ドライバ状態モニターの開発と運転支援システムの 警報提示方法の検討

正員 山崎 初夫* 非会員 小林 史和**
非会員 山田 拓郎** 非会員 井東 道昌***
正員 中野 倫明** 正員 山本 新**

Development of driver's Status Monitor and Warning Presentation Method of Driver Support System

Hatsuo Yamasaki*, Member, Fumikazu Kobayashi**, Non-member, Takuro Yamada**, Non-member,
Michimasa Ito***, Non-member, Tomoaki Nakano**, Member, Shin Yamamoto**, Member

To develop a human-friendly driver support system, it is essential to detect the driver's status such as consciousness levels and looking aside. We have developed a driver monitoring system, which detect the driver's consciousness reduction and gaze direction change by image processing techniques. Furthermore, we have proposed a new warning method with this driver monitoring system. The effectiveness in this method has been verified using a driving simulator.

キーワード：ITS，ドライバ状態モニター，運転支援システム，警報提示，ドライビングシミュレータ

Keywords: ITS, driver's status monitor, driver support system, warning presentation, driving simulator

1. まえがき

この数年，車載システムや道路システムなど ITS（高度道路交通システム）に関する各種のシステム開発と実用化が急速に進められている。とくに車載の運転支援システムでは，画像とレーダーとの融合による走行状態検知システム，ACC（Adaptive Cruise Control）に代表される車間・車速追従制御システム，ナイトビジョンによる歩行者検知システムなど新技術による各種のシステムが市場に出始めている⁽¹⁾⁽²⁾。これらのシステムは，雨・霧・夜間など人間の視覚を補う新しいセンシング技術の開発に負うところが非常に大きい。一方でこれらのシステムがドライバに信頼されるシステムであるためには，走行状態の検知だけではなく，運転中のドライバ状態を検知・監視することが重要である⁽³⁾⁽⁴⁾。走行状態の検知に加えて，このドライバ状態を検

知することによって，運転支援システムの警報提示方法を変えることでドライバに信頼される警報提示が可能になるだけでなく，意識低下などの検知によって安全性の向上にも大きく貢献できると考えられる。

ドライバの状態検知の対象には，意識低下，脇見，携帯電話に伴う過度の意識集中，疲労などが挙げられる⁽³⁾。意識低下や脇見のドライバ状態を検知するには，車載カメラで撮像した画面から顔領域を検知し，その顔領域からまばたきや視線を検出することが必要となる。さらに，意識低下の検知には，まばたきの閉眼時間の変化からその人の意識状態を推定することが必要となり，視線検知では顔方向と眼球方向の検出が重要となる。ドライバ状態検知のためには，これらの技術を 1 つのシステムとして実現しなければならない。

従来研究については，ドライバ状態の 1 つである意識低下検知に関しては，筆者らの研究を含めた研究例が報告されている⁽⁵⁾⁽⁶⁾。脇見については，視線方向の検出⁽⁷⁾⁽⁸⁾や脇見の行動解析を行っている報告はあるが，システムとして実現しようとしたものは多くはない⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾。また，運転時の注意力をモニターする報告⁽¹¹⁾や携帯電話に伴う過度の意識集中を視線の動きから解析しようとする試みも行われている⁽¹²⁾。しかし，どの報告もドライバのひとつの挙動についてのもので，ドライバの状態の検知・監視全体についての研究報告は少ない⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾。

また，警報の提示についても，警報音の感覚評価からメ

* 名城大学情報センター
〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口 1-501
Center for Computers and Information Technology, Meijo University
1-501, Shiogamaguchi, Tempaku-ku, Nagoya 468-8502

** 名城大学大学院理工学研究科
〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口 1-501
Graduate School of Science and Technology, Meijo University
1-501, Shiogamaguchi, Tempaku-ku, Nagoya 468-8502

*** (株) 東海理化
〒480-0195 愛知県丹羽郡大口町豊田 3-260
Tokai Rika Co., Ltd.
3-260, Toyota, Oguchi-cho, Niwa-gun, Aichi 480-0195

ンタルモデルの視点での研究,さらには警報音の設計指針のための緊急度マップの作成などの研究報告^{(15)~(19)}はあるが,ドライバ状態との関連での報告例は見当たらない。

