

論文の内容の要旨

人物属性抽出を目的とした足圧情報に基づく歩行計測法の研究

数藤恭子

様々な分野で、サービスの質の向上のために、人物属性情報が必要とされている。大勢の人が暮らす社会において、対象者の属性を把握し、それに応じてふさわしい内容を提供することは、人々の安全性、快適性、あるいは健康維持を目的としたサービスの基本だからである。このため、ICカードやタグなどの技術開発が進む一方、生体情報を用いた属性の自動認識技術の研究が数多く行われている。本研究はこの一つに位置づけられるものである。

従来、顔、指紋、声、虹彩、筆跡、歩行などの生体特徴を用いた属性認識研究が行われている。これらのうち顔、筆跡、歩行には、ユーザの負担の少なさ、心理的抵抗の少なさ、万人が確認可能である、といった属性認識に適した特性がある。しかし、顔や筆跡では実用レベルの個人認証が実現しているのに対し、歩行に基づく認証はまだ実用には遠い。歩行は人間の基本的かつ重要な機能として運動学、体育学、医学、装具学、工学（ロボット工学、コンピュータグラフィックス、画像処理、パターン認識、人間工学）、心理学など様々な研究分野で扱われ、知見が蓄積されているにもかかわらず、統一的な計測手段や有効な識別特徴が確立していない。このため属性認識への有効な利用が行われていない。

本研究では、人物の歩行動作から、セキュリティ、マーケティング、医療、健康の各分野へ横断的に利用可能な人物属性を抽出する基盤技術の確立を目指し、歩行から安定した情報を得るための計測法の確立と各種のパラメータの自動抽出の手法、そのパラメータを用いた具体的な属性抽出方法について

取り組んだ．人間にとって最も基本的な歩行という動作に注目し，属性と結びつけることを可能にすることで，社会が求める安全監視技術や顧客サービス，健康指導などの幅広いアプリケーションの構築に重要な役割を果たすものである．扱う属性の範囲は，生体計測によって情報が得られる人の属性のうち，社会的なニーズが大きいものとして，個人性，性別，年齢層，病状の有無，健康状態，高齢者の事故リスクを対象とした．

以上，従来背景と本研究の目的については本論文の第1章で述べた．第2章では，様々なカテゴリの属性を共通の歩行計測データに基いて認識するためのシステムの構築方法について述べた．認識システムは，計測・特徴抽出・識別処理から構成されるが，計測手法は属性のカテゴリによらず統一的なものとしたい．そのため，これに適した計測手法として，運動学や装具学などの分野で古くから注目され，様々な属性との関連性について知見が豊富である足裏の圧力分布計測を用いた．要求仕様を満たすデバイスとして，NTTサイバースペース研究所が開発した圧力センサを用いた．このセンサの上を床との境目を意識せず自然に歩くことができ，健常者の場合で5~6歩の歩行データが計測できる．これを用いて計測した結果，圧力の大きさを階調値で表した濃淡画像の時系列（以下，足圧データ）が得られる．

足圧データから，様々な属性のカテゴリに依存して異なる特徴量の抽出を行い，識別のための正規化を行う．このとき，歩行データの時間的・空間的な単位である一步を認識して切り出さなくてはならない．足圧画像時系列からの一步の切り出しは，手書き文字の認識と問題の性質上類似点が多い．文字に「へん」や「つくり」などの分離や結合の認識の難しさがあるように，足形状の踵，爪先，指などの空間的に近いが必ずしも連続はしていない部分領域を分離したり結合するのは困難である．そのため，安定して一步一步空間的・時間的にセグメンテーションすることは容易ではない．文字の場合，空間的に密な部分を領域候補としてテンプレートマッチングを行うのが一般的である．文字種は多数存在するのに対し，足の形状は基本的には1種類であるため，基本的には1種類のテンプレートとの照合になる．ただし，形状の個人差や歩行時の試行ごとのぶれなどによる変化を吸収できる必要がある．本研究では，接地パターンについて，足の骨格に基いて主な部位に内在している確率分布があると考え，混合分布でモデル化することで，これを解決した．混合分布によるモデル化により，接地パターンを確率情報として表現し，解析的に扱うことができる．また，混合正規分布のパラメータ推定には，解法として確立している，EM(Expectation-Maximization) アルゴリズムを用いることができる．本研究では，回転・位置・スケールのパラメータを同時に推定できる手法を適用し，足の変形や歩行の不安定さの大きいサンプルに対しても安定したセグメンテーションが可能であることを実験により示した．

次に，接地パターンから各種のパラメータを求める．このときの要求条件は，目的とする属性ごとに，属性の特徴が強調されるような次元圧縮を適切

に行うこと、従来の知見と直感的に結びつく物理量であって、わかりやすく可視化できることである。これらを満たすようなパラメータとして、荷重変化パラメータ、時空間パラメータ、あおりパラメータとローリングパラメータを定義しそれぞれの特徴と抽出方法を述べた。また、従来から用いられている歩行基本パラメータである、空間パラメータと時間パラメータについても同じ枠組みで抽出できることを示した。以上、属性認識システムの構成及び、計測・特徴抽出・識別処理の各段階における手法の詳細について、第2章に述べた。

以上のパラメータを用いて人物属性情報（個人性、性別、年齢層、病状の有無、健康状態、高齢者の事故リスク）のそれぞれの抽出を行った実際の応用例について第3章に示した。応用分野として、セキュリティの分野では、入退室の監視などに利用できる、個人性の識別の可能性について検討した。マーケティングの分野では、性別の識別について検討した。いずれも実験室レベルであるが、少人数の人物が短時間に出入りする場所への適用や、プライバシー上カメラを設置しづらい場所への応用など、限定した用途では将来的に有効な属性認識手段として利用できる見込みが得られた。医療・健康の分野への応用については、健康的な正しい歩行かどうかを評価する定量的な指標を提案し、指導の専門家の評価との間に高い相関値 ($R=0.8$) が得られることを示した。年齢層、高齢者の事故リスクについては、年齢や転倒危険度との相関について考察した。これらについては有意な相関があることを示したに留まったが、今後これを手がかりとして定量的な評価指標の確立が望まれる。

上記の応用例以外の足圧データの利用方法として、第4章では、他のセンサと組み合わせた利用方法を示した。圧力センサは接触型であることから、照明等の環境変化の影響を受けない、ON/OFF判定のみで前処理を必要とせず物体の存在が検知できる、などの利点がある。したがって、カメラなどとの組み合わせにおいて、相補的な情報を用いた認識精度の向上と、他のセンサ情報のセグメンテーションを容易にするための同期信号としての利用が期待できる。画像や音と圧力センサを統合的に用いて歩行者の男女識別を行う手法とその実験について述べ、単独のセンサを用いる場合に比べ識別率が向上する結果を示した。

以上の内容について第5章に結論を述べた。従来の歩行を用いた認識では、統一的な計測手法が確立しておらず、あらかじめ計測対象の属性を絞ったうえでそれに適した計測手段を選択しなくてはならなかった。本研究では対象の属性を限定せずに取得可能な圧力センサによる足裏の圧力分布計測に着目し、各分野への横断的な利用を試みた。これによって、あらゆる属性の人から計測可能な生体特徴である歩行を属性抽出手段として有効に活用する可能性を示した。また、その過程において歩行動作自体の詳細な解析を行い、従来知見に対して工学的な裏付けを行ったことにより、医療・健康分野において従来定性的に行われていた歩行評価や歩行指導の定量的な表現を可能にした。