Monitoring Car Drivers' Condition Using Image Processing

—Measurement of Car Drivers' Consciousness in consideration of Individual Differences—

Kazumasa Adachi Non-member (Meijo University)
Nozomi Yamamoto Non-member (Meijo University)
Osami Yamamoto Non-member (Meijo University)
Tomoaki Nakano Member (Meijo University)
Shin Yamamoto Member (Meijo University)

Keywords : ITS, detection of conscious degradation, human interface, moving image processing

Since the late of the 1980s, the research and development of ITS, Intelligent Transportation System, has been making fast progress in which many new systems combining image processing and laser radar or millimeter-wave have been produced such as to acquire the driving environment in night. These new sensing technologies have surely contributed to develop the new systems of road safety.

On the other hands, the development of driving support system has been needed for these new systems to be reliable for drivers. In the field of monitoring drivers there have been items of detecting drowsiness caused by the conscious degradation, distraction and cellular phone use, among those the detection of conscious degradation is the most important issue.

There have been two ways to study the conscious degradation in which these are upon the physiologic indices and the performance of drive so far. In the past the detecting system of the specific patterns of steering movement related to the degradation had been developed but faded out without prevalent use due to the fact that this system is affected from the surface condition of roads. Recently there is the study using the heartbeat by the sensor on the steering wheel.

We have been studying the physiologic way of blink movement to presume the degradation and find the inclination of drowsiness with the built-in specific image capturing system on the rearview

mirror, which is well adapted and robust to the driving environment.

The whole procedure to obtain the conscious three levels that are “normal”, “sleepy” and “very sleepy” composes with capturing the face, detecting the eye region, measuring the opened degree of the eye which is calculated from the upper and lower eyelids, measuring the indices of blink characteristics from the blink waveform which is the opened degree of the eye with time, and presuming the conscious levels using multivariable analysis and fuzzy inference.

Three indices taken in this paper to detect the conscious levels are “the long closure blinks rate” which is the ratio of the number of long closure blinks to the total number of blinks over a specific period, “the closure rate” which is the ratio of the closing time of blinks over a specific period, and “the number of blink times” over a specific period.

The detection of conscious levels using above three indices by each subject improved the detection rate that was used to evaluate the ability of the algorithm to detect the drowsiness better, rather than using “the long closure blinks rate” only.

We conclude that taking three indices together as for the detection of the conscious levels is effective in accounting for the individuality.

画像処理によるドライバの運転状態の監視

—個人差に配慮したドライバの意識状態の検知—

非会員 足立 和正* 非会員 山本 望*
 非会員 山本 修身* 正員 中野 倫明*
 正員 山本 新*

Monitoring Car Drivers' Condition Using Image Processing —Measurement of Car Drivers' Consciousness in Consideration of Individual Differences—

Kazumasa Adachi*, Non-member, Nozomi Yamamoto*, Non-member, Osami Yamamoto*, Non-member
 Tomoaki Nakano*, Member, Shin Yamamoto*, Member

We have developed a car driver monitoring system for measuring drivers' consciousness, with which we aim to reduce car accidents caused by drowsiness of drivers. The system consists of the following three subsystems: an image capturing system with a pulsed infrared CCD camera, a system for detecting blinking waveform by the images using a neural network with which we can extract images of face and eye areas, and a system for measuring drivers' consciousness analyzing the waveform with a fuzzy inference technique and others. The third subsystem extracts three factors from the waveform first, and analyzed them with a statistical method, while our previous system used only one factor. Our experiments showed that the three-factor method we used this time was more effective to measure drivers' consciousness than the one-factor method we described in the previous paper. Moreover, the method is more suitable for fitting parameters of the system to each individual driver.

