

協調的隊列走行のための車群通信技術の検討

大西亮吉[†] アルトウンタシュオヌル[†] 吉岡頭[†]
志田充央^{††} 根本雄介^{††}

車車間無線通信の活用により効果的な隊列走行の実現が期待されている。隊列走行を行う車両間で受信応答を交わすことで、双方向通信を維持した協調的な隊列走行が考えられる。高度で柔軟な制御が可能となり、例えば高速道路の合流箇所や車線減少箇所において車間を広げることによる合流支援などが検討されている。本稿では、車群通信による効率的な通信状態の把握と通信状態変化への対処について提案する。サイクル同期や ID 省略により通信状態を効率的に共有し、その状態変化に対して各車が自律的な対応を行うことで競合を回避し安定的に制御を行うことを特徴とする。主な動作や状態遷移について説明し、シミュレーションによる動作確認の検討状況について紹介する。

Group Communication for Cooperative Vehicle Platooning

Ryokichi Onishi[†], Onur Altintas[†], Akira Yoshioka[†],
Mitsuhisa Shida^{††} and Yusuke Nemoto^{††}

Inter-vehicular communications is expected to significantly enhance vehicle platooning capability. If every vehicle in a platoon establishes bi-directional communication with each other by exchanging acknowledgements, functionality and flexibility of the platoon will increase considerably. For example, in case of merging traffic, vehicles cooperatively increase the gap in between them in order to accommodate vehicles in the next lane. In this paper, we suggest an efficient method for bi-directional communication assurance and platoon organization for cooperative vehicle platooning by group communication. Vehicles establish a communication group and bind vehicle IDs and correspondent ACKs into packets, where vehicles may use the short ID with ID conflict clearance. When communication situation change is occurred, each vehicle autonomously reacts to the change as needed. This indirect collaboration realizes a stable re-organization of the platoon without any conflict of commands. We describe the major idea with a simple state flow diagram and discuss simulation methodology for checking integrity of the system behavior.

1. はじめに

先行車両を自動的に追従して、全体として隊列を形成した走行について、数多くの研究や試行がなされてきた[1]。このような走行によって、運転者を運転操作から解放するとともに、車間距離の短縮による輸送効率および燃費の向上を図ることができる。一方、無線機の低コスト化・高性能化が進んだことにより、無線 LAN 仕様を車両用途に改良した IEEE802.11p をベースに、欧州、米国、そして日本において車車・路車間通信の規格検討や実証実験が進められている[2][3][4]。欧州・米国では 5.9GHz 帯で検討されているが、日本ではアナログ地上波テレビの跡地から割り当てられた 720MHz の 10MHz について検討が進められている。このような車車間通信を活用することで隊列編成や走行制御を効果的に実現する提案がなされている[5][6]。通信を利用する隊列走行の形態としては、レーダと併用して前方車両から送信される情報にしたがって自車両を制御する手法があり、一般的に通信 ACC (Adaptive Cruise Control) と呼ばれている。さらに進んだ形態として、隊列走行を行う車両間で受信応答を交わすことで、双方向の通信を確認しつつ走行制御を行う隊列走行システムが考えられる。双方向通信が担保されるので、より高度で柔軟な制御が可能となり、例えば高速道路の合流箇所[7]や車線減少箇所[8]において協調して車間を広げることによる合流支援などが検討されている。このような仕組みの隊列走行を、本論文では協調的隊列走行 (Cooperative Vehicle Platooning)、または簡単に協調走行と呼ぶ。

ところで、協調走行を行っている車両全てに対して個別に受信応答(ACK)を送信する場合、必要な通信量が協調走行を行う車両の台数の増加に伴って急激に増加することが問題となる。N台の車両で協調走行をしている場合に、ある1台の車両が送信した情報に対して残りのN-1台の車両が受信応答を返すことになるので、N台の車両がそれぞれ情報を送信するたびに合計でNの2乗のオーダの回数で送信が必要となる。通信回数を増加させると電波干渉が発生しやすくパケット到達率が低下するため、一般的には通信に一定の周期を持たせることが考えられている。例えば、前述の日本の車車間無線機では、Advance Safety Vehicle-4 (ASV-4)プロジェクトで検討された 399bits のアプリケーションデータを 100 ミリ秒の周期で送信する。(パケットサイズは[9]の車両実験の場合は 800bits となる。)つまり、N回の ACK を処理するために、N*0.1 秒の時間が必要となり、1~2 秒の時間距離で制御する走行に悪影響を与えるおそれがある。ACK をまとめることは容易に考えることができるが、どのようなスキームでまとめたらよいかを検討する必要がある。

[†] 株式会社トヨタ IT 開発センター
Toyota InfoTechnology Center Co., Ltd.

