

RFID タグを電子道路標識とした 車内標識提示システムの構築と検証

佐藤 義通^{*1} 蒔苗 耕司^{*1}
宮城大学事業構想学部デザイン情報学科^{*1}

道路標識は、ドライバーに対して交通の規制・警戒・案内等の情報を視覚的に伝達する役割を有しているが、動的な視環境の中で、静的な情報である道路標識は見落とし等の問題が生じやすい。そこで本研究では、ドライバーの運転支援を目的に、既往の道路標識に代わる電子道路標識システムとして、RFID タグを適用した車内標識提示システムを構築した。タグの設置位置や情報の格納形式について検討を行い、複数のタグによるチェック機能により、進行方向に合った確実な情報提示を可能とした。また実走実験により提示システムが有効に機能することを確認するとともに、室内実験により、車内での画像や音声による情報提供が有効な方法であることを明らかにした。

Development and Evaluation of In-vehicle Signing System Utilizing RF Traffic Signing

Yoshimichi Sato^{*1} Koji Makanae^{*1}
School of Project Design, Miyagi University^{*1}

Traffic signs inform the drivers about traffic rules and route information visually, but occasionally driver's oversight of traffic sign is caused in traveling. In this study, the in-vehicle signing system applied RFID technology was developed as traffic signing system to support driver's sign recognition. The tag positioning and data format were examined, as a result, the sign presentation was enabled by the check logic with three tags. It was confirmed that the in-vehicle signing system functioned effectively by the real run experiment, and the guidance system using images and voices was effective by the laboratory experiment.

Keyword: in-vehicle signing system, RFID, traffic sign

1. はじめに

道路標識はドライバーに対して、交通の規制、警戒、案内等の情報を視覚的に伝達する役割を有している。自動車運転者には、他車両や歩行者、信号機の灯火

等の動的な視覚情報と、道路標識等の静的な視覚情報を把握し、それらに基づく適切な運転操作が求められる。しかし実際の運転操作の中で、動的な視覚情報に比べ、特に道路標識等の静的な視覚情報につ

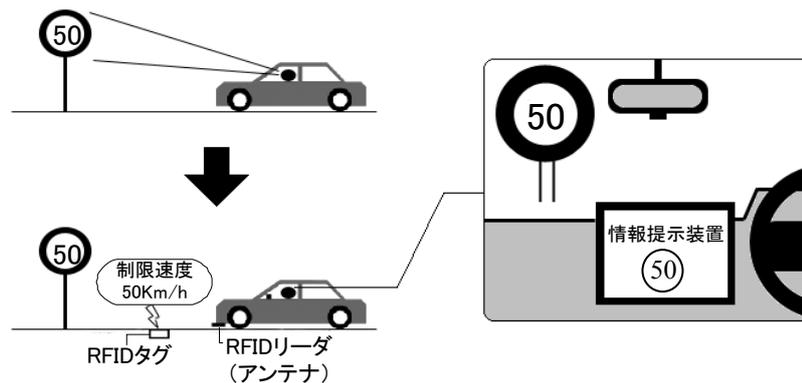


図-1 RFID を用いた車内標識提示システム

いては、見落とし等の問題が生じやすい。このような問題に対して、車内の端末装置で標識の提示可能とする in-vehicle signing system (車内標識提示システム) が有効な支援手段となると考えられており、米国 National ITS Architecture では ITS Market Package の一つに位置づけている¹⁾。一方、国内においては、画像処理や DSRC 等を用いたいくつかの実験が行なわれているものの、そのシステムの有用性については十分な社会的認識が得られていない状況である。

このような状況の下、本研究では既存の道路標識に代わる電子道路標識として RFID (Radio Frequency Identification) の適用を試みる。RFID は次世代のタグシステムとして様々な分野への応用が模索され、現在、急速に普及しつつある。RFID の電子道路標識への応用については、歩行者を対象としたシステムはいくつか開発されているが²⁾など、自動車を対象としたシステムについてはその利用の可能性としての提案はなされているが、実用を目指した具体的研究報告はなされていない。そこで本研究では、汎用の RFID タグを電子道路標識とした、路車間通信による車内標識提示システムの構築及び評価を行い、その有用性を明らかにする。

