

車々間通信を利用した運転支援システムの 評価シミュレータの構築

中村慎吾[†] 井手口哲夫[†] 田学軍[†] 奥田隆史[†]

[†]愛知県立大学 情報科学部

1. はじめに

ITS(Intelligent Transport Systems)は、情報通信技術を用いて、人、道路及び車両に関する情報を結び、それらを一体として構築するシステムであり、その目的は大きく分けて安全、環境、快適・利便の3つに分けられ、快適・利便の面では既にVICSやETC等が実用化されている^[1]。安全運転支援システムは、車両から直接見ることのできない範囲の交通情報を、路上に設置された機器と車載器間で通信を行う「路車間通信」及び、車載器間で通信を行う「車々間通信」の活用が期待されている。

このような路車間通信や車々間通信を用いた安全運転支援システムでは、移動環境における確実な情報伝達が重要であるが、様々な道路環境下においてどの程度通信が可能であるか予測するためには、フィールド実験に加えて、計算機によるシミュレーションが費用や再現性の面で優れていると考えられている。

しかしほとんどの通信系シミュレータではITSを対象システムに入れずに設計されているため、その機能を拡張しなくてはITSの通信システムシミュレーションを効率的に行うことができない。また、機能拡張の方法が研究者ごとによって異なるため、同一のシミュレータを用いた評価結果であっても直接比較することができないなどの問題が存在する。この問題に対し、通信系シミュレータを軸として、交通流シミュレーションと連携させる試みが行われているが、各々のシミュレータの仕様によって拡張性が制限されるという問題が存在する。

本稿では、近年注目されているマルチエージェント技術を用いて交通流、ならびに通信特性を再現し、車々間通信を用いた安全運転支援システムの評価シミュレータを構築することを目的とする。

2. IVC 運転支援評価シミュレータ必要機能

ITSの通信シミュレータでは評価対象の運転支援システムの目的によって多少の差は存在するが共通して求められる機能がある^[2]。安全運転支援システムに用いられる通信の特徴としては、

- (1) 送受信者が高速に移動する
- (2) 比較的狭域において多数の送受信者が存在する
- (3) 通信環境(道路環境)が複雑である

などを挙げることができる。

(1)、(2)においては特に大型の交差点などを対象とした支援システムである場合、特定の送受信車両の周囲に多数のノードが存在し、かつ通信の干渉エリアに高速で出入りしていることが考えられる。

(3)では、車両がおかれている周囲の道路の構造によって通信の干渉エリアに存在する車両台数が変化することが考えられるためである。

したがってIVC運転支援評価シミュレータで必要とされる機能として、

- I. 車両の初期速度を任意に変更可能であり、車両の速度が周辺環境によって可変的である
- II. 車両台数を任意に設定でき、渋滞時などの高トラフィック時における通信特性が再現できる
- III. 評価を行う道路構造を任意に設定することが可能である

を挙げることができる。また、既存の通信シミュレータを拡張する方法では1回のシミュレーションに膨大な時間が要するという問題があり^[3]、運転支援システムの評価を行うため可能な限り短時間で車々間通信品質の解析・評価が可能なシミュレータの構築を行う。

3. シミュレータ構成

前章をふまえて、シミュレータを以下のモデルによって構成する。

3.1 道路及びドライバーモデル

ドライバーは周囲に他の車両が存在しないとき、周囲の道路構造によって次の自身の行動を決定している。たとえば、優先規則のある丁字路における非優先道路側のドライバーの行動として、

- ①減速し、停止地点で一時的停止
- ②優先道路上を走行する車両が存在するか確認
- ③優先道路側に車両が存在しない、又は、合流に十分な余裕があると判断した場合交差点内に進入
- ④合流後一定速度まで加速(通常走行)

という規則が挙げられる。

このようなドライバーに影響を与える道路構造の特徴をポイントとして、道路構造をそのポイントとの連結によって再現することを考える。先の丁字路の例では、『一時停止及び周囲確認』と『一定速度下での再加速』という二つの行動目的のポイントが存在する。このような行動目的のポイントの例を以下に示す。

表 2-1: 行動目的種別

| ポイント種別 | 行動 |
|---------|-----------------------|
| 直進 | 前方走行車両に影響を受ける |
| 一時停止 | 安全に停止できる距離から減速し、停止する |
| 条件付一時停止 | 周辺車両の状況により一時停止を行う |
| 速度制限地点 | 設定された速度まで減速、規定速度以下で走行 |

上記ポイントと車両の入出処理を行うソース、シンクとを結ぶことによって道路構造を構築する。

Development of Simulator for Driving Safety Support Systems Based on Inter-Vehicle Communication

Shingo Nakamura[†], Tetsuo Ideguchi[†], Xuejun Tian and Takashi Okuda[†]
[†] Faculty of Information Science and Technology, Aichi Prefectural University

なお、ドライバーのモデルはアクセル、ブレーキによる加速度によって再現する。上記の行動規則に加えて、自車両前方を走行する車両が存在する場合、車両は前方追従走行規則による加速度制御を行う。前方追従走行時の規則には、Treiber らの提唱する IDM(Intelligent Driver Model)^[4]を用いる。