^{††} トヨタ自動車株式会社
Toyota Motor Corporation

さらに通信でやり取りされる情報から、システム未対応の車両の割り込みや、遮蔽・混雑などによる通信障害といった状態変化を察知して、協調して走行するメンバを適切に選定する必要がある。

本稿では、「通信の双方向性の確認」を効率よく行い、通信状態の変化に対して隊列編成を行う仕組みやその動作確認方法について、これまで検討した内容を報告する。

2. 黒板モデルによる通信状態の把握（車群通信）

通信の双方向性の確認を効率よく行うために、まず協調走行を行う車両で車群を形成し、車群毎、サイクル毎に受信応答をまとめて送信することで、パケットヘッダなどの重複情報を削減する方法を紹介する。更に、車群における車両 ID の競合解決機能を活用し、車両 ID のデータ長を削減する方法も紹介する。

協調走行を行う車両の集団では、先頭を走る車両が通信のリーダーとなって定期的な情報送信を行い、リーダーからの無線が届く範囲内を走行する後続車両が応答を返す。これによって、リーダーがメンバを認知して車群を形成・維持することができ、車群内の通信には時間的な境界であるサイクルの概念を導入することができる。車群通信の状態遷移の基本イメージを図 1 に示す。リーダーやメンバはサイクルを同期して定期的に情報送信を行う。

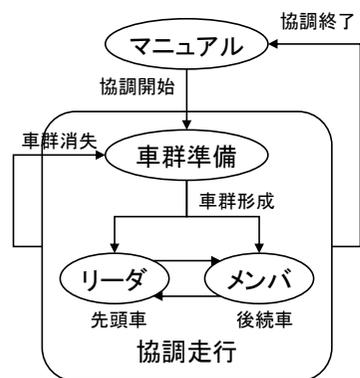


図 1 車群通信の状態遷移の基本イメージ

また、リーダーは車群を構成する台数に制約を設けることもできる。車群を形成するだけなら、リーダーは必ずしも先頭にいる必要はないが、[5]によれば、先頭車両によるコーディネーションが隊列の安定性に最も貢献することから、一番初めに情報を発信することの出来るリーダーの役割を先頭車両に与えた。このことは車両 ID の競合解決

時にも有利に働くが、後ほど紹介する。

各車両が定期的に送信する情報には、車群 ID、サイクル番号のほかに、自車両の位置、車群内に所属する車両 ID とその車両の前の送信に対する受信応答が含まれる。車群毎、サイクル毎に受信応答をまとめて送信することで、パケットヘッダなどの重複情報を削減することが可能となる。本方式を Group ACK と呼ぶ。リーダーは集められたメンバの位置情報から走行順に車両 ID を並べる。このことによって、車群内で走行順を共有することが可能となる。これは黒板モデル、あるいは white board model と一般的に呼ばれる自律分散システムの状態情報共有モデルをベースにしており、リーダーから展開される車群 ID、サイクル番号、走行順車両 ID 列を記した「黒板」パケットに対して、メンバが各車両に対する受信応答を書き込んで再展開することで、車群内で状態情報を共有することが可能となる。リーダーからの通信情報を HB(HeartBeat)パケット、メンバからの通信情報を MR(Membership Report)パケットと呼ぶ。他には、自車両の速度・加速度ベクトルなどの情報が含まれる。各車両は、これらの通信からの情報と自車両が備えるセンサによって取得される情報とに基づいて、自律的に隊列編成や走行制御を行う。

図 2 は、車両 4 台の協調走行における Group ACK の様子を示す。車両 A がリーダーで、車両 BCD がメンバである。現在 23 番目のサイクルでリーダー車両 A が情報送信を行った様子が左図であり、その後メンバ車両 B が応答を行った様子が右図である。車両 ID が走行順に並んでおり、それに対応する形で受信応答 (ACK) も並ぶ。リーダーからの受信応答は、前回のサイクル (22 番目) に対する結果であり、メンバからの受信応答は、リーダーに対しては現在のサイクル (23 番目)、その他のメンバに対しては前回のサイクル (22 番目) に対する応答となる。このようにして、リーダーとメンバは走行順に車両 ID を共有し、互いに受信応答を確認することができる。

