

安全安心な社会を実現し豊かな文化を創造する

コンテンツ・映像処理技術研究

研究代表者 森島 繁生
(先進理工学部 応用物理学科 教授)

1. 研究課題

JST 戦略的創造研究推進事業 ACCEL「次世代メディアコンテンツ生態系技術の基盤構築と応用展開」(課題予算計 1,000,000 千円)の一環として進行している映像コンテンツ創作・鑑賞支援技術開発に関わる研究課題を遂行している。また、平成 19 年度からは、文部科学省科学研究費基盤(A)「スキルやモチベーションを向上させる現実歪曲時空間の解明」および JST 未来社会創造事業「分散型匿名化処理によるプライバシープリザード AI 基盤構築」のサポートが追加された。これらによる研究ゴールの 1 つとして 1 枚画像からの人物キャラクターの自動生成の研究、フォトリアルかつリアルタイムでの高速レンダリング手法の提案とそのコンテンツ・映像業界への展開を進めている。今年度は特に、深層学習を用いて 1 枚の画像のみから着衣人物の全身の 3 次元形状およびテクスチャを推定し、音楽にシンクロさせてダンス動画を自動生成する技術に取り組み大きな成果を上げた。この成果に対して早稲田大学より 2 名の学生が小野梓記念賞をそれぞれ受賞した。またコンピュータビジョンのトップコンファレンスである CVPR2019 において全投稿論文数 5120 件中、トップ 40 である Best Paper Finalists に選定され、さらにこの改良版の研究成果が、同様のトップコンファレンスである ICCV2019 に論文採択された。さらに、ボリュームレンダリングとその映り込みのリアルタイムレンダリングの研究で、高いクオリティの映像合成を可能とする手法を世界初で開発し、コンピュータグラフィックスの著名なジャーナルに採択され、特許申請を行った。

2. 1 枚画像からの着衣全身形状 3 次元復元およびテクスチャ生成の研究

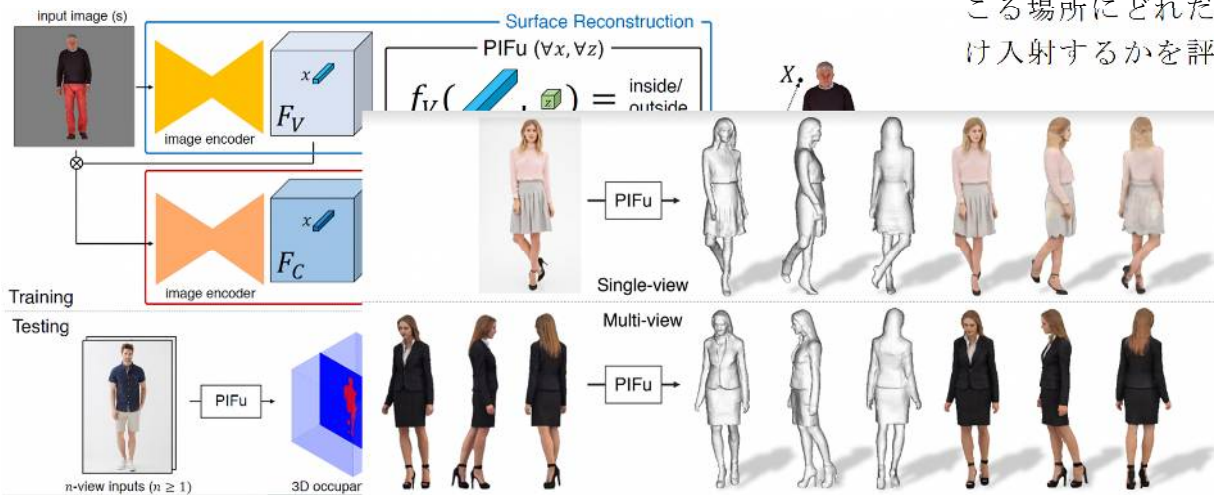
着衣人物をデジタル化するためには、何十台ものカメラを用いた緻密なスキャン装置や、非常に複雑で時間を必要とする撮影作業が必要である。本研究では、Pixel-Aligned Implicit Function (PIFu) と呼ばれる新しい三次元の情報の表現方法を提案し、一枚または複数枚の画像から着衣人物の三次元形状とテクスチャを高精度かつ効率的に復元する手法を開発した。PIFu では Fully Convolutional Network を用いて、入力画像の各ピクセルごとに空間的な位置を保った局所特徴量を抽出する。そして、三次元空間中の各点に対応する局所特徴量を、各点ごとに独立に implicit function に入力していくことで、全体の形状を復元する。このように、提案手法はボクセル表現とは異なり、全ての点を同時に処理する必要がないため、高いメモリ容量を必要とせず高い解像度で三次元の情報を扱うことが可能となった。このように、入力画像の情報を最大限に使うことと各点ごとに処理を行うことによって、様々な形状に対応可能であり、しわやヒールなどの詳細な情報を含んだ着衣人物の三次元復元を可能

