

平成21年4月30日現在

研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2007～2008
 課題番号：19500144
 研究課題名（和文） インフラカメラ映像を用いた路車間協調型安全運転支援システムの研究
 研究課題名（英文） Study on Road-Vehicle Cooperative System for Safe Driving Using Infra-cameras
 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

研究成果の概要：

本研究は、交差点に進入する自動車に対して、交差点周辺の複数のインフラカメラによる映像（多視点映像）を送信し、自動車側で運転者視点に基づく俯瞰映像を生成し、運転者に提示することにより交通事故の削減を目指すものである。車両がいずれかの方向から交差点に進入する際に、運転者視点に基づいた高所視点の鳥瞰映像を、最も近い2台の参照カメラ映像からモーフィング技術を用いて高速に自動生成する手法を確立した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,600,000	780,000	3,380,000
2008年度	1,000,000	300,000	1,300,000
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，知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：(1) 安全運転支援，(2) 路車間協調，(3) ITS（高度道路交通システム），(4) 交差点，(5) 鳥瞰映像の生成，(6) ビュー・モーフィング，(7) 路車間通信，(8) 無線メッシュネットワーク

1. 研究開始当初の背景

日本では近年、交通事故による死者数は年々減り続けている。これは1990年代以降、車両に搭載された様々な安全運転支援システム、例えば、ABS（アンチロック・ブレーキ・システム）、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、衝突防止システム等、事故回避の工夫は続けられているが、車両

単体による交通事故の削減には限界が見え始めている。死傷者数を将来にわたって削減していくためには、車両だけに閉じた安全対策のみでなく、交通インフラ機器（路側機、車載器）間の協調に基づく事故回避技術が必要不可欠だと考えられる。

本研究ではこのような視点から、映像を用いた路車間協調型安全運転支援システムの構築を提案した。視覚情報は人間にとって最もわかりやすい情報の一つであるとともに、交通事故の多くは交差点付近で

発生しそのほとんどは運転者の不注意や見落としによるものである。したがって、交差点など見通しの悪い危険個所において高所視点のビデオカメラ（車載カメラと区別するため、インフラカメラと呼ぶ）によって撮影した交通監視映像を、路車間情報通信技術を用いて路側機から配信し、運転者に提供することを提案した。

運転者が提供された映像情報を見ることが出来る時間は極めて短いことや、高齢運転者等の存在を想定すると、情報を瞬時に理解できるように提示することが必要だと考えた。そこで、配信する映像情報に、移動物体追跡技術によって認識された車両や歩行者など移動物体の動的関係等（以下、「状況」という）を付加することを提案する。また、撮影した映像をそのまま提示するのではなく、運転者の視点に基づいて鳥瞰映像を作成し、その上に自車両が置かれた「状況」を運転行為（直進、右左折等）に応じて付加して提供することを提案する。すなわち、運転者適応型「情報再構築」を経て、必要な情報を違和感なくわかりやすく運転者に伝えることを目指す。これにより、見えにくい他車両や歩行者の存在情報を的確に伝えることができ、運転者が前もって危険を回避することが可能になると見込まれる。

2. 研究の目的

本研究では、上記のような路車間協調型安全運転支援システムを想定した上で、実現するために必要となる基盤技術の確立を目標とし、当初の目的として以下のものを掲げた。

- (1) 路車間協調安全運転支援システムにおいては、交差点の状況の把握が重要である。本研究では、複数のインフラカメラ映像から車両や歩行者の存在、位置等をロバストに検出・追跡し、交差点等の状況を把握する手法を確立する。
- (2) 提案システムにおいては、運転者が一瞬で交差点等の危険個所の状況を把握できるようにするため、運転者の視点に基づいた、理解しやすい鳥瞰映像を提示することを想定している。そこで、本研究では、自車の位置・方向情報および抽出された移動体追跡状況に基づき、複数のカメラ映像から任意視点画像生成技術（Image-Based Rendering）を用いて鳥瞰映像を高速に生成する手法と実現機構を確立する。
- (3) 提案システムにおいては、複数のインフラカメラによる映像情報など大容量のデータを、安定性を保持しながら移動中の車両に実時間で配信する必要がある。本研究では、無線メッシュネッ

