

## ETC 車両検知器及び車両検知技術

## Vehicle Detecting Equipment and Technology for Electronic Toll Collection System

内田 研 松田 高重



ノンストップ料金收受（ETC：Electronic Toll Collection）システムは、料金所路側アンテナと車両に搭載された車載器との無線通信により料金收受を行うもので、料金所での渋滞緩和、走行時間の短縮のほか、排気ガスの低減や燃料節約が見込まれる。無線通信技術と同様にETCシステムの主要技術として車両検知技術が挙げられ、これはETCシステムだけでなく従来からの料金收受システムにおいても主要となる技術である。当社は、従来の料金收受システムのノウハウを生かし、ETCシステムにおける車両検知技術を確立、同システムに対応した車両検知器を開発した。

## 1. はじめに

ノンストップ料金收受（ETC：Electronic Toll Collection）システムは、料金所における料金收受業務を無線通信により行うもので、通行車両は料金所での一時停止の必要がなくなるため、料金所での渋滞緩和、走行時間の短縮のほか、排気ガスの低減や燃料節約が見込まれる<sup>(1)</sup>。日本においても、平成13年から各地で導入が開始された。当社は、従来から国内外の料金收受機械市場において主導的役割を果たしており、その一貫として次世代料金收受機械ETCシステム開発に早期着手し、この度国内においてETCシステムを受注した。

ETCシステムの主要技術には無線通信技術があるが、無線技術同様に主要な技術として車両検知技術が挙げられる。車両検知技術はETCシステムだけでなく従来からの料金收受システム、特に自動化システムにおいても主要となる技術である。当社は、従来からの料金收受システムのノウハウを生かし、ETCシステムにおける車両検知技術を確立しただけでなく、同システムに対応した車両検知器を開発した。

本報では、ETCシステムにおける車両検知技術について報告するとともに、実施事例として、上述のETC車両検知器について紹介する。

## 2. ETCシステムの概要

ETCシステムは、料金所に設置された路側アンテナと車両に搭載された車載器との間で無線通信を行うことにより通行料金を收受するものであり、これにより車両がノンストップで料金所を通行できる。ETCシステムは料金所の形態により、シングルレーンETCシステムとマルチレーンETCシステムとに大別される。前者は従来の料金收受システム同様1車線ごとに料金收受を行うものであり、後者は高速道路本線のような複数車線を走行する複数車両に対して同時に料金收受を行うものである<sup>(1)</sup>。

国内では、従来の料金所に追加導入することからもシングルレーンETCシステムが主流である。

したがって、以下、シングルレーンETCシステムを中心に記述する。

## 2.1 システムの構成

シングルレーンETCシステムは、既存料金所のように車線が1車線ごとに完全に分離されている場合に適用されるシステムで、料金所に進入する車両を各車線ごとに、1台ずつ逐次処理を行う<sup>(1)</sup>。

システムの構成は、無線通信用のアンテナ及びその制御機、車線上での車両の存在検知を行う車両検知器、通行車両に通行可否等を表示する路側表示器、車両の発進可否を制御する発進制御機、並びに、車線上のこれらの機器を統合制御する車線制御装置等から成る。

また、車種ごとに通行料金が一定である均一区間道路に適用されるシステムと、走行距離と車種によって通行料金が異なる大規模な対距離道路に適用されるシステムとでは、料金收受機能が異なるため、システム構成も異なったものとなる。均一区間道路に適用されるETCシステムの構成例を図1に、対距離道路の入口料金所、出口料金所に適用されるETCシステムの構成例をそれぞれ図2、図3に示す。

