

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 7 月 7 日現在

機関番号：11201

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2016～2019

課題番号：16H04360

研究課題名（和文）アレーアンテナを用いた人物のバイタルサイン非接触検出技術の確立

研究課題名（英文）Establishment of non-contact vital-sign detection technology for human body using array antenna

研究代表者

本間 尚樹（Honma, Naoki）

岩手大学・理工学部・教授

研究者番号：70500718

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,100,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、MIMO技術を活用したヒトセンシング技術の確立に取り組んだ。本研究で得られた成果は、(A)心拍観測精度の向上と(B)ヒト位置・状態推定の二つに大別される。成果(A)について、従来のマイクロ波による心拍推定法は著しく精度が低いことが問題となっていた。本研究では時空間信号処理技術を導入することで従来方式よりも精度が高く安定した心拍推定技術を確立した。成果(B)について、MIMOシステムで得られる伝搬チャネル特性を解析することで、ヒト由来の反射波成分の角度分布特性・時変動特性からヒト位置やドップラー成分発生部位を抽出することによって、ヒトの状態や行動を推定する方法を確立した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

要介護者の見守り手段として用いられてきたカメラ等の光学的手段とは異なり、プライバシー保護に有効であり、死角や暗所でも検出が可能な非接触マイクロ波バイタルサイン検出技術を確立した。本手法によればアレーアンテナを用いることで、少ない周波数資源で高感度なヒトセンシングを実現できる。新たな心拍推定手法やヒトの状態・行動推定について新たな知見が得られ、学術的に意義のある成果が得られている。また、本技術実用化の暁には介護負担の軽減や循環器系発作の迅速な検知など医療・福祉分野に資することが期待される。

研究成果の概要（英文）：In this study, we investigated the human sensing technology based on MIMO system. The results of this study are mainly divided into two categories: (A) improvement of the accuracy of heart rate observation and (B) estimation of human position and status. As for (A), the conventional method of heart rate estimation using microwaves has a problem in its accuracy. In this study, we established a heart rate estimation technique with higher accuracy and stability than the conventional method by introducing a spatio-temporal signal processing technique. For (B), the analysis of the propagation channel characteristics obtained by the MIMO system has yielded a new method to estimate human status and behavior by extracting human positions and Doppler component distribution from the angular and time-varying characteristics in the reflected waves from the human body.

研究分野：無線通信工学

キーワード：MIMO センシング

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、日本では高齢化率が急速に上昇し、2060年には約40%に迫ると予測されている[1]。このような高齢化社会の進展に伴い、高齢者の不意な転落や孤独死などが社会問題化している。この対策として、介護施設や家庭で高齢者の安否や健康状態をセンサやカメラを使って監視する方法が検討されている[2]~[4]。しかし、センサの装着やカメラによる監視は肉体的・精神的負担が大きいため、プライバシーを侵害しない非接触・非拘束な手段が求められている。

そこでプライバシーが保護でき、死角や暗所でもバイタルサインの検出が可能なマイクロ波バイタルサイン検出技術が検討されている[5]~[6]。これは生体にマイクロ波を照射し、その反射波に含まれるバイタルサインを解析する方法である。近年世界的にもマイクロ波バイタルサイン観測技術が注目されており、例えばMITの研究グループからは、数m離れた場所の人物位置や心拍数を検出する手法などが提案されている[6]。対象反射物からの伝搬時間から距離を測り、複数のアンテナ位置との距離関係から対象の位置を推定する。しかし、精度を高めるため6GHz帯で無線LANの数倍以上の帯域幅(1.69GHz)を使用しており、これは昨今の周波数資源枯渇問題を考慮すると生活環境内での実現は難しいものと考えられる。

一方、MIMO (Multiple-Input Multiple-Output)と呼ばれる送受双方にアレーアンテナを用いた技術を人物のセンシングに応用することで、このような広い帯域を用いずとも高感度にバイタルサインを検出することが可能である[7]。送受アレーアンテナをバイスタティック構成とすることで、人物の位置も容易に推定が可能である。このように、MIMO技術を応用することで、マイクロ波ヒトセンシングの能力を飛躍的に高めることが期待できる。本研究課題はこのような社会的・技術的背景のもとに着想されたものである。

