

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2008～2010

課題番号：20360186

研究課題名(和文) 先進マイクロ波生体検知システムの開発

研究課題名(英文) Development of advanced microwave biological detection systems

研究代表者

間瀬 淳(MASE ATSUSHI)

九州大学・産学連携センター・特任教授

研究者番号：00023325

研究成果の概要(和文): 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や、脳血栓、乳がんなどの生体情報可視化に適用するものである。これらは、日常での健康モニタ、異常検知、セキュリティ対策、さらには災害救助に応用することができる。

研究成果の概要(英文): In this project, we develop the systems that combine a high-performance microwave sensor and data-processing technology, such as, time-frequency analysis and image reconstruction method, and apply to the measurements of vital signals (heart beat and respiration) and medical imaging (brain thrombus and breast cancers). The systems will be effective to the health monitor, abnormal detection, and security countermeasure in daily life as well as the disaster relief.

交付決定額

(金額単位: 円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	4,700,000	1,410,000	6,110,000
2009年度	5,100,000	1,530,000	6,630,000
2010年度	4,300,000	1,290,000	5,590,000
年度			
年度			
総計	14,100,000	4,230,000	18,330,000

研究分野: 工学

科研費の分科・細目: 電気電子工学・計測工学

キーワード: マイクロ波、レーダ、生体検知、バイタル信号、イメージング

1. 研究開始当初の背景

代表者等は、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、被測定物の内部構造を検知する装置の開発を進めており、その要素技術の開発と高性能化を図ってきた。平成16年度より、上記要素技術で構成された計測システムの応用として、生体情報、特に心臓動態測定に着目し実験を開始、周波数10GHzの反射計で収集した信号に演算処理および解析を行い、心拍に起因する微小変位、呼吸による皮膚表面の変位を分離し、長時間モニタすることに成功している。また、時間・空間分解に優れたレーダとして、超短パルスレーダの開発・製作を進め、反射位置の同定から、被測

定対象の画像表示を研究してきた。このような研究成果を基に、本課題では、高性能マイクロ波アクティブセンサ、ビーム偏向素子などのデバイスと画像処理技術および制御技術を組み合わせた総合的なシステムを開発することにより、遠隔かつ障害物越しでの生理量や行動量のモニタリングが可能な生体検知システムを構築する。また、アクティブイメージング装置として発展させることにより、小型の生体可視化装置を実現していく。

2. 研究の目的

固定周波数および超広帯域周波数を持つ入射波と高性能マイクロ波センサ、ビーム偏向素子などのデバイスと信号処理技術、制御

技術を組み合わせた総合的な生体計測システムを開発し、前者では、健康モニタや医用モニタとして、また、生体反応を遠方かつ障害物越しに計測することにより、テロ防止などのセキュリティ対策や災害救助の分野に適用できることを示す。後者では、遠赤外～可視光域では観測不可能なものを対象としたイメージング装置になり得ることを示す。

3. 研究の方法

(1) 生体の動的信号測定には、周波数固定型マイクロ波反射計(位相レーダ)を使用する。被験体からの反射波と参照波の干渉測定により、反射波の位相変化すなわち反射面の微小空間変位を計測する。

(2) 静的イメージングには、広帯域特性を有する超短パルスレーダを使用する。反射波の到達時間から反射点の位置を決定、多方向測定から被測定対象の二・三次元像を再構成する。

4. 研究成果

(1) 非接触心拍測定の検証

初期の実験では、ホモダイン方式マイクロ波反射計を使用した。被測定対象にプローブ光を入射するためのマイクロ波発振器、伝送回路、および送信アンテナと、反射波信号を受信するための受信アンテナ、検出器、信号処理装置、および表示装置で構成されている。マイクロ波信号発生器出力は方向性結合器により分離され、一方が送信アンテナを介して被測定対象に照射される。媒質の不連続面で反射されてきた信号は、受信アンテナで受信され、方向性結合器のもう一方の信号(局部発振波)とミックスされ干渉信号を得る。

干渉法では媒質を伝搬した電磁波の変化、すなわち、反射面の変動による位相変化 $\Delta\phi$ を検出することになる。通常はミキサ出力として $E_r \cos\Delta\phi$ (E_r は反射波振幅) に比例した信号が得られ、直接 $\Delta\phi$ に比例するわけではないが、 $1/Q$ (クオドラチャ) 検出器を用いることにより $E_r \cos\Delta\phi$ および $E_r \sin\Delta\phi$ の両者が得られ、位相成分および振幅成分を計算機処理により算出できるため、両者を分離評価することが可能となる。位相変化は、反射面の移動量に対応するため、微小変化を測定することにより、反射面の位置変位が空間分解良く測定される。

