

LoRa 無線モデム計測システムのソーラーカーへの応用

中西弘一*, 仲森昌也*, 荒賀浩一**

Application of LoRa radio modem measurement system for Solar Car

Kouichi NAKANISHI*, Masaya NAKAMORI*, Koichi ARAGA**

This paper describes a method for efficient work of electrical energy, using telemetry system. The telemetry system is a radio modem fabricated by long-range low-power low-data-rate application technology. A telemetry system is a system in which various running data of a car is sequentially transmitted wirelessly to the pit by measuring devices mounted on the car. The pit analyzes these data received and gives the driver instructions such as deceleration and acceleration, so that more efficient driving can be achieved. The telemetry system of this report was configured as follows. The voltage and current supplied to the motor are measured using an insulation type measuring device. The measured data was converted to I2C and input to a microcomputer. In the microcomputer, the data was stored in the SD memory and then input to the LoRa radio modem with RS232C. Finally, the data was LoRa modulated and output wirelessly from the antenna. As a result of an experiment using this LoRa radio modem, it was possible to receive over 70% of the course when driving on World-class International Racing Course of Suzuka.

Keyword Solar Car, Energy Management, EDLC, LoRa, Measurement

1. はじめに

ソーラーカーは、太陽の光エネルギーを太陽電池パネルで電気エネルギーに変換し、電気モータで走行する。本校のソーラーカー製作は「もの創り教育」の一環として1995年から取り組み、ソーラーカーレース鈴鹿には1996年第5回大会から参加している。当初から太陽光エネルギーの効率的な利用と駆動制御技術に注目し、電気二重層キャパシタ(EDLC)やインホイールモータを搭載してきた。またエネルギーの有効利用には、負荷の状態すなわち走行状態を把握する必要があり、従って車両位置や速度等を計測し通信するテレメトリーシステムの確立が必要で、このため各種計測器の導入や計測技術の開発も行ってきた。

これまでは、EDLCにDCDCコンバータを組み合わせた構成とし、これの効率について検討・報告してきたが、今回LoRa¹⁾無線モデムを使いテレメトリーシステムを構成し、

ソーラーカーレース鈴鹿2019に参加した。ここでは、その計測システムの構成と計測結果について報告する。

2. ソーラーカーの構成

ソーラーカーレース鈴鹿では、使用するソーラーパネル発電出力、蓄電池の種類と容量、車体寸法などによりクラス分けされている。本校は4時間耐久レースのエンジョイIIクラスに参加している。ソーラーカーの外観と仕様を図1と表1に示す。



図1. ソーラーカーの外観

ソーラーカーの構成を図2に示す。ソーラーパネルで発電した電気エネルギーは、鉛蓄電池とモータのPWMコントローラに直接供給する構成としており、ソーラーパネル

*近畿大学工業高等専門学校

総合システム工学科電気電子コース

**近畿大学工業高等専門学校

総合システム工学科機械システムコース

と鉛蓄電池の電圧から判断して最大電力追尾装置は搭載していない。

表 1. ソーラーカーの仕様

| | |
|-----------|-------------------------------|
| 車体サイズ | 全長 4200mm 全幅 1550mm 全高 1000mm |
| 車輪数 | 前：2 輪 後：1 輪 |
| シャシー・車両重量 | ジュラルミン・226kg |
| ホイール・タイヤ | 前 14" 後 16" アルミホイール・ダンロップ |
| パネル | 総出力：Si 単結晶タイプ 総出力 478W |
| モータ | DC ブラシレスモーター ミツバ M1596D 改 |
| 主蓄電池 | 搭載数：鉛蓄電池 6 個 Panasonic |

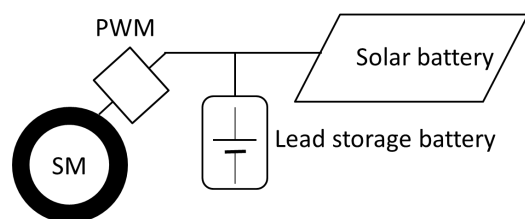


図 2. ソーラーカーの構成

3. LoRa 無線モデム計測システムの構成

LoRa 無線モデムを使って構成したテレメトリーシステムを製作し、ソーラーカーに搭載してソーラーカーレース鈴鹿 2019 に参加した。図 3 にその構成を示す。モータの PWM コントローラにシャント抵抗を接続しモータの電流を計測した。コントローラに加わる電圧は抵抗にて分圧し計測している。これら電流と電圧は計測デバイス INA226 を使って計測している。次にアイソレータ ADM3260 を使い鉛蓄電池から計測信号を絶縁する構成としている。

