

【未来プロデューサ7】

5

大規模データベースと装着型センサで 人間行動を理解する

～次世代の快適・健康システムの実現を目指して～

河口信夫 | 名古屋大学大学院工学研究科

これまでの行動認識技術

加速度センサ等の小型・低価格化によって、装着型センサを用いた行動認識に関する研究が広く行われるようになりつつある。人間の行動を認識・理解し、その状況に応じた適切なサービスを提供することは、人を取り巻く情報システムの究極の目標とも言え、多数の提案・研究・検討がなされてきた^{1), 2)}。

■行動認識の基礎

センサから得られるデータを信号(行動信号)とみなせば、行動認識においても、音声認識などで用いられる信号処理技術³⁾が利用可能である。一般的な認識処理は、学習フェーズと認識フェーズから構成され、学習フェーズでは、ラベル付けがなされた行動データから、さまざまな特徴量を取得し、これを用いて認識器を学習させる。認識フェーズでは、学習させた認識器を用いて、センサデータから行動ラベルを推定する。推定精度を向上させるためには、各ラベルを特徴づける特徴量と認識器の高度化が必要となる。特徴量は、平均・分散といったシンプルなものから周波数解析やフィルタを用いるものまでさまざまな手法が提案されている。認識器についても、k近傍識別器やベイズ分類といったシンプルなものから、SVM(サポートベクタマシン)やニューラルネットワーク、HMM(隠れマルコフモデル)を用いるものや、複数の識別器を組み合わせるブースティングを用いるものまで、さまざまな研究成果が存在する。これらを適切に組み合わせることにより行動認識処理が実現できる。

■行動認識の特徴

行動認識技術は、1990年代から研究されており、決して新しい技術ではない。しかし、音声や画像、自然言語処理と比較すれば、歴史も浅く、十分に成熟していない。たとえば、音声、画像、自然言語の各分野では、それぞれ、目的に応じた大規模なデータベース・コーパスや、さまざまな処理のためのツールキットが整備されている。また、学会や国際会議も組織されており、分野として成立している(表-1)。一方、行動・動作に対する情報処理では、データベース・コーパス、ツールの整備がまだまだ不十分で研究環境が十分に整っているとは言えない。さらに、これまでのほとんどの研究は被験者数やセンサの数・種類などについてある程度の制限環境下で行われており、実用的に利用可能な行動センシング技術の実現ができているとは言い難いのが現状である。

音声や画像、自然言語は、人が直接見たり、聞いたりするメディアであり、コーパスを構築する際にも、すでに存在するものを整理・活用するといった手法が実現可能である。一方、行動・動作については、これまでメディアとして捉えられておらず、蓄積はほとんどないといってよい。また、行動や動作の表現方法についても、加速度信号を用いた表現は、人の直感に対応せず、画像や音声のように見たり聞いたりして確認するといったことも困難であるため、感性的な処理が難しいという特徴を持つ。さらに、地上では、重力加速度が常に働くと同時に、運動によって慣性力や角加速度が働くという物理的な制約も存在する。逆に言えば、多くの課題があるため、今後、十分な発展が望める分野であると言える。

ここで言葉を整理しておきたい。従来、センサデ

	音声	画像	自然言語	行動・動作
コーパス	PASL-DSR, UT-ML, ATR, TMW, RWCP, PASD, JNAS, CIAIR-DB (他多数)	顔画像, 歩行者画像, 放送映像, TREC, PASCAL, 文字 (他多数)	新聞, Web, 日本語話し言葉コーパス, KOTONOHA, (他多数)	< 存在しない >
ツールキット	HTK (HMM ToolKit), Julius, Sphinx	OpenCV, MIST	ChaSen, CaboCha, Mecab, KNP	< 存在しない >
関連国内研究会	電子情報通信学会 音声研究会 (SP), 情報処理学会 音声言語情報処理研究会 (SLP)	電子情報通信学会 パターン認識・メディア理解研究会 (PRMU), 電子情報通信学会 画像工学研究会 (IE), 情報処理学会 コンピュータビジョンとイメージメディア研究会 (CVIM)	情報処理学会 自然言語処理研究会 (NL), 情報処理学会 音声言語情報処理研究会 (SLP)	情報処理学会 ユビキタスコンピューティングシステム研究会 (UBI)
国際会議	ICASSP, InterSpeech	ICCV, ICPR	NAACL, ACL, COLING	UbiComp, Pervasive, PerCom, ISWC

