

発表番号	4	平成 12 年度海洋電子機械工学専攻学位論文要旨 平成 13 年 2 月 15 日			
論文題目	太陽光発電のための大気透過率を用いた日射量予測に関する研究				
学籍番号	CK003004	氏名	佐々木 浩一郎	研究室名	電気工学

1 . はじめに

現在主に使われている化石燃料に代わるエネルギーとして注目されているのが、太陽光である。この太陽光は、環境汚染の心配がないクリーンで無尽蔵なエネルギーである。また、地球上のほとんどの地域で利用可能であり、その量は、全世界で 1 年に消費されるエネルギーを 30 分で賄えるほど膨大である。そして、この太陽光を用いて行う発電が太陽光発電である。

しかし、太陽光発電にも、日射量が天候や時間によって変化するため、太陽光発電だけでは必要な電力量を常に得ることができないという問題がある。このため、太陽光発電を用いるには、ディーゼル発電機や鉛蓄電池とを併用したハイブリッドシステム、もしくは、商用電力と連系された系統連系型システムが必要になってくる。これらのシステムを用いる場合、日射量を予測することにより、前もって太陽光発電の電力量を把握することができれば、ハイブリッドシステムにおける適切なディーゼル発電機の運転を行えることや、系統連系型システムにかかるコストを事前に計算することができるなど、低コストで効率よく運用できる可能性がある。

このことから、これまで本学では、上空の雲画像を処理して雲の動きを解析することにより、日射量を予測する方法を研究してきたが、この場合、短時間の日射量予測には有効だが、長時間の日射量予測には向いていない。そこで本論文では、大気透過率の値を用いることにより、比較的長期できれば 1 日分の日射量予測、ひいては 1 日分の太陽光発電電力の予測を行うための手法を提案した。

2 . 使用した装置

神戸商船大学に設置された発電エネルギー変換システムを用いて、予測に必要な一定時間の日射量瞬時値を測定した。

3 . 予測方法

3 - 1 概要

まず、予測したい時間帯で晴天が続く場合の日射量積算値 H_h 及び曇天が続く場合の日射量積算値 H_l を推定する。次に、晴天が続く割合 K_s を求める。これらの値から、日射量積算値の予測値 H_e は、以下の式で表すことができる。

$$H_e = K_s H_h + (1 - K_s) H_l \quad (1)$$

以下に、 H_h 、 H_l 及び K_s の推定方法を詳述する。

3 - 2 大気透過率 A の計算

まず、予測したい日の朝に、一定時間の日射量瞬時値を実測し、次に実測した時間内の大気透過率 A の値を求める。この時用いる、太陽高度 h と、傾斜角 T の面における晴天時の全天日射量瞬時値 H の関係式を以下に記す。

$$H = I_0 A^{\csc h} \cos q + \frac{I_0 \sin h (1 - A^{\csc h}) (1 + \cos T)}{2(1 - 1.4 \ln A)} \quad (2)$$
$$\sin h = \sin y \sin d + \cos y \cos d \cos w$$
$$\cos a = \sinh \cos T + \cosh \sin T \cos(a - a')$$
$$\cos a = \frac{\sin h \sin y - \sin d}{\cos h \cos y}$$

I_0 : 大気外日射強度 : 観測地点の緯度
 : 観測地点の赤緯 : 太陽の時角
 w : 傾斜面の方位角 (南を 0 とする)

上記の式より、日射量瞬時値を実測した時間内の、晴天時の大気透過率 A を求めることができる。また、曇天時の場合は予測が難しくなるが、ここでは上記の式が使えると仮定し、晴天時と同様に計算をする。そして、求めた大気透過率 A の最大値 A_h と最小値 A_l を見つける。

3 - 3 晴天が続く割合 K_s の計算

次に、実測時間内で晴天が続いた場合(大気透過率が常に A_h)の日射量瞬時値と、曇天が続いた場合(大気透過率が常に A_l)の日射量瞬時値を(2)式より求める。これらの値と実測した日射量瞬時値の値をそれぞれ数値積分する。これらをそれぞれ、 H_{h0} 、 H_{l0} 及び H_{m0} とすると、

$$K_s = \frac{H_{m0} - H_{l0}}{H_{h0} - H_{l0}} \quad (3)$$

より、 K_s を求める。

3 - 4 日射量積算値の予測値 H_e の計算

日射量瞬時値を実測した時間以降も、 A_h 及び A_l が一定であると仮定して、(2)式より H_h 及び H_l を求め、また、 K_s も同様に一定であると仮定して、(1)式より、日射量積算値の予測値 H_e を求める。

4. 予測結果

上記の手法を用いて、1998年4月から12月のうち、日射量瞬時値の実測データがある全216日分の予測を行った。その結果として、1998年7月(実測時間8時から9時)と12月(実測時間9時から10時)の予測結果を図1及び図2に示す。また、各月毎の8時から9時及び、9時から10時の実測値を用いた予測誤差の平均値を表1に示す。

