

令和 2 年 6 月 4 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2016～2019

課題番号：16H05864

研究課題名（和文）シースルー型複合現実感モビリティシステムの開発

研究課題名（英文）Development of See-Through Mixed Reality Mobility System

研究代表者

大石 岳史 (Oishi, Takeshi)

東京大学・生産技術研究所・准教授

研究者番号：80569509

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 18,500,000円

研究成果の概要（和文）：本研究課題では、多人数が同時かつ広範囲に体験できるモビリティを利用した複合現実感（MR）システムの実現に向けて、MRにおける人間の視覚特性の評価やシステム実現のための関連技術の開発を行った。透視表示における遮蔽と人間の奥行き知覚の関係や仮想物体の視認性を明らかにし、その特性を利用した遮蔽処理、視認性向上手法の開発を行った。また3次元データと全方位映像によるモビリティのロバスト・高精度な位置姿勢推定手法など同時に開発し、オプティカルシースルー（OST）HMDによるモビリティMRシステムを実現した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

MRにおける既存問題の解決だけでなく、仮想物体の視認性を評価することによって人間の視覚特性を明らかにするとともに、それを利用した技術を開発しており、複数の研究分野に貢献している。また3次元ビジョン技術とMRモビリティシステムの開発により、これまでは個人や狭い範囲にとどまっていたMRの利用を拡大させ、今後のMRの可能性を広げる研究となっており社会的な意義も大きいと考えられる。

研究成果の概要（英文）：In this research project, we have evaluated human visual perception in Mixed Reality (MR) and developed related technologies to realize a mobility MR system to enable a large number of people to experience MR at the same time. We have clarified the relationship between occlusion and depth perception and the visibility of virtual objects, and have developed methods to improve the visibility and to handle occlusion by using the characteristics. We have also developed robust and accurate pose estimation methods for mobility using 3D data and omni-directional images, and have realized a mobility MR system using the optical see-through (OST) HMD.

研究分野：複合現実感

キーワード：複合現実感 3次元ビジョン

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

カメラやGPSなど様々なセンサを搭載したスマートフォンやタブレットが広く普及するに伴い、仮想物体を実世界に重畳して見せる拡張現実 (AR)・複合現実感 (MR) 技術も飛躍的に発達してきた。AR/MR は案内やナビゲーションといった日常生活の支援に加えて、建造物や人物を含む仮想世界を実世界に重畳して見せることができる。CG アニメーションや VR コンテンツではディスプレイ画面やシアタースクリーンなど屋内で鑑賞するのに対して、MR は実世界の景観をそのまま利用するため、ユーザは高い臨場感を得られる。そのため、建設予定の建造物や失われた文化財を仮想的に再現するなど、屋外の大規模な展示が必要な場面においても幅広い活用が期待されている。

屋外における AR/MR の実現には様々な問題がある。AR/MR において違和感のない合成画像を生成するためには、実世界と仮想世界との間の位置合わせを行い (幾何学的整合性)、両者の色・明るさ・陰影等を一致させる必要がある (光学的整合性)。屋外では光源環境が複雑かつ急激に変化するため、安定した位置合わせや陰影情報を一致させることは難しい。またシーン中に人物や木々など動物体が含まれるため、遮蔽処理の問題や他の様々な整合性の実現を困難にしている。携帯端末のみでは計算・描画性能に限界があるため、屋外では狭い範囲での利用に限定されるというのも問題であった。

また我々が開発してきた全方位映像を用いた VST 方式では、カメラ解像度やデータ転送の問題から十分な現実感を持つ映像を提供できないという問題があった。そのためハーフミラーや直接照射によるオプティカルシースルー (OST) 方式の利用が望ましい。しかし、OST ではカメラの位置姿勢推定だけでなく、人間の眼とディスプレイ位置の推定を行う必要があるため、位置合わせがさらに難しい問題となる。また外光とディスプレイの合成によって映像が生成されるため、遮蔽処理や視認性、色再現の問題など解決すべき多くの課題が残されている。

