

効果的なデータ収集と蓄積を目的とする LPWA通信とデータプラットフォーム連携に 関する基礎研究

亀田 敏弘¹・大町 正和²・梅本 秀二³

¹正会員 筑波大学准教授 システム情報系 (〒305-8573 茨城県つくば市天王台1-1-1)

東京大学特任研究員 i-Construction システム学寄付講座
E-mail:kameda@kz.tsukuba.ac.jp

²正会員 (株)計測リサーチコンサルタント 事業推進部 (〒732-0029 広島県広島市東区福田1丁目665-1)
E-mail: oomachi@krcnet.co.jp

³正会員 (株)計測リサーチコンサルタント 事業推進部 (〒732-0029 広島県広島市東区福田1丁目665-1)
E-mail: umemoto@krcnet.co.jp.

i-Construction を実現する上で、維持管理手法のイノベーションは重要なテーマであり、点検データ取得の効率化に向けたLPWAの活用が報告されているが、一般的なデータ収集手法として広く普及するまでには至っていない。本研究では、点検データの計測のノウハウ（土木知）が要求される領域と、習熟した技術が不要な領域とを分離するとともに、データ配信に規格化されたプロトコルを用いることで、汎用的に活用できるLPWA活用データ収集・蓄積システムを提案した。具体的には、センシング部分と後段を分離するためのインターフェースを開発して、自由に通信形式や事業者を選択可能とした。また、データ配信に汎用的なMQTTプロトコルを用いて、収集・蓄積に用いるサーバ選択の自由度を高めて、多様な予算や規模のニーズに応じたシステムを構築可能とした。

Key Words : *i-Construction, maintainace, interface, sensing, IOT, LPWA, MQTT*

1. はじめに

社会基盤の維持管理において、構造物の点検は今後も継続して実施されるものであり、センシング技術の進歩に伴い、取得されるデータ量も増加している。i-Construction の推進の観点からは、維持管理に伴うデータ収集・蓄積を省力化し、得られたデータを円滑に流通させて活用することが極めて重要である。将来的にはデジタルツインに代表されるサイバー空間における社会基盤を、現実の対象物と常に同期させることが必要となり、情報の収集・蓄積を省力化、さらには自動化することが求められる。本研究では、点検記録データを自動収集・蓄積するシステムを提案し、プロトタイプを開発した。開発においては、実用化して普及させる上で必要な技術として、以下の3つの点に着目した。

(1) 構造物に対して有効な計測を実施する専門的知見（土木知）の重視

橋梁の計測を例にとると、計測実施の際に変位計や傾斜計を電氣的に接続しただけでは有効な計測は不可能であり、専門的知識に基づいた計測器の選定と設置が重要となる。したがって、データ収集システムにおいては、信頼性の高いデータ収集のために、多種のセンサから選定された最適なものを接続できる自由度が重要となる。通信機器の選定とは独立して適切な計測手法を選定できることが望ましい。

(2) 多地点からの計測データ収集の低コスト化

多地点計測においては、多くの計測点を有線で接続することは不可能であり、無線接続が前提となるが、個々の計測点を商用のデータ通信網と接続することは機器と通信料の双方のコストから現実的ではなく、免許不要で機器が低コストであるLPWAが候補となる。先行研究として、市街地でのリアルタイム浸水モニタリングにLoRaを用いた実証実験例¹⁾では、複数の計測地点から1km以内に受信機を設置して、電池の消耗と通信の信頼

度が示されている。鋼箱桁橋のリアルタイムひずみ計測にLoRaを用いた実証実験例²⁾では、計測地点から130mの距離に受信機を設置して、無線接続によるひずみ計測手法が示されている。河川の水門開閉状況の一元監視にLoRaを用いた実証実験例³⁾では、災害による停電発生時に、被害の無い遠隔地からのデータ収集を想定した10km程度の距離に設置した受信機によるデータ収集手法が示されている。本研究においても、LoRaを用いた多地点計測の低コスト化に着目した。

(3) ニーズに応じて柔軟にシステム設計できる自由度の確保

多数のセンサからLoRa通信によって集約された情報は通常インターネットによってサーバに送られて蓄積されるが、独自プロトコルを用いると汎用性が失われ、ニーズに応じた小回りの利く実装が困難となる。本研究では、汎用プロトコルであるMQTTを用いることで、自由度の高いシステムとした。

2. LPWA通信の橋梁点検への適用

(1) ニーズ把握と現地橋梁の調査

国土交通省関東地方整備局との間で研究目的に合致した計測実施場所について打ち合わせを行い、国道17号赤谷川大橋と月夜野大橋を選定した。

a) 赤谷川大橋

赤谷川大橋は供用後36年が経過した「3径間連続鋼箱桁橋2連」である。現地調査の結果、床版および橋脚にひび割れが発生していた。床版ひび割れの大部分は補修が行われているが、一部で幅0.1mm程度のひび割れが確認できる。また、橋脚のひび割れについては幅0.1~0.3mm程度のひび割れが確認できた。図-1、図-2に床版および橋脚のひび割れ状況を示す。

b) 月夜野大橋

月夜野大橋は供用後38年が経過した「単純PCポステン箱桁橋×3連+4径間連続ヒンジ付きPCポステン箱桁橋」である。現地調査の結果、伸縮装置からの漏水が発生しており、桁下面に漏水跡が確認された。また、張り出し床版や橋脚の鉄筋露出、支承の腐食が発生していた。特にP3橋脚はローラーカバーの欠損を伴う腐食が発生していることから支承の機能障害が発生している可能性が高い。図-3、図-4に各変状の状況を示す。

