

# 鉄道沿線設備の状態監視に向けたIoT化の推進

キーワード メンテナンス、状態監視、IoT、センサ

## 01 はじめに

JR西日本では「中期経営計画2022」の見直しに則り、グループデジタル戦略の一つの軸として「鉄道システムの再構築」に取り組んでいます。この取り組みの一環として、IoT(Internet of Things:様々なモノをインターネットで接続する技術)を鉄道環境に適用し、利活用することを目的に日本信号株式会社と共同でシステムの研究開発を進めてきました。

## 02 現状における課題

鉄道を安全・安定的に稼働させるためには、各種設備の状態を日々の検査により確認する必要がありますが、鉄道沿線での検査業務において、線路内および近辺での検査では進捗してくる「列車と接触するリスク」、電気設備の検査では「感電のリスク」、そして高所での検査では「墜落のリスク」などが潜んでおり、常に危険と隣り合わせで実施している現状があります。

そのため安全に検査業務を実施するための体制確保や事前準備などに多大な人数と時間が必要となっており、例えばJR西日本管内における信号機(約10,000箇所)や踏切設備(約5,400箇所)の検査業務であれば1か所につき年に数回、1回あたり4~8名体制で、それぞれ1時間程度を要しています。また必要に応じ夜間に実施しなければならない検査業務も数多くあります(写真1、2)。



写真1: 信号機の検査業務

鉄道沿線設備へのセンサ機器設置、センサ情報を収集するネットワークインフラ整備、そして情報を蓄積・管理するクラウド基盤の整備を行うことで、現地に赴かずとも事務所など遠隔地から検査結果の確認が可能となる、より効率的なメンテナンス手法への転換を目指すこととしました。

近い将来の労働力不足など社会環境を見越すと、少人数であっても安全な鉄道サービスを持続的に提供するためには、早急にこれらのマンパワーに頼って実施している検査業務を代替させる方法を考えなければなりません。

この検査業務の代替、つまりメンテナンスのシステムチェンジのために、

- ・地上設備の画像取得と処理による検査業務の省力化
  - ・車両データ取得による検査業務の省力化
  - ・地上設備のセンサ測定による検査業務の省力化
- などの実現に向けた検討を進めてきており、その全ての共通基盤となりうるIoT技術を用いたネットワークインフラを鉄道沿線に構築するとともに、検査業務をセンサ測定へ置き換えていくことに取り組むこととしました。



写真2: 踏切設備の検査業務



鉄道本部  
電気部  
信号通信課担当課長  
高月 真明



## 03 システムの概要

### (1) ネットワークインフラの整備

#### ① 無線通信方式の検討

2016年10月、これまでのマンパワーに頼らざるを得なかった検査業務をセンサ測定に置き換えるため、最初に検討しなければならなかったことは、センサ情報をどのように収集するかという課題でした。

設置するセンサ機器が多数あること、また線路内にしかセンサ機器を設置できない場合があることなどを考慮すると、無線によってセンサ情報を収集することが最も効率的であるため、開発当時に実用化されていた各種無線通信方式について検討を実施することとしました。

設置するセンサ機器は、外部電源による電力供給が可能ではない場合を想定し、内部電池のみで動作できることを前提としたため無線部分での消費電力量は極力抑える必要がありました。そのため携帯電話回線を利用するような消費電力量が大きい方式ではなく、当時IoTで主流になりつつあったLPWA方式(Low Power Wide Area: 送受信できるデータ量は小さいが、省電力で遠距離通信を実現する無線通信方式)で検討を進めることとしました。

各LPWA方式の性能を比較するために鉄道沿線環境におけるフィールド試験を実施し、一定の無線電波の到達距離が必要であること、一日あたりの送信データ数に上限が無いこと、そして自営でネットワーク構築できる自由度が大きいことなどからLoRa方式(Long Range: 電波法に基づく免許が不要な920MHz帯を用いるLoRa Allianceの技術)を採用することとしました(図1)。

#### ② ネットワークの検討

センサ機器からLoRa方式で収集される測定データを蓄積・利用するためには、データを伝送するためのネットワークが必要になり、そのネットワーク構築のために携帯電話回線など通信事業者回線を使用すると当然通信費用などのランニングコストが発生します。

しかしJR西日本においては、鉄道運行に関係する各種データを伝送するため、鉄道沿線に自営通信網(光ケーブル・メタルケーブルといった通信媒体、およびネットワークに必要な機器)を有しており、この既存の自営通信網を活用することで、より低コストでのネットワーク構築が可能であると判断しました。

