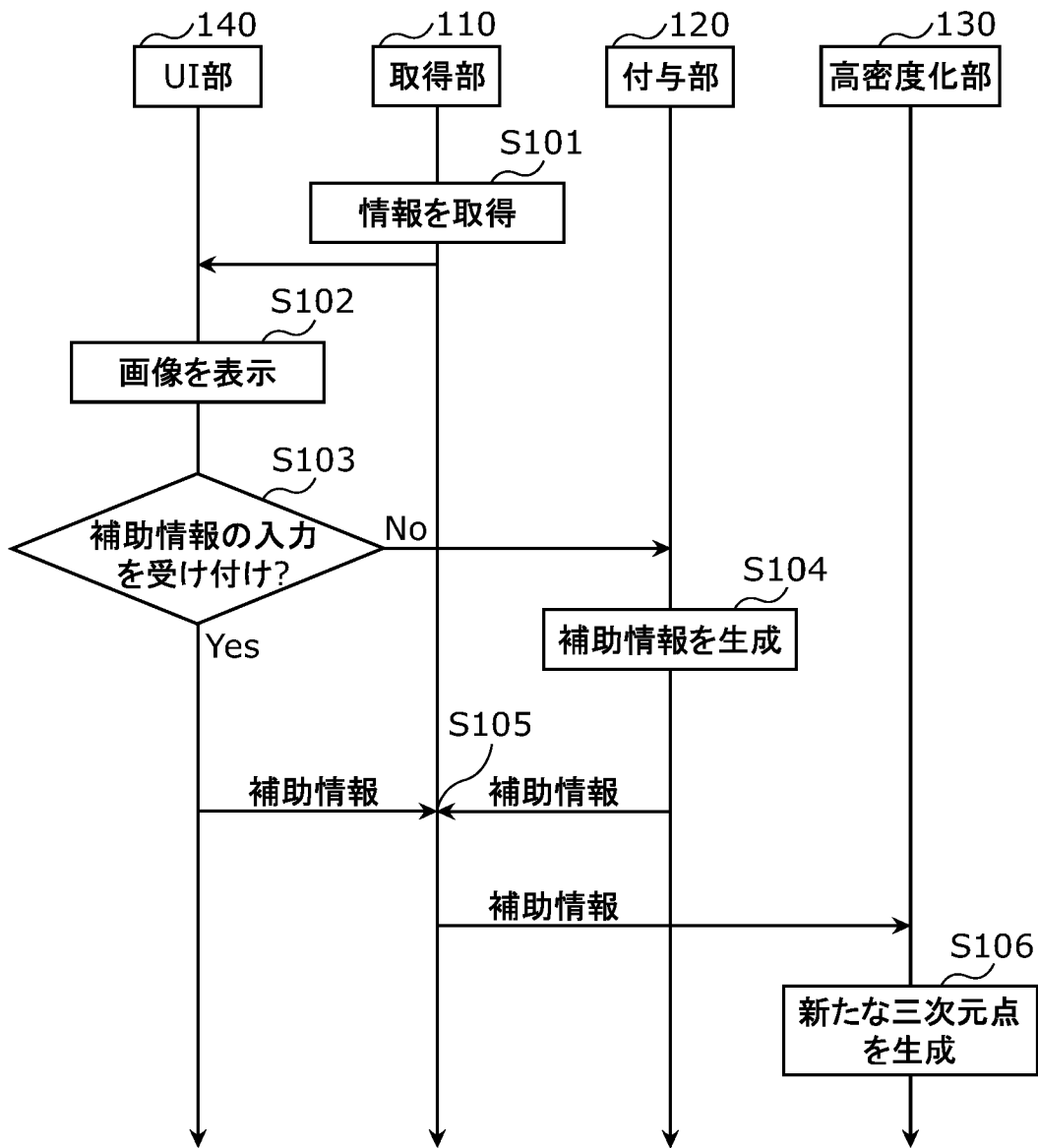
[図3]



