

(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
2017年11月30日(30.11.2017)



(10) 国際公開番号

WO 2017/203709 A1

- (51) 国際特許分類:
G06T 19/00 (2011.01) *G06T 1/00* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/065805
- (22) 国際出願日: 2016年5月27日(27.05.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 楽天株式会社 (RAKUTEN, INC.) [JP/JP]; 〒1580094 東京都世田谷区玉川一丁目14番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: タン トニー (TUNG, Tony); 〒1580094 東京都世田谷区玉川一丁目14番1号 楽天株式会社内 Tokyo (JP). 徐 玖 (XU, Jiu); 〒1580094 東京都世田谷区玉川一丁目14番1号 楽天株式会社内 Tokyo (JP). シュテングァー ビヨン (STENGER, Bjorn); 〒1580094

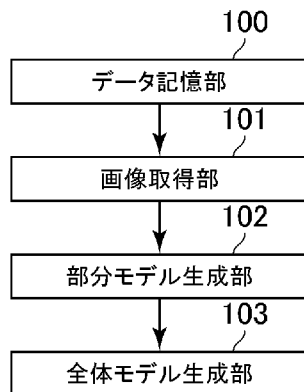
東京都世田谷区玉川一丁目14番1号
楽天株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人はるか国際特許事務所 (HARUKA PATENT & TRADEMARK ATTORNEYS); 〒1020085 東京都千代田区六番町3六番町SKビル5階 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY,

(54) Title: THREE-DIMENSIONAL MODEL GENERATION SYSTEM, THREE-DIMENSIONAL MODEL GENERATION METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 3次元モデル生成システム、3次元モデル生成方法、及びプログラム



100 Data storage unit
101 Image acquisition unit
102 Partial model generation unit
103 Overall model generation unit

(57) Abstract: In order to accurately estimate the shape of an entire space surrounded by a plurality of planes, an image acquisition means (101) in a three-dimensional model generation system (1) obtains a plurality of images having mutually different directions captured therein, in the space surrounded by the plurality of planes. A partial model generation means (102) generates a partial model indicating some of the plurality of planes captured in the image, for each image. An overall model generation means (103) generates an overall model indicating all of the plurality of planes, on the basis of the plurality of partial models generated by the partial model generation means (102).

(57) 要約: 複数の面で囲われた空間全体の形状を正確に推定する。3次元モデル生成システム(1)の画像取得手段(101)は、複数の面で囲われた空間において、互いに異なる方向が撮影された複数の画像を取得する。部分モデル生成手段(102)は、画像ごとに、当該画像に撮影された複数の面の一部を示す部分モデルを生成する。全体モデル生成手段(103)は、部分モデル生成手段(102)により生成された複数の部分モデルに基づいて、複数の面全体を示す全体モデルを生成する。

TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC,
VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, 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：

3次元モデル生成システム、3次元モデル生成方法、及びプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、3次元モデル生成システム、3次元モデル生成方法、及びプログラムに関する。

背景技術

[0002] 従来、複数の面で囲われた空間において撮影された画像に基づいて、当該空間全体の形状を推定する技術が知られている。例えば、非特許文献1には、水平方向の360°を撮影可能な魚眼レンズを装着したカメラで部屋の内部を撮影し、撮影で得られた1枚のパノラマ画像に基づいて、直方体の部屋の形状を示す3次元モデルを生成する技術が記載されている。

先行技術文献

非特許文献

[0003] 非特許文献1：https://courses.cs.washington.edu/courses/cse590v/14au/cse590v_wk3_panocontext.pdf

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、実際には、例えば部屋には柱などがあり、推定対象となる空間は直方体のようにシンプルな形状ではなく、複雑な形状であることが多い。この点、非特許文献1の技術では、直方体の3次元モデルを生成することしかできないので、推定対象の空間の形状を正確に推定できないことがあった。

[0005] 本発明は上記課題に鑑みてなされたものであって、その目的は、複数の面で囲われた空間全体の形状を正確に推定することである。

課題を解決するための手段

- [0006] 上記課題を解決するために、本発明に係る３次元モデル生成システムは、複数の面で囲われた空間において、互いに異なる方向が撮影された複数の画像を取得する画像取得手段と、前記画像ごとに、当該画像に撮影された前記複数の面の一部を示す部分モデルを生成する部分モデル生成手段と、前記部分モデル生成手段により生成された複数の部分モデルに基づいて、前記複数の面全体を示す全体モデルを生成する全体モデル生成手段と、を含むことを特徴とする。
- [0007] 本発明に係る３次元モデル生成方法は、複数の面で囲われた空間において、互いに異なる方向が撮影された複数の画像を取得する画像取得ステップと、前記画像ごとに、当該画像に撮影された前記複数の面の一部を示す部分モデルを生成する部分モデル生成ステップと、前記部分モデル生成ステップにより生成された複数の部分モデルに基づいて、前記複数の面全体を示す全体モデルを生成する全体モデル生成ステップと、を含むことを特徴とする。
- [0008] 本発明に係るプログラムは、複数の面で囲われた空間において、互いに異なる方向が撮影された複数の画像を取得する画像取得手段、前記画像ごとに、当該画像に撮影された前記複数の面の一部を示す部分モデルを生成する部分モデル生成手段、前記部分モデル生成手段により生成された複数の部分モデルに基づいて、前記複数の面全体を示す全体モデルを生成する全体モデル生成手段、としてコンピュータを機能させる。
- [0009] また、本発明に係る情報記憶媒体は、上記のプログラムが記憶されたコンピュータ読み取り可能な情報記憶媒体である。
- [0010] また、本発明の一態様では、各画像は、少なくとも１つの他の前記画像と撮影範囲の一部が重複し、前記部分モデル生成手段は、少なくとも１つの他の前記部分モデルと表面の一部が重複する前記部分モデルを生成し、前記全体モデル生成手段は、各部分モデルの重複部分の位置を合わせて前記全体モデルを生成する、ことを特徴とする。
- [0011] また、本発明の一態様では、前記全体モデル生成手段は、各画像の撮影方向に関する画像情報を取得し、各画像の前記画像情報に基づいて、当該画像

に対応する部分モデルを配置する位置及び向きを決定し、前記全体モデルを生成する、ことを特徴とする。

[0012] また、本発明の一態様では、前記画像取得手段は、前記空間が撮影された1枚の画像に基づいて、前記複数の画像を取得し、前記画像情報は、前記1枚の画像における各画像の位置であり、前記全体モデル生成手段は、前記1枚の画像における各画像の位置に基づいて、当該画像に対応する部分モデルを配置する位置及び向きを決定する、ことを特徴とする。

[0013] また、本発明の一態様では、前記画像取得手段は、水平方向の360°が撮影された1枚の画像に基づいて、前記複数の画像を取得する、ことを特徴とする。

[0014] また、本発明の一態様では、前記画像取得手段は、前記空間内の1点から互いに異なる方向が撮影された前記複数の画像を取得する、ことを特徴とする。

[0015] また、本発明の一態様では、前記画像取得手段は、部屋の内部で撮影された前記複数の画像を取得し、前記部分モデル生成手段は、前記部屋の一部を示す前記部分モデルを生成し、前記全体モデル生成手段は、前記部屋全体を示す前記全体モデルを生成する、ことを特徴とする。

[0016] また、本発明の一態様では、前記画像取得手段は、同じフロアにおける複数の部屋の各々で撮影された前記複数の画像を取得し、前記部分モデル生成手段は、各部屋に対応する前記部分モデルを生成し、前記全体モデル生成手段は、各部屋に対応する前記全体モデルを生成し、前記3次元モデル生成システムは、前記全体モデル生成手段が生成した複数の全体モデルに基づいて、フロアの全体的な3次元モデルを生成するフロアモデル生成手段を更に含む、ことを特徴とする。

[0017] また、本発明の一態様では、前記画像取得手段は、互いに略直交する6つ以上の側面を有する前記部屋の前記複数の画像を取得し、前記部分モデル生成手段は、前記6つ以上の側面の一部を示す前記部分モデルを生成し、前記全体モデル生成手段は、前記6つ以上の側面全体を示す前記全体モデルを生

成する。

発明の効果

[0018] 本発明によれば、複数の面で囲われた空間全体の形状を正確に推定することが可能になる。

図面の簡単な説明

[0019] [図1] 3次元モデル生成システムのハードウェア構成を示す図である。

[図2] 実施形態1の3次元モデル生成システムで実現される機能の一例を示す機能ブロック図である。

[図3] 撮影対象の部屋を上から見た様子を示す図である。

[図4] 部屋の撮影画像を示す図である。

[図5] 画像取得部による画像の取得方法を示す図である。

[図6] 画像取得部による画像の取得方法を示す図である。

[図7] 部分モデルを生成する手順を示す図である。

[図8] 各画像から生成された部分モデルを示す図である。

[図9] 全体モデルの一例を示す図である。

[図10] 3次元モデル生成システムにおいて実行される処理の一例を示すフロー図である。

[図11] サイズパラメータと全体モデルとの関係を示す図である。

[図12] 実施形態2の3次元モデル生成システムで実現される機能の一例を示す機能ブロック図である。

[図13] オブジェクトモデルデータベースのデータ格納例を示す図である。

[図14] 全体モデルとオブジェクトモデルが配置された仮想空間の一例を示す図である。

[図15] 仮想画像の一例を示す図である。

[図16] オブジェクトの部分がマスクされた撮影画像の方向マップを示す図であり、

[図17] オブジェクトモデルの部分がマスクされた仮想画像の方向マップを示す図である。

[図18]仮想空間を上から見た様子を示す図である。

[図19]モデルパラメータが調整された場合の仮想空間の様子を示す図である。

[図20]モデルパラメータが調整された場合の仮想空間の様子を示す図である。

[図21]3次元モデル生成システムにおいて実行される処理の一例を示すフロー図である。

[図22]実施形態1に関する変形例の機能ブロック図である。

発明を実施するための形態

[0020] [1. 実施形態1]

以下、本発明に関わる3次元モデル生成システムの実施形態の例を説明する。

[0021] [1-1. 3次元モデル生成システムのハードウェア構成]

図1は、3次元モデル生成システムのハードウェア構成を示す図である。図1に示すように、3次元モデル生成システム1は、3次元モデル生成装置10とカメラ20とを含む。

[0022] 3次元モデル生成装置10は、3次元モデルを生成するコンピュータであり、例えば、パーソナルコンピュータ、携帯情報端末（タブレット型コンピュータを含む）、又は携帯電話機（スマートフォンを含む）等である。3次元モデル生成装置10は、制御部11、記憶部12、通信部13、操作部14、表示部15、及び入出力部16を含む。

[0023] 制御部11は、例えば、一又は複数のマイクロプロセッサを含む。制御部11は、記憶部12に記憶されたプログラムやデータに従って処理を実行する。記憶部12は、主記憶部及び補助記憶部を含む。例えば、主記憶部はRAMなどの揮発性メモリであり、補助記憶部は、ハードディスクやフラッシュメモリなどの不揮発性メモリである。通信部13は、有線通信又は無線通信の通信インタフェースであり、ネットワークを介してデータ通信を行う。

- [0024] 操作部 14 は、ユーザが操作を行うための入力デバイスであり、例えば、タッチパネルやマウス等のポインティングデバイスやキーボード等である。操作部 14 は、ユーザによる操作内容を制御部 11 に伝達する。表示部 15 は、例えば、液晶表示部又は有機 EL 表示部等である。表示部 15 は、制御部 11 の指示に従って画面を表示する。入出力部 16 は、入出力インタフェースであり、例えば、USB ポートである。入出力部 16 は、外部機器とデータ通信を行うために用いられる。
- [0025] なお、記憶部 12 に記憶されるものとして説明するプログラム及びデータは、ネットワークを介して供給されるようにしてもよい。また、3次元モデル生成装置 10 のハードウェア構成は、上記の例に限られず、種々のハードウェアを適用可能である。例えば、3次元モデル生成装置 10 は、コンピュータ読み取り可能な情報記憶媒体を読み取る読取部（例えば、光ディスクドライブやメモリカードスロット）を含んでもよい。例えば、情報記憶媒体に記憶されたプログラムやデータが当該読取部や入出力部 16 を介して、3次元モデル生成装置 10 に供給されるようにしてもよい。
- [0026] カメラ 20 は、静止画や動画を撮影可能な一般的な撮像装置であり、例えば、CMOS イメージセンサ又は CCD イメージセンサなどの撮像素子を含む。カメラ 20 は、撮像素子で撮影した画像を示す画像データを生成してメモリに記録する。このメモリは、カメラ 20 に備えられたメモリであってもよいし、取り外し可能なフラッシュメモリなどであってもよい。
- [0027] カメラ 20 は、広角レンズ又は魚眼レンズを備えていてもよく、画角や焦点距離は任意であってもよい。例えば、カメラ 20 は、全天球カメラであってもよいし、複数のレンズを備えることで水平方向及び垂直方向の少なくとも一方の全方向を撮影可能なカメラであってもよい。本実施形態では、カメラ 20 は、水平方向 360° 及び垂直方向 180° を撮影可能な広角レンズを使用するものとする。即ち、カメラ 20 は、1 回の撮影で水平方向の全てを撮影した撮影画像を生成可能である。
- [0028] 実施形態 1 の 3次元モデル生成システム 1 は、室内をカメラ 20 で撮影し

た 1 枚のパノラマ画像を複数の画像に分割し、画像ごとに部屋の一部を示す 3 次元モデルを生成して仮想空間に並べることによって、部屋全体の 3 次元モデルを生成し、部屋の形状が複雑であったとしても 3 次元モデルを生成できるようにになっている。以降、この技術の詳細を説明する。

[0029] [1 - 2 . 実施形態 1 において実現される機能]

図 2 は、実施形態 1 の 3 次元モデル生成システム 1 で実現される機能の一例を示す機能ブロック図である。図 2 に示すように、本実施形態では、データ記憶部 100、画像取得部 101、部分モデル生成部 102、及び全体モデル生成部 103 が、3 次元モデル生成装置 10 で実現される場合を説明する。

[0030] [1 - 2 - 1 . データ記憶部]

データ記憶部 100 は、記憶部 12 を主として実現される。データ記憶部 100 は、カメラ 20 により撮影された撮影画像（写真）を示す撮影画像データを記憶する。撮影画像の縦横比、サイズ、及び解像度などは、任意であってよい。撮影画像データのデータ形式も任意であってよい。

[0031] 本実施形態では、撮影画像として、水平方向の 360° が撮影されたパノラマ画像を例に挙げる。撮影画像には、現実空間の一定範囲が撮影されていればよく、必ずしも水平方向の 360° が撮影されていなくてもよい。例えば、撮影画像には、水平方向の 180° 以上 360° 未満の範囲が撮影されていてもよい。

[0032] なお、本実施形態では、3 次元モデル生成装置 10 のデータ記憶部 100 に撮影画像データが記憶される場合を説明するが、撮影画像データは、他の機器又はコンピュータに記憶されているようにしてもよい。例えば、撮影画像データは、カメラ 20 内のメモリに記憶されていてもよいし、サーバコンピュータに記憶されていてもよい。

[0033] [1 - 2 - 2 . 画像取得部]

画像取得部 101 は、制御部 11 を主として実現される。画像取得部 101 は、複数の面で囲われた空間において、互いに異なる方向が撮影された複

数の画像を取得する。

[0034] 面は、現実空間を区切る物体の表面であり、例えば、壁、柱、扉、窓、パーテーション、フェンス、床、地面、天井、又は屋根である。空間を囲う面の数は、2つ以上の任意の数であればよい。即ち、カメラ20から見て前後・左右・上下のうちの少なくとも2つの方向に、面が配置されていればよい。また、各面は、他の面と接触していてもよいし、他の面と接触せずに離れていてもよい。本実施形態では、各面は、少なくとも1つの他の面と略直交している場合を説明する。略直交とは、直交すること、又は、直交とみなせる程度の角度（例えば、 80° 以上）で交わることを意味する。例えば、2つ以上の面が略直交に交わることで、コーナーが形成される。

[0035] 空間は、前後・左右・上下にわたって一定の広がりのある領域であり、地上にあってもよいし、地下にあってもよい。例えば、空間は、少なくとも下面と複数の側面で囲まれていればよく、前後、左右、及び上下の全てが面で囲まれている屋内であってもよいし、上面のない屋外であってもよい。他にも例えば、空間は、屋内であったとしても、水平方向の全てが面に囲まれている必要はなく、前・後・上・下のうちの少なくとも2つの方向に側面が配置された空間（例えば、前方と左右にだけ側面があり、後方には側面のない空間）であればよい。

[0036] 本実施形態では、前後・左右・上下の全方向が面で囲まれた屋内の空間を例に挙げて説明する。このため、画像取得部101は、部屋の内部で撮影された複数の画像を取得することになる。また、部屋の一例として、隣接する面と略直交する6つ以上の側面により囲まれた部屋を説明する。このため、画像取得部101は、互いに略直交する6つ以上の側面を有する部屋の複数の画像を取得することになる。

[0037] 図3は、撮影対象の部屋を上から見た様子を示す図である。なお、図3では、天井は省略している。図3に示すように、部屋Sは、互いに略直交する壁 $w_1 \sim w_6$ と、オブジェクト $o_1 \sim o_8$ と、を含む。

[0038] 以降、壁 $w_1 \sim w_6$ を、まとめて壁Wとも記載する。即ち、壁 $W = \{w_i\}^{N_w}$

$i=1$ と記載することができる。 N_w は壁の総数であり、ここでは $N_w=6$ である。また、オブジェクト $o_1 \sim o_8$ を、まとめてオブジェクト O とも記載する。即ち、オブジェクト $O = \{o_j\}^{N_o}_{j=1}$ と記載することができる。 N_o はオブジェクトの総数であり、ここでは $N_o=8$ である。

[0039] なお、オブジェクトは、カメラ20の被写体となりうる物体である。図3のオブジェクト O は、カメラ20から見て壁 W の手前に配置された物体である。別の言い方をすれば、オブジェクト O は、壁 W 以外の被写体である。例えば、室内であれば、家具や家電などがオブジェクト O に相当し、屋外であれば、車や自転車などがオブジェクト O に相当する。図3に示す例では、オブジェクト o_1 はベッドであり、オブジェクト o_2, o_3 はサイドボードである。また、オブジェクト $o_4 \sim o_6$ は椅子であり、オブジェクト o_7 は机であり、オブジェクト o_8 はテレビである。

[0040] カメラ20の撮影位置は、部屋 S 内の任意の位置であってよいが、ここでは、オブジェクト O をまんべんなく撮影可能な撮影位置 P から部屋 S が撮影される場合を説明する。

[0041] 図4は、部屋 S の撮影画像を示す図である。先述したように、カメラ20は水平方向の 360° を撮影可能なので、図4に示すように、撮影画像 I には、撮影位置 P から見て水平方向の全てが撮影される。別の言い方をすれば、撮影画像 I は、撮影位置 P から撮影された水平方向 360° のパノラマ画像である。

[0042] 撮影画像 I には、2次元の座標軸（スクリーン座標系の座標軸）が設定される。例えば、左上を原点 O_s とし、水平方向を X_s 軸とし、垂直方向を Y_s 軸とする。撮影画像 I の各画素の位置は、 X_s 座標と Y_s 座標で示される。例えば、撮影画像 I の右端の X_s 座標を X_{sMAX} とし、下端の Y_s 座標を Y_{sMAX} とする。

[0043] 本実施形態では、画像取得部101は、複数の壁 W で囲われた空間が撮影された1枚の撮影画像 I に基づいて、複数の画像を取得する場合を説明する。ここでは、画像取得部101は、水平方向の 360° が撮影された1枚の

撮影画像 I に基づいて、複数の画像を取得することになる。

[0044] 図 5 及び図 6 は、画像取得部 101 による画像の取得方法を示す図である。図 5 では、撮影位置 P から見て、 X_s 座標が 0 の画素に撮影された被写体の方向の点を P_0 とする。撮影画像 I の X_s 座標が大きくなるにつれて、撮影位置 P を中心にして点 P_0 から時計回り（右回り）に撮影方向が変化している。なお、ここでは、撮影位置 P を中心とし、線分 $P-P_0$ を半径とした円を 30° ずつ 12 等分したときの円上の点を $P_1 \sim P_{11}$ とする。

[0045] 図 6 に示すように、画像取得部 101 は、1 枚の撮影画像 I を分割することによって、互いに撮影範囲が重複する 6 つの画像 $I_1 \sim I_6$ を生成する。以降では、画像 $I_1 \sim I_6$ を、まとめて画像 I_k とも記載する。即ち、撮影画像 $I = \{I_k\}_{k=1}^K$ と記載することができる。K は画像の総数であり、ここでは $K=6$ である。なお、図 6 では、 X_s 座標値が「0」から「 X_{sMAX} 」までを 12 等分し、それぞれの X_s 座標値を「 X_{s1} 」～「 X_{s11} 」としている。

