

[017]九州大学産学連携センター年報 : 17

<https://doi.org/10.15017/20272>

出版情報 : 九州大学産学連携センター年報. 17, 2011-10-01. 九州大学産学連携センター
バージョン :
権利関係 :



7. 特任教授等の活動状況

7.1 電離気体・レーザー領域（間瀬 淳 特任教授）

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>

- NEDO 大学発事業創出実用化研究開発事業
研究課題名：「マイクロ波生体検知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（産学連携センター、綜合理工学研究院、医学研究院）、福岡工業大学、九州日立マクセル(株)、筑波大学（平成20～21年度）
研究期間：平成20～22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
- 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：「超短パルスレーダによる魚の非侵襲雌雄判別技術の開発」
研究代表者：小田 誠
組織：宮崎県工業技術センター、九州大学
研究期間：平成22年度
- 核融合科学研究所
プログラム名：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
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
- 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

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

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

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

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 JT-60SA 装置設計に関する委託研究

研究課題名：「JT-60SA におけるマイクロ波計測装置用アンテナの検討」

研究代表者：間瀬 淳

組 織：九州大学、日本原子力研究開発機構

研 究 期 間：平成22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

組 織：九州大学 他6大学、情報通信研究機構、他4機関、三菱電機㈱ 他9社

研 究 期 間：平成22～24年度

<科学研究費>

- 基盤研究 (B) (課題番号20360186)

研究代表者：間瀬 淳

研究課題名：「先進マイクロ波生体検知システムの開発」

研 究 期 間：平成20～22年度

- 挑戦的萌芽研究 (課題番号201656102)

研究代表者：間瀬 淳

研究課題名：「スポットライト方式合成開口レーダの開発研究」

研 究 期 間：平成21～22年度

- 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：九州日立マクセル(株)
- 研究題目：「マイクロ波生体検知システムの開発と応用」
民間機関：(株)産学連携機構九州
- 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：4件

④ 研究業績（平成22年度）

- (a) 論文発表等：計30件
 - 原著論文：22件
 - 著書、総説：2件
 - 国際会議プロシーディング等：6件
- (b) 学会発表：計22件
 - 国内学会：5件
 - 国際学会：17件
- (c) 特許等：計9件
 - 国際特許出願数：1件
 - 国内特許出願数：2件
 - 公開特許広報：6件

論文リスト（平成22年度発表の10件以内）

- Reconstruction method of X-mode ultrashort-pulse reflectometry in LHD
J. Phys. Conf. Ser., 227巻, 012034/1-4（2010年）
Y. Yokota, A. Mase, Y. Kogi, T. Tokuzawa, K. Kawahata, Y. Nagayama, and H. Hojo
- マイクロ波を用いた運転者の非接触心拍測定とストレス評価
自動車技術研究会2010年度春季大会、No.66-10/20105114（2010年5月）
長江大輔、間瀬 淳、白形哲朗、吉田 傑
- Development of Millimeter-Wave Planar Antennas Using Low-Loss Materials
Japan. J. Appl. Phys., 49巻, 106506/1-5（2010年）

-
- N. Ito, A. Mase, Y. Kogi, N. Seko, M. Tamada, H. Shimazu, and E. Sakata
- Two dimensional density and its fluctuation measurements by using phase imaging method in GAMMA 10
Rev. Sci. Instrum., 81巻, 10D514/1-3 (2010年)
M. Yoshikawa, S. Negishi, Y. Shima, H. Hojo, A. Mase, Y. Kogi, and T. Imai
 - Application of electron cyclotron emission radiometer on KSTAR plasma
Rev. Sci. Instrum., 81巻, 10D916/1-3 (2010年)
Y. Kogi, S. H. Jeong, K. D. Lee, K. Akaki, A. Mase, D. Kuwahara, T. Yoshinaga, Y. Nagayama, M. Kwon, and K. Kawahata
 - Electron cyclotron emission diagnostics on KSTAR tokamak
Rev. Sci. Instrum., 81巻, 10D922/1-3 (2010年)
S. H. Jeong, K. D. Lee, Y. Kogi, K. Kawahata, Y. Nagayama, A. Mase, and M. Kwon
 - Non-contact and Non-invasive Stress Evaluation using Microwave Reflectometry
Proc. Int. Conf. on Electromagnetics in Advanced Applications, 144-147頁 (2010年9月)
A. Mase, D. Nagae, N. Ito, and Y. Komada
 - Measurement of heart rate variability and stress evaluation by using microwave reflectometric vital signal sensing
Rev. Sci. Instrum., 81巻, 094301/1-10 (2010年) ; Virtual J. Biolog. Phys. Res. 20巻, 6号 (2010)
D. Nagae and A. Mase
 - A Formula for Fourier Series Expansion Method with Complex Coordinate Stretching Layers
J. Infrared Milli. Terahz Waves, 32巻, 2号196-201頁 (2011年)
D. Zhang and A. Mase
 - マイクロ波アクティブセンシングによる生体計測とその応用
計測と制御、50巻、3号、233-242頁 (2011年3月)
間瀬 淳

