

# 車々間通信を用いた情報提供による 交通状況変化のシミュレーション分析

遠藤 佑介<sup>1</sup>・坂本 邦宏<sup>2</sup>

<sup>1</sup>非会員 横浜市 (〒222-0037 横浜市港北区大倉山七丁目39番1号 港北土木事務所)

E-mail:yu00-endo@city.yokohama.jp

<sup>2</sup>正会員 工博 埼玉大学大学院 理工学研究科 (〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保255)

E-mail:sakamoto@dp.civil.saitama-u.ac.jp

渋滞は人々に与える損失時間や無駄なCO<sub>2</sub>排出による環境への悪影響などから大きな社会問題となっている。そのため現在ではVICSなどの情報提供技術を活かした対策が行われており、正確な情報提供が可能となってきた。しかし一方で、情報提供を行う間隔が長いことから突発的な事象への対応は遅れてしまうと考えられることから、本研究では車々間通信に着目し、その利用により突発渋滞に対して回避が可能であるかという有効性を交通シミュレーションを用いて検証することを目的とした。

そのために車々間通信用モデルを作成し、シミュレーション分析を行った結果、車々間通信の利用による渋滞情報取得が可能であり、渋滞回避や交通状況の改善が確認できたことから車々間通信の突発事象に対する有効性を示すことができた。

**Key Words** :traffic simulation, ITS, network analysis, provision of information, traffic jam

## 1. はじめに

現在、渋滞は人々に与える損失時間が大きいことや無駄なCO<sub>2</sub>排出によって環境に対する影響が懸念されていることから大きな社会問題となっている。そこでITS (Intelligent Transport Systems) の分野では、渋滞の緩和策として VICS (Vehicle Information and Communication System) のような交通情報システムを用いた渋滞検知によって自動車の快適かつ効率的な運転が可能になってきている。実際にこの交通情報提供システムの利用率も毎年増加傾向にあり、今後もその需要と必要性はますます増大すると予想される。そのような交通情報を伝達する方法として、現在では路車間通信が主流であり、渋滞情報の取得が容易になった。しかし、その一方で路車間通信の問題点として情報提供間隔が長いことなどから近距離で起きた突発的な事象への対応は遅れてしまうと考えられる。そこで本研究では、近年研究されているもう一つの通信方法として車々間通信に着目し、突発渋滞に対する有効性の検証を行う。しかし、渋滞回避を目的とした車々間通信の実用化はなされていない。

また交通システムは一般的に複雑で大規模であり、構成要素が確率的に変動する不確定なものも多く含まれているため、交通問題に対する仮説の検証を行う場合に、

同条件で道路施設と車を実際に用いた実験を行うには多くの困難が存在する。このような問題から仮想実験を行うため、または交通システムにおける施策の評価ツールとして交通シミュレーションが多く用いられている。

以上のことから本研究では交通シミュレーションを用いて仮想ネットワーク上で突発渋滞に対する車々間通信利用の有効性を検討することを目的とする。

## 2. 関連研究と位置付け

### (1) 車々間通信に関する研究

車々間通信に関する研究は数多く行われているが、それらは大きく分けて2つに分類される。ひとつは事故防止を目的とした安全運転支援システムとしての研究であり、もうひとつは渋滞緩和・回避を目的とした渋滞検知の研究である。

事故防止に関する研究について、高取らは障害物検出機能と車々間通信機能を用いて車両の走行情報を周辺他車両と共有する安全運転支援システムの性能評価を行っている<sup>1)</sup>。また西川らは各車両が時刻情報や急ブレーキなどの周辺車両の情報を送受信しあうことで、互いの位置関係や死角の情報を把握し、より先進的な衝突防止を

実現することが可能になる通信測距システムの研究を行っている。また各自動車メーカーも安全運転支援に関する研究を行っており、車々間通信を用いた事故防止システムの開発や有効性評価が行われている<sup>2)</sup>。

