

氏名	中岸 久佳
授与した学位	博士
専攻分野の名称	工学
学位授与番号	博甲第5345号
学位授与の日付	平成28年 3月25日
学位授与の要件	自然科学研究科 産業創成工学専攻 (学位規則第5条第1項該当)
学位論文の題目	拡張固有顔による実時間顔追跡・認識融合系の高性能化
論文審査委員	教授 尺長 健 教授 太田 学 講師 竹内 孔一

### 学位論文内容の要旨

本論文では、拡張固有顔による実時間顔追跡・認識融合系の高性能化について述べる。岡-尺長は、拡張固有顔と3次元疎固有テンプレート追跡を組み合わせることで様々な顔の見え方の変化に対応できる実時間顔追跡・認識融合系を提案している。ここで、拡張固有顔は、形状推定機能を備えた正規化固有顔であり、正規化固有顔に画像から形状への連想写像を追加することで定式化される。また、連想写像は、加重方程式と名付けた入力画像を登録画像集合の最適な加重平均で表すための線形連立方程式に帰着でき、形状推定や人物識別処理はこの方程式を解くことにより一元的かつ高速に行われる。岡-尺長は過剰決定系で解けるように加重方程式を構成していたが、過剰決定系では登録者数よりも正規化固有顔の次元数を多くする必要があり、登録者数が増大すると実時間性を維持することが容易でなくなるという問題があった。本稿では、この問題を解決するために加重方程式をベースとした2つの加重計算法(1, 2)を提案する。また、これらの方法とともに、顔追跡・認識融合系のさらなる高性能化を目指すための基礎検討(3, 4)を行った。以下にこれらの要旨をまとめる。

1. 階層化加重方程式による加重計算法の提案：岡-尺長が個人単位で行っていた登録処理を登録者集合のサブセットを用いて階層的に行い、小規模な加重方程式を構成することで、大規模化によって生じる問題を回避した。さらに、識別性能を改善するため異なるサブセットから構成される複数の階層化加重方程式を組み合わせた加重計算法も提案した。289人登録のデータベースを用いた静止画像実験と、100パターン登録(10人×10表情)のデータベースを用いた動画像実験の結果から、この方法が、登録者数が増加した場合の実時間顔追跡・認識融合系の高性能化に有効であることを確認した。
2. 並列不足決定系による加重計算法の提案：単一の不足決定系加重方程式を構成するのではなく、与えられた固有顔の中に複数の小規模な不足決定系加重方程式を構成し、個々の不足決定系の最適解を組み合わせることで、大規模化によって生じる問題を回避するとともに識別性能の改善を目指した。289人登録のデータベースを用いた静止画像実験と、100パターン登録(10人×10表情)のデータベースを用いた動画像実験の結果から、この方法が、登録者数が増加した場合の実時間顔追跡・認識融合系の高性能化に有効であることを確認した。
3. 階層化加重方程式と並列不足決定系を用いた大規模識別法の構成：大規模シミュレーションデータベースを用いて、加重方程式による識別系における登録者数を大規模化することを検討した。まず、2つの加重計算法を単独に用いて大規模識別系を構成し、基礎的な性能を評価した。次に、各大規模識別系の特性を分析した経緯から、2つの加重計算法の組み合わせによって大規模識別系(2197人登録)を構成し、実験結果から、並列不足決定系による候補選択の後に階層化加重方程式による識別を行う方法が最も識別率が良いことを確認した。
4. 加重方程式を用いた顔モデリング法の提案：不足決定系加重方程式をベースとした顔モデル生成法を提案した。実験結果から、正面向き画像1枚から必要なデータを推定し、顔モデルを生成できることを確認した。

## 論文審査結果の要旨

本論文では、コンピュータビジョンを用いた実時間顔追跡・認識融合系において、拡張固有顔に基づく従来法を大幅に改善する方法を提案し、実験によりその有効性を検証している。ここで、従来法とは、岡-尺長によって2011年に提案され、国際的にも高い評価を受けている方法である。この方法では、拡張固有顔と3次元疎固有テンプレート追跡を組み合わせることで照明変動や姿勢変動に対応できる実時間処理系を実現しており、固有空間上で構成される線形方程式（加重方程式と呼ぶ）に人物識別と形状推定を帰着している。一方、従来法には登録者数が最大25程度であるという問題があり、識別性能を保ちつつ登録者数を増大させることが大きな課題であった。この課題に対し、本論文では、まず、2つの方法（階層化加重方程式による方法、および、並列不足決定系による方法）を提案し、いずれの方法を用いても登録者数100名において実時間顔追跡・認識融合系を構成できることを示している。ここで、階層化加重方程式とは登録者集合を予めサブセットに分割し、サブセット間とサブセット内のそれぞれにおいて加重方程式を構成し、これらを解くことで登録者全員の加重を求める方法である。一方、並列不足決定系とは、不足決定系の最適解が持つ特性を利用して、並列処理によって、従来の過剰決定系における登録者数の上限を突破する方法である。次に、さらなる大規模化に向けて、2つの方法をベースとした方法を静止画像によるシミュレーション実験において検討し、並列不足決定系による絞り込み効果を利用することで2197人登録時に高い識別率を達成できることを示している。これらの結果は、ヒューマンインタフェースやセキュリティ応用の観点から重要である自然環境下での顔画像処理を実現する上で大きな意味を持つ。さらに、本論文では、多重登録加重方程式を使用することで、最小1枚の顔画像から照明変動に対応できる3次元顔モデルを生成する方法を提案し、実験により検証しており、顔認識系構成において重要な登録処理に有効であることを示している。以上述べたように、コンピュータビジョンの重要な分野である実時間顔認識系の研究において本論文は高く評価され、学位に値すると結論する。