

ミラー走査による全周囲光線取得実験

眞能 啓輔[†] 圓道 知博[†] 藤井 俊彰[†] 谷本 正幸[†]

[†] 名古屋大学大学院工学研究科
〒464-8603 名古屋市千種区不老町

E-mail: †manoh@tanimoto.nuee.nagoya-u.ac.jp, ††{yendo,fujii,tanimoto}@nuee.nagoya-u.ac.jp

あらまし 本稿では、曲面鏡と走査ミラーを用いて、一つの対象物をあらゆる角度から撮影する手法を提案する。従来手法として、多数のカメラを円形に配置しての撮影、もしくは対象物を回転させながら撮影する手法がある。前者の手法では多数のカメラの位置や向きを合わせる事が難しい。また後者の手法は動的シーンに適用できない。これに対し本稿では、用いるカメラは一つとして位置あわせの手間を省き、また動的シーンに適用することが出来る手法を提案・試作し、取得実験を行う。

キーワード 放物面鏡, 走査ミラー, 全周囲光線取得, 動的シーン

An Experiment of Capturing All-Around Ray-Space using a Scanning Mirror

Keisuke MANOH[†], Tomohiro YENDO[†], Toshiaki FUJII[†], and Masayuki TANIMOTO[†]

[†] Graduate School of Engineering, Nagoya University
Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya-shi, Aichi, 464-8603 Japan

E-mail: †manoh@tanimoto.nuee.nagoya-u.ac.jp, ††{yendo,fujii,tanimoto}@nuee.nagoya-u.ac.jp

Abstract In this paper, we propose a technique of capturing all-around Ray-Space by curved mirrors and a scanning mirror. Conventional methods of capturing rays are the method using many cameras putting roundly, and the method rotating the object. The method of many cameras is very difficult that calibration of camera position and direction. And the method of rotating the object cannot capture images of dynamic scene. Correspondingly our proposed method do not need to calibrate camera position, and the system can use for dynamic scene. So we propose the method, make the prototype, and experiment capturing all-around Ray-Space.

Key words Parabolic Mirror, Scanning Mirror, All-Around Ray-Space Acquisition, Dynamic Scene

1. はじめに

近年の計算機能力や、3次元ディスプレイの表示能力の向上を受けて、様々な多視点画像の生成手法が検討されている。その中で、主に計算機上で3次元オブジェクトを定義して生成する“Model Based Rendering (MBR)”と、実写画像を元にして生成する“Image Based Rendering (IBR)”がある。このうちIBRは任意の視点の画像を得るために、取得した実写画像から計算機を用いて生成しているが、この演算は概して負荷が大きい。そこで、我々はこのような負荷の多い計算を避けるため、細かく視点を変化させた画像を全て実時間で取得する手法の研究を行っている。

従来は実時間で多数の視点の画像を取得する手法として、撮影対象物の周りに円形にカメラを多数配置して取得する手法が用いられている。しかしこの手法は、取得したい視点数に対応する数のカメラが必要であり、視点変化を細かくするほどコス

トが増大する。また、全てのカメラを対象物に対して正しく位置や向きを合わせることは困難である。

また、きめ細かく視点を変化させた画像の取得手法としては、対象物自体を回転させながら、カメラで取得する手法がある。しかし、対象物によっては高速に回転させることが不可能なため、動的なシーンの取得には適用できない。

現在ある手法として、Andrew Jonesらにより提案された手法[1]がある。これは対象物から出た光線を円筒鏡で反射させ、円筒鏡の中心軸上に配置した傾斜した回転鏡で走査することで、対象物を全周囲から撮影するものである。この手法は動的シーンを撮影することが出来るが、視点が対象物の斜め上方となる。

他方、大塚らにより提案されたTranspost[2]がある。これは、複数枚の平面鏡を円筒状に張り合わせ、画像を取得から出力まで実現するものである。

また、実時間で多数の視点の画像を取得する手法として、藤井らにより提案された放物面鏡を用いた取得システム[3]があ

る。このシステムは2枚の放物面鏡により物体の像を形成し、それを走査ミラーで反射させ高速度カメラで撮影するものである。このシステムは多視点画像を実時間で撮影できるシステムであるが、斜め上方から見た視点からの画像を一定の角度の範囲でのみ撮影できる手法である。

