

(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
2016年12月29日(29.12.2016)



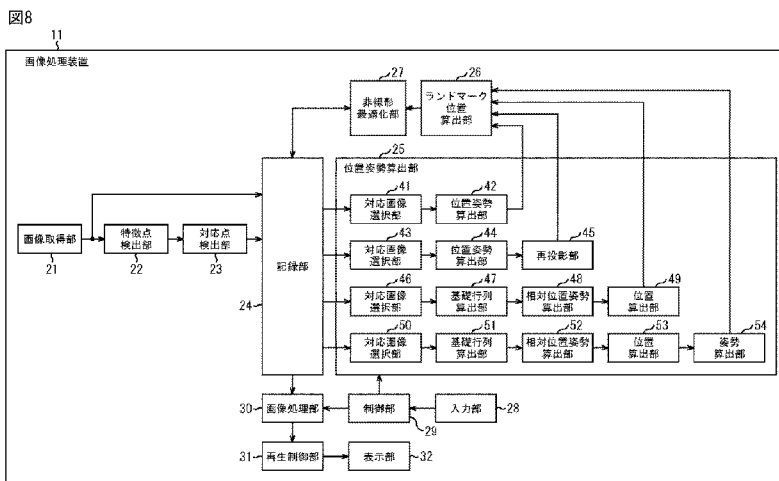
(10) 国際公開番号
WO 2016/208404 A1

- (51) 国際特許分類:
H04N 5/232 (2006.01) G01B 11/26 (2006.01)
G01B 11/00 (2006.01) G06T 7/60 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/067193
- (22) 国際出願日: 2016年6月9日(09.06.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2015-125359 2015年6月23日(23.06.2015) JP
- (71) 出願人: ソニー株式会社(SONY CORPORATION)
[JP/JP]; 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 池田 広志(IKEDA Hiroshi); 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP). 稲葉 靖二郎(INABA Seijiro); 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 西川 孝, 外(NISHIKAWA Takashi et al.); 〒1600023 東京都新宿区西新宿7丁目5番25号 西新宿木村屋ビルディング9階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, 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, 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:
— 国際調査報告 (条約第21条(3))

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

(54) 発明の名称: 情報処理装置および方法、並びにプログラム



- 11 Image processing device
- 21 Image acquiring unit
- 22 Characteristic detecting unit
- 23 Correspondence detecting unit
- 24 Recording unit
- 25 Position attitude calculating unit
- 26 Landmark position calculating unit
- 27 Nonlinear optimizing unit
- 28 Input unit
- 29 Control unit
- 30 Image processing unit
- 31 Reproduction control unit
- 32 Display unit
- 41, 43, 48, 50 Corresponding image selecting section
- 42, 44 Position attitude calculating section
- 45 Re-projecting section
- 47, 51 Basic matrix calculating section
- 48, 52 Relative position attitude calculating section
- 49, 53 Position calculating section
- 54 Attitude calculating section

(57) Abstract: The present technology pertains to a device and a method for processing information, and a program which are capable of estimating a photographed position and a photographing attitude under a wider range of conditions. According to the present invention, a position attitude calculating unit calculates, on the basis of two photographed images having five or more mutually corresponding characteristics, a photographed position and a photographing attitude of a photographed image to be processed, relative to a known photographed position and a known photographing attitude of the other photographed image in a reference space. The position attitude calculating unit further calculates a photographed position and a photographing attitude, in the reference space, of the photographed image to be processed, on the basis of: the position of a subject, in the reference space, corresponding to a characteristic common among the two photographed images and a different photographed image the photographed position and the photographing attitude of which are known; and the photographed position

and the photographing attitude of the photographed image to be processed, relative to the known photographed position and the known photographing attitude of the other photographed image. The present technology is applicable to smartphones.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2016/208404 A1



本技術は、より広範囲な条件において撮影位置および撮影姿勢を推定することができるようにする情報処理装置および方法、並びにプログラムに関する。位置姿勢算出部は、互いに対応する5点以上の特徴点を有する2つの撮影画像に基づいて、基準空間における一方の撮影画像の既知である撮影位置および撮影姿勢に対する、処理対象の撮影画像の相対的な撮影位置および撮影姿勢を算出する。また、位置姿勢算出部は、上記の2つの撮影画像と、撮影位置および撮影姿勢が既知である他の撮影画像とで共通する特徴点に対応する基準空間上の被写体の位置と、上記の一方の撮影画像の撮影位置および撮影姿勢に対する処理対象の撮影画像の相対的な撮影位置および撮影姿勢とに基づいて、処理対象の撮影画像の基準空間における撮影位置および撮影姿勢を算出する。本技術は、スマートフォンに適用することができる。

明 細 書

発明の名称： 情報処理装置および方法、並びにプログラム

技術分野

[0001] 本技術は情報処理装置および方法、並びにプログラムに関し、特に、より広範囲な条件において撮影画像の撮影位置および撮影姿勢を推定することができるようにした情報処理装置および方法、並びにプログラムに関する。

背景技術

[0002] 従来、バレットタイムや自由視点などのアプリケーションが知られている。これらのアプリケーションでは、被写体を撮影して得られる撮影画像の撮影位置と撮影姿勢を推定することが必要となる。例えば自由視点では、被写体を撮影して得られた複数の撮影画像の各撮影位置および撮影姿勢が推定され、その推定結果と、撮影画像とから、任意の仮想的な視点位置から撮影された撮影画像が補間処理により生成される。

[0003] このような撮影画像の撮影位置および撮影姿勢を推定する手法として、画像のみを用いた手法、つまり画像ベースの手法がある（例えば、非特許文献1参照）。この手法では、処理対象の撮影画像の3次元空間上における撮影位置および撮影姿勢を推定する場合には、処理対象の撮影画像と3次元空間上の撮影位置が異なる、撮影位置および撮影姿勢が既知である2つの撮影画像が必要となる。

[0004] すなわち、3次元空間上の撮影位置および撮影姿勢が既知である2つの撮影画像を参照撮影画像と称することとすると、それらの参照撮影画像の撮影位置と撮影姿勢は既知であるので、2つの参照撮影画像から検出された互いに対応する特徴点に対応する被写体部位の3次元空間上の位置を算出することができる。そこで、算出された被写体部位の3次元空間上の位置と、その被写体部位に対応する、処理対象の撮影画像上の特徴点の位置とから、処理対象の撮影画像の3次元空間上の撮影位置および撮影姿勢が推定される。

先行技術文献

非特許文献

- [0005] 非特許文献1：Xiao-Shan Gao、外3名、“Complete solution classification for the Perspective-Three-Point Problem” [平成27年4月8日検索]、インターネット〈<http://www.mmrc.iss.ac.cn/~xgao/paper/ieee.pdf>〉

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0006] 複数の位置から撮影を行う条件は多岐に渡り、様々な撮影条件においても複数の撮影位置間の位置関係を推定することが望まれている。
- [0007] 本技術は、このような状況に鑑みてなされたものであり、より広範囲な条件において撮影画像の撮影位置および撮影姿勢を推定することができるようにするものである。

課題を解決するための手段

- [0008] 本技術の一側面の情報処理方法またはプログラムは、少なくとも第1の撮影位置および第1の撮影姿勢で撮影された第1の撮影画像と、第2の撮影位置および第2の撮影姿勢で撮影された第2の撮影画像と、第3の撮影位置および第3の撮影姿勢で撮影された第3の撮影画像とを含む複数の撮影画像について、撮影位置および撮影姿勢を推定する情報処理方法またはプログラムであって、基準空間において前記第1の撮影位置および前記第1の撮影姿勢と、前記第2の撮影位置および前記第2の撮影姿勢とを推定可能な場合に、前記第2の撮影画像および前記第3の撮影画像にそれぞれ含まれ、かつ共通する画像中の対応点に基づいて、前記第2の撮影位置と前記第3の撮影位置との間の相対的な位置関係を推定し、前記第2の撮影位置と前記第3の撮影位置との間の相対的な位置関係と、前記第1の撮影画像および前記第3の撮影画像にそれぞれ含まれ、かつ共通する画像中の対応点とに基づいて、前記基準空間における前記第1の撮影位置および前記第1の撮影姿勢、前記第2の撮影位置および前記第2の撮影姿勢、並びに前記第3の撮影位置および前記第3の撮影姿勢を推定するステップを含む。

- [0009] 前記第2の撮影画像と前記第3の撮影画像とは、少なくとも5以上の共通する前記対応点を有するようにすることができる。
- [0010] 前記第1の撮影画像および前記第3の撮影画像にそれぞれ含まれ、かつ共通する画像中の前記対応点に基づいて、前記第1の撮影位置と前記第3の撮影位置との間の相対的な位置関係をさらに推定し、前記第2の撮影位置と前記第3の撮影位置との間の相対的な位置関係と、前記第1の撮影位置と前記第3の撮影位置との間の相対的な位置関係とに基づいて、前記基準空間における前記第1の撮影位置および前記第1の撮影姿勢、前記第2の撮影位置および前記第2の撮影姿勢、並びに前記第3の撮影位置および前記第3の撮影姿勢を推定するようにすることができる。
- [0011] 前記第1の撮影画像と前記第3の撮影画像とは、少なくとも5以上の共通する前記対応点を有するようにすることができる。
- [0012] 前記第2の撮影位置と前記第3の撮影位置との間の相対的な位置関係により定まる前記第2の撮影位置および前記第3の撮影位置を結ぶ第1の直線と、前記第1の撮影位置と前記第3の撮影位置との間の相対的な位置関係により定まる前記第1の撮影位置および前記第3の撮影位置を結ぶ第2の直線との交点位置、または前記第1の直線および前記第2の直線から最も近い位置を算出することで、前記基準空間における前記第3の撮影位置を推定するようにすることができる。
- [0013] 前記第2の撮影画像および前記第3の撮影画像にそれぞれ含まれる共通する前記対応点に基づく前記第3の撮影姿勢の推定結果と、前記第1の撮影画像および前記第3の撮影画像にそれぞれ含まれる共通する前記対応点に基づく前記第3の撮影姿勢の推定結果との少なくとも何れかに基づいて、前記基準空間における前記第3の撮影姿勢を推定するようにすることができる。
- [0014] 前記第2の撮影位置と前記第3の撮影位置との間の相対的な位置関係と、前記第1の撮影画像、前記第2の撮影画像、および前記第3の撮影画像にそれぞれ含まれ、かつ共通する画像中の対応点とに基づいて、前記基準空間における前記第3の撮影位置を推定するようにすることができる。

- [0015] 前記第1の撮影画像、前記第2の撮影画像、および前記第3の撮影画像を互いに異なる撮影部により撮影された画像とすることができる。
- [0016] 前記第1の撮影画像、前記第2の撮影画像、および前記第3の撮影画像を同一の撮影部により撮影された画像とすることができる。
- [0017] 前記基準空間における前記第3の撮影位置および前記第3の撮影姿勢と、前記第3の撮影画像とに基づいて所定の画像処理をさらに行うことができる。
- [0018] 前記第1の撮影位置、前記第2の撮影位置、および前記第3の撮影位置の間の位置関係に基づいて、前記第1の撮影画像、前記第2の撮影画像、および前記第3の撮影画像を用いた再生処理をさらに行うことができる。
- [0019] 本技術の一側面の情報処理装置は、少なくとも第1の撮影位置および第1の撮影姿勢で撮影された第1の撮影画像と、第2の撮影位置および第2の撮影姿勢で撮影された第2の撮影画像と、第3の撮影位置および第3の撮影姿勢で撮影された第3の撮影画像とを含む複数の撮影画像について、撮影位置および撮影姿勢を推定する情報処理装置であって、基準空間において前記第1の撮影位置および前記第1の撮影姿勢と、前記第2の撮影位置および前記第2の撮影姿勢とを推定可能な場合に、前記第2の撮影画像および前記第3の撮影画像にそれぞれ含まれ、かつ共通する画像中の対応点に基づいて、前記第2の撮影位置と前記第3の撮影位置との間の相対的な位置関係を推定する相対位置関係推定部と、前記第2の撮影位置と前記第3の撮影位置との間の相対的な位置関係と、前記第1の撮影画像および前記第3の撮影画像にそれぞれ含まれ、かつ共通する画像中の対応点とに基づいて、前記基準空間における前記第1の撮影位置および前記第1の撮影姿勢、前記第2の撮影位置および前記第2の撮影姿勢、並びに前記第3の撮影位置および前記第3の撮影姿勢を推定する位置姿勢推定部とを備える。
- [0020] 本技術の一側面においては、少なくとも第1の撮影位置および第1の撮影姿勢で撮影された第1の撮影画像と、第2の撮影位置および第2の撮影姿勢で撮影された第2の撮影画像と、第3の撮影位置および第3の撮影姿勢で撮

影された第3の撮影画像とを含む複数の撮影画像について、撮影位置および撮影姿勢を推定する画像処理において、基準空間において前記第1の撮影位置および前記第1の撮影姿勢と、前記第2の撮影位置および前記第2の撮影姿勢とを推定可能な場合に、前記第2の撮影画像および前記第3の撮影画像にそれぞれ含まれ、かつ共通する画像中の対応点に基づいて、前記第2の撮影位置と前記第3の撮影位置との間の相対的な位置関係が推定され、前記第2の撮影位置と前記第3の撮影位置との間の相対的な位置関係と、前記第1の撮影画像および前記第3の撮影画像にそれぞれ含まれ、かつ共通する画像中の対応点とに基づいて、前記基準空間における前記第1の撮影位置および前記第1の撮影姿勢、前記第2の撮影位置および前記第2の撮影姿勢、並びに前記第3の撮影位置および前記第3の撮影姿勢が推定される。

発明の効果

- [0021] 本技術の一側面によれば、より広範囲な条件において撮影画像の撮影位置および撮影姿勢を推定することができる。
- [0022] なお、ここに記載された効果は必ずしも限定されるものではなく、本開示中に記載された何れかの効果であってもよい。

図面の簡単な説明

- [0023] [図1]画像ベースによる撮影位置および撮影姿勢の推定手法を説明する図である。
- [図2]画像ベースによる撮影位置および撮影姿勢の推定手法を説明する図である。
- [図3]画像ベースによる撮影位置および撮影姿勢の推定手法を説明する図である。
- [図4]カメラ間の距離と撮影画像間の対応点について説明する図である。
- [図5]1点共通推定手法について説明する図である。
- [図6]零点共通推定手法について説明する図である。
- [図7]各推定手法に必要な条件について説明する図である。
- [図8]画像処理装置の構成例を示す図である。

[図9]再生処理を説明するフローチャートである。

[図10]4点共通推定手法による位置姿勢推定処理を説明するフローチャートである。

[図11]1点共通推定手法による位置姿勢推定処理を説明するフローチャートである。

[図12]零点共通推定手法による位置姿勢推定処理を説明するフローチャートである。

[図13]再生処理を説明するフローチャートである。

[図14]コンピュータの構成例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0024] 以下、図面を参照して、本技術を適用した実施の形態について説明する。

[0025] 〈第1の実施の形態〉

〈本技術について〉

本技術は、空間上の異なる位置で撮影された撮影画像に基づいて、所定の撮影画像を撮影したときの撮影位置および撮影姿勢を推定することができるようにするものである。例えば本技術は、スマートフォンやデジタルカメラ、パーソナルコンピュータ、クラウドを利用して撮影画像の撮影位置および撮影姿勢を推定する画像処理システムなどに適用することができる。

[0026] カメラにより撮影された撮影画像の撮影位置および撮影姿勢を高精度に推定することができる手法として、撮影画像のみを用いる手法、つまり画像ベースの手法がある。

[0027] 例えば図1に示すように、3次元空間上における3つの異なる位置V11乃至位置V13において、所定の基準空間上の位置および形状が既知である物体H11を撮影したとする。そして、その結果、各位置V11乃至位置V13のそれぞれを視点とした撮影画像PC11乃至撮影画像PC13のそれぞれが得られたとする。

[0028] この例では、各撮影画像PC11乃至撮影画像PC13を撮影した位置が互いに異なるので、それらの撮影画像上における被写体としての物体H11の見え方が異なっている。しかし、これらの撮影画像PC11乃至撮影画像PC13では、物体H11

の同一部位から特徴点が検出されている。

[0029] すなわち、位置V11で撮影した撮影画像PC11からは、物体H11上の部位P1乃至部位P7のそれぞれに対応する特徴点FP11-1乃至特徴点FP17-1が検出される。ここで、各部位P1乃至部位P7の基準空間上の位置は既知である。

[0030] 同様に、位置V12で撮影した撮影画像PC12からは、物体H11上の部位P1乃至部位P7のそれぞれに対応する特徴点FP11-2乃至特徴点FP17-2が検出される。また、位置V13で撮影した撮影画像PC13からは、物体H11上の部位P1乃至部位P7のそれぞれに対応する特徴点FP11-3乃至特徴点FP17-3が検出される。

[0031] このように、物体H11の位置および形状が既知である場合、撮影画像PC11乃至撮影画像PC13上に、物体H11の部位に対応する4点以上の特徴点があると、画像ベースの手法により、各撮影画像を撮影したときの撮影位置および撮影姿勢、すなわち撮影画像を撮影したときのカメラの撮影位置および撮影姿勢を一意に定めることができる。以下では、カメラにより所定の撮影位置および撮影姿勢で撮影された撮影画像について、その撮影画像を撮影したときのカメラの撮影位置および撮影姿勢を、撮影画像の撮影位置および撮影姿勢と称することとする。

[0032] ここで、撮影画像の撮影位置および撮影姿勢とは、所定の基準となる基準空間における撮影位置および撮影姿勢である。また、撮影画像の撮影姿勢とは、撮影画像を撮影したときのカメラの姿勢、すなわちカメラによる撮影方向である。

[0033] さらに、基準空間とは、例えば特定の2つの撮影画像のそれぞれを撮影したときの撮影位置間の距離を1とするなど、基準となる距離（スケール）が任意に設定された空間である。したがって、例えば上記の撮影位置間の距離を、現実の空間における距離と同じ値に設定すれば、基準空間のスケールは、実際の現実空間のスケールと同じとなる。

[0034] 基準空間における撮影位置は、例えば基準空間の所定位置を原点とする3次元座標系における、撮影画像が撮影された座標位置などとされる。また、基準空間における撮影姿勢は、例えば撮影画像を撮影したときのカメラによ

る撮影方向を示す角度情報などとされる。具体的には、例えば撮影姿勢は、基準空間の3次元座標系の各軸を基準となる回転軸（基準軸）としたときの所定の基準方向に対するカメラの撮影方向のロール角、ピッチ角、およびヨー角などとされる。

[0035] 以下の説明において、撮影画像の撮影位置および撮影姿勢というときは、基準空間における撮影位置および撮影姿勢をいうこととする。また、相対的な撮影位置および撮影姿勢というときは、所定の撮影画像の撮影位置および撮影姿勢から見た撮影位置および撮影姿勢をいうこととする。したがって、例えば相対的な撮影位置は、基準空間におけるスケールが未知である状態、つまりその撮影位置が他の撮影位置等の所定位置に対して位置している方向は定まっているが、それらの位置間の基準空間における距離が定まっていない状態であるとする。

[0036] なお、実際に各撮影画像の撮影位置と撮影姿勢を推定する場合には、基準空間における物体H11の位置が未知であり、複数の撮影画像の撮影位置と撮影姿勢を順番に推定していくことが一般的に行われる。

