

## - 15 アクティブ型 IC タグを用いた建設車両運行管理に関する基礎実験

### Basic Experiments on the Construction Vehicle Monitoring System using Active RFID

佐田達典<sup>1</sup>・山地宏志<sup>2</sup>・大津愼一<sup>3</sup>

Sada Tastunori, Yamachi Hiroshi, and Ohtsu Shun-ichi

**抄録:** 高速道路のトンネル工事において、供用中の高速道路本線を利用して掘削土を搬出するという特殊条件下で、一般車両への安全対策を主眼としてアクティブ型 IC タグ(電池式)を用いた車両運行管理システムの構築を行った。当該工事では工事車両用の仮インター出口直前に長大なトンネルがあり、車両がトンネルから出てくるまで誘導員からの見通しが効かない状況にある。そこで、アクティブ型 IC タグを利用した車両検知を検討した。高速走行中の車両検知に対する利用可能性を基礎実験、現地実証実験によって検証しシステム構築を進めたのでその内容を報告する。

**キーワード:** IC タグ, RFID, 車両運行管理, 安全管理

**Keywords :** IC Tag, RFID, Vehicle Monitoring System, Safety Control System

## 1. はじめに

高速道路のトンネル工事において、供用中の高速道路本線を利用して掘削土を搬出するという特殊条件下で、一般車両への安全対策を主眼としてアクティブ型 IC タグを用いた車両運行管理システムの構築を行った。

当該工事では工事用車両用に仮インター入口、出口を設置して運行を行っているが、特に仮インター出口で一般車両が誤進入することのないよう、的確な誘導が求められている。しかし、出口直前に長大なトンネル(延長約 2.4km)があり、車両がトンネルから出てくるまで誘導員からの見通しが効かない状況にある。そこで、トンネル内での車両位置をリアルタイムに的確に把握し、誘導員に知らせるシステムが求められていた。

タクシー等業務車両の運行管理システムには GPS(全球測位システム)を用いたシステムが汎用的に用いられている。しかし、GPS 衛星からの電波受信が長時間中断する長大なトンネル内では、システムを有効に利用することが難しく、また、車両の位置を基地局へ送信する手段がない。

そこで、本件では IC タグ<sup>1)2)</sup>を利用した車両検知とトンネル内に設置した LAN によって、誘導員にトンネル内での車両運行状況を知らせるシステムを採用した。適用に当たっては、高速走行中の車両検知に対する利用可能性を設置条件等を含めて基礎実験、現地実証実験を行って検

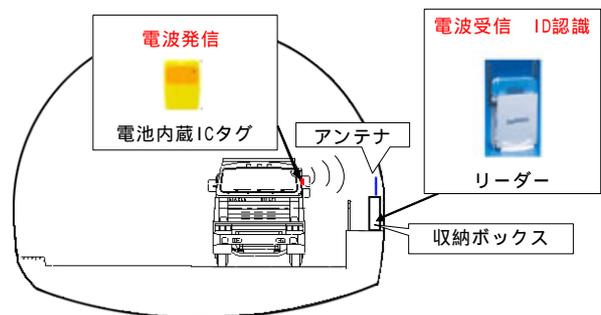


図 - 1 システム概要

証しシステム構築を進めた。IC タグには無電池型(パッシブ型)と電池内蔵型(アクティブ型)とがあるが今回はリーダーからの検知距離が長いアクティブ型を採用した。本稿では、基礎実験と現地実験の概要を報告する。

## 2. システム構成

### (1) 概要

電池内蔵型 IC タグを工事用車両の運転席に装着し、車両番号を識別する情報を載せた電波を常時一定間隔で発信する(図-1)。トンネル内路側には受信装置としてアンテナ・リーダーを設置し、IC タグを装着した工事用車両がアンテナ設置部を通過するときに、電

1 : 正会員 工博 三井住友建設(株) 技術研究所  
(〒270-0132 千葉県流山市駒木 518-1, Tel :04-7140-5202, E-mail : sadatatsunori@smcon.co.jp)  
2 : 正会員 工博 三井住友建設(株) 技術研究所  
3 : 正会員 三井住友建設(株) 技術研究所

