

Wi-SUNを用いた鉄道等の社会インフラ監視通信ネットワーク



公益財団法人
鉄道総合技術研究所
信号・情報技術研究部
(ネットワーク・通信)
主任研究員

のすえ みちこ
野末 道子



公益財団法人
鉄道総合技術研究所
信号・情報技術研究部
(ネットワーク・通信)
副主任研究員

りゅうおう さとこ
流王 智子



三菱電機株式会社
情報技術総合研究所
無線通信技術部
(ネットワーク・通信)
無線ネットワーク
制御グループ

きのした ゆうすけ
木下 裕介

1. はじめに

1960年代の高度成長期に一齐に整備された、道路、橋、トンネル及び上下水道などの多くの社会インフラが耐用年数とされる50年を越え、補修・更新の時期を迎えて老朽化に伴う事故が懸念されている。このように老朽化した社会インフラの監視、危険予知の実現が緊急課題として顕在化しており、事前の劣化予兆を把握するために、インフラに設置したセンサからの継続的なモニタリングが必要となる。そこで、センサデータを伝送するに十分な通信速度と、低消費電力を特長とし電池駆動かつ長期間動作を可能とするWi-SUNの社会インフラ監視への適用を検討している。

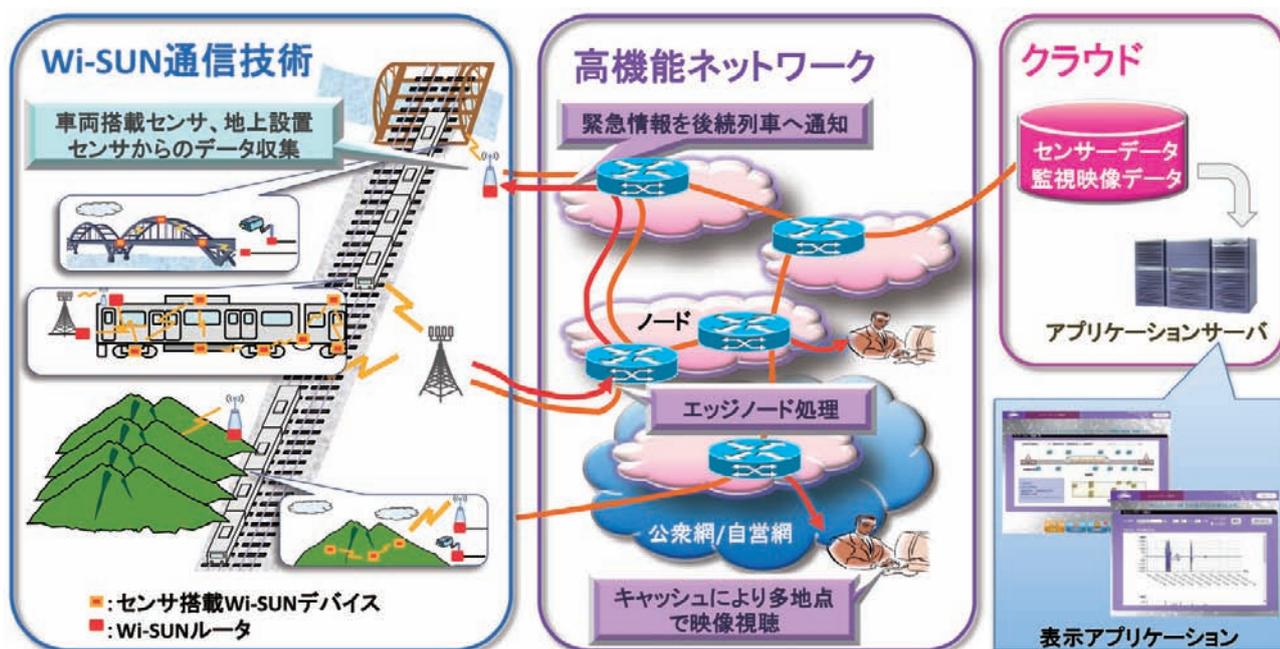
2. Wi-SUNを用いたインフラ監視通信ネットワーク

軌道異常検知、構造物劣化検知、斜面異常検知など鉄道におけるインフラ監視を、継続的なモニタリングにより行

うため、図1に示すように、インフラにセンサ搭載型Wi-SUNデバイス(Wi-SUNセンサ)を設置し、測定したセンサ情報はWi-SUNルータを経由してクラウドに収集するシステムを構築した。低消費電力のWi-SUN通信モジュールを活用することで、Wi-SUNセンサの設置及び電池交換等のコストを低減することができる。

