

部分影を利用した太陽電池モジュールにおけるタッチ検出

真鍋 宏幸 福本 雅朗*

概要. 太陽電池モジュールを用いてタッチ検出を行う手法を提案する．部分影を用いることでロバストな検出が行えることを示し，製作したプロトタイプにより有効性を確認した．太陽電池モジュールを電力供給源としてだけでなく，入力デバイスとしても利用できるようになり，バッテリーレスデバイスのさらなる小型化が可能となる．

1 はじめに

エネルギーハーベストを用いたバッテリーレスデバイスが注目されている．その中で最も有望な電力源は，電卓や腕時計などへの適用事例も多い太陽電池であろう．デバイスの小型化を考えた場合，太陽電池（小型化すると発電量が低下）と UI デバイス（小型化すると操作性が悪化）がネックとなる．仮に，電力供給源である太陽電池にタッチスイッチとしての入力機能を付加できれば，機能を落とさずに小型化することが可能となる．すでに太陽電池を光通信の受光素子として用いる研究はあるが [2]，我々が対象とするのは，人間が直接触れて操作するスイッチのような入力デバイスである．太陽電池は近接センサとしても用いられているため，タッチ検出を行うことは容易であると思われるが，太陽電池の出力はなだらかに落ちる（図3の青線）ため，タッチ状態だけを安定して切り分けるのは困難であった．

本研究では，従来は太陽電池の課題として考えられてきた「部分影」を積極的に活用することで，太陽電池を電力供給源としてだけでなく，ロバストなタッチセンサとしても利用する手法を提案する．

2 部分影とタッチ検出

小型デバイスの電力源として用いられる太陽電池の多くは，複数のセルを直列に接続してパッケージングした太陽電池モジュールである．そのような太陽電池モジュール（Panasonic, AM-1417）に，部分影が生じた時の様子を図1に示す．このモジュールは4つのセルで構成されており，指が接触することにより，1つのセルが遮光されている（残り3つのセルは遮光されていない）．この時，遮光されたセルは他のセルから流れる電流を阻止するダイオードとして働くため，モジュール全体が出力する電力は大幅に減少する．これが太陽電池における部分影の影響であり，大きな問題として認識されている [1]．

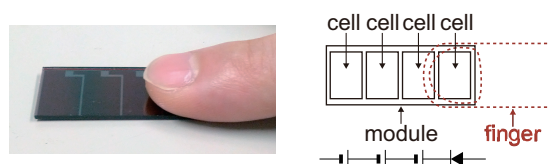


図 1. 太陽電池モジュールと指の接触による部分影

部分影が生じた時の IV 特性を図2に示す．約 800lx の屋内で，指を想定した幅 15mm の遮光版と太陽電池モジュールの距離を 10mm から 0mm（接触）まで変化させた．さらに，遮光版なし，遮光版を1つのセルの上みに配置した部分影条件，4つ全てのセルの上に配置した全体影条件を組み合わせている．図からわかるように，遮光版が接近するに従い出力電力は低下する．低下の割合は全体影の方が大きい，接触した場合には部分影であっても出力電力は大幅に低下している．開放電圧（電流が0の時の電圧）も遮光版の接近に伴い低下するが，部分影のそれは全体影に比べて高い電圧を維持している．太陽電池モジュールに負荷が接続されている場合には，IV 曲線と負荷直線（図には 100k Ω の例を記載）との交点の電圧が観測される．

次に，100k Ω の負荷を接続した時に，遮光版とモジュール間の距離と観測される電圧の関係を図3に示す．なお，図の右端のプロットは遮光版なしでの観測結果である．全体影では 15mm ほどの距離から電圧が低下し始めるのに対し，部分影では 7mm 程度から低下する．5mm 以下の近接領域では，部分影の方が距離に対する電圧低下量（以下では感度と表記）が大きい．部分影でも全体影でも，遮蔽板が接近すればするほど観測電圧は低下するので，いずれの場合も適切な閾値を設定すればタッチ検出は可能であるが，感度が高い方が閾値設定のマージンを広く取ることができる．図2からわかるように，感度は負荷に依存するため，全体影の場合であっても高い感度を持たせることは可能である．しかしそのためには接続可能な負荷を小さくする，つまり供給可能な電力を落とす必要があり，望ましくない．一

Copyright is held by the author(s).

