

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 5 月 13 日現在

機関番号：13903

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24500114

研究課題名(和文) テクスチャの局所性及び自己相似性の概念を導入した事例参照型 NPR

研究課題名(英文) Example-based NPR employing texture localization and self-similarity

## 研究代表者

中村 剛士 (Nakamura, Tsuyoshi)

名古屋工業大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：90303693

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：テクスチャの“局所性”と“自己相似性”を利用するアルゴリズムを導入し、高性能な事例参照型 NPR の実現を目指した。研究期間全体を通して、テクスチャ合成アルゴリズムの高速化と品質向上、合成処理における対話システムの構築を行い、論文誌での公表や口頭発表など一定の成果を上げる事が出来た。テクスチャ合成の高速化と品質向上については、グラフカットアルゴリズムの採用により、品質確保と処理速度の向上を図った。対話システムの構築については、オノマトペ音声入力を採用し、直感的かつ容易な操作による合成を実現した。

研究成果の概要(英文)：We have introduced texture localization and self-similarity to example-based non-photorealistic rendering. During three years we have been studying, we achieved some remarkable results. The first one is acceleration of texture synthesis which uses fast graph-cut algorithm. The algorithm can realize high-quality synthesis. The second one is interactive system hiring onomatopoeic voice inputs. The system provides users intuitive and simple operation to realize NPR. These results were presented in some workshops and published in a journal.

研究分野：ソフトコンピューティング

キーワード：グラフィクス 非写実的画像表現 オノマトペ コンピュータビジョン

1. 研究開始当初の背景

(1) 非写実的画像合成(NPR)の研究は、CGのトップカンファレンスである SIGGRAPH、NPAR 等でも最新の研究報告がされている。NPR とくに Painterly Rendering は、制約テクスチャ合成分野とも関連しており、ソースとなる参照事例画像を局所特徴やテクスチャパッチの集合と捉え、それらを処理対象画像に設けた制約に基づいて最適に再構成/再配置することで、参照事例に似た視覚的印象または外観を持つ出力画像の獲得を目指すものである。また、昨今のCG研究において、SIGGRAPH2011での発表に見られるように、実世界データを取得/利用する手法が盛んであり、実絵画を参照事例として利用する事例参照型 NPR もまたその中の1つといえる。

(2) 視覚的に類似するテクスチャ同士は局所近傍に存在する性質“テクスチャの局所性”を導入したパッチベース処理である。一般に、パッチベース処理は、利用するパッチサイズに出力品質が左右され、パッチが大きいほど元の参照事例の視覚的特徴を出力に反映させ易いが、その場合細部の描写が難しくなる。また、複雑で細かい描写のために小サイズパッチを利用すると、その部分は参照事例との視覚的類似性やパッチ間のシームレス性に問題が発生する。

(3) 一方、ピクセルベース処理は、テクスチャの“自己相似性”を利用し、パッチに代わりピクセルをその処理単位とするものであり、任意サイズ、任意形状のテクスチャとして絵画風出力を合成出来る。ただし、基本的には参照事例を一旦ピクセル単位に分解し、それを処理対象の制約に合わせて再構成するため、処理対象全域または大領域に適用した場合、パッチベース処理に較べ参照事例の持つ特徴の再現が難しい面がある。

2. 研究の目的

(1) NPR のパッチベース処理とピクセルベース処理にはそれぞれ利点と欠点があるが、各処理を適応的に組み合わせることで、双方の利点を生かし、出力の高品質化と高速な合成処理の実現を目指す。

(2) また、NPR 画像のデザインと出力の評価は、ユーザの主観に依存するため、ユーザが直感的かつ容易に操作と評価ができる対話型インタフェースの実現を目指す。

3. 研究の方法

(1) NPR 分野の1つである毛筆フォントの掠れ込み処理を具体的な課題として、NPR の高品質化と高速化を図る。シームレスなテクスチャ合成には、グラフカットアルゴリズムを採用し、筆順をテクスチャの局所性として捉え、さらに、ストロークの太さに応じて配置

