

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2006-106929

(P2006-106929A)

(43) 公開日 平成18年4月20日(2006.4.20)

(51) Int.CI.	F 1	テーマコード (参考)
GO6T 1/00 (2006.01)	GO6T 1/00	315 2FO65
GO6T 7/20 (2006.01)	GO6T 7/20	100 5B057
GO1B 11/24 (2006.01)	GO1B 11/24	K 5L096

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2004-289879 (P2004-289879)	(71) 出願人	000004226 日本電信電話株式会社 東京都千代田区大手町二丁目3番1号
(22) 出願日	平成16年10月1日 (2004.10.1)	(74) 代理人	100096459 弁理士 橋本 剛
		(74) 代理人	100104938 弁理士 鵜澤 英久
		(72) 発明者	宮川 熊 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内
		(72) 発明者	若林 佳織 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

最終頁に続く

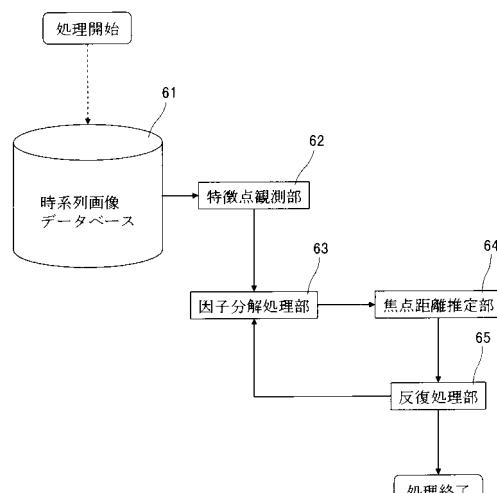
(54) 【発明の名称】パラメータ推定装置、パラメータ推定方法、及び、パラメータ推定プログラム

## (57) 【要約】

【課題】 ビデオカメラ等を使って手動操作により撮影した画像から外界の物体の空間情報を獲得、復元するときに、それぞれ焦点距離が変化するため、従来の因子分解法を利用することができますが、ピント調整のために変化する焦点距離を同時に復元しなければならないという問題を解決する。

【解決手段】 因子分解処理部63で、各画像の特徴点の時間的变化量を示す画像座標値から行列データを作成し、作成した行列データを特異値分解し雑音除去を行って運動情報を表す行列データと3次元情報を表す行列データを得て、運動情報の成分において運動を規定するために設定した条件を満足する変換行列を求め、運動情報となる行列データにこの変換行列を作用させてカメラ視点運動を復元し、3次元情報を表す行列データにこの変換行列の逆行列を作用させて物体形状を構成する3次元情報を復元し、焦点距離推定部64で焦点距離を推定する。

【選択図】 図6



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

カメラ手段によって取得した対象物の時系列画像に設定した画像座標系において、各画像の特徴点の時間的变化量を示す画像座標値を観測する特徴点観測手段と、

前記画像座標値から行列データを作成し、当該行列データから前記カメラ手段のカメラ視点運動と前記対象物の外観形状を構成する3次元形状とを復元する因子分解処理手段と、

前記復元したカメラ視点運動と3次元形状とから各特徴点に関する画像座標系でのカメラ視点運動の再投影誤差である再投影座標値を求め、当該再投影座標値と前記観測した画像座標値とから前記カメラ手段の焦点距離を推定する焦点距離推定手段と、

前記再投影誤差と前記観測した画像座標値に焦点距離のスケール倍した値との間の誤差が規定値以下に収束しているかを判断し、収束していない場合には焦点距離でスケール倍した各特徴点の画像座標値を新たな行列要素として行列データを作成して前記因子分解処理手段からの処理を反復させる反復処理手段と、を備えることを特徴とするパラメータ推定装置。

**【請求項 2】**

前記焦点距離推定手段では、カメラ視点運動と3次元形状とから各特徴点に関する画像座標系でのカメラ視点運動の再投影誤差である再投影座標値を求め、当該再投影座標値と観測した画像座標値とから、スケールファクタ比と焦点距離とを推定し、

前記反復処理手段では、前記再投影誤差と観測した画像座標値にスケールファクタ比を掛けた焦点距離のスケール倍した値との間の誤差が規定値以下に収束しているかを判断し、収束していない場合にはスケールファクタ比を掛けた焦点距離でスケール倍した各特徴点の画像座標値を新たな行列要素として行列データを作成して前記因子分解処理手段からの処理を反復させ、誤差が前記規定値以下に収束するまで当該反復処理を行い、

前記反復処理が終了した時に、前記推定した焦点距離およびスケールファクタ比を用いてスケールファクタ比を算出するスケールファクタ比算出手段を備える、ことを特徴とする請求項 1 に記載のパラメータ推定装置。

**【請求項 3】**

前記因子分解処理手段では、

前記作成した行列データを特異値分解し雑音除去を行って運動情報を表す行列データと 3 次元情報を表す行列データとを得て、

前記運動情報の成分において、運動を規定するために設定した条件を満足する変換行列を求め、運動情報となる行列データにこの変換行列を作用させてカメラ視点運動を復元し、

前記 3 次元情報を表す行列データにこの変換行列の逆行列を作用させて物体形状を構成する 3 次元情報を復元することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のパラメータ推定装置。

**【請求項 4】**

特徴点観測手段がカメラ手段によって取得した対象物の時系列画像に設定した画像座標系において、各画像の特徴点の時間的变化量を示す画像座標値を観測する特徴点観測ステップと、

因子分解処理手段が前記画像座標値から行列データを作成し、当該行列データから前記カメラ手段のカメラ視点運動と前記対象物の外観形状を構成する3次元形状とを復元する因子分解処理ステップと、

焦点距離推定手段が前記復元したカメラ視点運動と3次元形状とから各特徴点に関する画像座標系でのカメラ視点運動の再投影誤差である再投影座標値を求め、当該再投影座標値と前記観測した画像座標値とから前記カメラ手段の焦点距離を推定する焦点距離推定ステップと、

反復処理手段が前記再投影誤差と前記観測した画像座標値に焦点距離のスケール倍した値との間の誤差が規定値以下に収束しているかを判断し、収束していない場合には焦点距

10

20

30

40

50

離でスケール倍した各特徴点の画像座標値を新たな行列要素として行列データを作成して前記因子分解処理手段からの処理を反復させる反復処理ステップと、を備えることを特徴とするパラメータ推定方法。

#### 【請求項 5】

前記焦点距離推定ステップでは、カメラ視点運動と3次元形状とから各特徴点に関する画像座標系でのカメラ視点運動の再投影誤差である再投影座標値を求め、当該再投影座標値と観測した画像座標値とから、スケールファクタ比と焦点距離とを推定し、

前記反復処理ステップでは、前記再投影誤差と観測した画像座標値にスケールファクタ比を掛けた焦点距離のスケール倍した値との間の誤差が規定値以下に収束しているかを判断し、収束していない場合にはスケールファクタ比を掛けた焦点距離でスケール倍した各特徴点の画像座標値を新たな行列要素として行列データを作成して前記因子分解処理ステップからの処理を反復させ、誤差が前記規定値以下に収束するまで当該反復処理を行い、

前記反復処理が終了した時に、スケールファクタ比算出手段が前記推定した焦点距離およびスケールファクタ比を用いてスケールファクタ比を算出するスケールファクタ比算出手段を備える、ことを特徴とする請求項 4 に記載のパラメータ推定方法。

#### 【請求項 6】

前記因子分解処理ステップでは、

前記作成した行列データを特異値分解し雑音除去を行って運動情報を表す行列データと3次元情報を表す行列データとを得て、

前記運動情報の成分において、運動を規定するために設定した条件を満足する変換行列を求め、運動情報となる行列データにこの変換行列を作用させてカメラ視点運動を復元し、

前記3次元情報を表す行列データにこの変換行列の逆行列を作用させて物体形状を構成する3次元情報を復元することを特徴とする請求項 4 または 5 に記載のパラメータ推定方法。

#### 【請求項 7】

上記の請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載のパラメータ推定装置またはパラメータ推定方法を、コンピュータプログラムで記載してそれを実行可能にしたことを特徴とするパラメータ推定プログラム。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【技術分野】

