

## 複数車線における群知能を応用した渋滞回避システムの基礎検討

### Basic Study on Avoiding Traffic Congestion by Applying Swarm Intelligence in Multiple Lanes

○野本直弥<sup>1</sup>, 星野貴弘<sup>2</sup>\*Naoya Nomoto<sup>1</sup>, Takahiro Hoshino<sup>2</sup>

Abstract: Sag area on multi-lane highways cause a 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 the existing traffic flow model. At the same time, effects of lane selection methods are discussed by comparing with the models in which vehicles are evenly arranged in each lane and do not change lanes.

#### 1. はじめに

多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させ、車線利用率の平準化させることで渋滞緩和につながる事が判明している<sup>[1]</sup>。

先行研究<sup>[2]</sup>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により混雑の少ない車線を選択させることで流率の改善は可能か検討する。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。また同時に初期配置で各車線に均等に車両を配置し、車線変更を行わないモデルと比較し、車線変更自体が及ぼす影響についても検討する。

#### 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<sup>[3]</sup>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。

**<2.1>群知能** 自然界には権限を分化し自己組織化されたシステムが存在する。コロニーに属する動物は必要最低限の単純な能力を行使する。この動物が大量に集まり相互作用を生み全体で一つの高度な振る舞いを見せる。これを群知能という。

**<2.2>蟻の採餌行動** 蟻は群知能を用いて採餌行動の際に最短経路を生成することが知られている。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。対象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し、両車線のフェロモンを均一化することにより、車線の利用率の均一化を図るモデルを提案する。提案モデルの車線変更を除くルールは比較モデルとして用いる確率速度モデル(Stochastic Velocity Model:SVM)<sup>[4]</sup>と同一のものとする。

**<3.1>確率速度モデル** 本研究では比較対象の交通流モデルとして確率速度モデルを用いる。SVMとはセルオートマトンを用いた交通モデルの1つであり、自車の速度と最大速度より確率 $P$ を(1)式より設定し、 $P$ により車両の移動を表現するモデルである。

$$P = \frac{v}{v_{\max}} \quad (1)$$

SVMは車両の行動を決定するために車両の直進・車線変更を決定する基本行動ローカルルールと車両の速度を制御するための速度ローカルルールからなる。これらのローカルルールは車両と前方車両の車間距離により決定するため、安全車間距離 $G_s$ を定義する。SVMでは安全車間距離とは現在速度において安全が保たれる最低限の車間距離とし、次の式で決定される。

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

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。そこで最小値を $G_s^{\min}$ として定義する。ただし、車両の停車時は $G_s^{\min}$ よりはるかに小さいため $v = 0$ のとき $G_s = 0[\text{m}]$ とする。以上より $G_s$ は次の式で定義する。

1 : 日大理工・院[前]・電気 2 : 日大理工・教員・電気

$$G_s = \begin{cases} \max(G_s^0, G_s^{\min}); v \neq 0 \\ 0; v = 0 \end{cases} \quad (3)$$

基本行動ローカルルールは直進ローカルルールと車線変更ローカルルールの2つがある。直進ローカルルールは(1)式で決定した確率 $P$ に従い、1[cell]の移動を決定する。その後、車線変更ローカルルールに進む。

車線変更ローカルルールでは 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。

基本行動ローカルルール後、速度ローカルルールにより速度の加減速を行う。速度ローカルルールでは前方車両との車間距離 $G$ と $G_s$ に応じて速度 $v$ を(4)のように更新する。ただし $\alpha$ は単位時間中の加速度とする。

$$\begin{cases} v \leftarrow v - \alpha : (G < G_s) \\ v \leftarrow v + \alpha : (G > G_s) \end{cases} \quad (4)$$

**<4.2>提案モデル** 本研究では両車線の利用率の均一化をするため新たにフェロモン残留率の比較を車線変更ルールに加える。Ant-trail-model では単位時間のフェロモン残留率を $(1-f)$ で表現している。ただし $f$ :単位時間後のフェロモンの揮発確率とする。したがって $t[\Delta t]$ 経過した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 $(1-f)^{t_1}$ と隣の車線のフェロモン残留率 $(1-f)^{t_2}$ の相対残留率 $P_f$ から車線を決定する。 $P_f$ は(5)式で定義される。

$$P_f = \frac{(1-f)^{t_1}}{(1-f)^{t_1} + (1-f)^{t_2}} \quad (5)$$

このとき $p < P_f$ のとき車線の変更を行うものとする。 $p$ は0~1の一様乱数とする。Fig.1(b)に本研究で提案する車線変更ルールのフローチャートを示す。

