

# 土砂災害推定システムに対応した太陽光発充電回路を搭載したメンテナンスフリー型無線センサノードの検討

山本 成世<sup>‡</sup>, 安部 恵一<sup>‡</sup>

神奈川工科大学 創造工学部ホームエレクトロニクス開発学科<sup>‡</sup>

## 1. はじめに

昨年, 日本の令和 3 年における 1 年間の土砂災害発生件数は 972 件で, 土砂災害での死亡者は 32 名であった. 令和 3 年における平均土砂災害発生件数が 1450 件と, 平成 14 年から平成 23 年の 10 年間平均値と比べて 1.3 倍と増加傾向になった [1]. これは近年続く不安定な気候と前線の活発化や台風による大雨が原因となり, 逃げ遅れ被災しているのが原因と考えられる. また他に地震や, 雪の積雪・融雪による土砂災害も原因の一つと考えられる. この土砂災害の解決方法として, 先行研究に無線センサネットワークを用いた多点型土砂災害推定システム [2] がある. この先行研究では無線センサノードの消費電力が高く, 大容量のバッテリーを搭載しても長期的 (3 年以上) に稼働できない課題を挙げている. そこで, 本研究では無線センサネットワークを用いた土砂災害推定システムなどで使用する無線センサノードのバッテリーレス化を行い, メンテナンスフリーにするための技術について提案する.

## 2. プロトタイプ

### 2.1 プロトタイプ開発の流れ

本研究では無線センサネットワークを用いて土砂災害を推定する際に使用する無線センサノードのバッテリーレス化を実現する技術を行うため, Fig.1 に示す開発手順でプロトタイプ開発を進めた. フェーズ 1 の開発では太陽発電で稼働できる消費電流 100  $\mu$ A を目標に無線センサノードの消費電力化を行った. またフェーズ 2 の開発では太陽光電池とリチウムイオン電池の代替えと期待される電気二重層コンデンサ, 環境発電用 DC/DC コンバータなどで回路を構成した電源回路を考案した. 次にフェーズ 3 ではフェーズ 1 とフェーズ 2 の回路を組み合わせることで, 太陽光発充電により稼働するバッテリーレス型無線センサノードの完成を目指した.

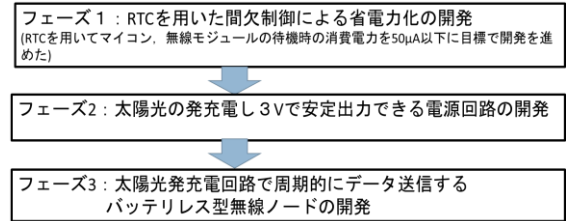


Fig.1 プロトタイプ開発の流れ

### 2.2 フェーズ 1 の開発

本節では無線センサノードの消費電力化について述べる. Fig.2 に無線センサノードの低消費電力化手法の概要図を示す. 先行研究 [3] と同様, RTC (Real Time Clock) を用いた間欠制御により無線センサノード回路のセンサや無線モジュールなどをスリープさせることで消費電力の削減, かつスリープ時に周辺のセンサ回路などの消費電流を MOSFET の ON/OFF 制御で削減する. また, MCU (Micro Controller Unit) を DC5V から DC3V と 低電圧化し, MCU の発振周波数を 16MHz から 8MHz に低周波数化することでさらなる省電力化を行った. その結果を Table1 に示す.

Table1 フェーズ1のプロトタイプの各消費電流

	型式	Sleep	Active
		消費電流[mA]	消費電流[mA]
無線通信モジュール	Xbee IEEE802.15.4	0.003~0.004	45
RTC	RX8900	0.001~0.002	1.4
MCU	ATmega328P	0.001~0.002	3~4
加速度センサ	ADXL345	0.08	0.12
合計		0.08	50

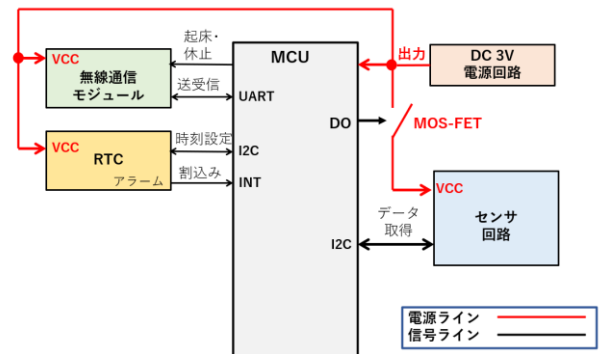


Fig.2 フェーズ1のプロトタイプ開発の概要 Table1 はスリープ時と動作時の各種モジュール及び回路全体の消費電力を示す. 本無線セン

Study of Maintenance-Free Wireless Sensor Node Equipped with Solar Power Charging Circuit Compatible with Landslide Disaster Estimation System.

<sup>‡</sup>Naruse Yamamoto and <sup>‡</sup>Keiichi Abe.

<sup>‡</sup>Department of Home Appliance Engineering, Faculty of Creative Engineering, Kanagawa Institute of Technology.

