

車両運行管理におけるイベント判定方式の検討・評価

関根 宗徳 知加良 盛 久保田 浩司

日本電信電話(株)NTT サービスインテグレーション基盤研究所
〒239-0847 神奈川県横須賀市光の丘 1-1

E-mail: {munenori,chikara,koji}@nttmhs.tnl.ntt.co.jp

あらまし 筆者らは、車載端末に設定した指定地の情報と GPS の位置情報から、車載端末が車両の指定地での到着、出発、通過(イベント)を自動的に判定し、センタに通知するイベントトリガ型車両運行管理システムの検討を行ってきた。本稿では、該当システムのためのイベント判定方式の実環境における動作確認結果および性能評価結果について示す。

キーワード ITS, 運送業, 配送業, 車両運行管理, イベント判定, 位置情報

Evaluation of an Event Detection Mechanism for Vehicle Operation Management

Munenori SEKINE, Sakae CHIKARA, Koji KUBOTA

NTT Service Integration Laboratories, NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION
1-1 Hikarinooka, Yokosuka-shi, Kanagawa, 239-0847 Japan

E-mail: {munenori, chikara, koji}@nttmhs.tnl.ntt.co.jp

Abstract As vehicle operation management for transportation, we have proposed the Event-Triggered Vehicle Operation Management System. In this system, the onboard unit sends event information to the center server when it detects arrival, departure, or passage status for delivery or the designated points. This paper describes the evaluation results of an event detection mechanism in actual environment.

Key words ITS, Logistics, Vehicle Operation Management, Event Detection

1. はじめに

筆者らは、車載端末に設定した指定地の情報と GPS の位置情報から、車載端末が車両の指定地での到着、出発、通過（以下、イベントと総称する）を自動的に判定し、センタに通知するイベントトリガ型車両運行管理システムの提案・検討を行ってきた^{[1]-[5]}。また、当該システムのためのイベント判定方式として、車両の位置情報と速度情報を用いる判定方式を提案し、実測データを用いたシミュレーションより基礎検討を行ってきた^{[6],[7]}。

上記イベント判定方式を実際の車載端末に搭載し、実環境にて判定方式の動作確認および判定性能の評価を行ったので、本稿にて報告する。

2. 指定地種別およびイベント判定方式

2.1 指定地種別

車両運行管理のための指定地は、多様な種類がある。そこで、指定地の特徴および指定地で把握したいイベントにより、以下のように、指定地を分類する。

- ・ 目的地点：

物流業者や配送業者の配送先（指定地）での車両の到着時間や出発時間の把握のために使用される。そのため、車両が指定地で、到着、出発することが明確である。指定地は、配車担当が地図ソフトを用いて設定する（例：住所より地図上の位置を検索して、指定地を設定する）車両が指定地付近で停車することは明確であるが、正確な停車位置を特定することは困難である。例えば、停車位置の範囲は、指定地の周囲 30～200[m]のエリアとなる。

- ・ 通過地点：

車両の運行経過を把握するための地点であり、このため、あらかじめ運行経路が決まっている場合に、通常運行経路である道路上に設定する。目的地点同様に地図ソフトより調べるため、正確な通過位置は不明である。しかしながら、道路幅、交差点の大きさ相当の

エリアを通過することが明確である。

- ・ 不定地点：

バス運行のように、指定地において到着、出発と通過のいずれかを把握するための地点である。目的地点や通過地点のように生じるイベントが明確ではないが、日々の業務において同ルートを走行し、必ず到着、出発もしくは通過する地点であり、目的地に比べると正確な場所の把握ができる。例えば、停車位置の範囲は、指定地（バス停）の周囲 10～30[m]程度のエリアとなる。