心電計と比較したマイクロ波測定の最大の利点は、非接触、無拘束での測定であり、被験者が非静止状態においても測定できることである。測定箇所には、心臓付近の体表面、動脈付近の体表面を用いる。被験者が静止状態の時は、反射波信号の揺らぎは、心拍および呼吸運動に連動する成分が主体であり、揺動周波数はある範囲に限定されるため、フィルタを用いることにより容易に両者を分離

し、かつ SN 比も向上させることができる。

被験者が無拘束状態の時、あるいは周辺に振動が多い環境下では、ランダムな体動による反射波の揺らぎが心拍、呼吸信号をマスクするようになり、測定は困難となる。対処法として、2系統のシステムで得られた測定信号を用い、両者の相互相関解析を行う手法を提案した。体動による反射波の揺らぎは互いにランダムであるため平滑化されて低減するが、周期性のある心拍運動による成分は相関があり残るため、SN 比の改善を図ることができる。実際に被験者が自動車座席に座りアイドリング時に測定した。反射波のスペクトル解析にはウェーブレット変換を適用、1系統では雑音に埋もれる心拍数が、明確に表示されることを検証した。

被験者が静止状態でないとき、例えば運転時のように体が大きく動く場合、反射波の強度が大幅に変化するため、初期のシステムでは位相変化検出に大きな誤差が生じることが発生した。改善策として、自動ゲイン調整機構 (AGC) 付アンプを付加し、反射波の強度を一定に制御するヘテロダイン方式マイクロ波反射計を開発した。AGC アンプの特性は、ダイナミックレンジ 53 dB、応答時間 20 μs である。AGC アンプ付加ヘテロダイン受信機により、高速道路運転中においても 70% 以上の測定成功率を得ることができた。

(2) 無意識・無拘束ストレス評価

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。HRVを周波数解析すると、HF帯域 (High Frequency: 0.15-0.45 Hz) に副交感神経の活動具合が反映され、LF帯域 (Low Frequency: 0.03-0.15 Hz) に交感神経と副交感神経両方の活動具合が反映されると言われている。人体にストレスが印加された状態では交感神経活動が優位になり、逆に、リラックス状態では副交感神経活動が優位になるため、LF帯域とHF帯域のスペクトル積分比、あるいはピーク比 LF/HFは自律神経活動の指標であり、ストレス評価値となる。

従来、HRVはECGの明確に形成されたピーク間隔 (R-R間隔) を読み取っていくことで導出されてきた。マイクロ波反射計の信号には、心臓や動脈の動きの他に体表面に現れるランダムな成分も含まれるため、ECGほど拍動間隔が明確に形成されない。単純に信号ピーク間を読み取ることで、HRVを正確かつ自動的に得ることが難しい。この対策として、

() 心拍間隔毎に一定時間間隔で波形を抽出し重畳することにより、平均された波形 (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、明確なピークを形成し、ピーク間隔を読み取っていく手法、 () 心拍間隔の変動を

短時間幅における心拍周波数の変化とみなし、最大エントロピー法 (MEM) 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ことで HRV を導出する手法、を提案した。

図 1 に、反射計信号に MEM 解析を施すことで求めた HRV の解析にウェーブレット変換を適用することにより得られた周波数スペクトルを示した。6-9 分の時間帯に被験者にフラッシュ暗算を行ってもらい、その他の時間は自由に振る舞っている。この時間帯と LF/HF 値の上昇と対応していることから、非接触・無拘束なマイクロ波センサによるストレス評価の可能性を示すものである。

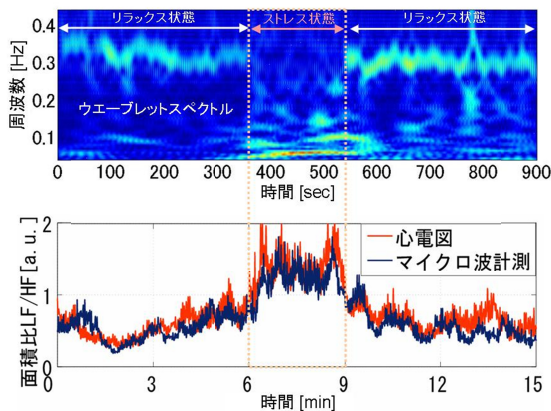


図 1. HRV スペクトル及び LF/HF の時間変化.