[0037] そのような場合には、例えば図2の矢印Q11に示すように、まず位置V11で撮影された撮影画像PC11と、位置V12で撮影された撮影画像PC12とに基づいて、それらの撮影画像から検出された特徴点の位置関係から、撮影画像の相対的な撮影位置および撮影姿勢が推定される。

[0038] すなわち、撮影画像PC11を撮影したときの撮影位置および撮影姿勢と、撮影画像PC12を撮影したときの撮影位置および撮影姿勢との相対的な位置関係が推定される。なお、図2において図1における場合と対応する部分には同一の符号を付してあり、その説明は省略する。

[0039] この場合、基準空間における物体H11の位置が未知であるが、撮影画像PC11と撮影画像PC12とで、互いに対応する特徴点が5点以上検出されれば、撮影画像PC11と撮影画像PC12のそれぞれを撮影したときのカメラの位置関係、つまり2つの撮影画像の相対的な撮影位置および撮影姿勢を推定することができる。

- [0040] そして、推定により得られた相対的な撮影位置および撮影姿勢と、各撮影画像上の特徴点の位置とから、互いに対応する特徴点が検出された被写体の部位の位置、より詳細には、各撮影位置に対する相対的な位置を推定することができる。そして、基準となるスケール、つまり基準空間のスケールが与えられれば、基準空間における各撮影画像の撮影位置および撮影姿勢と、被写体の部位の位置とが定まることになる。
- [0041] このようにして基準空間における、物体H11の位置と、撮影画像PC11および撮影画像PC12の各撮影画像を撮影したときの撮影位置および撮影姿勢とが既知となると、以降においては矢印Q12に示すように、これまでに推定された被写体の部位の基準空間上の位置が用いられて、順次、未知である撮影画像の撮影位置と撮影姿勢が推定されていく。
- [0042] 例えば、撮影画像PC11や撮影画像PC12を撮影したときの撮影位置および撮影姿勢から算出される物体H11の部位の位置と、撮影画像PC13とに基づいて、撮影画像PC13を撮影したときの基準空間における撮影位置および撮影姿勢が推定される。
- [0043] この場合、撮影画像PC11、撮影画像PC12、および撮影画像PC13の3つの撮影画像のそれぞれから、互いに対応する特徴点、つまり共通する特徴点が4点以上検出されれば、撮影画像PC13を撮影したときの基準空間における撮影位置および撮影姿勢が定まる。
- [0044] ここで、このような画像ベースの撮影位置および撮影姿勢の推定手法について、より詳細に説明する。なお、以下では、以上において説明した画像ベースの撮影位置および撮影姿勢の推定手法を、4点共通推定手法とも称することとする。
- [0045] また、以下では、複数の各撮影画像から検出された、同一被写体部位に対応する特徴点を、特に対応点とも称することとする。例えば図1に示した例では、撮影画像PC11乃至撮影画像PC13のそれぞれから、同一の部位P1に対応する特徴点FP11-1乃至特徴点FP11-3が検出されているから、これらの互いに対応する特徴点FP11-1乃至特徴点FP11-3が対応点となる。

- [0046] 4点共通推定手法では、例えば図3に示すように3以上の撮影画像で、共通する4つの対応点が検出できれば、未知の撮影画像の撮影位置および撮影姿勢を推定することができる。
- [0047] この例では、3次元空間上にカメラCA11、カメラCA12、およびカメラCA13が配置されている。ここで、カメラCA11により撮影された撮影画像の基準空間上における撮影位置および撮影姿勢と、カメラCA12により撮影された撮影画像の基準空間上における撮影位置および撮影姿勢とが既知となっているとする。これに対して、カメラCA13により撮影された撮影画像の基準空間上における撮影位置および撮影姿勢は未知であるとする。
- [0048] なお、以下では、カメラCA11により撮影された撮影画像を撮影画像CA11とも称することとする。同様に、カメラCA12により撮影された撮影画像を撮影画像CA12とも称することとし、カメラCA13により撮影された撮影画像を撮影画像CA13とも称することとする。
- [0049] ここで、各カメラCA11乃至カメラCA13により、基準空間上の位置が既知である4つの被写体の部位P11乃至部位P14が観察されているので、各撮影画像で共通する4つの対応点が得られることになり、撮影画像CA13の撮影位置および撮影姿勢を推定することができる。
- [0050] 具体的には、基準空間における撮影画像CA11と撮影画像CA12の撮影位置および撮影姿勢が既知であるので、それらの撮影画像CA11と撮影画像CA12で観察されている被写体の部位P11乃至部位P14の基準空間上の位置も既知となる。
- [0051] 次に、部位P11乃至部位P14のうちの任意の3つの部位を選択し、選択した3つの部位の基準空間上の位置と、それらの3つの部位に対応する撮影画像CA13上の特徴点の位置との関係から、基準空間上の撮影画像CA13の撮影位置および撮影姿勢が推定される。このとき、基準空間上の撮影画像CA13の撮影位置および撮影姿勢として、4通りの位置および姿勢が候補として得られる。
- [0052] さらに、それらの4つの候補ごとに、候補として得られた撮影画像CA13の撮影位置および撮影姿勢と、部位P11乃至部位P14のうちの残りの1つの部位

の基準空間上の位置とから、その部位が撮影画像CA13上に再投影される。

[0053] そして、その再投影結果と、撮影画像CA13上における部位P11乃至部位P14のうちに残りの1つの部位に対応する特徴点の位置との誤差が算出され、誤差が最小となる候補が基準空間における最終的な撮影画像CA13の撮影位置および撮影姿勢とされる。

[0054] このような画像ベースの撮影位置および撮影姿勢の推定手法（4点共通推定手法）については、例えば“Complete solution classification for the Perspective-Three-Point Problem”等に詳細に記載されている。

[0055] また、被写体部位の再投影を行ってカメラの位置および姿勢を決定する技術については、例えばURL <<http://iplimage.com/blog/p3p-perspective-point-overview/>>のウェブページ等に詳細に記載されている。

[0056] なお、ここでは、3つの撮影画像を用いる場合について説明したが、互いに共通する対応点を有する、基準空間における撮影位置および撮影姿勢が既知である2以上の撮影画像と、撮影位置および撮影姿勢が未知である1つの撮影画像とから、未知である撮影画像の撮影位置および撮影姿勢を推定するようにしてもよい。

[0057] ところで、撮影画像間で互いに対応する特徴点、つまり対応点を検出する場合には、一般的に以下のような手順で対応点が検出される。ここでは、例えば撮影画像Aと撮影画像Bとの間で、対応点が検出される場合について説明する。

[0058] まず、撮影画像Aと撮影画像Bのそれぞれについて、撮影画像からハリスコーナーやSIFT (Scale Invariant Feature Transform) 等のアルゴリズムに従って特徴点が検出され、各特徴点について、撮影画像上の特徴点周囲の領域から特徴量が抽出される。

[0059] そして撮影画像Aから検出された特徴点の特徴量と、撮影画像Bから検出された特徴点の特徴量との距離が算出され、特徴量の距離が閾値以下となる特徴点のペアが検出される。このような特徴点のペアは、互いに特徴点周囲の画像が類似するペアである。

- [0060] 次に、検出された特徴点のペアのなかから、特徴的である特徴点のペアが抽出される。ここで、特徴的である特徴点のペアとは、ペアを構成する特徴点の周囲の模様（テクスチャ）と、他の特徴点の周囲の模様との類似度が低い特徴点のペアである。つまり、この処理では、誤った特徴点の対応付けが行われないように、撮影画像上の繰り返しパターン部分から抽出された特徴点のペアが除去される。
- [0061] 最後に、これまでで残っている特徴点のペアのなかから、幾何学的大体統計的に妥当であると思われる特徴点のペアが抽出されて、抽出された特徴点のペアを構成する各特徴点が、互いに対応する対応点、つまり同一部位から検出された特徴点とされる。
- [0062] なお、上記の一連の妥当な特徴点のペアを抽出する方法については、例えば「Noah Snavely, Steven M. Seitz, Richard Szeliski, "Photo tourism: Exploring photo collections in 3D," ACM Transactions on Graphics (SIGGRAPH Proceedings), 25(3), 2006」などに具体的に記載されている。
- [0063] このような手順に従って対応点を検出すると、撮影画像から多くの特徴点が発見された場合でも、対応点とされる特徴点は少ないこともある。
- [0064] 例えば図4の矢印Q21に示すように、3つのカメラCA21乃至カメラCA23で、主な注目する被写体H21と、その背景となる被写体H22を撮影することを考える。ここでは、各カメラを注目する被写体H21である人に向けて撮影を行い、被写体H21に対して、その背景にある被写体H22は遠い位置にあるとする。
- [0065] このとき、カメラCA21乃至カメラCA23の互いに隣接するカメラ同士の間隔、つまりカメラ間の角度が狭い場合には、各カメラで撮影された撮影画像上において、被写体H22の見え方はあまり差がなく、共通して写っている被写体H22の部分の領域も多い。そのため、各カメラで得られた撮影画像に基づいて、確実に基準空間における各撮影画像の撮影位置および撮影姿勢を推定することが可能である。
- [0066] これに対して、例えば矢印Q22に示すように、互いに隣接するカメラ同士の間隔が広い場合には、各カメラで撮影された撮影画像上において、被写体H22

の見え方が変化し、共通して写っている被写体H22の部分の領域も少なくなる。

[0067] 具体的には、矢印Q22に示す状態で撮影を行った結果、例えばカメラCA21乃至カメラCA23のそれぞれにより、撮影画像PC21乃至撮影画像PC23のそれぞれが得られたとする。この例では、各撮影画像には、被写体H21と、被写体H22に対応する建物である被写体H31乃至被写体H33の一部または全部とが被写体として写っている。

[0068] すなわち、カメラCA21により撮影された撮影画像PC21には、被写体H31乃至被写体H33が含まれている。また、そのカメラCA21に隣接するカメラCA22により撮影された撮影画像PC22にも、被写体H31乃至被写体H33が含まれている。

[0069] しかし、撮影画像PC22では、各被写体H31乃至被写体H33の見え方が、撮影画像PC21における場合と大きく異なり、例えば被写体H33は半分以上見えなくなってしまう。

[0070] また、撮影画像PC21と撮影画像PC23とを比較すると、撮影画像PC23には被写体H33が含まれておらず、被写体H31および被写体H32も撮影画像上における見え方が大きく異なっている。さらに、撮影画像PC21と撮影画像PC23とでは、同じ被写体が写っている領域が少ないことも分かる。

[0071] このような場合、互いに隣接する位置で撮影された撮影画像PC21と撮影画像PC22や、撮影画像PC22と撮影画像PC23では、それらの撮影画像から、それなりに多くの対応点が検出される。しかし、撮影位置が大きく離れている撮影画像PC21と撮影画像PC23では、対応点が検出されにくく、場合によっては4点共通推定手法で必要となる条件、つまり3つの撮影画像PC21乃至撮影画像PC23で、共通する4点以上の対応点が検出されないこともある。

[0072] このように、3つの撮影画像で共通する4点以上の対応点が必要となる4点共通推定手法では、カメラの位置関係によっては基準空間における撮影位置および撮影姿勢を推定することができないこともあり、より必要条件が緩い撮影位置および撮影姿勢の推定手法が望まれている。すなわち、より広範囲な撮影条件で撮影位置および撮影姿勢を推定することができるようにする

ことが望まれている。

[0073] そこで、本技術では、より緩い条件でも基準空間における撮影画像の撮影位置および撮影姿勢を推定することができるようにした。つまり、より広範囲な撮影条件において撮影位置および撮影姿勢を推定することができるようにした。

[0074] 具体的には本技術では、例えば図5に示すように2つのカメラのそれぞれで得られた撮影画像間の相対的な撮影位置および撮影姿勢が推定された後、基準空間上における撮影画像の撮影位置および撮影姿勢が推定される。

[0075] 図5に示す例では、3次元空間上にカメラCA31乃至カメラCA33が配置されており、これらのカメラCA31乃至カメラCA33によって、3次元空間上の被写体の部位P21が観察されている。

[0076] また、カメラCA32で得られた撮影画像と、カメラCA33で得られた撮影画像とで共通する5点以上の対応点が検出されており、カメラCA31乃至カメラCA33の各カメラで得られた撮影画像で、共通する1点以上の対応点が検出されているとする。この例では、部位P21に対応する特徴点が、カメラCA31乃至カメラCA33の各カメラで得られた撮影画像で共通する対応点となっている。

[0077] さらに、以下では、カメラCA31で得られた撮影画像を撮影画像CA31とも称し、カメラCA32で得られた撮影画像を撮影画像CA32とも称し、カメラCA33で得られた撮影画像を撮影画像CA33とも称することとする。

[0078] いま、基準空間上における撮影画像CA31と撮影画像CA32の撮影位置および撮影姿勢は既知であり、未知である撮影画像CA33の撮影位置および撮影姿勢を推定するものとする。

[0079] この場合、まず撮影画像CA32上の対応点と、撮影画像CA33上の対応点との位置関係に基づいて、5点以上の共通する対応点を有する撮影画像CA32と撮影画像CA33について、それらの撮影画像を撮影したときの相対的な撮影位置および撮影姿勢が推定される。この時点では、撮影画像CA33の撮影位置は、あくまで撮影画像CA32の撮影位置に対する相対的なものであり、基準空間上における撮影位置ではない。

- [0080] 但し、基準空間上における撮影画像CA32の撮影位置および撮影姿勢は既知であるので、基準空間における撮影画像CA32の撮影姿勢と、撮影画像CA33の撮影画像CA32に対する相対的な撮影姿勢とから、基準空間における撮影画像CA33の撮影姿勢が定まる。
- [0081] また、撮影画像CA32の撮影位置に対する相対的な撮影画像CA33の撮影位置、つまりカメラCA32から見たカメラCA33がある方向が推定により計算されているので、基準空間上におけるカメラCA32、カメラCA33、および対応点に対応する部位P21の相対的な位置関係が得られたことになる。
- [0082] すなわち、カメラCA32、カメラCA33、および部位P21の各位置を結んで得られる三角形の形状は定まっているが、その三角形の大きさ（スケール）は定まっていない状態である。換言すれば、カメラCA32から見て、カメラCA33が直線L11上に位置することと、カメラCA32から見た部位P21が位置する方向とは分かっているが、カメラCA32からカメラCA33や部位P21までの距離は定まっていない状態である。
- [0083] このような状態から、3つのカメラCA31乃至カメラCA33のそれぞれで撮影された撮影画像に基づいて、具体的には3つの撮影画像CA31乃至撮影画像CA33で共通する1点以上の対応点に基づいて、基準空間上における撮影画像CA33の撮影位置が推定される。
- [0084] 例えば、基準空間における撮影画像CA31の撮影位置および撮影姿勢と、撮影画像CA32の撮影位置および撮影姿勢は既知であるから、それらの撮影画像の間での対応点に対応する部位P21の基準空間上の位置も推定により定まる。すると、基準空間上における撮影位置が既知である撮影画像CA32および部位P21と、撮影画像CA32の撮影位置に対する相対的な撮影画像CA33の撮影位置とから、基準空間上における撮影画像CA33の撮影位置を推定することができる。
- [0085] 例えばカメラCA33、つまり撮影画像CA33の撮影位置が直線L11上の所定の位置にいるとして、基準空間上における位置が既知である部位P21を、撮影画像CA33上に投影したときの投影位置と、撮影画像CA33上に実際に写っている部

位P21に対応する特徴点（対応点）の位置との誤差が算出される。そして、その誤差が最小となるときの撮影画像CA33の撮影位置が、基準空間上における撮影画像CA33の撮影位置となる。

[0086] なお、ここでは撮影画像CA31と撮影画像CA32の基準空間における撮影位置および撮影姿勢が既知である例について説明した。しかし、これらの撮影画像CA31と撮影画像CA32の撮影位置および撮影姿勢は、撮影画像CA33の相対的な撮影位置および撮影姿勢を算出する段階では既知でなくてもよく、撮影画像CA31と撮影画像CA32は、それらの撮影画像の基準空間における撮影位置および撮影姿勢が推定可能なものであればよい。すなわち、撮影画像CA31および撮影画像CA32は、最終的に撮影画像CA31乃至撮影画像CA33から、基準空間における撮影画像CA33の撮影位置および撮影姿勢を推定可能なものであればよい。具体的には、例えば撮影画像CA31乃至撮影画像CA33の撮影位置および撮影姿勢が未知である状態から、それらの各撮影画像の撮影位置および撮影姿勢が略同時に推定されるようにしてもよい。

[0087] 以下では、図5を参照して説明した撮影画像の撮影位置および撮影姿勢の推定手法を、特に1点共通推定手法とも称することとする。

[0088] 1点共通推定手法では、撮影位置および撮影姿勢を推定しようとする処理対象の撮影画像との間で、共通する5点以上の対応点を有する、基準空間における撮影位置および撮影姿勢が既知の撮影画像が少なくとも1つ以上あり、かつ処理対象の撮影画像と、基準空間における撮影位置および撮影姿勢が既知の2以上の撮影画像との間で共通する1点以上の対応点があれば、基準空間における処理対象の撮影画像の撮影位置と撮影姿勢を推定することができる。

[0089] このように1点共通推定手法で必要とされる条件は、上述した4点共通推定手法で必要とされる条件よりも、相対的に緩い条件であることが分かる。このことから、1点共通推定手法によれば、4点共通推定手法よりも、より広範囲な撮影条件において撮影画像の撮影位置および撮影姿勢を推定できることが分かる。

- [0090] なお、ここでは、基準空間における撮影位置および撮影姿勢が既知である撮影画像が2つである例について説明したが、上述した条件を満たすことができれば、2以上の撮影画像の撮影位置および撮影姿勢等に基づいて撮影画像CA33の撮影位置および撮影姿勢を推定するようにしてもよい。
- [0091] また、ここでは撮影画像CA32と撮影画像CA33との相対的な撮影位置および撮影姿勢を推定する例について説明したが、その他、例えば撮影画像CA31と撮影画像CA33との相対的な撮影位置および撮影姿勢が推定されるようにしてもよい。
- [0092] さらに、カメラCA31乃至カメラCA33は、同一のカメラであってもよいし、それらのカメラの一部または全部が異なるカメラであってもよい。例えば1つのカメラが移動しながら、互いに異なる時刻において各位置で撮影画像を撮影するような場合には、カメラCA31乃至カメラCA33は同一のカメラとなる。
- [0093] また、例えば図6に示すように処理対象の撮影画像について、2つの撮影画像の基準空間における既知である撮影位置および撮影姿勢のそれぞれに対する相対的な撮影位置および撮影姿勢が推定され、それらの相対的な撮影位置および撮影姿勢から、基準空間における処理対象の撮影画像の撮影位置および撮影姿勢が推定されるようにしてもよい。なお、図6において、図5における場合と対応する部分には同一の符号を付してあり、その説明は適宜、省略する。
- [0094] 図6に示す例では、カメラCA31およびカメラCA32の基準空間上における撮影位置および撮影姿勢、つまり基準空間における撮影画像CA31および撮影画像CA32の撮影位置および撮影姿勢が既知である。また、基準空間におけるカメラCA33、つまり撮影画像CA33の撮影位置および撮影姿勢が未知である。
- [0095] また、撮影画像CA31と、撮影画像CA33とで共通する5点以上の対応点が検出されており、同様に撮影画像CA32と、撮影画像CA33とで共通する5点以上の対応点が検出されている。
- [0096] この場合、まず1点共通推定手法における場合と同様に、撮影画像CA32の

撮影位置および撮影姿勢に対する撮影画像CA33の相対的な撮影位置および撮影姿勢が推定される。その結果、カメラCA32から見て、カメラCA33が直線L11上に位置していることが分かる。

