

# ひずみゲージ無線化ユニットの開発と通信評価

株式会社 共和電業 正会員 ○高木 真人 正会員 齊藤 順倫 江川 潔 砂川 倫昭  
東京都市大学 正会員 関屋 英彦 フェロー 三木 千壽

## 1. はじめに

橋梁の維持管理を行う上で、供用中の橋梁に発生している応力を把握することは重要である。しかしながら、従来のひずみ計測は、ひずみゲージと計測装置が有線で接続されていたため、配線の養生作業等が必要となり、施工性に課題があった。そこで本検討では、ひずみ計測の無線化を目的とし、ひずみゲージ無線化ユニットの開発を行い、鋼橋を模擬した室内実験を行うことで、実用化に向けた課題を抽出した。

## 2. ひずみゲージ無線化ユニットの概要

本ユニットはひずみゲージ近傍に設置するセンサノード4台とデータ回収する受信ノード1台により構成される。本ユニットの外観を図-1に、概略仕様を表-1、表-2に示す。本ユニットは以下3点の特徴を有している。

### a) センサノードの省電力化

ひずみゲージの印加電圧を下げ、低消費電力マイコンを使用することで1年以上(1日1回計測時)動作が可能である。電源は単三電池を採用し、経済性に優れたニッケル水素充電池の使用が可能である。

### b) 無線通信

電波の回り込み性の良い920MHz帯を使用した。また設置位置の制約を受ける事も考えられるため、容易に方向を変えられるアンテナを採用した。

### c) 同期性能

同期性能を高めるため、考案した集録シーケンスを図-2に示す。各ステップの詳細を下記に示す。

- (1) 各センサノード-受信ノード間にて通信し、通信による遅延時間を考慮した時刻同期を行う。
- (2) 各センサノードにて 100 秒間集録動作を行う。
- (3)(4)(5)(6) センサノードから集録データを回収する。
- (7) (1)の同期に戻る。

このシーケンスでの同期性能を確認するため、自由振動する板バネを用いて試験をおこなった。試験状況を図-3に、試験結果を図-4に示す。試験結果より、このシーケンスを用いることによってセンサノード間で 10 ミリ秒以内の同期性能を確保できることを確認した。

## 3. 鋼橋内環境を模擬した無線通信実験

鋼橋内は主桁、横桁、鋼床版等の鋼構造物で囲まれた空間である。本実験では、鋼橋を模擬した鋼板に囲まれた空

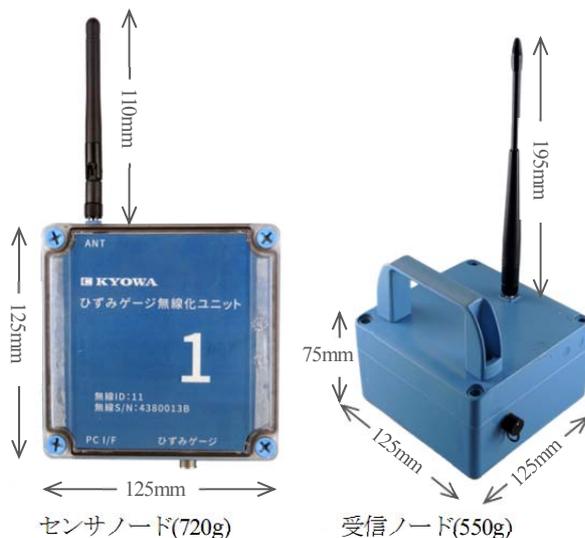


図-1 ひずみゲージ無線化ユニット外観

表-1 概略仕様 [センサノード]

測定対象	120Ω ひずみゲージ, 1ch
測定範囲	±10000×10 <sup>-6</sup> ひずみ
サンプリング周波数	100Hz
無線通信仕様	920MHz, GFSK
動作時間	120 時間 (連続動作時)
電源	単三電池 8 本
消費電流	52mAh (3V, 計測時)
外形寸法 (突起部含まず)	125mm×125mm×60mm

表-2 概略仕様 [受信ノード]

