



IoTセンシングデバイスの電源における課題を解決する「EH駆動型センシングシステム」



株式会社フジクラ
先端技術総合研究所
センサ・システム研究部
部長

あきた ひでとし
秋田 秀俊



株式会社フジクラ
先端技術総合研究所
センサ・システム研究部
グループ長

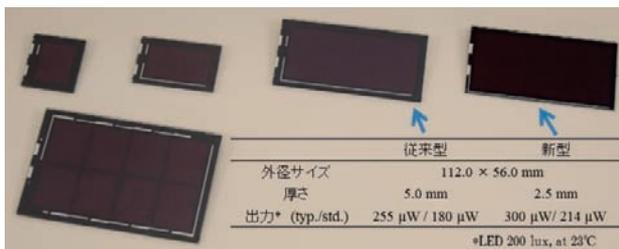
きとう ひろゆき
木藤 浩之

1. はじめに

多種多様に収集される膨大なデータを解析し、新しい価値を創造するIoT/ビッグデータの利活用が実用化され始めている。その中で大量データの収集するワイヤレスセンサネットワークへの注目は益々高まっているが、本格的な普及に向けてエッジ機器の電源確保は明確な課題として表面化しつつある。周囲の環境からエネルギーを収集し、電力に変換する環境発電技術であるエネルギーハーベスティング(EH)が世界中で期待されており、本稿では当社が開発した色素増感太陽電池(DSC)を搭載した自立電源型のワイヤレスセンサシステムについて紹介する。

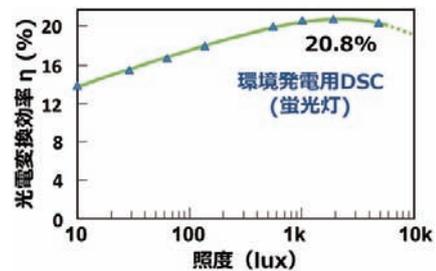
2. ハーベスタの主力となる太陽電池

外部電源の工事や電池交換などのメンテナンスが必要ない自立動作する機器であれば、IoT/ビッグデータの実用化に大きな貢献をもたらす。広範囲かつ大量に設置する場合や、一度設置したらアクセスし難い場所では、更に大きな価値を提供できる。環境エネルギーには、光や熱、振動、電波等があり、いずれも積極的な活用が検討されているが、無線通信が可能なセンサデバイスが設置される住宅、オフィス、工場、ヘルスケア、セキュリティ、農業ITといった環境には必ず一定の照度が確保されている。そのため、低照度でも発電効率が良好な色素増感太陽電池(DSC: Dye-Sensitized Solar Cells)は、様々な場所に設置されるセンサデバイス用途に、もっとも使い易く実用的な環境発電デバイスとして紹介できる。



■図1. 色素増感太陽電池(DSC)

DSCは、1991年にローザンヌ工科大のグレッツェル教授らによって報告され、当初は大電力供給用の太陽光発電向けに研究が進められてきた。我々は、新たに小型電子機器の電源用途に特化し、低照度下でより優れたパフォーマンスを発揮できるよう電極構造や素材組成の開発を完了した。広範囲に設置されたセンサを長期にわたってメンテナンスフリーで動作させるためには、DSCが実用に足る耐久性を有することが必須である。長年の研究開発の成果により、他の有機系の太陽電池と比較し、出力の安定性と長期信頼性で大きなアドバンテージを持ち、それを実装した無線センサシステムの製品化を実現している。



■図2. 環境発電用DSCの照度特性

3. 微小電力マネージメント回路

EHの実現には、電源供給部の蓄電エネルギーとセンサ・無線部の消費エネルギーのバランス確保が重要となる。電源供給部は、微弱な光エネルギーを効率的に電力変換し、安定的に負荷側の回路へ電力供給する微小電力マネージメント技術が不可欠である。低照度用のDSC製品開発と並行し、μW~nWオーダーで電力消費を最適制御する専用の回路設計も行っている。また照度が得られない時間帯にも連続動作を担保する蓄電部も重要なパートであり、自己放電の少ないリチウムイオンキャパシタ(LIC)を搭載した。これらにより照度がない状態でも10日間ほどの連続動作が可能となる。

