

令和 2 年 6 月 10 日現在

機関番号：23201

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K16093

研究課題名(和文)最適な多次元センサ融合で実現する超高精度移動体追尾

研究課題名(英文)Accurate Moving Object Tracking Using Optimal Multi-Dimensional Sensor Fusion

研究代表者

佐保 賢志 (Saho, Kenshi)

富山県立大学・工学部・講師

研究者番号：00732900

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：ロボットやヒトの運動の正確なモニタリングのための、超高精度移動体追尾法の開発・解析・応用を行った。計測システム及び計測対象が有するレーダ、カメラ、速度・加速度センサのデータが通信可能な場合を想定し、これらで観測される位置・速度・加速度からなる多次元の観測データを入力とする追尾フィルタの提案と理論解析を行った。位置・速度・加速度からなる多次元観測値を用いる追尾フィルタの最適構成を解明し、各種センサの特長を最大限に活かすための多次元入力データ融合法の開発した。さらに開発した追尾技術を人体の歩行や起立着座運動における胴体や脚など各部位の運動の詳細な解析に応用した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

レーダによる高分解能計測、及びIoTに基づくセンサ間通信は、いずれも近年開発されつつある技術である。本研究はこれらの技術を、複数種・多次元のセンサ融合による超高精度移動体追尾へと発展させた点に学術的意義を有する。また本研究成果により、複雑な移動体計測システムの設計が劇的に簡易化したのみならず、追尾フィルタの一般理論の発展へ貢献することができた。さらに、レーダやカメラ等の主に自動車や監視への応用に主眼が置かれている各種センサの応用範囲を、高齢者の見守りシステムなどにも応用可能な人体の正確な追尾に基づく運動解析へと広げることができ、本技術分野の新応用開拓に貢献した。

研究成果の概要(英文)：This study developed, analyzed, and applied accurate moving object tracking methods for monitoring of robots and human motions. Tracking filters that uses multi-dimensional fusion of measurement data with radars, cameras, velocity and acceleration sensors as input data are propose and analyze. We have verified the optimal configuration of a tracking filter using multidimensional data of position, velocity and acceleration, and developed a multidimensional sensor data fusion technology. In addition, the developed tracking technology was applied to the detailed analysis of the motions of each part of human body, such as the torso and legs, in gait and sit-to-stand/stand-to-sit movements.

研究分野：計測工学

キーワード：移動体追尾 センサ融合 ドップラーレーダ カルマンフィルタ 運動解析

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

ロボットや重機等の自動運転のため、高精度な周囲環境モニタリング技術が渴望されている。特に衝突防止のための移動体追尾が重要であり、カメラやレーダの観測値を主に用いる追尾フィルタが検討されている。しかし、上述の応用が想定する複雑な環境下で実用可能な精度を得ることは現状では困難である。そこで近年、IoT(Internet of Things)関連技術によりセンサ間の通信が可能と想定し、各種センサで観測した多次元データ融合による高精度化を狙った技術開発が行われている。しかし下記2点の問題により、適切な追尾システム設計は未だ困難である。

- 問題点：多次元データの入力を仮定した追尾フィルタの理論特性が不明：従来の追尾フィルタは主に位置のみの観測を仮定しており、速度や加速度などからなる多次元・多入力観測データの利用はあまり検討されていない<sup>3</sup>。そのため、センサ融合追尾システムの開発では、フィルタ選定やそのパラメータ設定が経験的に行われており、その有効性と汎用性は保証されていない。最近の研究により、位置と速度を共に観測値とする追尾フィルタの基礎特性が解明されつつあるが、未だ研究途上である。さらに、加速度観測を利用する追尾フィルタの特性解析はほとんどなされていない。
- 問題点：データ融合を考慮した場合の計測誤差特性が不明確：カメラやレーダによる移動体精密計測は、機器の小型化・コンピュータの高機能化に伴いその研究開発が本格化した技術であり、近年その基礎が確立されつつある。しかし、追尾システム設計で必要となる、融合データの計測誤差特性の詳細は十分に解明されていない。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、複数種のセンサで得られる多次元観測データの最適な融合による超高精度移動体追尾の実現である。センサとして、比較的汎用性の高いステレオカメラ、速度センサ(車輪速センサ)、加速度センサと、研究代表者が専門とするドップラーレーダを使用する。具体的な研究課題は以下の2点である。