とした。

提案手法では、まずイメージエンコーダを用いて、入力画像の各ピクセルに対して、ピクセルの位置に基づくグローバルなコンテキストと隣接ピクセルとの関係性を考慮した特徴量を抽出するように学習する。そして、あるピクセルに対応した特徴量ベクトルと z 深度が与えられた時に、この z 深度が三次元形状の内部か外部か判定できるように implicit function を学習する。このように、各ピクセルごとに、空間的な位置の情報を保持した特徴量ベクトルを用いることで、入力画像の局所的な詳細な情報を保ちつつ、見えない背面の領域に関しても、もっともらしい形状を推定することが可能となった。また、提案手法では、同時に撮影された複数枚の画像を入力に用いることも可能であり、それによりシワやヒールなどのさらに詳細な部分までの再現を実現しました。また、PIFu を内部か外部が判定する代わりに、RGB を値の推定に用いることで、三次元の形状だけではなくテクスチャを高精度に復元することも同時に実現した。

3. フォトリアルかつリアルタイムなボリュームレンダリング

煙や炎などの映り込みを表現するためには、ボリューム全体からの放射光が映り込みの起こる場所にどれだけ入射するかを評



要があるこの計算は、最も単純な方法で評価するならば、ボリュームを非常に細かい点光源の集合として考えこれら点光源からの寄与をボリュームの存在する領域上で体積積分することに対応する。しかしながら、この積分を正しく評価するためには媒質内での複雑な光の伝達を計算する必要があり、現代のグラフィックス・ハードウェアを用いても、この計算を実時間に評価することは非常に困難である。そこで本研究では、爆発などのボリュームをある角度で切断することを考えると、その切断面が面光源として扱えることに注目した。この考えに基づくと、互いに平行な面光源が幾重にも積層したもの（層状面光源）としてボリュームを解釈することが可能である。そして、本技術では層状面光源から映り込みの起こる場所に到達する放射光を解析的に計算することで非常に高速な描画を可能にした。

本研究の最たる新規性は、爆発や煙をある角度から切断することで、ボリュームを互いに平行な面光源が幾重にも積層したもの（層状面光源）とする新解釈にある。実際の計算では、ある程度間隔を置いて離散的にボリュームを切断し、隣り合う二枚の切断面（面光源）に挟まれた小領域ごとに放射光の大きさを評価する。そして、これら小領域から映り込みの場所に到達する入射光を逐次的に足し上げることでボリューム全体からの入射光を近似的に計算する。本研究では、このような厚みを持った小領域での計算が基本となるが、これら小領域から映り込みの起こる場所に到達する入射光の強さが解析的に評価できる関数として求められることも発見致した。そのため、画像生成時にはこの関数を評価するだけで映り込み点の明るさを計算することが可能であり、非常に高速かつ安定したパフォーマンスを発揮する。加えて、本技術は任意のラフネス（粗さ）・形状をもつ物体表面に対する映り込みを描画することも可能であり、従来の技術では獲得し得なかった高い汎用性を有している。