筆者らは意識低下と視線検知機能を持つドライバ状態モニターを開発し,これを用いた運転支援システムの警報情報提示方法を提案して,検証実験によってその有効性を検証したので報告する。

2. ドライバ状態モニターの役割

ドライバ状態モニターとは運転中のドライバの状態を検知・監視するシステムで,その検知対象には安全な運転に支障をきたす意識低下,脇見,携帯電話による過度の意識集中,疲労などがある。

図1はドライバ状態モニターの役割を示したものである。これまでの運転支援システムでは,その車の走行状態(先行車両との車間距離,自車や先行車両の速度・加速度など)だけで警報提示されることが多かったが,ドライバに信頼されるシステムとするには運転中のドライバの状態も検知することが必要である。

ドライバ状態の検知によって運転支援システムの安全性やドライバの信頼性は向上するが,その実現は容易なことではない。運転支援システムの機能向上やシステムとしての費用効果さらに技術的な実現の可能性から,ドライバ状態モニターには先ず意識低下と脇見の検知が必要と考えられる。特に,意識低下の検知が最重要と考えられる⁽³⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾。

そのためには,1)車載システムとして必要な照度変化に強い撮像システム,2)撮像した画像から顔領域や目領域の検出,3)検出された画像からまばたきや視線方向の検知,4)まばたきから意識低下レベルの推定,5)視線方向から脇見の検知などの技術開発が必要となる。

本論文では,上記の技術課題に対する解決方法と運転支援システムに走行状態だけでなくドライバ状態で不可欠な意識低下を検知することの有効性について述べる。

3. ドライバ状態モニターの機能と方法

3.1 全体システム 図2は開発したドライバ状態モニターの全体の処理の流れを示したものである。このモニターシステムでは,車載用に開発した撮像システムで顔

図1 ドライバ状態モニターの役割

Fig. 1. Role of driver's status monitor for driver support system.

画像を撮像し,顔領域・目領域を検出して,それからまばたきと視線の方向を計測する。そして,まばたきの閉眼時間の変化から意識低下レベルを,顔の向きや眼球の方向から視線方向を検知する。

図3はインナミラー位置に搭載するために開発した撮像システムである。この撮像システムは夜間の低照度時から昼間の高照度時まで安定に顔画像を撮像できるように,近赤外パルス光投射方式を採用している⁽²⁰⁾。撮像システムでは波長850nmのLEDを多数配列し,対象物にパルス光を投射してその間だけシャッターを開いてCCDカメラで受光する。図3(a)に撮像システムの構成を,図3(b)にインナミラー搭載用に試作した撮像システムの外観を示す。

撮像した画像から眼領域の検出には,3層構造のニューラルネットワークによる方法を用いている⁽²¹⁾。先ず候補領域を切り出し,低解像度処理後に4方向エッジ特徴抽出処理を行ってニューラルネットへ入力する。

ニューラルネットの学習に使用する学習パターン画像は両眼と上唇を80%以上含むものとし,その中心を教師信号として学習させる。学習パターン画像として80種,学習抑制パターンとして30種用い,学習回数として60,000回

図2 ドライバ状態モニターの処理の流れ

Fig. 2. Flow chart of driver's status monitor.

(a) Composition of image capturing system

(b) Image capturing system in use

図3 インナミラー搭載用に開発した撮像システム

Fig. 3. Developed image capture system at the rear-view mirror position.

図 4 学習パターンの定義

Fig. 4. Definition of learning pattern.

図 5 まばたき検出方法

Fig. 5. Detection method of a blink.

行った。この様子を図 4 に示した。同様な手法により、眼領域の検出を検出された顔領域内にて行った。眼領域の検出速度を上げるために、眼領域の半分より上部をスキャンしている。

3・2 まばたき検出による意識低下の検知

3・2・1 まばたきの検出 まばたきは上下まぶたの開閉によって検出する。図 5 はまばたきの検出方法を示したものである。人の顔には個人差があり、とくに眼周辺は個人に依存する特有のしわや膨らみがある。これらに影響され難くするために、得られた眼領域に対して垂直方向の切断面に沿って微分して黒目を中心にして上下まぶたを検出する。安定に上下まぶたを検出するために、5 本の切断線を用い、その上部および下部 5 点の濃度変化の平均値をそれぞれ上下まぶたとする。まばたきは、この上下まぶたの動きに対応する。撮像画像の大きさは、640 画素 × 480 画素、眼領域のサイズは約 80 画素 × 40 画素、上下まぶたの間隔は約 15 ~ 18 画素である。