それによりネットワークインフラ整備のための鉄道沿線における実工事としては、主にLoRa方式によるセンサ機器からのデータ収集装置であるネットワークユニットを約1km間隔に設置すること、および既存の通信ケーブルと接続することのみとなり、新たな通信ケーブルの敷設やネットワーク機器などの設置を最小限に抑えることができました(写真3)。



写真3: ネットワークユニット (NU)

LoRa方式によるフィールド試験での実測値としては1.5km~2.0km程度までは有効な電波到達が確認されましたが、線路のカーブや路盤の高低差、また鉄道沿線の建造物や金属製である電車線構造物などが電波伝搬に大きく影響を与えることがわかり、電波伝搬条件が最も悪い場合であっても、一定のPER(Packet Error Rate: 一定の送信データに対するエラー率)におさえる必要があることから、設置間隔は約1km程度と設定しました。

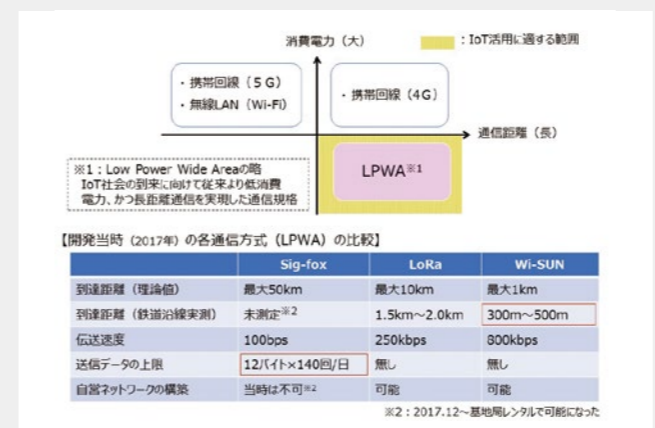


図1: 無線通信方式の検討

なお施工における具体的なネットワークユニット設置場所については、常時外部電源供給が必要であるため、踏切付近への設置を基本としています。

またLoRa方式での通信速度は低速であるため、送信に多大な時間がかかるような大きいデータ（映像など）にも対応することができるよう、ネットワークユニット本体に有線接続のインターフェースを設けるとともに、ネットワークユニットが設置できないような場所でのセンサ機器設置であっても、携帯電話事業者回線を使用することができること、拡張性を持たせた構成としました（図2）。

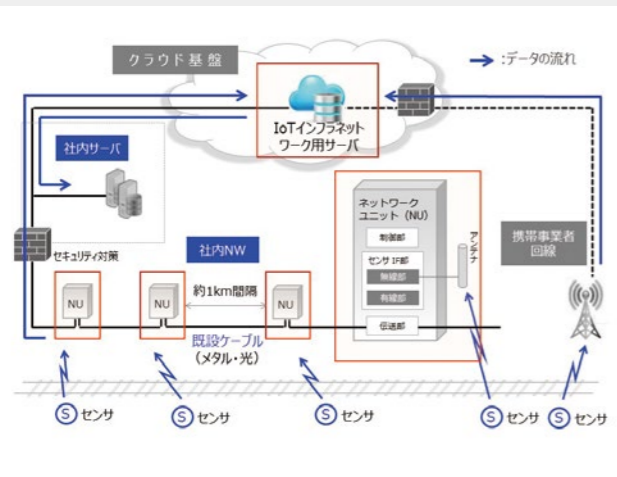


図2：ネットワークインフラの構成

## (2)クラウド基盤の整備

センサ機器から送信されてくるデータの制御や蓄積、またネットワークユニットと接続するセンサ機器のセキュリティ確保などを目的とし、クラウド上にネットワークを一元的に管理するサーバを構築することとしました。具体的な機能は以下の通りです。

### ①センサ情報蓄積機能

ネットワークユニットが収集した各種センサ情報をサーバに蓄積

### ②情報表示装置GUI(Graphical User Interface)機能

サーバに蓄積したセンサ情報や機器設定情報などを情報表示装置に対し視覚的に表示

### ③保守端末GUI機能

センサ機器の設置・移設・撤去時などに必要なデータを入力する保守端末に対し視覚的に表示

### ④電文変換機能

センサ機器固有のフォーマットであるデータを統一されたXML(eXtensible Markup Language: データ内容を記載するタグを自由に設定できる共通表記の一種)フォーマットに変換

