

[観光情報学—スマートツーリズムに向けた研究動向—]

6 観光ナビゲーション



安本慶一 理化学研究所革新知能統合研究センター (AIP) 観光情報解析チーム / 奈良先端科学技術大学院大学



観光とナビゲーション

COVID-19 の世界的な感染拡大により、人々の行動が制限され、2019 年まで右肩上がりであった観光客数は 2020 年以降激減した。一方で、混雑を避ける分散型観光が脚光を浴びている。ポストコロナ時代には観光需要は急回復することが見込まれているものの、分散型観光といったトレンドは今後も維持もしくはさらに高度に発展していくものと予想する。そのため、分散型観光や混雑を回避しながら効率良く観光地を訪問することを支援するための、ICT を使った観光スポット推薦や観光ナビゲーションシステム（以降、観光ナビと呼ぶ）がこれまで以上に重要になってくる。本稿では、観光スポット推薦システムと観光客の目的地への移動を効率よく誘導する観光ナビ技術について、筆者らの取り組みを中心に紹介する。

観光スポット推薦と観光ナビ

広く普及したカーナビゲーション（カーナビ）や Google Maps などの地図アプリは、現在地から指定した目的地への最短距離経路（あるいは最短時間経路等）を算出し、カーナビやスマートフォンの画面に現在地を中心とする地図を表示し目的地への経路を重畳する（さらに、必要なときに右左折等をポップアップで指示する）などの方法により、ユーザを

目的地へと誘導する。

これらカーナビや地図アプリは、観光においても、目的地に到達するために大変有用である。一方で、観光では、複数のスポットを次々に訪問するが、どういった訪問順序でどのように移動すれば効率良く観光できるのかまでは教えてくれない。そこで、観光前、観光中に観光客を支援する観光ナビシステムが必要になる。本章では、既存のいくつかの観光ナビシステムを、事前計画派向けと無計画派向けに分けて、紹介する。

事前計画派向け観光ナビ

王道とも言える観光スタイルは、複数有名観光地への物見遊山型^{ものみゆざん}、すなわち、限られた時間で複数の名所を効率よく訪問するというものである。そのため、各観光スポットへの移動、滞在時間を考慮した観光経路計画（観光プラン）を事前に作成する必要がある。観光経路計画は、巡回セールスマン問題（ N カ所の都市を最短経路で訪問する経路を求める問題、 $N!$ 通りの組合せの中から最短経路の探索が必要）よりも難しい（より組合せが多い）問題であり、観光候補地が多いときには実用時間で最適解を求めることが難しいことが知られている。この問題をヒューリスティックアルゴリズムを使って解く観光プランニングツールは古くから存在しており、2004 年に発表された P-Tour¹⁾は、遺伝的アルゴリズムを使って、限られた観光時間の制約のもとで、

特集
Special Feature

満足度が最大となる準最適な観光経路を実用時間で算出する機能と、モバイルフォンを使ってユーザをナビゲーションする機能を実現している (図-1)。

CT-Planner²⁾は、ユーザとのインタラクションにより、パーソナライズされた観光経路を算出し(遺伝的アルゴリズムを利用)提供する。最新版であるCT-Planner ver5.9がWebで利用可能^{☆1}になっている。CT-Planner ver5.9では、ユーザは、1. 観光地(代表的観光地リストから選択)、2. 交通手段(ドライブ、徒歩+電車などから選択)、3. 出発地と到着地(駅等のリストから選択)、4. 旅行スタイル(いろいろ、のんびり、子供となど5種類から選択)を入力する。その後、図-2左に示すインタフェースで、旅行時間、開始時刻、歩く速度や、プランの性格(穴場好き、静けさ重視など)を入力することで、瞬時に観光経路(図-2中央)と訪問計画(図-2右)が算出され提示される。パラメタを変更し、推薦される観光経路計画を確認し、さらにパラメタを微修正するといったプロセスを繰り返すことで、自分に最適な観光経路を求めることができる。

