

令和元年6月21日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16H02849

研究課題名(和文) プロジェクタによる目的別ライトフィールドの構築手法

研究課題名(英文) Light field construction using projector for multi purposes

研究代表者

川崎 洋 (Kawasaki, Hiroshi)

九州大学・システム情報科学研究所・教授

研究者番号：80361393

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、(A)符号化したアパーチャをプロジェクタのレンズに設置することによるライトフィールド・プロジェクタを構築し、被写界深度の拡大を実現し、さらに、これを実システムで使用するため、(B)ライトフィールド・プロジェクタのキャリブレーション手法を開発し、加えて、複数台のプロジェクタを用いて(C)合成ライトフィールドを生成することで遮蔽物の多いシーンにおける密な3次元復元を実現するシステム、および(D)空間中の任意の平面に任意のパターンを描画するシステムを開発した。成果は著名な国際会議に採択され発表した他、特許出願した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、プロジェクタを用いてライトフィールドを構築することで、既存のプロジェクタの問題であった、被写界深度の浅さや、遮蔽物に弱い点を解消するものであり、その学術的意義は高い。本研究により、非接触・ワンショット3次元計測の飛躍的性能向上に成功し、運動選手の密なモーションキャプチャや水中の水泳選手の運動計測、高速回転するブレードや液体の流体計測に成功した。さらに、複数の奥行きに異なるパターンを投影可能なプロジェクションマッピングは、新しいAR/MRディスプレイとして今後の利用が期待される。以上、今回開発した技術は、プロジェクタを用いる全ての研究分野にブレークスルーをもたらす可能性がある。

研究成果の概要(英文)：In this study, (A) we develop a light field projector equipped with a coded aperture in the lens of the projector and achieved the expansion of the depth of field. Furthermore, in order to use the technique in a real system, (B) we developed a calibration method for light field projectors. In addition, (C) a system that achieves dense three-dimensional reconstruction in a scene where many obstacles exist by using multiple projectors by creating synthetic light fields and (D) a system which can draw arbitrary patterns on planes at different depths are developed. The results were accepted by several top international conferences, as well as patents are applied.

研究分野：コンピュータビジョン

キーワード：コンピュータビジョン ライトフィールド プロジェクタ・カメラシステム コンピュータショナル・フォトグラフィ

1. 研究開始当初の背景

近年、プロジェクタを用いた研究が盛んとなっており、イベントなどでも良く見かけるプロジェクションマッピングや、投影パターンを用いてユーザとのインタラクションを実現するシステム、さらには高精度に3次元形状を簡易に計測するシステムなどが幅広く利用されている。しかし、それらの利用環境は、屋内などの暗い場所に限定され、かつ、奥行きに幅のある対象への投影や、多くの遮蔽物がある状況等では利用できない。

こうした被写界深度や遮蔽の問題は、投影パターンを遮蔽物を回り込む多数の経路で照射したり、多くの光源からのパターン光を任意の距離で合焦させたりすることで解消できる可能性がある。これは、ワーキングボリューム内に適切なライトフィールドを構築する問題と言える。目的に応じたライトフィールドを構築できれば、上記プロジェクタの問題を解消できる可能性がある。

2. 研究の目的

本研究では、**①広い奥行き空間でも3次元計測が可能なライトフィールド・プロジェクタを開発する**。このようなライトフィールド・プロジェクタを実際に利用するためには、プロジェクタからどのようなライトフィールドが構築されているかを正確に知る必要がある。しかし、プロジェクタはカメラと異なり投影系のため、どの光線がどこを通るのかを知ることが一層容易ではない。そこで、**②ライトフィールド・プロジェクタのキャリブレーション手法の確立**を目指す。並行して、ライトフィールド・プロジェクタを複数用いて巨大な合成開口を生成することで、**③遮蔽物の多いシーンにおける3次元復元を実現するライトフィールド・プロジェクタを設計**する。これを用いれば、水中におけるロバストなアクティブ3次元復元を実現できる可能性がある。さらに、**④ライトフィールド中の任意の平面に任意のパターンを描画する手法を開発**する。これにより、特定の奥行きにしか描画できなかった既存のプロジェクションマッピングと異なる新しい表現が可能となる。