(2) 通信のフィージビリティスタディ

現地周辺の地図を図-5に示す。令和3年1月20日の現地調査の結果、赤谷川大橋周辺は見通し範囲においてLPWAによる情報収集が可能であることが確認できた。



図-1 橋脚のひび割れ状況

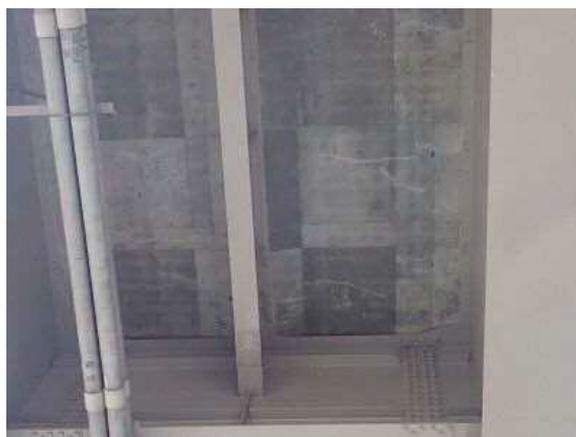


図-2 床版のひび割れ状況



図-3 鉄筋露出



図-4 ローラーカバーの腐食



図- 5 各施設の位置関係



図- 6 赤谷川大橋周辺の受信レベル

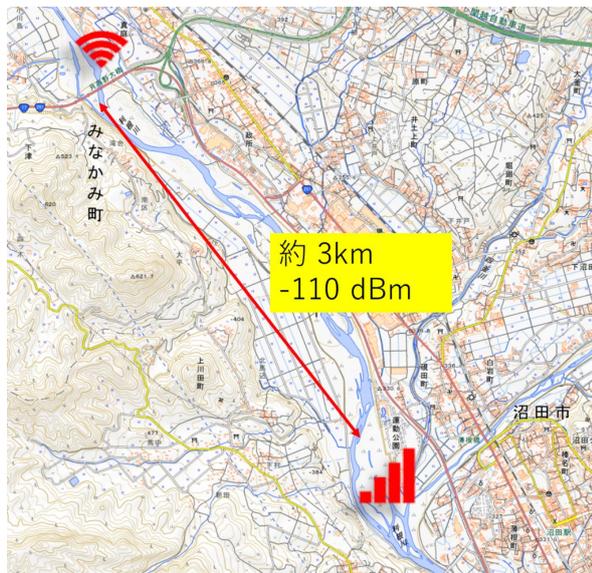


図- 7 月夜野大橋周辺の受信レベル

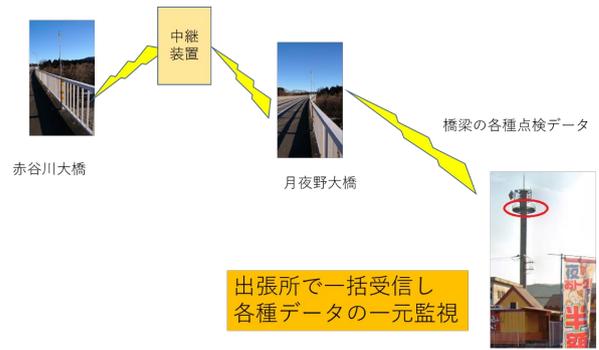


図- 8 中継を利用したデータ収集

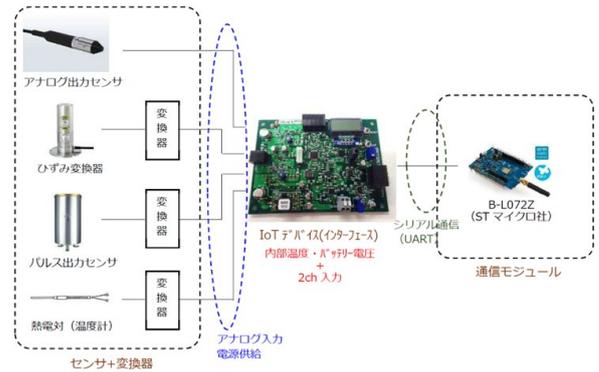


図- 9 開発したインターフェース

当該地点は周囲に比べてやや低い位置となっており、見通し距離が短く、見通し距離を超えるデータ収集については、中継技術によって克服することが必要と考えられる。実用的なデータ受信が可能となる電波強度である-110dBmとなる最大距離を図- 6に示す。隣接する月夜野大橋についても同様の通信試験を実施した。月夜野大橋周辺は見通しが遠距離まで確保されており、当該地点から運動公園まで安定した通信が可能であった(図- 7)。国土交通省関東地方整備局高崎河川国道事務所沼田維持修繕出張所へのLPWA通信が直接可能であると考えられ、赤谷川大橋への対応も考慮して、図- 8に示すようなデータ中継方法が適切と判断した。

