

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 16 日現在

機関番号：14301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24650055

研究課題名(和文) 全体最適化に基づいた説得による観光客の誘導方式

研究課題名(英文) A recommendation method for persuading tourists into visiting better sightseeing spots based on a universal optimization

研究代表者

美濃 導彦 (Minoh, Michihiko)

京都大学・学術情報メディアセンター・教授

研究者番号：70166099

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円、(間接経費) 870,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、ある程度広い観光地に様々な観光スポットがあることを想定し、観光情報基盤が、実時間で得られる観光者の情報と観光者の行動モデルに基づき、観光地全体の状況を把握して、個々の観光者に、個人の嗜好・時間・場所だけでなく観光地全体の状況に応じた最適な観光スポットを提示する方法を研究した。観光地シミュレータを構築し、提案手法により、観光地を訪れた観光者の満足度を全体最適化のもとに向上できることをシミュレーションにより検証した。

研究成果の概要(英文)：In this research, we propose a method for recommending suitable sightseeing spots for each tourist based not only on his/her leaning but also the whole situation of overall sightseeing area. For that purpose, we construct tourist models for visiting sightseeing spots using a large amount of transition history of tourists and predict the transition of them between the sightseeing spots. Furthermore, we construct a sightseeing area simulator which can simulate the spot transition of tourists. Using the simulator, we confirm the validity of our recommendation method which can enhance the sum of each tourist's satisfaction based on the universal optimization of sightseeing area.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・メディア情報学・データベース

キーワード：観光情報学 シミュレーション工学 ビッグデータ 観光支援 行動モデル 情報推薦 GPSデータ カ
ーナビデータ

1. 研究開始当初の背景

観光は、Web などにある静的な情報をもとに計画されるが、観光地の状況は毎日変化しているため、計画通りには進まない。観光行動とは、ある程度の筋書きのもとに観光地の状況に応じてダイナミックに変化する行動である。観光行動の支援を目指した研究としては、協調フィルタリングを用いて観光者に対して観光スポットを推薦するものがある。この方法では、観光スポットとそれに対する観光者による評価の組がデータとして大量に与えられる。推薦時には、推薦対象となる観光者と類似した観光者のデータを参照し、推薦する観光スポットを定めていた。このような従来の手法では、個々の観光者の嗜好や状況は考慮していたが、観光地全体の実時間状況は考慮していなかった。そのため、推薦した観光スポットが混雑していたり、推薦により観光スポットの混雑が発生することを避けられなかった。

2. 研究の目的

本研究では、ある程度広い観光地に様々な観光スポットがあることを想定し、観光地全体の状況を把握した観光情報基盤が、個々の観光者に、個人の嗜好・時間・場所だけでなく観光地全体の状況に応じた最適な観光スポットを提示する方法、および、個々の観光者が、提示された情報に従って行動を起こすように情報を提示する方法を研究する。これにより、ある日時に観光地を訪れたすべての観光者の満足度を全体最適化のもとに向上させる。

独立して動く個人を全体として最適化する問題は、様々な状況において存在する。意思決定は個人個人に委ねられているが、決定にあたって十分な情報を与えられているとは限らないし、与えられたとしても合理的な判断をするとは限らない。例えば、大規模なイベントや災害、年末年始やお盆の帰省ラッシュ時における人間行動がこのような場面に当てはまる。このような場面において、実時間情報に基づく推薦とそれによる情報推薦を基盤情報システムが提案することができれば、個人の満足度向上と社会的なコストの低減、最適化を同時に達成することができ、情報提供と同時に情報の受け手を望ましい方向に誘導する社会情報基盤システムの基本原理として、社会の様々な場面で利用できるものとなる。

3. 研究の方法

観光者に携帯端末を貸し出して行動履歴（訪れた観光スポットと滞在時間、移動経路）などの客観的なデータと、アンケート調査から得られる主観的な情報を収集する。またカーナビデータ等、観光地内での観光者の移動傾向が分かるデータの提供を受ける。これらの情報を元に、個人がどのような情報に基づいて行動しているのか、その判断基準は

何かなど、個人の行動に影響を与える情報やその仕組みを観光行動モデルとして構築する。

観光地全体の最適化は、シミュレーションで検討を行う。観光地全体のシミュレータを作成し、そこに観光行動モデルに基づくエージェントを配置する。各エージェントは、観光行動モデルに基づいてそれぞれ行動するが、システムからの観光スポット推薦に基づき行動を変化させる場合もある。このようなシミュレーションを通じて、全体最適化の実現可能性、個人の説得の可能性を検討する。

