ETC の研究開発の歩みと実用化の展望

田 中 秀 俊*

1. は じ め に

筆者が ETC (Electronic Toll Collection System: ノンストップ自動料金収受システム) という有料道路の料金収受を無線通信を介して完全に自動で行うシステムの研究開発プロジェクトに参画してから、もう 4 年になろうとしている。参画当時は、まだ我が国ではこのシステムが大きな課題になることもなく、一部の海外諸国の有料道路でぽつぽつと小規模な採用事例が出始めていたという状態で、これから我が国でどのようにこのシステムを開発していくのか、前例のない試みを手探りで進め、悩むという毎日であった。

それがここ 1~2 年の間に、我が国の道路全体のインテリジェント化を推進する「道路・交通・車両分野における情報化実施指針」が建設省をはじめとする関係 5 省庁によって作成された (平成 7 年 8 月) 頃を境として、高度道路交通システム (ITS: Intelligent Transport Systems) が急速に時代の脚光を浴びるようになり、ITS が目指す 9 つの開発分野のうちでも最も早く実用化が期待されるものとして、ETC が世間の注目を集めるようになった。TV や新聞等マスコミに登場する回数も増え、産業界においても展示会やセミナーで取り上げられることが多くなっている。

世界的な潮流をみても、既に我が国に先駆けて ETC を導入した欧州各国や米国においては、それぞれの国でそれぞれの有料道路管理者がばらばらに開発し採用した ETC の技術の、世界レベルでの標準化をはかろうとする動きが本格化しており、国際標準化機構 (ISO: International Organization for Standardization) の場で検討が進められている。この検討の場にも、我が国の ETC の研究開発の成果を示して広く世界に通用する ETC のシステムを構築すべく、筆者の所属するような有料道路管理者が積極的に参加している。

このように国の内外を問わず盛んな動きのみられる ETC について、その理念や開発の経緯、地域社会・経済への影響という視点からみた評価、今後の展望などについて、以下に紹介することとしたい。

2. ETC の 概 要

2.1. ETC の定義と仕組み

ETC とは、有料道路の料金所において、通行する車のダッシュボードなどに取り付けた小型の無線通信器 (車載器) と、料金所ゲートの上空に設置した無線アンテナ (路側アンテナ) との間で、車の通行情報や料金の課金情報を無線電波でやりとりし、通行者と料金所係員の間で通行券や現金の受け渡しをすることなく、自動的に料金支払を終えることができるシステムである。このようなシステムでは、通行車は料金所で料金支払のために一旦停車する必要がないので、「ノンストップ」自動料金収受システムと称される。

図 1 に ETC が導入された料金所の見取図を示す。また、併せて通行車に取り付ける車載器の形態も示す。

---

* 日本道路公団営業部営業計画課長

図 1

図1のとおりに、典型的な料金所の入口及び出口でETC車線と表示されている車線にETCが導入されており、料金所ゲートの屋根に路側アンテナが設置されている。ETCの入口車線では通行車は通行券を受け取る必要がなく、また、出口車線では料金支払の動作が必要ないため、通行車はノンストップで料金所ゲートを通過する。従ってETCが導入された車線(ETC車線)は隣の従来どおりの車線に比べて、車の流れがスムーズになっている。

また、車載器は車のダッシュボード中央付近に取り付けられるイメージであり、最近磁気カードに代わって急速に開発が進んでいるICカードを、料金支払用カードとして差し込んで使う形をとる。これによって、ドライバーはどの車に乗っても、その車に車載器が載ってさえいれば、そこにICカードを差し込んで有料道路のETC車線を通行することができる(2ピースタイプと称する)。

なお、車載器は初期には車の標準装備品ではないので、現在の車のアクセサリ品と同じようにドライバーが買って車に取り付けることになるが(後付け型と称する)、将来的にはカーナビゲーション装置などと一体化して最初から車に装備されているような形態になるであろう(ビルトイン型と称する)。そうなればドライバーもさほど車載器の価格のみを気にすることなく、車を購入し、結果的にETCのシステムも利用できるという状況になると思われる。

図2にETCを利用する車がどのようにして有料道路の料金支払を行うかの概念を示す。

我が国の大部分の有料道路、すなわち高速道路では、入口の料金所で通行券を受け取り、出口の料金所で係員にその通行券を渡して、係員から請求された料金を現金やハイウェイカードで支払う入口発券出口収受方式と呼ばれる方法を採用している。こうした方式の料金所でETCを利用する場合は、入口料金所に車がさしかかると入口の路側アンテナから車の車載器にどこの入口で入ったかという情報が送信されて書き込まれ、車はそのまま高速道路を走行して、出口料金所にさしかかると今度は出口の路側アンテナに車の車載器から、入った入口の情報を送信して、路側のシステムで料金を計算してその料金を

