

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24年 6月 5日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2009～2011

課題番号：21500166

研究課題名（和文）

積極的な安全運転支援のための環境・状況認識および危険構造の抽出

研究課題名（英文）

Surroundings/Situation Recognition and Danger Detection for Active Safe Driving

研究代表者

加藤 ジェーン (KATO JIEN)

名古屋大学・情報科学研究科・准教授

研究者番号：70251882

研究成果の概要（和文）：

本研究は、環境・状況認識および潜在的危険の自動抽出による予測型安全運転支援システムの構築を提案するものである。その中核技術として、自車前方にある他の動的障害（主として歩行者）の検出・認識・追跡について取り組み、オブジェクトの2次元画像特徴と、スパース・マッチングにより得られた3次元奥行き情報をマルチキューモデルの下で統合する、高速で効率的な検出手法を開発した。

研究成果の概要（英文）：

We propose the "active safe driving support system" which is able to recognize the surroundings/situations and to detect the potential danger automatically. In this development, we have implemented the novel method which detects and localizes other traffic participants such as pedestrians and vehicle, using a probabilistic way to integrate image-feature-based detection and sparse 3D depth information together, under multi-cue model. This method provides fast and reliable estimation of the depth information.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2010年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：情報工学，画像工学

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：危険予測，安全運転支援，状況認識，環境認識，高度道路交通システム（ITS）

1. 研究開始当初の背景

日本では近年、交通事故による死亡者数は年々減り続けている。これは、車両に搭載された様々な安全運転支援システム、例えばエアバッグ、安全ボディなどの普及が功を奏しているからである。しかし、事故件数や負傷者数は高止まりしたままで、明確な減少傾向は見られない。現在も、ミリ波レーダー等による衝突防止システムの実用化や、見通しが

悪い交差点等における路車間通信システムの研究開発などをはじめ、多くの事故回避の工夫が続けられている。

しかし、現状、これらの事故回避システムは、特定の場所・状況における特定の危険について運転者に通知する機能にとどまっている。死傷者数を将来にわたって削減していくためには、運転者に対して、より積極的な運転支援を行うことが必要だと考えられる。

本研究では、このような視点から、環境・状況認識および潜在的危険の自動抽出機構を備えた予測型安全運転支援システムの構築を提案する。交通事故の原因の8割以上は運転者の認知・判断の誤りと分析され、衝突事故では運転者の対応が0.5秒早ければ、その半数は事故を回避できたと推定されている。そこで、運転者の運転機能（認知、判断、操作）のうち、システムが、センサ等の情報から運転者が気づかない周囲の状況を認知し、潜在的な危険を予測し、その危険度や運転者の特性に合わせて、なすべき操作を判断することにより、運転者を支援し、事故防止を図る。我々は、危険を現実化しない安全な時間内において、障害の検出、危険の予測、対応措置の判断・提示のすべてを行う実時間の安全運転支援を最終目標とする。

2. 研究の目的

本研究では、上記のような予測型安全運転支援システムの実現を目的とし、それを実現するために必要となる基盤技術の確立（下記4層に分けられる）を開発目標として設定した。なお、車両に搭載する装備（センサー）としては、GPS付き慣性運動計測装置、電子地図、車載の全方向カメラなどを想定している。

(1) 環境認識（静的障害の検出）

自車周辺の静的な障害（交差点、カーブ、トンネル、脇道、駐車場等）を認識する。そのためには、現在の正確な自車位置と電子地図情報から静的障害となりうるものを抽出することが必要となる。本研究では、車載のGPS受信機と慣性運動センサ群の出力結果またはカメラ映像から、高精度な自車位置、速度、姿勢情報を実時間で連続的に取得し、電子地図から静的障害となりうるものを自動抽出することを目標とした。

(2) 状況認識（自車周囲の動的障害の検出・認識・追跡）

自車周辺の動的障害（歩行者、二輪車、他の自動車等）は、車載カメラ映像から認識される。本研究では、車載の全方向カメラの映像から、自車周辺の移動物体の3次元空間における位置（方向・距離）と速度、および移動物体の種類（自動車、自転車、歩行者等）をマルチカテゴリ・マルチオブジェクト・トラッキング（対象が複数で、種類も異なる自動追跡）技術により認識する手法を開発することを目標とした。

(3) 危険予測と対応措置の判断

走行中の車両は絶えず静的障害および動的障害に遭遇する。そこで、静的障害と動的障害を認識した上で、それらの情報を統合すれば、危険構造を検出できると考える。たとえば、自車前方左側を走行する自転車は、通常、危険度が低いですが、前方右側に脇道がある

