

車載器購入行動分析に基づくETC普及メカニズムに関する考察*

A Study on the Diffusion of Electric Toll Collection System based on purchase behavior model *

岡本 直久**・石田 東生**・佃 晋太郎***・古屋 秀樹****

By Naohisa OKAMOTO**, Haruo ISHIDA**, Shintaro TSUKUDA*** and Hideki FURUYA**

1.はじめに

平成13年に本格的にサービスが開始されたElectric Toll Chargeシステム（以下ETC）は、混雑緩和、環境負荷軽減、人件費削減等多くの効果をもたらすものと期待されている。また料金収受管理のしやすさから弾力的料金制度の運用へも拡張利用することも可能である。

ETCの効果は、利用者の車載器購入に依存しており、その利用者が増加するにつれて、より大きなものになる。しかしながら、その車載の普及は進んでいない。図-1に示すように首都圏（1都3県）でETC登録率は約1%(ETC登録件数/自動車保有台数)、全国平均でも0.5%に満たない。考えられる要因として、サービスに対する認識不足や、費用抵抗、手続き抵抗等の車載作業上の抵抗感などが挙げられる。

これに対して各種普及の方策が考えられているが（表-1）²⁾、これらがどれくらいの効果をもたらされるものであるかは、未だ定量的に示されておらず、より適切な方策の検討が必要と考える。

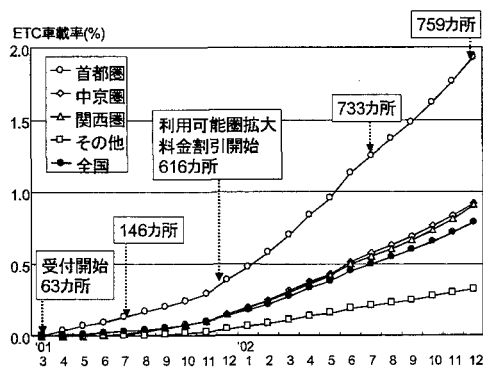


図-1 ETC セットアップ状況(文献1)に基づき作成)

*キーワード：ETC、普及シミュレーション、意識調査

** 正員，工博，筑波大学社会工学系
（つくば市大工台1-1-1，TEL・FAX029-853-5093）

***正員，工修，東日本旅客鉄道株式会社東京支社
（北区東田端2-20-68）

****正員，工博，東洋大学国際観光光学科
（群馬県邑楽郡板倉町泉野1-1-1）

ETCのような新しい交通サービスの中には、導入初期の需要増加・定着が達成されないために、当初想定されていた機能のレベルが達成されない恐れがある場合がある。期待された需要を早期に達成するための施策がどのような、あるいはどの程度の効果を持つのかを解明することが望ましい。本研究では、ETCを対象事例として取り上げ、普及メカニズムのモデル化を行い、シミュレーション分析により車載器の普及に対してサービス提供者が操作可能かつ需要定着に対して影響を与える施策効果の定量的評価を目的とする。

2. 既存研究と本研究の普及表現フレーム

(1) 普及過程を対象とした既存研究

交通計画分野におけるサービスの普及過程を対象とした研究としては、森川らの研究³⁾、屋井らの研究⁴⁾がある。

森川らの研究³⁾では、海外旅行者の増加を時系列的に分析し、その変化要因を、「模倣行動」とその結果である「流行現象」と考え、そのような相互作用が働いた場

表-1 ETC 普及要因と普及促進施策

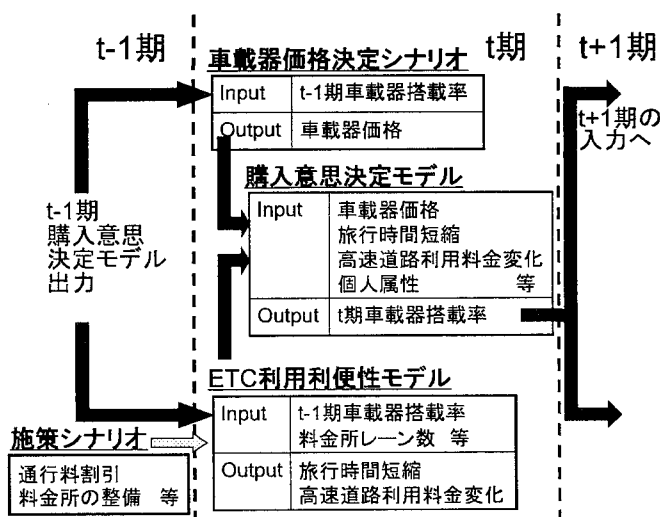
	影響要因	施策
購入時	車載器価格	車載器購入等に対する支援車載器の価格低減
	車載器賃貸	レンタルによる初期投資軽減
道路利用の 利便性	通行料割引	期間限定上限付割引の実施 前納割引方式の導入 弾力的料金施策の実施 現行割引制度の見直しの検討
	料金所通過 時間	ETC専用レーンの拡大 スマートIC整備促進(既存IC改良)
	金銭収受行 動抵抗	
	ネットワーク上 の利便性	スマートICの整備促進(新設) SA・PAにおける専用ゲート整備
	コミュニケーション	宣伝・広告 消費者間の影響
	その他	付加機能 標準搭載

