

13.56MHz 帯 RFID タグの ATS への応用

○[電]進藤 正昭 [電]佐々木敏明 (ジェイアール総研電気システム)

[電]市川和男 杉本経嗣 見目光正 鈴木洋司 (三工社)

Application of a passive 13.56MHz RFID tag for ATS

○Masaaki Shindo, Toshiaki Sasaki (JR-Soken Electric Consulting Co., Ltd)

Kazuo Ichikawa, Keiji Sugimoto, Mitumasa Kenmoku, Hiroshi Suzuki (Sankosha Co., Ltd)

We propose a ATS system in which signalling information is stored in a passive 13.56MHz RFID tag. This RFID tag is placed near the track and the signalling information is transmitted to the on-board equipment. First, we explain the basic construction of ATS system using the 13.56MHz RFID tag. Second, we describe the controlling method of the reading tag that corresponds to the signal aspect. Finally, we introduce the measurement results of the communication area of the 13.56MHz RFID tag and the communication performance of it at a high speed.

キーワード：電気鉄道, RFID タグ, 13.56MHz 帯 RFID タグ, ATS, 信号機, 地上子

Keywords: Electric railway, RFID tag, 13.56MHz RFID tag, ATS, signal, wayside coil

1. まえがき

ATS(自動列車停止装置)は、赤信号を無視して列車が走行した場合、ブレーキ装置に強制介入して列車を止めるものであり、全国に設置されて40年以上の歴史がある。当初はある地点でブザーを鳴らし、それを5秒間無視すると非常ブレーキをかける方式であった。最新のATSは、トランスポンダ方式で車上から245kHzを発信し、線路内においた地上子から信号機までの距離や信号の種別、現在の信号機状態などを1.7MHzで返信する。これにより車上では、信号機の手前何メートルであれば時速何キロ以下でなければならないという、「ブレーキパターン」と称する速度照査信号を作成し、これを超えた場合だけブレーキを作動している。

一方、RFID(Radio Frequency Identification)タグは低コストの小型の情報伝送素子で、ユビキタス時代の自動認識技術として、あらゆる分野に適用されることが期待されている。RFIDタグは書き込みができるので、信号現示に応じてタグ情報を変更することも可能だが、書き換えるための入出力装置が必要となる。そこで、信号現示に対応するRFIDタグを2種類地上に設置し、信号機の現示により車上での読み取りタグを選択制御するとともにSS(Spread

Spectrum)無線で信号機と列車とを結べば、安くてしかも現示変化に即応できる信号システムが完成する。これまでのシステムを一新する斬新なシステムというわけではないので、既存の装置が生かして工事も容易である。また、大規模、長期間の試験や検討の必要がない。しかもRFIDタグは制御なしであれば列車位置などの詳細な発信が可能で、多角的な応用の道が広がる。これまで、RFIDタグを用いたATSへの応用として、電波を利用したUHF(Ultra High Frequency)帯RFIDタグを用いたシステムについて検討を行った⁽¹⁾。ここでは、電磁誘導結合を利用した13.56MHz帯RFIDタグを用いたシステムについて検討する。

2. 13.56MHz 帯 RFID タグによる ATS の基本構成

13.56MHz 帯 RFID タグによる ATS 等の基本構成を、図1に示す。従来のATS地上子の代わりに13.56MHz帯RFIDタグを使ったタグ地上子を用いている。信号機近傍(400m程度以内)では、パターン消去用地上子の代わりに無線を用いて連続的に制御(消去)可能にする。また、信号機設置個所以外の曲線、勾配、臨速の速度制限箇所においても、13.56MHz帯RFIDタグを用いて車上に速度制限情報を与える。

タグ地上子の構成例を図2に示す。タグ地上子は信号機の定位と反位の条件それぞれで動作するよう2つのタグを一体で構成する。赤信号時は赤信号用タグを読んで青信号用タグを読めなくし、青信号時は青信号用タグを読んで赤信号用タグを読めなくする。信号機の600m程度外方にタグ地上子を置き、必要なら1ないし2個の地上子を増設する。

