(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2021-140445
(P2021-140445A)
(43)公開日　令和3年9月16日(2021.9.16)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
G06Q 50/08	(2012.01)	G06Q	50/08		5B050
G06N 3/02	(2006.01)	G06N	3/02		5L049
G06T 19/00	(2011.01)	G06T	19/00	A	5L096
G06T 7/00	(2017.01)	G06T	7/00	350C	
E04G 21/00	(2006.01)	E04G	21/00	ESW	

審査請求 未請求　請求項の数 33　ＯＬ　（全 61 頁）

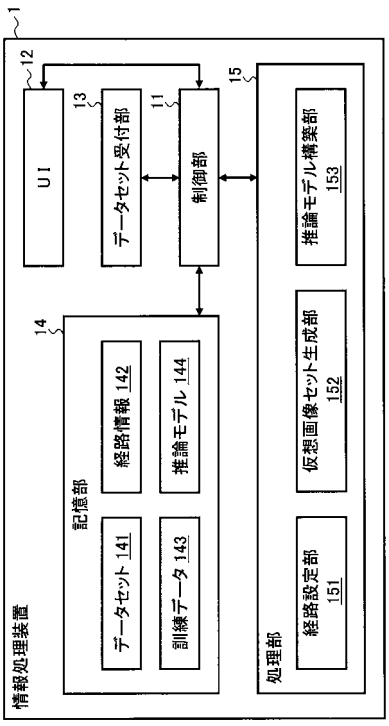
(21)出願番号　特願2020-37417(P2020-37417)
(22)出願日　令和2年3月5日(2020.3.5)

(71)出願人　000220343
株式会社トプコン
東京都板橋区蓮沼町７５番１号
(74)代理人　100124626
弁理士　榎並　智和
(72)発明者　福間　康文
東京都板橋区蓮沼町７５番１号　株式会社トプコン内
(72)発明者　弥延　聡
東京都板橋区蓮沼町７５番１号　株式会社トプコン内

Ｆターム(参考)　5B050 BA09 BA13 CA07 DA01 EA07
EA18 EA27 EA28 FA02 GA08
5L049 CC07
5L096 CA27 HA11 JA11 KA04 KA15

(54)【発明の名称】情報処理装置、推論モデル構築方法、情報処理方法、推論モデル、プログラム、及び記録媒体

(57)【要約】
【課題】建築管理の効率化を図る。
【解決手段】例示的な態様の情報処理装置１のデータセット受付部１３は、ＢＩＭデータを少なくとも含むデータセットを受け付ける。経路設定部１５１は、受け付けられたデータセットに基づいて、ＢＩＭデータが表す仮想建築物の内部及び／又は外部における経路を設定する。仮想画像セット生成部１５２は、受け付けられたデータセットと設定された経路とに基づいて、この経路に沿った仮想建築物の仮想画像セットを生成する。推論モデル構築部１５３は、生成された仮想画像セットを少なくとも含む訓練データを用いた機械学習をニューラルネットワークに適用して、建築物の計測データから建築部材のデータを特定するための推論モデルを構築する。
【選択図】図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
ＢＩＭ（Ｂｕｉｌｄｉｎｇ Ｉｎｆｏｒｍａｔｉｏｎ Ｍｏｄｅｌｉｎｇ）データを少なくとも含むデータセットを受け付けるデータセット受付部と、
前記データセットに基づいて、前記ＢＩＭデータが表す仮想建築物の内部及び／又は外部における経路を設定する経路設定部と、
前記データセット及び前記経路に基づいて、前記経路に沿った前記仮想建築物の仮想画像セットを生成する仮想画像セット生成部と、
前記仮想画像セットを少なくとも含む訓練データを用いた機械学習を所定のニューラルネットワークに適用して、建築物の計測データから建築部材のデータを特定するための推論モデルを構築する推論モデル構築部と
を含む、情報処理装置。
【請求項２】
前記データセットは、前記ＢＩＭデータに記録されている仮想建築部材それぞれの施工日を示す施工日情報と、建築物の計測日を示す計測日情報とを更に含み、
前記推論モデル構築部は、前記施工日及び前記計測日に対応した機械学習を前記ニューラルネットワークに適用して推論モデルを構築する、
請求項１の情報処理装置。
【請求項３】
前記データセットに基づいて、施工日が前記計測日以前の仮想建築部材のみが施工された状態に対応した第１のＢＩＭデータを構築するＢＩＭデータ構築部を更に含み、
前記経路設定部は、前記第１のＢＩＭデータに基づいて第１の経路を設定し、
前記仮想画像セット生成部は、前記第１のＢＩＭデータ及び前記第１の経路に基づいて第１の仮想画像セットを生成し、
前記推論モデル構築部は、前記第１の仮想画像セットを少なくとも含む第１の訓練データを用いた機械学習を前記ニューラルネットワークに適用して、前記計測日に対応した推論モデルを構築する、
請求項２の情報処理装置。
【請求項４】
前記データセットに基づいて、施工日が前記計測日以前の仮想建築部材のみが施工された状態に対応した第２のＢＩＭデータを構築するＢＩＭデータ構築部を更に含み、
前記仮想画像セット生成部は、前記第２のＢＩＭデータ及び前記経路に基づいて第２の仮想画像セットを生成し、
前記推論モデル構築部は、前記第２の仮想画像セットを少なくとも含む第２の訓練データを用いた機械学習を前記ニューラルネットワークに適用して、前記計測日に対応した推論モデルを構築する、
請求項２の情報処理装置。
【請求項５】
前記経路設定部は、前記ＢＩＭデータに記録されている仮想建築部材に対する距離が所定の許容範囲に含まれるように経路を設定する、
請求項１～４のいずれかの情報処理装置。
【請求項６】
前記経路設定部は、前記経路として、１次元エリア、２次元エリア、及び３次元エリアのいずれかを設定する、
請求項１～５のいずれかの情報処理装置。
【請求項７】
ＢＩＭ（Ｂｕｉｌｄｉｎｇ Ｉｎｆｏｒｍａｔｉｏｎ Ｍｏｄｅｌｉｎｇ）データと、前記ＢＩＭデータが表す仮想建築物の内部及び／又は外部における経路を表す経路情報とを少なくとも含むデータセットを受け付けるデータセット受付部と、
前記データセットに基づいて、前記経路に沿った前記仮想建築物の内部及び／又は外部

の仮想画像セットを生成する仮想画像セット生成部と、
前記仮想画像セットを少なくとも含む訓練データを用いた機械学習を所定のニューラルネットワークに適用して、建築物の計測データから建築部材のデータを特定するための推論モデルを構築する推論モデル構築部と
を含む、情報処理装置。
【請求項８】
ＢＩＭ（Ｂｕｉｌｄｉｎｇ　Ｉｎｆｏｒｍａｔｉｏｎ　Ｍｏｄｅｌｉｎｇ）データが表す仮想建築物の内部及び／又は外部の、所定の経路に沿った仮想画像セットを受け付ける仮想画像セット受付部と、
前記仮想画像セットを少なくとも含む訓練データを用いた機械学習を所定のニューラルネットワークに適用して、建築物の計測データから建築部材のデータを特定するための推論モデルを構築する推論モデル構築部と
を含む、情報処理装置。
【請求項９】
前記データセットは、仮想建築部材の表面の状態を表すテクスチャ情報を含み、
前記仮想画像セットに前記テクスチャ情報を合成して第１の合成情報を生成する第１の情報合成部を更に含み、
前記推論モデル構築部は、前記第１の合成情報を少なくとも含む訓練データを用いた機械学習を前記ニューラルネットワークに適用する、
請求項１～８のいずれかの情報処理装置。
【請求項１０】
前記データセットは、障害物情報を更に含み、
前記仮想画像セットに前記障害物情報を合成して第２の合成情報を生成する第２の情報合成部を更に含み、
前記推論モデル構築部は、前記第２の合成情報を少なくとも含む訓練データを用いた機械学習を前記ニューラルネットワークに適用する、
請求項１～９のいずれかの情報処理装置。
【請求項１１】
前記ＢＩＭデータに記録されている仮想建築部材に関するラベルを前記仮想画像セットに付与するラベル付与部を更に含み、
前記推論モデル構築部は、前記仮想画像セット及び前記ラベルを少なくとも含む訓練データを用いた教師あり学習を前記ニューラルネットワークに適用する、
請求項１～１０のいずれかの情報処理装置。
【請求項１２】
前記ニューラルネットワークは、畳み込みニューラルネットワークを含む、
請求項１～１１のいずれかの情報処理装置。
【請求項１３】
前記推論モデル構築部により構築された前記推論モデルを、建築物の内部及び／又は外部を自律的に移動しつつ計測を行うように構成された移動体に向けて送信する送信部を更に含む、
請求項１～１２のいずれかの情報処理装置。
【請求項１４】
ＢＩＭ（Ｂｕｉｌｄｉｎｇ　Ｉｎｆｏｒｍａｔｉｏｎ　Ｍｏｄｅｌｉｎｇ）データが表す仮想建築物の内部及び／又は外部における所定の経路に沿った仮想画像セットを少なくとも含む訓練データを用いた機械学習を所定のニューラルネットワークに適用して構築された推論モデルが記憶された記憶部と、
前記推論モデルを用いてデータ処理を行う処理部と
を含み、
前記処理部は、
建築物の計測データから特徴量を抽出する特徴量抽出器と、

前記特徴量に基づいて建築部材のデータを特定する特定器と
を含む、
情報処理装置。
【請求項１５】
ＢＩＭ（Ｂｕｉｌｄｉｎｇ　Ｉｎｆｏｒｍａｔｉｏｎ　Ｍｏｄｅｌｉｎｇ）データを少なくとも含むデータセットを準備し、
前記データセットに基づいて、前記ＢＩＭデータが表す仮想建築物の内部及び／又は外部における経路を設定し、
前記データセット及び前記経路に基づいて、前記経路に沿った前記仮想建築物の仮想画像セットを生成し、
前記仮想画像セットを少なくとも含む訓練データを用いた機械学習を所定のニューラルネットワークに適用して、建築物の計測データから建築部材のデータを特定するための推論モデルを構築する、
推論モデル構築方法。
【請求項１６】
前記データセットは、前記ＢＩＭデータに記録されている仮想建築部材それぞれの施工日を示す施工日情報と、建築物の計測日を示す計測日情報とを更に含み、
前記施工日及び前記計測日に対応した機械学習を前記ニューラルネットワークに適用して推論モデルを構築する、
請求項１５の方法。
【請求項１７】
更に、前記データセットに基づいて、施工日が前記計測日以前の仮想建築部材のみが施工された状態に対応した第１のＢＩＭデータを構築し、
前記第１のＢＩＭデータに基づいて第１の経路を設定し、
前記第１のＢＩＭデータ及び前記第１の経路に基づいて第１の仮想画像セットを生成し、
前記第１の仮想画像セットを少なくとも含む第１の訓練データを用いた機械学習を前記ニューラルネットワークに適用して、前記計測日に対応した推論モデルを構築する、
請求項１６の方法。
【請求項１８】
更に、前記データセットに基づいて、施工日が前記計測日以前の仮想建築部材のみが施工された状態に対応した第２のＢＩＭデータを構築し、
前記第２のＢＩＭデータ及び前記経路に基づいて第２の仮想画像セットを生成し、
前記第２の仮想画像セットを少なくとも含む第２の訓練データを用いた機械学習を前記ニューラルネットワークに適用して、前記計測日に対応した推論モデルを構築する、
請求項１６の方法。
【請求項１９】
前記ＢＩＭデータに記録されている仮想建築部材に対する距離が所定の許容範囲に含まれるように経路を設定する、
請求項１５～１８のいずれかの方法。
【請求項２０】
前記経路として、１次元エリア、２次元エリア、及び３次元エリアのいずれかを設定する、
請求項１５～１９のいずれかの方法。
【請求項２１】
ＢＩＭ（Ｂｕｉｌｄｉｎｇ　Ｉｎｆｏｒｍａｔｉｏｎ　Ｍｏｄｅｌｉｎｇ）データと、前記ＢＩＭデータが表す仮想建築物の内部及び／又は外部における経路を表す経路情報とを少なくとも含むデータセットを準備し、
前記データセットに基づいて、前記経路に沿った前記仮想建築物の内部及び／又は外部の仮想画像セットを生成し、

前記仮想画像セットを少なくとも含む訓練データを用いた機械学習を所定のニューラルネットワークに適用して、建築物の計測データから建築部材のデータを特定するための推論モデルを構築する、
推論モデル構築方法。
【請求項２２】
ＢＩＭ（Ｂｕｉｌｄｉｎｇ　Ｉｎｆｏｒｍａｔｉｏｎ　Ｍｏｄｅｌｉｎｇ）データが表す仮想建築物の内部及び／又は外部の、所定の経路に沿った仮想画像セットを準備し、
前記仮想画像セットを少なくとも含む訓練データを用いた機械学習を所定のニューラルネットワークに適用して、建築物の計測データから建築部材のデータを特定するための推論モデルを構築する、
推論モデル構築方法。
【請求項２３】
前記データセットは、仮想建築部材の表面の状態を表すテクスチャ情報を含み、
更に、前記仮想画像セットに前記テクスチャ情報を合成して第１の合成情報を生成し、
前記第１の合成情報を少なくとも含む訓練データを用いた機械学習を前記ニューラルネットワークに適用する、
請求項１５～２２のいずれかの方法。
【請求項２４】
前記データセットは、障害物情報を更に含み、
更に、前記仮想画像セットに前記障害物情報を合成して第２の合成情報を生成し、
前記第２の合成情報を少なくとも含む訓練データを用いた機械学習を前記ニューラルネットワークに適用する、
請求項１５～２３のいずれかの方法。
【請求項２５】
更に、前記ＢＩＭデータに記録されている仮想建築部材に関するラベルを前記仮想画像セットに付与し、
前記仮想画像セット及び前記ラベルを少なくとも含む訓練データを用いた教師あり学習を前記ニューラルネットワークに適用する、
請求項１５～２４のいずれかの方法。
【請求項２６】
前記ニューラルネットワークは、畳み込みニューラルネットワークを含む、
請求項１５～２５のいずれかの方法。
【請求項２７】
更に、建築物の内部及び／又は外部を自律的に移動しつつ計測を行うように構成された移動体に向けて前記推論モデルを送信する、
請求項１５～２６のいずれかの方法。
【請求項２８】
ＢＩＭ（Ｂｕｉｌｄｉｎｇ　Ｉｎｆｏｒｍａｔｉｏｎ　Ｍｏｄｅｌｉｎｇ）データが表す仮想建築物の内部及び／又は外部における所定の経路に沿った仮想画像セットを少なくとも含む訓練データを用いた機械学習を所定のニューラルネットワークに適用して構築された推論モデルを受け付け、
前記推論モデルを用いてデータ処理を行うプロセッサにより、建築物の計測データから特徴量を抽出し、
前記プロセッサにより、前記特徴量に基づいて建築部材のデータを特定する、
情報処理方法。
【請求項２９】
請求項１５～２８のいずれかの方法をコンピュータに実行させるプログラム。
【請求項３０】
請求項２９のプログラムが記録されたコンピュータ可読な非一時的記録媒体。
【請求項３１】

請求項１５～２７のいずれかの方法により構築された推論モデル。
【請求項３２】
請求項３１の推論モデルを用いて建築物の計測データから建築部材のデータを特定する処理をコンピュータに実行させるプログラム。
【請求項３３】
請求項３２のプログラムが記録されたコンピュータ可読な非一時的記録媒体。

【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
この発明は、情報処理装置、推論モデル構築方法、情報処理方法、推論モデル、プログラム、及び記録媒体に関する。
【背景技術】
【０００２】
建築物の施工管理や維持管理や補修管理を行うための技術として、無人航空機（ＵＡＶ）等の移動体を用いたものや、トータルステーション等の測量機器を用いたもの、Ｓｔｒｕｃｔｕｒｅ ｆｒｏｍ Ｍｏｔｉｏｎ（ＳｆＭ）、Ｍｕｌｔｉ－Ｖｉｅｗ Ｓｔｅｒｅｏ（ＭＶＳ）、Ｓｉｍｕｌｔａｎｅｏｕｓ Ｌｏａｃｌｉｚａｔｉｏｎ Ａｎｄ Ｍａｐｐｉｎｇ（ＳＬＡＭ）といった画像処理技術を用いたもの、Ｂｕｉｌｄｉｎｇ Ｉｎｆｏｒｍａｔｉｏｎ Ｍｏｄｅｌｉｎｇ（ＢＩＭ）を用いたものなどが知られている（例えば、特許文献１～１０を参照）。
【０００３】
このような建築管理では、一つひとつの建築部材（例えば、柱、梁、壁、床、天井など）の状態確認が行われる。例えば、施工管理においては、ＢＩＭデータに含まれる各部材について、その部材が実際に施工されたか確認する作業や、施工された位置が適切であるか確認する作業が行われる。このような状態確認は手作業で行われることが多いため、作業者には多大な手間が掛かっていた。また、十分な経験を有する作業者を多くの建築現場に割り当てることは困難であった。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００４】
【特許文献１】米国特許公開第２０１６／００３４１３７号明細書
【特許文献２】欧州特許公開第３５２２００３号明細書
【特許文献３】特開２０１８－１１６５７２号公報
【特許文献４】特開２０１８－１１９８８２号公報
【特許文献５】特開２０１８－１２４９８４号公報
【特許文献６】特開２０１８－１５１９６４号公報
【特許文献７】特開２０１９－０２３６５３号公報
【特許文献８】特開２０１９－１０５７８９号公報
【特許文献９】特開２０１９－１９４８８３号公報
【特許文献１０】特開２０１９－２１９２０６号公報
【特許文献１１】特開２０２０－００４２７８号公報
【特許文献１２】特開２０２０－００８４２３号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００５】
この発明の一つの目的は、建築管理の効率化を図ることにある。
【課題を解決するための手段】
【０００６】

幾つかの例示的な態様に係る情報処理装置は、ＢＩＭ（Ｂｕｉｌｄｉｎｇ　Ｉｎｆｏｒｍａｔｉｏｎ　Ｍｏｄｅｌｉｎｇ）データを少なくとも含むデータセットを受け付けるデータセット受付部と、前記データセットに基づいて、前記ＢＩＭデータが表す仮想建築物の内部及び／又は外部における経路を設定する経路設定部と、前記データセット及び前記経路に基づいて、前記経路に沿った前記仮想建築物の仮想画像セットを生成する仮想画像セット生成部と、前記仮想画像セットを少なくとも含む訓練データを用いた機械学習を所定のニューラルネットワークに適用して、建築物の計測データから建築部材のデータを特定するための推論モデルを構築する推論モデル構築部とを含む。

【０００７】

幾つかの例示的な態様に係る情報処理装置において、前記データセットは、前記ＢＩＭデータに記録されている仮想建築部材それぞれの施工日を示す施工日情報と、建築物の計測日を示す計測日情報とを更に含み、前記推論モデル構築部は、前記施工日及び前記計測日に対応した機械学習を前記ニューラルネットワークに適用して推論モデルを構築する。

【０００８】

幾つかの例示的な態様に係る情報処理装置は、前記データセットに基づいて、施工日が前記計測日以前の仮想建築部材のみが施工された状態に対応した第１のＢＩＭデータを構築するＢＩＭデータ構築部を更に含み、前記経路設定部は、前記第１のＢＩＭデータに基づいて第１の経路を設定し、前記仮想画像セット生成部は、前記第１のＢＩＭデータ及び前記第１の経路に基づいて第１の仮想画像セットを生成し、前記推論モデル構築部は、前記第１の仮想画像セットを少なくとも含む第１の訓練データを用いた機械学習を前記ニューラルネットワークに適用して、前記計測日に対応した推論モデルを構築する。

【０００９】

幾つかの例示的な態様に係る情報処理装置は、前記データセットに基づいて、施工日が前記計測日以前の仮想建築部材のみが施工された状態に対応した第２のＢＩＭデータを構築するＢＩＭデータ構築部を更に含み、前記仮想画像セット生成部は、前記第２のＢＩＭデータ及び前記経路に基づいて第２の仮想画像セットを生成し、前記推論モデル構築部は、前記第２の仮想画像セットを少なくとも含む第２の訓練データを用いた機械学習を前記ニューラルネットワークに適用して、前記計測日に対応した推論モデルを構築する。

【００１０】

幾つかの例示的な態様に係る情報処理装置において、前記経路設定部は、前記ＢＩＭデータに記録されている仮想建築部材に対する距離が所定の許容範囲に含まれるように経路を設定する。

【００１１】

幾つかの例示的な態様に係る情報処理装置において、前記経路設定部は、前記経路として、１次元エリア、２次元エリア、及び３次元エリアのいずれかを設定する。

【００１２】

幾つかの例示的な態様に係る情報処理装置は、ＢＩＭ（Ｂｕｉｌｄｉｎｇ　Ｉｎｆｏｒｍａｔｉｏｎ　Ｍｏｄｅｌｉｎｇ）データと、前記ＢＩＭデータが表す仮想建築物の内部及び／又は外部における経路を表す経路情報とを少なくとも含むデータセットを受け付けるデータセット受付部と、前記データセットに基づいて、前記経路に沿った前記仮想建築物の内部及び／又は外部の仮想画像セットを生成する仮想画像セット生成部と、前記仮想画像セットを少なくとも含む訓練データを用いた機械学習を所定のニューラルネットワークに適用して、建築物の計測データから建築部材のデータを特定するための推論モデルを構築する推論モデル構築部とを含む。

【００１３】

幾つかの例示的な態様に係る情報処理装置は、ＢＩＭ（Ｂｕｉｌｄｉｎｇ　Ｉｎｆｏｒｍａｔｉｏｎ　Ｍｏｄｅｌｉｎｇ）データが表す仮想建築物の内部及び／又は外部の、所定の経路に沿った仮想画像セットを受け付ける仮想画像セット受付部と、前記仮想画像セットを少なくとも含む訓練データを用いた機械学習を所定のニューラルネットワークに適用して、建築物の計測データから建築部材のデータを特定するための推論モデルを構築す

る推論モデル構築部とを含む。
【００１４】
幾つかの例示的な態様に係る情報処理装置において、前記データセットは、仮想建築部材の表面の状態を表すテクスチャ情報を含み、前記仮想画像セットに前記テクスチャ情報を合成して第１の合成情報を生成する第１の情報合成部を更に含み、前記推論モデル構築部は、前記第１の合成情報を少なくとも含む訓練データを用いた機械学習を前記ニューラルネットワークに適用する。
【００１５】
幾つかの例示的な態様に係る情報処理装置は、前記データセットは、障害物情報を更に含み、前記仮想画像セットに前記障害物情報を合成して第２の合成情報を生成する第２の情報合成部を更に含み、前記推論モデル構築部は、前記第２の合成情報を少なくとも含む訓練データを用いた機械学習を前記ニューラルネットワークに適用する。
【００１６】
幾つかの例示的な態様に係る情報処理装置は、前記ＢＩＭデータに記録されている仮想建築部材に関するラベルを前記仮想画像セットに付与するラベル付与部を更に含み、前記推論モデル構築部は、前記仮想画像セット及び前記ラベルを少なくとも含む訓練データを用いた教師あり学習を前記ニューラルネットワークに適用する。
【００１７】
幾つかの例示的な態様に係る情報処理装置において、前記ニューラルネットワークは、畳み込みニューラルネットワークを含む。
【００１８】
幾つかの例示的な態様に係る情報処理装置は、前記推論モデル構築部により構築された前記推論モデルを、建築物の内部及び／又は外部を自律的に移動しつつ計測を行うように構成された移動体に向けて送信する送信部を更に含む。
【００１９】
幾つかの例示的な態様に係る情報処理装置は、ＢＩＭ（Ｂｕｉｌｄｉｎｇ　Ｉｎｆｏｒｍａｔｉｏｎ　Ｍｏｄｅｌｉｎｇ）データが表す仮想建築物の内部及び／又は外部における所定の経路に沿った仮想画像セットを少なくとも含む訓練データを用いた機械学習を所定のニューラルネットワークに適用して構築された推論モデルが記憶された記憶部と、前記推論モデルを用いてデータ処理を行う処理部とを含み、前記処理部は、建築物の計測データから特徴量を抽出する特徴量抽出器と、前記特徴量に基づいて建築部材のデータを特定する特定器とを含む。
【００２０】
幾つかの例示的な態様に係る推論モデル構築方法は、ＢＩＭ（Ｂｕｉｌｄｉｎｇ　Ｉｎｆｏｒｍａｔｉｏｎ　Ｍｏｄｅｌｉｎｇ）データを少なくとも含むデータセットを準備し、前記データセットに基づいて、前記ＢＩＭデータが表す仮想建築物の内部及び／又は外部における経路を設定し、前記データセット及び前記経路に基づいて、前記経路に沿った前記仮想建築物の仮想画像セットを生成し、前記仮想画像セットを少なくとも含む訓練データを用いた機械学習を所定のニューラルネットワークに適用して、建築物の計測データから建築部材のデータを特定するための推論モデルを構築する。
【００２１】
幾つかの例示的な態様に係る推論モデル構築方法において、前記データセットは、前記ＢＩＭデータに記録されている仮想建築部材それぞれの施工日を示す施工日情報と、建築物の計測日を示す計測日情報とを更に含み、前記施工日及び前記計測日に対応した機械学習を前記ニューラルネットワークに適用して推論モデルを構築する。
【００２２】
幾つかの例示的な態様に係る推論モデル構築方法は、更に、前記データセットに基づいて、施工日が前記計測日以前の仮想建築部材のみが施工された状態に対応した第１のＢＩＭデータを構築し、前記第１のＢＩＭデータに基づいて第１の経路を設定し、前記第１のＢＩＭデータ及び前記第１の経路に基づいて第１の仮想画像セットを生成し、前記第１の

仮想画像セットを少なくとも含む第１の訓練データを用いた機械学習を前記ニューラルネットワークに適用して、前記計測日に対応した推論モデルを構築する。

【００２３】

幾つかの例示的な態様に係る推論モデル構築方法は、更に、前記データセットに基づいて、施工日が前記計測日以前の仮想建築部材のみが施工された状態に対応した第２のＢＩＭデータを構築し、前記第２のＢＩＭデータ及び前記経路に基づいて第２の仮想画像セットを生成し、前記第２の仮想画像セットを少なくとも含む第２の訓練データを用いた機械学習を前記ニューラルネットワークに適用して、前記計測日に対応した推論モデルを構築する。

