

RFIDを用いた路車間無線通信による マネジメントデータの効率的取得可能性

京都大学大学院 金川昌弘*1
 阪神高速道路株式会社 坂井康人*2
 財団法人阪神高速道路管理技術センター 荒川貴之*3
 大阪大学大学院 貝戸清之*4
 京都大学経営管理大学院 小林潔司*5

By Masahiro KANAGAWA, Yasuhito SAKAI, Takayuki ARAKAWA, Kiyoyuki KAITO and Kiyoshi KOBAYASHI

本研究は、土木施設を対象とした無線モニタリングの無線通信手法としてRFIDに着目し、その適用性を実証的に検証するものである。具体的な通信方式としては、高速道路の高架橋を対象として、高架橋から無線で送信されたモニタリングデータを走行中の日常点検車両で取得する路車間無線通信方式を採用する。このような路車間無線通信では、短時間で大容量データを受信することが実用上の課題となる。そこで、無線モニタリングへのRFIDの適用を通して、実際の車両走行速度とデータ通信量との関係を明らかにするとともに、その適用可能性について、データ通信容量の視点から考察する。具体的には、アクティブタイプのRFIDタグを用いた無線モニタリングシステムを試作し、さらに実際の高速道路における高架橋のモニタリング計測と連動しながら、車両走行速度とデータ通信量との関係や、無線通信時のデータ欠損の有無等に関して実証実験を行う。また、実験結果の考察によりRFIDの無線モニタリングへの適用可能性を評価する。

【キーワード】無線モニタリング、路車間無線通信、アクティブRFID、アセットマネジメント

1. はじめに

土木分野においては、土木施設の定量的な点検・検査を目指したヘルスマニタリング (Structural Health Monitoring) が試行的に実施されている。なかでも無線通信技術を利用した無線モニタリングは、空間的に高密度なモニタリングを想定した場合に、配線等の作業が軽減されるために近年急速に注目されつつある。実際に、目視点検の代替・補間という観点でモニタリング技術の実務への適用可能性を考えると、空間的に高密度なセンサー配置を達成した次段階では、データ取得の効率性向上が課題となる。例えば1回に取得される情報が高品質でなくとも、継続的に取得しつづけることで日常の変動範囲から逸

脱する変化を相対的に捉えることができれば、目視点検を主体とした現時点のアセットマネジメントの枠組みの中でも相互補間的な実用化が期待される。

以上の状況と並行して、近年RFIDタグは、インターフェースの標準化、機器の小型軽量化、低価格化に伴い、ユビキタスネットワークのキーデバイスとして、急速に実用化が進展している。本研究では、RFIDを核とする無線モニタリング技術のアセットマネジメントへの適用可能性について、フィールド試験を通して実証的に検証を行う。以下、2. で本研究の基本的な考え方を整理する。3. でプロトタイプを試作、4. で高速道路の高架橋を対象としたフィールド試験について述べるとともに実験結果に対する

*1 工学研究科都市社会工学専攻 075-383-3224

*2 建設事業本部 072-226-4795

*3 企画部 06-4963-5589

*4 工学研究科グローバル若手研究者フロンティア研究拠点 特任講師 06-6879-7199

*5 経営管理講座 教授 075-383-3222

考察を加える。最後に 5. で、RFID を用いた路車間無線通信システムがアセットマネジメントにおいて果たすべき役割について見解を述べる。

2. 本研究の基本的考え方

(1) 土木施設を対象とした無線モニタリング

無線モニタリングは、1) 配線が不要であるので、分散的に配置された複数施設を対象とするような場合でもセンサーネットワークを効率的に構築できること、2) センサーネットワーク上の 1 箇所でも障害が発生してもシステム全体が機能停止しないために事故・災害時であってもある程度の情報収集が可能であること、などの特長がある。実際に、無線モニタリングは土木施設を対象としたモニタリング分野においても注目され、これまで様々な研究がなされてきた。例えば 2000 年に Hill¹⁾らが単一ホップでの通信について検討した事例を皮切りに、同年の Woo²⁾らの通信経路に関する研究により多数ノードへの拡張が可能となった。その後、Kim ら³⁾によるこれらの通信の信頼性の向上、Maroti ら⁴⁾による同期計測手法の開発などが行われ、近年においては、64 ノードの無線センサーを用いたゴールデンゲート橋の振動計測を実施するなど、実構造物への適用も盛んに行われている⁵⁾。また、開発の規格化を図るべく、長山ら⁶⁾によるミドルウェアの開発や、センサーネットワークを利用した位置決めなど^{7),8)}、無線モニタリングとして多方面への発展を遂げている。しかし、これらの中で、RFID の無線モニタリングへの適用可能性に関しては、十分な検討がなされているとは言い難い。

