

## 論文の内容の要旨

論文題目	Analysis of Differences Between Western-Caucasian and East-Asian Basic Expressive Faces for Automatic Facial Expression Recognition (和訳) 顔表情自動認識における西洋人と東洋人の基本的表情の違いに対する分析
学位申請者	Benitez Garcia Gibrán de Jesus

表情認識 (FER: Facial Expression Recognition) は、ヒューマン・コンピュータ・インタラクション (HCI) 分野における重要な研究トピックの一つになっている。近年における表情の自動認識に関する研究の進展により、統制された環境下及び実環境下において高い認識率が達成されている。ここでは、表情認識システムにおいて問題となる、照明変化、個人差、部分的隠れ等の克服が図られている。これらの研究では、いずれも基本的な顔表情についての文化的な普遍性 (表情は人種によらず人類に共通) を前提としている。しかし、この普遍性に対しては近年心理学分野の専門家の一部から疑問が持たれ、反論が唱えられるようになってきている。

本論文では、HCI の観点から顔表情の文化的普遍性を評価するために、西洋人と東洋人の典型的顔表情間での違いについて分析を行う。さらに、この分析を行うために顔表情の自動認識システムを提案する。本システムでは、顔を額、眉・目、口、鼻の4つの領域に分割し、各顔領域におけるアピアランス特徴と幾何学的特徴から個別に算出したフーリエ係数によって記述されるハイブリッド特徴を用いている。個々の顔における静的構造を考慮し、最終的に SVM (Support Vector Machines) により分類する。複数の標準的なデータベースに基づいて2つの異なる文化的地域に分けられた顔表情画像を用意する。これらの顔表情画像に対して表情の自動認識と表情顔に対する視覚的評価を行うことによって文化の違いに着目した分析を行う。基準となる表情認識として、西洋人、東洋人双方からの40人の被検者による表情認識実験についても述べる。評価結果より、個々の顔領域及びそれらの組合せに基づく文化に特有な顔表情の違いを特定する。最後に、これらの違いに対処するための2つの可能な方法を提案する。一つは、各々の文化における典型的な色、形状、テクスチャ特徴の抽出に基づいて予め民族性を検出しておく方法である。もう一つは、最終的な分類プロセスにおいて文化に特有な基本表情を個別に考慮する方法である。

本論文の各章の内容は次の通りである。

第1章では、本論文における研究の動機、目的、貢献について述べる。

第2章では、表情認識分野における研究の背景を述べると共に、心理学的観点から関連研究について詳しく述べる。特に、HCIの観点から多文化圏顔表情データベースを対象とした表情認識研究について述べる。

第3章では、顔の領域分割に基づく表情の自動認識手法を提案する。顔を額、眉・目、口、鼻の4つの領域に自動分割する。本提案手法では、顔の1つの領域を使うだけでも6つの基本表情を認識することができる。このため、部分的な隠れの問題への対処としても有用である。最後に、同じ顔画像の複数の領域から得られた表情認識結果を統合するために、モーダルバリュー手法を提案する。顔の領域の中では口が表情認識において最も重要であり、口を含む4つのモーダルの組合せが有効であることを示す。

第4章では、アピアランス特徴及び幾何学的特徴のフーリエ係数に基づく自動表情認識手法を提案する。本手法では、異なる3つの顔領域の画素値（アピアランス特徴）と形状（幾何学的特徴）から抽出された情報を利用する。部分的隠れの問題にも対処できる。アピアランス情報及び幾何学的情報の各々に対する局所フーリエ係数（LFC）及び顔フーリエ記述子（FFD）を求め、各々の主成分分析結果を組合せたハイブリッド特徴に基づいている。更に、特徴抽出時に表情顔から無表情顔を差し引くことによって、各個人の顔の静的構造による影響を低減する。

第5章では、アピアランス特徴、幾何学的特徴、及びハイブリッド特徴に基づく表情の自動認識及び視覚的分析によって構成される西洋人と東洋人の基本表情の分析について述べる。表情認識に対する分析では、グループ内、グループ外での性能、及び、多文化環境での認識に着目する。人間の被験者を対象とした、基本的な顔表情の認識における文化的な違いを示す実験についても本章で述べる。最後に、多文化環境を対象とした表情認識において、認識性能を向上させるための2つの可能な対処策を提案する。一つは、予め民族性を検出しておく方法、もう一つは文化に特有な表情に関する既知情報を考慮する方法である。

第3、4章で述べた表情の自動認識システムを用い、西洋人と東洋人に分けた6基本表情からなる表情顔データベースに対して認識実験を行い、主に以下の点を明らかにしている。(a)東洋人よりも西洋人に対する表情認識の方がより高い認識精度が得られる。(b)表情自動認識システムでは、学習・認識を同一グループ内で行った方が性能が良い。(c)文化圏による表情の違いは口と眉・目領域に見られる。特に、嫌悪と恐れ表情に見られる。(d)事前に民族性を検出しておくことにより、多文化環境下での表情認識精度の向上を図ることができる。