- 課題1. 位置・速度・加速度からなる多次元観測値を用いる追尾フィルタの最適構成解明：図1に従来の研究、前述の先行研究(2)、及び本研究の概要を示す。問題点の通り従来の追尾理論は位置のみの観測を前提としていたため、センサ融合追尾システムの設計は経験的に行われている。そこで、応募者は先行研究において位置と速度を入力として用いる追尾フィルタの基礎特性を解明し、レーダを中心としたセンサ融合への応用例を示した。本課題では先行研究(2)を発展させ、位置・速度・加速度を観測値とする追尾フィルタの最適構成を解明する。追尾誤差を最小化するフィルタ係数・モデル設定を解析的に明らかにする。

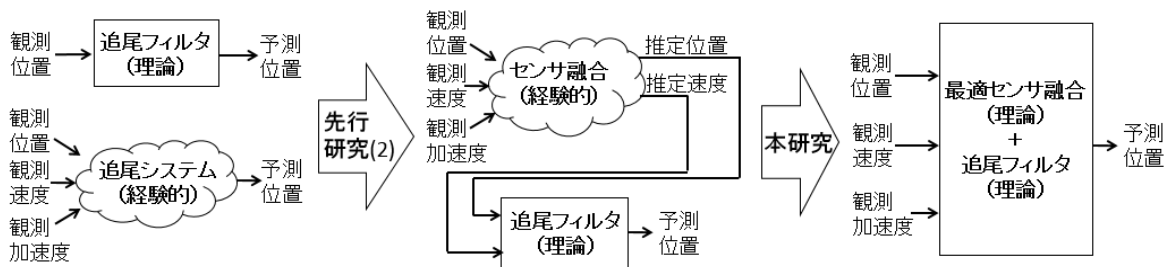


図1: 従来の研究(左)、先行研究(2)(中央)、及び本研究(右)の概要

- 課題2. 各種センサの特長を最大限に活かすための多次元入力データ融合法の開発と実験検証：検討する追尾システムでは、位置と速度の観測データが異なるセンサより複数得られ、さらに各々の誤差特性や標本化間隔が異なる。しかし問題点の通り、センサ融合を考慮した計測特性は分かっていない。そのため従来は、データの単純平均や経験的に構成したカルマン・粒子フィルタ等が用いられ、異種センサ間特性の差異を厳密に考慮した融合はなされていない。本課題では、多様な特性の多次元センサデータを最大限に活かすためのデータ融合法を探求する。複数入力を仮定した追尾フィルタにおける最適な融合方法、及びデータの適切な補間・選択処理を、実データと数値計算の比較に基づくデータ同化理論に基づき解明する。

### 3. 研究の方法

図2に示すシステム及び実験系により、各種センサ融合方式における追尾誤差の定式化とその実験検証を行った。各方式における伝達関数及び定常誤差を制御理論に基づき定式化した。そして課題1に対応する検討を実施するために、最適化理論に基づき最適なモデルの構築を試みた。実験においては、主に課題2に対応する検討を行った。計測対象として移動ロボットのみでなく歩行や起立着座を行う人体目標も仮定し、実応用で計測が求められる運動パラメータが最適に得られるか、及びそのための各センサの設定や信号処理(フィルタ処理)法を検討した。