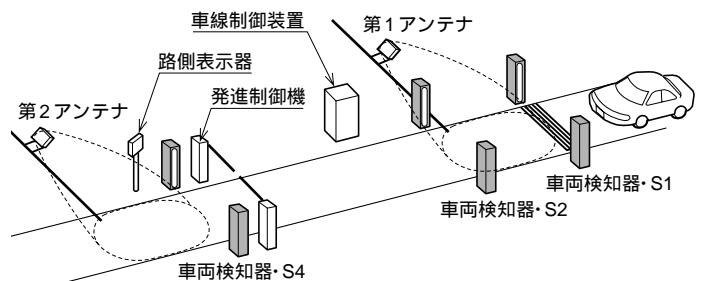


図1 均一道路に適用されるETCシステム構成例 車両検知器が3カ所に設置され前後2つのアンテナを制御する。

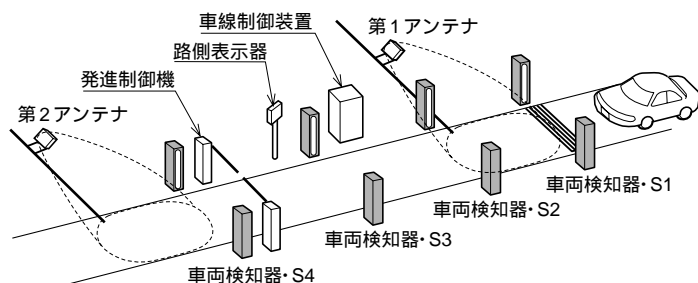


図2 対距離道路・入口料金所に適用されるETCシステム構成例  
車両検知器が4カ所に設置され前後2つのアンテナを制御する。

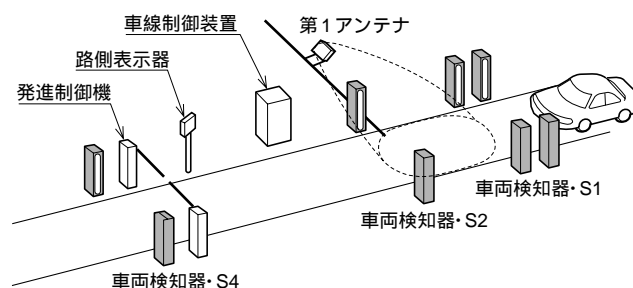


図3 対距離道路・出口料金所に適用されるETCシステム構成例  
車両検知器が3カ所に設置され1つのアンテナを制御する。

表1 車両検知器の設置位置とその機能

種別	機能	適用システム			内容
		均	対距離入口	対距離出口	
S1	車両の進入検知 無線通信の開始	—	—	—	車両がETC車線に進入したことを検知し、進入車両に対し無線通信処理の開始を通知する(トリガ機能)。
	車両の前後進判別	—	—	—	車両の前後進判別を行うことで車両の進行方向を検知し、車線上のETCシステム管理区域内への車両の進入及び後退退出を確認する。また同管理区域内の車両台数を認識し、逐次処理の情報とする。
	通過車両の軸数計測	—	—	—	通過車両の軸数を計測し、無線通信結果との照合に利用する(不正防止)とともに、牽引車両の車種(通行料金)補正の情報としても利用する。
S2	無線通信の終了	—	—	—	車両検知器S1とS2との間(4m)が第一アンテナの通信領域であり、車両がS2に到達すると通信領域外となるため、システムに無線通信の終了(停止)を通知する。
	既設料金収受システムへのETC処理結果通知	—	—	—	既設料金収受システムとETCシステムとがともに設置、機能している場合、既設料金収受システムに対してETCの処理結果を通知する。
S3	路側表示器の表示切替	- 1	—	- 1	通過車両に対して表示している路側表示器の表示内容を、S3検知により消灯(または、次車両の内容に切替)する。
S4	車両の退出検知	—	—	—	車両が車線上のETCシステム管理区域内から退出したこと及び後退進入を認識する。 車両の前後進判別を行うことにより、より正確に車両の前進退出(または後退進入)を認識することが可能となるため、S4に前後進判別機能を要求するシステムもある。
	第二アンテナに対する無線通信開始	—	—	—	第二アンテナに対して無線通信の開始、終了を通知する。(一部システムにおいては、本機能を他の検知器等で代用する場合もある。)
	発進制御機の「閉」制御	—	—	—	車線内車両に関して、料金収受が正常に行われると、ETCシステムは発進制御機を「開」し、車両に対して通行可能を示談する。車両がETCシステムの管理区域内から退出し、これをS4が検知すると、発進制御機の「閉」をシステムに対して要求する。

1車両検知器S4にて代用する。

## 2.2 ETCシステムにおける車両検知器の役割

ETCシステムにおいて車両検知器は、車線上の車両の進行方向に沿って、3又は4カ所に設置され、その設置位置により各々システム上での役割(機能)が異なる。また、それぞれ設置位置ごとにS1、S2、S3、S4と称される。上述の各適用道路ごとのETCシステムに要求される各設置位置の車両検知器の機能をまとめると表1のようになる。

