

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6721112号
(P6721112)

(45) 発行日 令和2年7月8日(2020.7.8)

(24) 登録日 令和2年6月22日(2020.6.22)

(51) Int.Cl.		F I			
HO4N	5/232	(2006.01)	HO4N	5/232	290
GO6T	7/80	(2017.01)	HO4N	5/232	380
			GO6T	7/80	

請求項の数 10 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2019-508341 (P2019-508341)	(73) 特許権者	000004237
(86) (22) 出願日	平成29年3月27日 (2017.3.27)		日本電気株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2017/012327		東京都港区芝五丁目7番1号
(87) 国際公開番号	W02018/179040	(74) 代理人	100103090
(87) 国際公開日	平成30年10月4日 (2018.10.4)		弁理士 岩壁 冬樹
審査請求日	令和1年9月20日 (2019.9.20)	(74) 代理人	100124501
			弁理士 塩川 誠人
		(72) 発明者	池田 浩雄
			東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
		審査官	中嶋 樹理

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 カメラパラメータ推定装置、方法およびプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

魚眼レンズカメラによって直線を含む対象が撮像された画像に対し、前記魚眼レンズカメラにおける視界領域の半径を用いる複数の射影方式を適用して、複数の投影画像を生成する投影画像生成部と、

前記投影画像に含まれる前記直線の直線性に基づいて前記複数の投影画像の一つを選択し、当該選択された投影画像に基づいて射影方式を決定する射影方式決定部と、

決定された射影方式に応じた前記魚眼レンズカメラの内部パラメータを出力する出力部とを備えた

ことを特徴とするカメラパラメータ推定装置。

10

【請求項2】

魚眼レンズカメラによって撮像された画像から、ユーザが直線と判断する箇所の指示を受け付ける直線指示部を備え、

射影方式決定部は、受け付けた箇所が示す直線の直線性に基づいて、複数の投影画像の一つを選択する

請求項1記載のカメラパラメータ推定装置。

【請求項3】

射影方式決定部は、直線の位置を特定する複数の点を用いて、各点を起点とし隣接する点までのベクトルを決定し、基準として定めたベクトルと他のベクトルとの内積の平均が1に近いほど直線性が高いと判断し、最も直線性が高い射影方式を決定する

20

請求項 1 または請求項 2 記載のカメラパラメータ推定装置。

【請求項 4】

直線指示部は、直線と判断される線の位置を複数の点で受け付ける

請求項 2 または請求項 3 記載のカメラパラメータ推定装置。

【請求項 5】

直線指示部は、線の位置をなぞって直線を特定する指示を受け付け、受け付けた位置が示す線を所定間隔で区切った位置に点が指定されたと判断する

請求項 2 または請求項 3 記載のカメラパラメータ推定装置。

【請求項 6】

投影画像生成部は、直線を含む対象として、平面チェスパターンが撮像された画像に射影方式を適用して投影画像を生成する

請求項 1 記載のカメラパラメータ推定装置。

【請求項 7】

魚眼レンズカメラにより撮像される画像から当該魚眼レンズカメラにおける視界領域の半径を推定する視界領域推定部を備えた

請求項 1 から請求項 6 のうちのいずれか 1 項に記載のカメラパラメータ推定装置。

【請求項 8】

投影画像生成部は、射影方式として、等距離射影方式、正射影方式、立体射影方式および等立体魚射影方式の少なくとも 2 つ以上の射影方式を適用して、複数の投影画像を生成する

請求項 1 から請求項 7 のうちのいずれか 1 項に記載のカメラパラメータ推定装置。

【請求項 9】

魚眼レンズカメラによって直線を含む対象が撮像された画像に対し、前記魚眼レンズカメラにおける視界領域の半径を用いる複数の射影方式を適用して、複数の投影画像を生成し、

前記投影画像に含まれる前記直線の直線性に基づいて前記複数の投影画像の一つを選択し、

選択された投影画像に基づいて射影方式を決定し、

決定された射影方式に応じた前記魚眼レンズカメラの内部パラメータを出力する

ことを特徴とするカメラパラメータ推定方法。

【請求項 10】

コンピュータに、

魚眼レンズカメラによって直線を含む対象が撮像された画像に対し、前記魚眼レンズカメラにおける視界領域の半径を用いる複数の射影方式を適用して、複数の投影画像を生成する投影画像生成処理、

前記投影画像に含まれる前記直線の直線性に基づいて前記複数の投影画像の一つを選択し、当該選択された投影画像に基づいて射影方式を決定する射影方式決定処理、および、

決定された射影方式に応じた前記魚眼レンズカメラの内部パラメータを出力する出力処理

を実行させるためのカメラ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、カメラパラメータ推定装置、カメラパラメータ推定方法およびカメラパラメータ推定プログラムに関し、特に、魚眼レンズカメラの内部パラメータを推定するカメラパラメータ推定装置、カメラパラメータ推定方法およびカメラパラメータ推定プログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

魚眼レンズカメラの内部パラメータとは、カメラ光軸を基準とした 3 次元座標を示すカ

10

20

30

40

50

メラ座標系と画像上の2次元座標を示す画像座標系を変換できるパラメータであり、画像中心、撮像素子の歪み、レンズ歪み(すなわち、射影方式+関連パラメータ)を示すパラメータである。内部パラメータを用いることで、任意の座標系の点が分かると、各座標系の点に変換することができる。

【0003】

魚眼レンズカメラの内部パラメータを推定する方法が、例えば、特許文献1に記載されている。特許文献1に記載された方法では、まず、3枚のチェスパターンが互いに直交する特殊な校正パターンを撮影する。次に、視野境界の楕円フィッティングと、射影方式の事前知識及び接線歪みなしの条件から内部パラメータを仮推定し、校正パターンの格子点を示す実空間上の点を外部パラメータと内部パラメータを用いて画像上に投影する。そして、投影された格子点の座標と画像から直接取得した格子点の座標の投影誤差を最小化することで、内部パラメータを推定する。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2007-192832号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

一方、特許文献1に記載された推定方法にはいくつかの問題点が存在する。第一の問題点は、3次元位置の既知な点が存在する特殊な校正パターン、物体、空間などを撮影しないと内部パラメータを推定できず、推定が複雑になることである。その理由は、3次元位置である実空間上の点と画像上の点の対応から、外部パラメータと内部パラメータを同時に推定しながら、内部パラメータを推定しているためである。

20

【0006】

第二の問題点は、推定したい魚眼レンズカメラに対し、内部パラメータのレンズ歪みを示す射影方式を事前に入手しておく必要があることである。その理由は、射影方式に基づいて、内部パラメータのレンズ歪みを示すパラメータの初期値、つまり、内部パラメータの初期値を決定しているためである。

【0007】

30

そこで、本発明は、射影方式の前提知識を必要とせずに、内部パラメータを容易に推定できるカメラパラメータ推定装置、カメラパラメータ推定方法およびカメラパラメータ推定プログラムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明によるカメラパラメータ推定装置は、魚眼レンズカメラによって直線を含む対象が撮像された画像に対し、魚眼レンズカメラにおける視界領域の半径を用いる複数の射影方式を適用して、複数の投影画像を生成する投影画像生成部と、投影画像に含まれる直線の直線性に基づいて複数の投影画像の一つを選択し、その選択された投影画像に基づいて射影方式を決定する射影方式決定部と、決定された射影方式に応じた魚眼レンズカメラの内部パラメータを出力する出力部とを備えたことを特徴とする。

40

【0009】

本発明によるカメラパラメータ推定方法は、魚眼レンズカメラによって直線を含む対象が撮像された画像に対し、魚眼レンズカメラにおける視界領域の半径を用いる複数の射影方式を適用して、複数の投影画像を生成し、投影画像に含まれる直線の直線性に基づいて複数の投影画像の一つを選択し、選択された投影画像に基づいて射影方式を決定し、決定された射影方式に応じた魚眼レンズカメラの内部パラメータを出力することを特徴とする。

【0010】

本発明によるカメラパラメータ推定プログラムは、コンピュータに、魚眼レンズカメラ

50

によって直線を含む対象が撮像された画像に対し、魚眼レンズカメラにおける視界領域の半径を用いる複数の射影方式を適用して、複数の投影画像を生成する投影画像生成処理、投影画像に含まれる直線の直線性に基づいて複数の投影画像の一つを選択し、その選択された投影画像に基づいて射影方式を決定する射影方式決定処理、および、決定された射影方式に応じた魚眼レンズカメラの内部パラメータを出力する出力処理を実行させることを特徴とする。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、射影方式の前提知識を必要とせずに、内部パラメータを容易に推定できる。

10

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本発明によるカメラパラメータ推定装置の第1の実施形態の構成例を示すブロック図である。

【図2】内部パラメータの一部を取得する方法の一例を示す説明図である。

【図3】各座標系の関係を示す説明図である。

【図4】魚眼レンズカメラで撮影された画像から複数の射影方式により生成された画像の例を示す説明図である。

【図5】第1の実施形態のカメラパラメータ推定装置100の動作例を示すフローチャートである。

20

【図6】本発明によるカメラパラメータ推定装置の第2の実施形態の構成例を示すブロック図である。

【図7】最大入射角を算出する方法の例を説明する説明図である。

【図8】焦点距離を算出する方法の例を説明する説明図である。

【図9】第2の実施形態のカメラパラメータ推定装置200の動作例を示すフローチャートである。

【図10】本発明によるカメラパラメータ推定装置の第3の実施形態の構成例を示すブロック図である。

【図11】魚眼レンズカメラで撮像された画像にガイドを重畳した例を示す説明図である。

30

【図12】第3の実施形態のカメラパラメータ推定装置300の動作例を示すフローチャートである。

【図13】本発明によるカメラパラメータ推定装置の第4の実施形態の構成例を示すブロック図である。

【図14】平面チェスパターンを透視投影画像に戻した例を示す説明図である。

【図15】直線性を判断する処理の例を示す説明図である。

【図16】第4の実施形態のカメラパラメータ推定装置400の動作例を示すフローチャートである。

【図17】本発明によるカメラパラメータ推定装置の第5の実施形態の構成例を示すブロック図である。

40

【図18】直線と判断する箇所の指示を受け付ける例を示す説明図である。

【図19】第5の実施形態のカメラパラメータ推定装置500の動作例を示すフローチャートである。

【図20】本発明によるカメラパラメータ推定装置の概要を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、本発明の実施形態を図面を参照して説明する。

【0014】

実施形態1.

