

安全運転支援車車間通信システム (MM-SA 方式) における 周波数チャネル制御手法の提案と評価

瀧本 栄二[†] シャグダル・オユーンチメグ[†] 大山 卓[†]
三浦 龍[†] 小花 貞夫[†]

筆者らは、MM-SA 方式を用いた安全運転支援車車間通信システムにおいて、高い通信性能を実現する MM-SA パケット転送方式を提案している。MM-SA パケット転送方式では、進行方向に基づく周波数チャネルの制御（進行方向ベース制御）を行い進行方向ごとに4つの周波数チャネルが割り当てられた状況下において高い通信性能を実現する。しかし、多様な道路環境を想定すると、交差点の形状と右左折車両の動的な進行方向変化による影響を考慮した周波数チャネル制御が必要である。本稿では、進行方向ベース制御を基本とし、優先度制御と右左折時制御による周波数チャネル制御機能を追加した手法を提案し、シミュレーションによって提案手法の有効性を示す。

Proposal and Evaluation of a Frequency Channel Control Method on Inter-Vehicle Communication Systems (MM-SA) for Safe Driving Support

Eiji Takimoto[†], Oyunchimeg Shagdar[†], Takashi Ohyama[†],
Ryu Miura[†], and Sadao Obana[†]

We proposed a MM-SA packet relay method on inter-vehicle communication systems for safe driving support. The method achieves high communication performance under the situation that 4 frequency channels are allocated according to direction of cars. However frequency channel controls, which consider the impacts of intersection figure and direction change of on-turning cars, are needed under various traffic conditions. In this paper, we propose a new frequency channel control method which consists of the direction based control, the priority based control, and the on-turning control. Additionally we verify the effectiveness of the proposal by simulation.

1. はじめに

出会い頭衝突事故や右折時衝突事故といった交通事故の削減を図るための手段として、無線通信技術の活用に対する関心が深まっており、700MHz 帯および 5.8GHz 帯の実験ガイドラインの策定が進められている[1,2]。分散型無線通信ネットワークにおける代表的なアクセス制御方式は CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance)方式であることから、RC-005[2]および RC-006[1]では、CSMA/CA 方式が用いられている。これに対して、パケット到達率が高く、パケット到達遅延の短いスペクトル拡散を用いた Spread ALOHA 方式をベースとする MM-SA (Multi-Carrier and Multi-Code Spread Aloha) 方式が提案されている[3-6]。また、MM-SA 方式を安全運転支援のための車車間通信に適用した研究・開発も行われている[3,6]。

安全運転支援を行う上で最も考慮すべき事故類型は、交差点で発生する出会い頭衝突事故と右折時衝突事故である。出会い頭衝突事故防止のためには、ビル等の遮蔽物による見通し不良(NLOS : Non Line of Sight)環境下で、ASV (Advanced Safety Vehicle) アプリケーション要求値であるパケット到達率 80%以上、パケット到達遅延 100msec 以内の要求を満たす必要があると定められている[2]。この要求に対して、MM-SA 車車間通信システムでは、通信方式として周波数チャネル制御機能、エリアベースパケット転送機能および送信タイミング制御機能を持つパケット転送方式を採用している。この周波数チャネル割り当て機能では、4つの周波数チャネルを用い、優先道路/規制道路と上り車線/下り車線でチャネルの使い分けを行う。即ち、東西南北ごとに4つの周波数チャネルを使用することでパケット衝突による干渉を4分の1に低減しつつ、対向車線からの干渉を抑制することが可能となる。よって、MM-SA 車車間通信システムは、所望信号に対して NLOS (見通し外) 環境下であっても、マルチホップにより上記の ASV アプリケーション要求値を満足可能であるというシミュレーション評価が報告されている[3]。

しかし、現実の道路は必ずしも直交しているとは限らないため、東西南北を基準として進行方向に基づいて周波数チャネルを選択した場合、道路形状によっては、2種類の周波数チャネル選択状況が考えられる。1つは、直交していなくとも進行方向ごとに4つの周波数チャネルを選択可能な状況であり、もう1つは2つの周波数チャネルのみが選択される状況である。後者の状況では、交差点付近における使用周波数チャネル数が 2ch のため、干渉軽減および周波数有効利用の点で、課題がある。また、交差点内での右左折車両の動的変化が周波数チャネル制御に及ぼす影響を検証する必要がある。

そこで、我々は、直線道路が交差する交差点で、かつ、出会い頭衝突防止及び右左

[†] (株) ATR 適応コミュニケーション研究所
ATR Adaptive Communication Research Laboratories.