そこで本稿では、この放物面鏡を利用した手法を応用し、対象物を水平方向から、全周囲にわたって撮影できる手法の検討、提案、試作と、取得した画像の検討を行う。

2. 光線取得システム

本稿で提案する取得装置は、主に2枚の放物面鏡、水平方向から45度に傾斜した走査ミラー、高速度カメラから構成される。この章では試作装置の概要と、撮影時の条件を紹介する。

2.1 光線取得システムの概要

今回試作したシステムのうち、上部放物面鏡を省いた内部構造を図1(a)に、システム全体の外観を図1(b)に示す。また、システムの模式図を図2に示す。

取得システムの原理は次の通りである。図2の下部放物面鏡の焦点にObjectを設置する。放物面鏡には、焦点から出た光線が放物面で反射すると、反射光が軸に対して平行となる特徴がある。提案システムではこの放物面鏡を上下2枚用意することで、下部放物面鏡の焦点にあるObjectから出た光線を下部放物面鏡、上部放物面鏡で計2回反射させ、上部放物面鏡の焦点に集光させる。この集光した点には像を形成するため、この像を斜めに傾けた鏡で上方へ反射し、カメラで取得する。この傾斜鏡を、放物面の軸を中心にして回転させることで、Objectが発する光線のうち水平方向のものを走査する。このようにして、対象物の周囲全ての光線を高速度カメラに入射させる。

このように、この提案手法ではカメラを多数配置する変わりとして、全ての角度で取得する必要のある像を放物面鏡の焦点という1点に集め、それを回転する傾斜鏡で走査することで、時分割で全ての画像を取得する。実際に試作した装置では、傾斜鏡を高速に回転させることで、全ての角度において約30fpsで取得している。

以上の原理を元に図1の装置を試作し、撮影実験を行った。

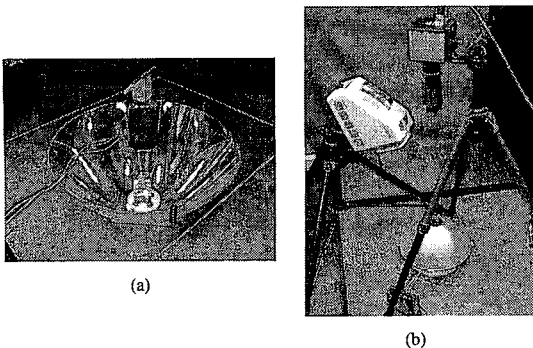


図1 Prototype of Ray-Space acquisition system :
(a)Prototype system without upper parabolic mirror
(b)Overview of prototype system

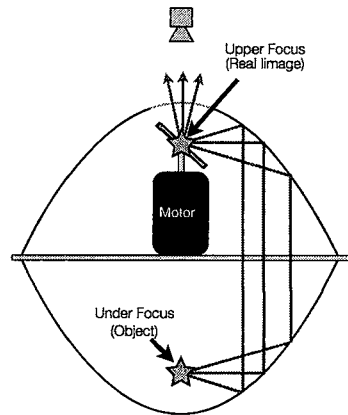


図2 Principle of parabolic mirrors

2.2 撮影装置の仕様

上記原理に基づく試作装置を、図3に示す大きさで作成した。すなわち、焦点距離39(mm)、高さ144(mm)の放物面鏡を2枚向かい合わせに設置し、上部放物面鏡の焦点に40(mm)角の平面鏡をモータに取り付ける形で設置した。図1におけるカメラは、それぞれ上部放物面鏡の上方1000(mm)の点に設置している。

このような装置で、カメラの撮影速度を9360fps、傾斜鏡の回転速度を1620rpm(27rps)として撮影を行った。これは鏡が1回転する間に360枚撮影することになり、時分割により1度間隔で全周囲の画像を取得することに相当し、またそれぞれの角度において27fpsで取得できる。

