

新型太陽電池セル・モジュールの 高精度性能評価技術開発

吉田 正裕、上田 孝、志村 陽哉、山越 憲吾、佐々木 あゆ美、菱川 善博
産業技術総合研究所 再生可能エネルギー研究センター 太陽光評価・標準チーム

研究の目的

発電性能の高効率化を目指した各種新型太陽電池の研究・開発が国内外研究機関において精力的に進められている。このような新型太陽電池の出力特性を高精度に評価するには、個々の特徴(構造、電気・光の応答性など)に応じた性能評価法の開発が必要である。

また、太陽光発電の主力電源化に向けた取り組みとして、新市場・新用途分野(壁面設置・屋根軽量・移動体等)への導入を目指した新型太陽電池の研究・開発が開始され、構造や設置環境に応じた性能評価法も求められている。

研究の概要

本発表では、下記2テーマについての成果を紹介する。

1. 新型太陽電池性能評価技術
ペロブスカイト太陽電池の性能評価法の開発
⇒ 特有の遅い時間応答、ヒステリシス特性の影響を受けない**定常状態における発電特性測定法**の開発。
2. 太陽電池モジュール角度特性評価
新用途向け新型太陽電池は、新規構造(フレキシブル・曲面)を有するとともに、設置環境も特有(斜入射、日射変動など)である。
⇒ **入射角度特性^{[1][2]}、形状依存性**の評価・補正技術開発を開始。

1 新型太陽電池性能評価技術開発

ペロブスカイト太陽電池

“(Quasi-) steady-state” (定常状態)における性能評価法^[3, 4, 5]

- **Asymptotic法** (又は、Dynamic I-V法とも)
- **V_{mp}ホールド法**
バイアス電圧をV_{mp}に保持し、P_{max} (I_{mp}) 測定
- **最大電力点追従制御**
(Maximum-Power-Point Tracking; **MPPT**)

産総研での取り組み:

MPPT法による発電性能評価手順の開発

測定手順

- Step 0: 事前測定 (V_{pm}, I_{pm} 概算値の算出)
- Step 1: 光照射 & MPPT制御開始(温度制御も)
- Step 2: 出力(P_{max})、V_{pm}、I_{pm} をモニター
出力安定性の確認(現状目安として 5~10 分間)
→ 安定性確認後、P_{max}測定
- Step 3: I-V 測定(順方向、逆方向)

