

位置情報付き写真に基づくルート推薦システム

湯浅 智紀[†] 奥 健太[†]

[†] 龍谷大学理工学部 〒520-2194 滋賀県大津市瀬田大江町横谷 1-5
E-mail: ^{††}t150557@mail.ryukoku.ac.jp, ^{††}okukenta@rins.ryukoku.ac.jp

あらまし 本研究では、位置情報付き写真に基づく景観ルート推薦システムの実現を目指している。良い景観のルートでは写真が撮られやすいという傾向があると考え、本研究では写真が多く取られている道路リンクを景観が良い道路リンクとして扱い、景観が良い道路リンクを優先したルートを推薦をする。本研究では事前に道路リンクと写真データをこれらの位置情報に基づき対応付けておく。対応付けられた写真データ数に基づき道路リンクのスコア付けを行い、スコア付き道路ネットワークに対しダイクストラ法を適用することで、景観の良いルートを優先したルート探索を行う。

キーワード 推薦システム, ルート推薦, 位置情報付き写真, 景観

1. はじめに

ユーザの嗜好に合った観光情報を推薦する観光情報推薦システム [1] [2] に関する研究が盛んに行われている。観光情報推薦システムは、Web インタフェースやモバイルインタフェースとして実装されていることが多く、その中でも特に地図インタフェースを採用しているシステムも多い [3] [4]。例えば、Lee らの推薦システム [3] は、旅行プランを生成し、そのプランに合った観光スポットや観光ルートを提示する。

ルート推薦システムは、出発地と目的地を指定すると、その間のルートを提示する。既存のルート推薦システムは、最短ルートや最速ルート、人気ルートを推薦するものが多い [5] [6]。しかしながら、観光を楽しむという目的においては、景色を眺めながら散策するといったように、最短ルートや最速ルートは必ずしもユーザの要求を満たすとは限らない。人気ルート推薦は、多くの人々が関心をもっているルートを推薦する手法である。Wei ら [6] は、ユーザの軌跡データから多くのユーザが関心をもつ道路リンクをマイニングすることで、人気ルートの抽出を行っている。

我々は、これまでにルートの景観特徴に着目した景観ベースルート推薦システムの研究に取り組んできた [7]。我々の先行研究 [8] では、田園景観や山林景観など客観的に抽出される景観要素に基づき、ルートの景観特徴化を行ってきた。これに対し、本研究では景観の良さという主観的な要素を取り入れる。本研究では、Flickr^(注1) に投稿された位置情報付き写真に基づいた道路リンクのスコア（写真ベーススコア）を定義する。我々は、良い景観のルートでは写真が撮られやすいという傾向があると考え、写真が多く撮られている道路リンクを景観が良い道路リンクとして扱う。まず、写真データと道路リンクとを関連付け、関連付けられた写真数を基に道路リンクの写真ベーススコアを算出する。そして、算出した写真ベーススコアを基に道

路ネットワーク上の道路リンクのコストを更新する。更新された道路ネットワーク上で、既存のルート探索手法を適用することで、景観の良いルートを探索する。

2. 関連研究

2.1 ルート推薦システム

最短経路探索アルゴリズムとして、ダイクストラ法 [9] や A* アルゴリズム [10] が挙げられる。これらのアルゴリズムでは、入力された始点と終点において、道路ネットワーク上のリンクに付与されたコストに基づき、総コストが最小となるようなルートを選択する。

最速経路探索 [5] は、リンクの距離ではなく、リンクを通過するための旅行時間に着目し、旅行時間が最小となるようなルートを選択する。Wei ら [5] は、GPS の軌跡データから速度パターンをマイニングすることで旅行時間を推定している。

人気ルート推薦は、多くの人々が関心をもっているルートを推薦する手法である。Wei ら [6] は、ユーザの軌跡データから多くのユーザが関心をもつルートをマイニングすることで、人気ルートの抽出を行っている。

