

氏名	楊 薇
博士の専攻分野の名称	博士（情報科学）
学位記番号	医工博甲第314号
学位授与年月日	平成27年3月18日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
専攻名	人間環境医工学専攻
学位論文題目	事例に基づく顔画像合成における顕著な視覚的個人特徴に関する研究
論文審査委員	主査 教授 茅 暁陽 教授 郷 健太郎 教授 福本 文代 准教授 服部 元信 准教授 木下 雄一朗 早稲田大学 教授 森島 繁生

学位論文内容の要旨

人に良い印象を与えるためには、個人の特徴に合った化粧やヘアスタイル、服装で臨む。一方で、ソーシャルネットワークサービス上などでは、個人特徴そのものである顔写真ではなく、個人特徴を選択的に抽出・強調した似顔絵が利用されることが多い。現実世界でもインターネット世界でも、個人特徴は重要であると考えられており、特に顔に関する関心は高い。

本論文の研究では、個人特徴に合ったヘアスタイルの選択と、個人特徴を抽出・強調する似顔絵の合成を行った。個人特徴が何によって表現されるか、また、生成された画像が個人特徴に合っているかは人間の感性に関わるものであり、これらを直接的にモデル化することは難しい。また、ヘアスタイルが似合うかどうか、似顔絵が似ているかどうかを利用者に対話的に判断させるためには、利用者が直感的に判断できるように合成画像の形で提示する必要がある。本研究では、用例に基づく（Example-Based）アプローチによって間接的に人間の感性をモデル化することを考え、また、顔画像合成技術によって結果を視覚的に提示できるようにし、利用者が直感的に結果を判断できるようにした。

ヘアスタイルは外見を決める重要な特徴の一つである。ヘアスタイルの違いにより、人に与える印象は変化する。多くの人にとって、自分に似合うヘアスタイルを見つけることは

大きな関心事である。新しいヘアスタイルを試すために髪を切ってしまうと、すぐには元に戻らない。ヘアスタイリストのインタビューからは、顧客の個人特徴に合わせてヘアスタイルをデザインすることが重要であるとの知見が得られた。画像合成によるシミュレーションは、髪を切ることなく新しいヘアスタイルを試すことができるので、自分に似合うヘアスタイルを見つけるのに有用である。あらかじめ用意されたヘアスタイル画像を利用者の顔写真に合成するシステムが複数開発され、一部は無償でサービスが提供されているが、これらのシステムでは、ユーザが自分に似合うヘアスタイルをたくさんのヘアスタイルから一枚ずつ合成しなければならない。また、合成のために顔の輪郭上の点を手動で調整する必要があり、利用者にとって大きな負担となる。

個人特徴に最適なヘアスタイルの推奨及び合成に関するシステムでは、ヘアスタイリストがデザインしたヘアスタイルの写真を成功例としてデータベースに扱い、ヘアスタイルに関連する顔特徴ベクトルを設計し、個人の特徴を強調できるような最適なヘアスタイルの探索及び合成を行った。顔に関する美的な知識とヘアスタイリストの意見を参考にし、顔特徴ベクトルの設計を行った。また、直観的に判断できる形で提示するために、マッピング手法（髪の毛の画像と入力写真の顔が自然に融合できるため）と TPS (Thin Plate Spline, 画像に滑らかに変形できるため) 手法を用い、ヘアスタイル画像がユーザの顔写真に馴染んで見えるように、合成結果を改善した。さらに、利用者や場面によって似合うヘアスタイルが異なることも考えられる。例えば、事務職の就職面接に派手なヘアスタイルで臨めば、面接官に軽卒なイメージを与えてしまう。このことから、場合によって適切なヘアスタイルを選択することが非常に重要であるということがわかる。被験者評価実験の結果により、提案手法の有効性を検証することができた。また、利用者に応じた成功例のデータベースを作成しこれを利用することで、一般用のデータベースより良い結果を得られ、場合によって適切なヘアスタイルを選択できることも検証できた。

