

博士論文

自動車運転者の個人特性評価に基づく

反応理解手法に関する研究

A Study on Methods for Understanding Automotive Driver's Response  
Based on Assessment of Individual Characteristic

石橋 基範

Motonori Ishibashi

香川大学大学院工学研究科

2009年3月

## 目 次

<b>第 1 章 緒言</b>	1
1.1 研究の背景.....	1
1.1.1 人に優しいもの作りの推進	
1.1.2 自動車における人に優しいもの作り	
1.1.3 運転支援における運転特性評価の問題点と解決方法	
1.1.4 ドライバ個人特性の分類と反応の指標との対応	
1.2 本研究の課題と目的.....	7
1.3 ドライバ個人特性を仲介させる意義 .....	8
1.3.1 設計上の意義	
1.3.2 実験評価上の意義	
1.4 本研究の概要と特徴.....	10
参考文献.....	12
<b>第 2 章 単調運転模擬作業と高速道路走行のタスク負荷量の検討</b>	15
2.1 はじめに .....	15
2.2 設定した作業課題 .....	16
2.2.1 課題の設定方針	
2.2.2 トラッキング二重課題の詳細	
2.3 負荷量の関係の検討方法 .....	18
2.3.1 検討方針	
2.3.2 主観評価方法	
2.4 実験的検討.....	20
2.4.1 トラッキング二重課題の単調性の検証	
2.4.2 検証結果	
2.4.3 高速道路単調運転の実験方法	
2.4.4 両作業の比較結果と考察	
2.5 まとめ .....	29
参考文献.....	30

<b>第 3 章</b>	<b>覚醒低下に伴う反応時間と脳波の変動の指標化</b>	<b>32</b>
3.1	はじめに .....	32
3.2	方法 .....	33
3.2.1	実験参加者	
3.2.2	刺激および呈示方法	
3.2.3	実験参加者の作業課題	
3.2.4	手続き	
3.2.5	データ解析	
3.3	結果 .....	38
3.3.1	主観評価	
3.3.2	反応時間	
3.3.3	$\alpha$ 波ピーク周波数	
3.3.4	脳波帯域パワースペクトル	
3.3.5	$\alpha$ 波帯域の周波数ゆらぎ	
3.4	考察 .....	44
3.5	まとめ .....	47
	参考文献 .....	47
<b>第 4 章</b>	<b>向性と精神的負荷が精神疲労に及ぼす影響モデルの構築</b>	<b>50</b>
4.1	はじめに .....	50
4.2	脳波の刺激応答タイプの検討 .....	52
4.2.1	実験方法	
4.2.2	脳波解析方法	
4.2.3	結果	
4.2.4	考察	
4.3	向性・精神的負荷・精神疲労の関係モデルの提案 .....	59
4.4	向性・負荷相互作用モデルの検証 .....	60
4.4.1	実験方法	
4.4.2	解析方法	
4.4.3	結果	
4.4.4	考察	
4.5	結論 .....	68

4.6	今後の展望.....	68
	参考文献.....	69
<b>第5章</b>	<b>運転スタイルの指標化と追従運転行動解析への適用</b>	<b>71</b>
5.1	はじめに.....	71
5.2	運転スタイルの構成尺度.....	72
5.2.1	調査方法	
5.2.2	解析方法	
5.2.3	主成分分析の結果	
5.2.4	主成分の解釈と構成項目	
5.2.5	先行研究との類似点	
5.2.6	運転スタイルチェックシートの作成	
5.3	低速での追従運転行動と運転スタイルの関係.....	79
5.3.1	実験方法	
5.3.2	解析方法	
5.3.3	運転スタイル尺度と運転行動の相関	
5.3.4	従来の個人属性指標と運転スタイル尺度の比較	
5.3.5	車間距離指標と運転スタイル尺度の関係のモデル化	
5.4	結論.....	87
5.5	今後の展望.....	87
5.6	運転スタイルチェックシートの統計資料.....	88
	参考文献.....	89
<b>第6章</b>	<b>ドライバの運転負担感受性の指標化と経路選択嗜好分析への応用</b>	<b>91</b>
6.1	はじめに.....	91
6.2	運転負担の構成尺度.....	92
6.2.1	調査方法	
6.2.2	解析方法	
6.2.3	因子分析の結果	
6.2.4	因子の解釈と構成項目	
6.2.5	運転負担感受性チェックシートの作成	
6.3	経路選択嗜好と運転負担感受性の関係.....	100
6.3.1	調査方法	

6.3.2	解析方法	
6.3.3	結果	
6.3.4	考察	
6.4	結論	107
6.5	今後の展望	108
6.6	運転負担感受性チェックシートの統計資料	108
	参考文献	110
<b>第7章</b>	<b>ドライバ特性としての車載装置に対する知識の評価方法</b>	<b>111</b>
7.1	はじめに	111
7.2	個人特性評価方法の妥当性検討と改良の進め方	112
7.2.1	試作フェースシートの現状と課題	
7.2.2	妥当性検討と改良の視点	
7.3	車載装置に対する知識レベルの評価方法	115
7.3.1	はじめに	
7.3.2	方法	
7.3.3	結果と考察	
7.4	知識レベルと運転態度・負担意識との関係	122
7.4.1	はじめに	
7.4.2	方法	
7.4.3	結果と考察	
7.5	まとめ	125
	参考文献	125
<b>第8章</b>	<b>結言</b>	<b>127</b>
8.1	研究のまとめ	127
8.1.1	本研究の結論	
8.1.2	本研究の総括	
8.1.3	本研究の成果により見込まれる効果	
8.2	今後の課題	133
	参考文献	134
	謝辞	136
	本研究に関する論文および研究発表の一覧	137

## 要 旨

自動車の事故低減および運転負担軽減のために運転支援システムの研究が進められており、そこでは人間・機械系のミスマッチが懸念されている。これを解決し自動車運転者（ドライバ）により優しいシステムを構築するアプローチとして、運転環境や支援システムに対するドライバの反応を正しく理解した上での自動車開発の取り組みが重要となる。

ドライバの反応（生理，心理，行動）は交通状況や道路環境，システム仕様等の外的要因（刺激）で決まるとされるが，同じ外的刺激でもドライバの反応は多様で，大きな個人差が反応を正しく理解する妨げとなる。それは，ドライバ反応は外的刺激以外にもドライバ固有の特徴や個性である個人特性（内的要因）に大きく影響されるからである。そこで，諸要因を整理してドライバの反応を理解するためには，ドライバの多様な反応という出力と，ドライバへの刺激（環境・システム）という入力と，それらをつなぐ人間特性（ドライバ個人特性）をそれぞれ把握して関係づける必要がある。すなわち，従来は「刺激－反応」で捉えられてきた関係を「刺激－人間－反応」の枠組みで捉え，ドライバ特性を類型化した上で刺激と反応との関係を探ることが反応理解に向けた解決策となりうる。そして，ドライバ個人特性は先天的な側面（性別，感覚・知覚，性格・気質等の人間が元々備えている面）と後天的な側面（認知，運転習慣，運転態度・意識等の生活や運転で獲得した面）に分けられる。

そこで本論文では，まず居眠りや精神疲労に伴う生体活性の低下による危険防止を想定して，刺激（運転模擬環境）と反応（生体指標）に関するドライバ計測の基礎技術を構築し，先天的な特性の面から「刺激－人間－反応」の枠組みの適用を行った。次に，運転支援による負担軽減を想定して，行動や負担との関係が考えられる後天的な個人特性の指標化と運転行動解析への応用を行い，ドライバ反応理解に向けた指標構築のアプローチを整理した。具体的には以下の内容から構成される。

### 1. 単調運転模擬作業と高速道路走行のタスク負荷量の検討

自動車単調運転の要素を実験室で再現するため，トラッキングと視覚選択反応を組み合わせた運転模擬作業を開発し，その作業課題が眠気や緊張感，疲労

感といった面で高速道路単調運転と同様の特徴を備えていることを検証した。

## 2. 覚醒低下に伴う反応時間と脳波の変動の指標化

眠気を積極的に生じさせる実験で反応時間と反応直前の脳波特徴量との関係を検討し、反応時間遅延時に、頭頂部脳波の $\alpha$ 波帯域周波数の低下が中枢系の活性レベル低下を反映した指標であることを示した。

## 3. 向性と精神的負荷が精神疲労に及ぼす影響モデルの構築

生体活性の変化の個人差に影響する個人特性として脳波の刺激応答のタイプに着目し、内向性・外向性の性格と対応することを示した。これを踏まえて、運転後の精神疲労の大きさは精神的負荷（刺激）と向性（刺激応答タイプと対応）が相互に影響して決まるとモデル化し、運転模擬作業を用いてモデルの妥当性を検証した。

## 4. 運転スタイルの指標化と追従運転行動解析への適用

運転に対する態度や考え方である「運転スタイル」の構成尺度を質問紙調査から明らかにし、簡便な手法で指標化した。次に、低速での追従運転行動の解析に適用し、行動との相関解析により妥当性を検証するとともに、従来の個人属性指標との比較やモデル化により運転行動の個人差を理解する上での有用性を示した。

## 5. ドライバの運転負担感受性の指標化と経路選択嗜好分析への応用

各種運転負担の感じ方である「運転負担感受性」の構成尺度を質問紙調査から明らかにし、簡便な手法で指標化した。次に、経路選択嗜好の解析に適用し、従来の個人属性指標との比較で優位性を確認するとともに、嗜好の違いを本尺度で説明できる可能性が分かり、運転行動の個人差を理解する上での有用性を示した。

## 6. ドライバ特性としての車載装置に対する知識の評価方法

ドライバの個人特性評価の手法構築において、まず手法の妥当性検討や改良のためのアプローチを示した。次に、ドライバ特性の具体例として「車載装置の機能に対する知識の量」を取り上げてそのアプローチを適用し、「機能の知名度の高さ」による知識レベル評価法を考案して運転スタイル、運転負担感受性という個人特性との関係を示した。

以上の研究により、ドライバの個人特性評価に基づく反応理解の手法を体系化し、運転支援やシステムの研究へ応用していく有用性を示した。本研究の成果により、システム設計面では、ドライバへの適合化を図る上でドライバ特性

を数値表現することによりシステムのモデルに組み込みやすくなる効果が見込まれる。また，実験評価面では，評価結果に影響を及ぼすドライバ特性をあらかじめ統制したり，評価結果がばらついた理由を事後に解釈したりできる効果が見込まれる。



# 第 1 章

## 緒 言

### 1.1 研究の背景

#### 1.1.1 人に優しいもの作りの推進

20 世紀前期から中期にかけて、工業製品は効率を上げて大量生産することに重きが置かれ、生活者は安価で均一な品質の製品を入手できるという恩恵を享受してきた。その一方で、生活者にとって製品をより良いものとするには、製品を使う人間の特性が「もの作り」で考慮されることが必要である。家具やソファといった職人が手掛ける製品、いわば伝統的なクラフトマンシップとも言える領域では経験的にそれがなされてきたが、大量生産の工業製品の領域では稀なことであった。しかし、その後、人間生活の質をより向上させようという流れが先進国で見られるようになった。工業製品に関しては、一部の研究機関や製品開発者の間で人間計測に基づく製品評価が試みられていたが、その流れを受けて次第に広くそれが着目され始めた。

このような流れの下、日本では「人に優しいもの作り」という言葉を耳にする機会が増えてきた。現在、その言葉は社会的に十分認知されるようになったと言えよう。日本の政府機関が産業界で「人に優しいもの作り」を国策として具現化しようとした第一歩は、旧通商産業省が 1991 年度から 1998 年度にかけて推進した「人間感覚計測応用技術」プロジェクトであったと考えられる<sup>(1-1)</sup>。このプロジェクトでは、製品や環境を人間側から評価することを目的に、人間（作業者等）のストレスや疲労、覚醒のレベルといった人間状態の評価技術、繊維製品の質感や見映え、椅子の着座性能といった人間適合性の評価技術、照明や空調と作業性や快適性との関係といった作業環境・生活環境の人間適合性の評価技術等、多くの人間計測技術の研究が取り組まれた。

このプロジェクトは、製品開発における人間計測が日本の産業界に認知され

ていく契機となったと言えよう。国内では「人に優しいもの作り」に関する研究手法が整備され、製品開発に必要な基盤技術や製品設計に直結する技術に関する人間研究が推進されて、産業界に広がっていった。前者については、人間の生理・心理・行動の諸反応の計測技術<sup>(1-2)</sup>、視聴覚の知覚・認知機能特性<sup>(1-3)</sup>や動作特性<sup>(1-4)</sup>等の人間特性やそのデータベース<sup>(1-5)</sup>、高齢者の身体機能の諸特性<sup>(1-6)</sup>、製品や環境に対する人間の諸反応をシミュレーションできるデジタル・ヒューマン技術<sup>(1-7)</sup>といった例が挙げられる。また、後者については、視聴覚の基礎特性に基づく設計標準<sup>(1-8)</sup>、居住空間の温熱環境の標準化<sup>(1-9)</sup>、情報機器の画面等の視覚インタフェースの設計方法<sup>(1-10)</sup>やユーザビリティ評価方法<sup>(1-11)</sup>といった例が挙げられる。

国家プロジェクトも同様に進められてきた。「人間感覚計測応用技術」プロジェクトの後には、人間の行動特性に適合させた製品開発の技術構築に焦点を当てて、経済産業省が1999年度から2003年度にかけて「人間行動適合型生活環境創出システム技術」プロジェクトを推進した<sup>(1-12)</sup>、<sup>(1-13)</sup>。このプロジェクトでは、日々の自動車の運転、住宅内での生活、もの作りの生産現場、プラントメンテナンスや建設という職住場面での人間行動や認知に関わる機能を計測し、理解し、データベース化して活用するというフレームで研究が進められた。そして、現在でも経済産業省主導で人間生活の質の向上を目指した製品開発の取り組みが進められており、それは「感性価値創造イニシアティブ」<sup>(1-14)</sup>の推進や、2030年に向けた人間生活工学の技術開発のロードマップを示した「人間生活技術戦略2007」<sup>(1-15)</sup>の策定といった施策に代表されている。

### 1.1.2 自動車における人に優しいもの作り

工業製品の代表格である自動車においても、「人に優しいもの作り」の取り組みが進められてきた。自動車の性能、仕様と自動車運転者（ドライバ）とが関わり合う領域は多岐に渡る。走行性能の領域では、例えば操舵しやすさの評価に腕の筋力の発揮特性を応用する研究<sup>(1-16)</sup>や、操舵特性の違いを心拍数の変動から評価しようとした研究<sup>(1-17)</sup>等が見られる。インテリアに関しては、メータ配置の見やすさ<sup>(1-18)</sup>、<sup>(1-19)</sup>やメータ文字の見やすさ<sup>(1-20)</sup>といった視認性に関する研究、機器のスイッチ<sup>(1-21)</sup>、<sup>(1-22)</sup>やマニュアル・トランスミッションのシフトレバー<sup>(1-23)</sup>の操作性の研究、シートの着座性能と疲労の関係の研究<sup>(1-24)</sup>、さらには

車両の乗降しやすさの研究<sup>(1-25)</sup>、<sup>(1-26)</sup>等が挙げられる。また、昨今では、利便性の向上や事故防止のために情報提供機器が自動車に導入されるようになってきた。ドライバはその恩恵を受ける一方で、従来の運転では存在しなかった新たな作業が課されることにもつながり、情報機器の使用がかえってドライバの負担にならないようにする研究が必要となる。その目的で、例えばカーナビゲーション使用時のドライバの認知情報処理の負担<sup>(1-27)</sup>や、人間特性に適合した視聴覚による情報提供要件や統合方法<sup>(1-28)</sup>等が研究されている。このように、自動車開発においても、人間特性の解明に基づいた設計や人間計測による製品の実験評価が行われてきた。

今後、自動車における「人に優しいもの作り」の流れはより重要視されてくると思われる。ドライバの運転特性評価は、現象計測、理解・解析、システム応用という流れで進められ、将来的には使用者（ユーザ）の多様化と高齢化、および個性化傾向を踏まえてドライバ特性評価の高度化が期待されている<sup>(1-29)</sup>。そして、ドライバ特性を踏まえた自動車開発の対象は、現在研究が進められている運転支援システムの領域にまで発展しようとしている<sup>(1-30)</sup>。

### 1.1.3 運転支援における運転特性評価の問題点と解決方法

自動車事故の低減や運転負担の軽減のために運転支援システムの研究が進められている。ドライバはシステムからの支援を享受できるようになる一方で、自動車開発者にとって運転支援システムはドライバと自動車との関係をより複雑化するものであると考えられる。例えば、システムへの過信や不信、設計者の意図とは反した過度の依存や誤用といった新たな問題が予想されており、それらが関係を複雑化し、人間・機械系のミスマッチとなって表面化することが懸念されている。これを解決してドライバにより優しいシステムを構築するアプローチとして、運転環境や支援システムに対するドライバの反応を正しく理解した上での自動車開発の取り組みが重要となる。

ドライバの反応には生理的、心理的、行動的側面があるが、反応は、例えば他の交通参加者の動きの認知や予測といった交通状況、車線や交差点構造の把握や天候要因といった道路環境、支援システムの仕様等の外的要因で決まるとされる。そして、外的要因は外界からのドライバへの入力、それに対するドライバの反応はドライバからの出力と捉えられる。一方で、同じ入力であっても

ドライバの反応が異なることは、我々の日常経験からも明らかなことと思われる。例えば、同じ交通密度の道を走っていても車線変更や追従運転の仕方といった行動は人それぞれであるし、また同じカーナビゲーションであってもナビゲーションが示した道をどれだけ信用してそのルートを選ぶかも人によって異なる。このように、外界からの入力と同じであってもドライバの反応は多様であり、反応の違い、すなわち反応の個人差が存在する。これが大きいことは一入力に対して多出力となることに相当するため、入出力の間に一義的な関係を見出せなくなると考えられ、個人差が大きいということはドライバの反応を正しく理解する妨げとなる。

この問題を解決して入出力の関係を正しく理解していくには、入力と出力の両者を仲介し、反応の多様性（個人差）を説明できる変数が必要となる。それがドライバの内的要因、すなわちドライバ固有の特徴や個性である個人特性であり、ドライバの反応は外的要因と同時にこのような内的要因にも大きく影響されると考えられる。例えば、交通密度の例であれば、あくまで自分のペースで運転するドライバは車線変更や追い越しを頻繁に行う一方で、周囲の交通に合わせるドライバは走行車線を維持して追従していくものだと説明できるかもしれない。カーナビゲーションの例なら、ナビに対する習熟度が低いドライバはナビが示した道をそのまま信用し、習熟度が高いドライバは疑問に思ったらルート検索をやり直すものだと説明がつくかもしれない。

内的要因と反応の多様性の問題に関しては、心理学史が多くの示唆を与えてくれる。19世紀後半に誕生した初期の実験心理学では、人間行動の一般法則を探る上で人間に対する入力を刺激、人間からの出力を反応として両者の関係を調べる研究手法が採られてきた。そして、心の働き一般の法則を見出すことが主眼とされ、個人差の問題は取り上げられなかった。その後、20世紀に入って知能や性格の研究がきっかけとなり、個人差が注目されるようになってきた。昨今では、単に刺激とそれに対する反応という単純化された図式ではなく、個人差を一定の係数として組み入れるようになったという<sup>(1-31)</sup>。また、心理学で1900年代前半に提唱された行動主義は、科学的アプローチを採るという理由から客観的に観察しうるものを対象にしており、外観することが難しい人間の内的な意識の問題（認知過程の違い等）を意図的に扱わないようにしていた。すなわち、個人差の問題には焦点が当たるとはなかったと言えよう。しかし、行動主義の機械論的な枠組みは批判を受け、その後現れた新行動主義では、

人間の認知作用や目的、要求等を取り入れた刺激－主体（人間）－反応という関係で理論構築が試みられるようになった<sup>(1-32)</sup>。

このように心理学の潮流を振り返ってみても、旧来の刺激－反応という枠組みから脱して、個人差やその発生原因を考慮する流れが現れてきている。また、心理学的アプローチを自動車のヒューマンエラー研究へ応用するにあたって、内部の認知メカニズムを伴わない行動主義的アプローチでは人の振舞いの理解・予測には限界があり、ドライバエラーのモデル化には意思決定のメカニズムの理解が不可欠であると指摘されており<sup>(1-33)</sup>、人間の内的な面に着目する重要性が示唆されている。

ここでの議論をまとめると、運転環境や支援システムといった外的要因、つまり外界からの刺激に対するドライバの反応をより正しく理解するには、個人差の発生要因であるドライバの内的要因（個人特性）をあらかじめ何らかの形で整理し、刺激と反応との関係を調べるのが重要と考えられる。つまり、ドライバの多様な反応という出力と、ドライバへの外界からの刺激（環境・システム）という入力と、それらをつなぐ人間特性（ドライバ個人の特性）をそれぞれ把握して関係づける必要がある。すなわち、図 1-1 に示すように、ドライバと環境・システムとの関係を「刺激－人間－反応」の枠組みで捉え、ドライバ個人特性を類型化した上で刺激と反応との関係を探ることである。これにより反応の個人差を説明可能なことを示すことができれば、この枠組みの適用がドライバの反応理解に向けた解決策となりうる。

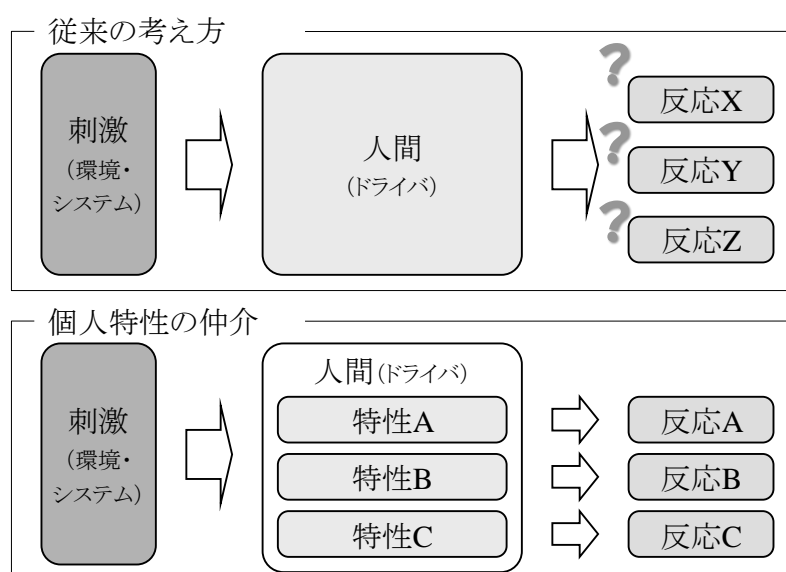


図 1-1 ドライバ反応理解に向けた枠組み

#### 1.1.4 ドライバ個人特性の分類と反応の指標との対応

前述の枠組みを適用するにあたり，例えば岩男らが指摘するようにドライバ個人の特徴を記述する項目は非常に多く考えられ<sup>(1-34)</sup>，また反応計測のための指標も多岐にわたる．そこで，反応の指標と対応づけてドライバ個人特性にどのように着目したら良いのか，何らかの指針が必要になってくる．

ここで，人間の性質を構成する側面を考えてみると，大きくは先天的に備えている側面と後天的に獲得した側面に分けられる．岩波国語辞典（第三版）によると，「先天的」とは「生まれながらにして持っていること」であり，「後天的」とは「後天（生まれてから後に身に備わること）のものであること」を指す．本研究の対象である自動車運転においても，ドライバ個人特性を大きくはこれらの側面で整理できると思われる．

先天的な側面は，主に生物的，生理学的な機構に根拠がある特性と考えることができる．例えば，性別，年齢，身体的特性（形態や動態），感覚器の特性，知覚特性等が挙げられる．また，性格は遺伝（先天的）と環境（後天的）の相互作用によって形成されると考えられており<sup>(1-35)</sup>，先天的な一面を持つものと考えられる．特に，個人の情緒的反応の特徴である気質は，刺激に対する感受性や反応の強度，速度に特色が現れるとされ，生体内部の生理学的過程との関連が深く先天的なもので見られている<sup>(1-36)</sup>．

一方，後天的な側面は日常生活や自動車運転の経験の中で獲得，形成されてきたものであり，認知的な特性と考えることができる．なお，ここで用いている「認知」とは，複数の感覚系や運動系からの影響をより多く受け，また多くの過去の経験によって規定され，言語や思考の影響が大きい心理的な過程のことを指している<sup>(1-37)</sup>．自動車運転で慣用的に用いられる「認知・判断・操作」という処理の流れの「認知」は感覚や知覚も含めた広い意味で用いられるが，それとは異なることを付記しておく．認知的な特性には，例えば運転経験，運転習慣，運転態度・意識，知識・理解，社会生活上の特徴，ストラテジ（各種行動の戦略）等が挙げられる．そして，経験により獲得されたものに基づいて，人間の行動は周囲の環境に適応するように変化していく<sup>(1-38)</sup>．このことから認知的特性はドライバが自身の特性に合わせて運転行動を最適化するための基礎と考えられ，運転行動の違いとなって現れやすいと予想される．

以上のように，ドライバ個人特性には先天的な側面と後天的な側面があり，

前者では生理的な反応に，後者では行動的な反応に違いが現れやすいと思われる．もちろん，例えば後天的な側面では心理（主観）的，生理的な反応に現れないことはなく，何に重きを置いて反応を理解しようとするか対応づけを考慮しておくことが重要ということである．さらに，研究目的に応じて主に着目すべき反応の側面は異なることを考えると，その目的に応じて先天的，後天的いずれのドライバ個人特性の側面で整理すべきかが決まってくるのではないだろうか．ここでの議論から，図 1-2 に示すように，「刺激－人間－反応」の枠組みの適用に際してドライバ個人特性の側面とそれに対応して重きを置く反応の側面の組み合わせが考えられ，これが対応づけの指針と言えよう．

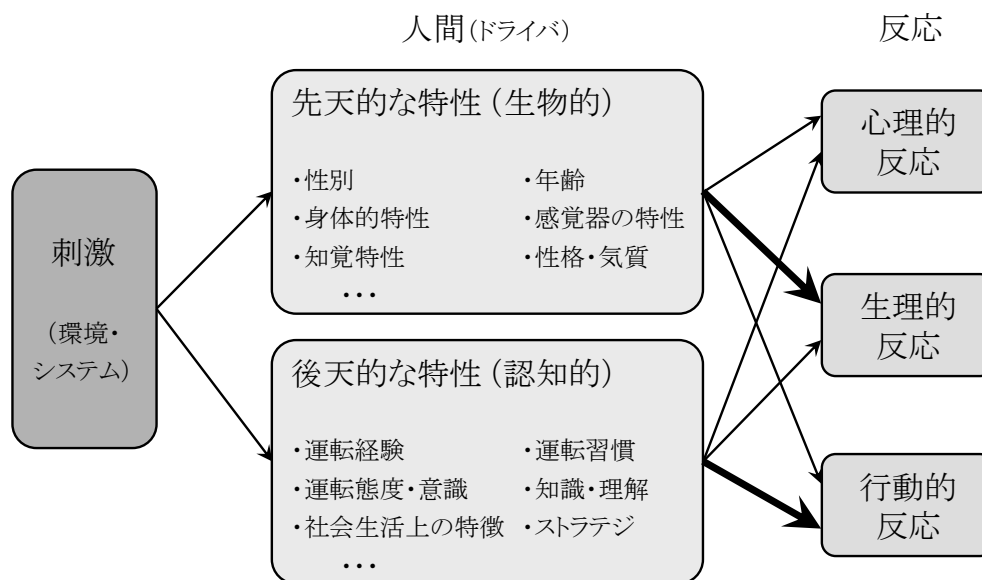


図 1-2 ドライバ個人特性の側面と反応の側面の対応づけ

## 1.2 本研究の課題と目的

これまでの議論をまとめると，ドライバの反応理解のためには「刺激－人間－反応」の枠組みの適用が解決策となり，先天的な面でのドライバ個人特性と生理的な反応を，後天的な特性と行動的な反応を対応づけるという指針を示した．次の段階として，この考え方が自動車工学で有用であることを示す必要がある．そのためには，運転支援を目的としたドライバの反応理解にこのような考え方を実際に適用し，反応の個人差を説明することができるか明らかにすることが必要であり，これが本研究における課題である．

以上を受けて、本研究の目的を次の通り設定する。運転環境や支援システムに対するドライバの反応理解に向けて、ドライバと環境・システムとの関係を「刺激－人間－反応」の枠組みで捉え、ドライバ個人特性を類型化した上で刺激と反応との関係を探る方法論の有用性を明らかにする。これにより、ドライバの個人特性評価に基づく反応理解手法を体系化する。

## 1.3 ドライバ個人特性を仲介させる意義

### 1.3.1 設計上の意義

一つは、システムを個人適合化させる設計へ展開可能になるということである。従来、ドライバ特性を考慮した製品開発と言うと、例えば平均体形をレイアウトやシートの設計に反映させる等の、母集団としてのドライバの平均的特性を製品に織り込むことが多かった。こと自動車のような大量生産製品では、量産効率の良い平均的特性をもの作りの前提としてきたのは当然とも言える。しかし、人間は多様であり、前述のとおり個々のドライバは様々な個性を持つため、何か一つの平均値に合わせようとするとうずみが生じる。さらに近年、「集団から個の時代へ」と言われており、個人の特性を重視する考え方になりつつある。運転支援に関しては、高次レベルの支援において、ドライバの情報処理能力推定に基づくシステム構築によって車両がテーラメイド化されていくことが予想されている<sup>(1-30)</sup>。以上のことを考えると、これまでは個々のドライバが平均値を前提としたシステムに自らを合わせてきたが、今後は個人の多様な特性にシステムを適合化させることが求められ、個人特性を仲介させる意義があるものと考えられる。

### 1.3.2 実験評価上の意義

もう一つは、実験評価の信頼性を確保するということである<sup>(1-39)</sup>。ドライバによるシステム評価実験において、統計的な立場からは標本（抽出された実験参加者）は母集団（対象としたいユーザ）から無作為抽出されることが理想だが、抽出方法が的確であるか不明である。その解決のためには、どういうドライバがどういう状況で示した反応結果だったかを明確にする必要がある。これは、例えば材料の強度試験で、試料にかかる負荷（「どういう状況で」に相当す



ら)と試料の組成(「どういうドライバーが」に相当する)を明示した上で試験結果を検討することと同じことである。「どういう状況」は実験条件等によって明らかになるが、ドライバー側の条件を明らかにするには実験に参加したドライバーの特徴を正しく把握することが重要となる。これを怠ると、2つの問題が生じると考えられる。

一つは「再現性の確保」という問題である。例えば、年齢や運転経験歴だけを同条件に実験してもいつも同様の結果が得られる保証はない。若年ドライバーと一口に言っても運転への積極性は異なり、また初心者や熟練者といった層別をした中でも運転に対する負担意識は異なる。これらが実験や評価の結果に関与しそうなことは容易に想像できる。図1-3に示した例のようにドライバーの個人特性は多様であり、実験評価の再現性を確保するにはどのようなドライバー条件を揃えておくべきか明確にしておく必要がある。

例) 年齢と性別だけ同条件して、いつも同じ結果が得られるか？

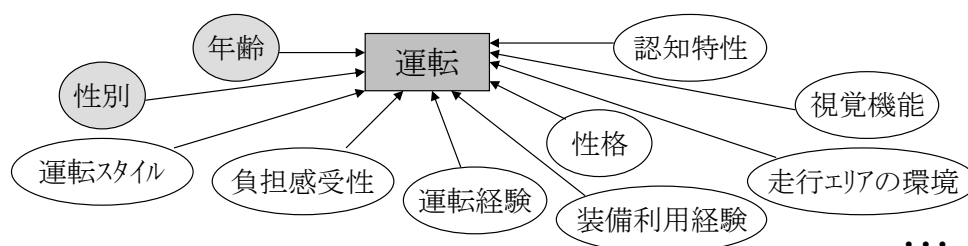


図 1-3 「再現性の確保」の問題

もう一つは「妥当性の確保」という問題である。つまり、実験評価に参加した限られたドライバーが、実交通の中で研究対象としたい集団から正しく選ばれていることを示す必要がある。図1-4に模式図を示す。例えば高齢者の運転負担を研究対象としたいからと言って、年齢だけを高齢に揃えて実験することが妥当と言えるだろうか。こういった評価に積極的に参加する高齢者は好奇心を持ってアクティブに行動する人だと経験的に言われることもある。そのような実験参加者を用いて運転負担の実験を行った結果で、例えばいつも通う店舗や病院等と自宅との往復だけにしか車を使わないような高齢者の運転負担を論じることは難しいと容易に想像できる。このように、妥当性を確保する上で、個々のドライバーの特徴と母集団(すなわち研究対象とする集団)の統計的分布の特徴を明らかにしておく必要がある。

調査・試験に参加した被験者 ≡ 研究対象を代表する被験者？

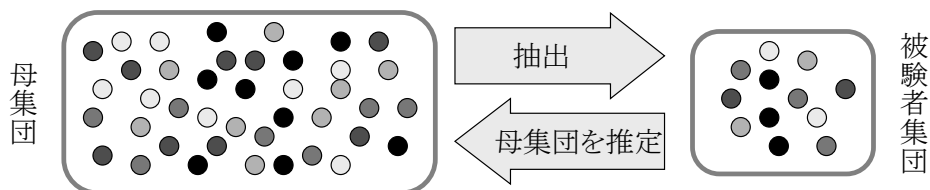


図 1-4 「妥当性の確保」の問題

以上のように、実験評価の信頼性を確保する上でドライバ個人特性を仲介させる意義があるものと考えられる。

## 1.4 本研究の概要と特徴

本研究では、まず、居眠りや精神疲労に伴う生体活性の低下による危険防止を想定して、刺激（運転模擬環境）と反応（生体指標）に関するドライバ計測の基礎技術を構築する。そして、先天的な特性の面から脳の刺激応答特性を反映した性格に着目して、精神疲労のモデル化について「刺激－人間－反応」の枠組みを適用する。次に、運転支援による負担軽減を想定して、行動や負担との関係が考えられる後天的な個人特性（運転態度や意識）の指標化を行い、運転行動解析へ適用する。最後に、ドライバ反応理解に向けた個人特性指標の構築のアプローチを整理する。

このような流れの下、本論文は以下の内容から構成される。なお、第 2 章～第 7 章で述べられているそれぞれの研究は、図 1-5 のように関係づけられる。

第 2 章「単調運転模擬作業と高速道路走行のタスク負荷量の検討」では、自動車単調運転の要素を実験室で再現するため、トラッキングと視覚選択反応を組み合わせた運転模擬作業を開発し、その作業課題の負荷が眠気や緊張感、疲労感といった面で高速道路単調運転とどのような関係にあるかを検討する。

第 3 章「覚醒低下に伴う反応時間と脳波の変動の指標化」では、眠気を積極的に生じさせる実験で反応時間と反応直前の脳波特徴量との関係を検討し、反応時間遅延時に現れる脳波の特徴を明らかにする。これにより、中枢系の活性レベル低下を反映した脳波指標を示す。

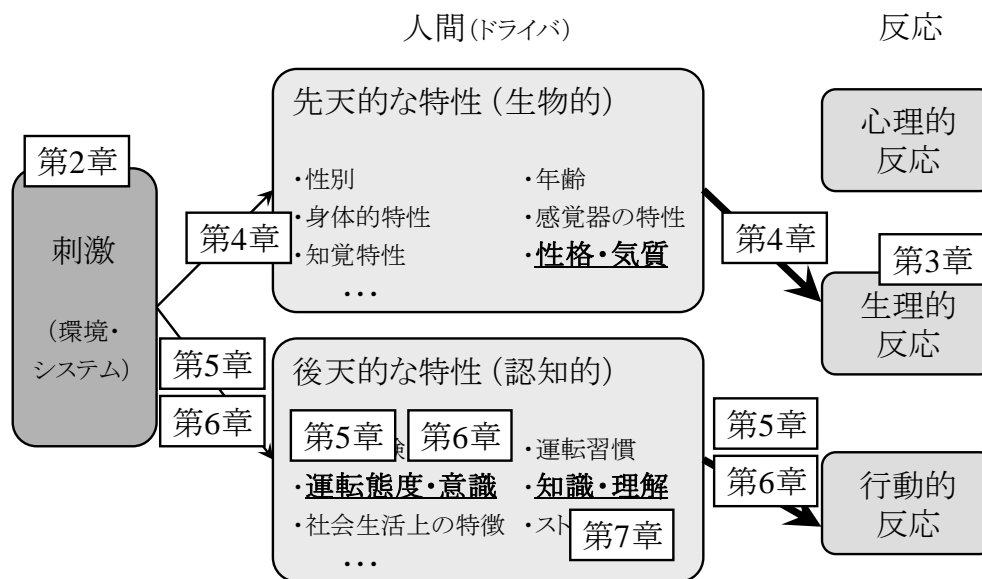


図 1-5 それぞれの研究の関係性

第 4 章「向性と精神的負荷が精神疲労に及ぼす影響モデルの構築」では、生体活性の変化の個人差に影響する個人特性として内向性・外向性の性格に着目し、まず脳波の刺激応答との対応関係を第 3 章で提案した脳波指標を用いて検討する。これを踏まえて、運転後の精神疲労に影響する要因として精神的負荷（刺激に対応）と向性（刺激応答タイプと対応）に着目し、精神疲労との関係をモデル化するとともに、第 2 章で開発した運転模擬作業と第 3 章での脳波指標を用いて、モデルの妥当性を検討する。このように、「刺激－人間－反応」の枠組みを適用して精神疲労の個人差を理解することを試みる。

第 5 章「運転スタイルの指標化と追従運転行動解析への適用」では、日常の運転行動に関係すると考えられるドライバ個人特性として運転に対する態度や考え方である「運転スタイル」を設定し、その構成尺度を質問紙調査から明らかにし、簡便な手法で指標化する。次に、低速での追従運転行動の解析に適用し、行動との相関解析により妥当性を調べるとともに、従来の個人属性指標との比較やモデル化により運転行動の個人差を理解する上での有用性を検討する。

第 6 章「ドライバの運転負担感受性の指標化と経路選択嗜好分析への応用」では、運転負担への対処行動に影響すると考えられるドライバ個人特性として、各種運転負担の感じ方である「運転負担感受性」の構成尺度を質問紙調査から明らかにし、簡便な手法で指標化する。次に、経路選択嗜好の解析に適用して、

従来の個人属性指標と比較することによって優位性を明確化するとともに、嗜好の違いを本尺度で説明できる可能性を調べる。これらより、運転行動の個人差を理解する上での有用性を検討する。

第7章「ドライバ特性としての車載装置に対する知識の評価方法」では、ドライバの個人特性評価の手法構築において、まず手法の妥当性検討や改良のためのアプローチを整理して示す。次に、ドライバ特性の具体例として「車載装置の機能に対する知識の量」を取り上げてそのアプローチを適用して、「機能の知名度の高さ」による知識レベル評価法を提案する。そして、第5章で提案した運転スタイル、第6章で提案した運転負担感受性という既知の個人特性との関係を検討し、さらなる簡易指標化の可能性を探る。これらにより、運転行動の個人差理解に有用な個人特性指標の構築アプローチを整理する。

第8章「結言」では、本研究の結論、総括、本研究の成果により見込まれる効果、そして今後の課題について述べる。

## 参考文献

- (1-1) 社団法人人間生活工学研究センター：人間感覚計測応用技術プロジェクト（平成2年度～平成10年度）研究のまとめ（1999）
- (1-2) 産業技術総合研究所 人間福祉医工学研究部門（編）：人間計測ハンドブック，朝倉書店，東京（2003）
- (1-3) 社団法人人間生活工学研究センター：高齢者対応基盤整備事業トップ，  
<http://www.hql.jp/project/funcdb2000/>（参照 2008-12-29）
- (1-4) 社団法人人間生活工学研究センター：知的基盤人間特性計測評価技術の調査報告書（2001）
- (1-5) 製品評価技術基盤機構 生活・福祉技術センター：人間特性データベース，  
<http://www.tech.nite.go.jp/human/index.html>（参照 2008-12-29）
- (1-6) 産業技術総合研究所 人間福祉医工学研究部門：ジェロンテクノロジー研究フォーラム 2002 認知的加齢とジェロンテクノロジー（2002）
- (1-7) 持丸正明：コンピュータマネキンとは，その現状，人間生活工学，Vol.2, No.1, p.9-12（2001）
- (1-8) 産業技術総合研究所 人間福祉医工学研究部門：アクセシブルデザイン研究グループの研究成果，<http://unit.aist.go.jp/humanbiomed/accessibility/result.html>（参照 2008-12-29）
- (1-9) 社団法人人間生活工学研究センター：平成12年度新エネルギー・産業技術総合開発機構研究受託成果報告書 快適な生活空間の創造のための温熱環境の標準化（2001）

- (1-10) 社団法人人間生活工学研究センター ユーザインタフェース設計委員会：構造化ユーザインタフェース設計・評価方法 (1999)
- (1-11) 社団法人人間生活工学研究センター：平成 13 年度経済産業省委託 ユーザビリティ評価の標準化に関する調査研究成果報告書 (2002)
- (1-12) 赤松幹之，松岡克典：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)
- (1-13) 社団法人人間生活工学研究センター：「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（平成 11 年度～平成 15 年度）研究のまとめ (2004)
- (1-14) 経済産業省：感性創造イニシアティブー第四の価値軸の提案ー（感性☆21 報告書），  
<http://www.meti.go.jp/press/20070522001/kansei-honbun.pdf> (2007)（参照 2008-12-09）
- (1-15) 経済産業省：感性・五感で納得できる生活を目指して～人間中心のものづくりとサービスの実現～ー人間生活技術戦略 2007ー，  
[http://www.meti.go.jp/press/20070711004/03\\_RoadMap2007\\_FULLL.pdf](http://www.meti.go.jp/press/20070711004/03_RoadMap2007_FULLL.pdf) (2007)  
（参照 2008-12-09）
- (1-16) 倉森章，上條正義，細谷聡，佐渡山亜兵，清水義雄，石川浩二郎，宮崎雅：筋電図解析による自動車の操縦感覚の評価，自動車技術会学術講演会前刷集，No.92-00，p.9-14 (2000)
- (1-17) 住田浩一，近森順，清水裕：車線変更時の運転者の緊張度解析，自動車技術会学術講演会前刷集 975，p.217-220 (1997)
- (1-18) 谷島一嘉：乗用車のフロントパネルの人間工学的検討，自動車技術，Vol.39，No.5，p.501-506 (1985)
- (1-19) 渥美文治，木村賢治，大澄義正：メータ／レイアウトと視認性に関する検討，自動車技術会学術講演会前刷集 981，p.273-276 (1998)
- (1-20) 大森正子，宮尾克，渥美文治，金森等：高齢者ドライバーの視覚情報処理能力，自動車技術会学術講演会前刷集，No.5-04，p.23-28 (2004)
- (1-21) 松永充浩，美記陽之介，宮田幸生，田中兼一：集中コントロールスイッチのユーザビリティ評価，自動車技術会学術講演会前刷集，No.75-01，p.5-8 (2001)
- (1-22) 牧口実，徳永治久，金森等：自動車ステアリングホイール付スイッチの人間工学的検討，自動車技術会学術講演会前刷集，No.55-02，p.13-16 (2002)
- (1-23) 三浦康彦，山田直樹：ミス防止機構付き変速レバーの操作性検討，第 38 回日本人間工学会中国・四国支部大会講演論文集，p.48-49 (2005)
- (1-24) 稲垣大，田口敏行，安田栄一，土居俊一，飯塚悦功，佐藤研二，佐藤憲二：シート感性品質評価，自動車技術会学術講演会前刷集，No.91-99，p.21-24 (1999)
- (1-25) 石田健二，横田佳代子，古郡了，畑秀二：乗降動作に伴う筋負担軽減のためのシート配置に関する検討，自動車技術会学術講演会前刷集，No.93-99，p.13-16 (1999)
- (1-26) 中本一彦，渥美文治，小寺治行，金森等：乗降時の筋負担定量化研究，自動車技術