図1は、本発明によるカメラパラメータ推定装置の第1の実施形態の構成例を示すプロ

50

ック図である。本実施形態のカメラパラメータ推定装置 100 は、画像取得装置 11 と、楕円推定手段 12 と、透視投影画像生成手段 13 と、焦点距離算出手段 14 と、透視投影画像サイズ記憶手段 15 と、最大入射角記憶手段 16 と、射影方式選択手段 17 と、透視投影画像表示装置 18 と、射影方式指示手段 19 とを備えている。

【0015】

画像取得装置 11 は、推定に用いられる画像を取得する。具体的には、画像取得装置 11 は、魚眼レンズで撮像された直線が含まれる風景画像を取得する。直線が含まれる風景画像として、例えば、ビル、電柱、机、柱、床のパターンなどを含む風景画像があげられる。

【0016】

なお、取得される画像は、直線が含まれていれば、風景画像に限定されず、例えば、上記特許文献 1 に記載された特殊な格子パターンであってもよい。ただし、特殊な格子パターンを推定ごとに準備し、撮像することは煩雑であるが、本実施形態のカメラパラメータ推定装置 100 は、後述する処理により、特殊な格子パターンを用いなくても内部パラメータを容易に推定することが可能である。

【0017】

画像取得装置 11 は、撮像手段（図示せず）によって撮像された画像を取得してもよく、任意の記憶部（図示せず）から画像を読み取ってもよく、通信ネットワーク網を介して画像を受信してもよい。

【0018】

楕円推定手段 12 は、撮像された画像から、その画像を撮像した魚眼レンズの内部パラメータの一部を取得する。ここでは、楕円推定手段 12 は、撮像された画像から、画像中心（ C_u, C_v ）、撮像素子の歪み および魚眼レンズの視界領域の半径 R を推定する。理論的には、魚眼レンズの視界領域は、半径 R の真円になる。

【0019】

楕円推定手段 12 は、魚眼レンズカメラから得られた画像の視野境界に対して、例えば、楕円フィッティングを行い、内部パラメータの一部である画像中心（ C_u, C_v ）と撮像素子の歪み を取得する。また、楕円推定手段 12 は、複数の典型的な射影方式のパラメータとして、視野境界が真円である場合の半径 R を取得する。ただし、半径 R を取得する方法は、楕円フィッティングに限定されない。

【0020】

図 2 は、内部パラメータの一部を取得する方法の一例を示す説明図である。撮像された画像 110 は、画像の左上を原点とし、横軸方向を u 、縦軸方向を v とする画像座標系で表すことができる。魚眼レンズで撮像された画像は楕円状になることから、長径および短径の長さをそれぞれ $2a$ および $2b$ としたとき、その楕円は、画像中心（ C_u, C_v ）を用いて、以下の式 1 で表される。

【0021】

【数 1】

$$\frac{(u-c_u)^2}{a^2} + \frac{(v-c_v)^2}{b^2} = 1 \quad (\text{式 1})$$

【0022】

次に、魚眼レンズカメラの光軸を中心とする極座標系（以下、魚眼座標系と記す。）を考える。楕円推定手段 12 は、図 2 の画像 120 に示すように、視野境界が真円になるように戻すための内部パラメータを算出する。ここでは、楕円推定手段 12 は、短軸の長さ $2b$ の半分の長さを真円の半径 R とするように内部パラメータを算出する。すなわち、 $R = b$ である。ただし、 $R = a$ としてもよい。

【0023】

魚眼座標系において、円の中心を原点とし、 u' および v' を直交座標としたとき、画

10

20

30

40

50

像座標系の各点は、以下に示す式 2 を用いて、魚眼座標系の各点に変換できる。式 2 において、 α は撮像素子の歪みであり、 $\alpha = b / a$ で算出される。

【 0 0 2 4 】

【数 2】

$$\begin{pmatrix} u' \\ v' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u - c_u \\ v - c_v \end{pmatrix} \quad (\text{式 2})$$

【 0 0 2 5 】

また、楕円推定手段 1 2 は、魚眼座標系における極座標を、以下に示す式 3 で算出する

10

【 0 0 2 6 】

【数 3】

$$r = \sqrt{u'^2 + v'^2}$$

$$\phi = \tan^{-1}(v'/u') \quad (\text{式 3})$$

【 0 0 2 7 】

r および R を算出することで、典型的な射影方式における入射角を算出することが可能である。以下の説明では、典型的な射影方式として 4 種類（等距離射影方式、正射影方式、立体射影方式および等立体角射影方式）を例示する。ただし、本実施形態のカメラパラメータ推定装置が用いる射影方式は、これら 4 種類に限定されない。

20

【 0 0 2 8 】

等距離射影方式における入射角 θ は、以下に示す式 4 で算出される。正射影方式における入射角 θ は、以下に示す式 5 で算出される。立体射影方式における入射角 θ は、以下に示す式 6 で算出される。等立体角射影方式における入射角 θ は、以下に示す式 7 で算出される。

【 0 0 2 9 】

【数 4】

$$\theta = \frac{\pi r}{2R} \quad (\text{式 4})$$

$$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{r}{R}\right) \quad (\text{式 5})$$

$$\theta = 2 \tan^{-1}\left(\frac{r}{R}\right) \quad (\text{式 6})$$

$$\theta = 2 \sin^{-1}\left(\frac{\sqrt{2}r}{2R}\right) \quad (\text{式 7})$$

30

40

【 0 0 3 0 】

透視投影画像サイズ記憶手段 1 5 は、生成される透視投影画像のサイズ s を記憶する。具体的には、透視投影画像サイズ記憶手段 1 5 は、画像の幅 w と高さ h で表されるサイズを記憶してもよい。生成される透視投影画像のサイズ s は、ユーザ等により予め定められ、透視投影画像サイズ記憶手段 1 5 に記憶される。

【 0 0 3 1 】

最大入射角記憶手段 1 6 は、生成される透視投影画像で用いられる最大入射角を記憶する。本実施形態では、最大入射角 θ_{max} は予め定められ、最大入射角記憶手段 1 6 に記憶されているものとする。

50

【0032】

透視投影画像サイズ記憶手段15および最大入射角記憶手段16は、メモリや磁気ディスク等により実現される。

【0033】

焦点距離算出手段14は、透視投影画像の生成に用いられる焦点距離を算出する。焦点距離 f' は、魚眼レンズカメラの焦点から、魚眼レンズカメラで撮像された画像を一般的な画像（透視投影画像）として表示する平面（透視投影平面）までの距離である。

【0034】

焦点距離算出手段14は、透視投影画像サイズ記憶手段15から透視投影画像のサイズ s を取得する。具体的には、焦点距離算出手段14は、透視投影画像サイズ記憶手段15から幅 w または高さ h を取得する。ここで取得された値を s と記す。また、焦点距離算出手段14は、最大入射角記憶手段16から最大入射角 θ_{max} を取得する。このとき、焦点距離算出手段14は、焦点距離 f' を以下の式8により算出する。

【0035】

$$f' = s / 2 \tan \theta_{max} \quad (\text{式8})$$

【0036】

透視投影画像生成手段13は、予め定めた射影方式ごとに、楕円推定手段12が取得した内部パラメータを用いて、カメラから焦点距離 f' にある平面（透視投影平面）に透視投影することで得られる一般的な画像（すなわち、透視投影画像）を生成する。

【0037】

具体的には、透視投影画像生成手段13は、複数の射影方式を適用して、複数の投影画像を生成する。なお、上述する射影方式では、魚眼レンズカメラにおける視界領域の半径が用いられる。また、魚眼レンズカメラにおける視界領域の半径 R は、楕円推定手段12によって撮像された画像から推定されている。そこで、透視投影画像生成手段13は、魚眼レンズカメラにおける視界領域の半径を用いる複数の射影方式を適用して、複数の投影画像を生成する。

【0038】

図3は、各座標系の関係を示す説明図である。画像座標系で表された図3に例示する画像210の任意の点 m は、上記式2および式3により、 r および θ で表される魚眼座標系の点 m' に変換できる。また、魚眼座標系における点 m' は、指定された射影方式に基づき入射角 θ を求めて射影変換することにより、カメラ座標系における仮想球面上の点 p に変換できる。

