



Title	A Study on Spatial Crowdsensing for Augmenting Smart Cities
Author(s)	天野, 辰哉
Citation	大阪大学, 2021, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/82294
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

論文内容の要旨

氏 名 (天野 辰哉)	
論文題名	A Study on Spatial Crowdsensing for Augmenting Smart Cities (スマートシティ実現に向けたクラウドセンシングによる空間情報の収集に関する研究)
論文内容の要旨 都市部への人口集中による交通渋滞や大気汚染の深刻化などの背景を受け、ICT技術を活用して都市全体を管理することで持続可能な都市の開発と維持を行うスマートシティへの期待が高まっている。スマートシティの実現のためには、都市の空間情報の収集と活用が重要であるとされている。空間情報を収集する方法として固定設置型センサが幅広く利用されているものの、都市の広い範囲にわたって情報を収集するには大量のセンサ設置が必要になる。これに対して、固定型センサによるセンシングを補完するアプローチとして、スマートフォンなどのモバイル端末を活用したクラウドセンシングに注目が集まっている。クラウドセンシングでは、人々のモビリティや知性の活用により、固定型センサよりも優れた時空間的カバレッジや複雑なコンテキスト理解、スケーラビリティを得られる。しかしクラウドセンシングの活用にはいくつかの課題が指摘されている。データ収集時に協力ユーザの介入のない、いわゆるオポチュニスティックセンシングはユーザの負担が小さく、都市のような広い範囲を低コストでデータ収集する際に適しているが、その実現に必要な、センシング時のユーザ介入や能動的タスクの排除は容易ではない。またオポチュニスティックに人々の自然な移動を利用してデータを収集する場合、場所によっては空間情報が得られる地点数が少なくなるため、空間的に偏りのある限られた数のサンプルから高精度なデータを構築する必要がある。さらに、収集されるデータが他者の個人に関わる情報を含む場合、その本人による同意取得や本人自身が情報の管理を行える仕組みの提供が不可欠であるものの、これらの実現にはセンシング時のユーザ介入を必要とする。 本論文では、主に都市環境における電波状況やWi-Fiアクセスポイント (AP) 情報の収集を通して、前述の問題を解決するオポチュニスティッククラウドセンシングを実現する手法を提案する。 第一に、3次元の都市モデルと電波伝搬シミュレーションの併用により、未観測地点の推定値も含まれる屋外のWi-Fi電波強度地図を効率的に生成する手法を提案する。提案手法では、建物壁面上の仮想的なAPであるtx-tileを利用し、得られている実観測データに最も合致するシミュレーション結果を生成するtx-tileの位置と出力強度を探索することで、少ないサンプルからでも建物の情報や電波伝搬を考慮した電波強度地図を生成する。 第二に、tx-tile位置情報と位置情報が含まれない屋内の観測データに基づく、屋内APの位置推定手法を提案する。提案手法では、位置情報のない屋内の観測データから3次元多次元尺度構成法により屋内APの相対的な位置関係を推定し、この相対的なAP位置と推定済みのtx-tile絶対座標の位置合わせにより、APの3次元位置を推定する。これにより屋内の観測位置情報を利用せずに屋内AP位置が推定でき、協力ユーザによる手動の観測位置入力といった能動的なタスクを一切要求しないクラウドセンシングによるAP位置の特定が可能となる。 第三に、Augmented Reality (AR) ユーザによる空間情報センシングを想定し、カメラ映像によって捉えられるスマートフォン端末姿勢を用いたユーザ識別手法を提案するとともに、それに基づく、情報の被取得者による自身の情報の自己管理を実現するためのプロトコルを設計する。 最後に、クラウドセンシングにより収集される空間情報の活用例として、Virtual Reality (VR) を用いた仮想環境の再現システムを設計した。提案システムは、空間情報の利用による都市状況のVR上への再現とVR内部でのスマートフォンの埋没操作技術により、アプリケーション開発者やテスト実施者が実地に赴かないアプリケーションテストを可能とする。 これらを通して、クラウドセンシングによるデータ収集やその活用における様々なユーザ介入や能動的タスクの排除を可能にし、スマートシティ実現に向けた自動化されたクラウドセンシングによる広域の空間情報の収集および利活用に貢献する。	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (天 野 辰 哉)			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	教授	東野 輝夫
	副 査	教授	村田 正幸
	副 査	教授	渡辺 尚
	副 査	教授	長谷川 亨
	副 査	教授	松岡 茂登

