

# モバイル位置情報データを活用した観光地移動嗜好の逆推定

05001255 東京大学  
01508070 東京大学  
株式会社デジコンキューブ  
株式会社デジコンキューブ

\*羽佐田紘之 HASADA Hiroyuki  
本間裕大 HONMA Yudai  
長橋陽介 NAGAHASHI Yosuke  
岩瀬義和 IWASE Yoshikazu

## 1. はじめに

本研究では、モバイル位置情報データから得られる観光地移動データを利用して観光地移動の嗜好を逆推定する線形計画モデルを提案する。また、主たる移動嗜好を有する集団とそれ以外への分類へと応用する。

本研究の背景は、観光地移動の嗜好の複雑さにある。観光地の周遊移動は観光地や移動する観光客それぞれの嗜好による差異が大きいが、その移動経路、言い換えれば周遊コースに影響を与える要因を網羅的に把握することは容易ではない。したがって、観光スポット間の移動データを活用して、観光客の有する移動嗜好を逆推定できれば、観光地のプロモーションに有用と考えられる。

そこで本研究では、観光スポット間の移動データから、観光スポットの魅力度を表すコストを逆推定するための数理最適化モデルを構築する。さらに構築モデルを用いて、主集団とは異なるコストに基づくデータを検出することを試みる。また、モバイル位置情報データから作成される実際の観光地移動のデータへ適用してその有効性を検証する。

## 2. ISP の概要

本研究では、最短経路問題 (SP) の逆問題である、Inverse Shortest paths Problem[1] (ISP) を利用して、多数の移動データから観光スポットの合成コストを逆推定する。ISP の主要概念を、図1に示す。ISP は、ノード  $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3$  の使用経路を所与とし、各リンクコストは未知とされる。そして、使用経路が最短となるように、各リンクに合成コストを割り当てる。

## 3. 観光地移動のデータへの ISP の適用

ISP を利用して観光スポットのコストを推定するために、観光スポットをリンクへと拡張したネットワークを導入する。このネットワークでは、観光スポットに相当するノードはそれぞれ到着ノード

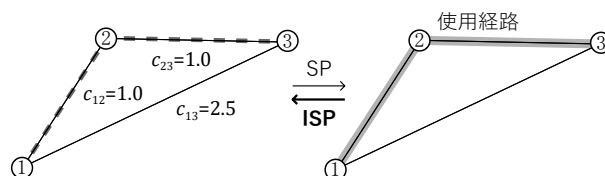


図 1: ISP の主要概念

から出発ノードへ結ぶリンクへと拡張され、加えて任意のスポットの出発ノードから他のスポットの到着ノードへとリンクで結ばれる (図2)。拡張ネットワーク上では、スポット  $1 \rightarrow$  スポット  $2 \rightarrow$  スポット  $3$  の周遊コースは、スポット  $1$  出発ノード  $\rightarrow$  スポット  $2$  到着ノード  $\rightarrow$  スポット  $2$  出発ノード  $\rightarrow$  スポット  $3$  到着ノードとして表される。拡張ネットワーク上の移動経路から、観光スポットに相当する到着ノードから出発ノードへ結ぶリンクコストを ISP により求めることができる。

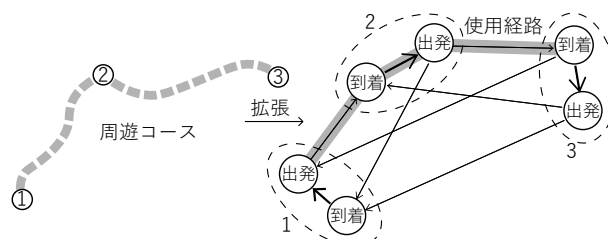


図 2: 拡張ネットワークの概念

## 4. 提案モデル

ISP の車両プローブデータへの適用モデル [2] を参考に、ISP を解く線形モデルを構築する。求める各リンク  $(i, j) (\in E)$  のコストを  $c_{ij}$  とおく。各トリップ  $k (\in K)$  の使用経路  $P_k$  のコストを、 $P_k$  が通過するリンク  $(i, j)$  のみ  $1$  となるような  $0-1$  パラメータ  $\delta(P_k, (i, j))$  を用いて、 $\sum_{(i, j) \in E} \delta(P_k, (i, j)) c_{ij}$  と求める。これと最短経路のコストができる限り一致するように各リンクコストを割り当てたい。使用経路コストと最短経路コストの差を最小化するモデルの定式化を次に示す。

$$\min. \sum_{k \in K} \left\{ \sum_{(i,j) \in E} \delta(P_k, (i,j)) c_{ij} - u_{kd} \right\} \quad (1)$$

$$\text{s.t.} \quad u_{kj} - u_{ki} \leq c_{ij} \quad \forall k \in K, \forall (i,j) \in E \quad (2)$$

