

令和 6 年 6 月 18 日現在

機関番号：34437

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21K12140

研究課題名(和文) 行動履歴と地理空間情報に基づく学習型手法による観光客の道迷い検出

研究課題名(英文) Detecting lost tourists using a learning method based on behavior history and geospatial information

研究代表者

笠原 秀一 (Kasahara, Hidekazu)

大阪成蹊大学・データサイエンス学部・教授

研究者番号：00784191

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,500,000円

研究成果の概要(和文)：本課題の事前研究計画は次の通り。1.混合ガウスモデルを用いた逸脱行動検出の改善、2.行動履歴と地理空間情報を用いたオフライン検出の開発、3.オンラインへの展開。初年度はパンデミックの影響で、修学旅行データセットの収集が不首尾だったため、初心者の道迷いが頻発する低山に着目し、登山軌跡データセットを企業より入手した。登山における道迷いは、観光道迷いと類似するが、登山道はより複雑で自由度が高いため、道路ネットワークづくりからはじめることになった。2022-3年度は山域の難易度と登山者のレベルを紐付け、レベルに見合わない難易度メッシュでの行動継続を道迷いと見なす新たな手法も試み、一定の成果を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、観光客が道迷いに気づく前に、システムが道迷いを検出する手法の開発を目指した。人は天気や混雑といった実時間情報に応じてダイナミックに行動や目的地を変化させるので、目的地への最短経路からの逸脱を異常と見做す手法では道迷い検出にはそぐわない。また、意図した「寄り道」と意図しない「道迷い」を区別することが難しいという問題もある。本研究は人の意図しない行動を検出する試みであり、パターン認識における行動意図推定の発展系と位置づけられる。学習型異常検知手法に地理空間情報を織り込む手法の開発にも繋がっており、学術的に重要な研究である。自動運転や介護といった分野への波及効果も期待できる。

研究成果の概要(英文)：The research plan comprised three main objectives: 1) improve deviant behavior detection using a mixed Gaussian model, 2) develop offline detection methods utilizing behavioral history and geospatial information, and 3) expand these methods to an online platform. The initial phase encountered challenges due to the pandemic, preventing the collection of the student dataset. Consequently, the focus shifted to studying low mountains where beginner hikers frequently get lost, and a hiking trajectory dataset was obtained from a company. During FY2022-3, a new method was introduced to link the difficulty level of mountain areas with hiker proficiency. This involved analyzing the continuation of climbing activities across a mesh of varying difficulty levels; if a hiker's activity persisted in an area exceeding their skill level, it was considered a lost trail. This approach yielded promising results, providing a valuable framework for enhancing safety and navigation in mountainous areas.

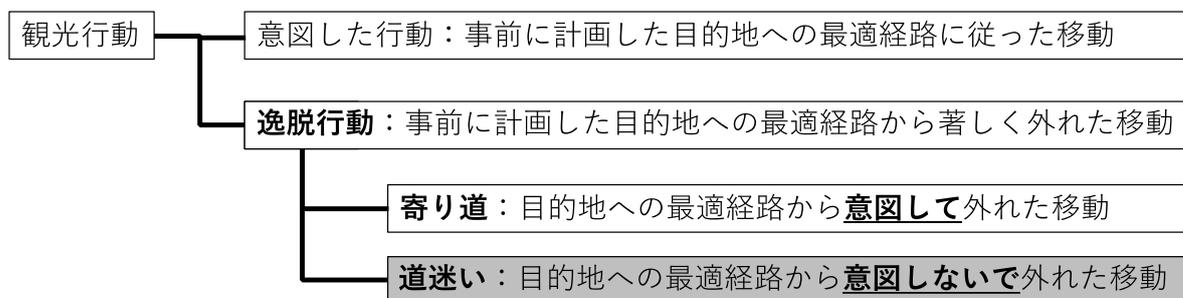
研究分野：知能情報学

キーワード：観光情報学 知能情報学 移動軌跡分析

1. 研究開始当初の背景

実時間情報に応じてダイナミックに人が行動を変化させる観光という状況において、本人が道に迷っていることを意識する前に、外部の第三者が道迷いを認識することは可能だろうか。これが本研究の着想の原点にある。

そもそも道迷いとは何か。観光客は、訪問する観光スポットを事前におおむね計画しておき、それらのスポットを結ぶ最適な経路に従いつつ、実時間の状況に応じてダイナミックに行動を変化させている。ダイナミックな行動の中で、自分の位置を見失い、意図していなかった場所に移動してしまうのが「道迷い」である。一方、移動の途中で興味を惹かれて、本人の意思で観光スポットに立ち寄ったり、買い物したりするのが「寄り道」である。両者は共に事前の計画から逸脱しているので、本研究では「逸脱行動」と呼ぶ。事前に計画した行動と、「寄り道」「道迷い」を含めた「逸脱行動」の分類を図1に示す。研究代表者らは、「逸脱行動」を検出する手法を提案しており、これを発展させて「道迷い」のオンライン検出手法の開発を目指した。



(図1) 寄り道と道迷いの分類

視線等の画像認識を用いて人の意図を推定する研究は、画像のパターン認識分野では近年広く行われており、自動運転やスマートホームの分野で研究が行われてきた[1]が、意図しない行動を外部から認識する手法の研究はまだあまり行われていない。研究代表者は、これまでの観光行動モデルの研究から、他の観光客の行動履歴との比較・学習と道路ネットワーク情報などを組み合わせる事で、道迷いを推定できるとの着想を得た。

[1] Sadri, Fariba. "Logic-based approaches to intention recognition." *Handbook of research on ambient intelligence and smart environments: Trends and perspectives*. IGI Global, 2011. 346-375.

