

トンネル変状監視システムの省電力化に関する検討

(公財) 鉄道総合技術研究所

北海道旅客鉄道(株)

(株) ジェイアール総研情報システム

正会員 ○ 津野 究 平田 亮

正会員 福司 淳一 松本 光矢

正会員 蒲地 秀矢

1. はじめに

これまで、無線センサを活用した鉄道トンネルの変状監視手法を開発し¹⁾、現地試験により実現場への適用性を確認してきた²⁾が、さらに長期間の現地計測を行い電池消耗に伴うセンサの挙動を把握した。また、これまで、省電力の小型シグナルコンディショナの開発や送受信のアルゴリズムの工夫等による省電力化を図ってきたが、現地計測データをもとにさらなる省電力化について検討したので報告する。

2. 現地試験

供用中の鉄道トンネル(単線、非電化)の坑口付近、坑口から15mおよび87mの側壁にパイ型のひび割れ幅計および子機(温度センサ内蔵)を取り付け、坑口付近の側壁に設置した親機まで、ひび割れ幅、温度および電池電圧のデータをおおむね8分30秒間隔で伝送した。子機は、単三型リチウム1次電池4本で駆動させ、電池も含めて幅10cm、奥行き10cm、高さ3.5cmの防水・防塵容器に格納している。親機は、坑外の小屋に設置したパソコンとUSBケーブルで接続して、パソコンに計測データを収録した。

電池電圧の経時変化を図2に示す。計測開始から1年以上電池電圧は安定しているが、概ね15~18ヶ月経過した段階で電池電圧が急激に低下し、計測データが取れなくなる傾向を把握した。また、温度変化が大きい坑口部に近いほど、電池電圧の低下が早期に見られる傾向が確認された。

つぎに、ひび割れ幅および温度の経時変化を図3に示す。坑口部においては、温度の日変化に合わせて $\pm 0.15\text{mm}$ 程度のオーダーでひび割れ幅が変化していることを確認している。ひび割れ幅および温度の計測データは、電池電圧が低下して計測データが取れなくなる直前まで問題なく取得できることが確認できた。

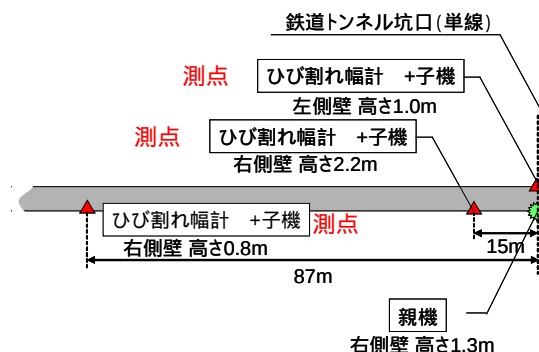


図1 現地計測の概要

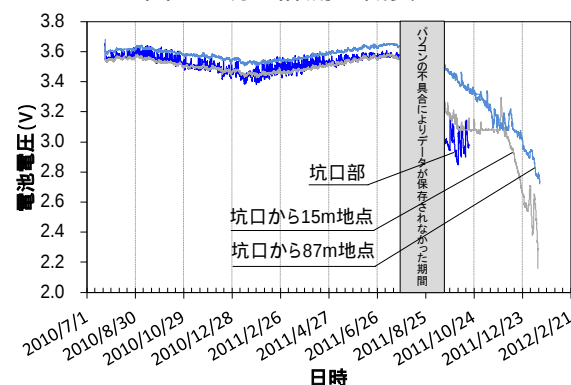


図2 電池電圧の経時変化

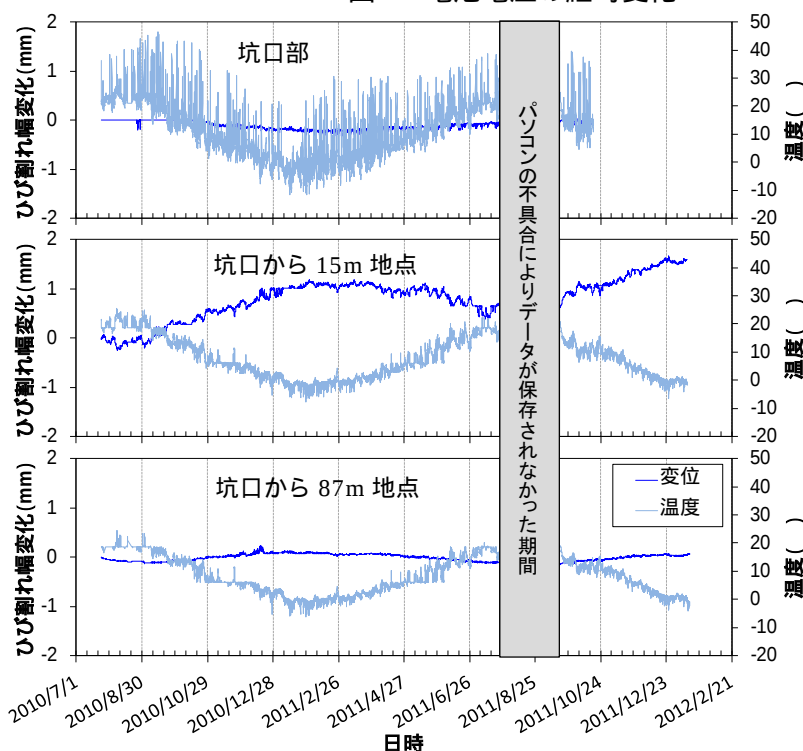


図3 ひび割れ幅および温度の経時変化

キーワード トンネル, 変状監視, 無線センサ, 省電力化, 現地試験

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 TEL042-573-7266

3. 無線センサの省電力化の検討

今回、現地試験データをもとに、ファームウェアを改良することで、データ収録・送信回路の電源制御の効率化や、子機の送受信に関する待受け時間を改善し、省電力化を試みた。