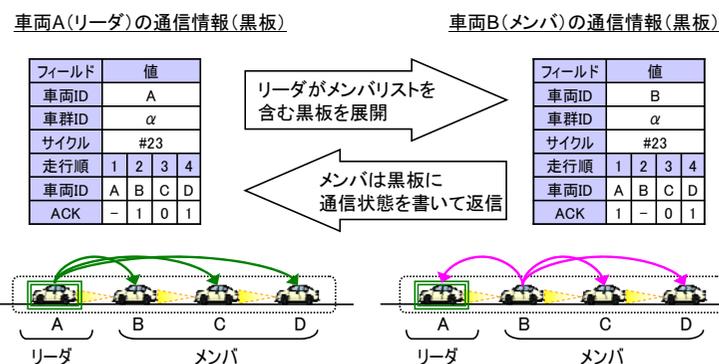


図 2 Group ACK のイメージ

次に、グループにおける車両 ID の競合解決方法を紹介する。グループ内で自車両の ID と同一の ID を発見した場合、競合する車両の中で最も前方を走行する車両は、競合した ID を使用し続け、その他の後方の車両は、グループにおいて未使用の ID をランダムに選択して再設定する。これを競合が解消されるまで繰り返す。リーダー車両は先頭を走行するため、車両 ID が変更されることがなく、このことは隊列の安定性に寄与する。この機能を利用して、車群内では車両 ID の下位数ビットのみでやり取りすることで、共有すべき情報量を削減することが期待できる。本手法を Group Nickname と呼ぶ。

Group Nickname 動作の詳細と、Group ACK と併用した場合の効率面の評価は[10]で紹介する。

3. 通信状態変化への対応

黒板モデルによって通信状態を把握した結果、どのように車群を形成し、通信状態の変化に対応するかについて要点を述べる。

まず車群の形成について、図 3, 4 を用いて説明する。車群内の走行順に車両 ID と受信応答のフィールドがあるが、これに加えて、車群外の先行車（走行順 F）や後続車（走行順 R）のフィールドも用意する。車群準備状態の車両は、前方レーダと通信によって前方に隣接する車両を特定した場合に車群外先行車のフィールドにその車両 ID と ACK（真の値）を記載する。これを通信先行車特定と呼ぶ。前方の車両はこれを受けて、車群外後続車のフィールドに車両 ID と ACK（真の値）を記載する。通信の双方向性を確認できた車両同士は、先行車がリーダー、後続車がメンバとなって車群を形成する。図 3 の例では、車群準備状態の車両 B が、通信先行車として車両 A を特定し、車両 A を車群外前方車（F）に記載して送信する。車両 A はこの情報を受けて、車両 B を車群外後続車（R）に記載して送信する。結果、車両 A と車両 B は隣接性と通信双方向性を確認できたので、図 4 のように、車群を形成する。