表-1 行動理解分野と他の情報処理分野との比較

ータに対する行動のラベル付けは「行動認識」と呼ばれてきた。しかし、センサデータからは、単に行動の種類を区別するだけでなく、行動の強さ（運動量や消費エネルギー）の計測や、手足の可動範囲の確認、身体や精神の状況、床や靴の状況などを計測することが可能であろう。こういったことも認識の一部であるとする、これまでの行動のラベル付けは「行動識別 (Activity Identification)」, こういった行動に関する情報の抽出を「行動解析 (Analysis)」, この2種を合わせたものを「行動認識 (Recognition)」と呼ぶのが良いと考える。さらに行動そのものの意味や、次の行動の予測を行うことまでを含めて広く「行動理解 (Understanding)」と呼びたい(図-1)。

行動理解は、健康・医療や社会福祉など、他分野との融合も必要とする分野であり、情報処理の専門家が活躍する場も多い。この分野の振興のためには、皆で共有可能な大規模データベースやツールが必要であると考え、問題意識を持つ研究者が集まり、現在、HASC (Human Activity Sensing Consortium)⁴⁾ という組織を準備し、データ収集等の検討を進めている。

行動理解のための 大規模データベースの構築

音声信号処理、画像処理といったパターン認識の

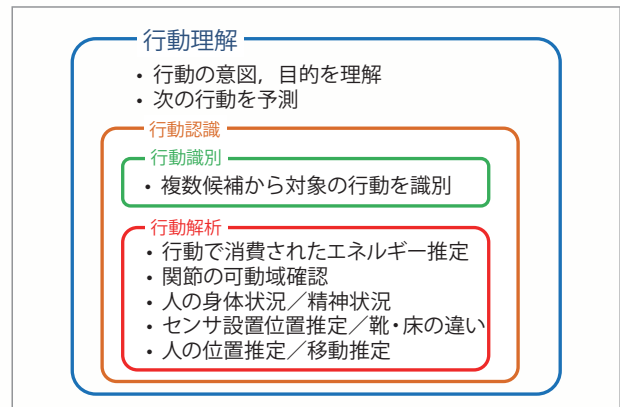


図-1 行動理解分野の体系

分野においては、性能の高いシステムの実現には、大規模なデータに基づく学習やモデル化が有効であることが示されている。一方、行動識別においては、まだデータベースが整備されていないため、個々の研究も小規模にならざるを得ず、結果として、実環境においてロバストな行動認識性能が出せるとは言い難い状況である。この状況を打開するには、大規模なデータベースの構築が必須であると考えている。

■データベース構築の課題

音声言語のデータベースでは、収集環境、被験者の分布、発話内容、マイク、サンプリングレートなどがデータベース収集の課題であった。これらは、ある程度経験的に解決されてきた。一方、行動信号

に関しては、経験不足のため、以下に挙げるような課題が存在する。まず、検討が必要なのはセンサの種類である。3軸加速度だけでよいのか、角速度を用いるか、もしくは、地磁気や気圧までも含めるかの検討は、小規模な実験では行われているが、大規模データに対しては未検討である。また、市販のデバイスを用いるか、専用のデバイスを構築するか、異なるデバイスを用いるか、統一的なデバイスで行うか、また、センサの計測パラメータについても、サンプリングレート・計測のレンジ・精度はどうすべきかといった課題がある。さらに、センサをどこに装着するか、いくつ装着すべきかといった点についても十分な検討がなされていない。また、センサを装着することによって、ユーザの行動様式に変化が出ることも予想されるため、実環境の測定と言えるのか、といった点も問題となる。また、どのような行動を収集するのか、どの程度の時間・期間の収集が必要なのか、どのようなアプリケーションを対象とするのか、といった課題もある。