- 会論文集, Vol.34, No.3, p.117-120 (2003)
- (1-27) 江部和俊, 大桑政幸, 稲垣大, 土居俊一: カーナビゲーションの負担度評価, 国際交通安全学会誌, Vol.26, No.4, p.251-258 (2001)
- (1-28) 宇野宏: 人間の特性を考慮した視聴覚表示による情報提供方法, 自動車技術, Vol.58, No.12, p.22-27 (2004)
- (1-29) 土居俊一: ドライバの運転特性評価の現状と将来, 自動車技術, Vol.58, No.12, p.4-9 (2004)
- (1-30) 景山一郎: ドライバ特性をふまえた車両システムづくりをめざして, No.06-05 JSAE Symposium ドライバ評価手法の基礎と実践, p.1-6 (2005)
- (1-31) 託摩武俊: 個人差, 心理学の基礎知識, 東洋, 大山正, 託摩武俊, 藤永保 (編), 有斐閣, 東京, p.16-17 (1970)
- (1-32) 金城辰夫: 行動主義, 心理学の基礎知識, 東洋, 大山正, 託摩武俊, 藤永保 (編), 有斐閣, 東京, p.14-15 (1970)
- (1-33) 柚原直弘: ドライバのヒューマンエラーに関する考え方, 自動車技術, Vol.62, No.12, p.10-15 (2008)
- (1-34) 岩男眞由美, 赤松幹之, 石橋基範, 大桑政幸, 城戸滋之, 熊倉佐恵, 栗谷川幸代, 高田祐史: 「彼ってどういうドライバ?」, 自動車技術, Vol.58, No.12, p.28-33 (2004)
- (1-35) 大山正, 託摩武俊, 中島力: 性格の形成, 心理学〔新版〕, 有斐閣, 東京, p.66-77 (1993)
- (1-36) 託摩武俊: 性格の定義, 心理学の基礎知識, 東洋, 大山正, 託摩武俊, 藤永保 (編), 有斐閣, 東京, p.167 (1970)
- (1-37) 牧野達郎: 感覚・知覚・認知の概念, 心理学の基礎知識, 東洋, 大山正, 託摩武俊, 藤永保 (編), 有斐閣, 東京, p.81 (1970)
- (1-38) 大山正, 託摩武俊, 中島力: 学習, 心理学〔新版〕, 有斐閣, 東京, p.87-103 (1993)
- (1-39) 社団法人自動車技術会 ドライバ評価手法検討部門委員会: ドライバ記述ワーキンググループ活動成果報告書(2003年度~2005年度), 社団法人自動車技術会, 東京 (2006)

## 第 2 章

### 単調運転模擬作業と高速道路走行の

### タスク負荷量の検討

#### 2.1 はじめに

交通事故の多発による死傷者の増大は大きな社会問題となっており，交通事故は覚醒低下に起因するものも少なくない．従って，事故防止の視点として覚醒低下の防止は重要である．

従来，覚醒低下研究では，深夜作業<sup>(2-1)</sup>や疲労<sup>(2-2)</sup>に起因する事例が多く取り上げられてきた．自動車運転場面でも，ドライバの生理心理状態の変化という視点から，夜間運転や長距離運転における機能低下が研究されてきた<sup>(2-3)</sup>，<sup>(2-4)</sup>，<sup>(2-5)</sup>，<sup>(2-6)</sup>，<sup>(2-7)</sup>．しかし，深夜作業や疲労という原因以外にも単調作業時には覚醒の低下は顕著になるとされており<sup>(2-8)</sup>，従来からその危険が指摘されている<sup>(2-9)</sup>．自動車運転において高速道路走行はドライバの機能低下を誘発する単調運転と考えられ<sup>(2-10)</sup>，また，その模擬場面では車線逸脱を生じるレベルの覚醒低下が多数生じる可能性が指摘された<sup>(2-11)</sup>．さらに，先行車との車間距離を一定に保持するように追従運転を行う車間距離自動制御システム（Adaptive Cruise Control: ACC）<sup>(2-12)</sup>や，白線内から車が逸脱しそうになると警告や車線内に戻りやすいような補助を行う車線維持支援システム<sup>(2-12)</sup>を始め，本格的な導入が今後期待される高度な車両制御システムは自動化の促進によってドライバの負担を低減する一方で，結果として運転操作を容易化することになるため，単調による覚醒低下を助長する危険性が懸念される．

これまで覚醒低下に関しては居眠り検出<sup>(2-13)</sup>や覚醒低下の防止策<sup>(2-14)</sup>，<sup>(2-15)</sup>が多く研究されており，また覚醒状態を段階的に推定する研究も試みられている<sup>(2-16)</sup>．そして，覚醒低下研究では，実験室において単調運転を想定した運転模

擬作業が多く用いられてきた。運転模擬作業を用いる理由として、実験条件の統制、再現性、あるいは実験時の安全の確保等が挙げられる。しかし、模擬作業による実験結果をより信頼性の高いものとするためには、実走との負荷特性の違いを把握した上で結果を解釈していく必要がある。その方法の一つとして、両者の作業負荷量の関係を確認することが考えられる。しかし、運転の代用負荷としての各種模擬作業の基礎特性を検討した事例<sup>(2-17)</sup>はあるものの、実際の運転負荷との関係は殆ど検討されてなくいまだ不明確である。

本研究では、覚醒低下研究の視点から、実験室での単調運転模擬作業と高速道路単調運転の負荷量の関係検討を目的とした。関係の定量化に際しては、実験室、実走いずれの場面でも同様に計測できる主観評価を用いた。ここでは、主観評価の挿入が実験参加者の覚醒等の状態変化に及ぼす影響をできるだけ抑えるように評価間隔や評価所要時間を考慮した。最初に、単調運転模擬作業として独自にトラッキング二重課題を設定し、覚醒低下が生じることを確認した。次に、トラッキング二重課題と高速道路単調運転の負荷量の関係を定量的に比較、検討した。

## 2.2 設定した作業課題

### 2.2.1 課題の設定方針

単調運転場面として高速道路定常走行を想定した。この走行状態を、長時間の注意持続が必要で、かつ前車のブレーキ等の希に出現する信号を認知して正確な反応が要求されるヴィジランス課題と考えた。これは、ランダムに出現する複数種類の視覚刺激を判別して、刺激に対応した適切な反応を行う選択反応課題の形態で模擬できる<sup>(2-11)</sup>。さらに、実際の自動車運転では、手足の協調動作により車線内の制御あるいは前方車への追従も同時に行われる。車線内制御や追従の要素は、トラッキング課題という形態で抽象化できる。トラッキングの忙しさや複雑さが変わると作業負荷が変わり、それは高速道路における追従時の走行車速の変化やカーブ曲率の変化等に相当する。以上の理由から、単調運転模擬作業として、自動車用シートに着座状態で常時トラッキング課題を行いながら選択反応課題を行うトラッキング二重課題を設定した。ここでは、排気量 1.8L のセダン型乗用車の運転席レイアウトを再現することによって実験参加者が着座姿勢を取るようにした。その概要を図 2-1 に示す。



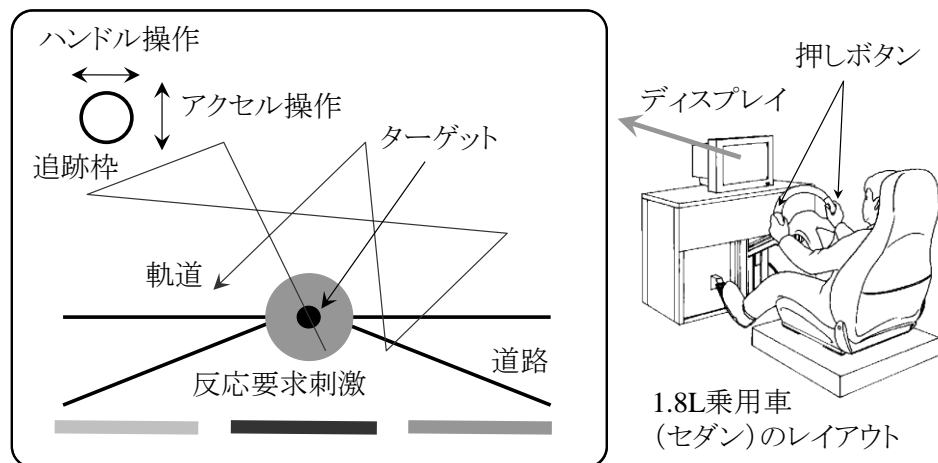


図 2-1 トラッキング二重課題

### 2.2.2 トラッキング二重課題の詳細

課題は、着座運転姿勢の実験参加者前方約 1m の台上に置かれた 14 インチディスプレイ上に提示された。トラッキング課題において、実験参加者には、移動するターゲットを常時追跡棒の中に収めるようにハンドルとアクセルを使った操作を要求した。ターゲットの軌道と速度は予備検討により設定した。

軌道に関して、自動車運転では基本的に現在の自車位置と道路形状、他車との関係から将来をある程度予測して自車を制御するが、時々予測とは異なる状況になることもある。その要素を抽象化して、上下、左右、斜めへの移動方向の予測が可能な直線的な軌道とし、一定の確率で、平均で 10s に 1 回の割合で移動方向がランダムに変化するようにした。ターゲットは緑色円形（直径 6mm）で、速度は 6mm/s とした。追跡棒（水色円形、直径 18mm）はハンドル操作によって左右に移動し、アクセル開度に比例してディスプレイ上方向に移動するように設定した。

選択反応課題では、反応要求刺激は赤、青、黄色の円形視覚刺激（直径 42mm）で構成され、ターゲットと同心に 5s から 20s のランダムな時間間隔で提示した。実験参加者は、ハンドル上の左右に配置された 2 個の押しボタンを反応要求刺激の色に応じてできるだけ速くかつ正確に押し分けることを要求された（赤：右ボタン、青：左ボタン、黄色：両方同時）。

## 2.3 負荷量の関係の検討方法

### 2.3.1 検討方針

#### (1) トラッキング二重課題についての検討

二重課題は高い負荷をかけるために用いられることが多い。さらに，トラッキング課題では，ターゲットの軌道と速度によっては覚醒低下を招かず，逆に緊張を高めることにもなりうる<sup>(2-18)</sup>。そこで第一段階として，今回設定したトラッキング二重課題が，緊張は生じず覚醒低下が生じる単調課題であることを検証した。

#### (2) 作業負荷の評価の考え方

人間への負荷を精神的負荷と身体的負荷に分け，トラッキング二重課題と高速道路単調運転の負荷量の関係検討を試みた。

芳賀によると，作業負荷は時々刻々と変化するものであり，負担は作業継続時間の積分値と考えることができる<sup>(2-19)</sup>。これに基づけば作業負荷の評価ではほぼリアルタイムの変化を捉える必要があり，今回のように主観評価を用いる場合には，作業の妨げになる，人間の自然な状態変化を妨げるといった問題が生じる。そこで，本研究では状態変化に影響しない範囲のできるだけ短い時間間隔で主観評価を実施し，その区間積分値である精神的負担や身体的疲労のレベルを評価することにより，積分的な効果も含めてその作業が持つ負荷と近似した。そして，両作業中の精神的負担と身体的疲労の時間変化を検討することで，両作業の負荷量を比較した<sup>(2-20)</sup>。ここでは，状態変化への影響を抑えつつ評価間隔を短くするための時間間隔を，予備検討を通して10分に設定した。

また，作業負荷が人間に及ぼす影響を検討する上で，ある時間長での負荷の平均強度と最大強度という2つの視点がある<sup>(2-19)</sup>。これを台風の風の強さに例えると，「平均風速」と「最大瞬間風速」のそれぞれの面から評価することに相当する。そこで本研究でも，負荷量の比較の視点として両作業の負荷の推移傾向（平均強度に相当）と最大負荷量（最大強度に相当）の2点を設定した。推移傾向については，各作業で主観評価得点の時系列変動の概要を分析した後，両作業における等時間長の主観評価得点の時系列を分散分析で比較した。最大負荷量については，ある時間長において両作業が実験参加者に及ぼした負荷の最大値を比較した。

### 2.3.2 主観評価方法

#### (1) 精神的負荷

主観評価が実験参加者の状態変化にできるだけ影響しないようにするには短時間での評価が必要であり，そのためには精神的負担の現象を必要十分な因子で説明できる主観評価方法の適用が望ましい．そこで，財団法人労働科学研究所が開発した「精神的作業負担チェックリスト」(Roken Arousal Scale : RAS)を使用した<sup>(2-21)</sup>．RAS は，眠気や精神的緊張を伴う作業による負担をごく簡便に1分程度の短時間で評価可能である．因子分析により精神負担現象を説明する6因子を抽出して尺度化されており，各尺度は2項目の質問で構成される．RAS の尺度と質問項目（①②は便宜上の番号）を表 2-1 に示す．

表 2-1 RAS の 6 尺度とそれに対応する質問項目

尺度名	質問項目
眠気	①まぶたが重いと感じる ②眠い
緊張	①緊張している ②どきどきしている
リラックス	①くつろいだ気分だ ②ゆったりした気分だ
注意集中困難	①思考がにぶっている ②注意の集中ができにくい
全般的活性	①活力がみなぎっている ②積極的な気分だ
意欲減退	①やる気がでない ②何かすることに気乗りがしない

評価スケールは，1:「あてはまらない」，3:「少し」あてはまる，5:「かなり」あてはまる，7:「非常に」あてはまる，と設定し，それぞれ強度を表す副詞の数値（奇数）間に偶数値を設定して7段階とした．また，各段階の間の中間値（小数）も認め，中間値で評価したときには低い方の段階値に一律 0.5 を加算して扱った（例えば3と4の間に評価されれば3.5とする）．そして，各因子の評価得点是对応する質問2項目の平均点とした．

#### (2) 身体的負荷

身体疲労感を，項目を絞って評価させた．具体的には，手腕部，首肩部，腰部の3部位それぞれの疲れ・こり・痛み，および目の疲れの計4項目をRAS同様に7段階（小数の中間値も認める）で評価させた．

## 2.4 実験的検討

### 2.4.1 トラッキング二重課題の単調性の検証

#### (1) 実験参加者

運転免許を所持する健常な男女大学（院）生 8 名とし、実験終了後に謝礼を支払った。

#### (2) 実験室条件

室温を 24～26℃に設定した、低照度の簡易防音室。

#### (3) 実験の流れ

図 2-2 に示すように、暗順応も兼ねて習熟試行を 7 分間実施した後、実験参加者の心理状態を安定させるために安静閉眼状態にさせた。安静閉眼では、背景音として小川のせせらぎを 40dB(A)で実験参加者前方のスピーカより呈示した（音楽専用のオーディオシステムを使用）。その後、10 分を 1 セッションとしてトラッキング二重課題を実験参加者に課し、1 実験につき 6 セッション(Ss1～Ss6) 繰り返した。全セッション終了後、再び安静閉眼状態（背景音も呈示）にさせて実験を終了した。主観評価は作業開始前（Pre）と各セッション後（s1～s6）に質問紙を用いて実施した。ただし、身体的負荷の評価項目の「目の疲れ」は Pre と s6 でのみ評価を行った。

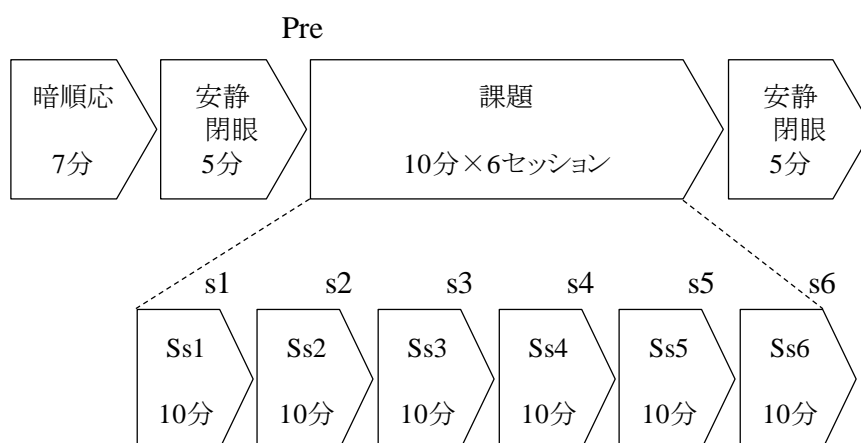


図 2-2 トラッキング二重課題実験の流れ

#### (4) 行動指標の計測・解析方法

反応要求刺激が提示されてから実験参加者が反応するまでの選択反応時間を、

パーソナル・コンピュータの内部クロックを用いて 1ms 単位で計測した。そして、セッション毎に式 2-1 で表される反応遅れ  $RMS^{(2-1)}$  に変換して用いた。

$$RT_{rms} = \sqrt{\frac{\sum (RT_i - RT_{base})^2}{N}} \quad (2-1)$$

ただし、

$RT_i$  : 反応要求刺激に対する反応時間系列 ( $i=1,2,3,\dots,N$ )

$RT_{base}$  : 個人が元々持っている反応能力に相当する反応時間

ここで、反応遅れ  $RMS$  指標について略説する。反応時間  $RT_i$  は、課題遂行に伴う人間の状態変化を反映した部分と、元々個人が反応能力として持っている部分  $RT_{base}$  の和で記述できる。そして、 $RT_{base}$  を個人が発揮しうる最高パフォーマンスと考えると課題遂行によって変化しないもの（すなわちベースライン）と仮定すると、状態変化に相当する部分を忠実に抽出するためには  $RT_i$  と  $RT_{base}$  の差を用いることが適切と考えられる。以上から、覚醒低下に伴ってこのばらつきが大きくなるという現象を Root Mean Square ( $RMS$ ) で表現した。なお、 $RT_{base}$  は、反応時間系列を昇順ソートして異常値（上位 2.5% のデータ、一般正規分布  $N(\mu, \sigma^2)$  での  $2\sigma$  の片側確率にほぼ相当）と見なされる部分を除去した後の、速い方から 5% のデータの平均値と仮定した。本実験では、実験参加者毎に 6 セッション分のデータから  $RT_{base}$  を算出して、各セッションの反応遅れ  $RMS$  を算出した。

さらに、追従誤差として、追跡枠中心とターゲット中心の間の距離をサンプリング周期 0.5s で計測した。そして、各セッションでその平均値を算出して代表値とした。

## 2.4.2 検証結果

### (1) 精神的負荷

図 2-3 に RAS 得点平均値の推移を示す。眠気、注意集中困難、意欲減退は時間経過に伴って増加傾向を示し、眠気は最大で「少し」～「かなり」の中間レベルに達した。また、緊張は低いレベルで推移した。リラックス、全般的活性は時間経過に伴って減少傾向を示し、得点は低かった。時間変動を統計的に検討するため、セッションを要因とした繰り返し測度の分散分析を行った結果、

セッションの効果が有意であったのは眠気 ( $p<0.1$ ), リラックス ( $p<0.01$ ), 注意集中困難 ( $p<0.05$ ), 意欲減退 ( $p<0.07$ ) であった.

(2) 行動指標

図 2-4 に反応遅れ RMS 指標と追従誤差の平均値の推移を示す. 反応遅れ RMS は 0.2s~0.4s で推移して増加傾向を示し, また追従誤差も時間経過に伴って増加傾向を示した. (1)と同様の分散分析の結果, 反応遅れ RMS ( $p<0.08$ ), 追従誤差 ( $p<0.05$ ) ともセッションの効果が有意であった.

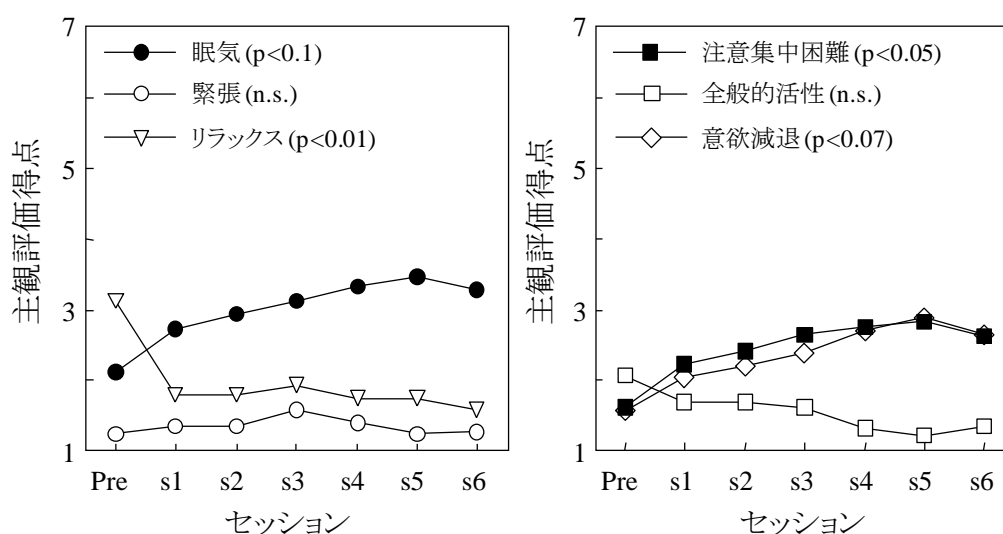


図 2-3 精神的負担の主観評価得点 (トラッキング二重課題)

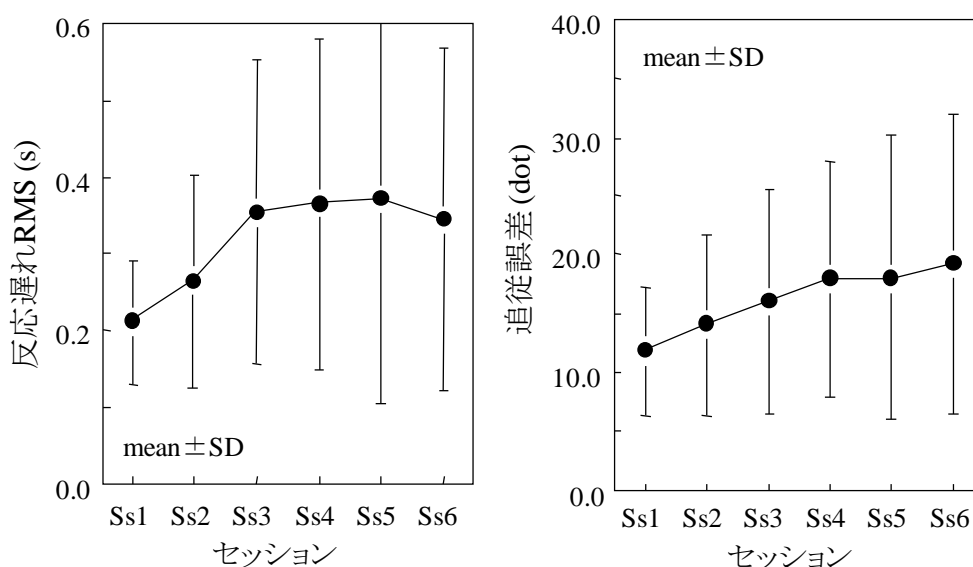


図 2-4 作業成績 (トラッキング二重課題)

### (3) 考察

実験では眠気は時間とともに増加したが、緊張はほとんど生じず変動も見られなかった。また、作業成績は時間とともに低下した。以上から、今回設定したトラッキング二重課題は、緊張は生じず覚醒低下が生じる単調課題と考えられる。その他の特徴として、リラックスが実験後に減少していく様子を示したこと、全般的活性は低い値のままほとんど変動が見られなかったこと、注意集中困難と意欲減退が時間とともに増加したことが挙げられる。なお、身体的負荷については 2.4.4 で議論する。

## 2.4.3 高速道路単調運転の実験方法

### (1) 実験参加者

22～40 歳で日常から自動車運転を行う健常な男女 8 名とし、実験終了後に謝礼を支払った。

### (2) 実験車両

排気量 1.8L のセダン（4 速オートマティック・トランスミッション）を使用した。

### (3) 走行コースおよび走行条件

実験には東名高速道路を使用し、昼間から夕方にかけて片道 2 時間連続の追従走行をモデルケースとして往復 4 時間の走行を行った。

実験車両には実験参加者と実験者の 2 名が乗車し、午前中に基地を出発して、慣熟走行を兼ねて実験参加者の運転で海老名サービスエリアまで移動した。そして、停車して約 30 分の休憩を取った後、実験参加者の心理状態を安定させるために出発直前に車内で 5 分間の安静閉眼を行ってから同所を出発した。出発後すぐに評価対象とする運転（往路）を開始し、名古屋方面に走行して 2 時間を超えたところで評価対象の運転を終了した。その後、最寄りのインターチェンジで降り、料金所を出てすぐに折り返して再び東名高速道路に入って直近のサービスエリアまたはパーキングエリアまで移動し、約 30 分の休憩を取った。出発直前に車内で 5 分間の安静閉眼を行った後、東京方面に向けて出発してすぐに評価対象の運転（復路）を開始した。実験の流れを図 2-5 に示す。

評価対象の運転では、原則として走行車線を交通の流れに乗って走るように指示した。車速の遅い車の後ろについたときには実験者が追い越しを指示した

が、指示のない追い越しは禁止した。また、実験者との会話は禁止したが、それ以外の副次行動（ラジオの聴取、飲料の摂取、空調調整や換気等）は実験参加者の自由とした。

安静閉眼では、実験車両をアイドリング状態にして、背景音として小川のせせらぎを呈示した。背景音呈示には車両に標準装備されたカーオーディオ・システムを用い、カセットテープ・プレーヤで再生して車内スピーカより音を呈示した。音量はアイドリング音や背景騒音との兼ね合いも考慮して耳障りにならない程度に設定した。安静閉眼の間、実験者は車外で待機した。

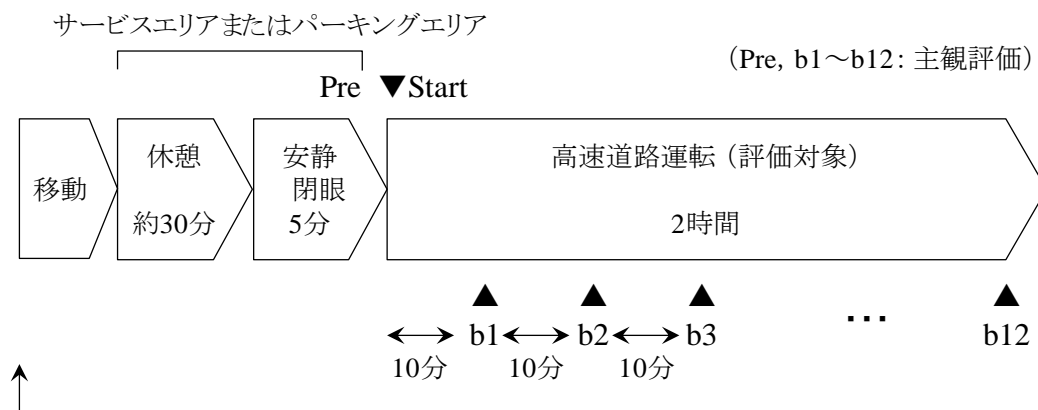


図 2-5 高速道路実験の流れ

#### (4) 主観評価方法

主観評価は、最初に安静閉眼直後（Pre）に行い、評価対象の運転中は10分を1ブロックとして12回（b1~b12）繰り返した。運転中には実験者が口頭で質問し、実験参加者が同様に口頭で回答することにより実施した。実験では、車内のインストルメンタル・パネル上に主観評価のスケール（強度を表す副詞と段階値の対応関係を明示）を印刷した用紙を貼り付けて、回答時に実験参加者が参照できるようにした。

### 2.4.4 両作業の比較結果と考察

#### (1) 精神的負荷の推移の概要

図 2-6 に往路での RAS 得点平均値の推移を示す。眠気、注意集中困難、意欲減退は時間とともに増加する様子であった。緊張は低いレベルで推移した。ま



た、全般的活性とリラックスは減少する様子を示した。復路では往路より変動が小さかった。ブロックを要因とした繰り返し測度の分散分析を行った結果、往路では、緊張を除いてブロックの効果が有意であった（眠気、注意集中困難、全般的活性、 $p<0.01$ ；リラックス、 $p<0.06$ ；意欲減退、 $p<0.09$ ）。復路ではどの因子も有意でなかった。2.4.2に示したトラッキング二重課題の結果と合わせると、眠気、緊張、注意集中困難、意欲減退の尺度において両作業で同様の変化が見られた。

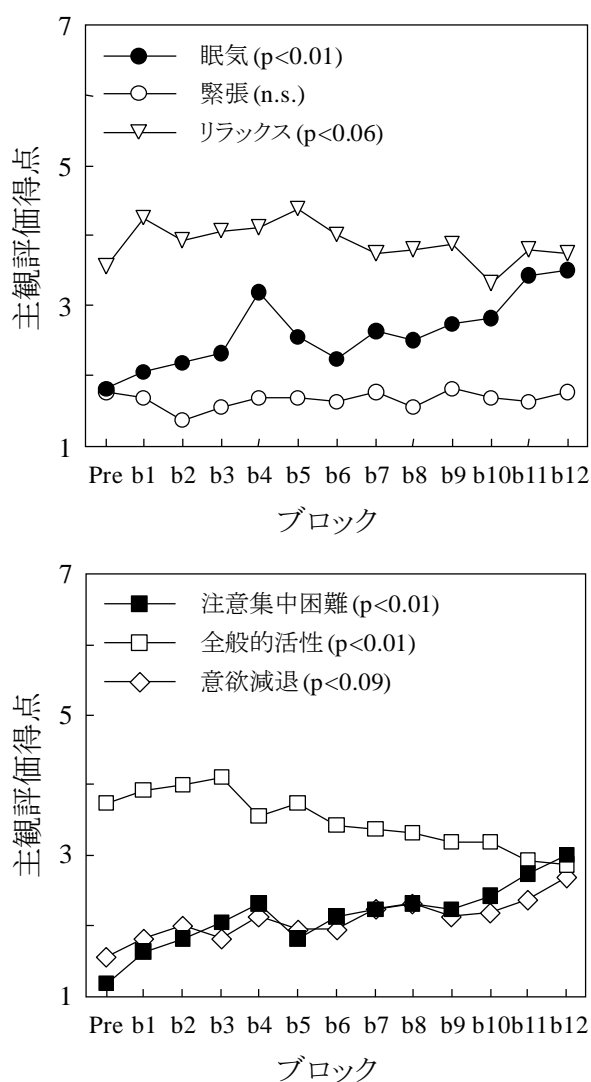


図 2-6 精神的負担の主観評価得点（高速道路走行）

(2) 身体的負荷の推移の概要

図 2-7 にトラッキング二重課題時の、図 2-8 に往路運転時の身体疲労感の得

点平均値の推移を示す。身体疲労感は時間経過に伴って増加する様子を示した（復路運転時も同様）。ブロックを要因とした繰り返し測度の分散分析を行った結果、セッションの効果がある部位は、トラッキング二重課題では手・腕、首・肩（いずれも  $p<0.01$ ）、高速道路運転では全項目であった（手・腕、腰、目、 $p<0.01$ ；首・肩、 $p<0.05$ ）。また、トラッキング二重課題時の目の疲れについて対応のある  $t$  検定を行った結果、得点は有意に増加した（ $p<0.05$ ）。

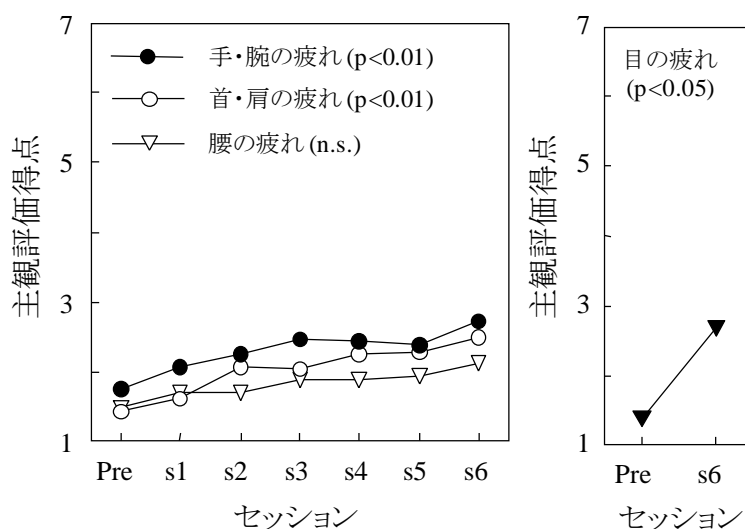


図 2-7 身体的疲労の主観評価得点（トラッキング二重課題）

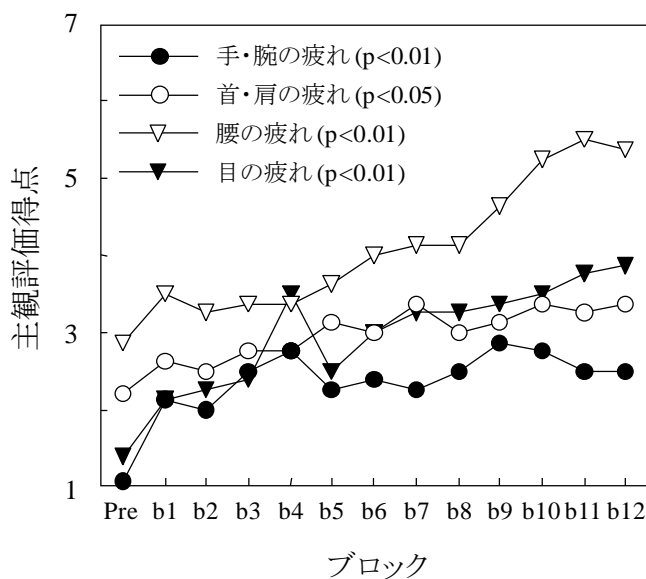


図 2-8 身体的疲労の主観評価得点（高速道路走行）

(3) 両作業の負荷の全体的な類似性の検討

高速道路運転のデータから往路走行開始後 1 時間分を抜粋し、トラッキング二重課題のデータと等時間長で比較した。作業×ブロックの 2 要因で、ブロックを繰り返し測度とする分散分析を行った結果、リラックス、全般的活性、腰の疲労感で作業の主効果が有意であったが (いずれも  $p<0.01$ )、他の項目では有意でなかった。また、いずれの項目でも交互作用は認められなかった。

(4) 両作業の最大負荷量の比較

作業が有する最大負荷量は、平均主観評価得点の最大値と仮定した。トラッキング二重課題での最大値と、前項(3)で抜粋した 1 時間の等時間長、および往復 4 時間での最大値を比較した。ここでは、両群データの等分散性を F 検定で確認した上で、対応のない t 検定を用いた。その結果を図 2-9 に示す。最初に、等時間長では、リラックス、全般的活性、腰の疲労感で最大値に有意差が認められたが (いずれも  $p<0.01$ )、他の項目では認められなかった。次に、往復両方のデータを対象にしたときにトラッキング二重課題と有意差が認められた項目は、リラックス、全般的活性、腰の疲労感 ( $p<0.01$ ) に加え、首・肩の疲労感 ( $p<0.01$ ) と目の疲れ ( $p<0.07$ ) であった。

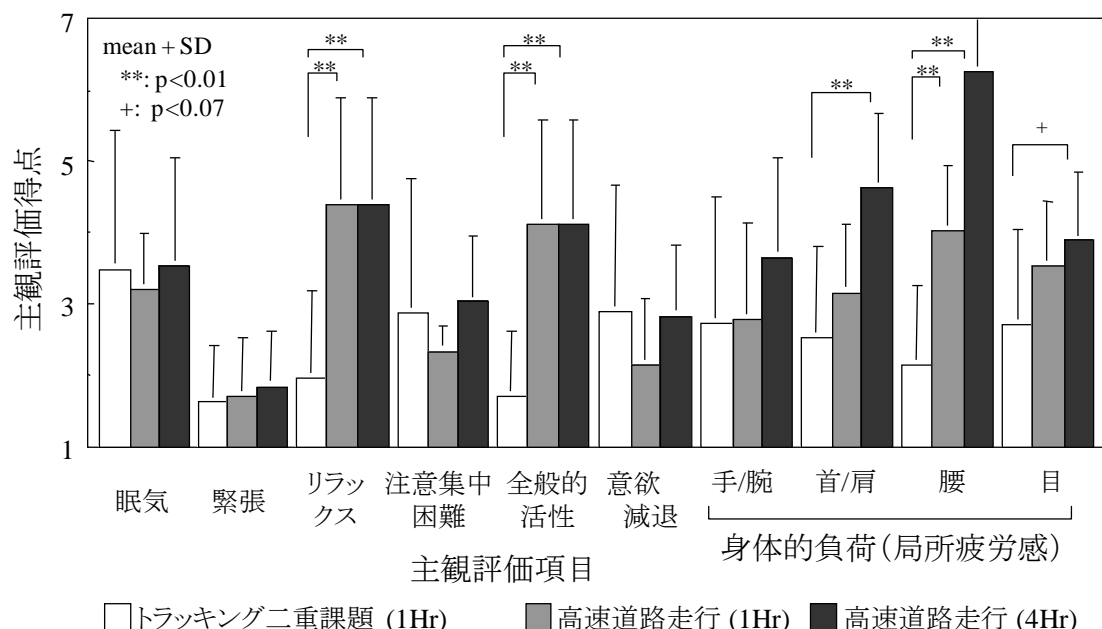


図 2-9 各タスクにおける最大の作業負荷

## (5) 考察

眠気、緊張、注意集中困難、意欲減退において、トラッキング二重課題と高速道路単調運転で同様の变化であった。これらについては、(3)で作業の主効果が有意でなく交互作用もないことから、等時間長では両作業の負荷の変動や量に差はないと考えられる。また、作業が有する最大負荷量の場合も差は認められなかった。以上から、今回設定したトラッキング二重課題は、眠気や緊張、注意集中困難、意欲減退の精神的負荷において等時間長であれば高速道路運転と同様の变化を示し、同等の負荷量であったと言えよう。さらに時間長を長くした場合、時間推移の同様性や積分された負荷（すなわち精神的疲労という結果で現れると思われる）にまでは言及できないが、人間に与えられる最大負荷量という面では同等であった。これらから、眠気、緊張、注意集中困難、意欲減退の面で両作業は同等の精神的負荷を持つものと考えられる。

また、リラックスと全般的活性は両作業で同等でないという結果であった。リラックスは、トラッキング二重課題では作業前に比べて作業中に減少し、さらに時間とともに減少した。一方で高速道路運転では、時間経過に伴う減少が見られるという面では同様の变化だが、全体的に高い値を示した。これは、実験室の特殊性や非日常性を示唆する結果と考えられる。全般的活性は、トラッキング二重課題では低い値のまま変化が見られなかったが、高速道路運転ではより高い値を示して時間とともに減少していった。これは、実験室ではモチベーションの高揚や持続が難しいことを示唆する結果と思われる。これら2つの結果は、実験室での模擬作業で実際の運転を再現できない部分があることを示しているものではないだろうか。すなわち、トラッキング二重課題等の模擬作業の限界が示されたものと思われる。

一方、身体疲労感は、両作業で時間経過に伴って増加した。等時間長で両作業を比較した場合、腰の疲労感を除いて差はなく、身体的負荷は平均的にも（つまり推移傾向の上でも）最大値でもほぼ同等だったと考えられる。しかし、時間長が異なれば身体的負荷の最大値は異なるという結果であった。疲労自覚症状調べを用いた先行研究からは疲労感は時間とともに増していくことが指摘されており<sup>(2-22)</sup>、またこれは経験則からも納得できるものと思われ、時間長が異なれば人間にかかってくる身体的負荷も違ってくると思われる。

## 2.5 まとめ

単調運転模擬作業としてトラッキング二重課題を設定し、単調による覚醒低下が生じることを検証した。そして、主観評価を用いて高速道路単調運転と負荷量の関係を検討した結果、以下のことを明らかにした。

- (1) 等時間長では、精神的負荷としての眠気、緊張、注意集中困難、意欲減退は両作業で同等の負荷量であり、時間長が長くなっても最大負荷量としては同等であった。
- (2) リラックスと全般的活性では精神的負荷に違いが見られ、この作業で自動車運転を模擬できない部分があるという限界が示唆された。
- (3) 身体的負荷は等時間長では両作業で同等だが、時間長が異なると違ってくることがうかがえた。

以上から、両作業における精神的、身体的負荷量の同等性と相違が示された。

従来、見かけ上の類似から運転の代用負荷としてトラッキング作業が良く用いられてきたが、一方で精神的負荷の側面からはトラッキング作業は代用負荷として不適切という指摘もある<sup>(2-17)</sup>。模擬作業、すなわち運転シミュレーションは、見かけ上実走と類似していても人間に与える負荷という面で実走と異なっていれば模擬作業としては不適切と考えられる。そして、実走のあらゆる状況を模擬できるものではなく、ある状況や場面では実走と同等の負荷になっていても、別の部分では実走と異なっている面もあるだろう。

しかし、模擬作業には、実験条件の統制や再現性、安全性の確保等に代表される実験計画の組み易さという面で利点が多く、模擬作業を活用する価値は十分にある。そう考えるなら、模擬すべき状況、場面や目的に応じて、実走と同等にすべき負荷とそうでなくても良い負荷を分けて運転模擬作業を設定していくことが現実的と言えよう。あるいは、実走の負荷と同じ部分、違う部分を把握した上で活用することが重要ではないだろうか。

今回設定したトラッキング二重課題は、リラックス、全般的活性では実走と差異があるものの、眠気の増加、低い緊張、身体負荷は実際の単調運転と同等であり、同等だった部分は単調運転による覚醒低下を模擬するために必要な要素と考えられる。このような負荷の同等性と相違を把握して用いれば、トラッキング二重課題は単調運転の代用負荷として覚醒低下研究に利用価値が十分あると言える。

なお、この研究は通商産業省・工業技術院の産業科学技術研究開発プロジェクト「人間感覚計測応用技術」の一環として、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）からの委託により、社団法人人間生活工学研究センター（HQL）を通して行われたものである。

## 参考文献

- (2-1) 山本智咲子, 萩原啓, 荒木和典, 道盛章弘, 小山恵美, 井邊浩行, 斎藤正己: 夜間当直勤務中の体温、心拍数とパフォーマンスの変動, 第8回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム論文集, p.475-480 (1992)
- (2-2) 永田晟, 津田行代: 長距離運転時における尿中カテコールアミンと心電図 R-R 間隔の変動, 自動車技術, Vol.50, No.7, p.49-54 (1996)
- (2-3) 谷島一嘉, 池田研二, 大島正光, 杉時夫: 自動車の運転と疲労, 自動車技術, Vol.25, No.10, p.1076-1081 (1971)
- (2-4) Boadle, J.: Vigilance and Simulated Night Driving, Ergonomics, Vol.19, No.2, p.217-225 (1976)
- (2-5) Riemersma, J. B. J., Sanders, A. F., Wildervanck, C. and Gaillard, A. W.: Performance Decrement during Prolonged Night Driving, NATO Conference Series.III, Vol.3, p.41-58 (1977)
- (2-6) O'Hanlon, J. F. and Kelley, G. R.: Comparison of performance and physiological changes between drivers who perform well and poorly during prolonged vehicular operation, NATO Conference Series.III, Vol.3, p.87-109 (1977)
- (2-7) 麻生勤: ドライバーの生理反応と運転パフォーマンスの変化, 日本人間工学会講演論文集, Vol.20, p.66-69 (1979)
- (2-8) 吉田正昭: ヴィジランス, 心理学事典, 平凡社, 東京, p.44-45 (1981)
- (2-9) 橋本邦衛: 運転の疲労と単調, 交通医学, Vol.27, No.1, p.142-169 (1973)
- (2-10) 麻生勤, 中島和子, 黒木康之: 単調高速運転におけるドライバの生理的負担, 自動車研究, Vol.1, No.7, p.226-229 (1979)
- (2-11) 石橋基範, 石田健二, 畑秀二: 単調運転模擬作業時の覚醒低下特性に関する実験的検討, 自動車技術会論文集, Vol.29, No.3, p.135-140 (1998)
- (2-12) 御堀直嗣: 実用化が進む ASV 技術の数々, JAMAGAZINE 2004 年 9 月号, <http://www.jama.or.jp/lib/jamagazine/200409/03.html> (2004) (参照 2008-12-29)
- (2-13) 金田雅之, 上野裕史, 月野正隆: 居眠り検出技術に関する研究, 自動車技術会学術講演会前刷集 941, p.29-32 (1994)
- (2-14) 岡本宜久, 堀口明伯, 石田健二, 畑秀二: 覚醒低下軽減手法の開発, 自動車技術会学術講演会前刷集 951, p.189-192 (1995)
- (2-15) 平松真知子, 笠井純一, 田口満: 香りが覚醒に及ぼす効果の研究, 自動車技術会論