個人の嗜好に応じたルートを推薦する、個人化ルート推薦の研究もある。MyRoute [11] は、ユーザが熟知しているルートやランドマークに基づき、ユーザ個人向けのルートを作成している。MyRoute では、ランドマークをユーザ自身で入力する必要があるのに対し、Going My Way [12] では、ユーザの個人的な GPS ログデータから、ランドマークを自動的に特定している。

我々は、これまでにルートの景観特徴に着目した景観ベースルート推薦システムの研究に取り組んできた [7]。我々の先行研究 [8] では、田園景観や山林景観など客観的に抽出される景観要素に基づき、ルートの景観特徴化を行ってきた。これに対し、本研究では景観の良さという主観的な要素を取り入れる。本研究では、Flickr に投稿された位置情報付き写真に基づいた道路リンクのスコア（写真ベーススコア）を定義する。

(注1) : <https://www.flickr.com/>

3. 定義

定義 1：道路ネットワーク. 道路ネットワークは有向重み付きグラフ $G = (V, E)$ で表現される．ここで、 V は道路ノード集合であり、 $E \subseteq V \times V$ は道路リンク集合である．道路ノード $v_i \in V$ は交差点や道路の終端を表す．道路リンク $e_k = (v_i, v_j) \in E$ は、始点ノード v_i から終点ノード v_j へ向かう有向リンクである．本稿では、始点ノード v_i と終点ノード v_j の中点となる経度・緯度を、道路リンク e_k の位置情報 $(e_k.x, e_k.y)$ とする．また、道路リンク e_k の距離を $\text{len}(e_k)$ と表す．さらに、道路リンク e_k にはリンクの距離等に応じたコスト w_k が付与されている．

定義 2：位置情報付き写真. 位置情報付き写真を $p_i \in P$ と表す． p_i は地理座標系の位置座標として経度・緯度 $(p_i.x, p_i.y)$ をもつ．

定義 3：道路リンク関連写真. 道路リンク e_k に関連する位置情報付き写真集合を P^k と表す．

定義 4：写真ベーススコア. 関連する写真に基づく道路リンク e_k のスコアを写真ベーススコア $s(e_k)$ と定義する．

定義 5：更新済み道路ネットワーク. 写真ベーススコア $s(e_k)$ に基づき更新された道路リンク e_k のコストを w'_k と定義する．更新済み道路リンクコストにより更新した道路ネットワークを更新済み道路ネットワーク G' とする．

定義 6：景観ルート. 写真ベーススコア $s(e_k)$ が高い道路リンク e_k を景観の良い道路リンクとして扱う．景観の良い道路リンクをつないで構成されるルートを景観ルートと定義する．

4. 位置情報付き写真に基づく景観ルート推薦システム

本章では、提案システムである位置情報付き写真に基づくルート推薦システムについて説明する．

4.1 システム概要

インタフェースはマップビューをもつ．ユーザはマップビューから出発地および目的地を設定できる．出発地および目的地が設定されると、システムはその2地点を結ぶルートをマップビューに提示する．マップビューには最短ルートおよび景観ルートの2種類のルートが提示される．

提案システムにより景観ルートを探査する際には、ルート探索手法により景観の良い道路リンクが選択されやすくしておく必要がある．そのため、あらかじめ景観の良い道路リンクとして、関連する写真数に応じてコストを低減する．このように、コストを低減させた道路リンクを基に道路ネットワークを更新しておく(4.2節)．

更新された道路ネットワーク上において、Dijkstra 法 [9] などの既存のルート探索手法を適用することで、コストを最小化するルートを探査する．このように探索されたルートを景観ルートとして出力する(4.3節)．

