

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 6 月 9 日現在

機関番号：25403

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24500127

研究課題名(和文)非透視投影画像のレンダリングに関する研究

研究課題名(英文)A study on Non-Perspective Projection Rendering

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

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：絵画などの手書き画像には、通常の透視投影では得られないような映像表現上の効果が用いられることがある。このような非透視投影画像をCGにおいて作成する研究を行い、以下のような成果を得た。

(1)実写画像を用いた画像の合成による非透視投影画像の作成に関しては、iPhoneのような簡易な撮影デバイスを用いて動画画像を作成し、得られた画像列から光線空間を構成し、非透視投影画像を生成する手法を開発した。

(2)3次元形状モデルを用いた非透視投影画像の生成に関しては、OpenGLとシェーディング言語のGLSLを使用し、FFDにより幾何形状を変形させることで、非透視投影画像をリアルタイムで生成する手法を開発した。

研究成果の概要(英文)：In a hand-drawn picture, a single object is often drawn from two or more viewpoints, and the object has a shape distortion. The images having such effects are called non-perspective projection images. We studied to represent such kind of phenomenon in Computer Graphics, and obtained the results as follows.

(1)For creating non-perspective projection images by composing real images, we developed the method using an image sequence obtained from simple capturing devices such as iPhone.(2)For the generation of non-perspective projection images from a three dimensional shape model, we developed the real time rendering method, using OpenGL API and GLSL shading language. Our method uses FFD (Free-Form Deformation) to deform the shape to represent the effects of non-perspective projection images.

研究分野：コンピュータグラフィックス

キーワード：非透視投影画像 非中心投影画像 透視投影 並行投影 光線空間法 レイトレーシング法 Zバッファ法 FFD

## 1. 研究開始当初の背景

近年、通常の透視投影では得られない非透視投影に関する研究が行われてきている。従来のCGで用いられているカメラモデルはピンホールカメラモデルであり、ピンホールカメラモデルではカメラで撮影された画像のような透視投影の効果が得られる。しかしながら、絵画やイラスト、セルアニメーションなどの手書きの絵では、実際のカメラで得られる透視投影の画像とは異なる描き方がされることがある。例えば、絵画においては、唯一の視点から複数の対象物を見る透視画とは異なり、複数の物体それぞれに対して複数の視点から見る多視点投影の技法が用いられることがある。また、単一の描画対象物体に対しても、各部分ごとに異なる視点位置から見て描画することがある。セルアニメーションでは、物体の一部を強調するために拡大するなど、通常の透視投影では得られない効果を用いることがあり、背景画像としては複数の画像をつなぎ合わせたようなモザイク状の画像を用いることもある。以上のような絵画やイラスト、セルアニメーション画像を対象にした研究以外にも、通常の透視投影ではない投影法をCGで行うための研究は多数行われている。高橋らは単一視点からでは遮蔽されて見えなくなるような物体に対して、物体を変形することで単一視点からでも遮蔽がない画像を生成する手法を提案している。また、吉田らは運動経路が遮蔽されないカーナビゲーションシステムとして、地形の3次元モデルを変形させることで、地理特徴や道路を異なる視点から見る投影を実現している。また、最近では、複数のカメラを用いて生成(撮影)した画像を合成するGraph Cameraという手法も提案されている。この手法では、メインのカメラとは別の位置に、遮蔽により見えない部分を観察できる別のカメラを置くことにより、画像中の遮蔽部分も観察できるような画像を合成している。これも通常の透視投影ではない非透視投影画像の一つである。

## 2. 研究の目的

非透視投影画像のなかには、1つの物体を複数の方向から見たような画像を作成する多視点投影画像がある。このような多視点投影画像を本研究では取り扱う。また、非透視投影画像を生成する手法は、2種類に分類できる。1つは、実写画像を用いた画像の合成であり、もう1つは、CGの3次元形状モデルを用いた画像生成である。本研究では、この2種類の非透視投影画像を作成する手法の両方を対象とする。具体的には、(1) 実写画像を用いた非透視投影画像のレンダリング、(2) 3次元形状モデルの変形による非透視投影画像のリアルタイムレンダリング、について研究を行った。

