

無線センサを活用したトンネル変状監視の実用化に関する検討

(株)ジェイアール総研情報システム 正会員 ○蒲地 秀矢*

(株)コンポート 正会員 有賀 貴志**

(財)鉄道総合技術研究所 正会員 津野 究 舟橋 孝仁***

1. はじめに

筆者らは、無線センサを活用した鉄道トンネルの変状監視手法について検討してきた¹⁾。本手法を用いることによりセンサを多数配置してリアルタイム計測が可能となるが、計測データ数が多くなり実現象を捉えることが困難になる面もある。また、多くのセンサを用いる場合、無線センサのサイズを小さくすることが有効となる。本研究において、プロトタイプの無線センサ¹⁾をさらに小型にした汎用版を作成するとともに、三次元モデルをプラットフォームとしたデータベース²⁾を用いて計測で得られた情報を体系的に管理する手法を提案したので報告する。

2. 無線センサ（汎用版）の概要

無線センサの概要を表-1、外観を図-1に示す。無線センサは、親機（コーディネータ）と子機（エンドデバイス）の2種類があり、計測機器類に接続した子機から、パソコンに接続した親機にデータを無線で伝送するが、子機のサイズを幅 5.3cm×奥行き 6.5cm×高さ 3.6cm として小型化を図った。これまでに開発した小型で省電力のシグナルコンディショナーを改良し、さらに小型化したものである。無線センサは、プロトタイプ¹⁾と同様に IEEE 802.15.4 ZigBeePro 規格に準拠したものを選定し、ひずみ式ひび割れ幅計のほか伸縮式変位計、傾斜計、土圧計にも対応できる仕様とした。また、子機はスリープモードのパターンを改善することによりさらに省電力化を図っており、単三型塩化チオニルリチウム電池 1 本で動作可能とした。

作製した無線センサは、伝送性能確認試験等の基本的な試験を行い、プロトタイプ版と同等の性能を有することを確認した。

表-1 無線センサの性能

サイズ	5.3×6.5×3.6cm(電池含む)
重さ	約 100g(電池含む)
電源	単三型チオニルリチウム電池 1 本内蔵
計測間隔	30 秒分～6 時間 (設定変更可能)
無線規格	IEEE 802.15.4 ZigBeePro 規格
周波数帯	2.4GHz
出力強度	2mW
稼動温度	-20～60℃
計測項目	ひずみ, 温度など
収録データ	・Excel に自動収録(csv データ) ・専用ソフトで図化可能
ひずみの計測精度	±5000 μ
印加電圧	1.2V

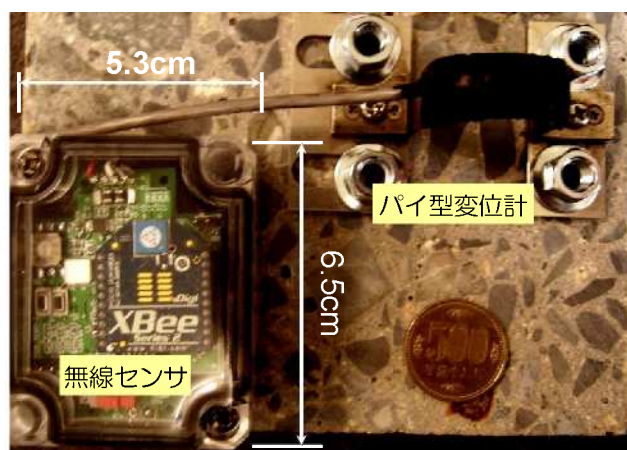


図-1 無線センサ（汎用版）の外観（子機）

キーワード トンネル, 変状監視, 無線センサ, 三次元モデル, データベース

* 〒185-8540 東京都国立市北 1-7-23

Tel.042-580-6682 Fax.042-580-6683

** 〒191-0011 東京都日野市日野本町 3-8-3

Tel.042-507-8594 Fax.042-507-8594

*** 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38

Tel.042-573-7266 Fax.042-573-7248

3. 無線センサによる計測情報と三次元モデルとの連携

無線センサを通じて取得する計測データを活用するため、監視対象に関する、①構造情報（トンネル形状）、②変状情報（変状の形状、変状位置）、③センサ情報（センサ取付け方向、取付け位置、センサ種別）などの情報を三次元モデルで可視化し、計測データ、維持管理に必要な電子ドキュメント、写真などの情報を三次元モデルに関連付けることで、合理的な維持管理を考案するためのシステムを試作した。システムの概念を図-2に示す。

