

天気予報に基づく翌日の太陽光発電量予測の試行

Prediction of Solar Energy Generation on Next Day based on Weather Forecast

巢 宇燕*・菅井径世*・菊山功嗣*・闫 冠伊**

CHAO Yuyan, SUGAI Michiyo, KIKUYAMA Koji and YAN Guanyi

* 名古屋産業大学現在ビジネス学部

** 名古屋産業大学環境マネジメント研究科

Abstract: In order to suppress the global warming the developments of renewable energy sources have been increased in the world. In Japan the solar energy is one of the most expected source and its capacity attained more than 40GW last year. In companies which possess their own solar generation system and use exclusively these sources the prediction of the solar generation is very important to make the operation plan of the next day because its energy is economic compared with other energies produced from fossil fuel. This study tries to make a simple method to predict the solar energy generation on the next day based on the weather forecast and observation of clouds. The accuracy of the prediction was verified to be moderate and showed possibly to be improved by more detail data of the weather forecast.

keywords: solar energy, clouds, prediction of energy generation, weather forecast

1. まえがき

今日世界規模でのCO₂削減のため、自然エネルギーのより広範な活用が提唱される中、太陽光発電は今や世界の全エネルギー供給量の2.3%を占めるようになり、ますます拡大を続けている。しかし太陽光発電は天候のほか季節によっても太陽の高度変化がありその出力は安定しない。筆者らは先に太陽光の高度の季節変化及び日変化に伴う発電量の変化を理論と実験で明らかにし⁽¹⁾、さらに、太陽光線を遮る雲による発電量低下について実験を行ってきた⁽²⁾。

エネルギーを大量に消費する企業では、その使用電力を安価な自然エネルギーに依存することがおこなわれつつあり、将来気象条件にあわせた生産計画が実行されることも予測され、その場合、天候による変化を予め予測し、悪天候の場合の不足分を他のエネルギー源で補充する事が考えられる。

筆者らは先の論文⁽²⁾で、気象条件によって発生する種々の雲による太陽光発電量の変化を実験的に明らかにし、将来の計画的な電力利用に関する基礎資料を得た。

本研究ではそれらの成果に基づき、ネットなどで公表される翌日の天気予報、気圧配置を考慮して翌

日の発電量予測方法を得るための試行を行った。

2. 雲の遮蔽がないときの発電量

雲による日射の遮蔽がない場合の太陽光パネルによる毎時の単位面積当たりの発電量は次式で与えられる⁽¹⁾。

$$P_w(T) = \eta \cdot P(T) \quad (1)$$

ここで η はパネルのエネルギー変換係数であり、 $P(T)$ は、時刻 T におけるパネルに垂直に入射する日射量である。時刻 T における日射量を $A(T)$ (kW/m²)、パネルの勾配を α 、設置の向きが真南から西に β だけ変位しているとし、時刻 T における太陽の方位角(真南を0°)を Ψ 、仰角を Φ とすると、式(1)は

$$P(T) = A(T) [\sin \alpha \cos \Phi \cos(\Psi - \beta) + \cos \alpha \sin \Phi] \quad (2)$$

で与えられる。

式(1)の η は、実際の日射量から得られるエネ

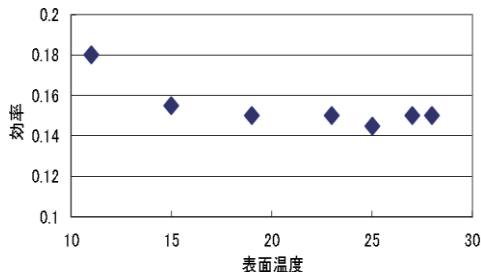


図1 太陽光パネルの変換係数

ルギーの割合を表すもので、温度による依存性が大きい。本学の屋根に設置した太陽光パネルに対して、気象庁による名古屋での観測された日射量との比較から求めたものを図1に示す。 η はパネルの表面温度が上昇するにつれて低下するが、常温ではほぼ $\eta = 0.15$ である。

3. 雲の種類による透過効果

2018年8月と2019年11月に南中する太陽の観察によりその時発生している雲の種類と透過効果を調べた結果を表1に示す。透過率は同一種の雲においてもその厚さによって多少のばらつきがある。

晴天時に高度の高いところで発生する巻雲、巻層雲、巻積雲(図2)では太陽光はほとんど遮蔽されない。また曇りで全天を一様に覆う層雲、層積雲(図3)ではその値が小さいのがわかる。一方降雨を

表1 雲の種類と透過率

種類	透過率	種類	透過率
巻雲	91~100%	層雲	45~87%
巻積雲	85~98	積雲	35~63
巻層雲	80~100	層積雲	45~83
高層雲	25~63	乱層雲	34~78
高積雲	80~93	積乱雲	29~59