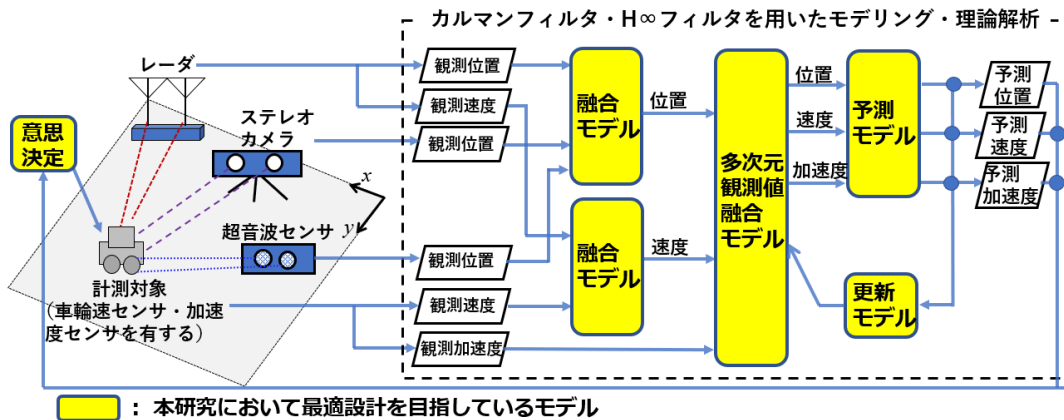


図 2 : センサ融合追尾システムモデリングの概要

#### 4. 研究成果

本研究で得られた主要な成果は以下の通りである。

- 位置と加速度センサーが通信可能な場合を想定し、その最適追尾(最小誤差追尾)を実現するセンサ融合及び追尾フィルタの実装方法を提案した。さらに、この提案を通じて RMS-index 指標という、追尾の定常誤差を観測雑音分散とフィルタ係数のみで閉じた形で表現可能であり、かつ目標に対する先見情報を殆ど必要としない指標を考案し、この最小化に基づく新たな追尾フィルタ設計法を提案した。この成果は既に国外の研究者にも引用されフィルタ設計に実用されるなど、学術的に高い評価を受けつつある。
- 従来主に追尾用途に使われてきたカルマンフィルタおよびその拡張である拡張カルマンフィルタや粒子フィルタだけでなく、ロバスト性を考慮した  $H_{\infty}$  フィルタによる、位置と速度を観測値とする追尾フィルタについて定式化と最適化を行った。特に目標の運動の不安定性が大きい場合に、従来の各種フィルタより提案フィルタが有効であることを示している。
- 位置・速度・加速度を全て融合した 3 入力追尾フィルタについて、カルマンフィルタの場合と、任意の係数を設定可能な線形追尾フィルタの場合の両方について、その特性を世界で初めて理論解析した。この解析は現在も進行中であり、いずれでもこれまで経験的にしか知られていなかった追尾フィルタ設計に関する各種ノウハウの正しさ(及び一部の誤り)を数学的に証明することに成功しつつある。
- 図 3 に示す移動ロボット追尾、及び図 4 に示す歩行運動追尾において、提案法で構築したフィルタにより高精度に追跡できることを示した。特に図 4 の歩行者追尾については、各種センサ融合追尾フィルタの性能を比較し、その優劣と理論解析の妥当性を共に示す結果が得られた(図 5)。以上より、本研究成果の実用性が示された。