接続台数	センサノード 4 台まで
電源	USB ポートより電源供給
設定方法	PC にて設定 (USB 接続)
外形寸法 (突起部含まず)	125mm×125mm×75mm

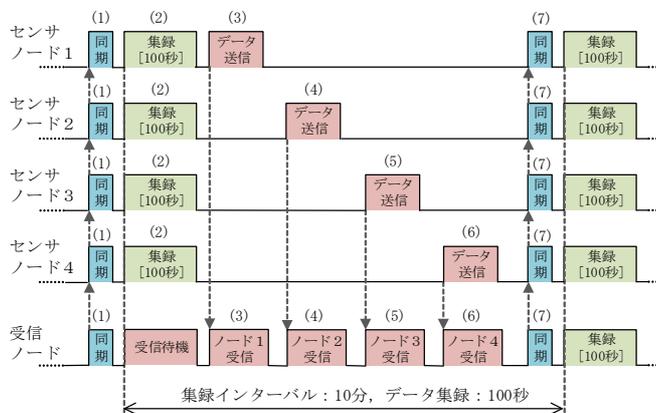


図-2 集録シーケンス

キーワード 橋梁, ひずみゲージ, モニタリング, 無線, 920MHz, 通信障害

連絡先 〒182-8520 東京都調布市調布ヶ丘 3-5-1 株式会社 共和電業 TEL 042-488-1111

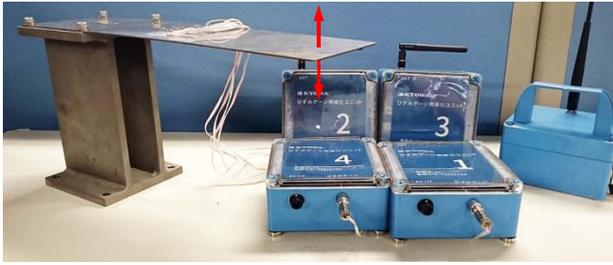


図-3 同期性能試験状況

間において、無線通信実験を実施した。

### 3-1. 実験概要

センサノードと受信ノードのアンテナ間距離を30cm～120cmまで2.5cmずつ離れた時の受信信号強度(Received Signal Strength Indicator, 以下RSSI)を1000回測定し、平均RSSIと通信エラー回数を記録した。通信実験概要を図-5に示す。

### 3-2. 実験結果

通信実験結果を図-6に示す。本ユニットではRSSIが-110dBを下回ると通信不可となることが確認できているが、本実験ではRSSIが十分強いにも関わらず通信エラーが確認された。

本事象は通常の室内では生じなかったため、鋼構造物特有の空間伝搬に起因するものと考えられる。一般的に電波は金属で反射することが知られ、特に鋼橋のような鋼構造物に囲まれた空間では、電波は様々な箇所でも反射を繰り返す<sup>1), 2)</sup>。そのため送信点から受信点までの伝搬経路が複数存在し、RSSIが強い場合であってもフェージング(電波干渉)が発生し通信エラーとなることがある。鋼橋内を模擬した無線通信実験結果を検証することを目的とし、本実験環境における電界分布のシミュレーションをおこなった<sup>3)</sup>。シミュレーション結果を図-7に示す。室内実験結果と同様に、電界強度の強弱が交互に現れる結果となった。

### 4. まとめ

10ミリ秒の同期性能をもつひずみゲージ無線化ユニットを開発した。鋼橋内環境を模擬した室内実験と電界分布シミュレーションを行うことにより、実際の鋼橋内においてもフェージングによる通信エラーが発生する可能性が高いことが確認された。本装置に常時通信確認機能を搭載し、フェージングによるエラーが起きないように対策を行い、実橋梁における実用化に向けて検討を進める。

### 参考文献

- 1) Karasawa, et al., "Fundamental Propagation Characteristics of Stirrer-Less Reverberation Chamber for MIMO-OTA Measurements", IEICE Trans. Commun., Vol.E97-B, No.10, 2014.
- 2) 電子情報通信学会 知識ベース 4群1編2章 2-3 フェージング ([http://www.ieice-hbkb.org/files/04/04gun\\_01hen\\_02.pdf](http://www.ieice-hbkb.org/files/04/04gun_01hen_02.pdf))
- 3) AET, INC. MWStudio