#### 4. シミュレーション

**<4.1>シミュレーション条件** ここでは提案モデル、SVM、車線変更を行わないモデル（非車線変更モデル）とそれぞれ比較し、車線変更方法の検討を行う。

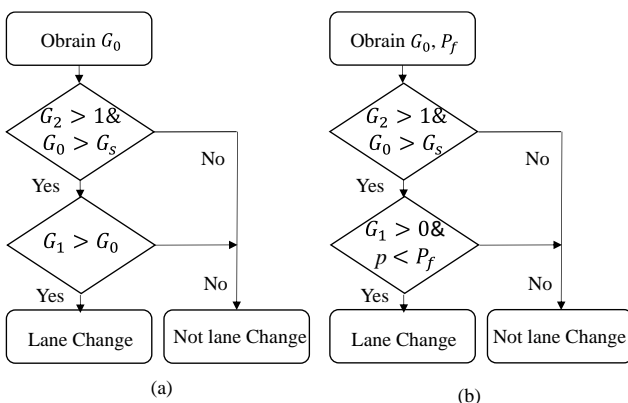


Fig.1 Flow Chart

非車線変更モデルは車両の移動は確率速度モデルに従うが車線変更ローカルルールは行わないモデルとし、初期配置は両車線の車両台数が等しくなるという条件のもとランダムに配置する。他二つのモデルに関しては車両の配置はランダム配置とする。道路長 1000[cell]の二車線直線道路とする。その他の条件としてシミュレーション時間 $3.6 \times 10^4[\Delta t]$ ,  $f = 0.001$ ,  $\alpha = 0.7[m/s^2]$ ,  $v_{\max} = 80[km/h]$ ,  $G_s^{\min} = 6[m]$ とする。

**<4.2>シミュレーション結果** Fig.2 に各密度における流率の変化のシミュレーション結果を示す。提案モデルは SVM に比べて臨界密度が増加している。SVM は各車両が快適に走行することを目的に車線変更を行う。そのため車線変更により後続車との車間距離が詰まり、局所的に車両が集中する場合がある。提案モデルの場合はフェロモンにより車線利用の均一化を図っているため SVM に比べ局所的な渋滞が少なく、高い密度において流率の改善が可能になったと考えられる。非車線変更モデルでは他二つに比べ大きく流率が低下した。本研究では各車線における車両台数の均一化を目的としているが、車両台数の均一化だけでなく車線変更も流率改善の要因になっていると考えられる。

#### 5. まとめと今後の課題

本研究では二車線道路において群知能を用いた場合の流率の比較を行なった。提案モデルでは SVM に比べ高い密度において流率が良くなった。今後は走行車線と追越車線で区別しさらなる検討を行う。

#### 参考文献

- [1]原田修一:「高速道路での車線利用率平準化による渋滞対策に関する研究」土木計画学研究・論文集, Vol.26, No.5, pp.881~888(2009)
- [2] 野本直弥:「群知能を応用した渋滞回避システム」, 日本大学理工学部電気工学科, 令和元年度卒業論文(2020)
- [3] Debashish C, "A cellular automata model of flow in ant trails :non-monotonic variation of speed with density", 2002
- [4]玉城龍洋:「確率速度モデルと CA 法による交通シミュレーション」情報処理学会論文誌, Vol.45, No.3, pp.858~868(2004)

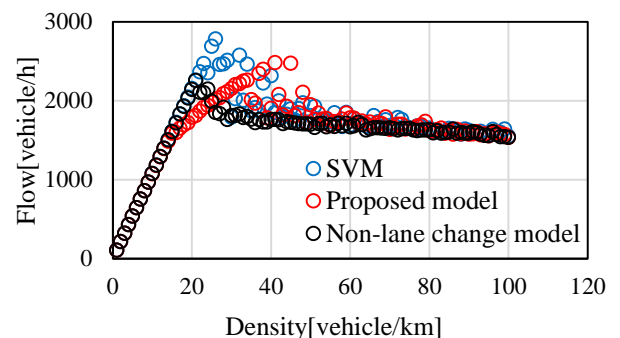


Fig.2 Comparison of flow rate