

## 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 5月15日現在

機関番号：13904

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21510176

研究課題名（和文）

ドライバ中心型安全運転支援システムの開発

研究課題名（英文）

Development of safe driving support system by letting a driver conscious

研究代表者

三宅 哲夫（MIYAKE TETSUO）

豊橋技術科学大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号：60239366

研究成果の概要（和文）：交通事故の低減を目的として、車両運転中のドライバの注視行動を監視し、注視行動の妥当性を評価して運転集中状態を推定するシステムを提案した。先行車両、道路標識、道路遠点等に対する注視行動を基に、運転状態を、通常、漫然、眠気を伴う運転の3種類に分類した。ドライビングシミュレータを用いた実験では、各運転状態をそれぞれ53%、70%、62%の割合で検出した。通常運転状態の32%を漫然運転と推定したが、逆の割合は少なく安全側の見過ぎとなっており、システムの実利用が期待できる。

研究成果の概要（英文）：For the sake of decrease in traffic accident, we proposed a system which judges validity of driver's action of watching and estimates driver's concentration degree for driving. A driver's state is classified into three kinds of driving; ordinary, distracted and drowsy based on the action of watching forward cars, traffic sign and a far point of a road. In the experiment conducted with a driving simulator, the system detected the three driver's states by 53%, 70% and 62% respectively. The error percentage of ordinary driving mistaken to distracted driving resulted 32%, however, the percentage in reverse case was small and practical use of the proposed system is expected.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	600,000	180,000	780,000
2010年度	700,000	210,000	910,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	2,000,000	600,000	2,600,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学・社会システム工学・安全システム

キーワード：運転集中度、安全運転、視線計測、注視、画像処理、状態推定

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 交通事故は深刻な社会問題である。自動車メーカー各社は安全運転支援を目的として、ドライバの技量不足や注意不足を補完する車両中心型の介入制御システムを開発してきた。

(2) これらの取り組みは一定の成果を挙げているが、車両中心型の介入制御を突き詰めていくと、交通事故の責任は最終的に自動車メーカーに帰するところとなるため、介入限界の設定が難しく、事故撲滅の決定打には成り得ていない。

(3) 一方、ドライバ側の問題として、脇見運転や漫然運転、あるいは眠気を伴う中での運転等、集中度の低下は日々の運転で容易に発生する。警察庁の統計によると、脇見運転や漫然運転といったいわゆるドライバの注意不足は、交通事故の主要な原因を占め、重大事故につながるケースも少なくない。

## 2. 研究の目的

(1) 本研究は、車両中心型の安全運転支援の限界を踏まえ、ドライバ自身に安全遵守の自覚を促す、ドライバ中心型の安全運転支援システムの構築を目的とする。ドライバ中心型とは、ドライバの運転状態を常時監視し、漫然運転や眠気を伴う運転等の安全逸脱状態を検出した場合には、警告等を発して安全運転への復帰を促すことで交通事故を未然に防止するという考え方である。

(2) 最終的には、大規模な運転行動特性データベースを基にした、免許更新時の運転矯正を含む社会規模の適正運転維持管理体系の構築を目標としているが、本研究では安全運転支援システムの構築に不可欠な要素技術の開発を行う。

## 3. 研究の方法

(1) 本システムの概要を図1に示す。システムは2台のカメラとPCで構成される。1台のカメラは、車両前方画像を取得し、他の1台は、ドライバの顔画像を取得する。車両前方画像からは、ドライバが運転中に注視すると考えられる、先行車両、道路標識、道路遠点を抽出する。顔画像からは、ドライバの視線方向や視線の動きを抽出する。抽出した情報を統合し、注視行動の妥当性を評価して運転集中状態を推定する。