(2) 無線モニタリングの課題

1. で述べたように、空間的高密度、かつ分散的に配置された無線モニタリングシステムからデータをいかに効率的に回収するかは実用化に向けた大きな課題である。この課題に対し、本研究では高速道路の高架橋のような土木施設を対象として、対象施設に設置した計測点 (RFID タグなど) からモニタリングデータを無線通信により送信し、通常走行状態で巡回中の日常点検車両でそのデータを回収するという路車間無線通信手法を提案する。

実際の高速道路に関しては、落下物の発生や路面状況を監視する日常点検車両が日々路線内を巡回している⁹⁾。点検車両の従来の巡回効率を低減させないように、点検車両が通常速度 80km/h で走行してもモニタリングデータの回収を実現する必要がある。しかし、このときにいくつかの技術課題が存在する。そのうち、特に次の 2 つは大きな課題と言える。

a) 高速移動状態でのデータ回収可能性

無線センサーネットワークを構成する無線センサー端末 (例えば RFID タグ) は、電源として電池を使用する場合がある。その際には、電池の寿命を考慮して、無線センサー端末の電波送信距離を半径 50m (直径 100m) に設定するのが 1 つの目安となっている。このとき、車両の走行速度が 80km/h であると想定すると、100m の距離 (通信可能な最大距離) を通過するのに要する時間はたかだか 4.5 秒である。4.5 秒間という非常に短い時間で、確実に必要なデータ回収を実現できるか否かが課題となる。

b) 電波干渉や通信遮断によるデータ欠損の可能性

供用状態の高速道路の高架橋においては、高欄のような付属物、大型車の混入や周辺環境など、無線電波に影響を与える因子が多く存在する。さらに、今回使用する 2.4GHz 帯無線周波数に起因する他機器との電波干渉などの可能性もある。したがって、無線通信時のデータ欠損 (一部データの紛失) の有無についても検討すべき課題となる。

(3) RFID の活用による課題解決の可能性検討

2. (2) の課題 a) に対して、著者らは市販の無線 LAN および ZigBee 製品について調査を行った。その結果、無線 LAN および ZigBee 通信においては、データの送受信を開始する前に、ネットワーク認証 (ネットワークアドレス取得など) が必要となり、無線 LAN (アドホック通信モード) の場合は認証に 5~10 秒程度、ZigBee 通信の場合は 30 秒~1 分程度要することが判明した。したがって、本研究で提案する巡回中の点検車両を利用する路車間無線通信によるモニタリングデータ回収、特に走行速度 80km/h でのデータ回収を考慮すると、これらの市販の無線端末が適用できないとの結論に達した。

一方、本研究で用いた RFID には、移動中通信という特長がある。上述した無線 LAN や ZigBee に比

べ、ネットワーク認証の必要性がないために、RFID タグは、点検車両に搭載された RFID リーダ（データ受信器）からのデータ要求信号を受信すると直ちにデータ送信を開始し、RFID リーダは迅速にそのデータを受信する。したがって、RFID を用いることで通常走行状態でのデータ回収を実現できる可能性を有する。RFID の移動中通信に関しては、例えば海上コンテナ用 RFID の場合、国際規格の ISO10374 では、915MHz 帯と 2.45GHz 帯を使った RFID システムにおいて「通信特性として、最大 13m の通信エリア内をタグが 130km/h で通過した場合にも正しく読み取りできることが必須」と規定している¹⁰⁾。

次に、2. (2) の課題 b) に対して、RFID タグに組み込むソフトウェアを改良することで対処可能である。具体的にはつぎのような対処を行った。はじめに、RFID タグが RFID リーダからのデータ要求信号に対し、ある一定容量の 1 回分のデータを送信した後、そのデータをそのまま保持し、RFID リーダから「受信完了」というメッセージが返って来れば、その時点でデータを削除する。つぎに、新たなデータ要求信号を受信すると、次のデータを送信する。一方で、RFID リーダから「受信完了」というメッセージが返って来なければ、そのデータを削除せず、次のデータ要求信号の受信時に、同一のデータを再度送信する。このような通信ルールによって、同じデータが複数回受信される可能性もあるが、データの欠損を確実に防ぐことができると考えられる。

