

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25年 5月24日現在

機関番号：17102

研究種目：若手研究（A）

研究期間：2009～2012

課題番号：21680018

研究課題名（和文） 高度画像センシング

研究課題名（英文） Advanced Image Sensing

研究代表者

長原 一（NAGAHARA HAJIME）

九州大学・システム情報科学研究所・准教授

研究者番号：80362648

研究成果の概要（和文）：画像センサ(カメラ)は、テレビを代表する映像メディアを始め、近年では監視システムや自動車、医療、ファクトリーオートメーションなど様々なアプリケーションに応用されている。しかしながら、最新のデジタルビデオカメラにおいても、受光素子がフィルムから CCD や CMOS などの半導体素子に置き換わっただけで、基本構造すなわち光学系や撮像原理は、2 世紀あまり前に発明された銀塩写真機から全く進歩していない。本研究では、能動光学系を用いることで、従来のカメラ幾何や光学特性を超える高度カメラを提案し、新しい画像センシング手法についての研究を行った。

研究成果の概要（英文）：Image sensors (cameras) are used in many applications, such as still cameras, video cameras, as well as in recent years, monitoring systems, automobiles, medical care, and factory automation. However, even for the latest-type digital cameras, the basic structure optics and projective geometry has been completely the same for film cameras invented about two centuries ago; the only difference is that the file is replaced by electric images from CCD or CMOS sensors. We propose a novel camera system that uses dynamic optical elements and new image sensing techniques utilizing a camera.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	2,700,000	810,000	3,510,000
2010 年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2011 年度	2,900,000	870,000	3,770,000
2012 年度	2,000,000	600,000	2,600,000
年度			
総計	9,300,000	2,790,000	12,090,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：符号化撮像, コンピューショナルフォトグラフィ, Depth from defocus, Coded aperture, Focus Sweep, Light field

1. 研究開始当初の背景

画像センサ(カメラ)は、テレビを代表とする映像メディアを始め、近年では監視システムや自動車、医療、ファクトリーオートメーション(FA)など様々な応用で広く用いられて

いる。しかしながら、最新のデジタルビデオカメラにおいても、受光素子がフィルムから CCD や CMOS などの半導体素子に置き替わっただけで、基本構造すなわち光学系や撮像原理は、2 世紀あまり前に発明された銀塩

写真機から全く進化していない。従来の画像センサは、受光素子とレンズやフィルタと言った受動的な光学素子を組み合わせ、外界の光線情報を受光素子に射影することで画像としてとらえる。目立った進化といえば、絞りやレンズのズームやフォーカスなど従来手動で行なってきた視野や光量の調整がモータによる自動操作になった程度で、撮像できる画像の幾何や光学特性(Photometry)に違いはない。画像処理や画像認識の応用が世の中から求められてきたが、画像の入力装置の制約により、その実現性や応用に制限されてきた。

2. 研究の目的

本研究では、従来固定されてきたカメラの所々の特性を能動的に変化させることにより、従来のカメラでは撮影が不可能であった画像撮影を実現する。この様にして画像入力から根本的に変える事で、従来の画像処理では難しかった様々な画像復元の問題を容易に実現できる。図1に提案するシステムの光学系の概念図を示す。従来はレンズやフィルタなど屈折率や透過率、偏光特性の変化しない受動光学素子を受光光学系に用いてきたが、このシステムでは電気信号により特性の変化する能動光学素子を用いる。能動光学素子の具体例としては、透過や偏光特性を電気信号により変化できる液晶フィルタ(LCD)や誘電体フィルタ、反射方向を変化できるDigital Mirror Device(DMD)、屈折率を変化できる能動レンズがある。更には、上述の様な特殊な光学素子を用いなくとも、現在のカメラにはオートフォーカスやオートアイリス、手ブレ補正などのために、レンズやCCDを動かすためのアクチュエータが備わっている。これらを組み合わせることで、コンピュータの制御により光学特性を高速に変化しながら画像を撮影し、シーンの奥行きや動き情報、解像度情報を符号化し多重撮像できる。この様にして得られた画像からは、単一の画像では推定が難しかった奥行きや動きの推定や復元、超解像などを容易に実現できる。

