

[018]九州大学産学連携センター一年報 : 18

<https://doi.org/10.15017/26849>

出版情報 : 九州大学産学連携センター一年報. 18, 2013-02-22. 九州大学産学連携センター
バージョン :
権利関係 :



7. 特命教授等の活動状況

7.1 電離気体・レーザー領域（間瀬 淳 特命教授）

① 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。

② 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) 核燃焼プラズマのための先進計測法の開発
- (c) 航空機搭載用高分解合成開口レーダの開発

③ 外部資金導入実績

<プロジェクト>

- 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
- 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
- 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：間瀬 淳
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：日本原子力研究開発機構 トカマクに関する国内重点化装置共同研究

研究課題名：「JT-60SA マイクロ波計測用光学系の開発検討」

研究代表者：間瀬 淳

研究組織：九州大学、日本原子力研究開発機構

研究期間：平成22～23年度

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

<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>

- 2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：新日本製鐵(株)

- 研究題目：「先端マイクロ波・ミリ波デバイスおよびシステムの開発」

民間機関：日立マクセル(株)九州マクセル事業本部

- 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)

<奨学寄付金>

- 受入れ数：3件

④ 研究業績（平成23年度）

- (a) 論文発表等：計15件
 - 原著論文：8件
 - 著書、総説：4件
 - 国際会議プロシーディング等：3件
- (b) 学会発表：計7件
 - 国内学会：2件
 - 国際学会：5件
- (c) 特許等：計5件
 - 国際特許出願件数：1件
 - 国内特許出願数：2件
 - 公開特許広報：2件

論文リスト（平成23年度発表の10件以内）

- Development of microwave imaging diagnostics in LHD
J. Plasma Fusion Res., 87巻, 6号, 359-370頁 (2011年)
Y. Nagayama, T. Yoshinaga, D. Kuwahara, S. Yamaguchi, Y. Hamada, N. Ito, Y. Ito,
Y. Kogi, A. Mase, Z. Shi, S. Sugito, H. Tsuchiya, S. Tsuji-iiio, LHD Experiment
Group
- ミリ波放射計を用いた果実糖度の非破壊測定技術の開発
電子情報通信学会論文誌, J94巻C, 9号, 244-251頁 (2011年)
小田 誠, 間瀬 淳, 水野皓司
- Fundamentals of Plasma Diagnostics with Electromagnetic Waves
J. Plasma Fusion Res., 87巻, 5号, 315-325頁 (2011年5月) 第2章
A. Mase, K. Kawahata
- Introduction of Relativistic Effect to Electromagnetic-Wave Diagnostics
J. Plasma Fusion Res., 87巻, 7巻, 476-480頁 (2011年5月) 第4.3章
H. Hojo, A. Mase
- Broadband Multichannel Radiometer for ECE Measurements on KSTAR
Plasma Fusion Res., 6巻, 2402094 (2011年)
K. Kawahata, Y. Nagayama, H. Tsuchiya, A. Mase, Y. Kogi, S. H. Jeong, K. D. Lee,
R. J. Wylde
- Recent Progress on Microwave Imaging Technology and New Physics Results
Plasma Fusion Res., 6巻, 2106042 (2011年)
B. Tobias, N. C. Luhmann, Jr., C. W. Domier, X. Kong, T. Liang, S. Che, R. Nazikian,
L. Chen, G. Yun, W. Lee, H. K. Park, I. G.J. Classen, J. E. Boom, A. J.H. Donne, M. A.
V. Zeeland, R. Boivin, Y. Nagayama, T. Yoshinaga, D. Kuwahara, S. Yamaguchi, Y.
Kogi, A. Mase, T. L. Munsat

