

令和 4 年 5 月 12 日現在

機関番号：34310

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2021

課題番号：18K04062

研究課題名（和文）二輪車ITS：LiDAR-IoTによる狭隘道路環境での協調予防安全システム

研究課題名（英文）Two-wheel vehicle ITS: Cooperative active safety system using LiDAR-IoT in narrow road environments

研究代表者

橋本 雅文（Hashimoto, Masafumi）

同志社大学・理工学部・教授

研究者番号：10145815

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：狭隘道路環境において、二輪車に対する高度な予防安全を実現する基盤研究として、二輪車搭載のLiDARによる単独型環境センシング技術（環境地図生成技術と移動物体認識技術）、IoT技術によりクラウド空間に集約した自車と周辺車両からの環境センシング情報に基づく協調型環境センシング技術（環境地図の統合・更新技術、協調移動物体認識技術）を検討し、実験プラットフォームとシミュレータによる特性評価実験を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で確立した基礎技術は、二輪車のみならず多様な移動デバイスに活用できることから、社会・産業的な観点からは、ITSのみならず人間共存ロボティクス分野などの予防安全技術シーズ創生、防災・減災・社会インフラ管理ロボティクス分野などの高精度環境地図生成技術シーズ創生にもつながる。また、学術的な観点からは、大きな姿勢変化を伴う状況での低精度の車載センサ情報に基づく環境認識センシング、3次元地図生成・更新の高精度化技術、またそれに伴う情報統合・融合技術に関して新たな知見を提示でき、センシング情報処理分野の進展に寄与することができる。

研究成果の概要（英文）：As a fundamental research to achieve active safety for two-wheeled vehicles in narrow road environments, we have studied (1) individual environmental sensing technology (environmental map building and moving-object recognition) using LiDAR mounted on two-wheeled vehicle, (2) cooperative environmental sensing technology (environmental map merging and update and cooperative moving-object recognition) based on environmental sensing information from own vehicle and surrounding vehicles using IoT technology, and (3) evaluation of the proposed sensing technologies through experiments using experimental platform and simulator.

研究分野：ロボティクス，メカトロニクス，ITS，知覚情報処理

キーワード：ITS 二輪車 LiDAR 協調環境センシング 環境地図生成・統合・更新 移動物体認識 予防安全

1. 研究開始当初の背景

機動性や利便性の高い自転車やバイクなどの二輪車は、渋滞緩和や環境保全、健康増進のための重要なモビリティ手段となっており、高齢者の利用も多い。二輪車は車体の小ささから周辺の自動車からの認知が遅れること、また、二輪車搭乗者のヘルメット装着により視野が狭くなることから安全確認が不十分となり、重大な事故が増加している。特に、二輪車でよく利用される見通しの悪い狭隘道路環境での自動車や交通弱者との事故が多く、社会的に深刻な問題となっている。交通システムの安全性や利便性の向上を目的とした高度交通システム(ITS)において、環境認識センシング技術やダイナミックマップ(動的マップ)技術に基づく予防安全システムが整備、推進されるものの、それらはいずれも自動車を対象に高速道路や自動車専用道路、幹線道路での利用を前提としたものである。

環境認識センシング技術に関して、車載用環境認識センサとして LiDAR センサが大きく期待される中、二輪車は四輪車と比較して旋回時や凹凸路面走行時に車体が大きく揺動することから、四輪車での使用を前提とした環境認識センシング手法では誤認識を引き起こすため、車体揺動時でもロバストな新たなセンシングアルゴリズムの構築が望まれる。また、動的マップの基盤となる高精度3次元地図の作成には高精度 LiDAR を車載した測量専用車両が不可欠であるが、測量コストと時間の点から市街地や山間地の生活道路、観光道路などの狭隘道路環境での活用は困難なため、二輪車などの一般車両が車載する低精度 LiDAR 情報からでも高精度3次元地図を生成、更新できる技術の確立が喫緊の課題である。

以上のように、狭隘道路環境での二輪車と自動車、二輪車と交通弱者など、二輪車に関連する事故を未然に防ぐ二輪車 ITS における基盤研究を推進することが重要である。

2. 研究の目的

狭隘道路環境において、自転車やバイクなどの二輪車搭乗者、その周辺を移動する交通弱者に対する高度な予防安全を実現する基盤研究として、①二輪車搭載の LiDAR による単独型環境センシング技術(環境地図生成技術と移動物体認識技術)、②IoT 技術によりクラウド空間に集約した自車と周辺車両からの環境センシング情報に基づく協調型環境センシング技術(環境地図の統合・更新技術、協調移動物体認識技術)を検討し、③実験プラットフォームとシミュレータによる特性評価実験を行った。