##### 【0001】

本発明は、画像入力装置（例えば、カメラ等）を使って取得した車載画像、室内画像、歩行撮影画像、船上からの海上画像、空撮画像などの時系列画像全般に利用可能で、カメラで取得した時系列画像から、カメラ視点の並進運動と光軸周りの回転（ヨー回転）、及び、時系列画像に映っている外界の3次元形状、すなわち、被写体（物体）の外観形状を構成する3次元情報を復元し、同時に、カメラ内部パラメータの焦点距離を推定する技術に関する。

##### 【背景技術】

##### 【0002】

コンピュータビジョン分野では、時系列画像データから対象物の形状を計測または獲得する手法には、ステレオ計測やエピポーラ面解析を用いた3次元解析手法がある。この手法によれば、物体が撮影されている複数の時系列画像から、空間形状または空間構造に関する3次元位置情報、及び、カメラ視点に関する運動を復元することができる。

##### 【0003】

しかし、カメラを動かしながら撮影した時系列画像にはランダム性の雑音が混入し、カメラ運動や物体形状を高精度に復元することが困難である。

##### 【0004】

これに対して、因子分解法はランダム性の雑音が混入するようなビデオ画像などの時系列画像において、ユークリッド空間でのカメラ運動と物体形状をロバスト、かつ、高精度

10

20

30

40

50

に復元する技術が開示されている(例えば、特許文献1参照。)。

【0005】

しかし、この手法では、カメラの内部パラメータ(焦点距離など)を既知としており、事前にカメラキャリブレーションによりカメラ内部パラメータを校正しておく必要がある。

【0006】

一方、デジタル・スチルカメラやハンディカメラなどにはオートフォーカス機能が搭載されており、被写体との距離に合わせてピント調節を行い、ピントの合った画像の取得が可能である。これにより、オートフォーカスで撮影された画像は各画像において焦点距離が微妙に調整される。従来の因子分解法ではカメラの内部パラメータが固定(画像において焦点距離が変わらず一定)であることを前提としてカメラ運動と3次元形状を復元するため、オートフォーカスで撮影された画像には応用することができなかった。

【0007】

これに対して、簡易な撮影ターゲット(紙に印刷した白黒の市松模様パターン)をハンドフリーで撮影した画像から、カメラの内部パラメータを推定する技術も開示されている(例えば、非特許文献1参照。)。しかし、時間的に変化する内部パラメータに対しては、この技術は適用できなかった。

【特許文献1】特開2003-271925号公報

【非特許文献1】Z. Zhang, 「A Flexible New Technique for Camera Calibration」, IEEE Trans. Pattern Anal. & Mach. Intell., Vol. 22, No. 11, pp. 1330-1334, 2000.

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

ステレオ視の原理を応用した計測方法により、デジタル・スチルカメラやハンディタイプのビデオカメラを使って手動操作により撮影した画像から外界の物体の空間情報を獲得、復元するとき、各画像でのピント合わせが必要であり、被写体との距離に応じてフォーカスを調整するというオートフォーカス機能により、画像ごとにピントが調整された画像が得られる。しかし、それぞれ焦点距離が変化するため、従来の因子分解法を利用することはできず、ピント調整のために変化する焦点距離を同時に復元しなければならないという問題がある。

【0009】

本発明は、かかる事情に鑑みてなされたもので、その目的は上記課題を解決したカメラパラメータ推定技術を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明では、焦点距離を推定するための投影モデルを

【0011】

【数1】

$$\frac{1}{f_i} \begin{bmatrix} x_{ij} \\ y_{ij} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\theta_i) & \sin(\theta_i) & Tu_i \\ -\sin(\theta_i) & \cos(\theta_i) & Tv_i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_j/Z_j \\ Y_j/Z_j \\ 1/Z_j \end{bmatrix}, \quad \dots \text{(式1)}$$

$$\begin{bmatrix} Tu_i \\ Tv_i \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} \cos(\theta_i) & \sin(\theta_i) \\ -\sin(\theta_i) & \cos(\theta_i) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Tx_i \\ Ty_i \end{bmatrix}$$

【0012】

と仮定し、この投影モデルに基づいてカメラ運動、3次元形状、焦点距離を復元する。式

10

20

30

40

50

1 では、第  $i$  フレームの画像において観測される第  $j$  番目の特徴点の画像座標値を  $(x_{ij}, y_{ij})$  、そのときの焦点距離を  $f_i$  、XY並進運動を  $(Tu_i, Tv_i)$  、光軸周りの回転を  $\theta_i$  とする。また、画像座標値  $(x_{ij}, y_{ij})$  は主点 (principle point) を原点としており、主点は既知とし、画像面の横縦のアスペクト比は 1 : 1 とする。

## 【0013】

上記を全フレーム ( $i = 1, 2, \dots, F$ ) 、全特徴点 ( $j = 1, 2, \dots, P$ ) に対して行列表記すると、

## 【0014】

## 【数2】

10

$$\begin{bmatrix} \frac{x_{11}}{f_1} & \frac{x_{12}}{f_1} & \dots & \frac{x_{1P}}{f_1} \\ \frac{x_{21}}{f_2} & \frac{x_{22}}{f_2} & \dots & \frac{x_{2P}}{f_2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{x_{F1}}{f_F} & \frac{x_{F2}}{f_F} & \dots & \frac{x_{FP}}{f_F} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\theta_1) & \sin(\theta_1) & Tu_1 \\ \cos(\theta_2) & \sin(\theta_2) & Tu_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \cos(\theta_F) & \sin(\theta_F) & Tu_F \\ -\sin(\theta_1) & \cos(\theta_1) & Tv_1 \\ -\sin(\theta_2) & \cos(\theta_2) & Tv_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ -\sin(\theta_F) & \cos(\theta_F) & Tv_F \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1/Z_1 & X_2/Z_2 & \dots & X_P/Z_P \\ Y_1/Z_1 & Y_2/Z_2 & \dots & Y_P/Z_P \\ 1/Z_1 & 1/Z_2 & \dots & 1/Z_P \end{bmatrix} \dots \text{(式2)}$$

20

## 【0015】

となる。ここで、 $f_i = 1$  ( $i = 1, 2, \dots, F$ ) とした場合は、式2の右辺はカメラ運動を平面運動と仮定し、因子分解法を利用することでカメラ運動と3次元形状を復元することができる。ところが、焦点距離  $f_i$  はオートフォーカス機能等により変化してフレームごとに異なっているため、式2の左辺の  $f_i$  を同時に推定しなければならない。そこで、式2の左辺に示す焦点距離でスケール倍した画像座標値  $(x_{ij}/f_i, y_{ij}/f_i)$  から平面運動と3次元形状を復元する。

30

## 【0016】

因子分解法により復元した平面運動と3次元形状から再投影座標値 ( $u_{ij}, v_{ij}$ ) は、

## 【0017】

## 【数3】

40

$$\frac{1}{f_i} \begin{bmatrix} x_{ij} \\ y_{ij} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta u_{ij} \\ \Delta v_{ij} \end{bmatrix} \dots \text{(式3)}$$

## 【0018】

と表される。これを全特徴点に対して展開すると、

## 【0019】

【数4】

$$\frac{1}{f_i} \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1P} \\ y_{11} & y_{12} & \cdots & y_{1P} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta u_{11} & \Delta u_{12} & \cdots & \Delta u_{1P} \\ \Delta v_{11} & \Delta v_{12} & \cdots & \Delta v_{1P} \end{bmatrix} \quad \dots \text{(式4)}$$

【0 0 2 0】

となるため、

【0 0 2 1】

【数5】

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{f_i} & 0 \\ 0 & \frac{1}{f_i} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta u_{11} & \Delta u_{12} & \cdots & \Delta u_{1P} \\ \Delta v_{11} & \Delta v_{12} & \cdots & \Delta v_{1P} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1P} \\ y_{11} & y_{12} & \cdots & y_{1P} \end{bmatrix}^+, \quad \dots \text{(式5)}$$

【0 0 2 2】

【数6】

$$\begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1P} \\ y_{11} & y_{12} & \cdots & y_{1P} \end{bmatrix}^+ = \left( \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1P} \\ y_{11} & y_{12} & \cdots & y_{1P} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_{11} & y_{11} \\ x_{12} & y_{12} \\ \vdots & \vdots \\ x_{1P} & y_{1P} \end{bmatrix} \right)^{-1} \begin{bmatrix} x_{11} & y_{11} \\ x_{12} & y_{12} \\ \vdots & \vdots \\ x_{1P} & y_{1P} \end{bmatrix} \quad \dots \text{(式6)}$$