一方で渋滞緩和・回避に関する研究について、玉置らは蜂などが出すフェロモンに着目し、フェロモン量の変化を交通の集中度として表現することで、短時間先の渋滞予測を行う手法を提案している<sup>3)</sup>。庄崎らは格子状の道路において車々間通信を用いて各車両の位置や速度、目的地といった情報が周期的に配信されるモデルの構築を行っている。しかし結果は、そのモデルの手法を提案したところまでにとどまっており、シミュレーション等による実証実験までは行われていない<sup>4)</sup>。大海らは各車両が車両情報を秒オーダーで定期的送信することにより他車両の情報を受信し、周囲の情報を判別しリアルタイムに交通情報を運転手へ通知するシステムの構築を提案している。結果は車両の情報伝播率がよくなくても渋滞の判別が可能であると示している<sup>5)</sup>が、渋滞判別が可能であるかの検証までしか行われておらず、それを利用することで渋滞を回避・緩和できるかの実証までには至っていない。

またこれらの研究のフィールドは情報処理の分野が大半を占め、車々間通信を行う手法の提案やデータの内容などを主として扱っている研究がほとんどである。

## (2) 本研究の位置付け

前節を踏まえ本研究では、渋滞緩和・回避を目的とした車々間通信の利用を考える。その中で特に突発渋滞に対する車々間通信による情報提供に着目し、その情報提供により渋滞回避が可能であるか、またその渋滞回避を行うことで交通状況がどのように改善していくのかといった交通工学の視点から考察を行っていくこととする。遠藤らは単純なネットワークにおいて車々間通信の有効性を検討しており、本研究ではさらにモデルを発展させ検討を行っていく<sup>6)</sup>。

## 3. 研究手法

本研究では、車々間通信の有効性を検証するための交通シミュレーションとして「tiss-NET」を用いた。しかし、既存のtiss-NETには車々間通信に対応していないため、まず初めに車々間通信の交通シミュレーション上の再現のためにtiss-NETの改良を行い、情報の内容と伝達手法の違いにより3つのモデルの提案を行った。

