

論文

マルチクラスゾーン ITS 情報通信方式シミュレーション 高速化の一検討[†]

近藤 将太郎*・長谷川 孝明*

A Study on Acceleration of the Simulator for Multi-Class Zone ITS Communication Scheme

Shotaro Kondo* and Takaaki Hasegawa*

Abstract This paper proposes a method to reduce the computational complexity with little influence on the evaluation results after clarifying the factor of computational load of simulations of the Multi-Class Zone ITS information communication method.

In ITS information communication for the purpose of safety, it is important to communicate successfully between vehicles that are highly likely to collide. However, communication evaluation methods irrelevant to such collision risk is often used.

In consideration of such situations, we employed ahead of the world the new method of the communication success probability between high risk vehicles such as the distance between the centers of the vehicles is within 5 m and within 2s. However, it has been a problem that the computational load of simulations for communication performance evaluation is high.

In this paper, we analyze the computational complexity of performance evaluation in simulation, and we propose an acceleration method of simulation after clarifying causes of computational complexity. Results show that the simulation speed can be accelerated about 1.2 times at 8 vehicles/km/lane or 5.0 times at 55 vehicles/km/lane in comparison with the conventional method, and from the viewpoint of whole simulation, proposed method achieved about 4.5 times faster than conventional method.

Key words Multi-Class Zone ITS Communication Scheme, V2V Communication, V2I Communication, Acceleration Technique, 2s5m Communication Evaluation Method

1. まえがき

自動車事故による負傷者や死者数は減少傾向にあるが、その数は依然として多い¹⁾。そのうちおよそ半数が交差点とその付近で発生しており、交差点での交通事故の削減が社会的に非常に重要である。これらの事故を防止するために、ITS（高度交通システム；Intelligent Transport Systems）の分野では、通信を用いて人・車・インフラ間で情報共有（Vehicle Information Sharing；VIS）を行い、ドライバーの知覚範囲の拡大

を行うことが重要であり、VISの観点からITS情報通信システムとアプリケーションの関係がITS通信コンセプトリファレンスモデルによって示されている²⁾。VIS実現のために、車両がインフラを介さずに通信を行う車車間通信、車両がインフラを介して通信を行う路車間通信、さらにこれらを統合した車車間・路車間統合通信が存在し、これらについて様々な研究が行われている³⁻⁷⁾。車車間通信は各車両が自律的に通信を行うため、一般に周波数利用効率は低いが、インフラ設備を必要としないため、社会的コストが低い。路車間通信はインフラ設備を必要とするため社会的コストは高いが、インフラ設備によって通信を集中管理する

* 埼玉大学大学院理工学研究科
Graduate School of Science and Engineering, Saitama University

[†] 2017年10月3日受付・2017年12月15日再受付

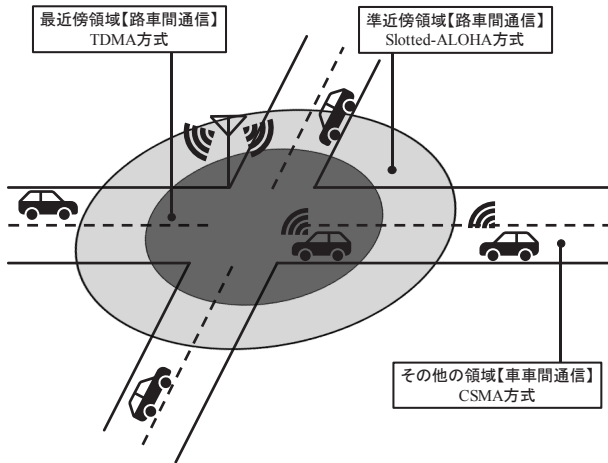


図1 マルチクラスゾーン ITS 情報通信方式の概要

ため、一般に周波数利用効率が高い。

車車間・路車間統合通信の1つに、交差点とその付近での情報共有に重点を置いたマルチクラスゾーン ITS 情報通信方式が提案されている⁸⁾。マルチクラスゾーン ITS 情報通信方式では、図1に示すように交差点に基地局（インフラ設備）を設置する。停止線から外側 50 m 以内の領域を最近傍領域、その外側 200 m 以内の領域を準近傍領域、それ以外の領域をその他の領域と3つの領域に分割する。最近傍領域では交差点に設置されたインフラ設備を用いた路車間通信により、TDMA 方式を用いてリアルタイムかつ確実な通信を行う。準近傍領域では Slotted-ALOHA 方式を用いた路車間通信により、高品質な通信を行いつつ最近傍領域での通信に必要なスロットの予約を行う。その他の領域では CSMA 方式を用いた車車間通信により、インフラ設備を必要としない自律的な通信により情報共有を行う。

マルチクラスゾーン ITS 情報通信方式に関する研究において、文献⁸⁾ではマルチクラスゾーン ITS 情報通信方式の提案と通信帯域幅の基礎的研究が、文献⁹⁾では路車間通信領域の重なりによる電波干渉を回避する通信チャネル分割と車車間通信の検討が、文献¹⁰⁾では路車間通信と車車間通信の相互干渉の影響評価が行われている。さらに、文献¹¹⁾ではマルチホップ通信を導入した場合の通信性能評価が、文献¹²⁾では他車両と衝突可能性の高い車両を対象とした通信性能評価の提案を行った上での基地局の設置効果の検証が、文献¹³⁾では信号現示による車両の疎密を考慮した準近傍領域の資源割当の検討と評価が行われている。