するテクスチャサイズを可変とし、パッチ処理とピクセル処理を融合した処理を採用する。

(2) また、直感的かつ容易な対話型インタフェースとして、オノマトペを採用し、オノマトペ音声入力による、毛筆フォントの掠れ込み処理を実施する。オノマトペと運筆は、筆圧や筆速に関して関連が深いと考えられることから、筆圧・筆速によって変化する掠れ度合や滲み度合を柔軟に制御することができると思われる。

4. 研究成果

(1) 我々が提案開発した毛筆フォントの掠れ込み合成処理手法の概要を、図1に示す。

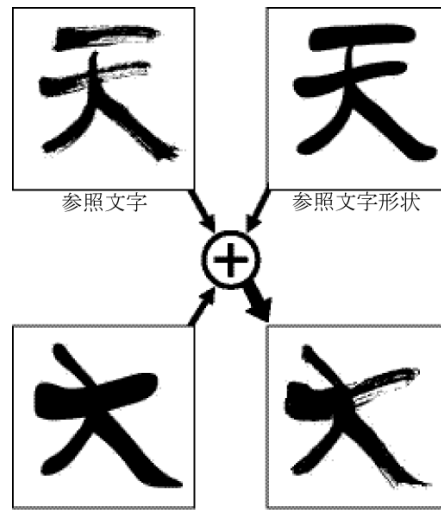


図1 毛筆フォントの掠れ込み合成処理概要

(2) 本研究では、まず、実在の書道作品である参照文字と既存毛筆フォントである対象フォントにたいし、文字骨格として各グラフ構造を与える。これにより、筆の流れが文字

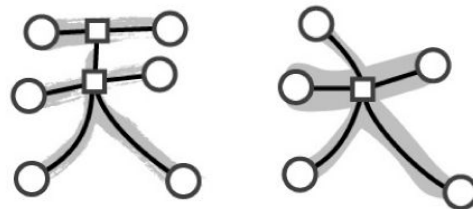


図2 参照グラフ $G_S$ (左) 対象グラフ $G_T$ (右)

骨格であるグラフのエッジに沿っていることが明示される。図2は図1に例示した参照文字と対象フォントにグラフ構造を与えた例である。

(3) 各グラフは筆の始筆部分と終筆部分に終端ノード、ストロークの交差する部分に非終

端ノードが与えられ、各ノード間は無向エッジによって連結される。ここで、 $G_S$ のエッジを参照エッジ、 $G_T$ のエッジを対象エッジと呼ぶものとする。この参照エッジと対象エッジを適切に対応させ、参照エッジの持つテクスチャパッチ群を、対象エッジ上に順序関係を

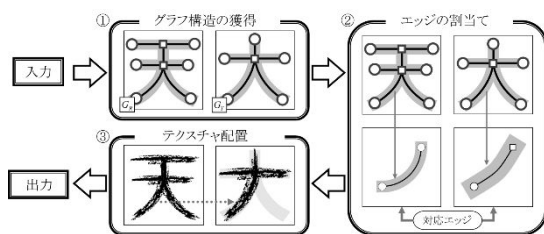


図3 処理のながれ

保存しながら連続的に配置させることが出来れば、参照エッジ上の掠れ表現と類似した表現を対象エッジ上に再現できる。これを全対象エッジに対し実行すれば、参照文字の掠れ特徴をもった出力を獲得できる。図3に処理の流れを示す。

(4) なお、書道における筆順の知識を提案手法に組み込むことにより、各グラフを有向グラフとして表現することはある程度実現可能と思われる。有効グラフとすることで筆順を考慮した処理の実現を見込むことも期待できる。しかし、現実的には、文字ごとに各筆順の知識を用意しデータベース化しておく必要があることや、獲得できるエッジの品質によっては、筆順の知識が利用しにくいことが十分想定される。そこで今回は、処理を複雑化せずシンプルなアルゴリズムと実装を目指し、無向グラフを利用するものとした。

