平成27年度採択 戦略的基盤技術高度化•連携支援事業 戦略的基盤技術高度化支援事業

「大型車に特化した危険予測可能な後側方障害物センサの開発」

研究開発成果等報告書

平成30年5月

担 当 局 四国経済産業局

補助事業者 一般財団法人 四国産業・技術振興センター

目次

第1章 研究開発の概要	3
1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標	3
1-2 研究体制	4
1-3 成果概要	7
1-4 当該研究開発の連絡窓口	8
第2章 本論	9
【1】マイクロ波センサ部の開発	9
【2】画像処理部の開発	14
【3】システム評価	17
第3章 全体総括	19
3-1 研究開発成果	19
3-2 研究開発後の課題・事業化展開	19

第1章 研究開発の概要

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

(1)研究背景

川下企業である大型車製造メーカでは、大型車の対「人」における死亡事故率の高さから安全への対策を進めている。しかし、左折巻き込み事故に関しては、運転者からの視認が困難な領域で発生するため、運転者の注意のみでは防止が困難である。そのため、大型車製造メーカには、右左折時に車両側方や後方の人を検知できる運転者支援システムの導入が求められている。

(2) 研究目的

本研究開発では、大型車に求められている車両後側方の障害物を検知し危険予測する安全システムの開発を目的とする。

システムでは、まずマイクロ波レーダより(何らかの)対象物の距離・速度を計測し、その情報を基にカメラ映像から対象物の種別とその方位角度を計測する。これにより、対象物の種別と時空間情報を得ることができ、時空間パターンを解析することで後側方からの衝突の可能性を推定する技術を研究し、車両後側方の障害物を検知し危険予測する安全システムの開発を行う。

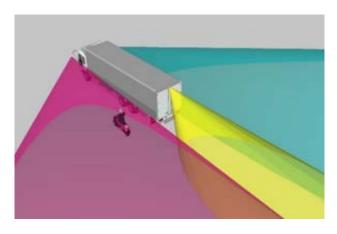


図1-1-1 システムイメージ図

(3)目標および実績結果

サブテーマ	機能	目標値	実績
【1】マイクロ波センサ部の開発			
【1-1】マイクロ波レーダの開発	測定距離	25m 以上	10m 以上
	レーダ反射断面積(人)	0.1 ㎡以下	0.1 ㎡以下
	処理速度	2msec 以内	2msec 以内
【1-2】マイクロ波距離データの	移動体抽出率	99%以上	100%
時空間解析技術開発			(人以外も検出)
【2】画像処理部の開発			
【2-1】対象物の画像解析技術開発	識別精度	99%以上	99. 3%
【2-2】危険予測技術開発	予測時間	0.8sec 先	1. 0sec 先
【3】システム化			
【3-1】システム要求の検討	仕様の決定	仕様の決定	完了
【3-2】装置製作	センサユニット	実験機製作	完了
		試験機製作	完了
	画像処理ユニット	実験機製作	完了
		試験機製作	完了
【3-3】環境試験	耐震性	JASO 適合	JASO 適合
	耐防塵	IP67	IP67
【3-4】システム評価	課題抽出・課題解決	_	_
【3-5】用途開発	水平展開アプケーション	_	-
	の検討		

1-2 研究体制

(1) 実施体制

【補助事業者】事業管理機関	【間接補助事業者】 <u>法認定企業</u>
一般財団法人 四国産業・技術振興センター	株式会社パル技研
	【間接補助事業者】
	国立大学法人 広島大学
【アドバイザー】	
国立研究開発法人 電子航法研究所	【間接補助事業者】
	国立研究開発法人 産業技術総合研究所
【アドバイザー】	
株式会社いすゞ中央研究所	【間接補助事業者】
	香川県産業技術センター
【アドバイザー】	
一般社団法人	【間接補助事業者】
東京都トラック協会ロジスティクス研究会	株式会社タダノ