トワークを用いることで、路車間の映像情報の実時間配信を実現する。その際に生じる課題を明らかにし、課題解決に有効な通信機構を提案する。

- (4) 提案システムの有効性および実時間性、ロバスト性等につき、認知科学に基づく評価実験を行い、客観的・定量的に評価する。

3. 研究の方法

(1) 多視点映像からの交差点の状況把握手法

ロバストな交通移動体の追跡について、研究代表者らは既に単体の監視カメラ映像を用いて、多くの研究を重ねて成果を挙げてきた。本研究においては、当初、今までに提案した追跡手法を多視点映像に適用・発展させることにより、交差点の状況把握手法の確立を目指す考えであった。すなわち、ローレベル追跡から得た情報を、Importance Sampling法を介してハイレベル追跡のプロセスに組み込み、ハイレベル追跡のロバスト性と実時間性を両立させるという手法を、多視点映像に応用し、多視点ならではの特徴として、交差点付近の正確な3次元位置情報を把握するというものである。

しかし、本研究期間では、次に述べる、運転者の視点に基づく鳥瞰映像の生成・提示に注力したため、車両・歩行者等の存在・位置等の検出・追跡については、特に多視点映像（複数のインフラカメラ映像）からという特徴を生かしたわけではなく、それぞれのインフラカメラ映像ごとに交差点内部の車両や歩行者を自動追跡し、それらのモデルからおおよその位置を把握することを実現した。

今後は、多視点画像ならではの特徴として、交差点付近の、より正確な3次元位置情報を把握する方向に進む予定である。

なお、多視点の画像間の特徴点対応処理は、従来、膨大な時間が必要であって現実的とはいえなかったが、近年、技術開発が進み、SIFT Detector（Lowe, “Distinctive image features from scale-invariant key points.”, 2004）及び Harris Corner Detector（Harris 等, “A combined corner and edge detector.”, 1988）をはじめとするさまざまな特徴点対応（ディテクタ）技術が提案されている。また、特徴点対応に必要な計算が半導体チップで実現可能となり（GPU SIFT, GPU KLT 等）、高速に処理できるようになってきた。

本研究においては、多視点の画像であることを生かして交差点の状況把握の場面で特徴点対応を用いることまでは及ばなかったが、次節で述べる運転者視点に基づいた鳥瞰映像の生成手法において、SIFT Detector 及び Harris Corner Detector という特徴点対

応技術を2つ重疊的に用いることにより、従来手動ですべて行っていた特徴点の対応処理を大幅に低減させることができ、鳥瞰映像の完全自動生成に向けた大きな進歩を与えることとなった。

交差点における危険事象の自動検出については、今回の研究期間内においては、課題の認識と実現手法の方向性の検討に留まった。

(2) 運転者視点に基づいた鳥瞰映像の生成手法の実現

本研究においては、各交差点等に4～8台程度の高所視点カメラ（インフラカメラ）が設置されると想定している。これらのインフラカメラ映像から、運転者の視点に基づいた高所視点の鳥瞰映像を生成することとした。

車両がいずれかの方向から交差点に進入するとき、最も近い2台の参照カメラ映像を使用して、運転者視点に基づいた高所視点の鳥瞰映像を、モーフィング技術（Beier, "Feature-based image metamorphosis", 1992）を用いて高速に合成する。