キーワード：ITS, 意識検知, ヒューマンインタフェース, 動画画像処理

Keywords：ITS, detection of conscious degradation, human interface, moving image processing

1. まえがき

1980年代後半から日米欧を中心に研究開発が進められてきたITS（高度道路交通システム）は2000年に入ってから多くのシステムが製品化され、この1~2年の間に画像とレーザレーダやミリ波レーダとの融合による走行環境認識やナイトビジョンによる歩行者検知など新しい運転支援システムが市場に登場するようになってきた⁽¹⁾⁽²⁾。これらのシステムは新しいセンシング技術の開発が製品化に大きく貢献している。

これらの運転支援システムがドライバに信頼されるシステムとなるためには、このような走行環境の検知技術に加えて運転中のドライバの状態を検知・監視する技術の研究開発が必要である。このドライバ状態の検知対象には、居

眠りなどの意識低下、脇見、携帯通話による過度の思考集中などがある⁽³⁾⁽⁴⁾。そのなかでも、意識状態の検知は最も重要な検知対象の一つである。

ドライバの意識状態を検知する方法には、心拍、脳波、脈波、まばたきなど人間の生理情報反応に基づくものと車の操舵パターン、蛇行量やヨーレートなど車両運動によるものとがあり、これまでにいろいろ検討されてきた^{(5)~(8)}。過去には操舵パターンの変化から居眠りによる意識低下を検知するシステムが一部実用化されたが、路面状態の影響を受けることなどから広く普及するには至らなかった。

また、最近では、心拍の微小な圧力振動を検知できるデバイスによるベッドでの睡眠状態での検知、ハンドルに埋め込んだ心拍センサなど複合情報による方法^{(9)~(12)}などが報告されている。しかし、これらの方法も意識低下の検知が主目的で、意識の状態の検知や推定を行うものではない。

運転中のドライバの状態の検知・監視には、意識の状態を推定することが必要である。さらに、この意識低下の

* 名城大学
 〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口 1-501
 Meijo-University
 1-501 Shiogamaguchi, Tempaku, Nagoya 468-8502

図 1 意識状態検知の処理手順

Fig. 1. Procedure for detecting conscious degradation.

状態は、生体情報であるために個人個人によってその特性が異なっている。そのため、意識状態の検知は個人差対応が必要である。

上記の方法はいずれも意識状態の推定や個人差に対応できる検知方法までは至っていない。

筆者らは、以前から車のルームミラーに搭載した撮像システムで撮像した顔画像からまばたきを検出して、意識状態を検知する方法の研究を進めている^{(13)~(15)}。今回、ルームミラー内臓の撮像システムで撮像した顔画像から、顔領域と眼領域を検出し、眼のまばたきの開閉変化から個人差に対応可能な意識状態を推定するシステム開発に見通しが得られたので報告する。

2. 個人差に配慮した意識状態の検知

車載を前提にした画像処理によるドライバの意識状態の検知には、ドライバの顔画像の撮像から意識状態の推定までを通して行わなければならない。図 1 はその処理手順を示したものである。車載した撮像システムで顔画像を撮像し、その画像から顔領域と眼領域を検出・追跡する。そして、その眼領域から上下まぶたを抽出し、そのまぶたの開閉（まばたきに相当、以下まばたきとする）を検出する。このまばたきの閉眼時間変化から意識状態を推定する。

撮像する顔表情や上下まぶたの形状は個々によって異なる。また、まばたきの検出やまばたきの閉眼時間と意識状態との関係には個人差がある。そのために、撮像した顔画像からそのドライバの意識状態を推定するには、画像処理上の個人差対応と生体情報の個人差対応が必要となる。

本研究はルームミラー内臓カメラで撮像した顔画像からそのドライバの意識状態を検知する方法を開発しようとするものである。筆者らの前報⁽¹⁴⁾では個人差に配慮した上下まぶたの検出とまばたきの検出方法を述べ、一般的な意識状態の検知について報告している。しかし、顔画像の撮像から意識状態の検知まで一貫しておこなったものではなく、また意識状態の推定も各個人に対応したものではない。本論文は個人差に配慮した顔画像の撮像から意識状態の検知までを通して行ったものである。

3. 顔画像の撮像からまばたきの検出まで

〈3・1〉 顔画像の撮像 車載の撮像システムでは、夜間の低照度時から昼間の高照度時まで照度に変化する。そのため、撮像システムでは筆者らの提案した近赤外パルス

図 2 撮像システム

Fig. 2. Our image capturing system.

図 3 ニューラルネットワークによる顔領域の検出

Fig. 3. Detection of face area by a neural network.

図 4 学習パターンの作成方法

Fig. 4. Procedure for making learning patterns.