波を検知して車両番号を識別する。検知した情報は有線及び無線 LAN 等を介してモニター用のパソコンに伝送され、誘導用モニター画面によって工事用車両の接近情報を確認することができる。

## (2) IC タグとリーダー

本システムで使用する IC タグは表 - 1 に示すように電波の発信間隔が最短で 0.2 秒である。また、表 - 2 のようにリーダーによるタグ検知可能範囲（半径）は最大で 20m とされている。

## 3. 基礎実験

### (1) 実験計画

#### a) 実験概要

高速移動体に搭載した IC タグ電波の検知可能性を検証するため、技術研究所内で基礎実験を実施した。IC タグを搭載した車両を時速 40km（一定速度）で走行させて、3 台のリーダー・アンテナで検知する実験を行った（図 - 2）。IC タグの電波発信間隔は 0.2 秒に設定した。

実験の比較条件として

IC タグの設置場所（車内、車外）（図 - 3）

リーダー背面での反射板の有無（図 - 4）

により、表 - 3 の 4 ケースを設定して、各実験で 5 回の走行計測を実施した。なお、トンネル壁面による電波反射の影響を定量的に評価するために設定した。

#### b) 機器の配置

トンネル内での適用を前提として、それに相当する試験ヤードを設営した。試験ヤードにおける機器の配置を図 - 5 に示す。

表 - 1 IC タグの主な仕様

項目	仕様
送信周波数帯	314.5473 MHz（微弱電波）
ID	32 ビット
変復調方式	2 値 FSK 方式（NRZ）
電源	コイン型リチウムイオン電池
送信間隔	0.2 秒～24 時間
サイズ	35×53×8.5(mm)
重量	15g

表 - 2 リーダーの主な仕様

項目	仕様
受信周波数帯	314.5473MHz（微弱電波）
受信方式	スーパーヘテロダイン方式
通信距離	理論値 20.0m
電源	DC 5V AC アダプタ
サイズ	120mm×210mm×45mm

表 - 3 実験番号と内容

実験番号	IC タグの配置	反射板
1	車外(地上 1.25m)	無
2	車外(地上 1.25m)	有
3	車内窓枠下(地上 1.14m)	有
4	車内窓枠下(地上 1.14m)	無



図 - 2 実験場所全景



図 - 3 IC タグ取付状況(左:車外,右:車内)



図 - 4 反射板の有無(左:有,右:無)

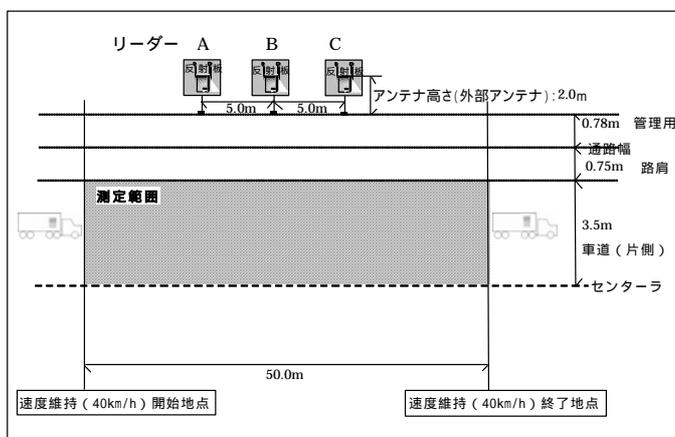


図 - 5 実験位置平面図

表 - 4 実験結果(検知回数)

実験番号	タグ配置	反射板	リーダー別検知回数			
			A	B	C	合計
1	車外	無	64 (12.8)	47 (9.4)	56 (11.2)	167 (11.1)
2	車外	有	48 (9.6)	46 (9.2)	48 (9.6)	142 (9.47)
3	車内	有	90 (18.0)	70 (14.0)	80 (16.0)	240 (16.0)
4	車内	無	96 (19.2)	98 (19.6)	94 (18.8)	288 (19.2)

