

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 21 日現在

機関番号： 12601
 研究種目： 基盤研究(B)
 研究期間： 2010～2012
 課題番号： 22300067
 研究課題名（和文） 個人用モビリティのセミ自律走行のための移動体識別
 研究課題名（英文） Moving object classification for semi-autonomous movement of personal mobility
 研究代表者
 森 武俊 (MORI Taketoshi)
 東京大学・大学院医学系研究科・特任准教授
 研究者番号： 20272586

研究成果の概要（和文）： 自動車，自転車，歩行者，そして車椅子など多様な移動体が混じり合うキャンパスを例に，走行実験を繰り返すことで，支援戦略のフレームワーク作り，状況に応じたパラメータ学習を行うためのデータモデル化・蓄積法を実現する研究を進めた．電動車椅子をベースとしてレンジファインダや回転メータなどといったセンサ，タッチパネル等のインタフェース配したシステムを開発し，移動体を発見し，その種類・特性を識別して，自己と移動体の行動を相互予測し，ユーザとインタラクションを行うことで運転を支援する系を構築した．

研究成果の概要（英文）： A framework of supporting strategy and a method for modeling and accumulation of movement data were constructed. To realize these, mobility experiments were repeated in a university campus in which cars, bikes, pedestrians and wheelchairs are moving around. A electric wheelchair-based system was developed for the experiments. The personal mobility device loaded several laser range scanners, wheel potentiometers, video cameras for reference, and touch-panel control/maneuver interface. The mobility system automatically finds moving objects, classifies their kind and characteristics, predicts self- and neighboring moving objects' behaviors, and supports operation/driving as an overall system.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	4000000	1200000	5200000
2011 年度	3500000	1050000	4550000
2012 年度	3000000	900000	3900000
総計	10500000	3150000	13650000

研究分野： 総合領域

科研費の分科・細目： 情報学 知能情報処理・知能ロボティクス

キーワード： 行動環境認識，モビリティセンシング，セミ自律移動

1. 研究開始当初の背景

近い将来，エコや少子高齢化への対応の要請から電動式の個人用小型モビリティが大きく普及することが予測される．昨今の安全・安心への意識の高まりから，利用者の運転能

力のみ依存せず，システムによる操縦支援で衝突を回避したりより危険の少ないルートを選択するようなセミ自律モビリティとして機能することが期待される．本研究では，車

椅子や自転車程度のサイズの個人用モビリティに、レンジファインダやカメラといったセンサを配し、移動の際の周辺環境の特に移動体を発見・識別し障害物を警告したり衝突を予見し回避パスを提示し、場合によっては自動停止・迂回制御することで利用者による運転を支援するシステムを構築することを目指した。

2. 研究の目的

単独歩行者、見学の団体歩行者、並走する自転車、原付バイク、配送用の車など様々な移動体が混在する大学キャンパスのような場で実際に走行実験を繰り返すことで、電動式の小型個人モビリティにおいて、運転者への注意喚起のみ・周囲へも含めた警報・視覚聴覚アドバイス・自動停止回避等をどのように行うべきかのストラテジーフレームワークを移動体識別を基盤として構成する。この戦略フレームワークの上で、場所や場面、状況に応じた個々のタクティクスパラメータ学習を行う手法を確立する。

3. 研究の方法

新世代の個人用モビリティ(Fig. 3)を念頭に、電動車椅子をベースとしてレンジファインダやカメラといったセンサ、音声デバイス、パネルディスプレイを配したシステムを開発し、周辺環境移動体を発見し、移動体の種類・特性を識別して、自己と周囲の移動体の行動を相予測しユーザと様々なインタラクションを行うことで運転を支援する系を構築する研究である。自動車やバイク、自転車、ランナー、歩行者、車椅子等、多様な移動体が混じり合うキャンパスを例に、走行実験を繰り返すことで、支援戦略のフレームワーク作り、状況に応じたパラメータ学習を行うためのデータモデル化・蓄積法を実現する。大きく、**1) 移動体識別法・インタラクションを含む支**

