

[019]九州大学産学連携センター年報 : 19

<https://doi.org/10.15017/1263081>

出版情報 : 九州大学産学連携センター年報. 19, 2013-11-01. 九州大学産学連携センター
バージョン :
権利関係 :



7 . 1 電離気体・レーザー領域 (間瀬 淳 特命教授)

目的

ミリ波デバイスおよびシステムの開発とその応用に関連した研究を行う。特に、民間企業や、大学および研究機構等の公的研究機関との共同研究を含めた産官学連携プロジェクト研究を推進していくことを目的としている。

プロジェクト研究 (内容については後述)

- (a) マイクロ波・ミリ波デバイスおよびシステムの開発と応用
- (b) 航空機搭載用高分解合成開口レーダの開発
- (c) マイクロ波変調レーザーレーダの開発
- (d) 核燃焼プラズマのための先進計測法の開発

外部資金導入実績

< プロジェクト >

- ・ 科学技術振興機構 研究成果最適展開支援プログラム

研究課題名: 「マイクロ波反射計を用いた心拍変動率評価技術の開発とメンタルヘルスケアへの適用」

研究代表者: 間瀬 淳

研究組織: 九州大学、サクラテック株式会社、日立マクセル株式会社九州マクセル事業本部

研究期間: 平成 23 ~ 24 年度

- ・ 総務省 戦略的情報通信研究開発推進事業

研究課題: 「超広帯域マイクロ波変調レーザを用いたスポットライト方式合成開口レーダの開発研究」

研究代表者: 間瀬 淳

研究組織: 九州大学、東北大学、福岡工業大学

研究期間: 平成 24 年度

- ・ 国土交通省河川技術研究開発

研究課題名: 「リアルタイム画像処理合成開口レーダの実用化に関する技術開発」

研究代表者: 犬竹正明

研究組織: 東北大学 (電気通信研究所、東北アジア研究センター) 九州大学、福岡工業大学、宇宙航空研究開発機構、富士重工業株式会社

研究期間: 平成 21 ~ 24 年度

- ・日本学術振興会

プログラム名：日米科学技術協力事業（核融合分野）

研究課題名：「先端的ミリ波プラズマ診断法の開発」

研究代表者：間瀬 淳

研究組織：九州大学、カリフォルニア大学デービス校、東京大学、筑波大学、
核融合科学研究所、プリンストン大学

研究期間：平成 11 年度～

プログラム名：日韓核融合協力事業

研究課題名：「プラズマ計測に関する KSTAR 協力」

研究代表者：川端一男

研究組織：核融合科学研究所、九州大学、韓国核融合研究センター（NFRI）

研究期間：平成 17 年度～

プログラム名：日韓核融合協力事業

研究課題名：「KSTAR および LHD のためのマイクロ波先進計測システムの開発」

研究代表者：間瀬 淳

研究組織：九州大学、浦項工科大学（POSTECH）、Kung-Pook National University

研究期間：平成 22 年度～

- ・研究機構等

プログラム名：自然科学研究機構核融合科学研究所・一般共同研究

研究課題名：「マイクロ波先進デバイスの開発と LHD 計測システムへの適用」

研究代表者：間瀬 淳

研究組織：九州大学、東京工業大学、福岡工業大学、核融合科学研究所

研究期間：平成 22 ～ 24 年度

- ・大学・附置研究所

プログラム名：東北大学電気通信研究所共同プロジェクト研究

研究課題名：「民生用合成開口レーダシステムの開発と応用」

研究代表者：間瀬 淳

研究組織：九州大学、他 6 大学、宇宙航空研究開発機構、他 4 機構、三菱電機株式会社、他
9 社

研究期間：平成 22 ～ 24 年度

プログラム名：九州大学応用力学研究所特定研究

研究課題名：「リアルタイム画像生成のための合成開口レーダ解析とその応用」

研究代表者：間瀬 淳

研究組織：九州大学、東北大学、福岡工業大学、長崎大学、核融合科学研究所

研究期間：平成 24 年度～

< 科学研究費 >

- ・ 基盤研究 (A) (課題番号 21246140)