図 3

床面や壁面、カーテンなどの性質の違う様々な物体が存在するシーンでの描画結果
爆発のように自己発光するボリューム([A])だけでなく、煙のように外部光源によって照らされているボリューム([B])に対しても適用することができる。また、下段の拡大図のように、本技術はラフネス（粗さ）の高い床面や曲面を有するカーテンなど任意のラフネス、形状を持つ物体への映り込みを計算可能である。

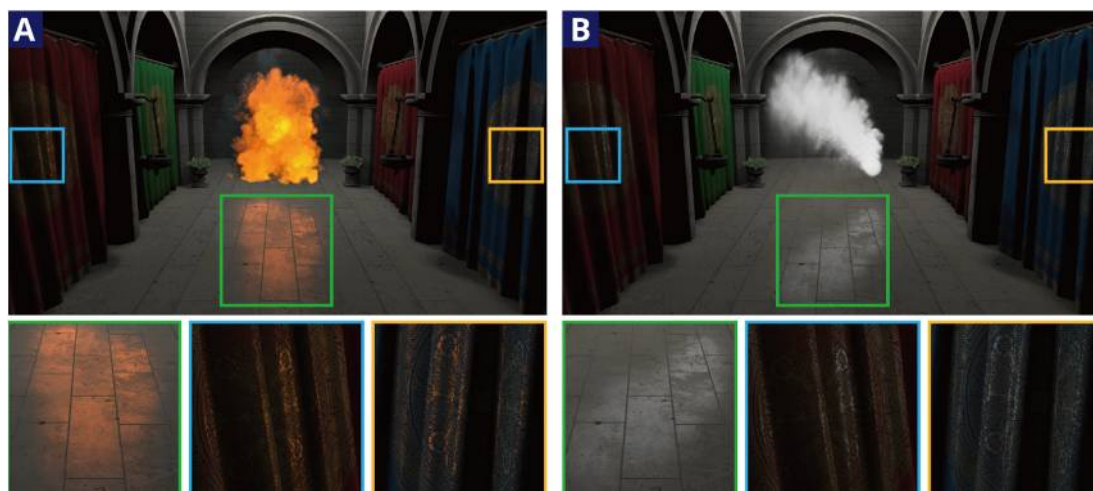
4. 共同研究者

Shunsuke Saito, University of South California

Tatsuya Yatagawa, University of Tokyo

Angjyu Kanazawa, University of California Berkeley

Hao Li, Associate Professor, University of South California



Chieko Asakawa, Professor, Carnegie Melon University
Hubert Shum, Associate Professor, Northumbria University
Masataka Goto, Dr., AIST
Hideo Saito, Professor, Keio University

5. 研究業績

5.1. 学術論文 (査読付)