HRV の導出に相互相関係数を利用する方式では、テンプレート信号を得るため 120-180 sec のデータが必要とされている。MEM による方式では、解析時間幅を 2 sec 程度とし、1 sec ずつシフトしながら HRV を得る。パソコンクラスの計算機を用いても、MEM 一回の推定につき 1 秒以内に行なえるので、解析開始からリアルタイムで HRV を評価、ひいてはストレス評価が可能となる。

(3) マイクロ波生体イメージング

マイクロ波を用いた生体イメージング計測では、生体各組織への透過特性を考慮すると、乳がん検出を目的とした胸部イメージングが最も有望とされており、本プロジェクトでもこの課題に限定して研究を進めた。

現在、最も一般的な乳がん診断法は X 線マンモグラフィであるが、正常な胸部組織と腫瘍とのコントラストが小さいことに起因して、偽陰性、偽陽性が高くなるなどの問題があり、特に若い女性のように乳腺が発達して密度が高い場合に顕著になる。また、少ない線量で病変をよりはっきりと撮影するために乳房を圧迫する必要があり、これによって受診者が痛みを伴うことが、X 線照射による制限とともに課題として挙げられている。

乳がんは、大きさ 2 cm 以下が早期がんと呼ばれており、発見して治療した場合 90 %

近くの人が治癒したと同じ状態に、1 cm 以下は超早期がんと呼ばれ、簡単な乳房温存治療で 100% 完治するといわれている。このように早期発見が極めて重要にも関わらず受診率が向上しない状況を改善するため、マイクロ波胸部イメージングの検証を進めた。

マイクロ波帯域では、悪性の腫瘍と正常な胸部組織との誘電率の比は、2~10 と大きいことが知られており、この誘電率のコントラストを測定に利用するということが、他の手法とは大きく異なっている。

本研究では、光源にインパルス発生器を使用した超短パルスレーダを構築した。被測定対象の位置のみの評価では、伝搬方向 (レンジ方向) の空間分解が重要となるが、小さい異物の発見のためには、伝搬方向に垂直な面内 (アジマス方向) の空間分解が重要となる。短波長ほど (周波数が高いほど) またアンテナの開口径が大きいほど空間分解が良くなることが知られており、送受信アンテナを走査し、アンテナ開口径が実効的に大きくなるようにした測定法 (合成開口レーダ) によりその改善を行う。本システムにおいても、Confocal Microwave Imaging (CMI) と呼ばれる合成開口処理を適用した。

胸部イメージングの研究は、計算機シミュレーションと模擬実験の両面から進めた。計算機シミュレーションでは、情報通信研究機構 (NICT)、北里大学、慶應義塾大学、首都大学東京の共同開発による成人女性数値人体モデルを使用した。モデルは身長 160.0 cm、体重 53.0 kg の平均的体型を有する日本人成人女性の MRI 画像を用いて作成され、全身が一辺 2 mm の微小な立方体 (ボクセル) の集合で構成されている。有限差分時間領域 (FDTD) 法コードを用いたシミュレーションにより、表面から 2.2 cm の深さにある、直径 5mm の腫瘍を検知することができた。モデル表面からの反射波は腫瘍からの反射波と比較し非常に大きな振幅を有しているため、信号抽出時の障害になる。これについては、FIR (Finite Impulse Response) フィルタを用いた不用成分除去法を適用した。

超短パルスレーダの実験結果を次に示す。超短パルス光源には、パルス幅 65 ps、振幅 8 V のインパルス発生器を使用、インパルス信号は同軸線路を經由してアンテナに給電される。アンテナは、送信および受信アンテナが独立したバイスタティック方式である。インパルス信号をひずみなく測定対象に照射するためには、分散特性の小さいアンテナが重要で、ポウタイアンテナ、ログスパイラルアンテナ、ビバルディアンテナ等を使用した。反射信号はサンプリングスコープで収集される。被測定対象には、実際の乳房を模擬して作成された CRIS 社バイオブシファントムを用いた。送受信アンテナは、ステッピングモータ仕様

のステージに固定されており、ファントムの周りを0°から180°まで、頂点の上を通るように5°ずつ回転させる。ファントムからの反射信号は計37点の各アンテナ位置で受信され、得られたデータからファントム内部の再構成画像をCMI法により得た。