3. 2 通信モデル

通信を用いた安全運転支援システムをシミュレートするには個々のドライバーの運転行動、交通流、通信の互いに影響しあう 3 つの動作を同時にシミュレートしなければならない。本シミュレータでは、車々間通信サービスの代表的な通信方式である CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance)の理論モデルである p-persistent モデルを用いた特定パケットの平均送信成功確率に基づいて、「送受信車両に対しキャリアセンスが働く範囲下の CSMA/CA 通信特性」を再現する。なお、ブロードキャスト通信により不特定多数の車両に情報を配信する場合、送信車両の送信エリア内に存在する全ての車両に対し、個別に通信の成否を判定する。

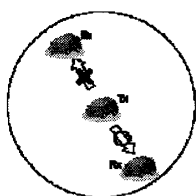


図 3-1: 通信判定

4. シミュレーション

第 3 章で述べたモデルに基づいて、マルチエージェントシミュレータ *artisoc*^[5]上にシミュレータを構築する。マルチエージェント手法とは、エージェント (=構成要素) 同士の相互作用により、やがてシステム全体の流れが創発され (ボトムアップ)、その流れが逆にエージェントにフィードバックされて、また個々のエージェントの振る舞いを決定していくという循環により成立する概念である。

4. 1 シミュレーション概要

シミュレーションを行う道路環境として、200m四方の空間に丁字型の合流地点が 2 箇所ある図 4.1 のような道路を構築する。

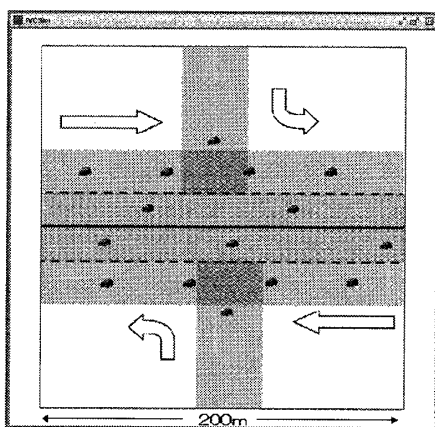


図 4-1: シミュレーション道路環境

該当エリアにおいて、車両の流入量を変化させ、エリア内での到達率を求める。ここで、到達率とは次式によって定義される。

$$\text{到達率} = \frac{\text{送信成功数}}{\text{総送信判定数}}$$

通信パラメータとしてペイロード長 100 byte、送信周期を 100 ms、送信範囲を半径 100m に設定し、伝搬遅延については考慮しないものとする。車両の流量については、混雑が発生していない場合としてエリア内車両台数が 10-15 台の時と、やや混雑が発生している 20-25 台の二つの場合を想定する。シミュレーションの終了条件として、該当エリア内での送信判定回数が 20 万回に達した時点とし、車両台数ごとに 10 回、計 20 回シミュレーションを実行する。

4. 1 シミュレーション結果

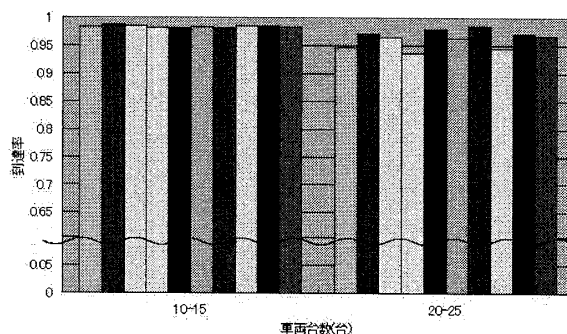


図 4-2: シミュレーション結果

車両台数が多い場合に到達率が下がるということが確認できる。これは今回のシミュレーション環境では車載器の通信範囲が半径 100m であり、ほぼ全域をカバーすることが可能であるため、単純に車両台数が通信特性に影響を与えたものと考えられる。

5. まとめと今後の課題

本稿では交通流、ならびに通信特性を再現するための道路構造並びにドライバーモデル、通信モデルをマルチエージェントシミュレータ上に実装し、車々間通信を利用した運転支援システムの評価シミュレータの構築を行った。また、構築したシミュレータの評価を行った。

今後はシミュレーション可能な道路環境の拡張並びに車両台数の増加、安全運転支援システムの評価シミュレータとして、本シミュレータを用いた安全運転支援システムの評価、シミュレータの利用性向上のためのインターフェースの充実などを行う予定である。

この研究の一部は、科学研究費補助金基盤研究 B (20300030) により実施した。

参考文献

- [1] 総務省: ITS 無線システムの高度化に関する研究会報告書 (2009-6)
- [2] 機械システム振興協会: 安全運転支援システムの通信系シミュレータに関するフィジビリティスタディ (2009-3)
- [3] 今井悟史, 宇式 一雅, 川崎 健, 藤野 信次: 車車間通信サービスにおける通信品質の解析 - 通信特性のモデル化 -, 情報処理学会 ITS 研究会, 2008-11-7, pp. 85-92
- [4] Martin Treiber, Ansgar Hennecke, and Dirk Helbing. Congested traffic states in empirical observations and microscopic simulations. *Phys. Rev. E* 62, 1805-1824
- [5] MAS コミュニティ 「<http://mas.kke.co.jp/index.php>」