

大規模信号ネットワークの2モード走行シミュレーション

山口大学大学院 学生会員 〇 壬生 裕之
山口大学工学部 正 会 員 久 井 守

1. はじめに

1台1台の車両の動きを再現する離散モデルによって大規模な信号ネットワークの交通シミュレーションを演算効率よく実行するためには、細かい挙動を簡略化することが必要となる。そのためのひとつの方法として、停止または定速走行という2つの走行モードで車両の動きを再現するモデルが考えられる。信号交差点が短い距離間隔で分布しているような一般街路網では、追従走行や $q-k$ 関係を考慮する意義は相対的に小さくなるからである。このような単純なモデルでも、信号制御などの交通運用方策の効果や、道路整備の効果などを広域ネットワークの観点から検討するのに活用できるものと期待される。大規模ネットワークではなく、逆に小規模ネットワークでも、信号交差点で次々と変形を受けながら移動する車群のパターンを考慮してオフセットを検討したり概略設計したりするには有用なモデルとなるであろう。

本研究では、すでに開発済みの2モード走行モデルについて^{1),2)}、加減速追従モデルおよび流体モデルなどと比較しその特徴と長所欠点などについて整理し考察する。

2. 2モード走行モデル

2モード走行モデルはFig. 1に示すように、信号交差点付近の減速や加速を考慮せず、一定の速度 v_f で定速走行するかまたは停止のいずれかで車両の走行状態を表現するモデルである。physical queueを再現し、したがって先詰まりを扱うことができる。停止時の車頭距離 d_j 、飽和交通流率 s および発進波の伝播速度 v_s は外生的に与える。飽和流の車頭時間 t_s は飽和交通流率の逆数として求める。また発進時間間隔 t_s' は外生的に与えたこれらの値から求めることができる。

このようにして飽和交通流率および発進波の伝播速度は確定し、交差点の容量と待ち行列を確実に管理することができる。ただし青時間は発進遅れを除いた有効青時間とする必要がある。

3. イベントスキャニングとの比較

演算効率から考えると、交差点への到着と発進という2つの現象をイベントと考えてイベントスキャニング方式のシミュレーションとすることも考えられるが、physical queueを再現するアルゴリズムが複雑になり、特に過飽和時の右左折交通とそれに起因する渋滞や先詰まり現象の再現が面倒になることが予想される。したがって定速走行であってもスキャニングタイムごとに車両を動かす方がアルゴリズムは単純であり、また例えばリアルタイム信号制御の検討への応用などの発展も考えられる。

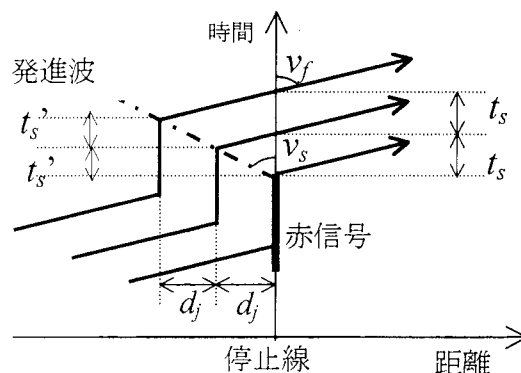


Fig. 1 2モード走行モデル

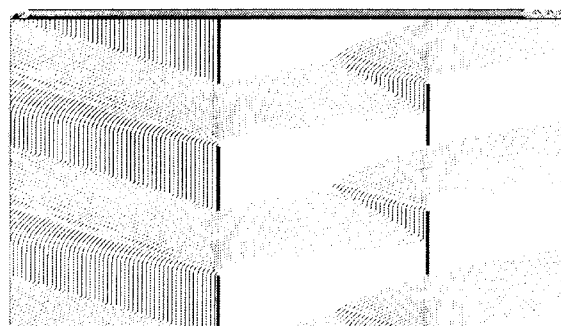


Fig. 2 加減速追従モデル

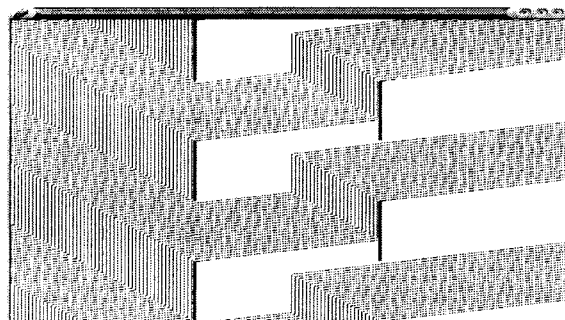


Fig. 3 2モード走行モデル

4. 加減速追従モデルとの比較

Fig. 2 に加減速追従モデルによる走行軌跡の例を示し、また Fig. 3 に 2 モード走行モデルによる走行軌跡の例を示す。先頭車の赤信号による減速停止や青信号による発進加速、後続車の追従挙動、その他運転者の挙動や反応時間などを詳細に再現する加減速追従シミュレーションと比較すると、2 モード走行シミュレーションではパラメータの調整にあまり手間がかからない。遅れ時間の定義も明確である。非飽和時では信号による車群の分断や結合を考慮することができ、過飽和時では待ち行列の延伸や解消を考慮することができる。ただし速度分布に起因する車群の拡散は考慮しないので、TRANSYT 交通流モデルでいえば拡散のない場合に対応する。したがって停止車列の形成が実際よりも効率的に行われてしまうという可能性はある。大規模ネットワークへの適用を目指す、スキャニングサイクルは 1 秒程度にはする必要があるので、適用規模としては一定の限界は避けられない。

