

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 6月15日現在

機関番号：25403

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21500105

研究課題名（和文） ぼけと幾何特徴の統合カメラキャリブレーションに基づく画像生成に関する研究

研究課題名（英文） Image Synthesis Based on Unified Camera Calibration Using Blur and Geometry Information

研究代表者

馬場 雅志（BABA MASASHI）

広島市立大学・情報科学研究科・講師

研究者番号：30281281

研究成果の概要（和文）：

画像を撮影するカメラとCG画像を作成するカメラモデルとの対応付けをとるカメラキャリブレーションとカメラモデルに基づく画像生成について研究を行い、以下の成果を得た。

（1）ぼけと幾何特徴の統合カメラキャリブレーションについては、キャリブレーションに用いる各特徴点でのぼけ幅の計測において、空間フィルタリングの手法を適用し閾値処理によりぼけ幅を求めることで高速な処理が可能となった。

（2）カメラキャリブレーションに基づく画像生成については、通常のCG画像の生成に使用されるピンホールカメラモデルとは異なるカメラモデルによる画像生成の手法を複数提案した。また、カメラキャリブレーションに基づく画像生成の応用として、広島原爆によるきのこ雲の写真からの高さ推定を行った。

研究成果の概要（英文）：

We have investigated methods for camera calibration and image synthesis.

(1) Camera Calibration

We have developed a method for measuring width of blur at the feature points using a space filtering technique. From the experiments, we got the results that the proposed method was about 30 times faster than the previous method.

(2) Image Synthesis.

We have proposed several methods to generate CG images based on the non-perspective projection camera models which are different from ordinary pinhole camera model. We also applied our method to generate images based on the camera calibration, and estimated the height of the Hiroshima Atomic Bomb cloud. Experimental results showed the validity of our method.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2010年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2011年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学、メディア情報学・データベース

キーワード：コンピュータグラフィックス、バーチャルリアリティ、画像処理、カメラモデル、カメラキャリブレーション、焦点ぼけ

1. 研究開始当初の背景

今日、コンピュータの飛躍的な性能向上やコンピュータグラフィックス(CG)技術の向上を背景として、仮想現実(Virtual Reality)や拡張現実(Augmented Reality)、複合現実(Mixed Reality)と呼ばれる画像合成技術への関心が高まっている。実写画像とCG画像を合成する複合現実においては、実写画像を撮影したカメラと画像を生成するカメラとが幾何学的・光学的・時間的に整合が取れていることが必要である。特に、幾何学的整合がとれていないと、CGで表現した仮想物体が合成する実写画像からずれて表示されるなど画像品質が著しく減少するため、撮影時の実カメラと画像生成時の仮想カメラの幾何学的整合を取るカメラキャリブレーションが重要となる。

カメラの幾何学的キャリブレーションについては多くの研究が行われているが、ほとんどはTsaiのキャリブレーション手法を基にした手法となっている。Tsaiのキャリブレーション手法は、複数の特徴点を持った平面や立体のキャリブレーションターゲットを撮影した画像に対して、カメラモデルとしてピンホールカメラモデルを使用してカメラの位置・姿勢を推定する手法である。この手法では、ピンホールカメラモデルを用いたキャリブレーションのため、実カメラで発生する焦点ぼけの影響を考慮することはできない。また、カメラをピンホールではなくレンズモデルでモデル化しカメラの内部パラメータを求めるカメラキャリブレーションも行われているが、位置・姿勢などの外部パラメータは既知としている。

一方、CGでのレンズ効果を含んだ画像生成に関しては、生成画像に奥行きに応じたぼけを後処理で付加する手法や複数のピンホール画像を加算平均することでぼけ画像を生成する手法、1画素に対して複数のレイを射出することで画像を生成する手法などが提案されている。また、カメラの設計データに基づきぼけ画像を生成する手法も提案されている。しかしながら、CGの分野では、キャリブレーションによって求めた実カメラの外部・内部パラメータに基づいてぼけ画像を生成する研究は行われていない。