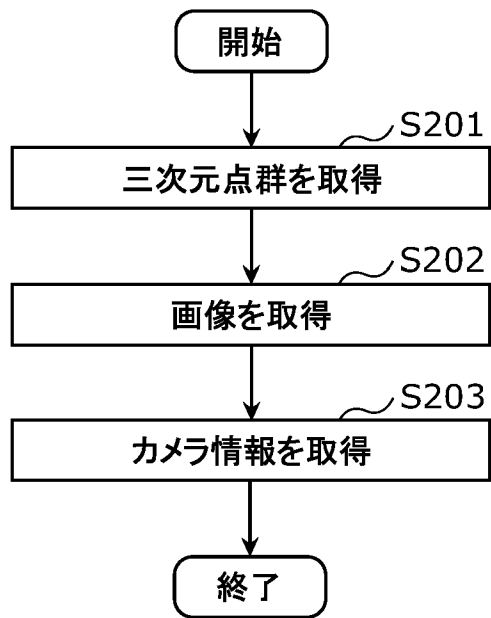
[図4]



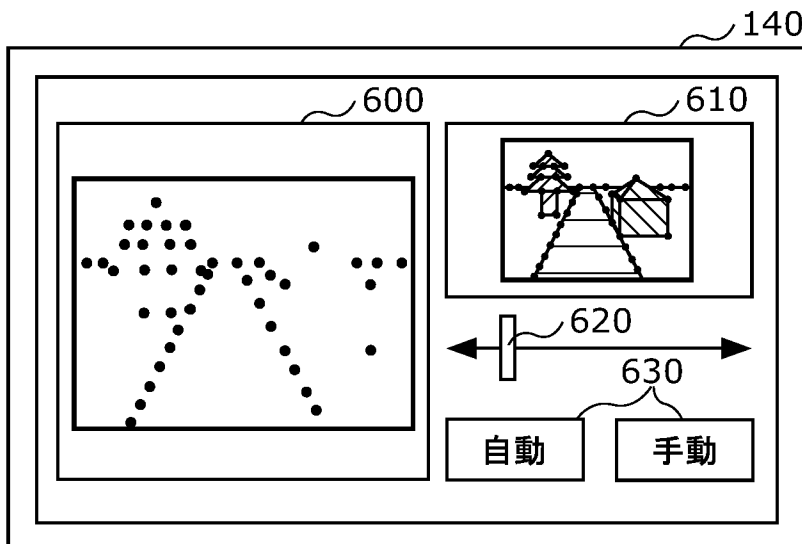
[図5]