場合、自転車が横断のため飛び出す可能性があり、危険度が高くなる。本研究では、交通事故ケースを分析し、走行中の車両において危険構造を自動抽出する手法を開発することを目標とした。

(4) 運転者への情報提供

システムは、検出した危険構造および対応措置を早急に運転者へわかりやすく提示する必要がある。提示される情報を運転者が見聞することができる時間はきわめて短く、高齢運転者等の存在を想定すると、提示する情報を瞬時に理解できる程度に限定し、理解しやすくする必要がある。そこで、本研究では、危険度が高く運転者が見落としやすい危険構造を運転者に提示する手段を検討する。

3. 研究の方法

(1) 環境認識（静的障害の検出）

研究代表者らは、潜在的な危険因子となる、自車周辺の静的な障害（交差点、カーブ、トンネル、脇道、駐車場等）を自動認識するために、高精度な移動体自己位置・方位姿勢測定手法の検討を行った。

このような高精度な測位が必要となる場面では、現状、慣性航法システムやキネマティックGPS（数mm～数cmの測位精度をもつ）を用いることが考えられるが、これらの装置は大変高価であり、多数の一般車両への搭載や、人が外出の際に所持することは現実的ではない。一方、一般のカーナビゲーション・システムや携帯電話に搭載される普及型GPSは10m程度の誤差があり、GPS衛星が4つ以上捕捉できない空間での測位や、高層ビル等による反射波がある環境では、精度がかなり落ちることが知られている。普及型GPSを単独に用いるだけでは、今後求められる要求レベルを達成できない。

そこで、本方式は、データ収集車両の車載カメラによって撮影された街並みの映像および高品質の静止画像を用いて、①街並みパノラマ画像、②街並みの3次元特徴点の位置情報、③映像に対応する視点情報から構成される街並みデータベースを構築する。このデータベースと、移動体（車両、人）において撮影された画像を用いることで、移動体の位置・方位姿勢を高精度に測定する。目標性能として、測位誤差が数センチメートル以内（普及型GPS単独測位の約1/100）、同測位時間は1秒以内、方位姿勢については $\pm 1^\circ$ 以下（地磁気センサの約1/10）を目指し、3次元形状復元技術の一種であるSfM (Structure from Motion) 技術を採用した上で、数々の工夫を加えた。

なお、詳細な実現方式の検討までなされたものの、本研究では、(2)の状況認識（動的障害の検出・認識・追跡）手法の開発に注力したため、具体的な実現までには至らなかった。

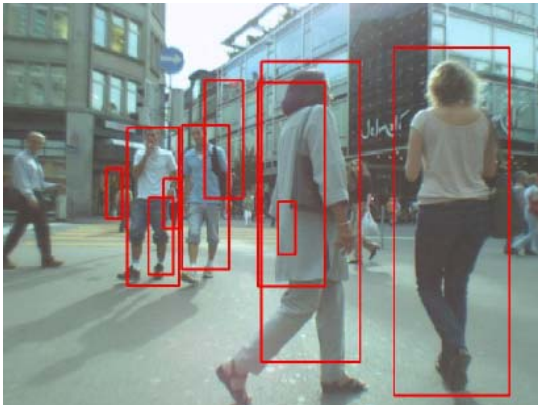
た。

同方式は、本研究課題で想定する高度な安全運転支援システムのほか、3次元の市街地モデルに基づいた詳細な案内を実現するカーナビゲーション・システムをはじめ、歩行者向けナビゲーション・システム等にも利用できると考えている。

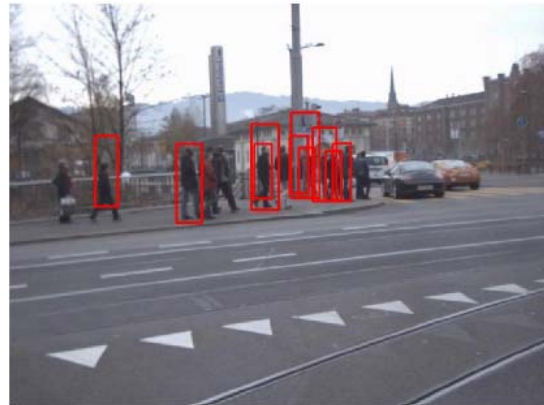
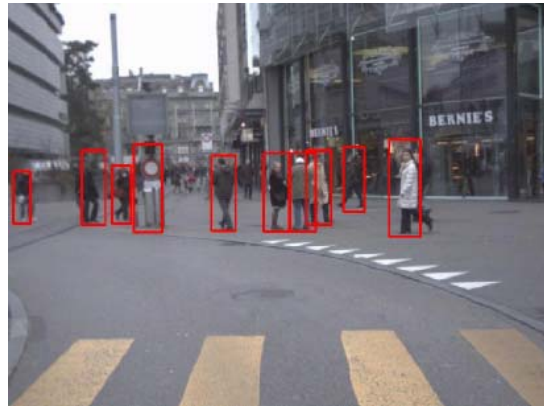
(2) 状況認識（自車周囲の動的障害の検出・認識・追跡）