- 文集, Vol.26, No.2, p.88-93 (1995)
- (2-16) 大須賀美恵子, 鎌倉快之, 井上裕美子, 野口祥宏, ノプスワンチャイ・ルーングロ  
シュ: ドライバの覚醒状態推定, 自動車技術, Vol.62, No.12, p.46-52 (2008)
- (2-17) 野口義博, 望月正人, 豊福勝也, 勝浦哲夫: 運転疲労の定量評価技術に関する基礎  
検討, 自動車技術会学術講演会前刷集 975, p.229-232 (1997)
- (2-18) 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会前刷  
集 946, p.133-136 (1994)
- (2-19) 芳賀繁: メンタルワークロードの測定と注意リソースの測定, 人間工学, Vol.29,  
No.6, p.349-352 (1993)
- (2-20) 社団法人人間生活工学研究センター: 工業技術院産業科学技術研究開発 人間感覚  
計測応用技術 研究開発完了報告会, p.32-34 (1999)
- (2-21) 高橋誠, 北島洋樹, 本城由美子: 精神的作業負担チェックリストの作成とそれによ  
る眠気とリラックス状態の関係構造の検討, 労働科学, Vol.72, No.3, p.89-100 (1996)
- (2-22) 大島正光: 疲労の研究, 同文書院, 東京, p.96-108 (1964)

## 第 3 章

# 覚醒低下に伴う反応時間と脳波の変動の指標化

### 3.1 はじめに

ドライバが走行中に引き起こす事故原因は多岐にわたるが、覚醒低下によるものも少なくない。特に単調な高速道路走行は、ドライバの覚醒低下を誘発することが指摘されている<sup>(3-1)</sup>。米国ニューヨーク州における実態調査では、調査対象の約 55%のドライバが過去 1 年間の自動車運転中に覚醒低下を経験したとの報告があり<sup>(3-2)</sup>、平成 4 年度の日本の事故統計<sup>(3-3)</sup>からは、ドライバの死亡事故の少なくとも 10%以上は覚醒低下が原因と推測される。

一般的に覚醒低下に伴いパフォーマンスは低下する。特に自動車運転のような素早く正確なパフォーマンスが要求される場面では、覚醒低下は重大事故につながる可能性が大きい。それにもかかわらず運転操作の単純化や容易化が進行しており、単調な走行はドライバの覚醒低下を助長することから、覚醒低下に起因する事故への危険はますます増加する可能性もある。それゆえ、運転中の覚醒低下防止対策は重要な問題であり、覚醒低下を実時間で他覚的、簡易的に評価する手法の確立が望まれる。

従来から覚醒低下と反応エラーの関係をとり上げて研究されてきたヴィジランス課題においては、検出すべき信号に対する反応時間とエラー率が覚醒低下を測る行動指標として主に用いられてきた<sup>(3-4)</sup>。実験的に自動車運転を想定したとき、特に反応時間は行動指標として有用と考えられる<sup>(3-5)</sup>。また、脳波や心拍数、眼球運動、皮膚電気活動などの生理活動も覚醒低下に呼応して変化することも広く知られている<sup>(3-6)</sup>。中でも脳波は中枢神経系の覚醒状態を反映するものとされ、一般的には覚醒低下に伴って低周波成分が増加する<sup>(3-7)</sup>。

反応時間と脳波の周波数の対応に関しては、Surwillo<sup>(3-8)</sup>が 1963 年に  $\alpha$  波の周期と反応時間の中に正の相関があることを示唆して以来、速い反応時間は高  $\alpha$  波周波数と関係すると Surwillo を支持する報告がある<sup>(3-9)</sup>一方で、周波数と反応



時間の速さは必ずしも関係しないとする報告もある<sup>(3-10), (3-11), (3-12)</sup>。また、脳波の波形パターンから、反応時間の遅延とともに脳波が低周波を主とした波形に変化すると指摘する報告もあり<sup>(3-13), (3-14)</sup>、脳波の低周波帯域のパワ構造に変化が見られる可能性がある。さらに、周波数変動の視点から、右前頭部の $\alpha$ 波の周波数ゆらぎパターンと覚醒低下の関係も指摘されている<sup>(3-15)</sup>。

以上の知見を踏まえて、本研究では、反応時間と脳波から覚醒変化をとらえるために、反応時間の変動に伴って脳波にどのような特徴的变化が現れるか、 $\alpha$ 波のピーク周波数、パワスペクトルにおける各帯域パワ、 $\alpha$ 波帯域における周波数ゆらぎパターンをデータ整理の手がかりとして検討した。先に指摘したように単調さが覚醒を低下させる環境要因と考えられることから、実験では、視覚刺激を規則的に繰り返し呈示することによって、短時間で実験参加者の覚醒を積極的に低下させる方法を考案した。また、覚醒状態を知るには刺激が与えられる直前の脳波の変動が重要な手掛かりになるという報告がある<sup>(3-16)</sup>ことから、脳波の解析対象として主に反応時間計測用の刺激呈示直前に着目した。

## 3.2 方法

### 3.2.1 実験参加者

正常視力または矯正視力を有する、20～22才の大学生男子6名、女子5名の計11名を実験参加者とした。実験終了後に謝礼を支払った。

### 3.2.2 刺激および呈示方法

刺激は、実験参加者の覚醒を積極的に低下させるための誘眠視覚刺激と、実験参加者にスイッチ押し反応を要求する反応要求視覚刺激で構成した。誘眠視覚刺激は、反応要求視覚刺激に先行した。

視覚刺激は背景を暗くした14インチカラーディスプレイ（NEC（株）製、N5913R）ディスプレイの中央に呈示した。そして、夜光性の直径5mmの小さな赤色ステッカーを呈示刺激の中心に位置するように画面に貼って、注視点とした。ディスプレイは、椅子に着席した実験参加者の眼前から約1m離れた机上に設置した。

誘眠刺激は直径80mmの緑色円形刺激であり、持続時間2s、オンセット間隔

4s として 5 分間反復させた（誘眠刺激フェーズ）。一方、反応要求刺激は直径 30mm の赤色円形とし、誘眠刺激の呈示が終了して 10 秒経過した後から、持続時間 0.1s、オンセット間隔 4s で 15 回反復させた（反応要求刺激フェーズ）。このような刺激スケジュールで、誘眠刺激フェーズと、それに続く反応要求刺激フェーズをまとめて 1 セッションとした。その流れは図 3-1 に示している。なお、刺激呈示の制御は前室にセットされたパーソナル・コンピュータ（NEC（株）製、PC-9801DA）で行い、独自に作成したプログラムで駆動させた。

### 3.2.3 実験参加者の作業課題

実験参加者には利き手にスイッチを持たせてディスプレイ中央の注視点を見続けるよう指示し、ディスプレイ上に緑色円と赤色円が現れるので、赤色円が現れたら手にしたスイッチをできるだけ速く押すよう教示した。ただし、誘眠刺激フェーズ後に反応要求刺激フェーズが続くという刺激呈示順序、および 1 セッションにおける刺激呈示回数に関する情報は実験参加者に与えなかった。

### 3.2.4 手続き

実験は照度を約 20 ルックスに設定した防音電磁シールド室内で行った。この照度は、誘眠刺激による覚醒の低下の効果を大きくは阻害せず、かつ実験参加者が質問紙に記入回答できる程度とした。

実験の進行を図 3-1 に示す。実験参加者には実験室に入る前に前室で脳波用電極を装着した。脳波測定での拘束感を低減させるため、測定はテレメータ方式とした。実験参加者は電極装着後に実験者と共に入室し、ディスプレイを前にして椅子に着座した。実験者は実験参加者に実験の内容を教示しながら、その間しばらく室内の明るさに順応させて退室した。その後、実験参加者の心理状態を安定させるため、5 分間安静開眼状態にさせた。安静開眼では、背景音として小川のせせらぎを 40dB(A)でスピーカ（室内約 2m 前方に設置）より呈示した。その再生はデジタル・オーディオ・テープレコーダ（SONY（株）製、PC-108M）を用いて手動で行った。安静開眼の後、セッションを 4 回繰り返し、第 4 セッション終了後に再び実験参加者を安静開眼状態（背景音も呈示）にさせて実験を終了した。なお、実験中、実験者と実験参加者とのやり取りはすべてインターホンで行った。

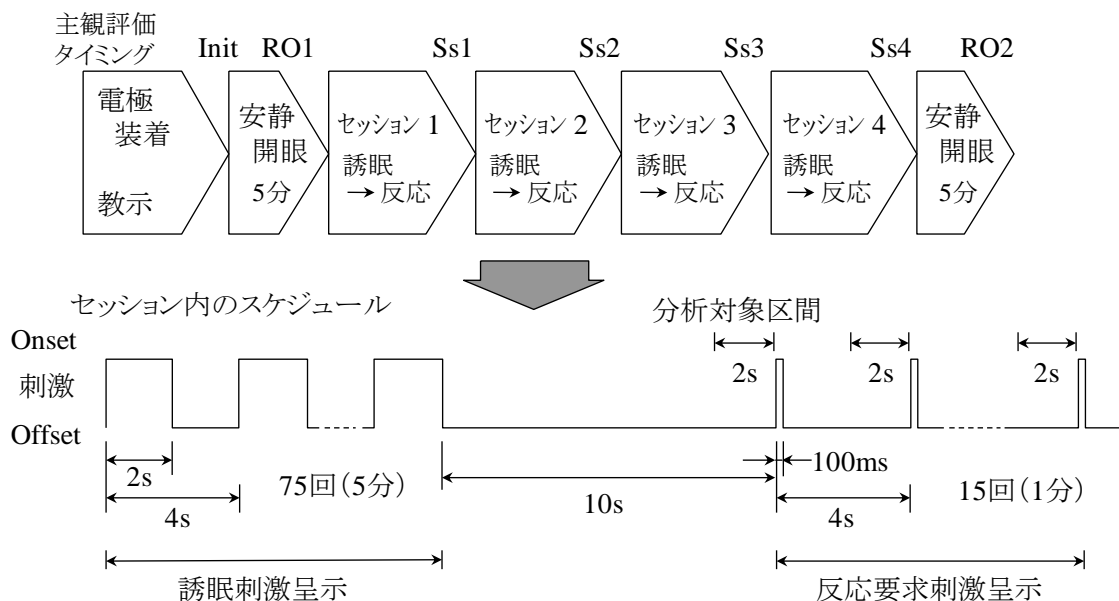


図 3-1 実験の流れ

各セッションの前後，最初の安静開眼開始前，最後の安静開眼終了後には，質問紙を用いて主観評価を行った。「覚醒感」，「気分の良し悪し」，「落ち着き」，「快・不快感」，「疲労感」の 5 項目については合計 7 回評価させた。また，「集中感」，「作業の難しさ」については各セッション後に合計 4 回評価させた。

これらの評価には，連続スケール評価法<sup>(3-17)</sup>を用いた。本評価法では，実験参加者が自分の心理状態を 100 点満点で自由に数値回答することを前提とし，-100～+100 の二極スケールと，0～+100 の単極スケールを設定している。「覚醒感」，「気分」，「落ち着き」，「快・不快感」については二極スケール，「疲労感」，「集中感」，「作業の難しさ」については単極スケールとした。「覚醒感」については，頭がぼんやりしていると感じている場合は－符号を，はっきりしていると感じている場合は＋符号をつけさせて，感じている程度を得点にして回答させた。「気分の良し悪し」，「落ち着き」，「快・不快感」については，ネガティブな場合は－符号を，ポジティブな場合は＋符号をつけさせて，同様に得点で回答させた。一方，「疲労感」，「集中感」，「作業の難しさ」については，感じている程度を 100 点満点（単極スケール）で回答させた。

反応時間は，反応要求刺激がオンセットされてから実験参加者がスイッチを押すまでの時間として，パーソナル・コンピュータの内部クロックを用いて 1ms の精度で計測した。

脳波の導出には銀-塩化銀皿電極を用い、テレメータ（日本光電（株）製、WEE-6124）により、左耳朶を基準電極、右耳朶を接地電極として単極誘導した。導出部位は国際 10-20 法に従い、Fp<sub>1</sub>、Fp<sub>2</sub>、F<sub>z</sub>、F<sub>7</sub>、F<sub>8</sub>、F<sub>3</sub>、F<sub>4</sub>、C<sub>3</sub>、C<sub>4</sub>、T<sub>5</sub>、T<sub>6</sub>、P<sub>3</sub>、P<sub>4</sub>、P<sub>z</sub>、O<sub>1</sub>、O<sub>2</sub> の 16 部位とした。脳波は時定数 0.3s、高域遮断周波数 30Hz で増幅後、サンプリング周波数 1kHz で PCM データレコーダ（（株）エヌエフ回路設計ブロック製、5870）にイベントマークとともに磁気記録した（解析はイベントマークを手がかりとして行った）。なお、実験室内の計測装置は刺激呈示用のディスプレイと実験参加者が身につけたテレメータ送信機のみとし、他は全て計測用の前室に配置して操作した。

### 3.2.5 データ解析

#### (1) 主観評価の解析

主観評価値は個人によって評価の振れ幅が異なる場合が生じるので、得られたデータを実験参加者毎に z 得点に変換して標準化した。ただし「集中感」と「作業の難しさ」に関してはセッション回数が 4 回であり評価数が少ないことから、標準化の対象にはしなかった。

#### (2) 反応時間の解析

各セッションにおける反応要求刺激呈示 15 試行のうち、最初の 5 試行は習熟試行として分析から除外し、残り 10 試行について実験参加者毎にセッション内の平均値と変動係数を算出した。

#### (3) 脳波の解析

全実験参加者の脳波パワースペクトルを視察検討した結果、 $\alpha$  波帯域に明瞭なピークが見られなかった実験参加者 4 名を分析対象から除外した。従って、分析対象とした実験参加者は男子 4 名、女子 3 名の計 7 名であった。また、実験参加者の除外により標本数が少なくなったため、統計検定には標本の分布型に依存しないノンパラメトリック法を用いた。

##### (a) パワースペクトル

実験参加者毎に磁気記録した原脳波をサンプリング周波数 64Hz で A/D 変換した後、反応要求刺激呈示前 2s 間を算出対象とした（図 3-1 参照）。部位毎に 128 ポイントの標本を用いて、ハニング窓を通した後、高速フーリエ変換 (FFT) 法によりパワースペクトルを算出した。そして、各セッション内の反応要求刺激

フェーズで反応時間処理に呼応した 10 試行分についてパワースペクトルを周波数領域で加算平均し、以降の分析に用いた。まず、帯域の区分を、 $\theta 1$  (4.0~5.5Hz),  $\theta 2$  (6.0~7.5Hz),  $\alpha 1$  (8.0~9.5Hz),  $\alpha 2$  (10.0~12.5Hz)  $\beta 1$  (13.0~19.5Hz),  $\beta 2$  (20.0~30.0Hz) とし、帯域内パワ値の総和を算出して帯域パワとした。 $\alpha$  波帯域のピーク周波数は、8.0~12.5Hz の周波数帯域内で最大パワ値を示した周波数とした。また、今回の実験では、脳波の視察から深い睡眠段階に至るような状態は認められなかったため、パワースペクトルの計算上は得られる  $\delta$  波帯域は検討対象から除外した。

(b)  $\alpha$  波帯域の周波数ゆらぎ

$\alpha$  波の周波数の変動にはリズム性が認められ、周波数のゆらぎとして現れる。リラックスした状態では  $\alpha$  波のリズム性がより高い傾向を示し、いわゆる  $1/f$  型に近い周波数ゆらぎ特性が見られ、脳の内因性的リズムが程良く維持されている状態と考えられる。一方、心的緊張の高まりを感じる場合にはこのリズム性は消失し、ゆらぎ特性は白色化することが多数の実験から認められている。

$\alpha$  波帯域の周波数ゆらぎについては、吉田<sup>(3-17)</sup>の方法を用いて各セッション、各部位でゆらぎスペクトルを算出した。その概要を図 3-2 に示す。

ゆらぎスペクトルの算出にはある程度のサンプル時間長が必要なため、反応要求刺激直前 2s の脳波ではなく反応要求刺激呈示フェーズ全体の脳波を分析対象とした。ゆらぎスペクトル算出の 1 区間を 25.6s として、バンドパスフィルタで  $\alpha$  波を抽出後、ゼロクロス法により閾値以上の波が発生した時刻を記録して周期を計算し、その逆数を取って周波数に変換した。そして、周波数の時系列波形に対して FFT をかけてゆらぎスペクトルを算出し、連続 2 区間分のゆらぎスペクトルを周波数領域で加算平均して安定化させた。ゆらぎ係数の算出では、ゆらぎ周波数とスペクトルを両側対数に変換した後、ゆらぎスペクトルの低周波領域 (約 1Hz 以下) の値を対象に直線回帰式を当てはめて傾きの大きさを数値化した。一般にゆらぎスペクトルは右肩下がりのスペクトル構造を示すので、傾きの符号は負となる。そこで、便宜上、傾斜係数の絶対値をもってゆらぎ係数とした。従って、係数が 1 に近いほど周波数のゆらぎは  $1/f$  型を示し、0 に近いほど白色化していることを示す。

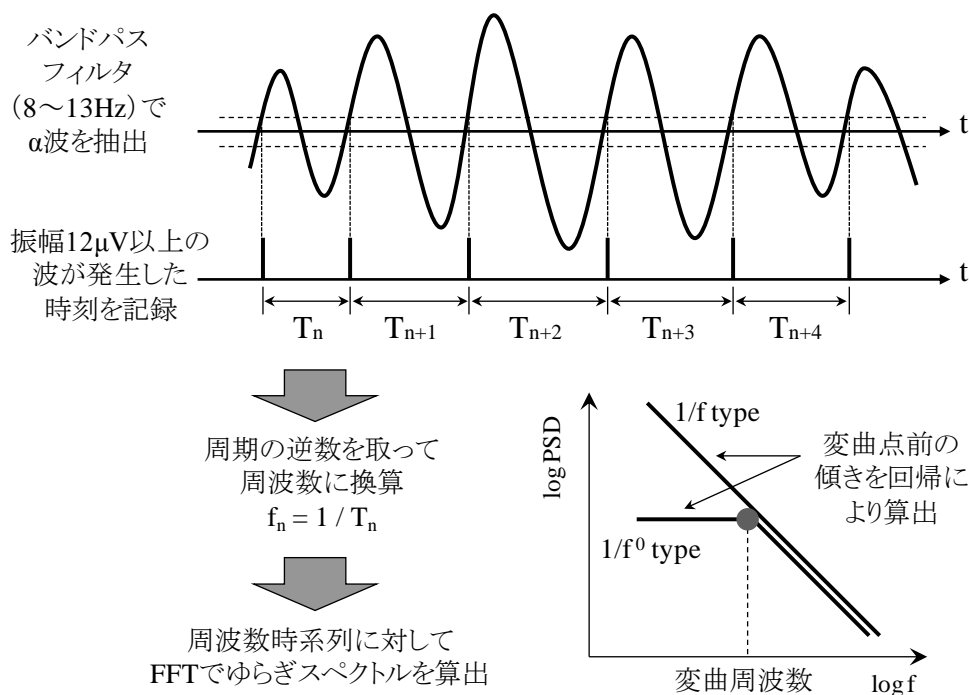


図 3-2 ゆらぎスペクトルおよびゆらぎ係数の算出方法

### 3.3 結果

#### 3.3.1 主観評価

まず、第1セッション直前の安静開眼後の心理状態について検討した。ここではz得点ではなく主観評価の得点を用い、0点（ニュートラル点）からの差が有意かどうかを一標本t検定によって検討した。その結果、覚醒感には有意差は見られず、気分、リラックス、快・不快感とも有意に+の方（気分が良い、リラックスしている、快である）であった（気分、 $p < 0.02$ ；リラックス、 $p < 0.01$ ；快・不快感、 $p < 0.02$ ）。これによって、刺激呈示セッション前は、実験参加者群としては覚醒の低下もなく快適であったと考えられる。

一方、第1セッションが始まると覚醒感はず一過性に増加し、セッションの繰り返しの伴って持続的に低下していく様子が見られた。これに伴って疲労感が増加していった。図3-3にその推移を示す。その他の感情に関する項目についても、気分は悪くなり、いらいら感が増加し、不快になるという方向の変化であった。また、図3-4に示すように、セッションの繰り返しの伴って集中感が低下する様子が見られた。こうした心理的变化に伴って作業の難易度も変化し、次第に難しく感じるような推移を示した。

以上の結果から、第1セッションと第4セッションでは心理状態が明らかに違うことが示唆される。従って、統計検定により差があれば、この2つのセッションを覚醒状態のプロトタイプとして生理状態の比較対象として取り上げられるのではないかと考えた。そこで、Wilcoxon 検定を用いて2つのセッション間の主観評価得点を比較した。その結果、覚醒感と集中感で低下する傾向が認められ、疲労感で有意な増加が認められた（覚醒感,  $p < 0.08$  ; 集中感,  $p < 0.07$  ; 疲労感,  $p < 0.05$ ）。

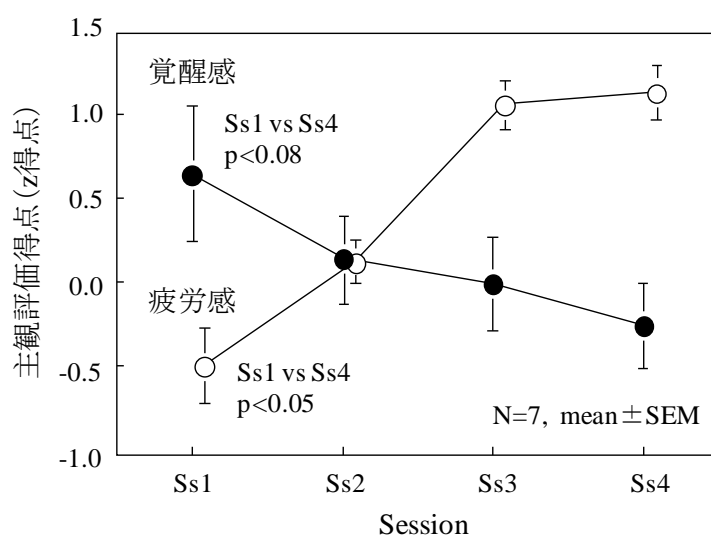


図 3-3 覚醒感、疲労感の推移 (z 得点)

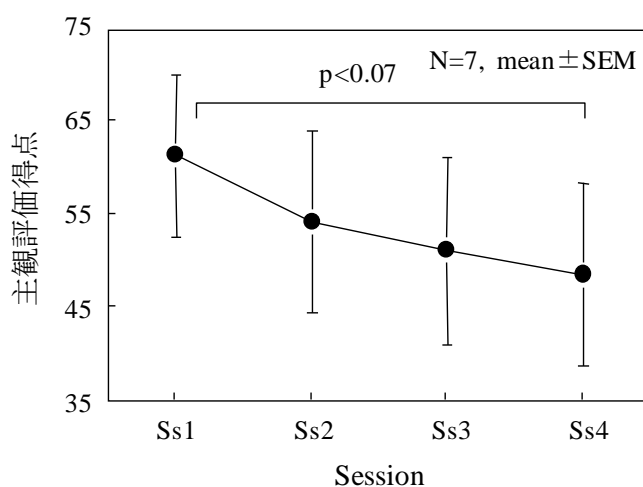


図 3-4 集中感の推移

### 3.3.2 反応時間

図 3-5 に反応時間の推移を示す。セッションの進行に伴い、反応時間、変動係数とも単調に増加するという変化を示した。これは、反応の遅延化に加えて反応時間のばらつきの増大を意味する。主観評価と同様に、第 1セッションと第 4セッションを対象に、Wilcoxon 検定を用いて反応時間と変動係数それぞれを比較した。その結果、第 1セッションに比べ第 4セッションで単純反応時間では有意な増加が、変動係数では増加する傾向が認められた（反応時間、 $p<0.05$ ；変動係数、 $p<0.1$ ）。

主観評価、反応時間から、第 1セッションと第 4セッションでは主観的、行動的に異なる覚醒状態にあることが示唆された。そこで、脳波に関しても両セッションを比較対象とした。

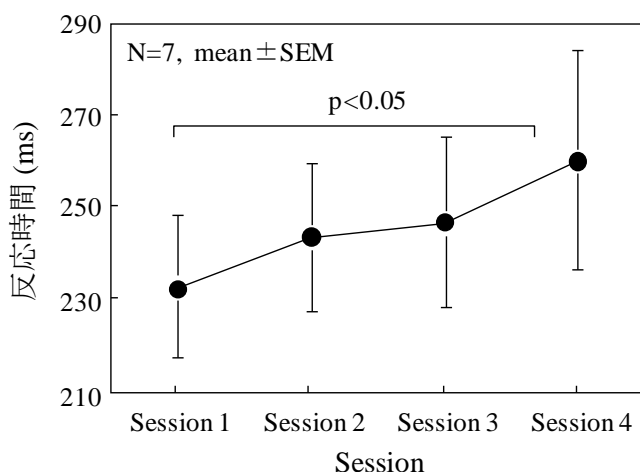


図 3-5 反応時間の推移

### 3.3.3 $\alpha$ 波ピーク周波数

図 3-6 は、第 1セッションと第 4セッションにおける  $\alpha$  波帯域のピーク周波数の実験参加者間平均値を、頭皮上分布図として示したものである。本図は頭皮を真上から見た二次元の円図で、上方向が鼻側、左右方向が耳側である。色の濃淡は周波数の高低を表し、色が濃いほど周波数が高く、薄いほど周波数が低いことを示す。分布図作成において非計測点の値は直線補間法で算出した。

この図から、第 4セッションでは第 1セッションに比べ全頭的に周波数が低く、特に頭皮上後部で顕著である様子が見られた。部位毎に、第 1セッション



と第4セッションにおける $\alpha$ 波帯域のピーク周波数を Wilcoxon 検定で比較した結果,  $P_3$ ,  $P_z$ ,  $T_5$ ,  $O_2$  の4部位で低下する傾向が認められた (いずれも  $p < 0.07$ ). 代表として, 図 3-7 に,  $P_z$  における $\alpha$ 波帯域のピーク周波数 (実験参加者の平均値) の変化を示す.

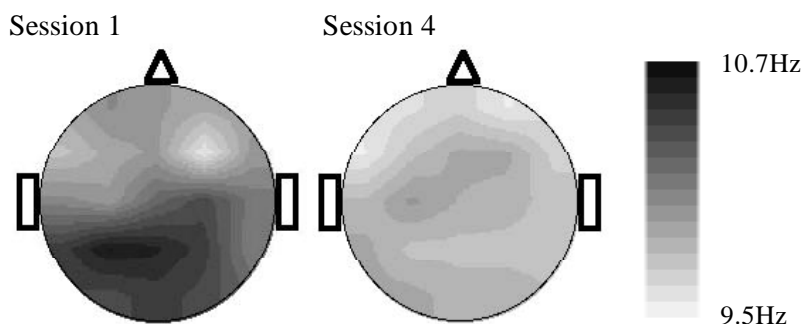


図 3-6  $\alpha$  波帯域ピーク周波数の頭皮上分布

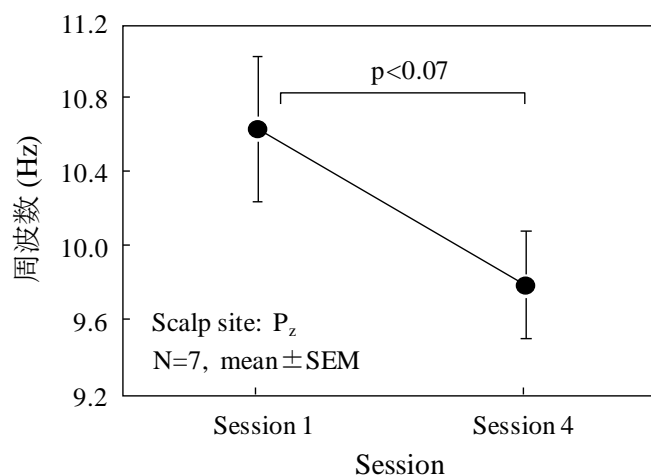


図 3-7  $\alpha$  波帯域ピーク周波数の推移 ( $P_z$  部位)

さらに, 部位の関連を検討するため, 4セッションすべてにおける16部位の $\alpha$ 波帯域ピーク周波数を対象に主因子法による因子分析を行った. 固有値1.0以上を因子抽出基準とし, 因子構造の単純化のためバリマックス回転を加えた. その結果, 2因子が抽出された. 因子負荷量が0.6以上の部位をまとめると, 第1因子は $C_3$ ,  $C_4$ ,  $P_3$ ,  $P_z$ ,  $P_4$ ,  $T_5$ ,  $T_6$ ,  $O_1$ ,  $O_2$ の頭皮上中心から後部の部位であり, 寄与率は66.9%であった. 第2因子は $F_8$ を除く頭皮上前部の部位でまとめられ, 累積寄与率は78.9%となった. これらの結果を図 3-8 に示す. 以上

から、 $\alpha$ 波帯域のピーク周波数で見ると脳の前後領域で活動が異なっていることが示唆される。

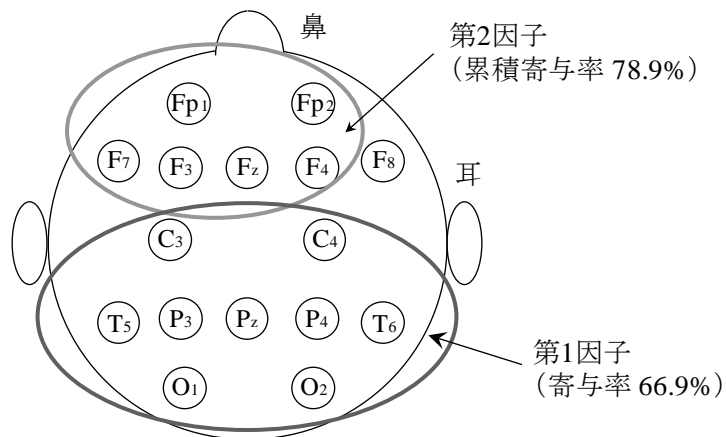


図 3-8  $\alpha$ 波帯域ピーク周波数の頭皮上分布の因子分析結果

### 3.3.4 脳波帯域パワースペクトル

第1セッションと第4セッションにおける各帯域のパワ量を比較した結果、特徴的変化が見られた帯域は $\theta 2$ と $\alpha 1$ であった。パワ分布図から、第4セッションでは第1セッションに比べ、前頭から頭頂の広い範囲で両帯域のパワ量が増加した様子が見られた。部位毎に Wilcoxon 検定を行った結果、 $\theta 2$ 帯域とも主に正中線から傍正中の部位で、パワ量の有意な増加、あるいは増加傾向が認められた ( $\theta 2$ 帯域:  $P_4$ ,  $p < 0.02$ ;  $F_z$ ,  $p < 0.03$ ;  $F_4$ ,  $C_3$ ,  $C_4$ ,  $P_z$ ,  $p < 0.05$ ;  $F_7$ ,  $F_3$ ,  $P_3$ ,  $p < 0.07$ ;  $\alpha 1$ 帯域:  $F_z$ ,  $C_4$ ,  $P_3$ ,  $P_z$ ,  $p < 0.07$ ;  $F_{p1}$ ,  $F_{p2}$ ,  $F_4$ ,  $C_3$ ,  $P_4$ ,  $p < 0.1$ )。図 3-9 はパワ量の増大を示した部位 (上述) をまとめたものである。一方、他の帯域と部位については有意な変化は見られなかった。

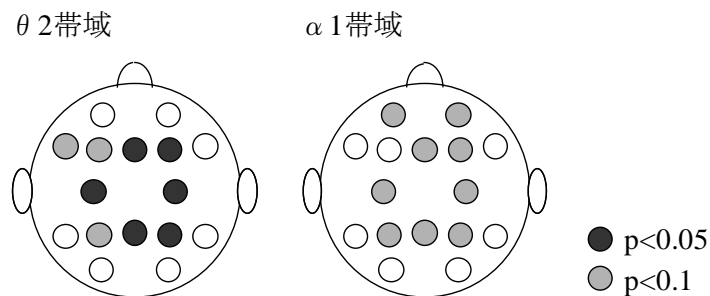


図 3-9 帯域パワが増加した部位

### 3.3.5 $\alpha$ 波帯域の周波数ゆらぎ

図 3-10 は、第 1 セッションと第 4 セッションにおける、 $\alpha$  波帯域の周波数ゆらぎ係数の平均値の頭皮上分布図である。色が濃いほどゆらぎ係数が 1 に近く（つまり  $1/f$  ゆらぎ傾向が強く）、薄いほど 0 に近い（つまり白色化している）ように表示した。この図から、第 4 セッションでは第 1 セッションに比べて右前頭から右中心付近で白色化している様子が見られた。各部位において第 1 セッションと第 4 セッションでのゆらぎ係数を Wilcoxon 検定で比較した結果、 $F_8$  と  $C_4$  の 2 部位で低下する傾向が認められた ( $F_8$ ,  $p<0.07$ ;  $C_4$ ,  $p<0.08$ )。図 3-11 に  $F_8$  と  $C_4$  におけるゆらぎ係数の変化を示す。

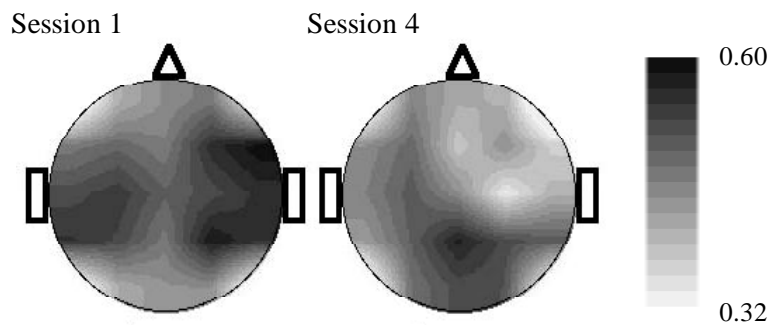


図 3-10  $\alpha$  波帯域周波数ゆらぎ係数の頭皮上分布

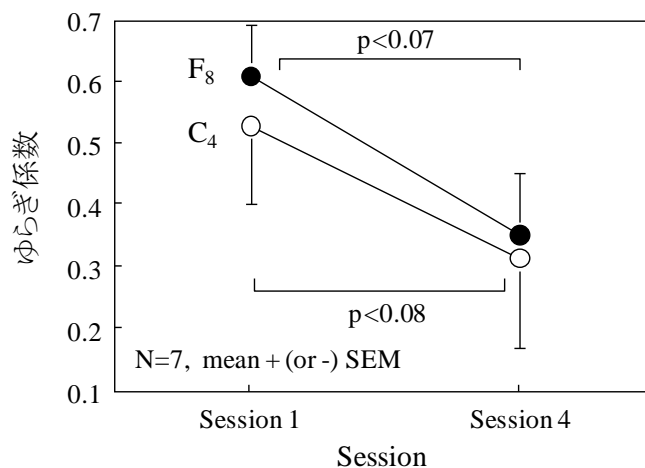


図 3-11  $\alpha$  波帯域周波数ゆらぎ係数の推移

### 3.4 考察

本研究では、反応時間の遅延の主たる原因を覚醒低下と見なせるような単純な状況をモデルとして設定し、反応時間と脳波の関係を検討した。実験では、視覚刺激を規則的に繰り返し呈示することで、実験参加者の覚醒を積極的に低下させることを試みた。特に、誘眠刺激は、その後続く反応要求刺激に対する反応時間の遅延を引き起こすことを予想させた。実験の結果からは、短時間で反応要求刺激に対する反応時間の遅延が認められた。

反応時間に反映される人間の状態としては、覚醒状態以外にも注意配分やモチベーション等が挙げられる。本研究の場合、1つのセッションにおける誘眠刺激呈示と反応要求刺激呈示の時間的割合は、前者が5分であるのに対して後者は1分であり、注意配分やモチベーション等が問題になるほど長くはなく、覚醒感の低下という主観評価の結果や反応時間の遅延は主として誘眠刺激の効果と考えられる。一方、主観評価においては、覚醒感の低下に加えて疲労感の増加や集中感の低下という特徴的な現象も見られ、誘眠刺激呈示の後に繰り返し反応課題を遂行することがさらに脳の活性を低下させたと考えることができよう。

例えば、誘眠刺激がなくても、本実験と同様の4秒間隔での視覚刺激の繰り返し呈示によって数分間でも刺激反復に伴って脳波の平坦化や徐波化が見られた事例もある<sup>(3-18)</sup>。ヴィジランス課題には「30分効果」もあり、連続作業における信号の見落とし増加は30分程度の時間で生じるとされている<sup>(3-4)</sup>。

こうしたことから、短時間で覚醒低下が生じた原因には、誘眠刺激とともに単調な反応要求刺激による効果も含まれていたと言える。本実験では4つのセッションに主観評価も入れて約30分要しており、こうした覚醒低下を誘発する様々な条件が第1セッションと第4セッションの反応時間の遅れを引き起こしたと考えられる。これを確認する意味でも脳波の変動を見るのは重要である。

次に、脳波の結果について議論する。今回、反応時間の遅延と呼応して、反応要求刺激直前の脳波に、 $\alpha$ 波ピーク周波数の低下や、 $\theta 2$ 帯域、 $\alpha 1$ 帯域のパワの増加が認められた。また、セッション間では $\alpha$ 波帯域の周波数ゆらぎの白色化も認められた。

$\alpha$ 波周波数と反応時間の関係についてはこれまでも多くの議論がなされているが、幾つかの視点の違いがある。例えば、Surwillo に代表される一連の研究

では、集団内において個人固有の $\alpha$ 波の平均周波数の違いが知覚運動反応とどのように関係するかを議論している。そこでの議論は、 $\alpha$ 波の平均周波数の高低が反応時間と相関を有するかどうかということであり、高い $\alpha$ 波周波数の個人は反応時間も速いと示唆している。一方、反応時間と $\alpha$ 波周波数の関係を個人内で調べた Woodruff<sup>(3-19)</sup>は、バイオフィードバック手法によって $\alpha$ 波の周波数を低下させるように制御すると反応時間も遅延すると報告している。本研究は後者の視点に立っており、その視点で議論したときに $\alpha$ 波周波数と反応時間に関係があるということである。

さらに、本研究の結果は、上記の関係の議論には脳の領域を考慮すべきという視点も示唆する。 $\alpha$ 波帯域のピーク周波数の変化は頭皮上後部と前部の2つのサブ領域で異なり、反応時間の遅延と呼応するのは頭頂部周辺での $\alpha$ 波ピーク周波数の低下である。従って、覚醒低下を検討する場合には、頭頂部周辺における $\alpha$ 波帯域のピーク周波数の変化に着目する必要があるであろう。

覚醒と頭頂部周辺の脳活動については、幾つかの興味深い指摘がある。黒田ら<sup>(3-20)</sup>は、 $\alpha$ 波の周波数ゆらぎを用いた覚醒感推定ニューラルネットの構築において、覚醒感の評価に際しては中心部から頭頂部脳波の影響力が大きいことを指摘した。また、Heller<sup>(3-21)</sup>は、右頭頂側頭部の脳波活動が自律神経系の覚醒反応と関連すると指摘している。睡眠研究では、中心部から頭頂部の正中部位では脳幹等の深部の脳活動を反映した脳波が現れるとされ、従来から脳幹網様体は覚醒水準の制御に深く関与することが明らかになっている。これらは、覚醒の変化が頭頂部周辺の脳波に反映されることを示唆する知見である。従い、本実験の結果からは、覚醒の低下により反応時間が遅延するのに対応して、頭頂部周辺の $\alpha$ 波帯域のピーク周波数が低下すると言えるだろう。

反応時間の遅延と呼応して、反応要求刺激直前の $\alpha 1$ ,  $\theta 2$ 帯域のパワの増加が正中から傍正中の広範な部位で認められた。過去に、作業成績の悪化と $\alpha$ 波、 $\theta$ 波のパワの変化が対応した<sup>(3-22)</sup>、あるいは精神負荷課題での覚醒水準の経時変動が $\alpha 1$ 帯域のパワの増加に表れた<sup>(3-23)</sup>等の報告があり、本実験における $\alpha$ 波帯域のピーク周波数の低下に加え、脳波の低周波成分の増加はこれらの報告と一致する。 $\alpha 1$ 帯域と $\theta 2$ 帯域は便宜上帯域を分けたもので、基本的には連続した低い周波数領域と考えると、反応時間の遅延時には脳波に長周期で大振幅の同期化が生じると言えないだろうか。

Gaillard<sup>(3-24)</sup>は、 $\alpha$ 波活動には2つあり、それぞれ異なった覚醒システム、一

過性の覚醒 (phasic) と持続性の覚醒 (tonic) がある中で、刺激直前の脳波は一過性の覚醒を反映すると述べている。また、Morrell<sup>(3-13)</sup>は、刺激直前の脳波は行動的变化を充分予測できると指摘している。本研究では反応要求刺激直前の脳波を解析対象としたが、一過性の短周期で変動するような覚醒を対象とする場合、数秒のエポックの脳波の同期化の様相が、その直後の行動反応、つまり反応時間を規定すると言えるかもしれない。また個人内での脳波の変動という視点では、安静時の基準脳波に対してどれだけ変化すれば反応時間がどれだけ変化するかという考え方もあるだろう。例えば、 $\alpha$ 波周波数と反応時間の間には相関はないものの、 $\alpha$ 波周波数の相対的な変化はパフォーマンスの相対的な変化を予想させるとの報告もある<sup>(3-25)</sup>。今回はそのような視点で解析してはいないが、今後、検討の視点として重要と考えられる。

$\alpha$ 波帯域の周波数ゆらぎは、覚醒状態だけでなく、気分の良し悪しと覚醒との関係によって左右される<sup>(3-26)</sup>。すなわち、覚醒感が低く気分が良いときにはゆらぎ係数は大きくなり、 $\alpha$ 波帯域周波数は  $1/f$  型ゆらぎにより近くなる傾向を示すが、覚醒感が多少高く気分の良さが感じられなければゆらぎ係数は小さくなる。今回、覚醒低下に伴う反応時間の遅延に対応して右前頭側頭部と右中心部で白色化した。これは、ゆらぎ係数から見ると、筆者らの設定した実験系は単純に覚醒低下のみを扱っていたのではないことを示唆する。主観的な面から推測すると、覚醒感は低下したが同時に気分の悪化や不快感の増加という傾向も出ており、負の感情も生じている様子がうかがえた。従って、眠いのを我慢して作業するイライラ感がゆらぎの白色化に反映されたとも考えられる。そのような負の感情が、覚醒低下以上に $\alpha$ 波帯域のゆらぎに大きく影響したのかもしれない。特に、負の感情処理に右前頭部の活動が関与していることを指摘した報告もあり<sup>(3-21), (3-27), (3-28)</sup>、今回の結果である右前頭側頭部のゆらぎの白色化はこのことと対応しているのかもしれない。