研究代表者：長山好夫

研究課題名：「マイクロ波イメージング反射計を用いた LHD での乱流計測」

研究期間：平成 21～24 年度

< 受託研究 >

- ・ 3 件

< 民間との共同研究 >

- ・ 研究題目：「広帯域マイクロ波分光技術に関する研究」

民間機関：新日鐵住金(株)

- ・ 研究題目：「マイクロ波・ミリ波応用検査装置の開発」

民間機関：八光オートメーション(株)

- ・ 研究題目：「マイクロ波反射計を用いた心拍変動率評価技術の開発とメンタルヘルスケアへの適用」

民間機関：サクラテック(株)、日立マクセル(株)九州マクセル事業本部

< 奨学寄付金 >

- ・ 受入れ数：2 件

研究業績 (平成 24 年度)

(a) 論文発表等：計 9 件

- ・ 原著論文：5 件
- ・ 著書、総説：0 件
- ・ 国際会議プロシーディング等：4 件

(b) 学会発表：計 13 件

- ・ 国内学会：7 件
- ・ 国際学会：6 件

(c) 特許等：計 7 件

- ・ 国際特許出願件数：0 件
- ・ 国内特許出願数：1 件

- ・ 公開特許広報：1 件
- ・ 登録特許：5 件

論文リスト（平成 24 年度発表の 10 件以内）

- ・ マイクロ波空洞共振器による微小導電性異物の検出特性
電気学会論文誌 132巻D, 8号, 788-793頁 (2012年)
池田誠人, 間瀬 淳, 内野喜一郎
- ・ Experimental performance of compact UWB antenna for breast cancer screening
Proc. Int. Conf. on Electromagnetics in Advanced Applications (ICEAA'12), IEEE APWC, EEIS'12, Cape Town (Sept. 2012) Session 33-1
S. K. Padhi, A. Mase, N. Ito, and D. Zhang
- ・ Development of leaky-wave antenna for digitally controlled millimeter-wave interferometer on LHD
Rev. Sci. Instrum. **83**, 10E347 (2012)
Y. Kogi, M. Yoshikawa, S. Matsukawa, A. Mase, Y. Nagayama, K. Kawahata
- ・ Development of 3D microwave imaging reflectometry in LHD
Rev. Sci. Instrum. **83**, 10E305 (2012)
Y. Nagayama, D. Kuwahara, T. Yoshinaga, Y. Hamada, Y. Kogi, A. Mase, H. Tsuchiya, S. Tsuji-Iio, S. Yamaguchi
- ・ Experiment of Breast Cancer Detection for Low Contrast Permittivity Tumor in Synthetic Breast Phantom
Proc. Asia Pacific Microwave Conference 2012, Kaohsiung (Dec. 2012) pp. 271-273
Dan Zhang, Atsushi Mase
- ・ Microwave Reflectometric Measurement of Heart-Rate Variability and Stress Evaluation
Proc. Asia Pacific Microwave Conference 2012, Kaohsiung (Dec. 2012) pp. 625-627
A. Mase, N. Ito, Y. Komada, A. Kobayashi, T. Maruyama, H. Shimazu, E. Sakata, F. Sakai
- ・ Dual-band Wilkinson Power Divider and Its Miniaturization Using Coupled Line Sections
Proc. Asia Pacific Microwave Conference 2012, Kaohsiung (Dec. 2012) pp. 1256-1258
Xiaolong Wang, Iwata Sakagami, Atsushi Mase, Minoru Tahara
- ・ Development of antenna system and simulation of analysis method for digitally-controlled millimeter-wave interferometer
Trans. Fusion Science and Technology Vol. 63, No. 1T, pp. 172-175 (2013)
Y. Kogi, S. Matsukawa, M. Yoshikawa, A. Mase, Y. Nagayama, K. Kawahata
- ・ Miniaturized Horst-type Wilkinson power divider with simple layout
Electronics Lett. Vol. 49, No. 6, pp. 384-385 (14 Mar. 2013)
X. Wang, I. Sakagami, N. Ito, and A. Mase

