交通法規の違いによるドライバーの知覚特性と 運転挙動に関するヒューマンエラー解析*

近 藤 伸 彦^{*1}, 中 易 秀 敏^{*2}
青 木 大 和^{*3}, 三 好 哲 也^{*4}

Analysis of Human Error Concerning Driver's Perception and Motion Based on Different Traffic Regulation

Nobuhiko KONDO, Hidetoshi NAKAYASU^{*5},
Hirokazu AOKI and Tetsuya MIYOSHI

^{*5} Faculty of Intelligence and Informatics, Konan University,
8-9-1 Okamoto Higashinada, Kobe-shi, Hyogo, 658-8501 Japan

In order to keep a highly safe and reliable system of car driving, it is important that the system would be considered as a man-machine system including not only the feature of vehicle movement but also human perception, cognition, and motion of a driver. In this paper, it is examined to clarify the relation between feature of eye movements and driving behavior in conventional and unconventional situation by the experiments using the driving simulator and the eye tracking system. The measurements of time histories of eye movements during the driving a road vehicle were performed in the situation of different traffic regulation by the simulator. The experimental system proposed in this paper is useful for analyzing human error induced from the different traffic regulation between Japan and USA scenarios. It is recognized in both turns that typical patterns of eye movements in horizontal axis appeared between start and end of the turns. It is also found that there were several times of a set of eye movements appeared in horizontal axis from the beginning to the end of turns. It is found from the time histories of eye movements by synchronizing vehicle data when the overshooting in the right turn and undershooting in the left turn that resulted in head-on crash, the time and number of eye fixation with overshooting or undershooting spent in cognition and motion stages in vehicle operation became larger than that without overshooting and undershooting.

Key Words: Reliability Engineering, Transportation Engineering, Safety Engineering, Human Engineering, Man-Machine-Communication

1. 緒 言

自動車運転における交通事故調査事例では、ドライバーの情報獲得と知覚・認知段階で情報の欠落が起こると事故発生率が上昇することが示されている⁽¹⁾。このため、車輛運転時の事故リスクを軽減するような信頼性の高い車輛運転システムを実現するためには、車輛の操縦性や安定性などの基本運動特性のみならずドライバーの知覚・認知・操作に関わるヒューマンエラーを含めたマンマシンシステムとしての解析・評価が重要である⁽²⁾。

本研究では、Card らの人間情報処理モデル⁽³⁾をも

とに、入力された視覚情報からドライバーの行動(出力)に至るまでのプロセスを、1) サッケード(高速な眼球運動)と注視によって視覚情報を得る段階、2) 受容した情報をもとに状況の認知とより高次の判断を行う認知段階、3) 認知段階での判断をもとにしてステアリング・アクセル・ブレーキなどの動作を行う操作段階に分割して分析する。そして、これら3つの段階からなるドライバーの運転行動モデルに基づき運転操作時のヒューマンエラーの起因原因を調べ、こうしたヒューマンエラー発生メカニズムを考察する。ところで、こうした運転時の行動モデルは運転経験の積み重ねにより学習され、運転における慣習に大きく依存していると考えられる。しかし、異なる慣習のもとでは、獲得済みのモデルに基づく行動が必ずしも適切な運転につながらず、潜在的なヒューマンエラーを誘発する危険性がある。