次にデータの収集手法が課題となる。まず、どういった分布の被験者に対してデータ収録を行うのか、どのような被験者を集めるのか、被験者にはどのような指示を出すのか、また行動データ以外について、被験者に関しどのような情報が必要なのかといった検討が重要である。また、健常な被験者だけでなく、腰痛者、膝関節故障者といった故障を有する被験者のデータを各故障部位に対し網羅的に収集することも有用であろう。逆に、スポーツ選手等の体力・筋力が高度な被験者での収集や、インストラクタによる正しい歩き方、正しいランニングといった基礎データも必要であろう。またデータ収集の段取りについても、リアルタイムに収集するのか、オフラインで後ほど収集するのか、といった点も応用に応じて検討が必要であろう。また、最終的に収集できたデータを、どのような形式で保存すべきか、センサ情報や装着位置に関する情

報をどのように記録すべきか、といったフォーマットに関する課題もある。

もちろん、これらの課題・問題について、唯一の正解は存在しない。しかし、1つ1つを決めなければ評価もデータベースの構築も進まない。そこで、たたき台を作り、多くの方々の意見を取り入れながら、修正を繰り返す、という形式で完成度を高めることが重要となる。

たとえば、被験者の分布であるが、世代・性別で平準化させるだけでは十分ではないと考えている。なぜなら加速度には身長・体重といった要素が大き

くかわってくるからであり、各世代・性別で身長・体重がある程度分散するような被験者の集め方をする必要があると同時に、ある程度の人数が必要となる。身長・体重を簡単に低中高と3段階で荒く分類してもその組合せは9分類あり、年齢を5歳おきで分割すれば、15分割、性別で2種、また、少なくとも3～4名は各分類に必要と考えれば、大規模データとしては、被験者は1,000名以上が最低限となろう。

人口分布に合った被験者データが十分に揃えば、日々の健康状況をモニタする機能を持つデバイスや、ユーザの行動を予測して事前に情報収集を行う携帯端末など、さまざまな加速度センサ応用製品の実現が期待できる。

■ HASC Challenge 2010 の開催

データベースの構築のためには、前節で示したように、多くの懸案事項がある。しかし、具体的な決定を行うには、データベースの使い勝手、応用の実現性など、多くの点を考慮する必要がある。これらの点を検討しながらデータベースを集めるために、センサ情報処理の技術チャレンジとして「HASC Challenge 2010 (以下 HC2010)」を開催した。HC2010は、行動理解を目的として、複数チームの協力によるデータ収集と、優良な特徴量・識別アルゴリズムの開拓、および、アルゴリズム・ツールの

標準化を目的としている。

HC2010 はすでに 20 チーム以上の参加を得て、100 名以上の被験者のラベル付き行動データが収集されている。これによりデータ収集・ラベル付与の課題、センサの選択等の課題が明らかになることを期待している。他分野においても、評価基準の明確化を目指してさまざまなチャレンジ・コンテストが実施されているが、HASC Challenge を継続的に開催することにより、情報を共有しつつ行動理解の高度化が可能になると考えている。

■データベース収集の将来

行動理解の実現のためには、装着型センサ以外にも多様なデータが必要になる。ヒューマンプローブに代表されるようなさまざまなセンサによる人の行動の記録や、パーソントリップ調査などのより広域な移動調査など、多様な情報との連携が必要になる。行動データそのものの収集は、小型センサデバイスの発達により、高度化が期待されるが、より高度な行動理解を行うためには、行動データへのラベル付けの高度化が重要になる。行動の自動セグメント化やラベリングの自動化といった、データベースの効率的収集のための手法も検討が必要になろう。さらに、長期間のデータ収集により、個人性の確認なども重要になるが、その場合には、大量のデータの格納手法の課題も生じる。

目的に応じ、さまざまなデータベースを収集すると、その利用・配布の資源が必要となる。音声・言語分野では、音声資源コンソーシアム⁵⁾に代表されるような、資源分配の仕組みを実現しており、これと同様の仕組みの実現が求められよう。

統計的処理に基づく行動理解とその応用

行動データの大規模データベースが構築できれば、統計的処理を用いた多様な活用が期待できる。たとえば、歩く、ジョギング、階段の上り下りといった基本動作の行動データに加え、年齢、性別、身長、体重といった情報が存在すれば、日常動作の行動デ