一方、一般の通信システムにおける性能評価は全体のノードに関するスループットや通信の成功確率などが用いられており、ITS 情報通信における通信性能評

価も伝統的にこれらが用いられていることが多い。しかし、車両の距離が近い場合や、車両が接近している場合、ブレーキや発進などの加速度が生じた場合に事故が起きる可能性が高く、安全を目的とした ITS 情報通信では、このような距離的に近く衝突の可能性が高い車両間での通信が重要であり、これらを考慮した通信評価の必要性から、著者らは文献¹²⁾で、著者らが開発したミクロスコピックシミュレータを用いて、各車両間の相対位置、相対速度、相対加速度を用いて衝突可能性が高い車両を判定し、衝突可能性が高い車両間での通信成功確率を通信評価法として提案し、評価を行っている。

しかしながら、文献¹²⁾で提案されている通信評価法は後述するように計算機シミュレーションの計算負荷が高いため、シミュレーション結果を得るまでに多くの時間を要する。したがって、計算時間の短縮をすることが重要な課題である。そこで、本論文ではシミュレータの計算負荷の要因を明らかにし、計算時間の効率的な短縮方法を提案する¹⁴⁾。

2. マルチクラスゾーン ITS 情報通信方式⁸⁻¹⁴⁾と 2s5m 通信評価法¹²⁾

2.1 マルチクラスゾーン ITS 情報通信方式の概要

マルチクラスゾーン ITS 情報通信方式は図1に示すように3つの通信領域において、方式の異なる通信を行うことで、交差点付近でリアルタイムかつ確実な通信を実現する。3つの通信領域は交差点に近い領域から順に、最近傍領域、準近傍領域、その他の領域と呼ぶ。最近傍領域は停止線上流 50 m 以内の領域であり、準近傍領域は最近傍領域外 200 m の領域である。最近傍領域と準近傍領域を除いた領域がその他の領域である。

最近傍領域、準近傍領域で行う通信をそれぞれ第1種交差点路車間通信、第2種交差点路車間通信と呼び、第1種交差点路車間通信では TDMA（Time Division Multiple Access）方式、第2種交差点路車間通信では Slotted-ALOHA 方式を用いて通信を行う。図2に第1種交差点路車間通信と第2種交差点路車間通信のフレーム構成を示す。メインフレームは第1種交差点路車間通信と第2種交差点路車間通信の2つのサブフレームにより構成される。各サブフレームはアップリンクとダウンリンクにより時分割で分割される。アップリンクでは車両から基地局への通信を行い、ダウンリンクでは基地局から車両に対して通信を行う。また、車両1台が通信を行うために1つのスロットを占有する。本論文において、各サブフレームに割り当て

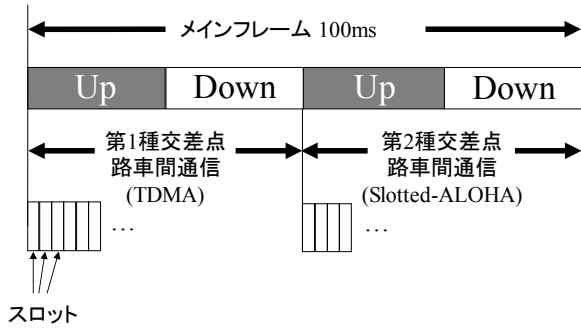


図2 フレーム構成

られるスロット数は等しいものとする。例えば、1 フレームのスロット数が 400 スロットと仮定すると、第 1 種交差点路車間通信のアップリンクとダウンリンク、第 2 種交差点路車間通信のアップリンクとダウンリンクの割当スロット数はそれぞれ 100 スロットである。

その他の領域から準近傍領域に侵入した車両は基地局からパイロット信号を受信し、フレーム同期を行い、第 1 種交差点路車間通信における通信の準備（スロット予約）と可能な限り高品質な通信を行う。車両が最近傍領域に侵入すると、事前に予約したスロットを使用し、第 1 種交差点路車間通信を行う。最近傍領域から退出後、準近傍領域でスロットを開放し、第 2 種交差点路車間通信を行う。その他の領域では CSMA（Carrier Sense Multiple Access）方式を用いた車車間通信を行う。通信の切り替えには高精度な自車位置特定と基地局の位置情報データベースの搭載を前提として各車両が通信領域の変更を判断して行う。