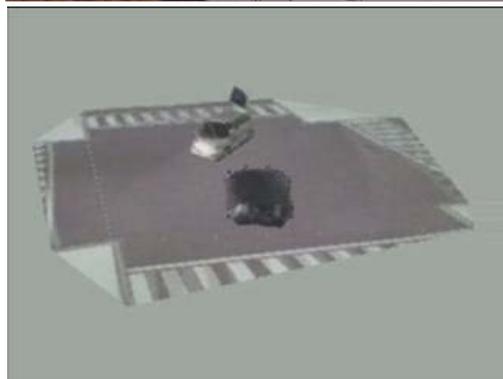
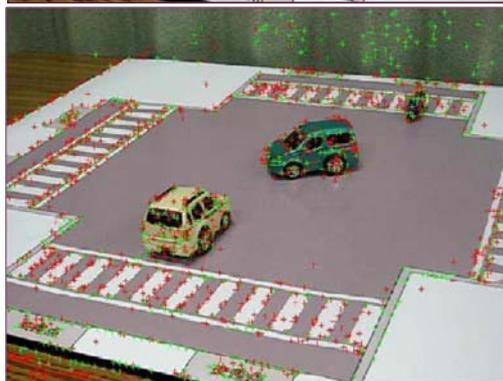
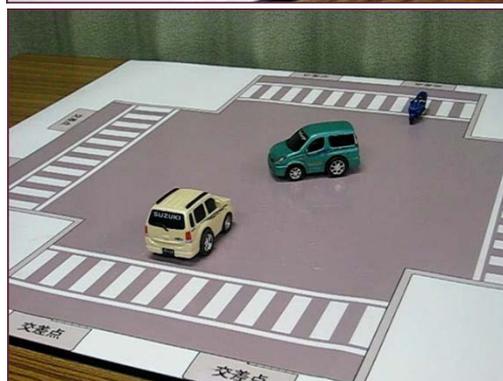
モーフィングは、初期画像と最終画像の特徴点对応によって中間画像を生成する技術である。2つの画像の混合割合であるモーフィング率を変えることで、任意の中間画像を生成することができる。

モーフィングにより運転者視点に基づいた任意視点映像を生成するためには、複数のインフラカメラによって得られた映像の間の対応情報。すなわち映像中に含まれる物体の形状的な特徴点の対応が必要である。本研究では、前節で述べた SIFT Detector 及び Harris Corner Detector という特徴点对応技術を用いることにより、この特徴点抽出を自動で実現することができる。

得られた映像の例を図に示す。本研究では、実際に交差点にカメラを設置することはできなかったため、実環境における車両、交差点、インフラカメラの相対的な位置関係と同様である実験環境（1/38 スケールの交差点環境の模型）を用いた。

2つのインフラカメラからの映像をそれぞれ1つ目、2つ目の図に示す。この2つの映像から SIFT Detector と Harris Corner Detector を用いて特徴点对応した結果を3つ目の図に示す。さらに、モーフィングによって生成した運転者視点の鳥瞰映像を4つ目の図に示す（4つ目の図においては、用いた車両の模型が異なる）。この生成された映像にはやや歪みが見られるものの、2台の自動車、二輪車等の位置関係は、実カメラから得られる位置関係に非常に近いもので、また運転者の視点に基づいているため、自然で理解しやすいと評価できる。

なお、モーフィングによる映像生成は高速に行えるが、特徴点对応をソフトウェアで実



行しているため、同映像生成の実時間生成は今後の課題である。ただ、特徴点对応を自動で実現することができたため、自動で実時間に生成する目途がついたといえよう。

(3) 路車間通信による情報のリアルタイム授受

本研究では、広範囲の路車間の映像配信を高速かつ高品質に実現するため、無線メッシュネットワーク技術を用いる。無線メッシュ

ネットワークとは、多数の無線LANのアクセスポイントが相互に接続し、網の目のように高速に通信するアーキテクチャをもつネットワークである。従来よりも高いアーキテクチャの堅固性と無線LANの高い通信大域幅をもち、高速に移動している車両に、柔軟に高品質なマルチメディア通信サービスを提供できると考えられる。

本研究においては、実際の交差点において無線メッシュネットワークを構築することはできなかったため、実験室におけるシミュレーション環境下で構築し、映像の送受信実験を行った。

具体的な開発項目は、移動性管理、省電力の経路選択 (routing) とメディアアクセス制御 (media access control), ネットワークの信頼性、通信の安全性をはじめ、複数インフラカメラによる映像情報など大容量のデータを移動中の車両に実時間配信する際に生じる課題につき整理し、通信方式等について設計を行う予定であったが、実際に移動する環境下での実験ではなかったため、路側機と移動する車両という環境下の具体的な設計・検討には至らなかった。なお、本実験により得た知見は、今後、実交差点における無線メッシュネットワークの構築に活用していく。

