

プロセスシミュレーションモデルによる料金所渋滞分析

Analysis of traffic jams on expressway toll gate using process simulation model

伊藤 照明†
Teruaki Ito

平本 知之‡
Tomoyuki Hiramoto

1. はじめに

わが国の高速道路における ETC (Electronic Toll Collection) システムの整備拡充は急速に進んでいる。ETC は高速道路料金所で多発する渋滞緩和に大きく貢献するだけでなく、ITS (Intelligent Transportation System) の基幹としての重要な役割が期待されている¹⁾。しかし、その普及率は 10% 程度に留まっており、思ったほどの渋滞緩和効果が得られていない。例えば、運行車両台数が少ない場合、非 ETC 車には導入の効果は特になが、ETC 車にとっては一時停止なしでゲート通過が可能となり、そのメリットを享受することができる。しかし、通行車両台数の増加に伴いその事情は大きく変化する。つまり、ETC ゲートを設置したために相対的に一般ゲート数の減少となり、非 ETC 車の通過時間が増加する。その一方で、渋滞に巻き込まれた ETC 車は ETC ゲートに到達することが容易でなく、ETC システムの利点を十分に享受することができない²⁾。この対策として、状況に応じて ETC 車と非 ETC 車でゲートの使い分け、あるいは混在運用が行われている。しかし、こうした方法では渋滞の状況によっては十分な対応をとることは困難であり、抜本的な解決策が強く求められている。

本研究ではプロセスシミュレーション手法により高速道路料金所付近で発生する渋滞のモデルを構築し、そのモデルを用いたシミュレーションにより渋滞発生の原因を分析、そしてその渋滞緩和のための対応策を提案することを目的としている。本稿では、ETC 料金所の実測値データに基づいて作成したシミュレーションモデルを紹介し、このモデルによるシミュレーション結果と実測値を比較することで行ったモデルの妥当性評価について報告する。さらに、このモデルによるシミュレーション結果として、料金所の処理能力分析、そして渋滞状況の推定とそれに対する対応策の検討について述べ、本手法の有効性について議論する。

2. プロセスシミュレーションによるアプローチ

本研究で用いるプロセスシミュレーションソフト・Arena によるシミュレーションモデルの作成と構築されたモデルの概要について述べる。

2.1 料金所のモデル化

料金の支払いは、(1)料金所へ向かうエンティティ(車両)の発生、(2)走行車線の選択、(3)選択した車線(経路)を走行、(4)料金所ゲートの選択、(5)料金の支払い、(6)ゲートから出る、というプロセスが慣行されると考えられ、各プロセスをフローチャート型のモジュールを組み合わせ、パラメータを入力することで構築する。モデルの構築には主に Create (エンティティの生成)、Assign (エンティティ属性の定義)、Decide (確率または条件による分岐)、Process (エンティティのリソースへの拘束および

処理時間の遅延)、Record (間隔統計時間の記録)および Dispose (エンティティの破棄)モジュールを使用する。

2.2 パラメータの設定

Fig.1 に今回のシミュレーション対象である高知 IC のモデルを示す。同図に示すように、エンティティの発生点をそれぞれ A 点 (Ramp A)、B 点 (Ramp B)、合流部を C 点、車線幅が拡大する点を D 点、ゲート設置部を E 点とする。A-E 間および B-E 間を 3 つの区間に分け、それぞれに Queue (待ち行列)を設定する。A-C 間、B-C 間、C-D 間および D-E 間の距離はそれぞれおよそ 423m、258m、205m および 61m である。また、ゲートは 4 レーンのうち 2 つが一般ゲート、1 つが ETC 車両専用ゲート、左端のゲートは閉じられている。エンティティの発生は Fig.2 (凡例に記

