

ETC2.0 バスプローブデータの学習モデルに基づく渋滞予測手法の構築と 京都市都市圏における適用

高知工科大学 1250046 片田 倫平

指導教員 西内 裕晶

1. 背景と目的

現在の京都市は、オーバーツーリズム等の影響で交通渋滞が喫緊の課題となっている。現状、各曜日の平均的な渋滞状況やリアルタイムの渋滞状況は情報提供されているが、課題の解決には至っていない。その中で近年、ETC2.0 プローブ車両が増加しており、高密度な交通流の観測が可能となっている。特にバスは、定時刻・定路線で走行するため、安定したデータの観測が可能であり、時間・空間的な偏りを解決できる可能性がある。これより本研究では、ETC2.0 バスプローブデータを活用し、学習モデルによって渋滞予測を行うことで課題の解決を目指す。先行研究として、片岡¹⁾はバスプローブデータを用いて交通渋滞の発生、解消を把握できる可能性を示唆した。本研究は、京都市都市圏で将来起こる渋滞の予測における ETC2.0 バスプローブデータの有用性を示すことを目的とする。

2. 研究の概要

渋滞等の交通流を表現する手法として、Macroscopic Fundamental Diagram (以下、MFD) が用いられている。図 1 に MFD²⁾ 概念図を示す。縦軸が流率（車両と走行距離の総和）、横軸が密度（車両と走行時間の総和）を示しており、ある点から原点を結ぶ直線の傾きが速度となる。本研究での各点の値は、各日の 1 時間単位で集計している。使用するデータは、2023 年 9 月 1 日～2023 年 10 月 31 日の京都市における ETC2.0 バスプローブデータである（国土交通省 近畿地方整備局様より提供）。対象路線は、主要観光地が密集しているため渋滞が深刻な路線である東大路通とする。路線図は図 2 に示す。

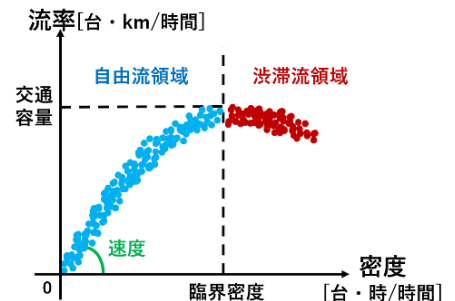


図 1 MFD 概念図
(参考文献 2) より抜粋)

3. 研究手法

本研究では、渋滞の情報が必要な観光客等は、リアルタイムではなく少し先の未来の正確な渋滞情報を必要としていると考え、1 週間後の交通状態を予測する。MFD の予測方法として、時系列データに適した機械学習の一種である LSTM (Long Short Term Memory) を用いる。算出した予測値の精度は、平均絶対誤差率 MAPE (Mean Absolute Percentage Error, 以下 MAPE) を用いて評価する。MAPE は誤差をパーセンテージで表し、値がゼロに近いほど高精度であることを意味している。なお、バスが走行していない 0, 1, 2, 3, 4 時台及び、走行台数が少ない 5 時台は除外した。学習データとして使用するの過去の値から順に 75% 分で、期間は 2023 年 9 月 1 日～2023 年 10 月 10 日とする。検証データとして残りの 25% 分を使用し、期間は 2023 年 10 月 11 日～2023 年 10 月 24 日とする。



図 2 対象路線

4. バスプローブデータを用いた渋滞予測手法の構築

LSTM を用いた渋滞予測として、入力値の検討を行った。入力値は年・月・日・時と現在の流率・密度を必須とし、曜日・降水・イベント・速度の 4 つの変数の付加を検討した。モデルの学習に用いた流率・密度は 2023 年 9 月 1 日～2023 年 10 月 24 日の期間のものとした。出力値は 1 週間後の流率・密度とし、2023 年 9 月 8 日～2023 年 10 月 31 日の状況を予測対象とした。モデルを構築した結果、必須の変数に曜日・降水・速度の 3 つの変数を付加した場合の MAPE が最小の 7.12 であった。車両感知器による渋滞予測を行った馬場ら³⁾の MAPE が 8.33～3.15 であることを踏まえると、高い精度で予測できたと言える。以上から、入力値として年・月・日・時・曜日・降水・速度・流率・密度を適切に設定すれば、1 週間後の渋滞を高い精度で予測できる可能性を示唆した。