2. 研究の目的

本研究では、マイクロ波バイタルサイン観測技術にMIMO技術を適用することによって、様々なヒトセンシング技術を確認することを目的としている。本研究課題の目的は、【1】心拍観測精度の向上、【2】ヒト位置や状態の推定、の二つに大別される。

マイクロ波による心拍推定自体は古くから検討されているが、心拍推定については著しく精度が低いことが問題となっていた。よって、本研究では【1】の心拍観測精度の向上を実現するために、MIMOで重要な役割を果たす時空間信号処理技術を積極的に導入する。【2】はMIMOシステムで得られる伝搬チャネル特性を解析することで、ヒト由来の反射波成分の角度分布特性・時変動特性からヒト位置やドップラー成分発生部位を抽出する。これによって、ヒトの状態や行動を推定することが可能である。このように本研究では2つの技術項目について取り組んだが、本報告では、特に【1】の心拍観測法に関わる研究成果について説明する。

3. 研究の方法

(1) システムモデルと逆正接復調法

ここでは、本研究で得られた成果である心拍観測法について、その研究方法と手法について説明する。図1は本研究で取り扱うシステムモデルと、当該システムで得られる信号の複素平面における複素チャネル時間応答の軌跡の概念を示している。図1(a)に示す通り、複数の送信アンテナから信号が送信された信号は、ヒト体表面で反射された後、複数の受信アンテナで受信される。生体からの反射波は、呼吸や心拍等の体表面の変位によって時間的に周期的な伝搬距離の変化を経ることが知られている。そのため、図1(b)に示す通りチャネル要素は円弧を描くように時間的に推移する。この応答には心拍だけではなく、呼吸や、バイタルサイン以外の体動なども含まれる。さらに、チャネル要素はこのような成分以外にも、生体以外を経由する波や、体表面の変位が無い生体部位からの反射波を含むため、円弧の中心は原点と一致しない。しかし、このような複素信号応答の振幅もしくは位相のみを取り出し周波数解析を行うと、バイタルサインは正しく抽出されない。これは観測信号の振幅や位相変化は、バイタルサインとそれ以外の成分の関係によって大きく変化するためである。場合によってはバイタルサインの高調波が強調されるため、低周波の呼吸成分と心拍成分が相互変調されそれぞれの分離ができなくなる。あるいは位相変化が全く観測されなくなったり、信号が打ち消しあい信号対雑音比が著しく劣化したりする。そのため、心拍を安定的に観測するためには、心拍以外の成分を正確に分離する必要がある。そこで逆正接復調と呼ばれる方法が考案されている。図1(b)に示す複素平面内で円弧の中心点を推定し、その中心座標をDCオフセットとみなしてそれを信号から減算する。すると、体表面応答に対応する θ に信号の位相角が一致する。 θ の時間応答等を解析することでバイタルサインを抽出できる。この手法は逆正接復調と呼ばれている[8]。逆正接復調は呼吸成分の高調

