

複数車線道路における群知能を応用した車線利用率の平準化に関する基礎検討

Basic study of lane utilization rate leveling by applying swarm intelligence on multi-lane roads

○野本直弥¹, 星野貴弘²Naoya Nomoto¹, Takahiro Hoshino²

Abstract: Sag area on multi-lane highways causes traffic congestion since vehicles tend to concentrate on the overtaking lane. It is important to use each lane evenly to solve this problem. In previous studies, swarm intelligence has used to route the detour model, improving travel time. In this study, we examine whether vehicles can be properly distributed as lane selection methods using swarm intelligence and compare with existing traffic flow models.

1. まえがき

複数車線高速道路では走行車線の車両が車線変更を行い、追越車線に交通の偏りが生まれ渋滞が発生することがある。現在、追越車線への車線変更を抑制し、車線利用率を平準化させることで渋滞緩和に繋がることが判明している。

先行研究では迂回路のある交通システムにおいて群知能を用いた経路選択方法を検討した。その結果、各経路で動的に車両を分配することにより旅行時間の改善に繋がった。そこで、本研究では群知能を用いて車両が利用率の低い車線を選択することで流率の改善は可能か検討する。本稿では既存の複数車線道路の交通流モデルと本モデルの比較することで車線選択方法により渋滞改善効果について定量的に評価する。

2. 群知能

本研究では群知能の一例である蟻の採餌行動をモデル化した Ant-trail-model^[1]を車線変更ルールに組み込む。そのため本章では群知能について説明する。自然界でコロニーに属する動物が大量に集まり各動物は単純な能力のみを行使する。この動物達の相互作用で全体で一つの高度な振る舞いを見せることを群知能という。

蟻は採餌行動の際の最短経路探索に群知能を用いる。蟻はフェロモンと呼ばれる芳香性の物質を地表に分泌する。この芳香性フェロモンは揮発性であるため時間経過とともに揮発していく。蟻は餌と巣の間の経路が複数に分岐している場合、はじめは均等に各経路に分かれ、それぞれの経路に進む。分岐後の経路の長さには差がある場合、短い経路の方がフェロモン濃度は濃くなる。また、蟻はこのフェロモン濃度を読み取ることが可能である。後続の蟻は分岐点に到達した際、フェロモン濃度の濃い経路を選択しやすい。そのため一定時間経過後は、すべての蟻は、最短経路を選択するこ

ととなる。

3. 交通流モデル

本研究では二車線自動車専用道路とする。本研究では提案モデルとの比較対象の交通流モデルとして確率速度モデル(Stochastic Velocity Model:SVM)^[2]を用いる。

本研究において過去使用していた速度の決定式は渋滞流において一部、現実的な車両挙動と乖離が見られた。そこで新たな速度決定式として追従モデルの一つである拡張 Bexelius モデル^[3]を使用する。

(3・1) 確率速度モデル(SVM) SVM とはセルオートマトンを用いた交通流モデルの1つであり、自身の近傍に位置する車両により各ローカルルールを決定するモデルであり、SVMは前方車両の車間距離により車両の行動を決定する。そこで現在速度において必要な最低限の車間距離とし安全車間距離 G_s を定義する。

$$G_s = \begin{cases} \max(G_s^0, G_s^{\min}); v \neq 0 \\ 0; v = 0 \end{cases} \quad (1)$$

$$G_s^0 = 0.15 \times v + 0.0097 \times v^2 \quad (2)$$

ただし車間距離の最小値は運転者の個性や自動車特性に依存するため最小値として G_s^{\min} を定義する。

SVMはFig.1(a)に示すフローチャートに沿って車線変更を行う。ただし、 G_0 :前方車両との車間距離、 G_1 :隣の車線の前方車両との車間距離、 G_2 :隣の車線の後方車両との車間距離とする。

(3・2) 拡張 Bexelius モデル 追従モデルとは自車両と前方車両との速度差により次時点の加速度を決定するモデルである。拡張 Bexelius モデルは(3)式のように表される。

$$\dot{x}_n(t + \tau) = \sum_{i=1}^3 k_i \{ \dot{x}_{n-i}(t) - \dot{x}_n(t) \} \quad (3)$$

拡張 Bexelius モデルは基本的な追従モデルの式に、遅

1 : 日大理工・院[前]・電気 2 : 日大理工・教員・電気

れ時間 τ を追加し、加速度決定に用いる速度差として、使用する車両を前方3台までの車両に拡張したモデルである。ただし、 k_i :反応感度とする。

(3.3) 提案モデル 本研究において対象とする、システム内の車両は、二章で説明したフェロモン情報による通信が可能であると仮定する。この情報に基づき両車線のフェロモンを均一化することにより、二車線道路の車線利用率の均一化をする。

