

## 拡張型ペトリネットを用いた ETC シミュレータの開発 Development of ETC Simulator using Extended Petri Net

○松浦 巧<sup>1</sup>, 泉 隆<sup>2</sup>, 香取 照臣<sup>2</sup>

\*Takumi Matsuura<sup>1</sup>, Takashi Izumi<sup>2</sup>, Teruomi Katori<sup>2</sup>

Abstract: The ETC is operated in the expressway. ETC is automatic payment system by wireless telecommunications in expressway toll gate. It was set up to reduce the traffic jam in the toll gate. Even now, various attempts have been made to improve the ETC. To support the advancement of ETC, we develop a ETC simulator.

### 1. まえがき

ETC (Electronic Toll Collection System) は、無線通信により料金所をキャッシュレスで通行可能とするシステムであり、料金所付近での渋滞緩和など様々な効果がある<sup>[1]</sup>。現在 ETC の利用率は 90.3%にも上り、今後より高機能・高信頼・高稼働率かつ、省スペース・低コストとなることが望まれている。これを受け、車両検知器データを利用した関連研究<sup>[2]</sup>や、次世代 ETC である ETC2.0 といった試みがなされている。

本研究では、ETC の信頼性向上、高機能化及び安全運転支援を目的として、任意の構成の ETC レーンに対する動作検証及び車両検知器データの生成が可能な ETC シミュレータの開発を行う。本稿では、ETC シミュレータに車両通過ペトリネットを実装したので報告する。

### 2. ETC

ETC の構成を図 1 に示す。ETC は、車両検知器、無線通信装置、発信制御装置および車線制御装置などの装置から構成されている。このうち車両検知器は、赤外線発光器群と受光器群から構成され、赤外線の遮光状態を検知することで車両の通過を判定する。高さ方向の 1 次元 2 値データをサンプリング時間ごとに取得するため、図 2 に示すようなデータが車両検知器から出力される。

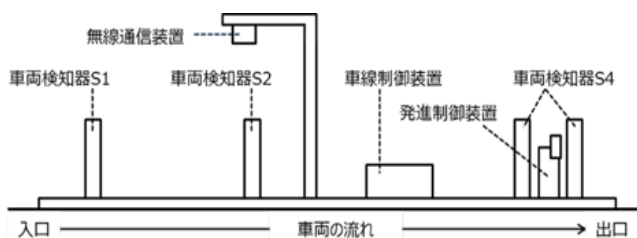


Figure 1. ETC lane system.



Figure 2. Acquisition of vehicle data

### 3. 拡張型ペトリネットを用いた車両通過モデル

先行研究<sup>[3]</sup>では ETC レーンの動作を拡張型ペトリネットによってモデル化した車両通過ペトリネットを構築している。これにより、簡潔なモデルによって ETC の動作を表現でき、また異常状態を容易に検出することができる。本研究ではこの車両通過ペトリネットを ETC シミュレータに実装する。

#### 3.1. 拡張型ペトリネット

ペトリネットは、2 種類の節点集合プレースおよびトランジションと有向枝集合アークにより定義される有向 2 部グラフである。ペトリネットのグラフ表現は、有向 2 部グラフ上にトークンの遷移を定義したものである。各要素は図 3 のように表記する。

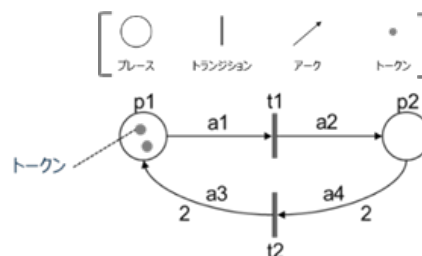


Figure 3. Example of Petri Net

先行研究では、ペトリネットにいくつかの規則を追加することで表現能力を拡張した拡張型ペトリネットを用いて車両通過モデルを構築した。

3. 2. 車両通過ペトリネット

ペトリネットを用いた車両通過モデルのうち、ETCレーン入口からS2検知器までを表現したグラフを図4に示す。また各プレースと車両位置の対応を図5に示す。図4では、車両検知器S1から車両検知器S2までの区間に3台の車両が進入している状態を表現している。この車両通過モデルによって、ETCレーン内における車両の正常な走行パターンを表現することができる。本モデルは正常な車両通過をモデル化しているため、本モデルに従わない動作は車両検知器の異常状態や車両の異常通行として検出することができる。またペトリネットによって表現することで、複数の車両がETCレーン内に進入している状態にも対応することができる。

