

# 衛星雲画像を利用した雲アルベドの動的分析

学生員 谷口 浩成 (東京農工大学) 正員 大谷 謙仁 (電子技術総合研究所)

正員 黒川 浩助 (東京農工大学)

The Motional Analysis of Cloud Albedo Patterns by Using GMS Images  
Hironari Taniguchi, Student Member (Tokyo University of Agriculture and Technology)  
Kenji Otani, Member (Electrotechnical Laboratory)  
Kosuke Kurokawa, Member (Tokyo University of Agriculture and Technology)

The knowledge of the available solar irradiation at the earth's surface is essential for any type of solar power systems in terms of their design, site selection, and performance analysis. However, the irradiation observer networks at ground level are not enough to obtain the reliable information of the solar energy distribution in the world. On the other hands, Geostationary Meteorological Satellites (GMS) provides the images of cloud fields over the whole surface of the Earth. An irregular change in the irradiation at the ground level caused mainly by the effect of the clouds. Therefore, the methods of estimating the solar irradiation by using the GMS images become very useful. This paper describes the methods for forecasting solar irradiance by using GMS images. As the first attempt, the authors forecasted the cloud albedo by a basic study of irradiance estimating driving drift vector of clouds using GMS images. A new procedure is also proposed to remove the effect of ground albedo, which disturbs the cloud movement analysis. Annual forecast probability was estimated as 66.8% for one hour ahead, 58.5% for two hours ahead and 52.7% for three hours ahead at 20 sites.

キーワード：日射量、アルベド、予測、気象衛星、雲移動ベクトル

## 1. はじめに

現在、わが国では太陽光発電 (PV) において、個別に連系する住宅発電システムの普及が進んでいる。またその一方で、ある地域内に多数の太陽光発電システムが普及した場合、同一地域の太陽光発電をまとめて中型の分散電源として連系する考え方もある。欧州ではすでに 1 MW級の地域一体型システムが登場している<sup>1)</sup>。

このように太陽光発電システムの普及に伴い、太陽光発電電源が電力系統に与える影響は無視できない。太陽光発電が集中設置であれ分散設置であれ、漠然としたマイナス需要として扱うことが困難になる。すなわち、電源としての責務が大きくなることから、電力需給制御、電圧制御、信頼度制御の各々の運用制御への影響が顕在化してくるのである<sup>2)</sup>。

これらの諸問題を解決するためには、日射量を予測することが必要であると考えられている。現在、日射量予測の研究として、魚眼レンズ付きのカメラを使い、地上から撮影した雲画像を利用して予測する手法<sup>3)</sup> やリモートセンシングの手法により日射量を観測する試みなどが報告されている<sup>4)5)</sup>。しかし具体的な日射量予測手法

は確立されていない。そこで本研究では、気象衛星「ひまわり」(GMS)を用いた日射量予測を検討した。衛星画像を用いた日射量予測の利点は

日射観測の有無に関わらず広域の日射分布が推定可能；GMS「ひまわり」の他、GOES - W、GOES - E (米国)、METEOSAT (欧州宇宙機関)、INSAT (インド) の合計 5 つの静止気象衛星を利用すれば地球全球をカバー可能。

衛星画像から推定される日射分布図の空間・時間分解能は、衛星画像の空間分解能 (赤外画像は約 5km × 5km / ピクセル、可視画像は約 1.25km × 1.25km / ピクセル) と時間分解能 (約 1 枚 / 時) と同程度である。

日射量推定値の更正は最低 1 地点の観測データにより行えばよい。ほとんどメンテナンスフリーな日射観測網が構築可能。

などが挙げられる。

GMS を利用した日射量予測を考えた場合、雲アルベドが予測できれば、地上観測日射量と直接相関をとることにより日射量を簡便に推定できることは報告されている<sup>5)</sup>。そこで今回我々は、日射量予測の基礎研究として雲

