

写真被写体の光源・形状・模様への 要素分解とその応用

筑波大学 理工情報生命学術院
システム情報工学研究群

准教授 金森 由博

2022年11月17日

「写真被写体の要素分解」とは？

- 被写体を形状・模様・光源の3要素へ分解



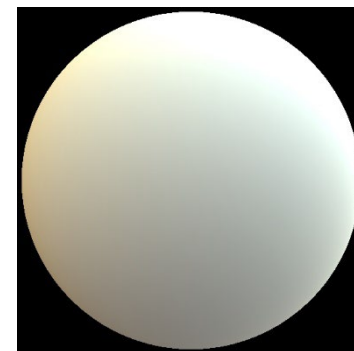
入力画像



形状情報



模様
(テクスチャ)



光源情報
(周囲からの光で
球を照らした画像)

研究背景

- **再照明**: 撮影済みの被写体の陰影を変更
 - 特に人物画像には多数の応用先あり
- ※本発明は人物だけでなく一般物体に適用可能

物理則に基づいた再照明には要素分解が必要



顔画像の再照明 [Chai+ 2015]



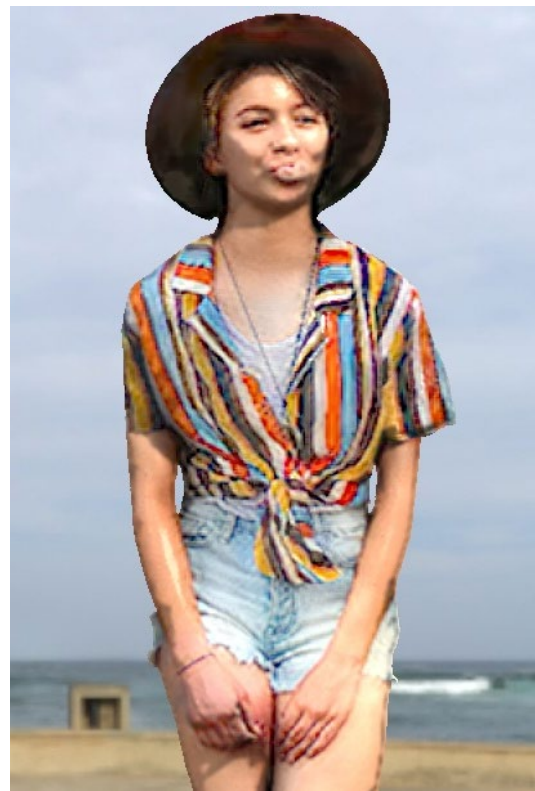
人物画像の切り貼り合成 [Xue+ 2012]

