

都市マネジメントのためのRFIDの路車間通信データ量に関する研究*

Study on Volume of RFID Data-transmission between Car and Roadside for Urban Management*

金川昌弘**・坂井康人***・松島格也****・小林潔司*****

By Masahiro KANAGAWA**・Yasuhito SAKAI***・Kakuya MATSUSHIMA****・Kiyoshi KOBAYASHI*****

1. はじめに

RFIDは都市社会のIT化・自動化を推進する上での基盤技術として注目が高まっている。物流業界において、RFIDがバーコードに代わる商品識別・管理技術として研究が進められてきた。そして実験的に、荷受等物流業務の効率化のための検品レスシステムにRFIDが試用されている。また、地域交通の効率化やテロ対策技術の高度化にも期待されている。

しかし現状、多くの研究では、RFIDのID情報の送受信検証に留まっており、その以外のデータ情報（例えば温度等のセンサー情報や駅等の施設利用情報）の送受信に関しては、十分な検討がなされているとは言い難い。実際にはこのようなデータ情報はRFIDの更なる有効活用において不可欠なものもあると考えられる。そこで、本研究ではパッシブ及びアクティブの2種類のRFIDタグを用いて実際の高速道路上にて車両を走行しながら、車両とタグ設置地点間（路車間）における走行速度と通信データ量の関係を実測してみる。そして、今後容易に取り扱われるように通信なデータ量をドキュメントと関連できる文字数に換算し、今後例えばRFIDの利活用による通関などの手続きの単純化を実現する際を目安参考値として提案する。以下、2.で本研究の基本的な考え方を述べる。3.で実施する通信試験について説明する。4.で実験結果について考察し、上記の目安参考値を算出す

*キーワード：パッシブRFIDタグ、アクティブRFIDタグ、路車間通信データ量

**正員，工修，京都大学大学院工学研究科社会工学専攻
(京都市西京区京都大学桂，TEL:03-3355-3441，
masahiro.k@ay2.ecs.kyoto-u.ac.jp)

***正員，工博，阪神高速道路株式会社建設事業本部
(堺市堺区南花田口町2-3-20，
yasuhito-sakai@hanshin-exp.co.jp)

****正員，工博，京都大学大学院准教授
(京都市西京区京都大学桂，
kakuya@psa.mbox.media.kyoto-u.ac.jp)

*****フェロー会員，工博，京都大学経営管理大学院教授
(京都市左京区吉田本町，
kkoba@psa.mbox.media.kyoto-u.ac.jp)

る。5.で本研究の内容をまとめ、今後の方向性を示す。

2. 本研究の基本的考え方

(1) RFID技術の現状

近年、RFID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なって急速に注目が集まり、ユビキタスネットワーク技術の象徴として実用化が進展している。RFIDは、たくさんの特長を持っており、それらの中、特にⅠ) ユニークなID (チップ単体に個別の識別子を有しているため、監視対象を個別に管理可能)、Ⅱ) 書き換え可能 (いったん書き込んだ情報に新たな情報を加えたり、書き換えができる)、Ⅲ) 移動中の通信が可能 (送信側または受信側が移動していても読み書きが可能)、Ⅳ) 複数同時読み取り (複数のRFIDタグを一度に認識したり書き込んだり読み込んだりすることが可能)の四つの特長はRFIDの実用化において重要である。

(2) 大容量なデータ通信について

既存の研究では、実際のRFIDタグ読取試験に関して、代表的な例として、中川ら¹⁾が海上コンテナ用タグの置かれる気候・環境条件は大変に厳しい点に着目し、タグの基礎的な性能を確認した。彼らはパッシブおよびアクティブの2種類のタグを実際の試験に用い、タグのⅠ) 読取可能範囲、Ⅱ) 読取可能距離、Ⅲ) 読取可能速度などを実測した。走行時の試験結果として、リーダがコンテナと平行に走行した際のパッシブタグの読取可能速度は、距離135~190cmで最高38km/hまでの数値が出た。一方、アクティブタグに関しては、読取距離が長いと自ら電波を発信する頻度が7秒に1度であるため、移動試験を実施せずに終わった。読取データについて、彼らは「もし数十桁、数十桁バイトのデータをやり取りするとしたら読取時間が延び、距離は短くなる」と見ている。

本研究では、都市マネジメントへの実用化を見据えて、走行時にでもより大量なデータ通信を実現するために、より高性能のパッシブおよびアクティブRFIDタグを開発し、それらを実験に用いることで、車両などの走行速度における受信可能なデータ量を明らかにする。

