

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 15 日現在

機関番号：13901

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2017

課題番号：15K12026

研究課題名(和文)大規模時空間情報の解析処理・可視化手法の提案とその実装

研究課題名(英文) Design and Implementation of Analysis and Visualization Method using Large-scale Spatial-temporal Data

研究代表者

河川 信夫 (Nobuo, Kawaguchi)

名古屋大学・工学研究科・教授

研究者番号：10273286

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：実社会の至るところで様々なデータが容易に取得可能になりつつある現在、特に時空間データの分析、活用を行う情報処理の必要性が高まっている。しかしながら、時空間情報は3次元空間+時間次元の4次元上にマッピングされる情報であるため、その扱いは容易ではない。本研究では、大規模な時空間情報を容易に扱うための新しい時空間情報解析処理手法を提案すると同時に、3次元アニメーションを用いた可視化や動的な統計処理などの自動実行による支援を行うための可視化基盤の構築を行った。

研究成果の概要(英文)：Currently, various data are becoming readily available and spatial-temporal analysis and utilization are required everywhere in the real world. However, since spatial-temporal information is mapped on three dimensional space + time dimension, there are some difficulty to analyze and utilize the spatial-temporal data. In this research, we proposed a new spatial-temporal information analysis method to handle large-scale data easily. Additionally, we developed a visualization system for supporting by automatic execution such as 3D animation visualization and dynamic statistical processing function.

研究分野：ユビキタスシステム

キーワード：データ可視化 IoT IoE ビッグデータ アナリティクス データ分析 アナリシス データサイエンス

1. 研究開始当初の背景

情報処理技術は、様々な実世界情報を扱うことを目的に発展してきた。音声信号処理や画像信号処理などは、人の耳や目を代替するための情報処理を実現している。さらに、近年では、大規模データベースを用い、その上で DNN(Deep Neural Network)などのディープラーニング技術を用い、高性能な認識を実現している。一方、近年の情報端末の高度化や位置取得技術の発達により、IoEの実現性が高まっており、獲得される情報には時刻と共に位置情報が付与され、その大規模な収集が可能になりつつある。様々な対象から得られる大規模な時空間情報は、実時間での情報処理を行う目や耳といった人の知覚とは異なり、実世界に対する新たな知見を生み出すことが期待される。しかし、このような情報が大量に得られることを前提にした情報処理手法はこれまで存在しておらず、ビッグデータを対象とした Map/Reduce といった処理でも不十分である。本研究では、実世界データを用いて得られた知見に基づき、新たな時空間情報処理手法を提案すると共に、可視化によって新しい気づきを生み出すことを目的とする。ビッグデータの可視化分析は、非常にホットな分野で、2014年1月にはMITでボストンのタクシー情報を用いた BigData Challenge が行われるなど、国際的にも注目されている。我々はいち早く大規模データを用いた可視化・解析処理を進めており、国際的にも先駆的な位置にいる。

2. 研究の目的

実世界の至るところで様々なデータが容易に取得可能になりつつある現在、特に時空間データの分析、活用を行う情報処理の必要性が高まっている。任意のデータには、その生成された時刻及び場所を付与することが可能であるため、すべてがインターネットにつながる IoE(Internet of Everything)の利用が普及すれば、時空間情報は大量に収集される。しかしながら、時空間情報は3次元空間+時間次元の4次元上にマッピングされる情報であるため、その扱いは容易ではない。本研究では、大規模な時空間情報を容易に扱うための新しい時空間情報解析処理手法を提案すると同時に、3次元アニメーションを用いた可視化や動的な統計処理などの自動実行による支援を行うための処理システムの構築を目指す。

我々は2012-2014年に「移動体データ銀行」に関する研究をNIS(西鉄情報システム)と実施し、5分毎に取得されたバス位置データやタクシーデータ、混雑度データの分析を行った。しかし、時空間データの情報処理を行う枠組みが十分に整備されていないため、当初は時刻毎に分析を行い、統計処理や可視化を行っていた。時刻毎分析では操作効率が悪いため、独自に開発した時空間処理専用の解析ソフトウェア(右図)の時空間データへの親

