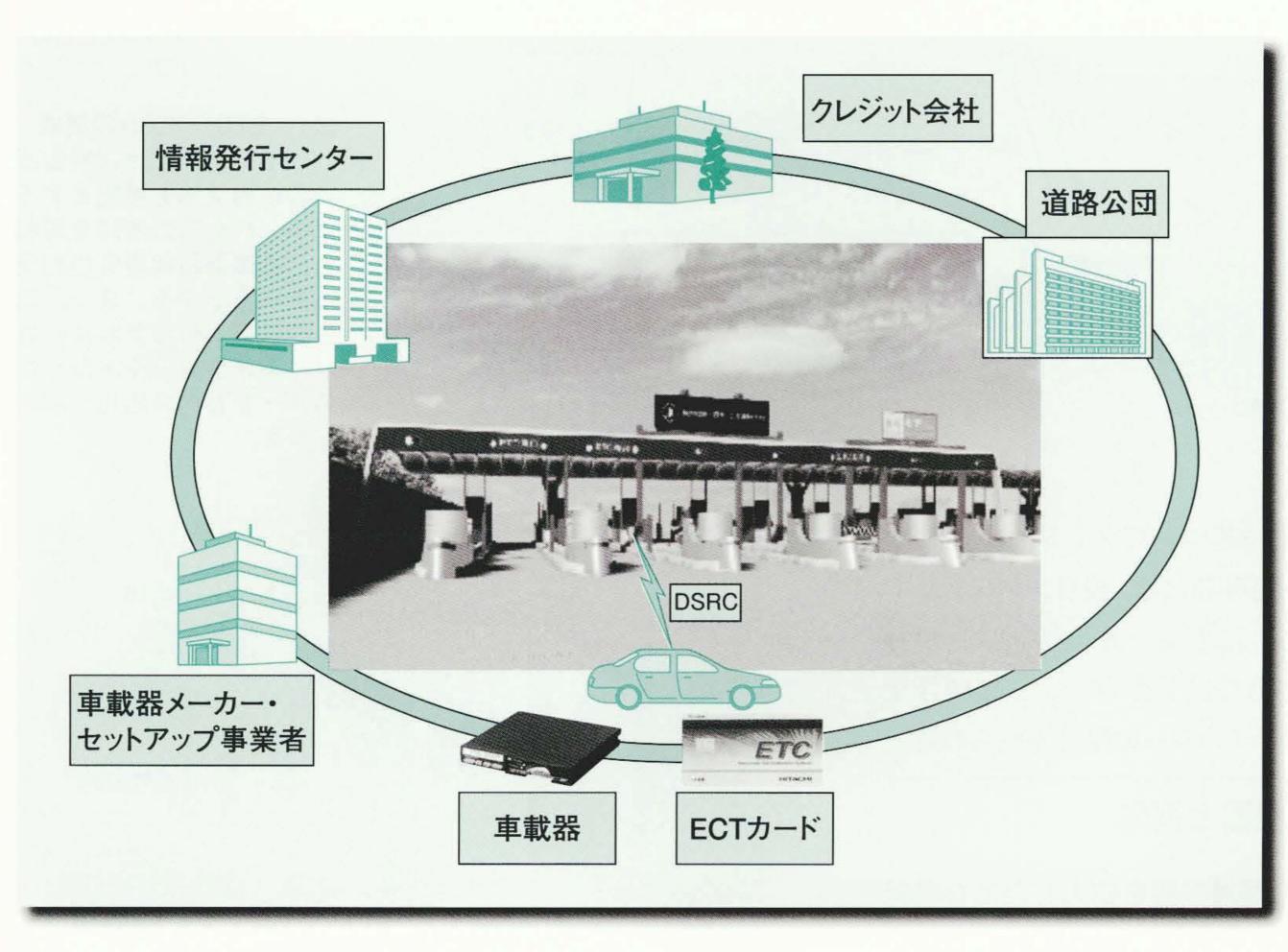
# ノンストップ自動料金収受システム

Electronic Toll Collection System

熊山治良 Jirô Kumayama 花田晋一 Shin'ichi Hanada 福澤寧子 佐藤義人

Yasuko Fukuzawa Yoshihito Satô



#### 注:略語説明

ETC (Electronic Toll Collection)
DSRC (Dedicated Short-Range
Communication)

