

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 30 日現在

機関番号：12612

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2010年度～2012年度

課題番号：22360161

 研究課題名（和文）多重散乱環境を用いた衝突回避ロボットのための  
超波長分解能レーダ技術の研究

 研究課題名（英文）Super-resolution Imaging Technique Using Multiple Scattering  
Environment for Collision Avoidance Robot Sensor

研究代表者

桐本 哲郎（KIRIMOTO TETSUO）

電気通信大学・大学院情報理工学研究科・教授

研究者番号：10364142

研究成果の概要（和文）：

超広帯域(UWB)信号を用いたレーダ技術は、劣悪な計測環境下でも高い測距性能（数 mm）を有し、特に災害救助ロボットセンサ等の 3 次元計測技術に有用である。本研究では、超分解能レーダ画像化手法である RPM 法の観測モデルを拡張し、多重散乱環境を積極的に利用することで、従来を凌駕する空間分解能・画像再現域等を実現する室内計測用画像レーダ技術を開発した。各種性能評価により、1/100 波長規模の位置・形状推定精度を達成できることを確認した。また、目標側面等の不可視領域のイメージングに成功し、画像化領域が拡大できることを確認した。

研究成果の概要（英文）：

UWB radar system holds sufficient range resolution to be suitable for indoor sensing system, and is promising as near field sensor being active in optically harsh environment, such as dusty air or strong backlight. This project focuses on the extension of the original RPM (Range Point Migration) method to various types of observation situations. In addition, by exploiting the feature of the multiple scattering signals, we have developed an innovative imaging method overcoming the spatial resolution or accuracy obtained in the conventional methods. Results from numerical simulation using electro-magnetic analysis offers that our developed techniques provides an extremely accurate 3-dimensional imaging at the order of 1/100 wavelength accuracy, and remarkably expands the reconstructible region of the target boundary.

交付決定額

（金額単位：円）

|        | 直接経費       | 間接経費      | 合計         |
|--------|------------|-----------|------------|
| 2010年度 | 4,100,000  | 1,230,000 | 5,330,000  |
| 2011年度 | 5,200,000  | 1,560,000 | 6,760,000  |
| 2012年度 | 1,800,000  | 540,000   | 2,340,000  |
| 年度     |            |           |            |
| 年度     |            |           |            |
| 総計     | 11,100,000 | 3,330,000 | 14,430,000 |

研究分野：UWBセンサ，レーダ信号処理，リモートセンシング，電磁界逆問題解析

科研費の分科・細目：電気電子工学・計測工学

キーワード：超広帯域レーダ，多重散乱波，超分解能立体イメージング，移動目標計測

## 1. 研究開始当初の背景

超広帯域（Ultra-Wideband: UWB）レーダシステムは、レーザ計測技術を超える測距性

能（数 cm～数 mm）を有する。また光学・超音波における不可視領域（暗闇・粉塵環境・誘電体内部等）での画像化が可能であり、ロ

ロボット・車両等の空間精密計測、人体内部画像化による医療応用等、幅広い応用に有望である。同レーダ技術に対して、報告者らは、従来の画像処理性能を上回る各種の画像化手法(RPM(Range Points Migration)法、多重散乱波イメージング法等)を提案してきた。特に多重散乱波を積極的に用いる技術は、従来では不可視領域となる目標側面を再現し、災害現場等での限れた観測領域においても、画像化領域を拡大することで、目標形状認識精度を飛躍的に向上させることができる。しかし、同手法は受信信号の多重積分を含むため、膨大な計算量を必要とするという問題点を有する。また、超波長分解能を実現する手法としてRPM法を提案しているが、同手法は直線走査及び平面走査のみに特化しており、ロボット等への実用には、任意曲線上走査に基づく全方向レーダを開発する必要がある。また観測領域が十分に確保できない状況では、レーダによる推定画像化領域が狭小となり、目標認識が極めて困難となることがわかっており、これがレーダ計測における本質的な問題点となっている。

## 2. 研究の目的

本課題では、UWBレーダ技術の更なる高性能化を目的とし、高度信号処理法を多角的に導入しながら、各種応用のための要素技術を確立する。具体的には、超波長分解能イメージングを実現するRPM法をロボットセンサに応用するため、全方位探索・任意曲線上走査へと拡張する。また、多重散乱波イメージングの高速化・高精度化も検討する。更に狭小観測領域下でも有意な目標形状情報を再構成するための高精度目標外挿法を検討する。最後にマルチスタティック観測により移動目標イメージング法についての基礎検討も実施する。