和性が高く、応用範囲が広いことに気づき、より一般化することを着想した。すでに複数の時空間データに適用し、高い有用性の感觸を得ている。

大規模時空間情報に対しては、情報処理の方法論が十分に確立していない。我々はすでに2つの方法論(1. 時間方向の圧縮・差分・重畳、2. 空間方向の統計分析の汎化)での有効性を確認している。これに加えて、時空間情報のマッチングや検索を行うための特徴量抽出や、人の知覚を最大限に生かした解析手法などの基礎的な方法論の確立を目指す。また、各手法を実際に実装し、様々なドメインの利用者に提供したいと考えている。これにより、様々な研究者に対し「実世界を高度に知覚」する環境を提供し、その有用性・有効性を明らかにする。

3. 研究の方法

本研究は、大規模な時空間情報に対し、その(1)解析処理、(2)可視化を目的としている。そこで、各項目について、同時並行的に研究を推進する。まず(1)解析処理においては、時空間情報の圧縮・重畳・差分の手法を検討する。また、時空間情報特有の特徴量抽出やマッチング手法についても検討する。(2)可視化においては、単純な時空間的可視化に加え、(1)で行った処理を適切に可視化する手法を検討する。さらに、インタラクティブな可視化手法と連動して、動的な統計分析手法についても検討を進める。「実世界知覚」を実現するためには、実データを用いた検証が重要である。我々は特定非営利活動法人位置情報サービス研究機構(Lisra)と連携をしており、Lisraには、実世界データを扱う多様な企業(40社)が参画している。これらの企業と連携して、実世界における大規模時空間情報処理の可能性を追求する。

初年度は、本研究の方向性を決めるための探索の年と位置付け、基礎的な情報処理を中心に、時空間情報処理の多様な可能性について検討する。具体的には以下の項目を実施する。次年度には、特徴量抽出などの高度な解析処理を検討すると同時に、Lisraと協力し、実世界データを対象とした実世界知覚の有効性を示すための対象を検討する。最終年度には、実世界における具体的な時空間情報を対象に、データ型の自動判断から、自動解析、そして、可視化手法の提案までの流れを構築し「実世界知覚」の有効性を確認する。具体的には以下の項目を実施する。

(1)解析処理:時空間情報の基礎的情報処理の探索を行う。

○時空間情報の圧縮:データサイズを小さくするだけでなく、処理速度を速めることを目的に、時空間情報の圧縮を検討する。時間方向の圧縮、空間方向(メッシュ)の圧縮などに加え、時空間の両方を利用した圧縮手法を検討する。具体的には、高精細動画の圧縮手法

(H. 264 等)を参考に、時間・空間方向の変化分による圧縮などを実データを対象に検討する。
○時空間情報の重畳：時空間情報には、時間を変えて重ねて解析しても良い性質があることがわかっている。具体的には異なる日の同じ時間、曜日、季節(時期)などが挙げられる。これは実世界が人の行動パターンに従い変化しているため、この性質を利用した解析技術を検討する。

○時空間情報の差分：重ねる解析と同様、時間方向や空間方向の差分の解析も同様に検討する。異なる日の同じ時間でどのように情報に差があるのか、といった分析は重要な知見を生み出す。

○データ型自動判断：日付や時刻、ID、位置(緯度・経度、X-Y座標)といった単純なデータ項目について、入力データや項目情報から自動的に判断し、解析可能性のある統計処理(件数、合計、最大、最少、平均、分散等)についても自動実行する手法を検討する。これにより、解析処理の基礎的な部分の省力化が可能になり、初心ユーザでも高度な分析が行えるようになる。