【0 0 2 3】

という計算により、各フレーム ( $i = 1, 2, \dots, F$ ) での焦点距離  $f_i$  が得られる。

【0 0 2 4】

また、画像面の横縦スケールファクタ比が 1 : のときは、

【0 0 2 5】

【数7】

$$\begin{bmatrix} x_{ij}/\alpha_i \\ y_{ij}/\beta_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\theta_i) & \sin(\theta_i) & Tu_i \\ -\sin(\theta_i) & \cos(\theta_i) & Tv_i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_j/Z_j \\ Y_j/Z_j \\ 1/Z_j \end{bmatrix} \quad \dots \text{(式7)}$$

【0 0 2 6】

で与え、各フレームでの焦点距離  $f_i$  として、 $\alpha_i = f_i$ ,  $\beta_i = -f_i$  とする。全フレーム、全特徴点で連立すると、

【0 0 2 7】

## 【数8】

$$\begin{bmatrix} \frac{x_{11}}{\alpha_1} & \frac{x_{12}}{\alpha_1} & \dots & \frac{x_{1P}}{\alpha_1} \\ \frac{x_{21}}{\alpha_2} & \frac{x_{22}}{\alpha_2} & \dots & \frac{x_{2P}}{\alpha_2} \\ \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ \frac{x_{F1}}{\alpha_F} & \frac{x_{F2}}{\alpha_F} & \dots & \frac{x_{FP}}{\alpha_F} \\ \frac{y_{11}}{\beta_1} & \frac{y_{12}}{\beta_1} & \dots & \frac{y_{1P}}{\beta_1} \\ \frac{y_{21}}{\beta_2} & \frac{y_{22}}{\beta_2} & \dots & \frac{y_{2P}}{\beta_2} \\ \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ \frac{y_{F1}}{\beta_F} & \frac{y_{F2}}{\beta_F} & \dots & \frac{y_{FP}}{\beta_F} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\theta_1) & \sin(\theta_1) & Tu_1 \\ \cos(\theta_2) & \sin(\theta_2) & Tu_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \cos(\theta_F) & \sin(\theta_F) & Tu_F \\ -\sin(\theta_1) & \cos(\theta_1) & Tv_1 \\ -\sin(\theta_2) & \cos(\theta_2) & Tv_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ -\sin(\theta_F) & \cos(\theta_F) & Tv_F \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1/Z_1 & X_2/Z_2 & \dots & X_P/Z_P \\ Y_1/Z_1 & Y_2/Z_2 & \dots & Y_P/Z_P \\ 1/Z_1 & 1/Z_2 & \dots & 1/Z_P \end{bmatrix} \dots \text{(式8)} \quad 10$$

## 【0028】

となり、この場合も、上記と同様に考えて、

## 【0029】

## 【数9】

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{\alpha_i} & 0 \\ 0 & \frac{1}{\beta_i} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta u_{11} & \Delta u_{12} & \dots & \Delta u_{1P} \\ \Delta v_{11} & \Delta v_{12} & \dots & \Delta v_{1P} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1P} \\ y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1P} \end{bmatrix}^+ \dots \text{(式9)}$$

## 【0030】

で求めることができる。

## 【0031】

本発明では、平面運動で撮像した時系列画像からカメラ運動と3次元形状を復元し、カメラ内部パラメータのスケールファクタ比と焦点距離を推定するため、図1に示すようにカメラ11を平面レール12の上を平行移動させ、または、図2に示すように平面板21上で光軸と平行な支柱22で支えられたカメラ23を移動させて撮像することにより、平面運動での時系列画像を取得でき、その時系列画像中の特徴点の画像座標値( $x_{ij}, y_{ij}$ )を観測することで、式2、式8の投影モデルに基づいて、オートフォーカスによる焦点距離の変化を考慮した式4、式5、式6、式9の計算により焦点距離、画像横縦のスケールファクタ比1:1を求めることができる。

## 【発明の効果】

## 【0032】

本発明により、カメラ等を使って取得した時系列画像全般(移動手段を利用して撮影した車載画像、海上画像、空撮画像、屋内画像など)から、オートフォーカス機能が働いた状況でも、カメラ運動と3次元形状とを同時に復元し、オートフォーカス機能により変化した焦点距離を推定することができる。

## 【0033】

本発明はカメラが平面運動する状況に適用可能であり、図3、図4の撮像手段とすることで特徴点観測手段での特徴点の画像座標値を高精度に観測することに効果がある。これにより、カメラ運動と3次元形状、カメラ内部パラメータをより高精度に復元、推定する

ことができる。なお、本発明で使用する計算は、大半が線形演算で構成されるため、コンピュータ言語での実装が容易である。

**【発明を実施するための最良の形態】**

**【0034】**

以下、本発明の実施形態を図面を用いて説明する。

**【0035】**

(実施形態1)

図3はカメラを平行移動させて時系列画像を取得するシステムであり、回転式ハンドル31の操作により平面レール32上のワイヤ33に固定したカメラ34を平行移動させながら撮像を行うものである。

10

**【0036】**

図4はカメラを回転移動させて時系列画像を取得するシステムであり、平面板41のカメラを移動させる円42に光軸と平行な支柱43により固定されたカメラ44を半径Rの円周上を平面運動させながら撮像を行うものである。

20

**【0037】**

図5は図3、図4に記載のシステムにより時系列画像を取得したときのカメラと対象物との位置関係を表す図である。運動の中心は視点としており、視点を原点としたカメラ座標系XYZ、原点Oとした世界座標系XwYwZwを設定する。この座標系において、カメラ運動として、 $T_i(T_{xi}, T_{yi})$ の並進運動と光軸(Z軸)周りのヨー回転 $\omega_i$ とする。対象物の点 $P_j(X_j, Y_j, Z_j)$ はカメラにより画像面において投影中心(主点)を原点とした画像座標値 $(x_{ij}, y_{ij})$ へ投影されるとする。なお、説明の都合上、初期フレームでの視点とOは一致しているものとし、光軸はZw軸と平行関係にあり、 $\omega_i$ はXとXw軸との成す角とするが、このことは一般性を損なうものではない。

20

**【0038】**

図6は本発明のパラメータ推定装置の基本構成図である。図6に示すようにパラメータ推定装置は、時系列画像を蓄積した時系列画像データベース61、各画像における特徴点の座標値を観測する特徴点観測部62、画像座標値からなる行列データからカメラ運動と3次元形状を復元する因子分解処理部63、カメラ内部パラメータの焦点距離を推定する焦点距離推定部64、カメラ運動と3次元形状、焦点距離が得られるまで処理を繰り返すための反復処理部65から構成される。

30

**【0039】**

この構成において、時系列画像データベース61には、ハードディスク、RAID装置、CD-ROMなどの記録媒体を利用する、または、ネットワークを介したリモートなデータ資源を利用する形態でもどちらでも構わない。

30

**【0040】**

さらに、図7はリアルタイムで処理する場合のパラメータ推定装置の構成図である。図7に示すように本構成では時系列画像データベース61を有しておらず、画像入力部71から入力された画像を特徴点観測部72が処理を行う構成になっている。このように、本発明は必ずしも各データベース部などの記憶装置を必要としない。

40

**【0041】**

図6に示すパラメータ推定装置では、まず、特徴点観測部62において、対象物を撮影した時系列画像を時系列画像データベース61からフレームF分の画像系列を取り出す。この取り出した画像系列において特徴点追跡を行う。特徴点は従来から用いられているような以下の手順により抽出する。

40

**【0042】**

図8に示すように画像1の領域1において、

(1) 各画素に対する $2 \times 2$ のヘッセ行列を求める。次に、

(2) 各点の $3 \times 3$ 近傍領域において極大点かどうか判定し、極大点以外の点を削除する(non-maxima suppression)。さらに、

(3) 得られた各点のヘッセ行列の固定値 $s_{\text{th}}$ 、 $s(s_{\text{th}}, s_{\text{th}})$ を求め、 $s$ が $s_{\text{th}}$ 以上と

50

なる点を抽出する。最後に、

(4) 抽出した点の<sub>s</sub>の大きさの順にソートし、上位の点から順番にその点( $p_1$ )より上位の点( $p_h$ )が<sub>d</sub>画素以内の距離に存在するかどうかを判定し、もし、存在する場合は下位の点 $p_1$ を削除する。さらに、抽出した特徴点( $j = 1, 2, \dots, P$ )をKLT法(Kanade-Lucas-Tomasi)により画像 $i$ ( $i = 2, \dots, F$ )にわたって追跡し、画像座標値( $x_{ij}, Y_{ij}$ )を観測する。このようにして得られた特徴の画像座標値を

