

論文審査の要旨及び担当者

No.1

報告番号	甲 乙 第	号	氏 名	河野 慎
論文審査担当者	主 査	政策・メディア研究科委員	環境情報学部准教授	中澤 仁
	副 査	国立研究開発法人情報通信研究機構理事長	徳田 英幸	
	副 査	政策・メディア研究科委員	環境情報学部准教授	清木 康
	副 査	政策・メディア研究科委員	環境情報学部准教授	武藤 佳恭
	副 査	東京大学大学院工学系研究科 技術経営戦略学専攻 グローバル消費インテリジェンス寄付講座 共同代表・特任准教授		松尾 豊
学力確認担当者：				
(論文審査の要旨)				
河野慎君の学位請求論文は、”Towards Affordable Urban Computing through Deep Learning”と題し、邦題は「深層学習によるアフォードブルアーバンコンピューティング実現に向けた研究)」である。本論文は8章から成る。				
本研究では、現在の日本をはじめ、世界ではインフラ老朽化や人口減少などの問題を解決するために、IT 技術を用いたアーバンコンピューティングによる課題解決が注目されている。一方で、都市状況理解は、様々な従属的な要因が複雑に絡み合っているため、容易ではない。そこで、都市の状況理解を促進する技術として、深層学習があげられる。深層学習応用には大量の良質なデータが必要となるが、時空間的に網羅したデータを集められていない。さらに都市データの種類の豊富であり、複数種類のデータ利活用が有効的であるとされているが、組み合わせ方などについては明らかになっていない。				
本研究では、大量の良質な都市データを現在の都市の限られた資源から収集し、これらの包括的な利活用による都市理解を促進するアフォードブルアーバンコンピューティングを提案する。対象としている都市は現実における物理空間である。都市の複雑な状況を表現する文章データを出力する市民をはじめとした人間センサと、ドライブレコーダなど都市の状況を撮影可能なカメラなどの汎用的な画像センサが存在しており、これらの利活用は有効である。しかしながら、人々の行動の性質から、人間センサから取得可能なデータには時空間的偏りが生じてしまう。本研究では、深層学習を用いて文章や画像が潜在的に指し示す空間情報を推定する GeospaceMapping を提案する。実験では、実際に収集した位置情報付きツイートをを用い、投稿されたテキストと画像の組み合わせから都道府県の推定ができることを検証した。さらに、カメラ映像は本来の目的が都市の状況理解のためではないため、有効活用されずに破棄されてしまっている。本研究ではゴミ清掃車のドライブレコーダに着目する。これは、日々の業務のために複数台が市内を網羅的に走行しており、都市における空間的な網羅性は高い。そこで、ドライブレコーダの機能を有し、道路標示の損傷検出を行うエッジデバイス CityInspector を提案し、実装および実験を行い、その有用性を検証した。最後に複数センサの組み合わせを GUI によって直感的に開発が可能となる開発環境 CityFlow の設計および実装を行った。そして、実際に CityInspector や GeospaceMapping を実装し、その有用性を示した。				
本研究の新規性は次の4点にまとめられる。まず1点目は従来のアーバンコンピューティングは、大学や企業によって実践されていたのに対し、市民や行政職員も積極的に参加し、自分たちでアーバンコンピューティングできるようにする枠組み「アフォードブルアーバンコンピューティング」分野を開拓したことである。2点目は、アーバンコンピューティングの一目的として都市の状況を理解するため、複雑な状況を取得可能なセンサとして画像とテキストを挙げ、これらを組み合わせた情報の位置推定を可能にした点である。3点目は、街にあるカメラ画像を有効活用するため、エッジデバイスをを用いたプロトタイプを設計および実装し、その性能評価をしたことである。4点目は、市民や職員に上述のセンサを用いたアプリケーションの開発をしやすくするプラットフォームを設計、実装し、実際にアプリケーションを開発することでその有用性を示した点である。				
本論文の構成は、以下のようになっている。				
第1章では、序論として本研究の背景と本研究の目的、本研究の特長と貢献についてまとめている。				
第2章では、本研究の背景として、都市の生活を良くするスマートシティ実証について Internet of				

論文審査の要旨及び担当者

No.2

Things, データプラットフォーム, 都市管理システムの観点からまとめている. さらに企業や大学が実践しているアーバンコンピューティングを紹介し, 最後に本研究で重要な技術である深層学習の技術進歩について紹介し, まとめている.

