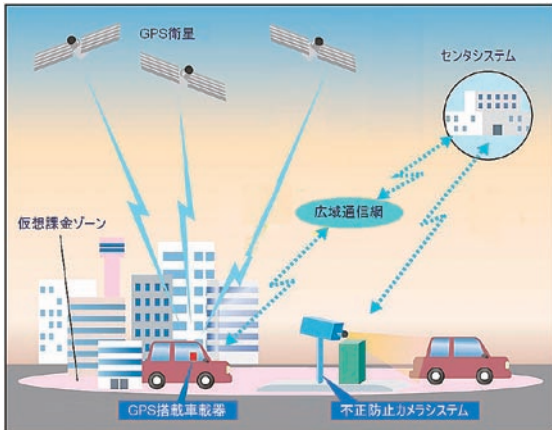


特集論文

GPS を使用した次世代道路課金システムの開発

Development of the Next Generation Road Pricing System with GPS Technology

大野 秀和*¹ 鈴木 達*² 山口 泰弘*²
 Hidekazu Ohno Tohru Suzuki Yasuhiro Yamaguchi
 岡本 茂生*³ 飯塚 健二*³
 Shigeo Okamoto Kenji Iizuka



次世代道路課金システムの実現を目指し、高精度な位置測位が可能な車載ユニットを中核とするシステムを開発した。本システムは、車載ユニットに推測航法を組み合わせた高性能な GPS (Global Positioning System) を採用することで、距離計測及び、課金ゾーンの検知を、センタシステムによる地図情報との照合に頼ることなく、車載ユニットで処理するシステムである。GPS を使用した道路課金システムについては、センタシステムにおいて、走行位置を地図情報と照合して、走行距離の計測、課金額の算出を行う方法について報告されている。そのようなシステムでは、センタシステムで全ての車両について走行軌跡の解析、地図情報との照合処理が必要であり、膨大なデータ処理が必要である。本システムでは、高精度な推測航法を適用した GPS を搭載することで課金に必要な測位精度を実現し、地図情報とのマッチングをせずに、車両側でリアルタイムに課金額を算出できる対距離課金システムを構築することができた。システム評価には、アジアの各都市の中から、GPS にとって極めて厳しい動作環境となるシンガポールの高層ビル街も試験ルートに含め、評価試験を実施した。その結果、距離精度誤差は 2% 以下を達成し、GPS 型課金システム実現の端緒を得ることができた。

1. はじめに

当社では、1998 年から供用を開始した、DSRC (Dedicated Short Range Communication) 通信を使用したシンガポール向けの ERP (Electronic Road Pricing 電子式道路課金) システムについて、路側装置及び車載器を開発し機器を納入している。供用開始からこれまで、ERP システムは安定稼動を続けており、お客様から信頼を得ている。

DSRC 方式の ERP システムに続くシステムとして、ドイツの高速道路でトラック等の重量車を対象に実用化された課金システムに代表される GPS を使用したシステムが有望視されており、システムの標準化の動きも進んでいる。

GPS を利用して位置情報を得るためには、少なくとも 3 個、位置情報と時刻情報を得るためには、少なくとも 4 個の GPS 衛星から、信号を受信する必要がある。GPS は、空が開けた見晴らしの良い高速道路等では、GPS 測位に必要な 4 個以上の衛星を安定した状態で捕捉することが可能であり、実用上必要

になる測位精度を確保することができる。この GPS による測位手段を、ERP の対象地域となるビルが立ち並ぶ市街地に適用しようとした場合、ビルや高架により GPS 信号が遮断されたり、また、信号が乱反射する (マルチパス) 等の問題に直面する。そのため一般に、構造物が多い市街地では GPS 本来の測位性能を発揮することが困難である。

ERP システムに車両位置の測位手段として GPS を適用する場合、市街地で GPS を利用する際に直面するこれら問題の対策が不可欠である。市街地での微弱な GPS 信号を受信するため、高感度型の GPS を使用することもできるが、マルチパス信号の影響を受けやすくなり、その排除が新たな技術課題になる。

近年、車を走行させること自体を、道路サービスの享受であると考え、道路の使用に応じて課金をする Road User Charging という考えが、一つの概念として認識されている。市街地で GPS を利用して道路課金システムを実現する試みは、ロンドン市でも検討され、実証試験も行われている。Road User Charging を目的とする場合、実際の走行距離や走行時間の計測