[0046] 例えば、画像 I_1 は、 X_s 座標値が「0」から「 X_{s3} 」までの部分である。画像 I_1 の撮影範囲は、画像 I_1 の中心点に対応する点 Q_1 （図 5）を注視点とし、画角は $\angle P_0 P P_3 = 90^\circ$ である。画像 I_2 は、 X_s 座標値が「 X_{s2} 」から「 X_{s5} 」までの部分である。画像 I_2 の撮影範囲は、画像 I_2 の中心点に対応する点 Q_2 （図 5）を注視点とし、画角は $\angle P_2 P P_5 = 90^\circ$ である。画像 I_1 と画像 I_2 は、 X_s 座標値が「 X_{s2} 」から「 X_{s3} 」までの撮影範囲（画角が $\angle P_2 P P_3 = 30^\circ$ の撮影範囲）が重複している。

[0047] 画像 I_3 は、 X_s 座標値が「 X_{s4} 」から「 X_{s7} 」までの部分である。画像 I_3 の撮影範囲は、画像 I_3 の中心点に対応する点 Q_3 （図 5）を注視点とし、画角は $\angle P_4 P P_7 = 90^\circ$ である。画像 I_2 と画像 I_3 は、 X_s 座標値が「 X_{s4} 」から「 X_{s5} 」までの撮影範囲（画角が $\angle P_4 P P_5 = 30^\circ$ の撮影範囲）が重複している。画像 I_4 は、 X_s 座標値が「 X_{s6} 」から「 X_{s9} 」までの部分である。画像 I_4 の撮影範囲は、画像 I_4 の中心点に対応する点 Q_4 （図 5）を注視点とし、画角は $\angle P_6 P P_9 = 90^\circ$ である。画像 I_3 と画像 I_4 は、 X_s 座標値が「 X_{s6} 」から「 X_{s7} 」までの撮影範囲（画角が $\angle P_6 P P_7 = 30^\circ$ 分の

撮影範囲)が重複している。

[0048] 画像 I_5 は、 X_S 座標値が「 X_{S8} 」から「 X_{S11} 」までの部分である。画像 I_5 の撮影範囲は、画像 I_5 の中心点に対応する点 Q_5 (図5)を注視点とし、画角は $\angle P_8 P P_{11} = 90^\circ$ である。画像 I_4 と画像 I_5 は、 X_S 座標値が「 X_{S8} 」から「 X_{S9} 」までの撮影範囲(画角が $\angle P_8 P P_9 = 30^\circ$ 分の撮影範囲)が重複している。画像 I_6 は、 X_S 座標値が「 X_{S10} 」から「 $X_{S\text{MAX}}$ 」までの部分と、「0」から「 X_{S1} 」までの部分と、を結合したものである。画像 I_6 の撮影範囲は、画像 I_6 の中心点に対応する点 Q_6 (図5)を注視点とし、画角は $\angle P_{10} P P_1 = 90^\circ$ である。画像 I_6 と画像 I_1 は、 X_S 座標値が「0」から「 X_{S1} 」までの撮影範囲(画角が $\angle P_0 P P_1 = 30^\circ$ 分の撮影範囲)が重複している。

[0049] 上記のように、本実施形態では、各画像 I_k は、少なくとも1つの他の画像 I_k と撮影範囲の一部が重複している。なお、重複部分は、 30° 分の画角に限られず、任意の広さであってよい。また、全ての重複部分が同じ広さである場合を説明したが、画像 I_k ごとに重複部分の広さが異なってもよい。更に、画像 I_k のサイズが同じである場合を説明したが、互いにサイズが異なってもよい。

[0050] また、本実施形態の撮影画像 I には、部屋 S の複数の方向が撮影されているので、画像取得部101は、部屋 S の複数の方向がそれぞれ撮影された複数の画像 I_k を取得することになる。また、画像取得部101は、部屋 S 内の1点から互いに異なる方向が撮影された複数の画像 I_k を取得する。別の言い方をすれば、画像取得部101は、画像 I_k ごとに、撮影位置 P からの撮影方向が互いに異なる複数の画像 I_k を取得することになる。

[0051] なお、本実施形態では、1枚の撮影画像 I から複数の画像 I_k が生成される場合を説明したが、カメラ20で複数回撮影することにより複数の画像 I_k が生成されるようにしてもよい。この場合、例えば、撮影位置 P から所定の撮影方向を撮影したら、その場所で所定角度回転して次の撮影が行われるようにしてもよい。以降、続けて回転と撮影を繰り返し、撮影位置 P から水平方

向のある一定角度（例えば、 360° ）分が撮影された複数の画像 I_k が生成されるようにしてもよい。

[0052] [1-2-3. 部分モデル生成部]

部分モデル生成部 102 は、制御部 11 を主として実現される。部分モデル生成部 102 は、画像 I_k ごとに、当該画像 I_k に撮影された複数の壁 W の一部を示す部分モデルを生成する。部分モデルは、1 つ以上の壁を示す 3 次元モデルである。3 次元モデルは、多角形のポリゴンから構成される平面又は立体である。

[0053] 部分モデル生成部 102 は、画像 I_k のうち平面部分を特定し、当該部分の形状及び向きに基づいて部分モデルを生成する。当該平面部分は、ある一定の広さを有する所定形状の平面であればよい。例えば、壁 W は 4 角形なので、部分モデル生成部 102 は、画像 I_k のうち 4 角形の平面を特定することになる。例えば、部分モデル生成部 102 は、画像 I_k に撮影された被写体の輪郭を示す線分を抽出し、当該線分の位置的な関係及び方向的な関係に基づいて部分モデルを生成するようにしてよい。

[0054] 画像 I_k に撮影された被写体の 3 次元モデルを生成する方法自体は、公知の種々の手法を適用可能であるが、ここでは、その一例として、学術論文「Lee, D.C., Hebert, M., Kanade, T.: Geometric reasoning for single image structure recovery. In: CVPR. (2009)」に示されるように、方向マップを用いた方法を説明する。

[0055] 図 7 は、部分モデルを生成する手順を示す図である。ここでは、画像 I_1 から、当該画像 I_1 に撮影された壁 w_1, w_2, w_3, w_6 を示す部分モデル m_1 が生成される場合を例に挙げて説明する。図 7 に示すように、部分モデル生成部 102 は、（手順 1）画像 I_1 内の線分と消滅点とを抽出し、（手順 2）画像 I_1 に対応する方向マップから壁 W の領域を特定し、（手順 3）特定した壁 W の領域に基づいて部分モデル m_1 を生成する。以降、これらの手順 1～3 の詳細を説明する。

[0056] [手順 1]

まず、部分モデル生成部102は、画像 I_1 に対してエッジ検出処理を施すことによって、画像 I_1 内の線分を特定する。現実空間では直線であっても魚眼レンズを使用すると湾曲するので、ここで検出する線分は、直線状であってもよいし曲線状であってもよい。エッジ検出処理自体は、公知の種々の処理を適用可能である。例えば、部分モデル生成部102は、ある注目画素の画素値と、周囲の画素の画素値と、の差が閾値以上である場合に、当該注目画素をエッジ画素として特定するようにしてよい。部分モデル生成部102は、画像 I_1 からエッジ画素を検出し、隣り合うエッジ画素同士をつなげた画素を、線分として抽出する。

[0057] 本実施形態では、壁Wは、互いに略90°で交差しているので、撮影位置Pから見ると、壁Wの表面は、前後・左右・上下の何れかを向き、壁Wの輪郭も、前後・左右・上下の何れかを向く。このため、部分モデル生成部102は、抽出した各線分の方角（傾き）に基づいて、当該線分を、前後・左右・上下の何れかに分類する。

[0058] 例えば、部分モデル生成部102は、ある線分の方角の絶対値が、0（X₀軸方向）以上であり、第1閾値（例えば、20°程度）未満である場合、その線分は左右方向として分類する。即ち、画像 I_1 において線分が横方向を向いていれば、その線分は、撮影位置Pから見て左右方向の輪郭を示すので、左右方向として分類することになる。

[0059] また、部分モデル生成部102は、ある線分の方角の絶対値が、第1閾値以上であり、第2閾値未満（例えば、70°程度）である場合、その線分は、前後方向として分類する。即ち、画像 I_1 において線分が斜め方向を向いていれば、その線分は、撮影位置Pから見て前後方向の輪郭を示すので、前後方向として分類する。なお、第1閾値や第2閾値は、カメラ20に装着されるレンズによる画像の歪み具合を考慮して定めてよい。

[0060] また、部分モデル生成部102は、ある線分の方角の絶対値が第2閾値以上である場合、その線分は、上下方向として分類する。即ち、画像 I_1 において線分が縦方向を向いていれば、その線分は、撮影位置Pから見て上下方向

の輪郭を示すので、前後方向として分類する。

[0061] 上記のように線分が分類されると、部分モデル生成部102は、各線分を伸長させる。部分モデル生成部102は、各線分を、画像 I_1 の縁まで伸ばしてもよいし、他の線分と交差するまで伸ばしてもよい。伸ばした線分の交点は、コーナーの候補である。このため、部分モデル生成部102は、当該伸ばした線で囲まれた領域を、壁Wの候補とする。別の言い方をすれば、部分モデル生成部102は、伸ばした線の交点を抽出し、複数の交点で囲まれた領域を壁Wの候補とする。壁Wの候補には、本当は壁Wではないものが含まれているが、そのような候補は、後述するように、方向マップとの一致度が低くなる。そこで、方向マップを利用することで、本当の壁Wの領域を絞り込むようにしている。

[0062] 本実施形態では、部分モデル生成部102は、消滅点を利用して方向マップを取得する。部分モデル生成部102は、抽出した線分に基づいて、画像 I_1 から消滅点を取得する。消滅点は、現実空間で同じ方向を向いている物体が画像上で交わる点であり、無限遠を示す地点といえる。例えば、平行する2本の線路上に立って線路を撮影すると、実際には2本の線路が交わることはないが、画像上では、2本の線路はお互いに向き合うように撮影される。この2本の線路を延長したときに交わる点が消滅点である。

[0063] 図7に示す例では、部分モデル生成部102は、前後方向として分類した線分 l_1 、 l_2 同士を延長したときに交わる点を、前後方向の消滅点 v_1 として取得する。また、部分モデル生成部102は、左右方向として分類した線分 l_3 、 l_4 を延長したときに交わる点 v_2 を、左右方向の消滅点 v_2 として取得する。なお、画像 I_1 では、上下方向の線分は、互いに平行であり交わらないので、上下方向の消滅点は検出されなかったものとする。

[0064] 部分モデル生成部102は、線分と消滅点との位置関係に基づいて、方向マップを生成する。画像 I_1 の方向マップは、画素ごとに、その画素の被写体の表面の向きを示す。本実施形態では、各画素は、前後・左右・上下の何れかを向いているかが方向マップに示される。方向マップの生成方法自体は、

公知の種々の手法を適用可能であるが、本実施形態では、その一例として、線分を消滅点に向けて移動させる方法を説明する。

[0065] 例えば、部屋Sの床や天井の表面は、上下方向を向くので、その輪郭は、前後方向の線分と、左右方向の線分と、により示される。このため、部分モデル生成部102は、左右方向の線分により挟まれた位置にある前後方向の線分を、水平方向の消滅点 v_2 に向けて、他の線分とぶつかるまで移動させたときに通過した画素に、上下方向を関連付ける。

[0066] また例えば、壁 w_1 、 w_3 の表面は、前後方向を向くので、その輪郭は、左右方向の線分と、上下方向の線分と、により示される。このため、部分モデル生成部102は、左右方向の線分により挟まれた位置にある上下方向の線分を、水平方向の消滅点 v_2 に向けて、他の線分とぶつかるまで移動させたときに通過した画素に、前後方向を関連付ける。

[0067] また例えば、壁 w_2 、 w_6 の表面は、左右方向を向くので、その輪郭は、前後方向の線分と、上下方向の線分と、により示される。このため、部分モデル生成部102は、前後方向の線分により挟まれた位置にある上下方向の線分を、水平方向の消滅点 v_2 に向けて、他の線分とぶつかるまで移動させたときに通過した画素に、左右方向を関連付ける。

[0068] [手順2]

部分モデル生成部102は、上記のようにして、画像 I_1 の各画素の方向を特定し、方向マップを生成する。そして、部分モデル生成部102は、方向マップを生成したときと同様の方法により、壁Wの候補を構成する線分の方角に基づいて、当該候補の表面が向く方向を特定する。部分モデル生成部102は、壁Wの候補の方角と、当該候補内の方向マップが示す方向と、を比較して算出した一致度に基づいて、本当の壁Wの領域として特定する。一致度は、方向が一致する画素数又はその割合に基づいて算出されるようにすればよい。

[0069] 図7に示す場合では、部分モデル生成部102は、画像 I_1 内の点 R_{1S} 、 R_{2S} 、 R_{3S} 、 R_{4S} で囲われた候補を、壁 w_1 として特定する。部分モデル生成

部102は、画像 I_1 内の点 R_{2S} , R_{5S} , R_{6S} , R_{4S} で囲われた候補を、壁 w_2 として特定する。部分モデル生成部102は、画像 I_1 内の点 R_{5S} , R_{6S} , R_{7S} , R_{8S} で囲われた候補を、壁 w_3 として特定する。部分モデル生成部102は、画像 I_1 内の点 R_{1S} , R_{3S} , R_{9S} , R_{10S} で囲われた候補を、壁 w_6 として特定する。

[0070] [手順3]

部分モデル生成部102は、画像 I_1 から抽出した各領域に所定の座標変換処理を施すことにより、部分モデル m_1 を生成する。座標変換処理は、2次元座標を3次元座標に変換する行列変換処理である。例えば、部分モデル生成部102は、画像 I_1 において特定した壁の頂点を示す点 $R_{1S} \sim R_{10S}$ の2次元座標を、仮想空間内の3次元座標に変換して点 $R_{1W} \sim R_{10W}$ とする。なお、3次元座標に変換する場合には、部分モデル m_1 の高さが所定の高さとなるようにしてもよい。即ち、部分モデル m_1 のサイズは、実施形態1では、予め決められたサイズであってよい。

[0071] 本実施形態では、図7に示すように、仮想空間には、3次元の座標軸（ワールド座標系の座標軸）が設定される。例えば、任意の位置を原点 O_W とし、互いに直交する3つの座標軸である X_W 軸- Y_W 軸- Z_W 軸が設定される。仮想空間の各位置は、3次元座標により定まる。部分モデル生成部102は、上記3次元座標に変換した点 $R_{1W} \sim R_{10W}$ どうしを結合することにより、部分モデル m_1 を生成する。即ち、点 $R_{1W} \sim R_{10W}$ は、部分モデル m_1 の頂点となる。

[0072] 上記の手順1～3により、画像 I_1 から部分モデル m_1 が生成される。なお、先述したように、手順1～3はあくまで部分モデル m_1 を生成する処理の一例なので、画像 I_1 から部分モデル m_1 を生成する処理自体は、公知の手法を適用可能である。部分モデル生成部102は、画像 $I_2 \sim I_6$ に対し、同様の処理を実行することにより、画像 $I_2 \sim I_6$ の各々に対応する部分モデルを生成する。

[0073] 図8は、各画像 I_k から生成された部分モデルを示す図である。図8に示す

ように、部分モデル生成部 102 は、各画像 l_k に撮影された壁 W を部分的に示す部分モデル $m_1 \sim m_6$ （以降、これらをまとめて単に部分モデル m_k ともいう。）を生成する。本実施形態では、壁 W は互いに略直交に交わっているの
で、図 8 に示すように、各部分モデル m_k のうちコーナーの部分も略直交となる。

[0074] また、本実施形態では、各画像 l_k は、少なくとも 1 つの他の画像 l_k と撮影範囲の一部が重複しているの
で、図 8 に示すように、部分モデル生成部 102 は、少なくとも 1 つの他の部分モデル m_k と表面の一部が重複する部分モデル m_k を生成することになる。また、部屋 S を空間の一例として説明するので、部分モデル生成部 102 は、部屋 S の一部を示す部分モデルを生成することになる。また、部屋 S は、6 つ以上の側面を有する場合を説明するので、部分モデル生成部 102 は、6 つ以上の側面の一部を示す部分モデルを生成する。

[0075] [1-2-4. 全体モデル生成部]

全体モデル生成部 103 は、制御部 11 を主として実現される。全体モデル生成部 103 は、部分モデル生成部 102 により生成された複数の部分モデル m_k に基づいて、複数の壁 W 全体を示す全体モデルを生成する。全体モデル生成部 103 は、実際の壁 W の配置と対応するように、部分モデル m_k を仮想空間に並べて全体モデルを生成する。部分モデル m_k は、ユーザにより指定された位置及び向きで並べてもよいが、ここでは、全体モデル生成部 103 は、実際の壁 W の位置関係と、部分モデル m_k の位置関係と、が対応するように、部分モデル m_k の位置及び向きを決定する。位置関係が対応するとは、位置関係が一致すること、又は、位置関係のずれが閾値未満であることを意味する。

[0076] 本実施形態では、各部分モデル m_k をどこにどの向きで配置するかを決定するために、全体モデル生成部 103 は、各画像 l_k の撮影方向に関する画像情報を取得する。画像情報は、撮影方向を特定可能な情報であればよく、ベクトル情報のように撮影方向を直接的に示すものであってもよいし、後述する

ように撮影方向を間接的に示すものであってもよい。

[0077] 例えば、撮影画像 I を分割して画像 I_k を取得する場合には、撮影画像 I における画像 I_k の位置（即ち、画像 I_k が撮影画像 I 内のどこにあるか）によって、各画像 I_k の撮影方向を特定可能なので、本実施形態では、1枚の撮影画像 I における各画像 I_k の位置が画像情報に相当する場合を説明する。具体的には、撮影画像 I の左端にある画像 I_1 の撮影方向（図5の撮影位置 P から点 Q_1 に対する方向）を基準にして考えると、その右隣に位置する画像 I_2 の撮影方向（図5の撮影位置 P から点 Q_2 に対する方向）は、画像 I_1 の撮影方向よりも右を向く。同様に、画像 I_1 、 I_2 よりも右側にある画像 $I_3 \sim I_6$ の各々の撮影方向は、画像 I_1 、 I_2 の撮影方向を更に右回転させた方向となる。このように、撮影画像 I 内における各画像 I_k の位置により相対的な撮影方向を特定可能なので、ここでは、全体モデル生成部 103 は、各画像 I_k の撮影画像 I における位置（例えば、 X_s 座標値）を参照することによって、画像情報を取得する。

[0078] 全体モデル生成部 103 は、各画像 I_k の画像情報に基づいて、当該画像 I_k に対応する部分モデル m_k を配置する位置及び向きを決定し、全体モデルを生成する。即ち、ここでは、全体モデル生成部 103 は、1枚の撮影画像 I における各画像 I_k の位置に基づいて、当該画像 I_k に対応する部分モデル m_k を配置する位置及び向きを決定する。

[0079] 例えば、全体モデル生成部 103 は、仮想空間内の基準点から各部分モデル m_k に対する方向と、当該部分モデル m_k に対応する画像 I_k の撮影方向と、が対応するように、当該部分モデル m_k の位置及び向きを決定する。方向が対応するとは、方向が一致すること、又は、方向的なずれが閾値未満であることを意味する。基準点は、仮想空間内の任意の位置であってよく、ここでは、カメラ 20 の撮影位置 P に対応する仮想カメラ VP の位置とする。仮想カメラ VP は、仮想空間の様子を描いた仮想画像を生成するための仮想的な視点である。

[0080] 画像 I_k の位置と、部分モデル m_k の位置及び向きと、の関係は、予めプロ

グラムコードに記述されていてもよいし、数式形式又はテーブル形式のデータとしてデータ記憶部100に記憶されていてもよい。この関係には、撮影画像Iにおける各画像 I_k の並び順と、仮想カメラVPから見たときの部分モデル m_k の並び順と、が一致するように、部分モデル m_k を配置する位置及び向きが定義されている。全体モデル生成部103は、各画像 I_k の位置に関連付けられた位置及び向きに基づいて、当該画像 I_k に対応する部分モデル m_k を配置する。

[0081] 図8に示すように、ここでは、全体モデル生成部103は、撮影画像Iにおける各画像 I_k の並び順に基づいて、基準点である仮想カメラVPを囲むように部分モデル m_k を順番に配置する。より具体的には、まず、全体モデル生成部103は、仮想カメラVPから見て所定方向に所定距離だけ離れた位置に、画像 I_1 に対応する部分モデル m_1 を仮想カメラVPの方を向くように配置する。そして、全体モデル生成部103は、画像 I_1 の隣の画像 I_2 に対応する部分モデル m_2 を、部分モデル m_1 の隣に仮想カメラVPの方を向くように配置する。以降同様にして、全体モデル生成部103は、部分モデル $m_3 \sim m_6$ が仮想カメラVPの方を向くように、右回りに部分モデル $m_3 \sim m_6$ を順番に並べて配置する。このように、全体モデル生成部103は、仮想カメラVPを囲むようにして並べた部分モデル m_k に基づいて、全体モデルを生成する。