4.2 写真ベーススコアに基づく道路ネットワークの更新

道路ネットワーク上の道路リンク $e_k \in E$ について、関連付けられた写真数に基づき、写真ベーススコアを算出する．算出

された写真ベーススコアに基づき、道路リンクのコストを算出し、道路ネットワークを更新する．

図 1 は、道路ネットワークの更新の流れを図示したものである．以下、各処理について説明する．

4.2.1 写真データと道路リンクの関連付け

道路リンク e_k に関連する写真集合 P^k を得る．任意の写真 $p_i \in P$ について、最近傍の道路リンク e_k を対応付ける．ここで、写真 p_i と道路リンク e_k との距離の算出は写真の位置情報 $(p_i.x, p_i.y)$ と道路リンクの中点の位置情報 $(e_k.x, e_k.y)$ との間のユークリッド距離を用いて行う．例として図 3 のような場合には、4 本ある道路リンクのうち、左の道路リンクが写真と最も近いので、写真に関連する道路リンクとなる．ただし、最近傍の道路リンクとの距離が 300m 以上になる場合は、その写真 p_i はどの道路リンクにも対応付けない．これは、道路リンクから遠く離れた写真は互いに関連性が弱いと考えるためである．写真 p_i が道路リンク e_k に対応付けられたとき、写真集合 P^k に写真 p_i を追加する．

4.2.2 道路リンクへの写真ベーススコアの付与

道路リンク e_k に対応付けられた写真集合 P^k に基づき、道路リンク e_k の写真ベーススコア $s(e_k)$ を算出する．ここでは、写真集合 P^k に含まれる写真数に基づくスコアを算出する．つまり、道路リンク e_k の写真ベーススコア $s(e_k)$ は、次式により算出する：

$$s(e_k) = |P^k|. \quad (1)$$

4.2.3 道路リンクコストの更新

写真ベーススコアに基づき、各道路リンクのコストを更新する．提案システムでは、道路リンクの距離 $\text{len}(e_k)$ と写真ベーススコア $s(e_k)$ のバランスを考慮して、次式により道路リンク e_k のコスト w_k を w'_k に更新する：

$$w'_k = \frac{\text{len}(e_k)}{\log(\exp(1) + s(e_k))}. \quad (2)$$

4.2.4 道路ネットワークの更新

最終的に、すべての道路リンク $e_k \in E$ について、コストを更新する．更新済みコストに基づく道路ネットワークを更新済み道路ネットワーク G' として扱う．

4.3 推薦ルートの探索

出発地および目的地が与えられたとき、道路リンクコストを基に推薦ルートを探査する．ルート探索には Dijkstra 法 [9] を用いる．Dijkstra 法は、与えられた出発地と目的地において、道路リンクの総コストを最小にするルートを探査するアルゴリズムである．既存の道路ネットワーク G にこの Dijkstra 法を適用することで最短ルートが、更新済み道路ネットワーク G' に Dijkstra 法を適用することで景観ルートが、それぞれ探索される．