4. 研究成果

①H24年度は、「徒歩による観光行動データの解析」「自家用車による観光行動データの解析」「実時間観光情報収集システムの開発」を行った。

(1) 「徒歩による観光行動データの解析」では、2008年に京都で行われた外国人ビジター調査で得られた500件あまりのデータを元に、観光スポットへの訪問者数、観光スポットでの滞在時間、観光スポットで撮影した写真枚数、観光スポットの満足度の関係を解析した。その結果、滞在時間よりも撮影した写真枚数の方が、個人が感じる観光スポットの満足度とより相関が高いことが分かった。このことから、例えば各観光者が各観光スポットで撮影した写真の情報を得られれば、その観光者の嗜好が分かり、情報推薦に役立てられると考えられる。

(2) 「自家用車による観光行動データの解析」では、2011年に京都市に滞在した車での観光者から得られた66000件余りのカーナビデータから、観光行動モデルを構築した。

カーナビデータには、車の停車位置の情報や観光スポットの検索データ(POI)が含まれているが、全ての停車位置とPOIデータが対応付けられているわけではない。そこで、停車位置情報をクラスタリングすることで停車エリアを求め、同一の停車エリアに含まれる停車位置でPOIを共有することで、停車エリアとPOIを関連付けた。クラスタリングには、Mean-Shift法を用いた。

次に、Webから得られる観光スポットの情報に基づいて停車エリア間の類似度を設定した。具体的には、停車エリアに対応するPOI名称をクエリとしたWeb検索を行い、検索結果の上位100件のWebページを得る。得られた各Webページを文書とみなし、形態素解析により単語を取得する。この単語に対して、TF-IDF法により重み付けをして、POIの特徴ベクトルを求める。停車エリアには複数のPOIが関連付けられているので、その割合に応じた重み付けをしたPOI特徴ベクトルの荷重和を停車エリア特徴ベクトルとする。この停車エリア特徴ベクトルのコサイン類似度を停車エリア間類似度とした。

得られた停車エリア間類似度を用いて、観光行動をモデル化した。停車エリア間の遷移しやすさは、カーナビデータから得られる停車エリア間の遷移の一次マルコフ統計情報（現在の停車エリアにいる時の次の停車エリアの発生確率）から計算できるが、多数の停車エリアが存在しているため、停車エリアによってはデータ数が少なく、この統計量が意味のある値にならないというスパース問題が生じる。これに対して、「類似した停車エリアからは、同じ停車エリアに遷移しやすい」という特性を導入することで対処した。具体的には、スパース問題に対処するために自然言語処理の分野で利用されている Distance Weighted Averaging (DWA) を停車エリア間類似度に適用して平滑化を行った。この際、利用するデータの信頼度を考慮できるよう、データの頻度に基づく停車エリア間類似度の重み付けと、多項分布モデル（事前分布モデル）とマルコフモデルの統合的利用を新たに追加した。

提案した手法を実験により評価した。提案手法で抽出した 464 の停車エリアについて、観光スポットとの対応付けを行い、停車エリア間の遷移を表す観光行動モデルを構築した。モデルと実際のデータとの一致度を表す Perplexity と次の停車エリアの再現率により評価した結果を図 1 に示す。従来法である DWA、マルコフモデル (MLE)、事前分布モデル (multinomial) と比較して、提案手法 (dist, word) は、いずれの指標でも改善しており、より適切に観光行動をモデル化できることを示した。

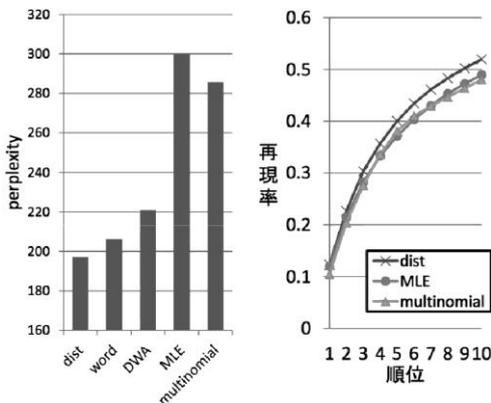


図 1 : 観光行動モデルの評価結果

(3) 「実時間観光情報収集システムの開発」では、主に修学旅行での利用を想定して、実時間の観光情報を収集するために、スマートフォン端末上のアプリケーションおよびサーバシステム Educational Travel Support System (ETSS) を開発した。