こうした背景に鑑み、本論文では、慣習が知覚特性や運転挙動に影響を与える典型として、日米での交通法

* 原稿受付 2009年6月30日。

^{*1} 大手前大学 CELL 教育研究所(☎ 662-8552 西宮市御茶家所町6-42)。

^{*2} 正員、甲南大学知能情報学部(☎ 658-8501 神戸市東灘区岡本8-9-1)。

^{*3} 甲南大学大学院自然科学研究科(☎ 658-8501 神戸市東灘区岡本8-9-1)。

^{*4} 豊橋創造大学情報ビジネス学部(☎ 440-8511 豊橋市牛川町松下20-1)。

E-mail: nakayasu@konan-u.ac.jp

規の違いに注目する。日本の交通法規に慣れ親しんだドライバーは、左側車線通行に知覚と運転動作が慣らされている。そして、この慣習の影響は右左折時の視線移動と運転動作において最も現れる。著者らのこれまでの研究⁽⁴⁾によれば、日本の環境に慣れたドライバーは米国の環境では右左折時に大回り（overshooting）や小回り（undershooting）をするという現象が顕著に見られることが報告されている。これらは慣習的に身についた運転モデルが不慣れな環境に適応できないことを示唆している。たとえば、日本での左側通行運転動作に慣れたドライバーが米国の交通法規環境で右左折時に大回りや小回りしたときには、対向車線に入り込み正面衝突に至るような重大な事故を引き起こす可能性があり、これらは重要なヒューマンエラーとなる。

こうした運転操作時のヒューマンエラー解析のため、本論文では Rasmussen による SRK モデル⁽⁵⁾を援用する。このモデルでは、人間の行動をスキルベース行動・ルールベース行動・知識ベース行動の3種類に分類している。また、それぞれの行動におけるヒューマンエラーは実行時エラーであるスリップ・ラプスと意図形成のエラーであるミステイクに分類される⁽⁶⁾⁽⁷⁾。こうした分類を参考に、交通法規の違いに起因するヒューマンエラーがどの種類のエラーであるのかを明確にする。このため本論文では、高解像度のアイトラッキングシステムを装着してドライビングシミュレータ上のコースを運転する実験を通して、日常的に慣れている左側通行と不慣れな右側通行それぞれにおける右左折時の眼球運動と運転動作を分析し、交通法規と慣習の違いが引き起こすヒューマンエラーについての考察を行う。

2. 運転操作におけるヒューマンエラー

2.1 ヒューマンエラーの分類 ヒューマンエラーはさまざまな観点からの分類が可能である。Norman は行動の「失敗」を、「実行時の失敗」であるスリップと「計画時の失敗（意図形成の失敗）」であるミステイクに分類した⁽⁶⁾。また、Reason は実行時の失敗を、実行時の注意不足による失敗であるスリップと意図のど忘れや記憶の誤りに起因する失敗であるラプスに分類している⁽⁷⁾。車輛運転時の交通法規の違いに起因するエラーには、通常と異なる運転環境への適応不足に起因して、上述のいくつかの失敗が発生するものと予測される。

2.2 SRK モデルによる分類 Rasmussen は、人間の行動をスキルベース（S: Skill）、ルールベース（R: Rule）、知識ベース（K: Knowledge）の3種類に分類

した SRK モデルを提唱している⁽⁵⁾。スキルベース行動は、意識的な制御を必要としない、反射的な行動、自動化された行動である。ルールベース行動は、獲得済みのルールを利用したフィードフォワード制御による行動である。ルールベース行動は熟練によってスキルベース行動に近づく。知識ベース行動は、自動化もルール獲得もできていない新しい環境や異常時に、手持ちの知識をもとにしてある目標の達成のために取られる行動である。スキルベース行動時に起こるエラーはスリップもしくはラプス、ルールベース・知識ベースの行動時に起こるのがミステイクであると考えられている。

3. 実験

3.1 実験機器

3.1.1 ドライビングシミュレータ 本実験では、ドライビングシミュレータ（DS）に本田技研工業の DA-1102⁽⁸⁾を使用した。用いた DA-1102 の主な仕様を表 1 に示す。DA-1102 は乗車部を支える 6 本のシリンダーを電動モーターで伸縮させることにより運転時の車体の動きを 6 自由度でシミュレートすることが可能である。正面のスクリーン（視角 138.5°）、左右のドアミラーおよびバックミラー（6.5 インチディスプレイ）のそれぞれには、3 台のグラフィック用 PC で作成された CG が表示される。1 台の制御用 PC と 3 台のグラフィック用 PC はイーサネットに接続されており、画像の同期と動作の制御を行っている。このネットワークを介して、シミュレーションに使用されている各種データ（ステアリング、アクセル、ブレーキ等の入力変数、車体の座標値、速度等の出力変数など）のログを 10msec の時間分解能で取得可能である。