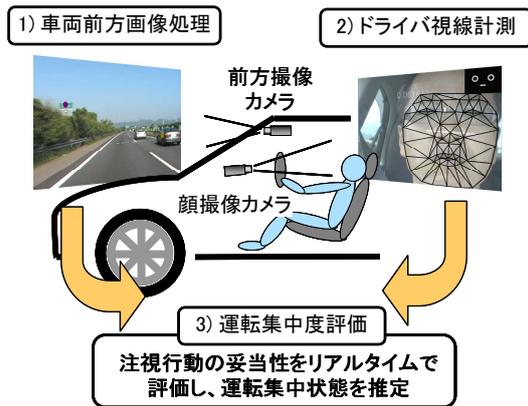


図1. システム概要

図1に示す通り、本システムは、車両前方画像処理、ドライバ視線計測、運転集中度評価、の3個のサブシステムで構成されており、これらのサブシステムを個々に開発し、最終

段階で統合してひとつのシステムを構築した。道路環境や走行時間帯、あるいは天候については、様々な状況が考えられるが、本研究では、日中に高速道路を走行する状況を対象とした。天候については、制約を設けず、全天候に対応した。

(2) 以下に、本研究で開発した3個のサブシステムについて説明する。

### ① 車両前方画像処理

ドライバが運転中に注視すると考えられる物体は、前方および側方の走行車両、道路標識、道路遠点を基本として、視覚特性により無意識に注視する高輝度物体を加えた。

CCDカラーカメラで撮像した画像はRGB画像である。指示標識、案内標識、警戒標識等の道路標識の認識には色情報を用いるが、天候状態による光環境の影響を受けずにそれぞれの色特徴を捉えられるように、RGBのほかにLabおよびHSV色空間を併用する。車両は、道路上の陰影を用いて抽出する。道路遠点は、画像の消失点で代用する。高輝度物体は、濃度閾値と面積閾値を用いて抽出する。

1枚の画像中に注視対象候補は複数個存在するが、これらを同時に注視することはできないため、注視する可能性が高い順に順序付けを行う。本サブシステムからは、注視対象候補の画像上での位置と注視の優先順位を出力する。図2に処理結果例を示す。

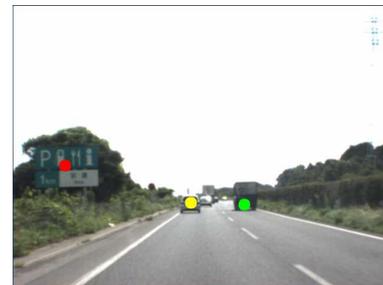


図2. 車両前方画像処理結果例

### ② ドライバ視線計測

顔画像からの視線方向の検出は、過去の研究で開発した手法を用いる。本研究では、主として黒目検出精度を向上するため、i) AAM (Active Appearance Model) アルゴリズムによる顔の安定した追跡と ii) RANSAC (RANdom SAmple Consensus) アルゴリズムによる黒目領域の高精度抽出を実現した。図3に抽出した黒目領域の例を示す。



図3. 黒目領域抽出例

### ③ 運転集中度評価

車両前方画像処理で得た注視対象物体を、ドライバが注視しているかどうかを判定するには、2次元位置座標で与えられる対象物体の位置データと、3次元空間ベクトルで与えられるドライバの視線データとを統合する必要がある。2台のカメラのレンズ中心位置は一致していないため、視線ベクトルを平行移動してデータを統合する。

このときに生じる視線方向のずれを、シミュレーションで求めた結果、自車両と対象物体との距離が10mのときは約2度であるが、距離が離れるに従い角度のずれは急速に減少することがわかった。対象物体が近距離にある場合、ずれは大きくなるが、対象物体像自体が大きくなるため、視線方向がずれても注視判定には影響しない。

ドライバは、通常運転では視野内にある車両等を適切に視認すると考えられる。一方、運転中に運転以外のことを考えていたり、眠気により運転集中度が低下している状態では、視線方向がばらついたり、逆に視線の動きが不活発になるなど、通常運転状態の視線の動きとは統計的に異なる様相が現れる。

