

平成 30 年 6 月 19 日現在

機関番号：23803

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K00311

研究課題名(和文) 回遊者行動履歴データの学習による将来予測モデルの構築

研究課題名(英文) Establishment of a Prediction Model by Studying Ramblers' Behavioral History

研究代表者

湯瀬 裕昭 (Yuze, Hiroaki)

静岡県立大学・経営情報学部・教授

研究者番号：30240162

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、観光等での回遊者の将来行動を妥当な精度で予測可能にする回遊行動モデルの確立と、その有効性の実証評価である。本研究では、道路網に関する分析、観光客のアンケート調査結果の分析、回遊中心性の拡張した最適な寄り道スポットを抽出する手法を提案と評価、確率付き集合回遊中心性に基づく重要観光スポットを抽出の並列計算手法の開発、回遊行動を測定するアプリなどを開発した。回遊行動データを使って、集合媒介中心性と集合回遊中心性の評価と拡張を行い、実行動の中心性との適合率を高めた。また、観光防災用デジタルサイネージなどの研究も行った。応用まで含めた幅広い研究を実施し、有益な研究成果を得ることができた。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to establish a ramblers' behavioral model that enables an adequately accurate prediction of future behaviors of ramblers (tourists) during sightseeing tours, etc. and to verify the model's effectiveness. The study analyzed road networks and tourists' questionnaire survey results, proposed and evaluated the method to extract optimal tourist spots by expanding the rambling centrality, developed a parallel computing method to extract important tourist spots (with probability) based on the set rambling centrality, and developed an app to measure rambling behaviors. Then, using the rambling behavior data, it evaluated and expanded the set betweenness centrality and set rambling centrality to increase the matching rate with the centrality of actual behaviors. Furthermore, it examined digital disaster signages for tourists. Through a wide range of coverage, including applications, the study successfully acquired useful results.

研究分野：情報教育, 防災情報システム

キーワード：回遊行動モデル 媒介中心性 回遊中心性 実証評価 観光

1. 研究開始当初の背景

本研究では、観光スポット巡り、街の食べ歩き等をする回遊者に焦点を絞り、人の行動パターンに関する基本確率モデルを採用して、回遊者の将来行動を妥当な精度で予測可能にする回遊行動モデルの確立と、その有効性の実証評価を基礎課題とした。

Levy flights と呼ばれる乱歩モデル等を土台にした基本行動モデル(D. Brockmann, L. Hufnagel, T. Geisel, "The scaling laws of human travel," *Nature*, 2006)を採用し、より精緻に観測データが説明できるように、例えば、preferential return と呼ぶ仕組みを導入したモデル(C. Song, T. Koren, P. Wang, A.-L. Barabasi, "Modelling the scaling properties of human mobility," *Nature Physics* 6:818-823, 2010)のように、拡張した回遊行動モデルを構築して実証的に評価することが考えられる。

上述した Song らのような既存研究では、モデルの解析的性質からパラメータ推定するアプローチを採用するが、本研究では、観測データに基づく最尤推定を土台として、EM(Expectation-Maximization)アルゴリズム等を利用し、パラメータを推定することを考えた。これにより、ある程度まで多様な複数パラメータをモデルに導入可能になる。具体的には、モデルに対し、観光スポットの評判や人気度を始めとし、各スポットのジャンル等属性のそれぞれに対しパラメータを導入することで、拡張したモデルを構築することが考えられる。

モデル妥当性の基本評価尺度には、回遊者の将来行動予測性能を採用し、優れたモデルを探求することを考えた。さらに、確率モデルの混合分布に基づくクラスタリングにより、基本行動モデルの観点での回遊者群の類型化も考えられる。このように拡張したモデルを利用すれば、類型化された回遊者の行動ニーズ等に即して、有用かつ便利な観光情報推薦の実現とともに、観光コース作成支援や観光サービスの高度化への貢献も大いに期待できる。