表-1 パッシブRFIDタグの概要

項目	内容
動作周波数	日本, 北米, 欧州の全ての UHF 帯(860~960 MHz)に対応 ※本研究では 953MHz を使用
通信プロトコル	ISO/IEC 18000-6 Type-B 準拠
信号データレート	以下の 2 種類の送受信レートに対応 ※本研究では b)を使用 a) R/W→タグ: 10 kbps タグ→R/W: 40kbps b) R/W→タグ: 40 kbps タグ→R/W: 40kbps
応答器変調方式	18% ASK 変調振幅, 100% ASK 変調振幅に対応
メモリ容量	高速読出し・書込みが可能な不揮発メモリ (FRAM): 2K バイト ・システムエリア: 32 バイト ・ユーザエリア: 224 バイト ・データログエリア: 1792 バイト
ID	64 ビット UID ※ISO 準拠フォーマット ・ Gate タグ ID : E0081200008C4A42 ・ Host タグ ID : E0081200008C4343
データの保持期間	10 年@Ta=55°C
センサーIF	6 ビット A/D コンバータ, 32dB AMP を搭載
アンテナ	指向性タイプ
外形	Wide (mm) 5.1, Long (mm) 6.4, Height (mm) 1.1max

注) 実験には同様な RFID タグを 2 枚使用し, 1 枚は Gate タグ, もう 1 枚は Host タグと呼ぶ。

表-2 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, ID : 0201AF
拡散方式	DSSS(Direct Sequence Spectrum Spread)
変調方式	O-QPSK
通信速度	最大 250kbps
通信プロトコル	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

3. 通信実験

(1) 通信システムの試作

本研究では様々な実用形態を見据えて, 自身電源を持たないパッシブタイプ, そして, AC 電源を利用し自ら電波を発信するアクティブタイプ (将来は単三電池やボタン電池などのバッテリーが可能) の 2 種類の RFID タグを用いて通信システムの開発を試みる。タグそれぞれの仕様は表-1 と表-2 に示す。また, タグ以外には, それぞれのリーダーやアンテナや必要な周辺機 (PC 等) を用意している。通信仕組として, パッシブでは, I) 周辺機からタグに入力されたデータ (シミュレーションデータとしてのアナログ電圧値) は現場に設置された R/W (R/W: リーダ・ライター), アンテナにより Host タグに無線で収録, II) 収録以外は R/W が Gate タグ

を経由して走行車両を検知, III) 一方, 走行車両に搭載された R/W, アンテナは通過時に Gate タグに通信信号を無線で送り, IV) 前記の現場 R/W, アンテナが車両を検知次第, データの収録を一時的に停止, V) 車両側の R/W, アンテナにより Host タグから収録されているデータ情報を読み取る。これに対し, アクティブでは, I) 周辺機からタグに入力されたアナログ電圧信号 (シミュレーションデータとして) をサンプリングし, II) デジタルに AD 変換, III) データとしてタグに収録, IV) 現場を通過する走行車両に装備されたリーダーからの送信要求に対するデータ送信する。また, 走行車両側 (受信側) は通常の 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, 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。



図-1 橋梁側の設置状況(パッシブRFID)



図-2 橋梁側の設置状況(アクティブRFID)

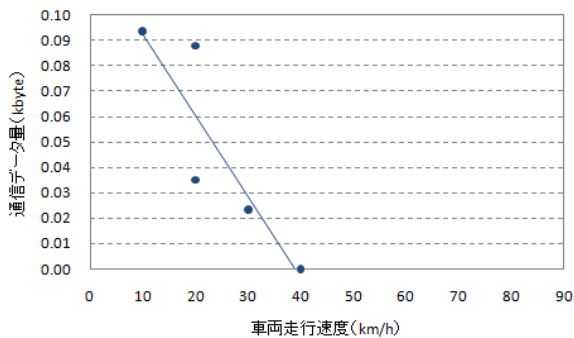


図-3 車両走行速度と取得データ量の関係 (パッシブRFID)

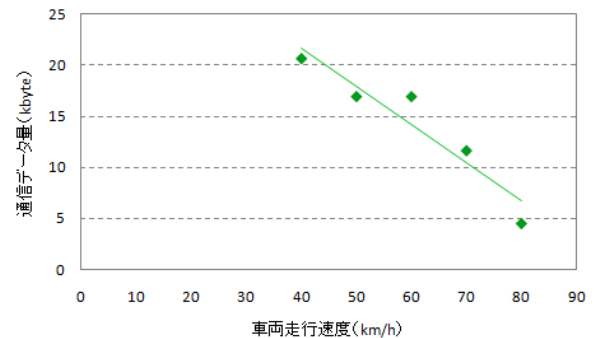


図-4 車両走行速度と取得データ量の関係 (アクティブRFID)

(2) 実験概要

都市高速道路にて、RFID タグに収録されたシミュレーションデータを路車間の無線通信にて受信する試験を実施した。RFID タグの設置は、路車間無線通信の適用可能性を考慮し、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。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）が両側に設置しており、送信電波を反射することが予測される。

RFID タグに収録されたデータ（タグの内部メモリデータとして）は、タグの内部通信制御ソフトウェアで読み込まれ、走行車両側からの転送命令待ちの状態となる。また、RFID タグは、路面から1m程度の高さに設置した（データを回収する車の車窓中心とほぼ同じ高さ）。設置状況を図-1（パッシブタグ）と図-2（アクティブタグ）に示す。

