

学位論文内容要旨

本研究は、2007年より先進諸国を中心に開発が開始され、2015年には国内で世界に先駆け商用化を開始した次世代車載無線技術（WAVE：Wireless Access in Vehicle Environment）に関する研究を行ったものである。技術進化が著しい情報通信技術（ICT：Information Communication Technology）の中で、WAVEはどのような特長を持ち具体的にどのようなメリットを輸送分野にもたらすかを各種通信ネットワーク間の定量評価および交通流の定量解析により、基本的理解を深めた。そしてWAVE技術の活用により交通事故軽減、交通事故死亡者削減といった交通マネジメントとしてのWAVE役割と応用を明確にすることを目的としている。本研究では以下の研究成果を得ることができた。まず、交通渋滞による深刻な状態に直面している新興国における交通解析を2ヶ月間におよびビッグデータをもとに進め、新興国の交通流の分析方法を確立した。続いて、主要交差点に設置されることを想定に開発されたWAVEではあるが、交通以外にも近年問題視されている自然災害による被害への応用として、WAVE基地局を活用した地域環境モニタ機能を強化することで、具体的な地方都市における公共交通機関のバス停に設置することを例に人の生活の質の向上（QoL）への適用を無線通信空間カバー率の導入により、新たな設置手法を確立した。

第1章は、本論文の目的・意義・背景の概要を紹介した。WAVE技術は先進国を中心に開発された技術ではあるが、交通事故・渋滞は先進国のみの問題ではなく、むしろ新興国での問題が深刻といっても過言ではない。新興国は一般的に経済発展が著しいものの、一方で道路整備等のインフラ環境への投資が間に合わず、環境悪化は免れ得ない状況となっている。また、WAVE以外にもさまざまな無線通信技術が存在している中で、WAVEの特長を生かした応用を明確にすることをまとめている。

第2章は、WAVE技術の動向について、これまでのWAVE開発にともない実施された先行研究とその検討から見える課題の整理と交通分野にはどのような通信技術が対象となるかを、交通実態把握としての調査を行なった。また、近年のすべての「モノ」がインターネットにつながること

で新たなビジネス展開を目指すIoTとして注目を浴びている最新の調査を行った。

第3章では、筆者が調査する機会を得たインド国における交通データの実態解析とWAVEによるプローブ応用としての検討の考察行なう。ここでは得られた長期の観測データからそのユニークな特性に着目した交通基本特性を求める手法を編み出した。この手法は新興国ならではのデータ特徴として、交通量—交通密度特性にある一定の境界の存在に着目し、この境界線をもとに観測データとの比較によって観測式を導入している。この手法ではこれまでの交通工学では検討できていなかった自由流と渋滞流の区分を明確に行うことで、ある一定の定量解析式として交通量を把握することを可能にした。

第4章では、第3章の結果を受け、渋滞を示すパラメータとして測定道路における平均車速と得られた交通特性から求められる自由速度との比を用いることで、有意差を表すことを証明している。また、複数の測定個所から得られた交通データを面的にとらえることで、新興国市街地における交通の状況を俯瞰することができ、地域の渋滞解析を行えることを示した。また、将来世界的に導入されるであろうWAVE技術は、その特長からリアルタイム性に交通特性の把握に応用できる可能性を示した。また、車速比の閾値が非圧縮性粘性流体の平行平板での流速モデルとのきわめて近似性が高い共通する値を取ることを発見した。

第5章では現在まだ概念として新しい”Fog computing”が今後のIoTにおける重要な役割を果たすと考えられることから、通信技術のネットワーク解析を行なうことで”Fog computing”におけるWAVEの位置付けと果たす役割を検証している。また、WAVE技術の応用拡大として国内地方都市の公共交通を例にとり、バス停への導入を考えると同時に防災システムへの環境モニタ応用としての実用性を考察した。この中では、近い将来発生する可能性の高い地震（南海トラフ地震）による津波対策として、人間の生活を守り質を高める（QoL）WAVE応用を検討した。ここではWAVEシステム同士の無線通信到達距離内にあるシステム数を考慮する空間カバー率の導入により地域環境モニタ範囲の程度を定量解析し、どこまでの範囲の通信によるモニタが可能かについて検証した。一方、バス停の位置などは地域性に左右されるため、場所によっては通信

別紙様式 2

範囲のカバーができない場合が想定される。このため、具体的地方都市の例をもとに解析するとともに、カバー率が不十分な場合の対応方法を示した。対策としては新たな施設にWAVE基地局の設置による通信基地局の増設になるが、やみくもな増設ではコストがかかり効果的ではないため、GISツールを活用することでビジュアル化による最適増設候補の選定と空間カバー率による定量評価を組み合わせた手法を確立した。これにより今後他の地域においても同様の手法を用いることで、自然災害への対応による生活の質向上（QoL：Quality of Life）へのWAVE活用の考察につなげた。

第6章は、WAVE技術の優位性を総合的にまとめ、今後の課題となる項目の整理を行なっている。

本論文の特長は、以下の3点があげられる。まず、先進国にて開発されてきたWAVE技術を用いることで、交通渋滞による深刻な状況にある振興国においても役立つ可能性として、車両状況をリアルタイムに把握できるいわゆるプローブ応用による有効性を、実際の交通流の解析を行う中で示している点にある。また長期間にわたるビッグデータ観測をもとに、交通理論との関連性で新興国の交通基本特性を導く手法を確立した。2つ目の特長は、具体的新興国の市街地の複数個所に設置した画像トラフィックカメラによる一定時間（5ヶ月）を経過した交通量の変化をとらえるとともに、交通渋滞の状況を求められた交通基本特性から走行車両の平均速度と自由速度との比により渋滞解析が可能であることを突き止め、今後の新興国への拡張性を示した。最後に、交通マネジメント問題から近年問題となりつつある自然災害（本例では南海トラフ地震による津波被害）時における環境センサーネットワークへの応用としてWAVE技術のIoT活用手法を確立し、これによりWAVEの地域センサー応用として有効性を示した。