

早稲田大学審査学位論文
博士（人間科学）

運転模擬装置を用いた自動車運転者の
危険感受性の評価および向上に関する研究

Quantitative Assessment and Capacity Building
of Drivers' Risk Perception Using a Simulator

2009年7月

早稲田大学大学院 人間科学研究科

國分 三輝
Kokubun, Mitsuteru

目次

第1章 序論 –ITSと思い込み	• • • •	1
1.1 サステイナブル・モビリティ	• • • •	1
1.2 交通事故の実態	• • • •	3
1.3 交通事故の人的要因	• • • •	7
1.4 思い込みの操作的定義	• • • •	8
1.5 誤概念としての思い込み	• • • •	10
1.6 高度道路交通システムによる運転者の変化	• • • •	12
1.7 リスク見積もりに関する従来の運転教育方法・装置	• • • •	14
1.8 解決すべき課題	• • • •	16
1.9 本研究の目的と構成	• • • •	17
第2章 一般ドライバの実態と助言による行動変容効果	• • • •	19
2.1 本研究が成立するための前提条件	• • • •	19
2.2 本章のねらい	• • • •	21
2.3 調査1(一般ドライバの実態把握) 方法	• • • •	22
2.4 調査1(一般ドライバの実態把握) 結果	• • • •	27
2.5 調査2(助言による行動変容効果) 方法	• • • •	31
2.6 調査2(助言による行動変容効果) 結果	• • • •	33
2.7 本章のまとめ	• • • •	37
第3章 ドライバの危険感受特性分析	• • • •	39
3.1 本章のねらい	• • • •	39
3.2 教習所指導員の危険認知に関する評価グリッド法調査	• • • •	40
3.3 危険感受特性のモデル化	• • • •	52
3.4 危険感受特性分析の試行	• • • •	58

3.5	危険感受特性とニアミス体験との関係	・ ・ ・ ・	68
3.6	本章のまとめ	・ ・ ・ ・	72
第 4 章	運転操作からの主観的リスク推定法の開発	・ ・ ・ ・	74
4.1	本章のねらい	・ ・ ・ ・	74
4.2	運転行動計測と主観的リスクの評定	・ ・ ・ ・	75
4.3	ボトムアップ・アプローチによる主観的リスク推定	・ ・ ・ ・	77
4.4	トップダウン・アプローチによる主観的リスク推定	・ ・ ・ ・	83
4.5	本章のまとめ	・ ・ ・ ・	89
第 5 章	思い込み評価用ドライビングシミュレータの開発	・ ・ ・ ・	91
5.1	客観的リスクの操作的定義	・ ・ ・ ・	91
5.2	本章のねらい	・ ・ ・ ・	92
5.3	ドライビングシミュレータのハードウェア	・ ・ ・ ・	94
5.4	ドライビングシミュレータのソフトウェア	・ ・ ・ ・	100
5.5	走行シナリオと客観的リスク	・ ・ ・ ・	105
5.6	思い込みの評価	・ ・ ・ ・	108
5.7	本章のまとめ	・ ・ ・ ・	113
第 6 章	ドライビングシミュレータによる思い込み評価	・ ・ ・ ・	117
	—主に高齢ドライバを対象として—		
6.1	本章のねらい	・ ・ ・ ・	117
6.2	実験方法	・ ・ ・ ・	119
6.3	運転リスク指数の分析	・ ・ ・ ・	124
6.4	年齢層群による思い込み特性の比較	・ ・ ・ ・	129
6.5	本章のまとめ	・ ・ ・ ・	137
第 7 章	ドライビングシミュレータの教育機能開発	・ ・ ・ ・	140
7.1	本章のねらい	・ ・ ・ ・	140

7.2	走行シナリオの作成	・ ・ ・ ・	142
7.3	指導員データの収集	・ ・ ・ ・	147
7.4	助言場面の選択法	・ ・ ・ ・	151
7.5	助言インタフェースの開発	・ ・ ・ ・	153
7.6	本章のまとめ	・ ・ ・ ・	154
第 8 章	教育効果検証	・ ・ ・ ・	156
8.1	本章のねらい	・ ・ ・ ・	156
8.2	実験 A(実験室における詳細実験) 方法	・ ・ ・ ・	157
8.3	実験 C(教習所における実車実験) 方法	・ ・ ・ ・	165
8.4	実験結果	・ ・ ・ ・	171
8.5	TEDDY の応用可能性	・ ・ ・ ・	180
8.6	本章のまとめ	・ ・ ・ ・	183
第 9 章	結論 —危険に近づかない支援・教育へ—	・ ・ ・ ・	185
9.1	本研究のまとめ	・ ・ ・ ・	185
9.2	危険に近づかない運転支援・教育に向けて	・ ・ ・ ・	190
	謝辞	・ ・ ・ ・	195
	参考文献	・ ・ ・ ・	196
	関連発表	・ ・ ・ ・	203

第1章 序論 - ITS と思い込み-

1.1. サステイナブル・モビリティ

自動車はその発明以来、自由な移動や物流を支える重要な交通手段として発達してきた。自動車の特徴は、運転のための一定の教育を受けた成人であれば誰でも運転することが可能であり、かつ、軌道敷の有無等の制限を受けることなく運転者の自由な操作によって移動できることが挙げられる。そのため、人間の移動性(mobility; モビリティ)を簡便に拡張する道具として爆発的に普及してきた。例えば、社団法人日本自動車工業会のまとめ[1]によると、2006 年末における全世界での四輪自動車の保有台数は、乗用・商用を含め、9 億 2,183 万台にのぼる。世界全体では、約 7.2 人に 1 台の四輪自動車が普及し、特に主要な先進諸国における四輪自動車の普及率は 1.2～1.9 人に 1 台にもなる(日本では 1.7 人に 1 台)。その一方、普及率の高さゆえに、自動車は様々な社会的問題を生み出すことにもなった。代表的な問題として、排出ガスによる環境汚染の問題と、交通事故の問題が挙げられる。

自動車の内燃機関からの排出ガスに含まれる主な有害物質として、窒素酸化物(NO_x)、一酸化炭素(CO)、二酸化炭素(CO₂)、粒子状物質(particulate matter)などがある。近年では地球規模の気候変動(地球温暖化)への懸念から、特に CO₂ の排出量を抑えるための技術開発や、内燃機関と電気モーターによるハイブリッド自動車、さらには内燃機関を用いない電気自動車や燃料電池自動車の開発が盛んである。

交通事故への対策としては、各種の運転者教育が古くから行われてきているのに加えて、近年では、先進安全自動車(Advanced Safety Vehicle; ASV)や走行支援道路システム(Advanced Cruise-Assist Highway Systems; AHS)といった、情報通信技術を利用して運転者の運転を様々なレベルで支援しようとする高度道路交通システム(Intelligent Transport Systems; ITS)の研究開発が盛んである(Fig.1-1-1)。また、各自動車メーカーからも独自の様々な運転支援システムが提案され、実用化され始めている。

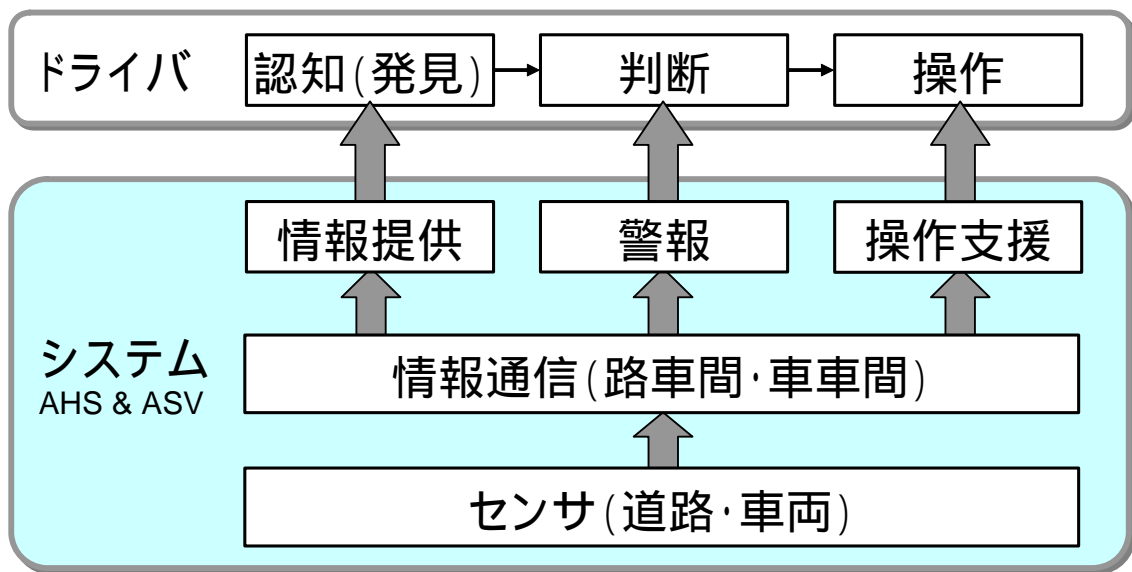


Fig.1-1-1 高度道路交通システム(ITS)による運転支援の枠組み

ここで、環境問題については、開発された各技術が十分に普及すれば、相当の問題改善の効果が見込める。例えば電気自動車や燃料電池自動車が普及してゆけば、その自動車は、誰がどのように運転しようが、CO₂を排出しない(ただし、製造・輸送・発電・廃棄時等のCO₂排出は除く)。また、充電や水素補充のためのステーション設置等への投資は必要であるが、道路自体は従来のインフラをそのまま活用できるため、普及が比較的容易であると考えられる。よって、これらの技術開発と普及自体が、直接的な問題解決につながると考えられる。

しかしながら、安全(交通事故)に関する問題は簡単ではない。たとえITS技術が完成したとしても、これらの安全技術を利用するか否かの選択権は運転者にある。運転者が選択権を持たない完全自動走行の構想もあるものの、完全自動走行のためには、各種センサや通信機を備えた道路インフラの整備が必要となり、高速道路等の限定された路線のみでの実現となるであろう。特に、今後自動車普及の著しい途上諸国においては、これら先進安全のための道路インフラがすぐに整備されるとは考えにくい。もちろん、たとえ先進国においても、国内すべての道路にセンサや通信機を設置することは相当困難であると考えられる。つまり、広範囲への普及自体が困難であるとともに、技術の利用が運転者の裁量に任されているため、技術開発と普及といった工学的アプローチのみでは交通事故の低減は達成し得ない。

以上のように、持続可能なモビリティ(sustainable mobility; サステイナブル・モビリティ)を確保・保障していくためには、交通事故の低減(理想的には交通事故をゼロにすること)が大きな課題である。かつ、この課題解決のためには、安全システムの開発と普及といった工学的アプローチのみでは不十分である。特に、運転者の自由な裁量を保った状態でいかに安全性を上げるかといった課題への取り組みが必要である。例えば、何らかの安全システムが動作可能な状況を走行していても運転者の裁量によってシステムを利用しなかった場合や、安全システムが正常に動作しなかった場合、そもそも安全システムが動作しない状況を走行している場合などが考えられる。これらの状況においても安全を確保するためには、運転の最終責任者である運転者(ドライバ)の運転能力そのものを向上していくアプローチも欠かせない。この際、伝統的な交通心理学で扱われてきたような、自動車を円滑に操作するための能力や運転に適した個人特性(運転適性)に限らず、様々な安全システムの普及を前提として、その際に課題となるドライバの能力に着目していく必要がある。

また、高齢ドライバの増加もサステイナブル・モビリティの観点で重要である。今後、自動車によるモビリティの確保だけでなく、公共交通機関網の更なる充実や、自動車に代わる新しい移動手段の開発も進むであろう。しかしながら、公共交通機関が普及せず長距離移動が必要な郊外に住む者や高齢者にとっては、引き続き自動車による移動が主となることが予想される。よって、高齢ドライバにおいて特に問題となる能力にも着目していく必要がある。

以上のような背景をもとに、本論文では、サステイナブル・モビリティの確保のために必要な、ITS時代に問題となることが予想されるドライバの能力について、その測定と向上に関する一連の研究を実施する。

1.2. 交通事故の実態

2007 年末における日本における交通事故の実態を Fig.1-2-1 に示す[2]。これによると、過去最高の死者数を記録した1970年に比べて、死者数は65.7%減少しており、様々な安全対策によって、交通事故による致命的なダメージが低減してきていることが分かる。しかしながら、発生件数と負傷

者数については、近々の数年間を見れば減少傾向にはあるものの、長期的な視点で見ると、1970年に比べてそれぞれ 15.9%、および、5.4%増加している。

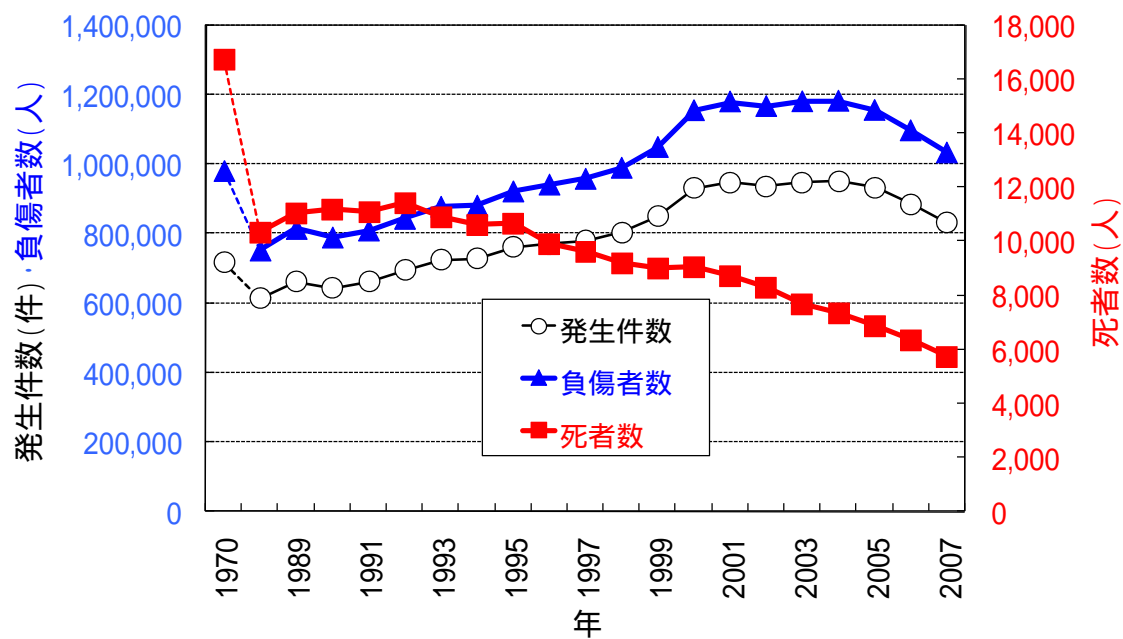
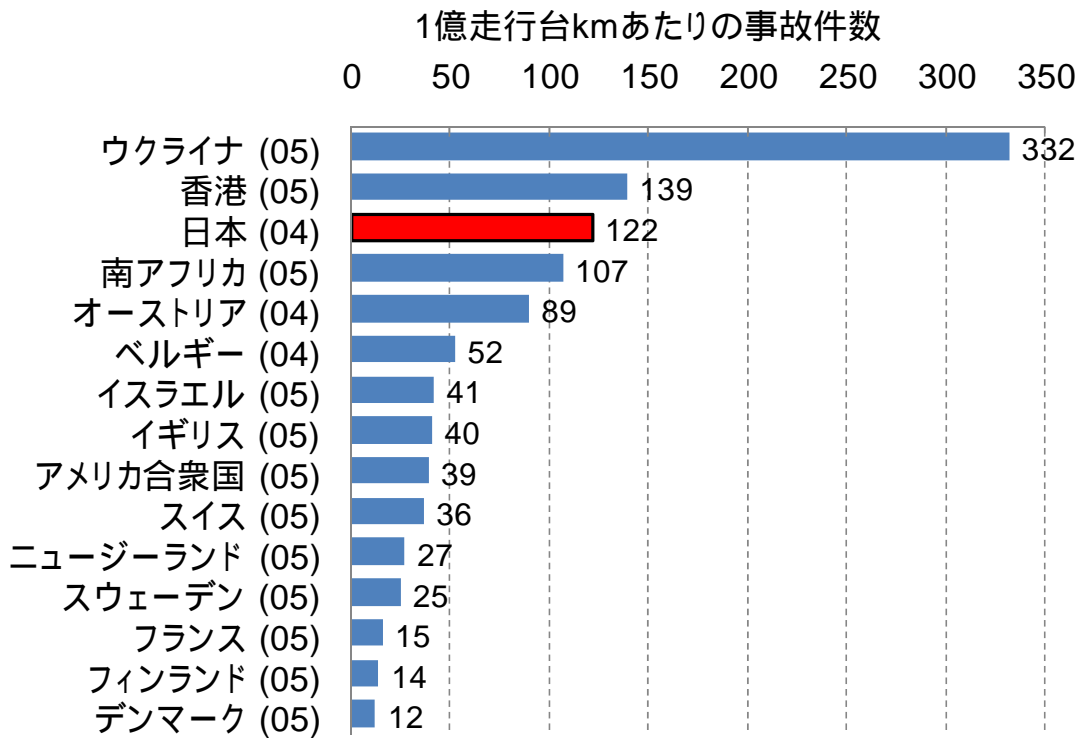


Fig.1-2-1 2007 年末における日本における交通事故の実態

ここで、発生件数の増加には、自動車の保有台数や走行距離が関連していると考えられ、件数の大小のみで交通事故の実態を表すことはできない。また、世界の中における日本の交通事故実態の位置づけも考慮する必要がある。そこで、自動車の保有台数と走行距離を加味した、自動車1億走行台 km あたりの交通事故発生件数の国別比較を Fig.1-2-2 に示す[3]。この値は、その国で自動車を運転して一定距離を移動する場合に交通事故を発生させる危険性(リスク)を示すものと言える。これによると、日本の事故発生リスクは欧米の先進国に比べて 3~8 倍も高いことが分かる。また、最近の 10 年間では大きな変化はなく横ばいであり(Fig.1-2-3)、事故のリスクは決して小さくなっていない。



国名横の()内の数値は調査年(西暦の下2桁)を示す

Fig.1-2-2 世界の国・地域における自動車1億走行台 km あたりの交通事故発生件数

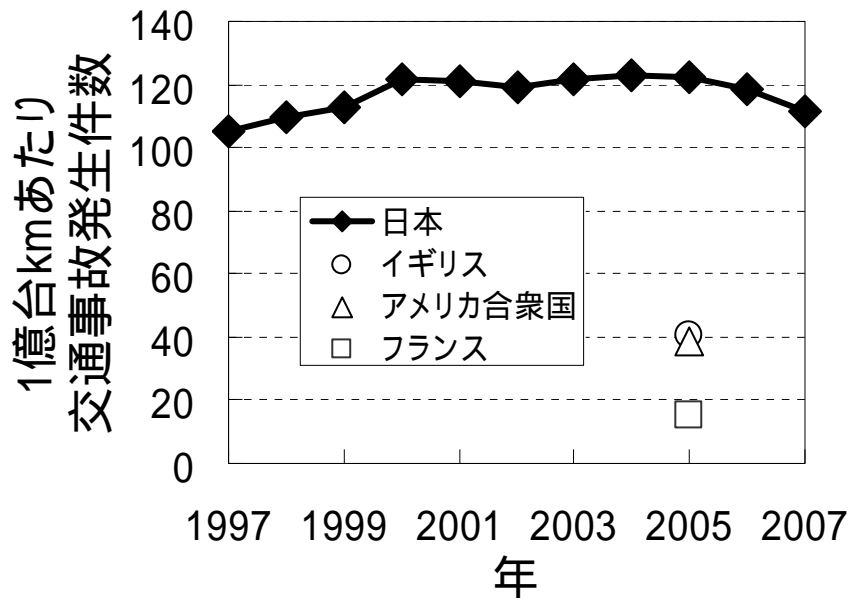


Fig.1-2-3 日本における自動車1億走行台 km あたりの交通事故発生件数の推移

ところで、交通事故発生件数や負傷者数が十分に減少しなかったとしても、死者数や重傷者数が減少していれば事故低減は十分であるとの考え方もあろう。確かに、1970年に比べると、死者数だけでなく重傷者も51.9%減少しており、交通事故による被害は大きく減少しているように見える。しかしながら、交通事故による重度後遺障害者数は15年間で約2倍に増加しており[4](Fig.1-2-4)、交通事故の後も長期に渡ってその影響を受け続けなければならない者が増えている。死者数が大幅に減少しているからといって、交通事故の低減が十分とは言い難い状況である。

このような実態から推測できることは、近年の交通事故死者数の減少は、車両の衝突安全性能の向上や救急医療の進歩など、事故が発生する直前(数秒前)から事故発生の瞬間、そして事故発生直後(数時間)の対策によるものではないかと考えられる。交通事故の発生件数は未だに高いレベルにあるとともに、日本の交通社会は国際的にみても高い交通事故リスクに曝されている。今後は、死者数の低減に加えて、交通事故の発生そのものを低減させること、つまり、交通事故発生リスクを下げるための取り組みをより一層推し進めていく必要がある。

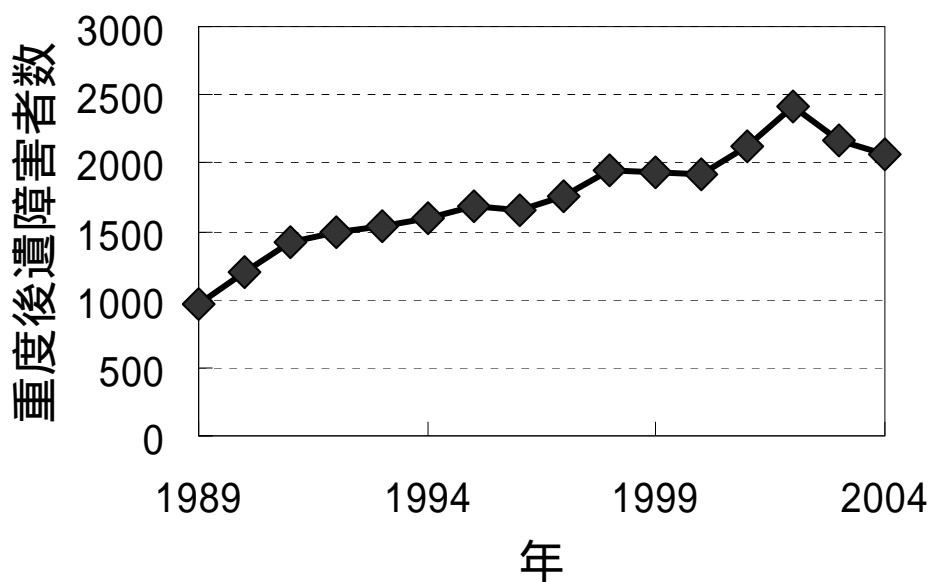


Fig.1-2-4 交通事故による重度後遺障害者数の推移

1.3. 交通事故の人的要因

交通事故の発生そのものを低減させるために、交通事故が発生する前の段階の詳細な調査が行われつつある。代表的な例として、財団法人交通事故総合分析センター (Institute for Traffic Accident Research and Data Analysis; ITARDA) による交通事故例調査 (通称「マイクロ調査」) が挙げられる。この調査は、特定の地域で交通事故が発生した場合に ITARDA 調査員が警察とともに事故現場での各種調査を実施するとともに、必要に応じて当事者に対する面接調査なども行うものである。これらの調査の中で近年、事故発生前のドライバの人的要因に関する調査が体系的に行われるようになってきた。

2001年の人的要因の調査・分析[5, 6]では、マイクロ調査データ約300件を事後に専門家が検討し、ドライバの認知・判断・操作の各段階でどのようなヒューマンエラーが発生していたかが分析された。その結果、相対的に過失が大きいとされた当事者(当事者A)300名のうち、ほぼ全員の298名に何らかのエラーが認められた。また、相対的に過失が小さかった当事者(当事者B)でも、87%に何らかのエラーが認められた。当事者Aについて、認知・判断・操作の段階ごとにエラーの頻度をみると、多くの当事者に複数のエラーが認められ、認知エラーが225件、判断・予測エラーが195件、操作エラーが63件であった。

この調査では、エラー発生に至る背景要因にまで遡って分析を行っており、認知エラーでは主に「ぼんやり」や「思い込み」が多くのエラーに関与していた。いずれの要因も、見ようとするれば認知できていた対象にも関わらず「見なかった」事例が多かったとしている。同様に判断・予測エラーでは、全体の60%に「思い込み」が関与していたとされ、「交差点には何も居ないだろう」といった楽観的な判断・予測を行った事例が多かったとしている(思い込みの例を Fig.1-3-1 に示す)。

さらに翌年の調査[7]では、人的要因分析をもとに、現状すでに実現しているか近い将来に実現可能性のある車両の予防安全デバイス13種類をとりあげ、これらのデバイスによる事故予防効果(被害軽減効果も含む)を試算している。これによると、分析対象事故597件の約55%に何らかの効果があるとされた。一方、13種類のデバイスのいずれによっても効果が見込めない事故の特徴も分析しており、日中の市町村道など狭くて閑散とした道路における出会い頭事故や右直事故に対して効果が薄く、人的要因として「思い込み」が関与している事故には効果が薄いとされた。

交通事故の多くに思い込みが関与しているのに、思い込みが関与している事故は現状具体化さ

れつつある車両の予防安全システムでは効果が薄いという背反を示している。また、狭くて閑散とした市町村道といった路線は、ITS のためのインフラが設置される優先順位は低いと考えられるため、普及の側面でもこれらの日常的な交通事故への対策は遅れていくことが予想される。将来の ITS 社会において事故低減が見込まれない、ドライバの「思い込み」が関与する事故への対策をより一層強化していく必要がある。

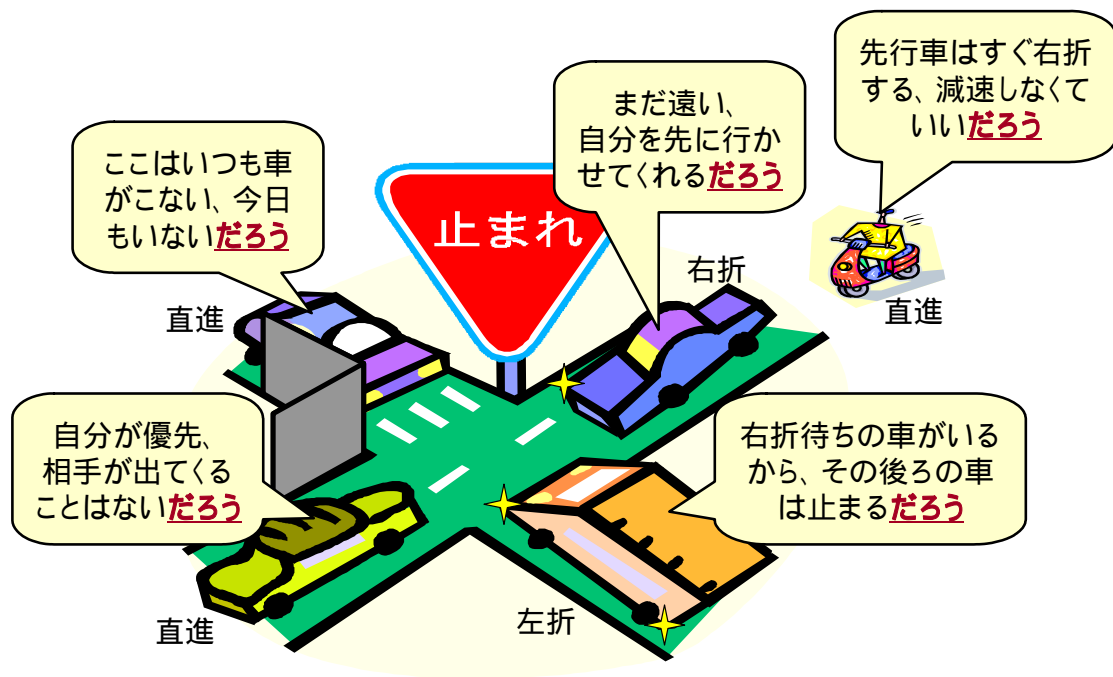


Fig.1-3-1 様々な思い込みの例

1.4. 思い込みの操作的定義

思い込みが交通事故の多くに関与していることは分かったが、「思い込み」という言葉は非常に曖昧な表現である。思い込みが多いのであるから、思い込みを減らしていく必要がある。さらに、思い込みを減らすためには、思い込みの程度や量のベースラインを測定し、何らかの対策によってベースラインからどの程度減少したかを定量的に検討しなければならない。しかしながら、「思い込

み」といった概念をそのまま科学的に取り扱うことは従来困難であった。そこで本節では、今後の定量的な検討のために、「思い込み」について操作的定義を行った。

上述の ITARDA の調査におけるドライバの思い込みとは、例えば「交差道路には誰もいないだろう」と表現されているように、俗に言う「だろろう運転」に相当する概念である。反意語としては、「交差道路には誰かいるかもしれない」と表現されているように、俗に言う「かもしれない運転」が当てはまる。認知された交通状況をもとに、近い将来(数秒～十秒程度後)の交通状況の予測として、楽観的な判断を行った場合を「思い込み(=だろろう運転)」と表現している。つまり、自動車の運転における思い込みとは、近い将来の交通状況に対する客観的・合理的な判断・予測に対する楽観主義的バイアス(optimistic bias)として捉えることができる。

交通状況に対する客観的・合理的な判断・予測の内容としては、衝突の可能性のある危険な対象物(hazard; ハザード)の存在と、ハザードとの衝突の可能性や重大性(risk; リスク)の見積もりを含んでいると考えられる。交通状況におけるハザードは、ハザードの可視性や時間的な観点から、顕在、潜在、行動予測の三種類に分類されるが[8]、予測を伴うという思い込みの特徴から考えて、判断・予測の内容は、潜在ハザードと行動予測ハザードの存在とそれらのリスク見積もりに限定できらるであろう。

本研究では、以降、これら潜在・行動予測ハザードに対する客観的・合理的に見積もられたリスクの大きさを「客観的リスク(objective risk)」と呼ぶこととする。ただし、交通状況の危険性を真に客観的に定義することは困難であるため、実際には例えば、自動車運転のエキスパートが主観的に見積もったリスクの大きさとして、専門家リスク(experts' risk)を客観的リスクとして代用することとする。一方で、このように定義された客観的リスクに対して、ドライバ個々人が行っている潜在・行動予測ハザードに対するリスクの見積もり結果を「主観的リスク(subjective risk)」または「知覚されたリスク(perceived risk)」と呼ぶこととする。

ここで、思い込みは、客観的リスクの程度に対して、主観的リスクの程度が、楽観主義的であることと言える[9]。この関係を Fig.1-4-1 に示す。客観的リスクが高い場合であっても、ほぼ同様に主観的リスクが高ければ、適切な見積もりであると言える。一方、客観的リスクに比べて主観的リスクが過小に低い状態が「思い込み」として定義できる。このような枠組みを基にすれば、客観的リスクと主観的リスクが何らかの手段で定量的に測定できれば、主観的リスクと客観的リスクとの乖離の程度として、思い込みの程度を定量的に表現することが可能となる。

なお、この図式に従えば、主観的リスクが客観的リスクよりも過大となるバイアスの存在も想定さ

れる(Fig.1-4-1 の左上の領域)。例えば、自動車運転の経験が不十分なドライバーにおいて、リスクを過大に見積もったために、状況に適した車速まで十分に加速できないなどの運転行動となり、周囲の交通参加者への不都合が発生することなどが考えられる。しかしながら本研究では、事故分析から導かれたドライバーの思い込み(だろー運転)に対する運転教育や運転支援への応用を目標とするため、このバイアスについては取り扱わない。

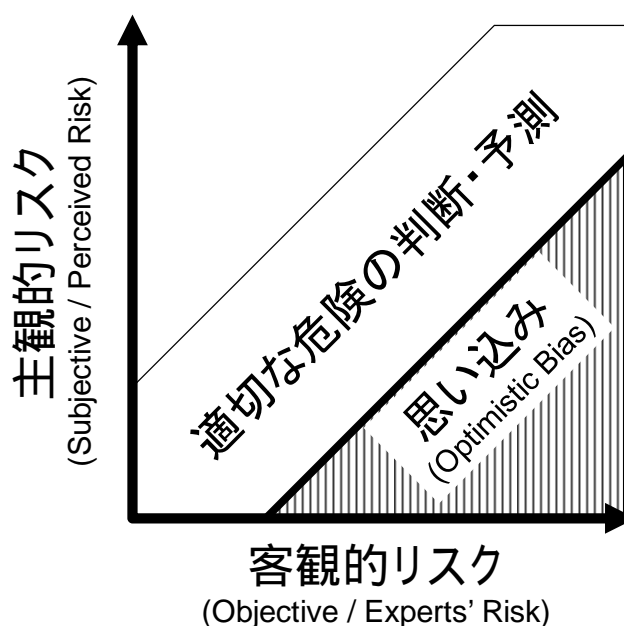


Fig.1-4-1 思い込みの定義

1.5. 誤概念としての思い込み

前節では、ドライバーの思い込み(客観的リスクに比べて主観的リスクが過小に低い状態)を、主に思い込みの定量的測定を主眼として操作的定義を行った。しかしながらこの定義のみでは、思い込みがなぜ発生するのか、どうすれば思い込みを減らすことができるか、といった定性的な心的メカニズムを説明することが困難である。そこで本節では、教育心理学や教育工学の分野で扱われている「素朴概念」あるいは「誤概念」の概念を援用して、思い込みの定性的な定義を試みた。

素朴概念(naive conception)、または誤概念(misconception)とは、人が学校教育等において科学的概念・知識を獲得する以前に、日常生活における観察や体験を通じて直感的に獲得した概念・知識のことを示す[10, 11]。ここで、素朴概念は一般的に、ある個人や限られた集団での狭い範囲での経験から過度に一般化されて作り上げられており、多くの場合、科学的概念から見れば、誤りを含んでいる。かつ、誤った素朴概念(誤概念)は、学校教育等で正しい科学的概念を学習しても容易に修正されないことが知られている。

例えば、人は多くの場合、物理学を学ぶ以前から、手に持っている物体を離せば地面に落下することは、体験を通じて知っている。しかしながら多くの場合、「真下に落ちる」という過度に一般化された概念(直落信念と呼ばれる)として獲得されており、人が前方に走っている状態で手に持っている物体を離した場合であっても、真下に落ちると考えている場合が多い。これは、学校教育において科学的概念として「慣性」を学んだ大学生であっても、修正が容易でないという。

これら誤概念の研究は主に学校教育の領域において着目されてきたが、本研究が扱う自動車の運転についても、ほぼ同様の過程が存在していることが予想される。多くの自動車ドライバは、運転免許証を取得するために、自動車教習所において様々な知識や技能の教育を受ける。しかしながら現代では、自身で自動車の運転をしたことが無い者であっても、誰かの運転する自動車に同乗して運転を観察したり、歩行者等として自動車の運転を外部から観察したりすることにより、自動車の運転に関して何らかの素朴概念を獲得していると考えられる。

しかしながらこの素朴概念は、日常生活における体験・観察をもとにしているため、誤概念である可能性が高い。例えば、一時停止交差点の非優先側の場合は停止線において完全停止することが、日本における法的な正しい知識であるが、完全停止でなくとも徐行でも構わない、といった誤概念が獲得される可能性がある。さらに、教習所等で教育を受け運転免許証を取得した後であっても、自身の狭い運転経験から得られた知識を過度に一般化し、誤概念を強化してゆく可能性も考えられる。特に自動車の運転の場合、運転免許取得後に体系的な再教育プログラムは特に無いため、これらの誤概念が修正され得る機会も無く、多くのドライバが誤概念をもとに長期的に運転を継続していることが予想できる。

Fig.1-3-1 に示した様々なドライバの思い込みは、科学的・合理的観点からすれば、明らかに誤っていると言える。特に、自身で見えていない潜在ハザードや、原則的に予測不可能であるはずの他車(者)の行動予測に関するハザードについて、リスクが小さいと断定することは、合理的とは言えない。しかしながら、「いつもは大丈夫だから」のように、限られた経験から得られた知識を過度

に一般化し、「今日も大丈夫だろう」と楽観的なリスク見積もりを行っている状態が、思い込みである。このように、科学的・合理的観点からは正しくないが、日常経験から得られた知識を正しいと信じている点で、自動車ドライバの思い込みは、典型的な誤概念であると言えよう。

以上のような考察にもとづけば、ドライバの思い込みを低減させる方法のヒントを得ることができる。つまり、ドライバの思い込みが、単純な知識や技能の不足ではなく、誤った知識・概念としての誤概念が原因で生じているとすれば、正しい知識・概念を教育するのみでは十分ではなく、日常生活の中で獲得され強化された誤概念を修正することが最重要であると言える。誤概念の修正においては、学習者に対して、自身の中に誤概念があることを気づかせることが効果的であることが知られている[10, 11]。つまり、自身の運転に対するメタ認知能力を高めることで、ドライバの思い込みを効果的に低減できることが期待できる。

1.6. 高度道路交通システムによる運転者の変化

交通事故例の分析結果から、思い込みが関与する事故は現在考えられている安全システムでは大きな効果が期待できないことは上述した。ここでは、現在考えられているような安全システムが、むしろ思い込みを促進してしまう可能性がある懸念について述べる。

近年、主に航空機の自動化によるパイロットの状況認識(situation awareness)の低下が問題となっている。パイロットの負担低減とエラー防止のために行われた自動化により、パイロットが機体や外界がどんな状況にあるのかを適切に認識できない状態に陥ってしまい、システムの誤動作やシステム設計時の想定を超えた状況になってコントロールがパイロットに戻された場合に、即座に状況を認識できずに、コントロールを失ってしまう現象である。Endsley(1995)はこの状況認識をFig.1-5-1のような3段階の認知過程としてモデル化している[12]。状況認識レベル1では危険な事象(ハザード)の発見・抽出が行われ、レベル2ではレベル1で発見・抽出されたハザードの現在の状態の理解が行われ、最後のレベル3でハザードの将来の状態の予測が行われるとしている。この状況認識モデルは、自動車の交通事故とは異なる文脈で提案されてきたものであるが、上述のように、自動車ドライバのハザードの発見と将来の状態予測の過程(主観的リスクの見積もり過程)

とほぼ同様の認知処理を指していると考えられる。

ITS の一例として、見通しの悪い交差点において交差車両の存在をセンサ等で捉えて情報提供を行うような出会い頭事故防止支援システムを考えた場合、ドライバーが本来行うべき「交差道路には誰がいるかもしれない」というハザードの将来状態予測の過程を、システムが担うことになる。システムが完璧に動作していれば問題ないが、システムによる交差車両の未検知や、システムによる検知を想定していないハザード(例えば動物やボールなど)があった場合、ドライバーは状況認識の無いまま(主観的リスクが非合理的に低い状態のまま)交差点に進入してしまう可能性が懸念される。

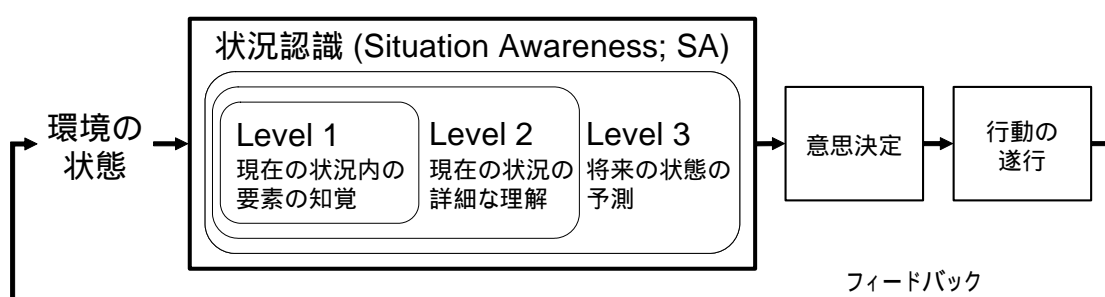


Fig.1-5-1 状況認識モデル(Endsley, 1995 より改変)

思い込みを促進してしまうもうひとつの要因として、リスク補償(risk compensation)が挙げられる。Wilde(1982)は、工学的安全対策によって、ドライバーはかえってリスクな行動(調節行動)を発生させてしまうため、対策によって得られた安全マージンが補償されてしまうというリスク・ホメオスタシス説(risk homeostasis theory)を提案した(Fig.1-5-2)[13]。現在、完全なリスク・ホメオスタシスは確認できていないが、何らかのリスク補償的な調節行動が発生することは広く認められている[14]。

このモデルの中で、調節行動の量は、ドライバーが目標とするリスク(target risk)の水準とドライバーに知覚されたリスク(perceived risk)の程度との差に比例するとされる。上述のように、安全システムによって主観的リスクが非合理的に低い状態となってしまった場合、ドライバーのリスクの目標水準に変化がないとすれば、ドライバーは調節行動を増加させる可能性がある。つまり、単に主観的リスクが低まってしまっただけでなく、走行速度を上げたり、一時停止や安全確認を省略したりといった、より危険な行動を促進してしまう懸念も考えられる。

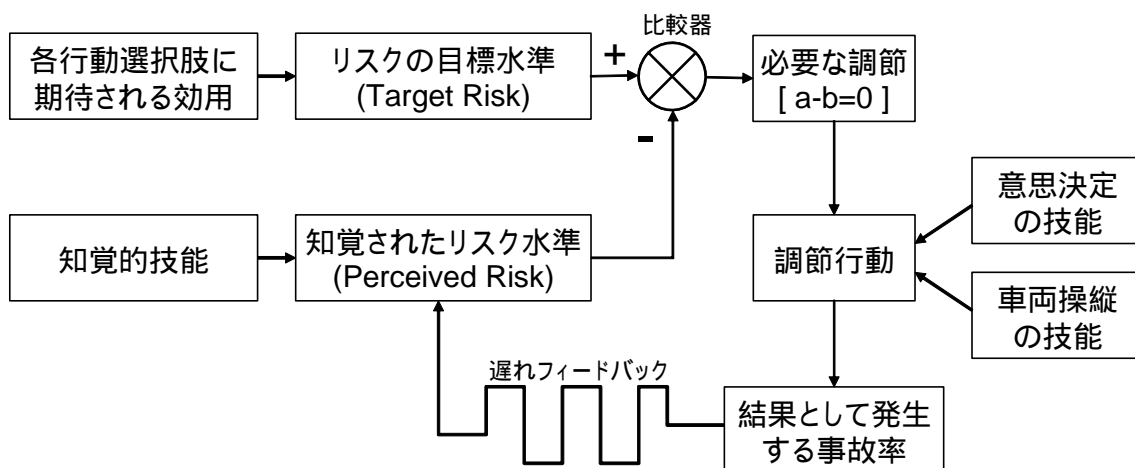


Fig.1-5-2 リスク・ホメオスタシスモデル(Wilde, 1982より改変)

状況認識の低下や、リスク補償による調節行動の発生を検討したり予測したりするためにも、思い込み、すなわち、主観的リスクが客観的リスクより過小な状態を定量的に捉える手法の開発が必要である。ITSの時代だからこそ、ドライバーの思い込みを減らす、すなわち、リスク知覚の能力を向上させ、主観的リスクを合理的に見積もる能力向上のための方策が必要になると言える。

1.7. リスクの見積もりに関する従来の運転教育方法・装置

交通状況中のハザードの発見やリスクの見積もりに関するドライバーの能力は、交通心理学の領域では従来から危険感受性と呼ばれ、能力の測定や向上が試みられてきた。例えば深沢(1983)は、交通状況に関する写真を提示して危険を発見・予測させる危険感受性テストを開発した[15]。これをきっかけに、写真やイラストを提示して危険を発見・予測させるテストが数多く作成されてきた[16, 17]。その後、交通状況の時間的変化の中での危険の発見・予測能力の測定・向上をねらって、写真やイラスト(静止画)ではなく、動画での刺激提示を行うテストも作成された[18, 19]。

しかしながら、いずれの場合も、ドライバーが実際に運転している状況での危険感受性を測定していないという問題がある。特にイラストや写真を用いた場合、じっくり時間をかけて潜在ハザードを