5. 他路線との MFD・予測精度の比較

前章では、バスプローブデータを用いて、東大路通における 1 週間後の渋滞を高い精度で予測できる可能性を示唆した。ここでは複数のバス路線を対象として MFD を比較することで、バスの運行状況が予測結果に与える影響を分析する。渋滞の程度と運行するバスの台数を指標とし、6 つの路線を比較する。図 2 に路線図を示す。渋滞が深刻な路線として、バスの台数順に東大路通・嵐山四条通・京都南 IC 付近国道 1 号線とした。一方、渋滞が軽微な路線として、同順に西大路通・堀川通・北山通とした。表 1 のバスプローブデータの結果より、MAPE を比較すると、渋滞が深刻な路線の方が予測精度は高くなることが分かる。また、渋滞が軽微な路線はバスの台数が多いほど精度が高くなるのに対し、渋滞が深刻な路線は精度がバスの台数に依存しないことが分かる。

6. バスプローブデータと一般 ETC データの比較

バスと一般車両の予測精度を比較することで、渋滞予測におけるバスプローブデータの有用性を示す。一般 ETC データがバスプローブデータと異なる点は、集計期間が 2023 年 9 月 1 日～2023 年 9 月 30 日である点と集計時間が 0 時～23 時である点にある。その他、用いる学習モデルや比較する路線等はバスプローブデータと同様である。表 2 の一般 ETC データの結果より、MAPE を比較すると、渋滞が深刻な路線の方が平均的な精度は高いと言える。表 3 のバスプローブデータと一般 ETC データの比較結果より、渋滞が深刻な路線においては、京都南 IC 付近国道 1 号線を除きバスプローブデータを用いて渋滞予測を行った方が精度は良くなる可能性が示唆された。これは、一般 ETC には時間・空間的偏りが生じるのに対し、バスは定路線であるため路線の全般的なデータが取得できたことが要因だと考える。また、渋滞が軽微な路線においては、一般 ETC データを用いて交通状態予測を行った方が精度は高くなる可能性が示唆された。京都南 IC 付近国道 1 号線の MFD より、一般 ETC データには渋滞領域が発生していることが見て取れる。加えて、バスプローブデータの MAPE が 13.1、一般 ETC データの MAPE が 8.25 と他の路線と比較しても高い精度である。これより、当該路線はより渋滞が深刻だったため、例外的に精度が高まったことが考えられる。

7. まとめと今後の課題

本研究では、京都市都市圏を対象にバスプローブデータを用いて交通状態を予測するモデルを構築した結果、1 週間後の渋滞を高い精度で予測できる可能性を示唆した。また、渋滞が深刻な路線において、バスプローブデータを用いることで高い精度で渋滞予測ができる可能性を示唆した。今後は、バスプローブの欠点である、広域的な交通流の把握を高い精度で行うことが必要である。

参考文献

1) 片岡勇人, 西内裕晶: バスプローブデータを用いた高知市におけるネットワーク交通流解析, 高知工科大学 建築・都市デザイン専攻, 土木学会論文, 2023.

2) 王鵬飛, 赤松隆, 和田健太郎: Macroscopic Fundamental Diagram における渋滞領域発生メカニズムに関する研究, 土木計画学研究・講演集, Vol.51, 2015.

3) 馬場静羽, 井上亮: 交通変数間の関係を反映した深層学習による地域の交通状態の短期的予測, 交通工学論文集, 7 巻, 2 号, pp.A_110-A_118, 2021.

表 1 バスプローブデータの結果

	渋滞が深刻	渋滞が軽微
バスが多い (約1000台)	【東大路通】 7.12	【西大路通】 21.8
バスが普通 (約500台)	【嵐山 四条通】 18.2	【堀川通】 56.6
バスが少ない (約100台)	【国道1号線】 13.1	【北山通】 70.8

表 2 一般 ETC データの結果

	渋滞が深刻	渋滞が軽微
バスが多い (約1000台)	【東大路通】 11.9	【西大路通】 14.1
バスが普通 (約500台)	【嵐山 四条通】 22.0	【堀川通】 18.1
バスが少ない (約100台)	【国道1号線】 8.25	【北山通】 21.9

表 3 バスプローブデータと一般 ETC データの比較

	渋滞が深刻		渋滞が軽微	
	バスプローブ	一般ETC	バスプローブ	一般ETC
バスが多い (約1000台)	東大路通		西大路通	
	【7.12】 	【11.9】 	【21.8】 	【14.1】
バスが普通 (約500台)	嵐山 四条通		堀川通	
	【18.2】 	【22.0】 	【56.6】 	【18.1】
バスが少ない (約100台)	京都南IC付近 国道1号線		北山通	
	【13.1】 	【8.25】 	【70.8】 	【21.9】