学会活動等実績（平成 24 年度）

- ・日韓核融合協力事業研究計画委員会・委員
- ・筑波大学プラズマ研究センター運営協議会・委員
- ・ITPA（国際トカマク物理活動）プラズマ計測分野・日本委員
- ・核融合科学研究所双方向共同研究委員会・委員

研究員等受入れ実績（平成 24 年度）

- ・氏名（国籍）：Hyeon K. Park（韓国）
受入れ身分：共同研究員
研究テーマ：「LHD および KSTAR のためのミリ波イメージングシステムの開発」
受入れ期間：平成 24 年 12 月
- ・氏名（国籍）：Neville C. Luhmann, Jr.（アメリカ合衆国）
受入れ身分：訪問教授
研究テーマ：「マイクロ波・ミリ波デバイスの開発」
受入れ期間：平成 24 年 12 月
- ・氏名（国籍）：近木祐一郎（日本）
受入れ身分：共同研究員
研究テーマ：「航空機搭載スポットライト方式合成開口レーダの開発」
受入れ期間：平成 24 年 4 月～
- ・氏名（国籍）：M. V. Ignatenko（ロシア）
研究テーマ：「電磁波伝搬シミュレーションの高度化に関する研究」
受入れ期間：平成 24 年 4 月
- ・氏名（国籍）：Dang Zhang（中国）
受入れ身分：研究員
研究テーマ：「マイクロ波生体検知システムの開発と応用」
受入れ期間：平成 24 年 8 月
- ・氏名（国籍）：犬竹正明（日本）
受入れ身分：共同研究員
研究テーマ：「航空機搭載スポットライト方式合成開口レーダの開発」
受入れ期間：平成 24 年 7 月、平成 24 年 10 月
- ・氏名（国籍）：徳沢季彦（日本）
受入れ身分：共同研究員
研究テーマ：「LHD プラズマへのドップラー反射計の適用」
受入れ期間：平成 24 年 8 月

- ・氏名(国籍): 川端一男(日本)
受入れ身分: 共同研究員
研究テーマ: 「LHD プラズマのレーザ計測」
受入れ期間: 平成 24 年 12 月
- ・氏名(国籍): 長山好夫(日本)
受入れ身分: 共同研究員
研究テーマ: 「LHD プラズマのマイクロ波イメージング計測」
受入れ期間: 平成 24 年 11 月、平成 25 年 2 月

代表的プロジェクト研究内容

(a) マイクロ波・ミリ波デバイスおよびシステム開発と応用

研究体制: 九州大学、核融合科学研究所、福岡工業大学、宮崎県工業技術センター、サクラテック(株)、日立マクセル(株)、新日鐵住金(株)、八光オートメーション(株)、カリフォルニア大学デービス校、Kung-Pook National University (韓国)、Curtin University (オーストラリア)

研究経過: 当研究室では、マイクロ波が誘電体を透過し誘電率が不連続な面で反射するという特徴を利用し、被測定物体の内部構造を可視化する装置の開発を進めている。これに関連し、文部科学省科学技術振興調整費、産学連携戦略・次世代産業創出事業、科学研究費、福岡県産官学等連携研究開発委託事業、NEDO 大学発事業創出実用化研究開発事業、JST 研究成果最適展開支援プログラム等によるプロジェクトが推進されてきた。

平成 24 年度は、計測システム応用の一環として、心拍および心拍変動率測定を主要研究課題とした。同研究は、マイクロ波生体検知システム(反射計)の高度化を図ることにより、無拘束・無意識を特長とした心拍変動率の常時計測、リアルタイム評価技術確立していくことを目的としている。心拍変動率の時間推移およびその周波数スペクトルは、自律神経機能の解析に利用されるとともに、精神的負荷(メンタルワークロード)の指標になるとされており、職場でのストレスに起因する健康被害や疾病の予防(メンタルヘルスケア)さらには、日常生活における緊急の状態変化や無呼吸症候群検知、運転中における入眠予兆検知等への適用が期待される。本年度得られた成果は以下のようである。

