

論文・解説

29

ドライバ個人特性の評価指標の開発 Development of Metrics for Driver's Individual Characteristics

石橋基範*¹ 大森政幸*² 赤松幹之*³
Motonori Ishibashi Masayuki Okuwa Motoyuki Akamatsu

要約

事故低減や負担軽減のため運転支援システムの研究が進められる中、ドライバとシステムの不マッチが懸念されている。その解決に向けて、システムをドライバ個々の特性に合わせる個人適応化が重要となる。従来、個人特性では年齢、運転キャリア等の属性がよく扱われてきたが、それらに加え、運転への態度や考え方(スタイル)、負担意識という心理的特性の違いによっても支援方法は異なるべきと考える。しかし、このような心理面からドライバ特性を簡便に把握する手法は少なく、容易に活用できる形で確立されていない。そこで、運転支援の個人適応化に向けた基盤技術として、ドライバ個人特性の評価指標を質問紙方式で開発した。

まず、一般ドライバを対象にした調査から構成要因を明らかにし、「運転スタイルチェックシート」(18質問)、「運転負担感受性チェックシート」(38質問)という質問紙を作成した。次に、運転支援の一事例として経路誘導を取り上げ、経路選択嗜好との関係分析から評価指標の妥当性を確認した。そして、これらドライバ特性に基づいて経路誘導ロジックを個人適応化できる可能性が分かり、評価指標の有用性が示された。

Summary

In the studies of driving support systems to reduce vehicle accidents and drivers' workload, a deviation in communication between a driver and the system has turned into a problem. To solve such a problem, the approach of "personalization" which adapts the system to driver's individual characteristics will become important. While attributes such as age and driving experience have often been used as the individual characteristics so far, in addition to the above, a driving support method may depend on psychological characteristics such as attitude for driving (so-called driving style) and sensitivity to driving workload. However, there is rarely found the method which permits the driver's characteristics to be easily identified from these psychological aspects, and it has not been established as a simple and practical form. Therefore, as fundamental technology toward personalization of the driving support system, the authors developed the metrics of driver's individual characteristics in the form of practical questionnaires.

First, "Driving Style Questionnaire" (18 questions) and "Workload Sensitivity Questionnaire" (38 questions) were developed from an investigation for non-occupational drivers, which revealed these scales. Then, focusing on route guidance as a case of driving support, the validation of the metrics was verified from a relational analysis between route choice preference and their scales. Finally, as it was found that route guidance logic could be personalized based on these driver's characteristics, the availability of the metrics was pointed.

*1 技術研究所
Technical Research Center

*2 (株)豊田中央研究所
Toyota Central R&D Labs., Inc.

*3 (独)産業技術総合研究所
National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

1. はじめに

自動車事故の低減および自動車運転の負担軽減のために、情報技術を応用した運転支援システムの研究が進められている。センサやシステムの信頼性向上を進めている一方で、ドライバがシステムを過信したり、お節介な感覚によりシステムへの不信や不使用が生じたりするといった、人間・機械系のミスマッチが懸念されている。これを解決しドライバにより優しいシステムを構築するためのアプローチの一つとして、ドライバ個々の特性に合った個人適合化の取り組みが重要となる。

このような個人適合化の基盤技術を確立するため、経済産業省の「人間行動適合型生活環境創出システム技術プロジェクト」において、(独)産業技術総合研究所や自動車メーカーが参加してドライバ個人特性の評価指標の研究を行ってきた¹⁾。

ドライバ個人特性とはある人がどういったドライバかを表現するもので、従来、性別や年齢といったデモグラフィックな属性や、運転経験年数や事故歴といった運転キャリアに関する属性等がよく扱われてきた。また、運転スキルが取り上げられることもあり、質問紙で同定・比較する手法²⁾が研究されてきた。更に、違反・事故につながりやすい行動傾向も含まれると考えられ、その診断³⁾が開発され安全運転教育に利用されてきた。

だが、これら従来の見方だけでは運転への影響は十分把握しきれないと考えられる。例えば若年ドライバの中でも積極的に運転する者もいれば運転を避けたがる者もいる。また、例えば初心者の中でも運転に対する負担意識の高い者もいれば負担をほとんど感じない者もいる。このように、従来の見方では同じ属性でも運転に対する態度や負担の意識といった特性が異なれば、運転支援のあり方も異なるはずである。つまり、運転支援の個人適合化に向けて、運転の背景にある個々のドライバの心理的な特性から検討することも重要である。しかし、このような心理面からドライバ特性を簡便に評価する手法は少なく⁴⁾、誰もが活用できる形態として確立されていない。