- [1] Tatsuya Yatagawa, Hideki Todo, Yasushi Yamaguchi, Shigeo Morishima, "Data compression for measured heterogeneous subsurface scattering via scattering profile blending", *The Visual Computer* 36, pp.541-558, 2020., <https://doi.org/10.1007/s00371-018-01626-x>
- [2] Tomoya Yamaguchi, Tatsuya Yatagawa, Yusuke Tokuyoshi, Shigeo Morishima, "Real-time Rendering of Layered Materials with Anisotropic Normal Distributions", *Computational Visual Media* (2020), <https://doi.org/10.1007/s41095-019-0154-z>
- [3] Seita Kayukawa, Hironobu Takagi, João Guerreiro, Shigeo Morishima, and Chieko Asakawa , "Smartphone-Based Assistance for Blind People to Stand in Lines ", *ACM CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'20)*, 2020.4.
- [4] Seita Kayukawa, Tatsuya Ishihara, Hironobu Takagi, Shigeo Morishima, and Chieko Asakawa , "BlindPilot: A Robotic Local Navigation System that Leads Blind People to a Landmark Object", *ACM CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'20)*, 2020.4.
- [5] 粥川 青汰, 石原 辰也, 高木 啓伸, 森島 繁生, 浅川 智恵子, "歩行者の動きの解析と衝突予測に基づく公共空間における視覚障害者向け歩行支援システム", *インタラクション 2020*, <https://www.interaction-ipsj.org/2020/>, 2020.3.
- [6] 島村 僚, FENG QI, 小山 裕己, 中塚 貴之, 深山 覚, 濱崎 雅弘, 後藤 真孝, 森島 繁生, "360度動画に対する視聴覚的な物体削除 ", *インタラクション 2020*, <https://www.interaction-ipsj.org/2020/>, 2020.3.
- [7] Naoki Nozawa, Hubert P. H. Shum, Edmond S. L. Ho, Shigeo Morishima, "Single Sketch Image based 3D Car Shape Reconstruction with DeepLearning and Lazy Learning", *GRAPP 2020: Best Student Paper Award*, <http://www.grapp.visigrapp.org/?y=2020>, 2020.2.
- [8] Takayuki Nakatsuka, Masatoshi Hamanaka, Shigeo Morishima, "Audio-guided Video Interpolation via Human Pose Features", *VISAPP 2020, Vol.5*, pp.27-35, DOI: 10.5220/0008876600270035, 978-989-758-402-2, 2020.2.
- [9] Takayuki Nakatsuka, "Melody Slot Machine: Audio-guided Video Interpolation via Human Pose Features", *VISIGRAPP 2020*, <http://www.visigrapp.org/?y=2020>, 2020.2.
- [10] Takahiro Kuge, Tatsuya Yatagawa, Shigeo Morishima, "Real-Time Indirect Illumination of Emissive Inhomogeneous Volumes using Layered Polygonal Area Lights", *Computer Graphics Forum, Volume 38, Issue 7*, pp.449-460, 2019, <https://doi.org/10.1111/cgf.13851>
- [11] 加藤 卓哉, 深山 覚, 中野 倫靖, 後藤 真孝, 森島 繁生, "歌声と楽曲構造を入力とした歌唱時の表情アニメーション自動生成手法", *画像電子学誌 第48巻 第2号 (通巻248号)*, pp. 303-314, 2019
- [12] Yugo Sato, Tsukasa Fukusato, Shigeo Morishima, "Interactive Face Retrieval Framework

for Clarifying User's Visual Memory", ITE Transactions on Media Technology and Applications, Vol.1, Issue.2, pp.68-79, 2019., pp 68-79, <https://doi.org/10.3169/mta.7.68>

[13] Hideki Tsunashima, Hirokatsu Kataoka, Junji Yamato, Shigeo Morishima and Qiu Chen, "Adversarial Knowledge Distillation Algorithm for a Compact Generator", The 18th International Symposium on Advanced Technology (ISAT-18): Excellent Oral Paper Presentation Award, 2019.12.

[14] Tomoya Yamaguchi, Tatsuya Yatagawa, Yusuke Tokuyoshi, Shigeo Morishima, "Real-time Rendering of Layered Materials with Anisotropic Normal Distributions", SIGGRAPH ASIA 2019 Technical Briefs, <https://doi.org/10.1145/3355088.3365165>, <https://sa2019.siggraph.org/>, 2019.11.

[15] Naoki Nozawa, Hubert P. H. Shum, Edmond S. L. Ho, Shigeo Morishima, "3D Car Shape Reconstruction from a Single Sketch Image", MIG2019: Best Second Poster, <http://www.mig2019.website/>, Northumbria University, 2019.10.

[16] Shunsuke Saito, Zeng Huang, Ryota Natsume, Shigeo Morishima, Angjoo Kanazawa, Hao Li, "PIFu: Pixel-Aligned Implicit Function for High-Resolution Clothed Human Digitization", International Conference on Computer Vision 2019, pp.2304-2314, arXiv:1905.05172, <http://iccv2019.thecvf.com/>, <https://github.com/shunsukesaito/PIFu>, 2019.10.