*¹ 神戸造船所 ITS 事業ユニット ITS 設計課主席

*² 神戸造船所 ITS 事業ユニット ITS 設計課

*³ 技術本部高砂研究所電子・光研究室

と、その結果に基づいた課金計算が必要である。

これまででも距離や時間の走行距離の算出について、車両側で処理するのか、センタシステム側で処理するのかという点について、検討がなされており、センタシステムで、GPSを搭載した車載装置から送信された車両の位置情報を蓄積し、地図情報と照合することによって実現する方法について報告されている。

センタシステムで地図情報と走行軌跡との照合処理をする場合、個々の車両について走行経路や通過時刻を知る必要があり、大量の車両に対する処理負荷、道路利用者のプライバシーをどのように保護するかという問題を解決する必要がある。一方、車両側で処理をする場合、車載機器で道路とのマッチング処理、課金値計算等の処理が必要であり、車載機器側の負荷・コストの増大に対処する必要がある。

2. 次世代課金システムの概要

2.1 ねらい

本報告では、車両側での処理の可能性を探るため、GPSに高精度の推測航法（DR:Dead Reckoning navigation）を組み合わせ、仮定の課金ゾーンの検出、ゾーン内での走行距離の算出、課金値の算出を、全て車両側で処理する車載ユニットを試作し、走行試験を実施し評価を行った。

評価試験は、シンガポールにおいて都市環境を代表する3箇所に仮定の課金ゾーンを設定し走行試験を実施した。

2.2 システム構成

システムは、GPS受信機及びGPRS（General Packet Radio Service）通信モデムを備えた車載ユニットと、車載ユニットから送信される課金結果を受信するセンタシステムから構成される。車載ユニットには、あらかじめ、仮定の課金ゾーンが設定されている。車載ユニットは、GPS受信機から現在の位置情報を取得し、車両が仮定の課金ゾーンに対して、進入したか退出したかの判別を行う。

仮定課金ゾーン内では、走行距離の積算を行い、ゾーンからの退出時に車載ユニットからセンタシステムにGPRS通信網を介して課金額を送信する。センタシステムでは、5秒ごとに車載ユニットから送信される車両位置情報を、地図上に表示することにより、試験車両の走行軌跡を確認できるようにしている。

2.3 車載ユニット

車載ユニットの構成を図1に示す。

車載ユニットは、GPS受信装置とCPU基板及び、センタシステムと通信するためのGPRS通信モデムから構成されている。

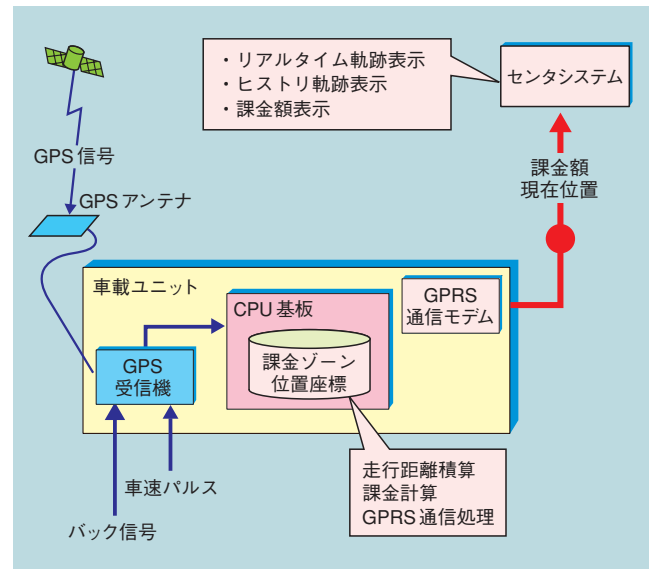


図1 車載ユニットの処理

GPS受信機には、GPS衛星の信号を受信するアンテナを接続し、車両から取り出した車速パルス信号を入力する。GPS受信機には、車両の進行方向を得るための一軸のジャイロセンサを搭載しており、車速パルス信号とともに、推測航法の入力情報として使用している。GPS受信機の出力は、衛星からの受信状態に応じて、GPS単体での測位結果と推測航法による測位結果とが重み付けされ、カルマンフィルタに入力されて演算された結果として得られる。

車載ユニットには、4つの頂点に囲まれる領域として定義される仮定の課金ゾーンを設定しておく。

車載ユニットは、1秒毎にGPS受信機から得られる位置情報を取り出し、仮定の課金ゾーンの境界を跨いだかどうかの判定演算を行う。境界判定の結果、ゾーンへの進入を検知した場合、その時点からゾーン境界の退出を検知するまでの間、走行距離の積算を行う。ゾーンの退出を検知した場合、走行距離の積算を停止し、その距離に基づいた課金額を車載ユニット内のCPUで計算し、ゾーン内での走行距離と課金額とをGPRS通信網を介してセンタシステムに通知する。