3. 研究の方法

(1) 単独型環境認識センシング：環境地図生成

狭隘道路環境では GNSS(Global navigation satellite system)情報が十分に得られない場合が多い。そこで、非 GNSS 環境でかつ周辺に移動物体が存在する非 GNSS 動的環境下を対象に、二輪車に搭載した LiDAR を用いて NDT-Graph SLAM(Normal distributions transform-Graph simultaneous localization and mapping)により3次元点群環境地図を生成した。

一般的に LiDAR はレーザ光をスキャンすることで全方位を観測する。研究で用いた LiDAR はレーザ1回転する周期は100msであり、LiDARの1回転内において0.55ms毎に点群データが180回得られる。NDT スキャンマッチングに基づく二輪車の自己姿勢の算出周期は、LiDARが1回転する100msであることから、自己姿勢推定において、LiDARが1回転分の観測点群を一度に取得できると仮定して世界座標系に LiDAR 観測点群をマッピングすると、二輪車が移動や揺動する場合は LiDAR 観測点群に歪が生じる。そこで、このような LiDAR 観測点群の歪を拡張カルマンフィルタにより補正する。そして、補正した観測点群より占有グリッド法を用いて静止物体に関する観測点群を抽出して環境地図の生成を行った。

(2) 単独型環境認識センシング：移動物体認識

LiDARにより時々刻々得られる観測点群(新規観測点群)には静止物体に関する観測点群と移動物体に関する観測点群の両方が含まれている。静止物体に関する LiDAR 観測点群により移動物体の誤認識が生じやすいことから、新規観測点群と環境地図とで差分を行うことで、新規観測点群には存在するが、環境地図には存在しない観測点群(差分抽出観測点群)を抽出する。そして、差分抽出観測点群をもとに占有グリッド法により移動物体を検出し、移動物体を追跡(位置・速度、大きさ推定)した。

(3) 協調型環境認識センシング：複数環境地図の統合・更新

複数のビークルが生成した複数の環境地図(部分地図)をクラウド上に集約して大きな環境地図を生成した。複数の部分地図の統合は Graph-SLAM を基礎に行う。まず、部分地図中に含まれる共通点を検出する。共通点は、部分地図それぞれにおいて主成分分析法を用いて LiDAR 観測点群の空間分布形状を調べ、マッチングさせることにより検出する。共通点が見つかったら、共通点を訪れた際のビークル相対姿勢の算出を行う。そして、相対姿勢制約を各地図に対する因子グラフ統合の制約として与え、評価関数を最適化して部分地図を統合した。

また、環境地図構築において、道路地物の変化に応じて地図を更新していくことは重要である。そこで、複数のビークルからの LiDAR 観測点群の多数決に基づき地図を更新する方法を検討した。

(4) 協調型環境認識センシング：移動物体認識

移動物体認識では、センサ座標系で得られる LiDAR 観測点群を自車の自己姿勢情報を用いて世界座標系に座標変換することが必要となる。そのため、協調移動物体追跡では、世界座標系での自己姿勢推定精度が LiDAR (ビークル) 毎に異なると、同一物体にもかかわらず各 LiDAR ではそれを異なる物体と誤認識するなどの問題が生じる。この問題を解決するため、複数 LiDAR の共通視野内で得られる LiDAR 観測点群をマッチングさせて相対姿勢を精度よく推定する協調スキャンマッチング法を検討した。

まず、市街地環境での適用を前提として、環境に存在するポール状物体(電柱や信号灯など)に対して両 LiDAR の共通視野内に存在するポール状物体を抽出する。そして、ポール状物体の重心点に対して CVFSAC (Corresponding vector fitting sample and consensus)法 によって粗位置合わせを行い、LiDAR 相互の相対姿勢の概算値を求める。次に、相対姿勢の概算値を初期値として ICP(Iterative closest point)法を利用し、LiDAR 共通視野内の全静止観測点群を用いて精密位置合わせを行い、LiDAR 相互の正確な相対姿勢値を求める。

次に実環境ではポール状物体が存在しない場合や、存在しても周囲の移動物体の陰になり検出できない場合も多い。そこで協調スキャンマッチングにより相対姿勢を求める方法として、ランドマークをポール状物体に限定することなく、各 LiDAR で得られる LiDAR 観測点群から FPFH (Fast point feature histogram) を用いて環境特徴点を抽出し、RANSAC (Random sample consensus) により対応づけることで各 LiDAR 間の相対姿勢の粗位置合わせを行う。そして NDT スキャンマッチングにより精密位置合わせを行う方法を検討した。