サノードは間欠制御を行うため、データの送受信している時間よりもスリープさせている時間の方が長くなるため、全体の消費電力はスリープ時の消費電力に依存すると考えられる。よって、本研究ではスリープ時の消費電力を抑えることに着目し、データの送信周期を2分以上にすることで Table. 1 に示す平均消費電流 80[ $\mu$ A]となり、太陽光発電に対応できる 100[ $\mu$ A]以下（平均消費電流）を実現できた。

### 2.3 フェーズ2の開発

次に本無線センサノードで使用する太陽光発電充電回路について述べる。Fig. 3 に太陽光発電充電回路の概要を示す。Fig. 3 に示すように太陽光パネル(型式 SY-M2W/SUNY000 solar Limited)で発電した電気エネルギーを DC/DC コンバータ(型式 LTC3129/アナログデバイゼズ)を介し 3V 出力し、本無線センサノードの電源とした。また、日没でも無線ノードを稼働させることができるように発電した電気エネルギーを蓄えられるよう、急速な充電が行え、かつ耐久性にも優れた電気二重層コンデンサ[4]を使用し蓄電を行った。今回使用した容量は 30F (5F を 6 個並列)を使用した。

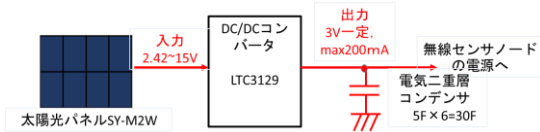


Fig. 3 太陽光発電充電回路

## 3. 評価実験

フェーズ1とフェーズ2を組み合わせたフェーズ3のプロトタイプを開発し、評価を行った。Fig. 4 に示すようにプロトタイプの無線ノードと親ノードであるコーディネーターと1:1で通信する構成とした。このとき無線ノードは2分周期でコーディネーターへデータ送信を繰り返す動作とし、太陽光の発電エネルギーだけで稼働できるか検証した。今回実験条件として予め15分程、無線センサノードの回路を直流安定化電源などで充電してから検証を行った。Fig. 5 の結果ではお昼から日没までの気温、照度を同時刻で測定し、データ送信の可否を表したものである。可否については、データが送信できた時を1とし、データが受け取れなかった時を0としてグラフ化した。照度には多少のばらつきが発生したが、日没後も無線ノードを稼働することが可能であることが確認できた。データの送信中に通信が途切れてしまい、データの送受信ができない時間帯が存在したが、要因としてはファームウェアの問題であると考えられるので、今後の改善点となった。また、気温による無線ノードの稼働への影響は見られなかった。

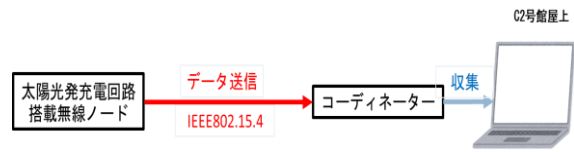


Fig. 4 評価実験の概略図

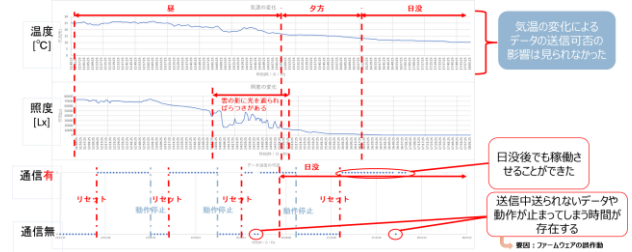


Fig. 5 プロトタイプの評価結果

Table2 無線ノードの通信到達率

動作電源	通信到達率	備考
太陽光発電充電(提案回路)	92.5%(37/40)	夕方-日没までの正常に通信ができた時のデータ
直流安定化電源	96%(96/100)	-

次に太陽光発電充電回路と直流安定化電源での今回開発した無線センサノードの通信到達率の比較の結果を Table2 に示す。太陽光発電でも発電が不安定になりやすい夕方から日没までも、直流安定化電源での通信到達率と近い値を得ることが判った。

## 4. まとめ

本稿では、土砂災害推定で使用する無線センサノードのバッテリーレス化を実現するための技術について提案した。具体的には無線センサノード自体の省電力を行い、かつ太陽光発電充電により稼働できる回路について提案し、プロトタイプ開発及び評価を行った。しかし、現時点では本提案システムの検証が十分できていないため、発表当日にその詳細を報告する予定である。

### <参考文献>

- [1] 産経ニュース:「千曲川浸水、最大4・3メートル長野市、地理院が推計」:  
<<https://www.sankei.com/article/20191014-DR3WJJTDE5IQTBJFJ5Y0OD7VKA/>>, (2022年12月参照)
- [2] 小泉 圭吾ら, "土砂災害監視のための無線センサネットワークの実用化に向けた実験的研究", 土木学会論文集C (地圏工学), Vol. 69, No. 1, 46-57, 2013.
- [3] 安部 恵一, 峰野 博史, 水野 忠則, "無線センサネットワーク向けの省電力型無線ノードの開発", 情報処理学会研究報告(MBL) 2011 (5), pp.1-8, 2011.
- [4] "電気二重層キャパシタの基礎知識 | Electric Double Layer Capacitors Guide | RS" <<https://jp.rs-online.com/web/generalDisplay.html?id=ideas-and-advice/electric-double-layer-capacitors-guide>>, (2022年12月参照).