折時衝突防止のアプリケーション上で生じる課題に焦点を絞り、周波数チャネル制御手法の検討およびそのシミュレーションによる評価を行った。提案手法は、MM-SA パケット転送方式の周波数チャネル制御に対する要求と右左折車両の存在を考慮し、

1. 進行方向ごとに4つの周波数チャネルが自律的に選択されること
2. 右左折車両が存在する状況下において、1の状態を維持しつつ、右左折車両のみが周波数チャネルを変更すること

の2点を目標とする。

本稿では、上記の課題に対する方式を検討し、2点の目標を達成する周波数チャネル制御手法を提案する。提案手法は、

- ① 進行方向に基づいて周波数チャネルを選択する進行方向ベース制御
- ② 周波数チャネルの象限内に、進行方向が異なる道路が存在するか否かを判断する検知機能
- ③ ②で進行方向の異なる道路を検知時に自車両が周波数チャネルを変更するか否かを判断する優先度制御
- ④ 自車両が右左折時である場合にウインカー情報と連動して周波数チャネルを変更する右左折時制御
- ⑤ 優先度制御及び右左折時制御を行う上で必要なフラグとその管理からなる。

以下、本稿では、2章でMM-SA車車間通信システムと周波数チャネル制御における課題について述べ、3章で提案手法について述べる。さらに、4章でシミュレーションによる提案手法の有効性について述べ、最後に5章で本稿をまとめる。

2. MM-SA車車間通信システム

筆者らが既に提案しているMM-SA車車間通信システムは、複数周波数チャネルおよび複数拡散符号を組み合わせて用いる。本システムの特徴は、

- 5.8GHz帯でDSRC (Dedicated Short Range Communication) [7]が規定する14本の周波数チャネルのうち、4周波数チャネルを使用する。
- 東西南北ごとに4つの周波数チャネルを規定し、各車両が進行方向に基づいて自律的に周波数チャネルを選択する。
- 同一車線上を走行する車両は、送信タイミング制御に基づき、さらに Spread ALOHA方式で送信する。
- RC-005に従った送信周期と送信タイミング制御に基づいてパケットを送信し、エリアベース転送方式でマルチホップ通信を行なう。
- RC-005に準拠したパケットフォーマットの通りである[3]

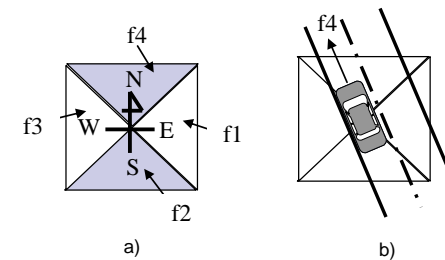


図1 周波数チャネル制御機能

MM-SA車車間通信システムにおける周波数チャネル割当機能を図1に示す。本機能において、例えば、図1a)で示すように、車両の移動方向が北方向またはそれより左右45度範囲以内であれば、例えば周波数チャネルf4を用いてパケットを送信するものである。同様な方法でその他の周波数チャネルの割当も定められる。上記のルールに従うと、図1b)で示す車両は周波数チャネルf4を用いてパケットを送信することになる。

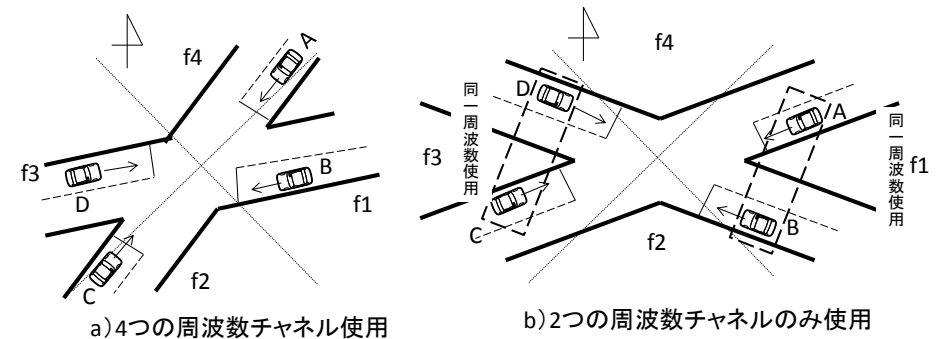


図2 鋭角交差点における周波数チャネル選択例

図1の周波数チャネル制御機能を鋭角交差点に適用すると、図2のa)とb)に示すように、各道路の進行方向によって異なる制御結果が得られる。図2b)の交差点では、車両AとBは異なる道路上を走行しているにも関わらず同一の周波数チャネルf3を選択するという状況が発生し、2つの周波数チャネルのみが使用されている(以下、本稿では、このように異なる進行方向で、かつ同一周波数チャネルを使用する車両が存在する状態を競合状態と記す)。したがって、図2b)の状況下では、同一周波数チャネル

