

論文・解説

21

## 後側方障害物警報システムの開発 Development of Rear Side Obstacle Warning System

信時 宜和<sup>\*1</sup> 高橋 達朗<sup>\*2</sup> 清水 賢治<sup>\*3</sup>  
Yoshikazu Nobutoki Tatsuro Takahashi Kenji Shimizu  
松本 成司<sup>\*4</sup> 花田 充基<sup>\*5</sup>  
Seiji Matsumoto Yoshitsugu Hanada

### 要約

交通事故低減に貢献するため、前方領域のみならず、車両の後方・後側方領域にも注力して運転支援・予防安全技術の開発をこれまで進めてきた。そうした中、各市場環境にマッチした2つのタイプの後側方障害物警報システムの開発を完了し、現在、商品化展開を進めている。

一つは、車両後側方の近距離死角領域を検知範囲とするBlind Spot Monitoring (システム)、もう一つは、約50mまでの車両後方を検知範囲とするRear Vehicle Monitoring (システム)で、Blind Spot Monitoringは北米に、Rear Vehicle Monitoringは日本/欧州に展開している。これらのシステムは、24GHz レーダをセンサとして使用しており、その商品化は、国内メーカーとして初めてであるだけでなく、ほぼ同時期でのWorld-wideな商品化展開は世界初といえる。本論文では、黎明期にある24GHz レーダを使った2つの後側方障害物警報システムの概要について、それぞれ紹介する。

### Summary

To contribute to accident reduction, we promoted development of driving assistance and preventive safety technology focusing not only in front area but also in rear and rear side areas.

With this background, we developed two types of rear side obstacle warning system which suite each market environment and are currently proceeding with their commercialization. One type is Blind Spot Monitoring (system) whose detection range is close-range blind spot area at rear side of the vehicle and the other type is Rear Vehicle Monitoring (system) whose detection range is rear of the vehicle, up to approx. 50m away from the vehicle. Blind Spot monitoring introduction is for the U.S. and Rear Vehicle Monitoring introduction is for Japan/Europe. Those systems use the 24GHz radar as sensor and we are the first manufacturer in Japan to commercialize them and we are also the first in the world to roll them out globally around the same time. In this paper, we summarize each of the two types of rear side obstacle warning system with 24GHz radar at an early stage.

### 1. はじめに

近年、運転支援や予防安全技術の普及により、ここ数年間、日本の交通事故による死亡者数は、減少傾向にあるにも関わらず、負傷者数や事故発生件数は、依然増加傾向にある。<sup>(1)</sup>

こうした増加傾向に歯止めをかけ、事故低減に貢献するために、前方領域のみならず、車両の後方・後側方領域に

も注力して運転支援・予防安全技術の開発を進めてきた。

この度、その取り組みの中から、今後の普及が大いに期待される24GHzレーダをセンサとして使い、2つのタイプの後側方障害物警報システム (Blind Spot Monitoring, Rear Vehicle Monitoring) の開発を完了した。現在、Blind Spot Monitoringは、北米向けCX-9に、Rear Vehicle Monitoringは、日本/欧州向けアテンザにと、各市場環境に合わせて順次商品化を進めており、本論文にて、それぞ

\*1~5 車両システム開発部  
Vehicle System Development Dept.

れのシステムの概要について紹介する。

## 2. 後側方障害物警報システムの概要

### 2.1 市場の動向

米国では、車線変更時の事故は、事故全体の9.2%で4番目に多い日常的な事故として報告 (Fig.1<sup>(2)</sup>) されている。これは、車線数の多いハイウェイにおいて、多車線に渡る車線変更の機会が多いことなどが主因と考えられる。また、Fig.2<sup>(2)</sup>に見られるように、事故に際して、ドライバの視界を遮るものが特にない走行状態が約65%もあり、回避行動が取られていないという結果も得られる。このことから、ドライバ本人の確認不足や不注意が原因であると推測される。また、こうした状況は、交通環境が異なる欧州・日本においても同様な傾向にある。