3・2・2 意識低下の検知 意識低下が起きるとまばたきの閉眼時間が長くなる。さらに、この長い閉眼時間の割り合い（長い閉眼時間率と呼ばれる）は、意識低下の状態とよい対応をしていることが報告されている⁽⁸⁾。この研究では、前述で得たまばたきの長い閉眼時間率の割合で、その被験者の意識低下の状態を推定する。

3・3 視線方向の検知

3・3・1 顔方向と眼球方向の検出 運転中のドライバの視線を正しく検出するためには、顔方向と眼球方向を分離して検出することが必要である。

図 6 顔方向の検出原理

Fig. 6. Facial direction's detection principle.

図 7 眼球方向の検出と方法

Fig. 7. Detection and method of eyeball direction.

図 6 は、顔方向検出の原理を示したものである。顔方向とその角度は顔の特徴点である鼻の重心点と両眼の重心点間の距離により算出する。まず正面顔において両眼の重心点距離 d_{eye} を算出し、次に任意の顔の角度 θ のときの両眼の重心点間距離を求める。その距離を d'_{eye} とすると、このときの顔の角度 θ は

$$\theta = \cos^{-1} (d'_{eye}/d_{eye})$$

より求められる。

また、顔の方向は両眼重心点と鼻の midpoint の距離 D_{right} および D_{left} より検出する。例えば、 $D_{right} > D_{left}$ なら左方向、 $D_{right} < D_{left}$ なら右方向となる。

眼球方向は眼領域画像から得られる目頭と瞳孔の重心点の相対的距離から算出する。

図 7 は眼球方向の検出方法を示したものである。視線の方向はこのようにして算出した顔方向と眼球方向を加味して検出される。

4. ドライバ状態モニターの性能

4・1 意識低下の検知 性能の評価は検証実験によって行った。被験者（11 名）には前景画面を見てもらってドライビングシミュレータに約 1 時間座ってもらった。この時の顔画像を撮像システムで撮像し、そのときの意識状態を自己申告してもらった。自己申告は、“正常”、“眠い”、“かなり眠い”の 3 段階とした。実験結果はドライバ状態モニター（長い閉眼時間率を計測）と自己申告との関係でまとめた。意識状態の信頼性を上げるために、自己申告時に

別のカメラによるビデオ画像による視察判定も加味した。表 1 はその視察判定の基準を示したものである。

図 8 は被験者ごとの意識状態と長い閉眼時間率の関係を示したものである。各被験者についてそれぞれ良い対応を示していて、この結果からまばたきの長い閉眼時間率からその人の意識低下状態が推定できることがわかる。

4・2 視線方向の検出 被験者にドライビングシュミレータのドライバ席に座ってもらい、既開発の実験システムと実験方法によって行った⁽²²⁾⁽²³⁾。被験者は眼鏡非着用の視力 1.0 以上の 20 才代学生 5 人で、顔方向を右 40 度から左 60 度まで変化させて測定した。

表 2 はその測定結果を示したものである。この表で、顔方向の 40 度はドライバが右サイドミラーに顔を向けた場合、0 度は正面に顔を向けた場合、-60 度は左サイドミラー

に顔を向けた場合の視線角度である。この結果から、視線方向の検出精度は両サイドミラー角度間で ± 5.4 度である。

5. ドライビングシュミレータへの適用

車載装置としてドライバ状態モニターを装備することの有効性を評価できるようにするため、既開発のドライビングシュミレータに同モニターを装備した。

これによって、このシュミレータでは①前方車両や割り込み車両との車間距離、障害物有無など実走行状態の模擬に加えて、②ドライバの運転状態に応じた運転支援の警告の提示方法を検討することができる。

5・1 ドライビングシュミレータの構成 このドライビングシュミレータはドライバの運転状態を検知するためのドライバ状態モニターシステム、運転支援情報提示システムおよび画像生成システムで構成されている。

図 9 はこのドライビングシュミレータの外観写真で、ドライバ状態モニターシステムと運転支援情報提示システムは車のカットボディ内に装備されている。

図 10 は画像生成システムの構成である。自車位置や模擬視界を生成するコンピュータからのシミュレーション映像との同期をシュミレータ本体にて行い、プロジェクターからシミュレーション映像がスクリーンに投影される。また、シュミレータ制御部を経由してドライバ状態モニターシステムから情報提示に関するデータが情報提示システム

表 1 意識レベルの視察判定基準

Table 1. Reference on conscious levels by watching.

