

令和 3 年 5 月 27 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17H00752

研究課題名（和文）パーソナルファブリケーション時代のための対話的実世界形状処理技術

研究課題名（英文）Real-world geometry processing technologies for personal fabrication

研究代表者

五十嵐 健夫（Igarashi, Takeo）

東京大学・大学院情報理工学系研究科・教授

研究者番号：80345123

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 34,800,000円

研究成果の概要（和文）：パーソナルファブリケーションや個人によるコンテンツ生成のより一層の普及と高度化を実現するために必要な実世界形状処理技術を研究開発するものである。具体的には、ぬいぐるみやカーペットの毛を表現する手法、ぬいぐるみなどのスキャンを支援する手法、流体シミュレーションの速度向上手法、射出成型のための型を設計するための手法、木製接手を設計するための手法、などの開発を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

提案した実世界形状処理技術を活用することにより、個人によるモノづくりやコンテンツ生成を促進することが可能になる。具体的には、自分のぬいぐるみなどをコンピュータグラフィックスとして取り込んだり、自分で作成した映像作品に流体効果を与えたり、自分で作成した形状を型抜きによって多数制作したり、木材を組み合わせで家具を設計・制作したりできるようになる。

研究成果の概要（英文）：This project aims to research and develop real-world geometry processing technologies that are necessary to realize more widespread and sophisticated personal fabrication and content generation by individuals. Specifically, we have developed methods for representing the fur of stuffed animals and carpets, methods for supporting the scanning of stuffed animals, methods for improving the speed of fluid simulation, methods for designing molds for injection molding, and methods for designing wooden joints.

研究分野：ヒューマンコンピュータインタラクション

キーワード：ヒューマンコンピュータインタラクション コンピュータグラフィクス

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

3次元プリンタや3次元スキャナの高性能化と低価格化を背景に、個人がモノづくりを行うパーソナルファブ리케이션が注目を集めている。これは、これまでのように企業が万人向けのデザインを行って大量生産するのではなく、個人が自分に必要なものを自ら作って使うとするものである。パーソナルファブ리케이션をサポートする社会基盤として、オンラインで形状データをシェアしたり、販売・購入を行ったりできるサービスも登場してきている。しかし、パーソナルファブ리케이션を実際に実現するためには、多様なツールを使いこなさなければならない。現状ではまだまだ素人には敷居が高く、広く普及するには至っていない。例えば、3次元スキャナで物体を取り込んで3次元化しようとしても、全自動で3次元化することは難しく、手作業で修正やモデリング作業を行う必要がある。また、新しく3次元モデルを作ろうとしても、きちんと機能するような形状をデザインすることは容易でない。さらに、3次元プリンタで3次元モデルを出力するためには、物理的な製造プロセスを考慮して形状を適切にデザインしなければならないが、素人にとっては困難である。

応募者のグループでは、これまでにJST ERATO 五十嵐デザインインタフェースプロジェクトなどを通じて物理シミュレーションを援用した形状デザインの研究を行ってきた。これらの研究成果により、「体に合った服」や「よく飛ぶ紙飛行機」など物理的な要求を満たすモノのデザインが可能になった。しかし、これらの研究の過程で、既存の物体の形状を計測して取り込んだり、出来上がったデザインを3次元プリンタなどで出力しようとする、うまくスキャンできなかったり、うまくプリントできなかったりといった数多くの問題が発生することが認識された。

2. 研究の目的

本研究は、このような背景のもと、パーソナルファブ리케이션や個人によるコンテンツ生成のより一層の普及と高度化を実現するために必要な実世界形状処理技術を研究開発するものである。具体的には、大きく分けて3つの課題に取り組む。まず、実世界に存在する3次元物体の形状データを取り込む3次元スキャンを支援する技術の研究開発を行う。特に、特別なハードウェアを必要とせず、デジタルカメラやカメラ付スマートフォンなどで利用可能な、複数画像から3次元形状を復元する技術を中心として、手作業での後処理を効率化する手法の開発を行う。次に、3次元形状のデザインを支援する技術の研究開発を行う。これまで応募者が提案してきた物理シミュレーションを活用したデザイン支援に加えて、データに基づく支援や自然言語による操作など、人工知能的なアプローチを活用したデザイン支援技術の研究開発を行う。さらに、3次元プリントを支援するための技術の研究開発を行う。3次元プリンタでうまくプリントするためには、3次元プリンタの特性を考慮した上で形状デザインを行う必要があり、そのような機能を形状デザインシステムに組み込んでいく。