5. 評価

本研究では「ジオタグ写真を用いて景観が良いルートの推薦できるか」という仮説の検証を行っていく．

道路ネットワークへの写真ベーススコア付与

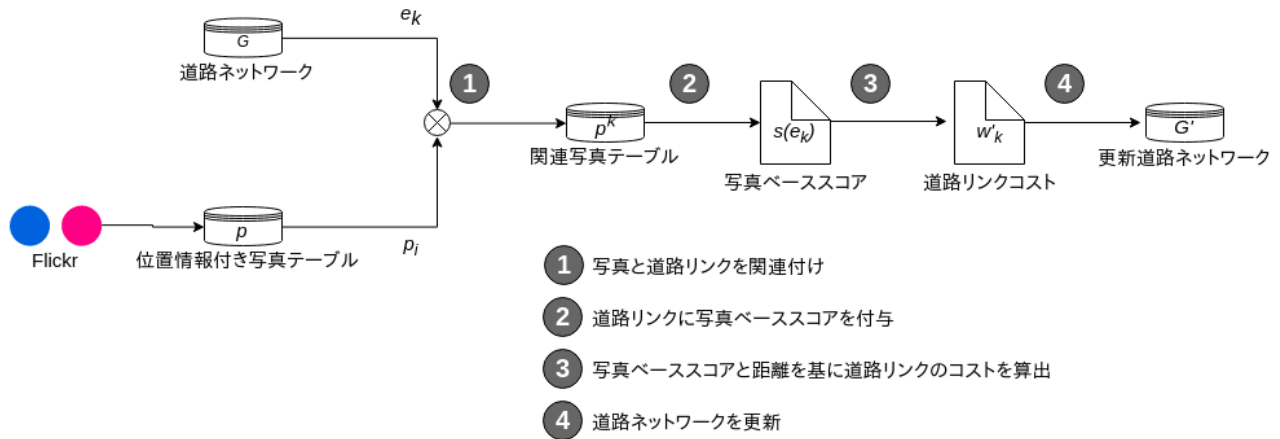


図1 写真ベーススコアに基づく道路ネットワークの更新の流れ。(1) まず、写真データと道路リンクを関連付ける。(2) 関連付けられた写真数に基づき道路リンクに写真ベーススコアを付与する。(3) 道路リンクの写真ベーススコアと距離を基に道路リンクのコストを算出する。(4) 算出したコストに基づき道路ネットワークを更新する。

インタフェースとシステム構成

マップビュー



図2 システム構成(オンライン処理)

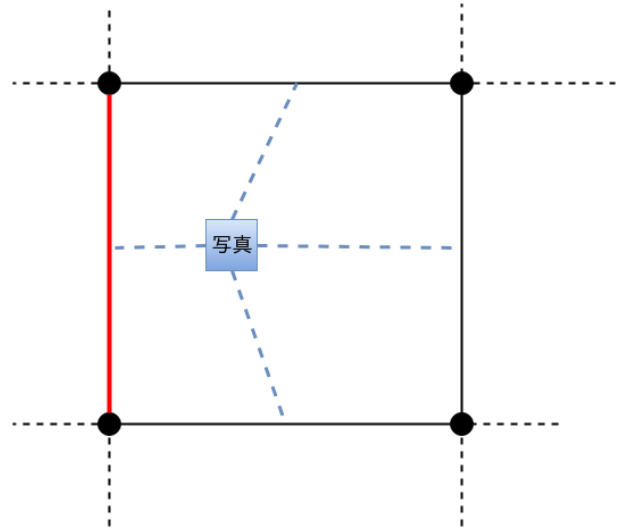


図3 写真と道路リンクの関連付け。4本ある道路リンクのうち、左の道路リンクが写真と最も近いと判断され、写真に関連する道路リンクとなる。

5.1 データセット

評価用データセットとして、京都府内の実際の道路ネットワークデータおよび Flickr の写真データを用いた。

道路ネットワークデータは OpenStreetMap^(注2) から抽出した。抽出した道路ネットワークデータには、192,615 件の道路ノードおよび 225,109 件の道路リンクが含まれる。

また、Flickr から京都府内の位置情報が付与された写真データを収集した。収集した写真データ数は 9,344 件であった。

5.2 実験方法

被験者に対し、5 パターンの出発地と目的地を結ぶルートを地図インタフェース上に提示する。提示する各ルートには、景観ルート(提案手法)と最短ルート(ベースライン手法)が含まれており、それぞれ色分けして表示される。被験者には、どちらのルートがどのルートであるかは知らせていない。また、それぞれのルートに対応する色も毎回ランダムに変えている。

本実験では、被験者に「観光目的で散策を楽しみたい」というシナリオを提示した。被験者は、このシナリオを想像しながら、各ルートについて適切性を評価する。適切性を測るために、我々はリッカート尺度(非常に適切である、適切である、どちらでもない、適切でない、まったく適切でない)を用いた。なお、被験者はルートを評価する際には、地図から得られる情報に加え、Google ストリートビューを閲覧しても良い。

出発地と目的地の組合せとして次の 5 組を用意した：

- (1) (34.991473, 135.753233) → (34.987368, 135.759666),
- (2) (34.985524, 135.758297) → (34.987164, 135.746959),
- (3) (35.012063, 135.768854) → (35.029953, 135.759464),
- (4) (34.999938, 135.739327) → (35.013389, 135.767110),
- (5) (34.951287, 135.743146) → (34.945237, 135.756257).

