

プローブデータを活用した交通流シミュレーションの 予測精度向上と交通制御効果予測に向けた検討

岡野 謙悟[†] 松平 正樹[†] 伊加田 恵志[†] 藤井 秀樹[‡]

沖電気工業株式会社[†] 東京大学[‡]

1. はじめに

近年、高速道路等の老朽化により車線規制や対面通行規制といった規制措置を伴う補修工事の必要に迫られている。こうした特殊な規制およびそれに伴う渋滞の発生は過去事例が少なく、データに基づく予測システムでは十分な予測精度を保つことが難しい。一方、交通流シミュレーションは様々な条件に対して演繹的な予測が可能であり、事故・渋滞軽減のための交通制御の効果予測[1]や災害・事故による各規制の交通流への影響を低コストに検証できることが期待されている。

実際の交通流をシミュレーションによって再現するには、モデルのパラメータに加え、区間内に流入する交通量を適切に設定する必要がある。一般には周辺に設置された観測点の交通量を用いる。しかし、渋滞発生区間内に観測点がある場合、交通流が低速なため観測点を通過する時間当たりの車両台数が減少し、車両が大量に存在しているにも関わらず時間当たりの観測交通量を少なく見積もってしまう。シミュレーションによって渋滞を再現する上でこのような誤った交通量を入力すると、渋滞区域の拡大・解消が不正確になるという課題がある。

よって本研究では、任意の直線道路区間の起点(最上流)交通量を渋滞区間内の観測交通量から推定する方式を提案する。この方式は、各時刻・キロポスト(以下、KP)における空間平均速度の情報を持つプローブデータを活用した追跡時刻和によって、起点交通量を推定するものである。本方式で推定した起点交通量を入力データとして Cell Transmission Model (CTM) [2] を実装したシミュレータと実観測されたプローブデータを用いて交通集中による渋滞の再現性の改善状況を検証する。

2. 既存手法

交通流のシミュレーションモデルは大きく 2 種類に分類される。

- **マイクロモデル**：個々の車両挙動をモデル化。一般的に高精度な再現が可能。
- **マクロモデル**：車群を流体として扱い連続体近似してモデル化。一般的に低コストに計算可能。

さらに、これらのモデルを適用する領域を静的または動的に選択して、低コストに高精度なシミュレーションを実現するハイブリッド交通流シミュレーションが提案されている[3]。こうしたモデルを用いて渋滞を再現するには、モデルのパラメータや対象区間の起点交通量を適切に設定する必要がある。例えば CTM を用いる場合、道路の交通容量や最大密度などのパラメータを、一般的な高速道路の代表値やグリッドサーチなどによって設定している。また、起点に流入させる交通量には、一般

には近くに設置されたトラフィックカウンターなどの観測交通量を用いられる。

3. 提案手法

プローブデータを活用して、渋滞区間内の観測交通量を基に自由流域にある任意地点の交通量を推定する手法について説明する。

Step1: プローブデータの各時刻・KP の空間平均速度を平滑化し、欠損値を補間する。

Step2: 観測点を追跡元、任意地点を追跡先として、補間したプローブデータの各時刻・KP の空間平均速度によって、各時刻における 2 地点間の旅行時間に相当する追跡時刻和を算出する。

Step3: 追跡元の通過時刻 T_A および T_B それぞれの追跡時刻和によって、追跡先の通過時刻 T_a および T_b を推定し、観測点の時刻 T_A - T_B 間の交通量を任意地点の時刻 T_a - T_b 間の交通量として割り当てる。