#### ETCシステム

最新のITを駆使し、高速道路の渋滞緩和や料金の自動決済を可能とするETCシステムは、将来のスマートウェイ(知能道路)構想へ向けて大きく前進することが期待される。

ノンストップ自動料金収受(ETC)システムは、高度道路交通システム(ITS)の先駆けとして、2001年度から全国で実用化が始まる。ETCは、無線通信、ICカードによる決済システム、セキュリティシステムなど最新のITを駆使したシステムであり、ガソリンスタンドやドライブスルーなどでの自動決済システムへの応用、料金ゲートを必要としないETCのフリー フロー システムへの展開、さらに、ロード プライシング システムの早期実現が期待できる。

日立製作所は、これまで培ってきたITと道路基盤構築技術を駆使し、ナビゲーションシステムの高度化やAHS、画像応用システムなどの研究開発により、ITSの構築に取り組んでいる。

### 1

# はじめに

ETC(Electronic Toll Collection)システムは、無線通信よって高速道路の料金収受を料金所で停止することなく自動的に行うシステムである。このシステムの導入により、渋滞緩和やキャッシュレス化による利用者の利便性向上と道路管理者の業務効率向上が期待できる。

日立製作所は、1995年からETCの実用化研究とその開発のための官民共同研究に参画してきた。

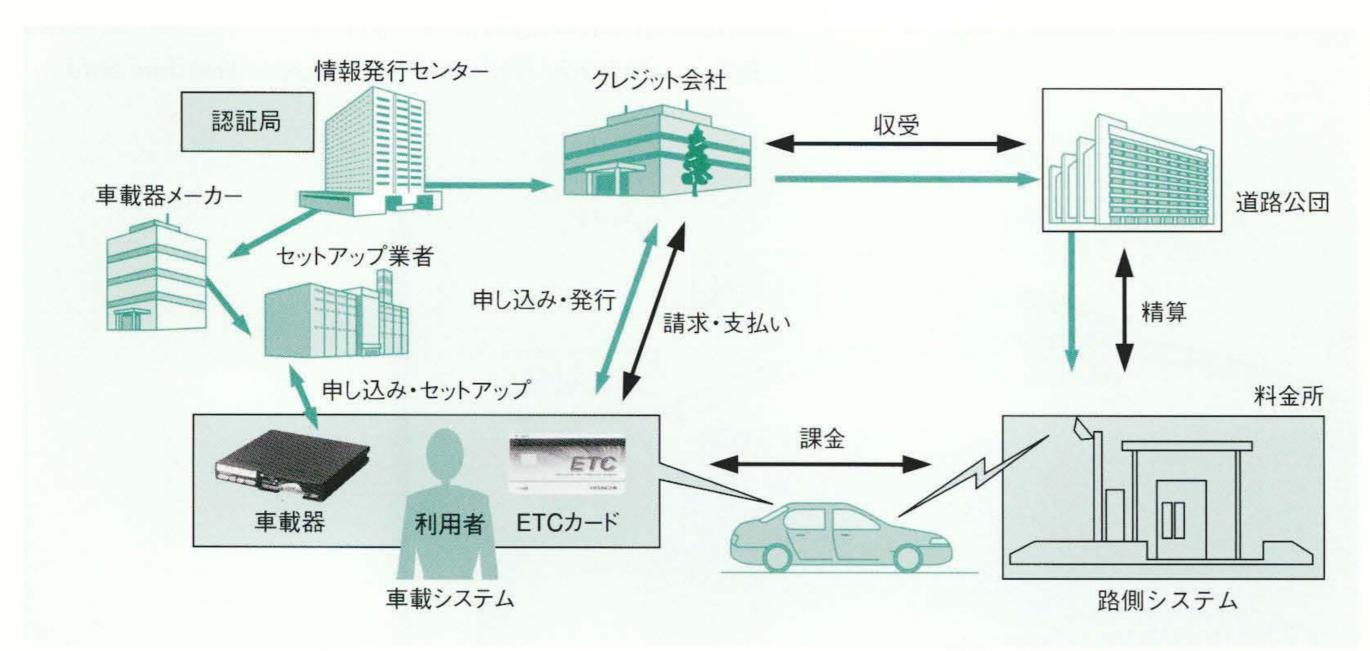
ここでは、ETCシステムの概要と要素技術について述べる。

# 2

# システムの概要

ETCシステムは大別して, (1) 車載システム, (2) 路側システム, (3) 決済システム, および (4) セキュリティシステムで構成する(**図1**参照)。

利用者は、まず車載器とETCカード(決済情報を記録したICカード)を入手し、車載システムを構築する。 ETCカードを挿入した車載器を車両に搭載して料金所を通行すると、路側システムと車載器との間で無線通信が行われる。路側システムは、通信によって課金に必要な情報を読み出し、利用料金の課金計算を実施する。課金情報は車載器を通じてETCカードに記録されるとともに、道路公団へ送信される。道路公団は、各料金所から