	Facial features	The others
Normal	Fast and periodic blinks Quick eye movement	Straight posture
Drowsy	Slow rate of blinks and eye movement	Yawn, mumble and reseat
Heavily drowsy	Appearance of blinks of 0.5 s closing time	Rolling and bowing of the head

図 8 意識低下レベル推定の結果

Fig. 8. Presumption on drowsy level by the average of long closure time ratio for each subject.

表 2 視線方向検出の精度

Table 2. Measuring accuracy for gaze direction.

Facial angle [deg]	Accuracy [deg]				
	Subject A	Subject B	Subject C	Subject D	Subject E
40	8.9	10.2	7.8	8.2	9.1
30	3.2	11.3	6.6	5.9	6.9
20	2.4	4.0	5.1	5.4	5.5
10	4.6	5.1	5.6	4.1	4.9
0	4.5	5.8	4.8	4.6	4.1
-10	2.5	4.9	4.0	3.5	5.0
-20	3.1	5.2	5.3	4.0	4.7
-30	6.1	6.9	5.9	5.9	6.6
-40	5.2	4.0	4.9	3.8	5.1
-50	4.3	5.6	4.2	4.6	5.6
-60	6.0	5.2	4.9	5.1	6.1

図 9 ドライビングシュミレータの外観写真

Fig. 9. Outlook of developed driving simulator.

図 10 画像生成システムの構成

Fig. 10. Block diagram of image generation system.

に送られ、各種警報提示データが情報提示システムに出力される。

運転支援の情報提示システムは、通常はナビゲーションシステムとして動作するが、警報提示のときにはナビ画面にスーパーインポーズして警報情報が提示される。このシステムでは画像表示と一緒に音や音声でも警報提示させることができる。

5.2 運転支援情報提示システム 運転支援情報提示システムは、ドライバの運転中の意識状態とドライバの年代（高齢者と非高齢者）に応じて提示方法が検討できるシステムである。ここでは、この論文の主旨から警報の提示方法について述べる。

このシミュレータでは、運転中のドライバの意識状態を検知し、その情報に基づいてドライバにわかりやすい警報を提示する方法が検討できる。

図 11 は走行状態とドライバの意識状態を考慮した警報提示の基本的な考え方を示したものである。横軸はドライバの意識状態で、右側ほど意識状態が低いこと（意識低下や居眠りに相当）を表わしている。縦軸は走行状態（たとえば、前方車両との車間距離）で、上側ほど車間距離が短く危険が大きいことを表わしている。車間距離が長く、意識状態が高い場合（正常な運転状態）では“助言”程度の情報でよいが、車間距離が短い場合あるいは意識状態が低い場合には“注意を促す”情報が必要であり、車間距離が短く、かつ意識状態が低い場合には“警告”といった強い警報が必要である。

本警報提示方法では、“助言”、“注意”、“警告”の各状況に応じて、ドライバへ危険や緊急を伝える度合い（以下、緊急度とよぶ）を変えた警報を提示する。緊急度が低い場合は、ドライバの注意を引く程度の警報音や表示を用い、煩わしさを最小限に抑えた警報とする。緊急度が高い場合は、危険を短時間に知らせる耳障りな警報音を用いる。本警報提示方法は、緊急度の大小に対応した複数の警報を備え、ドライバ状態モニターによる意識状態とレーダーなど車載セ

図 11 警報提示のコンセプト

Fig. 11. Warning concept based on driver's status and state of driving environment.

