

# 博士論文審査報告書

## 論文題目

加速度センサを活用した状況認識技術と  
ヒューマンインタフェースへの応用

A Study on Context Awareness Using an  
Accelerometer and Its Applications to  
Human Interface

申請者

大内	一成
Kazushige	OUCHI

--

2017年3月

コンピュータの性能向上、高速データ通信ネットワークの整備および情報処理ソフトウェアとデータベースのオープン化が進展する中で、従来は概念的なものであったユビキタスコンピューティングが現実のものになりつつある。ユビキタスコンピューティングあるいは遍在化する情報技術のもとで、日常生活あるいはより広く社会活動全般において、適切なサービスを必要な時に必要な対象に提供するシステムに関する多くの提案がなされている。適切なサービスの実現には、サービスそのものの質的向上に加えて、ユーザとその置かれた環境の状況を的確に把握した上でのサービス内容とその提供方法の選択などが求められる。

本論文の著者は、コンピュータが人間の状況を理解する技術をコンテキストセンシング（**Context Sensing**）技術として定義し、人の行動や健康の状態、あるいは機器操作の意図を推定し、その結果に基づいた適切なアクションを適切なタイミングで提供するサービス、および、人間とシステムの円滑な情報伝達を支援するヒューマンインタフェースに関する研究に 10 年以上に渡って従事してきた。

本論文は、この一連の成果を纏めたもので、全 6 章よりなる。以下に、各章の概要と評価を記述する。

第 1 章は序論であり、著者の研究の位置づけと意義を述べている。まず、ユビキタスコンピューティングおよび IoT（**Internet of Things**）の概念を整理したうえで、「コンピュータの存在を意識することなく、先進的なサービスを実現する」ことが、今後のコンピューティング技術が目指すべき方向性であるという著者の立場を明らかにしている。そのうえで、著者の一連の研究の概要と本論文の構成を述べて、コンピュータが人間の状況を理解するコンテキストセンシング技術と、それに基づいたヒューマンインタフェース応用に関する研究に取り組んだ本論文の貢献について明快に説明している。

第 2 章は、ウェアラブル健康管理システムの実現に向けた研究成果を述べている。まず、医療従事者へのアンケート調査等により、生活習慣病／メタボリックシンドローム対策の現状分析を行い、生活習慣の自己管理を支援することの重要性を示し、生活習慣管理を手軽に実現するシステムの概念を提案している。そのうえで、脈波、加速度、発汗、皮膚温などの生体情報をセンシング可能な腕時計型センサの開発と外部情報端末と連携したウェアラブル健康管理システムの設計製作と実験結果について述べている。完成したシステムは、歩行などの行動とその歩数、および脈拍数などの生体情報ばかりでなく、健康管理上重要な食事イベントを精度良く検出可能にした点が特長であり、食事メニュー、服薬、血糖値計測などの統合管理を初めて実現した。

これらは、後に出てきたスマートフォンを中心としたウェアラブル生活支援システムの嚆矢ともいえるべき先進的な成果である。

第3章では、ウェアラブル睡眠センサとその応用について述べている。睡眠状態の詳細な把握には、脳波計など多数のセンサを身体に装着する終夜睡眠ポリグラフ検査の専門施設に宿泊する必要がある。これに対して著者は、脈波センサと加速度センサの情報から自宅で手軽に睡眠状態の確認を可能とするコンテキストセンシング技術を開発した。まず、身体の加速度情報から睡眠／覚醒を判定し、脈波の周波数解析により自律神経の状態を推定し、自律神経と睡眠状態の相関関係から REM 睡眠／NREM 睡眠と、睡眠深度などの睡眠状態を判定するアルゴリズムを提案している。さらに、手首における脈波計測に適した波長が緑色であることを検証し、独自の脈波間隔計測手法と合わせて手首における安定した脈波計測を実現した。また、個人差や日内変動の影響に頑健なクラスタリング手法を提案した。これらにより、睡眠状態の推定精度は 73.5% を達成し、簡易モニタとしては十分な性能を実現したことが高く評価できる。加えて、快適に目覚められるタイミング（睡眠状態）をするなど実用上有益な知見を得ている。

第4章では、普及が進んでいるスマートフォンに一般的に搭載されている加速度センサと、通話用のマイクを音センサとして積極的に活用し、スマートフォンを持ち歩くだけで様々な日常生活行動を連続的に把握するコンテキストセンシング技術を提案している。まず、加速度をもとにユーザの状態を「歩行」「作業」「安静」の3状態に大まかに推定し、「作業」と推定された場合に、マイクからの音を分析することにより作業内容を細かく分類する。また、採取データからの認識だけでなく、同一作業区間単位で行動の種別を再評価する事例ベース認識手法の導入により認識性能が向上し、「歯磨き」「トイレ」「掃除機がけ」「皿洗い」など、認識が難しかった様々な生活行動を精度良く認識することを可能にした。実験では、高齢者も含む 21 名による評価で、「皿洗い」「アイロンがけ」「掃除機がけ」「歯磨き」「ドライヤー」「トイレ水洗／手洗い」の6種類の生活行動を平均 91.4% の精度で認識できることを確認している。スマートフォンを活用する従来研究では、主に屋外における行動認識が行われていたが、屋内の様々な生活行動の高精度な認識を実現した点が高く評価できる。

第5章では、センサ駆動ハンドヘルド型音声認識入力手法とその応用について述べている。ハンドヘルド型マイクからの音声認識は、音声源とマイクの相対位置関係が不安定なため、ヘッドセット型マイクに比べて認識精度が

劣るとされている。また、音声インタフェースでは、発話の開始と終了をユーザがボタン操作などで指示する必要があることが適用範囲を狭めている。著者は、ハンドヘルド型マイクに対するユーザの発話動作を検知するコンテキストセンシング技術により、両課題を解決することに成功した。またその応用として、テレビ放送の番組検索操作に音声認識入力を活用するとともに、人名と番組名の言い換えに対応する仕組みを新たに構築することで、従来のリモコン操作による番組検索よりも、操作完了までの所要時間を約40%短縮したヒューマンインタフェースを開発した。

第6章「結論」では、上述の各研究成果を総括した結論として、「コンピュータの存在を意識することなく、先進的なサービスを実現する」ためには、加速度センサ+ $\alpha$ によるコンテキストセンシング技術が重要であること、および今後の課題を述べている。

以上のように、著者は、スマートフォンなど多くの携帯型あるいは身体装着型デバイスに標準的に実装されている加速度センサに注目し、身体運動の加速度データとその他の付加的なセンサデータの統合的解析に基づく人間行動の状況認識技術を確立したばかりでなく、種々の新しい生活支援システムの実現が可能であることを実証した。これら一連の成果は、計測・情報工学、特にヒューマンセンシングとヒューマンインタフェースの進歩に寄与するばかりでなく、その研究姿勢と併せて新産業創出のイノベーションを駆動することも大いに期待される。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。

2017年2月

審査員

(主査) 早稲田大学教授	工学博士 (早稲田大学)	橋本周司
早稲田大学教授	博士 (工学) 早稲田大学	中島啓幾
早稲田大学教授	博士 (理学) 大阪大学	竹内 淳
早稲田大学教授	工学博士 (東京大学)	森島繁生