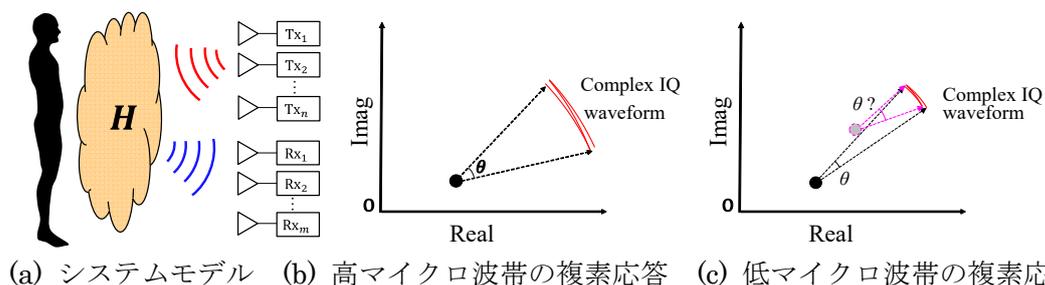


図1 システムモデルと観測信号

波成分が低減されるため、複素信号の位相や振幅から直接心拍成分を検出するより、精度が改善されるという特徴がある。図 1(c)は低マイクロ波帯の場合の複素信号応答を示している。この場合は波長に対して体表面変位が小さいため、直線的な信号軌跡となり円弧の角度幅が小さくなる。この場合、円弧の中心を精度よく求めることが困難になる。つまり、角度 θ の応答を正確に求められなくなるため、逆正接復調法の精度が劣化する。また、逆正接復調法の欠点として、体動が存在する場合は変動距離に対応し位相が回転するため微弱なバイタル応答が埋没するため、周波数の高低によらず、バイタルサインの抽出が困難となるという問題がある。

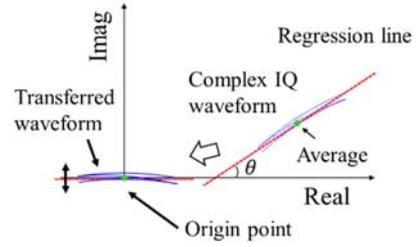


図 2 疑似逆正接復調の概念

(2) 疑似逆正接復調法

本研究ではより正確なバイタルサインを安定的に抽出することを目的として、振幅成分を利用した疑似逆正接復調法を考案した。疑似逆正接復調法では軌跡が直線的に変化することを利用し、軌跡を円弧ではなく線分と見なす。そのため、円弧中心を推定する必要がない。さらに、円弧の振幅成分、つまり線分と直交する方向の成分の時変動特性を取り出しバイタルサインを解析する。振幅成分の変化は主として伝搬距離の変化と反射係数の変化によって発生する。体動による体表面変位幅は伝搬距離に比して十分小さいため、体動による反射波の振幅変化は位相よりも影響が少なく表れることが予想される。心拍により生ずるマイクロ波応答の揺らぎが、体表面反射係数の変化に起因すると仮定すると、体動や呼吸により生ずる反射波の揺らぎに比して心拍成分の変動をより強く観測できることが期待できる。

図 2 に提案法である疑似逆正接復調の概念を示す。提案法では円弧を直線に近似し、直線との直交・水平成分を抽出する。振幅・位相成分は、それぞれ

$$y_{\text{amp}}(t) = \text{Im}\{(h_k(t) - \overline{h_k(t)})e^{-j\theta}\} \quad (1)$$

$$y_{\text{ang}}(t) = \text{Re}\{(h_k(t) - \overline{h_k(t)})e^{-j\theta}\} \quad (2)$$

と表される。ここで、 $\text{Im}[\cdot]$ は虚軸方向の成分、 $\text{Re}[\cdot]$ は実軸方向の成分、 $\overline{h_k(t)}$ は複素応答の平均値、 θ は最小二乗近似により求めた軌跡の近似直線の実軸に対する偏角である。複素応答の平均値を減算することで複素平面の原点に複素応答を移動させる。近似直線が実軸と重なるように複素応答を原点中心に角度 θ 回転させる。このとき、複素応答の実軸方向の成分は位相相当成分であり、虚軸方向の成分は振幅相当成分となる。この振幅・位相相当成分に対してバンドパスフィルタを適用することで心拍成分を抽出する。体動が存在する場合、体表面の距離変動に伴い、位相が大きく回転し、微弱な心拍成分の抽出が困難となる。振幅成分は位相成分に比べ、体動の影響が小さい。そのため、振幅成分を用いることで心拍成分をより優位に抽出できると予想される。

(3) 複数人信号分離法

疑似逆正接復調を適用して心拍成分を抽出する際に複素応答チャネルの SNR が低い場合、正確に心拍を検出できないことが予想される。そのため、疑似逆正接復調を適用する前段階に SNR の向上を図ることで心拍の検出精度の向上が期待される。以下では BF (Beam-Forming) 法を用いてある生体のバイタル信号を強調する手法を述べる。BF 法を用いることで生体が複数の場合でも各生体の信号に分離してから疑似逆正接復調を適用することで複数生体の心拍を検出できると考えられる。

