

車両出会い頭衝突防止警報装置の開発

盛田耕作^{*1}、室田修男^{*1}、依田康宏^{*2}

Development of an Alarm System to Prevent Head-on Collisions of Vehicles

Kosaku MORITA, Nobuo MUROTA and Yasuhiro YODA

Research and Development Division, AITEC^{*1}

Technical Consulting Division, AITEC^{*2}

信号の無い交差点における車両の出会い頭衝突を防止するため車車間通信を利用した車両出会い頭衝突防止警報装置を開発した。警報装置は、GPS で計測した車両の位置（経度・緯度）、車速、進行方位のデータを車両間の無線通信により周辺車両と相互に伝送し、それらのデータから衝突の危険度を判定して危険度が高いときにはドライバへ警報を出し安全運転を支援するものである。警報装置を車両に搭載した走行試験により基本機能を確認した。

1. はじめに

追突事故、右折時衝突事故など交差点の交通事故が多く発生しているが、中でも自動車の出会い頭衝突事故が最も多く平成13年度には死亡事故が1,390件発生している。この種の事故を低減することは交通社会の大きな課題となっているが、交差点での出会い頭衝突事故を防止する技術は開発されていない。

そこで、今回は車車間通信を応用した車載型の「出会い頭衝突防止警報装置」を開発した。この装置は、車載のGPSで測定した走行中車両の位置（緯度・経度）と車載センサで測定した車両の速度、進行方位のデータを車車間無線通信により周辺車両と相互に伝送し、それらのデータから衝突の危険度を判定し衝突の危険性があるときにドライバに警報音を出し注意を促し事故を防止するものである。また、本装置は電子地図の画面に自車両と通信中の他車両位置を表示する機能を持っている。

警報装置の開発においては信号の無い交差点など交通量が少ない道路における出会い頭衝突を防止し、交差点近傍の建造物により遮蔽されて他車両を視認できない状況においても機能することを目標とした。

2. 実験方法

2.1 出会い頭衝突防止警報装置の構成

警報装置は、図1に示すとおり1.2GHz帯を使用する車車間通信機、DGPS (Differential GPS)・振動ジャイロ（方位とピッチの測定）・加速度計を内蔵した自律航法装置、車両位置表示装置・警報音出力・情報処理用のパーソナルコンピュータから構成される。DGPSはFM多重放送の補正データを受信してGPSの位置情報を補正し、測位精

度を高める機能を持っている。

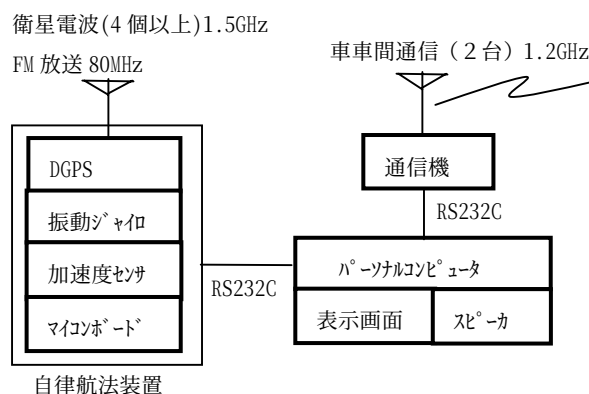


図1 出会い頭衝突防止警報装置の構成

さらに、本装置には、これを動作させるためのソフトウェアが必要なため車両データを伝送するための車車間通信プログラム、自律航法装置による車両位置（緯度・経度）・車速・進行方位を測定するための計測プログラム、衝突の危険度を判定するプログラム、画面へ車両位置を表示し危険度に対応した警報を出力するプログラムを開発した。これらのプログラムは、パソコン (Windows 2000、Pentium III Mobile 1.13GHz) 上でマルチタスクとして平行処理される。プログラム間のデータの受け渡しは、ラムディスク上のファイルを介して行った。ソフトウェアは、3本のプログラムに分割して開発したため通信機、GPS、表示警報装置を部分的に他の機種に取り替えたときの対応がしやすくなっている。