MPPT法による測定結果

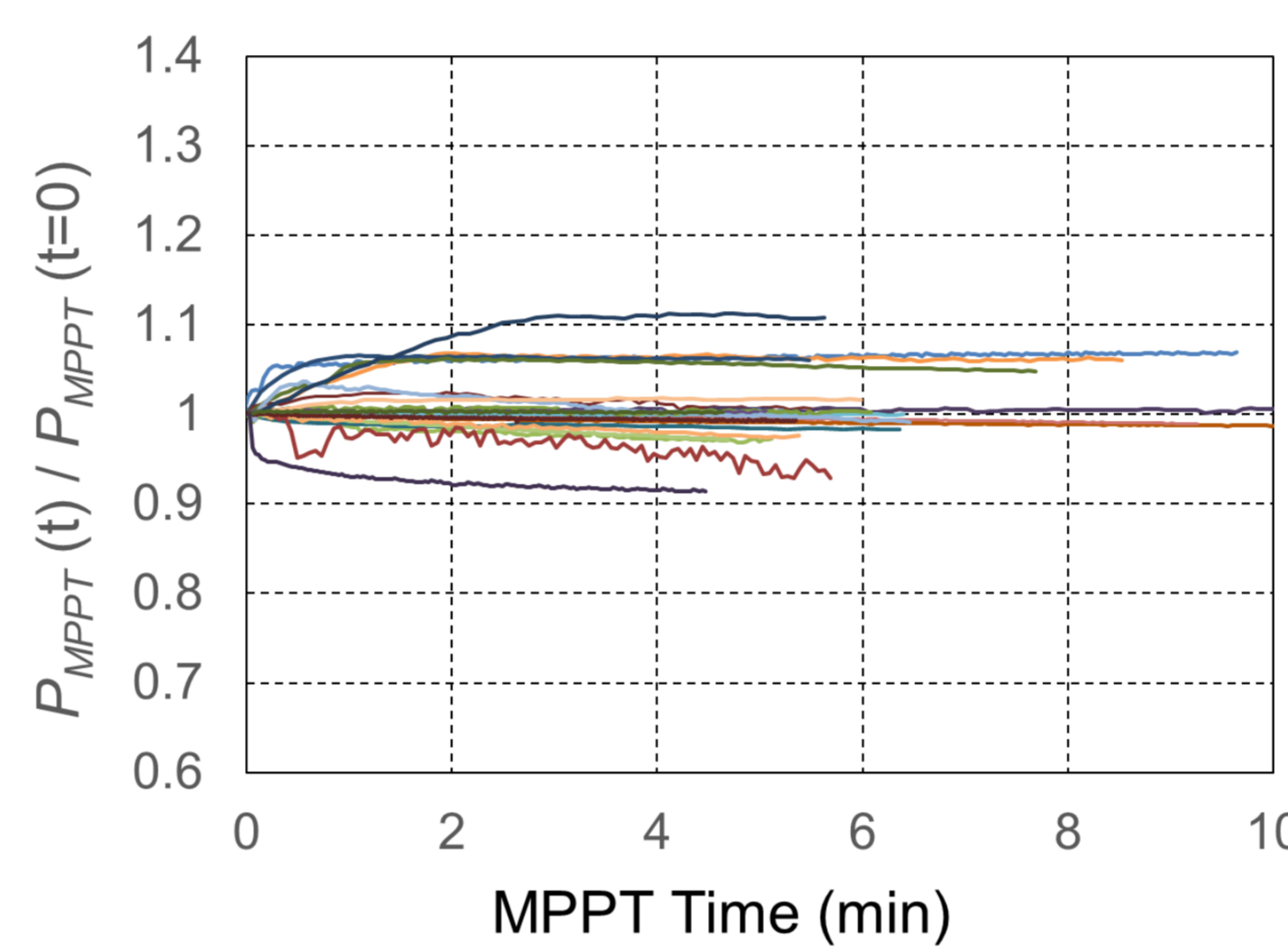


図1. 各種ペロブスカイト太陽電池のMPPT出力 (P_{MPPT}) (出力安定な24サンプル). 初期出力値(t=0)で規格化.

- 概ね5~10分間程度の安定性を確認。一部、MPPT開始初期に出力変動(~10%)を示すものあり。
- 安定なサンプルでは、制御開始初期値からの変化量、その制御時間内の変動量がそれぞれ±1.0%以内、0.5%以下

