

ETC対応型IC計画に関する基礎研究*

—交通流解析シミュレーター「REST」の適用事例の報告—

A Basic Study for the Planning of ETC-dedicated Highway Interchange using a traffic simulator, REST*

吉田 正**・野呂 好幸**・富山 礼人***

By Tadashi YOSHIDA**, Yoshiyuki NORO**, Norihito TOMIYAMA***

1. はじめに

事故、渋滞、環境悪化等の道路交通問題の解決、物流の効率化、さらには新たな産業の創出を目指し、建設省をはじめとする関連省庁では、ITS 技術を基盤としたスマートウェイを推進している。スマートウェイ化への第一弾として ETC (Electronic Toll Collection: ノンストップ自動料金収受システム) が、1999 年度に東名高速道路をはじめ、首都高速道路などの計約 300 箇所の料金所¹⁾に導入される予定となっている。

ETC 整備を段階的に効率よく実施するために IC の形式、規模、料金所の形態、通過交通量、ETC 対応機器搭載率(以下「ETC 搭載率」)等を配慮した配置計画や運用計画の十分な検討が望まれる。一方、費用対効果分析やアカウンタビリティ(説明責任)の観点から ETC 整備が環境にもたらす効果をいかに予測することも重要な課題となっている。

当社は 94 年より ITS に関するハード面・ソフト面の基礎的研究を行ってきた。今回、当社で開発した交通流解析シミュレーター「REST」を用い、ETC 対応型の IC 施設に関して、交通と環境の観点から研究を行った成果の一部を報告するものである。

2. 「REST」について

(1) 「REST」の特徴

交通流解析シミュレーター「REST (Realistic

*キーワード: 交通計画評価、ITS、交通流、シミュレーション

**正会員、鹿島建設土木設計本部企画設計部

***非会員、鹿島建設情報システム部建設計画管理システム Gr.

(〒107-8502 東京都港区赤坂 6-5-30、TEL03-5561-2043

FAX03-5561-2153、E-Mail: yoshi_y@cedd.kajima.co.jp)

Evaluation System of Transportation) は、開発計画及び施工計画を立案する際に、事前に周辺交通流への影響を予測・評価することを目的として、当社で開発したシステムである。「REST」の特徴の一つとして、コンピュータに取り込んだ実際の図面や地図上に車両挙動をアニメーションで再現できるため、交通状況を周辺状況と重ね合わせた上で把握でき、渋滞の発生原因となるボトルネックなどの現象を容易に判断できることである。