3. プロトタイプの試作

(1) アクティブ RFID タグの開発

今回の路車間無線通信モニタリングの計測対象は、高速道路の高架橋の動的ひずみである。現状、本研究で求められる仕様を満足する RFID タグが市販されていないので、アクティブタイプの RFID タグを新規に開発した（アクティブ RFID タグは、内部または外部電源を利用可能で、自ら電波を送信し、長距離での交信が可能なタイプのタグである）。具体的には、1) サンプリング機能、2) 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、5) ソフト処理によるデータの欠損防止機

表-1 アクティブ RFID タグの概要

項目	内容
無線周波数	2.4GHz 帯
ID	0201AF
通信速度	最大 250kbps
サンプリング周波数	1Hz
データメモリ容量	262,080byte
送受信アンテナ	非指向性アンテナ
平均消費電力	15mW 以下
外形	100mm×50mm×30mm

能、という 5 つの機能を 1 つの RFID タグに搭載した。開発したタグは軽量かつ小型であるので、設置スペースは容易に確保することができる。一方で、データを回収する点検車両側には、通常の USB メモリカードと同等サイズの RFID リーダを搭載し、USB ケーブルを介してノート PC に接続した上で、ソフトウェアによってデータの受信処理を行う。開発した RFID タグの概要を表-1 に示す。

今回開発した RFID タグの平均消費電力は、AC 電源を使用し、かつサンプリング周波数を 1Hz に設定した時に、15mW 以下であった。電源に関しては AC 電源のみならず、電池を使用することも技術的には可能である。しかし、本研究では車両走行速度とデータ回収量の関係に焦点を当てるために、安定的な電源確保を目的に AC 電源を採用した。また、電池を使用する場合、タグの待機時に節電モード (Sleep Mode) 機能を組み入れることで、さらなる消費電力の削減が可能と考えられる。なお、本研究で開発した RFID タグの平均消費電力 (表-1) は市販の ZigBee 製品の消費電力 33mW (同じ AC 電源使用そしてサンプリング周波数 1Hz 時) の半分以下であった。

(2) 無線モニタリングシステムのプロトタイプ

3. (1) で開発した RFID タグを用いて無線モニタリングシステムのプロトタイプを試作した。まず、RFID リーダを搭載したデータ回収用の点検車両が通信圏外の場合においては、RFID タグはひずみゲージからの動的ひずみデータを 1Hz でサンプリングしながら RFID リーダからの送信命令を待ってい



図-1 RFID タグの設置地点の概要

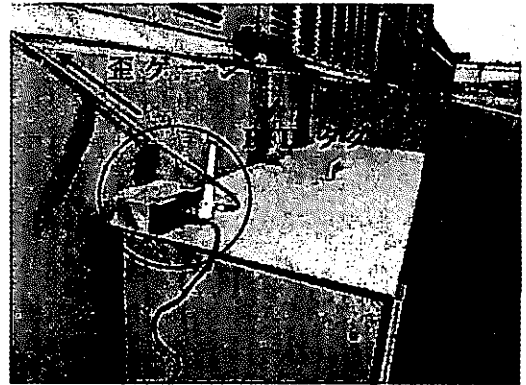


図-2 RFID タグの設置状況

る状態である。一方で、RFID リーダは常に送信要求信号を出している状態となっている。

次に、データ回収車両が通信圏内となった場合、RFID タグは RFID リーダからの送信要求信号を受信し、その要求に対し、1 回分のデータ (88bytes) を送信する。ただし、送信したデータは削除せずにメモリ上に一時的に保存する。RFID リーダはそのデータを正常に受信した後に (受信されたデータが PC に保存された後に)、RFID タグに「受信完了」というメッセージを送る。RFID タグは上記メッセージの受信後に、一時的に保存したデータを削除する。また、同時に、新しいデータの送信待機状態を保ち、次の送信要求を待ちながら、動的ひずみデータのサンプリングを続ける。一方、上記のメッセージを受信できなかった場合、RFID タグは一時的に保存したデータを再び次の送信用データに設定し、次の送信要求を受信するまで、動的ひずみデータのサンプリングを続ける。RFID タグと RFID リーダが通信圏内の場合には、上記の通信処理を繰り返し、データ回収用の車両が通信圏外に退出した時点で、通信が終了となる。

