

ETCの導入が道路のサービス水準に及ぼす影響評価

鳥取大学工学部

学生会員 ○塩谷直文

鳥取大学工学部

正会員 喜多秀行

名鉄システム開発(株)

伊勢田充

1. はじめに

ITS(Intelligent Transport Systems, 高度道路交通システム)技術の1つであるETC(Electronic Toll Collection System, ノンストップ自動料金収受システム)は、有料道路の料金所で車両を一旦停止させることなく利用料金の収受を可能とするため、料金所渋滞の解消など様々な効果が期待されている。しかしその反面、高速道路流入部に車両が車群を形成したまま流れ込むため、そこに新たなボトルネックを形成しかえって悪影響を及ぼすことが懸念される。

本研究では走行環境に対するドライバーの認識を走行判断部に組み込んだシミュレーションモデル¹⁾を援用して、ETCシステムの導入効果を評価する1つの方法を提案する。また、それを用いて従来型料金所をETC化することによる交通挙動の変化予測と道路のサービス水準に及ぼす影響を分析する。

2. 評価方法

本研究では道路のサービス水準を「ドライバーが希望する走行状態の達成度のドライバー全体に関する集計値」で表される効用と考え、ある瞬間におけるドライバーの行動選択結果から推定される効用の集計値（平均走行効用）をサービス水準の評価指標とする。また本研究で開発したシミュレーションモデルは、周辺車両の状況などによりそれぞれのドライバーが感じる効用を算出するものであり、ドライバーは最大の効用が得られる行動を選択するものとしている。このシミュレーションモデルにETC通過後の車頭時間間隔をインプットすることにより、高速道路流入部で各ドライバーが感じる効用を算出することができ、同時にETC導入により流入部で発生する交通現象を予測することができる。

3. ETC導入による交通流の変化

従来型料金所（以下料金所）では一旦停止が必要であるのに対しETCシステムを導入した料金所（以下ETC）では減速のみですむため、料金ブース通過後の車頭時間

間隔に差異が生じる。この車頭時間間隔の違いが高速道路流入部における交通現象に変化をもたらす本質的要因であると考えられる。したがって高速道路流入部への影響を分析するためには、料金ブース通過後の車頭時間間隔の変化を求める必要がある。

料金ブース通過後の交通流では、最小車頭時間間隔（すなわち料金ブースでのサービス時間）で走行している車両とそれ以上車頭時間間隔が開いている車両（自由走行車両）が混在している。このような交通流の車頭時間間隔分布はCowanのM3モデル²⁾

$$F(t) = \begin{cases} 0 & t < \delta \\ 1 - \alpha e^{-\lambda_1(t-\delta)} & t \geq \delta \end{cases}$$

で適切に表現できる。ただし、 α :総交通量に占める自由走行車両の比率、 δ :最小車頭時間間隔、 t :車頭時間間隔、 $\lambda_1 = \frac{\alpha q}{1-\alpha q}$ 、 q :単位時間あたりの交通量である。ここで、自由走行車両の比率 α は料金ブースに車両が到着したとき窓口に着車がない確率 p_0 に等しい。料金ブースへの車両の到着分布を平均 $\frac{1}{\lambda_2}$ の指数分布、サービス時間を $\frac{1}{\mu}$ の一定分布としたとき、 p_0 は

$$p_0 = 1 - \rho = 1 - \delta q$$

で示される。また、料金ブースの待ちにより感じる不効用の値は $M/D/1$ 待ち行列系で費やす平均滞在時間を用いて計算する。

4. シミュレーション分析



図1 本研究で想定している高速道路流入部

4.1 設定条件

本研究では図1のように加速車線、本線走行車線、本線追い越し車線が各1車線で構成される高速道路流入

部、及び1車線の料金ブースを想定する。加速車線長は210m、シミュレーション区間は流入部入り口より上流側300m、下流側250mとした。各車線を走行する車両台数の割合は本線車70%、流入車30%とし、本線車のうち走行車線車35%、追い越し車線車65%と設定した。ETCにおけるサービス時間は最小車頭距離をETCの通過速度 v で通過するのに要する時間と定義する。ETCの通過速度は20km/h、対応する最小車頭距離は9mとした。従来型料金所におけるサービス時間はドライバーが一旦停止をして通行料金を支払うのに要する時間と定義し、8秒とした。本研究では従来型料金所におけるサービス時間を8秒と設定しているが、料金ブースに到着する車両が1時間当たり450台を超えると料金所に到着するすべての車両を捌くことができない。このような状況はETCとの比較の対象とならず、また実際の料金所を考えるとありえない状況である。総交通量に対する流入車の割合は30%と設定しているため、総交通量が1500台のとき流入車は450台となってしまふ。よって総交通量の上限を1450台とした。