アルベドの予測を行った。ここでアルベドとは、物体による日射の反射率のことである。はじめに、GMS により観測される観測アルベドから、雲アルベドのみを抽出する手法を開発した。そして、雲移動ベクトルを用いた雲アルベドの予測手法を提案した。雲移動ベクトルは、雲の移動速度と移動方向を示すもので、複数の雲画像との相互相関を計算することで算出でき<sup>6)</sup>、雲アルベドの予測は、予測地点に向かう雲移動ベクトルを検出することで可能となる。しかし、予測地点へ向かう雲移動ベクトルが存在しない場合は予測できないという問題点も見つかった。そこで観測画像と過去画像から算出した雲移動ベクトルを、観測画像上において方向を逆に適用することにより予測値を算出する雲アルベドの簡易予測手法を提案した。

## 2. 気象衛星「ひまわり」(GMS)の雲画像<sup>7)</sup>

GMS の画像には、可視画像、赤外画像そして水蒸気画像がある。GMS に搭載されたセンサーは VISSR (可視赤外走査放射計; Visible and Infrared Spin Scan Radiometer) であり、衛星直下点における空間分解能は赤道上で可視データが 1.25 km、赤外・水蒸気データが 5 km である。GMS によって観測されるものは、VISSR が見た瞬間の視野角に入ってくる放射のエネルギーである。

可視画像は、地球からの日射の反射光を測定したものである。測定波長域は太陽放射エネルギースペクトル分布の山に当たる 0.55 ~ 0.90  $\mu\text{m}$  である。可視画像では太陽光の反射を 0 から 63 の 64 階調 (6bit) に量子化し、反射率の高い表面は淡く、反射率の低い面は濃く表現している。雲のアルベドは他の物体のアルベドと比べて非常に大きいので、可視画像によって観測される大きなアルベドのほとんどは雲によるものといえる。また、地表に到達する日射量は、全入射日射量のうちの雲によって反射されないで残った部分であるから、その推定のためには雲のアルベドの情報が最も重要となる。以上のことから、本研究では可視画像を用いている。

一方、赤外画像は地表面から射出される 10.5 ~ 12.5  $\mu\text{m}$  の波長域のエネルギーを測定したものである。測定値を温度に対応した 0 から 255 の 256 階調の輝度データに量子化している。赤外画像上には雲頂の温度もしくは地表の温度が表されており、温度が高いところは濃く、温度が低いところは淡く表現されている。赤外画像は黒体放射を仮定した物体の温度を表すので、夜間でも受信可能であるという特徴がある。しかし、雲頂高度と気温との関係は緯度・季節・気団によって大きく異なるため、その解析には複雑な処理を必要とする。よって赤外画像は、簡潔な方法により日射量推定を行うという本研究の目的のためには不向きである。ただし、可視画像と赤外画像の両方を用いることは雲形の判断に有利であるので、今後の使用を計画している。

今回処理に使用した衛星可視画像は、北緯 20 度から北緯 55 度、東経 117.5 度から東経 152.5 度の領域で 20 画素 / 度の解像度をもつ。画像サイズは 700 ピクセル  $\times$  700 ピクセルである。使用した画像例として、図 1 に 1999 年 1 月 31 日正午の可視画像をしめす。



図 1. 1999 年 1 月 31 日正午の可視画像

## 3. 雲アルベドの予測手法

### <3.1> 日射反射量データのアルベドデータへの変換

GMS は VISSR の観測した日射反射量を 64 階調の輝度データに変換して地上に送信している。しかし、可視画像において反射物質の判別に頻繁に用いられる物理量はアルベドであり、日射反射量ではない。これは日射反射量が次の 2 つの条件、

- (1) 太陽と反射物体との相対位置関係
- (2) 衛星 (VISSR 方向) と反射物体との相対位置関係

に影響されているので、観測日時の異なる複数の雲画像を統一的に解析する際には具合が悪いからである。従って、輝度データを日射反射量へ再変換して、日射反射量をアルベドに変換し、そのアルベドを用いて雲画像を統一的に解析した。