次に、それら3つのモデルの基本特性を把握するために単純ネットワークによる分析を行った。その基本特性分析により、本研究で使用するモデルを確定し、実交通

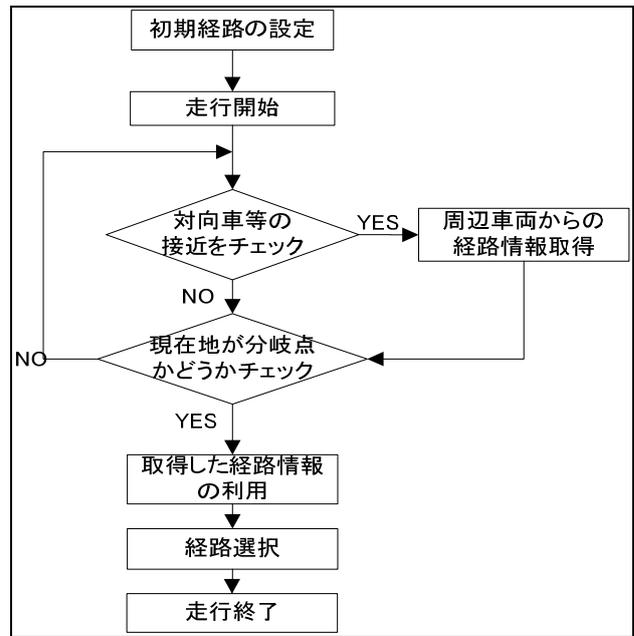


図1 車々間通信の基本プログラムフロー

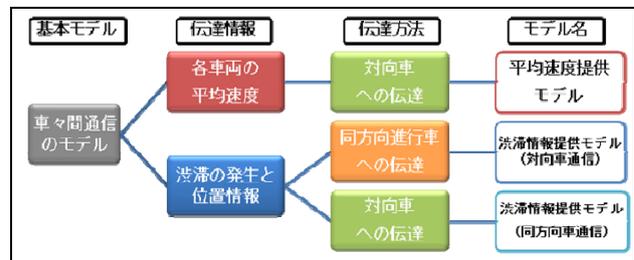


図2 車々間通信モデルの提案

のネットワークや交通量などのデータを用いてシミュレーション分析を行った。

## 4. 車々間通信モデルの提案

tiss-NETの特徴として、1つの単路部と両端の2交差点で構成されるセクション毎の所要時間を用い、ダイクストラ法による最短時間経路を出発時の経路として用いている<sup>7)</sup>。しかし既存のtiss-NETでの経路決定ロジックは車両が出発する際に最短時間経路が検索された後、それが車両の経路として与えられ、その経路に従ってネットワーク上を走行して目的地まで向かうという構造になっており、原則として走行中の経路の変更は不可能であった。そこで、はじめに車々間通信による情報通信を行ったうえで、取得した情報を利用し、走行中の経路変更を可能にしたものを車々間通信の基本モデルとして作成した(図1)。そこから情報提供の内容や通信を行う車両の種類の違いによって3つのモデルに分類した(図2)。

一つ目は、平均速度提供モデルであり、このモデルでは各車両が走行中に自分が通行してきた距離と所要時間を常に記録し、そこから車両自身の平均速度を算出していき対向車へ伝達をしていくものである(図3)。

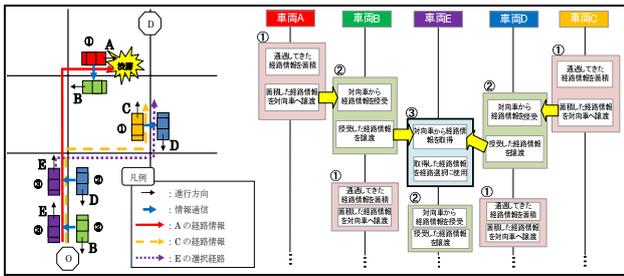


図3 平均速度提供モデルのイメージ

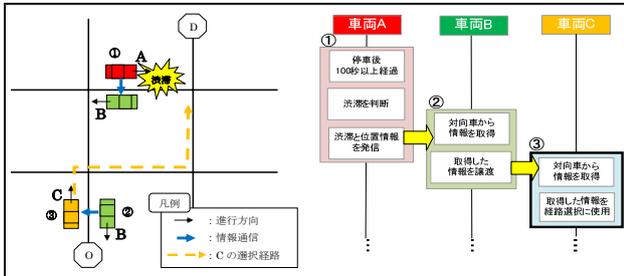


図4 渋滞情報提供モデル(対向車通信)のイメージ

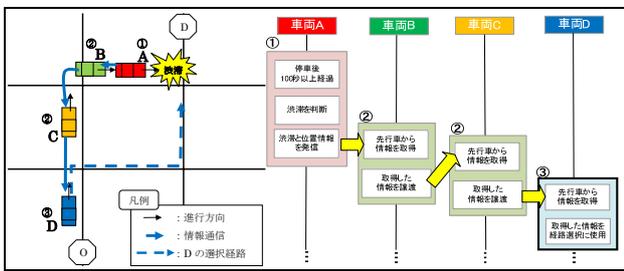


図5 渋滞情報提供モデル(同方向通信)のイメージ

二つ目は、渋滞情報提供モデル(対向車通信)であり、このモデルでは、渋滞につかまったときのみ情報の発信を行う。その渋滞の判断方法として、渋滞につかまった際に100秒以上経過してもその場を動かなかった場合に渋滞だと判断し、渋滞の発生とその時の位置情報を対向車に伝達していくものである(図4)。

三つ目は、渋滞情報提供モデル(同方向車通信)であり、二つ目のモデル同様に渋滞を判断し、その渋滞の発生とその時の位置情報を伝達内容としている。渋滞情報を提供する方法は同方向に走行しているすぐ後ろの車両に伝達していくものである(図5)。またその際の通信可能距離は20mとしている。