4.2 分析結果

1時間あたりの総交通量を変化させてシミュレーションを実行し、ETC、料金所それぞれを備えた流入部で各ドライバーが感じる走行効用の平均値を算出した。その結果を図2に示す。これを見ると、交通量が少ないときは料金所の方が、交通量が多いときはETCの方がそれぞれ効用が高くなっていることがわかる。これは交通量が多くなるにつれて指数的に増加する料金所での待ち行列の影響が卓越し平均走行効用が低くなるが、交通量が少ないときはETCを通過した流入車が車群を形成したまま流入部で本線車に遭遇することによる悪影響が卓越するためと考えられる。これより、交通量が多ければETCの導入がサービス水準の改善をもたらすが、交通量が少ない場合はETCを導入してもサービス水準の改善は必ずしも期待できないと考えることができる。

またETCの導入により発生する交通現象を従来型料金所の場合と比較するため、総交通量と流入部における交通密度、平均走行速度の関係を分析したところ、図3、図4のような結果が得られた。これを見ると、交通量が多いほど料金所に比べETCの方が交通密度が高く、平均走行速度は遅くなっていることが分かる。これはETCの導入により従来に比べ流入車が比較的狭い車頭時間間隔で流入するため流入部での交通密度が高くなり、それに伴って平均走行速度が低下したものと考えられる。

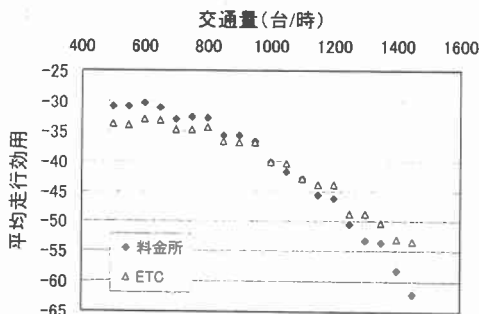


図2 交通量と平均走行効用の関係

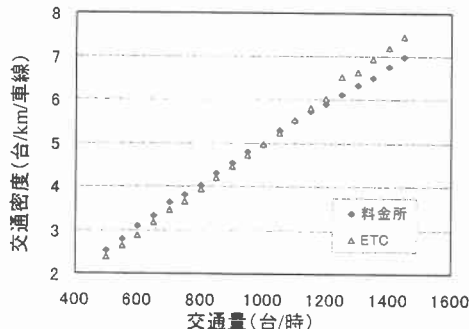


図3 交通量と交通密度の関係

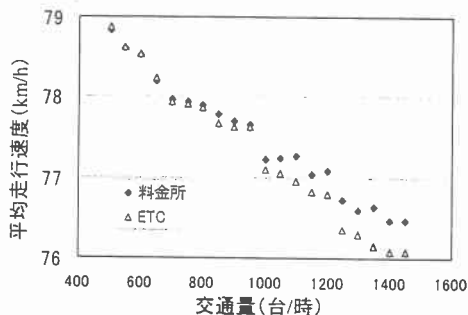


図4 交通量と平均走行速度の関係

5. おわりに

本研究ではシミュレーションモデルを構築しETCシステムの導入効果を評価する1つの方法を提案した。またそれによりETCの導入が道路のサービス水準に及ぼす影響を明らかにした。今後は料金ブースの数を増やすなど実際の流入部に近づけたモデルの構築が望まれる。また、本研究により本線交通の車線利用率の変更によりサービス水準を改善する可能性があるなどの知見も得ることができたため、今後分析を進めたいと思う。

1) 伊勢田 充: ドライバーの認識に基づいたサービス水準指標の比較分析, 鳥取大学大学院工学研究科社会開発システム工学専攻・修士論文, 2000

2) Cowan, R.J.: Useful Headway Models, Transp. Res., vol. 9, No. 6, pp. 371-375, 1975