探索できるし、じっくり時間をかけてハザードの行動を予測できる。また、当然その画像の中には危険が潜んでいることが前提であるため、そのドライバが実際の運転中には危険と感じないハザードであっても指摘される可能性がある。実際の運転場面では、時々刻々と変化する交通状況の中から、ハザードが有るか否かも不明確な状態のまま、限られた時間の中で絶え間なくハザードを発見・予測し続ける必要がある。

また、これらのテストでは、文章による選択肢の中から正解を選択させるか、または、画像や映像中の危険な箇所を指摘させる回答方式をとっている。そのため、危険の発見・予測ができたとしても、その状況で適切な運転行動をとる能力があるか否かまで測定しているとは言えない。知識として危険を知っていることと、能力として危険を発見して回避できるかは、決して同じとはいえない。実際の運転場面では、危険を発見・予測した後に、ペダル操作やステアリング操作によって具体的に車両の運動を変化させ、危険に備えたり回避したりする必要がある。実際に、危険感受性テストを行った前後で、具体的な運転行動には変化が認められなかったとする調査結果[20]もあり、教育効果の面でも課題がある。

一方、近年、コンピュータ・グラフィクス(Computer Graphics; CG)を用いたドライビングシミュレータ(Driving Simulator; DS)を用いた模擬運転による教育が盛んである。DSの特徴は、教育者や研究者の意図に従って交通状況を任意にコントロールできることと、危険な状況を安全に再現・体験できることにある。そこで、DSを用いた危険体験システムが開発されている[21, 22]。見通しの悪い交差点で交差車両が飛び出してきたり、右折時に対向車の陰から二輪車が出てきたりして、ドライバに潜在ハザードや行動予測ハザードの危険性を体験させることができる。

しかし、この手法の主な目的は危険の体験である。回避できたか否かや、回避のための運転行動(ブレーキやステアリングの操作)のタイミングや強さを測定することはできるものの、客観的リスクと主観的リスクとの乖離の程度としての思い込みの強さを測定することはできない。また、CGを利用しているために、ドライバにとってはビデオゲームと同様の感覚に陥ってしまい、たとえハザードと衝突してしまうような状況でも、実際には危険を感じられないといった問題がある。

1.8. 解決すべき課題

従来の運転教育方法・装置の課題を解決し、ドライバのハザード発見やリスク見積りの能力を測定するためには、まず、実際に運転タスクを実行しながら能力測定を行うことが必要である。変化する交通状況の中から、ハザードが有るか否かも不明確な状態のまま、限られた時間の中で絶えず間なくハザードを発見・予測し続ける能力を測定しなければならない。この際、文章選択やハザードの指摘といった従来の回答方式を用いることはできない。そのため、運転に関する操作や行動の中から、ハザードの発見やリスク見積りに関連する成分を抽出する必要がある。なお、運転操作や行動を観測することで、ハザード発見やリスク見積りの結果として適切な運転操作をとれるか否かまで含めて、測定することが可能になるであろう。

次に、能力を定量的に測定することが必要である。これには1.4節で述べた、思い込みを定量的に扱うために提案された枠組みを用いるのが有効であろう。運転操作や行動から求められたドライバのリスク見積り能力と、その交通状況に適した客観的・合理的なリスク見積り(例えば教習所指導員等のエキスパートが知覚したリスク)とを比較することで、ドライバのリスク見積りが過小な状態、すなわち、ドライバが思い込みの状態にあることを定量的に測定することが可能になる。

運転操作や行動からリスク見積り能力を測定することの利点は、テストとしての妥当性が向上することだけではない。運転操作・行動から測定が行えれば、能力測定のためのテストとして利用できるだけでなく、自然な運転の中で日常的にドライバの能力の状態や変化を把握できる可能性がある。例えば、今後様々な運転支援システムが実用化された場合に、ドライバの状況認識が適正なレベルに保たれているか、リスク補償による調節行動は起きていないか、といった、システムによるドライバ状態の変化を検知し、ドライバ状態に最適な方法やレベルで運転支援を行うような、新しい運転支援への応用も可能となる。

さらには、能力の測定結果をもとにした、ドライバのリスク見積り能力を向上させる手法を考案する必要がある。従来の教育方法では、基本的に、ハザードの発見・予測に関する知識の提供が行われてきた。しかしながら、知識として知っていることと、実際に発見や予測の能力が向上して運転行動が変容することとは、別問題である。実際に、危険感受性テストによる具体的な運転行動の変容を体系的に検証した研究はみられない。知識だけでなく、実際に運転行動を変えることを狙った手法を開発し、さらに、実際に運転行動が変容することを検証する必要があるであろう。

1.9. 本研究の目的と構成

本研究では以上のような課題を解決するために、以下の3つの目的を掲げた。

- (1) 交通状況や運転行動の情報からドライバーの主観的リスクの程度を定量的に求め、客観的リスク(エキスパートの主観的リスク)との比較により、ドライバーの思い込みの程度を定量的に評価できる方法を提案する
- (2) 提案されたドライバーの思い込み評価方法を具現化し、自動的に実行できる装置(ドライビングシミュレータ)を開発する
- (3) 評価された思い込みの程度をもとに、具体的にドライバーにフィードバックを与え、実際にドライバーの思い込みが低減し、運転行動が変容することを検証する

これらの目的を達成するために、以下のような構成で一連の研究を実施した(Fig.1-8-1)。

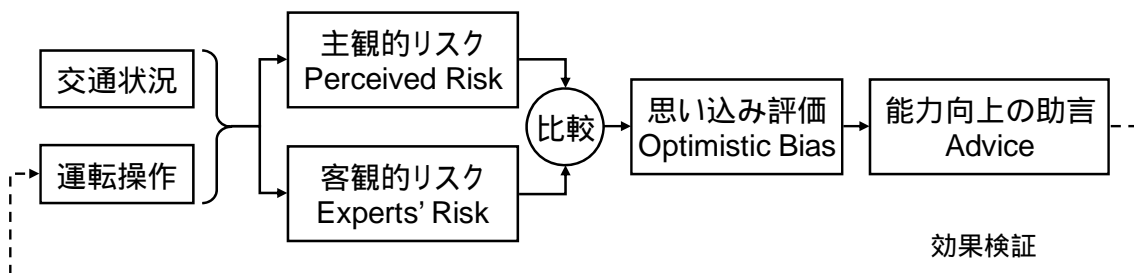


Fig.1-8-1 本研究全体の枠組み

第2章では、一般ドライバーの日常的な運転を観察し、思い込みの状態がどんな状況でどの程度発生しているのか、および、助言によって運転行動が改善し得る可能性を検証し、本研究全体の成立性を検討した。第3章では、交通状況を詳細に分類して、一般ドライバーのリスク見積もりが低くなりやすい交通状況を探るとともに、ドライバーの危険感受性を定量的に評価可能な机上テストを開発した。ここまでの研究により、危険感受性に関する基礎的な知見を得て、その後主に対象としていく交通状況を明確にした。

第4章では、一般ドライバーと自動車教習所指導員の実車での運転操作の記録、および、主観的なリスクの見積もり結果をもとに、運転操作から主観的なリスク見積もりの程度を定量的に推定でき

る手法を開発した。第 5 章では、その後の実験のプラットフォームとして、主観的リスク見積りの測定に適した実景式のドライビングシミュレータ(DS)を開発するとともに、DS での模擬運転による思い込みの定量的評価を試行した。これらの開発により、運転操作から思い込みを評価する枠組みと道具立てを準備した。

第 6 章では、開発された DS を用いて、主に高齢ドライバーのリスク見積り能力の測定を実施した。これにより、高齢ドライバーに対する支援のあり方を提言するとともに、DS による思い込み評価の妥当性を検討した。第 7 章では、測定された思い込みの程度に基づいて能力向上のための助言を提供する機能を DS に付加した。この際、従来のような知識提供型の助言に加えて、自身の運転の問題点への気づきを促し、ドライバーの自発的な行動変容を狙った新しい助言方法を提案した。これらの研究により、Fig.1-8-1 に掲げた枠組み全体を通して動作するシステムを完成させた。

第 8 章では、以上のシステムを用いて、実際に一般ドライバーに対する能力測定と向上の実験を実施した。この際、DS 運転への効果と実車運転への効果の両方を確認した。また、助言実施直後の短期効果と、助言 3 ヶ月後の長期効果や繰り返し効果も検討した。さらに、助言の方法による効果の比較も簡便に実施した。これにより、本研究で提案する枠組みとシステムによってドライバーのリスク見積り能力が向上する(思い込みが低減する)ことを確かめた。

最後に第 9 章では、以上の一連の結果を総合的に考察した。特に、本研究の成果の活用方法や、将来的な応用に関する具体的なアイデアを提案した。また、本研究で得られた知見をもとにして、ドライバーの能力向上に関する今後の展望を述べた。これにより、ITS 時代における新しい運転教育や運転支援のあり方を提案した。

第2章 一般ドライバの実態と助言による行動変容効果

2.1. 本研究が成立するための前提条件

交通事故の多くに思い込みが関与していることを上述した。そこで本研究では、ドライバの運転に関する操作や行動から思い込みの状態(主観的リスクが客観的リスクより楽観的に低い状態)を検知することを目的に置く事とした。また、運転教育や、思い込み状態に応じて支援方略を変えるような運転支援への応用をターゲットとした。

しかしながら、これらの目的を達成するためには、日常的な運転中に、それなりの高頻度で思い込み状態が生起することが前提となる。もし思い込み状態が、非常に低頻度かつ限られた者にしか発生しない特異的なドライバの状態であるとする、運転教育という限られた時間の中で、思い込み状態が生起しなかったり、思い込み状態に至る者が無かったりして、運転教育としての成立性に問題がある。運転支援の場合も同様に、ごく低頻度にはしか生起しない思い込み状態に対する運転支援は、有用性の面で問題がある。

例えば Fig.1-2-2 や Fig.1-2-3 で示したように、日本における交通事故の発生リスクはおおよそ、1億走行台 km あたり 120 件である。ここで、日本では約 8,000 万台の自動車保有されており[23]、年間交通量は約 8,000 億台 km である[24]ので、1 台あたりの 1 年間の走行距離は約 10,000km であると計算できる。この数字をもとに、ある一人のドライバの事故リスクに換算すると、1 年間で約 0.012 件となる。これらの事故リスクのうち、約 6 割に思い込みが関与していると見積もったとすると、ある一人のドライバが、思い込みが原因で事故を発生させる確率は 0.0072 件/年となる。もし、思い込みが実際にこの程度の確率でしか生起しない状態であるとする、運転教育や運転支援の最中に思い込み状態を捉えられる可能性は非常に低いと考えられる。

一方、この確率はあくまで「交通事故」として顕在化したものであり、日常的な運転の中で、事故には至っていないものの潜在的にはより高頻度で思い込み状態が生起しているとするれば、運転教育や運転支援の場面で思い込み状態を捉えられる可能性が出てくる。例えば、中島(1982)による

東名高速道路での車間時間に関する実態調査[25]によると、調査台数約 2 万 5 千台の車間時間の最頻値は約 1 秒であった。ドライバーの認知・判断・操作を含む空走時間や、実際の制動時間を考慮すると、追突事故を防止するためには、一般的には約 2 秒の車間時間を確保する必要があると言われているが、多くのドライバーは確保していないことを示している。車間時間を短縮させる行為は、先行車の急ブレーキのリスクに対する楽観的な見積りの結果と言える。同様に、橋川ら(2007)による一時停止交差点における停止行動の実態調査[26]によれば、調査台数 101 台中、停止線の手前で一時停止を行った車両はわずか 2 台であった。これは交差車両の有無に対する楽観的なリスク見積りの結果と言える。ただし、定点観察による実態調査では、車間時間や一時不停止といった、結果としての運転行動のみを捉えているため、その背景に楽観的なリスク見積りが存在していたか否かは必ずしも明確ではない。

また、思い込み状態と一口に言っても、Fig.1-3-1 に示したように、質の異なる多様な状態が存在すると考えられる。例えば、見通しの悪い交差点における交差車両の有無に対する思い込み、単路における先行車両の減速可能性に対する思い込み、歩行者や自転車の自車進路への飛び出し可能性に対する思い込みなど、交通環境、道路の状態、対象となるハザードの種類や状態などによって、膨大な組み合わせの交通状況が考えられる。上述のような定点観察による実態調査によって、特定の道路や交通状況における不安全な運転行動の実態は断片的には確認されているが、一人のドライバーが、どのような交通状況でどの程度、楽観的なリスク見積りを行っているかを体系的に扱った研究は見られない。

さらに、本研究では最終的に、新しい運転教育方法を開発し、その効果を検討していく。しかしながら、たとえ効果が確認されたとしても、その効果が従来の方法とどの程度の差が有り、どの程度の意味を持っているのかを示す必要がある。さらには、そもそもドライバーの運転行動が、何らかの教育的アプローチによって変容可能であることを確認しておく必要がある。

2.2. 本章のねらい

本章では、大きく分けて二つの調査を実施した[27]。

調査1として、比較的短時間であるものの、様々な交通状況を含むように設定された一般路コースの中で、一般ドライバーの運転行動を詳細に観察した。これにより第一に、運転教育や運転支援といった限られた時間の中で、ドライバーの思い込みが発生するか否か、発生するとすればどの程度の頻度であるかを明らかにすることを狙った。第二に、どのような交通状況でどのような不安全運転が生起しているかについて、その頻度と重大性の観点で分析を行った。これにより、本研究を通じて主に対象としていく交通状況を選択するための基礎データとすることとした。

この際、不安全運転の検知は、助手席に同乗した自動車教習所の運転指導員(以後、単に「指導員」と記述する)が行った。指導員はドライバーの運転を評価し、不安全な状態を検知することを職業とするプロフェッショナルであり、検知の精度(微小な不安全運転でも検知できる能力)や信頼性(未検知や誤検知なく正しく検知できる能力)に関して、唯一の国家資格として認定された者である。なかでも技能検定員の資格を有する者は、運転免許証取得のための技能試験を実施することができ、特に不安全運転の検知技能に秀でた者である。本章では技能検定員の資格を有する指導員が検知を行った。

また、指導員による運転行動の良否評価を、あるドライバーの客観的な運転の評価値として測定するとともに、ドライバー自身の運転に関する自己評価を測定した。客観評価に比べて自己評価が楽観的に高いことが確認できれば、検知された不安全運転が、そのドライバーの思い込み状態を原因としている可能性が示唆される。ここで、本研究で定義された思い込み(Fig.1-4-1)は、主観的リスクが客観的リスクに比べて楽観的にバイアスされた状態を示すが、本章では、自己評価が客観評価に比べて楽観的であることを、より広義の思い込み状態として捉えることとした。これにより、多種多様なドライバーの楽観的な状態を大まかに把握することを目的とした。なお、リスク見積もりの観点で厳密に思い込み状態を把握する研究については、次章で行うこととする。

さらに本章では調査2として、検知された不安全な運転行動が、指導員の助言指導によって、安全方向に変容するか否かを検討することとした。この際、全体的な変容の程度、各種不安全運転ごとの変容の程度、自己評価の変容の程度について分析を行った。これにより、今後の運転教育方法開発のための、効果のベースラインデータを獲得することを目的とした。

2.3. 調査 1(一般ドライバの実態把握) 方法

2.3.1. 調査参加者

人材派遣会社を通じて雇用した、名古屋市およびその近郊に在住の一般ドライバ 40 名が調査に参加した。年齢層ごとの人数[男/女]は 20～39 歳が 10 名[5/5]、40～49 歳が 10 名[5/5]、50～59 歳が 10 名[5/5]、60～69 歳が 10 名[4/6]であった。参加者は全員、週に 3 日以上継続的に自動車の運転を行っており、運転頻度の平均は 6.0 日/週であった。

2.3.2. 指導員

運転評価を行った指導員は、技能検定員資格を有する男性指導員 1 名であった。指導員の年齢は 60 歳、指導員歴は 40 年であり、さらに、在籍する自動車教習所において指導員を養成する担当者でもあり、不安全運転の検知能力について最高レベルの者であると考えられた。本調査では、この指導員 1 名が一貫して評価・助言指導を実施した。

2.3.3. 使用車両

調査用車両として、自動車教習所 A において日常的に使用している教習用車両(トヨタ製コンパクト)を用いた。本車両には、教習用車両としての一般的な装備として、助手席に搭乗する指導員が利用可能な補助ミラー(インナーミラー×1 枚、ドアミラー×2 枚)、補助ブレーキ、デジタル速度計、室内制動灯、警音器スイッチが装着されていた。これにより、指導員は、通常業務と全く同様の方法を用いて、ドライバの運転行動を評価することができた。

2.3.4. 走行ルート

自動車教習所 A を発着地点として、名古屋市昭和区周辺の住宅街(コース A: 約 7.2km)、および、市街地(コース B: 約 7.5km)を走行する経路を設定した(Fig.2-3-1)。経路設定にあたっては、一般路での様々な運転行動を記録するために、道路環境や右左折の回数等をなるべく広範囲に網羅するように、教習所指導員の監修のもとに設定した。

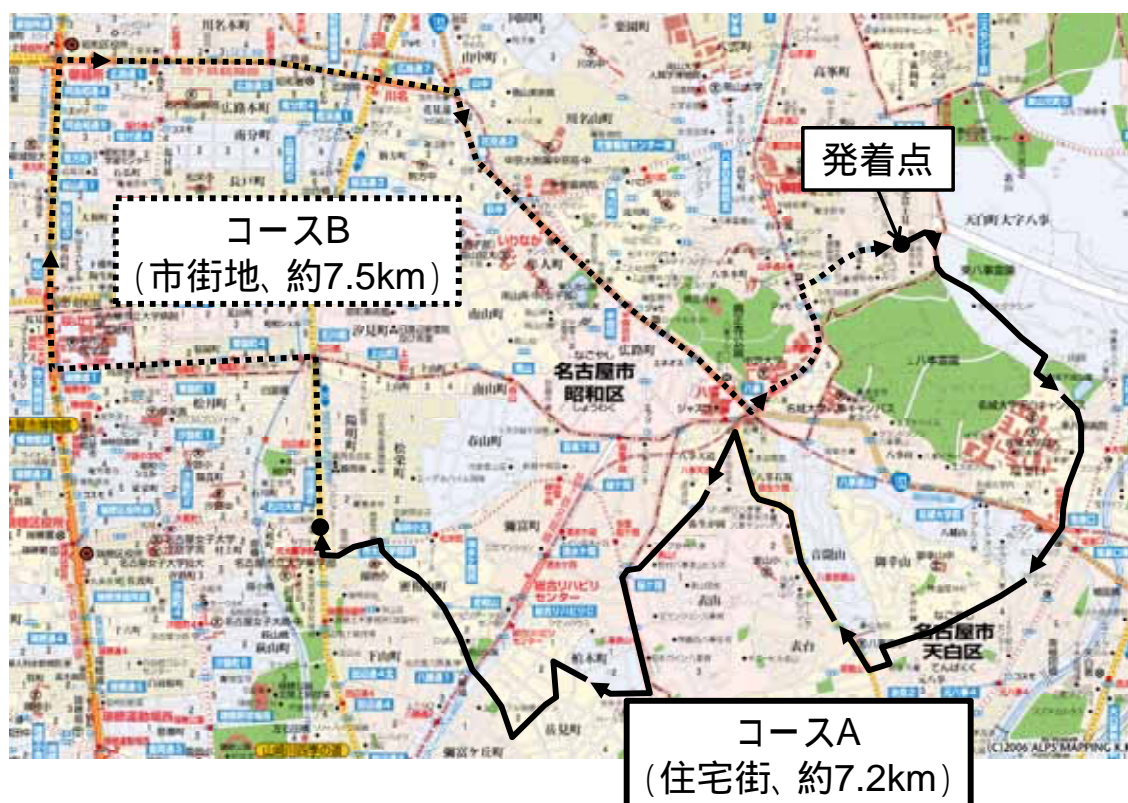


Fig.2-3-1 走行ルート図

2.3.5. 指導員による運転診断

自動車教習所における技能検定試験の診断項目[28]のうち、路上試験で用いられている項目について、助手席に同乗した指導員が検知した現象全てを採点用紙に記録した(採点用紙への記録の例を Fig.2-3-2 に、診断項目・基準の抜粋を Table 2-3-1 に示す)。また、検定試験の減点基

準[28]に従って、持ち点 100 点満点からの減点を実施し、診断得点を算出した。なお、検定中止項目（一時不停止等の、発生した場合には減点ではなく、即検定中止となる危険行為）については、発生回数を記録した。その際も、走行は中止することなく、走行ルート全体を最後まで走行させた。また、事故を防止する目的以外では指導員には補助ブレーキは操作させなかった。ただし、実際は数名の運転において、事故回避のために指導員がやむを得ず補助ブレーキを操作した場合があった。その際は、ブレーキを踏んだ理由のみを参加者に伝え、そのまま継続して運転させた。

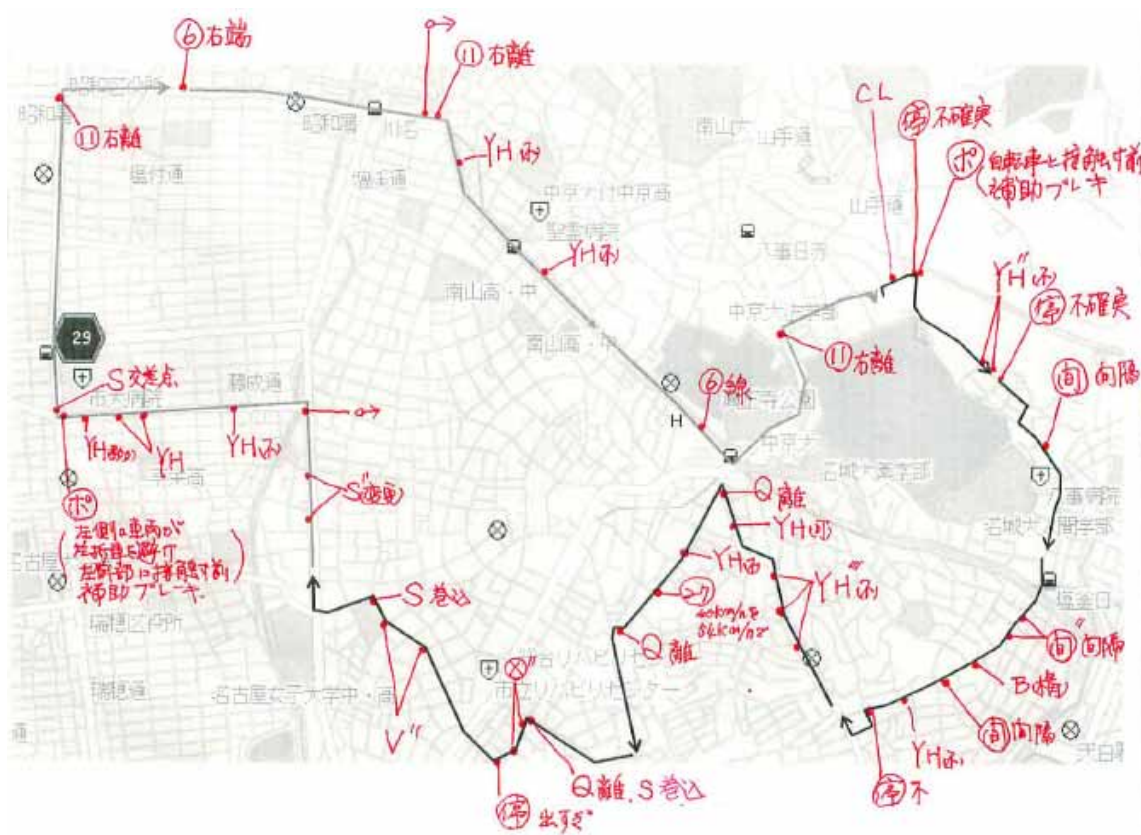


Fig.2-3-2 指導員による採点用紙への記録の例

Table 2-3-1 運転診断項目とそれぞれの基準(文献 28 より抜粋)

減点細目	減点数		適用事項	備考
	路上	場内		
側方等間隔不保持 [側方間隔]	20	20	1 対向車との行き違い、前車の追い抜き又は駐停車車両、建造物その他の障害物(歩行者及び軽車両を除く。)の側方通過時に、試験車との側方間隔を保たず又は保とうとしない次の場合。ただし、やむを得ない状況のため所定の間隔を保てない場合には適用しない。 (1) 移動物又は人が乗車していることが予想される駐停車車両などの可動物と、おおむね1メートル以上の間隔を保たず又は保とうとしないとき。 (2) 建造物、人が乗車していないことが明らかな駐停車車両などの不動物と、おおむね0.5メートル以上の間隔を保たず又は保とうとしないとき。 2 停止している車両に追いついて停止した場合に、前車とおおむね1.5メートル以上の間隔を保たず又は保とうとしないとき。	やむを得ない状況のため、必要な間隔を保てない場合(立体障害物設置基準によるものを含む。)で、通過速度が速いときは「速度超過(大・小)」の細目を適用する。
安全間隔不保持 [安全間隔]	危	危	1 歩行者又は軽車両の側方を通過する場合に、次の間隔を保たないとき又は保とうとしないとき。ただし、徐行した場合は適用しない。[間隔] (1) 歩行者又は軽車両が試験車を認知していることが明らかな場合はおおむね1メートル以上 (2) 歩行者又は軽車両が試験車を認知していないおそれがある場合はおおむね1.5メートル以上 2 上記の間隔を保てない場合に、徐行せず又は徐行しようとしないうとき。 [徐行]	所定の間隔を保つことができない状況のため徐行した場合でも、危険なときは適用する。
指定場所不停止 [一時不停止]	危	危	道路標識等による一時停止の指定場所で、停止線(停止線が設けられていない場合は交差点。)の手前で停止しない場合	車体の一部が停止線を越え又は交差点に入って停止した場合にも適用する。
安全不確認	10	10	1 路端から発信する直前に、直接目視により右後方及びその他周囲の安全を確認しない場合、又は交差点等での発進の際に、車両の内外の安全を確認しない場合 [発進] 2 後退する直前に、後退する場所及び方向の安全を直接目視により確認しない場合 [後退] 3 後退中に、側方又は後退する方向の安全を直接目視により確認しない場合 [周囲] 4 左折する四輪車が左折直前に、直接目視又はバックミラーにより車体の左側方の安全を確認しない場合 [巻き込み] 5 進路を変えようとする場合(転回を含む。)に、直接目視及びバックミラーにより、変えようとする側の側方及び後方の安全を確認しないとき [変更] 6 交差点に入ろうとし若しくは交差点内を通行する場合に、交差点の状況に応じ交差点道路を通行する車両等、反対方向から進行してきて右折する車両等又は交差点若しくはその直近で道路を横断する歩行者若しくは軽車両に対する安全の確認をしないとき [交差点] 7 走行中にバックミラーによる後方の確認を全くしない場合(進路変更又は後退時の後方確認を除く。)[後方] 8 踏切に入る直前に、安全を確認するため運転者側の窓を開け、かつ左右を直接目視しない場合 [踏切] 9 走行中に、計器類若しくは車外の一点などに気を奪われ脇見をしていたとき又は歩行者、車両等その他の障害物に接近したとき若しくは物かげで見とおしのきかない場合に脇見をしたとき。[脇見] 10 降車時ドアを開けようとする場合に、直接目視をして後方を確認しないとき。[降車]	1 左欄第1項は、大型車その他直接目視が不適当な車両の場合は、バックミラーの死角を直接目視すれば、右後方についてはバックミラーで確認しても適用しない。また、社内外の安全の確認は、大型二種免許及び中型二種免許における車両に限るとする。 2 左欄第2項、第3項及び第10項については、大型車その他直接目視が不適当な車両の場合、バックミラーにより確認をすれば適用しない。 3 左欄第5項については、バックミラーの死角を直接目視すれば、後方についてはバックミラーにより確認しても適用しない。 4 左欄第7項については、試験中を通じ1回限りとする。 5 左欄第8項については、特定後写鏡を車室内において使用しなければならない者にあつては、窓を開けなくても適用しない。
巻き込み防止措置不適 [巻き込み]	20	20	左折する四輪車が巻き込み防止のための次の措置をしない場合 1 進行方向の交差点の直前に二輪車(軽車両を含む、以下この細目で同じ。)がある場合又は二輪車と並行した場合にその二輪車をお先発若しくは先行させないとき [二輪] 2 交差点の手前で二輪車が試験車の左側を追い抜くのを防止するため、交差点の手前からおおむね30メートル以上手前で進路を変えたが、できるだけ道路の左側端によらないとき [離]	左欄第2項は、道路左側端からおおむね1メートル以上離れている場合に適用する。 適用にあたっては、交通状況、道路状況等を考慮して適用すること。
速度超過	20	20	道路標識等により最高速度が指定されている道路ではその最高速度、その他の道路では政令に定める最高速度又は場内試験では速度指定区間の指示速度をそれぞれ超過した場合	
速度速過ぎ	[小]	10	1 道路及び交通の状況に適した安全速度よりおおむね5キロメートル毎時未満速い場合 [速] 2 カーブでおおむね0.3G以上0.4G未満の横加速を生じた場合 [カーブ] 3 波状路コースにおいて、明らかに速い速度で走行した場合 [波]	1 法令に基づく徐行場所又は徐行すべき場所での細目の(小)に該当したときは「徐行違反」の細目を適用する。 2 最高速度又は速度指示区間における指示速度の超過は「速度超過」の細目を適用する。
	[大]	20	1 道路及び交通の状況に適した安全速度よりおおむね5キロメートル毎時以上速い場合 [速] 2 カーブでおおむね0.4G以上の横加速を生じた場合又はカーブ手前の直線部分での制動時機が遅れブレーキをかけたながらカーブに入った場合又はカーブに入ってからブレーキをかけた場合 [カーブ]	3 左欄第3項でいう「明らかに速い速度」とは、前車輪の設置面部の一部が、波状路突起部の始端から終端までの9.5メートル区間をおおむね5秒未満で走行した場合をいう。 4 二種免許においては、横加速の基準を0.1Gマイナスとする。

注:減点数欄の「危」は、「危険行為等」を示し、検定中止を意味する

2.3.6. 自己評価アンケート

太田ら(2004)による運転行動評価表[29]を参考に作成した 28 項目の評価シート(Driving Behavior Evaluation; DBE, Table 2-3-2)を用いて、参加者自身の運転について1(できていない)～5(非常に良くできている)の5段階で自己評価を行わせた。また、同一の評価表を用いて、指導員が参加者の運転を評価した。

Table 2-3-2 運転行動評価表の項目

交通場面	評価項目
交差点右折時	合図 ふらつきや小回りせず曲がる 安全確認 安全速度
交差点左折時	合図 ふらつきや大回りせず曲がる 安全確認 安全速度
見通しの悪い交差点	安全確認 安全速度
一時停止交差点	きちんと停止する 停止位置 安全確認
進路変更	合図 安全確認 急ハンドルしない
駐車車両の回避	合図 安全確認 安全速度 側方間隔 急ハンドルしない
カーブ	走行位置 安全確認 安全速度
その他	優先判断 急ブレーキしない 定期的な後方確認 十分な車間距離

2.3.7. 手続き

参加者はまず、普段の自身の運転を振り返りながら、運転行動評価表に自己評価を記入した。次に、教習用車両に搭乗し、指導員からコースの説明を受けた後、教習所の構内を一周運転して

車両への慣熟を行った。その後、普段どおりの飾らない運転で走行するように教示を受け、コース A、B の順序で走行を行った。1 名あたりの走行時間は全体で 40～60 分であった。走行中、指導員は助手席に同乗して運転診断を実施した。走行中は、不安全運転が検知されたことや、それに対する助言などは参加者に対しては一切行われなかった。また、指導員は走行後に、運転行動評価表 DBE を用いて参加者の運転を評価した。

なお、助手席に運転指導員が同乗しているため、参加者の運転は普段のものとは異なる、飾られた運転となる可能性が高い。しかしながら、指導員が同乗することで、運転者の意図的な不安全運転は少なくなり、非意図的な(参加者自身は良いと思い込んでいる)不安全運転を主に抽出できるものと考えられる。

2.4. 調査 1(一般ドライバの実態把握) 結果

2.4.1. 運転診断の全体的傾向

同乗指導員による運転診断について、40 名のドライバの平均得点(100 点満点から減点後の点数)はマイナス 218 点、最高マイナス 10 点、最低マイナス 530 点だった。すなわち、実際の減点は平均で 318 点、最小で 110 点、最大で 630 点であった。なお、運転免許取得時の検定合格点数は 70 点以上であり、今回の参加者全員が合格ラインに達していなかった。一般ドライバのほとんどが、免許取得後には、規範的な運転ができなくなっていることが示唆された。

40 名のドライバに対する何らかの運転診断項目の総指摘頻度は 1,336 回で、1 名あたり平均で 33.4 回の不安全運転を指摘された。運転時間は 40 分から 60 分間であったので、ドライバは 1 分間に 0.56～0.84 回(1.2 分から 1.8 分に 1 回)は何らかの不安全な状態であったことが示された。また、危険性の高い検定中止項目の指摘回数は 1 名あたり 6.5 回であり、6.2 分～9.2 分に 1 回はかなり危険な状態に陥っていたことが分かった。

2.4.2. 診断項目ごとの分析

運転診断項目別に40名の参加者の総指摘頻度と1名あたりの指摘回数をTable 2-4-1に示す(1名あたりの指摘回数が2回以上の項目のみを抜粋し、頻度の多い順に表示)。これによると、側方等間隔不保持(車両や構造物等の追い抜きやすれ違い時の横方向の距離不足)、指定場所不停止(一時停止場所での不停止)、安全不確認等が数多く指摘されていたことが分かった。

ここで、各診断項目にはその危険度に応じて、5点/10点/20点/検定中止、のように減点の大きさ(重要度)が定義されている。そこで、各項目の頻度に減点を乗じた値として40名の総減点を算出し、総減点の大きい順に診断項目を並べたものをTable 2-4-2に示す(総減点が100点以上の項目のみを抜粋)。なお、検定中止項目については、1回の指摘で検定不合格(70点未満)になるという考え方をもとに、便宜上、減点を40点として計算した。これによると、Table 2-4-1と同様の項目が上位にあることに加えて、安全間隔不保持(歩行者や自転車の追い抜きやすれ違い時の距離不足)が上位となり、車間距離不保持も含め、自車周辺の対象物との間隔不足が多くドライバーにみられることが分かった。また、指導員同乗にもかかわらず、信号無視、右側通行、歩行者保護不停止等といった重大な不安全運転も、頻度は少ないながらも観察された。

Table 2-4-1 運転診断項目別の指摘頻度

診断項目	総指摘頻度	1名当りの指摘頻度	減点数
側方等間隔不保持	220	5.5	20
指定場所不停止	208	5.2	危
安全不確認 (内訳) 進路変更 巻き込み 交差点 脇見 発進 その他	137 (65) (43) (23) (4) (1) (1)	3.4	10
巻き込み防止措置不適	112	2.8	10
速度超過	98	2.5	20
速度速過ぎ	95	2.5	10
:	:	:	:
計	1,336	33.4	

Table 2-4-2 運転診断項目別の重大性

診断項目	総指摘頻度	減点数	総減点
指定場所不停止	208	40	8,320
側方等間隔不保持	220	20	4,400
速度超過	98	20	1,960
安全間隔不保持	37	40	1,480
安全不確認	137	10	1,370
巻き込み防止措置不適	112	10	1,120
速度速過ぎ	95	10	950
進路変更違反(交差点変更)	58	10	580
通行帯違反	49	10	490
ふらつき(小)	39	10	390
合図不履行(右変更)	62	5	310
徐行違反	12	20	240
信号無視	6	40	240
制動操作不良	43	5	215
惰力走行	40	5	200
右側通行	5	40	200
車間距離不保持	17	10	170
歩行者保護不停止等	4	40	160
右左折方法違反	30	5	150
接触	3	40	120
合図不履行(左変更)	23	5	115
優先判断不良	5	20	100
:	:	:	:
計	1,336		

2.4.3. 自己評価の楽観的バイアス

運転行動評価表 DBE による評定値について、40 名の参加者の自己評価の平均値と、指導員評価の平均値を Fig.2-4-1 に示す。評価項目ごとに平均値の差について t 検定を行った結果、有意差が認められた項目に*印を示した。これによると、28 項目中 18 項目で自己評価が指導員評

価に比べて有意に高く、参加者の多くが過大な自己評価(過小な危険見積もり)をしており、「思い込み(だろ運転)」の状態にあることが示唆された。

項目別に見ると、一時停止場面については3項目全てで有意差が認められた。また、各種場面での速度や安全確認、駐車車両の回避場面での側方間隔など、運転診断において高頻度で指摘された項目について、過大な自己評価をしていることが分かった。

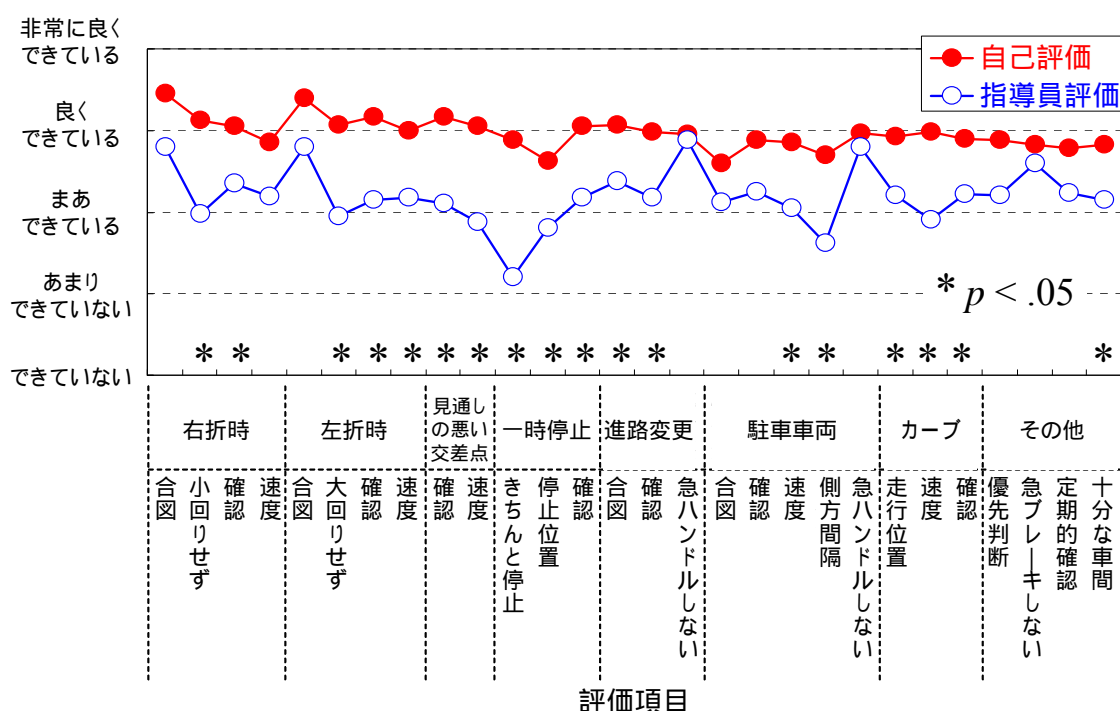


Fig.2-4-1 運転の自己評価と指導員評価との乖離

2.4.4. 過大な自己評価と運転診断との関係

自己評価の過大傾向(思い込み)と運転診断(不安全運転)との関係を検討するために、40名の参加者について、運転行動評価表 DBE の全項目における自己評価と指導員評価との差の平均値と、運転診断における減点後の得点とを算出し、グラフに示した(Fig.2-4-2)。なお、ここでも、検定中止項目については1回あたりの減点を40点として計算した。これによると、自己評価が甘い参

加者ほど、運転診断の得点が低くなる傾向が見られた。相関係数は-0.27 と小さく、統計的な有意性も確認できなかったが、2.4.3 項の結果ともあわせてみると、多くのドライバは、自身の運転への問題意識が低いまま、不安全運転を行い、危険な状況に近づいている現状を示唆しているものと考えられた。

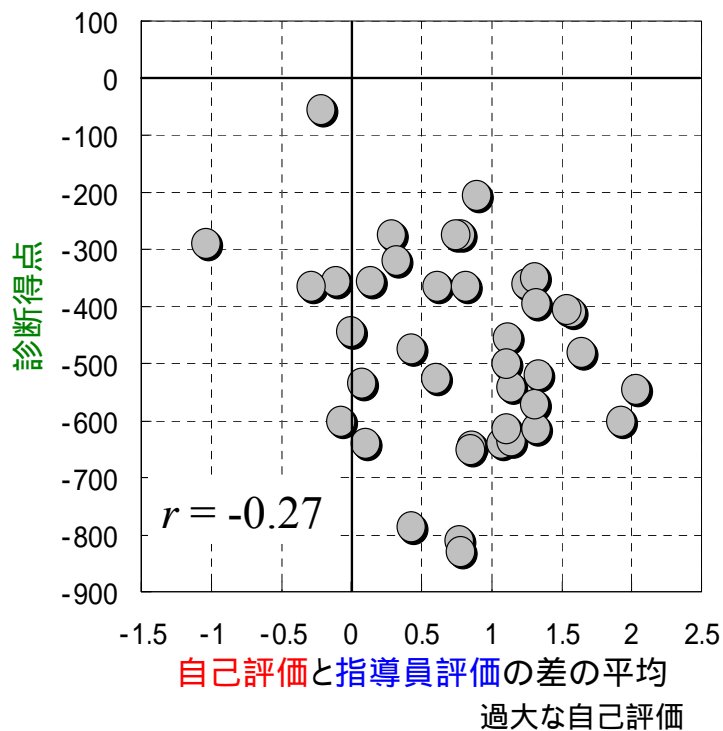


Fig.2-4-2 自己評価の過大さと運転診断得点との関係

2.5. 調査 2(助言による行動変容効果) 方法

2.5.1. 調査参加者

調査 1 の参加者 40 名全員に対して、走行後に指導員から助言指導を行った。この 40 名の中で、1 回目の走行時の運転診断得点が相対的に下位だった者のうち、約 5 ヶ月後の実験期間に参加

可能だった10名を再び雇用した。雇用に際しては、運転診断得点が下位であったことは参加者には伝えず、無作為に選ばれたと伝えた。参加者の年齢層ごとの人数[男/女]は20～39歳が2名[1/1]、40～49歳が4名[1/3]、50～59歳が1名[1/0]、60～69歳が3名[1/2]であった。参加者の運転頻度の平均は5.4日/週であった。

2.5.2. 指導員、指導方法

運転診断と助言指導は、調査1と同じ指導員1名により実施した。

助言指導は、参加者と指導員との個別指導形式で実施した。指導員は同乗中の運転診断結果にもとづき、指導員が主観的に重大な不安全運転と判断した内容について、不安全運転が発生した事実、その運転が危険である理由、その状況での正しい運転方法などについて指導を行った。その際、走行ルート地図、教習所で普段利用している教科書、ホワイトボード等の材料を利用した。指導は1名あたり約20分間であった。

2.5.3. 使用車両、走行ルート

調査1と同一の車両を用い、調査1と同一の走行ルートを走行させた。

2.5.4. 指導員による運転診断、自己評価アンケート

指導員は調査1と同一の基準(Table 2-3-1)を用いて、助手席に同乗して運転診断を実施した。また、調査1と同一の運転行動評価表(Table 2-3-2)を用いて、参加者には自己評価を、指導員には客観評価を行わせた。

2.5.5. 手続き

参加者は運転行動評価表に自身の運転の自己評価を記入した後、1回目と同じ手続きで、約40～60分の走行ルートを走行した。指導員は助手席に同乗して運転診断を実施し、走行後には、運転行動評価表を用いて参加者の運転を評価した。走行中は、不安全運転が検知されたことや、それに対する助言などは参加者に対しては一切行われなかった。