4. 研究成果

(1) 単独型環境認識センシング：環境地図生成

LiDAR と IMU(Inertial measurement unit)を搭載した二輪車を図 1(a)に示す公道を走行させた。ロール運動しながら左折中に生成した地図生成結果を図 1(b)に示す。なお、環境中には 3 台の自動車と 3 人の歩行者が存在していたが、それらに関する観測点も除去され、精度よく環境地図が生成されていることが分かる。



(a) 実験環境

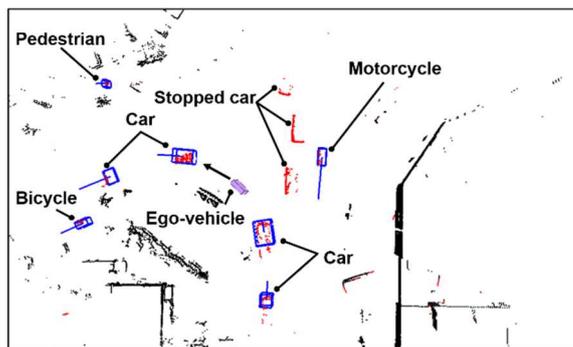


(b) 地図生成結果

図 1 実験環境と地図生成結果 (環境地図生成実験)



(a) 実験環境



(b) 移動物体追跡結果(上面図)

図 2 実験環境と移動物体追跡結果 (移動物体追跡実験)

(2) 単独型環境認識センシング：移動物体認識

LiDAR と IMU を搭載した二輪車が図 2(a)の交差点を左折中に行った移動物体追跡 (位置, 速度, 大きさ推定) 結果を図 2(b)に示す。図 2(b)中の青色長方形は追跡物体の大きさ推定結果を、長方形から伸びているスティックは追跡物体の推定進行方位, スティックの長さは推定速度の大きさを示す。また、赤点は環境地図差分によって抽出された LiDAR 観測点群を、黒点は除去された LiDAR 観測点群を表す。

図より環境地図差分によって建物や壁などの静止物体に関する LiDAR 観測点群は除去され、歩行者や自動車など移動物体に関する LiDAR 観測点群は抽出できていることが分かる。また、姿勢変化が大きい左折時においても移動物体を追跡できていることが分かる。

(3) 協調型環境認識センシング：複数環境地図の統合・更新

図 3 に示す住宅地環境内でビークルを 10~20km/h の速度で走行させ、走行中に得られた LiDAR 観測点群をもとに 3 領域（領域 1, 2, 3）の環境地図（部分地図）生成と統合を行った。領域 1, 2, 3 でのビークルの走行距離はそれぞれ、700m, 600m, 700m である。部分地図の生成結果と統合結果を図 4 に示す。部分地図の統合はまず部分地図 1, 2 を統合し、次にその統合地図と部分地図 3 と統合している。これより精度よく地図が統合できていることが分かる

シミュレータ（Simcenter PreScan）を用いて作成した図 5(a) に示す市街地動的環境において、異なる時刻において 3 台のビークル（ビークル 0, 1, 2）を走行させ、走行中に得られる LiDAR 情報をもとに環境地図構築と更新を行う。なお、図 5(a)

に示す領域 1 において、ビークル 0 走行時にあった建物（図 6(a)

は、ビークル 1, 2 走行時にはなくなっている（図 6(b)）。ビークル 0 が走行時に得た LiDAR 情報をもとに参照地図を構築し、ビークル 1, 2 の走行時に得た LiDAR 情報を用いて地図を更新した結果を図 5(b) に示す。領域 1 における参照地図、地図更新結果をそれぞれ、図 6(a), (b) に示す。図 6 より、ビークル 0 走行時にしか存在しない領域 1 の建物（図 6(a) 中の青点）が、更新地図では除去できていることが分かる。