2.2 イベント判定方式

図 1に、イベント判定方式の判定モデルを示す。前述のように、指定地付近での車両の正確な停止位置は不明である。そこで、指定地を中心として、円形の設定エリアを設ける。そして、車両位置と指定地の距離および速度（位置の差分により算出もしくは GPS チップの出力を用いる）を主に用いて、到着、出発、通過判定処理を行う。以下に、各指定地種別での判定処理に関して示す。また、表 1に判定に使用する設定値、測位値、計算値に関して示す。

- ・ 目的地点での到着、出発判定処理

到着判定処理：車両の設定エリア内への遷移をトリガとして、処理を開始する。車両の速度が速度閾値以下となり、その継続時間が停止判定継続時間閾値となった際に到着と判定する。

出発判定処理：車両の設定エリア外への遷移をトリガとして、出発と判定する。出発判定には、到着判定のように速度情報を用いて判定を行う方法も考えられる。しかしながら、実際の運行では、車両の到着後に他車両の到着により車両を一度移動しなければならないことなどが考えられる。そのような場合、速度情報を用いた判定では、誤って出発と判定してしまう。そこで、本判定方式では、車両が確実に指定地を出発したと解釈可能な車両の設定エリア外への遷移をトリガとして、出発と判定する。

- ・ 通過地点での通過判定処理

車両の設定エリア外への遷移をトリガとして、通過と判定する。

・不定地点での到着，出発，通過判定処理

到着判定処理：目的地点での到着判定処理と同様に，設定エリア内での車両の速度情報を用いて，到着と判定する．

出発，通過判定処理：車両の設定エリア外への遷移をトリガとする．処理中の設定エリアにおける到着判定の有無により，出発と通過を区別して判定する．

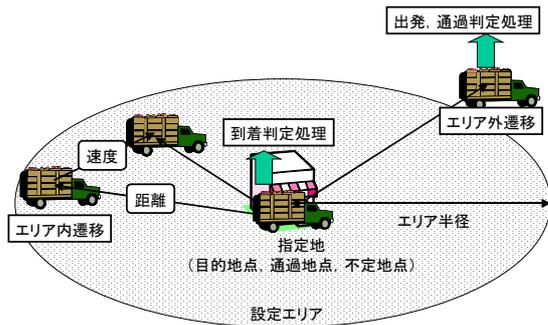


図 1 判定モデル

表 1 設定値，測位値，計算値

パラメータ名	種別	補足
指定地	設定値	住所および地図ソフトを用いて決定した緯度、経度
エリア半径	設定値	設定エリアの半径
速度閾値	設定値	速度に対する閾値
停止判定時間閾値	設定値	速度閾値以下の継続時間を設定する
車両位置	測位値	GPS受信機からの情報
車両速度	測位値(計算値)	GPS受信機から取得、もしくは位置の差分により算出
車両指定地間距離	計算値	車両位置と指定地との距離

3. 実験

3.1 実験の概要

図 2 に，本実験で用いた車載端末を示す．本端末は，i-mode 携帯電話と携帯電話の背面に取り付ける GPS アダプタより構成される．GPS アダプタは，GPS 受信機を内蔵し，i-mode 携帯電話のメールにセンタから送信された設定情報（設定値）と GPS 受信機による位置情報を基にイベント判定を行い，イベント判定時にメールを用いてセンタに通知する．

本 GPS アダプタを用いて，本イベント判定方式の動作確認および判定性能の評価を行う．まず，3.2 節で，各地点での動作確認を行う．次に，3.3 節で，実用上の観点から判定性能を評価する．



図 2 車載端末

3.2 判定状況の一例（動作確認）

本イベント判定方式の判定状況の一例として，目的地点と通過地点における判定状況を示す（目的地点：図 3，図 4，図 5，通過地点：図 6）．なお，速度閾値は 10[km/h]，停止判定時間閾値は 10[sec]としている．また，車両の速度は，周囲の一般車と同程度の速度とし，到着時の停車時間は約 1 分とした．各図に，車両の走行軌跡，システム判定位置および指定地と設定エリアを示す．また，運転手が到着と判定した位置（GPS 受信機からの位置情報）も示す．運転手が到着と判定する基準は，運転手が配送作業を行える状態になった時とした（車両が停止して，運転手がシフトをパーキングに戻し，サイドブレーキを引いた時）．