3. 研究の方法

本研究では、まず (A) 符号化したアパーチャをプロジェクタのレンズに設置することによるライトフィールド・プロジェクタを構築する。これにより、被写界深度を拡大できることができる。さらに、これを3次元形状復元に利用するために、最適な投影パターンとアパーチャのセットを設計する。また、これを実システムで使用するため、(B) ライトフィールド・プロジェクタのキャリブレーション手法を開発する。具体的には、平面板を複数位置に設置し、エンコードしたパターンを投影し、そのパターン像を撮影しデコードすることで、光線の軌跡を記録する。さらに、複数台のプロジェクタを用いて、(C) 巨大な合成開口を生成することで遮蔽物の多いシーンにおける3次元復元を実現するシステム、および (D) ライトフィールド中の任意の平面に任意のパターンを描画するシステムを開発する。

4. 研究成果

本研究により、非接触・ワンショット3次元計測の飛躍的性能向上に成功し、運動選手の密なモーションキャプチャや、水中の水泳選手の運動計測、高速回転するブレードや液体の流体計測に成功した。さらに、複数の奥行きに異なるパターンを投影可能なプロジェクションマッピングを実現した。以下にそれらの成果を示す。図1は超高速物体を計測することに成功した実験例である。図2は複数パターンの合成によるプロジェクタライトフィールドの構築例である。図3は符号化開口を用いた、プロジェクタライトフィールドの構築結果である。図4は複数デプスに異なるパターンを投影するシステムの例である。以上、今回開発した技術は、プロジェクタを用いる全ての研究分野にブレークスルーをもたらす可能性がある。

