多追従モデルを用いた道路合流部における渋滞の緩和*

井口 智彦^{*1}, 脇田 佑希子^{*1}, 清水 光輝^{*1}
玉城 龍洋^{*2}, 北 栄輔^{*3}Improvement of Traffic Jam at Merging Point of Roads
by Using Multi-Car-Following ModelTomohiko IGUCHI, Yukiko WAKITA, Hikaru SHIMIZU,
Tatsuhiko TAMAKI and Eisuke KITA^{*4}^{*4} Graduate School of Information Science, Nagoya University,
1 Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya-shi, Aichi, 464-8601 Japan

The improvement of traffic jam at a merging point of roads by using multi-car-following model is described in this paper. In this study, the stability of the model is analyzed for determining model parameters for improving traffic jam. Cellular automata (CA) simulation based on the model is applied for simulating the traffic flow near merging point of roads. The results are compared with them by the simple car-following model. The result shows that the use of multi-car-following model improves traffic jam near the merging point of roads.

Key Words: Car-Following Model, Bexelius Model, Cellular Automata (CA), Merging Road Point

1. 緒 論

日本の自動車保有台数は年々増加しており、交通渋滞は悪化の一途を辿っている。交通渋滞は一般的に工事・事故などによる渋滞と自然渋滞に区分される。自然渋滞とは、道路あたりの自動車台数が増加して起こる渋滞や、トンネルやサグ等の道路形状によって起こる渋滞のことである。自然渋滞の一つに、道路合流部で観測される渋滞がある。合流部では、合流車線から車両が合流する事によって渋滞が引き起こされる。この問題を解決するための研究はいくつか行われている。西らは、合流区間の一部に区画線を引いて、本線走行車両と合流レーン走行車両を交互に配置させることでジッパー合流を実現し、渋滞緩和できると述べている⁽¹⁾。しかし、合流時に車間距離が急激に狭くなって、合流部直前の車両は速度を落とすため、車間距離が十分広くなければ、ジッパー合流でも渋滞を防ぐことは容易でないと想像される。

本研究では、本線車両を運転する運転者が自車両の速度加減速を適切に行うことで、合流車両によって生じる渋滞を緩和することを考える。車両合流時に合流車両からもっとも強く影響を受けるのは、合流車両の

直後を走る本線車両である。合流された車両より後方の本線車両には、前の車両の減速挙動が時間差をおいて順次伝わっていく。この反応遅れが渋滞の一因と考えられる。本研究では前方車両1台だけでなく、複数の前方車両に応じて速度を制御することを考える。なお、前方車両1台だけに速度制御するモデルを追従モデル、複数の前方車両に応じて速度制御するモデルを多追従モデルとする。

車両の運転において、複数の前方車両を考慮することの有効性は経験的にも指摘されているが、直前車両が大型車両の場合、それより前の車両挙動を正確に把握することは難しい。しかし、近年発達している高度道路交通システム(ITS)の技術を用いれば、複数の前方車両の位置を把握することは可能である。本研究で述べる追従モデルの場合が前者に、多追従モデルの場合が後者に相当する。

交通流の研究の中で、追従モデルはもっとも長い歴史を持つ交通流モデルの一つである⁽²⁾⁽³⁾。追従モデルでは、前方車両に回答して自車両の速度を決定する。その一つに、前方車両との相対速度に応じて加減速するBexeliusモデル⁽⁴⁾がある。本研究では、Bexeliusモデルを改良して、3台の前方車両に応じて速度制御するモデルを拡張Bexeliusモデルとして示す。このモデルを適用することでスムーズな速度遷移を行うことができ、合流部における渋滞緩和が実現できることを示す。

合流車両の影響は、連続して合流してくる車両の台

* 原稿受付 2009年3月23日。

^{*1} 名古屋大学大学院情報科学研究科(〒464-8601 名古屋市千種区不老町1)。^{*2} 宇部工業高等専門学校経営情報学科(〒755-8555 宇部市常盤台2-14-1)。^{*3} 正員, 名古屋大学大学院情報科学研究科。