## 3. ETC車両検知器

前項にて述べたようにETCシステムでは、その適用されるシステムや設置位置により、車両検知器に要求される機能が異なる。これらに対応するためETC車両検知器には種々

のバリエーションが存在する。以下に各種のETC車両検知器及び車両検知技術を述べる。

### 3.1 各種タイプ別の車両検知器

#### (1) 光センサと踏板(代表写真)

車線の両側に設置される光センサと路面上に埋設されるゴムマット状のセンサ(通称“踏板”)から構成される車両検知器。車両の存在検知のほか、前後進判別、軸数計測の機能を有する。

ETCシステムにおいては、車両進行方向に沿って最も手前(S1の位置)に適用され、システムに車両の進入や、通信開始指示を通知する。またシステムによっては、車両進行方向の最も後方(S4の位置)に適用される場合があ



図4 2連の光センサから構成される車両検知器 車両の存在検知, 前後進判別を行う車両検知器構成.



図5 1対の光センサから構成される車両検知器 車両の存在検知を行う車両検知器.

る.

(2) 2連の光センサ (図4)

車線の両側に設置される2対(2連)の光センサから構成される車両検知器. 車両存在検知及び前後進判別の機能を有する. ETCシステムにおいては, S1位置に設置される車両検知器として適用され, システムに車両の進入や, 通信開始指示を通知する. また, S4位置に設置される車両検知器に適用される場合もある.

(3) 1対の光センサ (図5)

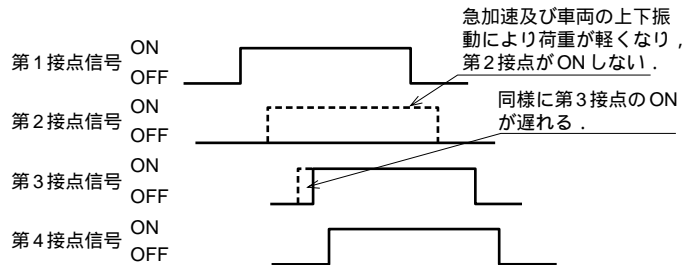
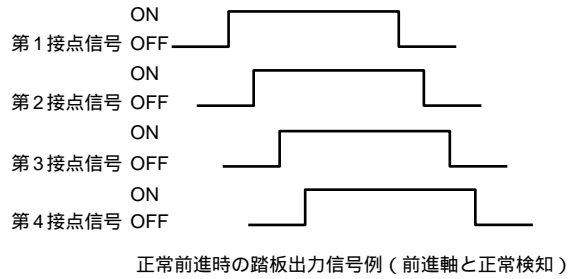
車線の両側に設置される1対の光センサから構成される車両検知器. 車両の存在検知機能を有する. ETCシステムにおいては, S2, S3及びS4の位置に設置され, 発信制御機や路側表示器などの機器への制御タイミングを通知する車両検知器として適用される.

3.2 光センサ技術

ETC車両検知器では, 車線の両側に設置された光センサにより車両の存在を検出するため, 光センサ技術が装置全体の性能に占める割合は大きい.

(1) 光透過方式の採用

車両の存在を検出する手段としては, 超音波の反射, 画像処理, 赤外光の直接反射, リフレクタ反射等種々存在す



人が踏板を踏んだ時の出力信号例(認識ロジックにより, 車軸とはみなさない.)

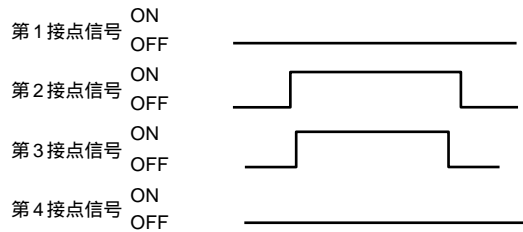


図6 踏板のON/OFFパターン例 車両通過と人が踏んだ場合の踏板のON/OFFパターン例を示す.

る. ETC車両検知器では, シングルレーンシステムへの適用, 光透過方式は反射方式にくらべ信頼性及び耐環境性に優れていること, 機器のコスト面などから, 赤外線LEDによる光透過方式を採用している.