本 DS には数種類の自動車教習用コースがプリインストールされており、それぞれのコースには危険を誘発する多数のイベントが走行シナリオとして設定されている。また、動画の左右反転、音声ファイルの置き換え、標識等のオブジェクトの変更などの処理により、同様の走行シナリオのもとで右側通行ルールの米国仕様コースを走行することが可能である。本研究では、プリインストールされた左側通行コースを Japan コース、この Japan コースに上記のような処理を行い米国仕様にした右側通行コースを USA コースと呼ぶ。

3.1.2 アイトラッキングシステム 走行中の眼球運動の計測は、SR Research 社のアイトラッキングシステムである EyeLink II⁽⁹⁾によって行った。EyeLink II の主な仕様を表 2 に示す。表中に示すように、EyeLink II は左右の目にそれぞれ対応する 2 つの赤外線カメラ

Table 1 Specification of DA-1102.

Elements of DS	Specification
Front view	Wide field (138 deg.) screen projection type
Rear view	3-mirror independent LCD display
CG	Redraw speed: 30 to 60 frame/s
Mechanism	Six axis motion base system using G cylinders Control
Frame	Light weight space frame structure with aluminum extended mechanism
Body	Rear open structure fixed with FRP mold
Operation system	Steering device with reactive force control, accelerator, clutch, brake, simulation, mechanism
Mission	AT/MT switch mechanism
CG computer	Cumam3D Alchemy (1.5 million polygons)
Control system	6-axis servo amp
Dimensions	2,440mm(D) × 2,280mm(W) × 1,855mm(H)

(IR カメラ) により赤外線の瞳孔・角膜反射を利用して眼球運動を測定する。この装置は、時間分解能が 250 ~ 500[Hz], 空間分解能が水平方向 0.022[°], 垂直方向 0.01[°] と、高解像度のデータを取得可能である。測定可能な視野角は水平方向に ± 30[°], 垂直方向に ± 20[°] である。

また、額に装着する CCD カメラ (図 1) によって、

Fig. 1 Schematic aspect of DS experiment with driver attached to eye tracking system.

Fig. 2 Block diagram for eye tracking system.

Table 2 Specification of EyeLink II.

Sampling rate	500Hz(Pupil One) 250Hz(Pupil and Corneal Reflection)
Error of fixation	less 0.5°
Accuracy of pupil size	for diameter 0.1%
Range of trace	Horizontal ± 30° Vertical ± 20°
Data file	EDF
Rate of data transfer	3mSec ~ 14mSec
Marker of infrared rays	900nm
Eye camera	925nm 1.2W/cm²
Weight	420g

被験者が観察中の動画像 (画面解像度 720 × 480 ピクセル) を 30fps で記録することができる。さらに、図 2 の構成図に示す Host PC とコントロール PC のソフトウェアにより IR カメラで計測した眼球位置座標をインポーズする機能によって、被験者が実際に見ている光景と視線の位置との関連を調べることができる。

3.2 実験手順 本実験では、被験者は図 3 の太い実線で示すルートで Japan コースと USA コースを走行した。このコースは、他車輛の飛び出し・割り込みなど多数の危険予測イベントが設定されている。被験者はまずデータを記録する本番の前に、各コースを一回ずつ練習走行した。ただし、練習走行での走行シナリオは本番走行とは別のものとした。次に、図 1 に示すように被験者に EyeLink II を装着し、眼球の変化角と移動距離のキャリブレーション等の設定を行った。続いて、Japan コース → USA コースの順に本番走行を行い、10msec 毎に DS の走行ログを、4msec 毎に眼球運動データをそれぞれ記録した。コースの環境設定は、昼間時、路面摩擦係数 $\mu = 1.00$ (晴天時の乾燥路面に相当) とした。

本論文では、図 3 のイベント (Event) 1 ~ 3 で示す 3 箇所の分岐点におけるドライバーの眼球運動、運転挙動、車輛挙動に注目する。各イベントについての状況を表 3 に示す。「信号」の列は、カーブに進入する時点での信号の状態を表す。信号が赤のときは、実際の交通法規と同様に、青に変わるまで停止するよう統制した。「右左折後車線数」は右左折後の片側車線数を示す。なお、いずれのイベントもその通過中に対向車とすれ違うことはない。

Table 3 Details of traffic events in DS scenario.