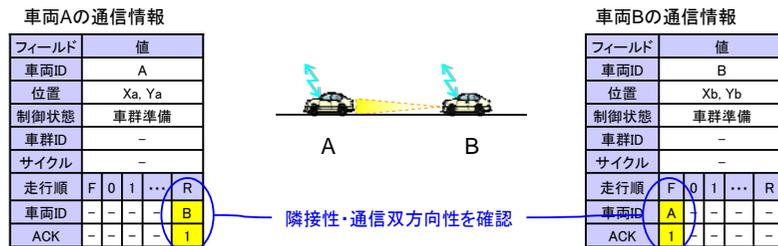


図 3 車群形成前のイメージ

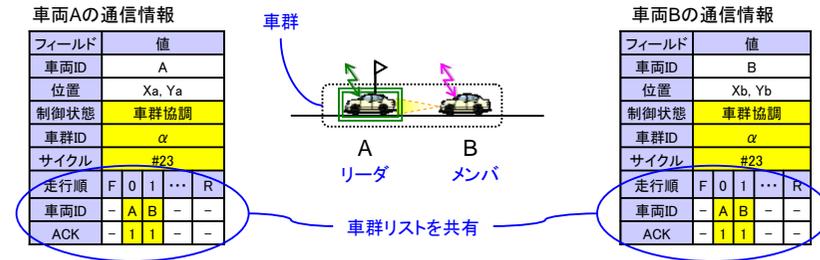


図 4 車群形成後のイメージ

次に車群の合流について、図 5, 6 を用いて説明する。ある先行車群に対して隣接する後続車両や後続車群が存在する場合、車群の形成の場合と同様にして隣接性や通信双方向性を確認する。先行車群のリーダーは、後続車両や後続車群に所属する全ての車両の通信を傍受し、これらを併合するだけのメンバ数の余裕があると判断した場合に、それらを合流させた通信情報を送信する。後続車は先行車群リーダーの通信情報に自車 ID を発見した場合、先行車群のメンバとなる。（結果、後続車群は解散となる。）図 5 の例では、先行車群のリーダー A が、隣接性や通信双方向性の確認が取れた後続車群に所属する車両 DEF の通信を傍受した状態を示す。リーダー A は後方車群を取り込んでもメンバ数上限内と判断した結果、図 6 のように、車両 DEF を取り込んだ通信情報（HB パケット）を送信する。車両 DEF はその情報を受けて先行車群のメンバとして通信情報（MR パケット）を送信する。後方車群を 1 台ずつ取り込む場合、後方車群では絶えずリーダーが変化して不安定になるおそれがあるため、まとめて取り込む方針とする。

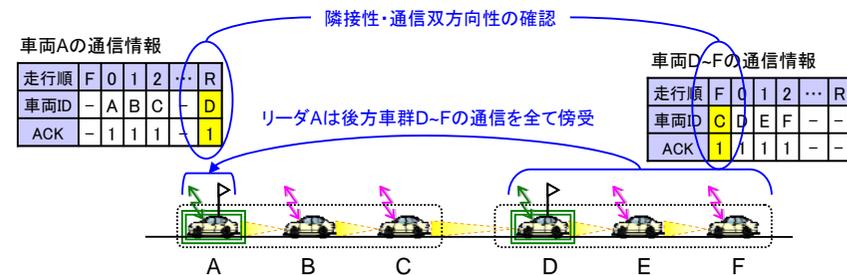


図 5 車群合流前のイメージ

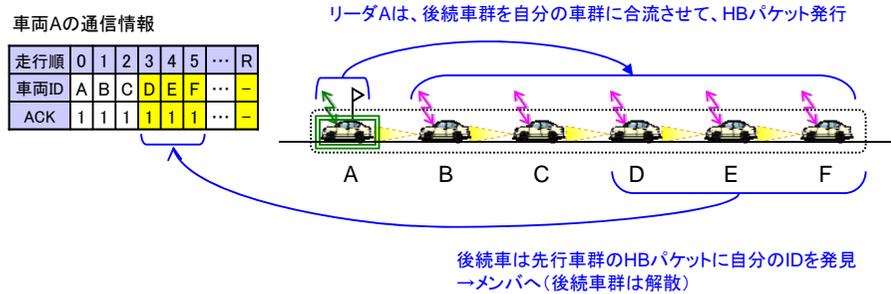


図 6 車群合流後のイメージ

続いて、通信途絶車両の検知とその対処について、図 7, 8 を用いて説明する。各車両は、以下の条件により検知を行う。

- (i) 送信機能の障害
 - ある車両からの情報が連続して届かない。
 - 且つ、他車両からの情報も、その車両に関する ACK が連続して偽となる。
- (ii) 受信機能の障害
 - ある車両からの情報で、全車両、または不特定多数の車両に関する ACK が偽となる。

通信途絶車両の後続のメンバは、自らリーダーとなって新しい車群を立ち上げ、後方のメンバを併合した通信情報 (HB パケット) を送信し、後方のメンバはこれを受けて新しい車群に鞍替える。元の車群のリーダーは、新しい後続車群のリーダーとなった元メンバからの通信情報を受信した場合、当該車両以降のメンバを除いた通信情報 (HB パケット) を送信する。図 7 の例は、車両 C が通信途絶した場合の通信情報の特徴を示す。送信障害の場合には車両 C からの通信が無いほかに、他の車両からの ACK も偽の値(0)となる。また受信障害の場合は、車両 C からの情報で全車両、または不特定多数の車両に関する ACK が 0 となる。このような場合、図 8 のように①車両 C に後続する車両 D が、新車群のリーダーとなって後方のメンバ車両 E を併合し、②これを受けて車両 A は車両 DE を除いた通信情報を送信する。車両 C も通信途絶の理由により、車両 A の通信情報から除かれる。ちなみにリーダーの通信が途絶した場合にも、後続車両のリーダー化によって同様に対処される。電波干渉が発生した場合は、その程度に応じて次第に車群が分割され、最終的には解散となる。車群から除かれた車

両は除外リストに記録され、一定時間合流を行わない。したがって、図 8 の車両 C が通信可能になっても、除外期間中であれば、2つの車群に分割された状態は維持される。除外期間終了後に、合流を繰り返して再び一つの車群となる。