【0043】

【数10】

$$[A] = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1P} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2P} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{F1} & x_{F2} & \cdots & x_{FP} \\ y_{11} & y_{12} & \cdots & y_{1P} \\ y_{21} & y_{22} & \cdots & y_{2P} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{F1} & y_{F2} & \cdots & y_{FP} \end{bmatrix} \quad \cdots \text{(式10)}$$

10

20

【0044】

に示す配列に並べた $2F \times P$ の行列データ(行列データ[A])を用意する。

【0045】

次に、因子分解処理部63、焦点距離推定部64、及び、反復処理部65の処理内容について、図9の処理フロー図を用いて説明する。

【0046】

まず、因子分解処理部63が行列データの入力を行う(S1)。

【0047】

次に、因子分解処理部63が行列分解データの生成を行う(S2)。すなわち、係数<sub>ij</sub>を

【0048】

【数11】

$$\delta_{ij} = 1 \quad \cdots \text{(式11)}$$

30

【0049】

のように初期化し、保持しておいた式8の $2F \times P$ の行列データ[A]から

【0050】

40

【数12】

$$[B] = \begin{bmatrix} \delta_{11}x_{11} & \delta_{12}x_{12} & \cdots & \delta_{1P}x_{1P} \\ \delta_{21}x_{21} & \delta_{22}x_{22} & \cdots & \delta_{2P}x_{2P} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \delta_{F1}x_{F1} & \delta_{F2}x_{F2} & \cdots & \delta_{FP}x_{FP} \\ \delta_{11}y_{11} & \delta_{12}y_{12} & \cdots & \delta_{1P}y_{1P} \\ \delta_{21}y_{21} & \delta_{22}y_{22} & \cdots & \delta_{2P}y_{2P} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \delta_{F1}y_{F1} & \delta_{F2}y_{F2} & \cdots & \delta_{FP}y_{FP} \end{bmatrix} \quad \cdots(\text{式12})$$

10

【0051】

に示すデータを求めておき、これを行列分解データ [ B ] として保持しておく。

【0052】

次に、因子分解処理部 6.3 が特異値分解を行う(S3)。すなわち、行列分解データ [ B ] を入力データとして特異値分解により

【0053】

【数13】

20

$$[B] = [U][W][V]$$

$$= \begin{bmatrix} U_{11} & U_{12} & \cdots & U_{1P} \\ U_{21} & U_{22} & \cdots & U_{2P} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ U_{2F,1} & U_{2F,2} & \cdots & U_{2F,P} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} W_{11} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & W_{22} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & W_{PP} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{11} & V_{12} & \cdots & V_{1P} \\ V_{21} & V_{22} & \cdots & V_{2P} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ V_{P1} & V_{P2} & \cdots & V_{PP} \end{bmatrix} \quad \cdots(\text{式13})$$

【0054】

30

に示す3つの行列 [ U ] , [ W ] , [ V ] に行列分解する。ここで、[ U ] は  $2F \times P$  サイズの行列、[ W ] は  $P \times P$  サイズの対角行列、[ V ] は  $P \times P$  サイズの行列である。

【0055】

次に、因子分解処理部 6.3 が雑音除去を行う(S4)。すなわち、

【0056】

【数14】

$$[B] = \begin{bmatrix} U_{11} & U_{12} & U_{13} \\ U_{21} & U_{22} & U_{23} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ U_{2F,1} & U_{2F,2} & U_{2F,3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} W_{11} & 0 & 0 \\ 0 & W_{22} & 0 \\ 0 & 0 & W_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{11} & V_{12} & \cdots & V_{1P} \\ V_{21} & V_{22} & \cdots & V_{2P} \\ V_{31} & V_{32} & \cdots & V_{3P} \end{bmatrix} +$$

$$\begin{bmatrix} U_{14} & U_{15} & \cdots & U_{1P} \\ U_{24} & U_{25} & \cdots & U_{2P} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ U_{2F,4} & U_{2F,5} & \cdots & U_{2F,P} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} W_{44} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & W_{55} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & W_{PP} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{41} & V_{42} & \cdots & V_{4P} \\ V_{51} & V_{52} & \cdots & V_{5P} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ V_{P1} & V_{P2} & \cdots & V_{PP} \end{bmatrix} \quad \cdots(\text{式14})$$

40

50

## 【0057】

の第二項に示すように、ランク4以降の各行列の成分を削除する。この削除のときは、行列 $[U]$ を取り出し、この行列の要素において第4から第P列目までを削除し、残りの成分からなる行列を保持し、行列 $[W]$ を取り出し、この行列の要素において第4から第P行目並びに第4から第P列目までを削除し、残りの成分からなる行列を保持し、行列 $[V]$ を取り出し、この行列の要素において第4から第P行目までを削除し、残りの成分からなる行列をそれぞれ保持する。

## 【0058】

## 【数15】

10

$$[B] \cong \begin{bmatrix} U_{11} & U_{12} & U_{13} \\ U_{21} & U_{22} & U_{23} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ U_{2F,1} & U_{2F,2} & U_{2F,3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} W_{11} & 0 & 0 \\ 0 & W_{22} & 0 \\ 0 & 0 & W_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{11} & V_{12} & \cdots & V_{1P} \\ V_{21} & V_{22} & \cdots & V_{2P} \\ V_{31} & V_{32} & \cdots & V_{3P} \end{bmatrix} \quad \cdots(\text{式15})$$

## 【0059】

次に、第4から第P行目並びに第4から第P列目までを削除した行列 $[W]$ の対角要素の平方をとった行列から、

20

## 【0060】

## 【数16】

$$[U'] = \begin{bmatrix} U_{11} & U_{12} & U_{13} \\ U_{21} & U_{22} & U_{23} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ U_{2F,1} & U_{2F,2} & U_{2F,3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sqrt{W_{11}} & 0 & 0 \\ 0 & \sqrt{W_{22}} & 0 \\ 0 & 0 & \sqrt{W_{33}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} U'_{11} & U'_{12} & U'_{13} \\ U'_{21} & U'_{22} & U'_{23} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ U'_{2F,1} & U'_{2F,2} & U'_{2F,3} \end{bmatrix} \quad \cdots(\text{式16})$$

30

## 【0061】

## 【数17】

$$[V'] = \begin{bmatrix} \sqrt{W_{11}} & 0 & 0 \\ 0 & \sqrt{W_{22}} & 0 \\ 0 & 0 & \sqrt{W_{33}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{11} & V_{12} & \cdots & V_{1P} \\ V_{21} & V_{22} & \cdots & V_{2P} \\ V_{31} & V_{32} & \cdots & V_{3P} \end{bmatrix} \quad \cdots(\text{式17})$$

40

## 【0062】

に示す行列 $[U']$ と行列 $[V']$ を得る。

## 【0063】

次に、因子分解処理部63が変換行列算出を行う(S5)。すなわち、保持してある行列 $[U']$ を取り出し、

## 【0064】

【数18】

$$\begin{bmatrix} U'_{i1} & U'_{i2} & U'_{i3} \end{bmatrix} C \begin{bmatrix} U'_{i1} \\ U'_{i2} \\ U'_{i3} \end{bmatrix} = 1 \quad \cdots (\text{式 } 18)$$

【0065】

【数19】

$$\begin{bmatrix} U'_{i+F,1} & U'_{i+F,2} & U'_{i+F,3} \end{bmatrix} C \begin{bmatrix} U'_{i+F,1} \\ U'_{i+F,2} \\ U'_{i+F,3} \end{bmatrix} = 1 \quad \cdots (\text{式 } 19)$$

10

【0066】

【数20】

$$\begin{bmatrix} U'_{i1} & U'_{i2} & U'_{i3} \end{bmatrix} C \begin{bmatrix} U'_{i+F,1} \\ U'_{i+F,2} \\ U'_{i+F,3} \end{bmatrix} = 0 \quad \cdots (\text{式 } 20)$$

20

【0067】

に示す連立する条件式における対称行列 [C] の各要素にかかる係数を計算する。なお、対称行列 [C] は

【0068】

【数21】

$$[C] = \begin{bmatrix} a & b & c \\ b & d & e \\ c & e & f \end{bmatrix} \quad \cdots (\text{式 } 21)$$