チャンネルを使用する車両台数が増加し、結果として干渉量が増加し、MM-SA パケット転送方式の通信品質が劣化することが懸念される。

3. 周波数チャンネル制御手法

提案手法の目標は、以下に挙げる2点である。

1. MM-SA 車車間通信システムが必要とする「進行方向ごとに4つの周波数チャンネルが選択される状態」を自律的に実現する。
2. 車両が右左折時に、進行方向によって、4つの周波数チャンネルが選択される状態を維持しつつ、右左折車両のみが周波数チャンネルを変更する。

そのために、提案手法は、前章で述べた進行方向と東西南北を基準とした周波数チャンネル制御機能（以下、進行方向ベース制御と記す）と、競合状態を検知し、競合状態時に行う周波数チャンネル制御から構成される。競合状態の検知は、以下の条件を満たす車両からのパケット受信によって行われる。

【競合状態検知の条件】

1. パケット受信時の周波数チャンネルが自車両の選択周波数チャンネルと等しい。
2. 自車両と相手車両の進行方向差が一定（例えば10度）以上である。

競合状態検知後、受信車両と送信車両の走行状態に応じて、優先度制御あるいは右左折時制御のいずれかを実行する。具体的には、優先度制御は異なる方向に走行している2つの車両が周波数チャンネルの象限内に存在する時に実行し、低優先度の車両が周波数チャンネルを変更する。右左折時制御は、右左折車両のみが周波数チャンネルを変更するように実行する。

以下、本章では、競合状態検知と、右左折による競合か否かを判定する方法、優先度制御および右左折時制御について述べる。また、各周波数チャンネル制御で使用するフラグの管理について概説する。

3.1 競合状態検知と車両の走行状態の判定

パケットを受信した際に、競合状態を検知すると、表1に示す車両の走行状態に基づいて、優先度制御あるいは右左折時制御を実行する。提案手法では、右左折をしている状態を右左折状態、それ以外の状態を直進状態と定義し、ウインカー情報と直近交差点位置情報によって、状態の判断を行う。右左折時には周波数チャンネルを変更する必要があるが、車線変更時には周波数チャンネルを変更する必要がない。ウインカー情報のみでは、車線変更と交差点での右左折とを区別できないため、直近交差点位置情報を用いる。ウインカーONかつ車両と交差点までの距離（図3中のD）が右左折区間（図3中のR）以内であれば右左折状態と判断され、右左折時制御が実行される。また、それ以外であれば直進状態と判定され、優先度制御が実行される。

表1 競合状態検知時の条件と選択される制御

条件	選択される制御
両車両が直進状態	優先度制御
少なくとも一方が右左折状態	右左折時制御

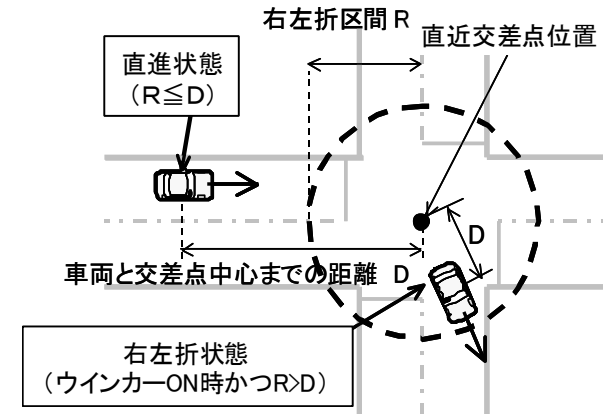


図3 右左折状態の判定

3.2 優先度制御

優先度制御の目的は、図2で示した様に使用する周波数チャンネルが2つになってしまうことを抑え、進行方向ごとに4つの周波数チャンネルに振り分けるためである。提案手法では、各車両が自律的に制御するために下記に示す優先度のルールを設ける。

【優先度のルール】

1. 東西南北方向(北を0度とした際の0度(360度), 90度, 180度, 270度)の優先度が一番高い。
2. 45度, 135度, 225度, 315度の優先度が一番低い。
3. 優先度の比較は度単位で行う。

競合状態を検出した車両は、上記ルールに従い自車両と相手車両の優先度を、進行方向を用いて算出し比較する。比較の結果、優先度が低い場合においてのみ、周波数チャンネルを変更する。

3.3 右左折時制御

車両の右左折によって、進行方向が変化するため、右左折開始前に同一車線を直進していた車両との間で競合を起こす。さらに、右左折車両の優先度の変化は、既に優先度制御によって4つの周波数チャンネルを適切に選択しているにも関わらず、直進車両が周波数チャンネルを変更する可能性がある。