E-mail: kita@is.nagoya-u.ac.jp

数と合流パターンによって異なる。そこで、解析例では、1 台の車両が合流する場合、2 台の車両が連続して合流する場合、3 台の車両が連続して合流する場合に加え、ジッパー合流する場合の 4 つのパターンを扱う。ジッパー合流の最小パターンは 2 台が本線車両の間に合流する場合なので、これをシミュレーションするために 3 台の前方車両を考慮する多追従モデルを扱う。

本論文の構成は以下の通りである。2 章では、追従モデルと拡張 Bexelius モデルを示し、これらモデルの安定性解析からパラメータを設計する。3 章では、セルオートマトン (CA) によるシミュレーションについて説明する。4 章では、4 種類の車両合流パターンを考え、それぞれの交通流の挙動を解析する。最後に、5 章で本研究の結論を述べる。

2. 車両追従モデル

2.1 Bexelius モデル 追従モデルの基本的な考え方は、「加速度は、先行車からの刺激と、それに対する運転者の反応感度によって決まる。」といえる。この考えに基づき、遅れ時間を考慮したモデルの一つが次式である⁽⁵⁾。

$$\ddot{x}_n(t+\tau) = k \cdot \{\dot{x}_{n-1}(t) - \dot{x}_n(t)\} \quad (1)$$

ここで、時間 t での車両 n の位置を $x_n(t)$ と示す。従って、 $\dot{x}_n(t)$ は車両 n の加速度を表す。 τ は遅れ時間、 k は前方車両との感受率である。

このモデルの他にも、さまざまなモデルが提案されている⁽²⁾。このうち、Bexelius は、以下のモデルを提案している⁽⁴⁾。

$$\begin{aligned} \ddot{x}_n(t+\tau) = & k_1 \cdot \{\dot{x}_{n-1}(t) - \dot{x}_n(t)\} \\ & + k_2 \cdot \{\dot{x}_{n-2}(t) - \dot{x}_n(t)\} \end{aligned} \quad (2)$$

この場合、2 台の前方車両との相対速度 $\dot{x}_{n-i}(t) - \dot{x}_n(t)$ ($i=1,2$) に応じて加速度が変化するようにモデル化されている。 i は前方車両との番号差を表し、 k_i は各前方車両との感受率である。

2.2 拡張 Bexelius モデル 本研究では、3 台の前方車両との相対速度に応じて加速度が変化するモデルを考え、拡張 Bexelius モデルとよぶことにする。

多数の車両が連なって走行するとき、先頭車両の前に車両が合流すると、その影響は徐々に後方車両に伝わる。影響が早く収束するほど交通渋滞の影響は少なく、安定性が高いといえる。以下では、これを実現する拡張 Bexelius モデルのパラメータを設計する。

2.2.1 安定性解析 拡張 Bexelius モデルは次式で表される。

$$\begin{aligned} \ddot{x}_n(t+\tau) = & k_1 \cdot \{\dot{x}_{n-1}(t) - \dot{x}_n(t)\} \\ & + k_2 \cdot \{\dot{x}_{n-2}(t) - \dot{x}_n(t)\} \\ & + k_3 \cdot \{\dot{x}_{n-3}(t) - \dot{x}_n(t)\} \end{aligned} \quad (3)$$

式 (3) において平衡状態 $x = x_0$ を考え、その辺りの微小なズレ $\bar{x}_n$ について考える。

$$x_n = x_0 + \bar{x}_n \quad (4)$$

式 (4) を式 (3) へ代入すると、

$$\begin{aligned} \ddot{\bar{x}}_n(t+\tau) = & k_1 \cdot \{\dot{\bar{x}}_{n-1}(t) - \dot{\bar{x}}_n(t)\} \\ & + k_2 \cdot \{\dot{\bar{x}}_{n-2}(t) - \dot{\bar{x}}_n(t)\} \\ & + k_3 \cdot \{\dot{\bar{x}}_{n-3}(t) - \dot{\bar{x}}_n(t)\} \end{aligned} \quad (5)$$