Event ID	Japan	USA	Signal	Number of lane after turning
1	Right turn	Left turn	Green	2
2	Left turn	Right turn	Red	1
3	Right turn	Left turn	Red	2

3.3 被験者 本実験では、正常な視覚機能を有し両目の裸眼視力もしくは矯正視力が 1.0 以上で、普通自動車運転免許を有する 21 ~ 24 歳の男子学生 7 名

Fig. 3 Driving course with implemented traffic events in Japanese course (Note: The allocation of course is reversible in USA course).

が被験者として参加した。7名ともにDSでの走行経験が5時間以上ある。いずれの被験者にも事前に実験の目的と方法を十分に説明したあと、実験への参加の了解を得てから実験を実施した。

Table 4 Total displacements of vehicle trajectory in experiments (* means greater risk to frontal crash).

Event ID		1	2	3
Total number of case		7	7	7
Number of great deviated cases	Overshooting	3	3*	3
	Undershooting	1*	1	2*
Number of small deviated cases		1	3	0
Number of outlier of comparison		2	0	2

4. 実験結果と考察

4.1 車輛移動と眼球運動 図4に、日米での運転軌跡の比較例として、イベント1と2における運転軌跡を被験者3名について示す。比較のため、USAコースでの軌跡は左右反転しJapanコースでの軌跡と重ねて表示した。なお、以下では、ある被験者の各右左折イベントのそれぞれを「ケース」と呼ぶこととする。本実験では、被験者7名×イベント3種の計21ケースの結果が得られた。

図4に示すように、両コースでの軌跡のずれかたには

1. ずれが大きく、USAコース走行時にJapanコース走行時より大回り(overshooting)する
2. ずれが大きく、USAコース走行時にJapanコース走行時より小回り(undershooting)する
3. ずれが小さい

の3パターンが存在し、図4の被験者以外の運転軌跡も概ねこの3パターンに分類可能であった。

また、軌跡のずれかたをケースごとに判断し分類したものを表4に示す。ただし、ここでの判断基準は定量的なものではない。また、右左折後の車線が複数ある場合にJapanコースとUSAコースで異なる車線に入ろうと意図していたと動画から判断できる場合などのケースは「比較対象外のケース (Number of outlier of comparison)」として以下の考察では取り扱わないこととした。

表4では、軌跡のずれが大きいケースのうち、Japan右折/USA左折(イベント1・3)での小回り、およびJapan左折/USA右折(イベント2)での大回りに対して*を付した。これらのケースは、「右左折後に左車線へ入る」という慣習に引きずられている可能性がある現象である。この場合、「どの車線に入るか」という意図形成についてのエラーであるミステイクが起こっていたと考えられる。

Japan右折/USA左折(イベント1・3)の場合は、上述の通り右左折後に同じ車線へ進入しようとしているもののみを対象としている。このため、「どの車線に入るか」という意図形成についてのエラーは起こっていないものとみなすと、軌跡のずれは意図形成時のエラーであるミステイクではなく、行動時のエラーであるスリップに近いものに起因しているスキルベースのエラーであると考えられる。

この両方のヒューマンエラーのうち、前者に相当する「意図形成」でのヒューマンエラーであるミステイクは、異なる車線に入る結果を招く危険性が大きく、1車線道路では対向車線に入ることになるため非常に危険な行為になりかねないことに注意する必要がある。実際に、表4中で「*」印のついているイベントのケースは、そのようなヒューマンエラーを誘発すると予測されるものである。

ミステイク発生の検証として、各イベントでのドライバーの視線移動のビデオ画像を再生し、車輛軌跡の各地点と同期して、どのような行動や意図形成が行われているかを判断した。図5には、ミステイク(意図形成の失敗)が起こっていると判断されたビデオ画像の一例を示す。

このビデオクリップからは、被験者Aは初めの意図形成時に誤った意思決定をしていることに気づかず、対向車線へ進入しかけている様子がわかる。このことより、この場面ではミステイクのヒューマンエラーが起こっているものと検証され、正面衝突などの重大事故を誘発しかねないと推測される。一方、その他のビ

Fig. 4 Comparison of displacement of vehicle trajectory in Japanese course with that in USA course at event 1(upper figures) and event 2(lower figures) (Note: the reverse trajectory in USA course is superimposed on that in Japanese course, black line: trajectory in Japanese course, grayscale line: reverse trajectory in USA course, dotted points: start point of eye fixation).