3. 研究の方法

2017年度は、主に3次元スキャンの研究を行った。特に、ぬいぐるみで使われているようなふさふさした生地のスキャン方法について研究開発を行った。まず、生地の撮影時にカメラの姿勢を取得できるような環境の構築を行った。また、得られた画像から学習してパターン認識を行う手法を実装して性能を評価した。さらに、コンピュータグラフィックスで合成した生地の画像をつかった認識についても検討を行った。コンピュータグラフィックスでの合成にあたっては、専門家の意見を聞きつつ、様々なパラメータ設定での生地の生成を行った。

2018年度は、パラメータを設定することで自動的に毛のCGを生成するパラメトリックファーについて研究を行った。パラメトリックファーは、コンピュータグラフィックスでコンテンツを作成するための強力なツールである。しかしながら、望ましい結果を得るためにファーパラメータを適切に設定することは困難である。この問題に取り組むために、我々は例から望ましい毛皮パラメータを得るための方法を提示した。ユーザは最初に実際の毛皮の例の写真を準備する。システムは次に、実際のファーの外観を再現するためにファーパラメータを自動的に推定する。レンダリングされたパラメトリックファーの外観が実際のファーの外観にできるだけ類似するように、システムがファーパラメータを検索する最適化問題としてこれを定式化する。各最適化ステップでは、既製のファーレンダラを使用して画像をレンダリングし、ディープコンボリューションニューラルネットワークの事前学習モデルを使用して画像の類似性を測定する。我々の方法が広範囲の毛皮タイプに対して毛皮パラメータを適切に推定できることを示した。

2019 年度は、フレーム構造の木製ジョイントを設計および製造するためのインタラクティブシステムである Tsugite を開発した。このようなジョイントを設計して手動で作成することは、困難で時間がかかる作業である。我々のシステムは、コンピューター数値制御 (CNC) 製造と組み合わせたモデリングインターフェースにより、カスタムジョイントの作成を容易にする。デザインスペースは、効率的な幾何学的分析と組み合わせ検索を可能にするボクセルの 3D グリッドである。インターフェースには、手動編集とギャラリーの 2 つのモードがある。手動編集モードでは、ユーザは、繊維の方向に関する滑りやすさ、製造性、耐久性などのパフォーマンスメトリックに基づいて提供されるリアルタイムのグラフィカルなフィードバックと提案を受け取りながら、ジョイントを編集する。ギャラリーモードでは、ユーザは事前に計算された実行可能なジョイントを表示して選択する。ジョイントの設計が完成したら、コーナーの丸み付けによってジョイントの組み立てを保証する特殊な経路計画アルゴリズムを使用して、3 軸 CNC フライス盤で製造することができる。このシステムについて、ユーザスタディと、ジョイントサンプルおよび機能性家具の設計と製造による評価を行った。

4 . 研究成果

以下のような成果を得た。

Seung-Tak Noh, and Takeo Igarashi. Retouch Transfer for 3D Printed Face Replica with Automatic Alignment. In Proceedings of the Computer Graphics International Conference (CGI '17). ACM, New York, NY, USA, Article 24, 6 pages. 2017.