図 3 実験環境（上面図）

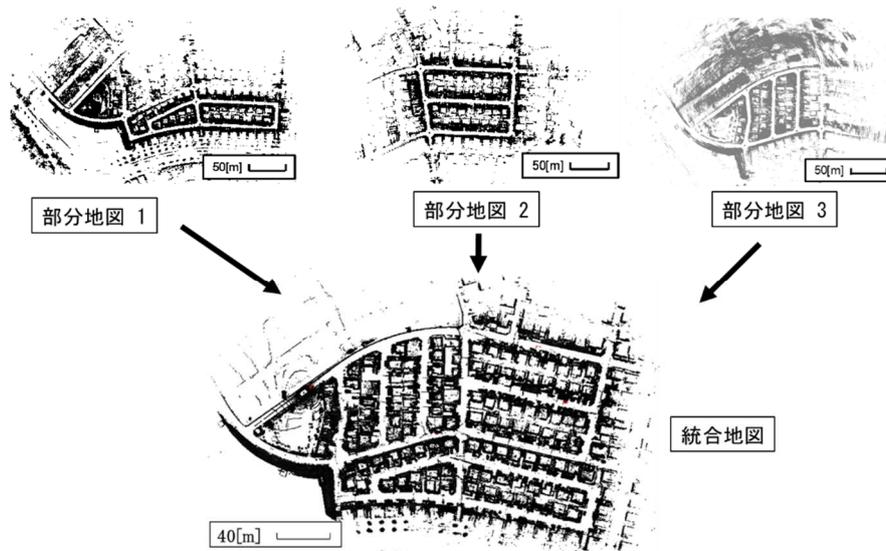


図 4 部分地図と統合地図（上面図）

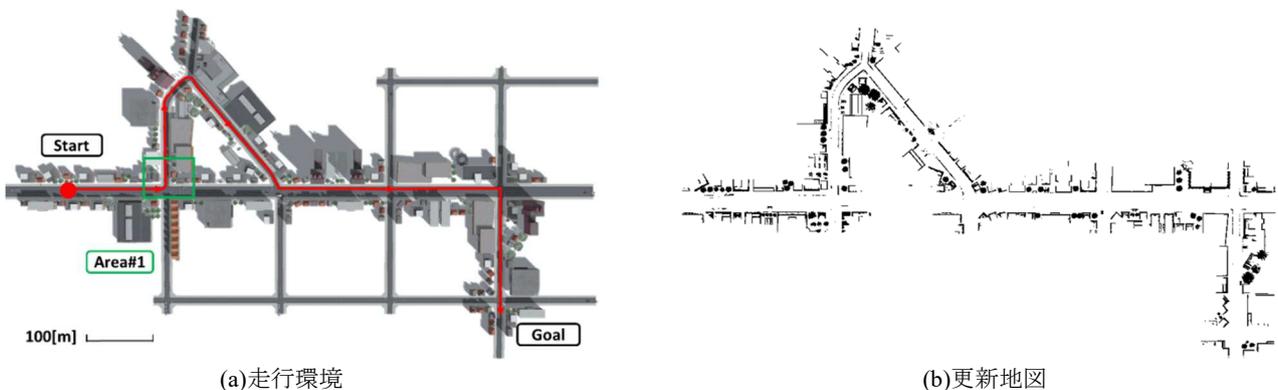


図 5 走行環境と更新地図（上面図）

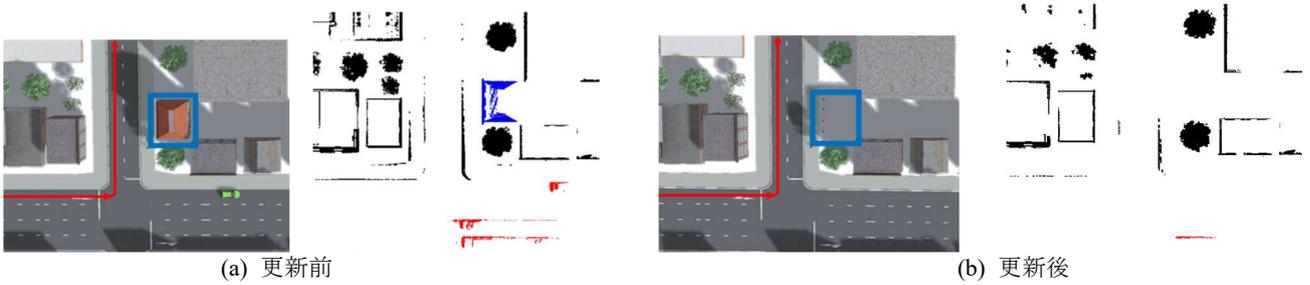


図6 領域1の地図更新結果（上面図）

(4) 協調型環境認識センシング：移動物体認識

図7に示す人物や自転車が移動する環境下において協調スキャンマッチングと移動物体追跡実験を行った。なお、環境中にはポール状物体として6本のポールが存在する。図8に両LiDARの観測点群のマッピング結果を示す。(a)は協調スキャンマッチングを行わずに両LiDARの自己姿勢情報をもとにマッピングした結果を。(b)は協調スキャンマッチングを行った場合の結果である。黒点、赤点はそれぞれ、地上LiDAR、移動LiDARの観測点である。また人物や自転車に関する観測点群は青色の直方体で囲っている。