【００２４】

幾つかの例示的な態様に係る推論モデル構築方法において、前記ＢＩＭデータに記録されている仮想建築部材に対する距離が所定の許容範囲に含まれるように経路を設定する。

【００２５】

幾つかの例示的な態様に係る推論モデル構築方法において、前記経路として、１次元エリア、２次元エリア、及び３次元エリアのいずれかを設定する。

【００２６】

幾つかの例示的な態様に係る推論モデル構築方法は、ＢＩＭ（Ｂｕｉｌｄｉｎｇ Ｉｎｆｏｒｍａｔｉｏｎ Ｍｏｄｅｌｉｎｇ）データと、前記ＢＩＭデータが表す仮想建築物の内部及び／又は外部における経路を表す経路情報とを少なくとも含むデータセットを準備し、前記データセットに基づいて、前記経路に沿った前記仮想建築物の内部及び／又は外部の仮想画像セットを生成し、前記仮想画像セットを少なくとも含む訓練データを用いた機械学習を所定のニューラルネットワークに適用して、建築物の計測データから建築部材のデータを特定するための推論モデルを構築する。

【００２７】

幾つかの例示的な態様に係る推論モデル構築方法は、ＢＩＭ（Ｂｕｉｌｄｉｎｇ Ｉｎｆｏｒｍａｔｉｏｎ Ｍｏｄｅｌｉｎｇ）データが表す仮想建築物の内部及び／又は外部の、所定の経路に沿った仮想画像セットを準備し、前記仮想画像セットを少なくとも含む訓練データを用いた機械学習を所定のニューラルネットワークに適用して、建築物の計測データから建築部材のデータを特定するための推論モデルを構築する。

【００２８】

幾つかの例示的な態様に係る推論モデル構築方法において、前記データセットは、仮想建築部材の表面の状態を表すテクスチャ情報を含み、更に、前記仮想画像セットに前記テクスチャ情報を合成して第１の合成情報を生成し、前記第１の合成情報を少なくとも含む訓練データを用いた機械学習を前記ニューラルネットワークに適用する。

【００２９】

幾つかの例示的な態様に係る推論モデル構築方法は、前記データセットは、障害物情報を更に含み、更に、前記仮想画像セットに前記障害物情報を合成して第２の合成情報を生成し、前記第２の合成情報を少なくとも含む訓練データを用いた機械学習を前記ニューラルネットワークに適用する。

【００３０】

幾つかの例示的な態様に係る推論モデル構築方法は、更に、前記ＢＩＭデータに記録されている仮想建築部材に関するラベルを前記仮想画像セットに付与し、前記仮想画像セット及び前記ラベルを少なくとも含む訓練データを用いた教師あり学習を前記ニューラルネットワークに適用する。

【００３１】

幾つかの例示的な態様に係る推論モデル構築方法において、前記ニューラルネットワークは、畳み込みニューラルネットワークを含む。

【００３２】

幾つかの例示的な態様に係る推論モデル構築方法は、更に、建築物の内部及び／又は外部を自律的に移動しつつ計測を行うように構成された移動体に向けて前記推論モデルを送

信する。
【００３３】
幾つかの例示的な態様に係る推論モデル構築方法は、ＢＩＭ（Ｂｕｉｌｄｉｎｇ Ｉｎｆｏｒｍａｔｉｏｎ Ｍｏｄｅｌｉｎｇ）データが表す仮想建築物の内部及び／又は外部における所定の経路に沿った仮想画像セットを少なくとも含む訓練データを用いた機械学習を所定のニューラルネットワークに適用して構築された推論モデルを受け付け、前記推論モデルを用いてデータ処理を行うプロセッサにより、建築物の計測データから特徴量を抽出し、前記プロセッサにより、前記特徴量に基づいて建築部材のデータを特定する。
【００３４】
幾つかの例示的な態様は、例示的な態様の方法をコンピュータに実行させるプログラムである。
【００３５】
幾つかの例示的な態様は、例示的な態様の推論モデル構築方法により構築された推論モデルである。
【００３６】
幾つかの例示的な態様は、例示的な態様の推論モデルを用いて建築物の計測データから建築部材のデータを特定する処理をコンピュータに実行させるプログラムである。
【００３７】
幾つかの例示的な態様は、例示的な態様のプログラムを記録したコンピュータ可読な非一時的記録媒体である。
【発明の効果】
【００３８】
例示的な態様によれば、建築管理の効率化を図ることが可能である。
【図面の簡単な説明】
【００３９】
【図１】例示的な態様に係る情報処理装置の構成の一例を表す概略図である。
【図２】例示的な態様に係る情報処理装置の構成の一例を表す概略図である。
【図３】例示的な態様に係る情報処理装置の動作の一例を表すフローチャートである。
【図４】例示的な態様に係る情報処理装置の構成の一例を表す概略図である。
【図５】例示的な態様に係る情報処理装置の構成の一例を表す概略図である。
【図６】例示的な態様に係る情報処理装置の動作の一例を表すフローチャートである。
【図７】例示的な態様に係る情報処理装置の構成の一例を表す概略図である。
【図８】例示的な態様に係る情報処理装置の動作の一例を表すフローチャートである。
【図９】例示的な態様に係る情報処理装置の構成の一例を表す概略図である。
【図１０】例示的な態様に係る情報処理装置の動作の一例を表すフローチャートである。
【図１１】例示的な態様に係る情報処理装置の構成の一例を表す概略図である。
【図１２】例示的な態様に係る情報処理装置の動作の一例を表すフローチャートである。
【図１３】例示的な態様に係る情報処理装置の構成の一例を表す概略図である。
【図１４】例示的な態様に係る情報処理装置の動作の一例を表すフローチャートである。
【図１５】例示的な態様に係る情報処理装置の構成の一例を表す概略図である。
【図１６】例示的な態様に係る情報処理装置の動作の一例を表すフローチャートである。
【図１７】例示的な態様に係る情報処理装置の構成の一例を表す概略図である。
【図１８】例示的な態様に係る情報処理装置の動作の一例を表すフローチャートである。
【図１９】例示的な態様に係る情報処理装置の構成の一例を表す概略図である。
【図２０】例示的な態様に係る情報処理装置の動作の一例を表すフローチャートである。
【図２１】例示的な態様に係るシステムの構成の一例を表す概略図である。
【図２２】例示的な態様に係るシステムで用いられるデータフォーマット（データ構成）の一例を表す概略図である。
【図２３Ａ】例示的な態様に係るシステムの動作の一例を表すフローチャートである。
【図２３Ｂ】例示的な態様に係るシステムの動作の一例を表すフローチャートである。

【図２３Ｃ】例示的な態様に係るシステムの動作の一例を表すフローチャートである。
【発明を実施するための形態】
【００４０】
本開示では、情報処理装置、推論モデル構築方法、情報処理方法、推論モデル、プログラム、及び記録媒体について、幾つかの例示的な態様を説明する。また、幾つかの態様において使用可能なデータ構造などについても説明する。
【００４１】
例示的な態様は、例えば、建築物リアリティキャプチャシステムの実用化及び運用を好適に行うために利用可能である。リアリティキャプチャは、実体物のデータをデジタルカメラやレーザースキャナーで取得して３次元モデルを構築する技術であり、計測、仮想現実、拡張現実など様々な分野で用いられている。本開示では、建築分野におけるリアリティキャプチャへの応用について説明するが、他分野のリアリティキャプチャ（例えば、土木分野）やリアリティキャプチャ以外の技術に例示的な態様を応用することも可能である。また、本明細書にて引用された文献に記載されている事項や、その他の任意の公知技術を、例示的な態様に援用することが可能である。
【００４２】
本開示において説明される要素の機能の少なくとも一部は、回路構成（ｃｉｒｃｕｉｔｒｙ）又は処理回路構成（ｐｒｏｃｅｓｓｉｎｇ　ｃｉｒｃｕｉｔｒｙ）を用いて実装される。回路構成又は処理回路構成は、開示された機能の少なくとも一部を実行するように構成及び／又はプログラムされた、汎用プロセッサ、専用プロセッサ、集積回路、ＣＰＵ（Ｃｅｎｔｒａｌ　Ｐｒｏｃｅｓｓｉｎｇ　Ｕｎｉｔ）、ＧＰＵ（Ｇｒａｐｈｉｃｓ　Ｐｒｏｃｅｓｓｉｎｇ　Ｕｎｉｔ）、ＡＳＩＣ（Ａｐｐｌｉｃａｔｉｏｎ　Ｓｐｅｃｉｆｉｃ　Ｉｎｔｅｇｒａｔｅｄ　Ｃｉｒｃｕｉｔ）、プログラマブル論理デバイス（例えば、ＳＰＬＤ（Ｓｉｍｐｌｅ　Ｐｒｏｇｒａｍｍａｂｌｅ　Ｌｏｇｉｃ　Ｄｅｖｉｃｅ）、ＣＰＬＤ（Ｃｏｍｐｌｅｘ　Ｐｒｏｇｒａｍｍａｂｌｅ　Ｌｏｇｉｃ　Ｄｅｖｉｃｅ）、ＦＰＧＡ（Ｆｉｅｌｄ　Ｐｒｏｇｒａｍｍａｂｌｅ　Ｇａｔｅ　Ａｒｒａｙ）、従来の回路構成、及びそれらの任意の組み合わせのいずれかを含む。プロセッサは、トランジスタ及び／又は他の回路構成を含む、処理回路構成又は回路構成とみなされる。本開示において、回路構成、ユニット、手段、又はこれらに類する用語は、開示された機能の少なくとも一部を実行するハードウェア、又は、開示された機能の少なくとも一部を実行するようにプログラムされたハードウェアである。ハードウェアは、本明細書に開示されたハードウェアであってよく、或いは、記載された機能の少なくとも一部を実行するようにプログラム及び／又は構成された既知のハードウェアであってもよい。ハードウェアが或るタイプの回路構成とみなされ得るプロセッサである場合、回路構成、ユニット、手段、又はこれらに類する用語は、ハードウェアとソフトウェアとの組み合わせであり、このソフトウェアはハードウェア及び／又はプロセッサを構成するために使用される。
【００４３】
以下に説明する例示的な態様を任意に組み合わせてもよい。例えば、２つ以上の例示的な態様を少なくとも部分的に組み合わせることが可能である。
【００４４】
＜第１の態様＞
本態様に係る情報処理装置の構成例を図１及び図２に示す。情報処理装置１は、例えば、建築物リアリティキャプチャシステムに含まれていてよい。建築物リアリティキャプチャシステムは、実際の建築物を計測してデジタルデータを取得する機能を有する。本態様は、実際の建築物の計測データと設計データとの比較を容易化するためのデータ構造（フォーマット）を提供するように構成されていてよい。
【００４５】
本態様に係る情報処理装置１は、データセット受付部１３と処理部１５とを少なくとも含み、制御部１１とユーザーインターフェイス１２と記憶部１４とを更に含む。
【００４６】

制御部１１は、情報処理装置１の各種制御を実行するように構成されている。制御部１１は、例えば、プロセッサ及び記憶装置を含むハードウェアと、制御ソフトウェアとの協働によって実現される。制御部１１は、１つのコンピュータに設けられ、又は２以上のコンピュータに分散配置されている。

【００４７】

ユーザーインターフェイス１２は、例えば、表示デバイス、操作デバイス、入力デバイスなどを含む。幾つかの例示的な態様のユーザーインターフェイス１２は、タッチスクリーン、ポインティングデバイス、コンピュータグラフィクスなどを利用したグラフィカルユーザーインターフェイス（ＧＵＩ）を含む。ユーザーインターフェイス１２は、１つのコンピュータに設けられ、又は２以上のコンピュータに分散配置されている。

【００４８】

データセット受付部１３は、情報処理装置１により処理されるデータを受け付ける機能を有する。このデータ受付機能は、外部からデータを受け付ける機能である。データ受付機能は、例えば、外部（装置、システム、データベースなど）との間でデータ通信を行うための通信デバイスを用いて実現されてもよいし、記録媒体に記録されているデータを読み出すためのドライブ装置を用いて実現されてもよい。データセット受付部１３により外部から受け付けられるデータは、例えば、コンピュータを用いて生成されたデータ（ＢＩＭデータ、ＣＡＤデータなど）であってもよいし、情報処理装置１、他の装置及び他のシステムのいずれかによって過去に取得及び／又は加工されたデータでもあってもよい。本態様では、データセット受付部１３は、予め作成されたＢＩＭデータを少なくとも含むデータセットを受け付ける。また、データ受付機能に適用可能な記録媒体は、コンピュータ可読な非一時的記録媒体であり、例えば、磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスク、半導体メモリなどであってよい。

【００４９】

幾つかの例示的な態様に係る情報処理装置（又は、これを含むシステム）は、データ受付機能に加え、又はデータ受付機能の代わりに、データ生成機能を有していてもよい。データ生成機能は、例えば、実体物からデータを収集する機能、実体物から収集されたデータを加工する機能、コンピュータを利用してデータを生成する機能、及び、予め生成されたデータを加工する機能のいずれかを含んでいてよい。

【００５０】

実体物からデータを収集する機能は、例えば、無人航空機（ＵＡＶ）や作業者などの移動体に搭載されたカメラ（全周カメラ）又はビデオカメラ（全周ビデオカメラ）により実体物を撮影する機能、及び、レーザースキャナーやトータルステーションにより実体物をスキャンしてデータを収集する機能のいずれか一方又は双方を含んでいてよい。当該機能を有する情報処理装置（又は、これを含むシステム）は、１以上の計測装置を含んでいてよい。

【００５１】

実体物から収集されたデータを加工する機能は、例えば、少なくともプロセッサを用いて実現され、実体物の撮影画像やスキャンデータに所定の処理を適用して他のデータを生成する機能を含んでいてよい。その例として、前述したＳｆＭ、ＭＶＳ、ＳＬＡＭ（Ｖ－ＳＬＡＭ；Ｖｉｓｕａｌ　ＳＬＡＭ）などを用いたデータ処理機能がある。また、機械学習を利用して構築された学習済みモデルを用いたデータ処理機能もその一例である。当該機能を有する情報処理装置（又は、これを含むシステム）は、１つのコンピュータに設けられ、又は２以上のコンピュータに分散配置される。

【００５２】

コンピュータを利用してデータを生成する機能は、例えば、ＢＩＭアプリケーションを用いてＢＩＭデータを生成する機能や、ＣＡＤ（Ｃｏｍｐｕｔｅｒ－Ａｉｄｅｄ　Ｄｅｓｉｇｎ）アプリケーションを用いてＣＡＤデータを生成する機能のような、コンピュータグラフィクスを用いたデータ生成機能を含んでいてよい。また、コンピュータを利用してデータを生成する機能は、施工管理アプリケーション、維持管理アプリケーション、補修

管理アプリケーションなどの各種建築アプリケーションを用いてデータを生成する機能を含んでいてよい。当該機能を有する情報処理装置（又は、これを含むシステム）は、１つのコンピュータに設けられ、又は２以上のコンピュータに分散配置される。

【００５３】

予め生成されたデータを加工する機能は、例えば、少なくともプロセッサを用いて実現され、情報処理装置１、他の装置及び他のシステムのいずれかによって過去に取得及び／又は加工された実体物のデータに所定の処理を適用して他のデータを生成する機能を含んでいてよい。当該機能に適用可能な技術は、実体物から収集されたデータを加工する機能に適用可能な技術と同様であってよい。予め生成されたデータの例としてＢＩＭデータがある。当該機能を有する情報処理装置（又は、これを含むシステム）は、１つのコンピュータに設けられ、又は２以上のコンピュータに分散配置される。

【００５４】

本態様において、実体物は建築物である。建築物は、予め生成された設計データ（ＢＩＭデータ、設計図書、施工図、施工計画書など）に基づき施工される。データセット受付部１３は、設計データに含まれるＢＩＭデータの少なくとも一部を含むデータセットを受け付ける。

【００５５】

本開示では、設計データに記録されている建築物データ（及び／又は、設計データを加工して得られた建築物データ）を仮想建築物と呼ぶことがあり、その構成要素（建築部材）を仮想部材と呼ぶことがある。幾つかの例示的な態様において、仮想部材はＢＩＭモデルが提供する部材モデルであり、複数の部材モデルを用いて構成された建築物が仮想建築物である。

【００５６】

一方、本開示において、設計データに基づき施工された建築物を実体建築物と呼ぶことがあり、その構成要素（建築部材）を実体部材と呼ぶことがある。上記の実体物はここに言う実体建築物に相当する。実体建築物は、設計データに基づき完成された建築物だけでなく、施工途中の建築物（未完成の建築物）であってもよいし、更には施工前の建築現場であってもよい。

【００５７】

本開示において、建築部材は、柱、梁、壁、スラブ、屋根、基礎などの構造部材に加え、窓、ドア、階段、タイル、フローリングなどの非構造部材や、各種の部品や、各種の機械や、各種の機器や、各種の設備などを含んでいてもよい。より一般に、本開示における建築部材は、仮想部材として登録可能な任意の物であってよく、また、実体部材として使用可能な任意の物であってよい。

【００５８】

記憶部１４は、各種のデータ（情報）を記憶するように構成されている。記憶部１４は、例えば、データセット受付部１３により取得されたデータを記憶する。記憶部１４は、例えば、ハードディスクドライブ（ＨＤＤ）、ソリッドステートドライブ（ＳＳＤ）などの比較的大容量の記憶装置（メモリ、ストレージデバイス）を含む。記憶部１４は、１つの記憶装置又は２以上の記憶装置を含む。本態様において、記憶装置１４には、データセット１４１、経路情報１４２、訓練データ１４３、及び推論モデル１４４が記憶される。

【００５９】

データセット１４１は、データセット受付部１３により受け付けられたものである。データセット１４１は、建築物の設計に関する任意のデータや情報であってよい。本態様のデータセット１４１は、情報処理装置１の外部にあるＢＩＭアプリケーション（ＢＩＭツール）を用いて設計された仮想建築物（複数の仮想部材）のＢＩＭデータを少なくとも含んでおり、設計図書、施工図、施工計画書などを更に含んでいてもよい。また、データセット１４１は、任意のデータや情報（例えば、ＢＩＭデータ、設計図書、施工図、施工計画書）のうちのいずれか１以上のデータから生成されたデータを含んでよい。

【００６０】

本態様のデータセット１４１は、仮想部材情報を含んでいてよい。仮想部材情報は、仮想建築物の構成要素である複数の仮想部材についての情報を含む。より詳細には、仮想部材情報は、各仮想部材について、予め設定された複数の属性に関する情報を含む。ここに言う属性は、仮想部材が有する性質、特徴、特性などを意味する。

【００６１】

幾つかの例示的な態様において、仮想部材の複数の属性は、例えば、仮想部材識別情報（仮想部材ＩＤ）、仮想部材形状情報、仮想部材位置情報、部材施工日情報などを含む。なお、仮想部材の属性はこれらに限定されず、例えば材質など任意の性質、特徴、特性であってよい。

【００６２】

仮想部材ＩＤは、仮想部材を識別するための情報である。仮想部材ＩＤは、仮想部材の種別（柱、梁、壁、スラブ、屋根、基礎、窓、ドア、階段、タイル、フローリング、部品、機械、機器、設備など）を示す。仮想部材ＩＤは、例えば、実体部材に付与された識別情報（部材番号など）であってもよい。仮想部材ＩＤは、例えば、ＢＩＭデータ、設計図書、施工図などから取得される。また、仮想部材ＩＤは、個々にユニークな識別情報であってもよい。このような仮想部材ＩＤとして、中立でオープンなＣＡＤデータモデルのファイル形式であるＩｎｄｕｓｔｒｙ　Ｆｏｕｎｄａｔｉｏｎ　Ｃｌａｓｓｅｓ（ＩＦＣ）により提供される識別情報がある。仮想部材形状情報は、仮想部材の形状を表す情報である。仮想部材形状情報は、仮想部材の姿勢や向きなどを表す情報を含んでいてもよい。仮想部材形状情報は、例えば、ＢＩＭデータ、設計図書、施工図などから取得される。仮想部材位置情報は、仮想建築物における仮想部材の位置を表す。仮想部材の位置は、例えば、仮想建築物が定義された仮想空間（３次元座標系で定義された３次元仮想空間）における仮想部材の座標によって表現される。仮想部材位置情報は、例えば、ＢＩＭデータ、設計図書、施工図などから取得される。部材施工日情報は、仮想部材に対応する実体部材を建築現場において設置する日（施工日、施工予定日）を示す。部材施工日情報は、例えば、施工図、施工計画書から取得される。

【００６３】

情報処理装置１（例えば、制御部１１及び記憶部１４）は、例えば、データセット１４１を管理するための設計データベースを提供する。例えば、設計データベースには、ＢＩＭアプリケーションを用いて設計された仮想建築物（複数の仮想部材）のデータが格納される。設計データベースは、この仮想建築物に含まれる複数の仮想部材を一つひとつ管理するように構成されている。例えば、設計データベースには、実際のＢＩＭデータを含むデータセット１４１が格納される。設計データベースは、例えば、仮想建築物ごとにデータセット１４１を管理する。設計データベースは、例えば、テーブル形式のデータ構造（フォーマット）を用いて仮想部材情報を管理するように構成されている。

【００６４】

記憶部１４に記憶されるデータや情報はこれらに限定されず、その一例として実体部材データがある。実体部材データは、実体部材に関する任意のデータや情報であってよい。実体部材データは、例えば、データセット１４１に含まれるＢＩＭデータなどに基づき施工された実体建築物を計測（撮影、レーザースキャンなど）して取得された計測データ（撮影画像、スキャンデータ、点群データなど）に基づき生成される。実体建築物の計測は、外部システム（ＵＡＶ、トータルステーションなど）により実行される。また、計測データに基づく実体部材データの生成は、情報処理装置１又は外部システムにより実行される。実体部材データは、例えば、データセット１４１と同じ形式のＢＩＭデータとして生成され管理される。

【００６５】

実体部材データは、実体建築物の構成要素である複数の実体部材についての情報を含む。より詳細には、実体部材データは、各実体部材について、予め設定された複数の属性に関する情報を含む。ここに言う属性は、実体部材が有する性質、特徴、特性などを意味する。

【００６６】
幾つかの例示的な態様において、実体部材の複数の属性は、前述した仮想部材の複数の属性に対応している。例えば、実体部材の複数の属性は、実体部材識別情報（実体部材ＩＤ）、実体部材形状情報、実体部材位置情報、計測日情報などを含む。なお、実体部材の属性はこれらに限定されず、例えば材質など任意の性質、特徴、特性であってよい。実体部材の属性情報は、例えば、情報処理装置１又は外部システム等によって生成される。
【００６７】
実体部材ＩＤは、実体部材を識別するための情報である。仮想部材ＩＤと同様に、実体部材ＩＤは、仮想部材の種別を示す情報であり、例えば、実体部材に付与された識別情報（部材番号など）であってもよい。幾つかの例示的な態様において、実体部材ＩＤは、対応する仮想部材ＩＤと同じであってよい（例えば、ＩＦＣにより提供される識別情報）。或いは、実体部材ＩＤは、対応する仮想部材ＩＤと異なる情報であり、且つ、対応する仮想部材ＩＤとの関連を情報処理装置１（及び外部システム等）が認識可能な所定の形式であってもよい。実体部材形状データは、計測データに基づき取得された実体部材の形状を表すデータである。実体部材形状データは、実体部材の姿勢や向きなどを表すデータを含んでいてもよい。実体部材位置データは、実体建築物における実体部材の位置を表す。実体部材の位置は、例えば、計測データに基づき作成された実体建築物のＢＩＭモデルが定義された仮想空間（３次元座標系で定義された３次元仮想空間）における実体部材の座標によって表現される。計測日情報は、実体建築物の計測を実施した日を示す。計測日情報は、例えば、実体建築物の計測を実施する計測システム（移動体、トータルステーション、コンピュータなど）によって生成される。
【００６８】
なお、仮想部材の属性である部材施工日情報と、実体部材の属性である計測日情報とは、少なくとも年、月、日の情報を含み、時、分、秒などの情報を更に含んでいてもよい。また、設計が行われた場所の標準時と、実体建築物が存在する場所の標準時とが異なる場合、情報処理装置１又は外部システム等は、部材施工日情報と計測日情報とを同じ標準時で表現するように変換を行うように構成されてよい。
【００６９】
情報処理装置１（例えば、制御部１１及び記憶部１４）は、例えば、実体部材データを管理するための実体部材データベースを提供する。例えば、実体部材データベースには、実体建築物の計測データを処理して得られた実体建築物のＢＩＭモデル（複数の実体部材のＢＩＭモデル）のデータが格納される。実体部材データベースは、実体建築物モデルに含まれる複数の実体部材モデルを一つひとつ管理するように構成されている。例えば、実体部材データベースには、実体建築物ＢＩＭモデルが格納される。実体部材データベースは、例えば、実体建築物ＢＩＭモデルごとに実体部材データを管理する。実体部材データベースは、例えば、設計データベースと同様に、テーブル形式のデータ構造（フォーマット）を用いて実体部材データを管理するように構成されている。
【００７０】
経路情報１４２は、処理部１５（後述の経路設定部１５１）により設定された経路を表す。訓練データ１４３は、処理部１５（後述の仮想画像セット生成部１５２）により生成された仮想画像セットを含む。推論モデル１４４は、処理部１５（後述の推論モデル構築部１５３）により構築される。経路情報１４２、訓練データ１４３、及び推論モデル１４４については後述する。
【００７１】
処理部１５は、データ処理を実行するように構成されている。処理部１５は、例えば、プロセッサ及び記憶装置を含むハードウェアと、データ処理ソフトウェアとの協働によって実現される。処理部１５は、１つのコンピュータに設けられ、又は２以上のコンピュータに分散配置される。処理部１５は、経路設定部１５１、仮想画像セット生成部１５２、及び推論モデル構築部１５３を含む。
【００７２】