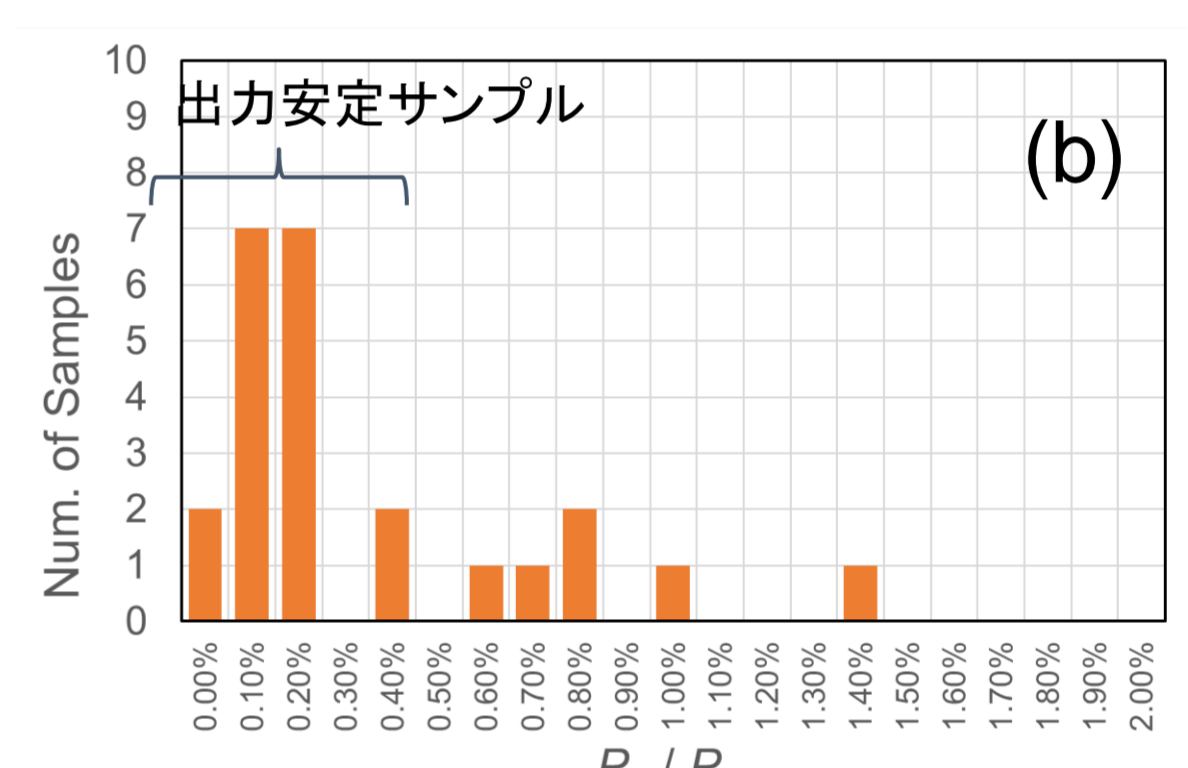
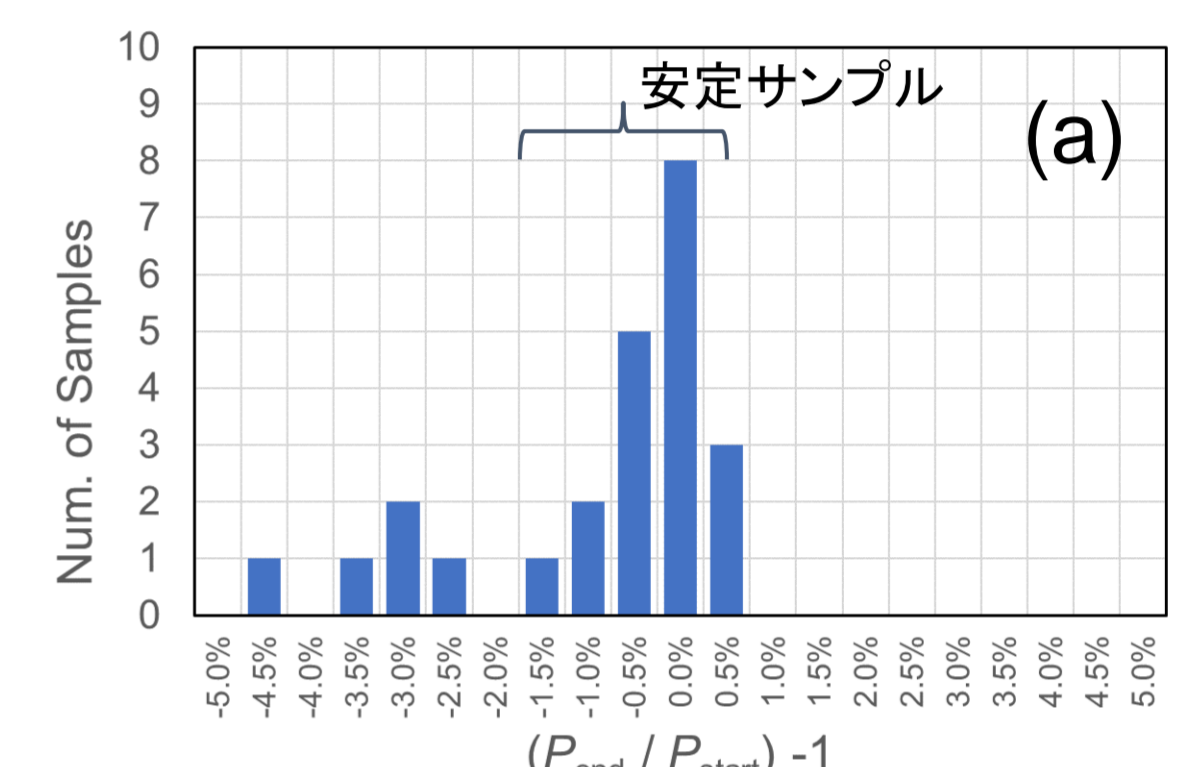


