HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Studies on Geospatial Mobility Analysis of Regions and Trajectories from Location Data [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	稲越, 宏弥
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(情報科学)
Dissertation Number	甲第14123号
Issue Date	2020-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/78405
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Hiroya_Inakoshi_review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称　博士 (情報科学)　　氏名　稲越 宏弥

審査担当者　主　査　教　授　有村 博紀
副　査　教　授　吉岡 真治
副　査　准教授　喜田 拓也

学位論文題名

Studies on Geospatial Mobility Analysis of Regions and Trajectories from Location Data
（位置データからの領域と軌跡に関わる地理空間移動分析の研究）

情報通信計測技術の飛躍的発展により, 人間の社会・産業活動に関する大量の時空間データの利用が可能になってきた. そのため, 交通問題や人口問題に代表される現代社会の諸問題の解決には, これらの時空間データの利活用が喫緊の課題となっている. 代表的な時空間計測技術の一つが, 人工衛星を用いた測位システム GPS であり, スマートフォンやカーナビ等のさまざまな移動端末に搭載され, 時刻と座標を刻々と計測可能である. もう一つが, 国家・民間・オープンソース団体等により日々管理更新され, 成長し続けているデジタル道路地図 DRM である.GPS データのような時空間データは, 個々のデータ点自体では単なる測位データであり, 有用な情報は得られない. しかし, 時空間データ処理技術を用いて時空間データを特定の興味や目的にしたがって集約し, 加工することで, 上記の社会問題の解決に役立つ情報を取り出すことができる.

本論文では, このような大規模時空間データから, 興味深い事象や特性等の有用な情報を取り出すことができる時空間データ処理技術を研究する. 具体的には, 与えられた人やモノと, それらに対するイベント発生から得られた GPS データの集合からイベント発生比等の目的関数を最適化する領域を発見するエリア発見問題と, 移動体から GPS によって得られた不正確で不完全な軌跡データに対して真のルートを推定するマップマッチング問題を考察する. 前者のエリア発見問題は, 都市・交通計画, 公衆衛生, 出店計画, 犯罪分析等のタスクに関して重要であり, 後者のマップマッチング問題は, ネットワーク上での交通分析タスクに関して, リアルタイムに情報を抽出可能な新しい解析手段を与えると期待される.

従来から, 地理情報分野や統計分野において, エリア発見に係わる研究が行われてきたが, これらの多くは, 行政区画等の固定された領域の族を用いて, スコアを最適化する領域を選択する方式が主流であった. これに対して, 最近, 幾何学的な図形の族やネットワークの連結部分構造の族を用いて, スコアを最適化する領域を選択する新しい方式が研究されている. しかし, 候補領域が単純な図形に制限されていることや, 複雑な領域の場合にデータへの過剰適応の問題が生じるなどの問題が報告されている. またマップマッチングにおいては, 人手でパラメータを与える従来の方式では, 不完全なデータに対する性能が低く, ノイズに弱いという問題がある.
そこで, 本論文では, 次の問題について研究し, 効率良いアルゴリズムを与える.

第 3 章では, 与えられた位置情報データ集合に対して, 相関ルールの確信度を極大化するエリアを発見するアルゴリズムを与える. GPS を搭載したデバイスからのデータは空間的な偏りが見られるため, 一様な散布を仮定した, 単調に接続された領域や, 矩形領域を探索するマイニングアルゴリ

ズムでは見落としがある. 提案アルゴリズムは, 一様な散布を仮定せず, 相関ルールの確信度を極大化する連結された領域を探索するので, 自由な形状で領域探索が可能である. さらに, 提案アルゴリズムは先行手法に対して高速であった.

第 4 章では, 空間バイアスが強いデータに対して, 期待応答値を最適化する領域を発見する新しい提案を行う. 提案手法は, 指数的に大きな仮説空間を探索し, 同時に過適合を回避するために, 仮説空間の全列挙を行わず, 極大領域に含まれることのないセルを除外することで探索を高速化する. さらに, 記述長を用いた正則化を導入して過適合を回避する. 実験では, 提案手法は GPS データが非一様・非等方的な確率分布に従う場合にも有効に機能し, 期待応答値を大幅に向上できた.

第 5 章では, 不完全データからのマップマッチング問題を, 確率モデルを用いた事後確率最大化の枠組みで定式化し, 与えられた GPS 軌跡データから尤もらしいルートを推定するための探索的アルゴリズムを提案し, 本来観測できない物体が通過したパスを推定する同時マップマッチングの枠組みを提案する. 提案手法では, 自動車が道路に沿って走行するときに, 観測された軌跡が出力される確率を与える軌跡データの生成モデルを仮定し, 軌跡データから, EM アルゴリズムを用いて, 不可観測なパスに相当する生成モデルの隠れたパラメタを推定する. この推定は, ある幾何グラフの探索アルゴリズムに還元される. 実験において, 提案手法は, GPS データのサンプリングノイズが大きいときも, 真のパスに近いマッチングされたルートを見つけた.

第 6 章では, これらの研究を総括し, 今後の研究の方向性を示す.

これを要するに、著者は、空間情報処理の問題において、領域やパスといった幾何学的対象に対する種々の正則化スコアの最適化手法を用いて, 与えられた大規模な GPS データから隠れた構造を抽出する効率良い手法を提案し、その有効性を理論的・実験的に示したものであり、大規模データ処理に関する情報科学において貢献するところ大なるものがある. よって著者は北海道大学博士 (情報科学) の学位を授与される資格あるものと認める.