入口発券出口収受方式（例：高速道路） 単純収受方式（例：首都高速、一般有料道路）

図 2

車載器の中に差し込まれている IC カードに課金する。これで全て終了である。普通は IC カードの中には金額が書き込まれているわけではなく、料金支払者の ID 番号が記録されているだけなので、路側のシステム側で料金支払者の ID と料金、通行の年月日などを記録・保存しておき、後日 1 ケ月分程度の通行料金をまとめてその料金支払者に請求することになる。料金支払者があらかじめ料金引き落としの取引銀行口座を指定していれば、そこから公共料金と同じように自動引き落としの形にすることもできる(料金後納方式と称する)。

首都高速道路などでは、通行券というものがなく、入口の料金所で所定の料金を直接支払って終わりという単純収受方式と呼ばれる方式を採用している。こうした方式の料金所で ETC を利用する場合は、料金所に車がさしかかると路側のシステムで料金を計算して、路側アンテナを通じて車の車載器に差し込まれた IC カードに課金する形になる。料金の支払は普通は料金後納方式によって行うことは入口発券出口収受方式の場合と同様である。

2.2 ETC の効果

このように有料道路での料金支払を自動的に車を停めずに済ませることができる ETC の導入によって、期待する効果は次のようなものが挙げられる。

① 料金所の渋滞の緩和・解消

我が国の有料道路では、特に大都市圏を中心に交通量が多く、また山岳地帯を通過するために道路の勾配がきつかったり、トンネルが多かったりするので、交通渋滞が発生する要因をかかえている。

図 3 に日本道路公団の管理する有料道路における交通渋滞の発生箇所別の割合を示す。

このとおり、料金所部における渋滞は全体の 35%、3 分の 1 以上を占めており、料金所の渋滞を緩和・

図 3

解消することは有料道路を利用するお客様へのサービスの向上のために重要な課題である。

ETCを導入した車線においては、従来の車線に比べて、通行券の受け取りや料金の支払のために車を一旦停車させる必要がない分交通の流れがスムーズになり、結果的に料金所の渋滞を緩和・解消することができる。これによって、従来渋滞の中で時間待ちを余儀なくされていたドライバーの時間ロスがなくなり、これを貨幣価値に換算すると、全国の料金所では膨大な国民経済的効果を生み出すことになる。さらに、渋滞の中で時間待ちをする間に消費する燃料が節減できて省エネルギーに貢献したり、渋滞待ちで車から吐き出される排気ガスが減って環境改善に貢献するなど、多方面にわたる効果が期待される。

② キャッシュレス支払によるお客様サービスの向上

ETCを利用すれば、ドライバーは入口で通行券を受け取る必要がなく、また出口では通行券を渡して現金などで料金を支払う必要がなくなる。今までもハイウェイカードやクレジットカードでの支払が可能ということで、一種のキャッシュレス支払は実現していたのであるが、今回は通行券の受け渡しも不要、さらにキャッシュレス支払の媒体であるカードの受け渡しも不要となるので、いわば究極のノンタッチ・ノンストップ・キャッシュレス支払の実現となるわけである。

お客様にとっては、いちいち通行券の保管に気を配ったり、現金やハイウェイカードを財布を開けて取り出すといった手間が省けるので、より快適に有料道路を通行していただくことができ、サービスの向上につながるわけである。

③ 管理コストの節減

ETCが整備された車線においては、ETCの車載器を取り付けた車(ETC車)のみが通行できることとすれば(ETC専用車線)、ETCの持つノンストップ料金収受処理の能力をフルに生かすことができ、最も効率的である。ETCが導入された当初は、まだETCの車載器を取り付けたETC車は少ないであろうから、そのような少数のETC車のために料金所の車線を専用に確保しておくことは、他の車のドライバーから苦情が出る可能性もある。ことに混雑している料金所では可能性が高いであろう。しかし、逆に混雑している料金所でこそそうしたETC専用車線を設けることでETCの魅力をドライバーにアピールでき、ETCの普及が進むことが期待できるのだとする見方もある。

いずれにせよ、ETC専用車線を設ければ、そこでは完全に自動的に料金収受の処理が行われるので、今まで配置していた料金所係員が不要になり、人件費の節減が可能になる。

また、従来は渋滞の激しい料金所では可能な限り料金所の車線を増設して車の処理能力をアップさせる対策を講じてきたが、ETC専用車線ができればその車線の車の処理能力が従来の車線に比べて大幅に