### 2. 研究の目的

本研究課題では、多人数が同時にかつ広範囲に体験できるモビリティを利用した複合現実感 (MR) システムの実現に向けて、MR における人間の視覚特性を明らかにし、その関連技術を開発することを目的とする。提案者らの研究グループではこれまで全方位映像によるビデオシースルー (VST) 方式による移動型 MR システムを提案してきた。本研究課題では、このシステムを発展させ、オプティカルシースルー (OST) 方式による現実感の高い MR の実現を最終的に目指すものとする。そのために透視表示における遮蔽と人間の奥行き知覚の関係や、背景や光源環境に応じた MR における視認性を明らかにし、その特性を利用した遮蔽処理、視認性向上手法の開発を行う。またシステムの実現に向けて3次元データと全方位映像によるモビリティのロバストな位置姿勢推定、ユーザの視線推定手法など同時に開発するものとする。

具体的には以下のような研究課題に取り組むものとする。重畳する仮想物体の現実感を向上させるためには、奥行き知覚に最も影響する遮蔽問題の解決が必須であるため、画像のフローや3次元モデルを用いて遮蔽処理を解決し、人間の奥行き知覚特性について明らかにする。また本課題では OST の視認性について明らかにするとともに、光源や背景の変化に対してロバストな視認性の向上手法を提案する。さらに視認性向上のためにはユーザ個々のグローバルな位置姿勢 (視線) が必要である。しかし個々のセンサやカメラから推定するのはモビリティ本体やユーザによる遮蔽もあるため困難である。そこで、本研究課題ではモビリティのグローバル位置姿勢推定と、ユーザのローカルな位置姿勢推定を組合せて行う。これにより各ユーザ端末での処理が軽減されるだけでなく、遮蔽に影響されない位置姿勢推定が可能となる。

### 3. 研究の方法

本提案課題では、個別の技術の技術の開発を進め、順次モビリティ MR システムに統合していく。研究は主に、1. モビリティの位置姿勢推定手法の開発、2. ユーザの視線推定手法の開発、3. 視認性の推定・向上手法の開発、4. 遮蔽処理手法の開発、奥行き知覚特性の解明、の4つに分かれている。1および2は連携して進める必要があるが、それ以外の項目は平行して開発を進める。各手法の数値評価は大学内で行うが、主観評価は定期的な地域での一般公開実験においてユーザへのアンケート調査によって行う。この一般公開実験での評価をもとに、課題・改善手法を考案して新たな開発を進めるという反復プロセスによって、開発を着実に進めていく体制とする。

#### (1) 視認性の評価、向上手法の開発

仮想物体を実世界に一樣に重畳した際に、OST のような半透明表示の場合には、背景の応じて視認性が大きく変わってしまう。そこで、仮想物体の視認性を評価し、それをもとに出力を変化させ、背景によらず一樣に視認性を制御できる手法を開発する。視認性は前景と背景の空間周波数の差や、テクスチャの方向、色彩などによって知覚され方が異なる。そこで背景画像と前景画像を解析し、知覚モデルに当てはめることによって視認性を評価する。またディスプレイデバイスの輝度や色彩の表現範囲にも制限がある。これらの限界を明らかにするとともに、色彩、輝度の最適な表示方法を求める手法を開発していく。

#### (2) 計測 3 次元データと複数全方位画像を用いた頑健な位置姿勢推定

レーザレンジセンサを用いてモデル化した 3 次元データを用いることによって、カメラ座標系と CG 座標系の位置合わせ、また光源変化に頑健な特徴点抽出・探索手法を開発する。提案者らが開発してきた、大規模建造物の 3 次元モデル化技術を用いることで、実シーンの正確な 3 次元モデルを取得することが可能である。光源変化に対応するためには、色情報を含む 3 次元モデルから特徴量をシミュレーションによって求める。複数の全方位カメラによって得られた複数の全方位画像を用いることによって、従来のカメラによる位置姿勢推定に比べて、容易な計算で、安定して位置姿勢推定できる手法を開発する。