本研究では、運転支援を目的としたときに運転行動や負担軽減に関与が大きいと考えられるドライバ特性として、2つの心理的な側面に着目した。1つは運転に取り組む態度や志向、考え方であり、これを「運転スタイル」と称する。もう1つは、運転により負担が生じて時として疲労へつながるが、「どういった種類の負担が続いたら疲れるから運転したくないか」という感じ方であり、「運転負担感受性」と称する。今回、運転支援の個人適合化に向けた基盤技術として、これら2つの側面について構成要因を抽出し、質問紙方式で個人特性を簡便に数量化できる手法(ここではチェックシートと呼ぶ)を開発した。そして、運転支援の一事例として経路誘導を対象とし、個人適合化の可能性を

探ることで有用性を確認した。

2. ドライバ個人特性の構成要因の抽出

2.1 目的

運転スタイル、および運転負担の構成要因を、一般ドライバを対象にした調査から明らかにする。

2.2 方法

(1) 被験者

首都圏、および大阪市近郊在住で、日頃から自動車を運転する20~60歳代の男女222名(男性114名、女性108名)とした。

(2) 質問項目の設定

人間工学研究従事者と一般ドライバの複数の者が検討し、網羅的になるよう設定した。運転スタイルについては、「車線変更してもできるだけ前に行きたい」「知っている道を選んで走る」といった運転志向や態度に関する質問を幅広く抽出し、58項目に絞り込んだ。運転負担の感じ方(運転負担感受性)については、運転中に継続的に運転支援することを想定して、「ある状況が続いたときに負担が大きくて疲れそうか」という視点で、持続的な負担を対象とした。予備検討では、日常運転で実際に疲労を感じたことがある場面を幅広く抽出した。そして、「路上駐車が多い道」「深夜に運転」といった負担が大きいと考えられる運転場面を選定し、質問として116項目に絞り込んだ。

(3) 回答方法

被験者には、質問紙での回答記入を求めた。運転スタイルについては、質問文へのあてはまり程度を「1. 全くあてはまらない」「2. 少しあてはまる」「3. かなりあてはまる」「4. 非常にあてはまる」の4段階で評価した。運転負担については、質問のような運転場面がしばらく続いたときに負担を感じる程度を、「1. 気にせず運転する」「2. 気配りしながら運転するが負担ではない」「3. 運転することを少し負担に感じる」「4. 緊張や無理をしいられて負担が大きい」「5. 負担が過大で運転したくない」の5段階で評価した。

(4) 分析方法

各質問に対する被験者の評価値をそのまま得点化して、多変量解析を行った。運転スタイルについては、各質問を変数として主成分分析を行った。運転負担については、運転特有の負担を大別した研究⁵⁾より独立要因の存在を仮定できるので、主因子法による因子分析を行った。いずれも、分析打ち切り基準は累積寄与率50%以上とし、構造単純化のためにバリマックス回転をかけた。そして、運転スタイルについては主成分負荷量0.5以上を対象に主成分の解釈を、運転負担については因子負荷量0.4以上の質問を対象に因子の解釈を行った。

2.3 結果

(1) 運転スタイル

運転スタイルでは9主成分が抽出され、累積寄与率が51.5%と50%を超えた。しかし、第9主成分に含まれる3質問は主成分としての解釈が困難だったため構成要因から除外し、その結果、8主成分で累積寄与率は48.8%となった。主成分の解釈を以下の通りとした(各文尾のカッコ内数値は寄与率)。

- ① 運転スキルへの自信 (14.26%)
- ② 運転に対する消極性 (6.70%)
- ③ せっかちな運転傾向 (6.04%)
- ④ 几帳面な運転傾向 (5.19%)
- ⑤ 信号に対する事前準備的な運転 (4.59%)
- ⑥ ステイタスシンボルとしての車 (4.45%)
- ⑦ 不安定な運転傾向 (3.92%)
- ⑧ 心配性的傾向 (3.67%)