### ⑤携帯電話端末データ蓄積機能

ネットワークユニットを経由しない携帯電話事業者回線からのセンサ情報を直接サーバに蓄積

### ⑥データレイク送信機能

サーバに蓄積したXMLフォーマットのデータを他のデータレイク(ビッグデータの保管場所)に送信

以上のように、基本機能としてクラウド上で各種センサ機器から送信されてきたセンサ情報を蓄積し、そのセンサ情報を情報表示端末で参照することにより検査業務を置き換えとして活用することとしています。センサ機器から緊急性を伴うような異常情報(閾値を超えている場合や警報情報など)が発せられた場合については、送信データのヘッダ部分に異常情報であることを記述することで、クラウド上のサーバに蓄積すると同時に、情報表示装置に注意を促すアラームを表示させる機能も実現しています。

## (3)各種センサ機器の開発

検査業務をセンサ測定に置き換える場合、センサ機器の開発・製造コストも含め、より大きな効果が得られるセンサ機器を選定していく必要があります。

そこでセンサ開発の第一弾として次の3種類のセンサ機器を選定し開発することとしました。

### ①閉そく信号機の検査業務(電圧・電流・位相など)

- ・駅中間に設置しており設備数が多い
- ・線路内の検査であるため列車と接触するリスクがある

### ②踏切警報機の検査業務(点滅回数・音圧など)

- ・列車、通行者、自動車に対する保安要員が必要
- ・墜落のリスクや踏切強制鳴動処理により歩行者や自動車との接触リスクがある

### ③電気融雪機の検査業務(絶縁抵抗・電圧・温度など)

- ・駅構内の分岐器部分に設置している設備であるため、保安要員が多く必要
- ・冬季の線路内検査であるため列車との接触のリスクがある(写真4)。



写真4：電気融雪機の検査業務

また設置に必要な開発要件として「温度・振動など鉄道沿線環境に耐える性能の実装」、「設置場所の自由度を高めるための小型化」、「老朽取替頻度を軽減するための長寿命化」などを設定しました。なおセンサ機器の共通部分であるLoRa方式の無線通信を行う基板については小型化の検討を徹底的に実施し、

## 04 システムの更なる活用

今回のJR西日本と日本信号株式会社で共同開発した鉄道沿線の遠隔監視システム(システム名Traio: トレイオ)における、具体的な技術検討実施項目としては、以下にまとめることができました(図3)。

- ・鉄道沿線環境へ対応するための耐環境性
- ・無線部分を含むセンサ機器の小型化、長寿命化
- ・既存自営通信網およびネットワークとの親和性
- ・多種多様なデータに対する拡張性
- ・システムのセキュリティ対策
- ・無線通信の信頼性向上



図3：Traioのロゴマーク

特に無線通信においてはその電波の性質上、確実に情報を伝送することは難しいためLoRa方式に改良を加えることで信頼性の向上を図ることとしました。しかし伝送遅延については、無線部分の信頼性向上のための再送要求処理やIP技術の一部を利用しているため、秒単位ではあるが一定時間の遅延を許容せざるを得ませんでした。

## 05 おわりに

鉄道沿線の遠隔監視システムの開発により、現在は人が現地で実施している検査業務を、共通基盤となるネットワークインフラを構築し、かつセンサ機器を開発設置することで、各種計測値を自動で測定・収集し検査業務を代替させることが可能となりました。

十円硬貨3枚程度の大きさで実現することができました。

今後はセンサ開発の第二弾として、転てつ器ロックモニタセンサ、踏切遮断機監視センサ、踏切制御子電圧監視センサなどの開発に順次取り組むこととしています。

そのような条件下ではあるものの、設備状態データを確実に入手することができるようになることで、当初の課題である検査業務のセンサ測定への置き換えだけではなく、他の用途にも活用できる可能性が出てくることとなりました。

例えば、セキュリティ対策としてネットワークユニットとカメラを有線接続することで、通信費用不要の監視カメラ(防犯カメラ)としての活用、設備の検査業務だけではなく鉄道沿線の状態監視としての活用、そしてお客様サービスとしての様々な潜在需要などに対応していくことが可能となります(図4)。

	セキュリティ対策のコスト削減	沿線状態監視	お客様サービス
潜在需要	・監視カメラ	・桁下水位 ・構造物の定期計測 ・斜面状態の定期計測 ・橋桁防護工衝撃検知	・コインロッカー空き状況 ・ゴミ箱空き状況 ・トイレ空き状況 ・トイレ備品残量 ・エスカレータ稼働方向 ・窓口混雑状況
活用例	監視カメラ 監視カメラ 回線の置換による通信コスト削減 監視センター 監視センター	桁下水位 斜面状態 新たな沿線状態監視を低コストで実現 指令	コインロッカー 新たなお客様サービスを低コストで実現 Web公開

図4：更なる活用用途

ご相談・問い合わせは下記リンク先からお願いします。

【<https://www.westjr.co.jp/company/action/technology/vision/techweb/company01.html>】