○時空間情報の特徴量抽出：人の知覚としての耳や目を代替するために音声認識や画像認識を行う場合、メル周波数ケプストラムやSIFT/SURFといった様々な特徴量を用いて機械学習や、パターンマッチング等を行う。実世界知覚としての時空間情報においても、これらに準ずる有用な特徴量を検討し、機械学習や、パターンマッチング等の実現を目指す。例えば移動経路のような時空間情報においては、速度や加速度、転回速度、カーブ半径など、様々な特徴量が考えられる。これに加えて、時空間情報に付与された情報(例:グリッド毎の混雑度、バスの乗降者数、タクシーの実車・空車割合、車の燃費やブレーキ on/off など)についても、その情報の種別によって、得られる特徴量は異なる。また、時間粒度や空間粒度を変化させるだけでも、特徴量の取得方法には変化が生じる。様々な情報を時空間という切り口で整理し、特徴量を検討することにより、実世界知覚としての認識技術や検索・パターンマッチング技術が実現できる。いわゆる交通量予測や渋滞予測といった予測も時空間情報を用いた実世界のモデル化の成果として実現できる。

○データ型の自動判断の高度化：最近では、オープンデータなどで多様な統計情報が公開されつつある。自治体などのエリアや住所などで表記されたデータであっても、エリアの空間との対応関係を示し、その取得された時期を付与すれば、時空間情報となる。このように基礎的なデータ型(自治体エリア、住所)の推定に基づき、座標やエリアを付与し、その上に複数の情報を組み合わせる時空間情報の生成手法の検討を行う。センシングデータで得られる生データだけでなく、様々な統計情報を、時間と空間を適切に合わせて重畳することにより、より高度な解析が可能となる

と同時に、新しい発見が期待できる。

○実世界時空間情報の入手と解析：様々な時空間情報に対応可能な情報処理の枠組みを構築するためには、多様な実データの存在が重要である。我々は、名古屋大学未来社会創造機構のCOI (Center of Innovation)にも参画しており、多様な実世界データの取得が期待できる。また、NPO 法人位置情報サービス研究機構(Lisra)では、40社の位置情報関係の民間企業と共に共同事業を実施できるため、これらの企業からの実世界データの提供を予定している。このように得られた実世界データに対し、解析、可視化を実施し、実世界知覚の有効性を確認する。

(2)可視化：基礎的な情報処理の可視化手法について検討する。

○3次元インタラクティブアニメーション基盤：時空間情報は、3次元アニメーションを用いて可視化することが直感的理解に有用であることが、経験上わかっている。そこで、様々な時空間情報を簡便に3次元アニメーションとして利用するための基盤の開発を進める。

○可視化プリミティブ探索：インフォグラフィックなどを参考に、時空間情報やその解析処理結果の様々な可視化手法を検討する。特に3次元アニメーションでの効果の有効性を確認する。また、時空間情報の種別や性質に適した可視化手法や、個別の対応関係を形式的に表現する。

○可視化手法の自動提案：データ型自動判断の結果に基づき、様々な可視化プリミティブとの対応関係に基づき適切な可視化手法を提案できる枠組みを構築する。

○3次元アニメーションの高度化：様々な時空間情報の3次元可視化において、アニメーションと、インタラクティブ性は重要な役割を果たす。特に情報可視化手法としてのアニメーションを活用し、データの特徴を動的に表現する方法を検討する。(例えば軌跡表示など)。また、インタラクティブな操作をマルチタッチで簡便に実施できる手法を導入し解析の効率を向上させる。

○データ登録から可視化までの自動化：データ登録からデータ型の自動判別、さらに自動的に可視化する、といった一連の流れを、可能な限りユーザの手間が無くても自動的に実行できる枠組みの構築を目指す。時空間情報を完全に自動的に可視化・解析処理まで実施することができれば、様々な分野で、本研究の成果が活用できることが期待できる。

