

次世代ヒューマンセンシングに向けたRGB-Xイメージングシステムの研究開発 (141203024)

RGB-X Imaging System for Next Generation Human Sensing

研究代表者

奥富 正敏 東京工業大学

Masatoshi Okutomi Tokyo Institute of Technology

研究分担者

田中 正行[†] 紋野 雄介[†] 吉崎 和徳^{††} 菊地 直^{††} 福西 宗憲^{††}

Masayuki Tanaka[†] Yusuke Monno[†] Kazunori Yoshizaki^{††} Sunao Kikuchi^{††} Munenori Fukunishi^{††}

[†]東京工業大学 ^{††}オリンパス株式会社

[†]Tokyo Institute of Technology ^{††}Olympus Corporation

研究期間 平成 26 年度～平成 28 年度

概要

本研究では、ヒューマンセンシング応用に向けた次世代センシングシステムとして、RGB-X イメージングシステムの研究開発を実施した。RGB-X イメージングシステムとは、従来の RGB カラー画像に加えて、付加価値の高い X 画像を同時取得可能なイメージングシステムである。本研究では、X 画像の例として、近赤外線 (NIR) 画像を同時取得可能な RGB-NIR イメージングシステムの試作機製作を行い、RGB-NIR イメージングのハードウェア及びソフトウェア両面での基盤技術を構築した。応用検討では、「ICG 蛍光観察」及び「非接触バイタルセンシング」の応用に対して、製作した RGB-NIR イメージングシステム試作機の有効性を確認した。

1. まえがき

本研究では、ヒューマンセンシング応用に向けた次世代センシングシステムとして、RGB-X イメージングシステムの研究開発を実施した。RGB-X イメージングシステムとは、従来の RGB カラー画像に加えて、付加価値の高い X 画像を同時取得可能なイメージングシステムである。RGB-X イメージングの例として、近赤外線 (NIR) 画像を同時取得する RGB-NIR イメージング、距離 (Depth) 画像を同時取得する RGB-D イメージング、紫外線 (UV) 画像を同時取得する RGB-UV イメージングなど、様々な組合せが考えられる。

RGB-X イメージングは、医療、セキュリティ、ヘルスケアなど、ヒューマンセンシングの様々な分野で応用が期待されている。しかしながら、RGB 画像と X 画像を同時取得するには、一般に複数台のカメラや複数回の撮影が必要となり、撮影に手間が掛かる、撮影機器が大掛かりである、動画像撮影ができない、などの問題がありイメージングシステムのコストやサイズ面で課題が残されている。RGB-X イメージングが広く普及するには、従来の RGB カメラと同様、小型で手軽に動画像撮影可能であるイメージングシステムの開発が必要である。

以上の背景を踏まえて、本研究では、以下の3つの目標を掲げて研究開発を実施した。

- ・ヒューマンセンシング応用に向けた次世代技術として、RGB 画像と付加価値の高い X 画像を同時取得可能な RGB-X イメージングシステムの基盤技術を構築する。
- ・単板撮像素子とカラーフィルタアレイから成る普及に適した構成を用いて、撮像素子及び画像処理アルゴリズムの同時開発を行い、RGB-X イメージングシステムのソフトウェア及びハードウェア両面での基盤技術を構築する。
- ・ICT活用時の新デバイスとして、ヒューマンセンシング応用の高度化及び普及に貢献する。

2. 研究開発内容及び成果

本研究では、RGB-X イメージングの一例として、RGB

画像と近赤外線 (NIR) 画像を同時取得する RGB-NIR イメージングシステムの研究開発を実施した。図1に、研究開発内容及び成果の概要を示す。本研究では、RGB-NIR イメージングシステムの基盤技術構築及び応用検討を実施した。

基盤技術構築では、RGB-NIR カメラの試作機製作を行い、RGB-NIR 撮像素子及び RGB-NIR 画像処理アルゴリズムを開発した。図1中に示す、RGB-NIR 撮像素子、センサ基板、RGB-NIR 画像処理アルゴリズムをリアルタイム実装する FPGA ボードを新規開発し、4096×3072画素の画像を30[fps]で撮影可能な RGB-NIR カメラの試作機を開発した。撮影した RGB 画像及び NIR 画像は、FPGA ボードと HDMI ケーブルで接続する外部ディスプレイにリアルタイムで2画面表示可能である。開発した試作機は、最大で300[fps]の高速撮像及びバッテリー駆動によるモバイル化が可能であり、幅広い応用用途に利用可能である。