応用先: 背景に応じた陰影変更

- 切り貼り合成時に背景に応じた陰影付け



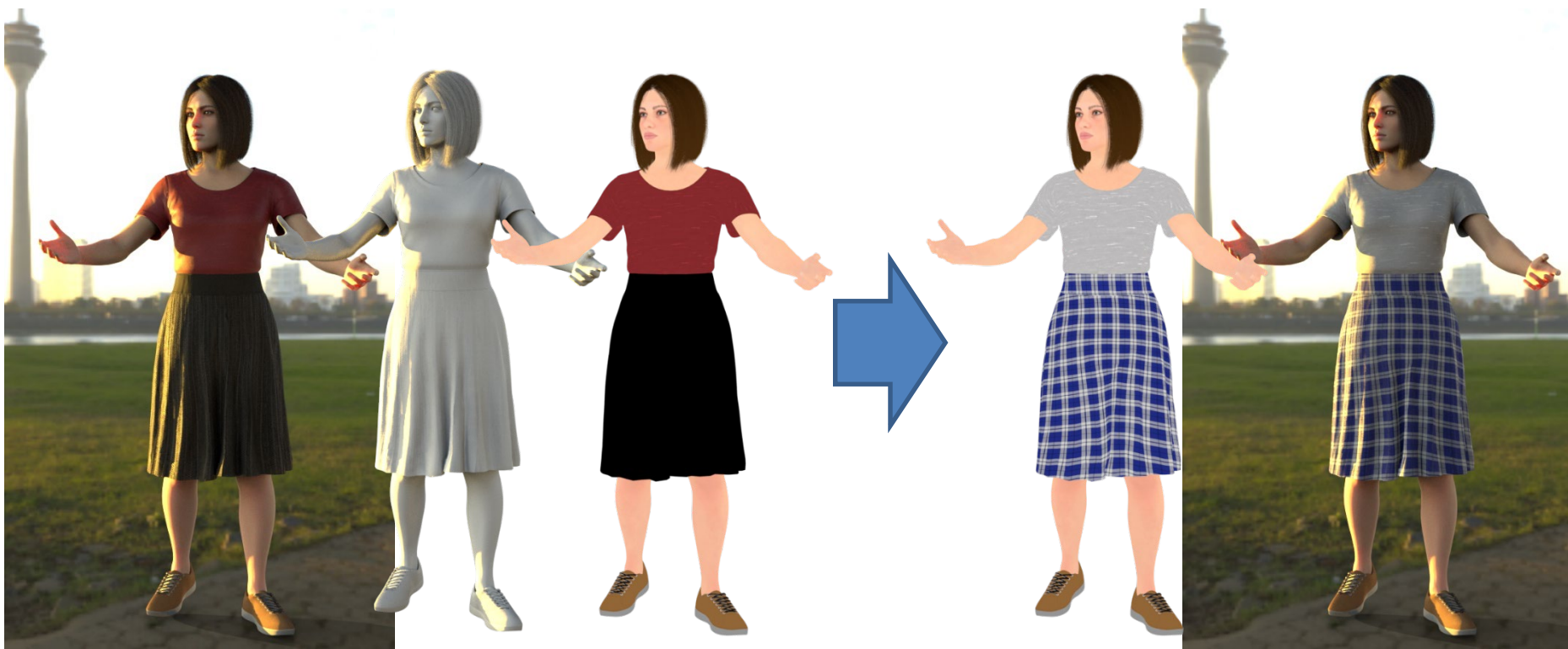
入力画像



陰影変更

応用先: 陰影を考慮した仮想試着

- 衣服変更時に陰影を考慮 (※CGイメージ図)



試着前の人物とその形状および模様

新しい衣服の試着結果

照明計算の原理

- 色は積分（高次の内積）計算で得られる

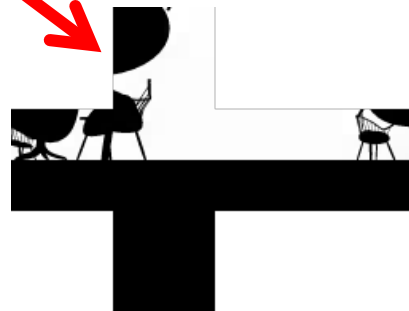
$$L_o(x, \omega_o) = \int_{\Omega} L_i(\omega_i) V(x, \omega_i, \omega_o) f(\omega_i, \omega_o) \max(0, -\langle n, \omega_i \rangle) d\omega$$



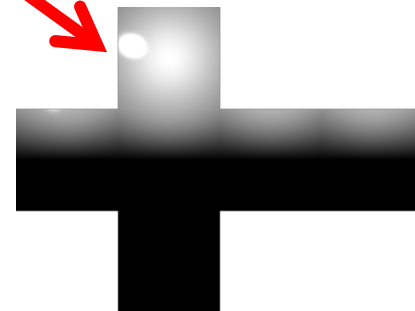
ある頂点 x での色



入射光の分布



遮蔽情報



BRDF * コサイン項

💡 愚直に計算すると計算量が膨大

基底関数を用いた照明計算

- 拡散反射（光沢なし）を仮定すると…

積分: $\rho \int_{\Omega(\mathbf{n})} L(\omega_i) V(\omega_i) \max(\mathbf{n} \cdot \omega_i, 0) d\omega_i$

拡散反射率

基底関数表現:
(2 次の球面調和関数)