図7 実験環境

図8(a)では両LiDARの相対姿勢に誤差があるため、建屋の壁に対する観測点群が大きくずれたり、ひとりの人物が二人と検出されている。他方、図8(b)では協調スキャンマッチングにより両LiDARの相対姿勢誤差が軽減され、両LiDARの観測点群が一致している。

移動物体追跡結果を図9に示す。協調スキャンマッチングがない場合(a)では、実際には6個しか存在しない移動物体を12個と誤認識するが、協調スキャンマッチングを導入することで(b)、正しく6個と認識している、

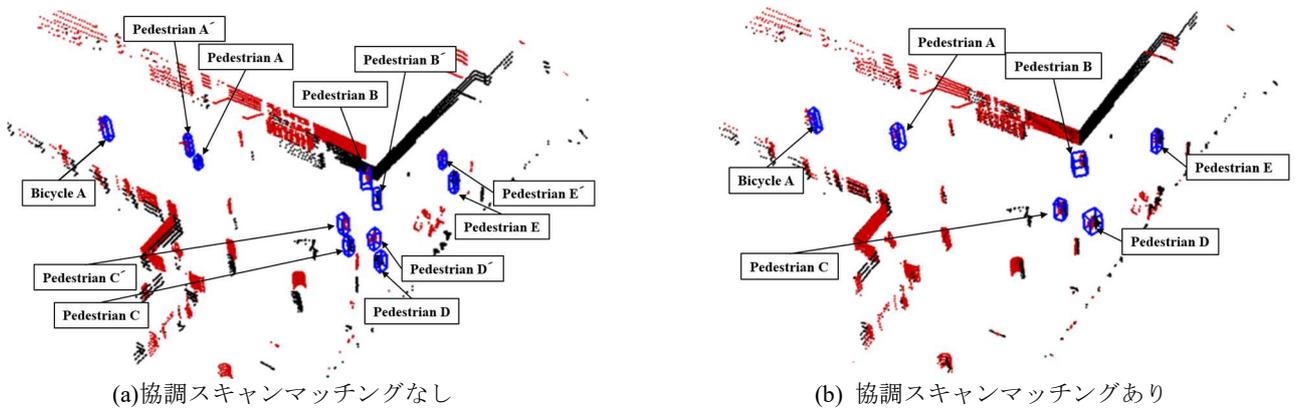


図8 協調スキャンマッチング結果

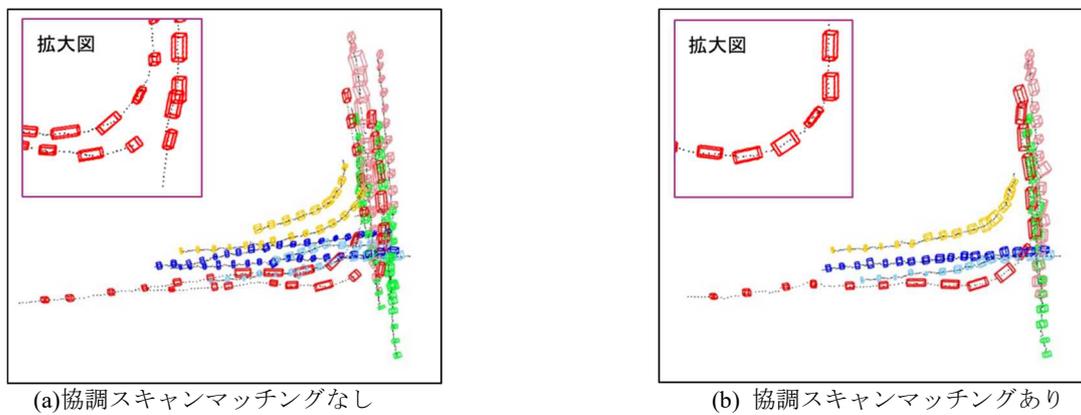


図9 移動物体追跡結果結果（上面図）

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 9件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 Shotaro Muro, Ibuki Yoshida, Masafumi Hashimoto, Kazuhiko Takahashi	4. 巻 26
2. 論文標題 Moving-Object Tracking by Scanning LiDAR Mounted on Motorcycle Based on Dynamic Background Subtraction	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Artificial Life and Robotics	6. 最初と最後の頁 412-422
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s10015-021-00693-z	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 Ibuki Yoshida, Shotaro Muro, Masafumi Hashimoto, Kazuhiko Takahashi	4. 巻 62
2. 論文標題 Map-Subtraction Based Moving-Object Tracking with Motorcycle-Mounted Scanning LiDAR	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 同志社大学ハリス理化学研究報告	6. 最初と最後の頁 197-204
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14988/00028676	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 Ryoga Takahashi, Masafumi Hashimoto, Kazuhiko Takahashi	4. 巻 -
2. 論文標題 LiDAR-Based Cooperative Scan Matching for Relative Pose Estimation of Multiple Vehicles in GNSS-Denied Environments	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of The Fifteenth International Conference on Sensor Technologies 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） 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 Naoki Murakami, Masafumi Hashimoto, Marino Matsuba, and Kazuhiko Takahashi	4. 巻 -