援フレームワーク、**2) 環境情報・行動モデル、3) 半自律移動システム構築の課題を設定した。**

初年度平成22年度にレンジファインダとカメラの協調による周辺環境モデル化、グリッド軌跡画像の蓄積系列に基づく移動体の発見法を確立する。この際、周囲に複雑な移動体が無い状況については操縦下においてキャンパス内で自己位置を常に認識しつつ走行できるモビリティシステムを作ること計画した。二年目平成23年度以降は、同地点の複数回走行による付帯情報を有する多層マップの生成と走行時利用、周辺の移動体の車や人の行動のモデル化と識別学習法を構成する。自己と周辺移動体の軌跡・行動予測アルゴリズムを実装する。さらに、実験を繰り返すことで、どのような場、状況でどういう支援を行うべきか(注意喚起、自己警報、周辺警報、アドバイス表示、自動停止、自動回避など)の選択・インタラクション戦略とそのタクティクスパラメータの学習法の実現を進めることを計画した。

4. 研究成果

自動車、バイクあるいは自転車、ランナー、歩行者、そして車椅子など多様な移動体が混じり合うキャンパスを例に、走行実験を繰り返すことで、支援戦略のフレームワーク作り、状況に応じたパラメータ学習を行うためのデータモデル化・蓄積法を実現する研究をすすめた。電動車椅子をベースとしてレンジファインダや回転メータなどといったセンサ、タッチパネル等のインタフェースシステム配した全体システムを開発し、周辺環境移動体や固定的移動体を発見し、移動体の種類・特性を識別して自己と周囲の移動体の行動を相互予測しユーザとインタラクションを行うこと

で運転を支援する系を構築する計画で研究を進めた。

まず、移動体の発見・識別のベースとして、レンジデータの投票に基づくグリッド軌跡の蓄積系列を用いた移動体の発見法の開発を進めた。また、環境情報のモデル化方法として、レンジファインダのスキャンデータに基づく移動体の発見法について、大学キャンパスのような屋外で歩行者、自転車、小型トラックなど多様な移動体が混在して存在するような状況において時系列レンジ像を利用する手法を構成した。

二年次は、グリッドで区切った画像化センサデータを用いた移動体の発見法をさらに発展させ、レンジデータの投票に基づくグリッド軌跡の蓄積系列についての手法を拡張するかたちで実現し、発見・識別法を確立した。また、操縦移動システム・自律移動システムの構築のステップとして、周囲にある程度の数移動体がいる状況においては、操縦下でキャンパス内で自己位置を常に認識しつつ走行できるモビリティシステムを製作した。モビリティの自己位置同定と2Dマップを拡張する多面マップの生成はこれまで確立してきたパーティクルシステムの階層化の枠組を改良して実装した。

最終年度にあたる平成24年度は、アノテーション情報の提示および搭乗者とのインタラクションにおけるストラテジーフレームワークの構成について、実現法設計と電動車椅子をベースとしたシステムへの実装を進めた。また、固定的な環境、準固定的で稀に変化する動的な環境、いわゆる移動障害物な移動体について、電動車椅子に搭載したセンサにより自動抽出・識別する手法について統計的な枠組に基づくものについて統合整理を行った。抽出した移動体についてその特徴を識別しアノテーション候補としてもマッピ

ングした多面的地図について、主にツリー構造による階層的な保持法について構築を進めた。電動車椅子をベースとしたテスト実装ながら、ハードウェア・ソフトウェア総体としてインタラクティブ支援を行う全体システムとしてまとめた。

個人モビリティの運転支援がセミ自律走行として実現され、具体的には、音や映像による注意喚起や警告、周囲への通知、周辺状況や適切な経路・予測事象の表示やアナウンス、自動停止、自動回避などを、固定障害物のみならず多様な移動体が存在する環境で実現する枠組を構成することをポイントであった。このようなシステムをベースとして、検出や識別を選択タクティクスごとに学習してロバスト化する、場所・モビリティの種類・運転操縦者に適合したかたちでパラメータを獲得する、環境地図を中核としそれに静止障害物出現度や移動体出現頻度あるいは危険度などを付加した多層アノテーションマップを保持・更新することを特徴とする本格的なパーソナルモビリティのシステム全体像が実現されれば、それに基づく実走行実験を繰り返すことで、いつどこでどのように提示・停止・オーバーライト（自動回避）といった支援を行うべきかといったモデルが本格的に構成し、さらにはインタラクション学習により運転者ごとにその支援が個性に合う形で提供され更新されるようになっていく。本研究の成果は、単に車椅子型の電動個人用モビリティにとどまらず、次世代自動車等情報技術によって支援されたさまざまな移動用機器へ必須のものとして展開されることも期待できるものである。

