

地上設置型太陽電池アレイに作用する風力特性

運搬用通路の影響

相原 知子*¹・寺崎 浩*¹・吉川 優*¹

Keywords : photovoltaic array, wind pressure test, wind force coefficient, passages width between array groups

太陽電池アレイ, 風圧実験, 風力係数, 運搬用通路

1. はじめに

地上設置型の太陽電池アレイ（以下、アレイと呼ぶ）を複数配置する場合、風下側のアレイに作用する風力係数は風上側のアレイの遮蔽効果により低減できることが知られている^{1),2)}。JIS C 8955³⁾では、アレイ単体に作用する風力係数の近似式が与えられており、“架台が複数の場合には、周囲端部は近似式の値を、中央部は近似式の値の1/2を使用してもよい。”と記述されている。しかし、メガソーラー発電所のように数多くのアレイを設置する場合、アレイ群を区分けするように機材の運搬用通路が設けられており、周囲端部および中央部を明確に定義するのは困難である。

そこで、本論文では、傾斜角度 $\theta=10$ 度のアレイを複数配置した場合において、運搬用通路の通路幅がアレイに作用する風力係数に与える影響について述べる。

2. 実験概要

2.1 実験模型

実験に用いた風圧模型は、幅 $B=9\text{m}$ 、奥行き $D=4\text{m}$ 、 $\theta=10$ 度のアレイを縮尺率 1/35 で作成しており、アレイ面の平均高さ H は実寸法で 1.305mである。アレイの上下面には風圧測定点が 21 点ずつ、合計 42 点設けられている（図-1 参照）。図-2 は模型立面図であり、黒矢印は風力の方向定義を表している。なお、風圧模型は既報^{4),5)}の Case1a と同じ模型を用いている。

2.2 使用風洞および実験気流

本実験は大成建設(株)技術センター保有のエッフェル型境界層風洞を用いて行った。実験気流は、縮尺率を 1/35、地表面粗度区分Ⅱを目標として作成した。実験気流のプロファイルとして、風速比と乱れの強さの鉛直分布を図-3 に示す。図中の実線は、日本建築学会