これらの観光プランニングシステムは、観光客が事前に観光を計画するためにきわめて有用である一方で、観光中の予定変更に対応しにくいという課題がある。

無計画派向け観光ナビ

2015年に実施されたアンケートでは、事前に綿密な計画を建てる観光客は全体の30%程度であったことが報告されている^{☆2}。よって、その他の大多数の観光客をサポート可能なナビシステムが必要である。次に訪問すべきスポットを観光中に推薦するナビゲーションを「オンサイト観光ナビ」と呼ぶ。オンサイト観光ナビの研究がいくつか行われている。過去の行動履歴の協調フィルタリングにより次スポットを推薦するシステムや、現在地・嗜好・スポットの動的情報(混雑など)を考慮し次のスポットを推薦するシステムがこれまでに提案されている。

これら既存のオンサイト観光ナビシステムは、観光客の好みを反映したスポットの推薦が可能であるが、そのスポットに行くことにより、その後どの別のスポットに行けるかまでは考慮していない。そのため、図-3に示すように、行きたかったスポットに適時に行けない(夜景がきれいなスポットに昼に行ってしまった)、あるスポットに行ったために、行きたかった別のスポットに行けなくなったなどの状況が発生する。

ISO-Tour³⁾は、このオンサイト観光ナビの問題を、「先読み」と「気づき」という2つの戦略によって

☆1 <https://ctplanner.jp/ctp5/>

☆2 <https://ameblo.jp/mediaflag/entry-12018161697.html>



■図-1 P-Tourの概要



■図-2 CT-Planner ver5.9の画面

特集
Special Feature

解決している。

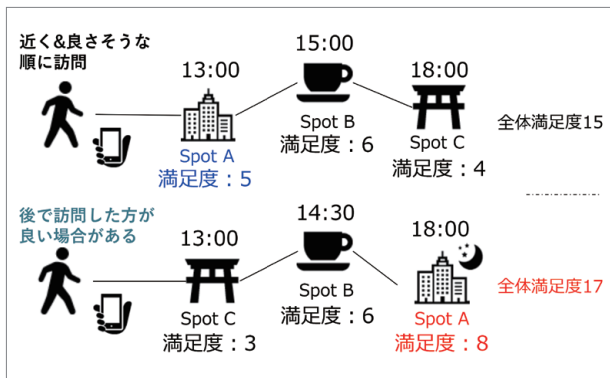
「先読み」では、次に訪問するスポットと、移動時間・残り時間を考慮して、それ以降に訪問可能なスポット群を求め、さらに、実際に訪問可能なスポット群の中で、最も高い満足度が得られるスポットの系列を求めている。具体的には、残り時間および残りのスポット群の中で、最も高い満足度が得られる(訪問時刻, スポット)の組を求め、それを埋めた後の残り空き時間帯に対し、次に高い満足度の(時刻, スポット)を求める。これを、空き時間帯がなくなるまで、繰り返す。ただし、各ステップにおいて、上位k個の候補に対しツリー状に探索することで、局所解に陥りにくくしている(図-4)。図-4では、現在地Iから、次に訪問可能なスポットA~Gが存在する場合に、Aを訪問後に満足度が高くなる(時刻, スポット)の上位3つ(k=3)として、(17時, C), (16時, C), (15時, C)を算出している。(17

時, C)を選んだ際は、空き時間を埋める次の訪問候補として、(15時, F), (15時, D), (15時, E)が算出されている。探索木のすべての探索を終えた後、期待満足度が最大の(13時, A)→(15時, F)→(17時, C)が算出されている。

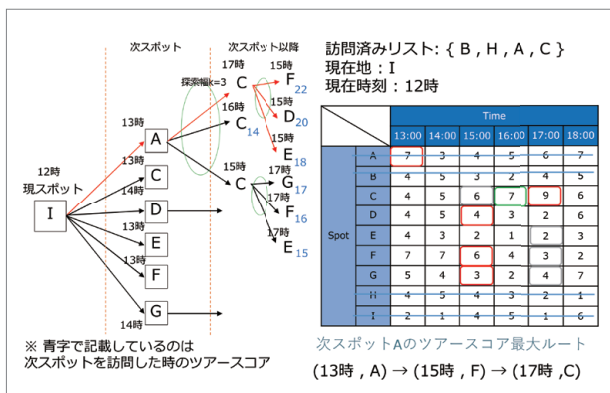
「気づき」では、次に訪問可能なスポットを、それ以降に訪問可能なスポット群と期待満足度とともに表示することで、複数の次訪問可能なスポットを比較できるようにする。