反射物体の水平面に天頂角  $Z$  の方向から入射する太陽エネルギー量は  $\cos Z$  に比例することから、VISSR に観測された日射反射量  $r_p$  も  $\cos Z$  に比例していると仮定することで、次式のような変換により日射反射量  $r_p$  を入射太陽エネルギーの大きさによらない反射率 (アルベド)  $\rho_p$  のデータに変換できる。

$$\rho_p = r_p / \cos Z \dots\dots\dots (1)$$

$\rho_p$  のことを「VISSR 観測アルベド」と呼んでいる。こ

の変換は、様々な角度で入射する日射を天頂方向（ $Z = 0^\circ$ ）からの日射に正規化することを意味する。この補正方法のことを「天頂角補正」と名付けた。天頂角補正を用いて日射反射量データをアルベドデータに変換することにより、観測時間の異なる雲画像間の比較・解析処理や、1枚の雲画像の持つ時差の影響を取り除くことができる。

**3.2> 地表面アルベドの観測手法**<sup>8)</sup> VISSR の観測値は、VISSR が見た瞬間の視野角に飛び込んでくる様々な反射物体からの日射反射である。そこで雲画像から抽出されたアルベドデータには、様々な物体のアルベドが加重平均されて表されていることになる。たとえば、雲と地表面のみによって構成された1層の単純な大気モデルを想定すると、ある1地点のVISSR 観測アルベド  $\rho_p$  は、雲のアルベド  $\rho_c$  と地表面のアルベド  $\rho_s$  により次のように表すことができる。

$$\rho_p = n \cdot \rho_c + (1-n) \cdot \rho_s \dots\dots\dots (2)$$

ただし、 $n$  は VISSR の瞬間視野に広がる大気平面内の雲量であり、雲の全く無い状態を  $n=0$ 、雲に完全に覆われた状態を  $n=1$  であるとした。雲の種類や地表面の状態によって雲アルベド  $\rho_c$  と地表面アルベド  $\rho_s$  は異なるので、たとえ同じ値の VISSR 観測アルベド  $\rho_p$  が観測されたとしても雲量  $n$  は一意に決まらない。

地表面アルベド  $\rho_s$  を算出するには、観測アルベド  $\rho_p$  から逆算する方法を適応する。まず、 $\rho_s \ll \rho_c$  の仮定をする。この場合、式(2)において  $\rho_p$  が最も小さな値を取る条件は、 $n=0$ 、つまり雲が全く無い快晴で、 $\rho_p = \rho_s$  であるときである。このことは、快晴日が少なくとも1回は出現するような充分な日数の期間内（この期間を最低値抽出期間と呼ぶ）において、観測された  $\rho_p$  の最小値は地表面アルベド  $\rho_s$  を示している、ということである。可視画像1枚からでは雲と地表面の判別は難しいが、可視画像数枚の時系列データからは雲 - 地表面の判別を可能とすることができる。これは、雲は動くが地表面は動かないので、1地点の長期観測において常に高いアルベドが観測されるならばその高いアルベドを地表面アルベドとみなすことを意味する。

このように今回我々が用いた地表面アルベドの観測方法は、雲が同一地点に停滞することは稀であり、雲の寿命は地表面の状態変化や積雪の寿命と比べて短いことを利用したものである。今回の地表面アルベドの算出処理では、最低値抽出期間として1ヶ月を設定した。

図2に示した図は、地表面アルベドの算出例として最低値抽出期間を1999年1月の1ヶ月で表したものである。この時、地表面においてアルベド値は25 - 30、沿岸においては19 - 24、海面では15 - 18の値を示した。最低値が地表状態の違いにより、陸・海の違いを明らかに示していることがわかる。さらに、積雪地帯におけるアルベドの増加もわかる。このように観測アルベドの最

