太陽光発電のための日射量積算値の予測 に関する基礎的研究

正員 山本 茂 広 (神戸商船大学)

正員 橋本 岳 (静岡大学)

正員 橋本 武 (神戸商船大学)

A Basic Study on Estimation of Solar Irradiation for Photovoltaic Power Generation

Shigehiro Yamamoto, Member (Kobe University of Mercantile Marine), Takeshi Hashimoto, Member (Shizuoka University), Takeshi Hashimoto, Member (Kobe University of Mercantile Marine)

The photovoltaic power generation has a weak point that its power output is unstable according to the weather conditions. In order to realize the optimum control of a diesel-photovoltaic hybrid generation system, this paper describes a novel method to estimate daily/hourly amount of solar irradiation. The outline of the proposed method is as follows; (1) solar irradiance is observed and maximum and minimum values of "atmospheric transmittance" are obtained, (2) maximum and minimum values of daily/hourly solar irradiation are theoretically calculated using the values of the atmospheric transmittance, (3) a ratio of the sunshine time is also estimated by the observed solar irradiation, (4) the daily/hourly amount of solar irradiation is finally estimated using the ratio and the maximum and minimum values of the daily/hourly solar irradiation. The data of solar irradiance for one year, 355 days in 2000, were analyzed by the present method, and the values of daily (9 to 17 o'clock)/hourly (12 to 13 o'clock) solar irradiation were estimated. The result shows that the estimated values agree very well with the observed values on more than half of the days in 2000.

キーワード：太陽光発電，日射量，予測，大気透過率

1. はじめに

近年，地球温暖化問題などエネルギー・環境問題に対する社会的関心が高まってきており，風力や太陽光などの自然エネルギーは，環境に優しいエネルギー源として期待されている。海上を航行する船舶についても，エネルギー・環境問題の重要さは例外ではなく，船舶用電源として太陽光発電システムを搭載するための基礎的な研究も行われている⁽¹⁾⁽²⁾。

太陽光発電は無尽蔵の太陽エネルギーを利用できる反面，発電電力が天候に左右されるという欠点を持つ。したがって，船舶用電源のように系統から独立した電源システムとして用いるには，ディーゼル発電機などとの併用が不可欠である。このため，著者らも，太陽光発電装置とディーゼル発電機とのハイブリッドシステムの制御に関する研究を行ってきた⁽³⁾。

太陽光とディーゼルのハイブリッド発電システムにおいて，システム全体のコストダウンと効率アップを図るには，(1)ディーゼル発電機は高効率の点（一般に高出力の点）で

一定出力の運転をすること，(2)二次電池の容量と充放電損失を小さくするために充放電電力量を減らすことの2点が重要となる。しかし，太陽光発電では，発電電力が日射量に左右されて不規則であるため，上記の2点を同時に満たすことは難しい。例えば，ディーゼル発電機を一定出力で運転すれば，電力の過不足を二次電池の充放電で賄わなければならない。逆に，二次電池の充放電電力量を抑えようとすれば，ディーゼル発電機の出力を太陽光発電の出力の変動に追従させなければならない。

ところが，太陽光発電の発電電力が予め予測可能であれば，上記2条件のバランスを考えた最適なディーゼル発電機の運転計画を立てることができる⁽⁴⁾。例えば，各時間帯において図1(a)に示すような太陽光発電からの発電電力量が得られ，同図(b)に示すように需要電力量の不足分が生じるとする。このとき，この不足分が予め分かっていると，同図(c)に示すように，不足する電力量が多い場合はディーゼル発電機を高出力で運転し，不足分が少ない場合には完全に停止するなどしてディーゼル発電機の運転効率を上げるとともに，必要とされる時間帯に合わせてディー

図1 太陽光発電電力量予測によるハイブリッドシステム制御の概念

Fig. 1. A concept of controlling a hybrid system by estimation of photovoltaic energy.