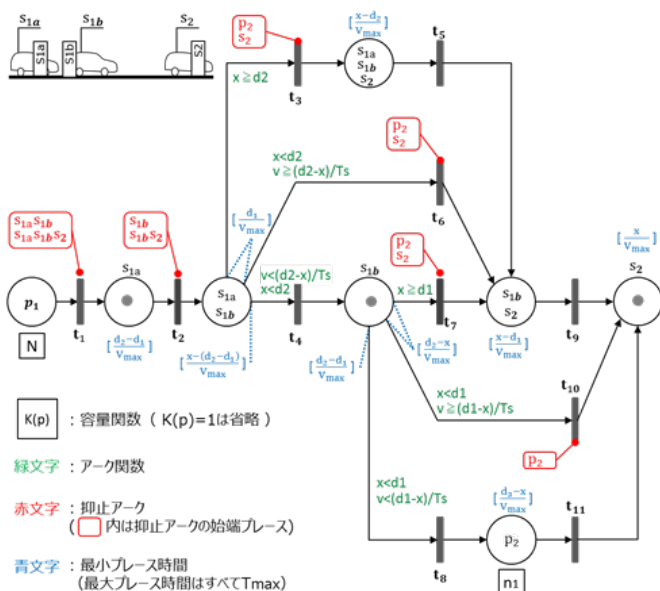


Figure 4. ETC lane model using Petri Net (p1 - s2)

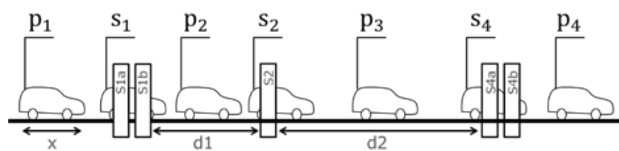


Figure 5. Vehicle position state.

4. ETC シミュレータ

ETCシミュレータの実行例を図6に示す。開発中のETCシミュレータでは、車両情報、移動情報、ETCレーン情報を設定することで、設定した情報に従って1台の車両について、車両通過ペトリネットによる車両通過シミュレーションが実行可能である。実行結果として、ETCレーンの状態変化をアニメーションによって出力し、異常状態等の発生位置や発生状況を視覚的に表現する。またシミュレーションによって車両検知

器が取得するデータを2値画像として出力する。設定を変えることによって、通常の車両通過だけでなく速度超過した車両通過や途中で車が後進した車両通過など様々な状況を想定したETCの動作をシミュレーションすることができる。

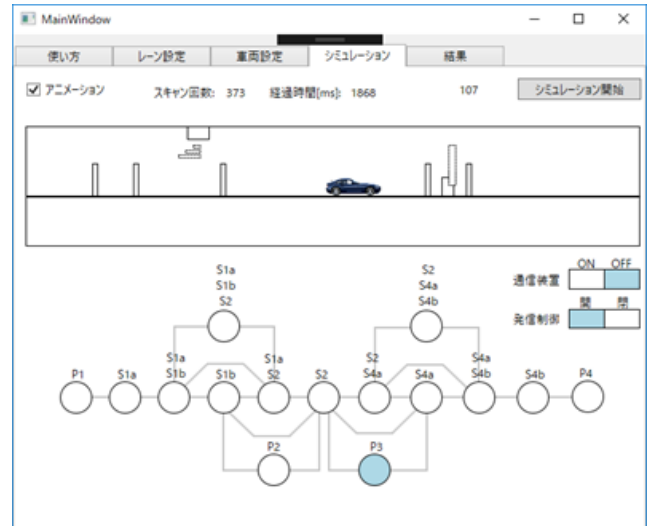


Figure 6. ETC Simulator

現在、ETCシミュレータには複数台の車両情報の設定インターフェースや複数台の車両が進入した場合の出力処理が実装されていないため、複数台の車両進入に対応できていない。ペトリネットを用いる利点の一つが、複数台の車両が存在するような複雑な状態遷移を簡潔に表現できるというものであるため、今後複数台の車両の取り扱いを可能にする必要があると考える。また、開発したETCシミュレータの信頼性を確認するために、ETCシミュレータの動作確認方法及びシミュレーションによって生成される車両検知器データの精度確認実験についても検討していく必要がある。

5. まとめ

本稿では、開発中のETCシミュレータについて、ペトリネットによる車両通過モデルの実装について報告した。

今後は、ETCシミュレータのデータ構造やアプリケーションのインターフェース等を改修し、複数台の車両進入に対応できるよう改修を行う。また、ETCシミュレータの動作確認方法についても検討を行う。

6. 参考文献

[1] 国土交通省：「国土交通白書」(2011)  
 [2] 荒川，泉，及川：「ETC車両検知器による車種判別のためのデータ分析」，電気学会 ITS 研究会, ITS-12-13, pp.13-18(2012)  
 [3] 岡村直樹，泉隆：「状態遷移モデルを用いた ETC 車両通過モデルの構築」，電子情報通信学会総合大会, A-17-11(2015-03)