【0039】

仮想球面を半径1の球とし、入射角 θ 、方位角 ϕ とすると、仮想球面上の点 p は、以下に示す式9で算出できる。

【0040】

$$p = (r \cos \theta \cos \phi, r \cos \theta \sin \phi, r \sin \theta) \quad (\text{式9})$$

【0041】

そして、カメラ座標系の点 p から透視投影平面上の点 (u''', v''') へは、以下に示す式10を用いて変換できる。式10における f' は、焦点距離算出手段14によって算出された焦点距離 f' である。

【0042】

【数5】

$$u''' = \frac{f'}{v} \lambda$$

$$v''' = \frac{f'}{v} \mu \quad (\text{式10})$$

【0043】

本実施形態では、透視投影画像生成手段13は、画像取得装置11が取得した画像（す

10

20

30

40

50

なわち、魚眼レンズカメラにより撮像される画像)に対し、複数の射影方式を適用して複数の投影画像を生成する。

【0044】

射影方式選択手段17は、生成された投影画像を透視投影画像表示装置18に表示する。透視投影画像表示装置18は、例えば、タッチパネルやディスプレイ装置により実現される。

【0045】

図4は、魚眼レンズカメラで撮影された画像から複数の射影方式により生成された画像の例を示す説明図である。図4に示す例では、異なる射影方式で生成された画像間で、歪みの程度に違いがあることを示す。

10

【0046】

射影方式選択手段17は、選択された透視投影画像に基づいて射影方式を決定する。透視投影画像の選択は、後述する射影方式指示手段19によって指示される。

【0047】

そして、射影方式選択手段17は、決定された射影方式に応じた魚眼レンズカメラの内部パラメータを出力する。具体的には、射影方式選択手段17は、射影方式、並びに、射影方式に応じたパラメータ(半径R)、画像中心および撮像素子の歪みを表す内部パラメータを決定し、出力する。

【0048】

射影方式指示手段19は、表示された複数の投影画像の中から、ユーザによる投影画像の選択を受け付ける。具体的には、ユーザが、複数の投影画像を参照し、最も直線性の高い直線を含む投影画像を判断すると、射影方式指示手段19が、ユーザの判断による投影画像の選択を受け付ける。

20

【0049】

直線性が高いとは、直線と比較した場合のズレの小ささである。すなわち、直線と比較した場合のズレがより小さいほど直線性が高いと言える。適切な射影方式に基づいて変換された画像は、元の投影画像に近づくため、元の画像で直線を表している部分は、直線に近くなるように変換される。一方、異なる射影方式に基づいて変換された画像は、適切に変換を行えない結果、元の画像で直線を表している部分にも歪みが発生する。

【0050】

このように、透視投影画像生成手段13が、複数の射影方式を適用して複数の投影画像を生成することで、ユーザが適切な画像を選択できる結果、適切な射影方式を決定することが可能になる。

30

【0051】

射影方式指示手段19は、例えば、タッチパネルに表示された複数の投影画像のうち、指定された位置に存在する投影画像を射影方式選択手段17に通知してもよい。また、射影方式指示手段19は、ポインティングデバイスによって指定された位置に存在する投影画像を射影方式選択手段17に通知してもよい。

【0052】

楕円推定手段12と、透視投影画像生成手段13と、焦点距離算出手段14と、射影方式選択手段17と、射影方式指示手段19とは、プログラム(カメラパラメータ推定プログラム)に従って動作するコンピュータのCPUによって実現される。

40

【0053】

例えば、プログラムは、カメラパラメータ推定装置100が備える記憶部(図示せず)に記憶され、CPUは、そのプログラムを読み込み、プログラムに従って、楕円推定手段12、透視投影画像生成手段13、焦点距離算出手段14、射影方式選択手段17および射影方式指示手段19として動作してもよい。

【0054】

また、楕円推定手段12と、透視投影画像生成手段13と、焦点距離算出手段14と、射影方式選択手段17と、射影方式指示手段19とは、それぞれが専用のハードウェアで

50

実現されていてもよい。また、画像を撮影する魚眼カメラ自体が、いわゆるインテリジェントカメラとして機能し、これらの各手段を備えていてもよい。例えば、魚眼カメラが、画像取得装置 11、楕円推定装置 12 および透視投影画像生成手段 13（さらに、必要に応じて、焦点距離算出手段 14、透視投影画像サイズ記憶手段 15 および最大入射角記憶手段 16）を備えていてもよい。そして、魚眼カメラが、生成された透視投影画像を射影方式選択手段 17 に送信して、ユーザによる投影画像の選択を受け付けさせてもよい。

【0055】

次に、本実施形態のカメラパラメータ推定装置 100 の動作例を説明する。図 5 は、第 1 の実施形態のカメラパラメータ推定装置 100 の動作例を示すフローチャートである。

【0056】

画像取得装置 11 は、魚眼レンズカメラにより撮像される画像を取得する（ステップ S11）。楕円推定手段 12 は、取得した画像から内部パラメータの一部を推定する（ステップ S12）。具体的には、楕円推定手段 12 は、内部パラメータとして、画像中心、撮像素子の歪みおよび魚眼レンズカメラの視界領域の半径を推定する。

【0057】

透視投影画像生成手段 13 は、取得した画像に対して複数の射影方式を適用することで、複数の投影画像を生成する（ステップ S13）。射影方式選択手段 17 は、生成された投影画像を透視投影画像表示装置 18 に表示する（ステップ S14）。射影方式指示手段 19 は、透視投影画像表示装置 18 に表示された複数の投影画像の中から、ユーザによる投影画像の選択を受け付ける（ステップ S15）。射影方式選択手段 17 は、選択された投影画像に基づいて射影方式を決定する（ステップ S16）。そして、射影方式選択手段 17 は、決定された射影方式に応じた魚眼レンズカメラの内部パラメータを出力する（ステップ S17）。

【0058】

以上のように、本実施形態では、透視投影画像生成手段 13 は、魚眼レンズカメラにより撮像される画像に対し、魚眼レンズカメラにおける視界領域の半径を用いる複数の射影方式を適用して、複数の投影画像を生成する。透視投影画像表示装置 18 は、複数の投影画像を表示し、射影方式指示手段 19 は、表示された複数の投影画像の中から、ユーザによる投影画像の選択を受け付ける。そして、射影方式選択手段 17 は、選択された投影画像に基づいて射影方式を決定し、決定された射影方式に応じた魚眼レンズカメラの内部パラメータを出力する。よって、特殊な校正パターンや射影方式の前提知識を必要とせずに、内部パラメータを容易に推定できる。

【0059】

実施形態 2 .

次に、本発明によるカメラパラメータ推定装置の第 2 の実施形態を説明する。第 1 の実施形態では、射影方式指示手段 19 が、透視投影画像表示装置 18 に表示された複数の投影画像の中から、ユーザによる投影画像の選択を受け付ける。その際、ユーザは、複数の投影画像を参照し、最も直線性の高い直線を含む投影画像を判断する。

【0060】

直線性の高い直線を含む投影画像を判断させるためには、ユーザが着目する直線を適切に表示できることが好ましい。そこで、本実施形態では、透視投影画像の範囲を調整できる構成を説明する。

【0061】

図 6 は、本発明によるカメラパラメータ推定装置の第 2 の実施形態の構成例を示すブロック図である。本実施形態のカメラパラメータ推定装置 200 は、画像取得装置 11 と、楕円推定手段 12 と、透視投影画像生成手段 13 と、焦点距離算出手段 14 と、透視投影画像サイズ記憶手段 15 と、最大入射角記憶手段 16 と、射影方式選択手段 17 と、透視投影画像表示装置 18 と、射影方式指示手段 19 と、最大入射角算出手段 21 と、透視投影範囲入力装置 22 とを備えている。

【0062】

10

20

30

40

50

すなわち、本実施形態のカメラパラメータ推定装置は、第1の実施形態のカメラパラメータ推定装置と比較し、最大入射角算出手段21と、透視投影範囲入力装置22とをさらに備えている。

【0063】

透視投影範囲入力装置22は、取得した画像（すなわち、魚眼レンズカメラで撮像された画像）のうち、投影画像を生成する範囲を入力する。具体的には、透視投影範囲入力装置22は、ユーザから投影画像を生成する範囲の入力を受け付ける。

【0064】

上記図3に示すように、透視投影画像は、取得された画像に対し最大入射角 θ_{max} で決定される半径距離から画像中心までの範囲が拡大された画像である。ユーザが透視投影画像で直線の直線性を確認するためには、直線を大きく写す必要がある。そこで、取得した画像の中心からの距離（半径距離）を短くして、表示させる画像を拡大するため、透視投影範囲入力装置22は、画像中心からの半径距離を入力する。

【0065】

範囲の指定方法は任意である。最大入射角算出手段21は、例えば、魚眼レンズカメラで撮像された画像を画面に表示し、表示された画面上でクリックされた画像の点（ u_0, v_0 ）を取得して、画像中心からの半径を入力してもよい。また、最大入射角算出手段21は、画面上で複数の点がクリックされた場合、その点のうち最も半径距離が短くなる点を取得して、その半径距離を入力してもよい。