[0082] 図9は、全体モデルの一例を示す図である。図9に示すように、全体モデル生成部103は、整列した部分モデル m_k の表面を合成してプレーンフィッティング処理を施し、1つの全体モデル M_w を生成する。プレーンフィッティング処理は、平面の平滑化処理であり、2つ平面上の位置を平均した位置を新たな1つの平面とすることで行われるようにすればよい。このため、全体モデル M_w は、壁Wの全体的な形状を再現した1つの3次元モデルとなる。

[0083] 本実施形態では、各部分モデル m_k は少なくとも1つの他の部分モデル m_k と重複しているので、全体モデル生成部103は、各部分モデル m_k の重複部分の位置を合わせて、全体モデル M_w を生成することになる。また、全体モデ

ル生成部103は、部屋Sが6つ以上の側面を有しているので、全体モデル生成部103は、6つ以上の側面全体を示す全体モデル M_w を生成することになる。

[0084] [4. 本実施形態において実行される処理]

図10は、3次元モデル生成システムにおいて実行される処理の一例を示すフロー図である。図10に示す処理は、制御部11が、記憶部12に記憶されたプログラムに従って動作することによって実行される。下記に説明する処理は、図2に示す機能ブロックにより実行される処理の一例である。

[0085] 図10に示すように、まず、制御部11は、部屋Sの撮影画像データを取得する(S1)。撮影画像データは、記憶部12に記憶されていてもよいし、カメラ20内のメモリに記憶されていてもよい。あるいは、3次元モデル生成装置10に接続された情報記憶媒体に記憶されていてもよいし、サーバコンピュータなどに記憶されていてもよい。

[0086] 制御部11は、S1で取得した撮影画像データが示す撮影画像Iに基づいて、複数の画像 I_k を取得する(S2)。S2においては、制御部11は、撮影画像Iを所定の位置で分割することにより、複数の画像 I_k を取得する。分割位置は、予め定められており、その位置を示す情報は記憶部12に記憶させておけばよい。

[0087] 制御部11は、S2で取得した画像 I_k ごとに、部分モデル m_k を生成する(S3)。S3においては、制御部11は、先述したように方向マップなどを利用して、各画像 I_k に撮影された壁W部分を示す部分モデル m_k を生成すればよい。

[0088] 制御部11は、S3で生成した部分モデル m_k を仮想空間に並べて配置する(S4)。S4においては、制御部11は、各画像 I_k に対応する部分モデル m_k を、撮影画像Iにおける当該画像 I_k の位置に対応する仮想空間内の位置及び向きに配置する。

[0089] 制御部11は、S4で並べた部分モデル m_k に基づいて全体モデル M_w を生成し(S5)、本処理は終了する。S5においては、制御部11は、並べた

部分モデル m_k の重複部分を合成して表面をプレーンフィッティングすることによって全体モデル M_w を生成することになる。

[0090] 実施形態1の3次元モデル生成システム1によれば、画像 I_k ごとに部分モデル m_k を生成し、複数の部分モデル m_k に基づいて全体モデル M_w を生成するので、直方体のようなシンプルな形状ではなく、複雑な形状の空間であったとしても正確に推定することができる。また、1枚の撮影画像 I ではなく、複数の画像 I_k から全体モデル M_w を生成することで、個々の部分モデル m_k を生成する方法は従来の手法を利用したとしても、複雑な形状の空間を推定することができる。その結果、簡易的な処理で全体モデル M_w を生成できるので、コンピュータの処理負荷を軽減することができる。

[0091] また、部分モデル m_k の重複部分の位置を合わせて全体モデル M_w を生成することで、隙間なく部分モデル m_k を並べることができるため、全体モデル M_w の精度を向上させることができる。

[0092] また、画像 I_k の撮影方向に関する画像情報に基づいて部分モデル m_k を配置する位置及び向きを決定することで、現実の空間における壁 W などの配置や向きと対応するように部分モデル m_k を配置することができるので、全体モデル M_w の精度をより向上させることができる。また、ユーザが部分モデル m_k の位置や向きを指定する必要がなくなるので、ユーザの負担を軽減するとともに、全体モデル M_w を迅速に生成することができる。

[0093] また、1枚の撮影画像 I 内での各画像 I_k の位置に基づいて部分モデル m_k を配置する位置や向きを決定するので、部分モデル m_k を配置すべき位置や向きをより簡単に決定することができる。その結果、複雑な処理を実行する必要がなくなり、全体モデル M_w を迅速に生成するとともに、3次元モデル生成装置10の処理負荷を軽減することができる。

[0094] また、水平方向の 360° が撮影された1枚の撮影画像 I に基づいて全体モデル M_w を生成することで、撮影画像 I を一度の撮影で取得することができ、全体モデル M_w を生成する場合の撮影の手間を軽減することができる。

[0095] また、画像 I_k は、現実空間における互いに異なる方向が撮影されたものな

ので、壁Wが広範囲に渡ったものであったとしても、その形状を再現した全体モデル M_w を生成することができる。

[0096] また、部屋Sの一部を示す部分モデル m_k を組み合わせて全体モデル M_w を生成するので、部屋S全体が複雑な形状であったとしても、その形状を再現した3次元モデルを生成することができる。

[0097] また、部屋Sの壁Wが略直交する6つ以上の壁Wを有する複雑な形状であったとしても、部分モデル m_k を組み合わせて全体モデル M_w を生成するので、多数の壁Wからなる複雑な形状の部屋Sを再現した全体モデル M_w を生成することができる。

[0098] [2. 実施形態2]

次に、3次元モデル生成システム1の別実施形態を説明する。以降説明する実施形態2では、3次元モデル生成システム1のハードウェア構成は、実施形態1と同様であってよい。

[0099] [2-1. 実施形態2の概要]

部屋Sは、形状が同じであったとしてもサイズは種々のものがあり、標準的なサイズというものは特に存在しない。このため、実施形態1のように全体モデル M_w を生成しても、部屋Sのサイズは再現できていないことがある。この点、ベッドなどのオブジェクトOは、サイズの個体差が少なく、大体のサイズが決まっている。即ち、オブジェクトOは、標準的なサイズがおおよそ決まっているので、実施形態2では、この事実に着目して実際の部屋Sのサイズを推定し、全体モデル M_w のサイズを調整するようにしている。

[0100] 実施形態2では、全体モデル M_w は、サイズパラメータ λ が設定されている。全体モデル M_w のサイズは、サイズパラメータ λ により変更可能である。サイズパラメータ λ は、標準的なサイズからの拡大率又は縮小率を示してもよいし、縦・横・高さの少なくとも1つの長さを示してもよい。

[0101] 図11は、サイズパラメータ λ と全体モデル M_w との関係を示す図である。サイズパラメータ λ と全体モデル M_w のサイズとの関係は、プログラムに記述された数式で定義しておけばよい。図11に示すように、全体モデル M_w は、

サイズパラメータ λ に関連付けられたサイズとなる。例えば、サイズパラメータ λ が小さいほど全体モデル M_w は小さくなり、サイズパラメータ λ が大きいほど全体モデル M_w は大きくなる。全体モデル M_w が生成された時点では、サイズパラメータ λ は初期値（例えば、1.0）となるようにしてよい。

[0102] 図11の例では、サイズパラメータ λ は、全体モデル M_w の高さを示している。例えば、 $\lambda = 1$ のときの標準的な高さを L とすると、全体モデル M_w の高さは、 $\lambda * L$ となる。例えば、 $L = 2.5\text{ m}$ とすると、 $\lambda = 0.8$ のときは全体モデル M_w の高さは 2.0 m となり、 $\lambda = 1.2$ のときは全体モデル M_w の高さは 2.5 m となる。

[0103] なお、本実施形態では、水平方向（縦・横）及び垂直方向（高さ）の全ての比率を維持したまま、サイズが変わる場合を説明するが、水平方向の比率だけを維持してサイズが変わってもよい。水平方向の比率だけが維持される場合、全体モデル M_w の高さは、固定値であってもよいし、ある一定範囲の中で変化してもよい。別の言い方をすれば、全体モデル M_w は、少なくとも、上から見たときの形状が維持されていればよい。

[0104] 実施形態2では、上記のようにサイズを変更可能な全体モデル M_w の上に、オブジェクト O を示すオブジェクトモデルが配置される。以降、オブジェクトモデルは、 $M_{o,j}$ の符号を付与する。オブジェクトモデル $M_{o,j}$ は、全体モデル M_w のように画像 I_k から生成するのではなく、予め用意された3次元モデルである。オブジェクトモデル $M_{o,j}$ は、後述するオブジェクトモデルデータベースに登録されている。

[0105] 先述したように、オブジェクト O のサイズは個体差が少ないので、オブジェクトモデル $M_{o,j}$ は、オブジェクト O の一般的なサイズ（例えば、ベッドであればダブルベッドのサイズなど）となっている。このため、仮想空間における全体モデル M_w とオブジェクトモデル $M_{o,j}$ との相対的なサイズと、撮影画像 I における壁 W とオブジェクト O との相対的なサイズと、が似るようにサイズパラメータ λ を調整すれば、全体モデル M_w を実際の部屋 S のサイズに似せることができる。

[0106] 更に、実施形態2では、部屋SにおけるオブジェクトOの位置及び向きと似るように、仮想空間におけるオブジェクトモデル M_j の位置及び向きが調整される。以降、位置を示すパラメータに p_j の符号を付与し、向きを示すパラメータに θ_j の符号を付与する。また、仮想空間の状態は、サイズパラメータ λ 、位置パラメータ p_j 、及び向きパラメータ θ_j に基づいて定まるので、以降、これらをまとめてモデルパラメータ Φ と記載する。

[0107] 上記のように、実施形態2では、実際の部屋Sの状態を再現するように、モデルパラメータ Φ が調整される。ここでは、ベイズ推定理論を利用して、部屋Sの再現度の高さを評価するようにしている。ベイズ推定理論は、現実世界の計測結果をもとに、推定したい事柄を確率的な意味で推定する手法である。ベイズ推定理論の確率が高いほど、推定したい事柄が実際に起こる蓋然性が高い。即ち、ベイズ推定理論の確率が高ければ、推定した仮想空間が実際の部屋Sの様子に似ていることになる。

[0108] 3次元モデル生成システム1は、ベイズ推定理論の確率が高くなるように、モデルパラメータ Φ を決める。実施形態2では、この確率を高めるために、現実空間と仮想空間との全体的なずれ具合を示す評価値 E_s と、現実空間と仮想空間との局所的なずれ具合を示す評価値 E_o と、の2つの評価値を利用して、再現度の高い仮想空間を効率よく生成するようにしている。以降、この技術の詳細を説明する。

[0109] [2-2. 実施形態2において実現される機能]

図12は、実施形態2の3次元モデル生成システム1で実現される機能の一例を示す機能ブロック図である。図12に示すように、実施形態2では、データ記憶部100、画像取得部101、モデル配置部104、仮想画像生成部105、及びパラメータ決定部106が3次元モデル生成装置10で実現される場合を説明する。

[0110] [2-2-1. データ記憶部]

実施形態2のデータ記憶部100は、実施形態1で説明したデータに加えて、モデルパラメータ Φ と、オブジェクトモデルデータベースと、を記憶す

る。モデルパラメータ中は、パラメータ決定部 106 により値が変わる。なお、位置パラメータ p_j は、仮想空間における 3 次元座標が格納され、向きパラメータ θ_j は、3 次元ベクトルが格納されてもよいし、ヨー角、ピッチ角、及びロール角により示されてもよい。

[0111] 図 13 は、オブジェクトモデルデータベースのデータ格納例を示す図である。図 13 に示すように、オブジェクトモデルデータベースには、オブジェクト O のカテゴリと、当該カテゴリのオブジェクト O の 3 次元モデルを示すオブジェクトモデル M_j と、オブジェクト O の向きと、が関連付けられている。なお、オブジェクトモデルデータベースには、オブジェクトモデル M_j の実寸法を示すサイズ情報が含まれていてもよい。

[0112] カテゴリは、オブジェクト O の種類であり、被写体を分類する名称である。カテゴリは、家具や家電のような比較的大きなものであってもよいし、ベッドや椅子のような細かなものであってもよい。

[0113] オブジェクトモデル M_j は、標準的な形状及びサイズのオブジェクト O の 3 次元モデルである。オブジェクトモデルデータベースには、オブジェクトモデル M_j を示すデータが含まれていればよく、例えば、オブジェクトモデル M_j の頂点の 3 次元座標、色情報、及びテクスチャ情報を含む。なお、実施形態 2 では、オブジェクトモデル M_j が奥行きを有する立体的なものである場合を説明するが、オブジェクトモデル M_j は、平面的なものであってもよい。平面的なものである場合、オブジェクトモデル M_j は、1 枚のポリゴンであってもよいし、複数枚のポリゴンを平面状につなげたものであってもよい。この場合、オブジェクトモデル M_j 上に、オブジェクト O のテクスチャ画像が張り付けられているものとする。

[0114] 図 13 に示すように、オブジェクトモデルデータベースには、カテゴリごとに、複数の向き（姿勢）のオブジェクトモデル M_j が登録されている。向きは、ヨー角、ピッチ角、及びロール角の全てにより示されてもよいが、水平面又は垂直面上の物体のロール角は一定なので、図 13 のように、ヨー角及びピッチ角のみが示されてもよい。なお、水平面上に置かれるベッドなど

のオブジェクトOであれば、ピッチ角も一定なのでヨー角だけが示されてもよいし、垂直面上に置かれる壁掛け時計などのオブジェクトOであれば、ヨー角は一定なのでピッチ角のみが示されてもよい。

[0115] なお、本実施形態では、撮影画像IからオブジェクトOを検出する処理を簡易化するために、オブジェクトモデルデータベースに、オブジェクトモデル M_j の向きごとに、テンプレート画像が格納されているものとする。テンプレート画像は、オブジェクトの標準的な形状を示す画像であり、例えば、オブジェクトモデル M_j が向いている方向から当該オブジェクトモデル M_j を見た様子を示す画像であってよい。テンプレート画像は、他のデータベースに登録されていてもよいし、オブジェクトモデル M_j から生成してもよい。

[0116] [2-2-2. 画像取得部]

画像取得部101は、実施形態1と同様であってよいが、現実空間に配置された第1オブジェクトと第2オブジェクトとが撮影された撮影画像Iを取得する。

[0117] 第1オブジェクトは、サイズが既知のオブジェクトであり、オブジェクトデータベースに3次元モデルが登録されているオブジェクトである。別の言い方をすれば、第1オブジェクトは、第2オブジェクトのサイズを推定する際に基準とするオブジェクトである。本実施形態では、壁W以外のオブジェクトOが第1オブジェクトに相当する。即ち、第1オブジェクトは、部屋Sの中に配置された家具などである場合を説明する。このため、オブジェクトモデル M_j が、第1オブジェクトを示す第1モデルの一例に相当する。

[0118] 第2オブジェクトは、サイズが未知のオブジェクトであり、サイズの推定対象となるオブジェクトである。本実施形態では、部屋Sの壁Wが第2オブジェクトに相当する。このため、全体モデル M_w が、第2オブジェクトを示す第2モデルの一例に相当する。

[0119] [2-2-3. モデル配置部]

モデル配置部104は、制御部11を主として実現される。モデル配置部

104は、オブジェクトモデル M_{O_j} と、全体モデル M_W と、を仮想空間に配置する。全体モデル M_W は、実施形態1と同様の方法で生成されてもよいし、実施形態1とは異なる方法で生成されてもよい。例えば、ユーザが予めCADを利用してサイズが不明な全体モデル M_W を描画しておいてもよい。なお、モデルパラメータ λ の初期値は、予め定められた値であればよく、ここでは $\lambda = 1$ とする。

[0120] 例えば、モデル配置部104は、撮影画像Iに基づいて定まる向きのオブジェクトOを仮想空間に配置する。本実施形態では、オブジェクトモデルデータベースにテンプレート画像が登録されているので、モデル配置部104は、撮影画像Iと、所定の向きのオブジェクトOを示すテンプレート画像と、の比較結果に基づいて定まる向きのオブジェクトモデル M_{O_j} を仮想空間に配置する。この時点では、モデルパラメータ ϕ は初期値となる。即ち、モデル配置部104は、撮影画像Iに撮影されたオブジェクトOを検出し、当該検出したオブジェクトOを示すオブジェクトモデル M_{O_j} を初期位置に初期方向で、初期サイズの全体モデル M_W 上に配置する。

[0121] より具体的には、まず、モデル配置部104は、物体検出アルゴリズムに基づいて、撮影画像Iの中からオブジェクトOを検出する。物体検出アルゴリズム自体は、公知の種々の手法を適用可能であり、例えば、テンプレート画像に基づくテンプレートマッチングを用いてもよいし、物体の形状的な特徴を示す特徴量の類否を用いてもよい。

[0122] ここでは、物体検出アルゴリズムの一例として、テンプレートマッチングを説明する。例えば、モデル配置部104は、撮影画像I内の任意の領域に対して、テンプレート画像との類似度を計算する。類似度は、領域内の被写体の輪郭と、テンプレート画像が示す物体の輪郭と、の類似具合を示す。被写体の輪郭は、エッジ検出処理により検出されるようにすればよい。モデル配置部104は、類似度が閾値以上である領域内に、テンプレート画像が示す物体が撮影されていると判定することになる。

[0123] モデル配置部104は、物体検出アルゴリズムによる検出結果に基づいて

、オブジェクトモデル $M_{o,j}$ の位置パラメータ p_j と向きパラメータ θ_j の初期値を決定する。

[0124] 例えば、モデル配置部104は、撮影画像IにおいてオブジェクトOが撮影された位置に基づいて、当該オブジェクトOを示すオブジェクトモデル $M_{o,j}$ の位置パラメータ p_j の初期値を決定する。モデル配置部104は、オブジェクトOが撮影された位置の2次元座標を3次元座標に変換し、当該3次元座標を位置パラメータ p_j の初期値とする。別の言い方をすれば、モデル配置部104は、カメラ20及びオブジェクトOの位置関係と、仮想カメラVP及びオブジェクトモデル $M_{o,j}$ の位置関係と、が対応するように、位置パラメータ p_j の初期値を決定する。「対応する」とは、カメラ20及びオブジェクトOを結ぶベクトルと、仮想カメラVP及びオブジェクトモデル $M_{o,j}$ を結ぶベクトルと、が同じこと又は違いが閾値未満であることを意味する。

[0125] また例えば、モデル配置部104は、テンプレート画像に関連付けられた向きに基づいて、向きパラメータ θ_j の初期値を決定する。本実施形態では、複数の向きのテンプレート画像が用意されているので、モデル配置部104は、撮影画像I内の領域との類似度が閾値以上となったテンプレート画像に関連付けられた向きを取得することになる。

[0126] 上記のように、モデル配置部104は、初期値のモデルパラメータ λ が示すサイズの全体モデル M_o を仮想空間に配置し、その上に、初期値の位置パラメータ p_j が示す初期位置に、初期値の向きパラメータ θ_j が示す初期方向を向くオブジェクトモデル $M_{o,j}$ を配置することになる。

[0127] 図14は、全体モデル M_w とオブジェクトモデル $M_{o,j}$ が配置された仮想空間の一例を示す図である。ここでは、撮影画像Iからオブジェクト o_1 , o_4 , o_5 , o_6 , o_8 が検出され、オブジェクト o_2 , o_3 , o_7 は検出されなかった場合を説明する。このように、部屋S内の全てのオブジェクトOが検出されなければならない訳ではなく、検出された範囲でオブジェクトモデル $M_{o,j}$ が配置されるようにすればよい。図14に示すように、モデル配置部104は、全体モデル M_w の床面上に、オブジェクトモデル $M_{o,1}$, $M_{o,4}$, $M_{o,5}$, $M_{o,6}$,

M_{o_8} を配置する。即ち、本実施形態では、撮影画像 I には、複数のオブジェクト O が撮影されているので、仮想空間には、複数のオブジェクト O にそれぞれ対応する複数のオブジェクトモデル M_{o_j} が配置されることになる。

[0128] なお、実際のオブジェクト O は、テンプレート画像が示す物体の形状と似ているが完全に一致しているわけではないので、オブジェクトモデル M_{o_j} の位置や向きは、大まかに合っているだけであり、細かくは合わないことがある。また、サイズパラメータ λ がまだ調整されていないので、オブジェクトモデル M_{o_j} に比べて全体モデル M_w が大きかったり小さかったりすることがある。このため、後述するパラメータ決定部106により、モデルパラメータ ϕ が調整されることになる。

[0129] [2-2-4. 仮想画像生成部]

仮想画像生成部105は、制御部11を主として実現される。仮想画像生成部105は、標準的なサイズのオブジェクト O を示すオブジェクトモデル M_{o_j} と、サイズが標準的ではない壁 W を示す全体モデル M_w と、が配置された仮想空間の様子を示す仮想画像を生成する。先述したように、壁 W はサイズの個体差が大きく、標準的なサイズが特に決まっていないので、全体モデル M_w が生成された時点では、そのサイズは現実の壁 W とはまだ合っていない可能性がある。仮想画像生成部105は、仮想空間における全体モデル M_w やオブジェクトモデル M_{o_j} の頂点を所定の行列式により座標変換することによって、仮想画像を生成する。仮想空間に配置された3次元モデルを2次元的な画像として表す方法自体は、公知の種々の方法を適用可能である。