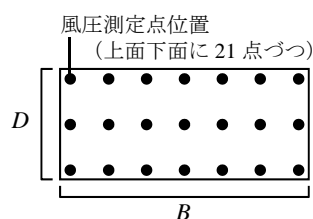


図-1 風圧測定点位置
Fig.1 Measurement points

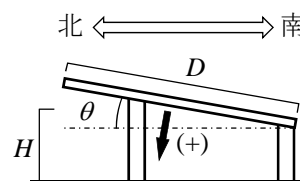


図-2 模型立面図
Fig.2 Elevation of model

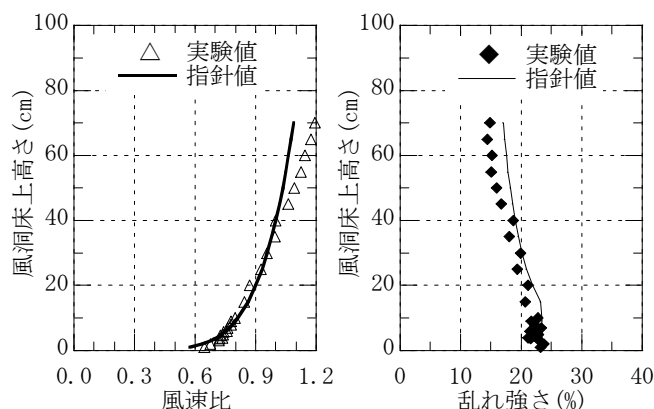


図-3 気流のプロファイル
Fig.3 Profile of wind flow

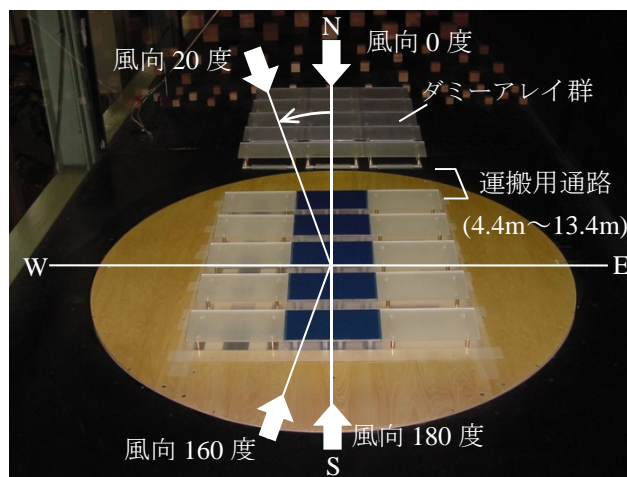


写真-1 実験模型
Photo.1 Experiment model

*1 技術センター 建築技術研究所 防災研究室

の建築物荷重指針に示されている値である。平均高さ H における乱れのスケールは 33.7cm, 実験風速は約 8m/s である。

2.3 実験条件

2.3.1 アレイの配置

本実験ケースにおけるアレイの配置は、写真-1 および図-4 に示すように、アレイを東西方向に 3 列、南北方向に 5 列並べた状態を 1 つのアレイ群とし、運搬用通路を挟んで風上側に同じ規模のダミーアレイ群を配置している。図-4 に示す紺色のアレイは風圧計測模型を表し、白のアレイはダミー模型を表している。ただし、実験は写真-1 (図-4 と同様に、紺色のアレイは風圧計測模型であり、白のアレイはダミー模型である) に示すように端部列と中央列で別々に計測している。アレイの配置番号は、端部列は北から南に A1 から A5 とし、中央列は B1 から B5 と定義する。同じアレイ群内における南北方向のアレイの配置間隔 (例えば、A1 アレイと A2 アレイの間隔) は約 2.7m であり、冬至の 15 時における太陽高度を 14 度と仮定し、アレイ同士の日射障害を回避するように設定した。

2.3.2 実験風向

実験風向は風洞サイズの制限から 0 度, 10 度, 20 度, 160 度, 170 度, 180 度の 6 風向とした。なお、風上側のダミーアレイ群を配置せず、風圧模型アレイ群のみで実施したケースでは、全ての配置場所のアレイにおいて、アレイ 1 枚分の平均風力係数およびピーク風力係数の最小値と最大値は、本実験風向である 0 度~20 度および 160 度~180 度で発生している。

2.3.3 運搬用通路の幅

ダミーアレイ群と風圧模型アレイ群の間に設けた運搬用通路の幅は実大寸法で 4.4m, 7.4m, 10.4m, 13.4m の 4 種類とし、ダミーアレイ群は、風圧模型アレイ群の風上側にのみ配置した。

2.4 解析条件

風圧データのサンプリング周波数とデータ個数は 200Hz と 65,536 個/ch である。測定した風圧は導圧チューブによる共鳴現象を補正し、上面圧と下面圧の差圧 (風力) として評価した。風力はアレイ面に垂直の方向に作用し、下向きの力を正とする (図-2 参照)。統計値の評価時間は実時間で 10 分間相当とし、ピーク値は平均化時間を 0.26 秒として 5 回のアンサンブル平均により求めた。時間の縮尺率 λ_t , 長さの縮尺率 λ_l , 風速の縮尺率 λ_u には $\lambda_t = \lambda_l / \lambda_u$ の関係があり、本実験では、 $\lambda_l = 1/35$, $\lambda_u = 1/3.8$ 程度 (設計風速は 30.6m/s を想定), $\lambda_t = 1/9.2$ である。

