

# シンガポール向け電子式駐車場システム (Electronic Parking System)

## Electronic Parking System for Singapore

小 幡 高 靖      大 野 秀 和  
宮 崎 義 啓      安 藤 正 訓



シンガポールでは、1998年にERP (Electronic Road Pricing) システムが導入され、シンガポール国内のほぼ全車両にIU (In vehicle Unit) と呼ばれる車載器が装着されている。このIUを利用し、駐車券不要でICカードにて駐車料金の決済が可能なEPS (Electronic Parking System) の開発を行った。EPSでは、ERP技術をベースに、駐車場での運用に適合させるため、アンテナの小型化、処理系の統合及び課金計算や車両の管理を行う課金ユニットと呼ぶCHU (Charging Unit) の開発を実施した。これらの機器は、駐車場オーナーの様々な要求にこたえられるよう、駐車料金体系を自由に設定できるなどの汎用化を図っている。シンガポールではこのEPSの導入により、世界でも類のない同一車載器による複数システム (応用分野) への対応が可能となった。

### 1. はじめに

世界的に電子方式にて通行料金を収受するシステムが普及しつつある。日本ではETC (Electronic Toll Collection) と呼ばれる高速道路通行料金収受システムが主要有料道路で稼働している。ETCは、車両に設置された車載器にICカードを挿入し、有料道路の料金所に設置されたアンテナとの間で無線通信を行うことで、停車することなく通行料金を支払うシステムである。

シンガポールでは、CBD (Central Business District) と呼ばれる中央商業地域において交通渋滞が激しく社会問題となっていた。そこで、この地域へ流入する車両から料金収受することにより交通量を抑制する“ロードプライシング制度”を実施している。このシステムはERP (Electronic Road Pricing) と呼ばれ、朝夕のラッシュ時に料金収受を行うもので、当社は1998年にシステムを納入した。このシステムを運用するために、シンガポールでは99%以上の車両にIU (In vehicle Unit) が装着されており、社会基盤として確立されている。したがって、このIUを他用途に応用することが容易に実現できる環境にあった。その適用先の一つとして駐車場での料金収受システムであるEPS (Electronic Parking System) の開発を行った。EPSでは、IUごとに記録されている固有のIUラベルと呼ばれる番号を用いることにより駐車場システムを実現している。

今回の開発では、ERPシステムで培った技術を基に設置環境が制限される地下駐車場等への適用を図るためアンテナを小型化し、また様々な料金体系を持つ駐車場の要求を満たすため、汎用性に富むCHU (Charging Unit) の開発に注力した。

### 2. EPS 概要

#### (1) 特徴

EPSの特徴を下記に示す。

##### 利便性

ドライバは窓を開けて駐車券を取ったり料金を支払ったりする必要が無く、一時停車すること無しで出入口ゲートを通行可能である。また、現金を用意する手間を必要としない。

##### 運用の自由度

駐車場管理者は、駐車料金の設定が任意にいつでも可能である。

##### 高信頼性

ERPシステムで実績のある無線通信とセキュリティ技術をベースとしており、システムとして信頼性が高い。

##### サービス時間

出入口での駐車券や現金処理が不要となるため、大幅な処理能力の向上が実現できる。

(1台当たりの処理時間が、従来システムでは15秒程度であったものが3~4秒程度に短縮される)

#### (2) システム種類

EPSには、以下の3種類のシステムがある。

##### アクセスコントロール (入退場管理) システム

月極契約駐車場などに設置されるもので、入退場管理を行うのみで課金処理は行わないシステムである。

##### 課金システム

民間運営の駐車場などに設置されるもので、車種や駐車時間に依りて課金処理が可能なシステムである。

## フリーフロー課金システム

EPSの特徴を最大限にいかしたもので、ノンストップでの課金処理が可能なシステムである。ERPと同様に、ノンストップで車両を通過させるため、違反車両を捕捉するための不正防止システムとして、カメラシステムなどの画像処理機器が必要となる。