⑤ 学会活動等実績 (平成22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
- 定常プラズマ計測に関する日韓セミナー・代表
- テキサトール国内委員会・委員

⑥ 研究員等受入れ実績 (平成22年度)

- 氏名(国籍) : Hyeon K. Park (韓国)
研究テーマ : 「プラズマのミリ波先進計測システムの開発」
受入れ期間 : 平成22年8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22年8月
- 氏名(国籍)：C. Z. Frank Cheng (台湾)
研究テーマ：「マイクロ波を用いたプラズマ診断の研究」
受入れ期間：平成22年8月
- 氏名(国籍)：K. W. Kim (韓国)
研究テーマ：「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」
受入れ期間：平成22年8月
- 氏名(国籍)：G-S. Yun (韓国)
研究テーマ：「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」
受入れ期間：平成22年8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：「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22年8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22年12月
- 氏名(国籍)：Dan Zhang (中国)
受入れ身分：学術研究員
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22年4月～平成23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、筑波大学、九州日立マクセル(株)、カリフォルニア大学デービス校、Kung-Pook National University (Daegu)

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、非破壊検査などが考えられている。

(1) マイクロ波アクティブセンサを用いた生体計測装置の開発

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、呼吸などの動的な生体信号や、乳がんなどの生体内部情報の可視化（静的イメージング）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。

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から反射点の位置測定を行い、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22年度は主として以下の成果が得られている。

i) 非静止被験者の心拍・呼吸計測：被験者が非静止状態においても生体信号（心拍・呼吸）の測定確度を向上させる手段の一つとして、クオドラチャ位相検出器に入力する振幅を制御する、自動ゲイン調整（AGC）機構を付加したシステムの開発を行い、その検出器を組み込んだマイクロ波反射計システムを製作した。これにより、被験者が運転中など動作中においても安定した位相検出すなわち心拍測定が可能となった。これは、無意識・無拘束での心拍および呼吸測定法の確立につながるものである。

ii) 心拍変動率の評価：心拍間隔（ECG 信号のピーク間隔、すなわち R-R 間隔から導出される）は、交感神経と副交感神経からなる自律神経系のリズム調整を受けて常に変化している。心拍間隔の変化は心拍変動率（Heart Rate Variability：HRV）と呼ばれ、その変動具合を調べることで精神的ストレスを評価できることが知られている。マイクロ波心拍信号（反射計信号）から HRV を求めるため、「各心拍信号毎に一定時間幅で波形を抽出し重畳することにより、平均化された波形（テンプレート）を作成し、テンプレートと反射波信号との相互相関係数を計算することにより、明確なピークを再構成し、その間隔を読み取る。」、「心拍間隔の変動を短時間幅での心拍周波数の変化とみなし、最大エントロピー法（MEM）解析の繰り返しで推定される心拍周波数の時間変化を求める。」の二つの手法を適用した結果、ECG の R-R 間隔で求めたものと非常に良く一致することを確認した。後者の、MEM を用いた HRV の導出、ウェーブレット変換による時間・周波数解析を組み合わせ、リアルタイムでの HRV スペクトルの評価—ストレス評価が可能であることを示した。

iii) 走査型アンテナの開発・製作：移動中被験者の生体信号を取得するためには、i) で記述したシステム改良と同時に追従型アンテナの適用も必要となってくる。その基礎として、8×8素子パッチアンテナを使用したフェーズドアレイアンテナを設計・製作した。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) 一般被験者に対する測定試験：マイクロ波検知システムの今後の実用化には、種々の被験者に対して有効性を確かめる必要がある。一般被験者への適用を実現するため、「マイクロ波を用いた非侵襲的心拍測定の実用化に向けた有効性検証試験」に関する試験プロトコルで倫理審査委員会に申請を行い認可された。