ンサによる車間距離の情報から緊急度を判断し、適切な警報を切り替えて提示する方法である。

運転支援情報提示システムでは、緊急度の大小の判定方法、緊急度の違いに応じた警報提示の手段やタイミングなどを検討することや、種々の警報提示方法の有効性を再現性よく比較・検証することが容易にできる。

6. 意識状態検知による警報提示の検証実験

ドライビングシミュレータを用い、ドライバ状態モニター機能を用いた警報が従来の警報に比べて有効か否かを検証する実験を行った。この実験では、ドライバ状態モニターの一機能である意識状態検知により警報提示を行い、ドライバ状態モニター機能が基本的に警報提示に効果があるか否かを検証することを主目的とした。

6.1 実験方法 警報は、音の高さ、断続周期、音圧を変化させることで危険度を変化させ、訴える危険の違いがわかりやすい警報とする。図 12 に従来の警報と本警報のスペクトルグラムを示す。(a) の従来の警報は、現在の車間・車速追従制御システムなどの代表的な警報音を参考として作成し、本警報の意識正常用警報としても使用する。(b) の本警報は従来の警報と比べて高周波成分を多く使用した意識低下用警報として作成した。従来の警報では、800 Hz から 1000 Hz の周波数成分を多くした複合音とし、音圧を 55 ~ 58 dB (0.6 秒提示) として意識状態に依らず常に同じ警報音を提示するものとする。一方、本警報では、意識状態が高い正常時は従来と同じ警報音とし、意識状態が低い場合には音圧レベルを 60 ~ 64 dB 程度 (2.7 秒提示) とした高周波成分を多く含んだ複合音を用い、これらを意識低下の高低により切り替えて提示する警報とした。

実験場面は、ドライバの“意識状態が高い場合”ならびに“意識状態が低い場合”の 2 場面とした。ドライバの意識状態が低下したか否かの判定は、シミュレータの運転が走行車線から 1 車線分外れた場合とした。事前の実験により、このような場合には意識状態は相当低下し、居眠り運転の直前であることを確認した。意識状態が低い場合は、従来の警報と本警報をそれぞれ 1 回ずつランダムな順序で提示した。意識状態が高い場合には、警報への慣れによる反応時間への影響をできる限り排除するため警報提示の間隔も

図 12 従来の警報と本警報のスペクトルグラム

Fig. 12. Conventional and proposed warning sound spectrum.

4 回ずつランダムとした。

評価方法は、反応時間による客観評価と被験者が緊急と感ずる度合いを答える主観評価の両方とした。反応時間は、警報提示に気がついたとき運転支援情報提示システムに装備されたボタンを押してもらうことにより計測した。主観評価では、上記意識状態が低い場面について、被験者に対して実験後に従来の警報に対する本警報の緊急と感ずる度合いを 5 段階の尺度で答えてもらった。このとき、従来の警報は 5 段階の中間の 3 とし、緊急性を感ずる場合は 4、非常に感ずる場合は 5、同程度の場合は 3、緊急性を感じない場合は 2、ほとんど感じない場合は 1 と答えてもらった。

表 3 実験条件

Table 3. Experimental conditions.

Item	Contents of experiment
Subject	Young (21~24years old)
Subject's state of consciousness	Normal: 5people Decrease (self-return+Inspection judgment): 10people
Warning presentation	<ul style="list-style-type: none"> Normal consciousness (Conventional warning) Decreased consciousness (Proposed warning)
Test time	About 30~60minutes
Distance to display	75cm

図 13 従来の警報と本警報の客観評価（反応時間）実験結果

Fig. 13. Objective evaluation (reaction time) experimental results of conventional warning and proposed warning.

図 14 従来の警報と本警報の主観評価（緊急性）実験結果

Fig. 14. Subjective evaluation (emergency) experimental results of conventional warning and proposed warning.

表 3 に実験条件を示す。

6・2 実験結果 図 13 は客観評価（反応時間計測）の結果を示したものである。従来の警報と本警報を比較すると、両者とも意識状態が高い場合（正常な運転状態）は短時間で反応していることがわかる。意識状態が低い場合には、本警報は意識状態が高い場合と同程度の時間で反応できているが、従来の警報では、反応時間は約 1.02 秒程度遅れることがわかる。この時間遅れは、実際の運転場面に換算すると、時速 60 km で走行しているとき 17 m の距離に相当し、従来の警報では意識低下した運転では警報に気づくのが遅れ、前方車両との接触の危険が大きくなることを示唆している。図 14 に主観評価の結果を示す。従来の警報と本警報（意識低下用警報）を比較すると、緊急性が高くなっており、本警報の有効性が確認できる。以上のように、ドライビングシミュレータを用いた実験で客観評価と主観評価を行った結果、従来の警報に比べ意識状態を検知する本警報は、ドライバ状態の高低に依らず安全性に有効であることが検証された。

