

Ⅱ-1 舗装中に設置した RFID タグの検知特性

Detection of Passive RFID Tags Buried in Asphalt Pavements

山田 晴利¹

Harutoshi YAMADA

抄録： ITS で提供が予定されている「車線逸脱防止支援」「車線別の経路案内」などのサービスでは車両位置を車線レベルで特定する必要がある。本研究ではパッシブ型の RFID タグを位置特定のための候補としてとり上げ、基本的な特性を計測した。パッシブ型 RFID であれば電源は不要で、また価格も安くなってきている。舗装の切削オーバーレイの影響を受けにくいアスファルト舗装の表層の下かつ基層の上面に RFID タグを貼付することを想定して、パッシブ型 RFID タグの検知可能範囲を静的に計測した。厚さ 3 センチの排水性アスファルト（空隙率 20 %）であれば、舗装が存在しない場合と比べても検知可能範囲はほとんど影響を受けないことが判明した。

キーワード： パッシブ型 IRID タグ、排水性アスファルト舗装、密粒アスファルト舗装、検知可能範囲

Keywords : Passive RFID Tag, Porous Asphalt Pavement, Dense Asphalt Pavement, Detection Area

1. はじめに

ITS（高度道路交通システム）で今後提供することが想定されている「車線逸脱防止支援サービス（隣接車線の死角となる位置に車両がいるかどうかを検出し、車両が存在する場合に車線変更しようとするのを警告を出す）」「車線別の経路案内」「交差点における公共交通支援（交差点においてバス、LRT などを優先的に通行させる）」などのサービスでは車両の位置を車線レベルで特定する必要がある。

従来のナビゲーション・システムでは、GPS 衛星を用いた測位と慣性航法を組み合わせることで車両位置を特定し、さらにマップマッチングをもちいて道路の上に車両の位置を落としている。こうした手法によって、道路のリンク（路線）レベルの精度までに限定すれば車両の位置を特定することが可能である。

しかし、従来の手法では車線レベルで位置を特定することは困難であり、たとえば、Quddus *et al.*¹⁾がこれまでに開発されたさまざまなマップマッチング手法の精度を比較した結果によれば、水平方向の誤差は最もよいとされる手法でも 5.5 m (95 %)となっており、大多数の手法では 10 m 以上の精度しか達成できていない。道路の車線幅員が 3 m から 3.5 m であることを考えると従来の手法では車線レベルの測位は実現できない。

ただし、RTK-GPS を使えばセンチメートル・オーダーの測位が可能であり、車線レベルでの位置特定も実現できる。しかし、RTK-GPS の受信機は一台あたり約数百万円と高価であり、車両に搭載することは非現実的である。

こうしたことを考慮すると、より安価に車線レベルの測位を実現する必要がある。本研究では、できる限り安価

で、維持管理費用も安い車線レベルの測位技術を実現することを目指している。

2. 従来の測位方式

これまで ITS において位置特定のために用いられてきた方法には下記がある。

- 赤外線アンテナ
- 専用狭域通信 (DSRC)

赤外線は指向性が強く、また伝送容量に制約がある。DSRC は伝送容量の制約は（事実上）ないが通信可能領域が広い（最低でも 10 m 程度）ため、車線レベルでの位置特定には向かない。また、現在検討されている位置特定のための方法として

- アクティブ型 RFID タグ
- 可視光通信

等がある。しかし、アクティブ型 RFID タグは電源を確保する必要があり、とくに道路に多数の RFID タグを設置する場合には、たとえ数年に一度とはいえ電池の交換等を行うことは現実的ではない。またアクティブ型タグでは通信可能範囲がメートルオーダーになり、車線レベルの測位には向かない。可視光通信はアンテナが高価（一台数万円）で道路に多数設置するのに向かない。

こうした点を考慮して、本研究ではパッシブ型の RFID タグを位置特定のための候補としてとり上げる。パッシブ型であれば電源が不要で、また価格もかなり安価になってきている（安いものでは一枚数十円）。

3. 本研究の目的

パッシブ型の RFID タグを道路に設置するにあたって

1 : 正会員 博士(工学) 東京大学空間情報科学研究センター 特任教授

(〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1 生研第 5 部柴崎研気付, Tel: 03-5452-6710, E-mail: yamada.hal@csis.u-tokyo.ac.jp)