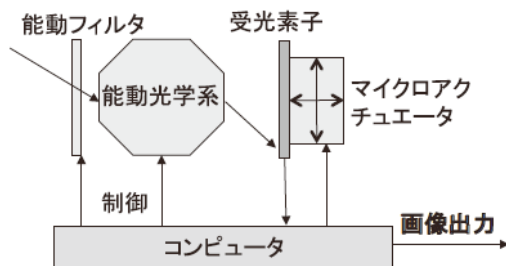


図1: 提案カメラのコンセプト

3. 研究の方法

研究目的で示した様に、本研究では能動光学素子をカメラに導入することで、符号化撮像を実現するカメラシステムの試作を行った。図2に試作した2種類の高度画像センシングカメラを示す。図2-左の能動絞りカメラでは、カメラの絞りに反射型液晶素子であるLCoSを用いることで、電気信号により能動的に絞りの形状をコントロールすることができる。また、図2-右のフォーカススイープカメラは、CCD撮像素子がピエゾモータによる平行移動ステージ上に搭載され、画像の露光時間中にフォーカスを高速に変更できる。これらのカメラを用いて様々な応用を実現する符号化撮像手法を提案した。図3に示す様に、フォーカススイープカメラと画像処理を組み合わせることで、通常のカメラでは実現できない広い被写界深度の撮影を実現した。また、図4に示す様に、フォーカススイープで符号化されたボケ広がり関数を用いることで、画像から安定してシーンの奥行きを推定する手法を確立した。さらには、図5に示す様に、能動絞りカメラを用いることで、単眼カメラながら多視点画像情報であるライトフィールドを時分解で獲得復元できる手法を提案した。

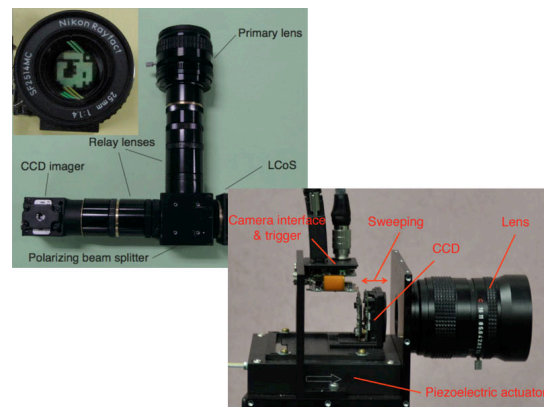


図2: 試作したカメラ(左: 能動絞りカメラ 右: フォーカススイープカメラ)



図3: 拡張被写界深度画像

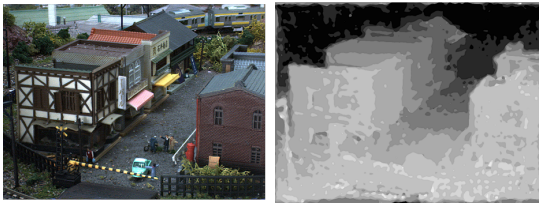


図 4：シーンの奥行き推定

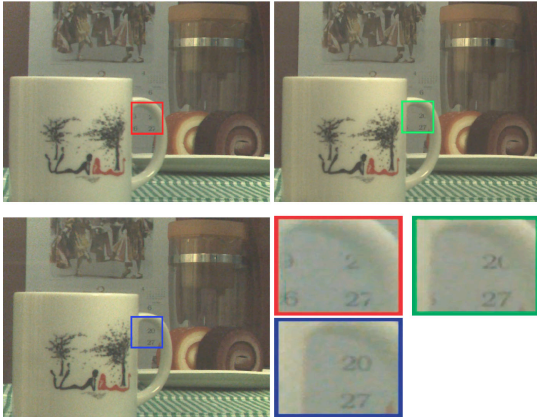


図 5：ライトフィールド画像

4. 研究成果

本研究の成果として、下記研究業績に示す様に、5 件の学術論文と 27 件の国内外の発表を行った。特にそのうち 2 件の発表は、コンピュータビジョン分野の最高峰の会議 ECCV に採択され、大きな注目を集め、多数の引用がされている。試作したフォーカススイープカメラについては企業との共同研究を行い、実用化研究段階にある。また、この共同研究の成果として特許出願および公開を行った。さらには、この研究プロジェクトの活動を通して、「符号化撮像」や「フォーカススイープ」と言うこの研究活動で生まれた新しいキーワードを当該研究分野に広げ、研究代表者はその第一人者として認知される結果となった。

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 5 件)

1. 長原一，“ライトフィールドビジョンと符号化撮像，映像メディア学会誌，2013.08.(掲載予定)
2. Hajime Nagahara, Changyin Zhou, Takuya Watanabe, Hiroshi Ishiguro, Shree K. Nayar, “Programmable Aperture Camera Using LCoS”, IPSJ Transactions on Computer Vision and Applications,

Vol.4, pp.1-11, 2012.03.

