

様 式 F - 7 - 1

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）実施状況報告書（研究実施状況報告書）（平成 2 8 年度）

1. 機 関 番 号 

|   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 4 | 6 | 0 | 3 |
|---|---|---|---|---|

 2. 研究機関名 奈良先端科学技術大学院大学

3. 研究種目名 若手研究(B) 4. 補助事業期間 平成 2 7 年度 ~ 平成 3 0 年度

5. 課 題 番 号 

|   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 5 | K | 1 | 6 | 0 | 2 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

6. 研究課題名 画像解析に基づく表面下散乱の数値モデル化に関する研究

7. 研究代表者

| 研究 者 番 号        | 研究 代 表 者 名       | 所 属 部 局 名 | 職 名 |
|-----------------|------------------|-----------|-----|
| 9 0 6 1 3 9 5 1 | クボ ヒロユキ<br>久保 尋之 | 情報科学研究科   | 助教  |

8. 研究分担者

| 研究 者 番 号 | 研究 分 担 者 名 | 所属研究機関名・部局名 | 職 名 |
|----------|------------|-------------|-----|
|          |            |             |     |
|          |            |             |     |
|          |            |             |     |
|          |            |             |     |
|          |            |             |     |
|          |            |             |     |
|          |            |             |     |

9. 研究実績の概要

本研究課題は、半透明物体の散乱パラメータや幾何情報を画像から取得するために、コンピュータビジョンによる画像解析に適した表面下散乱現象の新たな数値モデルの開発が目的である。

平成28年度は、形状が既知の任意の幾何形状の半透明物体に対してシミュレーションにより画像解析を試みた。さらに、形状が未知の場合についても挑戦を開始しており、画像から物体の法線方向を推定する手法として照度差ステレオ法が知られているが、被写体は不透明であることが前提であり、半透明物体に対して適用すると法線が空間方向に平滑化されたように誤った出力が得られる。そこで従来の照度差ステレオ法により出力された法線を初期推定値として初期法線マップを生成する。次に初期法線マップをカメラ空間で微分して得られた曲率を使って、前年度の成果である表面下散乱のモデル式から散乱パラメータを推定する。さらに、前述のモデル式から新たな法線マップを推定することで、法線マップと散乱パラメータとを交互最適化により推定することが可能である。これにより、物体の散乱パラメータと法線情報がより精度良く求まることが確かめられた。本手法の交互最適化は、物体の形状や表面下散乱の程度にも依存するが、ただだか10回程度で収束することが実験的に確かめられ、現在はCPUによる実装であるが、GPUによるピクセルワイズの並列化を実装すれば、極めて短時間での処理が可能であることを示唆している。以上の成果をまとめたものが、査読付き国際会議NICOGRAPH Internationalおよび、画像ラボ（総論）に掲載された。

10. キーワード

|                |                  |                 |          |
|----------------|------------------|-----------------|----------|
| (1) 表面下散乱      | (2) 曲率に依存する反射関数  | (3) インパースレンダリング | (4) 画像解析 |
| (5) コンピュータビジョン | (6) コンピュータグラフィクス | (7)             | (8)      |

11. 現在までの進捗状況

( 区分 ) ( 2 ) おおむね順調に進展している。

( 理由 )

平成28年度は、形状が既知の任意の幾何形状の半透明物体を扱うことを予定しており、これまでに達成した球体だけでなく、コンピュータビジョンやコンピュータグラフィクス分野でベンチマーク的に使用されるStanford Bunnyの形状や、データセットが広く公開されている牛型の形状での解析を行った。このとき、素材の形状や特性によっては、これまでに開発した物体の曲率に基づく解析法だけでは誤差が大きくなることも確認されているため、数理モデルをより発展させることが必要であると考えられる。

12. 今後の研究の推進方策 等

( 今後の推進方策 )

平成 2 9 年度以降は、推定精度やロバスト性を考慮することが必要になると考えられ、数理モデルをより一層発展させることが必要である。C G 分野で最近発表された、表面下散乱現象の新たな数理モデルであるDirectional Dipoleモデルの導入がその一案であり、すでに初期検討に取りかかっている。これを用いて、これまでの数理モデルとハイブリッドで使用していくことなどを予定している。

---

( 次年度使用額が生じた理由と使用計画 )

( 理由 )

光学機器の構成の一部を変更したため、差額分を次年度に繰り越すこととした。

( 使用計画 )