デオクリップからはそのような意図形成は読み取れなかった。そのため、運転軌跡上でずれが起こっていても、それらはスリップに相当する実行時の注意不足によるヒューマンエラーであると推測され、被験者自身が気づき容易に修復・回復がなされ重大な事故には至らないと推測される。これは、従来の知見⁽¹²⁾と一致している。

4.2 運転操作と眼球運動 図6は、図4と同じ被験者についての右左折時における眼球の位置座標(X_{eye}, Y_{eye})、DSのアクセルスロットル開度[%](Throttle)、ブレーキ圧[Pa](Brake)、ステアリング角度[rad](SteerAngle)の時系列データを同期したものと、サッケードが終了し注視が開始した点(Fixation

Point)をそれぞれプロットしたものである。グラフに表示されている時間は、図4にて軌跡が表示されている区間に対応している。注視開始点はこの区間の初めと終わりの各2秒を除いた区間でのみプロットされている。眼球位置データ X_{eye}, Y_{eye}は動画像の左上を(0, 0)、右下を(720, 480)としたときの視点の(x, y)座標を、それぞれ左右の眼について平均したものである。複数の単位系を混在させているため、縦軸は適当にスケールし、相対的な変化のみがわかるようになっている。また、図4には注視開始点に対応する点が軌跡上に示されている。

一般に人間の眼球運動は急速な眼球移動であるサッケードと停留を繰り返すことが知られている⁽¹⁰⁾が、図

Fig. 5 Video clips of frontal view from driver seat of subject A at event 2 in USA course (Note: greater risk to frontal crash).

Fig. 6 Relation between eye movements of drivers and log data of DS that is corresponding to Fig. 4.

6からは、右左折時にはサックードと円滑追跡眼球運動⁽¹¹⁾が交互に繰り返されている様子がわかる。右左折時には横方向への画面変化が起こるため、このときにある一点を注視していると、画面変化にともなう注視点の移動に視点が追従するものと考えられる。これが円滑追跡眼球運動である。このとき眼球は右左折時の初めから終わりまで連続的に追従するのではなく複数回の小さな円滑追跡眼球運動のセグメントに分割されており、細かな情報収集が行われているものと推察される。

視線データと動画像から、右左折の初期段階と末期段階では首を動かすことも含めた大きな左右への視線移動が見られることがわかる。初期・末期のあいだの区間はすなわち右左折の最中であり、首を固定して常に進路方向を見続けようとしている。この様子はいずれのケース・いずれの被験者においても観察された。

以上の知見に鑑み、本論文では車線変更時の車輛移動軌跡は図7に示すように3区間に分割可能であり、それぞれの区間はドライバーの眼球運動と運転操作に基づいて以下の3段階に相当しているものと定義する。

1. 導入段階 (Introduction stage: 情報収集, 知覚, 認知の区間)
2. 実行確認段階 (Execution and conformation stage: 判断, 実行, 確認の区間)
3. 完成段階 (Completion stage: 操作完了確認および次の情報収集, 知覚, 認知に接続する区間)

上記の3つの区間分割は Card モデル⁽³⁾, SRK モデル⁽⁵⁾のプロセス段階とも対応している。このうち, 実行確認段階は特にドライバーのヒューマンエラー発生要因分析に密接な関係を持つと考えられる。換言すれば, 2に対応する区間のドライバーの運転操作・眼球運動・車輪移動軌跡をモニタリングすることによりヒューマンエラー発生を予防保全できる可能性が高い。