【0066】

最大入射角算出手段21は、入力された範囲に基づいて、射影方式ごとに最大入射角を算出する。図7は、最大入射角を算出する方法の例を説明する説明図である。魚眼レンズカメラで撮像された画像上の点（ u_0, v_0 ）が指定されると、最大入射角算出手段21は、例えば、楕円推定手段12で求めた内部パラメータの一部と上記式2とに基づいて、その点を魚眼座標系の点（ u', v' ）に変換する。さらに、最大入射角算出手段21は、上記式3に基づいて、変換された魚眼座標系の点（ u', v' ）から、 r および R を算出する。

【0067】

上記処理により算出された r と、楕円推定手段12で求めた内部パラメータの一部である R を用い、最大入射角算出手段21は、射影方式に応じて、例えば、上記式4から式7に示す式に基づいて、入射角を算出する。ここで算出された入射角が最大入射角として扱われる。

【0068】

焦点距離算出手段14は、最大入射角算出手段21により決定された最大入射角を用いて焦点距離を算出する。図8は、焦点距離を算出する方法の例を説明する説明図である。図8(a)は、カメラ座標系と透視投影平面との関係を斜視図で表したものであり、図8(b)は、カメラ座標系と透視投影平面との関係をY軸方向（ v'' 軸方向）から表したものである。図8では、透視投影平面上の u'' 軸方向を透視投影画像の幅 w とし、透視投影平面上の v'' 軸方向を透視投影画像の高さ h としている。

【0069】

図8(b)に示すように、焦点距離算出手段14は、算出された最大入射角 θ_{max} および透視投影画像サイズ（ $w \times h$ ）における w と h のうち小さい方の値 s を用いて、以下の式11を用いて焦点距離 f' を算出する。図8(b)は、幅 w を基準に焦点距離 f' を算出する例である。

【0070】

【数6】

$$f' = \frac{s}{2 \tan \theta_{max}} \quad (\text{式11})$$

【0071】

10

20

30

40

50

透視投影画像生成手段 1 3 は、最大入射角により決定される範囲の投影画像を生成する。具体的には、透視投影画像生成手段 1 3 は、最大入射角算出手段 2 1 により算出された最大入射角 θ_{max} により決定される焦点距離 f' の平面に投影される画像（透視投影画像）を生成する。

【 0 0 7 2 】

楕円推定手段 1 2 と、透視投影画像生成手段 1 3 と、焦点距離算出手段 1 4 と、射影方式選択手段 1 7 と、射影方式指示手段 1 9 と、最大入射角算出手段 2 1 とは、プログラム（カメラパラメータ推定プログラム）に従って動作するコンピュータの CPU によって実現される。

【 0 0 7 3 】

また、透視投影範囲入力装置 2 2 は、例えば、タッチパネル等などの入出力装置により実現される。また、透視投影範囲入力装置 2 2 は、例えば、ディスプレイ装置などの出力装置及びその出力装置に出力された内容を選択するポインティングデバイスなどにより実現されてもよい。なお、第 1 の実施形態と同様、魚眼カメラ自体が、いわゆるインテリジェントカメラとして機能し、カメラパラメータ推定装置 2 0 0 に含まれる各手段を備えていてもよい。

【 0 0 7 4 】

次に、本実施形態のカメラパラメータ推定装置 2 0 0 の動作例を説明する。図 9 は、第 2 の実施形態のカメラパラメータ推定装置 2 0 0 の動作例を示すフローチャートである。画像取得装置 1 1 は、魚眼レンズカメラにより撮像される画像を取得する（ステップ S 1 1 ）。透視投影範囲入力装置 2 2 は、ユーザから投影画像を生成する範囲の入力を受け付ける（ステップ S 2 1 ）。楕円推定手段 1 2 は、取得した画像から内部パラメータの一部を推定する（ステップ S 1 2 ）。最大入射角算出手段 2 1 は、受け付けた範囲に応じた最大入射角を射影方式ごとに算出する（ステップ S 2 2 ）。透視投影画像生成手段 1 3 は、取得した画像に対して複数の射影方式を適用することで、複数の投影画像を生成する（ステップ S 1 3 ）。

【 0 0 7 5 】

以降、生成された投影画像を表示してユーザによる選択を受け付け、射影方式を決定して内部パラメータを算出するステップ S 1 4 からステップ S 1 7 までの処理が行われる。

【 0 0 7 6 】

以上のように、本実施形態では、透視投影範囲入力装置 2 2 が、投影画像を生成する範囲の入力を受け付け、最大入射角算出手段 2 1 が、範囲に応じた最大入射角を射影方式ごとに算出する。そして、透視投影画像生成手段 1 3 が、最大入射角により決定される範囲の投影画像を射影方式ごとに生成する。

【 0 0 7 7 】

よって、第 1 の実施形態の効果に加え、生成される投影画像が見やすいものになり、ユーザが適切な射影方式で生成された投影画像を選択しやすくなる。

【 0 0 7 8 】

実施形態 3 .

次に、本発明によるカメラパラメータ推定装置の第 3 の実施形態を説明する。第 1 の実施形態および第 2 の実施形態で示すように、ユーザに直線性の高い直線を含む投影画像を判断させるためには、投影画像に変換する前の画像に、判断に適した直線が含まれていることが好ましい。

【 0 0 7 9 】

そこで、本実施形態では、投影画像に変換する前の画像（すなわち、魚眼レンズカメラで撮影された画像）が適切か否かを判断し易くする方法を説明する。

【 0 0 8 0 】

図 1 0 は、本発明によるカメラパラメータ推定装置の第 3 の実施形態の構成例を示すブロック図である。本実施形態のカメラパラメータ推定装置 3 0 0 は、画像取得装置 1 1 と、楕円推定手段 1 2 と、ガイド生成表示手段 3 1 と、透視投影画像生成手段 1 3 と、焦点

10

20

30

40

50

距離算出手段 14 と、透視投影画像サイズ記憶手段 15 と、最大入射角記憶手段 16 と、射影方式選択手段 17 と、透視投影画像表示装置 18 と、射影方式指示手段 19 とを備えている。

【0081】

すなわち、本実施形態のカメラパラメータ推定装置は、第 1 の実施形態のカメラパラメータ推定装置と比較し、ガイド生成表示手段 31 をさらに備えている。なお、カメラパラメータ推定装置 300 は、第 2 の実施形態で説明した最大入射角算出手段 21 および透視投影範囲入力装置 22 を備えていてもよい。

【0082】

ガイド生成表示手段 31 は、魚眼レンズカメラで撮像された画像に対し、内部パラメータの推定を補助する位置に直線を案内するためのガイドを生成し、画像に重畳させて表示する。具体的には、ガイド生成表示手段 31 は、投影画像に変換したときの直線の歪みが大きく見えるように、魚眼カメラで撮像された画像上の直線の位置に誘導するようなガイドを生成し、表示する。

10

【0083】

内部パラメータの推定を補助する位置について、魚眼レンズカメラで撮像された画像のうち、中心部分に近い画像ほど歪みが小さく、また中心から放射状の方向と平行なほど歪みが小さい。そこで、ガイド生成表示手段 31 は、画像中心から所定距離の円を示すガイドまたは画像中心から放射状のガイドを、取得した画像に重畳させて表示する。円の中心は、楕円推定手段 12 によって推定された中心位置が用いられれば良い。

20

【0084】

また、歪みを判定するためには、直線の長さが一定以上存在することが好ましい。そこで、ガイド生成表示手段 31 は、予め定めた長さのガイドを取得した画像に重畳させて表示してもよい。ガイドの長さは、投影画像に変換したときにユーザが判断し易い長さを考慮して決定されればよい。楕円推定手段 12 によって魚眼レンズの視界領域の半径 R は算出できているため、半径 R を基準にガイドの長さを算出することもできる。

【0085】

図 11 は、魚眼レンズカメラで撮像された画像にガイドを重畳した例を示す説明図である。図 11 に示す例では、中心から所定半径の距離に円状のガイドを表示することで、表示された円より外側に直線が写るよう案内している。また、図 11 に示す例では、中心から放射状に 8 本のガイドを表示することで、画像の直線がこのガイドに沿わないように案内している。さらに図 11 に示す例では、直線長さのサンプル S をガイドとして表示し、直線の長さが所定以上になるように案内している。

30

【0086】

他にも、ガイド生成表示手段 31 は、一つの円だけでなく多重の円を表示してもよい。多重の円に接するように画像から得られた直線を合わせることで、放射状の直線を表示した場合と同様の効果を得ることができる。

【0087】

ガイド生成表示手段 31 は、この画像を利用するか否かの判断をユーザから受け付けてもよい。利用しないと判断された場合、画像取得装置 11 が別の画像を取得し、楕円推定手段 12 が内部パラメータを推定した後、ガイド生成表示手段 31 が同様の処理を行う。適切な画像と判断されるまで、これらの処理が繰り返される。

40

【0088】

ガイド生成表示手段 31 は、プログラム（カメラパラメータ推定プログラム）に従って動作するコンピュータの CPU および生成結果を表示する表示装置（例えば、ディスプレイ装置等）によって実現される。なお、第 1 の実施形態と同様、魚眼カメラ自体が、いわゆるインテリジェントカメラとして機能し、カメラパラメータ推定装置 300 に含まれる各手段を備えていてもよい。

【0089】

次に、本実施形態のカメラパラメータ推定装置 300 の動作例を説明する。図 12 は、

50

第3の実施形態のカメラパラメータ推定装置300の動作例を示すフローチャートである。

【0090】

画像取得装置11は、魚眼レンズカメラにより撮像される画像を取得する(ステップS11)。楕円推定手段12は、取得した画像から内部パラメータの一部を推定する(ステップS12)。ガイド生成表示手段31は、魚眼レンズカメラで撮像された画像に対し、内部パラメータの推定を補助する位置に直線を案内するためのガイドを生成し、表示する(ステップS31)。

