

# 大量写真データをもとにした

## 観光地内の主要観光ルート網の自動抽出に向けて

倉田 陽平

首都大学東京

[ykurata@tmu.ac.jp](mailto:ykurata@tmu.ac.jp)

**概要:** 筆者は写真共有サイト Flickr 上の膨大な写真データを利用し、観光地内各所の見所度合いを可視化した「観光ポテンシャルマップ」の作成を試みてきた。本研究ではこれをさらに進化させ、Flickr 上の写真データをもとに観光地内の主要観光ルート網を自動抽出することを試みる。これは観光ポテンシャル(写真撮影密度)を標高とみたと、その仮想地形の主要尾根線を抽出することによって実現される。しかし既存の尾根線抽出法では不十分な結果しか得られないことが評価実験により判明した。そこで尾根線抽出のための新手法「峠起点上昇法」を提案し、さらにその今後の改良点について述べる。

**Keywords:** 写真共有サイト, Flickr, 観光ポテンシャル, カーネル密度推定, 尾根線抽出

### 1. はじめに

近年、旅行者の行動を知るための新たな情報源として、Flickr や Panoramio に代表される写真共有サイトが注目を浴びている。これらのサイト上には世界中の参加者から投稿された数十億枚の写真が蓄積され、その多くには撮影地点の位置情報が付与されている。このような巨大データを観光分野に活用しようと、すでに幾多の取り組みが行われてきた。たとえば、撮影地点分布をもとに観光資源の所在を推定し観光マップを自動作成する研究[1]、撮影位置履歴から旅行者の移動軌跡を推定する研究[2-4]、さらにその軌跡を参考に旅程推薦を行う研究[5-7]などが挙げられる。これらは、ソーシャルメディアが普及した今日において、人々の旅行行動の結果をもとに有用かつ鮮度の高い観光情報を自動生成できる可能性を示すものである。

筆者自身も Flickr データをもとに観光地内各所の見所度合(観光ポテンシャル)を可視化する手法の開発に取り組んできた[8-9]。これは、旅行情報として有効な写真を自動選別し、その撮影地点密度分布を適切に描画することで実現される。たとえば図1は横浜中心部における観光ポテンシャルマップである。このような地図は、観光地内のどのあたりが面白そうか見当をつける際に有用である。また、図2のように、ポテンシャルの高い箇所を適切に結べば、主要な観光ルートを見出せる可能性もある。しかし、現地において観光ポテン

シャルマップを眺めながらルートを頭に思い浮かべ、それを実際の移動へと反映するには相応の認知的負荷が必要となる。実際に地図を苦手とする利用者からはその読解の難しさの声が聞かれた[8]。

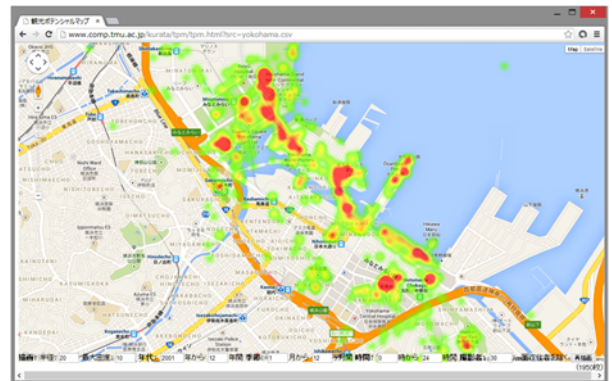


図1 観光ポテンシャルマップの例



図2. 導出される主要観光ルート網のイメージ

そこで本研究では、観光ポテンシャルマップをもとに「観光地の主要観光ルート」を自動抽出する技術の開発に取り組む。基本的なアイデアとしては、カーネル密度推定法によって推定された旅行関連写真の撮影地点密度（観光ポテンシャル）を標高とみなし、その仮想地形の主要尾根線を抽出することにより観光ルートを取得する。取得できたルート網は、観光地の構造を視覚的に理解するうえで手助けとなるだけでなく、観光地内のナビゲーションやネットワーク分析などへの応用可能性を生み出すものとなる。