7. むすび

ドライバに信頼される運転支援システムの実現には、ドライバの意識低下や脇見などドライバの運転状態の検知や監視が欠かせない。動画像処理によって撮像システムで撮像したが画像からドライバの意識の低下と視線の動きを検知するドライバ状態モニターシステムを開発した。さらに、このモニターシステムを用いた警報提示システムを提案し、この方法の有効性をドライビングシミュレータによる検証実験で確認した。

今後は、ドライバ状態モニターシステムについては、眼鏡やサングラスをかけたドライバへの適用、警報提示方法については、多くの被験者による定量的実験や高齢者に対する効果の検証を行う予定である。

謝 辞

本研究の一部は科研費助成（課題番号 15300066）、および NEDO の地域新生コンソーシアムプロジェクト“ヒューマンセンタード ITS ビューエイドシステム”の支援を受けて行われた。また、実験においてはアイシン・エイ・ダブリュ（株）の ITS 企画部の協力を得た。記して感謝の意を表します。

（平成 16 年 10 月 28 日受付、平成 17 年 3 月 3 日再受付）

文 献

- (1) H. Tanaka: "Safety Improvement Technology by utilizing Intelligent Driver Assistance System for Safe Driving", Vol.58, No.5, pp.88-94 (2004) (in Japanese)
例えば、田中宏明:「知的運転支援システムによる安全性向上技術」, 自動車技術, Vol.58, No.5, pp.88-94 (2004)
- (2) 例えば、以下の HP(URL)
TOYOTA: <http://www.toyota.co.jp/jp/>
NISSAN: <http://www.nissan-global.com/JP/>
HONDA: <http://www.honda.co.jp/tech/>