広帯域特性を有する平面アンテナでも分散特性を無視することができないため、アンテナから放射される波形は、群速度の周波数依存性を反映し、チャープ化されたパルスとなる。そのため、モデル表面からの反射波と腫瘍からの反射波を分離することが困難となる。反射波信号にパルス圧縮を施し、インパルス化することにより時間分解を向上させることが考えられるが、実験での対応は容易でない。

表面からの反射波をキャンセルする手段として、()反射波パルスをフーリエ変換(FFT)し、周波数領域を選択した後逆フーリエ変換(IFFT)した信号を画像化に用いる。モデル表面からの反射波は周波数領域に依存しないが、腫瘍からの反射波は周波数依存性があるため、表面反射成分の除去に適用する。()ファントムモデルで得られる反射波信号から、同様な誘電率を有するモデルで得られる反射波成分を引くことにより表面波成分を除去する。()胸部を模した型枠(テンプレート)を作成し、それにより得られた反射波成分でキャンセルする。等の手法を適用した。

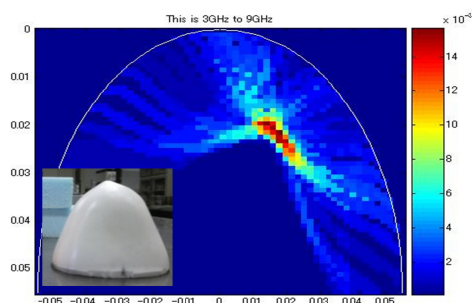


図2. ファントムモデル(左下挿入写真)を用いて得られた画像再構成結果、単位[m].

図2は、()の手法により得られた画像で、大きさ1 cm、深さ20 mmの検出に成功した。大きさ1 cmは超早期がんに対応する。マイクロ波イメージングは、乳がんを誘電率の差で見分けるため、良性、悪性の判別がしやすいこと、非侵襲、非接触でもあり、乳がん検査装置として有望であると考えている。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計20件)

Lu, Yang, N. Ito, C. W. Domier, N. C. Luhmann, Jr., and A. Mase, 18- to 40 GHz Beam Shaping/Steering Phased Antenna Array System Using Fermi Antenna, IEEE Trans. Microwave Theory and Techniques,

査読有, Vol.56, No.4, 2008, pp.767-773

N. Ito, A. Mase, Y. Kogi, N. Seko, M. Tamada, and E. Sakata, New Advanced Fabrication Technique for Millimeter-Wave Planar Components based on Fluororesin Substrates Using Graft Polymerization, Japan. J. Appl. Phys., 査読有, Vol.47, 2008, pp.4755-4758

Y. Yokota, A. Mase, Y. Kogi, L. Bruskin, T. Tokuzawa, and K. Kawahata, Measurement of Edge Density Profiles of Large Helical Device Plasmas Using an Ultrashort-Pulse Reflectometer, Rev. Sci. Instrum., 査読有, Vol.47, 2008, pp.056106/1-3

S. Takaichi, A. Mase, Y. Kogi, H. Hojo, and K. W. Kim, Simulation Study and Experiment of UWB Imaging, Proc. 2008 Asia Pacific Microwave Conf., 査読有, Vol.A3, 2008, pp.13/1-4

A. Mase, Y. Kogi *et al.*, Advancements of Microwave Diagnostics in Magnetically Confined Plasmas, Plasma Devices Operations, 査読有, Vol.17, 2009, pp.98-116

H. Hojo and A. Mase, Interferometry for Weakly Relativistic Plasmas, Plasma Fusion Res., 査読有, Vol.4, 2009, pp.010/1-2

D. Zhang and A. Mase, Simulation Experiment of Breast Cancer Detection Using an Ultrashort-Pulse Radar System, Proc. IEEE Int. Conf. on Electronics Measurement & Instruments, 査読有, Vol.3, 2009, pp.432-434

H. Hojo and A. Mase, Electromagnetic-Wave Transmittance Characteristics in One-Dimensional Plasma Photonic Crystal, J. Plasma Fusion Res., SERIES, 査読有, Vol.8, 2009, pp.477-479

D. Nagae and A. Mase, Measurement of Vital Signal by Microwave Reflectometry and Application to Stress Evaluation, Proc. 2009 Asia Pacific Microwave Conf., 査読有, 2009, pp.TU3P9/1-4

D. Zhang and A. Mase, Empirical Formula for Fourier Series Expansion Method with Complex Coordinate Stretching Layers, Proc. 2009 Asia Pacific Microwave Conf., 査読有, 2009, pp.TU3P20/1-4