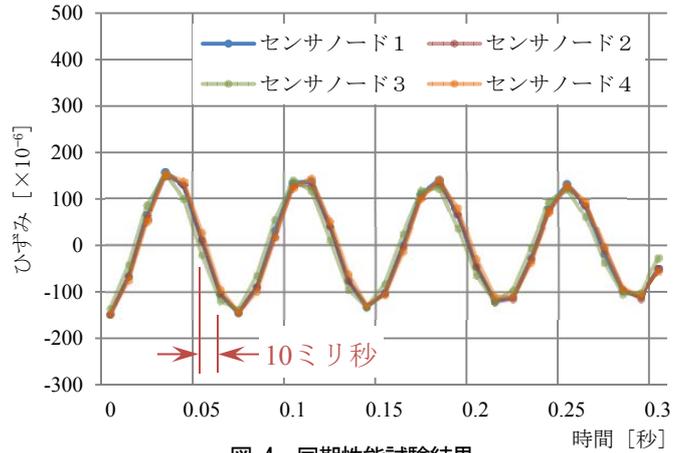


図-4 同期性能試験結果

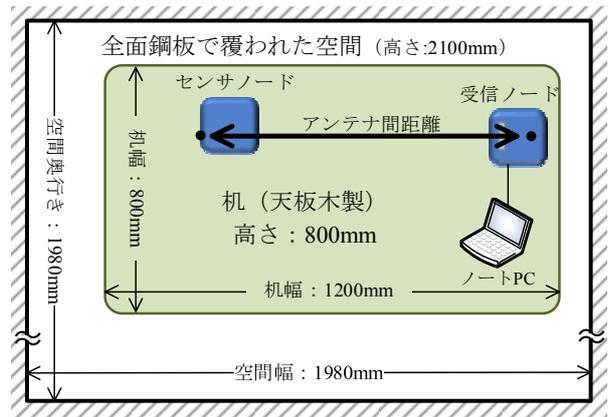


図-5 通信実験概要

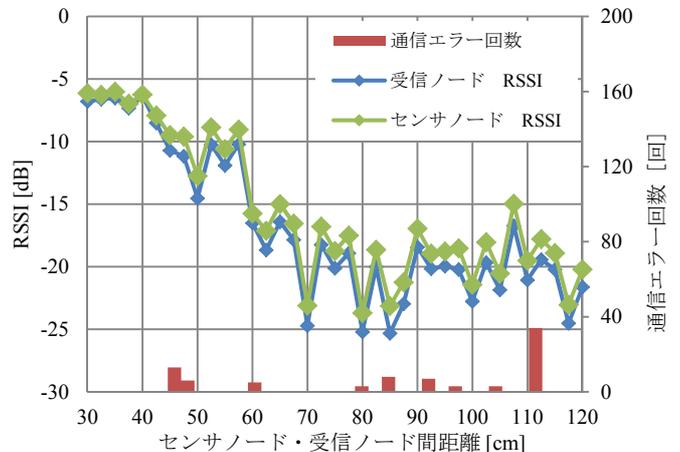


図-6 通信実験結果 (RSSI と通信エラーの関係)

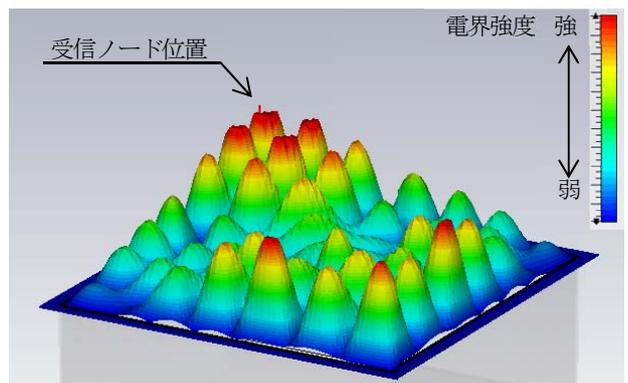


図-7 電界分布のシミュレーション結果