



## ドライバーの心理・生理機能と車輛の協調による 次世代交通システムの構築

森 みどり\* 中易 秀敏\*\* 松浦 春樹\*\* 三好 哲也\*\*\*

Experimental Study of the Cooperative Relation between Driver's Psychophysiological Function and Vehicle Behavior Aiming for Application to Next-Generation Transportation System

Midori MORI\* Hidetoshi NAKAYASU\*\* Haruki MATSUURA\*\* Tetsuya MIYOSHI\*\*\*

### 1. 緒言

自動車を安全に運転するために、ドライバーは常に視覚、聴覚などの感覚器で注意を喚起しなければならない。人間・機械系の信頼性・安全性確保には、生体の知覚と認知に関わる情報処理機構の解明と、運転の実際の場面での心理・生理データと車輛挙動に基づくリスク解析が必要不可欠である。これに対して著者らは、これまで運転作業時のドライバーの運転操作に関わる心理物理量や生理特性を様々な条件下で検討してきた<sup>(1)(2)(3)</sup>。本研究では、これまで進めてきた研究成果を活かし、運転作業中のドライバーの心理・生理機能を評価するとともに、ドライバーの運転挙動に影響される車輛の力学的挙動を同期解析して、様々な交通状況でのドライバーの運転が生み出すリスク評価法を提案し、安全で安心な次世代交通システムの構築に貢献することを目指している。すなわち、本研究の主な目的は、以下の通りである。

(1) ドライビングシミュレータを用いた一般道路の通常運転状況において、ドライバーの運転操作、心理物理量と生理信号をリアルタイム計測し、様々な交通状況における各種運転場面での車輛の力学的挙動も同時計測記録できる実験システムを構築する。

(2) 構築した実験システムを用いて各種の道路状況、交通状況におけるドライバーの心理状態・生理状態と車輛挙動の関連性を実験的に明らかにする。

(3) ドライバーの心理状態・生理状態の関連性から、ドライバーの運転操作を予測する運転モデルを提案する。これらの目的のうち、2013年度は、以下の通り実験システムの構築を推進する。

(1) ドライビングシミュレータを用いた一般道路の通常運転状況において、運転中の前方視界の視覚刺激に対するドライバーの知覚応答、認知応答などの反応である心理物理量が高精度サンプリング時間で計測できる実験システムを試作する。

(2) 各種計測装置の制御用PCネットワークとドライビングシミュレータのイントラネットワークを融合させて、高精度なサンプリング時間同期で記録解析できる実験計測用ネットワークを試作する。

### 2. 研究事例

本研究で構築する実験システムにより得られる研究成果の概要と意義を示すために、本研究と同様のドライビングシミュレータ実験装置・方法論を用いた、著者らの先行研究の一例<sup>(4)</sup>を紹介する。

同研究では、ドライビングシミュレータ実験において、運転者の生理信号の一つである眼球運動と車輛の力学的挙動の一つである車輛軌跡を同期記録し、運転者の視覚と認知が運転操作に及ぼす影響について検討した。

具体的には、通行規制の異なる日米市街地の右左折場

\*助教 経営工学科

Research associate, Dept. of Industrial Engineering and Management

\*\*教授 経営工学科

Professor, Dept. of Industrial Engineering and Management

\*\*\*教授 阪南大学

Professor, Hannan University

面の解析より、熟練者は視覚情報を均一に取得し円滑で安定した情報処理を行うのに対し、未熟練者は情報取得量にムラがあり注視点を均一にとれない傾向が明らかになった(図1,図2,図3)。さらに、慣習的な運転モデル

を形成した熟練者は不慣れな環境にもある程度適応できるが、未熟練者は適応困難でミステイク(車輪軌跡のずれ、米国内周り)などのヒューマンエラーを誘発し事故につながる危険性が高い<sup>(6)</sup>と示唆された(図1,図2)。