新ファームウェアと従来ファームウェアを組み込んだ子機を用いて、室内で同時に模擬計測を行い、経時に伴

う電池電圧の低下を比較した。ここでは、アルカリボタン電池 LR44 を 2 個使用し、データを 5 秒間隔で収録することにより、短期間で電池が消耗するような促進試験を行った。試験より得られた時間と電池電圧の関係を図 4 に示すが、従来のファームウェアでは、2.8 時間で消費電池電圧が 0.9V となり計測できなくなったが、新ファームウェアでは消費電池電圧が 0.8V となるまで 32 時間経っており、試験では電池消耗までの時間が 11 倍以上伸びる結果となった。

試験で用いたアルカリボタン電池は 150mA の容量であり、1 データ送信当たり従来のファームウェアでは 0.022mW、新ファームウェアでは 0.005mW を消費している。また、従来ファームウェアでは、1 つのデータを得るために 3 回データを送信しているのに対して、新ファームウェアでは 1 回のデータ送信のみであることから、図-7 に示すように、消費電力がおおむね 1/13 となる。

本試験は環境が厳しくない室内で行った模擬計測であり、試験中はデータ伝送の中断等による電力消費も無かった。これに加えて、一般的に無線センサの部品や電池の耐久年数は数年程度と考えられ、実トンネルの過酷な状況を考慮すると電池が消耗する前に計測ができなくなる可能性が高いが、新ファームウェアの開発により大幅な省電力化が図れる可能性があることが確認できた。

4. おわりに

本研究では、長期間の現地計測により電池消耗に伴う無線センサの挙動を把握し、ファームウェアを改良することで大幅な省電力化が図れる可能性があることが確認できた。無線センサを用いた手法は、これまで自動計測においてネックになっていた配線作業やコストに関する課題の解決方法の 1 つとして考えており、今後のトンネル維持管理に資することができたら幸いだと考えている。

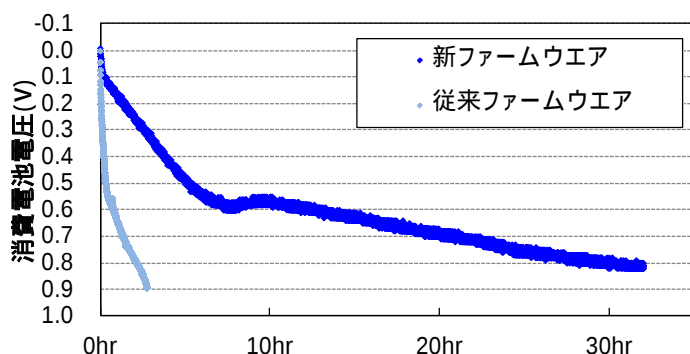


図 4 動作時間と電池電圧の関係

表 1 ファームウェアの改良の概要

項目	改良点の概要
省電力化	・子機のファームウェアを更新し、計測データの収録・送信回路やAD変換回路等の電源制御の効率化を図り、消費電力を抑えた。 ・子機が起床時に確実にデータの送受信をするように親機のファームウェアを更新したことで、従来型のように同一データを複数回送信する必要がなくなり、消費電力を抑えた。
測定精度の向上	・ADコンバータの特性を最大限に活かす制御をして、より高精度のデータを取得できるようになった。 ・より多くのデータの平均化と、無線センサ毎の校正係数を1次式、2次式と個別に求め、換算時に精度の高いほうを採用することで、ノイズの影響を改善した。

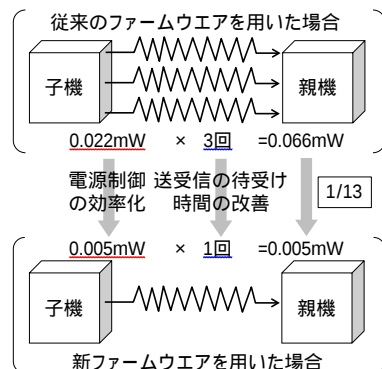


図 5 電池電圧に関する考察

参考文献

- 1) 津野究, 蒲地秀矢, 中西祐介, 仲山貴司: 無線センサを活用したトンネル変状監視システムの開発, トンネル工学報告集, Vol.19, pp.245-249, 2009.
- 2) 舟橋孝仁, 津野究, 蒲地秀矢, 伊藤富英, 福司淳一, 中西祐介: 無線センサを活用したトンネル変状監視システムの実トンネルへの適用, 第 65 回年次学術講演会講演概要集, -449, 2010.