

課題番号	LR027
------	-------

**先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発支援プログラム)
実施状況報告書(平成25年度)**

本様式の内容は一般に公表されます

研究課題名	コンピューショナルフォトグラフィによる安全な人体内部3次元構造の可視化
研究機関・ 部局・職名	奈良先端科学技術大学院大学・ 情報科学研究科・教授
氏名	向川 康博

1. 当該年度の研究目的

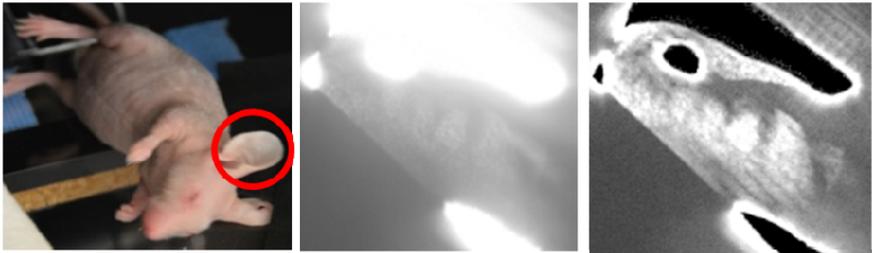
前年度までに、研究課題の達成に向けて、基礎技術・関連技術の開発を進めてきた。最終年度は、当初からの研究課題である以下の3つのサブテーマである

- (1) 高周波照明による散乱光の分離
- (2) 散乱光の空間分布解析
- (3) 近赤外光学系の開発

をそれぞれ完成させるとともに、これらの技術を集約することで、実際に近赤外光を含む多波長光源を用いた計測デバイスを開発し、その上で散乱光の分離と空間分布解析のアルゴリズムを実装することで、研究課題である「コンピューショナルフォトグラフィによる安全な人体内部3次元構造の可視化」を完成させる。

2. 研究の実施状況

まず、(1) **高周波照明による散乱光の分離**については、前年度に設計・開発した透過光と散乱光を分離して鮮明な透視画像を撮影できる「平行高周波照明」システムをさらに発展させ、プロジェクタから投影する高周波パターンの周波数を適応的に制御することで、様々な厚さや光学的濃度の物体に適用できるように改良した。これにより、右図のようにネズミの耳の内部の血管等を鮮明化できることを確かめた。散乱光の分離については、技術的に完成した。



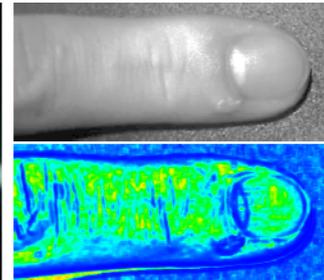
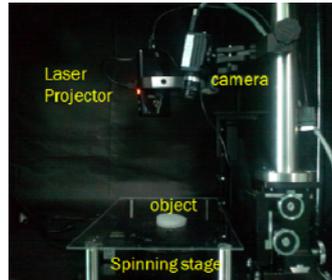
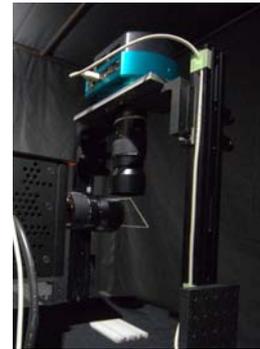
また、(2) **散乱光の空間分布解析**については、光は後方に散乱しないと仮定し、前方散乱のみからなる簡略化されたモデルを用いて、散乱体内部の遮蔽物体の位置を最適化問題として解く数学的枠組みを考案した。シミュレーションによる検証の結果、遮蔽物体の分布が大まかに推定できることを確認した。一方、光源を走査し、反対方向から透過光を観測できる光学系を工夫した解析法にも同時に取り組んだ。光源を2次元的に走査し、その2次元の透視画像撮影することで得られる合計4次元の光伝播をもとに、合成開口技術によって合焦面を変えることで、散乱体内部の金属物体の奥行きを推定する手法を考案した。前年度に開発したモンテカルロ投票法と合わせて、散乱光の空間分布解析については、当初予定してい

様式19 別紙1

た技術レベルに達している。

さらに、(3) **近赤外光学系の開発**については、体内を通過する微弱な透過光(直進光)を取り出すために、右図に示すような近赤外にも高い感度を持つ冷却 CCD を用いた新たな計測システムを設計・開発した。このシステムでは、皮膚の比較的浅い領域を撮影の対象とするため同じ側から照明と観測ができるように、カメラとプロジェクタを同軸系としている。また、これとは別に、下図のように近赤外を含む3波長(670nm, 782nm, 850nm)のレーザー光を皮膚に照射し、カメラで観測されるスペックルパターンを解析することで、血流のない表皮の厚さを推定する手法を開発した。近赤外光学系の開発は、当初予定以上に進んでいる。