そこで、視線方向と注視対象物体との位置関係、視線の停滞時間、視線方向のばらつき等を10回/秒間隔でサンプリングし、注視行動パターンを分類する。この後、この情報を基にHMM(Hidden Markov Model)により、ドライバの運転状態を推定し、運転に集中しているか否かを評価する。

本研究では、ドライバの運転状態を、a. 通常運転、b. 漫然運転、c. 眠気有りの3状態に分類し、HMMの内部状態とする。また、ドライバの注視行動を36パターンに分類し観測シンボルとする。HMMは、観測できる注視行動パターンを基に、内部状態である運転状態を推定する。状態遷移確率および観測シンボル出力確率は、次に示す実験で得た統計データを用いた。

(3) HMMは初期状態確率、状態遷移確率および観測シンボル出力確率をモデルパラメータとする。これらのモデルパラメータを得るために、成人男性1名によるドライビングシミュレータを用いた走行実験を行った。

延べ4.5時間の走行実験時間中に、被験者が自覚する運転状態を被験者自らが意思表示スイッチにより報告し、さらに実験後の聞き取りと収録した顔画像を参照することにより、各時刻における被験者の運転状態を決定し、状態遷移確率を求めた。また確定した状態における注視行動パターンを基に、観測シンボル出力確率を求めた。

運転開始時点では、ドライバは覚醒状態にあると考えられるので、HMMの初期内部状態はa. 通常運転とした。

### 4. 研究成果

(1) 実験で得たドライバの運転状態の推移、およびドライバの注視行動を基にHMMにより推定したドライバの運転状態の推移を図4に示す。濃青色のグラフは、被験者の表情と被験者からの聞き取りにより評価した運転状態を、紫紅色のグラフは、HMMの推定結果を示す。

視線の動きは10回/秒で計測しているが、視覚を通して得た情報は、短期記憶として20秒の間保持されるとの報告があり、図4のプロットは、20秒間の注視行動を評価して運転状態を推定した結果である。

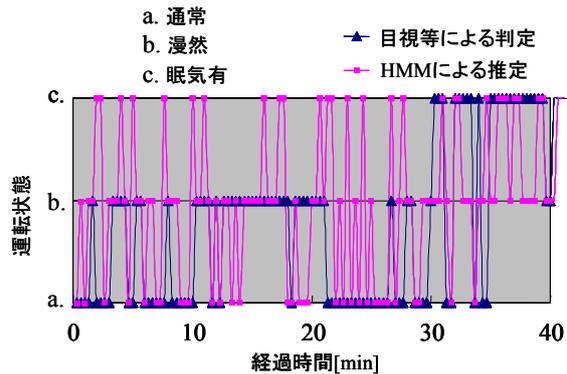


図4. 運転状態の推移

表1に、推定結果の正解率を示す。通常運転状態に対しては、53%を真値の通常運転、32%を漫然運転状態、15%を眠気有りの状態と推定した。漫然運転状態は、覚醒状態でかつ運転以外のことに集中している状態と定めているが、このときの視線の動きのパターンが通常運転状態のときのパターンと比較的よく似ていることが、誤推定の原因であると考えられる。しかし、表からわかるとおり、これとは逆に、漫然あるいは眠気有りの状態を通常運転状態と推定した割合はそれぞれ、12%、4%と低い値である。

本システムの性能については、通常運転からの逸脱状態は過剰に検出しているが、危険な運転状態は見逃さないという結果が得られており、安全運転支援システムが本来有すべき特性を備えているとも評価できる。

表1. 推定結果の正解率

		単位【%】		
HMM \ 真値	通常	漫然	眠気有り	
通常	53	32	15	
漫然	12	70	18	
眠気有り	4	34	62	

現在は、20秒間隔という比較的短い時間内での推定結果に対して正解率を求めている

が、運転状態が、通常、漫然、眠気有りの3状態を短時間で頻繁に移り変わるモデルは、現実的ではない。この点を見直すことで、システムの信頼性が高まると考えられ、今後、安全運転支援システムとしての実利用が期待できる。