2. 論文標題 Distributed People Tracking Using Networked Multiple Ground LiDARs	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of 27th International Symposium on Artificial Life and Robotics	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） 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 Seiya Tanaka, Chisato Koshiro, Misato Yamaji, Masafumi Hashimoto, Kazuhiko Takahashi	4. 巻 13
2. 論文標題 Point Cloud Mapping and Merging in GNSS-Denied and Dynamic Environments Using Only Onboard Scanning LiDAR	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal on Advances in Systems and Measurements	6. 最初と最後の頁 275-288
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 松井 耀平, 室 翔太郎, 橋本 雅文, 高橋 和彦	4. 巻 85
2. 論文標題 二輪車搭載レーザスキャナによる環境地図差分に基づく移動物体追跡	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本機械学会論文集	6. 最初と最後の頁 1-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1299/transjsme. 19-00056	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 所谷 康平, 橋本 雅文, 相原 悠佑, 高橋 和彦	4. 巻 85
2. 論文標題 NDTスキャンマッチングに基づく二輪車搭載レーザスキャナによる3次元点群地図生成	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本機械学会論文集	6. 最初と最後の頁 1-15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1299/transjsme. 19-00055	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 室 翔太郎, 橋本 雅文, 高橋 和彦	4. 巻 60
2. 論文標題 バイク搭載Lidarによる非GNSS環境下における移動物体追跡	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 同志社大学ハリス理化学研究報告	6. 最初と最後の頁 214-221
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 橋本 雅文	4. 巻 7
2. 論文標題 車載Lidarによる3次元環境地図生成	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 車載テクノロジー	6. 最初と最後の頁 41-43
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 無
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 林 振滄, 橋本 雅文, 滝川 健太, 高橋 和彦	4. 巻 84
2. 論文標題 レーザスキャナによる機械学習に基づくピークルと人物の認識	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本機械学会論文集	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) 10.1299/transjsme.18-00090	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 -

[学会発表] 計43件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 8件)