右左折時制御は、表1に基づいてどちらかの車両が右左折状態であると判定すると実行される。右左折時制御時は、以下のルールに基づいた制御を行う。

【右左折時制御のルール】

1. 右左折車両のみが周波数チャンネルを変更する。
2. それ以外の車両（直進車両）は、右左折車両との競合発生が生じても周波数チャンネルの変更を行わない。
3. 周波数チャンネル変更時は、右ウインカー点灯時なら時計回り方向、左ウインカー点灯時は反時計回り方向の隣接する周波数チャンネルを選択する。

ルール2は、右左折動作によって生じた優先度の変化によって直進車両の周波数チャンネル変更を抑制するためのものである。このように、右左折動作に起因する競合の発生時は、右左折車両が自発的に周波数チャンネルを変更することで直進車両の周波数チャンネル変更を防ぐことが可能となる。

3.4 各周波数チャンネル制御のフラグによる管理

提案手法の基本的な動作として、進行方向ベース制御は周期的なパケット送信時に周波数チャンネルを決定する。一方、優先度制御と右左折時制御は、パケット受信時に必要に応じて実行される。このように、各制御は実行タイミングが異なるため、優先度制御または右左折時制御による周波数チャンネルの変更によって競合を解消した後、進行方向ベース制御が働くことで、再び、競合が発生してしまう。

提案手法では、この問題を解決するために、2つのフラグ（優先度フラグと強制変更フラグ）と1つのフラグ管理タイマ（優先度フラグ管理タイマ）を使用する。各フラグと優先度フラグ管理タイマの動作は、以下に挙げる通りである。また、各チャンネル制御・抑制とフラグの関係を図4に示す。

【フラグ動作ルール】

強制変更フラグ

- ON： 右左折時制御によって自車両の周波数チャンネルを変更したとき
 - OFF： ウインカーがOFFになったとき
- 強制変更フラグがON時は、競合状態を検知しても、周波数チャンネルは変更しない。

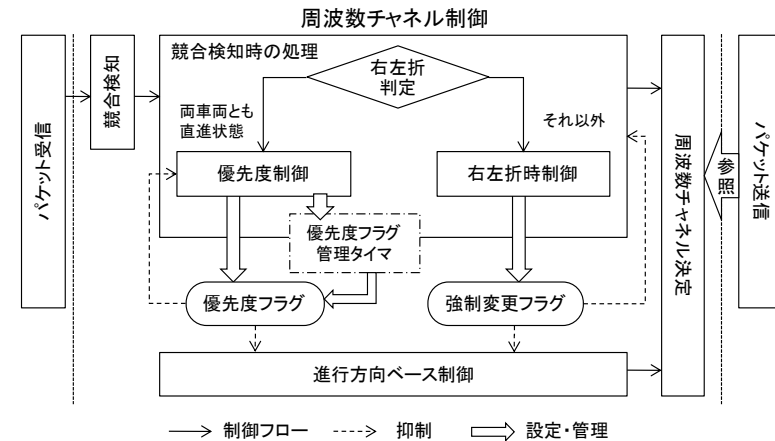


図4 フラグによる各制御間の管理

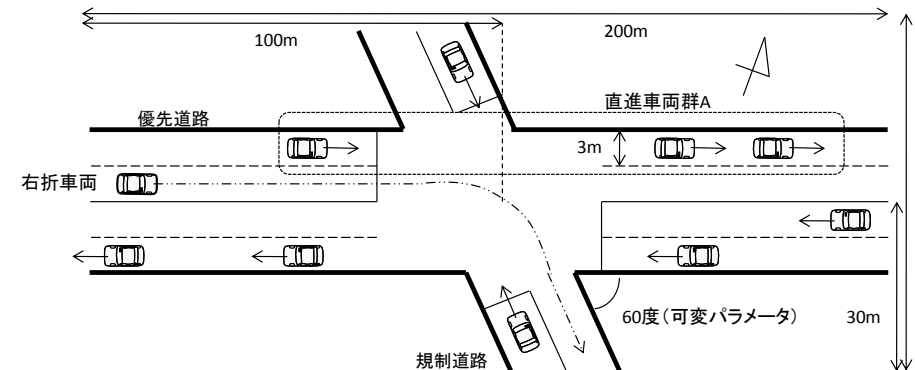


図5 シミュレーション・トポロジ（交差角60度）

優先度フラグ

- ON： 優先度制御によって自車両の周波数チャンネルを変更したとき
- OFF： 優先度フラグ管理タイマが満了時

優先度フラグ管理タイマ

優先度フラグがONになるときに規定時間（例えば3秒）でセットされる。当該タイマ満了時には、優先度フラグをOFFにする。

4. シミュレーション評価

4.1 シミュレーション条件

提案手法による周波数チャネル制御によって、進行方向ごとに4つの周波数チャネルを選択し、右左折車両のみが周波数チャネル変更していることを確認するために、NetLogo[8]を用いてシミュレーション評価を行った。NetLogoは自律分散アプリケーションを対象としたシミュレータであり、自律的に周波数チャネル制御を行う提案手法の評価に十分であることと、視覚的な動作確認を容易に行うことができることから採用した。本評価は、右折車両が存在する場合における周波数チャネルの割当状況を確認することを目的としているため、シミュレーション・トポロジは図5に示す通り1つの交差点を対象とした。

