

審査の結果の要旨

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

本研究は、各分野へ横断的に利用可能な人物属性抽出の基盤技術の確立を目的とするものである。人の歩行動作から安定した情報を得るための計測法と、その計測データから様々な属性識別特徴を効率的に抽出する手法について論じ、具体的な属性抽出例が示されている。

人物属性の自動認識は、セキュリティ、マーケティング、医療、健康といった、主要なサービスの分野で必要とされる、社会的に重要な課題である。このため、生体情報を用いた属性の自動認識は数多く研究されており、本研究はそれらの一つに位置づけられるものである。種々の生体情報のなかで、計測のしやすさや心理的負担の少なさにおいて、顔と歩行が有利であるといわれている。しかし、歩行については人間の基本的かつ重要な機能として様々な分野で研究対象として取り上げられているにもかかわらず、これまで統一的な計測手段や有効な識別特徴が確立しておらず、属性認識への有効な利用が行われていなかった。本研究は歩行と属性と結びつけることで、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といった幅広い属性への適用可能性を示すものである。以上、従来背景と本研究の目的について第1章にまとめられている。

第2章では、属性認識システムの構築方法について述べられている。計測には、シート状のユニット結合型の高精度な圧力センサが用いて、物理的・心理的負担のない歩行データ取得を実現している。その出力である時系列データ(以下、足圧時系列データ)から各種の特徴量を抽出するには、歩行を特徴づける一步一步の単位パターンを認識しなくてはならない。足圧時系列データは、個人差や試行のふれによる時間的な変動が大きく、また空間的にも踵・爪先・指などの部分領域から成るため、単位パターンを認識する問題は、手書き文字認識における文字分離の問題とも類似した難しい課題である。これに対しパターンのモデル化とフィッティングというアプローチによる、ロバストな切り出し・正規化手法が提案されている。主な部位に内在している確率分布があると考え、足の骨格を初期値とする正規混合分布で単位パターンをモデル化し、正しくフィットした時に尤度最大となるように共通モデルを学習する。これをフィッティングすることで、単位パターンの検出を行うというものである。確率情報として表現したことにより、パターン分離の問題を解析的に扱うことが可能になり、混合正規分布のパラメータ推定法として確立しているEM(Expectation-Maximization)アルゴリズムを用いて効率よく解くことができる。混合分布の回転・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することで、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。複数歩のパターンを含むデータからのパターン分離も可能であるとの見通しが実験により示されている。単位パターンを求めることで、歩幅など従来から用いられている基本パラメータをはじめ、足のあおり運動などの知見を反映した独自のパラメータなど、各種のパラメータを容易に求めることが可能になる。

第3章には、上述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示されている。接地パターンに基づくパラメータを用いた, 個人性や性別の識別についての検討では, 個人識別で 90%程度, 性別の識別で 80%程度の識別率が得られ, 入退室の監視やマーケティングへの適用可能性が示されている。医療・健康の分野への応用については, 第 2 章で導いた点数化式による評価結果と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, 有意な相関があることを示した。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。

第 4 章では, 上記の応用例以外の足圧データの利用方法として, 他のセンサと組み合わせた利用方法が示されている。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, などの圧力センサの特徴を活かし, カメラと組み合わせることで, 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, および単独のセンサを用いる場合に比べ識別率が向上するという結果が示されている。

第 5 章は以上の内容の結論である。足圧情報に基づく個別の属性抽出手法としての能力について, 個人性と性別への適用については「代替手段があるがそれらとの組み合わせが可能であり, 組み合わせによって識別率の向上が見込まれる」, 健康度と年齢層については「代替手段が確立していないが本研究により一つの指針が示される」, 高齢者の事故リスク, 病状の有無については「代替手段と同等の結果が得られる」との3つの達成度に分類されている。

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, 歩行を属性抽出手段として有効に活用する手法を示したことが業績として認められる。また, それに至る過程において導いた, 時系列データのセグメンテーション問題は, 確率モデルとして解析的に扱われているため, 今後一般的なパターン分離問題への応用も可能と考えられる。さらに, 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こと, 歩行の従来知見を工学的に裏付ける結果を得たことなどにも意義が認められる。よって本論文は博士(情報理工学)の学位請求論文として合格と認められる。