

令和 4 年 6 月 17 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H04130

研究課題名(和文) 単視点画像の根源的光学要素分解

研究課題名(英文) Fundamental Optical Factorization of Monocular Images

研究代表者

金森 由博 (Kanamori, Yoshihiro)

筑波大学・システム情報系・准教授

研究者番号：10551418

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 9,200,000円

研究成果の概要(和文)：単視点で撮影された画像中の被写体を、色・模様、形状、そしてその被写体を照らす光源の3要素に由来する成分に分解することで、様々な応用を目指した研究を行った。研究成果として、人物3Dモデルを髪や肌や衣服などの意味的構成要素に分解する技術(国内発表2件)、人物全身画像に対する光学要素分解(招待講演1件、解説記事1件、国内発表1件、雑誌論文・国際会議論文1件)、地形画像の要素分解および三次元復元(国内発表2件、雑誌論文投稿中1件)などの論文成果が得られた。また光学要素分解について特許1件を取得した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

光学要素分解とは、被写体の色・模様、形状、被写体を照らす光源に由来する成分へ入力画像を分解する基盤技術であり、物体認識、反射率推定、形状推定、光源推定など、多数の応用先がある。本研究の成果は、画像・映像編集、照明設計、単視点映像から物体認識を行うロボット制御やヒューマンコンピュータインタラクション、三次元モデルを必要とするAR/MR/VRなど、広範な分野で活用できる。

研究成果の概要(英文)：Given objects in monocular input images, we conducted research projects toward various applications based on optical factorization of target objects into objects' color/texture, shape, and illumination. We obtained the following research outcomes. We published technical papers on 1) semantic segmentation of human 3D models (domestic meeting: two), 2) optical factorization for full-body human images (invited talk: one, invited article: one, domestic meeting: one, journal/international conference: one), and 3) factorization and 3D reconstruction of terrain images (domestic meeting: two, journal submission: one). Also, we acquired a patent on optical factorization.

研究分野：コンピュータグラフィックス、コンピュータビジョン

キーワード：画像分解 深層学習 光源・形状・反射率推定 単眼三次元復元 映像編集

### 1. 研究開始当初の背景

物体の見え方は、物体表面の反射率(色・模様)、物体の形状、そしてその物体を照らす光源によって決まる。光学要素分解とは、1枚の画像中の被写体を、これら3つの光学要素に由来する成分に分解する技術である。この技術は、複雑な模様・形状・照明の与えられた条件下での物体認識や反射率・形状・光源推定など、多数の応用先があり、コンピュータビジョン(CV)やコンピュータグラフィクス(CG)の分野で長年研究が行われてきた。

図1にこれまでの研究および本研究の位置づけを示す。例えばIEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (TPAMI) 2015の論文[参考文献1]では、画像中の被写体を、拡散反射成分、奥行き、法線、光源に分解する手法を提案した。しかし、被写体の表面で光源が遮られる光学効果を考慮していないため、推定される奥行きや法線は、実際よりも平坦なものになってしまう(図2)。

これに対し我々は、CG分野の国際会議 SIGGRAPH Asia 2018にて、被写体表面での光の遮蔽を考慮して要素分解を行う手法[参考文献2]を提案した。本研究ではこの手法を発展させ、様々な応用を目指した。

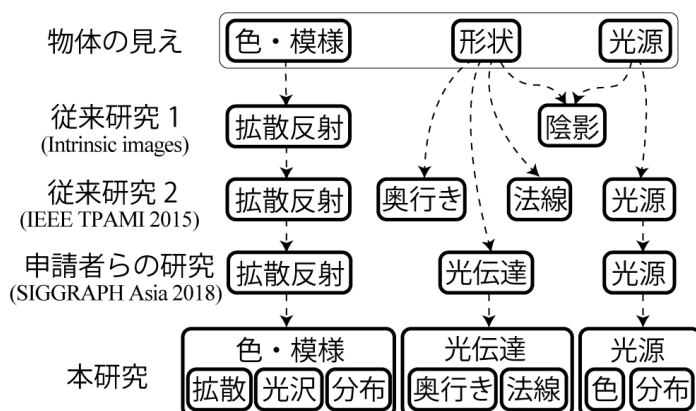
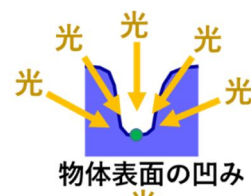


図 1: 物体の見え方とその光学要素分解。

従来研究 2: 光の遮蔽無視

$$\int_{\Omega(\mathbf{n})} L(\omega_i) \max(\mathbf{n} \cdot \omega_i, 0) d\omega_i \dots (1)$$