検知回数は5回の合計値であり、カッコ内は平均値。

## (2) 実験結果

各実験で5回の走行計測を行い、ICタグを検知した回数(総数)と平均値を表-4に示す。

## (3) 考察

### a) 検知率

今回使用したICタグの最大検知距離は20mとされており、1台のリーダーに対して道路中央部でおよそ40mの区間が検知可能と考えられる。40km/hの走行速度ではこの区間を3.6秒で通過するため、この間に検知可能な回数は電波発信間隔が0.2秒であることから、 $3.6 / 0.2 = 18$ 回となる。

表-4の平均検知回数をこの最大検知可能回数で除した値を検知率(%)で表すと、表-5のようになる。ICタグ配置が車外の場合は50%~70%の値をとるが、車内の場合は80%~110%となり、検知可能範囲の最大値に近いが最大値を超えて取得できていることがわかる。理論値を超えた理由としては、周辺の建物での反射波をリーダーが検知した可能性が考えられる。

### b) ICタグの配置

表-5の実験データでは、ICタグを車外に配置した場合の検知率が著しく低くなっている。車外にICタグを配置したことで、車両ボディーでの電波反射による電波妨害が発生している可能性がある。

### c) 反射板による減衰効果

本実験ではリーダー背面に反射板を設置した場合としない場合の実験を行った。表-5の実験結果に見られるように、どちらの場合も反射板有の検知回数が反射板無を上回ることはなかった。

ここでは、比較対象実験での検知回数差から反射板の影響による減衰率を以下のように定義した。

$$\text{検知回数差} = \text{反射板無の検知回数} - \text{反射板有の検知回数}$$

$$\text{減衰率} = \text{検知回数差} \div \text{反射板無の検知回数}$$

表 - 5 実験結果(検知率)

実験番号	タグ配置	反射板	検知率			
			A	B	C	合計
1	車外	無	71.1%	52.2%	62.2%	61.7%
2	車外	有	53.3%	51.1%	53.3%	52.6%
3	車内	有	100.0%	77.8%	88.9%	88.9%
4	車内	無	106.7%	108.9%	104.4%	106.7%

表 - 6 反射板による減衰率

比較実験番号	検知回数差	減衰率
1:2	25回	15.0%
4:3	48回	16.7%

この式から減衰率を計算すると表-6のように減衰率は15%以上と大きな値を示しており、反射板による検知率の低下は15%程度発生することがわかった。トンネル壁面でも同様の減衰効果が予想される。

### d) 走行速度と検知回数

電波の発信間隔を0.2秒とする場合、時速40kmでは2.2m移動するごとに1回電波を発信する。アンテナの受信範囲を最大検知可能距離から40.0mとすると、最大で18回の検知を行うことが可能である。この考えをさらに高速の移動体に置き換えた場合、時速80kmでは4.4m移動するごとに1回電波を発信することから、最大で9回の検知を行うことが可能となる。次の現地実証実験では、この検知回数が基準となる。

## 4. 現地実証実験

### (1) 実験内容

基礎実験の結果を受けて、実用システムを構築するための判断材料を得るために、当該トンネル内において実際に車両を高速走行させて電波検出の実証実験を実施した。

当該トンネル内の管理用通路(坑口から100m付近)にアンテナ・リーダーを3台設置した。設置状況を図-5に平面図を、図-6に示す。ICタグを搭載した現場車両2台を隣接インターチェンジ間で3往復(80km/h)して検知実験を行った。実験における確認項目は

各リーダーのICタグ電波検知回数

各リーダーの検知範囲

であり、は相対範囲を検知データの時系列分布から算出する。



図 - 5 トンネル内アンテナ設置状況

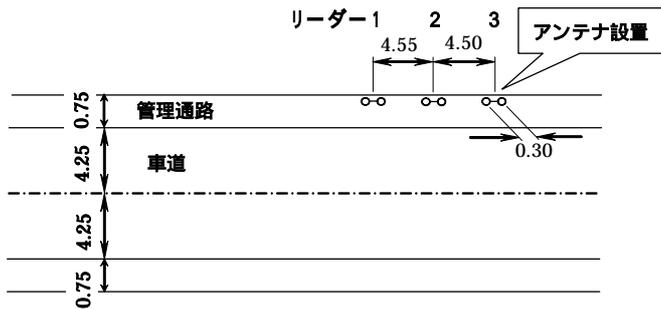


図 - 6 アンテナ設置平面図

## (2) 実験結果

車両 2 台 (A 車, B 車) で各 3 回走行時の検知回数を表 - 7 に示す。IC タグの電波発信間隔は 0.2 秒であるので 1 秒間に最大で 5 回検知できる可能性がある。表 - 7 からすべての走行ケースについてすべてのリーダーで IC タグを 1 回以上検知していることがわかる。また、走行ごとの各リーダーでの検知回数は 4~8 回となった。