2.2 2s5m 通信評価法

前述したように、ITS 情報通信において、安全に関する情報の通信を行う際には、距離的に近く衝突する可能性の高い車両間での通信成功が重要となる。したがって、本論文では、任意の 2 車両の中心座標間の距離が 2 s 以内に 5 m 以内になると予想される車両を衝突可能性が高い車両とみなし、文献¹²⁾で提案されている、「衝突可能性が高い車両間での通信成功確率」（以降、「2s5m 通信評価法」と呼ぶことにする）、すなわち、

$$\text{必要情報取得率} = \frac{\text{必要情報の取得回数}}{\text{衝突可能性が高い車両の情報取得を必要とした回数}} (*)$$

を指標とした評価を行う。必要情報とは、車両が衝突回避に必要となる相手車両の位置や速度等の情報である。

図 3 に必要情報取得率の計算例を示す。図 3 では、車両 A と車両 B は車車間通信、車両 B と車両 C は路

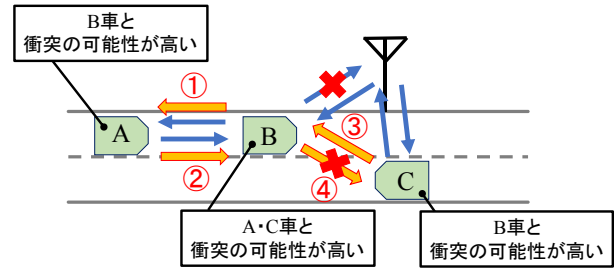


図3 必要情報取得率の計算例

車間通信で情報共有を行っている。ここで、車両 A と車両 B、車両 B と車両 C が互いに衝突可能性が高いと判定されたとする。この場合、車両 A は車両 B の情報取得を必要とする。同様に、車両 B は車両 A 及び車両 C の情報取得を必要とし、車両 C は車両 B の情報取得を必要とする。すなわち、「衝突可能性が高い車両の情報取得を必要とした回数」は 4 回である。車両 B は基地局へのアップリンクにて通信が失敗したと仮定すると、

- ①車両 A は車両 B の情報取得に成功
- ②車両 B は車両 A の情報取得に成功
- ③車両 B は車両 C の情報取得に成功
- ④車両 C は車両 B の情報取得に失敗

となり、「必要情報の取得回数」は 3 回である。したがって、必要情報取得率は 75% となる。車両 A と車両 C は衝突可能性が高いと判定されなかったため、車両 A と車両 C 間での情報取得の成否は必要情報取得率に影響しない。

3. 計算負荷の解析

3.1 解析方法

マルチクラスゾーン ITS 情報通信方式では交通流と通信のシミュレーションを行うため、交通流が定常状態に達した状態から通信を開始する。過渡状態から定常状態に達するまでをウォーミングアップと呼ぶことにする。次に、通信のウォーミングアップが完了後、通信の評価を開始する。交通流や通信のウォーミングアップを除いた計算処理時間をシミュレーション計算時間とする。対して、対象のシミュレーション上の時間をシミュレーション対象時間とする。シミュレーション計算時間が大きいほど計算負荷が高いことを意味する。ここで、交通流や通信のウォーミングアップの計算処理時間はシミュレーション計算時間に比べて十分小さいため、本論文では議論の対象としない。

ITS 情報通信のシミュレーションは交通流と通信のシミュレーションに大別され、一般に、交通流の計算負荷よりも通信の計算負荷のほうが高い。さらに、通

信シミュレーションは通信そのもののシミュレーションを行う通信部と、通信の評価を行う通信評価部に分けられる。計算負荷の高いシミュレーション部を確認するために、シミュレータの役割を交通流部、通信部、2s5m通信評価部の3つに分け、それぞれのシミュレーション計算時間を計測する。交通流部では各車両が周辺の交通状況を考慮したミクロスコピックな交通シミュレーションを行い、通信部では図1に示したように、車両の位置に則した通信方式を用いて通信のシミュレーションを行う。また、2s5m通信評価部は2s5m通信評価法に則した衝突可能性の高い車両の判定を行い、必要情報取得率の評価を行う。また、交通流部、通信部、2s5m通信評価部の3つのシミュレーション計算時間の総和を総シミュレーション計算時間とする。

3.2 シミュレーション条件

交通流シミュレーションに用いた道路環境は図4に示すように、主道路両側5車線、従道路両側3車線とする。交差点数を3とし、中央の交差点における最近傍領域と準近傍領域における必要情報取得率を評価する。また、各交差点には信号機があり、車両は信号現示に従った走行を行う。交通流のシミュレーション刻みはミクロスコピックシミュレーションに広く用いられている0.1秒である。交通流の更新後、車両の位置に基づいた通信を行い、衝突可能性の高い車両の判定を行い、図3に示すような必要情報取得率の計算を行う。車両の設定右左折率を表1に示す。様々な交通量における通信性能について検討するために、1車線あたりの平均車頭間隔が7秒、10秒、30秒の交通状況に対してシミュレーションを行う。平均車頭間隔7秒、10秒、30秒における最近傍領域の平均車両密度はそれぞれ55台/km/lane、35台/km/lane、8台/km/laneであり、交通流のウォーミングアップの必要なシミュ