）非静止被験者を対象とした測定技術の向上: 自動ゲイン制御アンプ付位相検出器の適用に加え、電子制御によるビーム走査アンテナを製作しシステムに適用することにより、非静止状態の被験者を対象とした追従型反射計を構築した。

）心拍変動指標と自律神経機能、精神的負荷の評価研究: 一般被験者を対象とした測定試験を実施し、心拍変動指標(心拍変動率スペクトルの低周波成分と高周波成分の比—LF/HF)とメンタルストレスの対応について検証した。その結果、数値目標であった、心拍測定誤差 1-2%以内、無拘束被験者の測定成功率 80%以上が得られた。また、ECG により得られた LF/HF 値とマイクロ波反射計により得られた値を比較し、両者の間に強い相関があり、心拍変動指標

値も誤差 10-30% 以内で一致していることが示され、マイクロ波反射計は ECG に代わって適用可能であることがわかった。

）ビーム追従型反射計システムの構築：8×8 素子のフェーズドアレイアンテナを使用したビーム走査型反射計の設計・製作を行った。ビーム走査についての性能試験では、E 面における偏向角度が ± 40 度にわたることが検証された。また、放射特性は、E 面（水平方向）および H 面（垂直方向）とも広がり小さく、指向性に優れていることがわかった。同システムを用いた心拍測定実験を行い、従来型システムと同程度の測定精度（誤差 1-2% 以下）、測定成功率（80% 以上）を検証した。

(b) 核燃焼プラズマのためのミリ波先進計測法の開発

研究体制：九州大学、核融合科学研究所、筑波大学、福岡工業大学、カリフォルニア大学デービス校、オランダ基礎物理研究所、国立核融合研究所（韓国）、浦項工科大学（POSTECH）、台湾国立成功大学（NCKU）

研究経過：科学研究費特定領域研究、核融合科学研究所一般共同研究、双方向共同研究、日米科学技術協力事業（核融合分野）、日韓核融合研究協力などのプログラムを基盤として、燃焼プラズマにおける先進的ミリ波診断法の開発研究を国際協力で進めている。平成 24 年度は主として以下の成果が得られた。

(1) ミリ波先進計測システム要素技術の開発：

磁場閉じ込めプラズマを対象とした、マイクロ波イメージング用アレイアンテナ、ノッチフィルタ、ヘテロダイン受信機・中間周波数（IF）回路の製作、フェーズドアレイアンテナなどの設計・製作を進めている。周波数領域は 1-10 GHz、70-180 GHz にわたっている。本グループが製作した上記デバイスは、核融合科学研究所大型ヘリカル装置（LHD）、韓国核融合研究センター KSTAR 装置のミリ波計測装置に適用され、成果も得られている。

(2) ミリ波先進計測システムの大型磁場閉じ込め装置への適用：

）核融合科学研究所との共同研究では、大型ヘリカル装置 LHD における電子サイクロトロン放射（ECE）イメージングおよびマイクロ波イメージング反射計を用いたプラズマ実験に協力した。本システムは、磁場閉じ込めプラズマの特性と二次元イメージングアレイを組み合わせた、世界で初めての三次元揺動計測装置である。イメージング反射計では、高感度の局所的密度揺動の測定に成功している。輸送障壁領域の測定や三次元スペクトル解析を行うことで、乱流に関する新たな知見が得られている。

）日韓核融合協力事業で作成した韓国 KSTAR プラズマ用ヘテロダイン受信機システムは、平成 20 年度 KSTAR 装置に設置され、平成 21 年 9 月から稼動中である。平成 24 年度までの実験で電子温度分布および鋸歯状波振動の時間・空間情報が得られている。同システムは KSTAR の基本計測器として研究者に有用なデータを提供している。

(c) 航空機搭載用高分解合成開口レーダ (SAR) の開発

研究体制：東北大学、九州大学、福岡工業大学、富士重工業株式会社、宇宙航空研究開発機構 (JAXA)