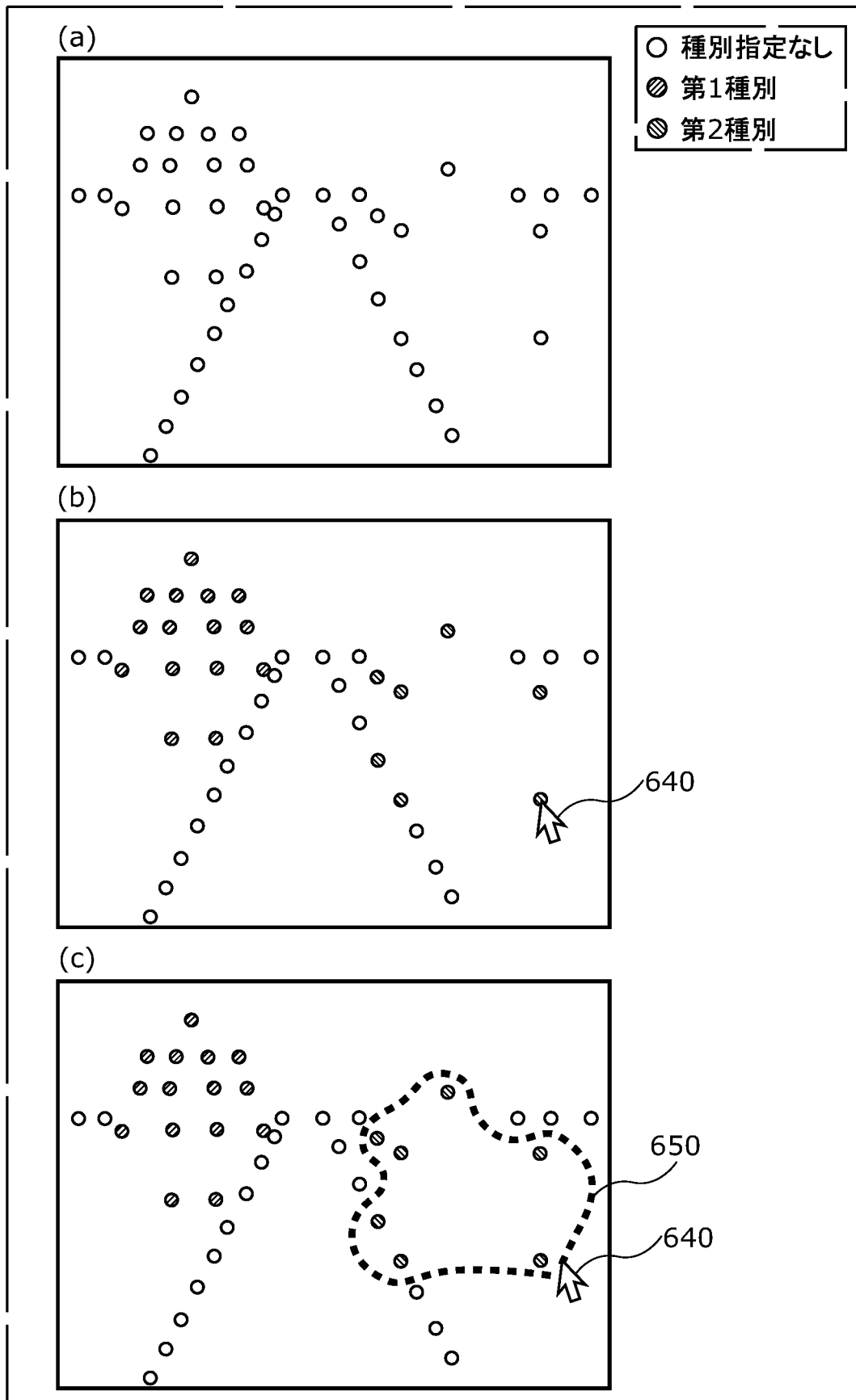
[図6]