近年の 3D スキャンの発展により、人間の 3D 形状を取得し、3D プリンターで 3D レプリカを作成することが容易になりました。しかし、全身をスキャンする設定では、画像の解像度が不足しているため、顔の部分が低品質になってしまいます。この問題を解決するために、アーティストはスキャンされた生の全身モデルを 3D スカルプトツールでレタッチしますが、これには多くの時間と労力がかかります。本稿では、専門家がレタッチした結果を任意のターゲット顔モデルに転送することで、レタッチ作業を自動化するシステムを紹介します。本手法では、まず、2 次元の顔検出を利用して、3 次元モデルの目や鼻などの顔の特徴を特定します。そして、顔のパーツごとに、検出結果を用いて模範モデルとターゲットの間の密な対応関係を確立し、コーティング転写によって模範モデルの形状をターゲットに転写する方法です。この手法により、モデルの形状だけでなく、3D プリントされたレプリカの形状も改善されることを示しました。

Kazutaka Nakashima, Thomas Auzinger, Emmanuel Iarussi, Ran Zhang, Takeo Igarashi, Bernd Bickel. CoreCavity: Interactive Shell Decomposition for Fabrication with Two-Piece Rigid Molds. ACM Transactions on Graphics (TOG) 37.4 (2018): 135. (SIGGRAPH 2018 Technical Papers). Vancouver, Canada. project

成形は、金型の初期費用を 1 個あたりの生産コストの低さで相殺できるため、一般的な大量生産方法です。しかし、成形技術の物理的な製造上の制約により、成形可能な物体の形状が制限されるのが一般的です。複雑な形状の場合、成形可能なパーツに分解するのが一般的な方法で、プラモデルなどがその例です。しかし、このような分解を行うにはかなりの専門知識が必要であり、製作技術の技術的な側面や美的な配慮にも依存します。本研究では、2 つの金型の間に対象物の各部分を鑄込む 2 ピース成形において、対話形式で分解を行う手法を提案します。対象物の表面形状が与えられた場合、まず粗い分解を行い、次に個々のパーツ間の境界にアクティブコンターモデルを利用することで、薄肉成形可能なパーツに分解します。最適化問題として定式化された輪郭の動きは、各パーツの成形性を確保するための製造上の制約を反映したエネルギーによって導かれます。同時に、ユーザには美的ガイドラインを適用するための編集機能が提供されます。我々のインタラクティブなインターフェースは、部品の境界と物体の特徴を合わせるなどして、輪郭の位置を制御することができます。この技術は、初心者でもデザインスペースを探索できるようにすることで、新しいワークフローを可能にしています。また、製作可能なツーピースの金型を生成することで、自由形状のオブジェクトの鑄造や工業用射出成形に使用することができます。

Takahiro Sato, Christopher Batty, Takeo Igarashi, Ryoichi Ando. Spatially adaptive long-term semi-Lagrangian method for accurate velocity advection. Computational Visual Media 4(3), 223-230 (2018).

流体アニメーションのための新しい移流スキームを提案しました。我々の主な貢献は、圧力の長期的な時間変化を利用して、一般的に使用されている半ラグランジュスキームを時間軸に沿ってさらに後方に拡張することです。我々のアルゴリズムは、速度場に沿った軌跡のサンプルポイントを、多くのステップで時間的に後方に追跡することから始まります。このバクトレースの過程で、経路に沿った圧力勾配を積分し、現在の時間ステップの速度を補正します。この手法により、数値拡散が効果的に抑制され、小規模な渦度が保持され、長期的な運動エネルギーの保存性が向上することが示されました。

Takahiro Sato, Chris Wojtan, Nils Thuerey, Takeo Igarashi, Ryoichi Ando. Extended Narrow Band FLIP for Liquid Simulations, Computer Graphics Forum. Vol. 37. No. 2. 2018. (Eurographics 2018). Delft, The Netherlands. April 16-20, 2018.

Fluid Implicit Particle Method (FLIP) は、粒子とグリッドを組み合わせることで、数値的な散逸を低減します。続いて発表された狭帯域 FLIP 法 (NB-FLIP) では、性能を向上させるために、FLIP を用いた流体シミュレーションを液面付近でのみ行い、液面から離れた場所では従来のグリッドベースの流体シミュレーションを行います。この空間的に限定された FLIP シミュレーションは、粒子数を大幅に削減し、計算上のボトルネックを緩和します。本論文では、NB-FLIP のアイデアをさらに拡張し、FLIP のような流体シミュレーションとグリッドベースのシミュレーションを、液面付近だけでなく任意の場所で移行できるようにしました。この方法では、必要な部分だけに粒子を集中させることができるため、メモリと計算量をさらに節約することができます。さらに、この手法では、粒子ベースのシミュレーションが不要な場所では、スムーズな陰影面の形状にシームレスに移行することができます。その結果、粒子ベースの液体シミュレーションに伴うノイズの多い表面のアーティファクトを回避しつつ、ダイナミックな動きのある領域では FLIP シミュレーションの利点を維持する実用的なアルゴリズムが完成しました。