車載ユニットは、GPSから受信した位置情報の他、センタシステムに送信した位置データ、ゾーン内での累積走行距離、課金額を、内部メモリにログとして蓄積する機能を備えている。

センタシステムでは、車載ユニットから距離と課金額を受信し、センタシステムのデータベースに登録する。この方式では、ゾーンの検出や、距離の積算は、車ごとに個々の車載ユニットが行うことになるため、センタシステム側では、個々の車両について、軌跡データの生成や地図データとの照合処理をする必要が

ない。従って、車載ユニットの数が増大したとしても、センタシステムの計算量や通信量への影響は少なくできる。

3. 走行結果

走行試験は高層ビル街、ショッピングセンターが立ち並ぶ商業地区及び、郊外の道路で実施した(図2)。GPSのアンテナで、GPS信号を受信するためには、車両の屋根に設置することが最良であるが、運用時を想定して車内のダッシュボードの中央に設置した。

走行結果の例として、図3に、商業地区における周回走行の結果を重ねて表示させたものを示す。図中の四角形で囲まれた部分が、車載ユニットに登録した仮想の課金ゾーンである。

周回走行の走行軌跡は重なっており、測位ができていることが分かる。

3.1 評価方法

各走行ルートに設定した仮想の課金ゾーンについて、

て、進入、退出を含む周回走行を行い、ゾーン内での走行距離及び、ゾーン境界の検知精度について評価を行った。

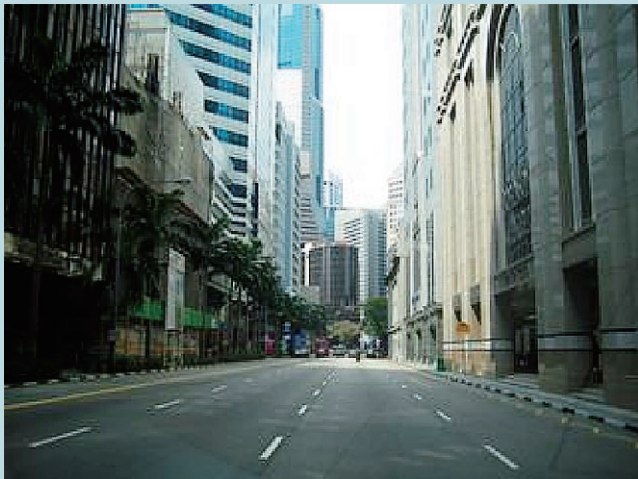
評価として、走行時に車載ユニット内に蓄積されたログファイルから、仮想課金ゾーンの境界を検知した座標、その課金ゾーン内での走行距離を取り出し、ゾーン境界の検知精度と走行距離の測定精度を算出した。

3.2 結果

(1) ゾーン境界の検知精度

仮想の課金ゾーンの境界と境界検知位置の状況を図4に示す。同図は、仮想の課金ゾーンを、高層ビル街、商業地区及び、郊外の道路に設定したものである。図中、矢印は進行方向を、丸印が車載ユニットで進入/退出を検知した位置を示している。

高層ビル街、商業地区及び郊外、に設定した仮想の課金ゾーンについて、ゾーン境界から、ゾーン検知位置までの距離を、図5に示す。高層ビル街、商業地区、郊外、いずれの場合も、ゾーン境界の検知



(a) 高層ビル街



(b) 商業地区



(c) 郊外

図2 走行試験

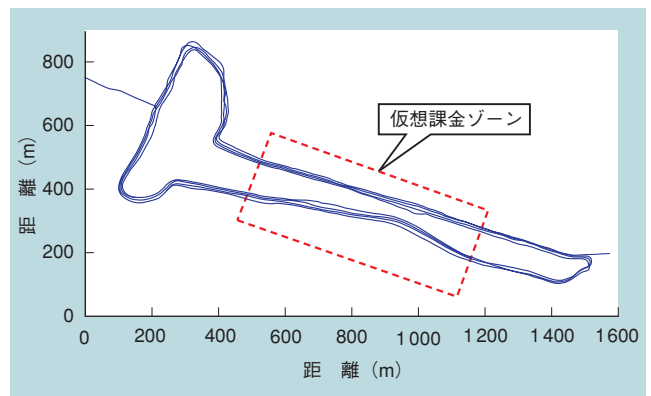


図3 仮想課金ゾーンを含む周回走行軌跡(商業地区)