SS無線機は車上と信号機に設け、青信号である情報を列車に送信する。すなわちATSの消去信号をSS無線機より車上に伝達し、追従性の向上と消去用地上子の削減を図るもので、400m以内の距離から相互伝送が可能とするように指向性を決める。

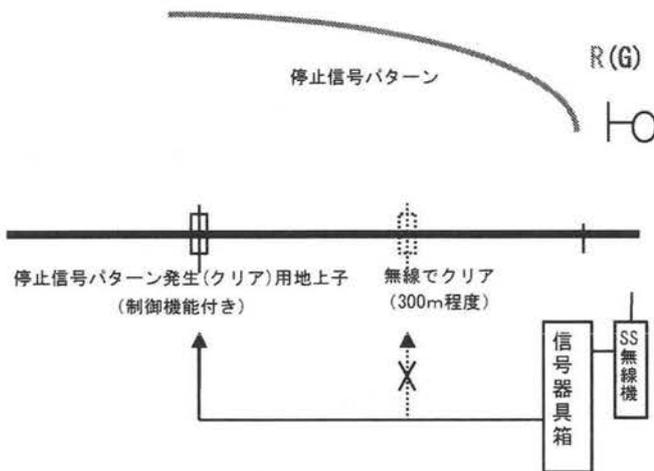


図1 13.56MHz帯RFIDタグによるATSの基本構成

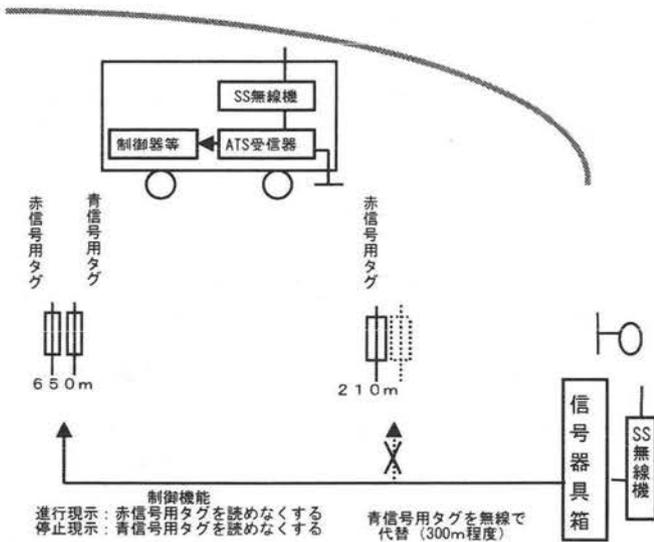


図2 地上子の構成例

3. 信号現示に対応した13.56MHz帯RFIDタグ地上子の読取制御方法

3.1 遮蔽原理

13.56MHz帯RFIDタグの読取選択制御を電氣的に行う方

法として、ループコイルによる方法を用いている。図3にループコイルによるタグ読取制御の構成を示す。タグに近接してループコイルを置き、ループコイルを短絡、開放するとタグの読取を制御できる。13.56MHz帯のタグは、リーダライタアンテナから発生する一定値以上の磁束によりタグに一定値以上の起電力が生じ、応答可能となる。しかし、タグ近傍に短絡されているループコイルがあると、リーダライタアンテナから発生する磁束によりループコイルに電流が流れ、タグにはリーダライタアンテナから発生する磁束と逆向きの磁束が発生する。この結果、タグに生じる起電力は、ループコイルがない場合と比べて減少し、読取不能となる。ループコイルが開放されている場合は、ループコイルから発生する磁束は発生しないので、タグの読取は可能となる。