30

【0069】

に表されている。

【0070】

これらの係数計算は、行列演算により容易に得られるものであり、この条件式を全フレームに対して計算する。次に、全フレームの式18～式20に示す連立する条件式に対して、最小二乗法などの数値計算を利用して  $3 \times 3$  サイズの行列 [C] の各要素を決定する。求めた行列 [C] を

【0071】

【数22】

$$[C] = \begin{bmatrix} q_{1x} & q_{1y} & q_{1z} \\ q_{2x} & q_{2y} & q_{2z} \\ q_{3x} & q_{3y} & q_{3z} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_1 & 0 & 0 \\ 0 & e_2 & 0 \\ 0 & 0 & e_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} q_{1x} & q_{2x} & q_{3x} \\ q_{1y} & q_{2y} & q_{3y} \\ q_{1z} & q_{2z} & q_{3z} \end{bmatrix} \quad \cdots (\text{式 } 22)$$

40

【0072】

に示すように固有値分解する。ここで、固有値行列の平方と固有値行列から、

【0073】

【数23】

$$[C'] \equiv \begin{bmatrix} q_{1x} & q_{1y} \\ q_{2x} & q_{2y} \\ q_{3x} & q_{3y} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sqrt{e_1} & 0 \\ 0 & \sqrt{e_2} \end{bmatrix} \quad \cdots (\text{式23})$$

【0074】

の行列  $[C']$  を生成し、この行列要素を成分にもつ行列  $[Q]$  を

【0075】

【数24】

$$[Q] = \begin{bmatrix} \sqrt{e_1}q_{1x} & \sqrt{e_2}q_{1y} & 0 \\ \sqrt{e_1}q_{2x} & \sqrt{e_2}q_{2y} & 0 \\ \sqrt{e_1}q_{3x} & \sqrt{e_2}q_{3y} & 1 \end{bmatrix} \quad \cdots (\text{式24})$$

【0076】

に従って算出する。

【0077】

次に因子分解処理部63が平面運動復元を行う(S6)。すなわち、求めた行列  $[Q]$  と、保持しておいた行列  $[U']$  から、

【0078】

【数25】

$$[M'] = [U'] [Q] = \begin{bmatrix} m_{1x} & m_{1y} & T_{1u} \\ m_{2x} & m_{2y} & T_{2u} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ m_{Fx} & m_{Fy} & T_{Fu} \\ n_{1x} & n_{1y} & T_{1v} \\ n_{2x} & n_{2y} & T_{2v} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ n_{Fx} & n_{Fy} & T_{Fv} \end{bmatrix} \quad \cdots (\text{式25})$$

【0079】

の行列演算により行列  $[M']$  を計算する。行列  $[M']$  から各フレーム(第iフレーム)の行列要素 ( $m_{ix}$ ,  $n_{ix}$ ) または ( $m_{iy}$ ,  $n_{iy}$ ) を取り出し、

【0080】

【数26】

$$\theta_i = \tan\left(\frac{-n_{ix}}{m_{ix}}\right), \quad or \quad \theta_i = \tan\left(\frac{m_{iy}}{n_{iy}}\right) \quad \cdots (\text{式26})$$

【0081】

を使って、ヨー回転  $i$  を復元する。次に、行列  $[M']$  から各フレーム(第iフレーム)の行列要素 ( $T_{iu}$ ,  $T_{iv}$ ) を取り出す。この ( $T_{iu}$ ,  $T_{iv}$ ) から、

【0082】

10

20

30

40

【数27】

$$\begin{bmatrix} Tx_i \\ Ty_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\theta_i) & -\sin(\theta_i) \\ \sin(\theta_i) & \cos(\theta_i) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -T_{iu} \\ -T_{iv} \end{bmatrix} \quad \cdots (\text{式27})$$

【0083】

を使って第*i*フレームにおけるユークリッド空間でのX Y並進運動( $T_{xi}$ ,  $T_{yi}$ )を計算する。

【0084】

次に、因子分解処理部63が3次元情報復元を行う(S7)。すなわち、先に保持しておいた行列[ $V'$ ]と、変換行列算出で得られた行列[Q]から、

【0085】

【数28】

$$[S'] = [Q]^{-1} [V'] = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & \dots & S_{1P} \\ S_{21} & S_{22} & \dots & S_{2P} \\ S_{31} & S_{32} & \dots & S_{3P} \end{bmatrix} \quad \cdots (\text{式28})$$

【0086】

に示す行列演算を行い、行列[ $S'$ ]を求める。次に、行列[ $S'$ ]の要素に対して、

【0087】

【数29】

$$[P] = \begin{bmatrix} X_1 & X_2 & \dots & X_P \\ Y_1 & Y_2 & \dots & Y_P \\ Z_1 & Z_2 & \dots & Z_P \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{S_{11}}{S_{31}} & \frac{S_{12}}{S_{32}} & \dots & \frac{S_{1P}}{S_{3P}} \\ \frac{S_{21}}{S_{31}} & \frac{S_{22}}{S_{32}} & \dots & \frac{S_{2P}}{S_{3P}} \\ \frac{1}{S_{31}} & \frac{1}{S_{32}} & \dots & \frac{1}{S_{3P}} \end{bmatrix} \quad \cdots (\text{式29})$$

30

【0088】

に示す変換を行い、これを要素とする行列を[P]とする。行列[P]の列ベクトルは、それぞれ第*j*番目の特徴点のユークリッド空間での3次元座標値( $X_j$ ,  $Y_j$ ,  $Z_j$ )になっている。

【0089】

次に、焦点距離推定部64が焦点距離推定を行う(S8)。すなわち、平面運動復元と3次元情報復元で復元したカメラ運動と3次元形状から

【0090】

【数30】

$$\begin{bmatrix} \Delta u_{11} & \Delta u_{12} & \dots & \Delta u_{1P} \\ \Delta u_{21} & \Delta u_{22} & \dots & \Delta u_{2P} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \Delta u_{F1} & \Delta u_{F2} & \dots & \Delta u_{FP} \\ \Delta v_{11} & \Delta v_{12} & \dots & \Delta v_{1P} \\ \Delta v_{21} & \Delta v_{22} & \dots & \Delta v_{2P} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \Delta v_{F1} & \Delta v_{F2} & \dots & \Delta v_{FP} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_{1x} & m_{1y} & T_{1u} \\ m_{2x} & m_{2y} & T_{2u} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ m_{Fx} & m_{Fy} & T_{Fu} \\ n_{1x} & n_{1y} & T_{1v} \\ n_{2x} & n_{2y} & T_{2v} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ n_{Fx} & n_{Fy} & T_{Fv} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & \dots & S_{1P} \\ S_{21} & S_{22} & \dots & S_{2P} \\ S_{31} & S_{32} & \dots & S_{3P} \end{bmatrix} \quad \cdots (\text{式30})$$

40

50

## 【0091】

に示す( $u_{ij}, v_{ij}$ )を得て、各フレームでの画像座標値( $x_{ij}, y_{ij}$ )から、式6の演算により焦点距離 $f_i$ を求める。

## 【0092】

次に、反復処理部65が、

## 【0093】

## 【数31】

$$\Delta E = \frac{1}{FP} \sum_{i=1}^F \sum_{j=1}^P \sqrt{\Delta U_{ij}^2 + \Delta V_{ij}^2} \quad \cdots (\text{式31})$$

10

## 【0094】

## 【数32】

$$\begin{bmatrix} \Delta U_{11} & \Delta U_{12} & \cdots & \Delta U_{1P} \\ \Delta U_{21} & \Delta U_{22} & \cdots & \Delta U_{2P} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \Delta U_{F1} & \Delta U_{F2} & \cdots & \Delta U_{FP} \\ \Delta V_{11} & \Delta V_{12} & \cdots & \Delta V_{1P} \\ \Delta V_{21} & \Delta V_{22} & \cdots & \Delta V_{2P} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \Delta V_{F1} & \Delta V_{F2} & \cdots & \Delta V_{FP} \end{bmatrix} = [B] - \begin{bmatrix} \Delta u_{11} & \Delta u_{12} & \cdots & \Delta u_{1P} \\ \Delta u_{21} & \Delta u_{22} & \cdots & \Delta u_{2P} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \Delta u_{F1} & \Delta u_{F2} & \cdots & \Delta u_{FP} \\ \Delta v_{11} & \Delta v_{12} & \cdots & \Delta v_{1P} \\ \Delta v_{21} & \Delta v_{22} & \cdots & \Delta v_{2P} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \Delta v_{F1} & \Delta v_{F2} & \cdots & \Delta v_{FP} \end{bmatrix} \quad \cdots (\text{式32})$$