ゼル発電機を運転することで、二次電池の充放電電力量を抑えることができる（同図(d)参照）。

太陽光発電の発電電力に最も大きな影響を与えるのは、言うまでもないが、日射量であり、発電電力の予測のためには、日射量の予測が不可欠である⁽⁵⁾。日射量の推定に関しては、太陽光発電に限らず多くの分野で研究がなされている。例えば、農作物の生育予測のために、最低・最高気温、降水量、太陽高度などの条件から日射量日積算値を推定するための研究が報告されているが⁽⁶⁾、これは日射量計を使わずにその他のデータから日射量を推定することを目的としており、事前に日射量を予測するものではない。

日射量の予測に関しては、Chenらが、ビルの空調の最適制御を目的として、天気予報と過去の日射量の統計データから、10段階に分けた日射量の1日のプロファイルを予測する研究を行っているが⁽⁷⁾、過去の統計データを必要とする難点がある。また、気象データからニューラルネットを用いて翌日の日射量積算値を推定するための研究が報告されているし⁽⁸⁾、同じくニューラルネットを用いて、過去の日射量の時系列データを入力して、1ステップ（1時間）

先の日射量を予測する研究もなされている⁽⁹⁾。前者は、1日単位の予測であり、後者は1時間先のみの予測となる。さらに後者は、日射量の周期的変化を利用しているため、天候の変わりやすい地域や季節では、誤差が大きくなる。気象衛星の画像を用いた日射予測の試みも始められているが⁽¹⁰⁾、研究途上であり日射量の値を予測するまでには至っていない。

著者らも、これまでに、上空の雲の動きを画像処理の技術を応用して検出し、太陽光発電出力の変動を予測することを提案したり⁽¹¹⁾⁽¹²⁾、雲の状態の画像処理から日射量積算値を予測する手法について報告してきた⁽¹³⁾。しかし、これらの手法では予測できる時間に限界があり、数分後という短時間先の予測に終わっていた。

日射量の予測を前述のようなハイブリッドシステムの制御に適用しようとするれば、時間帯毎の日射量を予測する必要があり、これまでに報告されている方法は、あまり適していない。そこで、本論文では、単位時間毎の日射量積算値の推移を1日分予測できる比較的簡便な新しい手法を提案する。本提案手法は、太陽高度から日射量を求める理論式に含まれるパラメータを予測を行う当日の日射量の実測値から推定し、天候の状態を考慮して日射量の積算値を求めるものである。以下、提案する日射量積算値の予測方法と、1年間の日射量観測データを用いて実際に予測を行った結果について述べる。

2. 予測方法

〈2・1〉 概 要 予測方法の概要は次のとおりである。まず、晴天が続く場合、および、曇天が続く場合の日射量積算値を予測し、それぞれ、 H_h 、 H_l とする。ついで、晴天の割合を予測し、これを K_s とする。このとき、日射量積算値の予測値 H_e は、次のように表される。

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

以下、 H_h 、 H_l 、 K_s の予測方法について述べる。

〈2・2〉 日射量の最大値、最小値の予測 晴天時の全天日射量瞬時値を決める主因は、太陽高度と日射の大気透過率である。太陽高度は緯度と日時から算出できるから、観測地点、観測日の大気透過率 A が分かれば、晴天が続くと仮定した場合の日射量が予測できる。

傾斜角 T の傾斜面の晴天時の全天日射量瞬時値 H は、直達成分と散乱成分から次式で近似できる⁽¹⁴⁾。

$$H = I_0 A^{\cos \theta} \cos \theta + \frac{I_0 \sin h (1 - A^{\cos \theta}) (1 + \cos T)}{2(1 - 1.4 \ln A)} \dots \dots (2)$$

ここで、 I_0 は大気外日射強度である。また、 h は太陽高度、 θ は傾斜面への太陽光入射角であり、 ψ を観測地点の緯度、 δ を赤緯として、

$$\sin h = \sin \psi \sin \delta + \cos \psi \cos \delta \cos w \dots \dots \dots (3)$$

$$\cos \theta = \sin h \cos T + \cos h \sin T \cos(\alpha - \alpha') \quad (4)$$

$$\cos \alpha = \frac{\sin h \sin \psi - \sin \delta}{\cos h \cos \psi} \quad (5)$$

と表せる。ただし、 w は南を0とした太陽の時角、 α は太陽の方位角、 α' は南を0とした傾斜面の方位角である（以上、図2参照）。

図2 傾斜面と太陽の位置関係

Fig. 2. Relation between an inclined surface and the sun.

