

風景画像の撮影位置推定

小林 光太郎[†] 斎藤隆文[‡]

東京農工大学 工学部情報工学科[†]

東京農工大学大学院 生物システム応用科学府[‡]

1. 背景と目的

Web 上には様々な季節, 時刻, 撮影位置など様々な条件下で撮影された風景写真が存在する. GPS などの位置情報が付加されていなければ, 多くの写真の撮影位置の取得には視点位置推定手法を適用する必要がある. 従来研究における写真の視点位置推定は, 主に複雑で特徴的な形状を持つ建物や名所旧跡などを対象としている. 一方で特徴的な形状を持たず, 視点位置によって視認できる形状変化の小さい, 山のような対象物を撮影した写真から視点位置を推定するのは困難である.

本研究では, 特定の山を含む風景写真を対象とし, 撮影位置の推定を行う. 今回は富士山を対象に実験を行い, 評価する.

2. 関連研究

関連する研究として, Martin-Brualla¹らは世界の風景や建築物の写真を, 場所で分類して時系列順に並べ, 長時間の時間経過映像を作成する手法を提案している[1]. 風景や建築物の複数の画像からおおよその視点位置を求めて 3D 空間上に再構成し, 時間経過による形状や色相変化が滑らかに変化するように補間することで自然な時間経過映像を作成している.

3. 山の輪郭形状照合による撮影位置推定

風景写真に写っている対象物の形状を, 三次元空間上の対象物の形状と比較することで視点位置を求める. ここでは三次元空間上の対象物の形状を, 実際の標高値からなる標高データを元に作成された 3D モデル (stl ファイル) から取得する. 三次元の対象物と二次元画像を比較する方法として, 様々な角度から写した 3D モデルの輪郭線と風景写真上の対象物の輪郭線を比較して類似度の高かった角度を選別する

3.1. 風景写真からの輪郭線取得

風景写真上からの山の輪郭線は, 以下の手順で取得する. まず, 画像に 3×3 のソーベルフィルタを適用し, 2 値化によってエッジを取得する. 画像中央部の x 値に対し最上部のエッジ部分を, 輪郭線の起点とし, そこから左右にエッジを追跡して輪郭線を得る. 輪郭線は, x 座標 (整数値) ごとに傾き (y 方向の変化量) を求め, これを数列として保持する.

3.2. CG 画像からの輪郭線取得

地形を対象としているため, 対象物の 3D モデルは国土地理院から公開されている標高データを元に作成された 3D モデルが利用可能である. 今回の実験では富士山の山頂中心から東西南北におよそ 15km の範囲を正方形の 3D モデルとして利用する. (図 1)



図 1. 標高データモデル

取得したモデルを高さ 0 の遠点から写した画像を取得し, その画像内の対象物の形状をその角度から見た対象物の形状とみなして輪郭線を取得する. 対象物を横方向に一回転させて同様に輪郭線を取得することで 360° 分のモデルの輪郭線を求める. 風景写真と同様にモデル画像から求めた 360 個分の輪郭線も数列として取得する.

3.3. 輪郭形状の照合

それぞれの輪郭を同じ形式の数列に変換できたので, 3D モデルから取得した 360 個の数列と風景写真上の対象物の輪郭線から取得した数列を比較して風景写真の撮影された角度を求める.

それぞれの数列は画素値変位数を表しているため整数値で構成されている. しかし, 標本化された値同士では傾きの比較に適さないため, 今回は数列の値を幅 10 で平均を取って平滑化を行い, 滑らかな傾きの値に変換して比較する.

数列間の類似度を求める場合, 多次元ベクトル間の類似度を求める手法が適用できるため, 多次元ベクトル間の類似度を求める手法の一つであるコサイン類似度という計算方法を用いて

Viewpoint estimation of landscape image

[†] Kotaro Kobayashi, Department of Computer and Information Sciences, Tokyo University of Agriculture and Technology.

[‡] Takafumi Saito, Graduate School of Bio-Applications and Systems Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology.

