

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 20 日現在

機関番号：32682

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26420211

研究課題名(和文) リバースエンジニアリング技術を援用した型紙生成アルゴリズムの研究

研究課題名(英文) Research on algorithm for 2D pattern generation aided by reverse engineering

研究代表者

篠田 淳一 (Shinoda, Junichi)

明治大学・研究・知財戦略機構・研究推進員

研究者番号：60266880

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：現在、STL(Stereolithography)データから実物モデルを紙ベースの素材で再現するのは容易ではない。そこで、構造が複雑でも適切にセグメントし、各セグメントを2次元展開し、3次元に組み立て接合するアルゴリズムを開発した。これまではホビー的なものしか得られていなかったが、本格的にリバースエンジニアリングで得られるデータやCADデータをも対象とし、積層型3次元プリンタにとって代わるほどの精度が得られた。携帯画像などとリンクさせ、印象に残った風景や対象物を撮影し自らの手で折って再現して幼児や子供の発想力の高揚に役立てたり、高齢者の認知症予防に適用したりすることが現実のものとなった。

研究成果の概要(英文)：It was not easy to reconstruct the real model of paper sheet from the STL (Stereolithography) data. So the algorithms have been developed for segmentation properly, expansion each segment to 2 dimensional pattern, building each part and connecting each other into the 3D structure. As a result, the real model can be developed in such precision as additive 3D printer although such real model was applied only in hobby. It has become realized that this system can be useful for raising creative power of little children and for prevention of senility for old people through reconstruction impressed seen by their own hands from the data by cell-phone image.

研究分野：画像と機械工学の融合分野ー折紙式3次元プリンター

キーワード：折紙工学 折紙式プリンター 最適な組立手順 可展面 セグメンテーション 帯状領域 グラフ理論

1. 研究開始当初の背景

CADの形状が喻え画面上で描かれても、設計者にとって、臨場感が得られるほどには良く分からないケースが多い。設計者は見るより実際に触ってみる方がより理解が深まるため、ポストとして、仮想現実感では、接触感まで要求され、また STL (STereo Lithography) データから得られるラピッドプロトが利用される。現在の3次元ラピッドプロトは製造業に大いに利用されているが、大規模なものには適用が困難、製造に時間がかかる、等の問題がある。仮想現実感の接触はまだ発展途上である。紙ベースで実物模型を作成することができれば、安価であり、大きなものも自分自身の手で早く構築できる。この自分自身の手による構築は触れるより更に設計や教育上有用である。そこで、3Dモデルを可展面で近似し、しかもそれらを平面上に適切に写像する技術が必要になる。パーツの数が膨大であったり、形状が複雑であったり、また、余りに小さいパーツが存在したりしているような場合、型紙モデルから実物紙模型を作成するという観点からは甚だ不都合であり従来の研究では解決していない。携帯電話やデジタルカメラによって手軽に静止画像や動画が取得できるが、これらから背景ノイズを取り除いた正確なメッシュモデルや点群モデルを生成する際にデータの欠落等が発生するため、美的にも満足できるような実物紙模型を最終的に生成することは困難である。このような背景から、画像データ、CADデータ、計測点群データを入力とした精度の良い紙ベースの型紙モデルを生成するシステムを開発することを目的とする。

2. 研究の目的

学技術振興機構・研究成果最適展開支援プログラム・フィージビリティスタディステージ・シーズ顕在化タイプ「実物紙模型データを出力する次世代リバースエンジニアリングシステムの開発」で得られた知見を基に、CADデータや、カメラ画像やレーザー計測などで得られる3次元データから、正確な実物コピーを得るための各要素技術の高度化を実現する。現在、STLデータからラピッドプロト、CADデータから型製作されるが、設計者にとってなじみの深いこれらの工法を紙ベースの素材で再現するのは容易ではない。そこで、複雑な構造に対しても構造を適切にセグメントし、各セグメントを2次元展開し、3次元に組み立てて接合する紙ベースのアルゴリズムを研究開発する。また、セグメントを適切に自動で行うなど、市販のREソフトにはない機能を追加し、これまでのホビー的なモデルに対してだけでなく、自動車の設計現場で取り扱われる程のより複雑な形状のモデルに対しても、精度のよい実物コピーを作ることができる一連のアルゴリズムの開発とそのシステム化を行う。

