

G-2

ETC 車両検知シミュレータの開発
Development of ETC vehicle detector Simulator

○岡村 直樹¹, 泉 隆²
*Naoki Okamura¹, Takashi Izumi²

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. We paid attention to the vehicle detector of ETC. To analyze the vehicle detector data, we develop a ETC vehicle detector simulator.

1. まえがき

国土交通省の ITS 推進の一環として、ノンストップ自動料金収受システム ETC (Electronic Toll Collection System) が各高速道路料金所に設置・運用されている。ETC には、料金収受の効率化や料金所付近での渋滞緩和、利用者の利便性向上、CO2 削減による環境改善などの効果がある[1]。ETC は今後もより高機能、高信頼、高稼働率、さらに低コストであることが望まれる。これを受け、先行研究では実際に稼働している ETC レーンの車両検知器から獲得した検知器データについて分析を行っている[2]。

検知器データを用いる場合、新規データの取得にコストがかかるほか、統計的に獲得が困難なデータが存在する。そこで、①低コストでの新規データ獲得、②任意のデータ獲得、③各種分析の理論的な検証を目的に、車両の ETC レーン通過を想定したシミュレータを開発している。本稿では、開発したシミュレータのプロトタイプとその動作実験について報告する。

2. ETC 概要

ETC は、車両検知や無線通信、セキュリティなどの要素技術からなり、図 1 のように構成されている。

基本構成機器である車両検知器は、赤外線センサ(光軸)が高さ方向に密に設置された発光器と受光器により構成されており、発光器の投光に対し車両(あるいは物体)による遮光状態を受光器が検知する。この高さ方向の 1 次元 2 値データがサンプリング時間毎に獲得され、図 2 のような検知器データが得られる。

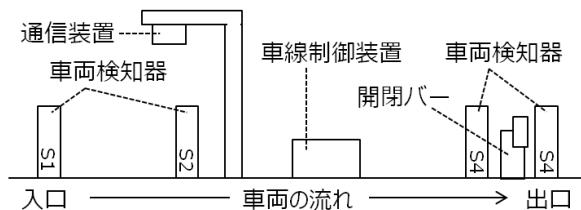


Figure 1. ETC lane system.

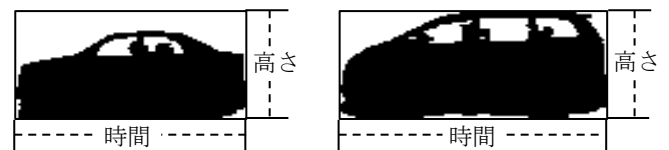


Figure 2. Acquisition of vehicle data.

3. シミュレータの設計

先行研究では検知器データの分析を行っているため、本シミュレータにおいても車両検知器が獲得するデータを出力できることが望ましい。また、想定する料金所によってレーンの規模や、設置する車両検知器の仕様や個数を変更できる必要がある。ETC 車両検知器の出力データをみると、車両を側面からとらえたような形となっている。これは車両検知器が ETC レーンの路側に設置されているためであり、このようなデータを得るために、ETC レーンを側面からみた形でシミュレーション空間を定義し、車両側面の画像等を用いてシミュレーションを行う。これらを踏まえ、以下に示すパラメータを設定できるものを開発した。

- 通過車両：車両側面画像、スケール[mm/dot]
通過速度[km/h]
(速度対位置分布または速度対時間分布)
- ETC レーン：長さ[mm]、車両検知器数
車両検知器位置[mm]
2 連車両検知器間隔[mm]
- 車両検知器：サンプリング時間[ms]
光軸数、光軸位置[mm]

4. シミュレーション

シミュレーションは各パラメータが設定されると、それによって車両の移動と車両検知器によるスキャンを繰り返し、車両が ETC レーンを退出すると車両一台分の車両検知器データを出力するという流れとした。以下にそれぞれの処理について述べる。

1 : 日本大学・院 (前)・情報 2 : 日本大学・教員・情報

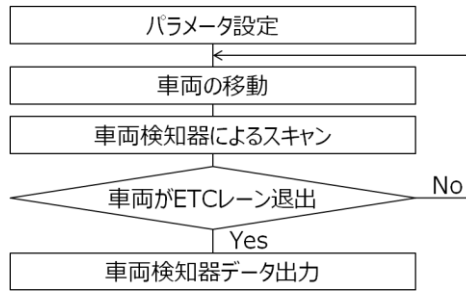


Figure 3. Flowchart of Simulation.