表2 シミュレーションパラメータ

シミュレーション環境	NetLogo 4.0.4	
優先度フラグ管理タイマ	3秒	
右左折判定距離(図3中のR)	11m	
競合検知条件(車両間の進行方向差)	10度	
パケット送信周期 (RC-005準拠)	100ms(優先道路) 1200ms(規制道路) 300ms(右折中)	
車両速度	70km/h(優先道路) 0km/h(規制道路) 20km/h(優先道路で右折中)	
車両台数	優先道路(片側2車線道路) 上下各8台, 右折車両1台	小計17台
	規制道路(片側1車線道路) 上り・下り各5台	小計10台
		合計27台
道路モデル	優先道路 片側2車線道路 規制道路 片側1車線道路 車線幅: 3m 優先道路と規制道路の交差角: 5, 30, 60, 90度	
伝搬モデル	LOS環境(PER: 0%)	

図2b)で示したように、交差点形状は、今回、課題とする優先道路と規制道路が鋭角に交差し、合計27台の車両が走行している状況で、交差点の交差角を表2に示すパラメータで評価した。なお、車車間通信で得られる位置情報は、理想条件として評価を行った。また、車線変更と右左折動作を区別するために、進行方向の変化角度が10

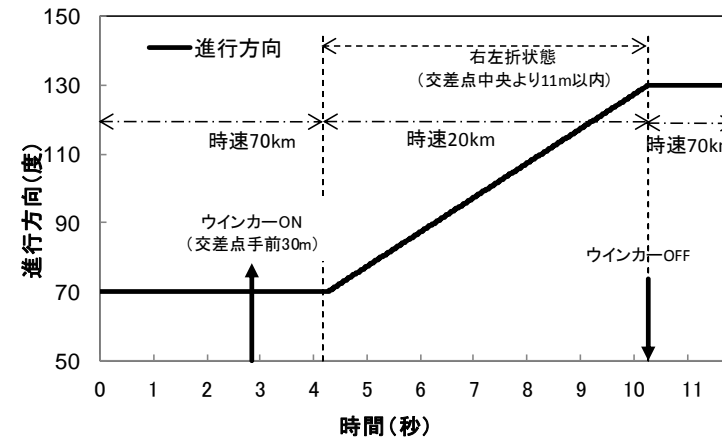


図6 右折車両の状態変化

度以上で競合発生を検知する様に設定している。

4.2 シミュレーション結果と考察

交差角60度とした場合、右折車両は、図6に示した通りに走行状態が変化する。右折車両は、交差点手前30mの時点でウインカーを点灯し、交差点中央から半径11m以内を走行中は右左折状態と判断される。右折車両は、図の右向きに進行(進行方向: 70度)し右折によって進行方向が130度まで変化する。右左折状態は、右折終了時のウインカー消灯によって終了し、その後直進状態へ戻る。

本節では、競合発生時に進行方向ベース制御のみを適用した場合、競合発生時において優先度制御のみを適用した場合(進行方向ベース制御と優先度制御)、同じく提案手法(進行方向制御、優先度制御と右左折時制御)を適用した場合についてのシミュレーション結果について述べる。また、提案手法に対して、交差角の違いによる周波数制御への影響についても述べる。

4.2.1 周波数チャネル制御による制御結果(交差角60度の場合)

(1) 進行方向ベース制御のみによる制御結果

図7に進行方向ベース制御のみによる周波数チャネル制御結果を示す。この制御方式は、進行方向が東西南北のいずれの方角を向いているかで周波数チャネルを選択する。図5中の右折車両は、右折の際に、進行方向が70度から130度へ変化する。70

度から 130 度の変化量は、周波数チャンネル f1 の象限 (45 度～135 度) 内に留まっているために、右折車両の周波数チャンネルは変更しない。このように、交差道路が同じ周波数チャンネルの象限に存在し、かつ、交差点で右左折前後に周波数チャンネルの変更がない場合には、2つの周波数チャンネルのみが選択される結果になってしまう。