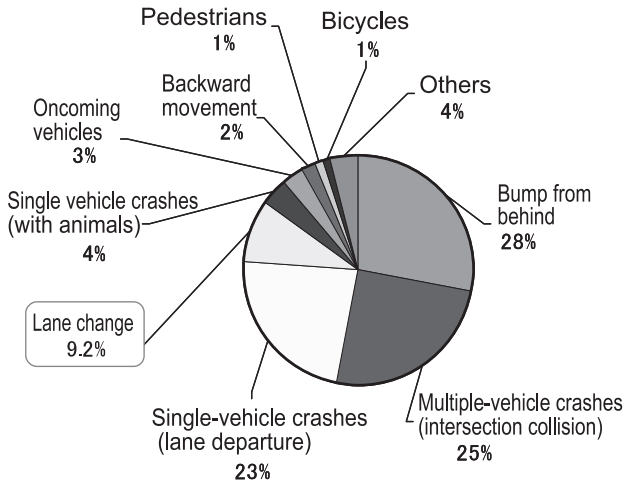


Fig.1 Accident Analysis Data by NHTSA in 2000

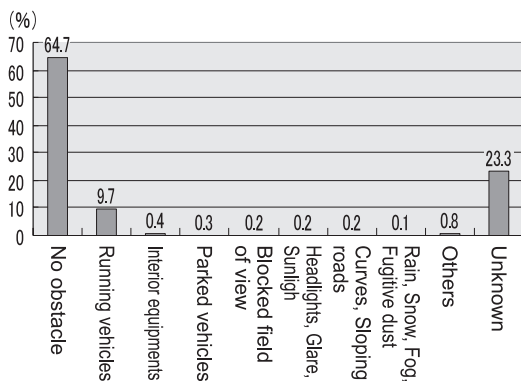


Fig.2 NHTSA Data: Factors Obstructing Driver's View at Accident Time

### 2.2 後側方障害物警報システムとは

後側方障害物警報システムとは、走行中に自車両後側の障害物の有無を検知し、車線変更により衝突の危険性がある場合、ドライバに対して警報を行い、注意を喚起する自立型運転支援システムである。

このシステムは、ドライバの運転負担を軽減し、不注意

動作をバックアップすることを目的としており、車線変更時の事故防止に効果的な手段と考える。

また、当社の調査結果やJ.D Powers, サプライヤの市場クリニックにおいても、事故防止に効果的な手段として高い商品アピール力があり、ユーザの購買意欲も高いシステムであることが報告されている。

### 2.3 障害物の検知範囲

後側方障害物警報システムは、ISOにてLCDAS (Lane Change Decision Aid Systems) として標準化活動が行われている。その活動の中で、検知範囲区分をType 1, Type 2, Type 3と分類した国際規格案ISO/DIS17387が提案されている。

Type 1の検知範囲 (Fig.3<sup>(3)</sup>) は、車両後方3mまでの後側方をAdjacent Zoneと定義し、この範囲を警報領域とする機能をBlind Spot Warningと規定している。

比較的相対速度差が小さく、多車線に渡る車線変更の機会が多い米国において有効なシステムと考える。

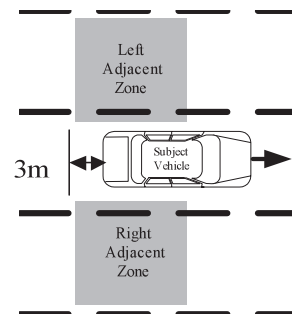


Fig.3 Coverage Zones of Type 1

Type 2の検知範囲 (Fig.4<sup>(3)</sup>) は、車両後方30mまでの後側方をRear Zoneと定義し、この範囲を警報領域とする機能をClosing Vehicle Warningと規定している。