一方、似顔絵は効果的なコミュニケーションのためのメディアとして様々な場面で利用されている。人物の特徴を捉えることで、ひと目でその人であることがわかるように描かれる、デフォルメされた絵であり、芸術性を帯びた肖像画から、風刺やパロディの要素を持ったイラストレーション・漫画など、様々な種類が存在する。古くは浮世絵の役者絵として描かれていたものであるが、近年では、他人へのプレゼントなどとして描かれるほか、犯罪捜査の資料として使用されたり、政治や世情などに対する風刺のため風刺画として使用されたりする。似顔絵は個人の特徴に合わせて生成される必要が有るが、すべての人が自分で似顔絵を描けるわけではない。そのため、個人での似顔絵の使用を考える場合、誰でも手軽に似顔絵を手に入れることができる、使い手になるべく負担をかけない生成シス

テムがあることが望ましい。コンピュータによる似顔絵自動生成に関する研究はこれまで数多く報告されている。これらの研究では、人間が似顔絵を描く場合は通常見た目の特徴を描き、描き手のスタイルは局所的な形状やテクスチャよりも個々のパーツ全体の描き方に現れているため、固有空間やテクスチャ転写を利用する手法では書き手のスタイルを十分反映しきれない場合があるということが判明した。

似ている似顔絵の自動生成システムは、学習用データベース構築と似顔絵生成の二つの部分で構成される。学習データベース構築においては、顔写真と似顔絵のペアを入力として、顔写真からASMを利用して検出した顔の幾何形状情報及び独自に開発した方法で抽出した髪領域から各パーツの見た目の特徴ベクトルを算出し、対応する似顔絵パーツと結びつける。似顔絵を生成する時は、まず、入力写真に対してデータベース構築時と同様の方法で各パーツの特徴ベクトルを計算する。次にこれらの特徴ベクトルに対して誇張処理を施し、誇張された特徴ベクトルを用いて最も類似するパーツを事例データベースから検索する。最後に、得られたパーツを適切に配置し、最終的な似顔絵を得る。また、被験者評価実験を行い、実験結果により、顔の特徴的なパーツの誇張効果が得られ、提案手法の有効性を検証することができた。

ヘアスタイルや似顔絵と個人の好みを感性語により分類し、一致するかどうかを判定する方法はこれまでも提案されているが、顔の特徴に関する客観的なデータに基づきながら、感性的な尺度である「似合う」かどうかと「似ている」かどうかを自動判定する技術は本研究により初めて実現される。また、本研究で確立したフレームワークはヘアスタイルのみならず、ファッションのコーディネートやそのほかの感性・スキルの学習にも利用することができ、「知」と「巧」のモデリングと継承における人工知能及び画像合成と画像処理技術の応用の新しい可能性を示すと考えられる。提案システムは全自動で似合うヘアスタイルを提示できるため、カメラつき携帯電話、を利用したサービスの創出にも寄与すると思われる。本研究のアプローチを応用すれば、インターネットの利用により人々の生活の質をさらに向上させることが可能となる。

論文審査結果の要旨

人に良い印象を与えるためには、個人の特徴に合った化粧やヘアスタイル、服装で臨む。一方で、ソーシャルネットワークサービス上などでは、個人特徴そのものである顔写真ではなく、個人特徴を選択的に抽出・強調した似顔絵が利用されることが多い。現実世

界でもインターネット世界でも、個人特徴は重要であると考えられており、特に顔に関する関心は高い。ヘアスタイルが似合うかどうか、似顔絵が似ているかどうかを利用者に対して判断させるためには、利用者が直感的に判断できるように合成画像の形で提示する必要がある。本研究では、用例に基づく (Example-Based) アプローチによって間接的に人間の感性をモデル化することを提案し、また、顔画像合成技術によって結果を視覚的に提示する技術を提案した。

ヘアスタイルは外見を決める重要な特徴の一つである。ヘアスタイルの違いにより、人に与える印象は変化する。多くの人にとって、自分に似合うヘアスタイルを見つけることは大きな関心事である。新しいヘアスタイルを試すために髪を切ってしまうと、すぐには元に戻らない。ヘアスタイリストのインタビューからは、顧客の個人特徴に合わせてヘアスタイルをデザインすることが重要であるとの知見が得られた。画像合成によるシミュレーションは、髪を切ることなく新しいヘアスタイルを試すことができるので、自分に似合うヘアスタイルを見つけるのに有用である。あらかじめ用意されたヘアスタイル画像を利用者の顔写真に合成するシステムが複数開発され、一部は無償でサービスが提供されているが、これらのシステムでは、ユーザが自分に似合うヘアスタイルをたくさんのヘアスタイルから一枚ずつ合成しなければならない。また、合成のために顔の輪郭上の点を手動で調整する必要があり、利用者にとって大きな負担となる。