H. Hojo, Y. Yasaka, and A. Mase, Effects of Plasma Resonance on Surface Waves in Axially Non-Uniform Plasmas, Plasma Fusion Res., 査読有, Vol.5, 2010, 006/1-7

Y. Yokota, A. Mase, Y. Kogi, T. Tokuzawa, K. Kawahata, Y. Nagayama, and H. Hojo, Reconstruction Method of X-mode Ultrashort-Pulse Reflectometry in LHD, J. Phys., Conf. Series, 査読有, Vol.227, 2010, pp.012034/1-4

長江大輔、間瀬淳、白形哲郎、吉田傑、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、査読有、2010、No.66-10/20105114/1-6

N. Ito, A. Mase *et al.*, Development of Millimeter-Wave Planar Antennas Using Low-Loss Materials, Japan. J. Appl. Phys., 査読有, Vol.49, 2010, pp.106506/1-5

A. Mase, D. Nagae, N. Ito, and Y. Komada, Non-contact and Non-invasive Stress Evaluation using Microwave Reflectometry, Proc. Int. Conf. on Electromagnetics in Advanced Applications, 査読有, 2010, pp.144-147

N. Ito, A. Mase, A. Kobayashi, Y. Komada, Y. Kogi, E. Sakata, and H. Shimazu, Microwave Measurement of Heart Beat Applied to Daily Life, Proc. Int. Conf. on Electromagnetics in Advanced Applications, 査読有, 2010, pp.256-259

D. Nagae and A. Mase, Measurement of heart rate variability and stress evaluation by using microwave reflectometric vital signal sensing, Rev. Sci. Instrum., 査読有, Vol.81, 2010, pp.094301/1-10

D. Zhang and A. Mase, Phantom-model experiment of breast cancer detection using ultrashort-pulse radar with compact Vivaldi antennas, Proc. 2010 Asia Pacific Microwave Conf., 査読有, 2010, TH3G-23/1-4

D. Zhang and A. Mase, A Formula for Fourier Series Expansion Method with Complex Coordinate Stretching Layers, J. Infrared Milli. Terahz Waves, 査読有, Vol.32, 2010, pp.196-201

間瀬 淳, 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、査読有、50巻、2011、233-242

[学会発表](計20件)

A. Mase, Y. Kogi *et al.*, Advancements of Microwave Diagnostics and Their Applications, The 11th IEEE Int. Conf. on Communication Technology, 2008年11月11日, Hangzhou (China)

N. Ito, A. Mase, Y. Kogi *et al.*, Development of Planar Devices Using Low-Loss Materials, The 11th IEEE Int. Conf. on Communication Technology, 2008年11月12日, Hangzhou (China)

S. Takaichi, A. Mase, Y. Kogi, H. Hojo, and K. W. Kim, Application of Ultrashort-Pulse Radar to Non-Destructive Inspection, The 11th IEEE Int. Conf. on Communication Technology, 2008年11月12日, Hangzhou (China)

間瀬淳, マイクロ波イメージングとその応用、電子情報通信学会九州支部専門講習会、2008年12月5日、宮崎大学(宮崎)

長江大輔、間瀬 淳、マイクロ波を用い

た心拍測定とストレスの評価、平成20年度電気学会九州支部沖縄支所・電子情報通信学会九州支部合同講演会、2008年12月10日、琉球大学(沖縄)

S. Takaichi, A. Mase, Y. Kogi, H. Hojo, and K. W. Kim, Simulation Study and Experiment of Breast Cancer Detection Using an Ultrashort-Pulse Radar, Asia Pacific Microwave Conf., 2008年12月18日, Hong Kong (China)

長江大輔、間瀬 淳、マイクロ波反射計を用いた心拍測定とHRVの再現、平成20年度日本生体医工学会九州支部学術講演会、2009年3月7日、九州大学(馬出・福岡)

小川健一郎、近木祐一郎、間瀬 淳、マイクロ波ヘテロダイン反射法による生体信号の測定、電子情報通信学会総合大会、2009年3月18日、愛媛大学(松山)

長江大輔、間瀬 淳、マイクロ波反射計による心拍測定とストレス評価への適用、電子情報通信学会総合大会、2009年3月18日、愛媛大学(松山)

高市信也、間瀬 淳、近木祐一郎、北條仁士、K. W. Kim, UWB レーダによる胸部ファントム内のイメージング、電子情報通信学会総合大会、2009年3月18日、愛媛大学(松山)