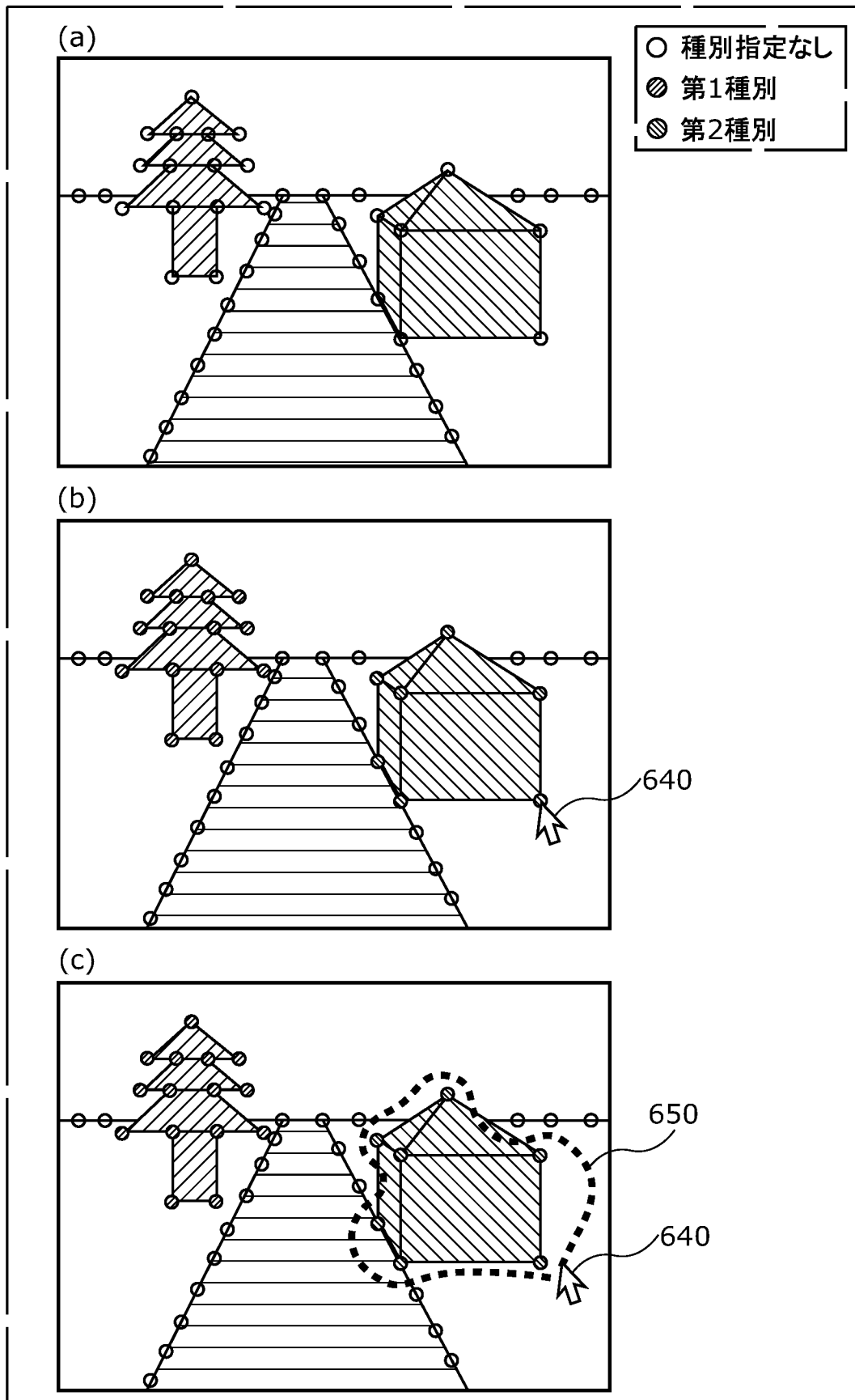
[図7]