相対速度の比較的大きい欧州のアウトバーン等で有効なシステムと考える。

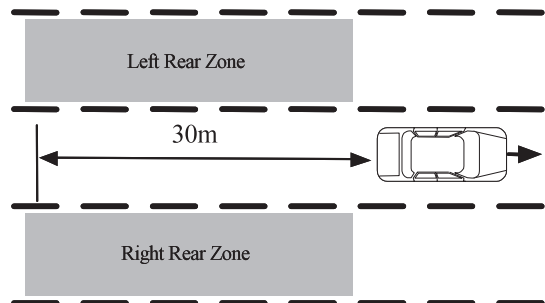


Fig.4 Coverage Zones of Type 2

Type 3は、Type 1とType 2を組み合わせたもので、この範囲を警報領域とする機能をLane Change Warningと規定している。以下に3つのTypeを検知範囲別にまとめた表 (Table 1<sup>(3)</sup>) を示す。

Table 1 Comparative Table of Type , ,

Type	Left Adjacent Zone Coverage	Right Adjacent Zone Coverage	Left Rear Zone Coverage	Right Rear Zone Coverage	Function
I	X	X			Blind Spot Warning
II			X	X	Closing Vehicle Warning
III	X	X	X	X	Lane Change Warning

2.4 センサ

後側方障害物警報システムのセンサとして、24GHzレーダを使用した。24GHzレーダは、現在ACC等で使用されている76GHzレーダに比べ、比較的安価なレーダとして知られている。24GHzレーダは、その放射周波数の帯域幅によって、大きく2つの方式に分けられる。

一つは、UWB (Ultra Wide Band) 方式である。特徴は、帯域幅が500MHz以上と非常に広いこと、高分解能であるが、帯域幅が広いことから既存無線システムとの干渉が懸念される。これを避けるため、平均送信電力を小さくしており、近距離での障害物検知用に向いている。

この方式は、FCC (Federal Communications Commission) や欧州委員会において、その使用が認められているが、日本では、まだその使用は認められていない。しかし、現在、ITU-R (International Telecommunication Union - Radio communications Sector) の勧告に基づき、日本においても法制化の検討が進められている。

もう一つは、ISM (Industrial Science Medical) Band方式である。これは、24.05GHzから24.25GHzの範囲 (帯域幅 = 200MHz) で世界的に認められている。この方式は、UWBレーダに比べて、出力が比較的大きく取れることから中距離向きと考える。なお、日本では、電波法上、200MHzの約1/3である76MHzの帯域幅しか占有周波数として認められていない。

今回、後側方障害物警報システムのセンサとして、UWBとISM Band双方のレーダを各市場の電波法と走行環境を考慮し、使い分けて商品化した。具体的には、Type

の機能を有するシステムは、UWBレーダを使用して米国に、Type の機能を有するシステムには、ISM Bandレーダを使用して日本 / 欧州に導入した。

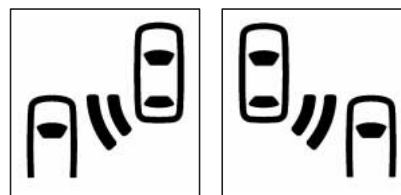
2.5 警報機能

衝突事故を未然に防止するシステムとして、障害物の検知性能を確立するだけでなく、検知結果をドライバーに煩わしく感じさせることなく、的確に伝えることが必要である。そのため、本システムの警報において、HMI開発を重要な位置付けと考え、下記の3点に注力して開発した。

(1) 警報アイコンの認知性

システムを表示するアイコンは、ユーザの誰もがそのアイコンを見ることにより、その機能を視覚的に理解できる

ことが必要である。よって、後側方障害物警報システムのアイコンとして、今後、世界的にその採用が予想されるISO2572で承認されたK17A (Fig.5)を採用した。また、本システムの警報アイコンにもこのアイコンを採用した。