本研究では反応時間遅延に伴う背景脳波の特徴を検討した。反応時間は、ステアリングやブレーキ等の操作によるドライバの行動的反応を抽象化したものである。また、自動車運転中に眠気が発生したときには休憩できる場所まで我慢して運転を続ける必要があり、ドライバはそれによる負の感情やイライラ感を感じる事が予想され、今回の実験状況そのものと言えよう。今回の実験から得られた、頭頂部周辺の $\alpha$ 波帯域ピーク周波数の低下や全頭的な $\alpha 1$ ,  $\theta 2$ 帯域パワの増加、 $\alpha$ 波帯域周波数ゆらぎの白色化といった脳波パターンが複合的に

見られるとき，どのような行動的反応の遅れ，乱れ，ばらつきが観測されるか調べていくことにより，将来，ドライバ行動から覚醒低下のセンシングを実現できると考えられる．さらに，脳波はドライバの中枢系の活動レベルを反映しており，今回の結果は，例えば精神疲労のように，中枢系の機能低下の評価という覚醒低下から枠を広げた形でも応用可能と思われる．

### 3.5 まとめ

視覚刺激の反復呈示により覚醒を積極的に低下させ，反応時間が遅延したときに背景脳波にどのような特徴的变化が現れるかを明らかにした．その結果，刺激直前の脳波について，頭頂部周辺での $\alpha$ 波帯域ピーク周波数の低下や，全頭的な $\theta 2$ 帯域， $\alpha 1$ 帯域のパワの増加が認められた．また， $\alpha$ 波帯域の周波数ゆらぎの白色化が認められた．これらの脳波特徴は，今後，覚醒低下の他覚的，簡易的評価手法の確立に向けて一つの手がかりを与えるものと考えられる．

なお，この研究は通商産業省・工業技術院の産業科学技術研究開発プロジェクト「人間感覚計測応用技術」の一環として，新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）からの委託により，社団法人人間生活工学研究センター（HQL）を通して行われたものである．

### 参考文献

- (3-1) 麻生勤，中島和子，黒木康之：単調高速運転におけるドライバの生理的負担，自動車研究，Vol.1，No.7，p.226-229 (1979)
- (3-2) McCartt, A. T., Ribner, S. A., Pack, A. I. and Hammer, M. C. : The scope and nature of the drowsy driving problem in New York state, Accident Analysis & Prevention, Vol.28, No.4, p.511-517 (1996)
- (3-3) 警察庁交通局：安全・円滑・快適な道路交通を目指して～トラフィック・グリーンペーパー～，全日本交通安全協会，p.60-61 (1992)
- (3-4) 西岡昭：Vigilance Task に関する心理学的諸研究，心理学研究，Vol.33, No.3, p.30-42 (1962)
- (3-5) 石橋基範，石田健二，畑秀二：単調運転模擬作業時の覚醒低下特性に関する実験的検討，自動車技術会論文集，Vol.29, No.3, p.135-140 (1998)
- (3-6) 小島卓也：脳波および眼球運動，睡眠学ハンドブック，日本睡眠学会（編），朝倉書店，東京，p.521-525 (1994)

- (3-7) 宮田洋：生理心理学，脳と心，宮田洋（編），培風館，東京，p.13-20 (1996)
- (3-8) Surwillo, W. W. : The reaction of simple response time to brain-wave frequency and the effects of age, *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, Vol.15, p.105-114 (1963)
- (3-9) Sersen, E. A., Clausen, J. and Lidsky, A. : Reaction time and psychophysiological activity, *Perceptual and Motor Skills*, Vol.54, p.379-390 (1982)
- (3-10) Bauer, H. G., Hoch, H. and Apfeldorf, M. : Alpha wave frequency and auditory reaction time as related to aging in 137 subjects with normal electroencephalograms: a preliminary report, *Activitas Nervosa Superior*, Vol.9, No.2, p.125-129 (1967)
- (3-11) Boddy, J. : The relationship of reaction time to brain wave period: a re-evaluation, *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, Vol.30, p.229-235 (1971)
- (3-12) Ota, T., Toyoshima, R. and Yamauchi, T. : Measurements by biphasic changes of the alpha band amplitude as indicators of arousal level, *International Journal of Psychophysiology*, Vol.24, p.25-37 (1996)
- (3-13) Morrell, L. K. : EEG frequency and reaction time - a sequential analysis, *Neuropsychologia*, Vol.4, p.41-48 (1966)
- (3-14) Gath, I., Lehmann, D. and Bar-On, E. : Fuzzy clustering of EEG signal and vigilance performance, *International Journal of Neuroscience*, Vol.20, p.303-312 (1983)
- (3-15) 吉田倫幸：脳波レベルからみた  $1/f$  ゆらぎの意義，*BME*, Vol.8, No.10, p.29-35 (1994)
- (3-16) 篠田晴男，吉田倫幸：生理指標による作業遂行時の覚醒変動の検討－自発脳波を中心として－，*筑波大学心理学研究*，Vol.9, p.21-27 (1987)
- (3-17) 吉田倫幸：脳波のゆらぎ計測と快適評価，*日本音響学会誌*，Vol.46, No.11, p.914-919 (1990)
- (3-18) 吉田倫幸，吉田茂，八重沢敏男，広重佳治，永村寧一：刺激系列及び背景脳波が頭皮上誘発電位に及ぼす影響，*脳研究会会誌*，Vol.5, No.1, p.164-165 (1979)
- (3-19) Woodruff, D. S. : Relationships among EEG alpha frequency, reaction time, and age: a biofeedback study, *Psychophysiology*, Vol.12, No.6, p.673-681 (1975)
- (3-20) 黒田幸男，吉田倫幸：脳波ゆらぎから覚醒度を推定するニューラルネットの作成，*自動車技術*，Vol.49, No.9, p.91-96 (1995)
- (3-21) Heller, W. : Neuropsychological mechanisms of individual differences in emotion, personality, and arousal, *Neuropsychology*, Vol.7, No.4, p.476-489 (1993)
- (3-22) O'Hanlon, J. F., Weber, A., Sanchin, E. and Grandjean, E. : Central nervous system, mood and performance changes during prolonged repetitive manual work, *Ergonomics*, Vol.22, p.578 (1979)
- (3-23) Schober, F., Schellenberg, R. and Dimpfel, W. : Reflection of mental exercise in the dynamic quantitative topographical EEG, *Neuropsychobiology*, Vol.31, No.2, p.98-112 (1995)



- (3-24) Gaillard, A. W. : Drug effects on EEG frequency spectra as a function of interstimulus interval, *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, Vol.42, No.3, p.417-420 (1977)
- (3-25) Creutzfeldt, O. D., Arnold, P. M., Becker, D., Langenstein, S., Tirsch, W., Wilhelm, H. and Wuttke, W. : EEG changes during spontaneous and controlled menstrual cycles and their correlation with psychological performance, *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, Vol.40, No.2, p.113-131 (1976)
- (3-26) 吉田倫幸 : 脳波の周波数ゆらぎ計測と感情評価, *日本機械学会誌*, Vol.98, No.918, p.403-406 (1995)
- (3-27) Wheeler, R. E., Davidson, R. J. and Tomarken, A. J. : Frontal brain asymmetry and emotional reactivity : a biological substrate of affective style, *Psychophysiology*, Vol.30, No.1, p.82-89 (1993)
- (3-28) 吉田倫幸, 矢野博子 : 香り刺激に対する  $\alpha$  波の脳内電源分布, *日本味と匂学会誌*, Vol.2, No.3, p.297-300 (1995)

## 第4章

### 向性と精神的負荷が精神疲労に及ぼす

#### 影響モデルの構築

##### 4.1 はじめに

現在多くの生活者が自動車を運転し、疲れしない配慮を車に求める声は大きく、ドライバの疲労研究は重要である。自動車運転では大脳皮質のような中枢神経系の疲労が重要と指摘され<sup>(4-1)</sup>、その視点から多くの研究がなされてきた。ISO10075 (JIS Z 8502) の定義によると精神疲労は「精神的及び身体的機能の効率の一時的減退」とされており、中枢系である脳の活性の低下は精神疲労の一側面と捉えられるだろう。運転疲労にはドライバの生活要因、運転作業中の要因(車内環境、車外環境、運行条件)、ドライバ条件といった多くの要因が影響すると考えられている<sup>(4-2)</sup>。精神疲労に関しては、これまで生活要因や運行条件、道路交通環境との関係は研究されることが多かったが、ドライバ条件、すなわちドライバの特性に着目した検討は少ない。一方で、事故低減や負担軽減のための運転支援システムをドライバ個人の特性に適合させる考え方<sup>(4-3)</sup>が着目されており、人間・機械系の適合性を今後向上させていく上で精神疲労の個人差を理解する手がかりが必要になると予想される。

精神疲労の個人差に関して、Pavlov は生物学的メカニズムを仮定した示唆に富む仮説を展開した。彼は高次神経系が外部からの刺激に応答するときに「興奮」と「抑制」の組み合わせによるタイプがあると仮定し、それが行動となって現れ、疲労の発生にも関係すると考えた<sup>(4-4)</sup>。これを踏まえると、脳の刺激応答タイプの違いが精神疲労の個人差に反映されるかもしれないと推測される。刺激応答のタイプについて、Eysenck は性格の生物学的基礎と関連づけて、外向性の性格の者は刺激に対して受容して脳の覚醒レベルを上げ、逆に内向性では刺

激に対して受け容れず脳の覚醒レベルを下げて刺激に対応すると考えた<sup>(4-5)</sup>。ここで、外向性は関心や興味が外に向いているタイプで、社交的、人好き、陽気、刺激を好むといった特徴を持ち、内向性は関心や興味が自分の内側に向いており、非社交的、静か、消極的、注意深い、用心深い、刺激を好まないといった特徴を持つとされる<sup>(4-6), (4-7)</sup>。

内向性、外向性という「向性」と脳の刺激応答との関係は、脳波を用いた研究により検討されてきた。Soskisらは視覚刺激呈示に対する脳の反応を誘発電位で調べ、強い刺激により脳波の反応増強が見られるのは外向性傾向が強い者であるとした<sup>(4-8)</sup>。Ditragliaらは脳波事象関連電位（P300）の反応から外向性者は刺激に対して *habituation*（慣れ）を生じやすく、内向性者は生じにくいことを導いた<sup>(4-9)</sup>。Cahillらは刺激への慣れの対処方法の違いが注意リソースの消費量という認知情報処理の側面に及ぶと捉え、向性との関係を論じた<sup>(4-10)</sup>。このように、向性により脳の刺激応答が異なり、それが知覚や認知の情報処理（すなわち精神的負担）の違いに関係することが示唆されており、刺激応答のタイプが確認されれば精神疲労の個人差の理解へ応用できると思われる。

精神疲労と向性の関係について、Verweyらは低負荷の運転場面で、外向性の性格は居眠り運転の発生や心拍変動指標が示す弛緩と同じ因子であることを示し、外向性者で居眠り運転が生じやすいとした<sup>(4-11)</sup>。また、Thiffaultらは、外向性かつ刺激を求める傾向が強い者は道路の単調さに対して感受性が高く、疲労が生じるリスクが高いと結論づけた<sup>(4-12)</sup>。これらはいずれも低負荷運転での外向性者の居眠り発生を指摘した研究である。一方で負荷が高い状況では、Werreは脳波の随伴陰性変動（CNV）の大きさには背景騒音の有無と向性の交互作用があることを示した<sup>(4-13)</sup>。Belojevicらは背景騒音が大きいときに外向性者では計算課題遂行の所要時間が短くなり、内向性者では集中感や注意力が低下するという結果を導いた<sup>(4-14)</sup>。背景騒音は精神的負荷であり、これらの研究は向性と精神的負荷の相互影響を示唆するもので、自動車運転における精神疲労も向性のみならず両者の相互影響を受けると推測される。

そこで本研究では、精神疲労の個人差を理解する手がかりを得るために、ドライバ特性の一つである向性(性格)の視点を取り入れて以下の検討を行った。最初に、脳の刺激応答にタイプがあることを確認した。脳活動は脳波に反映されるが、覚醒レベルの高さは頭頂部の脳波α波帯域周波数の高さに関係することを第3章で指摘した<sup>(4-15)</sup>。従って、Eysenckが主張するように刺激応答タイプ

が脳の覚醒レベルの変化として現れるなら、刺激呈示によって外向性では $\alpha$ 波周波数が上昇する（覚醒レベルが高くなる）パターンに、内向性では下降する（覚醒レベルが低くなる）パターンになることが予想される。ここでは、視覚刺激呈示に伴う $\alpha$ 波周波数の変化を検討した。次に、そのタイプが精神疲労にどのように影響するか精神的負荷の視点も入れて関係をモデル化し、第2章で開発した自動車運転模擬作業により精神的負荷をコントロールした実験でモデルの妥当性を検討した。精神疲労として脳の活性の低下に着目し、それを反映した生理的指標として頭頂部の脳波 $\alpha$ 波帯域周波数を用いた<sup>(4-15)</sup>。

## 4.2 脳波の刺激応答タイプの検討

### 4.2.1 実験方法

#### (1) 実験参加者

20～59歳で、正常な視力（矯正含む）を有する健常な男性60名とした（平均36.2歳）。実験参加者には実験終了後に謝礼を支払った。

#### (2) 視覚刺激及び呈示方法

視覚刺激はパーソナル・コンピュータを用いて生成し、内部クロックを利用した独自プログラムを作成して制御した。図4-1に刺激呈示画面と呈示スケジュールを示す。実験参加者の眼前0.4mに14インチカラーディスプレイを設置し、背景を黒とした画面中央に緑色円形刺激を呈示した。刺激は直径30mm、輝度 $132\text{cd/m}^2$ 、オンセット間隔6s、持続時間1sで、14回繰り返し呈示した（全部で79s間）。一連の刺激呈示の前26s、後23sには無刺激状態（blank）を設定した。blankと刺激呈示の時間は合計128sで、総称して「刺激呈示セッション」とした。画面には円形刺激と同心の注視領域（正方形、対角線50mm、頂点のみをドットで表示）を設定し、刺激呈示セッションではその領域を常に見ているよう実験参加者に指示した。なお、刺激呈示の前後にblankがあるというスケジュールは教示しなかった。

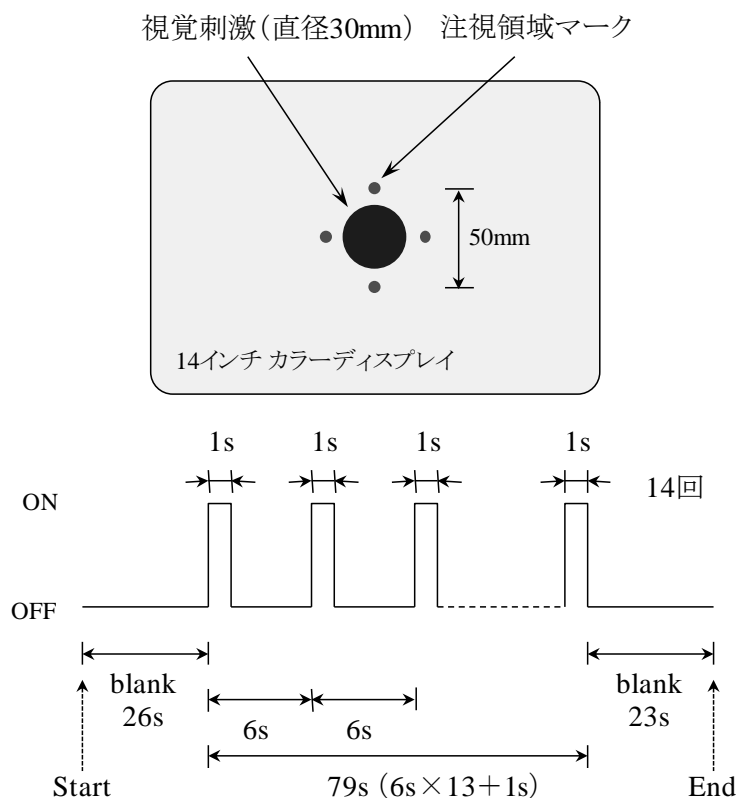


図 4-1 視覚刺激の呈示方法

### (3) 手続き

実験は空調制御された簡易防音室内で行った(室温 20~22°C, 湿度 40%前後)。最初に, 実験参加者に別室で実験に関する説明を行ってインフォームド・コンセントを取得した後, 実験室に入って教示を行い, 脳波用電極を装着した。電極装着の間, 15分以上かけて段階的に室内照度を落として実験参加者を暗順応させて, 最終的に照度 0.02 ルックス(目元付近)とした状態で5分以上経過させた。その後, 実験参加者は丸椅子に着座して顎台に顎を乗せ, 極端に不自然な姿勢とならずディスプレイと正対するように実験者が椅子の高さを調整した。顎台で顔位置を固定した状態で3分間の安静閉眼を行った後, 実験参加者の右手にスタートスイッチを持たせ, 準備ができれば自ら押して刺激呈示セッションを開始するように指示した。刺激呈示セッション終了後, 実験室で電極を外して, 別室で心理検査を実施した。なお, サーカディアンリズムの影響を極力排除するため, 実験時間帯は各日 11:30~13:30 に設定した。

向性の評価にはモーズレイ性格検査(MPI)<sup>(4-16)</sup>を用いた。MPIでは性格を内向性-外向性(E尺度)と神経症-安定性(N尺度)の2次元で捉え, 各0~

48 点で得点化される。

脳波の導出には銀-塩化銀皿電極を用い、汎用生体アンプ（NEC メディカルシステムズ（株）製、バイオトップ）により左耳朶を基準電極、右耳朶を接地電極として単極誘導した。導出部位は国際 10-20 法の  $C_z$ ,  $P_z$ ,  $O_z$  とし、LFF 0.5Hz, HFF 30Hz で増幅後、サンプリング周波数 12kHz で PCM データレコーダ（（株）エヌエフ回路設計ブロック製、5881）に磁気記録した。同時に、アーティファクト観察用として左目の垂直 EOG を計測、記録した。

#### 4.2.2 脳波解析方法

周波数分解能を高くして変化を検討するため、吉田の方法<sup>(4-17)</sup>で  $\alpha$  波帯域周波数を算出した。解析には頭頂中心部 ( $P_z$ ) の脳波を用いた。データレコーダで再生し、8~13Hz のバンドパスフィルタで  $\alpha$  波帯域の脳波を抽出した後、サンプリング周波数 200Hz で A/D 変換した。そして、ゼロクロス法により原脳波換算で  $2\mu V_{p-p}$  以上の振幅を持ってクロスする波形が発生した時刻を記録し、発生間隔から計算した周期の逆数を取って周波数に換算した（図 3-2 参照）。刺激呈示セッションでは、25.6s を 1 ブロックとしてオーバーラップ率 25%（6.4s に相当）でずらしてブロック内の平均周波数を算出し（全 16 ブロック）、最初の blank に相当するブロック（スタートスイッチ押下直後の 26s 間）の平均周波数との差分を個人内で計算した。個人内でこの値が高いほど覚醒レベルが高くなっていることに相当する。また、初期状態として安静閉眼時 128s 間の平均周波数を算出した。なお、統計的な手法により平均値の差の検定を行う際には、個人差が大きいことを考慮して有意水準を 10% に設定した。

#### 4.2.3 結果

最初に、内向性、外向性の違いをより明瞭にすることを目的としてそれぞれの傾向が高い群の間で比較するため、E 尺度得点の成人男性の統計値<sup>(4-16)</sup>を用いて、「平均+0.5×標準偏差」以上を外向性群、「平均-0.5×標準偏差」以下を内向性群と分類して、群間の違いを検討した。その結果、図 4-2 に示すように、外向性群では刺激呈示に伴って  $\alpha$  波帯域平均周波数の上昇傾向が、内向性群では周波数が一過性の下降を示した後に上昇する傾向が見られた。しかし、各ブロックの周波数について群間で対応のない t 検定を行った結果、有意差が見ら

れたのは 13, 14 ブロックのみで ( $p<0.1$ ), 標準偏差が大きい様子が見られた。つまり, 個人差が大きく, 向性以外にも  $\alpha$  波帯域周波数の変化に影響する要因があることが示唆された。

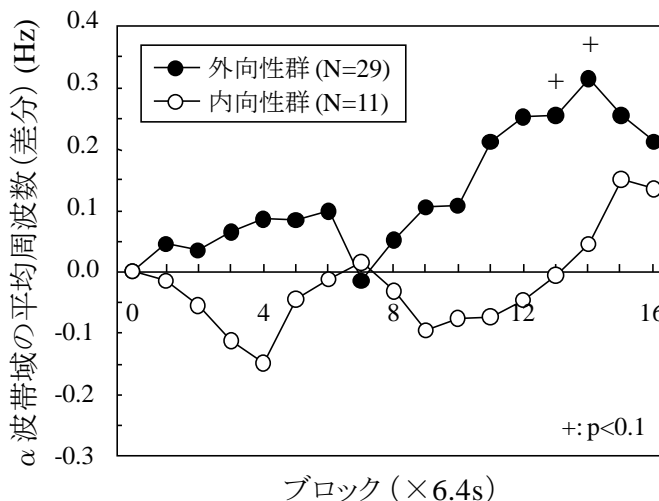


図 4-2 視覚刺激呈示に伴う  $\alpha$  波帯域平均周波数の変化

その要因として, MPI は 2 尺度で構成されることから E だけでなく N 尺度も関与していたのではないかと考えられ, また年齢層によっても周波数変化が異なる様子だったので年齢の要因も考えられた。それを受けて, 若年群 (~39 歳) と中高年群 (40 歳~) に分けて, E, N 両尺度の高低の組み合わせで計 8 群に分類することにした。しかし, 両尺度得点の平均と標準偏差を使って群を分けた場合, E と N を組み合わせると 1 群あたりの実験参加者数が少なくなったため, 両尺度とも 24 点 (フルスケールの中央) を境に内向性・外向性, 神経症・安定性に分類することにした。解析の結果, 若年群では, N 尺度の高低によらず内向性群では周波数が一過性の下降から上昇に転ずる傾向が, 外向性群では上昇傾向が見られた。また, 中高年群では, 逆に E 尺度の高低によらず神経症群では下降傾向が, 安定性群では上昇傾向が見られた。

そこで, 若年群では E 尺度得点の高低で, 中高年群では N 尺度得点の高低で分類して変化をまとめた。その結果を図 4-3 に示す。これより, 若年群の内向性群と中高年群の神経症群では周波数が一過性の下降から上昇に転ずるパターン, 若年群の外向性群と中高年群の安定性群では周波数が上昇するパターンの, 2 パターンが見られた。2 次曲線で回帰したところ, 説明率は 0.64~0.81 であった。

また、若年群では最初の方の、中高年群では終わりの方のブロックで、対応のない t 検定により群間の周波数に有意差が見られた（若年群：1,2,3 ブロックで  $p<0.05$ ；4,15 ブロックで  $p<0.1$ ；中高年群：13 ブロックで  $p<0.05$ ；12,14,16 ブロックで  $p<0.1$ ）。なお、若年群内の内向性群と外向性群，中高年群内の神経症群と安定性群のそれぞれの群間で、安静閉眼時の  $\alpha$  波帯域平均周波数に有意差は見られなかった。

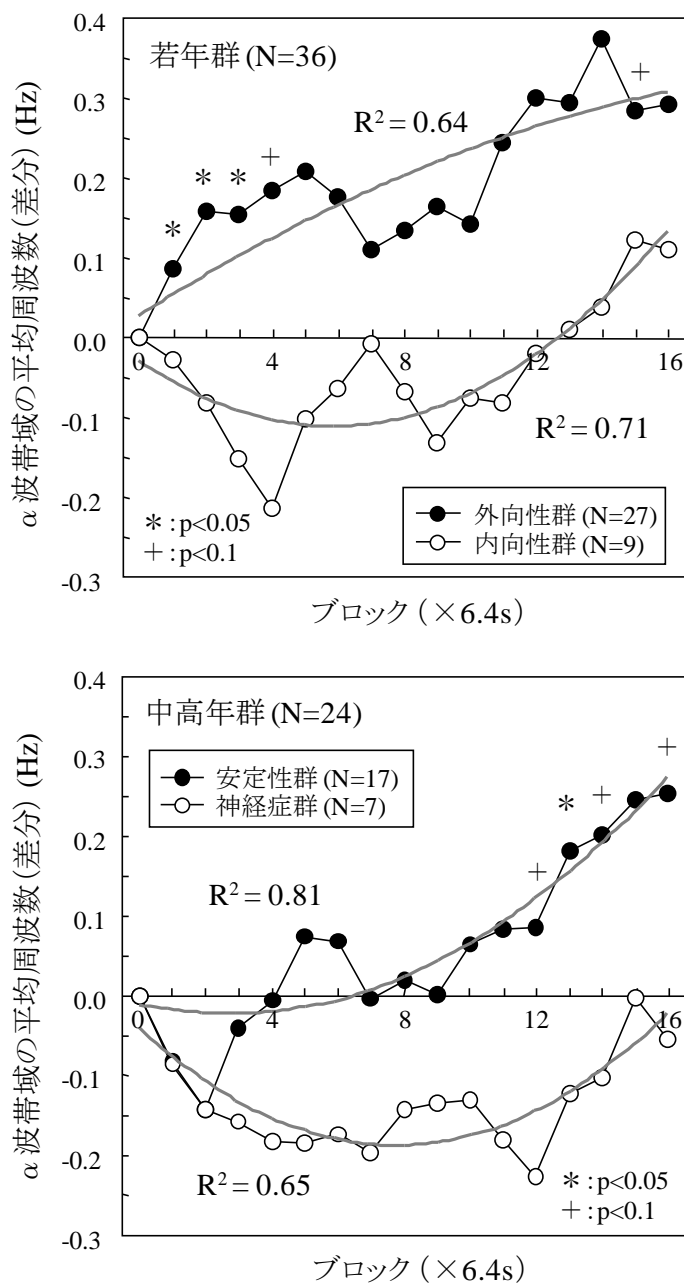


図 4-3  $\alpha$  波帯域平均周波数の変化 (年齢層・性格の群毎)



#### 4.2.4 考察

若年群内の内向性群と外向性群，中高年群内の神経症群と安定性群の比較で安静閉眼時の $\alpha$ 波周波数に差はなかったことから，刺激呈示前の覚醒レベルに違いはないと考えられ，脳波の変化は視覚刺激呈示によるところが大きかったと見られる．それを踏まえて，視覚刺激呈示に伴う $\alpha$ 波帯域平均周波数の変化は，内向性（若年）・神経症（中高年）では一過性の下降から上昇に転ずるパターンと，外向性（若年）・安定性（中高年）では上昇パターンと対応した．前者は覚醒レベルが一旦低くなることに，後者は覚醒レベルが高くなることに相当し，刺激応答タイプの違いが脳の覚醒レベルの変化の違いとなって現れたものと推測され，Eysenckの主張に沿ったものと考えられる．

ここで，刺激応答と関係する性格特性は年齢層によって変わるという結果であった．これに関して，内向性者も神経症者も条件づけが容易であり，内向性者には神経症の症状が現れやすい<sup>(4-5)</sup>ことから，内向性と神経症に何か共通の機構があるようにも思われる．Eysenckの立場では，内向性－外向性や神経症－安定性という性格は生体の内部機構が外に現れたものと解釈される．そこで，生体内部にある機構は脳という高次神経系が刺激に対してどのように応答するかという一次元的な特性と仮定し，年齢層によっては異なる性格の軸として外に現れると考えてはどうだろうか．つまり， $\alpha$ 波帯域平均周波数の変化パターンから，刺激に対して覚醒レベルが高くなる「興奮型」で働くタイプ（外向性・安定性の性格として現れる）と，それが一旦低くなる「抑制型」のタイプ（内向性・神経症の性格として現れる）に大別されるという仮定を考える．

この仮定は，刺激希求性の考え方を適用するとうまく説明できると思われる．Zuckermanらはフラッシュ刺激の強度を変えて視覚誘発電位の振幅を調べ，刺激を強くすると振幅が大きくなるタイプと逆に小さくなるタイプを見出した<sup>(4-18)</sup>．彼らは，刺激が脳に入力されたときの興奮・抑制のバランスを決める刺激強度の設定値が個人差と関係すると考えた．具体的には，振幅低下を示す者（低希求者）は設定値が低く，刺激強度がそれを越えると刺激が強くなるに伴って抑制も強まり，感覚入力のオーバーロードから保護し，一方で振幅増強を示す者（高希求者）では設定値が高く，より強い刺激を受容，処理できると彼らはモデル化した．刺激希求性の違いが生じる理由に関して，Hegerlらは聴覚誘発電位を調べた実験での部位間の活動の違いから，刺激希求性が脳内セロト

ニン系のシステムと関係すると考察した<sup>(4-19)</sup>。生化学的な検討から、高刺激希求者では生まれつきセロトニン系の作用低下があり、それが強い刺激を求める性格を生みだしていると解釈されている<sup>(4-7)</sup>。このように、刺激希求性の違いは脳内の生化学的な活動の違いから生じると考えられている。また、刺激希求性は向性の下位概念（尺度）であり、外向性傾向が高いと刺激希求性は高く、内向性傾向ではその逆とされる。

これらから、以下のように考えられる。内向性（神経症）者は刺激希求性が低い。それはオーバーロードを防ぐために少量の刺激でも受容しなくなるように抑制作用が働くからであり、刺激呈示によって一旦覚醒レベルを低くして対処するという脳波の結果に対応していると考えられる。そして、内向性（神経症）者がこのような抑制型の系となるのは高次神経系が刺激に対して反応しやすい（反応効率が良い）系となっていることの裏返しと思われ、刺激が多いと反応にエネルギーを費やされて疲労しやすい特性と推測される。これは、内向性者が外部との関係を積極的には持ちたがらないという行動特徴と符合するものではないだろうか。一方で、外向性（安定性）者は刺激希求性が高い。刺激を積極的に受容する（追求する）ように興奮の作用となって現れ、刺激呈示によって覚醒レベルが高くなるという脳波の結果に対応していると考えられる。それは、外向性（安定性）者の高次神経系が刺激への反応効率が良くないことの裏返しと思われ、常に刺激を求めていないと刺激不足や刺激への慣れが生じて適度な生体活性を維持できなくなると推測される。これは、外向性者が外部や新奇なものとの関係を持ちたがるという行動特徴と符合するものではないだろうか。

これまでの議論を整理して、刺激応答タイプ、刺激希求性、向性の関係を表した模式図を図 4-4 に示す。このように人間が元々備えている生物的機構（刺激応答のタイプ）によって刺激への対処方略が大きく影響され、生体システムとしての活動が最適化されるように、つまり過度の高覚醒や、生体活性が維持できないような状態に陥らないようにしているのではないかと考えられる。そして、生物的機構が向性を始めとした性格に現れ、行動を最適化していると思われる。

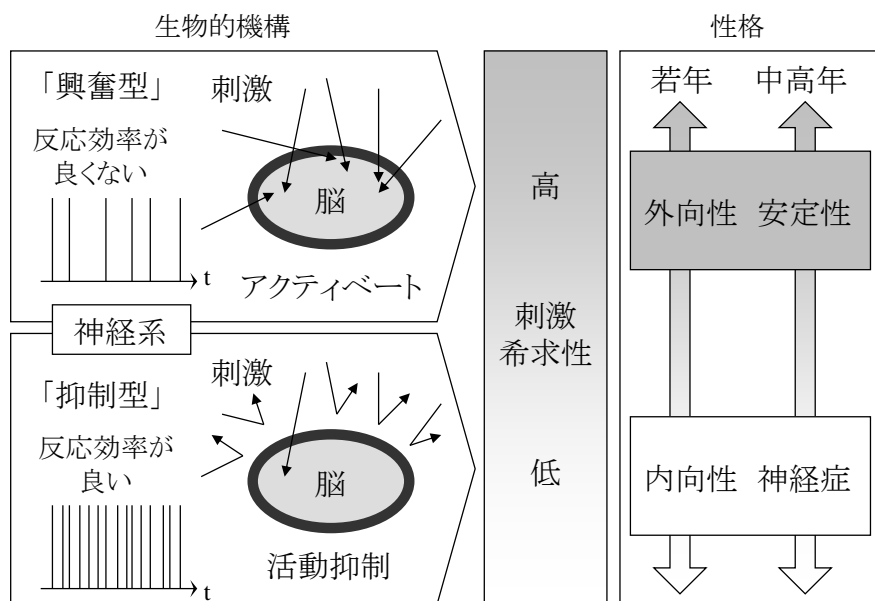


図 4-4 刺激応答タイプ，刺激希求性，向性の関係の模式図

### 4.3 向性・精神的負荷・精神疲労の関係モデルの提案

4.2 節の考察に基づき，自動車運転での精神疲労の個人差を理解するためのモデルを設定する．刺激応答のタイプは向性という性格に現れ，生体への刺激は外界からドライバへ入ってくる精神的負荷に相当し，精神疲労は脳の活性レベルの低下に現れると考える．ある程度の時間，負荷が高い状況となる時，内向性者は刺激が多すぎて反応にエネルギーを費やされるため作業後の脳活性は大きく低下するが，外向性者は刺激への反応効率が悪いことが幸いしてエネルギーを費やされず，脳活性の低下は小さく抑えられると考えられる．一方，負荷が低い状況となる時，外向性者は刺激不足のため作業後の脳活性は大きく低下するが，内向性者は刺激への反応が少なく済むため脳活性の低下は小さいと考えられる．以上から，図 4-5 に示すように向性と精神的負荷の相互作用が作業後の精神疲労の大きさに影響するとしたモデルを考案し，運転模擬作業を用いた実験で検証した．

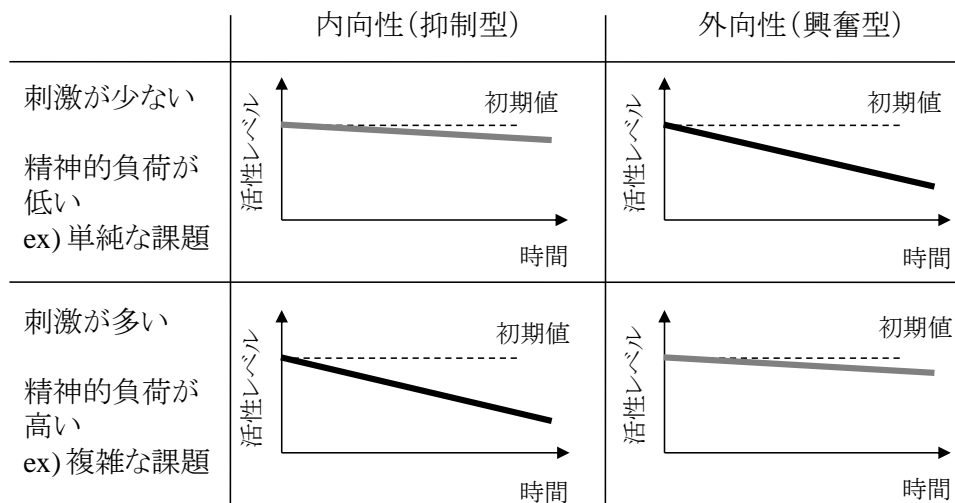


図 4-5 向性・負荷相互作用モデル

## 4.4 向性・負荷相互作用モデルの検証

### 4.4.1 実験方法

#### (1) 実験参加者

22～40 歳で、正常な視力（矯正含む）と聴覚を有する健常な男性 20 名とした。そして、MPI の虚偽発見尺度の得点が高かった（22 点以上）2 名を分析対象から除外し、外向性群 9 名（E 尺度得点 25 点以上、平均得点 37.6、平均年齢 30.0 歳、以下 E 群）、内向性群 9 名（E 尺度得点 24 点以下、平均得点 17.2、平均年齢 27.7 歳、以下 I 群）とした。実験参加者には実験終了後に謝礼を支払った。なお、4.2 節での刺激応答タイプの検討で E 尺度に違いが見られたのは若年群であったため、この実験でも年齢と尺度をその条件に合わせている。

#### (2) 作業課題

乗用車の運転席レイアウトを再現した装置で、パーソナル・コンピュータで独自に作成した運転模擬作業を課した。作業課題は低負荷に相当する「単純」課題（Simple Task, 以下 ST）と、高負荷に相当する「複雑」課題（Multiple Task, 以下 MT）という負荷を変えた 2 種類とした。

ST はトラッキング課題と 3 種類の色への選択反応課題を合わせた二重課題（第 2 章参照）<sup>(4-20)</sup>とし、視距離 0.9m～1.1m に設置された 14 インチカラーディスプレイの画面に呈示した。その概要を図 4-6 に示す。トラッキング課題で

は、実験参加者は移動ターゲット（緑色円形、直径 6mm、画面上の速度で 6mm/s）を常時追跡枠（水色円形、直径 18mm）の中に収めるようにハンドルとアクセルを使った操作を要求された。追跡枠はハンドル操作で左右に移動し、アクセル開度の大きさに比例して上方向に移動するようにした。ターゲットは直線的で予測可能な軌道をとって斜め方向へ移動し（ハンドルとアクセルを常に両方使う）、平均で 10s に 1 回の割合で移動方向がランダムに変化した。反応要求刺激は赤、青、黄色の円形視覚刺激（直径 42mm）とし、4s から 21s のランダムなオンセット間隔と呈示順序で、持続時間 0.5s でターゲットと同心に呈示された（平均オンセット間隔 12.4s）。実験参加者には、ハンドル上の左右に配置された 2 個の押しボタンを色に応じてできるだけ速くかつ正確に押し分けることを要求した（赤：右ボタン、青：左ボタン、黄色：両方同時）。

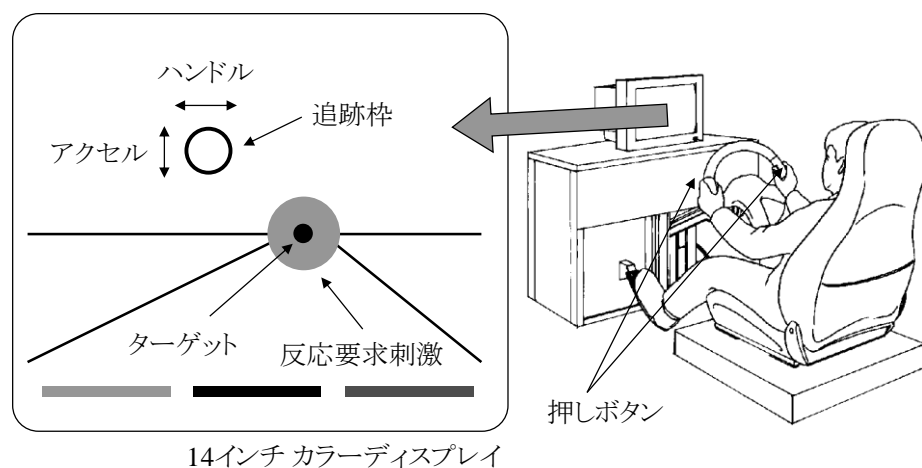


図 4-6 自動車運転模擬作業

MT は、ST に音への選択反応課題を複合させたマルチモーダルの三重課題とした。音刺激は 1.0kHz と 1.1kHz の正弦波とし、色の選択反応課題とは独立して、4s から 21s のランダムなオンセット間隔と呈示順序で、持続時間 0.1s、音圧 60dB(A)で前方左右のオーディオ用スピーカーから呈示された（平均オンセット間隔 9.8s）。実験参加者には、色への反応に使うのと同じ 2 つの押しボタンを使って音の高低に応じて押し分けることを要求した。色と音の刺激を合わせた平均オンセット間隔は、5.5s であった。

両課題とも、反応時間が 0.5s を超えたときやボタン押しを誤ったときに、追跡枠の色を 1s 間赤色に変えて作業成績をフィードバックした。

### (3) 手続き

実験は空調制御された照度 25 ルックスの簡易防音室内で行った（室温 21～23℃，湿度 50%前後）。最初に実験参加者に別室で実験の説明を行い，インフォームド・コンセントを得た。そして脳波用電極の装着後，実験室へ入って作業課題の教示を行い，各課題につき 4 分の習熟試行を行ってから実験を開始した。セッションは作業課題のフェーズ（40 分）とその前後の安静閉眼のフェーズ（3 分）で構成され，ST 条件と MT 条件の 2 セッションを 10 分の休憩を挟んで実施した。心理状態の評価（以下，心理評価）は，最初の安静閉眼前，課題前，課題後，2 回目の安静閉眼後に口頭での質問と回答により実施した。2 セッション終了後，別室で電極を外し，実験参加者は作業負荷評価の質問紙と心理検査に回答した。

実験は 1 日 2 回実施した。サーカディアンリズムのフェーズを考慮して，実験開始時刻が 10:00 頃と 15:00 頃になるように設定した。課題条件順序および実験開始時刻は，E 群と I 群とでカウンターバランスを取った。

脳波の導出には銀-塩化銀皿電極を用い，マルチテレメータ（NEC メディカルシステムズ（株）製，サイナアクト）により左耳朶を基準電極，右耳朶を接地電極として単極誘導した。導出部位は国際 10-20 法の  $F_z$ ,  $P_z$ ,  $O_z$  とし，LFF 0.5Hz, HFF 30Hz で増幅し，サンプリング周波数 12kHz で PCM データレコーダ（（株）エヌエフ回路設計ブロック製，5881）に磁気記録した。同時に，アーティファクト観察用として左目の垂直 EOG を計測，記録した。

心理評価では，覚醒感，気分，疲労感，集中感を連続スケールで評価させた。覚醒感では，「非常に頭がぼんやりしている」を -100，「非常に頭がはっきりしている」を +100，「どちらでもない」を 0 とした二極スケールを設定した。気分も同様に，「非常に不快」を -100，「非常に心地よい」を +100 とした。疲労感と集中感は単極スケールで，「疲れていない」「集中していない」を 0，「非常に疲れている」「非常に集中している」を +100 とした。これらスケール内で心理状態を得点で表現させた。

作業負荷の評価では，日本語版 NASA-TLX の 6 尺度（精神的要求，身体的要求，時間的圧迫感，作業達成度，努力，不満）<sup>(4-21)</sup>に，作業の難しさ，疲れ，眠気を独自に加えた全 9 項目について，ST と MT を比較してどちらの条件で各項目の負荷を大きいと感じたか（あるいは同等だったか）を回答させた。

作業成績では，反応要求刺激に対する反応時間をパーソナル・コンピュータ

の内部クロックを利用して 1ms 単位の精度で計測した。

#### 4.4.2 解析方法

##### (1) 脳波

頭頂中心部 ( $P_z$ ) の脳波について、4.2.2 と同様にゼロクロス法を用いた方法により  $\alpha$  波帯域平均周波数を算出した。算出対象区間は、課題前後の安静閉眼時 128s 間とした。

##### (2) 心理評価・作業負荷の評価

心理評価では、課題前後における各項目の評価得点を集計した。作業負荷の評価では、各項目について ST と MT のどちらが大きいと選択したか人数を集計した。

##### (3) 作業成績

色選択反応の反応要求刺激に対する反応時間について、5分を1ブロックとした平均と標準偏差を算出した。そして、最初の1ブロックを除いて、前半20分、後半20分の括りに分けてそれぞれ平均した。

##### (4) 有意水準の設定

統計的な手法により平均値の差の検定を行う際には、個人差が大きいことを考慮して有意水準を 10% に設定した。

#### 4.4.3 結果

##### (1) 脳波

最初に作業課題前の  $\alpha$  波帯域平均周波数を E 群と I 群とで比較した結果、ST 条件では同じ程度、MT 条件ではやや I 群の方が高かった。しかし、群間で対応のない t 検定を行った結果、両条件とも群間に有意な差は見られなかった。