(1) に関しては、実写画像を用いた非透視投影画像の作成においては、カメラレイなどを用いてあらかじめ光線空間を構築しておくことが必要であった。そこで、手持ちビデオカメラのような簡易な動画入力装置を用いて光線空間を構築することで手軽に非透視投影画像を作成できるようにすることが目的である。

(2) に関しては、従来は実写画像を用いる手法と同様に仮想カメラからのレイを計算しそのレイを追跡することによって画像生成が行われていた。そのため、画像生成には時間がかかりリアルタイムでの画像生成は行えなかった。そこで、3次元形状モデルを変形することによってリアルタイムに画像を生成できるようにすることが目的である。

## 3. 研究の方法

### (1) 実写画像を用いた非透視投影画像のレンダリング手法の開発

これまでに、実写画像を用いた非透視投影画像のレンダリングに関する研究として、光線空間法を用いることによって、手持ちカメラで撮影された実写画像から非透視投影画像を作成する手法を提案している。しかしながら、生成画像の画質は十分とはいえず、計算時間もかかっていた。そこで、実写画像を用いた非透視投影画像の作成手法の改良を行った。画質に関しては、撮影枚数を増やし合成画像の生成方法を変更した。従来は、光線空間から所望のレイを取り出すとき、最近傍のレイを採用していたが、近傍のレイを補間することにより画像の質を改善した。また、画像の撮影時のカメラの移動軌跡によって、光線空間に蓄えられるレイが変化する。そのため、様々な撮影時のカメラ軌跡をあらかじめシミュレーションによって検討しておき、適切なカメラの移動軌跡で撮影を行うことにした。

### (2) 非透視投影画像のリアルタイムレンダリングシステムの開発

近年、高性能となったGPUを用いて、リアルタイムに非透視投影画像の作成を行うシステムを開発する。従来では、3次元形状モデルを用いてCGの画像生成技術により非透視投影画像を作成する手法においても、実写画像から非透視投影画像を作成する手法と同様に仮想カメラからのレイを計算する必要があった。このレイを追跡するレイトレーシング法を用いて画像を作成するため、3次元形状モデルを使用する手法においても画像生成に時間がかかっていた。そこで、複数視点から見たことによる物体の形状変化を、あらかじめ物体形状の変形として計算しておき、画像生成には高速に画像生成が行えるZバッファ法を利用してリアルタイムに画像生成を行う手法を提案した。

#### 4. 研究成果

通常の透視投影画像では、視点は1つのみであるが、非透視投影画像のなかには、複数の視点位置を持ち、それらの視点位置での画像を統合したような画像を生成する多視点投影画像がある。本研究では、非透視投影画像のなかでも、多視点投影画像のレンダリングに関して研究を行い、以下のような成果を得た。

##### (1) 実写画像を用いた非透視投影画像のレンダリング手法の開発

実写画像を基にした非透視投影画像の生成に関する研究を行った。従来、カメラを多数配置したカメラアレイを用いてあらかじめ光線空間を構成しておき、画像作成時には光線空間から所望のレイを抽出することによって画像を作成する方法が行われていた。本研究では、スマートフォンのような簡易な動画撮影が行えるカメラを用いて動画を撮影し、得られた画像シーケンスから光線空間を構成し、多視点合成画像を作成する手法を提案した。光線空間から所望のレイを抽出する画像生成時には、最近傍のレイを抽出するのではなく、近傍にある複数のレイを重みづけ補間することによって画素の色を決定し、画質の向上が得られた。

さらに、画像撮影を行うカメラの移動軌跡についても検討を行った。2視点からの画像を合成したような多視点投影画像の合成においても、2視点間のカメラの移動には様々なカメラ軌跡が考えられる。カメラの移動軌跡を変更すると光線空間に蓄えられるレイも変化する。そのため、直線移動や円弧状の移動など様々な撮影時のカメラ移動軌跡をシミュレーションして検討した。その結果、2視点から物体を見た画像を統合したような画像を作成するにはカメラを円弧状に移動するような軌跡にする方がよいことが分かった。