図2. MPPT制御5分間(一部、3分間)における (a)初期値からの変化量、(b)制御時変動量。

2. 太陽電池モジュール角度特性評価

結晶Si単セルモジュールによる基礎評価

実験1. 光照射中央に設置

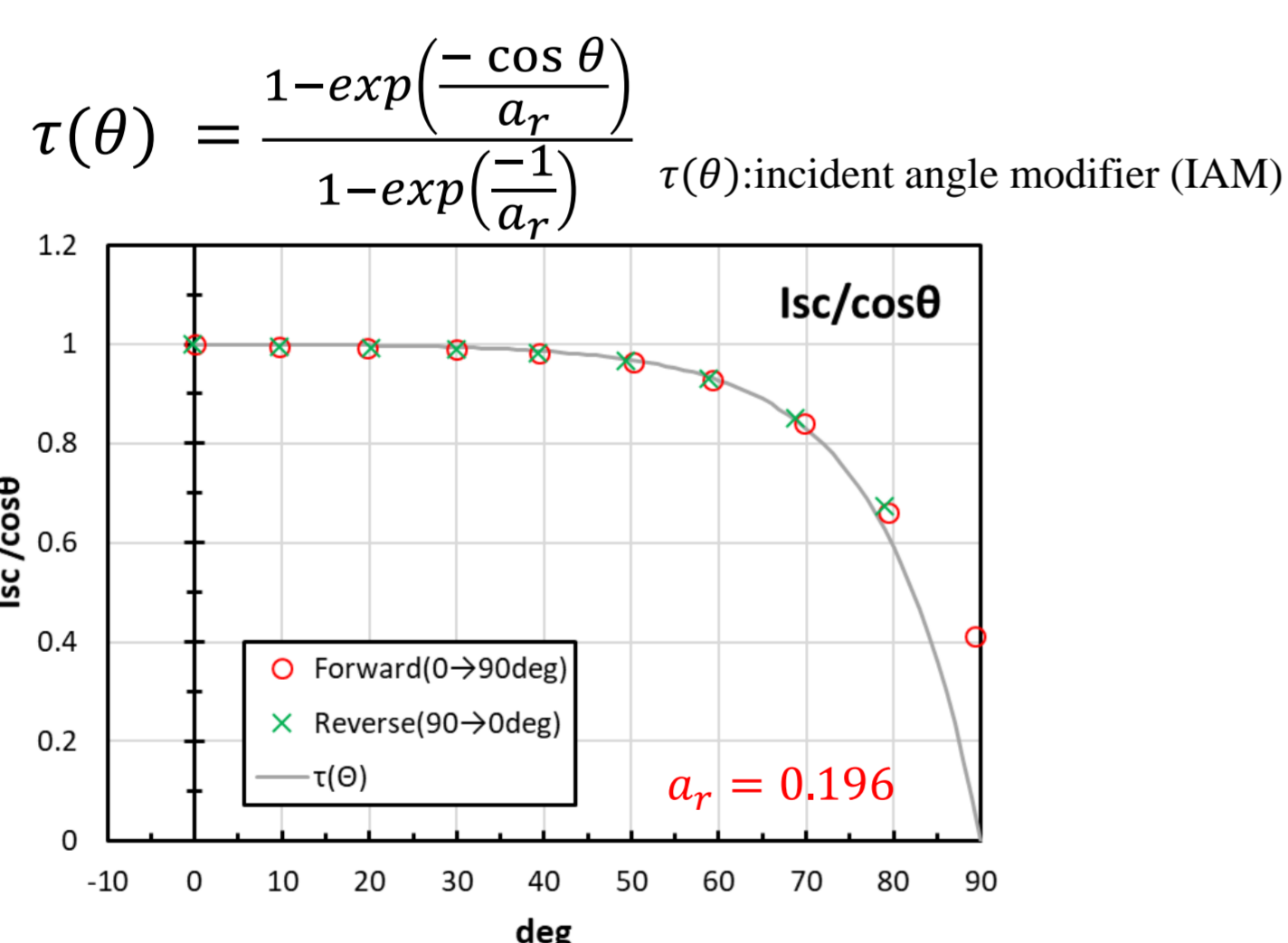