Left side icon Right side icon

Fig.5 Icon

(2) 警報アイコンの視認性

本システムは、あくまでもドライバーの運転支援システムであり、車線変更する時は、これまでと同様に、必ず、アウトミラーを見ること、そして、目視にて障害物の有無を確認することが必要である。

そうしたドライバーの運転動作において、警報アイコンは、アウトミラーに視線移動すると、自然にドライバーの目に入ることが重要と考え、各国の保安基準に準じて、その表示位置を決定した。具体的には、米国に導入したBlind Spot Monitoringはアウトミラー内に設定し (Fig.6)、欧州 / 日本に導入したRear Vehicle Monitoringは、Aピラーのセルガーニッシュ部 (Fig.7) に設定した。



Fig.6 Display Position of Blind Spot Monitoring



Fig.7 Display Position of Rear Vehicle Monitoring

(3) 警報手段

ドライバーに対する警報は、必要以上に注意喚起すると不快感を与えるだけである。後側方の障害物の状況とドライバーの運転動作を考慮し、下記の通り、緊急度に応じた警報手段を採用した。

① 1次警報 (報知)

・車線変更を想定した時、左右の隣レーンを走行する車両と衝突する可能性があると判断した場合、警報アイコン、もしくは警報アイコン近くのLEDを点灯させる。ドライバーへの危険報知の位置付けである。

② 2次警報 (警告)

・1次警報時にウィンカーを出した場合、警報アイコン、もしくは警報アイコン近くのLEDを点滅させると同時

に、ブザーを吹鳴させる。ドライバへの車線変更中止を知らせる警告の位置付けである。

以下に、後方障害物警報システムとして、米国及び欧州/日本に導入している両システムについて、各々その概要を説明する。

### 3. Blind Spot Monitoring

#### 3.1 Blind Spot Monitoringのシステム概要

本システムは、ISO/DIS117387のType で規定されている自動車両背面端の3m後方ラインを、更に後方に拡大し、約7mまでの後側方を検知範囲とした。このシステムは、検知範囲内に対象車両がいる場合に警報を行うが、この機能は、自車速が20miles/h以上で作動する。Fig.8-13に主な走行シナリオでの警報の有無(ON/OFF)を示す。