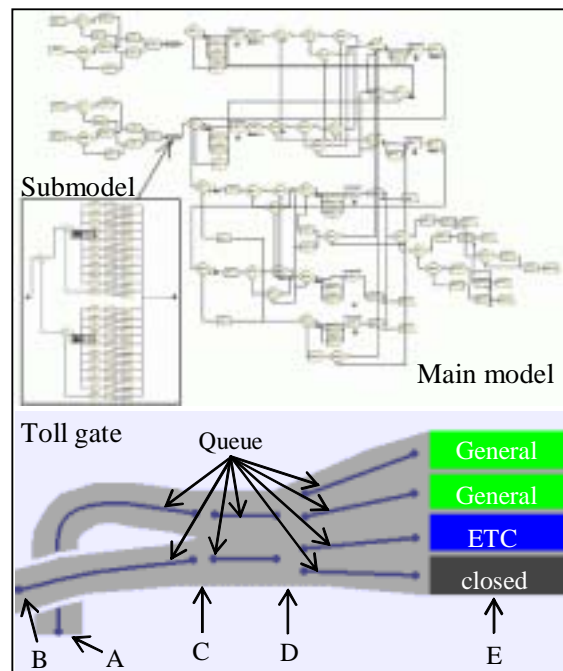


Fig.1 Simulation model of Kochi IC

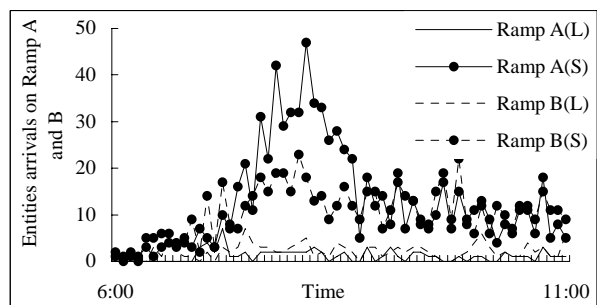


Fig.2 Survey data of entities arrivals

† 徳島大学, University of Tokushima

‡ 徳島大学(院), University of Tokushima

されている(Lおよび(S)は大型車, 小型車を示す)に示す実測(2004年1月19日午前6時から同11時迄)による5分間あたりの通過車両台数に基づいてスケジューリングすることで定義され, ETC車両の割合は大型車が15.83%, 小型車が9.75%である. エンティティは待ち行列最後尾まで, それに応じた遅延時間を与えられ移動する. 待ち行列の最後尾に達したエンティティは, 支払い完了による待ち行列の解消に従い時間を浪費し, 任意の支払い時間(一般車両は(9,11.5,14)秒の三角分布, ETC車両は(3,4)秒の一樣分布)リソースを占有した後, 破棄される.

3. シミュレーションモデルの評価と応用

3.1 シミュレーションモデルの再現性評価

ゲート出口における5分間あたりの通過車両台数推移の比較をFig.3に, 渋滞長さ推移の比較をFig.4(実測値は過度に短い渋滞は含まれていない)に示す. Fig.3からシミュレーション結果は実測データに対して多少のばらつきが生じているものの, 全体的な傾向は概ね実測データに追従していることがわかる. またFig.4から, 渋滞時の渋滞長さの増減についても若干のずれは生じているものの, 渋滞の発生時刻と解消時刻はほぼ一致していることがわかる.

以上のように, 本手法によるプロセスシミュレーションモデルが実測データに基づき十分に再現していることが確認された. したがってパラメータの変更など, シミュレーションモデルに変更を加えることで, 通行車両台数が増加した場合などの予測にも有効であると考えられる.

3.2 シミュレーションモデルによる予測

通行車両台数が増加した場合の最大渋滞長さおよび車両のさばき率をFig.5に示す. ここで車両台数の増加はFig.2で示した実測値に対してスケールの変更により行っている. またさばき率とは, Ramp AおよびBからの車両の流入量(台数)に対する支払いを終えた車両の台数の比とし, 通行車両台数が増え渋滞の発生する7時30分から8時30分までの1時間について示している. Fig.5から, 実測データに対して10%の増加では大きな渋滞の増加およびさばき率の減少は見られないが, 20%増加時にはともに大きく変化している. すなわち, 料金所へ到着する車両台数が料金所の単位時間あたりの処理能力を超え, その結果, 処理されない車両の蓄積が大きな渋滞の発生を引き起こす. ここで, 車両増加量0%時にさばき率が100%を超えているのは, 7時30分時点でA-E間およびB-E間(Fig.1参照)を走行, あるいは待ち行列に並んでいた車両による.