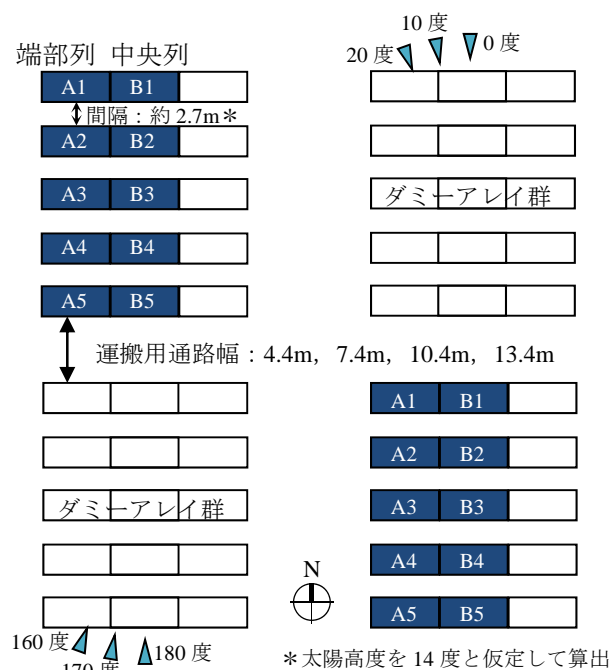


図-4 アレイの配置および実験風向の定義
 Fig.4 Placement of arrays and wind directions

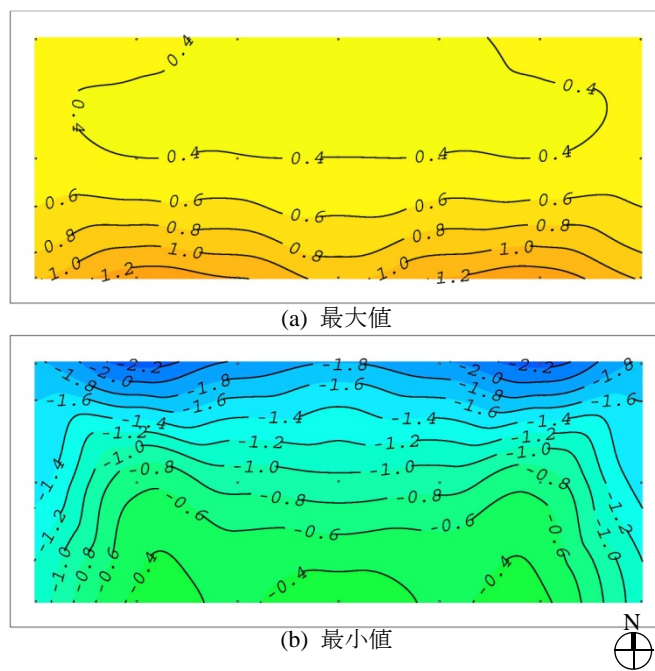


図-5 平均風力係数分布 (アレイ単体)
 Fig.5 Mean wind force coefficient distribution (Independent array)

3. 実験結果

3.1 アレイ単体に作用する風力係数

図-5 はアレイ単体 (既報^{4),5} の Case1a) の場合における平均風力係数分布である。(a) は全風向中最大値であり、(b) は全風向中最小値である。ただし、アレイ単体の実験風向は 0 度から 180 度まで 10 度ピッチ 19 風向 +45 度と 135 度を加えた全 21 風向である。最大値

はアレイの南側（紙面下側）が大きく、最小値はアレイの北側（紙面上側）が絶対値で大きい傾向が見られるが、JIS で与えられている風力係数は支持物の設計に用いるため、アレイ 1 枚分の空間平均値である。アレイ 1 枚分の空間平均値とは、各測定点で得られた風力

