

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 8 日現在

機関番号：12201

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24760294

研究課題名(和文) 近距離障害物検出のための周辺環境情報を用いた車載用レーダネットワークに関する研究

研究課題名(英文) Research on automotive radar network system with information of surrounding objects in near area

研究代表者

羽多野 裕之(Hatano, Hiroyuki)

宇都宮大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：40402531

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：ドライバに対して認知支援を行う、車載用障害物検出システムは重要な検討課題である。光学的外乱に弱いカメラをレーダで補うことは重要であり、本研究では広視野角を達成可能なレーダネットワークを用いたフュージョンシステムを検討している。しかしながら、先方車両の監視は1方向からの観測となるため、車幅方向の位置推定誤差が大きくなる。申請者は周辺反射物でのマルチパスを有効に利用し、反射物を仮想レーダとして扱うことで、対象物を多方向から疑似的に観測することが可能となる手法を導き、3次元のターゲットモデルを用いて有効性を評価し、手法の改善を図った。

研究成果の概要(英文)：For driver's assistance, automotive object detection system is one of important topics. The forward-looking systems by cameras are famous. In order to realize more reliable safety, the cameras had better be used with other sensing devices such as the radar network. We focus on forward-looking radar network systems in order to compensate weaknesses of imaging sensors. By using multiple radars, the radar network systems will achieve reliable detection and wide observation area. In the radar network, processing of the data, which is derived from the multiple receivers, is important because the processing decides the estimation performance. Especially, in this research, we tried our proposed estimation algorithm with virtual receivers which are derived from reflected signals by surrounded objects. The performance was evaluated and improved by simulated targets which were both single point model and 3D target model.

研究分野：無線技術応用

キーワード：信号処理 高度交通システム 障害物検出システム

1. 研究開始当初の背景

国土交通省が ASV(Advanced Safety Vehicle: 先進安全自動車)の研究開発を提唱する中、安全・快適な交通社会を目指して官庁・民間企業・大学が連携し、各種システムの研究開発が推進されてきた。その中でも、ドライバに対して認知支援を行う、車載用障害物検出システムは重要な検討課題となっている。

車載用障害物検出システムは“遠距離用”と“近距離用”とに大別することができる。遠距離用においては、1990年頃からアダプティブクルーズコントロール(ACC)で代表されるアプリケーションが既に実用化に至っている。一方で近距離用障害物検出システムは、超音波レーダやカメラを用いた簡易な駐車支援システムが実用化されているが、高度な運転者支援を行うことが可能なレベルまでは至っていない。本研究では、この近距離用障害物検出システムに着目している。

近距離用障害物検出システムでは、対象物が近距離であるが故に、広い視野角を有した監視領域と高い障害物位置推定精度が要求される。本研究では、これらの課題を達成するために複数のセンシングデバイスを分散配置したレーダネットワークによる実現を検討している。

2. 研究の目的

車両周囲に存在する障害物を検出するべく周辺環境認識技術の構築を目指していく。これにより安全性・快適性に優れた交通システムが期待できる。現在、カメラやレーダなどの方式が実用化されている。普及に伴う低価格化を受け、信頼性確保のために1方式ではなく複数方式での多重化を試みる。特に近距離の障害物を検出するために、広視野角を有するレーダネットワークとの実現を図る。本研究では単なる多重化ではなく、前方監視カメラ等の外部センサによって認識された周辺環境情報を元に、周辺からの反射信号をも積極的に駆使することで、レーダネットワークの性能向上を狙うことを目的とする。そして、より高信頼で、より正確に障害物を検出可能なシステムの実現を目指す。研究代表者は以前よりこの試みに取り組んでおり、既に手法も提案済みである。本研究期間では、上記の周辺環境を利用したレーダネットワークの実現のために、提案済みのアイデアを評価し、改善、高度化させることに取り組む。

3. 研究の方法

以下の項目について取り組んだ。

(1) 実環境に近い、より複雑なモデルで提案手法を評価

従来の検討よりも具体的な空間モデルを用いて評価を行った。代表例として、本システムが有効に働くであろう運転者の死角が存在する交差点を挙げ、両脇が壁に囲まれたモデルを構築し、評価をした。

その結果、提案手法の有効性は確認された。一方で、障害物を点ではなく面として実環境をモデル化するためにシミュレータを導入し、評価を行ってきた。その結果、提案手法の有効性が十分に認められなかったため、手法の改善を行った。