低値を抽出するだけでも VISSR 観測に地表面アルベドが与える影響をとらえることができる。

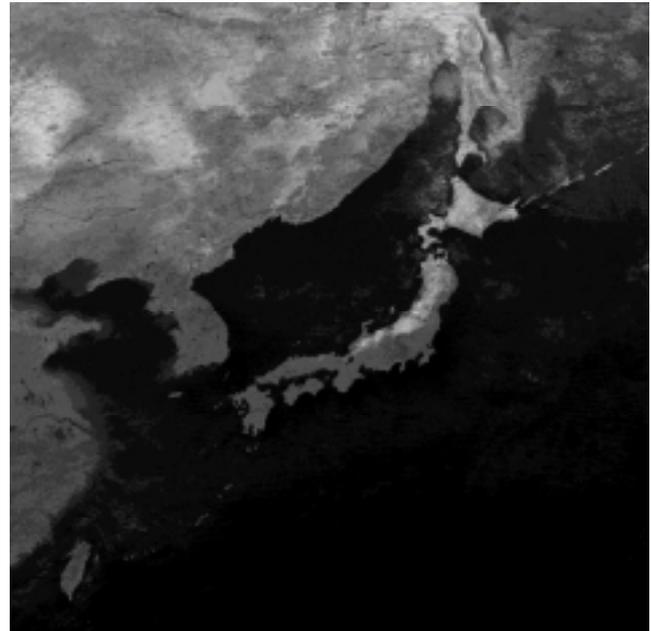


図2. 地表面アルベドの算出例  
(1999年1月の1ヶ月間から算出した地表面アルベド)

**3.3> 雲アルベドの算出** 雲アルベドの算出は、式(2)により VISSR 観測アルベドから地表面アルベドを引くことにより算出できる。この式は雲の雲量によって、観測アルベドに含まれる雲アルベドと地表面アルベドの割合が変化することを意味している。すなわち、雲が厚ければ地表面アルベドの影響はなく、雲が薄ければ地表面アルベドの影響がある。年間の地表面アルベドを算出した結果、その最小値が15であることから、VISSR 観測アルベド値が15以上で地表面アルベドと雲アルベドによって構成されているものとした。また観測アルベド値が50以上の時は、十分に雲が厚いと仮定し、地表面アルベドの影響はないものとした。

今回我々は、地表面アルベドが雲を透過する時の透過率を考慮することにより、雲アルベドの算出を行った。透過率は、まず雲の種類と雲厚別の透過率の変化を参考にしておおよそ透過率を予測し、算出した雲アルベド画像を視覚的に評価することにより決定した。しかし今回の透過率の算出手法において算出誤差を含んでいるので今後の検討課題であると考えている。

今回適用した VISSR 観測アルベドと雲の透過率の変換テーブルを表1に示す。雲アルベド  $\rho_c$  は VISSR 観測アルベド  $\rho_p$  から透過率  $\tau$  をとじて地表面アルベド  $\rho_s$  を除去すると

$$\rho_c = \rho_p - \tau \cdot \rho_s \dots\dots\dots (3)$$

で表すことができる。

表 1. VISSR 観測アルベド - 透過率変換テーブル

| 観測アルベド値 | 透過率  | 観測アルベド値 | 透過率  |
|---------|------|---------|------|
| 15      | 0.71 | 33      | 0.48 |
| 16      | 0.71 | 34      | 0.46 |
| 17      | 0.7  | 35      | 0.42 |
| 18      | 0.69 | 36      | 0.39 |
| 19      | 0.68 | 37      | 0.37 |
| 20      | 0.66 | 38      | 0.33 |
| 21      | 0.64 | 39      | 0.3  |
| 22      | 0.63 | 40      | 0.28 |
| 23      | 0.62 | 41      | 0.23 |
| 24      | 0.6  | 42      | 0.2  |
| 25      | 0.59 | 43      | 0.15 |
| 26      | 0.57 | 44      | 0.1  |
| 27      | 0.57 | 45      | 0.07 |
| 28      | 0.56 | 46      | 0.06 |
| 29      | 0.55 | 47      | 0.04 |
| 30      | 0.52 | 48      | 0.03 |
| 31      | 0.5  | 49      | 0.02 |
| 32      | 0.49 | 50-     | 0    |