*1 基盤技術部 *2 技術支援部 機械電子室

2.2 通信機の仕様と通信パケット

車車間通信機として特定小電力無線機を使用した。その仕様を表1に示す。通信方式は、単信方式であり送受信を切り替えて使用した。また、他車両に搭載された通信機が送信中に自車両の通信機がその搬送波を検出しているときには送信をプログラムで抑制した。

表1 通信機の仕様

搬送周波数	1216.050MHz
送信電力	10mW
変調方式	2 値 FSK
アンテナ	1/4 波長モノポール
無線通信速度	9600bps
受信感度	10dB μ (@BER 0.01%)

車車間通信の伝送に使用した通信パケットの構成を表2に示す。データ部は、ASCII コードである。

表2 通信パケットの構成

プリアンブル		10 byte
データ部		
固定データ	‘ ID ’	2
車両番号	2 桁	2
G P S 時刻	車両測位の時刻 (UTC)	6
緯度	車両の位置 (整数部 4 桁、 小数点以下 6 桁)	11
経度	車両の位置 (整数部 5 桁、 小数点以下 6 桁)	12
車速 (km/h)	車両の速度 (実数型)	6
方位(角度)	車両の進行方向 (実数型)	3
日付	6 桁	6
デリミタ	フィールド区分 (,)	7
ダミーデータ		15
BCC	付加せず	

2.3 GPS 装置

車両の現在位置 (緯度・経度) の取得に GPS を使用すると 10m の測位精度が得られるが、今回の警報実験では、精度を上げるために DGPS 方式による相対測位法を採用した (写真1)。DGPS 測位では、位置が正確に分かっている場所に基準局を設置し、そこで GPS 単独測位を行ない、各衛星までの距離を測定する。その測定値と、基準局の真の位置から求めた距離との差を疑似距離補正情報として、船舶用の中波ビーコンや FM 多重放送を利用して放送されている。

実験では自動車用に広く使われている FM 多重放送を利用した。当地域では FM 愛知経由で 5 秒ごとに暗号化された補正データを受信している。基準局と受信地点間の

距離が 100km 以内であれば、約 3 m の精度が達成出来る。しかし、市街地ではビルの反射によるマルチパスの影響や、天空が見えないため受信できる衛星数が減るなどの障害、さらには、トンネルや高架橋の下の道路で GPS が全く受信できないなどの問題があるため、方位センサーであるジャイロセンサーや移動量を検出する加速度センサーなどによる走行方位と距離の補正により GPS データを補完している。



写真1 自律航法装置

次に、本実験で緯度・経度、速度、方位などの測定に利用した本機からの代表的な GPS コード (RMS) の出力例を表3に示す。

表3 GPS コードの出力例

043421	測位時刻 (UTC) 04:34:21
A	受信ステータス; A = 有効, V = 無効
3500.344013,N	緯度 35 度 00.344013 分 (北緯)
13701.399215,E	経度 137 度 01.399215 分 (東経)
10.5	対地速度 (ノット) 10.5 ノット
196.3	進行方向 (度, 真北から右回りに) 196.3 度
281002	日付 (UTC) 2002 年 10 月 28 日
007.0,W	地磁気の偏角 7.0 度西
*51	チェックサム

2.4 車両衝突予想判定

DGPS により得られた測位情報をもとに、車両間の衝突可能性を予測する方法について検討した。

車両が等速度運動をするとき、予想進路の交点をもとに、その位置関係から衝突可能性を判定することができる。GPS により得られる車両進行方位角 θ は真北を 0 度とし、時計回り方向に増えている。例を図2に示すが、A、B 2 台の車両が矢印の方向に進行中の場合には、C 点周辺で衝突する可能性が高いと判定される。

図2の上側を北とする XY 平面上で点 A (x_0, y_0) にいる車両が北からの偏角 θ_0 、速度 v_0 で進行し、点 B (x_1, y_1) にいる車両が北からの偏角 θ_1 、速度 v_1 で進行するとする。このとき、両者の軌跡は点 C で交差する。このため、それぞれの車両が点 C に到達したときの両者の距離