3. 研究の方法

携帯の2次元画像から3次元モデルを得る検討、自動車の内板CADデータを例に構造の各可展面への自動分割、3次元構造の2次元平面への写像、最適な組立て手順等のアルゴリズムの開発と計算機出力紙による実物コピーの作成、以上で得られたものをベースに、静止画像、動画取得時の背景ノイズと除去効率の関係、光線の影響の検討およびノイズによる欠落部分を補うアルゴリズムの開発を行う。加えてスケッチ画像からメッシュや点群を生成し、実物モデルを生成するアルゴリズムも開発する。さらに、計測データから精度の高いモデルを生成するために、細かいメッシュに対して高速に処理ができるようにGPUを利用したアルゴリズムの開発も行う。

4. 研究成果

科学技術振興機構・研究成果最適展開支援プログラム・フィージビリティスタディステージ・シーズ顕在化タイプ「実物紙模型データを出力する次世代リバースエンジニアリングシステムの開発」で得られた知見を基に、CADデータや、カメラ画像やレーザー計測などで得られる3次元データから、正確な実物コピーを得るための各要素技術の高度化を実現した。現在、STLデータからラピッドプロト、CADデータから型製作されるが、設計者にとってなじみの深いこれらの工法を紙ベースの素材で再現するのは容易ではない。そこで、複雑な構造に対しても構造を適切にセグメントし、各セグメントを2次元展開し、3次元に組み立てて接合する紙ベースのアルゴリズムを開発した。これらのアルゴリズムを、先に開発していたリバースエンジニアリングシステムに、機能追加の形で組込むことによって、非常に複雑な構造に対しても、初体験の人でも容易に実物モデルが得られるようにした。その結果、これまではホビー的なものしか得られていなかったが、本格的にリバースエンジニアリングで得られるデータやCADデータをも対象とし、ラピッドプロトにとって代わるほどの精度も保証し自ら組み立てが出来るようになった。携帯画像などとリンクさせ、例えば印象に残った風景や対象物を撮影し自らの手で折って再現して幼児や子供の発想力の高揚に役立てたり、高齢者の認知症予防に適用したりすることが現実のものとなった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 24件)

Phuong Thao THAI, Maria SAVCHENKO, Hoan Thai Tat NGUYEN, Ichiro HAGIWARA, Simulation-based approach for paper folding with the aim to design the origami-performing

robotic system ,Released: December 15, 2016
[Advance Publication] Released: October 19, 2016

P. T. Thai, M. Savchenko, H. T. T. Nguyen, I. Hagiwara, Simulation-based approach for paper folding with the aim to design the origami-performing robotic system, Released: October 19, 2016

Bo Yu, Maria Savchenko, Junichi Shinoda, Luis Diago, Ichiro Hagiwara, Vladimir Savchenko, Producing Physical Copies of the Digital Models via Generating 2D Patterns for “Origami 3D Printer” system, pp.58-77, Released: August 08, 2016.

萩原一郎, 積層型 3次元プリンターを凌駕する折紙式 3次元プリンターを目指して、応用数理招待論 Vol. 26, No. 1 (2016-3), pp. 22-28.

B. Yu, M. Savchenko, L. Diago, J. Shinoda, I. Hagiwara, A color mapping method for decimated model, AsiaSim International conference 2014, (2014.10).

T. Tian, L. Rodriguez, L. Diago, J. Shinoda, I. Hagiwara, An iterative approach for color reproduction of industrial manufacturer samples, JSST2014, (2014.10).

(16) J. Romero, L. Diago, J. Shinoda, I. Hagiwara, Verification of Models of Personal Perception of Faces by Closed-eye Classifier using Histogram Correlation, JSST2014, (2014.10).