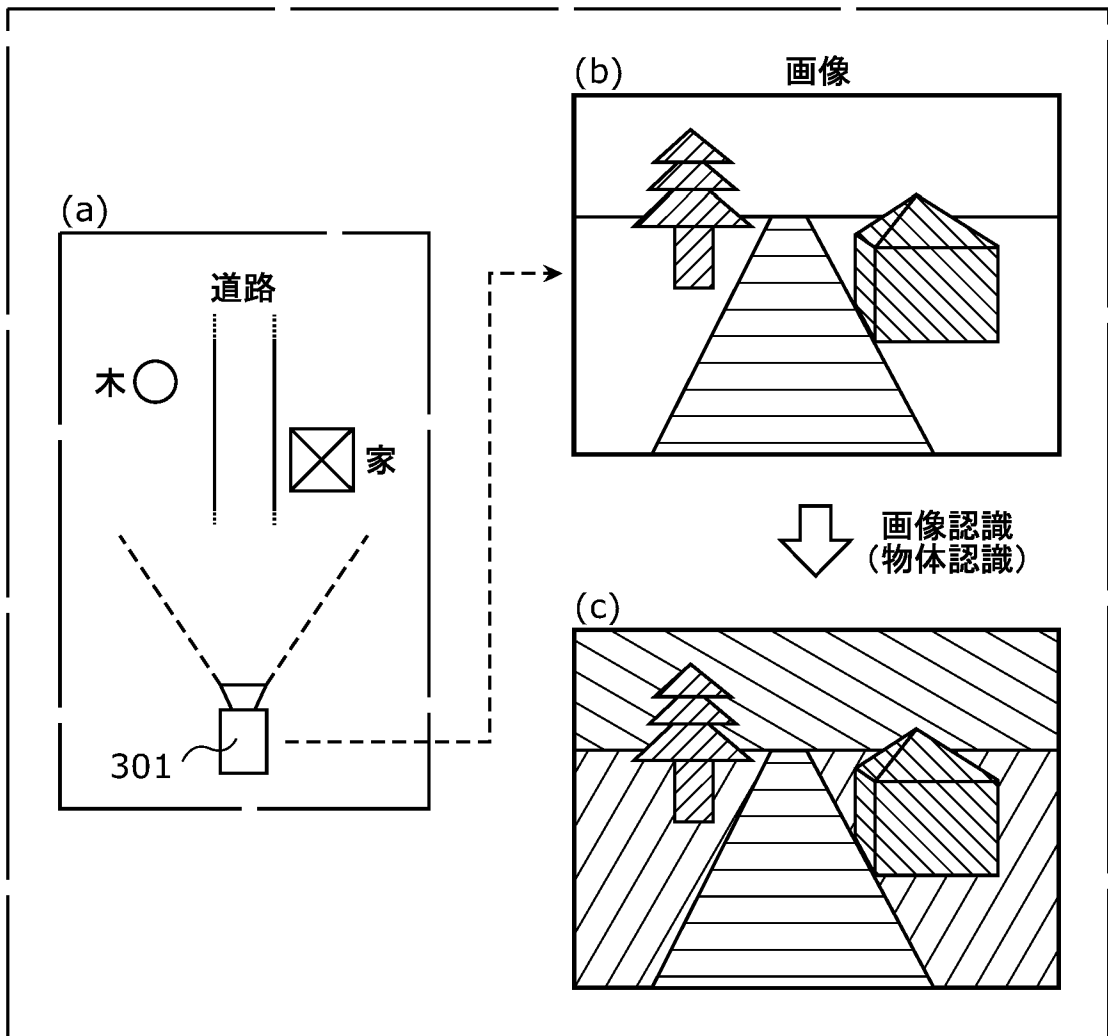
[図8]