このような応用面の関連研究としては、協調フィルタリング等に代表される汎用的な情報推薦技術(P.B. Kantor, L. Rokach, F. Ricci, B. Shapira, "Recommender systems handbook," Springer, 2011)とともに、オリエンテーリング問題と呼ばれ、離散最適化問題として定式化される観光コース作成支援技術(P. Vansteenwegen, W. Souffriau, D.V. Oudheusden, "The orienteering problem: A survey," *European Journal of Operational Research* 209:1-10, 2011)や、国内でのサービス工学の視点からの観光情報学研究(原, "サービス工学と観光情報 旅行者を起点とした観光サービスのデザインを目指して," *システム/制御/情報* 57:9-14, 2013)等が挙げられる。しかしながら、これら既存研究において、回遊者の基本特性を反映させた行動モ

デルに関する視点は無く、本モデリング研究により、回遊者の将来行動予測等が妥当な精度で実現できれば、これら応用サービスの質レベルの向上とともに、本研究で確立するモデル解析により、回遊行動の基本原理に関する新たな知見の獲得も期待される。しかるに、これら既存の情報推薦、観光コース最適化、およびサービス工学等で開発された優れた技術や知見については、本研究にも積極的に取り込んで利用し、新たな融合研究パラダイムの確立も目指すことを考えた。

本研究の全体構想については、長年に亘り防災情報システムや歩行支援システムに関する研究開発(例えば、越後、湯瀬、干川、沢野、高畑、柴田, "大規模分散環境におけるロバストネスを考慮した広域災害情報共有システム", *情報処理学会論文誌*, 48(7): 2340-2350, 2007; 湯瀬、石川、青山、亀田、青木、村山、蔵田、興梠、石川, "画像・GPS等のセンサ統合による屋内外視覚障害者歩行支援システムの評価", *マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOMO2011)シンポジウム*, 1080-1083, 2011)を進めてきた研究代表者は、後述する要素技術を研究してきた研究分担者らと連携し、観光学の視点からの知見(A. Okubo, "Historical analysis of the Fujisan climbers: From worship ascents to recreational climbing," *Bulletin of Faculty of Business Administration Tokoha University* 1(1): 17-22, 2014.)を有する研究分担者も加え、回遊行動モデルを構築する本研究の着想に至った。

社会ネットワークの重要人物(ノード)抽出では、媒介中心性と呼ばれる概念(S. Wasserman, K. Faust, "Social network analysis: Methods and applications," Cambridge University Press, 1994.)の有用性が広く知られている。この概念を土台に、後述する実証実験等を通して、本研究参加者らは、道路網上での情報発信施設の配置法(例えば、伏見、斉藤、武藤、池田、風間, "道路ネットワークに対する実距離を用いた中心性指標の提案と応用," *ネットワークが創発する知能研究会*, 2014.)等の要素技術の研究を進めている。ただし、媒介中心性での回遊行動モデルは、一様ランダムに選択する2つのスポット間の移動に限定される。すなわち、有用かつ適切な施設配置を実現するには、より妥当で現実に近い回遊行動モデルの構築が重要となり、この点も本研究の着想に至った一つの経緯である。

2. 研究の目的

本研究は、観光等での回遊者の将来行動を妥当な精度で予測可能な回遊行動モデルの確立と、その有効性の実証評価を基本課題とする。本研究の特色は、統計的機械学習アプローチにより、観光イベント等での実証実験で収集する行動履歴データから、観光スポット間の距離や人気等を組込んで拡張する回

遊行動モデルのパラメータを推定するとともに、このモデルに基づく回遊者群の類型化を試み、さらに、回遊行動の基本原則に関する新たな知見獲得も目指す点となる。拡張回遊行動モデルを確立することで、観光情報推薦、観光コース最適化、およびサービス工学を始めとした観光応用等への貢献を実現する。

3. 研究の方法

本研究では、観光等での回遊者の将来行動を妥当な精度で予測可能にする回遊行動モデルの確立と、その有効性の実証評価を基礎課題としているため、2つの基礎課題を研究の中心に据え、研究を実施する。また、基礎課題の研究成果の応用についても考慮し、波及した研究内容についても研究を実施する。