経路設定部１５１は、少なくともＢＩＭデータを含むデータセット１４１に基づいて、このＢＩＭデータが表す仮想建築物の内部及び／又は外部における経路を設定するように構成されている。制御部１１は、経路設定部１５１により設定された経路を表す情報を記憶部１４に保存する（経路情報１４２）。経路設定部１５１は、例えば、プロセッサ及び記憶装置を含むハードウェアと、経路設定ソフトウェアとの協働によって実現される。

【００７３】

経路設定に使用可能なアルゴリズムの例として、動的計画法、ヘルドカープ・アルゴリズム、線形計画法、論理木、分枝限定法、線形計画法、群論的アルゴリズム、切除平面法、分枝カット法、リン・カーニハン・アルゴリズム、局所探索アルゴリズム、焼きなまし法、ホップ・フィールド・ネットワーク、ボルツマン機械、遺伝的アルゴリズム、タブー検索、ヒューリスティック・アルゴリズム、クリストフィード・アルゴリズム、多項式時間近似アルゴリズムなどがある。

【００７４】

また、経路設定部１５１は、機械学習により構築された学習済みモデルを用いて経路設定を行ってもよい。この機械学習には、例えば、多数のＢＩＭデータから生成された訓練データが用いられる。また、この機械学習は、例えば、巡回セールスマン問題を解くための手法と同じ要領で実施され、教師あり学習、教師なし学習、及び強化学習のうちの少なくとも１つの手法を含んでいてよい。

【００７５】

経路設定部１５１は、例えば、仮想建築物を構成する全ての建築部材（仮想建築部材、仮想部材）の近くを通過するように設定される。典型的には、経路設定部１５１は、仮想部材に対する距離が所定の許容範囲に含まれるように経路を設定するように構成されてよい。これにより、この仮想建築物に基づき施工された実体建築物の実体部材を好適な距離から撮影することができる。例えば、仮想部材に対する距離が近いほど、対応する実体部材を計測するときの精度が向上する傾向があることを考慮して、許容範囲（最大距離）を設定することができる。また、仮想部材に対する距離が遠いほど、計測の効率性が向上する傾向があることを考慮して、許容範囲（最小距離）を設定することができる。

【００７６】

経路設定部１５１は、１次元エリアを経路として設定してもよい。つまり、経路設定部１５１は、仮想建築物の内部及び外部における線状の経路を設定してもよい。また、経路設定部１５１により設定される経路は、２次元エリア又は３次元エリアであってもよい。２次元エリアや３次元エリアは、例えば、移動しつつ計測を行っている移動体が障害物を回避するために移動可能な範囲を表す。

【００７７】

仮想画像セット生成部１５２は、データセット１４１及び経路情報１４２に基づいて、経路情報１４２が表す経路に沿った仮想建築物の複数の画像を生成するように構成されている。このような仮想建築物の画像を仮想画像と呼び、複数の仮想画像を仮想画像セットと呼ぶ。仮想画像セット生成部１５２は、例えば、プロセッサ及び記憶装置を含むハードウェアと、仮想画像セット生成ソフトウェアとの協働によって実現される。

【００７８】

制御部１１は、仮想画像セット生成部１５２により生成された仮想画像セットを記憶部１４に保存する（訓練データ１４３）。訓練データ１４３は、仮想画像セットを少なくとも含み、他のデータを更に含んでいてもよい（後述）。

【００７９】

仮想画像は、仮想建築物を表す画像であり、例えば、データセット１４１に含まれるＢＩＭデータ（設計ＢＩＭとも呼ばれる）をレンダリングすることによって得られるレンダリングデータである。このようなレンダリングデータ（仮想画像）は、設計ＢＩＭ中の複数の位置のそれぞれについて構築される。本態様では、経路情報１４２に表された経路上の複数の位置のそれぞれについて、仮想画像セット生成部１５２は、その位置を視点としたボリュームレンダリングを設計ＢＩＭに適用する。これにより、経路情報１４２に表さ

れた経路に沿った設計ＢＩＭの複数のレンダリングデータ（仮想画像セット）が得られる。各レンダリングデータに対し、対応する位置情報（設計ＢＩＭ中の視点の３次元座標）を、属性情報として付帯させることができる。レンダリングデータの属性情報はこれに限定されない。例えば、レンダリングデータの属性情報は設計ＢＩＭに関する任意の情報、レンダリング処理に関する任意の情報、レンダリングデータに関する任意の情報などを含んでいてよい。

【００８０】

推論モデル構築部１５３は、仮想画像セット生成部１５２により生成された仮想画像セットを少なくとも含む訓練データ１４３を用いた機械学習を所定のニューラルネットワークに適用して、建築物の計測データから建築部材のデータを特定するための推論モデルを構築するように構成されている。制御部１１は、推論モデル構築部１５３により構築された推論モデルを記憶部１４に保存する（推論モデル１４４）。推論モデル構築部１５３は、例えば、プロセッサ及び記憶装置を含むハードウェアと、推論モデル構築ソフトウェアとの協働によって実現される。

【００８１】

推論モデルの用途として、例えば、実体建築物の計測（撮影、レーザースキャン）を行う移動体の制御、実体建築物の計測データ（撮影画像、スキャンデータ、点群データなど）に基づくＢＩＭデータの作成などがある。

【００８２】

推論モデル構築部１５３の構成の一例を図２に示す。本例の推論モデル構築部１５３は、学習処理部１５３Ａと、ニューラルネットワーク１５３Ｂとを含む。

【００８３】

ニューラルネットワーク１５３Ｂは、典型的には、畳み込みニューラルネットワーク（ＣＮＮ）を含む。畳み込みニューラルネットワークの構造の一例を図２に示す。入力層には、画像が入力される。

【００８４】

入力層の後ろには、畳み込み層とプーリング層とのペアが複数配置されている。図２に示す例においては畳み込み層とプーリング層とのペアが２つ設けられているが、ペアの個数は任意である。

【００８５】

畳み込み層では、画像から特徴（輪郭など）を把握するための畳み込み演算が行われる。畳み込み演算は、入力された画像に対する、この画像と同じ次元のフィルタ関数（重み係数、フィルタカーネル）の積和演算である。畳み込み層では、入力された画像の複数の部分にそれぞれ畳み込み演算を適用する。より具体的には、畳み込み層では、フィルタ関数が適用された部分画像の各画素の値に、その画素に対応するフィルタ関数の値（重み）を乗算して積を算出し、この部分画像の複数の画素にわたって積の総和を求める。このように得られた積和値は、出力される画像における対応画素に代入される。フィルタ関数を適用する箇所（部分画像）を移動させながら積和演算を行うことで、入力された画像の全体についての畳み込み演算結果が得られる。このような畳み込み演算によれば、多数の重み係数を用いて様々な特徴が抽出された画像が多数得られる。つまり、平滑化画像やエッジ画像などの多数のフィルタ処理画像が得られる。畳み込み層により生成される多数の画像は特徴マップと呼ばれる。

【００８６】

プーリング層では、直前の畳み込み層により生成された特徴マップの圧縮（データの間引きなど）が行われる。より具体的には、プーリング層では、特徴マップ内の注目画素の所定の近傍画素における統計値を所定の画素間隔ごとに算出し、入力された特徴マップよりも小さな寸法の画像を出力する。なお、プーリング演算に適用される統計値は、例えば、最大値（ｍａｘ　ｐｏｏｌｉｎｇ）又は平均値（ａｖｅｒａｇｅ　ｐｏｏｌｉｎｇ）である。また、プーリング演算に適用される画素間隔は、ストライド（ｓｔｒｉｄｅ）と呼ばれる。

【００８７】
畳み込みニューラルネットワークでは、畳み込み層とプーリング層とのペアを複数設けて処理を行うことにより、入力された画像から多くの特徴を抽出することができる。
【００８８】
畳み込み層とプーリング層との最後のペアの後ろには、全結合層が設けられている。図２に示す例においては２つの全結合層が設けられているが、全結合層の個数は任意である。全結合層では、畳み込み及びプーリングによって圧縮された特徴量を用いて、画像分類、画像セグメンテーション、回帰などの処理を行う。最後の全結合層の後ろには、出力結果を提供する出力層が設けられている。
【００８９】
なお、幾つかの例示的な態様において、畳み込みニューラルネットワークは、全結合層を含まなくてもよいし、サポートベクターマシンや再帰型ニューラルネットワーク（ＲＮＮ）を含んでいてもよい。また、ニューラルネットワーク１５３Ｂに対する機械学習は、転移学習であってもよい。つまり、ニューラルネットワーク１５３Ｂは、他の訓練データ（訓練画像）を用いた学習が既に行われてパラメータ調整が為されたニューラルネットワークを含んでいてもよい。また、モデル構築部１５３（学習処理部１５３Ａ）は、学習済みのニューラルネットワーク（１５３Ｂ）に対してファインチューニングを行うようにしてもよい。ニューラルネットワーク１５３Ｂは、例えば、公知のオープンソースのニューラルネットワークアーキテクチャを含んでいてもよい。
【００９０】
学習処理部１５３Ａは、訓練データ１４３を用いた機械学習をニューラルネットワーク１５３Ｂに適用する。ニューラルネットワーク１５３Ｂが畳み込みニューラルネットワークである場合、学習処理部１５３Ａにより調整されるパラメータは、例えば、畳み込み層のフィルタ係数と、全結合層の結合重み及びオフセットとである。
【００９１】
訓練データ１４３は、前述したように仮想画像セットを少なくとも含んでいる。訓練データ１４３は、仮想画像以外のデータを更に含んでいてもよい。例えば、訓練データ１４３は、任意の物の撮影画像、人の撮影画像などを含んでいてもよい。物の撮影画像の例として、建築部材の画像、梯子や脚立などの道具の画像がある。また、人の画像の例として、建築現場における作業者の画像がある。また、訓練データ１４３は、実体建築物の他の計測データ（スキャンデータ、点群データなど）を含んでいてもよい。また、データ拡張、データオーギュメンテーションなどの技術を用いて、訓練データの個数を増加させてもよい。
【００９２】
本態様では、ＢＩＭデータ（設計ＢＩＭ）から作成された仮想画像を用いることで、実体建築物の計測データを大量に収集する手間を省くことができる。特に、多数のＢＩＭデータから多数の仮想画像（仮想画像セット）を作成して訓練データとすることで、機械学習の品質向上及び推論モデルの品質向上を図ることができる。
【００９３】
また、建築部材の撮影画像、建築部材以外の物の撮影画像や、人の撮影画像を訓練データとして用いることで、道具や作業者を検出するように推論モデルを訓練することが可能である。それにより、障害物や作業者を回避するように移動体を制御することや、計測データからＢＩＭデータを作成する際に障害物や作業者のデータを除外することが可能になる。
【００９４】
訓練データ１４３に含まれる仮想画像及び／又は計測データ（撮影画像、スキャンデータ、点群データなど）は、建築部材の表面の状態を表すテクスチャ情報を含んでいてもよい。テクスチャ情報を用いることで、オブジェクトの表面のテクスチャが反映された最終出力を得ることができる。それにより、移動体制御やＢＩＭデータ作成の品質向上を図ることができる。

【００９５】
推論モデルを構築するための訓練手法は任意であってよいが、例えば、教師あり学習、教師なし学習、及び強化学習のいずれか、又は、いずれか２以上の組み合わせであってよい。典型的には、入力画像に最終出力のラベルが付された訓練データを用いて教師あり学習が実施される。また、ニューラルネットワーク１５３Ｂの特定のユニットに処理が集中しないようにするために、学習処理部１５３Ａは、幾つかのユニットをランダムに選んで無効化し、残りのユニットを用いて学習を行ってもよい（ドロップアウト）。
【００９６】
また、推論モデル構築に用いられる手法は、ここに示した例に限定されず、例えば、サポートベクターマシン、ベイズ分類器、ブースティング、ｋ平均法、カーネル密度推定、主成分分析、独立成分分析、自己組織化写像、ランダムフォレスト、敵対的生成ネットワーク（ＧＡＮ）などの任意の手法を利用することが可能である。
【００９７】
本態様に係る情報処理装置１の動作について説明する。情報処理装置１の動作の一例を図３に示す。
【００９８】
まず、少なくともＢＩＭデータを含むデータセットが準備される（Ｓ１）。データセットの準備は、自動及び／又は手動で行われ、例えばクラウドコンピュータなどのコンピュータを用いて行われる。
【００９９】
次に、情報処理装置１は、データセット受付部１３により、ステップＳ１で準備されたデータセットを受け付ける（Ｓ２）。受け付けられたデータセットは、制御部１１によって記憶部１４に保存される（データセット１４１）。
【０１００】
次に、経路設定部１５１は、ステップＳ２で受け付けられたデータセット１４１に基づいて、データセット１４１中のＢＩＭデータが表す仮想建築物の内部及び／又は外部における経路を設定する（Ｓ３）。設定された経路を表す情報は、制御部１１によって記憶部１４に保存される（経路情報１４２）。
【０１０１】
次に、仮想画像セット生成部１５２は、データセット１４１及び経路情報１４２に基づいて、ステップＳ３で設定された経路に沿った、データセット１４１中のＢＩＭデータが表す仮想建築物の仮想画像セットを生成する（Ｓ４）。生成された仮想画像セットは、（他のデータとともに）制御部１１によって記憶部１４に保存される（訓練データ１４３）。
【０１０２】
次に、推論モデル構築部１５３の学習処理部１５３Ａは、ステップＳ４で生成された仮想画像セットを少なくとも含む訓練データ１４３を用いた機械学習をニューラルネットワーク１５３Ｂに適用して、建築物の計測データから建築部材のデータを特定するための推論モデルを構築する（Ｓ５）。構築された推論モデルは、制御部１１によって記憶部１４に保存される（推論モデル１４４）（エンド）。
【０１０３】
本態様において構築された推論モデル１４４は、例えば、建築物の内部及び／又は外部を（自律的又は他律的に）移動しながら計測データを収集するように構成された移動体に提供される。また、推論モデル１４４は、このような移動体により収集された建築物の計測データから建築部材のデータを特定するように構成されたコンピュータに提供される。なお、推論モデル１４４の用途はこれらに限定されず、任意であってよい。また、例えば転移学習やファインチューニングのために、推論モデル１４４の少なくとも一部を利用することが可能である。
【０１０４】
このように本態様に係る情報処理装置１は、建築物のリアリティキャプチャなどに使用

可能であって、データセット受付部１３と、経路設定部１５１と、仮想画像セット生成部１５２と、推論モデル構築部１５３とを備える。データセット受付部１３は、ＢＩＭデータを少なくとも含むデータセットを受け付けるように構成されている。経路設定部１５１は、データセット受付部１３により受け付けられたデータセットに基づいて、このデータセット中のＢＩＭデータが表す仮想建築物の内部及び／又は外部における経路を設定するように構成されている。仮想画像セット生成部１５２は、データセット受付部１３により受け付けられたデータセットと、経路設定部１５１により設定された経路とに基づいて、この経路に沿った仮想建築物の仮想画像セットを生成するように構成されている。推論モデル構築部１５３は、仮想画像セット生成部１５２により生成された仮想画像セットを少なくとも含む訓練データを用いた機械学習を所定のニューラルネットワークに適用して、建築物の計測データから建築部材のデータを特定するための推論モデルを構築するように構成されている。

【０１０５】

本態様に係る情報処理装置１において、経路設定部１５１は、ＢＩＭデータに記録されている建築部材データ（仮想建築部材）に対する距離が所定の許容範囲に含まれるように経路を設定するように構成されていてよい。

【０１０６】

また、本態様に係る情報処理装置１において、経路設定部１５１は、１次元エリア、２次元エリア、及び３次元エリアのいずれかを、経路として設定するように構成されていてよい。

【０１０７】

また、本態様に係る情報処理装置１において、推論モデル構築に用いられるニューラルネットワークは、畳み込みニューラルネットワークを含んでいてよい。

【０１０８】

また、本態様は、建築物のリアリティキャプチャなどに使用可能な推論モデルを構築する方法を提供する。この推論モデル構築方法は、次の工程を少なくとも含む：ＢＩＭデータを少なくとも含むデータセットを準備する工程（データセット準備工程）；準備されたデータセットに基づいて、このデータセット中のＢＩＭデータが表す仮想建築物の内部及び／又は外部における経路を設定する工程（経路設定工程）；準備されたデータセットと、設定された経路とに基づいて、この経路に沿った仮想建築物の仮想画像セットを生成する工程（仮想画像セット生成工程）；生成された仮想画像セットを少なくとも含む訓練データを用いた機械学習を所定のニューラルネットワークに適用して、建築物の計測データから建築部材のデータを特定するための推論モデルを構築する工程（推論モデル構築工程）。なお、これらの工程のいずれかは、２以上のサブ工程を含んでいてよい（以下同様）。

【０１０９】

本態様に係る推論モデル構築方法において、経路設定工程は、ＢＩＭデータに記録されている仮想建築部材に対する距離が所定の許容範囲に含まれるように経路を設定するように実行されてよい。

【０１１０】

また、本態様に係る推論モデル構築方法において、経路設定工程は、１次元エリア、２次元エリア、及び３次元エリアのいずれかを経路として設定するように実行されてよい。

【０１１１】

また、本態様に係る推論モデル構築方法において、推論モデル構築工程で用いられるニューラルネットワークは、畳み込みニューラルネットワークを含んでいてよい。

【０１１２】

本態様は、データセット準備工程、経路設定工程、仮想画像セット生成工程、及び推論モデル構築工程のそれぞれをコンピュータに実行させるプログラムを提供する。このコンピュータは、例えば、建築物のリアリティキャプチャに使用可能な単一のコンピュータ、又は２以上のコンピュータを含むシステムである。

【０１１３】
更に、本態様は、このようなプログラムが記録された、コンピュータ可読な非一時的記録媒体を提供する。この非一時的記録媒体は、例えば、磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスク、及び半導体メモリのいずれかであってよい。
【０１１４】
本態様は、データセット準備工程、経路設定工程、仮想画像セット生成工程、及び推論モデル構築工程を通じて構築された推論モデルを提供する。
【０１１５】
また、本態様は、このような推論モデルを用いて建築物の計測データから建築部材のデータを特定する処理をコンピュータに実行させるプログラムを提供する。
【０１１６】
更に、本態様は、このようなプログラムが記録された、コンピュータ可読な非一時的記録媒体を提供する。この非一時的記録媒体は、例えば、磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスク、及び半導体メモリのいずれかであってよい。
【０１１７】
このような本態様によれば、建築管理における一つひとつの建築部材（例えば、柱、梁、壁、床、天井など）の状態確認のために、仮想画像セットを用いて訓練された推論モデルを利用することができる。これにより、例えば、ＢＩＭデータに含まれる各部材が実際に施工されたか確認する作業や、施工された位置が適切であるか確認する作業の省力化を図ることができる。また、学習済みモデルを用いてこれらの作業を行えるため、十分な経験を有する作業者を多くの建築現場に割り当てる必要が無くなる。更に、仮想画像セットを用いて機械学習を行うように構成されているので、実際の建築物の画像を大量に集める必要がない。したがって、訓練データを収集する作業の省力化を図ることができ、大量の訓練データを容易に収集することが可能になる。このように、本態様によれば、様々な観点から建築管理の効率化を図ることが可能である。
【０１１８】
＜第２の態様＞
第２及び第３の態様では、各建築部材の施工日（施工された日、施工予定日）と建築物の計測日（計測予定日）とに対応した機械学習をニューラルネットワークに適用して推論モデルを構築するための幾つかの例を説明する。
【０１１９】
第２の態様に係る情報処理装置の構成例を図４に示す。情報処理装置４は、第１の態様の情報処理装置１の処理部１５に、ＢＩＭデータ構築部１５４を付加し、且つ、ＢＩＭデータ構築部１５４の出力を経路設定部１５１及び仮想画像セット生成部１５２の双方に提供するように構成されたものである。ＢＩＭデータ構築部１５４は、例えば、プロセッサ及び記憶装置を含むハードウェアと、ＢＩＭデータ構築ソフトウェアとの協働によって実現される。第１の態様と共通の要素については、特に言及しない限り説明は省略する。
【０１２０】
本態様において準備されるデータセット１４１は、第１の態様と同様のＢＩＭデータに加えて、このＢＩＭデータに記録されている仮想建築部材それぞれの施工日を示す施工日情報（部材施工日情報）と、建築物の計測日を示す計測日情報とを更に含んでいる。
【０１２１】
部材施工日情報は、仮想部材に対応する実体部材を建築現場において設置する日（施工した日、施工予定日）を示す。部材施工日情報は、例えば、施工図、施工計画書から取得される。
【０１２２】
計測日情報は、実体建築物の計測日を示す。本態様においては、計測日情報は、将来行われる計測の日（計測予定日）を示し、例えば次回計測日を示す。なお、実体建築物の計測は、建築物計測システム（移動体、トータルステーション、コンピュータなどを含む）によって実施される。計測日情報は、例えば、施工計画書、管理計画書などから取得され

る。
【０１２３】
部材施工日情報及び計測日情報は、少なくとも年、月、日の情報を含み、時、分、秒などの情報を更に含んでいてもよい。また、設計が行われた場所の標準時と、実体建築物が存在する場所の標準時とが異なる場合、情報処理装置４（又は外部システム等）は、部材施工日情報と計測日情報とを同じ標準時で表現するように変換を行うことができる。
【０１２４】
ＢＩＭデータ構築部１５４は、ＢＩＭデータと部材施工日情報と計測日情報とを少なくとも含むデータセット１４１に基づいて、施工日が計測日以前の仮想建築部材のみが施工された状態に対応したＢＩＭデータ（第１のＢＩＭデータ）を構築するように構成されている。
【０１２５】
例えば、ＢＩＭデータ構築部１５４は、まず、データセット１４１中のＢＩＭデータに記録された各仮想部材の施工日を計測日と比較することで、ＢＩＭデータに記録された複数の仮想部材のうちから、施工日が計測日以前の仮想部材を選択する。ここで、施工日が計測日以前の仮想部材は、施工日が計測日と同じ仮想部材又は施工日が計測日よりも前の日である仮想部材であってもよいし、施工日が計測日よりも前の日である仮想部材であってもよい。
【０１２６】
次に、ＢＩＭデータ構築部１５４は、選択された仮想部材群のみを含む第１のＢＩＭデータを構築する。例えば、ＢＩＭデータ構築部１５４は、選択されなかった各仮想部材をデータセット１４１中のＢＩＭデータから削除することによって、選択された仮想部材群のみを含む第１のＢＩＭデータを構築するように構成されてよい。
【０１２７】
このようにして構築される第１のＢＩＭデータは、計測日における建築部材の配置に相当するＢＩＭデータである。第１のＢＩＭデータは、例えば、施工途中の実体建築物の計測のために有効である。
【０１２８】
ＢＩＭデータ構築部１５４により構築された第１のＢＩＭデータは、経路設定部１５１及び仮想画像セット生成部１５２の双方に送られる。
【０１２９】
本態様の経路設定部１５１は、ＢＩＭデータ構築部１５４により構築された第１のＢＩＭデータに基づいて、第１のＢＩＭデータが表す仮想建築物の内部及び／又は外部における経路を設定する。第１のＢＩＭデータに基づき設定される経路を第１の経路と呼ぶ。
【０１３０】
このようにして設定される第１の経路は、当該計測日に設置されている建築部材のみを考慮したものである。つまり、第１の経路は、当該計測日の計測作業のために最適化された経路であると言える。よって、当該計測日の計測作業を効率的に行うことが可能となる。
【０１３１】
本態様の仮想画像セット生成部１５２は、ＢＩＭデータ構築部１５４により構築された第１のＢＩＭデータと、経路設定部１５１により第１のＢＩＭデータに基づき設定された第１の経路とに基づいて、第１の経路に沿った仮想建築物の仮想画像セットを生成する。第１のＢＩＭデータ及び第１の経路に基づき生成される仮想画像セットを第１の仮想画像セットと呼ぶ。
【０１３２】
本態様の推論モデル構築部１５３は、このような第１の仮想画像セットを少なくとも含む訓練データ（第１の訓練データ）を用いた機械学習をニューラルネットワークに適用して、当該計測日に対応した推論モデルを構築する。
【０１３３】

第１の仮想画像セットは、当該計測日の計測作業のために最適化された第１の経路に沿った複数の仮想画像である。このような第１仮想画像セットを用いて機械学習を行うことで、推論モデル（当該計測日における移動体の制御や、当該計測日に取得された計測データの解析に用いられる）の性能向上を図ることができる。

【０１３４】

複数の計測日のそれぞれに対応した推論モデルを予め作成することができる。つまり、複数の計測日に対応する複数の推論モデルを準備することができる。また、その過程で得られる多数の仮想画像（異なる計測日における多数の仮想画像）をそれぞれの推論モデルの構築（機械学習）に用いることができる。これにより、訓練データの個数を増加させることができる。また、建築部材の個数や位置の変化に応じた部材特定処理を学習させることができる。

【０１３５】

このように、本態様に係る情報処理装置４は、第１の態様の要素に加え、ＢＩＭデータ構築部１５４を含んでいる。また、データセット受付部１３により受け付けられるデータセットは、ＢＩＭデータに記録されている仮想建築部材それぞれの施工日を示す施工日情報と、建築物の計測日を示す計測日情報とを更に含んでいる。ＢＩＭデータ構築部１５４は、このデータセットに基づいて、施工日が計測日以前の仮想建築部材のみが施工された状態に対応した第１のＢＩＭデータを構築するように構成されている。また、本態様の経路設定部１５１は、第１のＢＩＭデータに基づいて第１の経路を設定するように構成されている。更に、本態様の仮想画像セット生成部１５２は、第１のＢＩＭデータ及び第１の経路に基づいて第１の仮想画像セットを生成するように構成されている。加えて、本態様の推論モデル構築部１５３は、第１の仮想画像セットを少なくとも含む第１の訓練データを用いた機械学習をニューラルネットワークに適用して、当該計測日に対応した推論モデルを構築するように構成されている。

【０１３６】

また、本態様は、建築物のリアリティキャプチャなどに使用可能な推論モデルを構築する方法を提供する。この推論モデル構築方法において、データセット準備工程で準備されるデータセットは、ＢＩＭデータに記録されている仮想建築部材それぞれの施工日を示す施工日情報と、建築物の計測日を示す計測日情報とを更に含んでいる。更に、推論モデル構築工程は、施工日及び計測日に対応した機械学習をニューラルネットワークに適用して推論モデルを構築するように実行される。