各組において提示された景観ルートおよび最短ルートについて

(注2) : <https://www.openstreetmap.org/>

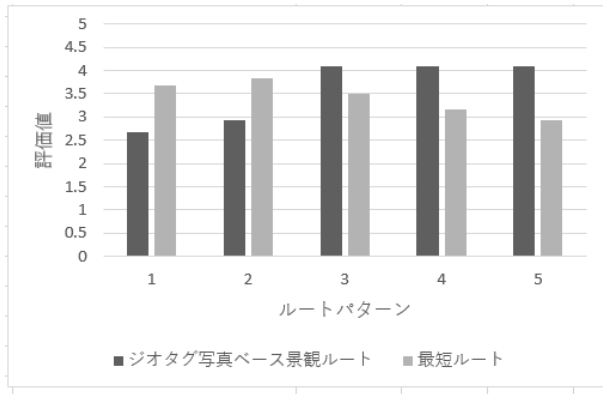


図 4 ルートパターンごとの評価値の平均値。横軸はパターン 1 から 5 を示し、縦軸は各パターンの平均評価値を示す。

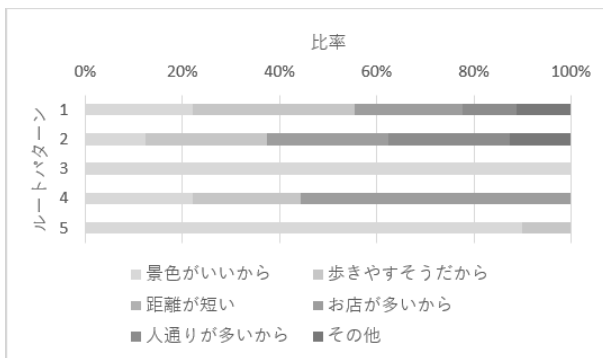


図 5 各パターンに対する評価理由の比率。縦軸はパターン 1 から 5 を示し、横軸は各パターンの評価理由の比率を示す。

て、被験者がリッカート尺度による評価値を与えた。

二つのルートへの評価値が異なった場合、高く評価した方のルートについて、被験者にその評価理由を回答してもらった。被験者は、次の六つの評価理由の中から当てはまるものを一つ選択する：

- (1) 景色が良いから
- (2) 歩きやすそうだから
- (3) 距離が短いから
- (4) お店が多いから
- (5) 人通りが多そうだから
- (6) その他

「その他」の選択肢を選んだ場合は、自由記述により具体的な内容記述してもらった。

なお、本実験に参加した被験者は、大学生 12 名であった。

5.3 結 果

取得されたリッカート尺度を間隔尺度として扱い、図 4 に示す棒グラフにプロットした。図 4 は被験者 12 名による各パターンにおける各ルートへの評価値の平均値を示している。

図 4 からわかるように、パターン 3, 4, 5 については、景観ルートの方が最短ルートよりも評価が高かった。一方で、パターン 1, 2 については、最短ルートの方が評価が高かった。以上の結果より、出発地と目的地の選び方によって、景観ルートと最短ルートへの評価が変わることが示唆された。

5.4 定 性 分 析

5.3 節の結果について定性的に分析する。図 5 は、被験者から得られた評価理由の比率をパターンごとに示したものである。

5.3 節の結果では、パターン 3, 4, 5 については、景観ルートの方が最短ルートよりも評価が高かった。図 5 に示すように、パターン 3 およびパターン 5 については、「景観が良いから」が多く選ばれた。これらは、本研究の目的である景観が良いルートが適切に推薦できている事例であるといえる。また、パターン 4 については、「お店が多いから」という理由が多かった。これについて、パターン 4 における景観ルート上の Google ストリートビュー画像を参照したところ、このルートは寺町通商店街を通るルートとなっている。この商店街で撮影された写真が多いことから、結果的にこのルートが景観ルートとして抽出されたと考えられる。