2. 既往の研究と本研究の意義

道路標識情報の車内提示に関する研究としては、DSRC を用いた道路標識システム、デジタル道路情報を用いた研究が行われている。前者の研究では ETC 等に用いられている 5.8GHz の狭域通信を適用し、カーブ開始位置手前でドライバへ「速度注意」や「速度落とせ」等の情報を提供し、ドライバが安全にカーブを通行できるよう支援するものである³⁾。

また後者は、道路標識の位置情報を道路情景画像から抽出し、その情報をデジタル道路情報に取り込み、GPS を利用したカーナビゲーションを用いて地図情報と同時に標識の情報を提示するものである⁴⁾。また画像処理を用いた研究としては、画像情報から道路標識を自動検出・認識する研究がいくつか行われている。例えば小橋ら⁵⁾の研究では、認識対象外の情報を画像から除去し、色情報・形状情報による標識認識及び信号機の認識を実現している。また蒔苗・菅野⁶⁾は、コンピュータによる認識を前提とした道路標識を提案し、その認識性能について評価を行なっている。

これらの研究の問題点を次に述べる。DSRC による場合には、通信の確実度は高いが、一般道路への設置にはコストや設置スペースの問題がある。また GPS を使用したシステムでは、地図情報上の標識の動的な更新ができないこと、トンネル等 GPS が利用できない場合の位置精度が低くなる等の問題がある。また画像処理を適用した場合には、気象条件による視界不良、前方視界を大型車に遮蔽された場合に利用できないという問題がある。

このような問題に対して、本研究では汎用の RFID タグを電子道路標識とし、路車間通信を適用した車内での車内標識提示システムを構築し、その検証を行う。RFID は、使用する電波が微弱であることにより通信範囲が限定的であり、特定の範囲に限って情報を通信できることで、高い精度で位置特定が可能である。また電磁誘導式のパッシブ型の RFID タグでは電源が不要であり、汚れや遮蔽物に強く、その大きさも極めて小さいという利点がある。またタグが極めて安価であることから大量の設置に適すると

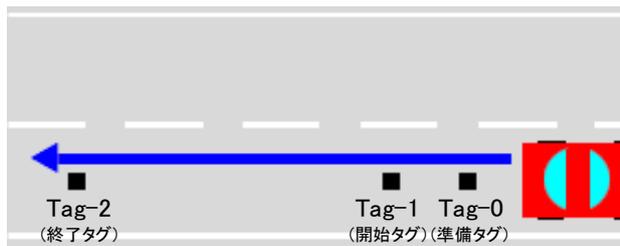


図-2 タグの設置方法



図-3 タグへの情報の格納形式

いう利点も有する。このような点から、DSRC における設置コストや設置場所の問題、GPS による位置精度の問題、画像処理の場合の視界条件の問題を解決することができる。

3. システムの概要

3-1 使用機器

本研究では、車道上に道路標識や道路標示等の情報を格納した RFID タグを設置し、その情報を車体に取り付けた RFID リーダにより読み取り、車内の情報端末に画像・音声で提示するシステムを構築する (図-1)。

本システムには以下の機器を使用する。

- RFID タグ Texas Instruments 社 Tag-it HF-I
 - トランスポンダ・インレイ・長方形タイプ
 - 76 mm × 45 mm
 - 固有識別番号 64 bit
 - ユーザメモリ 2048 bit 32 bit/Block
 - 準拠規格 ISO/IEC 15693
 - 動作周波数 13.56 MHz
 - 書き込み回数 100,000 回
 - データ保持期間 10 年
- RFID リーダ FEIG ELECTRONIC 社 FMR100-A (アンテナ:FANT300/300)
- 情報提示装置 : Microsoft Windows2000 搭載 PC
- 開発言語
 - Microsoft Visual Basic 6.0
 - Microsoft-DOM
 - Microsoft Text-to-Speech
 - FEIG ELECTRONIC 社 クラスライブラリ

本研究では電磁誘導式のパッシブタグの使用を前提としており、その通信距離はアクティブタグに比較して短距離であり、今回利用した機材でも max.