また、放物面鏡内部はほぼ放物面に囲まれており暗いため、光源としてメタルハライドライトを用いている。

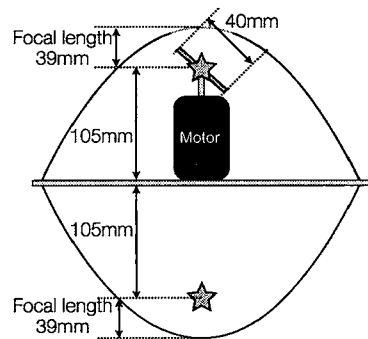


図3 Size of main components

3. 撮影実験とその結果

前章で紹介した光線取得システムを用いて、撮影実験を行った。撮影実験に被写体として用いたものは、図4に示す魚であり、全長約20(mm)である。この魚を被写体として、動的シーンを約3秒に渡って取得した。鏡を回転させながら撮影し取得した画像のうちの一部を図5(a)-(d)に示す。この取得画像を見

ると、回転する傾斜鏡で走査して取得しているため被写体が回転しているが、様々な角度から被写体を観察した画像が取得できていることが分かる。また、大きく画像が湾曲する歪みが見られることが分かる。そのため、画像を鏡の回転角に応じて回転させ、また歪みを2次元的に変換して補正した画像を、図6に示す。

以上の実験より、提案システムが被写体を水平方向から全周囲に渡って動的なシーンを撮影できることを確認した。しかしながら、元の取得画像である図5で見られる画像の歪みは2次元的に修正できるものであるとは確信が出来ないため、次章ではこの歪みについてシミュレーションを用いて検討を行う。

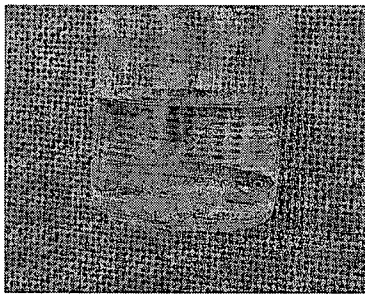


図4 The Photographic Object (about 20 mm size)

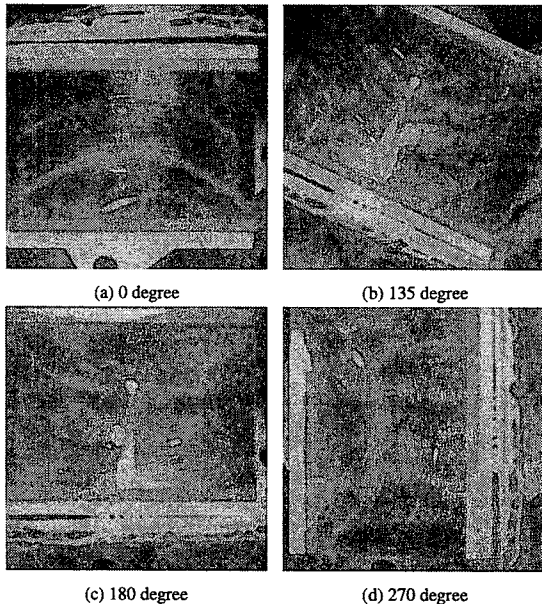


図5 Captured images by the prototype system

4. 歪みの検討

本章では、前章での取得実験において取得画像に発生していた画像歪みについて解析を試みる。ここではレイトレースの手法を用いて、対象物から出た光線のうち、カメラに入射する光線を逆にたどることで、カメラが取得した光線がどのような光線か考える。