4. においては予め全データの送受信を完了できないような大容量のモニタリングデータをタグに蓄積して送信することで、車両の走行速度とデータ通信量の関係について検討を行うこととする。

4. フィールド試験

(1) 試験概要

フィールド試験の実施に際して、RFID タグの設

置箇所は、道路線形、遮音壁、非常駐車帯の有無など、無線通信環境が厳しい地点を選定した。タグの設置地点を図-1に、タグの設置状況を図-2に示す。具体的には、設置地点は、見通しの利きにくい曲線部の内側の非常駐車帯としている。また、当該地点にはアルミニウム製の遮音壁 (路面高さが 3m 程度) が両側に設置してあり、送信電波を反射することが予測される。また、選定した地点を含む当該高速道路の路線は、港に隣接しているために、大型車交通量が非常に多い。そのため、試験中に送信側 RFID タグと受信側 RFID リーダの間を大型車等が混入することによる通信の一時遮断などが考えられる。

試験対象とした高架橋では、実際の交通荷重作用下における鋼床版のひずみ値をモニタリング計測している。計測するひずみ値は、ひずみゲージから RFID タグに入力し、AD 変換後にタグの内蔵データメモリに収録される。

本システムの有効性を確認するために、平日の夕方から翌日朝までの 12 時間程度のひずみ値を計測し、それを用いてフィールド試験を実施した。また、サンプリングおよび無線送受信に伴うデータの精度を確認するために、別途現場に設置される低周波発信器からの既知出力信号である三角波の時系列を同じサンプリング周波数 1Hz にて計測し、精度確認を行った。

RFID タグは、遮音壁から 10cm 程度離すとともに、路面から 1m 程度の高さに設置した (図-2)。10cm 程度の距離は金属板 (遮音壁) が接触することによる電波障害を避けるために設けた。

以上のような条件で、データを回収する点検車両

が通信範囲内に進入することにより、橋梁に設置された RFID タグから無線通信により RFID リーダへモニタリングデータの送信が行われる。

(2) 走行速度とデータ受信量の関係

車両の走行速度と取得可能なデータ通信量との関係を把握するために、走行速度を変化させた点検車両の走行試験を実施した。試験に用いるデータは、前節で述べた平日の夕方から翌日朝までの 12 時間程度のひずみ値 (86,400bytes の時系列波形データ) である。

試験では、阪神高速道路株式会社の巡回点検車両を使用し、時間的な制約や安全面に配慮しながら、点検車両の速度を 40km/h を下限として、規制速度の 80km/h まで逐次変化させた。RFID タグを設置した車線を通過させるデータ受信試験を 40km/h で 1 回、50km/h で 1 回、60km/h で 2 回、70km/h で 1 回、80km/h で 1 回の合計 6 回行った。

走行車両の速度とデータ受信量の関係を図-3 に示す。速度とデータ受信量の間には逆相関の関係を見取ることができる。受信データ容量の最大値は 40km/h 走行時の 20kbytes であった。これは走行速度が今回の試験ケースの中で最も遅いために通信時間が最も長くなった結果である。しかし、80km/h においても、約 5kbytes 程度のデータを取得することに成功した。5kbytes 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、約 20 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 RFID タグ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と言わざるを得ない。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、次節では合計 12 時間のひずみデータに対し、1 次分析データとして頻度分布を算出し、車両走行速度 80km/h 時の回収可能性について考察する。なお、参考までに、回収できた橋梁の 12 時間程度の連続ひずみデータを図-4 に示しておく。