を計算し、決められた範囲内に他車が存在しなければ安全と判断できる。この判断を行うためには、軌跡の交点Cを計算により求め、C点への到達予定時刻における他車両の推定位置から両者の間隔を推定する必要がある。

車両Aは、 $X - x_0 = (\tan \theta_0) \cdot (Y - y_0)$ 、

車両Bは、 $X - x_1 = (\tan \theta_1) \cdot (Y - y_1)$ の2直線で表すことができ、この2直線の交点C(x_c, y_c)は、両式より

$$x_c = (\tan \theta_0) \cdot (y_c - y_0) + x_0$$

$$y_c = (-x_0 + x_1) + (y_0 \tan \theta_0 - y_1 \tan \theta_1) / (\tan \theta_0 - \tan \theta_1)$$

と算術的に求めることができる。

また、時間t経過後の移動位置はAが等速度運動をしているとき、x方向の速度成分は $v_0 \sin \theta_0$ 、y方向成分は $v_0 \cos \theta_0$ であるから、上の式に代入するとAのC点への所要時間 t_{ca} が求まる。

$$t_{ca} = (y_c - y_0) / v_0 \cos \theta_0$$

同様にBのC点への所要時間 t_{cb} が求まる。

$$t_{cb} = (y_c - y_1) / v_1 \cos \theta_1$$

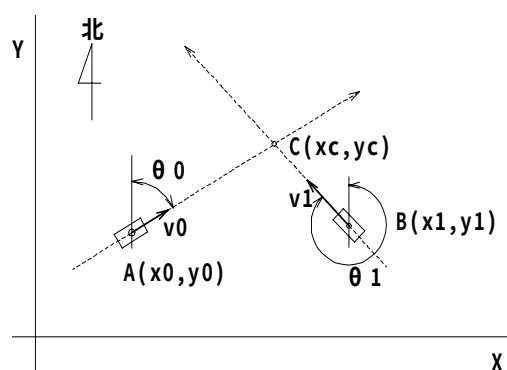


図2 衝突予想点と到達時間

t_{ca} ないし t_{cb} が負のときはすでに交点を通過しているので、衝突の可能性はないと推定できる。それ以外では、 t_{ca} ないし t_{cb} のどちらか小さい方の値を ΔT とし、このとき一方がC点に到達するから、その時の他車の位置を求め、車輛間隔Dが規定値よりも小さいときには衝突の可能性があると推定できる。

たとえば、Aが先にC点に到達すると、 $\Delta T = t_{ca}$ となり、そのときのB車の位置(x_1', y_1')は、 $x_1' = x_1 + \Delta T \cdot v_1 \cdot \sin \theta_1$ 、 $y_1' = y_1 + \Delta T \cdot v_1 \cdot \cos \theta_1$ となる。

このとき、両車両間の距離Dは、

$$D = \sqrt{(x_c - x_1')^2 + (y_c - y_1')^2} \text{ と計算できる。}$$

AとBの車速、車両間距離Dから警報レベルを4段階に区分して求めた。

2.5 警報表示・警報音装置

警報音と警報用音声の出力にはパソコン内蔵スピーカを利用した。また、電子地図の表示には、パソコンのディスプレイを利用した。車両の位置と注意マークは、電子地図上にオーバーレイ表示した。車両位置等を地図上に表示する表示プログラム開発環境として電子地図(Super Mapple Digital: 全国地図データ、20万分の1、5万分の1、1万分の1の地図を収録)と電子地図開発ソフト(MappleX: アプリケーション開発用ActiveXコントロール(OCX)、指定緯度・経度への地図移動可、地図上に線データ、多角形データ、文字データの表示可、地図の縮尺、表示倍率の切り替え可)を使用した。

3. 実験結果及び考察

3.1 通信実験

2台の車両を使用し、各車両ルーフ上に通信機を搭載し車車間通信実験を行った。アンテナは水平面無指向性であり垂直に立てた状態(垂直偏波)で使用した。**写真2** 車車間通信では70byte 固定長の通信パケットを0.5秒の通信周期で送信した。送信データは、秘匿性を必要としない公開情報であることと複数車両への送信を考慮して送信先を特定しない同報通信方法を採用した。