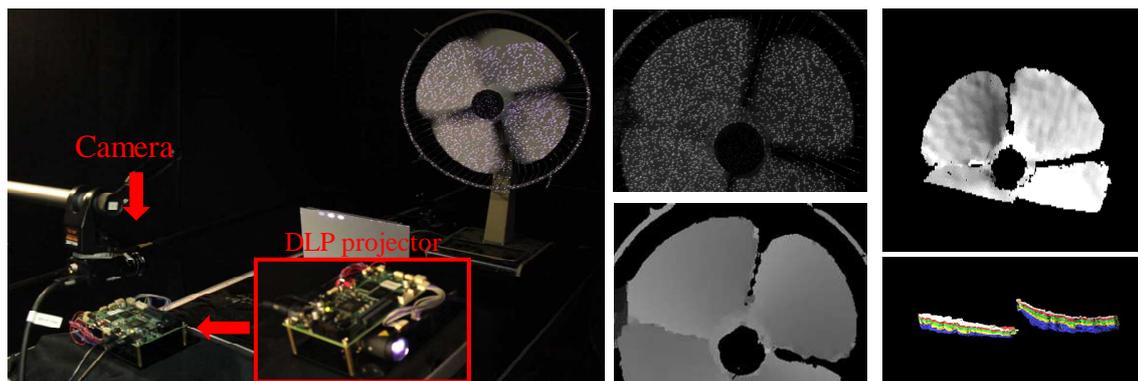


図1 可変パターン投影による超高速物体の計測結果

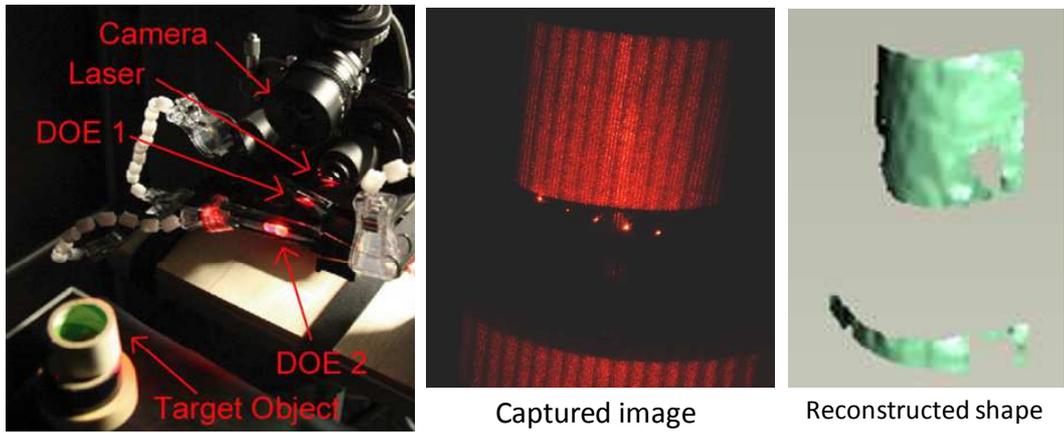


図2 ライトフィールド・プロジェクタによる被写界深度の深い3次元計測結果

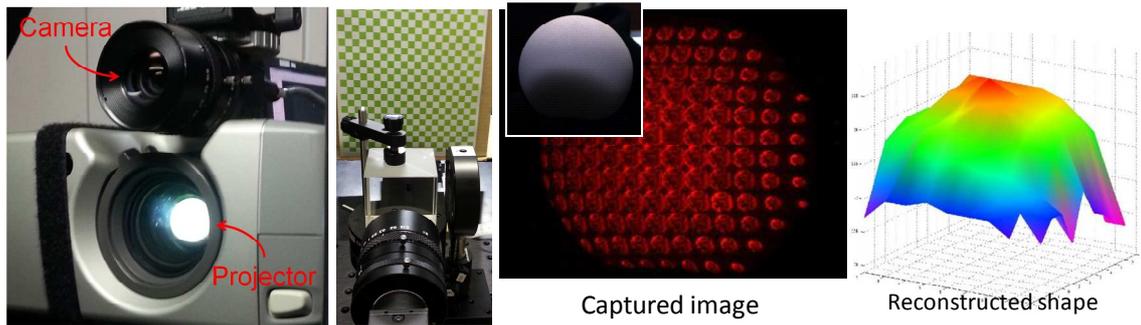


図3 符号化開口によるベースラインの不要な3次元計測結果

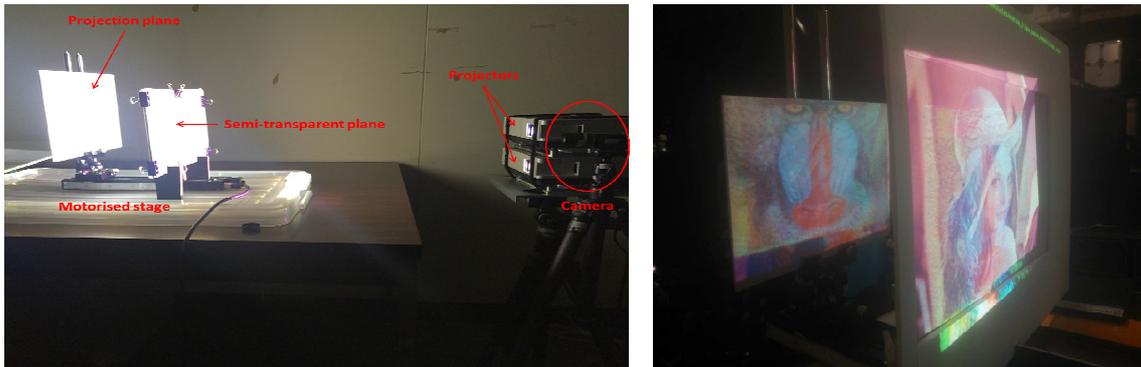


図4 複数平面に異なる画像の同時投影結果

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計 10 件）

1. 古川亮, 内藤雅仁, 溝森将輝, 宮崎大輔, 馬場雅志, 日浦慎作, 佐野村洋次, 田中信治, 川崎洋, "アクティブステレオ法による3次元内視鏡のためのHDR画像生成と投光器位置の自己校正", 電子情報通信学会論文誌 D, J101-D, No. 8, pp.1150-1164, 8. 2018
2. 阪下 和弘, 佐川 立昌 古川 亮 川崎 洋 八木 康史, "波線グリッドパターンを用いたワンショット形状計測システム", 電子情報通信学会論文誌 D, J100-D, No. 1, pp.115-128, 1. 2017
3. Genki Nagamatsu, Ryo Furukawa, Ryusuke Sagawa, Hiroshi Kawasaki, "Single-wavelength and multi-parallel dotted- and solid-lines for dense and robust active 3D reconstruction", International Conference on Machine Vision Applications 2019 (MVA2019), pp.1-6, 5. 2019

