

IoTシステムにおいてWi-Fiマルチホップ通信による画像送信を可能にする風力自立電源「西風」の動態展示

寺岡文男^{1,a)} 西浦信一^{2,b)} 大野浩之^{3,c)}

概要：

IoTシステムにおいてWi-Fiマルチホップ通信で画像データを送信するにはセンサノードへの電力供給が必要となる。著者らはそのために位置エネルギー変換方式を採用した風力自立電源「西風」を開発している。西風は現時点では風速2 m/sのそよ風から発電が可能である。今回は西風2号試作機を動態展示する。

キーワード：エネルギーハーベスティング, 風力自立電源, 位置エネルギー変換方式, IoT

1. はじめに

IoTシステムにおいてセンサ情報に加えて画像データを送信できれば、センサ情報のみでは検知できない状況を把握することができる。LPWA (Low Power Wide Area) と総称される通信方式は非常に低速であるため、画像データの送信は困難である。画像データは自然災害監視などで有効であるが、そのような観測場所は携帯電話の通信範囲外であることも多い。Wi-Fiは比較的高速であるため画像データの送信には適しているが、通信距離が短いためマルチホップ通信が必要となる。

Wi-FiはLPWAに比べて多くの電力を消費するため、IoTシステムにおいてWi-Fiマルチホップ通信を行うためにはセンサノードに電力供給が必要となる。そこで筆者らは位置エネルギー変換方式を採用した風力自立電源「西風」を開発している。西風の目標は、通常は利用することのできない2 m/sのそよ風でも発電を可能にすることである。今回は西風2号試作機 [1] を動態展示する。

2. 位置エネルギー変換方式

図1に位置エネルギー変換方式を示す。通常の風力発電ではプロペラ型の風車の回転を“増速”して発電モータを回す。しかし回転数を増速すると回転トルクは小さくなるため、十分な回転トルクを得るためにはプロペラを大きく

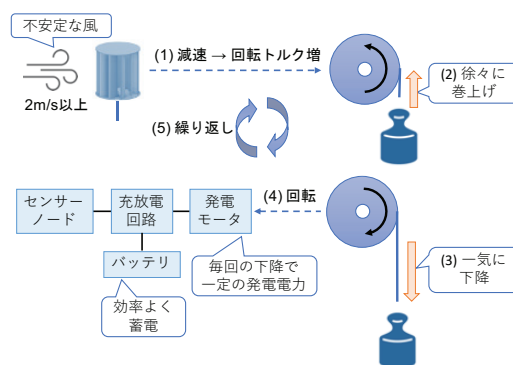


図1 位置エネルギー変換方式 ([1]より引用)

する必要があり、6 m/s程度の風が必要になる。また、風速は不安定なので発生する電力も不安定になり、効率的な蓄電が困難である。

これに対し、西風では2 m/sのそよ風でも発電を可能にするため、風車の回転を“減速”して回転トルクを強め、ひもが付いた重りを巻き上げることにより風のエネルギーを重りの位置エネルギーに変換して一時的に蓄える。重りの巻き上げが完了したら重りを下降させることにより発電モータを回して発電する。以上の動作を繰り返すことにより、間欠的に発電する。重りの下降時には毎回一定の電力が発生するため、効率的に蓄電できる。

3. 西風2号試作機

図2に西風2号試作機の写真を示す。風車には水平軸型と垂直軸型がある。水平軸型風車の代表例はプロペラ型である。水平軸風車は風の方向に合わせて風車を回転させる垂直軸が必要になる。一方、垂直軸風車は風の方向にかか

¹ 慶應義塾大学理工学部
² 西風技研株式会社
³ 金沢大学総合メディア基盤センター
a) tera@keio.jp
b) nishiura@nishikazegiken.com
c) hohno@staff.kanazawa-u.ac.jp



図 2 西風 2 号試作機 ([1] より引用).

