

令和元年8月30日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2016～2018

課題番号：16H01712

研究課題名（和文）知識表現付き高精度3次元地図を用いた自律協調型自動運転システムに関する研究

研究課題名（英文）A study on connected autonomous driving systems using knowledge-represented high-definition 3D maps

研究代表者

加藤 真平（Kato, Shinpei）

東京大学・大学院情報理工学系研究科・准教授

研究者番号：70631894

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 33,800,000円

研究成果の概要（和文）：高齢社会に備えた安全で快適なモビリティの実現に向けて、高精度3次元地図技術を利用した自律協調型自動運転システムのプラットフォームに関する研究を行った。市街地を含む複雑な環境での自動運転に対して、高精度3次元地図に移動体や交通状況に関する動的な情報を知識表現として追加し、その情報をクラウド上で管理することにより、複数台の自動運転車両からのセンシング情報をもとに潜在的なリスクや安全な走行ルートを各車両にフィードバックする仕組みを構築した。車両のセンサが有効な範囲は自律的な判断を行い、それ以外の範囲に対しては周囲車両から得られる情報と協調した判断を可能とした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

以下は学術的に新規性のある本研究の成果である。

1. 高精度3次元地図に加える知識表現の形式を考案し、その知識表現を利用して潜在的なリスクを回避するメカニズムと安全な走行ルートを算出するメカニズムを構築した。2. 知識表現付き高精度3次元地図をクラウド上で管理し、市街地の車両や歩行者からモバイルネットワークを介して収集した位置情報をデータベース化するメカニズムを構築し、インメモリデータベースで処理する環境でミリ秒単位の性能評価を行った。3. マルチコアやGPUによる並列処理機能を有した車載スパコンを構築し、物体検出や経路計画に関する高度なアルゴリズムをミリ秒単位で処理できるメカニズムを構築した。

研究成果の概要（英文）：This project has developed an autonomous and cooperative driving system platform using high-accuracy 3D mapping technology for the purpose of safe and comfortable mobility underlying the aging society. This aims to deploy autonomous cars in complex environments including urban areas. In particular, we introduced semantics mapping, which represents the information of moving objects and traffic conditions upon the 3D map, to a cloud-oriented data management system so that multiple autonomous cars can be connected with each other to share potential risks and safe routes based on their sensing information. This mechanism enabled each autonomous car to make a decision depending on the scope of sensing. That is, the car relies on the autonomous function as far as it can recognize the surrounding environment by its own sensors. Otherwise, it relies on the connected function to obtain information from other cars.

研究分野：実時間システム

キーワード：情報システム 高度道路情報システム（ITS） 超高速情報処理 ハイパフォーマンス・コンピューティング 知能ロボティクス

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

自動運転システムは高齢社会における新たな移動手段として期待される。運転能力の低下した高齢者の中には生活の基本にある「移動」に問題を抱える人も多く、自ら運転しなくても目的地まで移動できる自動運転システムの社会的価値は高い。また、自動運転システムの普及によって信号機や歩道橋が徐々に不要になれば、交通システムの低コスト化や環境負荷低減によるエコ化にも貢献できる。産業的な観点においても、自動運転システムの研究開発をリードすることは、自動車産業を強みとする我が国にとって国際競争力の強化につながる重要課題である。

2. 研究の目的

高齢社会に備えた安全で快適なモビリティの実現に向けて、高精度 3 次元地図技術を利用した自律協調型自動運転システムのプラットフォーム化を目指す。市街地を含む複雑な環境での自動運転に対して、高精度 3 次元地図に移動体や交通状況に関する動的な情報を知識表現として追加する。また、その情報をクラウド上で管理することにより、複数台の自動運転車両からのセンシング情報をもとに潜在的なリスクや安全な走行ルートを計算して、その結果を各車両にフィードバックする仕組みを構築できる。車両のセンサが有効な範囲は自律的な判断を行い、それ以外の範囲に対しては周囲車両から得られる情報と協調した判断が可能になる。愛知県の協力を得て、市街地公道での実証実験を実施し、本研究の技術検証と社会受容性検証まで進める。

3. 研究の方法

自律協調型自動運転システムのプラットフォーム化を目指し、知識表現付き高精度 3 次元地図の構築、移動体データベース管理システムの構築、リアルタイム性の高い車載スパコンの構築を行う。研究代表者の加藤は、既に高精度 3 次元地図、移動体データベース、GPU およびマルチコアを統合した自動運転システムを構築し、特定環境で評価済みである。本研究では、高精度 3 次元地図更新のオンライン化、階層型データベースの分散化、車載 GPU およびメモリアによる並列処理のリアルタイム化を実施し、市街地の如何なる環境でも自動運転可能なプラットフォームを創出する。研究分担者の佐々木は、高精度 3 次元地図に適した知識表現に関する研究を実施し、加藤が手掛ける電力効率とコストパフォーマンスに優れた車載スパコンとの統合まで実施する。