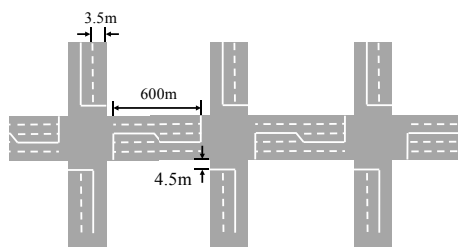


図4 道路諸元

表1 直進・右左折設定希望確率

	左折 [%]	直進 [%]	右折 [%]
主方向	10	80	10
従方向	40	20	40

レーション対象時間はそれぞれ20000秒、5000秒、5000秒である¹⁴⁾。

表2に通信諸元を示す。路車間通信領域の重なりによる信号の干渉を避けるために、隣接交差点では異なる通信帯域を利用する。利用可能帯域幅が0.56 MHz、1.68 MHzにおける通信性能を検討する。本論文では、基地局は交差点の中央、通信機器は車両の中央に設置されていると仮定する。車車間通信の通信半径は100 mとし、隠れ端末による通信失敗を回避するために、キャリアセンス半径を200 mとする。また、シャドーイングが発生しない交通環境であり、通信範囲内で通信が行われ、通信の失敗はパケット衝突のみとする。SN比や多値多相化変調により通信性能は変化するが、以降の帯域幅の計算は誤り訂正、ロールオフ率、ヘッダをすべて含めて1 Hz = 1 bpsと仮定して計算を行う。1パケットは70 byte (1スロット70 byte : 560 bit)のため、利用可能帯域幅が0.56 MHzのとき、1000スロット/秒である。1フレームは0.1秒のため、1フレームの割り当てスロット数は100スロットである。すなわち、利用可能帯域幅0.56 MHzは、図2に示す各アップリンク、ダウンリンクにそれぞれ25スロットの割り当てがあることを意味する。表3にシミュレーションの実行環境について示す。

3.3 解析結果

平均車両密度8台/km/lane、利用可能帯域幅0.56 MHzにおける交通流部、通信部、2s5m通信評価部のシミュレーション計算時間を図5に示す。前述したように、対象のシミュレーション上の時間がシミュ

表2 通信諸元

通信範囲	路車間通信	250 m
	車車間通信	100 m
キャリアセンス半径		200 m
通信周期		0.1 秒
通信チャンネル数		2 CH
パケット長		70 byte

表3 シミュレーション実行環境

OS	Vine 6 64 bit
CPU	Core-i5 4590
クロック周波数	3.30 GHz
コア数	4
メモリ	8 GB
マザーボード	B85M-K
シミュレーション言語	Java
コンパイラ	JDK 1.8.0

レーション対象時間、シミュレーションの計算処理時間がシミュレーション計算時間である。図 5 より、シミュレーション対象時間 10000 秒のとき、交通流部、通信部、2s5m 通信評価部のシミュレーション計算時間はそれぞれおよそ 18 秒、24 秒、36 秒であり、総シミュレーション計算時間はおよそ 78 秒ということが分かる。シミュレーション計算時間はシミュレーション対象時間に比例しており、これは他の平均車両密度、利用可能帯域幅についても同様の傾向が確認できたため、以降は各シミュレーション部のシミュレーション計算時間の比と総シミュレーション計算時間について議論する。

図 6 に各平均車両密度に対する交通流部、通信部、2s5m 通信評価部のシミュレーション計算時間の比と総シミュレーション計算時間を示す。図 6 より、平均車両密度 8 台/km/lane, 35 台/km/lane, 55 台/km/lane における総シミュレーション計算時間はそれぞれ 78 秒、615 秒、8202 秒であった。本研究において、シミュレーション結果を得るためには、各平均車両密度で様々なパラメータにおいてシミュレーションを実行する必要があるため、結果を得るまでに数日～数週間程度要する場合があります。高速化が必要不可欠である。平均車両密度の増加に伴って 2s5m 通信評価部の計算時間が大きく増加したため総シミュレーション計算時間が大幅に増加し、さらに、2s5m 通信評価部の計算処理時間が支配的になっているのが分かる。2s5m 通信評価部で行う衝突可能性の高い車両の判定には車両間の組み合わせで 4 次方程式を解く必要があるため、

車両数の 2 乗に比例して計算負荷が大きくなり、計算時間が増加してしまう。したがって、2s5m 通信評価部の計算負荷を減らすことで、総シミュレーション計算時間の大幅な短縮が期待される。

4. 計算量削減の検討と評価精度

4.1 高速化手法

マルチクラスゾーン ITS 情報通信方式では、第 2 種交差点路車間通信において第 1 種交差点路車間通信で用いるスロットを予約する。すなわち、高速化のために通信の間引きを行うと最近傍領域での通信の予約を行えず、本来の通信性能を評価することができない。したがって、交通流部と通信部のシミュレーションは常に行った状態で通信評価を行う必要がある。

3.2 節で述べたように、衝突可能性の高い車両の判定は 0.1 秒毎に行う。しかし、0.1 秒では交通状況に大きな変化はないため、常に衝突可能性の高い車両の判定を行うことは計算負荷の増大を引き起こす。交通状況が同じ場合、通信の成功率もほとんど等しくなるため、その部分を間引くことが可能である。したがって、本手法では交通流部と通信部のシミュレーションは常に行ったまま、計算負荷の高い 2s5m 通信評価法による通信評価のみを間引き、2s5m 通信評価部の削減をすることで計算時間の削減を図る。