そのため、回遊行動の研究の前提となる道路網の分析に関する技術についての研究を行う。アンケート調査などにより観光客の実際の回遊行動を把握する。回遊中心性に実際の回遊者の行動データを組み込んで拡張を行い、最適な寄り道スポットを抽出する手法を提案し、その妥当性を評価する。また、確率付き集合回遊中心性に基づく重要観光スポットを抽出するための並列計算の手法を開発する。ユーザの回遊行動を、スマートフォンなどを使って測定する技術を開発する。新たに得られた実際の観光客の回遊行動データを使って、集合媒介中心性と集合回遊中心性の評価を行い、それらの拡張を行い、観光客の実行動における中心性との適合率を高めていく。基礎的な研究だけでなく、研究の応用も見据えて、観光用デジタルサイネージなどの回遊行動の応用に関する研究も行う。

4. 研究成果

本研究の目的は、1)観光等での回遊者の将来行動を妥当な精度で予測可能にする回遊行動モデルの確立、2)回遊行動モデルの有効性の実証評価である。それぞれの研究目的を研究の基礎課題として行った研究成果を、年度ごとに報告する。

(1)平成 27 年度の研究成果

1)については、回遊行動モデルの構築に先立ち、寄り道する際の容易さを示す度合である回遊中心性に実際の回遊者の行動データを組み込んで拡張を行い、最適な寄り道スポットを抽出する手法を提案し、その妥当性の評価を行った。さらに、確率付き集合回遊中心性に基づく重要観光スポットを抽出するための並列計算の手法も開発した。また、回遊中心性の応用可能性を探るため、防災分野での活用についても検討を行った。そして、回遊行動モデルとして、観測されたデータを基にユーザの観光行動を確率モデル化することを試み、観光スポットの人気度を導入した Levy flight 行動過程に基づいた確率モ

デルと、観測されたユーザ行動データからモデルのパラメータを推定する効率的な学習アルゴリズムを提案し、レビューサイトのデータセットから生成したユーザ行動データを用いた実験によりそれらの評価を行った。

2)については、回遊行動モデルの有効性の評価に必要な技術を確立するために、道路網の分析に関する技術やユーザの回遊行動を測定する技術の開発を行った。まずは、オープンストリートマップサイトから各都道府県道路網のネットワークを抽出し、各地域の道路網のネットワークとしての類似度構造を分析する技術を開発した。さらに、スマートフォンのアプリケーションを使ってユーザの回遊行動を測定する技術の開発も行った。観光等における回遊行動の計測を美術館の屋内において試み、小規模な範囲における回遊行動の計測とそのデータの分析を行い、実証評価に向けた基礎的な技術を蓄積することができた。

(2)平成 28 年度の研究成果

1)については、2015 年度に行った静岡県内の観光客に対しての Web アンケートによって収集した観光スポット遷移データをもとに観光客の行動パターンを機械学習させた回遊行動モデルから、Web アンケートの異常回答を検知する手法について検討し、その検知性能の評価を行った。また、集合媒介中心性の計算を、GPU を使って高速化する手法について検討を行い、静岡県の道路ネットワークに適用したところ、従来手法より高速化を図ることができた。さらに、回遊行動の基礎となる道路網データについて、オープンストリートマップから抽出したデータを用いて、その特徴について分析や類型化を試みた。

2)については、Web アンケートと GPS アプリによる観光行動調査システムの開発を継続し、観光客の回遊行動データの収集を行った。また、2015 年度に行った静岡県内の観光客に対しての Web アンケートデータや GPS アプリを使って得た観光客の移動ログデータを使用し、媒介中心性を拡張した集合媒介中心性と集合回遊中心性の評価を行った。GPS アプリで得た移動ログデータを使い、実行動における中心性を求め、2つの中心性と比較した結果、ノード間の重みとして距離と所要時間を組み合わせて使用することにより、実行動における中心性との適合率を高めることができた。

さらに、基礎課題の応用を視野に入れ、観光・防災対応デジタルサイネージシステムに関する研究も行った。

(3)平成 29 年度の研究成果

1)については、プローブパーソン調査によって収集したデータから得られた実行動における中心性と集合媒介中心性によって抽出された交差点を、伊豆半島だけではなく静岡市も対象に加えて比較・評価を行った。伊

豆半島のように回遊者の出入りする場所を予測しやすい地形だけではなく、静岡市のような通過型の地形においても、重みを考量した集合媒介中心性の方が実際のユーザの回遊行動に近づくことが確認できた。そこで、集合媒介中心性を交差点の選択確率などを考慮した確率集合媒介中心性に拡張し、各リンクの重みとして距離と移動時間のみならず、近隣観光スポットの人気度を考慮することにより、プローブパーソン調査で収集した回遊行動データとの一致度を高めることができた。