【0091】

ガイドを表示した結果、ユーザが投影画像の生成に適していないと判断した場合(ステップS32におけるNo)、画像を取得するステップS11からの処理が繰り返される。一方、ユーザが投影画像の生成に適している判断した場合(ステップS32におけるYes)、複数の投影画像を生成するステップS13以降の処理が行われる。以後の処理は、図5に例示するステップS13以降の処理と同様である。なお、ステップS11、ステップS12、ステップS31およびステップS32のループにおいて、内部パラメータの一部は変更されないため、2回目からステップS12は省略されてもよい。

10

【0092】

以上のように、本実施形態では、ガイド生成表示手段31が、魚眼レンズカメラで撮像された画像に対し、内部パラメータの推定を補助する位置に直線を案内するためのガイドを生成し、その画像に重畳させて表示する。よって、第1の実施形態の効果に加え、変換された投影画像中に判断の対象とする直線を適切に含めることが可能になる。

20

【0093】

実施形態4

次に、本発明によるカメラパラメータ推定装置の第4の実施形態を説明する。第1の実施形態から第3の実施形態では、透視投影画像をユーザに選択させて、射影方式を決定した。本実施形態では、ユーザからの明示の指定を得ずに射影方式を決定して、内部パラメータを出力する方法を説明する。

【0094】

図13は、本発明によるカメラパラメータ推定装置の第4の実施形態の構成例を示すブロック図である。本実施形態のカメラパラメータ推定装置400は、画像取得装置41と、楕円推定手段12と、透視投影画像生成手段13と、焦点距離算出手段14と、透視投影画像サイズ記憶手段15と、最大入射角記憶手段16と、射影方式選択手段42とを備えている。

30

【0095】

すなわち、本実施形態のカメラパラメータ推定装置は、第1の実施形態のカメラパラメータ推定装置と比較し、透視投影画像表示装置18および射影方式指示手段19を備えていない点において異なる。また、楕円推定手段12、透視投影画像生成手段13、焦点距離算出手段14、透視投影画像サイズ記憶手段15および最大入射角記憶手段16の内容は、第1の実施形態と同様である。

【0096】

本実施形態の画像取得装置41は、魚眼レンズカメラによって直線を含む対象が撮像された画像を取得する。具体的には、画像取得装置41は、画像中に含まれる線が直線と認識できる対象を撮像した画像を取得する。例えば、画像取得装置41は、画像から直線の構造が分かる特徴点や格子点などを自動的に取得できる対象を撮像した画像を取得する。本実施形態では、画像取得装置41は、直線を含む対象として平面チェスパターンを撮像した画像を取得する。平面チェスパターンとは、白と黒の市松模様のことである。

40

【0097】

ただし、画像取得装置41が取得する画像は、平面チェスパターンを撮像した画像に限定されない。画像中の線が直線であることが認識できる対象(より具体的には、画像から直線の構造が分かる特徴を自動的に取得できる対象)であれば、その画像の内容は任意で

50

ある。そして、透視投影画像生成手段 1 3 は、第 1 の実施形態と同様に、複数の射影方式を適用して、複数の投影画像を生成する。

【 0 0 9 8 】

射影方式選択手段 4 2 は、生成された投影画像に含まれる直線の直線性に基づいて、複数の投影画像の中から一つの投影画像を選択する。そして、射影方式選択手段 4 2 は、選択された投影画像を生成した射影方式を特定する。本実施形態で撮像された画像中の直線の構造が分かる特徴から、射影方式選択手段 4 2 は、その線の歪みの程度を算出して、直線性を判断する。

【 0 0 9 9 】

図 1 4 は、平面チェスパターンを透視投影画像に戻した例を示す説明図である。図 1 4 に示すように、魚眼レンズカメラで撮像された画像 4 0 0 は、複数の射影方式により、画像 4 1 0 ~ 4 1 3 で示す投影画像に変換される。平面チェスパターンを構成する線は全て直線で、射影方式選択手段 4 2 は、画像から自動的にチェスの格子点を取得し、チェスの格子点を基準として直線性を判断する。

【 0 1 0 0 】

図 1 5 は、直線性を判断する処理の例を示す説明図である。図 1 5 に例示するように、チェスの格子点を起点とし、縦方向および横方向の直線性に着目する。まず、射影方式選択手段 4 2 は、起点から格子点へのベクトル（格子点ベクトル）を生成する。射影方式選択手段 4 2 は、縦方向および横方向の基準の格子点ベクトルをそれぞれ任意に決定し、基準の格子点ベクトルと他の格子点ベクトルとの内積を算出する。

【 0 1 0 1 】

射影方式選択手段 4 2 は、全ての内積を平均することで、直線性を数値化する。この数値が 1 に近いほど直線性が高い。そのため、射影方式選択手段 4 2 は、各射影方式によって変換された投影画像の中から、この値が最も 1 に近い投影画像を選択し、選択された投影画像を生成した射影方式を特定する。そして、射影方式選択手段 4 2 は、決定された射影方式に応じた魚眼レンズカメラの内部パラメータを出力する。

【 0 1 0 2 】

このように、射影方式選択手段 4 2 は、直線の位置を特定する複数の点を用いて、各点を起点とし隣接する点までのベクトルを決定し、基準として定めたベクトルと他のベクトルとの内積の平均が 1 に近いほど直線性が高いと判断してもよい。そして、射影方式選択手段 4 2 は、この値が最も 1 に近い射影方式を選択してもよい。

【 0 1 0 3 】

楕円推定手段 1 2 と、透視投影画像生成手段 1 3 と、焦点距離算出手段 1 4 と、射影方式選択手段 4 2 とは、プログラム（カメラパラメータ推定プログラム）に従って動作するコンピュータの CPU によって実現される。なお、第 1 の実施形態と同様、魚眼カメラ自体が、いわゆるインテリジェントカメラとして機能し、カメラパラメータ推定装置 4 0 0 に含まれる各手段を備えていてもよい。例えば、魚眼カメラが、画像取得装置 4 1、楕円推定装置 1 2、透視投影画像生成手段 1 3 および射影方式選択手段 4 2（さらに、必要に応じて、焦点距離算出手段 1 4、透視投影画像サイズ記憶手段 1 5 および最大入射角記憶手段 1 6）を備えていてもよい。

【 0 1 0 4 】

次に、本実施形態のカメラパラメータ推定装置 4 0 0 の動作例を説明する。図 1 6 は、第 4 の実施形態のカメラパラメータ推定装置 4 0 0 の動作例を示すフローチャートである。画像取得装置 4 1 は、魚眼レンズカメラによって直線を含む対象が撮像された画像を取得する（ステップ S 4 1）。以降、内部パラメータの推定および複数の投影画像を生成するステップ S 1 2 からステップ S 1 3 の処理が行われる。

【 0 1 0 5 】

射影方式選択手段 4 2 は、投影画像に含まれる直線の直線性に基づいて複数の投影画像の一つを選択する（ステップ S 4 2）。射影方式選択手段 4 2 は、選択された投影画像に基づいて射影方式を決定する（ステップ S 4 3）。そして、射影方式選択手段 4 2 は、決

10

20

30

40

50

定された射影方式に応じた魚眼レンズカメラの内部パラメータを出力する（ステップ S 4 4）。

【0106】

以上のように、本実施形態では、透視投影画像生成手段 1 3 が、魚眼レンズカメラによって直線を含む対象が撮像された画像に対し、魚眼レンズカメラにおける視界領域の半径を用いる複数の射影方式を適用して、複数の投影画像を生成する。射影方式選択手段 4 2 は、投影画像に含まれる直線の直線性に基づいて複数の投影画像の一つを選択し、その選択された投影画像に基づいて射影方式を決定する。そして、射影方式選択手段 4 2 は、決定された射影方式に応じた魚眼レンズカメラの内部パラメータを出力する。よって、ユーザの操作や射影方式の前提知識を必要とせず、内部パラメータを容易に推定できる。

10

【0107】

実施形態 5 .