となる。式 (5) の解として次式が考えられる。

$$\ddot{\bar{x}}_n(t) = A_n \cdot e^{j \cdot w \cdot t} \quad (6)$$

ここで、 j は虚数単位、 w は振動数である。

モデルの安定条件のためには、全ての w において、 $n \rightarrow \infty$ の時、 $A_n \rightarrow 0$ になる必要がある。式 (6) を式 (5) へ代入すると次式を得る。

$$A_n = \frac{k_1 \cdot A_{n-1} + k_2 \cdot A_{n-2} + k_3 \cdot A_{n-3}}{k_1 + k_2 + k_3 + j \cdot w \cdot e^{j \cdot w \cdot \tau}} \quad (7)$$

式 (7) は次式のように書き直すことができる。

$$A_n = \frac{C_1}{z_1^n} + \frac{C_2}{z_2^n} + \frac{C_3}{z_3^n} \quad (8)$$

ここで、 C_1, C_2, C_3 は式 (7) を整理して生じる定数係数である。また、 z_1, z_2, z_3 は特性方程式

$$1 = \frac{k_1 \cdot z + k_2 \cdot z^2 + k_3 \cdot z^3}{k_1 + k_2 + k_3 + j \cdot w \cdot e^{j \cdot w \cdot \tau}} \quad (9)$$

の解である。

式 (8) より、 $n \rightarrow \infty$ の時、 $A_n \rightarrow 0$ を満たすためには、全ての w において、 $|z_i| > 1$ ($i=1,2,3$) でなければならない。

そこで、式 (9) の解 z_i が、 $|z_i| > 1$ を満たすようにパラメータ k_1, k_2, k_3, τ を定める。

計算の簡略化のため、一次までのテイラー展開により次式のように近似する。

$$e^{j \cdot w \cdot \tau} \approx 1 + j \cdot w \cdot \tau \quad (10)$$

Fig. 1 Graph of Function $|z_1|$

2.2.2 パラメータ設計 式(3)において, k_1, k_2, k_3 は各前方車両に対する感受率を表す. 感受率とは, 先行車に対する反応の強さを表す正の定数である. 従って, 1台前方車両への感受率 k_1 は2台前方車両への感受率 k_2 よりも大きいと考えられる. そこで, k_1, k_2, k_3 に関して, 以下の条件をおく.

$$k_1 \geq k_2 \geq k_3 \quad (11)$$

上式を満たすように k_1, k_2, k_3, τ を以下の値におく.

$$k_1 = 0.15, k_2 = 0.10, k_3 = 0.06, \tau = 1.0 \quad (12)$$

これらのパラメータを式(9)に代入し, z_1, z_2, z_3 を w の関数とする. これらのうちで絶対値が最小となる $|z_1|$ のグラフを図1に示す. 縦軸は $|z_1|$, 横軸は w である. これよりパラメータが式(12)の値をとるとき, 全ての w で $|z_1| > 1$ を満たしていることが分かる. ここでは示していないが, $|z_2|$ と $|z_3|$ も同様である. 従って, k_1, k_2, k_3, τ が上記の値を取る時, 拡張 Bexelius モデルは安定であるといえる.

2.3 追従モデルのパラメータ 拡張 Bexelius モデルとの比較のために, 式(1)の追従モデルを用いる. 式(1)の安定性解析を2.2節と同様に行うと, 次の条件式を得る.

$$k < \frac{1}{2\tau} \quad (13)$$

ここで, 遅れ時間 τ を拡張 Bexelius モデルと同じ $\tau = 1.0$ (秒) とすると, k の条件式は次式となる.

$$k < 0.5 \quad (14)$$

このモデルの k は拡張 Bexelius モデルにおける k_1, k_2, k_3 の和と等しく置くことにする. つまり,

$$k := k_1 + k_2 + k_3 = 0.31 \quad (15)$$

Fig. 2 Cell-Representation of Road

Fig. 3 Simulation Process

3. CAによるモデル化

3.1 道路のモデル化とシミュレーションの流れ 本研究では自動車専用道路を考え, セルオートマトンでシミュレーションする.