今回の開発は、上記、について行った。については、現状では民間市場におけるニーズが見込めないが、今後のニーズ動向を見ながら対応していく予定である。

### 2.1 アクセスコントロール（入退場管理）システム

アクセスコントロールシステムは、図1に示す構成となる。

#### (1) 駐車場入口での動作

駐車場入口の車両検知器（ループコイル）にて車両が検知されるとアンテナを起動する。

アンテナは車両に装着されたIUと通信して、IUラベルを読み出し、そのIUラベルがあらかじめアンテナあるいはホストコンピュータに登録されているリストに存在するか否かをチェックし、存在すれば、遮断機を開ける。

#### (2) 駐車場出口での動作

駐車場出口では、車両の逆走を防止するために車両検知器と遮断機を設置しておく。車両検知器にて車両を検知すれば遮断機を開ける。

なお、アクセスコントロールシステムには、アンテナ内に駐車車両に登録したIUラベルリストを持つ独立モードと、ホストコンピュータにIUラベルリストを持つオンラインモードがある。独立モードでは、必要なときに保守用パソコンを接続しアンテナ内のIUラベルリストの追加、削除といったメンテナンスを行う。オンラインモードでは、IUラベルのメンテナンスはホストコンピュータにより容易に可能である。駐車場管理者は駐車場規模によってこれらモードの選択が可能で、さらにまた出口にもアンテナを設置することにより、車両の駐車場への滞留時間を検出する等フレキシブルな駐車場運用に対応することが可能である。

### 2.2 課金システム

課金システムは、図2に示す構成となる。

#### (1) 駐車場入口での動作

駐車場入口の車両検知器にて車両が検知されるとアンテナを起動する。

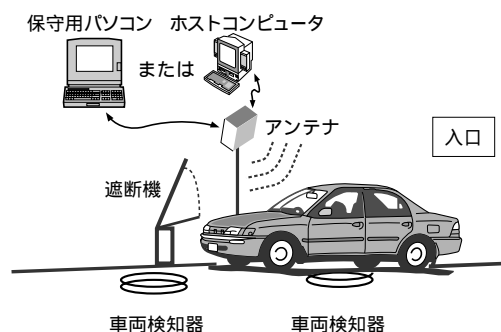


図1 アクセスコントロールシステム

アンテナは車両に装着されたIUと通信して、IUラベルを読み出し、そのIUラベルをCHUに送信し、遮断機を開ける。

#### (2) 駐車場出口での動作

駐車場出口の車両検知器にて車両が検知されるとアンテナを起動する。

アンテナは車両に装着されたIUと通信して、IUラベルを読み出し、そのIUラベルをCHUに送信する。

CHU（システム構成によっては、上位のホストコンピュータ）にてアンテナより送信されたIUラベルを基に、その車両の駐車場内での滞留時間より駐車料金を計算する。

計算した料金を元に課金コマンドを発行し、CHUからアンテナを経由して、IUと通信する。

課金コマンドを受信したIUは、挿入されているICカードから駐車料金を引き去る。

IUは、アンテナ経由にてICカードから料金を引き去ったことをCHUに通知する。

## 3. EPS の 開 発

EPS機器の開発は、ERPで実績のある技術をベースとしている。ERPシステムは、120 km/hでの課金処理・180 km/hでの不正車両特定という高度な性能を、構成機器の高度化と複雑なシステム構成により実現している。ERPシステムの機器構成を図3に示す。