(2) 生体イメージング装置の高性能化

i) 乳がん検出のための生体イメージングを対象として、広帯域平面アンテナの最適化設計および製作、表面反射の抑制のためのフーリエ変換、逆フーリエ変換を組み合わせた周波数選択法などの手法を開発した。

ii) 上記技術を用いて、人体モデル（ファントム）による乳がん検出実験を進めた結果、早期がんに対応する、5 mm の腫瘍モデルの検出が可能であることを検証した。また、異物有り無しの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た。

iii) 生体検知システムの集積化設計及び製作を進め、回路の基板化（90×120 mm）を実現した。

(b) 核燃焼プラズマのための先進計測法の開発

研究体制：九州大学、核融合科学研究所、筑波大学、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、台湾成功大学

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委託研究、日米科学技術協力事業（核融合分野）、およびテキサス州共同研究、日韓核融合研究協力、分野間連携による学際的・国際的研究拠点形成などのプログラムを基盤として、磁場核融合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きた。平成22年度は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・製作を進めた。これらデバイスは、後述するように、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 装置に実機適用され、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：

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。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システムである。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22年11月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。

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検討を行った。設計を効率的に行なうため、光線追跡計算による設計、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の開発

研究体制：九州大学、東北大学、筑波大学、福岡工業大学

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「民生用合成開口レーダシステム開発の課題と展望」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22年度は、合成開口レーダ（SAR）システム技術に関する研究会を開催するとともに、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 システムのマイクロ波回路およびアンテナ部の設計・製作を進めた。方針としては、回路を集積化することにより、高信頼かつコンパクトなシステムにすることで、具体的には以下のようなものである。

i) 平成21年度に引き続いて、Ku バンド（周波数15-17 GHz）スポットライトモード方式合成開口レーダ（SAR）システムのマイクロ波回路系の設計及び試作を進めた。すなわち、任意波形発生器出力（周波数120 MHz までの掃引信号）に逡倍器などのマイクロ波機能素子を利用したアップコンバータにより周波数変換し、チャープマイクロ波の発生を確認した。また、SAR レーダに必要な出力まで増幅するマイクロ波増幅器、受信信号を増幅する低雑音前置増幅器などの Ku バンドフロントの設計・製作を行った。

ii) マイクロ波出力の送受信を行うためのアンテナの検討を進めた。すなわち、レーダのため重要な仕様として、周波数特性（16 GHz $\pm$ 1 GHz）、サイドローブレベル（-25～-30 dB）、アンテナゲイン（25-28 dB）を決定、上記仕様を満足するため、オフアクシス・パラボラアンテナおよびフェーズドアレイ・アンテナ（平面パッチアンテナ）の設計・製作と評価を行い、上記性能を満足していることを確かめた。

iii) レーダコントロール及びデータ転送のための、コントローラ/インターフェイスの検討を進めた。また、画像処理は急速に進歩するパーソナルコンピュータのハードウェアとソフトウェアを容易に取り入れられる設計にして、低コスト、高性能化を図ることを検討した。

iv) SAR システム搭載に適した小型航空機（ヘリコプタ、飛行船を含む）プラットフォームの選定のため、航空機製作メーカと話し合いを進め、SAR システム製作時における使用の了解を得ることができた。

⑧ 今後の研究計画

平成23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) 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、スポットライト方式合成開口レーダ（SAR）の試作を行い、地上試験を実施するとともに、航空機搭載試験まで行うことを目的としている。今年度は、「ユーザーインターフェイス及び各種ソフトウェア（レーダ制御ソフト/SAR 画像生成ソフト/SAR 運転ソフト/SAR データ活用ソフト）」、「地上における SAR 動作検証と校正法」についての課題を推進することになっている。

- (2) 核燃焼プラズマのための先進計測法の開発では、核融合科学研究所共同研究、日本原子力研究開発機構共同研究、日米科学技術協力、および日韓核融合協力、等に基づいた活動を継続し、国内既存の大型実験装置や韓国 KSTAR 装置、米国 DIII-D 装置へのマイクロ波イメージングシステムの適用実験、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。
- (3) マイクロ波生体検知システムの研究は、九州日立マクセル(株)および他の企業と連携して、実用化・製品化を図っていく。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、旭化成エンジニアリング(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。