2.6. 調査 2(助言による行動変容効果) 結果

2.6.1. 運転診断得点の変化

1回目の走行(助言前)と2回目の走行(助言後)における運転診断得点について、10名の参加者全員の変化をFig.2-6-1に示す。これによると、10名中9名で、2回目の走行時の運転診断得点が向上していた。診断得点の10名の平均値と、検定中止項目の指摘回数の平均値をFig.2-6-2に示す。平均診断得点について t 検定を行った結果、助言後の走行で有意に診断得点が高く、平均で約160点(約38%)の向上が認められた。検定中止回数については統計的な有意差は認められなかったが、平均1.4回(約20%)の減少がみられた。

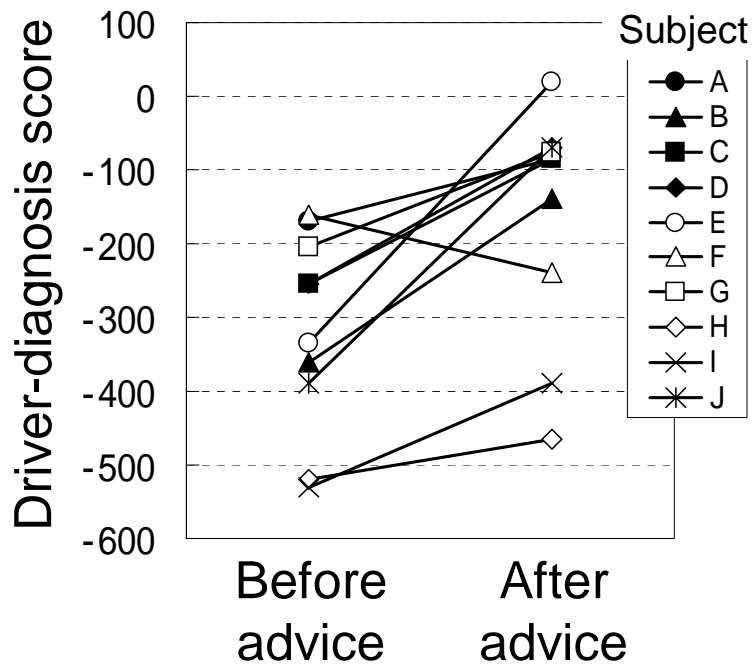


Fig.2-6-1 助言指導による運転診断得点の変化(参加者ごと)

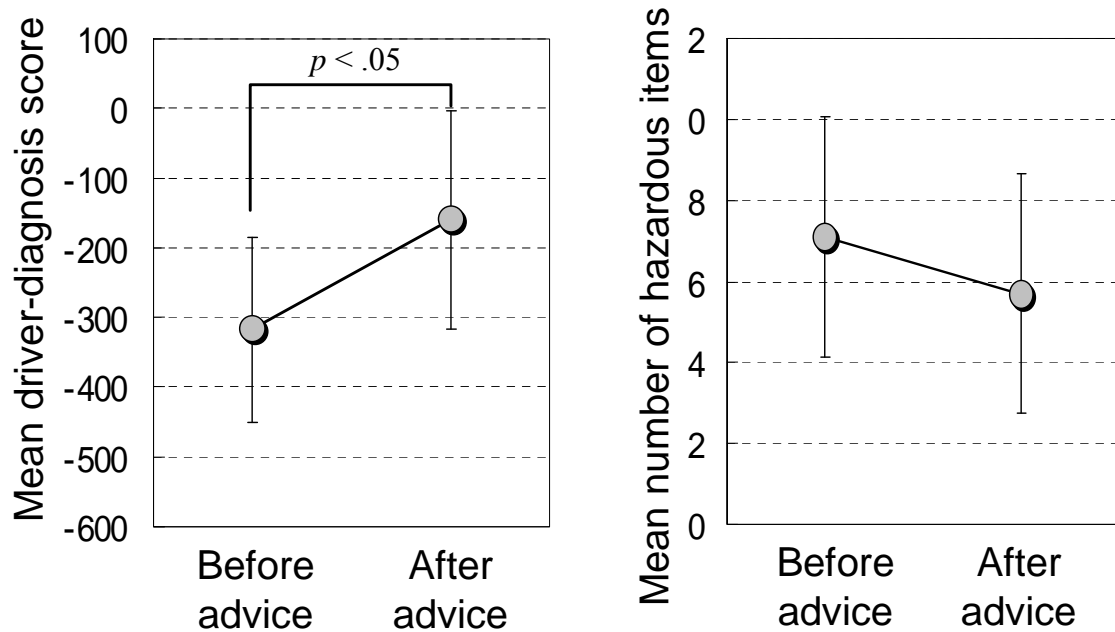


Fig.2-6-2 助言指導による運転診断得点と検定中止項目の平均値の変化

2.6.2. 運転診断項目ごとの変化

運転診断項目ごとの助言前後の指摘回数の変化を Table 2-6-1 に示す。表示した頻度は、項目ごとに 10 名の参加者の指摘回数を合計した値で、助言前の頻度が多かった順に示した(頻度が 5 回以上の項目のみを抜粋)。また、助言前に比べて助言後での指摘回数の減少の大きさを表すために、(助言前の頻度－助言後の頻度)／助言前の頻度、を改善率として示した。これによると、ほとんどの診断項目において指摘回数が減少していた。特に、安全不確認、速度超過と速過ぎ、合図不履行、車間距離不保持といった、ドライバ自身でも比較的客観的に確認しやすい項目については、指摘回数の減少が顕著であった。しかしながら、側方等間隔不保持、指定場所不停止、安全間隔不保持といった項目では大きな減少はみられなかった。これらの項目は、ドライバが正しい行動を理解していても、行動変容が困難な項目であることが示唆された。

Table 2-6-1 助言指導による運転診断項目別の指摘頻度の変化

診断項目	助言前の 総指摘頻度	助言後の 総指摘頻度	改善率 (前-後)/前
側方等間隔不保持	64	47	0.27
信号無視	56	48	0.14
安全不確認	50	24	0.52
速度超過	38	18	0.53
速度速過ぎ	32	19	0.41
巻き込み防止措置不適	31	18	0.42
合図不履行(右変更)	27	13	0.52
ふらつき(小)	19	11	0.42
車線変更違反(交差点変更)	14	25	-0.79
右左折方法違反	13	3	0.77
通行帯違反	12	7	0.42
車間距離不保持	11	3	0.73
惰力走行	10	10	0.00
安全間隔不保持	8	5	0.38
制動操作不良	6	9	-0.50
合図不履行(左変更)	5	0	1.00
：	：	：	：
計	420	271	0.35

2.6.3. 自己評価の変化

運転行動評価表 DBE による参加者の自己評価と指導員評価の平均値について、助言前後の比較を Fig.2-6-3 に示す。自己評価のいずれの項目でも助言前後で統計的有意差は見られず、自己評価には大きな変化が無かったといえる。しかしながら、各場面での安全確認や速度の項目については、助言前では有意差があった自己評価と指導員評価との差が、助言後には見られなくなっていた。上述2.6.2項での変化と同様、安全確認や速度は変容させやすい行動であることが示唆された。

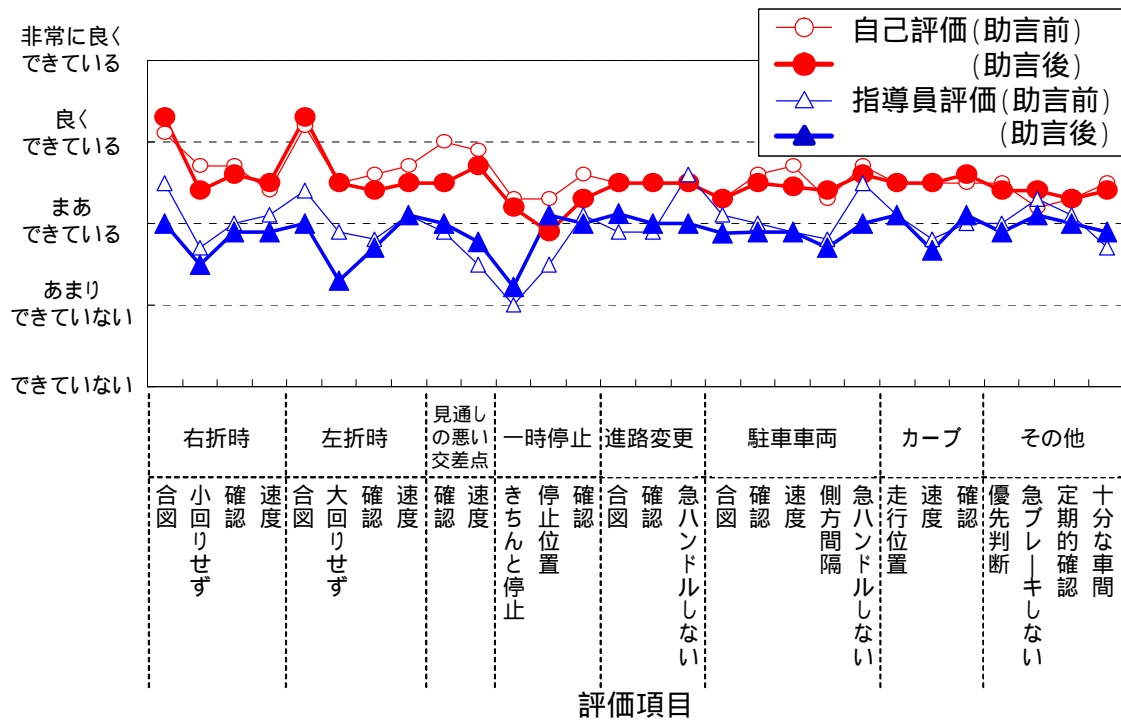


Fig.2-6-3 助言指導による自己評価と客観評価の変化

2.7. 本章のまとめ

本章では、本研究全体が成立するための前提条件を確認するため、二つの調査を実施した。

調査 1 では、一般ドライバの運転行動の観察から、不安全運転の現状把握を実施した。その結果、多くのドライバが、自身の運転への問題意識が低いまま(自己評価が客観評価より楽観的に高い状態で)、日常的に不安全な状態に陥っている実態が明らかになった。このことは、リスク見積もりが過剰に低い状態が比較的短時間の運転でも観察可能なことを示唆しており、運転行動からの思い込み評価の可能性や、運転教育や運転支援への応用可能性が高いことを示している。なかでも、リスク見積もりが低くなると予想される具体的な交通状況として、一時不停止や、追い抜きやすれ違い時の対象物との間隔不足、安全不確認、速度超過等の不安全運転が高頻度で観察された。以降の研究では、これらの状況を主な対象としていくこととする。

調査 2 では、指導員の助言指導による行動変容効果の測定を行った。その結果、助言から 5 ヶ月後の運転において有意に不安全行動が減少しており、運転診断の得点としては約 4 割もの向上がみられた。日常的な不安全行動であっても、1 回の指導で大幅な改善が可能なことを示している。特に行動変容効果が大きかった運転行動としては、安全不確認、速度超過や速度速過ぎ、合図不履行、車間距離不保持といった行動が挙げられた。速度、合図、車間距離といった運転行動や車両状態は比較的容易に取得可能であるため、これらの情報を用いた運転教育や支援は比較的容易であると考えられる。一方、安全確認については、現状ではドライバの顔向きや視線を実際の車両運転中に簡便に計測することは容易ではないが、リスク見積もりの良否を評価するには重要な情報と考えられる。

行動変容が困難であった運転行動としては、側方等間隔不保持や安全間隔不保持といった対象物との横方向の間隔に関するものと、指定場所不停止が挙げられる。横方向の間隔については、進行方向ではないために、ドライバにとっては危険を感じにくい方向であることが想像できる。しかしながら、歩行者や自転車等との事故低減を考えた場合、横方向の間隔保持を促すような教育や支援を考えていく必要があるだろう。また、一時不停止については、一時停止(停止線の手前で速度を一旦ゼロにする)自体の意義がドライバに理解されにくいために、行動を変えるまでには至らなかったものと考えられる。これらの行動の改善を教育・支援する手法の探索が必要である。

交通事故のほとんどにヒューマンエラーが関与しているのは事実である。しかしながら、実際の

交通事故として現れたヒューマンエラーは氷山の一角に過ぎないことを、本章の結果は示している。一般ドライバーの多くは、日常的に不安全運転を繰り返しており、しかも自身ではその危険性に気づいていないことも示唆された。もちろん、今回用いた運転診断の指標は運転免許取得用の基準であるため、現実の交通社会での適応的な運転とは乖離している可能性も否定できない。しかしながら、運転免許取得の基準であるということは、ドライバーが「最低限」行うべき基本的な運転行動であることも確かである。別の言い方をすれば、このような基本的な運転行動の徹底だけでも、相当の事故リスクの低減が見込めるとも考えられる。

運転免許証を保有していることから、これらの運転行動については、多くのドライバーは知識として知っている(教習所等で少なくとも一度は習得した)はずである。にもかかわらず、多くのドライバーが高頻度に不安全運転を発生させ、かつ、側方間隔不足や一時不停止等において、助言指導後も強固に運転行動が変容しないのは、ドライバーの誤概念[10, 11]が一因である可能性が考えられる。よって、今後の運転教育や支援を考える場合、ドライバーの誤概念の存在や、修正の困難性を踏まえて、これを効果的に修正するような方法を考案してゆくことが重要であろう。

第3章 ドライバの危険感受特性分析

3.1. 本章のねらい

前章では一般ドライバの運転の観察をもとに、様々な不安全運転が日常的に行われている実態を把握した。なかでも、一時不停止、追い抜きやすれ違い時のハザードとの間隔不足、安全不確認、速度超過等の不安全運転が高い頻度で観察された。さらに、ドライバの多くは自身の不安全運転を意識しておらず、自身の運転に対して楽観的な自己評価を行っていた。これは、様々な不安全運転が、思い込み(楽観的なリスク見積もり)に起因している可能性を示唆していると考えられた。また、教習所の運転指導員による1回の助言指導によって、これらの不安全運転を約40%減少させることが可能であることも示され、ドライバの危険見積もり能力が向上可能であることが示唆された。

ただし前章では、不安全運転という、結果としての行動生起の有無のみを扱った。そのため、ドライバが様々な交通状況において、具体的にどのような過程でどの程度の危険を見積もっていたかは明らかではない。また、不安全運転の判定は、文章として定義された運転免許取得用の診断基準で行われた。教習所の運転指導員は実際には、これらの文章を、具体的な交通状況やハザードの状態に対応付け、その交通状況でとるべき規範的な運転行動と、ドライバが実際にとった運転行動との乖離として、不安全運転を検知・評価していると考えられる。しかしながら前章では、これら指導員の評価過程も明らかではない。つまり、リスク見積もりを行うドライバの内的過程も、それを評価している指導員の内的過程もブラックボックスのままである。

これらの問題は、従来の危険感受性テスト[15-19]にも当てはまる。危険感受性テストでは、教育者側(指導員や専門家)があらかじめハザードを含むとして定義した交通状況刺激から、学習者(ドライバ)がハザードを指摘できるか否かで、ドライバの危険見積もり能力を測定しようとしている。ここで、ハザードの定義は指導員や専門家の経験的な知識に任されており、体系化されていない。そのため、全く新しい交通状況刺激を作成しようとする場合、その中にあるハザードやその交通状況

の危険性を明確に定義することは困難である。同様に、従来の危険感受性テストでは、ドライバがどのような内的過程を通じて、どの程度の危険見積もりを行って、最終的にそのハザードを指摘したかは分からない。

そこで本章では、これら指導員や専門家とドライバが内的に行っている危険見積もりの過程を体系的に扱うための枠組みを提案することを目的とした。具体的には、はじめに、教習所の運転指導員に対して様々な交通状況刺激を提示しながらインタビュー調査を実施して、指導員が刺激中のどのような要素(危険要因)に着目して危険を見積もっているかを探った[30]。同様に、従来の危険感受性テストで用いられている交通状況やハザードの説明に関する文章を解析して、指導員や専門家が着目する交通状況刺激中の危険要因に関するキーワードを抽出した。次に、これら危険要因の組み合わせとして定義された交通状況中のハザードについて、ドライバが具体的にどの程度の危険見積もりを行うか、実験を実施した。これをもとに、ドライバの危険見積もりの過程を、各危険要因に対して危険を感じる特性(危険感受特性)として分析的・定量的に表現できるシンプルな計算モデルを提案した。最後に、こうして得られた個々のドライバの危険感受特性と彼らのニアミス体験との関連を分析し、提案したモデルの妥当性を検討した[31, 32]。

これらの研究により、従来ブラックボックスとして扱われてきた指導員・専門家やドライバの危険見積もりの過程を明らかにするとともに、体系化・客観化された危険感受特性をもとにした新しい危険感受性テストとしての可能性を提案した。

3.2. 教習所指導員の危険認知に関する評価グリッド法調査

3.2.1. 調査対象とした指導員

技能検定員の資格を有する2名の運転指導員(AとB)を調査対象とした。指導員は2名とも男性で、年齢はそれぞれA:54歳、B:32歳であり、指導員歴はそれぞれA:30年、B:9年であった。

なお、指導員の危険見積もり能力に大きな個人差があった場合、信頼性の高い調査結果を得ることが難しい。そこで予備実験として、2名の指導員に対して走行中の映像視聴中の主観的リスク

の評価を行わせ、個人差の検討を行った。島崎ら[33, 34]は、ドライバの主観的なリスクの程度を、レバー操作によって連続的な時系列として得る方法を提案している。事故多発者の主観的リスクの時系列の特徴や、ドライバの視行動と主観的リスクの時系列との対応関係の分析を通じて、ドライバのリスク知覚の程度を簡易に測定できる方法として有効であることが示されている。そこで、同じ走行映像に対する 2 名の指導員によるレバー操作による主観的リスクの申告値を比較することで、両者の危険見積りの等質性を確認することとした。

2 名の指導員に対し、自動車走行中に撮影され前方風景映像 9 種類(映像はそれぞれ約 30 秒、Fig.3-2-1 参照)を視聴させ、自身が運転していると仮定して、どの程度の危険を感じるかを評定させた。映像は 30 frames/s のデジタルビデオとしてパソコンのディスプレイ上で再生され、パソコンに接続された評定レバーを上下させることにより、危険度を 0~100 の値で答えさせた(Fig.3-2-2)。なお、評定を行わない状態で映像を 1 回視聴させ、おおよその危険度の変化を想像してもらい、2 回目の視聴時に評定を行わせた。評定値は映像のフレーム番号ごとに 30Hz で記録した。

危険度評定値(主観的リスク)の変化の例を Fig.3-2-3 に示す。また、9 種類すべての映像について、指導員 2 名の主観的リスクの時系列値 ($N=9,152$) の相関係数(Pearson's r)を計算したところ、 $r=0.77(p<.01)$ が得られた(Fig.3-2-4)。よって、今回調査対象とした 2 名の指導員は危険見積り能力に関して個人差は小さいと考えられた。

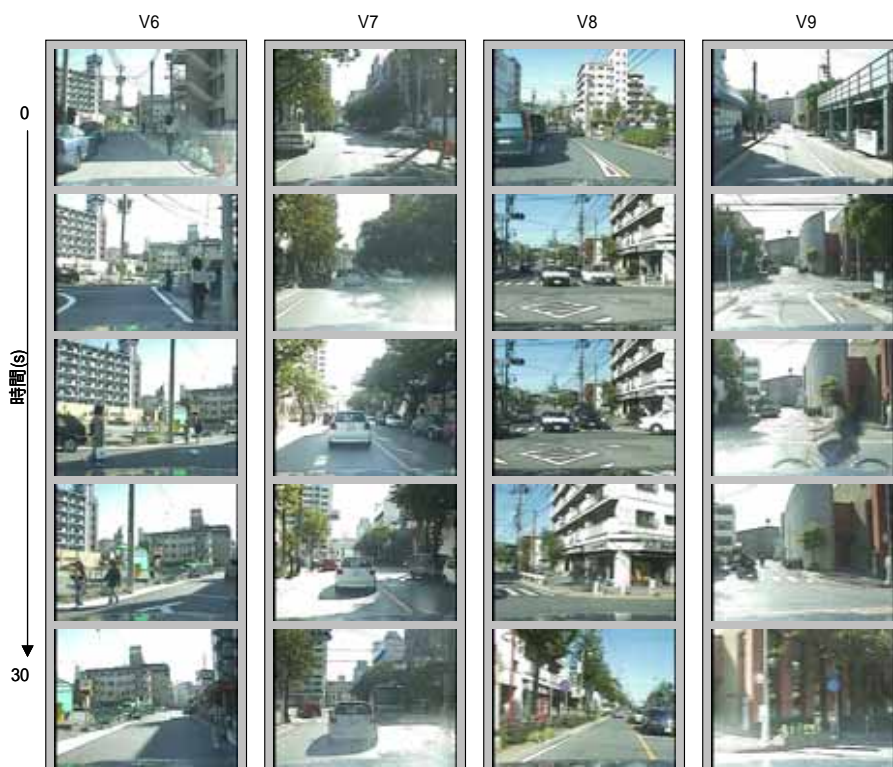


Fig.3-2-1 指導員に主観的リスクを評価させた9種類の映像

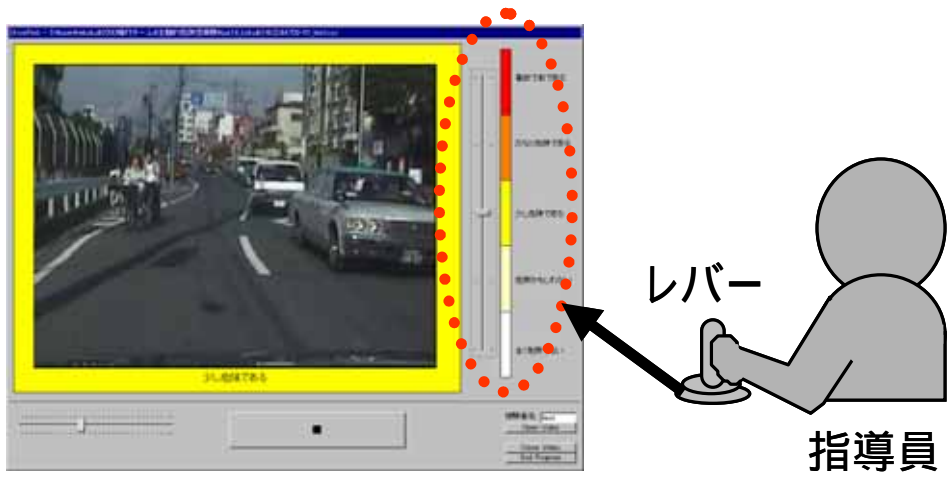


Fig.3-2-2 レバーによる主観的リスクの評価

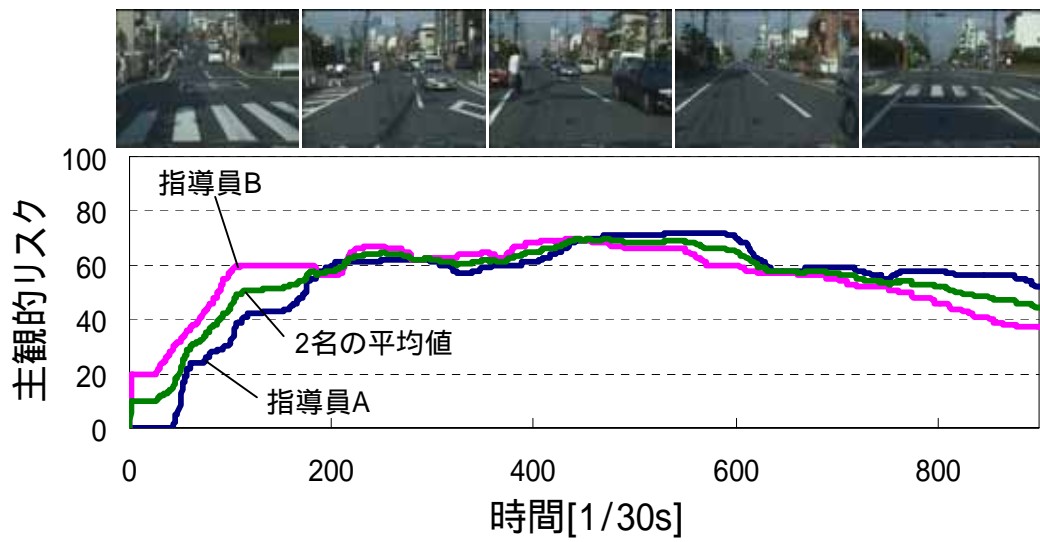


Fig.3-2-3 主観的リスク評価の例

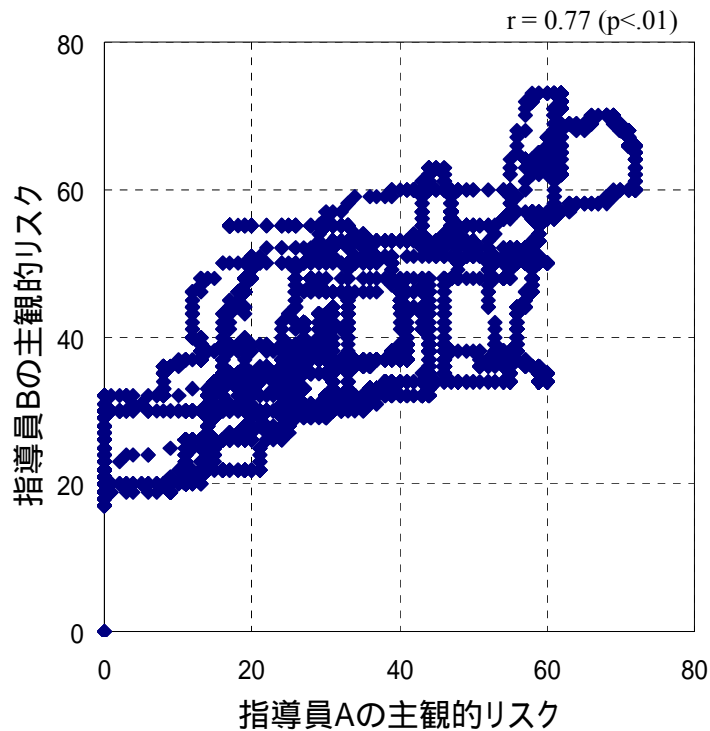


Fig.3-2-4 指導員 2 名による主観的リスク評定の相関

3.2.2. インタビュー手法

指導員へのインタビューには、評価グリッド法(レパトリー・グリッド発展手法)を用いた。評価グリッド法とは、主に工業製品の評価や設計場面で用いられてきた、ユーザの感性評価構造のインタビュー調査法である。例えば、異なる属性をもつ 2 個の刺激(刺激対)が与えられたときに、刺激対のうちどちらがより好ましいか、それぞれ印象が「どのように」異なるか、「なぜ」異なるか等を、インタビュー形式で質問するものである[35, 36]。評価グリッド法では、インタビューを通じて、調査対象者が環境を評価する際に用いる言葉(概念)を収集するとともに、評価の過程を「評価構造図」として可視的に整理することができる。

Fig.3-2-5 は、住宅のリビングルームに対する印象について評価グリッド法で得た評価構造図の例である[35]。評価構造図の中ほどの「ごろんと横になることができる」「くつろげる」といった言葉は、調査対象者が刺激対に対して自発的に使用したものである。インタビューでは、例えば「”くつろげ

る」と好ましいのはなぜですか?」のような質問を行い、例えば「疲れがとれるから」のような、より抽象的な言葉(上位概念)を聞き出してゆき、「くつろげる」と「疲れがとれる」という概念を線で結ぶ(ラダーアップ)。また逆に、「くつろげる」というのは具体的にどのような状態ですか?」、あるいは「くつろげる」ためには具体的にどのようなことが必要ですか?」と質問し、例えば「カーペットの毛足が長いことです」のような、より具体的な言葉(下位概念)を聞き出していく(ラダーダウン)。これらの手続きは「ラダーリング」と呼ばれる。本章ではこの評価グリッド法を、環境の好ましきさではなく環境の「危険さ」の評価構造を探るために用いた。

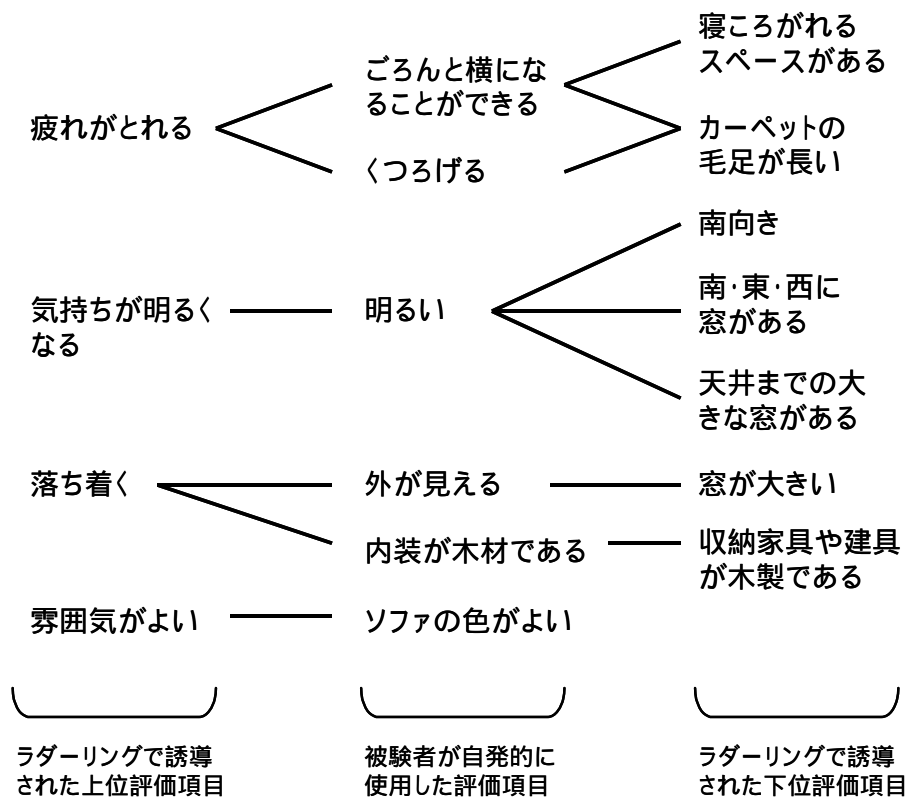


Fig.3-2-5 評価グリッド法による評価構造図の例(讃井ら, 1986 より改変)

3.2.3. 調査手続き

調査の状況を Fig.3-2-6 に示す。また、調査の手続きを Fig.3-2-7 に示す。

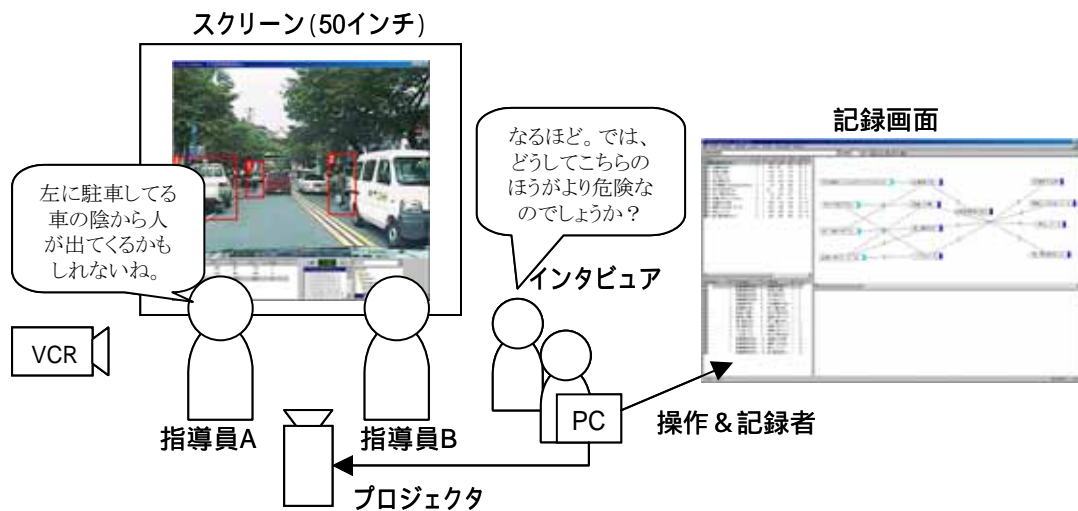


Fig.3-2-6 インタビューの状況

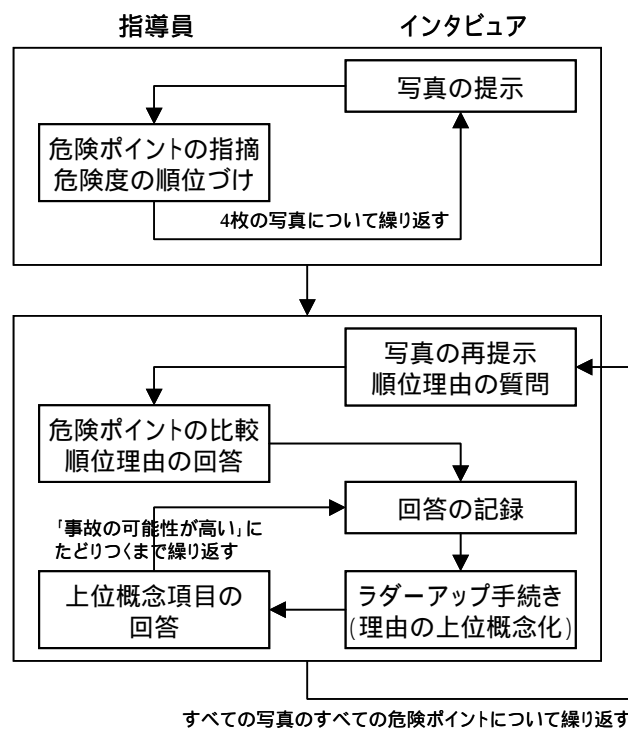


Fig.3-2-7 インタビューの手続き

はじめに、指導員2名に自動車走行中の前方風景写真(Fig.3-2-8)を、プロジェクタを用いてスクリーンに提示した。写真にはその場面の状況を簡単に記述した文章が添えられていた。提示された写真について、危険と思われるかまたは注意が必要と思われる場所(危険ポイント)を複数(4~6ヶ所程度)指導員に指摘させた(Fig.3-2-9)。また、各危険ポイントを比較して、より危険と思われる順番に順位をつけさせた。これらの作業を、4枚の写真について行わせた。危険ポイントの指摘およびそれらの順位づけにあたっては、2名の指導員に協議を行わせ、2名の合意として回答を行わせた。

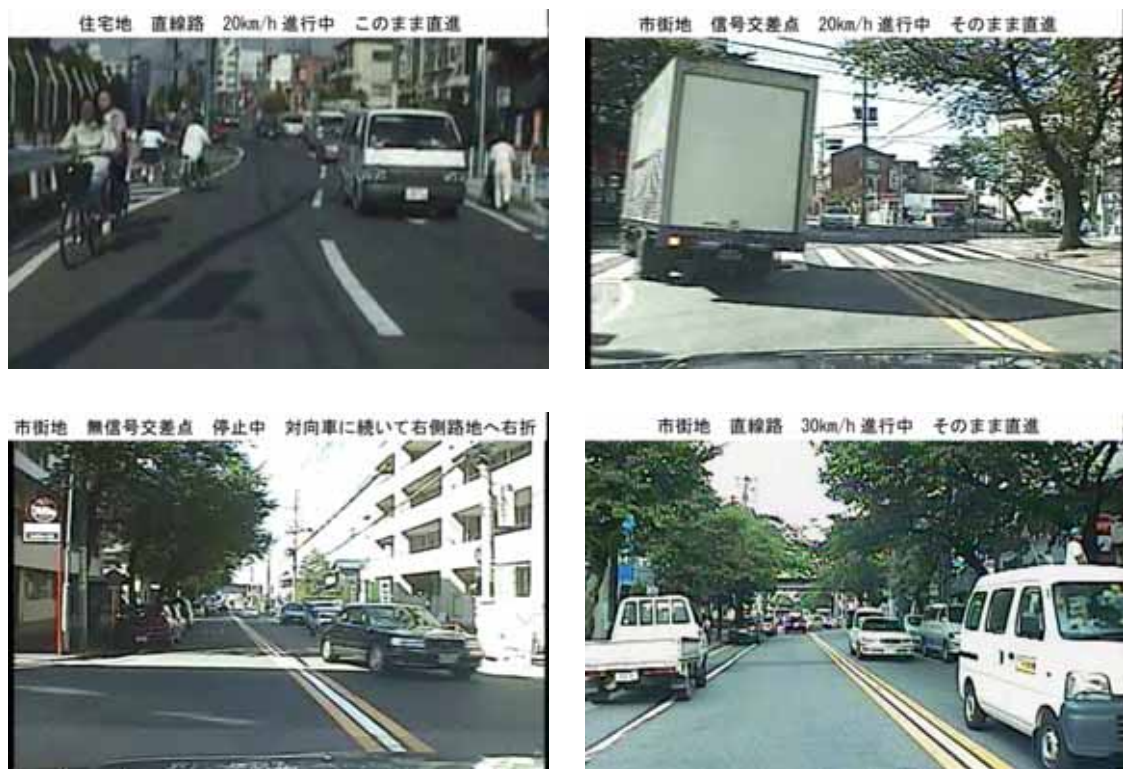


Fig.3-2-8 提示した4枚の写真

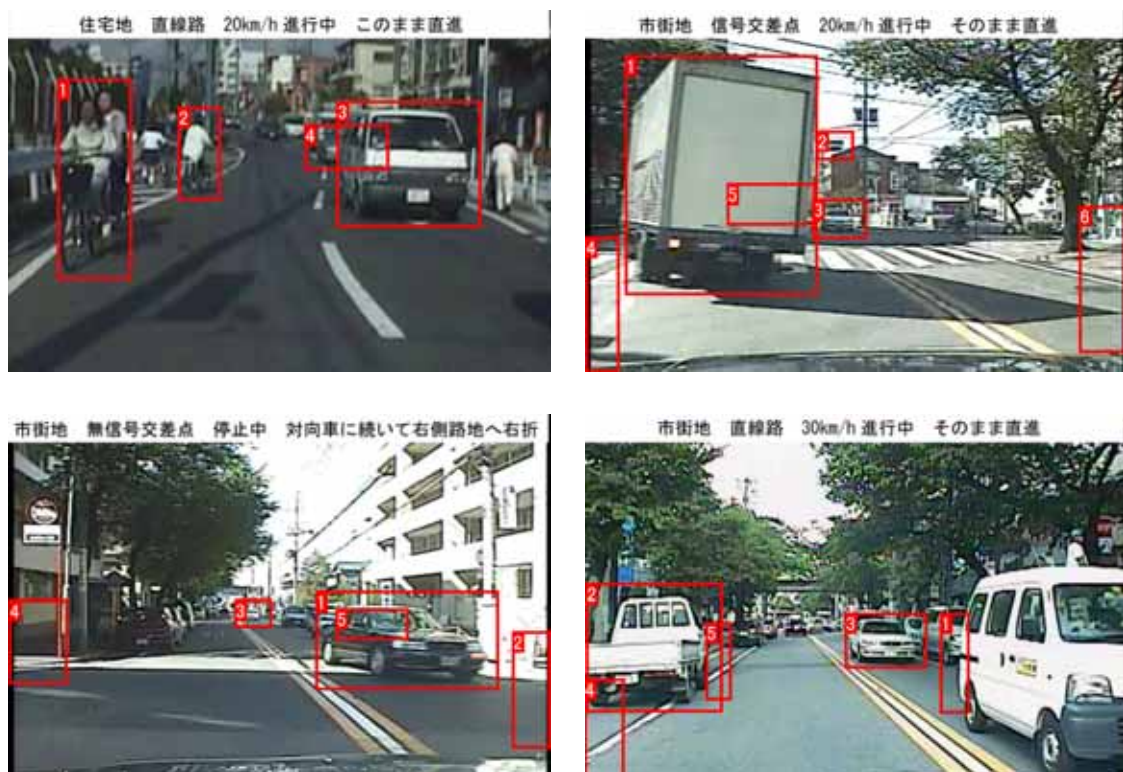


Fig.3-2-9 指導員によって指摘された危険ポイント(矩形領域、矩形左上数値が危険順位)

なお、提示した4枚の写真の選択にあたっては、まず走行道路について、「道路種別・昼夜別交通事故件数」[37]を参考に、全事故の96%が発生している「一般国道」「主要地方道」「一般都道府県道」「市町村道」とした。また、少ない写真でなるべく多くの回答を引き出せるように、以下のような基準を設けた。

- 基準1) 直進、右折を含むこと
- 基準2) 交差点(信号有無)、直線を含むこと
- 基準3) 先行車(者)、対向車(者)、横断車(者)を含むこと
- 基準4) 自動車、自転車、歩行者を含むこと

次に、各写真を一枚ずつ再提示し、詳細なインタビューを行った。インタビューではまず、各写真の危険ポイントのうち、危険順位が1位と2位のものを比較させ、なぜ1位の方がより危険なのか、その理由を答えさせた(複数回答可)。回答が行われたら、記録者は記録用ツール(自作ソフトウェア)を用いて回答内容を記録した(Fig.3-2-10)。1位と2位の比較が終了したら、続いて2位と3位との比較、3位と4位との比較、のように比較を繰り返した。さらに、理由の回答で得られた言葉(概

念)について、ラダーアップ(「なぜ」を繰り返し尋ねる抽象化過程)を行い、最終的に「事故となる可能性が高い」といった回答にたどりつくまで繰り返した。

以上のインタビューを4枚の写真すべてについて行わせた。調査は全過程でおよそ3時間かかった。なお、記録忘れ・誤りをカバーするため、インタビューの状況をビデオカメラで撮影し、後日映像を再生しながら、記録の追記・訂正を行った。

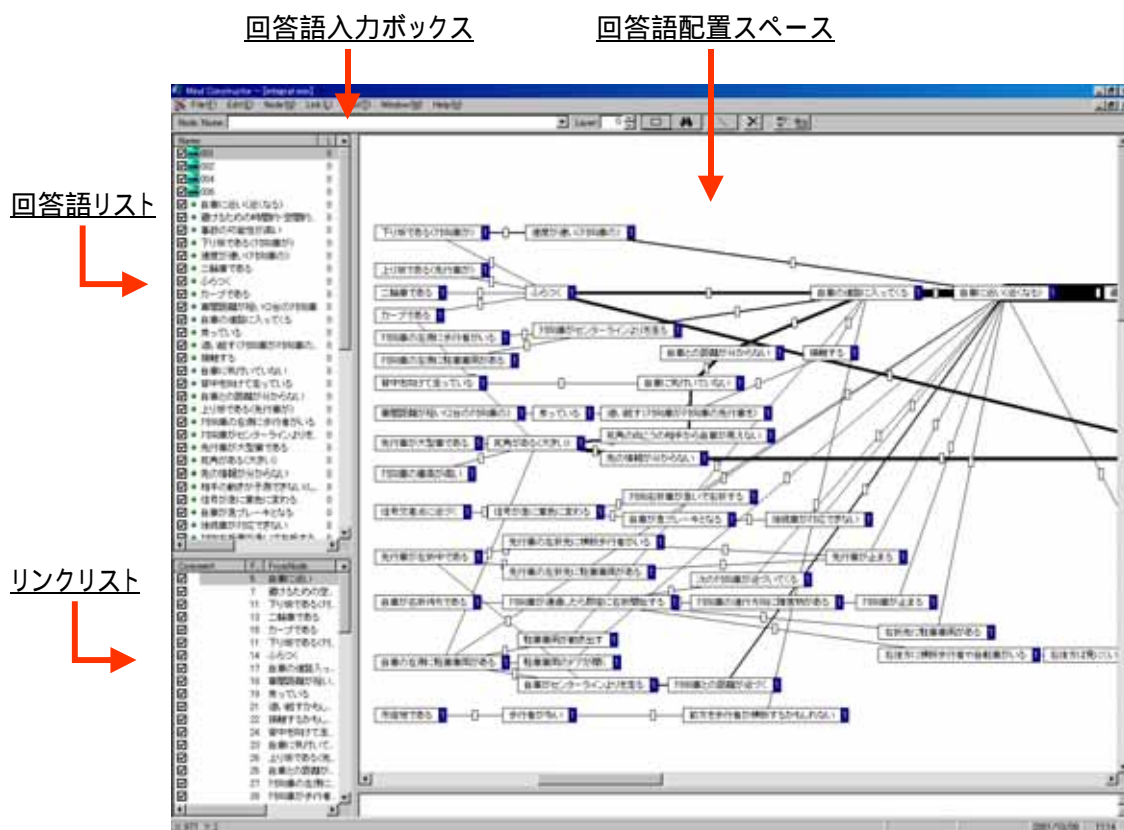


Fig.3-2-10 インタビュー記録ツールの画面例

3.2.4. 調査結果

個別に作成された4枚の写真それぞれに対するインタビュー記録をもとに、表現は異なるが同じ概念を示す回答項目の統合、および、ラダーリングによる概念間のリンクを整理して、指導員の危