以上のように、(1)(2)(3)の個々の要素技術は目標を達成した。さらに、これらの技術を集約した計測システムを完成させ、本年度の研究目標は概ね達成した。



3. 研究発表等

<p>雑誌論文 計 5 件</p>	<p>(掲載済み一査読有り) 計 3 件</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. C.Inoshita, S.Tagawa, M.A.Mannan, <u>Y.Mukaigawa</u>, Y.Yagi, ``Full-dimensional Sampling and Analysis of BSSRDF'', IPSJ Transactions on Computer Vision and Applications, Vol. 5, pp.119-123, July 2013. 2. K.Inose, S.Shimizu, R.Kawakami, <u>Y.Mukaigawa</u>, K.Ikeuchi, ``Refining Outdoor Photometric Stereo based on sky model'', IPSJ Transactions on Computer Vision and Applications, Vol. 5, pp.104-108, July 2013. 3. 田中賢一郎, <u>向川康博</u>, 八木康史, ``平行高周波照明による透視画像の散乱光除去'', 電子情報通信学会論文誌 D, Vol.J96-D, No.8, pp.1834-1843, Aug. 2013. <p>(掲載済み一査読無し) 計 2 件</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <u>向川康博</u>, ``見たいものだけを鮮明に見せるコンピュータショナルフォトグラフィ技術'', 映像情報メディア学会誌, コンピュータショナルフォトグラフィ特集号, Aug. 2013. 2. 井下智加, <u>向川康博</u>, 八木康史, 松下康之, ``単一散乱強度に基づく半透明物体の形状推定'', 日本工業出版 画像ラボ, Vol.24, No.5, pp.57-61, May 2013. <p>(未掲載) 計 0 件</p>
<p>会議発表 計 26 件</p>	<p>専門家向け 計 22 件</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 小林由枝, 森本哲郎, 佐藤いまり, <u>向川康博</u>, 池内克史, ``ハイパースペクトル画像を用いた単層膜の BRDF 推定'', 情処研報 CVIM 191, Mar. 2014. 2. C.Inoshita, S.Tagawa, Md. A. Mannan, <u>Y.Mukaigawa</u>, Y.Yagi, ``Measurement and analysis of full-dimensional BSSRDF'', The 8th International Workshop on Robust Computer Vision, (IWRCV2014), Jan. 2014. 3. K.Tanaka, <u>Y.Mukaigawa</u>, Y.Matsushita, Y.Yagi, ``Descattering Transmissive Images of Living Body using Parallel High Frequency Illumination'', The 8th International Workshop on Robust Computer Vision, (IWRCV2014), Jan. 2014. 4. Y.Ishii, T.Arai, <u>Y.Mukaigawa</u>, J.Tagawa, Y.Yagi, ``Scattering Tomography by Monte Carlo Voting'', The 8th International Workshop on Robust Computer Vision (IWRCV2014), Jan. 2014. 5. Md. A. Mannan, S. Tagawa, <u>Y. Mukaigawa</u>, H. Nagahara, T. Tamaki, Y. Matsushita, Y. Yagi, ``Depth Estimation in Unknown Scattering Media by Light Transport Refocusing'', The 17th SANKEN International Symposium 2014, Jan. 2014. 6. T.Tamaki, B.Yuan, B.Raychev, K.Kaneda, <u>Y.Mukaigawa</u>, ``Multiple-scattering Optical Tomography with Layered Material'', The 9th International Conference on Signal-Image Technology and Internet-Based Systems (SITIS 2013), Dec. 2013. 7. Y.Kobayashi, T.Morimoto, I.Sato, <u>Y.Mukaigawa</u>, K.Ikeuchi, ``BRDF Estimation of the Structural Color