センサ・無線部の駆動においては、アクティブな時間を極力短縮し、マイコンや無線部のスリープコントロールの最適化、



データ送信の確実性を図る無線部の再送シーケンスの効率化、など徹底した低消費電力化を追求し具現化している。

4. IoTセンシング無線の省電力動作

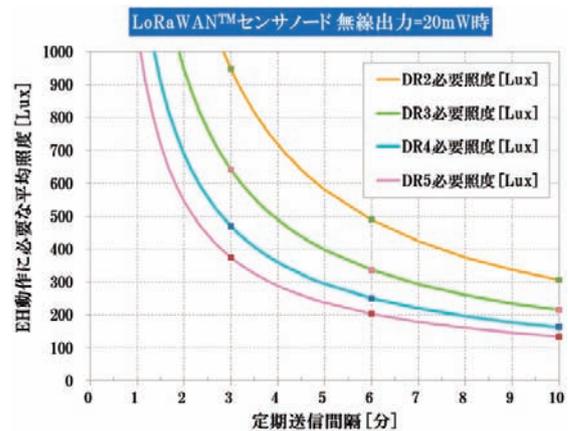
センシングしたデータを収集する無線ネットワークには、低消費で長距離伝送が可能な920MHz帯のIEEE802.15.4gを用いるWi-SUNと呼ばれるシステムが当初活用されていた。近年では、LPWA (Low Power Wide Area) という低速ではあるが、更に低消費電力かつ長距離伝送ができる無線方式が注目されている。これらLPWA系のセンサは、電池駆動でも10年間ほどの動作が可能とされているが、通信頻度が1日に1回など、極端に少ないデータ収集頻度の用途に限られる。そのため、一般的なユースケースでは、やはり太陽電池などの環境発電による自立電源化、電池容量を環境発電でサポートするハイブリッド電源化などがIoT構築に欠かせない技術となる。

我々は、2017年度に業界で初めてとなるEH駆動可能な920MHz帯マルチホップ無線搭載型センサシステムをET & IoT Technology 2018へ出展し、IoT Technologyアワードを受賞するに至った。システムを構成する各センサノードがメッシュ状にネットワークを構築し、自律的に最適ルートを判断してデータ通信を行うため、広いエリアから安定的にデータ収集することが可能である。標準的な5分周期の稼働ならば300luxの照度条件で完全な自立駆動（電池不要）を実現した。

2作目として、LPWAの1方式であるLoRaWAN™のEH駆動化にもトライしている。LoRaWAN™は伝送レートが低いが無線到達距離が数~10kmと長距離伝送が可能であ

り、低消費電力とされている。しかしながら、低速ゆえに1データ発報の送信時間が長く、伝送データレートの設定によっては秒単位の送信時間を要し、消費電力が増大する。この無線モジュールの動作を省エネ制御するため、データペイロードの短縮や無線モジュールの動作を細部までコントロールすることによってEH駆動化を実現できている。

図5に、伝送データレートごとの定期送信間隔と必要な照度を示す。例えば、DR3にて6分間隔のデータ収集では、室内光の低照度環境（400Lux程度）で完全な電池レス動作が可能である。万一、想定した照度が得られない場合でも、一次電池と環境発電のハイブリッド駆動のため、300Luxで6年程度、電池交換周期を延命できる機能を持っている。



■ 図5. 送信間隔毎の必要照度

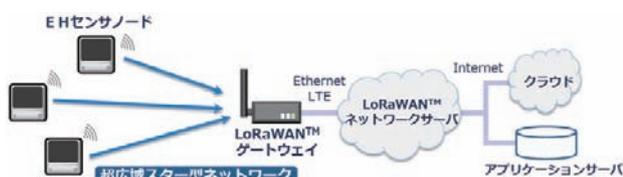
このように、実現した自立電源型のセンサネットワークシステムは、大型倉庫の環境管理、橋梁等のインフラモニタリング、黒球温度センサといった拡張センサを利用した熱中症予防システムなど様々な用途で使用実績がある。将来的には、IoT普及に向けた本命と呼ばれるライセンスバンドのLPWAとなるNB-IoTなどの無線方式についてもEH駆動化の実現に取り組んでいく予定である。

5. DSCによるIoTデバイスの自立電源化サポート

自立電源化の実現検討には、エネルギー収支計算をする際に複雑なパラメータを勘案することが必要になる。我々は、DSCにより自立電源化が成立するかをすぐに試せるシミュレーションツールも作成している。IoTの普及と共にセンシング端末の電源における課題は益々増大する。そのものづくりを進める企業の皆様へ、是非このツールを用いて、DSCによる自立電源化の開発サポートを提供していきたいと考えている。



■ 図3. LoRaWAN™センサノード



■ 図4. LoRaWAN™のシステム構成