4.3 眼球運動・運転操作・車輪移動軌跡による総合的考察 4.1 節にて述べたように, 軌跡のずれは小さい場合と大きい場合があり, 大きい場合には右左折と大回り小回りの組み合わせにより対向車線進入の危険性があるずれ (表4にて*のついているもの) と危険性がないずれに分類できる。ここでは, 以上の3種類にケースを分類し, この3種類に対して, 走行時間と注視回数に関する Japan・USA コースでの違いを考察する。

表5には, 実行確認段階における走行時間と注視回数を, 該当する全ケースについて平均したものを示す。3つのイベントにおける右左折領域の大きさが異なるため, 同程度のスケールになるように各データは正規化した。

表5からわかるように, 軌跡のずれが小さい場合およびずれが大きとも対向車線進入の危険性がない場合には, Japan コースと USA コースについての走行時間や注視回数の差は大きくない。しかし, ずれが大きく対向車線進入の危険性がある場合には, 走行時間や注視回数の差が大きくなっており, いずれも Japan コースより USA コースの方が大きい値をとっている。とくに走行時間差については, t 検定における p 値が 8.42×10^{-3} と高度に有意な差とみなすことができ, 注視回数差についても p 値が 0.109 と比較的有意な差とみなすことができる。ずれが大きく対向車線進入の危険性がある場合には「小回り」をしているケースも含まれるにもかかわらず, 走行時間・注視回数ともに大きくなっていることも興味深い。これは, 走行経路が大ききずれしてしまうというヒューマンエラーの中でも, 対向車線進入の危険性がある場合とない場合ではエラーの種類が異なるということを示唆していると考えられる。対向車線進入の危険性がある場合は意図形成の時点でエラーが発生しており, 意図修正・軌道補

Fig. 7 Three stages of vehicle trajectory (subject C at event 1 in Japan course).

正のための知覚処理・認知処理を繰り返しながら運転するために走行時間・注視回数ともに大きくなっていると推察される。

Table 5 Risk to frontal crash, duration time of driving and number of eye fixation for total displacements of vehicle trajectory at vehicle vector confirmation interval in right and left turns in Japanese and USA course (p -value: t -statistics).

Displacement of trajectory		Great		Small
Risk of frontal crash opposite lane		Yes	No	No
Duration time of driving (sec)	Japan	4.842	5.083	3.946
	USA	7.331	4.696	4.074
	p -value	$8.42 \times 10^{-3}^{**}$	0.566	0.846
Number of eye fixation (times)	Japan	11.6	12.4	10.6
	USA	15.7	11.7	8.9
	p -value	0.109	0.683	0.307

5. 結 言

本研究では, 慣習の違いに起因するヒューマンエラーを解析することが車輪運転の安全性・信頼性向上の面から必要であるという観点のもとで, ドライビングシミュレータとアイトラッキングシステムを用いた走行実験を通して, 日常的に慣れている左側通行時と不慣れた右側通行時それぞれの右左折時の視線移動と運転動作を合わせて解析した。その結果の検討から, 以下のような結論が得られた。

1. 車輪運転時の交通法規の違いにより, 右左折時に起こるヒューマンエラーは, 慣れ親しんだ慣習に起因する意図形成の失敗であるミステイクと, 意図形成は正しいがそれを正しく遂行できないス

リップのようなスキルベースのエラーの2種類が存在する。

2. 運転時のヒューマンエラーのうち、意図形成の失敗によるミステイクが車線変更操作時に発生した場合には、正面衝突等の重大事故に至る危険性がある。
3. 右左折区間を眼球運動・運転操作・車輛移動軌跡から総合的に判断すると、導入段階、実行確認段階、完成段階の3段階への分割がおおよそのケースにおいて可能である。このうち、実行確認段階の区間ではドライバーは首を固定して常に進路方向を見続けようとする傾向があり、眼球運動では円滑追跡眼球運動が発生する。ヒューマンエラーの検出と予防の見地からは、この区間での眼球運動・運転操作・車輛移動軌跡の観察が最も重要である。
4. 軌跡のずれが大きく対向車線への進入の危険性が高い場合には、進路変更確認に要する走行時間と注視回数が極端に大きくなる。これは軌道補正のために必要な知覚情報処理が大幅に増加するためと考えられる。
5. 上記2, 3, 4の知見を応用すれば、ドライバーの運転操作時の眼球運動をモニタリングできれば、重大事故を誘発する可能性の高いヒューマンエラーを予知して警告を発することが可能になるものと期待される。

