

車線利用均衡メカニズムを内包した多車線交通流モデルの構築

Multi-lane traffic flow model with endogenous representation of lane-flow distribution

谷口 知己*

Tomoki TANIGUCHI

*交通マネジメント講座 交通情報工学分野

1. はじめに

我が国の高速道路では、近年膨れ上がった交通需要に対して、交通円滑化・交通安全を図るために、車線運用の高度化が求められている。現在の交通運用は、区間単位で、その運用が行われているが、より効率的な交通運用を考えるのであれば、車線単位での運用することが必要であると考えられる。その一方で、現在都市内高速道路等で使用されている交通流モデルは、車線別の表現となっていないため、車線別に交通状態推定を行い、車線別運用施策に対応することは不可能である。そこで、本研究では車線変更を考慮した多車線交通流モデルを構築することを目的とする。また、我が国の高速道路交通管制では、トラカンにより常時観測を行っており、本研究においても、トラカンより取得できるデータをもちいることとする。

2. 既往の交通流モデル

本研究では、既往研究から知見を得るため、マクロ交通流モデルであるブロック密度法に車線変更モデル組み込んでいる Laval et al.¹⁾のモデルの検証を行った。このモデルでは、車線変更車両は車線間の速度差に依存して発生するとして車線変更を表現している。しかし、この方法では走行速度が小さい車線から大きい車線への車線変更が、走行速度の遅い車線から車両が無くなるまで行われることになり、実現象の車線利用を表現できていないという課題が生じていた。

3. 多車線交通流モデルの構造

図1が本研究で構築するモデルの構造である。多車線に拡張したブロック密度法から算出された各車線・各ブロックからの流出予定量を車線変更モデルに入力する。車線変更モデルでは、後述する車線利用均衡メカニズムに基づいて、車線変更をしたいと思っている台数 (=車線変更希望台数) を算出し、その後調整過程を経て、最終的な車線間・ブロック間移動量を算出する。最後に交通量保存則に基づき次スキャン時の密度を更新していく。

4. 車線変更モデル

図2は実観測データから算出した密度と車線利用率の関係を示している。この図から、密度に対する車線利用率は、ある程度の誤差は有するものの、一意に定まっていることがわかる。これより、車線利用は交通密度、す

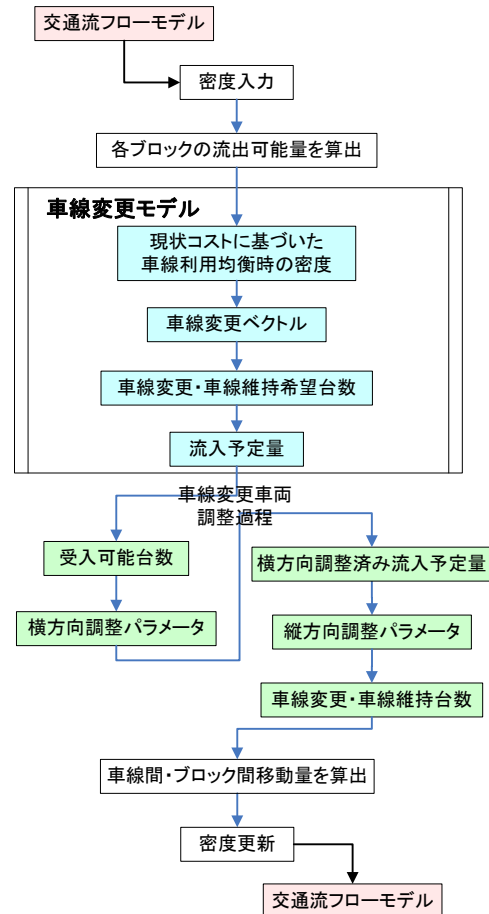


図1 多車線交通流モデルの構造

なわちある一定の交通需要が与えられた場合、均衡状態に至ることが推察される。そして、その均衡点に向かう過程が車線変更ではないかと考えることができる。本研究ではこの見解に立ち、各車線には何らかのコストが存在して、それらを踏まえた上で各ドライバーが自らのコストを改善するように車線を選択した結果、つまり車線変更をした結果、車線利用が均衡状態に収束するのではないかと考えた。すなわち、利用者が認知したコストに基づき車線選択を行った結果がこの交通密度と車線利用率の関係図として表されると考えた。また、全てのドライバーが同様にコストを認識することはないため、車線選択は確率的性質を帯びるものであると考えられる。本研究ではこのメカニズムを車線利用均衡メカニズムと命名し、各車両が車線選択の結果、車線利用率の均衡状態に至るプロセスをモデル化する。

以上の考え方の下、まずは式1により各車線のコストを、①キープレフトを破るコストと、②旅行時間増加に対するコストにより定義した。さらに、それぞれの係数を式2(第1・2車線も同形)で定義し、②の係数に関しては、旅行時間増加・混雑度増加に対する感度とした。図2の車線利用率を参考に、各パラメータを設定した際のコスト関数を図3に示す。このコスト関数を用いて、ロジット型選択確率(式3)に基づき車線変更希望台数(式4)を算出する。ここで τ は、車線変更頻度を表すパラメータである。以上の車線変更モデルを、多車線に拡張したブロック密度法に組み込み多車線交通流モデルを構築する。