2.1 Wi-SUN通信

Wi-SUNは920MHz帯を使用するため、無線センサネットワークに多く用いられている2.45GHz帯に比べて電波が遠方まで伝搬し、遮蔽物の陰にも電波が届くという特徴があるが、鉄道は架線構造物や線路内の各種設備など多くの遮蔽物が混在する環境にあり、かつ監視対象が地面に近い金属面である場合も多いため、電波伝搬上不利な条件下であることが多く、また雨や雪など気象条件も考慮



■図1. Wi-SUNを用いたインフラ監視システム



する必要がある。そこで、鉄道環境にWi-SUNを適用する場合を想定したネットワークを構築し評価をするためのセンサ搭載型Wi-SUN通信デバイスを開発した。

2.2 高機能ネットワーク

センサネットワークから収集されたビッグデータを、データセンターに効率的に送るだけでなく、ネットワークノード中にデータ処理機能を埋め込むことにより、ビッグデータ収集とデータセンターによる解析結果を有効に利用できるネットワークを開発評価するものである。

3. 鉄道設備におけるWi-SUN通信実証試験

鉄道設備には土木構造物や軌道、電力、信号などの地上の固定設備と、車両など移動体となる設備が存在する。いずれも、主に目視を中心とした全般的な定期検査が行われ、そこで実施される判定により抽出された設備の補修、保全計画の策定が行われている。

このような設備の経時変化をより高頻度に定量的に把握することで、危険事象の回避や劣化兆候の早期発見につなげるため、鉄道設備の状態監視を想定した以下の3種類の試験を鉄道総合技術研究所（鉄道総研）内の試験用設備を用いて伝送性能を把握し、その適用可能性を確認した。