危険評価構造をひとつにまとめたもの(評価構造図)を Fig.3-2-11 に示す。図中の矩形で囲まれた言葉・文章は、指導員によってなされた回答項目である。回答項目の言葉・文章の後に示したカッコ内の数値は、その項目が回答された回数を示している。また、各回答項目をつなぐ線は、各項目がラダーリングによって関係付けられたことを示す。

図を分かりやすくするために、さらに、各回答項目の抽象化の段階を示すよう、抽象化の程度に応じて図を3分割した(縦の破線)。図中左側の領域は抽象度が高く、最終的に「事故の可能性が高い」で終端に達する。いわば、事故の危険を考えるうえで考慮すべき、事故の直接的要因である(「直接要因」と呼ぶ)。一方、図中右側の領域は抽象度が低く(具体性が高く)、具体的な交通環境の記述となっている。いわば、複雑で多岐にわたる交通環境の中で、注意・注目すべき対象を示す(「注目対象」と呼ぶ)。中間領域は、具体的な注目対象の認知に続いて、それら対象がその後どのように振舞うかを予測した内容を示す(「予測内容」と呼ぶ)。

これを見ると、「事故の可能性が高い」の直接要因は、「回避するための時間的・空間的余裕がない」と「対象の動き・有無が予測できない・しにくい」の2種類であるという特徴が見られる。前者は、ハザードとの距離と接触までの時間を示しており、顕在および行動予測が比較的容易なハザードに関する要因といえる。一方、後者は、現時点では交通環境中に存在しないが潜在している可能性のあるハザードや、行動予測が比較的困難なハザードに関する要因といえる。

以上のように、評価グリッド法を用いたインタビューにより、指導員が運転中に行っている危険見積りの過程を詳細に可視化することができた。指導員は、走行中の道路の状態、存在するハザードの種類、自車とハザードとの位置関係、自車やハザードの速度など多面的な情報を用いて、数多くの悲観的な可能性を予測して、それらの組み合わせとして事故の危険性(リスク)を総合的に評価していることが分かった。これらの知見は、ドライビングシミュレータを用いて周囲の交通参加者をコントロールしながらドライバの主観的リスクを評定させた大谷らの一連の研究結果[38-40]とも一致するものであった。

しかしながら本調査では、具体的にどのような交通状況やハザード(およびその属性)が、最終的なリスクの見積りにどの程度の影響を及ぼしているかは明らかにはならなかった。そこで次節では、様々な交通状況やハザードの特徴と最終的なリスク見積りについて、定量的なモデル化を試みた。

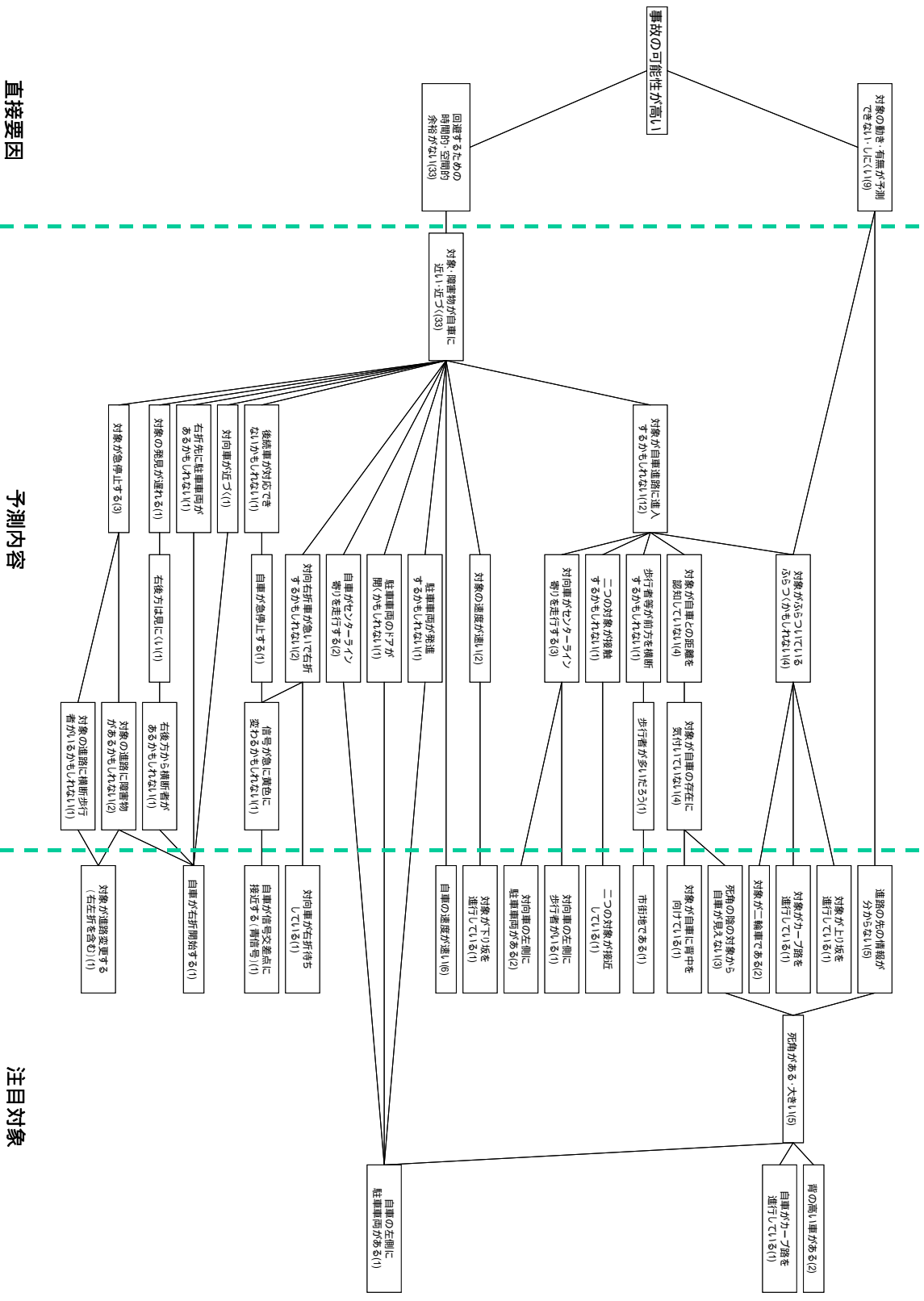


Fig.3-2-11 指導員の危険の評価構造

3.3. 危険感受特性のモデル化

3.3.1. 主観的リスクとハザード知覚

主観的リスクは、交通状況中(主に自車前方環境)に存在する事故の可能性を高める対象や道路環境等(ハザード)に対する危険性の判断(ハザード知覚)をもとに決定される[41, 42]。すなわち、まずドライバは、自身の知識と経験に基づいて、交通状況中からハザードを探索・検出し、各ハザードがもつ様々な属性・水準をもとに各ハザードの危険性の評価を行う。その後、各ハザードの危険性の評価結果をもとに、総合的な「事故の可能性」としてリスクの大きさを主観的に判断する。これらの従来知見に基づき、ドライバのハザード知覚、および、事故の可能性についての総合的判断である主観的リスクをそれぞれ 3-3-1 式、3-3-2 式のようにモデル化することとした。また、本モデルの概念図を Fig.3-3-1 に示す。

$$\rho_{jk\dots m} = b_{1j} + b_{2k} + \dots + b_{pm} \quad (3-3-1)$$

ここで、 b_{pm} はハザードの属性 p の水準 m がもつ危険性評価への重要度(効用値)である。属性 1 の水準が j であり、属性 2 の水準が k であり、...、属性 p の水準が m であるハザードがあるとき、そのハザードの危険性 $\rho_{jk\dots m}$ を、各々の属性・水準のもつ効用値の和として定義する。なお、属性 p の数はハザードの種類(自動車であるか、歩行者であるか等)に依存せず一定であり、各ハザードは、必ず全ての属性においていずれかの水準の状態をとるものとする。また、各効用値 b_{pm} の大きさは属性と水準によって一意に決定され、ハザードの種類には依存しないものとする。

$$R_t = \sum_{i=1}^n \rho_{jk\dots m}^{(i)} \quad (3-3-2)$$

ここで、 R_t は交通状況 t に対するドライバの主観的リスクを示す。ここで、ドライバの主観的リスクの大きさは、交通状況がドライバに対して要求する情報処理負荷の程度に依存し[43]、特に、交通量の多さが強く影響していることが報告されている[44]。よって本章では、ハザードの数が多いほど、

危険判断のためにドライバーに要求される情報処理負荷が高まると考え、交通状況中に存在している n 個のハザード i に対する危険性 $\rho_{jk\dots m}^{(i)}$ の総和として主観的リスクを表す。

このとき、ハザードの各属性・水準に対する効用値 b_{pm} はドライバー個人々人の知識や経験によって異なると仮定する。これを個人ごとに得ることで、ドライバーの主観的リスクに関する個人特性(危険感受特性)とする。これにより、様々な交通状況に対するドライバーの危険判断能力を定量的に比較・判定することが可能となる。また、交通状況に存在するハザードの属性・水準が決定されれば、各ドライバーの効用値をもとに、そのドライバーの主観的リスクの程度や、その交通状況で危険判断を失敗する(思い込みに発展する)可能性を推定することが可能となる。

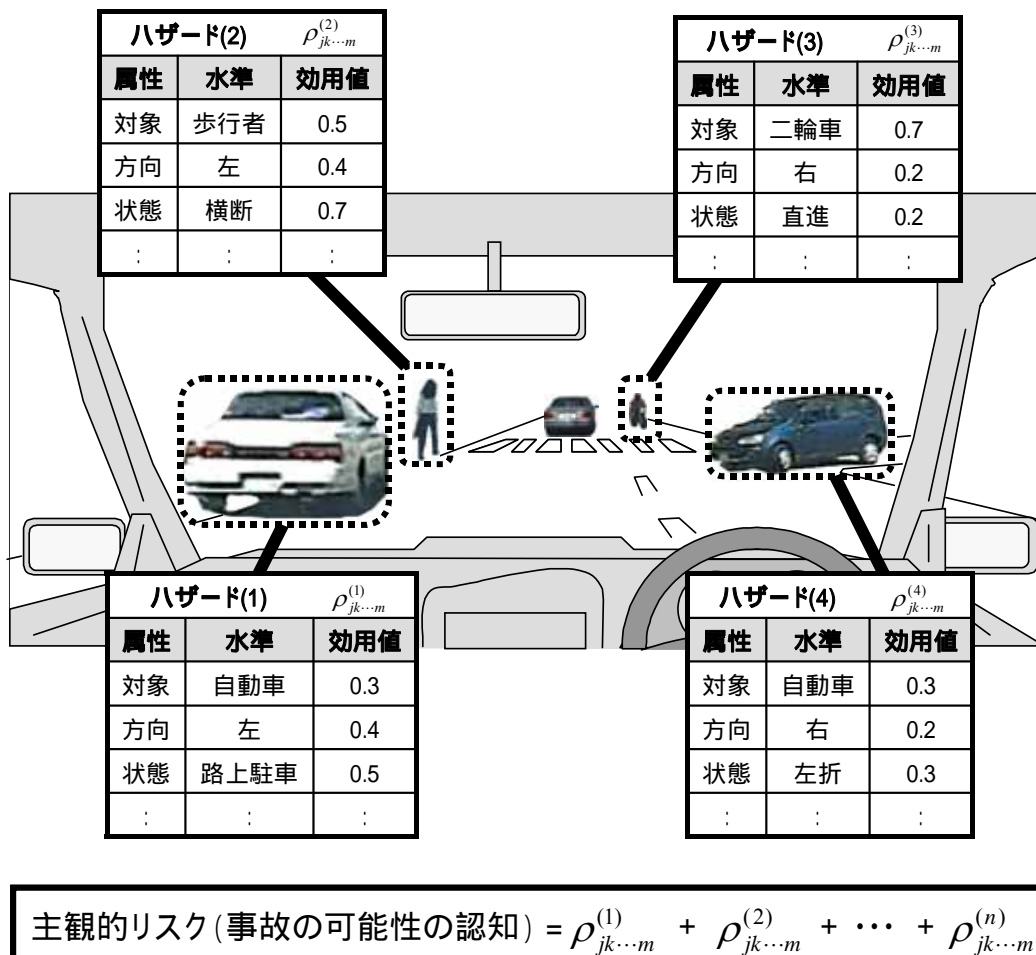


Fig.3-3-1 ハザード知覚と主観的リスクのモデル

3.3.2. 危険要因の整理

上述のモデル化にもとづいて主観的リスクを推定するためには、交通状況中の対象や道路環境（ハザード）がもつ属性・水準としてどのようなものがあるかを定義しておく必要がある。そこで、運転教育用の危険予測トレーニング教材[17]にある文章記述中から、ハザードの属性・水準に関するキーワードを抽出し、以下で説明するような手続きを用いて整理した。

まず、危険予測トレーニング教材（車両前方風景の図と交通状況の説明文を表示し、危険判断・危険回避操作を表す 3 つの文章から正しい文章を選択させる、93 問から成る問題集）から、以下の基準に従って、日常的な四輪車運転場面のみを選択した。これにより、93 場面の中から 59 場面が選択された。

- ・ 四輪車運転中の場面であること（二輪車運転中の場面は除く）
- ・ 一般道路の場面であること（高速道路・自動車専用道路は除く）
- ・ 乾燥した舗装路の場面であること（雨や雪、悪路等の場面は除く）
- ・ 昼間の場面であること（夜間の場面は除く）

次に、選択された 59 場面の解答・解説文（1 場面につき 3～4 文ある）を電子化し、形態素解析ソフトウェア茶筌(ChaSen)[45]を用いて文章を品詞単位に分割した。得られた品詞の中から、筆者らの主観によって、ハザードの属性・水準を意味すると考えられるキーワードを抽出したところ、254 個のキーワードが得られた。これら 254 個のキーワードを、意味・内容の類似性をもとに筆者らの主観によりグルーピングを行ったところ、13 個のグループができた。さらに、グループに属するキーワードが 10 個以上あるグループ（つまり、教材中で数多く言及されている内容）を抽出したところ 9 グループが得られ、これら 9 グループに対してそれぞれ名前をつけ、Table 3-3-1 の「属性」とした。最後に、各グループにあるキーワードについて、同義語や類義語をまとめるなどして 2～4 個のキーワードに集約し、Table 3-3-1 の「水準」とした。

なお、これらの手続きは、一貫して 2 名の研究者の合議制により実施した。

Table 3-3-1 ハザードの属性・水準

属性	水準			
周辺環境	市街・商店街	住宅・学園街	郊外・幹線道	
道路形状	直線・緩カーブ	信号交差点	無信号交差点	
自車行動	直進・加速	左折・左旋回	右折・右旋回	減速・停止
自車速度	速い	普通	遅い	
対象種類	自動車	二輪車	自転車	歩行者
対象可視	見える	見えない		
対象方向	前方	左	右	後方
対象距離	すれすれ	近い	遠い	
対象行動	(自車と)同方向	対向	左右移動	減速・停止

3.3.3. 危険感受特性の求め方

本章で提案したモデルに基づいてドライバ個々人の危険感受特性を分析するために、(1)ドライバによる交通状況中にあるハザードの指摘、および、(2)実験者によるハザード属性・水準の効用値(b_{pm})の推定、の手順を考案した。それぞれの手順について以下に詳しく述べる。

(1) ハザードの指摘

ドライバに対して、Fig.3-3-2 に示したようなツールにより提示した交通状況中から、事故の危険を高める要素(ハザード)を指摘させる。次に、Table 3-3-1 のハザード属性・水準のリストを参照させ、指摘された各ハザードについて各属性の水準を選択させる。さらに、指摘されたハザードについて、そのハザードとの「事故可能性」、および、そのハザードと事故を起こした場合の「損失程度」のそれぞれについて評定を行わせる。提示された交通状況中にあるハザード全てについてこの作業を繰り返し行わせた後、異なる交通状況を提示し、同様の作業を繰り返させる。これらの過程によ

て、各ハザードの属性・水準と各ハザードに対する危険性の値の組み合わせが、ドライバごとに得られる (Table 3-3-2)。なお、今回はドライバにより評定された「事故可能性」と「損失程度」との積を各ハザードの危険性の値(h)とした。

交通状況ビデオ

この対象と事故となる可能性・確率

この対象と事故になったときの損失

この対象の危険度

ハザード属性・水準のリスト

道路環境	道路状況	道路形状	自車行動	自車速度
市街・商店街	渋滞	直線・緩カーブ	直進・加速	速い[s]
住宅・学園街	渋雑	信号あり交差点	右折・右旋回	普通[s]
郊外・幹線道	順調	信号なし交差点	左折・左旋回	遅い[s]
山道・農道	閑散	急カーブ	減速・停止	停止[s]

対象は 対象 方向 対象距離 対象現行動 対象次行動 対象速度

見える	自動車	前方	すれすれ	同じ方向	同じ方向	速い[s]
見にくい	二輪車	右	近い	対向	対向	普通[s]
見えなし	自転車	左	近い	左右移動	左右移動	遅い[s]
	歩行者	後方	不明	減速・停止	減速・停止	停止[s]

危険性の評定尺度

Fig.3-3-2 ハザード評価ツール

Table 3-3-2 ハザード属性とその危険性の組み合わせの例

場面	ハザード	属性				危険性の評価
		周辺環境	道路形状	...	対象行動	
1	1	住宅・学園街	無信号交差点	...	左右移動	14
1	2	住宅・学園街	無信号交差点	...	対向	21
1	3	住宅・学園街	無信号交差点	...	左右移動	7
2	4	郊外・幹線道	信号交差点	...	左右移動	18
2	5	郊外・幹線道	信号交差点	...	左右移動	35
3	6	住宅・学園街	直線・緩カーブ	...	同方向	8
:	:	:	:		:	:
t	i	j	k	...	m	$h_{jk\dots m}$

(2) ハザード属性の効用値の推定

Table 3-3-2 のように得られた各ハザードの属性・水準と、各ハザードに対するドライバによる危険性評定値($h_{jk\dots m}$)の組み合わせをもとに、コンジョイント分析[46-48]を用いて、3-3-1 式における b_{pm} の最適値を、ドライバごとに推定する。コンジョイント分析では、3-3-1 式によって求められる $\rho_{jk\dots m}$ と、ドライバによる評定値 $h_{jk\dots m}$ (正解値)との差が最小となる b_{pm} の最適値を最急降下法により決定する。

コンジョイント分析は、マーケティング等の分野において消費者の嗜好を分析するための方法として開発されてきた。多くの属性・水準の組み合わせから構成される商品に対する「好き嫌いの程度や順序」から、個々の属性・水準が消費者の「嗜好に与える重要度(効用)」を推定できる。さらに、ある属性・水準の組み合わせから構成される「新しい商品に対する嗜好の度合い」をシミュレーションすることができる。本章では、「嗜好の度合い」に代えて、ドライバが指摘した各ハザードに対する危険性を用い、各ハザード属性・水準に対する効用を推定するとともに、推定時とは異なる新しい交通状況に対する危険評価の度合い(主観的リスク)をシミュレーションすることを目的とした。

3.4. 危険感受特性分析の試行

3.4.1. 方法

提案した危険感受特性分析法を、一般ドライバーおよび運転指導員に対して試行し、ドライバー各々の危険感受特性を求めた。実験参加者は普通運転免許証を有する成人 12 名（男性 7 名、女性 5 名）で、年齢は 23～48 歳（平均 34.3 歳）、運転年数は 1～28 年（平均 13.2 年）、1 週間あたりの運転時間は 0～20 時間（平均 8.4 時間/週）であった。これらの中には研究所内の社内運転指導員 1 名（39 歳、男性）が含まれた。社内運転指導員とは、業務用および実験用車両の運転を行う研究所員に対する指導や安全運転管理を業務として実施している者であり、定期的に運転技能に関する研修・講習等を受講しており、交通状況の危険性を客観的に判断できる危険判断のエキスパートと捉えることができると考えられた。

評価用の交通状況として 8 種類のデジタルビデオ（各 30 秒、Fig.3-4-1）を用意し、Fig.3-3-2 のツールを用いて参加者に提示した。用いるビデオの撮影にあたっては、Table 3-3-1 に掲げたハザード属性・水準をまんべんなく網羅できるように走行コースを設定した上で、車両ルームミラー周辺部に前方に向けて取り付けられた CCD カメラにより撮影を行った。撮影後、筆者らの判断により、ハザード属性・水準をまんべんなく網羅できるような場面を選択し、これらの場면을 MPEG ビデオ（320×240 pixels, 30 frames/s）としてコンピュータ上に取り込んだ。

参加者はビデオを視聴しながら、参加者自身の判断により、注目すべき対象（ハザード）があった場合ビデオを止めてハザードを指摘し、各ハザードに適する属性・水準を Table 3-3-1 から選択した。各ハザード属性からの水準の選択にあたっては、属性ごとに Table 3-4-1、および、Fig.3-4-2 のような選択基準を設け、参加者にはこれらを参照させながら選択を行わせた。指摘するハザードの種類や数は参加者に任されており、ビデオ中のハザードを全て指摘するまで繰り返し作業を行わせた。これらの手続きを 8 種類のビデオについて行わせた。

No.	ビデオと説明
1	 <p>片側2車線(分離帯有)の第1車線直進 路肩に二輪車駐輪 第2車線に車線変更 信号交差点停止</p>
2	 <p>片側2車線(分離帯有)の第2車線直進(約50km/h) 先行車に追従 信号交差点直進(対向車線に右折待ち車両有)</p>
3	 <p>中央線無し道路直進 無信号交差点直進(歩行者・対向車有) 対向歩行者 緩い右カーブ直進 無信号交差点(一時停止)停止</p>
4	 <p>中央線無し道路直進 無信号交差点直進(歩行者・対向車有) 片側1車線道路(破線)直進 対向自転車 先行自転車・路上駐車 信号交差点停止</p>
5	 <p>片側1車線道路(黄線)直進 信号交差点直進(対向車有) 片側1車線道路(黄線・下り坂)直進 対向車・横断車両 信号交差点停止</p>
6	 <p>片側1車線(分離帯有)直進(先行ミニバイク有) 信号交差点左折(対向車線に右折待ち車両有) 片側2車線(分離帯有)の第1車線に進入・直進</p>
7	 <p>片側2車線(分離帯有)の第1車線直進 第2車線に車線変更 信号交差点直進(交差点直前での対向車右折有)</p>
8	 <p>信号交差点で片側3車線(分離帯有)の右折専用車線に進入 右折待ち 対向の大型バスが赤信号で停止線を越えて急停止 右折</p>

Fig.3-4-1 危険感受特性分析の試行に用いたビデオ

Table 3-4-1 ハザードの各水準の選択基準

属性	水準	選択基準
周辺環境	市街・商店街	駅前であったり、商店が数多く見受けられる
	住宅・学園街	学校があったり、住宅が数多く見受けられる
	郊外・幹線道	商店や住宅等が多くない
道路形状	直線・緩カーブ	自転車走行中の道路形状で、交差点からおおよそ30m以上離れていれば「直線・緩カーブ」、店舗や駐車場等の出入口は交差点としない
	信号交差点	
	無信号交差点	
自転車行動	直進・加速	直進している状態(進路の変更を伴わないカーブ路の直進も含む)、加速している状態
	左折・左旋回	交差点や駐車場出入口等での左折、左への車線変更
	右折・右旋回	交差点や駐車場出入口等での右折、右への車線変更
	減速・停止	減速または停止している状態
自転車速度	速い	交通状況に照らして適切と思われる速度より速い場合、および、急な加速
	普通	交通状況に照らして適切と思われる速度、および、適切な加速
	遅い	交通状況に照らして遅いと思われる速度、および、おおよそ10km/h未満の速度
対象種類	自動車	二輪車以外のすべての自動車
	二輪車	自動二輪車、原動機付自転車
	自転車	走行中の自転車
	歩行者	一般歩行者、自転車を押して歩行者の人、歩行者でなくとも路上にいる人全般
対象可視	見える	対象がビデオに明確に写っている
	見えない	現在は対象がビデオに写っていないが、事前に写っていた対象がビデオに写っていない(現在も・事前にも)が、存在することが予想される 現在対象は写っているが、見にくい、確認しづらい
対象方向	前方	「自転車行動」に依存して可変で、画面での位置ではなく、自転車の進路との関係で決定される (別途Fig.3-4-2に示す)
	左	
	右	
	後方	
対象距離	すれすれ	対象が急停止した場合に、おおよそ1秒未満で対象に到達するであろう距離 (自転車が止まれない可能性が高い距離)
	近い	対象が急停止した場合に、おおよそ1秒以上2秒未満で対象に到達するであろう距離 (自転車が止まれるか止まれないか微妙な距離)
	遠い	対象が急停止した場合に、対象に到達するのに2秒以上かかるであろう距離 (自転車が止まれるであろう距離)
対象行動	同方向	自転車進路(目標とする進路)と同方向に移動している
	対向	自転車進路(目標とする進路)に対向して移動している
	左右移動	自転車の進路を左右に横断している
	減速・停止	停止している、または、停止しようとしている

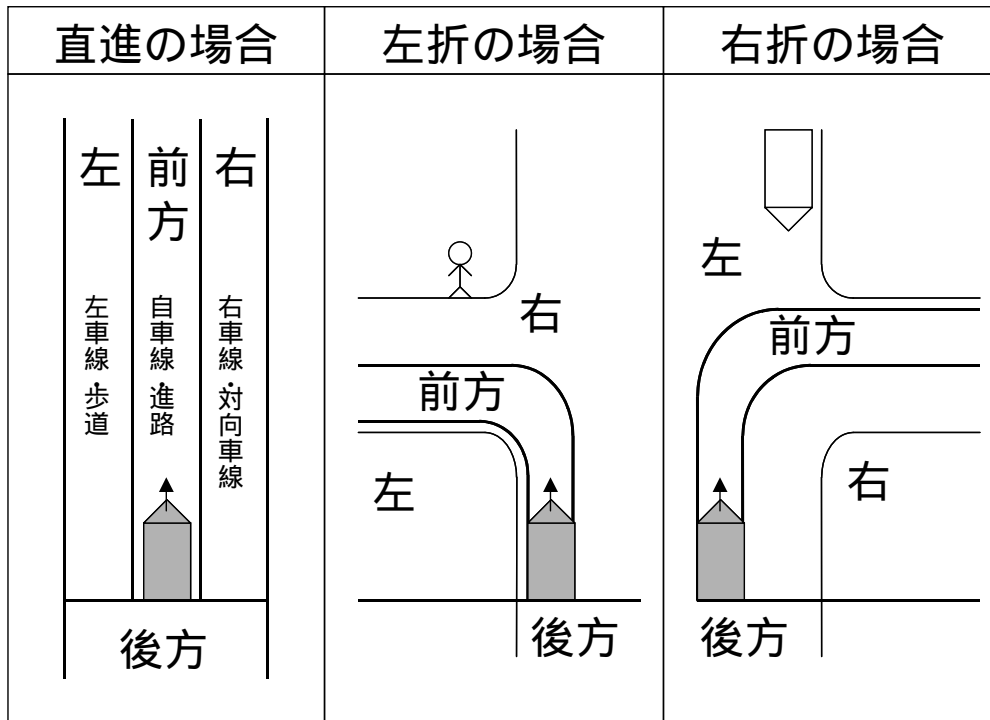


Fig.3-4-2 対象方向の選択基準

3.4.2. 結果 1 ~ 個人ごとの危険感受特性 ~

危険感受特性分析によって得られたドライバーの特性について、一例(参加者 KO、28 歳、男性の例)を示す(Fig.3-4-3)。この図には、参加者の危険感受特性と同時に、運転指導員の危険感受特性を表示した。なお、本試行で用いたビデオには「市街・商店街」が存在しなかったため、属性「周辺環境」の水準は「住宅・学園街」と「郊外・幹線道」の 2 個であった。

ここで、運転指導員との差が大きい(特に、指導員より効用値が小さい)ハザード属性・水準ほど、各参加者にとって危険判断を失敗しやすい(思い込みに発展する可能性が高い)交通状況であるといえる。すなわちここでは、便宜的に運転指導員の危険感受特性を「客観的」な特性と仮定する。例えば参加者 KO の場合、道路形状が「無信号交差点」、自転車行動が「減速・停止」、自転車速度が「速い」場合に、「後方」からの「自転車」が「左右移動」してくるような交通状況で思い込みに発展する可能性が高いといえる。

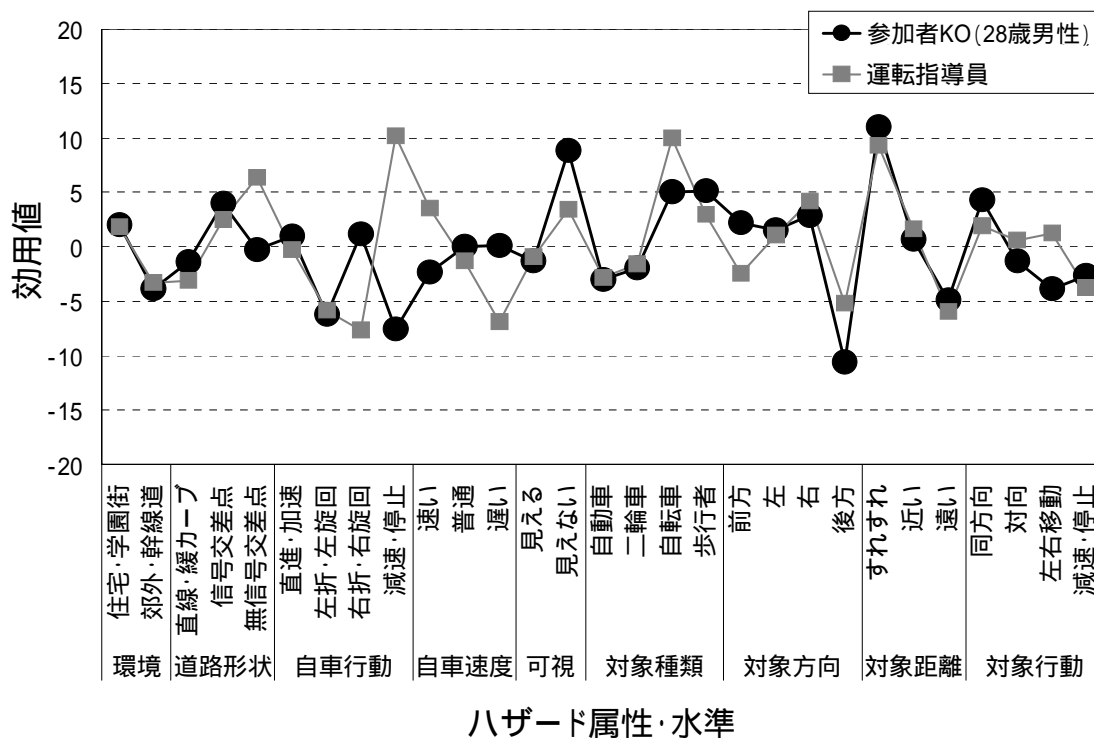


Fig.3-4-3 危険感受特性の例 (参加者 KO)

次に、運転指導員との差を明確に示すために、各ハザード属性・水準の効用値について、各参加者の効用値(S)と運転指導員の効用値(T)との差(S-T)を、すべての属性・水準について算出した。ここで、S-Tの値が負の(運転指導員より効用値が小さい)属性・水準について、その二乗和を算出したところ、Table 3-4-2 のようになった(運転指導員を除く 11 名の値を掲載した)。この値が大きいほど、運転指導員より効用値が小さい属性・水準の数が多い、または、運転指導員より効用値がひじょうに小さい属性・水準があることを示しており、参加者個々人の「思い込みやすさ」を総合的に表す指標として捉えることができる。

ここで、この思い込みやすさの指標が最も大きかった参加者 MH(33 歳、男性)と、平均的であった参加者 MM(37 歳、女性)の 2 名について、S-T の値をそれぞれ Fig.3-4-4 と Fig.3-4-5 に示す。ここで、S-T の値が-5 以下であるハザード要因・属性を「リスク過小評価状況」と呼ぶこととし、それらの属性・水準を四角で囲んで示した。

これらの結果から、参加者 MH は「信号交差点」で自車が「減速・停止」している際に、「二輪車」

「自転車」「歩行者」などの対象が「後方」から自車の進路を「すれすれ」の距離で「左右移動」するような交通状況に対する危険性を低く見積もっていると考えられた。同様に、参加者 MM は「住宅・学園街」の「無信号交差点」で「減速・停止」している「二輪車」などへの危険性を低く見積もっていると考えられた。

以上のように、危険感受特性分析法により、ドライバが危険判断を失敗する(思い込みに発展する)可能性が高い交通状況(リスク過小評価状況)を、個人ごとに、定量的・具体的に推定できることが示された。

Table 3-4-2 各参加者の効用値と指導員の効用値との差の二乗和(思い込みやすさの指標)

参加者 (年齢、性別)	指導員との 差の二乗和	事例
KO(28歳、男性)	477.6	
SA(34歳、男性)	236.9	
EK(37歳、男性)	317.2	
MH(33歳、男性)	1135.0	最大
IH(48歳、男性)	322.2	
TY(47歳、男性)	373.7	
SU(25歳、女性)	437.0	
KE(23歳、女性)	458.6	
YA(26歳、女性)	798.8	
SK(34歳、女性)	743.6	
MM(37歳、女性)	556.7	平均
平均	531.4	

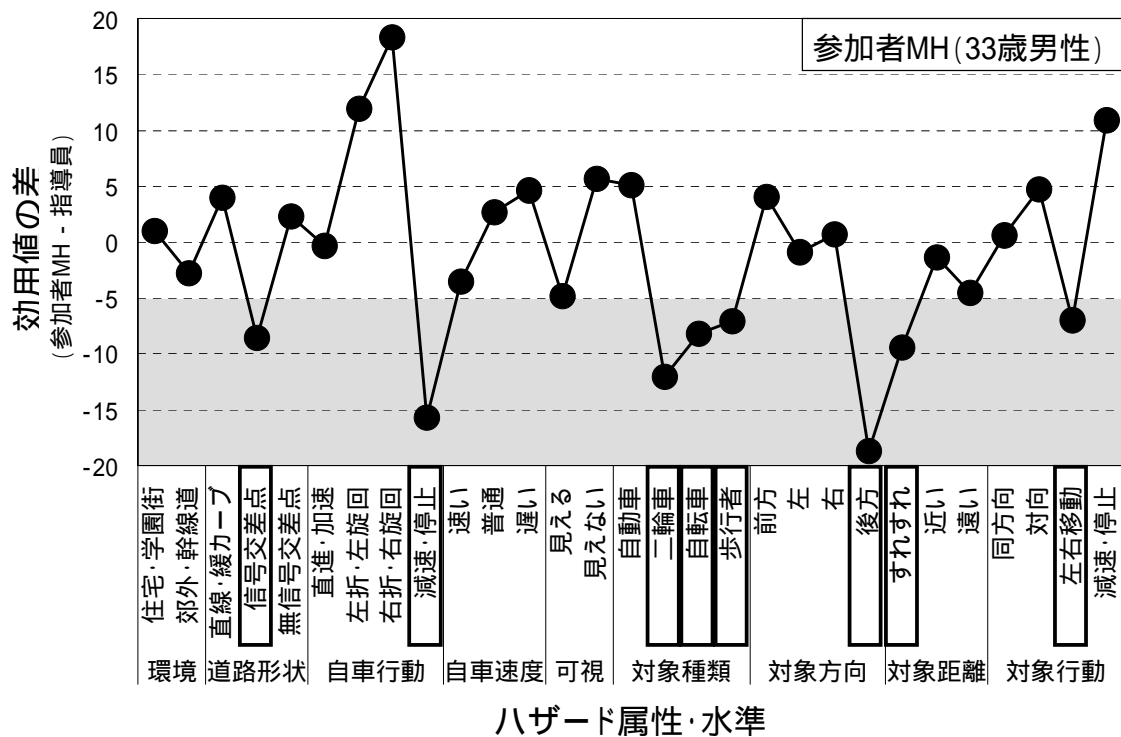


Fig.3-4-4 危険感受特性の運転指導員との比較(参加者 HM)

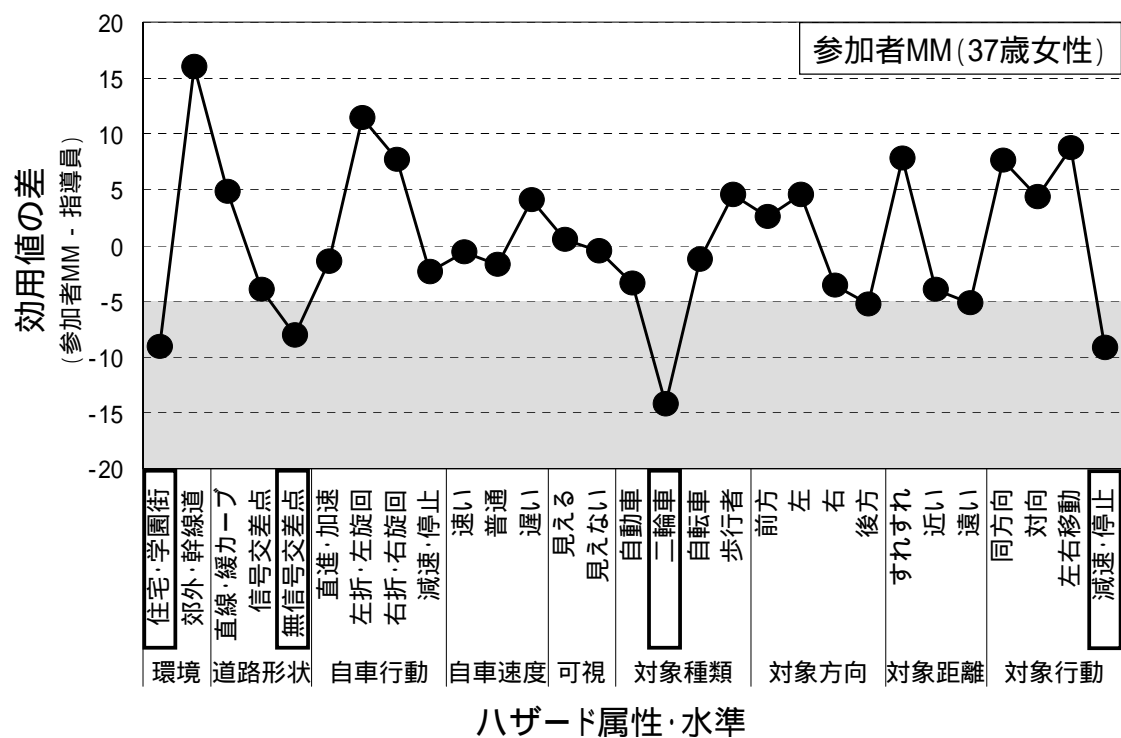


Fig.3-4-5 危険感受特性の運転指導員との比較(参加者 MM)

3.4.3. 結果 2 ~モデルによる主観的リスクの推定~

上記試行で得られた危険感受特性を用いて、試行で用いたものとは異なるビデオに対する各参加者の主観的リスクの推定を試みた。これにより、得られた危険感受特性によって、様々な交通状況に対する主観的リスクが予測できるか否かを検討する。

上記試行で用いたものとは異なるひとつの前方風景ビデオ(40秒、Fig.3-4-6)を3名の参加者(MH、MM、運転指導員)に提示し、交通状況に対する主観的リスクをリアルタイムで評定させた(報告値)。評定にはレバーを用い、レバーを前方に倒す量で主観的リスクを5段階(1: 全く危険でない、2: 危険かもしれない、3: 少し危険である、4: かなり危険である、5: 事故寸前である)で評定させた。

また、上記試行で得られた参加者ごとの危険感受特性を用いて、3-3-2式により各参加者の主観的リスク(R_t)の時系列変化を推定した(推定値)。この際、交通状況中に存在するハザードの指摘、および、それらのハザード属性・水準の決定は、Fig.3-3-2のツールを用いて、あらかじめ実験者が行った。

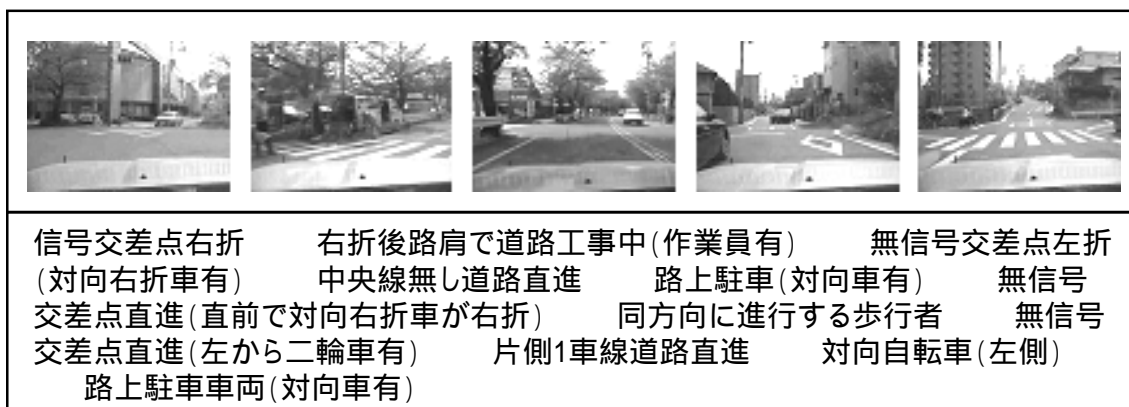


Fig.3-4-6 主観的リスク推定に用いたビデオ

3名の参加者による主観的リスクの報告値と3-3-2式によって計算された主観的リスクの推定値をFig.3-4-7~Fig.3-4-9に示す。報告値においてリスクが高くなるような場面においては、推定値も高くなる傾向がみられた。本章で求められた危険感受特性により、危険感受特性を求める際に用いたものとは異なる交通状況に対しても、主観的リスクの傾向が推定し得ることが示された。

なお、各参加者における主観的リスクの推定値と報告値との相関係数(Pearson's r)はそれぞれ、0.04(参加者 MH)、0.54(参加者 MM)、0.19(運転指導員)であった。参加者 MMと運転指導員については、十分ではないものの、主観的リスクの傾向を推定できていると言えるが、特に参加者 MH については推定精度がひじょうに低かった。この理由として以下の3つの要因が考えられる。

第一に、手続き上の問題点として、推定値を得るためのハザード属性・水準の決定を実験者が行ったことが挙げられる。危険感受特性分析の際、参加者に指摘させるハザードの種類や数は参加者の判断に任されていたが、主観的リスクを評定する際も、注目するハザードは参加者に任されているため、実験者がハザード属性・水準を決定する際に注目していたハザードと異なっていたことが考えられる。

第二に、モデル側の問題点として、3-3-2 式を用いて主観的リスクの推定を行った場合、推定値は場面中に存在するハザードの「数」に大きく依存してしまうことが挙げられる。ハザードの数が少なくとも主観的リスクが高くなるような場面(例えば、閑散とした道路であっても、歩行者が1人飛び出ただけでも主観的リスクは高まる)、逆にハザードの数が多くとも主観的リスクが高くない場面(例えば、市街地等で渋滞しており速度がひじょうに遅い場合、たくさんの歩行者がいても主観的リスクは高くない)もあると考えられる。今回、ドライバに対する情報処理負荷の程度としてハザードの数を一因と仮定したが、情報処理負荷の質的側面も考慮する必要があると考えられる。