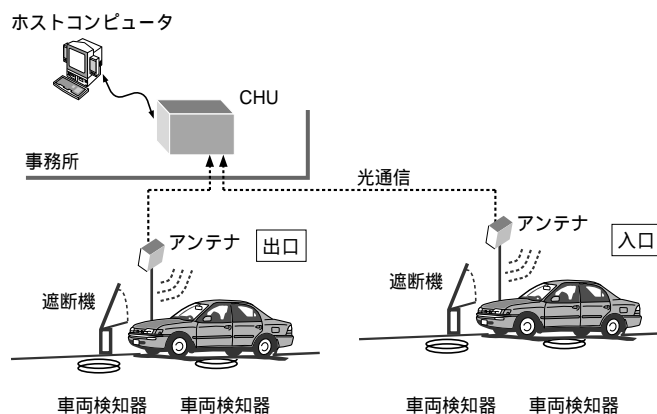


図2 課金システム

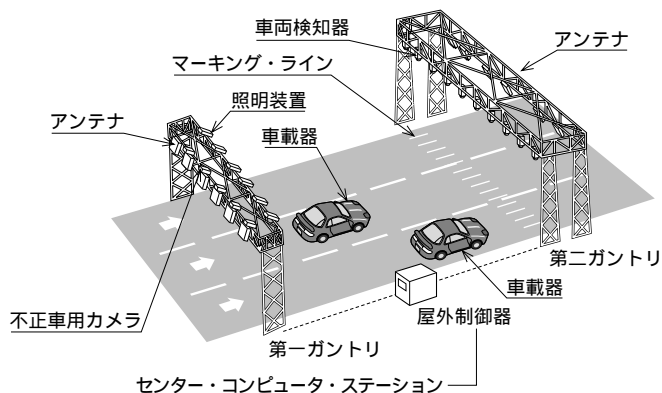


図3 ERPシステム機器構成

EPSでは、ERPシステムからの機能の集約化・小型化を図り、駐車場システムとして要求される仕様の絞り込みを行った。一方、廉価な既存のタグシステムと比較し、EPSはIUを使用することにより入退管理機能のみならず、課金処理が行える点において差別化された。

駐車場システムとして開発するに当たり、開発機種を機能別にアンテナとCHUの2種類に集約した。機器構成を図4に示す。

(1) 一体型アンテナの開発

アンテナは、電波を出力して無線通信によりIUとのデータの送受信を行うものである。

ERPでは、アンテナは無線通信を行う機能のみであったが、EPSアンテナは1チップマイコンとメモリを組み込み、通信制御機能を内蔵することにより、アンテナのみで入退場管理を可能とする設計とした。また、CHUと接続することにより駐車料金をICカードから引き去るシステムが構築できる。

(2) CHUの開発

CHUは料金計算処理とセキュリティユニットを取り込んだユニットとし、駐車料金の計算と車両の管理、処理データの暗号・復号化を行う機能を統合した。

以下に、各機器の開発についての詳細を示す。

3.1 一体型アンテナの開発

ERPシステムの機器のうちアンテナと無線通信ユニット(RFU)、そして送信するデータを作成するアンテナコントローラの一部機能をアンテナへ統合した。

(1) アンテナ通信領域

ERPでは、車両特定を行うため車線幅方向に電波放射パターンを絞り、また通信時間確保のために図5に示すような、進行方向に長い通信領域を形成していた。一方、駐車場に設置するためには、アンテナ1台で1車線分をカバーするため車線幅方向に広い通信領域を確保することが要

求され、かつ地下駐車場のよう、アンテナを設置できる高さが制限されるなどアンテナ設置場所が周囲の環境によって制限を受けるケースが多く存在する。また、対象車両と確実に通信し、対象外の車両とは通信しないために、環境制約下でも通信領域を確保できるようにアンテナの通信領域を設定する必要がある。

これらの条件を考え、図6に示すような通信領域を設定し、この条件を満たすようなアンテナのビームパターンをシミュレーションしアンテナの設置条件を決定した。また、実機にて通信領域を測定し、設計値どおりであることを確認した。

(2) アンテナ及び無線通信部

ERPでは、複数車線の制御を考慮しアンテナ部と無線通信ユニットが別となっており、また通信領域制御のためアンテナが非常に大型であった。これらを小型化し、屋内でも使用できるようにサイズと構造の見直しを図った。