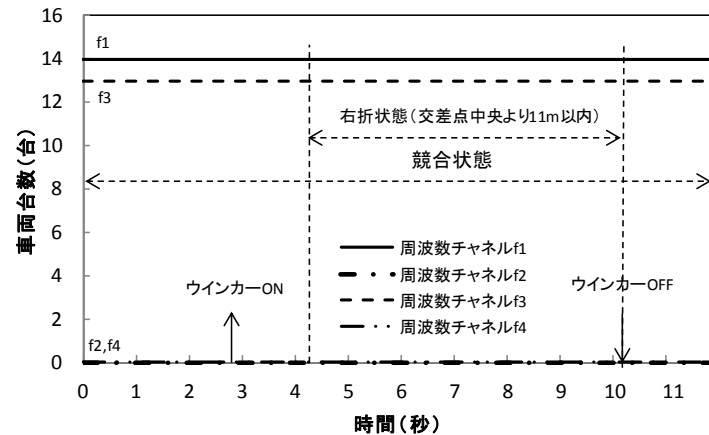


図7 進行方向ベース制御のみ適用時の周波数チャンネル制御結果
 (動作制御機能：進行方向ベース制御)

(2) 競合検知時に優先度制御のみを適用した場合の制御結果

競合発生時において優先度制御のみを行った場合の結果を図8に示す。シミュレーションで、0～4.2秒の間では、全車両が直進状態であるために、競合は発生していない。4.2～5.5秒の間では、右折車両の進行方向の変化量が、10度未満であるために、競合は発生していない。5.5秒で、今回設定した進行方向の変化量が10度を越えているために、右折車両と同一方向車線を走行していた直進車両群(図5中のA)との間で競合が発生する。5.5秒の時点で、右折車両の進行方向が70度から10度変化しており、80度となる。一方、直進車両群Aの進行方向は、70度である。(右折車両の優先度>直進車両群Aの優先度)となり、直進車両群Aの車両8台が周波数チャンネルをf1からf4に変更する。8.5秒後に、優先度フラグ管理タイマ満了し、直進車両群Aの車両は進行方向ベース制御によって、f4からf1へ周波数チャンネルを変更する。そのために、周波数チャンネルf4の車両台数が13台から5台に戻る。その結果、直進車両群A(進行方向70度)と右折車両(112度)で競合が発生し、右折車両の優先度が低

いたために、周波数チャンネルf2が1台分増加している。競合検知時及び優先度フラグ管理タイマ満了時に、大幅に周波数チャンネルが変更される。

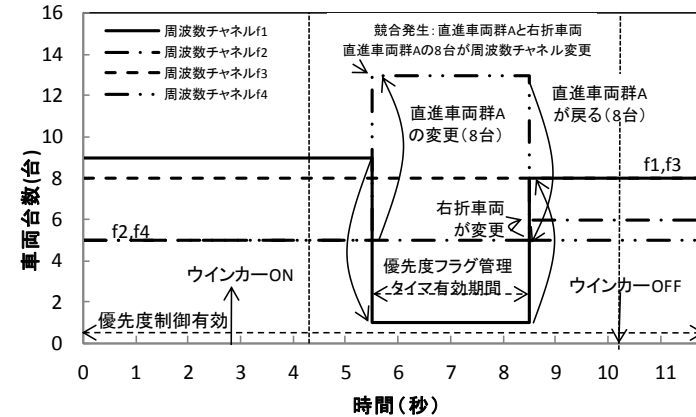


図8 競合に対して優先度制御のみ適用時の周波数チャンネル制御結果
 (動作制御機能：進行方向ベース制御, 優先度制御)

(3) 競合検知時に提案手法を適用した場合の制御結果

提案手法を適用した場合の周波数チャンネル制御結果を図9に示す。提案手法では、0～5.5秒の間では、優先度制御により、4つの周波数が使用される。5.5秒で、競合が検知されると、右左折時制御が実行される。その結果、右折車両のみがf1からf2へ周波数チャンネルを変更する。よって、提案手法では、4つの周波数に割り当て、右左折する動的変化の車両が存在しても、右折車両のみがチャンネルを変更することを確認した。

(4) 周波数チャンネル制御の目標に対する結果

提案手法の目標を以下にまとめる。

1. 進行方向ごとに4つの周波数チャンネルが自律的に選択されること
2. 右左折車両が存在する状況下において、1の状態を維持しつつ、右左折車両のみが周波数チャンネルを変更すること