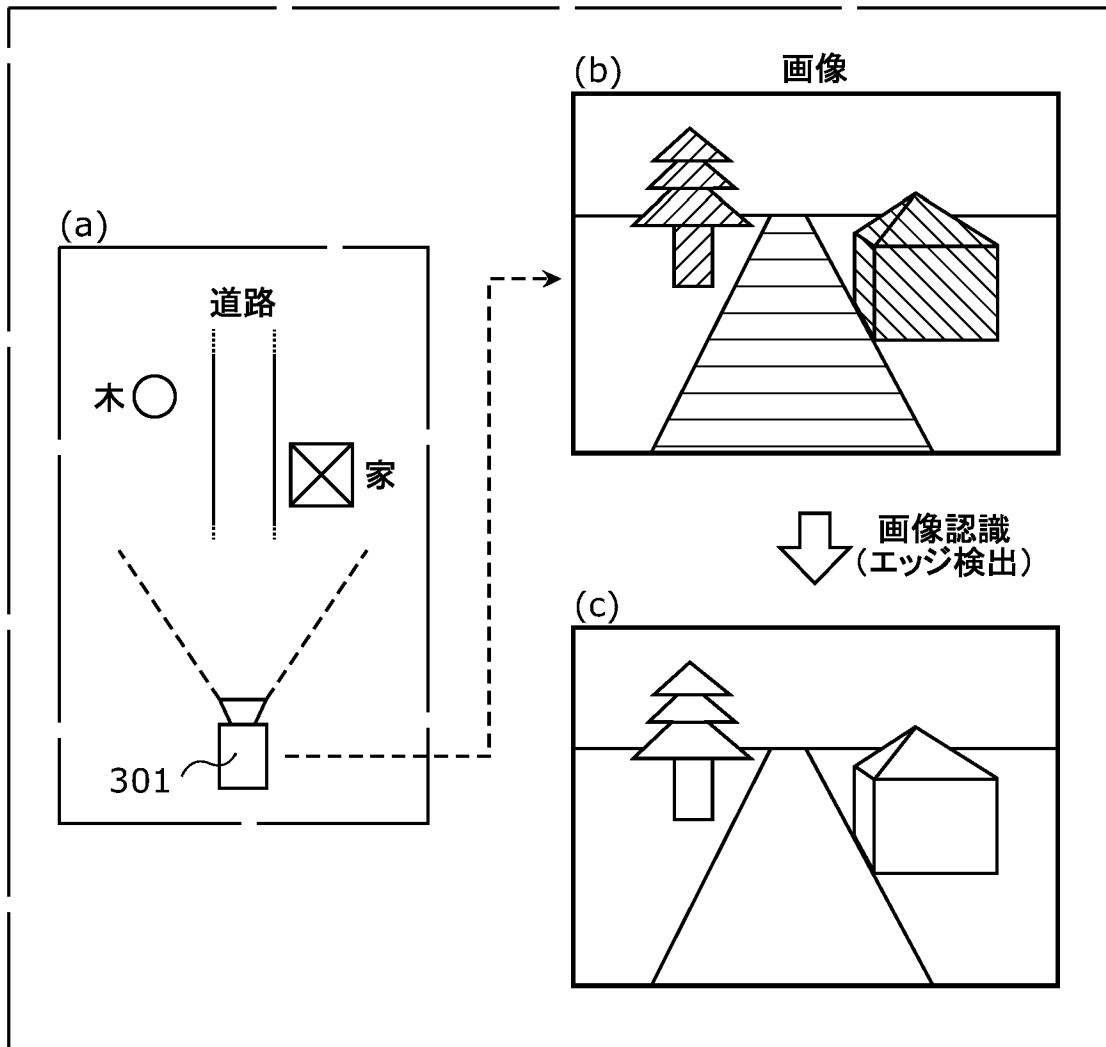
[図9]



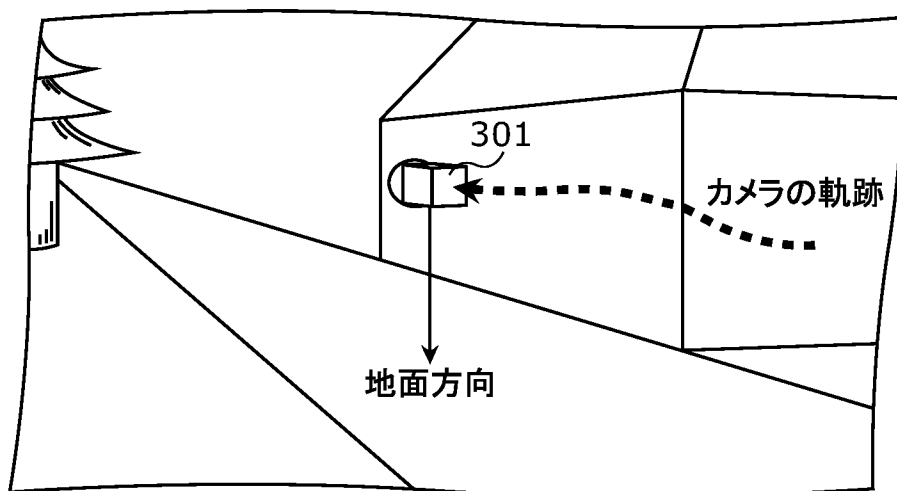
[図10]



