

審査の結果の要旨

氏名 陳 全 俊

わが国でこそ長期的に減少傾向にあるものの、交通事故は依然として多くの死傷者を出しており、世界的にも非常に深刻な問題となっている。特に多くの開発途上国では、交通事故に関する詳細なデータが整備されていないことも多く、事故要因の分析や対策の検討・実施等が進まない大きな原因となっている。データが比較的整備されているわが国においてさえ、個別の事故データが地図にマッピングできるようになったのはこの数年のことであり、いくつかの県ではデータの整備が未だに十分ではない。

交通事故は、事故多発地点といわれるホットスポットが存在するばかりではなく、時間的には朝夕に多く特に死亡事故は夕方から夜にかけて多いなど、時間的・空間的に変動することが知られている。時空間パターンを分析するためには、交通事故データだけでなくさまざまな要因情報、たとえば交通量などについても時間的・空間的な分布データが必要になる。しかし、要因情報まで含めるとデータの欠損等は深刻である。たとえば、年間を通じて連続的に交通量が得られる地点は非常に限定されている。欠損等を前提にしてデータを解析し、交通事故の時空間分析等を行う必要がある。しかしよく利用される既存の時空間解析の方法、たとえばカーネル分析法などはデータの欠損があると利用できない。データの欠損に強い解析方法、また交通量等の代替データ等を利用して解析できる方法を開発する必要がある。本論文はこうした手法の開発を目標としている。

本論文は全7章からなっている。

第1章はイントロダクションであり、交通事故データの整備の現状・課題や ITS (Intelligent Transportation System)、データマイニング手法等の進展状況を整理し、研究目標を定めている。

第2章は既存研究のレビューであり、交通事故解析、アーバンコンピューティング、深層学習など関連研究論文を整理している。

第3章は交通事故データに関する予備的な解析であり、研究で使用する交通事故データを概観し、さまざまな要因データとの相関関係や事故発生の時空間パターンについて予備的解析を行っている。

第4章は、交通事故の時空間パターンを抽出するための Matrix factorization 法

を提案している。一般的な Matrix factorization 法は、データ欠損がある場合にもパターンの発見に有効であり、また非負制約をつけることで、交通事故件数のような非負変数にも対応できる。しかし、データの欠損が大きい場合にはやはり影響を受ける。そのため、交通事故件数と相関関係の高い要因データ、たとえば沿道施設密度等を「文脈」情報として Matrix factorization に同時に取り込むことで、「文脈データ」との時空間的な相関関係とも整合性の取れた交通事故の時空間パターンを抽出する文脈依存型 Matrix factorization 法を開発した。この方法を利用すれば、「文脈データ」との相関関係で補強された形で交通事故件数の推定・補完が可能になる。つまり要因情報さえ利用可能であれば交通事故データに大きな欠損があっても、交通事故件数の分布を推定できるなど優れた特性を有している。実データを利用した実証を通じて手法の有効性が示されている。

第5章は交通事故解析への深層学習の応用である。交通事故のメカニズムは非常に複雑・多様であり、要因解析には数多くの変数が適用される。一般的な回帰分析では多くの変数を同時に用いると回帰係数の推定が不安定になるなどの問題が生じるため、変数の絞り込みが必要となる。しかし時空間解析では要因データ等の次元が爆発的に大きくなることもあり一般的な回帰分析では十分対応できない。一方、深層学習には Auto Encoder と呼ばれる手法があり、超多次元の変数の組み合わせから有効な特徴量を自動的に抽出し、次元を大幅に減少させることが可能である。これまで Auto Encoder を交通事故のような社会現象の回帰分析に利用した研究はないが、本研究では Auto Encoder を利用して変数をより少数の特徴量ベクトルに集約したうえで、交通事故の空間解析を行った。まったく同じ変数を用いて一般的回帰分析 (Generalized Linear Model) により交通事故件数の推定を試みた結果と比較して、推定精度が向上することを示し、有効性を確認した。

第6章は大量の GPS データを利用した交通事故の時空間解析とリスク予測への応用である。ナビサービス等から得られるに大量の人の流動データ (クルマによる移動も含む) が時間的・空間的に稠密であることに着目して、時空間的にきわめて疎な交通量データの代替として利用し、深層学習を利用した交通事故の時空間解析を行った。GPS データは超多次元データであり、一般的な回帰分析等の適用は困難であるが、第5章で得られた成果を基に実現した。さらに時空間分析によって得られた交通事故モデルを利用して、交通事故件数 (リスク) の短時間予測に適用し、その予測精度をリードタイムの長さなどに応じて検証した。

第7章は結論であり、研究の成果と今後の課題をまとめている。

以上をまとめると、欠損のあるデータや非常に高次元データを利用することを前提

に交通事故の時空間分析手法を提案した研究は例がなく、本研究の成果は新規性が高い。また提案手法は交通事故に限らず、犯罪、不動産価格など時間的・空間的に変動する社会現象の分析等にも有効に利用できることから応用可能性も高いと言える。本論文は科学的、社会的有用性に富む独創的な研究成果であり、空間情報工学の発展に資する研究である。よって、本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認める。