

氏名(本籍)	新沼厚一郎
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	博甲第 10013 号
学位授与年月日	令和 3 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
審査学術院	理工情報生命学術院
学位論文題目	Facial image analysis robust to pose variation (姿勢変化に頑健な顔画像分析技術に関する研究)
主査	筑波大学 教授 博士(工学) 福井和広
副査	筑波大学 教授 博士(工学) 亀山啓輔
副査	筑波大学 教授 博士(工学) 北原 格
副査	筑波大学 教授(連携大学院) 博士(工学) 佐藤雄隆 (産業技術総合研究所)
副査	筑波大学 准教授 博士(工学) 滝沢穂高

## 論文の要旨

審査対象論文は、顔分析技術における主要課題のひとつである姿勢変化への頑健性に関する研究成果をまとめたものである。顔分析技術の代表的なアプリケーションである顔認証、継続認証、顔表情認識技術に対して、それぞれのアプリケーションの特徴を考慮し既存技術の課題を解決する新たなアプローチを提案している。

第 1 章では、顔分析技術の代表的な既存方式をまとめるとともに、本論文の骨格となる基本アプローチについて説明している。本論文では、姿勢変化の頑健性に特化した新たな特徴表現や認証方式をデザインするのではなく、一般的な顔分析技術で成果が得られている既存方式をベースとし、それらを姿勢変化に頑健なアプローチに拡張することで、既存顔分析技術の研究成果を有効に活用しながら、課題を解決するアプローチを取っている。

第 2 章では、姿勢変化に頑健な新たな顔認証技術を提案している。基本アイデアは三次元モデルに基づいた姿勢正則化により、姿勢が大きく異なる画像間の認証においても、顔画像全体でのアライメントを可能にすることにある。これにより姿勢変化に対する頑健性を高め識別性能を大きく改善できることを明らかにしている。また提案方式は、マニュアルでの顔特徴点アノテーションが不要であり、姿勢方向が未知であっても完全自動での認証が可能である。

第 3 章では、姿勢変化に脆弱な既存の継続認証の課題を解決するため、ソフトバイオメトリクスを活用した新たなフレームワークを提案している。顔認証などのハードバイオメトリクスのみを用いた既存方式とは異なり、姿勢変化に頑健な取得ができる顔や服の色ヒストグラムなどのソフトバイオメトリクス情報を活用することで、ユーザが自由に姿勢を変化させる中でもロバストな継続認証を実現できることを示している。

第 4 章では、深層学習によるアクションユニット認識に基づく顔表情分析技術を提案し、システム

ティック評価によりその有効性を示している。深層モデルの事前学習、特徴アラインメント、モデルサイズ、オプティマイザー等に掛かるパラメータについては、多様な姿勢を含むデータセットである Facial Expression Recognition and Analysis 2017 (FERA 2017) を用いて、最適な選択セットを明らかにするとともに、それら評価結果に基づいて構築したアーキテクチャが既存方式の性能を上回ることを示している。

第5章では、本研究の結論および今後の展望について述べている。

## 審 査 の 要 旨

### 【批評】

本論文で展開されている姿勢変化に対する頑健性を基軸とした顔分析技術に関する議論は、著者が実問題の研究開発で遭遇している具体的な課題セットに強く裏付けられており、課題設定、分析、およびその解決法の呈示までの一連の議論の流れには説得力がある。顔認証、継続認証、顔表情認識技術の3つの観点から構成される各論は緻密で分析レベルも非常に深い。またいずれの提案法も高い新規性が認められ、公開データベースを用いた従来法との総合的かつ精密な比較実験を通して高い実用性も確認できる。顔認証に関しては3次元モデルを巧みに使ったアプローチを提案しており、実環境で安定した識別性能を実現している点は評価できる。従来の顔認証のみを用いたハードバイオメトリクスに対して、その不完全性を補うべく、姿勢に影響されない服などの付加情報を用いるソフトバイオメトリクスの提唱はユニークである。このような着眼点は著者が実商用システムの研究開発に深く関わっている事に依ると思われ、その独自性は高い。また表情認識においては顔全体を扱う従来法に対して、表情を構成する各アクションユニットに着目した点は興味深く、今後の表情認識の研究を前進させる有益で実用的な研究成果が得られている。以上、実問題に対する緻密な分析に基づく課題設定、およびその解決法の独自性や高い実用性などを鑑みて、本研究は学位を受けるに値する十分な研究成果であると評価できる。

### 【最終試験結果】

令和3年1月28日、理工情報生命学術院において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。この結果とシステム情報工学研究群情報理工学位プログラムにおける達成度評価による結果に基づき、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

### 【結論】

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。