

## 審査の結果の要旨

氏名 石塚 宏紀

本論文は「ユーザ参加型センシングの研究」と題し、固定のセンサではなくスマートフォン等の携帯端末に具備されるセンサを用いて、センシングを行うとユーザ参加型センシングに関して、参加者の登用からセンサデータ管理までその効率的な運用のためのシステムアーキテクチャの構築を行ったものであり、全七章から構成されている。

第一章は「序論」であり、ユーザ参加型センシングのシステムサイクルにおいては、従来のセンサネットワークでは必要がなかった「参加者の登用」が必要であることを指摘すると共に、本論文の概観を行っている。

第二章は「ユーザ参加型センシングの基礎と技術課題」と題し、まず従来のセンサネットワークの研究を概観し、これらにおいては、電力供給・時刻同期・時空間情報の取得において様々な問題があることを指摘しする一方、センサを搭載したスマートフォン等の携帯端末を用いたユーザ参加型センシングの利用によりこれらの問題が解決できる可能性があることを指摘した。更にユーザ参加型センシングのシステムサイクルが、参加者の登用・センサデータ収集・センサデータ管理という3つの段階に分類されることを指摘している。

第三章は「ユーザ参加型センシングにおける参加者登用機構」と題し、従来のような管理者が指定した空間領域内で既に活動を行っている参加者に対して参加継続の可否を判定する方式ではなく、参加候補者の行動を **Twitter** や **foursquare** 等の位置情報が付与されたマイクロブログへの投稿状況から判断し、質の良い参加者を選択するためのプラットフォームである **KEIAN** を提案し、その各モジュールについて論じている。**KEIAN** 式は候補者の行動分析を行ってから参加者を選択する方式に比べ、行動分析のための端末の電力消費が無くユーザの負担感が少ないという利点を有する。

第四章は「ソーシャルメディアによるユーザ行動推定」と題し、第三章で提案した **KEIAN** の中心的モジュールであるソーシャルメディアによる行動推定アルゴリズムについて論じている。**foursquare** において位置情報付投稿を行ったユーザの中から十分な数のチェックインを行っている **active user** の投稿を拾い出すと共に、平日と休日の行動履歴に有意な差が見られるため両者を独立して扱うことの必要性を示した。その上で、**active user** の行動履歴を時間と空間の両方を用いてクラスタリングを行った。次にこのクラスタを状態として定義し、その状態遷移からユーザの行動を推論するアルゴリズムを提案した。また、提案アルゴリズムはマルコフモデルに比べて推論精度が高いことを示すと共に、**foursquare** のチェックイン時刻も併せて利用することにより更なる性能改善を行った。

第五章は「ユーザ参加型センシングにおけるクライアント機構」と題し、ユーザ参加型センシングにおけるセンサデータ収集サイクルにおいては、クライアントにおけるユーザの負担を軽減することの重要性を指

摘すると共に、これを解決するシステム事例として Kitokito 写真システムの開発を行っている。本システムは、写真投稿を通じて季節や時間によって変動する街の様相をセンシングするためのものであり、時間と撮影場所だけでなく撮影方向も自動的に記録される特徴を有する。システムは写真撮影クライアント、センサデータ管理サーバ、データ可視化クライアントの3つの要素から構成される。本章では開発システムのユーザ利用調査実験を併せて行い、スマートフォン未経験者でも負担なく利用可能であるという評価結果を得た。

第六章は「道路ネットワーク構造を考慮した多次元空間索引手法」であり、ユーザ参加型センシングにおけるセンサデータ管理サイクル収集サイクルにおいては時空間情報以外のデータも伴った多次元構造のデータの高速検索性が重要であることを指摘し、その一つの解決策として Kikokito 写真システムで収集した画像をストリート画像フローの形で提示するための空間検索手法の提案を行っている。KDRN-Tree と名付けられた本手法は実世界の道路構造を反映した多次元空間索引であり、連続した道路セグメントを保存してツリーを構成し力学的ポテンシャルモデルを用いて形状の正規化を行うため、道路パターンが不規則な場合でも検索処理効率が高いという特徴を有する。また、提案 KDRN-Tree の性能を既存手法と比較しその有効性をシミュレーションによって示した。更に、KDRN-Tree を利用して、ストリート画像フロー生成の実システムの開発を行った。

第七章は「結論」であり論文の成果と今後の展開をまとめている。

以上これを要するに、ユーザ参加型センシングのシステムサイクルである参加者の登用・センサデータ収集・センサデータ管理のそれぞれの問題の解決を図り効率的な運用のためのシステムアーキテクチャの構築を行ったものであり、電子情報学上貢献するところが少なくない。よって本論文は博士（情報理工学）の学位論文として合格と認められる。