図3. 光照射エリア中央における単セルモジュール角度特性

実験2. 光照射中央から上下±40 cmに設置

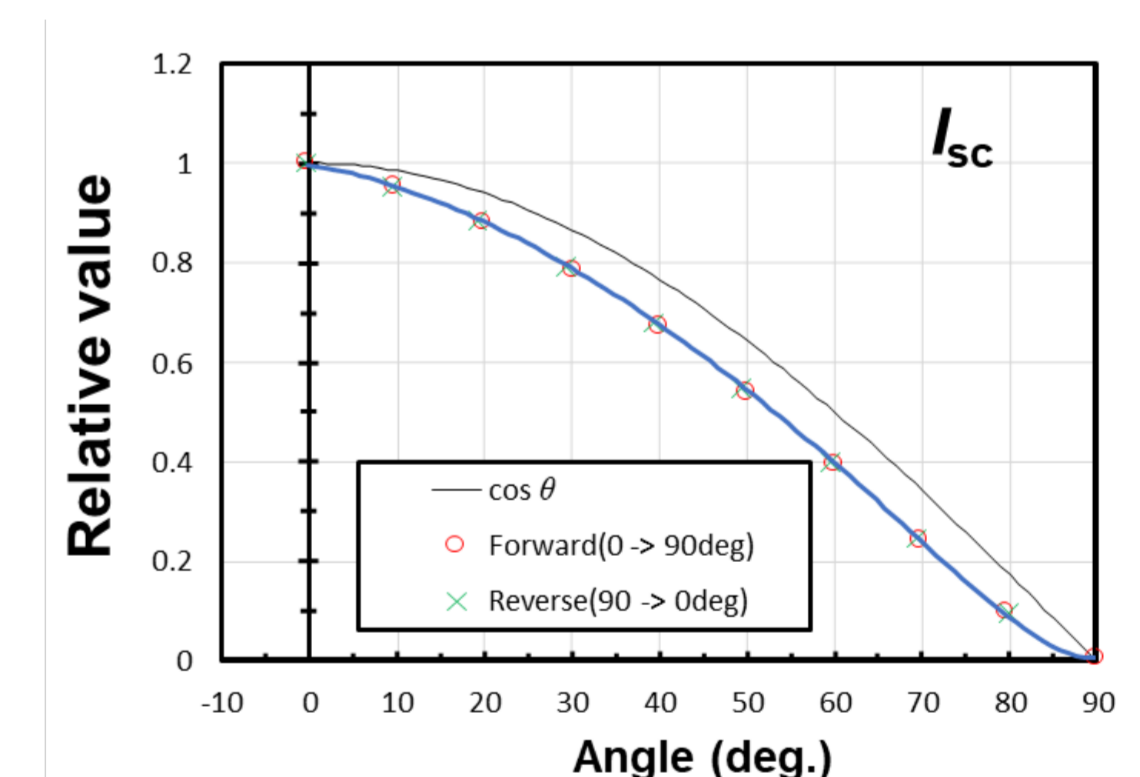
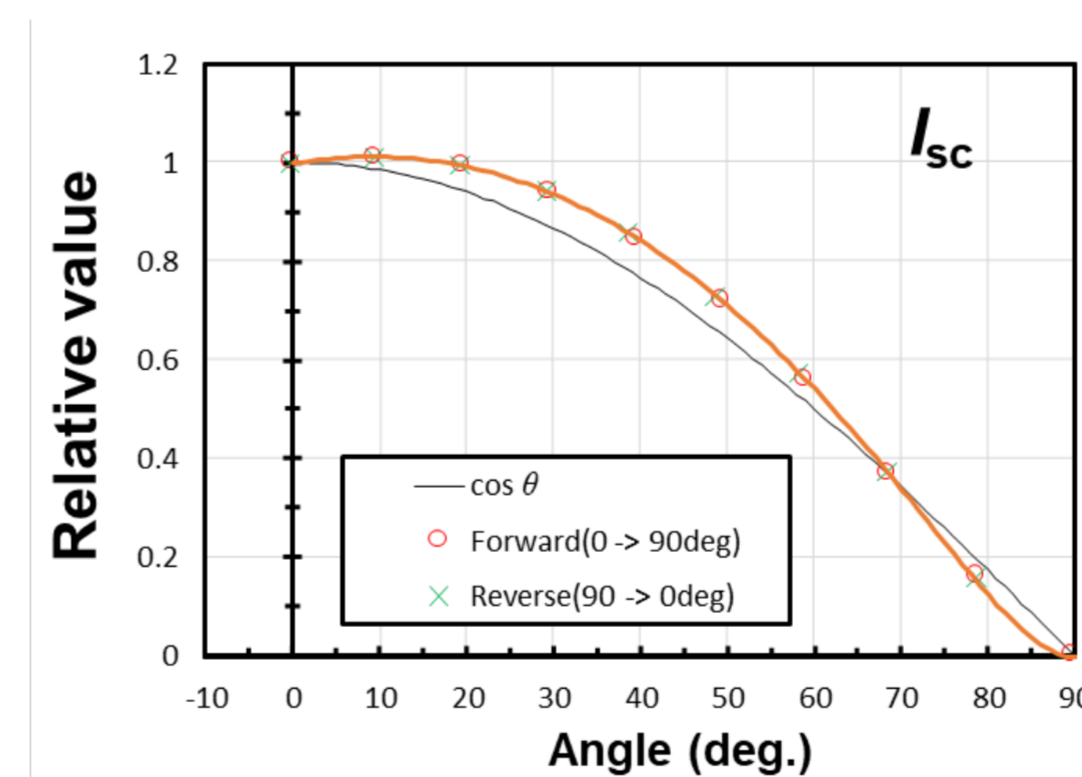
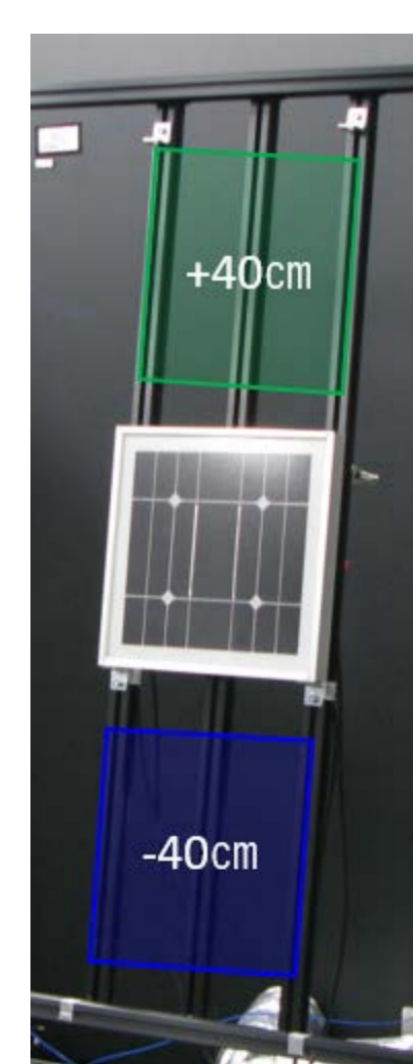