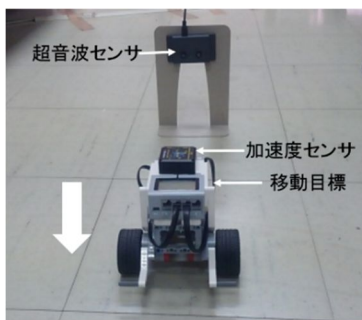


図 3: 移動ロボット追尾システム

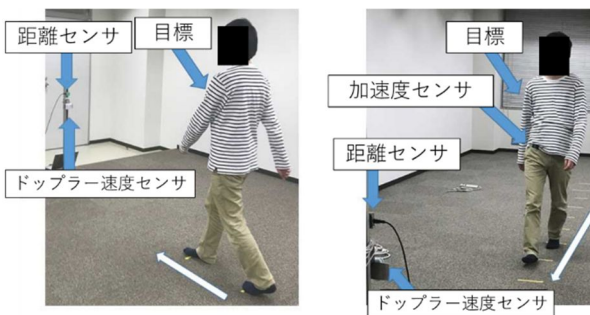


図 4: センサ融合歩行者追尾システム

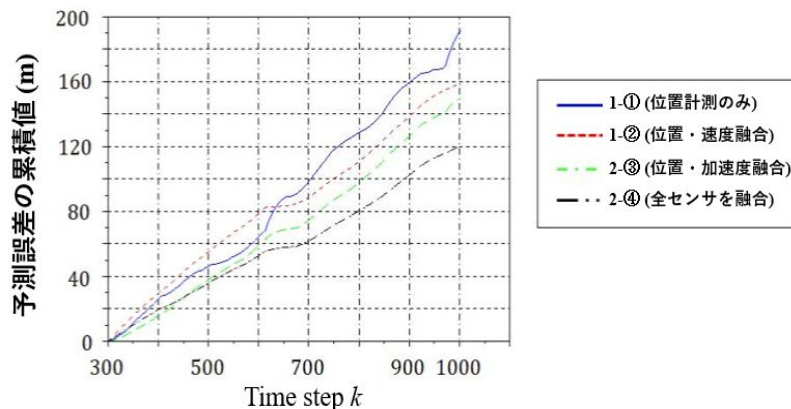


図 5: センサ融合追尾システムの追尾(予測)誤差評価結果

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計16件（うち査読付論文 16件／うち国際共著 2件／うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 Kenshi Saho, Keisuke Inuzuka, and Keitaro Shioiri	4. 巻 4
2. 論文標題 Person Identification Based on Micro-Doppler Signatures of Sit-to-Stand and Stand-to-Sit Movements Using a Convolutional Neural Network	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Sensors Letters	6. 最初と最後の頁 3500304
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/LSSENS.2020.2975219	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 Kenshi Saho, Kazuki Uemura, Masahiro Fujimoto, and Michito Matsumoto	4. 巻 8
2. 論文標題 Evaluation of Higher-Level Instrumental Activities of Daily Living via Micro-Doppler Radar Sensing of Sit-to-Stand-to-Sit Movement	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Journal of Translational Engineering in Health and Medicine	6. 最初と最後の頁 2100211
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/JTEHM.2020.2964209	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 Takanori Shibata and Kenshi Saho	4. 巻 2020
2. 論文標題 Performance analysis of position tracking filter using only velocity measurement	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of 6th IEEJ International Workshop on Sensing, Actuation, Motion Control, and Optimization (SAMCON2020)	6. 最初と最後の頁 7008
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	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 Sora Hayashi, Kenshi Saho, Hiroaki Okinaka, Lin Meng, and Masao Masugi	4. 巻 2019
2. 論文標題 Detection and Classification of Human Motion in Blind Area Using Micro-Doppler Radar	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of International Conference on Advanced Mechatronic Systems (ICAMechS)	6. 最初と最後の頁 pp. 224-228
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/ICAMechS.2019.8861524	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 Shibata Takanori, Saho Kenshi	4. 巻 8
2. 論文標題 Correct Stability Condition and Fundamental Performance Analysis of the - - - Filter	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 2523
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/app8122523	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 Saho Kenshi	4. 巻 2018
2. 論文標題 Steady-State Performance Analysis of Tracking Filter Using LFM Waveforms and Range-Rate Measurement	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Mathematical Problems in Engineering	6. 最初と最後の頁 9487581
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1155/2018/9487581	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 佐保 賢志, 馬杉 正男	4. 巻 137
2. 論文標題 単一のパルスドップラーレーダ干渉計のための拡張Nearest-Neighbor法による複数移動目標アソシエーション	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 電気学会論文誌C (電子・情報・システム部門誌)	6. 最初と最後の頁 676-677
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejeiss.137.676	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 Kenshi Saho, Masahiro Fujimoto, Masao Masugi, and Li-Shan Chou	4. 巻 17
2. 論文標題 Gait Classification of Young Adults, Elderly Non-Fallers and Elderly Fallers Using Micro-Doppler Radar Signals: A Simulation Study	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 IEEE Sensors Journal	6. 最初と最後の頁 2320-2321
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/JSEN.2017.2678484	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 該当する

1. 著者名 佐保 賢志, 高橋 悠祐, 馬杉 正男	4. 巻 30
2. 論文標題 離/加速度センサの融合に基づく運動目標追尾用固定係数フィルタの特性解析	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 システム制御情報学会論文誌	6. 最初と最後の頁 135-142
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5687/iscie.30.135	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 Kenshi Saho, Masao Masugi	4. 巻 7
2. 論文標題 Performance Analysis and Design Strategy for a Second-Order, Fixed-Gain, Position-Velocity-Measured ( - - - ) Tracking Filter	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 758
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/app7080758	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 Kenshi Saho	4. 巻 8
2. 論文標題 Optimal Steady-State Range Prediction Filter for Tracking with LFM Waveforms	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/app8010017	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 Kenshi Saho, Yusuke Takahashi, and Masao Masugi	4. 巻 7
2. 論文標題 Moving Object Tracker using Sensor Fusion of Ultrasonic Range Finder and Accelerometer	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of International Council on Electrical Engineering	6. 最初と最後の頁 34-40
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/22348972.2016.1277447	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 Yuta Sasaki, Fang Shang, Shouhei Kidera, Tetsuo Kirimoto, Kenshi Saho, and Toru Sato	4. 巻 14
2. 論文標題 Three-dimensional Imaging Method Incorporating Range Points Migration and Doppler Velocity Estimation for UWB Millimeter-wave Radar	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters	6. 最初と最後の頁 122-126
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/LGRS.2016.2628909	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 佐保賢志, 高橋悠祐, 馬杉正男	4. 巻 30
2. 論文標題 距離/加速度センサの融合に基づく運動目標追尾用固定係数フィルタの特性解析	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 システム制御情報学会論文誌	6. 最初と最後の頁 135-142
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 佐保賢志, 馬杉正男	4. 巻 137
2. 論文標題 単一のパルスドップラレーダ干渉計のための拡張Nearest-Neighbor法による複数移動目標アソシエーション	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 電気学会論文誌C	6. 最初と最後の頁 676-677
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejeiss.137.676	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 Kenshi Saho, Masahiro Fujimoto, Masao Masugi, and Li-Shan Chou	4. 巻 17
2. 論文標題 Gait Classification of Young Adults, Elderly Non-Fallers and Elderly Fallers Using Micro-Doppler Radar Signals	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 IEEE Sensors Journal	6. 最初と最後の頁 2320-2321
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/JSEN.2017.2678484	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 該当する