ISO-Tour アプリでは、ユーザが、嗜好タイプ、観光優先タイプ、観光終了時刻、現在地を入力し(図-5左)検索すると、おすすめスポットがいくつか表示される(例では、天龍寺、野宮神社、竹林の小径の3つ)。図-5中央の各おすすめスポットには、訪問することによる期待満足度スコアと、そのスポット以降に訪問可能なスポット群に対する期待満足度が表示される。天龍寺を選択すると、図-5右に示すように、天龍寺訪問後に訪問可能なスポット群はカラーで、訪問できなくなるスポット群はグレーアウトされて表示される。

ISO-Tourの有効性を確認するための実証実験が京都嵐山エリアで行われている。スポットとして、表-1に示す32カ所のスポットが対象となっている。募集した20~60代の56名をA群とB群の2グループに分け、A群には、次スポットだけを考慮した推薦を行い(先読み・気づきなし)、B群には、



■図-3 オンサイト観光ナビの問題点



■図-4 ISO-Tourにおける先読み探索



■図-5 ISO-Tourでの次訪問スポットの推薦

特集 Special Feature

探索幅 $k=3$ で先読みした期待満足度と訪問可能スポット群とともに次スポットを推薦する（先読み・気づきあり）。各群とも合計4時間の観光を行った。比較の結果を図-6に示す。ツアースコア（どれだけ満足したか）、訪問スポット数（いくつのスポットを訪問できたか）、訪問適時性（最良の時間帯に訪問したときに得られる満足度に対する割合）の3点で、B群がA群を上回り、統計的にも有意となった。

このように、オンサイト観光でも、先読みと気づきを導入することで、事前計画に匹敵する観光が可

能になる可能性が示唆された。

観光ナビの今後の展望

スマートツーリズムの進展により、観光ナビは、今後、効率良い観光を支援するだけでなく、観光体験の質を高めるような支援や、安全安心を担保するための支援を観光客に提供していくことが求められる。そのためには、観光地のさまざまな情報だけでなく混雑やイベント、インシデントといった動的状況のリアルタイムの収集と共有、最新情報を用いた人々の誘導のための技術が求められる。

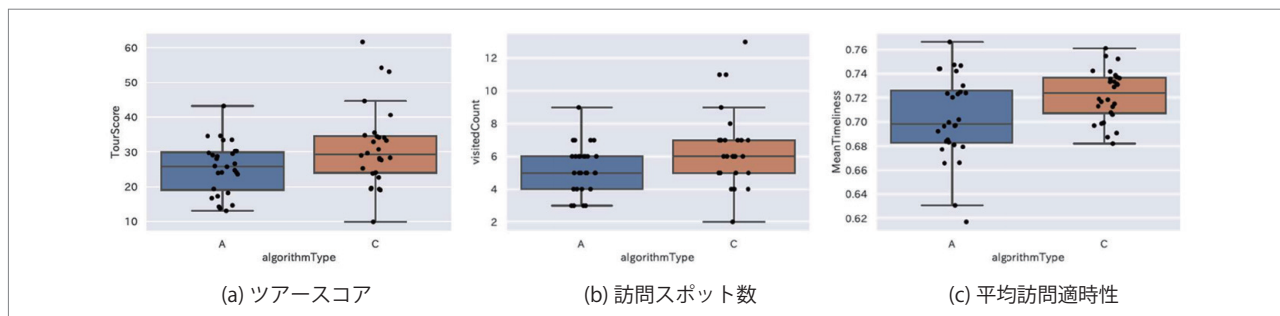
■表-1 嵐山エリアの観光スポット群

Symbol	Description	Symbol	Description
TGB	渡月橋	MBC	マールブランシュ嵐山店
TJT	天龍寺	SST	鈴虫寺
HIT	宝厳院	KZS	車折神社
JJT	常寂光寺	TKSP	東映太秦映画村
NIT	二尊院	SMC	嵯峨嵐山文華館
SRT	清涼寺	AOM	京都嵐山オルゴール博物館
HKT	宝篋院	EXC	eXcafe 京都嵐山本店
NMS	野宮神社	KT	苔寺
CNK	竹林の小径	SYC	嵯峨野湯
DJT	旧嵯峨御所	HK	保津川下り
MSC	ムスビカフェ	CHC	茶寮八翠
RSS	落柿舎	OST	大河内山荘庭園
GOT	祇王寺	MOS	松尾大社
INT	化野念仏寺	HRT	法輪寺
ANC	嵐山のむら	CRC	カフェライブラ
KRT	広隆寺	HKC	廣瀬珈琲店