1. 発表者名 高橋遼河, 阿部翔太, 橋本雅文, 高橋和彦
2. 発表標題 地上と車載のLiDARによる協調移動物体追跡のためのICP協調スキャンマッチング
3. 学会等名 第65回システム制御情報学会研究発表講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉田伊吹, 室 翔太郎, 橋本雅文, 高橋和彦
2. 発表標題 バイク搭載Lidarによる環境地図差分に基づく移動物体追跡
3. 学会等名 第65回システム制御情報学会研究発表講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉田章彦, 橋本雅文, 高橋和彦
2. 発表標題 ヘルメットマウントLiDARによるNDT SLAMに基づく点群地図構築
3. 学会等名 第30回 日本機械学会交通・物流部門大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉田伊吹, 吉田章彦, 橋本雅文, 高橋和彦
2. 発表標題 ヘルメットマウントLiDARによる動的背景差分に基づく移動物体追跡
3. 学会等名 第30回 日本機械学会交通・物流部門大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高橋遼河, 橋本雅文, 高橋和彦
2. 発表標題 複数ビークルの相対姿勢推定のためのLiDAR協調スキャンマッチング
3. 学会等名 第30回 日本機械学会交通・物流部門大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 村上直樹, 橋本雅文, 高橋和彦
2. 発表標題 複数の地上LiDARによる協調人物追跡
3. 学会等名 第22回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小城知里, 同志社大学, 橋本雅文, 高橋和彦
2. 発表標題 複数ビークルの車載LiDAR情報による多数決論理に基づく点群地図更新
3. 学会等名 2021年度計測自動制御学会関西支部・システム制御情報学会シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松葉摩史乃, 村上直樹, 橋本雅文, 高橋和彦
2. 発表標題 地上LiDARによる人物検出と追跡
3. 学会等名 2021年度計測自動制御学会関西支部・システム制御情報学会シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kota Matsuo, Akihiko Yoshida, Masafumi Hashimoto, Kazuhiko Takahashi
2. 発表標題 NDT Based Mapping Using Scanning Lidar Mounted on Motorcycle
3. 学会等名 The Fifth International Conference on Advances in Sensors, Actuators, Metering and Sensing (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shotaro Muro, Masafumi Hashimoto, and Kazuhiko Takahashi
2. 発表標題 Moving-Object Tracking by Scanning LiDAR Mounted on Motorcycle Based on Dynamic Background Subtraction
3. 学会等名 26th International Symposium on Artificial Life and Robotics (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 阿部翔太, 橋本雅文, 高橋和彦
2. 発表標題 複数Lidarによる協調移動物体追跡のための環境特徴を用いた協調スキャンマッチング
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小城知里, 玉木宏昂, 山地美里, 田中誠也, 橋本雅文, 高橋和彦
2. 発表標題 車載Lidarによる動的環境下でのNDT Graph SLAM
3. 学会等名 第64回システム制御情報学会研究発表講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 村上直樹, 藤田建人, 橋本雅文, 高橋和彦
2. 発表標題 複数の地上Lidarによる協調人物追跡に関する研究—分散型Interacting Multimodel法に基づく追跡システム—
3. 学会等名 第64回システム制御情報学会研究発表講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤原輝子, 室 翔太郎, 橋本雅文, 高橋和彦
2. 発表標題 バイク搭載Lidarによる環境地図情報に基づく移動物体追跡
3. 学会等名 第64回システム制御情報学会研究発表講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 橋本雅文, 阿部翔太, 高橋和彦
2. 発表標題 複数LiDAR情報の共有による協調移動物体追跡
3. 学会等名 令和2年電気関係学会関西連合大会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 橋本雅文
2. 発表標題 複数LiDARによる協調移動物体追跡
3. 学会等名 応用物理学会 第157回微小光学研究会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松尾光泰, 橋本雅文, 高橋和彦
2. 発表標題 二輪車搭載LiDARによる非GNSS動的環境下におけるNDT SLAM
3. 学会等名 第21回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 阿部翔太, 橋本雅文, 高橋和彦
2. 発表標題 複数LiDARによる協調移動物体追跡のための環境特徴抽出と協調スキャンマッチング
3. 学会等名 第21回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 室 翔太郎, 橋本雅文, 高橋和彦
2. 発表標題 バイク搭載LiDARによる動的背景差分に基づく移動物体追跡
3. 学会等名 第21回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kohei Tokorodani, Masafumi Hashimoto, Yusuke Aihara, and Kazuhiko Takahashi
2. 発表標題 Point-Cloud Mapping Using Lidar Mounted on Two-Wheeled Vehicle Based on NDT Scan Matching
3. 学会等名 16th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics (ICINCO) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shotaro Muro, Yohei Matsui, Masafumi Hashimoto, and Kazuhiko Takahashi
2. 発表標題 Point Cloud Mapping using only Onboard Lidar in GNSS Denied and Dynamic Environments
3. 学会等名 15th International Conference on Systems (ICONS 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shotaro Muro, Yohei Matsui, Masafumi Hashimoto, and Kazuhiko Takahashi
2. 発表標題 Moving-Object Tracking with Lidar Mounted on Two-Wheeled Vehicle
3. 学会等名 16th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics (ICINCO), (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森田 翔, 田中 誠也, 橋本 雅文, 高橋 和彦
2. 発表標題 車載レーザスキャナによる環境地図の生成と複数地図の統合