差額は比較的少額であるため、次年度の予算執行計画に大きな変更の必要は無い。

## 13. 研究発表（平成 28 年度の研究成果）

〔雑誌論文〕 計（1）件／うち査読付論文 計（1）件／うち国際共著 計（0）件／うちオープンアクセス 計（1）件

| 著 者 名                                                                 |  | 論 文 標 題                                                             |     |      |         |      |
|-----------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------|-----|------|---------|------|
| Takafumi Iwaguchi, Takuya Funatomi, Hiroyuki Kubo, Yasuhiro Mukaigawa |  | Light Path Alignment for Computed Tomography of Scattering Material |     |      |         |      |
| 雑 誌 名                                                                 |  | 査読の有無                                                               | 巻   | 発行年  | 最初と最後の頁 | 国際共著 |
| Trans. on Computer Vision and Applications                            |  | 有                                                                   | 8:2 | 2016 | -       | -    |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）                                               |  |                                                                     |     |      |         |      |
| 10.1186/s41074-016-0003-2                                             |  |                                                                     |     |      |         |      |
| オープンアクセス                                                              |  |                                                                     |     |      |         |      |
| オープンアクセスとしている（また、その予定である）                                             |  |                                                                     |     |      |         |      |

〔学会発表〕 計（5）件／うち招待講演 計（0）件／うち国際学会 計（1）件

| 発 表 者 名            |  | 発 表 標 題                      |                 |
|--------------------|--|------------------------------|-----------------|
| 伏下晋，久保尊之，船富卓哉，向川康博 |  | 光学特性の異なる液体の混合による半透明物体の散乱特性再現 |                 |
| 学 会 等 名            |  | 発表年月日                        | 発表場所            |
| 映像表現・芸術科学フォーラム2017 |  | 2017年03月14日                  | 東京都文京区，お茶の水女子大学 |

| 発 表 者 名                                                  |  | 発 表 標 題                                                                                  |                  |
|----------------------------------------------------------|--|------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| X. Zeng, T. Iwaguchi, H. Kubo, T. Funatomi, Y. Mukaigawa |  | Evaluating Inverse Rendering of Subsurface Scattering using Translucent Spherical Object |                  |
| 学 会 等 名                                                  |  | 発表年月日                                                                                    | 発表場所             |
| 情報処理学会CGVI研究会                                            |  | 2017年03月13日                                                                              | 東京都千代田区，株式会社GYAO |

| 発 表 者 名               | 発 表 標 題                      |                  |
|-----------------------|------------------------------|------------------|
| 伏下晋, 久保尋之, 船富卓哉, 向川康博 | 半透明物体の散乱特性再現を目的とした液体の混合比率推定  |                  |
| 学 会 等 名               | 発表年月日                        | 発 表 場 所          |
| 画像関連学会連合会 第3回秋季合同大会   | 2016年11月17日 ~<br>2016年11月18日 | 京都府京都市, 京都工芸繊維大学 |

| 発 表 者 名                                                               | 発 表 標 題                                                                      |                 |
|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| M. Okamoto, H. Kubo, Y. Mukaigawa, T. Ozawa, K. Mochida, S. Morishima | Acquiring Curvature-Dependent Reflectance Function from Translucent Material |                 |
| 学 会 等 名                                                               | 発表年月日                                                                        | 発 表 場 所         |
| NICOGRAPH International 2016 (国際学会)                                   | 2016年07月06日 ~<br>2016年07月08日                                                 | China, Hangzhou |

| 発 表 者 名                                                               | 発 表 標 題                                                             |                  |
|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------------------|
| Takafumi Iwaguchi, Takuya Funatomi, Hiroyuki Kubo, Yasuhiro Mukaigawa | Light Path Alignment for Computed Tomography of Scattering Material |                  |
| 学 会 等 名                                                               | 発表年月日                                                               | 発 表 場 所          |
| 第19回画像の認識・理解シンポジウム                                                    | 2016年08月01日 ~<br>2016年08月04日                                        | 静岡県浜松市, アクトシティ浜松 |

〔図書〕 計(0)件

| 著 者 名 | 出 版 社 |                                                                                                           |       |
|-------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
|       |       |                                                                                                           |       |
| 書 名   |       | 発行年                                                                                                       | 総ページ数 |
|       |       | <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div>—</div> <div>—</div> <div>—</div> </div> |       |

## 14. 研究成果による産業財産権の出願・取得状況

〔出願〕 計(0)件

| 産業財産権の名称 | 発明者 | 権利者 | 産業財産権の種類、番号 | 出願年月日 | 国内・外国の別 |
|----------|-----|-----|-------------|-------|---------|
|          |     |     |             |       |         |

〔取得〕 計(0)件

| 産業財産権の名称 | 発明者 | 権利者 | 産業財産権の種類、番号 | 取得年月日 | 国内・外国の別 |
|----------|-----|-----|-------------|-------|---------|
|          |     |     |             |       |         |
|          |     |     |             | 出願年月日 |         |
|          |     |     |             |       |         |

## 15. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計(0)件

| 国際研究集会名 | 開催年月日 | 開催場所 |
|---------|-------|------|
|         |       |      |

## 16. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

(1) 国際共同研究：-

## 17. 備考

提案する数理モデルを用いてCGでリアルタイムに可視化するデモプログラム  
[http://omilab.naist.jp/~hkubo/demo/cdrf/app/bunny\\_mcdrf.html](http://omilab.naist.jp/~hkubo/demo/cdrf/app/bunny_mcdrf.html)