Seung-Tak Noh, Kenichi Takahashi, Masahiko Adachi, Takeo Igarashi. SkelSeg: Segmentation and Rigging of Raw-Scanned 3D Volume with User-Specified Skeleton. Graphics Interface 2019. 28 - 31 May 2019. Kingston, Ontario,

RGB-D カメラを用いたスキャンが一般的になってきましたが、生のスキャンされた 3D モデルには、手足の融合などアニメーションの妨げとなるいくつかの問題があります。我々は、ユーザが簡単なアノテーションを行うだけで、生のスキャンされた 3D ボリュームからリギングされた 3D メッシュを生成できるシステムを提案しました。ユーザがスキャン時に撮影したキャリブレーション画像に骨格構造をアノテーションすると、我々のシステムが自動的に生のスキャンされたボリュームをパーツに分割し、ユーザが指定した 3D 骨格に基づいてスキン付きの 3D メッシュを生成します。この手法は、生のスキャンデータを用いた複数のぬいぐるみモデルでテストされ、適切なアニメーションの生成に成功しました。

Maria Larsson, Hironori Yoshida, Takeo Igarashi. Human-in-the-loop Fabrication of 3D Structures with Natural Tree Branches. The 4th annual ACM Symposium on Computational Fabrication (SCF 2019). June 16-18, 2019. Carnegie Mellon University, Pittsburgh.

天然木の多様な形状を利用した設計・製作システムを提案しました。このシステムでは、標準化されていない自然な曲線を持つ木の枝から、精密な形状を作り出すことができます。このようにして、価値の低い木の枝が建築材料としてアップサイクルされます。プロセスは以下のように実行されます。一連の木の枝と、ユーザが定義したパラメトリックなターゲット表面を受け取ると、システムは表面上にある曲線の相互パターンを作成します。そして、スキャンされた枝の形状とこれらの曲線を自動的にマッチングさせるのです。同様の試みとして、クレーンやロボットアームなどの産業機器を使って、木の幹から大きな梁の構造物を作ることもありました。それに対して、私たちは、より身近なツール (2.5D CNC) を使って、人間が操作することで、木の枝から小さな表面構造を作ることを目標にしています。ユーザには、オーディオ・ビジュアル・ガイダンスを使って、手動で木の枝を定義された方向に配置してもらいます。その後、CNC マシンでジョイント部分を削り出します。最後に、ネジや接着剤を使わずに手作業で構造体を組み立てます。

Seung-Tak Noh, Kenichi Takahashi, Masahiko Adachi, and Takeo Igarashi, "Parametric Fur from an Image", *The Visual Computer*, June 2020.

パラメトリックファーは、コンピュータグラフィックスにおけるコンテンツ制作の強力なツールです。しかし、望ましい結果を実現するためのパラメータの設定は難しいです。この問題を解決するために、画像から適切なパラメータを自動的に推定する手法を提案しました。このプロセスを最適化問題として定式化し、システムは、レンダリングされたパラメトリックな毛皮の外観が実際の毛皮の外観にできるだけ近くなるようなパラメータを探索します。各最適化ステップでは、既製の毛皮レンダラを用いて画像をレンダリングし、事前に学習させた深層畳み込みニューラルネットワークモデルを用いて画像の類似性を測定します。提案された手法は、幅広い種類の毛皮に対して、毛皮のパラメータを適切に推定できることを実証しました。

Seung-tak Noh, Kenichi Takahashi, Masahiko Adachi, Takeo Igarashi: Shape refinement and rigging of raw-scanned 3D volume by a user-specified skeleton. *Comput. Graph.* 87: 80-88 (2020)