従来は 0.1 秒毎に 2s5m 通信評価法による計算を行っていたため、1 秒間に 10 回の通信評価を行っていた。しかし、前述したように、ITS の情報通信に関しては 0.1 秒で多くの通信が行われるのに対して、交通流に関しては 0.1 秒では車両の位置関係に大きな変化がない。すなわち、通信シミュレーションの粒度が交通シミュレーションの粒度に比べて極めて小さいことを意味している。車両の様々な位置関係での通信性能評価を行うためには、十分に長い時間シミュレーションをする必要があるが、常に通信評価を行うと計算負荷の増大を引き起こす。しかし、前述したように、マルチクラスゾーン ITS 情報通信方式では通信部の間引きを行うと本来の通信性能評価を行うことができない。したがって、通信シミュレーションの中でも削減可能な 2s5m 通信評価の間引きを行うことにより、計算負荷の軽減を図る。2s5m 通信評価を 1/10 に間引きした場合、1 秒間隔で衝突可能性の高い車両の判定を行い、必要情報取得率の計算を行うことになる。すなわち、1 秒間のうち 0.1 秒のみ通信評価を行う。これを 1/10 間引きと呼ぶことにする。この場合、連続した 0.9 秒間は 2s5m 通信評価を行わない。同様に、1/100 間引きを行うと、10 秒毎に 2s5m 通信評

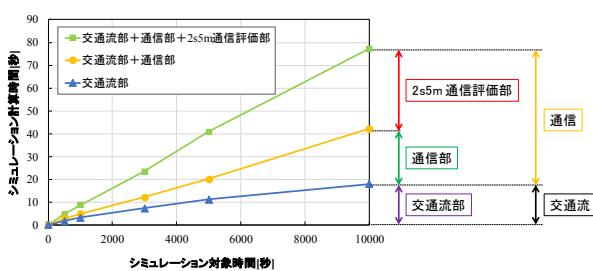


図 5 シミュレーション計算時間の例

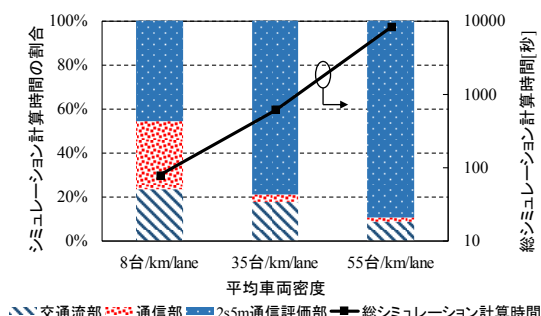


図 6 各車両密度に対するシミュレーション計算時間

価を行うことになり、連続した9.9秒間は通信評価を行わないことになる。これにより、交通流と通信への影響を与えずに様々な交通状況の通信性能評価を行うことが可能となる。4.2節にて、2s5m通信評価の間引きなし（0.1秒毎の2s5m通信評価）、1/10間引き（1秒毎の2s5m通信評価）、1/100間引き（10秒毎の通信評価）の必要情報取得率への影響を調査し、間引きなし、1/10間引き、1/20間引き、1/50間引き、1/100間引きを行った際の高速化について議論する。

4.2 高速化結果

2s5m通信評価の間引きにより、通信評価結果、すなわち必要情報取得率に影響を与えないことが高速化を行うための必要条件となる。図7、図8にそれぞれ最近傍領域と準近傍領域における必要情報取得率の平均と標準偏差を示す。図7、図8では見やすさのため、1/20間引きと1/50間引きのシミュレーション結果は記載していない。図7、図8は2s5m通信評価の間引きを導入したことによる評価結果への影響を表している。図7(c)、図8(c)は平均車両密度が高く利用可能