(i) 車両Cの送信障害時
車両A,B,D,Eの通信情報

走行順	0	1	2	3	4
車両ID	A	B	C	D	E
ACK	1	1	0	1	1

(ii) 車両Cの受信障害時
車両Cの通信情報

走行順	0	1	2	3	4
車両ID	A	B	C	D	E
ACK	0	0	1	0	0

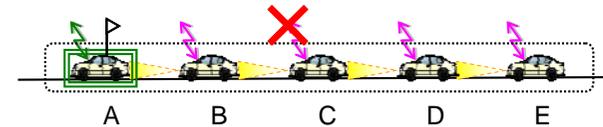


図 7 通信途絶検知のイメージ

② 車両Aの通信情報

走行順	0	1	2	3	4
車両ID	A	B	-	-	-
ACK	1	1	-	-	-

① 車両Dの通信情報

走行順	0	1	2	3	4
車両ID	D	E	-	-	-
ACK	1	1	-	-	-

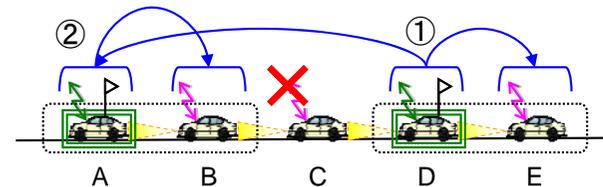


図 8 通信途絶に対する隊列編成のイメージ

最後に車群に対する車両の割り込や離脱について図 9, 10, 11 を用いて説明する。車群内に車両が割り込んだ場合、直後のメンバは、前方リーダーで検出した車両の位置にマッチするような、車群内のメンバを特定できず、通信先行車が消失する。その結果、直後のメンバは通信途絶の場合と同様に新車群のリーダーとなって後方車両を率いる。割り込み車両が通信可能な場合は、前方車群や後続車群へ合流が行われ、やがて一つの車群となる。図 9 の例では、車両 ABDE が車群を形成しており、車両 B と D の間に

車両 C が割り込んできた様子を示す。車両 D は前方レーダでは車両 C の位置 (Xc,Yc) に車両を検出するが、この車両は通信で得られた車群内の車両 ABE のどの位置にもマッチしないため、通信先行車が消失したと判断される。その結果、図 8 のように車両 AB と車両 DE に分かれて 2 つの車群が形成される。車両 C が通信可能な場合は、車両 AB の車群のメンバか、新車群のリーダーになって車両 DE を合流させることになり、メンバ数が上限以内であればやがて一つの車群となる。

車両Dが保有する車群情報

走行順	0	1	2	3
車両ID	A	B	D	E
ACK	1	1	1	1
位置	Xa,Ya	Xb,Yb	Xd,Yd	Xe,Ye

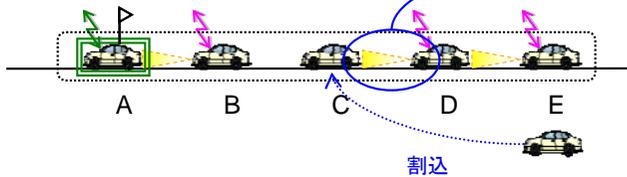


図 9 車群への車両の割り込みイメージ

車群から車両が離脱した場合、離脱車両の直後のメンバは、前方レーダと通信で車群内の先行車を新たに特定し、離脱車両を除いた情報 (MR パケット) を送信する。これを受けて、リーダーも離脱車両を除いた情報 (HB パケット) を送信してメンバに通知する。離脱車両は、車群対象から一定時間除外される。図 10 の例では、車両 ABCDE が車群を形成しており、車両 C が車線変更などで離脱した様子を示す。車両 D は新たな通信先行車として車両 B を特定する。その結果、図 11 のように車両 D は車両 C を除いた情報を送信し、これを受けて、リーダー A も車両 C を除いた情報を送信する。リーダーが離脱した場合は、2 番手を走行している車両は、車群内で先行車の特定が不能となり、新たな車群のリーダーとなって後方のメンバを率いる。

一方、離脱した車両も車群内で先行車の特定が不能となり、新たな車群のリーダーとなって後方のメンバを含めた情報を送信する。後方のメンバが離脱車両を除外する前にこの情報を受信した場合は、一時的に離脱車両のメンバとなる。しかし、離脱車両の直後の車両は、離脱車両を通信先行車として特定することができないため、やがて新車群のリーダーとなり、除外期間終了後に、離脱車両を除いた一つの車群となる。