次に課題前後での変化を検討した。図 4-7 に  $\alpha$  波帯域周波数の変化を示す。なお、グラフを見やすくするために、図 4-7 には個人間平均の課題後の値から課題前の値を引いた変化分を示している。ST 条件では、E 群の方が I 群よりも低下度合いが顕著であった。MT 条件では、I 群の方が E 群よりも顕著に低下した。条件、群毎に課題前後の平均周波数を対応のある t 検定で比較した結果、ST 条件では E 群で有意差が見られたが ( $p < 0.1$ )、I 群では見られなかった。また、MT 条件では両群で有意な差が認められた (E 群,  $p < 0.05$ ; I 群,  $p < 0.01$ )。

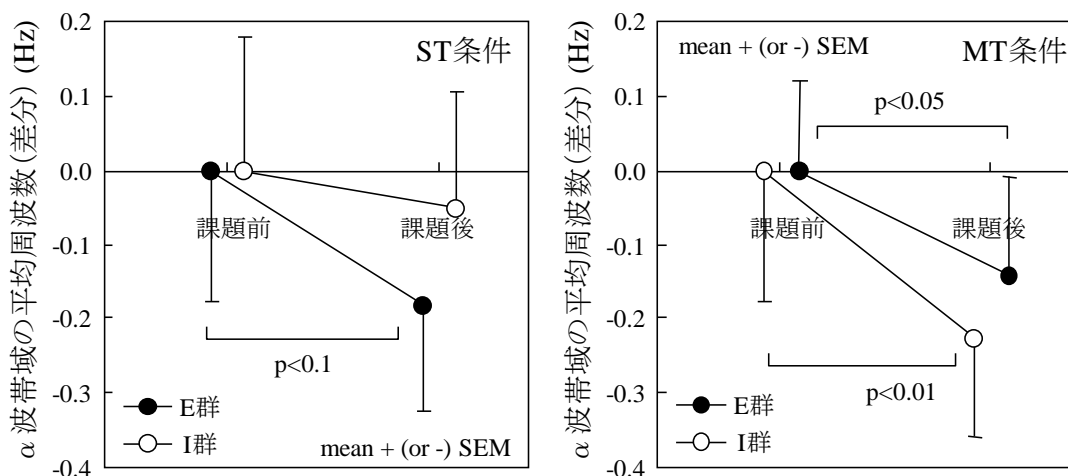


図 4-7 課題前後（安静時）の  $\alpha$  波帯域平均周波数の変化

(2) 心理評価

表 4-1 に、作業課題後の得点から課題前の得点を引いた値の一覧を示す。ST 条件では、E 群では覚醒感や集中感の低下、疲労感の増加、気分得点の低下（つまり不快方向への変化）が見られ、I 群でも同様の傾向が見られた。しかし、特に覚醒感と集中感の低下、疲労感の増加は E 群で顕著であった。MT 条件では、E 群、I 群で覚醒感と集中感の低下、疲労感の増加、気分得点の低下が見られ、両群でほぼ同等のレベルであった。条件、群毎に、課題前後の得点について対応のある t 検定を行った結果、ST 条件の I 群の覚醒感と集中感を除いて有意な差が見られた。

表 4-1 課題前後での心理評価得点の差

	ST条件		MT条件	
	E群	I群	E群	I群
覚醒感	-38.3 +	-16.7	-47.8 **	-41.1 *
気分	-48.9 **	-40.0 **	-51.1 **	-47.2 *
疲労感	43.3 **	27.2 *	47.2 **	43.9 **
集中感	-17.2 *	-6.1	-17.2 *	-18.3 *

\*\* :  $p<0.01$ , \* :  $p<0.05$ , + :  $p<0.1$



## (3) 作業負荷の評価

表 4-2 に各項目の選択人数の集計結果を示す。精神的要求、時間的圧迫感、努力では、MT 条件を負荷が大きいと選択した人数が多かった。また、身体的要求では同等を選択した人数が多かった。作業達成度（うまく作業をできたと感じる度合い）では ST 条件か同等を、不満では MT 条件か同等を選択する傾向であった。また、作業の難しさでは MT 条件を選択した人数が多く、疲れでは MT 条件、眠気では ST 条件を選択する傾向であった。

表 4-2 作業負荷の評価

群	選択肢	精神的 要求	身体的 要求	時間的 圧迫感	作業 達成度	努力	不満	難しさ	疲れ	眠気
E群	ST	1	1	1	3	0	2	0	1	5
	MT	8	2	6	2	6	4	8	4	1
	同等	0	6	2	4	3	3	1	4	3
I群	ST	0	0	0	5	0	2	0	2	4
	MT	9	3	7	0	8	4	9	5	3
	同等	0	6	2	4	1	3	0	2	2
全体	ST	1	1	1	8	0	4	0	3	9
	MT	17	5	13	2	14	8	17	9	4
	同等	0	12	4	8	4	6	1	6	5

## (4) 作業成績

色選択反応に対する平均反応時間では、ST 条件、MT 条件とも E 群、I 群で変化傾向の違いは見られなかった。条件、群毎に、前半と後半の平均反応時間を対応のある t 検定で比較した結果、有意差は認められなかった。

次に、反応時間の標準偏差の変化を図 4-8 に示す。ST 条件では E 群で課題後半に増加した。MT 条件では両群で課題後半に増加し、特に I 群では一様に増加する様子が見られた。条件、群毎に、前半と後半の値について対応のある t 検定を行った結果、ST 条件では E 群で、MT 条件では I 群で有意な差が見られた ( $p < 0.1$ )。

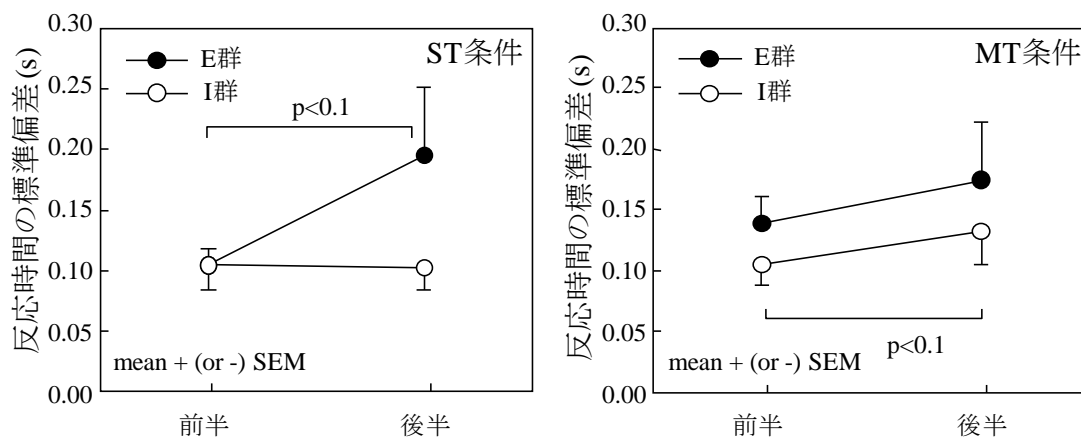


図 4-8 課題前半・後半での反応時間の標準偏差

#### 4.4.4 考察

作業負荷の評価から、MT 条件の方がタスクディマンドは高く、努力が必要で、困難な課題であった。従って、MT の精神的負荷は ST よりも高く、当初の意図通り、ST をより低負荷の課題、MT をより高負荷の課題とした議論が可能であると考えられる。

脳波の結果を検討すると、まず課題前の状態について両条件とも E 群と I 群で脳活性はほぼ同等だったと考えられる。その前提の下、ST 条件では E 群で有意な周波数低下が見られ、I 群では有意な変化ではなかった。つまり、単純課題では作業後に E 群の活性の低下が著しく、I 群では顕著ではなかったと考えられる。また、MT 条件では両群に有意な変化が見られた。特に、I 群の方で E 群より低下が顕著であり、複雑課題では E 群でも I 群でも課題後の活性の低下は生じていたが、I 群はより顕著であったと考えられる。ここで、当初 E 群では複雑課題で活性の低下は大きくは生じないと考えていたが、I 群ほどではないものの活性の低下が見られた。その原因として、複雑課題の負荷をできるだけ高くはしたが実験室での運転模擬作業では単調性を完全には取り去ることができず、E 群では単調起因の活性レベル低下が複雑課題でも生じていた可能性が疑われる。

心理評価の結果では、単純課題では課題後に E 群で疲労感の増加、覚醒感や集中感の低下、気分の不快方向への変化があり、I 群と比べて大きかった。脳波の結果と合わせて、単純課題では E 群で脳活性の低下とそれに伴う自覚症状

が現れたと考えられる。複雑課題では両群とも課題後に疲労感の増加，覚醒感や集中感の低下，不快方向への変化が見られ，その程度は両群でほぼ同等だった。これは当初の想定とやや異なる結果だが，Verwey ら<sup>(4-11)</sup>による居眠り運転の研究では主観的側面（高次情報処理）と生理的側面（低次情報処理）は2階層の独立主成分と主張されていることを考えると，脳活性の低下と心理的な面は一部一致しない部分があるのかもしれない。

また，両条件に共通の色選択反応課題での反応時間では，平均値には課題前半と後半の変化に特徴は見られなかったが，標準偏差が ST 条件では E 群で，MT 条件では I 群で，有意に課題後半で増加し，反応のばらつきとして変化が現れていた。脳活性の低下は作業成績のばらつきの増加として現れると言われるが，今回の結果はそれと対応したものと思われる。平均値に変化が見られなかった理由だが，今回は反応時間が 0.5s を超えたら追跡枠の色を変えるという成績フィードバックを行ったため，反応時間の遅れ始めの段階で自覚されて元のレベルに戻そうとする努力がたびたび働いたので，平均的な成績には違いが現れなかったと考えられる。

ここで，Matthews ら<sup>(4-22)</sup>は運転シミュレータを用いた実験で運転疲労の尺度を構成し，神経症傾向が高いと疲労傾向や運転タスク嫌悪感が高いという結果を導いた。その実験では運転中に高頻度で視覚探索作業を行う二重課題となっており，運転負荷は高い状況と考えられる。4.2 節での刺激応答タイプの検討では，中高年群の神経症群と若年群の内向性群で  $\alpha$  波帯域平均周波数の変化はともに抑制型を示しており，本研究では，抑制型は刺激が多い状況下では疲労しやすい特性と考えている。このようなことから，高負荷の運転において神経症傾向が高いと疲労がより強く出るといふ Matthews らの結果は，本研究の結果を支持するものではないかと思われる。

複雑課題における心理評価の結果，それから平均反応時間の結果が当初の予想とは異なっていたが，その他の結果を総合すると今回考案したモデルは概ね妥当であると考えられる。このことから，ドライバの個人特性である向性と精神的負荷の相互作用が作業後の精神疲労に影響する可能性を示すことができ，精神疲労の個人差を理解する手がかりとなる結果が得られたと考える。

## 4.5 結論

精神疲労の個人差を理解する手がかりを得るために、まず脳の刺激応答のタイプを視覚刺激呈示による実験で調べた。脳波  $\alpha$  波周波数の解析から、外向性・安定性の性格では刺激に対して周波数が上昇する「興奮型」タイプを示し、内向性・神経症の性格では一過性の下降の後に上昇に転ずる「抑制型」タイプを示した。次に、刺激応答タイプが現れた向性と、刺激に相当する精神的負荷の相互作用が作業後の精神疲労の大きさ（つまり脳活性の低下）に影響するというモデルを考案し、精神的負荷のレベルをコントロールした運転模擬作業でモデルの妥当性を検討した。脳波の  $\alpha$  波帯域平均周波数、覚醒感や疲労感、集中感といった心理評価、反応時間の標準偏差から、低負荷の単純課題では外向性群で精神疲労がより大きく、高負荷の複雑課題では内向性群の方でより大きかったと考えられる結果となり、向性・負荷相互作用モデルは概ね妥当であることを示した。

## 4.6 今後の展望

今回提案したモデルは「どういうドライバはどんな状況だと疲れやすいか」を表したものであり、この考え方を発展させていけば、ドライバ個人の特性と運転経路の精神的負荷を事前に把握することで精神疲労の発生を運転開始前に予測できるようになると思われる。これにより、ドライバ特性と経路に応じて運転開始前にあらかじめ休憩の最適タイミングを設定する（予測する）運転支援システムへと応用できるだろう。

これまでドライバの疲労や居眠りをリアルタイムに検出して軽減・支援する方法が多く検討されてきたが、そのような自覚症状が出ているときにシステム側から警告されたり休憩を促されたりしてもドライバはお節介感を感じるという問題が想定される。それには大きく2つの理由があると思われる。一つは赤松ら<sup>(4,23)</sup>が指摘するように、通常の運転ではドライバは自らの状況を認識して自分が危険回避できる状態で運転することでリスク管理しているのに、介入されるからであろう。もう一つは、経由地や同乗者等の諸事情を考慮して設定した運転計画なのに、急な変更を余儀なくされるからであろう。これら想定原因に対して精神疲労の発生を「予測」して支援するという考え方は、ドライバが

自らの精神疲労特性を把握することで運転計画段階から運転を自分の制御下に置くことができるため、受容性を高くできると考えられる。このように、自動車運転での人間・機械系の適合性を向上させるために、起こりうるドライバの状態変化を運転計画段階、あるいは運転開始直後といった早い段階でシステムが予測して支援するというアプローチも必要ではないだろうか。今回のモデルを踏まえると、精神疲労の予測的支援では運転負荷を既知の情報（例えば地図の道路線形や風景等）から定量把握する手法<sup>(4-24)</sup>が必要となり、重要な研究課題になると思われる。そして今後、実際の運転により近い状況でこのモデルの妥当性や限界の検討が必要であり、また予測的支援の研究へ応用、発展させていくことが期待される。

なお、本研究の一部は、経済産業省の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

- (4-1) 谷島一嘉, 池田研二, 大島正光, 杉時夫: 自動車の運転と疲労, 自動車技術, Vol.25, No.10, p.1076-1081 (1971)
- (4-2) 宇留野藤雄: 交通心理学, 技術書院, 東京, p.91-115 (1975)
- (4-3) 赤松幹之, 松岡克典: 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)
- (4-4) 住宏平(訳): パブロフ学説入門—大脳生理と精神活動—, 明治図書出版, 東京, p.198-224 (1963)
- (4-5) 田村浩(訳): マインドウオッチング—人間行動学—, 新潮社, 東京 (1986)
- (4-6) 青木まり: ユングの向性論(性格類型), 現代心理学用語事典—クローズアップ<こころの科学>を読みこなす, 田中平八(編), 垣内出版, 東京, p.119-120 (1989)
- (4-7) 投石保広: 性格の生物学的基礎, 新生理心理学3巻, 山崎勝男, 藤澤清, 柿木昇治(編), 北大路書房, 京都, p.64-79 (1998)
- (4-8) Soskis, D. A. and Shagass, C. : Evoked potential tests of augmenting-reducing, Psychophysiology, Vol.11, No.2, p.175-190 (1974)
- (4-9) Ditraglia, G. M. and Polich, J. : P300 and introverted/extraverted personality types, Psychophysiology, Vol.28, No.2, p.177-184 (1991)
- (4-10) Cahill, J. M. and Polich, J. : P300, probability, and introverted/extroverted personality types, Biological Psychology, Vol.33, p.23-35 (1992)

- (4-11) Verwey, W. B. and Zaidel, D. M. : Predicting drowsiness accidents from personal attributes, eye blinks and ongoing driving behaviour, *Personality and Individual Differences*, Vol.28, p.123-142 (2000)
- (4-12) Thiffault, P. and Bergeron, J. : Fatigue and individual differences in monotonous simulated driving, *Personality and Individual Differences*, Vol.34, p.159-176 (2003)
- (4-13) Werre, P. F. : Aspects of the relationship between electroencephalographic and psychological variables in normal adults, *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, Supplement, No.35, p.381-390 (1982)
- (4-14) Belojevic, G., Slepcevic V. and Jakovljevic, B. : Mental performance in noise: The role of introversion, *Journal of Environmental Psychology*, Vol.21, p.209-213 (2001)
- (4-15) 石橋基範, 吉田倫幸 : 覚醒低下に伴う反応時間と脳波の変動, *人間工学*, Vol.36, No.5, p.229-237 (2000)
- (4-16) MPI 研究会 (編) : 新・性格検査法ーモーズレイ性格検査ー, 誠信書房 (1969)
- (4-17) 吉田倫幸 : 脳波の周期リズムによる快適度評価モデル, *心理学評論*, Vol.45, No.1, p.38-56 (2002)
- (4-18) Zuckerman, M., Murtaugh, T. and Siegel, J. : Sensation seeking and cortical augmenting-reducing, *Psychophysiology*, Vol.11, No.5, p.535-542 (1974)
- (4-19) Hegerl, U., Gallinat, J. and Mrowinski, D. : Sensory cortical processing and the biological basis of personality, *Biological Psychiatry*, Vol.37, p.467-472 (1995)
- (4-20) 石橋基範, 石田健二, 岡本宜久 : 単調運転模擬作業と高速道路走行のタスク負荷量の検討, *自動車技術会論文集*, Vol.31, No.2, p.65-70 (2000)
- (4-21) 三宅晋司, 神代雅晴 : メンタルワークロードの主観的評価法ーNASA-TLX と SWAT の紹介および簡便法の提案ー, *人間工学*, Vol.29, No.6, p.399-408 (1993)
- (4-22) Matthews, G. and Desmond, P. A. : Personality and multiple dimension of task-induced fatigue: A study of simulated driving, *Personality and Individual Differences*, Vol.25, p.443-458 (1998)
- (4-23) 赤松幹之, 宇津木明男 : 高速道路におけるトラック運転行動データに基づいた運転リスク低減技術, *自動車技術*, Vol.60, No.12, p.89-95 (2006)
- (4-24) Kurahashi, T., Ishibashi, M. and Akamatsu, M. : Objective measures to assess workload for car driving, *SICE Annual Conference 2003 Proceedings*, p.2063-2068 (2003)

## 第 5 章

### 運転スタイルの指標化と追従運転行動

#### 解析への適用

##### 5.1 はじめに

自動車事故低減および運転負担軽減のために、運転支援システムの研究が進められている。そこではセンサやシステムの信頼性向上を進める一方で、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一つの方法に、ドライバの日常の運転行動の理解に基づく支援システム開発という考え方がある。つまり、ドライバの行動は交通状況や運転環境、運転の目的や背景、ドライバの状態、そして各ドライバ固有の特性に影響を受けるため、これらの違いを踏まえた上で行動の違いを調べていくことが重要と考えられる<sup>(5-1)</sup>。

ドライバ個人の特性に関して、従来、性別や年齢といったデモグラフィック（人口統計的）な属性や、運転経験年数や事故歴、年間走行距離、運転頻度といった運転経験や習慣に関する属性等がよく扱われてきた。だが、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。運転経験が長いドライバの中でも、運転への苦手意識はまちまちである。このように、従来の見方では同じ属性でもドライバの内面の特性が異なれば日常の運転行動は異なると考えられる。

従来、ドライバの内面の特性は、質問紙を用いて危険行動と関連づけて調べられることが多かった。McCormick らは他人と比べて自分が優良ドライバかという視点でドライバ特性を調べ、交通安全との関係を論じた<sup>(5-2)</sup>。Reason らは不安全行動を違反、危険なエラー、ちょっとしたミスに分類できる Driver Behavior Questionnaire を作成し、その性差や年齢差を分析した<sup>(5-3)</sup>。藤田

らは事故や違反経験と関連付けられる安全運転態度検査（3 因子で構成）を作成し、性別、年齢、月間走行距離による違いを検討した<sup>(5-4)</sup>。しかし、日常の運転行動は必ずしも危険な行動ばかりではなく、危険な運転をするドライバの同定が目的の手法をそのまま適用するには限界がある。

そのため、日常の運転行動を理解するための手法が必要であり、「運転スタイル」という視点が着目されている。運転スタイルとは、日常の運転に対する態度、志向、考え方に関するドライバの特性のことである。French らは 6 因子から成る Driving Style Questionnaire を作成し、運転スタイル、意思決定要因、事故の関係を記述したモデルを質問紙調査から示した<sup>(5-5)</sup>。Taubman-Ben-Ari らは Multidimensional Driving Style Inventory（8 因子）を作成し、自尊心や刺激希求性等の性格との関連を調べた<sup>(5-6)</sup>。このような先行研究はあるものの、路上での実際の運転行動との関係を調べた研究は少ない。例えば、同乗者の観察記録による不安全行動を運転スタイルと関連づけた West らの研究事例<sup>(5-7)</sup>はあるが、ドライバの日常の運転行動の違いを理解する上で運転スタイルの視点を入れる有用性を十分に説明しきれてない。もし日常の運転行動が従来個人属性に比べて運転スタイルとより強い関係を持ち、運転スタイルを用いたモデルによって運転行動の個人差が説明できるのなら、日常の運転行動研究において運転スタイルは有用な視点であるとみなすことができる。

そこで本研究では、日常の運転での態度や志向、考え方に関する「運転スタイル」について質問紙調査により構成尺度を明らかにし、簡便な手法による指標化を試みた。そして、低速での追従運転行動に着目し、運転スタイル指標と行動との相関関係を調べることにより妥当性を検証するとともに、従来個人属性指標との比較やモデル化の試みから日常の運転行動の個人差を理解する上での有用性を検討した。

## 5.2 運転スタイルの構成尺度

### 5.2.1 調査方法

#### (1) 調査参加者

首都圏、および大阪圏に在住で、日頃から自動車を運転する 20～60 歳代の男女 222 名とした（男性 114 名、女性 108 名）。調査参加者にはデータ使用目的と個人情報扱いを文書で説明し、同意を得た。また、回答後に謝礼を支払った。



## (2) 質問項目の設定

日常の運転行動の背景にある意識（例えば、前に進みたい衝動、安全に対する考え方等）や運転での重視ポイント（例えば、利便性、楽しみ方等）を対象に、複数の人間工学研究者によって運転スタイルに関連する様々な質問項目が広く 145 項目集められた。この中から、意味が類似した質問を削除、集約して、「車線変更してでもできるだけ前に行きたい」「運転すること自体が好きだ」といった 58 項目に絞り込んだ。

## (3) 回答方法

質問紙を用いて調査参加者に回答記入を求めた。自身の普段の運転や車の使い方がそれぞれの質問文に当てはまる程度を、「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。

### 5.2.2 解析方法

個人による違いが明確になる尺度を求めるために、質問項目を変数として主成分分析を行った。分析では、各質問に対する調査参加者の評定値をそのまま得点として用いた。分析は累積寄与率が 50%となった時点で打ち切り、主成分構造の単純化のためにバリマックス回転をかけた。そして、主成分負荷量（絶対値）が 0.5 以上の変数を対象に主成分の解釈を行った。

### 5.2.3 主成分分析の結果

分析の結果、運転スタイルの構成主成分は 9 主成分となり、それらの累積寄与率は 51.5%であった。第 9 主成分には 3 つの質問項目が含まれていたが、主成分としての解釈が困難だったため運転スタイルの構成要因の検討から除外した。その結果、累積寄与率は 48.8%となった。5.2.4 に、各主成分の解釈（括弧内のパーセンテージは寄与率）、および主成分に属する質問項目（負荷量の絶対値が 0.5 以上のものを記載）とその主成分負荷量（質問後の括弧内の数値）を示す。なお、各主成分内の質問項目は負荷量（絶対値）で降順ソートされている。それから、[ ] 内は主成分内のサブグループを、質問文頭の\*はチェックシートに採用された項目を示すが、いずれも 5.2.6 で後述する。

## 5.2.4 主成分の解釈と構成項目

### 第1主成分：運転スキルへの自信 (14.3%)

#### [操作のスムーズさ]

- ・曲がりくねった山道を走るとき、カーブにあわせてスムーズに曲がること  
ができる。(0.78)
- ・交通量が多くても車線変更が苦にならない。(0.76)
- ・市街地で、信号での発進や止まるとき、同乗者が不快にならないように  
スムーズに運転できる。(0.73)
- \* 渋滞している時の車線変更は苦手だ。(-0.66)
- ・交差点の右折は、対向車とのタイミングをはかることが難しくて嫌だ。  
(-0.57)
- ・交差点を曲がる時、ハンドルが切り足りなかったり、切りすぎたりす  
ることがある。(-0.52)

#### [運転への自信]

- \* 車幅感覚に自信がある。(0.74)
- ・縦列駐車やバックに自信がある。(0.73)
- ・運転技術には自信がある。(0.69)
- ・レンタカーや他人の車を運転することに不安を感じる。(-0.58)

#### [運転への慣れ]

- ・地図があればどこへでも大体行ける。(0.72)
- ・車の基本的構造や修理について知識がある。(0.64)
- ・1時間以上の運転でも気にならない。(0.51)

### 第2主成分：運転に対する消極性 (6.7%)

#### [運転を避ける傾向]

- \* 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。(0.68)
- ・できれば車を運転したくない。(0.64)
- ・運転すること自体が好きだ。(-0.55)
- ・車は生活の必需品だと思っている。(-0.55)

#### [単純な道の志向]

- \* 車で移動するとき、裏道ではなく、できるだけ信号のある整備された広  
い道を選ぶ。(0.66)

- ・遠回りでも右左折などのない単純な道を選ぶ。(0.59)

### 第3主成分：せっかちな運転傾向 (6.0%)

[急ごうとする気持ち]

- ・つい車間をつめてしまう。(0.74)
- \*割り込まれることをあまり気にせず、車間距離を十分にとる。(-0.64)
- ・自動車を運転するとき、速度を出す。(0.62)
- ・市街地で、前の車について走るとき、追いつきすぎてブレーキをかけてしまう。(0.62)

[前を走りたい気持ち]

- \*車線変更してでもできるだけ前に行きたい。(0.61)
- ・こちらの優先権を無視した強引な運転をする車に対して、道を譲らない。(0.51)

### 第4主成分：几帳面な運転傾向 (5.2%)

- \*徐行、一時停止などの運転操作を確実に行う。(0.64)
- \*車線変更や交差点などでは、安全確認を慎重に行う。(0.63)
- ・交通のルールを守る。(0.61)
- ・停止線などでは、ぴったりと止める。(0.55)

### 第5主成分：信号に対する事前準備的な運転 (4.6%)

- \*先の信号を見て、かなり先からスピードを落としたり、速めたりする。(0.74)
- \*先の信号に引っかけないように速度調節する。(0.58)
- ・信号が黄色の場合、無理には止まらない。(0.52)

### 第6主成分：ステイタスシンボルとしての車 (4.5%)

- ・車をいつもきれいにしている。(0.74)
- \*車は移動手段でとにかく走ればよいと思う。(-0.69)
- \*車が自分のステイタスである（カッコいい車がいい）と思う。(0.67)

### 第7主成分：不安定な運転傾向 (3.9%)

- \*悩みなど問題を抱えたとき、運転に身が入らないことがある。(0.72)
- \*気分のよし悪しなどによって、車の運転がおろそかになったり飛ばしたりする。(0.61)
- ・同乗者などとの会話に夢中になり、運転に集中できないことがある。(0.59)

### 第 8 主成分：心配性的傾向 (3.7%)

- \* 歩行者をひいてしまわないか、いつも心配している。(0.60)
- \* 自分が車の事故を起こすことを気にしている。(0.51)

#### 5.2.5 先行研究との類似点

先行研究で取り上げられた運転スタイルとは、以下の類似点が見られた。Taubman-Ben-Ari らの運転スタイル<sup>(5-6)</sup>に“high-velocity driving style”という因子があるが、これは単に高い車速で運転するのではなく、先急ぎ運転の傾向を表している。また、同じく“patient driving style”の因子は慎重な運転を表しており、これら 2 つの因子は本研究で得られた第 3 主成分の「せっかちな運転傾向」と類似していると考えられる（後者の因子は逆の意味での類似）。また、French ら運転スタイル<sup>(5-5)</sup>に“Calmness”という因子があり、これはいらいら感や他車からのプレッシャーに反応する様子を表すことから、本研究における第 7 主成分の「不安定な運転傾向」に近い意味を持つのではないと思われる。その他の主成分では、意味や構成質問が類似した因子は見られなかった。

Taubman-Ben-Ari らはイスラエルの、French らは英国の、本研究は日本のドライバを対象にした研究であり、異文化の研究との間で一部類似した点が見られたことは興味深い。このような運転スタイルは日常生活や自動車運転の中で獲得、形成されるドライバ個人特性であり、生活環境や文化に依存する部分が相応の割合で存在すると思われる、それが今回の 8 主成分のうち 6 つで類似点が見られなかった原因と考えられる。一方で、今回類似点が見られた「せっかち」「不安定」という言葉は人間の気質に関係する意味を持っており、生活環境や文化が違っても潜在的に人間が持っている共通部分を反映した主成分なのではないと思われる。

#### 5.2.6 運転スタイルチェックシートの作成

##### (1) 尺度の構成方法

5.2.4 で得られた 8 主成分とその質問項目を用いて、質問紙形式により運転スタイルを簡便に評価できる手法を検討した。まず、各主成分を運転スタイルの構成尺度と考え、各尺度に主成分負荷量の高い項目 2 つを割り当てるようにした。しかし、主成分に含まれる項目が多いときには何らかのサブグループがあ

ると考え、元の主成分内で相関係数が高い項目や意味が類似した項目でサブグループを作り、各サブグループ内で負荷量の最も高い質問を1つ選ぶという方法を採用した。5.2.4での[ ]がサブグループの説明であり、属する項目をその下にまとめている。また、負の高い主成分負荷量を持つ項目があれば、逆転項目として積極的に採用した。これらの方法によって選定された項目には、5.2.4で質問文頭に\*をつけている。それから、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、虚偽発見尺度として「短い時間であっても、駐車禁止の場所に停めるのはさける」「制限速度はいつも必ず守っている」の2質問を追加した。質問への回答方法は元の調査(5.2.1)と同じ4段階とし、尺度内の2質問の得点平均値を算出してその尺度得点とした。逆転項目では、評価値の大小関係を入れ替えたものを素点に用いた。このようにして、18質問項目から成る「運転スタイルチェックシート」(Driving Style Questionnaire : 以降DSQと記す)を作成した。

## (2) 運転スタイルチェックシート (DSQ)

前述の手順で作成したDSQを図5-1に示す。ここで、DSQの質問順が常に同じであると回答に順序の影響が出ることが懸念されるため、実際には質問順を変えた版を数種類混ぜて使用することが望ましい。本研究では質問の並びを変えた4種類の版を用いた。

また、5.2.4にも示したように、下記3項目は逆転項目である。従って、評価値の大小関係を、「全くあてはまらない：4点」「少しあてはまる：3点」「かなりあてはまる：2点」「非常にあてはまる：1点」と逆転させたものを素点として使用する。

- ・渋滞しているときの車線変更は苦手だ。
- ・割り込まれることをあまり気にせず、車間距離を十分にとる。
- ・車は移動手段でとにかく走ればよいと思う。

<p><b>【記入のしかた】</b>                      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<b>ふだんどのくらい当てはまりますか？</b>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<b>1つ選び</b>、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。</p>	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. 渋滞しているときの車線変更は苦手だ	1	2	3	4
2. 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
3. 割り込まれることをあまり気にせず、車間距離を十分にとる	1	2	3	4
4. 徐行、一時停止などの運転操作を確実に行う	1	2	3	4
5. 先の信号を見て、かなり先からスピードを落としたり、速めたりする	1	2	3	4
6. 車は移動手段でとにかく走ればよいと思う	1	2	3	4
7. 悩みなど問題を抱えたとき、運転に身が入らないことがある	1	2	3	4
8. 歩行者をひいてしまわないか、いつも心配している	1	2	3	4
9. 短い時間であっても、駐車禁止の場所に停めるのはさける	1	2	3	4
10. 車幅感覚に自信がある	1	2	3	4
11. 車で移動するとき、裏道ではなく、できるだけ信号のある整備された広い道を選ぶ	1	2	3	4
12. 車線変更してでもできるだけ前に行きたい	1	2	3	4
13. 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
14. 先の信号に引っかけられないように速度調節する	1	2	3	4
15. 車が自分のステイタスである(カッコいい車がいい)と思う	1	2	3	4
16. 気分の良し悪しなどによって、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
17. 自分が車の事故を起こすことを気にしている	1	2	3	4
18. 制限速度はいつも必ず守っている	1	2	3	4

図 5-1 運転スタイルチェックシート

### (3) DSQ 尺度の統計的妥当性

DSQ 各尺度の得点と元の主成分得点との相関関係を調べることにより、統計的な妥当性を検討した。表 5-1 に両者の相関係数を示すが、0.62～0.81 が得られ、強い相関関係が認められた。これより、DSQ の尺度得点の算出方法は元の主成分得点とよく対応すること、また各項目が主成分の内容をよく反映するように選定されたことを確認できた。以上から、DSQ の尺度は統計的に妥当であると考えられる。

表 5-1 主成分得点と DSQ 尺度得点との相関係数

主成分	尺度名	相関係数
1	運転スキルへの自信	0.80
2	運転に対する消極性	0.78
3	せっかちな運転傾向	0.75
4	几帳面な運転傾向	0.78
5	信号に対する事前準備的な運転	0.77
6	ステイタスシンボルとしての車	0.81
7	不安定な運転傾向	0.80
8	心配症的傾向	0.62

## 5.3 低速での追従運転行動と運転スタイルの関係

### 5.3.1 実験方法

#### (1) 実験参加者

茨城県つくば市，土浦市およびその近郊の地域に在住で，日頃から自動車を運転する男女 16 名とした（男性 8 名，女性 8 名）。年齢は 22～52 歳（平均 36.9 歳）であり，平均年間走行距離は 9300km であった。

#### (2) 実験手続き

実験は 2002 年 1 月後半から 3 月前半にかけて，つくば市，土浦市とその近郊の一般道で実施した。走行コースは，市街地，郊外道路（農村部や旧道，整備された複数車線の広い道等），自動車専用バイパス等の道路を組み合わせて 4 種類を設定した。各コースには，男性と女性の両方が入るように実験参加者を 4 名ずつ割り当てた。所要時間はどのコースもほぼ 30 分以内であった。コースおよび実験参加者の割り当ての概要を表 5-2 に示す。

表 5-2 実験コースおよび実験参加者の割り当ての概要

始点	終点	走行距離 (km)	実験参加者数	
			男性	女性
つくば市東新井	霞ヶ浦運動公園	12.6	3	1
土浦市中村西根	川口運動公園	13.8	1	3
谷和原村小張（運動公園）	手代木公園	15.0	3	1
つくば市花島新田	つくば市春日	11.0	1	3

実験に先立って、実験参加者は出発地から目的地まで地図を見ずに運転できるように、計測員が同乗して練習走行を行った。そして、実験では普段どおりの運転をするよう教示され、運転行動等の計測装置を搭載した実験用車両<sup>(5-8)</sup>を運転した。実験は日々繰り返して実施し、各実験参加者が1人1日1回、割り当てられたコースを運転して、合計35～40回の走行を経験した。そして、全ての実験が終わった後にDSQに回答した。計測員は原則的に初回のみ同乗し、以降は実験参加者のみが乗車して運転した。なお、同一コース内ではどの実験参加者もほぼ同じ時間帯に走行するようにした。

### 5.3.2 解析方法

#### (1) 運転行動指標の算出方法

実験に慣熟したと思われる6～16日目の走行を対象に、同一コース内の実験参加者が混雑等の自己申告を最も多くしていた走行日を低速での追従走行が多く見られた日と考え、各コースから1日選定した。同一コース内では同じ日の走行とした。

データはデジタル記録されており、走行中、車速が4～40km/h、前車との車間距離50m以下のサンプリングデータを分析対象とした。この車速と車間距離が、本研究における「低速での追従走行」の定義となる。次に、今回対象とする追従走行では、加速・減速の状態や車速域（ある程度の定常走行時の車速か、発進停止付近の極低速か）によってドライバの操作や行動は変わってくると考えられる。そこで、各走行内で、「加速」と「減速」の群（前後加速度の符号に基づく）と、車速4～20km/h（極低速）と21～40km/h（低速）の群との組み合わせでサンプリングデータを分類した（全4群）。そして、前後加速度、ブレー



キペダル踏込量，アクセルペダル踏込量，車間距離の，平均値と標本標準偏差（以降 SD と略す）を各群内で算出した．ここで，SD は操作頻度の多さや車両制御のばらつきを反映している．これらを各実験参加者における運転行動指標の代表値に用いて，以下の統計的検討を行った．

#### (2) 運転スタイル尺度と運転行動の相関関係

DSQ 尺度の質的な妥当性を検証するために，運転行動指標と DSQ 各尺度得点との相関係数を算出し，尺度に対して運転行動面からの意味づけを試みた．有意水準は 5% に設定した．

#### (3) 従来 of 個人属性指標と運転スタイル指標の比較

DSQ が従来 of 個人属性指標より運転行動と強い関係があれば，DSQ の有用性を支持する結果の一つとなりうる．まず，運転行動指標とデモグラフィックな属性（性別，年齢），運転経験・習慣の属性（免許取得後年数，運転経験年数，年間走行距離）という従来 of 個人属性指標との相関解析や，対応のない t 検定（性差の検討）を行った．有意水準は 5% に設定した．そして，分析が統計的に有意であった組み合わせの数をカウントし，DSQ での場合と比較した．なお，今回の実験参加者は 1 人を除いて「ほぼ毎日運転する」か「週 3～4 日運転する」ドライバだったため，運転頻度は検討対象から除外した．

#### (4) 運転行動指標と運転スタイル尺度の関係のモデル化

前項と同様に DSQ の有用性を検討するために，DSQ 尺度から運転行動指標を説明できるか関係のモデル化を試みた．具体的には，行動指標の中で車間距離に着目し，車間距離指標を目的変数，DSQ 尺度を説明変数とした重回帰分析を行った．分析では，車間距離指標と有意な相関が見られた DSQ 尺度を初期変数として投入し，変数減少法によって変数を選定した．変数除去の F 値有意確率は 10% に設定した．また，重回帰モデルの評価には自由度調整済み決定係数 ( $Adj.R^2$ ) を使用した．

### 5.3.3 運転スタイル尺度と運転行動の相関

#### (1) 相関関係の概要と考察

表 5-3 に，DSQ 尺度の得点と運転行動指標の間に有意な相関が見られたケースについて相関係数を示す．

表 5-3 DSQ 尺度得点と運転行動指標の相関係数

加速度	車速 (km/h)	行動指標	運転の自信		消極性	運転傾向	幾何的な	信号準備	システム	不安定な	心的	
			への	ス	性	傾	傾	に	の	傾	的	
正	4	加速度	平均									
			SD									
	20	ブレーキペダル	平均									
			SD									
		アクセルペダル	平均									
			SD									
		車間距離	平均									
			SD									
	21	4	加速度	平均								
				SD								
		40	ブレーキペダル	平均								
				SD								
		アクセルペダル	平均									
			SD									
		車間距離	平均									
			SD									
負		4	加速度	平均								
				SD								
	20	ブレーキペダル	平均									
			SD									
		アクセルペダル	平均	0.59 *	-0.59 *							
			SD									
		車間距離	平均									
			SD									
	21	4	加速度	平均								
				SD								
		40	ブレーキペダル	平均								
				SD								
		アクセルペダル	平均	0.70 **								
			SD									
		車間距離	平均									
			SD									

\*\* : p<0.01 \* : p<0.05

行動指標との相関関係が 1 つでも有意だった尺度数は、加速時で 2 尺度 (7.8%)、減速時で 7 尺度 (13.3%) であった。これより、運転スタイルの違いは、低速追従走行においては加速時より減速時に現れやすいと考えられる。

#### (2) 「運転スキルへの自信」尺度との関係と考察

減速時のアクセル踏込量と正の相関が認められた。これより、スキルへの自信が高い人は減速時にもアクセルをうまく使う様子（エンジブレイキ等を目的とした操作）がうかがえ、主成分解釈における操作のスムーズさの要素を反映していると考えられる。

#### (3) 「運転に対する消極性」尺度との関係と考察

減速時に、低速での車間距離 SD と正の相関が認められたことから、消極性が高いと低速での車間距離のばらつきが大きくなり、一定の車間距離に維持していない様子がうかがえる。また、同じく減速時に、極低速でのアクセル踏込量と負の相関が認められ、消極性が低いと極低速でアクセルを使っている様子が推測される。これらからこの尺度は運転への慣れを反映している様子がうかがえ、元の主成分に含まれる「運転を避ける傾向」と対応すると考えられる。

#### (4) 「せっかちな運転傾向」尺度との関係と考察

減速時の極低速において、ブレーキペダル踏込量の SD、および平均車間距離と正の相関が見られた。この結果から、この尺度が高いと極低速での減速時にブレーキ操作が多くなり、車間距離を長めにする様子がうかがえる。この主成分には、急ぎ運転と、他車より前を走りたいという 2 つの要素があった。前者であれば車間距離と負の相関となるため、今回の結果とは異なる。従って、この結果からは「前に出たい」という要素が出ていると解釈する方が良いと考えられる。この結果からは、前車との間合いを計りながらタイミングさえ合えば何か行動を起こすことを考えている様子が推測される。

#### (5) 「几帳面な運転傾向」尺度との関係と考察

減速時の極低速において、車間距離の平均、SD と負の相関が認められた。この尺度が高いと、極低速で減速しているとき、車間距離を短くして一定の間隔に取りがちな様子がうかがえ、前車の動きに呼応した確実な運転操作を反映していると考えられる。

#### (6) 「信号に対する事前準備的な運転」尺度との関係と考察

加速時の加速度 SD と負の相関が見られたことから、この傾向が高いと、ほぼ一定の加速度で加速していく様子がうかがえる。また、低速での減速時には、

加速度と正の相関（つまり減速度とは負の相関）が、ブレーキ踏込量の平均や SD と負の相関が認められた。これより、減速が緩やかであり、またブレーキ操作も緩やかで一定（操作頻度が少ない）様子が推測される。この尺度の主成分解釈をより広げると、車をスムーズに走らせるための予測的な運転と捉えることもでき、今回の結果はそのような要素を反映していると考えられる。

#### (7) 「ステイタスシンボルとしての車」尺度との関係と考察

唯一、加速時での相関関係が多かった尺度である。加速時の、加速に関する指標（加速度、アクセル操作）で負の相関が見られた。これより、緩やかな一定加速度で加速していく様子や、アクセルの踏込量や操作頻度が少ない様子うかがえる。また、極低速での加速時に、車間距離の SD と正の相関が認められた。緩やかな加速行動は、時として前車の加速ペースと合わず、結果として車間距離がばらつくことにつながっている様子が推測される。加速時に車を丁寧扱っているという印象である。

#### (8) 「不安定な運転傾向」尺度との関係と考察

極低速での減速時に、ブレーキ踏込量（平均値、SD）と正の相関が、アクセル踏込量と負の相関が認められた。また、減速時の車間距離の SD とは正の相関が見られた。不安定な運転傾向が高いと減速時の車間距離変化（ばらつき）が大きくなり、また極低速での減速時にブレーキ踏込量やその操作頻度が多くなる様子うかがえる。主成分解釈における運転の「むら」と対応していると考えられる。

#### (9) 「心配性的傾向」尺度との関係と考察

車間距離や減速度との関係が期待されたが、今回は行動指標との明確な関係は見られなかった。なお、低速での加速時に平均車間距離と正の相関がある傾向 ( $r=0.47, p<0.07$ ) は見られた。データを積み重ねることによって、心配性的傾向が高いと車間距離を長めに取るという様子が浮き彫りになってくるかもしれない。