①車上における伝送特性（試験①）

－試験車両の台車や車内にセンサを装着して走行する試験

②降雨による崩壊時を想定した斜面における伝送特性（試験②）

－大型降雨実験装置を用いた降雨による盛土崩壊の試験

③雪中条件下の伝送特性（試験③）

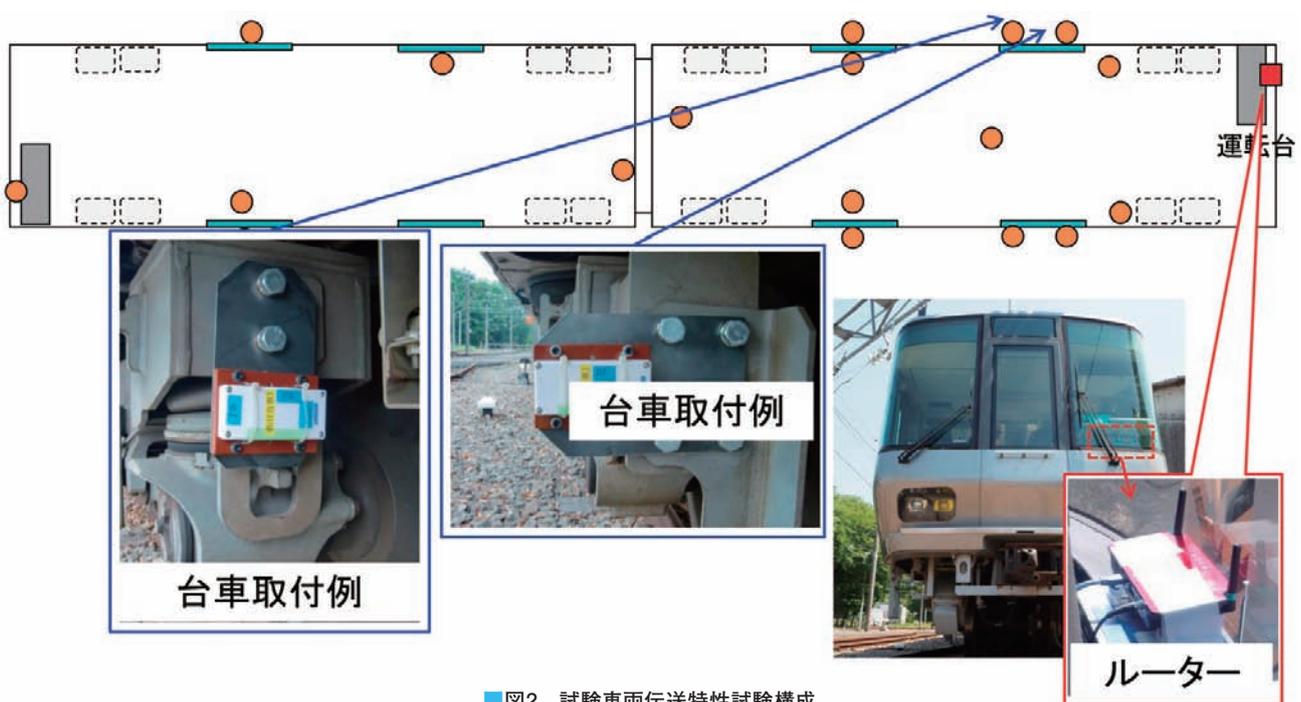
－塩沢雪害防止実験所における雪中条件下での試験

なお、開発したWi-SUNセンサは加速度センサを搭載し、それぞれの試験ごとに伝送周期を設定して送信を行う（以下、定周期送信）ことが可能であるほか、加速度の閾値を設定し、それを上回ったことを検知して伝送する（以下、検知送信）ことが可能である。

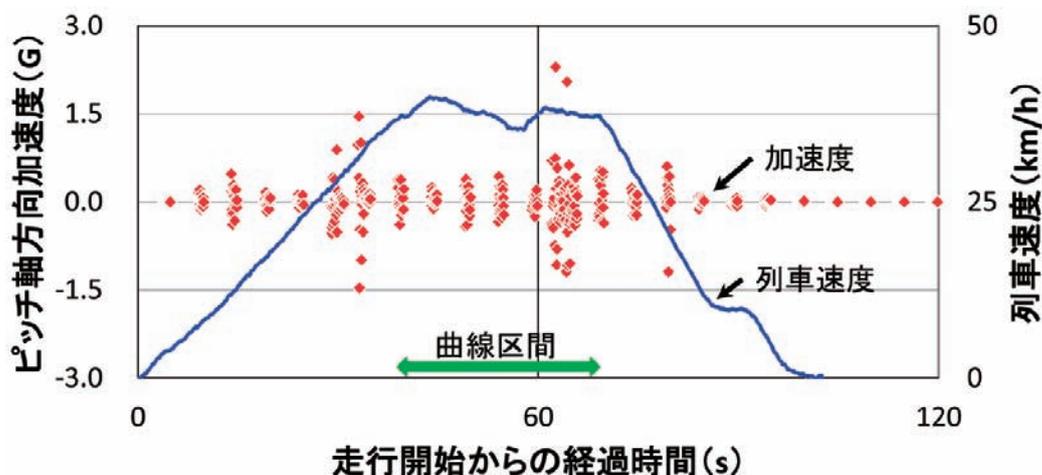
3.1.1 車上における伝送特性（試験①）

構造物の比較的緩やかな状態変化を検出する用途とは対照的に、走行中の車両状態の監視のためにはリアルタイムなデータ伝送が不可欠である。開発したWi-SUNセンサを鉄道総研の2両編成の試験車両（台車及び車両内）に設置し、図2に示す試験構成にて、20～40km/hで走行中の車両における伝送特性を把握する試験を実施した。

