Kobe University Repository : Kernel

PDF issue: 2025-07-11

携帯デバイスを用いた行動の種類・環境および行動主体の属性の推定

蘇, 彦聡

(Degree)
博士（学術）
(Date of Degree)
2014-03-25
(Date of Publication)
2015-03-01
(Resource Type)
doctoral thesis
(Report Number)
甲第6154号
(URL)
https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1006154

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。

携帯デバイスを用いた行動の種類・環境および行動主体の属性の推定

グローバル文化専攻・情報コミュニケーションコース
学生氏名：蘇　彦聡
指導教員氏名：村尾　元

要旨

本研究では，自然な行動に近い状態での身体活動計測の実現と，所望の行動情報を頑健かつ柔軟的に抽出・推定することを目的とする．行動情報とは，行動の種類・環境および行動主体の属性から成り立つ情報である．

現在，ユーザの行動に合わせて自動制御できる家電，照明，冷暖房や，ユーザの位置情報に応じたグルメ情報や乗換情報の推薦などに関する研究・開発が進められており，一部はすでに商用化されている．将来的には，より多様なサービスの登場と，その結果としての新たな産業創出が期待できる．このようなサービスを実現するには，各ユーザの「行動種類」，「行動環境」や「個人属性」，たとえば，「30 代男性がグラウンドで走っている」や「70 代女性が坂道を上っている」といったような行動情報を把握する必要があると考えられる．ここで，「走行」や「歩行」などが「行動種類」，「グラウンド」や「坂道」などが「行動環境」，「30 代」「70 代」や「男性」「女性」などが「個人属性」のそれぞれに対応する．

本研究における計測手段として，携帯デバイスに注目する．近年，多様なセンサが安価，小型になっているため，これらのセンサを搭載する生活用品が増えている．特に，加速度センサや重力センサを搭載した携帯電話は一人に一台という程度で普及している．本研究では，誰でも手軽に利用できることを目標として，センシングに特化したデバイスを利用せず，センサを内蔵した携帯デバイスを利用する．普段と同様にポケットやカバンなどに入れるだけによって，ユーザの行動データの収集を簡単に実現する．

そして，「行動種類」と「行動環境」，「個人属性」を推定の対象とする．本研究では，「行動種類」の検出によって，その「行動環境」と「個人属性」も同時に把握する．人間の基本行動パターン「歩行」に注目する．歩行は「立つ」や「座る」などとともに非運動性身体活動の一つとされている．このため，長期安定の計測において，歩行がもっとも多く検出される行動パターンであると考えられる．また，一般的に見られている人間それぞれの「歩き方の癖」が，人間工学，人類学や生理学などの分野において，「行動環境」の影響と「個人属性」の差異の反映結果として確認されている．このため，本研究は，異常パターンの検出を目的とする従来の研究と異なり，定常的な基本パターンを計測することによって，「行動環境」と「個人属性」を含めた行動情報の推定を歩行の検出とともに実現する．

本研究では，下記三つの研究内容を実施する．一つ目は，平坦地に限定した歩行を検出するために，3 軸の加速度データに対して，それぞれの方向を特徴量として利用する方法を確立する．時系列の方向情報を隠れマルコフモデル（HMM）に適用して，HMM によるモデルの学習と確率的な推定を行う手法を提案する．二つ目は，階段などの複雑な行動環境を対応するために，時系列データの自動組織化する手法を提案する．モデルの構築は単一の HMM から始め，十分に学習・認識できない時系列データが入力された時に，未知の情報として考え，自動的に新たなモデルを新規追加する手法を検討する．三つ目は，自然で統一的な計測手法を利用して，環境要因以外の個人性や性別などといった個人属性を推定する手法を提案する．人間の歩行信号に環境要因と個人属性が反映されているという仮定で，加速度データはそれぞれの畳み込んだ波形信号であるとして，それぞれを分離・抽出する手法を確立する．

上記の提案手法について，それぞれの例題を取り上げ，実験を通じてその有効性を考察した．一つ目は，90% 以上の歩行を検出し，消費エネルギー計算での応用を実現し，市販のアプリケーションに遜色のない精度が得られた．二つ目は，「歩行」「階段を上る」「階段を下りる」「走行」の 4 種類の身体活動について，人間の主観認識と同様な自動分類結果が得られた．三つ目，「履物」という行動環境と，「個人性」「性別」という行動主体の個人属性について，それぞれを推定できる特徴量を考察した．履物認識と個人認識を一回の計測で同時に実現した．別の実験で 88% の性別推定精度が得られた．

全体として，環境要因や個人差などから由来するゆらぎやノイズなどを含めた生体データに対し，行動情報を頑健かつ柔軟的に抽出・推定するという目的を達成した．また，自然な行動に近い状態での身体活動計測を実現し，所望の行動情報が複数であっても，異なる計測を複数回行う必要のない統一的な手法を確立した．