第三に、主観的リスクのレバー評定は映像を見ながら実時間で行われたのに対して、ハザードの指摘は映像を止めて行わせたことが挙げられる。これにより、主観的リスク評定の際には発見できていなかったハザードに対しても、参加者は指摘していた可能性がある。この場合、上述の第二の問題点によって、モデルに基づいて算出される主観的リスクの推定値は実際よりも高めに推定されることとなる。実際に、推定精度が低かった参加者 MH では、報告値よりも推定値が高い場合が多かった。

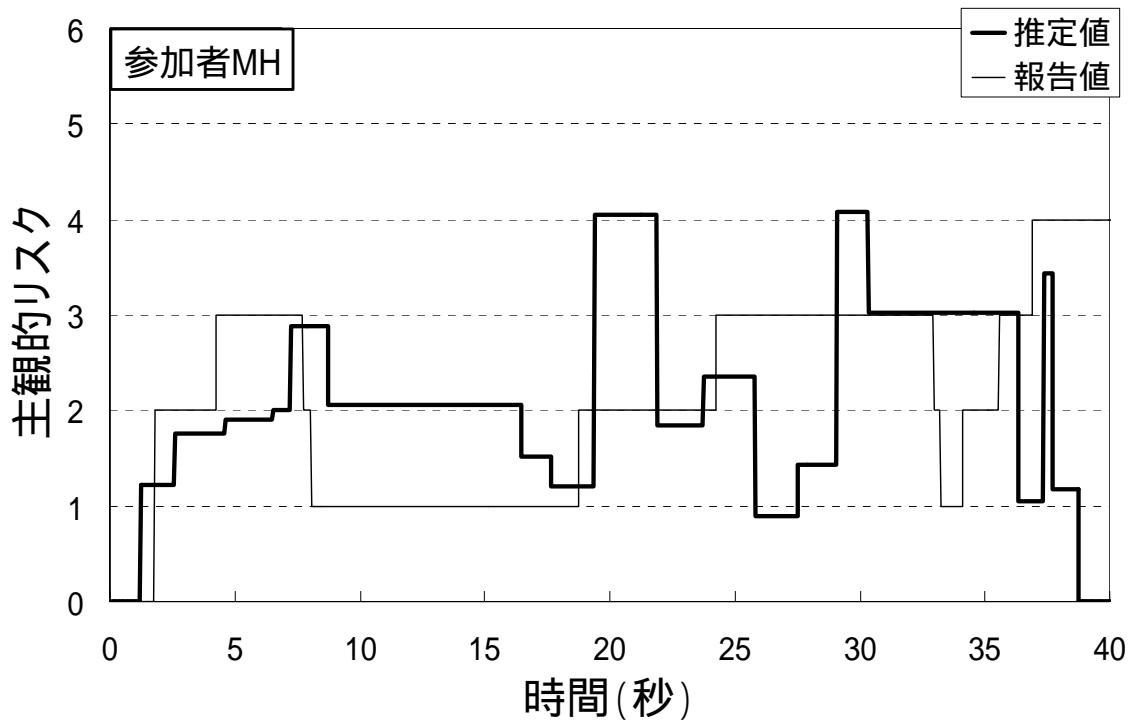


Fig.3-4-7 主観的リスクの報告値と推定値(参加者 MH)

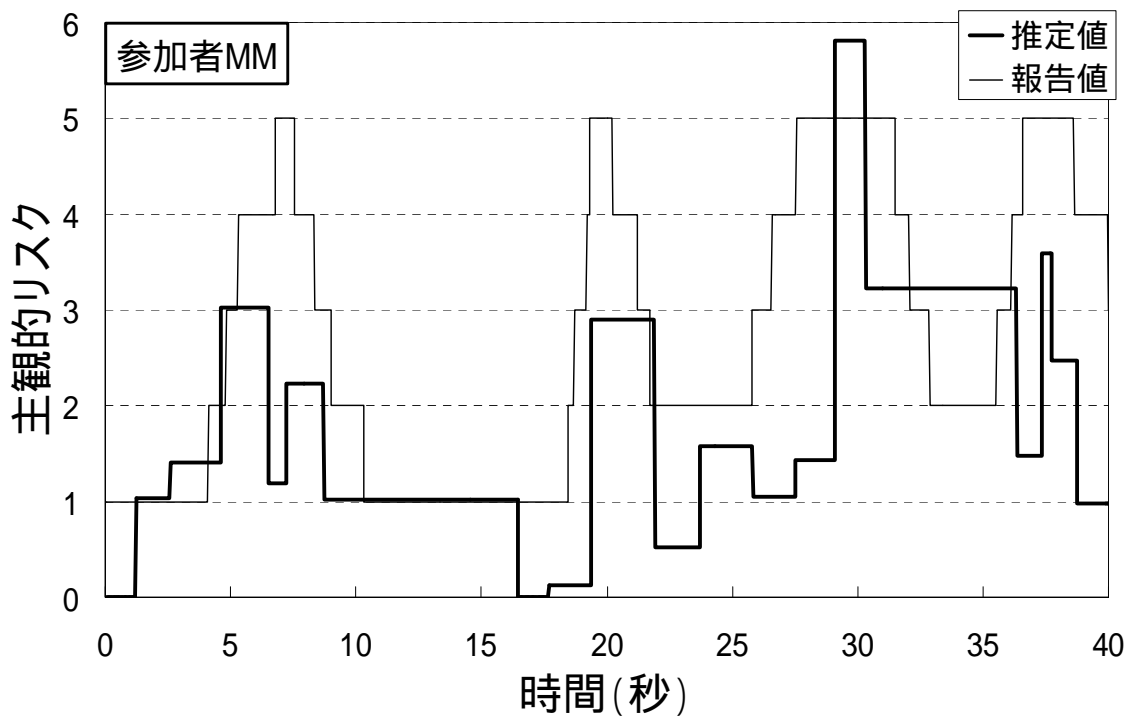


Fig.3-4-8 主観的リスクの報告値と推定値(参加者 MM)

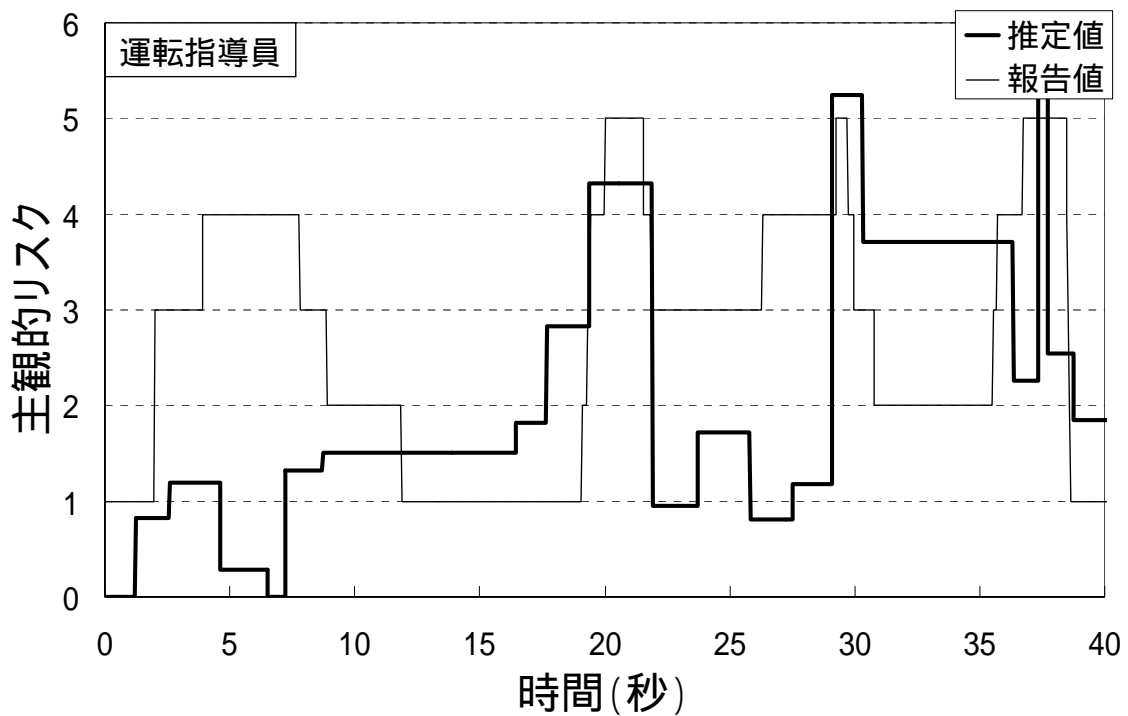


Fig.3-4-9 主観的リスクの報告値と推定値(運転指導員)

3.5. 危険感受特性とニアミス体験との関係

3.5.1. ニアミス体験の調査方法

上記試行で得られた危険感受特性が、各ドライバの実際の特性をどの程度正確に反映しているかを検討するため、「ヒヤリ・ハット(ニアミス)体験」の調査を実施した。本分析法により導き出された各ドライバの「リスク過小評価状況」が妥当なものであれば、各ドライバはそのような状況において、実際にニアミス体験をしている可能性が高いと考えられる。

上記試行の後、日を変えて、上記2名の参加者(MHとMM)に対して、最近1年間に発生したニアミス体験について面接調査を行った。調査では、ニアミス体験があった場所を道路地図上で

特定させ、当時の交通状況を思い出せる限り詳細に紙上に描かせた。また、ニアミス体験に至るまでの自車や他者の動態、交通状況の変化、自身の思考過程などを、思い出せる限り詳細に答えさせた。なお、複数のニアミス体験があれば、思い出せる限り数多くの体験を報告させた。

2名の参加者についてそれぞれ、参加者 MH から3件、参加者 MM から3件のニアミス体験が報告された。

3.5.2. 危険感受特性からのニアミス予測

報告されたニアミス体験のうち、各参加者に対して指摘されたリスク過小評価状況に近いと考えられた事例を Fig.3-5-1 および Fig.3-5-2 に示す。この図には、ニアミス体験をした時の交通状況の図、ニアミスまでの過程の記述、および、関連すると考えられる各参加者のリスク過小評価状況を表すハザード属性・水準を示した。

いずれの参加者においても、リスク過小評価状況として指摘されたハザード属性・水準が存在する交通状況においてニアミスの体験をしていることが認められた。本章の危険感受特性分析法で得られた個々人の特性と運転指導員との比較から得られたリスク過小評価状況は、実際の交通場面において、各ドライバが危険判断を失敗する(思い込みに発展する)可能性が高い状況を示している可能性が示唆された。

ただし、Fig.3-5-1 および Fig.3-5-2 に掲げた以外のニアミス体験(参加者 MH の残り2例、参加者 MM の残り2例)については、一貫した傾向が見られず、リスク過小評価状況との対応も認められなかった。ニアミス体験は、ドライバ自身の危険判断の失敗のみによるものではなく、ニアミスの対象となっている他者による危険判断の失敗との相互作用によっても発生すると考えられる。よって、必ずしもリスク過小評価状況においてのみニアミスが発生するとは言えないが、少なくともリスク過小評価状況に近い状況が参加者の報告に含まれていたことは、定性的にはあるが、本分析法の妥当性を示していると考えられる。

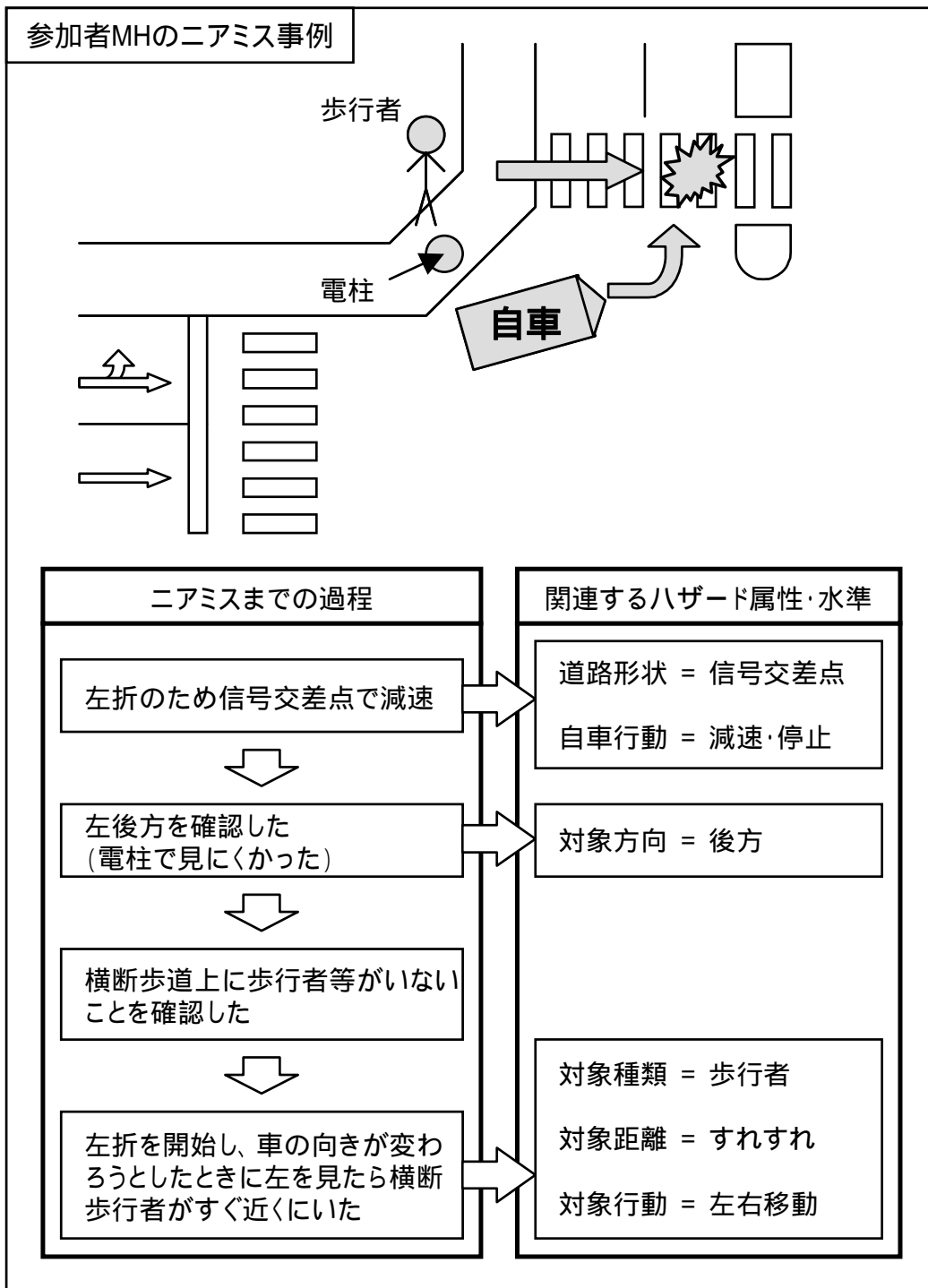


Fig.3-5-1 参加者 MH により報告されたニアミス状況

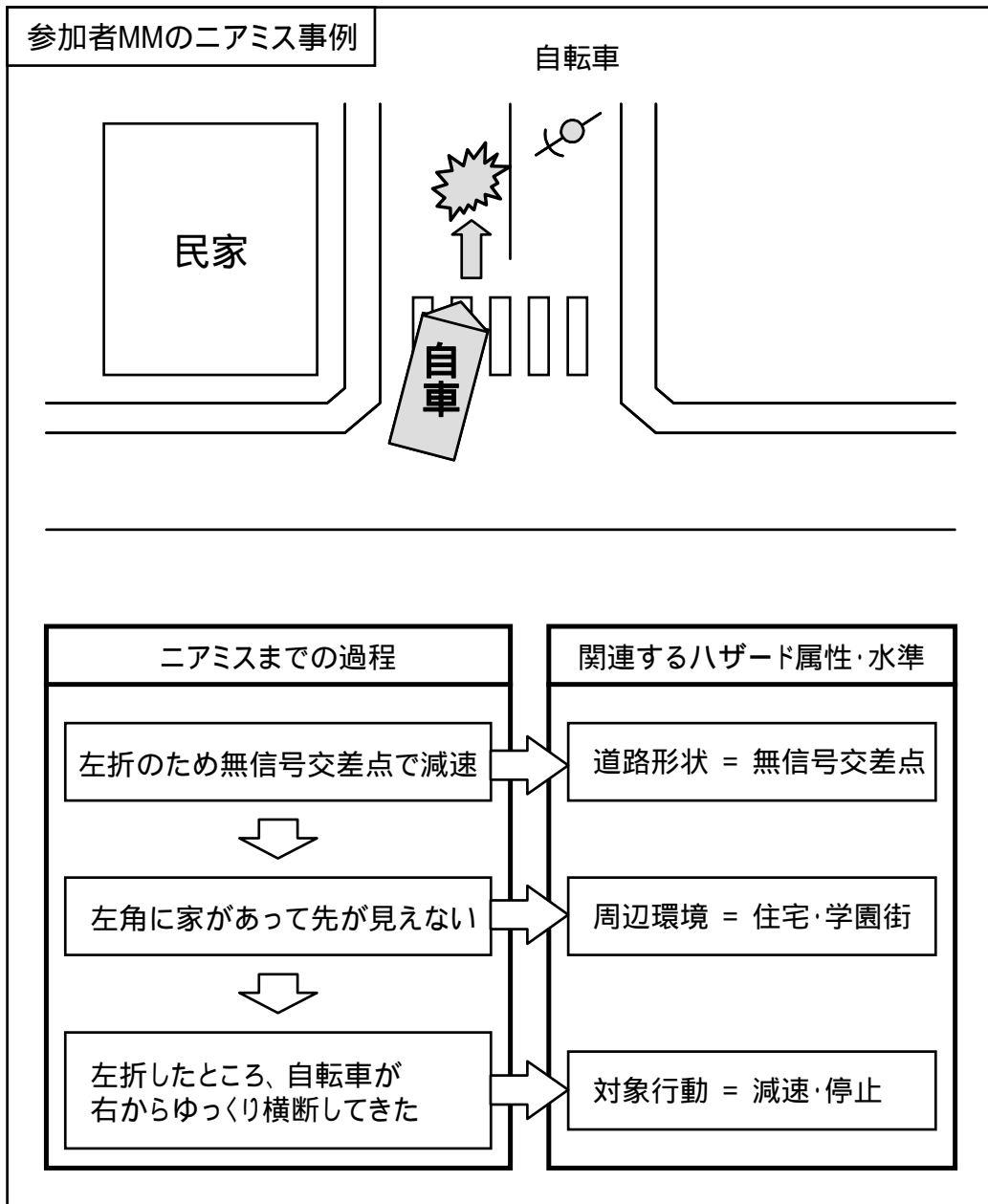


Fig.3-5-2 参加者 MM により報告されたニアミス状況

3.6. 本章のまとめ

本章では、ドライバ個人々の交通状況に対する危険判断の適切さを、実験室レベルで判定するための、危険感受特性分析法を提案した。一般ドライバおよび運転指導員に対して本分析法を試行し、ドライバごとの危険感受特性を求めた。また、運転指導員の危険感受特性との比較から、ドライバの危険判断が失敗する可能性の高い交通状況(リスク過小評価状況)を個人ごとに推定することができた。

また、求められた危険感受特性をもとに、様々な交通状況に対するドライバの主観的リスクを推定し得ることが示された。ただし、その推定精度は十分ではなく、交通状況の危険性を記述するためのハザード属性・水準の拡充や、推定方式の改良が必要であると考えられた。さらに、参加者に対して自動車運転中に発生したニアミス体験(ヒヤリ・ハット)の調査を行ったところ、各参加者は、それぞれのリスク過小評価状況においてニアミスを体験していることが示された。これにより、本章の危険感受特性分析法の妥当性が確認された。

このように、本章で提案した危険感受特性分析法により、ドライバの危険判断の適否を、実験室レベルで、個人ごとに、具体的・定量的に評価することが可能となった。これにより、本方法がドライバの判断過程にまで踏み込んだ運転支援や、より具体的で説得力の高い運転教育に応用できる可能性が示された。

ここで、今回は、ハザードの指摘、それらの属性・水準の決定、および、各ハザードに対する危険性の評価を、ドライバ自身に手作業で行わせたが、実際の運転場面ではこのような作業は不可能である。よって、本方法を実際の運転支援に適用するためにはこれらの作業を自動化していく必要がある。ハザードの有無、各ハザードの属性・水準に関しては、衛星測位システム(Global Positioning System; GPS)や地理情報システム(Geographic Information System; GIS)による地図情報から、走行中の周辺環境や道路形状といったハザードの属性・水準が決定可能である。また、AHS や ASV における路車間通信技術、車車間通信技術、障害物のセンシング技術などにより、近い将来、自車進路上にあるハザードの種類、方向、距離や、ハザードの行動も高精度で検出することが可能となると考えられる。

ハザードの危険性の評価については、今後、運転操作や視行動の分析などと主観的リスクとの関係に関する研究が必要となる。すなわち、ドライバの普段の運転行動から、主観的リスクとハザード

ドとの関係(3-3-2 式)や各ハザードの属性・水準とそれらの危険性評価との関係(3-3-1 式)を蓄積し、ドライバ個々人の危険感受特性を求めるための技術開発が必要であろう。

第4章 運転操作からの主観的リスク推定法の開発

4.1. 本章のねらい

第2章では、多くのドライバーが日常的に不安運転の状態にあり、かつ、自身の運転に対して過大な自己評価を行い、様々な状況で交通状況に対するリスク見積もりが甘くなっている可能性を示した。これを受けて第3章では、ドライバーの危険の主観評価をもとに、交通状況に対する危険の感じ方(危険感受特性)を定量的に表現できるモデルを提案した。これにより、ドライバーのハザード知覚の能力をより詳細に捉えることが可能となり、実際にハザード知覚が低い対象物とのニアミス(ヒヤリ・ハット)を経験していることが示唆された。

また、提案したモデルによって、ハザード知覚の結果としての主観的リスクの推定を行ったが、決して十分な推定精度は得られなかった。これは主に、ハザードの発見・指摘が実時間で行われなかったことが大きな要因と考えられた。第1章でも述べたように、従来行われてきたような実時間で行われないハザードの発見課題では、実際にはリスクを感じていないハザードの指摘が多くなることが考えられる。また、ハザードの発見・指摘能力と、実際に適切な運転を行えるか否かは、一致しない可能性もある。よって、ドライバーの主観的リスクを精度良く推定するためには、ドライバーの運転行動をもとにした、実時間の評価が必要である。

そこで本章では、ドライバーの運転行動から主観的リスクの大きさを推定する方法を開発することを目的とした。このためにまず、ドライバーに実車・実路における走行を行わせ、走行時の各種運転行動の計測を実施した。また、走行時に撮影された映像を用いて主観的リスクの評定を行わせた。これにより、各種運転行動の計測値から、主観的リスクを推定することを試みた[9, 49-51]。

4.2. 運転行動計測と主観的リスクの評定

4.2.1. 実験参加者

実験参加者は男性4名であり、一般ドライバとして研究所の所員2名(H:33歳とT:32歳)、および、自動車教習所の技能検定員の資格を持つ運転指導員2名(N:32歳とY:54歳)であった。

4.2.2. 運転行動計測車と計測項目

ドライバの運転行動を計測するために、様々なセンサ等を設置した実験車両を用意した。また、センサによって自動計測が困難な項目についても、走行後に手作業により算出したり、映像をもとに手動でタグ付けを実施したりしてデータを準備した。最終的に取得されたデータを Table 4-2-1 に示す。これらのデータはすべて同期して 30Hz で電子的に記録した。

Table 4-2-1 実験車両による計測項目

データ名(単位)	略称	備考
前方風景ビデオ	-	320×240ピクセル、30フレーム/s
ステアリング角度(deg)	Sa	左右(+/-)の絶対値
ステアリング角速度(deg/s)	Sv	走行後に手作業で算出
アクセルペダル構え(0/1)	Ao	足元記録映像から手作業で抽出
アクセルペダル踏み込み量(0-100)	As	
アクセルペダル放し速度(percent/s)	Av	走行後に手作業で算出
ブレーキペダル構え(0/1)	Bo	足元記録映像から手作業で抽出
ブレーキペダル踏み込み量(0-100)	Bs	
ブレーキペダル踏み込み速度 (percent/s)	Bv	走行後に手作業で算出
車速(m/s)	V	
減速度(m/s ²)	D	走行後に手作業で算出
左右方向指示器(0/1)	T	

4.2.3. 走行コース・走行手続き

参加者には、上記の車両を運転して、名古屋市名東区内の一般路に設定した 1 周約 3km の周回コース(Fig.4-2-1)を約 20 分間走行させた。



Fig.4-2-1 データ計測のための走行コース

4.2.4. 主観的リスクの評定

走行中に記録された前方風景ビデオのなかから、実験者の主観によって危険な交通状況を含むと判断された場面を、参加者ごとに 5 場面ずつ(各1分)抜き出し、これらの場面を AVI 形式(320 × 240 ピクセル、30 frames/s)にてコンピュータに取り込んだ。

これらのビデオを、Fig.3-2-2 の評定装置により CRT を用いて参加者に提示した。提示したビデオ

オは、各参加者自身が運転していた際に撮影されたものであった。参加者には、パソコンに接続されたレバーを上下させることにより、主観的リスクを0～100の値で報告させた。評定にあたっては、まずは評定を行わずにビデオを1回観察させて自車や交通状況の変化をおおよそ把握させ、2回目の提示時に評定を行わせた。

4.3. ボトムアップ・アプローチによる主観的リスク推定

4.3.1. 重回帰分析

上記試行で得られた各種運転行動のうちの8種類の量的データ(Sa, Sv, As, Av, Bs, Bv, V, D)を独立変数とし、主観的リスクの評定値を従属変数として重回帰分析を行った。分析は参加者ごとに、抽出された5つの場面中の4つの場面で行った(後述において、残りの1場面を用いて主観的リスク推定のテストを行うためである)。参加者ごとの回帰係数をTable 4-3-1に示す。

Table 4-3-1 重回帰分析結果

変数	略称	回帰係数			
		指導員 N	指導員 Y	一般 H	一般 T
切片 (定数)	-	47.402*	37.153*	14.896*	21.427*
ステアリング角度	Sa	-0.103*	0.499*	0.339*	-0.348*
ステアリング角速度	Sv	-0.027	-0.208*	-0.033	0.388*
アクセル踏み込み量	As	-0.275*	-0.250*	0.042	-0.881*
アクセル放し速度	Av	0.002	0.036	-0.100*	-0.230*
ブレーキ踏み込み量	Bs	-0.053*	0.211*	0.055*	-0.224*
ブレーキ踏み込み速度	Bv	0.047*	0.038*	-0.096*	-0.030
車速	V	-0.712*	-1.363*	0.994*	-0.405*
減速度	D	0.002	-0.024	0.038*	-0.018

(回帰係数の横の*印は統計的に有意であることを示す)

4.3.2. 主観的リスク推定

重回帰分析で得られた参加者ごとの回帰式を用いて、分析から除外しておいた残りの1場面に対して主観的リスクを推定した。この推定値と参加者による主観的リスクの報告値を Fig.4-3-1～Fig.4-3-4 に参加者ごとに示す。図には、推定値と報告値との相関係数の値も示した。これによると、特に指導員 Y と一般 T においては0.6程度の相関係数が得られ、重回帰分析によって求められた回帰式を用いて、主観的リスクの程度を推定できる可能性が示唆された。

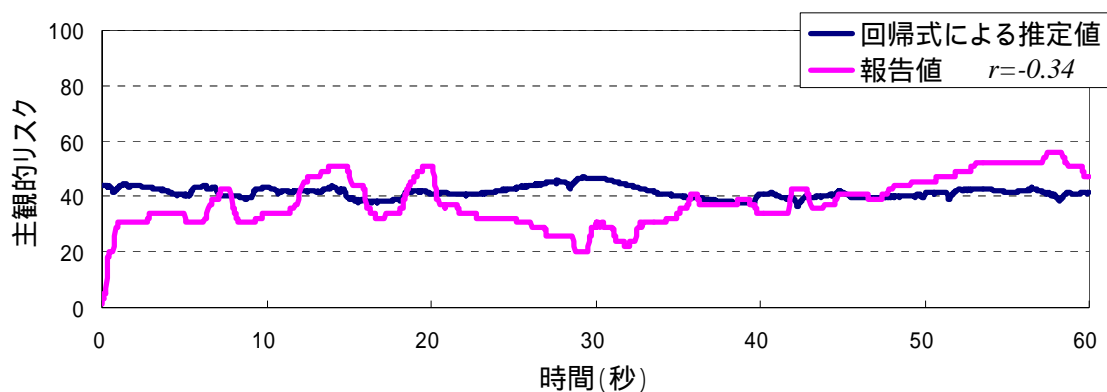


Fig.4-3-1 主観的リスクの推定テスト結果(指導員 N)

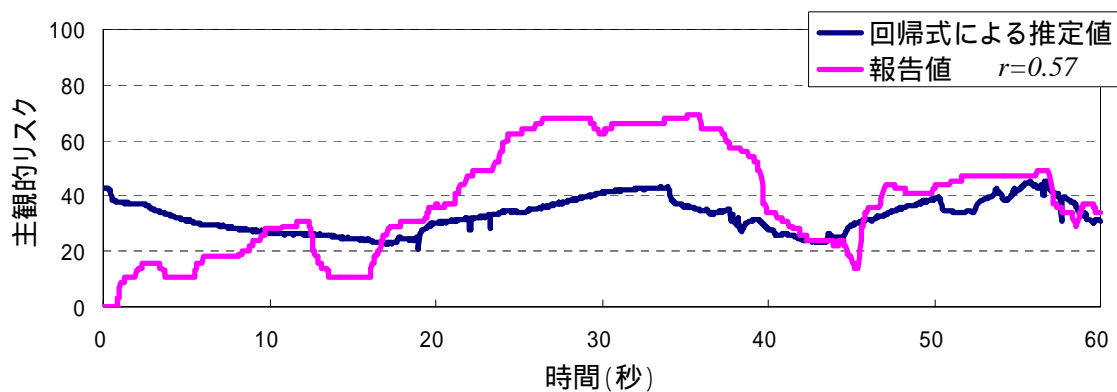


Fig.4-3-2 主観的リスクの推定テスト結果(指導員 Y)

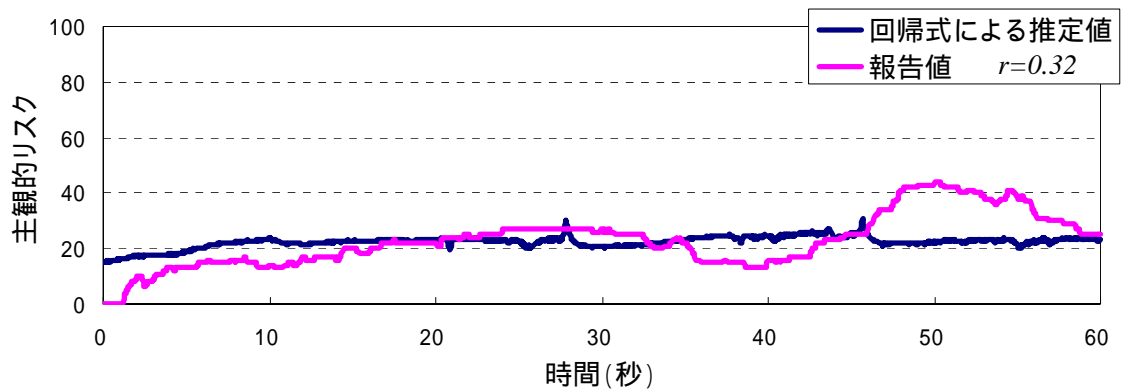


Fig.4-3-3 主観的リスクの推定テスト結果(一般 H)

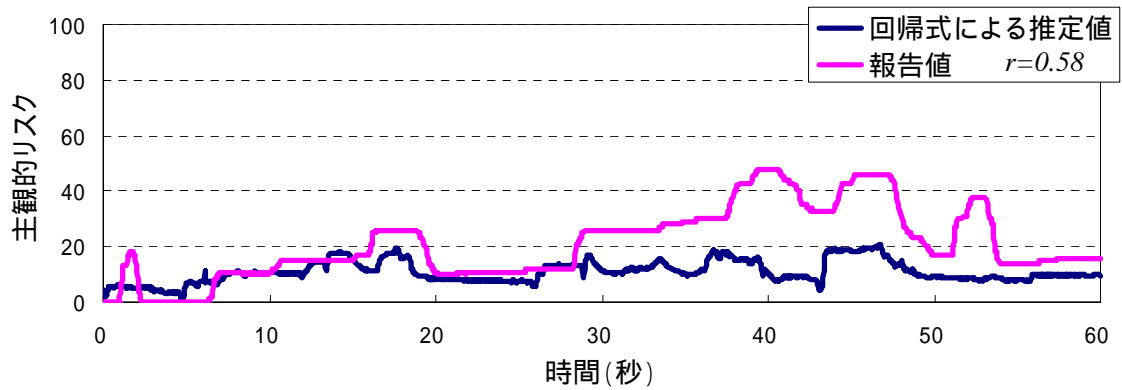


Fig.4-3-4 主観的リスクの推定テスト結果(一般 T)

4.3.3. 主観的リスク推定に有用なデータの抽出

Table 4-3-1 の各操作量の回帰係数は、主観的リスクに対する各運転操作の重要度を示しており、回帰係数の絶対値が大きいほど、主観的リスクを運転操作から推定する際に重要なものであると言える。そこで、参加者ごとの各操作量の回帰係数の絶対値、およびそれらの平均値のグラフを Fig.4-3-5 に示す。ここで例えば、「回帰係数の絶対値が 0.1 以上」といった基準(Fig.4-3-5 の水平線)により、主観的リスクの推定に重要と考えられる操作量を抽出すると、「車速」「アクセル踏み込み量」「ステアリング角度」「ステアリング角速度」「ブレーキ踏み込み量」の 5 つの操作が得られた。

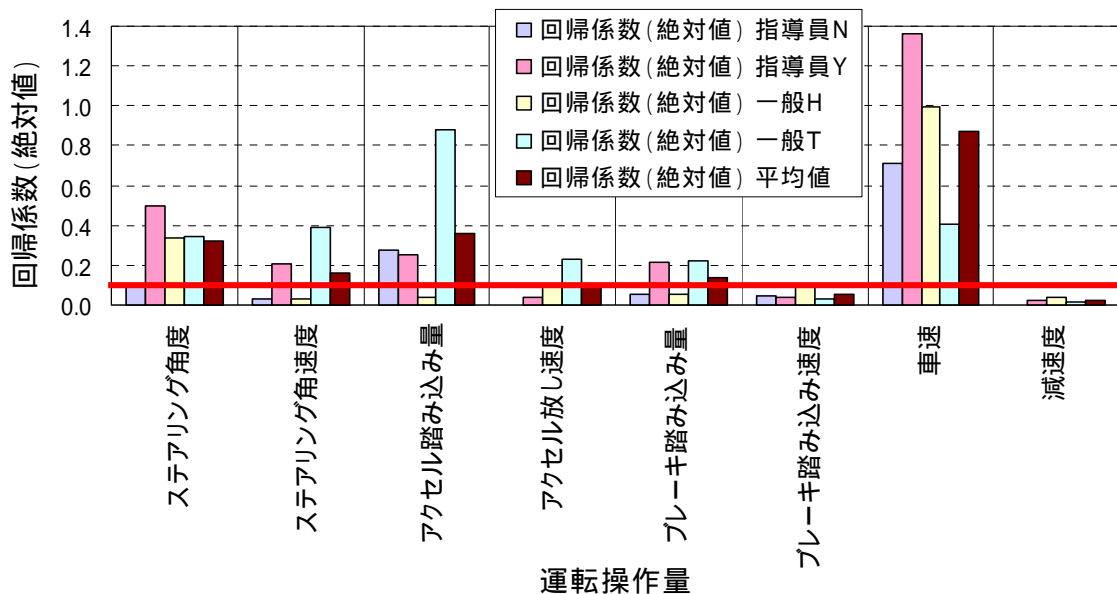


Fig.4-3-5 主観的リスクに対する各運転操作量の回帰係数の絶対値

「車速」については、4名中3名の参加者において回帰係数が負の値を示しており、主観的にリスクが高い交通状況ではスピードを落とす行動をとっていることが分かる。同様に、「アクセル踏み込み量」についても、4名中3名の参加者において回帰係数が負であり、主観的にリスクが高い交通状況ではアクセルを緩めることが認められた。「ブレーキ踏み込み量」については回帰係数の正負が一定ではなかったが、主観的リスクにともなう車速調節のための行動と考えられる。

「ステアリング角度」については、回帰係数の正負が一定ではなく、明確にはいえないが、回帰係数の平均値は正(0.097)であった。また、「ステアリング角速度」についても回帰係数の正負が一定ではなかったが、主観的にリスクが高い交通状況ではステアリングを大きく・速く切る傾向があると考えられた。

このように、主観的リスクの高い交通状況では、スピードを落とす、進路を変えるといった行動をとっていると考えられた。つまり、何らかの危険な対象を避ける(危険な対象との距離を大きくとる)ための運転操作を捉えることができれば、運転操作からの主観的リスクの推定が可能となると考えられる。

4.3.4. 推定精度が悪い場面の分析

減速や操舵に関する情報から主観的リスクが推定できる可能性が示唆されたが、回帰係数の大きさや正負の方向などで参加者ごとに差があった。また、主観的リスクの推定テスト(Fig.4-3-1～Fig.4-3-4)では、参加者 Y と T においては報告値と推定値の相関が 0.6 程度であるが、参加者 N と H においては十分な推定精度が得られていない。これらのことから、本分析で用いた運転行動のみでは精度良く主観的リスクを推定することは難しいと考えられる。そこで、主観的リスクの推定テスト(Fig.4-3-1～Fig.4-3-4)の中で、報告値と推定値の傾向に大きな差があった場面(低精度場面)について、交通状況を詳細に調べることにした。

低精度場面とその交通状況の概要を Table 4-3-2 に示す。これによると、主観的リスクの推定精度が低い場面は、大きく「交差点の右左折」「渋滞末尾や信号・一時停止での停止」「路上駐車車両の追い抜き」の 3 つに分類できると考えられた。

Table 4-3-2 主観的リスクの推定精度が低い場面の概要

参加者	場面 No.	場面の区間	概要
指導員 N	N1	00 秒～05 秒	信号交差点を右折
	N2	20 秒～30 秒	前方渋滞のため停止
	N3	30 秒～35 秒	停止から先行車に続いて低速で発進
	N4	45 秒～60 秒	無信号交差点で停止後に右折
指導員 Y	Y1	00 秒～10 秒	停止から先行車に続いて低速で発進
一般 H	H1	48 秒～52 秒	左側に路上駐車車両があり、かつ、対向車がある
	H2	53 秒～60 秒	赤信号で停止
一般 T	T1	30 秒～42 秒	信号交差点を右折
	T2	50 秒～55 秒	道の両側に路上駐車車両があり、かつ、対向車がある

交差点を右左折する場合、危険な対象の有無にかかわらず減速することが一般的である。また、一時停止や赤信号の交差点や渋滞・信号待ちの末尾においては、無条件に減速し停止する。上述の重回帰分析では、「車速」「アクセル踏み込み量」「ブレーキ踏み込み量」に関する回帰係数が大きかったが、交差点の右左折においては、主観的リスクの高低に関わらず、アクセルを戻して減速するために、報告値よりも推定値が大きくなってしまったことが考えられる。例えば参加者 H の運転場面 H2 (Fig.4-3-6) では、先行車が赤信号で停止しているため、ブレーキを踏んで減速しているが、主観的リスクの報告値は下降している。駐車車両の追い越しの場合に関しても、自車の進路上にはみ出すなど明らかな障害物としてある場合は、やはり、無条件に減速したり停止したりするであろう。

同様に、交差点の右左折では「ステアリング角度」や「ステアリング角速度」も大きくなるが、これも、主観的リスクの大きさに関わらず、右左折のための通常の操作である。

これらの場面で主観的リスクの推定精度を高めるためには、自車が右左折して(しようとして)いるか否か、一時停止や赤信号であるか否か、先行車が減速・停止しているか否か、前方に路上駐車等の明らかな障害物があるか否かといった情報を加え、そのような条件に適合する場合には主観的リスクの計算方法を変えていくなどの工夫が必要であると考えられる。

また、危険に対するドライバの行動として、動静を注視したり減速のために身構える(ブレーキペダルに軽く足を乗せる等)といった程度で、実際に速度を落とすまでの操作はしない場合も考えられる。例えば参加者 H の運転場面 H1 (Fig.4-3-6) では、主観的リスクの報告値は大きくなっているが、ブレーキペダルに足を構えているだけで、ブレーキペダルを踏み込んで減速までは行っていない。よって、主観的リスクの推定精度を高めるためには、ブレーキペダルへの足の構えの情報を加える必要があると考えられる。

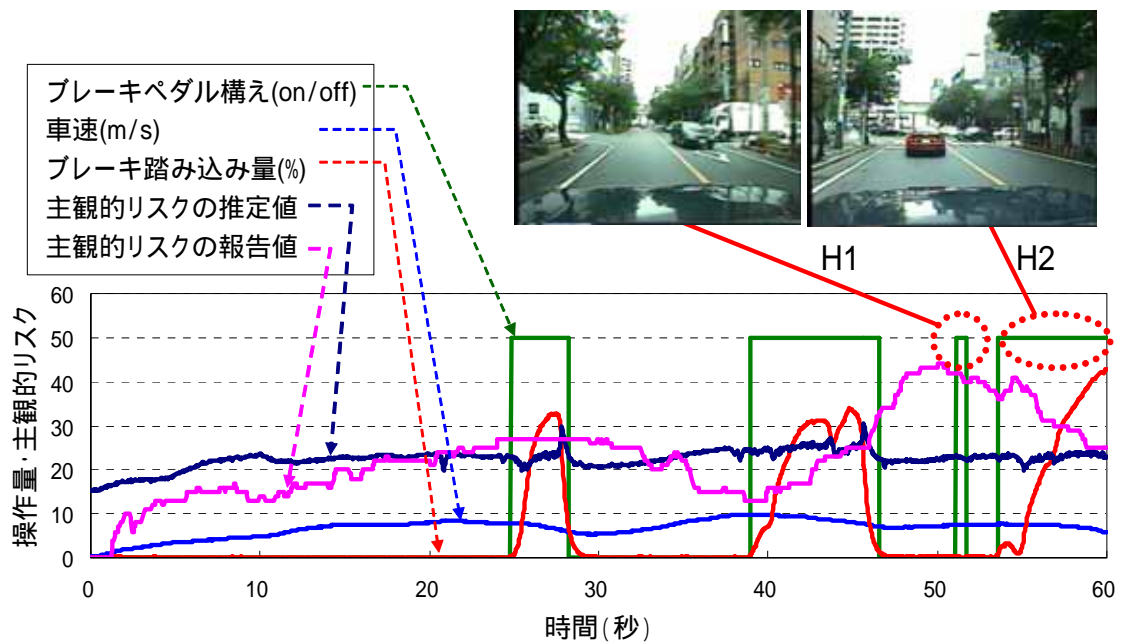


Fig.4-3-6 参加者 H の運転行動と主観的リスク

4.4. トップダウン・アプローチによる主観的リスク推定

4.4.1. 推定法

以上の考察を踏まえ、自車が右左折している(しようとしている)か否かの情報、渋滞末尾や赤信号・一時停止に関する情報、路上駐車車両などの交通から外れている進路上の障害物に関する情報、および、ペダルの構え情報を付加し、よりトップダウン的なアプローチによる主観的リスクの推定方式を以下のように提案した。