#### (3) 計測 3 次元データを利用した遮蔽処理手法の開発

計測 3 次元データと、カメラのグローバル位置姿勢が正しく推定されていればシーンの奥行きを推定し、遮蔽処理を実現できる。しかし実際には位置姿勢推定には誤差が含まれるため、実際のシーンの 3 次元データと映像とがぴったりと重なることは無い。そこで、確率マップなどから半透明に表示することで遮蔽を適切に表現するようにする。半透明表示による奥行き知覚モデルは、これまでの我々の研究グループでの研究から得られている。このモデルを用いることで、違和感のない遮蔽処理が可能になるものと推測される。

#### (4) 奥行き知覚評価と遮蔽処理手法の開発

物体の奥行きを知覚する際には、陰影や解像度などに加えて、遮蔽表現が最も大きな役割を果たしている。特に屋外環境においては、木や建物などの障害物だけでなく、人や車といった様々な遮蔽物が存在する。そのため事前に計測したデータのみからでは正しい遮蔽を表現することはできない。一方、本提案システムは移動を前提としているため、全方位映像からフローを求めることは比較的容易である。そこで、このフローと移動量を用いることによって、シーン全体の奥行きを推定し、遮蔽処理を実現する手法を開発する。また様々な要因のなかで、遮蔽や陰影などがどの程度奥行き知覚に影響するかについて評価する手法について検討していく。

#### (5) レーザプロファイラを用いたグローバル位置姿勢推定

全方位画像のみからの位置姿勢推定では、光源変化の影響や、離散化誤差、レンズ歪みの影響などによって正確な推定は困難である。そこでレーザプロファイラから実時間で得られた距離データを用いることで、正確な位置姿勢推定を行う手法を開発する。レーザプロファイラからは数ミリ精度の誤差の距離データが得られる。これを計測 3 次元データと位置合わせすることによって、より正確な位置姿勢を求めることができる。プロファイラの場合、1 ラインのスキャンデータしか得られないため、1 ラインと 3 次元データの位置合わせになる。そのため冗長性が多く発生するが、モビリティの移動は滑らかであるという拘束や、反射率と色彩の整合性を用いることで正しく位置合わせする手法を開発する。

#### (6) ユーザのローカル位置姿勢（視線）推定

前述のように、OST において映像を生成するためには、ユーザのグローバルな視線が必要である。本課題ではモビリティのグローバル位置姿勢が推定されていると仮定することができるため、モビリティとユーザのローカル位置姿勢（視線）を求めればよい。さらに HMD にカメラを内側に取り付けて視線を観測する技術が発達していることから、ローカル位置姿勢を求めるためには、HMD の位置姿勢を求めればよいことになる。HMD を外部から RGBD カメラによって観測し、その姿勢を画像および 3 次元マッチングによって位置姿勢を求める。またこの手法の場合、数段階の位置姿勢推定誤差が含まれるので、これらを評価し、改善する必要がある。

### 4. 研究成果

#### (1) 計測 3 次元データを用いたモビリティのグローバル位置姿勢推定

都市空間など遮蔽物が多い場所では、車両の位置姿勢を GPS や IMU によって高精度に求めるのは難しい。そこで事前に取得した周辺の 3 次元データを参照データとして、車両に搭載した複数カメラを用いた高精度位置姿勢推定手法を開発した。我々は大規模建造物の 3 次元モデル化技術を長年開発してきており、レーザレンジセンサを用いて実世界の高精度な 3 次元モデルを取得することが可能である。この 3 次元モデル化技術によって得られたデータを用いることによって、カメラ座標系と CG 座標系の位置合わせを高精度に行うことができる。モビリティ MR システムは複数の全方位カメラを搭載しており、これらのカメラによって得られた複数の全方位画像を同一 3 次元座標系で扱うことによって、従来の一台のカメラによる位置姿勢推定に比べて、安定かつ高精度に位置姿勢推定可能な手法を開発した。この計測 3 次元データ及び複数カメラから得られた画像を用いたモビリティの位置姿勢推定手法の評価を行ったところ、GPS 測位が困難な都市空間の実験環境において、6cm 未満の位置精度、0.2 度未満の姿勢精度が得られることを確認した。さらに 3 次元周辺マップを用いて現在位置における周辺環境の見えをシミュレーションし、適切な特徴点を選択的に用いることで高精度な位置姿勢が可能となることも示した。