次に、本発明によるカメラパラメータ推定装置の第 5 の実施形態を説明する。第 4 の実施形態では、画像中の線が直線であることを認識できる対象を撮像した画像を用いて、直線性の判断が行われた。本実施形態では、風景画像など、直線を一部に含むような対象を撮像した画像を用いて射影方式を決定し、内部パラメータを出力する方法を説明する。

【0108】

図 1 7 は、本発明によるカメラパラメータ推定装置の第 5 の実施形態の構成例を示すブロック図である。本実施形態のカメラパラメータ推定装置 5 0 0 は、画像取得装置 5 1 と、直線指示手段 5 2 と、楕円推定手段 1 2 と、透視投影画像生成手段 1 3 と、焦点距離算出手段 1 4 と、透視投影画像サイズ記憶手段 1 5 と、最大入射角記憶手段 1 6 と、射影方式選択手段 5 3 とを備えている。

20

【0109】

すなわち、本実施形態のカメラパラメータ推定装置は、第 4 の実施形態のカメラパラメータ推定装置と比較し、画像取得装置 5 1 および射影方式選択手段 5 3 の内容が異なり、直線指示手段 5 2 をさらに備えている。それ以外の構成は、第 4 の実施形態と同様である。

【0110】

画像取得装置 5 1 は、第 1 の実施形態と同様に、魚眼レンズカメラによって直線を少なくとも一部に含む対象が撮像された画像を取得する。なお、画像取得装置 5 1 は、第 4 の実施形態に記載された平面チェスパターンのように、画像から直線の構造が分かる特徴を自動的に取得できる対象が撮影された画像を取得してもよい。

30

【0111】

直線指示手段 5 2 は、魚眼レンズカメラによって撮像された画像から、ユーザが直線と判断する箇所の指示を受け付ける。すなわち、本実施形態では、透視投影画像に変換する前に、直線性を判断する対象の指示をユーザから受け付ける。

【0112】

直線指示手段 5 2 は、例えば、ユーザから直線と判断する線の位置を複数の点で受け付けてもよい。また、直線指示手段 5 2 は、ユーザから直線と判断する線をなぞって特定する指示を受け付けてもよい。

40

【0113】

図 1 8 は、直線指示手段 5 2 が直線と判断する箇所の指示を受け付ける例を示す説明図である。図 1 8 (a) に示すように、直線指示手段 5 2 は、線の位置を複数の点 P で受け付けてもよい。また、図 1 8 (b) に示すように、直線指示手段 5 2 は、線の位置をなぞって特定する指示を受け付けてもよい。線の位置がなぞって特定された場合、直線指示手段 5 2 は、その線を所定間隔で区切った位置に点が指定されたものとして、線の位置を複数の点で特定してもよい（図 1 8 (c) 参照）。

【0114】

直線指示手段 5 2 は、例えば、タッチパネル等などの入出力装置により実現される。また、直線指示手段 5 2 は、例えば、ディスプレイ装置などの出力装置及びその出力装置に

50

出力された画像の位置を特定するポインティングデバイスなどにより実現されてもよい。

【0115】

射影方式選択手段53は、直線指示手段52が受け付けた箇所が示す直線の直線性に基づいて、複数の投影画像の一つを選択する。具体的には、透視投影画像生成手段13によって、指示された位置も投影画像に変換されるため、射影方式選択手段53は、その位置に基づいて直線性を判断する。

【0116】

直線性を判断する方法は任意である。射影方式選択手段53は、第4の実施形態と同様に、指定された各点から次の点へのベクトルを生成し、各ベクトルの内積の平均を算出して、直線性を判断してもよい。

【0117】

楕円推定手段12と、透視投影画像生成手段13と、焦点距離算出手段14と、射影方式選択手段53とは、プログラム(カメラパラメータ推定プログラム)に従って動作するコンピュータのCPUによって実現される。なお、第4の実施形態と同様、魚眼カメラ自体が、いわゆるインテリジェントカメラとして機能し、カメラパラメータ推定装置500に含まれる各手段を備えていてもよい。

【0118】

次に、本実施形態のカメラパラメータ推定装置500の動作例を説明する。図19は、第5の実施形態のカメラパラメータ推定装置500の動作例を示すフローチャートである。画像取得装置51は、魚眼レンズカメラによって直線を少なくとも一部に含む対象が撮像された画像を取得する(ステップS51)。直線指示手段52は、取得した画像の中から、ユーザが直線と判断する箇所の指示を受け付ける(ステップS52)。以降、内部パラメータの推定および複数の投影画像を生成するステップS12からステップS13の処理が行われる。

【0119】

射影方式選択手段53は、受け付けた箇所が示す直線の直線性に基づいて、複数の投影画像の一つを選択する(ステップS53)。以降、射影方式を決定して内部パラメータを出力するステップS43からステップS44の処理が行われる。

【0120】

以上のように、本実施形態では、直線指示手段52が、魚眼レンズカメラによって撮像された画像から、ユーザが直線と判断する箇所の指示を受け付ける。そして、射影方式選択手段53が、受け付けた箇所が示す直線の直線性に基づいて、複数の投影画像の一つを選択する。よって、特殊な画像や射影方式の前提知識を必要とせずに、内部パラメータを容易に推定できる。

【0121】

次に、本発明の概要を説明する。図20は、本発明によるカメラパラメータ推定装置の概要を示すブロック図である。本発明によるカメラパラメータ推定装置80(例えば、カメラパラメータ推定装置400)は、魚眼レンズカメラによって直線を含む対象が撮像された画像に対し、魚眼レンズカメラにおける視界領域の半径(例えば、半径R)を用いる複数の射影方式を適用して、複数の投影画像(例えば、透視投影画像)を生成する投影画像生成部81(例えば、透視投影画像生成手段13)と、投影画像に含まれる直線の直線性に基づいて複数の投影画像の一つを選択し、その選択された投影画像に基づいて射影方式を決定する射影方式決定部82(例えば、射影方式選択手段42)と、決定された射影方式に応じた魚眼レンズカメラの内部パラメータを出力する出力部83(例えば、射影方式選択手段42)とを備えている。

【0122】

そのような構成により、射影方式の前提知識を必要とせずに、内部パラメータを容易に推定できる。

【0123】

また、本発明では、特許文献1に記載されているような、カメラの三軸の姿勢や地面か

10

20

30

40

50

らの位置などを表す外部パラメータを推定しなくても、内部パラメータを推定できる。

【0124】

また、カメラパラメータ推定装置80は、魚眼レンズカメラによって撮像された画像から、ユーザが直線と判断する箇所の指示を受け付ける直線指示部（例えば、直線指示手段52）を備えていてもよい。そして、射影方式決定部82（例えば、射影方式選択手段53）は、受け付けた箇所が示す直線の直線性に基づいて、複数の投影画像の一つを選択してもよい。

【0125】

また、射影方式決定部82は、直線の位置を特定する複数の点を用いて、各点を起点とし隣接する点までのベクトルを決定し、基準として定めたベクトルと他のベクトルとの内積の平均が1に近いほど直線性が高いと判断し、最も直線性が高い射影方式を決定してもよい。

10

【0126】

具体的には、直線指示部は、直線と判断される線の位置を複数の点で受け付けてもよい。また、直線指示部は、線の位置をなぞって直線を特定する指示を受け付け、受け付けた位置が示す線を所定間隔で区切った位置に点が指定されたと判断してもよい。

【0127】

また、投影画像生成部81は、直線を含む対象として、平面チェスパターンが撮像された画像に射影方式を適用して投影画像を生成してもよい。

【0128】

また、カメラパラメータ推定装置80は、魚眼レンズカメラにより撮像される画像からその魚眼レンズカメラにおける視界領域の半径を推定する（例えば、楕円フィッティングで推定する）視界領域推定部（例えば、楕円推定手段12）を備えていてもよい。

20

【0129】

具体的には、投影画像生成部81は、射影方式として、等距離射影方式、正射影方式、立体射影方式および等立体射影方式の少なくとも2つ以上の射影方式を適用して、複数の投影画像を生成してもよい。

【0130】

また、出力部83は、魚眼レンズカメラの内部パラメータとして、その魚眼レンズカメラで撮影された画像の画像中心（例えば、 (C_u, C_v) ）、その魚眼レンズカメラの撮像素子の歪み（例えば、 (k_1, k_2) ）および視界領域の半径（例えば、 R ）並びに射影方式を出力してもよい。

30

【0131】

上記の実施形態の一部又は全部は、以下の付記のようにも記載されうるが、以下には限られない。

【0132】

（付記1）魚眼レンズカメラによって直線を含む対象が撮像された画像に対し、前記魚眼レンズカメラにおける視界領域の半径を用いる複数の射影方式を適用して、複数の投影画像を生成する投影画像生成部と、前記投影画像に含まれる前記直線の直線性に基づいて前記複数の投影画像の一つを選択し、当該選択された投影画像に基づいて射影方式を決定する射影方式決定部と、決定された射影方式に応じた前記魚眼レンズカメラの内部パラメータを出力する出力部とを備えたことを特徴とするカメラパラメータ推定装置。

40

【0133】

（付記2）魚眼レンズカメラによって撮像された画像から、ユーザが直線と判断する箇所の指示を受け付ける直線指示部を備え、射影方式決定部は、受け付けた箇所が示す直線の直線性に基づいて、複数の投影画像の一つを選択する付記1記載のカメラパラメータ推定装置。

【0134】

（付記3）射影方式決定部は、直線の位置を特定する複数の点を用いて、各点を起点とし隣接する点までのベクトルを決定し、基準として定めたベクトルと他のベクトルとの内積

50

の平均が 1 に近いほど直線性が高いと判断し、最も直線性が高い射影方式を決定する付記 1 または付記 2 記載のカメラパラメータ推定装置。

【 0 1 3 5 】

(付記 4) 直線指示部は、直線と判断される線の位置を複数の点で受け付ける付記 2 または付記 3 記載のカメラパラメータ推定装置。

【 0 1 3 6 】

(付記 5) 直線指示部は、線の位置をなぞって直線を特定する指示を受け付け、受け付けた位置が示す線を所定間隔で区切った位置に点が指定されたと判断する付記 2 または付記 3 記載のカメラパラメータ推定装置。

【 0 1 3 7 】

(付記 6) 投影画像生成部は、直線を含む対象として、平面チェスパターンが撮像された画像に射影方式を適用して投影画像を生成する付記 1 記載のカメラパラメータ推定装置。