観光情報のリアルタイム収集

観光地における情報の収集には、「参加型観光情報の収集」の章で紹介されるユーザ参加型センシングが有望である。観光客が、観光地の現況を反映する写真や動画をリアルタイムに提供し、それを必要とする他の観光客（訪問可能性のある観光客）に、タイムリーに共有できれば、オンサイト観光推薦に大いに役立つと考えられる。

しかし、インセンティブの問題、写真や動画に映り込む観光客自身や他の観光客のプライバシーや肖像権の問題が発生する。そこで、写真や動画から写っているオブジェクト（人、屋台、建造物、鹿などの野生動物、草木、夕景夜景など）を認識し、認識されたオブジェクトのリストだけを共有することで、観光客のプライバシーに配慮した観光地の状況



■図-6 A群（先読み・気づきなし）とB群（あり）の比較結果

共有方法が検討されている。これを実現するためには、いくつかの課題を解決しなければならない。

まず、観光地ごとに認識対象が異なるオブジェクト認識モデルをどう学習するかという課題が存在する。学習用データを観光客が提供する方法では、前述のプライバシー問題を解決できない。この課題は、Federated Learning で解決できる可能性がある。Federated Learning は、モデルの重みパラメータや勾配のみが外部（サーバ）に送信され、学習データ自体は外部に送信されないため、プライバシー情報が漏洩しにくいという特徴を持つ。観光客が自身のモバイル端末で自身が持つデータで学習した深層学習モデルを Federated Learning により、他の観光客のモデルと統合し（モデルパラメータである重みや勾配を平均化するなど）、モデルをどんどん賢くしていくというアプローチが提案されている⁴⁾。

もう1つの課題は、観光地の現況を表すオブジェクトリストから、観光地の状況を説明するコンテンツをどう生成するかである。これには、近年急速に発展しているGAN（Generative Adversarial Networks）を使った映像生成技術が使用できる可能性がある。筆者らは、観光地のテンプレート画像と現況を表すオブジェクトリストから、GAN を使って、混雑や時間帯、季節などの現況を反映する観光地の映像自動生成方法について検討している⁵⁾。

マルチモーダル経路案内

現代では、移動の手段が多様化している。従来の鉄道、バス、タクシー、レンタカー、ライドシェアに加え、シェアリングエコノミーにより、自転車やキックバイクなども街なかで手軽に借りて乗り捨てができるようになってきている。そうした現状においては、複数の移動手段を組み合わせることで、これまでない効率的かつ快適な観光体験を提供できるに違いない。

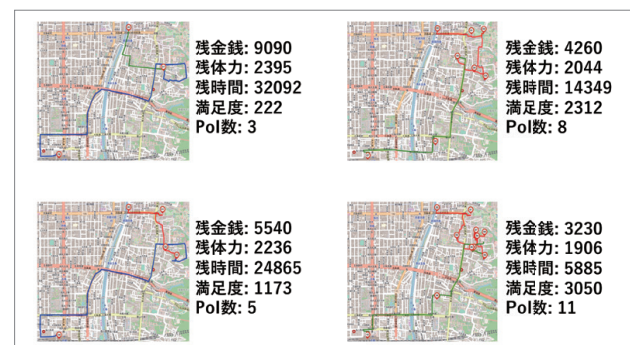
しかし、複数の移動手段を組み合わせるマルチモーダル経路案内は、膨大な数の組合せから

最適な組合せを求める必要があるだけでなく、観光においては、金銭的費用、観光時間、体力も考えなくてはならない。平野らは、観光にかかる金銭的費用、時間、体力を観光客に課されるコスト、観光で得られる満足度を観光のパフォーマンスとみなし、異なる価値観を持つ観光客が、それぞれの基準でコストパフォーマンスの良い観光経路を求めるための多目的最適化問題を定式化し、多目的遺伝的アルゴリズムである NSGA-II を用いたソリューションを提案した⁶⁾。有名観光地である京都市東山区の31観光スポットを対象としたシミュレーション評価により、提案手法が、異なる嗜好に対応可能なマルチモーダル観光経路を一度の計算で求めることが可能なことが示された（図-7）。