また, ETC車両専用ゲートの設置による一般車両に対応するゲートの減少に対応するために行われている混在運用方式でシミュレーションを実行すると, 車両台数増加量が20%増加時でも渋滞長さは34mの結果を得ており, 十分な処理能力を有することが確認された.

4. まとめ

本稿では, 高速道路料金所付近の車両の通行状況を再現するために開発したプロセスシミュレーションモデルを紹介し, そのモデルを用いて行った渋滞発生シミュレーション評価について述べた. このモデルを用いて行う料金所の処理能力分析の例として, 混雑時刻におけるさばき率, 渋滞長, 混在方式によるゲート運用対策の効果等が推定できることを示した. 料金所の処理能力超過を回避するため,

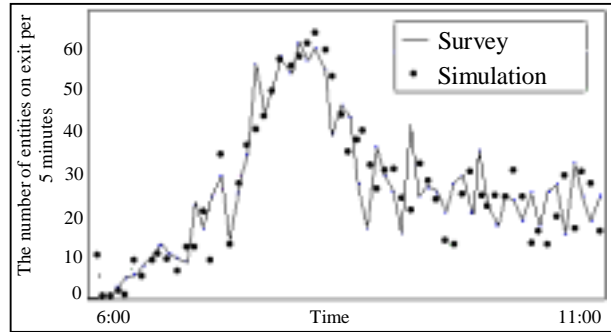


Fig.3 Comparison of survey data and simulation result

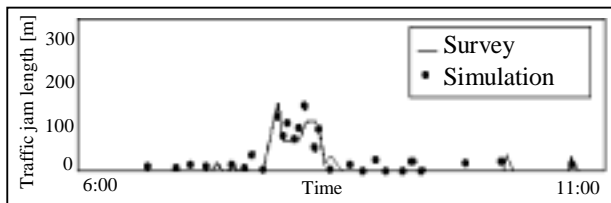


Fig.4 Comparison of traffic jam length of survey data and simulation result

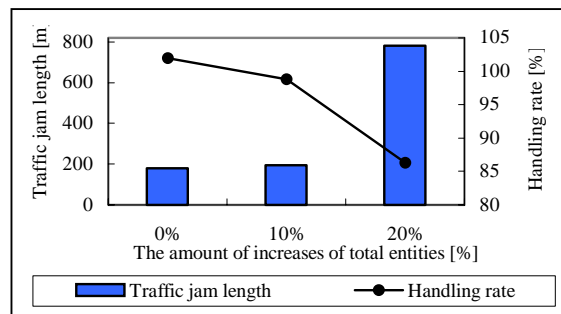


Fig.5 Traffic jam length and Handling rate for increase of entities

例えば, 併用ゲートの導入による運用での対応, 増設工事によるゲート数の増設, 最も効果的なETCゲートの設置場所の設定, 料金所広場の再設計等の対応策が考えられるが, そうした対応策の効果を実際に検証することは必ずしも容易ではない. そうした場合の予備実験として, 本研究の手法が有効な一つの手段を与えるものと考えられる. 今後のETC普及率推移を予測することは困難であるが, 普及率や車両台数に大きく左右される料金所の処理能力を的確に把握し, 渋滞緩和のためのゲートの運用を効果的に行うための判断材料を, 本研究で示したシミュレーション手法により提供できるものと考えている.

本研究を進めるにあたり, 日本道路公団四国支社から実測データのご協力を頂いたことをここに記し, 謝意を表す.

参考文献

- 1) 吉川元淳: ETCから広がるITSの世界 - DSRCで展開される各種アプリケーション -, 沖テクニカルレビュー・第187号 Vol.68 No.3, pp.14-17, 2001.
- 2) 堀口良太, 永田尚人: シミュレーションを用いた料金所ETC化による容量改善の検討, 第23回日本道路会議・一般論文集・ITS部会, pp.314-315, 1999.