近年、RGB-D カメラを用いたスキャニングが盛んに行われていますが、生の 3 次元モデルには、手足の癒着など、アニメーションの妨げとなる問題があります。ここでは、簡単な注釈を付けてスキャンした生の 3 次元ボリュームから、リギングされた 3 次元メッシュを半自動で生成する手法を提案しました。この手法では、スキャン時に撮影した写真にユーザが骨格構造をアノテーションすると、骨格情報を用いて融合した身体部位を自動的に切断し、切断面にメッシュスムージングを適用して美しく仕上げることができます。このシステムは、ユーザが指定した 3D スケルトンに基づいて、スキン付きの 3D メッシュを生成します。この手法を、生の 3D ぬいぐるみモデルを使ってテストしたところ、もっともらしいアニメーションを生成することができました。

Maria Larsson, Hironori Yoshida, Nobuyuki Umetani, and Takeo Igarashi. Tsugite: Interactive Design and Fabrication of Wood Joints. *Proceedings of the 33rd Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology (ACM UIST 2020)*, Pages 317-327, October 2020.

フレーム構造の木製ジョイントを設計および製造するためのインタラクティブシステムである Tsugite を開発しました。このようなジョイントを設計して手動で作成することは、困難で時間がかかる作業です。我々のシステムは、コンピューター数値制御 (CNC) 製造と組み合わせたモデリングインターフェースにより、カスタムジョイントの作成を容易にする。デザインスペースは、効率的な幾何学的分析と組み合わせ検索を可能にするボクセルの 3D グリッドです。インターフェースには、手動編集とギャラリーの 2 つのモードがあります。手動編集モードでは、ユーザは、繊維の方向に関する滑りやすさ、製造性、耐久性などのパフォーマンスメトリックに基づいて提供されるリアルタイムのグラフィカルなフィードバックと提案を受け取りながら、ジョイントを編集します。ギャラリーモードでは、ユーザは事前に計算された実行可能なジョイントを表示して選択します。ジョイントの設計が完成したら、コーナーの丸み付けによってジョイントの組み立てを保証する特殊な経路計画アルゴリズムを使用して、3 軸 CNC フライス盤で製造することができます。このシステムについて、ユーザスタディと、ジョイントサンプルおよび機能性家具の設計と製造による評価を行いました。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件/うち国際共著 3件/うちオープンアクセス 9件）

1. 著者名 Kazutaka Nakashima, Thomas Auzinger, Emmanuel Iarussi, Ran Zhang, Takeo Igarashi, Bernd Bickel	4. 巻 Volume 37 Issue 4
2. 論文標題 CoreCavity: interactive shell decomposition for fabrication with two-piece rigid molds	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ACM Transactions on Graphics (TOG)	6. 最初と最後の頁 1-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3197517.3201341	査読の有無 有
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)	国際共著 該当する
1. 著者名 Takahiro Sato, Christopher Batty, Takeo Igarashi, Ryoichi Ando	4. 巻 Volume 4, Issue 3
2. 論文標題 Spatially adaptive long-term semi-Lagrangian method for accurate velocity advection	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Computational Visual Media	6. 最初と最後の頁 223-230
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s41095-018-0117-9	査読の有無 有
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)	国際共著 該当する
1. 著者名 Takahiro Sato, Chris Wojtan, Nils Thuerey, Takeo Igarashi, Ryoichi Ando	4. 巻 Volume 37, Issue 2
2. 論文標題 Extended Narrow Band FLIP for Liquid Simulations	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Computer Graphics Forum	6. 最初と最後の頁 169-177
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/cgf.13351	査読の有無 有
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)	国際共著 該当する
1. 著者名 Noh Seung-Tak, Igarashi Takeo	4. 巻 Article No.: 24
2. 論文標題 Retouch transfer for 3D printed face replica with automatic alignment	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 CGI '17: Proceedings of the Computer Graphics International Conference	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3095140.3095164	査読の有無 有
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)	国際共著 -