##### (2) 非透視投影画像のリアルタイムレンダリングシステムの開発

3次元形状モデルを基にした非透視投影画像の生成に関する研究を行った。通常の透視投影画像の生成には、リアルタイムに画像生成を行う手法と画像生成時間はかかるがフォトリアルな画像生成を行う手法の2種類が存在する。非透視投影画像の生成には、通常フォトリアルな画像を生成できるレイトレーシング法を使用するが、画像生成に時間がかかるという問題点があった。そこで、レイトレーシング法と同等の画像をリアルタイムで生成できる手法を提案した。提案手法は、通常の透視投影画像の生成をリアルタイムに行うZバッファ法を利用できるように、あらかじめ物体を変形しておくことが特徴である。物体の変形には、多視点合成画像中に現れる物体の変形を記述できるFFD (Free Form Deformation) を使用した。提案手法では、多視点合成画像をZバッファ法で生成できるように、通常の透視投影のための変形とFFDによる物体変形の両方を行うことで、事前計算を一度行っておけば、リアルタイムに多視点合成画像の生成を行うことができる。FFDの形状変形に用いる格子(ラティス)を多くすると物体の変形を精密に表現することができるが計算時間がかかるという欠点がある。実験の結果、FFD制御格子の分割数が5x5x5程度であれば、20fpsでの描画が可能であることが分かった。

#### 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3件)

1. M. Baba, F. Ogawa, S. Hiura, N. Asada: Shape Measurement of Hiroshima A-bomb Mushroom Cloud from Old Photos, IEEE Transactions

on Image Electronics and Visual Computing Vol.2 No.2, pp.168-173, 査読有, 2014.

2. M. Baba, S. Tatsuno, S. Hiura, N. Asada: Multi-Perspective Rendering of a Real Object Using a Handheld Camera, IIEEJ Transactions on Image Electronics and Visual Computing, Vol.2, No.1, pp. 76-80, 査読有, 2014. (ショートペーパー)
3. T. Nakane, M. Baba, S. Hiura, N. Asada: Simulating Depth-of-Field Effects Taken by a Camera with a Tilt-Shift Lens, SIGGRAPH2013 Posters, p.1, 査読有, 2013.

[学会発表](計7件)

1. T. Nakane, M. Baba, S. Hiura, R. Furukawa, D. Miyazaki, M. Aoyama, Simulating Tilt-Shift Lens Using Distributed Ray Tracing, Proc. IIEEJ Image Electronics and Visual Computing Workshop (IEVC2014), pp.3A-4:1-5, 査読有, 2014.
2. 馬場雅志, 伊藤徹弥, 古川亮, 宮崎大輔, 青山正人, 日浦慎作: FFD を用いた形状変形による多視点合成画像のレンダリング, Visual Computing / グラフィクスと CAD 合同シンポジウム 2014, 2014.
3. 伊藤徹弥, 馬場雅志, 日浦慎作: FFD を用いた多視点合成画像の高速レンダリング, 画像電子学会 第 269 回研究会, 2014.
4. 中根智絵, 馬場雅志, 日浦慎作, 浅田尚紀, チルトシフトレンズの被写界深度効果の CG による再現, 情報処理学会研究報告, Vol.2013-GCAD-150, 2013
5. S. Tatsuno, M. Baba, S. Hiura, N. Asada: Multi-Perspective Rendering from Unstructured Image Sequences,

IEVC2012 (Nov. 2012 at Malaysia), pp. 1B-3:1-4, 査読有, 2012. (Excellent Paper Award)

6. M. Baba, F. Ogawa, S. Hiura, N. Asada: Quantitative Shape Estimation of Hiroshima A-bomb Mushroom Cloud from Photos, IEVC2012 (Nov. 2012 at Malaysia), pp.4B-5:1-5, 査読有, 2012.
7. 伊藤徹弥, 馬場雅志, 日浦慎作, 浅田尚紀: 頂点シェーダによる多視点合成画像の実時間レンダリング, Visual Computing / グラフィクスと CAD 合同シンポジウム 2012, 35:1-8, 査読有, 2012.

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