アンテナ出力レベル

通信領域のシミュレーション結果を基に、送信出力レベルを最適値に低減し、高周波回路のダウンサイジングを行った。

アンテナエレメント

通信領域を満たすようアンテナパターンを見直し、最適化を図ることで小型化を実現した。

(3) アンテナコントローラ部

駐車場向け小型アンテナを開発する上で、アンテナコントローラ部の小型集積化につき下記手法にて実施した。

ERPでは、アンテナコントローラ部がVMEボード1枚となっており汎用のCPUを用い大容量RAMを搭載していた。これを高速処理可能な1チップマイコンに統合を図り、

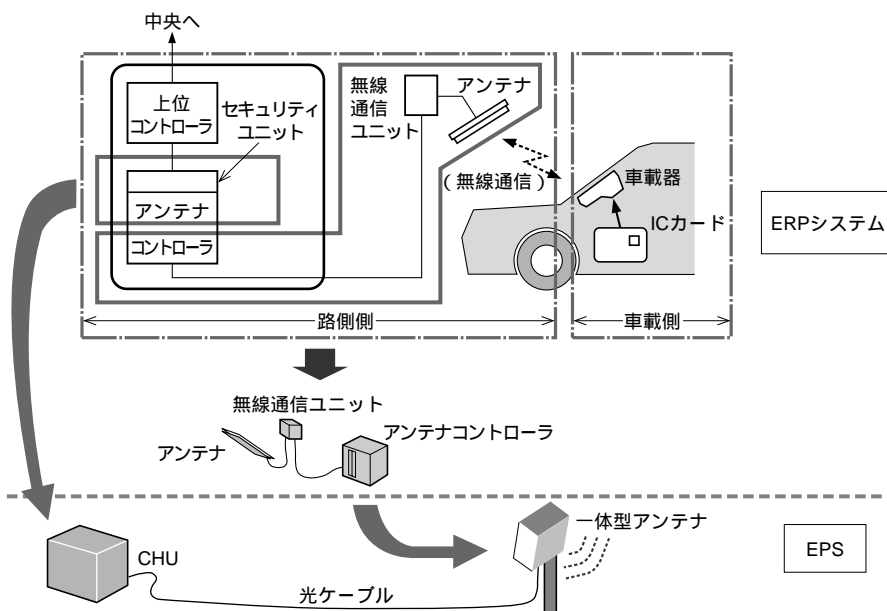


図4 ERPシステムとEPSシステムの関連 ERPシステムの機器の機能を統合することによりEPSを開発した。

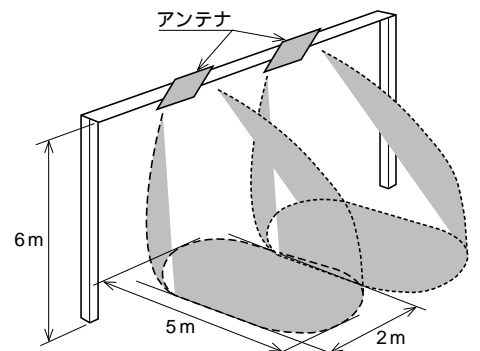


図5 ERPの通信領域

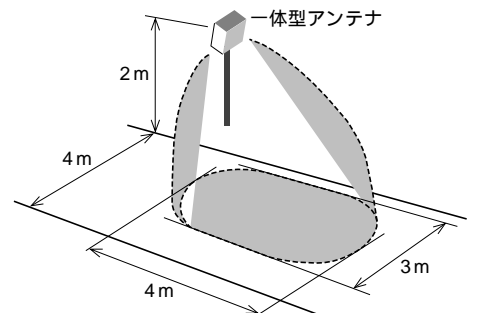


図6 EPSの通信領域



図7 アンテナの写真

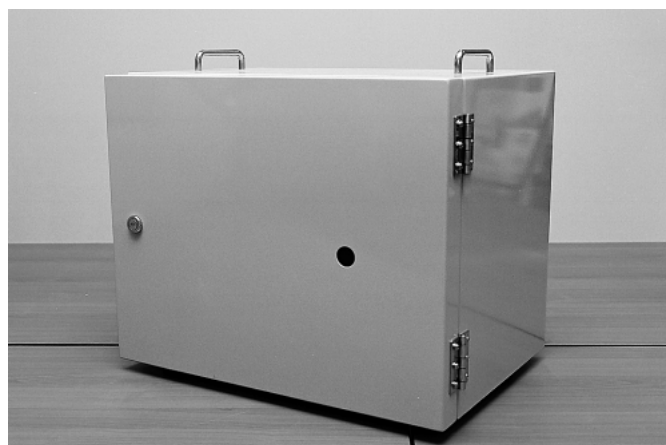


図8 CHUの写真

周辺のインターフェイスを追加した。その結果、半分程度のサイズが可能となった。また、1チップマイコンについては、保守や仕様変更に対応するため、容易にソフトウェアの入替えが可能なフラッシュROM内蔵品を選定した。

また、独立モードでは、ホストコンピュータ無しでアクセスコントロールシステムを構築可能とするため、一体型アンテナ部に車両検知器の入力や遮断機の制御出力を実装した。

### 3.2 CHU の 開 発

#### (1) 小型化

高速処理可能な、1チップマイコンを採用し、小型化を図った。また、容易にソフトウェアの入替えが可能なフラッシュROMを内蔵した。

#### (2) インターフェイス

駐車場では、各機器の設置場所がまちまちであり、特に駐車場の出入口に設置されるアンテナは、オフィス内に設置されるCHUから離れて設置される場合が多い。