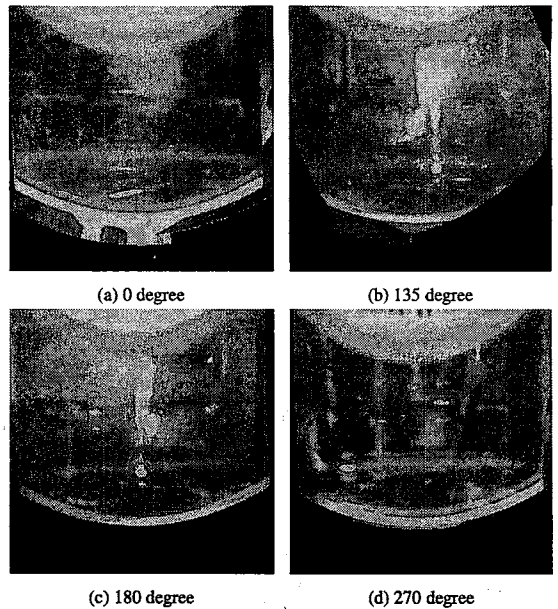


図6 Rotated and collected images

4.1 試作装置のシミュレーション

まず、シミュレーションによって取得される画像に歪みが見られるかどうかを確認した。シミュレーションの条件は以下に示す通りである。

対象物として、10(mm)角の立方体を想定した。また、試作装置の放物面鏡と同じ焦点距離39(mm)、放物面鏡の深さ144(mm)の放物面鏡を2枚合わせて使用し、下部放物面鏡の焦点に対象物となる立方体を設置した。試作装置では上部放物面鏡の焦点に傾斜鏡を設置したが、今回のシミュレーションではその変わりとして、焦点を中心とした半径1000(mm)の円周上をカメラが回るものとしてシミュレーションを行っている。これを図示すると図7となる。

まず、放物面を用いる前に、対象物から1000(mm)離れた地点から、対象物を直接撮影した場合のシミュレーション結果画像を図8に示す。対象物の大きさが10(mm)に対して、カメラまでの距離が1000(mm)と大変離れているので、取得した画像はほぼ正投影図となる。

次に、上記の放物面鏡を用いる条件下で行ったシミュレーションで得られた画像を図9に示す。この図より、試作装置での取得実験結果画像(図5)で見られたものと同様の、対象物の像が湾曲する歪みが出ている。このため、この歪みは放物面鏡の特徴と言えるもので、放物面の加工精度など他の要因による影響よりも、放物面鏡自体の特徴が大きく出ていることが分かる。また、図9をよく見ると、立方体上面と下面が移り込んでいる。これは、今回の試作装置で取得した画像では、正投影とも透視投影とも言えない光線を取得していることを示しており、2次元的に変換した今回の手法では正しく補正できないことを示している。

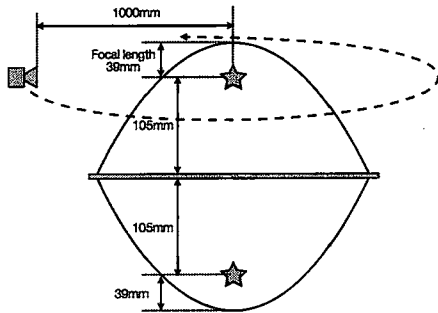
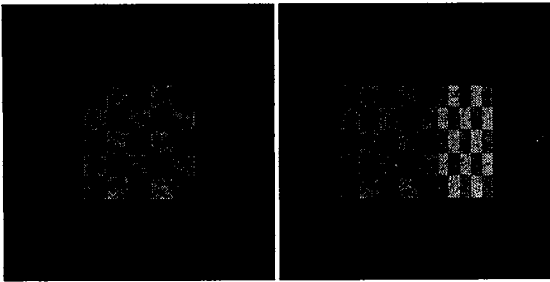
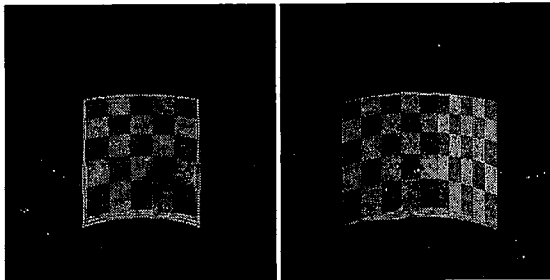


図7 Simulate assumption (same parameter as prototype)



(a) 0 degree (b) 30 degree

図8 Simulation result (Captured image directly)



(a) 0 degree (b) 30 degree

図9 Simulation result (Using same parameter as the prototype system)

4.2 パラメータを変更したシミュレーション

放物面鏡を組み合わせることで集光して像を形成し、その像を取得するという提案装置の原理は変更せずに、放物面鏡のパラメータを変更すると取得画像に変化が見られるか、という点を確認するため、再度シミュレーションを行った。