## 3. 研究の方法

### (1) 任意軌道に適する全方向型室内空間イメージング法の開発

本課題では、直線走査モデルにより構築されたRPM法を、目標形状認識に十分な目標画像化領域を確保することを目的として、任意のアンテナ走査軌道に対応できるように拡張する。これにより、目標画像化領域を十分に確保するとともに、全方位においてイメージング性能が確保されることを目指す。但し、同拡張の副作用として虚像が生じるため、これを抑圧する信号処理法の導入を図る。

### (2) 楕円体近似に基づく高精度目標外挿法

上記の拡張に基づくRPM法においては、観測領域が制限される状況下(災害救助ロボット等では、瓦礫等により可動範囲が制限されることが想定される)では、目標境界の大部分が影領域に陥るため、目標位置・形状によっては目標の空間サイズでさえ、推定困難な状況が頻発する。

上記問題を本質的に解決するため、まず目標形状を近似的に複数楕円体の集合とみなし、限られた推定境界点から楕円体による目標外挿補間を行う手法を開発し、高精度目標外挿法を確立する。一般に極めて狭小な目標領域から楕円体を外挿するのは、非常に困難であり、特に雑音等に起因する誤差感度が高い。これに対し、データ空間での楕円外挿法を検討し、ロバスト性を向上させる。また、室内計測で発生する多重散乱波を積極的に利用し、更に外挿精度を高める方法を検討する。

### (3) 二重散乱波による影領域イメージングの高速・高精度化

多重散乱波を積極的に利用した見通し外イメージングの高速・高精度化について検討する。多重散乱波は複数散乱中心の情報を保有しているため、画像領域拡大に極めて有用である。既に二重散乱波の合成開口処理により、画像再現範囲を飛躍的に増大できることが示されているが、同手法は受信信号の多重積分に基づくため、特に3次元問題では、数十時間程度の膨大な計算量が必要となる。本研究課題では、同問題を本質的に解決するため、信号の積分処理を必要としない目標距離情報だけを用いたイメージング処理を確立し、二重散乱波イメージングの精度・分解能・処理速度を大幅に向上させる手法を開発する。

### (4) マルチスタティックによる移動目標計測

既に開発されているRPM法は静止目標を仮定している。同手法を適切な観測モデルへ拡張し、移動目標計測に適する手法を考案する。まず、移動目標に対して、瞬時に複数のデータを取得するため、マルチスタティックモデル(一点送信、多点受信)を用いる。同モデルは、異なる位置での散乱点情報を瞬時に取得できるため、移動目標推定に有効である。次に得られた受信データからRPM法により目標境界を推定し、各時刻のイメージを追跡することにより移動量と目標形状・位置を同時かつ高精度に推定する手法を開発する。

#### (5) 3次元RPM法の高速化

RPM法は、観測される距離点群の大域的分布から高精度に到来角度を推定することが可能であり、極めて複雑な目標形状に対応可能であり、超分解能性を保有するための根幹をなす画像化手法である。しかし、同精度は探索変数(到来方向等)の離散化幅に依存し、特に比較的遠方の3次元問題では、同精度を保持するためには、膨大な計算量が必要となり、精度と計算量の間にはトレードオフが存在する。RPM法のアルゴリズムを改良し、同問題を本質的に解決する。

#### 4. 研究成果

##### (1) 任意軌道に適する全方向型室内空間イメージング法の開発

3- (1) で述べる通り、RPM法を、従来の直線走査から任意の曲線走査へ拡張させた。これは特に、救助ロボットが室内を自由に移動しながら目標を高精度にイメージングする際に必要不可欠な拡張である。RPM法は原理的に不連続領域を含む任意の曲線走査に拡張可能であり、直ちにこれを実施した。しかし同拡張では、到来角度推定の不確定性に起因する虚像が生じる問題がある。高精度な全方向イメージングを実現するため、本方法では虚像と実像との空間的局在性の違いに着目し、到来方向推定範囲を制限することで虚像を抽出し、これを実像の結像領域に再写像させることで抑圧した。これにより、任意曲線上の素子走査でも高精度イメージングが実現可能であることを、FDTD法により電磁界解析に基づく数値計算により確認した。本成果は国際会議他、IEEEのレターに採録され、一定の評価を得ている。