$$u_{ko} = 0 \quad \forall k \in K \quad (3)$$

$$c_{ij} \geq a_{ij} \quad \forall (i,j) \in E. \quad (4)$$

ISP モデルは、推定コスト上における最短経路コストの算出に課題を有する。本研究では、制約式 (2), (3) のごとく、線形計画法の最短経路問題の双対を用いて課題を解決する。双対は次のように解釈できる。式 (2) にて、リンク  $(i,j)$  の端点ノード  $i, j (\in N)$  間の距離  $u_{kj} - u_{ki}$  を長さ  $c_{ij}$  の紐で上限制約する。そして、式 (3) で  $u_{ko}$  は 0 と固定し、起終点  $o_k, d_k$  (定式化では  $o, d$  と略記) の間の距離  $u_{kd}$  を目的関数 (1) にて最大化する。制約式 (4) は、 $c_{ij}$  の下限を  $a_{ij}$  に定める。本定式化の決定変数は、 $c$  と  $u$  である。

構築モデルを用いて主集団が共有するリンクコストを求め、これに適合しない経路データを検出する。各トリップについて、使用経路コストと最短経路コストとの類似度を表す関数  $\delta(P_k, (i,j)) c_{ij} - u_{kd}$  が、閾値 0 を超えた場合に、その使用経路を検出する。実際の観光地移動では、その移動嗜好の複雑さゆえに主集団の移動嗜好とは適合しない移動が存在する。

## 5. モバイル位置情報データの活用

山形県内の Wi-Fi スポットへ自動接続できるアプリを通して取得されたモバイル位置情報データに提案手法を適用し、県内と市街地内の両スケールにおける観光地移動嗜好を実際に把握する。計 21 の観光スポットを分析対象とし (図 3)、観光スポット間のリンクコストは道路移動距離 (km) で固定した。連続する日の間に 3 つ以上のスポットを訪れた移動サンプルを入力した。

表 1 に、分類結果の概要を示す。図 3 は、観光スポットのコスト推定値と、全入力全サンプルと主集団の移動経路 (通常経路) それぞれを集計した結果を示す。図では、主集団が通過したリンクを全入力サンプルが通過したリンクの上に描画している。紙面の都合上、代表的な結果のみを示す。

表 1: 分類結果の概要

|             | 主集団 | その他 | 入力  |
|-------------|-----|-----|-----|
| 総サンプル数      | 23  | 40  | 63  |
| 観光スポット間総移動数 | 48  | 100 | 148 |

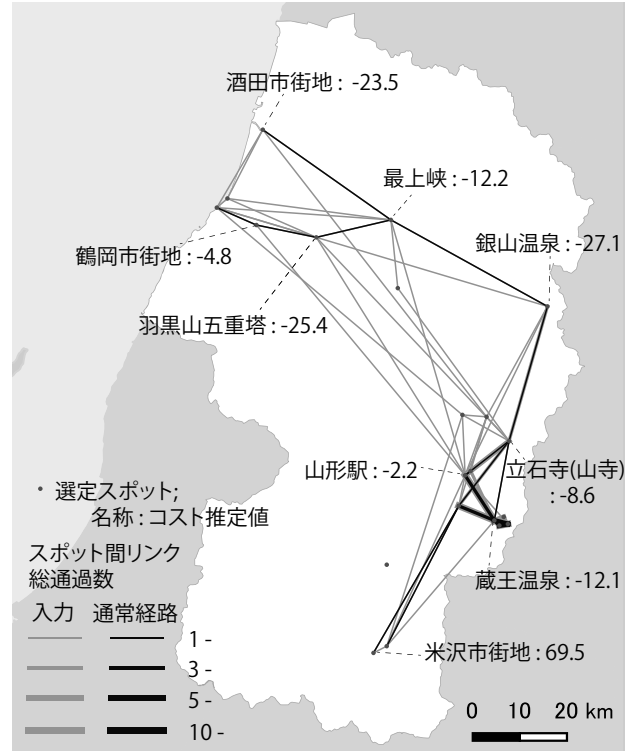


図 3: 観光スポットのコスト推定値と分類結果

米沢市から山形市、银山温泉、酒田市や鶴岡市を結ぶ移動が通常経路にみられる結果が得られた。実際の移動嗜好に基づくモデルコースともみなせるこの経路上にある観光スポットは、重点的に宣伝すべきといえるだろう。その中でも、银山温泉や羽黒山五重塔は推定コストが低く、観光客が魅力的と捉えていることが分かる。

## 6. おわりに

本研究では、線形 ISP モデルを利用した外れ経路検出により、車両プローブデータから道路移動嗜好を推定した。また、本手法は歩行者の経路情報データへの適用も可能である。

## 参考文献

- [1] Burton, D., Toint, P. L. (1992). On an instance of the inverse shortest paths problem. *Mathematical programming*, 53(1-3), 45-61.
- [2] 羽佐田 紘之, 長谷川 大輔, 本間 裕大. (2021). 車両プローブデータを活用した道路移動嗜好の逆推定. 日本オペレーションズ・リサーチ学会 2021 年春季研究発表会.