車両Dが保有する車群情報

走行順	0	1	2	3	4
車両ID	A	B	C	D	E
ACK	1	1	1	1	1
位置	Xa,Ya	Xb,Yb	Xc,Yc	Xd,Yd	Xe,Ye

車両Dは前方レーダに対応する車群内の先行車Bを新たに特定

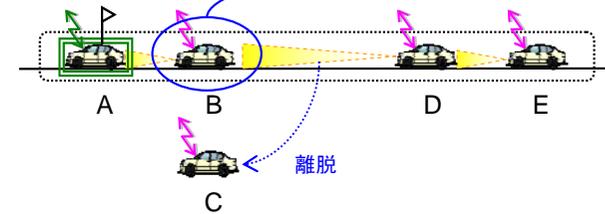


図 10 車群からの車両の離脱イメージ

離脱車両直後の通信メンバD⇒通信リーダーA⇒通信メンバ全体の順に通知が行われる。

車両A,B,D,Eの通信情報

走行順	0	1	2	3
車両ID	A	B	D	E
ACK	1	1	1	1

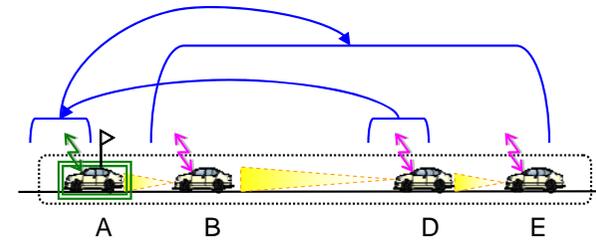


図 11 車群におけるメンバリスト更新のイメージ

これらの車群通信の状態遷移を図 12 に示す。原則として、割り込や離脱、通信途絶の際にはその発生地点で車群を分割し、一定時間経過後に、再合流を行って安定状態に落ち着く方針とする。また、リーダーは状態情報を共有するメンバやタイミングを管理する役割であり、隊列の編成は、情報の受け手である各車両の責任においた自律的な判断で行う自律分散型の特徴を有する。隊列の編成が集中管理される方式と比べて、往復の通信を前提とする必要がなく、また命令の競合も回避できるというメリットが期待される。

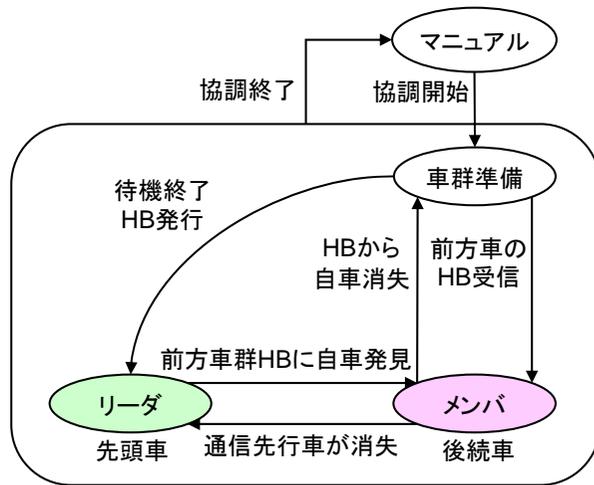


図 12 車群通信の状態遷移

4. シミュレーションによる動作確認の検討

現在、ネットワークシミュレータを利用した基本動作の確認や、合流や離脱の同時発生に対する動作確認を進めている。基本動作の確認として、表 1 にある 16 項目のシナリオについて実施しており、本稿執筆時点では、通信車両の割込、車両 ID の競合解決、車線の変更を除いた動作確認は完了しており、残りの部分も研究会までには確認できる見込みである。ネットワークシミュレータには Scenargie[11]を利用しており、通信仕様やフォーマットを ITS 情報通信システム推進会議の実験用ガイドライン (ITS FORUM RC-006 1.0 版) [2]を参照して設計している。合流や離脱の同時発生に対する動作確認については、図 13 のように交通流シミュレータ MATES[12]で生成した車両の位置トレースをリーダーと GPS/INS のシミュレーションモジュールへフィードし、それを元に車群通信を行って協調範囲 (車群) を決定する。図 14 のようなテストコースを想定し、合流と離脱に対する動作の完全性の確認を進めている。

