

太陽光パネルに作用する風力係数および風圧分布性状に関する研究

－その1 1/6 モデルによる基本性状の把握－

日大生産工(学部) ○西澤 啓太 日大生産工(院) 佐々木 義幸
(株)長谷工コーポレーション 扇谷 匠己 日大生産工 神田 亮

1 序論

近年、世界中で地球温暖化問題が取り上げられている。そうした中、CO₂等を排出しないことから自然エネルギー(風力、水力、太陽光)への関心が高まっている。その中で、太陽光発電システムは他の自然エネルギーと比較して、発電量が安定していることやメンテナンスが容易にできるという面で優れているため、普及が進んでいる。しかし、太陽光発電システムを使用する為には設置コストが高く、導入時の費用対効果が低いというデメリットがある。

そこで経済産業省では、平成20年度より太陽光発電システムの設置に関する補助制度を再び導入した。その他にも地方自治体で、太陽光発電システム導入に向けて補助制度が増加しており、戸建住宅への活用が進んでいる。しかし、集合住宅や高層ビルに関しては、補助制度があるものの活用するのが困難なこともあり、導入があまり進んでいない。また、システム導入にあたって費用対効果が低いという点も、導入があまり進まない要因となっている。

現状、太陽光発電システム自体でのコスト低減はなかなか難しい。そこで、コスト低減のためには、設置方法や施工方法などでコスト低減を行うことが望ましい。コスト低減を考えた場合、いくつかの問題点がある。その一つとして、太陽光パネルに作用する風荷重に関して、統一した指標が荷重指針等に示されていないことが挙げられる。そのため、風圧実験等を行い正確な風荷重把握する必要がある。そうした中、現在は戸建住宅¹⁾や地表面²⁾等に太陽光発電システムを設置する際の耐風性に関する実験は行われているが、高層ビルや集合住宅に太陽光

発電システムを設置する際の実験例は少ない。とはいえ、集合住宅の屋上部は、そのほとんどが陸屋根であり、スペースも広いことから太陽光発電システムの導入に適している。

そこで本研究では、集合住宅の屋上部に設置する太陽光パネルを対象とした風圧実験を行い、風荷重算定に必要な風圧係数及び風力係数等を求めることを目的とする。しかし、集合住宅を含めた実験模型の場合、模型スケールに限度があるため、対象とする太陽光パネル部分が小さくなってしまい、風圧測定点を多く設けられない。そのため、太陽光パネルに作用する風荷重を適切に評価できない可能性がある。また、太陽光パネル角度の変化が微小になることなどの問題点がある。

そこで本論文は、1/6スケールの実験模型を用いた風洞実験により、太陽光パネル単体の風圧分布性状及び風力係数を把握することを目的とする。1/6スケールと比較的大きな模型を用いることで、風圧測定点を多く設けることができ、より正確にパネルの風圧分布性状及び風力係数を把握できると考えられる。

2 実験概要

本実験では風洞内に設置した模型の表面と裏面に作用する風圧力を測定し、平均風圧係数およびピーク風力係数を求めた。

使用風洞は日本大学生産工学部所有の回流式開放型風洞装置である。

2.1 実験模型

実験模型は、図1に示すように500×500×30[mm]の直方体である。模型の表面と裏面に各49点、合計98点の測定点を設けた。測定点は、表面と裏面を対称となるように配置した。

Study on Wind Pressure Property and Wind Force Coefficient
that acting on Solar Panels

－Part1 Basic characteristic of 1/6 scale－

Keita NISHIZAWA, Yoshiyuki SASAKI, Narumi OUGIYA and Makoto KANDA

2.2 実験条件

相似則は、模型スケールは 1/6、風速スケールは 1/5、時間スケールは 5/6 であり、レイノルズ数は長方形断面のため考慮しないものとした。実験気流は、平均風速 12m/s、乱れ強さ 16.8% の一様乱流とした。1 回の測定はサンプリングレート 50Hz、データ数 32768 個とし、これを 1 風向で 3 回行った。尚、1 回の測定は実時間に換算すると約 13 分相当である。