応用検討では、「ICG 蛍光観察」及び「非接触バイタルセンシング」を、実用化が見込める応用として選定した。

ICG (IndoCyanin Green) 蛍光観察は、医療分野の外科手術において、近赤外線蛍光により血管を可視化する観察手法であり、本研究で開発した RGB-NIR カメラにより機器の小型化が期待できる。実験では、人体の臓器及び腕を模した2つのモデルに対して ICG 溶液を循環させ、開発 RGB-NIR カメラで撮影した。図1中に示す撮影結果から、開発 RGB-NIR カメラにより RGB 画像及び ICG 蛍光画像がリアルタイムで同時撮影可能であることを確認した。

非接触バイタルセンシングは、顔動画像から心拍波形や心拍数を取得する技術であり、民生向けヘルスケアやドライバモニタリングなどの幅広い応用が期待されている。本研究では、バイタル情報として心拍数測定に注目し、従来技術の拡張により開発 RGB-NIR カメラ用の心拍数推定アルゴリズムを開発した。図1中に示す心拍数推定アルゴリズムでは、RGB-NIR 動画像から顔検出により心拍計測処理領域を抽出し、心拍計測領域での R、G、B、NIR の時系列信号を生成する。その後、デトレンド処理、独立成分分析による信号分解、バンドパスフィルタ・信号選択による心拍成分抽出により、心拍波形および心拍数を推定する。

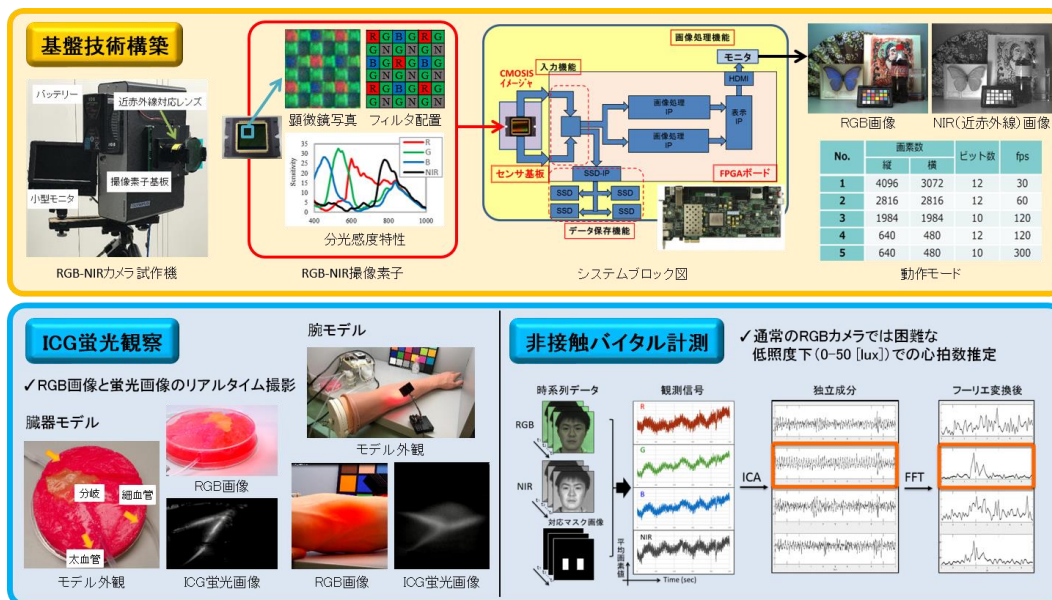


図1 研究開発内容及び成果の概要

実験では、通常の明るさの蛍光灯光源下（600[lux]）、低照度下（50[lux]、薄暗い環境）、低照度下（0[lux]、暗闇）の3つのシーンに対して評価を行い、開発RGB-NIRカメラを利用することで、通常のRGBカメラでは困難な低照度下においても、通常光源下と同等に心拍数推定が可能であることを確認した。