【０１３７】

より具体的に説明すると、本態様の推論モデル構築方法は、第１のＢＩＭデータ構築工程を更に含む。第１のＢＩＭデータ構築工程は、データセット準備工程で準備されたデータセットに基づいて、施工日が計測日以前の仮想建築部材のみが施工された状態に対応した第１のＢＩＭデータを構築するように実行される。また、本態様の経路設定工程は、第１のＢＩＭデータに基づいて第１の経路を設定するように実行される。更に、本態様の仮想画像セット生成工程は、第１のＢＩＭデータ及び第１の経路に基づいて第１の仮想画像セットを生成するように実行される。加えて、本態様の推論モデル構築工程は、第１の仮想画像セットを少なくとも含む第１の訓練データを用いた機械学習をニューラルネットワークに適用して、当該計測日に対応した推論モデルを構築するように実行される。

【０１３８】

本態様は、データセット準備工程、第１のＢＩＭデータ構築工程、経路設定工程、仮想画像セット生成工程、及び推論モデル構築工程のそれぞれをコンピュータに実行させるプログラムを提供する。このコンピュータは、例えば、建築物のリアリティキャプチャに使用可能な単一のコンピュータ、又は２以上のコンピュータを含むシステムである。

【０１３９】

更に、本態様は、このようなプログラムが記録された、コンピュータ可読な非一時的記録媒体を提供する。この非一時的記録媒体は、例えば、磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスク、及び半導体メモリのいずれかであってよい。

【０１４０】
本態様は、データセット準備工程、第１のＢＩＭデータ構築工程、経路設定工程、仮想画像セット生成工程、及び推論モデル構築工程を通じて構築された推論モデルを提供する。
【０１４１】
また、本態様は、このような推論モデルを用いて建築物の計測データから建築部材のデータを特定する処理をコンピュータに実行させるプログラムを提供する。
【０１４２】
更に、本態様は、このようなプログラムが記録された、コンピュータ可読な非一時的記録媒体を提供する。この非一時的記録媒体は、例えば、磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスク、及び半導体メモリのいずれかであってよい。
【０１４３】
このような本態様によれば、前述したように、計測日における建築部材の配置に相当するＢＩＭデータに基づいて当該計測日の計測作業のために最適な計測経路を設定することができ、この最適な経路に沿った最適な仮想画像セットを生成することができ、この最適な仮想画像セットを用いて機械学習を行うことで当該計測日について最適化された推論モデルを構築することができる。したがって、当該計測日における計測作業や、当該計測日に得られた計測データの処理を好適に行うことが可能になる。
【０１４４】
＜第３の態様＞
第２の態様では、ＢＩＭデータ構築部１５４により構築されたＢＩＭデータ（第１のＢＩＭデータ）は、経路設定部１５１及び仮想画像セット生成部１５２の双方に用いられる。これに対し、以下に説明する第３の態様では、ＢＩＭデータ構築部１５４により構築されたＢＩＭデータ（本態様では第２のＢＩＭデータと呼ぶ）は、仮想画像セット生成部１５２のみに用いられる。
【０１４５】
すなわち、本態様では、仮想画像セットは、計測日における建築部材の配置に相当するＢＩＭデータから生成されるが、経路は、計測日にかかわらずに設定される。例えば、本態様の経路は、第１の態様と同様に、データセット受付部１３により受け付けられたデータセット１４１中のＢＩＭデータに基づき設定された経路であってよい。或いは、本態様の経路は、或る計測日について設定された経路であってよい。
【０１４６】
本態様に係る情報処理装置の構成例を図５に示す。情報処理装置５は、第１の態様の情報処理装置１の処理部１５に、ＢＩＭデータ構築部１５４を付加し、且つ、ＢＩＭデータ構築部１５４の出力を仮想画像セット生成部１５２に提供するように構成されたものである。
【０１４７】
第２の態様と同様に、本態様において準備されるデータセット１４１は、第１の態様と同様のＢＩＭデータに加えて、このＢＩＭデータに記録されている仮想建築部材それぞれの施工日を示す施工日情報（部材施工日情報）と、建築物の計測日を示す計測日情報とを更に含んでいる。
【０１４８】
ＢＩＭデータ構築部１５４は、第２の態様と同様の機能及び構成を有し、ＢＩＭデータと部材施工日情報と計測日情報とを少なくとも含むデータセット１４１に基づいて、施工日が計測日以前の仮想建築部材のみが施工された状態に対応したＢＩＭデータ（第２のＢＩＭデータ）を構築するように構成されている。このようにして構築される第２のＢＩＭデータは、計測日における建築部材の配置に相当するＢＩＭデータである。ＢＩＭデータ構築部１５４により構築された第２のＢＩＭデータは、仮想画像セット生成部１５２に送られる。
【０１４９】

前述したように、本態様の経路設定部１５１は、例えば、第１の態様と同様に、データセット１４１中のＢＩＭデータに基づき経路を設定する。或いは、或る計測日について既に設定された経路を用いてもよい。

【０１５０】

本態様の仮想画像セット生成部１５２は、ＢＩＭデータ構築部１５４により構築された第２のＢＩＭデータと、経路設定部１５１により設定された経路とに基づいて、この経路に沿った仮想建築物の仮想画像セットを生成する。第２のＢＩＭデータに基づき生成される仮想画像セットを第２の仮想画像セットと呼ぶ。

【０１５１】

本態様の推論モデル構築部１５３は、このような第２の仮想画像セットを少なくとも含む訓練データ（第２の訓練データ）を用いた機械学習をニューラルネットワークに適用して、当該計測日に対応した推論モデルを構築する。

【０１５２】

このように、本態様に係る情報処理装置５は、第１の態様の要素に加え、ＢＩＭデータ構築部１５４を含んでいる。また、データセット受付部１３により受け付けられるデータセットは、ＢＩＭデータに記録されている仮想建築部材それぞれの施工日を示す施工日情報と、建築物の計測日を示す計測日情報とを更に含んでいる。ＢＩＭデータ構築部１５４は、このデータセットに基づいて、施工日が計測日以前の仮想建築部材のみが施工された状態に対応した第２のＢＩＭデータを構築するように構成されている。また、本態様の仮想画像セット生成部１５２は、第２のＢＩＭデータと、他のＢＩＭデータから設定された経路とに基づいて、第２の仮想画像セットを生成するように構成されている。更に、本態様の推論モデル構築部１５３は、第２の仮想画像セットを少なくとも含む第２の訓練データを用いた機械学習をニューラルネットワークに適用して、当該計測日に対応した推論モデルを構築するように構成されている。

【０１５３】

また、本態様は、建築物のリアリティキャプチャなどに使用可能な推論モデルを構築する方法を提供する。この推論モデル構築方法において、データセット準備工程で準備されるデータセットは、ＢＩＭデータに記録されている仮想建築部材それぞれの施工日を示す施工日情報と、建築物の計測日を示す計測日情報とを更に含んでいる。更に、推論モデル構築工程は、施工日及び計測日に対応した機械学習をニューラルネットワークに適用して推論モデルを構築するように実行される。

【０１５４】

より具体的に説明すると、本態様の推論モデル構築方法は、第２のＢＩＭデータ構築工程を更に含む。第２のＢＩＭデータ構築工程は、データセット準備工程で準備されたデータセットに基づいて、施工日が計測日以前の仮想建築部材のみが施工された状態に対応した第２のＢＩＭデータを構築するように実行される。また、本態様の仮想画像セット生成工程は、第２のＢＩＭデータと、他のＢＩＭデータに基づき設定された経路とに基づいて、第２の仮想画像セットを生成するように実行される。更に、本態様の推論モデル構築工程は、第２の仮想画像セットを少なくとも含む第２の訓練データを用いた機械学習をニューラルネットワークに適用して、当該計測日に対応した推論モデルを構築するように実行される。

【０１５５】

本態様は、データセット準備工程、第２のＢＩＭデータ構築工程、経路設定工程、仮想画像セット生成工程、及び推論モデル構築工程のそれぞれをコンピュータに実行させるプログラムを提供する。このコンピュータは、例えば、建築物のリアリティキャプチャに使用可能な単一のコンピュータ、又は２以上のコンピュータを含むシステムである。

【０１５６】

更に、本態様は、このようなプログラムが記録された、コンピュータ可読な非一時的記録媒体を提供する。この非一時的記録媒体は、例えば、磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスク、及び半導体メモリのいずれかであってよい。

【０１５７】
本態様は、データセット準備工程、第２のＢＩＭデータ構築工程、経路設定工程、仮想画像セット生成工程、及び推論モデル構築工程を通じて構築された推論モデルを提供する。
【０１５８】
また、本態様は、このような推論モデルを用いて建築物の計測データから建築部材のデータを特定する処理をコンピュータに実行させるプログラムを提供する。
【０１５９】
更に、本態様は、このようなプログラムが記録された、コンピュータ可読な非一時的記録媒体を提供する。この非一時的記録媒体は、例えば、磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスク、及び半導体メモリのいずれかであってよい。
【０１６０】
このような本態様によれば、第２の態様のように計測経路の最適化は為されないが、計測日における建築部材の配置に相当するＢＩＭデータに基づく仮想画像セットを用いて機械学習を行うことができるので、当該計測日について好適な推論モデルを構築することが可能である。
【０１６１】
第２の態様では、計測日に対応したＢＩＭデータが経路設定及び仮想画像セット生成の双方に用いられ、第３の態様では、計測日に対応したＢＩＭデータが仮想画像セットのみに用いられている。これらに対し、計測日に対応したＢＩＭデータを経路設定のみに用いる構成を採用することも可能である。これらの動作の例を図６に示す。
【０１６２】
まず、ＢＩＭデータ、施工日情報、及び計測日情報を少なくとも含むデータセットが準備される（Ｓ１１）。データセットの準備は、自動及び／又は手動で行われ、例えばクラウドコンピュータなどのコンピュータを用いて行われる。
【０１６３】
次に、情報処理装置４又は５は、データセット受付部１３により、ステップＳ１１で準備されたデータセットを受け付ける（Ｓ１２）。受け付けられたデータセットは、制御部１１によって記憶部１４に保存される（データセット１４１）。
【０１６４】
次に、ＢＩＭデータ構築部１５４は、ステップＳ１２で受け付けられたデータセット１４１に基づいて、施工日が計測日以前の仮想建築部材のみが施工された状態に対応したＢＩＭデータを構築する（Ｓ１３）。ステップＳ１３で構築されたＢＩＭデータを、計測日対応ＢＩＭデータと呼ぶ。計測日対応ＢＩＭデータは、制御部１１によって記憶部１４に保存される（データセット１４１）。
【０１６５】
次に、経路設定部１５１は、例えば、ステップＳ１２で受け付けられたＢＩＭデータ又はステップＳ１３で構築された計測日対応ＢＩＭデータに基づいて、仮想建築物の内部及び／又は外部における経路を設定する（Ｓ１４）。設定された経路を表す情報は、制御部１１によって記憶部１４に保存される（経路情報１４２）。
【０１６６】
次に、仮想画像セット生成部１５２は、ステップＳ１２で受け付けられたＢＩＭデータ又はステップＳ１３で構築された計測日対応ＢＩＭデータと、ステップＳ１４で設定された経路とに基づいて仮想画像セットを生成する（Ｓ１５）。生成された仮想画像セットは、（他のデータとともに）制御部１１によって記憶部１４に保存される（訓練データ１４３）。
【０１６７】
次に、推論モデル構築部１５３は、ステップＳ１５で生成された仮想画像セットを少なくとも含む訓練データ１４３を用いた機械学習をニューラルネットワークに適用して推論モデルを構築する（Ｓ１６）。構築された推論モデルは、制御部１１によって記憶部１４

に保存される（推論モデル１４４）（エンド）。
【０１６８】
＜第４の態様＞
第４の態様に係る情報処理装置の構成例を図７に示す。情報処理装置７は、第１の態様の情報処理装置１の処理部１５に第１の情報合成部１５５を付加したものである。第１の情報合成部１５５は、例えば、プロセッサ及び記憶装置を含むハードウェアと、第１の情報合成ソフトウェアとの協働によって実現される。第１の態様と共通の要素については、特に言及しない限り説明は省略する。
【０１６９】
本態様では、建築部材のテクスチャが参照される。テクスチャは、オブジェクトの表面の状態を表すパラメータであり、例えば、表面の色、明るさ、微小な凹凸などの均質度合を表現するパラメータであってよい。本態様のテクスチャは、原料、材料、素材、材質、表面仕上などに応じた建築部材の表面状態を表す。テクスチャは、原料、材料、素材、材質、表面仕上などの種類によって特定されてもよい。
【０１７０】
本態様で準備されるデータセットは、第１の態様と同様のＢＩＭデータに加え、この仮想建築物を構成する部材（仮想建築部材）の表面の状態を表すテクスチャ情報を含む。データセット受付部１３は、ＢＩＭデータとテクスチャ情報とを少なくとも含むデータセットを受け付ける。受け付けられたデータセットは、制御部１１によって記憶部１４に保存される（データセット１４１）。
【０１７１】
第１の情報合成部１５５は、仮想画像セット生成部１５２によりデータセット１４１及び経路情報１４２に基づき生成された仮想画像セットに、データセット１４１中のテクスチャ情報を合成するように構成されている。これにより生成された情報を第１の合成情報と呼ぶ。生成された第１の合成情報は、制御部１１によって記憶部１４に保存される（訓練データ１４３）。
【０１７２】
例えば、第１の情報合成部１５５は、まず、ＢＩＭデータにおける仮想部材の位置（３次元座標）と、このＢＩＭデータから生成された仮想画像における３次元座標とを照合することで、ＢＩＭデータ中の仮想部材に対応する仮想画像中の位置を特定する。換言すると、第１の情報合成部１５５は、ＢＩＭデータ中の仮想部材と仮想画像中の仮想部材との間の対応付けを行う。更に、第１の情報合成部１５５は、ＢＩＭデータ中の仮想部材のテクスチャ情報を、この仮想部材に対応する仮想画像中の仮想部材に割り当てる。なお、ＢＩＭデータ中の一つの仮想部材が２以上の仮想画像に描出されている場合には、これら仮想画像のそれぞれにおける対応仮想画像に当該仮想画像のテクスチャ情報を付与することができる。このようにして仮想画像セットとテクスチャ情報とが合成されて第１の合成情報が生成される。
【０１７３】
本態様の推論モデル構築部１５３は、仮想画像セット及びテクスチャ情報から生成された第１の合成情報を少なくとも含む訓練データ１４３を用いた機械学習をニューラルネットワークに適用するように構成される。それにより、建築物の計測データから建築部材のデータを特定するための推論モデルが構築される。
【０１７４】
本態様に係る情報処理装置７の動作について説明する。情報処理装置７の動作の一例を図８に示す。
【０１７５】
まず、ＢＩＭデータとテクスチャ情報とを少なくとも含むデータセットが準備される（Ｓ２１）。データセットの準備は、自動及び／又は手動で行われ、例えばクラウドコンピュータなどのコンピュータを用いて行われる。
【０１７６】

次に、情報処理装置７は、データセット受付部１３により、ステップＳ２１で準備されたデータセットを受け付ける（Ｓ２２）。受け付けられたデータセットは、制御部１１によって記憶部１４に保存される（データセット１４１）。

【０１７７】

次に、経路設定部１５１は、ステップＳ２２で受け付けられたデータセット１４１に基づいて、データセット１４１中のＢＩＭデータが表す仮想建築物の内部及び／又は外部における経路を設定する（Ｓ２３）。設定された経路を表す情報は、制御部１１によって記憶部１４に保存される（経路情報１４２）。

【０１７８】

次に、仮想画像セット生成部１５２は、データセット１４１及び経路情報１４２に基づいて、ステップＳ２３で設定された経路に沿った、データセット１４１中のＢＩＭデータが表す仮想建築物の仮想画像セットを生成する（Ｓ２４）。生成された仮想画像セットは、第１の情報合成部１５５に送られる。

【０１７９】

次に、第１の情報合成部１５５は、ステップＳ２４で生成された仮想画像セットと、ステップＳ２２で受け付けられたデータセット１４１中のテクスチャ情報とを合成して第１の合成情報を生成する（Ｓ２５）。生成された第１の合成情報は、（他のデータとともに）制御部１１によって記憶部１４に保存される（訓練データ１４３）。

【０１８０】

次に、推論モデル構築部１５３は、ステップＳ２５で生成された第１の合成情報（仮想画像セットとテクスチャ情報との合成情報）を少なくとも含む訓練データ１４３を用いた機械学習をニューラルネットワークに適用して、建築物の計測データから建築部材のデータを特定するための推論モデルを構築する（Ｓ２６）。構築された推論モデルは、制御部１１によって記憶部１４に保存される（推論モデル１４４）（エンド）。

【０１８１】

このように、本態様に係る情報処理装置７は、第１の態様の要素に加え、第１の情報合成部１５５を含んでいる。また、データセット１４１は、ＢＩＭデータに加え、仮想建築部材の表面の状態を表すテクスチャ情報を含んでいる。第１の情報合成部１５５は、仮想画像セット生成部１５２により生成された仮想画像セットに、データセット１４１に含まれるテクスチャ情報を合成することで、第１の合成情報を生成するように構成されている。更に、推論モデル構築部１５３は、第１の情報合成部１５５により生成された第１の合成情報を少なくとも含む訓練データ１４３を用いた機械学習をニューラルネットワークに適用することで推論モデルを構築するように構成されている。

【０１８２】

また、本態様は、建築物のリアリティキャプチャなどに使用可能な推論モデルを構築する方法を提供する。この推論モデル構築方法において、データセット準備工程は、ＢＩＭデータと、仮想建築部材の表面の状態を表すテクスチャ情報とを含むデータセットを準備するように実行される。本態様の推論モデル構築方法は、更に、仮想画像セットにテクスチャ情報を合成して第１の合成情報を生成する工程を含む（第１の合成工程）。推論モデル構築工程は、第１の合成工程で生成された第１の合成情報を少なくとも含む訓練データを用いた機械学習をニューラルネットワークに適用して推論モデルを構築するように実行される。

【０１８３】

本態様は、データセット準備工程、経路設定工程、仮想画像セット生成工程、第１の合成工程、及び推論モデル構築工程のそれぞれをコンピュータに実行させるプログラムを提供する。このコンピュータは、例えば、建築物のリアリティキャプチャに使用可能な単一のコンピュータ、又は２以上のコンピュータを含むシステムである。

【０１８４】

更に、本態様は、このようなプログラムが記録された、コンピュータ可読な非一時的記録媒体を提供する。この非一時的記録媒体は、例えば、磁気ディスク、光ディスク、光磁

気ディスク、及び半導体メモリのいずれかであってよい。
【０１８５】
本態様は、データセット準備工程、経路設定工程、仮想画像セット生成工程、第１の合成工程、及び推論モデル構築工程を通じて構築された推論モデルを提供する。
【０１８６】
また、本態様は、このような推論モデルを用いて建築物の計測データから建築部材のデータを特定する処理をコンピュータに実行させるプログラムを提供する。
【０１８７】
更に、本態様は、このようなプログラムが記録された、コンピュータ可読な非一時的記録媒体を提供する。この非一時的記録媒体は、例えば、磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスク、及び半導体メモリのいずれかであってよい。
【０１８８】
このような本態様によれば、建築部材のテクスチャ情報を用いて機械学習を行うことができる。このようにして構築された推論モデルは、建築物の計測データに表現されたオブジェクトの表面状態（テクスチャ）の特徴量を抽出し、抽出されたテクスチャ特徴量を考慮して建築部材のデータを特定するように構成される。このような推論モデルを用いることで、テクスチャを考慮しない場合と比較して、建築部材データ特定処理の精度や確度の向上を図ることが可能である。
【０１８９】
＜第５の態様＞
第５の態様に係る情報処理装置の構成例を図９に示す。情報処理装置９は、第１の態様の情報処理装置１の処理部１５に第２の情報合成部１５６を付加したものである。第２の情報合成部１５６は、例えば、プロセッサ及び記憶装置を含むハードウェアと、第２の情報合成ソフトウェアとの協働によって実現される。第１の態様と共通の要素については、特に言及しない限り説明は省略する。
【０１９０】
本態様は、建築物の計測の障害となる物体（障害物）を考慮する。つまり、本態様は、建築物の計測時に現場に存在する可能性のある障害物に関する情報が参照される。障害物の例として、梯子や脚立などの道具、作業者、計測のための装置（移動体、トータルステーション、コンピュータ）などがある。
【０１９１】
本態様で準備されるデータセットは、第１の態様と同様のＢＩＭデータに加え、障害物を表す障害物情報を含む。データセット受付部１３は、ＢＩＭデータと障害物情報とを少なくとも含むデータセットを受け付ける。受け付けられたデータセットは、制御部１１によって記憶部１４に保存される（データセット１４１）。
【０１９２】
障害物情報は、例えば、障害物の撮影画像や、障害物のスキャンデータを含む。具体的には、障害物情報は、梯子や脚立などの道具の撮影画像及び／又はスキャンデータや、建築現場における作業者の撮影画像及び／又はスキャンデータであってよい。
【０１９３】
第２の情報合成部１５６は、仮想画像セット生成部１５２によりデータセット１４１及び経路情報１４２に基づき生成された仮想画像セットに、データセット１４１中の障害物情報を合成するように構成されている。これにより生成された情報を第２の合成情報と呼ぶ。生成された第２の合成情報は、制御部１１によって記憶部１４に保存される（訓練データ１４３）。
【０１９４】
例えば、第２の情報合成部１５５は、仮想画像に障害物情報（障害物の撮影画像など）を埋め込むことによって第２の合成情報を生成する。これにより、障害物情報が様々な位置に埋め込まれた仮想画像セットが得られる（第２の合成情報）。なお、障害物情報の埋め込み位置は、例えば、実際の建築現場の撮影画像に基づき決定される。

【０１９５】
本態様の推論モデル構築部１５３は、仮想画像セット及び障害物情報から生成された第２の合成情報を少なくとも含む訓練データ１４３を用いた機械学習をニューラルネットワークに適用するように構成される。それにより、建築物の計測データから建築部材のデータを特定するための推論モデルが構築される。
【０１９６】
本態様に係る情報処理装置９の動作について説明する。情報処理装置９の動作の一例を図１０に示す。
【０１９７】
まず、ＢＩＭデータと障害物情報とを少なくとも含むデータセットが準備される（Ｓ３１）。データセットの準備は、自動及び／又は手動で行われ、例えばクラウドコンピュータなどのコンピュータを用いて行われる。
【０１９８】
次に、情報処理装置９は、データセット受付部１３により、ステップＳ３１で準備されたデータセットを受け付ける（Ｓ３２）。受け付けられたデータセットは、制御部１１によって記憶部１４に保存される（データセット１４１）。
【０１９９】
次に、経路設定部１５１は、ステップＳ３２で受け付けられたデータセット１４１に基づいて、データセット１４１中のＢＩＭデータが表す仮想建築物の内部及び／又は外部における経路を設定する（Ｓ３３）。設定された経路を表す情報は、制御部１１によって記憶部１４に保存される（経路情報１４２）。
【０２００】
次に、仮想画像セット生成部１５２は、データセット１４１及び経路情報１４２に基づいて、ステップＳ３３で設定された経路に沿った、データセット１４１中のＢＩＭデータが表す仮想建築物の仮想画像セットを生成する（Ｓ３４）。生成された仮想画像セットは、第２の情報合成部１５６に送られる。
【０２０１】
次に、第２の情報合成部１５６は、ステップＳ３４で生成された仮想画像セットと、ステップＳ３２で受け付けられたデータセット１４１中の障害物情報とを合成して第２の合成情報を生成する（Ｓ３５）。生成された第２の合成情報は、（他のデータとともに）制御部１１によって記憶部１４に保存される（訓練データ１４３）。
【０２０２】
次に、推論モデル構築部１５３は、ステップＳ３５で生成された第２の合成情報（仮想画像セットと障害物情報との合成情報）を少なくとも含む訓練データ１４３を用いた機械学習をニューラルネットワークに適用して、建築物の計測データから建築部材のデータを特定するための推論モデルを構築する（Ｓ３６）。構築された推論モデルは、制御部１１によって記憶部１４に保存される（推論モデル１４４）（エンド）。
【０２０３】
このように、本態様に係る情報処理装置９は、第１の態様の要素に加え、第２の情報合成部１５６を含んでいる。また、データセット１４１は、ＢＩＭデータに加え、障害物情報を含んでいる。第２の情報合成部１５６は、仮想画像セット生成部１５２により生成された仮想画像セットに、データセット１４１に含まれる障害物情報を合成することで、第２の合成情報を生成するように構成されている。更に、推論モデル構築部１５３は、第２の情報合成部１５６により生成された第２の合成情報を少なくとも含む訓練データ１４３を用いた機械学習をニューラルネットワークに適用することで推論モデルを構築するように構成されている。
【０２０４】
また、本態様は、建築物のリアリティキャプチャなどに使用可能な推論モデルを構築する方法を提供する。この推論モデル構築方法において、データセット準備工程は、ＢＩＭデータと障害物情報とを含むデータセットを準備するように実行される。本態様の推論モ

デル構築方法は、更に、仮想画像セットに障害物情報を合成して第２の合成情報を生成する工程を含む（第２の合成工程）。推論モデル構築工程は、第２の合成工程で生成された第２の合成情報を少なくとも含む訓練データを用いた機械学習をニューラルネットワークに適用して推論モデルを構築するように実行される。

【０２０５】

本態様は、データセット準備工程、経路設定工程、仮想画像セット生成工程、第２の合成工程、及び推論モデル構築工程のそれぞれをコンピュータに実行させるプログラムを提供する。このコンピュータは、例えば、建築物のリアリティキャプチャに使用可能な単一のコンピュータ、又は２以上のコンピュータを含むシステムである。

【０２０６】

更に、本態様は、このようなプログラムが記録された、コンピュータ可読な非一時的記録媒体を提供する。この非一時的記録媒体は、例えば、磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスク、及び半導体メモリのいずれかであってよい。

