

3D 地図を利用した写真中の山名提示システム

砂川 未佳^{†1} 松本 哲也^{†2} 竹内 義則^{†3}
工藤 博章^{†2} 大西 昇^{†2}

本研究では、3D 地図を利用した写真中の山名提示を行うシステムを提案する。システムの入力には GPS 情報付きの写真で、出力は山名が重畳された写真である。写真撮影地点の GPS 情報と 3D 地図からパノラマ画像を生成し、パノラマ画像と写真の山輪郭のマッチングによって撮影範囲の推定および山名の提示を行う。本システムで、前提条件を満たす 60 枚の山写真に対し山名提示を行ったところ、約 6 割で輪郭線の抽出に成功し、全体で約 4 割の写真に対して撮影範囲の推定に成功した。

A 3D Map based System for Informing the Name of Mountains in a Photo

MIKA SUNAGAWA,^{†1} TETSUYA MATSUMOTO,^{†2}
YOSHINORI TAKEUCHI,^{†3} HIROAKI KUDO^{†2}
and NOBORU OHNISHI^{†2}

This study proposes a system for informing the name of mountains in a photo. The input of the system is a photo with GPS information and the output is the mountain names superimposed over the photo. First the system creates a panorama based on GPS information of shooting point and 3D map. Next, the system matches the contour in the photo with that of the panorama and estimates shooting range of the panorama to display mountain names. We conducted an experiment with 60 photos. As results, the system extracted mountain contour with the accuracy of 60% and estimated correctly the shooting area for 40% of all photos.

1. はじめに

1.1 背景

総務省統計局の日本統計年鑑によれば、日本の国土の約 70%は山地である。高速道路で遠出する際など、少し街を離れると途端に山間となる。また、街にいても高いところに立てばどこかしらに山が見える。日本人は非常に山の近くで暮らしているといえる。

しかしながら、その山の名前のどれほどを知っているだろうか。国土地理院の 1/25000 地図に名前が書かれている山は約 18000 ある。最も高い山は標高 3776m の富士山であり、最も低い山は大阪にある標高 4.5m の天保山である。このような有名な山を除き、ほとんどの山の名前は知られていないと言ってよい。

そこで本研究では、見えている山の名前を知るためのシステムを提供する。写真中の山に対し名前を付加して提示する手法を提案し、実際の写真を用いた提示実験で評価を行う。

1.2 関連研究

見ているものの情報を提示する手段として、拡張現実 (AR) のスマートフォンアプリケーションが普及している。その一つである世界カメラ¹⁾は、位置情報によって空間に張り付けたタグを、iPhone などの端末を通して表示させる。また、Peak.AR²⁾はまさしく山の名前を知るためのアプリケーションであり、現在位置から見える山の名前を提示する。これらは共に GPS による位置情報と機器内蔵の電子コンパスによる方位情報を用いて、見えているであろうものの情報を提示する手法をとっている。

上の手法では、山名の提示位置は方位情報のみ依存し、撮影画像中のどこが山頂であるかなどの対応を取っていない。したがって遮蔽物により見えていない山の情報まで提示する。また、コンパスが内蔵されていない一般のデジタルカメラなどで撮影した写真に対し、後から名前提示を行うことができない。そこで本研究では、コンパスの方位情報を用いず、撮影画像と 3D 地図を用いた、山輪郭のマッチングによる山名提示の手法を提案する。

^{†1} 名古屋大学工学部 電気電子・情報工学科

School of Engineering, Nagoya University

^{†2} 名古屋大学大学院情報科学研究科

Graduate School of Information Science, Nagoya University

^{†3} 名古屋大学情報連携統括本部情報戦略室

Information and Communications Planning Office, Information and Communications Headquarters, Nagoya University

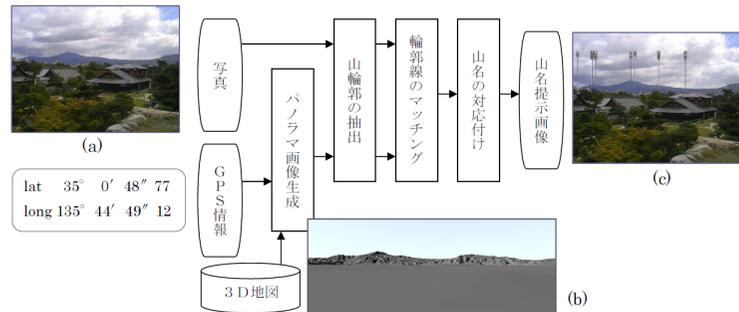


図1 システムフローチャート
Fig.1 Flowchart

2. 山名提示システム

2.1 システム概要

本システムの処理フローチャートを図1に示す。まず撮影地点のGPS情報と3D地図を用いて、撮影地点を基点とした周囲360°の全周画像（以下、パノラマ画像）を生成する。次に写真中の山の輪郭線とパノラマ画像中の山の輪郭線をそれぞれ抽出する。そして抽出した輪郭線同士でマッチングを行い、撮影範囲を特定する。最後に撮影範囲の情報を元に、画像中の山に対応する山名を提示する。

2.2 写真と写真中の山の前提条件

本システムで処理する写真に関して、以下の前提条件を設ける。

- (1) 写真のサイズは高さ480画素、幅640画素である
- (2) 写真は回転していない（ロール角が0°である）
- (3) カメラ歪みは無視できるほど小さい

また、写真中の山に関して、以下の前提条件を設ける。

- (1) 二値化によって空と山が分離できる
- (2) 山輪郭（人工物や木ではない、純粋な地形）は写真の端から端まで連続で、遮られている部分はないかごく一部である
- (3) 山の輪郭線はなだらかである（縦方向に急激に変化しない）

山輪郭を遮るものとしては、ビルなどの建物、木、電線、電柱、街灯などが挙げられる。上記の条件を満たすサンプル写真を図2、3に示す。

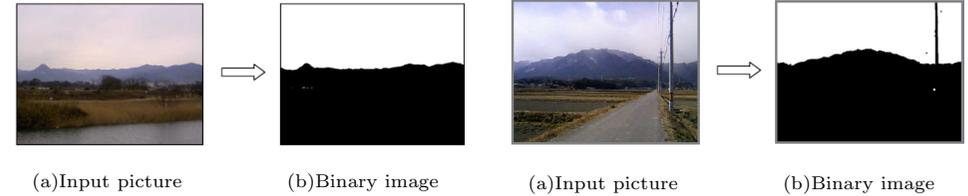


図2 前提条件を満たす写真（遮蔽物なし）
Fig.2 Example satisfying the condition
(without obstruction)

図3 前提条件を満たす写真（遮蔽物あり）
Fig.3 Example satisfying the condition
(with obstruction)

2.3 パノラマ画像の生成

本研究では、パノラマ画像の生成ならびに山名と山座標等の地図情報に関しては、すべてカシミール3D³⁾を利用している。カシミール3Dは山や地形の風景生成ソフトウェアである。パノラマ生成の元データである数値地形データには、国土地理院から提供されている「基盤地図情報 数値標高モデル 10m メッシュ」を利用した。このデータの標高値の精度は1mである。図1(b)は同図(a)のGPS座標（同図のlat, long）において生成したパノラマ画像の一部分である。

2.4 輪郭線抽出

本システムで扱う輪郭は空と山の境界画素の座標系列である。

対象物体の輪郭線を抽出するためには、一般に対象領域の分割が行われる。しかしながら、山は遠方に存在し、山領域の山裾は明確に存在しない。また、山に関しては一般にテクスチャ特徴は有効な特徴量とはなりえない。したがって通常の領域分割手法をそのまま適用して山領域を分割することは困難である。そこで本研究では、様々な撮影条件に対してほぼ確実に存在している山の稜線、すなわち山領域と空領域の境界線のみを抽出し、後段のマッチング処理に利用する。山領域の抽出処理自体は行わない。

境界抽出において、山の写真は自然風景であるため、撮影条件に大きく依存する色情報やエッジ情報はあまり効果的であるとは考えられない。そこで本研究では、輝度値を主な局所特徴量とする。

2.2で定めた条件下での輪郭線抽出の手法を説明する。まず電線などの小さな遮蔽物を除去するため膨張-収縮変換を行う。次に判別分析法によって二値化を行い、写真中の空領域と山領域を分離する。この時電柱や街灯などの遮蔽物が含まれていると、空の領域が分割されることがある。そこでラベリング処理を行い、画像上端50画素以内から始まる面積100

画素以上の白い領域を空の領域と定義する。画像を下から上へ向かって走査し、空領域とぶつかる手前の山領域座標の系列を山の輪郭線とする。

山の輪郭線はなだらかであると仮定しているため、座標が急激に変化する箇所、および変化部に挟まれた狭い領域は、山の輪郭線らしくない。これらは建物や木、電柱などの部分であると考えられるため、マスクによって除去する。具体的には、急激な変化部とは座標の変化幅が5以上の箇所、狭い領域とは長さ15以下の範囲である。

2.5 マッチングによる撮影範囲推定と山名の提示

2.2において写真のカメラ歪みは無視できるとしているため、単純なテンプレートマッチングによって輪郭の対応範囲を推定する。しかし、カメラのズーム率は不明であるため、パノラマ画像の山輪郭を30%から150%の範囲で拡大・縮小しながら比較する。マッチングにおける相違度は、パノラマ輪郭の比較範囲と写真輪郭との差の絶対値の総和として計算する。なお、パノラマ輪郭と写真輪郭では座標の高さが異なるため、比較範囲における高さの平均値の差をシフト分として補正する。相違度が最小となるパノラマ画像の拡大率および一致範囲を探索し、撮影範囲の推定を行う。

カシミール3Dを利用してパノラマ画像を生成する際、パノラマ画像と対応した位置に山名が配置された、山名だけの画像も同時に生成される。パノラマ画像の写真との対応位置を探索し、山名画像から同じ範囲を切り出し写真と重ね合わせることで、山名を提示する。図1(c)は同図(a)に対し山名を提示した例である。

3. 山名提示実験

3.1 実験目的

山名提示の精度はそのままマッチング位置、すなわち撮影範囲推定の正しさによる。マッチング位置の正しさは輪郭線抽出の精度に依存する。本実験では、輪郭線抽出の精度と撮影範囲推定の精度を検証することで、本手法での山名提示の有効性を検証した。

3.2 実験方法

撮影地点のGPS情報が付加されている写真60枚を用いて、輪郭線抽出の精度と撮影範囲推定の精度を調べた。写真の内訳は、山輪郭がはっきりしている、遮蔽物がない写真50枚と、遮蔽物がある写真10枚である。写真はすべてauの携帯電話W56Tによる撮影であり、付加したGPS情報も同携帯電話の機能によるものである。

以下、各精度の評価方法について述べる。輪郭線は、真値との高さ方向のずれ(絶対誤差)の平均値が3画素以内であるものを輪郭線抽出成功とする。撮影範囲推定は、推定撮影

範囲を切り出してリサイズし、写真と重ね合わせたときの誤差の程度によって評価する。具体的には、拡大率の真値に対する相対誤差が5%以内であり、かつ、推定撮影範囲の横方向の中心座標の真値との誤差が、推定範囲の横サイズの5%以内であるものを成功とする。なお、輪郭線および撮影範囲の真値は目視手作業で与えた。

以上の評価法での撮影範囲推定成功時の誤差は、カメラを一般的な標準レンズ、水平画角を40°としたとき、ズームなしで最大約2°である(サイズ相対の評価であるため、ズームするほど精度が良くなる)。

3.3 実験結果

実験結果を表1に示す。

輪郭線抽出に成功したものは全体で約68%、そのうち撮影範囲推定に成功したものは約56%であった。輪郭線抽出に失敗したもので撮影範囲推定に成功したものはなく、処理全体を通しての撮影範囲推定の成功率は約38%であった。遮蔽物なしだけで見ると、輪郭線抽出の成功率は70%、そのうち範囲推定成功率は約54%であった。遮蔽物ありだけで見ると、輪郭線抽出の成功率は60%、そのうち範囲推定成功率は約67%であった。図4, 5は範囲推定に成功した例である。図の(a)は写真の山領域とパノラマ画像の推定範囲を重ねたもので、濃い色が重なっている範囲である。図の(b)は山名提示結果である。

3.4 考察

輪郭線抽出、範囲推定それぞれの失敗の原因について考察する。

3.4.1 輪郭線抽出の失敗

輪郭線抽出に失敗したものは、図6のように二値化で雲が黒になったり、図7のように霞んでいる色の薄い山が白く消えてしまったりすることが原因であった。これらは画像全体を判別分析法による同じ閾値で二値化していることに由来する。部分部分では空より山が暗いという前提条件は満たされている。空と山の境界を含む小領域毎に二値化した場合は、適切な分離結果が得られると期待される。また、これら失敗した写真は人間の視覚的には山

表1 輪郭線抽出および撮影範囲推定実験結果

Table 1 Result of contour extraction and shooting range estimation

輪郭線	範囲推定	遮蔽物なし	遮蔽物あり	計
輪郭線抽出成功	範囲推定成功	19	4	23
輪郭線抽出成功	範囲推定失敗	16	2	18
輪郭線抽出失敗	範囲推定成功	0	0	0
輪郭線抽出失敗	範囲推定失敗	15	4	19
		50	10	60