1. 著者名 Seung-Tak Noh, Kenichi Takahashi, Masahiko Adachi, Takeo Igarashi	4. 巻 Article No.: 17
2. 論文標題 SkelSeg: Segmentation and Rigging of Raw-Scanned 3D Volume with User-Specified Skeleton	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Graphics Interface 2019	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20380/GI2019.17	査読の有無 有
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)	国際共著 -

1. 著者名 Larsson Maria, Yoshida Hironori, Igarashi Takeo	4. 巻 Article No.: 1
2. 論文標題 Human-in-the-loop fabrication of 3D surfaces with natural tree branches	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 SCF '19: Proceedings of the ACM Symposium on Computational Fabrication	6. 最初と最後の頁 1-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3328939.3329000	査読の有無 有
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)	国際共著 -

1. 著者名 Noh Seung-Tak, Takahashi Kenichi, Adachi Masahiko, Igarashi Takeo	4. 巻 37
2. 論文標題 Parametric fur from an image	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Visual Computer	6. 最初と最後の頁 1129 ~ 1138
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00371-020-01857-x	査読の有無 有
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)	国際共著 -

1. 著者名 Seung-tak Noh, Kenichi Takahashi, Masahiko Adachi, Takeo Igarashi	4. 巻 87
2. 論文標題 Shape refinement and rigging of raw-scanned 3D volume by a user-specified skeleton	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Computers & Graphics	6. 最初と最後の頁 80-88
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cag.2020.01.009	査読の有無 有
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)	国際共著 -

1. 著者名 Larsson Maria、Yoshida Hironori、Umetani Nobuyuki、Igarashi Takeo	4. 巻 1
2. 論文標題 Tsugite: Interactive Design and Fabrication of Wood Joints	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 UIST '20: Proceedings of the 33rd Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology	6. 最初と最後の頁 317-327
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3379337.3415899	査読の有無 有
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)	国際共著 -

[学会発表] 計7件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 7件)

1. 発表者名 Kazutaka Nakashima, Thomas Auzinger, Emmanuel Iarussi, Ran Zhang, Takeo Igarashi, Bernd Bickel
2. 発表標題 CoreCavity: Interactive Shell Decomposition for Fabrication with Two-Piece Rigid Molds
3. 学会等名 SIGGRAPH 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takahiro Sato, Christopher Batty, Takeo Igarashi, Ryoichi Ando
2. 発表標題 Spatially adaptive long-term semi-Lagrangian method for accurate velocity advection
3. 学会等名 Computational Visual Media 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takahiro Sato, Chris Wojtan, Nils Thuerey, Takeo Igarashi, Ryoichi Ando
2. 発表標題 Extended Narrow Band FLIP for Liquid Simulations
3. 学会等名 Eurographics 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1 . 発表者名 Seung-Tak Noh, and Takeo Igarashi
2 . 発表標題 Retouch Transfer for 3D Printed Face Replica with Automatic Alignment
3 . 学会等名 In Proceedings of the Computer Graphics International Conference (CGI '17). ACM, New York, NY, USA, Article 24, 6 pages. 2017 (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Seung-Tak Noh, Kenichi Takahashi, Masahiko Adachi, Takeo Igarashi
2 . 発表標題 SkelSeg: Segmentation and Rigging of Raw-Scanned 3D Volume with User-Specified Skeleton
3 . 学会等名 Graphics Interface 2019 (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Larsson Maria, Yoshida Hironori, Igarashi Takeo
2 . 発表標題 Human-in-the-loop fabrication of 3D surfaces with natural tree branches
3 . 学会等名 SCF '19: Symposium on Computational Fabrication (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Larsson Maria, Yoshida Hironori, Umetani Nobuyuki, Igarashi Takeo
2 . 発表標題 Tsugite: Interactive Design and Fabrication of Wood Joints
3 . 学会等名 UIST '20: Proceedings of the 33rd Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology (国際学会)
4 . 発表年 2020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	金 太一 (Kin Taichi) (90447392)	東京大学・医学部附属病院・助教 (12601)	

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
---------	---------