

安全運転支援車車間通信システムのための 周辺車両位置管理方式の提案と一考察

瀧本 栄二[†], 大山 卓[†], 三浦 龍[†], 小花 貞夫[†]

[†] ATR 適応コミュニケーション研究所 〒619-0288 京都府相楽郡精華町光台 2-2-2

E-mail : {takimoto, ohyama, miurar, obana}@atr.jp

安全運転支援のための車車間通信システムは、GPS 等により得られる位置情報を周辺車両と交換し、その位置情報を基に安全運転を支援する。交通事故を減少させるためには、周辺に存在する車両と自車両との相対的な位置関係が重要であると考えられる。そこで、本稿では、自車両の周囲を複数のエリアに分割し、そのエリアによる相対的な位置関係を用いた周辺車両管理を行う方式を提案する。提案方式では、位置情報と進行方向を基に、自車両から見て周辺車両が存在する相対的なエリアを算出する。提案方式が GPS の誤差から受ける影響をシミュレーションによって評価した結果、相対エリアの境界付近と自車両近辺以外では、周辺車両が存在する相対エリアを認識できることを確認した。

A Proposal and Consideration on a Management Method of Surrounding Vehicle in Vehicle-to-Vehicle Communication Systems for Safe Driving

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

[†] ATR Adaptive Communication Research Laboratories,

2-2-2, Seika-cho, Soraku-gun, Kyoto, 619-0288 Japan

E-mail : {takimoto, ohyama, miurar, obana}@atr.jp

Vehicle-to-Vehicle communication systems in safe driving exchange location information provided by positioning systems such as GPS among surrounding vehicles, and they assist safe driving based on the information. Relative location information among own vehicle and surrounding ones is important to reduce traffic accidents. In this paper, we propose a surrounding vehicles management method which splits around own vehicle into plural areas and manages surrounding vehicles based on relative location relationship provided the areas. The proposed method computes the relative area in which surrounding vehicles exist based on location information and moving direction. We simulated how GPS errors have harmful influence to the proposal method, and confirmed that the method recognized the relative areas which surrounding vehicles existed accurately except around area edges and own vehicle.

1 はじめに

高度道路交通システム (ITS) では、安全な交通環境を実現するために、様々な研究・開発が行われている。その 1 つとして、国土交通省 先進安全自動車推進検討会 (ASV: Advanced Safety Vehicle) では、出会い頭衝突防止あるいは右折時衝突防止等といったアプリケーションの動作シナリオ・要求条件等を策定し、車車間通信を使用した運転支援システムの次世代技術の開発と普及について検討を行っている [1]。また、ITS 情報通信システム推進会議 (ITS FORUM) では、ASV や日本自動車研究所と連携し、安全運転を支援するための車車間通信システム (以下、車車間通信システムと記す)

に関する検討と、車車間通信システムの実験ガイドライン (RC-005) の策定を行っている [2]。我々は、RC-005 に準拠した MM-SA (Multi-carrier & Multi-code Spread ALOHA) 方式 [3][4] による車車間通信システムの研究・開発を進めている。

車車間通信システムでは、各車両は GPS (Global Positioning System) [5] 等を用いて自車両の位置情報を得るとともに、その位置情報を車車間通信によって周辺車両に送信する。位置情報を受信した車両は、受信した位置情報および自車両の位置情報から、アプリケーションの要求条件で規定されているサービスエリア内に当該他車両が存在するか否かを判断する。また、周辺車両は不特定多数の車両が存在し、この不特定多数の中から、事故になる可能性

のあるサービスエリア内の車両を特定する必要がある。なお、サービスエリアは、アプリケーション毎に動作シナリオと要求条件が規定されている。例として、図1に出会い頭衝突防止の要件を示す。出会い頭衝突防止では、交差点で一時停止している車両（受信車両）において、周辺車両のうち、右方向から交差点に向かって走行しており、かつサービスエリアに存在している車両の存在のみをドライバーへ伝える必要がある。また、交差点付近では、その他の周辺車両も存在しており、時々刻々と変化する周辺状況の中から、アプリケーションの要求条件にあった車両を特定する上で、周辺車両の進行方向を含めた相対的位置関係を特定することが重要となる。