20

## 【0095】

に示す誤差 $E$ を算出する(S9)。この誤差がある一定値以下に収束しているかを判断し(S10)、ある一定値以下に収束している場合は処理を終了する。もし、そうでない場合は、

## 【0096】

30

## 【数33】

$$\delta_{ij} = \frac{1}{f_i} \quad \cdots (\text{式33})$$

## 【0097】

に従って係数 $\alpha_{ij}$ を更新する(S11)。さらに、この係数更新に伴い式12により行列分解データ[B]を更新する。これを誤差 $E$ が一定値以下に収束するまで反復を繰り返す。

## 【0098】

以上、実施形態1により、時系列画像の特徴点の画像座標値から、カメラ視点の運動：光軸周りの回転とXY軸方向の並進運動、及び、物体形状を構成する3次元情報を復元し、同時に、カメラ内部パラメータの焦点距離を推定することができる。

## 【0099】

## (実施形態2)

図10は本発明のパラメータ推定装置の基本構成図である。図10に示すようにパラメータ推定装置は、時系列画像を蓄積した時系列画像データベース101、各画像における特徴点の座標値を観測する特徴点観測部102、画像座標値からなる行列データからカメラ運動と3次元形状を復元する因子分解処理部103、カメラ内部パラメータの焦点距離を推定する焦点距離推定部104、カメラ運動と3次元形状、焦点距離が得られるまで処

40

50

理を繰り返すための反復処理部 105、カメラ内部パラメータの画像の横縦のスケールファクタ比を求めるスケールファクタ比算出部 106 から構成される。

#### 【0100】

この構成において、時系列画像データベース 101 には、ハードディスク、RAID 装置、CD-ROM などの記録媒体を利用する、または、ネットワークを介したリモートなデータ資源を利用する形態でもどちらでも構わない。

#### 【0101】

さらに、図 11 はリアルタイムで処理する場合の処理構成図である。図 11 に示すよう 10 に本構成では時系列画像データベース 101 を有しておらず、画像入力部 111 から入力された画像を特徴点観測部 112 が処理を行う構成になっている。このように、本発明は必ずしも各データベース部などの記憶装置を必要としない。

#### 【0102】

本実施形態は、実施形態 1 と比べると、焦点距離推定部 104、114、スケールファクタ比算出部 106、116 の処理が異なっているため、以下の説明では、この部分についてだけ記載する。

#### 【0103】

図 12 は図 10 に示すパラメータ推定装置における因子分解処理部 103、焦点距離推定部 104、反復処理部 105、スケールファクタ比算出部 106、の処理フローである。S1 ~ S7 については、実施形態 1 の図 3 の説明と同一であるので省略する。

#### 【0104】

焦点距離推定部 104 での処理は、式 30 に示す ( $u_{ij}, v_{ij}$ ) を得て、各フレームでの画像座標値 ( $x_{ij}, y_{ij}$ ) から、式 9 の演算により  $i, j$  を求める (S21)。このとき、焦点距離は  $i$  で得られる。

#### 【0105】

反復処理部 105 では、式 31 に示す誤差  $E$  を算出する (S22)。この誤差がある一定値以下に収束しているかを判断し (S23)、ある一定値以下に収束している場合は処理を終了する。もし、そうでない場合は、

#### 【0106】

#### 【数 34】

$$[B] = \begin{bmatrix} \frac{x_{11}}{\alpha_{11}} & \frac{x_{12}}{\alpha_{12}} & \dots & \frac{x_{1P}}{\alpha_{1P}} \\ \frac{x_{21}}{\alpha_{21}} & \frac{x_{22}}{\alpha_{22}} & \dots & \frac{x_{2P}}{\alpha_{2P}} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{x_{F1}}{\alpha_{F1}} & \frac{x_{F2}}{\alpha_{F2}} & \dots & \frac{x_{FP}}{\alpha_{FP}} \\ \frac{y_{11}}{\beta_{11}} & \frac{y_{12}}{\beta_{12}} & \dots & \frac{y_{1P}}{\beta_{1P}} \\ \frac{y_{21}}{\beta_{21}} & \frac{y_{22}}{\beta_{22}} & \dots & \frac{y_{2P}}{\beta_{2P}} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{y_{F1}}{\beta_{F1}} & \frac{y_{F2}}{\beta_{F2}} & \dots & \frac{y_{FP}}{\beta_{FP}} \end{bmatrix} \quad \dots \text{(式 34)}$$

#### 【0107】

により行列分解データ [B] を更新する (S24)。これを誤差  $E$  が一定値以下に収束するまで反復を繰り返す。

#### 【0108】

10

20

30

40

50

反復処理が終了したとき、スケールファクタ比算出部 106 が、 $i / i$  の平均値を求めて画像の横縦のスケールファクタ比 1 :  $i$  を得る(S25)。

#### 【0109】

以上、実施形態 2 により、時系列画像の特徴点の画像座標値から、カメラ視点の運動：光軸周りの回転と X Y 軸方向の並進運動、及び、物体形状を構成する 3 次元情報を復元し、同時に、カメラ内部パラメータの焦点距離、画像横縦のスケールファクタ比を推定することができる。

#### 【0110】

なお、実施形態 1 及び 2 に記載のパラメータ推定装置は、例えば、パラメータ推定装置を構成するコンピュータ装置が有する CPU によって実現され、必要とする特徴点観測、因子分解処理、焦点距離推定、反復処理、スケールファクタ比算出などをアプリケーションプログラムとして搭載することができる。

#### 【0111】

また、コンピュータ装置には上記説明した特徴点観測、因子分解処理、焦点距離推定、反復処理、スケールファクタ比算出など行った処理結果や計算結果等のデータを内部メモリや外部記憶装置等に書き込み・読み出しができるようにしてもよい。

#### 【0112】

また、本発明は、前述した実施形態の機能を実現するソフトウェアのプログラムコードを記録した記録媒体を、システムあるいは装置に供給し、そのシステムあるいは装置の CPU (MPU) が記録媒体に格納されたプログラムコードを読み出し実行することによっても実現できる。その場合、記憶媒体から読み出されたプログラムコード自体が上述した実施形態の機能を実現することになり、そのプログラムコードを記憶した記憶媒体、例えば、CD-ROM、DVD-ROM、CD-R、CD-RW、MO、HDD、等は本発明を構成する。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【0113】