## 図1 ETCシステムの構成

ETCシステムは、料金所での自動決済を可能とするほか、料金所の渋滞を緩和し、高速道路利用者の利便性を向上させる。また、ガンスタンドやドライズスタンドやドライズスタンドやドライズスタンドやボライズの応用が期待される。

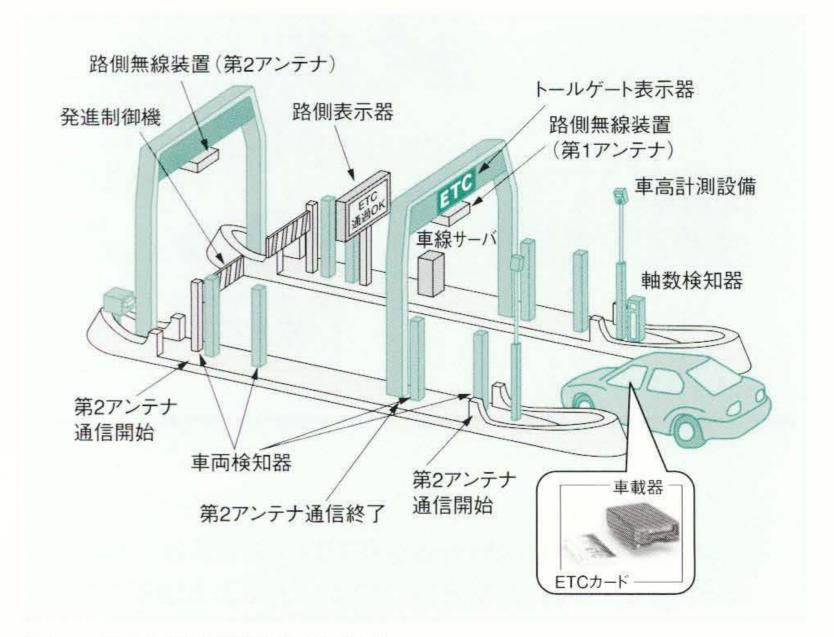
集まる課金情報の精算結果に基づいてクレジット会社から利用料金を収受する。各利用者には、後日、クレジット会社から料金が請求される。これら一連の情報は、情報発行センターで一元管理される暗号かぎによって暗号化され、不正利用の防止やプライバシーの保護が図られる。

# 3 システムの構成機器と機能

日立製作所が2000年度に路側機器を納入した主な路線は、東名高速、横浜横須賀道路、第三京浜、常磐道、東北道などである。一般的な入口料金所のETC用車線での路側機器の構成例を図2に示す。

ETC用車線に設置される主な機器は,(1)通信制御と路側機器を制御する車線サーバ,(2)無線通信を行う路側無線装置,(3)車両の通過を検知する車両検知器,(4)車種を判定する車高計測設備と軸数検知器,(5)通信結果を表示する路側表示器,(6)車両の通行を制御する発進制御機などである。

ETCで使用する無線通信領域は、アンテナの指向性を 絞ることにより、幅3 m、長さ4 mのほぼ車両1台分のサイズである。車両検知器を通信領域の開始位置と終了位 置に設置し、車両通過中に車載器との通信を完了することで、車載器を搭載した車両であることを判定する。路 側無線装置では、通信により、ETCカードに登録された 決済情報や、車種などの情報を得る。一方で、車高計測 設備・軸数検知器によって車種を測定し、通信情報との クロスチェックを行う。入口料金所では、2か所にアン テナを設置し、第1アンテナで入口情報をETCカードに 記録し、第2アンテナで確実に記録されたことを確認する(図2参照)。これらの通信が支障なく行われれば路側 表示器に「ETC通過OK」の表示を提示し、発進制御機を



#### 図2 入口車線機器の構成例

ETC車載器を搭載した車両は、料金所で停止することなく通行できる。車載器を搭載しない車両は、いったん停止することで従来と同様に通行できる。

開放する。出口料金所では、1アンテナ構成で、ETCカードに記録された入口情報と車種情報を読み出し、課金計算を行って路側表示器に利用金額を表示し、発進制御機を開放する。

以上のような処理により、ETC専用レーンを通過する 車両は、発進制御機の手前でいったん停止する必要がな くなるため、従来に比べて短時間で料金所を通過するこ とができる。