光投射方式を採用している⁽¹⁴⁾。図 2 はこの方式を用いたルームミラー内臓撮像システムで、本論文ではこの撮像システムを用いている。

〈3・2〉 顔・眼領域の検出 撮像した画像から顔や眼領域を検出するためには、バックプロパゲーション法による 3 層構造ニューラルネットワークを用いている⁽¹⁵⁾。図 3 は本方法を用いた顔領域検出方法の流れを示したものである。始めに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いニューラルネットワークへの入力信号とする。

ニューラルネットワーク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 回行った。図 4 にこの学習パターンの作成方法を示している。眼領域の検出と追跡は、筆者らの前報⁽¹⁵⁾に記載の前フ

レームの上下まぶたの重心点を検出・追跡する方法を用いている。

〈3・3〉 まばたきの検出

〈3・1・1〉 まばたきの波形 図5は画像によるまばたきの波形をモデル的に示したものである。眼が開いている時(開眼時)は上下まぶたの間隔(以下、開度という)は大きく、まばたきを始めると開度は小さくなって最後に完全に閉じる(閉眼時)。そしてこの下向きの部分をまばたき区間とし、この幅を閉眼時間として算出する。

〈3・1・2〉 まばたきの検出方法 意識状態の検出には、まばたきの閉眼時間の正確な検出が重要である。画像によるまばたき波形からまばたきの閉眼時間を検出するには、まばたきの開始点と終了点を正確に求めなければならない。しかし、このまばたき波形は個人個人によって異なっている。被験者によって開眼時や閉眼時の開度値、開眼時と閉眼時の開度値の差に違いがある。また、まばたきの間隔も異なっている。そのため一定した閾値(固定閾値)や個人でその値を変化させて(変動閾値)まばたきの開始点と終了点を求めると、被験者によってその値が異なるために正確な閉眼時間を検出することができない。

図6は個人に依存し難いまばたき検出方法である⁽¹⁴⁾。この方法はまばたきの開始点と終了点の検出に開度波形の2次微分のゼロクロス点を用いている。この処理回路はD/Aコンバータ、ローパスフィルタ、2個の微分演算回路などで構成している。

図5 まばたきのモデル波形

Fig. 5. A model of blinking waveforms.

図6 提案するまばたき検出方法

Fig. 6. The proposed method for detecting blinks from waveforms.

4. まばたき検出の検証実験

顔領域の検出方法とまばたき検出方法の有効性を確認するための検証実験を行った。このシステムでは顔領域からまばたき検出まで通して行うため、検証実験は図7に示すドライビングシミュレータを用いた。

〈4・1〉 顔領域の検出

〈4・1・1〉 実験方法 ドライビングシミュレータは国産小型車のカットボディーを利用し、ルームミラーの位置に図2に示した撮像システムを装備した。被験者は眼鏡を装着していない20代の男女21名(学習10名、未学習11名)で、顔方向をこちらが指定した運転時に想定される8パターン(ルームミラー、エアコン部、右真横、右アウトミラー、正面、左アウトミラー、左真横、左後部相当位置を見たときの顔方向)として撮像した。

〈4・1・2〉 実験結果 表1に被験者21名(学習10名、未学習11名)の顔領域及び眼領域検出の結果を示す。顔領域検出の正解は目視により顔切り出し窓に両眼、口が含まれている場合を正解とし、眼領域検出の正解は眼領域の中心が画像中の眼に当てはまっているとき正解とする。但し、顔領域の検出に失敗した場合は実験の対象から除いた。

顔領域の全体の検出精度は90%(151/168)となった。学習画像、未学習画像どちらに対しても良好に顔領域の検出が行われている。また、運転状態では両アウトミラー間での顔の動きが多くなると考えられる。両アウトミラー間での検出精度は学習画像100%(50/50)、未学習画像94%(52/55)の結果が得られた。左眼領域全体の検出精度は87%となった。同様に、両アウトミラー間では学習画像96%(48/50)、未学習画像91%(50/55)の結果が得られた。

図7 使用したドライビングシミュレータ

Fig. 7. The driving simulator we used.