〔学会発表〕(計 64 件)

L. Diago, J. Romero, 篠田淳一, 奈良知恵, 萩原一郎, 「世界初の糊付けまで可能な折紙ロボットの開発」, Dynamics and Design Conference 2016, 山口大学, 2016 年 8 月 23 日-26 日

J.A. Romero, L.A. Diago, J. Shinoda, and I.Hagiwara, Evaluation of brain models to control a robotic origami arm using holographic Neural Networks, ASME 2015 International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference, August2-5USA.

J. Romero, L. A. Diago, J. Shinoda, C. Nara, I. Hagiwara, “Norigami folding machines for complex 3D shapes”, ASME (IDETC/CIE 2016), Charlotte, USA, August 1-24, 2016

Julian A. ROMERO, Luis A. DIAGO, Junichi Shinoda and Ichiro HAGIWARA, 複雑形状の糊紙ロボットの開発, 日本応用数理学会 2015 年研究部会連合発表会, March3-4, 神戸学院大学.

Julian Andres ROMERO Luis Ariel DIAGO, Junichi Shinoda, and Ichiro HAGIWARA, Design of a Space State Controller for Trajectory Planning in a Paper Folding Application Using LEGO NXT, Dynamics and Design Conference 2015 (D&D2015),

August 25-28, 2015, Aomori.

Phuong Thao Thai, Maria Savchenko, Junichi Shinoda, Ichiro Hagiwara, Origami-performing robot: folding the thick origami structure, 日本応用数理学会 2015 年研究部会連合発表会, March3-4, 神戸学院大学.

H.T.i T. Nguyen, P.T. Thai, B. Yu, J. Shinoda, and I. Hagiwara, Development of a Manufacturing Method for Truss Core Panels Based on Origami-forming, J. Mechanisms Robotics, (Dec 09, 2015), doi:10.1115/1.4032208

Yujing Liao, Savchenko Maria, Junichi Shinoda, Ichiro Hagiwara, Based on ‘skeleton-diagram’ from single image automatical generating the 3D surface meshes, 日本応用数理学会 2015 年度年会
Bo Yu, Maria Savchenko, Junichi Shinoda, Ichiro Hagiwara, Approach for unfolding 3D meshes for crafting paper models, The 6th International Meeting on Origami in Science, 2014/8, University of Tokyo.

〔図書〕(計 5 件)

篠田淳一, ディアゴ ルイス, ロメロ ジュリアン, 萩原一郎, 折紙式プリンターと折紙ロボット、日本機械学会誌、Vol.119, No.1175(2016-10), pp.562-563.

〔産業財産権〕

出願状況(計 2 件)

名称: 三次元構造物の製造方法、三次元構造物の製造装置、及び、プログラム

発明者: 萩原一郎, マリア・サブチェンコ, Yu Bo, 篠田淳一

権利者: 明治大学

種類: 公開

番号: 2014 - 203366

公開年月日: 平成 26 年 10 月 27 日

国内外の別: 日本

名称: 展開図作成装置、展開図の作成方法、およびプログラム

発明者: 萩原一郎, ホアン・タイタット・グエン, ユウ・ボウ, タイ・フン・タオ

権利者: 明治大学

種類: 公開

番号: 特開 2016 - 170597

公開年月日: 平成 28 年 9 月 23 日

国内外の別: 日本

〔その他〕

ホームページ等: なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

篠田淳一 (SHINODA, Junichi)

明治大学・研究・知財戦略機構 研究員

研究者番号: 60266880

(2) 研究分担者

ルイス・ディアゴ (DIAGO, Luis)

明治大学・研究・知財戦略機構 研究員

研究者番号: 20467020

(3) 研究分担者

萩原一郎 (HAGIWARA, Ichiro)
明治大学・研究・知財戦略機構 教授
研究者番号：50282843

(4)研究分担者

サブチェンコ・マリア (SAVCHENKO,
Maria) 明治大学・研究・知財戦略機構 研
究員研究者番号：40599394

(5)研究協力者

ロメロ ジュリアン (ROMERO Julian)

ユーボー (Yu BO)

ホアン・タイタット・グエン

(HOAN Thai Nguyen)

タイ・フン・タオ (PHUONG Thao Thai)