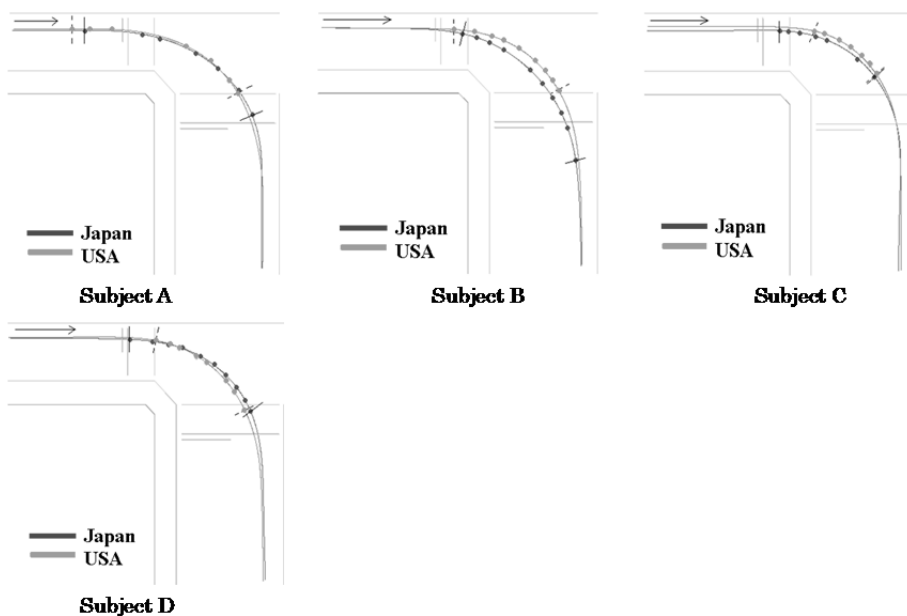


図1 右折(日本)/左折(米国)場面における車輪軌跡と注視点分布の比較(熟練者)<sup>(4)</sup>

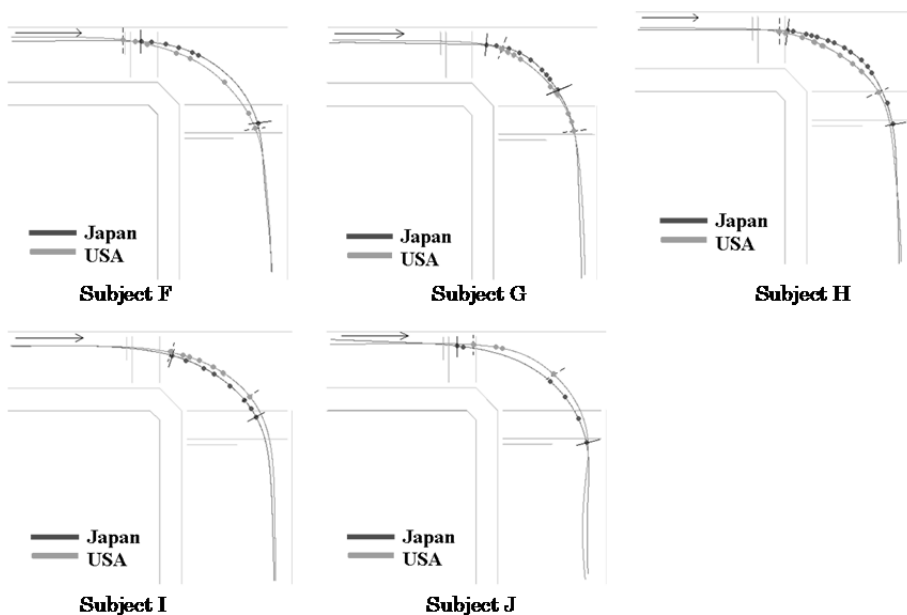


図2 右折(日本)/左折(米国)場面における車輪軌跡と注視点分布の比較(未熟練者)<sup>(4)</sup>

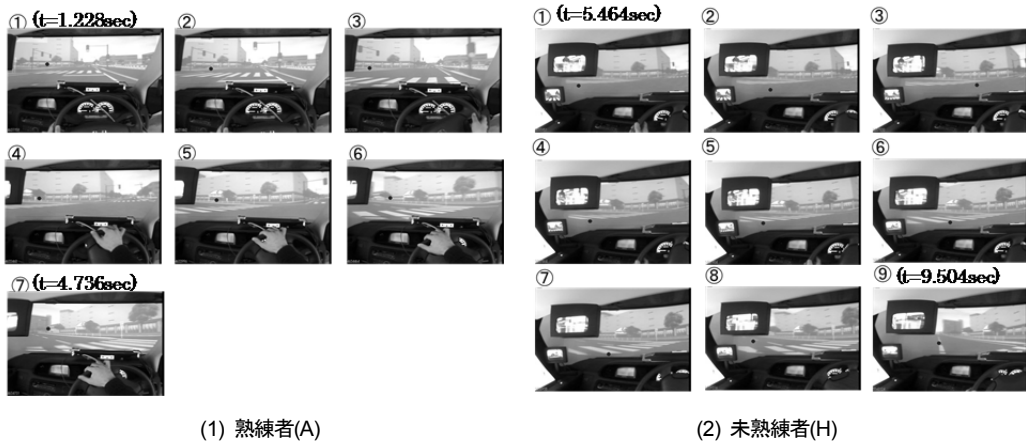


図3 熟練者と未熟練者における前方視界の比較 (左折(米国)場面)<sup>(4)</sup> ●: 注視点を示す

### 3. 実験システムの構築

#### 3.1 ドライビングシミュレータ装置

本実験システムでは、ドライビングシミュレータ装置(以下 DS と称する)(本田技研工業 DA-1102)<sup>(4)</sup>を使用し、自動車運転模擬実験を実施する。この DS 装置は、(1)映像出力装置、(2)モーションベースユニットと(3)コクピットから構成されている(図4、図5、図6)。

##### (1)映像出力装置

運転中の道路交通状況は、コンピュータグラフィックスにより正面前方・側方映像、サイドミラー映像、バックミラー映像として、映像出力装置(前方から左右側方に配置された5面の液晶ディスプレイ)上に表示される。ドライバーの操作に基づき、制御用コンピュータで車輻の位置、速度、加速度などを逐次再計算し、運転席からの視界をコンピュータグラフィックス映像として生成する。