(2) 運転負担

運転負担では10因子が抽出され、累積寄与率は51.4%であった。因子のラベルと解釈を以下の通りとした(各文尾のカッコ内数値は寄与率)。

- ① 「交通状況把握」 周回交通との関わり合いや情報取り込みの煩雑さ (10.30%)
- ② 「道路環境把握」 車外環境(道路, 天候, 明るさ)の変化, 複雑さ, 悪さ (8.68%)
- ③ 「運転への集中阻害」 車内の人(自分も含む)やモノに対する配慮 (5.34%)
- ④ 「身体的活動度の低下」 運転に際しての心身状態(体調, 生活リズム)の悪さ (5.00%)
- ⑤ 「運転ペース阻害」 自分に合った運転ペースの阻害 (4.53%)
- ⑥ 「身体的苦痛」 身体的苦痛の発生, 長時間拘束 (4.17%)
- ⑦ 「経路把握や探索」 自転車位置や行先情報の取り込み, 位置関係の把握 (3.94%)
- ⑧ 「車内環境の悪さ」 車室内の環境(寒暖, 空気質等)の悪さ (3.31%)
- ⑨ 「制御操作の煩雑さ」 運転操作の煩雑さ (3.07%)
- ⑩ 「運転姿勢の悪さ」 シートやレイアウトのフィット性の悪さ (3.03%)

3. チェックシートの作成

3.1 質問の選定方法

(1) 基本的な考え方

構成要因の抽出結果に基づき、各主成分・因子に対応した尺度を構成した。質問は調査で使用したものをを用い、運転スタイルについては各主成分から2項目、運転負担については各因子から3~5項目の代表的な質問を選定した。1尺度に複数の質問を入れたのは、尺度の得点算出時に平均

処理によってできるだけ安定化させるためである。具体的には、各主成分・因子内で相関係数が高い質問と意味が類似した質問によりサブグループを構成し、各サブグループ内で主成分・因子負荷量の最も高い質問を1つ選ぶようにした。ただし、サブグループ構成によっては、1つのサブグループから複数の質問が選ばれるケースや、サブグループの主成分・因子への寄与が小さいため選ばれないケースも例外として認めた。

(2) その他の視点

運転スタイルについては、高い負の主成分負荷量を持つ質問があれば逆転項目として優先的に採用した。また、運転負担については、因子負荷量最大の質問が因子の意味を十分伝えきれていないと判断されたときには、負荷量の高い順に他の質問を検討して採用した。

3.2 チェックシートの概要

各質問への回答方法は2章の調査と同様のものとし、運転スタイルでは4段階、運転負担では5段階で得点化した。そして、尺度を構成する質問の得点平均値をその尺度の得点とした。また、運転スタイルについては、自分を良く見せようとして社会的望ましさの視点で回答していないかチェックするため、交通法規の遵守に関わる質問を虚偽発見尺度として追加した。

以上から、18問で構成される「運転スタイルチェックシート」(Driving Style Questionnaire: 以降DSQと記す)、38問で構成される「運転負担感受性チェックシート」(Workload Sensitivity Questionnaire: 以降WSQと記す)を作成した。DSQの一部をFig.1に示す。

【記入のしかた】 あなたの運転や、車の使い方についてお聞きします。 下にある文章に、あなたは <u>ふだんどのくらい</u> 当てはまりますか?このわくの右側を見て、当てはまる程度をもっともよく表わすように1つ選び、それぞれの文章の右の数字に○をつけていってください。 どれが良いとか悪いとか正解はありませんので、正直に答えてください。また、あまり深く考えこまずに直感で答えてください。	全く当てはまらない	少し当てはまる	かなり当てはまる	非常に当てはまる
1. 自分が車の事故を起こすことを気にしている	1	2	3	4
2. 気分が良くないなどによって、車の運転がおろそかになったり飛ばしたりする	1	2	3	4
3. 車が自分のステイタスである(カッコいい車がいり)と思う	1	2	3	4
4. 先の信号に引っかかれないように速度調節する	1	2	3	4
5. 車線変更や交差点などでは、安全確認を慎重に行う	1	2	3	4
16. 所要時間があまり変わらないときは、車よりもバスや電車を使う	1	2	3	4
17. 渋滞しているときの車線変更は苦手だ	1	2	3	4
18. 制限速度はいつも必ず守っている	1	2	3	4

記入もれがないか、ご確認ください

Fig.1 Part of the "Driving Style Questionnaire"

4. 経路誘導への応用

4.1 目的

運転支援の一事例として経路誘導を対象とし、まず、運転スタイルや運転負担感受性の違いによる経路選択嗜好の

違いを検討して妥当性を確認する。更に、経路誘導の個人適合化の可能性を探ることにより、本手法の有用性を明らかにする。

4.2 方法

(1) 被験者

広島市近郊在住で、日頃から自動車を運転する20~60歳の男女128名(男性90名,女性38名)とした。

(2) データ取得方法

DSQ, WSQ, 経路選択の嗜好に関する質問紙を配付し、自宅等での回答記入を求めた。

(3) 経路選択の視点

経路選択行動の研究では、旅行時間が重要な選択基準の一つと考えられる。過去の研究事例では、旅行時間を最小化するように経路選択するクラスタが存在し、また、条件によっては最も重視される基準となることが指摘されている⁶⁾。従って、旅行時間の扱い方によっては他の視点が顕在化しないことも考えられるので、旅行時間を他と分けて扱うことにした。