#### (10) まとめ

以上から、DSQ 尺度の意味は低速での追従運転行動とよく対応していると言える。従って、DSQ 尺度は質的に妥当な尺度であると考えられる。

### 5.3.4 従来の個人属性指標と運転スタイル尺度の比較

#### (1) 有意な相関関係を示した組み合わせ数

従来の個人属性指標について、性別間での t 検定で有意な差は見られなかった。年齢、免許取得後年数は、減速時の低速でのブレーキ踏込量 SD とのみ有意な正の相関が認められた（年齢： $r=0.55$ ，免許取得後年数： $r=0.63$ ）。運転経験年数とは有意な相関が見られず、年間走行距離は減速時の低速での車間距離 SD と有意な負の相関が認められた（ $r=-0.61$ ）。このように、加速時に有意な相関を示した組み合わせはなく、減速時に 3 つの組み合わせ（比率で 4%）で有意な相関が見られたのみであった。

一方、DSQ では、加速時に 10 の組み合わせ（比率で 8%）が、減速時に 17 の組み合わせ（比率で 13%）が有意であった。

#### (2) 考察

このように DSQ の方で行動指標との相関が多く認められ、また 5.3.3 で示したように行動とよく対応することから、日常の運転行動の個人差を理解する上で運転スタイルの視点はより有用であると考えられる。

### 5.3.5 車間距離指標と運転スタイル尺度の関係のモデル化

#### (1) 重回帰モデルの構築

前述のとおり運転スタイルの違いは減速時に現れやすいと考えられるので、減速時を対象に重回帰分析を行った。その結果、車間距離指標を DSQ 尺度で説明する以下の重回帰モデルを得た。なお、低速時の平均車間距離に対しては有意な相関を持つ DSQ 尺度がなかったため、モデル化を行わなかった。

極低速時：

$$FD_{mean} = 2.20 IP - 1.91 MT + 11.16 \quad (5-1)$$

$$(\text{Adj.}R^2 = 0.50, p < 0.01)$$

$$FD_{SD} = -2.16 MT + 1.60 MD + 9.35 \quad (5-2)$$

$$(\text{Adj.}R^2 = 0.48, p < 0.01)$$

低速時：

$$FD_{SD} = 1.60 MD + 3.76 \quad (5-3)$$

$$(\text{Adj.}R^2 = 0.35, p < 0.01)$$

ただし、

- $FD_{mean}$  : 平均車間距離
- $FD_{SD}$  : 車間距離の SD
- $IP$  : 「せっかちな運転傾向」尺度得点
- $MT$  : 「几帳面な運転傾向」尺度得点
- $MD$  : 「不安定な運転傾向」尺度得点

(2) 運転スタイルが運転行動に及ぼす影響の考察

$R^2$  は DSQ が車間距離指標に対して持つ影響割合（すなわち説明力）と対応する。特に極低速での車間距離の取り方では、DSQ 尺度は 50%に近い説明力を持つという結果となった。そして、車速域が高くなると説明力が低下した。今回、自由度調整済み決定係数でモデルを評価しているのので、モデルの説明変数の数が異なる点は排除できるという前提で議論する。

運転行動は、交通状況や道路環境といった外的要因にも影響される。車速域が高いときは変化が速く、ドライバーが外界へ注意を向ける頻度や注意の対象も増え、運転行動が外界から受ける影響割合は大きくなると思われる。しかし、極低速のような外界の変化が遅く、小さい場面で、かつ前車との関係を制御することだけに多くのリソースを投入できる場面では、運転行動が外界から受ける影響は小さくなると考えられ、運転スタイルのような内的要因によって規定される部分が相対的に大きくなるのではないだろうか。重回帰モデルの  $R^2$  の違いはこの考え方を支持するものと思われる。これらの関係の模式図を図 5-1 に示すが、外界からの影響が小さくなると、運転スタイルといった内的要因に運転行動がより多く規定されるようになると推測される。

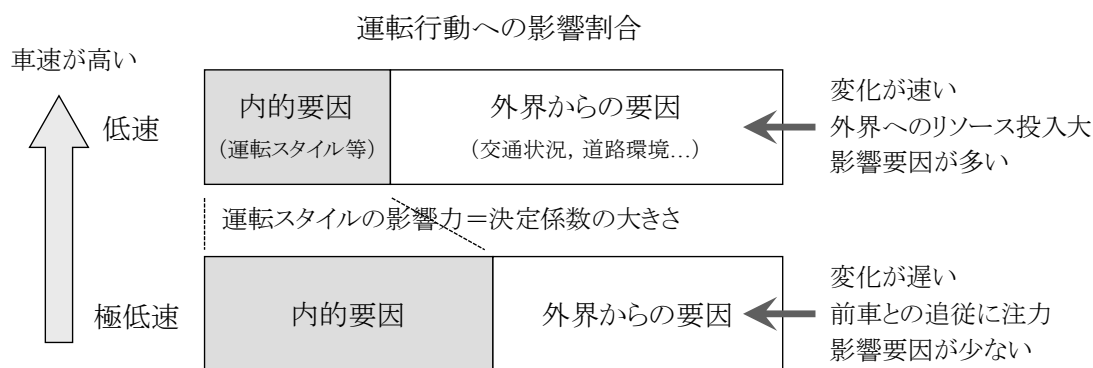


図 5-1 内的要因・外的要因の運転行動への影響割合

## 5.4 結論

日常の運転行動の理解に向けて、日常の運転での態度や志向、考え方といった「運転スタイル」について検討した。

- (1) 質問紙調査と主成分分析から、8尺度で構成される運転スタイルチェックシート（DSQ）という簡便な形で指標化した。
- (2) 低速での追従運転行動の解析に適用し、運転行動指標と DSQ 尺度との相関解析からその妥当性を検証した。
- (3) デモグラフィックな属性や運転経験・習慣という従来の個人属性指標よりも DSQ の方で運転行動との相関が認められたこと、そして DSQ から車間距離の取り方を説明する重回帰モデルを構築できたことにより、日常の運転行動の個人差を理解する上で DSQ の有用性を示した。

## 5.5 今後の展望

本研究では、低速での追従運転行動が運転スタイルと関係することを明らかにし、一例として車間距離の取り方が運転スタイルによって影響されることを示した。車間距離の取り方の個人特性は車間距離自動制御システム（Adaptive Cruise Control: ACC）の使い方と関連することを指摘した研究もあり<sup>(5-9)</sup>、運転スタイルと ACC の受容性とが関連づけられるとも考えられる。このことから、今後 ACC 制御方法開発のプロセスの中でドライバの運転スタイルを考慮して低速 ACC のドライバ中心設計を行なうなど、運転支援における DSQ の活用が考えられる。

さらに、人間・機械系研究においてドライバを類型化した上で車や支援システムとの関係を調べていくことにより、従来は単にばらつき（すなわち誤差要因）として扱われてきた個人差が、行動、生理、心理反応における意味のある個人差として把握することにつながると考えられる<sup>(5-10)</sup>。このような研究アプローチでは、DSQ はドライバ個人の特徴を明らかにする手法の一つとして貢献できると思われ、広く利用できるように（社）人間生活工学研究センター<sup>(5-11)</sup>より統計資料とともに一般へ公開されている<sup>(5-12)</sup>。今後、より多くの研究への適用とデータ蓄積を通してドライバ像の把握へ寄与するとともに、DSQ の適用範囲と有用性が明らかになっていくことが期待される。

## 5.6 運転スタイルチェックシートの統計資料

統計資料は、首都圏、大阪圏、広島、つくば在住の20歳代～70歳代の男女一般ドライバ539名のデータを用いて作成した。表5-4に全体および男女別の平均値と標準偏差(SDと記載)を、表5-5に男女込みの全データについての「平均±SD」と「平均±0.5×SD」の範囲(各境界値)を示す。

表5-4 全体および男女別の平均値と標準偏差(DSQ)

尺度名	全体		男性		女性	
	平均	SD	平均	SD	平均	SD
運転スキルへの自信	2.57	0.79	2.78	0.71	2.25	0.80
運転に対する消極性	2.18	0.81	2.12	0.74	2.28	0.90
せっかちな運転傾向	2.11	0.67	2.22	0.67	1.93	0.63
几帳面な運転傾向	3.04	0.59	3.03	0.59	3.07	0.60
信号に対する事前準備的な運転	2.53	0.68	2.67	0.69	2.32	0.61
ステイタスシンボルとしての車	2.29	0.81	2.42	0.83	2.09	0.75
不安定な運転傾向	1.90	0.59	1.95	0.56	1.83	0.62
心配症的傾向	2.48	0.81	2.42	0.79	2.58	0.83
虚偽尺度	2.32	0.69	2.24	0.67	2.50	0.71
N	539		326		213	

表5-5 平均と標準偏差に基づく得点範囲(DSQ)

尺度名	-SD	-0.5SD	平均	+0.5SD	+SD
運転スキルへの自信	1.78	2.17	2.57	2.96	3.36
運転に対する消極性	1.37	1.78	2.18	2.58	2.99
せっかちな運転傾向	1.44	1.77	2.11	2.44	2.78
几帳面な運転傾向	2.45	2.74	3.04	3.34	3.64
信号に対する事前準備的な運転	1.85	2.19	2.53	2.87	3.21
ステイタスシンボルとしての車	1.48	1.88	2.29	2.69	3.10
不安定な運転傾向	1.31	1.61	1.90	2.20	2.49
心配症的傾向	1.67	2.08	2.48	2.89	3.29
虚偽尺度	1.63	1.98	2.32	2.67	3.01

(N=539)



正規分布の性質から、平均±SD の範囲には標本の 68.3%が、平均±0.5×SD には標本の 38.3%が入る。例えば、表 5-5 での「運転スキルへの自信」尺度では、計算対象とした 539 名のドライバのうち尺度得点が 1.78 から 3.36 の間には約 68%の者が、2.17 から 2.96 の間には約 38%の者が入ることを意味する。標本となったドライバの居住地が必ずしも日本全域に渡っているわけではないことに留意する必要はあるが、他の実験でもこれらの値を参照することにより、その実験参加者が運転スタイルの面で平均的なドライバ像から逸脱しているかどうかを検討可能になる。

なお、本研究の一部は、経済産業省の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

- (5-1) 赤松幹之：計測用車両を用いた実路運転でのドライバ評価，自動車技術，Vol.58，No.12，p.53-59 (2004)
- (5-2) McCormick, I. A., Walkey, F. H. and Green, D. E. : Comparative perceptions of driver ability, *Accident Analysis and Prevention*, Vol.18, No.3, p.205-208 (1986)
- (5-3) Reason, J., Manstead, A., Stradling, S., Baxter, J. and Campbell, K. : Errors and violations on the roads: a real distinction?, *Ergonomics*, Vol.33, Nos10/11, p.1315-1332 (1990)
- (5-4) 藤田悟郎，岡村和子：安全運転態度の枠組みからみた攻撃的運転行動，運転中の心理的負担感及び運転中のイライラ感，応用心理学研究，No.24，p.29-39 (1998)
- (5-5) French, D. J., West, R. J., Elander, J. and Wilding J. M. : Decision-making style, driving style, and self-reported involvement in road traffic accidents, *Ergonomics*, Vol.36, No.6, p.627-644 (1993)
- (5-6) Taubman-Ben-Ari, O., Mikulincer, M. and Gillath, O. : The multidimensional driving style inventory –scale construct and validation, *Accident Analysis and Prevention*, Vol.36, p.323-332 (2004)
- (5-7) West, R., French, D., Kemp, R. and Elander, J. : Direct observation of driving, self reports of driver behaviour, and accident involvement, *Ergonomics*, Vol.36, No.5, p.557-567 (1993)
- (5-8) 大桑政幸，坂口靖雄，石橋基範，舟川政美，滝口賢一郎，赤松幹之：運転行動特性解析用ドライブレコーダの開発，シンポジウム「ケータイカーナビの利用性と人間工学」研究論文集，p.123-126 (2002)
- (5-9) 佐藤稔久，赤松幹之，高橋昭彦，高江康彦，久家伸友，山村智弘：普段の運転行動

が ACC 車間距離設定の選択に及ぼす影響, 自動車技術会学術講演会前刷集, No.38-07, p.9-12 (2007)

(5-10) 石橋基範: ドライバーの個人特性の評価法と自動車への応用, No.06-04 JSAE Symposium ヒューマトロニクス, p.23-30 (2004)

(5-11) 社団法人人間生活工学研究センター: <http://www.hql.jp/> (参照 2008-12-09)

(5-12) 社団法人人間生活工学研究センター: HQL 式運転スタイルチェックシート解説書 (2003)

## 第 6 章

### ドライバの運転負担感受性の指標化と

### 経路選択嗜好分析への応用

#### 6.1 はじめに

自動車事故低減および運転負担軽減に向けた運転支援システムの研究では、人間とシステムとのミスマッチが懸念されている。これを解決してドライバにより適合したシステムを構築する一つの方法に、ドライバの日常の運転行動の理解に基づく支援システム開発という考え方がある。運転行動は交通状況や道路環境、運転の目的や背景、ドライバ状態、そして各ドライバ固有の特性に影響を受けるため、これらを踏まえた上で行動の違いを調べることが重要と考えられる<sup>(6-1)</sup>。

ドライバ個人の特性に関して、内面の特性が異なれば日常の運転行動は異なると考えられ、そのような背景から「運転スタイル」の視点が着目されている<sup>(6-2)</sup>。運転スタイルは運転の態度や志向、考え方に関する特性であり、第 5 章では運転スタイルを指標化し、低速での追従運転行動と関係づけた<sup>(6-3)</sup>。行動に影響する内面の特性には他に性格や認知スタイル等が考えられるが、中でもドライバが感じる負担の違いは運転のストラテジの違いとなって負担への対処行動に大きく影響し、運転行動を決める要因の一つと考えられる。しかし、運転スタイルを始めこれまで検討されてきた指標では個々のドライバが強く感じる負担の種類を直接示しておらず、負担に対する対処行動を説明するのに十分かという疑問がある。

運転負担に関するドライバ個人特性では、従来、運転によるストレスの感じ方の特徴が検討されてきた。その評価手法として **Driver Behavior Inventory (DBI)** が提案されており<sup>(6-4)</sup>、攻撃性、運転嫌い、緊張・不満、苛立ち、警戒と

いった尺度で構成される。Kontogiannis は DBI を応用してストレスの感じ方と対処行動、逸脱行動との関係を検討した<sup>(6-5)</sup>。これらは主に他のドライバとの関わり合いを対象としているが、運転負担の構成要因は他にも多い。Hill らは運転場面がドライバ負担に及ぼす影響を調査し、他者との相互作用、天候、視界、運転タスクという負担要因を抽出して、年齢差、性差、事故経験との関係を調べた<sup>(6-6)</sup>。また、例えば Horberry らが示すように、道路環境の複雑さや運転以外のタスク（会話や機器操作）から負担が生じ、それらは運転成績の補償行動と関係する<sup>(6-7)</sup>。疲労につながる負担という視点では、運転負担は「運転の遂行に直接伴う負担」と「運転作業に付帯する負担（不規則・長時間運転や心理的重圧等の要素）」に大別され、前者は精神的緊張や身体的拘束、作業環境に関する負担に細分される<sup>(6-8)</sup>。以上のように、運転負担の構成要因には交通状況、道路や運転の環境、身体的負荷、運転以外のタスクや運転付帯要因等が挙げられる。そして、負担への対処行動の視点から日常の運転行動の個人差を理解するには、これら負担への感じ方（負担の感受性）をドライバ個人特性と捉えて、指標化し、運転行動と関係づけて検討できるようにすることが必要である。

そこで、本研究では「運転負担感受性」について質問紙調査により構成尺度を明らかにし、これに基づいて簡便な調査紙を用いた指標化を試みた。そして、ドライバ特性の違いが対処行動として現れる側面として経路選択の嗜好に着目し<sup>(6-9)</sup>、従来の個人属性指標と比較して嗜好の違いを明確にできるか、また嗜好の違いを運転負担感受性から説明可能かを調べ、日常の運転行動の個人差を理解する上での有用性を検討した。

## 6.2 運転負担の構成尺度

### 6.2.1 調査方法

#### (1) 調査参加者

首都圏、および大阪圏に在住で、日頃から自動車を運転する 20～60 歳代の男女 222 名とした（男性 114 名、女性 108 名）。5.2 節と同じ調査参加者であり、参加の同意取得を得て、回答後には謝礼を支払った。

#### (2) 質問項目の設定

運転中連続して作動する支援システムを想定し、「ある運転場面が続いたときに負担が大きくて疲れそうか」という持続的な負担を対象とした。調査前に、

人間工学研究者のドライバと一般ドライバの合計 8 名（27～39 歳の男女）で、通勤、買物、レジャー等の日々の運転を対象に負担が大きくて疲れを感じたことがある運転場面 208 件を抽出した。そして、類似する場面を集約し、「路上駐車が多い道」「深夜に運転」のような負担が生じそうな 116 場面を質問項目に設定した。

### (3) 回答方法

質問紙を用いて調査参加者に回答記入を求めた。質問項目の運転場面がしばらく続くとし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。

## 6.2.2 解析方法

運転負担を大別した研究<sup>(6-8)</sup>より独立要因の存在を仮定できるので、質問項目を変数として主因子法による因子分析を行った。分析では、各質問に対する調査参加者の評定値をそのまま得点として用いた。分析は累積寄与率が 50%となった時点で打ち切り、因子構造の単純化のためにバリマックス回転をかけた。そして、因子負荷量が 0.4 以上の変数を対象に因子の解釈を行った。ここで、因子負荷量はすべての項目で正の値であった。

## 6.2.3 因子分析の結果

分析の結果、運転負担の構成因子は 10 因子となり、それらの累積寄与率は 51.4%であった。6.2.4 に、各因子名とその解釈（“ ” 内）、寄与率（括弧内のパーセンテージ）、および因子に属する主な項目と因子負荷量（項目後の括弧内の数値）を示す。なお、各因子内の質問項目は負荷量で降順ソートされている。それから、紙面の都合により、ここでは因子負荷量 0.6 以上の項目か、または 6.2.5 で後述するチェックシートに採用された項目（文頭に\*で示す）を記載した。また、6.2.5 に示した尺度構成方法によって変更が加わったものは、変更後の内容を記載した。

## 6.2.4 因子の解釈と構成項目

### 第1因子：交通状況把握

“周囲交通との関わり合いや情報取り込みの煩雑さ” (10.3%)

- \* バイクのすり抜けや路地からの飛び出しなど，予期せぬ動きの車が多い道で運転. (0.70)
- ・ 路地から対向車，人などが飛び出してきそうな狭い道で運転. (0.70)
- ・ 対向車の飛び出しがありそうなカーブの道で運転. (0.70)
- ・ 突然の車線変更や停止など，タクシーによる予期せぬ動きが多い道で運転. (0.68)
- ・ 物陰になる，高さや角度が不適切など，信号が見えにくい道で運転. (0.67)
- ・ 店舗や駐車場等から車がひんぱんに出入りしている道で運転. (0.64)
- \* 路上駐車が多い道での運転. (0.62)
- \* 交差点などの一時停止が多く，そのたびに道路の様子を確認しなければならない道で運転. (0.59)
- \* 荷物や乗員がジャマ，窓ガラスが汚れているなど，前方や周囲を見通せない状態で運転. (0.50)
- \* 車幅感覚，車両感覚がつかめない状態で運転. (0.44)

### 第2因子：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” (8.9%)

- \* 夜，街灯が多かったり少なかったりして，明るさがひんぱんに変化する道で運転. (0.68)
- ・ トンネルが多く，明るさがひんぱんに変化する道で運転. (0.63)
- \* 例えば都市高速やバイパスのように，直線・大小カーブ・合流分岐などが組み合わされて，道路の形状がころころ変化する道で運転. (0.53)
- \* 右左折専用の車線が複数あったり，自分のいる車線が右左折と直進で不規則に入れ替わったりするなど，車線構成が複雑な道で運転. (0.53)
- \* 雨が降っているときに運転. (0.53)
- \* 夕方や明け方の直射日光で，道路や周囲が見えにくいときに運転. (0.53)

### 第3因子：運転への集中障害

“車内の人（自分も含む）やモノに対する配慮” (5.3%)

- \* 運転以外のことが原因で，きげんが悪いときに運転. (0.54)

\* 上司、先生など目上の人を乗せて運転. (0.48)

\* 壊れやすい、荷くずれしやすい、高価など、気を使う荷物を載せて運転.  
(0.47)

\* 同乗者を乗せて運転. (0.43~0.53)

(注：子ども、他の人を乗せている等の意味を持つ5項目をまとめた)

#### 第4因子：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” (5.0%)

\* 深夜に運転. (0.63)

\* 不規則な昼夜リズムで生活しているときに運転. (0.59)

\* 体調の悪さ（かぜ、頭痛といった病気など）を感じるときに運転. (0.57)

\* 精神的にきつい仕事の後で運転. (0.44)

#### 第5因子：運転ペース阻害

“自分に合った運転ペースの阻害” (4.5%)

\* 抜け道のない渋滞の中で運転. (0.77)

\* 渋滞が続いて、アクセルやブレーキを細かく操作する状態. (0.65)

\* 制限速度が遅すぎるなど、自分がじっくりくる速度よりも遅い速度で運転.  
(0.61)

\* 目的地にいつ着くのか分からない状態で運転. (0.53)

#### 第6因子：身体的苦痛

“身体的苦痛の発生，長時間拘束” (4.2%)

\* 運転が原因で、脚、腰、背中などの痛み、こり、しびれを感じる状態で  
運転. (0.76~0.79)

(注：身体各所の痛み、こり、しびれに関する3項目をまとめた)

\* 車の乗り降りが少なく、長い時間ずっと座った状態で運転. (0.53)

\* 途中、十分に休息をとれない状態で運転. (0.47)

#### 第7因子：経路把握や探索

“自車位置や行先情報の取り込み，位置関係の把握” (3.9%)

\* 道路標識（行先案内板）や地図を使って、ルートや目的地を探しながら  
運転. (0.69)

\* 道を知らないなどの理由で、自分がどこを走っているのか分かりにくい  
状態で運転. (0.59)

\* 目的地までの行先案内板が、分かりにくい道で運転. (0.57)

#### 第 8 因子：車内環境

“車室内の環境（寒暖，空気質等）の悪さ”（3.3%）

- \* 夏に冷房がききすぎたり，冬になかなか暖房がきかないなど，車内が寒すぎるときに運転．(0.79)
- ・ 車内が暑くなったり寒くなったり，寒暖が変化する状態で運転．(0.78)
- \* 直射日光などで車内が暑いときに運転．(0.66)
- \* 車内がほこりっぽい，排ガスで臭いなど，車内の空気が良くない状態で運転．(0.60)
- \* 車内の騒音がうるさい，または振動が大きい状態で運転．(0.40)

#### 第 9 因子：制御操作

“運転操作の煩雑さ”（3.1%）

- \* 山道やカーブの多い道など，細かいハンドル操作や速度調節が必要な道で運転．(0.50)
- \* 狭い道が続いて，細かいハンドル操作をひんばんにする運転．(0.50)
- \* アクセルの加速感やブレーキのきき具合など，ペダルを操作する感じが自分にしっくりこない状態で運転．(0.42)

#### 第 10 因子：運転姿勢

“シートやレイアウトのフィット性の悪さ”（3.0%）

- \* シートが柔らかくて体に合わない状態で運転．(0.81)
- \* シートの形（幅，長さ，凹凸の具合など）が体に合わない状態で運転．(0.76)
- \* シートやハンドル，ペダルなどの位置（レイアウト）が，自分にしっくりこない状態で運転．(0.63)

### 6.2.5 運転負担感受性チェックシートの作成

#### (1) 尺度の構成方法

6.2.4 で得られた 10 因子とその質問項目を用いて，質問紙方式で運転負担感受性を簡便に評価できる手法を検討した．ここでは各因子を運転負担の構成尺度と考え，それぞれに対して負担を感じる程度を調べることにより負担感受性を評価することとした．各尺度には因子負荷量の高い 3～5 項目を割り当てた．因子に含まれる項目が多いときには，元の因子内で相関係数が高い項目や意味



が類似した項目を集めてサブグループを作り，各サブグループから負荷量の最大項目または因子の意味をよく反映した項目を1つ選んで項目を設定した．なお，因子によっては，原文から質問文を多少変えたり負荷量の高い類似項目を集めたりして，因子の意味をより強調するようにした．これらの方法によって選定された項目には，6.2.4で質問文頭に\*をつけている．質問への回答方法は6.2.1と同じ5段階とし，尺度内の項目の得点平均値を算出して尺度得点とした．このようにして38質問項目から成る「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．そして，これを用いて6.3節の調査を行った．

## (2) 運転負担感受性チェックシート (WSQ)

前述の手順で作成したWSQを図6-1に示す．第5章のDSQの場合と同様に，質問順が常に同じであると回答に順序の影響が出ることが懸念されるため，質問順を変えた版を数種類使用することが望ましい．本研究では質問の並びを変えた4種類の版を用いた．

<p><b>【記入のしかた】</b>                      車を運転すると、ときには緊張や無理が続いて負担になり、あとでぐったり疲れることもあるでしょう。ここでは、「こんな場面が続くと<b>負担になって、あとで疲れそうかどうか</b>」を想像し、負担の程度を教えてください。                      日ごろ運転していて、下にある文章の場面で<b>これからしばらく運転することになったとき</b>、あなたは<b>ふだんどのくらい負担に感じますか</b>？このわくの右側を見て、あなたの負担の感じる程度をもっともよく表わすように<b>1つ選び</b>、それぞれの文章の右の数字に○をつけていってください。（深く考えこまずに直感で答えてください）</p>	気にせず運転する	心配りしながら運転するが負担ではない	運転するが少し負担を感じる	緊張や無理をしいられて負担が大きい	負担が大きすぎて運転したくない
1. バイクのすり抜けや路地からの飛び出しなど、予期せぬ動きの車が多い道で運転	1	2	3	4	5
2. 夜、街灯が多かったり少なかったりして、明るさがひんぱんに変化する道で運転	1	2	3	4	5
3. 運転以外のことが原因で、きげんが悪いときに運転	1	2	3	4	5
4. 深夜に運転	1	2	3	4	5
5. 抜け道のない渋滞の中で運転	1	2	3	4	5
6. 運転が原因で、脚、腰、背中などの痛み、こり、しびれを感じる状態で運転	1	2	3	4	5
7. 道路標識（行先案内板）や地図を使って、ルートや目的地を探しながら運転	1	2	3	4	5
8. 夏に冷房がききすぎたり、冬になかなか暖房がきかないなど、車内が寒すぎるときに運転	1	2	3	4	5
9. 山道やカーブの多い道など、細かいハンドル操作や速度調節が必要な道で運転	1	2	3	4	5
10. シートが柔らかくて体に合わない状態で運転	1	2	3	4	5
11. 路上駐車が多い道での運転	1	2	3	4	5
12. 夕方や明け方の直射日光で、道路や周囲が見えにくいときに運転	1	2	3	4	5
13. 同乗者を乗せて運転	1	2	3	4	5
14. 不規則な昼夜リズムで生活しているときに運転	1	2	3	4	5
15. 制限速度が遅すぎるなど、自分がしっくりくる速度よりも遅い速度で運転	1	2	3	4	5
16. 車の乗り降りが少なく、長い時間ずっと座った状態で運転	1	2	3	4	5
17. 道を知らないなどの理由で、自分がどこを走っているのか分りにくい状態で運転	1	2	3	4	5
18. 直射日光などで車内が暑いときに運転	1	2	3	4	5
19. 狭い道が続いて、細かいハンドル操作をひんぱんにする運転	1	2	3	4	5

図 6-1 運転負担感受性チェックシート

	気にせず運転する	心配りしながら運転するが負担ではない	運転する少し負担を感じる	緊張や無理をしいられて負担が大きい	負担が大きすぎて運転したくない
20. シートの形(幅、長さ、凹凸の具合など)が体に合わない状態で運転	1	2	3	4	5
21. 交差点などの一時停止が多く、そのたびに道路の様子を確認しなければならない道で運転	1	2	3	4	5
22. 例えば都市高速やバイパスのように、直線・大小カーブ・合流分岐などが組み合わされて、道路の形状がころころ変化する道で運転	1	2	3	4	5
23. 上司、先生など目上の人を乗せて運転	1	2	3	4	5
24. 体調の悪さ(かぜ、頭痛といった病気など)を感じる時に運転	1	2	3	4	5
25. 渋滞が続いて、アクセルやブレーキを細かく操作する運転	1	2	3	4	5
26. 途中、十分に休息をとれない状態で運転	1	2	3	4	5
27. 目的地までの行先案内板が、分かりにくい道で運転	1	2	3	4	5
28. 車内がほこりっぽい、排ガスでくさいなど、車内の空気が良くない状態で運転	1	2	3	4	5
29. アクセルの加速感やブレーキのきき具合など、ペダルを操作する感じが自分にしっくりこない状態で運転	1	2	3	4	5
30. シートやハンドル、ペダルなどの位置(レイアウト)が、自分にしっくりこない状態で運転	1	2	3	4	5
31. 車両感覚、車幅感覚がつかめない状態で運転	1	2	3	4	5
32. 右左折専用の車線が複数あったり、自分のいる車線が右左折と直進で不規則に入れ替わったりするなど、車線構成が複雑な道で運転	1	2	3	4	5
33. 壊れやすい、荷くずれしやすい、高価など、気をつかう荷物を載せて運転	1	2	3	4	5
34. 精神的にきつい仕事の後で運転	1	2	3	4	5
35. 目的地にいつ着くのか分からない状態で運転	1	2	3	4	5
36. 車内の騒音がうるさい、または振動が大きい状態で運転	1	2	3	4	5
37. 荷物や乗員がジャマ、窓が汚れているなど、前方や周囲を見通せない状態で運転	1	2	3	4	5
38. 雨が降っているときに運転	1	2	3	4	5

図 6-1 運転負担感受性チェックシート (続き)

### (3) WSQ 尺度の統計的妥当性

6.2.1 で得たデータから計算した WSQ 各尺度の得点と元の因子得点との相関関係を調べることにより，統計的な妥当性を検討した．なお，第 3 因子，第 6 因子で元の質問文のいくつかを集約して新規に作った項目は，ここでの WSQ 尺度得点の算出から除外した．表 6-1 に両者の相関係数を示すが，0.63～0.88 が得られ，強い相関関係が認められた（括弧内は以降で用いる因子名の略語）．これより，WSQ の尺度得点の算出方法は元の因子得点とよく対応すること，また各項目が因子の内容をよく反映するように選定されていることを確認した．以上から，WSQ の尺度は統計的に妥当であると考えられる．

表 6-1 因子得点と WSQ 尺度得点との相関係数

因子	尺度名	相関係数
1	交通状況把握 (TS)	0.80
2	道路環境把握 (RE)	0.79
3	運転への集中阻害 (DS)	0.75
4	身体的活動度の低下 (PC)	0.80
5	運転ペース阻害 (DP)	0.87
6	身体的苦痛 (PP)	0.76
7	経路把握や探索 (DR)	0.73
8	車内環境 (IE)	0.83
9	制御操作 (CO)	0.63
10	運転姿勢 (PS)	0.88

## 6.3 経路選択嗜好と運転負担感受性の関係

### 6.3.1 調査方法

#### (1) 調査参加者

広島県広島市およびその近郊の地域に在住で，日頃から自動車を運転する 20～60 歳代の男女 128 名とした（男性 90 名，女性 38 名）．調査参加者にはボランティアとして協力を求め，データ使用目的と個人情報の扱いを文書で説明し，同意を得た．

#### (2) データ収集方法

WSQ と，経路選択に関する質問紙を配付し，回答記入を求めた．

## (3) 経路選択の視点

予備調査から、経路選択の際に旅行時間以外にドライバーが考慮する交通・道路の視点として以下が分かった。

- ・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」という知識の視点を加えて、経路選択嗜好の6視点を設定した。

## (4) 経路選択嗜好の設問方法

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調査参加者に求めた。具体的には、旅行時間は同じという前提で、6視点についてそれぞれ有利・不利の組み合わせで選択肢を作った。以下に「道幅の広さ」の嗜好の強さを調べるときの例を説明する。選択肢は次のような①、②が設定されている。

- |              |            |
|--------------|------------|
| ①道幅が狭い，短距離   | ②道幅が広い，遠回り |
| ①道幅が狭い，空いている | ②道幅が広い，渋滞  |
| ...          | ...        |

道幅という視点に着目したとき、①は「着目視点（道幅）が不利・他視点が有利」の選択肢、②は「着目視点（道幅）が有利・他視点が不利」の選択肢となっている。そのため、調査参加者が②を選択すれば、その視点（道幅の広さ）は他の視点に影響されにくい強い嗜好であると考えた。

このようにして以下の15の選択肢対を設定し、目的地に着くまでの時間はほぼ同じだとしたらどちらの道を選ぶか、選択させた。

- |                   |                |
|-------------------|----------------|
| Q1 ①道幅が狭い，短距離     | ②道幅が広い，遠回り     |
| Q2 ①道幅が狭い，空いている   | ②道幅が広い，渋滞      |
| Q3 ①道幅が狭い，信号が少ない  | ②道幅が広い，信号が多い   |
| Q4 ①道幅が狭い，道なり     | ②道幅が広い，右左折が多い  |
| Q5 ①道幅が狭い，よく知っている | ②道幅が広い，あまり知らない |
| Q6 ①遠回り，空いている     | ②短距離，渋滞        |
| Q7 ①遠回り，信号が少ない    | ②短距離，信号が多い     |
| Q8 ①遠回り，道なり       | ②短距離，右左折が多い    |
| Q9 ①遠回り，よく知っている   | ②短距離，あまり知らない   |

Q10 ①渋滞，信号が少ない	②空いている，信号が多い
Q11 ①渋滞，道なり	②空いている，右左折が多い
Q12 ①渋滞，よく知っている	②空いている，あまり知らない
Q13 ①信号が多い，道なり	②信号が少ない，右左折が多い
Q14 ①信号が多い，よく知っている	②信号が少ない，あまり知らない
Q15 ①右左折が多い，よく知っている	②道なり，あまり知らない

### 6.3.2 解析方法

#### (1) 尺度の内的整合性の確認

WSQ の作成時に元の調査（6.2 節）での質問文表現や項目とは異なる項目が一部作られているため，尺度内の各項目が同じものを測定しているかどうか，つまり尺度の内的整合性が確保されているかを確認した．ここでは，Cronbach の  $\alpha$  係数（項目間の平均相関に基づく係数）を評価指標に用いた．

#### (2) 従来の個人属性指標と WSQ 尺度との比較

WSQ 尺度が従来からよく用いられている個人属性指標より経路選択嗜好と強い関係があれば，WSQ の有用性を支持する結果の一つとなりうる．従来の個人属性指標では，年齢層，性別，運転歴，年間走行距離，運転頻度の 5 変数を取り上げ，各変数について群（例えば男性／女性等）を設定した．WSQ 尺度では，各尺度の得点が高い群（尺度得点 3.0 以上）と低い群（尺度得点 3.0 未満）の 2 群を設定した．次に，従来の個人属性指標および WSQ 尺度の各群に属する者が 6.3.1 の質問（15 問）でどちらの選択肢を選んだか，群×選択肢で人数をクロス集計した．そして，群が嗜好に影響を及ぼしているかを  $\chi^2$  検定で分析し，全分析ケース数（変数・尺度×質問数）に対して有意なケース数の割合を算出して影響の大きさを評価した．有意水準は 5% に設定した．

#### (3) 経路選択嗜好の違いと WSQ 尺度との関係

6.3.1 で示した経路選択嗜好の各質問について，調査参加者が選んだ選択肢に基づいて調査参加者を群分類した．次に，群毎に WSQ 各尺度の得点平均値を算出して，選択回答（つまり経路選択嗜好）によって WSQ 得点がどのように異なるか検討した．WSQ 得点平均値の群間の差の検定には対応のない t 検定（等分散でない場合には Welch の検定）を用い，有意水準は 5% に設定した．

### 6.3.3 結果

#### (1) 尺度の内的整合性の確認

表 6-2 に各尺度の  $\alpha$  係数を示す．これによると 0.63～0.84 という高い数値範囲に分布しており（平均で 0.73），一般的に内的整合性があると見なせる数値であった．

表 6-2 WSQ 各尺度の  $\alpha$  係数

尺度名	項目数	$\alpha$
交通状況把握 (TS)	5	0.73
道路環境把握 (RE)	5	0.78
運転への集中阻害 (DS)	4	0.63
身体的活動度の低下 (PC)	4	0.69
運転ペース阻害 (DP)	4	0.64
身体的苦痛 (PP)	3	0.71
経路把握や探索 (DR)	3	0.84
車内環境 (IE)	4	0.70
制御操作 (CO)	3	0.76
運転姿勢 (PS)	3	0.82

#### (2) 従来の個人属性指標と WSQ 尺度との比較

$\chi^2$  検定が有意であったケースの比率は，従来の個人属性指標で 10.7%（全ケース数 75 に対して 8 ケース），WSQ で 20.0%（全ケース数 150 に対して 30 ケース）であった．傾向あり（ $p < 0.1$ ）まで含めると前者で 13.3%（10 ケース），WSQ で 28.0%（42 ケース）となった．このように，WSQ を用いた方が有意となるケース比率が高くなるという結果であった．

#### (3) 経路選択嗜好の違いと WSQ 尺度との関係

図 6-2 に各設問における選択回答群間での WSQ 得点比較結果を示す．群間の WSQ 得点に有意差があった尺度を概観すると，「道幅が広い」「道なり（右左折が少ない）」「よく知っている」を選択した群で WSQ 尺度の一部で得点が高くなる特徴が見られた．これより，経路選択時の重視点を WSQ 尺度毎に組み合わせて見ることで両者の関係をより明確にできると考え，以下の解析で経路選択嗜好の違いが現れやすい尺度を調べた．

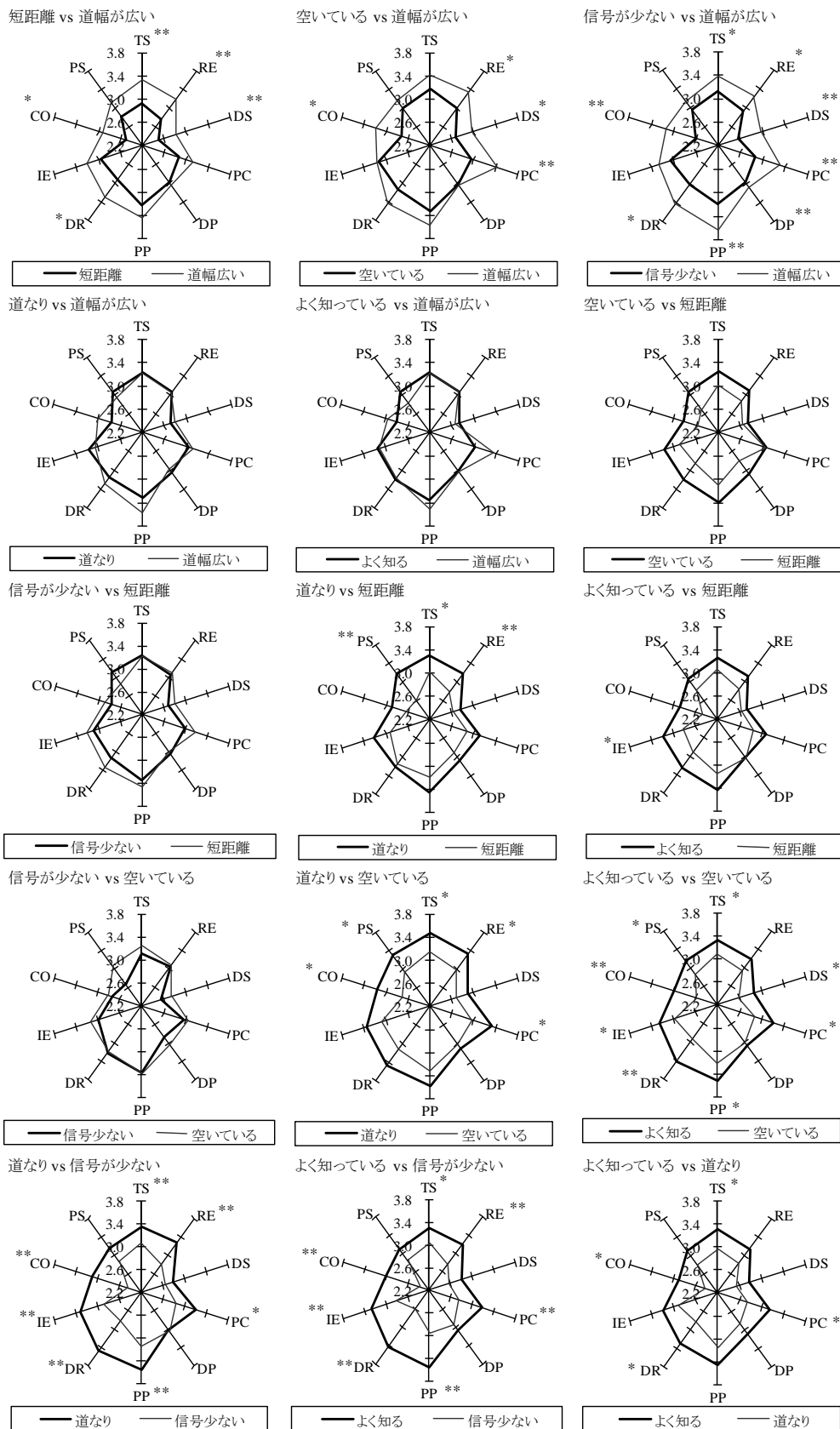


図 6-2 経路選択の選択肢間での WSQ 得点の違い (\*\*:p<0.01, \*:p<0.05)



最初に、交通・道路のある視点とそれ以外の視点とを比較し、WSQ 各尺度においてどれだけの選択肢対の比較で有意差が見られたかを調べた。次に、WSQ 得点が有意に高くなった方の選択肢数を集計した。その結果を表 6-3 に示す。

表 6-3 WSQ 得点が有意に高かったケース数

尺度	道幅が 広い	短距離	空いて いる	信号が 少ない	道なり	よく知って いる	合計
TS	2	0	0	0	3	3	8
RE	3	0	0	0	3	1	7
DS	3	0	0	0	0	1	4
PC	2	0	0	0	2	3	7
DP	1	0	0	0	0	0	1
PP	1	0	0	0	1	2	4
DR	2	0	0	0	1	3	6
IE	0	0	0	0	1	3	4
CO	3	0	0	0	2	3	8
PS	0	0	0	0	2	1	3

具体的な集計方法であるが、例えば、「道幅」に対して「距離」「空き」「信号」「右左折」「知っている」の 5 視点を比較したとき、「交通状況把握 (TS)」尺度の得点が選択回答の群間で有意に異なるのは「距離」「空き」の 2 視点との比較においてである。そして、これらはどちらも「道幅の広さ」を選んだ群の方で尺度の得点がより高い。従って、表 6-3 の「道幅の広さ」の列において、「交通状況把握」は 2 つの視点との比較 (2 つのケース) で相対的に高いという意味で両者が交差するセルは 2 となり、「道幅の広さ」の嗜好の強さは「交通状況把握」の負担感受性と何らかの関係があると解釈できる。一方で、「道幅の広さ」を選んだ群が有意に高くなったケースは「車内環境 (IE)」「運転姿勢 (PS)」では 1 つもなく、該当するセルは 0 となり、「道幅の広さ」という嗜好が強くて「車内環境」「運転姿勢」の負担感受性とは関係が弱いと解釈できる。このように、ケース数が多いほどその視点の選択嗜好が強いことに相当する。以上の集計結果より、「道幅が広い」「道なり」「よく知っている」への嗜好が強い群では WSQ の得点が相対的に高い尺度が多く見られた。次に、合計欄に WSQ 尺度毎にケース数を合計した数を記載しているが、これが多いほど経路選択嗜好の違いが現れやすい WSQ 尺度と解釈できる。その結果、「交通状況把握 (TS)」