##### (2)モーションベースユニット

モーションベースユニットは、6本のシリンダーで乗車部を支え、シリンダーを電動モーターで伸縮させることにより乗車部の位置と傾きを6自由度に変化させることができる。また、6軸のサーボシリンダーにより、加速やコーナリング、ブレーキング時の車体の動きをシミュレートさせ、実車に近い運転感覚を作り出すことができる。

##### (3)コクピット

コクピットは、普通四輪自動車の運転席と同一仕様と

なっており、実車両と同様の運転操作をするため、計器類、スイッチ類、ブレーキ等の操作器を設けている。

##### (4)コンピュータ・ネットワーク

DS と制御用 PC、グラフィック計算用 PC(2台)、ロギング用 PC はネットワークを介して図4上部のように接続されている。ドライバーが運転する車輻の入出力データ、すなわちステアリング、アクセル、ブレーキ等の入力変数や車体の座標値、速度等の出力変数のログおよび他車の車輻位置等のデータは、ロギング用 PC により 10 msec ごとのバケットとして取得できるようにした。また、先行研究で開発したログデータ表示プログラムを本実験システムにも導入し、DS から取得したデータを読み込んで実際の運転を PC 上で再現し、ログデータ分析に活用できるようにした。

##### (5)道路交通状況の再現 (走行シナリオの作成)

実験に用いる道路交通状況(走行シナリオ)としては、一般道路・高速道路走行の基本シナリオが利用でき、各種の天候、夜間など走行環境の選択も可能である。本研究では、各種車輻・歩行者などの移動体、危険事象の発生などさまざまな交通状況、道路環境のシミュレーションや走行ルートを選択、実車走行データの再現などが可能となるよう、DS 付属のシナリオエディタおよび汎用 CG,CAD ソフトを活用してオリジナルシナリオを作成する開発環境および開発手法を整えた。