の分担面積を考慮して、アレイ 1 枚全体に作用する風力係数を意味している。

3.2 アレイ群に作用する風力係数

図-6 および図-7 にアレイ 1 枚分の空間平均値から求めた平均風力係数およびピーク風力係数の実験風向中

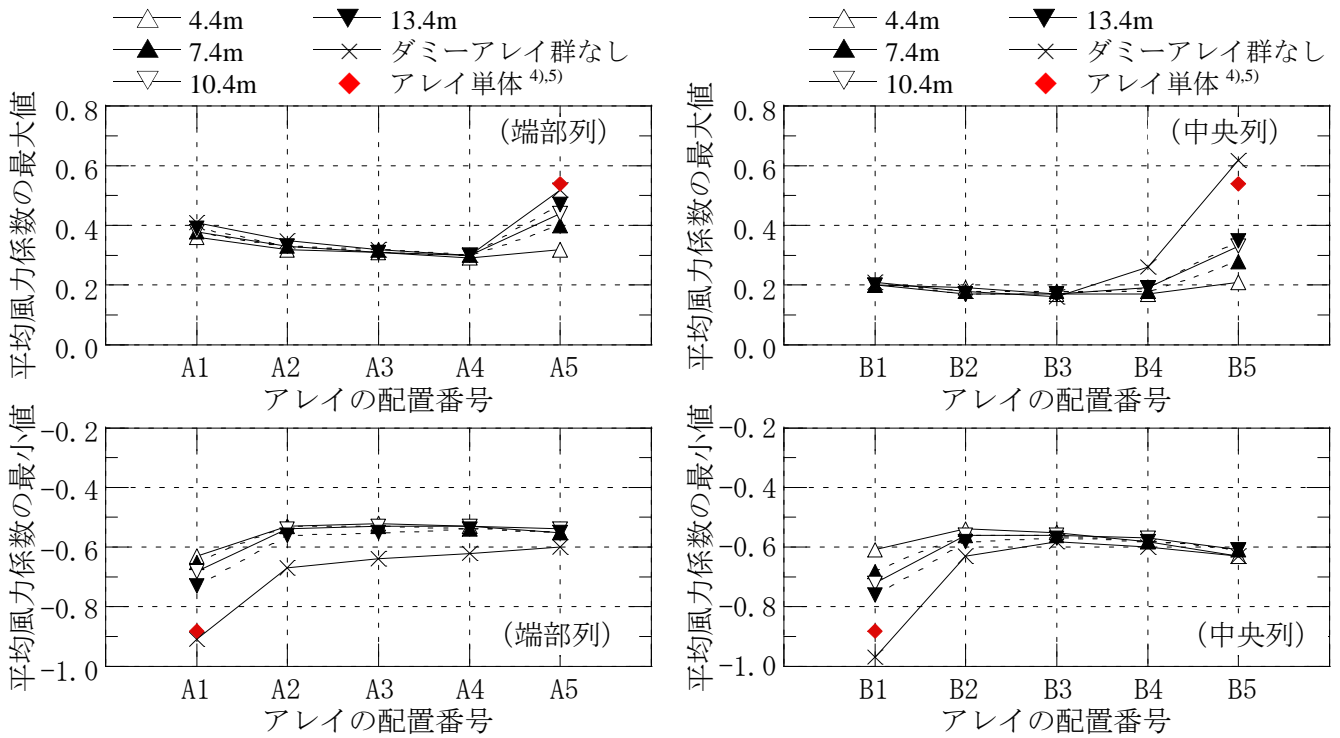


図-6 平均風力係数の最大値および最小値（アレイ 1 枚分の空間平均値）
 Fig.6 Maximum and minimum value of mean wind force coefficient (Area average value)