〔学会発表〕 計28件（うち招待講演 4件 / うち国際学会 11件）

1. 発表者名 犬塚圭亮, 塩入 慶太郎, 佐保 賢志
2. 発表標題 起立・着座動作のドップラーレーダ画像を用いた個人識別
3. 学会等名 電気学会情報システム研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 林 空良, 佐保 賢志, 馬杉正男
2. 発表標題 ドップラーレーダを用いた死角領域からの飛び出し予測のための実験的検討
3. 学会等名 電子情報通信学会ITS研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 盛田 修, 林 真美, 小島 千昭, 大倉 裕貴, 佐保 賢志
2. 発表標題 マルチエージェント制御に基づく複数耕作機械の経路設計と相対位置・相対速度の推定の検討
3. 学会等名 第29回インテリジェント・システム・シンポジウム(FAN2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 柴田 孝則, 佐保 賢志
2. 発表標題 等角速度ターンモデルを用いた追尾フィルタの理論誤差解析
3. 学会等名 第29回インテリジェント・システム・シンポジウム(FAN2019)
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 佐保 賢志
2. 発表標題 小型レーダーによる無拘束な運動速度計測 ～身体・認知機能評価への適用～
3. 学会等名 2018 年度第 6 回ヒューマンロコモーション評価技術協議会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroaki Okinaka, Kenshi Saho, Masahiro Fujimoto, Seiken Go, Masao Masugi, Kouki Sugano, Kazuki Uemura, Michito Matsumoto
2. 発表標題 it Classification of Healthy Young and Elderly Adults Using Micro-Doppler Radar Remote Sensing
3. 学会等名 Joint 10th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 19th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (SCIS-ISIS2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 柴田 孝則, 佐保 賢志
2. 発表標題 等ジャークモデルを用いた移動体追尾フィルタの安定性と定常誤差解析
3. 学会等名 計測自動制御学会 システム・情報部門 学術講演会 (SSI 2018)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 沖中 宏彰, 呉 政賢, 佐保 賢志, 菅野 功貴, 藤本 雅大, 馬杉 正男, 上村 一貴, 松本 三千人
2. 発表標題 マイクロドップラーレーダを用いた若年者と高齢者の歩容判別
3. 学会等名 システム制御情報学会研究発表講演会 (SCI'18),
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 柴田 孝則, 佐保 賢志
2. 発表標題 4次追尾フィルタ( - - - フィルタ)の定常特性解析
3. 学会等名 システム制御情報学会研究発表講演会 (SCI'18)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takanori Shibata, Kenshi Saho
2. 発表標題 Steady-State Performance Analysis of Fourth-Order Moving-Object Tracker (alpha-beta-gamma-delta Filter)
3. 学会等名 Proceedings of The 2018 International Symposium on Advanced Technologies and Applications in the Internet of Things (ATAIT 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kenshi Saho
2. 発表標題 Gait analysis using micro-Doppler radar for fall-risk assessment of elderly people
3. 学会等名 The 2018 International Symposium on Advanced Technologies and Applications in the Internet of Things (ATAIT 2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 沖中 宏彰, 佐保 賢志, 馬杉 正男
2. 発表標題 位置と速度を観測値としたH フィルタによる移動体追尾
3. 学会等名 システム制御情報学会研究発表講演会 (SCI'17)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kenshi Saho
2. 発表標題 Gait classification based on difference of balance ability using micro-Doppler radar for identification of elderly pedestrians with high-risk of falls
3. 学会等名 APSCIT 2017 Annual Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐保 賢志, 柴田 孝則
2. 発表標題 加速度センサを用いたジャーク(加加速度)逐次推定フィルタの特性解析及び最適化
3. 学会等名 電子情報通信学会・情報処理学会・電気学会ITS研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 沖中 宏彰, 佐保 賢志, 菅野 功貴, 藤本 雅大, 馬杉 正男
2. 発表標題 マイクロドップラーレーダを用いた若年者と高齢者の歩行計測及び歩容解析
3. 学会等名 第38回バイオメカニズム学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 呉 政賢, 沖中 宏彰, 佐保 賢志, 馬杉 正男, 藤本 雅大
2. 発表標題 マイクロドップラーレーダを用いた歩行者運動検知
3. 学会等名 ASTER技術テーマ講演会×研究パネル発表会×公開技術セミナー
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kenshi Saho, Kouki Sugano, Kazuki Uemura, and Michito Matsumoto