4. 無線センサによる計測情報と三次元モデルとの関連付け

無線センサで得られた計測データ、維持管理に必要な電子ドキュメント、写真などの情報を、三次元モデルに関連付けを行うためには、情報の一意性を確保する識別子と、それらを管理するためのデータベースが必要となる。データベースに格納する情報は（以下、「格納情報」）は、その内容、利用目的あるいは画面に表示する際の処理方法に応じて分類し、それぞれに対応するデータベースのテーブルを作成するものとした。

データベースへの情報の格納形式は、無線センサから得られた計測データ、数値や文字列（以下、「テキスト形式」）、PDFなどの電子ドキュメント（以下、「ドキュメント」）、写真や画像（以下、「イメージ」）に分けるものとした。表-2に資料の具体例を示す。

5. まとめ

本研究で行った、無線センサの小型化と、無線センサの計測データと三次元モデルのリンクプログラムの試作から得られた知見を以下に示す。

- 1) 無線センサのスリープモードのパターンを改善することで、より省電力化でき、電池の小型化が実現した。
- 2) 三次元モデルをプラットフォームとして当該情報を視覚化することにより、トンネル構造、変状、センサの関連性が容易に把握できることを示した。
- 3) 2) と格納情報を体系的に管理する手法を提案した。

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) 新井泰, 有賀貴志, 蒲地秀矢, 大石敬司: 維持管理を目的とした開削トンネル設計・施工データベース, トンネルと地下, 第41巻, 第1号, pp.57-64, 2010.

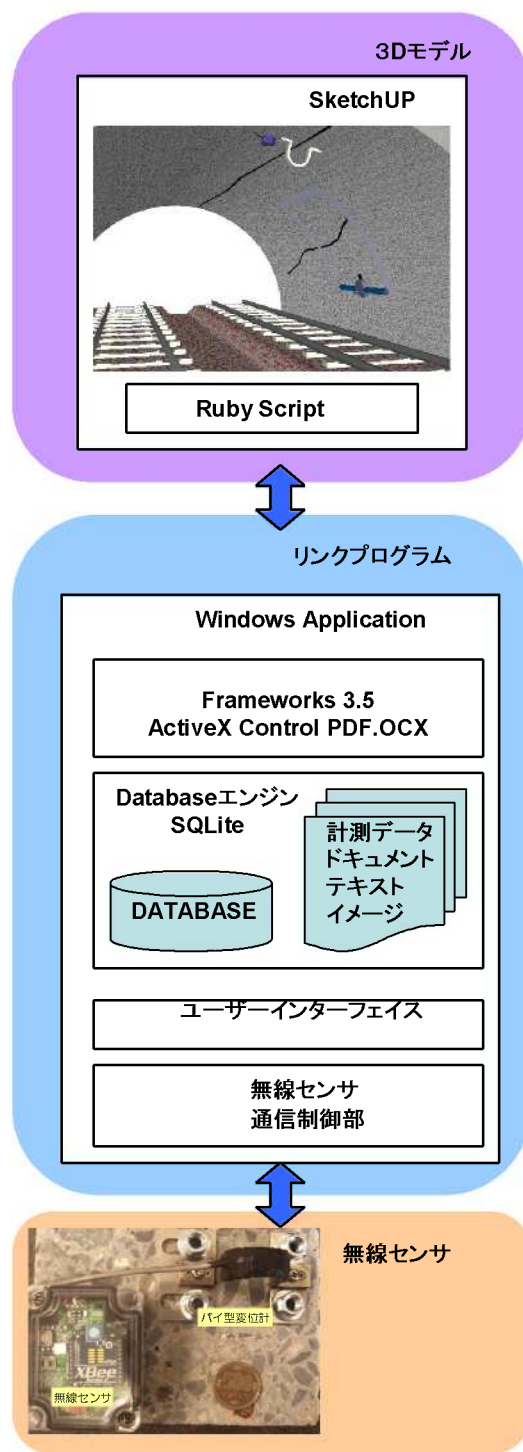


図-2 システムの概念図

表-2 格納形式と対応する資料の例

格納形式	対応する資料
計測データ	無線センサの計測データ
テキスト	変状の種別、変状ランク、測定メモ
ドキュメント	工事誌、調査資料
イメージ	変状記録写真
その他	地質図、地形図、縦断面図