[0097] また、撮影画像CA32における場合と同様に、撮影画像CA31上の対応点と、撮影画像CA33上の対応点との位置関係に基づいて、撮影画像CA31の撮影位置および撮影姿勢に対する撮影画像CA33の相対的な撮影位置および撮影姿勢が推定される。その結果、カメラCA31から見て、カメラCA33が直線L12上に位置していることが分かる。

[0098] このようにして、撮影画像CA32の撮影位置に対する相対的な撮影画像CA33の撮影位置と、撮影画像CA31の撮影位置に対する相対的な撮影画像CA33の撮影位置とが分かると、それらの相対的な位置関係から、カメラCA33は基準空間上における直線L11と直線L12の交点位置に存在していることが分かる。すなわち、基準空間における撮影画像CA33の撮影位置が分かる。

[0099] また、撮影画像CA32および撮影画像CA33から推定した撮影画像CA33の相対的な撮影姿勢と、撮影画像CA31および撮影画像CA33から推定した撮影画像CA33の相対的な撮影姿勢との少なくとも何れか一方を用いて、基準空間上における撮影画像CA33の撮影姿勢も定めることができる。

[0100] なお、ここでは撮影画像CA31と撮影画像CA32の基準空間における撮影位置および撮影姿勢が既知である例について説明した。しかし、これらの撮影画像CA31と撮影画像CA32の撮影位置および撮影姿勢は、撮影画像CA31や撮影画像CA32から、撮影画像CA33の相対的な撮影位置および撮影姿勢を算出する段階では既知でなくてもよく、撮影画像CA31と撮影画像CA32は、それらの撮影画像の撮影位置および撮影姿勢が推定可能なものであればよい。すなわち、撮影画像CA31および撮影画像CA32は、最終的に撮影画像CA31乃至撮影画像CA33から、基準空間における撮影画像CA33の撮影位置および撮影姿勢を推定可能なものであればよい。具体的には、例えば撮影画像CA31乃至撮影画像CA33の撮影位置および撮影姿勢が未知である状態から、それらの各撮影画像の撮影位置および撮影姿勢が略同時に推定されるようにしてもよい。

- [0101] 以下では、図6を参照して説明した撮影画像の撮影位置および撮影姿勢の推定手法を、特に零点共通推定手法とも称することとする。
- [0102] 零点共通推定手法では、撮影位置および撮影姿勢を推定しようとする処理対象の撮影画像との間で、共通する5点以上の対応点を有する、基準空間における撮影位置および撮影姿勢が既知の撮影画像が少なくとも2つ以上あれば、基準空間における処理対象の撮影画像の撮影位置と撮影姿勢を推定することができる。
- [0103] このように零点共通推定手法で必要とされる条件は、上述した4点共通推定手法で必要とされる条件よりも、相対的に緩い条件であることが分かる。このことから、零点共通推定手法によれば、4点共通推定手法よりも、より広範囲な撮影条件において撮影画像の撮影位置および撮影姿勢を推定できることが分かる。
- [0104] なお、ここでは、基準空間における撮影位置および撮影姿勢が既知である撮影画像が2つである例について説明したが、上述した条件を満たすことができれば、2以上の撮影画像の撮影位置および撮影姿勢等に基づいて、基準空間における撮影画像CA33の撮影位置および撮影姿勢を推定するようにしてもよい。
- [0105] また、この場合においてもカメラCA31乃至カメラCA33は、同一のカメラであってもよいし、それらのカメラの一部または全部が異なるカメラであってもよい。
- [0106] 以上のことから、図7に示すように本技術を適用した位置および姿勢の推定手法である1点共通推定手法や零点共通推定手法によれば、4点共通推定手法よりも緩い条件、つまりより広範囲な撮影条件において撮影画像の撮影位置および撮影姿勢を推定することができる。
- [0107] 図7では、基準空間における撮影位置および撮影姿勢が既知の2つの撮影画像を利用して、基準空間における処理対象の撮影画像の撮影位置および撮影姿勢を推定しようとする場合に必要となる各推定手法の必要条件が示されている。

[0108] すなわち、4点共通推定手法では、2つの撮影画像間で共通する対応点の数はいくつであってもよいが、3つの撮影画像で共通する4点以上の対応点が必要となる。

[0109] これに対して、1点共通推定手法では、3つの撮影画像で共通する対応点の数は1点あればよく、その代わりに処理対象の撮影画像と、他の1つの撮影画像との間で共通する対応点が5点以上必要となる。

[0110] 一般的に3つの撮影画像で共通する対応点が存在する可能性よりも、2つの撮影画像で共通する対応点が存在する可能性の方が高いので、1点共通推定手法を行うために必要となる条件は、4点共通推定手法を行うために必要となる条件よりも緩いといえることができる。したがって、1点共通推定手法では、4点共通推定手法よりも、より広範囲な撮影条件で基準空間における撮影画像の撮影位置および撮影姿勢を推定することができる。

[0111] また、零点共通推定手法では、3つの撮影画像で共通する対応点は必要なく、その代わりに処理対象の撮影画像と、他の2つの撮影画像のそれぞれとの間で共通する対応点が5点以上必要となる。この条件も4点共通推定手法で必要となる条件よりも緩いので、零点共通推定手法では、4点共通推定手法よりも、より広範囲な撮影条件で基準空間における撮影画像の撮影位置および撮影姿勢を推定することができる。

[0112] 〈画像処理装置の構成例〉

続いて、以上において説明した本技術を適用した、より具体的な実施の形態について説明する。図8は、本技術を適用した画像処理装置の構成例を示す図である。

[0113] 画像処理装置11は、画像取得部21、特徴点検出部22、対応点検出部23、記録部24、位置姿勢算出部25、ランドマーク位置算出部26、非線形最適化部27、入力部28、制御部29、画像処理部30、再生制御部31、および表示部32を有する。

[0114] 画像取得部21は、例えば1または複数のカメラ（撮影部）からなり、周囲の被写体を撮影することで撮影画像を撮影し、撮影画像を特徴点検出部2

2 および記録部 2 4 に供給する。

[0115] 具体的には、画像取得部 2 1 が 1 つのカメラから構成される場合には、カメラは、各時刻において互いに異なる位置で撮影画像を撮影する。例えば図 5 に示した例では、1 つのカメラがカメラ CA31 として撮影を行った後、カメラ CA32 として撮影を行い、さらにカメラ CA33 として撮影を行い、それ以降においても各位置で順次、撮影を行っていく。

[0116] また、画像取得部 2 1 が複数のカメラから構成される場合には、複数の各カメラは互いに異なる位置に配置され、同時にまたは異なる時刻で各カメラが撮影を行う。例えば図 5 に示した例では、カメラ CA31 乃至カメラ CA33 を含む複数のカメラから画像取得部 2 1 が構成されることになる。

[0117] さらに、画像取得部 2 1 が通信部から構成され、画像取得部 2 1 が通信網等を介してサーバなどの他の装置から、撮影画像を取得するようにしてもよい。また、以下では、画像取得部 2 1 が複数のカメラから構成されるものとし、撮影画像を撮影したときのカメラの撮影位置および撮影姿勢を、単に撮影画像の撮影位置および撮影姿勢と称することとする。

[0118] 特徴点検出部 2 2 は、画像取得部 2 1 から供給された撮影画像から特徴点を検出し、その検出結果を対応点検出部 2 3 に供給する。対応点検出部 2 3 は、特徴点検出部 2 2 から供給された特徴点の検出結果に基づいて、任意の 2 つの撮影画像のペアについて、それらの撮影画像間の互に対応する特徴点、つまり対応点を検出し、その検出結果を記録部 2 4 に供給する。

[0119] 記録部 2 4 は、例えば揮発性または不揮発性のメモリからなり、画像取得部 2 1 から供給された撮影画像を記録するとともに、対応点検出部 2 3 から供給された対応点の検出結果を対応点情報として記録する。

[0120] また、記録部 2 4 は、非線形最適化部 2 7 から供給された、撮影画像上の対応点の位置と、その対応点に対応する実際の被写体の部位（以下、ランドマークとも称する）の基準空間上の位置とを示す情報をランドマーク情報として記録するとともに、非線形最適化部 2 7 から供給された、基準空間における撮影画像の撮影位置および撮影姿勢を示す情報を位置姿勢情報として記

録する。

- [0121] さらに、記録部 24 は、記録している撮影画像、対応点情報、ランドマーク情報、位置姿勢情報等の各種の情報のうち、必要な情報を位置姿勢算出部 25、非線形最適化部 27、または画像処理部 30 に供給する。
- [0122] 位置姿勢算出部 25 は、記録部 24 に記録されている各撮影画像について、基準空間におけるそれらの撮影画像の撮影位置および撮影姿勢を算出し、その算出結果をランドマーク位置算出部 26 に供給する。
- [0123] 位置姿勢算出部 25 は、対応画像選択部 41、位置姿勢算出部 42、対応画像選択部 43、位置姿勢算出部 44、再投影部 45、対応画像選択部 46、基礎行列算出部 47、相対位置姿勢算出部 48、位置算出部 49、対応画像選択部 50、基礎行列算出部 51、相対位置姿勢算出部 52、位置算出部 53、および姿勢算出部 54 を有している。
- [0124] 対応画像選択部 41 は、記録部 24 に記録されている対応点情報に基づいて、各撮影画像のペアのうち、最も信頼度の高いペアを選択し、そのペアの対応点情報を記録部 24 から読み出して位置姿勢算出部 42 に供給する。ここで撮影画像のペアの信頼度は、例えば対応点の数や、様々な距離の特徴点が含まれているか否か、つまり 1 つの射影変換で表現できない対応点の割り合い、それらの組み合わせ等により定められる。例えば対応点数が多いほど信頼度が高くなるようにされる。
- [0125] 位置姿勢算出部 42 は、対応画像選択部 41 から供給された対応点情報に基づいて、基準空間における撮影画像の撮影位置および撮影姿勢を算出し、その算出結果と対応点情報とをランドマーク位置算出部 26 に供給する。
- [0126] これらの対応画像選択部 41 および位置姿勢算出部 42 では、1 つもランドマークの基準空間上の位置が算出されていない状態で、基準空間における最初の 2 つの撮影画像の撮影位置および撮影姿勢が算出される。
- [0127] 対応画像選択部 43 は、記録部 24 に記録されているランドマーク情報等に基づいて、4 点共通推定手法で必要となる条件を満たす撮影画像を選択する。また、対応画像選択部 43 は、選択した撮影画像の撮影位置および撮影

姿勢の算出に用いるランドマーク情報を記録部 2 4 から読み出して位置姿勢算出部 4 4 に供給する。

[0128] 位置姿勢算出部 4 4 は、対応画像選択部 4 3 から供給されたランドマーク情報に基づいて基準空間における撮影画像の撮影位置および撮影姿勢の候補を算出し、その算出結果とランドマーク情報とを再投影部 4 5 に供給する。再投影部 4 5 は、位置姿勢算出部 4 4 から供給された算出結果、およびランドマーク情報に基づいて、基準空間における撮影画像の撮影位置および撮影姿勢を決定し、その決定結果をランドマーク位置算出部 2 6 に供給する。

[0129] これらの対応画像選択部 4 3 乃至再投影部 4 5 では、4 点共通推定手法により、基準空間における撮影画像の撮影位置および撮影姿勢が算出される。

[0130] 対応画像選択部 4 6 は、記録部 2 4 に記録されている対応点情報に基づいて、基準空間における処理対象とした撮影画像の撮影位置および撮影姿勢を 1 点共通推定手法により算出するのに用いる撮影画像（カメラ）と位置が既知のランドマークを選択する。また、対応画像選択部 4 6 は、その選択結果に応じて対応点情報、位置姿勢情報、およびランドマーク情報を記録部 2 4 から読み出して基礎行列算出部 4 7 に供給する。

[0131] 基礎行列算出部 4 7 は、対応画像選択部 4 6 から供給された対応点情報に基づいて基礎行列を算出し、その算出結果と、対応点情報、位置姿勢情報、およびランドマーク情報とを相対位置姿勢算出部 4 8 に供給する。相対位置姿勢算出部 4 8 は、基礎行列算出部 4 7 から供給された基礎行列に基づいて処理対象の撮影画像の相対的な撮影位置および撮影姿勢を算出するとともに、その算出結果と、対応点情報、位置姿勢情報、およびランドマーク情報とを位置算出部 4 9 に供給する。

[0132] 位置算出部 4 9 は、相対位置姿勢算出部 4 8 から供給された相対的な撮影位置および撮影姿勢の算出結果と、位置姿勢情報、およびランドマーク情報とに基づいて基準空間における撮影画像の撮影位置を算出し、その結果得られた基準空間における撮影画像の撮影位置および撮影姿勢の算出結果と対応点情報とをランドマーク位置算出部 2 6 に供給する。

- [0133] これらの対応画像選択部46乃至位置算出部49では、1点共通推定手法により、基準空間における撮影画像の撮影位置および撮影姿勢が算出される。
- [0134] 対応画像選択部50は、記録部24に記録されている対応点情報に基づいて、処理対象とした撮影画像の撮影位置および撮影姿勢を零点共通推定手法により算出するのに用いる撮影画像（カメラ）を選択する。そして対応画像選択部50は、その選択結果に応じて対応点情報および位置姿勢情報を記録部24から読み出して基礎行列算出部51に供給する。
- [0135] 基礎行列算出部51は、対応画像選択部50から供給された対応点情報に基づいて基礎行列を算出し、その算出結果と対応点情報および位置姿勢情報とを相対位置姿勢算出部52に供給する。相対位置姿勢算出部52は、基礎行列算出部51から供給された基礎行列に基づいて処理対象の撮影画像の相対的な撮影位置および撮影姿勢を算出するとともに、その算出結果と対応点情報および位置姿勢情報とを位置算出部53に供給する。
- [0136] 位置算出部53は、相対位置姿勢算出部52から供給された相対的な撮影位置および撮影姿勢の算出結果と位置姿勢情報とに基づいて基準空間における撮影画像の撮影位置を算出し、その結果得られた基準空間における撮影画像の撮影位置および相対的な撮影姿勢と、対応点情報および位置姿勢情報とを姿勢算出部54に供給する。
- [0137] 姿勢算出部54は、位置算出部53から供給された撮影画像の相対的な撮影姿勢および位置姿勢情報に基づいて、基準空間における撮影画像の撮影姿勢を決定し、その結果得られた基準空間における撮影画像の撮影位置および撮影姿勢の算出結果と対応点情報とをランドマーク位置算出部26に供給する。
- [0138] これらの対応画像選択部50乃至姿勢算出部54では、零点共通推定手法により、基準空間における撮影画像の撮影位置および撮影姿勢が算出される。
- [0139] また、ランドマーク位置算出部26は、位置姿勢算出部42、再投影部4

5、位置算出部49、または姿勢算出部54から供給された、基準空間における撮影画像の撮影位置および撮影姿勢の算出結果等に基づいて、基準空間におけるランドマークの位置を算出する。このとき、ランドマーク位置算出部26は、必要に応じて、非線形最適化部27を介して記録部24から、既知である撮影画像の撮影位置および撮影姿勢を示す位置姿勢情報等を取得して、ランドマーク位置の算出に用いる。また、ランドマーク位置算出部26は、基準空間における撮影画像の撮影位置および撮影姿勢の算出結果と、対応点情報と、ランドマーク位置の算出結果とを非線形最適化部27に供給する。

[0140] 非線形最適化部27は、ランドマーク位置算出部26から供給された基準空間における撮影画像の撮影位置および撮影姿勢の算出結果と、対応点情報と、ランドマーク位置の算出結果とに基づいて、非線形最適化を行い、基準空間における撮影画像の撮影位置および撮影姿勢とランドマーク位置を最適化する。非線形最適化部27は、非線形最適化により得られた位置姿勢情報およびランドマーク情報を記録部24に供給し、記録させる。

[0141] 入力部28は、例えばマウスやボタン、タッチパネルなどからなり、ユーザ等の操作に応じた操作信号を制御部29に供給する。

[0142] 制御部29は、入力部28から供給された操作信号に基づいて、画像処理装置11全体の動作を制御する。例えば制御部29は、位置姿勢算出部25に基準空間における撮影画像の撮影位置および撮影姿勢を算出させたり、画像処理部30に所定の画像処理を実行させたりする。

[0143] 画像処理部30は、記録部24に記録されている撮影画像と位置姿勢情報とに基づいて、所定の画像処理を行って、再生用の画像である再生画像を生成する。ここで、再生画像は、撮影画像から得られた動画画像であってもよいし、静止画像であってもよい。

[0144] 画像処理部30は、生成された再生画像を再生制御部31に供給する。再生制御部31は、画像処理部30から供給された再生画像を表示部32に供給し、再生画像を再生させる。表示部32は、例えば液晶ディスプレイ等か

らなり、再生制御部 31 の制御に従って再生画像を再生する。

[0145] 〈再生処理の説明〉

次に、画像処理装置 11 の動作について説明する。

[0146] 例えばユーザ等が入力部 28 を操作し、再生画像の再生を指示すると、画像処理装置 11 は、ユーザ等の指示に応じて再生処理を開始して再生画像を生成し、再生する。以下、図 9 のフローチャートを参照して、画像処理装置 11 による再生処理について説明する。

[0147] ステップ S 11 において、画像取得部 21 は複数の撮影画像を取得して、特徴点検出部 22 および記録部 24 に供給する。例えば画像取得部 21 は、複数のカメラにより各位置で撮影画像を撮影することで、撮影画像を取得する。また、記録部 24 は、画像取得部 21 から供給された撮影画像を記録する。

[0148] ステップ S 12 において、特徴点検出部 22 は、画像取得部 21 から供給された複数の各撮影画像から特徴点を検出し、その検出結果を対応点検出部 23 に供給する。

[0149] 例えば特徴点検出部 22 は、ハリスコーナーやSIFT等のアルゴリズムに従って撮影画像から特徴点を検出するとともに各特徴点について撮影画像から特徴量を抽出し、撮影画像上の特徴点の位置と、特徴点の特徴量とを特徴点の検出結果として出力する。

[0150] ステップ S 13 において、対応点検出部 23 は、特徴点検出部 22 から供給された各撮影画像からの特徴点の検出結果に基づいて、撮影画像のペアごとに対応点を検出し、その検出結果を記録部 24 に供給する。また、記録部 24 は、対応点検出部 23 から供給された対応点の検出結果を、対応点情報として記録する。

[0151] 例えば対応点検出部 23 は、任意の 2 つの撮影画像のペアを選択し、ペアとされた撮影画像間で特徴量の距離が閾値以下となる特徴点のペアを選択する。また、対応点検出部 23 は、検出された特徴点のペアのなかから、特徴的である特徴点のペアを抽出するとともに、抽出した特徴点のペアから、さ

らに幾何学的小よび統計的に妥当である特徴点のペアを抽出し、抽出された特徴点のペアを、対応点のペアとする。

[0152] このようにして対応点検出部 2 3 は、画像取得部 2 1 で取得された全ての撮影画像を対象として、2 つの撮影画像の全組み合わせについて対応点を検出する。

[0153] ステップ S 1 4 において、対応画像選択部 4 1 は、記録部 2 4 に記録されている対応点情報に基づいて、撮影画像のペアのうち、最も信頼度の高いペアを選択し、そのペアの対応点情報を記録部 2 4 から読み出して位置姿勢算出部 4 2 に供給する。ここで撮影画像のペアの信頼度は、例えば対応点の数や、様々な距離の特徴点が含まれているか否か、つまり 1 つの射影変換で表現できない対応点の割り合い、それらの組み合わせ等により定められる。例えば対応点数が多いほど信頼度が高くなるようにされる。