- (3) 中野倫明・山本 新:「自動車におけるヒューマンインタフェースの研究開発動向」, 信学報・システムソサイエティ大会, DT-2-1, pp.357-358 (2000)
- (4) K. Hiramatsu: "Human Interface. Human-Machine-Interface in an Intelligent Vehicle", Vol.56, No.3, pp.4-7 (2002) (in Japanese)
平松金雄:「自動車運転とヒューマンインタフェース」, 自動車技術, Vol.56, No.3, pp.4-7 (2002)
- (5) : "Adaptability of Drowsiness Level Detection that Measures Blinks Utilizing Image Processing to Changes in the Ambient Light", Journal of Society of Automotive Engineers of Japan, No.976, pp.231-234 (1997) (in Japanese)
金田雅之・小厚 豪・上野裕史:「光環境の変化に適応する顔画像処理による居眠り運転検知」, 自動車技術学会学術講演会前刷集, No.976, pp.231-234 (1997)
- (6) K. Adachi, N. Hamada, T. Nakano, and S. Yamamoto: "Blink Measurement to Detect a Driver's Drowsy State by Moving Image Processing", *Trans. IEEE Japan*, Vol.124, No.3, pp.776-783 (2004-3) (in Japanese)
例えば, 足立和正・濱田尊裕・中野倫明・山本 新:「ドライバの意識低下検知のための動画画像処理によるまばたき計測」, 電学論 C, 124, 3, pp.776-783 (2004-3)
- (7) K. Abe, M. Ohuchi, S. Ohi, and M. Ohyama: "Eye-gaze Input System Based on the Limbus Tracking Method Using Image Analysis", *The Journal of the Institute of Image Information and Television Engineers*, Vol.57, No.10, pp.1354-1360 (2003-10) (in Japanese)
阿部清彦・大内幹夫・大井尚一・大山 実:「画像解析による強膜反射法を用いた視線入力システム」, 映像情報メディア学誌, 57, 10, pp.1354-1360 (2003-10)
- (8) T. Takegami, T. Gotoh, and G. Ohyama: "An Algorithm for Model-Based Stable Pupil Detection for Eye Tracking System", *IEICE trans.-ISS*, Vol.J86-D-II, No.2, pp.252-261 (2003-2) (in Japanese)
竹上 健・後藤敏行・大山 玄:「視線方向計測のための高精度瞳孔検出アルゴリズム」, 信学論 D-II, J86-D-II, 2, pp.252-261 (2003-2)
- (9) N. Takubo and T. Fujioka: "Analysis of Glance Away in Driving", Journal of Society of Automotive Engineers of Japan, Vol.34, No.2, pp.107-112 (2003) (in Japanese)
田久保宣晃・藤岡健彦:「運転中の脇見行動に関する分析」, 自動車技術会論文集, 34, 2, pp.107-112 (2003)
- (10) S. Shirai, M. Ito, Y. Norimatsu, T. Nakano, and S. Yamamoto: "Detection of the Gaze Direction for Detection of the Driver's Status", IEICE technical report, Pattern recognition and media understanding, Vol.103, No.453 (PRMU2003 151-170), pp.67-72 (2003) (in Japanese)
白井 了・井東道昌・乗松 有・中野倫明・山本 新:「ドライバの運転状態検知のための視線方向の検出」, 信学技法, Vol.103, No.453 (PRMU2003 151-170), pp.67-72 (2003)
- (11) K. Yamamoto: "Human Interface of Driver's Attention Monitor", *Journal of Society of Automotive Engineers of Japan*, Vol.56, No.3, pp.74-78 (2002) (in Japanese)
山本恵一:「運転注意力モニタのヒューマンインタフェース」, 自動車技術, 56, 3, pp.74-78 (2002)
- (12) N. Kojima, k. Kozuka, T. Nakano, and S. Yamamoto: "Detecting of Consciousness Degradation and Concentration of a Driver for Friendly Information Service", Proc.2001 IEEE Int. Conf. on International Vehicle Electronics Conference, IB-2, pp.31-36 (2001)
- (13) 例えば E-Wahlstrom, O. Masound, and N. PapaniKolopols: "Vision-Based Methods for Driver Monitoring", pp.12-17 (1999)
- (14) 例えば, M. Itoh, B. Inagaki, S. Yamamoto, and S. Mori: "Driver's Status Monitor"—Development of the Driver's Monitor Mirror and Estimation of the Driver's Status—, 11th World Congress on ITS Nagoya, Aich2004, Japan, #3089, p.125 (2004)
- (15) Y. Shimizu and T. Kuwabara: "A Warning System for Driving Assistance", Nissan Technical Review, No.49, pp.59-62 (2001) (in Japanese)
清水洋志・桑原達雄:「運転支援システムの警報における一考察」, 日産技報, No.49, pp.59-62 (2001)
- (16) T. Suetomi, T. Niibe, and H. Uemura: "Human Interface of Collision Warnings", *Journal of Society of Automotive Engineers of Japan*, Vol.56, No.3, pp.49-53 (2002-3) (in Japanese)
末富隆雄・新部忠幸・上村裕樹:「危険警報のヒューマンインタフェース」, 自動車技術, 56, 3, pp.49-53 (2002-3)
- (17) M. Iwao, M. Kunisue, M. Kobayashi, and A. Horiguchi: "Study on Warning Sound Easy to Generate Mental Models on the Systems", Journal of Society of Automotive Engineers of Japan, No.17-03, pp.7-10 (2003) (in Japanese)
岩男真由美・国陶太亮・小林正巳・堀口明伯:「メンタルモデルを構築しやすい警報の検討—警報音の物理特性と聴感的類似性との関係—」, 自動車技術会学術講演会前刷集, No.17-03, pp.7-10 (2003)
- (18) M. Iwao, A. Horiguchi, and M. Kobayashi: "Study on alarm sound to support driver's situation awareness", Journal of Society of Automotive Engineers of Japan, No.34-02, pp.9-12 (2002) (in Japanese)
岩男真由美・堀口明伯・小林正巳:「警報信号音の特性と緊急性・識別性についての一考察」, 自動車技術会学術講演会前刷集, No.34-02, pp.9-12 (2002)
- (19) K. Ebe, K. Kimura, H. Inagaki, and S. Doi: "Characteristics of Alarms and Perceived Urgency", *Journal of Society of Automotive Engineers of Japan*, Vol.56, No.3, pp.27-32 (2002-3) (in Japanese)
江部和俊・木村賢治・稲垣 大・土居俊一:「緊急レベルに応じた警報音特性—緊急度マップの提案—」, 自動車技術, 56, 3, pp.27-32 (2002-3)
- (20) 山口昌広・伊藤丈裕・杉山和彦・山本 新:「近赤外光画像によるドライバ状態監視システム」, 第6回画像センシングシンポジウム講演論文集, D-3, pp.63-68 (2000)
- (21) T. Hamada, S. Shirai, F. Kobayashi, I. Ito, M. Ito, K. Adachi, T. Nakano, and S. Yamamoto: "Detecting for Driver's Operational State", Proceeding of 9th Symposium on Sensing via Image Information, B-30, pp.177-182 (2003) (in Japanese)
濱田尊裕・白井 了・小林史和・伊藤丈裕・井東道昌・足立和正・中野倫明・山本 新:「ドライバの運転状態の検知—個人差に対応した閉眼時間変化からの意識低下レベルの検知—」, 第9回画像センシングシンポジウム講演論文集, B-30, pp.177-182 (2003)
- (22) K. Adachi, H. Yamada, H. Kobayashi, M. Itoh, T. Nakano, S. Tsugawa, and S. Yamamoto: "Development of Driving Simulator for Humanfriendly In-vehicle System 1", 11th World Congress on ITS Nagoya, Aich2004, Japan, #3359, p.75 (2004)
- (23) H. Yamasaki, T. Yamada, H. Ishigaki, T. Nakano, S. Tsugawa, and S. Yamamoto: "Development of a Driving Simulator for Human-Friendly In-vehicle System 2"—An Information System Adjustable to Driver's Status and Individual Difference—, 11th World Congress on ITS Nagoya, Aich2004, Japan, #3360, p.302 (2004)