個人特徴に最適なヘアスタイルの推奨及び合成に関するシステムでは、ヘアスタイリストがデザインしたヘアスタイルの写真を成功例としてデータベースに扱い、ヘアスタイルに関連する顔特徴ベクトルを設計し、個人の特徴を強調できるような最適なヘアスタイルの探索及び合成を行った。顔に関する美的な知識とヘアスタイリストの意見を参考にし、顔特徴ベクトルの設計を行った。また、直観的に判断できる形で提示するために、マッピング手法 (髪の中の画像と入力写真の顔が自然に融合できるため) と TPS (Thin Plate Spline, 画像に滑らかに変形できるため) 手法を用い、ヘアスタイル画像がユーザの顔写真に馴染んで見えるように、合成結果を改善した。さらに、利用者や場面によって似合うヘアスタイルが異なることも考えられる。被験者評価実験の結果により、提案手法の有効性を検証することができた。また、利用者に応じた成功例のデータベースを作成しこれを利用することで、一般用のデータベースより良い結果を得られ、場合によって適切なヘアスタイルを選択できることも検証できた。

一方、似顔絵は効果的なコミュニケーションのためのメディアとして様々な場面で利用されている。人物の特徴を捉えることで、ひと目でその人であることがわかるように描かれる、デフォルメされた絵であり、芸術性を帯びた肖像画から、風刺やパロディの要素を

持ったイラストレーション・漫画など、様々な種類が存在する。近年では、他人へのプレゼントなどとして描かれるほか、犯罪捜査の資料として使用されたり、政治や世情などに対する風刺のため風刺画として使用されたりする。似顔絵は個人の特徴に合わせて生成される必要が有るが、すべての人が自分で似顔絵を描けるわけではない。そのため、個人での似顔絵の使用を考える場合、誰でも手軽に似顔絵を手に入れることができる、使い手になるべく負担をかけない生成システムがあることが望ましい。コンピュータによる似顔絵自動生成に関する研究はこれまで数多く報告されている。これらの研究では、人間が似顔絵を描く場合は通常見た目の特徴を描き、描き手のスタイルは局所的な形状やテクスチャよりも個々のパーツ全体の描き方に現れているため、固有空間やテクスチャ転写を利用する手法では書き手のスタイルを十分反映しきれない場合があるということが判明した。

本論文で提案する似顔絵の自動生成システムは、学習用データベース構築と似顔絵生成の二つの部分で構成される。学習データベース構築においては、顔写真と似顔絵のペアを入力として、顔写真から検出した顔の幾何形状情報及び独自に開発した方法で抽出した髪領域から各パーツの見た目の特徴ベクトルを算出し、対応する似顔絵パーツと結びつける。似顔絵を生成する時は、まず、入力写真に対してデータベース構築時と同様の方法で各パーツの特徴ベクトルを計算する。次にこれらの特徴ベクトルに対して誇張処理を施し、誇張された特徴ベクトルを用いて最も類似するパーツを事例データベースから検索する。最後に、得られたパーツを適切に配置し、最終的な似顔絵を得る。また、被験者評価実験を行い、実験結果により、顔の特徴的なパーツの誇張効果が得られ、提案手法の有効性を検証することできている。

ヘアスタイルや似顔絵と個人の好みを感性語により分類し、一致するかどうかを判定する方法はこれまでも提案されているが、顔の特徴に関する客観的なデータに基づきながら、感性的な尺度である「似合う」かどうかと「似ている」かどうかを自動判定する技術は本研究により初めて実現される。また、本研究で確立したフレームワークはヘアスタイルのみならず、ファッションのコーディネートやそのほかの感性・スキルの学習にも利用することができ、「知」と「巧」のモデリングと継承における人工知能及び画像合成と画像処理技術の応用の新しい可能性を示すと考えられる。提案システムは全自動で似合うヘアスタイルを提示できるため、カメラつき携帯電話、を利用したサービスの創出にも寄与すると思われる。本研究のアプローチを応用すれば、インターネットの利用により人々の生活の質をさらに向上させることが可能となる。