2.3 実験パラメータ

図 2 は、模型設置状況概略図である。図 3、図 4 は、太陽光パネルの風向角(α)及び太陽光パネル角度(β)を示すものである。この時、 α は 0~180° で 45° ピッチ、 β は 0~45° で 5° ピッチで変化させ実験を行った。また、太陽光パネル高さ H は、設置面から 85mm とした。

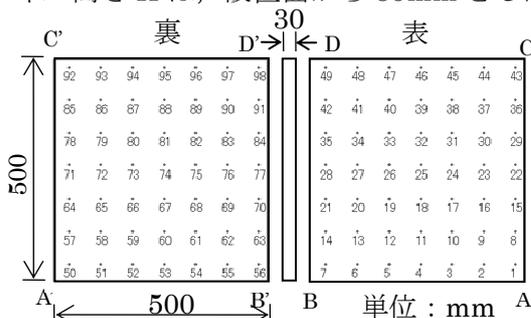


図 1 実験模型および測定点概略図

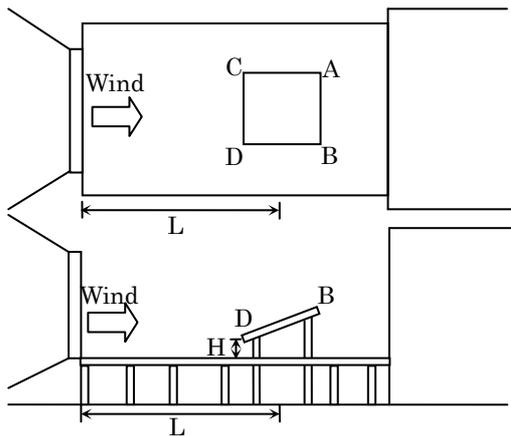


図 2 模型設置状況概略図
(上:平面, 下:立面)



図 3 風向角概念図

図 4 パネル角度概念図

3 実験結果及び考察

太陽光パネルに作用する平均風圧係数の分布性状及びピーク風圧係数について検討した結果を以下に示す。

3.1 平均風圧係数

図 5~7 は、 $\alpha=0^\circ$ で $\beta=15, 30, 45^\circ$ としたときの表面及び裏面に作用する平均風圧係数の分布性状を示したものである。尚、以下に平均風圧係数の算定式を示す。

$$\bar{C}_{Pf(b)i} = \frac{\bar{P}_{f(b)i}}{\bar{q}} \quad (1)$$

ここで、 $\bar{C}_{Pf(b)}$ は表面(裏面)の平均風圧係数、 $\bar{P}_{f(b)}$ は表面(裏面)に作用する風圧力、 \bar{q} は基準速度圧、i は測定点を示す。

これらを比較すると、 β が大きくなると表面では風上側で正圧が強くなり、裏面では風上側負圧が弱くなることが確認できた。

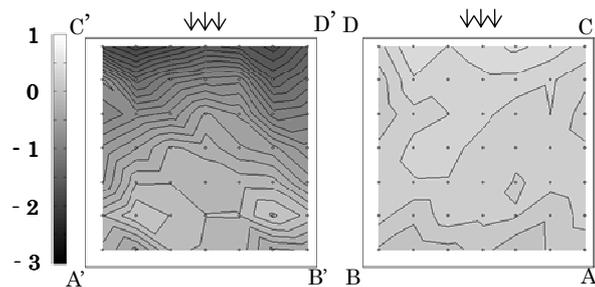


図 5 平均風圧分布性状($\alpha=0^\circ$, $\beta=15^\circ$)

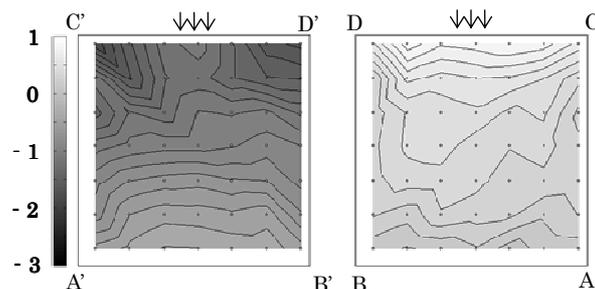


図 6 平均風圧分布性状($\alpha=0^\circ$, $\beta=30^\circ$)

