

直達日射を考慮した全天日射量からの太陽光発電の推定について

青木 泰樺[†] 岩田 耀璃[†] 関家 一雄[‡] 一色 正男^{*}神奈川工科大学創造工学部ホームエレクトロニクス開発学科[†]神奈川工科大学スマートハウス研究センター[‡]神奈川工科大学研究推進機構^{*}

1. 背景と目的

カーボンニュートラル社会の実現のために再生可能エネルギーの効率的な利用技術の開発が求められている。太陽光発電(PV)を蓄電池などと組み合わせて自家消費する方法は、電気代節約という経済的メリットをもたらすだけでなく、社会全体として見ても発電所の余剰発電能力を削減して二酸化炭素排出削減に貢献できる。電力会社が余剰発電能力を削減すると、電力需給関係調整のために下げデマンドレスポンス(下げDR)や上げデマンドレスポンス(上げDR)などの要請が頻繁に発生するようになるが、翌日のDR要請に応じられるかどうかは、翌日のPV発電電力を推定して判断しなければならない。

ここで翌日の天気予報からPVの発電パターンを予測する必要が生じる。PVパネルへの太陽光入射量が分かれば、温度などを加味した効率を掛けてPV発電電力を推定できる。一般的に行なわれている方法は、太陽の赤経・赤緯とその地点の経度・緯度から算出した太陽の方位角・高度を用い、それに色々な大気モデルによる散乱と減衰を掛けてPVパネルへの入射量を推定する方法である^[1,2]。我々は、考慮すべきパラメータの多い大気モデルを用いなくても、その地域の気象台の時間別日射量観測データからPVパネルへの入射量を推定できるのではないかと考えた。今回はその可能性について予備的考察を行なったので報告する。

2. 気象台の日射量データと推定方法

ある地域の翌日のPV発電電力を時間ごとに予測したい場合、過去の同じ時期の同じような天気の場合の実際のPV発電データがあれば最もよいのだが、そのようなデータ蓄積はまだ少ないので、過去の同じ時期の同じような天気での日射量データから推定できれば便利である。

気象庁の日射量データには全天日射量、直達日射量、散乱日射量があるが、直達日射量と散乱日射量を観測しているのは網走、つくば(館

野)、福岡、石垣島程度しかない^[3]。これに対し全天日射量はほぼ各県1ヶ所程度、1時間毎のデータを単位[MJ/m²]で公開している^[4]。

直達日射は太陽光線に対して垂直な面で観測した量であり、散乱日射は太陽方向を除外した全天からの散乱光を水平面で観測した量である。全天日射は散乱日射に直達日射の水平面投射量を加えた量に相当するが、単独に全天日射として観測された量からは太陽の方向に関する情報が失われているため、全天が均一に光っている場合と区別がつかない。

PVパネルは通常南向きに30度ほどの仰角で設置される。発電に寄与するのはパネルの表面に入射する光だけであるので、もし全天が均一に光っているとすると、PVパネル入射量は

$$\text{簡易計算入射} = \text{全天日射} \times (180 - \text{仰角}) / 180$$

で算出できる。しかしこれでは太陽から直接パネルに入射する光の寄与が全天に分散されてしまっていて、入射量を実際よりかなり少なく見積もることになると考えられる。全国的には全天日射量の観測データしかないので、この簡易計算入射量をもとにして実際のパネル入射量を推定できないかと考えた。

そこで直達日射と散乱日射を観測している観測所のデータで、直達日射を考慮した場合のパネル入射量と簡易計算入射量との関係を、天気別に1年間のパターンとして計算したので以下に報告する。

3. 直達日射を考慮したPVパネル入射量

観測地点で太陽が高度 h 、方位角 A の時、方位角 B 、仰角 β に設置されたPVパネルへの太陽光の入射角は

$$z = \cos^{-1}(\sin(\beta) \cos(h) \cos(A - B) + \cos(\beta) \sin(h))$$

であるので、直達日射のPVパネルへの1m²あたり斜め投射量は $\cos(z)$ を掛ければよい。これに対し散乱日射からの入射は、全天均一と見做し全天日射での簡易計算入射と同様、入射量は仰角を差し引いた割合だとして考える。(ここでは全天日射から直達日射の水平面投射量を差し引いた値を散乱日射として計算した。)

この2つを足した量を直達日射を考慮した場合

On The Estimation of Photovoltaic Generation from Global Solar Radiation Considering Direct Solar Radiation

^{†‡*} Aoki Taiga, Iwata Hikari, Sekiya Kazuo, Isshiki Masao: Kanagawa Institute of Technology