$\rho \mathbf{L} \cdot \mathbf{T}$ — 9次元ベクトル

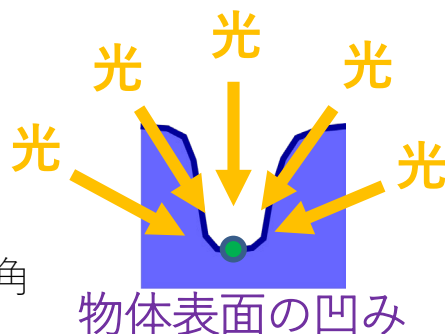
- 画素ごとにベクトルの内積を計算するだけ
— 😊 非常に高速に照明計算が可能

従来技術との差違: 遮蔽の有無

- 既存手法: 光の遮蔽**無視**

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

半球面 入射光 法線 入射方向 微小立体角



- 本来なら遮られる光が届く
- 顔ならほぼ凸なので OK
- **凹み (例: 脇・股・服のしわ) が不自然に明るくなる**

- 本発明: 光の遮蔽**考慮**

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

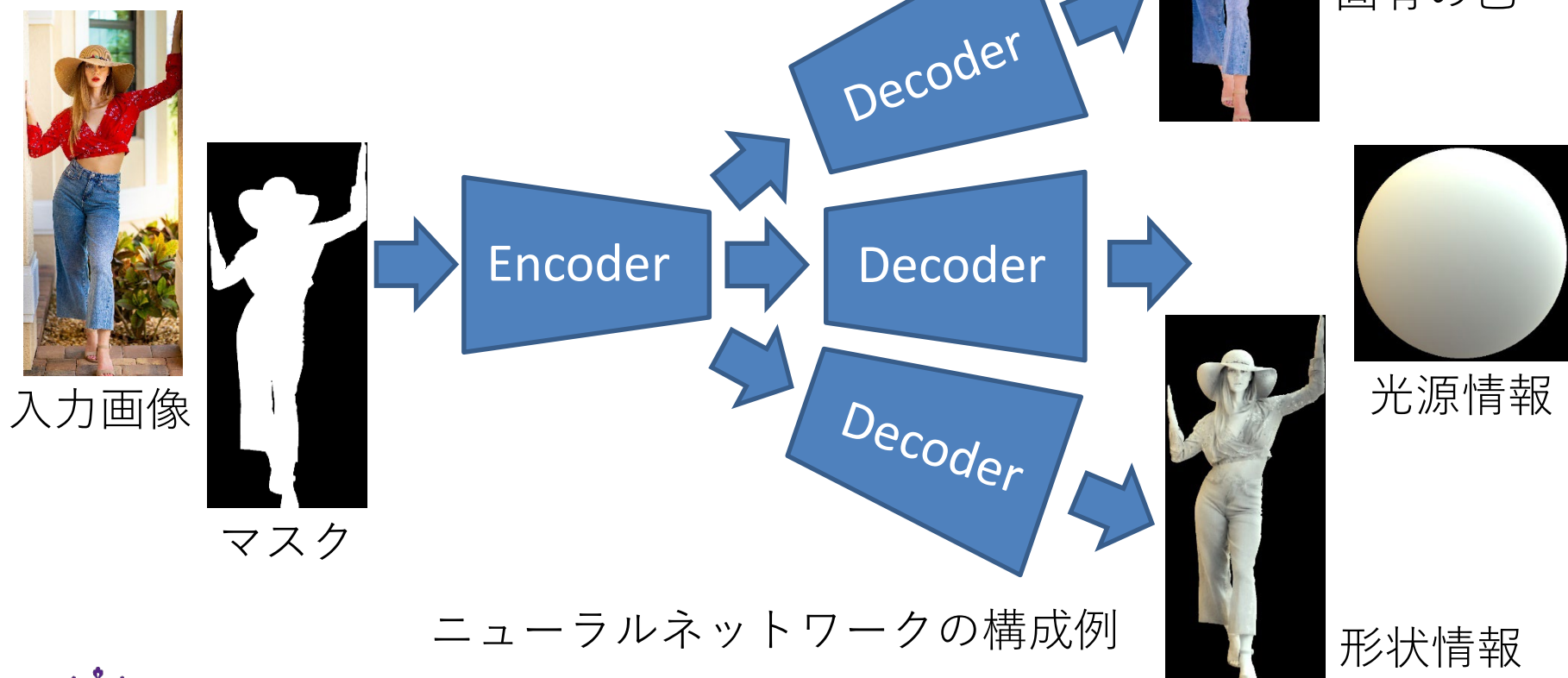