(2)研究員

株式会社パル技研

氏 名	所属・役職	備考
山田 浩	取締役 企画営業部・部長	PL
岡田 英二	生産 技術部・部長	
佐藤 義幸	技術部・課長	
太田 直也	技術部•主席技師	
佐野 拓治	技術部•主任技師	
内之浦 伸治	技術部•主任技師	
西原 克博	技術部•主任技師	
毛利 秀志	技術部•主任技師	
三好 智裕	企画営業部・主席技師	
桐島 広文	企画営業部・係長	
山田 英基	企画営業部・主任技師	
濱田 千寛	企画営業部・技師	
小野 誠	生産部・係長	
東山 寛幸	生産部・主事	
城戸 範子	技術部•事務員	_

国立大学法人広島大学

氏 名	所属•役職	備考
栗田 多喜夫	大学院工学研究科情報工学専攻 教授	SL

国立研究開発法人産業技術総合研究所

氏 名	所属•役職	備考
西田 健次	主任研究員	
小林 匠	主任研究員	

香川県産業技術センター

氏 名	所属・役職	備考
濱田 敏弘	企画情報部門•主席研究員	
河井 治信	システム技術部門・主席研究員	
福本 靖彦	システム技術部門・主任研究員	
小林 宏明	システム技術部門・主任研究員	
多田 幸弘	システム技術部門・主任研究員	

株式会社タダノ

氏 名	所属・役職	備考
小阪 孝幸	技術研究所技術企画ユニット	
71W 3 +	ユニットマネージャー	
 谷井 悟	技術研究所技術研究ユニット	
	ユニットマネージャー	
石川巖	技術研究所技術企画ユニット	
1 1 川	アシスタントマネージャー	
山内 浩嗣	技術研究所技術企画ユニット	
林 洋幸	技術研究所技術企画ユニット	
Thakur	技術研究所技術企画ユニット	
Praveensingh		
間嶋 勁太	技術研究所技術企画ユニット	
神田 真輔	技術研究所技術企画ユニット	
石原 尚樹	LE 技術部電装ユニット	

(3)管理員(事業管理機関)

一般財団法人 四国産業・技術振興センター

氏 名	所属•役職	備考
兵頭 正洋	産業振興部長	平成 27~29 年度
		事業管理員
井上 亮三	産業振興部長	平成 28 • 29 年度
		事業管理員
田中道惠	産業振興部・部長	平成 27~29 年度
		事業管理員
山本 宗男	産業振興部・部長	平成 28 • 29 年度
		事業管理員
渡部 忠男	産業振興部・部長	平成 29 年度
		事業管理員
渡辺 康弘	産業振興部・課長	平成 27 年度
		事業管理員
白石 康博	産業振興部・課長	平成 29 年度
		事業管理員
瀬戸 昌子	総務企画部	平成 27 年度
		事業管理員
平井 昌代	産業振興部	平成 28.29 年度
		事業管理員

(4) アドバイザー

協力者及び指導・協力事項

氏 名	所属/主な指導・協力事項	備考
米本 成人	国立研究開発法人電子航法研究所/技術指導	
藤村 武志	株式会社いすゞ中央研究所/技術指導	
藤倉 泰徳	一般社団法人東京都トラック協会ロジスティクス研究 会/システム評価	

1-3 成果概要

【1】マイクロ波センサ部の開発

車両周辺の反射物から接近する移動体のみを検出可能な車載用マイクロ波レーダの試作機開発を行った。ビーム角は水平・垂直 22度とし、10m先の人が検出できた。アンテナの改良により 25m 先の人の検出の見通しが得られた。

また、マイクロ波レーダの信号から接近する移動体のみを検出するアルゴリズム を確立した。

【2】画像処理部の開発

カメラ映像から交通弱者(歩行者・自転車・バイク)を検出し、マイクロ波レーダの情報と協調し危険を予測する画像識別装置の試作機開発を行った。交通弱者を映像から検出するアルゴリズムには機械学習を採用し、識別率 99%以上を確立した。

