

第IV部門

車両軌跡データを用いたミクロ交通流モデルの推定

大阪公立大学大学院工学研究科 学生員 ○衣川 晃平
大阪公立大学大学院工学研究科 正会員 内田 敬

1. 研究背景

阪神高速道路は、交通渋滞をはじめとする道路で多発する交通事象のメカニズムの解明のために、車両軌跡データ「Zen Traffic Data¹⁾ (ZTD)」を無償提供している。2023年7月現在、阪神高速11号池田線(大阪方面)塚本合流付近の約2km、4号湾岸線(大阪方面)大浜～三宝間の約1.7km、13号東大阪線(奈良方面)森之宮合流付近の約2.6kmの3区間のデータが公開されており、いずれの区間もサグやカーブ、合流などが原因の交通集中渋滞が多発している。

ZTDは、表-1が示すように車両軌跡・車両属性・路面線形の各情報が共通情報(車両ID・時刻)で紐づけられる構造となっており、0.1秒単位でこれらのデータが記録される。一方で、ZTDのデータは画像センシング技術を用いて生成されている。画像センシング技術の問題点による活用への課題があると井垣ら²⁾が指摘している。

筆者ら³⁾は、ZTDを用いて、井垣ら²⁾が提唱した車両追従モデル式を改良し、周囲の車両の影響を考慮したミクロ交通流モデル式(1)を作成した。しかし、このモデルは採用すべきとされる変数が不安定であり、多くの課題が残った。

$$a(t+T)$$

$$\begin{aligned} &= \alpha \{ v_0(t) - v_1(t) \} + \beta \{ (x_0(t) - x_1(t) - L_1) - s_1^* \} \\ &\quad + \delta K_1(t) + \varepsilon V_1(t) + \gamma \\ &= \alpha X_1(t) + \beta X_2(t) + \delta X_3(t) + \varepsilon X_4(t) + \gamma \end{aligned} \quad (1)$$

ここに、

T : 反応遅れ時間

$a(t)$: 時刻 t における追従車の加速度(目的変数)

$v_0(t) - v_1(t) = X_1(t)$: 相対速度(説明変数1)

$(x_0(t) - x_1(t) - L_1) - s_1^* = X_2(t)$

: 車間距離 - 希望車間距離(説明変数2)

s_1^* : 希望車間距離

L_1 : 車長

$K_1 = X_3(t)$: 当該車両の100m前方の交通密度(説明変数3)

$V_1 = X_4(t)$: 当該車両の100m前方の空間平均速度

(説明変数4)

α : 速度差パラメータ

β : 車間距離余裕パラメータ

γ : 勾配パラメータ(切片)

$\delta \cdot \varepsilon$: パラメータ

表-1 ZTDのデータ項目¹⁾

	車両軌跡	車両属性情報	路面線形情報
共通情報	車両ID 時刻	車両ID 時刻	車両ID 時刻
本体情報	速度 車線番号 緯度 経度 キロポスト	車種 車長	縦断勾配 横断勾配 曲率

2. 研究目的

本研究では、筆者らが作成したモデルを使って様々な条件を仮定した計算を行うことで、加速度に与える影響が大きい要素を考察することを目標とする。その前段として、ZTDの活用への課題や、モデルの課題を踏まえた改良を行う。

3. 研究方法

まず、モデルの課題を踏まえて式(1)の改良を行う。具体的には、希望車間距離 s_1^* を速度の関数にする、変数の時系列にラグが生じていないかを確認することなどを実施する。その後、ZTDの生成方法による問題点の1つであるデータの暴れを抑えるための平滑化処理を行う。

改良したモデルを用いて重回帰分析を行い、以前の結果と比較してモデル改良の効果を確かめ、改めて考察を行う。

4. 結果

4.1 モデルの改良結果

まず、希望車間距離 s_1^* について、以前は定数にしていた所を、速度の関数として表現した。その際に、式(2)で表現される、玉城ら⁴⁾が安全車間距離 G_s としたものを用いた。

$$G_s = 0.0029 \times v^2 + 0.3049 \times v \quad (2)$$

続いて、加速度と各変数の間にタイムラグがないかを確認した。図-1は、No.1161の車両の加速度と相対速度の時間変化を表したものである。データ生成方法による振動があるものの、振動の位相については同じである。同様にして、他の説明変数でもタイムラグがないことが確認できた。