【図 1】カメラが平面レールの上で移動する場合を示す図。

【図 2】カメラが平面板の上で移動する場合を示す図。

【図 3】平面レールの上で移動させる仕組みにおいて、回転式ハンドルによりカメラを移動させて撮像する例。

【図 4】カメラが平面板の上で半径 R の回転をさせて撮像する例。

【図 5】カメラ視点と 3 次元位置、及び、本発明の説明で使用する座標系を示す図、

【図 6】パラメータ推定装置の基本構成図。

【図 7】パラメータ推定装置の基本構成図。

【図 8】時系列画像での特徴点の観測を示す図。

【図 9】因子分解処理部、焦点距離推定部、及び、反復処理部に関する処理フロー図。

【図 10】パラメータ推定装置の基本構成図。

【図 11】パラメータ推定装置の基本構成図。

【図 12】因子分解処理部、焦点距離推定部、反復処理部、及び、スケールファクタ比算出部に関する処理フロー図。

#### 【符号の説明】

##### 【0114】

1 1 ... カメラ

1 2 ... 平面レール

2 1 ... 平面板

2 2 ... 支柱

2 3 ... カメラ

3 1 ... 回転式ハンドル

3 2 ... 平面レール

3 3 ... ワイヤ

10

20

30

40

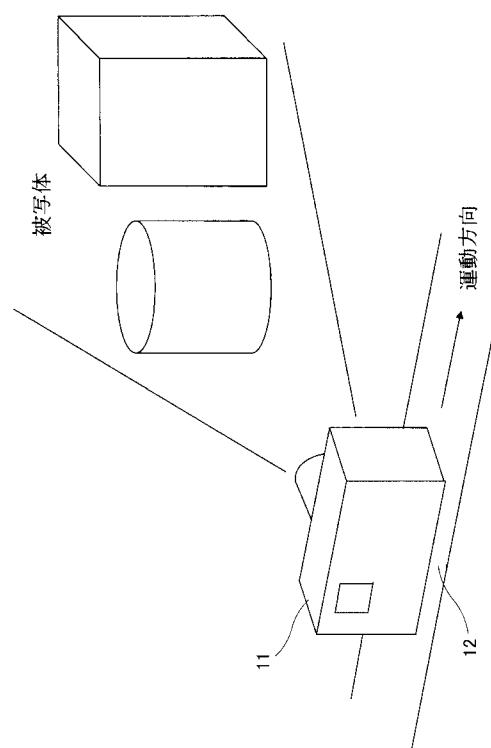
50

3 4 ... カメラ  
4 1 ... 平面板  
4 2 ... カメラを移動させる円  
4 3 ... 支柱  
4 4 ... カメラ  
6 1 ... 時系列画像データベース  
6 2 ... 特徴点観測部  
6 3 ... 因子分解処理部  
6 4 ... 焦点距離推定部  
6 5 ... 反復処理部  
7 1 ... 画像入力部  
7 2 ... 特徴点観測部  
7 3 ... 因子分解処理部  
7 4 ... 焦点距離推定部  
7 5 ... 反復処理部  
1 0 1 ... 時系列画像データベース  
1 0 2 ... 特徴点観測部  
1 0 3 ... 因子分解処理部  
1 0 4 ... 焦点距離推定部  
1 0 5 ... 反復処理部  
1 0 6 ... スケールファクタ比算出部  
1 1 1 ... 画像入力部  
1 1 2 ... 特徴点観測部  
1 1 3 ... 因子分解処理部  
1 1 4 ... 焦点距離推定部  
1 1 5 ... 反復処理部  
1 1 6 ... スケールファクタ比算出部