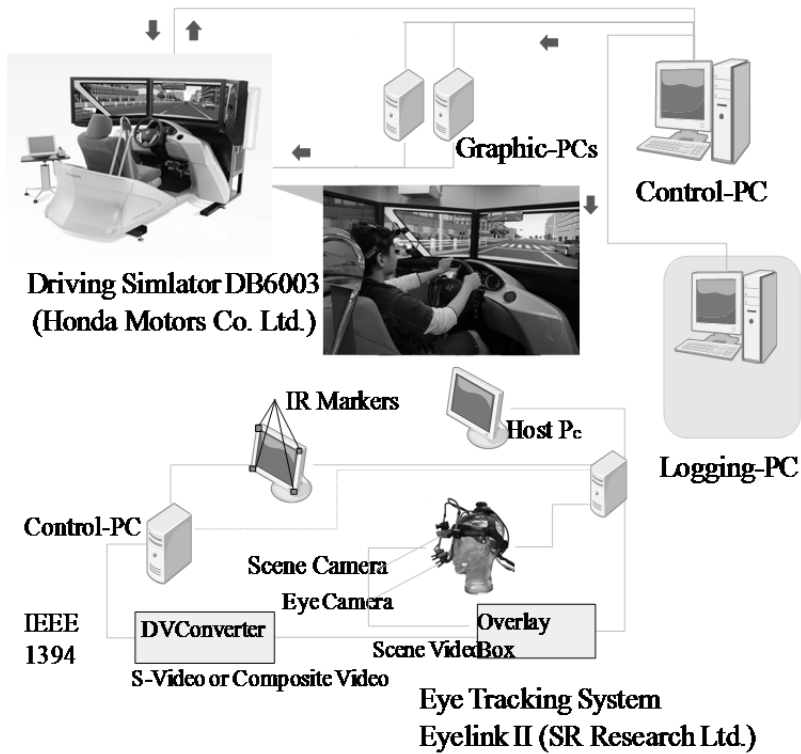


図 4 実験計測ネットワークシステム (ドライビングシミュレータ, アイトラッキングシステム)

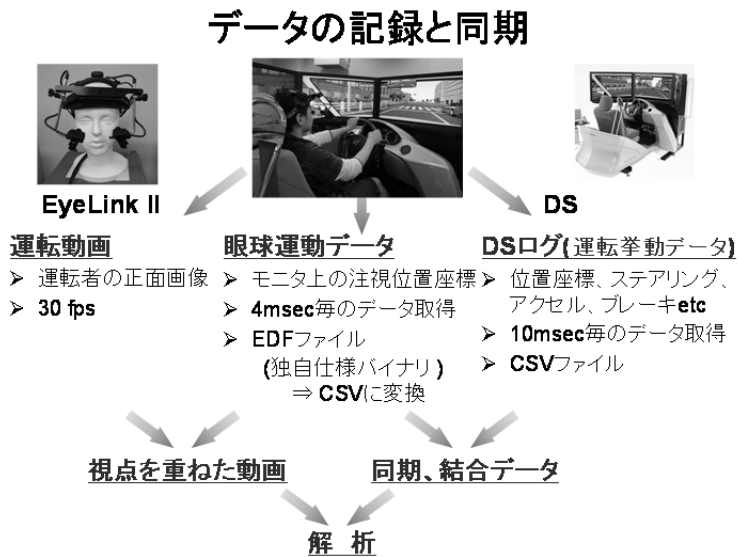


図 5 眼球運動と車両軌跡の記録と同期解析手法



(1)映像出力装置



(2)モーションベースユニット



(3)コックピット

図6 ドライビングシミュレータ装置 (本田技研工業 DA-1102)

(6)定点カメラ

運転席のA.前方, B.上方, C.後方に, 撮影方向等が調整可能な3台の定点カメラを設置した(図7)。それぞれドライバーの頭部(表情, 視線, 頭部の動き), 運転操作, 映像出力装置・運転状況を撮影し, 必要に応じて, 各カメラあるいは3台のカメラ映像を合成し, 実験実施状況を録画記録できる環境を整えた。



図7 定点カメラ

3.2 実験計測ネットワークシステム

上記のドライビングシミュレータのネットワークと,

各種計測装置の制御用PCネットワークを融合させて, 高精度なサンプリング時間同期で記録解析できる実験計測用ネットワークシステムを構築する。本年度は, 下記のアイトラッキングシステムを導入し, ドライバーの眼球運動の高精度なサンプリング時間同期での記録, 解析が可能なネットワークシステムを整えた(図4, 図5)。

(1)アイトラッキングシステム

本研究では, ドライバーの眼球運動解析のためのアイトラッキングシステムとして, 図4の中央および下部に示す急速眼球運動解析装置であるSR Research社のEyeLink II®を導入した。この装置には3つのカメラが設置されており, 額部分に設置されている1つのCCDカメラにより前方の映像(画面解像度1024×768ピクセル)を30fpsで記録することができる。両眼の下方からそれぞれの眼を映すようにに向けて設置されている2つの赤外線カメラにより, 両眼の眼球運動を500Hzの高速サンプリングで測定し, 瞳孔および角膜反射計測は250Hzのサンプリングレートで行われる。この装置の時間・空間解像度は500Hzで0.01°以下, 250Hzでは0.02°以下であり, サッカード(興味を引かれた対象物に視線