上がるので、結果的に料金所全体として車線の増設が不要になり、その分の改良費の節減が可能になる。

このように、ETC は管理コストの節減という効果も期待できるものである。

2.3 ETC の必要条件

既に述べたように、海外諸国の一部では、ETC を実用化している。それに比べて、我が国の ETC は、最近実用化の一手手前まで到達したとはいえ、まだ開発段階にある。これは、我が国における研究開発の作業が停滞しているからではなく、以下に挙げるような我が国の ETC に求められる高いレベルの ETC の必要条件をクリアするために、検討に時間を要しているからである。

① 全ての有料道路で共通利用が可能

海外諸国で実用化されている ETC は、ほとんどが単独の一本の有料道路のみについてのものであり、道路が違えば同じ ETC でもシステムの互換性、相互運用性はない。我が国の場合は、色々な有料道路管理者があり、しかも様々な料金制度、料金収受システムが並存している。ETC は、これら管理者、制度、システムの違いを越えて、どんな有料道路でも通用するものでなければならない。何故なら、我が国の有料道路は相互に連結し合って全国的なネットワークをなしており、車は有料道路の管理者、制度、システムの違いに関係なく縦横に行き来するからである。具体的には、ドライバーの利便を考えて、車載器 1 つを車に取り付ければ、全国どここの有料道路でも ETC を利用できるようにすることが必要である。

② どんな車種の車でも利用可能

海外諸国で実用化されている ETC では、特定の車種例えば小型乗用車のみが利用できるといった形で、利用が制限されているケースが多くある。こうすると、車の通行料金を算出する時に車種は 1 つだけ考えれば済むので、システムの構成を簡単にすることができる。しかし、我が国の有料道路では、特定の車種のドライバーにのみ ETC 利用のメリットを提供することは、サービスの均質・平等な提供という理念に反し、受け入れられないであろう。従ってすべての車種、すべての車が ETC を利用可能とする必要があるが、それには正確に素早く自動的に ETC 利用車の車種を判別する技術の開発が必要になる。これには、車種を偽って通行料金を安くしようとするような不正行為に対する対策も用意しておくことも含まれる。

③ 高いセキュリティレベルの確保

我が国の有料道路の通行料金の水準は、諸外国の有料道路のそれに比べてかなり高い。これは用地費が高いことや山岳・河川地帯を通過することでトンネルや橋梁が多くなって工事費がかさむことなど、建設費が外国に比べて高いことが主たる原因であるが、そのため我が国の有料道路の管理者としては、高額な通行料金を間違いなく正確に通行車からいただくことに非常に神経を使う。ことに ETC のように、人間が介在せずすべて無線電波交信とコンピュータ処理によって料金収受の処理を済ませてしまう場合には、高額な通行料金を免れようとして試みられるような様々な不正行為、例えば車載器の改ざん、電波の妨害等に対して、強いセキュリティを持っていなければならない。

3. ETC の研究開発の経緯

3.1. 民間企業との共同研究

我が国の ETC の研究開発は、平成 6 年度から本格的に始まった。我が国の有料道路のほとんどを建設・管理する日本道路公団をはじめとする道路四公団と、これらの公団とその他の地方の有料道路公社を監督する建設省とで委員会を組織し、まず有料道路管理者がこれまで蓄積してきた有料道路の料金収受システムの運用の経験・ノウハウと、民間企業が有する無線通信技術とを組み合わせ、我が国の有料道路の事情に即した ETC を共同で研究するプロジェクトを立ち上げた。

図4

図4に平成6年度以降現在までの研究開発の流れ、さらに今後の概略日程を示す。

共同研究には、公募により選定された民間企業10グループが参加した。これらの中には我が国を代表するような通信・電気・コンピュータメーカーのほか、自動車会社なども含まれており、また、外国系企業も何社か参加している。

共同研究ではETCのシステム全般にわたり総合的なフィールド実験、打ち合わせ等を行ったが、例えば無線通信技術に関する実験では、図5に示すような実験項目について実際に各社が試作品の車載器や路側アンテナを持ち込んで、車を走らせながらデータを収集した。これによって、実際の料金所の環境において、無線通信を確実にを行うためにどの程度のマージンをとる必要があるかなどの見通しをたてた。