4.1. 車両の移動距離計算

シミュレータは車両検知器の出力を結果とするため、通過車両の位置は車両検知器がスキャンを行うタイミングにおいて決まればよい。そこで、サンプリング時間 T_s 毎の移動距離 L を求め、総移動距離 X を求める。移動距離 L についてシミュレーションに用いる速度分布別に述べる。

4.1.1. 速度対位置分布を用いた移動距離計算

車両の位置 (= 総移動距離) X に対する速度を $V(X)$ とし、サンプリング時間における車両の移動距離を式(1)により求める。

$$L = V(X) * T_s \text{ [mm]} \tag{1}$$

4.1.2. 速度対時間分布を用いた移動距離計算

時間 t に対する速度を $V(t)$ とすると、サンプリング時間における車両の移動距離は式(2)のように速度をサンプリング時間で積分することにより算出できる。

$$L = \int_0^{T_s} V(t) dt \text{ [mm]} \tag{2}$$

4.2. 車両検知器によるスキャン

車両検知器の設置位置 (水平方向) と光軸の高さ (垂直方向) により決まる検知位置においてスキャンを行う。検知位置に車両 (あるいは物体) が存在すれば遮断、しなければ透過の判定を行い、透過/遮断により構成される 1 次元 2 値データをサンプリング時間毎に繰り返し獲得する。

4.3. 出力データ

出力データは車両検知器のスキャンにより獲得した 1 次元 2 値データを時系列に並べ、遮断 (車体) 部分を黒色、透過 (車体以外) 部分を白色に対応させる。これにより、実際の車両検知器と同様のデータが得られる。

5. シミュレータの動作実験

シミュレーション精度の評価を目的に各パラメータを検知器データ獲得時と同一の条件に設定し、シミュレータから獲得した出力データと実際の車両検知器から獲得した検知器データを比較し、一致している割合

(一致率) を算出する。

シミュレーションの際に使用する車両側面画像は、実際に獲得した実験車両の側面画像である。

• 実験車両

HONDA INSIGHT ZE2 (全長 4390[mm])

• 車両検知器通過時の走行状態(進入速度→退出速度)

定速通過 : a (8.16[km/h]), b (43.90[km/h])

加速通過 : c (21.81→25.71 [km/h])

減速通過 : d (26.66→15.32 [km/h])

6. 実験結果

表1に速度分布別の走行状態に対する一致率を示し、図4に比較例を示す。

Table 1. Simulation accuracy[%].

	速度対位置	速度対時間
走行状態 a	97.66	98.10
走行状態 b	97.56	97.74
走行状態 c	96.71	97.10
走行状態 d	97.11	96.77

一致率は平均して約97%であるが、検知器データどうしにおいても量子化誤差が約2%あることを考えれば、現実には出力データが得られたといえる。

また、図4から、車体外周や窓部分に差がある。これは、通過車両とその側面画像とでは見え方が異なることによるものや、運転者の動きや車両の揺れ等を考慮していないことによる誤差が考えられる。



Figure 4. Comparative example actual data and simulated

7. まとめ

ETC 車両検知器シミュレータのプロトタイプの開発を行い、動作実験として検知器データとの比較を行った。今後は、獲得した出力データより通過車両の動態が検知器データに与える影響の検証を行う。

最後に、本研究にご協力いただいた首都高速道路(株)関係各位に感謝いたします。

8. 参考文献

[1] 財団法人道路システム高度化推進機構：「ETC 便覧」(2012)
 [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)