

自立給電・自律式ネットワーク機能を備えた無線センサシステム

ー 設楽原 PA における GPS センサの事例 ー

大成建設(株) 名古屋支店 正会員 ○川手 伸哉

大成建設(株) 技術センター 土木技術開発部 正会員 近藤 高弘

大成建設(株) 技術センター 土木技術開発部 正会員 青木 浩章

1. はじめに

無線センサシステムは広域での各種情報収集システムとして、大規模土工事や災害時におけるフィールド状態監視への利用が期待されている。広域でデータ取得するため、複数の無線センサシステムを点在させる必要がある。しかし、各無線センサシステムへの電源供給や情報の伝達手段が問題となる。

電源をバッテリーで行うと定期的なバッテリー交換などの作業が必要になる。また、広範囲での通信手段として無線センサノードの無線通信機能には限界がある。

そこで、電力供給と情報の伝達手段の解決策として、太陽光発電を用いて電力供給を行い、点在された各ノードの情報伝達の助けとして中継機を介在する構成により、広範囲にわたる無線センサ情報を収集できるシステムを構築した。これは、中継機および各無線センサ機器に太陽光発電で給電するメンテナンスフリーな無線センサシステムである。図-1 に設楽原 PA における GPS センサの事例イメージを示す。

本論文では、このシステム構築にあたり実施した自立給電システム試験、および自律式ネットワークシステムに関する試験結果について報告する。

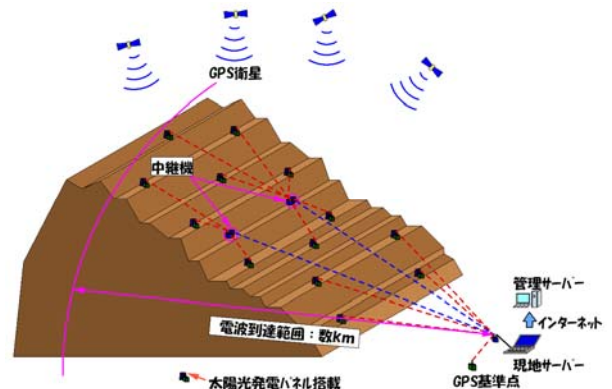


図-1 GPS 無線センサ ネットワークイメージ

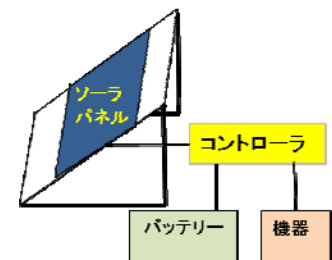


図-2 電力供給システム

2. システムの概要

無線センサノードおよび中継機への電力供給システムは、太陽光発電（ソーラパネル）による発電とバッテリー充電、および無線センサ機器の電力を制御するコントローラで構成されている。図-2 に電力供給システムの概要を示す。

写真-3 に GPS 無線センサおよび中継機の設置状況を示す。ソーラパネル・バッテリー・機器の消費電力（電圧・電流）を約 1 年間モニターし、有効な太陽光発電の試算を行った。また、情報伝達の中継機に関しては通信状況およびノード間の通信遮断等に対応できる自律式ルーティングのネットワーク試験を行った。図-4 に示す様に現状のネットワークに何らかの障害が発生した場合、自律的にネットワーク構成を変更することが可能なシステムである。



写真-3 GPS 無線センサと中継機の設置状況

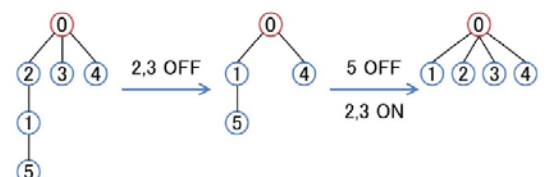


図-4 自律式ルーティングのイメージ

キーワード 大規模土工, 無線センサ, ルーティング, 太陽光発電, ネットワーク, GPS

連絡先 〒441-1311 愛知県新城市須長字石岸 53-1 TEL 0536-24-6510

3. 自立給電システム

太陽光発電を用いる自立給電システムは、ソーラパネルの発電量とバッテリー容量の最適選定の問題がある。ソーラパネル設置角の選定として冬至の太陽高度 $=90^\circ - (\text{設置緯度}) - 23.5^\circ$