類似度を求める．ベクトル $a = (a_1, a_2, \dots, a_m)$ と $b = (b_1, b_2, \dots, b_m)$ のコサイン類似度は(1)の式で求める． a と b の類似度が高くなるほど $\cos(a, b)$ の値が1に近づく．

$$\cos(a, b) = \frac{\sum_{n=1}^m (a_n \times b_n)}{|a| \times |b|} \quad (1)$$

この類似度計算方法は同じ大きさのベクトル同士のと看のみ適用できるが、今回比較する3Dモデルの数列と風景画像の数列では数列長が異なる．そのため、大きい方の数列の一部分と小さい方の数列で比較して類似度を求め、最も類似度の高い部分を求める．

また、同じ角度であってもモデルと写真では倍率が異なる．二つの輪郭線の倍率が異なると類似していると判別できないため、モデルの数列を少しずつ拡張しながら風景写真の数列との類似度を求めることで風景写真数列とモデルの数列の倍率が合うような拡張率も共に求めることができる．数列の拡張は線形補間を利用して要素の増えた部分を補間しながら拡張を行った．

4. 類似度の取得実験

4.1. 実験結果

富士山頂から約17km、76°の位置から撮影された写真とモデルの全角度の最高類似度は図3のようになった．図2左側上が風景写真の輪郭線であり、風景写真と同じ角度から写した3Dモデルの輪郭線（図2左側下）との類似度は0.939となった．最も類似度が高かったのは72°の輪郭線（図2左側中央）であり、類似度は0.949となった．左中央と左下の輪郭線の風景写真の輪郭線との類似度は近く、その角度付近では輪郭線は似た形状になっていたことがわかった．

一方で、富士山頂から約16km、187°の位置から撮影された写真と3Dモデルの全角度の最高類似度は図4のようになった．風景写真と同じ角度と最高類似度を持つ角度は大きく異なり、全体的に低い類似度を示した．しかし、その風景写真と最も類似度の高い角度の3Dモデル輪郭線（図2右側中央）と、風景写真と同じ角度の3Dモデルの輪郭線（図2右側下）は目視で分類するのも困難なほど特徴が小さいものであった．



図2. 風景と3Dモデルの輪郭線

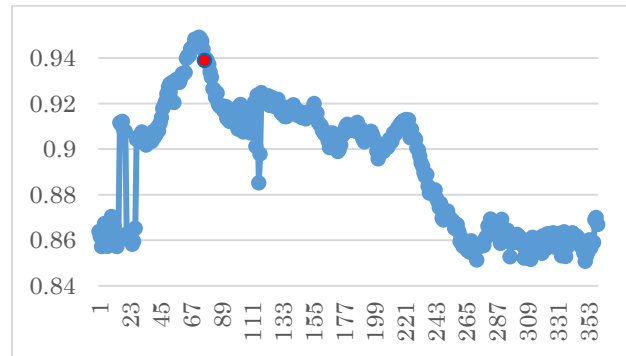


図3. 全角度のモデルとの類似度

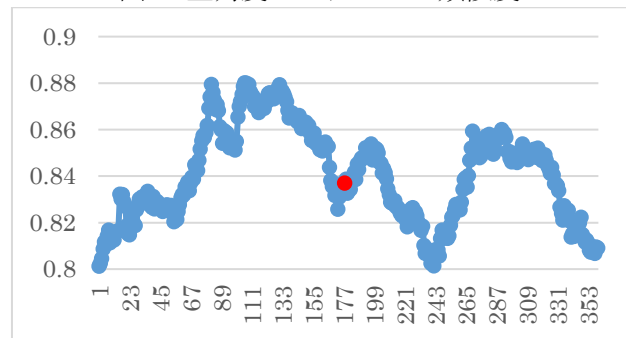


図4. 全角度のモデルとの類似度

4.2. 考察

対象物と同じような距離をとって撮影された写真であっても角度によってモデルとの類似度が低いものと高いものがあることがわかった．低くなる要因として考えられるのは、対象物の輪郭の形状の特徴が小さい角度があることである．それによって目視でも違いを見つけづらい角度をカバーするために、あらかじめモデルから似た形状を持つ角度を認識しておくことで正しい角度推定に利用できると考えた．

また、図2の風景写真とモデル画像では輪郭の変化の方向は似通ったものになっているが、風景写真では同じ角度のモデルと比べて傾きが若干急になっていることが見受けられる．そのため、今回利用した遠点から3Dモデルを写した画像の輪郭だけでなく、近くから3Dモデルを写した画像の輪郭との照合も行うことで精度向上が望めるものと考えられる．

参考文献

- [1] Ricardo Martin-Brualla¹, David Gallup, Steven M. Seitz¹, Time-lapse Mining from Internet Photos, ACM Transactions on Graphics, Vol.34, Is.4, Article 62 (2015).