(5) 本手法では、図1に示すように、入力として、対象フォント、参照文字の他、参照文字形状の3つを必要とする。ここで、参照文字形状とは、参照文字の墨がついた部分と掠れに相当する部分(筆が通っているが墨がついていないと推定される部分)を示した領域であり、筆が紙の上を動いた範囲を明確にし、参照文字の文字骨格を獲得するために利用する。参照文字形状については事前にユーザによって手動で与えられる必要がある。また、今回、文字骨格を獲得するための手法としてHilditchの細線化法を使用した。

(6) また、図4に本システムで作成した出力例を示す。図4においては、枠で囲んだ文字は参照文字「春」であり、その他の3文字「夏」「秋」「冬」が、出力例である。なお、参照文字形状については、枠で囲んだフォント「春」の掠れ部分を黒く塗りつぶして作成したものをを使用した。「夏」「秋」「冬」の出力文字上にも「春」と類似した掠れ表現が実現されていることが視認できる。

(7) 本システムは、テクスチャ合成において、



図4 出力例

筆記の順序関係、すなわち、テクスチャの局所連続性を考慮した手法である。そのため、シームレスで自然な合成を実現出来ており、かつ、参照文字の特徴を出力に反映させやすい。このようなシステムは従来存在しておらず、新規性・独自性は非常に高いといえる。

(8) さらに、対話型インターフェースを採用した毛筆フォント掠れ・滲み処理システムの概要を図5に示す。処理の流れとしては、まず、オノマトペを音声によって入力し、それを筆圧・筆速に変換する。音声入力は、音声認識ソフトウェア Julius[引用文献]を用いて行う。次に、筆圧・筆速をあらかじめ設定された変換式を用いて、掠れ・滲みパラメータ[引用文献]に変換する。最後に、得られた掠れ・滲みパラメータをシステムに与えることにより、掠れ・滲みを含む毛筆フォントを形成する。

(9) なお、筆圧・筆速とオノマトペの対応関係については、プレ実験によって得られた結果を利用した。また、筆順フォントを利用することにより、ストロークごとの掠れ・滲み処理を実現した。今回利用した筆順フォントは、モリサワフォントの「G-OTF 筆順 ICA Std M56」である。図6は本システムを用いた作成した出力例である。

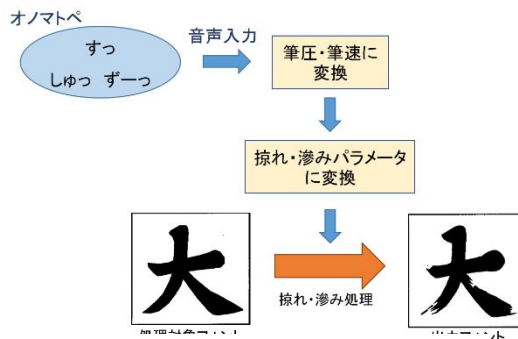


図5 オノマトペ発話を用いたシステムの概要

(10) 本研究では、提案開発した事例参照型テキスト合成を毛筆フォント合成に適用した。また、対話型インタフェースとして、オノマトペを採用し、これによる直感的かつ容易な操作を試みた。テキスト合成法、インタフェースともに、従来に存在しないアプローチであり、内外の研究事例と比較して新規性・独自性が高いと考えられる。今後の予定としては、まず、オノマトペを用いたインタフェースは試作段階であることから、これを評価し完成させることが挙げられる。さらに、オノマトペによってテキスト自体を変形・編集する機能を追加することで、多様な掠れ・滲み表現を実現し、毛筆フォントだけでなく、絵画風画像の合成へと展開することを検討・実現する予定である。