2. 研究の目的

本研究の目的は、「道迷い」行動を、位置情報などのセンサ情報や道路ネットワークなどの外部情報から自動検知する技術を開発することにある。そもそも、「道迷い」はスマートフォンに広く実装されているGPSナビによって解決できるという意見もある。だが、事故リスクが高く、GPSナビ利用が進んでいる登山の分野ですら、道迷い遭難は後を絶たない。システムがプッシュ型に精度高く道迷い発生を警告することによって初めて道迷い遭難リスクを軽減できる。

「道迷い」のオンライン認識には次のような難しさがある。まず、迷いはじめでは本人も迷っ

たとは気付いていないため、呼吸が浅くなったり、血圧が上昇したりと言った身体的な情報からは推定できない。それゆえ、本人が気付く前に「道迷い」を推定するためには、目的地やこれまでの経路といった観測データを用いるのが第一となる。次に、目的地と出発地が既知ならば、最短経路が計算できるので、道迷いの検出は比較的容易だが、実際には、観光客から事前に目的地の情報を得るのは容易ではなく、なおかつダイナミックに目的地を変える可能性があるため、目的地は未知として解かざるを得ない。最後に、「寄り道」と「道迷い」は観光客の意図の有無で区別されるが、外部の第三者からは「道迷い」と「寄り道」の区別が難しい。研究代表者らは、計画立案当初、他の観光客の観測データを学習データとして用いる機械学習手法と、目的地が未知のままマルコフ確率場として目的地を推定する手法を組み合わせることで、これらの課題を解決することを目指した。

3. 研究の方法

本研究では、まず道に迷った観光客について、GPS 移動軌跡などのセンサデータを入手し、移動開始から終了まで全てのデータが利用できるオフラインで道迷い行動を検出する手法、次にオンラインで道迷い行動を検出する方法を開発することを計画した。データセットとしては、以前に 600 以上のデータを収集した実績のある修学旅行生を想定し、これに大学生らのボランティアによるデータセットを追加取得する計画を立案していた。だが、折悪しくパンデミックが発生し、修学旅行自体がほぼ実施されなくなったため、データがほぼ収集できなくなった。留学生を対象として実際に観光行動を行ってもらってデータ収集もおこなったが、十分な量の道迷いデータは得られなかった。そこで方針を改め、登山 SNS を経営する企業の協力により大量のデータ提供を受け、一般観光客と行動が類似する低山の登山者を対象にして研究を行った。対象の変更によって新たな研究課題も生じたが、詳細は以下の節で説明する。

4. 研究成果

(1) MNF を用いた低山における道迷い検出

低山における遭難対策としては、過去の遭難者の行動を分析し、統計的に遭難しやすい地点を可視化する統計的アプローチが試みられ、一定の成果を上げている。しかし、こうした統計的アプローチは登山者の技量の差や登山道の難易度を考慮していないという課題がある。高山は地形的制約から登山道が限定され、登山者の技量も総じて高いため、統計的アプローチの有効性もあると考えられるが、低山では登山道や古道、作業道が

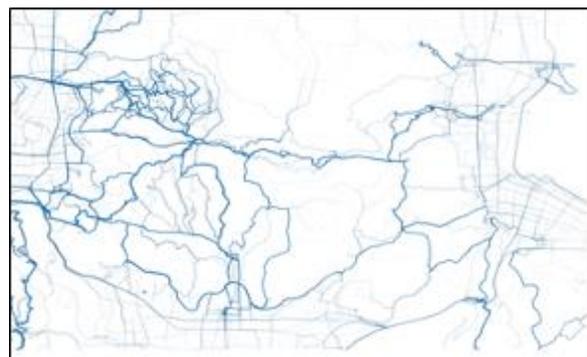


図 2 大文字山周辺の登山者移動軌跡群

絡み合っただけで複雑であり、登山者の技量にも大きな差があるため、ベテランには道迷いではなくても、経験の浅い登山者には道迷い、という場合もある。そこで研究代表者らは、登山道の難易度と登山者の技量の関係性に着目し、技量に対して難易度が高い登山道に一定時間滞在しているならば、遭難していると推定できるのではないかとアイデアを得た。具体的には、対象山域をグリッド状に分割、危険度や迷いやすさに応じてレベル分けするとともに、登山者も技量や経験に応じてレベル分けする。そして、登山者の技量レベルに見合わないグリッドへの訪問頻度をキーとして、道迷いを個別に判定する手法である。