図 3 は、図 1 から雲アルベドのみを算出した図である。地表面アルベドが除去されて、雲アルベドのみ算出されていることがわかる。

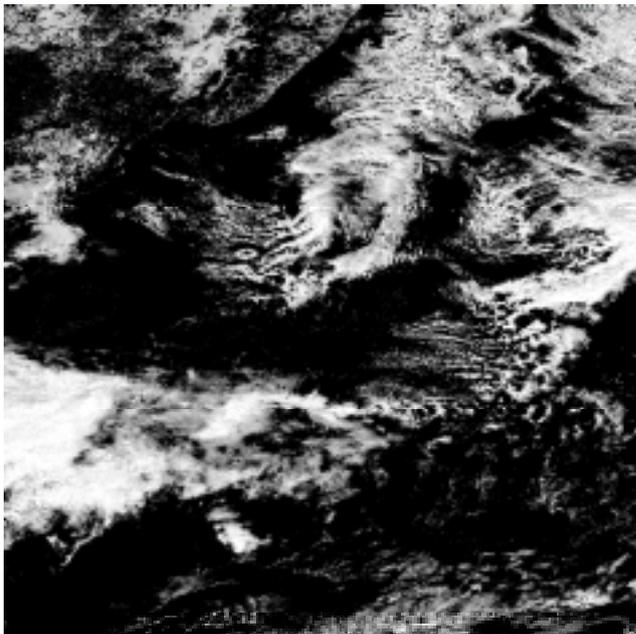


図 3. 雲アルベドの算出例

### 3.4 雲移動ベクトルを用いた雲アルベドの予測

雲アルベドの予測手法は、予測地点に向かう雲移動ベクトルを検出することで可能としている。しかし、予測地点に向かう雲移動ベクトルが存在しない場合も考えられる。この時、雲アルベドを予測できないという問題点が見つかった。そこで、今回は雲アルベドの簡易予測手法を開発した。簡易手法は、予め過去画像と観測画像から雲移動ベクトルを算出し、その雲移動ベクトルを観測画

像上に方向を逆にして適用することにより予測値を算出し、未来画像上の雲アルベドを予測するものである。以下にその手法を説明する。

図 4 において、未来画像  $h_{t+n}(x, y)$  上の任意座標  $(x_f, y_f)$  の雲アルベドを予測する場合を考える。過去画像  $h_{t-n}(x, y)$  は観測画像  $h_t(x, y)$  より  $n$  時間前の画像、また未来画像  $h_{t+n}(x, y)$  は観測画像  $h_t(x, y)$  より  $n$  時間後の画像と定義する。過去画像  $h_{t-n}(x, y)$  上の座標を  $(x_p, y_p)$ 、観測画像  $h_t(x, y)$  上の座標を  $(x_o, y_o)$  とすると

$$\begin{aligned} x_f &= x_p = x_o \dots\dots\dots (4) \\ y_f &= y_p = y_o \end{aligned}$$

であるとする。次に過去画像  $h_{t-n}(x, y)$  上の座標  $(x_p, y_p)$  を中心座標として、任意に決定した大きさの雲画像分離範囲を適用する。ここで雲画像分離範囲とは、雲移動ベクトルを算出する時に相互相関を計算する範囲のことである。そして過去画像と同様に観測画像  $h_t(x, y)$  上で雲画像分離範囲を適用し、過去画像上の雲画像分離範囲と相互相関を求める。そして、観測画像上でもっとも相関係数の高い雲画像分離範囲を、過去画像から移動した雲画像分離範囲と仮定することにより雲移動ベクトル  $C_p = (C_{px}, C_{py})$  を算出する。これを観測画像  $h_t(x, y)$  上の座標  $(x_o, y_o)$  を始点に方向を正反対にして当てはめる。そして、観測画像  $h_t(x, y)$  上の座標  $(x'_o, y'_o)$  を求める。ここで座標  $(x'_o, y'_o)$  は

$$\begin{aligned} x'_o &= x_o - C_{px} \dots\dots\dots (5) \\ y'_o &= y_o - C_{py} \end{aligned}$$

