

「運転者の視線・頭部の姿勢・走行情報を利用した安全運転支援システムの実用化」

研究代表者 プリマ オキ ディッキ（ソフトウェア情報学部、准教授）、
 亀田 昌志（ソフトウェア情報学部、准教授）、
 伊藤 久祥（ソフトウェア情報学部、講師）

本研究では、ヒューマンセンシング技術を利用して、運転者の「頭部姿勢」および「視線方向」を単眼カメラで撮影・観測し、それらの運転中の行動情報と車の走行情報（ウィンカー、ブレーキなど）を同時に収集・分析した結果を利用して、安全に自動車を運転するための支援システムの構築を試みた。開発したシステムは、走行実験を通じて、様々な運転場面において十分に安全運転支援に必要な情報が得られることを確認できた。

1 研究の概要

近年、自動車による交通事故の発生は減少傾向にあるが、依然としてその発生件数が高い水準にあり、大きな社会的問題となっている。自動車の運転時に、「認知」、「判断」、「操作」の3つの段階を踏んで運転を行っており、安全運転を行う際に一番重要な行動は「認知」することであるとされている。安全運転を支援するシステムのうち、重要な支援として運転者に「認知」させる点であると考えられる。現在、運転中の認知行動を支援するシステムとして、株式会社デンソーで開発されている「ドライブアシスタンスシステム」やSmartEye社が開発しているSmart Eye Pro等があるが、それらのシステムは大規模且つ複雑なため、現時点において一般車両への実用化が困難である。本研究は、運転者の頭部姿勢や視線方向、車の走行情報（ウィンカー、ブレーキなど）を同時に収集し、それらのデータをリアルタイムで分析した結果から、安全に自動車を運転するための支援システムの構築を試みたものであり、さらにシステムに必要な計算量を軽減することで、低コストのシステムを提供できることを目指している。

2 研究の内容

安全運転支援システムの開発において、システムが簡易に構築できること、そして運転者の

行動と走行情報を同時に計測できることを前提条件としている。前者について、ウィンカー、ブレーキなどの出力電圧の変化を取得することで、容易にそれらの情報が取得できる。後者について、Webカメラから運転者の顔面を撮影し、その映像をもとに頭部姿勢と視線方向を取得し、走行情報と並列に分析を行う。本システムでは、上記の運転者の行動と走行情報をもとに安全運転かどうかに関する判定を行い、危険な運転に対して注意喚起を行う。図1は、システムの概略図を示す。

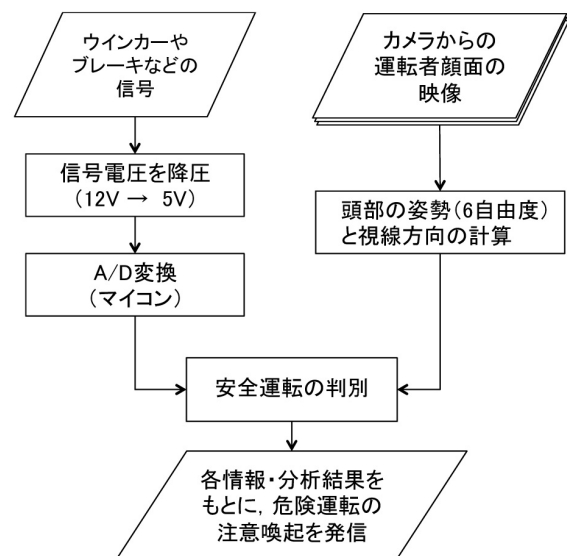


図1 システムの概略図

2.1 車の走行情報の取得

ウィンカー、ブレーキなどの出力信号をマイコン（Arduino）でAD変換し、USBを通じてPCに入力をする。ここで、一般乗用車の電圧が12Vであるため、変圧回路を利用してマイコンで読み取れる最大5Vになるように、それらの信号の電圧を調整する必要がある。ウィンカーやブレーキの各ライトが作動する際の電圧を閾値とすることで、これらのアナログ信号のAD変換を行う。

2.2 運転者の頭部姿勢の取得

頭部姿勢の検出 [1],[2]については、オープンソースのC++のライブラリであるFaceTracker APIを利用している。FaceTracker APIは、既存のASM（Active Shape Model）にさらに制約（Constrained Local Model; CLM）を加えて顔の特徴点を検出している。これらの特徴点を3D顔モデルに当てはめることで、頭部姿勢における6自由度（ $x, y, z, pitch, yaw, roll$ ）が求められる（図2）。