3.1.1 解析領域 解析領域は正方形セルの集合として表現する. 1セルのサイズは縦3(m), 横3(m)である. 1台の車両は2セルで表現するので, サイズは縦3(m), 横6(m)となる. 道路と車両の例を図2に示す. 車両は解析領域の左端から設定された確率で流入する.

3.1.2 シミュレーションの流れ 図3にシミュレーションの流れを示す. 最初にタイムステップ t に1が代入され, 初期化される. ここで, 1タイムステップは実時間では0.1秒である. このタイムステップ t がシミュレーション実行時間 T になるまで, 車両の配置, 車間距離の測定, 行動ローカルルールの適用, 速度ローカルルールの適用, 移動ローカルルールの適用を繰り返す. なお, 解析例では $T = 200$ タイムステップとしている.

3.2 ローカルルール

3.2.1 車間距離と安全車間距離 車両が左車線を走行する場合を図4(a)に, 車両が右車線を走行する場合を図4(b)に示す. 黒い車両が自車両を, 灰色の車

Fig. 4 Definition of Vehicle Distance

Fig. 5 Behavior Local Rule

両が他車両を示す。

車両が左車線を走行しているとき(図4(a)), 前方車両との車間距離 G , 右車線の前方車両との車間距離 G_r , 右車線の後方車両との車間距離 G_{rb} を計測する。車両が右車線を走行しているとき(図4(b)) も同様であり, 前方車両との車間距離 G , 左車線の前方車両との車間距離 G_l , 左車線の後方車両との車間距離 G_{lb} を計測する。これらの値は, 後述するローカルルールにおいて車両行動の決定に用いる。

本研究では, 車両は前走車に対して一定の安全な車間距離を保ちながら走行すると考える。この車間距離を安全車間距離 G_s と名付ける。各車両は前走車との車間距離が G_s より大きければ加速し, 小さければ減速する。本研究では, 実測データから測定された次式の安全車間距離 G_s を採用する⁽⁶⁾。

$$G_s = 0.0029 \cdot v^2 + 0.3049 \cdot v \quad (16)$$

ここで, v は車両速度を示す。

3.2.2 行動ローカルルール 行動ローカルルールでは, 車両がどの近傍セルに移動するかを決定する。そのフローチャートを図5に示す。

Fig. 6 Right-Lane Change Local Rule

Fig. 7 Velocity Local Rule

最初に自車両の存在車線を確認する。自車両が左車線に存在する場合は, 直進か右車線への車線変更の2種類の行動パターンが考えられる。前方車両との車間距離 G が安全車間距離 G_s より小さく, かつ, G が右前方車間距離 G_r よりも小さい場合, 右車線変更ローカルルールを適用する。

自車両が右車線に存在する場合も同様である。 G が G_s より小さく, かつ, G が左前方車間距離 G_l よりも小さい場合, 左車線変更ローカルルールを適用する。

3.2.3 車線変更ローカルルール 車線変更には右車線変更と左車線変更の2種類があるが, 左右が入れ替わるだけなので図6で右車線変更ローカルルールについて説明する。

車両が左車線を走行していて右に車線変更する場合, G_{rb} が6セル(18m)以上であり, かつ, G_r が1セル以上であれば, 右前セルを移動先セルとし, そうでなければ自車両の前方セルを移動先セルとする。

3.2.4 速度ローカルルール 速度ローカルルールでは, 前方車両が十分離れている場合は最大値で加速し, そうでない場合, 2節で述べたモデルに従い, 速度を変更する。そのフローチャートを図7に示す。

本研究では, 前方車両が200セル(600m)以上はなれているときに十分離れたと判断し, 最大加速度 $2.4(\text{m/sec}^2)$ で加速する。最大加速度の値は実測データ