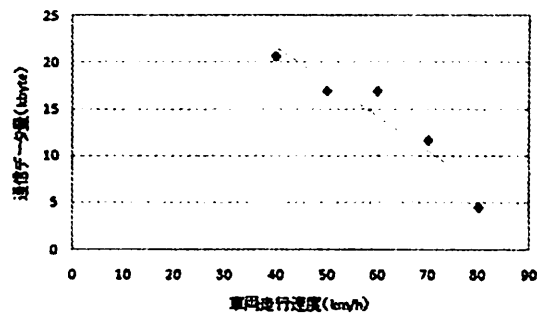


図-3 車両走行速度とデータ受信量の関係

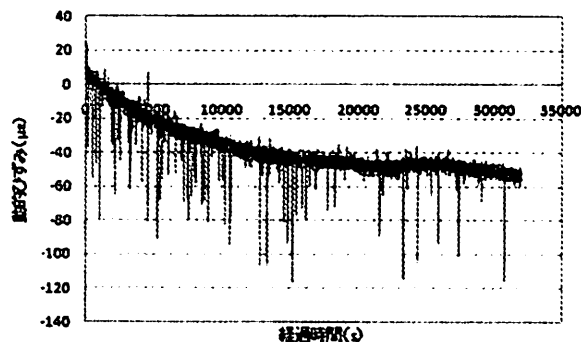


図-4 受信した橋梁の動的ひずみデータ

(3) 頻度分布データの回収可能性

(2) で使用した動的ひずみデータに対し、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頻度分布を 1 次分析データとして用いた。頻度分布のデータ容量は約 300bytes 程度であった。これは車両走行速度 80km/h でのデータ受信量 (約 5kbytes) に比べ、データ容量的にはかなり小さく、車両走行速度 80km/h であっても、十分に回収可能であった。

(4) 受信データの欠損有無について

土木構造物を対象とした無線モニタリングにおいては、当然ながら連続的に計測データを取得することが重要である。一方、無線通信においては、電波干渉や電波遮断などに起因するデータ破損や欠損の可能性はある。実際に、本試験のいくつかのケースでは周辺環境の影響で通信が一時遮断される現象を確認することができた。図-3 には、その影響により転送に失敗したデータの再送信が発生したために、データ受信量が減少したものもあると考えられる。

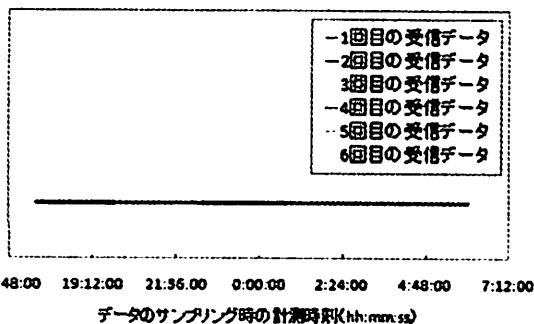


図-5 データ欠損の有無検証

表-2 三角波の特性

項目	内容
種類	三角波
周波数	0.05Hz
出力振幅の範囲	±5V

ただし、今回の試験においては、RFID タグの設置箇所として無線通信環境が厳しい地点を選定していたために、データ破損や欠損を想定し、予め 3.(2) で述べたような対策を施していた。

ここで、車両走行速度 40km/h, 50km/h, 60km/h, 70km/h, 80km/h の合計 6 回分のデータを計測時間に対して図-5 のように図示した。通信遮断や再開時におけるデータの欠損（一部データの紛失）の有無について確認した結果、前述の対策によりデータの欠損・紛失を完全に防止することが可能であった。したがって、無線通信におけるデータ欠損の防止に関しては、本研究で提案した対策で対応が十分可能であると考えている。

(5) 受信データの精度検証

本システムのサンプリングや無線通信時における受信データの精度を検証するために、現場に別途設置された低周波発信器からの既知出力信号（三角波）の時系列波形を RFID タグにより計測した（サンプリング周波数 1Hz）。計測データは、タグの内蔵メモリに収録してから、巡回中の点検車両により回収試験を行い、そして回収した波形の標準偏差を求め、さらに既知出力波形の標準偏差との誤差を算出することで、受信データの精度を評価した。