図 3，図 4，図 5 における目的地点の判定状況より，到着判定に関して，システムの到着判定位置は運転手の到着判定位置と，ほぼ同じであり，速度を用いる本イベント判定方式が有効に機能していることが分かる．また，出発判定に関しては，設定したエリア半径より離れた地点で判定が行われているが，これは，測位状況および車両の速度状況によるものであると考えられる．同様な状況が図 6 における通過地点の判定状況にも見られる．図 6 の通過地点は，高架下付近の交差点を右折した時のデータであり，高架下であるために GPS 衛星からの電波の受信状況が悪かったことが，主に影響していると考えられる．

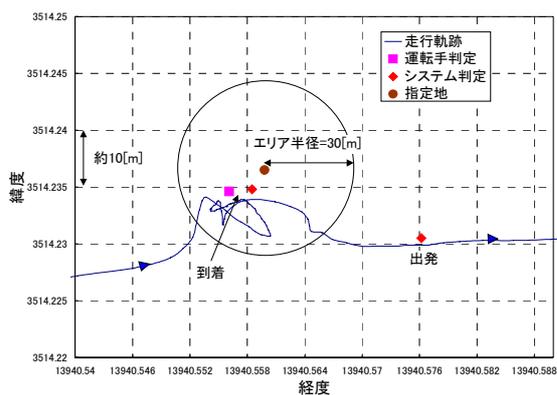


図 3 目的地点での判定状況(エリア半径 30[m])

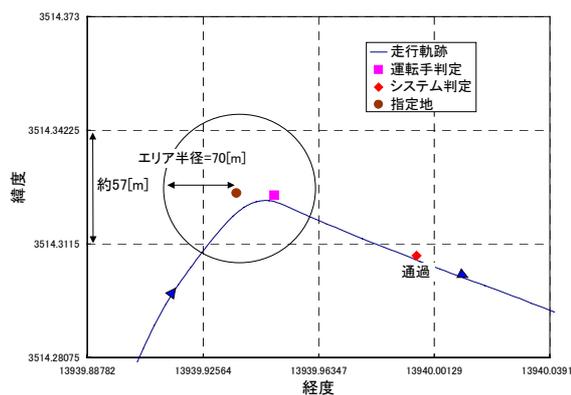


図 6 通過地点での判定状況

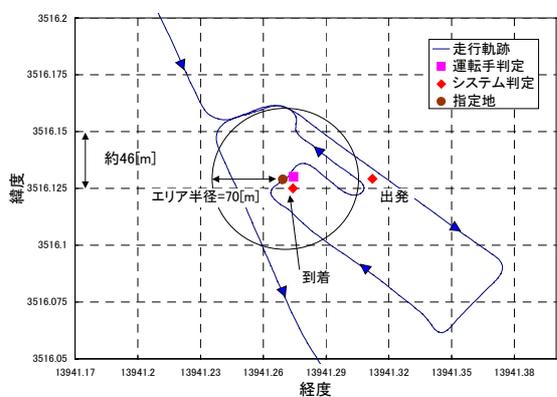


図 4 目的地点での判定状況(エリア半径 70[m])

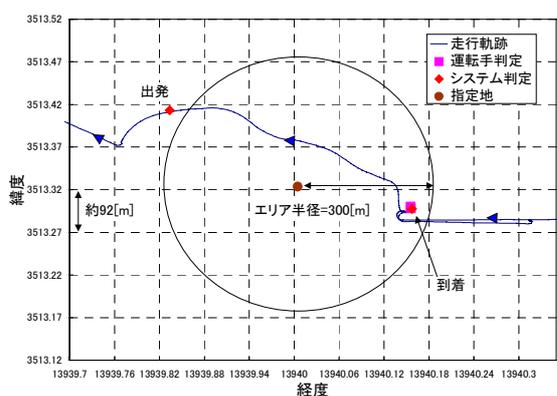


図 5 目的地点での判定状況
(エリア半径 300[m])