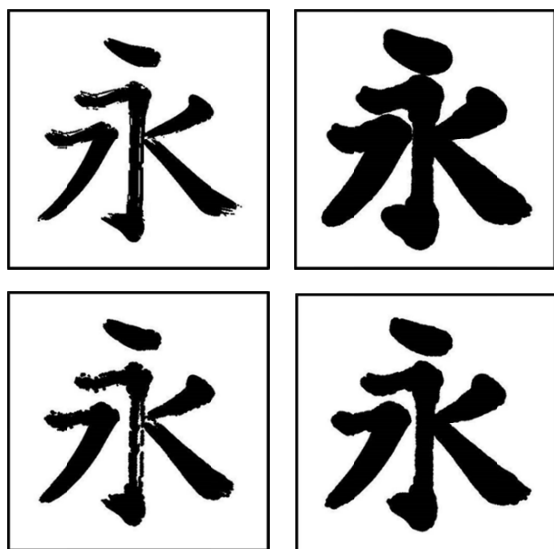


図 6 オノマトペ発話を用いたシステムによる出力例

#### <引用文献>

河原 達也、李 晃伸、音声認識ソフトウェア Julius、人工知能学会誌、Vol.20、No.1、2005、pp41-49

中村 剛土、真野 淳治、世木 博久、伊藤 英則、毛筆フォントの掠れ・滲み処理システムについて、情報処理学会論文誌、Vol.38、No.5、1997、pp1008-1015

#### 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 2 件)

北條 宏季、磯谷 順司、戸本 裕太郎、中村 剛土、加納 政芳、山田 晃嗣、オノマトペによる筆記特徴の言語化に関する一考察、人工知能学会論文、査読有、Vol.30、No.1、2015、pp.291-305  
合田 裕、中村 剛土、加納 政芳、グ

ラフ構造の類似性を利用した参照事例型毛筆フォント掠れデザイン、知能と情報、査読有、Vol.25、No.5、2012、pp.1035-1046

#### 〔学会発表〕(計 7 件)

野町 希望、多次元ファジィ表現を用いたオノマトペ類似度評価、第 38 回東海ファジィ研究会、2015 年 2 月 14 日～15 日、南知多日間賀島サービスセンター (愛知県知多郡南知多町)

村田 健一、オノマトペ発話を用いた毛筆フォントの掠れ滲み処理、第 38 回東海ファジィ研究会、2015 年 2 月 14 日～15 日、南知多日間賀島サービスセンター (愛知県知多郡南知多町)

北條 宏季、A Study on Correspondence between Writing Features and Embodied Expertise Onomatopoeias、International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and International Symposium on Advanced Intelligent Systems (SCIS & ISIS 2014)、2014 年 12 月 3 日～6 日、北九州国際会議場 (福岡県北九州市)

北條 宏季、Fundamental Study for Verbalization of Embodied Expertise Based on Pattern Recognition、International Symposium on Computational Science and Intelligence、2014 年 8 月 31 日～9 月 4 日、北九州国際会議場 (福岡県北九州市)  
北條 宏季、Classification of Writing-Skill Features Using Embodied Expertise Onomatopoeias、IEEE World Congress on Computational Intelligence、2014 年 7 月 6 日～11 日、北京 (中国)

磯谷 順司、筆記特徴の身体知オノマトペによる分類、第 36 回東海ファジィ研究会、2014 年 2 月 9 日～10 日、南知多日間賀島サービスセンター (愛知県知多郡南知多町)

北條 宏季、身体知オノマトペによる筆記リズムの言語化、第 29 回ファジィシステムシンポジウム、2013 年 9 月 9 日～9 月 11 日、大阪国際大学 (大阪府枚方市)

#### 〔図書〕(計 0 件)

#### 〔産業財産権〕

出願状況（計 0件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況（計 0件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
取得年月日：  
国内外の別：

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

中村 剛士 (NAKAMURA, Tsuyoshi)  
名古屋工業大学・工学研究科・准教授  
研究者番号：90303693

##### (2) 研究分担者

なし

##### (3) 連携研究者

何 立風 (HE, Lifeng)  
愛知県立大学・情報科学部・教授  
研究者番号：80305515