表-3 三角波形の標準偏差と精度

波形	標準偏差	精度
既知波形	2.84	100%
回収波形	2.91	2.46%

注) $2.46\% = (2.91 - 2.84) / 2.84 * 100\%$

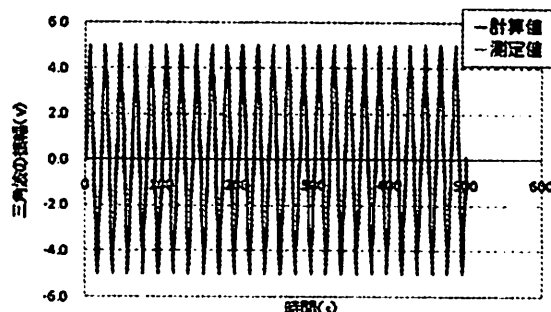


図-6 受信した三角波形および既知三角波形

検証試験に用いた既知三角波の特性を表-2 に示す。また、受信した三角波形および既知三角波形を図-6 に示す。2 つの波形を比較するために、次式を用いて、波形それぞれの標準偏差を求めた。

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \{ \sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2 \}} \quad (1)$$

式中の σ は標準偏差、 n はデータの個数、 \bar{x} はデータの平均値、 x_i は*i*番目のデータ値を示す。

算出した受信三角波形と既知波形の標準偏差および精度評価を表-3 に示す。表に示す通り、送信データと本無線モニタリングシステムの受信データの誤差は標準偏差で 2.46%であった。本試験の無線通信に関しては、デジタル通信であるために、通信プロトコルにバグがなければ、送受信されるデータは変化しない。したがって、上記の精度は実際のデータ計測精度（サンプリング精度）と等価であると考えられる。

5. 実用化に向けた見解

本研究の成果を踏まえた上での路車間無線モニタリングの実用化に向けた見解を整理する。

現状のアセットマネジメントにおいてモニタリングに期待される役割は、1) 常時監視による損傷・劣化進行の早期検知、2) 力学的機能の定量的評価

に基づく安全・安心の確保である。これらのうち、2) は、1) よりもさらに深度化された計測技術や性能評価技術を要することから、本研究では 1) に焦点を当てた。

このとき、まず、どの構造物、部材をモニタリング対象とするのか、計測したデータをいかに効率的に集計するか、が当面の課題となる。前者の計測対象の絞り込みに関しては、目視点検データを用いた統計的劣化予測手法の最新成果を利用することができる。小濱らは劣化速度を表すハザード率に構造物個々の異質性を考慮した混合ハザードモデルを開発し、各構造物の混合ハザード率を相対評価することで、要監視構造物の抽出が可能であることを実証的に示している¹¹⁾。

一方で、後者に関して、分散的に配置されたモニタリングシステムからデータをいかに効率的に集計するかは重要な課題であり、本研究で提案した無線モニタリングが解決策の 1 つとなり得るものと期待している。ただし、既述したように、回収可能なデータ量は走行車両の速度と逆相関の関係を有するために、回収効率と獲得可能なモニタリングデータ量の間にはトレードオフの関係が存在する。この関係を前提としたデータ回収戦略を検討する必要がある。

1 例として以下の 2 段階のモニタリングデータ回収戦略が考えられる。通常時に走行車両から回収するデータは、各橋梁の識別 ID、計測生波形を解析した結果、あるいは異常判定結果のみとする。正常であればそのまま巡回するが、異常であった場合、近くに停車してより詳細な計測生波形、もしくはそれに準ずるデータを、固定局から送信させる。このような戦略については、スマートセンサーに内蔵する CPU 設計時点で想定しておく必要がある。これに対して、本研究で実施した路車間無線通信試験の結果は 1 つの目安になると考えられる。

6. おわりに

本研究では、構造物点検のための無線モニタリングにおいて、RFID の適用可能性に着目し、通信容量の視点から検討を行った。また、大容量な通信を実現するためのシステムを開発し、実際の高速道路という実環境において、そのシステムの有効性を検証するための通信試験を実施し、データを回収する

車両の走行速度とデータ受信量の関係を実測した。その結果、車両走行速度が 80km/h であっても、5kbytes 程度のデータを受信することが可能であった。これは橋梁で計測した動的ひずみの時系列波形を受信することは困難であるが、動的ひずみを信号処理した結果、例えば頻度分布などを受信するには十分な通信容量である。したがって、RFID を中心に路車間無線通信システム試作を行い、ハードウェアの改良とともに、運用方法などのソフトウェア面の検討も併せて実施することで、無線モニタリングシステムの実用化を図ることが望ましいと考えられる。さらに、本システムの有効性を検証するためには、比較的単純で空間的に多数設置された構造物、例えば標識柱や照明柱、ジョイントなどを対象としたフィールド試験を実施することが重要である。