	<p>Object by Using Hyper Spectral Image”, Proc. ICCV workshop of Color and Photometry in Computer Vision (CPCV2013), Dec. 2013.</p> <p>8. 向川康博, “光学系の工夫による多機能イメージング”, 精密工学会 画像応用技術専門委員会 研究会報告, Nov. 2013.</p> <p>9. 井下智加, 向川康博, 八木康史, “8次元 BSSRDF サンプリングによる物体中の散乱光解析”, IT 連携フォーラム 第25回 OACIS シンポジウム, Nov. 2013.</p> <p>10. T.Aoto, T.Sato, Y.Mukaigawa, N.Yokoya, “Linear estimation of 4-D illumination light field from diffuse reflections”, Proc. IAPR Asian Conference on Pattern Recognition (ACPR2013), Nov. 2013.</p> <p>11. 小林由枝, 森本哲郎, 佐藤いまり, 向川康博, 池内克史, “薄膜干渉の画像ベース BRDF 推定”, 情処研報 CVIM 188-34, Sep. 2013.</p> <p>12. 向川康博, “反射・散乱光の計測と解析”, 科学技術交流財団 光学的コンピュータビジョンに関する研究会, Sep.2013.</p> <p>13. 向川康博, “反射・散乱光の計測とコンピュータショナルフォトグラフィ”, 宇都宮大オプティクス教育研究センター 第67回オプティクス教育研究セミナー, Aug.2013.</p> <p>14. C.Inoshita, S.Tagawa, M.A.Mannan, Y.Mukaigawa, Y.Yagi, “Full-dimensional Sampling and Analysis of BSSRDF”, 画像の認識・理解シンポジウム(MIRU2013), OS1-2, Aug. 2013.</p> <p>15. 猪瀬健二, 清水翔太, 川上玲, 向川康博, 池内克史, “スカイモデルに基づく屋外照度差ステレオの高精度化”, 画像の認識・理解シンポジウム(MIRU2013), OS1-3, Aug. 2013.</p> <p>16. 青砥隆仁, 佐藤智和, 向川康博, 横矢直和, “拡散反射板上で観測される放射輝度を用いた4次元ライトフィールドの校正”, 画像の認識・理解シンポジウム(MIRU2013), SS5-21, Aug. 2013.</p> <p>17. S.Tagawa, Y.Mukaigawa, Y.Yagi, “Multiple Focal Planes using Light Field Camera”, 画像の認識・理解シンポジウム(MIRU2013), SS3-26, Aug. 2013.</p> <p>18. 田中賢一郎, 向川康博, 松下康之, 八木康史, “平行高周波照明における周波数の適応的選択”, 画像の認識・理解シンポジウム(MIRU2013), SS2-33, Aug. 2013.</p> <p>19. C.Inoshita, Y.Mukaigawa, Y.Matsushita, Y.Yagi, “Shape from Single Scattering for Translucent Objects”, 画像の認識・理解シンポジウム(MIRU2013), IS2-4, Aug. 2013.</p> <p>20. T.Takatani, Y.Matsushita, S.Lin, Y.Mukaigawa, Y.Yagi, “Enhanced Photometric Stereo with Multispectral Images”, Proc. IAPR International Conference on Machine Vision Applications (MVA2013), May. 2013.</p> <p>21. Y.Ishii, T.Arai, Y.Mukaigawa, J.Tagawa, Y.Yagi, “Scattering Tomography by Monte Carlo Voting”, Proc. IAPR International Conference on Machine Vision Applications (MVA2013), May. 2013.</p> <p>22. K.Tanaka, Y.Mukaigawa, Y.Matsushita, Y.Yagi, “Descattering of Transmissive Observation using Parallel High-frequency Illumination”, Proc. IEEE International Conference on Computational Photography (ICCP2013), Apr. 2013.</p> <p>一般向け 計4件</p> <p>1. 奈良先端科学技術大学院大学, 受験生のためのオープンキャンパス, 2014/3/8</p> <p>2. 田中賢一郎, 向川康博, 松下康之, 八木康史, “平行高周波照明による透過光と散乱光の分離”, FIRST シンポジウム「科学技術が拓く2030年」へのシナリオ, Feb. 2014.</p> <p>3. 大阪大学産業科学研究所 ものづくり教室, 「未来を担うみなさんへ ~コンピュータビジョン研究の紹介~」, 2013/8/7</p> <p>4. 大阪大学いちよう祭 知能とコンピュータ -見る・学ぶ・考える・創る-, 「人を見るための視覚情報処理」, 産業科学研究所 八木研実験室, 2013/5/3</p>
<p>図書</p> <p>計0件</p>	
<p>産業財産権 出願・取得状 況</p> <p>計0件</p>	<p>(取得済み) 計0件</p> <p>(出願中) 計0件</p>
<p>Webページ (URL)</p>	<p>大阪大学・最先端・次世代研究開発支援プログラム http://www.osaka-u.ac.jp/ja/research/program_next 大阪大学大型教育研究プロジェクト支援室・最先端・次世代研究開発支援プログラム http://www.lserp.osaka-u.ac.jp/index_jisedai.html</p>

様式19 別紙1

	<p>研究課題: コンピュータショナルフォトグラフィによる安全な人体内部3次元構造の可視化 http://omilab.naist.jp/~mukaigawa/saisentan2010/ 研究代表者: 向川 康博 http://omilab.naist.jp/~mukaigawa/index-jp.html</p>
国民との科学・技術対話の実施状況	<p>大阪大学「いちよう祭」 日時: 2013/5/3 場所: 大阪大学 産業科学研究所 対象者: 近隣の一般人, 大学生, 高校生, 研究者等 参加者数: 約50名 内容: 本プロジェクトの目的や意義を直感的に理解してもらうために, 本プロジェクトに関連の深い撮影技術の例として, 近赤外光を用いた透視画像撮影や, 光伝播から散乱体内部を推定する技術を解説・実演した。 大阪大学産業科学研究所 ものづくり教室 日時: 2013/8/7 場所: 大阪大学 産業科学研究所 対象者: 小中学生・父兄 参加者数: 約40名 内容: 本プロジェクトの基礎となる撮影の原理を, 「未来を担うみなさんへ ~コンピュータビジョン研究の紹介~」と題して講演し, 新しい撮影技法を紹介すると共に, 目の前でデモを実演し, 直感的に体験してもらった。</p>
新聞・一般雑誌等掲載計0件	
その他	