2. 研究の目的

本研究では、画像上のぼけと特徴点の幾何学的情報を利用したキャリブレーションを行い、得られたモデルパラメータに基づき画像を生成する手法に関する研究を行う。これにより、画像生成や画像合成時に、実際のカメラ

と同様な焦点ぼけを含んだ画像の生成や合成が可能となる。本研究で行う具体的な目的は、以下の2点にまとめることができる。

- (1) 画像のぼけと幾何学的性質を利用したキャリブレーション手法の開発
- (2) カメラキャリブレーションに基づく画像生成手法の開発

3. 研究の方法

- (1) 画像のぼけと幾何学的性質を利用したキャリブレーション手法の開発

我々は、これまでにカメラのモデル化とキャリブレーションおよびキャリブレーションに基づく画像生成に関する研究を行ってきた。その一つに、ズーム・フォーカス・アイリス統合カメラモデルを使用し、画像のぼけや幾何学的歪などの実カメラの性質も再現できるキャリブレーション手法に関する研究がある。この研究では、格子状の平面ターゲットを使用し、格子点の幾何学的情報とその点でのぼけの情報を使用しカメラの外部・内部パラメータの一括導出を行っている。しかし、格子点の位置とぼけ幅を求める処理に多くの時間がかかり、実時間での処理が行えないという問題点があった。本研究では、このキャリブレーション手法をさらに発展させ、実時間でのパラメータ導出を行うことを目標とする。

キャリブレーションの高速化には、画像処理でよく用いられている空間フィルタリングの考えを利用する。現在のキャリブレーションでは、ぼけの情報を取得するために、すべてのスキャンラインにおいてぼけのモデル式との自乗誤差最小化によるフィッティングを行っているため、膨大な計算時間がかかっている。本研究では、画像にフィルタリングを行うことで簡易にぼけ幅情報を得る。

- (2) カメラキャリブレーションに基づく画像生成手法の開発

我々は、これまでにキャリブレーションによって得られたカメラパラメータに基づきぼけ画像を生成する研究として、カメラキャリブレーションに基づく画像生成、ズーム・フォーカス・アイリス統合カメラモデルに基づき画像を生成する研究、薄凸ズームレンズモデルに基づき画像を生成する研究を行ってきた。これらの研究では、キャリブレーションではカメラの内部パラメータのみを導出していたため、主に内部パラメータの変化での画像生成を行っていた。一方、画像のぼけと特徴点を利用した統合カメラキャリブレーションに基づく画像生成も行っており、この研究では、カメラの外部・内部パラメータの変化による画像生成を行っているが、計算

時間がかかることが問題点としてあった。そのため、リアルタイムに実写とCGを合成する複合現実システムの開発を目指し、キャリブレーション結果に基づく画像生成の様々な手法の検討と高速化に関する検討を行った。

4. 研究成果

本研究では、画像上のぼけと特徴点の幾何学的情報を利用したキャリブレーションを行い、得られたモデルパラメータに基づきレンズによるぼけを含んだ画像を生成する手法に関する研究を行い、以下のような成果を得た。

- (1) キャリブレーション手法の開発に関して、従来手法ではキャリブレーションの前段階の各特徴点でのぼけ幅の計測において、画像の全スキャンライン上でぼけのモデル式と画像の明度との非線形最適化によるモデルフィッティングを行っていたため、非常に長い計算時間を必要としていた。そこで、この処理に画像の空間フィルタリングの手法を適用することを検討した。撮影画像に非線形フィルタであるメディアンフィルタを適用し、閾値処理にぼけ幅を求めることで従来の1/30の時間で同等な処理が可能となった。しかしながら、手法の違いによる精度比較やフィルタサイズなどの検討は行っていないため、これらは今後の課題である。
- (2) カメラモデルと画像生成に関して、ピンホールカメラモデル以外のカメラモデルによる画像生成に関する複数の画像生成手法の検討を行った。
 - ① カメラモデルについては、透視投影、平行投影、逆透視投影を統一的かつ連続的に表現できる統合投影モデルを提案し、視点を複数持つ多視点のレンダリングを行うことで、複数の投影が混在する多視点絵画の解析と奥行き解釈が行えることを示した。
 - ② 単一の物体を多視点からレンダリングするときに見える物体形状の歪みを物体周辺の空間の歪みで表現する手法を提案した。この手法ではレンズのぼけ効果は考慮していないが、空間中を通る光線の集合をライトフィールドと考えることにより、ぼけ画像生成にも応用が考えられる。
 - ③ 実写画像を対象として、単一の物体を多視点からレンダリングするときに見える物体形状の擬似的な変形を表現する画像生成手法を提案した。CGにおいて、単一物体を複数の視点位置からみた画像を合成することは、その物体を取り囲む空