##### (2) 楕円体近似に基づく高精度目標外挿法

3- (2) で述べる通り、観測領域が限定される状況では、RPM法及び他のレーザイメージング法で得られる推定像は全体像のごく一部しか原理的に再現できないという問題を有する。同問題を軽減するため、まず目標形状を近似的に複数楕円体の集合とみなし、限られた推定境界点から楕円体による目標外挿補間を行う手法を提案した。同手法では、雑音環境下におけるデータ空間の補間誤差が、実空間上の補間誤差に対して著しく低いことを発見し、データ空間上に写像された距離曲線に対してデータを整合させることで、安定性及び精度を飛躍的に改善させた。

更に同手法を多重散乱波モデルに拡張した。同手法では室内等の壁を模倣し、目標と壁の二回散乱波をイメージングに利用する

ことで、直接散乱波では再現できなかった領域を画像化し、その結果、楕円体群補間の精度・ロバスト性を著しく向上させた。同手法は実際の室内計測で想定される多重散乱波を抑圧するのではなく、積極的に利用することによって、精度を改善する手法であり、有用性が高い。

上記成果は学術誌論文1件採録の他、国際会議3件、国内会議3件で発表する等、一定の成果を得ている。

##### (3) 二重散乱波による影領域イメージングの高速・高精度化

多重散乱波を積極的に利用した画像化領域拡大法について検討した。多重散乱波は複数散乱中心の情報を保有しているため、画像領域拡大に極めて有用である。従来の二重散乱波画像化法は、受信信号の多重積分に基づくため、特に3次元問題では、数十時間程度の膨大な計算量が必要となる。これを解決するため、報告者らは二重散乱波の距離波面の素子に関する偏微分と2つの散乱中心への到来角度との解析的關係を導出し、RPM法の特徴を利用して、二重散乱波から抽出される距離情報のみを用いて、高速に目標境界点群へ写像させる画像化アルゴリズムを開発した。これにより、目標境界点群を1/100波長規模の精度で再現できるだけでなく、約10秒程度で3次元画像を得ることができるため、従来の問題点を飛躍的に改善することが可能となった。

一方、同手法は、二重散乱波の距離微分を用いることで、極めて高速に目標影領域をイメージングしている。一方、同微分処理は干渉及び不規則雑音に対する誤差感度が高く、目標形状が複雑な場合または雑音が無視できない環境下では画像化精度が著しく劣化するという問題がある。

同問題を解決するため、同距離点群の大域的性質を利用した影領域画像化法を提案した。まず、RPM法を一回散乱距離点群に適用し、同目標推定点を一回散乱位置の候補点とする。二回散乱距離点群に対応する一回散乱位置を同候補点群の交点の集積度を評価することで決定する。これはRPM法の原理を二重散乱波に応用したものであり、距離点群の大域的情報を抽出して、影領域をイメージングするため、雑音・干渉に対しても画像化精度を保持できる。数値計算により精度を評価し有効性を示した。本研究成果を国内外の学会で発表し、IEEE及びIEICEで各1件の論文が掲載された。また、同成果は2件の国際会議論文賞([1] Young Scientist Award URSI 2011, [2] Young

Scientist Award ISAP 2011)及び電気通信普及財団よりテレコムシステム技術賞を受賞する等、その情報通信分野においても注目を集め、高い評価を得ている。今後は、同手法を誘電体内部イメージング等に拡張する予定である。

#### (4) マルチスタティックによる移動目標計測

3- (4) で述べる通り、マルチスタティック観測 (一点送信, 多点受信) モデルを用いた画像化手法を提案した。本手法では特に複数目標における干渉抑圧を実現するため、RPM法のイメージを用いて目標をクラスタリングし、また目標境界点と距離点が一対一対応することに着目して、異なるクラスタのイメージに対応する距離点を干渉ポイントから除去する方法を導入した。また、特に回転運動の推定精度を向上させるため、目標境界上の法線ベクトルを評価関数に導入した。これはRPM法の目標上の各点の法線ベクトルが空間差分等を用いることなく直接的に計算できるという特徴を活かしたものである。同拡張により、2次元及び3次元モデルにおいて任意の目標境界の任意の運動に対する高精度目標位置・形状推定法を導出した。幾何光学近似に基づく実際の測定環境を模擬した数値計算により、運動および形状位置の推定精度は約百分の一の波長を保持すること示した。同手法は2件の国際会議で論文賞を受賞する他、IEICEで一件の学術論文の掲載が決定する等、当該分野で高い評価を得ている。