【 0 1 3 8 】

(付記 7) 魚眼レンズカメラにより撮像される画像から当該魚眼レンズカメラにおける視界領域の半径を推定する視界領域推定部を備えた付記 1 から付記 6 のうちのいずれか 1 つに記載のカメラパラメータ推定装置。

【 0 1 3 9 】

(付記 8) 投影画像生成部は、射影方式として、等距離射影方式、正射影方式、立体射影方式および等立体射影方式の少なくとも 2 つ以上の射影方式を適用して、複数の投影画像を生成する付記 1 から付記 7 のうちのいずれか 1 つに記載のカメラパラメータ推定装置。

【 0 1 4 0 】

(付記 9) 出力部は、魚眼レンズカメラの内部パラメータとして、当該魚眼レンズカメラで撮影された画像の画像中心、当該魚眼レンズカメラの撮像素子の歪みおよび視界領域の半径並びに射影方式を出力する付記 1 から付記 8 のうちのいずれか 1 つに記載のカメラパラメータ推定装置。

【 0 1 4 1 】

(付記 10) 魚眼レンズカメラによって直線を含む対象が撮像された画像に対し、前記魚眼レンズカメラにおける視界領域の半径を用いる複数の射影方式を適用して、複数の投影画像を生成し、前記投影画像に含まれる前記直線の直線性に基づいて前記複数の投影画像の一つを選択し、選択された投影画像に基づいて射影方式を決定し、決定された射影方式に応じた前記魚眼レンズカメラの内部パラメータを出力することを特徴とするカメラパラメータ推定方法。

【 0 1 4 2 】

(付記 11) 魚眼レンズカメラによって撮像された画像から、ユーザが直線と判断する箇所の指示を受け付け、受け付けた箇所が示す直線の直線性に基づいて、複数の投影画像の一つを選択する付記 10 記載のカメラパラメータ推定方法。

【 0 1 4 3 】

(付記 12) コンピュータに、魚眼レンズカメラによって直線を含む対象が撮像された画像に対し、前記魚眼レンズカメラにおける視界領域の半径を用いる複数の射影方式を適用して、複数の投影画像を生成する投影画像生成処理、前記投影画像に含まれる前記直線の直線性に基づいて前記複数の投影画像の一つを選択し、当該選択された投影画像に基づいて射影方式を決定する射影方式決定処理、および、決定された射影方式に応じた前記魚眼レンズカメラの内部パラメータを出力する出力処理を実行させるためのカメラパラメータ推定プログラム。

【 0 1 4 4 】

(付記 13) コンピュータに、魚眼レンズカメラによって撮像された画像から、ユーザが直線と判断する箇所の指示を受け付ける直線指示処理を実行させ、射影方式決定処理で、受け付けた箇所が示す直線の直線性に基づいて、複数の投影画像の一つを選択させる付記 12 記載のカメラパラメータ推定プログラム。

【 符号の説明 】

10

20

30

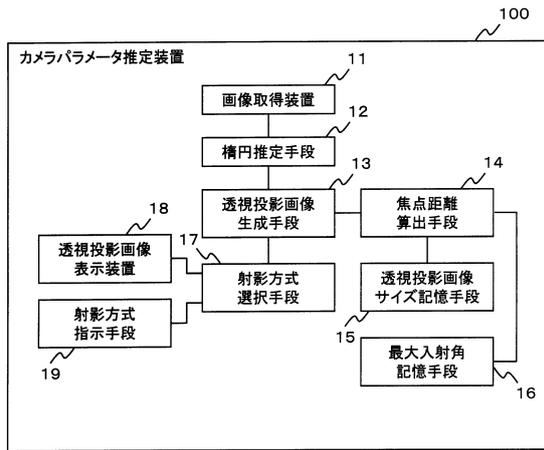
40

50

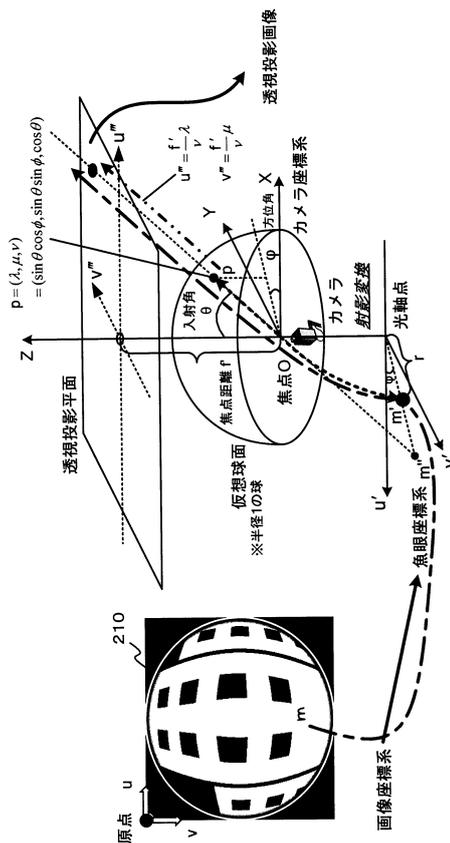
【 0 1 4 5 】

- 1 1 , 4 1 , 5 1 画像取得装置
- 1 2 楕円推定手段
- 1 3 透視投影画像生成手段
- 1 4 焦点距離算出手段
- 1 5 透視投影画像サイズ記憶手段
- 1 6 最大入射角記憶手段
- 1 7 , 4 2 , 5 3 射影方式選択手段
- 1 8 透視投影画像表示装置
- 1 9 射影方式指示手段
- 2 1 最大入射角算出手段
- 2 2 透視投影範囲入力装置
- 3 1 ガイド生成表示手段
- 5 2 直線指示手段
- 1 0 0 , 2 0 0 , 3 0 0 , 4 0 0 , 5 0 0 カメラパラメータ推定装置