以上の Step1~3 を必要な時間帯に渡って繰り返すことで、任意地点の交通量を推定する。

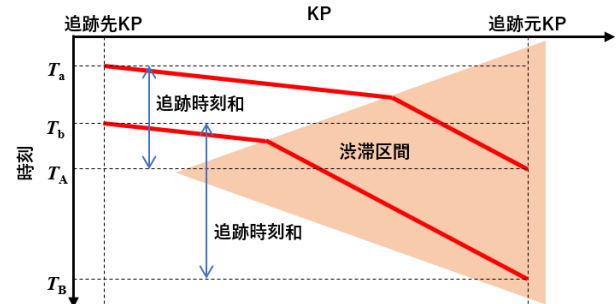


図1 交通量推定の概念図

図1に本方式の概念図を示す。追跡元の時刻 T_A - T_B 間の時間幅に対して追跡先の時刻 T_a - T_b 間の時間幅は、追跡元から追跡先までの交通状況によって増減する。これにより、観測点が渋滞区間内にある場合には、観測点における少ない交通量を任意地点のより短い時間幅の交通量として割り当てることで、渋滞流による交通量減少を補正した交通量を算出することができる。

4. 提案手法の検証

提案手法により、渋滞区間内の観測交通量から交通量減少を補正した起点交通量を推定できることを、観測交通量と比較することで検証する。そのために、実在する2車線の高速道路約 11.0km 区間において、交通集中によって地点 A のボトルネックを先頭に地点 C にかけて発生した渋滞を対象として、渋滞区間内にある地点 B の観測交通量を基に、時刻 T_{start} - T_{end} 間(160 分間)の起点交通量の推定を行った。

図2に対象路線の概要図、図3に交通量の推定結果を示す。渋滞ピーク時刻 T_{peak} の直前において、観測交通

Improvement of traffic simulation with probe data and an estimation of traffic control effect

[†] KENGO OKANO, MASAKI MATSUDAIRA, SATOSHI IKADA, Oki Electric Industry Co., Ltd.

[‡] HIDEKI FUJII, The University of Tokyo

量と比べて推定した起点交通量は増加しており、渋滞区間内の交通量データから、渋滞流による交通量減少を補正した交通量を推定することができた。

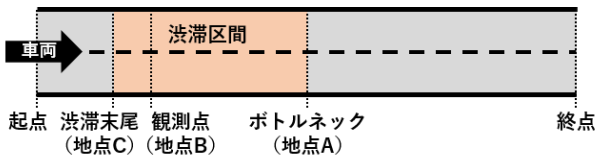


図2 対象路線の概要図

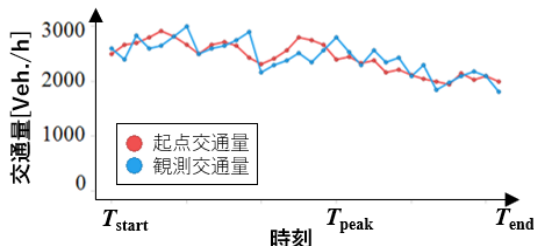


図3 観測交通量および推定した起点交通量

5. シミュレーションによる比較

5.1 交通集中による渋滞シミュレーション

観測交通量と推定した起点交通量を用いたシミュレーションの比較を行い、渋滞区間が拡大するか確認する。対象時間は起点交通量の推定と同様の時刻 T_{start} - T_{end} 間とし、通常部とボトルネックの交通容量には、起点交通量を用いた場合に各セルの空間平均速度の MAPE (Mean Absolute Percent Error) が最小となる最適値をグリッドサーチによって探索して設定した。