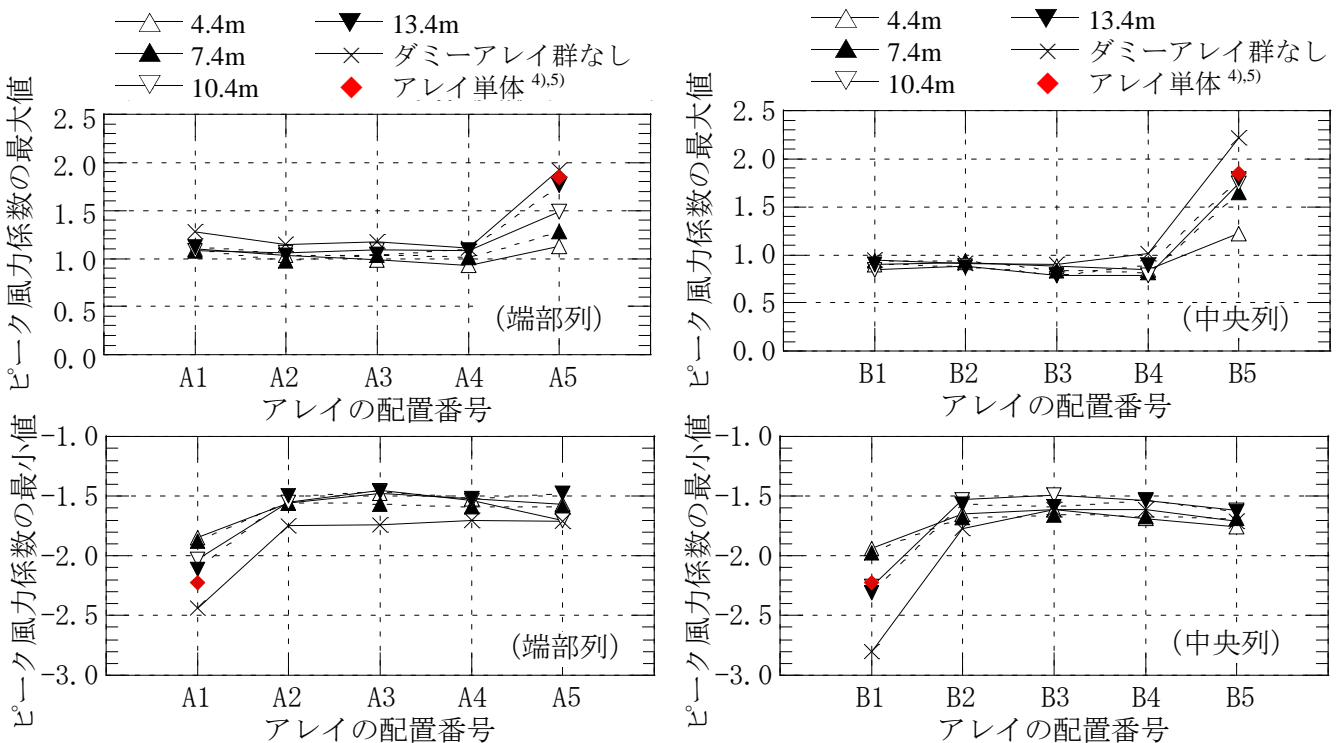


図-7 ピーク風力係数の最大値および最小値（アレイ 1 枚分の空間平均値）
 Fig.7 Maximum and minimum value of peak wind force coefficient (Area average value)

最大値と最小値を示す。図中には風上側のダミーアレイ群と風圧模型アレイ群の間にある運搬用通路の幅が4.4m, 7.4m, 10.4m, 13.4mの場合に加えて、風上側にダミーアレイ群のないケースと単体(既報^{4),5)}のCase1a)の結果を併せて示している。

平均風力係数(図-6)とピーク風力係数(図-7)共に、風上側にダミーアレイ群のないケース(図中×)の最も風上側となるアレイ位置(最大値の場合A5, B5, 最小値の場合A1, B1)での値が単体(図中◆)の値より絶対値で大きくなる傾向があり、その傾向は端部列より中央列の方が顕著であった。本実験ケースでは、アレイを東西方向に隙間なく並べているが、東西方向に実寸1mの隙間を設けて傾斜角度5度のアレイ(4m×9m)を複数配置したケース¹⁾では、このような傾向はみられていない。このことから、複数配置した場合の最も風上側アレイに作用する風力係数が単体の値よりも絶対値で大きくなる原因の一つとして、東西方向の隙間の影響が考えられる。

風上側にダミーアレイ群が配置されている場合、風圧模型のアレイ群において最も風上側となるアレイ位置(最大A5, B5, 最小A1, B1)の値は、運搬用通路の幅が広くなるにつれ、ダミーアレイ群なしの値に近づいて行く。風上側から2番目のアレイ位置以降(最大A4~A1, B4~B1, 最小値A2~A5, B2~B5)は、ダミーアレイ群なしの場合と同程度または絶対値で小さい値となり、通路幅およびアレイ位置による影響はほとんど見られない。

4. まとめ

アレイ面の傾斜角度が10度の地上設置型の太陽電池

アレイを複数配置する場合において、機材の運搬用通路の幅がアレイに作用する風力係数(アレイ1枚分の空間平均値)に与える影響を風圧実験によって求めた結果、以下の事が明らかとなった。

- ①アレイ単体に作用する風力係数よりも、複数配置したアレイ群の最も風上側となるアレイに作用する風力係数の方が絶対値で大きい傾向となることが分かった。この原因の一つとして、東西方向の隙間の影響が考えられる。
- ②敷地内において、運搬用通路を挟んで他のアレイ群に囲まれたアレイ群の風上側のアレイに作用する風力係数は、運搬用通路幅が広くなるにつれ、敷地内の最も風上側のアレイに作用する風力係数に近づいて行く。
- ③風上側から2列目以降のアレイに作用する風力係数は、アレイ群の周辺状況(他のアレイ群の有無や、運搬用通路の幅)の変化にほとんど影響を受けない。

参考文献

- 1) 相原知子, 中村良平: 傾斜角度の小さい地上設置型太陽電池アレイに作用する風力特性 その2 複数配置の場合, 日本建築学会大会学術講演会梗概集 B-1, pp.175-176, 2010.9
- 2) 山本学, 近藤宏二: 複数配置に伴う地上設置型太陽電池アレイの風力低減効果, 日本風工学会誌, 第36巻第2号(通号第127号)平成23年4月, pp.169-170
- 3) 日本規格協会: JIS C 8955:2011 太陽電池アレイ用支持物設計標準
- 4) 相原知子, 寺崎浩, 吉川優: 地上設置型太陽電池アレイに作用する風力特性—傾斜角度が10度の場合—, 日本建築学会大会学術講演梗概集 B-1, pp.167-168, 2012.9
- 5) 相原知子, 吉川優: 風洞実験による地上設置型太陽電池アレイの風荷重評価, 大成建設技術センター報, 第45号, 2012