表 1 基本動作確認用のシナリオ

シナリオ		開始状態	状態変化	終了状態
合流	隊列の形成	[□]■	[□]■ ←[□]	[□]■[□]
	隊列への合流	[□]■[□]	[□]■[□] ←[□]	[□]■[□]
	隊列同士の合流	[□□□]	[□□□] ←[□□□]	[□□□□□]
	通信車両の割込み	[□□□ □□□]	[□□□ ↓□□□]	[□□□□□□]
	最大隊列長による制約	[□□□□□□□]	[□□□□□□□] ←[□]	[□□□□□□][□]
	車両IDの競合解決	[①②③④⑤]	[①②③④⑤] ←①④	[①②③④⑤⑥⑦]
離脱	車線の変更	[□□□□□□]	[□□□□□□] ↓	[□□ □□] [□]
		[□□□□□□]	[□□□□□□] ↓	[□□□□□] [□]
分離	ドライバーによる解除	[□□□□□□]	[□□□◆□□]	[□□□◆[□□]
	非通信車両の割込み	[□□□ □□□]	[□□□ ↓□□□]	[□□□]■[□□□]
通信の途絶	通信機能の停止(メンバ)	[□□□□□□]	[□□□■□□]	[□□□]■[□□□]
	通信機能の回復(メンバ)	[□□□]■[□□□]	[□□□]□[□□□]	[□□□□□□]
	通信機能の停止(リーダー)	[□□□□]	[■□□□]	■[□□□]
	通信機能の回復(リーダー)	■[□□□]	□[□□□]	[□□□□]
	電波範囲外への移動	[□□□□]	[←□ □□□]	[□□□]
	電波干渉の発生	[□□□□]	[□□□□] ←○○○○○	[□□□]□□ ○○○○○
電波干渉の消失	[□□□]□□ ○○○○○	[□□□]□□ ←○○○○○	[□□□□]	

状態の凡例
 □: 通信車両
 ■: 非通信車両
 ◎: 電波干渉発生車両
 ◆: マニュアル車両 (通信可能)
 【】: 車群範囲
 ←: 移動方向 (車両・隊列)
 ①...: 通信車両の車両ID