本研究では、以上の3つのモデルを提案する。

## 5. 単純ネットワークによる基本分析

### (1) 分析状況設定

前章で提案した3つのモデルについて、単純ネットワークにより各モデルの基本分析を行った(図6)。

この分析において、ネットワークは2経路のみのものを使用する。ネットワークの左側をI、右側をIIとして両方向から車両を発生させ、上側を通る経路を「上ルー

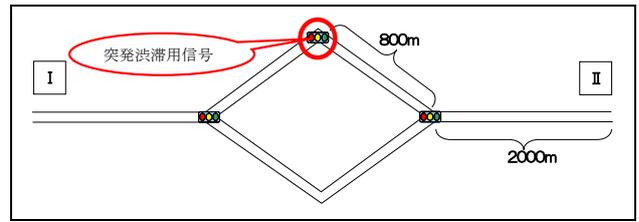


図6 仮想ネットワーク図

| 交通状況     | 通常時 | 突発渋滞 |    |     |    | 通常時 | ...  |      |     |
|----------|-----|------|----|-----|----|-----|------|------|-----|
| 信号現示(秒)  | 800 | 370  | 50 | 370 | 50 | ... | 370  | 800  | ... |
| sim時間(秒) | 0   | 800  |    |     |    |     | 2000 | 2800 |     |

図7 突発渋滞を表現した信号設定

表1 分析の設定パターン

| 設定パターン                   | 設定内容                  |
|--------------------------|-----------------------|
| 車々間なし(渋滞)                | 渋滞が発生するが、車々間通信を行わない場合 |
| 車々間あり(平均速度提供モデル)         | 渋滞が発生し、車々間通信を行う場合     |
| 車々間あり(渋滞情報提供モデル(対向車通信))  |                       |
| 車々間あり(渋滞情報提供モデル(同方向車通信)) |                       |

ト」、下側を通る経路を「下ルート」とする。シミュレーション時間は3600秒とし、車両の発生台数を両方向から各800台の計1600台とした。また突発的な事象を想定した渋滞を発生させる必要があるため、上ルートの中地点に信号を設置した。その信号の設定は、IからIIの一方方向に対して、シミュレーション開始800秒後に一定時間赤信号になり、次に短い青時間になるというサイクルを繰り返した。その後通常状態に戻ることで一定時間の突発渋滞を表現している(図7)。また今回想定した渋滞は事故などによって片側が通行止めになるが、その後交通整理によって少しずつ通行可能になり、一定時間たつと回復するという状況をイメージしている。

また、シミュレーションの設定パターンとして表1の4つのパターンを考慮し分析を行った。

### (2) 分析結果

各設定パターンにおけるルートの平均所要時間や渋滞発生区間における地点別平均速度を計測し比較することで、突発的な渋滞に対して車々間通信による情報提供が可能であるかを確認する。さらにその情報提供使用による経路変更によって全体として交通状況にどのような変化があったのかを調べる。

平均速度提供モデルや渋滞情報提供モデル(対向車通信)の車々間通信を利用することで車々間なしに比べて全体の平均所要時間が減少していることが確認できた。

しかし、渋滞情報提供モデル(同方向車通信)では平均所要時間が増加してしまったことから交通状況に改善が見られず、車々間通信による効果があり得ることができなかった(図8)。この理由としては、ネットワー

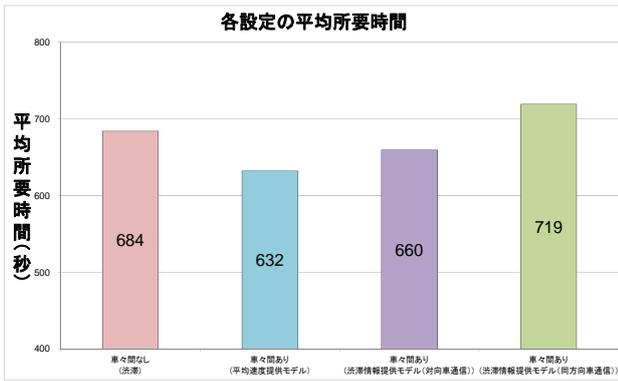


図 8 各設定の平均所要時間

クにおいて、渋滞発生点と分岐点が離れているため通信を受けても経路変更ができなかったことが原因であると考えられることから、今回使用したようなネットワークでは当然の結果であるといえる。

## 6. 実交通データを用いたシミュレーション分析

### (1) 分析状況設定

次に、仮想実験として、普段は慢性的な渋滞が起こっていない環境で突発的な渋滞が起きた際の交通状況の変化を調べるために、交通量がそれほど多くない高崎市街地の交通データを用いた。ネットワーク上に、信号によってシミュレーション開始900秒後に一定時間赤信号になり、次に短い青時間になるというサイクルを繰り返した。その後通常状態に戻ることで一定時間の突発渋滞を表現した(図9, 図10)。この実験での渋滞は北→南の一方のみ発生させ、シミュレーション分析の設定パターンとしての3つのパターンを考慮し実験を行った。