したがって、晴天時の日射量が分かれば、(2)式を解くことにより、逆に大気透過率 A を推定できる。これにより、観測日の大気透過率が一定であると仮定すると、その日の晴天が続く場合の日射量瞬時値と、それを積分することによって積算値が推定できる。

曇天の場合は日射量の予測が困難であるが、ここでは晴天時と同様に(2)式が成り立つと仮定して、曇天時の日射量瞬時値実測値から $A^\dagger$ を求め、以後の日射量瞬時値や積算値を計算する。

曇天時にも(2)式を用いるとすると、晴天と曇天を区別することはあまり意味がないので、実際には、以下のような処理を行っている。ある一定時間（以後、観測時間と呼ぶ）の日射量瞬時値を観測して(2)式から A の値を計算し、その最大値 A_h と最小値 A_l を求める。これらを逆に(2)式に代入して予測の対象とする時間内で日射量瞬時値を計算し、さらに、得られた値を数値積分して、これらをそれぞれ、 H_h （晴天が続いた場合の日射量積算値）と H_l （曇天が続いた場合の日射量積算値）とする。

〈2・3〉 晴天の割合の予測 〈2・2〉で述べた観測時間内の実際の日射量積算値を計測し、これを H_{m0} とする。また、(2)式に A_h と A_l を代入して計算した日射量瞬時値を観測時間内にわたって積分した値を、それぞれ、 H_{h0} 、 H_{l0} とする。このとき、晴天の割合 K_s を

$$K_s = \frac{H_{m0} - H_{l0}}{H_{h0} - H_{l0}} \quad (6)$$

により推定した。ただし、 K_s の値は、予測精度に大きく影響するため、その決め方については、今後さらに検討を行う予定である。

3. 実験データと予測の具体例

〈3・1〉 実験データ 実験のための日射量観測データは、神戸商船大学（神戸市東灘区）に設置されている太陽光発電システムの日射量観測装置により取得した。日射量計は、太陽電池パネルに合わせて、傾斜角 15° で真南より約 23° 東向きに設置され、全天日射量を計測できる。この日射量観測装置により5秒間隔で取得された2000年1月から12月までの1年間（停電などで計測できなかった日を除く全355日）の全天日射量のデータに基づき、本提案手法の精度について検討した。

〈3・2〉 理論式の検証 まず、(2)式で表される日射量瞬時値の理論式の検証を行った。図3は、1日中晴天が続いていた2000年6月15日の日射量瞬時値の実測値と、11時から13時の実測値から〈2・2〉と同様の方法で大気透過率 A の平均値を求め、さらに、その値を(2)式に代入して計算した理論値を示している。ただし、日射量計の取り付け精度の問題や(2)式では考慮していない反射成分の影響があると考えられるため、傾斜面の方位角 α' については、実測値によく合うように最小二乗法を用いて値を補正した。この結果、同図に示す実線が実測値、灰色の点線が理論値であるが、両者はかなり良く一致していることが確認できる。

図3 日射量瞬時値の実測値と理論値

Fig. 3. Observed and theoretical values of solar irradiance.

〈3・3〉 予測の具体例 次に、実例を基に日射量積算値を予測する具体的な方法と結果を示す。図4は、2000年6月8日の7時から17時までの日射量瞬時値の実測値である。最初に、8時から9時までの日射量瞬時値実測結果より、(2)式から A の値を計算すると、最大値 A_h は8時51分の0.612、最小値 A_l は8時58分の0.202であった。し

[†]曇天の場合、正確には大気透過率と呼べないが、便宜上、記号を A で統一する。

図4 日射量瞬時値の実測値と予測値

Fig. 4. Observed and estimated values of solar irradiance.