D. Zhang and A. Mase, Simulation Experiment of Breast Cancer Detection Using an Ultrashort-Pulse Radar System, The 9th Int. Conf. on Electronic Measurement & Instruments, 2009年8月17日, Beijing (China)

A. Mase *et al.*, Progress in Microwave Diagnostics and their Applications, The 2009 Int. Workshop on Frontiers in Space and Fusion Energy Sciences, 2009年12月1日, NCKU (Taiwan)

D. Nagae and A. Mase, Measurement of Vital Signal by Microwave Reflectometry and Application to Stress Evaluation, The 2009 Asia Pacific Microwave Conf., 2009年12月8日, International Convention & Exhibition Center (Singapore)

長江大輔、間瀬 淳、マイクロ波生体計測によるストレスの時間評価、電子情報通信学会総合大会、2010年3月17日、東北大学(仙台)

長江大輔、間瀬 淳、白形哲郎、吉田 傑、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、自動車技術会春季大会、2010年5月21日、パシフィコ横浜(神奈川)

D. Zhang and A. Mase, Multi-objective Experiment using Ultrashort-Pulse Radar System for Breast Cancer Detection, The 35th Int. Conf. on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves, 2010年9月9日, Pontificia Università San Tommaso d'Aquino (Italy)

A. Mase, D. Nagae, N. Ito, and Y. Komada, Non-contact and non-invasive stress evaluation using microwave reflectometry, Int. Conf. on Electromagnetics in Advanced Applications, 2010年9月20日, Sydney Masonic Centre (Australia)

N. Ito, A. Mase et al., Microwave measurement of heart beat applied to daily life, Int. Conf. on Electromagnetics in Advanced Applications, 2010年9月20日, Sydney Masonic Centre (Australia)

D. Zhang and A. Mase, Phantom-Model Experiment of Breast Cancer Detection Using Ultrashort-Pulse Radar with Compact Vivaldi Antennas, 2010 Asia Pacific Microwave Conf., 2010年12月9日, Pacifico Yokohama (Kanagawa)

N. C. Luhmann, Jr., *et al.*, Recent Progress on Microwave Imaging Technology and New Physics Results, The 20th Int. Toki Conf., 2010年12月10日, Ceratopia Toki (Gifu)

〔産業財産権〕(計6件)

出願状況(計6件)

名称: 生体情報測定システム
発明者: 間瀬 淳、近木祐一郎
権利者: 九州大学
種類: 特許
番号: 特願 2009-202981
出願年月日: 21年9月2日
国内外の別: 国内

名称: マイクロ波イメージングシステム
発明者: 間瀬 淳、張 丹、伊藤直樹、北條仁士
権利者: 九州大学
種類: 特許
番号: 特願 2009-266780
出願年月日: 21年11月24日
国内外の別: 国内

名称: 信号ピーク周波数測定システム
発明者: 間瀬 淳、長江大輔
権利者: 九州大学
種類: 特許
番号: 特願 2010-030225
出願年月日: 22年2月15日
国内外の別: 国内

名称: 信号ピーク測定システム
発明者: 間瀬 淳、長江大輔
権利者: 九州大学
種類: 特許
番号: 特開 2010-286268
出願年月日: 22年12月24日(公開日)
国内外の別: 国内

名称: 被験体状態解析用信号のピーク周波数測定システム
発明者: 間瀬 淳、長江大輔
権利者: 九州大学
種類: 特許
番号: PCT/JP2011/053028
出願年月日: 23年2月14日
国内外の別: 国外

名称: 生体情報検出システム
発明者: 間瀬 淳、伊藤直樹、坂田栄二、嶋津博士、駒田 寛
権利者: 九州大学
種類: 特許
番号: 特願 2011-039954
出願年月日: 23年2月25日
国内外の別: 国内

〔その他〕
ホームページ等
http://astec.kyushu-u.ac.jp/mase/mase_lab.html

6. 研究組織

(1) 研究代表者

間瀬 淳 (MASE ATSUSHI)
九州大学・産学連携センター・特任教授
研究者番号: 00023325

(2) 研究分担者

飛松省三 (TOBIMATSU SHOZO)
九州大学・医学研究院・教授
研究者番号: 40164008
北條仁士 (HOJO HITOSHI)
筑波大学・数理物質科学研究科・准教授
研究者番号: 30116660
(H21.12.2: 辞退)
近木祐一郎 (KOGI YUICHIRO)
福岡工業大学・電子情報工学科・准教授
研究者番号: 10398109
(H21-H22)