そのため、アンテナとの接続には従来のメタルケーブルによる通信方式から、光通信方式へ変更し、長距離伝送と伝送スピードの確保を図った。

#### (3) 機能

CHUの機能は、以下の2タイプを準備し、様々な駐車場の要求を満たせるように工夫した。

##### タイプ1

CHU内部に駐車場の車両管理及び料金表を持ち、駐車場内での滞留時間から駐車料金を計算し課金するタイプ。小規模な駐車場で簡単に導入可能。CHU単体で、入口、出口の処理を行うため、高速処理が可能である。

##### タイプ2

上位のホストコンピュータにて駐車場の車両管理及び駐車料金を計算し、そのデータを基にCHUにて課

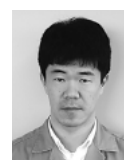
金するタイプ。ホストコンピュータのソフトを変更することにより様々な課金計算が可能で汎用性に富むシステム構築が可能。また、既存の駐車場システムへのEPS機能追加といったニーズにこたえることが可能なシステムであり、既存システムへEPSとのインターフェイス機能を追加することで、容易にシステムを導入することが可能である。

## 4. ま と め

当社はEPS用に新たに開発した一体型の小型アンテナ及び汎用性に富むCHUを2002年より販売開始し、シンガポールの多くのシステムインテグレータにより、これらを利用した駐車場システム（アクセスコントロールシステム、課金システム）が実用化されている。利便性の高い駐車場であるEPSシステムは、これからシンガポール国内に急速に普及していくものと考えられる。また市場のニーズ動向を見ながら既開発のアクセスコントロールシステム及び課金システムに加えて、フリーフロー課金システムについても開発していく。今後は、シンガポールでのERP・EPS技術を基に、日本国内におけるETC車載器を用いた駐車場システムの開発に取り組んでいきたい。



小幡高靖  
神戸造船所  
ITS部  
ITS設計課 課長



大野秀和  
神戸造船所  
ITS部  
ITS設計課 課長



宮崎義啓  
神戸造船所  
ITS部  
ITS設計課 課長



安藤正訓  
神戸造船所  
ITS部  
ITS設計課