のパネル入射量とし、全天均一と見做して求めた全天日射量からの簡易計算入射量と比較した。

4. つくばに於ける2種計算方式の結果

Fig. 1に1月20日前後の晴れの日, Fig. 2に7月20日前後の晴れの日々の2年分について、パネル入射量の2種の計算結果とその比を示した。

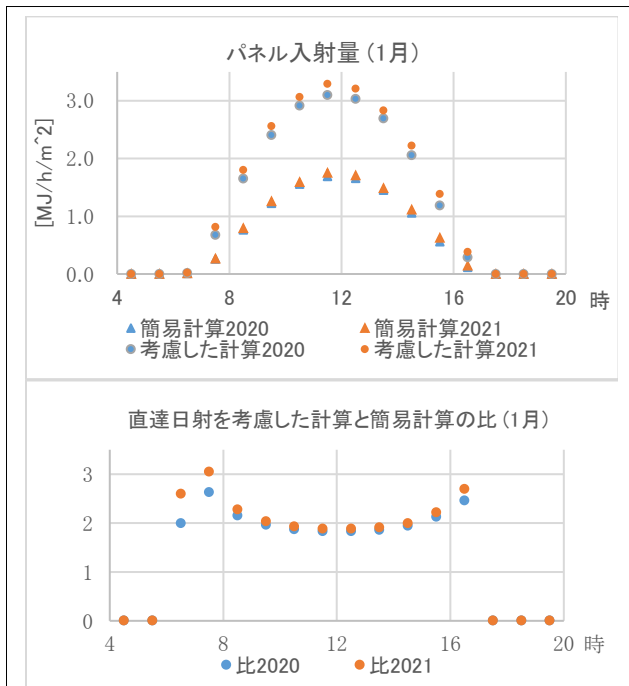


Fig. 1 晴の場合の時間毎入射量と比 (1月)

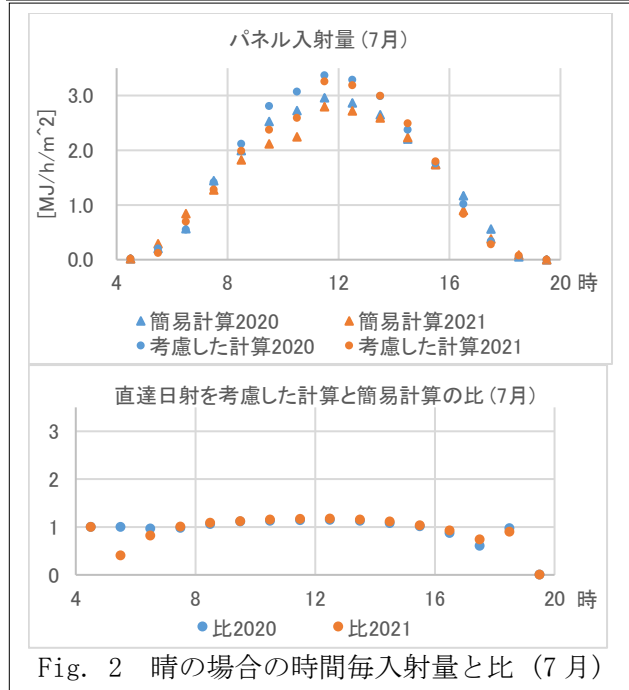


Fig. 2 晴の場合の時間毎入射量と比 (7月)

全天日射量からの簡易計算入射量は冬至付近で小さく夏至付近では大きい。しかしながら直達日射を考慮した場合の入射量との比は, Fig. 1

と Fig. 2 のそれぞれの比のグラフに示すように、1日を通して概して一定であることが分かる。朝方と夕方は一一定値から上または下に外れるが、これは日出・日入の方位角がパネル面である東西線の南または北側にあることを考慮に入れば補正可能になると思われる。

同様の計算を2年分強について行ない、比の正午前後の値を年間のパターンとして Fig. 3 に示した。正弦波の近似曲線によく一致しており、全天日射量が太陽高度に依存していることと辻褃が合う。

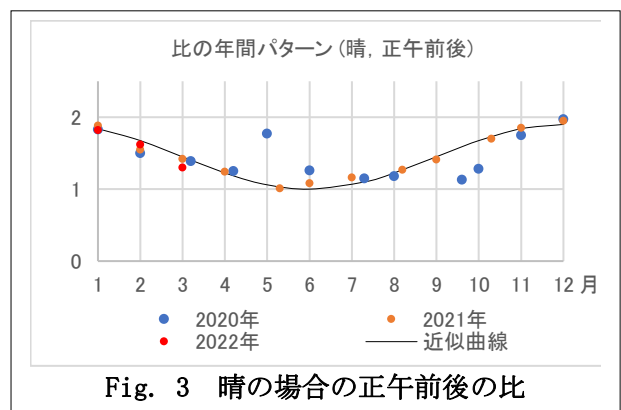


Fig. 3 晴の場合の正午前後の比

以上のことから、晴れの日については、全天日射量データに Fig. 3 のような比を掛ければパネル入射量を推定することができそうである。なお晴れの定義は雲量 0~8 であり、太陽が翳れば当然この比が小さくなるはずだから、晴れという一括りでどの程度推定できるかは更なる考察を要する。

同様の計算を曇り(雲量 8-10)の日と雨についても行ない、比がほぼ1になることも見出した。

5. おわりに

気象台の全天日射量観測データから PV パネル入射量をおおよそ推定できないか、考察した。全天を均一と見做して全天日射量から簡易計算した場合と、直達日射を考慮した場合を比較してみると、季節変動を加味すれば天気に応じて大雑把に推定できる可能性があることを見出した。まだ予備的考察段階であるので、今後実際のデータも合わせて検証していきたい。

参考文献

- [1] “太陽光発電の発電量予測技術”, 石橋直人, 他, 富士電機技報 Vol.86 No.3 pp.207-210 (2013)
- [2] “Estimation of Hourly, Daily and Monthly Global Solar Radiation on Inclined Surfaces: Models Re-Visited”, Seyed Abbas Mousave Maleki, et al., Energies 2017, 10, 134 (www.mdpi.com/journal/energies)
- [3] 気象庁 日射放射観測点のデータ https://www.data.jma.go.jp/gmd/env/radiation/data_rad.html
- [4] 気象庁 過去の気象データ検索 <https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>