[0130] 図15は、仮想画像の一例を示す図である。図15に示すように、仮想画像生成部105は、仮想カメラから仮想空間を見た様子を示す仮想画像 D を生成する。撮影画像 I と同様に、ここでは、仮想画像 D の左上を原点 O_s とし、 X_s 軸及び Y_s 軸が設定されるものとする。図15の撮影画像 I では、壁 W の一部がオブジェクト O で隠れているので、仮想画像 D でも、全体モデル M_w の一部がオブジェクトモデル M_{o_j} で隠れている。別の言い方をすれば、撮影画像 I では、壁 W はオブジェクト O の奥に撮影されているので、仮想画像 D

では、全体モデル M_w はオブジェクトモデル O_w の奥に描かれることになる。

[0131] なお、仮想画像Dの縦横比、サイズ、及び解像度と、撮影画像Iの縦横比、サイズ、及び解像度と、は同じであるものとする。このため、仮想画像Dの X_s 座標値の最大値は、撮影画像Iと同じ X_{sMAX} となり、仮想画像Dの Y_s 座標値の最大値は、撮影画像Iと同じ Y_{sMAX} となる。また、仮想カメラの画角は、カメラ20の画角に合わせて設定すればよい。本実施形態では、カメラ20は水平方向の画角が 360° であり、垂直方向の画角が 180° であるので、仮想カメラにも同じ条件の画角を設定すればよい。このため、仮想画像生成部105は、撮影画像Iと同様に、仮想空間において水平方向の全ての方向が表れた仮想画像Dを生成することになる。

[0132] [2-2-5. パラメータ決定部]

パラメータ決定部106は、制御部11を主として実現される。パラメータ決定部106は、モデルパラメータ ϕ を決定する。即ち、パラメータ決定部106は、サイズパラメータ λ 、位置パラメータ p_j 、及び向きパラメータ θ_j の少なくとも1つを初期値から変更する。

[0133] 例えば、パラメータ決定部106がサイズパラメータ λ を変更すると、変更後のサイズパラメータ λ が示すサイズとなるように全体モデル M_w の頂点座標が変化する。また例えば、パラメータ決定部106が位置パラメータ p_j を変更すると、変更後の位置パラメータ p_j が示す位置にオブジェクトモデル M_{o_j} が移動する。また例えば、パラメータ決定部106が向きパラメータ θ_j を変更すると、変更後の向きパラメータ θ_j が示す向きにオブジェクトモデル M_{o_j} の向きが変わる。

[0134] パラメータ決定部106は、撮影画像Iと仮想画像Dとに基づいてモデルパラメータ ϕ を決定すればよいが、ここでは、その一例として、評価値 E_s を利用して大まかにモデルパラメータ ϕ を決定するレイアウト推定処理と、評価値 E_o を利用して詳細にモデルパラメータ ϕ を決定する詳細決定処理と、を説明する。

[0135] [レイアウト推定処理]

まず、レイアウト推定処理を説明する。レイアウト推定処理では、仮想画像Dの方向マップが撮影画像Iの方向マップと似るように、モデルパラメータ Φ が決定される。ここでは、モデルパラメータ Φ のうち、サイズパラメータ λ と位置パラメータ p_j とがレイアウト推定処理で決定される場合を説明する。このため、レイアウト推定処理では、向きパラメータ θ_j は、初期値のままでよい。

[0136] まず、パラメータ決定部106は、撮影画像Iと仮想画像Dのそれぞれの方向マップを生成する。方向マップの生成方法は、実施形態1で説明した方法と同様であってよく、物体の輪郭を示す線分の位置関係に基づいて方向マップが生成されるようにすればよい。本実施形態では、パラメータ決定部106は、撮影画像Iの方向マップのうち、オブジェクトOが撮影された部分をマスクし、仮想画像Dの方向マップのうち、オブジェクトモデル M_{O_j} が描かれた部分をマスクする。別の言い方をすれば、パラメータ決定部106は、撮影画像Iの方向マップのうち、オブジェクトOに隠れていない壁Wの部分を比較対象とし、仮想画像Dの方向マップのうち、オブジェクトモデル M_{O_j} に隠れていない全体モデル M_w の部分を比較対象とする。

[0137] 図16は、オブジェクトOの部分がマスクされた撮影画像Iの方向マップを示す図であり、図17は、オブジェクトモデル M_{O_j} の部分がマスクされた仮想画像Dの方向マップを示す図である。パラメータ決定部106は、図16に示す撮影画像Iの方向マップと、図17に示す仮想画像Dの方向マップと、に基づいて、下記の数式1により評価値 E_s を計算する。

[0138] [数1]

$$E_s = 1 - N_c / N_{pix}$$

[0139] 数式1の N_{pix} は、撮影画像I及び仮想画像Dの総画素数である。このため、 $N_{pix} = X_{SMAX} * Y_{SMAX}$ となる。数式1の N_c は、撮影画像Iと仮想画像Dとで方向マップの方向が一致した画素数であり、具体的には、下記の数式2により算出する。

[0140] [数2]

$$N_c = \sum_{m \in I} 1_{l(I_m)=l(D_m)}(m)$$

[0141] 数式2の m は、任意の画素を示し、 $l(I_m)$ は、撮影画像 I の方向マップが示す画素 m の方向である。数式2の $l(D_m)$ は、仮想画像 D の方向マップが示す画素 m の方向である。このため、数式2の右辺は、撮影画像 I の方向マップが示す方向と、仮想画像 D の方向マップが示す方向と、が一致する画素の総数を意味する。

[0142] 数式1に示すように、評価値 E_s は、撮影画像 I の方向マップと仮想画像 D の方向マップとの一致度を示す。ここでは、評価値 E_s が低いことは、方向的な一致度が高いことを示し、評価値 E_s が高いことは、方向的な一致度が低いことを示す。方向マップの一致度は、全体モデル M_w のサイズとオブジェクトモデル $M_{o,j}$ の位置に依存するため、パラメータ決定部106は、評価値 E_s が低くなるように、サイズパラメータ λ と位置パラメータ p_j とを調整する。

[0143] 例えば、サイズパラメータ λ が小さすぎると、全体モデル M_w がオブジェクトモデル $M_{o,j}$ に隠れる部分が実際よりも多くなる。この場合、サイズパラメータ λ を大きくすると、一致度が上がり評価値 E_s が小さくなる。また例えば、サイズパラメータ λ が大きすぎると、全体モデル M_w がオブジェクトモデル $M_{o,j}$ に隠れる部分が実際よりも少なくなる。この場合、サイズパラメータ λ を小さくすると、一致度が上がり評価値 E_s が小さくなる。また例えば、全体モデル M_w とオブジェクトモデル $M_{o,j}$ との相対的な位置関係が実際と異なっていると、方向が一致する画素数が少なくなる。この場合、実際のオブジェクト O の位置に近づくように位置パラメータ p_i を変化させると、一致度が上がり評価値 E_s が小さくなる。

[0144] パラメータ決定部106は、評価値 E_s が閾値未満となるまで、サイズパラメータ λ と位置パラメータ p_j を調整する。例えば、パラメータ決定部106は、サイズパラメータ λ の初期値と位置パラメータ p_j の初期値とに基づいて

、サイズパラメータ λ の候補値と位置パラメータ p_j の候補値を選出する。候補値は、初期値との差が閾値未満となるものであればよく、複数個の候補値が選出されてよい。

[0145] パラメータ決定部106は、サイズパラメータ λ の候補値及び位置パラメータ p_j の候補値の組み合わせごとに、仮想画像Dを生成して評価値 E_s を算出する。パラメータ決定部106は、当該組み合わせの中から、評価値 E_s が最小又は閾値未満となる候補値の組み合わせを特定する。パラメータ決定部106は、当該特定した候補値に基づいて、サイズパラメータ λ と位置パラメータ p_j とを更新する。本実施形態では、上記説明したレイアウト推定処理により、サイズパラメータ λ と位置パラメータ p_j が大まかに調整される。

[0146] [詳細決定処理]

次に、詳細決定処理を説明する。現実空間では、オブジェクトOはランダムに配置されるのではなく、ある一定の規則に沿って配置されることが多い。例えば、本実施形態のような部屋Sであれば、家具などのオブジェクトOは、人間が使いやすいように、所定法則のもとで配置される。例えば、ベッドや椅子は、壁と平行に配置され、各オブジェクトOは互いに重ならないように配置されることが多い。

[0147] この点に着目し、詳細決定処理では、現実空間の壁W及びオブジェクトOの相対的な関係と、仮想空間の全体モデル M_w 及びオブジェクトモデル $M_{o,j}$ の相対的な関係と、が似るように、モデルパラメータ ϕ が調整される。ここでは、モデルパラメータ ϕ のうち、サイズパラメータ λ 、位置パラメータ p_j 、及び向きパラメータ θ_j の全てが詳細決定処理で決定される場合を説明する。

[0148] なお、評価値 E_o は、全体モデル M_w 及びオブジェクトモデル $M_{o,j}$ の相対的な関係を評価するための評価値 $E_{o,w}$ と、オブジェクトモデル $M_{o,j}$ どうしの相対的な関係を評価するための評価値 $E_{o,o}$ と、の2種類が用意されている。また、ここでは、処理を簡略化するために、全体モデル M_w の床面にオブジェクトモデル $M_{o,j}$ を投影した形状を用いて、評価値 $E_{o,w}$ 、 $E_{o,o}$ を評価する。

[0149] 図18は、仮想空間を上から見た様子を示す図である。図18に示すよう

に、パラメータ決定部 106 は、オブジェクトモデル $M_{o,j}$ を上方向から全体モデル M_w の床面に正射影する。そして、パラメータ決定部 106 は、下記の数式 3 により評価値 $E_{o,\omega}$ を計算する。

[0150] [数3]

$$E_{o,\omega}(\Phi) = \sum_{j=1}^{N_0} \|p(o_j) - p(\omega_{i^*(j)})\| + \nu_n \sum_{j=1}^{N_0} \|n(o_j)^T n(\omega_{i^*(j)})\|$$

[0151] 数式 3 の $p(o_j)$ は、正射影におけるオブジェクトモデル $M_{o,j}$ の位置である。 $p(\omega_{i^*(j)})$ は、全体モデル M_w のうち、オブジェクトモデル $M_{o,j}$ に最も近い壁の位置である。このため、数式 3 の右辺第 1 項は、仮想空間における全体モデル M_w と、オブジェクトモデル $M_{o,j}$ と、の距離を示す。この距離が短いほど評価値 $E_{o,\omega}(\Phi)$ が小さくなる。即ち、オブジェクトモデル $M_{o,j}$ が全体モデル M_w に近いほど、部屋 S の再現度が高くなる。

[0152] 数式 3 の ν_n は、重み付け係数である。重み付け係数は、任意の値であってよく、例えば、0.5 程度であってよい。 $n(o_j)$ は、オブジェクトモデル $M_{o,j}$ の方向である。 $n(\omega_{i^*(j)})$ は、全体モデル M_w のうち、オブジェクトモデル $M_{o,j}$ に最も近い壁の方向である。このため、数式 3 の右辺第 2 項は、仮想空間における全体モデル M_w と、オブジェクトモデル $M_{o,j}$ と、の方向的なずれ具合を示すことになる。方向的なずれ具合が小さいほど評価値 $E_{o,\omega}(\Phi)$ が小さくなる。即ち、オブジェクトモデル $M_{o,j}$ が近くの全体モデル M_w と同じ方向を向いているほど、再現度が高くなる。

[0153] また、パラメータ決定部 106 は、下記の数式 4 により評価値 $E_{o,o}$ を計算する。

[0154] [数4]

$$E_{o,o}(\Phi) = \sum_{j,k=1}^{N_0} A(b(o_j) \cap b(o_k))$$

[0155] 数式 4 の A は、あるオブジェクトモデル $M_{o,j}$ を全体モデル M_w の床面に正射

影したときの領域 $b(o_j)$ と、他の任意のオブジェクトモデル M_{o_j} を全体モデル M_w の床面に正射影したときの領域 $b(o_k)$ と、の重なり具合を示すものである。このため、数式 4 の右辺は、オブジェクトモデル M_{o_j} 同士の重なり部分が大きいほど高くなり、重なり部分が小さいほど小さくなる。即ち、オブジェクトモデル M_{o_j} が近くのオブジェクトモデル M_{o_j} と重なっていない場合に再現度が高くなる。

[0156] パラメータ決定部 106 は、評価値 $E_{o, w}$ と評価値 $E_{o, o}$ に基づいて、モデルパラメータ Φ を決定する。例えば、パラメータ決定部 106 は、評価値 $E_{o, w}$ 及び評価値 $E_{o, o}$ がともに閾値未満となるように、モデルパラメータ Φ を決定する。

[0157] 例えば、レイアウト推定処理と同様に、パラメータ決定部 106 は、サイズパラメータ λ の候補値、位置パラメータ p_j の候補値、及び向きパラメータ θ_j の候補値を選出する。パラメータ決定部 106 は、これら候補値の中から、評価値 $E_{o, w}$ 及び評価値 $E_{o, o}$ が最小となる候補値の組み合わせを特定する。パラメータ決定部 106 は、当該特定した候補値に基づいて、サイズパラメータ λ 、位置パラメータ p_j 、及び向きパラメータ θ_j を更新する。

[0158] 図 19 及び図 20 は、モデルパラメータ Φ が調整された場合の仮想空間の様子を示す図である。図 19 に示すように、モデルパラメータ Φ が調整されると、仮想空間の状態が現実空間の状態に近づく。例えば、図 20 に示すように、オブジェクトモデル M_{o_j} に対して全体モデル M_w が小さすぎる場合には、サイズパラメータ λ を大きくすることで評価値 E_s や評価値 E_o が小さくなり、実際の部屋 S のサイズに近づく。即ち、全体モデル M_w 及びオブジェクトモデル M_{o_j} の相対的なサイズの関係と、部屋 S 及びオブジェクト O の相対的なサイズの関係と、が似るように、サイズパラメータ λ が決定されることになる。

[0159] また、オブジェクトモデル M_{o_j} が全体モデル M_w から遠かったり壁と平行でなかったりした場合やオブジェクトモデル M_{o_j} どうしが重なっていたりすると評価値 E_o が大きくなってしまいが、全体モデル M_w の近くに移動するよう

に位置パラメータ p_j を変更したり、全体モデル M_w と平行になるように向きパラメータ θ_j を変更したり、オブジェクトモデル $M_{o,j}$ が互いに重ならないように位置パラメータ p_j 及び向きパラメータ θ_j を調整したりすることで、実際の部屋 S 内のオブジェクト O の配置に近づく。即ち、全体モデル M_w 及びオブジェクトモデル $M_{o,j}$ の相対的な位置及び向きと、部屋 S 及びオブジェクト O の相対的な位置及び向きと、が似るように、位置パラメータ p_j 及び向きパラメータ θ_j が決定されることになる。

[0160] 上記のように、パラメータ決定部 106 は、撮影画像 I と仮想画像 D との比較結果に基づいて、全体モデル M_w のサイズを示すサイズパラメータ λ を決定する。例えば、サイズ決定部 105 は、撮影画像 I において壁 W が撮影された画素と、仮想画像 D において全体モデル M_w が描かれた画素と、の比較結果に基づいて、サイズパラメータ λ を決定する。例えば、パラメータ決定部 106 は、撮影画像 I において壁 W が撮影された画素と、仮想画像 D において全体モデル M_w が描かれた画素と、の一致度が閾値以上となるように、サイズパラメータ λ を決定する。ここでの一致度とは、上記説明した方向マップの一致度であってもよいし、画像の中での大きさの一致度であってもよい。

[0161] なお、パラメータ決定部 106 は、撮影画像 I においてオブジェクト O が撮影された画素と、仮想画像 D においてオブジェクトモデル $M_{o,j}$ が描かれた画素と、の比較結果に基づいて、サイズパラメータ λ を決定するようにしてもよい。この場合、パラメータ決定部 106 は、撮影画像 I においてオブジェクト O が撮影された画素と、仮想画像 D においてオブジェクトモデル $M_{o,j}$ が描かれた画素と、の一致度が閾値以上となるように、サイズパラメータ λ を決定する。

[0162] また、パラメータ決定部 106 は、壁 W のうちオブジェクト O で隠れた部分以外の部分（即ち、壁 W のうちオブジェクト O に隠れずに撮影画像 I に撮影された部分）と、全体モデル M_w のうちオブジェクトモデル $M_{o,j}$ で隠れた部分以外の部分（即ち、全体モデル M_w のうちオブジェクトモデル $M_{o,j}$ に隠れずに仮想画像 D に描かれた領域）と、の比較結果に基づいて、サイズパラメータ

タ λ を決定する。即ち、パラメータ決定部106は、撮影画像IにおいてオブジェクトOが撮影された領域と、仮想画像Dにおいてオブジェクトモデル M_o_j が描かれた領域と、はサイズパラメータ λ を決定するにあたり比較対象から外して参照しないことになる。

[0163] また、パラメータ決定部106は、撮影画像Iと仮想画像Dとの比較結果に基づいて、オブジェクトモデル M_o_j の位置を示す位置パラメータ p_j を決定する。例えば、パラメータ決定部106は、撮影画像IにおいてオブジェクトOが撮影された画素と、仮想画像Dにおいてオブジェクトモデル M_o_j が描かれた画素と、の比較結果に基づいて、位置パラメータ p_j を決定する。

[0164] また、パラメータ決定部106は、撮影画像Iの各画素に撮影されたオブジェクト（ここでは、壁WとオブジェクトOの両方を意味する。）の向きと、仮想画像Dの各画素に描かれたモデル（ここでは、全体モデル M_w とオブジェクトモデル M_o_j の両方を意味する。）の向きと、の比較結果に基づいて、サイズパラメータ λ を決定する。即ち、パラメータ決定部106は、これらの向きの一致度が閾値以上となるように、サイズパラメータ λ を決定する。

[0165] なお、上記では、評価値 E_s に基づいてサイズパラメータ λ と位置パラメータ p_j が決定される場合を説明したが、評価値 E_s に基づいて向きパラメータ θ_j が決定されてもよい。即ち、パラメータ決定部106は、撮影画像Iと仮想画像Dとの比較結果に基づいて、オブジェクトモデル M_o_j の向きを示す向きパラメータ θ_j を決定するようにしてもよい。例えば、パラメータ決定部106は、撮影画像IにおいてオブジェクトOが撮影された画素と、仮想画像Dにおいてオブジェクトモデル M_o_j が描かれた画素と、の比較結果に基づいて、向きパラメータ θ_j を決定する。

[0166] また、パラメータ決定部106は、オブジェクトモデル M_o_j と全体モデル M_w との仮想空間における相対的な関係に基づいて、サイズパラメータ λ を決定する。即ち、パラメータ決定部106は、オブジェクトモデル M_o_j と全体モデル M_w との仮想空間における相対的な関係と、オブジェクトOと壁Wとの現実空間における相対的な関係と、の一致度が閾値以上となるように、サイ

ズパラメータ λ を決定する。

[0167] また、パラメータ決定部106は、オブジェクトモデル M_o_j と全体モデル M_w との仮想空間における相対的な関係に基づいて、オブジェクトモデル M_o_j の位置を示す位置パラメータ p_j を決定する。即ち、パラメータ決定部106は、オブジェクトモデル M_o_j と全体モデル M_w との仮想空間における相対的な関係と、オブジェクトOと壁Wとの現実空間における相対的な関係と、の一致度が閾値以上となるように、位置パラメータ p_j を決定する。ここでの一致度とは、上記説明した方向マップの一致度であってもよいし、画像の中での大きさの一致度であってもよい。

[0168] また、パラメータ決定部106は、オブジェクトモデル M_o_j と全体モデル M_w との仮想空間における相対的な関係に基づいて、オブジェクトモデル M_o_j の向きを示す向きパラメータ θ_j を決定する。即ち、パラメータ決定部106は、オブジェクトモデル M_o_j と全体モデル M_w との仮想空間における相対的な関係と、オブジェクトOと壁Wとの現実空間における相対的な関係と、の一致度が閾値以上となるように、向きパラメータ θ_j を決定する。ここでの一致度とは、上記説明した方向マップの一致度であってもよいし、画像の中での大きさの一致度であってもよい。

[0169] また、パラメータ決定部106は、複数のオブジェクトOの各々の仮想空間における相対的な関係に基づいて、サイズパラメータ λ を決定する。例えば、パラメータ決定部106は、複数のオブジェクトOの各々の仮想空間における相対的な関係が所定の関係を見たすように、サイズパラメータ λ を決定する。所定の関係とは、オブジェクトモデル M_o_j どうしが重ならない関係であり、サイズパラメータ λ が小さすぎると、オブジェクトモデル M_o_j を配置する場所がなくなり、オブジェクトモデル M_o_j が重なってしまうので、オブジェクトモデル M_o_j が重ならない程度に十分な大きさのサイズパラメータ λ が決定される。

[0170] また、パラメータ決定部106は、複数の全体モデル M_w の各々の仮想空間における相対的な関係に基づいて、複数の全体モデル M_w の各々の位置を示す