生体が L 人存在する屋内環境において、送信アンテナ N 素子、受信アンテナ M 素子である $M \times N$ MIMO チャネルを測定する。このときチャネル行列を $\mathbf{H}(t)$ と表す。ここで生体に対応する周波数範囲を抽出するためにこのチャネルを時間方向にフーリエ変換すると、得られる周波数応答行列 $\mathbf{F}(\omega)$ から相関行列 \mathbf{R} を求めると

$$\mathbf{R} = \text{E}[\text{vec}\{\mathbf{F}(\omega)\}\text{vec}\{\mathbf{F}(\omega)\}^H] \quad (3)$$

と表すことができる。ここで ω は生体活動に対応する周波数範囲を示し、 $\text{E}[\cdot]$ は周波数方向のアンサンブル平均を示し、 $\text{vec}\{\cdot\}$ は列ベクトル化、 $\{\cdot\}^H$ はエルミート転置を示す。相関行列 \mathbf{R} を固有値分解し、固有ベクトルを算出する。各固有ベクトルが各被験者に対応すると仮定すると、 k 番目($1 \leq k \leq L$)の被験者のバイタルサイン $h_{Ek}(t)$ は

$$h_{Ek}(t) = \mathbf{u}_k^H \text{vec}\{\mathbf{H}(t)\} \quad (4)$$

と表される。ここで、 \mathbf{u}_k は被験者 $\#k$ に対応する固有ウェイトベクトルを示す。被験者に対応した固有ベクトルを乗算することによって各被験者の成分が強調され、信号分離が可能となる。さらに、到来波方向推定法である MUSIC (Multiple Signal Classification) 法[9]により生体の位置を推定し、その座標からステアリングベクトルを作成する。

xy 平面における送受信機間の球面波モードベクトルは、

$$\mathbf{a}_T(x, y) = \left[e^{-\frac{j2\pi}{\lambda}d_{T1}}, \dots, e^{-\frac{j2\pi}{\lambda}d_{TN}} \right]^T \quad (5)$$

$$\mathbf{a}_R(x, y) = \left[e^{-\frac{j2\pi}{\lambda}d_{R1}}, \dots, e^{-\frac{j2\pi}{\lambda}d_{RN}} \right]^T \quad (6)$$

$$\mathbf{a}(x, y) = \mathbf{a}_T(x_k, y_k) \otimes \mathbf{a}_R(x_k, y_k) \quad (7)$$

と表される。ここで d_{T_i}, d_{R_i} は i 番目の送信・受信アンテナ素子と範囲内の点 (x, y) の距離を示す。また λ は波長であり、 $[\cdot]^T$ は転置を表している。ここで、 \otimes はクロネッカ積である。MUSIC法より推定された生体の位置を (x_k, y_k) と表すと、生体のバイタルサイン $h_{Sk}(t)$ は

$$h_{Sk}(t) = \mathbf{a}(x_k, y_k)^H \text{vec}\{\mathbf{H}(t)\} \quad (8)$$

により抽出される。ここで $\mathbf{a}(x_k, y_k)$ は生体の推定位置に基づくステアリングベクトルを表している。このように、伝搬チャンネルに生体の推定座標に対応したステアリングベクトルを乗算することでその座標に存在する生体の信号を抽出する。通常、複数生体のバイタル成分の周期は似通っており、相関が0とはならないため、固有ベクトルを用いた方法では完全に信号分離ができないが、この方法によって、相関が0にはならない場合でも位置さえ検出できれば信号を分離できることが期待される。

4. 研究成果

(1) 実験条件・方法

図3に本実験の実験風景を示す。本実験は屋内実験室内で行い、アンテナ構成は送受信機双方に16素子のパッチアンテナを用いた 16×16 MIMO構成とし、送信機は $(x, y) = (4, 0)$ 、受信機は $(0, 0)$ に配置した。送受信機双方のアレー素子間隔は0.5波長、アンテナ高は0.9 m、使用周波数は2.47 GHz、チャンネル測定時間は10.24秒、チャンネル取得周波数を200 Hz、抽出する生体の周波数は0.1~10 Hzとした。比較するため心電計を装着し同時に測定を行った。生体数は1, 2人とし、生体間距離は1.5 mとした。