### (2) 分析結果

車々間通信の有効性の評価指標として車両の所要時間を算出し、3つの設定パターンで比較を行った(表2)。まず初めに、突発渋滞によって大きな影響を受けると考えられる主要ルートとしてAを出発点、Bを到着点のルートを使用している車両に着目して比較を行った結果、主要ルートを走行している車両の所要時間の変化を見ると、車々間なし(渋滞)では渋滞発生後に所要時間の急激な増加がみられた。しかし車々間通信を利用すると緩やかな増加に変わり、シミュレーション後半部分における所要時間の増加も解消されている(図11)。また主要ルートを通行している車両の平均所要時間を比較すると、車々間なし(渋滞)と比べて減少していることがみられた。同様に全車両についても平均所要時間の減少がみられた(図12)。これらのことから車々間通信の利用による渋滞の回避が確認できた。



図 9 ネットワーク図

| 交通状況     | 通常時 | 突発渋滞 |    |      |    |      |    | 通常時 | ... |
|----------|-----|------|----|------|----|------|----|-----|-----|
| 信号現示(秒)  | 900 | 250  | 50 | 250  | 50 | 250  | 50 | 900 | ... |
| sim時間(秒) | 0   | 900  |    | 1800 |    | 2700 |    |     |     |

図 10 突発渋滞を表現した信号設定

表 2 分析の設定パターン

| 設定パターン                  | 設定内容                  |
|-------------------------|-----------------------|
| 車々間なし(通常)               | 渋滞が発生せず、車々間通信を行わない状況  |
| 車々間なし(渋滞)               | 渋滞が発生するが、車々間通信を行わない状況 |
| 車々間あり(渋滞情報提供モデル(対向車通信)) | 渋滞が発生し、車々間通信を行う状況     |

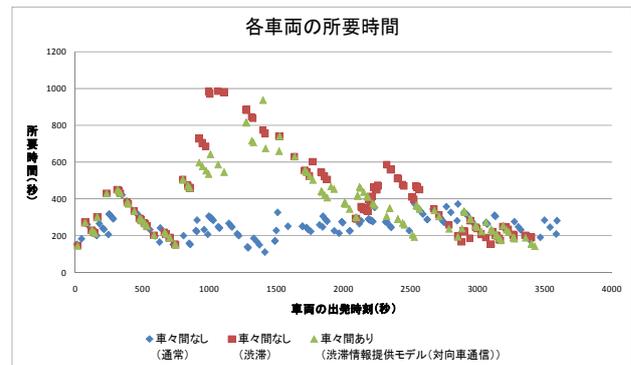


図 11 主要ルート (AB間) での各車両の所要時間

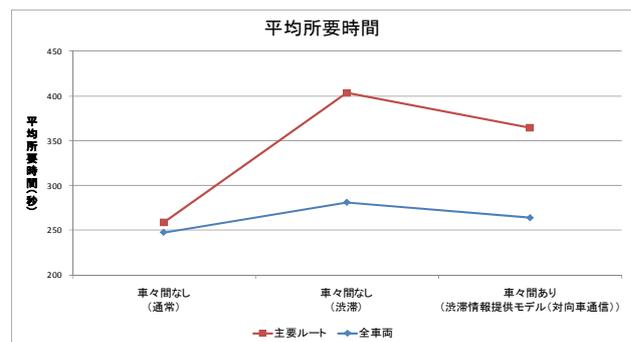


図 12 平均所要時間の比較

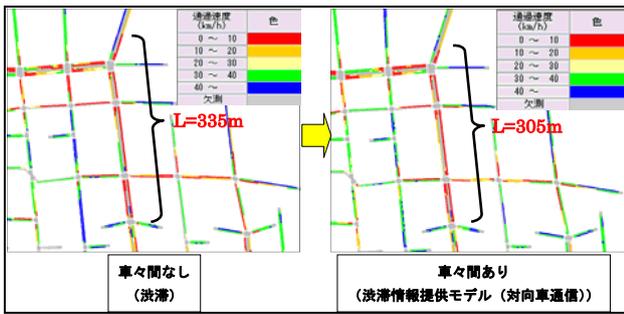


図 13 地点別平均通過速度の変化

次にもう一つの評価指標として、地点別平均通過速度の変化を比較した。その結果、車々なし（渋滞）と比べると突発渋滞によって生じた速度低下がみられる区間が335mから305mへ減少しており、周辺道路の平均通過速度の上昇がみられた（図 13）。よって、このことから車々間通信の利用による交通状況の改善が確認できた。