Fig. 8 Movement Local Rule

Fig. 9 Merging Point

を考慮して定められた値である⁽⁶⁾。前方 200 セル以内に車両が存在する場合、2 節で述べたモデルに従って速度を変更する。追従モデルの場合は式 (1) によって、拡張 Bexelius モデルの場合は式 (3) によって速度を変更する。

3.2.5 移動ローカルルール 本研究のモデルでは、車両の移動をモデル化する車両遷移モデルとして確率速度法⁽⁷⁾を用いる。確率速度法⁽⁷⁾は、1 タイムステップで最大 1 セルしか進まない車両遷移モデルである。アルゴリズムを図 8 に示す。

まず、車両速度 V と領域内で全ての車両に対して設定された最大速度 $V_{\max}$ から閾値 P_0 を求める。

$$P_0 = \frac{V}{V_{\max}} \quad (17)$$

次に、0 から 1 の範囲で一様乱数 p_0 を発生し、 $p_0 < P_0$ のとき車両は 1 セル進み、そうでなければそのセルにとどまる。

4. 解析例

4.1 問題設定 本研究では、追従モデルと拡張 Bexelius モデルに従う車両を定義して道路合流部の交通シミュレーションを行い、両者の結果を比較する。車両合流の様子を図 9 に示す。本線と合流車線の車両最高速度を、それぞれ 80(km/h) と 40(km/h) とする。

この図では、本線車両 1 の前に合流車両 1 が合流している。この時、すでに本線を走行している車両 A と B が合流車両か否かが重要となる。つまり、これらのいずれかが合流車両の場合、1 台だけ合流する場合よ

りも交通流の乱れが大きくなるからである。そこで、以下の 4 つのパターンを考える。

ケース 1 車両が 1 台だけ合流する場合を考える。つまり、車両 A と B がともに本線を走行してきた車両の場合である。

ケース 2 2 台続けて合流する場合を考える。つまり、車両 A が合流した車両、車両 B が本線を走行してきた車両の場合である。

ケース 3 3 台続けて合流する場合を考える。つまり、車両 A と B がともに合流車両の場合である。

ケース 4 車両 A が本線を走行してきた車両、車両 B が合流した車両である場合である。合流車両、本線車両、合流車両、本線車両の順番となり、いわゆるジッパー合流となる。

ケース 1 から 3 では、ケース 3 がもっとも交通流の乱れが大きくなると予想される。ケース 4 のジッパー合流は、同数の車両が合流する外の場合に比べて、合流による交通の乱れを抑えられるとされている。

4.2 合流パターンの影響

4.2.1 ケース 1 ケース 1 の合流の様子を図 10(a) に、合流後の速度遷移を図 10(b) と図 10(c) に示す。

図 10(b) からわかるように、追従モデルでは合流車両 1 によって本線車両が大きく速度を低下させているのに対して、図 10(c) からわかるように、拡張 Bexelius モデルでは速度低下を抑制できている。もっとも影響の大きな本線車両 1 に着目すると、速度低下は追従モデルで 20% 程度、拡張 Bexelius モデルで 10% 程度となり、拡張 Bexelius モデルでは速度低下を半分程度に抑えている。

4.2.2 ケース 2 ケース 2 の合流の様子を図 11(a) に、合流後の速度遷移を図 11(b) と図 11(c) に示す。この場合、合流する 2 台は、同一タイムステップで合流するとする。

追従モデルの場合、図 11(b) からわかるように合流車両 2 は合流車両 1 の影響を受けて、合流後の速度上昇が遅れており、その影響を受けた本線車両 1 は、1 台だけ合流したケース 1 よりもさらに減速を強いられている。本線車両 1 の減速の程度は、ケース 1 の場合で 20% 程度だったのに対して、ケース 2 では 37% 程度に増大している。