- Overview of KSTAR initial operation
Nucl. Fusion, 51 巻, 094006 (12pp) (2011年)
M. Kwon et al.,
- Microwave reflectometric measurement of biological signals
Proc. Electromagnetic Compatibility Symposium, 57-63 頁 (2011年11月)
A. Mase, N. Ito, Y. Komada, M. Oda, D. Nagae, D. Zhang, Y. Kogi, S. Tobimatsu, T. Maruyama, Y. Nagayama, D. Kuwahara, T. Yoshinaga, S. Yamaguchi, T. Tokuzawa, K. Kawahata, S. Padhi
- Nondestructive Measurement of Sugar Content in Apples by Millimeter-Wave Reflectometry
J. Infrared Milli. Terahz Waves, 33 巻, 2 号, 228-236 頁 (2012年)
M. Oda, A. Mase, K. Uchino
- Reflectometric measurement of plasma imaging and applications
J. Instrum. (JINST) 7 巻, C01089/1-22 (2012年)
A. Mase, N. Ito, M. Oda, Y. Komada, D. Nagae, D. Zhang, Y. Kogi, S. Tobimatsu, T. Maruyama, H. Shimazu, E. Sakata, F. Sakai, D. Kuwahara, T. Yoshinaga, T. Tokuzawa, Y. Nagayama, K. Kawahata, S. Yamaguchi, S. Tsuji-Iio, C. W. Domier, N. C. Luhmann, Jr., H. K. Park, G. Yun, W. Lee, S. Padhi, K. W. Kim

⑤ 学会活動等実績（平成23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

⑥ 研究員等受入れ実績（平成23年度）

- 氏名(国籍)：Hyeon K. Park（韓国）
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23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23年6月
- 氏名(国籍)：C. Z. Frank Cheng（台湾）
研究テーマ：「プラズマのミリ波計測システムの開発」
受入れ期間：平成23年10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23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23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」
受入れ機関：平成24年3月

⑦ 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の開発と応用

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)、新日本製鐵(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 大学発事業創生実用化研究開発事業、科学技術振興機構 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。本研究の応用分野としては、生体情報計測、車載レーダ、非破壊検査、異物検知などが考えられる。

計測システムは、主として、マイクロ波反射計(位相レーダ)および超短パルスレーダの二種類に分類される。前者では、入射波として連続発振のマイクロ波を用い、干渉測定により反射波の位相変化すなわち反射面の空間変化を感度よく測定する。後者では、入射波としてパルス幅ピコ秒のインパルスを用い、反射波の飛行時間差測定から反射点の位置を同定し、計算機を用いた画像再構成手法により、被測定対象の二・三次元像を得るものである。平成23年度は主として以下の成果が得られている。

(1) マイクロ波反射計を用いた心拍および心拍変動率測定

本研究は、高性能マイクロ波センサと時間・周波数解析法や画像再構成法などの信号処理技術を組み合わせた計測システムを開発し、心拍、呼吸などの動的生体信号測定を行うことにより、在宅での健康モニタや、緊急の医用モニタとして、また、運転中など様々な場面における異常モニタとして適用すること、生体反応を障害物越しや遠方から測定することによりセキュリティ対策や災害救助などの分野でも実用化して行くことを目的としている。

- i) マイクロ波反射計を用いた心拍測定精度について次の数値目標を達成した。心拍数は心電計(ECG)と有効数字の範囲内(1%以内)で一致している。②非静止状態被験者の測定より、測定誤差10%以内では80-90%の成功率でデータが得られることがわかった。③種々の条件に対して心拍変動指標(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)の評価を行った。心電計との比較から10-

30%以内の精度を検証した。

ii) ビーム制御システム適用の有効性を実証するため、ビーム制御可能な高指向性コルゲートホーンを送受信アンテナとして用いた心拍測定試験を行った。アンテナの照射方向を遠隔操作することにより、複数の被験者を同時に測定できることを検証した。

iii) 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を実施し、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、指向性にも優れていることを示した。

iv) 種々の精神的負荷印加テストの検討を進めた。思考テスト、記憶力テスト、フラッシュ暗算、ジョギング後、および通常勤務中を模擬した状況など様々な条件において、マイクロ波反射計およびECGを用いた測定を同時に行い、心拍変動指標の評価を行った。この結果、メンタルストレスと心拍変動指標に相関があることを示した。