ETSS (図 2) は、平時には自主研修中の生徒班の位置を常に教員が把握する事で生徒の安全を確認し、災害時には避難所を表示して生徒を避難させるとともに、教員による安否確認を迅速に行う事を主な目的とするシステムである。

ETSS は生徒のリアルタイムの位置情報を GPS 及び Wi-Fi で収集する。教員は全ての班、生徒は自班の現在位置と移動履歴を確認できる。インタフェースにはスマートフォン (生徒) とタブレット (教員) を採用している。班の位置情報は 30 秒毎にサーバに送信・蓄積される。問題発生時の連絡手段として同報メールと IP 電話機能も有する。なお、スマートフォンの標準バッテリーでは稼働時間が短いので、拡張バッテリーを利用している。

災害時には通信が途絶する恐れがあるため、位置情報を端末ではなくサーバに蓄積している。そのため、サーバへの通信が確保できていれば、途絶から最大 30 秒前までの生徒の位置を問い合わせられる。学校に残る教頭らが生徒の移動履歴を入手すれば、生徒の安否確認が容易となり、保護者の不安も抑えられるので、被災自治体への電話集中も避けられる。同報メールと IP 電話は位置による安否確認の補助と位置づけられる。平常時にもこれら機能により、生徒の迷子などトラブルが生じた場合も、リアルタイムに全教員が情報を共有できるので、素早い対処が行える。

修学旅行生に実際に ETSS を使用してもらった実証実験を実施し、情報収集する上での問題点を明確化しながらシステムの改良を行った。現在、修学旅行で実用されており、一日に 30 から 100 件程度の観光情報が得られている。得られたデータを Open に利用できる体制についても準備を進めており、今後の観光情報を利用した各種技術開発、サービスに資するものとなると考えている。



図 2 : ETSS の外観

②H25 年度は、前年度に引き続き観光行動のモデル化、分析を行うと共に、観光行動データの収集、解析結果に基づき、観光者の観光行動をモデル化したシミュレータを構築した。さらに、このシミュレータを用いて、観光スポットの混雑状況を推定し、観光者全体の満足度が向上するような観光スポット巡回スケジュールを推薦する手法を開発した。

(1) 観光行動のモデル化では、前年度は個々の観光者や 2 つの観光スポット間に注目して移動をモデル化した。観光地全体の最適化

を考える上では、観光地内に存在する観光スポット全ての間の遷移を考えて、移動傾向を検討する必要がある。そのために、観光スポットをノード、観光地間の遷移をエッジとしたグラフ（遷移ネットワーク）を対象に、分析を行った。

観光地は小地域によって分割されていることが多く、旅行者の行動に影響していると考えられる。京都であれば東山や嵐山、東京であればお台場や浅草等のエリアが本研究が想定する小地域に該当する。こうした小地域は、旅行者にとって遷移しやすい関係にあるスポットで構成されていると考えられる。小地域は、地理的に近いスポットを慣習的にひとまとめで示しているが、GPS 移動軌跡を用いれば遷移しやすさを元に機械的に抽出できる。本研究では、Newman 法を用いて小地域（コミュニティ）を抽出した。

115カ所のスポットに対してNewman法を適用した結果、図3に示す8つのコミュニティを得た。コミュニティに属する平均スポット数は14.4、最小は5、最大は26である。抽出されたコミュニティは、地理的な距離の近さをほぼ反映しているが、奈良駅と大阪駅が同じコミュニティに属しているなど一部にずれがある。これは利用可能な交通機関や典型的な観光コースを反映していると考えられる。この結果から「コミュニティ内での観光」と「コミュニティ間での移動」という2つのモードを考えることで、観光行動をより適切にモデル化できる可能性を示した。