「道路環境把握 (RE)」「身体的活動度の低下 (PC)」「経路把握や探索 (DR)」「制御操作 (CO)」で合計数が多かった。

#### 6.3.4 考察

WSQ 作成時に運転負担構成因子の意味をより強調するように質問項目を多少変更したが、変更後、Cronbach の  $\alpha$  係数は全ての WSQ 尺度で内的整合性があると見なせる値であり、WSQ の各項目は妥当であると考えられる。さらに、従来からよく使われてきた個人属性指標と WSQ 尺度との比較では、WSQ の方で経路選択嗜好の違いをより明確にすることができ、嗜好の個人差を理解する上で有用な手法である可能性が考えられる。このように妥当性や有用な可能性は示されたが、次に、それぞれの尺度がどのような意味を持つのか質的な検討が必要である。そこで、嗜好の違いを運転負担感受性からどのように説明できるかを検討した。ここでは、表 6-3 における合計数が多いほど経路選択嗜好との関係が強い WSQ 尺度と考え、それらについて特徴を考察した。

「交通状況把握」「道路環境把握」では負担感受性が高いと道なりの道への嗜好が強く、さらに前者ではよく知っている道を、後者では道幅が広い道をより強く好むという違いがあった。これらの結果は、前者では道路構造の他に交通流の特徴のような知識まで重視し、後者では道路構造が分かりやすい道を重視するという特徴を表していると考えられる。

「経路把握や探索」の負担感受性が高いとよく知っている道への嗜好が強く、この結果は因子の意味をよく表していると思われる。また、「制御操作」の負担感受性が高いと道幅が広い道やよく知っている道への嗜好が強く、この結果は走行することが多い幹線道路のような道を好むという特徴を表していると考えられる。しかし、「経路把握や探索」「制御操作」で当初嗜好が強く出ると考えていた「道なり」はこれらほど強くなかった。その理由だが、前者は現在位置やこれから進むべき方向を探すことへの負担感受性であり、右左折により方向感覚がなくなる負担とは関係が小さいためと思われる。そして、後者はカーブや障害物回避のためのハンドル、ペダル操作への負担感受性であり、交差点での右左折についての負担を直接言っているのではないためと考えられる。

「身体的活動度の低下」が高いとよく知っている道への嗜好が強く、これが高いドライバは状況をよく知る道を選ぶことで体調起因のリスクに対して安全

マージンを確保するのではないかと推測される。

これらとは対照的に、運転以外の要因に対する負担や身体的負担の感受性では経路選択嗜好との関係は相対的に弱かった。確かにこれらの負担感受性を経路選択と直接結びつけることは難しく、今回の検討範囲外であり今後の精査が必要である。しかし、これら尺度と経路選択嗜好との間に強い関係が見られなかったことは、これらの負担感受性の評価手法としては **WSQ** が妥当なことの傍証となるのではなかろうか。

以上から、**WSQ** 尺度は経路選択嗜好と良好な対応関係にあり、嗜好の違いを **WSQ** 尺度で説明できる可能性が分かった。従来の個人属性指標より嗜好の違いを明確にし、かつ嗜好の違いを説明できることから、**WSQ** の有用性を確認できたと考えられる。今回は経路選択嗜好を対象としたが、この結果を発展させると、運転負担に関連する日常の運転行動の個人差を理解する上で様々な場面で **WSQ** は有用になると推測される。ただし、**WSQ** は従来からよく用いられてきた個人属性の代用となるものではなく、ドライバ個人特性の一側面を表したものに過ぎない。今後、運転行動の個人差を理解する上で他の指標との組み合わせ方法の検討は必須であると考えられる。

## 6.4 結論

負担への対処行動という視点から日常の運転行動の個人差の理解に向けて、持続的な負担を対象に「運転負担感受性」について検討した。

- (1) 質問紙調査と因子分析によって運転負担を構成する 10 因子を明らかにし、その結果から、運転負担感受性チェックシート (**WSQ**) という簡便な形で指標化した。
- (2) ドライバ特性の違いが対処行動に現れる側面として経路選択の嗜好に着目し、**WSQ** を適用して分析した。従来の個人属性指標 (年齢, 性別, 運転経験・習慣等) と比較した結果、**WSQ** の方が嗜好の違いをより明確にできた。次に、経路選択嗜好の違いが **WSQ** 得点に現れ、**WSQ** 尺度から嗜好の違いを説明できる可能性が分かった。これらから、負担に関連する日常の運転行動の個人差を理解する上での有用性を示した。

## 6.5 今後の展望

本研究では経路選択嗜好の違いを **WSQ** から説明しているが、この考え方はドライバ個人特性に合わせた経路誘導手法の構築へと発展できる。これまでに、交通・道路に起因する運転の楽しさと旅行時間の短さのどちらを嗜好するドライバか識別する方法が検討され、運転スタイル<sup>(6-3)</sup>と運転負担感受性を組み合わせて判別関数で嗜好をモデル化できることが明らかになっている<sup>(6-10)</sup>。このように、今後カーナビゲーションの開発プロセスでの応用が期待できる。

さらに今後、人間・機械系研究でドライバの行動、生理、心理反応の個人差を正しく把握するには、ドライバを類型化した上で車や運転支援システムとの関係を調べるアプローチが重要になる。**WSQ** はドライバを特徴づける手法の一つとして貢献できると思われ、第5章で示した **DSQ** とともに(社)人間生活工学研究センター<sup>(6-11)</sup>より一般へ公開されている<sup>(6-12)</sup>。今後、**WSQ** の適用範囲と有用性がより明確になることが期待される。

## 6.6 運転負担感受性チェックシートの統計資料

統計資料は、首都圏、大阪圏、広島、つくば在住の20歳代～70歳の男女一般ドライバ541名のデータを用いて作成した。一部異なるものの、**DSQ** の統計資料とほとんど同じドライバである。表6-4に全体および男女別の平均値と標準偏差(**SD**と記載)を、表6-5に男女込みの全データについての「平均±**SD**」と「平均±0.5×**SD**」の範囲(各境界値)を示す。

**DSQ** の場合と同様に、標本となったドライバの居住地に留意する必要があるが、これらの値を参照することにより、実験参加者が運転負担感受性の面で平均的なドライバ像から逸脱しているかどうかを検討可能になる。

表 6-4 全体および男女別の平均値と標準偏差 (WSQ)

尺度名	全体		男性		女性	
	平均	SD	平均	SD	平均	SD
交通状況把握	3.07	0.66	3.00	0.66	3.17	0.65
道路環境把握	2.91	0.73	2.77	0.70	3.13	0.72
運転への集中阻害	2.63	0.67	2.56	0.63	2.73	0.71
身体的活動度の低下	3.10	0.83	2.91	0.74	3.39	0.88
運転ペース阻害	2.78	0.79	2.82	0.79	2.73	0.77
身体的苦痛	3.19	0.82	3.07	0.80	3.36	0.83
経路把握や探索	3.01	0.89	2.83	0.84	3.29	0.89
車内環境	2.87	0.81	2.81	0.79	2.95	0.84
制御操作	2.77	0.87	2.52	0.79	3.15	0.86
運転姿勢	2.94	0.83	2.85	0.83	3.08	0.81
N	541		326		215	

表 6-5 平均と標準偏差に基づく得点範囲 (WSQ)

尺度名	-SD	-0.5SD	平均	+0.5SD	+SD
交通状況把握	2.41	2.74	3.07	3.40	3.73
道路環境把握	2.18	2.55	2.91	3.28	3.64
運転への集中阻害	1.96	2.30	2.63	2.96	3.30
身体的活動度の低下	2.27	2.69	3.10	3.51	3.93
運転ペース阻害	2.00	2.39	2.78	3.18	3.57
身体的苦痛	2.36	2.77	3.19	3.60	4.01
経路把握や探索	2.12	2.57	3.01	3.46	3.90
車内環境	2.06	2.46	2.87	3.27	3.67
制御操作	1.90	2.33	2.77	3.21	3.65
運転姿勢	2.11	2.52	2.94	3.35	3.77

(N=541)

なお、本研究の一部は、経済産業省の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

- (6-1) 赤松幹之：計測用車両を用いた実路運転でのドライバ評価，自動車技術，Vol.58，No.12，p.53-59 (2004)
- (6-2) French, D. J., West, R. J., Elander, J. and Wilding, J. M. : Decision-making style, driving style, and self-reported involvement in road traffic accidents, *Ergonomics*, Vol.36, No.6, p.627-644 (1993)
- (6-3) 石橋基範，大桑政幸，土居俊一，赤松幹之：運転スタイルの指標化と追従運転行動，自動車技術会論文集，Vol.39，No.1，p.121-126 (2008)
- (6-4) Gulian, E., Matthews, G., Glendon, A. I., Davies, D. R. and Debney, L. M. : Dimensions of driver stress, *Ergonomics*, Vol.32, No.6, p.585-602 (1989)
- (6-5) Kontogiannis, T. : Patterns of driver stress and coping strategies in a Greek sample and their relationship to aberrant behaviors and traffic accidents, *Accident Analysis and Prevention*, Vol.38, No.5, p.913-924 (2006)
- (6-6) Hill, J. D. and Boyle, L. N. : Driver stress as influenced by driving maneuvers and roadway conditions, *Transportation Research Part F*, Vol.10, No.3, p.177-186 (2007)
- (6-7) Horberry, T., Anderson, J., Regan, M. A., Triggs, T. J. and Brown, J. : Driver distraction: The effects of concurrent in-vehicle tasks, road environment complexity and age on driving performance, *Accident Analysis and Prevention*, Vol.38, No.1, p.185-191 (2006)
- (6-8) 石橋富和：運転作業，産業疲労ハンドブック，日本産業衛生学会 産業疲労研究会 編集委員会（編），労働基準調査会，東京，p.396-410 (1988)
- (6-9) Abdel-Aty, M. A., Kitamura, R. and Jovanis, P. P. : Using stated preference data for studying the effect of advanced traffic information on drivers' route choice, *Transportation Research Part C*, Vol.5, No.1, p.39-50 (1997)
- (6-10) 石橋基範，大桑政幸，古郡了，赤松幹之：運転スタイル，負担感受性チェックシートの開発と経路選択嗜好の分析への適用，シンポジウム「ケータイカーナビの利用性と人間工学」研究論文集，p.15-18 (2002)
- (6-11) 社団法人人間生活工学研究センター：<http://www.hql.jp/>（参照 2008-12-09）
- (6-12) 社団法人人間生活工学研究センター：HQL 式運転負担感受性チェックシート解説書 (2003)

## 第7章

# ドライバ特性としての車載装置に対する

## 知識の評価方法

### 7.1 はじめに

自動車の情報化により車両側からの運転支援はドライバの状況判断や制御操作の領域にまで入りつつあり、より良いシステム構築に向けてドライバとシステムとの適合性を評価していく必要がある。評価結果に影響する要因の一つに、ドライバ特性が挙げられる。ドライバの個人特性に関して、従来は年齢、性別、運転経験等で定義することが多かったが、これらが同じであっても、例えば注意の制御<sup>(7-1)</sup>やリスクに対する考え方<sup>(7-2)</sup>のような側面が異なれば運転支援情報の使い方や受容性も異なるはずである。また、運転支援を想定したときの運転行動がドライバの心理的特性に影響されると指摘され、ドライバ個人特性を考慮する重要性が示唆された<sup>(7-3)</sup>。このように、システム評価の再現性や妥当性を確保していくという視点から、今後はドライバが持っている多種多様な特性を十分考慮することが必要である<sup>(7-4)</sup>、<sup>(7-5)</sup>。

ドライバの個人特性評価の手法検討のため、(社)自動車技術会「ドライバ評価手法検討部門委員会」では、自動車技術者が共同活用できる「フェースシート(実験・調査参加者の特徴を把握するための質問票)」の開発を目標に、「ドライバ記述ワーキンググループ」を設置して活動が行われてきた<sup>(7-6)</sup>。そこでは、まず、ドライバの特徴を記述する項目を挙げてドライバ個人特性の全体像を整理し、車両やシステム等の評価でそれら項目をどのくらい考慮する必要があるか重み付けが明確化された<sup>(7-4)</sup>。そして、各項目を質問形式で評価する方法を検討し、フェースシートの形で具体的に試作されて調査が行われ、データが収集された<sup>(7-5)</sup>。次段階として、この評価方法の妥当性検討と改良を進めていく必要

があるが、数多くのドライバ記述項目を用いて妥当性検討や改良を行うための考え方が十分整理されてなく、これを明確に示す必要がある。

一方、車両情報化の流れの下、ITS (Intelligent Transportation System : 高度道路交通システム)<sup>(7-7)</sup>関連のシステム評価を例にとると、システムの使用経験や支援を享受する可能性等に関するドライバ個人特性を考慮する必要性が指摘されている<sup>(7-4)</sup>。また、車間距離自動制御システム (Adaptive Cruise Control: ACC) の例では、システムの使用経験に基づく動作理解が評価に影響することを示した研究もある<sup>(7-8)</sup>。使用経験を「車載されている装置の機能に対する知識の量」にまで拡張すると、これまでの事例から知識の量 (以下、知識レベルとする) をシステム評価で考慮することは重要と考えられ、さらに、過信や誤用の対策を目的として車載装置の機能への知識が少ないドライバに対してシステム理解を調べるといった応用も想定される。そこで、ドライバ特性の一側面として、車載されている装置への知識レベルの簡易評価手法が望まれる。

そこで本研究では、まず、ドライバの特徴を記述するフェースシート開発における評価方法の妥当性検討と改良のアプローチを検討し、整理した。次に、その事例として車載装置への知識レベルの評価方法の検討を行った。

## 7.2 個人特性評価方法の妥当性検討と改良の進め方

### 7.2.1 試作フェースシートの現状と課題

7.1 節で取り上げた試作フェースシートでは、ITS 関連のシステム評価を想定したときに考慮する必要性が高いとされ、かつ質問紙で評価が可能と判断されたドライバ記述項目について質問が作成されている<sup>(7-5)</sup>、<sup>(7-6)</sup>。表 7-1 に、ドライバ記述の全項目と、その中で質問を作成した対象項目 (表中のグレー部分) を示す。

ここで対象となった記述項目は 53 項目であるが、それぞれの記述項目を構成する質問は 1 つだけとは限らない。例えば、「情報機器受容性」という小項目に対しては、使用経験、所有の有無、使用意欲、操作への慣れ、新機能への対応といった 5 質問が暫定的に設定されている。また、選択肢が多い質問もある。例えば、居住地周辺の道路環境に関して「道路線形の特徴」に対しては、狭い道路が多い、カーブが多い、見通しの悪い交差点が多い等の 21 選択肢が暫定的に設定されている。



表 7-1 ドライバ記述項目と質問作成項目 (岩男ら, 2004) (7-5)

<b>1. 道路環境</b>	4-4 学歴・職歴	8-2 学習・ストラテジー	9-5 運転に関する知識・理解
1-1 居住地周辺の環境	4-4-1 学歴	8-2-1 学習関連の特性	9-5-1 車両の知識・理解
1-1-1 公共交通の整備レベル	4-4-2 職歴	8-2-2 行動ストラテジー	9-5-2 車載システムの知識・理解
1-1-2 生活圏の都市化レベル	<b>5. 身体的特性</b>	8-2-3 情報収集ストラテジー	9-5-3 交通法規の知識・理解
1-1-3 用地的特徴	5-1 形態的特性	8-2-4 余裕の持たせ方	9-5-4 交通に関する高度な理解
1-1-4 景観の特徴	5-1-1 寸法・重量の特性	8-2-5 ストレス・コーピング	9-5-5 土地柄に対する理解
1-1-5 車移動の必然性	5-1-2 形態的な持病・疾患	8-3 一般的性格	9-6 運転に関する態度・意識
1-1-6 風土(気候的特徴)	5-2 動態的特性	8-3-1 外向性	9-6-1 安全運転態度
1-1-7 駐車スペースと場所	5-2-1 可動域・可動範囲の特性	8-3-2 情緒不安定(神経症)	9-6-2 運転スタイル
1-1-8 駐車場の犯罪実績など	5-2-2 動態的な持病・疾患	8-3-3 (経験への)開放性	9-6-3 運転負担感受性
1-2 走行エリアの環境	<b>6. リズム・習慣に関する特性</b>	8-3-4 調和性	9-6-4 防衛運転の意識
1-2-1 道路区分	6-1 生理的なリズムに関する特性	8-3-5 誠実性	9-6-5 ハザード知覚
1-2-2 道路の整備レベル	6-1-1 覚醒水準の特性	8-3-6 TypeA傾向	9-6-6 リスク認知
1-2-3 道路線形の特徴	6-1-2 睡眠の特性	8-4 社会生活上の意識・態度	9-6-7 リスクテイキング傾向
1-2-4 道路の複雑さ	6-1-3 疲労の特性	8-4-1 価値観	9-6-8 運転スキルの自己認識
<b>2. 交通状況</b>	6-2 生活習慣	8-4-2 社会的規範・態度	<b>10. 運転操作の具体的特徴</b>
2-1 走行エリアの交通特徴	6-2-1 持病・疾患	8-4-3 ライフスタイル	10-1 「走る」行動の特徴
2-1-1 交通量の特徴	6-2-2 食事	8-4-4 情報機器受容性	10-1-1 運転姿勢
2-1-2 通行車両の種類	6-2-3 嗜好品(飲酒・喫煙)	<b>9. 運転習慣・経験・態度</b>	10-1-2 シフト操作
2-1-3 交通流の特徴	6-2-4 運動・健康の習慣	9-1 運転目的	10-1-3 アクセル操作
2-1-4 自動車以外の交通	<b>7. 感覚・知覚的特性</b>	9-1-1 運転目的	10-1-4 加速の特徴
2-1-5 ドライバ構成比率	7-1 視覚の機能特性	9-1-2 運転理由	10-1-5 利用車速域
<b>3. 車両条件</b>	7-1-1 感覚器・感覚機能の特性	9-2 運転習慣の時間的特徴	10-1-6 車速調整の手がかりなど
3-1 現在の主たる使用車	7-1-2 知覚機能の特性	9-2-1 運転頻度	10-1-7 視覚行動
3-1-1 車両種別	7-1-3 運動知覚の特性	9-2-2 運転時間	10-1-8 異常察知
3-1-2 使用年数	7-1-4 疲労しやすさ	9-2-3 運転時間帯	10-2 「止まる」行動の特徴
3-1-3 使用状況	7-2 聴覚の機能特性	9-3 運転習慣の空間的特徴	10-2-1 ブレーキ操作
3-1-4 基本装備・機能	7-2-1 感覚器・感覚機能の特性	9-3-1 走行距離	10-2-2 シフト操作
3-1-5 ITS関連装備・機能	7-2-2 知覚機能の特性	9-3-2 自動車利用率	10-2-3 減速のきっかけなど
3-2 使用車の履歴	7-2-3 疲労しやすさ	9-3-3 運転場所(エリア)	10-2-4 後方確認などの視覚行動
3-2-1 車両種別	7-3 皮膚感覚	9-3-4 高速道利用状況	10-3 「曲がる」行動の特徴
3-2-2 使用年数	7-3-1 触覚	9-3-5 経路選択の特徴	10-3-1 操舵
3-2-3 使用状況	7-3-2 温度感覚	9-4 運転に関する経験・実績	10-3-2 アクセル操作
<b>4. デモグラフィックな属性</b>	7-3-3 痛み	9-4-1 免許取得状況	10-3-3 ブレーキ操作
4-1 年齢	7-4 前庭感覚・その他の感覚	9-4-2 実運転歴	10-3-4 シフト操作
4-1-1 年齢	7-4-1 平衡感覚	9-4-3 事故歴	10-3-5 コーナリング速度の目安
4-2 性別	7-4-2 身体の運動と傾斜の知覚	9-4-4 違反歴	10-3-6 注視点などの視覚行動
4-2-1 性別	7-4-3 嗅覚その他	9-4-5 ヒヤリ・ハットの経験	10-4 「寄せる(駐車する)」行動の特徴
4-3 生活形態	<b>8. 認知・心理的特性</b>	9-4-6 リスクテイキング行動	10-4-1 切り替えし回数
4-3-1 同居者の構成	8-1 認知的特性	9-4-7 技能向上訓練など	10-4-2 視覚行動
4-3-2 職業・勤務形態	8-1-1 注意の特性	9-4-8 安全教育	10-5 装備機能の利用や行動の特徴
4-3-3 住居形態	8-1-2 情報処理の特性	9-4-9 運転スキル	10-5-1 運転関連装備・機能の 体験・利用
4-3-4 居住地	8-1-3 思考の特性		10-5-2 運転以外の装備・機能の 利用
4-3-5 収入状況	8-1-4 対人・対社会の認知特性		10-5-3 支援装備・機能の体験・利用
			10-5-4 運転以外の副次行動

ドライバ個人特性を俯瞰するのなら質問や選択肢を広く設定する方が良いが、一方で実験評価の場で個人特性の評価に使っていきこうとすると、質問数・選択肢数が非常に多いと現実的ではない。また、実際に使ってみると、解釈の個人差が大きい、自分で意識しにくい、選択肢の設定が不適切等の問題があらわになる質問もあることが推測される。これらを踏まえて、評価方法の妥当性を検討するための視点を 7.2.2 のように整理した。図 7-1 にその概念図を示す。

## 7.2.2 妥当性検討と改良の視点

### (1) 分布の妥当性

質問への回答が適度にばらついていることを確認する。ある数値や選択肢に回答が集中する、あるいは全く選択されない選択肢がある等の結果が見られたら、質問方法や選択肢の見直しや削除を考える。

### (2) 関係（相関）の妥当性

既存指標を基準にして、今回設定した質問と合理的な、納得できる関係にあるかを確認する。必ずしも相関関係が認められたら良いということではなく、無相関である方が合理的な場合や、理解不能な相関が見られることで質問の不適切さが示される場合もある。見直しや削除とともに、既存指標と関係が強い場合はその指標を削除して質問の集約を図る。

### (3) 構造の妥当性

ドライバ記述項目を構成する質問群や選択肢群が、合理的な、納得できる構成になっているかを、多変量解析等により確認する。これにより必要最小限の尺度を使ってその記述項目を調べられるようになり、質問や選択肢の集約が可能となる。

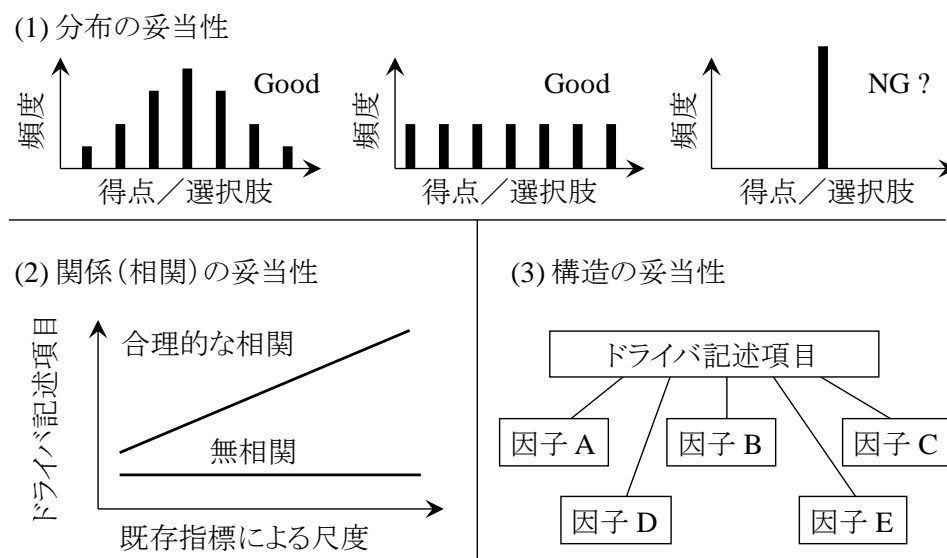


図 7-1 妥当性検討の視点

## 7.3 車載装置に対する知識レベルの評価方法

### 7.3.1 はじめに

7.2.1 で説明したフェースシートでは、車載されている装置に対する知識を調べるために、24 項目の選択肢（オートクルーズ、ETC 等の各装置）に対して機能を知っているか知らないかを回答するように暫定的に設定した。各装置の機能への知識を個別に調べるのならこの選択肢群から必要なものを抜き出して使えば良いが、ドライバ特性として「総合的な知識レベル」がどれだけあるかを効率的に調べる手法にはなっていない。そこで、知識レベルを必要最小限の質問で評価するための軸を抽出することにより、簡易化を検討した。

### 7.3.2 方法

#### (1) 調査参加者

ドライバ記述ワーキンググループによる収集データ<sup>(7-5)</sup>の中から、中部地方在住で 18～69 歳のドライバ 100 名（男性 60 名、女性 40 名）を用いた。調査参加者にはボランティアまたは薄謝で協力を求め、データ使用目的と個人情報の扱いを文書で説明し、同意を得た。

#### (2) 設定した質問

以下の 24 の装置を列挙し、どんな機能か知っているものを全て選択させた。なお、本調査では、質問紙での回答記入を求める方式か、HTML 形式の電子ファイルで作成された質問票にパーソナル・コンピュータを用いて回答入力を求める方式のいずれかとした。

- ・フルオートエアコン
- ・オドメーター
- ・タコメーター
- ・オーバードライブオフ
- ・カーナビゲーション
- ・4WD（4 wheel driving：四輪駆動）
- ・テレマティクス
- ・ETC（Electronic Toll Collection System：自動料金支払いシステム）
- ・バックセンサー

- ・横滑り防止装置
- ・トリップメーター
- ・燃費計
- ・水温計
- ・外気温計
- ・ライト自動点灯システム
- ・ハンドルの前後・高さ調整機構
- ・車線維持支援システム
- ・オートクルーズ
- ・リアビューモニター
- ・前側方死角モニター
- ・パーキングアシスト
- ・ABS（Antilock Brake System：ブレーキ時のタイヤロック防止機構）
- ・ブレーキアシスト
- ・トラクションコントロール

### (3) 分析の進め方

7.2.2 に示した視点に基づいて分析を行った。設定した各機能への回答分布を確認した後（分布の妥当性）、「機能に対する知識」の構造を調べる（構造の妥当性）ための多変量解析を行った。分布の妥当性はすべての質問で確認できたため<sup>(7-6)</sup>、ここでは回答分布の説明は割愛する。

## 7.3.3 結果と考察

### (1) 構造の明確化－数量化Ⅲ類による分析－

機能に対する知識の構成軸を探るため、各装置（機能）を独立変数として、それに対して知っている／知らないの二値回答したデータを対象に数量化Ⅲ類を用いて分析した。数量化Ⅲ類はカテゴリデータの因子分析に相当し、変数を集約できる。その結果、寄与率が第1軸で26.2%、第2軸で12.1%、第3軸で8.6%、第4軸で6.0%となり、第4軸以降では寄与率の減少傾向に特徴的な変化は見られなかった。第10軸までの寄与率と累積寄与率を図7-2に示す。このような様子から、第1軸を解釈して評価軸に使用することにした。第1軸と第2軸のカテゴリ数量を使って各装置を布置したときの様子を図7-3に示す。

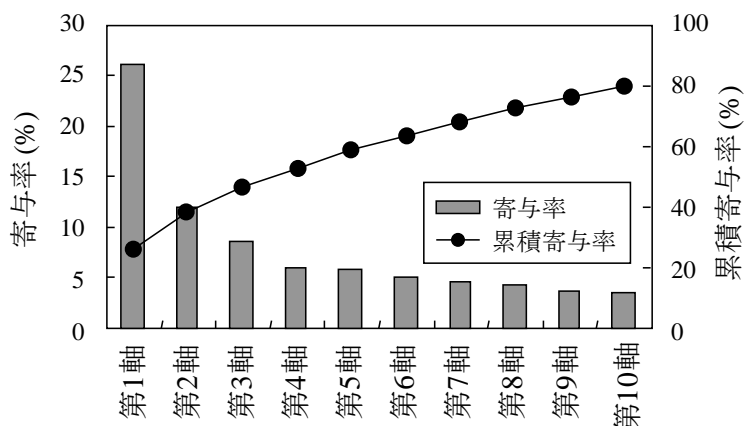


図 7-2 第 10 軸までの寄与率と累積寄与率

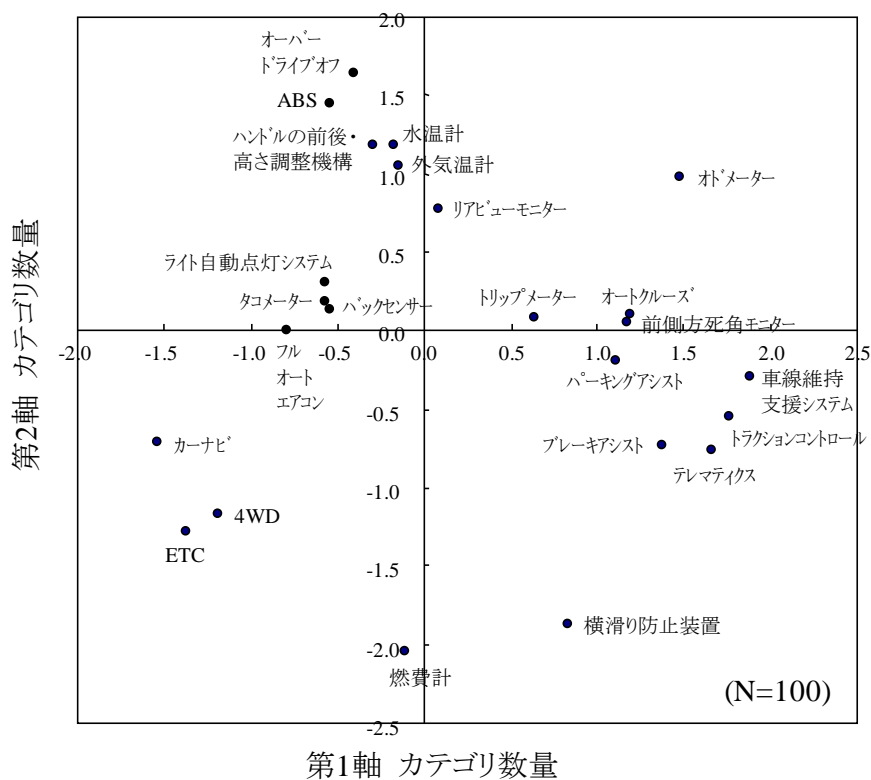


図 7-3 第 1 軸・第 2 軸のカテゴリ数量による各装置の布置状況

ここで、カテゴリ数量そのものに注目した。カテゴリ数量は軸への関係の強さを表しており、各変数のカテゴリ数量の大きさを調べることによって軸の解釈に役立たせることができる。そこで、ソートして解釈を試みたところ、第 1 軸はその機能を「知っている」と回答した人数とよく対応していることが分か

った。その結果を図 7-4 に示すが、横軸は各装置を第 1 軸カテゴリ数量で昇順ソートしており、縦軸は「知っている」と回答した人数である。これより、第 1 軸を「装置の機能が知られている程度」と解釈した。

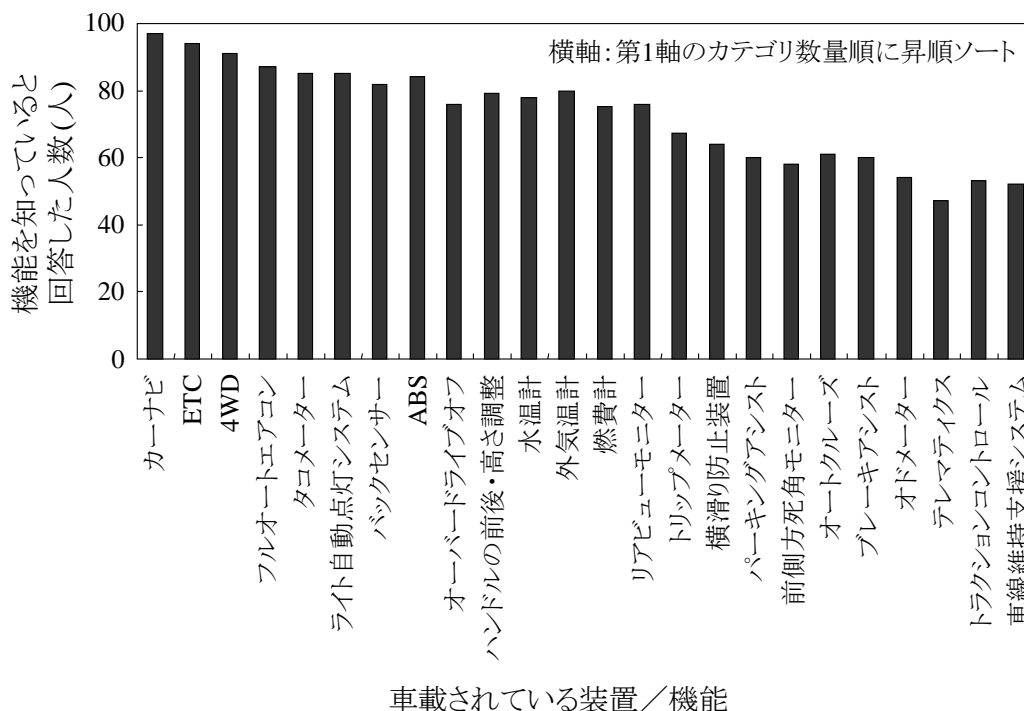


図 7-4 第 1 軸の解釈：「知名度」

(2) 第 1 軸の解釈の応用

第 1 軸の解釈結果を使って知識レベルを評価する方法を検討した。ここでは、「あまり知られていない機能を知っている人は、他の機能も良く知っている」という経験則に着目した。つまり、知名度（知っていると答えた人数）が低い機能を知っていれば、車載装置の機能に対する総合的な知識レベルも高いと考えて、両者の関係を調べた。具体的には、まず、調査参加者毎に項目全体の中のどれだけの機能を知っているか割合（その調査参加者の「知識比率」と定義する）を計算した。そして、機能毎に、その装置の機能（例えばカーナビ等）を「知っている」と答えた人数と、そう答えた調査参加者群の知識比率の平均値（群内の調査参加者間平均）を算出し、両者の関係を調べた。その結果を図 7-5 に示す。これは、例えば、カーナビの機能を「知っている」と回答した調査参加者は 97 名で、その群の知識比率平均値は 0.74、テレマティクスを「知

っている」と回答した 47 名の知識比率平均値は 0.94 というように、機能毎にプロットしていったグラフである。図 7-5 より両者の間には直線的な強い関係があることが分かり ( $R^2=0.97$ )、知名度の低い機能を知っている群は平均的な知識レベルが高いと考えられる。これより、知名度の高低に基づいて知識レベルを予測できる可能性が示された。

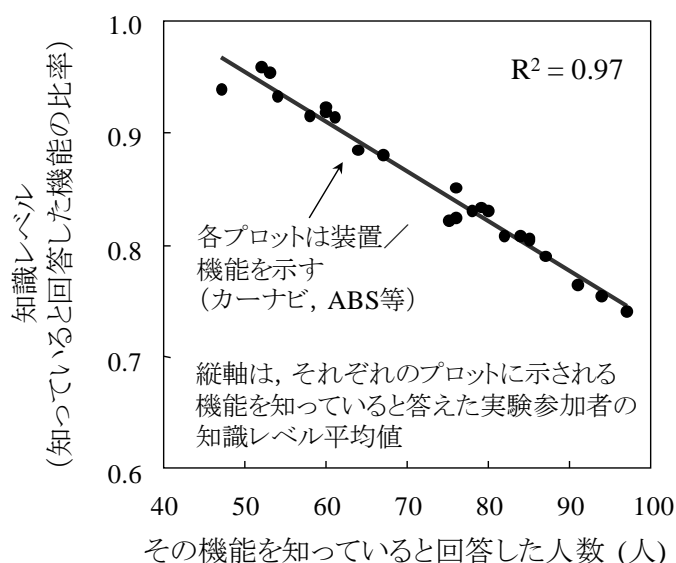


図 7-5 知名度と知識レベルとの関係

### (3) 車載装置に対する知識レベルの簡易評価方法の提案

この結果に基づいて具体的な評価方法を検討した。ここでは、知名度の高い機能から低い機能へ並べた中から幾つか抜き出して、どこまで知名度の低い機能を知っているかを調べることで知識レベルを予測できるのではないかと考えた。そこで、そのような手法が成立しうるかを調べた。

最初に、各機能の総当りの組み合わせで、ある機能を知っていると答えた人の中で、他の機能を知っていると答えた人の人数比率を算出した。例えば、ETCの機能を知っている人のうち、水温計も知っている人の比率、トラクションコントロールも知っている人の比率、といった計算を総当りで行うことになる。そして、知名度の順に機能を並べ、ITS 関連システムに関する機能を 4 項目 (カーナビ、バックセンサー、オートクルーズ、テレマティクス)、ほぼ等間隔となるように抜き出して、前述の人数比率 (他の機能も知っている比率) との関係性を調べた。その結果を図 7-6 に示す。知名度の最も低いテレマティクスの機能

を知っている人では他の機能を知っている人も多い（最低でも 83%以上）が、知名度の最も高いカーナビでは変化が大きく、知名度が低くなるに伴い機能を知っている人数比率も低くなる。

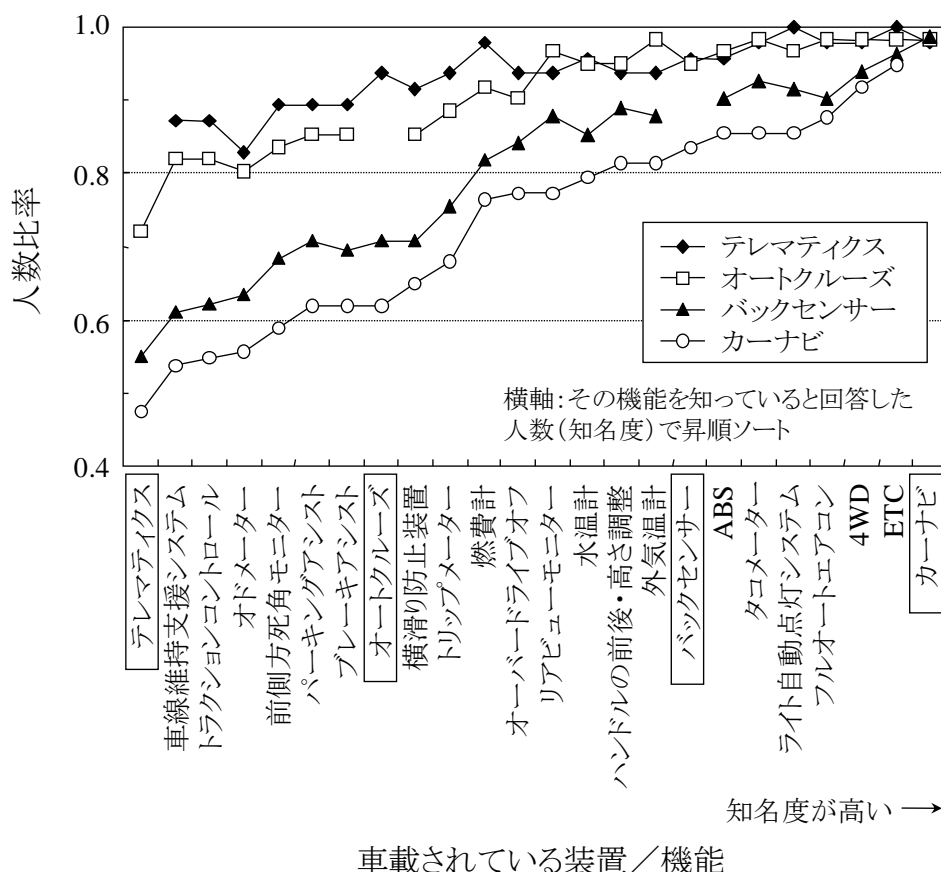


図 7-6 知名度の高さと他の機能を知っている人数比率との関係

そして、前出の 4 機能を知名度の高い順に並べ、知名度の低いシステムをどこまで知っているかを調べることで知識レベルの簡易的な指標値とした。具体的には、以下の通りである。

レベル 0：カーナビを知らない。

レベル 1：カーナビを知っている。

レベル 2：カーナビとバックセンサーを知っている。

レベル 3：カーナビ、バックセンサー、オートクルーズを知っている。

レベル 4：すべての機能を知っている。

例えば、テレマティクスを知っていてもカーナビを知らなければレベル 0、



カーナビとオートクルーズを知っていてもバックセンサーを知らなければレベル1といったように、知名度の順序関係を重視した簡易指標とした。この知識レベル簡易指標と知識比率（前出と同じ定義）との相関関係を調べた結果、高い相関が認められた ( $r=0.86$ )。また、各レベルにおける調査参加者の知識比率の平均値を調べたところ、図 7-7 に示すように、知識レベル簡易指標が高くなると知識比率も高くなるという単調増加の関係が見られた。以上から、提案する簡易評価方法は知識比率をよく反映したものであることが分かった。

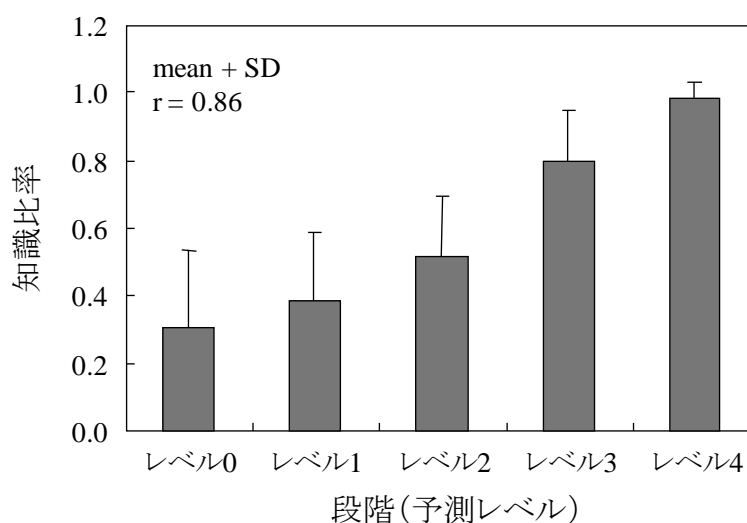


図 7-7 知識レベルの簡易指標と知識比率の関係

#### (4) 考察

以上の結果から、この例では、この4つの機能のうちどこまで知名度の低いものを知っているかが ITS 関連システムに関する機能への知識レベルに相当すると考えられる。この方法によると、現在 24 項目ある選択肢を 4 項目程度に集約可能であり、簡易評価方法の一案として提案できると考える。また、このような「車載装置の機能を知名度順に並べて分類した中から代表項目を選んで質問を設定する」という方法は、計器類、操縦安定性等の他の目的においても、知識レベルを簡易評価する方法として応用可能と考えられる。

このように、構造の妥当性の検討により、ドライバの特徴を記述する質問項目を集約して簡易化する方法を具体的に示した。

## 7.4 知識レベルと運転態度・負担意識との関係

### 7.4.1 はじめに

7.3 節での検討により，知識レベルを簡易評価する手法を考案した．一方で，車載装置の機能（24 項目）のどれだけを知っているかという知識レベルは今回新たに定義した特性であり，既存のドライバ特性評価指標と納得できる関係にあるか（7.2.2 での関係の妥当性）を検討しておく必要がある．車載装置への知識レベルは車そのものや運転への興味，意欲，受容性等を反映したものと捉えられ，運転への態度や志向，負担意識との関係が推測される．そこで，（社）人間生活工学研究センター（HQL）式の運転スタイルチェックシート（DSQ，第 5 章に詳述）<sup>(7-9)</sup>，運転負担感受性チェックシート（WSQ，第 6 章に詳述）<sup>(7-10)</sup>を用いて，それらとの関係を調べた．DSQ は 8 尺度，WSQ は 10 尺度で構成され，ともに質問へのあてはまり度合いを段階回答させたものを数値化し，ドライバの個人特性を評価する手法である．