状況認識層の中核になる技術は、自車前方にある動的障害の検出・認識である。研究代表者らは、すでに平成19～20年度科学研究費補助金研究（基盤研究(C)、課題番号19500144）において、交差点における自車追従型仮想視点映像の自動生成手法を開発している。これは、交差点における自車周囲の動的障害の一部を検出・認識する研究と位置付けられる。

本研究では、自車前方にある他の動的障害（主に歩行者）の検出・認識・追跡について取り組み、オブジェクトの2次元画像特徴と、スパース・マッチングにより得られた3次元奥行き情報をマルチキューモデルの下で統合する、高速で効率的な検出手法を開発した。



実験では、開発手法は、現在最も優れているとされるシカゴ大学の手法と比較して、平均精度はほぼ互角のところ、処理時間を5分の1に短縮した。また、動的障害の追跡において、移動物体領域には空間的連続性および



時間的連続性があるという特徴に注目し、それらをそれぞれマルコフ確率場 (MRF)、隠れマルコフモデル (HMM) を用いてモデル化することにより、追跡の安定性 (ロバスト性) を大幅に向上させることができた。

さらに、同手法に領域分割を用いた「顕著性マップ」を導入し、人間が注意すべき特定の画像領域に集中して状況認識を行う手法を開発した。これにより、瞬時の判断が必要な場合に、より高速に状況を判断し、また、多数の歩行者が存在する等、複雑な状況においても、危険度に応じた状況認識を実現することが可能となった。また、状況認識手法の実用化を目指し、さらなる高速化・安定性向上に取り組んだ。

本研究開発では、障害の検出、特に動的障害の検出については、計画を上回る成果を挙げたと考える。

(3) 危険予測と対応措置の判断

本研究にて提案する予測型安全運転支援システムにおいては、静的障害と動的障害を認識した上で、それらの情報を統合して危険構造を検出する。この実現のため、交通事故ケースを分析し、独自の確率的手法及びデータマイニング技術を利用して事故を定量化・クラスタリングした上で、走行中の車両において危険構造を自動抽出する手法を開発する予定であったが、本研究では、(2)の状況認識（動的障害の検出・認識・追跡）手法の開発に注力したため、本研究期間内は枠組み検討のレベルにとどまり、具体的な実現

には至らなかった。

(4) 運転者への情報提供

本研究にて提案する予測型安全運転支援システムにおいて、検出した危険構造及び対応措置を早急に運転者にわかりやすく提示する手法については、認知負荷理論 (P. Chandler, "Cognitive Load Theory and The Format of Instruction", 1991) 等に基づき、シミュレーション評価を実施する予定であったが、本研究では、(2)の状況認識(動的障害の検出・認識・追跡)手法の開発に注力したため、本研究期間内は検討レベルにとどまり、具体的な実現には至らなかった。

なお、研究代表者らは、すでに平成19～20年度科学研究費補助金研究(基盤研究(C), 課題番号 19500144)において、交差点における自転車追従型仮想視点映像の自動生成手法を開発している。同手法における、運転者視点に基づく鳥瞰映像の生成及びネットワーク通信を用いたリアルタイム授受の技術は、(4)運転者への情報提供の一部と位置付けられる。

4. 研究成果

本研究では、環境・状況認識および潜在的危険の自動抽出機構を備えた予測型安全運転支援システムを想定した上で、研究期間中に、非常に高速で安定(ロバスト)な自転車周囲の動的障害の検出・認識を実現した。本研究の状況認識層(自転車周囲の動的障害の検出・認識・追跡)は、マルチカテゴリ・マルチオブジェクト・トラッキング問題として捉えることができる。映像中に多種類の移動物体が混在する周辺状況の認識手法として、ITS(高度道路交通システム)のみならず幅広い分野で貢献することが期待できる。

また、本研究における環境認識層(静的障害の検出)は、研究期間中に実装できなかったものの、3次元の市街地モデルに基づいた詳細な案内を実現するカーナビゲーション・システムをはじめ、歩行者向けナビゲーション・システム等に利用できる。