位置パラメータ p_j を決定する。例えば、パラメータ決定部 106 は、複数のオブジェクト O の各々の仮想空間における相対的な関係が所定の関係を見たとすように、位置パラメータ p_j を決定する。所定の関係とは、オブジェクトモデル $M_{o,j}$ どうしが重ならない関係であり、オブジェクトモデル $M_{o,j}$ が重ならない位置又は向きとなるように、位置パラメータ p_j が決定される。

[0171] また、パラメータ決定部 106 は、複数の全体モデル M_w の各々の仮想空間における相対的な関係に基づいて、複数の全体モデル M_w の各々の向きを示す向きパラメータ θ_j を決定する。例えば、パラメータ決定部 106 は、複数のオブジェクト O の各々の仮想空間における相対的な関係が所定の関係を見たとすように、向きパラメータ θ_j を決定する。所定の関係とは、オブジェクトモデル $M_{o,j}$ どうしが重ならない関係であり、オブジェクトモデル $M_{o,j}$ が重ならない位置又は向きとなるように、向きパラメータ θ_j が決定される。

[0172] [2-3. 本実施形態において実行される処理]

図 21 は、3次元モデル生成システム 1 において実行される処理の一例を示すフロー図である。図 21 に示す処理は、制御部 11 が、記憶部 12 に記憶されたプログラムに従って動作することによって実行される。下記に説明する処理は、図 12 に示す機能ブロックにより実行される処理の一例である。なお、実施形態 1 と同様の方法により全体モデル M_w が生成される場合には、図 10 の処理の後に図 21 に示す処理が実行されるようにしてよい。

[0173] 図 21 に示すように、まず、制御部 11 は、オブジェクトモデルデータベースに基づいて、撮影画像 1 に撮影されたオブジェクト O を検出する (S10)。S10 においては、先述したように、制御部 11 は、テンプレート画像とのテンプレートマッチングにより、撮影画像 1 におけるオブジェクト O の有無を検出することになる。

[0174] 制御部 11 は、初期値のサイズパラメータ λ に基づいて、全体モデル M_w を仮想空間に配置し (S11)、当該全体モデル M_w の上に、初期値の位置パラメータ p_j 及び向きパラメータ θ_j に基づいて、S10 で検出したオブジェクトのオブジェクトモデル $M_{o,j}$ を配置する (S12)。S11 においては、制

御部 11 は、初期値のサイズパラメータ λ が示すサイズの全体モデル M_w を仮想空間に配置し、撮影画像 I に基づいて仮想視点 VP を配置する。S 12 においては、制御部 11 は、撮影画像 I においてオブジェクト O が撮影された位置を示す 2 次元座標を 3 次元座標に変換して位置パラメータ p_j の初期値とし、テンプレート画像に関連付けられた向きを向きパラメータ θ_j の初期値とする。

[0175] 制御部 11 は、仮想カメラ VP から仮想空間を見た様子を示す仮想画像 D を生成する (S 13)。なお、仮想カメラ VP の画角などのパラメータは、カメラ 20 に対応する値を示すように、予め記憶部 12 に記憶されているものとする。S 13 においては、制御部 11 は、全体モデル M_w 及びオブジェクトモデル M_{o_j} の頂点の 3 次元座標を 2 次元座標に変換することにより、仮想画像を生成する。

[0176] 制御部 11 は、撮影画像 I の方向マップと、仮想画像 D の方向マップと、に基づいてレイアウト推定処理を実行し、サイズパラメータ λ と位置パラメータ p_j とを決定する (S 14)。S 14 においては、制御部 11 は、数式 1 及び 2 に基づいて評価値 E_s を計算し、評価値 E_s が最小となるサイズパラメータ λ と位置パラメータ p_j を決定する。

[0177] 制御部 11 は、仮想空間の相対的な関係に基づいて、詳細決定処理を実行し、サイズパラメータ λ 、位置パラメータ p_j 、及び向きパラメータ θ_j を決定する (S 15)。S 15 においては、制御部 11 は、評価値 E_o を計算し、評価値 E_o が最小となるサイズパラメータ λ 、位置パラメータ p_j 、及び向きパラメータ θ_j を決定する。なお、評価値 E_s 、 E_o が十分に小さくなるまで、S 14 と S 15 の処理を繰り返してもよい。

[0178] 実施形態 2 の 3 次元モデル生成システム 1 によれば、サイズの個体差の少ないオブジェクト O に着目して、全体モデル M_w とオブジェクトモデル M_{o_j} との相対的な関係からサイズパラメータ λ を調整するため、比較的簡易な処理によりサイズパラメータ λ を推定でき、部屋 S のサイズを推定する場合の撮影の手間を省きつつ、コンピュータの処理負荷を軽減することができる。

- [0179] また、オブジェクト O をマスクした撮影画像 I と、オブジェクトモデル M_{oj} をマスクした仮想画像 D と、の比較結果に基づいてサイズパラメータ λ を推定することで、現実空間を推定するうえで信頼性の低い部分を排除したうえでサイズパラメータ λ を調整するので、サイズパラメータ λ の精度を上げることができる。更に、信頼性の低い部分に対する無駄な処理を実行しないので、コンピュータの処理負荷を軽減することができる。
- [0180] また、撮影画像 I に基づいて定まる向きのオブジェクトモデル M_{oj} を配置することによって、仮想空間にオブジェクトモデル M_{oj} を配置したときの向きの精度が向上する部屋 S 内の様子の再現度を高めることができる。例えば、オブジェクトモデル M_{oj} の初期の向きを、実際のオブジェクト O の向きに大まかに合わせることによって、その後のサイズパラメータ λ や位置パラメータ p_j の調整を簡単にすることができるので、その後の処理におけるコンピュータの処理負荷を軽減することもできる。
- [0181] また、撮影画像 I の方向マップと、仮想画像 D の方向マップと、を利用して位置パラメータ p_j やサイズパラメータ λ を推定することで、位置パラメータ p_j やサイズパラメータ λ の精度を上げることができる。また、先述したように、これら方向マップを利用して向きパラメータ θ_j を推定してもよく、この場合は、向きパラメータ θ_j の精度を上げることができる。
- [0182] また、サイズの個体差の少ないオブジェクト O に着目して、全体モデル M_w とオブジェクトモデル M_{oj} との相対的な関係からサイズパラメータ λ 、位置パラメータ p_j 、及び向きパラメータ θ_j を調整するため、比較的簡易な処理によりこれらを推定でき、部屋 S のサイズやオブジェクト O の位置及び向きを推定する場合の撮影の手間を省きつつ、コンピュータの処理負荷を軽減することができる。
- [0183] また、評価値 $E_{o, w}$ に基づいてサイズパラメータ λ 、位置パラメータ p_j 、及び向きパラメータ θ_j を調整することで、現実世界における壁 W とオブジェクト O との関係の経験則を反映することができるので、サイズパラメータ λ 、位置パラメータ p_j 、及び向きパラメータ θ_j の精度を高めることができる。

。

[0184] また、評価値 $E_{o,j}$ に基づいてサイズパラメータ λ 、位置パラメータ p_j 、及び向きパラメータ θ_j を調整することで、現実世界におけるオブジェクト O どのしとの関係の経験則を反映することができるので、サイズパラメータ λ 、位置パラメータ p_j 、及び向きパラメータ θ_j の精度を高めることができる。

[0185] また、オブジェクトモデル $M_{o,j}$ は、奥行きを有する立体形状であるので、より再現度の高い仮想空間を生成することができる。

[0186] また、部屋 S の中に配置された家具であるオブジェクト O をもとにサイズパラメータ λ を決定するので、現実世界の部屋 S を再現することができる。

[0187] [3. 変形例]

なお、本発明は、以上に説明した実施の形態に限定されるものではない。本発明の趣旨を逸脱しない範囲で、適宜変更可能である。

[0188] [3-1. 実施形態1に関する変形例]

例えば、実施形態1では、ある1つの部屋 S の全体モデル M_w を生成する場合を説明したが、あるフロアに複数の部屋 S が配置されている場合、部屋 S ごとに全体モデル M_w が生成し、これら複数の全体モデル M_w が並べられることにより、仮想空間においてフロア全体を再現するようにしてもよい。

[0189] 図22は、実施形態1に関する変形例の機能ブロック図である。図22に示すように、本変形例では、実施形態1で説明した機能に加えて、フロアモデル生成部が実現される。フロアモデル生成部107は、制御部11を主として実現される。

[0190] 本変形例のデータ記憶部100は、フロア内の部屋 S ごとに撮影画像データを記憶しているものとする。即ち、データ記憶部100は、あるフロアにおける複数の部屋 S の各々の撮影画像データを記憶する。また、データ記憶部100は、フロア内における部屋 S の配置を示すデータを記憶してもよい。即ち、データ記憶部100は、部屋 S の位置関係を示すデータを記憶してもよい。

[0191] 画像取得部101は、同じフロアにおける複数の部屋 S の各々で撮影され

た複数の画像 I_k を取得することになる。画像 I_k を取得する方法は、実施形態 1 と同様であってよく、例えば、画像取得部 101 は、ある部屋 S の撮影画像 I を分割することによって複数の画像 I_k を取得してよい。

[0192] 部分モデル生成部 102 は、各部屋 S に対応する部分モデル m_k を生成する。全体モデル生成部 103 は、各部屋 S に対応する全体モデル M_w を生成する。部分モデル m_k 及び全体モデル M_w の生成方法は、実施形態 1 と同様であってよい。

[0193] フロアモデル生成部 107 は、全体モデル生成部 103 が生成した複数の全体モデル M_w に基づいて、フロアの全体的な 3 次元モデルを生成する。フロアモデル生成部 107 は、仮想空間において、所定の配置となるように複数の全体モデル M_w を並べる。ここでは、フロアモデル生成部 107 は、フロアにおける部屋 S の配置を示すデータに基づいて、各全体モデル M_w が同じ配置となるように仮想空間に配置することでフロア全体の 3 次元モデルを生成することになる。

[0194] 上記変形例によれば、フロア全体を示す 3 次元モデルを比較的簡易な処理により生成することができる。

[0195] なお、実施形態 1 では、画像 I_k の方向マップを利用して部分モデル m_k を生成する場合を説明したが、画像 I_k から部分モデル m_k を生成する方法自体は、公知の種々の手法を適用可能である。例えば、部分モデル生成部 102 は、物体の幾何学的な特徴量を示すジオメトリックコンテキストを利用して部分モデル m_k を生成してよい。ジオメトリックコンテキストは、画像 I_k の下側（床付近）の精度が高いことが知られているので、画像 I_k の下側はジオメトリックコンテキストを利用し、上側は方向マップを利用してもよい。このように複数のモデル生成方法を組み合わせることによって部分モデル m_k を生成してもよい。

[0196] また例えば、各画像 I_k の撮影範囲が重複している場合を説明したが、必ずしも画像 I_k どうしの撮影範囲は重複していなくてもよい。例えば、画像取得部 101 は、互いに重複しないように撮影画像 I を所定枚数に分割すること

によって、画像 I_k を取得してもよい。また例えば、画像取得部 101 は、画像 I_k どうしに隙間が空くように、撮影画像 I から画像 I_k を取得してもよい。更に、各画像 I_k のサイズや解像度などは、互いに異なってもよい。

[0197] また例えば、向きパラメータ θ_j の初期値を推定するために、オブジェクトモデルデータベースに種々の向きのオブジェクトモデル M_{oj} が格納されている場合を説明したが、インターネット上のサーバコンピュータが配布している 3 次元モデルを利用して、初期状態のオブジェクトモデル M_{oj} を配置してもよい。その際に、条件付き確率分布を利用することで撮影画像 I のオブジェクト O と似た向きのオブジェクトモデル M_{oj} を探し、その向きを向きパラメータ θ_j の初期値としてもよい。

[0198] また例えば、各画像 I_k の撮影画像 I 内での位置に基づいて、各部分モデル m_k を配置する位置及び向きが決定される場合を説明したが、画像 I_k は、1 枚の撮影画像 I から分割されたものでなくてもよいので、この場合は、他の方法によって、部分モデル m_k を配置する位置及び向きが決定されてもよい。例えば、画像 I_k ごとに撮影方向を関連付けておき、当該撮影方向に基づいて部分モデル m_k の位置及び向きが決定されるようにしてもよい。この場合、撮影方向は、画像 I_k の取得順（撮影順）に基づいて決定されてもよいし、ユーザが指定してもよい。

[0199] [3-2. 実施形態 2 に関する変形例]

また例えば、オブジェクト O は、水平面に置かれているものに限られず、垂直面に置かれているものでもよい。実施形態 2 において、ベッドを示すオブジェクトモデル M_{oj} は、床上にしか配置されず、壁掛け時計を示すオブジェクトモデル M_{oj} は、壁上にしか配置されないもので、オブジェクト O に応じて位置パラメータ p_j の移動範囲を制限してもよい。

[0200] 本変形例のパラメータ決定部 106 は、撮影画像 I に撮影されたオブジェクト O に基づいて、位置パラメータ p_j の変更可能範囲を決定するようにしてもよい。例えば、オブジェクト O と、変更可能範囲と、の関係は予めデータ記憶部 100 に記憶されているものとする。変更可能範囲は、オブジェクト

モデル M_{o_j} が移動可能な範囲であり、位置パラメータ p_j の候補となる範囲である。

[0201] 例えば、水平面上に配置されるオブジェクト O であれば、仮想空間の水平面上の領域が変更可能範囲となり、垂直面状に配置されるオブジェクト O であれば、仮想空間の垂直面上の領域が変更可能範囲となる。パラメータ決定部106は、オブジェクトモデル M_{o_j} の位置パラメータ p_j が、当該オブジェクトモデル M_{o_j} が示すオブジェクト O に関連付けられた変更可能範囲内に収まるように、位置パラメータ p_j を決定する。

[0202] 上記変形例によれば、オブジェクト O の性質に応じた範囲内でオブジェクトモデル M_{o_j} を移動させることができる。このため、オブジェクトモデル M_{o_j} が現実ではありえないような不自然な位置に配置されてしまうことを防止することができる。

[0203] なお、実施形態2では、第1オブジェクトの一例として家具などのオブジェクト O を説明し、第2オブジェクトの一例としてその奥にある壁 W を説明したが、第1オブジェクトと第2オブジェクトとの位置関係は任意であってよい。第1オブジェクトの手前に第2オブジェクトが配置されていてもよいし、第1オブジェクトの隣に第2オブジェクトが配置されていてもよい。即ち、サイズが既知の第1オブジェクトと、サイズを推定したい第2オブジェクトと、が同じ撮影画像1に撮影されているようにすればよい。

[0204] [3-3. その他変形例]

また例えば、全体モデル M_w は、屋外の駐車場などの壁を示してもよいし、オブジェクトモデル M_{o_j} は、当該駐車場の車やバイクなどを示してもよい。全体モデル M_w 及びオブジェクトモデル M_{o_j} は、撮影画像1から検出可能な種類のオブジェクトであればよく、壁 W やオブジェクト O に限られない。

[0205] また例えば、3次元モデル生成システム1は、3次元モデル生成装置10だけで構成されてもよいし、他のコンピュータを含んでもよい。例えば、3次元モデル生成システム1は、3次元モデル生成装置10とサーバコンピュータとを含んでもよい。この場合、オブジェクトモデルデータベ-

スは、サーバコンピュータに記憶されていてもよい。

請求の範囲

- [請求項1] 複数の面で囲われた空間において、互いに異なる方向が撮影された複数の画像を取得する画像取得手段と、
- 前記画像ごとに、当該画像に撮影された前記複数の面の一部を示す部分モデルを生成する部分モデル生成手段と、
- 前記部分モデル生成手段により生成された複数の部分モデルに基づいて、前記複数の面全体を示す全体モデルを生成する全体モデル生成手段と、
- を含むことを特徴とする3次元モデル生成システム。
- [請求項2] 各画像は、少なくとも1つの他の前記画像と撮影範囲の一部が重複し、
- 前記部分モデル生成手段は、少なくとも1つの他の前記部分モデルと表面の一部が重複する前記部分モデルを生成し、
- 前記全体モデル生成手段は、各部分モデルの重複部分の位置を合わせて前記全体モデルを生成する、
- ことを特徴とする請求項1に記載の3次元モデル生成システム。
- [請求項3] 前記全体モデル生成手段は、各画像の撮影方向に関する画像情報を取得し、各画像の前記画像情報に基づいて、当該画像に対応する部分モデルを配置する位置及び向きを決定し、前記全体モデルを生成する、
- ことを特徴とする請求項1又は2に記載の3次元モデル生成システム。
- [請求項4] 前記画像取得手段は、前記空間が撮影された1枚の画像に基づいて、前記複数の画像を取得し、
- 前記画像情報は、前記1枚の画像における各画像の位置であり、
- 前記全体モデル生成手段は、前記1枚の画像における各画像の位置に基づいて、当該画像に対応する部分モデルを配置する位置及び向きを決定する、

ことを特徴とする請求項 3 に記載の 3 次元モデル生成システム。

[請求項5]

前記画像取得手段は、水平方向の 360° が撮影された 1 枚の画像に基づいて、前記複数の画像を取得する、

ことを特徴とする請求項 1 ～ 4 の何れかに記載の 3 次元モデル生成システム。

[請求項6]

前記画像取得手段は、前記空間内の 1 点から互いに異なる方向が撮影された前記複数の画像を取得する、

ことを特徴とする請求項 1 ～ 5 の何れかに記載の 3 次元モデル生成システム。

[請求項7]

前記画像取得手段は、部屋の内部で撮影された前記複数の画像を取得し、

前記部分モデル生成手段は、前記部屋の一部を示す前記部分モデルを生成し、

前記全体モデル生成手段は、前記部屋全体を示す前記全体モデルを生成する、

ことを特徴とする請求項 1 ～ 6 の何れかに記載の 3 次元モデル生成システム。

[請求項8]

前記画像取得手段は、同じフロアにおける複数の部屋の各々で撮影された前記複数の画像を取得し、

前記部分モデル生成手段は、各部屋に対応する前記部分モデルを生成し、

前記全体モデル生成手段は、各部屋に対応する前記全体モデルを生成し、

前記 3 次元モデル生成システムは、前記全体モデル生成手段が生成した複数の全体モデルに基づいて、フロアの全体的な 3 次元モデルを生成するフロアモデル生成手段を更に含む、

ことを特徴とする請求項 7 に記載の 3 次元モデル生成システム。

[請求項9]

前記画像取得手段は、互いに略直交する 6 つ以上の側面を有する前

記部屋の前記複数の画像を取得し、

前記部分モデル生成手段は、前記6つ以上の側面の一部を示す前記部分モデルを生成し、

前記全体モデル生成手段は、前記6つ以上の側面全体を示す前記全体モデルを生成する、

請求項7又は8に記載の3次元モデル生成システム。

[請求項10]

複数の面で囲われた空間において、互いに異なる方向が撮影された複数の画像を取得する画像取得ステップと、

前記画像ごとに、当該画像に撮影された前記複数の面の一部を示す部分モデルを生成する部分モデル生成ステップと、

前記部分モデル生成ステップにより生成された複数の部分モデルに基づいて、前記複数の面全体を示す全体モデルを生成する全体モデル生成ステップと、

を含むことを特徴とする3次元モデル生成方法。

[請求項11]

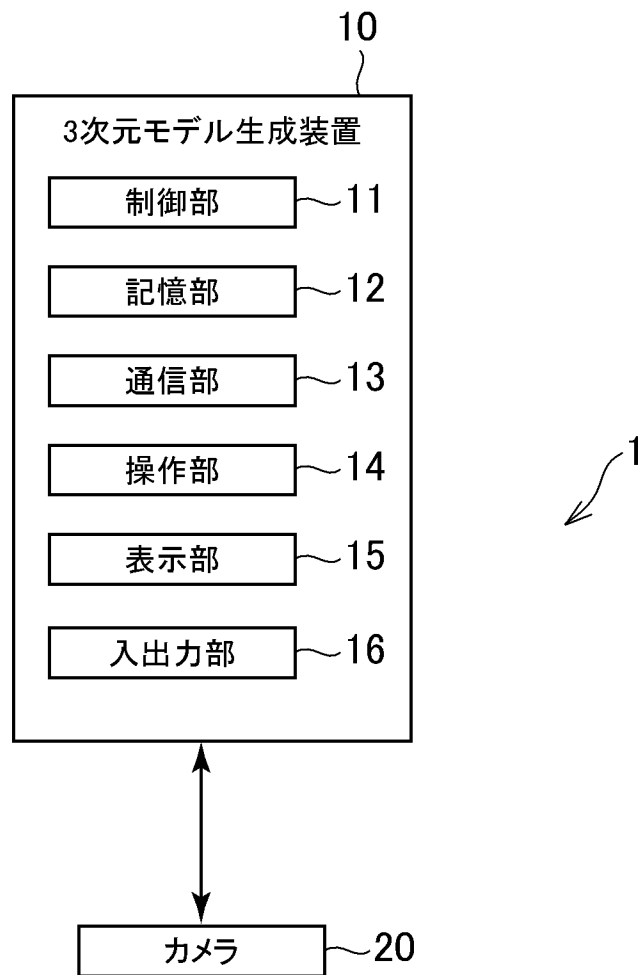
複数の面で囲われた空間において、互いに異なる方向が撮影された複数の画像を取得する画像取得手段、