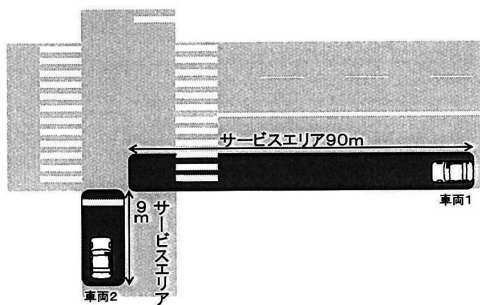


図1 出会い頭衝突事故防止アプリケーション

以上から、本稿では、車両の進行方向とサービスエリアに基づいて車両を特定することに着目し、周囲360度を複数のエリアに分割して周辺車両の存在を管理する位置情報管理方式を提案する。提案方式では、自車両と周辺車両の位置情報を基に、北を基準とした相手車両の存在エリアを算出する。さらに、各車両の進行方向および存在エリアを使用して、自車両から見て周辺車両が存在する相対的なエリア（前方エリア・後方エリア等）を算出する。相対的な位置関係は、周辺車両の進行方向と、相対的なエリアから求めることができる。

以下、本稿では、2章で提案方式が想定する車車間通信システムの概要と位置管理の重要性、3章で提案方式、4章でシミュレーション評価について述べ、最後に5章でまとめる。

2 車車間通信システムの概要と周辺車両位置管理の必要性

ITS FORUMが策定する5.8GHz帯を用いた車車間通信システムのガイドライン RC-005 では、交通事故を低減するために必要となる位置情報を含む多様な情報を車車間通信によって送受信するための通

表1 RC-005 主要データ構造（一部）

フィールド名称	サイズ (bit)
送信元車両識別番号	16
宛先車両識別番号	16
送信元の位置	70
速さ	8
進行方向	9

信仕様を規定しており、提案方式であるMM-SA方式はRC-005に準拠した通信方式である。RC-005が規定する主要送信データ構造を表1に示す。送信元車両識別番号と宛先車両識別番号は、それぞれパケットの送信車両と受信車両の識別子であり、送信元の位置・速さ・進行方向は、GPS等によって得られる情報である。ガイドライン中では、見通し外通信環境の例として出会い頭衝突防止（図1）、および見通し内通信環境の例として右折時衝突防止（図2）が示されている。

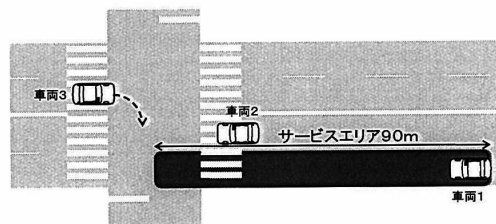


図2 右折時事故防止アプリケーション

出会い頭衝突防止では、図1中の車両2（第1当事車両）が交差点進入時に、交差点右方向から交差点に向かって直進してくる車両1（第2当事車両）を検知する必要がある。同様に、右折時衝突防止では、右折時に前方から直進してくる対向車両1（第2当事車両）の存在を右折車両3（第1当事車両）が検知する必要がある。特に、図2では、右折車両3の目前に位置する車両2によって、対向車線を直進してくる対向車両1の目視が困難な状況となっている。周辺車両の位置情報を管理することで、右折車両3がサービスエリア内に第2当事車両1が存在することを検知することができる。このように、位置情報管理は、不特定多数の車両の中から、事故の可能性のある車両を特定する上で必要であり、アプリケーションの実現に向けて重要である。

3 提案方式

図1と図2に示す2つのアプリケーションに対するサービスエリア内に第2当事車両が存在するか否かを判断するために必要な情報は、相対方向（前方、後方等）、相対距離および進行方向である。このことから、各車両の正確な絶対位置情報ではなくとも、リアルタイムに相対的な位置情報が分かれば、アプリケーションの要求条件を満足する周辺車両を特定することができると考えられる。また、現状のGPS等の位置情報に誤差が含まれる状況においても、対応できる範囲の見通しを得ることが重要である。