3. 学会等名 第63回システム制御情報学会研究発表講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中平 大翔, 藤田 建人, 橋本 雅文, 高橋 和彦
2. 発表標題 複数の地上レーザスキャナによる 分散型 Interacting Multiple Model 法に基づく人物追跡
3. 学会等名 第63回システム制御情報学会研究発表講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山地 美里, 森田 翔, 橋本 雅文, 高橋 和彦
2. 発表標題 車載レーザスキャナ情報のみを用いた動的環境下における 3次元点群環境地図生成
3. 学会等名 第63回システム制御情報学会研究発表講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松尾光泰, 橋本雅文, 高橋和彦
2. 発表標題 バイク搭載Lidarによる非GNSS動的環境下における環境地図生成
3. 学会等名 第20回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 室 翔太郎, 橋本雅文, 高橋和彦
2. 発表標題 バイク搭載Lidarによる非GNSS環境下における移動物体追跡
3. 学会等名 第20回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Zhenyu Lin, Masafumi Hashimoto, Kenta Takigawa, and Kazuhiko Takahashi
2. 発表標題 Vehicle and Pedestrian Recognition Using Multilayer Lidar based on Support Vector Machine
3. 学会等名 The 25th IEEE International Conference on Mechatronics and Machine Vision in Practice (M2VIP) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kakeru Morita, Masafumi Hashimoto, and Kazuhiko Takahashi
2. 発表標題 Point-Cloud Mapping and Merging using Mobile Laser Scanner
3. 学会等名 The Third IEEE International Conference on Robotic Computing (IRC) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takeru Nakahira, Masafumi Hashimoto, Kazuhiko Takahashi
2. 発表標題 Cooperative People Tracking with Multiple Ground Laser Scanners
3. 学会等名 International Symposium on Flexible Automation (ISFA 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松井耀平, 山地美里, 橋本雅文, 高橋和彦
2. 発表標題 車載レーザスキャナ情報のみを用いた移動物体追跡
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 林 振渝, 橋本雅文, 滝川健太, 高橋和彦
2. 発表標題 マルチレイザレーザスキャナによる機械学習に基づく人物とピークルの認識
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松川 知憲, 森田 翔, 橋本 雅文, 高橋 和彦
2. 発表標題 環境特徴地図のための車載レーザスキャナによる平面状物体・ボール状物体の検出
3. 学会等名 第23回メカトロニクスワークショップ
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 余田 侑仁, 橋本 雅文, 高橋 和彦
2. 発表標題 複数レーザスキャナによる協調スキャンマッチングに基づく協調移動物体追跡
3. 学会等名 第23回メカトロニクスワークショップ
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松川 知憲, 森田 翔, 橋本 雅文, 高橋 和彦
2. 発表標題 環境特徴地図のための車載レーザスキャナによる平面・ボール状物体検出
3. 学会等名 第61回自動制御連合講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 森田 翔, 松川 知憲, 橋本 雅文, 高橋 和彦
2. 発表標題 車載レーザスキャナによる環境地図生成と複数部分地図の統合
3. 学会等名 第19回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会(SI)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中平 大翔, 橋本 雅文, 高橋 和彦
2. 発表標題 複数の地上レーザスキャナを用いた分散型Interacting Multiple Model法に基づく人物追跡
3. 学会等名 第19回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会(SI)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 余田侑仁, 阿部翔太, 橋本雅文, 高橋 和彦
2. 発表標題 複数レーザスキャナによる協調スキャンマッチングに基づく協調移動物体追跡
3. 学会等名 第19回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会(SI)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 所谷 康平, 橋本 雅文, 高橋 和彦
2. 発表標題 NDTスキャンマッチングに基づく二輪車搭載レーザスキャナ観測点群の歪補正
3. 学会等名 第27回 交通・物流部門大会 (TRANSLOG)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松井 耀平, 橋本 雅文, 高橋 和彦
2. 発表標題 二輪車搭載レーザスキャナによる環境地図情報に基づく移動物体追跡
3. 学会等名 第27回 交通・物流部門大会 (TRANSLOG)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松尾光泰, 松井 耀平, 橋本 雅文, 高橋 和彦
2. 発表標題 二輪車搭載レーザスキャナによる環境地図生成
3. 学会等名 平成30年度 計測自動制御学会関西支部・システム制御情報学会若手研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 室 翔太郎, 松井 耀平, 橋本 雅文, 高橋 和彦
2. 発表標題 二輪車搭載レーザスキャナによる移動物体追跡
3. 学会等名 平成30年度 計測自動制御学会関西支部・システム制御情報学会若手研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 阿部 翔太, 余田 侑仁, 橋本 雅文, 高橋 和彦
2. 発表標題 複数のレーザスキャナによる協調移動物体追跡に関する研究 -移動センサノード追跡情報に基づく協調スキャンマッチング-
3. 学会等名 平成30年度 計測自動制御学会関西支部・システム制御情報学会若手研究発表会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 三鴨道弘, 橋本雅文, 藤田和弘, 柴田剛志, 横井 暁, 石井 抱, 岡 隆一, 三浦康之, 広田 修, 福井真二, 三島 直, 佐藤和人, 秋田時彦, 岩切宗利, 堂前幸康, 井上俊明, 伊藤誠悟, ほか45名	4. 発行年 2019年
2. 出版社 技術情報協会	5. 総ページ数 528
3. 書名 センサフュージョン技術の開発と応用事例	

〔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	佐藤 健哉 (Sato Kenya) (20388044)	同志社大学・理工学部・教授 (34310)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------