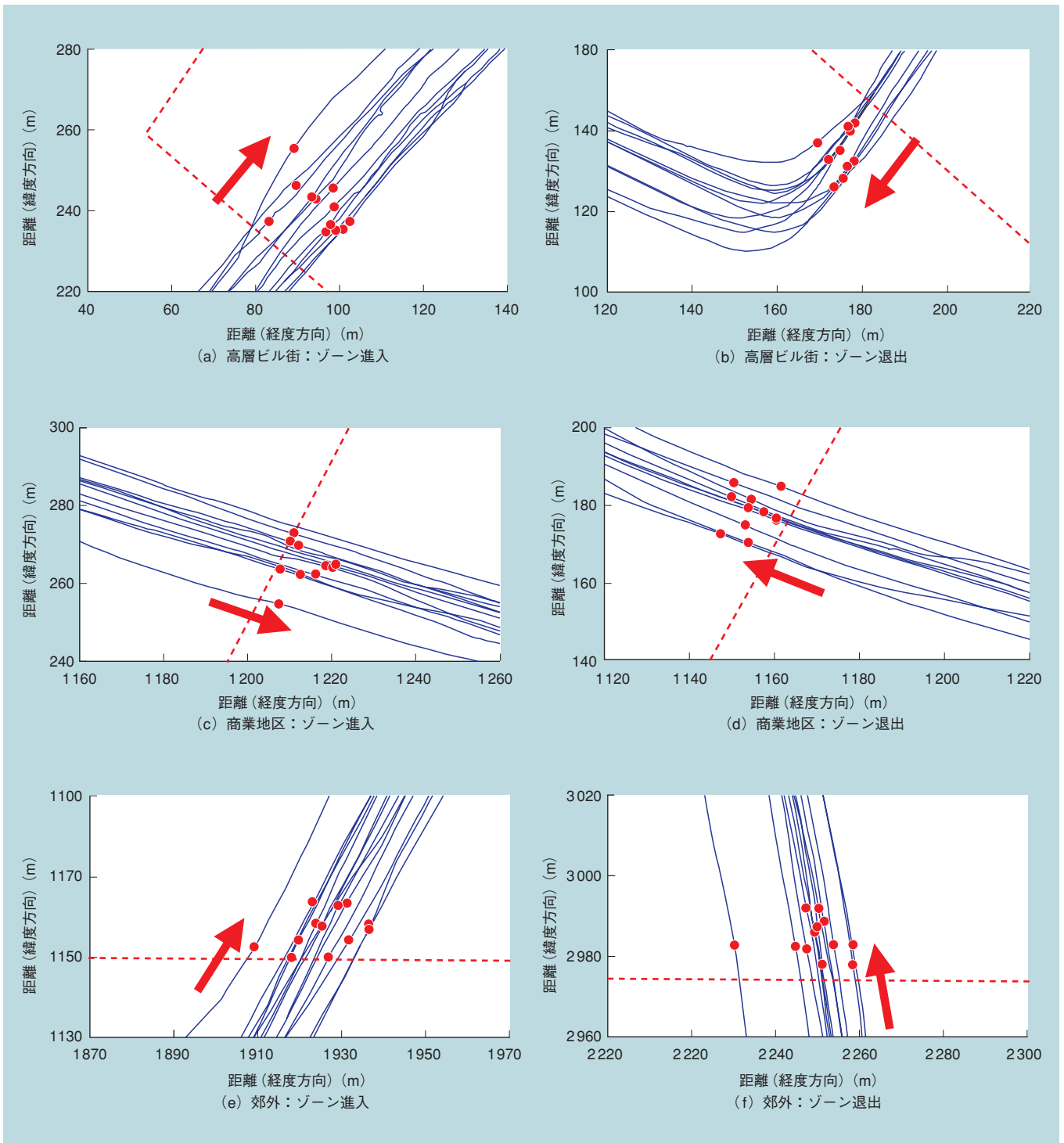


図4 仮想課金ゾーンの境界検知

誤差は、20 m 以内に収まる結果が得られた。課金ゾーンの設定に関して、GPS 測位誤差が、車両の進行方向に含まれるため、課金ゾーンの境界部分に緩衝ゾーンを設ける必要があると考えられる。今回の結果については、進行方向に20 m 程度の長さの緩衝ゾーンが必要であると考えられる。実運用に際しては、速度、衛星の受信状況等、パラメータを変え、評価する必要がある。