表1 顔抽出、眼抽出実験結果

Table 1. The detection rates of face and eye areas.

	detection rate [%] (total count of images)	
	learning images	unlearning images
face area	94(80)	86(88)
left eye area	93(70)	83(73)

表2 まばたき検出率結果

Table 2. The detection rates of blinks.

subject	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
blink count by human	94	131	201	318	133	372	716	112	260	205	192
blink count by system	96	130	192	316	132	368	730	113	253	210	192
over error count by system	3	1	1	1	1	4	37	2	8	6	6
missed error count by system	1	2	10	3	2	8	23	1	15	1	6
detect_rate [%]	96	98	95	99	98	97	92	97	91	97	94
subject	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	
blink count by human	460	400	213	232	238	209	331	331	301	364	
blink count by system	470	395	221	231	234	210	330	326	301	355	
over error count by system	21	11	9	1	1	4	2	6	1	8	
missed error count by system	11	16	1	2	5	3	3	11	1	17	
detect_rate [%]	93	93	95	99	97	97	98	95	99	93	

〈4・2〉 まばたき検出

〈4・2・1〉 実験方法

実験では、被験者にドライビングシミュレータでの高速道路走行モードで10分間運転してもらい、撮像システムで撮像したまばたきの計測結果を比較した。

被験者は4.1節の実験と同じ20代の男女21名（男性19名、女性2名）である。

検出回路によって得られた結果と目視による方法（これを真値とした）でこの効果を比較した。その効果は以下の式で示す検出率で評価した。

$$\text{検出率} = \{1 - (\text{取りこぼし回数} + \text{過検出回数}) / (\text{目視による検出回数})\} \times 100 \quad [\%] \dots\dots\dots (1)$$

〈4・2・2〉 実験結果

表2に被験者21名の実験結果をもとめて示した。この検出回路によって得られた検出率は21名の平均で96%で、この方法を行わない場合の検出率84%に比べ大きく改善され、その検出方法の有効性が示された。

5. 意識状態の検知方法

〈5・1〉 個人差を考慮した意識状態の検知方法

これまでの意識状態の検知方法は、図8にて示すごとく意識状態が低い覚醒状態へ推移するにつれて、単位時間あたりのまばたき分布の中に占めるある閾値を越える閉眼時間をもつ長いまばたき回数（以後、長いまばたき比率と呼ぶ）が多くなることを利用して、その人の長いまばたき比率からその人の意識状態を検知していた⁽¹³⁾⁽¹⁵⁾。この方法は意識状態と長いまばたき比率の相関が強い人には信頼性の高い方法であるが、それ以外の人には必ずしもよい検出方法ではなかった。

そこで、より多くの人に対応できる方法を検討するために、意識状態に関係する指標として以下のものに注目して検討した。

1. 閉眼率（1分間に眼を閉じていた時間の割合）

図8 それぞれのまばたきの長さの分布

Fig. 8. Distributions of eye closure time of blinks in a period.

表3 意識低下に関する指標とドライバの意識状態との相関係数

Table 3. Correlation factors between five indices and drivers' consciousness level.

Index for consciousness	correlation factors									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
blinks per a minute	0.72	0.89	0.83	0.77	0.71	0.60	0.75	0.44	0.67	0.61
brink duration rate par a minute	0.87	0.56	0.79	0.76	0.42	0.62	0.57	0.55	0.57	0.74
brink count per a minute	0.82	-0.01	0.68	0.26	0.10	0.49	0.35	0.46	0.11	0.55
long blink count per a minute	0.82	0.38	0.78	0.67	0.12	0.41	0.37	0.54	0.08	0.64
short blink count per a minute	0.01	-0.52	-0.50	-0.30	-0.10	0.34	-0.30	-0.30	0.10	0.03

2. 瞬目率（1分間のまばたきの回数）

3. 長い瞬目率（1分間の0.2秒以上のまばたきの回数）

4. 短い瞬目率（1分間の0.2秒未満のまばたきの回数）

これらの指標と意識状態を示す目視による視察判定（5.2節の検証実験で説明）とがどのような相関をもつかを調査した。表3は10名の被験者の意識状態とそれぞれの指標の相関係数を示したものである。