## (2) 仮想物体の視認性向上

仮想物体を実世界に様に重畳した際に、OSTのような半透明表示の場合には、背景の応じて視認性が大きく変わってしまうという問題がある。そこで我々は仮想物体の視認性を評価し、それをもとに出力を変化させ、背景によらず様に視認性を制御できる手法を開発した。この視認性は前景と背景の空間周波数の差や、テクスチャの方向、色彩などによって異なる。そこで輝度、色彩の表現範囲に応じた最適な表示方法の開発を行った。また屋外において仮想物体と現実世界の光学的整合性を実現するための要素技術として、大気遠近を表現するための大気混濁係数の推定と、実時間レンダリング手法も併せて開発した。

## (3) 意味情報を用いた遮蔽処理

MRにおいては仮想物体と実物体を奥行き方向に正しい順序で表示する遮蔽処理が奥行き知覚を高めるために重要である。我々は、低い精度、密度の奥行き画像と、シーンの意味的(セマンティック)情報を用いて違和感のない遮蔽を実現する手法を開発した。計測された3次元データとカメラの相対位置姿勢が正しく推定されていれば、計測データからシーンの奥行きを取得し、遮蔽を表現できる。しかし実際には位置姿勢推定には誤差が含まれ、また未計測箇所や樹木などの3次元データが精度が不十分であるといった問題もある。そこで奥行き画像と意味的分割されたラベル画像から前景背景の疎な確率マップを推定し、この確率マップと半透明知覚に基づく遮蔽描画手法によって違和感のない遮蔽処理を実現する手法を開発した。さらにビデオシーンスルー型MRのための遮蔽処理技術を拡張し、意味的情報を利用したOSTシステムのための遮蔽処理手法を開発した。この手法では、各領域の意味的情報と奥行き値から、実世界と仮想世界に遮蔽が生じる部分における描画パラメータを調整している。描画には上記の視認性レンダリングを適用しており、この遮蔽処理手法によってOSTにおいても違和感のない重畳が可能となった。

## (4) 高精度・高密度奥行き画像推定

前述のように事前計測データを用いる場合、静的な物体の遮蔽処理は可能であるが、人や車といった動的な物体への奥行きはオンラインで推定する必要がある。モビリティの場合、移動を前提としているため入力カメラ映像からオプティカルフローを求めることは可能であり、さらに移動量が既知とすればシーン全体の奥行きを推定することができる。ただし移動量には誤差が含まれているため正しい奥行きを求めることは難しい。そこでオプティカルフローと3次元形状の拘束条件を緩和し、位置姿勢推定に誤差が含まれている場合でも高精度なオプティカルフローと奥行き画像を同時に推定できる手法を開発した。また遮蔽処理や車両の位置姿勢推定高精度化のために、LiDARデータと画像データを融合させ、高密度・高精度な奥行きマップを実時間で取得する手法を開発した。LiDAR点群は疎であるが高精度であるため、画像の輝度情報と意味的(セマンティック)情報に応じてLiDAR点群を方向性をもって画像中に伝搬させることによってLiDARデータの高密度化を実現した。LiDARの計測範囲についての問題は、連続する複数フレームからモーションステレオによって奥行きマップを生成し、LiDAR点群を外挿することによって補っている。

## (5) カメラLiDAR融合による高精度位置姿勢推定

MRモビリティシステムの位置姿勢推定の高精度化、および環境3次元データを効率的に取得するために、移動型3次元計測システムのためのカメラLiDAR融合による位置姿勢推定手法を開発した。自動運転などに用いられる実時間LiDARは精度も解像度も低いため、位置姿勢推定制度にも限界がある。一方、MMS(モバイルマッピングシステム)に用いられているようなプロファイラは奥行き精度は高いが、ラインセンサであるため重なりがなく、位置合わせ処理による位置姿勢推定はできない。そこで、プロファイラデータを画像中に投影し、投影された点をトラッキングすることによって高精度な位置姿勢推定が可能な手法を開発した。またカメラLiDAR融合システムにおいては、センサ間の校正が推定精度に大きな影響を与えることが明らかとなった。そこで、位置姿勢推定手法と同様に点群を画像中に投影して、奥行き付き特徴点を用いることによってカメラLiDAR間の相対位置姿勢を求める校正の高精度化を実現した。