2. 発表標題 Estimation of Gait Parameters Correlated with Cognitive Function Using Micro-Doppler Radar
3. 学会等名 2018 RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing (NCSP'18) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kenshi Saho
2. 発表標題 Optimal Second-Order Kalman Filter for Pulse Radar Tracking Using Acceleration Information
3. 学会等名 The 5th Annual Conference on Engineering and Information Technology (ACEAIT2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kenshi Saho and Masao Masugi
2. 発表標題 Performance Analysis of Fixed-Gain Position-Velocity-Measured Tracking Filter
3. 学会等名 The 2nd International Conference on Control, Automation and Robotics (ICCAR2016) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Kenshi Saho, Yusuke Takahashi, and Masao Masugi
2. 発表標題 Moving Object Tracker using Sensor Fusion of Ultrasonic Range Finder and Accelerometer
3. 学会等名 International Conference on Electrical Engineering (ICEE2016) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Motoshi Anabuki, Shigeaki Okumura, Takuya Sakamoto, Kenshi Saho, Toru Sato, Mototaka Yoshioka, Kenichi Inoue, Takeshi Fukuda, and Hiroyuki Sakai
2. 発表標題 High-resolution Imaging and Identification of Multiple Pedestrians Using UWB Doppler Radar Interferometry and Adaptive Array Processing
3. 学会等名 International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP2016) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Shouhei Kidera, Yuta Sasaki, Shang Fang, Tetsuo Kirimoto, Kenshi Saho, and Toru Sato,
2. 発表標題 Accuracy Enhanced RPM Method Using Doppler Based Range Points Clustering for 140GHz Band UWB Radar
3. 学会等名 International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP2016) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Kenshi Saho
2. 発表標題 Micro-Doppler Radar Signal Processing for Human Gait Recognition
3. 学会等名 2016 International Conference for Top and Emerging Computer Scientists (IC-TECS2016) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 佐保賢志, 高橋悠祐, 馬杉正男
2. 発表標題 距離/加速度センサの融合に基づく運動目標追跡法の特性解析
3. 学会等名 システム制御情報学会研究発表講演会 (SCI'16)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 佐保賢志, 高橋悠祐, 馬杉正男
2. 発表標題 距離/加速度センサの融合による高精度移動体追跡の実験的検討
3. 学会等名 電子情報通信学会 I T S 研究会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 佐保賢志, 藤本雅大, 馬杉正男
2. 発表標題 マイクロドップラーレーダを用いた歩行人体の遠隔計測及び歩容分類
3. 学会等名 第37回バイオメカニズム学術講演会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 佐保賢志, 藤本雅大, 馬杉正男
2. 発表標題 マイクロドップラーレーダを用いたバランス能力の差異に基づく歩行者認識 ~ 若年者/高齢者/高齢転倒経験者の歩容分類 ~
3. 学会等名 電子情報通信学会 I T S 研究会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 佐保賢志
2. 発表標題 パルスドップラーレーダ干渉計のための視線方向速度情報を活用する複数目標追尾法
3. 学会等名 電気学会全国大会
4. 発表年 2017年

## 〔図書〕 計2件

1. 著者名 Ginalber Luiz Serra, Kenshi Saho, et al.	4. 発行年 2018年
2. 出版社 IntechOpen	5. 総ページ数 314 (233-251)
3. 書名 Kalman Filters: Theory for Advanced Applications	

1. 著者名 Juan Zhang, Michael J. Corinthios, Shuqun Zhang, Davis Montenegro, Javier Gonzalez, Weidong Chen, Kenshi Saho, Xiaowei Yang, Warsame H. Ali, Emmanuel S. Kolawole, Ivan S. Uroukov	4. 発行年 2016年
2. 出版社 Nova Science Publishers	5. 総ページ数 189(57-78)
3. 書名 Digital Signal Processing (DSP): fundamentals, techniques and applications	

## 〔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
---------------------------	-----------------------	----