[0154] これにより、最も信頼度の高い 2 つの撮影画像が選択されたことになる。つまり、まだランドマークの基準空間上の位置が 1 つも算出されていない状態で、処理対象とする最初の 2 つの撮影画像が選択されたことになる。

[0155] ステップ S 1 5 において、位置姿勢算出部 4 2 は、対応画像選択部 4 1 からの対応点情報に基づいて、ペアとされた撮影画像について、各撮影画像を撮影したときの基準空間における撮影位置および撮影姿勢を算出し、その算出結果と対応点情報とをランドマーク位置算出部 2 6 に供給する。

[0156] 具体的には位置姿勢算出部 4 2 は、ペアとされた 2 つの撮影画像についての対応点情報に基づいて基礎行列を算出し、基礎行列を分解することで、ペアとされた 2 つの撮影画像のそれぞれを撮影したときの相対的な撮影位置および撮影姿勢を算出する。そして、例えば位置姿勢算出部 4 2 は、適切に基準空間のスケールを設定することで、算出された 2 つの撮影画像の相対的な撮影位置および撮影姿勢から、それらの 2 つの撮影画像の基準空間上の撮影位置および撮影姿勢を定める。

[0157] なお、基礎行列を算出して撮影画像の撮影位置および撮影姿勢を推定する方法については、例えば「Richard Hartley and Andrew Zisserman, “Multip

le View Geometry in Computer Vision”」などに詳細に記載されている。

- [0158] ステップS 1 6において、ランドマーク位置算出部 2 6は、位置姿勢算出部 4 2から供給された、2つの撮影画像の撮影位置および撮影姿勢の算出結果と対応点情報とに基づいて、基準空間上のランドマークの位置を算出する。
- [0159] 例えばランドマーク位置算出部 2 6は、ステレオ視等によりランドマークの位置を算出する。具体的には、例えば対応点ごとに、2つの撮影画像について基準空間上におけるカメラの視点と投影面上の対応点とを結ぶ光線ベクトルが算出され、それらの2つの撮影画像ごとに算出した光線ベクトルの交点が基準空間におけるランドマークの位置とされる。なお、2つの光線ベクトルが交点をもたない時には、それらの2つの光線ベクトルからの距離が最も近い位置が基準空間におけるランドマークの位置とされる。
- [0160] ランドマーク位置算出部 2 6は、ランドマーク位置の算出結果と、撮影画像の撮影位置および撮影姿勢の算出結果と、対応点情報とを非線形最適化部 2 7に供給する。
- [0161] ステップS 1 7において、非線形最適化部 2 7は、ランドマーク位置算出部 2 6からの撮影画像の撮影位置および撮影姿勢の算出結果と、対応点情報と、ランドマーク位置の算出結果とに基づいて、非線形最適化を行う。
- [0162] すなわち、非線形最適化部 2 7は、基準空間上のランドマークの位置と、基準空間における撮影画像の撮影位置および撮影姿勢に基づいて、ランドマークを撮影画像に対応する投影面上に投影する。そして非線形最適化部 2 7は、投影面上におけるランドマークの投影位置と、実際の撮影画像上のランドマークに対応する対応点の投影位置との誤差が小さくなるように基準空間における撮影画像の撮影位置および撮影姿勢と、ランドマークの基準空間上の位置とを調整する。このような撮影画像の撮影位置および撮影姿勢と、ランドマーク位置とを調整する処理は、バンドル調整とも呼ばれている。
- [0163] 非線形最適化部 2 7は、非線形最適化により調整された撮影画像の撮影位置および撮影姿勢を、最終的な基準空間における撮影画像の撮影位置および撮影姿勢として位置姿勢情報を生成するとともに、非線形最適化により調整

されたランドマーク位置と対応点情報とからランドマーク情報を生成する。

[0164] このようなランドマーク情報を参照すれば、各ランドマークに対応する対応点（特徴点）がどの撮影画像のどの位置で検出されたかや、各ランドマークの基準空間上の位置を把握することができる。

[0165] 非線形最適化部 27 は生成した位置姿勢情報とランドマーク情報を記録部 24 に供給し、記録させる。

[0166] ステップ S 18 において、制御部 29 は、全ての撮影画像について、撮影画像を撮影したときの撮影位置および撮影姿勢を推定したか否かを判定する。

[0167] ステップ S 18 において、まだ全ての撮影画像の撮影位置および撮影姿勢を推定していないと判定された場合、処理はステップ S 19 へと進む。

[0168] ステップ S 19 において、制御部 29 は、4 点共通推定手法で撮影画像の撮影位置および撮影姿勢を推定するか否かを判定する。例えば制御部 29 は、ユーザ等が入力部 28 を操作し、撮影画像の撮影位置および撮影姿勢の推定手法を指定したときに入力部 28 から供給された操作信号に基づいて、4 点共通推定手法で撮影画像の撮影位置および撮影姿勢を推定するか否かを判定する。

[0169] ステップ S 19 において、4 点共通推定手法で撮影画像の撮影位置および撮影姿勢を推定すると判定された場合、制御部 29 は、位置姿勢算出部 25 に対して 4 点共通推定手法での推定を指示し、処理はステップ S 20 へと進む。

[0170] ステップ S 20 において、画像処理装置 11 は 4 点共通推定手法による位置姿勢推定処理を行って、処理対象の撮影画像の撮影位置および撮影姿勢を算出する。これにより、新たに撮影位置および撮影姿勢が推定された撮影画像の姿勢位置情報とランドマーク情報が記録部 24 に記録されることになる。

[0171] 4 点共通推定手法による位置姿勢推定処理が行われると、その後、処理はステップ S 18 へと戻り、上述した処理が繰り返し行われる。なお、4 点共

通推定手法による位置姿勢推定処理の詳細は後述する。

[0172] また、ステップS 19において、4点共通推定手法で撮影画像の撮影位置および撮影姿勢を推定しないと判定された場合、ステップS 21において、制御部29は、1点共通推定手法で撮影画像の撮影位置および撮影姿勢を推定するか否かを判定する。

[0173] ステップS 21において、1点共通推定手法で撮影画像の撮影位置および撮影姿勢を推定すると判定された場合、制御部29は、位置姿勢算出部25に対して1点共通推定手法での推定を指示し、処理はステップS 22へと進む。

[0174] ステップS 22において、画像処理装置11は1点共通推定手法による位置姿勢推定処理を行って、処理対象の撮影画像の撮影位置および撮影姿勢を算出する。これにより、新たに撮影位置および撮影姿勢が推定された撮影画像の姿勢位置情報とランドマーク情報が記録部24に記録されることになる。

[0175] 1点共通推定手法による位置姿勢推定処理が行われると、その後、処理はステップS 18へと戻り、上述した処理が繰り返し行われる。なお、1点共通推定手法による位置姿勢推定処理の詳細は後述する。

[0176] また、ステップS 21において、1点共通推定手法で撮影画像の撮影位置および撮影姿勢を推定しないと判定された場合、制御部29は、位置姿勢算出部25に対して零点共通推定手法での推定を指示し、処理はステップS 23へと進む。そして、ステップS 23において、画像処理装置11は零点共通推定手法による位置姿勢推定処理を行って、処理対象の撮影画像の撮影位置および撮影姿勢を算出する。これにより、新たに撮影位置および撮影姿勢が推定された撮影画像の姿勢位置情報とランドマーク情報が記録部24に記録されることになる。

[0177] 零点共通推定手法による位置姿勢推定処理が行われると、その後、処理はステップS 18へと戻り、上述した処理が繰り返し行われる。なお、零点共通推定手法による位置姿勢推定処理の詳細は後述する。

- [0178] さらに、ステップS 18において、全ての撮影画像の撮影位置および撮影姿勢を推定したと判定された場合、ステップS 24において、画像処理部30は、記録部24から撮影画像および位置姿勢情報を読み出して再生画像を生成する。そして画像処理部30は、生成した再生画像を再生制御部31に供給する。
- [0179] 例えば画像処理部30は、制御部29の制御に従って、基準空間上において互いに隣接して並ぶ2つのカメラの撮影画像と位置姿勢情報とに基づいて、それらのカメラの間の位置を視点位置とする撮影画像を補間処理等の画像処理により生成する。
- [0180] そして、画像処理部30は、各位置のカメラの撮影画像や、新たに生成した各視点位置の撮影画像等が基準空間における位置の順に再生される再生画像を生成する。これにより、例えばあたかも被写体が静止した状態でカメラによりパンニングが行われているかのような再生画像を得ることができる。
- [0181] なお、再生画像は、複数の各撮影画像の基準空間における撮影位置間の位置関係に基づいて、それらの複数の撮影画像や補間処理等により生成された撮影画像を用いた再生処理を行うもための画像であれば、どのような画像であってもよい。
- [0182] ステップS 25において、再生制御部31は、画像処理部30から供給された再生画像を表示部32に供給して再生させ、再生処理は終了する。
- [0183] 以上のようにして、画像処理装置11は、4点共通推定手法、1点共通推定手法、または零点共通推定手法の何れかの推定手法を選択し、選択した推定手法により各撮影画像の基準空間における撮影位置および撮影姿勢を算出する。
- [0184] このように4点共通推定手法、1点共通推定手法、または零点共通推定手法の何れかの推定手法を選択して撮影画像の撮影位置および撮影姿勢を推定することで、より堅強に、かつより広範囲な撮影条件で撮影画像の撮影位置および撮影姿勢を推定することができる。特に、1点共通推定手法や零点共通推定手法により撮影位置および撮影姿勢を推定することで、堅強に、かつ

より広範囲な撮影条件で撮影画像の撮影位置および撮影姿勢を推定することができる。

[0185] なお、各撮影画像の撮影位置および撮影姿勢を推定するときに、全撮影画像で同じ推定手法が選択されるようにしてもよいし、撮影画像ごとに推定手法が選択されるようにしてもよい。また、ユーザ等の外部入力により推定手法を選択する他、各推定手法を行うための条件が満たされているか等に基づいて、推定手法が選択されるようにしてもよい。

[0186] 〈4点共通推定手法による位置姿勢推定処理の説明〉

続いて、図9のステップS20、ステップS22、およびステップS23に対応する処理について説明する。

[0187] まず、図10のフローチャートを参照して、図9のステップS20の処理に対応する、4点共通推定手法による位置姿勢推定処理について説明する。

[0188] ステップS51において、対応画像選択部43は、基準空間における位置が既知であるランドマークに対応する対応点が4点以上ある、基準空間における撮影位置および撮影姿勢が未知である撮影画像を処理対象の撮影画像として選択する。

[0189] すなわち、対応画像選択部43は、記録部24に記録されているランドマーク情報に基づいて、処理対象とする撮影画像を選択する。このとき、処理対象の候補となる撮影画像が複数ある場合には、対応画像選択部43は、基準空間における撮影位置および撮影姿勢が未知であり、基準空間における位置が既知であるランドマークに対応する対応点の数が最も多い撮影画像を処理対象の撮影画像として選択する。これにより、基準空間上における撮影位置および撮影姿勢が未知であり、かつ4点共通推定手法で必要となる条件を満たす撮影画像が処理対象の撮影画像として選択される。

[0190] 対応画像選択部43は、処理対象の撮影画像上の対応点に対応するランドマークの基準空間上の位置を示すランドマーク情報を記録部24から読み出して、位置姿勢算出部44に供給する。

[0191] ステップS52において、位置姿勢算出部44は、対応画像選択部43か

らのランドマーク情報に基づいて、基準空間における処理対象の撮影画像の撮影位置および撮影姿勢の候補を算出し、その算出結果と、ランドマーク情報とを再投影部45に供給する。

[0192] 例えば位置姿勢算出部44は、処理対象の撮影画像における、基準空間における位置が既知であるランドマークに対応する対応点のなかから3つの対応点を選択する。そして位置姿勢算出部44は、選択した3つの対応点の撮影画像上の位置と、それらの対応点に対応するランドマークの基準空間上の位置とから、基準空間における処理対象の撮影画像の撮影位置および撮影姿勢の候補を算出する。これにより、処理対象の撮影画像の4つの撮影位置および撮影姿勢が候補として得られる。

[0193] ステップS53において、再投影部45は、位置姿勢算出部44から供給された算出結果と、ランドマーク情報とに基づいて、基準空間における撮影画像の撮影位置および撮影姿勢を決定し、その決定結果をランドマーク位置算出部26に供給する。

[0194] 例えば再投影部45は、処理対象の撮影画像における、基準空間における位置が既知であるランドマークに対応する対応点のなかから、ステップS52の処理で用いられていない対応点を1つ選択する。そして、再投影部45は、処理対象の撮影画像の撮影位置および撮影姿勢の候補ごとに、候補とされた撮影位置および撮影姿勢と、選択された1つの対応点に対応するランドマークの位置とから、そのランドマークを投影面（撮影画像）上に再投影する。

[0195] さらに、再投影部45は、ランドマークを再投影したときの投影位置と、実際の対応点の位置との誤差が最小となる候補を、最終的な処理対象の撮影画像の基準空間における撮影位置および撮影姿勢として決定する。

[0196] このようにして処理対象の撮影画像の撮影位置および撮影姿勢が推定されると、その後、ステップS54の処理およびステップS55の処理が行われて4点共通推定手法による位置姿勢推定処理は終了し、処理は図9のステップS18へと進む。

[0197] なお、これらのステップS 5 4およびステップS 5 5の処理は図9のステップS 1 6およびステップS 1 7の処理と同様であるので、その説明は省略する。

[0198] 但し、ステップS 5 4およびステップS 5 5では、処理対象の撮影画像から検出された対応点のうち、基準空間における撮影位置および撮影姿勢が既知である他の撮影画像と共通する対応点がある場合には、そのような対応点全てについて、対応点に対応する基準空間上のランドマーク位置が算出される。なお、既にランドマーク位置が算出されている対応点については、ランドマーク位置の算出は行われぬ。

[0199] また、このとき、ランドマーク位置算出部2 6は、必要に応じて、非線形最適化部2 7を介して記録部2 4から、必要となる撮影画像の撮影位置および撮影姿勢を示す位置姿勢情報と、対応点情報とを取得して、ランドマーク位置を算出する。

[0200] 以上のようにして、画像処理装置1 1は、4点共通推定手法により処理対象の撮影画像の撮影位置および撮影姿勢を算出する。

[0201] 〈1点共通推定手法による位置姿勢推定処理の説明〉

次に、図11のフローチャートを参照して、図9のステップS 2 2の処理に対応する、1点共通推定手法による位置姿勢推定処理について説明する。

[0202] ステップS 8 1において、対応画像選択部4 6は、記録部2 4に記録されている対応点情報および位置姿勢情報に基づいて、撮影位置および撮影姿勢が未知である撮影画像を処理対象の撮影画像として選択するとともに、処理対象の撮影画像との間で最も信頼度の高い、撮影位置および撮影姿勢が既知である撮影画像を選択する。以下、処理対象の撮影画像と最も信頼度の高い、撮影位置および撮影姿勢が既知である撮影画像を参照撮影画像とも称する。例えば図5に示した例で、撮影画像CA33が処理対象の撮影画像とされた場合には、撮影画像CA32が参照撮影画像とされる。

[0203] 対応画像選択部4 6は、処理対象の撮影画像と、参照撮影画像との間の対応点の関係を示す対応点情報、および参照撮影画像の位置姿勢情報を記録部

24から読み出して、基礎行列算出部47に供給する。なお、処理対象の撮影画像と、参照撮影画像とは、少なくとも互いに対応する5点以上の対応点を有しているものとする。但し、これらの5点以上の各対応点については、それらの対応点に対応するランドマークの位置は既知である必要はない。

[0204] さらに、対応画像選択部46は、記録部24に記録されている対応点情報およびランドマーク情報を参照して、処理対象の撮影画像から検出された対応点に対応するランドマークのなかから、基準空間における位置が既知であるランドマークを検索する。そして、対応画像選択部46は、検索の結果得られた1以上のランドマークの基準空間における位置を示すランドマーク情報を記録部24から読み出して基礎行列算出部47に供給する。

[0205] このような検索により得られるランドマークは位置が既知であるから、少なくとも基準空間における撮影位置および撮影姿勢が既知である2以上の撮影画像に、そのランドマークに対応する対応点があることになる。したがって、検索により得られるランドマークに対応する対応点が、撮影位置および撮影姿勢が既知である2以上の撮影画像と、処理対象の撮影画像とにあることになる。

[0206] 例えば図5に示した例では、基準空間における位置が既知であり、かつ対応する対応点が処理対象の撮影画像CA33にあるランドマークの検索結果として、部位P21が得られることになる。部位P21は、基準空間における撮影位置および撮影姿勢が既知である2つの撮影画像CA31および撮影画像CA32で観察されているので、基準空間における部位P21の位置は既知である。

[0207] なお、検索結果として得られるランドマークは、処理対象の撮影画像に、そのランドマークに対応する対応点があればよく、必ずしもそのランドマークに対応する対応点が参照撮影画像にある必要はない。

[0208] ステップS82において、基礎行列算出部47は、対応画像選択部46から供給された対応点情報に基づいて、すなわち処理対象の撮影画像上の対応点と、参照撮影画像上の対応点との位置関係に基づいて基礎行列を算出する。

- [0209] 基礎行列算出部47は、算出された基礎行列、対応点情報、位置姿勢情報、およびランドマーク情報を相対位置姿勢算出部48に供給する。
- [0210] ステップS83において、相対位置姿勢算出部48は、基礎行列算出部47から供給された基礎行列に基づいて、参照撮影画像に対する処理対象の撮影画像の相対的な撮影位置および撮影姿勢を算出する。すなわち、参照撮影画像を撮影したときのカメラと、処理対象の撮影画像を撮影したときのカメラとの相対的な位置関係が算出される。例えばステップS83では、図9のステップS15と同様の処理が行われる。この処理により、例えば図5に示した例では、撮影画像CA32に対する撮影画像CA33の相対的な撮影位置および撮影姿勢が算出される。
- [0211] 相対位置姿勢算出部48は、算出された処理対象の撮影画像の相対的な撮影位置および撮影姿勢と、対応点情報、位置姿勢情報、およびランドマーク情報とを位置算出部49に供給する。
- [0212] ステップS84において、位置算出部49は、相対位置姿勢算出部48から供給された処理対象の撮影画像の相対的な撮影位置および撮影姿勢と、対応点情報、位置姿勢情報、およびランドマーク情報とに基づいて、撮影画像の基準空間における撮影位置を算出する。
- [0213] すなわち、位置算出部49は、上述した検索の結果として得られた、ランドマーク情報により示される基準空間における位置が既知であるランドマークを、処理対象の撮影画像に対応する投影面上に投影する。そして位置算出部49は、ランドマークの投影位置と、そのランドマークに対応する対応点の投影面上の位置とに基づいて、処理対象の撮影画像の基準空間における撮影位置を算出する。
- [0214] 例えば、ランドマークの投影位置となり得る位置は、位置姿勢情報により示される参照撮影画像の基準空間上の撮影位置および撮影姿勢と、処理対象の撮影画像の相対的な撮影位置および撮影姿勢と、ランドマーク情報により示されるランドマークの位置とから定まる。位置算出部49は、ランドマークの投影位置と、ランドマークに対応する実際の対応点の位置との誤差が最