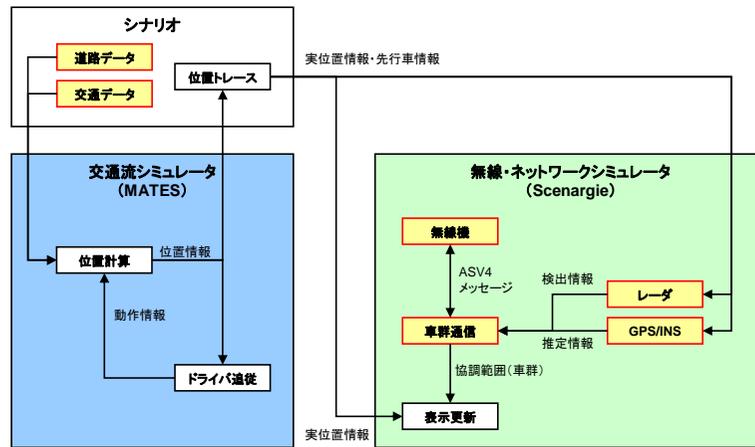


図 23 動作確認用シミュレータの構成図

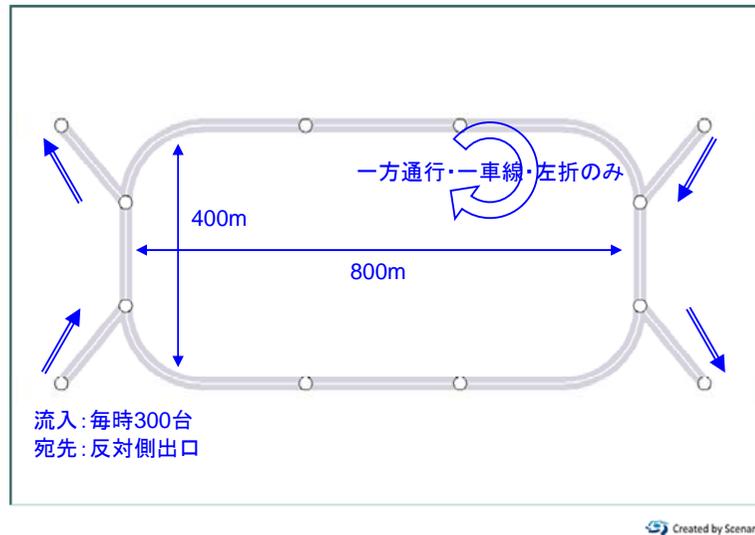


図 14 テストコース

5. まとめと今後の課題

本稿では、協調的な隊列走行の実現に向けて、車群通信による通信状態の把握と通信状態変化への対処について提案を行った。先頭を走行する車両がリーダーとなって、後方の車両をメンバとして含む車群を形成する。通信状態の把握は、この車群においてサイクル同期や ID 省略を行うことで効率的に行われる。また通信状態変化への対処は、割込や離脱、通信途絶の際にはその発生地点で車群は分割され、一定時間経過後に、再合流を行って安定状態に落ち着く方針とする。リーダーは状態情報を共有するメンバやサイクルを管理する役割であり、隊列の編成は、情報の受け手である各車両の責任においた自律的な判断で行う自律分散型の特徴を有する。隊列編成が集中管理される方式と比べて、往復の通信を前提とする必要がなく、また命令の競合も回避できるというメリットが期待される。主要な動作や状態遷移について解説を行い、シミュレーションによる動作確認の状況について紹介した。

今後の課題として、先行研究事例が乏しい現状においては、まず定性的にシステム動作の完全性を確認するための効率的、且つ普遍的なシミュレーションの枠組みが望まれる。これには複数のシナリオを組み合わせ、いわゆる意地悪動作の確認も含まれるべきである。またシステムの振る舞いや動作特性を定量的に評価するためのシミュレーションも同時に考えていく必要があり、これにはシナリオ (ex. 道路, 交通流)・センシング (ex. 無線機, レーダ, GPS/INS)・コントロール (ex. 群管理, 走行制御) や評価指標の検討が含まれる。交通流シミュレータとネットワークシミュレータを統合的利用の枠組み[13]の中で、隊列走行アプリケーションの評価方法を考えたい。

参考文献

- 1) Shladover, S. E. : Automated Vehicles for Highway Operations (Automated Highway Systems), in Proc. the Institution of Mechanical Engineers Part I: J. of Systems and Control Engineering, 219(1), London, UK: Professional Engineering Publishing, 2005, pp.53-75.
- 2) 700MHz 帯を用いた運転支援通信システムの実験用ガイドライン (ITS FORUM RC-006 1.0 版), ITS 情報通信システム推進会議 (2009).
http://www.itsforum.gr.jp/Public/J7Database/p34/ITSFORUMRC006V1_0.pdf
- 3) ITS Standards Fact Sheets: IEEE 1609 - Family of Standards for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE), U.S. Department of Transportation (2009)
http://www.standards.its.dot.gov/fact_sheet.asp?f=80
- 4) CAR 2 CAR Communication Consortium Manifesto Overview of the C2C-CC System (Version 1.1), CAR 2 CAR Communication Consortium (2007)
http://www.car-to-car.org/fileadmin/downloads/C2C-CC_manifesto_v1.1.pdf
- 5) Shida, M. and Nemoto, Y.: Development of a Small-Distance Vehicle Platooning System, in Proc. ITS World Congress (2009).

- 6) Shladover, S. E. et al: Cooperative Adaptive Cruise Control: Field Testing of Driver Use and Acceptance, in Proc. ITS World Congress (2009).
- 7) Tsugawa, S. et al: A Cooperative Driving System with Automated Vehicles and Inter-Vehicle Communications in Demo 2000, in Proc. IEEE Int. Conf. Intelligent Transportation Systems, pp.918-923 (2001).
- 8) Lu, X.-Y.: Automated Vehicle Merging Maneuver Implementation for AHS, in Vehicle System Dynamics, 41(2), London, UK: Taylor & Francis, 2004, pp.85-107 (2004).
- 9) Nakaoka, K. et al: A Feasibility Study on Inter-Vehicle Communication Systems for Practical Use in Urban Area based on Multi-Vehicle Experiment, IEICE Trans. Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, E93-A(4), pp. 689-699 (2010).
- 10) Onishi, R.: An Efficient Bi-Directional Communication and Naming System for Cooperative Vehicle Platooning, in Proc. of ECTITS Workshop co-located with IEEE Int. Conf. Intelligent Transportation Systems (2010).
- 11) 大和田泰伯, 前野誉, 金田茂, 久永良介, 高井峰生: Scenargie を用いた ITS シミュレーション, 情報処理学会シンポジウム論文集, 2008(14), pp.233-234 (2008).
- 12) 吉村忍, 西川紘史, 守安智: 知的マルチエージェント交通流シミュレータ MATES の開発, シミュレーション, 23(4), pp.228-237 (2004).
- 13) Hikita, T. et al: Integrated Simulator Platform for Evaluation of Vehicular Communication Applications, in Proc. IEEE Int. Conf. on Vehicular Electronics and Safety, pp. 323-327 (2008).