この表から、長いまばたきの比率および閉眼率がそれぞれのドライバの意識状態と高い相関をもつことがわかる。瞬目率に関しては、瞬目率および長い瞬目率がドライバの意識状態と高い相関を持っている。しかし、この2つの指標どうしは互いに高い相関を持っていて、ドライバの意識状態を推定するためにこの2つの指標を同時に用いることは冗長であると考えられる。以上の考察から、本論文では、長いまばたき比率、閉眼率、瞬目率の3つの指標を採用してドライバの意識状態を推定することにする。

まず、この3つの指標間の相関に着目する。3つの指標は独立ではなく、むしろお互いに強い相関をもっている組合せがある。この性質から3つの因子をもっとも良く表現する3因子（長いまばたき比率を r_1 、閉眼率を r_2 、瞬目率を n ）の線形結合を求め、これを実質的に1つの変数と考える。これは、これらの因子間の共分散を並べた 3×3 の共分散行列の最大固有値とその固有ベクトルを計算することによって他ならない。このようにして見つけた新しい変数 y を $y = \gamma_1 r_1 + \gamma_2 r_2 + \gamma_3 n$ とおく。ここで、 $(\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3)$ は固有ベクトルのそれぞれの要素を示す。この変数とドライバの意識状態 L の関係を求めれば、最終的に3つの因子と L の関係を導くことができる。ただし、 L は0のとき

正常、1 のとき眠い、2 のときかなり眠いと対応づけた変数とする。

次に、 y と L の関係をファジィの手法を用いて決定する。 y と L の関係は一般的に図 9 のようになると考えられる。図中の正規分布は実測値からそれぞれの L の値に対応する y の値の分布を示す。これより L 軸上のレベル i に関する分布の平均と標準偏差の組を (μ_i, σ_i) , $(i=0, 1, 2)$ とおく。このとき、レベル i についてのメンバーシップ関数を

$$F(y)=[1/(2\sigma)^2]\max[2\sigma-|y-\mu_i|, 0] \cdots \cdots (2)$$

と定義する (図 10 参照)。このメンバーシップ関数を用いて y の値から属する意識状態を推定する。すなわち、与えられた y がそれぞれの意識状態に属するとしたときのメンバーシップ関数値のうち最大値を与える意識レベルを推定された意識状態とする。実際の計算には簡易重心法を用いた。

〈5・2〉 意識状態検知の検証実験 提案する方法の有効性を確認するために、検証実験を行った。実験は従来の方法 (長いまばたき比率だけによる検知方法: 1 因子法) と提案する方法 (長いまばたき比率, 閉眼率, 瞬目率の 3 因子による検知方法: 3 因子法) を比較・検討した。

〈5・2・1〉 実験方法 実験には、前述のドライビングシミュレータを用いた。このシミュレータに取り付けられているルームミラー内蔵撮像システムで撮像した顔画像から顔領域および眼領域を検出し、これを従来の方法と提案する方法で 1 分間隔にて処理し結果を比較した。被験者に

はシミュレータの定速走行モード (およそ 60Km/h の走行) で約 1 時間走行してもらい、その時の被験者の顔画像はルームミラー内蔵撮像システムで撮像し続けた。被験者の意識状態は、この撮像システムのカメラによる視察判定によって行った。

表 4 に、その意識状態の視察判定の 3 段階の基準を示す。この基準は自動車メーカの一部で開発された方法⁽¹²⁾である。被験者には前夜の睡眠を十分にとったことを条件とし、年齢は 20 代の男子 8 名で予備実験を行ってこの実験に慣れてもらっている。

〈5・2・2〉 実験結果と検討 図 11 には 1 時間についての各被験者の視察判定された意識状態と検知された意識状態との一致割合を検出率 $R=nc/nt$ (nc : 視察判定値との一致回数, nt : 総比較回数) として、1 因子法 (長いまばたき比率だけによる方法) と 3 因子法 (長いまばたき比率, 瞬目率, 閉眼率による方法) について示す。被験者は 1 因子法での検出率の高い順に並んでいる。被験者 C, P, N, O, I, Q では 1 因子法と 3 因子法での差は見られないが、被験者 J, K では 3 因子法のほうが高い検出率が見られる。

図 12 には各被験者について意識状態ごとの検出率を 1 因子法と 3 因子法にて示した。図中、(a)では意識レベル正常、(b)では眠い、(c)ではかなり眠いについて示した。意識レベルが (a) 正常では 1 因子法よりも 3 因子法が高い検出率を示している。意識レベルが (b) 眠いでは 1 因子法よりもおおむ

表 4 意識状態の視察判定基準

Table 4. The standard for visual observation of drivers' consciousness.

