

RFID タグを用いた路車間無線モニタリングシステム

京都大学大学院 学生員 ○金川昌弘

京都大学大学院 正会員 坂井康人

大阪大学大学院 正会員 貝戸清之

京都大学経営管理大学院 フェロー 小林潔司

1. 研究目的

ハザードモデルに基づく統計的劣化予測手法の飛躍的な進展により、目視点検ベースのアセットマネジメントの基本的枠組みはほぼ構築されたといえる。アセットマネジメントをさらに高度化させるためには、統計的劣化予測手法により抽出された要監視構造物を常時監視し¹⁾、その構造物の損傷・劣化を早期に検知することが重要である。このような常時監視に対しては目視点検の限界が指摘されており、各種モニタリング手法を目視点検と相互補間的に適用していくことが不可欠である。このとき、常時モニタリングの適用可否に関する判断材料の一つとなるのが、構造物側で蓄積されたモニタリングデータの継続的・効率的な回収方法である（費用面も含む）。そこで本研究では、通常走行状態の車両でデータ回収が可能な路車間通信モニタリングに着目し、モニタリングシステムのプロトタイプを試作するとともに、高速道路の高架橋を対象とした適用事例を通して、提案手法の有効性を実証的に検証する。

2. 路車間通信モニタリング

モニタリングデータの継続的・効率的回収手法として、橋梁のような土木施設に設置した計測点からモニタリングデータを無線で発信し、そのデータを走行車両で回収するというシステムの開発を手掛ける。このように、対象構造物で何らかの物理量をモニタリングし、データを蓄積している現場基地局から通常速度で走行する車両（移動局）へ送信する無線通信の仕組みを、本研究では路車間無線モニタリングと呼ぶ。具体的には、高架橋で実施されたひずみ計測と連動し、高速道路上において、モニタリングデ

表-1 アクティブ RFID タグの概要

項目	内容
規格	IEEE802.15.4 準拠 2.4GHz 帯無線通信
チャンネル	ISM バンド 16ch
無線識別用 ID	24bit（出荷時書き込み済）
拡散方式	DSSS（Direct Sequence Spectrum Spread）
変調方式	O-QPSK
通信速度	250kbps（最大）
通信プロトコル	SSEI 社独自方式
サンプリング	周波数：1Hz
メモリ容量	システムエリア：64byte ユーザエリア：262,080byte
送受信アンテナ	非指向性アンテナ（高：80mm）
外形	100mm×50mm×30mm
メーカー	杉原エス・イー・アイ



ータの回収性能に関する実証試験を実施する。

3. プロトタイプの概要

本研究では将来的な大容量データ通信を見据えて、アクティブ RFID タグを用いた路車間無線通信システムのプロトタイプの開発を試みる。具体的には、①ひずみゲージから出力される動的ひずみデータ（アナログ電圧信号）のサンプリング機能、②アナログデータをデジタルに変換する AD 変換機能、③データ収録機能、④送信要求に対するデータ送信機能の 4 つを集約し、1 つの RFID タグに搭載した。また、受信側（車両側移動局）も通常の USB メモリカードと同等サイズのデバイスを用意し、USB ケーブルでノート PC に接続し、デバイスが PC にインストールされたソフトウェアによって受信処理が行われる。アクティブ RFID タグの概要を表-1 に示す。

キーワード：RFID，路車間通信，無線モニタリング，動的ひずみ，アセットマネジメント

連絡先：〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 京都大学大学院 工学研究科都市社会工学専攻 TEL：075-383-3224