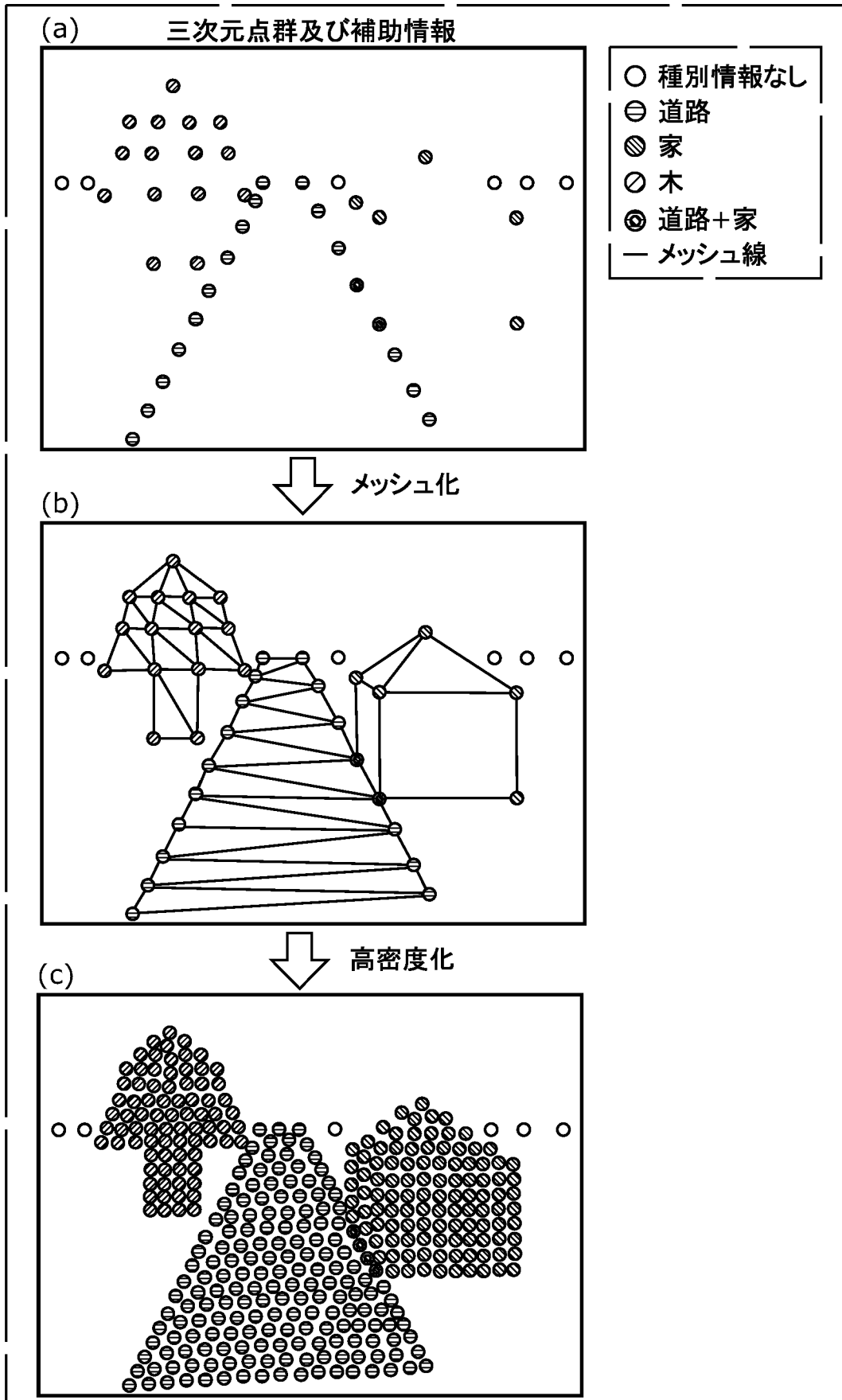
[図11]