3.3 判定性能の評価

3.3.1 GPS アダプタの測位性能(停止状態)

図 7 に、本実験で使用した GPS アダプタの測位性能として、車両停止時の測位軌跡を示す。図 7 の測位データは、木々の下での約 2 分間のデータであり、測位軌跡と平均位置をプロットしている。平均位置からのずれの最大値は約 25[m] であり、本 GPS アダプタを用いる場合のエリア半径は、目安として約 30[m] 以上にすべきであることが分かる。

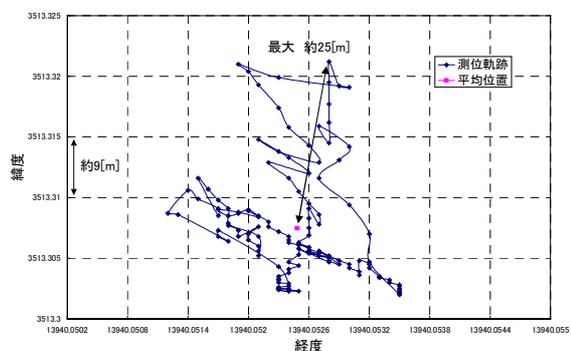


図 7 GPS アダプタの測位軌跡(停止状態)

3.3.2 評価指標

図 8 および表 2 に評価指標について示す。到着判定に関しては、システムが判定したタイミング(時間、位置) と運転手が判定したタイミングとの差分により、到着判定時間誤差と到着判定距離誤差を求める。また、出発判定および通過判定に関しては、車両の設定エリア外への

遷移をトリガとしているため、車両が設定エリアを出てからシステムが出発・通過判定を行うまでの距離（出発・通過判定距離誤差）を求める。

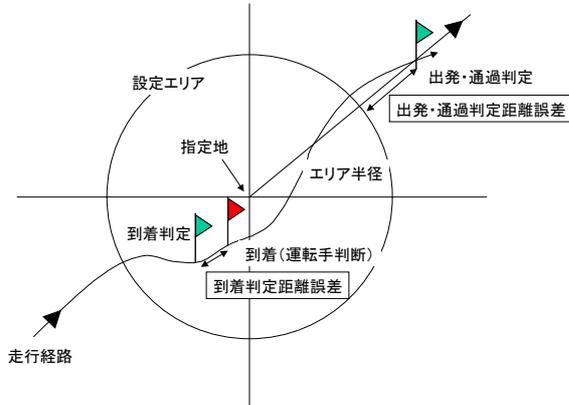


図 8 評価指標

表 2 判定指標の算出式

判定指標	算出式
到着判定時間誤差	$t_a - t_{da}$
到着判定距離誤差	$\sqrt{(x_a - x_{da})^2 + (y_a - y_{da})^2}$
出発判定距離誤差	$\sqrt{(x_o - x_d)^2 + (y_o - y_d)^2} - r_a$
通過判定距離誤差	$\sqrt{(x_o - x_d)^2 + (y_o - y_d)^2} - r_a$

3.3.3 実験コースおよび設定値

実験は、横須賀市内の一般道にて行った。指定地としては、実際の業務での配達先を意識して市街地や横須賀通信研究所付近に設けた。横須賀通信研究所付近に比べると、市街地の方が周囲の建物により測位環境が悪い状況となる。車両の速度は、周囲の一般車と同程度の速度とし、指定地での到着は約 1 分とした。以下に、使用した指定地および設定値に関して示す。

・目的地

実際の業務で配達先となる指定地（設定エリアの大きさ）として、コンビニエンスストア、スーパー、工場の 3 つを設けた。設定エリアは地図ソフトから指定地周辺の状況を見て決定し、各エリア半径は、コンビニエンスストアが 30[m] (3 地点)、スーパーが 90[m] (33 地点)、