4. その他特記事項

学会での成果発表だけではなく, 国民との科学・技術対話の一環として, 積極的に小中学生を対象とした説明の場を設けたり, 本プロジェクトの研究内容や達成状況を紹介するための専用のホームページを作成し, 一般の方々へわかりやすく伝えられるように努めている。

また, 本研究課題に関する研究において以下の賞を受賞している。

Honorable Mention 受賞

K.Tanaka, Y.Mukaigawa, Y.Matsushita, Y.Yagi, "Descattering of Transmissive Observation using Parallel High-frequency Illumination", The IEEE International Conference on Computational Photography (ICCP2013). 2013/4/20.

Best Poster Award 受賞

Y.Ishii, T.Arai, Y.Mukaigawa, J.Tagawa, Y.Yagi, "Scattering Tomography by Monte Carlo Voting", The IAPR International Conference on Machine Vision Applications (MVA2013). 2013/5/22

第16回 画像の認識・理解シンポジウム(MIRU2013) MIRU フロンティア賞 受賞

C.Inoshita, S.Tagawa, M.A.Mannan, Y.Mukaigawa, Y.Yagi, "Full-dimensional Sampling and Analysis of BSSRDF", 2013/8/1.

大阪大学総長顕彰 研究部門 受賞

向川康博, 2013/8/2.

Poster Award 受賞

Md. A. Mannan, S. Tagawa, Y. Mukaigawa, H. Nagahara, T. Tamaki, Y. Matsushita, Y. Yagi, "Depth Estimation in Unknown Scattering Media by Light Transport Refocusing", The 17th SANKEN International Symposium 2014, 2014/1/22.

実施状況報告書(平成25年度) 助成金の執行状況

本様式の内容は一般に公表されません

1. 助成金の受領状況(累計)

(単位:円)

	①交付決定額	②既受領額 (前年度迄の 累計)	③当該年度受 領額	④(=①-②- ③)未受領額	既返還額(前 年度迄の累 計)
直接経費	117,000,000	75,000,000	42,000,000	0	0
間接経費	35,100,000	22,500,000	12,600,000	0	0
合計	152,100,000	97,500,000	54,600,000	0	0

2. 当該年度の収支状況

(単位:円)

	①前年度未執 行額	②当該年度受 領額	③当該年度受 取利息等額 (未収利息を除 く)	④(=①+②+ ③)当該年度 合計収入	⑤当該年度執 行額	⑥(=④-⑤) 当該年度未執 行額	当該年度返還 額
直接経費	23,619,263	42,000,000	215	65,619,478	65,619,478	0	0
間接経費	9,713,554	12,600,000	0	22,313,554	22,313,554	0	0
合計	33,332,817	54,600,000	215	87,933,032	87,933,032	0	0

3. 当該年度の執行額内訳

(単位:円)

	金額	備考
物品費	43,930,141	デジタルカメラ, 3Dプリンタ等
旅費	3,442,286	情報収集, 研究打ち合わせ, 研究成果発表等
謝金・人件費等	16,586,070	研究員人件費
その他	1,660,981	学会参加費, 論文掲載料等
直接経費計	65,619,478	
間接経費計	22,313,554	
合計	87,933,032	

4. 当該年度の主な購入物品(1品又は1組若しくは1式の価格が50万円以上のもの)

物品名	仕様・型・性能 等	数量	単価 (単位:円)	金額 (単位:円)	納入 年月日	設置研究機関 名
デジタルカメラ	645D IR	1	1,215,900	1,215,900	2013/8/28	大阪大学
3Dプリンター	CubeX 3D Trio Printer	1	515,550	515,550	2013/9/27	大阪大学
冷却CCDカメラ	米国Apogee社製 Aspen CG6	2	2,176,545	4,353,090	2013/9/30	大阪大学
超小型18bit高感度 カメラセット(カラー)	18G-01C-S-AC	1	945,000	945,000	2013/10/30	東京大学
テレセントリックレンズ(消 耗品)	0.28X Fマウント	1	629,370	629,370	2013/10/24	大阪大学
3Dプリンター	CubeX TRIO イグ アス 401385	1	522,900	522,900	2013/11/11	九州大学
超小型18bit高感度 カメラセット(白黒)	18G-01M-S-AC	1	945,000	945,000	2013/12/2	東京大学