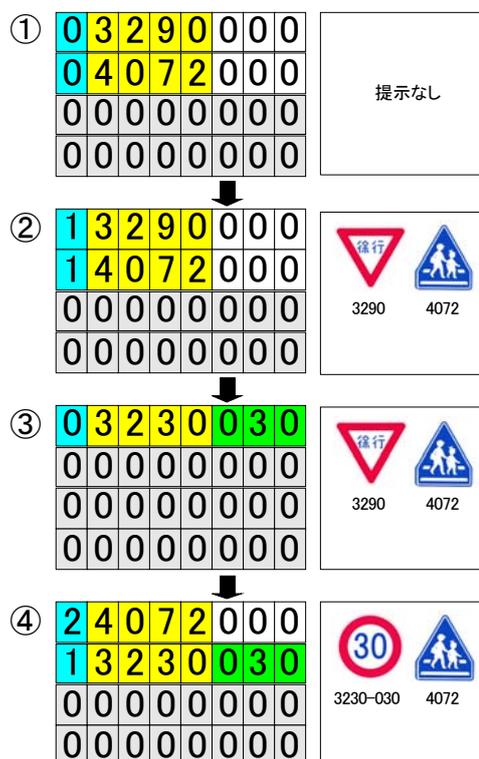


図-4 タグへの情報格納例

40cm となっている。微弱電波を利用する利点は、より正確な位置特定を可能とすることであるが、その一方でリーダーのアンテナが確実にタグと接近する必要がある。

3-2 タグの設置位置

車線上の 1 つのタグ情報のみを基にして情報を提示した場合、車両の進行方向が判断できないため、例えば追い越し時や障害物を避けて対向車線にはみ出した場合、あるいは車線分離されていない狭幅員道路の場合には、自車の走行に不必要な対向車線のタグ情報を読取るという問題が生じる。そこで本研究では、チェック機能を設けるため、Tag-0 (準備タ

グ), Tag-1 (開始タグ), Tag-2 (終了タグ) の 3 種類のタグを定義する. これらの 3 種類のタグは図-2 に示すように, 車線上に連続して配置され, Tag-0→Tag-1 を読取することを条件に情報を提示する. また Tag-2 を読取ることにより情報の提示は終了する. すなわち Tag-1 は区間の始まりを示し, Tag-2 は区間の終了を示しており, この方法を用いることにより, 車線分離されていない狭幅員の道路で双方向の車両が通過する場合においても対応可能となる.

3-3 タグへの情報の格納形式

RFID タグへの情報の格納形式は, Tag 種別(0,1,2) を先頭に格納し, 次に標識コードを格納する (図-3). また制限速度や重量制限等, 標識に数値が含まれるものは, さらにその後に桁に格納する. 1 つの標識情報は 1 Block(32bit)の範囲内となり, 今回使用したタグ(Tag-it)では 1 枚あたり最大 64 標識の格納が可能となる. しかし今回の実験では, 読取り時間を考慮し, 1 つのタグあたり最大 4 標識に限定している.

図-4 はタグへの情報の格納例を示したものである.

①は, 標識番号 3290 と 4072 の 2 種類の標識の情報を格納した準備タグ (Tag-0) であり, 端末への情報提示は行わない. ②のタグは, 3290 と 4072 の標識の開始タグ(Tag-1)であり, これらを読取った時点で端末は情報提示を開始する. ③は, 新たな標識 3230 の準備タグ(Tag-0)であり, ④に含まれる 4072 の終了タグ情報(Tag-2), 3230 の開始タグ情報(Tag-0)を読取った時点で端末の表示が切り替わる.

3-4 車内標識提示システム

車載端末に搭載される車内標識提示システムの処理の流れを図-5 に示す.

タグを検出した場合には, タグ情報の読取りを行い, タグ種別を判断し, Tag-0 (準備タグ) である場合は, 準備 Stock に標識番号を記憶し, Tag-1 (開始タグ) である場合には, 準備 Stock 内の同じ標識番号の標識を検索し, その標識番号の提示情報 (画像情報・音声情報) を取り出す. さらに提示 Stock に提示している情報を格納する. Tag-2 を認識した場合には, 提示 Stock 中に同じ標識番号がある場合において, 該当する画像の提示を終了する.

表示画面の例を図 6 に示す. 情報提示画面はカーナビゲーションシステムとの併用を考慮し, シンプルなものとし, 速度に関する情報を画面右上に, それ以外の情報は画面左側に配置するようにした.