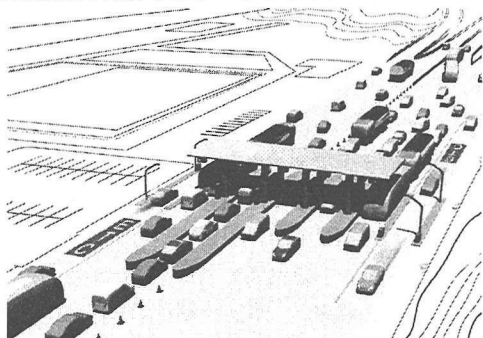


図-1 「ETC」イメージ図

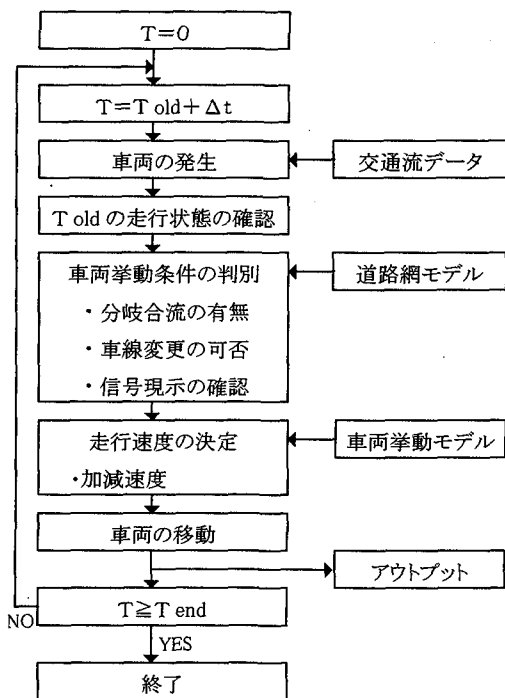
(2) モデルの概要

a) 基本的なモデルの構成

本システムは、道路網モデル、交通流データ、車両挙動モデルから構成されている。道路網モデルには車両軌跡、交差点、分岐合流、織込み、車線変更及び車両発生/集中等の条件を設定する。交通流データより発生した各車両は、道路網モデルの条件と周囲交通の走行状態を判別した上で車両挙動モデルに基づいて車両挙動を決定する。これをスキャンニングタイムごとに逐次繰り返すことで、動的な交通状態を再現することが可能となる(図-2 参照)。

b) 道路網モデル

道路網モデルはリンクとノードで構成され、車両



図一2 シミュレーションフロー

は、特定のノードで発生/集中させる。直線部は10～20m（曲線部は5m）区間をリンクの基本単位として、全体の道路網モデルを構成する。また、図面や地図を下絵として道路網モデルを構成することにより、実際の道路線形、車両軌跡を忠実に再現することができる。各リンクには以下の属性を設定している。

- ①車両発生リンク ②車両集中リンク
- ③車両変更可能リンク ④信号制御リンク
- ④制限速度

c) 車両挙動モデル

先頭車と追従車とは車両挙動決定メカニズムが異なるため、それぞれを以下のようにモデル化した。

①先頭車に対するモデル

先頭にて走行する車両は、各リンクに設定している制限速度に近づくように加速して走行する。

②追従車に対するモデル

追従車については、Gazis らによって提案された一般的な追従走行モデル式（1）に基づいて、加速度、速度を決定する。

$$\ddot{X}_F(t+\Delta t) = \alpha \frac{[\dot{X}_F(t+\Delta t)]^m}{[X_L(t) - X_F(t)]} [\dot{X}_L(t) - \dot{X}_F(t)] \quad \cdots (1)$$

ただし、 $X_L(t)$: 時刻 t における先行車の位置

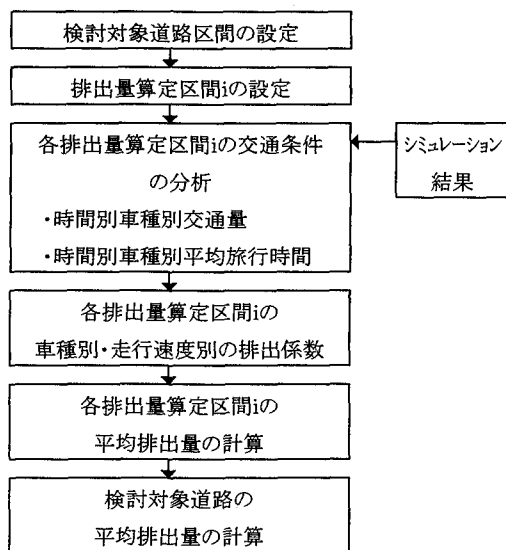
$X_F(t)$: 時刻 t における追従車の位置

α 、 l 、 m : パラメータ

また、上記の式により計算された加速度は、加速・減速の限界値、制限速度及び先行車との最小車間距離を考慮して調整する。各パラメータに関しては、現況再現シミュレーション結果と実測値との比較により感度分析を行い、パラメータ値を決定する。

（3）環境影響評価

「道路環境整備マニュアル：社団法人日本道路協会（平成元年1月）」に準拠して、自動車排気ガス量を試算することで環境予測・評価を試みたものである。自動車排気ガスのうち、現時点で十分な知見が得られている窒素酸化物（以下「NO_x」）と一酸化炭素（以下「CO」）を評価項目の対象とする。予測の手順を図一3に示す。



図一3 排気ガス排出量の予測フロー

車種構成は、小型車と大型車とし、車種別・走行速度別の排出係数は、建設省土木研究所の実験結果^{2) 3)}を適用している。検討対象道路の平均排出量の計算式は以下の通りである。