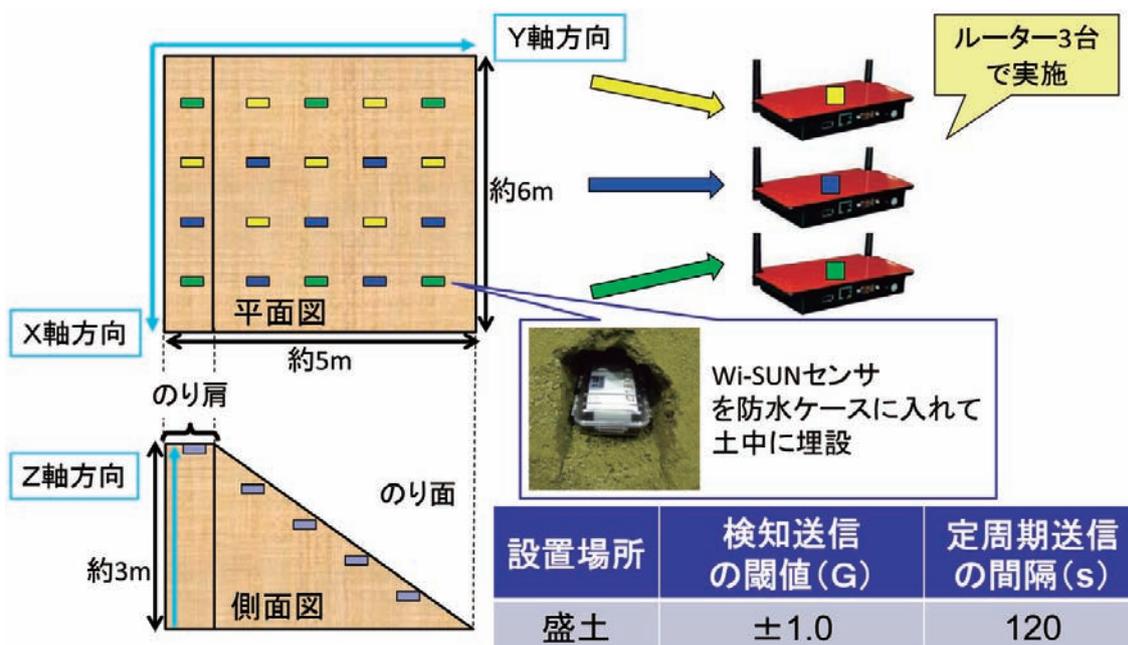
Wi-SUNセンサの測定結果を図3に示す。赤の測定点がピッチ軸方向の加速度を示しており、列車速度の変化に伴っ



■ 図2. 試験車両伝送特性試験構成



■図3. センサ測定結果



■図4. 斜面崩落試験構成

て測定した加速度データにも変化がみられる。走行試験車両による実証で、走行中の車上、台車ネットワークでは97%以上の測定データの到達率を達成した。

3.1.2 降雨による崩壊時を想定した斜面における伝送特性 (試験②)