前記画像ごとに、当該画像に撮影された前記複数の面の一部を示す部分モデルを生成する部分モデル生成手段、

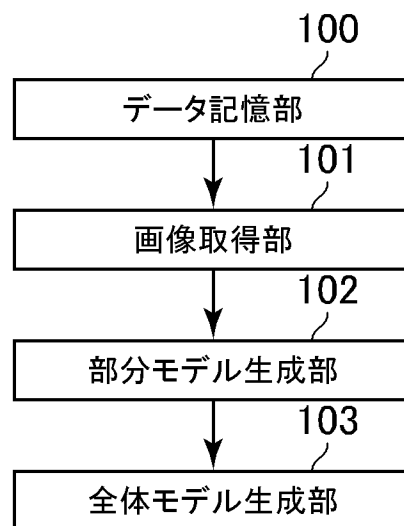
前記部分モデル生成手段により生成された複数の部分モデルに基づいて、前記複数の面全体を示す全体モデルを生成する全体モデル生成手段、

としてコンピュータを機能させるためのプログラム。

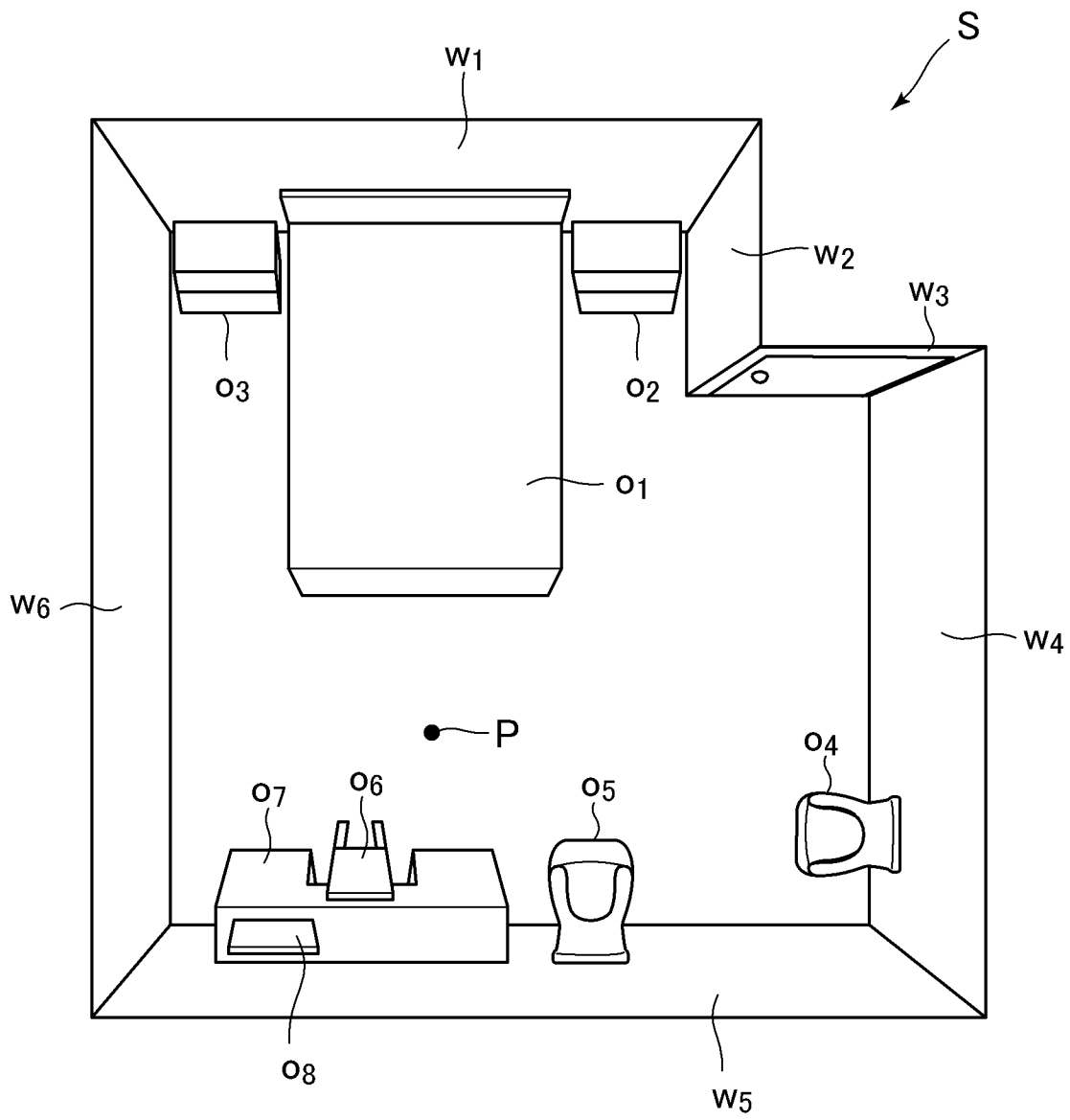
[図1]



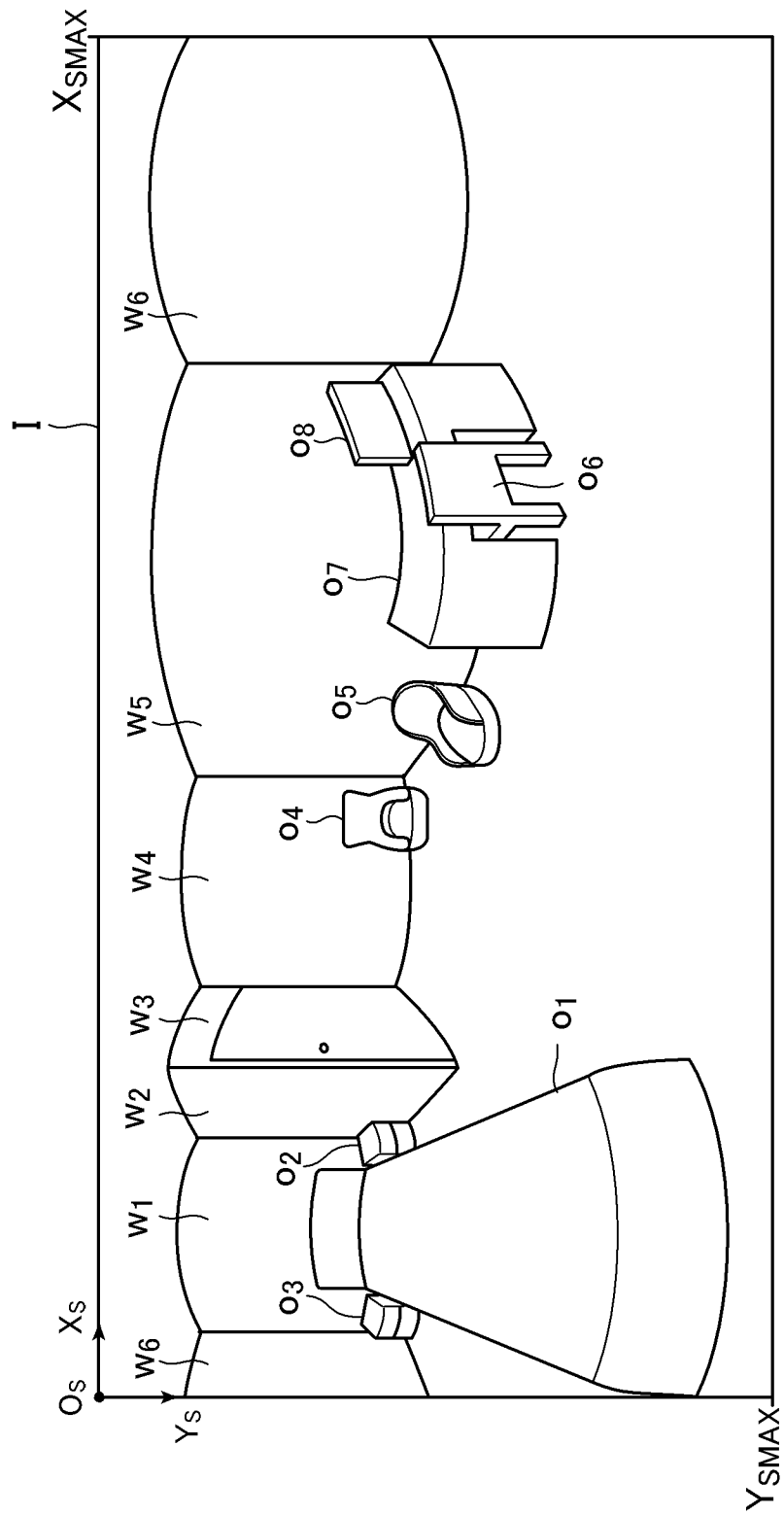
[図2]



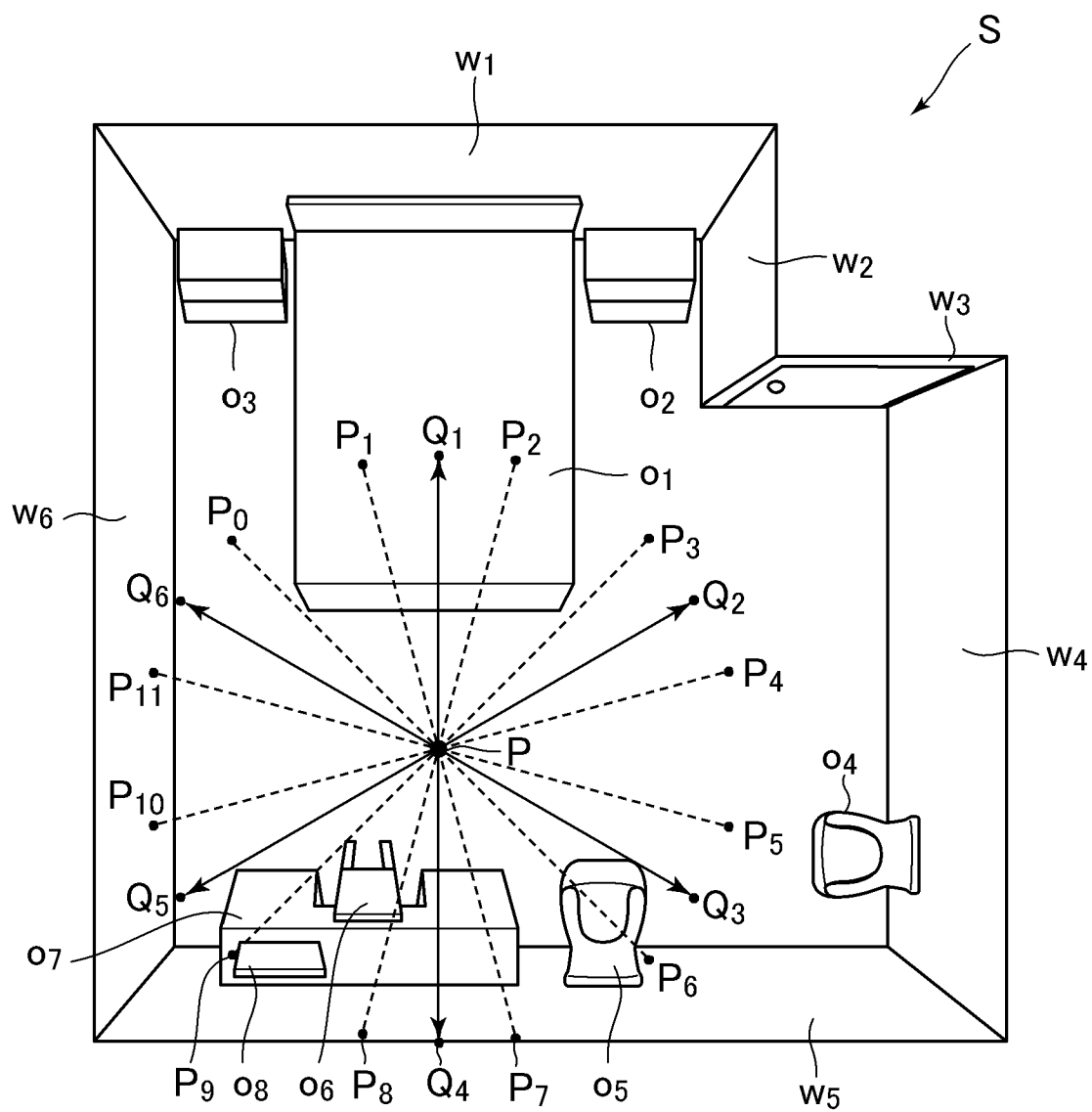
[図3]



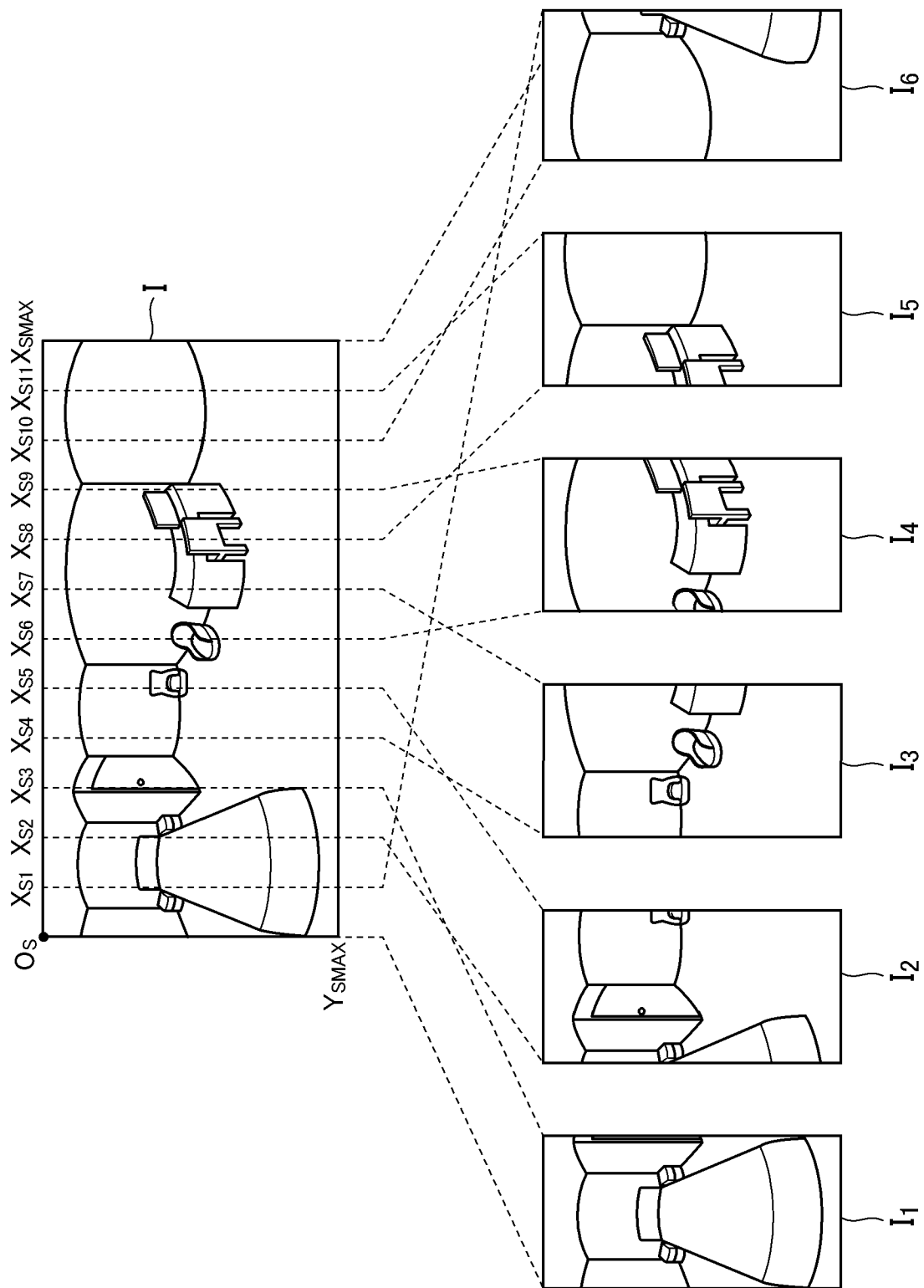
[図4]



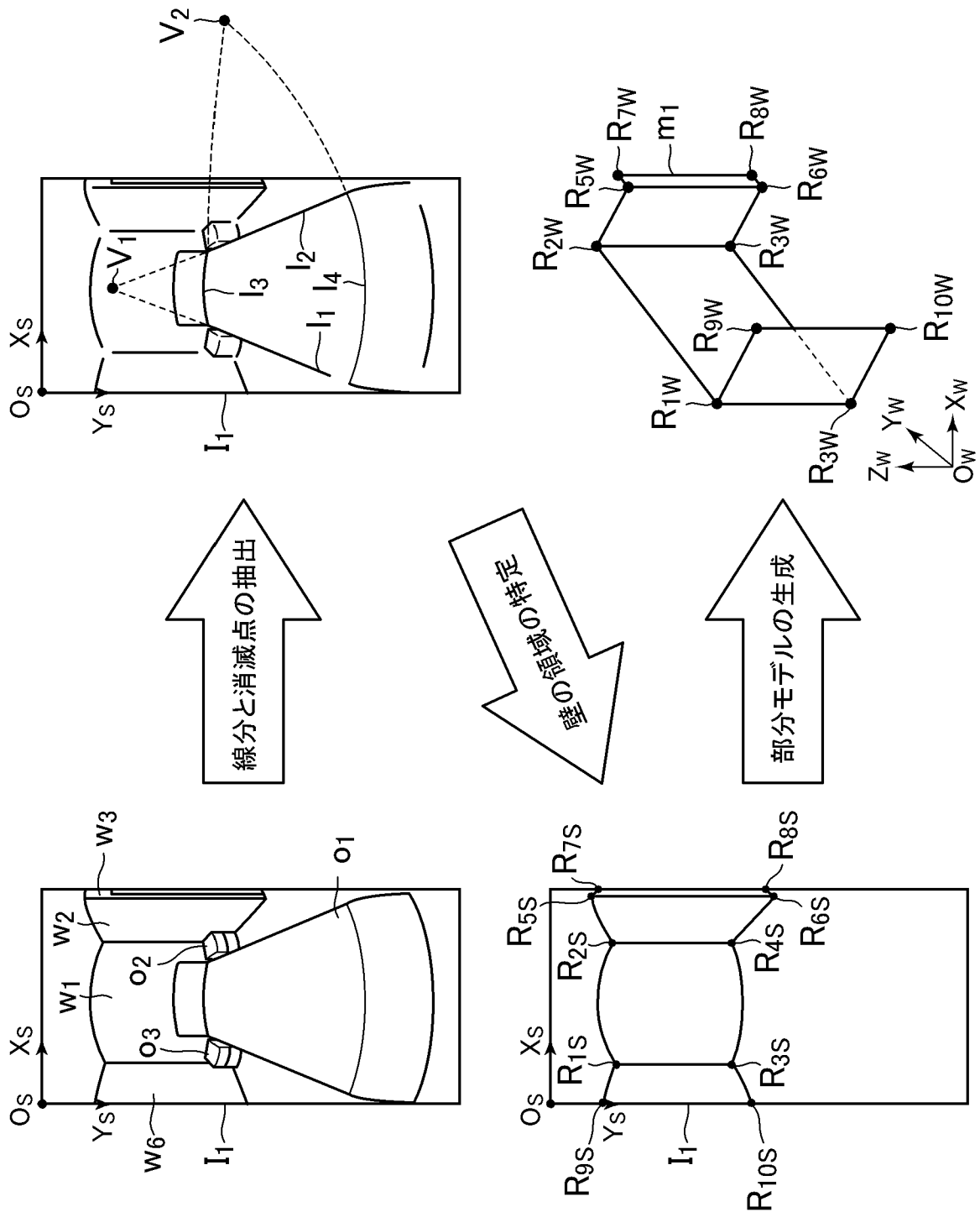
[図5]