この状態で、走行車両が通信エリア内に進入することにより、無線通信にてタグから車両側へのデータ送信が行われる。

(3) 車両の走行速度とデータ受信量の関係測定

車両走行速度とデータ受信量との関係を図-3（パッシブRFIDのケース）と図-4（アクティブRFIDのケ

ース）に示す。路車間通信によりデータ受信を行う車両はタグ設置場所である非常駐車帯の中、および高速道路上の走行車線を走行した。試験に際しては、車両速度を10km/h刻みで変更させた。また、パッシブタグの場合、車両速度10、20、30km/hの試験は非常駐車帯の中でを行い、その以外の試験（アクティブタグ試験を含む）は高速道路走行車線にて実施した。

通信試験により得た「車両走行速度と可能なデータ受信量の関係」の測定結果を図-3（パッシブタグの場合）と図-4（アクティブタグの場合）に示す。速度と受信データ量の間には逆相関の関係を見て取ることができる。具体的な測定数値は次節にて述べる。

パッシブタグの通信実験に関しては、非常駐車帯中で実施された試験では、近距離通信であるため、データの受信が正常であったが、車両が高速道路上の走行車線を走行しての試験では受信が不可であった。その理由は、今回のパッシブタグは約5mの距離まで送信能力を持っているが、アンテナが指向性タイプであるため、何らかの障害物がタグと受信車両の間に介在すると送受信性能が大幅に落ちると考えられる。今回使用したのは日本によりやく許可されたUHF帯のパッシブタグである。また、アクティブタグの通信実験に関しては、車両走行速度は最大80km/hの時にでも通信が正常に行われたという良好な結果が得られた。本研究で使用されるアクテ

ィブ RFID タグは、日本の電波法の規制に掛からない 2.45GHz 帯の無線周波数を利用するものである。2.45GHz 帯は多くの用途や無線機器に自由に使えるため、実環境では電波干渉の可能性は存在する。本研究の

試験においても、通信途中に何らかの影響で通信が遮断された現象も観測できた。ただし、事前のソフトウェア対策によって遮断された通信が瞬時に再開され、継続的なデータ送受信は実現できた。

表一3 車両移動中におけるデータ取得量から送受信可能な文字数（ドキュメント関連）への換算

タグの種類	車両の走行速度	取得データ量	送受信可能な文字数	
	Km/h		英語文字	日本語文字
パッシブ RFID	10	96	96	48
	20	63	63	31
	30	48	48	24
	40	×	×	×
アクティブ RFID	40	21, 207	21, 207	10, 603
	50	17, 398	17, 398	8, 699
	60	17, 380	17, 380	8, 690
	70	11, 971	11, 971	5, 985
	80	4, 659	4, 659	2, 329

注) × : 受信不可

4. 考察

前節にて行われた通信実験で得た計測結果である車両移動中のデータ取得量を相当する送受信可能な文字数（ドキュメント関連のもの）に換算した。換算結果は表一3 に示す。表の一番右の列に換算で算出された送受信可能なドキュメント関連の文字数を英語文字と日本語文字の二つのケースに分けて表示している。これらの数字は、今後例えば物流の分野で通関手続業務の単純化、効率化を目的として「RFID の活用によるドキュメント関連の文字情報の自動送受信」を実現しようとする時に、1つの量的な目安値になると考えられる。

また、走行中の車両を利用してデータ情報を回収するケースにおいては、パッシブ RFID システムでは車両の走行速度が 40km/h 以下であれば送受信可能、これに対しアクティブ RFID システムでは 40~80km/h までの各速度においてすべて送受信可能という結果になっている。実際には、アクティブ RFID が走行車両の速度が 80km/h を超えても送受信可能と考えられる。その根拠として、例えば輸送効率向上に役立つ海上コンテナ用 RFID に着目する場合、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 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」²⁾ と規定しているからである。なお、本研究では高速道路上の規制速度を考慮し、80km/h 以上の通信試験は実施していない。これらの実験結果も今後 RFID を実用化する際の重要な参考情報

になると考えられる。

5. おわりに

本研究では、ユビキタス社会の実現を目指す都市マネジメントのための RFID 利活用において、送受信の対象として従来の ID 情報だけではなく、ID に関連づけられた様々な有用の情報も含む場合に着目し、特に現行業務の効率を損なうことのない車両走行中でのデータ受信量に関して検討を行った。また、実際の高速道路において、パッシブ及びアクティブの 2 種類の RFID タグを用いて通信実験を実施し、受信可能なデータ量を明らかにするとともに、今後実用化（例えば通関手続業務の単純化を目的としたドキュメント関連の文字情報の自動送受信システムの構築等）を行う際の量的な目安参考値について考察を行った。

今後、これらの情報に基づいた実際の利活用シーンの検討が重要である。

参考文献

- 1) 中川一位：物流現場のための[無線システム]活用実践講座<特別編>日本郵船のコンテナRFタグ実証試験（上）、マテリアルフロー、No. 523, pp.133-138, 2003.
- 2) 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、(株)シーメディア出版、2002.