## (6) OSTモビリティMRシステムの開発

これまで開発を進めてきたモビリティMRの実現に向けた基礎技術を用いて、オプティカルシーンスルー型HMDによる移動型MRシステムを実装した。基盤となるビデオシーンスルー方式による移動型MRシステムを改良して、Microsoft社製HoloLensを用いて電気バス上でMR体験できるシステムを開発した。本システムでは、HoloLensが持つカメラによるトラッキング機能を用いて車両中のローカルな位置姿勢推定を行い、車両と周辺環境間の関係はGPSと外部全方位カメラによるグローバルな位置姿勢推定によって求め、これらを組み合わせることによって、つまり車両を介して、視線と周辺環境の相対位置姿勢を求めることが可能となった。本システムをキャンパス公開において一般公開を行い、その有用性を確認した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Morales Carlos, Oishi Takeshi, Ikeuchi Katsushi	4. 巻 9
2. 論文標題 Real-time rendering of aerial perspective effect based on turbidity estimation	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 IP SJ Transactions on Computer Vision and Applications	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） <a href="https://doi.org/10.1186/s41074-016-0012-1">https://doi.org/10.1186/s41074-016-0012-1</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Roxas Menandro, Oishi Takeshi	4. 巻 5
2. 論文標題 Variational Fisheye Stereo	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Robotics and Automation Letters	6. 最初と最後の頁 1303 ~ 1310
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/LRA.2020.2967657	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hirata Atsuki, Ishikawa Ryoichi, Roxas Menandro, Oishi Takeshi	4. 巻 4
2. 論文標題 Real-Time Dense Depth Estimation Using Semantically-Guided LIDAR Data Propagation and Motion Stereo	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEE Robotics and Automation Letters	6. 最初と最後の頁 3806 ~ 3811
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/LRA.2019.2927126	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計28件（うち招待講演 5件／うち国際学会 19件）

1. 発表者名 A. Hirata, R. Ishikawa, M. Roxas and T. Oishi
2. 発表標題 Real-Time Dense Depth Estimation Using Semantically-Guided LIDAR Data Propagation and Motion Stereo
3. 学会等名 The 2019 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems（国際学会）
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 R. Ishikawa, T. Oishi, K. Ikeuchi
2 . 発表標題 Dynamic Calibration between a Mobile Robot and SLAM Device for Navigation
3 . 学会等名 The 28th IEEE International Conference on Robot and Human Interactive Communication ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 M. Roxas, T. Hori, T. Fukiage, Y. Okamoto, T. Oishi
2 . 発表標題 Occlusion Handling using Semantic Segmentation and Visibility-Based Rendering for Mixed Reality
3 . 学会等名 24th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology ( 国際学会 )
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 R. Ishikawa, T. Oishi, K. Ikeuchi
2 . 発表標題 LiDAR and Camera Calibration using Motion Estimated by Sensor Fusion Odometry
3 . 学会等名 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems ( 国際学会 )
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 M. Roxas, T. Hori, T. Fukiage, Y. Okamoto, T. Oishi
2 . 発表標題 Occlusion Handling using Semantic Segmentation and Visibility-Based Rendering for Mixed Reality
3 . 学会等名 The 13th International Workshop on Robust Computer Vision ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 A. Hirata, R. Ishikawa, M. Roxas, T. Oishi
2 . 発表標題 Interpolation and Extrapolation of LiDAR Data using Camera Images
3 . 学会等名 The 13th International Workshop on Robust Computer Vision ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 R. Ishikawa, T. Oishi, K. Ikeuchi
2 . 発表標題 Lidar and Camera Calibration using Motions Estimated by Sensor Fusion Odometry
3 . 学会等名 The 13th International Workshop on Robust Computer Vision ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 T. Oishi
2 . 発表標題 3D Vision for Mobility
3 . 学会等名 2nd International MIS workshop on 3D Vision and Robotics ( 招待講演 ) ( 国際学会 )
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 M. Roxas, T. Oishi
2 . 発表標題 Real-Time Simultaneous 3D Reconstruction and Optical Flow Estimation
3 . 学会等名 IEEE Winter Conf. on Applications of Computer Vision ( 国際学会 )
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 M. Roxas, T. Oishi
2 . 発表標題 Real-Time Simultaneous 3D Reconstruction and Optical Flow Estimation
3 . 学会等名 The 12th International Workshop on Robust Computer Vision ( 国際学会 )
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Y. Ike, R. Menandro, Y. Okamoto, T. Oishi
2 . 発表標題 Robust Visual Localization using Effective Feature Points in Dense 3D Map
3 . 学会等名 The 12th International Workshop on Robust Computer Vision ( 国際学会 )
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 K. Hasegawa, Y. Okamoto, T. Oishi, T. Fukiage
2 . 発表標題 Geometrically and Optically Robust Optical See-Through Mixed Reality System with Eye Tracking Techniques
3 . 学会等名 The 12th International Workshop on Robust Computer Vision ( 国際学会 )
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 T. Oishi
2 . 発表標題 Accurate Position and Pose Estimation for Mobile Platforms using Dense 3D Model
3 . 学会等名 Korea-Japan Workshop on Robotics and Information Technology for Better Quality of Life ( 国際学会 )
4 . 発表年 2017年