それに対して、拡張 Bexelius モデルでは、図 11(c) からわかるように速度の回復が早く、本線車両 1 の速度減少の程度も小さくなっている。本線車両 1 の速度低下の程度は、追従モデルの場合 37% 程度なのに対して、拡張 Bexelius モデルの場合 20% 程度に抑えられている。

(a) Illustration of Merging Vehicles

(b) Car-Following Model

(c) Extended Bexelius Model

Fig. 10 Case-1

4.2.3 ケース 3 ケース 3 では、3 台の車両が続けて合流する場合を考える。合流の様子を図 12(a)に、合流後の速度遷移を図 12(b) と図 12(c) に示す。この場合、合流する 3 台は、同一タイムステップで合流するとする。

ケース 1, ケース 2 と同様に、ケース 3 においても拡張 Bexelius モデルに従うほうが、より早く速度を回復できている。もっとも影響の大きな本線車両 1 に着目すると、速度低下は追従モデルで 40% 程度、拡張 Bexelius モデルで 30% 程度となり、拡張 Bexelius モデルでは速度低下を追従モデルの 3/4 程度に抑えられていることがわかる。

4.2.4 ケース 4 ケース 4 の合流の様子を図 13(a) に、合流後の速度遷移を図 13(b) と図 13(c) に示す。このケースは、ジッパー合流と呼ばれるものと概ね同じ

(a) Illustration of Merging Vehicles

(b) Car-Following Model

(c) Extended Bexelius Model

Fig. 11 Case-2

である。ジッパー合流とは、合流点付近で異なる車線の車両が交互に並んで合流することで、スムーズに合流できるとされている。

図 13(b) からわかるように、追従モデルでは交通流が大きく乱れている。特に、合流車両 2 に注目すると、合流直後は加速するが、合流車両 1 の影響で減速中の本線車両 1 に追いつくと減速に転じ、その後再び緩やかに加速する。このような合流車両 2 の加速の遅れが後に続く本線車両 2, 3, 4 の加速の遅れを生じている。

これに対して、拡張 Bexelius モデルでは、図 13(c) からわかるように、合流車両 2 がなめらかに加速しているので、それに続く本線車両 2, 3, 4 も早く速度回復できている。合流車両 2 がなめらかに加速しているのは拡張 Bexelius モデルの影響と考えられる。つまり、拡張 Bexelius モデルでは前方 3 台の車両に応答す

(a) Illustration of Merging Vehicles

(a) Illustration of Merging Vehicles

(b) Car-Following Model

(b) Car-Following Model

(c) Extended Bexelius Model

(c) Extended Bexelius Model

Fig. 12 Case-3

Fig. 13 Case-4

るので、直前の車両が減速していても、それより前の車両を考慮することでなめらかに速度変化できるからである。

4.3 ケース3の車両遷移図 前節において、追従モデルと拡張 Bexelius モデルに従う車両をモデル化し、合流車両が後方車両に与える影響を検討した。その中で、車両3台が同時に合流するケース3では、後方車両の速度が大きく低下することを確認した。そこで、本節ではケース3における合流直後の遷移図を用いて、もう少し詳しく比較することにする。

追従モデルと拡張 Bexelius モデルにおける車両遷移図を図14に示す。ここで、縦軸はタイムステップを横軸は車両位置を示す。車両は右方向に進行するので、図中における白い線が車両の軌跡を意味する。

図14(a), 図14(b)共に、シミュレーション開始時

は、ほぼ等間隔に車両が並んでいる。一定時間経過後、(1)の地点に車両が3台合流する。図14(a)からわかるように、追従モデルでは合流後合流地点よりも後方の車両の軌跡が縦方向に伸びて渋滞を生じている。図14(b)からわかるように、拡張 Bexelius モデルではそのような様子は見られない。これらのことから、拡張 Bexelius モデルの利用が合流車両による渋滞発生を改善できることがわかる。