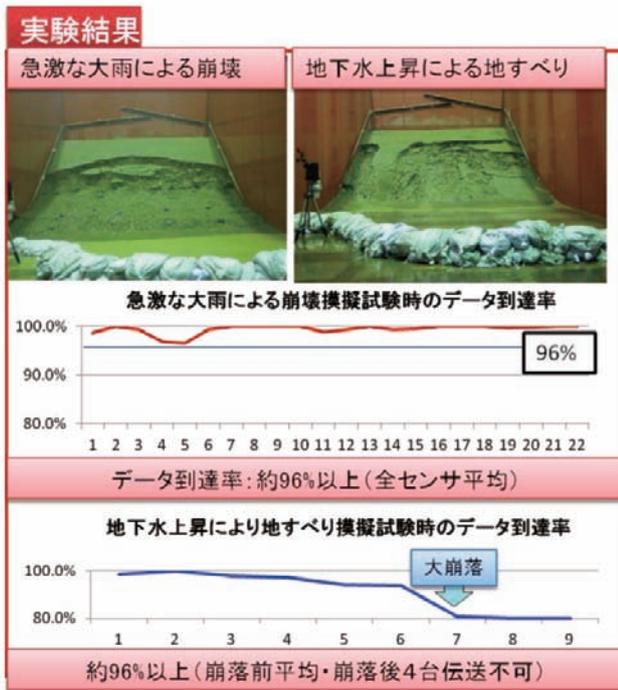
近年、ゲリラ豪雨や深層崩壊などによる盛土や切土の崩壊等の被害が発生しており、無線センサネットワークを沿線の斜面に設置し、状態を監視する必要性が高まっている。

そこで、鉄道総研内大型降雨実験装置において、盛土や切土等の斜面にWi-SUN加速度センサを設置して、(1) 急激な大雨による崩壊、(2) 地下水上昇による地すべり、の2種類を想定した試験を実施した。図4に試験構成を示す。

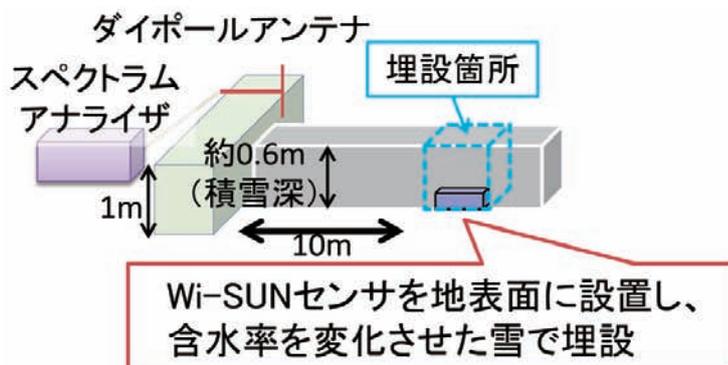
斜面崩落試験においては、定周期送信に加え、設定閾値に応じた検知送信機能により土塊移動のタイムリーな検出が確認できた。図5に斜面崩落時のデータ到達率を示す。大雨による崩落模擬では、比較的ゆっくりと土塊移動が発生し、このケースでは96%以上のデータ到達率を達成した。



一方、地下水上昇による土塊の急激な崩落では、4台のセンサーが伝送不可となったが、予兆及び崩落の検出には有効に機能した。



■図5. 斜面崩落時のデータ到達率



■図6. 着雪・降雪状態における伝送性能試験概要 (左図) と結果 (右)

3.1.3 着雪中条件下の伝送特性 (試験③)

鉄道の沿線設備点検において、目視のしづらい積雪時、降雪時、融雪時は、同時にモニタリングの重要性も高く、着雪・降雪状態における伝送性能把握は不可欠であり、図6 (右) に示す構成にて伝送試験を実施した。

上記の試験結果より、着雪・降雪状態においては、含水率20%までの雪では伝送性能にほぼ影響が見られないが、融雪時期などの水分の多い雪の積雪下に置かれる環境などにおいては、その影響評価を行い、ネットワーク設計を行う必要があるとの知見を得た。

4. おわりに

鉄道におけるインフラ監視を、継続的なモニタリングにより行うため、低消費電力のWi-SUNセンサを活用し、複雑な鉄道環境でも機能する通信ネットワーク基盤の評価を行ってきた。今後は、これまで行ってきた試験線を用いた実証試験結果をフィードバックして、営業線を含めた実証試験により通信ネットワーク基盤の検証を進めて行くものである。

謝辞

本研究成果は、国立研究開発法人情報通信研究機構 (NICT) の委託研究「ソーシャル・ビッグデータ利活用・基盤技術の研究開発」(課題B 新たなソーシャル・ビッグデータ利活用・基盤技術の研究開発) により得られるものです。