たがって、この日、晴天の場合は $A=A_h (=0.612)$ 、曇天の場合は $A=A_l (=0.202)$ と仮定して日射量瞬時値を計算すると、同図に点線および破線で示す値となる。これらの予測値は、実際の日射量の極大値、極小値とよく一致していることが同図より分かる。予測対象の時間帯でこれらの予測値を数値積分することにより H_h と H_l が求められる。

次に、観測時間である8時から9時までの日射量積算値の実測値 H_{m0} を求めると 0.461 kWh/m^2 であった。この間、 $A=A_h$ と仮定して(2)式を基に計算した日射量積算値 H_{h0} は 0.664 kWh/m^2 、同様に、 $A=A_l$ と仮定した場合の日射量積算値は 0.233 kWh/m^2 であり、晴天の割合 K_s は(6)式により 0.529 となる。

以上の結果から、1時間毎の日射量積算値を予測すると図5に示す結果となった。灰色が実測値、黒色が予測値である。図4からも分かるように、13時から15時の間は曇っている時間が多かったため、予測の誤差が大きくなっているが、その他の時間帯では比較的よく一致している。9時から17時までの合計では、実測値の 3.86 kWh/m^2 に対して予測値は 4.41 kWh/m^2 となり、 0.55 kWh/m^2 、14%の誤差であった。

図5 1時間毎の日射量積算値予測結果

Fig. 5. Estimated hourly solar irradiation.

4. 1年間の予測結果

〈4・1〉 日別の日射量日積算値予測結果の例 提案手法により、2000年の1年間、毎日8時から9時までの日射量観測データを用いて9時から17時までの日射量積算値を予測した。例として、6月の結果を図6に示す。その日の天候によっては大きな誤差が出ている日もあるが、全体的には比較的よく一致していると考えられる。1ヶ月間の合計では、実測値が 82.4 kWh/m^2 、予測値が 76.1 kWh/m^2 と7.6%だけ予測値の方が少なかった。また、1日毎にみると、誤差の絶対値が 0.25 kWh/m^2 未満の日が10日、0.25以上 0.50 kWh/m^2 未満の日が6日と、月の半数以上の日はかなり正確に予測できていた。しかし、誤差の絶対値が 2 kWh/m^2 を越える日も2日あり、1日あたりの誤差の絶対値の平均をとると 0.68 kWh/m^2 であった。

図6 6月の日射量日積算値予測結果

Fig. 6. Estimated daily solar irradiation in June.

〈4・2〉 日射量日積算値の予測結果 図7は、9時から17時までの日射量積算値の月別の合計値を示し、灰色が実測値、黒色が予測値である。1日毎の予測値では、〈4・1〉で示したように誤差が大きくなる場合もあるが、月別の合計値で見ると実測と予測がよく合っていることが分かる。年間の全合計では、実測値 988 kWh/m^2 に対して、予測値が 1020 kWh/m^2 と3.2%だけ予測値が上回った。なお、1日あたりの9時から17時の日射量積算値実測値の平均値は 2.78 kWh/m^2 である。

図7 日射量日積算値の月別合計

Fig. 7. Total monthly amount of daily solar irradiation.

図8の棒グラフは、1日毎の予測誤差の絶対値を月別に平均したものである。1月の 0.48kWh/m^2 が最小で、9月の 1.01kWh/m^2 が最大であった。また、各値を9時から17時までの日射量積算値実測値の月別の最大値に対する割合で表したものを同図に折れ線グラフで示す。すなわち、月別の誤差の平均値は、その月に得られた1日の日射量の最大値に対して12~26%の間で分布した。実際の天候などの条件や誤差の表し方が異なるので単純には比較できないが、目安として、文献(8)の結果では誤差が24.2%であり、同等以上の精度で予測できていると考えられる。

図8 日射量日積算値の絶対平均誤差とその割合
Fig.8. Averages of absolute errors of daily solar irradiation and their ratios.

最後に、年間の予測誤差の分布を図9に黒色の棒グラフで示す。同図は、誤差の絶対値が 0.25kWh/m^2 未満の日が98日(355日中)、 0.25 以上 0.50kWh/m^2 未満の日が82日であることを示している。比較のため、予測を行わない場合、すなわち、1日の日射量積算値の月毎の平均値と各日の実測値との差の分布を灰色のグラフで示した。本提案手法による予測を行うことにより、誤差が 0.50kWh/m^2 未満の日が大幅に増加し、年間の約半数を占めることが分かる。

図9 日射量日積算値の予測誤差の分布
Fig.9. Distribution of errors of daily solar irradiation.