【3】システム化

大型車両にてシステムを実装し、実走試験による性能評価を行い、実用化の 目処がついた。

水平展開として「第 10 回 国際カーエレクトロニクス技術展」に出展し販路開拓を行った。

1-4 当該研究開発の連絡窓口

【事業管理機関】

一般財団法人 四国産業・技術振興センター

産業振興部部長 田中道惠

電話 : 087-851-7081

FAX: 087-851-7027

E-mail: tanaka@tri-step.or.jp

【法認定機関】

株式会社パル技研

取締役 企画営業部部長 山田 浩

電話 087-864-3388

FAX 087-864-3386

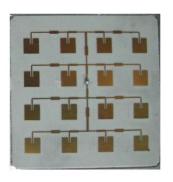
E-mail hiroshi.yamada@palgiken.co.jp

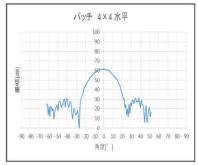
第2章 本論

【1】マイクロ波センサ部の開発

(1)マイクロ波レーダの開発

24GHz 帯 MMIC を採用したマイクロ波レーダを開発した。今回開発したマイクロ波レーダの検知ターゲットは大型車両周辺の交通弱者(歩行者、バイク、自転車)であり RCS(レーダ反射断面積)が非常に小さいターゲットを目標としている。そのため、これらのターゲットを捕捉し易くする為のアンテナ評価を行った。評価の結果を図2-1-1及び表2-1-1に示す。





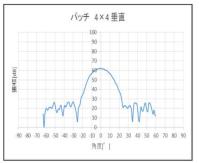


図2-1-1 アンテナ外観写真、指向特性

表2-1-1 スペック表

項目	仕様
方式(性能 vs. コスト)	平面パッチアンテナ
指向性	22°/22°(水平/垂直)
サイズ	32×32 mm
アンテナパッチ数	4×4
利得值	18dBi

また信号処理部は、アナログ・フロント・エンド、デジタル信号処理、映像信号 出力処理を高速かつ高精度で実行できるよう、FPGA によるオールハードウェア 信号処理化の構成とした。これにより、反射物体までの距離をリアルタイムで検出できるだけでなく、複数の反射物体の中から接近する移動体のみを抽出する信号処理アルゴリズムの実行も30msec以内で実現できるレーダとなった。

また、信号処理の結果は、本システム後段の【2】画像処理部の開発との協調性を考慮して、SDI 規格に則ったデジタル映像信号出力としている。これにより、マイクロ波レーダで検出した各ターゲットの挙動を距離のポイントで処理するのではなく、画像処理に置き換えて処理できるという特徴を持ったシステムを実現した。

画像処理に置き換える事で検出精度の向上と高速化を実現できた事例を次項で説明する。

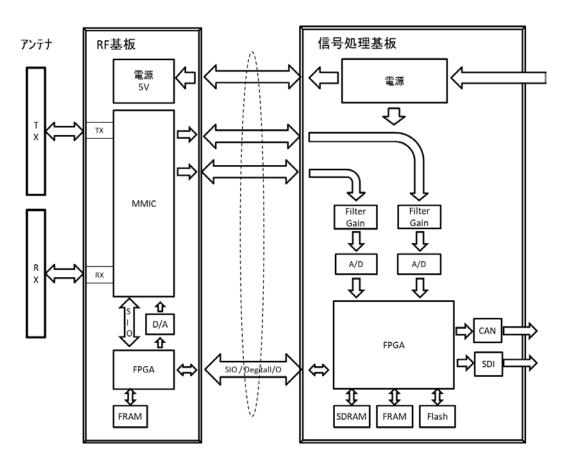


図2-1-2 マイクロ波レーダシステム構成

(2)マイクロ波距離データの時空間解析技術開発

車両に搭載したマイクロ波センサの距離データを時間軸上に並べた時空間データ に画像処理の空間フィルタを適用し、移動体のみを検出する技術を確立した。空間 フィルタは、特定の傾きと周波数を強調する移動体検出フィルタを下式に示す。

$$f(x,y) = \underset{0 \le \theta \le \pi}{\operatorname{argmax}} \left(exp\left(-\frac{{x'}^2 + \gamma^2 {y'}^2}{2\sigma^2} \right) \cos\left(\frac{2\pi x'}{\lambda} + \varphi \right) \right)$$

 $x' = x \cos \theta + y \sin \theta, \ y' = -x \sin \theta + y \cos \theta$

 $\gamma = \mathcal{P}$ スペクト比、 $\sigma = 標準偏差、<math>\varphi = \text{位相オフセット}$ 、 $\lambda = \cos$ 成分比率