3.2. 料金所における試験運用

民間企業との共同研究に続いて、平成8年度には、共同研究結果をとりまとめて公表する一方、共同研究では十分なデータが収集できなかったETC車線における交通運用・交通安全上の課題について検証するために、建設省土木研究所において試験走路（テストコース）を使って模擬料金所を作り、実験車両を大量に走らせてETC利用車の車の挙動などの特性のデータを収集した。また、年度末からは、実際の料金所に建設省・道路四公団の道路管理者側として考えるETCのシステム機器標準配置をセットしてみたうえで、実験車両を一般の通行車と混在させた状態すなわち実際のETCの運用環境に近い状態で走らせ、ETC利用車の通行の安全性・円滑性の検証を行った。こうした検証のために日本道路公団の小田原厚木道路小田原料金所を使用し、図6のようなETCの機器の配置のもとに、図7のような料金金收受処理の一連のフローを設定して試験運用を行った。

試験運用は平成9年度一杯行い、現在は収集したデータの分析・整理中である。なお、平成9年12月

図 5

図 6

からは、新たに供用した日本道路公団管理の東京湾アクアラインにおいても、同様の試験運用を開始している。

3.3. ETC の共通仕様書の作成・公表

試験運用を行う一方で、建設省・道路四公団では ETC のシステムの基本的な構成を決定し、その中核

図7

をなす車載器と路側アンテナとの間の無線通信の部分を中心とした、ETCの共通仕様書の案を作成して、平成10年3月末に公表した。共通仕様書とは、ETCが全国の有料道路で共通に利用できるという要求条件を満たすための図書で、いずれの公団においても、この共通仕様書に基づいて車載器や路側アンテナを発注し設置しなければならないことになっている。もっとも、車載器は公団が発注して買い取るのではなく、民間メーカーが共通仕様書に沿って製造し、市場において自由にユーザーに販売してもらう形をとることを予定している。これによってメーカー間の創意工夫による自由競争を促し、より安価で高性能な車載器が開発されることを促すものである。また、現在のところこれが「案」となっているのは、「案」の形で公表して広く国内・国外のメーカー等から意見をのつり、それを反映してより充実した仕様書を完成させたいという意図があるからである。

共通仕様書案は次のような6部構成となっている。

- 1) ETC 説明書
- 2) ETC 路側無線装置（路側アンテナ及びその制御装置）
- 3) ETC 車載器
- 4) ETC-IC カード
- 5) ETC プロトコル（ETC に使用する専用狭域無線（DSRC）の通信手順）
- 6) ETC アプリケーションインタフェース（ETC に使用する専用狭域無線（DSRC）でやりとりされる料金収受処理のソフトウェア的な命令群）

今後はこの共通仕様書案をすみやかに完成版としたうえで、初めてのETCの機器の発注を平成10年度内に行う予定である。初めて我が国でETCの機器を発注し導入するのであるから、初期の手直しも予想されるので、車載器についても最初はメーカーの自由製造ではなく道路四公団が買い入れて、ユーザーの中からモニターをつのって使ってもらい、システムの完成度を検証することになる。

4. ETC の導入計画

4.1. ETC の普及の方策

ETC は、ドライバーにとっても利用のメリットが大きいシステムであり、道路四公団たる道路管理者側としては、少しでも多くのドライバーに少しでも早く利用してもらい、普及率を上げ、ETC の渋滞解消、サービス向上、管理費の節減等の効果を実のあるものにしたいと考えている。しかし、そのためには、道路のインフラ側である路側アンテナは道路管理者側で投資して整備するとしても、車に取り付ける車載器については、これも道路管理者側で製造・購入して ETC の利用者に安価で貸与するというような方法をとると、道路管理者側の投資の負担が非常に重く、また車載器の製造メーカー同士の自由市場での販売競争の結果、良いものが安く提供されるという、消費者重視の姿が実現されないことになる。従って、車載器は大原則として消費者たるドライバーが自由に市中の販売店でより安く優れた性能のものを購入するという流通形態をとりたいと考えている。

この場合、消費者たるドライバーに対して、どれだけ安価で性能のよい車載器を提供できるかが普及の鍵になるが、メーカーの自由競争に任される世界であるので、道路管理者側としては、メーカーの努力に期待しているところである。

また、車載器の価格面だけでなく、ETC の車載器を購入して通行することにどれだけの魅力を持たせられるかも、普及の度合いを左右するものであろう。この面では、先に述べたように ETC を利用する車だけが通行できる料金所の車線 (ETC 専用車線) を、特に渋滞の激しい大きな料金所で設置することが、ETC の便利さ、優位性を見せつけて普及にはずみをつけるとする意見もあれば、逆にそうすると過度に ETC の利用者を優遇しているとして反発を招くのではないかと懸念する声もあり、判断に苦心するところである。