時刻 t における主観的リスクの推定値 R_t を、減速意図の項、および、操舵の項の結合により 4-4-1 式のように求める。以降、本手法を SUPREME 法(Simple and Useful Perceived Risk Estimation Method)と呼ぶ。

$$R_t = (D_t + S_t) M_t \quad (4-4-1)$$

ここで、時刻 t における減速意図項 D_t は、アクセルペダル踏み込み量 (A_s [%])、アクセルペダル構え (A_o [0/1])、ブレーキペダル構え (B_o [0/1])、ブレーキペダル踏み込み量 (B_s [%]) から、Table 4-4-1 のような定義に基づいて決定する。つまり、減速しようとする意図や構えが大きいほど主観的リスクが高いと考える。また、操舵項 S_t は、ステアリング角度の絶対値 (S_a [deg]) とステアリング角速度の絶対値 (S_v [deg/s]) をもとに、Table 4-4-2 のような定義に基づいて決定する。つまり、ステアリングを大きくまたは速く切っているほど、危険を避けようとする意図が大きく、主観的リスクが高いと考える。さらに、補正項 M_t は、主観的リスクの大小とは無関係に行う減速や操舵によって、主観的リスクの推定値が報告値より大きくなってしまふことに対処するためのもので、自車が交差点を右左折する場合、信号機や一時停止により減速・停止する場合、渋滞や信号待ちの末尾で先行車が減速・停止している場合、自車進路上に路上駐車車両などの障害物(交通から外れている停止物)がある場合に 0.5 とし、それ以外の場合に 1.0 とする。これにより、主観的リスクとの関係が小さい減速や操舵に対する補正を行うことを狙ったものである。

以上のモデル化により、SUPREME 法によって、主観的リスクの大きさが 0～10 の整数値として算出される。

Table 4-4-1 減速意図項の基準

運転操作の状態	操作量の範囲	減速意図項(D_t)
アクセルペダルを強く踏んでいる	$10 \leq A_s$	0
アクセルペダルを弱く踏んでいる	$0.5 \leq A_s < 10$	1
アクセルペダルに足を構えているのみ	$A_o=1$	2
ブレーキペダルに足を構えているのみ	$B_o=1$	3
ブレーキペダルを弱く踏んでいる	$5 \leq B_s < 30$	4
ブレーキペダルを強く踏んでいる	$30 \leq B_s < 50$	5
ブレーキペダルを非常に強く踏んでいる	$50 \leq B_s$	6

Table 4-4-2 操舵項の基準

操作量の範囲	操舵項(S_t)
$0 \leq Sa < 15$ または $Sv < 15$	0
$15 \leq Sa < 30$ または $Sv \geq 15$	1
$30 \leq Sa < 45$ または $Sv \geq 30$	2
$45 \leq Sa < 90$ または $Sv \geq 45$	3
$90 \leq Sa$ または $Sv \geq 90$	4

4.4.2 SUPREME 法による主観的リスクの結果

SUPREME 法(4-4-1 式)によって主観的リスクを推定した例を Fig.4-4-1～Fig.4-4-4 に示す。これらの図は上述の重回帰分析による推定(Fig.4-3-1～Fig.4-3-4)と同じ場面に対するものである。なお、4-4-1 式の補正項 M_t を決定するために、実車走行で得られたデータ(Table 4-2-1)に加えて、ビデオを観察しながら手作業により Table 4-4-3 のような情報を追加した。また、4-4-1 式で得られる推定値は離散値であるので、これらの図では便宜的に 4-4-1 式の出力を指数平滑フィルタによりスムージングした結果を示した。また、推定式による推定値の変化幅(0～10)と報告値の変化幅(0-100)をそれぞれ 0～1 に統一して表示した。

Table 4-4-3 補正項 M_t を求めるために追加したデータ

データ名(単位)	備考
交差点の右左折[1/0]	左右方向指示器(T)が ON[1]の場合 1
渋滞末尾か信号・一時停止[1/0]	渋滞末尾車両、赤信号、一時停止標識・表示が見えた時点から停止している間は 1
進路上の障害物[1/0]	障害物が見えた時点から通過するまでの間は 1

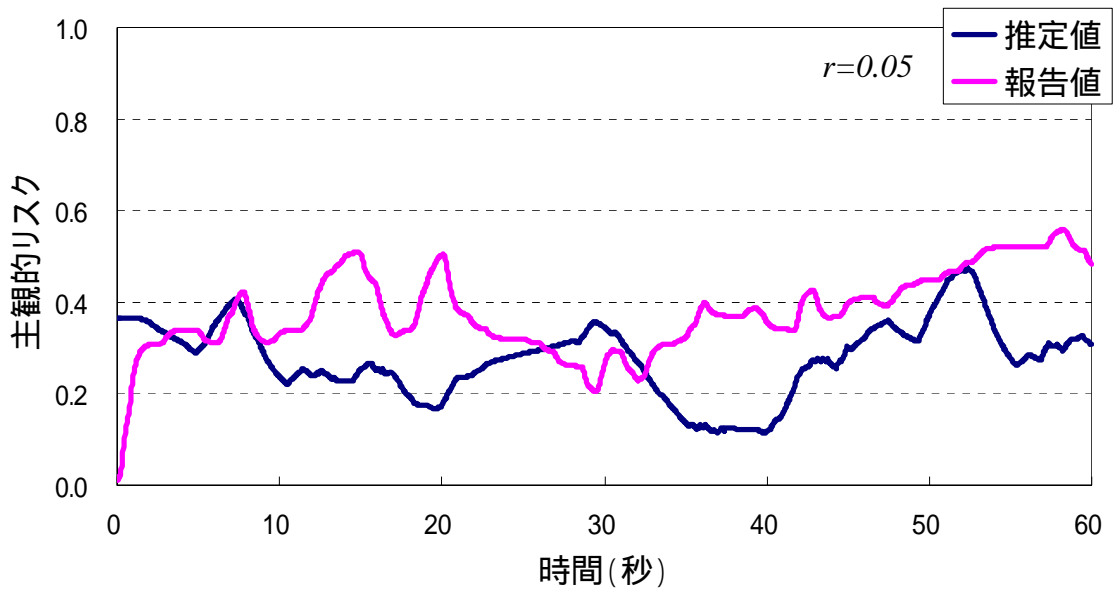


Fig.4-4-1 SUPREME 法による主観的リスクの推定結果(指導員 N)

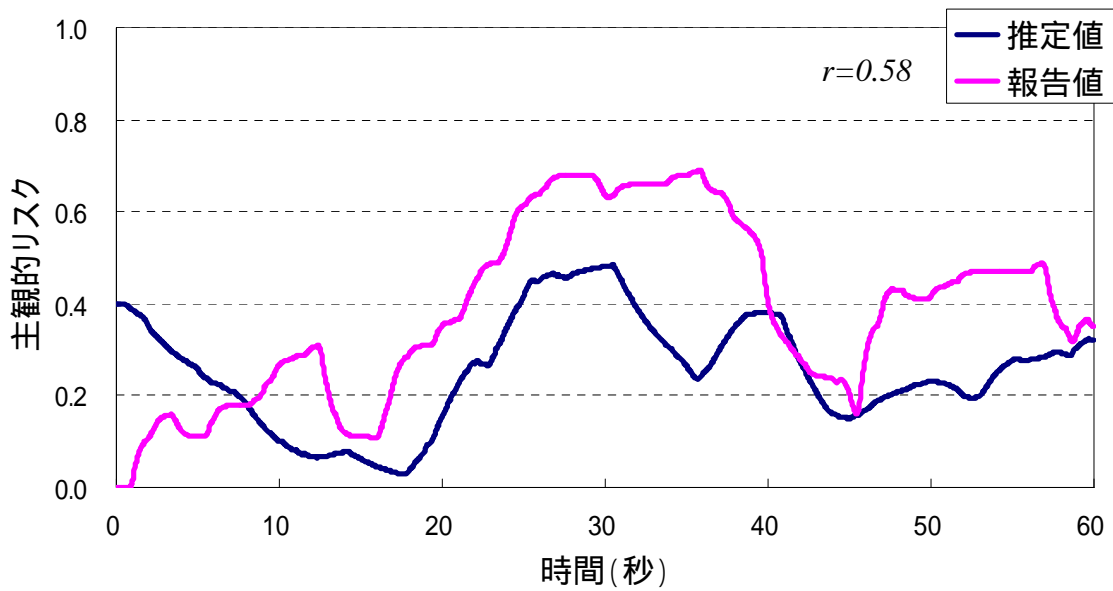


Fig.4-4-2 SUPREME 法による主観的リスクの推定結果(指導員 Y)

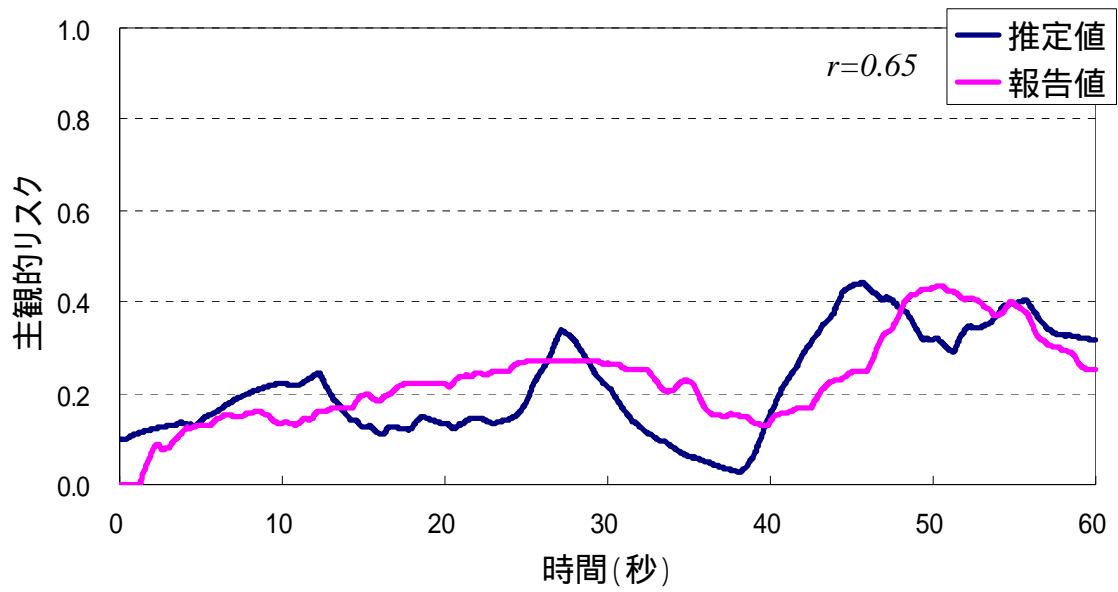


Fig.4-4-3 SUPREME 法による主観的リスクの推定結果(一般 H)

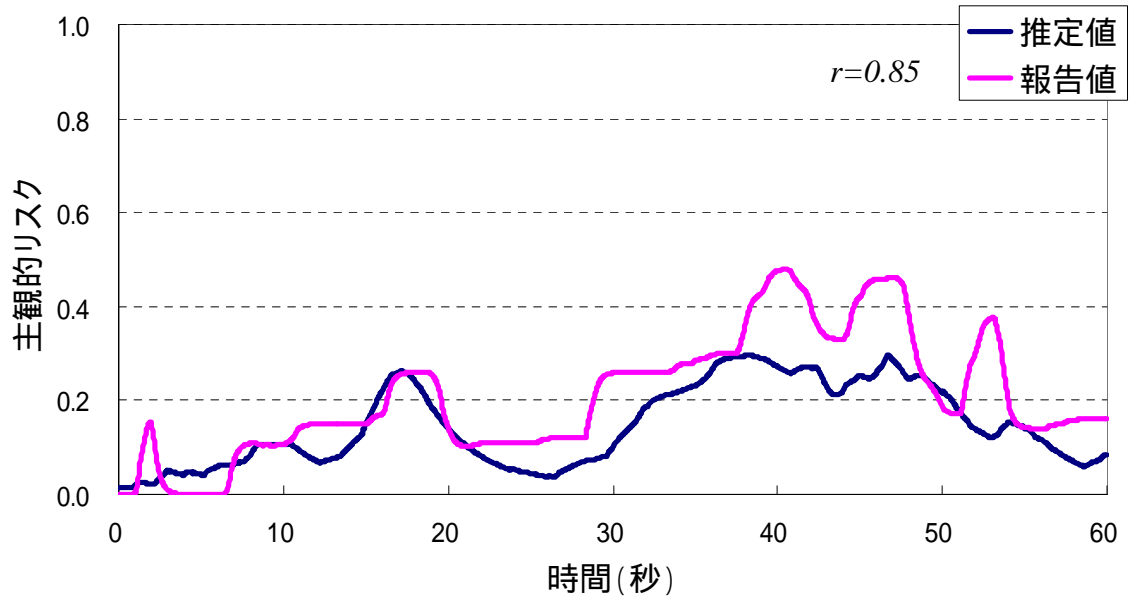


Fig.4-4-4 SUPREME 法による主観的リスクの推定結果(一般 T)

これによると、すべての参加者において、重回帰分析に基づく推定よりも主観的リスクの推定精度が向上した。特に4名中3名の参加者においては、推定値と報告値との相関係数(r)が0.6~0.9となり、減速意図と操舵意図といった、ペダルやステアリングの操作から高精度に主観的リスクが推定できることが確認された。

しかしながら、参加者Nにおいては十分な推定精度を得ることができなかった。特に参加者Nの運転場面の20~35秒の間においては、おおむね逆相関となる傾向を示した。この区間は、渋滞末尾での停止後、先行車に続いて低速で発進する場面であるため、補正項により補正されている(0.5を乗じてある)が、この補正が十分でなかったと考えられる。指導員Nのこの場面限り、補正項を0.1として計算しなおしたところ、推定値と報告値との相関係数が0.54となった(Fig.4-4-5)。

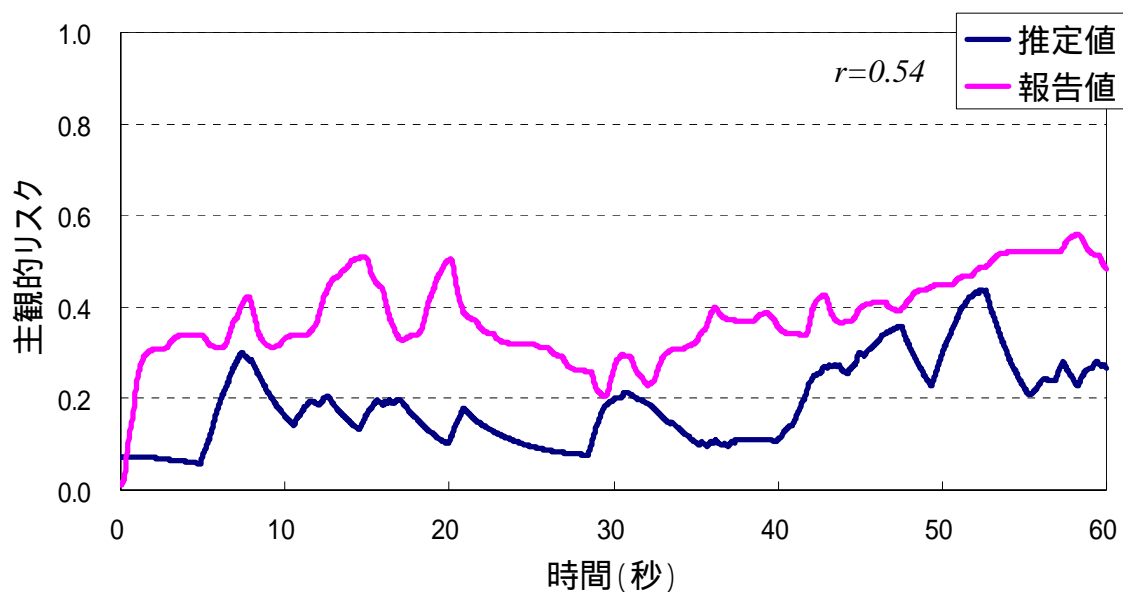


Fig.4-4-5 SUPREME 法による主観的リスクの推定結果(指導員N、補正項=0.1)

本研究では補正項は、Table 4-4-3 に示した3種類の交通状況に対して共通の値として恣意的に0.5を設定した。しかしながら、交通状況ごとに最適な補正值が存在する可能性も考えられるため、今後、最適な値を探索していく必要があるだろう。また、減速と操舵以外にも主観的リスクに影響を及ぼす行動が存在していることが原因で、一部の実験参加者で十分な推定精度が得ら

れなかった可能性も考えられる。そこで今後は、より多くの交通状況・運転行動・実験参加者のデータをもとに、推定法を改良してゆく必要がある。さらに、減速意図項と操舵項に対しても特に係数を設けなかったが、減速によって危険を回避するか、操舵によって回避するかは、個人や状況に応じて変化する可能性がある。これらについてもさらなる検討が必要である。

4.5. 本章のまとめ

本章では、自動車運転中の前方風景に対する主観的リスクをリアルタイムで推定するための方法(SUPREME 法)を提案した。本方法は、ドライバのペダル操作とステアリング操作をもとに、交差点の右左折といった自車の行動に関する情報、信号・一時停止などの道路に関する情報、渋滞や路上駐車車両などの前方障害物に関する交通状況に関する情報を多面的に組み合わせた、シンプルなトップダウンモデルに基づいて構成した。

SUPREME 法を4名のドライバの運転に対して試行し、ドライバ自身による主観的リスクの報告値との比較を行ったところ、相関係数(r)において 0.6~0.9 という高い相関が得られ、重回帰分析による推定よりも高い推定精度を得た。今後、係数や補正項といったパラメータを最適化していく必要があるが、SUPREME 法によって、運転中のドライバの主観的リスクをリアルタイムで定量的に推定することが可能となることが示唆された。

SUPREME 法は計測が容易なドライバのペダル操作とステアリング操作をベースとしている。また、これらに追加する、道路側、交通状況側の情報についても、GPS と GIS による自車の現在位置に基づいた信号や規制の有無、車載レーダー等による障害物検出によって得ることが可能である。これらの情報は ITS のアイテムとして既に実用化が始まっているため、SUPREME 法の車載システムへの応用は難しくないと考えられる。

第3章でも述べたように、運転中の主観的リスクの推定により、ドライバの判断過程にまで踏み込んだ支援が可能となる。例えば、運転中の交通状況に対する事故の危険性(客観的リスク)を何らかの方法で推定し、客観的リスクと主観的リスクとの差が大きい場合に、警報やアドバイスを行うことが考えられる。この際、交通状況の客観的リスクの計測・定量化については、古西ら[52, 53]による

ハザード情報の重回帰モデルや、大濱ら[30]や伊賀ら[54]によるベイジアンネットにより危険度を出力するドライバモデルを用いた先行研究がある。また、今後様々な運転支援システムの実用化が予想されるが、ドライバの主観的リスクが十分であれば警報を抑えたり、ドライバの主観的リスクの感じ方の特性に応じて支援方略を最適化したりして、ドライバにとって煩わしくなく、受容性の高いシステムを構築することが可能になると考えられる。

SUPREME 法はドライバの運転教育にも有用である。現在、運転教育場面にける様々な過程において、ドライビングシミュレータ(DS)を用いた運転診断や運転トレーニングが行われている。DSを模擬運転中のドライバの運転行動から SUPREME 法により主観的リスクを推定し、主観的リスクの低い場面について集中的に指導・教育を行うことができれば、安全運転意識の向上に効果的であると考えられる。

特に DS では、道路や交通状況に関する情報はシステム内のパラメータとして容易に取得可能であるため、主観的リスクを高精度に推定できると考えられる。また、DS では、交通状況を統制して全く同一の交通状況での走行を再現できる。例えば、一般ドライバの主観的リスクと、同じ交通状況に対する運転指導員(危険判断のエキスパート)の主観的リスクを比較することで、ドライバのリスク見積りの適否を定量的に判定することが可能となり、教育効果が高まると考えられる。

第5章 思い込み評価用ドライビングシミュレータの開発

5.1. 客観的リスクの操作的定義

SUPREME 法によって、運転操作から交通状況に対するドライバの主観的リスクの程度を推定することが可能となった。Fig.1-4-1 および Fig.1-8-1 に示したように、ドライバの主観的リスクとその交通状況に対する客観的リスクを求めることができれば、そのドライバの思い込み(つまり、リスクの過小見積もり・楽観主義的バイアス)の程度を定量的に求めることが可能となる。ここで、客観的リスクの定量化については、どのように扱えば良いであろうか。

客観的リスクの最も合理的な定義としては、あるドライバが走行しているある瞬間の交通状況において、何らかの対象物との衝突し得る可能性や、衝突した場合の損害の大きさ、およびそれらの積として求められると考えられる。つまり、客観的リスクを実証的に求めるためには、衝突の可能性と衝突時の損害の大きさを、何らかの情報から確率的に求める必要がある。

ここで、日本におけるマクロな交通事故リスク(衝突の可能性)は Fig.1-2-2 に示したように、1 億走行台 km あたり約 120 件である。これをあるドライバ個人に当てはめてみると、年間 1 万 km を走行するドライバにとっては(1 万走行台 km あたりの交通事故発生件数は)、約 0.012 件/年、つまり、約 83 年に 1 件と見積もることができる。国際的に日本の交通事故リスクが高いとはいえ、平均的な個人にとって交通事故は稀な現象である。よって、特定のある瞬間の交通状況における衝突の可能性を実証的に求めることは、極めて困難であると言わざるを得ない。

また、交通事故の約 95%は車両相互事故および人対車両事故であり、ひとつまたは複数の相手関与している[2]。そのため、上述の理想的な定義に基づいた正確な衝突リスクを求めるためには、あるドライバから見た交通状況の衝突リスクだけでなく、事故の対象となる相手からみた衝突リスクも同時に考慮することが必要である。衝突はただでさえ個人にとって稀な現象であるが、相手があることでその不確実性はより一層高まる。そのため、正確な客観的リスクを求めることはさらに困難であるし、たとえ何らかの値が求められたとしても、その確かさを検証することが不可能に近い。

ましてや、衝突時の損害の大きさについて実証的に求めることはさらに困難であろう。

以上のように、客観的リスクを衝突の可能性と衝突時の損害の大きさとして定義して測定しようとするのは、ほぼ不可能に近いと考えられる。このような状況に対して、例えば古西らは、交通状況に手動で付与されたハザード(主に顕在ハザード)の情報をもとに作成した重回帰式により、指導員の主観的リスクとして客観的リスクを求める手法を提案している[52, 53]。また、大濱らは、第3章で紹介した指導員の危険の評価構造(Fig.3-2-11)をもとに、指導員のハザード知覚過程を模したベイジアン・ネットワーク(bayesian network)を構築し、ネットワークが出力したハザード(主に行動予測ハザードと潜在ハザード)の情報をもとにした車両運動のモンテ・カルロ・シミュレーション(monte carlo simulation)を用いて、ハザードとの衝突危険度として客観的リスクを求める手法を提案している[30]。いずれの手法も、指導員の主観的リスクを客観的リスクとみなし、指導員の主観的リスクの程度を精度良く推定することを狙っている。

これらの研究では、便宜上、指導員の主観的リスク(experts' risk)を交通状況の客観的リスクとして定義している。第2章でも触れたように、指導員は、ドライバの運転を評価し、不安全な状態を検知することを職業とするプロフェッショナルであり、検知の精度に関して、唯一の国家資格として認定された者である。また、運転免許取得のためには、路上での運転経験が無い者(つまり、交通状況のリスク見積もりができない者)を運転させる必要があるが、安全に走行させるためには、指導員は助手席に同乗した状態で、免許取得者の代理としてリスク見積もりを行う必要があると言える。このような危険見積もりのエキスパートとしての指導員の主観的リスクを、便宜上、客観的リスクと読み替えて利用することは、現状では最も妥当な方法であると考えられる。

5.2. 本章のねらい

ドライバの運転操作から主観的リスクの程度を推定できる SUPREME 法を用いれば、特定の交通状況に対する指導員の主観的リスクを求めることができる。この指導員の主観的リスクを客観的リスクとし、指導員が走行したものと同一交通状況に対するドライバの主観的リスクを SUPREME 法によって求めれば、これらを比較することで、ドライバの思い込みを求めることができる。この際、実車

による走行の場合は、指導員が走行したものと同一交通状況を再現することは困難である。そこで、ドライビングシミュレータ(DS)を用いれば、指導員が走行したものと全く同一交通状況を再現して、ドライバが走行することが可能となる。

そこで本章では、ドライバの運転操作から SUPREME 法によって主観的リスクを求め、同じ交通状況に対する指導員の主観的リスク(experts' risk)として求めておいた客観的リスクとの比較から、ドライバの思い込みを定量的に評価する具体的な方法について提案することを目的とした。また、ドライバの主観的リスクの測定に適した、実景映像を用いた DS を開発し、提案された思い込み評価法をこの DS に実装した(Fig.5-2-1)[9, 50, 51]。さらに、開発した DS を用いて思い込みの評価を試行し、実際に思い込みが定量的に評価・比較可能であることを示した。この DS を、この後に続く実験のプラットフォームとして利用するとともに、思い込みを低減させるための運転教育装置開発のためのプラットフォームとして利用していくことを狙った。

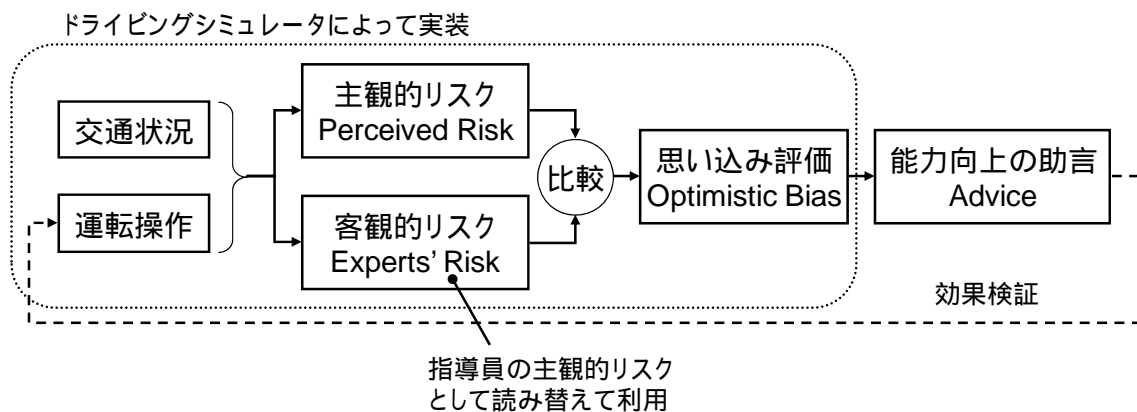


Fig.5-2-1 思い込み評価用ドライビングシミュレータ開発の枠組み

5.3. ドライビングシミュレータのハードウェア

5.3.1. ハードウェアの概要

開発したDS(Toyota Educational Driver-Diagnosis System; TEDDY)の外観をFig.5-3-1に示す。TEDDYは実車(トヨタ セブター)の運転席カットボデー(Fig.5-3-2)をベースとして、運転席前方にディスプレイを配置し、全体をベニヤ板にて架装した。全体の寸法は全幅/奥行/全高(mm)=1,090/2,470/1,545であり、重量は約400kgとなった。主なハードウェアの構成をFig.5-3-3に示し、以下にそれぞれの詳細について述べる。

< 実際の写真 >



< 作成前スケッチ >

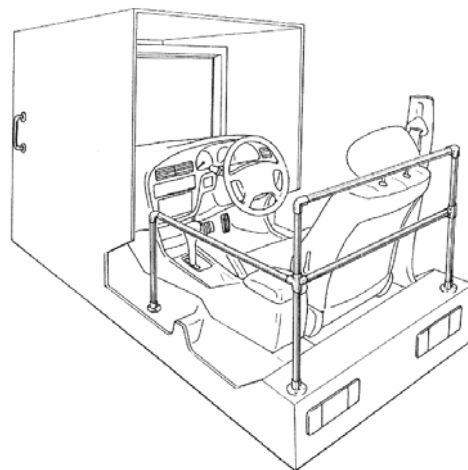


Fig.5-3-1 開発したシミュレータ TEDDY の外観



Fig.5-3-2 TEDDY のベースとした実車カットボデー

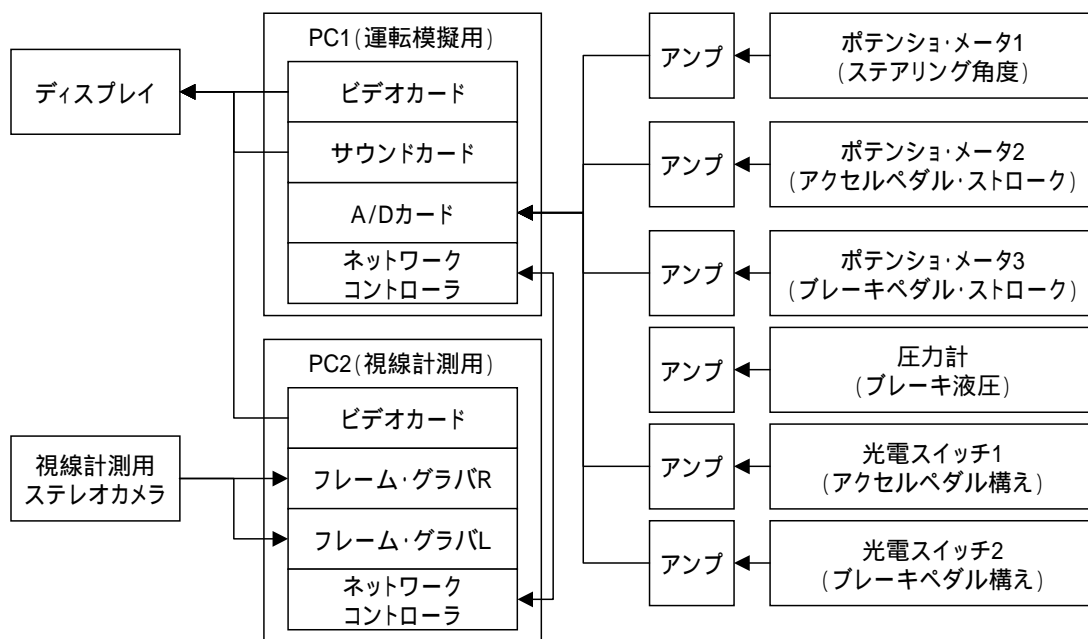


Fig.5-3-3 TEDDY の主なハードウェア構成

5.3.2. 操作系

TEDDY では、ステアリング・ホイール、アクセルペダル、ブレーキペダルの3種類の操作系を用いて運転を模擬する。ステアリング・ホイールの操作は、ステアリングのシャフトにプーリを介して取

り付けた回転式のポテンシオメータ(緑測器 CPP-45-10S)によって回転角度を取得する(Fig.5-3-4)。アクセルペダルの操作は、スロットル・ボデーに取り付けたポテンシオメータ(緑測器 LP-50F)によって踏み込み量を取得する(Fig.5-3-5)。ブレーキペダルの操作は、ブレーキペダルのステーに取り付けたポテンシオメータ(緑測器 LP-50F)によって踏み込み量を取得する(Fig.5-3-6)とともに、ブレーキ・フルード配管途中に接続した圧力センサ(キーエンス AP-13)によりブレーキ踏み込み圧を取得する(Fig.5-3-7)。また、アクセルペダルとブレーキペダルには光电スイッチ(オムロン E3C-DS5W)を取り付け、各ペダルへの足の構えを取得する(Fig.5-3-8)。

ステアリング・ホイールの反力生成機構としては、ステアリング・ラックにガス・ダンパーを2本装着して実現した(Fig.5-3-9)。アクセルペダルについては、ワイヤを実車のスロットル・ボデーに接続して反力を生成した(Fig.5-3-5)。また、ブレーキペダルについては、ブレーキ・ブースタおよびブレーキ・フルード・リザーバ・タンクを用い、ブレーキ配管内にブレーキ・フルードを満たし、ブレーキ配管終端に設置した自作の反力生成装置によって実現した(Fig.5-3-10)。

以上のようなハードウェア構成により、実車とほぼ同様の操作フィーリングを実現することを狙った。

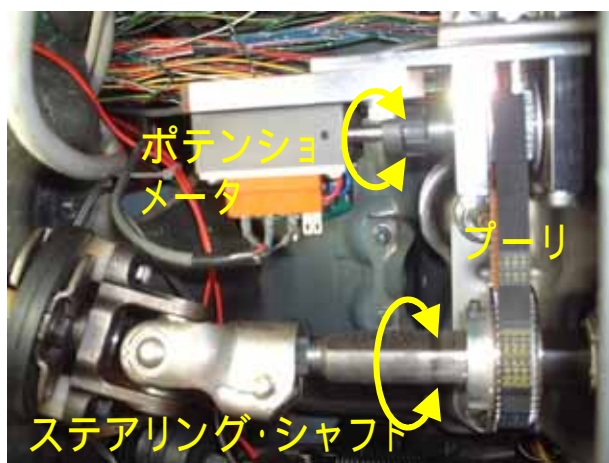


Fig.5-3-4 ステアリング回転角度取得のためのポテンシオメータの取り付け



Fig.5-3-5 アクセル・ストローク取得のためのポテンシヨメータの取り付け



Fig.5-3-6 ブレーキ・ストローク取得のためのポテンシヨメータの取り付け



Fig.5-3-7 ブレーキ踏み込み圧取得のための圧力センサの取り付け



Fig.5-3-8 ペダルへの足の構え取得のための光電スイッチの取り付け



Fig.5-3-9 ステアリングの反力生成機構

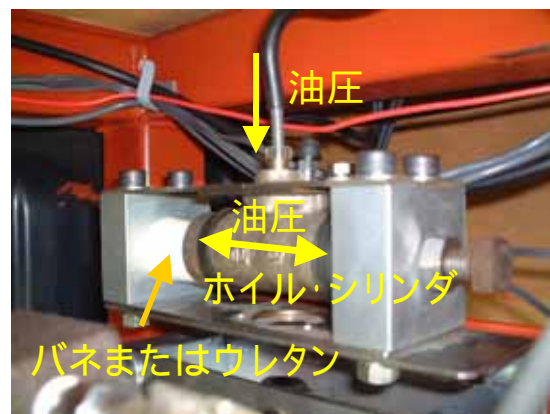


Fig.5-3-10 ブレーキ反力生成装置

5.3.3. 表示系

運転模擬映像の表示用ディスプレイには一般的なブラウン管方式のテレビ(横:縦=4:3、29 インチ、松下電器 TH-29FP3)を用いた。運転模擬用の PC で生成された映像は、PC のビデオカードに内蔵されたテレビ出力機能(ダウン・スキャン・コンバータ機能)を用いてSビデオ信号として出力させ、本ディスプレイに入力させた。また、運転模擬時の音声(走行音など)は本ディスプレイの内蔵スピーカを利用して提示した。

5.3.4. 制御用コンピュータ

TEDDY は、運転模擬用と視線計測用の 2 台のパーソナルコンピュータ(PC)によって制御される構成とした。

運転模擬用の PC(日本コンピューティングシステム VC82400XAS)は、上記の各センサにより取得されたアナログ信号を A/D カード(インタフェース PCI-3522A)によりサンプリングし、後述する車両運動に関する演算を行って、運転模擬用の画面をディスプレイに出力する。

また、視線計測用の PC(Dell Precision 340SD)は、視線計測用のステレオカメラからの映像信号を 2 枚のフレーム・グラバ・カードによりサンプリングし、ドライバの視線に関する演算を行う。

運転模擬用 PC と視線計測用 PC はネットワークで接続されており、視線計測用 PC で演算された視線に関する情報を、運転模擬用 PC に UDP(User Datagram Protocol)で送付する。運転模擬用 PC はこの視線に関する情報をもとに、ドライバの視線位置を運転模擬画面に重畳して表示する。

5.3.5. 視線計測装置

TEDDY には視線計測システム(seeingmachines faceLAB)を実装した(Fig.5-3-11)。faceLAB はステレオカメラによる顔映像にもとづいて、非接触でドライバの視線を検出する。このステレオカメラを運転者前方のダッシュボード上に固定した。



Fig.5-3-11 TEDDY に搭載した視線計測装置(faceLAB)

5.4. ドライビングシミュレータのソフトウェア

5.4.1. ソフトウェアの概要

TEDDY に実装したソフトウェア群の構成を Fig.5-4-1 に示す。以下にそれぞれの詳細について述べる。なお、TEDDY-drive、TEDDY-gaze、TEDDY-view の 3 つのソフトウェアは全て、Microsoft Visual Basic 6.0 にて開発した。

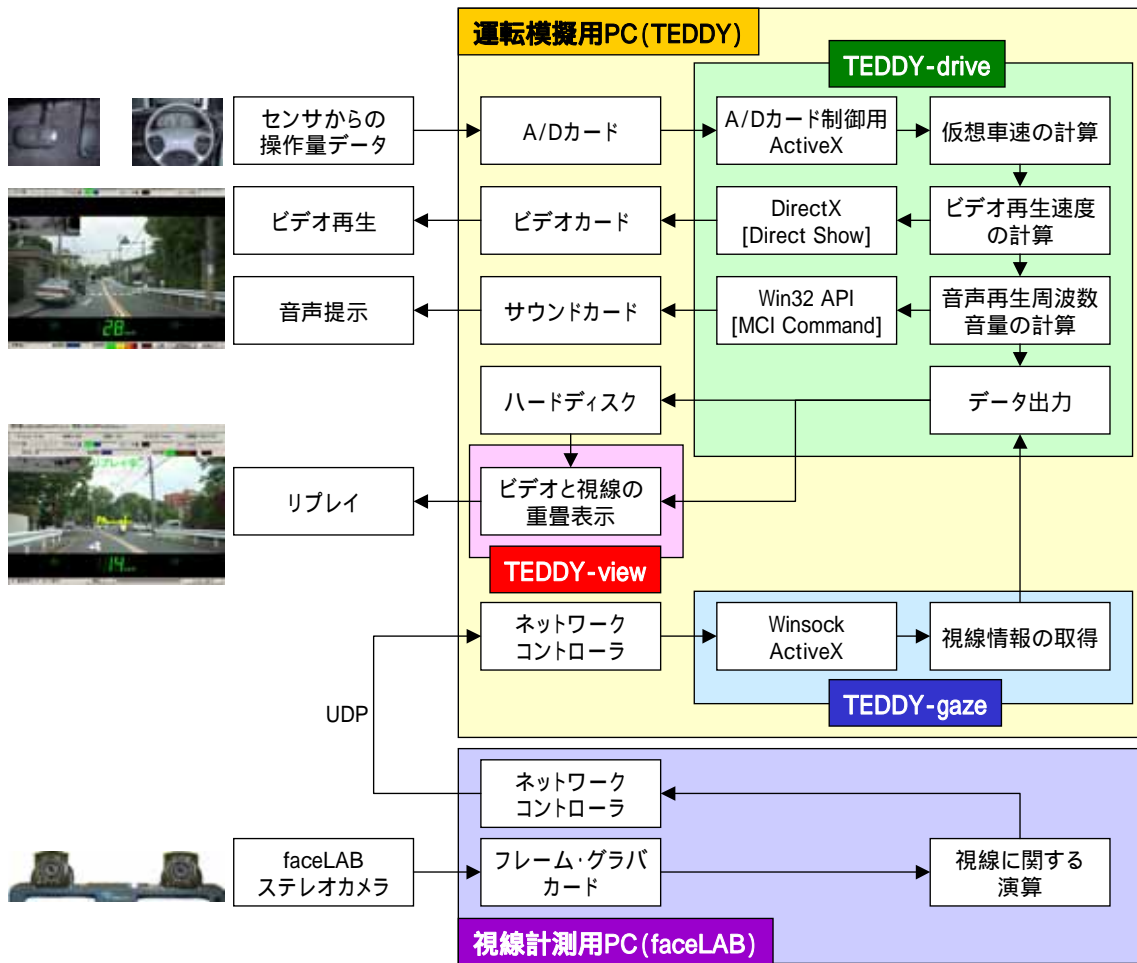


Fig.5-4-1 TEDDY のソフトウェア構成

5.4.2. 運転模擬機能

運転模擬ソフトウェア (TEDDY-drive と呼ぶ) は運転模擬用の材料として、車載のビデオカメラにより撮影された実写ビデオ映像を用いている (Fig.5-4-2)。ドライバによるアクセルやブレーキのペダル操作をもとに、5-4-1 式による簡易的な車速計算を行い、5-4-2 式によってビデオの再生速度 (フレームレート) を変更させて表示することで、ドライバは仮想的に車速を調節することができる。例えば、ビデオが撮影された時の実際の車速 (実車速) が 60km/h で、TEDDY-drive により計算された車速 (仮想車速) が 30km/h であれば、ビデオの再生速度を半分 (15frames/s) にして再

生し、逆に仮想車速が 90km/h であれば、ビデオの再生速度を 1.5 倍(45frames/s)にして再生する(Fig.5-4-3)。

$$v_t = \delta v_{t-1} + \alpha A_t - \beta B_t \quad (5-4-1)$$

ここで、 v_t は時刻 t における仮想車速、 A_t は時刻 t におけるアクセルペダルの踏み込み量、 B_t は時刻 t におけるブレーキペダルの踏み込み量、または、ブレーキペダルの踏み込み圧を示す。 α および β はアクセルとブレーキの加減速への影響を調整する係数である。また、 δ はペダル操作が無くともエンジンブレーキや路面抵抗により車速が減少することを示す係数(ただし $\delta \leq 1$)である。

$$f_t = (v_t / r_t) s \quad (5-4-2)$$

ここで、 f_t は時刻 t におけるビデオ再生速度 (frame rate)、 r_t は時刻 t における計測された実際の車速、 s は元のビデオサンプリングレート(一般的には 30[frames/s])を示す。 v_t と r_t が一致した場合(つまり再生速度の変化が不要な場合)は、撮影時と同じ速度でビデオが再生され、仮想車速 v_t の大きさに応じてビデオの再生速度を変化させる。ただし、あまりにも遅いまたは速い速度での再生は不自然となるため、 $0.5 \leq f_t \leq 1.5$ となるように再生速度の下限と上限を設けた。

また、TEDDY-drive は 5-4-1 式による車速計算結果に基づいて走行音を合成して提示する。提示する走行音として、実車のエンジン音、走行中の音(路面からの騒音や風切り音を含む)を録音し、これらを運転模擬用 PC に実装したサウンドカードのデジタル・サンプリング機能を用いて、周波数と音量を変化させて提示する。



Fig.5-4-2 TEDDY の運転模擬画面



Fig.5-4-3 実写ビデオの再生速度制御による車速変化の模擬

5.4.3. 視線計測機能

視線計測用 PC には faceLAB ソフトウェアが実装されている。faceLAB ソフトウェアは、ステレオカメラにより撮影されたドライバの顔の映像をもとに、視線方向や視線とディスプレイとの交点(視線が向いていた画面上の座標)、瞬目、サッケードなどの視線に関する演算を行う。faceLAB ソフトウェアは、これらの演算結果をネットワークカード経由で UDP(User Datagram Protocol)形式にて送付する。制御用 PC 側では、これら視線に関する情報を受信・解析して、TEDDY-drive のデータとともに記録する(TEDDY-gaze)。

5.4.4. リプレイ機能

TEDDY では、教育的用途を考慮して、TEDDY-drive によって行われた運転模擬の結果と TEDDY-gaze で収集された faceLAB による視線に関する情報を、重畳してリプレイすることができる(TEDDY-view)。リプレイの例を Fig.5-4-4 に示す。



Fig.5-4-4 TEDDY-view によるリプレイ

5.5. 走行シナリオと客観的リスク

5.5.1. 走行映像の撮影

TEDDYの走行シナリオとして利用するための、実車走行中のビデオ撮影を行った。撮影には第4章で利用した実験車を用い、車両前方に向けて設置したデジタルビデオカメラ(SONY DCR-VX2000)により、前方風景をビデオ記録した。また、車両後方に向けて設置されたビデオカメラ(SONY CCD-MC100)にて、後方風景を同時に記録した。さらに、ドライバの運転操作(ステアリング角度、アクセルペダルストローク、ブレーキペダルストローク、方向指示器操作等)や車速を30Hzでパソコンに記録した。

走行にあたっては、自動車教習所の指導員の助言により、教習所において様々な教習・講習で用いている2種類のコース(A, B)を利用した。設定されたコースには、片側2車線の幹線道路、片側1車線の市街地、中央線の無い住宅街などが網羅されていた。2種類のコースはそれぞれ1周約30分であった。実際に走行したコース(名古屋市昭和区周辺)の図をFig.5-5-1に示す。