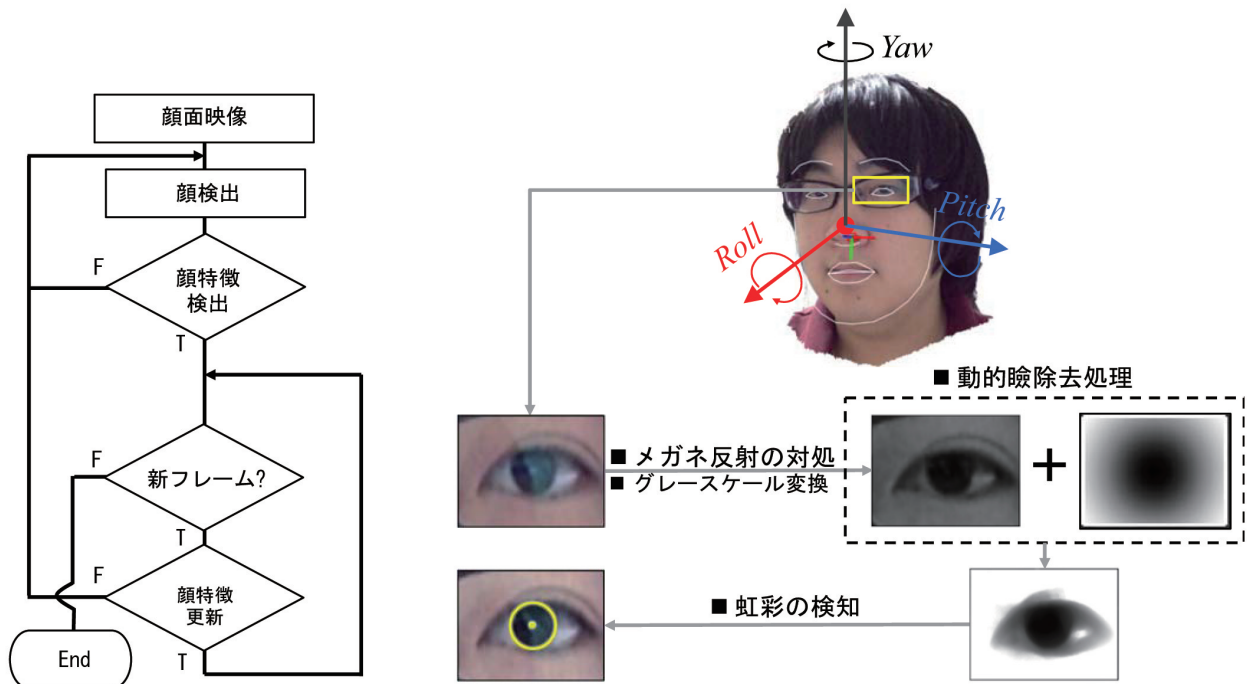


図2 頭部姿勢（pitch, yaw, roll）および視線方向（eyex, eyey）の計算の概略図



(a) システム制御用のパソコン



(b) 走行情報取得用のマイコン

図3 実験用の車両に設置した本研究の安全運転支援システム

2.3 運転者の視線方向の取得

視線方向を取得するためには、上記2.2で抽出した顔の特徴点から目領域を抽出し、その領域内の虹彩中心座標を検知し、キャリブレーションの手続きを経て、視線方向を算出する(図2)。ここで、高精度に視線方向を算出するために、カメラからの目領域画像から虹彩輪郭の点群をblobとcontour検出処理で抽出し、これらの点群をなす円の方程式を算出して、正確な虹彩輪郭を求める^[3]。

2.4 取得情報の分析

前述の2.1~2.3の処理を個別のスレッドで処理し、運転者の行動と自動車の走行情報を独立に分析できるようにする。ここで、直進運転や脇見運転、左折・右折時の運転者の行動を観測された頭部の姿勢 (*pitch, yaw, roll*) と視線方向 (*eye_x, eye_y*)、自動車の走行情報をもとに分析する。

3 実験

本研究で開発したシステムを実験用の車両に設置し、約20分間の走行実験を行った。実験では、まず走行中において、運転に必要な行動として頭部姿勢および視線方向の中からの有意なものを検知し、次に直進や左折、右折における運転時の頭部姿勢および視線方向の変動から開発システムによる運転場面の推定を確認した。図3は、開発したシステムを実験用の車両のコクピットに設置した様子を示す。