[17] Naoiki Nozawa, Hubert P. H. Shum, Edmond S. L. Ho, Shigeo Morishima, "3D Car Shape Reconstruction from a Single Sketch Image", MIG2019, <https://doi.org/10.1145/3359566.3364693>, 978-1-4503-6994-7/19/10, 2019.10.

[18] Naoya Iwamoto, Hubert P. H. Shum, Wakana Asahina, Shigeo Morishima, "Automatic Sign Dance Synthesis from Gesture-based SignLanguag", MIG2019, <http://www.mig2019.website/>, 2019.10.

[19] Takahiro Kuge, Tatsuya Yatagawa, Shigeo Morishima, "Real-Time Indirect Illumination of Emissive Inhomogeneous Volumes using Layered Polygonal Area Lights", Pacific Graphics 2019, Vol.38, No.7, pp.449-460, 2019.

[20] Masatoshi Hamanaka, Takayuki Nakatsuka, Shigeo Morishima, "Melody Slot Machine", SIGGRAPH 2019 Emerging Technologies, <https://doi.org/10.1145/3305367.3327985>, Jury Prize, <https://aip.riken.jp/award/siggraph2019/>, 2019.8.

[21] 土屋 志高, 板摺 貴大, 夏目 亮太, 山本 晋太郎, 加藤 卓哉, 森島 繁生, "画像と音を用いた動画生成の一般化", Visual Computing 2019, <http://cgvi.jp/vc2019/>, 2019.6.

[22] Ryota Natsume, Shunsuke Saito, Zeng Huang, Weikai Chen, Chongyang Ma, Hao Li, Shigeo Morishima, "SiCloPe: Silhouette-Based Clothed People", CVPR 2019 Best Paper Award Finalist, CoRR abs/1901.00049 (2019), 2019.6.

[23] Daichi Ishida, Ryoichi Ando, Shigeo Morishima, "GPU Smoke Simulation on Compressed DCT Space", Eurographics, DOI: 10.2312/egs.20191001, 2019.5.

[24] Seita Kayukawa, Keita Higuchi, João Guerreiro, Shigeo Morishima, Yoichi Sato, Kris Kitani, and Chieko Asakawa., "BBeep: A Sonic Collision Avoidance System for Blind Travellers and Nearby Pedestrians", ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'19), DOI: 10.1145/3290605.3300282, 2019.5.

5.2 招待講演

- [1] Seita Kayukawa, Keita Higuchi, João Guerreiro, Shigeo Morishima, Yoichi Sato, Kris Kitani, and Chieko Asakawa., "BBeep: A Sonic Collision Avoidance System for Blind Travellers and Nearby Pedestrians", WISS2019, <https://www.wiss.org/WISS2019/>, 長野, 2019.9.25.
- [2] 森島 繁生, "深層学習がもたらす映像創作支援のための研究イノベーション", CEDEC 2019, 横浜, 2019.9.
- [3] Ryota Natsume, Shunsuke Saito, Zeng Huang, Weikai Chen, Chongyang Ma, Hao Li, Shigeo Morishima, "SiCloPe: Silhouette-Based Clothed People", Visual Computing 2019, <http://cgvi.jp/vc2019/>, 早稲田大学, 2019.6.
- [4] Seita Kayukawa, Keita Higuchi, João Guerreiro, Shigeo Morishima, Yoichi Sato, Kris Kitani, and Chieko Asakawa., "BBeep: A Sonic Collision Avoidance System for Blind Travellers and Nearby Pedestrians", CHI 勉強会 2019.6.