この着想に基づき、全登山者 n について、山域を分割した全グリッド m に対し、訪問の有無で二値化した値を与えて $n \times m$ の行列を作成し、この行列を用いて登山者とグリッドをクラスタリングし、それぞれをレベル分けする。この行列を移動履歴行列と呼ぶ。しかし、図 2 で示すように、登山者の移動は地理的な偏りが大きく、移動履歴行列はスパース性が高いので、 k -means や MeanShift などを適用しても、有効なクラスタリングが行えない。そこで、非負値行列因子分解 (Non-negative Matrix Factorization, NMF) [2]を用いることでグリッドと登山者の関係を分析し、それに基づいてグリッドの難易度と登山者の技量を推定した。京都の大文字山山域を対象としてクラスタリングを試みた結果を図 3 に示す。

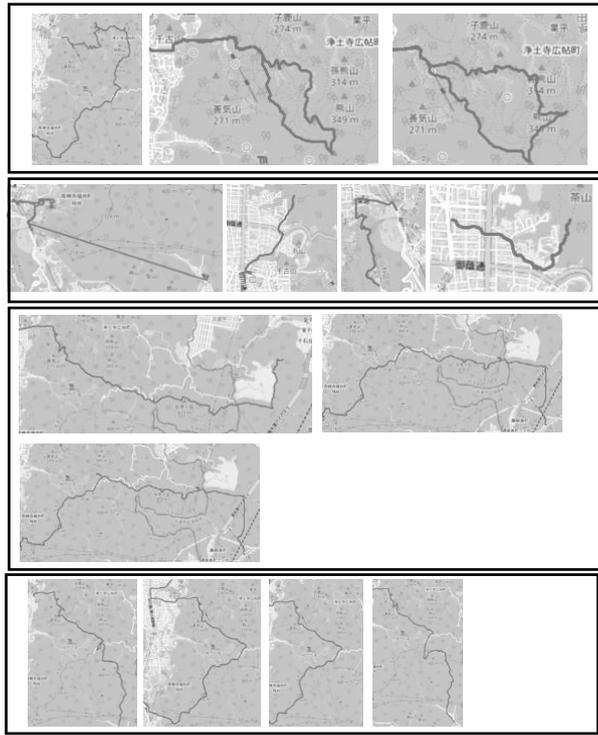


図 3 登山者のクラスタリング結果

この手法では、この手法では、地理的分布や人流の多寡によるクラスタリングには一定の成果が出たが、グリッドの難易度や登山者の技量を適切に表現する段階には至らなかった。今後、地形的な難易度を外部情報として取り込むことも含め、手法の改善を目指す必要がある。

[2] Lee, D., & Seung, H. S. (2000). Algorithms for non-negative matrix factorization. *Advances in neural information processing systems*, 13.

(2) 部分軌跡からの道迷い推定

図 4 の軌跡は、ピークで右の支尾根に道迷いした後、正規経路である左の支尾根に戻った例である。このような道迷い行動の部分軌跡をパターン認識の手法で検出する手法を開発している。この手法は比較的容易だが、本来の目的である道迷いの事前検出は難しい。しかし、迷いやすい分岐の検出などに応用できるため、精度向上の為の研究を進めている。

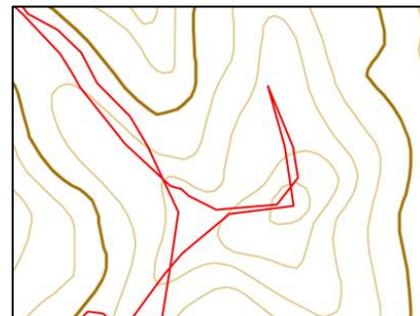


図 4. ピークでの道迷い

(3) 交通ネットワークからの逸脱推定

目的地への最短経路からの著しい逸脱を道迷いとして検出する手法の改善を試みた。このアプローチでは、対象山域をメッシュで区切った (1) (2) とは異なり、交通ネットワークを用いている。目的地の数が問題であり、観光の場合、京都市全域にある観光スポット全てを対象とすると逸脱の検出はかなり難しい。一方、登山道を交通ネットワークと見なした場合、目的地候補の数はかなり抑えることができる。だが、都市に比べると交通ネットワーク自体がかなり複雑である点と、高い斜度や岩場など登山道自体の難易度という要素が含まれる点が異なる。その為、

(1)と同様に、登山者の技能レベルの概念も導入しているが、まだ十分な解決には至っていない。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 森竹 壮汰郎, 笠原 秀一, 馬 強
2. 発表標題 地域の特徴を考慮したメリハリエリア型観光プランニング
3. 学会等名 DEIM2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 前川 丈幸, 笠原 秀一, 馬 強
2. 発表標題 混雑を考慮した観光ルート生成に関する研究
3. 学会等名 DEIM2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 笠原 秀一, 平野 瑠登, 馬 強
2. 発表標題 低山登山における道迷い ~ YAMAPユーザーデータを用いた基礎的考察 ~
3. 学会等名 観光情報学会第18回全国大会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

Hidekazu Kashaara Web Site
www.kasahara-lab.org

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	飯山 将晃 (Iiyama Masaaki)		
研究協力者	馬 強 (Ma Qiang)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------