また、一般ドライバの男女48名に対する予備調査から、経路選択の際にドライバが考慮する交通・道路の視点として以下のことが分かった。

- ・道幅が狭い/広い
- ・遠回り/短距離
- ・渋滞/空いている
- ・信号が多い/少ない
- ・右左折が多い/道なり

これらに「あまり知らない/よく知っている」道という視点を加えて、経路選択嗜好の6視点を設定した。

(4) 経路選択嗜好の設定方法

予備検討より、被験者に絶対的な嗜好を期待して上記6視pointsの重要順位を回答させることは難しいと分かった。そこで、回答精度を確保するため、一対比較法の考え方を適用して「どちらをより嗜好するか」という相対的な価値判断を求めることにした。ここでは、旅行時間の扱い方によって2種類の視点を設定した。

① 旅行時間が同じ場合

旅行時間は同じという前提下で、6視pointsの嗜好の強さを調べた。例えば、ある被験者が道幅の広さをどのくらい強く嗜好するか調べるために、次のような対からどちらを選ぶか回答を求めた。

- 1. 道幅狭い, 短距離
- 2. 道幅広い, 遠回り
- 1. 道幅狭い, 空き
- 2. 道幅広い, 混雑

... ..

道幅という視点に着目したとき、1. は「着目視点(道幅)の不利要因・他視点の有利要因」のペア、2. は「着目視点(道幅)の有利要因・他視点の不利要因」のペアとなっている。そして、2. を選択すれば、その視点(道幅の広さ)は他方の視点に影響されにくい強い嗜好と考えた。このように、6視点について有利・不利要因の総当りで質問対を作ったので、全部で15質問となった。

② 旅行時間が異なる場合

経路選択は旅行時間で決まるのか、それとも、前述の6視点である「交通・道路の楽さ」のような視pointsが優先されるのかを調べた。ここでも①同様の対を設定し、一方の旅行時間は他方よりも短くなるよう仮定した。例えば、

- 1. 道幅広い, 長時間
- 2. 道幅狭い, 短時間

という対であり、1. を「着目視点の有利要因・旅行時間が長い」のペア、2. を「着目視点の不利要因・旅行時間が短い」のペアとした(全部で6質問)。

4.3 結果

(1) 従来のドライバ属性との比較

まず、DSQやWSQが従来のドライバ属性と比べて経路選択の嗜好の違いをより明確にできるかを検討した。従来のドライバ属性として、年代(年齢層)、性別、運転歴、年間走行距離、運転頻度の5項目を取り上げ、各項目の下に分類群(例えば、性別という項目の下には男性・女性の分類群)を設定した。DSQ, WSQについては、尺度毎にその傾向が高い群(H群)と低い群(L群)の2群を設定した。具体的には、DSQでは得点が2.5以上を、WSQでは得点が3.0以上をH群に属する被験者とし、それら未満をL群とした。

そして、経路選択嗜好の各質問について、属性の5項目、DSQの8尺度、WSQの10尺度毎に、各群(属性では分類群、DSQとWSQではH/L群)で一対比較のどちらを選択したか人数をクロス集計し、群が回答選択に影響を及ぼしているかを²⁾検定によって分析した。このとき、旅行時間が同じ場合の15質問、異なる場合の6質問を別々に集計した(全21問)。更に、²⁾検定が有意傾向(p<0.1)となるケースが占める割合を算出して、属性での分類群、および、DSQとWSQでのH/L群による違いの大きさを評価した。その結果をTable 1に示すが、旅行時間が同じ場合も異なる場合も、DSQ, WSQを用いた方が有意となるケースが多かった。以上から、従来の属性項目よりもDSQやWSQの方がドライバの違いによる選択嗜好の違いをより明確にすることができ、本手法の有効性を示すものと考えられる。

Table 1 Ratio of Significant Cases in the Chi-square Test

		Driver's attribute	DSQ	WSQ	
Trip time	Same	All cases	75	120	150
		Significant cases	10	44	42
		Ratio	13.3%	36.7%	28.0%
	Different	All cases	30	48	60
		Significant cases	3	17	18
		Ratio	10.0%	35.4%	30.0%