5.3 受賞・表彰

- [1] Naoki Nozawa, Hubert P. H. Shum, Edmond S. L. Ho, Shigeo Morishima, "Single Sketch Image based 3D Car Shape Reconstruction with DeepLearning and Lazy Learning", GRAPP 2020: Best Student Paper Award.
- [2] Hideki Tsunashima, Hirokatsu Kataoka, Junji Yamato, Shigeo Morishima and Qiu Chen, "Adversarial Knowledge Distillation Algorithm for a Compact Generator", The 18th International Symposium on Advanced Technology (ISAT-18): Excellent Oral Paper Presentation Award, 2019.12.
- [3] 田中 啓太郎, 中塚 貴之, 錦見 亮, 吉井 和佳, 森島 繁生, "深層クラスタリングを用いた任意楽器パートの自動採譜", 情報処理学会第 82 回全国大会 学生奨励賞, <https://www.ipsj.or.jp/event/taikai/82/>, 金沢, 日本, 2020.3.5-2020.3.7
- [4] 理化学研究所 音楽情報知能チーム, 早稲田大学 森島研究室, "Melody Slot Machine", 一般財団法人 最先端表現技術利用推進協会 羽倉賞奨励賞, <http://soatassoc.org/hagura>
- [5] 粥川 青汰, "BBeep : 歩行者との衝突予測に基づく警告音を用いた視覚障害者のための衝突回避支援システム", 一般社団法人 情報処理学会 山下記念研究賞, <https://www.ipsj.or.jp/award/yamasita2019-detail.html#hci>
- [6] Naoki Nozawa, Hubert P. H. Shum, Edmond S. L. Ho, Shigeo Morishima, "Single Sketch Image based 3D Car Shape Reconstruction with DeepLearning and Lazy Learning", GRAPP 2020: Best Student Paper Award.
- [7] Naoki Nozawa, Hubert P. H. Shum, Edmond S. L. Ho, Shigeo Morishima, "3D Car Shape Reconstruction from a Single Sketch Image", MIG2019: Best Second Poster, <http://www.mig2019.website/>, Northumbria University, Newcastle Upon Tyne, United Kingdom, 2019.10.28-2019.10.30
- [8] 田中 啓太郎, "Deep clustering を用いた入力楽器を限定しない楽器アクティベーション特定", 第 19 回ビジュアル情報処理研究合宿 ウサギイ賞最優秀賞, <https://vipcamp.org/>, 埼玉, 日本, 2019.9.21-2019.9.23
- [9] 綱島秀樹, 丸山洸太, 片岡裕雄, 大和淳司, 森島繁生, 陳キュウ, "GANs における小規模生成器実現のための敵対的蒸留", WebDB Forum 2019, 最優秀学生ポスター発表賞, 東京, 2019.9

[10] Ryota Natsume, Shunsuke Saito, Zeng Huang, Weikai Chen, Chongyang Ma, Hao Li, Shigeo Morishima, "SiCloPe: Silhouette-Based Clothed People", CVPR 2019 Best Paper Award Finalist , CoRR abs/1901.00049 (2019), <http://cvpr2019.thecvf.com/>, Long Beach, CA, USA, 2019.06.16-2019.06.20

[11] Takayuki Nakatsuka, Shigeo Morishima, Laval Virtual Revolution Research Jury Prize at the SIGGRAPH 2019 Emerging Technologies Program, 2019.8.

[12] 中塚貴之, "Audio-guided Video Interpolation via Human Pose Features (人の姿勢特徴量を活用した入力音に基づく映像補間)", 2019年早稲田大学小野梓記念学術賞, 2020.3.

[13] 夏目亮太, "SiCloPe: Silhouette-Based Clothed People (複数枚のシルエットを用いた着衣人物の三次元形状復元)", 2019年早稲田大学小野梓記念学術賞, 2020.3.

5.4 学会および社会的活動

画像電子学会 ビジュアルコンピューティング研究会 委員長

25th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology (VRST2019) Program Chair

Visual Computing 2019, 運営副委員長

日本顔学会理事

6. 研究活動の課題と展望

国際連携をさらに強化し、今後より高いレベルでの研究成果を蓄積していく。一方で、新しい研究領域立ち上げに尽力する。また企業との連携を強化し、開発技術の実用化を急ピッチで進めていく予定である。