【０２０７】

本態様は、データセット準備工程、経路設定工程、仮想画像セット生成工程、第２の合成工程、及び推論モデル構築工程を通じて構築された推論モデルを提供する。

【０２０８】

また、本態様は、このような推論モデルを用いて建築物の計測データから建築部材のデータを特定する処理をコンピュータに実行させるプログラムを提供する。

【０２０９】

更に、本態様は、このようなプログラムが記録された、コンピュータ可読な非一時的記録媒体を提供する。この非一時的記録媒体は、例えば、磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスク、及び半導体メモリのいずれかであってよい。

【０２１０】

このような本態様によれば、障害物情報を用いて機械学習を行うことができる。このようにして構築された推論モデルは、建築物の計測データに混入した障害物の特徴量を抽出し、抽出された障害物特徴量を考慮して建築部材のデータを特定するように構成される。このような推論モデルを用いることで、障害物を考慮しない場合と比較して、建築部材データ特定処理の精度や確度の向上を図ることが可能である。

【０２１１】

例えば、本態様によれば、建築部材以外の物の撮影画像や人の撮影画像が合成された仮想画像セットを訓練データとして用いることにより、障害物に相当するデータ領域が建築物の計測データ（撮影画像、スキャンデータ、点群データなど）に混入した場合に、この障害物データ領域を検出するように推論モデルを訓練することが可能である。それにより、障害物を回避するように移動体を制御することや、計測データからＢＩＭデータを作成する際に障害物のデータを除外することが可能になる。

【０２１２】

＜第６の態様＞

第６の態様に係る情報処理装置の構成例を図１１に示す。情報処理装置１１００は、第１の態様の情報処理装置１の処理部１５にラベル付与部１５７を付加したものである。ラベル付与部１５７は、例えば、プロセッサ及び記憶装置を含むハードウェアと、ラベル付与ソフトウェアとの協働によって実現される。第１の態様と共通の要素については、特に言及しない限り説明は省略する。

【０２１３】

本態様は、推論モデル構築において教師あり学習を用いる場合に採用される。教師あり学習では、データとラベル（正解ラベル）とのペアが準備され、入力データに対応するニューラルネットワークの出力をラベルと比較してパラメータ調整が行われる。本態様は、データに対してラベルを付与する機能を有するものである。換言すると、本態様は、教師あり学習のための訓練データを作成するものである。

【０２１４】

ラベル付与部１５７は、データセット１４１中のＢＩＭデータに記録されている仮想建築部材に関するラベルを、仮想画像セット生成部１５２により生成された仮想画像セットに付与するように構成されている。

【０２１５】

ラベルの例として建築部材の種類がある。建築部材の種類は、例えば、柱、梁、壁、スラブ、屋根、基礎、窓、ドア、階段、タイル、フローリング、各種部品、各種機械、各種機器、各種設備などであってよい。また、ラベルは、建築部材のテクスチャを表す情報であってもよい。

【０２１６】

ラベルの種類の他の例として障害物の種類がある。障害物の種類は、例えば、梯子や脚立などの道具、作業者、計測のための装置（移動体、トータルステーション、コンピュータ）などであってよい。

【０２１７】

本態様のラベル付与（アノテーション）は、手動及び自動のいずれでもよい。また、手動アノテーションと自動アノテーションとの協働及び／又は切り替えが可能であってもよい。

【０２１８】

手動アノテーションの場合、ラベル付与部１５７は、例えば、制御部１１と連携して、アノテーション作業のためのＧＵＩをユーザーインターフェイス１２に表示させる。このアノテーションＧＵＩは、例えば、仮想画像とソフトウェアキーとを表示する。ラベル付与部１５７は、ソフトウェアキーを用いて入力されたラベルを、対応する仮想画像に付与するように構成される。

【０２１９】

例えば、ユーザーは、表示された仮想画像を観察し、建築部材に相当する画像領域を指定する。更に、ユーザーは、この建築部材の種類を指定する。これらの指定操作はユーザーインターフェイス１２を用いて行われる。ラベル付与部１５７は、指定された画像領域に対して、指定された建築部材の種類を割り当てる。これにより、建築部材の種類を表すラベルが仮想画像に付与される。なお、単一の仮想画像に対して複数のラベルを付与してもよい。例えば、単一の仮想画像中の異なる画像領域に対し、それぞれ、建築部材の種類を表すラベルを付与することができる。また、単一の仮想画像中の単一の画像領域に対し、建築部材の種類を表すラベルと、テクスチャを表すラベルとを付与することができる。

【０２２０】

自動アノテーションの場合、ラベル付与部１５７は、例えば、半教師あり学習を通じて仮想画像にラベルを付与するように構成されてよい。半教師あり学習に利用される訓練データは、その一部にのみラベルが付与されている。ラベル付与部１５７は、例えば、ラベルありデータを用いた機械学習で構築された識別器を含み、この識別器を用いてラベルなしデータを識別（推定）し、その結果をラベルとして当該ラベルなしデータに付与するように構成される。このようにしてラベルが付与されたデータを用いて教師あり学習を行うことによって推論モデルを構築することができる。

【０２２１】

ここで、半教師あり学習の手法は、任意であってよい。例えば、次のような手法を用いることができる：ブートストラップ法（自己訓練、共訓練、半教師ありサポートベクターマシン、能動学習など）；グラフベース半教師あり学習（半教師ありｋ近傍法グラフ、半教師あり混合分布モデル、半教師ありサポートベクターマシン、能動学習など）；生成モデル（条件付きＧＡＮ、条件付きサイクルＧＡＮ、半教師あり混合分布モデル、変分自己符号化法、ラダーネットワーク、敵対的オートエンコーダなど）。

【０２２２】

また、自動アノテーションは半教師あり学習を用いた手法に限定されず、任意の公知の自動アノテーション手法を採用することが可能である。

【０２２３】

制御部１１は、仮想画像セット生成部１５２により生成された仮想画像セットと、ラベル付与部１５７により仮想画像セットに付与されたラベルとを、記憶部１４に保存する（訓練データ１４３）。つまり、本態様の訓練データ１４３は、仮想画像セット生成部１５２により生成された仮想画像セットと、ラベル付与部１５７により仮想画像セットに付与されたラベルとを少なくとも含む。

【０２２４】

本態様の推論モデル構築部１５３は、このような訓練データ１４３を用いた教師あり学習をニューラルネットワークに適用するように構成されている。それにより、建築物の計測データから建築部材のデータを特定するための推論モデルが構築される。

【０２２５】

なお、本態様の変形例において、推論モデル構築部１５３は、訓練データ１４３を用いた半教師あり学習をニューラルネットワークに適用することによって推論モデルを構築するように構成されていてもよい。

【０２２６】

本態様に係る情報処理装置１１００の動作について説明する。情報処理装置１１００の動作の一例を図１２に示す。

【０２２７】

まず、ＢＩＭデータを少なくとも含むデータセットが準備される（Ｓ４１）。データセットの準備は、自動及び／又は手動で行われ、例えばクラウドコンピュータなどのコンピュータを用いて行われる。

【０２２８】

次に、情報処理装置１１００は、データセット受付部１３により、ステップＳ４１で準備されたデータセットを受け付ける（Ｓ４２）。受け付けられたデータセットは、制御部１１によって記憶部１４に保存される（データセット１４１）。

【０２２９】

次に、経路設定部１５１は、ステップＳ４２で受け付けられたデータセット１４１に基づいて、データセット１４１中のＢＩＭデータが表す仮想建築物の内部及び／又は外部における経路を設定する（Ｓ４３）。設定された経路を表す情報は、制御部１１によって記憶部１４に保存される（経路情報１４２）。

【０２３０】

次に、仮想画像セット生成部１５２は、データセット１４１及び経路情報１４２に基づいて、ステップＳ４３で設定された経路に沿った、データセット１４１中のＢＩＭデータが表す仮想建築物の仮想画像セットを生成する（Ｓ４４）。生成された仮想画像セットは、ラベル付与部１５７に送られる。

【０２３１】

次に、ラベル付与部１５７は、データセット１４１中のＢＩＭデータに記録されている仮想建築部材に関するラベルを、ステップＳ４４で生成された仮想画像セットに付与する（Ｓ４５）。ラベル付けされた仮想画像セットは、（他のデータとともに）制御部１１によって記憶部１４に保存される（訓練データ１４３）。

【０２３２】

次に、推論モデル構築部１５３は、ステップＳ４５で生成されたラベル付き仮想画像セットを少なくとも含む訓練データ１４３を用いた教師あり学習をニューラルネットワークに適用して、建築物の計測データから建築部材のデータを特定するための推論モデルを構築する（Ｓ４６）。構築された推論モデルは、制御部１１によって記憶部１４に保存される（推論モデル１４４）（エンド）。

【０２３３】

このように、本態様に係る情報処理装置１１００は、第１の態様の要素に加え、ラベル付与部１５７を含んでいる。ラベル付与部１５７は、ＢＩＭデータに記録されている仮想建築部材に関するラベルを仮想画像セットに付与するように構成されている。更に、推論モデル構築部１５３は、仮想画像セット及びラベルを少なくとも含む訓練データ１４３を

用いた教師あり学習をニューラルネットワークに適用することで推論モデルを構築するように構成されている。

【０２３４】

また、本態様は、建築物のリアリティキャプチャなどに使用可能な推論モデルを構築する方法を提供する。この推論モデル構築方法は、更に、ＢＩＭデータに記録されている仮想建築部材に関するラベルを仮想画像セットに付与する工程を含む（ラベル付与工程）。推論モデル構築工程は、仮想画像セット及びラベルを少なくとも含む訓練データを用いた教師あり学習をニューラルネットワークに適用して推論モデルを構築するように実行される。

【０２３５】

本態様は、データセット準備工程、経路設定工程、仮想画像セット生成工程、ラベル付与工程、及び推論モデル構築工程のそれぞれをコンピュータに実行させるプログラムを提供する。このコンピュータは、例えば、建築物のリアリティキャプチャに使用可能な単一のコンピュータ、又は２以上のコンピュータを含むシステムである。

【０２３６】

更に、本態様は、このようなプログラムが記録された、コンピュータ可読な非一時的記録媒体を提供する。この非一時的記録媒体は、例えば、磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスク、及び半導体メモリのいずれかであってよい。

【０２３７】

本態様は、データセット準備工程、経路設定工程、仮想画像セット生成工程、ラベル付与工程、及び推論モデル構築工程を通じて構築された推論モデルを提供する。

【０２３８】

また、本態様は、このような推論モデルを用いて建築物の計測データから建築部材のデータを特定する処理をコンピュータに実行させるプログラムを提供する。

【０２３９】

更に、本態様は、このようなプログラムが記録された、コンピュータ可読な非一時的記録媒体を提供する。この非一時的記録媒体は、例えば、磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスク、及び半導体メモリのいずれかであってよい。

【０２４０】

このような本態様によれば、ＢＩＭデータに記録されている仮想建築部材に関するラベルを仮想画像セットに対して手動及び又は自動で付与することができるので、推論モデルを構築するための教師あり学習（又は、半教師あり学習）を好適に行うことができる。

【０２４１】

＜第７の態様＞

第７の態様に係る情報処理装置の構成例を図１３に示す。情報処理装置１３００は、第１の態様の情報処理装置１に送信部１６を付加したものである。図１３において、制御部１１とユーザーインターフェイス１２とを接続する矢印は省略されており、これらの接続形態は第１の態様と同様である。第１の態様と共通の要素については、特に言及しない限り説明は省略する。

【０２４２】

送信部１６は、推論モデル構築部１５３により構築された推論モデルを所定の移動体に送信するように構成されている。送信部１６は、有線通信デバイス及び無線通信デバイスの少なくとも一方を含んでいてよい。移動体は、建築物の内部及び／又は外部を自律的に移動しつつ計測を行うように構成されている。移動体は、例えばＵＡＶ又は自走車である。また、移動体は人であってよく、推論モデルを携帯端末に送信することができる。

【０２４３】

処理部１５は、推論モデル構築部１５３により構築された推論モデルに基づいて、移動体を制御するための情報（移動制御情報）を作成するように構成されていてよい。作成された移動制御情報は、送信部１６によって移動体に提供される。移動制御情報は、記憶部１４に記憶されている情報にルールベースの処理を適用することによって作成されてもよ

い。
【０２４４】
本態様に係る情報処理装置１３００の動作について説明する。情報処理装置１３００の動作の一例を図１４に示す。
【０２４５】
まず、ＢＩＭデータを少なくとも含むデータセットが準備される（Ｓ５１）。データセットの準備は、自動及び／又は手動で行われ、例えばクラウドコンピュータなどのコンピュータを用いて行われる。
【０２４６】
次に、情報処理装置１３００は、データセット受付部１３により、ステップＳ５１で準備されたデータセットを受け付ける（Ｓ５２）。受け付けられたデータセットは、制御部１１によって記憶部１４に保存される（データセット１４１）。
【０２４７】
次に、経路設定部１５１は、ステップＳ５２で受け付けられたデータセット１４１に基づいて、データセット１４１中のＢＩＭデータが表す仮想建築物の内部及び／又は外部における経路を設定する（Ｓ５３）。設定された経路を表す情報は、制御部１１によって記憶部１４に保存される（経路情報１４２）。
【０２４８】
次に、仮想画像セット生成部１５２は、データセット１４１及び経路情報１４２に基づいて、ステップＳ５３で設定された経路に沿った、データセット１４１中のＢＩＭデータが表す仮想建築物の仮想画像セットを生成する（Ｓ５４）。生成された仮想画像セットは、（他のデータとともに）制御部１１によって記憶部１４に保存される（訓練データ１４３）。
【０２４９】
次に、推論モデル構築部１５３は、ステップＳ５４で生成された仮想画像セットを少なくとも含む訓練データ１４３を用いた機械学習を所定のニューラルネットワークに適用して、建築物の計測データから建築部材のデータを特定するための推論モデルを構築する（Ｓ５５）。構築された推論モデルは、制御部１１によって記憶部１４に保存される（推論モデル１４４）。
【０２５０】
次に、制御部１１は、推論モデル１４４を記憶部１４から読み出して送信部１６に送る。また、処理部１５は、前述した移動制御情報を作成することができる。作成された移動制御情報は送信部１６に送られる。送信部１６は、所定の移動体に向けて推論モデル１４４及び／又は移動制御情報を送信する（Ｓ５６）。移動体は、推論モデル１４４及び／又は移動制御情報を受信し、建築物の内部及び／又は外部を自律的に移動しつつ計測を行う（エンド）。
【０２５１】
このように、本態様に係る情報処理装置１３００は、第１の態様の要素に加え、送信部１６を含んでいる。送信部１６は、推論モデル構築部１５３により構築された推論モデル１４４を、建築物の内部及び／又は外部を自律的に移動しつつ計測を行うように構成された移動体に向けて送信するように構成されている。
【０２５２】
また、本態様は、建築物のリアリティキャプチャなどに使用可能な推論モデルを構築する方法を提供する。この推論モデル構築方法は、更に、建築物の内部及び／又は外部を自律的に移動しつつ計測を行うように構成された移動体に向けて推論モデルを送信する工程を含む（送信工程）。
【０２５３】
本態様は、データセット準備工程、経路設定工程、仮想画像セット生成工程、推論モデル構築工程、及び送信工程のそれぞれをコンピュータに実行させるプログラムを提供する。このコンピュータは、例えば、建築物のリアリティキャプチャに使用可能な単一のコン

ピュータ、又は２以上のコンピュータを含むシステムである。
【０２５４】
更に、本態様は、このようなプログラムが記録された、コンピュータ可読な非一時的記録媒体を提供する。この非一時的記録媒体は、例えば、磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスク、及び半導体メモリのいずれかであってよい。
【０２５５】
本態様は、データセット準備工程、経路設定工程、仮想画像セット生成工程、推論モデル構築工程、及び送信工程を通じて得られた推論モデルを提供する。
【０２５６】
また、本態様は、このような推論モデルを用いて建築物の計測データから建築部材のデータを特定する処理をコンピュータに実行させるプログラムを提供する。
【０２５７】
更に、本態様は、このようなプログラムが記録された、コンピュータ可読な非一時的記録媒体を提供する。この非一時的記録媒体は、例えば、磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスク、及び半導体メモリのいずれかであってよい。
【０２５８】
このような本態様によれば、構築された推論モデルを移動体に容易に提供することができるので、推論モデル構築から移動体による計測への移行を円滑化することが可能である。
【０２５９】
＜第８の態様＞
第８の態様に係るシステムの構成例を図１５に示す。情報処理装置１５００は、第１の態様の情報処理装置１の処理部１５から経路設定部１５１を除外したものである。第１の態様と共通の要素については、特に言及しない限り説明は省略する。
【０２６０】
本態様では、ＢＩＭデータと経路情報とを少なくとも含むデータセットが準備される。経路情報は、ＢＩＭデータが表す仮想建築物の内部及び／又は外部における経路を表す情報である。経路の設定方法は第１の態様と同様であってよいが、情報処理装置１５００以外の装置又はシステムを用いて経路が設定される。
【０２６１】
本態様の仮想画像セット生成部１５２は、データセット受付部１３により受け付けられたデータセットに基づいて、経路情報が表す経路に沿った、ＢＩＭデータが表す仮想建築物の内部及び／又は外部の仮想画像セットを生成するように構成されている。
【０２６２】
本態様の推論モデル構築部１５３は、仮想画像セット生成部１５２により生成された仮想画像セットを少なくとも含む訓練データを用いた機械学習をニューラルネットワークに適用して、建築物の計測データから建築部材のデータを特定するための推論モデルを構築するように構成されている。
【０２６３】
本態様に係る情報処理装置１５００の動作について説明する。情報処理装置１５００の動作の一例を図１６に示す。
【０２６４】
まず、ＢＩＭデータと経路情報とを少なくとも含むデータセットが準備される（Ｓ６１）。データセットの準備は、自動及び／又は手動で行われ、例えばクラウドコンピュータなどのコンピュータを用いて行われる。
【０２６５】
次に、情報処理装置１５００は、データセット受付部１３により、ステップＳ６１で準備されたデータセットを受け付ける（Ｓ６２）。受け付けられたデータセットは、制御部１１によって記憶部１４に保存される（データセット１４１）。なお、図１５に示す例では、経路情報もデータセット１４１に含まれているが、データセット受付部１３により受

け付けられたデータセットに含まれる経路情報を第1の態様と同様の経路情報１４２として記憶部１４に保存してもよい。

【０２６６】

次に、仮想画像セット生成部１５２は、ステップＳ６２で受け付けられたデータセット１４１に基づいて、経路情報が表す経路に沿った、ＢＩＭデータが表す仮想建築物の仮想画像セットを生成する（Ｓ６３）。生成された仮想画像セットは、（他のデータとともに）制御部１１によって記憶部１４に保存される（訓練データ１４３）。

【０２６７】

次に、推論モデル構築部１５３は、ステップＳ６３で生成された仮想画像セットを少なくとも含む訓練データ１４３を用いた機械学習を所定のニューラルネットワークに適用して、建築物の計測データから建築部材のデータを特定するための推論モデルを構築する（Ｓ６４）。構築された推論モデルは、制御部１１によって記憶部１４に保存される（推論モデル１４４）（エンド）。

【０２６８】

このように、本態様に係る情報処理装置１５００は、第１の態様の要素から経路設定部１５１を除外した構成を有する。データセット受付部１３は、ＢＩＭデータと経路情報とを少なくとも含むデータセットを受け付けるように構成されている。仮想画像セット生成部１５２は、データセット受付部１３により受け付けられたデータセットに基づいて、経路情報が表す経路に沿った、ＢＩＭデータが表す仮想建築物の内部及び／又は外部の仮想画像セットを生成するように構成されている。推論モデル構築部１５３は、仮想画像セット生成部１５２により生成された仮想画像セットを少なくとも含む訓練データを用いた機械学習を所定のニューラルネットワークに適用して、建築物の計測データから建築部材のデータを特定するための推論モデルを構築するように構成されている。

【０２６９】

また、本態様は、建築物のリアリティキャプチャなどに使用可能な推論モデルを構築する方法を提供する。この推論モデル構築方法は、次の工程を少なくとも含む：ＢＩＭデータと経路情報とを少なくとも含むデータセットを準備する工程（データセット準備工程）；準備されたデータセットに基づいて、経路情報が表す経路に沿った、ＢＩＭデータが表す仮想建築物の仮想画像セットを生成する工程（仮想画像セット生成工程）；生成された仮想画像セットを少なくとも含む訓練データを用いた機械学習を所定のニューラルネットワークに適用して、建築物の計測データから建築部材のデータを特定するための推論モデルを構築する工程（推論モデル構築工程）。すなわち、本態様の推論モデル構築方法は、第１の態様の方法から、経路設定工程を除外するとともに、データセット準備工程において経路情報を準備するように構成したものである。

【０２７０】

本態様は、データセット準備工程、仮想画像セット生成工程、及び推論モデル構築工程のそれぞれをコンピュータに実行させるプログラムを提供する。このコンピュータは、例えば、建築物のリアリティキャプチャに使用可能な単一のコンピュータ、又は２以上のコンピュータを含むシステムである。

【０２７１】

更に、本態様は、このようなプログラムが記録された、コンピュータ可読な非一時的記録媒体を提供する。この非一時的記録媒体は、例えば、磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスク、及び半導体メモリのいずれかであってよい。

【０２７２】

本態様は、データセット準備工程、仮想画像セット生成工程、及び推論モデル構築工程を通じて構築された推論モデルを提供する。

【０２７３】

また、本態様は、このような推論モデルを用いて建築物の計測データから建築部材のデータを特定する処理をコンピュータに実行させるプログラムを提供する。

【０２７４】

更に、本態様は、このようなプログラムが記録された、コンピュータ可読な非一時的記録媒体を提供する。この非一時的記録媒体は、例えば、磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスク、及び半導体メモリのいずれかであってよい。

【０２７５】

このような本態様によれば、第１の態様と同様に、様々な観点から建築管理の効率化を図ることが可能である。更に、本態様は、予め作成された経路情報を利用するように構成されているので、第１の態様と比較して処理負荷が低く、処理リソースも小さくて済むという利点がある。

【０２７６】

＜第９の態様＞

第９の態様に係るシステムの構成例を図１７に示す。情報処理装置１７００は、第１の態様の情報処理装置１の処理部１５から経路設定部１５１と仮想画像セット生成部１５２とを除外し、且つ、データセット受付部１３の代わりに仮想画像セット受付部１７を設けたものである。すなわち、情報処理装置１７００は、第８の態様の情報処理装置１５００の処理部１５から仮想画像セット生成部１５２を除外し、且つ、データセット受付部１３の代わりに仮想画像セット受付部１７を設けたものである。第１の態様と共通の要素については、特に言及しない限り説明は省略する。

【０２７７】

本態様では、ＢＩＭデータが表す仮想建築物の内部及び／又は外部の、所定の経路に沿った仮想画像セットが準備される。経路の設定方法及び仮想画像セットの生成方法は第１の態様と同様であってよいが、情報処理装置１５００以外の装置又はシステムを用いて経路の設定と仮想画像セットの生成とが実行される。

【０２７８】

仮想画像セット受付部１７は、第１の態様のデータセット受付部１３と同様の構成を有し、情報処理装置１７００により処理されるデータ（仮想画像セット）を受け付ける機能を有する。仮想画像セット受付部１７は、例えば、外部（装置、システム、データベースなど）との間でデータ通信を行うための通信デバイスを含んでいてよい。また、仮想画像セット受付部１７は、記録媒体に記録されているデータを読み出すためのドライブ装置を含んでいてもよい。

【０２７９】

本態様の推論モデル構築部１５３は、仮想画像セット受付部１７により受け付けられた仮想画像セットを少なくとも含む訓練データを用いた機械学習をニューラルネットワークに適用して、建築物の計測データから建築部材のデータを特定するための推論モデルを構築するように構成されている。

【０２８０】

本態様に係る情報処理装置１７００の動作について説明する。情報処理装置１７００の動作の一例を図１８に示す。

【０２８１】

まず、ＢＩＭデータに基づき仮想建築物の内部及び／又は外部における経路が設定され、この経路に沿った仮想建築物の仮想画像セットが準備される（Ｓ７１）。仮想画像セットの準備は、自動及び／又は手動で行われ、例えばクラウドコンピュータなどのコンピュータを用いて行われる。

【０２８２】

次に、情報処理装置１７００は、仮想画像セット受付部１７により、ステップＳ７１で準備された仮想画像セットを受け付ける（Ｓ７２）。受け付けられたデータセットは、制御部１１によって記憶部１４に保存される（訓練データ１４３）。

【０２８３】

次に、推論モデル構築部１５３は、ステップＳ７２で受け付けられた仮想画像セットを少なくとも含む訓練データ１４３を用いた機械学習を所定のニューラルネットワークに適用して、建築物の計測データから建築部材のデータを特定するための推論モデルを構築す

る（Ｓ７３）。構築された推論モデルは、制御部１１によって記憶部１４に保存される（推論モデル１４４）（エンド）。

【０２８４】

このように、本態様に係る情報処理装置１７００は、第１の態様の要素から経路設定部１５１と仮想画像セット生成部１５２を除外するとともに、データセット受付部１３の代わりに仮想画像セット受付部１７を設けた構成を有する。仮想画像セット受付部１７は、ＢＩＭデータが表す仮想建築物の内部及び／又は外部の、所定の経路に沿った仮想画像セットを受け付けるように構成されている。推論モデル構築部１５３は、仮想画像セット受付部１７により受け付けられた仮想画像セットを少なくとも含む訓練データを用いた機械学習を所定のニューラルネットワークに適用して、建築物の計測データから建築部材のデータを特定するための推論モデルを構築するように構成されている。

【０２８５】

また、本態様は、建築物のリアリティキャプチャなどに使用可能な推論モデルを構築する方法を提供する。この推論モデル構築方法は、次の工程を少なくとも含む：ＢＩＭデータが表す仮想建築物の内部及び／又は外部の、所定の経路に沿った仮想画像セットを準備する工程（仮想画像セット準備工程）；準備された仮想画像セットを少なくとも含む訓練データを用いた機械学習を所定のニューラルネットワークに適用して、建築物の計測データから建築部材のデータを特定するための推論モデルを構築する工程（推論モデル構築工程）。すなわち、本態様の推論モデル構築方法は、第１の態様の方法から、経路設定工程と仮想画像セット生成工程とを除外するとともに、データセット準備工程の代わりに仮想画像セット準備工程を設けたものである。