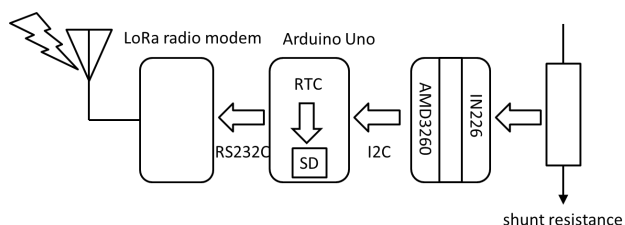


図 3. LoRa 無線モデム計測システム

図 4 に計測デバイスの外観を示す。その後計測信号は I²C インターフェイスで変換されて Arduino に入力している。モータの PWM コントローラに加えた電圧と電流の計測データはおよそ 10 秒間隔で Real-Time Clock で読み込ん

だ時刻を追加し、SD メモリに記憶する構成としている。

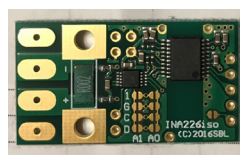


図 4. 計測デバイスの外観

電圧と電流の計測は INA226 で 4 回計測を行い、それらの平均値を計測データとして採用した。また、そのデータは Arduino の RS232C から LoRa 無線モデルに接続し、429MHz 帯の 10mW で LoRa 変調されてアンテナから出力される。無線間通信速度は 245bps に設定した。データは 31 個の文字列で構成しており、16 進数に変換して送信するが、送信が完了するまでの時間がかかなり長くなることから、10 秒間隔でデータを送信することにした。

4. ソーラーカー走行の計測結果

レースは 7 時にスタートし、その後 4 時間を走行した時の周回数を競う耐久レースである。モータの PWM コントローラに加えた電圧と電流のデータは、およそ 10 秒毎に SD メモリに記憶し、同時に LoRa 変調した電波で送信した。図 4 に SD カードに記憶したレース開始から終了までの電圧と電流の計測データを示す。7 時にスタートすると電圧が大きく低下しているのが分かる。その電圧は、時間が経過するにつれてそこから徐々に低下し、レース終了の 11 時以降には電圧がやや上昇しているのが分かる。11 時以降はレースが終了し停車し、ソーラーパネルからの充電がすすみ、その結果電圧が上昇する。電流は 7 時スタートと同時に激しく変化しているのが分かる。マイナスを示している電流は、同期型 DC モータを回生制動し、鉛蓄電池に充電を行ったことを示している。また、これらのデータから、鈴鹿サーキット国際コースを周回するのに必要な電力量は 96~125Wh 程度であり、周回に要する時間は 5:17~5:37 程度であった。

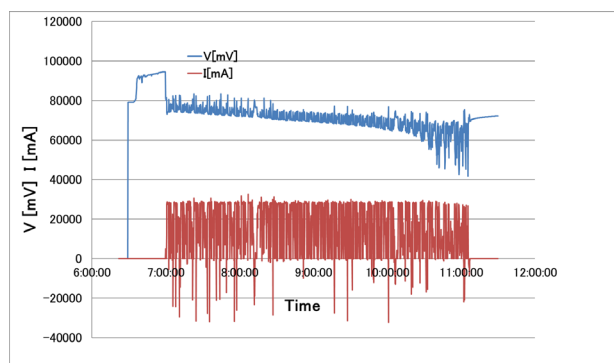


図 4. レースの走行データ測定結果

ソーラーカーから送信したデータは、グラウンドスタン
ド上段部でおよそ-75dBm で受信でき、パソコンに記憶し
た。コースは1周 5.807km であるが、データを受信できな
い区間があった。その区間は、時間にして約 70~110 秒程
度であり、所用電力量では 11~44Wh 程度である。これら
の結果を図 5 に示す。