3. 今後の研究開発成果の展開及び波及効果創出への取り組み

本研究では、RGB-NIR イメージングシステムの試作機製作を行い、RGB-NIR 撮像素子及び RGB-NIR 画像処理アルゴリズム開発の基盤技術を獲得した。これらの技術は、NIR 画像以外の X 画像を同時取得する RGB-X イメージングシステムにも応用可能な基盤技術であり、RGB-UV（RGB+紫外線画像）、RGB-D（RGB+距離画像）、RGB-特定波長（RGB+特定波長画像）への展開が期待できる。また、RGB-NIR 撮像素子開発は、監視カメラなどのセキュリティ応用に期待があり、産業用途で今後広く普及する可能性があると考えられる。

応用検討として実施した「ICG蛍光観察」では、開発RGB-NIRイメージングシステムにより医療機器の小型化が期待でき、結果として患者の負担軽減に寄与するものとする。今後は、撮像素子画素サイズの微細化や分光感度特性最適化などの検討を行い、医療応用の事業化に向けた検討を展開していく予定である。「非接触バイタルセンシング」では、照明環境にロバストである利点を活かすことで、ヘルスケア分野だけでなく、自動車、広告、エンターテインメント分野への波及効果が期待できる。本研究で検討した2つの応用以外では、農業分野での応用の期待が大きい。今後は、新たなターゲットとして、農業分野でのRGB-NIRイメージング応用の検討を実施する予定である。

4. むすび

本研究では、RGB-Xイメージングの一例として、RGB画像とNIR画像を同時取得するRGB-NIRイメージングシステムの研究開発を実施した。RGB-NIRイメージングシステムの試作機製作を行い、RGB-NIRイメージングのハードウェア及びソフトウェア両面での基盤技術を構築した。応用検討では、「ICG蛍光観察」及び「非接触バイタルセンシング」の応用に対し、開発RGB-NIRイメージ

ングシステムの有効性を確認した。今後は、実用化に向けた検討を実施する。

【誌上発表リスト（全27件）】

- [1]奥富正敏、紋野雄介、田中正行、吉崎和徳、福西宗憲、小宮康宏、“カラー画像と近赤外線画像を同時に撮影可能なイメージングシステム”、光設計研究グループ機関誌、No.62、pp.38-43、（2017年7月）
- [2]H. Teranaka, Y. Monno, M. Tanaka, M. Okutomi, “Single-sensor RGB and NIR image acquisition: Toward optimal performance by taking account of CFA pattern, demosaicking, and color correction”, IS&T Electronic Imaging, （2016年2月）
- [3]Y. Monno, S. Kikuchi, M. Tanaka, M. Okutomi, “A practical one-shot multispectral imaging system using a single image sensor”, IEEE Trans. on Image Proce. Vol.24, No.10, pp.3048-3059, （2015年10月）

【申請特許リスト（全18件）】

- [1]福西宗憲、「生体情報計測装置、生体情報計測方法および生体情報計測プログラム」、PCT国際出願、2015年12月17日
- [2]吉崎和徳、「内視鏡システム、画像処理装置、画像処理方法およびプログラム」、PCT国際出願、2015年11月17日
- [3]菊地直、「画像処理装置、撮像装置、画像処理方法およびプログラム」、PCT国際出願、2015年4月8日

【受賞リスト（全1件）】

- [1]紋野雄介、第4回エヌエフ基金研究開発奨励賞優秀賞、“単板式リアルタイムマルチスペクトルイメージングシステムの開発”、2015年11月13日

【報道掲載リスト（全27件）】

- [1]“東工大とオリンパス カラー画像と近赤外線画像を1台で撮影可能なイメージングシステムを開発”、月刊オプトロニクス、pp.119-120、2016年9月号
- [2]“カラー画像と近赤外線画像 1つの撮像素子で同時撮影”、科学新聞、2016年6月17日
- [3]“カラー・近赤外線画像 同時撮影が可能”、日刊工業新聞、2016年6月8日

【本研究開発課題を掲載したホームページ】

<http://www.ok.sc.e.titech.ac.jp/res/MSI/MSI.html>
<http://www.ok.sc.e.titech.ac.jp/res/MSI/RGB-NIR.html>