ループコイルの巻数を変化させた場合の遮蔽性能測定結果を、図4に示す。ループコイルの大きさが長辺7cm、短辺5cmの四角形、導体が外径0.5mmのエナメル銅線の場合、ループコイル開放時のタグの読取可能な応答離隔は40cm程度であった。ループコイル短絡時の応答離隔は、巻き数が1~4の場合に10cm~20cm程度、巻き数が5以上になると5cm以下になった。この結果、ループコイルの巻き数は、6巻、7巻が最適になることが分かった。

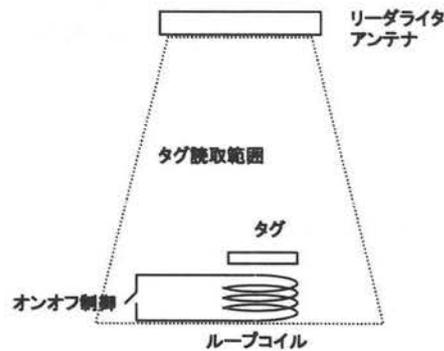


図3 ループコイルによる遮蔽原理

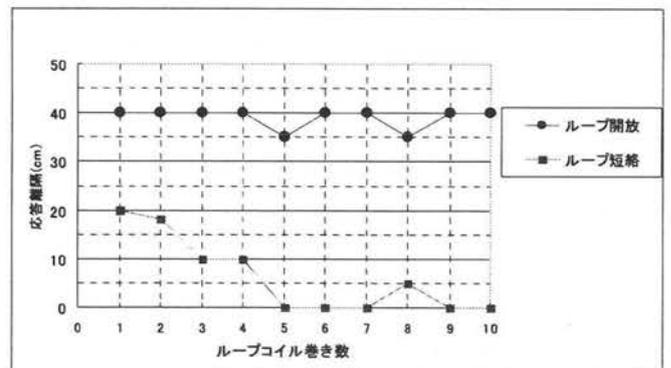


図4 ループコイル巻き数による遮蔽性能測定結果

3.2 13.56MHz帯RFIDタグ地上子の制御方法について

タグはループコイルの短絡開放により、遮蔽しない方を読み取る。地上子内のタグは読取可能状態と不可能状態に制御されるが、読み取れない時と故障時とは区別がつかない。したがって読取可能なタグと読取不可能のタグを並べて一体設置し、どちらか片方は必ず読み取りができるようにして、故障検知を可能とする。

一体タグ地上子の制御方法例を図5に示す。タグの近傍に制御リレーを置き、リレーのオン接点で赤信号側のタグを遮蔽して青信号情報を読み取らせる。リレーのオフ接点では、逆に青信号側のタグを遮蔽して赤信号情報を読み取らせる。

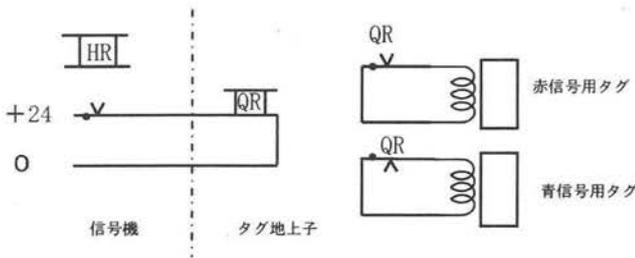


図5 RFIDタグ地上子の制御方法例

4. 13.56MHz帯RFIDタグ地上子の試作

13.56MHz帯RFIDタグ地上子として、曲線、勾配、臨速の速度制限箇所に用いる制御なし地上子を試作した。これらの構造概要を図6に示す。制御なし地上子は、13.56MHz帯RFIDタグを誘電率の低い誘電体(低誘電体)で覆い、誘電体とタグ間にスペーサを充填している。

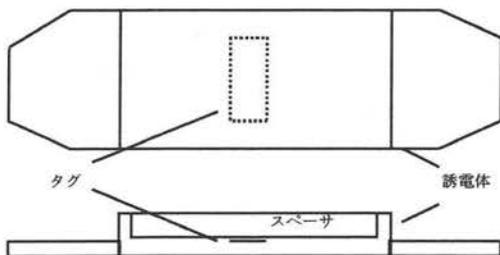


図6 制御なし地上子の構造概要

5. 13.56MHz帯RFIDタグの静的応動特性

5.1 測定方法

13.56MHz帯RFIDタグの読取範囲を把握するため、静的な応動特性を調査した。測定に使用した13.56MHz帯RFID評価キットの諸元を表1、測定方法を図7に示す。リーダアンテナとRFIDタグを垂直方向に離れた場合について、離隔を変えた場合の読取範囲(応動距離)を測定した。

表1 13.56MHz帯RFIDタグ評価キット諸元

リーダ出力	読取距離	タグタイプ	通信速度	周波数帯域
4W以下	50cm	I.CODE SLI I.CODE1	FW:26.5kb/s RT:26.5kb/s	13.56MHz

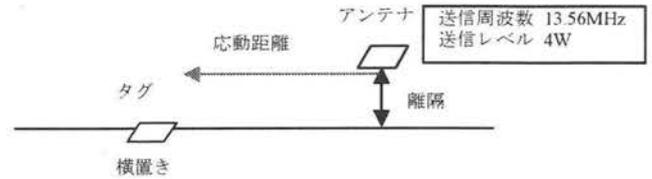


図7 13.56MHz帯RFIDタグの読取範囲の測定方法

5.2 測定結果

13.56MHz帯RFIDタグ(I.CODE SLI)の静的な応動特性を図8に示す。

離隔が30cm程度の場合に応動距離が片側30cm程度となり、離隔変化に対する応動距離が最大になった。また、離隔60cm以上になるとほとんど感度がなくなった。

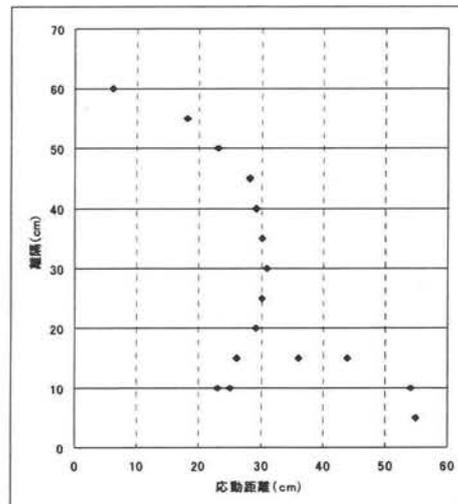


図8 13.56MHz帯RFIDタグの読取範囲の測定結果

6. 13.56MHz帯RFIDタグの動的な応動特性

6.1 測定方法

13.56MHz帯RFIDタグ(I.CODE1)の高速時の読取可否を把握するため、動的な応動特性を調査した。図9に示した回転棒の先端にRFIDタグを取り付け、一回の通過(結合)で、受信できる電文数を調査した。リーダアンテナとRFIDタグを垂直方向に離れた場合について、回転速度を変えた場合の読取回数を測定した。

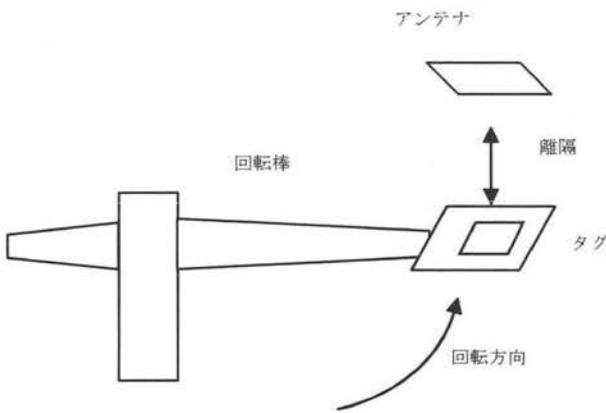


図 9 13.56MHz 帯 RFID タグ高速時読取測定方法

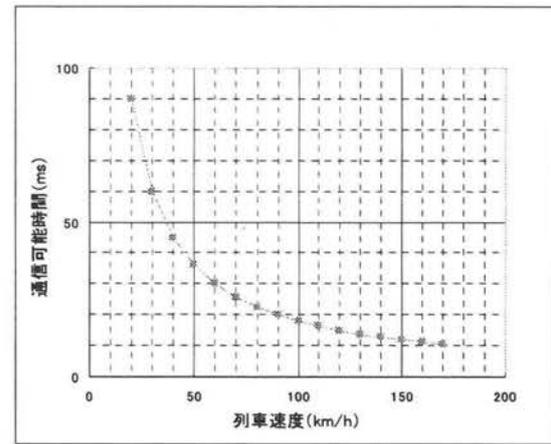


図 11 列車速度に対する通信可能時間 (タグ読取範囲=50cm)

6.2 測定結果

リーダアンテナとタグとの離隔が 30cm の場合、一回の通過 (結合) で、受信できる電文数を図 10 に示す。

読取回数は、回転速度が大きくなると少なくなった。また、読取バイト数が小さい程、受信回数は多くなった。4 バイト読取では、時速 170km でも 1 回は読み取れることが分かった。

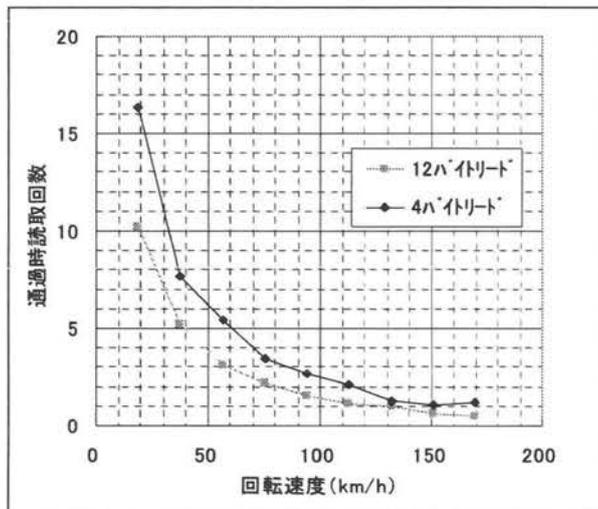


図 10 13.56MHz 帯 RFID タグの高速時読取測定結果

6.3 タグ読取時間と列車速度

RFIDタグを鉄道分野に応用するためには、高速移動体との通信特性の把握が必要となる。ATSシステムで必要とするデータ量の情報伝送を行うには、無線リンクでの通信可能時間が関係する。無線リンクでの通信可能時間は、タグ読取範囲の大きさ、列車速度で決まる。

RFIDタグが提供できる無線リンクでの通信可能時間は、以下のようになる。

$$T = \frac{L}{(S \cdot 1000 / 3600)} \text{ --- (1)}$$

ここで、Tは通信可能時間[秒]、Lはタグ読取範囲の長さ[m]、Sは列車速度[km/h]である。タグ読取範囲が50cmの場合、列車速度に対する通信可能時間を図11に示す。

7. あとがき

13.56MHz 帯 RFID タグを地上に設置し、信号機の現示で制御して車上で読み取ることにより、信号機情報を車上に伝送する ATS システムを検討した。信号現示に対応した 13.56MHz 帯タグ地上子の読取制御方法を考案するとともに、13.56MHz 帯 RFID タグ地上子を試作し、13.56MHz 帯 RFID タグの静特性 (応答範囲) や動特性 (高速時での読取性能) を確認した。また、応動範囲を延ばす方法についても検討しており、車上～地上子間通信性能として今回の測定結果よりも良好なものが実現できる見通しが得られている。今後、13.56MHz 帯 RFID タグによる ATS システムの実現に向けて、検討を継続する予定である。

参考文献

- (1) 進藤正昭、佐々木敏明、市川和男、杉本経嗣、見目光正、鈴木洋司：RFID タグの ATS への応用, J-Rail2007, pp167-200, 2007