謝辞：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す。また、本研究の一部は文部科学省「若手研究者の自立的研究環境整備促進」事業によって大阪大学グローバル若手研究者フロンティア研究拠点にて実施された。

【参考文献】

- 1) Hill, J., Szewczyk, R., Woo, A., Hollar, S., Culler, D. E. and Pister, K. S. J.: System architecture directions for networked sensors, *Proc., 9th Int. Conf. on Architectural Support for Programming Languages and Operating Systems (ASPLOS 2000)*, Cambridge, Mass., pp.93-104, 2000.
- 2) Woo, A., Tong, T. and Culler, D.: Taming the underlying challenges of reliable multihop routing in sensor networks, *Proc, SenSys 2003*, Los Angeles, 2003.
- 3) Kim, S., Fonseca, R., Kumar Dutta, P., Tavakoli, A., Culler, D. E., Levis, P., Shenker, S., and Stoica, I. :Flush: A reliable bulk transport protocol for multihop wireless network, *Technical Rep. University of California, Berkeley, Calif. No.UCB/EECS-2006-169*, 2006.
- 4) Maroti, M., Kusy, B., Simon, G. and Ledeczi, A.:

- The flooding time synchronization protocol, *Proc ACM 2nd Int. Conf. in Embedded Networked Sensor Systems*, Baltimore, pp.39-49, 2004.
- 5) Los Alamos National Laboratory: *A Review of Structural Health Monitoring Literature: 1996-2001*, LA-13976-MS, 2004.
- 6) 長山智則, B. F. Spencer, Jr., 藤野陽三: スマートセンサを用いた多点構造物計測のためのミドルウェア開発, 土木学会論文集 A, Vol. 65, No. 2, pp.523-535, 2009.
- 7) 本多弘明, 小国健二, 井上純哉, 堀宗郎: 無線センサーネットワークの位置決めと時刻同期手法の開発～機動的な多点計測の実現に向けて～, 構造工学論文集, Vol.53A, pp.794-804, 2007.
- 8) 小国健二, 佐伯昌之, 井上純哉, 菅野高弘, 堀宗郎: 社会基盤センシングのための階層的センサーネットワークの位置同定手法の開発, 土木学会論文集 A, Vol.64, No.1, pp. 82-100, 2008.
- 9) 貝戸清之, 小林潔司, 加藤俊昌, 生田紀子: 道路施設の十回頻度と障害物発生リスク, 土木学会論文集 F, Vol.63, No.1, pp.16-34, 2007.
- 10) 非接触 IC カード・RFID 普及委員会編: 非接触 IC カード・RFID ガイドブック 2003, 第 4 章 非接触 IC カード・RFID の標準化動向と技術的条件, シーメディア出版, 2002.
- 11) 小濱健吾, 岡田貢一, 貝戸清之, 小林潔司: 劣化ハザード率評価とベンチマーキング, 土木学会論文集 A, Vol.64, No.4, pp.857-874, 2008.

Efficient Acquisition Possibility of Management Data by Road-to-Vehicle Wireless Communication Method using RFID

By Masahiro KANAGAWA, Yasuhito SAKAI, Takayuki ARAKAWA,
Kiyoyuki KAITO and Kiyoshi KOBAYASHI

In this study, as a wireless communication method applying to monitoring of infrastructure, RFID is focused and its applicability is inspected positively. As a proposal, road-to-vehicle wireless communication method applying to viaducts of expressways is adopted. In this road-to-vehicle wireless communication method, the daily inspection vehicles running at a normal speed are applied to utilize the monitoring data sent from viaduct by wireless communication. In this kind of case, it becomes a problem especially in further practical use that how to receive a large data in short time. In this study, the real relation between the receivable data capacity and vehicle speed is clarified. And, at the same time, applicability of RFID applying to wireless communication monitoring is considered from a viewpoint of data communication capacity. In detail, wireless monitoring systems using active RFID tag was developed, and a proving test to discover the relation between the receivable data capacity and vehicle speed and to investigate the data loss during the wireless transmission was done with a real viaduct monitoring measurement of expressway together. Finally, applicability of RFID applying to wireless communication monitoring is evaluated by considering the result of proving test.