【０２８６】

本態様は、仮想画像セット準備工程、及び推論モデル構築工程のそれぞれをコンピュータに実行させるプログラムを提供する。このコンピュータは、例えば、建築物のリアリティキャプチャに使用可能な単一のコンピュータ、又は２以上のコンピュータを含むシステムである。

【０２８７】

更に、本態様は、このようなプログラムが記録された、コンピュータ可読な非一時的記録媒体を提供する。この非一時的記録媒体は、例えば、磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスク、及び半導体メモリのいずれかであってよい。

【０２８８】

本態様は、仮想画像セット準備工程、及び推論モデル構築工程を通じて構築された推論モデルを提供する。

【０２８９】

また、本態様は、このような推論モデルを用いて建築物の計測データから建築部材のデータを特定する処理をコンピュータに実行させるプログラムを提供する。

【０２９０】

更に、本態様は、このようなプログラムが記録された、コンピュータ可読な非一時的記録媒体を提供する。この非一時的記録媒体は、例えば、磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスク、及び半導体メモリのいずれかであってよい。

【０２９１】

このような本態様によれば、第１の態様と同様に、様々な観点から建築管理の効率化を図ることが可能である。更に、本態様は、予め生成された仮想画像セットを利用するように構成されているので、第１の態様と比較して処理負荷が低く、処理リソースも小さくて済むという利点がある。第８の態様との比較においても同様である。

【０２９２】

＜第１０の態様＞

以上に説明した例示的な態様（第１～第９の態様）は、推論モデルの構築に関するものである。これに対し、第１０の態様は、推論モデルの利用に関するものである。

【０２９３】

本態様で用いられる推論モデルは、例えば、第１～第９の態様のいずれかに係る推論モデル、第１～第９の態様のいずれかに係る推論モデルと同等の推論モデル、又は、第１～第９の態様のいずれかに係る推論モデルに基づき構築された推論モデルであってよい。

【０２９４】

第１～第９の態様のいずれかに係る推論モデルと同等の推論モデルとしては、例えば、第１～第９の態様のいずれかに係る推論モデルの均等範囲に属する推論モデル、第１～第９の態様のいずれかに係る推論モデルと実質的に同一の構築方法により得られた推論モデル、第１～第９の態様のいずれかに係る推論モデルと実質的に同一の構成を有する推論モデル、第１～第９の態様のいずれかに係る推論モデルと実質的に同一の機能を有する推論モデルなどがある。

【０２９５】

また、第１～第９の態様のいずれかに係る推論モデルに基づき構築された推論モデルとしては、例えば、第１～第９の態様のいずれかに係る推論モデルに更なる機械学習を適用して得られた推論モデル、第１～第９の態様のいずれかに係る推論モデルに転移学習を適用して得られた推論モデル、第１～第９の態様のいずれかに係る推論モデルの少なくとも一部を含む推論モデルなどがある。

【０２９６】

以下に説明するように、本態様は、建築物を計測して得られたデータ（計測データ）から建築部材のデータを特定するように構成されているが、推論モデルの利用はこれに限定されない。例えば、幾つかの例示的な態様は、建築物の計測データから他のデータを特定するように構成され、又は、建築物以外の対象の計測データから所定のデータを特定するように構成される。

【０２９７】

本態様に係る情報処理装置の構成例を図１９に示す。情報処理装置１９００は、例えば、建築物リアリティキャプチャシステムに含まれていてよい。建築物リアリティキャプチャシステムは、実際の建築物を計測してデジタルデータ（撮影画像、スキャンデータ、点群データなどの計測データ）を取得する機能を有する。これにより取得された計測データが情報処理装置１９００に入力される。

【０２９８】

例えば、情報処理装置１９００は、ＵＡＶや自走車などの移動体に搭載されていてもよいし、計測者が携帯するモバイルコンピュータであってもよいし、計測現場（建築現場）で用いられるコンピュータ（エッジコンピュータなど）であってもよいし、計測現場以外の場所で用いられるコンピュータ（クラウドコンピュータなど）であってもよい。

【０２９９】

本態様に係る情報処理装置１９００は、記憶部２４と処理部２５とを少なくとも含み、制御部２１とユーザーインターフェイス２２とデータ受付部２３とを更に含む。

【０３００】

制御部２１は、情報処理装置１９００の各種制御を実行するように構成されている。制御部２１は、例えば、プロセッサ及び記憶装置を含むハードウェアと、制御ソフトウェアとの協働によって実現される。制御部２１は、１つのコンピュータに設けられ、又は２以上のコンピュータに分散配置されている。

【０３０１】

ユーザーインターフェイス２２は、例えば、表示デバイス、操作デバイス、入力デバイスなどを含む。幾つかの例示的な態様のユーザーインターフェイス２２は、タッチスクリーン、ポインティングデバイス、コンピュータグラフィクスなどを利用したグラフィカルユーザーインターフェイス（ＧＵＩ）を含む。ユーザーインターフェイス２２は、１つのコンピュータに設けられ、又は２以上のコンピュータに分散配置されている。

【０３０２】

データ受付部２３は、情報処理装置１９００により処理されるデータを受け付ける機能を有する。データ受付部２３は、外部（装置、システム、データベースなど）との間でデ

ータ通信を行うための通信デバイスを含んでいてもよい。また、データ受付部２３は、記録媒体に記録されているデータを読み出すためのドライブ装置を含んでいてもよい。また、受け付けられるデータを生成する装置（計測装置、情報処理装置など）に情報処理装置１９００が組み込まれている場合、データ受付部２３は当該装置内のバスを含んでいてもよい。

【０３０３】

データ受付部２３は、例えば、建築物の計測データを受け付ける。また、データ受付部２３は、推論モデルを受け付ける。なお、情報処理装置１９００が推論モデル構築機能を有する場合、データ受付部２３は推論モデルを外部から受け付けなくてもよい。

【０３０４】

データ受付部２３により受け付けられる計測データは、例えば、ＵＡＶや自走車や作業者などの移動体に搭載されたカメラ（全周カメラ）又はビデオカメラ（全周ビデオカメラ）を用いて建築物を撮影することにより取得されるか、又は、レーザースキャナーやトータルステーションを用いて建築物をスキャンすることにより取得される。

【０３０５】

また、データ受付部２３により受け付けられる計測データは、撮影やスキャンにより取得されたデータ（生データ）に所定の処理を適用して生成されたものであってもよい。生データに適用される処理の例として、ＳｆＭ、ＭＶＳ、ＳＬＡＭ（Ｖ－ＳＬＡＭ）などがある。

【０３０６】

記憶部２４は、各種のデータ（情報）を記憶するように構成されている。記憶部２４は、例えば、データ受付部２３により受け付けられたデータを記憶する。記憶部２４は、例えば、ＨＤＤ、ＳＳＤなどの比較的大容量の記憶装置を含む。本態様において、記憶装置２４には、推論モデル２４１と計測データ２４２とが記憶される。

【０３０７】

推論モデル２４１は、ＢＩＭデータが表す仮想建築物の内部及び／又は外部における所定の経路に沿った仮想画像セットを少なくとも含む訓練データを用いた機械学習を所定のニューラルネットワークに適用して構築された学習済みモデルである。推論モデル２４１は、データ受付部２３によって受け付けられ、制御部２１によって記憶部２４に保存される。

【０３０８】

推論モデル２４１は、例えば、第１～第９の態様のいずれかの推論モデル１４４であってよい。また、推論モデル２４１は、第１～第９の態様のいずれかの推論モデル１４４に基づき構築された推論モデル、推論モデル１４４と同等の推論モデル、又は、推論モデル１４４と同等の推論モデルに基づき構築された推論モデルであってもよい。

【０３０９】

計測データ２４２は、実際の建築物を計測して取得されたデータである。計測データ２４２は付帯情報を有していてよい。付帯情報は、例えば、前述した属性に関する情報であってよく、他の任意の情報であってもよい。

【０３１０】

計測データは、例えば、移動体に搭載されたカメラ（全周カメラ）やビデオカメラ（全周ビデオカメラ）により建築物を撮影して得られた撮影画像（静止画像、動画像（映像））、レーザースキャナーやトータルステーションにより建築物をスキャンして得られたスキャンデータなどであってよい。また、計測データ２４２は、撮影画像やスキャンデータなどの生データを加工して得られたデータであってもよい。

【０３１１】

計測データ２４２は、データ受付部２３によって受け付けられ、制御部２１によって記憶部２４に保存される。なお、データ受付部２３が受け付けた計測データを処理部２５に送り、所定の処理を施した後に計測データ２４２として記憶部２４に保存するようにしてもよい。処理部２５が実行する当該処理は、推論モデル２４１を用いたデータ処理の前処

理と言える。この前処理の例として、ＳｆＭ、ＭＶＳ、ＳＬＡＭ（Ｖ－ＳＬＡＭ）などがある。

【０３１２】

処理部２５は、データ処理を実行するように構成されている。処理部２５は、例えば、プロセッサ及び記憶装置を含むハードウェアと、データ処理ソフトウェアとの協働によって実現される。処理部２５は、１つのコンピュータに設けられ、又は２以上のコンピュータに分散配置される。本態様の処理部２５は、特徴量抽出器２５１と、特定器２５２とを含む。

【０３１３】

特徴量抽出器２５１は、推論モデル２４１を用いて実現される。特徴量抽出器２５１は、推論モデル２４１に入力された計測データ２４２から特徴量を抽出する。

【０３１４】

推論モデル２４１が畳み込みニューラルネットワークを含む場合、特徴量抽出器２５１は、例えば、複数の畳み込み層と複数のプーリング層とを含む（図２を参照）。

【０３１５】

計測データ２４２から抽出される特徴量の種類は、推論モデル２４１の構成により定められている。例えば、推論モデル２４１が畳み込みニューラルネットワークを含む場合、特徴量抽出器２５１により抽出される特徴量（特徴マップ）の種類は、畳み込み層の構成（カーネル（フィルタ）、活性化関数など）などによって定められている。

【０３１６】

特定器２５２は、推論モデル２４１を用いて実現される。特定器２５２は、特徴量抽出器２５１により抽出された特徴量に基づいて、計測データ２４２に含まれる建築部材のデータを特定する。

【０３１７】

推論モデル２４１が畳み込みニューラルネットワークを含む場合、特徴量抽出器２５１は、例えば、１以上の全結合層と出力層とを含む（図２を参照）。

【０３１８】

特徴量から特定される建築部材のデータの種類は、推論モデル２４１の構成により定められている。例えば、推論モデル２４１が畳み込みニューラルネットワークを含む場合、特定器２５２により特定される建築部材のデータの種類は、全結合層の構成（重み、バイアス、活性化関数など）や、出力層の構成（ノード数など）により定められている。

【０３１９】

出力層のノード数は、例えば、識別される建築部材の種類（柱、梁、壁、スラブ、屋根、基礎、窓、ドア、階段、タイル、フローリング、各種の部品、各種の機械、各種の機器、各種の設備など）の個数と等しい。この場合、例えば、出力層では、計測データ２４２中の或るデータ領域（何らかの建築部材に対応するデータ領域）がそれぞれの種類である確率が求められ、最も高確率の種類が選択される。これにより、計測データ２４２中の或るデータ領域に対応する建築部材の種類が特定される。本例では、推論モデル２４１は、画像セグメンテーション（例えば、セマンティックセグメンテーション）を実行するように構成される。

【０３２０】

本態様に係る情報処理装置１９００の動作について説明する。情報処理装置１９００の動作の一例を図２０に示す。

【０３２１】

まず、情報処理装置１９００は、データ受付部２３により、予め構築された推論モデルを受け付ける（Ｓ８１）。受け付けられた推論モデルは、制御部２１によって記憶部２４に保存される（推論モデル２４１）。

【０３２２】

次に、情報処理装置１９００は、データ受付部２３により、予め取得された建築物の計測データを受け付ける（Ｓ８２）。受け付けられた計測データは、制御部２１によって記

憶部２４に保存される（計測データ２４２）。
【０３２３】
次に、制御部２１は、推論モデル２４１を処理部２５（プロセッサ）にロードする。これにより、処理部２５は、特徴量抽出器２５１及び特定器２５２として動作可能になる。制御部２１は、計測データ２４２を処理部２５（推論モデル２４１）に入力する（Ｓ８３）。
【０３２４】
次に、特徴量抽出器２５１は、入力された計測データ２４２から特徴量を抽出する（Ｓ８４）。
【０３２５】
次に、特定器２５２は、ステップＳ８４で抽出された特徴量に基づいて建築部材のデータを特定する（Ｓ８５）。
【０３２６】
次に、制御部２１は、ステップＳ８５で特定された建築部材のデータをユーザーインターフェイス２２の表示デバイスに表示させる（Ｓ８６）（エンド）。
【０３２７】
このように、本態様に係る情報処理装置１９００は、記憶部２４と処理部２５とを含む。記憶部２４は、ＢＩＭデータが表す仮想建築物の内部及び／又は外部における所定の経路に沿った仮想画像セットを少なくとも含む訓練データを用いた機械学習を所定のニューラルネットワークに適用して構築された推論モデル２４１を記憶する。処理部２５は、推論モデル２４１を用いてデータ処理を行う。より具体的には、処理部２５は、推論モデル２４１を用いることで、特徴量抽出器２５１及び特定器２５２として機能する。特徴量抽出器２５１は、計測データ２４２から特徴量を抽出する。特定器２５２は、特徴量抽出器２５１により抽出された特徴量に基づいて建築部材のデータを特定する。
【０３２８】
また、本態様は、建築物のリアリティキャプチャなどにおいて利用可能な情報処理方法を提供する。この情報処理方法は、次の工程を少なくとも含む：ＢＩＭデータが表す仮想建築物の内部及び／又は外部における所定の経路に沿った仮想画像セットを少なくとも含む訓練データを用いた機械学習を所定のニューラルネットワークに適用して構築された推論モデルを受け付ける工程（推論モデル受け付け工程）；受け付けられた推論モデルを用いてデータ処理を行うプロセッサにより、建築物の計測データから特徴量を抽出する工程（特徴量抽出工程）；受け付けられた推論モデルを用いてデータ処理を行うプロセッサにより、特徴量抽出工程で抽出された特徴量に基づいて建築部材のデータを特定する（建築部材データ特定工程）。
【０３２９】
本態様は、推論モデル受け付け工程、特徴量抽出工程、及び建築部材データ特定工程のそれぞれをコンピュータに実行させるプログラムを提供する。このコンピュータは、例えば、建築物のリアリティキャプチャに使用可能な単一のコンピュータ、又は２以上のコンピュータを含むシステムである。
【０３３０】
更に、本態様は、このようなプログラムが記録された、コンピュータ可読な非一時的記録媒体を提供する。この非一時的記録媒体は、例えば、磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスク、及び半導体メモリのいずれかであってよい。
【０３３１】
このような本態様によれば、建築物の計測データ（撮影画像、スキャンデータ、点群データなど）から建築部材のデータを自動で特定することができるので、建築管理の効率化を図ることが可能である。
【０３３２】
＜第１１の態様＞
第１１の態様では、第１～第１０の態様のいずれかを応用して実現可能なシステム及び

その使用形態について説明する。本システムは、建築分野の情報管理（施工管理、維持管理、補修管理など）に用いられ、移動体（ＵＡＶ、自走車、人など）、測量機器（トータルステーション、光波測距儀、セオドライト、距離計など）、データ処理技術（ＳｆＭ、ＭＶＳ、ＳＬＡＭなど）、モデリング技術（コンピュータグラフィクス、ＣＡＤ、ＢＩＭなど）の様々な技術を利用した融合的システムである。

【０３３３】

本態様に係るシステムの構成例を図２１に示す。システム２１００は、ＵＡＶ２１１０と、ＵＡＶコントローラ２１２０と、トータルステーション２１３０と、エッジコンピュータ２１４０とを含む。クラウドコンピュータ２１５０は、システム２１００に含まれていてもよいし、システム２１００との間でデータ通信可能な外部装置であってもよい。なお、ＵＡＶ２１１０、ＵＡＶコントローラ２１２０、トータルステーション２１３０、及びエッジコンピュータ２１４０のいずれかは、システム２１００の外部装置であってもよい。

【０３３４】

なお、本態様に対して特許文献１～１２の技術を組み合わせることが可能であり、また、特開２０１８－１３８９２２号公報、特開２０１８－１３８９２３号公報などに記載された技術を援用することが可能である。

【０３３５】

ＵＡＶ２１１０は、小型の無人飛行体であり、（実体）建築物の内部及び／又は外部を飛行して建築物のデータを収集する。ＵＡＶ２１１０は、各種制御を行う制御部２１１１と、建築物のデータを収集するための撮影部２１１２と、Ｖ－ＳＬＡＭ処理を実行するＶ－ＳＬＡＭ部２１１３と、障害物検知処理を実行する障害物検知部２１１４とを含む。

【０３３６】

図示は省略するが、ＵＡＶ２１１０は、一般的なＵＡＶと同様に、複数のプロペラ、各プロペラを回転させるプロペラモータなど、飛行するための要素を備えている。また、図示は省略するが、ＵＡＶ２１１０は、例えば、慣性計測装置（ＩＭＵ）、全地球航法衛星システム（ＧＮＳＳ）を用いた位置測定・航法・計時のための装置など、標準的なＵＡＶに搭載可能な任意の手段を備えていてもよい。また、図示は省略するが、ＵＡＶ２１１０は、トータルステーション２１３０によるＵＡＶ２１１０の追尾のための部材を備えていてよい。この部材は、例えば、プリズム、反射シールなどの再帰反射体であってよい。

【０３３７】

制御部２１１１は、例えば、プロセッサ及び記憶装置を含むハードウェアと、制御ソフトウェアとの協働によって実現される。ＵＡＶ２１１０は、制御部２１１１の制御の下に自律飛行が可能である。また、ＵＡＶ２１１０は、ＵＡＶコントローラ２１２０などを用いた遠隔操作飛行も可能である。その際、制御部２１１１は、ＵＡＶコントローラ２１２０などからの操作指示信号に基づいてＵＡＶ２１１０の飛行制御を行う。制御部２１１１は、他の装置（ＵＡＶコントローラ２１２０、エッジコンピュータ２１４０など）との間でデータ通信を行うための通信デバイスを含む。このデータ通信は、典型的には無線通信であるが、有線通信が可能であってもよい。

【０３３８】

撮影部２１１２は、例えば、デジタルカメラ、レーザースキャナー、及びスペクトルカメラのいずれか１つ以上を含んでいてよい。デジタルカメラとしては、典型的には、全方位カメラ（ｏｍｎｉｄｉｒｅｃｔｉｏｎａｌ　ｃａｍｅｒａ；全周カメラ、３６０度カメラとも呼ばれる）が用いられる。撮影部２１１２が全方位カメラにより周辺環境の画像（映像）を取得する場合について特に詳細に説明するが、他の場合についても同様の処理を行うことが可能である。

【０３３９】

Ｖ－ＳＬＡＭ部２１１３は、例えば、プロセッサ及び記憶装置を含むハードウェアと、Ｖ－ＳＬＡＭソフトウェアとの協働によって実現される。Ｖ－ＳＬＡＭ部２１１３は、撮影部２１１２により取得された映像をリアルタイムで解析して、ＵＡＶ２１１０の周辺環

境（建築物など）の３次元情報を生成し、且つ、ＵＡＶ２１１０（特に撮影部２１１２）の位置及び姿勢を推定する。Ｖ－ＳＬＡＭ部２１１３が実行する処理は、公知のＶ－ＳＬＡＭ処理と同様であってよい。なお、Ｖ－ＳＬＡＭと同様の出力を生成することが可能な他の技術を代替的に用いることが可能である。

【０３４０】

障害物検知部２１１４は、例えば、プロセッサ及び記憶装置を含むハードウェアと、障害物検知ソフトウェアとの協働によって実現される。障害物検知部２１１４は、例えば、撮影部２１１２により取得された映像を構成する画像（フレーム）を推論モデル（学習済みモデル）に入力することにより、障害物（道具、作業者など）に相当する画像領域を検出する。この推論モデルは、例えば、第１～第１０の態様のいずれかにおける推論モデルであってよい。なお、障害物検知部２１１４は、障害物に相当する画像領域を検出するためにルールベースの処理を用いてもよい。また、障害物検知部２１１４は、推論モデルを用いた処理とルールベース処理とを組み合わせて障害物検知を行うように構成されてもよい。

【０３４１】

障害物検知部２１１４からの出力は制御部２１１１に入力される。制御部２１１１は、障害物検知部２１１４からの出力に基づいて、検知された障害物への衝突を避けるための制御を行う。この制御は、例えば、飛行経路の変更、空中浮揚、着陸、自律飛行から他律飛行への切り替え、警告音の出力、及び、ＵＡＶコントローラ２１２０に警告情報（警告音、警告表示など）を出力させるための指示のいずれかであってよい。

【０３４２】

ＵＡＶコントローラ２１２０は、ＵＡＶ２１１０を遠隔操作するためのリモートコントローラとして用いられる。また、ＵＡＶコントローラ２１２０は、計測対象の建築物に関する情報（ＢＩＭモデル、ＣＡＤモデル、部材の情報、施工計画など）を表示するために用いられる。また、ＵＡＶコントローラ２１２０は、ＵＡＶ２１１０に関する情報（飛行経路、撮影部２１１２により得られた映像、警告など）を出力するために用いられる。また、ＵＡＶコントローラ２１２０は、ＵＡＶ２１１０の飛行計画（飛行経路）の作成や編集に用いられてもよい。

【０３４３】

ＵＡＶコントローラ２１２０は、制御部２１２１とユーザーインターフェイス２１２２とを含む。制御部２１２１は、ＵＡＶコントローラ２１２０の各部を制御する。プロセッサ及び記憶装置を含むハードウェアと、制御ソフトウェアとの協働によって実現される。制御部２１２１は、他の装置（ＵＡＶ２１１０、エッジコンピュータ２１４０など）との間でデータ通信を行うための通信デバイスを含む。このデータ通信は、典型的には無線通信であるが、有線通信が可能であってもよい。

【０３４４】

ユーザーインターフェイス２１２２は、例えば、表示デバイス、操作デバイス、入力デバイスなどを含む。ユーザーインターフェイス２１２２は、典型的には、タブレット、スマートフォンなどのモバイルコンピュータであり、タッチスクリーン、ＧＵＩなどを含む。

【０３４５】

トータルステーション２１３０は、飛行しているＵＡＶ２１１０を追尾するために用いられる。ＵＡＶ２１１０に再帰反射体が設けられている場合、トータルステーション２１３０は、追尾光（測距光）を出力し、再帰反射体による追尾光の反射光を受光することによって、再帰反射体を追尾する。トータルステーション２１３０は再帰反射体の追尾を行いつつ、トータルステーション２１３０の設置位置（又は、他の基準位置）を基準とした３次元座標（斜距離（ｓｌｏｐｅ　ｄｉｓｔａｎｃｅ）、水平角、鉛直角など）を測定する。追尾機能は、例えば、プロセッサ及び記憶装置を含むハードウェアと、追尾ソフトウェアとの協働によって実現される。また、３次元座標測定機能は、例えば、プロセッサ及び記憶装置を含むハードウェアと、３次元座標測定ソフトウェアとの協働によって実現さ

れる。
【０３４６】
ＵＡＶ２１１０に再帰反射体が設けられない場合、例えば、ＵＡＶ２１１０に複数の受光センサを設けることができる（図示は省略する）。各受光センサは、トータルステーション２１３０からの追尾光を受光可能である。複数の受光センサのうちのいずれの受光センサが追尾光を受光したか判断することで、トータルステーション２１３０に対するＵＡＶ２１１０の向きを推定することが可能である。この推定処理は、例えば、ＵＡＶ２１１０、ＵＡＶコントローラ２１２０、トータルステーション２１３０、及びエッジコンピュータ２１４０のいずれかにより実行される。
【０３４７】
トータルステーション２１３０は、他の装置（ＵＡＶ２１１０、ＵＡＶコントローラ２１２０、エッジコンピュータ２１４０など）との間でデータ通信を行うための通信デバイスを含む。このデータ通信は、典型的には無線通信であるが、有線通信が可能であってもよい。トータルステーション２１３０は、前述の追尾とともに逐次に取得されるＵＡＶ２１１０の位置情報（３次元座標）をリアルタイムでＵＡＶ２１１０に送信することができる。
【０３４８】
このように、ＵＡＶ２１１０は、トータルステーション２１３０から送信される情報により、自身の現在位置を認識することができる。また、ＵＡＶ２１１０は、Ｖ－ＳＬＡＭ部２１１３により得られた情報により、自身の現在位置を認識することができる。
【０３４９】
トータルステーション２１３０による追尾の死角領域をＵＡＶ２１１０が飛行しているとき、ＵＡＶ２１１０は、Ｖ－ＳＬＡＭに基づく（比較的大まかな）位置情報のみをリアルタイムで認識する。
【０３５０】
一方、死角領域以外の領域をＵＡＶ２１１０が飛行しているとき、ＵＡＶ２１１０は、Ｖ－ＳＬＡＭに基づく（比較的大まかな）位置情報と、トータルステーション２１３０に基づく（比較的詳細な）位置情報との双方を、リアルタイムで認識することができる。双方の位置情報をリアルタイムで取得できるとき、ＵＡＶ２１１０は、双方の位置情報を対応付けることができる。
【０３５１】
また、ＵＡＶ２１１０は、双方の位置情報を取得可能なときにはトータルステーション２１３０に基づく（比較的詳細な）位置情報を参照して自律飛行し、それ以外のときにはＶ－ＳＬＡＭに基づく（比較的大まかな）位置情報を参照して自律飛行するように構成されていてよい。
【０３５２】
エッジコンピュータ２１４０は、建築現場でのエッジコンピューティングを実現するためのコンピュータであり、ＵＡＶ２１１０、ＵＡＶコントローラ２１２０、トータルステーション２１３０などの装置からのデータを建築現場（又はその近く）で処理する。このようなエッジコンピューティングの導入により、システム２１００全体における負荷増大や通信遅延の解消を図ることができる。
【０３５３】
エッジコンピュータ２１４０は、ＵＡＶ２１１０、ＵＡＶコントローラ２１２０、トータルステーション２１３０など、建築現場において用いられる装置との間でデータ通信を行うための通信デバイスを含む。このデータ通信は、典型的には無線通信であるが、有線通信が可能であってもよい。
【０３５４】
また、エッジコンピュータ２１４０は、クラウドコンピュータ２１５０との間でデータ通信を行うための通信デバイスを含む。このデータ通信は、典型的には無線通信であるが、有線通信が可能であってもよい。