4. 研究成果

高精度 3 次元地図技術を利用した自律協調型自動運転システムのプラットフォームを構築した。市街地を含む複雑な環境での自動運転に対して、高精度 3 次元地図に移動体や交通状況に関する動的な情報を知識表現として追加し、その情報をクラウド上で管理することにより、複数台の自動運転車両からのセンシング情報をもとに潜在的なリスクや安全な走行ルートを各車両にフィードバックする仕組みを構築した。車両のセンサが有効な範囲は自律的な判断を行い、それ以外の範囲に対しては周囲車両から得られる情報と協調した判断を可能とした。また、愛知県を始め 全国各地の自治体の協力を得て、市街地公道での実証実験を実施し、本研究の技術検証と社会受容性検証まで実施した。具体的には以下の研究を行った。

高精度 3 次元地図に加える知識表現の形式を考案し、その知識表現を利用して潜在的なリスクを回避するメカニズムと安全な走行ルートを算出するメカニズムを構築した。

知識表現付き高精度 3 次元地図をクラウド上で管理し、市街地の車両や歩行者からモバイルネットワークを介して収集した位置情報をデータベース化するメカニズムを構築し、インメモリデータベースで処理する環境でミリ秒単位の性能評価を行った。

マルチコアや GPU による並列処理機能を有した車載スパコンを構築し、物体検出や経路計画に関する高度なアルゴリズムをミリ秒単位で処理できるメカニズムを構築した。また、単体アルゴリズムの高速化だけでなくシステム全体の信頼性にも着手し、自動運転システム特有の制御フローとデータフローに適したリアルタイム性保証メカニズムも構築した。

以上のメカニズムをすべて統合したシステムを構築し、愛知県名古屋市の県道 15 号線を主要なフィールドとして多種多様な一般公道を自動運転で走行し、技術検証および社会受容性検証を実施した。

最終的には 3 次元地図上にマッピング可能な知識表現を提案し、図 1 に示すとおり他車や歩行者、交通ルールに関するセマンティクスと知識を高精度 3 次元地図に導入することで、周囲環境の変化を理解できる自律協調型の自動運転システムを実現した。