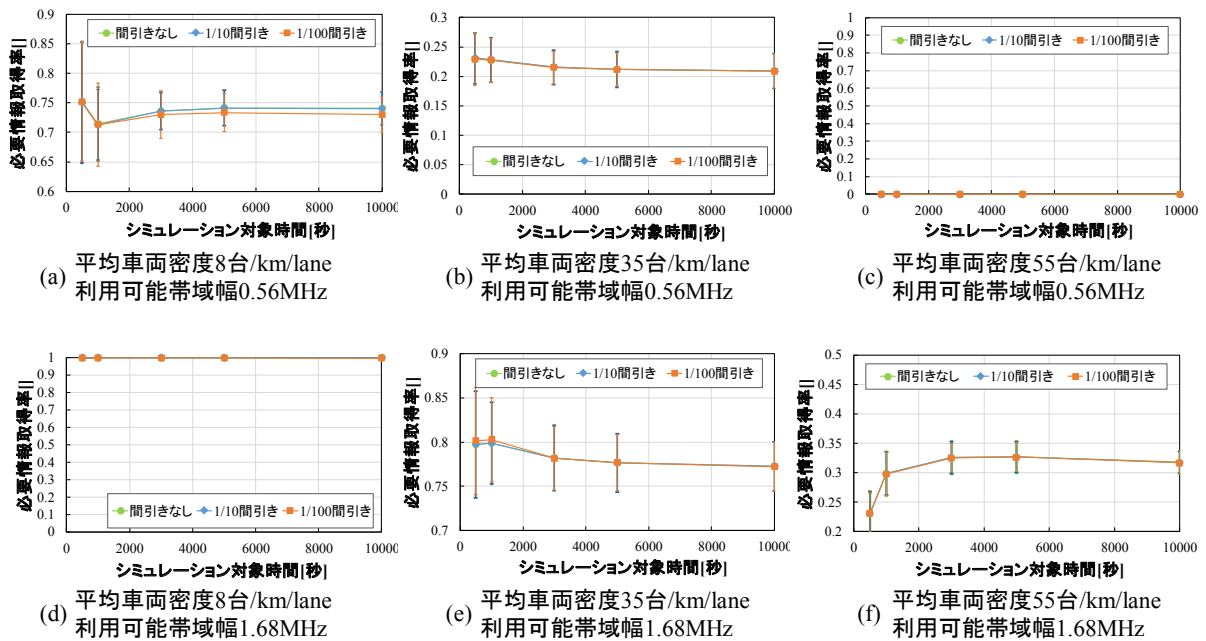


図7 2s5m通信評価の間引きを導入した際の最近傍領域の必要情報取得率

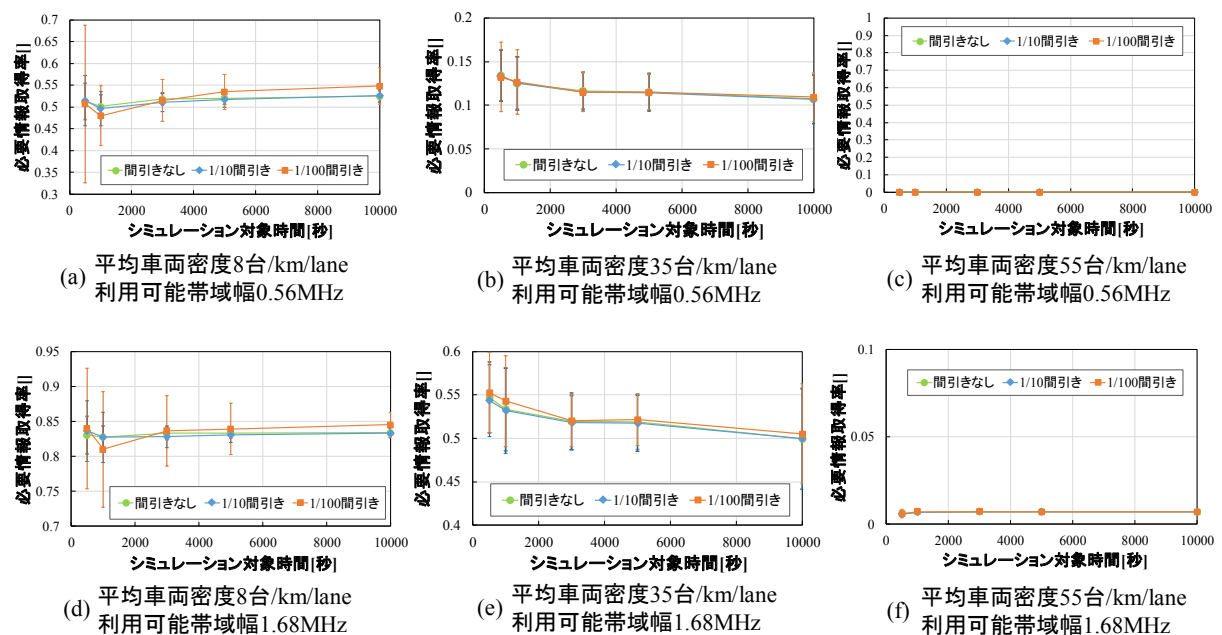


図8 2s5m通信評価の間引きを導入した際の準近傍領域の必要情報取得率

帯域幅が少ないため、ほとんどの車両が通信不可となり、必要情報取得率が0である。これはマルチクラスゾーン ITS 情報通信方式が機能していないことを意味する。現在、日本では700 MHz帯の9 MHzがITSに割り当てられている¹⁵⁾。世界でも、一般に決められた周波数帯域内でシステムを構成することが要求される。このような状況下、決められた条件で通信システムがどのように機能するのか評価することはこの種の評価基盤の本来の目的である。また、図7(d)は利用可能帯域幅が多く、必要情報取得率がほぼ1である。これらは間引きの導入による影響がない。図7(b)、図7(f)、図8(b)、図8(f)では2s5m通信評価の間引きなし、1/10間引き、1/100間引きの特性がほとんど重なっていることから、2s5m通信評価の間引きの導入による評価への影響がないことが分かる。しかし、図7(a)、図7(e)、図8(a)、図8(d)、図8(e)のように平均車両密度が小さい場合には、2s5m通信評価の間引きなしと1/100間引きに乖離が見られる。これは、必要情報取得率の計算(式*)の分子に用いる「必要情報の取得回数」が少ないため、通信の試行回数が不十分であった可能性が考えられる。「必要情報の取得回数」を大きくするためにはシミュレーション対象時間を長くする必要があるため、間引きを過度に大きくすると必要なシミュレーション対象時間が多くなり、総シミュレーション計算時間がかえって大きくなる場合がある。また、図7(a)-(f)、図8(a)-(f)において、十分に長いシミュレーションを行ったと考えられるシミュレーション対象時間10000秒と、シミュレーション対象時間が小さい場合の結果には差が見られ、シミュレーション対象時間が短いと信頼できるシミュレーション結果が得られないことが分かる。これは、様々な交通状況の出現が不十分であり、特定の交通状況における通信評価が行われたためと考えられる。そのため、必要情報取得率の信頼性確保のためには、シミュレーション対象時間が5000秒程度必要であることが分かる。したがって、ミクロスコピックなITS情報通信シミュレーションの信頼性向上のためには通信回数を確保し、様々な交通状況のシミュレーションを十分に行う必要がある。