5.3 節の結果では、パターン 1 およびパターン 2 については、最短ルートよりも評価が低かった。図 5 に示すように、「歩きやすそうだから」が多く選ばれた。また、「その他」を選択した理由には「曲がる回数が少なかったから」という回答があった。パターン 1 とパターン 2 については、最短ルートが大通りを通っているのに対し、景観ルートは小道を多く通っていた。結果的に大通りを通る方が歩きやすく分かりやすいという理由から、これらのルートが選択されていると考えられる。

6. お わ り に

本研究では、位置情報付き写真に基づく景観ルート推薦システムを提案した。評価実験の結果より、景観が良い魅力的なルートが推薦できた組み合わせがあった一方、最短ルートより評価が低い組み合わせもあった。これは、近くに写真が少なかったことが大きな原因だと考えられる。今後、京都府以外の地域の対応を行いたい。

謝 辞

本研究は JSPS 科研費 JP15K12151, JP16H05932 の助成を受けたものです。ここに記して謝意を表します。

文 献

- [1] Francesco Ricci. Travel Recommender Systems. *IEEE Intelligent Systems*, Vol. 4, No. December, pp. 55–57, 2002.
- [2] Joan Borràs, Antonio Moreno, and Aida Valls. Intelligent tourism recommender systems: A survey. *Expert Systems with Applications*, Vol. 41, pp. 7370–7389, jun 2014.
- [3] Chang Shing Lee, Young Chung Chang, and Mei Hui Wang. Ontological recommendation multi-agent for Tainan City travel. *Expert Systems with Applications*, Vol. 36, No. 3 PART 2, pp. 6740–6753, 2009.
- [4] Chien Chih Yu and Hsiao Ping Chang. Personalized location-based recommendation services for tour planning in mobile tourism applications. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, Vol. 5692 LNCS, pp. 38–49, 2009.
- [5] Ling-yin Wei, Wen-chih Peng, Chun-shuo Lin, and Chen-hen Jung. Exploring Spatio-Temporal Features. In *Advances in Spatial and Temporal Databases, Lecture Notes in Computer Science*, pp. 399–404, 2009.
- [6] Ling-yin Wei, Wen-chih Peng, Bo-chong Chen, and Ting-

- wei Lin. Eleventh International Conference on Mobile Data Management PATS : A Framework of Pattern-Aware Trajectory Search. In *Mobile Data Management*, pp. 362–377, 2010.
- [7] Koji Kawamata and Kenta Oku. Roadscape-based Route Recommender System using Coarse-to-fine Route Search. In *Proceeding of the ACM RecSys Workshop on Recommenders in Tourism*, pp. 23–27, 2018.
- [8] 奥健太, 山西良典. 土地被覆図からの景観要素抽出に基づく道路リンクの景観ベクトル化. 情報処理学会研究報告データベースシステム (DBS) , 第 DBS-165 巻, pp. 1–6, 2017.
- [9] Edsger Wybe Dijkstra. A Note on Two Problems in Connexion with Graphs. *Numerische Mathematik*, Vol. 1, pp. 269–271, 1959.
- [10] Rina Dechter and Judea Pearl. Generalized best-first search strategies and the optimality of A*. *Journal of the ACM*, Vol. 32, No. 3, pp. 505–536, jul 1985.
- [11] Kayur Patel, Mike Y. Chen, Ian Smith, and James A Landay. Personalizing Routes. In *Proceedings of the 19th annual ACM symposium on User interface software and technology*, pp. 187–190, 2006.
- [12] Jaewoo Chung and Chris Schmandt. Going My Way : A User-aware Route Planner. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1899–1902, 2009.