を向けるときに発生する急速眼球移動), マイクロサッカーード(注視時での微小眼球運動)の解析に対応できる<sup>9)10)11)</sup>。また, 視線位置はモニタピクセル座標に変換され, 視線の動きをリアルタイムで追跡可能である。さらに, 専用ソフトを用いて前方映像の動画データファイルに眼球運動データをインポーズすることにより, 前方視界上に注視点を表示するなど, 注視対象を特定し視線移動の様子を分析することができる(図3, 図4 図5)。

#### (2)眼球運動と車両軌跡の同期解析手法

DS からはネットワークを介して運転行動ログが10msec ごとのパケットで, EyeLink IIからは4msec ごとに視線情報である眼球運動データがロギング用 PC に取得されるようにネットワークを構築した。視線情報と運転挙動を統合して解析するために, DS のログデータ(運転操作履歴, 車輛挙動の時刻歴データ)と EyeLink II の眼球運動データ(左右の瞳孔径および視線の時刻歴データ)を時間同期させる方法として, ドライバーが閉眼状態から開眼しブレーキを離した時刻を同期の初期位置とし, ログデータではブレーキ圧が0になった時刻を, 眼球運動データでは視線データが出力された時刻を初期位置と定め, 両者のデータ同期を実施した。以上の方法により, 運転操作・車輛挙動を示す DS ログデータと注視対象, 注視回数, 注視時間, 眼球移動距離等の眼球運動データの統合的解析を行うことができる(図4, 図5)。

#### 4. 結言

3章において詳述したように, 1章に挙げた目的(1)および本年度当初の計画, すなわち, DS を用いた運転状況においてドライバーの各種反応が高精度サンプリング時間で記録, 計測できる実験システムの試作, および DS と各種計測装置の制御用 PC ネットワークを融合させて, 高精度なサンプリング時間同期で記録解析できる計測ネットワークシステムの試作については, ほぼ当初の予定に沿って進めることができたと評価できる。

また, 2章において紹介した研究成果は, 著者らが独自に構築してきた実験システム, 眼球運動と運転挙動の同期解析手法によりはじめて抽出可能になる知見であり, 両者を融合した考察からヒューマンファクタの関連性, ヒューマンマシンシステムの信頼性を検討する試みの有

用性を示すと考えられる。

#### 参考文献

- (1)近藤伸彦, 中易秀敏, 青木大和, 三好哲也, “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”, 日本機械学会論文集C編, Vol. 76, No.763 (2010), pp. 696-703.
- (2)Nakayasu, H. Miyoshi, T. Aoki, H. and Patterson, P., “Analysis of Driver Perceptions and Behavior When Driving in an Unfamiliar Regulation”, Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, Vol.15, No.8 (2011), pp. 1039-1048.
- (3)Seya, Y., Nakayasu, H., Patterson P., “Visual search of trained and untrained drivers in a driving simulator”, Japanese Psychological Research, Vol. 50, No. 4 (2011), pp. 242-252.
- (4)森みどり, 中易秀敏, 三好哲也, “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運転者の眼球運動と車輛軌跡の同期解析”, 日本機械学会論文集C編, Vol.79, No803 (2013), pp.2408-2423.
- (5)Card, S. K., Moran, T. P., and Newell, A., The Psychology of Human-Computer Interaction, Lawrence Erlbaum Associates (1983), pp. 23-97.
- (6)Rasmussen, J., “Skills, Rules, and Knowledge: Signal, and Symbols, and Other Distinctions in Human Performance Models”, IEEE Transaction on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. SMC-13, No.3 (1983), pp. 257-266.
- (7)HONDA, ドライビングシミュレーター取扱説明書, 本田技研工業(株) (2010).
- (8)SR Research, EyeLink II User Manual I Version 2.11, SR Research Ltd(2005).
- (9)日本視覚学会編, 視覚情報処理ハンドブック, 朝倉書店(2000), pp. 93-94.
- (10)大山正, 今井省吾, 和氣典二編, 新編 感覚・知覚心理学ハンドブック, 誠信書房(1994). pp. 859-868.
- (11)三浦利章, 行動と視覚的注意, 風間書房(2002).