# ETCを支える要素技術と今後の展開

# 4.1 路車間通信技術

# (1) 路車間無線通信の仕様と性能

ETCでは、料金所に設置されたアンテナと車両に搭載された車載器との間でDSRC(Dedicated Short-Range

表1 無線通信の仕様

ETC用DSRCの標準仕様を示す。

項目	<b>仕</b> 様
使用周波数帯域	5.8 GHz帯,2対波
送受信周波数間隔	40 MHz
送信電力	10 mW以下(料金所)
無線アクセス方式	TDMA · FDD
通信方式	アクティブ方式, スロッテドアロハ
通信領域	地上高1 m,進行方向4 m, 車線幅方向3 mの範囲
対応車両速度	停止状態から80 km/hまで
伝送速度	1.024 Mビット/s
変調方式	ASK
BER	< 10 <sup>-5</sup>

#### 注: 略語説明

TDMA (Time Division Multiple Access)
FDD (Frequency Division Duplex)
ASK (Amplitude Shift Keying)
BER (Bit Error Rate)

Communication:専用狭域通信)による無線通信を通じて料金収受処理を行う。

DSRCプロトコルはETC用無線通信規格に準拠しており、半二重通信と全二重通信(路側)に対応できる。さらに、時分割運用にも適した同期式プロトコルを採用することにより、複数車載器との同時通信(マルチアクセス)ができるとともに、誤り制御と再送制御によって高信頼の無線通信を実現している。

無線通信仕様を表1に示す。

#### (2) 次期ITSへの展開

路車間通信のフレームは、(a) フレーム制御情報などを含むFCMS(Frame Control Message Slot)、(b) データ転送のためのMDS(Message Data Slot)、および(c) 車載器がスロッテドアロハ方式でアクセスするためのACTS(Activation Slot)と呼ばれる等長スロットで構成している。ACTSは、その数や割り当てに自由度を持たせ、次期ITS(Intelligent Transport Systems)でも広く応用できるように配慮されており、今後、料金所ゲートを設置しないフリー フロー システムや駐車場、物流分野、ガソリンスタンド、AHS(Advanced Cruise-Assist Highway System:走行支援道路システム)など、各種のインフラストラクチャーへの適用が期待できる。

# 4.2 セキュリティ技術

無人運用の料金所で課金情報などを無線で伝送する ETCシステムでは、車載器やICカードが改造、偽造され やすいことから、高度なセキュリティシステムが不可欠 である<sup>1).2)</sup>。

その技術的な特徴の一つは、セキュリティ機能をワンチップ化したSAM(Secure Application Module)に組み入れていることである。路測機器や車載器の製造者は、SAMを購入し、製品に組み込むことで高度なセキュリティ機能を実現することができる。これにより、利用者端末の正当性を確認する認証処理や、情報を秘匿する暗号通信などの情報セキュリティ処理をSAM間で処理し、十分な強度を持つ暗号アルゴリズムを採用することにより、料金所での長さ4m、幅3mの無線通信区間を80km/hで走行する車両に対し、安全な課金処理を実現している。

運用上の特徴としては、情報発行センターによるセキュリティ情報の厳格な管理があげられる。セキュリティモデルや暗号アルゴリズムなどのセキュリティ関連規格を一元管理し、特定条件を満たすSAMメーカーやカードメーカーだけにこれらの情報を限定することにより、暗号アルゴリズムで使用するかぎなどの識別処理情報の管理や確実な配信など、厳格な運用管理を行っている。

さらに、ITSでは、多種多様なアプリケーションの実現を目指している。利用者のプライバシー保護やサービスの信頼性保証、非対面での適正な課金を実現するために、暗号や認証などの情報セキュリティ技術だけでなく、規制や罰則などの法制度の整備や、セキュリティ関連製品・システムの機密性や信頼性を保証するISO15408<sup>33</sup>などに基づくセキュリティ評価精度の活用もますます重要となる。

#### 4.3 画像・レーダを用いたETC車両判別技術

次世代のETCでは、料金所ゲートを必要としない「フリーフロー方式」の導入が期待される。フリーフロー方式では、発進制御機によるスピードダウンも不要となり、交通流シミュレーション結果からも、いっそうの渋滞の緩和が予測できる。しかし、車載器を搭載していない車両でも自由に通行できるので、これに対しても料金収受を実施するには、すべての通行車両の中から、路車間通信が行われた車両(ETC車両)と、通信が行われなかった車両(非ETC車両)を判別する技術が必要となる。