2)については、スマートデバイス向けのWeb アンケートを用いた観光行動調査システムの改良を行い、改良システムを用いて観光客の回遊行動データなどの収集を行った。システムを改良することにより、明らかに異常と思われる回答については抑止効果が得られ、収集した回遊行動データの精度を高めることができた。また、伊豆の河津桜まつり来訪者に実施したアンケートのデータ分析を行い、来訪者の訪問先を含めた観光行動を明らかにした。

基礎課題の応用を視野に入れた関連研究については、観光・防災対応デジタルサイネージへの投稿記事の判別手法に関する研究を行い、判別率の向上をはかることができた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

1. Akane Okubo, Yuki Higuchi, Kazuhiro Takeyasu, "Hypothesis Testing for the Questionnaire Investigation on Tourists' Behavior", "International Business Research", Vol.10, No.12, pp.68-79, 2017.

〔学会発表〕(計 26 件)

1. アリフ マウラナ, 齊藤和巳, 池田哲夫, 渡邊貴之, 湯瀬裕昭, "混合パターンに基づくネットワークの類似構造分析", "第12回ネットワーク生態学シンポジウム (Neteco2015)", Aug. 2015.
2. 岩崎一輝, 鈴木優伽, 齊藤和巳, 風間一洋, "ユーザ行動データによる回遊中心性の拡張", "第14回情報科学技術フォーラム (FIT2015)", Sep. 2015.
3. 長島弘志, 湯瀬裕昭, 渡邊貴之, "地域商店群を対象としたO2Oアプリケーションの開発", "第14回情報科学技術フォーラム (FIT2015)", Sep. 2015.
4. 湯瀬裕昭, 齊藤和巳, 池田哲夫, 武藤伸明, 渡邊貴之, 大久保誠也, "オープンストリートマップからの回遊中心性による抽出地点の防災の観点からの評価", "日本災害情報学会第17回研究発表大会", Oct. 2015.
5. 山岸祐己, 齊藤和巳, "ユーザ行動モデルに基づくスポット間確率ネットワークの

構築", "第162回データベースシステム研究発表会 (SIG-DBS)", Nov. 2015.

6. 大石真生, 湯瀬裕昭, 齊藤和巳, 渡邊貴之, "確率付き集合回遊中心性に基づく重要観光スポットの並列計算", "情報処理学会第78回全国大会", Mar. 2016.
7. 松永菜摘, 村松真帆, 渡邊貴之, 泰井良, "美術館におけるスマートフォン館内ガイドシステムを用いた鑑賞行動分析", "情報処理学会第78回全国大会", Mar. 2016.
8. Maulana ARIEF, Kazumi SAITO, Tetsuo IKEDA, Hiroaki YUZE, Takayuki WATANABE, Seiya OKUBO, Nobuaki MUTO, "Characterizing Similarity Structure of Spatial Networks Based on Degree Mixing Patterns (Extended abstract)", "情報処理学会第78回全国大会", Mar. 2016.
9. Arief Maulana, Kazumi Saito, Tetsuo Ikeda, Hiroaki Yuze, Takayuki Watanabe, Seiya Okubo, Nobuaki Muto, "Characterizing Similarity Structure of Spatial Networks Based on Degree Mixing Patterns", "The 30th IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA-2016)", Mar. 2016.
10. アリフ・マウラナ, 齊藤和巳, 池田哲夫, 湯瀬裕昭, 渡邊貴之, 大久保誠也, 武藤伸明, "次数混合パターンに基づく世界42都市道路網の類似構造分析", "2016年度人工知能学会全国大会", Jun. 2016.
11. 長島弘志, 渡邊貴之, 湯瀬裕昭, 大久保あかね, 鈴木大介, 木村ともえ, "WebアンケートとGPSアプリによる観光行動調査システムの構築とその応用", "第13回観光情報学会全国大会", Jul. 2016.
12. Arief Maulana, Kazumi Saito, Tetsuo Ikeda, Hiroaki Yuze, "Characterizing spatial networks based on degree mixing patterns and inter-node link distance distributions", "第13回ネットワーク生態学シンポジウム", Aug. 2016.
13. 大石真生, 鈴木優伽, 齊藤和巳, 渡邊貴之, "アンケート調査による観光スポット遷移データからの異常回答検知", "第13回ネットワーク生態学シンポジウム", Jul. 2016.
14. アリフ・マウラナ, 齊藤和巳, 池田哲夫, 湯瀬裕昭, "ノード間距離に基づく空間ネットワークの統計分析法", "第15回情報科学技術フォーラム", Sep. 2016.
15. 大石真生, 渡邊貴之, "GPUによる看板配置問題の効率的並列計算", "第15回情報科学技術フォーラム", Sep. 2016.
16. 大石真生, 齊藤和巳, 渡邊貴之, "観光リソース適切配置のためのプローブパーソンデータを用いた媒介中心性の評価", "第3回とうかい観光情報学研究会", Feb. 2017.