工場が 300[m] (2 地点) とした。また、速度閾値は 10[km/h]、停止判定時間閾値は 10[sec] とした。

・通過地点

交差点を通過地点に設定した。エリア半径は、GPS アダプタの測位誤差、車両の通過速度、道幅を考慮して、70[m] (7 地点) とした。

・不定地点

バスの運行形態を考慮して、路上駐車可能な場所に指定地を設定した。エリア半径は、3.3.1 で示した GPS アダプタの測位誤差特性を考慮し、最小半径の 30[m] とした。また、目的地の設定値と同様、速度閾値は、10[km/h]、停止判定時間閾値は、10[sec] とした。

3.3.4 目的地でのイベント判定性能

図 9 に到着判定時間誤差を示す。この結果より、各走行での走行状況により、誤差に、ばらつきが見られるが、エリア半径の大きさに依存することなく到着判定が行えていることが分かる。また、誤差が約 10[sec] 以内 (平均: 約 2.6[sec]、最大: 7[sec]) であり、運転手の配達作業の時間が最低でも 1 分程度はかかると考えると、実用上耐えうる範囲でイベント判定できていることが分かる。

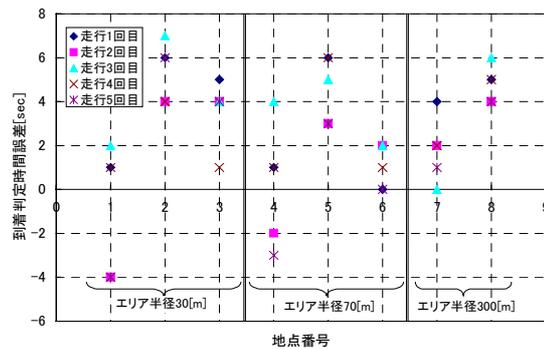


図 9 到着判定時間誤差 (目的地)

図 10 に到着判定距離誤差を示す。この結果より、本イベント判定方式がエリア半径の大きさに依存することなく、設定エリア内において車両が実際に到着している位置の付近にて判定できていることが分かる。誤差は、約 30[m] 以下 (平均: 約 7.3[m]、最大: 23[m]) である。

この主な原因は、GPS アダプタの測位性能（3.3.1 節参照）によるものであると考えられる。誤差が 30[m]程度であれば、見通しの効く範囲の距離であり、実用に耐えうる範囲であると考えられる。

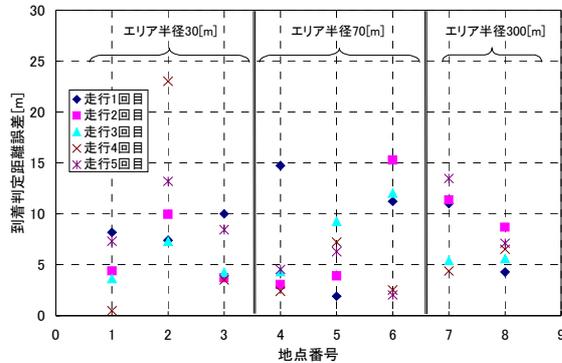


図 10 到着判定距離誤差（目的地点）

図 11に出発判定距離誤差を示す。出発判定距離誤差は、車両が設定エリアを出てからシステムが出発判定を行うまでの距離である。この結果より、およそ 20[m]以内で判定できていることが分かる。停車後の出発であるため、30[km/h]程度の走行であると仮定すると、約 2.4[sec]程度の誤差であり、実用上耐えうる範囲で判定できていると考えられる。1 点ほど、誤差が大きい結果が見られるが、これは、GPS 衛星からの電波の受信状況が悪い場合に生じる誤差であり、この誤差を考慮すると、誤差は、約 50[m]以内（平均：約 6.8[m]，最大：約 48[m]）となる。しかしながら、この場合も、30[km/h]程度の走行であると仮定すると約 6[sec]程度の誤差であり、実用上耐えうる範囲とされる。