〈4・3〉 日射量時間積算値の予測結果 1.で述べたようなハイブリッドシステムの制御を行うとすれば、1時間程度の短期的な太陽光発電電力量を予測したい場合も生じる。そこで、11時から12時までの日射量の観測データか

ら、12時から13時までの1時間の日射量積算値を予測する実験を行った。まず、例として、2000年6月の毎日の予測結果を図10に示す。予測対象の時間が短いので当然であるが、図6に示した9時から17時の8時間の予測に比べて、より実測に近い予測結果が得られている。

図10 6月の日射量時間積算値予測結果
Fig.10. Estimated hourly solar irradiation in June.

図11は、12時から13時までの日射量積算値を月別に合計したものであり、また、図12は、誤差の月別の絶対値平均を示す。図12における割合は、図8と同様に、12時から13時までの日射量積算値の実測値の各月の最大値に対する割

図11 日射量時間積算値の月別合計
Fig.11. Total amount of hourly solar irradiation per month.

図12 日射量時間積算値の絶対平均誤差とその割合
Fig.12. Averages of absolute errors of hourly solar irradiation and their ratios.

合で示している。1年間(355日)の対象時間の日射量積算値の総合計は、実測値 160kWh/m^2 、予測値 163kWh/m^2 であった。実測値の1日平均は 0.449kWh/m^2 となる。これは、9時から17時までの値の約6分の1である。これに対して、誤差の値は10分の1前後になっており、やはり、比較的よい精度で予測できていることが確認できる。誤差の割合を見ても6.4~16.4%と少なくなっていることが分かる。

また、図13は、図9と同様に、年間の誤差の分布を示しているが、誤差の絶対値が 0.04kWh/m^2 未満の日が179日と年間の半数を占め、予測を行わない場合(月別の実測値の平均値と各日の実測値との差の分布)と比較しても、明かに本手法による予測の効果が確認できる。

図13 日射量時間積算値の予測誤差の分布

Fig.13. Distribution of errors of hourly solar irradiation.

〈4・4〉 日射量時間積算値の時間帯別予測結果 最後に、8時から9時のまでの日射量の観測データから、その後の日射量を予測した場合の1時間ごとの日射量積算値の時間帯別予測結果を図14に示す。灰色の棒グラフが1年間の誤差の絶対値平均を示しており、折れ線グラフは、各時間帯毎の実測値の1年間の最大値に対する絶対平均誤差の割合を示している。観測時間から時間が経つにつれてやや誤差が大きくなっているが、割合で20%未満に収まっていることが分かる。

図14 日射量時間積算値の時間帯別予測結果

Fig. 14. Errors of hourly solar irradiation vs. time.

5. おわりに

太陽光発電の発電電力量を予測してディーゼル発電機とのハイブリッドシステムなどを効率よく制御することを目的とし、日射量積算値を予測する基本手法を提案した。さらに、1年間の日射量観測データを用いて実際に予測を行い、その実験結果を示した。本論文で示した手法は非常に簡単な手法ではあるが、比較的良い精度を示した。これは、晴天や曇天の状態が続く場合はもちろんのこと、晴れたり曇ったりを繰り返す天候でも周期性があり、これが一定程度持続するためと考えられる。特に、1時間程度の短時間の予測では、年間の半分以上の日数でかなり高い精度の予測が行えた。ただし、地域的な特性による予測精度への影響については、今後、検討が必要であると考えられる。

本論文で示した方法は最も基本的なものであり、これを基に改良を加える余地がまだあると考えられる。本論文では、晴天の割合 K_s を(6)式で求めているが、この値に補正を加えることで予測精度の改善が見込まれる。例えば、気圧などの他の気象条件、全天カメラによる雲の観測⁽¹⁵⁾、気象衛星からの情報などを利用して天候の変化を予測したり、あるいは、直接、天気予報などの情報を取り入れることも考えられる。また、地域や季節による特性などを統計的に求めて補正を行うことも有効であろう。

一方で、天候の急変を確実に予測することは大変困難であり、予測がはずれる場合も完全には無くせないと考えられる。したがって、本手法に限らず太陽光発電電力の予測を何らかのシステムに应用する場合は、予測誤差が生じる場合があっても、それがシステムに致命的な打撃を与えないような設計を行っておく必要がある。その上で、たとえ予測誤差により一時的に効率が落ちたとしても、正確に予測を行える回数が多ければ、長期的なシステムの運転効率を向上させることができる。どの程度の予測精度が必要となるかはシステムに依存し、具体的なシステムを想定しなければ議論できないが、本手法により年間の半数は比較的正確な予測が行えたことで、実際のシステムに应用できる可能性が十分にあると考えられる。今後は、本手法の予測精度の改善とともに、本手法を応用したシステムを設計し、システム全体の効率について検討を行っていく予定である。

最後に、本研究は文部省科学研究費(課題番号10650279)の助成を得て行われた。また、観測データの取得・整理には、神戸商船大学大学院生の高田昌彦氏、佐々木浩一朗氏に協力して頂いた。併せて感謝の意を表す。

(平成13年2月27日受付, 同13年6月11日再受付)

文 献

- (1) 片木 威, 西川栄一, 橋本 武:「太陽光発電システムの大型船舶への応用と環境評価」, 太陽エネルギー, Vol.24, No.1, pp.41~46 (1998-1)
- (2) 片木 威, 朴 在植, 橋本 武:「太陽電池を搭載する船舶電源システムの基本設計」, 電気学会論文誌 B, Vol.118, No.9, pp.976~

- 982 (1998-9)
- (3) Jae-Shik Park, Takeshi Katagi, Shigehiro Yamamoto, Takeshi Hashimoto: "Operation control of photovoltaic/diesel hybrid generating system considering fluctuation of solar radiation", *Journal of Solar Energy Materials & Solar Cells*, Elsevier Science, Vol.67, pp.535~542 (2001-1)
 - (4) 高田昌彦, 朴 在植, 山本茂広, 橋本 武:「日射量予測値を用いた太陽光ハイブリッド発電システムの運用法に関する基礎研究」, 平成12年電気関係学会関西支部連合大会講演論文集, p.G164 (2000-11)
 - (5) Francois Giraud and Ziyad M. Salameh: "Analysis of the effects of a passing cloud on a grid-interactive photovoltaic system with battery storage using neural networks", *IEEE Transactions on Energy Conversion*, Vol.14, No.4, pp.1572~1577 (1999-12)
 - (6) David Elizondo, Gerrit Hoogenboom and R.W. McClendon: "Development of a neural network model to predict daily solar radiation", *Journal of Agricultural and Forest Meteorology*, Elsevier Science, Vol.71, pp.115~132 (1994)
 - (7) Ting-Yao Chen and Andreas K. Athienitis: "Ambient temperature and solar radiation prediction for predictive control of HVAC systems and a methodology for optimal building heating dynamic operation", *Transactions of American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers*, Vol.102, No.1, pp.26~36 (1996)
 - (8) 織田慎一郎, 見目喜重, 中川重康, 榎原建樹:「多段型ニューラルネットを用いた日射量予測」, 電気学会論文誌, Vol.117-B, No.8, pp.1146~1151 (1997-8)
 - (9) A. Sfetsos and A. H. Coonick: "Univariate and multivariate forecasting of hourly solar radiation with artificial intelligence techniques", *Journal of Solar Energy*, Elsevier Science, Vol.68, No.2, pp.169~178 (2000)
 - (10) Hironari Taniguchi, Kenji Otani and Kosuke Kurokawa: "Hourly forecast of global irradiation using GMS satellite images", *Journal of Solar Energy Materials & Solar Cells*, Elsevier Science, Vol.67, pp.551~557 (2001-1)
 - (11) Takeshi Katagi, Shigehiro Yamamoto, Shogo Hirayama, Yasuhiro Yamanouchi, Jae-Shik Park, Takeshi Hashimoto and Takeshi Hashimoto: "Basic research on the estimation of instantaneous power of photovoltaic system by using camera images", *Proceedings of 2nd World Conference and Exhibition on Photovoltaic Solar Energy Conversion*, Vol.2, pp.2092~2095 (1998-7)
 - (12) 山本茂広, 片木 威, 朴 在植, 橋本 武, 橋本 岳:「雲の画像解析による太陽光発電の出力変動予測に関する基礎的研究」, 電気学会論文誌, Vol.119-B, No.8/9, pp.909~915 (1999-8)
 - (13) 山本茂広, 片木 威, 朴 在植, 平山尚吾, 橋本 武, 橋本 岳:「雲画像解析による太陽光発電電力の予測 — 積算日射量予測に関する基礎研究 —」, 平成11年電気学会全国大会講演論文集, Vol.7, pp.357~358 (1999-3)
 - (14) 太陽エネルギー利用ハンドブック編集委員会編:「太陽エネルギー利用ハンドブック」, 1.1.1節, 1.2.7節, 日本太陽エネルギー学会 (1985)
 - (15) 山本茂広, 片木 威, 佐々木浩一郎, 橋本 岳, 橋本 武:「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講演論文集, Vol.7, pp.3418~3419 (2000-3)