表-2 平滑化実施前後の分析結果比較

	決定係数	切片		X1 相対速度項		X2 車間距離余裕項		X3 密度項		X4 空間平均速度項	
		値	t 値	係数	t 値	係数	t 値	係数	t 値	係数	t 値
平滑化前	0.3192	0.324	0.100	3.133	24.626	1.021	22.754	-20.575	-0.652	0.483	2.869
平滑化後	0.0719	5.814	4.985	1.398	21.091	-0.05	-2.868	-44.327	-3.874	-0.037	-6.182

4.2 対象車両群・区間

今回は、湾岸線のデータセット 3 の 7:24 頃に追越車線で発生したショックウェーブに着目し、車両 No.1165 を中心とした車両群を抽出した。また、対象区間としてショックウェーブが確認され、かつ合流部による影響を避けるために 5350-5850kp を対象区間に定めた。なお、kp (キロポスト) とは道路起点からの距離(m)である。

4.3 データの平滑化

データの平滑化は、kp の値から算出した kp 速度について行った。方法としては、当該時刻の前後もしくは前で、0.2 秒、0.5 秒・1 秒の移動平均を取った。図-2 は No.1160 の車両について平滑化を行って ZTD のデータとしての速度との比較を行った結果を示したものである。これを見ると、「前後 0.5 秒」のスムージング幅が最も ZTD のデータに近い。他のデータについても同様に比較しても同じ傾向が得られた。ただ、kp 速度の特性上、データの暴れを抑えることは厳しいとわかった。

4.4 重回帰分析の結果

改良したモデルについて、平滑化を行ったデータと行っていないデータを用いて式(1)に基づいた重回帰分析を行った。表-2 はその結果であり、データの暴れが一部解消されることで決定係数が下がっているとわかった。

5. 結論

平滑化を行うことにより、効果のあった部分となかった部分に差が生まれ、決定係数が低下するという結果が得られた。ただ、平滑化を行うことによる特徴は把握できた。kp 速度と ZTD のデータとしての速度の違いに注意しながらさらに検討を進める。

今後は、このモデルを用いて、反応遅れによるショックウェーブや、速度回復誘導灯の効果などの交通事象の再現を目指して検討を進める予定である。

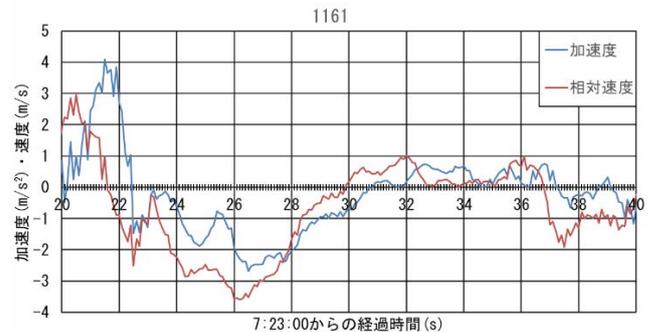


図-1 加速度と相対速度の時間変化

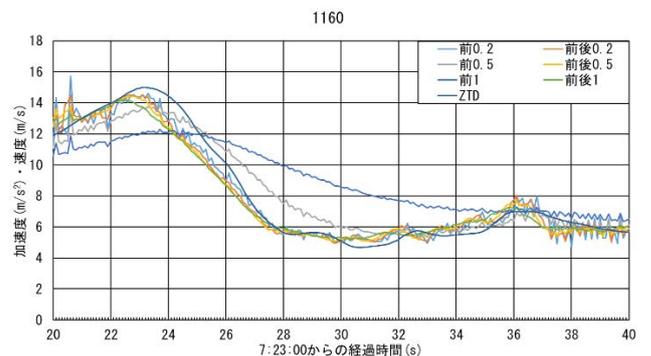


図-2 速度平滑化に際しての移動平均幅の比較

謝辞

本研究に際し、阪神高速道路の ZTD を活用した。利用の許可をいただいたことに深く感謝する。

参考文献

- 1) 阪神高速道路株式会社：ZTD/車両軌跡データ利活用サイト, <https://zen-traffic-data.net/>, 2023年7月25日閲覧
- 2) 井垣 貴弘, 内田 敬: 画像センシングにより生成された車両軌跡データの適用可能性に関する検討, 第40回交通工学研究発表会論文集, pp.229-234, 2020.
- 3) 衣川 晃平, 内田 敬: 車両軌跡データを用いた都市高速道路サグ部におけるマイクロ交通流モデルの検討, 土木学会関西支部年次学術講演会講演概要集, IV-2, 2022.
- 4) 玉城 龍洋, 安江 里佳, 北 英輔: 確率速度モデルを用いたセル・オートマトンによる都市内交通シミュレーションについて, 情報処理学会研究報告, 2004-MPS-48, pp.19-22, 2004.