(2) 改善手法について、さらに実環境に近い具体的なモデルで評価

新提案手法について、引き続き、評価を行い改善を図った。特に、構築した3次元車両モデルと、代表的なシチュエーション(1車線幅の道路、2車線幅の道路、先行車両、対向車両など)をベースに評価を行った。レーダネットワークを装着した自車両の前方を走る車両を検出することを想定した。具体的には、3次元車両モデルの準備と、代表的なシチュエーション(1車線幅の道路、2車線幅の道路、先行車両、対向車両など)の実装を行い、評価を行い、手法の改善を試みた。

4. 研究成果

本期間において種々検討/改善を行ってきたが、本報告では、その中で最終的に取り組んだ手法について、特性を評価した結果を記す。

面を有した立体物をターゲットとした際の検出能力を評価すべく、3次元のターゲットモデル(図1)を使用した。車両のサイズは、全長4.3m、全幅1.8m、全高1.5mである。測距値の計算には、3Dレイトレース法を用いた電波伝搬の解析ツールであるRaplabを使用した(図1)。信号が送信機を出て、対象物や周辺構造物で反射して受信機に返ってくるまでの伝搬経路がシミュレートできる。各パスの反射条件は最大で反射1回、回折1回とした。本シミュレーションでは、上記の電波伝搬の解析ツールで得られたパスの伝搬距離を測距値の真値として利用した。それぞれのパス長にガウス分布でモデル化された測距誤差を加えることで測距値を模擬した。今回は測距誤差を0.3mと設定した。

検出対象である車両を様々な位置で検証したが、一例として本報告では以下を紹介する。

- 幅が8mの道路(片側1車線)
 - 先行車両が近距離(5m)に存在
 - 先行車両が中距離(10m)に存在
 - 先行車両が遠距離(15m)に存在
 - 対向車両が中距離(10,)に存在

検出結果を図2に示す。いずれの図も先行車両が存在する道路平面をx-y平面で表現し、ターゲットの存在確率を濃淡で表現している。濃色が存在確率が高いことを示す。図2より、全ての状況に応じて、従来手法よりも改善手法の方が高い精度で車両を検出可能であることが確認できる。従来手法では車幅以上の領域においても存在確率が高い値を示しており、その傾向は、先行車両が遠方

になればなるほど顕著になる。これは、複数センサを使用し1方向から観測する際に発生する一般的な問題である、受信機配置方向と同方向に大きな誤差が生じる問題である。一方で、改善手法では車両が遠方であってもEPEMと比べ精度が改善できていることが確認できる。改善手法では、対象物以外からの反射物上に仮想受信機を設置し、対象物検出を行っている。これにより、より複数・多方向からの対象物の観測が可能となる効果が図2より検証された。以上の成果は、6件の学会発表のみでなく、1件の学術論文誌に採択、ならびに1件の受賞に繋がったことから有効性が評価できる。

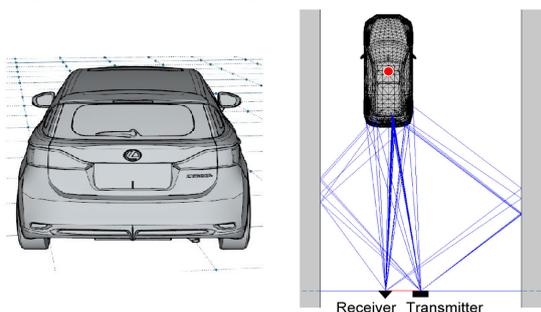
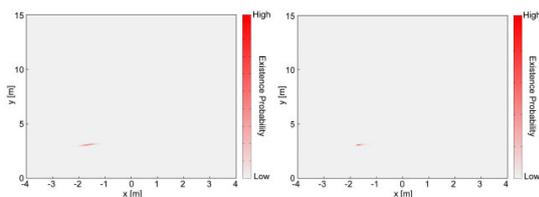
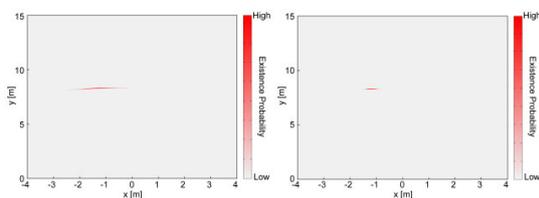


