

縦列配置された地上設置型太陽電池アレイに作用する風力係数の推定について

九州電力(株) 正会員 ○池田博嗣, 九州電力(株) 正会員 池田浩一
九州工業大学 正会員 松田一俊, 九州工業大学 正会員 加藤九州男

1. はじめに

太陽光発電は、地球温暖化を緩和するための化石燃料代替エネルギーとして注目されている。ソーラーアレイは軽量構造であり、アレイを支持する架台やそれを支える基礎構造物で設計上考慮すべき外力は風荷重が支配的で、この風荷重を正しく評価できれば、アレイの安全性と経済性が確保できる。

風荷重の算出方法としては、JIS C 8955¹⁾により風力係数 C_w の近似式を用いる方法が提案されているが、課題も指摘されている^{2) 3)}。特にメガソーラーのように縦横に複数のアレイが群集配置された場合の風力係数 C_w の利用において「中央部のアレイは、直接風が当たる周囲端部に比べて 1/2 の値を用いても良い」と記載されているが、その領域は定かではなく、コスト低減設計への活用は難しい。

本研究は、風洞実験により任意の迎角 θ を持つ群集配置されたアレイの面的に分布する風力係数 C_w を確認し、段階的に低減する領域を定量化することを目的としている。本稿ではその基礎研究として、迎角 θ の異なるアレイモデルを縦に合計7列並べて、アレイ迎角 θ と縦列位置（何枚目か）の違いによる風力係数 C_w の変化傾向を計測し、縦列位置ごとの風力係数 C_w の推定を試みた結果、良好な結果が得られたため報告する。

2. 実験装置および条件

風洞設備は、測定部寸法が幅 2.4m×高さ 1.8m×長さ 20m の九州工業大学工学部建設社会工学科所属の吸込式境界層風洞を用いた。図-1 に示すように模型は、発電出力 9kw のアレイを1ユニットとする単体アレイとし、縮尺 1/20 で製作した、幅(W): 900 mm×奥行(L): 180 mm×厚さ: 2.5mm のアルミ板である。縦列配置された各々のアレイに作用する空気力の計測は、図-2 の様に、測定アレイ1枚と模擬アレイ6枚の合計7枚を並べた状態で、測定アレイの位置を固定し、模擬アレイを順次移動させ実施した。

測定アレイは、地面板の上流部端から 3.34m の位置に設置し、空気力の計測には、六分力計（日章電気 LMC-6336）を用いた。本研究では風力係数 C_w の特性を空気力の代表値として検討することとし、その算出に必要な空気力成分である抗力 F_D および揚力 F_L の2成分を計測した。計測時間は 90 秒間、サンプリング周波数は 500Hz とした。風速 U は、 $U=7, 7.5, 8\text{m/s}$ の3風速で実施し、各空気力係数 C_D 値、 C_L 値、に風速依存性がないことを確認しつつ、それらの値を最小二乗近似することにより計測値とした。

実験ケースは、耐風設計において支配的となる逆風のケースについて実施した。アレイ迎角 θ は、 $\theta=5^\circ\sim 20^\circ$ まで 5° 刻みとした。なお、アレイ同士の間隔は、冬至の9時の太陽光日照角度でアレイに影ができない距離 D を計算しており、具体的には、アレイ迎角 $\theta=5^\circ\sim 20^\circ$ の順に $D=36, 73, 109, 144\text{mm}$ とした。また、地面板とアレイ模型の最下端との間隔いわゆるアレイ支持高さ H は、現場施工高さ 500mm と模型縮尺を考慮

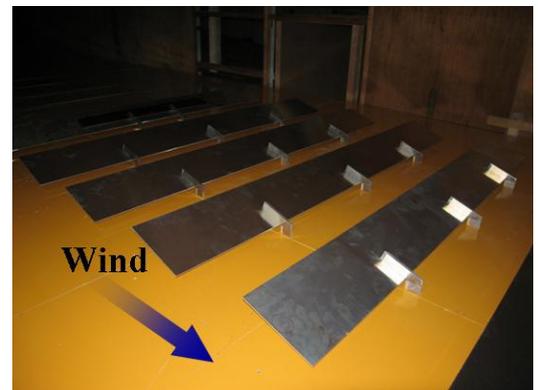


図-1 アレイ設置状況

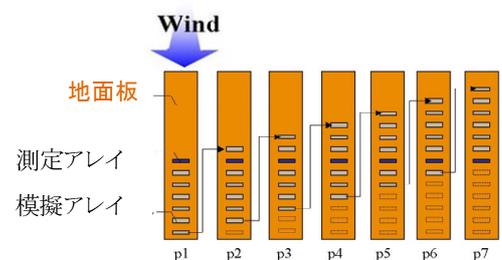


図-2 測定アレイの計測方法

キーワード 太陽電池アレイ, 風力係数, 耐風設計

連絡先 〒815-8520 福岡市南区塩原 2-1-47 九州電力㈱総合研究所 土木グループ TEL 092-541-2910

して $H=25\text{ mm}$ を基本とし、迎角 θ が変化した場合でも、六分力計の設置高さを調整することにより一定とした。

3. 実験結果と考察

図-3は、採取データをアレイ位置を説明変数として迎角 θ ごとに整理したグラフであり、縦列7枚アレイの風力係数 C_w の傾向は、 $\theta=20^\circ$ において1列目アレイに最大の空気が作用し、2列目のアレイに最小、3列目以降徐々に大きくなる結果となり、既往研究³⁾と整合した。 $\theta=15^\circ$ 以下の傾向は、概ね右肩下がりとなった。また、 $\theta=15^\circ$ 以上の最後列近傍アレイでは、風力係数 C_w が上昇しており、既往研究³⁾と整合した。なお、 $\theta=10^\circ$ で最後列の値が低減する理由は今後検討が必要である。