そこで、本方式では、自車両の周囲を複数のエリアに分割し、そのエリアを用いて周辺車両の相対的な位置情報を管理する。本方式では、1) 緯度・経度情報のみに基づいて、自車両から見た相手車両の存在方向を求め、2) 1)の手順の結果と自車両の進行方向を考慮して周辺車両が存在する相対方向を求める。図3に示すように、本方式には、自車両を中心にして一定の角度単位で分割した最小単位のエリアと、複数の最小単位エリアを束ねた相対エリアを用いる。周辺車両が存在する最小単位エリアの算出は、自車両の緯度・経度情報と周辺車両の緯度・経度情報とから以下の手順で行う。

- (1) 自車両を中心とした xy 平面を規定する。
- (2) 自車両と相手車両の緯度・経度の差分から、相手車両が存在する象限を決定する。なお、この差分から車両間の相対距離を求めることができる。
- (3) $\tan \theta$ の値（＝（緯度差）÷（経度差））から象限中の存在最小単位エリアを算出する。
- (4) 手順(2)と(3)とで得た象限と象限内の相手車両の存在するエリアから、相手車両の存在する全方位に対する最小単位エリアを特定する。

次に、上記手順によって求めた最小単位エリアに基づいて、相手車両が存在する相対エリアの特定を行う。図3に示す様に、自車両の進行方向である最小単位エリアを中心とする3つのエリアを前方エリアとし、180度反転したエリアを後方エリアとする。また、左右のエリアについては、図3に示す様に、それぞれを、右斜め前方、右方向、右斜め後方、左斜め前方、左方向、左斜め後方とする。この結果から、相対的な位置関係は、例えば相手車両が前方エリアに存在し、自車両の進行方向に対して180度異なる進行方向を示していれば接近中の対向車両であると求められる。また、相手車両がサービスエリアに存在するか否かは、相手車両との相対的な位置関係および相対距離から求めることができる。

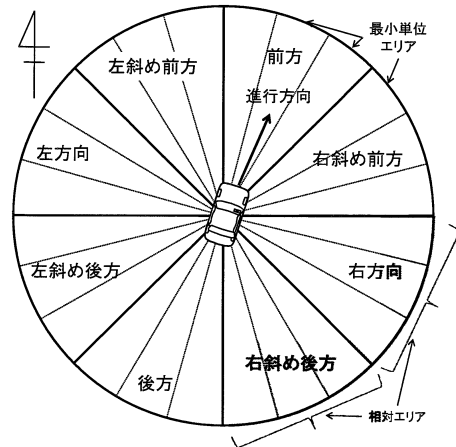


図3 進行方向に基づくエリア分割の例

4 シミュレーション評価

GPS等で得られる位置情報には、電離層やマルチパス等の影響による誤差が含まれる。この誤差により、特定すべきサービスエリア内に存在する周辺車両の位置情報を誤認してしまうことが懸念される。そこで、GPSの誤差モデルによって誤差を含んだ位置情報を使って相手車両の特定を行い、本方式がGPS誤差から受ける影響をシミュレーションによって検証した。

4.1 GPSと誤差モデル

一般的な単独測位のGPS受信機は、良好な測位環境下で誤差が5～10m程度と言われている。GPSの精度評価には、2DRMS（Distance Root Mean Square）が用いられる。2DRMSは、水平方向の精度劣化に関する指標であるHDOP（Dilution of Precision in the Horizontal Position）の値を乗じて2倍した値（ $2DRMS = 2HDOP^2$ ）である。測位結果の平均を中心とし、半径を2DRMSとした円を仮定すると、測位結果の95%がその円内に含まれることになる。また、この誤差分布は、2次元正規分布に従う。例として、2DRMSを5mとした場合の2次元正規分布の分布図を図4に示す。シミュレーションでは、2次元正規分布に基づいた乱数をGPSの誤差として使用した。

4.2 シミュレーション結果

シミュレーションは、表2に示すパラメータ条件で行った。自車両はシミュレーションエリアの中央となる原点に配置し、正確な位置情報を得ているものとした。シミュレーションエリア内で、1m間隔