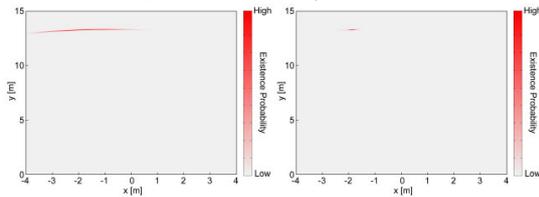
図1 3Dシミュレーション*1



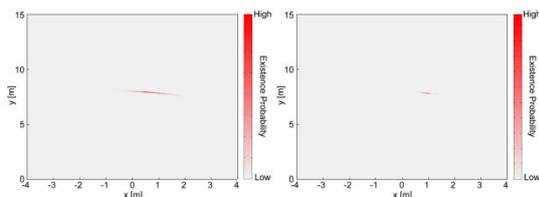
近距離 (同一車線, 5m 先)



中距離 (同一車線, 10m 先)



遠距離 (同一車線, 15m 先)



中距離 (対向車線, 10m 先)

図2 検出結果

(左: 従来手法 右: 改善手法)

*1 Trimble 3D gallery において 3D モデルを作成・提供して下さった username: brecht 氏に感謝致します。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計1件)

- Hiroyuki Hatano, Masahiro Fujii, Atsushi Ito, Yu Watanabe, Yusuke Yoshida, and Takayoshi Nakai, "Error Reduction by Reflected Signals in Automotive Radar Network Systems," 査読有, IEICE TRANSACTIONS on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, volume E98-A, number 2, pages 597-605, February 2015.

[学会発表] (計7件)

- Hiroyuki Hatano, Masahiro Fujii, Atsushi Ito, Yu Watanabe, Yusuke Yoshida, and Takayoshi Nakai, "Performance of Novel Target Detection in Radar Network Systems with a 3D Vehicle Model," IARIA International conference on Mobile Services, Resources, and Users (Mobility), pages 93-98, 2014/7/24, Paris (France).
- 羽多野裕之, 吉田友祐, 中井孝芳, 藤井雅弘, 伊藤篤, 渡辺裕, "車載レーダネットワークにおける対象物検出のための誤差低減手法の検討と3次元モデルを用いた評価," 電子情報通信学会技術研究報告(ITS), volume 114, number 74, pages 29-34, 2014/6/7, 東北工業大(仙台).
- 吉田友祐, 羽多野裕之, 中井孝芳, 藤井雅弘, 渡辺裕, "車載用レーダネットワークのための位置推定アルゴリズムにおける3次元モデルを用いた特性評価," 電子情報通信学会技術研究報告(ITS), volume 113, number 337, pages 19-24, 2013/12/3, 東京理科大(東京都).
- Yusuke Yoshida, Hiroyuki Hatano, Takayoshi Nakai, Masahiro Fujii, Yu Watanabe, "Estimation Performance with 3d Vehicle Model of Novel Positioning Algorithm in Radar Network Systems," International Conference on Intelligent Transportation Systems Telecommunication (ITST) 2013, pages 145-150, 2013/11/6, Tampere (Finland).
- 江川賢, 羽多野裕之, "複数受信機を用いた交差点における死角からの接近車両の検知手法," 電子情報通信学会総合大会, number A-17-22, page 253, 2013/3/20, 岐阜大(岐阜).
- 吉田友祐, 羽多野裕之, 杉山和哉, "周辺構造物からの反射波を利用した推定誤差低減手法の特性評価," 電子情報通信学会技術研究報告(ITS), volume 112, number 318, pages 11-16, 2012/11/26, 熊本大(熊本).
- Yusuke Yoshida, Hiroyuki Hatano, and Kazuya Sugiyama, "An Evaluation of Error Reduction by Indirect Path in

Forward-Looking Radar Network Systems," International Conference on Intelligent Transportation Systems Telecommunication (ITST) 2012, pages 300-305, 2012/11/6, 台北 (台湾) .

[図書] (計 1 件)

- 羽多野裕之, 藤井雅弘, 伊藤篤, 渡辺裕, 吉田友祐, 中井孝芳, ``複数レーダ装置を用いた車載用レーダネットワーク ,`` 次世代自動車の運転支援システムと求められる制御技術, 2015 年発刊予定.

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

[その他]

- 受賞
Yusuke Yoshida, Hiroyuki Hatano, and Kazuya Sugiyama, "Best Paper Award (An Evaluation of Error Reduction by Indirect Path in Forward-Looking Radar Network Systems)," International Conference on Intelligent Transportation Systems Telecommunication (ITST) 2012, November 2012.
- ホームページ
http://www.eng.utsunomiya-u.ac.jp/intro_is2/130.html

6. 研究組織

(1) 研究代表者

羽多野裕之 (HATANO, Hiroyuki)
宇都宮大学大学院工学研究科・准教授
研究者番号 : 40402531

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし