

## 1. はじめに

2011年3月11日に宮城県牡鹿半島の東南東沖130kmの海底を震源として発生した東北地方太平洋沖地震は、日本における観測史上最大の規模、マグニチュード(Mw)9.0を記録し、震源域は岩手県沖から茨城県沖までの南北約500km、東西約200kmの広範囲に及んだ。

この地震により、被害を受けた東京電力福島第一原子力発電所では、全電源を喪失して原子炉を冷却できなくなり、大量の放射性物質の漏洩を伴う重大な原子力事故に発展した。さらに、複数の発電所が停止したことによる電力不足を受けて、東京電力管内では地域を分けて順に停電させる輪番停電(計画停電)が実施された。計画停電は一旦終了したものの、問題は解決に至っていない。このように、環境問題であった電力エネルギー問題は切実な社会問題となっているといえる。

そのような、原子力発電の代替エネルギーとして注目を浴びているのが、太陽光発電である。太陽光発電は、発電時に温室効果ガスを排出せず、稼働に化石燃料が不要なので、エネルギー安全保障上有利になると考えられる。また、日本では現在、個人住宅の屋根にソーラーパネルを設置することによって太陽光発電をおこない、電力の自給自足をおこなう一方、余分なエネルギーを電力会社に販売できる、余剰電力買取制度(固定価格買取制3度の一種)や、国・自治体による各種助成策が実施されている。また2012年から公共・産業向け設備に対する全量買い取り制度が導入されると共に、一層市場の高まりが懸念されている。

一方、太陽光発電の短所として、天候等により発電量が大きく変動する点や、単純な発電電力量当たりのコストが他の発電方法に比べて割高な場合が多いことが挙げられる。このような問題を受けて、ソーラーパネル設置地点の周囲環境と発電量の間、密接な関係性があるといえる。そこで本研究では、携帯端末を利用し、局所的な状況を踏まえた日照量の推定方法を提案する。

## 2 提案手法

太陽光発電量の見積りに関して、現行のサービスでは、個々の周囲環境を考慮したものが行えず、典型的な立地条件下での標準的な発電推定量の算出にとどまる。さらに、関連業者に委託する費用などのコスト面においても問題がある。したがって、本研究は、局所的な状況を踏まえたローコストな推定方法を提案する。

通常のカメラによる撮影画像から、画像に含まれる遮蔽物を確認する。ここでは遮蔽物として、建造物や森林などを想定する。したがって、部分的に遮蔽された太陽軌跡がわかる。また、ジャイロセンサにより撮影画像中の方位、高度がわかると日照量の算出が可能である。図1のように、撮影した写真に太陽に軌跡を重ね合わせ、日陰損失を算出し、日照量の算出に繋げることが狙いである。本研究では、以下の流れに沿って実装し、日照量を算出する。

1. 写真撮影, 角度データの取得
2. SURF, RANSACを用いたパノラマ画像作成
3. 太陽高度, 方位のグラフ化
4. パノラマ画像と太陽推移グラフの一致
5. 日陰損失を適用した日射量, 発電量の算出

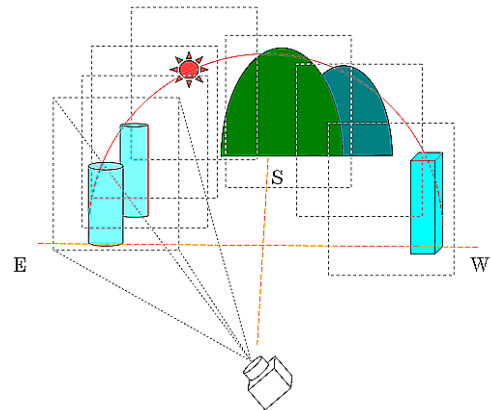


図1 提案手法の概要図

## 3. 方法

### (1) パノラマ画像

オーバーラップをとりながら撮影した複数枚の画像に対し、各々の特徴点を検出し、それらの中から確からしく同じ対応をとった整合性のある点の組み合わせを見分けることで、画像を連結し、パノラマ画像は作成される。本研究では、特徴点の検出にSURFを、対応の選択にRANSACを用いてパノラマ画像を作成する。この章では、それぞれのアルゴリズムについて説明する。

### SURF(Speeded Up Robust Features)

物体認識に用いる特徴点を求める画像処理のアルゴリズムである。近似された2D Haar wavelet 画像について特定領域内の画素値をあらかじめ計算しておくといった中間表現を用いて、各矩形領域を高速に計算している。画素値の矩形領域内に含まれる画素値の和を4つの画素の参照で計算することができる。求めた向きを基準に求める。まず、オリエンテーションの方向に回転し、スケール値によって決まる円領域を $4 \times 4 = 16$ の16ブロックに分割。各ブロックについて4つの値を求める。ブロック内の各サンプル点における $dy$ ,  $|dy|$ ,  $dx$ ,  $|dx|$ の積和を計算し、4次元特徴として扱う。結果として $64(4 \times 4 \times 4)$ 次元の特徴ベクトルでキーポイント特徴量を検出する。

### RANSAC (RANDOM Sample Consensus)

異なる2枚の画像中から、特徴点どうしの対応づけの組み合わせを取り出す手法にRANSACを用いる。RANSACでは計算した値に対するデータの満足度にしき

い値を設けて、そのしきい値内のデータの個数で評価する。これらを 2 画像間の対応づけに適用するには、対応する点の満足すべき条件が必要である。本研究では、結合する画像間で対応点を一致させるために必要なアフィン変換を条件として、RANSAC を適用する。

### アフィン変換

画像の拡大縮小、回転、平行移動などをまとめてアフィン変換で表せる。一方の画像の点の座標を  $(x, y)$ 、変換後の点を  $(x', y')$  とすると、アフィン変換では式(1)のように実質的には 2 行 3 列の行列を使用して変換する。このとき、2 枚目の画像の点の座標を  $(u, v)$  とおくと、点  $(x', y')$  と点  $(u, v)$  の一致を RANSAC を用いて確認することで、2 画像間の対応づけの組み合わせを取り出す。

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

### ホモグラフィ

アフィン変換行列のなかで変数  $a, e$  は画像の拡大縮小、 $a, b, d, e$  は回転、 $c, f$  は平行移動の変換に使われる。今回はアフィン変換のなかでも、X 軸、Y 軸の平行移動のみを行うホモグラフィ行列を使用してパノラマ画像を作成した。(式(2)参照。)

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & c \\ 0 & 1 & f \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} \quad (2)$$

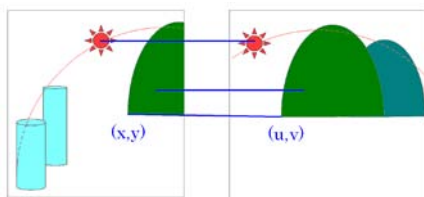


図2 アフィン変換を用いた対応点の一致

### (2) 太陽高度、方位のグラフ化

日照予測を行う際、写真の撮影地点からの高度、方位の情報をもった太陽の軌跡図が必要である。ここで、太陽高度を  $\alpha$ 、太陽陽赤緯を  $\delta$  とすると、以下の式で求められる。

$$\alpha = \sin^{-1}(\sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos h) \quad (5)$$

$$\psi = \tan^{-1}\left\{\frac{\cos \phi \cos \delta \sin h}{\sin \phi \sin \alpha - \sin \delta}\right\} \quad (6)$$

太陽高度  $\alpha$  [rad]、太陽陽赤緯  $\delta$  [rad]、緯度  $\phi$  [rad]、時角  $h$  [rad]

### 全天日射量

一般的に、発電量の見積には全天日射量が用いられる。本研究では、全天日射量  $Q$  は、式(7)により求める。ここで、太陽地心距離  $r/r^*$  [rad]、太陽定数  $1367$  [W/m<sup>2</sup>]、全天日射量  $Q$  [W/m<sup>2</sup>] である。

$$Q = 1367 \times (r/r^*)^2 \times \sin \alpha \quad (7)$$

また、日中の全天日射量の総量  $Q'$  は、式(8)によって求める。ここでは、総全天日射量  $Q'$  [W/m<sup>2</sup>] である。画像から求める高度  $\alpha$  を適用し、日照時間における微小時間  $d(t)$  につ

いて、数値積分により求める。

$$Q' = \int 1367 \times (r/r^*)^2 \times \sin(d(t)) \times dt \quad (8)$$

## 4. 実験と考察

実験には、Logicool 製の Web カメラ、NEC tokin 製の 3D モーションセンサを使用した。OpenCV を用いて実装したプログラム上で、2 章で述べた処理の流れに沿って、計測実験を行った。関西大学千里山キャンパス 悠久の庭を撮影地点として、Web カメラで撮影した写真から作成した全景パノラマ写真に、太陽の軌跡を重ね合わせた(図4)。今回の実験では、太陽光が直射する時間を積分し、全天日射量を算出する。積分には、太陽軌跡をピクセル単位で数値積分することで、一日の合計全天日射量の算出をおこなう。遮蔽物がなく、太陽光が常時直射するものと仮定した場合と、本研究の手法による遮蔽物を考慮した場合との比較をおこなった。結果、総全天日射量は順に  $4.0 \times 10^8$  [W/m<sup>2</sup>]、 $2.0 \times 10^8$  [W/m<sup>2</sup>] となり、遮蔽物を考慮しない場合と比較して、総全天日射量が 50% 未満になっていることがわかった。よって、局所的な状況によって、相対的な日射量の違いが得られることがわかる。



図4 全景画像と太陽推移の一致

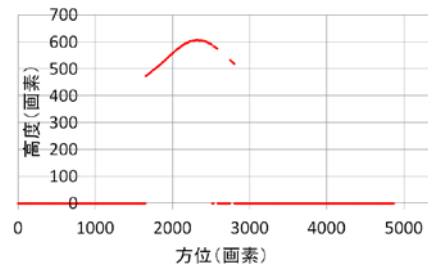


図5 直射時の太陽推移

## 6. おわりに

本研究では、パノラマ画像を使った住環境における日照予測を提案した。この手法により、局所的な状況によって、相対的な日照量の違いが得られることがわかった。本研究ではノートPCで実験を行ったが、携帯端末アプリケーションとして実装することが今後の課題である。絶対日照量の予測精度向上のためには、環境光による日射量を考慮する方法、パノラマ作成による誤差の軽減の検討が必要である。

### 参考文献

- (1) 太陽光発電協会 (Japan Photovoltaic Energy Association), <http://www.jpaea.gr.jp/>
- (2) アフィン変換画像ソリューション, <http://imaging-solution.blog107.fc2.com/blog-entry-284.html>
- (3) 人工知能に関する断創録, <http://d.hatena.ne.jp/aidiary/20091030/1256905>