本検討では、分離信号のピーク間隔と心電図のR-R間隔を比較することにより評価を行う。R-R間隔とは心拍間隔を計測するうえで一般的に用いられることが多く、ここではR波が発生した時刻から次のR波までの間隔と定義する。今回は分離信号のピーク間隔と心電図波形のR-R間隔を計算し、それぞれをピーク間隔番号ごとに比較し、間隔の平均誤差 E を求める。また、電波の時間応答のピーク探索方法は心電図のピーク(R波)を基準として、R波が発生した時刻から0.3秒間をピーク探索範囲と定義する。探索範囲内の極大値をピークと定義し、仮に探索範囲内に極大値が存在しなければピーク検出失敗と定義する。以上の手法により心電図と電波の時間応答のそれぞれのピーク間隔を計算し、ピーク検出率とピーク間隔誤差 E により評価を行う。

(2) 単一生体の場合

図4に生体が $(x, y) = (2, 2)$ に存在する場合の固有ベクトル2次元ビーム形状を、ビームフォーマ法により求めた結果を示す。なお、2次元ビーム形状は固有ベクトルと球面波モードベクトルの内積により計算した。図5にMUSIC法による位置推定結果を示す。図4, 5ともに生体が存在する箇所にピークが向いていることが確認でき、生体の信号を強調していることが分かる。

図6に各BF法を用いた複素応答チャンネルに疑似逆正接復調法を適用した場合の振幅相当成分を示す。適用したバンドパスフィルタは、変動の大きい呼吸成分や高周波成分の除去を目的としており、通過帯域は0.7 ~ 5 Hz、フィルタ次数は400とした。各BF法で得られた応答のピークは心電図のピークと概ね一致していることが分かる。表1に心電図のR-R間隔と疑似逆正接復調法を



図3 実験風景
(岩手大学倫理審査：第 201612)

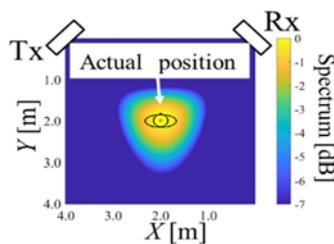


図4 固有ベクトルのスペクトラム
(単一生体)

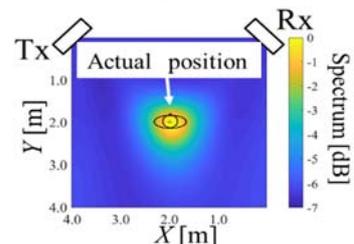


図5 MUSIC スペクトラム
(単一生体)

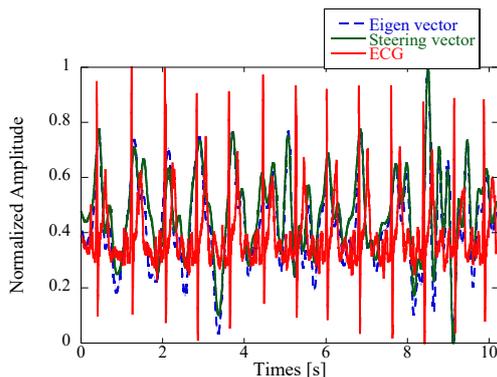


図6 疑似逆正接復調の振幅相当成分(単一生体)

表1 単一生体時の誤差特性

振幅相当成分		
	固有ベクトル	ステアリング
ピーク検出率 [%]	88.8	93.1
誤差中央値 [s]	0.030	0.020
位相相当成分		
	固有ベクトル	ステアリング
ピーク検出率 [%]	7 (3)	84.5
誤差中央値 [s]	0.063	0.025