本研究の危険予測・対応措置の判断方式については検討レベルにとどまり、具体的な実現には至らなかったが、障害の検出、特に動的障害の検出については、計画を上回る成果を挙げたと考える。

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3件)

- ① Yu Wang, Jien Kato, "Pedestrian Detection with Sparse Depth Estimation", IEICE Trans. on Information and Systems, E94-D 8, 1690-1699, 2011. 査

読有

- ② 関山宜孝, 加藤ジェーン, 渡邊豊英, "到達可能領域を用いた車両の挙動予測", 電気学会論文誌(C), 130-C, 1072-1077, 2010. 査読有
- ③ Yu Wang, Jien Kato, "Reference View Generating of Traffic Intersection", ICIC Express Letters, vol.4, 1083-1088, 2010. 査読有

[学会発表] (計9件)

- ① 原健翔, 加藤ジェーン, 石井健一郎, "領域分割を用いた顕著性マップの学習", 2012年電子情報通信学会総合大会, 岡山大学, Mar. 20-23, 2012.
- ② Yu Wang, Jien Kato, Kenichiro Ishii, "Integrate Sparse Depth Information into Pedestrians Detection", Proc. of IAPR Workshop on Machine Vision Applications (MVA'11), Nara, Japan, Jun. 13-15, 2011.
- ③ Yu Wang, Jien Kato, Kenichiro Ishii, Shigeki Yokoi, "Pedestrians Detection with Explicitly Estimated Sparse Depth", 電気関係学会東海支部連合大会講演論文集, 中部大学, Aug. 30-31, 2010.
- ④ Yu Wang, Jien Kato, Shigeki Yokoi, "Pedestrian Detection with Explicitly Estimated 3D Depth", Meeting on Image Recognition & Understanding (MIRU) 2010, Kushiro, Japan, July 27-29, 2010.
- ⑤ Yu Wang, Jien Kato, "Depth Added Pedestrians Detection with Stereo Cameras", 電気関係学会東海支部連合大会講演論文集, 愛知工業大学, Sep. 11-12, 2009.
- ⑥ Jien Kato, Yu Wang, "Reference View Generating for Safe Driving Assistance", the 4th Biennial Workshop on DSP for In-Vehicle Systems and Safety, Dallas, U.S.A, Jun. 25-27, 2009.
- ⑦ Yu Wang, Jien Kato, "Coupled Object Detection and Depth Estimation from Moving Vehicle", the 4th Biennial Workshop on DSP for In-Vehicle Systems and Safety, Dallas, U.S.A, Jun. 25-27, 2009.
- ⑧ Yu Wang, Jien Kato, Toyohide Watanabe, "Coupled Object Detection and Sparse Depth Estimation", 電子情報通信学会技術研究報告 (PRMU), 岐阜大学, May 28-29, 2009.
- ⑨ Noritaka Sekiyama, Jien Kato, Toyohide Watanabe, "Predicting Attainable Region of Vehicle Using Trajectory

Clustering”, The 11th IAPR Conference on Machine Vision Applications (MVA’09), 慶応大学, May 20-22, 2009.

[図書] (計2件)

- ① Jien Kato, Springer, Chapter 14: “Generate Reference Views of Traffic Intersection for Safe Driving Assistance”, Digital Signal Processing for In-Vehicle Systems and Safety, 2012, 総ページ数未定
- ② Yu Wang, Jien Kato, Springer, Chapter 16: “Generate Reference Views of Traffic Intersection for Safe Driving Assistance”, Digital Signal Processing for In-Vehicle Systems and Safety, 2012, 総ページ数未定

[その他]

ホームページ

<http://www.mv.ss.is.nagoya-u.ac.jp/~jien/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

加藤 ジェーン (KATO JIEN)

名古屋大学・大学院情報科学研究科・准教授

研究者番号：70251882

(2) 研究分担者

渡邊 豊英 (WATANABE TOYOHIDE)

名古屋大学・大学院情報科学研究科・教授

研究者番号：80093342

(3) 研究分担者

李 頡 (LI JIE)

筑波大学・システム情報工学研究科・教授

研究者番号：50251046

(平成21年度から22年度)

(4) 研究分担者

小尻 智子 (KOJIRI TOMOKO)

関西大学・システム理工学部・准教授

研究者番号：40362298

(平成21年度から22年度)

(5) 研究分担者

任 向実 (REN XIANGSHI)

高知工科大学・工学部・教授

研究者番号：00287442

(平成21年度)