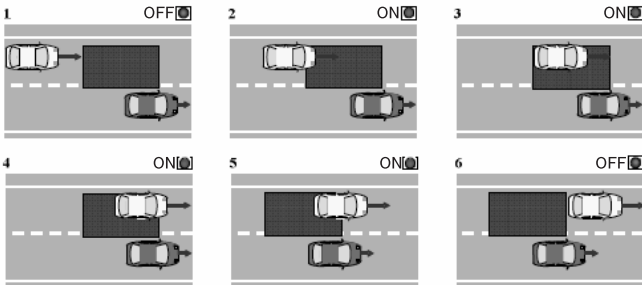


Fig.8 Target Overtakes Subject

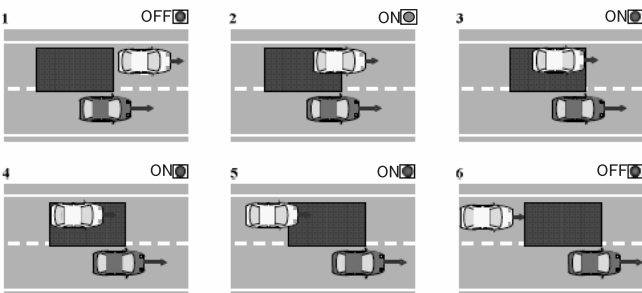


Fig.9 Subject Overtakes Target

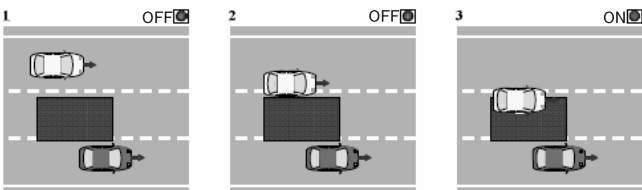


Fig.10 Merge-In

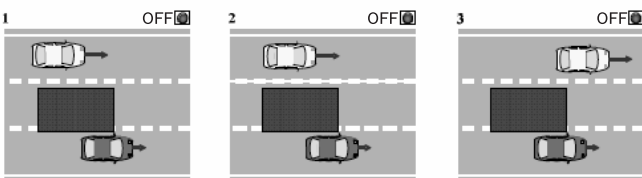


Fig.11 Object in the 3rd Lane

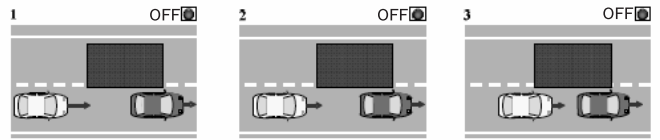


Fig.12 Object in the Same Lane

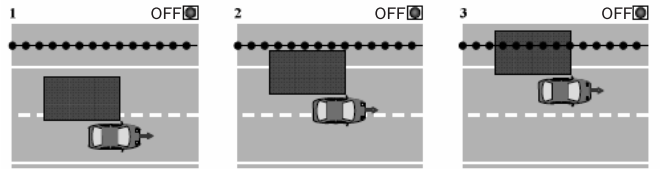


Fig.13 Guardrail

#### 3.2 Blind Spot Monitoringのシステム構成

Fig.14にシステムのハードウェア構成とそのレイアウト場所を示す。24GHzレーダは、左右のリア・バンパ部の背面にそれぞれ一つずつ装着した。アウトミラー内に設定した警報用アイコンは、前述の1次、2次の警報条件に応じて、ミラー背面のLEDを通して点灯/点滅する。

その他の構成要素に、メインSW、インジケータ、ブザー、舵角センサがある。車速など対象車両検知に必要な車両情報はCAN通信を通して情報を得る。

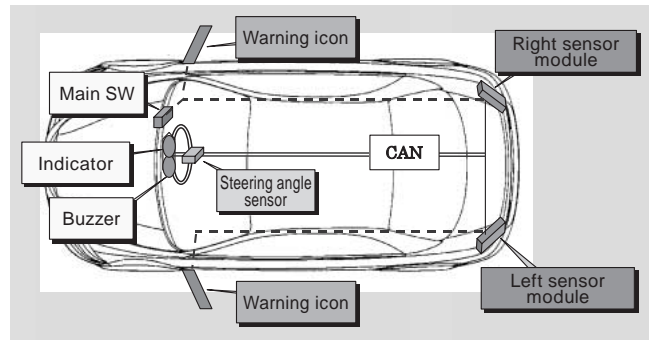


Fig.14 System Structure

#### 3.3 Blind Spot Monitoring用24GHzレーダ

Blind Spot Monitoringに使用している24GHzレーダは、24.25GHzから24.75GHzを放射帯域とする帯域幅500MHzのUWBレーダを使用している。左右各々のレーダは、ビームとビームの2つの放射ビームを持っており、これにより、センサの検知感度領域は、設定した検知範囲を十分にカバーする(Fig.15)

この二つのビームは、パルス化周波数ホッピングとパルス化FMCW (Frequency Modulated Continuous Wave) の変調方式の併用方式を採用している。受信アンテナにより、放射ビーム内にある移動する全ての車両が検知できる。