で決定する。そして、観測画像上の座標  $(x'_o, y'_o)$  の雲が未来画像上の座標  $(x_f, y_f)$  へ移動すると仮定することで、観測画像  $h_t(x, y)$  上の座標  $(x'_o, y'_o)$  の雲アルベド  $\alpha_{co}$  が、未来画像  $h_{t+n}(x, y)$  上の座標  $(x_f, y_f)$  の雲アルベド  $\alpha_f$  であると予測する。

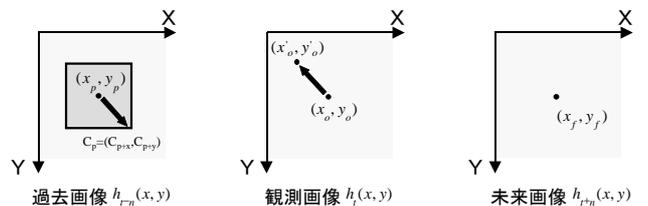


図 4. 雲アルベドの予測手法

## 4. 雲アルベド予測の評価

### 4.1 雲アルベドの予測可能判別式の導入

雲は様々な影響を受けてその形を変える。前節で説明したように、雲移動ベクトルを用いた雲アルベドの予測手法は、雲が形を変えないで移動することを前提として予測した手法である。したがって、雲の変化が小さい場合は予測が可能であったとしても、雲の変化が大きいと予測は困難になる。そこで、予測可能判別式を導入することによ

り、雲移動ベクトルを用いた予測手法の精度について検証した。今回は予測誤差が 50%未滿ならば予測可能と仮定し、予測可能判別式として次式を採用した。

$$\frac{|\rho_{cr} - \rho_{cf}|}{\rho_{cf}} < 0.5 \quad \cap \quad \frac{|\rho_{cr} - \rho_{cf}|}{\rho_{cr}} < 0.5 \dots \dots \dots (6)$$

ここで  $\rho_{cr}$  は雲アルベドの実測値を示し、 $\rho_{cf}$  は雲アルベドの予測値を示す。実際は、どの程度の予測精度が求められるれば日射量予測に適用できるか検討した上で、予測可能判別式を設定することが求められる。

**<4.2> 使用したデータと気象官署 20 地点** 雲アルベドの予測は、1998 年 1 月 1 日から 12 月 31 日までの 1 年間の雲画像で午前 9 時から午後 3 時の画像を使用した。対象とした画像は可視画像である。

今回の予測は、全国 801 地点の気象官署のうち任意に選出した 20 地点において行った。これらの選出には位置的な偏りがないようにした。20 地点の気象官署の位置を表 2 に示す。

表 2. 気象官署 20 地点

| 気象官署 | 緯度      | 経度       |
|------|---------|----------|
| 稚内   | 45° 4'  | 141° 7'  |
| 釧路   | 42° 59' | 144° 24' |
| 札幌   | 43° 3'  | 141° 3'  |
| 青森   | 40° 49' | 140° 45' |
| 仙台   | 38° 16' | 140° 54' |
| 新潟   | 37° 55' | 139° 3'  |
| 日光   | 36° 44' | 139° 30' |
| 東京   | 35° 41' | 139° 46' |
| 館山   | 34° 59' | 139° 52' |
| 長野   | 36° 40' | 138° 12' |
| 金沢   | 36° 35' | 136° 38' |
| 名古屋  | 35° 10' | 136° 58' |
| 大阪   | 34° 40' | 135° 31' |
| 鳥取   | 35° 29' | 134° 14' |
| 広島   | 34° 24' | 132° 28' |
| 徳島   | 34° 4'  | 134° 35' |
| 福岡   | 33° 35' | 130° 23' |
| 宮崎   | 31° 55' | 131° 25' |
| 那覇   | 26° 12' | 127° 41' |
| 八丈島  | 33° 6'  | 139° 47' |

**<4.3> 予測可能性の評価** 予測可能性を大別すると予測可能と予測不可能に分けることができる。今回は、予測不可能に含まれる要素として、突発的な雲による予測不可能を算出した。突発的な雲による予測不可能とは、雲が突然発生したり、突然消滅したりすることにより予測出来なかった場合を示している。また、雲移動ベクトルにより雲の移動は予測できているが、雲の形状変化による予測不可能も確認した。