は以下の課題を解決する必要がある。

- パッシブ型 RFID タグの通信可能距離はせいぜい数十 cm のため、路測あるいは道路を跨ぐ門型のゲートに設置することは難しく、路面に設置することになる。しかし、路面に RFID タグを設置すると、タイヤとの接触(とくに、大型車がブレーキをかけた場合)によってはがれてしまう可能性が高い。
- さらに、自動車交通量の多い幹線道路ではわだちやひび割れができるため数年程度でアスファルト舗装の切削オーバーレイ等が行われる。路面に添付された RFID タグも同じ周期で更新することはコスト増につながる。
- 施工時のアスファルトの温度は約 150 度に達し、RFID タグはこの温度に耐えなくてはならない。タグを耐熱性の材料(プラスチックなど)でできたケースに入れることが可能であり、こうしたケースを使えば施工時の高温の問題は解決できる可能性がある。
- アスファルト施工時にはローラーによる転圧を受ける。さらに、施工後にも大型トラックのタイヤによる荷重を受ける。こうした場合に骨材の角が RFID タグに当たり、タグを破損するおそれがある。
- 舗装中に水分が浸透した場合には、タグの通信性能が劣化する可能性がある。

こうしたことを考慮すると、舗装の切削オーバーレイの影響を受けないアスファルト舗装の表層(厚さは約 5 cm)の下かつ基層の上面に RFID タグを貼付することが有効であると考えられる。しかしながら、こうした箇所に RFID を貼付する場合の施工性(座標が計測された点に正確に RFID タグを貼付する必要がある)、通信可能領域、通信容量等についてはこれまで把握されていないため、本研究において実験的に把握する。

なお、RFID タグを使った測位については、フランスに例がある²⁾。ルーアンの BRT バスシステム TEOR がそれである。TEOR では、停留所の決められた位置に止められるよう、道路延長方向の位置を RFID タグから読み取り車両を制御している(GNSS と慣性航法も併用)。道路横断方向の制御は車線中央に引かれた二本の白線を検知して行っている。

4. パッシブ型 RFID タグの特性

現在商品化されているパッシブ型 RFID タグには、次のような種類がある。(利用周波数帯によって分類した。)

- 長波(125 kHz～134.2 kHz)
- 短波(13.56 MHz)

- UHF 波(902 MHz～928 MHz)
- マイクロ波(2.45 GHz)

これらの中から、通信可能範囲が数十センチに収まり、水分の影響を受けにくく、しかも安価な、短波を利用する近傍型の RFID タグを選択した。これは ISO/IEC 15693 に準拠する非接触型の IC カードで、通信距離は最大で約 70 cm である。

5. 実験方法

リーダーライターを床面から規定の高さ(約 10 cm, 20 cm および 30 cm)に設置し、カード型のタグをリーダーライターに静かに近づけていったときに読み取りが可能になる位置を計測した(読み取りが行われるとリーダーライターのブザーが鳴る)。なお、タグが舗装に埋め込まれた状態を再現するためにカード型タグの上にホイールトラッキング試験用の舗装版(幅 30 cm×奥行き 30 cm×厚さ 3 cm)を 1 枚、2 枚あるいは 3 枚重ねた条件で計測を行った。計測の概要を図-1 に示す。なお、排水性アスファルトの空隙率は 20 % である。

実験に使った機材等は次のとおりである。

- ① RFID タグ: カード型 RFID タグ(ISO/IEC 15693 準拠, 大日本印刷製)
- ② リーダーライターおよび読み取り用アンテナ: タカヤ製(出力は 1W ; TR3-LD003C-L および TR3-LA101)
- ③ 変調方式等: リーダーライターから IC タグへのデータ転送速度は 26.48 kbps, タグからリーダーライターへの転送速度は 26.69 kbps。さらに、読み取り可能エリア内に IC タグが複数存在する場合でも読み取りが可能なアンチコリジョン(複数同時読みとり)を設定した。ただし、アンチコリジョンを設定すると IC カードの読み取りに時間がかかるようになる。