ビームには、二つの受信アンテナを持たせ、FMCWの位相モノパルス方式を採用した。これにより、対象車両の水平角度位置を認識することができる。

ビームには、追い越そうとする後方車両を迅速に検知

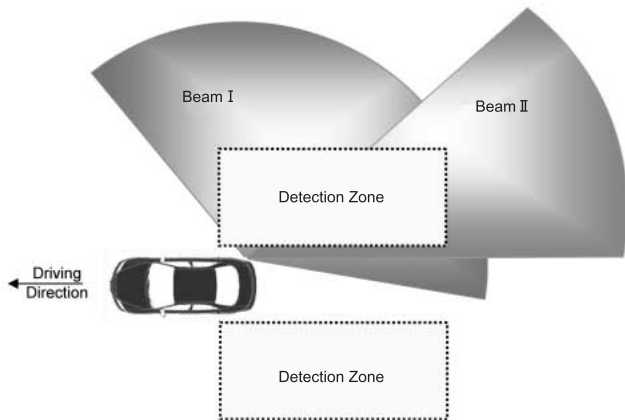


Fig.15 Detection Zones

することを主目的に、後方に対して、ビームより検知距離の長い、そして指向特性の鋭いアンテナを使用した。

Fig.16に外観図とアンテナ形状を示す。



Fig.16 External View and Antenna Geometry

3.4 位相モノ・パルス方式

反射物の水平角度位置を検出するために、ビームに距離：dだけ離れた2つの受信アンテナを設定した。水平角度位置検出の原理図をFig.17<sup>(1)</sup>に示す。

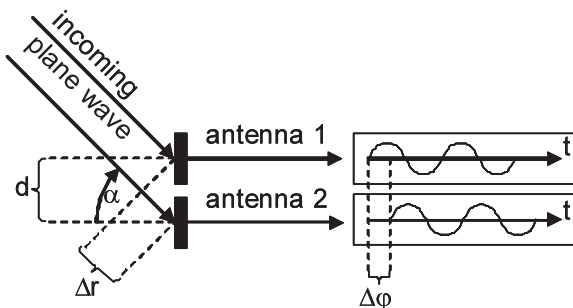


Fig.17 Phase Mono-pulse Principle

これは通常、位相モノ・パルス方式と呼ばれており、二つのアンテナで受信された二つの信号の到達位相差から反射物の角度位置：が次式で計算される。

$$\alpha = \arcsin \frac{\Delta\varphi \cdot \lambda}{2\pi \cdot d} \quad (1)$$

$$\Delta\varphi = \frac{\Delta r \cdot 2\pi}{\lambda} \quad (2)$$

4 . Rear Vehicle Monitoring

4.1 Rear Vehicle Monitoringのシステム概要

本システムは、ISO/DIS117387のType で規定されている検知範囲を、更に後方に拡大し、自車両の背面端から約50mまでの後側方を検知範囲とした (Fig.18)。

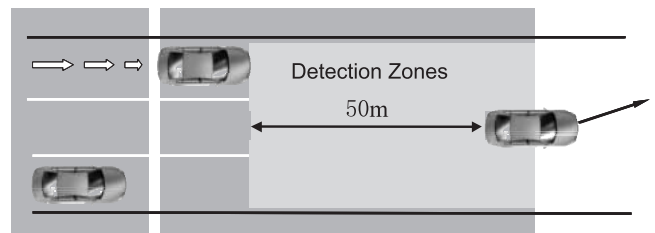


Fig.18 Detection Zones

このシステムは、検知範囲内にある対象車両が、設定した衝突予測時間 (Time to Collision) 内に自車後側方に侵入し、車線変更する時に衝突する可能性がある場合に警報することを主な機能としている。

ISOでは、これをClosing Vehicle Warning Functionと定義している。本システムでは、この機能は、車速60km/h以上で作動する。

4.2 Rear Vehicle Monitoringのシステム構成

Fig.19にハードウェア構成とそのレイアウト場所を示す。24GHzレーダを左右のリア・バンパ部の背面にそれぞれ一つずつ装着した。

本システムは、Blind Spot Monitoringに比べて後方にレーダを放射させる必要があるため、本レーダの取付けを後方に向けた。

警報用アイコンは、Aピラーのセルガーニッシュ部に設定し、警報アイコン下のLEDが、警報条件に応じて点灯/点滅する。その他の構成要素に、メインSW、インジケータ、プザ、ヨーレートセンサがある。特に、このヨーレートセンサは、道路の曲率を算出するために使用し、車速などのCAN通信を通して得た車両情報を参考にしながら、後側方対象物の走行車線を明らかにする役割を持っている。