山本茂広 (正員) 1967年6月生。1992年3月京都大学大学院工学研究科電気工学専攻修士課程修了, 1996年8月同大学院博士課程研究指導認定退学。同年9月京都大学工学部附属高度情報開発実験施設非常勤研究員, 1997年4月神戸商船大学助手, 2000年4月同大学助教授となり現在に至る。この間, 移動体の自律走行に関する研究, 画像処理を用いた太陽光発電電力予測の研究に従事。博士(工学)。1996年度システム制御情報学会学会賞(論文賞)受賞。システム制御情報学会, 日本ロボット学会, 日本船用機関学会などの会員。

橋本 岳 (正員) 1961年1月生。1987年3月京都工芸繊維大学大学院工学研究科電気工学専攻修士課程修了, 1990年3月京都大学大学院工学研究科博士課程研究指導認定退学。同年4月同大学工学部助手, 1998年1月静岡大学工学部助教授となり現在に至る。この間, 画像計測(テキストチャ解析, オーロラ立体観測画像の解析, 自律走行移動体)に関する研究に従事。博士(工学)。1996年度システム制御情報学会学会賞(論文賞)受賞。電子情報通信学会, 日本リモートセンシング学会, システム制御情報学会などの会員。

橋本 武 (正員) 1938年4月生。1961年神戸商船大学商船学部機関学科卒業。現在, 神戸商船大学教授。船舶の信頼性・安全性に関する研究に従事。工学博士。日本信頼性学会, 日本船用機関学会, システム制御情報学会などの会員。

電力・エネルギー部門大会座長のコメントと回答

—A 22 太陽光発電—

質 疑

座長 北村 章夫

1. 同セッションでの対象論文への質疑応答

(1) 晴天の場合と曇天の場合の振り分けは天気予報を利用しているのか。

2. 著者に照会したい座長コメント

日射量予測を必要とするシステムを想定し（これがまだ見つからないと著者らも述べていることではあるが）、これに対し、本提案の予測システムと多種多様の「他の予測システム」との精度比較を行うことによって、優位性や妥当性が明確になるものと思われます。

❖ ❖ ❖

❖ ❖ ❖

応 答

山本 茂広（神戸商船大）

橋本 岳（静岡大）

橋本 武（神戸商船大）

1. 「同セッションでの質疑応答」に対する追加説明

天気予報を用いているわけではありません。手法の概念的な説明のため、便宜上、「晴天」、「曇天」という言葉を使いましたが、実際の処理では、本論文〈2・2〉節に説明がありますように、日射量の観測値から A の最大値、最小値を求めているにすぎません。したがって、本手法では、実際の天候を知る必要はありません。ただ、予測精度の改善のために天気予報を取り入れることは、検討していきたいと思っています。

2. 「著者に照会したい座長コメント」への回答

日射量予測を必要とするシステムについては、ディーゼル発電機などの他の電源システムを太陽光発電と併用する場合を想定していますが、ご指摘のとおり、具体的なシステムの設計には至っておりません。今後、予測を行うことによって効率が改善されるようなシステムの設計や制御手法について検討していき、他の手法、システムとの比較検討を行っていきたいと考えています。