図-4は、図-3のデータを迎角 θ を説明変数としてアレイ位置ごとに整理したグラフである。このグラフを用いて、風力係数 C_w をJISの近似式に習い(1)式に示す一次関数で近似することを試みた。なお決定係数が小さい場合は、(2)式に示す二次関数で近似した。

$$C_w = a \times \theta + b \tag{1}$$

$$C_w = a \times \theta^2 + b \times \theta + c \tag{2}$$

ここに a, b, c は定数

表-1に各定数と決定係数 R^2 を示す。風力係数 C_w の推定は、風が直接作用する1列目アレイと剥離現象の影響が少ないと考えられる4枚目以降のアレイでは決定係数 R^2 が高く、一次関数近似が可能である。2~3列目アレイでは、一次関数近似が難しく、二次関数で近似した。特に2列目アレイにおいては、迎角 θ が大きくなると1列目アレイからの剥離の影響で風速 U が低減し、風力係数 C_w が減少する傾向があり、一次関数近似を難しくしている。

8列目以降のアレイにおいては、7枚目アレイの風力係数 C_w とほぼ同値になる結果が別途得られており、気流特性が時間平均的にほぼ一定であることを示唆している。

4. おわりに

本研究では、任意の迎角 θ を持つアレイが群集配置された場合の面的な風力係数低減分布を段階的に定量化するための基礎研究として、迎角 θ の異なるアレイ模型を縦に合計7列並べて、アレイ位置ごとの風力係数 C_w の推定を試みた。その結果、1列目と4枚目以降のアレイでは、アレイ迎角 θ を変数とする一次関数で、2~3列目アレイでは、二次関数で近似することができた。

参考文献

- 1) 日本工業標準調査会標準部会, 太陽電池アレイ用支持物設計標準, JIS C 8955, 2011.
- 2) 松田一俊, 地上設置型太陽光電池アレイの風力係数の精緻化に向けた取り組み, 電力土木, No361, pp4-8
- 3) 池田博嗣, 木村吉郎, 小林平, 加藤九州男, 久保喜延, 池田浩一, 複数列配置された太陽光発電所用アレイの風力係数に風向角が及ぼす影響の一検討, 構造工学論文集 Vol. 58A, pp. 559-566, 2012

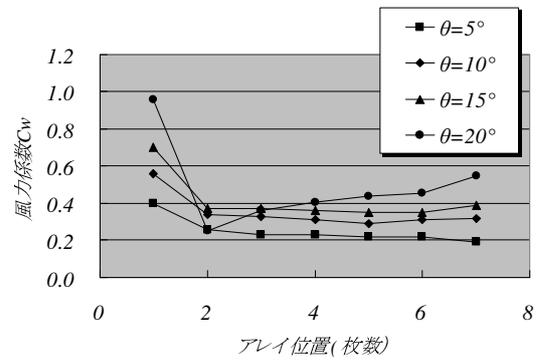
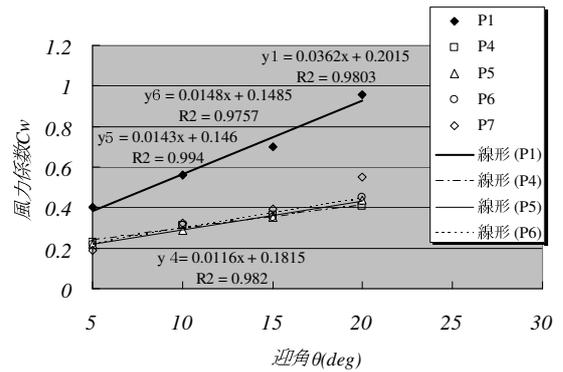
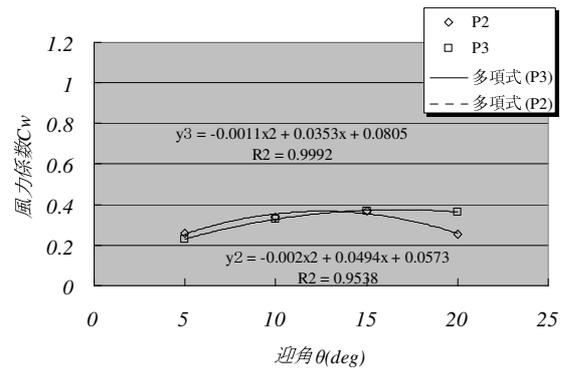


図-3 アレイ位置による変化傾向



(a) P1, P4~p7



(b) P2, P3

図-4 迎角 θ による変化傾向

表-1 各係数と決定係数

パネル位置	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7
a	0.04	-0.002	-0.001	0.01	0.01	0.01	0.02
b	0.20	0.05	0.30	0.18	0.15	0.15	0.08
c	-	0.06	0.08	-	-	-	-
R^2	0.98	0.95	0.99	0.98	0.99	0.98	0.98