論文審査の結果の要旨

都市部への人口集中による交通渋滞や大気汚染の深刻化などの背景を受け、ICT技術を活用して都市全体を管理することで持続可能な都市の開発と維持を行うスマートシティへの期待が高まっている。スマートシティの実現のためには、都市の空間情報の収集と活用が重要であるとされている。空間情報を収集する方法として固定設置型センサが幅広く利用されているものの、都市の広い範囲にわたって情報を収集するには大量のセンサ設置が必要となる。このような固定型センサによるセンシングを補完するアプローチとして、モバイル端末を活用したクラウドセンシングに注目が集まっている。クラウドセンシングによる情報収集では、人々のモビリティや知性の活用により、固定型センサよりも優れた時空間的カバレッジや複雑なコンテキスト理解・スケーラビリティを得られるものの、データ収集や利活用など様々な場面でユーザやシステム管理者による能動的なタスク処理が要求される。本論文では主にWi-Fi電波状況やアクセスポイント（AP）位置情報の収集を通して、クラウドセンシングによる都市空間のモニタリングにおけるユーザ介入の排除を実現する。具体的には以下の四つの課題に取り組んでいる。

第一に、人々の自然なモビリティを活用するクラウドセンシングの実現のために、空間的に偏りのある限られた数のサンプルから高精度なデータを構築する技術を開発している。この技術は3次元の都市モデルと電波伝搬シミュレーションの併用により、未観測地点の推定値も含まれる屋外のWi-Fi電波強度地図を効率的に生成するものである。建物壁面上の仮想的なAP利用し、得られている実観測データに最も合致するシミュレーション結果を生成する仮想AP位置と出力強度を探索することで、少ないサンプル数から高精度な電波強度地図を生成する。

第二に、協力ユーザによる手動の観測位置入力といった能動的なタスクを一切要求しないクラウドセンシングによる屋内APの位置推定手法を提案している。提案手法では、位置情報のない屋内の観測データから3次元多次元尺度構成法により屋内APの相対的な位置関係を推定し、この相対的なAP位置と、GPS位置情報をもとに屋外観測データから推定済みの仮想AP位置との位置合わせにより、屋内APの3次元位置を推定するものである。AP位置推定に必要なすべてのデータをバックグラウンドで収集可能となるため、観測データ収集時のユーザ介入を排除可能となる。

第三に、Augmented Reality（AR）ユーザによる空間情報センシングを想定し、カメラ映像によって捉えられるスマートフォン端末姿勢を用いたユーザ識別手法を提案するとともに、それに基づく被識別者とARユーザ間の通信プロトコルを設計している。人手を介しない自動的なユーザ識別を活用することで、情報の被取得者によるオプトインやオプトアウトなどの自己情報管理におけるシステム管理者の負担削減が可能となる。

最後に、クラウドセンシングにより収集される空間情報に基づくVirtual Reality（VR）を用いた仮想環境の再現システムを提案している。提案システムでは、VR上への都市状況の再現とVR内部でのスマートフォンの埋没操作技術により、開発環境に再現されたVR環境でのアプリケーションテストを可能にしている。これはスマートシティのアプリケーションテストにおいて要求される実地での多様なテスト環境構築のコスト削減に資するものである。

本論文の成果により、クラウドセンシングによるデータ収集やその活用における様々なユーザ介入や能動的タスクの排除が可能となる。これはスマートシティ実現に向けた自動化されたクラウドセンシングによる広域の空間情報の効率的な収集および利活用に貢献するものと考えられる。

よって、本論文は博士（情報科学）の学位論文として価値のあるものと認める。