本研究では、ETC の普及過程について個人の選択行動を前提としたモデル分析を行う。特に事業主体による積極的な普及促進策を前提として、その効果を分析可能とすることを前提に、操作可能な政策変数の取り込みを試みる。また、マーケティングで言う模倣の問題についてもモデル変数としての導入を試みることで、その程度を計量化出来ると考える。

それらのoutputが t 期における購入意思決定モデルのinputとして用いられ、 t 期における車載器搭載率が算出される。

購入行動分析にあたって、ETC車載器購入意識調査を表-2のように実施した。調査企画時点では、首都圏における車載器普及率が0.4%であり、モデル分析を行うた

方法	質問用紙によるアンケート、訪問留置法
対象地域	茨城県南の常磐高速道路沿線市町村
実施日時	配布：平成14年12月22～24日 回収：平成14年12月28～31日
配布・回収数	配布：460 回収：407(回収率88.5%)



-872-

めの必要サンプル数、特に既購入者のサンプルを確保するには、膨大な調査が必要になることから、本研究では、意識調査によって購入意向を捉えることとした。また実験室における実験も考慮したが、アンケート調査としたのは、多様な個人・世帯属性のデータを多数取得可能であるためである。調査は、車載器価格、通行料金割引率、付加機能、周辺の保有状況等の複数の要因を組み合わせ、一人あたり6つの仮想状況を質問する手法を用いた。そのうち、3つについては、スマートIC導入状況を想定している。

調査によって得られたデータよりロジットモデルを用いて購入行動モデルを推定した。選択肢は購入する、購入しないの2肢である。

モデルには、説明変数として導入費用、利用利便性、ETCに関する知識、個人属性および周囲の保有率を導入した。パラメータの値は全て購入する場合の効用関数のものである。なお、ETC購入による効用は、より多頻度利用者に大きいと考えられる。そこでここでは、利用頻度によって個人差の生じる高速道路利用料金の年間割引額を説明変数として導入した。年間割引額は、調査で回答された過去1年間の高速道路利用トリップで算出される高速道路利用金額に対し、SP質問で設定したETC利用時の通行料金割引率を乗じて求めた。また、トリップ時間短縮は、トリップあたりの料金所通過時間短縮およびスマートIC導入時の総所要時間短縮を意味

している。

モデルパラメータの推定の結果を表-3に示す。

利用効果である年間料金割引額やトリップ短縮時間が有意に採用され、普及と購入要因の相互関係を仮定した普及概念の正当性が確認された。

また、車載器価格および年間割引額に関する感度分析を試みた結果を図-3に示す。車載器購入行動において車載器価格の影響が非常に大きいことが分かる。

4. ETC利用効果算出シミュレーション

(1)普及プロセスの分析方法

ETCの普及について、施策による車載器搭載率変化やETC利用効果を算出するのに、全国を対象とした分析は、地域の多様性の問題などが存在するため、困難である。

そこで、本研究においては仮想ネットワークを用いたシミュレーションを行う。ここでは、OD毎の一般車とETC車の旅行時間差と高速道路料金差を出力し、ゾーン毎の高速道路利用トリップの期待値を算出する。料金差においてはゾーン毎の期待年間高速利用回数を算出し年間額を算出した。全体としての購入確率は各ゾーンの発

表-3 ETC 購入意思決定モデルの推定結果
(サンプル数:1,724)内はt値)