**雲画像分離範囲別年間予測可能性**

図 5 に気象官署 20 地点を雲画像分離範囲毎に平均した予測可能性を示す。それぞれ 1 時間後から 3 時間後の

予測を行った。10 種類の雲画像分離範囲において、予測可能確率の平均値は 1 時間後で 66.77%、2 時間後で 58.54%、3 時間後で 52.71% となった。各時間後において突発的な雲による予測不可能確率は、予測不可能確率のおよそ 6 割を示すことがわかった。また、雲画像分離範囲による予測可能性の最大値と最小値の差は数%と、大きな差は見られなかった。

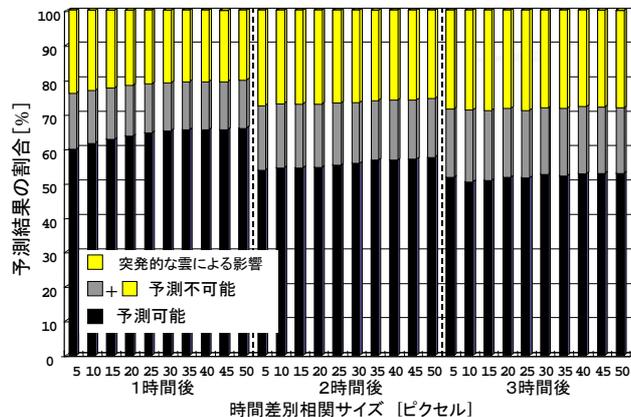


図 5. 雲画像分離範囲別年間予測可能性

**気象官署別年間予測可能性**

図 6 は、気象官署毎に 10 種類の雲画像分離範囲を平均した場合の 1 時間後の予測可能性を示しめた。予測可能確率の最大値は札幌で 73.04%、最小値は八丈島で 57.24% となった。予測地点による予測可能性の差はそれほど見られないことがわかる。しかし、那覇や八丈島などの離島は、ほかと比べて予測可能性が低くなっていることがわかる。

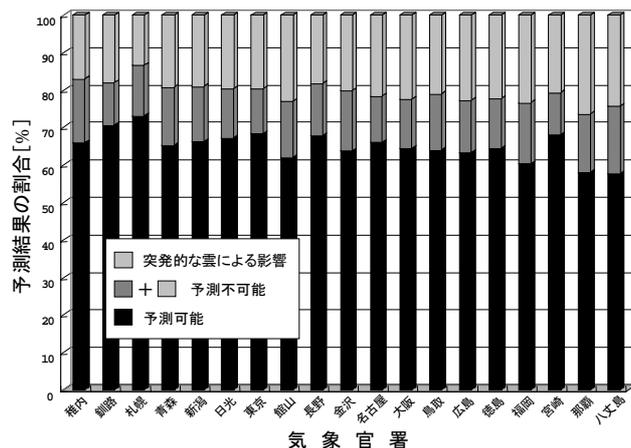


図 6. 気象官署別年間予測可能性

**札幌における月別予測可能性**

気象官署 20 地点の中で予測可能確率が高い例として、図 7 に札幌における月別予測可能性を示す。予測可能確率の最大値は、1 時間後では 3 月において 85.23%、2 時間後では 2 月に 70.71%、3 時間後では 11 月に 64.67% となった。1 時間後と 2 時間後においての予測結果は 1

月から3月そして11月と12月において高い予測可能確率を算出した。また8月から10月において予測可能確率が低いことがわかる。しかし、3時間後の予測結果においては、11月の結果が最も高く、12月が最も低い結果となり季節的な影響よりも雲の動きによる形状変化の影響が強いと思われる。