以上、本研究計画により、3年間で国際的にも卓越した成果を挙げることが期待できる。

4. 研究成果

初年度は、本研究の方向性を決めるための探索の年と位置付け、基礎的な情報処理を中

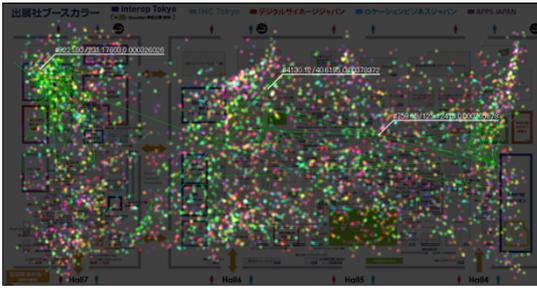


図 1. 人流データにおける時空間情報の重畳

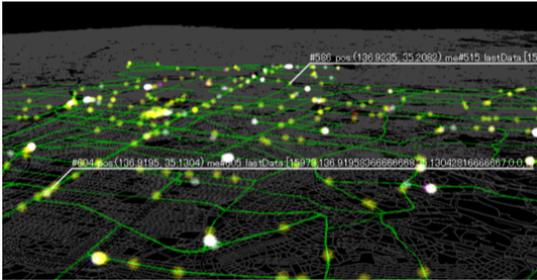


図 2. 3次元インタラクティブアニメーション基盤の表示例 (バスロケーションデータ)

心に、時空間情報処理の多様な可能性について検討した。具体的には以下の項目を実施した。特に解析処理:時空間情報の基礎的情報処理の探索を行った。

○時空間情報の重畳:時空間情報には、時間を変えて重ねて解析しても良い性質があることがわかっている。具体的には異なる日の同じ時間、曜日、季節(時期)などが挙げられる。これは実世界が人の行動パターンに従い変化しているため、この性質を利用した解析技術を検討した。具体的なデータを利用して可視化のバリエーションを検討した。○データ型自動判断:日付や時刻、ID、位置(緯度・経度、X-Y座標)といった単純なデータ項目について、入力データや項目情報から自動的に判断し、解析可能性のある統計処理(件数、合計、最大、最少、平均、分散等)についても自動実行する手法を検討する。これにより、解析処理の基礎的な部分の省力化が可能になり、初心ユーザでも高度な分析が行えるような手法の検討を行った。

2年目は、時空間情報への情報付与の手法について検討を行った。特に○3次元インタラクティブアニメーション基盤の高度化を行い、時間方向の速度変化を複数の段階で行える手法を実現した。また、○可視化手法のプリミティブの検討を行い、高さ方向や色で情報を付与する手法や、経路情報を軌跡として可視化する手法を実現した。また、○データ型の自動判断についても、統計的な自動実行のための基礎的な検討を行った。

最終年度は実世界における具体的な時空間



図 3-1. 人流データの特徴を考慮した

時間重畳例 1

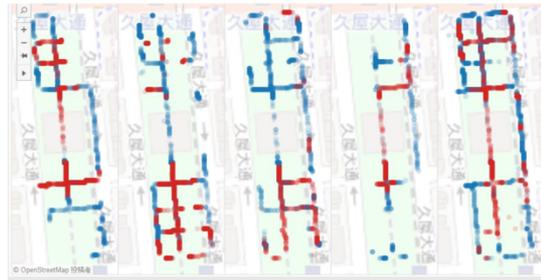


図 3-2. 人流データの特徴を考慮した

時間重畳例 2

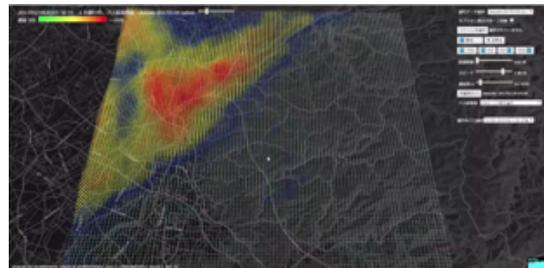


図 4. 3次元インタラクティブ

アニメーション基盤の高度化

情報を対象に、データ型の自動判断から、自動解析、そして、可視化手法の提案までの流れを構築し「実世界知覚」の有効性について検討を行った。特に○様々な時空間情報に対応可能な情報処理の枠組みを構築するため、名古屋大学未来社会創造機構、NPO 法人位置情報サービス研究機構(Lisra)などを通じて得られた実世界データに対し、解析、可視化を実施し、実世界知覚の有効性を確認した。また、○様々な時空間情報の3次元可視化において、情報可視化手法としてのアニメーションを活用し、データの特徴を動的に表現する方法を検討した。○データ登録からデータ型の自動判別、さらに自動的に可視化する、といった一連の流れを、可能な限りユーザの手間が無くても自動的に実行できる枠組みの構築を行なった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 5 件)