#### (5) 3次元 RPM 法の高速化

3- (5) で述べる通り、従来のRPM法の精度は探索変数 (到来方向等) の離散化幅に依存し、特に比較的遠方の3次元問題では、同精度を保持するためには、膨大な計算量が必要となり、精度と計算量の間にトレードオフが存在する。同問題を本質的に改善するため、球の交点分布の集積度に関する評価値をRPM法に導入し、高速性と精度を保持する手法を開発した。従来のRPM法は目標の散乱中心位置を推定するために複数のアンテナの位置とそこで観測される距離情報を用いて到来角度を推定している。しかし、同到来角度の評価では、二つの球の交線からの距離を評価値として用いて、同到来角度の変数 (平面走査モデルでは $x, y$ に相当) を探索する必要があり、これには局所最適解を回避するため、全探索が必須となる。しかし同手法の精度を保持するためには、同探索変数を十分に細かく離散化する必要があるため、特に3次元問題及び10波長以上の遠方領域では、計算時間が膨大に

なってしまう。即ち推定精度と計算時間に致命的なトレードオフが存在する。

これを本質的に解決するため、本手法では3つの球の交点自体に集積度を評価する評価値を与え、その交点群の中から散乱中心位置として適切な点を抽出する。これにより、探索変数の離散化や探索範囲等の問題が解消され、計算時間は解析領域に依存せず、従来のトレードオフを本質的に改善した。

数値計算に基づく評価により、従来法で確保可能な精度を実現するためには、同計算時間が4.5時間程度必要となるのに対し、提案法では同精度を確保するに必要な処理時間は、270秒程度に抑えられることを示した。本手法は従来RPM法に存在する計算量と再現精度のトレードオフを本質的に解決し、その処理速度を約40倍程度高速化するなど、特に遠方領域の立体計測に非常に有用である。同成果はIEEE GRS Letterに採録が決定され、また、国際会議1件、国内会議1件で発表を行った。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計11件)

- [1] Ryo Yamaguchi, Shouhei Kidera and Tetsuo Kirimoto, "Accurate Imaging Method for Moving Target with Arbitrary Shape for Multi-static UWB Radar", *IEICE Trans. Commun.*, vol. E96-B, 2013 (in press)(査読有).
- [2]. Shouhei Kidera and Tetsuo Kirimoto, "Robust and Accurate Image Expansion Algorithm Based on Double Scattered Range Points Migration for UWB Imaging Radars", *IEICE Trans. Commun.*, Vol. E96-B, No. 4, 2013 (in press) (査読有). DOI: 10.1587/transcom.E96.B.1061
- [3] Shouhei Kidera and Tetsuo Kirimoto, "Efficient 3-Dimensional Imaging Method Based on Enhanced Range Points Migration for UWB Radars", *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, vol. 10, 2013 (in press) (査読有). DOI: 10.1109/LGRS.2012.2230611
- [4].Shouhei Kidera, Hiroyuki Yamada and Tetsuo Kirimoto, "Accurate 3-dimensional Imaging Method Based on Extended RPM for Rotating Target Model", *IEICE Trans. Commun.* vol. E95-B, no. 10, pp. 3279-3289, Oct., 2012 (査読有). DOI: 10.1587/transcom.E95.B.3279
- [5]Yoriaki Abe, Shouhei Kidera and Tetsuo Kirimoto, "Accurate Image Expansion

Method Using Range Points Based Ellipse Fitting for UWB Imaging Radar", *IEICE Trans. Commun.*, vol. E95-B, no. 7, pp. 2424-2432, July, 2012 (査読有).

DOI: 10.1587/transcom.E95.B.2424

[6] Shouhei Kidera and Tetsuo Kirimoto, "Fast and Shadow Region 3-dimensional Imaging Algorithm with Range Derivative of Doubly Scattered Signals for UWB Radars", *IEEE Trans. on Antennas and Propagation*, vol.60, No. 2, pp. 984-996, Feb, 2012 (査読有).

DOI: 10.1109/TAP.2011.2173128

[7]. Yoriaki Abe, Shouhei Kidera, Tetsuo Kirimoto, "Accurate and Omni-directional UWB Radar Imaging Algorithm with RPM Method Extended to Curvilinear Scanning Model", *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, vol. 9, No. 1, pp. 144-148, Jan., 2012 (査読有). DOI:

10.1109/LGRS.2011.2162313

[8]. Shouhei Kidera, Takuya Sakamoto and Toru Sato "Extended Imaging Algorithm Based on Aperture Synthesis with Double Scattered Waves for UWB Radars", *IEEE Trans. Geosci. & Remote Sens.*, vol.49, no.12, pp.5128-5139, Dec., 2011 (査読有).