【０３５５】
更に、エッジコンピュータ２１４０は、ＢＩＭデータ処理アプリケーションや建築データ管理アプリケーションを含んでいてよい。本態様において、エッジコンピュータ２１４０は、ＳｆＭ・ＭＶＳ部２１４１と施工管理部２１４２とを含む。
【０３５６】
ＳｆＭ・ＭＶＳ部２１４１は、例えば、プロセッサ及び記憶装置を含むハードウェアと、ＳｆＭソフトウェア及びＭＶＳソフトウェアとの協働によって実現される。ＳｆＭ・ＭＶＳ部２１４１は、例えば、ＵＡＶ２１１０の撮影部２１１２により取得された映像と、ＵＡＶ２１１０のＶ－ＳＬＡＭ部２１１３により取得されたＵＡＶ２１１０の位置情報と、トータルステーション２１３０により取得されたＵＡＶ２１１０の位置情報とに基づいて、ＵＡＶ２１１０の位置情報（実際に飛行した経路）と、（実体）建築物の３次元モデルとを作成するように構成される。
【０３５７】
ＳｆＭ・ＭＶＳ部２１４１は、ＳｆＭ処理として、ＵＡＶ２１１０が飛行しながら取得した映像から、ＵＡＶ２１１０の位置情報を推定する。より具体的には、ＳｆＭ・ＭＶＳ部２１４１は、ＵＡＶ２１１０が飛行しながら取得した映像にＳｆＭ処理を適用することにより、ＵＡＶ２１１０が実際に飛行した経路を表す時系列３次元座標と、時系列３次元座標における各３次元座標に対応したＵＡＶ２１１０の姿勢とを求める。すなわち、ＳｆＭ・ＭＶＳ部２１４１は、撮影部２１１２に含まれるカメラの移動経路を表す時系列３次元座標と、この移動経路に沿ったカメラの時系列姿勢情報とを取得する。ＳｆＭ処理において、トータルステーション２１３０により取得されたＵＡＶ２１１０の位置情報（３次元座標）を参照することができる。これにより、取得される時系列３次元座標及び時系列姿勢情報の精度の向上を図ることができる。本例のＳｆＭ処理は、公知のＳｆＭ処理と同様であってよい。なお、本例のＳｆＭ処理と同様の出力を生成することが可能な他の技術を代替的に用いることが可能である。
【０３５８】
更に、ＳｆＭ・ＭＶＳ部２１４１は、ＭＳＶ処理として、ＳｆＭ処理で求められたＵＡＶ２１１０の位置情報（カメラの時系列位置情報及び時系列姿勢情報）と、ＵＡＶ２１１０が飛行しながら取得した映像とに基づいて、（実体）建築物の点群データを生成する。
【０３５９】
本例において、エッジコンピュータ２１４０（ＳｆＭ・ＭＶＳ部２１４１、施工管理部２１４２、又は他のデータ処理部）は、撮影部２１１２により取得された映像を構成する画像（フレーム）を推論モデルに入力することにより、建築部材に相当する画像領域（部材領域）を検出するように構成されてよい（画像セグメンテーション）。この推論モデルは、例えば、第１～第１０の態様のいずれかにおける推論モデルであってよい。また、エッジコンピュータ２１４０（ＳｆＭ・ＭＶＳ部２１４１、施工管理部２１４２、又は他のデータ処理部）は、検出された各部材領域に対応した部材属性（種類、識別情報（ＩＤ）、形状、位置、計測日、計測時刻など）を特定することができる。この処理においても推論モデルを用いることができる。なお、エッジコンピュータ２１４０は、部材領域検出及び部材属性特定のためにルールベースの処理を用いてもよい。また、エッジコンピュータ２１４０は、推論モデルを用いた処理とルールベース処理とを組み合わせて部材領域検出及び部材属性特定を行うように構成されてもよい。
【０３６０】
施工管理部２１４２は、例えば、プロセッサ及び記憶装置を含むハードウェアと、施工管理ソフトウェアとの協働によって実現される。施工管理部２１４２は、システム２１００により扱われる各種データの管理を行うように構成されている。施工管理部２１４２が実行する処理については後述する。
【０３６１】
クラウドコンピュータ２１５０は、コンピュータネットワークを経由して遠隔地から建築現場にコンピュータ資源をサービスの形で提供するクラウドコンピューティングを実現

するためのコンピュータである。このようなクラウドコンピューティングの導入により、システム２１００に提供可能なサービスの拡張性、柔軟性、効率性などの向上を図ることができる。

【０３６２】

クラウドコンピュータ２１５０は、例えば、ＢＩＭツール、データ管理ツール、これらツールに用いられるデータ（設計ＢＩＭ、施工情報、計測ＢＩＭなど）を管理し、エッジコンピュータ２１４０に提供するように構成される。本態様において、クラウドコンピュータ２１５０は、ＢＩＭ部２１５１とデータ管理部２１５２とを含む。

【０３６３】

ＢＩＭ部２１５１は、ＢＩＭツールなどの各種ツールや、ＢＩＭツールに用いられるデータなどの各種データを、エッジコンピュータ２１４０に提供する。ＢＩＭ部２１５１は、例えば、プロセッサ及び記憶装置を含むハードウェアと、ＢＩＭソフトウェアとの協働によって実現される。ＢＩＭ部２１５１が実行する処理については後述する。

【０３６４】

データ管理部２１５２は、各種ツールや各種データを管理する。データ管理部２１５２は、例えば、プロセッサ及び記憶装置を含むハードウェアと、データ管理ソフトウェアとの協働によって実現される。データ管理部２１５２が実行する処理については後述する。

【０３６５】

このような本態様のシステム２１００により扱われるデータの構造（データフォーマット）の例を図２２に示す。データフォーマット２２５０は、設計データ２２１０と、レンダリングデータ２２２０と、計測データ２２３０と、検査情報２２４０と、検査用知識ベース２２５０と、検査データ２２６０とを含む。つまり、データフォーマット２２５０は、少なくともこれらの種類のデータが記録される領域を含んだデータ構造を有する。

【０３６６】

設計データ２２１０が記録される領域には、ＢＩＭデータ（設計ＢＩＭ）、設計図など、前述した各種の設計データが記録される。

【０３６７】

レンダリングデータ２２２０が記録される領域には、設計ＢＩＭをレンダリングして得られた画像データ（仮想画像）が記録される。レンダリングデータは、設計ＢＩＭ中の複数の位置のそれぞれについて構築される。例えば、予め設定された飛行経路上の複数の位置のそれぞれについて、その位置を視点としたボリュームレンダリングを設計ＢＩＭに適用する。それにより、設計ＢＩＭ中の飛行経路に沿った複数のレンダリングデータ（複数の仮想画像）が得られる。各レンダリングデータに対し、対応する位置情報（設計ＢＩＭ中の視点の３次元座標）を、属性情報として付帯させることができる。レンダリングデータの属性情報はこれに限定されない。例えば、レンダリングデータの属性情報は設計ＢＩＭに関する任意の情報、レンダリング処理に関する任意の情報、レンダリングデータに関する任意の情報などを含んでいてよい。

【０３６８】

計測データ２２３０が記録される領域には、（実体）建築物を計測して取得された各種のデータが記録される。このようなデータの例として、建築物の点群データ（スキャンデータ）、各計測位置の３次元座標、ＵＡＶ２１１０の撮影部２１１２により取得された映像、２次元画像、寸法情報、計測日、計測時刻などがある。また、これらのデータのいずれかに関するパラメータ情報を記録することもできる。例えば、点群データ作成処理に関するパラメータ情報や、撮影部２１１２による撮影処理に関するパラメータ情報などを記録することが可能である。

【０３６９】

検査情報２２４０が記録される領域には、仮想部材に対応した実体部材を検査するための各種情報（検査情報）が記録される。検査情報２２４０は、例えば、各検査位置（各仮想部材の位置）における検査対象（仮想部材）の形状、寸法、施工日、施工時刻などを含む。つまり、検査情報２２４０は、各仮想部材の複数の属性に関する情報を含んでいてよ

い。検査情報はこれらに限定されず、検査に関する任意の情報を含んでいてよい。
【０３７０】
検査用知識ベース２２５０が記録される領域には、仮想部材に対応した実体部材を検査するために用いられる各種の知識が記録される。検査用知識ベース２２５０は、例えば、計測経路（飛行経路に沿った複数の検査位置）、前述した推論モデルなどを含む。また、検査用知識ベース２２５０は、ルールベースのアルゴリズムを含んでいてもよい。
【０３７１】
検査データ２２６０が記録される領域には、仮想部材に対応した実体部材を検査することにより取得された各種のデータ（検査データ）が記録される。検査データ２２６０は、例えば、検査位置における対象物の有無（仮想部材に対応する実体部材の有無）、仮想部材に対する実体部材の偏位（位置ずれの有無、位置ずれの方向、位置ずれの向きなど）、検査位置が所定条件を満足しているかの判定結果などを含む。この判定は、例えば、予め設定された飛行経路上から得たデータに基づき検査が行われたか否かの判定、換言すると、当該時点において障害物回避（又は、他の理由による飛行経路からの逸脱）が行われたか否かの判定を含んでよい。
【０３７２】
このような本態様のシステム２１００の動作例について、図２３Ａ、図２３Ｂ及び図２３Ｃを更に参照して説明する。
【０３７３】
本動作例の一連の工程（検査）を実施するタイミングは任意である。例えば、所定の施工プロセスごとに検査を実施することができる。例示的な用途として、以下の一連の工程を各工事日に実施することで、各工事日における施工進捗状況をデータ化することができる。本動作例の用途が施工進捗状況確認のみである場合、各仮想部材に対応した実体部材の有無の検査のみを実施するようにしてよい。他の用途の場合、より高い精度で検査を行うようにしてよい。
【０３７４】
（Ｓ９１：飛行経路を生成する）
本動作例ではまず、クラウドコンピュータ２１５０が、エッジコンピュータ２１４０（施工管理部２１４２）が、設計ＢＩＭ、施工情報（部材ごとの施工日情報）、ＵＡＶ２１１０を用いた検査を実施する日（計測日情報）、障害物画像（仮想的に生成された画像、実際の撮影画像）などを、エッジコンピュータ２１４０に送信する。エッジコンピュータ２１４０は、クラウドコンピュータ２１５０から提供された情報に基づいて、当該計測日におけるＵＡＶ２１１０の飛行経路を決定する。
【０３７５】
飛行経路の生成は、クラウドコンピュータ２１５０が行ってもよいし、ＵＡＶコントローラ２１２０が行ってもよいし、他のコンピュータが行ってもよい（以下同様）。また、計測日情報をクラウドコンピュータ２１５０から取得する代わりに、エッジコンピュータ２１４０又はＵＡＶコントローラ２１２０が計測日情報を生成してもよい。飛行経路の生成は、全自動、半自動、又は手動で行われる。施工日情報は、施工時刻を含んでいてもよい。
【０３７６】
飛行経路は、例えば、ＵＡＶ２１１０の撮影部２１１２と検査対象（部材、床、天井、壁、設備、柱など）との間の距離が許容範囲に含まれるように決定される。例えば、この距離が近いほど検査精度が向上することを考慮して許容範囲（最大距離）を設定することができる。他方、建築物の全体を撮影できるように許容範囲（最小距離）を設定することができる。
【０３７７】
（Ｓ９２：飛行経路をＵＡＶに送信する）
エッジコンピュータ２１４０は、例えばユーザーの指示を受けて、ステップＳ９１で生成された飛行経路の情報をＵＡＶ２１１０に送信する。

【０３７８】
（Ｓ９３：仮想画像を生成する）
また、エッジコンピュータ２１４０は、ステップＳ９１で生成された飛行経路に基づいて設計ＢＩＭをレンダリングすることにより仮想画像（レンダリングデータ）を生成する。例えば、エッジコンピュータ２１４０は、設計ＢＩＭが定義された３次元仮想空間内を仮想ＵＡＶ（仮想カメラ）が当該飛行経路に沿って飛行したときに得られる仮想的な映像を生成する。より具体的には、エッジコンピュータ２１４０は、当該飛行経路上の複数の位置のそれぞれについて、当該位置から仮想カメラで取得される仮想ＢＩＭ（仮想建築物）の画像を生成する。
【０３７９】
（Ｓ９４：推論モデルを構築する）
エッジコンピュータ２１４０は、ステップＳ９３で生成された仮想画像（及び、他の複数の仮想画像）を訓練データとした機械学習を所定のニューラルネットワークに適用することで、実体建築物のデータから部材データを特定するための推論モデル（第１の推論モデル）を構築する。この処理は、例えば、前述したいずれかの例示的な態様にしたがって実行されてよい。
【０３８０】
また、エッジコンピュータ２１４０は、ステップＳ９１でクラウドコンピュータ２１５０から提供された障害物画像（及び、他の複数の障害物画像）を訓練データとした機械学習を所定のニューラルネットワークに適用することで、実体建築物のデータに混入した障害物のデータを特定するための推論モデル（第２の推論モデル）を構築する。この処理は、例えば、前述したいずれかの例示的な態様にしたがって実行されてよい。
【０３８１】
なお、仮想画像及び障害物画像の双方を訓練データとすることで、第１の推論モデル及び第２の推論モデルの双方として機能する単一の推論モデルを構築することができる。この処理は、例えば、前述したいずれかの例示的な態様にしたがって実行されてよい。本例の推論モデルは、実体建築物のデータから部材データと障害物データとを特定するように訓練されたものである。以下の説明ではこのような推論モデルを採用するが、これに限定されない。また、推論モデルは他の機能を有していてもよい。
【０３８２】
訓練データは、部材のテクスチャ情報や、障害物のテクスチャ情報を含んでいてもよい。また、推論モデル構築に用いられるニューラルネットワークモデルは、典型的には畳み込みニューラルネットワークである。なお、推論モデル構築に用いられる手法は、本例に限定されず、例えば、サポートベクターマシン、ベイズ分類器、ブースティング、ｋ平均法、カーネル密度推定、主成分分析、独立成分分析、自己組織化写像、ランダムフォレスト、敵対的生成ネットワーク（ＧＡＮ）などの任意の手法を適用することが可能である。
【０３８３】
（Ｓ９５：推論モデルをＵＡＶに送信する）
エッジコンピュータ２１４０は、ステップＳ９４で構築された推論モデルをＵＡＶ２１１０に送信する。
【０３８４】
（Ｓ９６：建築物の計測作業を開始する）
ステップＳ９１～Ｓ９５の準備の後、実体建築物の計測作業が開始される。
【０３８５】
（Ｓ９７：ＵＡＶとトータルステーションとを同期させる）
計測作業では、まず、ＵＡＶ２１１０とトータルステーション（ＴＳ）１４３０との同期が実施される。つまり、ＵＡＶ２１１０内の時計とトータルステーション２１３０内の時計とが同期される。これにより、ＵＡＶ２１１０により得られる映像に付帯される時刻（撮影時刻）と、トータルステーション２１３０により取得されるＵＡＶ２１１０の位置情報に付帯される時刻（計測時刻）とが同期される。ここで、撮影時刻は、Ｖ－ＳＬＡＭ

処理を用いて映像から取得される位置情報に付帯される。
【０３８６】
ＵＡＶ２１１０及びトータルステーション２１３０の双方が屋外にある場合、例えば、航法衛星からの航法信号（原子時計に基づく時刻情報を含む）を利用して双方の時計を同期させることができる。他方、ＵＡＶ２１１０及びトータルステーション２１３０の一方が屋内にある場合、例えば、ＵＡＶ２１１０及びトータルステーション２１３０の双方が接続可能なネットワーク上のタイムサーバを利用して双方の時計を同期させることができる。なお、同期の手法はこれらに限定されない。
【０３８７】
（Ｓ９８：トータルステーションによるＵＡＶの追尾を開始する）
ステップＳ９７の時刻同期の後、ユーザーは、例えばＵＡＶコントローラ２１２０を用いて計測開始を指示する。トータルステーション２１３０は、ＵＡＶコントローラ２１２０からの計測開始指示を受けたＵＡＶ２１１０の追尾を開始する。また、トータルステーション２１３０は、ＵＡＶ２１１０の位置情報の生成と、この位置情報のＵＡＶ２１１０へのリアルタイム送信とを開始する。
【０３８８】
（Ｓ９９：飛行と撮影と障害物検知を開始する）
また、ステップＳ９８の計測開始指示を受けたＵＡＶ２１１０は、ステップＳ９２で受信した飛行経路を参照した自律飛行と、撮影部２１１２による撮影（及び、映像の保存）と、Ｖ－ＳＬＡＭ部２１１３及び障害物検知部２１１４による障害物検知処理とを開始する。
【０３８９】
（Ｓ１００：外部からの情報に基づき飛行制御を行う）
ＵＡＶ２１１０は、トータルステーション２１３０からリアルタイムで送信される追尾情報（追尾対象であるＵＡＶ２１１０の位置情報）と、ステップＳ９２で受信した飛行経路とに基づく飛行制御によって、自律飛行を行う。なお、ステップＳ１００～Ｓ１０４は、ステップＳ１０４で「Ｙｅｓ」と判断されるまで繰り返し実行される。
【０３９０】
（Ｓ１０１：追尾中断時は自身で得た情報に基づき飛行制御を行う）
トータルステーション２１３０による追尾の死角範囲にＵＡＶ２１１０が入ると、例えば、ＵＡＶ２１１０は、トータルステーション２１３０からの追尾情報を受信できなくなる。ＵＡＶ２１１０は、追尾情報の受信が途絶えたことに対応し、自律飛行制御のために参照する位置情報を、トータルステーション２１３０からの追尾情報から、Ｖ－ＳＬＡＭ部２１１３により逐次に取得される位置情報に切り替えるように構成されてよい。更に、ＵＡＶ２１１０は、追尾情報の受信が再開したことに対応し、自律飛行制御のために参照する位置情報を、Ｖ－ＳＬＡＭ部２１１３により逐次に取得される位置情報から、トータルステーション２１３０からの追尾情報に切り替えるように構成されてよい。
【０３９１】
なお、トータルステーション２１３０による追尾の死角範囲にＵＡＶ２１１０が入ったとしても、電波の反射や透過などにより何らかの追尾情報がＵＡＶ２１１０に到達することも有り得る。このような場合を想定し、ＵＡＶ２１１０は、追尾情報が示す位置情報から問題を検出するように構成されていてよい。例えば、ＵＡＶ２１１０は、追尾情報が示す位置情報と、Ｖ－ＳＬＡＭ部２１１３で得られた位置情報とを照合することによって問題を検出するように構成されていてよい（前述したように、双方の位置情報は同期されている）。この構成の一例として、ＵＡＶ２１１０は、双方の位置情報（３次元座標）の間の誤差を算出し、この誤差が所定閾値以上であるときに「問題有り」と判断し、この誤差が所定閾値未満であるときに「問題無し」と判断するように構成されてよい。ＵＡＶ２１１０は、判断結果が「問題無し」から「問題有り」に移行したことに対応して、自律飛行制御のために参照する位置情報を、トータルステーション２１３０からの追尾情報から、Ｖ－ＳＬＡＭ部２１１３により逐次に取得される位置情報に切り替えるように構成されて

よい。更に、ＵＡＶ２１１０は、判断結果が「問題有り」から「問題無し」に移行したことに対応して、自律飛行制御のために参照する位置情報を、Ｖ－ＳＬＡＭ部２１１３により逐次に取得される位置情報から、トータルステーション２１３０からの追尾情報に切り替えるように構成されてよい。

【０３９２】

このような構成により、トータルステーション２１３０によるＵＡＶ２１１０の追尾が中断している間、ＵＡＶ２１１０は、Ｖ－ＳＬＡＭ部２１１３により逐次に求められる位置及び姿勢に基づいて自律飛行制御を行うことができる。

【０３９３】

（Ｓ１０２：障害物を検知したか？）

障害物検知部２１１４が障害物を検知すると（Ｓ１０２：Ｙｅｓ）、動作はステップＳ１０３に移行する。障害物を検知しない間は（Ｓ１０２：Ｎｏ）、動作はステップＳ１０３をスキップしてステップＳ１０４に進む。

【０３９４】

（Ｓ１０３：障害物回避制御を行う）

ステップＳ１０２で障害物が検知されると（Ｓ１０２：Ｙｅｓ）、ＵＡＶ２１１０は、前述した障害物回避動作のための制御を行う。例えば、ＵＡＶ２１１０は、検知された障害物の位置、方向、寸法などを求め、この障害物への衝突を避ける経路を決定し、この経路に沿って飛行する。典型的には、この衝突回避経路の始点及び終点は、ステップＳ９２で受信した飛行経路上に位置する。すなわち、ＵＡＶ２１１０は、ステップＳ９２で受信した飛行経路から外れて障害物を迂回し、当該飛行経路に復帰する。

【０３９５】

（Ｓ１０４：飛行終了地点に到着したか？）

ＵＡＶ２１１０は、トータルステーション２１３０からの追尾情報や、Ｖ－ＳＬＡＭ部２１１３により取得される位置情報に基づいて、ステップＳ９２で受信した飛行経路の終点（飛行終了地点）に到達したか判断することができる。飛行終了地点に到達していないと判断されたとき（Ｓ１０４：Ｎｏ）、動作はステップＳ１００に戻る。一方、飛行終了地点に到達したと判断されたとき（Ｓ１０４：Ｙｅｓ）、動作はステップＳ１０５に進む。以上で、実体建築物の計測（撮影）は完了となる。

【０３９６】

（Ｓ１０５：撮影画像をエッジコンピュータに送信する）

飛行終了地点まで到達したら（Ｓ１０４：Ｙｅｓ）、ＵＡＶ２１１０は、飛行しながら取得した撮影画像（映像）をエッジコンピュータ２１４０に送る。なお、ＵＡＶ２１１０は、飛行しながら逐次に撮影画像をエッジコンピュータ２１４０に送ってもよいし、飛行中は撮影画像を蓄積しておき飛行完了後にまとめてエッジコンピュータ２１４０に送ってもよい。また、ＵＡＶ２１１０は、所定時間ごとに撮影画像の蓄積と送信とを繰り返してもよい。或いは、ＵＡＶ２１１０は、所定のデータ量だけ撮影画像が蓄積される度に送信するようにしてもよい。

【０３９７】

以下の工程はいずれも、ＵＡＶ２１１０で取得された画像に基づく一連の処理である（後処理）。ＵＡＶ２１１０が飛行しながら撮影画像をエッジコンピュータ２１４０に送信する場合、ＵＡＶ２１１０の飛行が完了する前に後処理を開始してもよい。つまり、撮影と後処理とを並行して逐次的に行ってもよい。これにより、作業時間の短縮を図ることが可能となる。他方、撮影完了後に後処理を開始する場合には、全ての撮影画像を参照して後処理を実行できるため、処理の精度や確度の向上を図ることが可能である。例えば、或る撮影画像を解析するときに、その前後の撮影画像を参照することが可能である。

【０３９８】

ここで、エッジコンピュータ２１４０は、撮影画像が後処理に適しているか否か判定するができる。例えば、エッジコンピュータ２１４０は、撮影画像の品質（輝度、コントラスト、ピント、色、精細性など）を評価するように構成されていてよい。品質が不十分で

あると判定された場合、ＵＡＶ２１１０による撮影を再度実施することや、画質を向上させるための画像処理を撮影画像に適用することができる。この画像処理には、例えば、機械学習により構築された推論モデルが利用される。また、この画像処理は、前後の撮影画像を利用した補間的な処理を含んでもよい。ＵＡＶ２１１０による撮影中に画像品質評価を開始してもよい。撮影中に画像品質が不十分と判定されたとき、品質が不十分と判定された撮影画像が取得された位置（又は、飛行経路においてそれよりも上流の位置）に戻って再撮影するようにしてもよい。

【０３９９】

同様に、トータルステーション２１３０は、ＵＡＶ２１１０の追尾とともに収集されたＵＡＶ２１１０（撮影部２１１２、再帰反射体）の時系列３次元座標及び時系列姿勢情報をエッジコンピュータ２１４０に送信する。

【０４００】

（Ｓ１０６：カメラの位置・姿勢を求める）

エッジコンピュータ２１４０は、ＵＡＶ２１１０により取得された撮影画像（映像の各フレーム）と、トータルステーション２１３０により取得された時系列情報（時系列３次元座標、時系列姿勢情報）とに基づいてＳｆＭ処理を実行することにより、飛行経路上の複数の位置のそれぞれにおける撮影部２１１２（カメラ）の位置及び姿勢を求める。ここで、ステップＳ９７においてＵＡＶ２１１０とトータルステーション２１３０とを同期させたので、映像の時刻情報と時系列情報の時刻情報とを対応付けることができる。エッジコンピュータ２１４０は、この時刻の対応付けを行うことで、映像と時系列情報との組み合わせに対してＳｆＭ処理を適用することができる。

【０４０１】

（Ｓ１０７：撮影画像から部材エリアを抽出する）

エッジコンピュータ２１４０は、ステップＳ９４で構築された推論モデルを用いて、ＵＡＶ２１１０により取得された撮影画像（映像の各フレーム）から、設計ＢＩＭに含まれる部材（仮想部材）に相当する画像領域（部材エリア、部材領域）を抽出する。この抽出処理は、例えば、設計ＢＩＭ中の部材エリアを特定する処理と、特定された部材エリア以外の画像領域をマスクする処理とを含む。ここで、エッジコンピュータ２１４０は、特定された部材エリアに対応する実体部材の所定の属性を特定する処理を行ってもよい。

【０４０２】

エッジコンピュータ２１４０は、ステップＳ１０７で得られた情報がこれ以降の処理に適しているか否か判定することができる。例えば、多数の仮想部材について、対応する実体部材の部材エリアが抽出されなかった場合に「不適」と判定される。不適と判定された場合、エッジコンピュータ２１４０は、例えば、再撮影を要求するための制御を行うことができる。