将来的にこれらを実現すべく、その第一歩として本論文ではまず、地形解析分野で提案されてきた尾根線抽出法が、観光ポテンシャルマップのようなカーネル密度図ベースの仮想地形に適用するのを検証する（2章）。これをもとに、独自の尾根線抽出法を提案し、これを用いて観光ポテンシャルマップからの観光ルート抽出を試みる（3章）。

## 2. 既存手法とその評価

本章では、既存の4つの尾根線抽出法を川越の観光ポテンシャルマップに対し適用し、それぞれの有効性を検討する。ここではEpanechnikovカーネル（バンド幅50m）を用いて5mおきに推定した川越中心地区の観光ポテンシャルのメッシュデータ（以下、川越データと呼ぶ）を作成し、評価に用いた。川越を対象とした理由は、観光地区の規模が小さく、観光の主軸（蔵の街）と分岐軸（菓子屋横丁）がはっきりと存在しているためである。

### 2.1 メディアン法 [10]

メディアン法は、各セルについて、自身の標高から、自身を含む近傍3×3セルの標高の中央値を引き、その差が閾値以上のものを「尾根上のセル」として抽出するものである。この手法を川越データに適用したところ（図3）、尾根線は途切れ途切りに抽出され、なおかつ大量のノイズが発生した。この結果のように、メディアン法は局所的な地形しか見ていないため、微細な凸地形を拾いやすく、なおかつ尾根線上に少しでも凹みがあるとそこで線が途切れるという問題がある。また、円錐状の地形に対し、頂点から八方向に不自然な尾根線が抽出される傾向も見られた。カーネル密度図では円錐状の仮想地形が多く発生するため、このことがとくに問題となる。

### 2.2 離散ラプラシアンの利用 [11]

この方法では、メッシュ上の各セル $(m, n)$ の標高値 $f(m, n)$ から、以下の離散ラプラシアン

$\Delta f(m, n)$ を求める。

$$\Delta f(m, n) = f(m + 1, n) + f(m - 1, n) + f(m, n + 1) + f(m, n - 1) - 4f(m, n)$$

この $\Delta f(m, n)$ は、尾根筋では負、谷筋では正になる。そこでこの $\Delta f(m, n)$ の値がある負の閾値未満となったセルを「尾根上のセル」として抽出する。この手法を川越データに適用したところ（図3）、尾根線は全く現れず、代わりにポテンシャルの特に高い箇所が抽出されるのみであった。また、閾値を調整しても結果の改善は見られなかった。

### 2.3 最急上昇法 [12]

最急上昇法は、各セルにとって8近傍セルの中から最急上昇方向にあるものを親とするようなツリーを構築したうえで、各セルが有する全子孫の個数を数え、その数が閾値以上のセルを「尾根上のセル」として抽出するものである。実質的には、上下反転した地形において各セルの集水域の大きさを考え、集水域が一定以上のセルを尾根とみなしている。この手法を川越データに適用したところ（図5）、得られた尾根線は鞍点付近で必ず途切れていた。また、各頂点から縦横方向に不要な尾根線が生じる問題も見られた。

### 2.3 局所的な地形の形状分類による方法 [11]

この方法は、各セルについて上下左右の4近傍セルと標高比較を行い、図6で示した極大点・尾根上の中間点・鞍点の性質を満たすものを「尾根上のセル」として抽出するものである。この手法を川越のデータに適用したところ（図7）、連続的な尾根線が得られたが、それでも鞍点付近を中心に線が途切れている箇所が散見された。また、最急上昇法同様、縦横方向の不要な尾根線が生じやすく、さらにノイズも多く発生した。