用いた振幅相当成分・位相相当成分のピーク間隔誤差を示す。固有ベクトルビームを用いる方法より生体の位置情報に基づくステアリングベクトルを用いる方法がピーク

ク検出率、誤差ともに精度が良くなることを確認した。位相相当成分でもステアリングベクトルを用いる方法がより精度良く心拍を検出できることが分かる。また振幅相当成分と位相相当成分を比較すると、誤差中央値は位相相当成分より振幅相当成分が高くなっており、振幅相当成分を利用した場合に0.02 s で心拍成分を推定できることを確認した。

(3) 複数生体の場合

2人の被験者を座標 $(x, y) = (0.75, 1.5), (2.25, 1.5)$ に配置し評価を行った。2人の被験者に対して MUSIC 法により位置を推定し、さらに、その位置に向けて、固有ベクトルもしくは、ステアリングベクトルをウェイトとしたビームフォーミングを行うことで、バイタルサインを分離した。図8に固有ベクトルビームを用いた分離信号とステアリングベクトルを用いた分離信号に対して疑似逆正接復調を適用した振幅相当成分の一例を示す。各信号分離法の時間応答を比較すると、ステアリングベクトルを用いた分離信号の振幅相当成分のピーク位置と心電図のピーク位置が概ね一致していることが分かる。しかし、固有ベクトルビームを用いた分離信号の振幅応答成分は所望のピーク以外の成分が多く確認できる。

表2に振幅相当成分および位相相当成分を用いて検出したのピーク間隔誤差特性を示す。固有ベクトルビームを用いる方法より生体の位置情報に基づくステアリングベクトルを用いる方法が各被験者においてピーク検出率、誤差ともに精度が良くなることを確認した。同様に、位相相当成分用いた場合でも、ステアリングベクトルを用いる方法がより精度良く心拍を検出できることが分かる。また振幅相当成分と位相相当成分を用いた場合の推定誤差を比較すると、ステアリングベクトルを用いた場合では振幅相当成分の誤差がより小さくなっており、最大で誤差中央値が0.02 sの精度で心拍を検出することを確認した。

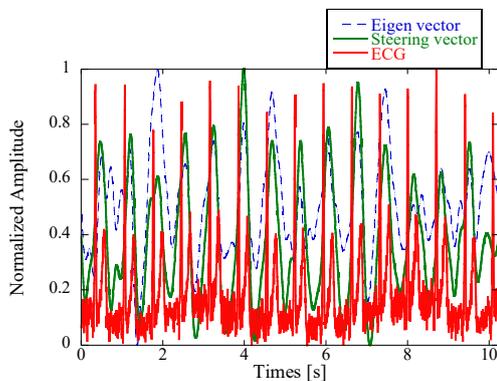


図8 疑似逆正接復調の振幅相当成分(複数生体)

表2 複数被験者(2名)時の誤差特性

振幅相当成分		
	固有ベクトル	ステアリング
ピーク検出率 [%]	76.3	97.1
誤差中央値 [s]	0.035	0.020
位相相当成分		
	固有ベクトル	ステアリング
ピーク検出率 [%]	73.3	72.3
誤差中央値 [s]	0.084	0.069