Consciousness level	Facial impressions	Other impressions
Normal	* fast and constant blinks * quick eye movement * wide opened eyes	* right posture * no actions other than driving
Sleepy	* slow blinks. * narrow blinks	* yawn, frequent change of posture, and frequent mumbling
Very sleepy	* long blinks	* shaking and bowing of the head

図 9 変数 y と意識状態 L との関係

Fig. 9. Relation between variable y and consciousness level L .

図 10 y による意識状態レベル判定のメンバーシップ関数

Fig. 10. Membership function for three consciousness levels

図 11 被験者ごとによる 1 因子法と 3 因子法との検出率の比較

Fig. 11. Detection rates of each subjects' consciousness level by the 1- and the 3-factor methods.

(a) 意識レベル 正常

(a) consciousness level "normal"

(b) 意識レベル 眠い

(b) consciousness level "sleepy"

(c) 意識レベル かなり眠い

(c) consciousness level "very sleepy"

図 12 意識状態ごとの 1 因子法と 3 因子法による
検出率の比較

Fig. 12. Detection rates for the three consciousness levels.

ね 3 因子法の検出率が高いことが示されているが、被験者 I, O では 3 因子法での改善が見られていない。意識レベル (c) かなり眠いでは 3 因子法の検出率は 1 因子法に比べて明らかに高いことが示されている。

1 因子法で検出率の高い被験者の場合、3 因子法でも同様に高い検出率を得ている。一方 1 因子法で検出率の低い被験者の場合には 3 因子法では改善されており、3 因子法が個人差対応には効果があることが分かる。但し、意識レベル 眠いでは被験者 I, O では 3 因子法の効果が見られていないが、他の意識レベルでは両被験者とも 3 因子法による効果が見られている。意識レベル正常と眠いでの顔表情での差があまり顕著にはみられない被験者であった。

6. 結 び

本論文では、ルームミラー内蔵の撮像システムで撮像した顔画像から意識状態の検知までを個人差に配慮して行え

る方法について述べた。

顔画像の撮像からまばたきの検出までは、ニューラルネットワークで顔・眼領域を検出し、2 次微分処理によってまばたきの閉眼時間を求める。その後の意識状態の推定では、長いまばたき比率だけでなく閉眼率や瞬目率を考慮することでより個人差に配慮した推定が可能であることを示した。

今後は、より多くの被験者でこの方法の妥当性を検証する予定である。

謝 辞

本研究は文科省科研費の助成（基盤(B)(2)課題 No. 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 ヒューマンエイドシステム」の支援を受けて行われた。記して感謝の意を表します。

(平成 17 年 6 月 6 日受付, 平成 17 年 10 月 6 日再受付)