①梶克彦、河口信夫、安定センシング区間検出に基づく 3 次元歩行軌跡推定手法、情報処理学会論文誌、査読有、57 巻 No.1、2016、pp.12-24

② Nobuo Kawaguchi, Nobuhiko Nishio, Daniel Roggen, Sozo Inoue, Susanna Pirttikangas, International workshop on human activity sensing corpus and its application (HASCA2015), UbiComp/ISWC'15 Adjunct: Adjunct Proceedings of the 2015 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing, 査読有, 2015, pp.1399-1403, <http://dx.doi.org/10.1145/2800835.2801621>

③Chihiro Takeshima, Katsuhiko Kaji, Kei Hiroi, Nobuo Kawaguchi, Takeshi Kamiyama, Ken Ohta, Hiroshi Inamura, A Pedestrian Passage Detection Method by using Spinning Magnets on Corridors, UbiComp/ISWC'15 Adjunct: Adjunct Proceedings of the 2015 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing, 査読有, 2015, pp.411-414, <http://dx.doi.org/10.1145/2800835.2800940>

④Weimin Wang, Kenji Yamakawa, Kei Hiroi, Katsuhiko Kaji, Nobuo Kawaguchi, Velobug: a mobile system for 3D indoor mapping, UbiComp/ISWC'15 Adjunct: Adjunct Proceedings of the 2015 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing, 査読有, 2015, pp.337-340, <http://dx.doi.org/10.1145/2800835.2800878>

⑤Hirokazu Iida, Kei Hiroi, Katsuhiko Kaji, Nobuo Kawaguchi, A Proposal of IndoorGML Extended Data Model for Pedestrian-Oriented Voice Navigation System, Proceedings of the Seventh ACM SIGSPATIAL International Workshop on Indoor Spatial Awareness (ISA'15), 査読有, 2015, Article2, <http://dx.doi.org/10.1145/2800835.2800940>

[学会発表] (計 5 件)

①浦野健太、廣井慧、河口信夫、IoT 位置トラッキングシステムの構築を目的とした実環境におけるタンデム BLE スキャナの受信性能評価、情報処理学会第 79 回全国大会、2017 年 3 月 16 日～18 日発表、名古屋大学

②岡田一晃、廣井慧、河口信夫、BLE スタンプラリーの展示観覧行動への効果に関する研究、情報処理学会第 79 回全国大会、2017 年 3 月 16 日～18 日発表、名古屋大学

③Nobuo Kawaguchi, Kei Hiroi, Atsushi Shionozaki, Toshimine Nasu, Yu Hashimoto, Takeharu Nakamura, Tetsuya Gotou, Shinsuke Ando, WiFi Human Behavior Analysis and BLE Tag Localization: A Case Study at an Underground Shopping Mall, Mobiquitous2016 (国際学会), 2016 年 11 月 28 日～12 月 1 日発表, Hiroshima, Japan

④Kenta Urano, Kei Hiroi, Katsuhiko Kaji, Nobuo Kawaguchi, A Location Estimation Method using BLE Tags Distributed Among Participants of a Large-Scale Exhibition, International Workshop On Mobile Ubiquitous Systems, Infrastructures, Communications, And Applications (MUSICAL 2016) (国際学会), 2016 年 11 月 28 日～12 月 1 日発表, Hiroshima, Japan

⑤ Kei Hiroi, Yoichi Shinoda, Nobuo Kawaguchi, A Better Positioning with BLE Tag by RSSI Compensation through Crowd Density Estimation, Fourth International Workshop on Human Activity Sensing Corpus and Application: Towards Open-Ended Context Awareness (HASCA2016) (国際学会), 2016 年 9 月 13 日発表, Germany

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

河口信夫 (KAWASUCHI, Nobuo)
名古屋大学・工学研究科・教授
研究者番号: 10273286

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし

(4) 研究協力者

特定非営利活動法人位置情報サービス研究機構 (Lisra)