	説明変数	モデル1	モデル2
費用	車載器価格(万円)	-0.9523 (-15.43)	-0.9610 (-15.47)
	年間料金割引額(千円)	0.03199 (2.32)	0.03223 (2.34)
利便性	1トリップ短縮時間(分)	0.01417 (3.27)	0.01347 (3.02)
	減速の認知ゲーム	0.4000 (3.51)	0.4029 (3.53)
知識	大気汚染緩和の認知ゲーム	0.3112 (2.67)	0.3185 (2.72)
	料金所停止許容(5段階)	-0.09094 (-2.44)	-0.09074 (-2.43)
個人属性	非先駆性(5段階)	-0.1445 (-3.01)	-0.1438 (-2.99)
	年齢(歳)	-0.01496 (-2.86)	-0.01487 (-2.84)
	年収(百万円)	0.05704 (3.87)	0.05624 (3.81)
	会社員ゲーム	-0.4042 (-3.49)	-0.3986 (-3.43)
	周囲の人の車載器保有率		0.2286 (0.67)
	定数項	1.802 (5.45)	1.764 (5.28)
	尤度比	0.142	0.143
	的中率	69.9%	69.4%

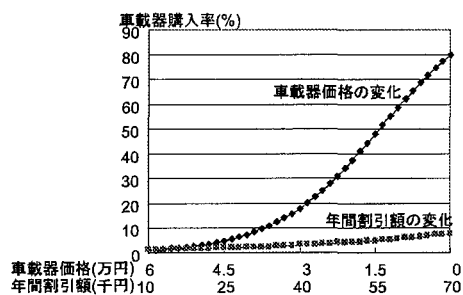


図-3 車載器価格および割引額に関する感度分析

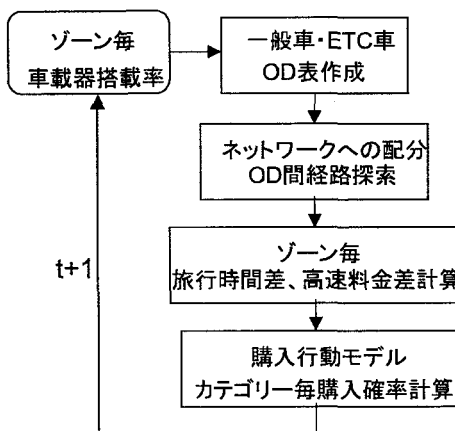


図-4 シミュレーション分析の計算手順

トリップ数の構成比率を考慮した重み付け平均により算出した(図4)。本シミュレーションで想定した仮想都市は126のゾーンをノードで表現し、ノードをつなぐ格子状の一般道路と、1本の高速道路で構成された道路ネットワークを想定している。結果的に対象とする仮想都市は、25km×100kmの大きさを持つ(図5)。

なお、本論文では、 t 期の状態が「 $t+1$ 期の購入行動に影響する」ことを仮定している。そのため、ETC車載器購入意思決定モデルに用いた変数の時間推移にともなう変化度合いが「1期」の長さを規定していると考えられる。実際の状況を勘案すると、新たな割引制度が実施された時点、車載器の値段が大きく変化した時点が「1期」から、 $t+1$ 期に移行する時期に相当すると考えられ、「1期」自体が等しい時間幅を有するとは限らない点に留意する必要がある。