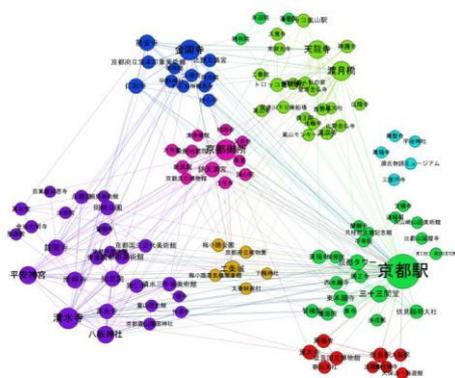


図3：遷移ネットワークの解析

(2) 観光スポットの推薦により、観光地全体の最適化が果たせるか検証するために、シミュレーション実験を行う。

まず、観光地シミュレータを構築した。本研究で構築したシミュレータは、マルチェージェントシミュレータである。シミュレーション内では、複数の観光者が行動モデルに基づき、自律的に行動する。観光地は格子状の2次元平面となっており、その中の格子点に観光スポットが配置されている。また、道路が配置されており、観光者は道路に沿って観光スポット間を移動する。観光者は、観光ス

ポットの中からいくつかを選択し、巡回する。道路及び観光スポットにおいて、多数の観光者が集中することで混雑が発生した場合、道路ではその混雑度に応じて移動速度が低下し、観光スポットではサービスが開始されるまでの待ち時間が発生する。観光者が観光スポットに到着した際、サービス状況に空きがある場合は、即座にサービスを開始する。サービスを受けている観光者は、必要なサービス時間を消費することでサービスを終了し、次の目的地へ向けて移動を開始する。このシミュレータにより、様々な嗜好を持つ観光者が観光地を巡回する状況を実時間で把握しながらシミュレーションする。

観光スポットの推薦では、観光者が訪問を希望する観光スポットをできるだけ多く訪問できるように巡回スケジュールを生成することを目的とする。ただし、観光地には推薦システムを利用していない一般観光者も存在する上、推薦システムを利用するシステム利用観光者も観光スポットの推薦に従うとは限らない。このような問題に対処するために、実時間情報を用いて観光者の遷移予測を修正し、それにともない提示するスケジュールをリアルタイムで更新する手法を採る。

具体的には、まず実時間情報に基づき一般観光者の観光施設間の遷移傾向を推定し、そこから各観光施設の混雑傾向を数値化する。実時間情報に基づき一般観光者の影響をシミュレーションに反映させるためには、少ないデータで安定した推定結果を得る必要がある。観光施設間の遷移傾向をそのままシミュレーションに反映させるのではなく、各観光施設の混雑傾向に変換してから反映させることで、観光施設の組み合わせ数ではなく、観光施設数分の推定をすることにつながり、少ないデータで安定した推定を行う。

数値化した一般観光者の混雑傾向より、各観光施設の収容可能人数が減少している状態を想定することで、シミュレーションに一般観光者の影響を反映させる。観光者が観光行動を行っている間、随時その時点から観光行動終了までのシミュレーションを行うことで、現在推薦しているスケジュール通りに巡回できるかの判定を行う。巡回できない場合、訪問目的地の変更、削減を行うことでスケジュールを更新し、再度シミュレーションを行う。

京都市規模の観光地を模したシミュレーション実験を行い、観光スポットの推薦による全体最適化の効果を検証した。満足度の定量的な指標を定義するために、観光者毎に各観光スポットの重要度を設定した。観光者が観光スポットでサービスを受けると、そのスポットの重要度分の満足度が得られるとし、観光者全体の満足度の総和を全体最適化の評価基準とした。初めに与えられた遷移傾向が誤っていた場合でも、提案手法により実時間で遷移予測を修正しスケジュールを更新することで、満足度を向上させることができ

ることを実験で示した。次に、観光者の観光施設間の遷移傾向をそのままシミュレーションに反映させた場合と、各観光施設の混雑傾向を数値化することでシミュレーションに反映させた場合の比較実験を行い、前者では困難であった実時間における適切なスケジュール更新を、後者は可能にしていることを確認した(図4)。最後に、評価に用いるシミュレータにおいて、さまざまなモデルで一般観光者のモデル化を行うことで、提案手法の妥当性を検証した。これらの結果より、実時間情報を用いて一般観光者の遷移予測を修正し、リアルタイムで適切にスケジュールを更新することで、全体満足度の向上が図れることを示した。