さらに、ETC の利用をより魅力的なものにするには、通行料金面での優遇策をとるのが効果的とする指摘もある。すなわち、ETC の車載器を取り付けて ETC を利用する者に対しては、通行料金の割引制度を設けるということであるが、ETC の導入のために路側アンテナ整備のインフラ投資を行う道路管理者側としては、投資を回収するために ETC の普及による管理費の節減をはかり、ぎりぎりのところで採算をとらなければならないところ、更に料金収入減で採算を悪化させるおそれのある割引制度の導入には、慎重にならざるをえないところである。

4.2. ETC の導入規模

平成 10 年度から始まった新しい道路整備五箇年計画の中で、ETC の導入が始まることとなるが、この計画においては、平成 14 年度末までの 5 年間で、図 8 のとおり東名・名神高速道路をはじめとする交通量の多い大都市圏の道路の料金所にまず ETC の路側アンテナ設備を配置し、料金所渋滞の解消をはかるとともに、管理費の節減効果も早期にもたらされるよう努力していきたいと考えている。もっとも、この計画の実現のためには、ETC の利用率を平均で 50%、すなわち料金所を通る車の 2 台に 1 台が ETC 利用車である状態にしないと投資コストを管理費の節減でまかなえないという事情があるので、上述のとおり ETC の普及の方策について色々と知恵を絞らなければならないところである。もっとも、現在我が国には約 7 千万台の車があるが、この半分の 3 千 5 百万台の車が車載器を取り付けて走らないと ETC の利用率が 50% にならないというものではなく、毎日のように有料道路を通行する車すなわち利用頻度の高い車を中心に約 4 百万台の車が ETC の車載器を取り付ければ済むという予測になっているので、利用率 50% の達成に向けて今後色々と方策を考えていきたいと思っている。

図 8

5. ETC の地域社会・経済への影響

ETC それ自体は、有料道路の料金所において一旦停車することなしに料金支払を済ませることができるという、比較的単純明快なシステムである。ETC の利用率が高まることによって、料金所渋滞が解消し、地域の経済活動・社会活動の面でも時間のロスがなくなり、よりスムーズ・快適な生活環境が実現される一助になろう。また、料金所での渋滞待ちに伴う排気ガス問題や燃料浪費問題など、環境・省エネルギーの観点からも ETC はプラスに働くであろう。

さらに、将来は ETC の技術を基礎に、道路と車との間の無線通信技術を応用した、より高度な道路交通システム ITS が、車の自動運転技術、商用車の運行管理など様々な分野で実現していくと思われる。そうなれば、地域社会・経済にもたらされる恩恵は、より大きなものになるであろう。そうした日が少しでも早く実現することを願って、目の前に迫っている ETC の実用化を着実に進めていきたいと考えている。

Research and Development Activities of the Japanese ETC and its Implementation Perspective

Hidetoshi TANAKA*

ETC (Electronic Toll Collection System) which enables drivers to go through a toll road toll gate without stopping to pay the toll started its early stage of R & D in 1994 in Japan.

ETC has already been implemented in several major countries since early 1990s. Japanese ETC is unique and challenging because toll roads are interconnected and form a countrywide network. ETC should be interoperable and highly accurate in order to be usable in any toll road in Japan.

Japanese toll road authorities formed a R & D committee and made a thorough joint research with ten selected private sectors. Field tests were done in the field of dedicated short range radio communications and other toll gate lane operation technologies. Based on the results and analyses of the field tests, Japanese toll road authorities compiled Japanese ETC specifications and published. Initial procurement of the ETC system devices such as on-board radio communications equipment and roadside radio communications antenna is scheduled to start in FY 1998.

ETC will bring about great benefits for drivers and even for national economies. ETC equipped car drivers can go through the toll gates without stopping to pay the toll and therefore traffic backups in the toll plaza will be remarkably reduced. This will save driver's valuable time and even contribute to the global environment of air pollution and energy saving. ETC car drivers also can enjoy convenience when paying toll because they do not have to prepare toll road tickets and cash or other toll payment cards. ETC is even beneficial for toll road authorities because ETC equipped lanes can be totally automatic and therefore can save toll collector's labor costs.

Japanese ETC has just started its first stage of implementation. The key factor for the success is how to popularize ETC among cost and price sensitive drivers. Thorough study should be done for the effective marketing strategies.

---

* Japan Highway Public Corporation