(2) ドライバ特性と経路選択嗜好の関係

旅行時間が同じ場合を対象として、被験者毎に、経路選択の各視点に属する質問（各視点で5問）で、その視点の有利要因（道幅が広い等）である“2.”を選択した質問数を計算した。“2.”を選択した質問数が多いほどその視点の有利さを求める、すなわち強く嗜好すると考えられる。そして、DSQとWSQの各尺度について、設定したH群とL群との間で嗜好の強さに違いがあるか、対応のないt検定で分析した。

Fig.2にDSQの「運転スキルへの自信」という尺度についての結果を例示する。レーダーチャートの軸の点数はH/L群それぞれの群内平均値であり、点数が大きいくほどその視点を強く嗜好することを意味する。t検定が有意であった経路選択の視点は5つであり、スキルに自信があるH群は「空いている」「信号の少ない」経路を嗜好し、自信のないL群は「道幅が広い」「道なり」「よく知っている」

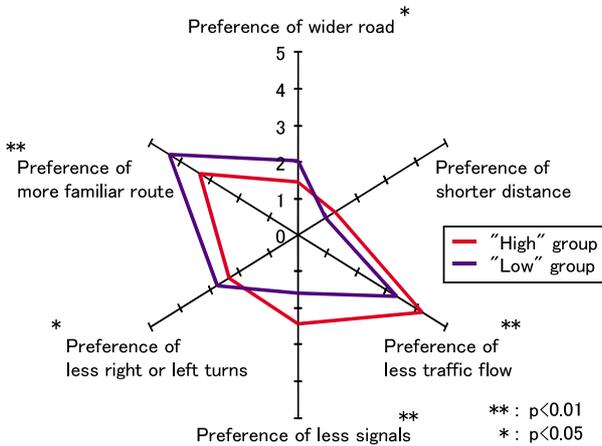


Fig.2 Relationship between the “Confidence in Driving Skill” and Route Choice Preference

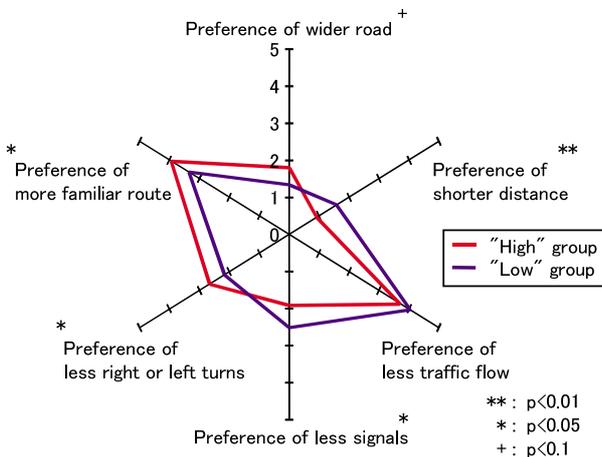


Fig.3 Relationship between Workload in the “Awareness of Traffic Situation” and Route Choice Preference

経路を嗜好する様子が分かる。また、同様にFig.3にWSQの「交通状況把握の負担」という尺度についての結果を例示する。t検定が有意（有意傾向）であった経路選択の視点は5つであり、交通状況把握を大きく負担に感じるH群は「道幅が広い」「道なり」「よく知っている」経路を嗜好し、負担の感じ方が大きくないL群は「距離が短い」「信号の少ない」経路を嗜好する様子が分かる。

このように、DSQとWSQの各尺度についてH/L群間の強さの差を分析した。その結果、DSQ、WSQともに各尺度のH/L群と経路選択嗜好との関係は、前述の例示のように納得できる合理的なものであった。また、6視点の半数以上に有意傾向（p<0.1）が認められた尺度は、DSQでは「スキルへの自信」「運転に対する消極性」「せっかちな運転傾向」「心配性的傾向」の4尺度であり、WSQでは「交通状況把握」「道路環境把握」「経路把握や探索」「制御操作の煩雑さ」等の7尺度であった。これらは経路選択の嗜好に影響が大きい尺度と考えられ、経験的に納得できる結果と考えられる。