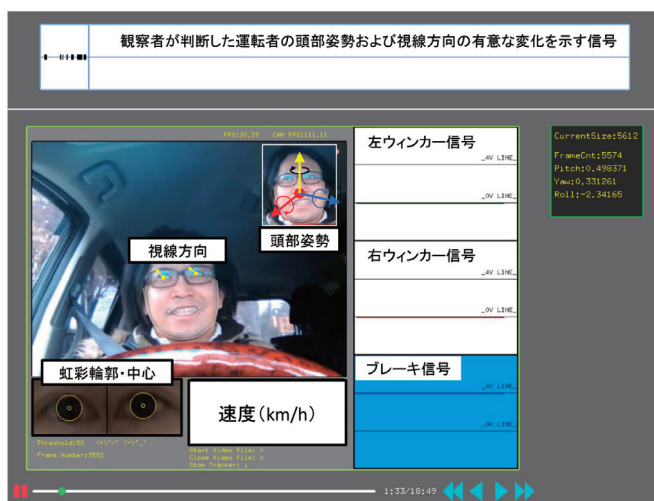


図4 運転者の頭部姿勢の検証画面 (コーディングシステム) の一例

3.1 計測した頭部姿勢および視線方向の検証

走行実験中に記録した情報を用いて、運転者の頭部姿勢および視線方向を検証するためのコーディングシステムを作成した。図4は、コーディングシステムの画面を示す。ここで、観察者は映像内の運転者の顔面を注目しながら、運転に必要な行動として有意な頭部姿勢と視線方向の変動の有無をキーボードのキーで記録した。

走行実験からの検証結果として、頭部姿勢 (*yaw*) が左右±10度以上、そして視線方向が左右±5度以上変動すれば、運転者が左右確認や脇見運転などの行動を行っていることが分かった。図4の上部には、観察者によって運転者の頭部姿勢と視線方向の変動が有意なものであると判断された場合の記録用の信号を示す。

3.2 直進・左折・右折時の運転行動

ここで、約20分間の走行実験の中で特に直進運転や左折運転、右折運転における運転者の行動に注目する。図5はそれぞれの運転場面の概略図を示す。表1は、頭部姿勢や視線方向、ウィンカーの状態、ブレーキ、車速の諸情報から、走行中に開発したシステムが推測した運転場面を示す。この表のように、一つの運転場面において、運転者の行動情報と車の走行情報から考えられる運転場面を詳細に推定することができる。

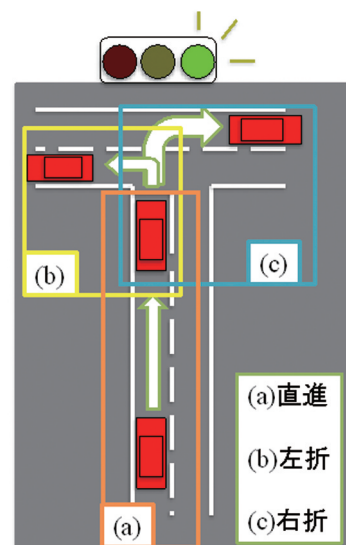


図5 各種運転場面 (直進・左折・右折)

表1 運転行動と走行情報から推定できる運転場面

実際の運転場面	頭部姿勢 (顔の向き)	視線方向	ウィンカー		ブレーキ	システムが推定 する運転場面
			左	右		
直進	正面	前方	無	無	無	直進
	正面	前方	無	無	有	減速また停止中
	正面	前方→左	有	無	無	左折進行中
左折	正面	前方→左	有	無	有	左折中に減速または停止中
	左方面	左	有	無	無	左折進行中に安全確認
	左方面	左	有	無	有	左折停止中に安全確認
右折	正面	前方→右	無	有	無	右折進行中
	正面	前方→右	無	有	有	右折中に減速または停止中
	右方面	右	無	有	無	右折進行中に安全確認
	右方面	右	無	有	有	右折停止中に安全確認



図6 本研究の安全運転支援システムのために制作したカーシミュレータ

4 今後の具体的な展開

本研究で開発した安全運転支援システムは、ARM系のCPU上で十分に動作することができ、居眠り防止機能などを追加することで安価なドライバーアシスタントとして商品化される可能性が十分にある^[4]。現在、頭部姿勢の検知範囲の向上や様々な環境照明の影響による計測誤差を軽減しながら、カーシミュレータ上での繰り返し走行実験を通じて、信頼性の高いシステムとして仕上げていきたい。図6は、本研究の安全運転支援システムのために制作したカーシミュレータを示す。

5 学会発表等の実績・受賞

本研究でのシステム開発で利用した諸技術について、情報処理学会第76回全国大会で3件の発表^{[1]~[3]}を行い、3つの学生奨励賞を受賞した。

参考文献

- [1] 蛇穴祐稀、プリマオキディッキ、伊藤久祥、会話参加者の行動を自動記録する行動観察ソフトウェアの開発、情報処理学会第76回全国大会、2014.
- [2] 堀江友祐、プリマオキディッキ、伊藤久祥、ヘッドマウント視線追尾装置における頭部動き補償キャリブレーションの開発、情報処理学会第76回全国大会、2014.
- [3] 今淵貴志、菊池輝、プリマオキディッキ、伊藤久祥、非接触型視線追尾システムに向けた虹彩検出手法の検証、情報処理学会第76回全国大会、2014.
- [4] 八重樫大貴、運転者の視線、頭部姿勢、車の走行情報を利用した安全運転支援システム、県大・ソフト・卒業研究・製作成果発表、2014.