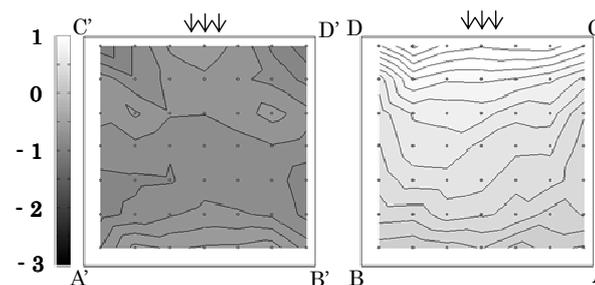


図 7 平均風圧分布性状($\alpha=0^\circ$, $\beta=45^\circ$)

3.2 ピーク風力係数

ピーク風力係数は、外装材の設計を行う際に重要である。本実験では、表面と裏面の測定点を対称に設けているため、表面と裏面に作用する風圧力を差し引きすることができる。尚、以下にピーク風力係数の算定式を示す。

$$\hat{C}_{fi} = \left| \frac{(P_{fi} - P_{bi+49})}{q} \right|_{\text{peak}} \quad (2)$$

$$\hat{C}_{ft} = \frac{\sum_{i=1}^{49} \hat{C}_{fi} q A_i}{q \sum_{i=1}^{49} A_i} \quad (3)$$

ここで、 \hat{C}_{fi} は各測定点でのピーク風力係数、 A_i は各風圧測定点が負担する受圧面積である。 \hat{C}_{ft} は、各測定点のピーク風力係数を面平均したピーク風力係数(以下、面平均ピーク風力係数)である。

図 8, 9, 10 は $\beta=15^\circ, 30^\circ, 45^\circ$ の時に α を変化させた時のピーク風力係数である。この中で、最もピーク風力係数が大きな値となったのが、 $\alpha=45^\circ$ で $\beta=30^\circ$ の時の測定点 47 であることが確認できた。全体の傾向としては、 $\alpha=45$ 及び $\alpha=135^\circ$ の風上側の隅角部付近が大きな値を示すことが確認できた。

図 11, 12 は、中心部の測定点 25 と隅角部の測定点 7 の α 及び β の変化によるピーク風力係数の結果である。図 11 からは、 α と β による差は、あまり見られなかったが、 $\alpha=180^\circ$ の時の $\beta=45^\circ$ が最もピーク風力係数が大きくなることが確認できた。図 12 からは、 $\beta=30^\circ$ 及び $\beta=45^\circ$ の時にピーク風力係数が大きくなる傾向が確認できた。また、 $\alpha=180^\circ$ の時の $\beta=15^\circ$ が最もピーク風力係数が大きくなることが確認できた。傾向としては中心部より、隅角部の方がピーク風力係数は大きくなることが確認できた。このことから、パネル隅角部のピーク風力係数を適切に評価する必要があると考えられる。

図 13 は、式(2)より算出した結果である。これより、 $\beta=15^\circ$ の時は、 $\beta=30^\circ, 45^\circ$ と比較すると α に関係なく小さい値を示すことが確認できた。また、 $\beta=30^\circ$ と 45° を比較すると

α 別に差はみられるが、ピーク風力係数の最大値に大きな差はなかった。このことより、パネル角度が $30\sim 45^\circ$ の時に風荷重は大きくなるので、適切に評価する必要があると考えられる。

3.3 測定点の検討

建物の影響を考慮した風洞実験を行う際に太陽光パネルに作用する風荷重を適切に評価する為の測定点の位置を検討した。検討方法は、各測定点のピーク風力係数を面平均ピーク風力係数で除した時の割合(r)が 1 に近いほど、対象とする測定点の風圧力で太陽光パネル全体に作用する風荷重の評価が行えると考える。尚、以下に割合(r)の算定式を示す。

$$r = \frac{\hat{C}_{fi}}{\hat{C}_{ft}} \quad (4)$$

図 14 より、測定点 27 は $r=1$ に近似している。このことから、測定点 27 付近で測定されるピーク風力係数を用いることで、太陽光パネル全体に作用する風荷重の評価が可能であると考えられる。