小となるように、基準空間における処理対象の撮影画像の撮影位置を定める。

- [0215] なお、3以上の撮影画像で共通する対応点が複数ある場合には、最小二乗法やRANSAC(Random Sample Consensus)法などにより、基準空間における処理対象の撮影画像の撮影位置を算出すればよい。
- [0216] また、基準空間における処理対象の撮影画像の撮影姿勢は、基準空間における参照撮影画像の撮影姿勢と、参照撮影画像に対する処理対象の撮影画像の相対的な撮影姿勢とから算出される。
- [0217] 位置算出部49は、基準空間における処理対象の撮影画像の撮影位置および撮影姿勢の算出結果と対応点情報とをランドマーク位置算出部26に供給する。
- [0218] 処理対象の撮影画像の撮影位置および撮影姿勢が算出されると、その後、ステップS85およびステップS86の処理が行われて1点共通推定手法による位置姿勢推定処理は終了し、処理は図9のステップS18へと進む。
- [0219] なお、これらのステップS85およびステップS86の処理は図10のステップS54およびステップS55の処理と同様であるので、その説明は省略する。
- [0220] 以上のようにして、画像処理装置11は、1点共通推定手法により処理対象の撮影画像の撮影位置および撮影姿勢を算出する。このように、1点共通推定手法を用いれば、より堅強に、かつより広範囲な撮影条件で撮影画像の撮影位置および撮影姿勢を推定することができる。
- [0221] なお、以上において説明した1点共通推定手法による位置姿勢推定処理では、基準空間における撮影位置および撮影姿勢が既知である撮影画像が参照撮影画像とされると説明した。しかし、参照撮影画像の撮影位置は、参照撮影画像を選択する時点で既知である必要はなく、基準空間における撮影位置および撮影姿勢を算出することが可能な撮影画像を参照撮影画像とするようにしてもよい。すなわち、参照撮影画像とされる撮影画像は、最終的に、基準空間における処理対象の撮影画像の撮影位置および撮影姿勢を推定するこ

とができる撮影画像であればよい。

[0222] 〈零点共通推定手法による位置姿勢推定処理の説明〉

次に、図12のフローチャートを参照して、図9のステップS23の処理に対応する、零点共通推定手法による位置姿勢推定処理について説明する。

[0223] ステップS111において、対応画像選択部50は、記録部24に記録されている対応点情報および位置姿勢情報に基づいて、撮影位置および撮影姿勢が未知である撮影画像を処理対象の撮影画像として選択する。また、ステップS111において、対応画像選択部50は、処理対象の撮影画像との間で最も信頼度の高い、基準空間における撮影位置および撮影姿勢が既知である撮影画像を2つ選択する。以下、処理対象の撮影画像と最も信頼度の高い、撮影位置および撮影姿勢が既知である撮影画像を参照撮影画像とも称する。

[0224] 例えば図6に示した例で、撮影画像CA33が処理対象の撮影画像とされる場合、撮影画像CA31および撮影画像CA32が参照撮影画像として選択される。

[0225] 対応画像選択部50は、処理対象の撮影画像と、各参照撮影画像との間の対応点の関係を示す対応点情報、および各参照撮影画像の位置姿勢情報を記録部24から読み出して、基礎行列算出部51に供給する。なお、処理対象の撮影画像と、2つの参照撮影画像のそれぞれとは、少なくとも互いに対応する5点以上の対応点を有しているものとする。

[0226] ステップS112において、基礎行列算出部51は、対応画像選択部50から供給された対応点情報に基づいて、1つ目の参照撮影画像と処理対象の撮影画像とについての基礎行列を算出する。

[0227] 基礎行列算出部51は、算出された基礎行列、対応点情報、および位置姿勢情報を相対位置姿勢算出部52に供給する。

[0228] ステップS113において、相対位置姿勢算出部52は、基礎行列算出部51から供給された基礎行列に基づいて、1つ目の参照撮影画像に対する処理対象の撮影画像の相対的な撮影位置および撮影姿勢を算出する。すなわち、1つ目の参照撮影画像を撮影したときのカメラと、処理対象の撮影画像を

撮影したときのカメラとの相対的な位置関係が算出される。

- [0229] 相対位置姿勢算出部52は、算出された処理対象の撮影画像の相対的な撮影位置および撮影姿勢と、対応点情報および位置姿勢情報とを位置算出部53に供給する。
- [0230] なお、これらのステップS112およびステップS113では、図11のステップS82およびステップS83と同様の処理が行われる。
- [0231] また、1つ目の参照撮影画像に対する処理対象の撮影画像の相対的な撮影位置および撮影姿勢が算出されると、その後、ステップS114およびステップS115の処理が行われるが、これらの処理はステップS112およびステップS113の処理と同様であるので、その説明は省略する。すなわち、ステップS114およびステップS115では、2つ目の参照撮影画像に対する処理対象の撮影画像の相対的な撮影位置および撮影姿勢が算出される。
- [0232] ステップS116において、位置算出部53は、相対位置姿勢算出部52から供給された相対的な撮影位置および撮影姿勢の算出結果と、位置姿勢情報とに基づいて処理対象の撮影画像の基準空間における撮影位置を算出する。
- [0233] 例えば位置算出部53は、1つ目の参照撮影画像に対する処理対象の撮影画像の相対的な撮影位置と、1つ目の参照撮影画像の位置姿勢情報とから、基準空間における1つ目の参照撮影画像の撮影位置と、処理対象の撮影画像の撮影位置とを結ぶ直線を1つ目の検出直線として算出する。同様にして、位置算出部53は、2つ目の参照撮影画像についても基準空間における2つ目の参照撮影画像の撮影位置と、処理対象の撮影画像の撮影位置とを結ぶ直線を2つ目の検出直線として算出する。これらの2つの検出直線は、例えば図6に示した直線L11と直線L12に対応する。
- [0234] そして、位置算出部53は、1つ目の検出直線と2つ目の検出直線との基準空間上における交点位置を算出し、その交点位置を基準空間における処理対象の撮影画像の撮影位置とする。なお、より詳細には実際に検出直線が算

出される必要はなく、演算により基準空間における2つの検出直線の交点位置が算出されればよい。

[0235] また、1つ目の検出直線と2つ目の検出直線とが交点をもたないときには、それらの検出直線に最も近い位置、つまりそれらの直線からの距離が最も短い位置を最小二乗法で算出し、その算出結果として得られた位置が、基準空間における処理対象の撮影画像の撮影位置とされる。

[0236] さらに、ここでは参照撮影画像が2つである場合について説明したが、参照撮影画像は3以上であってもよい。そのような場合には、各参照撮影画像ごとに検出直線が算出され、それらの検出直線に基づいて、最小二乗法やRAN SAC法などにより、処理対象の撮影画像の撮影位置を算出すればよい。

[0237] 位置算出部53は、このようにして得られた処理対象の撮影画像の基準空間上の撮影位置、各参照撮影画像について算出された処理対象の撮影画像の相対的な撮影姿勢、対応点情報、および位置姿勢情報を姿勢算出部54に供給する。

[0238] ステップS117において、姿勢算出部54は、位置算出部53から供給された処理対象の撮影画像の相対的な撮影姿勢、および参照撮影画像の位置姿勢情報に基づいて、基準空間における処理対象の撮影画像の撮影姿勢を算出する。

[0239] 例えば姿勢算出部54は、1つ目の参照撮影画像の位置姿勢情報と、1つ目の参照撮影画像に対する処理対象の撮影画像の相対的な撮影姿勢とから、基準空間における処理対象の撮影画像の撮影姿勢を算出する。

[0240] 同様にして、姿勢算出部54は、2つ目の参照撮影画像の位置姿勢情報と、2つ目の参照撮影画像に対する処理対象の撮影画像の相対的な撮影姿勢とから、基準空間における処理対象の撮影画像の撮影姿勢を算出する。

[0241] そして、姿勢算出部54は、処理対象の撮影画像について算出された、基準空間における2つの撮影姿勢の少なくとも何れか一方を用いて、処理対象の撮影画像の最終的な、基準空間における撮影姿勢を算出する。例えば2つの参照撮影画像のうち、より処理対象の撮影画像の撮影位置に近い位置に撮

影位置がある参照撮影画像について算出した、処理対象の撮影画像の撮影姿勢が、最終的な撮影姿勢とされるようにしてもよい。これは、処理対象の撮影画像の撮影位置に撮影位置に近い撮影画像ほど、より多くの対応点があるはずであり、より高精度に撮影画像の撮影姿勢を算出することができるからである。

[0242] また、例えば2つの参照撮影画像について算出した、基準空間における処理対象の撮影画像の撮影姿勢の平均値や重み付け加算値などが処理対象の撮影画像の最終的な、基準空間における撮影姿勢とされるようにしてもよい。

[0243] このようにして処理対象の撮影画像の撮影位置および撮影姿勢が算出されると、姿勢算出部54は、基準空間における処理対象の撮影画像の撮影位置および撮影姿勢と、対応点情報とをランドマーク位置算出部26に供給する。

[0244] また、基準空間における処理対象の撮影画像の撮影位置および撮影姿勢が算出されると、その後、ステップS118およびステップS119の処理が行われて零点共通推定手法による位置姿勢推定処理は終了し、処理は図9のステップS18へと進む。

[0245] なお、これらのステップS118およびステップS119の処理は図10のステップS54およびステップS55の処理と同様であるので、その説明は省略する。

[0246] 以上のようにして、画像処理装置11は、零点共通推定手法により処理対象の撮影画像の撮影位置および撮影姿勢を算出する。このように、零点共通推定手法を用いれば、より堅強に、かつより広範囲な撮影条件で撮影画像の撮影位置および撮影姿勢を推定することができる。

[0247] なお、以上において説明した零点共通推定手法による位置姿勢推定処理では、基準空間における撮影位置および撮影姿勢が既知である2つの撮影画像が参照撮影画像とされると説明した。しかし、参照撮影画像の撮影位置は、参照撮影画像を選択する時点で既知である必要はなく、基準空間における撮影位置および撮影姿勢を算出することが可能な撮影画像を参照撮影画像とす

るようにしてもよい。すなわち、参照撮影画像とされる撮影画像は、最終的に、基準空間における処理対象の撮影画像の撮影位置および撮影姿勢を推定することができる撮影画像であればよい。

[0248] 〈第2の実施の形態〉

〈再生処理の説明〉

なお、以上においては、4点共通推定手法、1点共通推定手法、または零点共通推定手法の何れか1つの推定手法により処理対象の撮影画像の撮影位置および撮影姿勢が推定される例について説明した。しかし、例えばそれらの3つの推定手法で処理対象の撮影画像の撮影位置および撮影姿勢が算出され、それらの算出結果のなかから、最も確からしいものを最終的な算出結果として採用するようにしてもよい。

[0249] そのような場合、例えば図13に示す再生処理が行われる。以下、図13のフローチャートを参照して、画像処理装置11による再生処理について説明する。

[0250] なお、ステップS141乃至ステップS148の処理は、図9におけるステップS11乃至ステップS18の処理と同様であるので、その説明は省略する。

[0251] ステップS148において、まだ全ての撮影画像の撮影位置および撮影姿勢を推定していないと判定された場合、ステップS149において、画像処理装置11は4点共通推定手法による位置姿勢推定処理を行う。なお、このステップS149の処理は、図9のステップS20の処理、つまり図10を参照して説明した処理と同様であるので、その説明は省略する。

[0252] 但し、ステップS149の時点では、非線形最適化部27は、4点共通推定手法により推定された位置姿勢情報およびランドマーク情報を記録部24に供給せずに保持している。

[0253] また、ステップS150において、画像処理装置11は1点共通推定手法による位置姿勢推定処理を行う。なお、このステップS150の処理は、図9のステップS22の処理、つまり図11を参照して説明した処理と同様で

あるので、その説明は省略する。

- [0254] 但し、ステップS 1 5 0の時点では、非線形最適化部 2 7は、1点共通推定手法により推定された位置姿勢情報およびランドマーク情報を記録部 2 4に供給せずに保持している。
- [0255] ステップS 1 5 1において、画像処理装置 1 1は零点共通推定手法による位置姿勢推定処理を行う。なお、このステップS 1 5 1の処理は、図 9のステップS 2 3の処理、つまり図 1 2を参照して説明した処理と同様であるので、その説明は省略する。
- [0256] 但し、ステップS 1 5 1の時点では、非線形最適化部 2 7は、零点共通推定手法により推定された位置姿勢情報およびランドマーク情報を記録部 2 4に供給せずに保持している。
- [0257] また、ステップS 1 4 9乃至ステップS 1 5 1では、同一の撮影画像が処理対象の撮影画像として選択され、処理対象の撮影画像の撮影位置および撮影姿勢が算出される。
- [0258] ステップS 1 5 2において、非線形最適化部 2 7はステップS 1 4 9乃至ステップS 1 5 1の各処理で得られた処理対象の撮影画像の撮影位置および撮影姿勢とランドマーク位置とに基づいて、再投影誤差が最小となる撮影位置および撮影姿勢を、基準空間における処理対象の撮影画像の最終的な撮影位置および撮影姿勢として採用する。
- [0259] すなわち、非線形最適化部 2 7は各推定手法で得られたランドマークの位置と、処理対象の撮影画像の撮影位置および撮影姿勢とに基づいて、ランドマークを投影面上に投影し、その投影位置と、ランドマークに対応する撮影画像の対応点の投影面における位置との誤差を算出する。
- [0260] 非線形最適化部 2 7は、ランドマークごとに算出した誤差の平均値等を評価値として算出し、各推定手法のうちの最も評価値が小さいもの、つまり最も誤差が小さい推定手法を選択する。非線形最適化部 2 7は、このようにして選択した推定手法により得られた処理対象の撮影画像の撮影位置および撮影姿勢を、最終的な撮影位置および撮影姿勢として採用する。これにより、

各推定手法のうち、最も高精度に撮影位置および撮影姿勢が推定されたものが採用されたことになる。

[0261] また、非線形最適化部 27 は、最終的に得られた基準空間における処理対象の撮影画像の撮影位置および撮影姿勢を示す位置姿勢情報と、その位置姿勢情報とともに算出されたランドマーク情報とを記録部 24 に供給し、記録させる。

[0262] 非線形最適化部 27 により処理対象の撮影画像の最終的な撮影位置および撮影姿勢が推定されると、その後、処理はステップ S 148 に戻り、上述した処理が繰り返し行われる。

[0263] また、ステップ S 148 において、全ての撮影画像の撮影位置および撮影姿勢を推定したと判定されると、その後、ステップ S 153 およびステップ S 154 の処理が行われて再生処理は終了するが、これらの処理は図 9 のステップ S 24 およびステップ S 25 の処理と同様であるので、その説明は省略する。

[0264] 以上のようにして、画像処理装置 11 は、各推定手法により処理対象の撮影画像の撮影位置および撮影姿勢を算出し、それらの算出結果から最も算出精度が高いものを最終的な撮影位置および撮影姿勢として採用する。これにより、より堅強かつ高精度に、またより広範囲な撮影条件で処理対象の撮影画像の撮影位置および撮影姿勢を推定することができるようになる。

[0265] なお、ここでは 3 つの推定手法で撮影画像の撮影位置および撮影姿勢を算出し、最も算出精度の高いものを選択する例について説明したが、2 以上の異なる推定手法で撮影画像の撮影位置および撮影姿勢を算出し、最も算出精度の高いものを選択するようにしてもよい。

[0266] ところで、上述した一連の処理は、ハードウェアにより実行することもできるし、ソフトウェアにより実行することもできる。一連の処理をソフトウェアにより実行する場合には、そのソフトウェアを構成するプログラムが、コンピュータにインストールされる。ここで、コンピュータには、専用のハードウェアに組み込まれているコンピュータや、各種のプログラムをインス

トールすることで、各種の機能を実行することが可能な、例えば汎用のパーソナルコンピュータなどが含まれる。

[0267] 図14は、上述した一連の処理をプログラムにより実行するコンピュータのハードウェアの構成例を示すブロック図である。

[0268] コンピュータにおいて、CPU (Central Processing Unit) 501, ROM (Read Only Memory) 502, RAM (Random Access Memory) 503は、バス504により相互に接続されている。

[0269] バス504には、さらに、入出力インターフェース505が接続されている。入出力インターフェース505には、入力部506、出力部507、記録部508、通信部509、及びドライブ510が接続されている。

[0270] 入力部506は、キーボード、マウス、マイクロフォン、撮像素子などよりなる。出力部507は、ディスプレイ、スピーカなどよりなる。記録部508は、ハードディスクや不揮発性のメモリなどよりなる。通信部509は、ネットワークインターフェースなどよりなる。ドライブ510は、磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスク、又は半導体メモリなどのリムーバブル記録媒体511を駆動する。

[0271] 以上のように構成されるコンピュータでは、CPU501が、例えば、記録部508に記録されているプログラムを、入出力インターフェース505及びバス504を介して、RAM503にロードして実行することにより、上述した一連の処理が行われる。

[0272] コンピュータ (CPU501) が実行するプログラムは、例えば、パッケージメディア等としてのリムーバブル記録媒体511に記録して提供することができる。また、プログラムは、ローカルエリアネットワーク、インターネット、デジタル衛星放送といった、有線または無線の伝送媒体を介して提供することができる。

[0273] コンピュータでは、プログラムは、リムーバブル記録媒体511をドライブ510に装着することにより、入出力インターフェース505を介して、記録部508にインストールすることができる。また、プログラムは、有線

または無線の伝送媒体を介して、通信部509で受信し、記録部508にインストールすることができる。その他、プログラムは、ROM502や記録部508に、あらかじめインストールしておくことができる。

[0274] なお、コンピュータが実行するプログラムは、本明細書で説明する順序に沿って時系列に処理が行われるプログラムであっても良いし、並列に、あるいは呼び出しが行われたとき等の必要なタイミングで処理が行われるプログラムであっても良い。

[0275] また、本技術の実施の形態は、上述した実施の形態に限定されるものではなく、本技術の要旨を逸脱しない範囲において種々の変更が可能である。

[0276] 例えば、本技術は、1つの機能をネットワークを介して複数の装置で分担、共同して処理するクラウドコンピューティングの構成をとることができる。

[0277] また、上述のフローチャートで説明した各ステップは、1つの装置で実行する他、複数の装置で分担して実行することができる。

[0278] さらに、1つのステップに複数の処理が含まれる場合には、その1つのステップに含まれる複数の処理は、1つの装置で実行する他、複数の装置で分担して実行することができる。

[0279] さらに、本技術は、以下の構成とすることも可能である。

[0280] (1)

少なくとも第1の撮影位置および第1の撮影姿勢で撮影された第1の撮影画像と、第2の撮影位置および第2の撮影姿勢で撮影された第2の撮影画像と、第3の撮影位置および第3の撮影姿勢で撮影された第3の撮影画像とを含む複数の撮影画像について、撮影位置および撮影姿勢を推定する情報処理方法であって、

基準空間において前記第1の撮影位置および前記第1の撮影姿勢と、前記第2の撮影位置および前記第2の撮影姿勢とを推定可能な場合に、

前記第2の撮影画像および前記第3の撮影画像にそれぞれ含まれ、かつ共通する画像中の対応点に基づいて、前記第2の撮影位置と前記第3の撮影位

置との間の相対的な位置関係を推定し、

前記第2の撮影位置と前記第3の撮影位置との間の相対的な位置関係と、前記第1の撮影画像および前記第3の撮影画像にそれぞれ含まれ、かつ共通する画像中の対応点とに基づいて、前記基準空間における前記第1の撮影位置および前記第1の撮影姿勢、前記第2の撮影位置および前記第2の撮影姿勢、並びに前記第3の撮影位置および前記第3の撮影姿勢を推定する