撮影時のドライバの違いによって撮影される交通状況が異なると考えられたため、設定したコースを、2名の実験者がそれぞれ2種類のコースの両方を走行して撮影を実施した。これにより、約2時間分の映像と走行データを収集した。

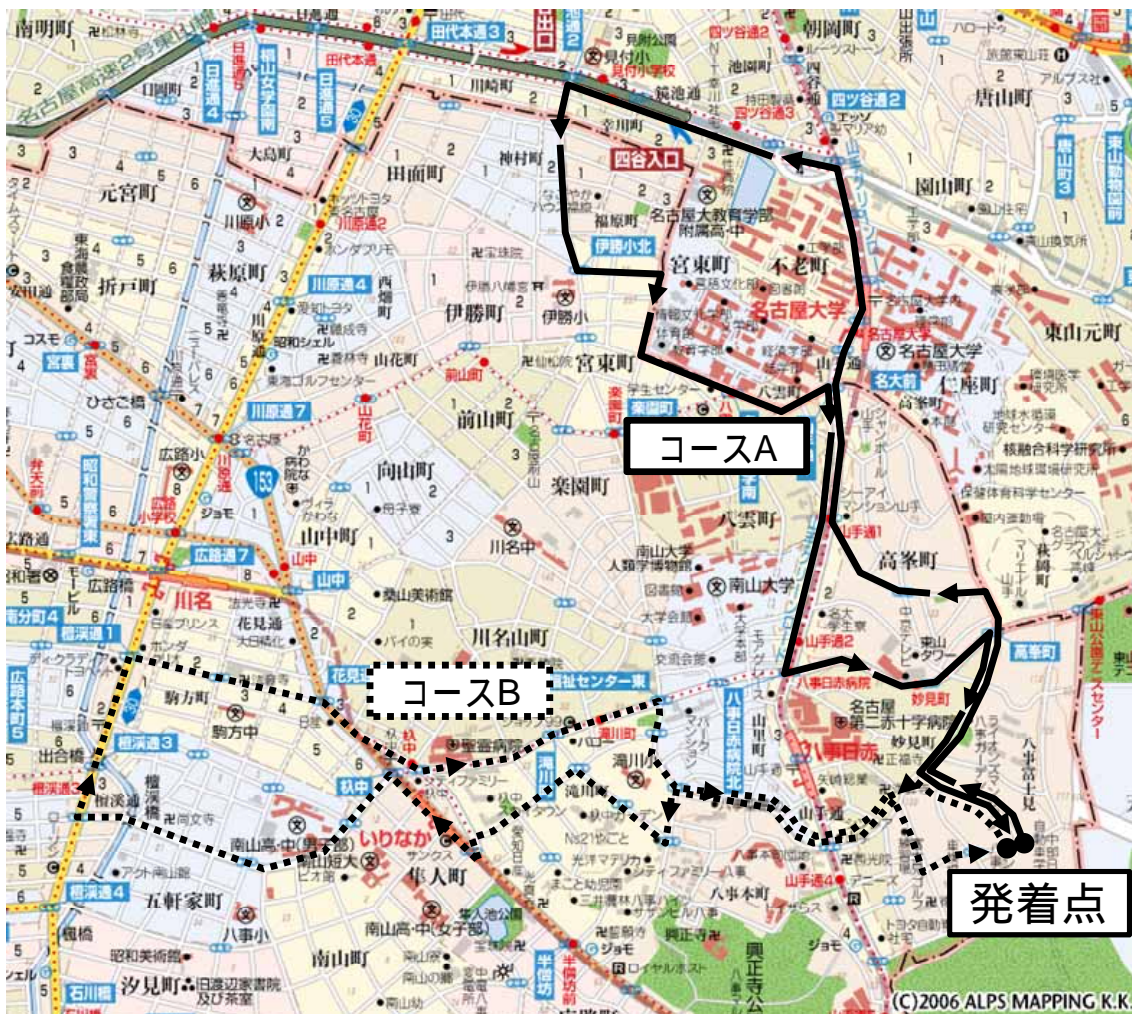


Fig.5-5-1 TEDDY の走行シナリオ用ビデオ撮影で走行したコース図

5.5.2. 走行シナリオの作成

走行ビデオの撮影後、実験者らの判断により、ドライバの危険見積もり能力の評価に相当と考えられる場面を数分間単位で抽出し、AVI デジタルビデオ(640×300 ピクセル、30frames/s、未圧縮)としてパーソナルコンピュータでキャプチャした。キャプチャされた場面の総延長時間は約 10 分間であった。また、後方風景もキャプチャし、左右反転させた後、前方風景ビデオの左上にバックミラー映像として合成し(Fig.5-4-2 を参照)、TEDDY の走行シナリオとした。これらの映像のうち、本章で利用した、約 140 秒の走行シナリオの概要を Fig.5-5-2 に示す。



Fig.5-5-2 本章で用いた走行シナリオの概要

5.5.3. 客観的リスク(指導員の主観的リスク)の取得

作成した走行シナリオを TEDDY に実装し、指導員に TEDDY により模擬走行させた。参加した指導員は 13 名であった(男性のみ、28~58 歳、平均 39.0 歳、S.D. 9.7 歳)。走行中のデータとして、アクセルペダルのストローク、アクセルペダルへの構え、ブレーキペダルのストローク、ブレーキペダルへの構え、ブレーキ圧、車速(5-4-1 式による仮想車速)、ステアリング角度を、ビデオのフレー

ム番号(走行位置に相当する)ごとに記録した。

得られたデータをもとに、SUPREME 法(4-4-1 式)を用いて、各参加者の主観的リスク推定値の時系列を算出した。さらに、5 名の主観的リスクの推定値の時系列について、走行位置 t ごとの平均値を求め、指導員の主観的リスクの平均値を算出した。これを、使用した走行シナリオに対する客観的リスクとした。

なお、SUPREME 法(4-4-1 式)で主観的リスクの絶対値を求めるためには、主観的リスクとは関係が小さい減速や操舵操作の影響を軽減するために、交差点の右左折や信号・一時停止等の場面を抽出し、補正項 M_t を求める必要がある。ここで、TEDDY を用いた場合、ドライバは全く同一の交通状況を走行することができる。つまり、ドライバごとに全く同一の補正係数 M_t を用いることとなる。そのため、SUPREME 法で求められた主観的リスク同士を比較する場合に限れば、 M_t は共通項として結果的に相殺されることとなる。よってここでは、補正項は求めず、実際には以下の簡易式を用いて主観的リスク R_t を求めた。

$$R_t = D_t + S_t \quad (5-5-1)$$

ここで、5-5-1 式は 4-4-1 式から補正項 M_t を除いたのみであり、減速意図 D_t と操舵意図 S_t の求め方は 4 章において既述の方式 (Table 4-4-1 および Table 4-4-2) を用いた。

5.6. 思い込みの評価

5.6.1. 運転リスク指数

指導員の主観的リスクとして、TEDDY の走行シナリオの客観的リスクが定義できたので、あとはドライバ(評価対象者)による TEDDY の模擬運転データをもとにドライバの主観的リスクを求めれば、客観的リスクとの比較から、思い込みの程度を求めることができる。ここでは、具体的な思い込みの程度の求め方として、5-5-2 式による方法を提案する。

$$d_t = (RI_t - R_t) / SI_t \quad (5-5-2)$$

ここで、 RI_t は走行位置 t における指導員の主観的リスクの平均値、つまり、客観的リスクを示す。また、 SI_t は指導員の主観的リスクの標準偏差を示す。この式によって、思い込みの程度 d_t を、ドライバの主観的リスクが客観的リスクから標準偏差何個分離れているかの指数で表現することができる。このとき、指導員の主観的リスクの標準偏差 SI_t が大きいということは、指導員の個人差によるリスクの見積もりのばらつきが大きいことを示している。言い換えれば、客観的リスクとしての確からしさ（確度）が低いことを示す。この SI_t で主観的リスクの差を正規化することにより、客観的リスクの確度が高い（ SI_t が小さい）場面では主観的リスクの差の影響をより大きく、客観的リスクの確度が低い（ SI_t が大きい）場面では主観的リスクの差の影響を小さくすることができる。以降、本方式で算出された思い込みの程度の値 d_t を運転リスク指数 (Driving Risk Quotient; DRQ) と記述する。なお、本研究では、 d_t が正である場合のみを扱い、以降の分析における図でも負の部分は省いて表示することとする。

ここで、十分な人数の指導員の運転から生成された RI_t が正規分布に従うと仮定すると、思い込みの程度 d_t について、 $|d_t| \leq 1$ に指導員の約 68% が、 $|d_t| \leq 2$ に指導員の約 95% が、 $|d_t| \leq 3$ に指導員のほぼ 100% が含まれることとなる。そこで、例えば、思い込みの程度を、 $d_t \leq 1$ なら「低い」、 $1 < d_t \leq 2$ なら「やや高い」、 $2 < d_t \leq 3$ なら「高い」、 $3 < d_t$ なら「非常に高い」と評価することができるであろう。

5.6.2. 思い込みの評価例(思い込み状態の評価)

TEDDY を用いて、実際に主観的リスクの推定と、提案された思い込みの指標 DRQ の算出を試行した例を紹介する。実験参加者は 2 名 (両者とも 28 歳の女性、H と M) であった。

はじめに、約 1 分の練習用の走行シナリオを用い、参加者には TEDDY の操作にじゅうぶんに慣れるまで繰り返し練習走行を行わせた。次に、約 2 分半の走行シナリオ (Fig.5-5-2) を走行させた。TEDDY はこれら走行中の運転操作データをもとに、主観的リスクの推定を行った。推定された主観的リスクの時系列を Fig.5-6-1 に、思い込みの定義 (Fig.1-4-1) をもとに客観的リスクと主観的リス

クの時系列を散布図として描いた図を Fig.5-6-2 に示す。また、主観的リスクと客観的リスクとの比較をもとに運転リスク指数 DRQ を算出し、DRQ が最も大きかった場面を抽出した(Fig.5-6-3 および Fig.5-6-4)。

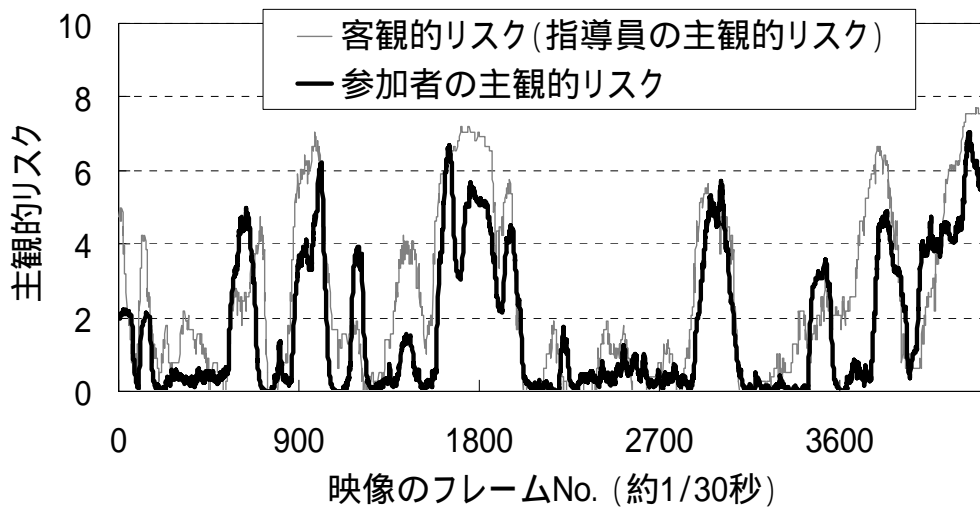


Fig.5-6-1 TEDDY による主観的リスクの推定(参加者 H の例)

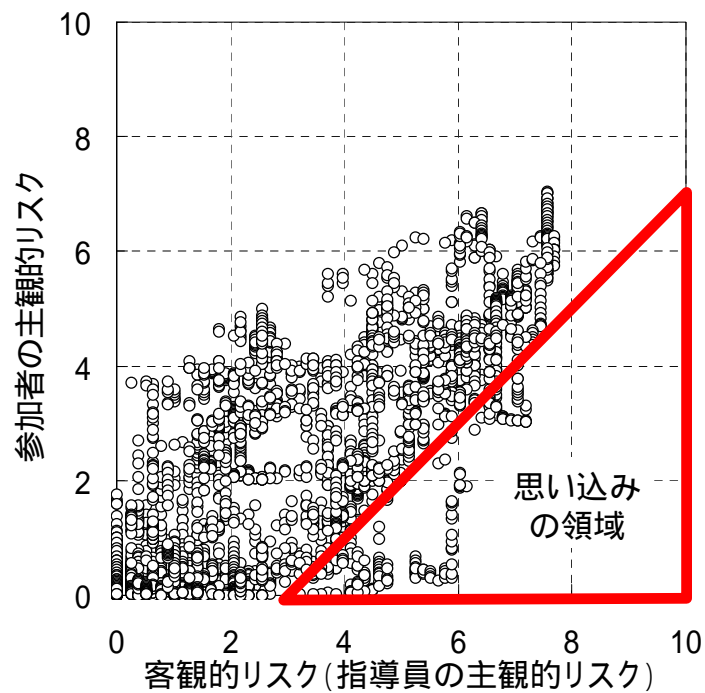


Fig.5-6-2 客観的リスクと主観的リスクとの比較(参加者 H の例)

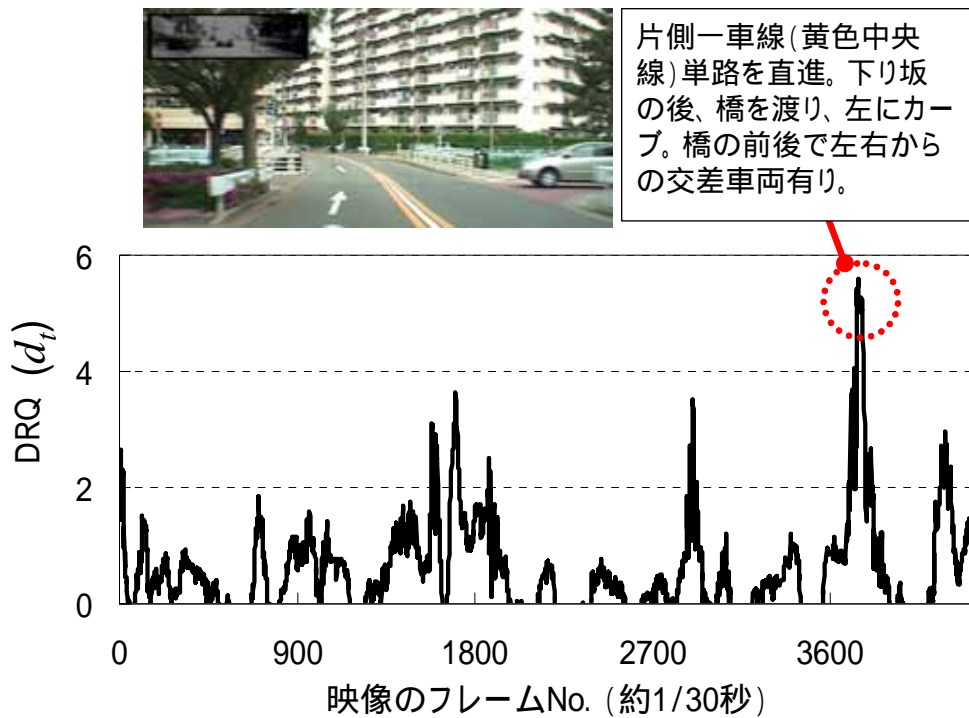


Fig.5-6-3 参加者の運転リスク指数の算出(参加者 H の例)

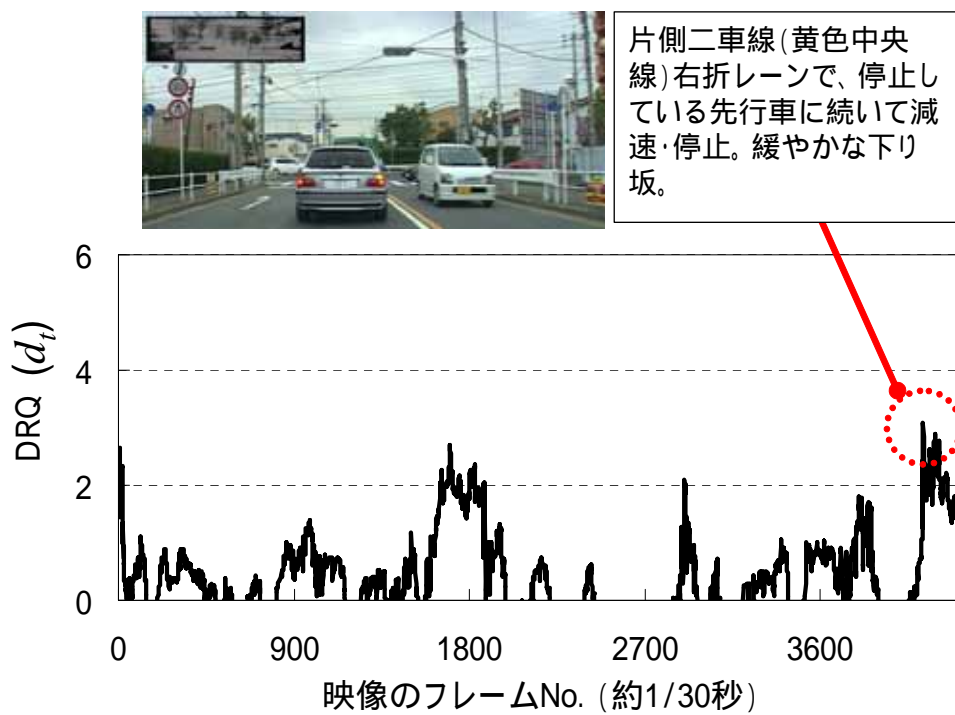


Fig.5-6-4 参加者の運転リスク指数の算出(参加者 M の例)

DRQ が最も大きかったこの場面は、下り坂の後に左カーブになった橋を渡って直進しようとする状況である。橋の手前右側の交差道路から自動車が交差点に向かって進行している。また、橋の出口左側の交差道路からも自動車が交差点に向かって走行している。Fig.5-6-1 によれば、この時点での指導員の主観的リスクは約 5 ポイントを示している(ブレーキを踏んでいる状態)のに対し、参加者の主観的リスクはほぼゼロ(アクセルを強く踏んでいる状態)であった。このような交通状況では、典型的な出会い頭事故が予想される。このような場面にアクセルを強く踏み込んだ状態で進入することは、参加者のリスクの見積もりが甘かった(思い込みの状態にあった)ことを示していると考えられ、TEDDY により思い込み場面が適切に抽出できることが示された。

5.6.3. 思い込みの評価例(思い込み特性の評価)

上述のように、TEDDY による模擬走行により、ドライバが思い込み状態に陥っている特定の場面を抽出することができた。ここでは、ドライバの特性としての思い込みやすさの傾向を定量的に評価する方法について提案する。ドライバの思い込みやすさの程度 Q を、ある走行シナリオ全体における DRQ の平均値として定義し、これを定量的に求める方式を 5-6-1、5-6-2 式に示す。

$$Q = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T d'_t \quad (5-6-1)$$

$$d'_t = \frac{1}{2} \{ \text{sign}(d_t - 1) + 1 \} d_t \quad (5-6-2)$$

5-6-2 式は、運転リスク指数 DRQ(d_t)が 1 以上(「やや高い」以上)の場合は $d'_t=d_t$ とし、1 未満の場合は $d'_t=0$ とすることを意味する。つまり、 Q は DRQ が「やや高い」以上に評価された区間の d_t を積分し(Fig.5-6-4)、走行コース映像の総フレーム数 T で除したものであり、 Q が大きいほど、その走行コース中に思い込みの高い場面が数多く存在したか、または、思い込みの高い状態が長く継続し

たことを示す。

例えば前項の参加者の場合、思い込み特性の値は参加者 H が $Q=0.397$ 、参加者 M が $Q=0.278$ と算出された。参加者 H は M に比べて約 1.4 倍、思い込みの高い状態が多く、より思い込みに陥りやすい特性を持つドライバーであるといえる。

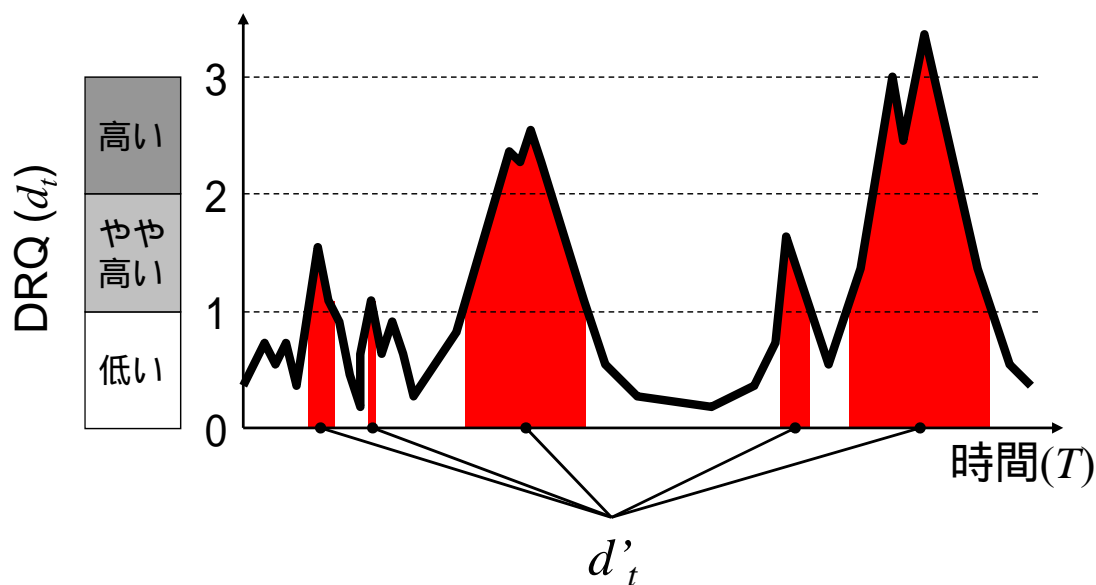


Fig.5-6-4 ドライバの思い込み特性(Q)の算出イメージ

5.7. 本章のまとめ

本章では、ドライバーの模擬運転操作から、そのドライバーの思い込みの程度を定量的に評価したり、ドライバー間で思い込みの程度を定量的に比較したりすることができるドライビングシミュレータ(DS)、TEDDY(Toyota Educational Driver-Diagnosis System)を開発した。TEDDY は実車部品をもとに製作され、ペダルやステアリングの操作感も実車に近づくように工夫された。また、走行シナリオとして、実車走行中に撮影された実景ビデオを利用した。これにより、コンピュータグラフィックス(CG)では得にくい臨場感を得ることが可能となり、特に主観的リスクの評価に適した DS として実装された。

一方、TEDDY では、CG では可能な「自由な進路の選択」ができない。実景ビデオの再生速度

を変更して車速の変化を模擬することはできるが、ビデオであるという原理上、撮影された進路を走行することしかできない。この点では、TEDDY は一般的な DS より劣るとも言える。しかしながら、TEDDY はドライバの思い込みの評価に特化した DS である。走行の練習を行うことを目的とした DS であれば、ステアリング操作による進路の選択ができなければならないが、危険予測を行う用途に限定すれば、進路の選択は必須ではないと考えられる。TEDDY でドライバが実行するタスクは、あらかじめ指示された進路の中で、交通状況のリスクの大きさに応じた車速を選択するタスクとして捉えればよい。実景ビデオには、CG では得にくい臨場感と、実際にハザードを危険と感じさせる現実感があるため、進路選択ができないデメリットよりも、実景ビデオであるメリットの方が大きいと考えられた。

ここで、運転操作をもとにした主観的リスクの推定には、第 4 章で提案された SUPREME 法を用いた。また、実測では定量化が困難な客観的リスクについては、自動車教習所指導員の主観的リスクとして定義し、指導員の主観的リスクの実測値を用いた。これら主観的リスクと客観的リスクとを比較し、客観的リスクの確度(指導員の主観的リスクの標準偏差)の影響も考慮して、思い込みの程度を運転リスク指数(Driving Risk Quotient; DRQ)として求める方法を提案した。これらの提案方法・システムにより、実際に、定量的な DRQ として思い込み評価が行えることを確認した。また、特定ドライバの DRQ を求めるだけでなく、異なるドライバ間の思い込みの程度も定量的に比較可能であることを示した。これにより、交通事故の人的要因のなかでも重要と言われているにもかかわらず従来定量的な評価が困難であった「思い込み」について、簡易に定量的な評価を行うことができるようになった。このように、TEDDY は、運転教育用の DS としての基本性能を十分に備えていると考えられた。

ここで重要なことは、TEDDY には、指導員の主観的リスクが実装されているのみであり、交通状況の危険性に関する定性的な情報は、実験者側ではあらかじめ何も備えていないことである。例えば従来の危険感受性テストにおいては、テストの開発者や実施者が、あらかじめ対象とする交通状況を吟味し、場面に存在するハザードを特定しておく必要があった。この際、具体的にどのような対象物をハザードとし、その場面のリスクをどの程度に見積もるかについては、明確な基準が無く、テスト開発者や実施者の主観に頼るしかなかった。TEDDY は、指導員の走行データをもとにした客観的リスクの情報と、ドライバの走行データをもとにした主観的リスクの情報のみから、危険予測において典型的な交通状況を、実験者側の主観的な操作を経由せずボトムアップに抽出することができた。これは、ドライバの危険予測に関して、科学的・客観的なアプローチが可能になったこと

を意味している。

また、このことは、運転教育システムとして応用する際にも大きな利点であると言える。運転教育の効果を上昇させるには、教育を受けるドライバに対する納得性が重要であると考えられる。明確な基準が無く選択されたハザードに対するリスク見積もりが低いと指摘された場合、指摘を受けたドライバにとっては、「なぜ」そのハザードが危険なのか、納得しにくいことが予想できる。TEDDY に実装された客観的リスクについても、明確な基準があるわけではないが、複数の指導員の平均的運転操作として定義されており、かつ、指導員のばらつきも考慮して思い込みの評価が行われている。つまり、ある特定の開発者の主観ではなく、多くの指導員が一般的に危険と感じる対象物に対するリスク見積もりに限定して、思い込みの評価が行われる。これにより、教育を受けるドライバの納得性は大いに向上することが期待できる。

しかしながら、現状の段階では、TEDDY で算出される運転リスク指数(DRQ)の意味や妥当性は十分に明らかとはいえない。DRQ は客観的リスクと主観的リスクとの差として定義されるが、この差がどのような意味を持っているのか、ドライバのどのような個人特性によってこの差が生じるのか、この差がどのように運転の特徴に影響を及ぼすのか、といった DRQ の性質について、より詳細な分析が必要である。そのためには、DRQ とドライバ特性を測定する従来指標との関係を解析していく必要がある。

また、客観的リスクと主観的リスクとの差であるため、DRQ の絶対値自体の意味は、現状では明らかではない。例えば Fig.5-6-3 において、参加者の DRQ は約 6 ポイントと算出されたが、その絶対値がどの程度の問題を意味するのか、比較対象が無い。DRQ の大きさを標準的に扱っていくためには、より多くのドライバに TEDDY による走行を行わせ、様々な属性(例えば年齢層や性別等)ごとの標準的な DRQ 値を把握しておく必要がある。

さらに、運転教育に応用するためには、TEDDY で運用可能な走行シナリオのバラエティを増やしていく必要がある。現状では紹介した 2 分半程度のシナリオしか利用できないし、その中には限られた危険な場面しか含まれていないと考えられる。また、上述のように、TEDDY はあらかじめ危険予測の定性的な知識を備えていないことが特徴であるが、この特徴は一方では、どのような場面で思い込みが発生するのかを、あらかじめ予想できないことを意味する。実際の教育現場での利用を想定した場合、ある程度教育に利用できる場面を特定できたほうが便利であることも事実である。そのためには TEDDY を多くのドライバに適用する中で、多くのドライバにおいてよく指摘される場面を特定していくことが必要であろう。また、そのような知見に基づいて、ある程度トップダウンで

走行シナリオを選択できるような仕組みも有用であろう。

そこで以降の章では、TEDDY を多くのドライバーに対して適用して、上述のような課題に対して取り組んでいくこととする。これにより、TEDDY を有用な運転教育システムとして活用していくための基礎検討とすることを狙う。

第6章 ドライビングシミュレータによる思い込み評価

主に高齢ドライバを対象として一

6.1. 本章のねらい

ドライバの模擬運転から、そのドライバの思い込みの程度を運転リスク指数(DRQ)として定量的に測定することができるドライビングシミュレータ TEDDY を前章までに開発した。しかしながら、TEDDY で測定される DRQ の妥当性やドライバ特性との関係については明らかではない。また、DRQ 値の意味づけのためには、様々なドライバの属性ごとの平均的な DRQ 値を把握しておく必要がある。本章では、多くの一般ドライバに対して TEDDY の模擬運転を実施し、同時に測定された伝統的なドライバ特性指標との関係を分析することで、TEDDY によって測定される DRQ の妥当性について詳細に検討することを目的とした。また、特に高齢ドライバと非高齢ドライバとの比較を通して、年齢層や交通状況の種類による DRQ の特徴を把握することを目的とした。

まず、TEDDY によって測定される DRQ と事故親和性との検討を行った。DRQ はドライバの危険感受性の低さを示す指標である。さらに、単なる危険の発見・指摘能力としての危険感受性ではなく、危険の見積もりや予測、そして最終的に的確な危険回避のための操作(およびその準備)を行えるか否かまで含めた能力を測定することを目的として開発してきた。よって DRQ の大きさは、事故親和性(事故を発生させるドライバの傾向)と関連していることが期待される。

事故親和性(事故傾性とも呼ばれる)は一般的に、実際に交通事故を発生させた回数として定量化され、所属する集団において事故回数が平均より有意に多い者は事故多発者と呼ばれる。しかし、第 5 章でも述べたように、個人における交通事故の発生リスクは非常に低く、結果としての交通事故発生回数のみからドライバの事故親和性を定量化するには難がある。これに対して Maruyama et. al. は、事故多発者にみられる、思考よりも行動が先に出る特性(行動優位性、先急ぎ傾向とも呼ばれる)を測定するために、速度見越反応検査 (Speed Anticipation Reaction Test;

SART) [55] を開発した。実際に SART により、事故親和性の高さが評価され、事故多発者を弁別できることが知られている。そこで本章では、SART によって測定される事故親和性と、TEDDY によって測定される思い込みの程度との関係を分析することとした。

また、DRQ は、危険の予測や判断(リスク見積もり)の甘さを測定することを目的している。しかしながら TEDDY では、ドライバの主観的リスクの大きさを推定する方法として、回避に関連する運転操作の情報を用いた SUPREME 法を採用している。そのため、最終的な DRQ の値は、ドライバのリスク見積もりの大きさのみでなく、ドライバの運転操作(行動)の速さや正確さにも大いに影響を受ける可能性がある。そこで、ドライバの判断過程の情報処理速度、行動過程の情報処理速度、およびそれらの安定性等との関連を検討することとした。

このようなドライバの情報処理過程の性能を測定しようとする運転適性検査として、稲葉による C-C-No.テスト(Cybernetic Control Number Test)が挙げられる[56]。C-C-No.テストでは、ボタン押しによる単純反応課題と、画面に表示された図形に対応するボタンを押す選択反応課題の成績をもとに、判断速度、行動/判断バランス、判断の安定性、といったドライバの情報処理の特性を測定することができる。

一方、様々なドライバの中でも、危険感受性の低さ・低下が問題視されている者として、高齢ドライバが挙げられる。従来の高齢ドライバに関する研究は、視力、筋力、反応速度等といった、加齢に伴う各種身体的な衰えを扱うものが多かった[57-59]。しかしながら近年では、より高次の認知機能の低下として、危険感受性の低下が注目されるようになり、危険感受性トレーニングによる安全運転への効果が検討されている[60]。

そこで、特に高齢ドライバに対して TEDDY による模擬運転を適用して、非高齢ドライバとの比較を行って、高齢ドライバにおける DRQ の量的な比較を行った。これにより、TEDDY が幅広い年齢層に適用できる可能性や、各年代における DRQ 値の標準的な値を把握することとした。さらに、質的な検討として、高齢ドライバにおいて特異的に DRQ が大きくなりやすい交通状況の抽出を試みた[61-67]。これにより、今後 TEDDY に走行シナリオを追加していく際の参考とするとともに、高齢ドライバに対する運転教育や運転支援のあり方を検討していくための基礎資料を得ることを目的とした。

6.2. 実験方法

6.2.1. 実験参加者

60 名が実験に参加した。参加者の内訳は、高齢ドライバー 29 名(65～79 歳、平均 72.5 歳、全て男性)、非高齢ドライバー 31 名(24～63 歳、平均 37.7 歳、男性 24 名、女性 7 名)であった。

高齢ドライバー参加者は、自動車教習所に高齢者講習(70 歳以上で運転免許を更新する際に受講義務がある法定講習)を受講に来校したドライバーの中から任意に協力をお願いした者、および、シルバー人材センターより派遣された者であった。いずれも運転免許証を保有して日常的に(週に一回以上)自動車を運転し、かつ、運転に必要な視力を有していた。また、以降のデータ分析では、高齢ドライバーを「前期高齢ドライバー」(18 名、65～74 歳、平均 70.1 歳)と「後期高齢ドライバー」(11 名、75～79 歳、平均 76.6 歳)に分けて行うこととした。

また、非高齢ドライバー参加者は研究所 T の研究所員であった。

6.2.2. 走行シナリオ

TEDDY の走行シナリオとして、Fig.6-2-1 のような 2 種類(S1、S2)を用意した。それぞれ、S1(約 4 分)は幹線道路から住宅街を走行し、主に交差点の右左折や一時停止などが多いコースであり、S2(約 2 分半)は住宅街を走行し、主にカーブや上り下りの多いコースであった。なお、S2 は第 5 章で用いたシナリオと同一であったが、第 5 章の実験参加者は本章の実験には参加していなかった。S1 と S2 の走行シナリオはいずれも名古屋市内(昭和区周辺、Fig.5-5-1 参照)を実験車で走行し撮影したものであった。また、これ以外に、練習用のコースとして 1 種類(S0、約 1 分半、終始幹線道路を直進)を用意した。

なお、ビデオ撮影にあたっては、車内バックミラー下部から車両前方に向けてデジタルビデオカメラ(SONY DCR-VX2000)を設置して車両前方風景を、また、後部座席後部から車両後方に向けて CCD カメラ(SONY CCD-MC100)を設置して車両後方風景を撮影して、DV テープに記録した。撮影後、前後方向のビデオ映像をパソコンでキャプチャし、後方風景映像を前方風景映像の

左上隅にバックミラー映像として合成し、最終的に 640x300 ピクセルの AVI ビデオファイル (29.97frames/s、24bit カラー、未圧縮)を作成し、TEDDY に実装した。

S1(約4分、7,193フレーム)		S2(約2分半、4,348フレーム)	
	先行車に続いて発進		先行車(大型トラック)に続いて発進、追従
	黄信号で交差点に進入、左折		路上駐車車両の追い抜き(駐車車両に乗り込む人)
	路上駐車車両の追い越し		黄信号で交差点に進入、交差点内で赤信号、対向右折車あり、左折
	幹線道路直進、ゆるい下り坂		路上駐車車両の追い越し
	信号交差点を左折、対向右折車が先に右折		先行車に続いて停止、先行車微速前進
	対向車線の路上駐車車両、対向車のはみ出し		上り坂の右カーブ、左方から横断歩道に向かう自転車あり
	信号交差点を左折、対向右折車、自転車あり		急な上り坂、頂上の向こうが見えない
	先行自転車		急な下り坂の右カーブ、対向車、左前方に交差点道路あり
	一時停止後に右折		急な下り坂の後の信号交差点、直進
	急な下り坂、急な上り坂		路上駐車車両(工事車両)
	一時停止後に左折		急な下り坂、左右からの交差車両あり
	対向車線の路上駐車車両		右折レーンで先行車に続いて停止

時間 ↓

Fig.6-2-1 走行シナリオの概要

6.2.3. 事故親和性の測定 (速度見越反応検査)

事故親和性を測定するために、速度見越反応検査用のコンピュータプログラムを自作した (Fig.6-2-2)。反応の測定はパソコンに接続されたゲーム用コントローラのボタンを用いた。参加者がボタンを押すと、画面の右端から小さな赤い自動車(ターゲット)が一定の速度で移動を始めた。ターゲットはビルの形を模した遮蔽物の陰に隠れ、移動を停止した。参加者は、ターゲットがそのままの速度で移動し続けていると仮定して、ビルの左端から再びターゲットが現れると思われるタイミングでボタンを押した。

参加者は1~2回の練習試行の後、10回連続で本試行を実施した。ターゲットの隠蔽からボタン押しまでの時間を「見越時間(Anticipated Time; AT)」として10回分記録した。なお、ターゲットの隠蔽から、遮蔽物の左端からターゲットが出てくるまでの客観的な時間(移動速度と遮蔽物の幅により決定される)は2.08sであった。また、客観時間については参加者には知らせなかった。

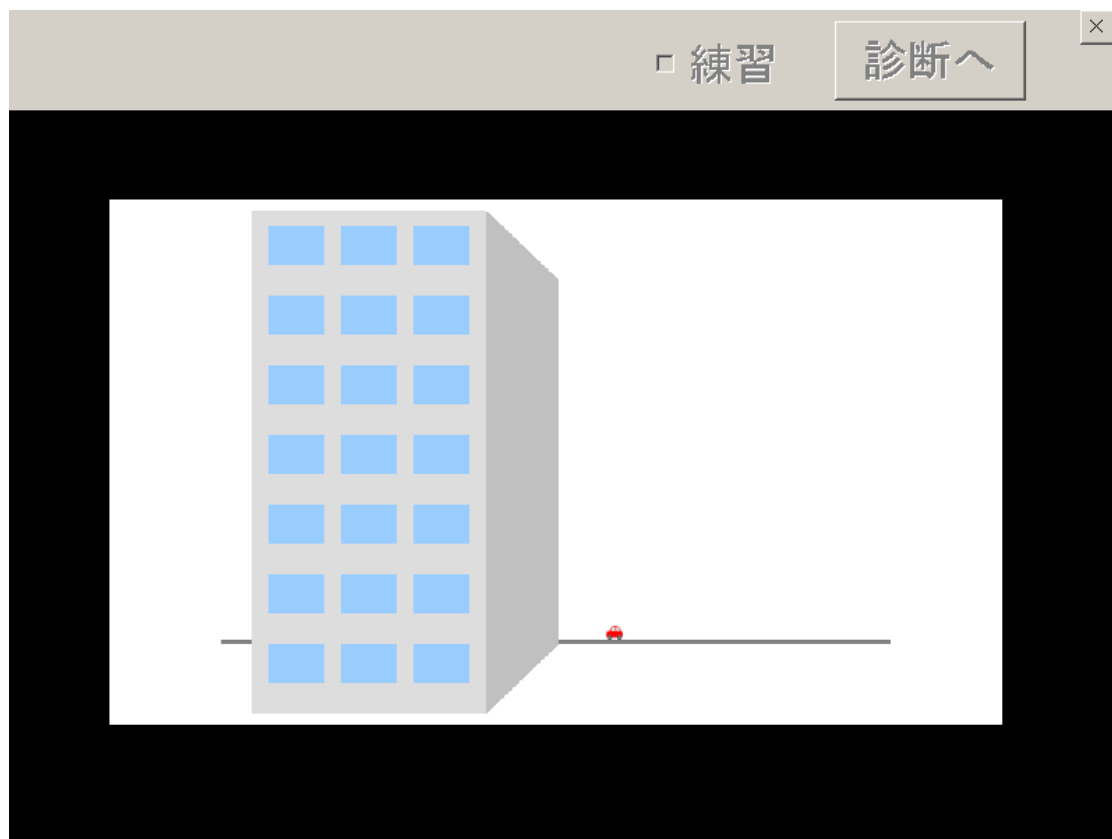


Fig.6-2-2 速度見越反応検査の画面

6.2.4. 情報処理特性の測定 (C-C-No.テスト)

参加者の(判断と行動の)情報処理特性を測定するために、C-C-No.テスト用のコンピュータプログラムを自作した(Fig.6-2-3)。反応の測定はパソコンに接続されたゲーム用コントローラのボタンを用いた。テストは2種類の課題で構成され、参加者は選択反応課題、単純反応課題の順に実施した。選択反応課題では、円(○)、三角形(△)、四角形(□)の三種類の図形がランダムな順序で参加者に提示された。参加者は、円なら数字の1が刻印されたボタン、三角形なら数字の2が刻印されたボタン、四角形なら数字の3が刻印されたボタンを、なるべく早く正確に押すように教示された。ボタンが押されるとすぐに次の図形が表示され、ボタンが押されるまでは同じ図形が表示され続けた。次に、単純反応課題では、画面に「開始」と表示されたら、1が刻印されたボタンと3が刻印されたボタンを交互に、できるだけ早く押させた。なお、いずれの課題も1試行あたりの制限時間は10sであった。選択反応課題については3試行、単純反応課題について2試行実施させた。また、いずれの課題についても、参加者には右手の親指でボタン押しを行わせた。

これらの試行で得られた、選択反応課題における正反応回数(n)、単純反応課題における反応回数(n')をもとに、判断速度(T_0)、判断/行動バランス(B)、判断の安定性(k)を以下のように求めた。

$$T_0 = \frac{L}{n} - \frac{L}{n'} \quad (6-2-1)$$

$$B = n' / n \quad (6-2-2)$$

$$k = n_N / n_m \quad (6-2-3)$$

ここで、 L は各課題の制限時間を示し、一般的には本章のように 10(s)である。 n_N は選択反応課題における正反応回数(n)の最大値、 n_m は最小値を示す。

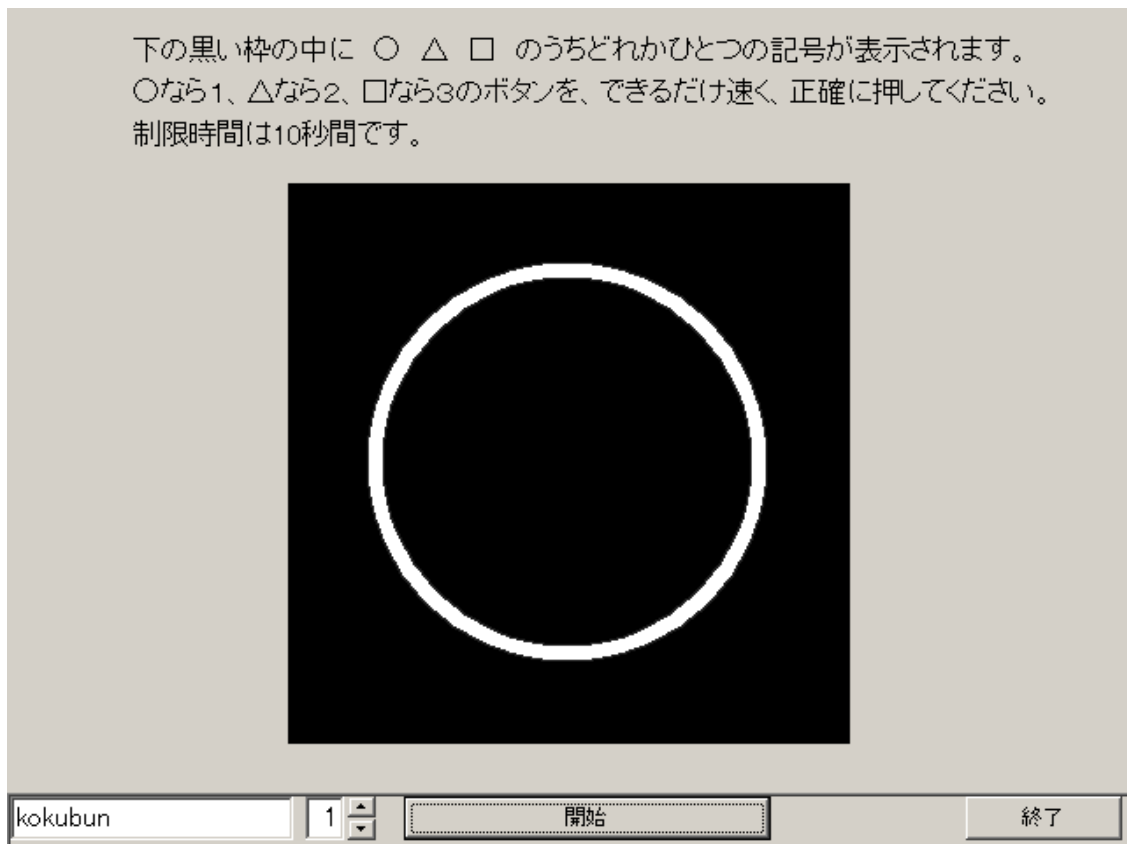


Fig.6-2-3 C-C-No.テストの画面(選択反応課題)