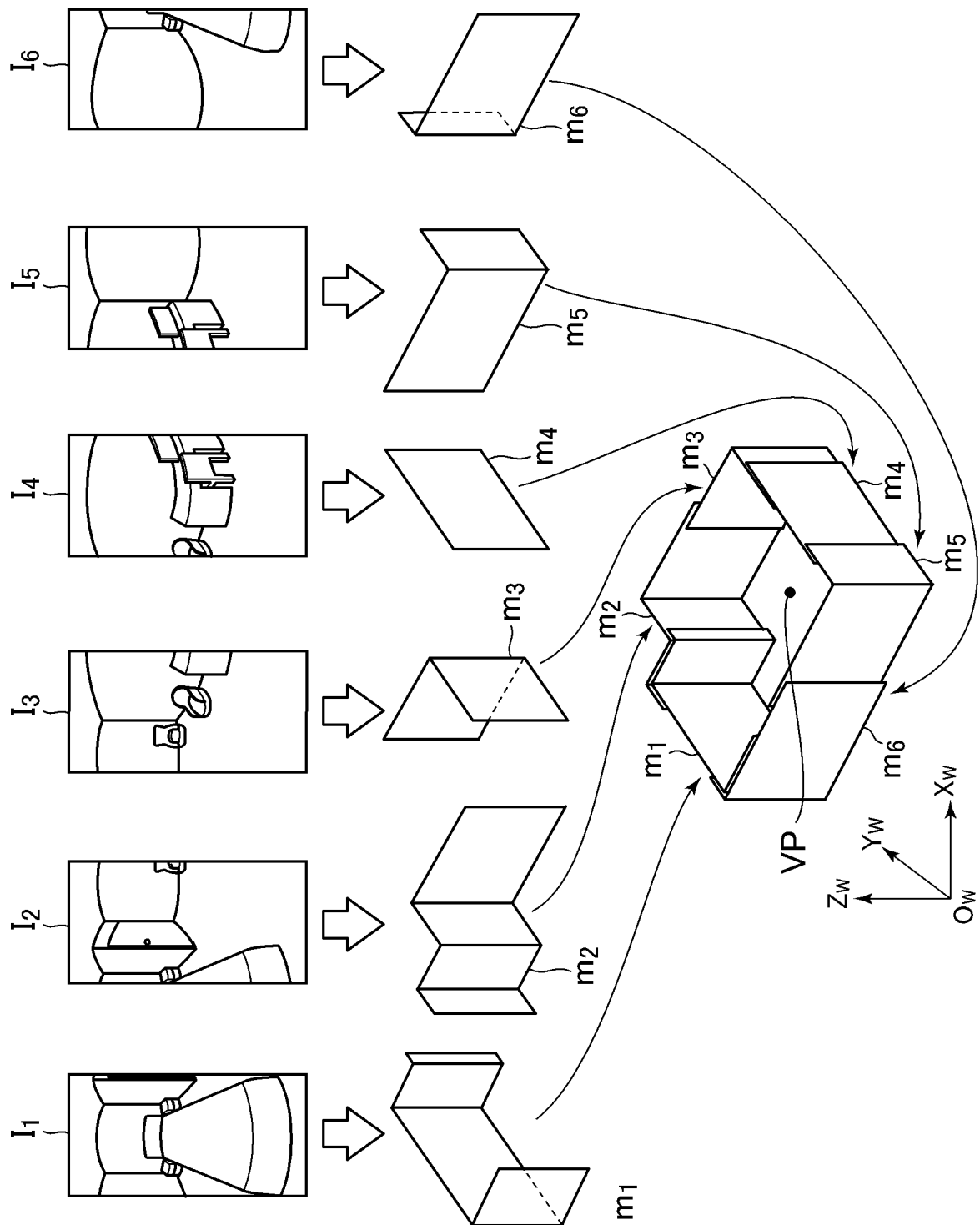
[図6]



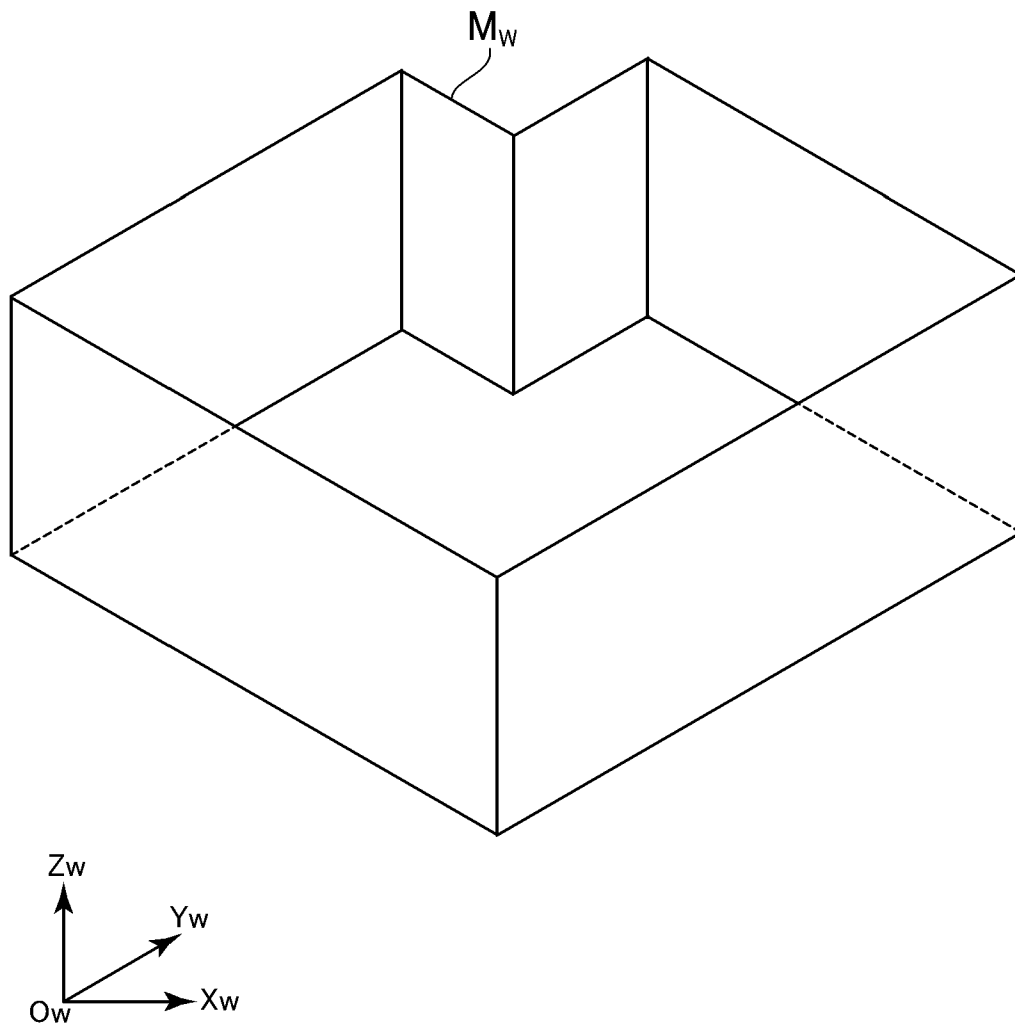
[図7]



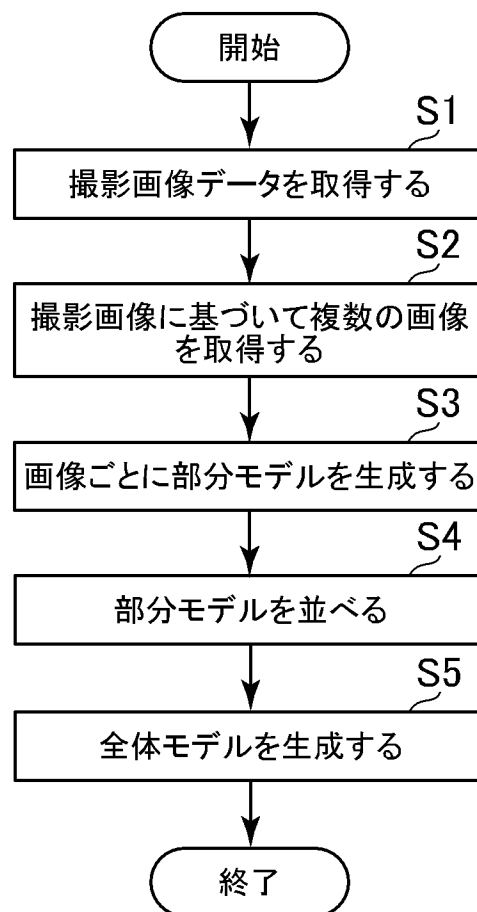
[図8]



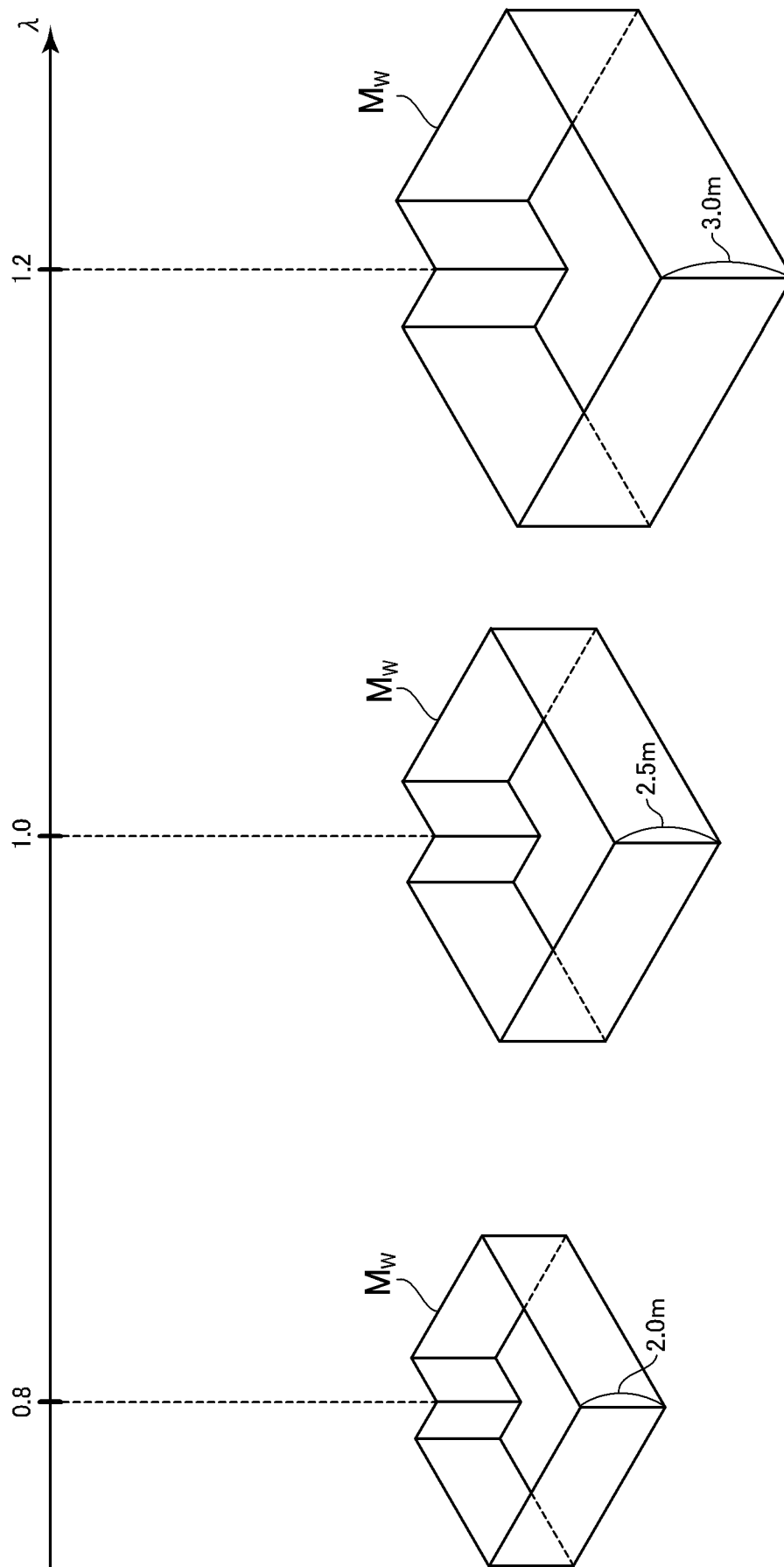
[図9]



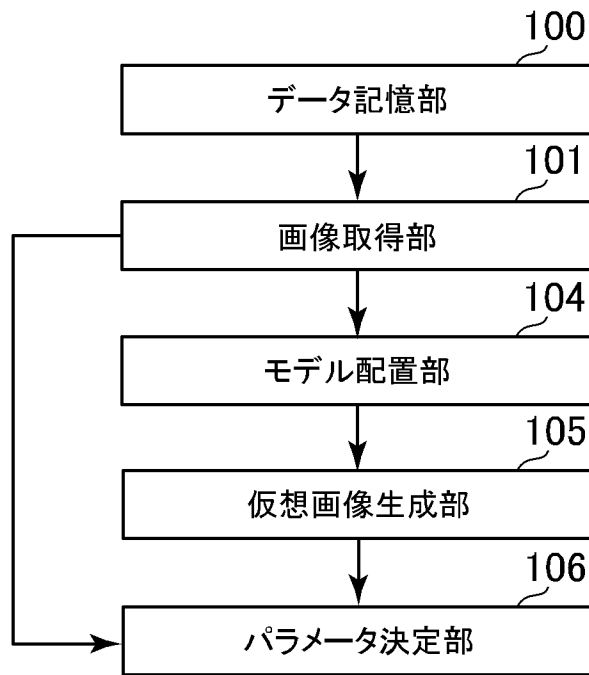
[図10]



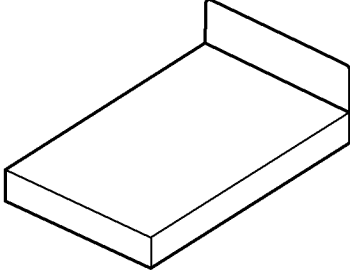
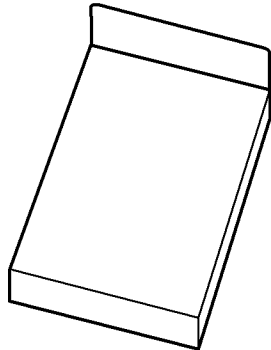
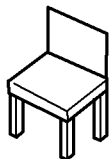
[図11]



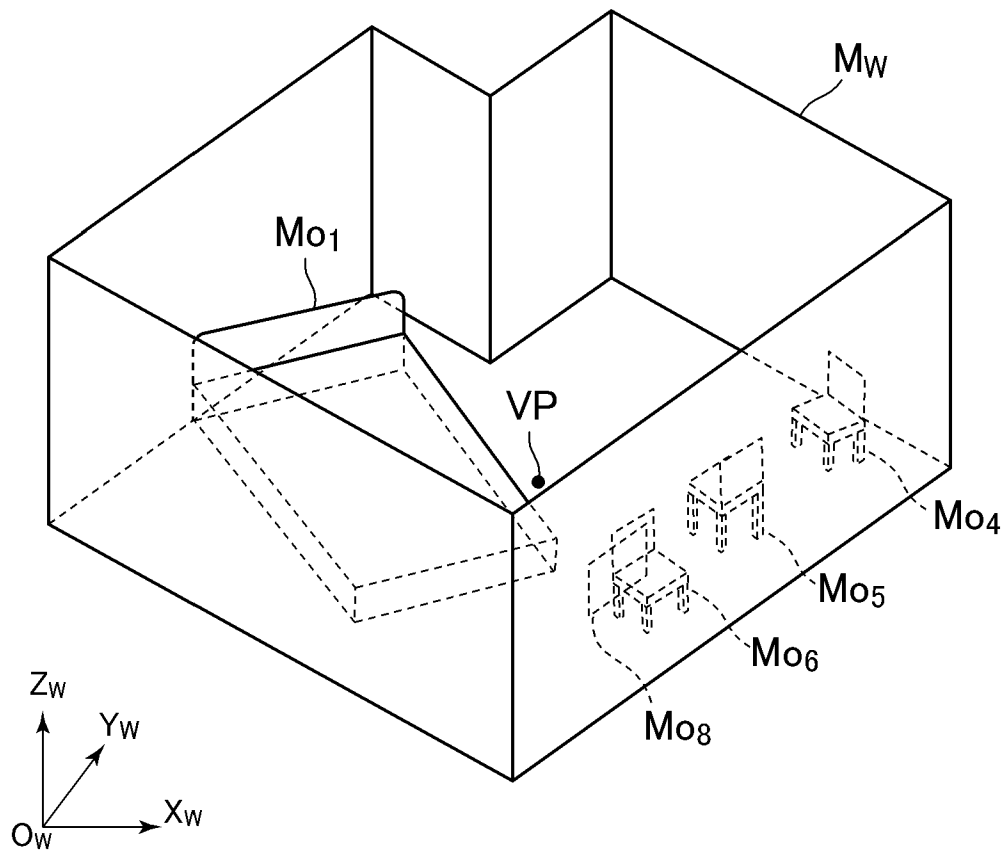
[図12]



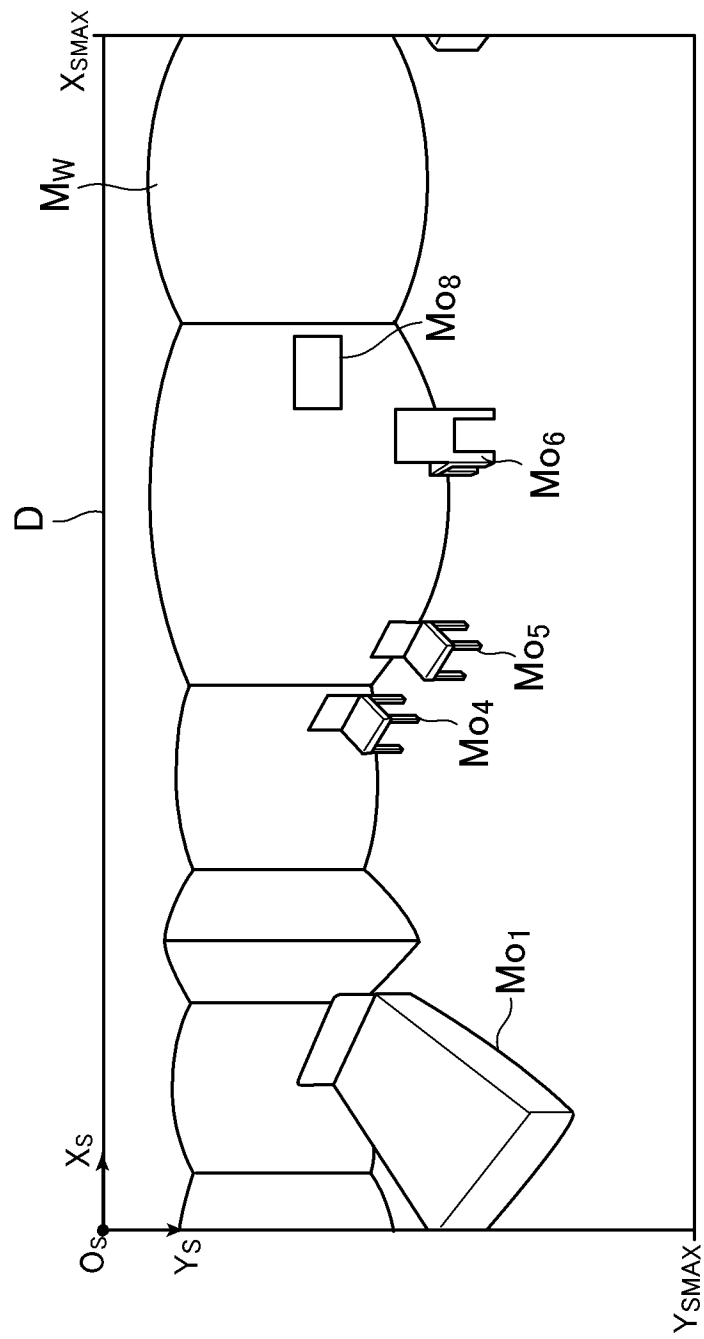
[図13]

種類	オブジェクトモデル	向き
ベッド		ヨー角 30° ピッチ角 0°
		ヨー角 10° ピッチ角 0°
	⋮	⋮
椅子 ⋮ ⋮ ⋮		ヨー角 30° ピッチ角 0°
	⋮	⋮