最後に結論の5.で触れたことに関して、本研究はヒューマンエラーを含めた信頼性の高い車輛運転システムの実現を目指して行われたものである。人間を対象とした分析は個人差を超えて普遍的な傾向をとらえることが大切である。このため本研究では、ドライバーのヒューマンエラー誘発因子であるヒューマンファクタを生理的側面と心理的側面からとらえ、ドライバーの反応に依存する車輛挙動と統合した観点から信頼性解析を行った。その結果、誘発因子であるヒューマンファクタのモニタリングができれば、車輛挙動の予測から事故発生の頻度予測が可能になるため、ヒューマンエラーを包含した信頼性の高いマンマシンシステムの実現が可能になることを示し得た。かかる観点から、対象とする人間の生理的・心理的特性把握やヒューマンエラーに誘発される事故発生予測精度に改良の余地を残しているものの、本研究の成果に基づき誘発因子であるヒューマンファクタのモニタリングシステム開発が実現すれば、ヒューマンエラーを含めた信頼性の高い車輛運転システムの実現は基礎的分析段階から安全システム試作段階に進むものと期待される。

謝 辞

本研究の一部は文部科学省私立大学学術研究高度化推進事業オープン・リサーチ・センター整備事業（平成16年度-20年度）による助成を得て行われたことをここに記して謝意を表する。また、USAコース作成にあたりご協力賜った本田技研(株)安全普及本部小野浩氏、眼球運動データ解析において貴重なご助言を賜った(株)モンテシステム情報サイエンス部の小泉勇氏に深甚なる謝意を表する。さらに、実験の実施において多大な協力を賜った甲南大学理工学部情報システム工学科（当時）池田浩司君をはじめとする中易研究室の学生諸君に謝意を表する。

文 献

- (1) Institute for Traffic Accident Research and Data Analysis (ITARDA) Information, *What Sort of Human Errors Cause Traffic Accidents? -Focus on Mistake Assumption-* (in Japanese), No.33(2001).
- (2) Nojiri, Y., Kohda, T., and Inoue, K., *Cognitive Mechanism and Human Error Analysis* (in Japanese), Transaction of the Reliability Engineering Association of Japan, Vol.23, No.2(2001), pp.157-166.
- (3) Card, S. K., Moran, T. P., and Newell, A., *The Psychology of Human-Computer Interaction*, (1983), pp.23-97, Lawrence Erlbaum Associates.
- (4) Kondo, N., Nakayasu, H., and Miyoshi, T., *Feature Analysis of Car Driving Man-Machine System Based on Human Perception* (in Japanese), Proceedings of the SICE Symposium on Systems and Information 2008, (2008), pp.159-164.
- (5) Rasmussen, J., *Skills, Rules, and Knowledge; Signs and Symbols, and Other Distinctions in Human Performance Model*, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, SMC-13, Vol. 3(1983), pp.257-266.
- (6) Norman, D. A., *The Psychology of Everyday Things*, (1988), pp.169-186, Basic Books.
- (7) Reason, J., *Human Error*, (1990), Cambridge University Press.
- (8) Honda Motor Co., Ltd. "Honda Driving Simulator." Honda Home Page. (online), available from <<http://www.honda.co.jp/simulator/driving/shogen.html>>, (accessed 2009-05-06).
- (9) SR Research Ltd. "EyeLink II." SR Research Complete Eye Tracking Solutions. (online), available from <http://www.sr-research.com/EL_II.html>, (accessed 2009-05-06).
- (10) The Vision Society of Japan Eds., *Handbook of visual information process* (in Japanese), (2001), pp.393-398.
- (11) *Handbook of visual information process* (in Japanese), (2001), pp.91-92.
- (12) Yoshikawa, H. (Ed.), *Psychology and Physiology of Human Error* (in Japanese), (2006), pp.96, CORONA Publishing Co. Ltd.