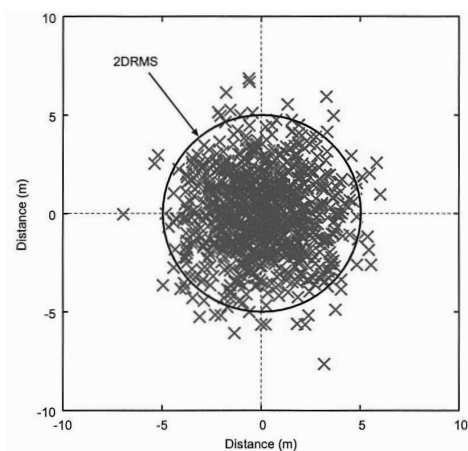


図 4 GPS 誤差のばらつき (2DRMS=5m)

表 2 シミュレーションパラメータ	
設定項目	値
シミュレーションエリア	201m 四方
自車両位置	原点
2DRMS	3m, 5m, 10m

に相手車両の位置を変更し、相手車両に上述の誤差モデルに基づいた誤差を含ませ、その場合の相手車両の特定エリアをシミュレーション評価した。誤差の分布条件として 2DRMS が 3m, 5m および 10m の場合について、本来得られるべきエリアとは異なる場合を算出した。

それぞれのシミュレーション結果を図 5, 図 6 お

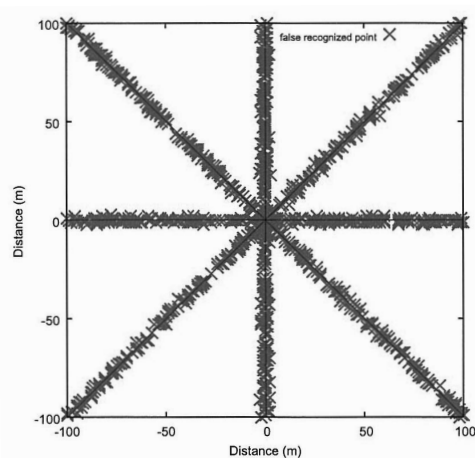


図 5 シミュレーション結果 (2DRMS=3m)

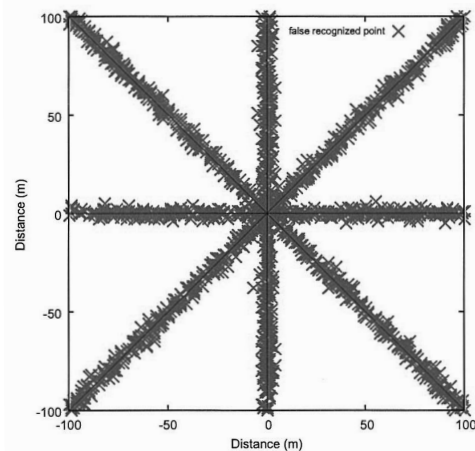


図 6 シミュレーション結果 (2DRMS=5m)

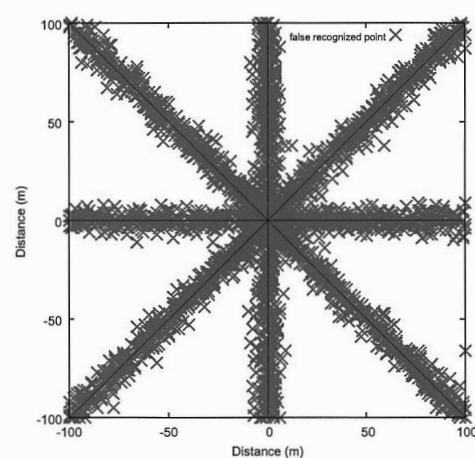


図 7 シミュレーション結果 (2DRMS=10m)

および図 7 に示す。図中のプロットされた点は、誤差により本来存在する相対エリアと提案方式によって算出した相対エリアが異なる車両を表している。なお、図中の実線は、相対エリアの境界を示している。したがって、実線で区切られたエリアが 1 つの相対エリアを表している。また、各相対エリアの方向は、図 3 に対応している。