図9、図10に平均車両密度55台/km/lane及び平均車両密度8台/km/laneにおける2s5m通信評価の間引きを導入した際の交通流部、通信部、2s5m通信評価部のシミュレーション計算時間の比と総シミュレーション計算時間を示す。図9、図10ともに利用可能帯域幅は0.56 MHzである。図9、図10から、間引きなしから1/10間引きの総シミュレーション計算時間

の削減時間に対し、1/10間引きとそれ以上の間引きでの削減時間は小さい。2s5m通信評価の間引きの導入は、2s5m通信評価部のシミュレーション計算時間のみを減少させるため、総シミュレーション計算時間に占める2s5m通信評価部のシミュレーション計算時間の割合が小さいと、交通流部や通信部のシミュレーション計算時間の割合が高くなるため、間引きを大幅に行ったとしても、総シミュレーション計算時間の減少に大きく貢献せず、図7、図8から、必要情報取得率の信頼性の低下を招くため、それらに鑑みると、2s5m通信評価の間引きは1/10程度の間引きが適当であると判断される。

次に、異なる平均車両密度において、2s5m通信評価の間引きなしから1/10間引きにした場合の総シミュレーション計算時間の削減量を比較する。平均車両密度の高い図9では5.0倍程度高速化できているのに対して、平均車両密度の低い図10では1.2倍程度しか高速化できていない。前述したように2s5m通信評価の間引きの導入は2s5m通信評価部のシミュレーション計算時間のみを削減するため、平均車両密度が高く、2s5m通信評価部のシミュレーション計算時間が支配的である場合、総シミュレーション計算時間を大きく削減できるが、平均車両密度が低い場合には総シミュレーション計算時間の削減量は小さい。しかし、図6より、平均車両密度が低い場合、高い場合と

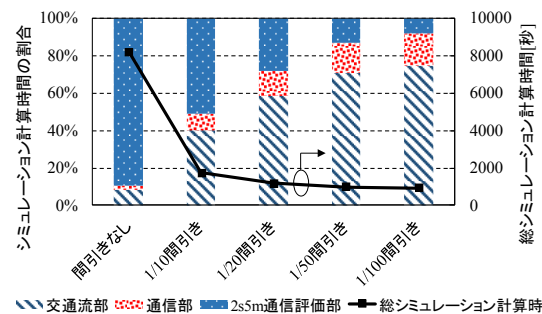


図9 2s5m通信評価の間引きを導入した際のシミュレーション計算時間(55台/km/lane)

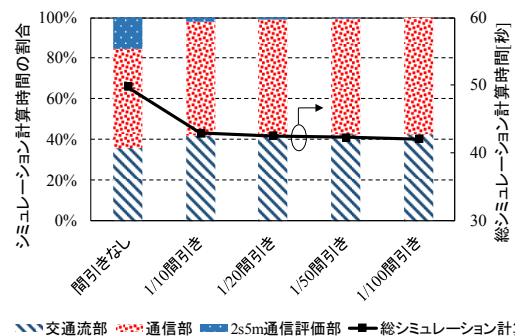


図10 2s5m通信評価の間引きを導入した際のシミュレーション計算時間(8台/km/lane)

比べて総シミュレーション計算時間が極めて小さい。すべてのシミュレーションが完了するために必要な時間は各平均車両密度における総シミュレーション計算時間の総和であり、これが総計算処理時間となる。すなわち、平均車両密度が小さい場合の総シミュレーション計算時間が総計算処理時間に与える影響は非常に小さい。間引きなしと1/10間引きの総計算処理時間を比較すると、およそ4.5倍高速化しており、本提案手法が有効な高速化手法であることが分かる。

5. むすび

本論文では、マルチクラスゾーン ITS 情報通信方式におけるシミュレータの計算負荷の要因を明らかにし、2s5m 通信評価の間引きの導入により、効果的な計算時間の短縮を行った。

まず、2s5m 通信評価部の計算時間がシミュレーションの計算時間の多くを占めていることを明らかにした。次に、2s5m 通信評価部の計算時間削減のために2s5m 通信評価の間引きの導入を提案し、本提案手法の導入による必要情報取得率の信頼性への影響について調査し、計算時間の削減が可能であることを示した。これにより、本研究で用いた環境では、必要情報取得率に影響を与えずに1.2倍（平均車両密度8台/km/lane）～5.0倍（平均車両密度55台/km/lane）程度高速化することが可能となり、各平均車両密度でのシミュレーションが完了するまでの全時間を比較すると、提案手法の導入により4.5倍程度高速化していることを示した。

今後は、ITS 情報通信の評価法としての2s5m 通信評価法のさらなる検討、また、本手法によって高速に評価が行えるようになったマルチクラスゾーン ITS 情報通信方式の様々な条件下での性能評価を行いたい。