本シミュレーション分析は、普及数や、普及速度の絶対的な評価を行うものではなく、ベースケースを設定

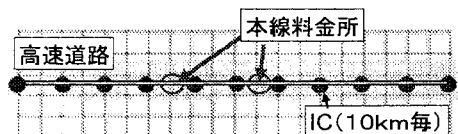


図5 想定した仮想道路ネットワーク

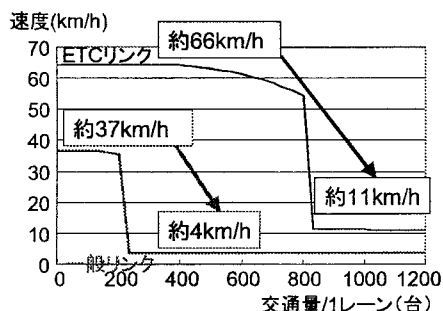


図6 料金所 QV の設定

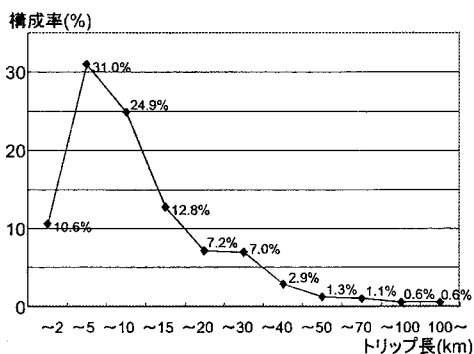


図7 トリップ長分布(文献6)より作成

し、ベースケースと普及速度を比較することにより、相対的な普及施策の効果を示そうとするものである。

(2)シミュレーションの分析ツール

図2に示した普及メカニズムをシミュレーション分析するためには、想定した仮想都市における道路サービスレベル、特に一般車両とETC車両との料金所通過の所要時間の差異を算出しなければならない。これについて、待ち行列理論から図6のようなQV曲線を導出することができた[注]。高速道路には、このようなリンク特性を持つ料金所リンクが存在するとして、配分計算に基づく道路サービスレベルの算出を行う。配分計算のinputとなるOD交通量等については、統計資料⁹⁾から得られるトリップ長分布等を参考にして設定した(図7)。

OD毎に一般車とETC車の旅行時間差と高速道路料金差を出力し、ゾーン毎の高速道路利用トリップの期待値を算出する。料金差については、年間トリップ長別発生頻度データが存在しないため、アンケート調査から得られるトリップ長ごとの期待年間高速利用回数を用いて、年間額を算出した。

全体としての購入確率は各ゾーンの発トリップ数の構成比率を考慮した重み付け平均により算出した。

なお、図2に示した車載器価格の決定はシミュレーション分析の中で施策シナリオとして扱う。

5. 施策シナリオによる普及の違い

車載器価格を低下させるシナリオでは、初期40,000円、搭載率50%時に5,000円と仮定し初期の低下率を変化させた3パターン(図8)についての普及動向を算出した(図9)。価格低下：大で飛躍的に搭載率が上昇するものの、わずかな差にもかかわらず「価格低下：小」においては搭載率上昇が停止してしまうことがわかる。図10に計算過程で車載器価格がどのように変化したかを示す。初期段階(第4期まで)において、価格低下：大のケースでは搭載率10%を超えており、それに伴う周辺保

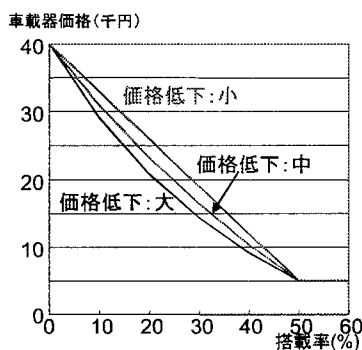


図8 価格低下シナリオの設定

有率の上昇と、特に車載器価格の低下（3万円以下）が相乗的に作用し、以降の期における普及の速度を高めていると考えられる。なお、図-11は各シナリオにおけるETC車の増加に伴うネットワーク全体の効果を見るために、1トリップあたりの所要時間の変化を示したものである。価格低下：大のケースではETC車のみならず一般車にも所要時間低下の効果があることが示されている。

上述の分析結果から、初期における価格低下が普及率拡大に大きな影響を与えると考えられたため、次に図-12のように搭載率10%まで価格を16,000円に抑制し、搭載率が10%となった段階で「価格低下：中」のシナリオ