17. 長島悠貴, 工藤直哉, 湯瀬裕昭, 渡邊貴之, 伊藤裕二, 小坂弘史, "観光防災対応デジタルサイネージシステムの開発," 第3回とうかい観光情報学研究会, Feb. 2017.
18. Arief MAULANA, Kazumi SAITO, Tetsuo IKEDA, Hiroaki YUZE, "Characterizing Areas of Spatial Networks Based on Mixing Patterns," DEIM2017 第9回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム, Mar. 2017.
19. Arief MAULANA, Kazumi SAITO, Tetsuo IKEDA, Hiroaki YUZE, "Characterizing Areas on Road Networks by Distances from Facilities," 情報処理学会第79回全国大会, Mar. 2017.
20. 大石真生, 齋藤和巳, 渡邊貴之, "観光行動分析のためのプローブパーソンデータを用いた中心性指標の評価," 情報処理学会第79回全国大会, Mar. 2017.
21. 大石真生, 渡邊貴之, "静岡県を対象とした観光リソース適切配置のための集合媒介中心性の評価," 第14回観光情報学会全国大会, Jul. 2017.
22. 渡邊貴之, 長島弘志, 大石真生, 湯瀬裕昭, 武藤伸明, 大久保あかね, 木村ともえ, "観光行動分析のためのWebアンケートシステム," 第14回観光情報学会全国大会, Jul. 2017.
23. 長島悠貴, 湯瀬裕昭, 渡邊貴之, 伊藤裕二, 小坂弘史, "デジタルサイネージにおける投稿判別手法の比較," 第14回観光情報学会全国大会, Jul. 2017.
24. Akane Okubo, Kazuhiro Takeyasu, "An Analysis of the Questionnaire Investigation on Tourists' Behavior," 18th International Symposium on Advanced Intelligent Systems, Oct. 2017.
25. 大石真生, 齋藤和巳, 渡邊貴之, "確率集合媒介中心性の提案と評価," 第4回とうかい観光情報学研究会, Feb. 2018.
26. 長島悠貴, 湯瀬裕昭, 渡邊貴之, 伊藤裕二, 小坂弘史, "SNS連動型サイネージにおける文書間距離を用いた記事掲載自動判定機構," 情報処理学会第80回全国大会, Mar. 2018.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

湯瀬 裕昭 (YUZE Hiroaki)
 静岡県立大学・経営情報学部 69・教授
 研究者番号: 30240162

(2) 研究分担者

武藤 伸明 (MUTO Nobuaki)
 静岡県立大学・経営情報学部・教授
 研究者番号: 40275102

川原田 茜 (KAWAHARAD Akane)

京都教育大学・教育学部・講師
 研究者番号: 70710953

齋藤 和巳 (SAITO Kazumi)
 静岡県立大学・経営情報学部・教授
 研究者番号: 80379544

大久保 あかね (OKUBO Akane)
 日本大学短期大学部・教授
 研究者番号: 80434538

渡邊 貴之 (WATANABE Takayuki)
 静岡県立大学・経営情報学部・准教授
 研究者番号: 90326124

井本 智明 (IMOTO Tomoaki)
 静岡県立大学・経営情報学部・助教
 研究者番号: 20749296

池田 哲夫 (IKEDA Tetsuo)
 静岡県立大学・経営情報学部・教授
 研究者番号: 60363727