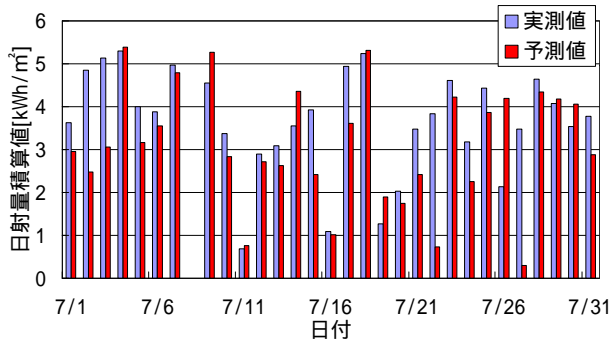


図1 1998年7月の実測値と予測値

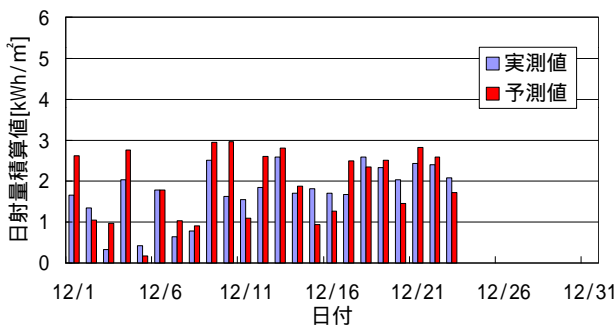


図2 1998年12月実測値と予測値

表1 1998年各月毎の1日分の平均予測誤差

	日数	予測誤差 [%] (8時から9時)	予測誤差 [%] (9時から10時)
4月	3	13.53	13.48
5月	24	11.14	10.05
6月	28	9.25	6.56
7月	30	12.48	11.46
8月	22	10.29	8.57
9月	29	9.89	11.02
10月	29	13.12	11.04
11月	28	15.71	12.14
12月	23	17.50	13.75

ここで、表1の予測誤差は、以下の式で表す。

$$\text{予測誤差} = \frac{|\text{実測値} - \text{予測値}|}{\text{各月の最大予測値}} \times 100 (\%) \quad (5)$$

すなわちこの式は、1日中雲一つなく晴れわたっていた場合に得られるであろう日射量積算値を100とし、その範囲中で、実測値に対して予測値がどの程度

追従できているかを示している。ただし、(5)式の分母が各月の最大予測値のため、夏より冬の方が必然的に予測誤差は大きくなりやすい。

以上の図や表を見ても分かるとおり、全体的にはどの季節でも誤差が10%前後であり、比較的精度の良い結果が得られている。ただし、冬場の予測の場合、実測時間が9時から10時の場合に比べて、実測時間が8時から9時の場合は、精度にやや難がある。これは、日の出の時刻が影響していると思われる。

また、1日毎に見た場合、実測値と予測値がほぼ一致する日もあれば、逆に7月27日のように差が3kWh/m²近く開いている日もある。この原因は図3及び図4を見ると分かるが、実測した8時から9時の間は、ほとんど曇天だったため、9時以降もそのまま曇天の状態に移行するであろうと仮定して予測したからである。そのため、9時以降徐々に晴天の割合が大きくなってきても対応できなかった。



図3 7月27日の日射量瞬時値

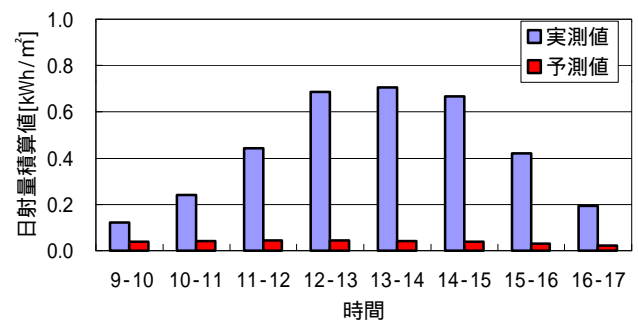


図4 7月27日の1時間毎の日射量積算値

5. おわりに

本論文では、太陽光の発電電力を予測するために、大気透過率を用いた日積算日射量を予測するための手法を提案し、比較的精度の良い予測結果を示すことができた。しかし、日射量瞬時値を実測した時間とそれ以降で天気概況が大きく変わってくる場合は、予測誤差が大きくなってしまった。そのため、今後の課題として、特に予測誤差が大きかった日の予測精度を向上させる事が挙げられる。その方法として、天気予報や気圧など他の気象条件、上空の雲画像を処理して雲の動きを解析する方法などを検討し取り入れることによって、さらに信頼できる予測結果を得られると思われる。