6. 計測結果と考察

計測結果を図-2, 3, 4 にグラフで示した。実際の計測はこれらの図の第 IV 象限で行われており、残りの象

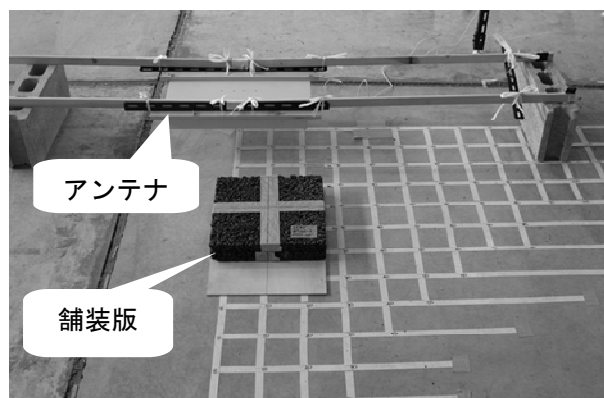


図-1 実験の概要

限では行われていないが、第 IV 象限の計測結果がそのまま残りの象限でもなり立つものと仮定して対称なグラフを描いてある。図中の丸(●)が計測された点を示し、グラフの原点がアンテナの中心に相当する。

図-2と図-3を比べると、密粒アスファルト舗装版をタグの上に置くと通信可能範囲が狭くなることがわかる。通信可能範囲はおおよそ 2/3 に縮小している。一方、これらの図と図-4の一行目のグラフとを比べると、排水性舗装版をおいた場合も通信可能領域は縮小するが、密粒アスファルト舗装版のときほど大きくは縮小しないことがわかる。つまり、排水性アスファルトが通信可能範囲に与える影響は密粒アスファルトよりも小さい。

図-4から、排水性アスファルト版の枚数を 1 枚から 2 枚、3 枚と増やすと、通信可能範囲は若干狭くなるもの

の、縮小の程度は軽微であることがわかる。このことは、排水性アスファルトの中にタグを設置する場合に、設置深さが通信可能範囲に与える影響は小さいことを意味する。ただし、アンテナとタグの距離が離れると通信可能範囲は狭くなる。

以上の計測から、排水性アスファルトの中に RFID タグを設置する場合には、舗装が存在しない場合とほぼ同等の通信可能領域を確保できることがわかった。

ただし、ここで実施した実験はアンテナにタグをゆっくりと近づけていき、静的な検知領域を計測するものであった。車両にアンテナを取り付けて計測を行う動的な実験については今後実施したい。その際には、走行速度の影響についても検討を行うこととする。

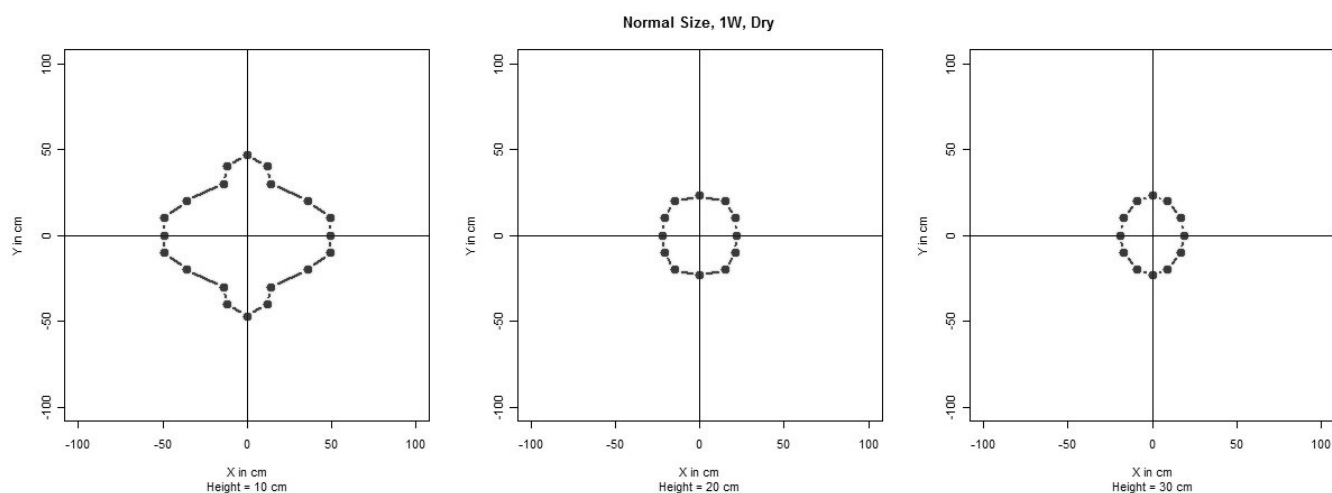


図-2 舗装版を載せない場合の通信可能領域
(左:高さ 10 cm, 中:高さ 20 cm, 右:高さ 30 cm)