(2) 国は交通事故低減の目標を掲げ、各種研究機関や自動車メーカーは目標達成のために精力的に研究、技術開発を推し進めている。警察庁の発行する統計白書からも、近年の事故発生件数の減少傾向が認められ、その成果が確実に現れている。

しかし、高速道路での重大人身事故は相変わらず発生している。多くは、居眠り運転による事故であるが、その根底にあるのは個々のドライバの安全運転遵守に対するモラルの欠如であると考えられる。この点で、ドライバに自らの運転状態の危険性を自覚させるシステムは画期的であり、本システムのもつ社会的な意義は大きい。

すべての車両にドライバの運転モニタリングシステムが導入され、そのデータが免許更新時に活用される社会システムが生まれることが今後の目標である。

(3) 現在のところ、ドライビングシミュレータを用いた走行実験を行っているが、実車実験に比べて、被験者の緊張感が極度に低いことが問題である。

構築した安全運転支援システムの真の有用性を検証するには実車実験が最適であるが、万一の交通事故を考慮し、路上を走行する車両の車室内へのカメラ搭載の合法性を見極めた上で、可能であるなら路上実験を実施する。法律上の困難が伴う場合は、現在ソフト環境を構築中の高機能ドライビングシミュレータを用いて安全運転支援システムの完成度を高めてゆく。

## 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 T. Miyake, J. Fujimoto, M. Matsunaga, T. Imamura and Z. Zhang, Measurement of Viewing Direction for Safety Driving Support System with Monocular Camera, ICIC Express letters, Part B, Vol. 2, No. 3, 653-658, 2010. 査読有.
- ② T. Miyake, T. Asakawa, T. Yoshida, T. Imamura and Z. Zhang, Detection of View Direction with a Single Camera and Its Application Using Eye Gaze, Proc. of the 35th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, 2051-2057, 2009. 査読有.

[学会発表] (計10件)

- ① 松永 惇, 注視行動計測に基づくドライバの意識状態推定, 第12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, 2011年12月25日, 京都大学.
- ② 福山 育也, 車両前方画像からの物体抽出における色空間の選択, 第54回自動制御連合講演会論文集, 2011年11月19日, 豊橋技術科学大学.
- ③ 松永 惇, ドライバの運転集中度の定量評価, 2011年電子情報通信学会総合大会, 2011年3月15日, 東京都市大学.
- ④ 松本 卓也, 瞬きを用いた眠気検出, 2011年電子情報通信学会総合大会, 2011年3月14日, 東京都市大学.
- ⑤ 松永 惇, ドライバの注視行動計測に基づく運転集中度の検出, 平成22年度電気関係学会東海支部連合大会, 2010年8月31日, 中部大学.
- ⑥ 藤本 準, 単眼カメラを用いた安全運転支援システムのための視線計測, 平成22年度電気関係学会東海支部連合大会, 2010年8月31日, 中部大学.

[その他]

- ① ホームページ  
<http://is.me.tut.ac.jp/>
- ② アウトリーチ活動状況
  - ・第17回名古屋モーターショー あいち ITS ワールド 研究室公開, 2011.12.22-25.
  - ・豊橋技術科学大学未来ビークルリサーチセンター成果報告会デモ, 視線推定, 2010.03.01.
  - ・第12回豊橋技術科学大学未来ビークルリサーチセンターシンポジウム成果報告会, 2010.01.21.
  - ・第16回名古屋モーターショー あいち ITS ワールドにおける研究紹介, 2009.11.20-24.

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

三宅 哲夫 (MIYAKE TETSUO)  
豊橋技術科学大学・大学院工学研究科・准教授  
研究者番号: 60239366

(2) 研究分担者

( )  
研究者番号:

(3) 連携研究者

( )  
研究者番号