・NO_x

$$S(no) = \sum_i \frac{Li \times Li}{1000} \sum_j W(no)_{ij} \times N_{ij} \quad \cdots (2)$$

・CO

$$S(co) = \sum_i \frac{Li}{1000} \sum_j W(co)_{ij} \times N_{ij} \quad \cdots (3)$$

ただし、S(no)：NO_xの平均排出量(g)

S(co)：COの平均排出量(g)

Li：排出量算定区間(i)の区間長(m)

W_{ij}：車種(j)別の排出係数 (g/km・台)

N_{ij}：車種(j)別の断面交通量 (台/5min)

Li：NO_xにおける縦断勾配の影響度合

アウトプットは、単位時間ごとのNO_xとCOの平均排出量をグラフ化したものである。

3. ETC対応型ICへの適用

ICの形式により料金所広場での車両の交通流状況が異なるため、ケーススタディの実施においては、下図に示すように料金所の形態を分類し検討を行っている(図-4参照)。今回の報告では、都市内高速道路における本線料金所(ETC混在型)のケーススタディ結果を記述している。また、都市間高速道路におけるIC料金所(ETC混在型)のケーススタディに関しては、参考文献4)にて報告している。

1) シミュレーション実施内容

都市内における本線料金所(図-5、表1)に対して表2に示す4ケースのシミュレーションを実施した。本線料金所では、ETC対応機器搭載車(以下

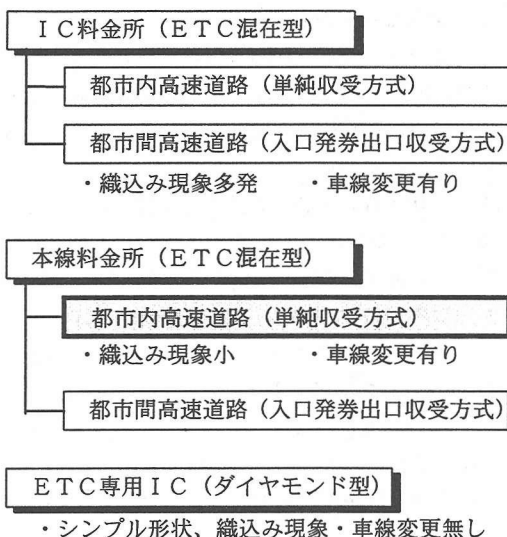


図-4 ICの形式分類

「ETC車」)が非ETC車と混在している状態で、ある程度の速度を保ちながら安全かつ円滑にETCレーンに進入して、通過できることを検証する必要がある。

表-1 対象ICの仕様

ICのタイプ/形式	本線料金所(上り線)
レーン数	6レーン
ETCレーン設置位置	両端部
需要通過交通量	2700台/時間

表-2 ケースパターン

ケース名	現状	A	B	C
ETC搭載率	0%	10%	10%	50%
ETCレーン数	0	2	2	2
ETCレーン仕様	—	専用	混在	専用
有人レーン数	6	4	4	4