当該フィルタの処理から得られた *θ*を速度に換算することで、車両周辺の反射物から接近する移動体のみを検出した。



図2-1-3 接近するバイクの検出結果

(3) センサユニット試作機の開発

時空間解析技術を搭載し、移動体のみを検出できるマイクロ波レーダを図 2-1-4に示す。





図2-1-4 マイクロ波レーダ外観、基板写真

表2-1-2 スペック表

項目	仕様
動作温度範囲	-20°~60°C
入力電源	5V(信号処理基板から給電)
筐体外形寸法	141×137×51 mm
技術基準適合証明	取得
周波数帯域	24.064GHz ~ 24.25GHz





図2-1-5 マイクロ波レーダ信号処理ユニット外観、基板写真

表2-1-3 スペック表

項目	仕様	
動作温度範囲	-20℃~60℃	
入力電源	12/24V	
筐体外形寸法	141×137×51 mm	
映像出力(デジタル)	フォーマット	HD-SDI
	出力回路数	1
	コネクタ	BNC
CAN	車両通信	

【2】画像処理部の開発

(1) 対象物の画像解析技術開発

画像から検知対象(歩行者、バイク、自転車)を識別する画像解析技術の開発を 行った。画像解析には機械学習技術を用い、学習データの収集は川下企業・アドバ イザー企業に協力頂いた。

学習データに対し、DeepLearning による画像解析にて、最適な学習用データセットを作成することで目標の識別率(99%)を超える画像解析技術を確立した。

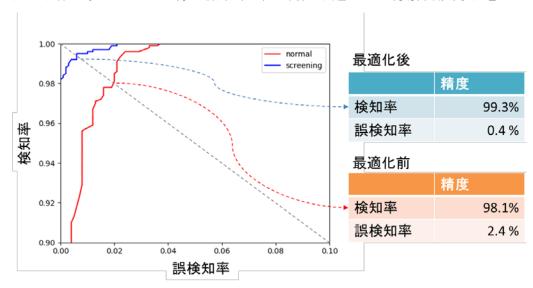
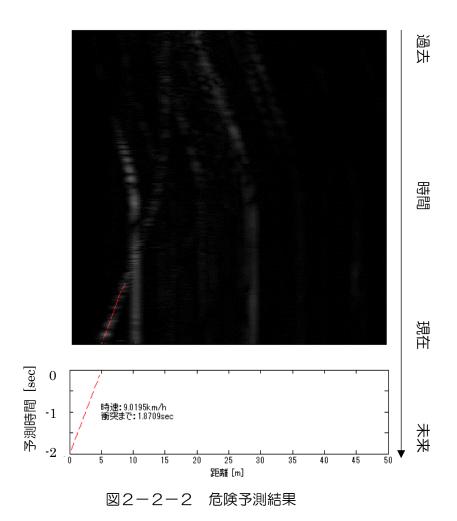


図2-2-1 学習データセットの最適化結果

(2) 危険予測技術開発

検出した移動体が自車両と衝突するまでの時間を予測し危険度を判定する危険予 測技術の開発を行った。

移動体の速度を推定するにあたり、移動体の検出時のフィルタ結果 θ (相対速度に相当)では量子化誤差の影響が大きいため、検出した移動体の過去 1 秒間の時空間データに対し主成分分析を行い、固有ベクトルを算出することで高速に相対速度を算出する手法を採用した。