ステップを含む情報処理方法。

(2)

前記第2の撮影画像と前記第3の撮影画像とは、少なくとも5以上の共通する前記対応点を有する

(1)に記載の情報処理方法。

(3)

前記第1の撮影画像および前記第3の撮影画像にそれぞれ含まれ、かつ共通する画像中の前記対応点に基づいて、前記第1の撮影位置と前記第3の撮影位置との間の相対的な位置関係をさらに推定し、

前記第2の撮影位置と前記第3の撮影位置との間の相対的な位置関係と、前記第1の撮影位置と前記第3の撮影位置との間の相対的な位置関係とに基づいて、前記基準空間における前記第1の撮影位置および前記第1の撮影姿勢、前記第2の撮影位置および前記第2の撮影姿勢、並びに前記第3の撮影位置および前記第3の撮影姿勢を推定する

(1)または(2)に記載の情報処理方法。

(4)

前記第1の撮影画像と前記第3の撮影画像とは、少なくとも5以上の共通する前記対応点を有する

(3)に記載の情報処理方法。

(5)

前記第2の撮影位置と前記第3の撮影位置との間の相対的な位置関係により定まる前記第2の撮影位置および前記第3の撮影位置を結ぶ第1の直線と

、前記第 1 の撮影位置と前記第 3 の撮影位置との間の相対的な位置関係により定まる前記第 1 の撮影位置および前記第 3 の撮影位置を結ぶ第 2 の直線との交点位置、または前記第 1 の直線および前記第 2 の直線から最も近い位置を算出することで、前記基準空間における前記第 3 の撮影位置を推定する

(3) または (4) に記載の情報処理方法。

(6)

前記第 2 の撮影画像および前記第 3 の撮影画像にそれぞれ含まれる共通する前記対応点に基づく前記第 3 の撮影姿勢の推定結果と、前記第 1 の撮影画像および前記第 3 の撮影画像にそれぞれ含まれる共通する前記対応点に基づく前記第 3 の撮影姿勢の推定結果との少なくとも何れかに基づいて、前記基準空間における前記第 3 の撮影姿勢を推定する

(3) 乃至 (5) の何れか一項に記載の情報処理方法。

(7)

前記第 2 の撮影位置と前記第 3 の撮影位置との間の相対的な位置関係と、前記第 1 の撮影画像、前記第 2 の撮影画像、および前記第 3 の撮影画像にそれぞれ含まれ、かつ共通する画像中の対応点とに基づいて、前記基準空間における前記第 3 の撮影位置を推定する

(1) または (2) に記載の情報処理方法。

(8)

前記第 1 の撮影画像、前記第 2 の撮影画像、および前記第 3 の撮影画像は互いに異なる撮影部により撮影された画像である

(1) 乃至 (7) の何れか一項に記載の情報処理方法。

(9)

前記第 1 の撮影画像、前記第 2 の撮影画像、および前記第 3 の撮影画像は同一の撮影部により撮影された画像である

(1) 乃至 (7) の何れか一項に記載の情報処理方法。

(10)

前記基準空間における前記第 3 の撮影位置および前記第 3 の撮影姿勢と、

前記第3の撮影画像とに基づいて所定の画像処理をさらに行う

(1) 乃至(9)の何れか一項に記載の情報処理方法。

(11)

前記第1の撮影位置、前記第2の撮影位置、および前記第3の撮影位置の間の位置関係に基づいて、前記第1の撮影画像、前記第2の撮影画像、および前記第3の撮影画像を用いた再生処理をさらに行う

(1) 乃至(9)の何れか一項に記載の情報処理方法。

(12)

少なくとも第1の撮影位置および第1の撮影姿勢で撮影された第1の撮影画像と、第2の撮影位置および第2の撮影姿勢で撮影された第2の撮影画像と、第3の撮影位置および第3の撮影姿勢で撮影された第3の撮影画像とを含む複数の撮影画像について、撮影位置および撮影姿勢を推定する情報処理装置であって、

基準空間において前記第1の撮影位置および前記第1の撮影姿勢と、前記第2の撮影位置および前記第2の撮影姿勢とを推定可能な場合に、

前記第2の撮影画像および前記第3の撮影画像にそれぞれ含まれ、かつ共通する画像中の対応点に基づいて、前記第2の撮影位置と前記第3の撮影位置との間の相対的な位置関係を推定する相対位置関係推定部と、

前記第2の撮影位置と前記第3の撮影位置との間の相対的な位置関係と、前記第1の撮影画像および前記第3の撮影画像にそれぞれ含まれ、かつ共通する画像中の対応点とに基づいて、前記基準空間における前記第1の撮影位置および前記第1の撮影姿勢、前記第2の撮影位置および前記第2の撮影姿勢、並びに前記第3の撮影位置および前記第3の撮影姿勢を推定する位置姿勢推定部と

を備える情報処理装置。

(13)

少なくとも第1の撮影位置および第1の撮影姿勢で撮影された第1の撮影画像と、第2の撮影位置および第2の撮影姿勢で撮影された第2の撮影画像

と、第3の撮影位置および第3の撮影姿勢で撮影された第3の撮影画像とを含む複数の撮影画像について、撮影位置および撮影姿勢を推定する画像処理装置を制御するコンピュータに、

基準空間において前記第1の撮影位置および前記第1の撮影姿勢と、前記第2の撮影位置および前記第2の撮影姿勢とを推定可能な場合に、

前記第2の撮影画像および前記第3の撮影画像にそれぞれ含まれ、かつ共通する画像中の対応点に基づいて、前記第2の撮影位置と前記第3の撮影位置との間の相対的な位置関係を推定し、

前記第2の撮影位置と前記第3の撮影位置との間の相対的な位置関係と、前記第1の撮影画像および前記第3の撮影画像にそれぞれ含まれ、かつ共通する画像中の対応点とに基づいて、前記基準空間における前記第1の撮影位置および前記第1の撮影姿勢、前記第2の撮影位置および前記第2の撮影姿勢、並びに前記第3の撮影位置および前記第3の撮影姿勢を推定する

ステップを含む処理を実行させるプログラム。

符号の説明

[0281] 11 画像処理装置, 21 画像取得部, 22 特徴点検出部, 23 対応点検出部, 24 記録部, 25 位置姿勢算出部, 26 ランドマーク位置算出部, 27 非線形最適化部, 30 画像処理部, 46 対応画像選択部, 47 基礎行列算出部, 48 相対位置姿勢算出部, 49 位置算出部, 50 対応画像選択部, 51 基礎行列算出部, 52 相対位置姿勢算出部, 53 位置算出部, 54 姿勢算出部

請求の範囲

[請求項1]

少なくとも第1の撮影位置および第1の撮影姿勢で撮影された第1の撮影画像と、第2の撮影位置および第2の撮影姿勢で撮影された第2の撮影画像と、第3の撮影位置および第3の撮影姿勢で撮影された第3の撮影画像とを含む複数の撮影画像について、撮影位置および撮影姿勢を推定する情報処理方法であって、

基準空間において前記第1の撮影位置および前記第1の撮影姿勢と、前記第2の撮影位置および前記第2の撮影姿勢とを推定可能な場合に、

前記第2の撮影画像および前記第3の撮影画像にそれぞれ含まれ、かつ共通する画像中の対応点に基づいて、前記第2の撮影位置と前記第3の撮影位置との間の相対的な位置関係を推定し、

前記第2の撮影位置と前記第3の撮影位置との間の相対的な位置関係と、前記第1の撮影画像および前記第3の撮影画像にそれぞれ含まれ、かつ共通する画像中の対応点とに基づいて、前記基準空間における前記第1の撮影位置および前記第1の撮影姿勢、前記第2の撮影位置および前記第2の撮影姿勢、並びに前記第3の撮影位置および前記第3の撮影姿勢を推定する

ステップを含む情報処理方法。

[請求項2]

前記第2の撮影画像と前記第3の撮影画像とは、少なくとも5以上の共通する前記対応点を有する

請求項1に記載の情報処理方法。

[請求項3]

前記第1の撮影画像および前記第3の撮影画像にそれぞれ含まれ、かつ共通する画像中の前記対応点に基づいて、前記第1の撮影位置と前記第3の撮影位置との間の相対的な位置関係をさらに推定し、

前記第2の撮影位置と前記第3の撮影位置との間の相対的な位置関係と、前記第1の撮影位置と前記第3の撮影位置との間の相対的な位置関係とに基づいて、前記基準空間における前記第1の撮影位置およ

び前記第1の撮影姿勢、前記第2の撮影位置および前記第2の撮影姿勢、並びに前記第3の撮影位置および前記第3の撮影姿勢を推定する請求項1に記載の情報処理方法。

[請求項4] 前記第1の撮影画像と前記第3の撮影画像とは、少なくとも5以上の共通する前記対応点を有する請求項3に記載の情報処理方法。

[請求項5] 前記第2の撮影位置と前記第3の撮影位置との間の相対的な位置関係により定まる前記第2の撮影位置および前記第3の撮影位置を結ぶ第1の直線と、前記第1の撮影位置と前記第3の撮影位置との間の相対的な位置関係により定まる前記第1の撮影位置および前記第3の撮影位置を結ぶ第2の直線との交点位置、または前記第1の直線および前記第2の直線から最も近い位置を算出することで、前記基準空間における前記第3の撮影位置を推定する請求項3に記載の情報処理方法。

[請求項6] 前記第2の撮影画像および前記第3の撮影画像にそれぞれ含まれる共通する前記対応点に基づく前記第3の撮影姿勢の推定結果と、前記第1の撮影画像および前記第3の撮影画像にそれぞれ含まれる共通する前記対応点に基づく前記第3の撮影姿勢の推定結果との少なくとも何れかに基づいて、前記基準空間における前記第3の撮影姿勢を推定する請求項3に記載の情報処理方法。

[請求項7] 前記第2の撮影位置と前記第3の撮影位置との間の相対的な位置関係と、前記第1の撮影画像、前記第2の撮影画像、および前記第3の撮影画像にそれぞれ含まれ、かつ共通する画像中の対応点とに基づいて、前記基準空間における前記第3の撮影位置を推定する請求項1に記載の情報処理方法。

[請求項8] 前記第1の撮影画像、前記第2の撮影画像、および前記第3の撮影画像は互いに異なる撮影部により撮影された画像である

請求項 1 に記載の情報処理方法。

[請求項9] 前記第 1 の撮影画像、前記第 2 の撮影画像、および前記第 3 の撮影画像は同一の撮影部により撮影された画像である

請求項 1 に記載の情報処理方法。

[請求項10] 前記基準空間における前記第 3 の撮影位置および前記第 3 の撮影姿勢と、前記第 3 の撮影画像とに基づいて所定の画像処理をさらにを行う
請求項 1 に記載の情報処理方法。

[請求項11] 前記第 1 の撮影位置、前記第 2 の撮影位置、および前記第 3 の撮影位置の間の位置関係に基づいて、前記第 1 の撮影画像、前記第 2 の撮影画像、および前記第 3 の撮影画像を用いた再生処理をさらに行う
請求項 1 に記載の情報処理方法。

[請求項12] 少なくとも第 1 の撮影位置および第 1 の撮影姿勢で撮影された第 1 の撮影画像と、第 2 の撮影位置および第 2 の撮影姿勢で撮影された第 2 の撮影画像と、第 3 の撮影位置および第 3 の撮影姿勢で撮影された第 3 の撮影画像とを含む複数の撮影画像について、撮影位置および撮影姿勢を推定する情報処理装置であって、

基準空間において前記第 1 の撮影位置および前記第 1 の撮影姿勢と、前記第 2 の撮影位置および前記第 2 の撮影姿勢とを推定可能な場合に、

前記第 2 の撮影画像および前記第 3 の撮影画像にそれぞれ含まれ、かつ共通する画像中の対応点に基づいて、前記第 2 の撮影位置と前記第 3 の撮影位置との間の相対的な位置関係を推定する相対位置関係推定部と、

前記第 2 の撮影位置と前記第 3 の撮影位置との間の相対的な位置関係と、前記第 1 の撮影画像および前記第 3 の撮影画像にそれぞれ含まれ、かつ共通する画像中の対応点とに基づいて、前記基準空間における前記第 1 の撮影位置および前記第 1 の撮影姿勢、前記第 2 の撮影位置および前記第 2 の撮影姿勢、並びに前記第 3 の撮影位置および前

記第3の撮影姿勢を推定する位置姿勢推定部と
を備える情報処理装置。

[請求項13]

少なくとも第1の撮影位置および第1の撮影姿勢で撮影された第1の撮影画像と、第2の撮影位置および第2の撮影姿勢で撮影された第2の撮影画像と、第3の撮影位置および第3の撮影姿勢で撮影された第3の撮影画像とを含む複数の撮影画像について、撮影位置および撮影姿勢を推定する画像処理装置を制御するコンピュータに、

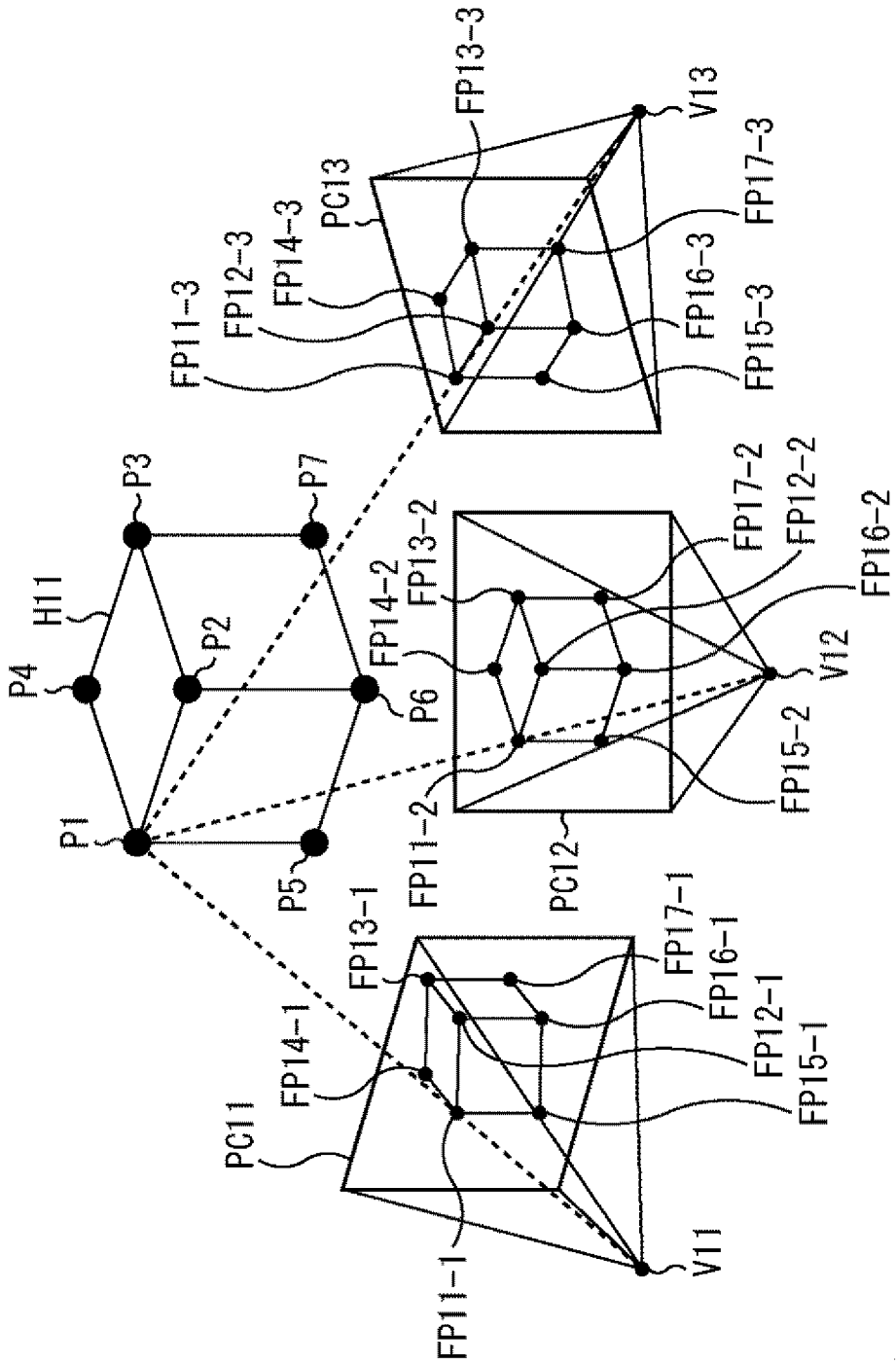
基準空間において前記第1の撮影位置および前記第1の撮影姿勢と、前記第2の撮影位置および前記第2の撮影姿勢とを推定可能な場合に、

前記第2の撮影画像および前記第3の撮影画像にそれぞれ含まれ、かつ共通する画像中の対応点に基づいて、前記第2の撮影位置と前記第3の撮影位置との間の相対的な位置関係を推定し、

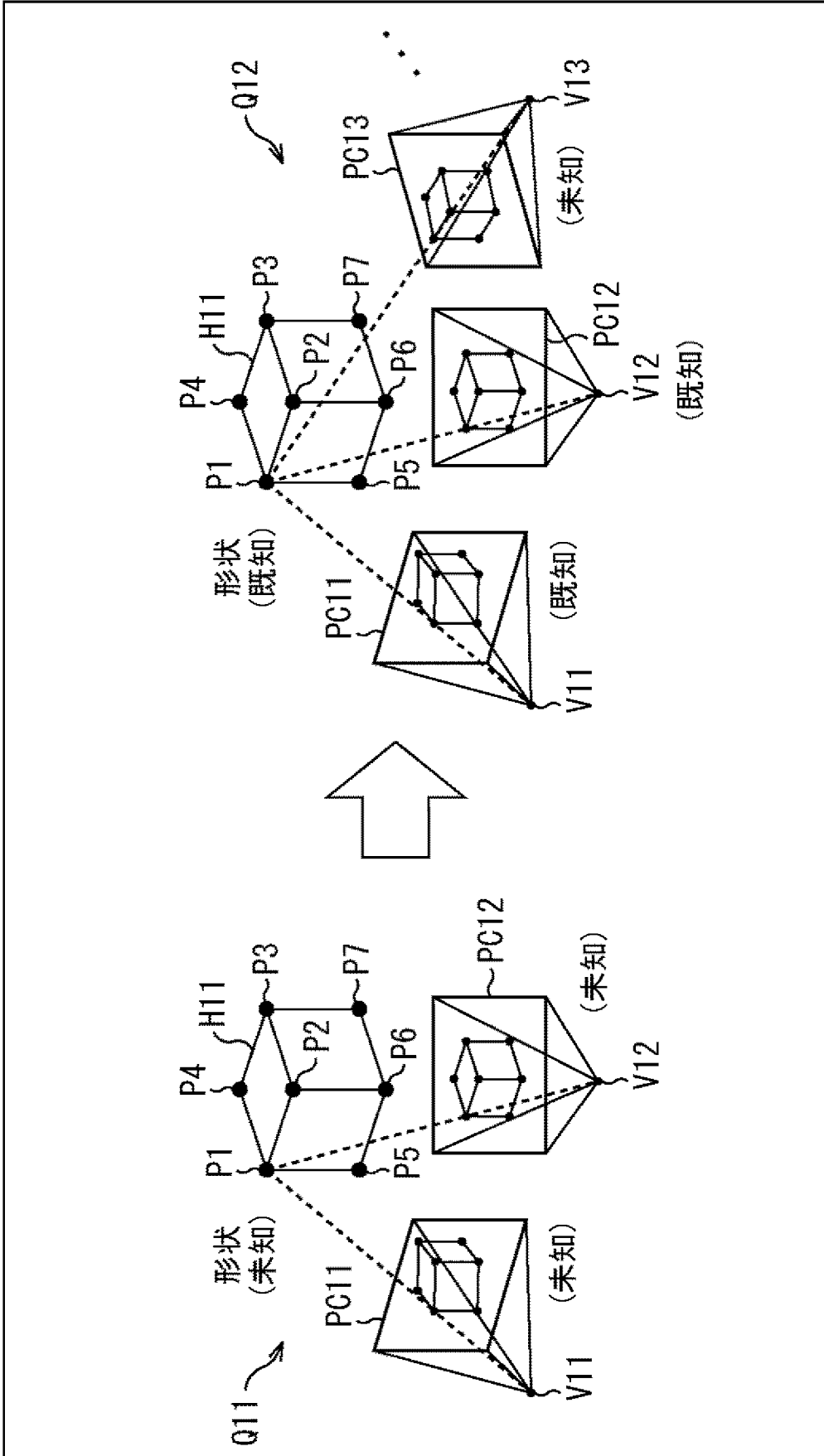
前記第2の撮影位置と前記第3の撮影位置との間の相対的な位置関係と、前記第1の撮影画像および前記第3の撮影画像にそれぞれ含まれ、かつ共通する画像中の対応点とに基づいて、前記基準空間における前記第1の撮影位置および前記第1の撮影姿勢、前記第2の撮影位置および前記第2の撮影姿勢、並びに前記第3の撮影位置および前記第3の撮影姿勢を推定する