可視関数 $\in \{0, 1\}$



- 遮られる光は届かなくなる
- **凹みは暗くも明るくもなる**

実施例: 学習時

- CG で作成したデータで学習



ニューラルネットワークの構成例

実施例: 利用時

- ニューラルネットワーク不要、高速



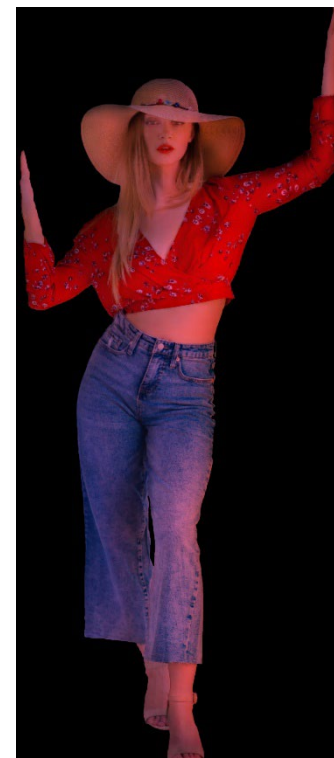
被写体固有の色



形状情報



新しい
光源情報



陰影変更

CG データを用いた比較: 陰影分離



入力画像



既存手法



本発明



正解

CG × レリーフのように平坦 た比 正解に近い 影分離



入力画像



既存手法



本発明



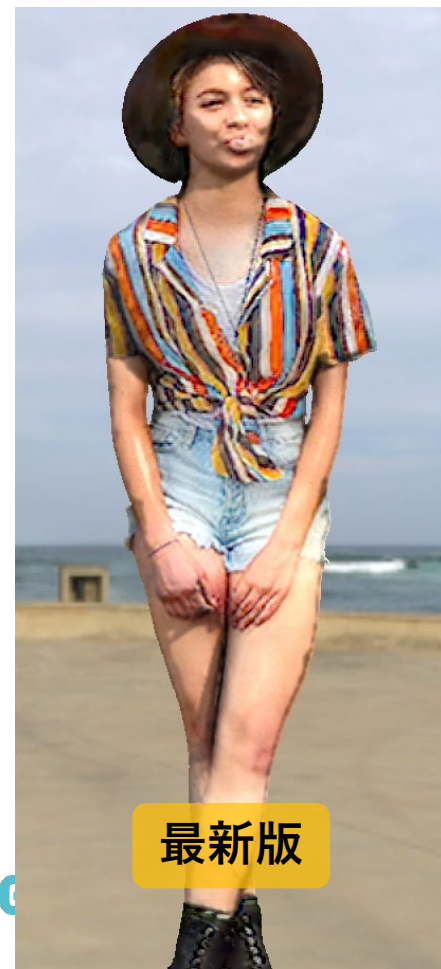
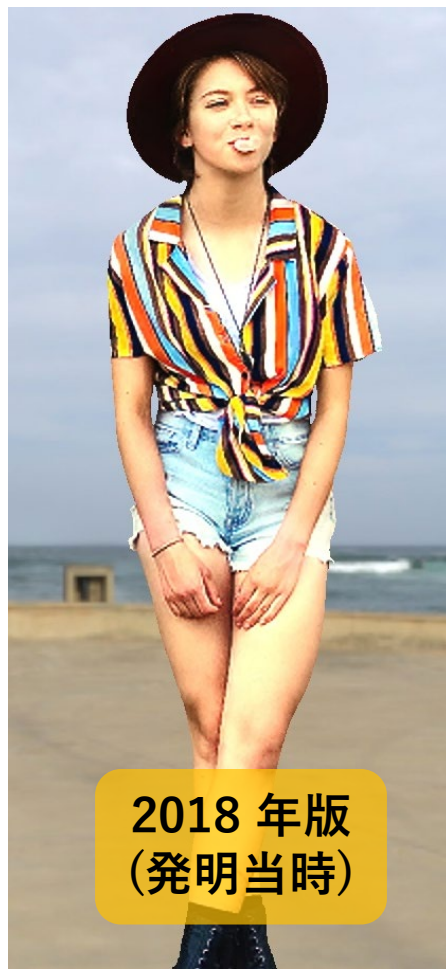
正解