### 7.4.2 方法

#### (1) 調査参加者

ドライバ記述ワーキンググループによる収集データ<sup>(7-5)</sup>の中から，北海道，首都圏，中部地方，中国地方在住の 18～73 歳のドライバ 555 名（男性 370 名，女性 185 名）を用いた．調査参加者にはボランティアまたは薄謝で協力を求め，データ使用目的と個人情報の扱いを文書で説明し，同意を得た．

#### (2) 設定した質問

7.3.2 で挙げた 24 の機能を最大とし，調査地域によって取捨選択し（ただし最小でも 10 項目），どんな機能が知っているものを全て選択させた．ここで，調査地域によって機能の項目数が異なることから，7.3.3 で定義した知識比率を各調査参加者の知識レベルとして用いた．また，7.3.2 と同様に，回答方式は質問紙への記入か，HTML 形式の電子ファイルを用いた方法のいずれかとした．

### 7.4.3 結果と考察

#### (1) 知識レベルが高いドライバの特徴

知識比率の調査参加者間平均値を境界に用いて，平均より高い方の群を「知

識レベルの高い群」，低い方を「知識レベルの低い群」として，群毎に DSQ, WSQ 各尺度の平均得点を算出した．その結果を図 7-8 に示す．知識レベルの高低の群間で得点差（絶対値）が大きかった尺度の上位 3 つは，運転スタイルでは「運転スキルへの自信」「せっかちな運転傾向」「ステイタスシンボルとしての車」であり，知識レベルが高い群ではこれらの傾向が強い．また，運転負担感受性では「道路環境把握」「経路把握や探索」「制御操作」に関する負担で，知識レベルが高い群ではこれらの負担の感じ方が弱い．

以上から，知識レベルの高いドライバは運転や車への態度がポジティブであり，運転作業そのものに特有の負担をあまり感じないという特徴が分かった．これは，経験則とよく対応して納得できる関係にあると考えられる．さらに，知識レベルと運転スタイル，運転負担感受性の間には何らかの相関関係があると推測され，車載装置への知識レベルを知る手がかりとして使用できる可能性がうかがえる．

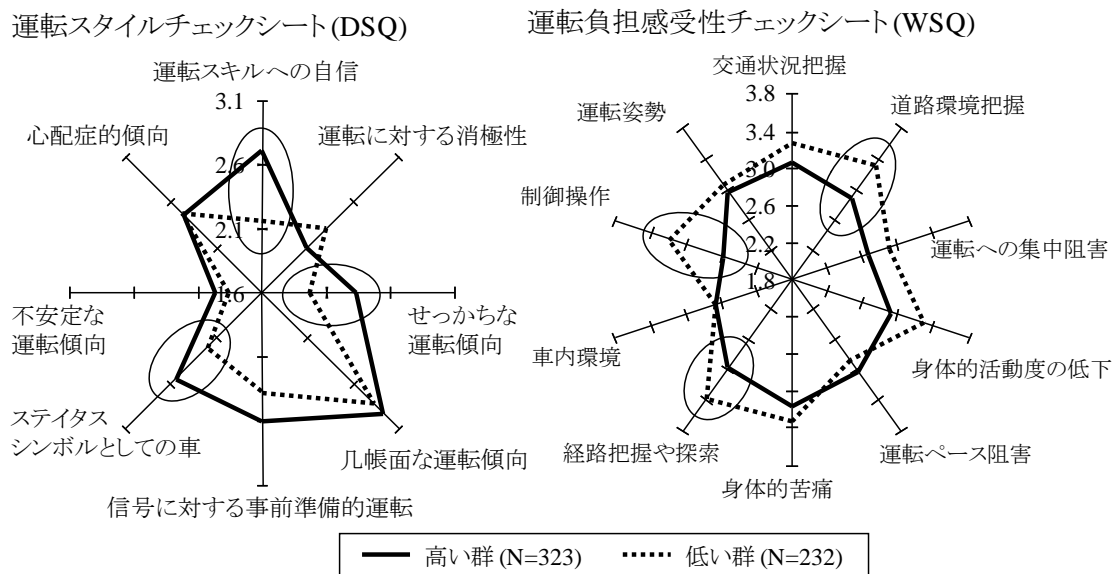


図 7-8 知識レベルの高低による DSQ, WSQ 得点の違い

(2) 知識レベルと DSQ, WSQ 尺度の相関

前述の結果を受けて，知識レベルとの相関関係を調べた．相関係数の一覧を表 7-2 に示すが，その絶対値が最大だったのは DSQ の「運転スキルへの自信」であった ( $r=0.39, N=552$ )．これより，相関そのものは決して高くはなく，連続

的なレベルを把握する（代替指標とする）には無理があるが、うまく使えばおよそのレベルを知ることはできそうである。そこで、ノンパラメトリックな考え方を用いて、「運転スキルへの自信」の高い／低いという段階と、車載装置への知識レベルが高い／低いという段階を対応づけられないか考えた。「運転スキルへの自信」の段階分け（群分け）には HQL より公開されている平均値<sup>(7-11), (7-12)</sup>を、知識レベルの段階分けには知識比率の平均値（前出）を境界に使い、両者を掛け合わせて各群に属する人数を集計した。そのような方法で行われたクロス集計の結果を表 7-3 に示す。「運転スキルへの自信」が低い群では知識レベルの高い／低い群はほぼ半々の人数となった一方で、高い群では 77% の調査参加者が知識レベルの高い群となった ( $\chi^2$  検定により  $p < 0.01$ )。この関係から、運転スタイルの「運転スキルへの自信」が高い群に関しては、知識レベルの高さを直接調べてなくてもそれが高いだろうというおよその手がかりを得られると考えられる。

表 7-2 知識レベルと DSQ, WSQ 尺度得点との相関係数

DSQ 尺度		相関係数	WSQ 尺度		相関係数
運転スキルへの自信		0.39	交通状況把握		-0.21
運転に対する消極性		-0.16	道路環境把握		-0.33
せっかちな運転傾向		0.29	運転への集中阻害		-0.24
几帳面な運転傾向		0.08	身体的活動度の低下		-0.27
信号に対する事前準備的な運転		0.15	運転ペース阻害		0.02
ステイタスシンボルとしての車		0.23	身体的苦痛		-0.11
不安定な運転傾向		0.08	経路把握や探索		-0.25
心配症的傾向		0.03	車内環境		-0.17
		N=552	制御操作		-0.37
			運転姿勢		-0.07
					N=496

表 7-3 「運転スキルへの自信」と知識レベル

		運転スキルへの自信	
		低い	高い
知識 レベル	低い	188 (0.51)	43 (0.23)
	高い	179 (0.49)	144 (0.77)

各セルには調査参加者数を示す, ( ): 列方向の比率

## 7.5 まとめ

ドライバの個人特性評価のためのフェースシート開発において、質問形式による評価方法の妥当性検討と改良に向けた進め方を提案した。次に、その事例として車載機能への知識レベルの評価方法を検討した結果を論じた。その内容は以下の通りである。

- (1) 知名度が低い機能を知っていれば車載装置の機能への知識レベルが高いという関係がある。
- (2) 知名度が高い方からどこまで知っているかを調べることにより、4項目（カーナビ、バックセンサー、オートクルーズ、テレマティクス）程度の質問で知識レベルを推定できると見込まれる。
- (3) 運転スタイルの「運転スキルへの自信」が高ければ、知識レベルが高いという手がかりになる。

さらに、本研究の成果を受けて、妥当性検討と改良によってフェースシート開発が進められ、フェースシート本体とその使用マニュアル、統計資料がまとめられた<sup>(7-6)</sup>。

なお、本研究では、社団法人自動車技術会・ドライバ評価手法検討部門委員会や委員所属団体の協力の下、多くの一般ドライバにデータ収集の協力をいただいた。関係諸氏の協力に感謝する。

## 参考文献

- (7-1) 篠原一光，神田幸治，臼井伸之介，中村隆宏，太刀掛俊之，小高恵：注意制御に係る日常的経験と内田クレペリン精神検査の関連性の検討，人間工学，Vol.40，特別号，p.442-443 (2004)
- (7-2) 蓮花一己：運転時のリスクテイキング行動の心理的過程とリスク回避行動へのアプローチ，国際交通安全学会誌，Vol.26，No.1，p.12-22 (2000)
- (7-3) 石橋基範，大桑政幸，赤松幹之：運転スタイル・運転負担感受性の個人特性指標と運転行動，自動車技術，Vol.58，No.12，p.34-39 (2004)
- (7-4) 岩男眞由美，赤松幹之，石橋基範，大桑政幸，城戸滋之，熊倉佐恵，栗谷川幸代，高田祐史：ドライバを記述するための評価項目，自動車技術会学術講演会前刷集，No.30-04，p.1-4 (2004)
- (7-5) 岩男眞由美，赤松幹之，石橋基範，大桑政幸，城戸滋之，熊倉佐恵，栗谷川幸代，

- 高田祐史：「彼ってどういうドライバー？」，自動車技術，Vol.58，No.12，p.28-33 (2004)
- (7-6) 社団法人自動車技術会 ドライバ評価手法検討部門委員会：ドライバ記述ワーキンググループ活動成果報告書(2003年度～2005年度)，社団法人自動車技術会，東京 (2006)
- (7-7) 特定非営利活動法人 ITS Japan：ITS とは，<http://www.its-jp.org/about/> (参照 2008-12-09)
- (7-8) 伊藤誠，丸山公輔，稲垣敏之，白石恭裕，渡辺隆行，高江康彦：高速域 ACC と低速域 ACC が混在するシステムにおけるモード認識，自動車技術会学術講演会前刷集，No.113-04，p.13-16 (2004)
- (7-9) 石橋基範，大桑政幸，土居俊一，赤松幹之：運転スタイルの指標化と追従運転行動，自動車技術会論文集，Vol.39，No.1，p.121-126 (2008)
- (7-10) 石橋基範，大桑政幸，土居俊一，赤松幹之：ドライバの運転負担感受性の指標化と経路選択嗜好分析への応用，自動車技術会論文集，Vol.39，No.5，p.169-174 (2008)
- (7-11) 社団法人人間生活工学研究センター：<http://www.hql.jp/> (参照 2008-12-09)
- (7-12) 社団法人人間生活工学研究センター：HQL 式運転スタイルチェックシート解説書 (2003)

## 第 8 章

### 結 言

#### 8.1 研究のまとめ

##### 8.1.1 本研究の結論

自動車の事故低減および運転負担軽減に向けた運転支援システムの研究において人間・機械系のミスマッチが懸念されており、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アプローチとして、運転環境や支援システムに対するドライバの反応を正しく理解した上での自動車開発の取り組みが重要となる。諸要因を整理してドライバの反応を理解するためには、ドライバの多様な反応という出力と、ドライバへの外界からの刺激という入力と、それらをつなぐドライバ個人特性をそれぞれ把握して関係づける必要がある。そして、ドライバ個人特性は先天的な側面（人間が元々備えている面）と後天的な側面（生活や運転で獲得した面）に分けられる。

本研究では、ドライバと環境・システムとの関係を「刺激－人間－反応」の枠組みで捉え、ドライバ個人特性を類型化した上で刺激と反応との関係を探る方法論の有用性を明らかにし、これによりドライバの個人特性評価に基づく反応理解手法を体系化することを目的とした。その結果、以下の結論を得た。

まず、居眠りや精神疲労に伴う生体活性の低下による危険防止を想定して、刺激（運転模擬環境）と反応（生体指標）に関するドライバ計測の基礎技術を構築した。そして、先天的な特性の面から脳の刺激応答特性を反映した性格（内向性・外向性）に着目し、精神的負荷との相互作用を取り入れて、生体活性の低下という生理的反応と関係づけて精神疲労のモデル化を行い、妥当性を検証した。このように「刺激－人間－反応」の枠組みを適用した結果、この方法論の有用性を示すことができた。

次に、運転支援による負担軽減を想定して、行動や負担との関係が考えられ

る後天的な個人特性（運転態度や意識）に着目した。「運転スタイル」「運転負担感受性」を指標化し、それぞれ運転における行動的反応と関係づけられることを明らかにした。最後に、個人特性評価のためにドライバの特徴を記述する項目を整理、指標化、簡易化して、妥当性を調べていく手法を示した。これらから、ドライバの反応理解に向けて個人特性の評価指標の構築手法を提案することができた。

以上の一連の研究により、ドライバの個人特性評価に基づく反応理解の手法を体系化し、運転支援やシステムの研究へ応用していく有用性を示した。

### 8.1.2 本研究の総括

以下に、本研究の概要と特徴を章毎に総括する。

第2章「単調運転模擬作業と高速道路走行のタスク負荷量の検討」では、自動車単調運転の要素を実験室で再現するため、トラッキングと視覚選択反応を組み合わせた運転模擬作業を開発した。そして、作業課題の単調性を示し、高速道路運転での精神的負担、身体的負担の主観評価得点と比較して、その作業課題の負荷が眠気や緊張感、疲労感といった面で高速道路単調運転と同様の特徴を備えていることを検証した。現在では、リアリティのある自動車運転を模擬できる手法（ドライビング・シミュレータ）が実験研究で用いられるようになってきた。しかし、本研究で指摘したように、運転シミュレーションは見かけ上実走と類似していても人間に与える負荷が異なれば模擬課題として不適切であり、また実走のあらゆる状況を完全に模擬できるものではないと考えられる。そこで、模擬すべき状況・場面や目的に応じて、実走と同等にすべき負荷とそうでなくても良い負荷を分けて作業課題を設定することや、実走の負荷と同じ部分、違う部分を把握した上で活用することが重要であり、本研究では単純な計算機システムによりその考え方を具現化した。

第3章「覚醒低下に伴う反応時間と脳波の変動の指標化」では、眠気を積極的に生じさせる実験で反応時間と反応直前の脳波特徴量との関係を検討し、反応時間遅延時に、頭頂部の $\alpha$ 波帯域周波数の低下や全頭的な $\theta 2$ 帯域および $\alpha 1$ 帯域のパワの増加、 $\alpha$ 波帯域の周波数ゆらぎの白色化という特徴を明らかにした。特に、簡易的評価という視点で、頭頂部の $\alpha$ 波周波数が中枢系の活性レベル低下を反映する指標であることを示した。自動車運転において、覚醒低下で



最も深刻な問題は突発的なイベントへの反応の遅れと思われる。そのため、反応時間の遅延と対応した指標を見出した点に本研究の意義がある。従来、反応時間と脳波の関係の検討には、個人固有の特徴量として脳波を扱うのか、個人内変化を観測するものとして扱うのか、二つの議論の視点があったが、本研究では個人内の変化を扱うという立場を示した上で、多変量解析も用いて評価指標として使用する部位を絞り込んでいった点が特徴である。さらに、個人内での変動という視点で、安静時の基準脳波に対しての変化を調べるという考え方の重要性を示唆した。これは、第4章で具現化されている。

第4章「向性と精神的負荷が精神疲労に及ぼす影響モデルの構築」では、生体活性の変化の個人差に影響する個人特性として内向性・外向性の性格（先天的な側面）に着目し、向性が脳波の刺激応答のタイプと対応することを第3章で提案した脳波指標を用いて示した。これを踏まえて、運転後の精神疲労に影響する要因として精神的負荷（刺激）と向性（刺激応答タイプと対応）に着目し、両者が相互に影響して精神疲労の大きさが決まるとモデル化して、第2章で開発した運転模擬作業と第3章での脳波指標を用いてモデルの妥当性を検証した。この研究の大きな特徴は、向性という性格（個人特性）には生物学的基礎があると仮定し、精神的負荷（環境、すなわち外的刺激）への対処方略を決める上でこの生物学的基礎が大きく関与して生体システムとしての活動を最適化しているという考え方を取り入れ、具現化した点である。このように、精神疲労に対して負荷と向性の相互影響に着目したことは、これまで同じ運転環境でも人によって疲労の発生が異なっていたという個人差を解き明かしていく鍵になると考えられる。

第5章「運転スタイルの指標化と追従運転行動解析への適用」では、日常の運転行動に関係すると考えられるドライバ個人特性として運転に対する態度や考え方である「運転スタイル」を設定し、その構成尺度を質問紙調査から明らかにし、簡便な手法で指標化した。次に低速での追従運転行動の解析に適用し、行動との相関解析により妥当性を検証するとともに、従来の個人属性指標との比較やモデル化により運転行動の個人差を理解する上での有用性を明らかにした。これまで不安全行動や運転スタイルといった個人特性を指標化した研究はあるが、路上での日常の運転行動との関係を調べて運転行動の個人差を説明しようとした研究はほとんどなく、個人特性の視点が運転行動研究で本当に有用なのか科学的な根拠がなかった。それに対して本研究では、運転スタイル尺度

と追従運転行動との間に相関関係があることを見出した。また、運転行動が外界から受ける影響が小さいとき、運転スタイルが運転行動を規定する部分は相対的に大きくなる可能性を示すことができ、日常の運転行動の個人差を説明する上での有用性を明らかにした点で意義がある。

第6章「ドライバの運転負担感受性の指標化と経路選択嗜好分析への応用」では、運転負担への対処行動に影響すると考えられるドライバ個人特性として、各種運転負担の感じ方である「運転負担感受性」の構成尺度を質問紙調査から明らかにし、簡便な手法で指標化した。次に経路選択嗜好の解析に適用し、従来の個人属性指標の比較することによって本指標の優位性を確認するとともに、嗜好の違いを本尺度で説明できる可能性が分かり、運転行動の個人差を理解する上での有用性を明らかにした。運転支援システムによって負担軽減を図る上で、ドライバの負担への対処行動の違いがどのような個人特性に起因するものか把握しておくことは、システムの設計や実験評価の上で重要になる。従来の不安全行動や運転スタイルの指標は負担との関係を直接示してなかったが、運転負担感受性の指標化により補完することができ、運転支援に関わるドライバ個人特性をより多面的に把握できるようになった。

第7章「ドライバ特性としての車載装置に対する知識の評価方法」では、ドライバの個人特性評価の手法構築において、まず手法の妥当性検討や改良のためのアプローチを整理して示した。次に、ドライバ特性の具体例として「車載装置の機能に対する知識の量」を取り上げてそのアプローチを適用し、「機能の知名度の高さ」による知識レベル評価法を考案した。そして、第5章で提案した運転スタイル、第6章で提案した運転負担感受性という既知の個人特性との関係を示し、簡易化方策として、運転スタイル（運転スキルへの自信）を把握することがおよその知識レベルを知る手がかりになるという方法を考案した。本研究では、ドライバの特徴を記述する多くの項目を集約して評価を簡易化するための方法や、既知のドライバ特性との関係を調べることで妥当性を検討する方法を整理しており、今後研究目的に応じて他のドライバ特性評価指標が必要になったときの指標構築アプローチを一般化した点で意義がある。

以上のように、運転環境や支援システムに対するドライバの反応理解に向けて、ドライバと環境・システムとの関係を「刺激－人間－反応」の枠組みで捉え、ドライバ個人特性を仲介して刺激と反応との関係を探る方法論の有用性を明らかにした。

### 8.1.3 本研究の成果により見込まれる効果

#### (1) 設計面・実験評価面で見込まれる効果

本研究で提示した方法論を取り入れることにより，システム設計，実験評価の両面で効果が見込まれる．

システム設計面では，ドライバ特性への適合化を図る上で，ドライバ個人特性を数値表現し，またそれぞれの組み合わせによりドライバを類型化することによって，支援パラメータの選択肢を用意する際の根拠（ドライバのタイプと支援パターンの関係づけ）として使ったり，個人に適合化させる支援ロジックを組んだりできる．また，ドライバ個人特性の数値化によりシステムのモデルに組み込みやすくなる．これらによって，ドライバへの適合化を図って支援効果をより広く出すことができるという効果が見込まれる．

実験評価の面では，評価結果に影響を及ぼすドライバ特性をあらかじめ統制したり，あるいは評価結果がばらついた（例えば運転支援システムの効果の有無が分かれた）理由を事後に解釈したりできるようになる．さらに，ドライバの個人特性を表す指標の統計値を把握しておくことによって，実験に参加したドライバ群が母集団と比べて同等かどうか確認可能となる．これらによって，実験評価の信頼性の向上という効果が見込まれる．

そして現在，運転支援システムを始めとした研究開発の現場で，運転スタイルや運転負担感受性の指標が活用され始めており，以下の(2)～(4)に示すように本研究の成果が具体的に出つつある．

#### (2) 運転スタイル・運転負担感受性指標の設計面での適用事例

- ・カーナビゲーションの経路誘導ロジックにおける個人適合化手法の検討<sup>(8-1)</sup>
- ・一時停止交差点へのアプローチでいつもと違う減速・停止行動を警告する際のロジック設計<sup>(8-2)</sup>
- ・衝突防止支援の情報提供内容の個人差に関する検討<sup>(8-3)</sup>
- ・着座姿勢に関する個人差解明の検討<sup>(8-4)</sup>

#### (3) 運転スタイル・運転負担感受性指標の実験評価面での適用事例

- ・前方障害物警報ロジックの違いとシステム受容性の検討<sup>(8-5)</sup>
- ・ドライバ認知状態に適応した夜間歩行者情報提供の支援効果の個人差の検討<sup>(8-6), (8-7)</sup>
- ・予防安全システムの評価シミュレーション<sup>(8-8)</sup>

- ・自動車メーカーの研究開発従事者による評価の妥当性を検討する上での、職業的属性と同指標の関係<sup>(8-9)</sup>
- ・評価参加者の地域性を考慮する上での、ドライバ居住地の道路交通環境と同指標の関係<sup>(8-10)</sup>

(4) 運転スタイル・運転負担感受性指標のドライバ特性基礎研究での適用事例  
運転支援のためのヒューマンファクタ研究で、危険行動の個人差（例えばハイリスク・ドライバの研究）や、個人差が特に大きいとされる高齢者の運転行動特性の検討等に活用され始めている。

- ・危険因子の知覚やヒヤリハット運転行動と同指標の関係<sup>(8-11)</sup>
- ・不安全運転行動と同指標の関係<sup>(8-12)</sup>
- ・運転支援や教育のための高齢者ドライバのタイプ分類<sup>(8-13)</sup>
- ・性別・運転経験・運転習慣と同指標の関係<sup>(8-14)</sup>
- ・運転行動データベースにおけるドライバ個人特性指標<sup>(8-15)</sup>

(5) ドライバ個人特性を仲介する方法論の適用

さらに、筆者らは、ドライバ個人特性を仲介して刺激と反応との関係を探る方法論を視覚機能の基礎特性の研究にも適用し始めている。具体的には、注意の機能に関する個人特性<sup>(8-16)</sup>でドライバを分類することによって、見落としという視覚認知エラーを想定して、動対象追従の眼球運動機能が精神的負担によって低下する原因を注意の特性に着目して解明しようとする試み<sup>(8-17), (8-18)</sup>や、運転支援等の表示情報を取得しやすいレイアウトの検討を想定して、視角と視線移動時間の相関関係が精神的負担や注意の特性によってどのように影響されるか解明しようとする試み<sup>(8-19)</sup>に適用した。

(6) 精神疲労モデルの適用

精神疲労の個人差理解に関する成果については、ドライバの向性と今後の運転経路（精神的負荷）の情報から、出発時点で休憩タイミングを予測して休憩地点を自動設定するカーナビゲーションや、走行時間や走行状態なども考慮して早い段階で休憩タイミングを予測して休憩地点を推奨するカーナビゲーションが仮にできたとしたら、システム受容性を高くできる可能性を示した<sup>(8-20)</sup>。このようにシステム設計面での適用検討を行っている。

以上のように、システム設計、実験評価、さらにはドライバ特性の基礎研究の多くの面で本研究の成果による効果が見込まれ、今後の活用が期待される。

## 8.2 今後の課題

本研究ではドライバと環境・システムとの関係を「刺激－人間－反応」の枠組みで捉え、ドライバ個人特性を仲介させて刺激と反応との関係を探った。

運転支援システムの研究にこの枠組みを適用していくにあたり、本研究では限られた個人特性についてしか言及できていない。今後、システムや支援の目的、機能と、その設計や実験評価に適用すべきドライバ特性との対応関係について知見を広く蓄積し、整理して、一般化していく必要がある。それによって設計や試験方法の標準化への道が拓け、自動車工学における実用上の価値が一層高まるものと思われる。特に、運転支援の領域では、ニアミスや事故につながる運転行動、そしてシステム受容性といったドライバの反応が重要になるため、それらと関係があると予想される注意や情報処理等の認知的特性、学習やストラテジ（行動方略）に関する特性、リスク認知やリスクテイキングに関する特性に着目した検討が必要と考える。

また、システムの個人適合化という視点では、自動適合化を目指すにあたってドライバ個人特性を運転行動や操作、そして生体反応等から他覚的に同定する手法が必要となる。自動化に向けて、まずはドライバを他覚的に大まかに類型化する手法の検討から着手し、精度を上げる方法を徐々に探っていくというアプローチが適切と思われる。

一方で、この研究の枠組みの要素一つ一つを見ると、ドライバ反応やドライバ個人特性の指標の研究はこれまで進められてきたが、刺激側の定量評価方法に関してはほとんど手が付けられてなく、「刺激－人間－反応」の枠組みを適用してドライバ反応理解を進める上でさらなる検討が必要であろう。刺激側に関して、道路交通環境が持つ負荷を定量的に評価しようとした研究こそ散見されるが<sup>(8-21), (8-22), (8-23), (8-24)</sup>、運転支援システムそのものが持つ負荷やドライビング・シミュレータの負荷（運転に加えて模擬環境や仮想環境への適応という負荷が生じる）についてはあまり研究が進んでいないと思われる。しかし、負荷の定量化が可能になれば、入力、仲介するドライバ個人特性という変数、出力という一連の流れを定量的に、システムティックに記述できるようになり、ドライバの反応をより正しく捉えることができ、設計や実験評価の質の向上につながる事が期待される。さらに、このような記述は入出力の関係のモデル化をより高度に実現するものであり、環境やシステムのパラメータからドライバ

の反応をシミュレーションできるデジタル・ヒューマン技術の進化に大きく貢献できると考える。

本研究で示してきたように、今後の自動車開発ではそれを使うドライバの特性を考慮することは必須である。従来は、人間工学上の設計や評価でドライバの個人差をノイズと見なして減衰，吸収させる方向に考える風潮であった。しかし、これからは個人差があることを前提に考え、個人差の原因をうまく整理して、ドライバの反応をより正しく理解するために積極的に活用する方向へ転換していくことが望まれる。

## 参考文献

- (8-1) 石橋基範，大桑政幸，古郡了，赤松幹之：運転スタイル，負担感受性チェックシートの開発と経路選択嗜好の分析への適用，シンポジウム「ケータイカーナビの利用性と人間工学」研究論文集，p.15-18 (2002)
- (8-2) 坂口靖雄，赤松幹之：ドライバの運転行動計測とベイジアンネットを用いた行動解析，ベイジアンネットセミナー予稿集，p.59-62 (2002)
- (8-3) 大門樹：ドライバ特性に基づいた衝突防止支援システムの情報内容に関する初期的検討，No.14-06 JSAE Symposium ドライバ評価の基礎・応用・展望，p.125-130 (2006)
- (8-4) 佐藤晴彦，下山修，海老名亮彦，西岡慎一：運転姿勢の個人差に関する一考察，自動車技術会学術講演会前刷集，No.100-06，p.1-4 (2006)
- (8-5) 平岡敏洋，中田和行，田中雅樹，熊本博光，齋藤裕昭，畑中健一：前方障害物の視認性に基づく環境適合型警報タイミングの効果評価，自動車技術会論文集，Vol.39，No.1，p.127-132 (2008)
- (8-6) 大桑政幸：ドライバ認知支援に向けたドライバ特性と運転行動の研究，No.14-06 JSAE Symposium ドライバ評価の基礎・応用・展望，p.111-117 (2006)
- (8-7) 大桑政幸：ドライバ支援と運転行動の計測・評価に関する研究，筑波大学博士論文，p.44-58 (2008)
- (8-8) 北岡広宣，倉橋哲郎，岩瀬竜也，町田貴史，森博子：予防安全システム評価シミュレータ：STREET：認知・判断モデルの開発，自動車技術会学術講演会前刷集 No.108-07，p.1-6 (2007)
- (8-9) 岩男眞由美，栗谷川幸代，石橋基範：職業的属性がドライバ特性に及ぼす影響，自動車技術会学術講演会前刷集，No.119-05，p.11-16 (2005)
- (8-10) 佐藤稔久，赤松幹之，熊倉佐恵，石橋基範：ドライバー特性の地域による特徴に寄与する道路交通環境の検討，自動車技術会学術講演会前刷集，No.119-05，p.5-10 (2005)
- (8-11) 大桑政幸，坂口靖雄，石橋基範，赤松幹之：ドライブレコーダによるドライバのハ

- ガード知覚に関する分析, シンポジウム「ケータイカーナビの利用性と人間工学」研究論文集, p.45-48 (2003)
- (8-12) 駒田悠一, 木村貴彦, 篠原一光, 三浦利章: 運転行動の自己報告に基づく運転スタイルの評価, 大阪大学大学院人間科学研究科紀要, Vol.34, p.189-214 (2008)
- (8-13) 細川崇, 橋本博, 田川傑, 吉田傑, 新田茂樹: 高齢者の運転特性抽出のための分類に関する研究, 自動車技術会学術講演会前刷集 No.151-08, p.5-10 (2008)
- (8-14) 富田幸佳, 栗谷川幸代, 岩男眞由美, 石橋基範, 赤松幹之: ドライバの運転態度・負担意識に及ぼす性別・運転経験・運転習慣の影響, 自動車技術会学術講演会前刷集, No.63-05, p.7-10 (2005)
- (8-15) 赤松幹之: 運転行動データベースの構築とアクティブセーフティ技術への利用, 自動車技術, Vol.57, No.12, p.34-39 (2003)
- (8-16) 篠原一光, 山田尚子, 神田幸治, 臼井伸之介: 日常生活における注意経験と主観的メンタルワークロードの個人差, 人間工学, Vol.43, No.4, p.201-211 (2007)
- (8-17) 石橋基範, 栗谷川幸代, 景山一郎, 土居俊一: 精神負担とドライバ特性が視覚機能に及ぼす影響の基礎的検討, 人間工学, Vol.43, 特別号, p.128-129 (2007)
- (8-18) 石橋基範, 栗谷川幸代, 景山一郎, 土居俊一: タスクの精神的負担と個人の注意の特性が眼球運動と動体視力に及ぼす影響, 自動車技術会論文集, Vol.40, No.2 (2009) (印刷中)
- (8-19) 石橋基範, 栗谷川幸代, 景山一郎, 土居俊一: ドライバ特性が視線移動時間に及ぼす影響の基礎的検討, 第40回日本人間工学会中国・四国支部大会講演論文集, p.32-33 (2007)
- (8-20) 新エネルギー・産業技術総合開発機構: 平成15年度成果報告書「人間行動適合型生活環境創出システム技術」(公開用)報告書, p.132-134 (2004)
- (8-21) Steyvers, F. J. J. M.: The measurement of road environment appreciation with a multi-scale construct list, Vision in vehicles - IV, p.203-212 (1993)
- (8-22) Riemersma, J. B. J.: An empirical study of subjective road categorization, Ergonomics, Vol.31, No.4, p.621-630 (1988)
- (8-23) 倉橋哲郎, 古西浩之, 鈴木和彦, 國分三輝, 梅村祥之: 車両前方風景に対する視覚的認知の困難さ指標の提案, ヒューマンインタフェースシンポジウム2002論文集, p.455-456 (2002)
- (8-24) 新エネルギー・産業技術総合開発機構: 平成14年度成果報告書「人間行動適合型生活環境創出システム技術」(公開用)報告書, p.136-139 (2003)

## 謝 辞

研究および学位論文執筆の上でお世話になったすべての方に感謝します。

香川大学大学院工学研究科 知能機械システム工学専攻教授・土居俊一博士には、ドライバ評価の基礎技術を自動車工学へ展開していくシナリオ構築や研究思想醸成等の面で多くのご指導をいただきました。本学での研究はもとより、後述の経済産業省プロジェクト研究や社団法人自動車技術会委員会活動でも、大所高所の見地から貴重なご助言を数多くいただきました。本学大学院工学研究科 知能機械システム工学専攻教授・郭書祥博士、同准教授・和田隆広博士には、学位論文のフレーム構築に向けて的確なご助言、ご指導をいただきました。重ねてお礼を申し上げます。

経済産業省「人間行動適合型生活環境創出システム技術」プロジェクトでは、独立行政法人産業技術総合研究所 人間福祉医工学研究部門研究部門長・赤松幹之博士にドライバ個人特性研究やその産業応用について多くのご指導をいただきました。株式会社豊田中央研究所・大桑政幸博士，坂口靖雄氏，倉橋哲郎氏，日産自動車株式会社・舟川政美博士らと有意義な議論を重ねさせていただきました。元 社団法人人間生活工学研究センター・久保亨氏，赤松研究部門長秘書・片桐和歌氏をはじめ多くの方々からご支援をいただきました。また，旧通商産業省「人間感覚計測応用技術」プロジェクトの頃から，元 広島国際大学教授の故 吉田倫幸博士には心理生理学や人間研究の基礎をご指導いただきました。両プロジェクトの関係諸氏に感謝します。

社団法人自動車技術会「ドライバ評価手法検討部門委員会」では，ドライバの特徴記述とその応用に関して熱心な議論を重ねてきました。元委員長の日本文学工学部教授・景山一郎博士，大阪工業大学工学部教授・大須賀美恵子博士，また，同委員会下ドライバ記述ワーキンググループで協働してきた日本文学工学部専任講師・栗谷川幸代博士，株式会社いすゞ中央研究所・岩男眞由美氏，産業技術総合研究所 人間福祉医工学研究部門・佐藤稔久博士をはじめ，関係諸氏に感謝します。

マツダ株式会社 技術研究所の皆様には，日々の仕事を通して多くのご指導やご支援をいただきました。畑秀二氏，岸篤秀氏，岡本宜久氏，古郡了氏，末富隆雅氏，正守一郎氏，藤田健二氏をはじめ，関係諸氏に感謝します。今後，同技術研究所の多くの方が社会人大学院で勉学を重ねて学位を取得することを願ってやみません。

さらに，趣味の日本酒が縁で知り合った方々に感謝します。造り手の方々から日本の伝統文化を支える熱意と誇りを感じ，自身の研究への誇りを再認識できました。そして，素晴らしき友人たちと人生の先輩方から幾度も勇気づけられました。

最後に，家族に心から感謝します。義父母，この学位論文を見ることなく他界した父，私を温かく見守ってくれた母に感謝します。そして，私を支えてくれた妻・英理に感謝します。貴女の学究心，探究心と行動力に学び，また貴女からの期待と励ましがあつたからこそ，今の自分が在ると確信しています。



## 本研究に関する論文および研究発表の一覧

### 主論文

### 原著論文

- (1) 石橋基範, 土居俊一: 向性と精神的負荷が精神疲労に及ぼす影響, 人間工学, Vol.45, No.1, p.19-28 (2009)
- (2) 石橋基範, 大桑政幸, 土居俊一, 赤松幹之: ドライバの運転負担感受性の指標化と経路選択嗜好分析への応用, 自動車技術会論文集, Vol.39, No.5, p.169-174 (2008)
- (3) 石橋基範, 大桑政幸, 土居俊一, 赤松幹之: 運転スタイルの指標化と追従運転行動, 自動車技術会論文集, Vol.39, No.1, p.121-126 (2008)
- (4) 石橋基範, 赤松幹之, 阿賀正己, 岩男眞由美, 大桑政幸, 熊倉佐恵, 高田裕史, 富田幸佳: ドライバ特性としての車載装置に対する知識の評価方法, 自動車技術会論文集, Vol.37, No.1, p.179-183 (2006)
- (5) 石橋基範, 吉田倫幸: 覚醒低下に伴う反応時間と脳波の変動, 人間工学, Vol.36, No.5, p.229-237 (2000)
- (6) 石橋基範, 石田健二, 岡本宜久: 単調運転模擬作業と高速道路走行のタスク負荷量の検討, 自動車技術会論文集, Vol.31, No.2, p.65-70 (2000)

### 国際会議 Proceeding

- (1) Ishibashi, M., Okuwa, M., Doi, S. and Akamatsu, M. : Indices for Workload Sensitivity of Driver and their Relevance to Route Choice Preferences, The Second International Symposium on Complex Medical Engineering, p.71-74 (2008)
- (2) Ishibashi, M., Okuwa, M., Doi, S. and Akamatsu, M. : Indices for Characterizing Driving Style and their Relevance to Car Following Behavior, Proceedings of the 2007 International Conference on Instrumentation, Control and Information Technology, ISBN 4-907764-27-8, p.1132-1137 (2007)

## 本研究に関連する研究発表

### 原著論文

- (1) 石橋基範, 栗谷川幸代, 景山一郎, 土居俊一: タスクの精神的負担と個人の注意の特性が眼球運動と動体視力に及ぼす影響, 自動車技術会論文集, Vol.40, No.2 (2009) (印刷中)
- (2) 石橋基範, 石田健二, 畑秀二: 単調運転模擬作業時の覚醒低下特性に関する実験的検討, 自動車技術会論文集, Vol.29, No.3, p.135-140 (1998)

### 国際会議 Proceeding

- (1) Ishibashi, M. and Yoshida, T. : Effects of introversion-extraversion and task load on mental fatigue, Proceedings of the International Ergonomics Association 2003 (CD-ROM) (2003)
- (2) Akamatsu, M., Kurahashi, T. and Ishibashi, M. : Driver's status assessment using physical measures, Proceedings of the International Ergonomics Association 2003 (CD-ROM) (2003)
- (3) Kurahashi, T., Ishibashi, M. and Akamatsu, M. : Objective measures to assess workload for car driving, SICE 2003 Proceedings, p.2063-2068 (2003)

### 寄稿記事

- (1) 石橋基範: 内向・外向の性格特性と精神的負荷が精神疲労に及ぼす影響, 自動車技術, Vol.62, No.12, p.40-45 (2008)
- (2) 石橋基範, 大桑政幸, 赤松幹之: 運転スタイル・運転負担感受性の個人特性指標と運転行動, 自動車技術, Vol.58, No.12, p.34-39 (2004)
- (3) 岩男眞由美, 赤松幹之, 石橋基範, 大桑政幸, 城戸滋之, 熊倉佐恵, 栗谷川幸代, 高田裕史: 「彼ってどういうドライバ?」, 自動車技術, Vol.58, No.12, p.28-33 (2004)
- (4) 石橋基範, 大桑政幸, 赤松幹之: ドライバ個人特性の評価指標の開発, マツダ技報, Vol.22, p.155-160 (2004)
- (5) 石橋基範, 石田健二, 山本由紀, 岡本宜久: 単調運転模擬作業時の覚醒低下特性の分析, マツダ技報, Vol.18, p.67-74 (2000)

### 国内学会・講演会発表

- (1) 石橋基範, 栗谷川幸代, 景山一郎, 土居俊一: ドライバ特性が視線移動時間に及ぼす影響の基礎的検討, 第40回日本人間工学会中国・四国支部大会講演論文集, p.32-33 (2007)
- (2) 石橋基範, 栗谷川幸代, 景山一郎, 土居俊一: 精神負担とドライバ特性が視覚機能

- に及ぼす影響の基礎的検討, 人間工学, Vol.43, 特別号, p.128-129 (2007)
- (3) 石橋基範: ドライバの特徴を記述するアプローチ, No.14-06 JSAE Symposium ドライバ評価の基礎・応用・展望, p.75-81 (2006)
- (4) 石橋基範: ドライバ個人特性評価に基づく反応理解, No.14-06 JSAE Symposium ドライバ評価の基礎・応用・展望, p.83-91 (2006)
- (5) 石橋基範: ドライバ特性としての運転スタイル・運転負担感受性ー評価法・応用・今後ー, '05 医学と工学からみた交通安全対策 (第 14 回日本交通医学工学研究会学術総会), p.22-31 (2006)
- (6) 岩男眞由美, 栗谷川幸代, 石橋基範: 職業的属性がドライバ特性に及ぼす影響, 自動車技術会学術講演会前刷集, No.119-05, p.11-16 (2005)
- (7) 佐藤稔久, 赤松幹之, 熊倉佐恵, 石橋基範: ドライバー特性の地域による特徴に寄与する道路交通環境の検討, 自動車技術会学術講演会前刷集, No.119-05, p.5-10 (2005)
- (8) 石橋基範, 赤松幹之, 阿賀正己, 岩男眞由美, 大桑政幸, 熊倉佐恵, 高田裕史, 富田幸佳: ドライバの車載機能への知識レベル評価方法と運転態度・負担意識, 自動車技術会学術講演会前刷集, No.63-05, p.1-5 (2005)
- (9) 富田幸佳, 栗谷川幸代, 岩男眞由美, 石橋基範, 赤松幹之: ドライバの運転態度・負担意識に及ぼす性別・運転経験・運転習慣の影響, 自動車技術会学術講演会前刷集, No.63-05, p.7-10 (2005)
- (10) 石橋基範, 吉田倫幸: ドライバ特性と運転負荷が精神疲労に及ぼす影響モデル, 人間工学, Vol.40, 特別号, p.180-181 (2004)
- (11) 岩男眞由美, 赤松幹之, 石橋基範, 大桑政幸, 城戸滋之, 熊倉佐恵, 栗谷川幸代, 高田裕史: ドライバを記述するための評価項目ー共同活用を目指した被験者フェースシートの開発ー, 自動車技術会学術講演会前刷集, No.30-4, p.1-4 (2004)
- (12) 石橋基範: ドライバーの個人特性の評価法と自動車への応用, No.06-04 JSAE Symposium ヒューマトロニクス, p.23-30 (2004)
- (13) 石橋基範: 心理生理学的アプローチによる個人の特性に合わせたモノ作りへの期待, 生理心理学と精神生理学, Vol.21, No.2, p.67-68 (2003)
- (14) 石橋基範, 大桑政幸, 赤松幹之: 運転者特性把握のための運転スタイル・運転負担感受性チェックシートの開発, 自動車技術会学術講演会前刷集, No.55-02, p.9-12 (2002)
- (15) 石橋基範, 大桑政幸, 古郡了, 赤松幹之: 運転スタイル, 負担感受性チェックシートの開発と経路選択嗜好の分析への適用, シンポジウム「ケータイカーナビの利用性と人間工学」研究論文集, p.15-18 (2002)
- (16) 石橋基範, 吉田倫幸: 脳波による刺激応答特性のタイプ分類, 人間工学, Vol.38, 特別号, p.528-529 (2002)
- (17) 石橋基範, 大桑政幸, 岩崎あゆ子, 赤松幹之: 一般ドライバーを対象とした自動車運転疲労の構成要因調査, 人間工学, Vol.37, 特別号, p.266-267 (2001)

- (18) 赤松幹之, 石橋基範, 大桑政幸, 畠田久美, 羽山和紀, 岩崎あゆ子: 質問紙調査による運転スタイルの抽出とドライバータイプの特徴, 人間工学, Vol.37, 特別号, p.470-471 (2001)
- (19) 石橋基範, 石田健二, 岡本宜久: 単調運転模擬作業と高速道路走行のタスク負荷量の検討, 自動車技術会学術講演会前刷集, No.105-98, p.9-12 (1998)
- (20) 石橋基範, 石田健二, 飯島直子, 畑秀二: 単調運転模擬作業時の覚醒低下特性に関する実験的検討, 自動車技術会学術講演会前刷集 966, p.33-36 (1996)
- (21) 吉田倫幸, 石橋基範, 岸篤秀: 短時間覚醒低下誘導法の開発とその評価, 人間工学, Vol.29, 特別号, p.384-385 (1993)