伴う乱層雲(図4)や積乱雲では発電は著しく低下するが、積乱雲は終日全天を覆うことがなく、遮蔽される時間は限られる。

また晴天の時に現れる積雲(綿雲とも呼ばれる)では雲塊が太陽光を遮蔽したとのみ発電量が低下するが長時間遮られることは少ない。



図2 巻積雲

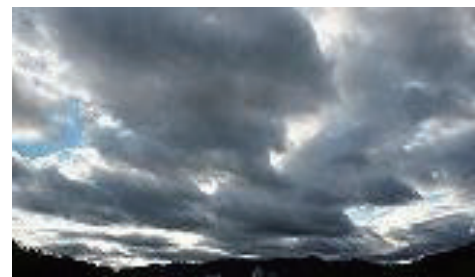


図3 層積雲

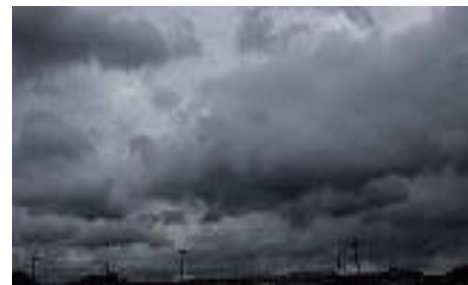


図4 乱層雲

4. 発電量の予測

4-1 予測フローチャート

発電量の予測は図5に示すフローチャートに従って行った。

- (I) 屋上設置の太陽光パネルの特性調査
- (II) ネットによる天気予報と気圧配置から翌日の3時間単位の天気と発生する雲の種類、厚さの予測。
- (III) 発生する雲による遮蔽割合の推定
- (IV) 翌日の9時、12時、15時の発電量予測
- (V) 当日の発電実績から前日の予測の検証

4-2 太陽光パネルの特性調査

雲による太陽光の遮蔽がない場合には単位面積当

発電量予測のフローチャート

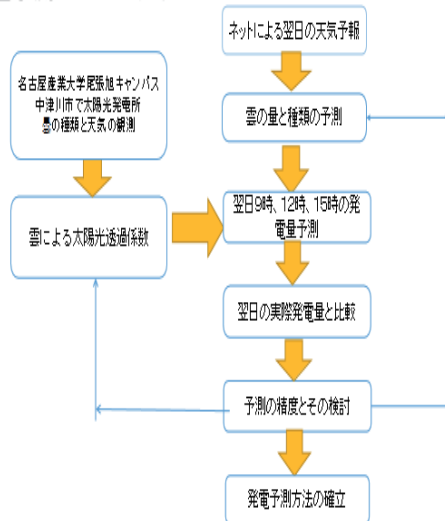


図5 発電量予測フローチャート

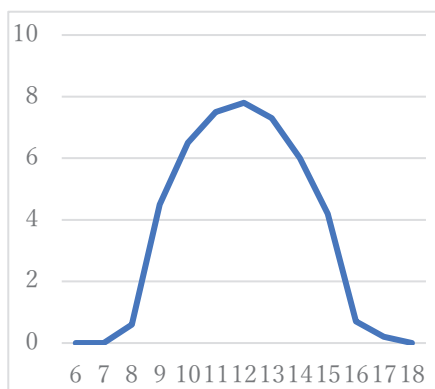


図6 晴天日の発電量時間変化
(1月7日 単位: KWh/h)

たりの発電量は式(2)から求められる。しかし本研究ではあらかじめ年間を通して晴天日の毎時の発電量が観測されているのでその結果を使用した。その一例として1月の晴天の場合を図6に示す。発電量は正午を境にほぼ対称に分布している。

4-3 発生が予想される雲の種類と透過率

予報が晴れの場合は発生する雲はほとんどないかまたは巻雲、巻積雲、巻層雲などの高度に生じる雲、または積雲が予想される。これらによる太陽光の透過率は90%以上である。

また曇りの予報では高層雲や高積雲が考えられ、雨の場合は乱層雲が発生する。それらの雲による太陽光の透過減少は表1の値と、気圧配置から推定する。

5. 発電量の予測と検証

上記の手法によって翌日の発電量予測と実発電量の比較を表2に示す。

晴天の場合はほぼ100%の発電量であるが曇りの場合その予測がむづかしい。しかも予測時刻が9時、12時、15時に限られているので、天気が急変する場合の予測は気圧配置、積乱雲発生予報などを考慮に入れなければならない。

表2からわかるように予測精度は平均すれば85%以上である。

表2 4月22日の発電量予測と実績

月日	04月22日(火)		
時間	9	12	15
天気	曇り	晴れ	晴れ
雲の種類と雲量	高積雲	巻雲	巻雲
予測発電量	3.8	7.9	5
遮蔽率	25% -63%	91% -100%	91% -100%
実際の発電量	5.3	8.2	4.7
予測の精度	72%	97%	94%

6. 今後の課題

天気の変化は千差万別であり、発生する雲の種類も規模も変化に富んだものである。しかし、天気図から翌日発生する雲の種類を推察すれば発電の減少量はある程度予測できた。データのさらなる蓄積と、気圧配置から読み取る雲の出現の精度を上げることによって一層予測精度を上げることができる。またこれらの手法をAI技術導入でさらに精度を上げる必要があると考えられる。

参考文献

- (1) 菊山功嗣(2013): 太陽光による年間の発電予測、名古屋産業大学環境経営研究所年報第12号、pp.13~15.
- (2) 巢宇燕・菅井径世・菊山功嗣・闫冠伊(2019): 太陽光発電開発に及ぼす雲の影響に関する研究、名古屋産業大学環境経営研究所年報第18号、pp.1~3.