4. Kazuto Ichimaru, Ryo Furukawa, Hiroshi Kawasaki, "CNN Based Dense Underwater 3D Scene Reconstruction by Transfer Learning Using Bubble Database", IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision 2019 (WACV2019), 10pages, 1.2019
5. Yuto Hirao, Hiroshi Kawasaki, "Simultaneous Independent Information Display at Multiple Depths using Multiple Projectors and Patterns Created by Epipolar Constraint and Homography Transformation", 24th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology VRST2018, PS-08, 2pages, 11.2018
6. Kazuto Ichimaru, Ryo Furukawa, Hiroshi Kawasaki, "Multi-scale CNN stereo and pattern removal technique for underwater active stereo system", International Conference on 3D Vision (3DV), pp.1-10, 9.2018
7. Ryo Furukawa, Ryusuke Sagawa, Hiroshi Kawasaki, "Depth estimation using structured light flow -analysis of projected pattern flow on an object's surface-", The Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision 2017 (ICCV2017), 9pages, 10.2017
8. Shiba Yuki, Satoshi Ono, Ryo Furukawa, Shinsaku Hiura, Hiroshi Kawasaki, "Temporal shape super-resolution by intra-frame motion encoding using high-fps structured light", The Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision 2017 (ICCV2017), pp.115-123, 10.2017
9. Ryusuke Sagawa, Ryo Furukawa, Akiko Matsumoto, Hiroshi Kawasaki, "Learning-based Feature Extraction for Active 3D Scan with Reducing Color Crosstalk of Multiple Pattern Projections", The Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), 2017, 7pages, 5.2017
10. Hiroshi Kawasaki, Hideaki Nakai, Hirohisa Baba, Ryusuke Sagawa, Ryo Furukawa, "Calibration technique for underwater active oneshot scanning system with static pattern projector and multiple cameras", Proceeding of IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV), DOI: 10.1109/WACV.2017.40, 9 pages, 3.2017, Best Paper Honorable mention

[学会発表] (計 16 件)

1. Kazuto Ichimaru, Hiroshi Kawasaki, "Refraction-free Underwater Active One-shot Scan using Light Field Camera", IEEE International Conference on Computational Photography 2019 (ICCP2019), Poster, 4pages, 5.2019
2. 溝森 将輝, 内藤 雅仁, 古川 亮, 馬場 雅志, 宮崎 大輔, 日浦 慎作, 川崎 洋, "能動ステレオ法のためのパターン検出における CNN による複数特徴の同時抽出", 第 21 回画像の認識・理解シンポジウム, PS3-63, 4pages, 8.2018
3. 平尾 勇人, 川崎 洋, "パターンの最適化による複数平面への文字情報の同時投影手法", 第 21 回画像の認識・理解シンポジウム, DS-3, 4pages, 8.2018
4. Kazuto Ichimaru, Ryo Furukawa, Hiroshi Kawasaki, "Underwater accurate shape reconstruction using CNNs", 第 21 回画像の認識・理解シンポジウム, PS2-18, 4pages, 8.2018
5. 佐世晶彦, トマディエゴ, 内山英昭, 佐川立昌, 古川亮, 川崎洋, "平面制約を用いたアクティブ全周計測システムの自動キャリブレーション手法", 情報処理学会 コンピュータビジョンとイメージメディア研究会, Vol.2018-CVIM-212, No.31, pp.1-8, 5.2018
6. Ryo Furukawa, Daisuke Miyazaki, Masashi Baba, Shinsaku Hiura, Hiroshi Kawasaki, "Robust Structured Light System against Subsurface Scattering Effects Achieved by CNN-based Pattern Detection and Decoding Algorithm", Work shop (3D Reconstruction in the Wild 2018(3DRW2018) in conjunction with European Conference on Computer Vision 2018 (ECCV2018), LNCS, volume 11129, pp.372-386, 9.2018
7. Ryo Furukawa, Tsukasa Tadano, Shinsaku Hiura, Hiroshi Kawasaki, "Improvement of image quality by using viewpoint following in multi-layer light field display", OSA Imaging and Applied Optics Congress 2018, 2pages, 6.2018
8. Ryo Furukawa, Hiroshi Kawasaki, "Grid-based oneshot scan using dot-line pattern", OSA