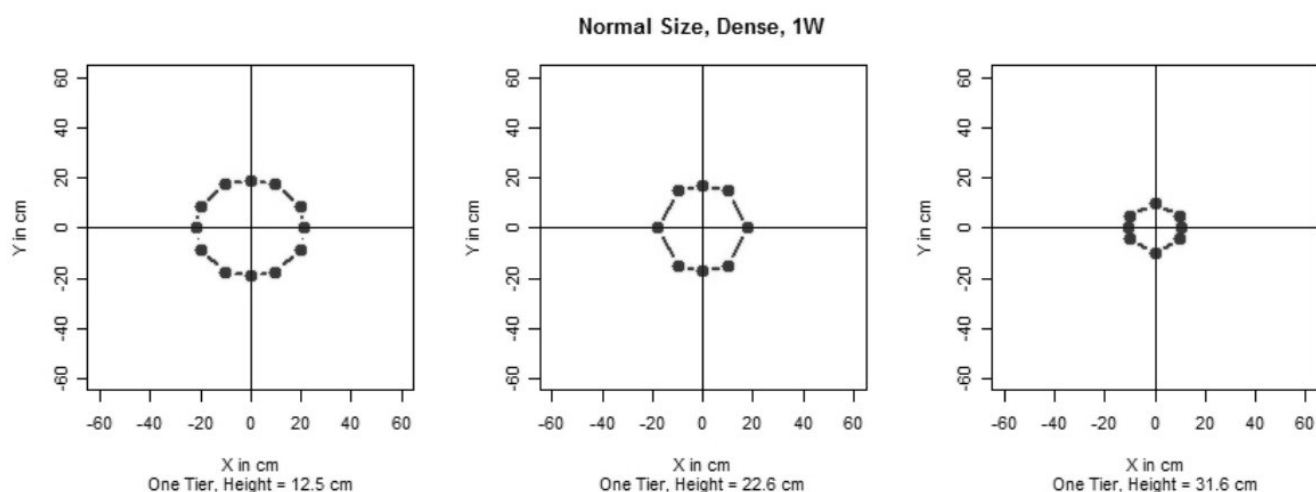
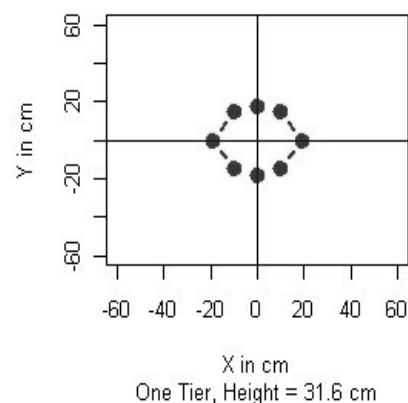
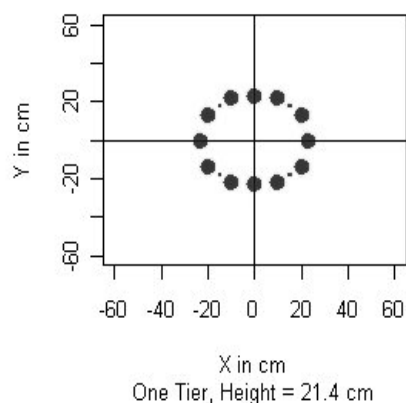
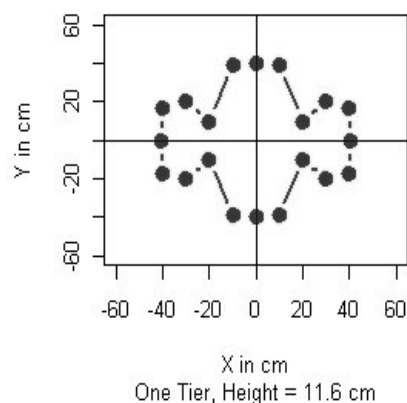
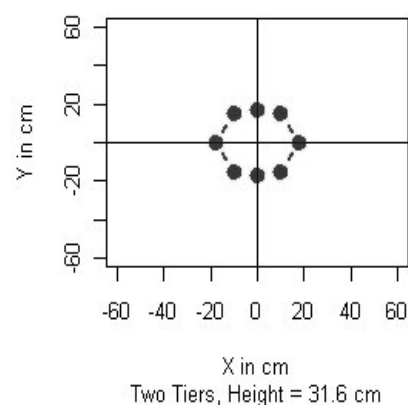
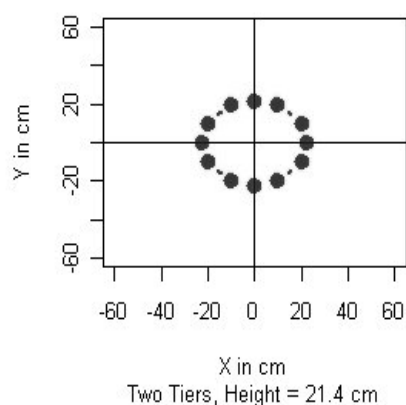
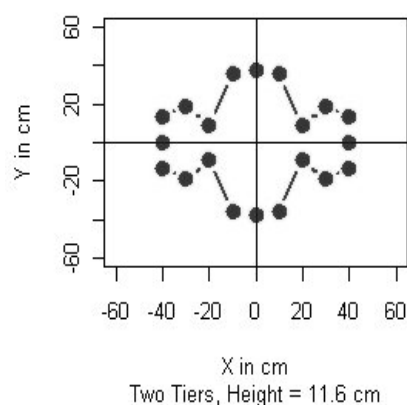