(3) 専門知を生かすシステムのためのインターフェース開発

本研究で提案するシステムの汎用性を確保するために、多様なセンサの信号を規格化されたプロトコル(UART)を用いてLPWA送信機に入力するためのインターフェースの開発を実施した(図- 9)。インターフェースによって社会基盤計測用センサの選択と、LPWA送信機から後段の選定の自由度がそれぞれ確保され、社会基盤構造物の計測に最適な手法を選定することが容易になる。

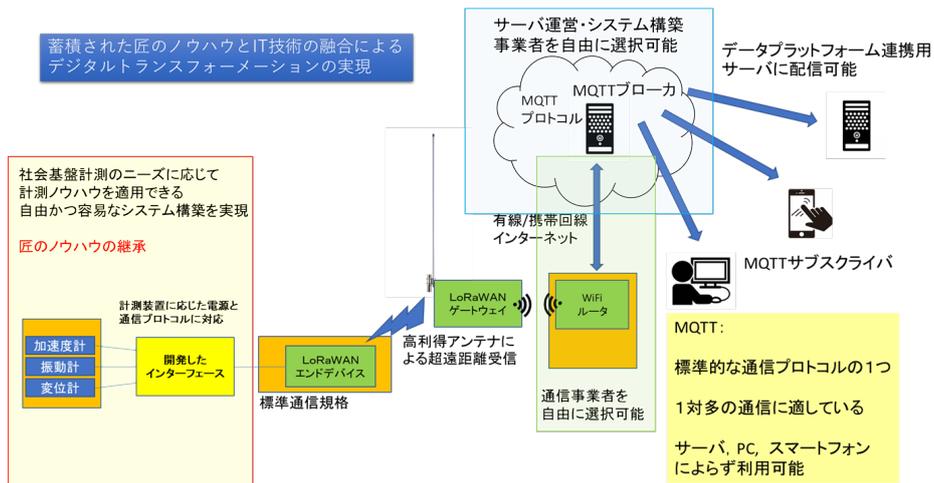


図- 10 土木知を活用可能な汎用データ収集・蓄積システム

(4) データ配信方法の提案とサーバ構築

社会基盤データの配信を行う際、計測のためのデータ収集とデータプラットフォームを介した継続的なデータ蓄積を同時かつシームレスに実現可能になるよう、1つの計測側に対して多用途にデータ受信が重要と考え、1対多の通信が可能なMQTTプロトコルを利用することとした。当該プロトコルの利用には、MQTTブローカと呼ばれる配信機能を持つサーバが必要となるため、実験用のサーバを構築した。構築したサーバ仕様を表- 1に示す。

表- 1 構築したMQTTサーバの仕様

サーバOS	Ubuntu 20.04
ログインセキュリティ	SSHポート独自指定
MQTTブローカ	mosquitto v3.1.1
MQTTポート	1883

3. おわりに

(2021.5.21 受付)

本研究では、図- 10に示すデータ収集・蓄積システム

を提案・開発した。遠距離受信を可能にするために、出張所の鉄塔を活用したLPWA信号受信システムの実装を予定しており、遠距離LPWA通信を活用した自動計測データ収集・蓄積システム構築を引き続き実施予定である。

謝辞：本研究の遂行においては、国土交通省関東地方整備局「令和2年度現場ニーズと技術シーズのマッチング」の支援を頂戴した。ここに感謝する。

参考文献

- 1) 関谷ら：LPWAを活用した鋼箱桁橋における無線計測に関する基礎的研究，土木学会論文集 F3(土木情報学)，vol.76, No.1 53-62, 2020
- 2) 小林・大原：LPWAを用いた市街地でのリアルタイム浸水モニタリングに関する研究，土木学会論文集 F3(土木情報学)，vol. 75, No. 1, 36-47, 2019
- 3) 亀田ら：LPWAネットワーク型データ取得の電源喪失時レジリエンス向上に関する研究，土木学会 AI データサイエンス論文集，vol. 1, J1, 554-559, 2020

LPWA COMMUNICATION AND DATA PLATFORM COLLABORATION FOR EFFECTIVE DATA COLLECTION AND STORAGE

Toshihiro KAMEDA, Masakazu OMACHI and Shuji UMEMOTO

Innovation of maintenance is an important theme in i-Construction, and it has been reported that LPWA is used to improve the efficiency of inspection data acquisition, but it is not so widely used as a general data collection method. In this research, we separate the areas that require specialized civil engineering knowledge for measuring inspection data from the areas that do not require proficient skills, and use a standardized protocol for data distribution. Specifically, we have developed an interface to separate the sensing part from the latter stage, making it possible to freely select the communication format and operator. In addition, by using the general-purpose MQTT protocol for data distribution, the degree of freedom in selecting the server used for collection and storage has been increased, and it has become possible to construct a system that meets the needs of various budgets and scales.