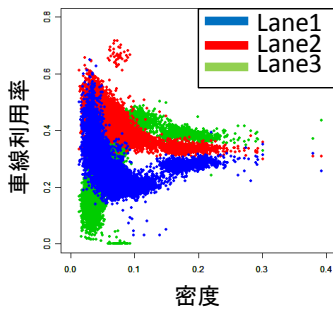


図2 観測データより算出した車線利用率

$$C_l(K_{t,i,l}) = \alpha_l(K_{t,i,l}) + \beta_l(K_{t,i,l}) \cdot \frac{1}{V_{t,i,l}} + \delta_l \quad \text{式1}$$

$$\alpha_3(K_{t,i,3}) = a_3 \cdot (Kc_{i,3} - K_{t,i,3}) \quad \text{式2}$$

$$\beta_3(K_{t,i,3}) = b_2 - b_1 \cdot (Kj_{i,3} - K_{t,i,3})$$

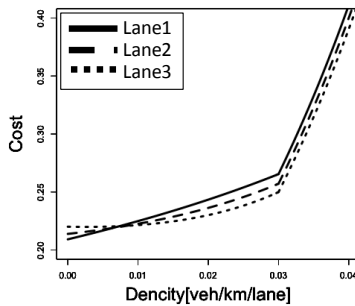


図3 観測データより算出した車線利用率

$$Y_{t,i,l'} = K_{t,i,l} \frac{\exp(-\theta \cdot C_{l'}(K_{t,i,l'}))}{\sum_l \exp(-\theta \cdot C_l(K_{t,i,l}))} \quad \text{式3}$$

$$LC_{t,i,l \rightarrow l'} = S_{t,i,l} \cdot \frac{Y_{t,i,l'}}{K_{t,i,l}} \cdot \frac{1}{\tau_{t,i,l'}} \quad \text{式4}$$

- $Y_{t,i,l'}$: スキャン t ブロック i において車線 l から見た、車線 l' の均衡状態となる密度 [vehicle/meter]
- θ : 分散パラメータ
- $LC_{t,i,l \rightarrow l'}$: スキャン t , ブロック i において車線 l から車線 l' への車線変更希望台数 [vehicle/dt]
- $S_{t,i,l}$: スキャン t , ブロック i , 車線 l からの流出予定量 [vehicle/dt]

5. 車線変更台数の調整過程

隣接車線の状況により、車線変更モデルから算出された車線変更希望車両がそのまま車線変更できるとは限らない。そのため、車線変更台数の調整が必要となる。本研究ではLaval et al.が構築した調整過程を参考に、横方向(γ)と縦方向(ω)の調整を行う(図4参照)。

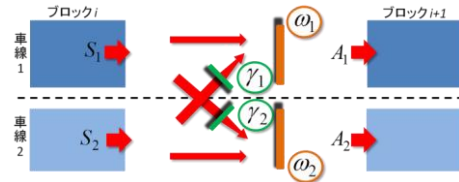


図4 車線変更台数の調整過程

6. 多車線交通流モデルの検証

最後に、構築したモデルの検証を行う。無限に続く単路部区間を疑似した仮想円形道路において3車線区間の交通流をシミュレートする。均衡に向かう過程を確認するため、密度を徐々に増加させて検証を行う。算出された車線利用率を図5に示し、車線変更台数を図6に示す。算出された車線利用が均衡している時の車線利用率は図2と酷似しているため、本モデルは実現現象に即した車線利用を表現できたことが示唆された。

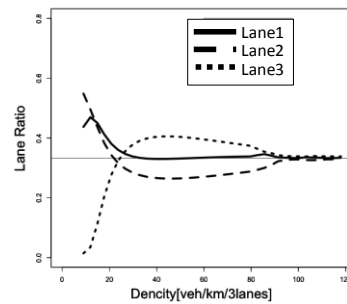


図5 3車線区間の車線利用率算出結果

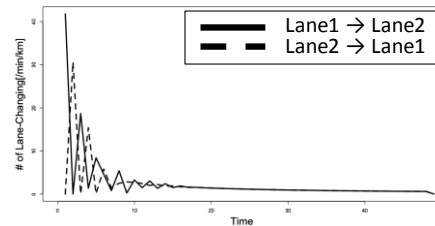


図4 車線変更台数の推移

6. おわりに

本研究では、車線変更を考慮した多車線交通流モデルを構築した。今後は、観測データをも用いてパラメータ推定を行い、より精緻な検証を行った後、新たな交通施策へと適応したい。

参考文献

- 1) Laval, J.a., Daganzo, C.F., 'Lane-changing in traffic streams', Transportation Research Part B: Methodological, Vol.40, 2006

修士論文指導教員

宇野伸宏准教授, 嶋本寛講師, 中村俊之・山崎浩気助教