参考文献

- [1] 内閣府, 平成29年版高齢社会白書.
- [2] 佐藤 直樹, 高木 正則, 山田 敬三, 佐々木 淳, “ウェアラブルデバイスを用いた介護施設用体調管理システムの提案,” 電気関係学会東北支部連合大会, IF06, 2016.
- [3] Y. L. Zheng, X. Ding, C. C. Y. Poon, B. P. L. Lo, H. Zhang, X. L. Zhou, G. Z. Yang, N. Zhao, and Y. T. Zhang, “Unobtrusive sensing and wearable devices for health informatics,” IEEE Transaction on Biomedical Engineering, vol. 61, no. 5, pp. 1538-1554, May 2014.
- [4] 中島 一樹, “動画像計測・処理による生命兆候計測,” 生体医工学, 54 巻3 号pp.104-107, June 2016.
- [5] L. Changzhi, J. Cummings, J. Lam, E. Graves, and W. Wu, “Radar remote monitoring of vitalsigns,” IEEE Microwave Magazine, vol. 10, no. 1, pp. 47-56, Feb. 2009.
- [6] F. Adib, Z. Kabelac, D. Katabi, and R. Miller, “3D tracking via body radio reflections,” 11th USENIX Symp. Net. Systems Design & Impl. (USENIX NSDI'14), Apr. 2014.
- [7] K. Konno, N. Honma, D. Sasakawa, K. Nishimori, N. Takemura, and T. Mitsui, “Estimating living-body location using bistatic MIMO radar in multi-path environment,” IEICE Trans. Commun., Vol.E98-B, No. 11, pp.2314-2321, Nov. 2015.
- [8] B. Park, O. Boric-Lubecke, and V. M. Lubecke, “Arctangent demodulation with DC offset compensation in quadrature Doppler radar receiver systems,” IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, Vol. 55, No.5, pp. 1073-1079, May 2007.
- [9] R. O. Schmidt, “Multiple emitter location and signal parameter estimation,” IEEE Transaction Antenna Propagation, vol. AP-34, pp.276-280, Mar. 1986.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計15件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 5件）

1. 発表者名 本間 尚樹
2. 発表標題 Correlation between Microwave and Blood Pressure Response Waveforms
3. 学会等名 2018 International Symposium on Antennas and Propagation (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 本間 尚樹
2. 発表標題 Simultaneous Detection of Multiple Targets' Vital Signs Using MIMO Radar
3. 学会等名 2018 International Symposium on Antennas and Propagation (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西森 健太郎
2. 発表標題 MIMOセンサを用いた人の行動パターンの推定に関する研究
3. 学会等名 2018年電子情報通信学会信越支部大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Naoki Honma
2. 発表標題 Experimental Evaluation towards Approximate DoA Estimation Using 2 by 2 MIMO Sensor with Time Correlation of Channel Matrix
3. 学会等名 2017 International Symposium on Antennas and Propagation (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 本間尚樹
2. 発表標題 マイクロ波応答と血圧計による圧脈波の相関性の評価
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 本間尚樹
2. 発表標題 複数アンテナを用いた生体信号発生部位の評価
3. 学会等名 第2回コミュニケーションクオリティ学生ワークショップ
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 本間尚樹
2. 発表標題 MIMOレーダにおける固有ビームフォーミングを用いた複数人バイタルサインの分離法
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西森健太郎
2. 発表標題 Direction of arrival estimation on MIMO sensor using variation of correlation
3. 学会等名 2017 Asian Workshop on Antennas and Propagation (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 西森健太郎
2. 発表標題 Experimental evaluation toward approximate DoA estimation using 2 by 2 MIMO Sensor with time correlation of channel matrix
3. 学会等名 2017 International Symposium on Antennas and Propagation (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 西森健太郎
2. 発表標題 受信固有ベクトルの時間相関を用いた2x2MIMOセンサによる簡易到来方向推定
3. 学会等名 第2回コミュニケーションクオリティ学生ワークショップ
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 西森健太郎
2. 発表標題 受信固有ベクトル相関を用いた到来方向の違いによる人検出特性
3. 学会等名 電子情報通信学会ソサイエティ大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 本間尚樹
2. 発表標題 マイクロ波心拍検出に適したMIMOアンテナ配置の検討
3. 学会等名 電子情報通信学会ソサイエティ大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 西森健太郎
2. 発表標題 MIMOセンサを用いた到来方向と相関変動の基礎検討
3. 学会等名 電子情報通信学会ソサイエティ大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 本間尚樹
2. 発表標題 アレーアンテナを用いた生体信号発生部位の評価
3. 学会等名 電気情報通信学会総合大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 本間尚樹
2. 発表標題 マイクロ波心拍検出に適したアンテナ配置の評価
3. 学会等名 アンテナ伝播研究会
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	西森 健太郎 (Nishimori Kentaro) (90500611)	新潟大学・自然科学系・准教授 (13101)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	竹村 暢康 (Nobuyasu Takemura) (90747023)	日本工業大学・基幹工学部・准教授 (32407)	