

氏名	石川 優		
学位の種類	博士（工学）		
学位記番号	博 甲 第 8 5 2 6 号		
学位授与年月日	平成 30年 3月 23日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	システム情報工学研究科		
学位論文題目	スマートウォッチのための空間的指位置推定に関する研究		
主査	筑波大学 准教授	博士（情報科学） 博士（デザイン学）	星野 准一
副査	筑波大学 教授	博士（医学） 博士（工学）	星野 聖
副査	筑波大学 教授	博士（工学）	鈴木 健嗣
副査	筑波大学 教授	博士（工学）	中内 靖
副査	筑波大学准教授	博士（理学）	志築 文太郎

論文の要旨

審査対象論文は、手首幅サイズの測距センサアレイにより手の甲上での指の位置や、タッチング、ホバリングなどの状態を推定するウェアラブル入力インタフェースを提案したものである。同様の課題に対して様々なアプローチが提案されているが、Novest ではスマートウォッチ側面に設置された手首幅サイズの測距センサアレイが取得する距離データ及び信号強度データを利用することにより、右手にデバイスや素子を装着することなく高精度に指の2次元位置推定と指の状態識別が可能であることを明らかにしている。

まず第1章では、本研究の背景とスマートウォッチの入力におけるオクルージョンの問題について説明している。

第2章では、スマートウォッチをはじめ、様々なデバイスの周辺領域を利用するインタフェースの事例について、体表面を入力領域とする場合と体表面以外を入力領域とする場合に分けて述べている。また、手の甲上におけるポインティング特性調査実験において、目視できない状態も対象とすることから、これまでに操作対象を目視することなく入力を行うタッチベースのeyes-free入力インタフェースと、ポインティングに関する人間工学的知見について従来研究を概観している。

第3章では、手首幅サイズの測距センサアレイにより、手の甲上で指の位置推定及びタッチングとホバリング（指の状態）を推定するウェアラブル入力インタフェースである Novest の動作原理や実装したプロトタイプについて述べ、性能評価実験を通して本手法の有効性について述べている。Time of Flight 方式の赤外線レーザを使う測距センサを2次的に配置することにより、手の甲上の3次元空間に挿入された指の3次元座標の推定を実現している。提案手法は、近年の小型測距センサが距離データと反射光の強さを収集可能である特徴に着目しており、センシングにおける物理的特性を考慮して軸ごとに異なる位置推定方法を適用して結果的に高精度な指の3次元位置推定を実現している。

第4章では、手の甲を入力領域として利用する入力インタフェースの設計指針を示すことを目的として、ユーザの手の甲におけるポインティング特性（どの程度の分割数をどの程度の精度でポインティングできるか）を調査した実験について述べている。実験では、ユーザが手の甲を目視できる場合、できない場合の両状態におけるポインティング特性を、手の甲に複数個の仮想的なボタンを配置する場合を対象として、ポインティング精度、ポインティングに要する時間、隣接する指示位置（ボタン）の混同割合である Accuracy Rate の3指標を対象に仮説検証を行っている。そして、実験結果及び分析により抽出された知見を手の甲を入力領域として、利用するインタフェースの設計指針としてまとめている。

最後に5章では、本研究の貢献について整理したのち、手の甲を入力領域として利用するインタフェースの今後の展望について述べている。

審査の要旨

【批評】

スマートウォッチのようなウェアラブルデバイスは、今後さらに増加することが予想されており、情報への即時性や携帯性、利用可能なアプリケーションの観点から、現在スマートフォンで行われているタスクを代替していくことが期待される。

本研究では、片手首幅サイズのセンサを使って、手の甲をホバリングが認識可能なタッチパネルのように利用可能にするウェアラブル入力インタフェースのコンセプトと、手の甲上の3次元空間に挿入された指の先端の3次元座標の決定法を提案している。

さらに、ユーザの手の甲上におけるポインティング精度や、特徴に関する知見を実験から抽出して設計指針としてまとめ、提案手法を対象に適用させて応用アプリケーションを示した。タッチディスプレイよりも大きな手の甲を入力領域として利用することにより、指ではタッチが難しいサイズのボタンが利用できるようになり、タッチディスプレイにおける入力インタフェース用の画面領域を小さくすることが可能になる。

今後の課題としては、PCのトラックパッドなどで利用されている複数の指を利用したマルチタッチ機能の実現や、テキスト型コミュニケーションアプリなどに適用した場合の有用性の検証、製造業、販売業などの実務家への利用場面・用途のヒアリングなどが挙げられるが、スマートウォッチなどで標準入力機能として使われうる入力装置の基本設計と処理手法を提案した点は、評価することができる。

【最終試験の結果】

平成30年2月9日、システム情報工学研究科において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

【結論】

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。