Imaging and Applied Optics Congress 2018, 2pages, 6. 2018

9. 平尾勇人, 市丸和人, 脇海晟, 西正満, 岡本泰英, 河合由起子, 川崎洋, "AR システムとプロジェクトンマッピングによるランドマークベースの都市型経路案内システム", インタラクシオン 2018 (第 22 回一般社団法人情報処理学会シンポジウム), pp. 684-689, 3. 2018
10. 平尾勇人, 日浦慎作, 古川亮, 川崎洋, "複数投影パターンの重ね合わせにより複数深度に異なる情報を提示するためのパターン最適化手法", 情報処理学会研究報告 コンピュータビジョンとイメージメディア研究会, CVIM-209, No. 39, 8pages, 11. 2017, CVIM 研究会 奨励賞
11. Yuki Shiba, Satoshi Ono, Ryo Furukawa, Shinsaku Hiura, Hiroshi Kawasaki, "Data-based 3D shape reconstruction using light field constructed by multiple projectors", 情報処理学会研究報告 コンピュータビジョンとイメージメディア研究会, CVIM-209, No. 39, 8pages, 11. 2017
12. 馬場博久, 中井 英晶, 佐川 立昌, 古川 亮, 川崎 洋, "デプスに依存したレンズ歪みで屈折を近似した水中アクティブワン ショットスキャンシステム", 情報処理学会研究報告 コンピュータビジョンとイメージメディア研究会 CVIM (第 206 回), CVIM-206, No. 4, 8pages, 3. 2017
13. Yuki Shiba, Satoshi Ono, Ryo Furukawa, Shinsaku Hiura, Hiroshi Kawasaki, "Intra-frame motion encoding using high-fps structured light for temporal shape super-resolution", 第 20 回画像の認識・理解シンポジウム(MIRU2017)論文集 (口頭発表), 4pages, 8. 2017
14. 蛭川 琢斗, Visentini-Scarzanella Marco, 川崎 洋, 日浦 慎作, 古川 亮, "複数プロジェクタの同時投影により複数の任意形状に異なるパターンを表現するプロジェクトンマッピング", 情報処理学会 CVIM 研究会, Vol. 204, No. 16, pp. 1-6, 11. 2016, 奨励賞
15. 芝優希, 堀田祐樹, 小野智司, 古川亮, 日浦慎作, 川崎洋, "符号化開口付プロジェクタ・カメラシステムを用いたパターン特徴量の次元削減による高速・広範囲 3 次元計測", 第 19 回画像の認識・理解シンポジウム MIRU2016, 2 pages, 8. 2016
16. 蛭川琢斗, MARCO VISENTINI-SCARZANELLA, 川崎洋, 古川亮, 日浦慎作, "複数の任意形状に異なるパターンを同時投影するマルチプロジェクタ・システム", デモ, 第 19 回画像の認識・理解シンポジウム MIRU2016, 2 pages, 8. 2016

[産業財産権]

○出願状況 (計 3 件)

名称: 3 次元形状計測装置及び 3 次元形状計測方法

発明者: 川崎洋、古川亮

権利者: 同上

種類: 特許

番号: 2016-113925

出願年: 2016 年 06 月 07 日

国内外の別: 国内

名称: 投影システム、投影方法、パターン生成方法及びプログラム

発明者: 川崎洋, 益山 仁、日浦慎作, 古川亮

権利者: 同上

種類: 特許

番号: 2016-126463

出願年: 2016 年 06 月 27 日

国内外の別: 国内

名称: 位置情報取得システム, 位置情報取得方法及びプログラム

発明者: 小野晋太郎、川崎洋、芝優希、日浦慎作、古川亮

権利者: 同上

種類: 特許

番号: 147028

出願年: 2017 年

国内外の別: 国内

[その他]

ホームページ等

<http://www.cvg.ait.kyushu-u.ac.jp/research.html>

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：辻村 誠一 研究分担者氏名：小野 智司
ローマ字氏名：Seiichi Tsujimura ローマ字氏名：Satoshi Ono
所属研究機関名：鹿児島大学 所属研究機関名：鹿児島大学
部局名：理工学域工学系 部局名：理工学域工学系
職名：准教授 職名：准教授
研究者番号（8桁）10381154 研究者番号（8桁）90363605

研究分担者氏名：日浦 慎作 研究分担者氏名：古川 亮
ローマ字氏名：Shinsaku Hiura ローマ字氏名：Ryo Furukawa
所属研究機関名：広島市立大学 所属研究機関名：広島市立大学
部局名：情報科学研究科 部局名：情報科学研究科
職名：教授 職名：准教授
研究者番号（8桁）40314405 研究者番号（8桁）50295838

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。