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4件)

1. 森武俊, ロボットとみまもり工学, ESTRELA, 査読無, Vol 201, pp. 15-21, 2010.
2. 森武俊, 生活支援のためのセンサデータマイニング --- 「みまもり工学」への展開---, 電子情報通信学会誌, 査読有. Vol. 94, pp.276-281, 2011.
3. 野口博史, 山田隆基, 森武俊, 佐藤知正. 大量の人移動計測データに基づく移動ロボットの人の回避経路計画. 日本ロボット学会誌, 査読有. Vol. 30, pp. 22-33, 9 2012.
4. Taketoshi Mori, Takahiro Sato, Aiko Kuroda, Masayuki Tanaka, Masamichi Shimosaka, Tomomasa Sato, Hiromi Sanada, Hiroshi Noguchi. Outdoor Map Construction Based on Aerial Photography and Electrical Map Using Multi-Plane Laser Range Scan Data, Journal of Robotics and Mechatronics, 査読有. Vol. 25, pp. 5-15, 2013.

〔学会発表〕(計9件)

1. Taketoshi Mori, et al.: "Moving objects detection and classification based on trajectories of LRF scan data on a grid map" IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems.2010-10-22. 台湾台北.
2. Hiroshi Noguchi, Takaki Yamada, Taketoshi Mori: "Mobile Robots and People Tracking based on Switching Network-managed Distributed Sensors" Workshop on Ubiquitous Networking Robotics : an Approach for Human-Robot Interaction. 2010-10-22. 台湾台北.
3. Taketoshi Mori: "Creating Robot/Knowing Human" Japanese-American Frontiers of Science Symposium. 2010-12-05. 千葉県かずさアーク.
4. 野口博史, 山田隆基, 森武俊, 佐藤知正: "実住居環境へのセンサ群導入による日常生活行動の常時計測" 第11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講演論文集. 2010-12-23. 宮城県仙台市東北大学.
5. 森武俊, 佐藤崇浩, 黒田藍子, 野口博史, 下坂正倫, 田中雅行, 佐藤知正: "航空写真・電子地図に基づく複数レーザ測域スキャンデータを用いた屋外マップ構築" 第11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講演論文集.2010-12-24. 宮城県仙台市東北大学.
6. 山蔦良知, 野口博史, 下坂正倫, 田中雅行, 森武俊, 佐藤知正: "ステレオカメラからのビジュアルオドメトリに基づく簡易な屋内平面地図を用いた自己位置推定" 第11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講演論文集. 2010-12-25. 宮城県仙台市東北大学.

7. 森武俊, 栗原誠, 黒田藍子, 野口博史, 田中雅行, 福井類, 下坂正倫, 佐藤知正. パーソナルモビリティのための簡易マップを手がかりとする自己位置同定と詳細マップの生成, Personal Mobility Localization and Its Map Refinement Based on Simple Map, 第23回日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'11(ROBOMECH2011)講演論文集, 2A1-O07(1)-(4), 2011. 2011-05-28. 岡山県岡山市岡山コンベンションセンター.
8. 森武俊. みまもり工学への一歩 ~生活センシングデータの処理~. 電子情報通信学会情報論的学習理論と機械学習(IBISML)研究会 第5回 IBISML研究会. 2011-06-21. 東京大学武田ホール.
9. Hiroshi Noguchi and Takaki Yamada and Taketoshi Mori and Tomomasa Sato, Mobile Robot Path Planning using Human Prediction Model based on Massive Trajectories, The Ninth International Conference on Networked Sensing Systems. 2012-06-21. Antwerp, Belgium.

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.lifesupport.m.u-tokyo.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

森 武俊 (TAKETOHI MORI)

東京大学・大学院医学系研究科・特任准教授

研究者番号：20272586

(2) 研究分担者

野口 博史 (HIROSHI NOGUCHI)

東京大学・大学院医学系研究科・特任助教
研究者番号：50431797

田中 雅行 (MASAYUKI TANAKA)

東京大学・大学院情報理工学系研究科・その他(技術専門職員)

研究者番号：70396787

下坂 正倫 (MASAMICHI SHIMOSAKA)

東京大学・大学院情報理工学系研究科・講師

研究者番号：40431976

(3) 連携研究者

なし