実用化に向けた課題

- 輪郭のはっきりした影の再現
 - 光源のデータ表現の変更
 - 被写体の形状をより正確に推定
- 光沢の再現
 - より高度な反射モデルを採用
- 陰影と模様（テクスチャ）の分離性能の向上
 - 学習データの増強
 - ネットワークアーキテクチャの再考

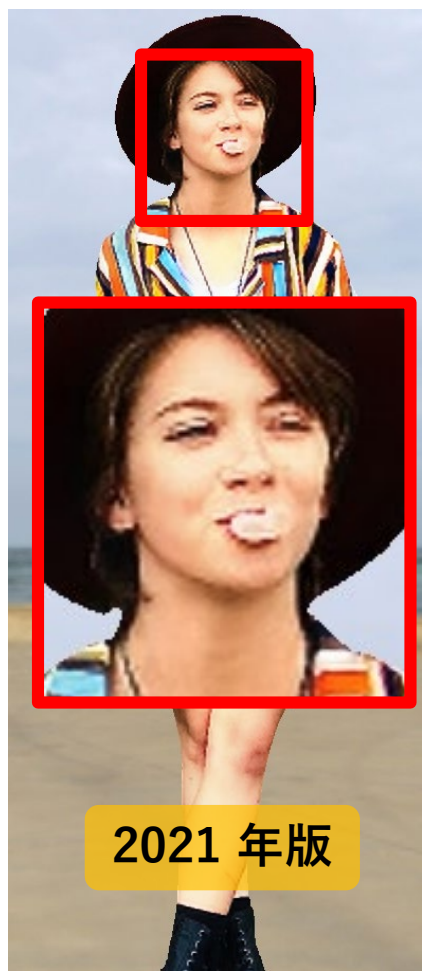
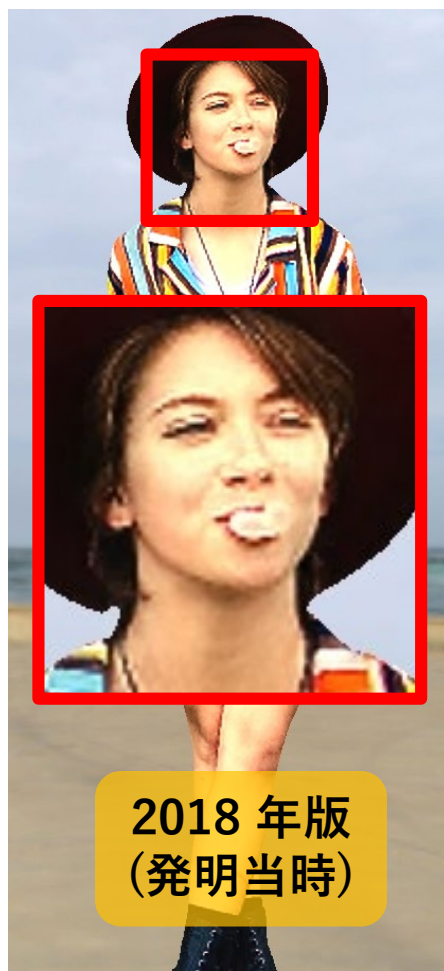
実写画像への適用例

- 特に影と光沢について改良中



実写画像への適用例

- 特に影と光沢について改良中



企業への期待

- 以下に関心のある企業との共同研究を希望
 - － 画像（広告画像など）や映像（バーチャルロケや遠隔会議など）を対象とした自然な陰影合成
 - － 衣服の仮想試着および服飾デザイン
 - － コンピュータビジョン関連の各種応用（照明設計、物体認識、形状推定など）

産学連携の経歴

- 3DCG、画像処理、深層学習などの産業応用
- 相手先企業の例
 - 株式会社 ZOZO (2011 ～ 2019 年)
 - 株式会社デジタル・フロンティア (2019 年 ～ 2020 年)
 - 株式会社サイバーエージェント (2020 年～)



本技術に関する知的財産権

- **発明の名称:** 画像処理装置、画像処理方法、及び画像処理プログラム
- **出願番号:** 特許 7084616
- **出願人:** 筑波大学
- **発明者:** 金森 由博、遠藤 結城

お問い合わせ先

筑波大学

産学連携部 産学連携企画課

T E L 029－859 － 1486

F A X 029－859 － 1693

e-mail event-sanren@un.tsukuba.ac.jp