4. システム評価実験

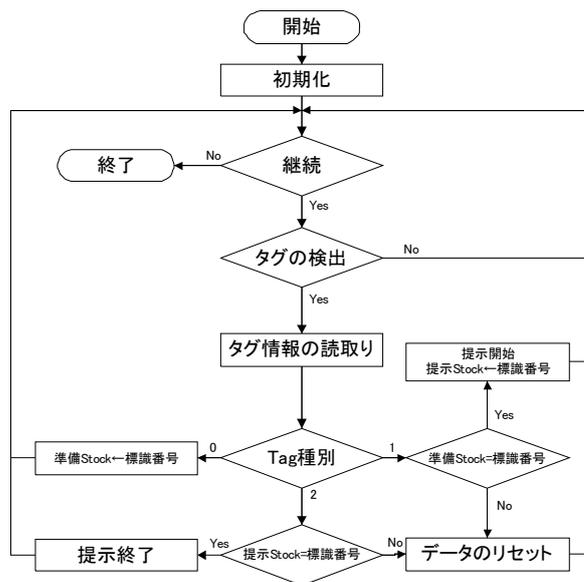


図-5 システムの基本フロー



図-6 車内提示システム画面

4-1 屋外における実走実験

本システムの有効性を明らかにするために, 宮城大学構内道路における実験を行なった. 実験コースには, 宮城大学入口から北側駐車場までの区間の道路を使用し, この間に 11 個の標識と表示を設置した (図-7).

今回使用するタグの通信距離は max.40cm でアンテナ幅が 30cm であり, アンテナは車両の地上高 15 cm の位置に固定した (図-8(a)). 路面上に設置するタグは, 車両が車線の中心から逸脱して走行しても認識できるように, 同じ情報が格納されたタグを, 車線の横断面に対し, 30cm 間隔で 3 枚並べて設置した (図-8(b)), 設置したタグは 19 箇所, 合計 57 枚であり, 補強のために厚さ 0.6 mm のアクリル板で挟み, 路面上にガムテープで固定した (図-8(c)).

走行実験は走行速度を約 20km/h として行なったが, システムは正常に動作し, 設置した全てのタグ

の情報を認識し、表示することができた。

4-2 室内における有用性評価実験

車内標識提示システムの有効性を評価するため、一般道路走行時のビデオ映像を使用した擬似的な体験システムによる室内実験を行なった。

システムを使用した状況を再現するため、実際にドライバの視点から撮影した走行映像をビデオモニターに再生する。その手前に情報提示装置として PC を設置し、映像に同期して標識情報が提示されるようにした (図-9)。

被験者は画面の前に座り、実際に運転している感覚で映像を見る。実験は、①システム無しの場合、②表示のみの場合、③音声のみの場合、④表示と音声両方の場合を体験してもらい、システムを利用した②③④の場合について、アンケートにより標識情報の認識や内容理解について 5 段階評価をしてもらった。また①を加えた 4 つの場合について、どのシステムが有用であるかについて順位をつけてもらった。被験者は自動車運転免許を有する 11 名 (男 9 名、女 2 名、平均年齢 22.3 歳) であった。

表-1 にアンケート結果を示す。標識提示システムを利用した場合、標識情報の認識や内容理解等、全ての項目で平均 3.8 以上であり、高い評価が得られた。また有用性に関する順位では、④表示と音声 (順位の平均 1.55 位)、③音声のみ (2.27 位)、②表示のみ (2.45 位)、①システム無し (3.73 位) の順となり、本実験から車内での表示及び音声による情報提示がある方が良いという結果となった。

5. 車内標識提示システムの有用性と課題

4. の走行実験及び室内実験により、RFID タグを電子道路標識として用いた車内標識提示システムが有効に動作するとともに、車内での画像と音声を用いた情報提供が理解しやすく、また必要なシステムであるとの評価を得た。これらの結果から、室内における情報提示装置はドライバ支援装置として有効であり、また RFID の適用はその実現のための要素技術の一つとなり得ることが明らかとなった。

一方、今回の RFID を用いた実験では、学内の構内道路での低速での走行実験となったが、今後、実際の公道での実験により、実環境での有効性について明らかにしていく必要がある。今後、解決していくべき課題として以下が挙げられる。