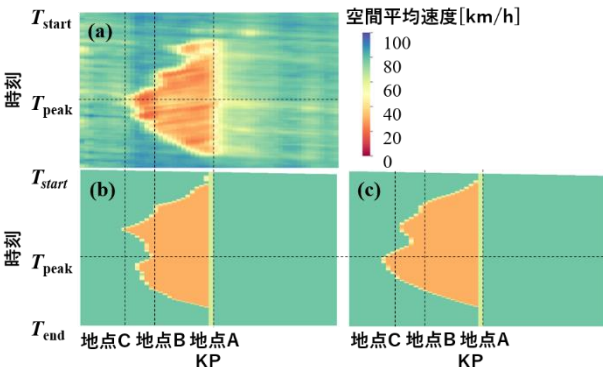


図4 (a)観測値およびシミュレーション結果 (b)観測交通量, (c)推定した起点交通量

図4に観測値とシミュレーション結果の空間平均速度を示す。観測値の渋滞ピーク時刻 T_{peak} に対し、起点交通量を用いた結果の渋滞ピーク時刻は概ね整合し、観測交通量を用いた結果と比べて30分程度改善した。また、観測値の渋滞ピーク時刻における渋滞区間は、観測値が3.6kmであるのに対し、起点交通量を用いたことで4.4kmまで拡大した。以上より、起点交通量の推定によって、渋滞区間内の観測点の時間当たりの交通量減少を補正し、ピーク時の渋滞区間を拡大させて渋滞の再現性が向上することを確認した。

5.2 パラメータの検証

推定した起点交通量を用いたシミュレーションにおける通常部とボトルネックの交通容量が妥当であるこ

とを、他のデータで得た最適な交通容量の組合せと比較することで確認する。そのために同一区間・時刻の別日のデータでグリッドサーチによるパラメータ探索を行った。図5にパラメータ探索の結果を示す。異なる日付のデータ毎に MAPE の小さい領域が概ね一致しているため、対象区間における妥当な交通容量を得られていると判断した。また、このことからシミュレーションによる将来の予測においても、事前に別日で得たパラメータによって十分な再現性を得られることが期待できる。

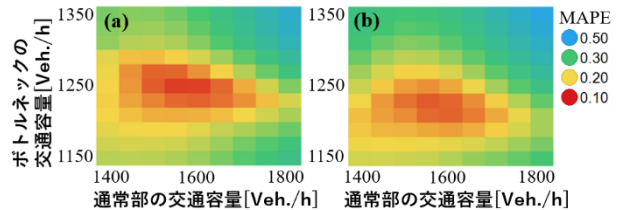


図5 パラメータ毎の MAPE のヒートマップ (a)本検証のデータ (b)別日のデータ

5.3 考察

起点交通量の推定により渋滞ピーク時刻を再現する結果を得た。しかし、観測値より早い時刻に渋滞が発生したことで渋滞ピーク時刻における渋滞区間は過剰に拡大した。これについては、本研究で用いたモデルが、渋滞が起こり得る交通密度になっても交通量が増加するメタ安定相[4]と呼ばれる状態に対応していないためと考えられ、モデルの改良により再現性が向上する可能性がある。

また、異なる日付のデータから、同等のパラメータ値で再現性の高い結果が得られることを確認した。しかし、これらのパラメータは環境によって変化する可能性がある。例えば、雨天では車間距離が増加することで交通容量が低下すると考えられ、環境に応じた最適なパラメータへの影響を検証し、補正手段を検討する必要がある。

6. おわりに

本研究では、交通流シミュレーションの再現性を向上させるために、渋滞区間内にある観測点から起点交通量を推定する手法について提案した。これにより渋滞ピーク時刻について改善ができることを確認した。一方、渋滞区間は過剰に拡大した。今後は、渋滞の開始時刻の再現性を得るためにモデルの改良を検討すると共に、車線規制といった交通制御に伴う渋滞の再現性を検証し、交通施策の効果予測に向けた検討を進める。

参考文献

- [1] 土田貴義ほか. 渋滞シミュレーションを用いた交通管理支援システムの構築. 土木計画学研究・論文集, 1999, 16: 879-886.
- [2] 高橋徹ほか. 動的ハイブリッド交通流シミュレーションモデルの開発と高速道路の実データを用いた検証. 日本シミュレーション学会論文誌, 2021, 13.1: 37-47.
- [3] DAGANZO, Carlos F. The cell transmission model: A dynamic representation of highway traffic consistent with the hydrodynamic theory. Transportation Research Part B: Methodological, 1994, 28.4: 269-287.
- [4] 萬屋賢人ほか. 渋滞緩和エージェントモデルによる渋滞緩和の提案と評価. 研究報告バイオ情報学 (BIO), 2010, 2010.5: 1-6.