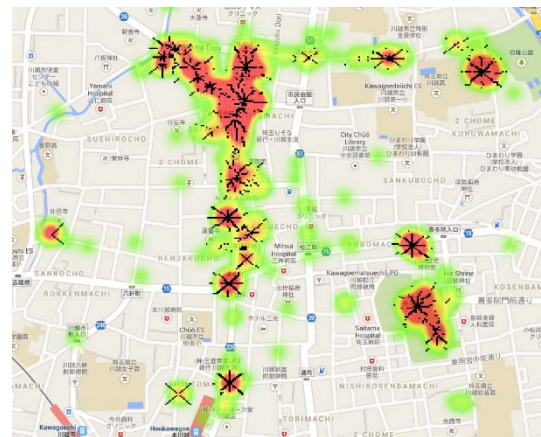


図3. メディアン法の川越データへの適用結果

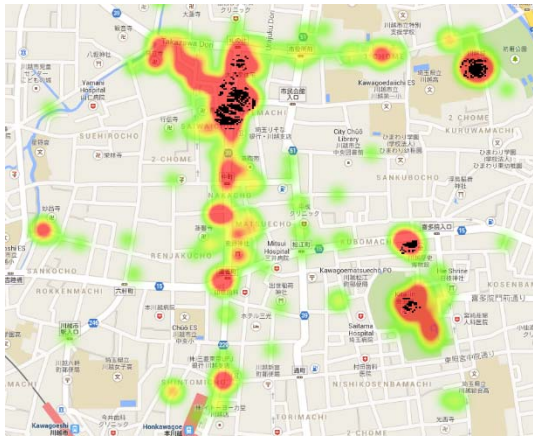


図4. 離散ラプラシアンを利用した尾根線抽出法の川越データへの適用結果

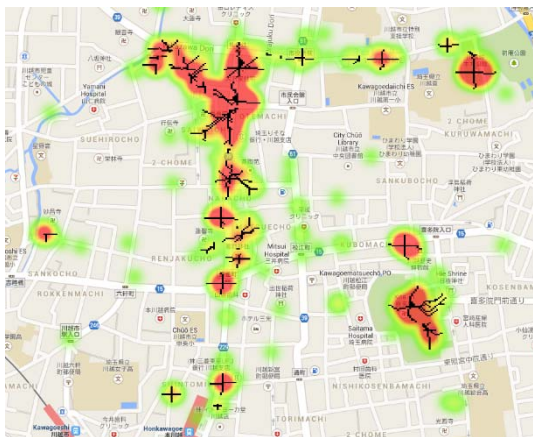
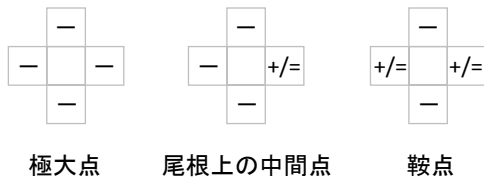


図5. 最急上昇法の川越データへの適用結果



極大点 尾根上の中間点 鞍点  
図6. 尾根線を構成しうる要素

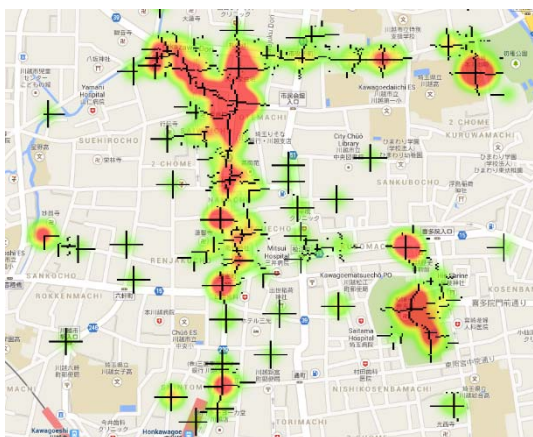


図7. 局所的な地形の形状分類による尾根線抽出法の川越データへの適用結果

### 3. 提案手法とその評価

2章で述べたいずれの尾根線抽出法も、尾根線の断絶やノイズ等の問題が発生することがわかった。そこで、山頂—峠—山頂間を確実につなぐことを主眼にした、新たな尾根線抽出法「峠起点上昇法」を提案する。そのプロセスは以下の通りである(図8)。