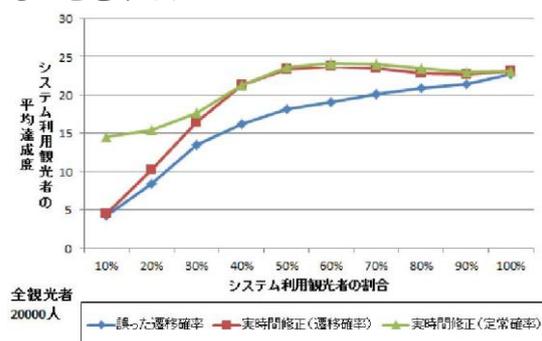


図4：一般観光者のモデル化の効果

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1件)

①田村 和範, 笠原 秀一, 椋木 雅之, 美濃 導彦:プローブカーデータと停車エリア間類似度を用いた旅行行動のモデル化, 査読あり, 観光と情報(観光情報学会誌), (2013/02 採録決定).

〔学会発表〕(計9件)

- ① Hidekazu Kasahara, Mikihiko Mori, Masayuki Mukunoki, Michihiko Minoh: Regression Analysis of Tourist Photographic Activity Using Geo-tagged Photos and GPS Trajectory, TAEECE 2014, 2014/03/18-20, Kuala Lumpur, Malaysia.
- ② Hidekazu Kasahara, Mikihiko Mori, Masayuki Mukunoki, Michihiko Minoh: Business Model of Mobile Service for Ensuring Students' Safety both in Disaster and non-Disaster Situations during School Trips, ENTER 2014, 2014/01/21-24, Dublin, Ireland.
- ③ Kasahara Hidekazu, Kurumatani Koichi, Mori Mikihiko, Mukunoki Masayuki, Minoh Michihiko: A Tourism Information Service for Safety during School Trips, ICServ2013, 2013/10/16-18, AIST, Tokyo, Japan.
- ④ 笠原 秀一, 森 幹彦, 椋木 雅之, 美濃 導彦: 修学旅行での情報技術の活用と今後の

方向性-位置情報を用いた修学旅行支援サービス「Ccry」の紹介-, 観光情報学会第8回研究発表会, 2013/11/30, 京都大学(京都府).

⑤ 笠原 秀一, 森 幹彦, 椋木 雅之, 美濃 導彦: 遷移ネットワークを用いた大規模観光地の旅行者行動分析, 人工知能学会第17回「社会とAI」研究会, 2013/10/25, 慶應義塾大学(東京都).

⑥ 田村 和範, 笠原 秀一, 椋木 雅之, 美濃 導彦: プローブカーデータを用いた旅行行動のモデル化, 2013年電子情報通信学会総合大会, 2013/3/19, 岐阜大学(岐阜県).

⑦ 笠原 秀一, 森 幹彦, 椋木 雅之, 美濃 導彦: 修学旅行における生徒の満足度向上, 観光情報学会第6回研究発表会, 2012/12/14, 大阪観光大学(大阪府).

⑧ 笠原 秀一, 森 幹彦, 椋木 雅之, 美濃 導彦: 観光情報基盤により安全安心な旅行を実現する街づくりのデザイン, Design シンポジウム 2012, 2012/10/17, 京都大学(京都府).

⑨ 笠原 秀一, 森 幹彦, 椋木 雅之, 美濃 導彦: 写真撮影情報と観光スポットの相関分析, 観光情報学会第9回全国大会, 2012/5/25, 岩手県立大学(岩手県).

〔図書〕(計1件)

① 笠原 秀一, 森 幹彦, 椋木 雅之, 美濃 導彦: 位置情報に基づく修学旅行支援, システム/制御/情報, vol. 57, no. 8, pp. 342-347, 2013/08.

〔その他〕

・報道発表: 「位置情報に基づく修学旅行生の情報支援システムの産学連携による開発」, 読売新聞, 朝日新聞, 京都新聞, 2013/12/06.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

美濃 導彦 (MINOH, Michihiko)
京都大学・学術情報メディアセンター・教授
研究者番号: 70166099

(2) 研究分担者

椋木 雅之 (MUKUNOKI, Masayuki)
京都大学・学術情報メディアセンター・准教授,
研究者番号: 20283640

船富 卓哉 (FUNATOMI, Takuya)
京都大学・学術情報メディアセンター・助教
研究者番号: 20452310

吉田 信明 (YOSHIDA, Nobuaki)
(財) 京都高度技術研究所・研究部・研究員
研究者番号: 00373506

(3) 連携研究者

森 幹彦 (MORI, Mikihiko)
京都大学・学術情報メディアセンター・助教
研究者番号: 70362423