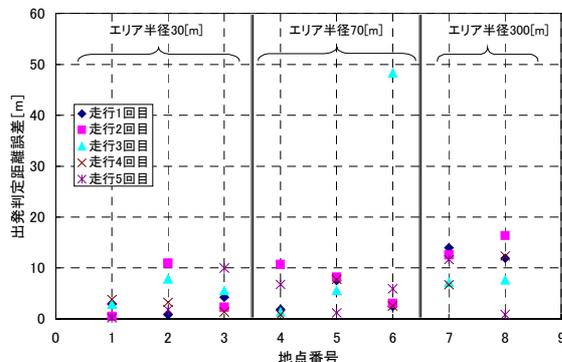


図 11 出発判定距離誤差（目的地点）

3.3.5 通過地点でのイベント判定性能

図 12に通過判定距離誤差を示す。通過判定距離誤差は、車両が設定エリアを出てからシステムが通過判定を行うまでの距離である。判定距離誤差は、平均：約 21.4[m]，最大：約 41.6[m]であり、前述の出発判定距離誤差と比べると、全体的に、通過判定距離誤差の方が大きい。これは、交差点通過時の速度の方が、出発時の速度よりも平均速度が高いためである。誤差は、約 50[m]以内（平均：21.4[m]，最大：41.6[m]）である。通過判定では、厳密な時間よりも、通過地点を通過したという事実とおおよその時間が重要と成る。そのため、実用上耐えうる範囲で判定できていると考えられる。

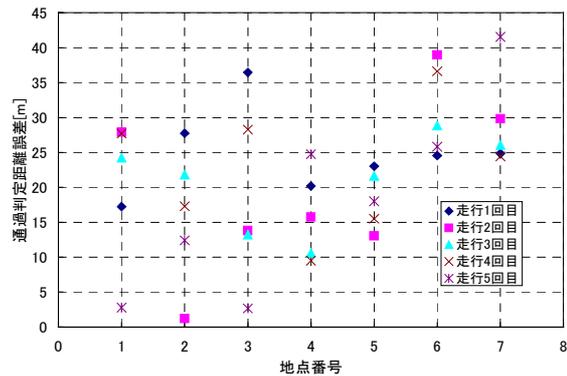


図 12 通過判定距離誤差
（通過地点，エリア半径 70[m]）

3.3.6 不定地点でのイベント判定性能

不定地点でのイベント判定性能として、図 13に到着判定時間誤差，図 14に到着判定距離誤差，図 15に出発判定距離誤差，図 16に通過判定距離誤差を示す。3.3.4節の目的地点における考察，3.3.5の通過地点における考察と同様に、実用上耐えうる範囲で判定できていると考えられる。

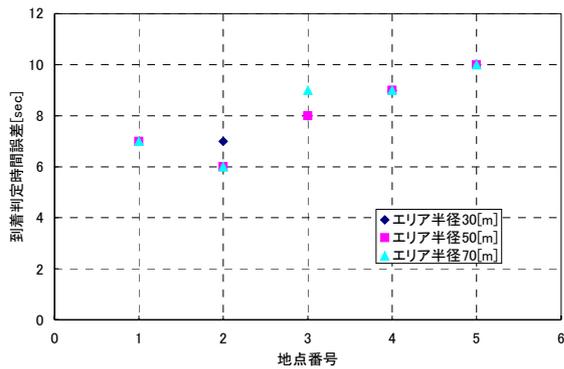


図 13 到着判定時間誤差 (不定地点)