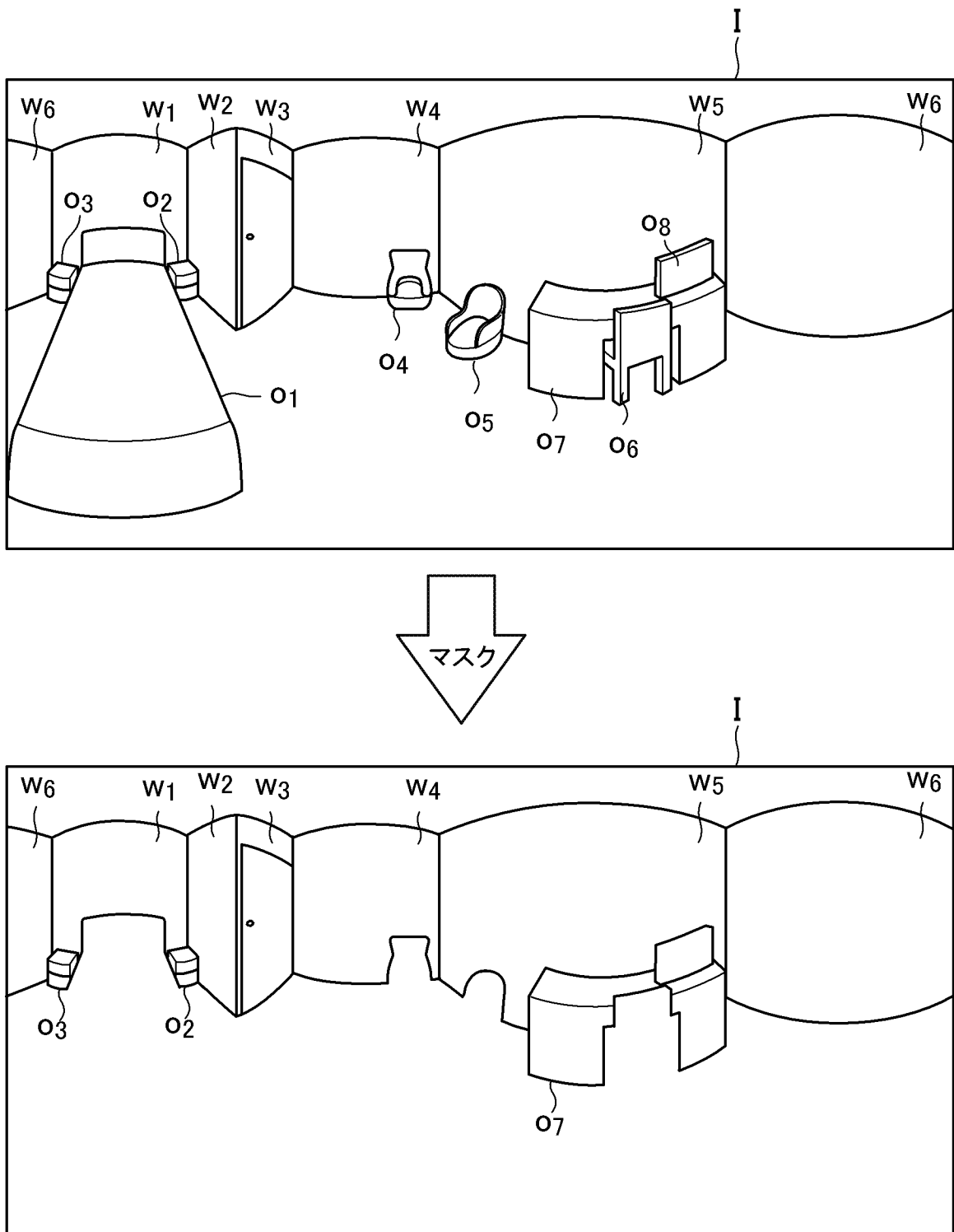
[図14]



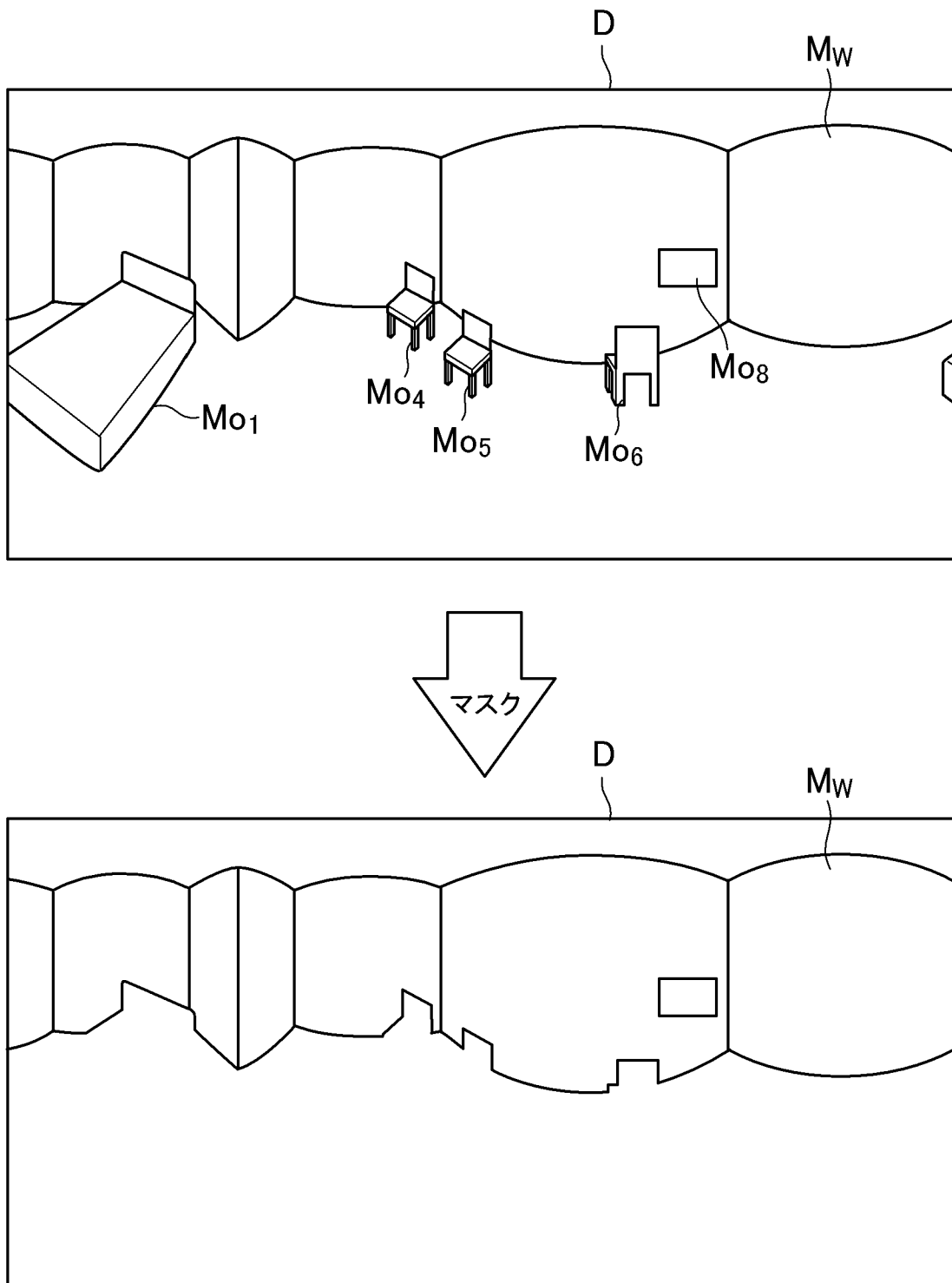
[図15]



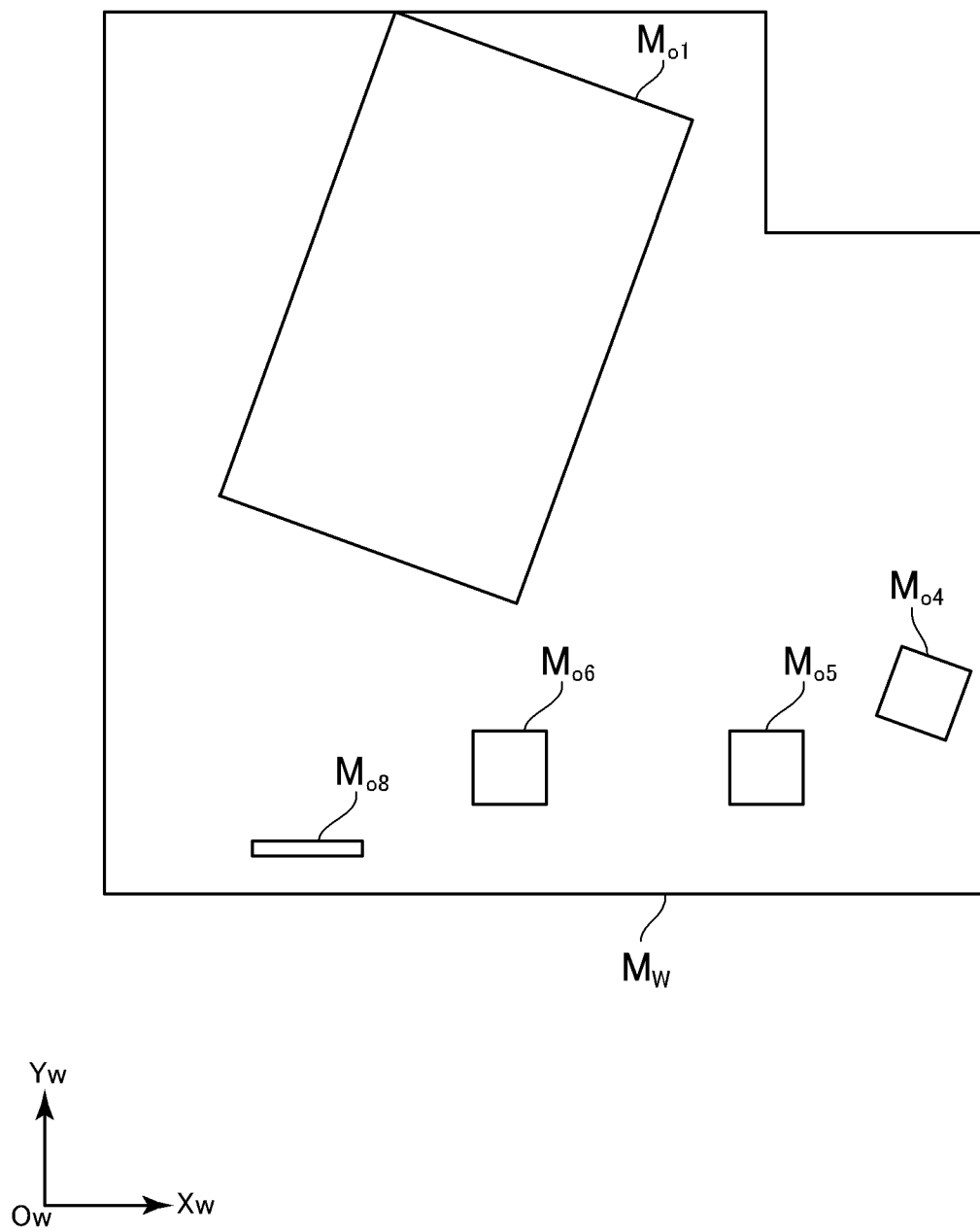
[図16]



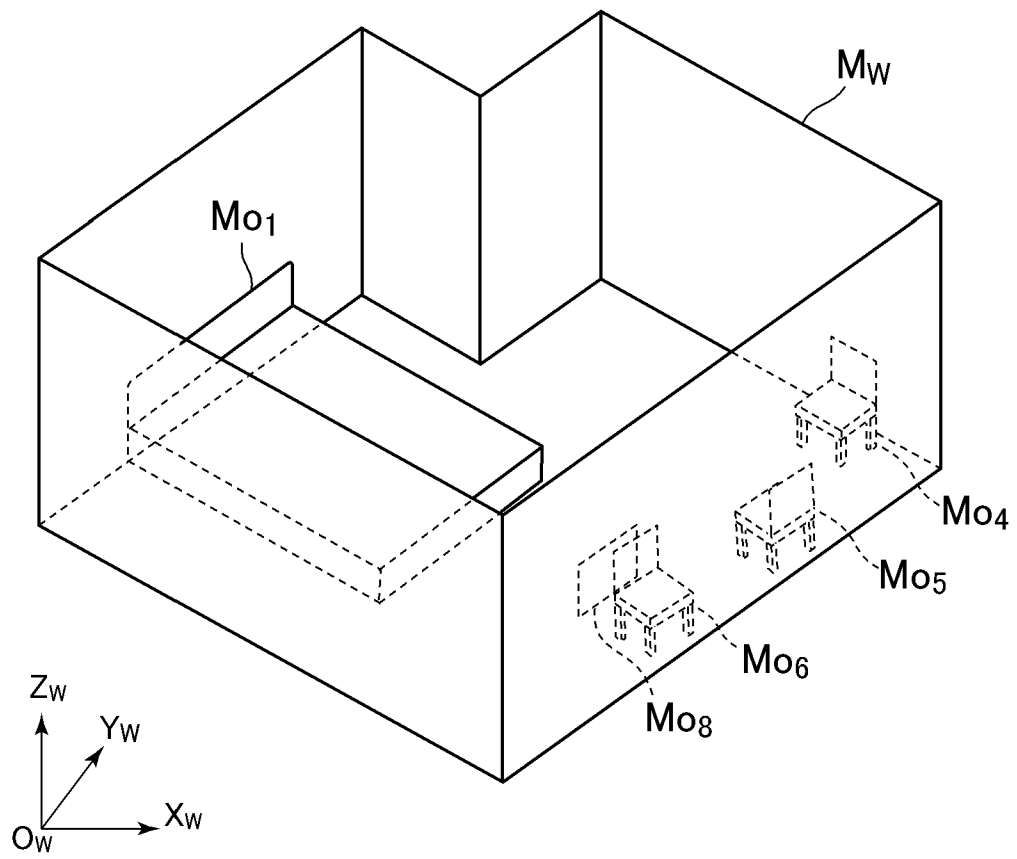
[図17]



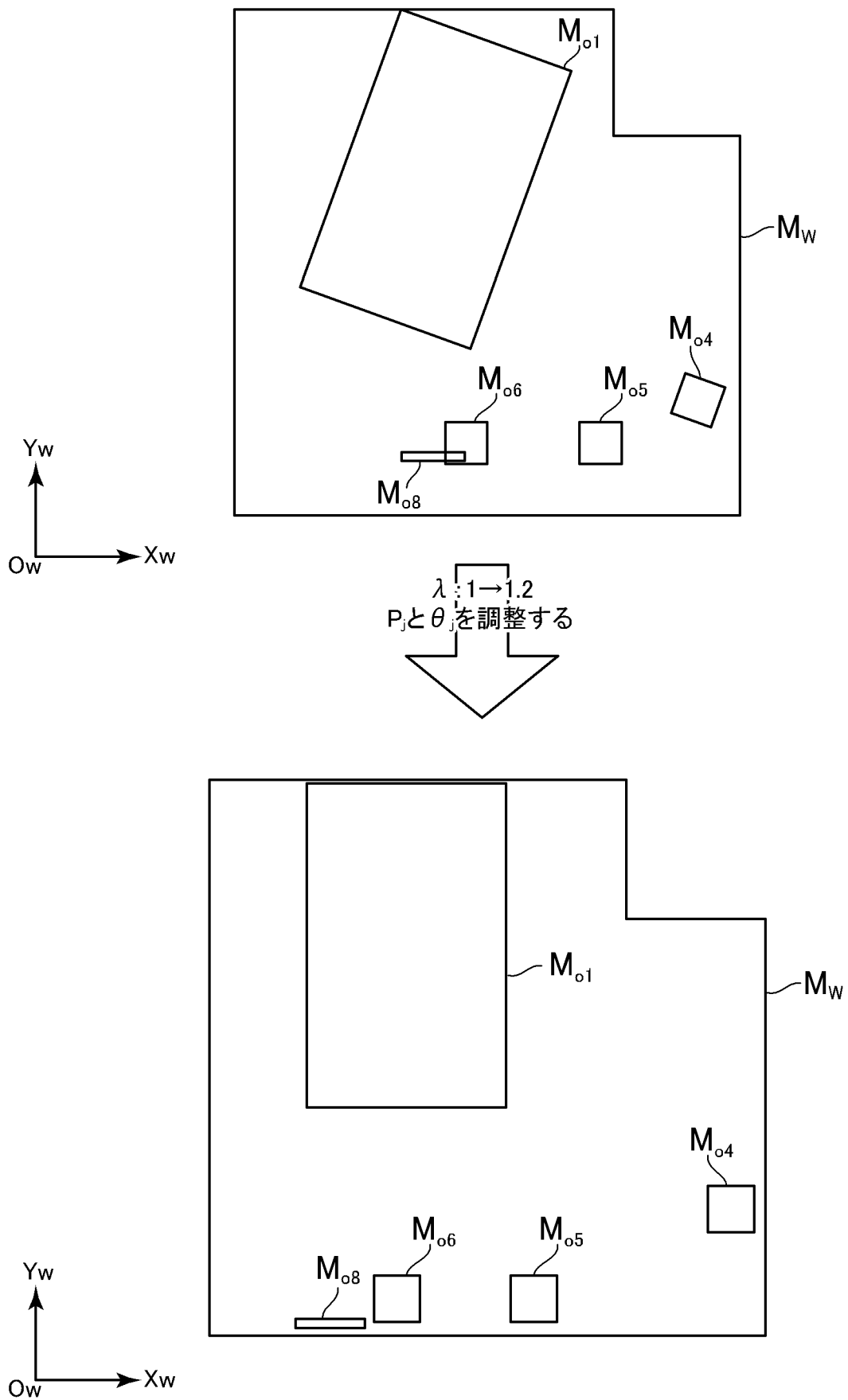
[図18]



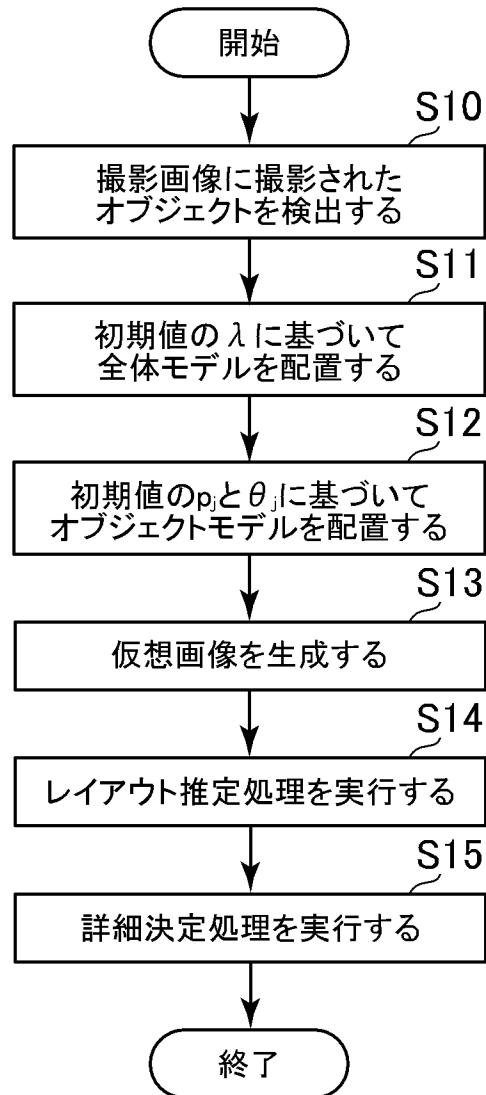
[図19]



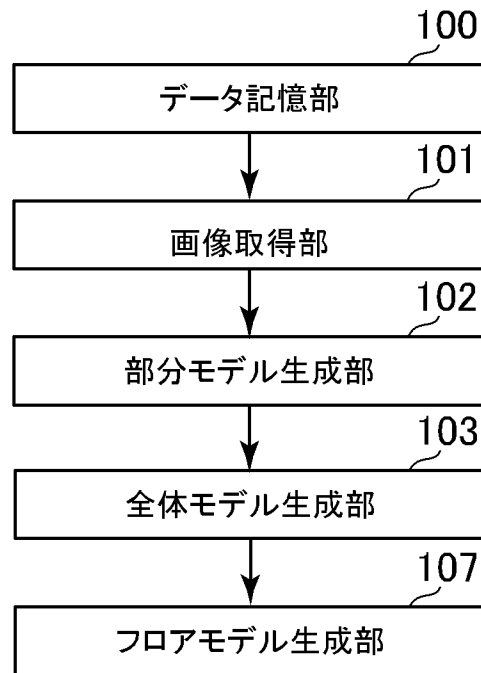
[図20]



[図21]



[図22]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/065805

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06T19/00(2011.01)i, G06T1/00(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06T1/00-19/20

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2006-98256 A (Ricoh Co., Ltd.), 13 April 2006 (13.04.2006), claim 1; paragraph [0167]; fig. 26 (Family: none)	1-2, 10-11 6-7, 9 3-5, 8
Y A	US 2004/0196282 A1 (Byong Mok Oh), 07 October 2004 (07.10.2004), paragraph [0078] & US 2014/0125654 A1	6-7, 9 1-5, 8, 10-11
A	JP 2000-11172 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 14 January 2000 (14.01.2000), paragraph [0020] & US 6486877 B1 column 9, lines 35 to 48	1-11

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
21 June 2016 (21.06.16)

Date of mailing of the international search report
28 June 2016 (28.06.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G06T19/00(2011.01)i, G06T1/00(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. 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	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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 Y A	JP 2006-98256 A（株式会社リコー）2006.04.13, 請求項1, 段落 [0167], 図26（ファミリーなし）	1-2, 10-11 6-7, 9 3-5, 8
Y A	US 2004/0196282 A1（Byong Mok Oh）2004.10.07, 段落[0078] & US 2014/0125654 A1	6-7, 9 1-5, 8, 10-11
A	JP 2000-11172 A（オリンパス光学工業株式会社）2000.01.14, 段落 [0020] & US 6486877 B1, 第9欄第35-48行	1-11

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

21.06.2016

国際調査報告の発送日

28.06.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

村松 貴士

電話番号 03-3581-1101 内線 3531

5H

9854