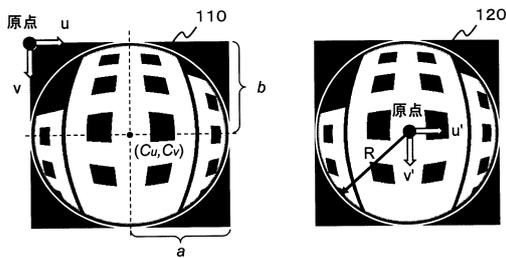
【 図 1 】



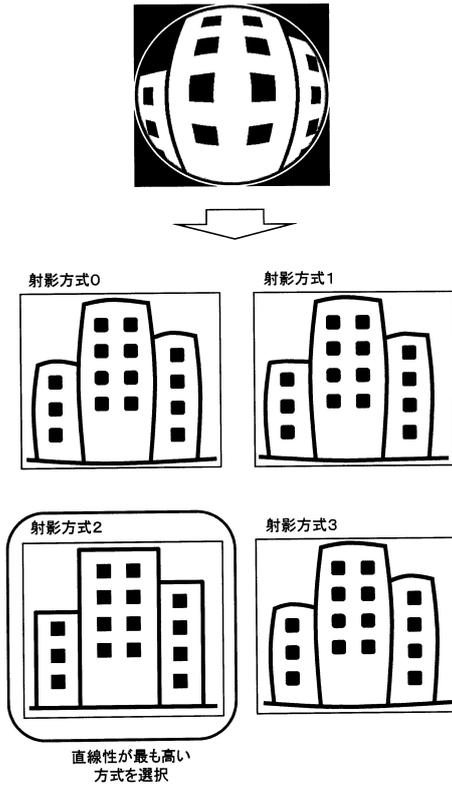
【 図 3 】



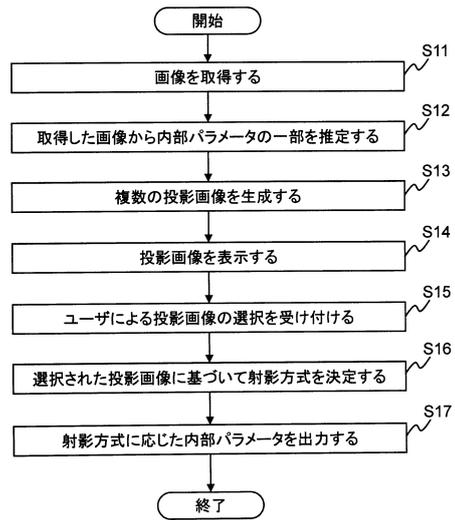
【 図 2 】



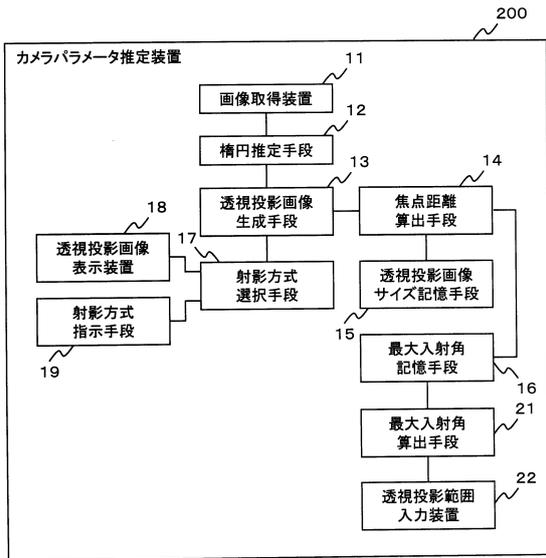
【図4】



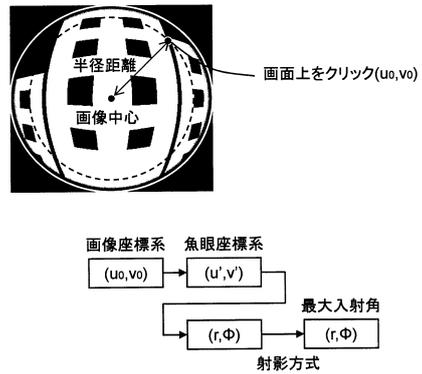
【図5】



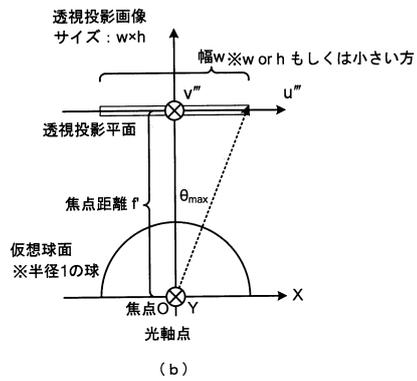
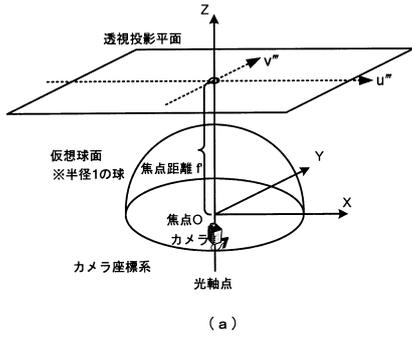
【図6】



【図7】



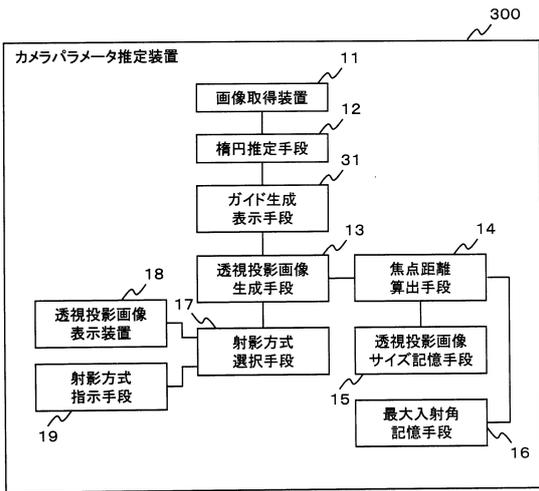
【図 8】



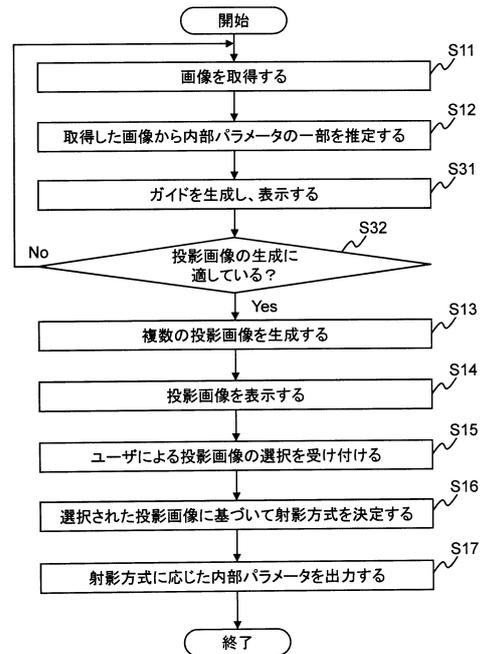
【図 9】



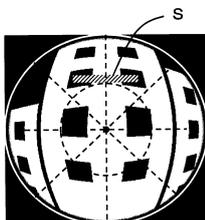
【図 10】



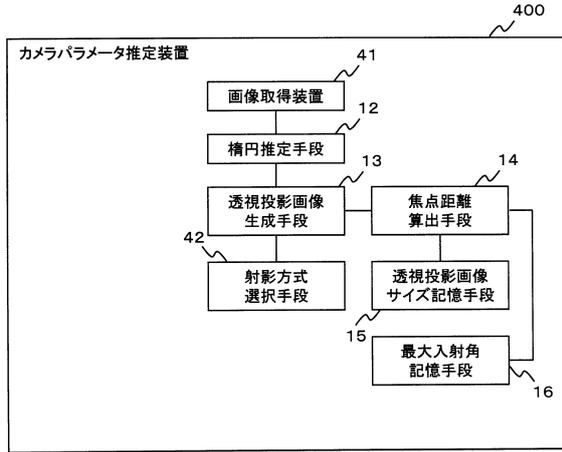
【図 12】



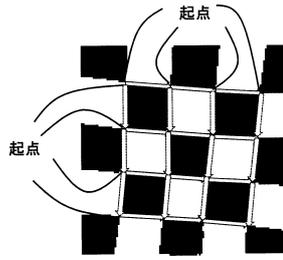
【図 11】



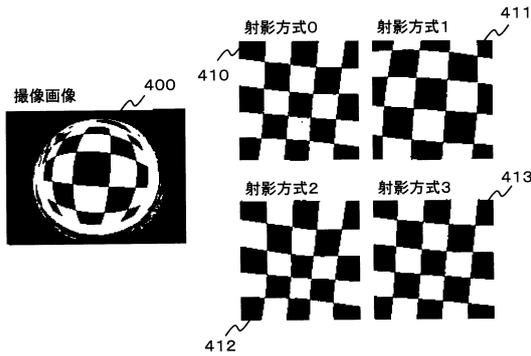
【図13】



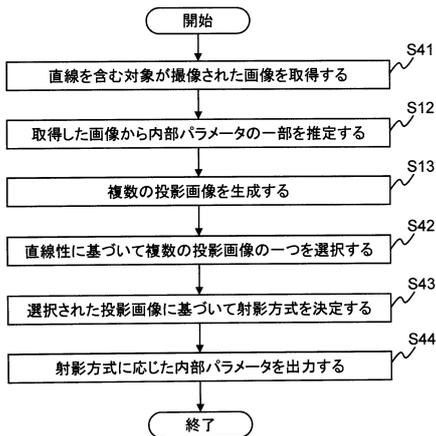
【図15】



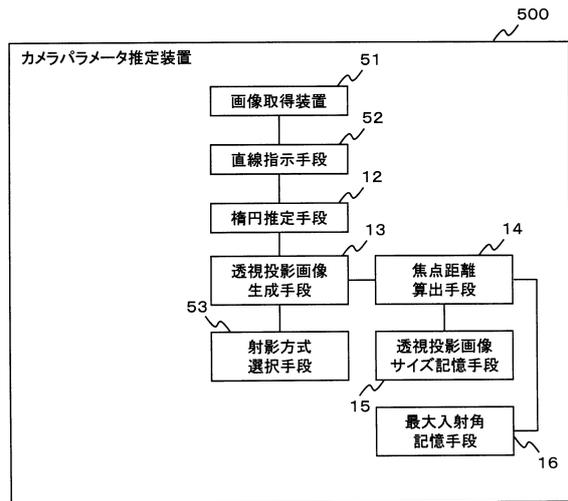
【図14】



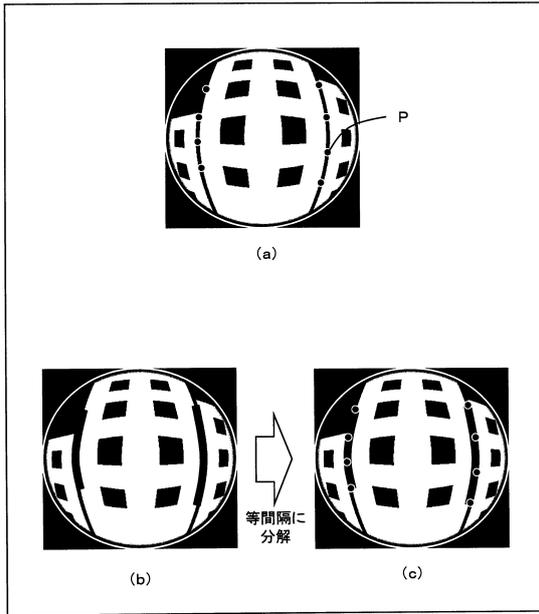
【図16】



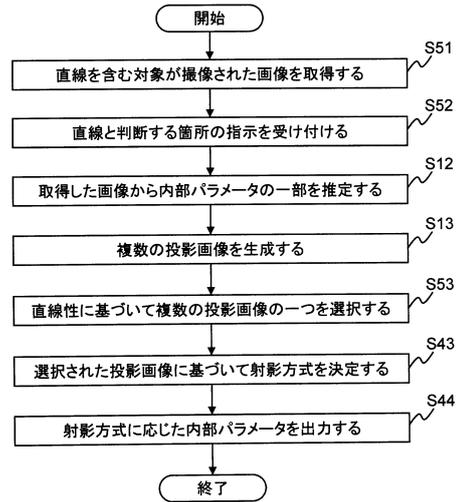
【図17】



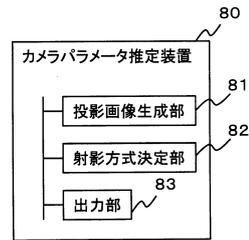
【図18】



【図19】



【図20】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2009-176273(JP,A)
特開2007-192832(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H04N 5/232
G06T 7/80