3. 向川康博, 長原一, 平林晃, “光学系・撮像過程・信号処理の工夫による光学センシング技術”, 精密工学会誌, Vol.77, No.12, pp.1104-1108, 2011.11.

4. Sujit Kuthirummal, Hajime Nagahara, Changyin Zhou, Shree K. Nayar, “Flexible Depth of Field Photography”, IEEE Transactions on Pattern Recognition and Machine Intelligence, Vol.33, No.1, pp.58 - 71, 2011.01.

5. 長原一, 神吉良典, 岩井儀雄, 谷内田正彦, “高精細動画撮影のための複合センサカメラ”, 電気学会論文誌, Vol. 130, No. 9, Sec. C, pp. 1561-1571, 2010.09.

[学会発表] (計 27 件)

1. Yichao Xu, Kazuki Maeno, Hajime Nagahara, Rin-ichiro Taniguchi, “Light Field Rectification From Camera Array Images”, International Conference on Computational Photography, 2013.04.

2. Kazuki Maeno, Hajime Nagahara, Atsushi Shimada, Rin-ichiro Taniguchi, “Light Field Distortion Feature for Transparent Object Recognition”, International Conference on Computational Photography, 2013.04.

3. Hajime Nagahara, Rin-ichiro Taniguchi, “Computational photography using programmable aperture” 1st Asian Workshop on Smart Sensor Systems, 2013.03.

4. Kazuki Maeno, Hajime Nagahara, Atsushi Shimada, Rin-ichiro Taniguchi, “Light Field Distortion Feature for Transparent Object Recognition”, International Symposium on Information Science and Electrical Engineering, p.20, 2013.01.

5. Toshiki Sonoda, Hajime Nagahara, Rin-ichiro Taniguchi. “Motion-Invariant Coding Using a Programmable Aperture Camera”, The 11th Asian Conference on Computer Vision (ACCV2012), 2012.11.

6. Kazuki Maeno, Hajime Nagahara, Atsushi Shimada, Rin-ichiro Taniguchi, “A Background Invariant Feature for Transparent Object Recognition”, Proc.

The 8th Joint Workshop on Machine Perception and Robotics, 2012.10.

7. Toshiki Sonoda, Hajime Nagahara, Rin-ichiro Taniguchi, "Motion Blur Coding with Virtual Camera Motion", Proc. of the 8th Joint Workshop on Machine Perception and Robotics, 2012.10.

8. 園田聡葵, 長原一, 谷口倫一郎, "能動絞りカメラによるモーションブラーの速度不変符号化", 第15回画像の認識・理解シンポジウム(MIRU2012), 2012.08.

9. 前野一樹, 長原一, 島田敬士, 谷口倫一郎, "Light Field Distortion 特徴を用いた透明物体認識", 第15回画像の認識・理解シンポジウム(MIRU2012), 2012.08.

10. Toshiki Sonoda, Hajime Nagahara, Rin-ichiro Taniguchi, "Motion-Invariant Coding Using a Programmable Aperture Camera", CVPR 2012 WORKSHOP FOR COMPUTATIONAL CAMERAS AND DISPLAYS, 2012.06.

11. 園田聡葵, 長原一, 谷口倫一郎, "能動絞りカメラによるモーションブラーの速度不変符号化", 情報処理学会論文誌コンピュータビジョンとイメージメディア (2012-CVIM-183), 2012.05.

12. Hajime Nagahara, "Focus Sweep Photography", The Sanken international Symposium(Invited), 2012.02.

13. Toshiki Sonoda, Hajime Nagahara, Changyin Zhou, Takuya Watanabe, Hiroshi Ishiguro, Shree Nayar, "Programmable Aperture Camera Using LCoS", International Conference on Computational Photography, Vol.I, 2012.04.