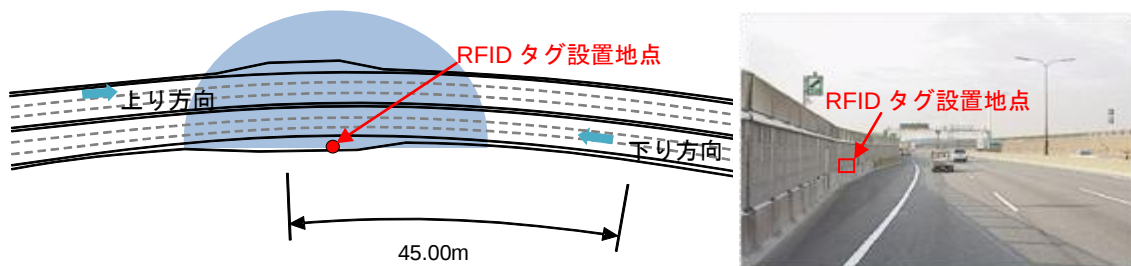


図-1 橋梁側 RFID タグ設置地点の概要

4. 適用事例

4.1 フィールド試験概要

実橋におけるフィールド試験は、阪神高速道路の高架橋で実施されたひずみ計測と連動させる形で固定局にてモニタリングデータを蓄積し、高速道路上を走行する車両でデータ回収を行った。プロトタイプでは、動的ひずみ計測器から、動的ひずみデータを直接 RFID タグにリアルタイムで蓄積するようになっている。蓄積データは RFID のデータ保存容量を超えた時点で逐次新しいデータに更新される。さらに、車両側から送信要求信号を受信すると、これらのモニタリングデータが直ちに送信されることになる。アクティブ RFID タグの設置地点の概要を図-1 に示す。設置地点は無線通信にはやや不利な、見通しのききにくい曲線区間を選定した。

4.2 車両の走行速度と通信データ容量の関係

計測されたひずみデータは橋上から送信される。路車間通信によりデータ回収を行う車両は、図-1 の下り線側の走行車線を走行した。試験に際しては、車両速度を 40～80km/時まで 10km/時刻みで変更させた。各速度において 1 回、50km/時のみ 2 回の走行試験を実施したので、合計 6 回の路車間無線モニタリングによる通信試験を実施することができた。車両走行速度と路車間無線通信により取得したデータ量の関係を図-2 に示す。速度と取得データ容量の間に逆相関の関係を見て取ることができる。また、車両走行速度は最大 80km/h の時にでも通信データ量は約 5kbytes という結果を得た。これは、例えばサンプリング周波数 100Hz の 1ch 分のモニタリングデータに換算すると、数秒間のデータに相当する。したがって、現状の路車間無線モニタリングでは固定局側で蓄積された長時間の時系列波形を取得することは困難である。しかし、実務上、このような生波形を継続的に取得する必要性は少なく、生波形に対して

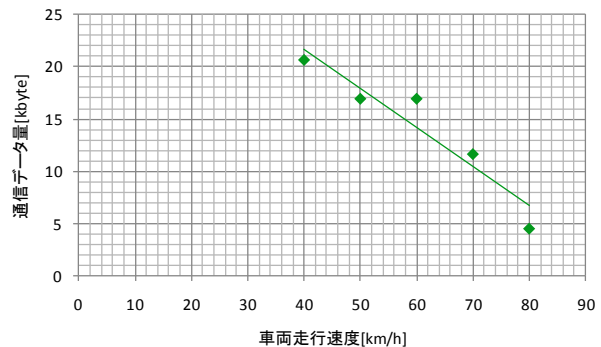


図-2 車両走行速度と取得データ量の関係

何らかの信号処理を施した結果（1 次分析データ）を送受信できれば十分であると考えられる（1 次分析データに異常が確認された場合に車両を停車させて生波形を回収することが現実的である）。そこで、本研究では計測したひずみデータの 1 次分析データとして、頻度分布を算出した。今回の場合、ひずみ振幅を 100 のクラスに分類し、各クラスの頻度をレインフロー法によりカウントしたが、データ容量は約 300kbytes 程度であった。実際の頻度分布データの回収では、いずれの走行速度においても、無線通信に伴うノイズや欠損のない良好な結果が得られた。

5. おわりに

高速道路上で実施した路車間無線モニタリングにより車両走行速度と受信可能なデータ量の関係を把握することができた。しかし、実用化には、データ回収のさらなる効率化（解析結果や圧縮データ等の送信検討）や電源の問題や電波干渉や配線などの課題を検討していくことが重要である。なお、フィールド試験の実施に際して、阪神高速道路株式会社、阪神高速技術株式会社、(財) 阪神高速道路管理技術センターには多大なご協力を賜った。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献：1) 坂井他：都市高速道路のアセットマネジメントーリスク評価と財務分析ー，建設マネジメント論文集，土木学会，Vol.16，pp.71-82，2009。