写真2 通信機とGPSのアンテナ

実験の結果、次のことが明らかになった。

- (1) 田園地帯で見通しのきく100m~120mの範囲で安定した送受信ができることを確認した。
- (2) コンクリート建築物で遮蔽されて通信機間が見通せないときにも通信は可能であり、通信可能距離を測定したところ、一例として道路が直交する交差点の中心から各車両までの距離が33mと73mであった。
- (3) ネットワーク方式の通信では、通信開始時に回線接続を確立するための時間を必要とするが、今回の同報通信方式ではそのような時間は必要としないため、送信開始と同時に他車両でデータが受信され、車両走行時に必要となるリアルタイムなデータ伝送ができることを確認した。

3.2 車両の測位結果

自律航法装置を実験車両に搭載し測位実験を行った。天空の開いた走行状態であれば、DGPSでは車両の位置を

2mから 6.4mの誤差で実時間で連続して取得できることを確認した。また、FM 放送の補正情報を受信できないときには 10.8mから 16mの誤差であった。

詳細に特性を検討したところ、速度 0 の状態では GPS 受信機の標準設定であるピン留め機能により測定位置が固定され、停車中は電子地図上で車両が移動しないことが分かった。

3.3 警報及び車両位置表示の実験結果

警報表示プログラムとして表 4 に示す機能を開発した。車両の位置と進行方向を三角形で表示し、他車両を警報レベルに応じた色で表示した。音と音声は選択可能であり、両方をオフにすることもできる。複数の車両があるときには、最も高い警報レベルに合わせて警報音、音声、警報マークを出力する。

表 4 表示プログラムの機能

	機能詳細
地図表示機能	・ 自車両、他車両、衝突予想地点の地図上への表示・非表示 ・ 自車両、他車両の進行方向はアイコンの形状により判別可 ・ 自車両の緯度・経度を中心とした地図表示 ・ 地図の縮尺、表示倍率の切り替え ・ 1 秒おきの表示間隔での表示更新、および任意の表示間隔の設定
警報機能	・ 危険度に応じた車両表示色の変更 ・ 危険度に応じた警報音、音声案内の変更、音と音声の切り替え、警報音・音声案内のオン・オフ ・ 危険度に応じた地図上への警報マーク表示
その他	・ データの記録および再生

車両走行中の警報出力、車両位置表示実験を行った。図 3 は走行試験中の車両位置の表示例であり、地図の上部に自車両が表示され、車車間通信により得た他車両の位置が下部に表示されている。図 4 は警報画面の表示例であり、「右前方注意」という注意マークが表示されている。走行試験によりおおむね警報レベルに応じた警報を出力することを確認した。

また、車両がコーナーを曲がるときには、ジャイロデータを使用して補完した車両位置情報の誤差が大きくなり、表示プログラムも地図の道路上に車両を合わせる処理（マップマッチング）を行っていないため、車両位置表示が道路からオーバーシュートして外れる現象も見られた。



図 3 走行車両位置の表示



図 4 走行中の警報画面

4. 結び

出会い頭衝突防止警報装置を試作し、2 台の車両に搭載し農道で走行試験を行ったところ、見通し距離 100m 以内では車車間通信は安定した状態で可能であり、自車位置と他車位置を電子地図の道路上に表示できることを確認した。また、農道内の交差点を利用して出会い頭衝突防止警報の実験をしたところ、計画した警報を出力することができた。

今後は、警報装置の小型化、3 台以上の車車間通信方法、車両位置表示の高精度化、効果的な警報提示方法について検討する。

文献

- 1) 加藤, 美濃部, 津川: 車車間通信の運転支援システムへの応用, 自動車技術会, 学術講演会前刷集 No. 93-01, P29-34(2001)
- 2) FAA: Introduction to TCAS II Version 7, 2000