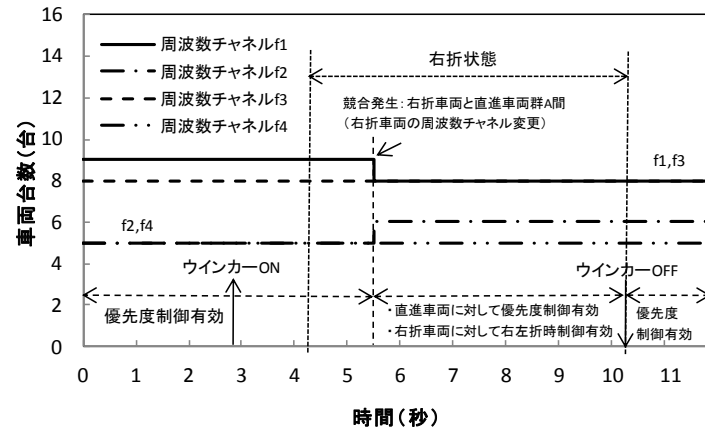


図9 提案手法適用時の周波数チャンネル制御結果
(制御機能：進行方向制御，優先度制御，右左折時制御)

表3 各制御機能の組み合わせに対する使用チャンネル数及びチャンネル変更台数

	目標値	①	①+②	提案手法 (①+②+③)
使用周波数チャンネル数	4ch 使用	2ch 使用	4ch 使用	4ch 使用
周波数チャンネルを変更した延べ台数	1台 (右折車両)	0台	17台 (直進車両16台と右折車両1台)	1台 (右折車両)
目標値達成状況	—	未達成	未達成	達成

①進行方向ベース制御 ②優先度制御 ③右左折時制御

本シミュレーション環境においては、使用周波数チャンネル数が4chで、周波数チャンネルを変更する車両台数が右折車両のみ（この場合1台）であることが目標値となる。各制御機能の組み合わせに対する使用チャンネル数及びチャンネル変更台数を表3に示す。進行方向ベース制御のみでは、競争に対する制御を行わないので、目標を達成することはできない。進行方向ベース制御と優先度制御を実行した場合には、車両が右折の最中に、直進車両が周波数チャンネルを変更していたため、目標を達成することができなかった。提案手法、即ち、進行方向ベース制御、優先度制御及び右左折時制御の3

つの機能が動作していれば、4つの周波数を使いながら、右左折車両のみが、動作に応じて、周波数を変更する。よって、交差点に進入前の直進道路では、進行方向ベース制御が働き、交差点通過中は、右左折車両のみが周波数を変更する右左折時制御が働き、右左折車両の進行方向変化によって、競争状態が発生すると、優先度制御が働く。

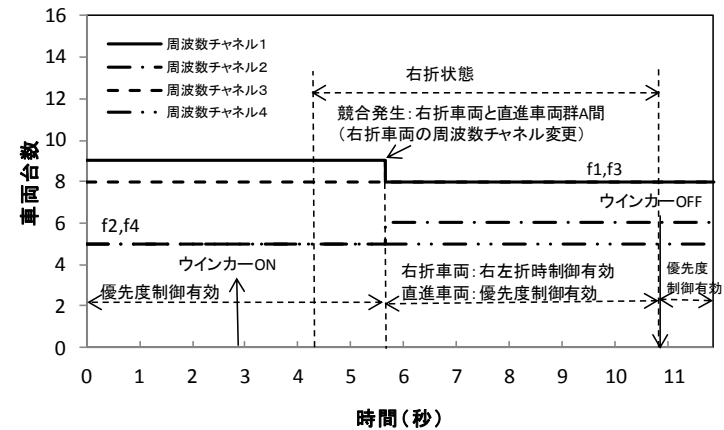


図10 提案手法による周波数チャンネル制御結果（交差角30度）
(制御機能：進行方向制御，優先度制御，右左折時制御)

4.2.2 提案手法において、交差角の違いによる周波数制御への影響

優先道路と規制道路との交差角を、5度、30度及び90度に設定した場合の提案手法のシミュレーション評価を行った。交差角が5度の場合の結果は、図7と同じであった。交差角が30度時と90度時の結果は、図10と図11に示す通り、図9で示した交差角60度の場合とほぼ同一の結果となった。周波数チャンネルを変更するタイミングがそれぞれ多少異なる理由は、交差角によって、ハンドルを切る角度が違ってくるためである。

交差角90度（直交交差点）の場合は、各周波数チャンネルの象限内に、各道路が割り当てられ、優先度制御が動作せずに、進行方向ベース制御のみによって進行方向ごとに異なる周波数チャンネルを割り当てる。また、鋭角交差点であっても、各周波数チャンネルの象限内に、各道路が割り当てられれば、進行方向ベース制御のみで対応できる。

交差角の違いに対する提案手法への影響を使用周波数チャンネル数及びチャンネルを

変更した車両台数を表 4 にまとめる。競合状態の検知角以上では、使用周波数チャンネル数が 4ch で、かつ、周波数チャンネルを変更する車両台数が右折車両のみ (1 台) となっている。この検知角は、車線変更時の周波数チャンネル変更も考慮して、10 度と設定している。設定値であるために、5 度に設定することも可能であるが、実際の道路で、交差点 5 度の交差点は現実的ではないと考えられる。