(4) 認知科学に基づく評価実験の設計と実施

本研究にて提案する路車間協調安全運転支援システムの実時間性、ロバスト性、機能性をテストするとともに、認知負荷理論 (P. Chandler, "Cognitive Load Theory and The Format of Instruction", 1991) に基づき、様々な運転歴や年齢の被験者による実験室実験および実車検証実験を行いたいと考えていたが、本研究では、(2)の運転者の視点に基づく鳥瞰映像の生成・提示に注力したため、本研究期間内には、具体的検討には至らなかった。

4. 研究成果

前述のとおり、本研究では、運転者の視点に基づいた鳥瞰映像を生成し、その上に自車両が置かれた「状況」を運転行為に応じて付加し提供することを想定している。すなわち、運転者適応型「情報再構築」を経て、必要な情報を違和感なくわかりやすく運転者に伝えることを目指す。この提案システムが実現されれば、AVS (国土交通省先進安全自動車推進検討会) の検討対象となっている7つの事故類型中、少なくとも(1)右直事故、(2)出会い頭事故、(3)歩行者事故の各場面において、それぞれ(1)交差点右折の際に接近する、見えにくい対向直進車の存在、(2)交差点に接近する他車両の存在、(3)横断歩道を渡る歩行者の存在の情報を提供することにより、

事前に回避することを可能にし、事故防止に大きく寄与できることが見込まれる。

また、上に述べた2つの技術の融合は、研究成果としてまだ報告されておらず、ITSのみではなく、多視点映像の内容解析・理解・再構築を必要とする幅広い分野で貢献することが期待できる。

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7件)

- ① Jien Kato, Yu Wang. "Reference View Generating for Safe Driving Assistance", 4th Biennial Workshop on DSP for In-Vehicle Systems and Safety, Dallas, TX, USA (2009). 採録済, 査読有
- ② Yu Wang, Jien Kato. "Coupled Object Detection and Depth Estimation from Moving Vehicle", 4th Biennial Workshop on DSP for In-Vehicle Systems and Safety, Dallas, TX, USA (2009). 採録済, 査読有
- ③ Liansheng Tan, Fei Ge, Jie Li, Jien Kato. "HCEP: A Hybrid Cluster-based Energy-efficient Protocol for Wireless Sensor Networks", Int. J. Sensor Networks (2009). 採録済, 査読有
- ④ Noritaka Sekiyama, Jien Kato, Toyohide Watanabe. "Predicting Attainable Region of Vehicle Using Trajectory Clustering", Proc. of The Eleventh IAPR Conference on Machine Vision Applications (MVA'09), Keio University, Japan (2009). 採録済, 査読有
- ⑤ Ruidong Li, Jie Li, Peng Liu, Jien Kato. "A Novel Hybrid Trust Management Framework for MANETs", NGNA09, (2009). 査読有
- ⑥ Jien Kato, Noritaka Sekiyama. "Generating Bird's Eye View Images Depending on Vehicle Positions by View Interpolation", Proc. of Third International Conference on Innovative Computing, Information and Control (ICICIC2008), CD-ROM, Dalian, China (2008). 査読有
- ⑦ Jie Li, Ruidong Li, Jien Kato. "Future Trust Management Framework for Mobile Ad Hoc Networks", IEEE Communication Magazine, Vol. 46, No. 4, pp. 108-114, April 2008. 査読有

[学会発表] (計3件)

- ① 関山宜孝, 加藤ジェーン, 渡邊豊英. "交

通オブジェクトの挙動予測のための到達可能領域の推定”, 2008 年度電気関係学会東海支部連合大会(2008.9.19). 査読無

- ② Yu Wang, Jien Kato, Toyohide Watanabe. “Dynamical 3D Scene Reconstruction of Intersection with Non-overlapped Cameras”, 2008 年度電気関係学会東海支部連合大会(2008.9.19). 査読無
- ③ 関山宣孝, 加藤ジェーン, 渡邊豊英. “モーフィングによる交差点鳥瞰映像の生成および事故現場検証への応用”, 電子情報通信学会パターン認識・メディア理解研究会(PRMU), (2008.5.22). 査読無

[その他]

ホームページ

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

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