図-7 実走実験コース



(a)アンテナ



(b)路面に設置したタグ



(c)車内

図-8 実験風景

表-1 アンケート結果

(5段階評価 5:YES---1:NO)	①システム無	①表示のみ	②音声のみ	③表示+音声
1. 情報提示装置の情報提供（表示）に気付いたか	N/A	4.8	4.8	5.0
2. 情報提示装置の表示を見たか（音声を聞いたか）	N/A	4.6	4.1	4.7
3. 情報の内容を理解できたか	N/A	5.0	4.5	4.6
4. 情報提供は必要だと思うか	N/A	4.3	3.9	5.0
5. 高齢者下ドライブに使うて欲しいと思うか	N/A	3.8	4.3	4.5
6. 標識や標示・表示板と比べ、本システムは有効だと思うか	N/A	4.4	4.1	4.6
(順位)				
どれが運転しやすいと思うか（順位）	3.7	2.5	2.3	1.6

数値は平均値



図-9 室内実験装置

(1) 高速な走行での評価と対応

今回の実験では低速での実験を行なったが、今後、より高速走行での認識性に関する実験が必要となる。高速走行時においては、今回使用した機器では十分な読取り性能を確保できない可能性があり、アンテナの改良（車両底面を利用したより大きなアンテナを用いる）や 900 MHz 帯 (UHF 帯) の RFID タグ（通信距離 2~3m）等の適用についても考えていく必要がある。

(2) タグの設置位置

情報を正しく認識する方法として、今回は 3 種類のタグ種別を設けることにより、チェック機能が働き、誤った情報が表示されないようにしている。一方、読取り不能のタグが 1 箇所でもあった場合には、その標識が表示されないという問題もあり、今後はより確実に情報表現を行うためのタグの配置・格納すべき情報について検討していく必要がある。

(3) タグの設置方法

今回の実験ではアクリル板で保護したタグを路面上に直接貼り付けるという方法を採用しているが、実際の公道での利用において、どのような方式でタグを設置するかが課題となる。衝撃等を考慮した場合には舗装面下への埋設が適当な方法であると考えられるが、実際にどのように埋設するべきか、埋設による電波減衰の影響、天候・衝撃荷重の影響等を含め、より詳細な調査研究を進めていく必要がある。

(4) 走行支援システムとの連動

本システムにより取得した情報は、走行支援システムや自動運転システム等の自動車制御システムとの連動により、より高度に応用できる可能性を有しており、今後の課題である。

6. まとめ

本研究では、RFID タグを電子的な道路標識とした

車内標識提示システムの構築を行うとともに、実際に道路に設置したタグを用いた走行実験を行い、システムが有効に機能することを確認した。さらに室内における走行映像を用いた擬似的な体験システムにより、車内での画像・音声による情報提供が有効な方法であることを示した。

今後の課題としては、①高速走行での評価と対応、②タグの設置位置、③タグの設置方法、④走行支援システムとの連動等が課題として挙げられる。

今回の研究成果を踏まえて、今後、より実用化に向けたシステム開発を進めるとともに、このような電子標識が既存の道路標識に代替できるような社会的な仕組みについても考えていく必要がある。

参考文献

- 1) U.S.Department of Transportation:
<http://www.its.dot.gov/arch/>, 2005.
- 2) 内田敬：中心市街地での歩行者ナビゲーションシステム-御堂筋の事例, 第 2 回 ITS シンポジウム 2003 Proceedings, pp.53-58, 2003.
- 3) 沖良晃, 山田富美夫, 関義朗, 水谷博之, 牧野浩志：AHS カーブ進入危険防止システムの実道検証, 第 2 回 ITS シンポジウム 2003, pp.247-252, 2003.
- 4) 山田圭一, 富永裕之, 中村国章, 脇阪信治, 有田秀昶: デジタル道路地図上への道路案内標識の取り込み, 第 1 回 ITS シンポジウム 2002 Proceedings, pp.25-30, 2002.
- 5) 小橋雄一朗, 石川直人, 中島真人: 道路標識・交通信号灯器の自動認識, 第 1 回 ITS シンポジウム 2002, pp.321-326, 2002.
- 6) 蒔苗耕司・菅野照: 画像処理技術を用いた新たな道路標識システムの提案, 第 1 回 ITS シンポジウム 2002 Proceedings, ITS Japan, pp.137-142, 2002.