14. Shuhei Matsui, Hajime Nagahara, Rin-ichiro Taniguchi, Shunsaku Yasugi, Takashi Kawamura, "Half-Sweep Imaging for Depth from Defocus", International Conference on Computational Photography, Vol.I, 2012.04.

15. Shuhei Matsui, Hajime Nagahara, Rin-ichiro Taniguchi, "Half-Sweep Imaging for Depth from Defocus", Proc. 5th Pacific Rim Symposium on Advanced in Image and Video Technology, No.LNCS7087, pp.335-347, 2011.11.

16. Hajime Nagahara, "Extended Cameras", ENSEEiHT and Kyushu University Workshop on Data Mining and Media Processing, 2011.11.

17. Shuhei Matsui, Hajime Nagahara, Rin-ichiro Taniguchi, "Half-Sweep Imaging for Depth from Defocus", Proc. 5th Pacific Rim Symposium on Advanced in Image and Video Technology, No.LNCS7087, pp.335-347, 2011.11.

18. Shuhei Matsui, Hajime Nagahara, Rin-ichiro Taniguchi, "Depth from Defocus using Focus Sweep Camera", Proc. of the 7th Joint Workshop on Machine Perception and Robotics, 2011.10.

19. 園田聡葵, 長原一, 渡邊拓也, Changyin Zhou, 石黒浩, Shree K. Nayar, "LCoS を用いた能動絞りカメラ", 画像の認識・理解シンポジウム, No.DS-9, pp.1713-1714, 2011.07.

20. 松井修平, 長原一, 谷口倫一郎, "ハーフスイープ撮像による DFD", 画像の認識・理解シンポジウム, No.OS-4-3, pp.464-471, 2011.07.

21. 長原一, "符号化撮像の原理とその応用・実装", 画像センシングシンポジウム(SSII2011), 2011.06.

22. Hajime Nagahara, Changyin Zhou, Takuya Watanabe, Hiroshi Ishiguro, Shree Nayar, "Programmable Aperture Camera and Its Versatile Applications", Proc. The 6th Joint Workshop on Machine Perception and Robotics, No.OS4-1, 2010.10.

23. 渡邊拓也, 長原一, Changyin Zhou, 石黒浩, Shree K. Nayar, "能動絞りカメラ", 情報処理学会研究報告, No.8, pp.1-8, 2010.10.

24. 松井修平, 長原一, 谷口倫一郎, "フォーカススイープ撮像による DFD", 情報処理学会研究報告, No.6, pp.1-8, 2010.10.

25. Hajime Nagahara, Changyin Zhou, Takuya Watanabe, Hiroshi Ishiguro, Shree Nayar, "Programmable Aperture Camera Using LCoS", Proc. European Conf. Computer Vision, No.LNCS6316, pp.337-350, 2010.09.

26. 長原一, "符号化撮像", 情報処理学会研究報告, No.14, pp.1-9, 2010.03.

27. 渡邊拓也, 長原一, Changyin Zhou, Shree K. Nayar, “プログラマブルアパチャカメラ”, 情報処理学会研究報告, No.27, pp.1-8, 2009.06.

〔図書〕(計2件)

1. 長原一ほか著, 八木康史, 齋藤英雄編, コンピュータビジョン最先端ガイド4 4章: 符号化撮像, Oplus E 出版, 2011.

2. 長原一ほか著, 松原仁, 野田五十樹, 松野文俊, 稲見昌彦, 大須賀公一編, ロボット情報学ハンドブック 5章: 高度センシング技術, ナノオプトエナジー出版局, 2010.

〔産業財産権〕

○出願状況(計1件)

名称: 画像処理装置および画像処理方法

発明者: 木村雅之, 長原一

権利者: 株式会社パナソニック

種類:

番号: 特開 2012-004820

出願年月日: 2010年6月16日

国内外の別: 国内

〔その他〕

ホームページ等

http://limu.ait.kyushu-u.ac.jp/project/project_sensing.html

6. 研究組織

(1) 研究代表者

長原 一 (NAGAHARA HAJIME)

九州大学・大学院システム情報科学研究
院・准教授

研究者番号: 80362648