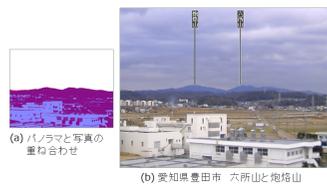


図 4 範囲推定成功例 (1)
Fig. 4 Example of proper information(1)

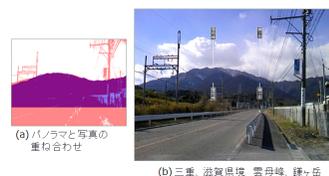
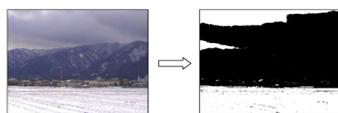


図 5 範囲推定成功例 (2)
Fig. 5 Example of proper information(2)



(a)Input picture (b)Binary image
図 6 雲が黒領域になってしまった例
Fig. 6 Failure example of dark cloud



(a)Input picture (b)Binary image
図 7 山が薄すぎて消えてしまった例
Fig. 7 Failure example of mist

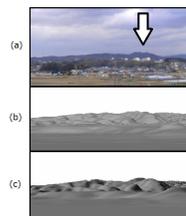
輪郭のエッジの存在は明らかである。微分エッジを利用すれば、これらの写真でも山輪郭を得ることは可能だと考えられる。

3.4.2 範囲推定の失敗

輪郭線抽出に成功したにもかかわらず範囲推定に失敗したものは、高度とカメラ歪みが主な原因であると考えられる。図 8 (a) は範囲推定に失敗した写真である。撮影範囲のパンノラマ画像である同図 (b) と比較すると、矢印で示した付近ではパンノラマ画像の山の盛り上がり写真よりも低く感じられる。写真のほとんどは地面に立って撮影しており、撮影高度は地上 1~2m であったが、使用した携帯電話は高度情報が取得できないものであったため、パンノラマ画像を生成する際の高度は一律地上 15m に設定した。遠くの高い山であれば問題ないが、近くの山や低い山では高度誤差で輪郭線の見え方が大きく異なってしまう。

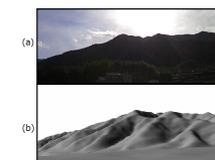
さらに図 8 (a) の写真は、設定高度を地上 2m で生成したパンノラマ画像の同図 (c) と比較すると、パンノラマ画像側の右奥の山が高く感じられる。これは、山に生えている木が原因であると考えられる。木が生えていると、見た目の山の高さは地面の標高よりも木の高さ分だけ高くなるため、写真側では手前の山がより高く見えていると考えられる。

他の失敗写真図 9 (a) では輪郭線が右上がり、パンノラマ画像の対応範囲同図 (b) では右下がりとなっている。これは、特に携帯電話などの小型カメラでは焦点距離が浅いため、遠



(a) 標高の低い山の写真 (一部) (b) パノラマ画像対応範囲 (地上 15m) (c) パノラマ画像対応範囲 (地上 2m)

図 8 高度の違いによる範囲推定失敗例
Fig. 8 Failure example of incorrect altitude



(a) 近くから撮影した山の写真 (一部)
(b) パノラマ画像対応範囲 (地上 2m)

図 9 カメラ歪みによる範囲推定失敗例
Fig. 9 Failure example of camera distortion

近によるカメラ歪みが大きくあらわれたことが原因と考えられる。

4. ま と め

コンパス情報を用いずに、撮影画像中の山輪郭と 3D 地図とのマッチングによる山名提示の手法を提案した。仮定した条件が満たされている、良い条件の山写真に対しては、約 6 割で輪郭の抽出に成功し、全体の約 4 割で撮影範囲の推定に成功した。しかしながら、実験において、単純な二値化では空と山の分離が行えないものや、写真が回転しているもの、カメラ歪みが無視できないものなど、前提条件が満たされないものが多く含まれていることが分かった。また、高度による輪郭の見え方の違いや、木の高さによる輪郭の見かけ上の上昇に起因して撮影範囲推定に失敗することが確認された。これら問題の解決、および前提条件から外れている雪山などへの対応が今後の課題である。

参 考 文 献

- 1) 頓智ドット株式会社 : Sekai Camera (オンライン), 入手先(<http://sekaicamera.com/>) (参照 2011-02-09).
- 2) Salzburg Research : Peak. AR (online), available from (<http://peakar.salzburgresearch.at/>) (accessed 2011-02-09).
- 3) 杉本智彦 : カシミール 3D (オンライン), 入手先(<http://www.kashmir3d.com/>) (参照 2010-10-05).
- 4) 砂川未佳 : 3D 地図を利用した写真中の山名提示システム, 卒業論文, 名古屋大学工学部 (2011).