提案モデルの車線変更ルールのフローチャートをFig.1(b)に示す。本研究では両車線の利用率を均一化するため、車線変更ルールに新たにフェロモン濃度の比較を加える。Ant-trail-modelでは f を単位時間後のフェロモンの揮発確率とし、単位時間後のフェロモン残留率を $(1-f)$ で表わされる。したがって車両が通過してから $t[\Delta t]$ 経過後のフェロモンの残留率は $(1-f)^t$ で表現できる。提案モデルでは自車線のフェロモン残留率 $(1-f)^{t_1}$ と他車線のフェロモン残留率 $(1-f)^{t_2}$ とすれば、相対残留率 P_f は下式のように表される。

$$P_f = \frac{(1-f)^{t_1}}{(1-f)^{t_1} + (1-f)^{t_2}} \quad (4)$$

P_f が0から1の一様乱数 p より大きい場合に車線変更を行う。ただし車両が(5)式に従い、車線変更する場合、フェロモンの状態により、頻りに車線変更を行ってしまう場合がある。そこで、車線変更の条件に(5)式の閾値 P_{lim} を定めることで頻りに車線変更することを防止する。

$$P_{lim} < P_f \quad (5)$$

4. シミュレーション

ここでは提案モデル、SVMをそれぞれ比較し、車線変更方法による効果についての検討を行う。シミュレーションは道路の終端を定めない開境界条件で行う。道路起点から1500mまでに車両を n 台ランダムに配置する。その際初期速度は $0 \sim v_{max}$ 間の一様乱数により決定する。また1500m地点の両車線に先頭車両を配置し、速度は常に v_{max} とする。その他の条件としてシミュレ

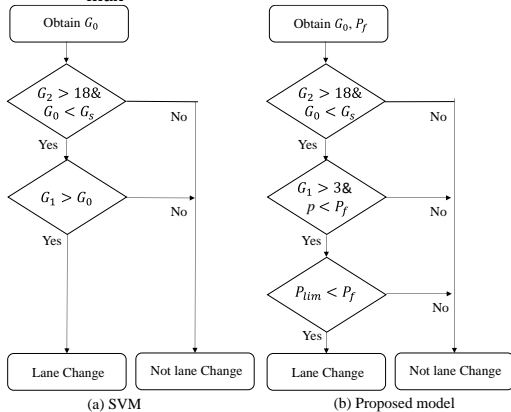


Fig. 1 Flow Chart of lane change

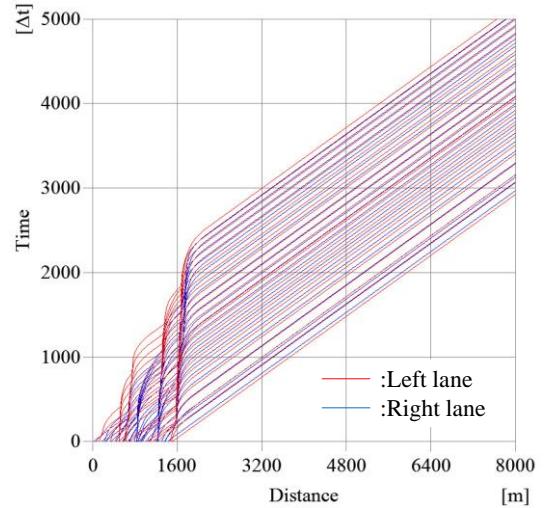


Fig. 2 Space-time map

Table 1 Steady-state gap

	Average[m]	Standard deviation[m]
Proposed model	171.092	70.124
SVM	142.321	77.037

ーション時間は $5000 \Delta t, f = 0.001, v_{max} = 80 \text{ km/h}, G_s^{\min} = 6 \text{ m}, P_{lim} = 0.5, k_1 = 0.15, k_2 = 0.10, k_3 = 0.06, \tau = 1.0$ とする。

Fig.2 は $n = 50$ の提案モデルにおける時空間図である。先頭車両は常に v_{max} で移動するため後方の車両は定常状態では速度 v_{max} で定速走行することになる。定常状態での全車両の車間距離の平均値及び標準偏差をTable1に示す。標準偏差を見るとSVMに比べばらつきが少ないことがわかる。したがって各車線で均等に車両を配置できていることがわかる。しかし v_{max} での安全車間距離 G_s は74mであるのに対し、必要以上に車間距離を保っている状態になっている。

5. まとめ

本稿では複数車線での車線変更法の検討を行った。その結果定常状態で各車両が均等な車両配置を行えていることが分かった。課題として車間距離を大きくとりすぎているため速度に対して適切な車間距離を保てるよう改善し、利用率を向上させたい。

参考文献

- [1] Debashish C, "A cellular automata model of flow in ant trails: non-monotonic variation of speed with density", J.Phys: A Math, Vol 35, No.41 (2002)
- [2] 脇田佑希子:「セルオートマトン法による道路合流部交通流シミュレーション」計算数理工学論文集 Vol9, No15, (2009)
- [2] S. Bexelius. An extended model for car-following. Transportation Research, Vol. 2, pp. 13–21, 1968.