1 . 発表者名 C. Morales, S. Ono, Y. Okamoto, M. Roxas, T. Oishi and K. Ikeuchi
2 . 発表標題 Outdoor Omnidirectional Video Completion via Depth Estimation by Motion Analysis
3 . 学会等名 Proc. International Conference on Pattern Recognition ( 国際学会 )
4 . 発表年 2016年

1 . 発表者名 M. Roxas, T. Hori, and T. Oishi
2 . 発表標題 Variational Optical Flow with 3D Smoothness Constraint for a Single Moving Camera
3 . 学会等名 The 11th International Workshop on Robust Computer Vision ( 国際学会 )
4 . 発表年 2016年

1 . 発表者名 C. Morales, S. Ono, Y. Okamoto, M. Roxas, T. Oishi and K. Ikeuchi
2 . 発表標題 Panoramic Video Completion from Depth Recovery by Pixel Motion Assessment
3 . 学会等名 The 11th International Workshop on Robust Computer Vision ( 国際学会 )
4 . 発表年 2016年

1 . 発表者名 T. Hori, T. Fukiage, R. Menandro, Y. Okamoto and T. Oishi
2 . 発表標題 Occlusion Handling by Semantic Segmentation and Transparency Blending for Outdoor Mixed Reality
3 . 学会等名 The 11th International Workshop on Robust Computer Vision ( 国際学会 )
4 . 発表年 2016年

1. 発表者名 Y. Okamoto, K. Fujimoto, T. Oishi and K. Ikeuchi
2. 発表標題 Robust Motion Estimation for MR Mobility System with Multiple Panoramic Cameras
3. 学会等名 The 11th International Workshop on Robust Computer Vision (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Takeshi Oishi
2. 発表標題 Laser Scanning Systems on Mobile Platforms
3. 学会等名 2016 Korea-Japan Workshop on Robotics and Information Technology for Better Quality of Life (招待講演) (国際学会)
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
研究協力者	岡本 泰英  (Okamoto Yasuhide)	東京大学・生産技術研究所・特任助教	
研究協力者	ローハス メナンドロ  (Roxas Menandro)  (90272517)	東京大学・生産技術研究所・特任助教	
研究協力者	石川 涼一  (Ishikawa Ryoichi)	東京大学・生産技術研究所・特任研究員	

## 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
連携研究者	池内 克史 (Ikeuchi Katsushi) (30282601)	東京大学・情報学環・名誉教授  (12601)	
連携研究者	佐藤 啓宏 (Sato Yoshihiro) (00607591)	東京大学・生産技術研究所・特任助教  (12601)	