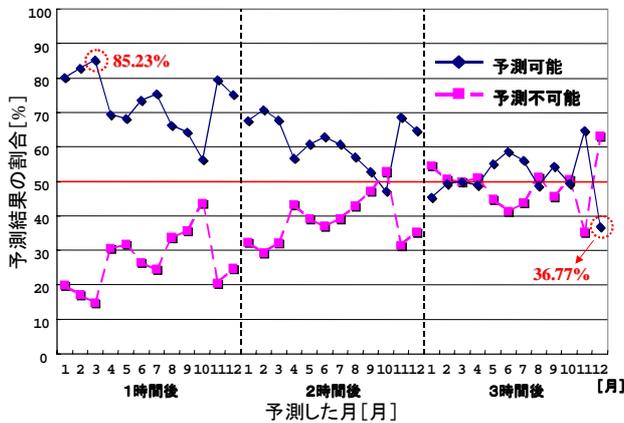


図7. 札幌の月別予測可能性

## 5. まとめ

本研究では、日射量予測の基礎研究として観測アルベド画像から雲アルベド画像のみを算出する手法を開発した。そして、雲移動ベクトルを用いた雲アルベドの予測手法を提案した。

今回提案した予測手法は、1時間後の予測は予測地域および季節を限定することにより80%を越える高い予測精度が得られることから、予測地域、季節によっては本予測手法の適用が期待できる。しかしながら、3時間後の予測は時間による雲の形状変化の影響が強く、予測精度は季節、地域に関わらず低いため本予測手法の適用は困難である。

予測が不可能である場合、各予測時間において突発的な雲による予測不可能の割合が、予測不可能確率のおよそ6割を占めていることが明らかになった。また、地域や季節による雲の形状変化も予測精度に影響しているものと考えている。従って、これらの問題を解決することにより、各予測時間において更なる予測精度の向上が望まれるであろう。

今後は、具体的な手法として時系列による予測手法を検討することで予測精度の向上をはかると共に、日射量予測による電力系統運用問題を考えた場合、どの程度の予測精度が得られればそれらの諸問題に対し経済価値を見出せるのか検討していきたいと考えている。

## 文献

1) 黒川浩助：「太陽光発電の課題と将来展望」、電気評論 Vol.84, No.10 (1999)

2) 「大型エネルギー供給システムの調査研究、第3章 電力系統から見た課題等」、太陽光発電技術研究組合、(1997)

3) 山本茂広、片木威ら：「雲画像解析による太陽光発電電力の予測 - 雲の種類に基づく日射量予測に関する基礎研究 -」、平成12年電気学会全国大会、(2000)

4) M. Noia, C.F. Ratto, and R. Festa, : "Solar irradiance estimation from geostationary satellite data", Solar Energy 51, (1993) 449-465

5) K.Kurokawa and K.Otani : "Statistical formation of solar energy map by cloud images received from GMS", Pacific Ocean Remote Sensing Conf.,PORSEC'94,(1994)

6) 谷口浩成、大谷謙仁、黒川浩助：「雲移動ベクトルによる日射予測の検討」、平成10年度電気学会電力エネルギー部門大会、(1998)

7) 気象衛星センター編：「気象衛星資料利用の手引き」、気象衛星センター、(1988)

8) 大谷謙仁、黒川浩助、津田泉、齋藤忠、堀米孝：「GMS画像による全天日射量分布図の作成」、平成5年度日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー協会合同研究発表会、(1993)

谷口浩成 (学生員)



(学生員) 2000年3月、東京農工大学大学院工学研究科電子情報工学専攻修士課程修了。同年4月同大学大学院同研究科同専攻博士課程入学。現在、同課程において太陽光発電システムの運転解析および最適設計の研究に従事。日本写真測量学会学生員。

大谷謙仁 (正員)



(正員) 1995年3月、東京農工大学大学院工学研究科電子情報工学専攻修士課程修了。同年4月通産省工業技術院電子技術総合研究所入所。現在、エネルギー部に所属。太陽光発電システムの運転解析および最適設計の研究に従事。日本太陽エネルギー学会会員。

黒川浩助 (正員)



(正員) 1965年、早稲田大学第一理工学部電子工学科卒。同年4月通産省工業技術院電気試験所(現電子技術総合研究所)入所。同エネルギー情報技術研究室長を経て1996年4月東京農工大学工学部教授、現在に至る。工学博士。日本太陽エネルギー学会理事、国際太陽エネルギー学会会員。