(2) 超短パルスレーダを用いた生体イメージングの研究

i) 乳がん検出を目的として超短パルスレーダイメージングの研究を行っている。ハードウェアでは、広帯域平面アンテナの最適化設計および製作を進めた。現在周波数2-10 GHzにわたって平坦な S_{21} 特性を有するビバルディアンテナを主として用いている。

ii) 実験には人体胸部を模したファントムを用いているが、表面での反射が大きい上、内部での減衰が大きいことから、反射波信号の信号対雑音比 (S/N) が小さく、画像再構成が困難である。表面反射をキャンセルするため、ファントムを押さえつける型枠（テンプレート）を用い多足艇を実施し、その際得られる反射波成分を用いることによりSN比が ~ 1 桁上昇することを確認した。この結果ファントム実験においても、早期がんに対応する6 mm、深さ15-20 mmの検知が可能なことを示した。本手法を用いると、異物有り無しでの2回の測定が不要となり、より実用に近いシステムとすることができる。

(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、日本原子力研究開発機構、カリフォルニア大学デービス校、プリンストン大学、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、日本原子力研究開発機構共同研究、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23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、70-150 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ている。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：

i) 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。今後、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期待される。

ii) 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23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・空間情報が得られた。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。

iii) 日本原子力研究開発機構・那珂核融合研究所の次期装置 JT-60SA に設置予定の、反射計計測（周波数30-75 GHz）、電子サイクロトロン放射計測（周波数90-140 GHz）に使用するアンテナおよび集光光学系の設計を進めた。設計を効率的に行なうため、光線追跡計算（ZEMAX）による設計、有限差分時間領域法（Finite-Difference Time-Domain：FDTD）電磁波伝搬コードを用いた設計の両手法を適用した。

(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23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 システムの屋内試験および車上試験と関連ソフトウェアの製作を行った。具体的には以下のようなものである。

i) 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。

ii) SAR に使用するアンテナ（オフアクシス・パラボラアンテナ、平面パッチを使用したフェーズドアレイ・アンテナ）の評価を実施した。アンテナ設計には電磁波解析ソフトを用いシミュレーションによる特性評価も行うが、近傍界測定装置を利用した放射特性測定より、周波数特性（ 16 ± 1 GHz）、サイドローブレベル（ $-25 \sim -30$ dB）、アンテナゲイン（ $25-28$ dB）が得られ、いずれもシミュレーション結果と良く一致していることを検証した。

iii) アンテナとレイドームを組み合わせた電磁波伝搬特性の測定を行った。レイドームは航空機、ヘリコプター搭載時には必要となるアンテナおよび制御素子の保護カバーである。測定の結果、パラボラアンテナに対しては、電波吸収材の配置によりドーム表面での反射が抑制され、信号処理時が可能であることが分かった。

iv) 総務省に無線実験局の申請を済ませた。認可前であったので電波の放射は次年度とし、ジンバル制御に関する屋内試験および車両搭載試験を行い正常に動作していることを確かめた。

⑧ 今後の研究計画

平成24年度は、以下の研究プロジェクトを推進することになっている。

- (1) マイクロ波生体検知システムの研究では、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についてを課題とする。無意識・無拘束で自律神経機能の評価ができれば、メンタルヘルスケアへの適用を可能となる。科学技術振興機構・研究成果最適展開支援プログラムを中心に研究を進め、サクラテック(株)、日立マクセル(株)と連携して、非静止状態の被験者に対応するための追尾システムの設計・製作、一般被験者を対象とした評価試験を実施していく。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)、新日本製鉄(株)、八光オートメーション(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、国土交通省河川技術研究開発事業「リアルタイム画像生成合成開口レーダの実用化に関する技術開発」を推進する。本プロジェクトでは、平成23年度までに、スポットライト方式合成開口レーダ（SAR）のハードウェアおよびソフトウェアの製作を行った。平成24年度後半には航空機搭載試験を予定しており、実験局の認可も得られている。今年度は、SAR システムの屋内試験、屋外試験、車上試験と同時に、航空機ないしヘリコプターを用いた機上 SAR 動作試験と校正についての課題を推進することになっている。
- (3) 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。