DOI: 10.1109/TGRS.2011.2158108

[9]. Ken Akune, Shouhei Kidera, Tetsuo Kirimoto, "Acceleration for Shadow Region Imaging Algorithm with Multiple Scattered Waves for UWB Radars", *IEICE Trans. Commun. (Letter)*, vol. E94-B, No. 9, pp.2696-2699, Sep., 2011 (査読有)

DOI: 10.1587/transcom.E94.B.2696

[10]. Shouhei Kidera and Tetsuo Kirimoto, "Multi-Static UWB Radar Approach Based on Aperture Synthesis of Double Scattered Waves for Shadow Region Imaging", *IEICE Trans. Electronics*, (Brief Paper), vol.E94-C, No. 8, pp. 1320-1323, Aug, 2011 (査読有).

DOI: 10.1587/transle.E94.C.1320

[11]. Shouhei Kidera, Takuya Sakamoto and Toru Sato, "Super-Resolution UWB Radar Imaging Algorithm Based on Extended Capon with Reference Signal Optimization", *IEEE Trans. Antennas & Propagat.*, Vol.59,no.5,pp. 1606-1615, May, 2011 (査読有)

DOI: 10.1109/TAP.2011.2123059

[学会発表] (計 23 件)

[1] Ryo Yamaguchi, Shouhei Kidera and Tetsuo Kirimoto, "NON-PARAMETRIC IMAGING METHOD FOR MULTIPLE MOVING TARGETS WITH MULTI-STATIC UWB RADAR",

International Conference on Space, Aeronautical and Navigation Electronics 2012, International Symposium on Remote Sensing 2012, Incheon, Korea, October, 2012. (査読有)

[2] Shouhei Kidera, Tetsuo Kirimoto, "Efficient 3-Dimensional Imaging Algorithm Using PI Extraction Based RPM for Quasi-Far Field UWB Radars", 2012 IEEE International Conference on Ultra-Wideband ICUWB 2012, Syracuse, New York, U.S.A, 17-20 Sep., 2012.(査読有)

[3] Ryo Yamaguchi, Shouhei Kidera and Tetsuo Kirimoto, "Nonparametric and Accurate Imaging Algorithm for a Target with Arbitrary Motion Using Multi-static UWB Radar", 2012 IEEE International Conference on Ultra-Wideband ICUWB 2012, U.S.A, Sep., 2012. (査読有)

[4]. 国際会議論文 Shouhei Kidera and Tetsuo Kirimoto, "Experimental Study on Accurate 3-Dimensional Imaging Method Based on Extended RPM for Rotating Target", 2012 IEEE Geoscience and Remote Sensing Symposium, Munich, Germany, 22-27 Jul., 2012. (査読有)

[5] Shouhei Kidera and Tetsuo Kirimoto, "Accurate Shadow Region Imaging Algorithm Based on Doubly Scattered Range Points Migration for UWB Radars", International Symposium on Antennas and Propagation, ISAP 2011, Jeju, Korea, 25-28th, Oct., 2011. (査読有)

[6] Ryo Yamaguchi, Shouhei Kidera and Tetsuo Kirimoto, "Nonparametric UWB Radar Imaging Algorithm for Moving Target Using Multi-static RPM Approach", Asia-Pacific International Conference on Synthetic Aperture Radar (APSAR) 2011, Seoul, Korea, 26-30th, Sep., 2011. (査読有)

[7] Shouhei Kidera and Tetsuo Kirimoto, "Accurate 3-dimensional Image Expansion Algorithm Using Range Derivative of Double Scattered Signals for UWB Radars", The XXX General Assembly and Scientific Symposium of the International Union of Radio Science (URSI), Istanbul, Turkey, 13-20 Aug, 2011. (査読有)

[8] Yoriaki Abe, Shouhei Kidera and Tetsuo Kirimoto, "Accurate Shadow Region Imaging Algorithm Using Ellipse Extrapolation Based on Distorted Hyperbola Fitting for UWB Radars",

The XXX General Assembly and Scientific Symposium of the International Union of Radio Science (URSI), Istanbul, Turkey,