Step 1. 各セルについて8近傍セルの中から最急上昇方向のものを親とするようなツリーを構築する

Step 2. ツリーの祖先別にセルをグループ化する

Step 3. すべてのグループの組み合わせについて、以下の処理を行う

3-1 グループA内の、グループBのセルに接するセル列を抽出する

3-2 このセル列の中で、標高が極大値となるセル(峠)を抽出する

3-3 峠セルから順に最急上昇方向へセルをたどっていった際に経由する全セルを「尾根線上のセル」として抽出する

この方法は、実質的には、上下反転した地形の集水域を考え、各集水域境界の鞍点から水の流れる方向に線を引いていることに相当する。なお、この手法では山頂間を結ぶ尾根線のみが抽出され、山頂から平野に下る尾根線は抽出されない。

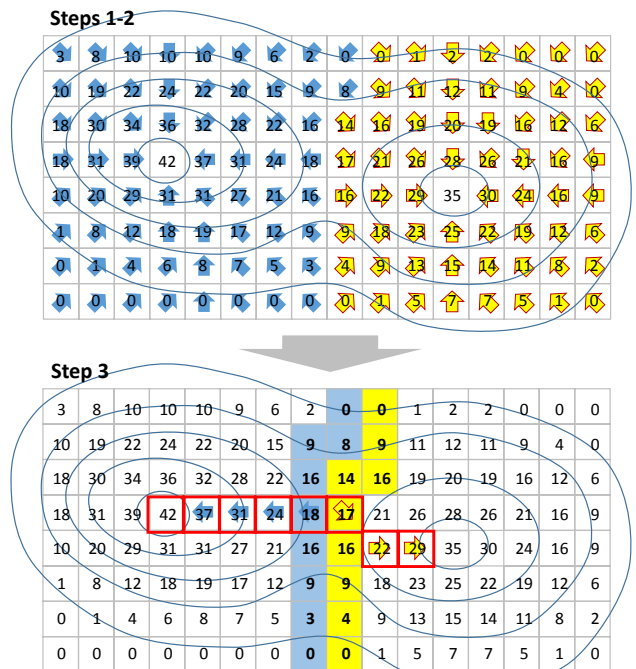


図8. 提案手法の概要

この手法を川越のデータに適用したところ（図9）、他手法に比べ非常に連続的な尾根線が抽出された。ただ、これを主要観光ルートと言うには細かく枝分かれしすぎている印象もある。また、尾根線が併走している箇所や、尾根線同士が非常に近くまで来ていながら線が途切れてしまっている箇所が散見される。

この現状をふまえ、今後は以下の改良に取り組み、より「主要観光ルートネットワーク」と呼べるようなネットワークの抽出に取り組んでいきたい。

- ・カーネルのバンド幅の最適化
- ・並走する尾根線の統合
- ・互いに延長線上にある尾根線同士の連結
- ・尾根線のベクトルデータ化
- ・実際の道路ネットワークをふまえた形状の修正