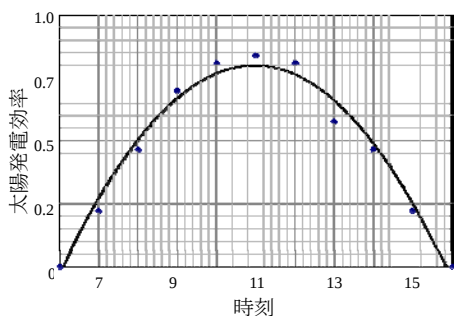


図-5 冬至における太陽発電量の日変化

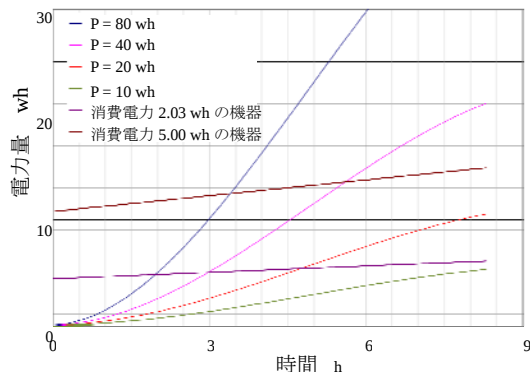


図-6 ソーラパネル発電電力量と充電時間

を南中最高度としてパネル面に垂直に太陽光が当たる角度で設置した。冬至におけるソーラパネルの発電電力量を測定し、図-5 のグラフを得た。この結果を基に、図-6 にソーラパネル発電電力量－バッテリー充電時間の関係を示す。同じグラフに示す機器 1 日当たり消費電力－時間の関係から、機器毎に最適なソーラパネルの組合せをシミュレーションできる。

例えば、消費電力 2.03wh の機器では、ソーラパネル 40wh を組合せると日の出から約 3 時間で夜間消費した電力をバッテリー充電できることがわかる。また、発電量の日変化を 1 年間通じて観察した結果、バッテリー容量は約 3 日分の消費電力容量があれば十分であることが判明した。

4. 自律式ネットワークシステム

自律式ネットワークシステムの中継機には 2ch の Wi-Fi モジュールがあり、クリエイター(ch1)とジョイナー(ch2)の 2 つのモードに設定されている。クリエイターは、ジョイナーからのサーチ・接続要求を受けるのみで、最大 8 局のジョイナーと接続できる。一方、ジョイナーは、クリエイターへのサーチ・接続要求ができる。

情報の集約局（マスター）はクリエイターの設定に固定し、スレーブからの接続を待つのみである。各中継機は受信電波強度（RSSI）にしたがい、他の中継機と接続できるかどうか判断する。接続先をサーチできるのはジョイナーのみで、各ジョイナーは RSSI を取得したクリエイターと接続しようとする。各中継機の上位・下位の関係を明らかにするため、ホップ数という概念を定義する。

マスターの中継機はホップ数を 0 とする。マスターに接続している中継機はホップ数を 1 とする。ホップ数 1 の中継装置に接続している中継機はホップ数を 2 とする。以下、ホップ数 n の中継機に接続している中継機はホップ数を $n+1$ として定義していく。

図-7 に示すように構成されたネットワークの一部に通信障害等が発生した際、自律的に最適なルートを再探索する。ID = 5(局) と ID = 6 の接続が切れた場合、接続先 RSSI 表より、ID = 6 の中継機は ID = 8 および ID = 9 と接続可能であるとすれば、ID = 6 の中継機は RSSI が高い方の中継機に接続する。このようにネットワークの一部の接続が切れた際は、RSSI 表を基に最適なルートを再探索することができる。

今回実施した図-4,7 に示す試験では、無線ネットワークの一部が通信不能になっても、上記のアルゴリズムにより、自律的にネットワーク構成を変更することができた。

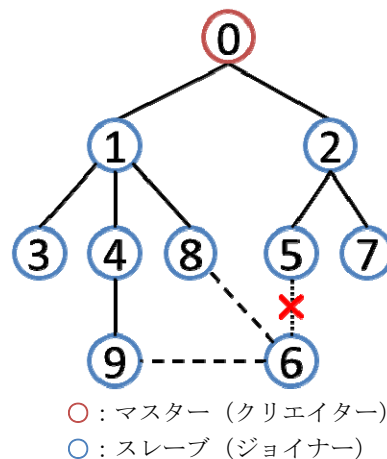


図-7 通信障害発生時のネットワーク再構成

5. おわりに

無線センサノードおよび中継機への電力供給に太陽光発電を用い、自律ルーティングによる情報伝達ができるメンテナンスフリーな無線センサシステムを構築した。今後は、開発した無線センサシステムを応用してより多彩な観測を広域で実証して行く予定である。