(2) 距離測定の精度

仮想の課金ゾーン内での距離測定の精度を表1に示す。

表1に示すとおり、高層ビル街、商業地区、郊外とも、積算走行距離の最大誤差は2%以内に収まる結果が得られた。

4. ま と め

Road User Charging に対するソリューションとしては、センタシステムで軌跡の生成や課金ゾーン検知、

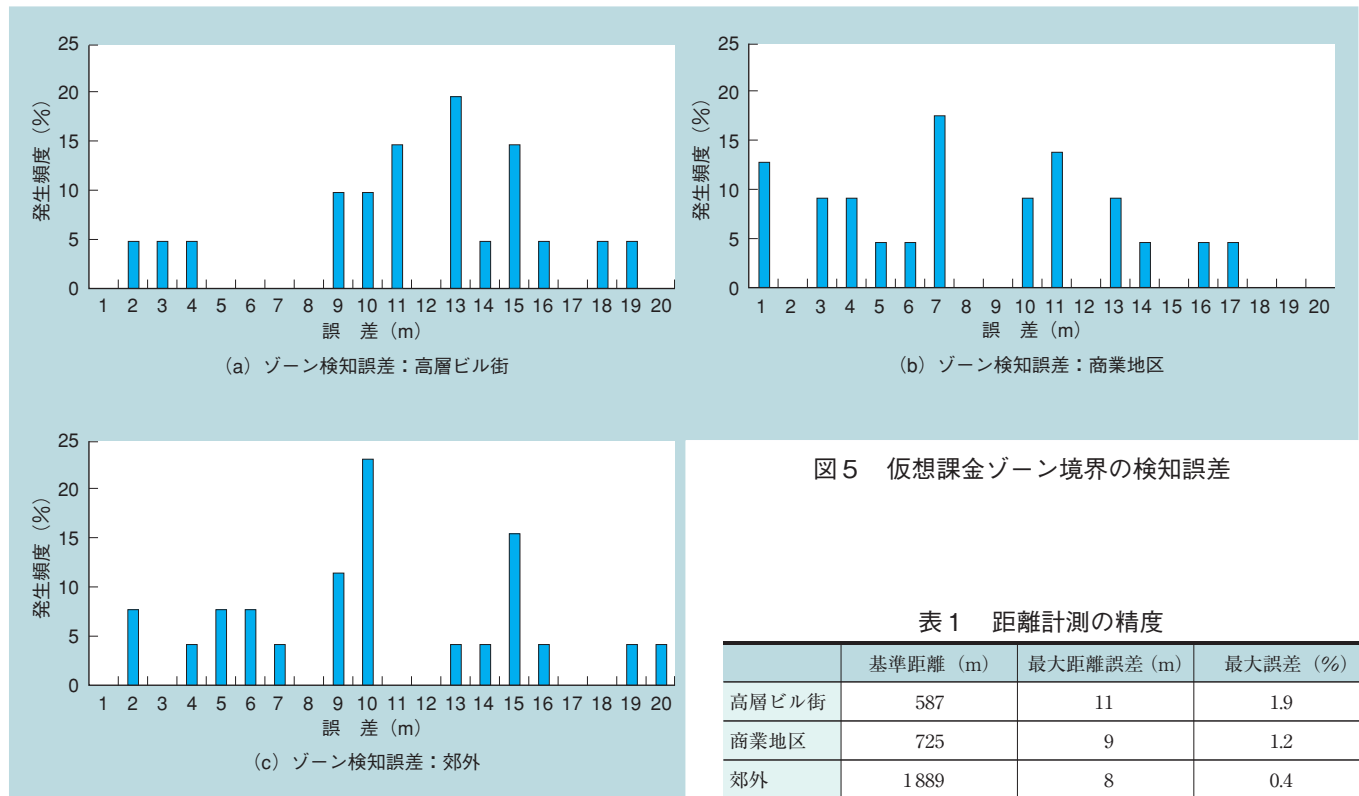


図5 仮想課金ゾーン境界の検知誤差

表1 距離計測の精度

	基準距離 (m)	最大距離誤差 (m)	最大誤差 (%)
高層ビル街	587	11	1.9
商業地区	725	9	1.2
郊外	1889	8	0.4

課金計算をする方法が、一般的であるが、本システムでは、車両側の処理として実現し、その精度について走行試験を実施し評価を行った。その結果、地図情報による位置の補正、道路へのマッチング等を適用することなく、車両側の機能のみで、ゾーンの検出、距離測定について実用レベルに至る結果が得られた。

今後の展開として、車両への課金処理、不正防止技術との連携による全体システムの評価試験を実施する予定である。