ステップを含む処理を実行させるプログラム。

[図1]
図1

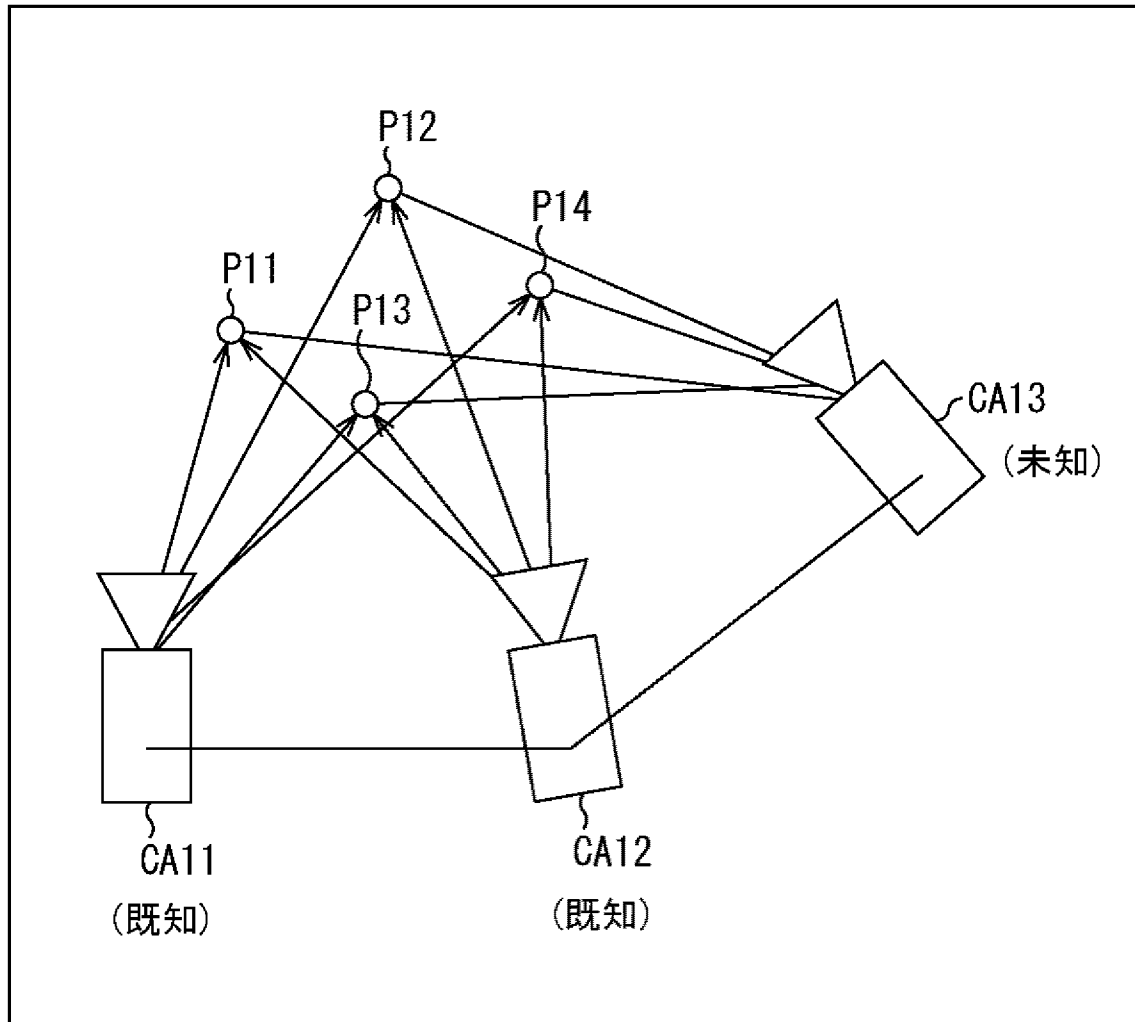


[図2]
図2



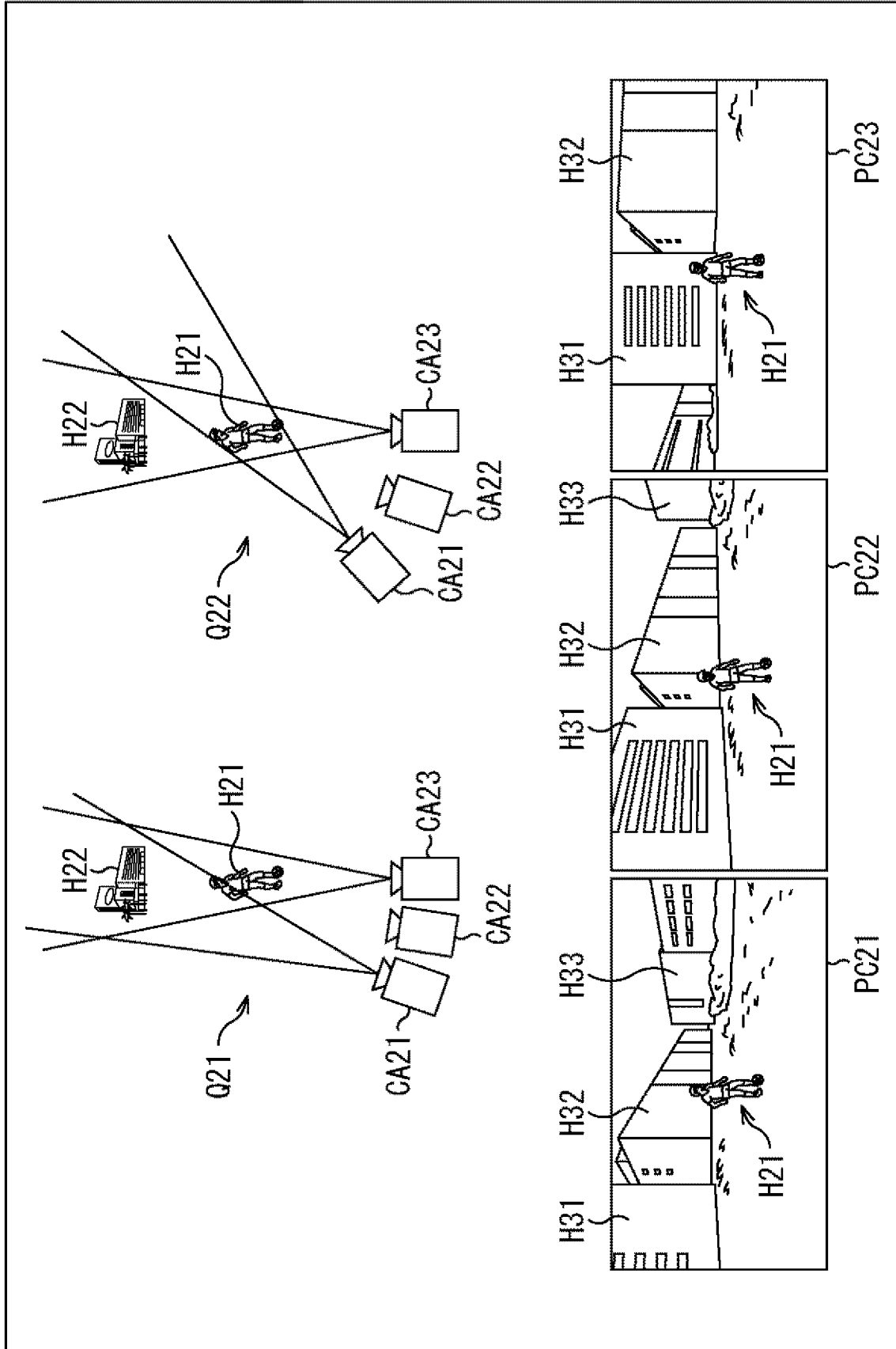
[図3]

図3



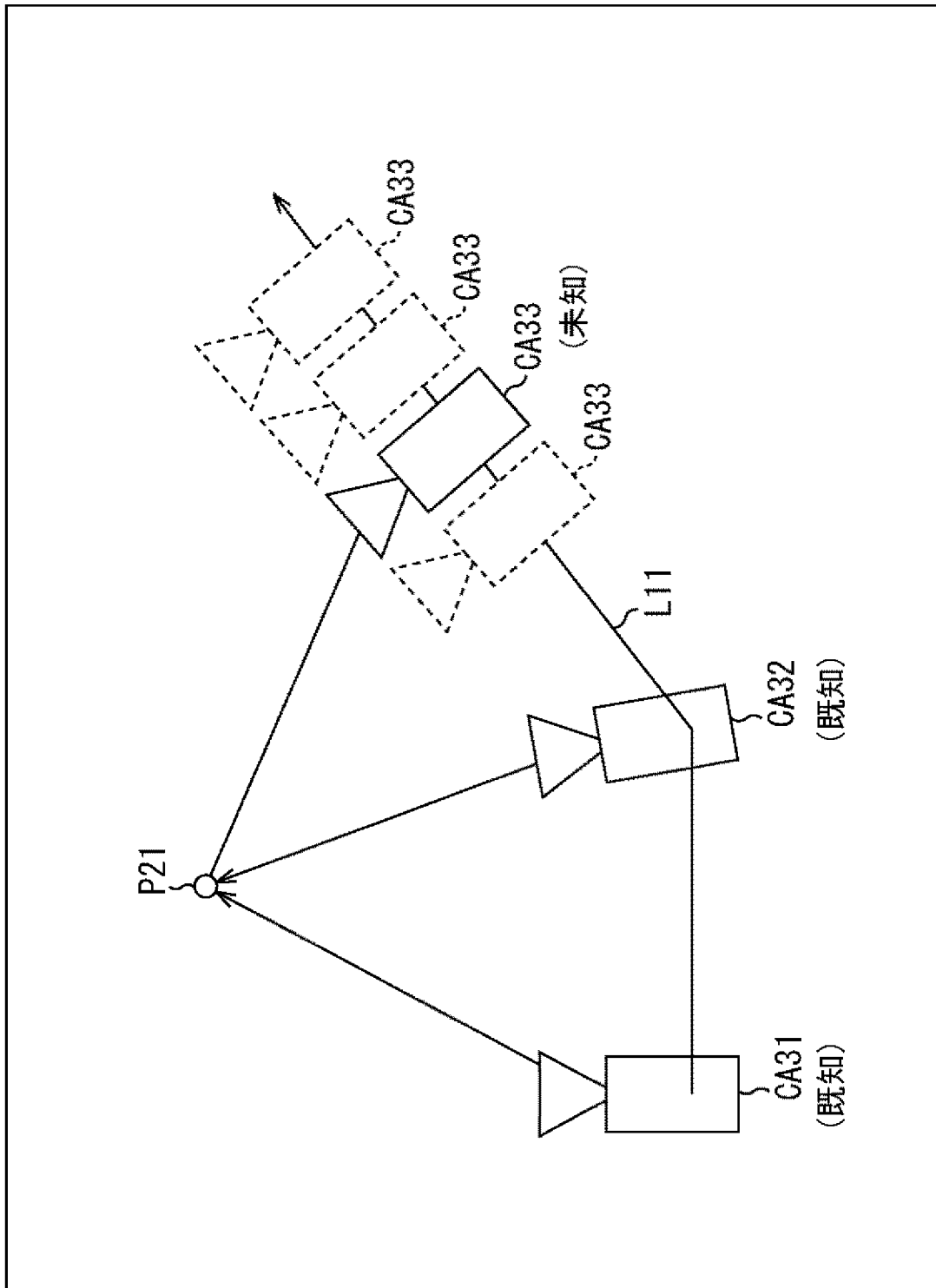
[図4]

図4

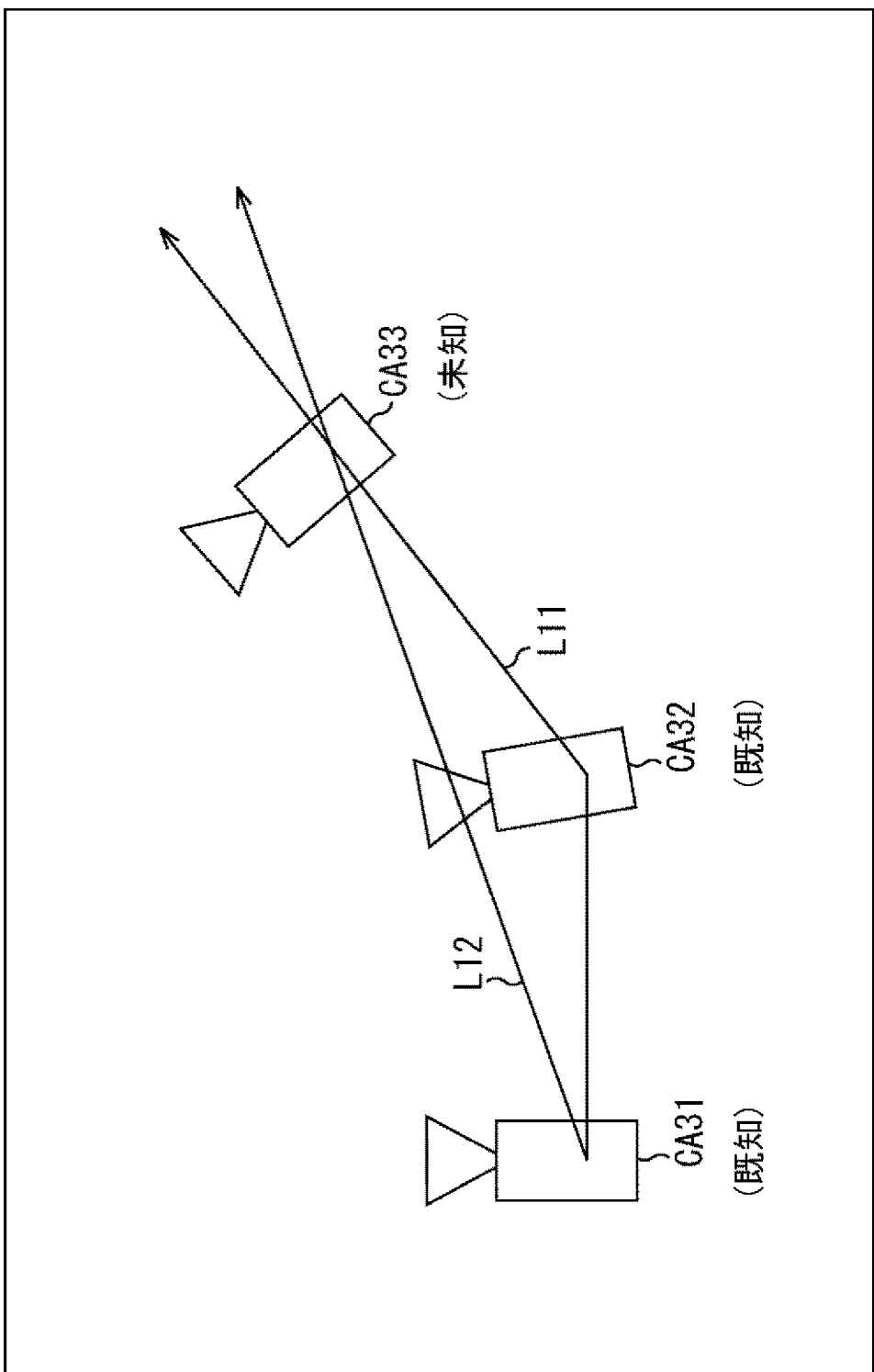


[図5]

図5



[図6]
図6

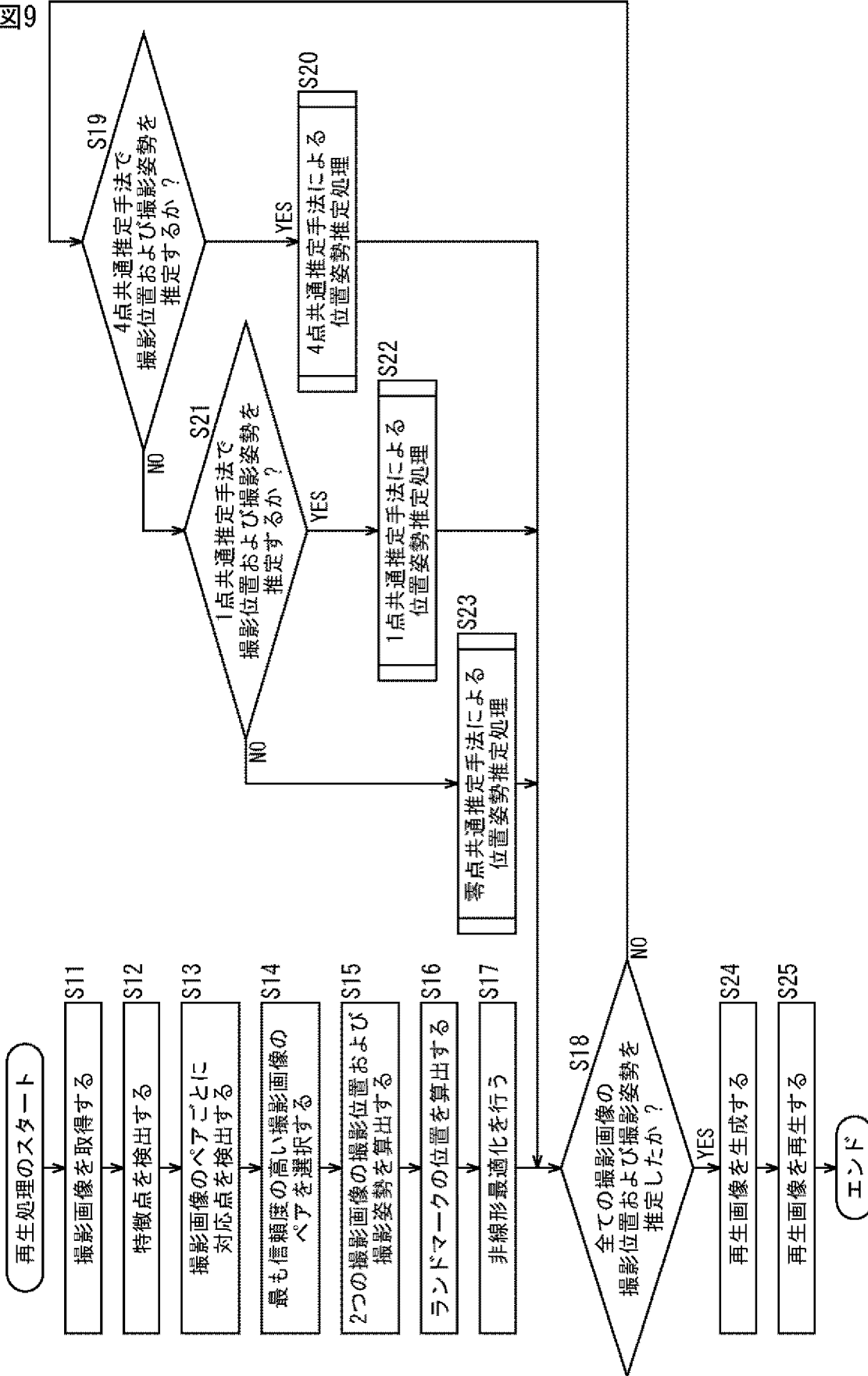


[図7]