4.3 Rear Vehicle Monitoring用24GHzレーダ

Rear Vehicle Monitoringの24GHzレーダには、ISM Bandのレーダを使用している。本レーダが使用している帯域幅は、欧州では100MHzであるが、日本では電波法上から76MHzに抑えた。理論的には、100MHzから76MHzに帯域幅を狭めたことにより、障害物の分離性能 (= Separability)

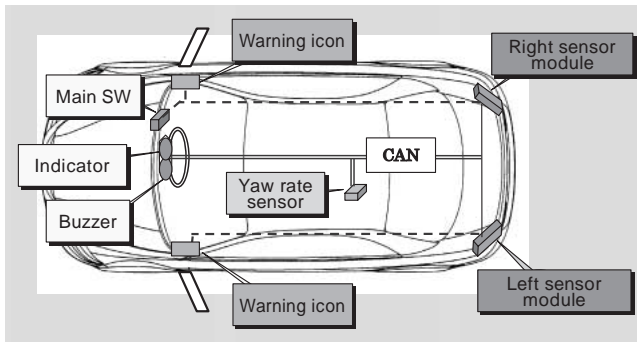


Fig.19 System Structure

は悪化するが、アルゴリズムなどの改善により、市場で十分に満足できる警報性能を確保した。

また、Blind Spot Monitoringレーダと同様に、反射物の水平角度位置を検出する位相モノ・パルス方式を採用している。

レーダの放射方式には、FMCW方式の一種であるFMSK (Frequency Modulated Shift Keying) 方式 (Fig.20<sup>5)</sup>) を採用している。これは、これまでCW方式としてよく知られている2つのLFM (= Linear Frequency Modulated) 方式とFSK (Frequency Shift Keying) CW方式を組み合わせたものである。

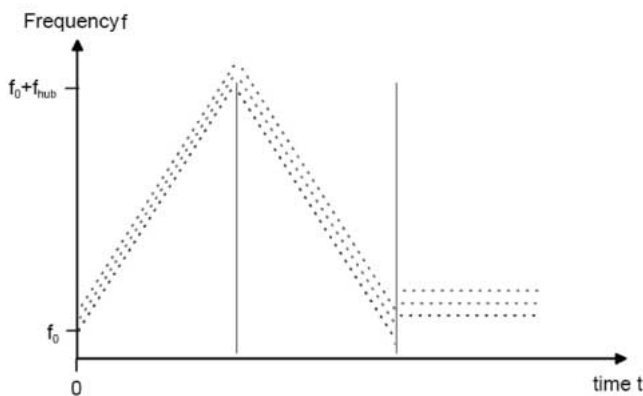


Fig.20 Transmit Waveform

本レーダの外観図とアンテナ形状をFig.21<sup>6)</sup>に示す。また、Fig.22にハードウェア構成を示す。

このレーダは、RF BoardとDSP Boardからなる。

RF Boardは、VCO (電圧制御発振器)、PLL (位相ロックループ)、AMP (アンプ)、Mixer (Mixer) と平面パッチアンテナから構成している。

DSP Boardは、VCOを制御するPWMやアンテナから受信しRF BoardのAMPやMixerで処理された信号を受けるAD-Converter、RAMを持ったSignal Processorなどから構成している。