図4. 単セルモジュール短絡電流の角度特性(光照射中央より上下40 cm位置) 実線(橙、青)は照度空間分布を考慮した計算結果、黒実線はcos特性

- 照射の空間分布を考慮した解析を行なうことで、中央以外の各設置位置でも計算結果と実験結果との良い一致が得られた。

⇒ モジュールの角度特性評価にも今後適用

まとめと今後の展開

1. 各種新型太陽電池の高精度性能評価技術開発
・ペロブスカイト太陽電池の定常状態発電特性評価手法として、MPPT法を用いた性能評価手順を開発した。
⇒ 安定なサンプルでは、測定時変動量0.5%以下で性能評価可能
・新型結晶Siペアセル及びCIGS太陽電池においては測定再現性±0.5%を達成した(*本文中には結果未掲載)。
2. 新用途向け新型太陽電池の性能評価要素技術開発
・太陽電池セル・モジュールの角度特性の評価技術開発を開始した。
・基礎評価として、単セルモジュールでの角度特性を評価し、照度空間分布を考慮した解析により、計算結果と実験結果との良い一致を得た。

【今後の展開】モジュールでの角度特性評価、光源分布・角度特性を考慮した発電性能の評価・解析方法、補正技術の開発

参考文献

- [1] N. Riedel-Lyngskær et al., *Prog. Photovolt. Res. Appl.* 1–19 (2020).
- [2] W. Herrmann, S. Schaaf, L. Rimmelspacher, J. Bonilla Castro, *Proceedings of 36th European Photovoltaic Solar Energy Conference*. 1192 – 1196 (2019).
- [3] Y. Hishikawa, H. Shimura, T. Ueda, A. Sasaki, and Y. Ishii, *Curr. Appl. Phys.* **16**, 898 (2016).
- [4] R. B. Dunbar et al., *J. Mater. Chem. A* **5**, 22542 (2017).
- [5] IEC TR 63228:2019, “Measurement protocols for photovoltaic devices based on organic, dye-sensitized or perovskite materials”.

<謝辞>本研究は新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の受託研究として実施したものであり、関係各位に感謝する。