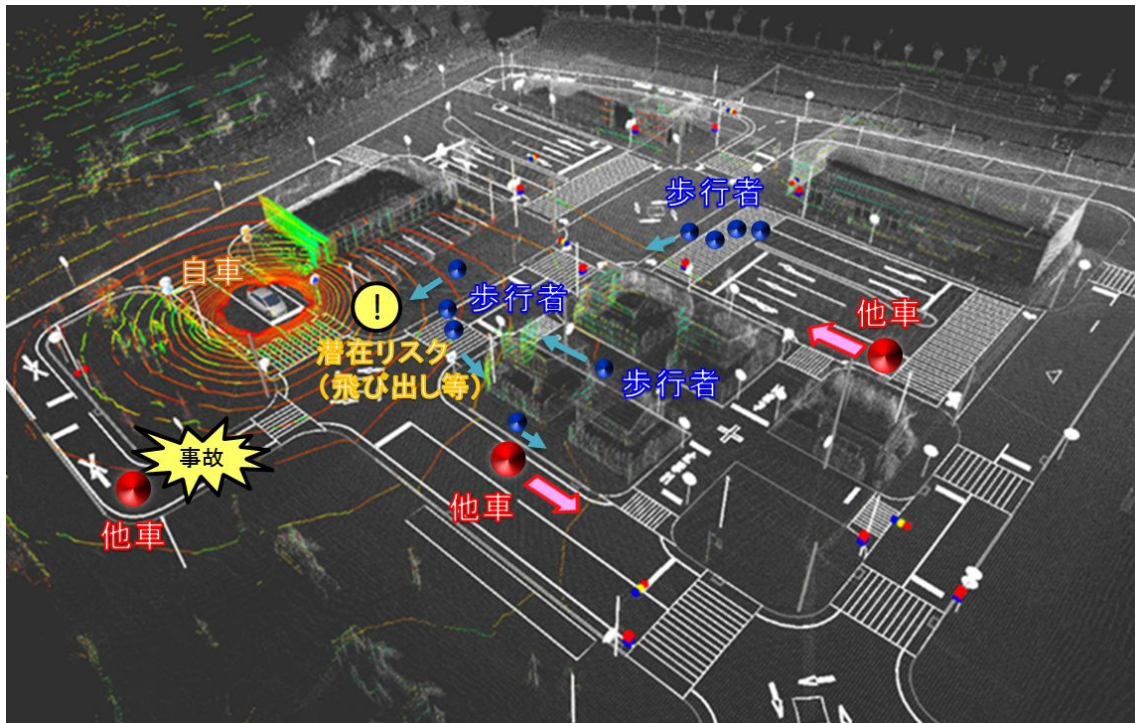


図 1 知識表現付き高精度 3 次元地図

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 4 件)

Manato Hirabayashi, Shinpei Kato, Masato Edahiro, Kazuya Takeda, Seiichi Mita, Accelerated Deformable Part Models on GPUs., IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, 27, pp. 1589-1602, 2016, DOI: 10.1109/TPDS.2015.2453962

Yuki Iida, Yusuke Fujii, Takuya Azumi, Nobuhiko Nishio, Shinpei Kato, GPUrpc: Exploring Transparent Access to Remote GPUs, ACM Transactions on Embedded Computing Systems, 17, pp. 17:1-17:25, 2017, DOI: 10.1145/2950056

Yabuta Makoto, Nguyen Anh, Kato Shinpei, Edahiro Masato, Kawashima Hideyuki, Relational Joins on GPUs: A Closer Look, IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, 28, pp. 2663-2673, DOI: 10.1109/TPDS.2017.2677451

Nguyen Anh, Edahiro Masato, Kato Shinpei, GPU-Accelerated VoltDB: A Case for Indexed Nested Loop Join, 2018 International Conference on High Performance Computing & Simulation, 1, pp. 204-212, 2018, DOI: 10.1109/HPCS.2018.00046

〔学会発表〕(計 8 件)

新島駿, 新田次郎, 佐々木洋子, 溝口博, 車載 3 次元 LIDAR による広域地図作成と基盤地図情報の道路に着目したグラフベース最適化手法, ロボティクス・メカトロニクス講演会, 福島, 2017.5.10

Hiroki Ohta, Naoki Akai, Eijiro Takeuchi, Shinpei Kato, Masato Edahiro, Pure Pursuit Revisited: Field Testing of Autonomous Vehicles in Urban Areas, IEEE International Conference on Cyber-Physical Systems, Networks, and Applications, Nagoya Japan, 2017.10.6

Ye Liu, Hiroshi Sasaki, Shinpei Kato, Masato Edahiro, A Scalability Analysis of Many Cores and On-Chip Mesh Networks on the TILE-Gx Platform, IEEE International Symposium on Embedded Multicore/Many-core Systems-on-Chip, Lyon France, 2017.9.21

Shun Nijima, Jirou Nitta, Yoko Sasaki, Hiroshi Mizoguchi, 3D fundamental map by large-scale SLAM and graph-based optimization focused on road center line, 2016 IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN) (国際学会), 2016.

Maruyama Yuya, Kato Shinpei, Azumi Takuya, Exploring Scalable Data Allocation and Parallel Computing on NoC-Based Embedded Many Cores, 2017 IEEE International Conference on Computer Design (ICCD) (国際学会) 2017.

Anh Nguyen, Masato Edahiro, Shinpei Kato, GPU-Accelerated VoltDB: A Case for Indexed Nested Loop Join, 2018 International Conference on High Performance Computing & Simulation (HPCS2018) (国際学会) 2018.
長谷川 龍生, 佐々木 洋子, 竹村 裕, 部分尤度場の切り替えによる空間規模に制限のないリアルタイム 6 自由度自己位置姿勢推定, 日本ロボット学会学術講演会 (RSJ2018) 2018.

Shinpei Kato, DOM: Domain-Specific SoC Design for Self-Driving Technology, The 51st Annual IEEE/ACM

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年：
国内外の別：

取得状況(計 0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：濱田 剛

ローマ字氏名：Tsuyoshi, Hamada

所属研究機関名：長崎大学

部局名：先端計算研究センター

職名：准教授

研究者番号(8桁): 00443010

研究分担者氏名：佐々木 洋子

ローマ字氏名：Yoko, Sasaki

所属研究機関名：国立研究開発法人産業技術総合研究所

部局名：その他部局等

職名：研究員

研究者番号(8桁): 00574013

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：