文 献

- (1) A. Tanaka : "Safety Improvement Technology by Utilizing Intelligent Driver Assistance System for Safe Driving", *SAEJ*, Vol.58, No.5, pp.88-94 (2004-5) (in Japanese)
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, **58**, 5, pp.88-94 (2004-5)
- (2) 例えば, 以下の HP (URL)
トヨタ: <http://www.toyota.co.jp/>
日産: <http://www.Nissan-global.com/jp/>
本田: <http://www.Honda.co.jp/tech/>
- (3) T. Nakano and S. Yamamoto : "Current Issues on Human Interface in Automobiles," Proceedings of the 2000 Information and Systems Society Conference of IEICE (the Institute of Electronics, Information and Communication Engineers), TD-2-1, pp.357-358 (2000) (in Japanese)
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」, 信学会・システムソサエティ大会, DT-2-1, pp.357-358 (2000)
- (4) K. Hiramatsu : "Human-Machine-Interface in an Intelligent Vehicle", *SAEJ*, Vol.56, No. 2, pp.4~7 (2002-2) (in Japanese)
平松金雄:「自動車とヒューマンインタフェース」, 自動車技術, **56**, 2, pp.4-7 (2002-2)
- (5) 渥美文治:「心拍計測によるドライバの意識状態評価」, 自動車技術会学術講演前刷集, **946**, pp.133-136 (1994)
- (6) 石原利員・福井 誠:「自動車運転中の覚醒度の検出」, 自動車技術会学術講演前刷集, **951**, pp.181-184 (1995)
- (7) 早野順一郎:「心拍変動による生態ストレスの状態評価と未来予測」, ドライバ評価手法の現状と将来」, 自動車技術会, pp.1-11 (2001)
- (8) 金田雅之・小原 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」, 自動車技術会学術講演前刷集, No.976, pp.231-234 (1997)
- (9) 渡邊崇士・渡辺嘉二郎(10)と同一名:「無拘束エアマットレス型生態センサによる睡眠段階の推定」, 計測自動制御学会論文集, Vol.37, No.9, pp.821-828 (2001-9)
- (10) T. Watanabe and K. Watanabe : "Estimation of the Sleep Stages from the Bio-Data Non-invasively Measured in the Sleep", The Society of Instrument and Control Engineers, Vol.38, No.7, pp.581-589 (2002-7) (in Japanese)
渡邊崇士・渡辺嘉二郎:「就寝時無拘束計測生体データによる睡眠段階の推定」, 計測自動制御学会論文集, **38**, 7, pp.581-589 (2002-7)
- (11) 柳平雅俊・安土光男:「車両における複合情報計測による安全運転支援技術」, 計測と制御, **44**, 3, pp.210-215 (2005-3)
- (12) S. Kukura, T. Hara, and Y. Goi : "Predicting changes in drivers' drowsiness level during prolonged driving: Extracting long

blinks from EOG data”, Journal of Society of Automotive Engineers of Japan, Vol.29, No.1, pp.155-159 (1998-1) (in Japanese)

熊倉佐恵・原 徹・玉井美博：「瞬き閉じ時間を用いた自動車運転時の覚醒度評価手法」，自動車技術論文集，29，1，pp.155-159 (1998-1)

- (13) T. Hamada, K. Adachi, T. Nakano, S. Yamamoto : “Detecting method applicable to individual Features for drivers’ drowsiness”, *IEICE TRANS. INF. & SYST.*, Vol.87-D, No.1, January (2004)

- (14) K. Adachi, T. Hamada, T. Nakano, and S. Yamamoto : “Blink Measurement by Moving Image Processing on Drowsy State of Drivers”, *T.IEE Japan*, Vol.124-C, No.3, pp.776-783 (2004-3) (in Japanese)

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)

- (15) 足立和正・井東道昌・小林史和・中野倫明・山本 新：「ドライバの運転状態の検知 2-まばたき計測による意識低下レベルの推定-」，画像の認識・理解シンポジウム 2004 論文集，pp.I-69-I-74 (2004)

足立和正 1969年3月岐阜大学大学院工学研究科修士課程修了。日本コロムビア(株)，日本電装(株)(現，(株)デンソー)を経て，1974年6月イビデン(株)に入社。同社にて，画像処理による光学式自動プリント基板パターン検査装置開発を含むパッケージの新規商品開発や事業化を推進，2003年より名城大学非常勤講師。

山本 望 2004年3月名城大学理工学部情報科学科卒業，同年，4月名城大学大学院理工学研究科修士課程に入学し，現在在学中。動画画像処理によるドライバの状態検知に関する研究に従事。

山本修身 1987年3月年東京大学大学院工学系研究科修士課程修了。同年4月東京工業大学理学部情報科学科助手。1995年1月より(株)管理工学研究所研究員。データベースソフトウェアの設計に従事。1997年4月より青森大学工学部情報システム工学科講師。同大学同学部助教授を経て2004年4月より名城大学理工学部情報工学科助教授。研究分野は計算代数，数値解析，計算幾何学の理論とその応用。工博。

中野倫明 1982年3月名古屋大学大学院工学研究科修士課程終了。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。工博

山本 新 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。現在はドライバの状態検知を含む自動車におけるヒューマンインタフェースの研究と教育を担当。豊田工業大学連携大学院博士課程教授を経て，1998年より名城大学理工学部教授。工博