日立製作所は、画像処理とレーダ測位を用いたETC車両判別システム<sup>4</sup>を試作した〔図3(a)参照〕。路上に設置したカメラの動画像をリアルタイムに画像処理することにより、通過中の全車両の検出と追跡を行い、その走行軌跡を得る。同時に、路車間通信を行う車載器の送信位置をレーダ測位し、追跡を行い、ETC車両の走行軌跡を得る。得られた画像による走行軌跡とレーダによる走行軌跡を照合することにより、ETC車両と非ETC車両を判

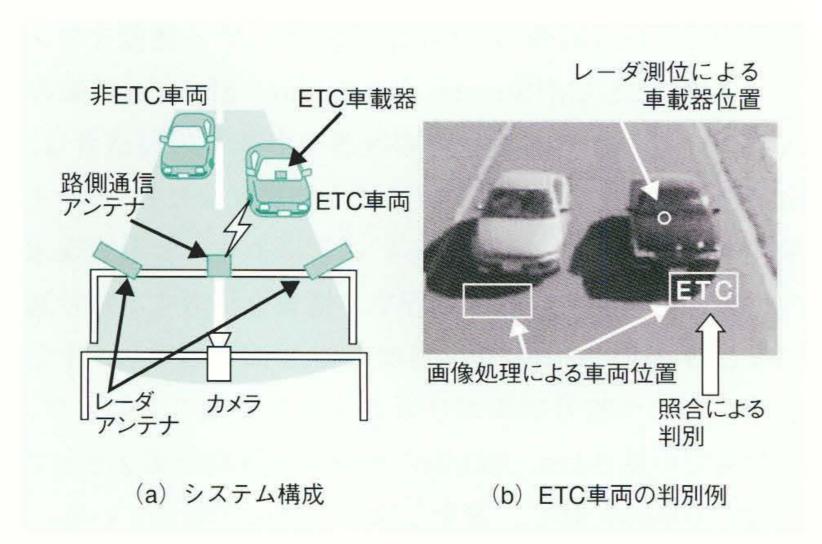


図3 フリー フロー システムでのETC車両判別システムの 構成と判別例

車両の正確な位置判別は、今後導入が予定されているフリーフロー方式のETCシステムには必須の技術である。

# 別する。

画像処理,レーダは互いに検出周期・誤差の性質が異なるため、瞬時の照合だけでは確実な判別は困難である。このシステムの特徴は、画像処理で検出した全車両の走行軌跡の中から、レーダで検出した走行軌跡に一致するものを照合することにより、確実な判別を可能とすることである。判別例を図3(b)に示す。

このシステムにより、フリーフロー方式の導入のほか、 ERP(都市流入課金)の導入や、AHSなどでの車両の正確 な位置検出なども容易になるものと考える。

# 5 おわりに

ここでは、ITを駆使して構築したETCシステムの概要 と、それを実現する要素技術について述べた。

特に、DSRC応用技術や車両位置判別技術は、実用化の 検討に入ったAHSの開発に役立つものと期待している。

日立製作所は、ETCで培った技術をさらに発展させることで、人と車と道路が協調のとれた、安全かつ快適な道路交通社会の実現のために貢献していく考えである。

### 参考文献

- 1) 福澤,外:特集ITS,計測と制御,40-3,201~206 (2001)
- 2) 堀江,外:ETC(有料道路自動料金収受)システムを支えるセキュリティシステム,日立評論,**82**,3,219~222 (平12-3)
- 3) 永井, 外:情報システムに対するセキュリティ国際評価 基準の動向と日立製作所の対応,日立評論,**81**,6,433~ 438(平11-6)
- 4) 加藤, 外:ノンストップ自動料金収受システムにおける 車両識別システムの開発, 電子情報通信学会総合大会, A-17-18(2000)

## 執筆者紹介



#### 熊山治良

1975年日立製作所入社,システムソリューショングループ情報制御システム事業部 社会システム設計部 所属現在,ITSシステムの開発・設計業務に従事E-mail:jirou\_kumayama@pis.hitachi.co.jp



#### 花田晋一

1974年日立製作所入社,システムソリューショングループ 情報制御システム事業部 情報制御機器設計部 所属現在,カスタム品の開発に従事 E-mail:shinichi\_hanada @ pis. hitachi. co. jp



#### 福澤寧子

1985年日立製作所入社,システム開発研究所 セキュリティセンタ 所属

現在,セキュリティ基盤技術の研究開発に従事 電子情報通信学会会員,計測自動制御学会会員 E-mail: fukuzawa @ sdl. hitachi. co. jp



#### 佐藤義人

1992年日立製作所入社,日立研究所 所属 現在,ITS無線技術の研究開発に従事 電子情報通信学会会員,情報処理学会会員 E-mail: sato @ hrl. hitachi. co. jp