ータだけから、身長・体重や性別といったユーザの基本的な属性推定が期待できる。また、健康状態での行動データが大量にあることから、異常行動の発見や、足腰の故障の発見なども期待できる。単なる統計的な処理だけでなく、足や腕の長さを用いた運動モデルや、靴や床の柔らかさを用いた環境モデルを構築することにより、より高度な行動解析が実現できる。

■行動理解の応用分野

行動理解技術は、幅広い応用が期待でき、これからの社会を豊かにする技術である。

以下ではさまざまな分野ごとへの応用可能性を示す。健康・保健分野は行動センシングが最も得意とする分野であり、すでに万歩計や運動量計、歩行アドバイザーといった製品が利用されている。大規模データベースがもたらす高度な行動解析技術により、より高度な健康管理の実現が期待できる。他の分野でも、たとえば、脳画像データベース⁶⁾では、年齢ごとの標準脳の構築により、脳ドッグに利用可能な客観的指標が構築されている。同様に、年齢・身長・体重ごとの標準行動モデルの実現により、センサによる行動レベルの健康指標が実現可能となろう。

医療分野でも、すでに行動理解に基づくさまざまな臨床応用がなされている。特に生体信号分野においては、リハビリテーションへの活用や、精神疾患の検知などに活用されている。こういった分野のためには、専用のデータベースの構築が必要となるが、健常者のデータ収集の経験は十分に活かすことができよう。モニタリング分野では、老人や子供の見守りを始めとして、作業者の安全確認や作業記録、農作業などの分析などに活用が可能である。

情報システムとの連携では、コンテキストウェア分野への活用が期待できる。ユーザが常に身につけているデバイスが、ユーザの行動をモニタし、行動理解を行っていれば、ユーザの行動意図を推定することが可能になる。席を立って、部屋を出るだけで、不要な部屋の電灯や空調をオフにしたり、エレベータを呼び出したりすることが可能になろう。大

規模データにより、行動認識の精度が向上すれば、装着型センサのみで、自律位置推定の精度の向上やキャリブレーションの削減が期待できる。

行動センシング技術の今後

本稿で述べたように、行動の識別・解析・理解といった行動センシング技術は、他の音声・画像・自然言語の分野と比較して、未熟な分野であるが、逆に言えば、これらの分野が成熟してきただけの広大な研究の余地があるといえる。我々は、HASCの活動を通じて大規模データベースを構築し、行動センシングに基づく新たな産業の発展を目指す。健康・医療分野のみならず、ユーザの行動推定に基づいてユーザの日常生活支援までの応用が可能である。他の分野が獲得した「実世界応用」を、本分野でも実現させるため、ぜひ、多くの分野から本研究分野に研

究者が参画してくれることを期待する。

参考文献

- 1) 根岸祐也, 河口信夫: ユビキタスコンピューティングにおけるコンテキストセンシングとデータ処理, 人工知能学会誌, Vol.23, No.5, pp.597-603 (2008).
- 2) Stephen P., et al.: Activity Identification Using Body-mounted Sensors - A Review of Classification Techniques, Physiological Measurement, Vol.30, No.4 (2009).
- 3) 後藤真孝, 緒方 淳: 音楽・音声の音響信号の認識・理解研究の動向, コンピュータソフトウェア, Vol.25, No.1, pp.4-25 (2009).
- 4) 人間行動センシングコンソーシアム, <http://hasc.jp/>
- 5) 音声資源コンソーシアム, <http://research.nii.ac.jp/src/>
- 6) 志田和人, 他: 大規模ヒト3次元脳画像データベースの構築, 情報知識学会誌, Vol.20, No.2, pp.2-11 (2000).
(平成 22 年 11 月 8 日受付)

河口信夫 (正会員) kawaguti@nagoya-u.jp

1995 年 名古屋大学大学院工学研究科情報工学専攻博士後期課程満了。同大助手、講師、准教授を経て 2009 年より工学研究科教授、博士 (工学)。ユビキタスコミュニケーション、位置情報、行動センシングなどの研究に従事。