間の歪みで表現することができる。しかし、CGモデルを使用していたため、実物体の表現はできていなかった。今回、多数の実写画像からライトフィールドレンダリングを行うことで、実物体に対する多視点画像を生成することができた。また、この空間を通る光線の集合をライトフィールドで表現する手法は、ぼけ画像生成にも応用できると考えている。

- ④ ピンホールカメラモデル以外のカメラモデルによる高速な画像生成に関する検討を行った。CG画像を生成するとき使用する透視投影と平行投影については、Zバッファ法を用いることにより高速に画像を生成できるが、その他の投影法については、Zバッファ法により高速に画像を作成することができなかった。今回の研究成果を用いると、他の投影法でもZバッファ法により高速に画像を作成することが可能となった。ぼけ画像の生成にZバッファ法を用いる手法もあるため、この研究成果をぼけ画像生成に応用することが考えられる。
- (3) カメラキャリブレーションに基づく画像生成の応用として、広島に投下された原子爆弾による雲の高さを写真から測定する研究を行った。カメラキャリブレーションは既知の特徴点の情報からカメラの位置を推定する技術であり、この技術を応用することにより、過去の写真においても、その写真が撮影された場所を特定することができる。撮影位置とカメラの情報から写真に写っている形状が未知の物体の高さや幅などの大きさに関する情報を推定することができる。今回は、約40枚の写真を調査し、5枚の写真からその写真に写っている雲の高さを推定することができた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

- ① M. Baba, M. Yamamoto, M. Mukunoki, N. Asada, Camera model for inverse perspective, ACM SIGGRAPH ASIA 2010 Posters, 査読有, 2010.

[学会発表] (計6件)

- ② 立野翔平, 馬場雅志, 日浦慎作, 浅田尚紀, 光線空間法を用いた実写画像からの非中心投影レンダリング, Visual Computing/グラフィクスCAD合同シンポジウム, 査読有, 2011, pp.27:1-8.
- ③ M. Baba, F. Ogawa, S. Hiura and N.

Asada, A pilot study on shape estimation of the A-bomb mushroom cloud from pictures, Workshop on Dosimetry study of Hiroshima black rain and related studies, 2011.

- ④ 小川文夫, 馬場雅志, 日浦慎作, 浅田尚紀, 広島原爆きのご雲写真からの高さ推定, 情報処理学会GCAD研究会, 2010.
- ⑤ 馬場雅志, 松本絢子, 浅田尚紀, 多視点絵画のレンダリングにおける形状歪みの空間変形による解釈 Visual Computing/グラフィクスとCAD合同シンポジウム, 査読有, 2010.
- ⑥ M. Baba, N. Asada, A pilot study on height estimation of the A-bomb mushroom cloud from a picture, Workshop on black rain of the Hiroshima atomic bomb and related studies, 2010.
- ⑦ 馬場雅志, 山本美沙, 椋木雅之, 浅田尚紀, 統合投影モデルを用いたレンダリングと絵画の奥行き解釈, VC/GCADシンポジウム, 査読有, 2009.

[図書] (計2件)

- ① M. Baba, F. Ogawa, S. Hiura, N. Asada, Hiroshima City, Revisit The Hiroshima A-bomb with a Database, 2011, pp.55-67.
- ② 馬場雅志, 浅田尚紀, 広島”黒い雨”放射能研究会, 広島原爆”黒い雨”にともなう放射性降下物に関する研究の現状, 2010, pp.49-54.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

馬場 雅志 (BABA MASASHI)

広島市立大学・情報科学研究科・講師

研究者番号：30281281