W は周回に必要な電力量で、WL はデータ受信ができな
い区間の電力量である。グラフの右側縦軸が WL と WL/W
の値を示している。およそであるが W=100Wh、WL=
30Wh であり、周回時間 5:30 程度のなかで 1:30 程度がデ
ータ受信できなかったことが分かる。これらからコースの
70%の範囲内でデータを受信できていることが分かった。

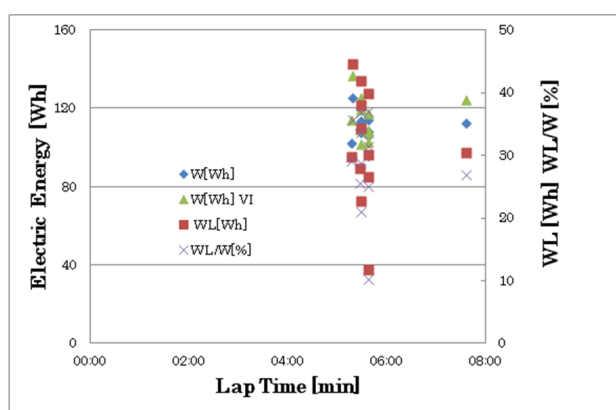


図 5. 各周回の電力量

無線でデータを受信できない時間帯で、どの程度走行に
電力量を使っているか、それらの時間帯と電力量に相関関
係があるかを図 6 に示した。横軸は電力量の割合、縦軸は
受信できなかった時間の割合である。

各測定点の分散状況から考えて、右上方向になっている
ことから相関があると考えることができる。つまり、現在
のところデータを一周に渡って全て受信できていないが、
その受信データを使って 1 周当たりの電力量を推定でき
ると考えている。

次に、サーキットのどの箇所からのデータが受信困難な
のかは現在はっきりできていないが、図 4 のデータと、受
信回復時刻とアルプススタンド前を通過した時刻との関
係を考えると、スプーンカーブから西ストレート付近に
かけてだと考えている。

5. まとめ

LoRa 無線モデムを使いテレメトリーシステムを構成し、
ソーラーカーレース鈴鹿 2019 に参加した。コース全周に
わたって測定データを受信することはできなかったが、10
mW という極めて弱い送信電力にもかかわらずコースの
70%程度の範囲でデータを受信できており、周回に必要な

電力量等を推定することができることが分かった。LoRa
変調はデータ転送速度が低く、通信に時間が長く必要なこ
とから、10 秒間隔でデータを送信することにしたが、走
行状態をモニターするのに必要なデータ量を取得できる
ことが分かった。

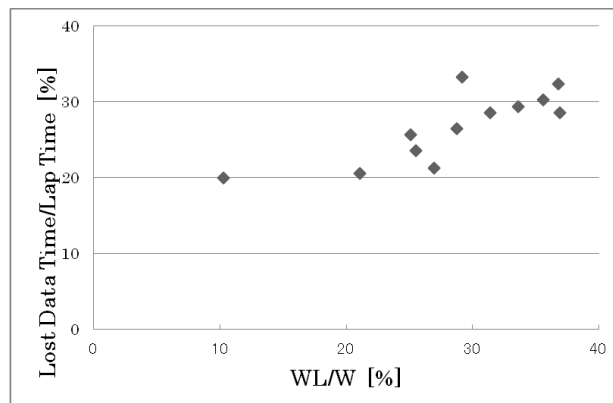


図 6. 受信困難な区間における
走行電力量と走行時間との関係

今回はモータの PWM コントローラの状態、測定箇所が
1 カ所であるが、今後はソーラーパネル、鉛蓄電池の状態
を計測できるようにし測定箇所を増やしソーラーカー内
でのエネルギーの流れを把握できるようにしたい。しかし
ながら、LoRa 無線モデムのデータ転送速度が低いことか
ら、データ転送の時間間隔も 10 秒程度は確保したいこと
も考慮すると、何かしらのデータ圧縮技術を導入する必要
があると考えている。

参考文献

- 1) LoRa Alliance <https://lora-alliance.org/>、LoRaWAN® 1.0.3 Specification, <https://lora-alliance.org/sites/default/files/2018-07/lorawan1.0.3.pdf>