［課程博士用］

論文審査の結果の要旨

氏　　名	蘇　彦聡		
論文題目	携帯デバイスを用いた行動の種類・環境 および行動主体の属性の推定		
判　　定	合　格・不　合　格		
審査委員	区　分	職　名	氏　　名
	委員長	教授	康　敏
	委　員	教授	玉置　久 （神戸大学大学院システム情報学研究科）
	委　員	教授	村尾　元
	委　員		
	委　員		

要　　旨

本論文は，携帯デバイスに組み込まれた加速度センサを用いて，「歩く」や「走る」といった，持ち主の行動の種類のみならず，「グラウンド」や「30代男性」といった，環境や行動主体の属性まで推定しようとするものである．

本研究の課題の１つは，加速度センサから得られる時系列データといった連続信号から，行動の種類という離散情報をどのように作り出すかという点にある．特に，行動測定のための専用デバイスと異なり，本研究で想定している携帯電話のようなデバイスは，ユーザの身体に固定されていないため，安定した信号を得られるとは限らない．その揺らぎにどのように対処するかは非常に重要である．

本研究のもう１つの重要な課題は，加速度センサから得られる時系列データという単一種類の信号から，行動の種類のみならず，環境や行動主体の属性といった情報をどのように抽出するのかという点にある．

前者の課題に対して，本論文では，確率モデル，具体的には隠れマルコフモデルを適用している．すなわち，行動の種類に対応した複数の隠れマルコフモデルを用意し，それらに加速度センサから得られる時系列データを入力する．最も高い受理確率を示した隠れマルコフモデルを選択し，これに対応した行動の種類を推定結果とする．

ここで，本論文では適応的な行動推定手法を提案している．すなわち，受理確率が十分に高くない場合は，観測された時系列データに対応する行動の種類が新規であると考え，それに対応する新たな隠れマルコフモデルを追加するとともに学習を行う．

後者の課題について，本研究では，音声研究でも利用されているケプストラムの利用を提案している．ケプストラムは，スペクトルを対数変換したものであり，複数の信号への影響を分離するのに利用される．音声研究では声帯と声道の影響を分離するためなどに利用されている．本研究では，人間の行動を，中枢パターンが生成した基本動作と，環境の影響が組み合わさったものと考え，これらを分離するためにケプストラムを利用している．

本論文は７章から構成されている．第１章は研究の目的とそこに至った背景及び論文の構成について書かれている．第２章では，関連する研究の現在の状況と提案する手法の位置づけについて，十分な量の既発行の文献を参照しながら説明されている．第３章以降は本研究で提案する手法について説明が行われている．

まず第３章では，提案する手法の全体について説明されている．システム全体の構成や，核となる隠れマルコフモデルなどについて，数学的な表記も利用しながら，簡潔かつ十分な説明が与えられている．対象となるデータに依存しない一般的な形式での説明が行われており，本論文を参照した研究者による再利用も可能である．

第４章，第５章は，提案手法を行動の種類の推定に適用する場合の詳細と実験について書かれている．実際に加速度センサを内蔵する携帯デバイスを身に付けたユーザに行動してもらい，そこで得られた加速度の時系列データを提案手法に入力し，行動の種類を推定する．実験の結果，「歩く」，「走る」，「階段の上り」や「階段の下り」といった行動の種類に対して90%以上の推定精度が得られている．

第６章は，提案手法を行動環境と行動主体の属性の推定に適用する場合の詳細と実験について書かれている．性別の異なるユーザにいくつかの異なる履物を履いて行動した場合に，高い精度で性別や履物が異なることを推定できることが示されている．

第７章は結論である．

論文全体を通して，行動の種類を自動で追加しながら認識し，また同時に環境や行動主体の属性をも推定するという新規性（第１章，第２章），その構成（第３章）と，その実現性と有用性（第４章，第５章，第６章）が論理的かつ明確に説明されている．

本論文の内容の一部は３件の国際論文誌に掲載されている．また，４件の査読付き国際会議での口頭発表が行われており，国内会議３件とあわせ，合計１０件の発表が行われている．いずれも情報分野に関する学術会議である．

本論文は，ますます利用が広がる携帯デバイスを，ユーザの行動理解に活用しようとする試みの礎的な研究について著述されたものである．本研究は情報分野において学術的に価値があるのみならず，コンピュータに人の行動を理解させ，それをサポートしようという学際的かつ応用的な分野に少なからぬ貢献を行うものである．

以上のような理由から，本審査委員会は，蘇　彦聡氏に博士（学術）の学位を得る資格があると判定する．