表 3 エリア誤認率)	
2DRMS	誤認率
3m	2.54%
5m	4.04%
10m	7.64%

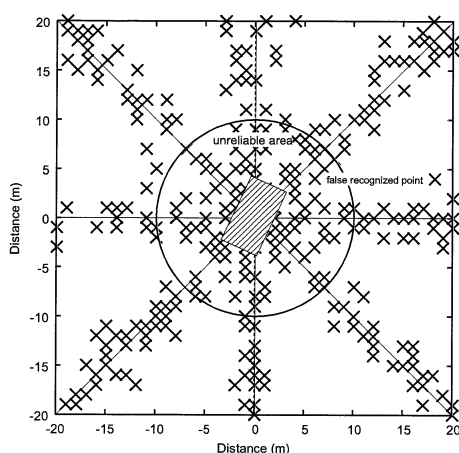


図 8 シミュレーション結果の拡大 (2DRMS=5m)

すべての結果において、相対エリアの誤認はエリア境界付近に集中するという傾向が確認できる。2DRMS の値に比例して、誤認が発生するエリア境界からの距離は増加する。一方、エリア境界から離れた位置では、誤認が発生しなくなる。特に、2DRMS が 5m 以下であれば、エリア境界付近以外での誤認は確認されなかった。また、エリア誤認率は、最大で 10% 以下であり、2DRMS が 5m 以下では 5% 以下であった。このことから、本方式の特徴として、エリア境界付近以外の部分では GPS 誤差の影響を受けないことが確認できた。

図 8 は、図 6 の原点から ± 20m 範囲を拡大したものである。原点の斜線部分（横方向 3m、縦方向 8m）は、1 車線の幅と車長および車間距離から、他車両が存在しない空間を表している。原点に近い部分では、誤認がエリア境界に偏らず発生している。これは、原点に近づくほどエリアが小さくなることが原因である。図 8 の円は誤認に偏りが無い部分を表しており、2DRMS の約 2 倍を半径とする円と一致する。この傾向は、2DRMS が 3m および 10m の結果でも同様であった。

以上から、位置情報に誤差が含まれる状況下で提案方式を使用した場合、エリア境界付近と自車両近辺において誤認が発生しやすいことが明らかとなった。また、誤認が発生するエリア境界までの距離および自車両近辺の範囲は、ともに位置情報の精度に依存し、自車両から 2DRMS の 2 倍を半径とする円内では、誤認する位置に偏りが見られなかった。

現在、試作中のプロトタイプ機には、ジャイロ付き GPS を搭載しており、実測値との比較評価を行う予定である。

5 おわりに

本稿では、車車間通信システムにおける、自車両と周辺車両との相対的な位置関係を管理する方式について述べた。ASV に規定されているアプリケーションの要求条件では、動作シナリオとサービスエリアが規定されている。また、車車間通信についても要求条件が定められており、すべてのサービスエリア内でのパケット到達率が 80% であることとされている。

ここでは、時々刻々と変化する不特定多数の車両から、サービスエリア内に存在する、事故の可能性のある車両を特定する手段として、エリアをベースとした相対位置関係を算出する方式について述べた。本方式の有効性を確認するために、GPS 誤差を含んだ状況下で評価した結果、相対エリアの境界部分では誤差の影響を受けるが、境界部分以外では適切に相手車両の存在エリアを特定できることが分かった。

今後は、現在、試作中のプロトタイプ機での実測評価を行い、現状、誤差を含んだ位置情報取得環境下において、対応できる範囲の見通し、課題等を明確にしていける必要がある。また、境界部分に対する対策についても、方式検討・シミュレーション評価を実施する予定である。

謝辞

本研究は、情報通信研究機構の研究依託「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] 国土交通省 先進安全自動車推進検討会: “先進安全自動車 (ASV) 推進計画 報告書 -第 3 期 ASV 計画における活動成果について -”, 2006.
- [2] ITS 情報通信システム推進会議: “5.8GHz を用いた車々間通信システムの実験用ガイドライン”, 2007.
- [3] ジャグダル・オユーチングメグ, 大山卓, マハダド・ヌリシラジ, 湯素華, 鈴木龍太郎, 小花貞夫, “車車間通信における MM-SA パケット転送手法,” 信学技報 ITS2008, pp. 15–20, 2008.
- [4] 三浦龍, 大山卓, ジャグダル・オユーチングメグ, 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, pp. 91–96, 2009.
- [5] B. ホフマン・ウォレンホフ他: “GPS 理論と応用”, シュプリンガー・フェアラーク東京, 2005.