第6章では、結論及び今後の課題について述べる。

## 論文審査の結果の要旨

学位申請者氏名 Benitez Garcia Gibran de Jesus

審査委員主査 金子 正秀

委員 長井 隆行

委員 田中 一男

委員 横井 浩史

委員 内田 雅文

委員

委員

表情認識 (FER: Facial Expression Recognition) は、ヒューマン・コンピュータ・インタラクション (HCI) 分野における重要な研究トピックの一つになっている。近年における表情の自動認識に関する研究の進展により、統制された環境下及び実環境下において高い認識率が達成されている。ここでは、表情認識システムにおいて問題となる、照明変化、個人差、部分的隠れ等の克服が図られている。これらの研究では、いずれも基本的な顔表情についての文化的な普遍性 (表情は人種によらず人類に共通) を前提としている。しかし、この普遍性に対しては近年心理学分野の専門家の一部から疑問が持たれ、反論が唱えられるようになってきている。

本論文では、HCI の観点から顔表情の文化的普遍性を評価するために、西洋人と東洋人の典型的顔表情間での違いについて分析を行っている。さらに、この分析を行うために顔表情の自動認識システムを提案している。本システムでは、顔を額、眉一目、口、鼻の4つの領域に分割し、各顔領域におけるアピランス特徴と幾何学的特徴から個別に算出したフーリエ係数によって記述されるハイブリッド特徴を用いている。個々の顔における静的構造を考慮し、最終的に SVM (Support Vector Machines) により分類する。複数の標準的なデータベースに基づいて2つの異なる文化的地域に分けられた顔表情画像を用意している。これらの顔表情画像に対して表情の自動認識と表情顔に対する視覚的評価を行うことによって文化の違いに着目した分析を行っている。基準となる表情認識として、西洋人、東洋人双方からの40人の被検者による表情認識実験についても述べている。評価結果より、個々の顔領域及びそれらの組合せに基づく文化に特有な顔表情の違いを特定している。最後に、これらの違いに対処するための2つの可能な方法を提案している。一つは、各々の文化における典型的な色、形状、テクスチャ特徴の抽出に基づいて予め民族性を検出しておく方法である。もう一つは、最終的な分類プロセスにおいて文化に特有な基本表情を個別に考慮する方法である。

第1章では、本論文における研究の動機、目的、貢献について述べている。

第2章では、表情認識分野における研究の背景を述べると共に、心理学的観点から関連研究について詳しく述べている。特に、HCIの観点から多文化圏顔表情データベースを対象とした表情認識研究について述べている。

第3章では、顔の領域分割に基づく表情の自動認識手法を提案している。顔を額、眉・目、口、鼻の4つの領域に自動分割する。本提案手法では、顔の1つの領域を使うだけでも6つの基本表情を認識することができる。このため、部分的な隠れの問題への対処としても有用である。最後に、同じ顔画像の複数の領域から得られた表情認識結果を統合するために、モーダルバリュー手法を提案している。顔の領域の中では口が表情認識において最も重要であり、口を含む4つのモーダルの組合せが有効であることを示している。

第4章では、アピアランス特徴及び幾何学的特徴のフーリエ係数に基づく自動表情認識手法を提案している。本手法では、異なる3つの顔領域の画素値（アピアランス特徴）と形状（幾何学的特徴）から抽出された情報を利用する。部分的隠れの問題にも対処できる。アピアランス情報及び幾何学的情報の各々に対する局所フーリエ係数（LFC）及び顔フーリエ記述子（FFD）を求め、各々の主成分分析結果を組合せたハイブリッド特徴に基づいている。更に、特徴抽出時に表情顔から無表情顔を差し引くことによって、各個人の顔の静的構造による影響を低減している。

第5章では、アピアランス特徴、幾何学的特徴、及びハイブリッド特徴に基づく表情の自動認識及び視覚的分析によって構成される西洋人と東洋人の基本表情の分析について述べている。表情認識に対する分析では、グループ内、グループ外での性能、及び、多文化環境での認識に着目している。人間の被験者を対象とした、基本的な顔表情の認識における文化的な違いを示す実験についても本章で述べている。最後に、多文化環境を対象とした表情認識において、認識性能を向上させるための2つの可能な対処策を提案している。一つは、予め民族性を検出しておく方法、もう一つは文化に特有な表情に関する既知情報を考慮する方法である。第3、4章で述べた表情の自動認識システムを用い、西洋人と東洋人に分けた6基本表情からなる表情顔データベースに対して認識実験を行い、主に以下の点を明らかにしている。(a) 東洋人よりも西洋人に対する表情認識の方がより高い認識精度が得られる。(b) 表情自動認識システムでは、学習・認識を同一グループ内で行った方が性能が良い。(c) 文化圏による表情の違いは口と眉・目領域に見られる。特に、嫌悪と恐れ表情に見られる。(d) 事前に民族性を検出しておくことにより、多文化環境下での表情認識精度の向上を図ることができる。

第6章では、結論及び今後の課題について述べる。

本論文では、顔の領域分割及びフーリエ係数に基づくハイブリッド特徴を用いた表情認識手法を提案した。また、HCIの観点から西洋人と東洋人の典型的顔表情間での違いを明らかにすると共に、多文化環境下に適用できる表情の自動認識システムの構築法を示しており、表情認識分野における有用な成果を得ている。

以上より、本論文は博士（工学）の学位論文として十分な価値を有するものと認める。