5. 流体モデルとの比較

道路をセグメントに区切って、そのセグメント間の移動量をスキャニングサイクルごとに求め、その結果から各セグメントの交通密度の時間変化を再現するのが流体モデルである³⁾。この流体モデルでは、 q - k 関係を仮定する必要がある。しかし一般街路を対象とした場合、特に交差点付近の交通現象を表現するための q - k 関係の設定がひとつの課題である。いま Fig. 4 のように三角型の q - k 関係を仮定し、これに基づいて交差点付近の密度分布を再現した例を示すと Fig. 5 のようになる。この図は青開始 20 秒後の密度分布を示している。横軸は距離であり、停止線は 0 m の位置にある。発進波より下流では交通密度は臨界密度となり一定となっている。すなわち定速走行になっているという点では 2 モード走行に一致する。ただしこの臨界密度に対応する交通量が飽和交通流率に一致すれば都合はよいが、自由速度の値によっては飽和交通流率よりも大きくなる。停止線における交通流率に上限を設定した場合、または台形の q - k 関係を仮定した場合には、いずれも Fig. 6 のように停止線で交通密度は不連続に変化するという結果となり、きわめて不自然である。自由速度 v_f が 40 km/時、発進波の伝播速度 v_s が 20 km/時、飽和密度 k_j が 150 台/km、飽和交通流率 s が 2000 台/青時の場合には、2 モード走行モデルと三角型の q - k 関係を仮定した流体モデルは完全に一致する。

6. 適用例

宇部市の中心部を含む東西約 10 km × 南北約 10 km のエリアを想定し、約 25000 台/3 時間の OD 交通量を流すのに 2 GHz のパソコンで約 3 分の計算時間を要した。ここで、セントロイド 36、一般ノード 51、リンク数約 250 である。経路選択は時間最短と距離最短を混在させた。東西 17 km × 南北 14 km 程度のエリアを対象とし、セントロイドを含め約 200 ノード、リンク数は約 600、OD 交通量は約 60 万台/日程度の規模であれば実時間の 1/10 で実行できるという見通しも得ている。

参考文献

- 1) 岩永,久井: 道路網の観点からみた混雑時の系統信号のオフセット制御, 土木計画学研究・講演集 24, 2001
- 2) 岩永,久井: 第 21 回交通工学研究発表会論文報告集, pp.281-284, 2001
- 3) 井上博司: 土木学会論文集, No.569/IV-36, pp.85-94, 1997

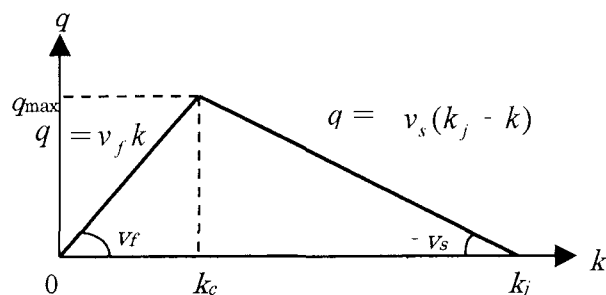


Fig. 4 三角型 q - k

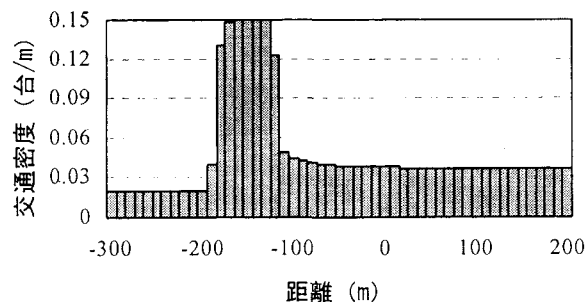


Fig. 5 交通密度分布

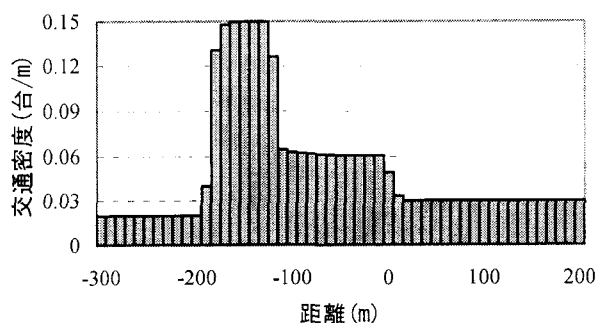


Fig. 6 交通量制限のある場合の密度分布