(3) 画像処理ユニット試験機の開発

対象物の画像解析技術を搭載し、検知対象の識別および危険予測を行うユニットを図 2-2-3、図 2-2-4 に示す。

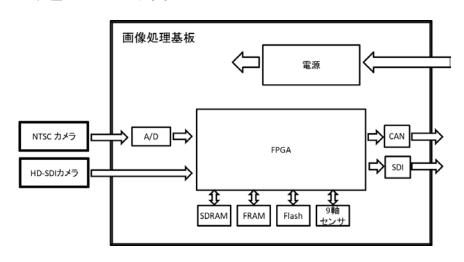


図2-2-3 画像処理ユニット構成





図2-2-4 画像処理ユニット外観、基板写真

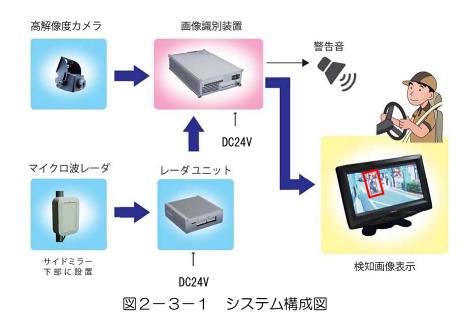
表2-2-1 スペック表

項目	仕様	
動作温度範囲	-20℃~65℃	
入力電源	18~32V	
筐体外形寸法	228×50×180 mm	
映像入力(アナログ)	フォーマット	NTSC
	入力回路数	1
	コネクタ	RCA
映像出力(アナログ)	フォーマット	NTSC
	出力回路数	1
	コネクタ	RCA
映像入力(デジタル)	フォーマット	HD-SDI
	入力回路数	1
	コネクタ	BNC
映像出力(デジタル)	フォーマット	HD-SDI
	出力回路数	1
	コネクタ	BNC
CAN	車両通信	
USB	プログラム更新用(USB2.O)	
デジタル IO	IN:8ch / OUT:8ch	

【3】システム評価

(1)システム構成

カメラとレーダの信号を画像識別装置で判定し、危険を警告音およびモニタに表示させオペレータに注意喚起できるシステムを構築した。カメラは、高解像度デジタルカメラ (HD-SDI 720p) を採用し、最長 25m 後方まで検知可能なシステムとした。



(2) 評価結果

大型トラックにシステムを設置し評価を行った。カメラおよびマイクロ波 レーダは、車両前方のサイドミラーアームに取り付けを行った。

上記大型トラック(15t) および社有車(乗用車)にシステムを搭載し評価した 結果、未学習のデータに対し検知率 99%以上を実現できた。



図2-3-2 システム設置状況



図2-3-3 評価システムによるバイク検出結果

第3章 全体総括

3-1 研究開発成果

弊社はこれまでマイクロ波センサおよび画像処理センサの開発に従事してきたが、 本研究開発を通して各センサ技術の高度化、さらにセンサ間で協調させる技術を確立することができた。

具体的には、マイクロ波センサは距離と反射レベルだけであった情報に時間軸を 追加することで反射物の挙動を認識できるセンサへと高度化できた。画像センサは、 これまでの物体認識技術に DeepLearning の最新技術を組み合わせることで、さ らに高精度化させることができた。また、以下の特許を出願することができた。

【特許】

発明の名称:危険予測装置、危険予測方法、及びプログラム

出願番号: 特願2018-066045

出願日:平成30年 3月29日

出願人:株式会社パル技研、国立研究開発法人産業技術総合研究所

発明者:内之浦伸治、小林匠、西田健次

3-2 研究開発後の課題・事業化展開

研究開発後の事業化に向け今後も大型車市場という小さな市場の中で細かな対応に取組む方針で事業化を進める。更なるローコスト化、小型化した試作品を開発し、ドライバー評価の結果を反映し製品化する計画。まず、後付用品としての販売、その後、大型車メーカのオプション品として事業化を進める予定である。そのため今後、以下の取組みを実施する計画である。

(1)マイクロ波レーダ部

マイクロ波レーダの価値として検知性能に昼夜を問わないということが特徴となる。画像処理による識別機能と組合すことで昼夜を問わない検知性能が提供できる。 今後もミリ波と比較し小ロットで供給可能な 24GHz 帯で感度向上とローコスト化に取組み実用化を進める。

19

(2) 画像処理部

画像処理部では、交通弱者の識別、警報出力という機能を有しており単体としても使用可能である。市場調査の結果、小型化とローコスト化のニーズが高いことがわかった。ニーズに応えるため、ドライバー評価、小型化、ローコスト化に向け取組み、2018年度中には販売を開始する計画で進める。販路開拓は、まず後付けマーケットとして進め、市場の評価結果より大型車メーカのオプション機能として取り組む方向である。

(3) レーダ部+画像処理部

市場調査の結果、レーダと画像によるシステムはコスト面で業界のニーズと乖離があることが分かった。マイクロ波レーダ用の IC を活用しローコスト化に向けた取組みが必要である。

(4) ビジネスモデル

開発成果の実用化に向けて、ドライバー評価結果を反映した製品を開発し、サンプル品としてメンテナンス体制を保有する企業を通して販路開拓を進める。大型車メーカには、大手商社を通じて販路開拓に取組む予定である。