## (3) 考察

3.(3)の基礎実験結果の考察から 80km/h で走行した場合の検知回数の予想値(理論値)は 9 回であったが、6 回の検知回数平均値は 5.6 回であり、予想値を下回った。この結果を 3.(3)で用いた検知率で表すと 62%程度となり、基礎実験での検知率より下回っている。

一方、6 回の走行で測定した検知の時系列データを検討した結果(図 - 7)、リーダー 1 台の平均検知範囲は約 70m となった。これを半径に直すと 35m であり、機器の仕様にある最大検知距離 20m を大きく上回った。

以上のことから検知率は低下したが、検知範囲は広くなり、所要の検知機能は確認できた。当初懸念された「高速走行および閉空間となるトンネルという環境での検知率の大幅な低下」は避けられた。原因としてはアンテナ近傍の電波反射による電波妨害効果よりも、表面凹凸の少ない円滑なトンネル壁面での電波反射効果が上回り、より遠方からの電波をリーダーが検知できたと考えられる。

結論として、80km/h 程度の高速車両に対してもリーダー 1 台で十分検知可能であることが判明した。

表 - 7 実験結果(検知回数)

番号	車両	周回数	リーダー別検知回数			
			1	2	3	合計
1	A	1	4	7	4	15
2	A	2	5	5	5	15
3	A	3	6	5	4	15
4	B	1	8	6	6	20
5	B	2	6	5	6	17
6	B	3	6	7	5	18

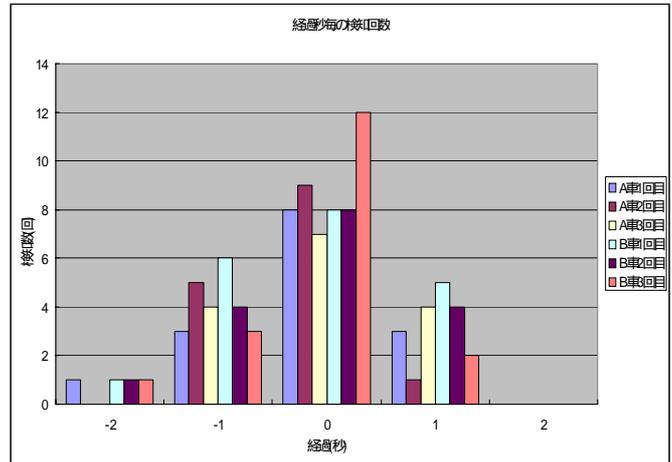


図 - 7 経過秒ごとの検知回数

## 5. 結論

基礎実験、現地実証実験の結果をまとめると次のようになる。

IC タグを車内か車外に配置する場合は、車内へ配置した方が検知率が高くなる。

屋外で IC タグを車内に配置し 40km/h で走行した場合の検知率は 80~110% となった。

屋外で 40km/h で走行した場合、反射板による減衰効果は 15% 程度であった。

トンネル内で 80km/h で走行した場合、検知率は低下したが最大検知距離は約 35m と大きくなった。トンネル内という閉空間での電波反射効果により開空間よりも遠くまで電波が届いたものと考えられる。

以上の基礎実験、現地実証実験の結果を受けてシステム設計を行い、実装して現地に導入した。詳細は別途報告する予定である。今後、運用を通じてさらに詳細なデータを分析して安定度の高いシステムとして整備していく予定である。

## 参考文献

- 1) 佐田達典: IC タグの地中杭への応用, 非接触 IC カードの技術と応用, シーエムシー出版, pp.134-141, 1998 年 3 月。
- 2) 矢吹信喜, 益倉克成, 塚原弘一, 河内康, 児玉直樹: IC タグの建設分野での活用に関する基礎的調査検討, 土木情報利用技術講演集, Vol.30, pp.13-16, 2005 年 10 月。