5. 結 論

本研究では、道路合流部における渋滞緩和に対する多追従モデルの一つである拡張 Bexelius モデルの有効性を検討した。

まず、通常の追従モデルと拡張 Bexelius モデルを示した。安定性解析から追従モデルと拡張 Bexelius モ

(a) Car-Following Model

(b) Extended Bexelius Model

Fig. 14 Transition Diagram on Case 3

デルのパラメータを設計し、セルオートマトンシミュレーションにおいて、2つのモデルを比較した。

シミュレーションでは、車両合流を4種類に分けて解析した。4種類とは、車両1台のみ合流するケース1、車両2台が同時に合流するケース2、車両3台が同時に合流するケース3、2台の車両が合流車線から本線走行車両間にジッパー合流するケース4である。

ケース1, 2, 3では、追従モデルに従う車両の場合、本線車両は大きく速度を落としていた。これに対して、拡張 Bexelius モデルでは、追従モデルに比べて速度の低下を抑制することができた。合流車両の本線車両への影響がもっとも大きいケース3を取り上げると、追従モデルでは車両合流によって本線車両速度は最大 40% 程度低下するのに対して、拡張 Bexelius モデルでは最大 30% 程度に抑えられている。その結果、いったん減少した本線車両の速度が元に戻るのに要する時間は拡張 Bexelius モデルに従うことでかなり短縮できた。

ジッパー合流であるケース4では、本線車両の速度低下が追従モデルの場合で最大 20% 程度、拡張 Bexelius モデルの場合で最大 18% 程度と比較的差が少なく、その点ではジッパー合流の有効性を示したといえる。しかし、拡張 Bexelius モデルのほうが本線車両の速度が元に戻るのに要する時間が短く、それは後方車両において特に顕著であった。つまり、合流車両の直後を走行する本線車両よりも、より後方を走行する本線車両についてみたとき、ジッパー合流においても追従モデルより拡張 Bexelius モデルに従う車両のほうが速度低下が少なく、より速やかにもとの速度に復帰できていた。

以上のことより、複数の前方車両に応じて速度変化する拡張 Bexelius モデルに従うことで、前方1車両だけに応じて速度変化する追従モデルよりも交通渋滞を緩和できる可能性があることが確認できた。

現在、ITSの研究において全走行車両の情報を集めて中央で交通管制するシステムが開発されている。道路状況によっては中央で集中管理することが困難な場合も予想される。そのような場合、地点毎に自律分散的に制御するほうが効果的とも考えられるので、本研究で示した方法は、このような場合に合流点付近の交通を自律分散的に制御するために役立つと期待される。

文 献

- (1) Nishi R., Miki H., Tomoeda A. and Nishinari K., Simulations and Cluster Analysis of the Alternative Configuration of Vehicles on Weaving Section, *Proceedings of the 14th Symposium on Simulation of Traffic Flow*, Vol.14, (2008), pp.89-92, (in Japanese).
- (2) Nakayama A., Car Following Models of 1-Dimensional Traffic Flow, *Bulletin of the Japan Society for Industrial and Applied Mathematics*, Vol.12, No.2 (2002), pp.109-118, (in Japanese).
- (3) Sugiyama Y., Physics of Traffic Flow, *Journal of Japan Society of Fluid Mechanics*, Vol.22, No.2 (2003), pp.95-108, (in Japanese).
- (4) Bexelius S., An extended model for car-following. *Transportation Research*, Vol.2 (1968), pp.13-21.
- (5) Chandler R., Herman R. and Montroll W., Traffic dynamics ; studies in car-following. *Operation Research*, Vol.6 (1958), pp.165-184.
- (6) Tamaki T., Yasue S. and Kita E., City Traffic Simulation Using Cellular Automata with Stochastic Velocity Model. *Proceedings of The 2004 International Conference on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications*, (2004), (CD-ROM).
- (7) Tamaki T., Yasue S. and Kita E., Traffic Simulation Using Stochastic Velocity Model and CA (ITS), *Transactions of Information Processing Society of Japan*, Vol.45, No.3 (2004), pp.858-869, (in Japanese).