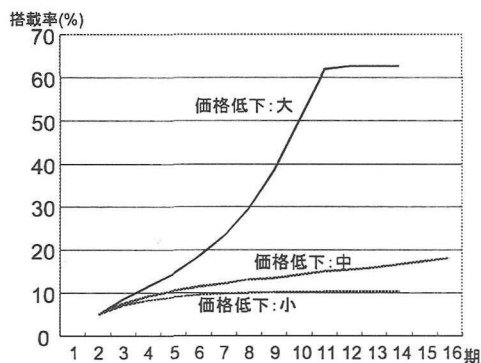


図-9 車載器価格変化シナリオ毎の普及動向

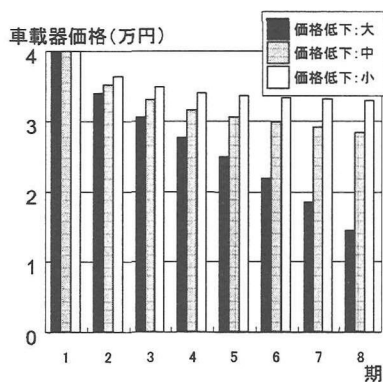


図-10 計算過程における車載器価格の変化

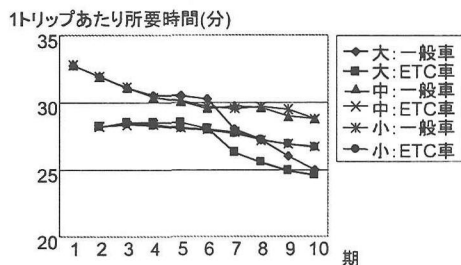


図-11 普及に伴う1トリップあたりの所要時間変化

に戻る価格設定を行った。搭載率10%までとしたのは価格低下：大とその他のシナリオの分析結果において、搭載率10%前後でその後の普及率変化に大きな違いがあると考えたためである。大きなへの到達図-13はその算出結果である。このシナリオでは図-9の価格低下大のシナリオよりは普及速度は遅いものの、価格低下中のシナリオよりは普及が速くなっている。これより、初期段階で政策的に車載器価格を抑制することは、普及が進まない危険性の緩和と、普及速度向上の効果があることが判明した。

次に高速道路通行料割引率を変えた場合、およびスマートICを整備した場合の普及に与える影響の把握を試みる。高速道路の通行料金割引率は、現状でハイウェイカード、別納、回数券などで実施されている（正確な値は不明であるが、平均約10%の割引を受けていると考えられる）。現状のETC割引は20%（上限つき）であるが、これを拡大した場合の普及に与える影響を計測しようとするため、ETCによる高速道路走行料金の割引率を現状の20%以外に、30%、40%の割引率を設定した。また割引のない場合の影響も同時に算出した。スマートICについては、10km間隔で設置した現状ICの間に、同じく10km間隔で設置した。ETC車載車にとっては、ICが5km間隔で存在することになる。なお、車載器価格の変化パターンについては、「価格低下：中」の設定として分析を行

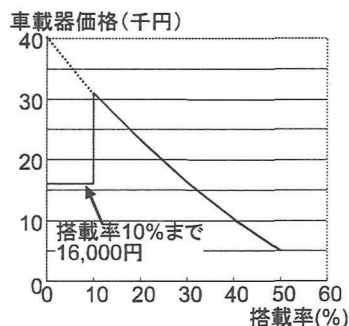


図-12 初期価格抑制シナリオの設定

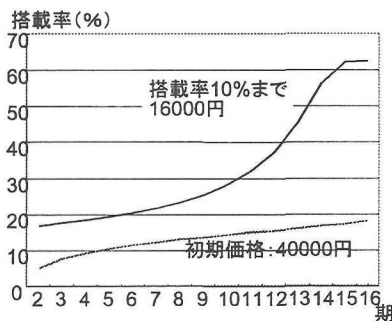


図-13 初期価格抑制シナリオにおける普及動向

った。算出結果を図-14、図-15に示す。この結果、通行料割引は、一定の効果はあるが車載器価格変化と比較すると感度は低かった。このことから、消費者は将来の割引より購入時の支払いに対してより大きな負担を感じていることが分かる。一方、スマートICは普及を促進するが、建設には多大な費用が発生するため、投資に適切かどうかは設置地点個別の分析が必要である。

6. 結論と今後の課題

本研究では、意識調査に基づくETC車載器購入行動のモデル化を試み、それに基づいたシミュレーションによって普及施策の効果の違いを示すことが出来た。アンケート調査が殆ど車載器所有者のいない状況での仮想調査であること、シミュレーションにおけるトリップ頻度に関する条件データの不備等の課題は残るものの、本研究によって得られた成果を以下のようにまとめることが出来る。

1. 車載器の普及と利用効果の相互関連をモデル分析によりその有意性を確認した。
2. 仮想都市におけるシミュレーション分析によって、各種施策の普及効果を定量的に示し、初期段階の車載器