図7

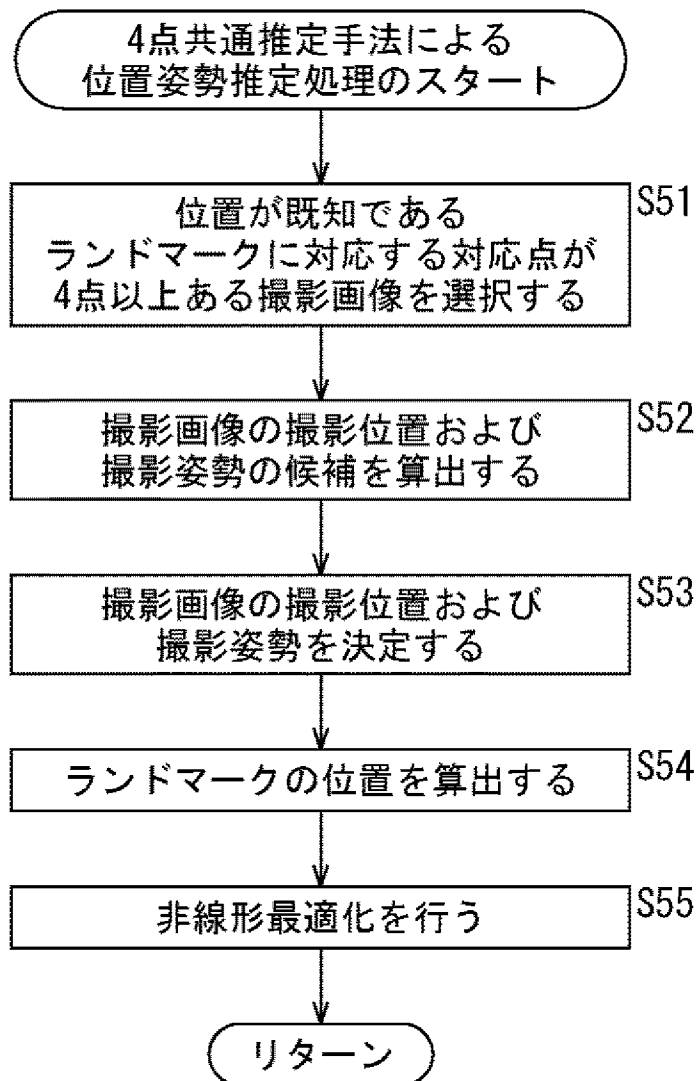
手法	3つの撮影画像で 共通する対応点数	2つの撮影画像で 共通する対応点数
4点共通 推定手法	4点	なし
1点共通 推定手法	1点	5点 (撮影画像CA31またはCA32とCA33)
零点共通 推定手法	なし	5点(撮影画像CA31とCA33) 5点(撮影画像CA32とCA33)

図9



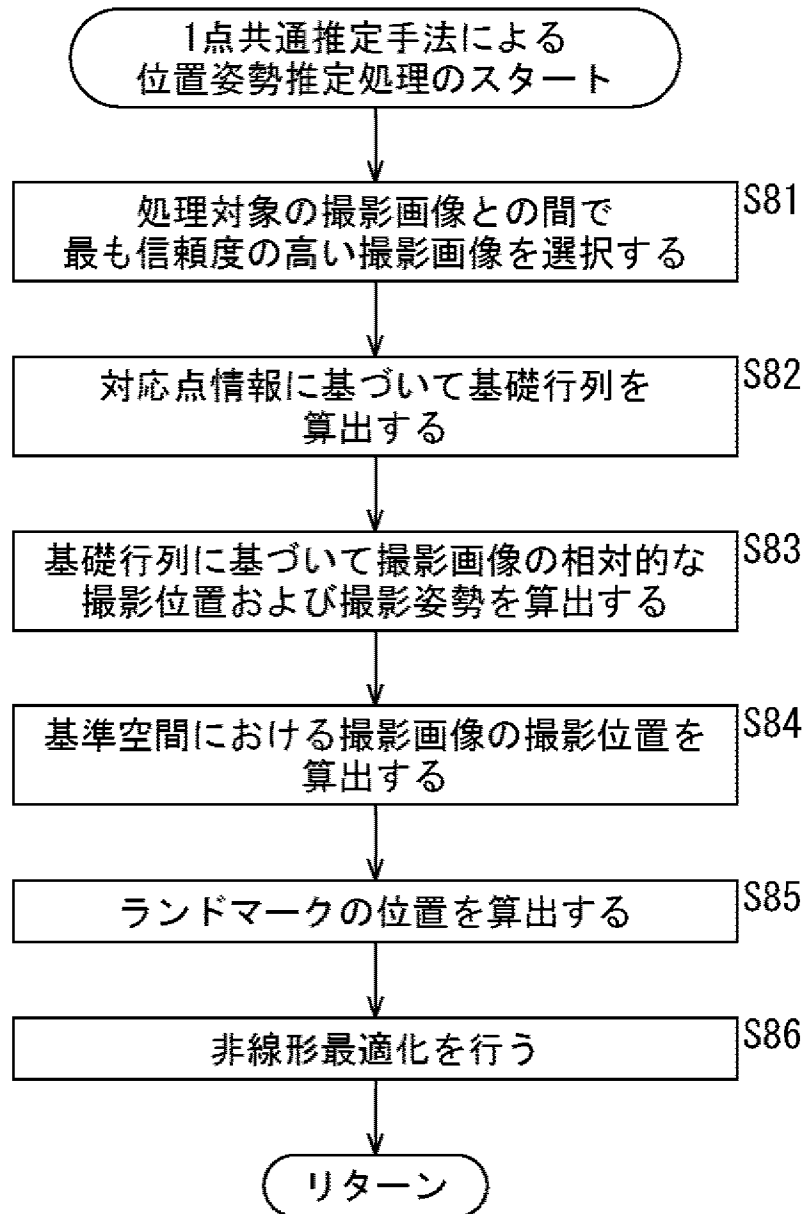
[図10]

図10



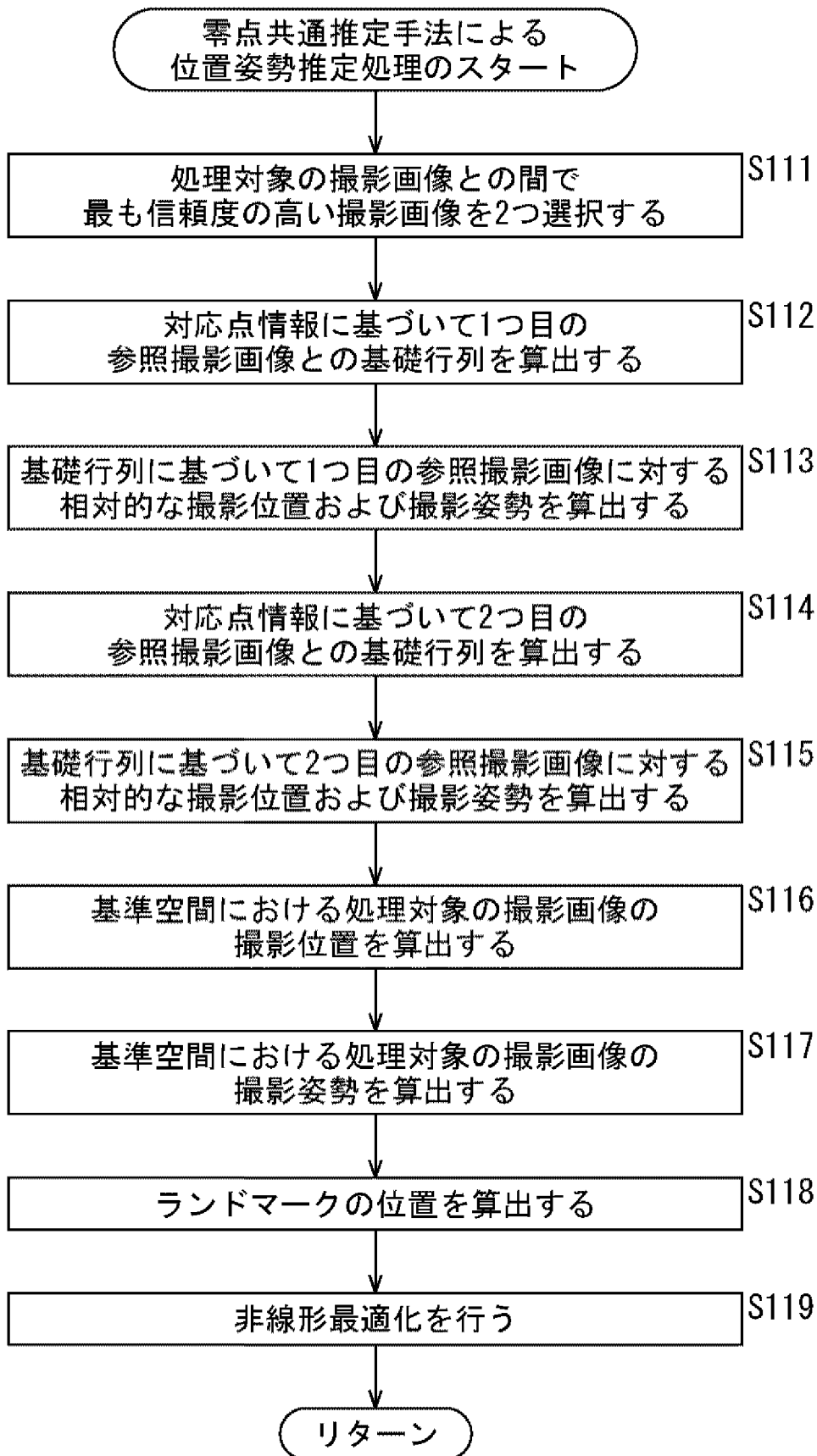
[図11]

図11



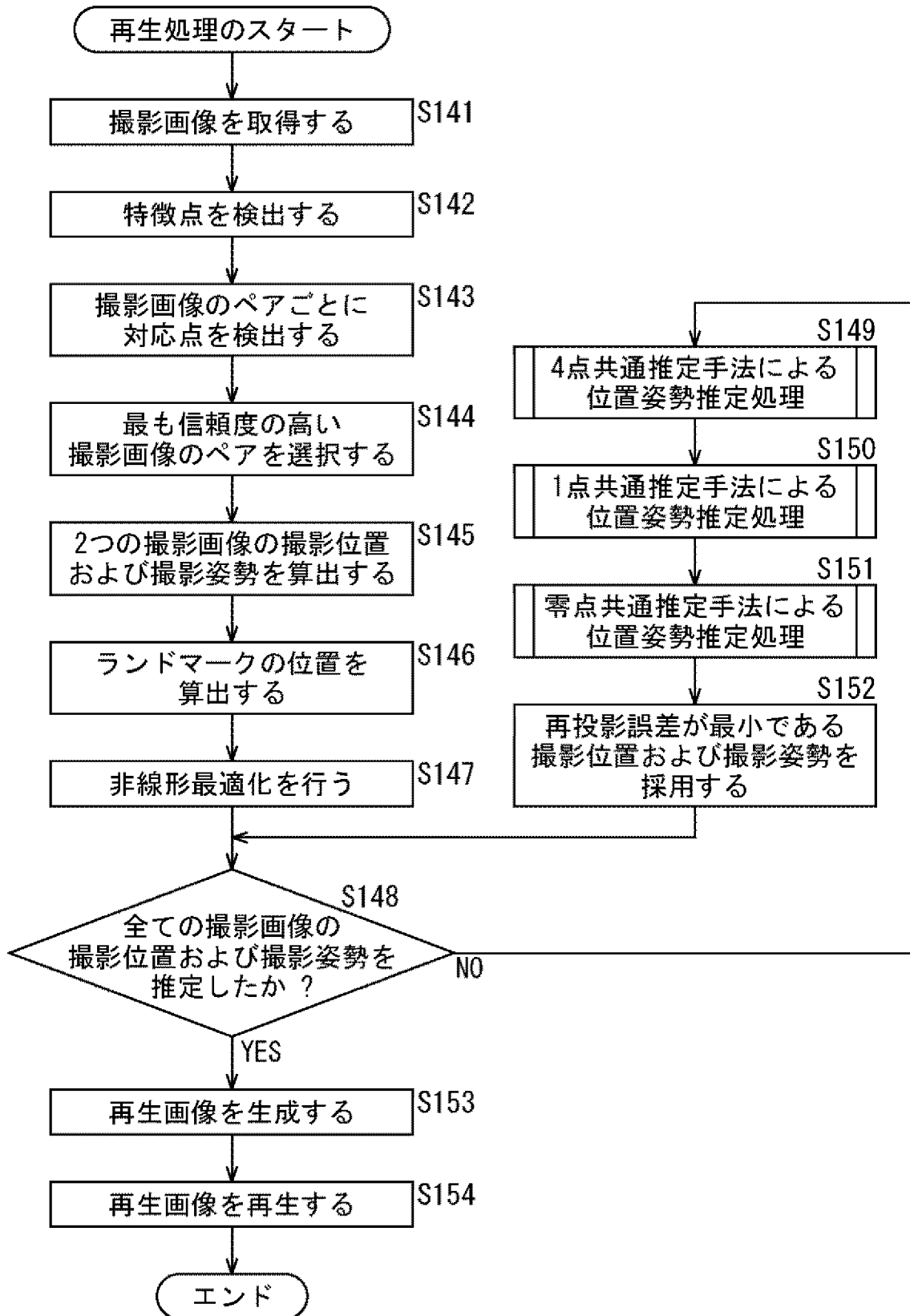
[図12]

図12

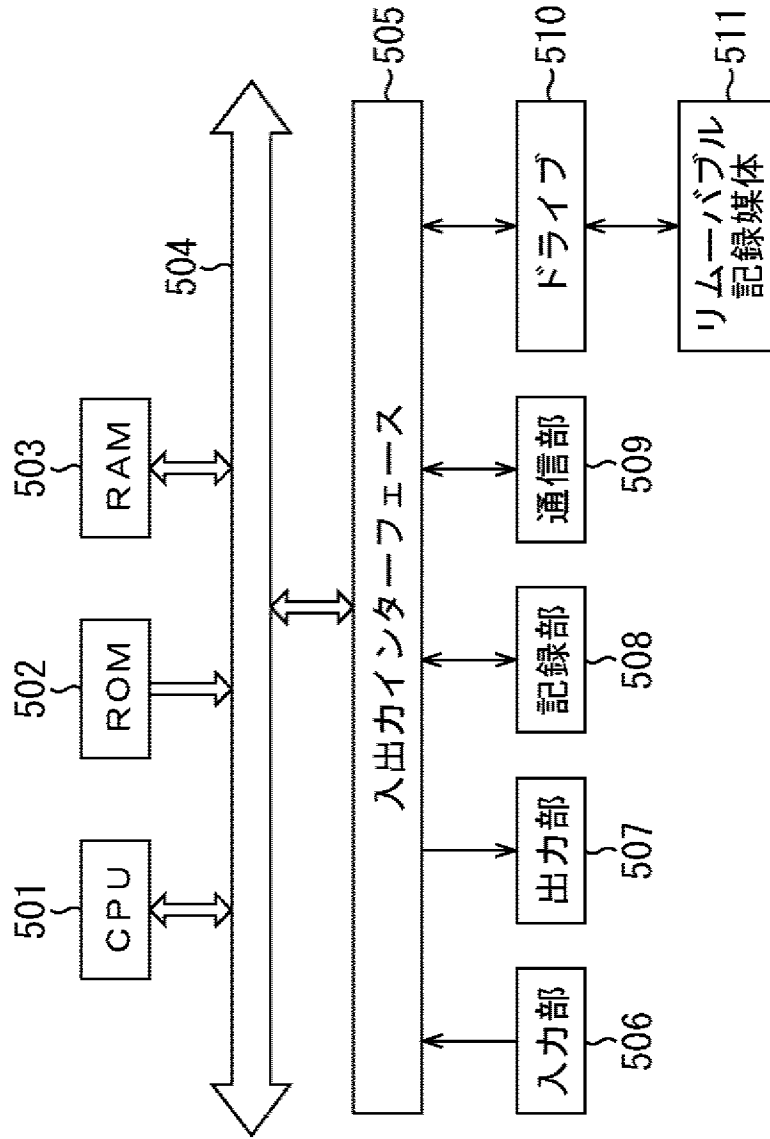


[図13]

図13



[図14]
図14



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/067193

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H04N5/232(2006.01)i, G01B11/00(2006.01)i, G01B11/26(2006.01)i, G06T7/60(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)
H04N5/232, G01B11/00, G01B11/26, G06T7/60

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.
A	WO 2014/034035 A1 (NEC Corp.), 06 March 2014 (06.03.2014), paragraphs [0022] to [0077] (Family: none)	1-13
A	JP 2013-141049 A (Hitachi, Ltd.), 18 July 2013 (18.07.2013), paragraphs [0018] to [0072] & WO 2011/118282 A1	1-13
A	JP 2000-41173 A (MR Systems Laboratory Inc.), 08 February 2000 (08.02.2000), paragraphs [0052] to [0084] (Family: none)	1-13

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 21 July 2016 (21.07.16)	Date of mailing of the international search report 02 August 2016 (02.08.16)
--	---

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 (IPC))

Int.Cl. H04N5/232(2006.01)i, G01B11/00(2006.01)i, G01B11/26(2006.01)i, G06T7/60(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 (IPC))

Int.Cl. H04N5/232, G01B11/00, G01B11/26, G06T7/60

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
A	WO 2014/034035 A1 (日本電気株式会社) 2014.03.06, 段落 0022-0077 (ファミリーなし)	1-13
A	JP 2013-141049 A (株式会社日立製作所) 2013.07.18, 段落 0018-0072 & WO 2011/118282 A1	1-13
A	JP 2000-41173 A (株式会社エム・アール・システム研究所) 2000.02.08, 段落 0052-0084 (ファミリーなし)	1-13

☐ 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

21.07.2016

国際調査報告の発送日

02.08.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
 郵便番号 100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

佐藤 直樹

5 P

9562

電話番号 03-3581-1101 内線 3581