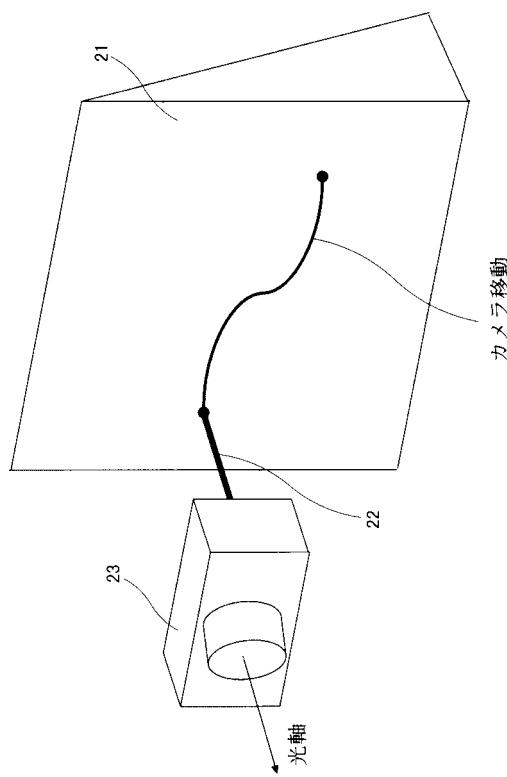
10

20

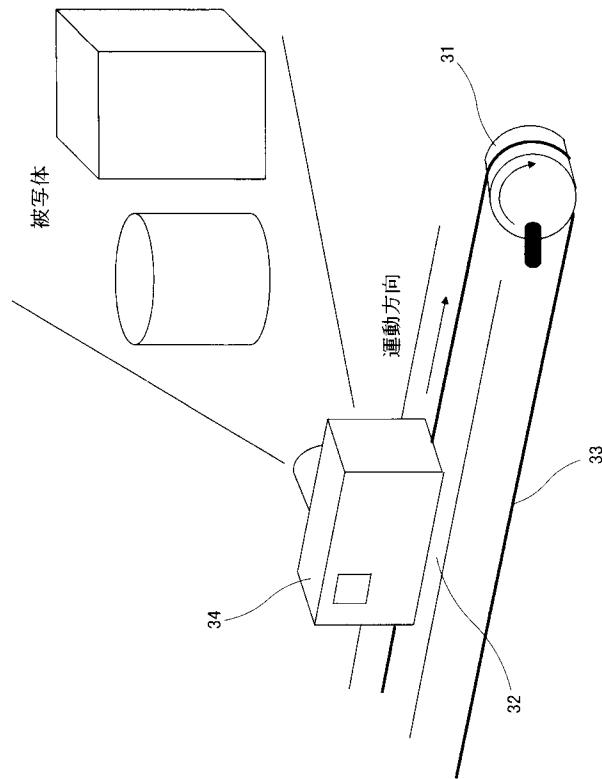
【図1】



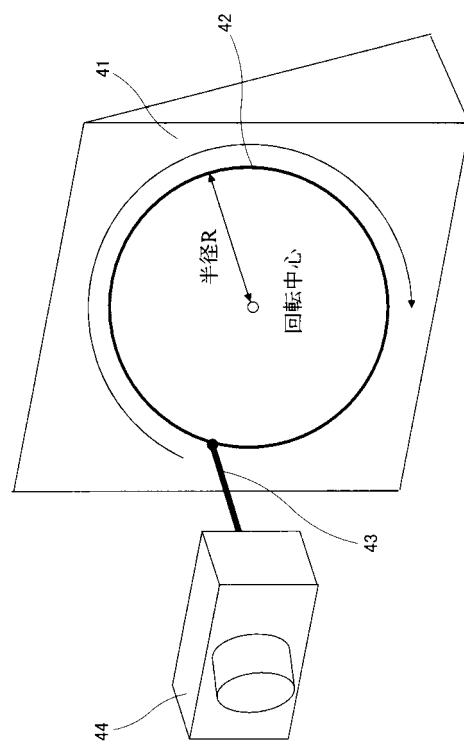
【図2】



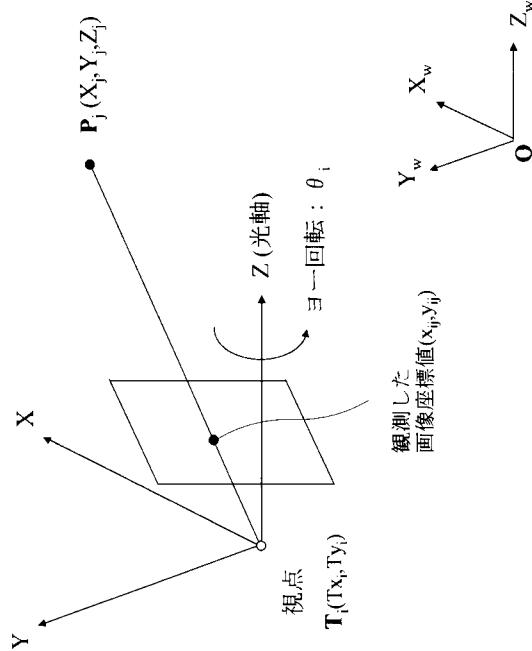
【図3】



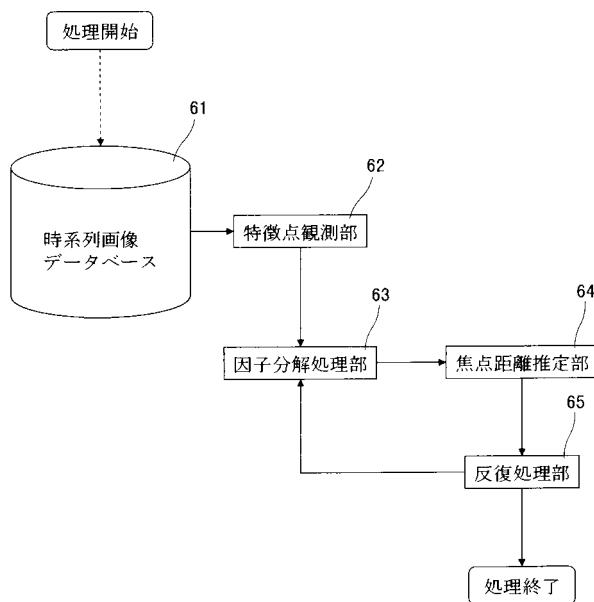
【図4】



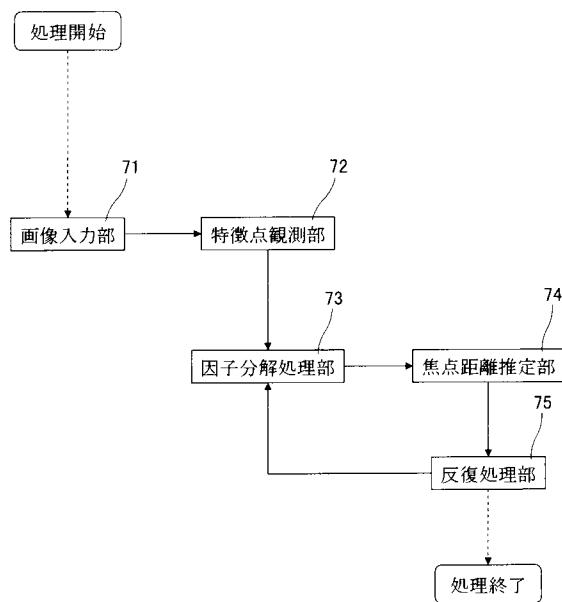
【図5】



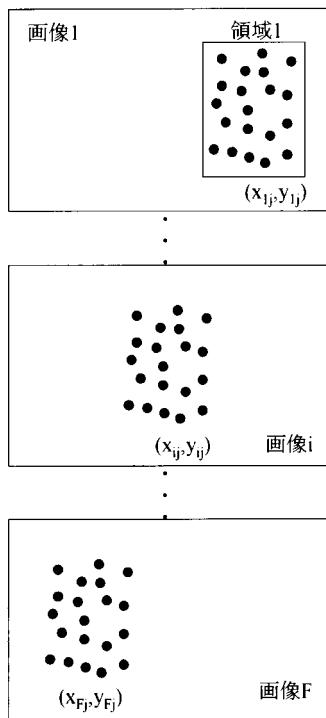
【図6】



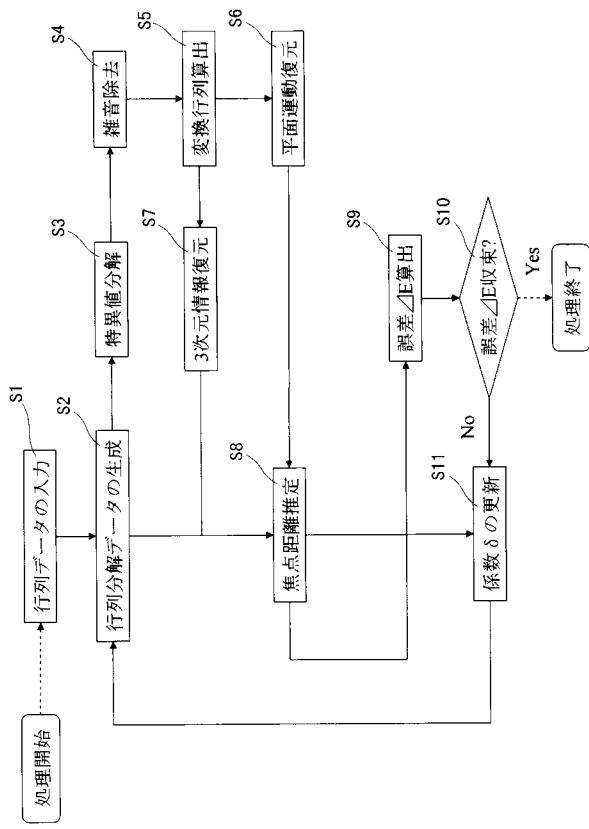
【図7】



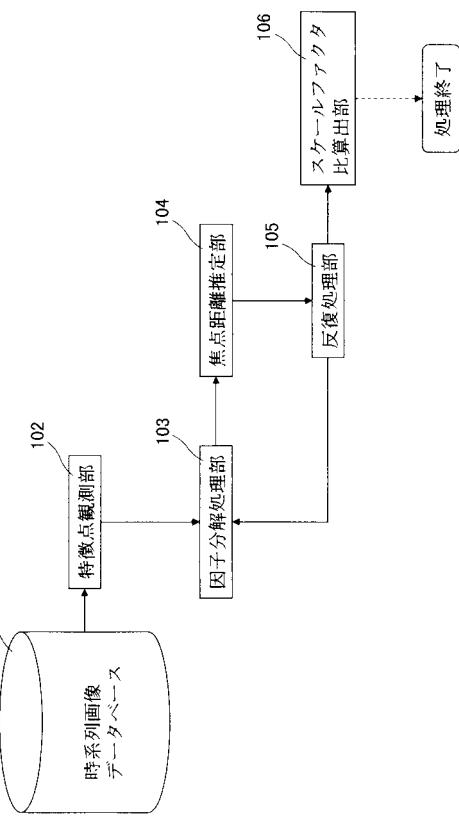
【図8】



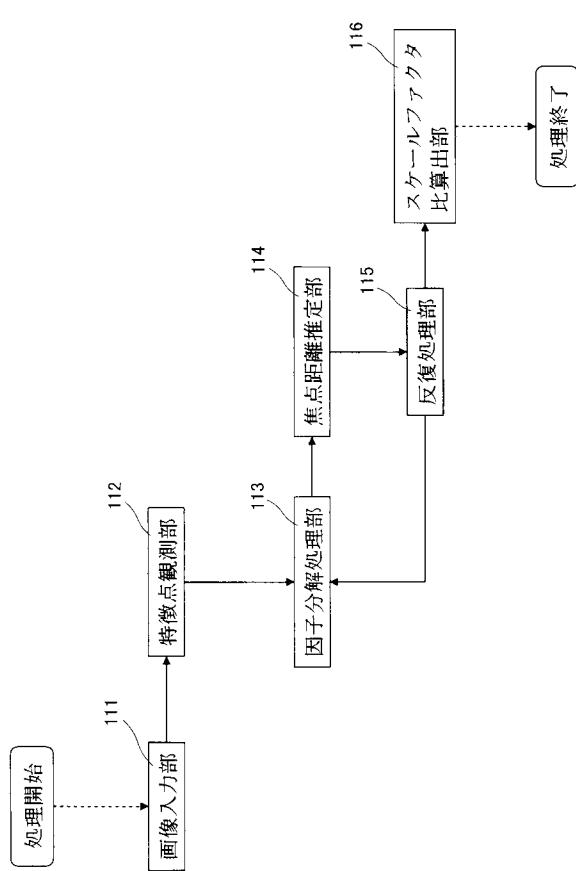
【 四 9 】



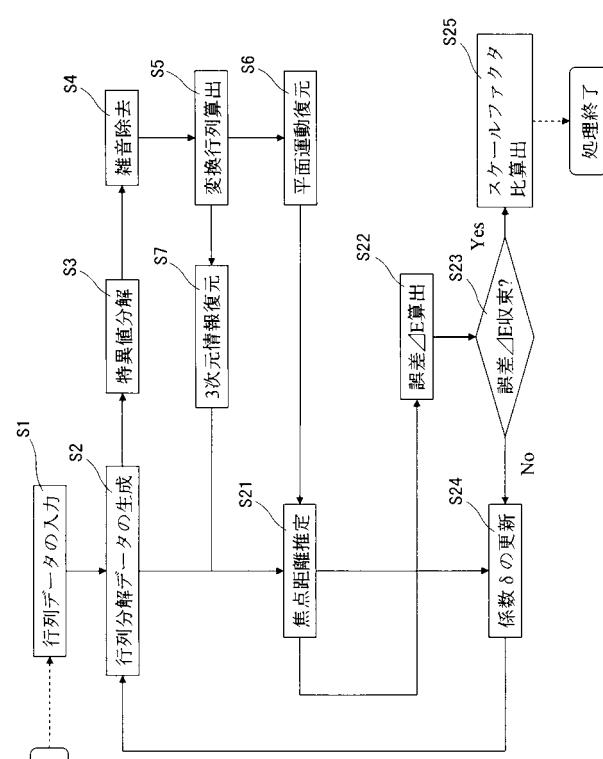
【図10】



【 図 1 1 】



【 図 1 2 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 荒川 賢一

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

F ターク(参考) 2F065 AA04 AA09 AA20 AA37 AA53 BB05 CC11 CC14 CC16 DD06  
FF01 FF04 JJ03 JJ26 PP01 QQ18 QQ21 QQ24 QQ25 QQ29  
UU05  
5B057 CA13 CA16 CC01 CE02 CH08 CH11 DB03 DC05 DC36  
5L096 CA02 FA09 FA76 HA03