(2) 応答性の向上

ETCシステムでは, 車両通過速度80 km/hへの対応や, 無線通信の開始/終了のトリガとして車両検知信号を利用するため, 車両検知器には10 ms以下という応答速度が要求される. そこで, ETC車両検知器では光センサの発光タイミング, 内部信号処理, 信号出力までをすべて同期処理可能な回路構成を有している. また, 発光タイミングの高速化による受光波形のオーバーシュート抑制回路を有し, スキャンの高速化を実現している.

(3) 耐外乱光

ETC車両検知器は屋外に設置されることから, 外乱光(太陽光)の影響を受ける. したがって, 発光器のパルス点灯や, 受光回路でのバンドパスフィルタによる外乱光抑制だけでなく, 太陽光が入光すると受光レベルが飽和し検出不能状態となるため, 受光回路にはこの飽和状態検出回路を設けて状態を常に監視し, 飽和状態になると該当の光電管を切り離して光センサ機能を継続させる機能を有している.

(4) 耐環境性(汚れ, 降雨雪への対応)

屋外に設置されるETC車両検知器は、自然環境とりわけ雨や雪、排気ガスによる汚れの影響を受ける。これら条件下での信頼性確保のため、光センサ前面には防曇（曇り止め）処理カバーの採用や、融雪と曇り止め効果を有するヒータの採用など、自然環境に対する工夫も凝らされている。

### 3.3 車軸認識技術

前述のようにETC車両検知器には、その設置される位置等により、車軸の認識及び軸数計測が行えるものがある。また、車軸情報により、人と車両の区別や車両進行方向の判別など、車両の認識精度の向上も可能となる。

#### (1) 踏板

路面の車線幅方向に埋設されたゴムマット上のセンサ（通称“踏板”）を用いて車軸の認識を行う。車両が踏板上を通過する際のタイヤの押圧により軸の存在検知を行う。

#### (2) 車軸認識ロジック

踏板の内部には、車線幅方向に4つの接点が配置されている。通常、車軸通過時には、この4つの接点が順番にON/OFF動作をする。人が踏板上を踏んだ場合などは、この接点のON/OFFの順番が崩れた状態となる。これらの違いを利用して車軸の認識、さらには進行方向の判断を行っている。また、車両の加減速時などその走行状態によっては上記の正常なON/OFFパターンの検出ができない場合がある。車軸認識ロジックをこのような特殊走行にも対応可能なものとする事で車軸認識の精度を向上させている。図6に踏板的ON/OFFパターン例を示す。

### 3.4 車両認識技術

ETC車両検知器のなかには、踏板上を用いることなく車両認識を行うものもある。これらの装置では光センサの検出情報を用いて車両の認識を行っている。

#### (1) 車両形状による誤検知を抑制

トラックなどのドアミラー部分、牽引車両の連結部分などの車両の特徴部分を抽出することで、1台の車両を複数台と認識するような誤判別の抑制を行っている。

#### (2) ゴミ等による誤検知

光センサのみを用いて車両を検出する場合、ゴミ等の飛来に対しても車両と誤認識することが懸念される。これらに対しても、検出時間、位置（高さ）の情報からゴミと車両の違いを認識し、車両の判別を行うことで対応している。

## 4 .ETC 車両検知器の導入実績と効果

国内高速道路へのETCシステム導入に伴い、当社のETCシステム及びETC車両検知器が各地に導入された。また、平成13年のETCシステムの運用開始により、これらのETC車両検知器も稼働し、同システム運用で欠かせない装置の一つとなっている。

## 5 .む す び

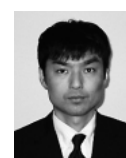
車両検知技術は貨物を含めた多様な実走行車両を正確に検知するために、精密なチューニングが不可欠である。当社は長年、実道路で車両検知器を運用し、そのノウハウを基にしたチューニング技術により、ETCシステムにおける高精度な車両検知器を開発し、国内のシステムに導入した。また、このETC車両検知器の開発を通じて、ETCシステムに適用した新たな車両検知技術、ノウハウを得ることができた。今後は、当社の車両検知技術を更に高め、現有の光透過方式だけでなく、新方式による車両検知器の開発、製品化についても意欲的に取り組んでいきたい。

### 参 考 文 献

- (1) 村越英之ほか、ノンストップ料金収受システムの開発、三菱重工技報 Vol.34 No.6 (1997) p.410 ~ 413



内田 研  
神戸造船所  
ITS部  
料金機械設計課



松田 高重  
神戸造船所  
ITS部  
ITS設計課