以上から、運転スタイルや運転負担感受性の違いによる経路選択嗜好の違いが分かり、妥当性が確認できた。

(3) 経路誘導の個人適合化の可能性検討

選択嗜好の違いの一側面として旅行時間が異なる場合に焦点を当ててt検定の結果を見たところ、「道幅が広い」「距離が短い」「道なり」「よく知っている」（つまり、交通・道路の楽さ）においては、DSQ、WSQとも少なくとも1つ以上の尺度について検定結果が有意であった。従って、これら4つの視点では運転スタイルや負担感受性の違いによって経路選択の嗜好が異なっていると考えられる。そこで、これら4視点について、DSQ、WSQの尺度から旅行時間と交通・道路の楽さのどちらを嗜好するドライバか判別することを試みた。

ここでは線形判別分析を用い、従属変数は被験者が選択した嗜好とした。まず、DSQ、WSQ別々に、尺度の得点を独立変数として変数増減法によって判別関数を導出した。変数投入・除去の有意水準は10%とした。次に、DSQ、WSQ毎に得られた変数を強制投入して最終的な判別関数を導出した。その結果、4視点全てにおいて判別分析は有意であり（p<0.01）、判別率は66.9%～75.4%であった。

例えば、「旅行時間の短い道」と「よく知っている道」といずれを嗜好するドライバかの判別は次式で表される。

$$\text{嗜好} = -0.34 * \text{スキル自信} + 0.73 * \text{消極性} - 0.63 * \text{事前準備} + 0.46 * \text{経路把握} + C$$

（判別率71.4%、非標準化係数、C：constant）

ここで、「嗜好」のスコアが小さいと旅行時間の短い方を嗜好することを意味する。これに基づいて係数の符号を見ると、「スキルへの自信」と「信号に対する事前準備的な運転」の高さは、旅行時間の短い方を嗜好するように作

用すると解釈できる。一方、「運転への消極性」と「経路把握の負担」の高さは、よく知っている方を嗜好するように作用すると解釈でき、いずれも納得できる結果であった。以上のように、DSQやWSQからドライバの経路選択の嗜好を判別できると考えられる。従って、ドライバの特性に基づいて経路誘導ロジックを個人適合化できる可能性が分かり、本評価指標の有用性が示された。

5. まとめ

運転支援の個人適合化に向けた基盤技術として、個人特性を簡便に数量化する手法を開発し、有用性を確認した。

- (1) ドライバの心理的側面に着目し、運転スタイルを構成する8主成分、および持続的な運転負担を構成する10因子を明らかにした。
- (2) 「運転スタイル」18質問、「運転負担感受性」38質問で構成される、質問紙方式で簡便に数量化できる手法を開発した。
- (3) 運転支援の一事例として経路誘導を対象とし、「運転スタイル」、「運転負担感受性」と経路選択嗜好との関係から本個人特性評価指標の妥当性が示された。そして、これらのドライバ特性に基づいて経路誘導ロジックを個人適合化できる可能性が分かり、本評価指標の有用性が示された。

以上から、本手法は今後運転支援の個人適合化を研究していく上で有用なツールになると考えられる。また、このようなドライバ特性データを個人適合化の基礎情報として車両内に持つことにより、経路誘導以外にも、運転支援全般にわたり個人対応のシステム制御に適用していくことが可能となる⁷⁾。

なお、本研究は経済産業省の産業技術基盤研究開発プロジェクト「人間行動適合型生活環境創出システム技術」として、(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)からの委託を受けて(社)人間生活工学研究センター(HQL)を通して実施したものである。

参考文献

- (1) 赤松幹之他：人間行動の計測技術と行動理解，ヒューマンインタフェース学会誌，Vol.3，No.3，p.167-178 (2001)
- (2) McCormick, I. A. et al.: Comparative perceptions of driver ability, Accident Analysis & Prevention, Vol.18, No.3, p.205-208 (1986)
- (3) 大塚博保他：安全運転態度検査SAS592の開発，科学警察研究所報告交通編，Vol.33, No.2，p.45-51 (1992)
- (4) French, D. J. et al.: Decision-making style, driving style, and self-reported involvement in road traffic accidents, Ergonomics, Vol.36, No.6, p.627-644 (1993)

- (5) 日本産業衛生学会産業疲労研究会：産業疲労ハンドブック，労働基準調査会，p.396-410 (1988)
- (6) 平岡敏洋他：アンケートに基づく経路選択行動分析，自動車技術会学術講演会前刷集，No.106-01，p.5-8 (2001)
- (7) Sakaguchi, Y. et al.: Measuring and modeling of driver for detecting unusual behavior for driving assistance, Proceedings of 18th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles, No.456 (2003)

著者



石橋基範



大乗政幸



赤松幹之