参 考 文 献

- 1) 内閣府：平成28年度版交通安全白書(2016)
- 2) T. Hasegawa, K. Mimui, H. Fujii, K. Seki : A concept reference model for inter-vehicle communications, Proc. 10th World Congress on Intelligent Transport Systems 2003, 342/346 (2003)
- 3) 小原啓志, 柳田諒, 小川紘基, 重野寛：自動車アドホックネットワークにおける道路網構造およびコネクティビティに基づくジオルーティング手法, 情報処理学会論文誌, 57-1, 34/42(2016)
- 4) Nasrin Taherkhani and Samuel Pierre, Senior Member, IEEE : Centralized and Localized Data Congestion Control Strategy for Vehicular Ad Hoc Networks Using a Machine Learning Clustering Algorithm, IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS, 17-11, 3275/3285(2016)
- 5) 宮本進生, 四方博之, シャグダルオユーンチメグ, 大山卓, ヌリシラジマハダド, 三浦龍, 小花貞夫：CDMA vs. TDMA : 安全運転支援のための車車間通信システム特性評価, 電子情報通信学会論文誌 A, J93.A-7, 474/484 (2010)
- 6) Daein Jeong, Member : Performance Analysis of Distributed Broadcasting in IEEE 802.11p MAC Protocol, IEICE Transactions on Communications, E98.B-6, 1086/1094 (2015)
- 7) Yoshihisa Okada, Tomotaka Wada, Masato Horie, Fumio Nakase, and Hiromi Okada, Members : Experimental Performance Evaluations of Reflect-Transmission Control Schemes for Vehicle-Pedestrian Communication (VPEC), IEICE TRANS. COMMUN., E90.B-10, 2931/2939 (2007)
- 8) K. Kuramoto, K. Fujimura, T. Hasegawa : The Multi-Class Zone ITS Communication Scheme for Real-Time Communications in Intersections, Proc. 10th IEEE Conf. on ITSC, 431/435 (2007)
- 9) 石其俊明, 長谷川孝明, 倉本圭太：マルチクラスゾーン ITS 情報通信方式における車車間通信の一検討, 電子情報通信学会論文誌, ITS2008-10, 13/18 (2008)
- 10) 石其俊明, 長谷川孝明：マルチクラスゾーン ITS 情報通信方式における干渉の評価, 電子情報通信学会論文誌, ITS2009-87, 13/18 (2010)
- 11) 萩藤裕一, 長谷川孝明：マルチクラスゾーン ITS 情報通信方式におけるマルチホップ通信の導入, 電子情報通信学会論文誌, ITS2008-56, 127/132 (2009)
- 12) 横山達也, 倉本圭太, 長谷川孝明, 麻生敏正, 石其俊明：マルチクラスゾーン ITS 情報通信方式, 電子情報通信学会論文誌 A, J95.A-8, 683/693 (2012)
- 13) 金子真之, 長谷川孝明：マルチクラスゾーン ITS 情報通信方式の時空間特性について, 電子情報通信学会論文誌, ITS 2015-91, 41/46 (2016)
- 14) 近藤将太郎, 長谷川孝明：マルチクラスゾーン ITS 情報通信方式シミュレーション高速化の一検討, 日本シミュレーション学会 電子情報通信学会, JSST-MDMC2016-1-04 IEICE-ICTSG2016-04, 20/25 (2017)
- 15) ARIB STD-T109 1.3 版：700 MHz 帯高度道路交通システム標準規格, 電波産業会 (2017)

著 者 紹 介

近藤 将太郎

2016年岡山県立大学情報工学部情報通信工学科卒業。同年埼玉大学大学院理工学研究科入学。現在、同博士前期課程在学中。ITSにおける安全の通信に関する研究に従事。電子情報通信学会学生会員。

長谷川 孝明 (正会員)

1981年慶應義塾大学工学部電気工学科卒業。1983年慶應義塾大学大学院工学研究科修士課程修了。1986年同博士課程修了。工学博士。同年埼玉大学工学部電気工学科助手。同助教授を経て、現在、埼玉大学大学院理工学研究科教授。1995～1996年カナダ・ビクトリア大客員研究員。

現在の興味はIT (Information Technology) によるQoS (Quality of Spatial Comfort ; 空間心地よさの質) の向上のシステム創成論的アプローチにあり、これらを通じてスマート社会に寄与したいと考えている。

1980年に情報通信分野で研究の道に入り、第3世代の携帯

電話の多元接続方式 CDMA の基礎となるスペクトル拡散通信システム、ニューラルネットとその情報システムや通信システムへの応用、画像入力マイクロフォンや脳波や頭皮表面電位による機械への意思伝達(現在 BMI と呼ばれている分野)、PDMA(位置分割多元接続、現在 MIMO と呼ばれている複数の送受信アンテナによる送受信による同一周波数帯の利用)など、人間機械間通信を含む情報通信の方式・情報と信号の処理の研究を経て、1996 年以降は IT(情報技術)によるモビリティの高度化(ITS 分野)の研究に入り、2000 年以降はこれにプラットフォーム論を含むシステム創成論を加えて研究を進

めてきた。2010 年からは、QoS に着目し、システム創成情報学的アプローチで、ICT によるスマート社会の実現に向けて研究を進めている。

電子情報通信学会スペクトル拡散研究専門委員会委員長、同 ITS 研究専門委員会委員長、IEEE ITS ソサイエティ BoG (Board of Governors)、同 ITS ソサイエティ Tokyo Chapter Chair などを歴任。日本シミュレーション学会会員、電子情報通信学会フェロー、IEEE、情報処理学会、国際交通安全学会、自動車技術会、応用科学学会各会員。