## 7. おわりに

本研究では、交通シミュレーション tiss-NET を用いて、突発渋滞における車々間通信の有効性を検証することができた。車々間通信の利用によって主要ルートでの各車両の所要時間の減少から渋滞情報の取得が可能であり、その情報により渋滞を回避することが可能であることが示された。また全体の平均所要時間の減少や平均通過速度の増加が見られたことから交通状況の改善が可能であることも示された。

以上のことから車々間通信の利用により渋滞情報の取

得が可能であり、突発的な渋滞に対して十分な効果があるということが示された。

## 参考文献

- 1) 高取祐介, 八嶋弘幸: 車車間通信と前方障害物検出用センサを用いた車車協調型安全運転支援システムの性能評価, 電子情報通信学会技術研究報告.ITS, IEICE technical report 109(187) pp.23-28 2009
- 2) 西川純人, 前田隆太郎, 金子賢治, 河野隆二: 高度車両安全のための通信測距とレーダを同時に実現する DS-UWB 信号構成に関する研究, 電子情報通信学会技術研究報告.ITS, IEICE technical report 109(58) pp.7-12 2009
- 3) 玉置洋, 長岡諒, 安場直史, 矢野純史, 香川浩司, 森田哲郎, 沼尾正行, 栗原聡: フェロモンコミュニケーションモデルによる短期的渋滞予測システムの構築, The 22nd Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2008
- 4) 庄崎和哉, 井上伸二, 角田良明: 格子状道路における車車間アドホック通信を用いた渋滞緩和を目的とする自動車走行制御, 情報処理学会研究報告. ITS, 2006(120) pp.141-146 2006
- 5) 大海健太, 西村豪, 神戸英利, 小泉寿男, 澤本潤: 車車間通信による車両情報を用いたリアルタイム交通流計測システム, IPSJ SIG technical reports 2007(116) pp.9-16 20071121
- 6) 遠藤佑介, 坂本邦宏: 渋滞回避のための車車間通信による経路情報交換の交通シミュレーション分析, 第 40 回土木計画学研究発表会・講演集, 2009
- 7) 坂本邦宏, 久保田尚, 門司隆明: 地区交通計画評価のための交通シミュレーション tiss-NET の開発, 土木計画学研究・論文集 No.16, pp.845-854, 1999 本間仁, 安芸皓一: 物部水理学, pp.430-463, 岩波書店, 1962.

(?????.?? 受付)

# SIMULATION ANALYSIS OF CHANGE IN TRAFFIC SITUATION BY INFORMATION PROPAGATION THAT USES THE VEHICLE TO VEHICLE COMMUNICATION

Yusuke ENDO, Kunihiro SAKAMOTO

These days, traffic jam is a big social trouble. So as an easing measure, they use advanced telecommunication in the field of ITS. It is thought that the vehicle to vehicle communication is effective for a particularly emergent event. So, in this Paper the authors paid attention to the vehicle to vehicle communication, and was aimed at examining the effectiveness of the vehicle to vehicle communication by using traffic simulation. At first, a model of the vehicle to vehicle communication was made. Behavior of car was examined by using that model on the virtual network when emergent event was caused.

The authors used the trip time and the average transit speed of each point as evaluation figure. As a result, the average trip time of the vehicle has decreased compared with the case where the vehicle to vehicle communication is not used, and the average transit speed of each point has increased compared with the case where the communication is not used. For those reasons, emergent event was able to be evaded by using the vehicle to vehicle communication, and it was able to be confirmed that the traffic situation had improved it. Therefore, the effectiveness of the vehicle to vehicle communication was shown.