4 まとめ

太陽光パネルを対象とした風圧実験を行い、太陽光パネルに作用する平均風圧係数の分布性状及びピーク風力係数の把握を行った。これより確認された事項を以下に示す。

- ・平均風圧分布性状は、 β が大きくなるにつれて風上側の表面の正圧が大きくなり、裏面の負圧が小さくなることが確認できた。
- ・ピーク風力係数は、風上側の隅角部付近が大きくなることが確認できた。
- ・面平均ピーク風力係数は、 $\beta=30^\circ, 45^\circ$ の時に大きくなることが確認できた。
- ・測定点 27 付近で測定されるピーク風力係数を用いることで太陽光パネル全体に作用する風荷重を評価できると考えられる。

【参考文献】

- 1) 岡田恒, 太陽熱温水器に作用する風力の実測, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.1065-1066, 1984 年
- 2) 白石成人, 太陽エネルギー受光板の耐風性に関する研究, 日本風工学会誌, pp.11-36, 1985 年
- 3) 建築物荷重指針・同解説(2004), 日本建築学会
- 4) 実務者のための建築物風洞実験ガイドブック(2008), 日本建築センター
- 5) 太陽光発電の初歩と住宅応用, 西澤義昭
- 6) 太陽光発電システムの設計と施工, 太陽光発電懇話会