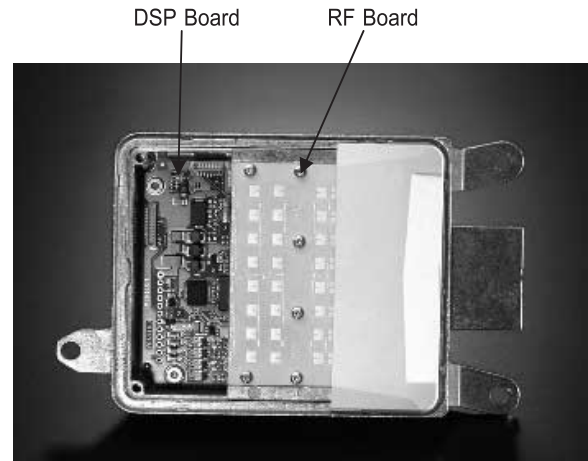


Fig.21 External View and Antenna Geometry

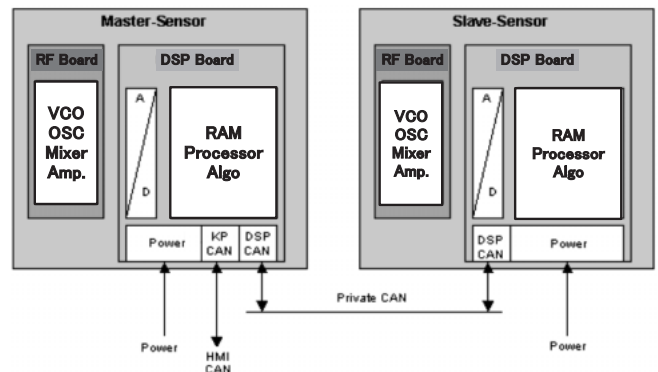


Fig.22 Hardware Architecture

## 5. おわりに

後方及び後側方におけるドライバの運転支援・予防安全技術領域をRear Active Safetyと定義し、Lane Drive AssistとParking Drive Assistの2つに分けて開発を進めている。今回紹介したシステムは、Lane Drive Assist領域のシステムである。

センサとして、2つの24GHzレーダをそれぞれ採用したのは、欧州、米国、並びに日本の規制動向を見極めながら、この安全支援システムの普及を目指したためである。順次、商品化を進めており、より多くのお客様に安心して運転できる環境を提供できることに喜びを感じている。

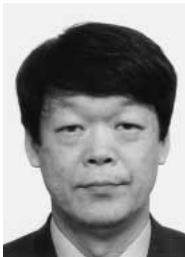
また、もう一方のParking Drive Assist領域においても、画像処理技術をコアとした安全支援システムの商品化も進めている。

こうしたキー技術を開発していくと同時に、更に、レーダ技術と画像処理技術とをコアとしたフュージョン技術の開発や分かりやすいHMI開発により、ドライバが「見えない」、「見にくい」、「見えていても気づかない」といった不安要素の改善を推し進め、お客様により満足して頂ける商品の開発に貢献していく覚悟である。

## 参考文献

- (1) 警察庁交通局交通企画課：平成18年版交通事故統計年報
- (2) National Highway Traffic Safety Administration : Analysis of Light Vehicle Crashes and Pre-Crash Scenarios Based on the 2000 General Estimates System ( 2003 )
- (3) ISO/TC 204 : DRAFT INTERNATIONAL STANDARD ISO/DIS 17387, Intelligent Transportation Systems - Lane Change Decision Aid Systems - Performance requirements and test procedures
- (4) Dr. Karl-Heinz Glander : Siemens 24GHz Radar - Blind Spot Detection, 14th World Congress on Intelligent Transportation Systems ( 2007 )
- (5) s.m.s : Project Documentation Architecture of the UMRR Sensor ( 2007 )
- (6) Norbert Kost, et al. : 24GHz Radar Sensors for Driver Assistance Systems, ATZ Elektronik ( 2006 )

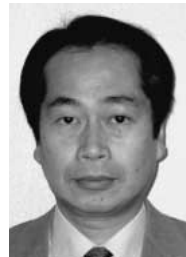
## 著 者



信時宜和



高橋達朗



清水賢治



松本成司



花田充基