第3章では, 提案するアフォードブルアーバンコンピューティングの定義と位置付けを説明している. 既存のアーバンコンピューティングの枠組みでは都市の規模にデータ量や質が依存してしまっていることを述べ, これらを解決する枠組みとして「都市において, 市民や行政で獲得可能な画像やテキストデータなど異種データを用いて, 市民や行政職員も参画し, 都市の状況のより深い理解を行う」アフォードブルアーバンコンピューティングとして定義している. そしてアフォードブルアーバンコンピューティングを実現するための3つの要件 1) 専門的な知識を必要としない 2) すでにある画像やテキストデータを利活用する 3) 異種データを組み合わせた深層学習アプリケーションの開発が容易に可能について説明をしている.

第4章では, 要件の1つ目および2つ目を満たす技術 GeospaceMapping の手法の提案と評価を行っている. 本研究では, テキストデータの一例として Twitter データを採用し, 専門的な知識を用いずにテキストが示す位置を推定する深層学習手法を提案している. 実験結果より, 深層学習を用いることで専門的な知識を取り入れた場合と同等および以上の精度で推定することが可能であることが示されている.

第5章でも同様に, 要件の1つ目および2つ目を満たす技術として CityInspector の手法の提案と評価を行っている. 第5章では, 画像データの一例としてゴミ清掃車に搭載されたドライブレコーダ映像に着目し, 道路標示の損傷検出に取り組んでいる. 従来では, ドライブレコーダの映像は破棄されていたが, 本研究では, エッジデバイス上で深層学習が実行可能となるように設計・実装されたプロトタイピングを用いることで, ドライブレコーダに含まれている都市に関する情報の獲得を可能にしている.

第6章では, 要件の3つ目を満たす技術として CityFlow を提案している. CityFlow は, データフローベースのプログラミングツールとなっており, GUI で直感的にアプリケーションの開発が可能となっている. 特に CityFlow は IoT のような分散環境におけるデバイス間通信およびデータリソース・フォーマット, そして深層学習モデルを開発者が意識することなく利用可能であることが特徴的である. CityFlow を用いて GeospaceMapping や CityInspector などを実際に開発することでその有用性を検証している.

第7章では, 関連研究として本研究と同様に Twitter のテキストデータを用いて都市の状況把握および道路点検やカメラ画像を用いた都市の状況理解などの研究について紹介し, さらに分散環境のアプリケーション開発研究について比較検討を行い, 本研究の既存研究との違いについて説明している.

そして第8章では, 本研究の貢献と今後の研究課題について整理し, 本論文をまとめている.

以上を要約すると, 本研究はアーバンコンピューティングを企業や大学だけではなく, 市民や行政職員も実践可能にするため, 都市に存在する様々なマルチモーダルデータを組み合わせて都市の状況を理解するための技術開発と, これらを包括的に開発が可能なインタフェースの開発を行った. 本研究の成果は, 情報技術を用いて都市の生活の質向上を目指すスマートシティ研究分野だけではなく, 計算社会科学, システム工学分野, 深層学習の応用分野への学際的な貢献がある.

これらの成果は, 著者が長年, 研究者として活動してきた研究実績と先端的な研究を行うために必要な研究能力, および新たな分野を切り開く発想力, 並びにその基礎となる豊かな学識を有することを示したものと見える. 本学位審査委員会は, 河野慎君が博士号(政策・メディア)を授与される資格が十分にあると認める.