半球面 入射光 法線 入射方向 微小立体角



申請者らの研究: 光の遮蔽考慮

$$\int_{\Omega(\mathbf{n})} L(\omega_i) V(\omega_i) \max(\mathbf{n} \cdot \omega_i, 0) d\omega_i \dots (2)$$

可視関数  $\in \{0, 1\}$



図 2: 照明計算の定式化の違い。

### 参考文献

1. J. T. Barron and J. Malik. "Shape, Illumination, and Reflectance from Shading," IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. 37, 8, pp. 1670-1687, 2015.
2. Y. Kanamori, Y. Endo: "Relighting Humans: Occlusion-Aware Inverse Rendering for Full-Body Human Images," ACM Transactions on Graphics (Proc. of SIGGRAPH Asia 2018), 37, 6, Article No. 270, November 2018.

### 2. 研究の目的

前述の我々の研究成果を、より細かい要素に分解できるように拡張して応用先を広げ、従来は実現できなかった応用技術を実現することが、本研究の目的である。応用技術として、申請時に以下を挙げた。

[A] 1枚の画像中の物体の、背面まで含めた、高解像度かつ色付きの三次元形状復元

[B] 単視点で撮影された動画を入力とした、時間的一貫性を考慮した光学要素分解

### 3. 研究の方法

基本的な方法論としては、入力画像を分解して得られるであろう各要素の教師データをCGで生成し、マルチタスクネットワークを用いて教師あり学習により光学分解を行う、というものであった。ただし、再照明を目的とした光学要素分解においてCGと実写画像とのドメインギャップが問題となったため、CGと実写画像との差分を埋めるためのネットワークを導入した。

### 4. 研究成果

以下の研究成果が得られた。

1. 人物 3D モデルを髪や肌や衣服などの意味的構成要素に分解する技術  
(国内発表 2 件)
2. 人物全身画像に対する光学要素分解  
(招待講演 1 件、解説記事 1 件、国内発表 1 件、雑誌論文・国際会議論文 1 件、特許 1 件)
3. 地形画像の要素分解および三次元復元  
(国内発表 2 件、雑誌論文投稿中 1 件)

この他、「2. 研究の目的」で挙げた応用技術 [A] については、独自に様々な試行錯誤を行ったが、現時点では既存手法を上回る成果は得られていない。応用技術 [B] については上記の「人物全身画像に対する光学要素分解」の研究成果の中で実現できた。

5. 主な発表論文等

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

1. 著者名 Daichi Tajima, Yoshihiro Kanamori, Yuki Endo	4. 巻 40
2. 論文標題 Relighting Humans in the Wild: Monocular Full-Body Human Relighting with Domain Adaptation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Computer Graphics Forum (Proc. of Pacific Graphics 2021)	6. 最初と最後の頁 205-216
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/cgf.14414	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 1件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 田島 大地, 金森 由博, 遠藤 結城, 三谷 純
2. 発表標題 非拡散反射成分を考慮した人物全身画像の再照明
3. 学会等名 第 180 回コンピュータグラフィックスとビジュアル情報学研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高橋 遼, 遠藤 結城, 金森 由博
2. 発表標題 単視点地形景観画像からの地形3Dモデル推定
3. 学会等名 Visual Computing 2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高橋 遼, 遠藤 結城, 金森 由博, 三谷 純
2. 発表標題 単視点地形景観画像からの3D地形モデルの2段階推定
3. 学会等名 第 181 回コンピュータグラフィックスとビジュアル情報学研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 金森 由博, 遠藤 結城, 山口 智史, 三谷 純
2. 発表標題 多視点投影を利用した人物3Dモデルの意味的領域分割
3. 学会等名 Visual Computing 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山口 智史, 金森 由博, 三谷 純
2. 発表標題 人物 3D モデルの意味的領域分割
3. 学会等名 映像表現・芸術科学フォーラム 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 金森 由博, 遠藤 結城
2. 発表標題 Relighting Humans: 人物全身画像の遮蔽を考慮した逆レンダリング
3. 学会等名 Visual Computing 2019 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田島 大地, 金森 由博, 遠藤 結城
2. 発表標題 実写ドメインに適応した人物全身動画画像の再照明
3. 学会等名 Visual Computing 2021
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担 者	遠藤 結城  (Endo Yuki)  (00790396)	筑波大学・システム情報系・助教    (12102)	

7. 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

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------