* Hiroyuki Manabe and Masaaki Fukumoto, NTT ドコモ 先進技術研究所

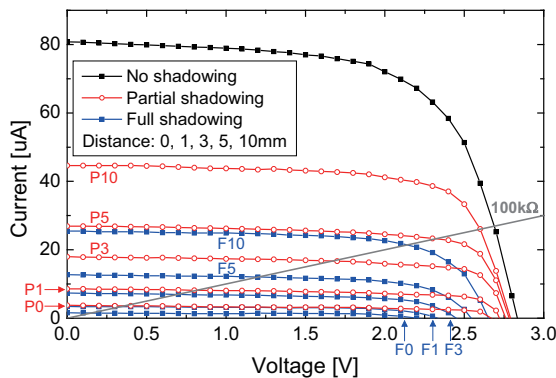


図 2. 部分影が生じた時の IV 特性

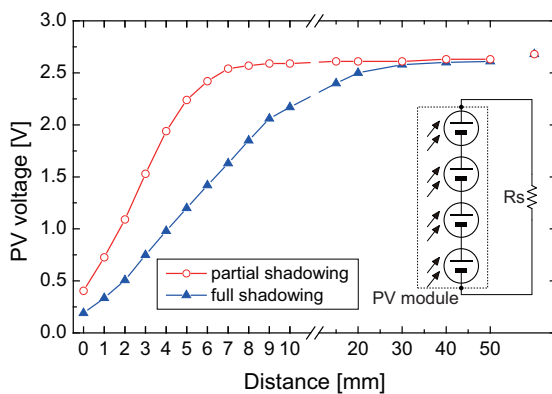


図 3. 太陽電池モジュールまでの距離と出力電圧

方、部分影を用いた場合には、大きな負荷でも高い感度を持たせることができるため、電力を供給しながら安定したタッチ検出が行えるという点で有効である。

部分影はタッチ検出に適していると言えるが、false positive が発生するという課題がある。例えば図 3 で閾値を 0.5V に設定した場合、距離 3mm 以下の全体影もタッチとして検出してしまう。つまり、指による明示的なタッチと、入力を意図せずに手でモジュールを覆ってしまった場合とを区別することができない。この誤検出は、開放電圧を観測することで解決可能である。図 2 から、距離 3mm の全体影での開放電圧は、距離 0 の部分影の開放電圧よりも小さい。つまり、開放電圧を観測すれば、全体影の結果として電圧が低下したのか、それとも指の接触によって部分影が生じたのかを区別することができ、false positive を防止することが可能となる。

なお、照度が変化した場合には IV 曲線がシフトするので、負荷が一定の場合には閾値を変化させる必要がある。逆に、照度に合わせた負荷を設定することにより、閾値を一定にするという実装も可能である。

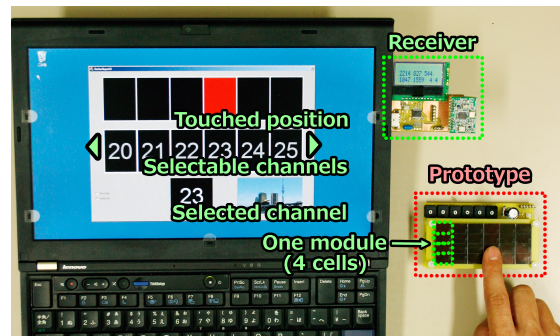


図 4. 製作したプロトタイプ

3 プロトタイプ

テレビリモコンを想定し、6つの太陽電池モジュールと無線通信モジュールなどから構成されるバッテリーレスなプロトタイプの製作を行った(図 4)。それぞれのモジュールへのタッチ検出を独立に行うことができるため、シングルタッチだけでなく、複数モジュールへのマルチタッチや、複数モジュールをまたぐスワイプを検出することもできる。プロトタイプはまず、過負荷によって生じる電圧降下からの復帰時間を用いて照度を推定し、その照度に合わせた負荷を設定する。次に各モジュールの出力電圧が閾値よりも下回っているか否かを監視し、下回った時にタッチされたかと判定する。判定結果は無線で PC に伝送され、PC 上のアプリケーションが操作される。スワイプにより選択可能なチャンネルがスクロールし、タッチにより対応する位置に表示されているチャンネルを選択することができる。このプロトタイプを用いて、ロバストなタッチ検出ができ、希望するチャンネルを選択できることを確認した。

4 まとめ

部分影を用いることで、太陽電池モジュールでロバストなタッチ検出を行う手法を提案した。バッテリーレス無線リモコンを製作し、提案手法の有効性を確認した。電力供給源に UI 機能を付け加えることで、デバイスのさらなる小型化が可能となる。

参考文献

- [1] H. Patel, and V. Agarwal. MATLAB-Based Modeling to Study the Effects of Partial Shading on PV Array Characteristics. In *IEEE Trans. Energy Conversion*, Vol. 23, No. 1, pp. 302–310, 2008.
- [2] T. Nishimura, H. Itoh, Y. Yamamoto, and H. Nakashima. Compact battery-less information terminal (CoBIT) for location-based support systems. In *Proc. SPIE*, Vol. 4863, pp. 80–86, 2002.