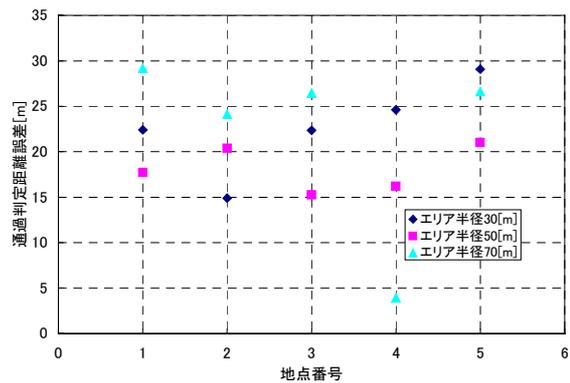


図 16 通過判定距離誤差 (不定地点)

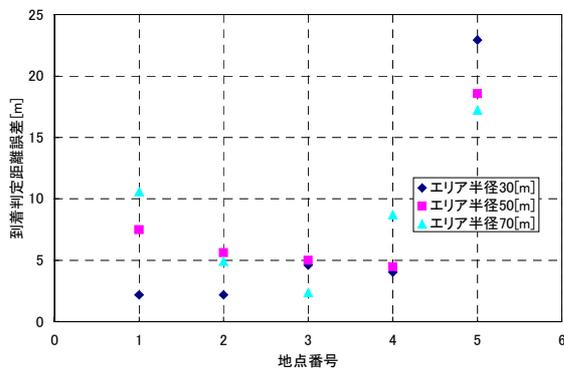


図 14 到着判定距離誤差 (不定地点)

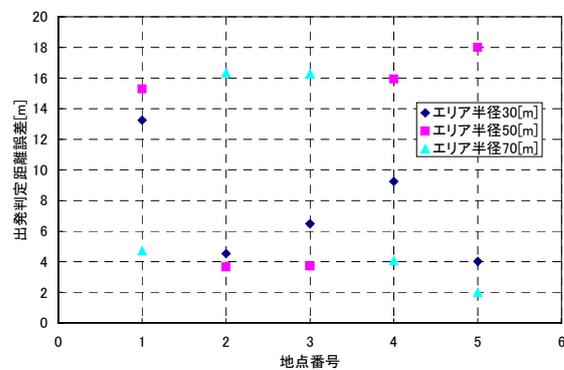


図 15 出発判定距離誤差 (不定地点)

4. おわりに

本稿では、これまでに筆者らが基礎検討を行ってきたイベント判定方式を実際の車載端末に搭載し、実環境にて判定方式の動作確認および判定性能に関して評価を行った。

その結果、実際の測位環境においてもイベント判定が正しく行われていることが確認できた。また、GPS アダプタの測位性能より、エリア半径の最低値を見積もり、設定値を変更して、各指定地種別（目的地点、通過地点、不定地点）に関して多様な地点で検討を行った結果、到着判定、出発判定、通過判定のいずれも実用上耐えうる範囲で判定が行えることが分かった。

文 献

- [1] 菊池ら, “ イベントトリガ型車両運行管理システムの提案,” 情処研究会報告, ITS-6-7, pp.45-52, Sept.2001.
- [2] 榎本ら, “ イベントトリガ型車両運行管理システムの検討,” 信学会ソサイエティ大会, A-17-27, p.246, Sept.2001.
- [3] <http://www.ntt.co.jp/news/news01/0108/010809.html>
- [4] “ 運行計画に基づく指定地での到着・出発・通過の情報を自動発信する「イベントトリガ型車両運行管理システム」の共同実験を開始,” NTT 技術ジャーナル, Vol.13, no.10, pp.37-38, Nov.2001.
- [5] “ 「イベントトリガ型車両運行管理システム」の共同実験,” テレコム・フォーラム, Vol.20, no.11, pp.17-19, Nov.2001.
- [6] 関根宗徳, 知加良盛, 菊池保文, 榎本孝, 久保田浩司, “ 車両運行管理におけるイベント検出方式の検討,” 情処第 63 回全大 no.3 AF-03 pp.445-446, Sept. 2001.
- [7] 関根宗徳, 三河正彦, 榎本孝, 久保田浩司, “ イベントトリガ型車両運行管理における到着検出方式

の評価,” 信学会 2002 年総合大会, A-17-5, Mar.
2002.