研究経過：本課題は、東北大学電気通信研究所共同プロジェクトを契機として開始され、平成 21 年度より科学研究費（挑戦的萌芽研究）および国土交通省プロジェクトが始まっている。平成 24 年度は、「民生用合成開口レーダシステムの開発と応用」の課題で研究会を開催するとともに、国土交通省プロジェクトに関連して以下の活動を進めた。

高分解能（空間分解 10 cm）および小型軽量（50 kg 以下）のスポットライト方式 SAR システムを製作し、屋外試験、車載搭載試験、さらにヘリコプター搭載による実機試験に適用した。具体的には以下のようなものである。

）スポットライト方式 SAR システム用のソフトウェアを開発した。これらには、ジンバル追尾制御ソフト、画像生成ソフト、運転ソフト、ユーザインターフェースソフト、水害域観測ソフトが含まれる。

）総務省から無線実験局の認可を受けたのち、実際に電波を放射した、屋外試験、車載搭載試験、およびヘリコプター搭載試験を行った。屋外固定による試験では、レンジ方向のみの空間分解であるが、2-3 km 先の校正用コーナーキューブの位置決定を行った。車載搭載試験では、福岡市海の中道から能古島を測定し、海面から陸上にわたる二次元画像を得た。ヘリコプター搭載試験では、河川流域を中心に画像取得を試みて、空間分解 10 cm で吃水域の撮影に成功した。

(d) マイクロ波変調レーザを用いたスポットライト方式合成開口レーダの開発

研究体制：九州大学、東北大学、福岡工業大学

研究経過：本研究は、総務省 戦略的情報通信研究開発推進事業（SCOPE）により推進されたもので、広帯域のマイクロ波で振幅変調したレーザレーダ装置を開発し、反射波信号の振幅・位相をマイクロ波領域で解析することにより、10 cm 以下の高空間分解をもつシステムを実現すること、同装置により航空機等に搭載するスポットライト方式合成開口レーダを構成することにより、夜間における陸・海域での「人命救助や防災監視」に有用な「位置・距離」データと「高解像度画像」を「リアルタイム」で取得することを目的としている。特長としては、波長 1.55 μm という目に優しいレーザで既存のレーザレーダのように高強度レーザを使用しないため安全性に優れている、マイクロ波レーダでは、電波法の規制から掃引周波数幅を ~ 2 GHz 以上にすることが難しく、10 cm 以下の空間分解を得ることが困難であるのに対し、本システムでは帯域幅 10-15 GHz を実現できるため、さらに優れた空間分解が期待される、ことなどがある。平成 24 年度、以下の成果を得た。

）変調周波数幅 10-15 GHz を実現するための近赤外レーザ光送受信システムを製作した。

）反射光位相変化の高分解評価のためのシステム構築とレーザレーダの実証試験を行った。

今後の研究計画

平成 25 年度は、以下の研究プロジェクトを推進する。

(1) マイクロ波生体検知システムの研究では、八光オートメーション(株)、サクラテック(株)と協力、同システムで得られる心拍変動率、同スペクトルと自律神経機能の関連を継続課題とし、一般被験者による試験を重ね、信頼度の向上させていく。ミリ波を利用した異物検査システム、産業用イメージングシステムの研究開発は、旭化成(株)、新日鐵住金(株)等との共同研究を推進し、応用分野の拡大と製品化を目指した研究を進めていく。

(2) 航空機搭載用合成開口レーダの開発研究では、東北大学グループと協力し、スポットライト方式合成開口レーダ (SAR) の試験を継続し、画像生成の信頼度を向上させる。

(3) マイクロ波変調レーザレーダの研究では、実験室ないにおいてスポットライト方式合成開口レーダの原理的実証を行い、広帯域変調の優位性を検証する。

(4) 核燃焼プラズマのためのミリ波先進計測法の開発では、核融合科学研究所共同研究、日米科学技術協力核融合分野、および日韓核融合協力、等に基づいた活動を継続し、核融合科学研究所 LHD や韓国 KSTAR、米国 DIII-D など大型磁場閉じ込め装置へのマイクロ波イメージングの適用実験、また、ITPA 計測部門国内委員として国際熱核融合実験炉 (ITER) 計測への指針を与えることを目標としていく。