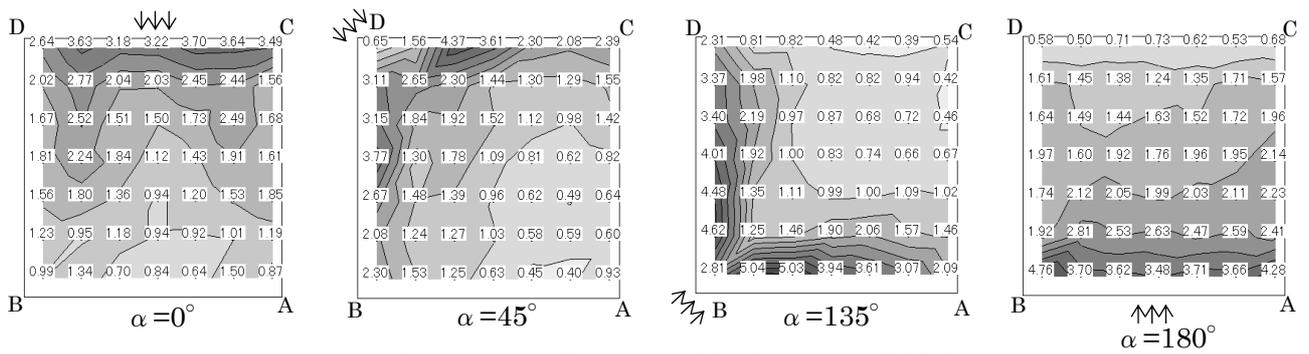


図 8 $\beta=15^\circ$ の時の風向別ピーク風力係数

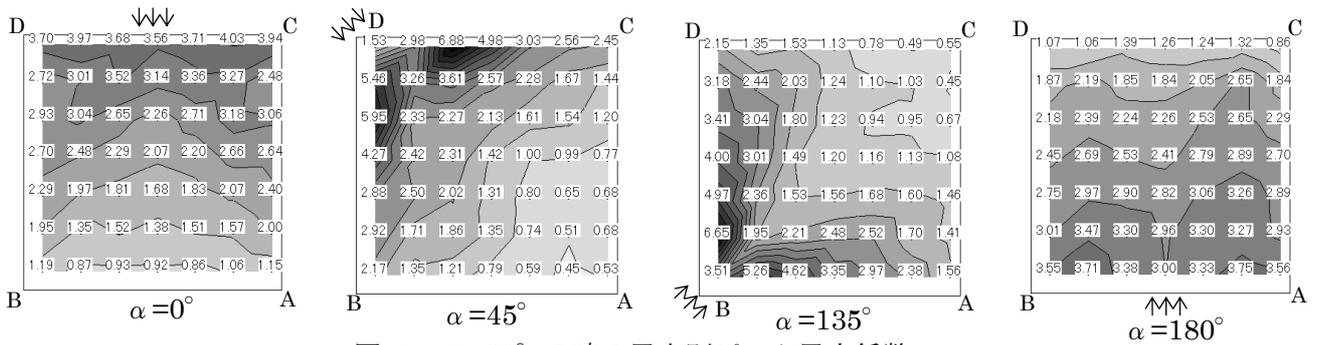


図 9 $\beta=30^\circ$ の時の風向別ピーク風力係数

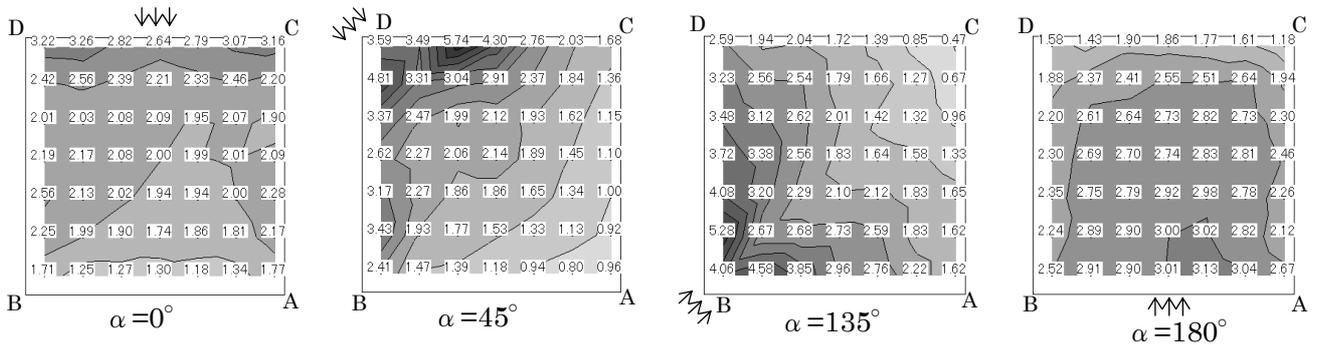


図 10 $\beta=45^\circ$ の時の風向別ピーク風力係数

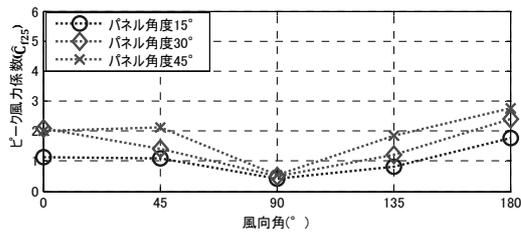


図 11 パネル角度別のピーク風力係数

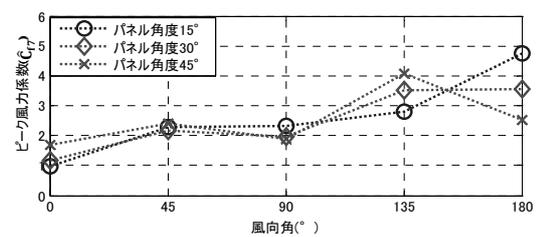


図 12 パネル角度別のピーク風力係数

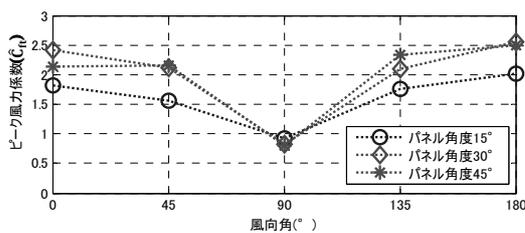


図 13 パネル角度別の面平均ピーク風力係数

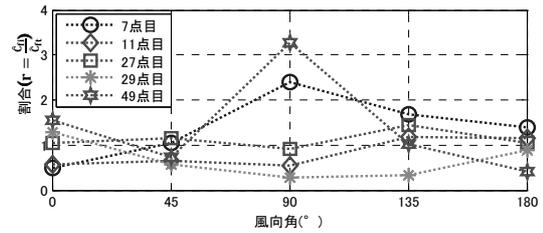


図 14 測定点別のピーク風力係数