

# 博士論文要旨

## 顔温度を用いた個人認証に関する研究

### A Study on Personal Identification Using Face Temperature

大学院情報科学研究科情報科学専攻博士後期課程 2019841001 鵜飼 大介  
主査 村上 和人 教授  
副査 何 立風 教授  
山村 毅 教授

情報化が加速度的に進み社会が成熟する中において、ネットワーク化された情報システムや機器へのアクセスの容易性と同時にセキュリティの頑健性がことさら重要視されている。とくに、「個人」を基調とする昨今の社会活動においては、有形物としての財産だけでなく、情報や暗号資産など無形物を守るためにも、本人であることの真正性や、他人との識別性といった技術的課題に対する期待は増大している。

これらの技術課題の中心的解決法は個人認証技術であり、ID とパスワードに代わるものとして古くは指紋認証に始まり、最近では顔画像を用いた認証へと技術的進化を遂げてきた。可視画像を用いた顔認証は、スマートフォン操作時や入退館システムなど、さまざまな分野で実用化されており、非接触で容易に認証できる利点がある一方で、照明環境に依存してしまうことや、目、鼻、口といった顔部品の形状的・配置的特徴と輝度的特徴のみで構成されているため模倣困難性は必ずしも高いとはいえず、なりすましへの対応が難しいなどの問題がある。これらの問題への対策として、新たなモダリティとしての顔温度を用いた個人認証に関する研究が進められている。顔温度を用いた個人認証は、照明環境に依存しない点やなりすましが難しい点が利点として挙げられる。しかしながら、新たなモダリティとして捉えるならば、可視画像による個人認証で蓄積されてきた学術的知見や技術的解法をそのまま援用できる面もあるが、新たに発生する研究課題もあると認識すべきであり、本論文はこれらの視点に立ち、新たな課題の発見から論じたものである。具体的には、眼鏡装着の有無や、さまざまな顔の向きおよび表情等の変化に対応した顔認証は報告されているものの、室温変化や風の変化等の外部要因や、精神的ストレス負荷や発汗作用等の内部要因による顔温度変化が生じた状況における顔認証の有効性については明らかにされていない。本論文ではこれらを中心的な課題として論じる。

そこで本論文では第一に、顔の空間的な温度分布と時間的な温度変化に着目し、それらの特性・特徴の分析から、(1)顔の高温領域が室温変化に対して安定していること、および、(2)顔の高温領域は同一ではなく個人間で差のあることを実験的に明らかにする。

前者は顔の同一性を、また、後者は個人間の識別可能性を示すものである。次に、これら2つの知見を基に、顔の高温領域のみを用いた個人認証手法を構築する。個人認証実験の結果、87.0%の識別率が得られたことから、室温変化に対してロバストであること、経年変化による影響が少ないこと、化粧による影響が少ないことなどを、実験データを基に考察する。

第二に本論文では、提案手法の有効性を確認するために、顔温度変化に対する要因を内部要因と外部要因に分けて整理する。内部要因の中で、本人の意思に関係なく発生する精神的ストレス負荷と、外部要因の中で、一時的な温度変化が大きい直風をそれぞれ代表的な要因とし、これらを変化させた実験を通して、顔温度画像のみを用いた認証手法のロバスト性を実験的に確認する。精神的ストレス負荷が大きい場合は、交感神経活性化による血管収縮作用に伴う顔温度変化がみられるものの、高温領域には影響が少ないことを明らかにする。また、直風が与える影響については、対流に伴う顔全体の温度変化があるものの、外気温よりも体内の深部温度に依存している高温領域は、比較的安定した温度分布を維持し、高温領域には影響が少ないことを明らかにする。

第三に本論文では、上記二つの観点から得られた知見を基に、顔温度を用いた個人認証を実現するための方法論について論じる。さまざまな認証状況に適応可能とするためには、個人認証に用いる特徴としては、個人内のクラス内分散が小さく、個人間のクラス間分散が大きいことが望ましいと考え、クラス内分散の小さい領域およびクラス間分散の大きい領域の抽出について検討する。

まず、クラス内分散の小さい領域を検討するため、顔部品単位で温度変化を計測し、それぞれ、(1)外気温との相関が見られる領域、(2)外気温変化に依存せず温度変化がほとんど見られない領域、(3)外気温変化に依存せず温度変化する領域、の3カテゴリに分類できることを示し、個人によって分類される顔部品が異なることを明らかにする。これら特徴領域のうち、外気温変化にロバストな(2)の領域のみを用いた個人認証手法を示す。個人認証実験の結果、(2)の領域を用いた方式では90%の識別率が得られたことから、顔領域全体を認証に用いるよりも特徴的な顔領域のみを認証に用いる方がノイズ除去にも有効であり、識別率向上に寄与していることを示す。

次いで、クラス間分散の大きい領域を検討するため、主成分分析(PCA)を用いて顔温度の特徴領域について分析する。この結果、目や口周りの部分に個人性特徴が多く含まれることを明らかにする。顔の高温領域を用いた個人認証手法の精度向上のため、主成分分析を用いて生成したサーモ固有顔を併用することにより、認識率向上を実現した個人認証手法を示す。個人認証実験の結果、高温領域のみを用いた手法で69%の識別率が得られる状況下において、PCAを用いた特徴領域を併用することで79%の識別率が得られ、識別率が約10%向上することを示す。

最後に、本論文全体を通して考察し、結論を総括する。本論文の独創性は、バイオメトリクス認証において、従来の可視画像のみを用いた個人認証手法に対して、顔温度画

像という新たなモダリティを導入している点にある。この提案手法は、可視画像が弱点とする夜間や照明の強過ぎる環境においても個人認証が可能であり、これらの異なるモダリティを組み合わせた手法は、将来的に発展性、有用性が高いと考えられる。また、本論文の新規性は、顔温度を用いた認証に室温変化にロバストな顔領域のみを用いることにより、顔温度変化に対する内的要因である精神的ストレスおよび外的要因である風に左右され難くしている点にある。とくに、先行研究で明らかにされてこなかった室温変化に対する顔温度の安定性について、顔の高温領域は安定的であることを明らかにしたこと、顔温度変化に対する要因を内的および外的に分けて整理し、それぞれ代表的な例を挙げて、顔温度変化に対しても提案手法のロバスト性を実験的に明らかにしたことは本論文の成果の一つである。