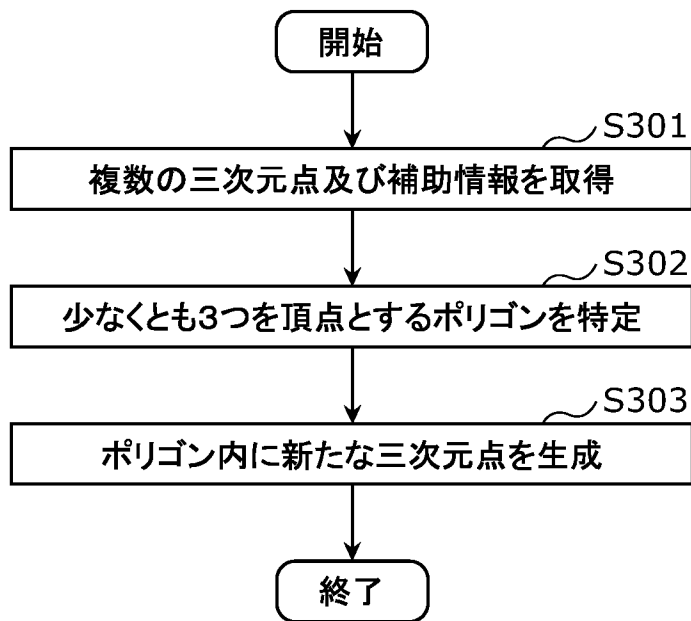
[図12]



[図13]



[図14]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/040435

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
G06T 19/20(2011.01)j FI: G06T19/20		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G06T1/00-19/20		
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 1971-2021 Registered utility model specifications of Japan 1996-2021 Published registered utility model applications of Japan 1994-2021		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	高部篤志ほか、車載システムにより計測された三次元点群および画像群を対象とした移動物体検出。映像情報メディア学会 2015年冬季大会講演予稿集。[CD-ROM], 2015, p. 228-2, (TAKABE, Atsushi et al. Moving object detection for a 3D point cloud and images measured by an on-vehicle system. Proceedings of ITE Winter Annual Convention 2015.) section 2.2	1, 11-12
Y	section 2.2	2, 10
A	section 2.2	3-9
Y	松尾佳奈ほか、部屋三次元スキャンデータのための対話的な欠損補完システム、ヒューマンインタフェース学会 研究発表集。[CD-ROM], 05 October 2020, vol. 22, no. 6, pp. 51-54, (Correspondences on Human Interface), non-official translation (MATSUO, Kana et al. Interactive Defect Compensation System for Room 3D Scan Data.) sections 4.1, 4.2	2,10
A	JP 2020-52543 A (NIPPON TELEGRAPH & TELEPHONE CORP.) 02 April 2020 (2020-04-02) paragraph [0077]	1-12
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 <b>04 January 2022</b>		Date of mailing of the international search report <b>18 January 2022</b>
Name and mailing address of the ISA/JP <b>Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan</b>		Authorized officer  Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/JP2021/040435**

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2020-52543 A	02 April 2020	WO 2020/066662 A1	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G06T 19/20(2011.01)i FI: G06T19/20		
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）） G06T1/00-19/20 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 1971-2021年 日本国実用新案登録公報 1996-2021年 日本国登録実用新案公報 1994-2021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
X	高部篤志 ほか、車載システムにより計測された三次元点群および画像群を対象とした移動物体検出、映像情報メディア学会 2015年冬季大会講演予稿集 [CD-ROM], 2015, 22B-2	1,11-12
Y	第2.2節	2,10
A	第2.2節	3-9
Y	松尾佳奈 ほか、部屋三次元スキャンデータのための対話的な欠損補完システム、ヒューマンインタフェース学会 研究報告集 [CD-ROM], 2020.10.05, Vol.22, No.6, p.51-54	2,10
	第4.1節, 第4.2節	
A	JP 2020-52543 A (日本電信電話株式会社) 02.04.2020 (2020-04-02) 段落[0077]	1-12
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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 04.01.2022	国際調査報告の発送日 18.01.2022	
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） 村松 貴士 5V 9854 電話番号 03-3581-1101 内線 3571	

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/JP2021/040435

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2020-52543 A	02.04.2020	WO 2020/066662 A1	