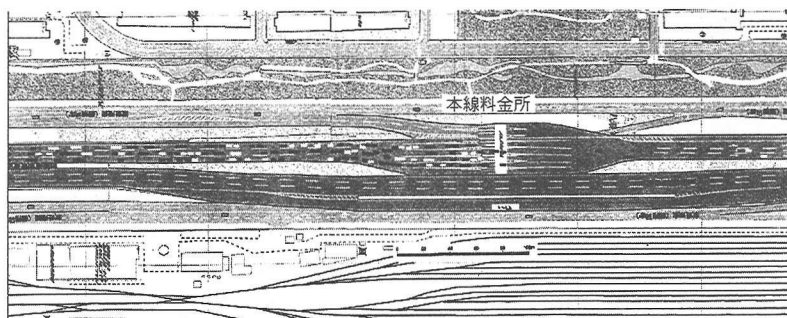


図-5 検討対象の本線料金所

2) シミュレーション結果

各ケースの交通流等の状況は以下の通りとなった。また、図－6、7は、検討対象範囲である約1.5km区間における旅行時間比率と自動車排気ガスの排出量比率を示す。

現 状：有人料金所の通過処理容量は、約400～430台/ルンであり、料金所での混雑率が110%程度となり、料金所を先頭に渋滞が発生した。

ケースA：ETCが10%普及した段階でETCレーンを専用型にした場合では、ETC車両が少ないため、ETCレーンの利用効率が低くなる。また、90%の非ETC車が残りの4レーンに集中するため、現状より渋滞が激しくなり、非ETC車においては、現状より旅行時間が40%程度長くなる現象が生じた。さらにETC車も非ETC車の渋滞が障害となって、料金所手前で円滑な通過が出来なくなるため、ETC車は、現状とほぼ変わらない旅行時間となった。環境に関

しても悪化する現象となった。このようなケースでは、ETCの導入効果を十分に発揮するために現状の道路線形及び構造の変更等の対策が必要であると思われる。

ケースB：ETCが10%普及した段階でETCレーンを混在型にした場合では、ETC搭載率とETCレーン仕様、設置数のバランスがよく、料金所を現状よりも円滑に車両が通過することが可能となった。ただ、ETCレーンを混在型にしたこととETC搭載率が10%と低いことにより、旅行時間に関しては、30～40%程度の短縮、排気ガスの排出量に関しては、10～20%程度の低減となり、ETC搭載率を高めることで更なる効果を発揮できることを確認できた。

ケースC：ETCが50%普及した段階でETCレーンを専用型にした場合では、他のケースより格段の効果が得られた。旅行時間に関しては、ETC車だけでなく、非ETC車にとっても50%以上の短縮が可能となり、排気ガスの排出量に関しても40～60%程度の低減が期待出来ることを確認できた。

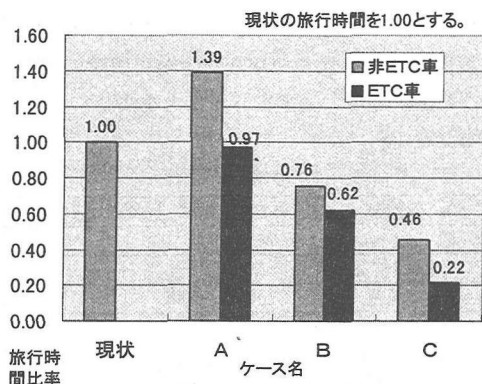
4. おわりに

本研究より、安全かつ円滑な交通処理を可能とするETC対応型ICや料金所を計画する上で、交通流解析シミュレーターは検討手段のひとつとして有効であると考えられる。

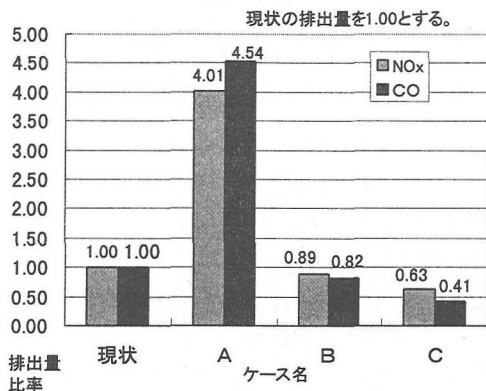
今後、本システム「REST」の精度をより向上させるとともに、次世代の道路「スマートウェイ」が急ピッチで推進される動向を踏まえ、ITS技術を活用した「新しい形態の道路・道路施設」に関する研究及び技術開発を進めていく予定である。

参考文献

- 1) 財) 道路新産業開発機構：平成11年度調査研究発表会資料
- 2) 足立義雄他：道路走行時における自動車の排出ガス量に関する研究、土木研究所報告、NO.164、1984。
- 3) 石田稔他：車両大型車の自動車排出ガスへの影響、土木技術資料、第37巻第7号、1995。
- 4) 吉田正、野呂好幸、富山礼人：ETC対応型IC計画に関する基礎研究—交通流解析シミュレータ「REST」の適用例—、第54回年次学術講演会論文集掲載、1999。



図－6 旅行時間



図－7 自動車排気ガスの排出量