観光における混雑回避人流誘導

これまでに述べた、観光ナビや観光情報のリアルタイム収集システムが普及し、大多数の観光客が使用するようになると、各観光スポットの混雑度がリアルタイムに把握できるようになるだけでなく、今後の混雑度も予測できるようになる。

各観光スポットの混雑状況や今後の混雑予測を観光客に共有することで（すでに Google Maps では、一部スポットのリアルタイム混雑状況や統計的な時間帯別混雑予測情報を提供中）、各観光客が自身の判断で混雑する時間帯を避けるように観光スポットを訪問し、分散型観光が促進されることが期待され



■ 図-7 異なる嗜好に対応したマルチモーダル観光経路（赤：徒歩、緑：タクシー、青：バス）（左上：金銭重視、右上：バランス型、左下：時間重視、右下：満足度重視）

特集
Special Feature

る。分散型観光の促進のためには、人々に「気づき」を与えて行動変容を促す技術が必要になってくる。

行動経済学の「ナッジ理論」に基づく行動変容の取り組みとして、NTTドコモと東急バスは、バス停留所のデジタルサイネージに「次のバスは見送った方が快適」などのメッセージを配信し、どれだけ効果があるか検証を開始している。これらの取り組みは、あるバス路線といった狭いエリアにおいて少しの行動変容を促すことで混雑を平準化するが、より広域かつ大規模な観光エリアにおける、行動変容と混雑平準化のためには、より抜本的な取り組みが求められる。大規模な混雑度の平準化を実現するためには、利用者全体の行動予測などから、平準化につながる変容行動（均衡解）の算出と、均衡解への誘導を適切に行う基盤技術が必要である。この目的に向け、ゲーム理論のベストレスポンスやナッシュ均衡の算出アルゴリズムを用いたマルチエージェントシミュレーション（MAS）に基づく均衡解の算出方法がいくつか提案されている。しかし、既存研究は、特殊な系の分析が主流であり、現実の大規模な平準化は理論が扱うには複雑すぎて検討が不十分である。今後、現実世界での観光地のセンシング状況と人々の行動計画を時々刻々と取り込みながら、ゲーム理論をもとに均衡解の算出とそれに基づいた行動変容を促す、Digital Twin シミュレーション技術（現実世界そっくりな環境をサイバー世界に再現し、シミュレーションにより将来起こることを

予測し、現実世界にフィードバックすることにより、現実世界を改善していく技術）の開発が切望される。

参考文献

- 1) 丸山敦史, 柴田直樹, 村田佳洋, 安本慶一, 伊藤 実: P-Tour: 観光スケジュール作成支援とスケジュールに沿った経路案内を行うパーソナルナビゲーションシステム, 情報処理学会論文誌, pp.2678-2687 (2004).
- 2) Kurata, Y., Shinagawa, Y. and Hara, T.: Ctplanner5: A Computer-aided Tour Planning Service Which Profits both Tourists and Destinations, Workshop on Tourism Recommender Systems, RecSys, Vol.15, pp.35-42 (2015).
- 3) Isoda, S., Hidaka, M., Matsuda, Y., Suwa, H. and Yasumoto, K.: Timeliness-aware on-site Planning Method for Tour Navigation. Smart Cities, Vol.3, No.4, pp.1383-1404 (2020).
- 4) 富田周作, 中村優吾, 諏訪博彦, 安本慶一: 端末間の近距離通信を使った Federated Learning による観光オブジェクト認識モデルの参加型学習法とその評価, 第 29 回 マルチメディア通信と分散処理ワークショップ (DPSWS2021) (2021).
- 5) 河中昌樹, 富田周作, 中村優吾, 諏訪博彦, 安本慶一: 観光地のリアルタイム状況説明システムの検討, 第 20 回情報処理学会関西支部大会 (2021).
- 6) Hirano, Y., Suwa, H. and Yasumoto, K.: A Method for Generating Multiple Tour Routes Balancing User Satisfaction and Resource Consumption, Workshop Proceedings of the 15th International Conference on Intelligent Environments, pp.180-189 (2019).

(2021年7月30日受付)

■安本慶一（正会員） yasumoto@is.naist.jp

理化学研究所革新知能統合研究センター観光情報解析チーム・奈良先端科学技術大学院大学先端科学技術研究科教授、モバイルコンピューティング、ユビキタスコンピューティングに関する研究に従事。