次のシミュレーションでも前節と同様、対象物は 10(mm) 角の立方体としている。ただし、用いる放物面鏡を変更する。下部放物面鏡は焦点距離 39(mm)、深さ 144(mm) のものをそのまま用いるが、上部放物面鏡として焦点距離 32(mm)、深さ 47(mm) のものを使用する。また、この場合下部放物面鏡の焦点に配置する対象物から水平方向に出た光線は、下部・上部放物面鏡でそれぞれ反射した後、上部放物面鏡の焦点を斜め上方に向けて通過する光線となる。そのため、カメラを 17° 下方に傾けた状態で上部放物面鏡の焦点に向けて設置し、そのまま放物面鏡の軸を中心とした半径 1000(mm) の円周上を回転させた。これを

図示すると図 10 に示す通りとなる。

このように変更してシミュレーションを行った結果の取得画像は図 11 となる。この画像を見ると、透視投影画像となっており、直接見た図 8 とはなっていないが、これはカメラを近づけて撮影した状態と同様となるため、近接したカメラで撮影した画像と等価であると言える。このように、放物面のパラメータを変更することで歪みの特性が変化するため、今後は簡潔な補正で正しく修正できる放物面を検討していく必要がある。

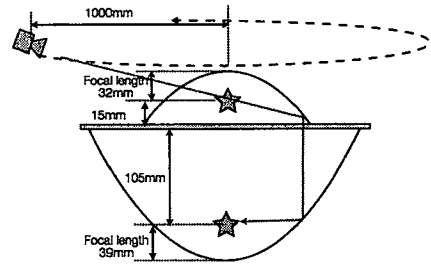
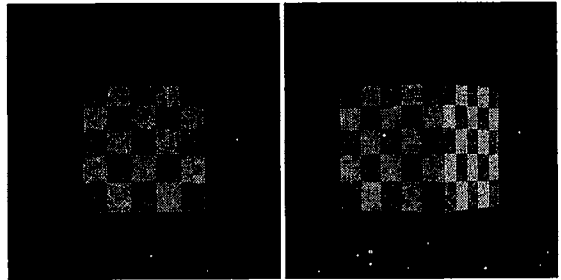


図10 Simulate assumption (different parameter from prototype)



(a) 0 degree (b) 30 degree

図11 Simulation result (Using different parameter from the prototype system)

5. まとめ

本稿では、放物面鏡と傾斜した走査ミラーを用いた、時分割方式で対象物の全周圏に出る光線を、一つのカメラで取得するシステムについて、提案と試作、取得実験を行った。全ての角度において撮影が可能であり、かつ動的なシーンの取得が可能であることが分かった。しかしながら、取得できる画像には歪みがあるため、この歪みの特徴をシミュレーションを行うことで検討した。そこでは、試作した装置と同じパラメータのシステムでは、正しく画像を補正できないことが判明したが、放物面鏡のパラメータを変更することで補正が可能な画像が取得できることが判明した。

今後の課題としては、放物面鏡の最適値を求めて再度試作することや、放物面鏡に限らず、より歪みの補正しやすい像を形成することの出来る他の形状の曲面鏡を検討することがあげられる。

謝 辞

本研究の一部は、情報通信研究機構の高度通信・放送研究開発に係る委託研究「多並列・像再生型立体テレビシステムの研究開発」によって行われた。

文 献

- [1] Andrew Jones, Mark Bolaas, Ian McDowall, Paul Debevec, "*Concave Surround Optics for Rapid Multiview Imaging*", ACM SIGGRAPH 2006, 98, 2006.
- [2] Rieko Otsuka, Takeshi Hoshino, "*Transpost: A Novel Approach to the Display and Transmission of 360 Degrees-Viewable 3D Solid Images*", IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, vol 12 issue 2 pp.178 - 185, 2006
- [3] Toshiaki Fujii, Masayuki Tanimoto, "*A Real-Time Ray-Space Acquisition System*", SPIE Stereoscopic Displays and CVirtual Reality Systems XI, 5291, 2004.