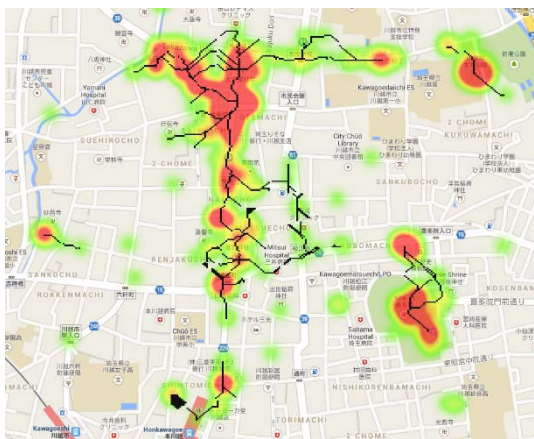


図9. 提案手法の川越への適用結果

#### 4. まとめと今後の課題

本研究では、観光ポテンシャルマップから観光ルート網を抽出するため、「峠起点上昇法」という尾根線抽出法を提案し、これを用いれば既存の手法よりも連続的かつノイズの少ないルート網が得られることを実証した。

観光は通常、空間内を移動しながら連続的に行われるものである。したがって、観光地の空間構造は、観光スポット（点）の集合としてだけでなく、ネットワークの観点から考えることも重要である。本研究の今後の成果により観光ルート網の自動抽出が実現すれば、世界中の観光地の空間構造を横断的に比較分析することが可能となろう。また、得られたデータを活用し、旅行者に「見どころの多いルート」を案内するようなサービスを各地に提供することも可能になるだろう。

なお、本研究は観光ポテンシャルマップを主眼にしてきたが、提案手法は、位置情報付きツイートやGPSログデータの分析など、様々な点分布データに対しても広く応用可能だと考えられる。

#### 謝辞

本研究には、科学研究費補助金（基盤研究B，課題番号25289162，課題名「すれちがい通信を利用したリアルタイムな人々の流れ推定技術の開発と実証的検証」，代表：薄井智貴）の一部を利用した。

#### 参考文献

- [1] Chen, W. C., Battestini, A., Gelfand, N., & Setlur, V. : Visual summaries of popular landmarks from community photo collections. ACM Multimedia Conference, 2009.
- [2] Girardin, F., Calabrese, F., Dal Fiorre, F., Biderman, A., Ratti, C., & Blat, J. : Uncovering the presence and movements of tourists from user-generated content. International Forum on Tourism Statistics, 2008.
- [3] Kisilevich, S., Keim, D., & Rokach, L. : A novel approach to mining travel sequences using collections of geotagged photos. Geospatial Thinking, 2010.
- [4] Lu, X., Wang, C., Yang, J., Pang, Y., and Zhang, L. : Photo2Trip: Generating Travel Routes from Geo-Tagged Photos for Trip Planning. International Conference on Multimedia, 2010.
- [5] Mamei, M., Rosi, A., & Zambonelli, F. : Automatic analysis of geotagged photos for intelligent tourist services. International Conference on Intelligent Environments, 2010.
- [6] De Choudhury, M., Feldman, M., Amer-Yahia, S., Golbandi, N., Lempel, R., & Yu, C. : Automatic construction of travel itineraries using social breadcrumbs. ACM Conference on Hypertext and Hypermedia, 2010.
- [7] 奥山幸也・柳井啓司：写真撮影の位置軌跡を利用した旅行支援システム. DEIM Forum. 2011.
- [8] Kurata, Y.: Potential-of-Interest Maps for Mobile Tourist Information Services. ENTER2012, 239-248, 2012.
- [9] 倉田陽平: 観光ポテンシャルマップの信頼性向上に向けて—ソースとなる投稿写真データの自動選別ルール構築—. 地理情報システム学会講演論文集 22, CD-ROM, 2013.
- [10] 岩橋純子：数値地形モデルを用いた地形分類手法の開発. 京都大学防災研究所年報 37(B-1), 141-156, 1994.
- [11] 赤城剛朗・土田賢省・夜久竹夫・横山隆介：地形の特徴抽出モデルと3次元地形図への応用. 情報処理学会研究報告 2006-MPS-58(20), 73-76, 2006.
- [12] 高加晋司・野牧賢志・杉田公生・土田賢省・夜久竹夫：最急上昇法による尾根抽出. 京都大学数理解析研究所講究録 1744, 177-180, 2011.