図-3 密粒舗装版（1 枚）を載せた場合の通信可能領域
(左:高さ 12.5 cm, 中:高さ 22.6 cm, 右:高さ 31.6 cm)

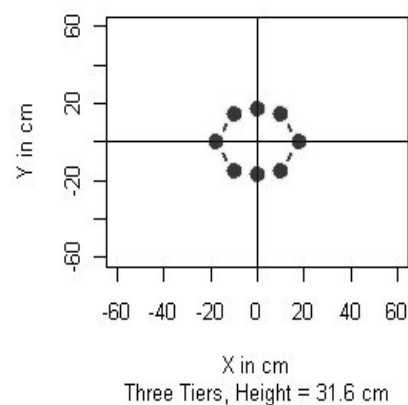
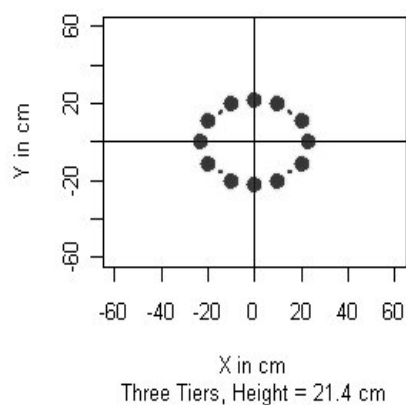
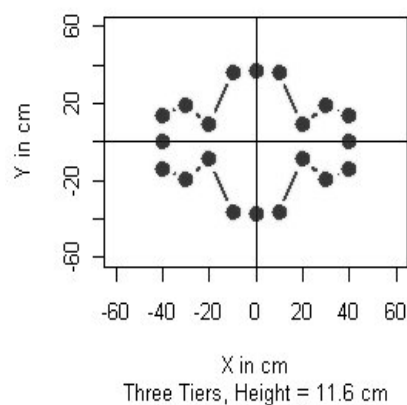
Normal Size, Porus, 1W



Normal Size, Porus, 1W



Normal Size, Porus, 1W



図－４ 排水性舗装版を乗せた場合の通信可能領域

(上段:舗装版 1 枚, 中段:舗装版 2 枚, 下段:舗装版 3 枚)

(左列:アンテナ高さ 11.6 cm, 中列:高さ 21.4 cm, 右列:高さ 31.6 cm)

謝辞: 本研究は科研費基盤 C (21500159) の助成を受けたものである。アスファルト試験片の作成は鹿島道路株式会社 に依頼した。

参考文献

- 1) Quddus, M.A., Ochieng, W.Y. and Noland, R.B.:

Current map-matching algorithms for transport applications: State-of-the-art and future research directions, *Transportation Research Part C*, vol. 15, pp. 312-328, 2007, Elsevier.

- 2) Marais, J. and V. Pouyet: Lateral guidance and longitudinal control for bus rapid transit: focus on the positioning system based on GPS and RFID technology, *Proceedings of the 14th World Congress on ITS*, Beijing, CD-ROM, Paper No. 2073, 2007.