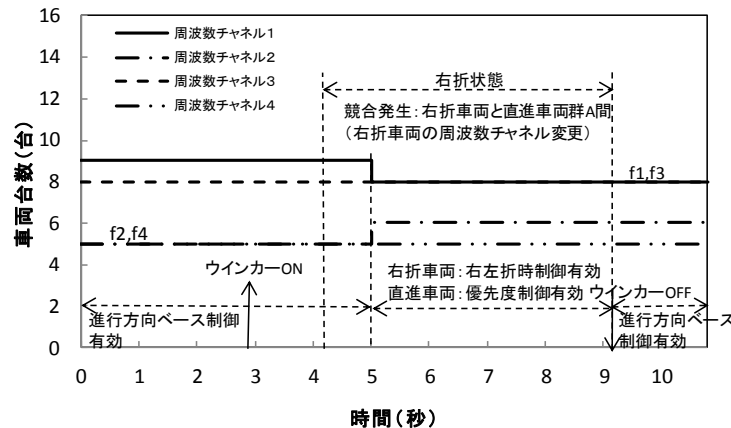


図 11 提案手法による周波数チャンネル制御結果 (交差点角 90 度)
 (制御機能: 進行方向制御, 優先度制御, 右左折時制御)

表 4 交差点角による提案手法の結果の違い

	使用周波数チャンネル	チャンネルを変更した台数 (台)
目標値	4ch	1
10 度未満	2 / 4 ch	0
周波数チャンネルの象限内に道路が 1 本のみの場合	4ch	1
周波数チャンネルの象限内に 2 本の道路が存在する場合	4ch	1

5. おわりに

本稿では、交差点の形状および右左折車両による動的な進行方向の変化を考慮した周波数チャンネル制御手法について述べた。提案手法は、進行方向ベース制御、優先度制御及び右左折時制御の 3 機能を状況に応じて使い分ける。即ち、交差点に進入前の直進道路では、進行方向ベース制御が働き、右左折状態では右左折時制御が働き、進行方向変化によって、競合状態が発生すると、優先度制御が働く。本稿では、提案手法が目標を達成できることをシミュレーションにより確認した。

MM-SA 方式では、送信タイミング制御で通信・パケット転送制御を行っている。提案手法を MM-SA パケット転送方式に適用した場合、特に、パケット転送の送信タイミング制御と周波数チャンネル制御間で、お互いの制御がどのように影響を及ぼすかを検証していく予定である。また、道路形状や車両の走行状態は多様であり、例えば U 字路での周波数チャンネル制御や駐車場進入による交差点以外で発生する右左折などが考えられ、道路形状や走行状態の体系化を行い、一層広範な状況に対応できる周波数チャンネル制御手法について検討を行っていく。

謝辞 本研究は、情報通信研究機構の委託研究「高レスポンスマルチホップ自律無線通信システムの研究開発」により実施した。

参考文献

- 1) ITS 情報通信システム推進会議, “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 (RC-006) 1.0 版,” <http://www.itsforum.gr.jp/>
- 2) ITS 情報通信システム推進会議, “5.8GHz 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 (RC-005) 1.0 版,” <http://www.itsforum.gr.jp/>
- 3) O. Shagdar, T. Ohshima, M. N. Shirazi, S. Tang, R. Suzuki, S. Obana, “MM-SA Packet Forwarding Scheme for Inter-Vehicle Communications,” IEICE Technical Report, ITS2008-9, pp. 15-20 (2008).
- 4) Oyunchimeg Shagdar, Mehdad. N. Shirazi, Ryutaro Suzuki, Sadao Obana, “Medium Access Control for Distributed CDMA Networks,” IEICE Technical Report, Vol. 106 No. 577, pp. 247-253 (2007).
- 5) O. Shagdar, S. Tang, M. N. Shirazi, R. Suzuki, S. Obana, “Reliable Cut-Through Forwarding in CDMA Inter-Vehicle Networks,” Proceedings of ICUIMC 2008, ACM, pp. 508-513(2008).
- 6) 三浦龍, 大山卓, シャグダル・オユーンチメグ, 四方博之, 酒井敏宏, 小花貞夫, “安全運転支援のための ITS 車車間通信システムの研究開発,” 信学技報 SR2008-83, pp. 91-96(2009).
- 7) 電波産業会, “狭帯域通信 (DSRC) システム,” 標準規格 ARIB STD-T75 1.4 版(2007).
- 8) NetLogo, <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>.