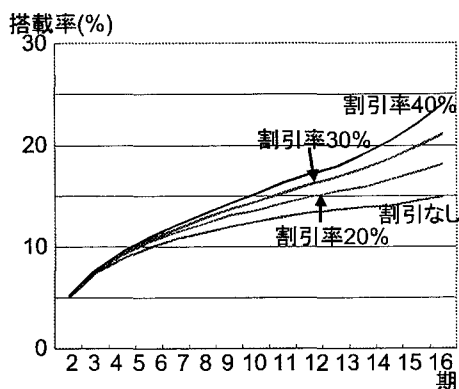


図-14 通行料割引率毎の普及動向

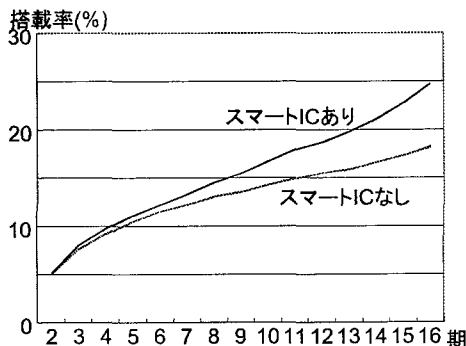


図-15 スマートIC導入時の普及動向

価格低下が大きな影響を及ぼすことを確認した。

3. 初期の価格を特別に抑制することは、普及しない恐れを軽減させるとともに、普及速度を速めることになる。
4. 通行料割引は、一定の効果があるが、普及による車載器価格低下の方が、より大きい効果がある。
5. スマートICは、車載器の普及を促進する効果が現状の通行料割引（20%引き）による効果以上にあると考えられるが、投資の大きさから、個別地点毎の検討が必要である。

今後の課題は以下のとおりである。

1. 購入意思決定モデルの改良
2. 選択肢としての認知や非購買固定層に関する考察
3. 様々なネットワーク形状や地方部を想定した普及シミュレーションの実施
4. 普及施策導入のタイミングによる効果の違いの分析

[注]

本研究では、(財)道路システム高度化推進機構において公表されている値に基づき、料金所ブースの処理能力を、一般ブースでは230台/時間/ブース、ETCブースでは800台/時間/ブースとして設定した。料金所手前の拉幅部区間の長さを300mとし、この区間で時速100km/hから停止あるいはETCゲート通過速度(40km/h)まで減速するとした。1ブースあたりの交通量に1台あたりの占有長を乗じて得られる待ち行列長と、減速長、自由流長とをそれぞれ求め、その所要時間と、1ブースあたりの交通量をブース処理能力で除して算出される待ち時間と加算し全体の通過時間を算出した。QVにおける速度はこの全体通過時間で区間長を除して求めた。

参考文献

- 1) 財団法人道路システム高度化推進機構ホームページ (<http://www.orse.or.jp/>)
- 2) 道路審議会有料道路部会資料, 2002
- 3) 森川高行, 村山杏子: DIFFUSION MODEL を用いた海外観光旅行者数の予測, 土木計画学研究・講演集, No.15(1), 1992, pp205-210
- 4) 屋井鉄雄, 榊原幸彦: 交通の少量需要のマーケティング分析事例, 土木計画学研究・講演集, No.14(2), 1991, pp25-32
- 5) 屋井鉄雄, 安江暁宣: 事業者の動向を反映したETC車載器の普及予測に関する検討, 東京工業大学卒業論文, 1999
- 6) 建設省道路局・交通工学研究会: 平成9年度道路交通センサス一般交通量調査基本集計表, 1998
- 7) 建設省: 都市における人の動き〜平成11年全国都市パーソントリップ調査集計結果から〜, 1999

ETC車載器の普及に関する研究*

岡本 直久**・石田 東生**・佃 晋太郎***・古屋 秀樹**

高速道路におけるETCサービスの本格運用が開始されているものの、ETC車載器の普及は進んでいない。ETCは利用者数の増加に伴いその効果が増加するという特性を持つため、現状のような低需要の状況では効果が発揮されない恐れがある。

本研究では、自動車保有者のETC車載器購入意思決定と、ETC車混入率がもたらす道路ネットワークサービスレベルへの影響とを関連づけた普及シミュレーションを作成した。シミュレーションに基づき車載器価格変動、料金割引施策が、車載器普及にどのような影響を与えるかを分析している。特に車載器価格の初期低価が普及に大きな影響を与えることが明らかになった。

Study on the Deployment of Electric Toll Collection System*

By Naohisa OKAMOTO**, Haruo ISHIDA**, Shintaro TSUKUDA** and Hideki FURUYA**

The service of the Electric Toll Collection (ETC) system in Japan started in 2001. However, the numbers of car installed ETC device remain stagnant. In this research, ETC is featured as an applicable case. Using diffusion model on the mechanism for deployment and using simulation analysis in evaluating the effect of measures for deployment improvements were done. It confirmed that reduction in the price of ETC device is influential in the rate of installation than the discount toll charge or etc.