【０４０３】

（Ｓ１０８：部材エリアの特徴点とその座標を求める）

エッジコンピュータ２１４０は、ステップＳ１０７で抽出された部材エリアの特徴点を検出する。特徴点は、１以上の点、１以上の線、及び１以上の面のいずれかであってよい。また、特徴点は、模様などであってもよい。更に、エッジコンピュータ２１４０は、検出された特徴点の３次元座標を求める。

【０４０４】

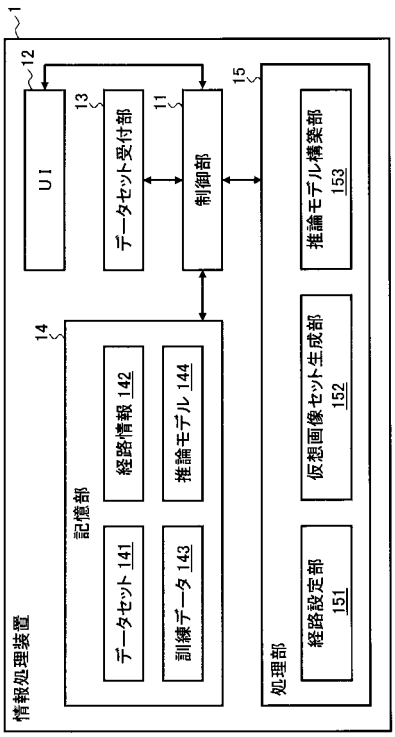
（Ｓ１０９：部材の面データを生成する）

エッジコンピュータ２１４０は、ステップＳ１０７で抽出された部材エリアに対応する実体部材の面データを生成する。例えば、エッジコンピュータ２１４０は、ステップＳ１０８で検出された特徴点に基づいて、撮影位置が異なる２以上の撮影画像の位置合わせを行う（レジストレーション）。典型的には、これら撮影画像は部分的にオーバーラップしている。エッジコンピュータ２１４０は、ＭＶＳ処理を用いることで、これら撮影画像の撮影位置に基づき、これら撮影画像に共通して描出されている部材の面データを生成する。

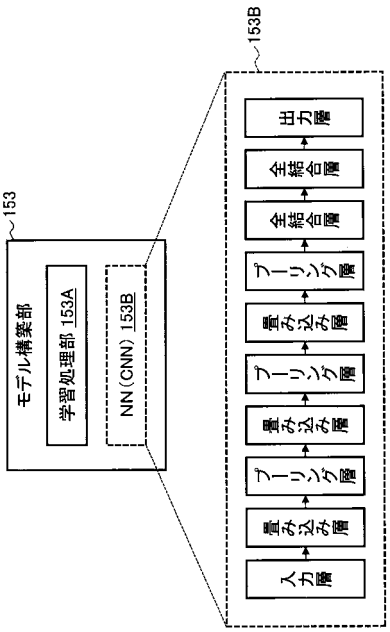
【０４０５】
より詳細に説明する。エッジコンピュータ２１４０は、設計ＢＩＭと映像との間のレジストレーションを行う。これにより、例えば、設計ＢＩＭが定義された３次元空間（３次元座標系）に映像の各フレーム（撮影画像）が埋め込まれる。
【０４０６】
次に、エッジコンピュータ２１４０は、設計ＢＩＭ中の仮想部材の所定の面について、その近傍に位置する撮影画像中の点群を求める。例えば、エッジコンピュータ２１４０は、仮想部材の所定の面に対する距離が所定閾値内以下である撮影画像中の点を特定することによって点群を特定する。映像の各フレームについてこのような処理を実行することにより、仮想部材の所定の面の近傍に位置する３次元座標点群が得られる。
【０４０７】
次に、エッジコンピュータ２１４０は、求められた３次元座標点群に基づいて、仮想部材の所定の面に対応する映像中の面を決定する。例えば、エッジコンピュータ２１４０は、３次元座標点群の少なくとも一部に基づく近似面（平面、自由曲面など）を求める。この近似面が上記の面データである。つまり、この近似面は、仮想部材の所定の面に相当する映像中の面データ（面画像）として扱われる。換言すると、この近似面は、仮想部材に対応する実体部材の部分（面）であって、この仮想部材の所定の面に対応する部分（面）として扱われる。エッジコンピュータ２１４０は、仮想部材の所定の面と、それに基づき決定された映像中の面（実体部材の面）とを対応付ける。これにより、仮想部材と実体部材とが対応付けられ、仮想部材の属性（位置、形状など）と実体部材の属性（位置、形状など）とが対応付けられる。
【０４０８】
（Ｓ１１０：計測ＢＩＭを作成する）
エッジコンピュータ２１４０は、ステップＳ１０９で生成された複数の面データに基づいて３次元モデル（計測ＢＩＭ）を作成する。つまり、エッジコンピュータ２１４０は、ステップＳ１０９で求められた複数の実体部材のデータに基づいて計測ＢＩＭを作成する。作成された計測ＢＩＭは、クラウドコンピュータ２１５０に送信され、保存される。計測ＢＩＭは、設計ＢＩＭとの比較、施工管理、維持管理、補修管理などに用いられる。以上で、本動作例は終了である（エンド）。
【０４０９】
以上の開示は、この発明の実施態様の例に過ぎない。よって、この発明の要旨の範囲内における任意の変形（省略、置換、付加等）を施すことが可能である。
【符号の説明】
【０４１０】
１　情報処理装置
１１　制御部
１２　ユーザーインターフェイス
１３　データセット受付部
１４　記憶部
１４１　データセット
１４２　経路情報
１４３　訓練データ
１４４　推論モデル
１５　処理部
１５１　経路設定部
１５２　仮想画像セット生成部
１５３　推論モデル構築部
１５３Ａ　学習処理部
１５３Ｂ　ニューラルネットワーク
１９００　情報処理装置

２１　制御部
２２　ユーザーインターフェイス
２３　データセット受付部
２４　記憶部
２４１　推論モデル
２４２　計測データ
２５　処理部
２５１　特徴量抽出器
２５２　特定器

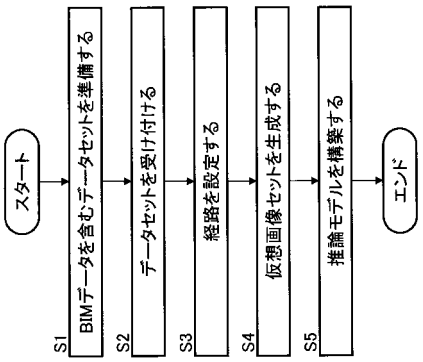
【図１】



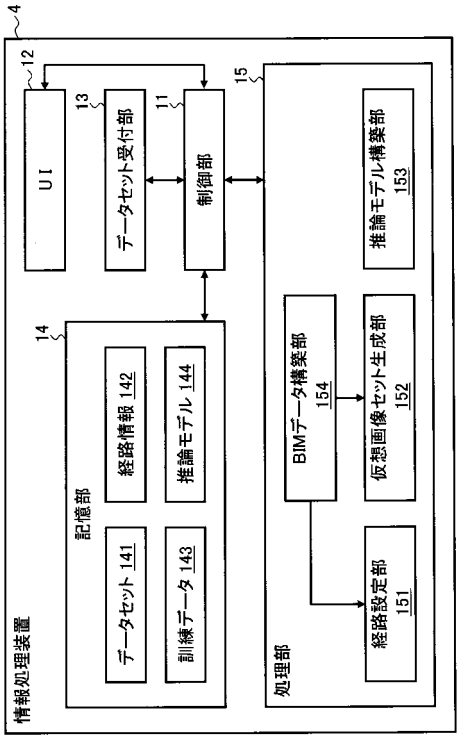
【図２】



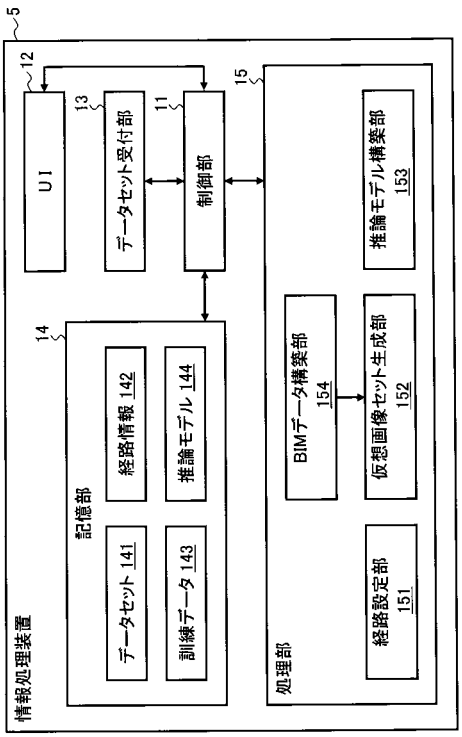
【図３】


スタート
S1
BIMデータを含むデータセットを準備する
S2
データセットを受け付ける
S3
経路を設定する
S4
仮想画像セットを生成する
S5
推論モデルを構築する
エンド

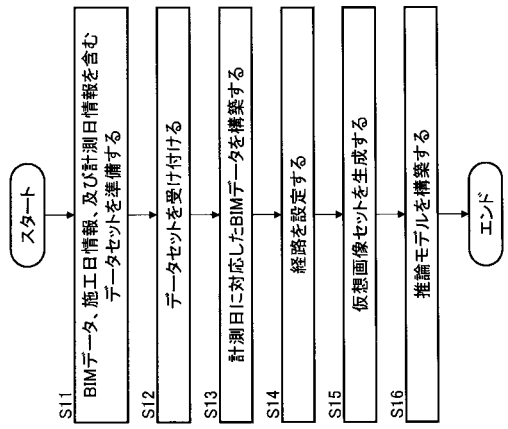
【図４】


4
情報処理装置
12
UI
13
データセット受付部
11
制御部
15
14
記憶部
データセット 141
経路情報 142
訓練データ 143
推論モデル 144
処理部
BIMデータ構築部 154
仮想画像セット生成部 152
経路設定部 151
推論モデル構築部 153

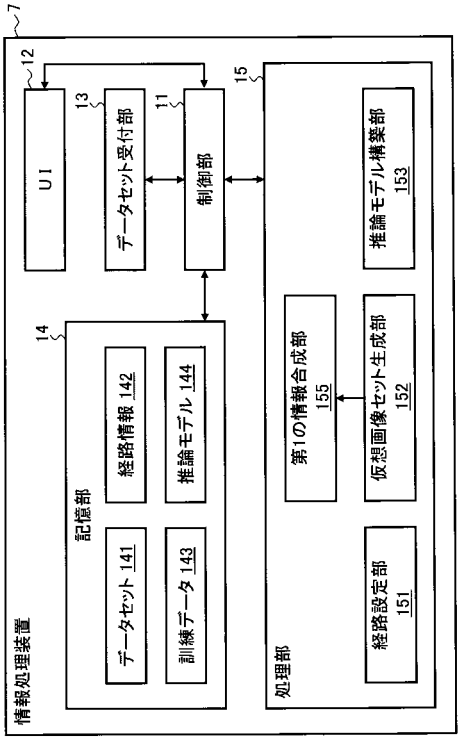
【図５】


5
情報処理装置
12
UI
13
データセット受付部
11
制御部
15
14
記憶部
データセット 141
経路情報 142
訓練データ 143
推論モデル 144
処理部
BIMデータ構築部 154
仮想画像セット生成部 152
経路設定部 151
推論モデル構築部 153

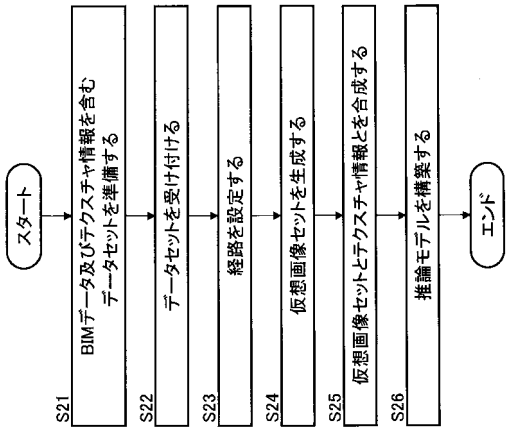
【図６】


スタート
S11
BIMデータ、施工日情報、及び計測日情報を含むデータセットを準備する
S12
データセットを受け付ける
S13
計測日に対応したBIMデータを構築する
S14
経路を設定する
S15
仮想画像セットを生成する
S16
推論モデルを構築する
エンド

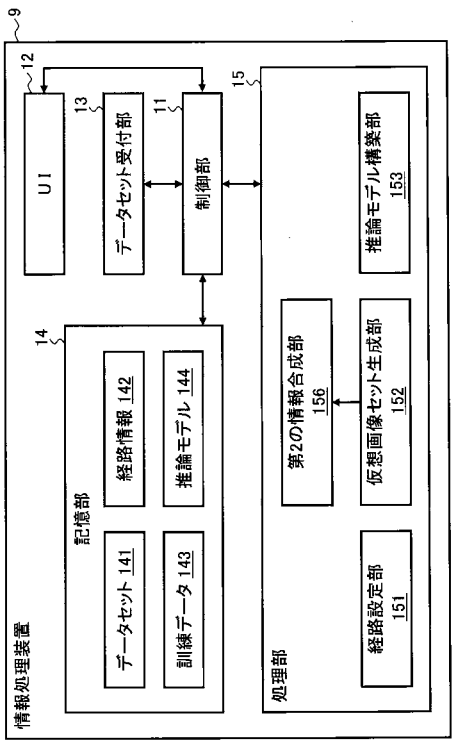
【図７】


情報処理装置
7
UI
12
データセット受付部
13
制御部
11
処理部
15
推論モデル構築部
153
記憶部
14
経路情報 142
推論モデル 144
データセット 141
訓練データ 143
第1の情報合成部
155
仮想画像セット生成部
152
経路設定部
151

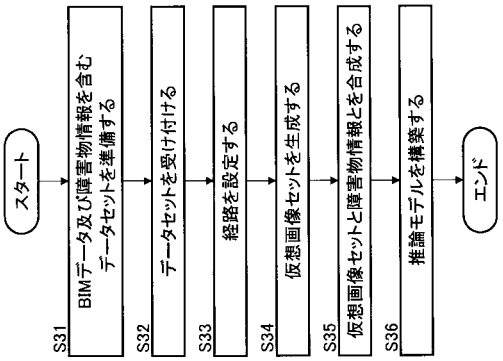
【図８】


スタート
S21
BIMデータ及びテクスチャ情報を含む
データセットを準備する
S22
データセットを受け付ける
S23
経路を設定する
S24
仮想画像セットを生成する
S25
仮想画像セットとテクスチャ情報とを合成する
S26
推論モデルを構築する
エンド

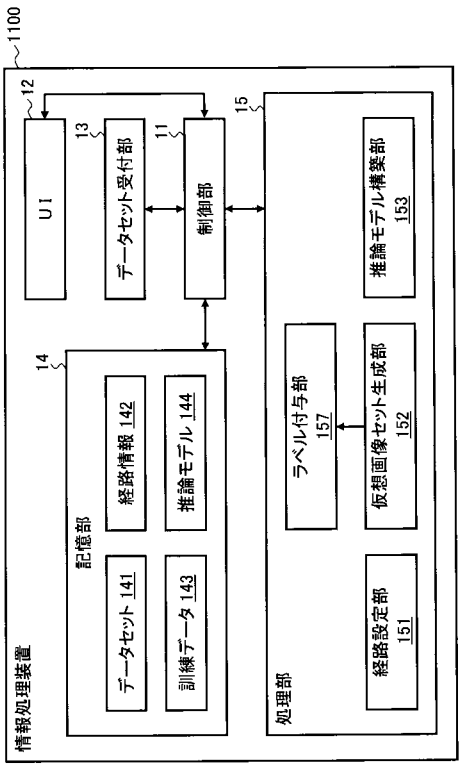
【図９】


情報処理装置
9
UI
12
データセット受付部
13
制御部
11
処理部
15
推論モデル構築部
153
記憶部
14
経路情報 142
推論モデル 144
データセット 141
訓練データ 143
第2の情報合成部
156
仮想画像セット生成部
152
経路設定部
151

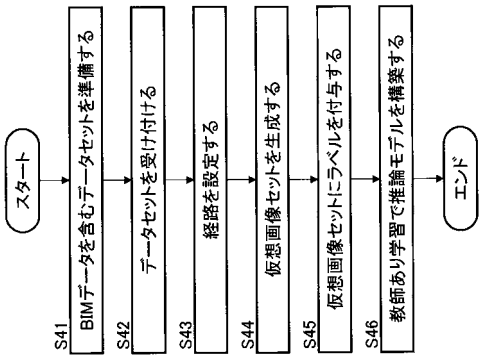
【図１０】


スタート
S31
BIMデータ及び障害物情報を含む
データセットを準備する
S32
データセットを受け付ける
S33
経路を設定する
S34
仮想画像セットを生成する
S35
仮想画像セットと障害物情報とを合成する
S36
推論モデルを構築する
エンド

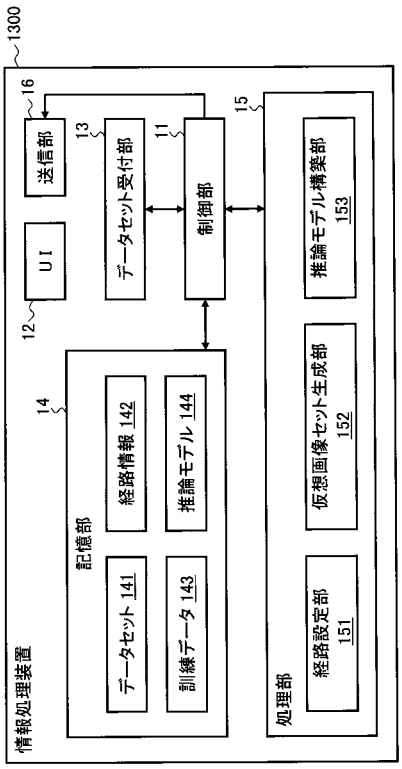
【図１１】



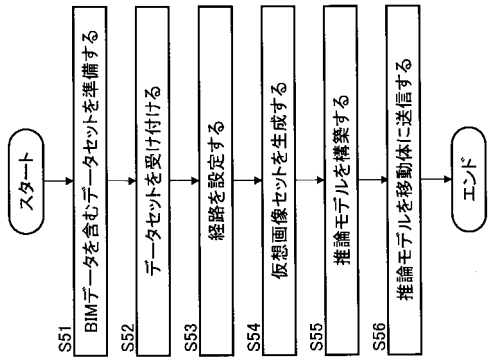
【図１２】



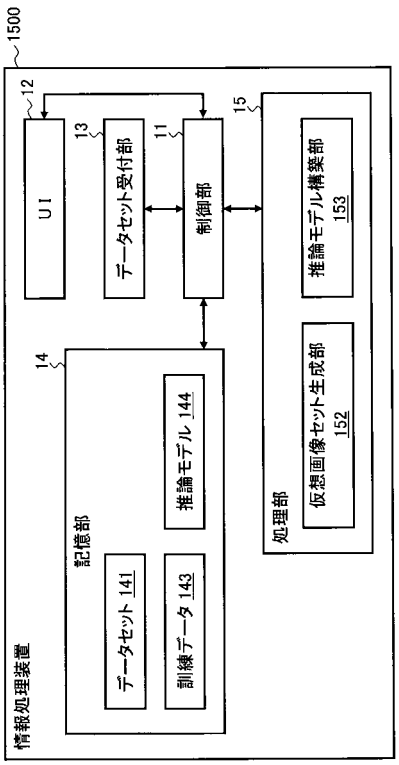
【図１３】



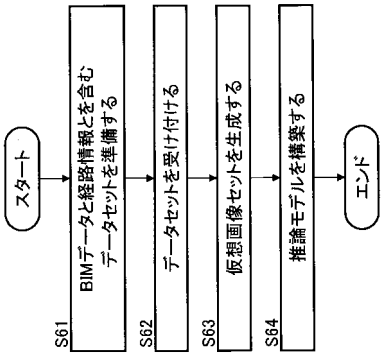
【図１４】



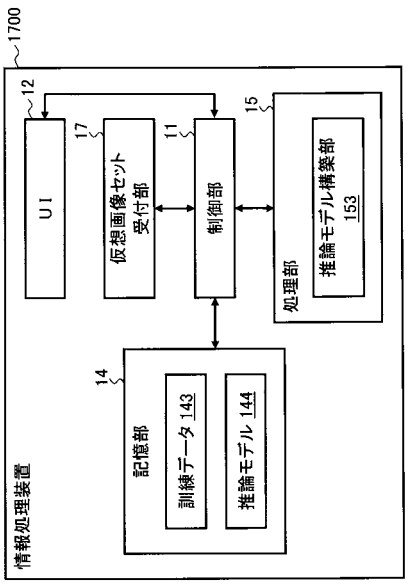
【図１５】



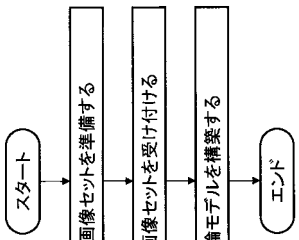
【図１６】



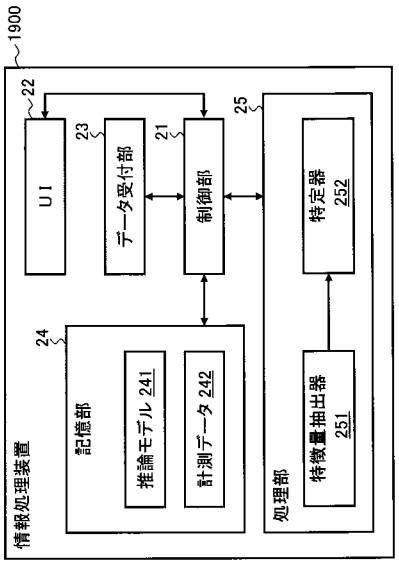
【図１７】



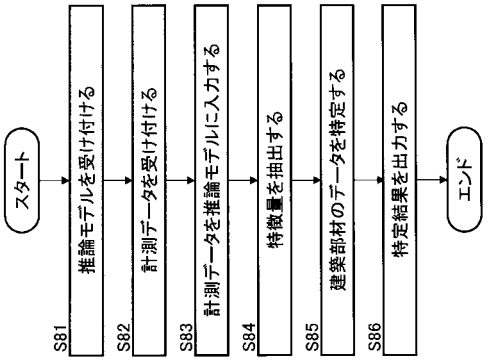
【図１８】



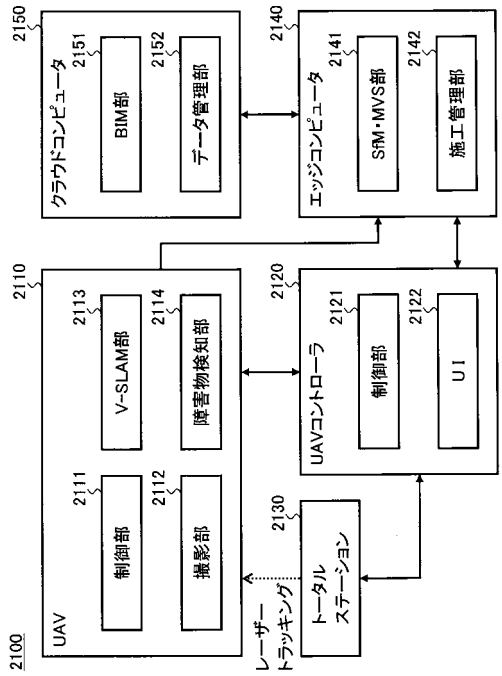
【図１９】



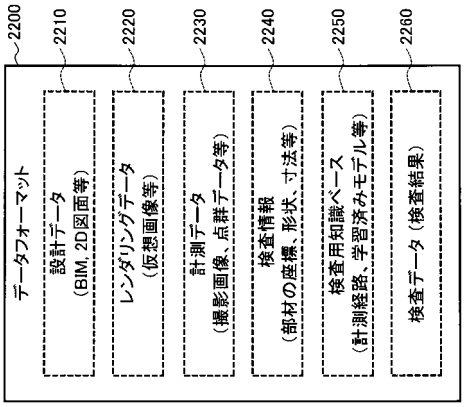
【図２０】



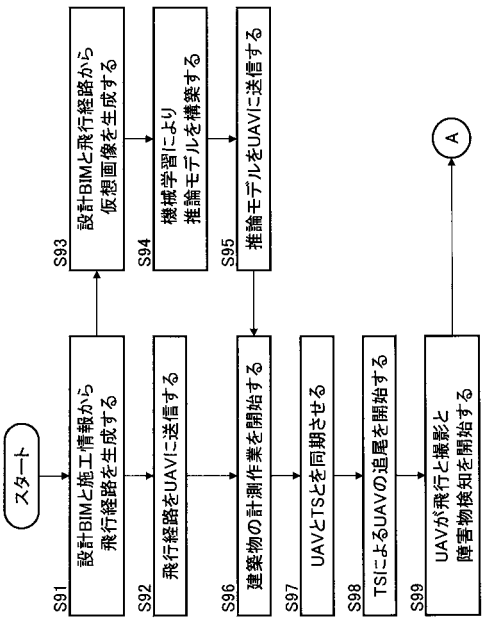
【図２１】



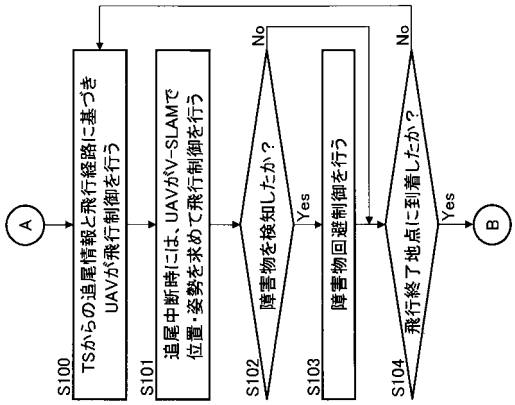
【図２２】



【図２３Ａ】



【図２３Ｂ】



【図２３Ｃ】