山崎 初夫 (正員) 1948年生。1971年3月名城大学理工学部電気工学科卒業。同年名城大学電子計算機室技術員, 1984年同理工学部助手, 1991年同理工学部講師, 現在, 名城大学情報センター助教授。現在, ヒューマンインタフェースに関する研究に従事。特に車載ディスプレイへの高齢者にやさしい表示方法, 警報提示方法に関する研究に従事。電子情報通信学会, 情報処理学会, 教育システム情報学会, 映像情報メディア学会。

小林 史和 (非会員) 2005年3月名城大学大学院理工学研究科修士修了。同年4月(株)東海理化入社。在学中, ドライバ状態モニターに関する研究やドライビングシミュレータの製作に従事。

山田 拓郎 (非会員) 2005年3月名城大学大学院理工学研究科修士修了。2005年4月トヨタ紡織(株)に入社。在学中, 運転支援システムの警報提示方法に関する研究やドライビングシミュレータの製作に従事。

井 東 道 昌（非会員）1995 年 3 月静岡大学大学院工学研究科修士課程修了。同年、(株)東海理化入社。R&D センター開発部所属、居眠り検知の研究開発などの担当を経て、2000 年 4 月からインナミラー内蔵撮像システムやドライバ状態モニターの研究開発に従事。

山 本 新（正員）1942 年生。1965 年 3 月岐阜大学工学部電気工学科卒業。同年、(株)豊田中央研究所に入社。以来、3 次元画像計測・認識、ETC の基礎技術のマイクロ波 ID、ITS に関するマシンビジョン、車載ディスプレイの表示などの研究開発に従事。現在、ドライバの状態検知を含む自動車のヒューマンインタフェースに関する研究と教育を担当。豊田工業大学連携大学院博士課程教授（併任）を経て、1998 年より名城大学理工学部教授。工学博士。

中 野 倫 明（正員）1956 年生。1982 年 3 月名古屋大学大学院工学研究科修士課程修了。同年、(株)豊田中央研究所に入社。以来、工業用文字認識、3 次元画像計測・認識、ならびに車載ディスプレイの表示などの研究開発に従事。現在、ドライバへの情報提示など自動車における視聴覚情報処理やヒューマンインタフェースに関する研究と教育を担当。1999 年 10 月より名城大学理工学部助教授。現在、同大学同学部教授。工学博士。