

論文審査の結果の要旨

氏名 ダンスタン マテケニャ

本論文は「A Study on Human Mobility Using Cell Phone Traces (携帯電話トレースを用いた人の移動に関する研究)」と題し、携帯電話のCDR(通話詳細記録)を用いて人の移動を分析するための諸課題の検討を行ったものであり、全六章から構成されている。

第一章は「Introduction」と題し、人の移動を分析する研究を概観し、GPSや携帯電話の登場以前は人の移動データは専ら国勢調査などのアンケート調査によって得られていたため、その更新頻度が非常に低く静的であったためデータ分析の応用先が限られていた一方、GPSや携帯電話・特にスマートフォンの登場により、より空間的・時間的な粒度の高い人の移動データ得られるようになり、関連分野の研究が急速に進展している状況を指摘した。また、本論文で取り組んでいる人々の住居の移動、人の移動の予測手法の関連研究の中での位置づけを行っている。

第二章は「Visualization of Mobility Data」と題し、CDRを解析的に分析する前に視覚化によってデータを理解することの重要性を指摘したうえで、視覚化ツールの開発を行っている。開発したツールはダッシュボードとマップエリアの二つに分かれ、前者では分析するユーザ、その時間範囲、統計データを表示する一方、マップエリアはgoogle map上でユーザが発呼した基地局の時間的軌跡と基地局ごとのトラヒックを表示する形式である。また、このツールによりCDRを視覚的に理解することが可能となったことを確認している。

第三章は「Residence Change Discovery-MoveSense」と題し、CDRを用いて住居変更を行った人間を発見する手法について論じている。まず、住居の変更は行政にとって重要な基礎統計データであることから、国勢調査等によって厳密に調査されてきている一方で、その周期は数年に1度程度であり、特に発展途上国においてはそのコストも問題であることを指摘し、CDRを利用してより高頻度かつ安価な調査を行うことの必要性を論じた。その上で、Hartigan Leader アルゴリズムとラベルなしデータに対するアノマリー検出を応用した MoveSense と呼ばれる住居変更発見手法を提案し、バングラディッシュのCDRを用いた解析により、ほぼ70%の精度で住居変更を発見できることを示している。

第四章は「Location Prediction」と題し、CDRを用いて人の移動を予測する手法の検討を行っている。まず、バングラディッシュのCDRの時空間的自己相関分析を行い、空間的な相関は低い一方、時間的には日単位での周期性が高い統計的性質をもつことを確認している。次に、単純なBayse予測により次の時点で訪れる基地局エリアを予測する手法では、ユーザが今まで訪れたことがない基地局エリア

を訪れる確率が 0 となってしまう問題を指摘し、この欠点を改良した **Enhanced Bayse** 予測手法を提案した。また実データを用いて両者の性能を比較し、単純な **Bayse** 予測では 37%の予測精度であるのに対し、**Enhanced Bayse** 予測手法では 54%の予測精度であり、17%の精度改善となることを示している。

第五章は「**Prediction-Communal Models**」と題し、**CDR** を用いて人の移動を予測する際に、個々のユーザの移動ではなく、コミュニティの移動に注目することにより計算時間の削減と予測精度の向上を行うことを検討している。まず、バングラディッシュにおける人々の日常の移動半径が **3km** 程度であることに注目し、**3km** 四法のメッシュで一つのコミュニティの形成を行った。またこの結果学習時間が 99%と大幅に削減され、ビッグデータに対してもスケールする有効な手法であることを示した。一方、コミュニティの導入による予測精度の向上は見られず、精度向上のためにはより適切なコミュニティの設定が必要であることを指摘している。

第六章は「**Conclusion & Future Works**」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、本論文は携帯電話の**CDR**を用いて人の移動を分析するための諸課題の検討を行ったものであり社会文化環境学上貢献するところが少なくない。なお、本論文第三章、第四章、第五章は伊藤昌毅、戸辺義人、柴崎亮介、瀬崎薫との共同研究であるが、論文提出者が主体となって検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。したがって、博士（環境学）の学位を授与できると認める。

以上 1 8 9 8 字