わらず回転するので機構部が簡略化できる。そこで、西風 2 号試作機では垂直軸型風車を採用した。

垂直軸風車は、動作原理により揚力型と抗力型に分類できる。揚力型風車では、風車のブレードの両側を風が流れることにより生じる圧力差によって風車が回転する。揚力型では風がながれる速さに比べて高速に風車を回すことができ、高速回転時の出力も大きい。抗力型風車は、風が風車のブレードを押すことにより風車が回転する。抗力型の風車は低速であるが弱い風で回り始め、トルクも大きくなるという特徴を有する。西風は 2 m/s のそよ風でも回り始めかつ大きなトルクを得ることが目標であるので、抗力型を採用した。

抗力型風車には様々なタイプがある。筆者らはサボニウス型、サボニウス型の一つであるバツハ型、クロスフロー型の風車を 3D プリンタで製作して予備実験を行ったところ、クロスフロー型は回転開始時の風速も小さく、トルクも高いことが分かったので、クロスフロー型を採用することとした。

風車からの回転シャフト(風車シャフト)は 60:1 の減速器を介して双方向クラッチに達する。一方、発電モータからのシャフト(発電シャフト)は一方方向クラッチを介して双方向クラッチに達しているが、風車シャフトと発電シャフトは直接結合していない。風車が回ると双方向クラッチの働きで風車シャフトと発電シャフトは共に回転し、発電シャフトが重りのひもを巻き上げる。その際、一方方向クラッチの働きにより発電モータは回転せず、また風が止んでも重りは下降しない。なお、写真には一方方向クラッチは示していない。重りの巻き上げが完了すると双方向クラッチの働きにより発電シャフトのみが回転して発電モータを回して発電する。重りの下降時、風が吹いていれば風車は空回りする。

発電モータには三相交流発電モータを使用している。発電モータからの出力は充放電回路を介して 12 V に制圧され、鉛蓄電池に蓄電される。さらに鉛蓄電池からは DC-DC コンバータを介して 5V に制圧され、USB コネクタを介してセンサノードに電力を供給する。

表 1 ESP32-S2 の Wi-Fi 送信における消費電力量 ([1] より引用).

動作時間 [s]	消費電力量 [Ws]	1日の消費電力量 [Ws]				
		5分間隔で送信	10分間隔で送信	15分間隔で送信	30分間隔で送信	60分間隔で送信
3	1.19	3.56×10^2	1.71×10^2	1.14×10^2	5.70×10^1	2.85×10^1
5	1.98	5.94×10^2	2.85×10^2	1.90×10^2	9.50×10^1	4.75×10^1
10	3.96	1.19×10^3	5.70×10^2	3.80×10^2	1.90×10^2	9.50×10^1

4. 試作機の性能評価

表 1 に Expressif Systems 社の ESP32-S2 というマイクロプロセッサが Wi-Fi 送信を行うときの消費電力量を示す。たとえばこの表の 1 行目は、ESP32-S2 が 3 秒間 Wi-Fi 送信を行うときの消費電力量と、5 分間隔から 60 分間隔で 1 回当たり 3 秒間の Wi-Fi 送信を行った場合の 1 日の消費電力量を示している。

測定の結果、西風 2 号試作機は 2 m/s のそよ風から発電可能であり、3 m/s の風が 1 日のうち 6 時間吹いた場合、1 日で 4.78×10^2 Ws の発電能力があることが分かった。発電した電力の 1/4 を蓄電して利用できると仮定すると、表 1 における赤字の部分の電力量を賄えることが分かった。

一方、風車の回転で重りを巻き上げて下降させることにより発電モータを回すより、風車で直接発電モータを回した方が効率が良いのではないかとのご意見をよくいただく。実験した結果、今回使用している発電モータに関しては 4 m/s の風では風車の回転トルクが不十分のため風車は回転しなかった。より小型の発電モータであれば風車で直接回転させることはできると思うが、発電量も小さくなってしまふ。さらに風は不安定なため、風車で直接発電モータを回すと発電量も不安定になり、効率の良い蓄電はできない。

5. 動態展示

会場に図 2 に示す機材を搬入し、小型扇風機で風を当て、発電の様子を動態展示する。展示では、風車シャフトの回転数、発電時(重りの下降時)の発電シャフトの回転数、発生する電力の電流・電圧を表示する予定である。

6. まとめ

IoT システムにおいて Wi-Fi マルチホップ通信により画像データの送信を可能にするため、筆者らは位置エネルギー変換方式を採用した風力自立電源「西風」を開発している。今回は会場に西風 2 号試作機を搬入し、実際に発電する模様を見ていただく予定である。

参考文献

- [1] 寺岡文男, 西浦信一, 大野浩之: 大容量データ収集を可能とする IoT システム用風力自立電源の開発, 信学技報 IN2020-29, pp. 43-48 (2020 年 9 月).