13-20 Aug, 2011. (査読有)

[9] Shouhei Kidera and Tetsuo Kirimoto, "Fast and Accurate Shadow Region Imaging Algorithm using Range Derivatives of Doubly Scattered Signals for UWB Radars", 2011 IEEE Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS 2011, Vancouver, Canada, 1-5 Aug, 2011. (査読有)

[10] Shouhei Kidera and Tetsuo Kirimoto, "Super-resolution UWB Radar Imaging Algorithm based on Frequency Domain Interferometer," International Workshop on Modern Science and Technology 2010 (IWMST 2010), Kitami, Japan, Sep, 2010. (査読有)

[11] Ken Akune, Shouhei Kidera, Tetsuo Kirimoto, "Acceleration for Shadow Region Imaging Algorithm with Multiple Scattered Waves for UWB Radars," International Workshop on Modern Science and Technology 2010 (IWMST 2010), Kitami, Japan, Sep, 2010. (査読有)

[12] Yoriaki Abe, Shouhei Kidera, Tetsuo Kirimoto, "Accurate UWB Radar Imaging Algorithm Using Curvilinear Scanning of Antenna," International Workshop on Modern Science and Technology 2010 (IWMST 2010), Kitami, Japan Sep, 2010. (査読有)

[13] 山口 亮, 木寺 正平, 桐本 哲郎, "マルチスタティック UWB レーダのための移動目標立体像再構成法" 電子情報通信学会 総合大会, B-2-43, 岐阜大学, Mar. 2013.

[14] 木寺 正平, 桐本 哲郎, "交点導出型 RPM 法による UWB レーダ高速立体像推定法" 電子情報通信学会 ソサイエティ大会, B-2-24, 富山大学, Sep. 2012.

[15] 山口 亮, 木寺 正平, 桐本 哲郎, "マルチスタティック UWB レーダを用いた複数移動目標イメージング法" 電子情報通信学会 ソサイエティ大会, B-2-23, 富山大学, Sep. 2012.

[16] 阿部 頼明, 木寺 正平, 桐本 哲郎, "UWB レーダのための距離点群を用いた高精度楕円体境界外挿法" 電子情報通信学会 総合大会, B-2-25, 岡山大学, Mar. 2012.

[17] 木寺正平 桐本 哲郎 "超広帯域信号を用いた近距離レーダイメージング," 第4回横断型基幹科学技術研究団体連合 (横幹連合) コンファレンス, 北陸先端技術大学, 石川県 Nov. 2011

[18] 山口 亮, 木寺 正平, 桐本 哲郎, "マルチスタティック RPM 法を用いた移動目標レーダイメージング" 電子情報通信学会 ソサ

イエティ大会, B-2-14, 北海道大学, Sep. 2011.

[19] 阿部 頼明, 木寺 正平, 桐本 哲郎, "UWB レーダのための距離点群を用いた高精度目標境界楕円外挿法" 電子情報通信学会 総合大会, C-1-38, 東京都市大学, Mar. 2011.

[20] 木寺 正平, 桐本 哲郎, "UWB レーダのための二重散乱波の距離微分を用いた立体影領域・高速イメージング法" 電子情報通信学会 総合大会, B-1-49, 東京都市大学, Mar. 2011.

[21] 山田浩之, 木寺正平, 桐本 哲郎 "回転目標モデルにおける RPM 法を用いた高速立体像再構成法" 電子情報通信学会 宇宙・航行エレクトロニクス研究会, 信学技報, vol. 110, no, 425, SANE-2010-161, pp. 13-18, NICT(神戸研究所), Feb. 2011.

[22] 木寺正平, "二重散乱波の距離点群を用いた高速・高精度影領域レーダイメージング法" 電子情報通信学会 ソサイエティ大会, C-1-22, 大阪府立大学, Sep. 2010.

[23] 阿部頼明, 木寺正平, 桐本 哲郎, "曲線走査軌道を用いた高精度 UWB レーダイメージング法" 電子情報通信学会 ソサイエティ大会, C-1-21, 大阪府立大学, Sep. 2010.

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他]

ホームページ等

<http://www.radar.ee.uec.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

桐本 哲郎 (KIRIMOTO TETSUO)

電気通信大学・大学院情報理工学研究科・教授

研究者番号：10364142

(2) 研究分担者

木寺 正平 (KIDERA SHOUHEI)

電気通信大学・大学院情報理工学研究科・助教

研究者番号：00549701