6.2.5. 手続き

参加者1名あたりの実験の所要時間は40～60分程度であった。

参加者にTEDDYに搭乗させた後、普段の運転時と同程度の運転姿勢となるようにシート位置とステアリングのチルトを調整させ、シートベルトを装着させた。その後、視線計測装置の校正を行った。

TEDDYの運転方法に関する簡単な説明の後、練習用のコース(S0)を走行させ、ペダルやステアリングの操作性やペダル操作による加減速の程度などについて、TEDDYでの運転模擬の感覚をつかんでもらった。なお、参加者が「十分慣れることができた」と感じられるまで、練習用コースを繰り返し走行させた。

本試行用のコース2種類(S1とS2)を、全ての参加者についてS1、S2の順序で走行させた。S1とS2の間には、参加者が疲労などを感じなくなるまで十分に休憩をとらせた。また、走行途中であっても、参加者が車酔いのような症状(シミュレータ酔い)を感じ、走行が困難と判断した場合は即時申告させ走行を中断した(S1かS2のどちらか一方でも中断された走行があった参加者については上記参加者数や以降の分析に含んでいない)。なお、走行にあたっては、特に気負わず普段どおりの運転を行うように教示した。

TEDDYの走行後に、時間に余裕があった参加者にのみ、速度見越反応検査、および、C-C-No.テストを実施してもらった。その結果、速度見越反応検査については上記60名中54名(男性47名、女性7名、24~77歳、平均52.1歳)が実施した。また、C-C-No.テストについては、上記60名中23名(男性18名、女性5名、26~51歳、平均39.0歳)が実施した。

6.3. 運転リスク指数の分析

6.3.1. 運転リスク指数の全体的特徴

60名の全参加者の運転リスク指数(DRQ)を計算し平均値を求めた結果、走行シナリオS1の走行開始後約2分半後(4584フレーム目)において、最も大きなDRQ($d_t = 3.53$)が観測された(Fig.6-3-1左図)。この場面は、中央線のある片側1車線の道路において、自転車前方の道路左側端を自転車が走行している。安全に自転車を追い越すためには中央線を越えて対向車線にはみ出して走行する必要がある。しかしながら、対向車が接近しているため、対向車線を越えて走行することも危険な場面である。よって、減速して対向車をやり過ぎした後、左側方の間隔を十分に広く取って自転車を追い越すことが、適切な危険予測に基づく運転行動であると考えられる。

この場面の前150フレーム(約5s)から後60フレーム(約2s)における、教習所指導員と参加者の走行速度の平均値をみると、指導員は対向車が接近する手前から減速を開始し、自転車近傍では10~15km/hの車速であったのに対して、参加者たちはこの場面の直前まで減速せず、自転車近傍での車速は20~23km/hであった(Fig.6-3-1右図)。また、なかには、対向車が接近する前

に追い越しを終えようと加速する参加者も観察された。参加者たちの絶対的な車速自体は高すぎるとはいえないが、このような減速の意図の小ささが、DRQ の大きさとして算出されたものと考えられた。

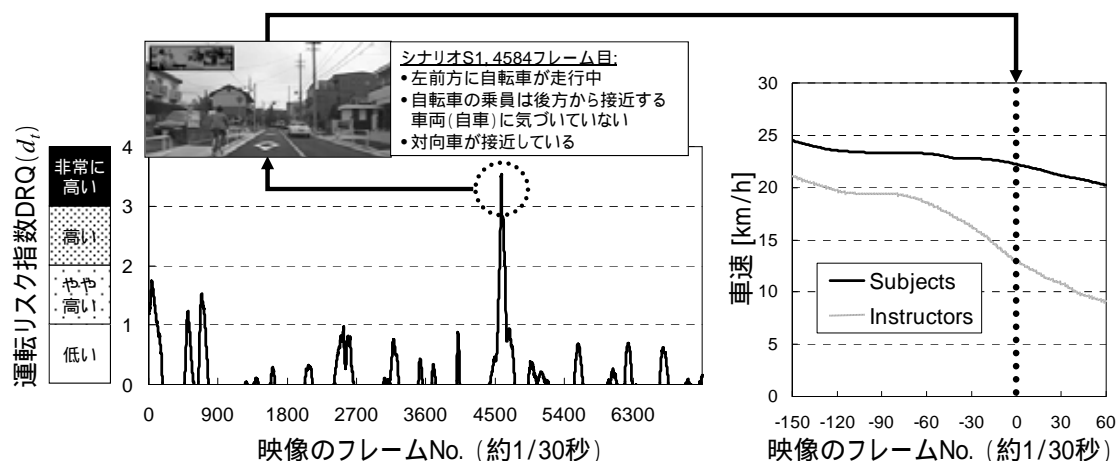


Fig.6-3-1 60名の参加者の運転リスク指数の平均値

6.3.2. 思い込み特性と事故親和性との関係

速度見越反応検査(SART)の10回の試行から54名の参加者の見越時間(AT)の平均値を求めた。このATをもとに、参加者を尚早群(AT < 1.5s だった者20名)、適正群(1.5s ≤ AT ≤ 2.5s だった者26名)、遅延群(AT > 2.5s だった者8名)の3群に分けた。また、各参加者のDRQをもとに5-6-1式および5-6-2式によって思い込み特性Qを算出した。

各群における思い込み特性Qの平均値をFig.6-3-2に示す。分散分析の結果、群の主効果が有意であった[F(2, 51) = 4.32, p < .05]。そこで、LSD法(Fisher's Least Significant Difference Test)による多重比較を行ったところ、尚早群のQが適正群に比べて有意に大きかった(p < .01)。また、遅延群のQは適正群に比べて有意に大きい傾向を示した(p < .10)。

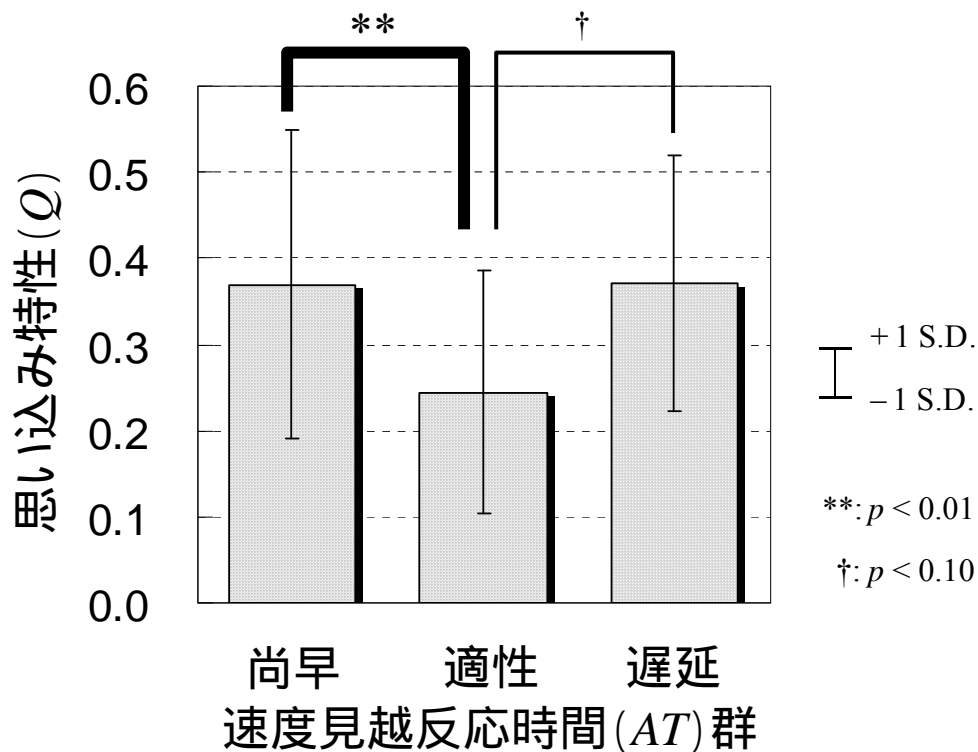


Fig.6-3-2 速度見越反応検査と TEDDY による思い込み特性との関係

SART における尚早反応は、特に、ドライバの行動優位性(先急ぎ傾向)を測定していると言われている。例えば前項で観察された思い込み場面(Fig.6-3-1)において、自転車の後方で減速せずにむしろ加速する参加者もみられたが、このような行動はまさに先急ぎ傾向が具体的に現れたものであると考えられる。先急ぎ傾向が強い者(SART で尚早反応が多い者)は、危険が予測される場面で減速の意図が小さく、むしろ加速する意図を示すこともあるであろう。これらの意図は具体的にはペダル操作に現れ、SUPREME 法(4-4-1 式)によって求められる主観的リスクの値(R)は小さくなる。これにより、客観的リスク(指導員の主観的リスク)との差として求められる DRQ や、DRQ の積分である思い込み特性 Q の値は大きくなる。このような、ドライバの先急ぎ傾向を背景とした危険感受性の低さを、TEDDY による自然な運転模擬から測定できることが確認された。

また、事故多発者は SART における尚早反応が多いと言われている。SART の従来研究では、尚早反応と事故数(事故率)との関連に着目されてきたが、行動優位性が具体的にどのような運転行動に関与しているかについては触れられてこなかった。TEDDY によって、先急ぎ傾向と、ペダ

ル操作としての具体的な行動との関連が示唆された。さらに、TEDDY によって思い込み特性が高いと判定された者は、実際に事故親和性が高いことが示唆された。

一方、SART で遅延反応が多い者に関しては、従来研究ではあまり着目されてこなかったが、本実験では、遅延反応が多い者でも思い込み特性 Q が大きかった。このメカニズムについての考察は、次節の結果とあわせて後述する。

6.3.3. 思い込み特性と情報処理特性との関係

C-C-No.テストを実施した 23 名の参加者について、判断速度(T_0)、判断/行動バランス(B)、判断の安定性(k)を 6-2-1 から 6-2-3 式を用いて算出した。次にこれら三つの指標それぞれの中央値に基づいて参加者の群分けを実施した。判断速度(T_0)については遅滞群と迅速群の 2 群に、判断/行動バランス(B)については行動優位群と判断優位群の 2 群に、判断の安定性(k)については安定群と不安定群の 2 群に参加者を分割した。

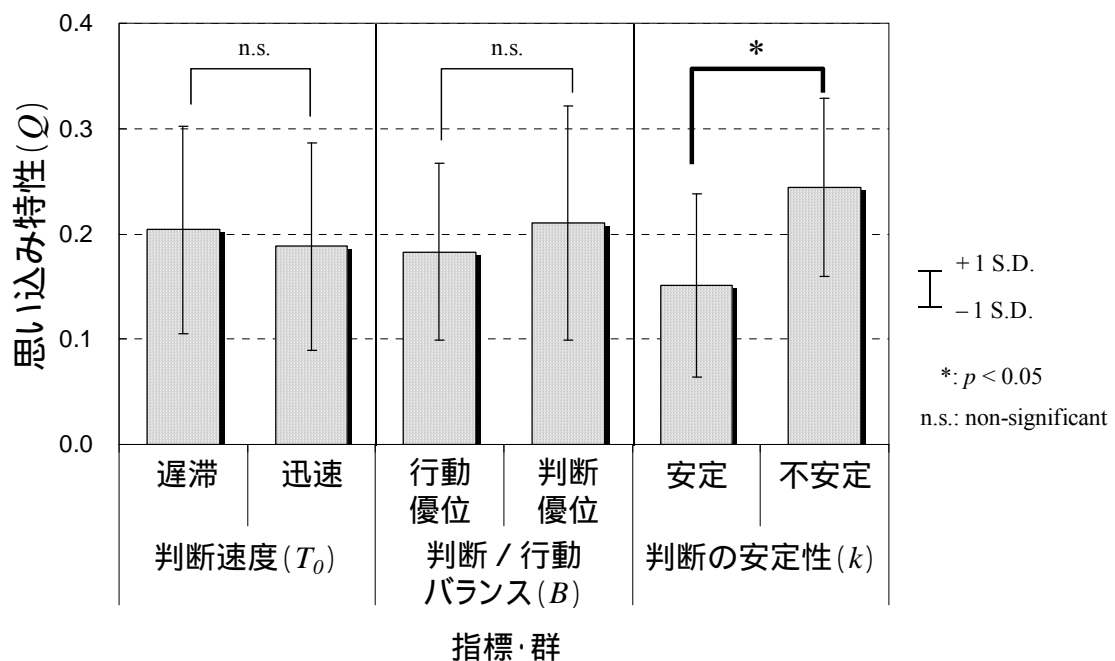


Fig.6-3-3 C-C-No.テストと TEDDY による思い込み特性との関係

各群における思い込み特性 Q の平均値を Fig.6-3-3 に示す。各指標の 2 群間について t 検定を行ったところ、 T_0 と B については群間で Q に差はみられず、判断の安定性を示す k においてのみ、群間で Q に有意差がみられた [$t(21) = 2.59, p < .05$]。これによると、判断の不安定群の Q が安定群に比べて有意に大きかった。

判断速度の 2 群に差がみられなかったことは、TEDDY によって測定される運転リスク指数 DRQ や思い込み特性 Q が、単なる判断の遅れの側面ではなく、判断の質的な側面を反映していることを示唆している。同様に、単純な行動優位の傾向を測定しているものでもないことが示唆された。ここで、前項では、SART において尚早傾向を示した者、つまり行動優位傾向の高い者で Q が大きいとされた。これらの結果の矛盾については、以下のように解釈することができる。

C-C-No.テストで測定される情報処理の特性は、単純な図形の認知・判断と、単純なボタン押しを利用した行動の反応速度である。これらは、自動車の運転者としての特性というよりは、人間としてその者が持っている基礎的な情報処理の特性を測定しているものと言える。一方 SART では、一定の速度で運動している物体の速度の認知をもとに、その物体の将来位置を予測する能力を測定していると考えられる。よって、一概に行動優位性といっても、C-C-No.テストに比べて、SART のほうがより自動車ドライバとしての情報処理に近い特性を測定していると言える。つまり、人間としての基礎的な特性としては判断や行動のバランスに問題がなくとも、移動物体の認知とその将来予測といった、より運転に密接した判断や行動について問題がある場合に限って、TEDDY の運転リスク指数 DRQ や思い込み特性 Q が大きくなることを示唆している。

また、判断の安定性(k)は、3 回の選択反応課題試行における正反応回数の最大値と最小値との比で表わされるが、 k が大きい(判断が不安定である)ということは、判断が正確に行われる場合とそうでない場合との差が大きいことを示している。これは、焦りや咄嗟の環境変化に対して判断に迷ったり、突発的に判断に時間がかかったりする特性を示していると言える。前項で SART における AT 遅延群においても思い込み特性が高い傾向がみられたが、このような判断の迷いや突発的な遅れの結果として、AT が遅延する傾向として表れたのではないかと考えられる。また、判断の迷いや突発的な遅れは、結果的に、危険が予測される場面において、危険回避のための反応(アクセルペダルを離したりブレーキに足を構えたりする行動)が遅れる可能性を示している。そのため、TEDDY の運転リスク指数 DRQ や思い込み特性 Q も大きく表れたのではないかと考えられる。

6.4. 年齢層群による思い込み特性の比較

6.4.1. 年齢層ごとの一般的な特徴

60名の参加者全員について運転リスク指数(DRQ)と思い込み特性(Q)を求めた。

DRQの時系列について非高齢群、前期高齢群、後期高齢群それぞれの平均値のグラフをFig.6-4-1(走行シナリオ S1)とFig.6-4-2(走行シナリオ S2)に示した。これによると、いずれの走行シナリオにおいても、非高齢群に比べて二つの高齢群において、高齢群の中では前期高齢群に比べて後期高齢群においてDRQが大きい場面が多く、それらの場面におけるDRQの絶対値も大きくなる傾向がみられた。

DRQの絶対値については、前期/後期高齢群において、前節(Fig.6-3-1)で取り上げた走行シナリオ S1の自転車の側方通過場面で最大で $d_t = 5.5$ 程度、前章(Fig.5-6-3)で取り上げた走行シナリオ S2の橋を渡る前後に交差車両がある場面で最大で $d_t = 3.7$ 程度を示した。DRQ(d_t)は教習所指導員の主観的リスクの標準偏差で基準化された値(5-5-2式)として定義されており、高齢群の主観的リスクが指導員のばらつきの4~5倍もの乖離を示していることが分かった。一方、非高齢群では最大でも $d_t = 2.0$ 程度以内におさまっていた。

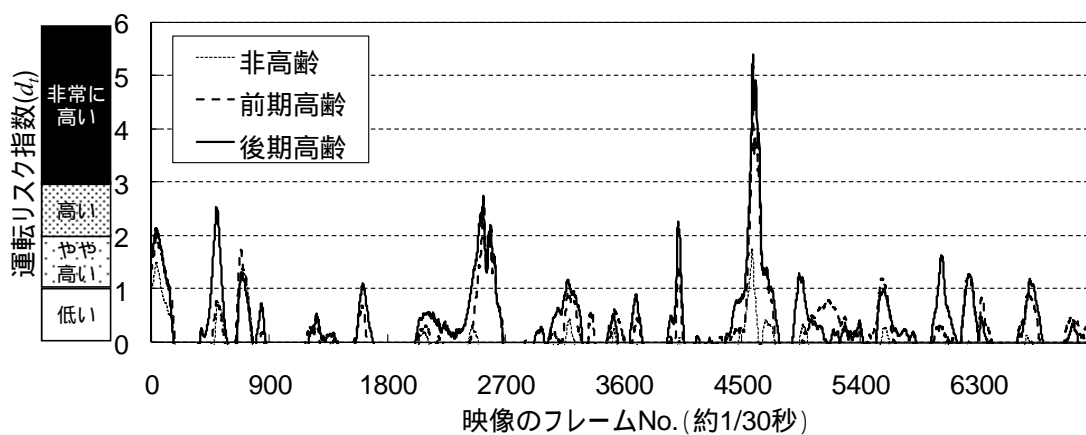


Fig.6-4-1 年齢層群ごとの運転リスク指数(走行シナリオ S1)

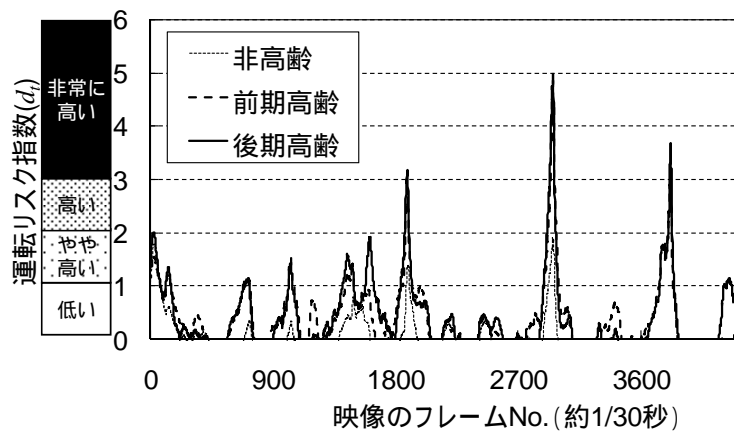


Fig.6-4-2 年齢層群ごとの運転リスク指数(走行シナリオ S2)

これらの関係をより明確に示すために、各走行シナリオでの思い込み特性 Q について年齢層群ごとの平均値を Fig.6-4-3 に示す。年齢層群(3)×走行シナリオ(2)の二要因分散分析の結果、年齢層群の主効果のみが有意であった [$F(2, 114) = 35.34, p < .01$]。LSD 法による多重比較の結果、非高齢群に比べて前期高齢群と後期高齢群の Q が有意に大きかった(いずれも $p < .01$)。前期高齢群と後期高齢群との間には有意差はみられなかった。蓮花らによれば、加齢によって危険感受性テストの成績(ハザードの発見率)が低くなる傾向があることが知られている[68]。本研究の結果は、この従来知見を裏付けるものであると考えられた。

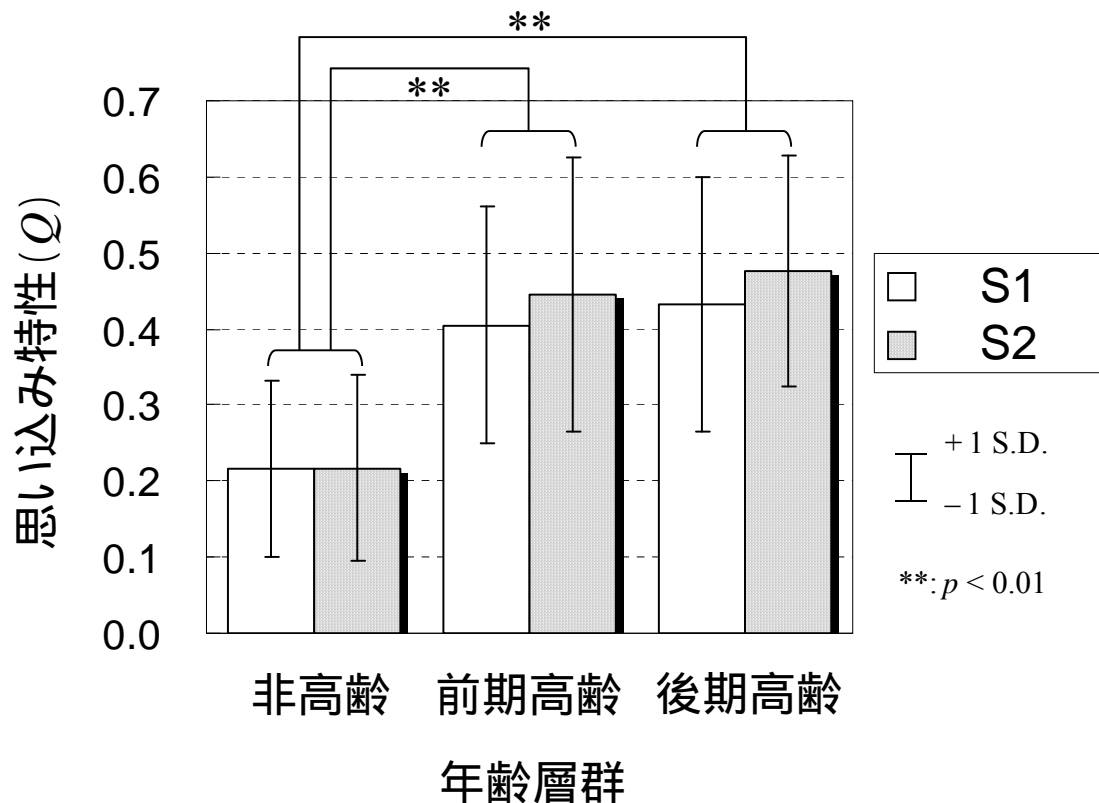


Fig.6-4-3 年齢層群ごとの思い込み特性

6.4.2. 高齢ドライバーで特異的に思い込みが大きい場面

高齢ドライバーにおいて特異的に DRQ が大きい場面を抽出するために、非高齢群と前期高齢群の DRQ との差、および非高齢群と後期高齢群の DRQ との差を算出した。この差が 1 以上であった場面を抽出したところ、前期高齢群では 12 場面、後期高齢群では 19 場面が抽出された。なお、前期高齢群の 12 場面はすべて後期高齢群の 19 場面に含まれていた。そこで、後期高齢群の 19 場面についてのみ、Fig.6-4-4 (走行シナリオ S1) および Fig.6-4-5 (走行シナリオ S2) に示す。この図には、各場面の簡単な交通状況と、各場面で生起が予想される交通事故類型をあわせて示した。

これによると、19 場面中で最も多かった予想される事故類型は出会い頭(8 場面)で、次に多かったのは追突(5 場面)であった。財団法人交通事故総合分析センター(ITARDA)による高齢ドライ

バの事故分析[69]によれば、高齢ドライバーが第一当事者となった交通事故で最も多い事故類型は出会い頭であり、高齢ドライバーの事故全体に占める構成率は 32.5%である。これは、その他の年齢層の出会い頭事故の構成率(26.3%)に比べて非常に高い。また、高齢ドライバーで 2 番目に多い事故類型は追突(構成率 20.1%)であり、出会い頭と追突の二つの類型で事故の半数以上を占め、これら二つの事故類型は高齢ドライバーにとって特異的に多い事故と言える。交通事故というドライバー個人にとっては低頻度な現象について、TEDDY による数分間の運転模擬結果から同様の傾向を確認することができた。

別の言い方をすれば、高齢ドライバーによる出会い頭事故や追突事故の多くに、思い込み(甘い危険見積もり)が関与している可能性が示唆された。出会い頭事故については、一時停止場所(非優先側)での減速意図の小ささ(例えば Fig.6-4-4 のフレーム No.4935 や 6021)だけでなく、優先側であっても、見通しの悪い交差点において危険見積もりが甘くなりがちであることが示された(例えば Fig.6-4-4 のフレーム No.3172 や 6691、Fig.6-4-5 のフレーム No.3821)。

フレーム No.	映像	d_t (順位)	道路形状	自車 行動	交通状況	予測される 事故類型
0499		2.56 (06)	交差点付近	直進	先行車が減速	追突
0690		1.34 (12)	交差点付近	左折	交差点に接近 中に信号が黄色 色に変わる	左折中
1614		1.12 (17)	単路(2車線)	直進	緩い下り坂、 左からの交差 道路が多数	出会い頭
2529		2.74 (05)	交差点	左折	対向車が自車 通過前に右折 を開始	左折中
3172		1.19 (16)	交差点付近	直進	塀で見通しが 悪い交差道路 有り	出会い頭
4014		2.28 (07)	交差点	左折	歩行者・自転 車が自車左後 方から横断	歩行中
4584		5.41 (01)	単路(1車線)	直進	自転車の側方 通過、対向車 有り	追突
4935		1.31 (13)	交差点付近	右折	一時停止	出会い頭
5577		1.01 (19)	単路(1車線)	直進	急な下り坂、 自転車を押す 歩行者有り	歩行中
6021		1.65 (09)	交差点付近	左折	一時停止	出会い頭
6226		1.29 (14)	交差点	左折	左からの交差 車両が自車方 向へ右折	出会い頭
6691		1.20 (15)	交差点付近	直進	対向車線側に 駐車車両の列、 交差道路有り	出会い頭

Fig.6-4-4 高齢ドライバーで特異的に思い込みが大きかった場面(走行シナリオ S1)

フレーム No.	映像	d_t (順位)	道路形状	自車行動	交通状況	予測される事故類型
0711		1.10 (18)	単路(2車線)	直進	人が駐車中のトラックに乗り込む	歩行中
1033		1.48 (11)	交差点	左折	交差点進入時に信号が黄色に変わる	左折中
1449		1.59 (10)	単路(1車線)	直進	左側に駐車車両が有る	追突
1610		1.90 (08)	交差点付近	直進	先行車が赤信号で急停止	追突
1890		3.16 (04)	交差点付近	直進	先行車が青信号で発進するがすぐに停止	追突
2959		4.96 (02)	交差点付近	直進	急な右カーブの下り坂、左に見通し悪い交差道路有り	出会い頭
3821		3.66 (03)	交差点付近	直進	橋を渡る前後で左右からの交差車両有り	出会い頭

Fig.6-4-5 高齢ドライバーで特異的に思い込みが大きかった場面(走行シナリオ S2)

6.4.3. 思い込みが大きい場面での運転の詳細

高齢ドライバーで特異的にDRQが高かった場面における高齢ドライバーの運転の特徴を把握するため、DRQが大きかった上位3場面について、各場面の周辺における年齢層群ごとの車速の変化をFig.6-4-6からFig.6-4-8に示した。

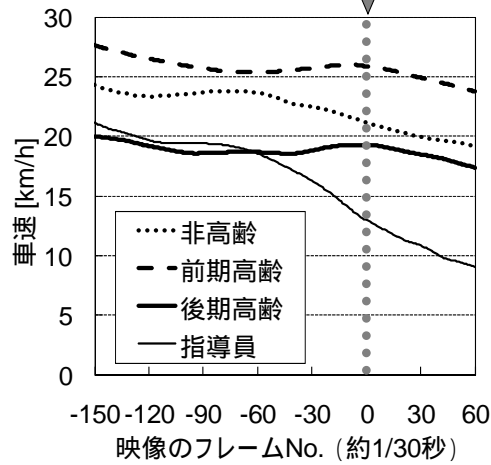


Fig.6-4-6 高齢ドライバーで特異的に思い込みが大きかった場面での車速
(順位 1, 走行シナリオ S1 のフレーム No.4584 付近)

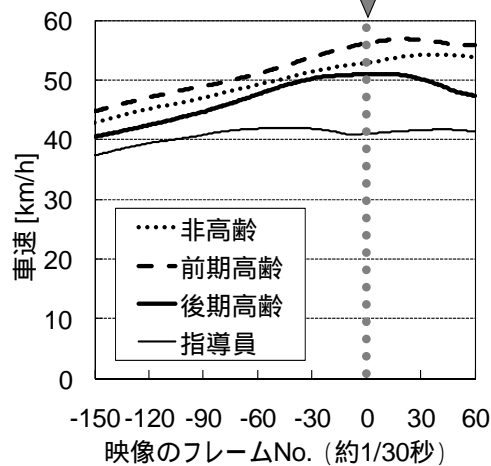


Fig.6-4-7 高齢ドライバーで特異的に思い込みが大きかった場面での車速
(順位 2, 走行シナリオ S2 のフレーム No.2959 付近)

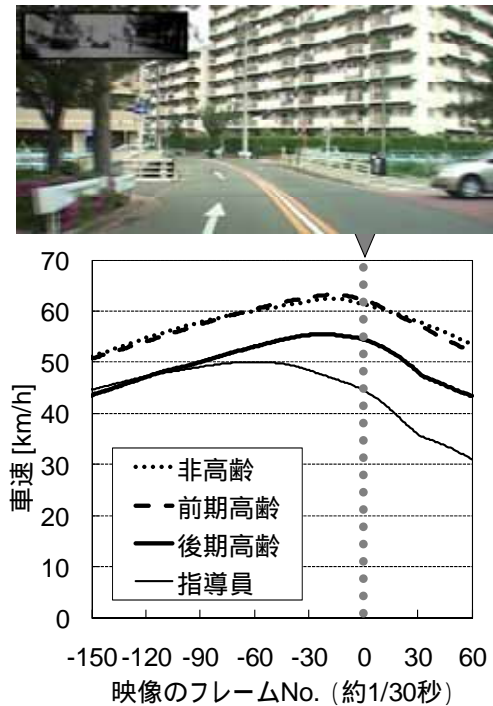


Fig.6-4-8 高齢ドライバーで特異的に思い込みが大きかった場面での車速
(順位 3, 走行シナリオ S2 のフレーム No.3821 付近)

これによると、走行シナリオ S1 のフレーム No.4584 付近 (Fig.6-4-6、Fig.6-4-4 や Fig.6-3-1 も参照) においては、非高齢群は指導員に比べて絶対的な速度は高いものの、自転車の近傍で減速を行っていた。これに対し、前期高齢群は絶対的な速度も高く、自転車の近傍でほとんど減速を行っておらず、むしろ加速する傾向も観察された。一方、後期高齢群は、自転車に接近するまでの絶対的な速度は指導員と同等の低さであったが、自転車の近傍で減速を行わず、むしろ加速することによって、自転車に接近した時点では非高齢群とほぼ同じ速度まで高まってしまっていた。

その他の二つの場面においても、絶対的な車速は、前期高齢群、非高齢群、後期高齢群、指導員群の順に高い傾向が見られ、特に前期高齢群の車速の高さが目立った。また、いずれの場面においても、後期高齢群の絶対的な車速ははじめ低いにもかかわらず、危険見積りの甘さからか、危険場面に接近した時点では指導員に比べても非常に高くなってしまっていた。

これらの結果から、各年齢層群の特徴として、Fig.6-4-9 のように模式的にまとめることができると考えられる。まず非高齢群については、指導員に比べて全体的に車速が高いが、危険場面に接近することで主観的リスクが高まり、減速を行う。ただし、全体的な車速が高いため、危険場面の通

過時も指導員に比べて高い車速を保ってしまっている。次に、前期高齢群は、全体的な車速が非常に高く、かつ、危険の見積もりも甘いため、危険場面に接近しても減速せず高い車速を維持してしまう。最後に、後期高齢群は、通常的車速は低いにもかかわらず、危険見積もりの甘さのため、危険場面に接近しても減速せず、結果的にその他の年齢層群と同程度の車速になってしまっている。

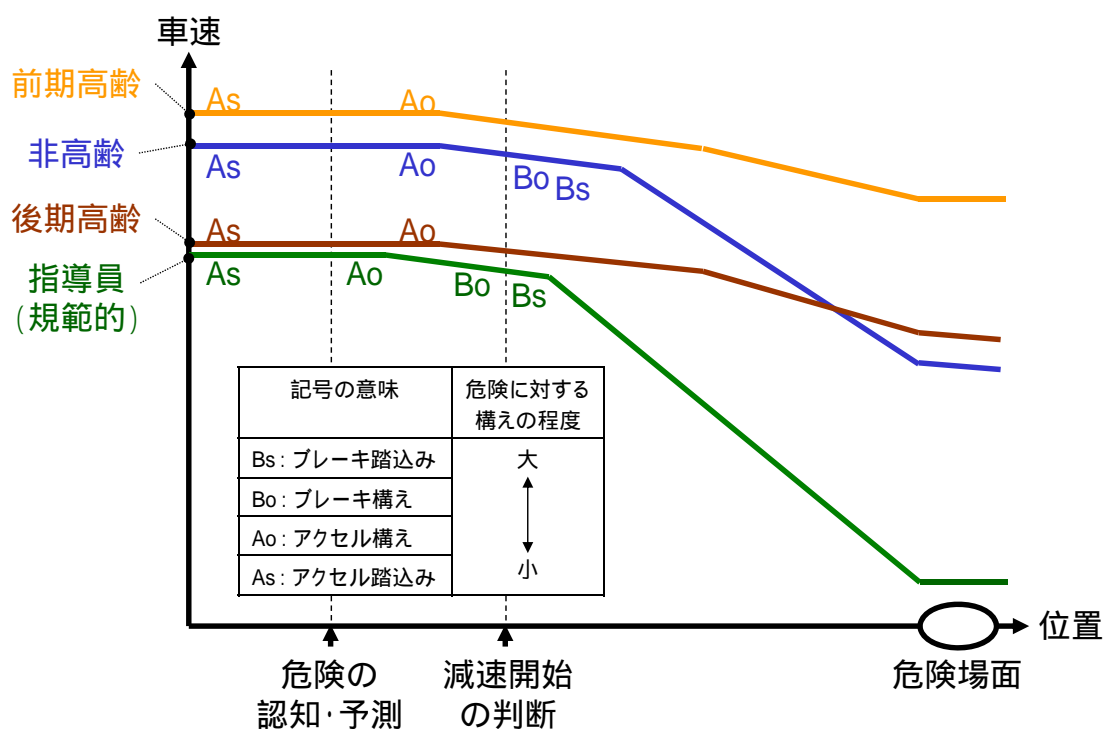


Fig.6-4-9 各年齢層群の危険場面での運転操作の模式図

6.5. 本章のまとめ

本章では、TEDDYによって測定される運転リスク指数DRQ、およびその時間積分としてドライバーの思い込みの傾向を示す思い込み特性Q値の妥当性を検討するために、多くの一般ドライバーに対してTEDDYによる走行を実施した。同時にドライバーの事故親和性を測定する速度見越反応検査

(SART)と、ドライバの判断や行動の情報処理特性を測定する C-C-No.テストを実施し、DRQ や Q 値の特徴を把握することを狙った。

その結果、危険予測が必要な場面において、ドライバが危険に対応した行動を十分にとっていない場合に DRQ が十分に大きな値を示し、TEDDY による運転模擬をもとに、ドライバの思い込み状態(主観的リスクが低い状態)が検出できることが示された。また、事故親和性(特に先急ぎ傾向)を測定する SART の見越時間が尚早である場合に Q 値が高くなっており、TEDDY で測定される思い込みの程度が、実際に交通事故の危険性とも関連していることが示された。さらに、C-C-No.テストにおいて判断が不安定であると判定された者で Q 値が高くなっており、TEDDY は単に運転操作・行動の側面を測定しているのではなく、より高次の運転に関する判断過程の状態・特性を測定していることが示された。

次に、年齢層ごと、特に高齢ドライバの思い込み特性について解析を行った。その結果、高齢ドライバでは全体的に思い込みの傾向が強く、従来研究で示されてきたように、加齢による危険感受性の低下を TEDDY によって捉えられることが確認された。また、高齢ドライバに多い出会い頭や追突事故となる可能性がある交通状況において DRQ が高くなることが示され、結果としての事故でなく、TEDDY によるワントリップの運転模擬によって、ドライバの危険感受性の問題点を容易に測定できることが示された。

ここで、本研究で得られた特徴的な結果として、高齢ドライバといっても、前期高齢ドライバと後期高齢ドライバとは、異なる問題点があることが示された。前期高齢ドライバも後期高齢ドライバも、危険感受性の低さ(DRQ の大きさ)自体には大きな差はなかったが、危険場面における具体的な運転行動には大きな違いがみられた。前期高齢ドライバは走行中の車速が高く、かつ、危険感受性が低いため、どの年齢層のドライバよりも高い速度のまま危険場面に接近していた。一方、後期高齢ドライバは、通常的車速は指導員なみに十分に低いにもかかわらず、危険感受性が低いため減速が行われず、危険場面に接近した時には結果的に速度が高くなってしまっていた。

従来、高齢ドライバに対する教育として「車速を落とす」ことが強調されてきた。加齢により、認知・判断・操作の各過程における情報処理能力が低下し、特に各処理の「スピード」が落ちることから、車速を落とすことにより、処理スピードの低下を補償しようとする狙いであると言える。しかしながら本研究で示されたように、危険感受性に強く影響を与えているのは先急ぎ傾向や判断の不安定性であり、情報処理スピードの遅さそのものではないと考えられる。また、後期高齢ドライバのように、普段は十分に低速で走行しているにもかかわらず、危険感受性の低さのために、結果的にはハザ

ードに対して高い速度のまま接近してしまう状況が発生してしまう可能性があることが分かった。

よって今後は、単に平均的な車速を落とすことではなく、適切な危険予測を行い、危険性の高いハザードに対して確実に車速を落とすことを主眼とした運転教育を行っていくことが、特に高齢ドライバーに対して効果的であると考えられる。具体的に特に対象とすべき交通状況としては、見通しの悪い交差点(優先側・非優先側ともに)における出会い頭事故の危険性に対する危険感受性の向上が効果的であろう。

この際、第2章で示したように、一般ドライバーの多くは、自身が不安全運転の状態に陥っていることを自覚していない場合が多い。よって、単純に危険だと助言したり、危険の知識を与えたりするだけでは、ドライバーにとっては納得性・受容性が低く、十分な効果が期待できないかもしれない。そこで、TEDDYでの運転模擬中の状態を客観的にリプレイするなどによって、ドライバーへの納得性を高める工夫が必要であろう。

本章における分析により、TEDDYによってドライバーの危険感受性の問題点(思い込みの状態や特性)を把握できることが示された。次章以降では、TEDDYに対して、測定されたドライバーの危険感受性に応じて、ドライバーごとに適切な助言を与えることができる機能を追加していく。また、一連の研究の締めくくりとして、実際にTEDDYによる思い込みの評価と助言によって、運転行動の変容効果を検証していく。

第7章 ドライビングシミュレータの教育機能開発

7.1. 本章のねらい

前章までに、ドライバの運転模擬操作からドライバの危険見積りの甘さ(思い込み)を定量的に測定することができるドライビングシミュレータ TEDDY を開発し、その性能を検証してきた。ここで、本研究の最終目的は、このようなドライビングシミュレータを用いて、ドライバの危険見積りの能力を向上させることができる運転教育装置を開発することであった。現状の TEDDY は、ドライバの思い込みの状態や特性を評価することはできるが、実際に運転教育に応用していくためには、この評価結果をもとに、ドライバに対して適切な助言を提供する機能が必要である。また、その有効性を主張するためには、これらの助言によって、ドライバの危険見積りの能力が向上することを検証していく必要がある。

そこで本章では、将来的に TEDDY を運転教育装置として応用することを狙い、ドライバの思い込み評価結果に応じて適切な助言やフィードバックをドライバに提供する機能を開発することを目的とした。具体的には、ドライバの危険見積りが低くなる(思い込みが大きくなる)ことが予想される交通状況を含む走行シナリオを用意し、また、各交通状況に対して従来の危険予測トレーニングと同様の危険予測に関する知識を提供する機能を用意し、ドライバの思い込みが大きいと評価された交通状況について、危険予測に関する知識の提供を行うこととした。

ここで、近年、従来にない新しい運転教育方法として、ミラーリング法が太田らによって提案されている[70-72]。ミラーリング法は、他者や自身の運転行動の記録(例えば様々なアングルからビデオ撮影された映像)をドライバに観察させることにより、ドライバ自身では気づいていない自身の運転の問題点を客観的に把握させることを狙った手法である。また、ドライバは安全運転のための知識は既に有しており、問題は、自身の運転を客観的に評価する能力が低い(客観的な評価に比べて自己評価が高すぎる)ことであるとする。よって、ミラーリング法では、様々な知識や技能に関する情報提供はあえて行わず、運転行動の記録の観察によってドライバの自己評価を適正化すれば、

ドライバが既に有している安全運転の知識を利用し、主体的に運転行動を変容するとしている。実際に、一時不停止に対する運転教育にミラーリング法が適用され、一時停止位置の通過速度の低下など、一定の教育効果が確認されている。

思い込みは、主観的リスクと客観的リスクとの乖離（客観的リスクに比べて主観的リスクが低すぎる状態）である。これは、危険予測に関する経験や知識が不足していることも一因といえるが、むしろ、日常的な運転経験を通して得られた自分本位の誤った知識・概念（誤概念）の影響が大きいと考えられる。このような誤概念の修正には、学習者が誤概念を有していることを学習者本人に気づかせる、メタ認知的支援によって誤概念を科学的・合理的な知識・概念に修正してゆくことが有効であると言われる。つまり、交通状況に対する主観的なリスクの評価結果（ドライバの運転行動）と客観的なリスク評価結果（運転指導員の運転行動）をドライバに比較観察させることで、ドライバの思い込み（誤概念）に気づかせ、主観的リスクの見積もりを適正化できる可能性が考えられる。そこで本章では、従来の知識提供的な助言に加え、思い込みが大きかった場面について、ミラーリング法を援用した、運転行動の比較観察の機能を追加することとした。

また、運転教育への応用のためには、教育者（指導員など）や学習者（受講するドライバ）それぞれの目的やニーズに応じて、様々な走行シナリオを準備しておくことが有用であろう。さらに、短時間で効率的に運転教育を実施するためには、各走行シナリオには、危険予測が必要とされる交通状況とそうでない交通状況とを、効果的に含ませる必要がある。前章までに利用してきた走行シナリオは、実験車両で走行中に、実験者の意図と無関係に偶然撮影された交通状況のみであった。そのため、走行シナリオ中の交通状況は統制されておらず、危険予測をあまり必要としない交通状況も多く含まれており、運転教育の用途のためには冗長な側面があった。そこで本章では、教習所の運転指導員の監修のもと、危険予測が必要な交通状況を戦略的に選択し、一定の基準に従って様々な交通状況を組み合わせた走行シナリオを作成することとした。

以上のように、実際に運転教育の現場で活用可能なドライビングシミュレータとしての機能を TEDDY に対して付与することとした。これにより、思い込み（交通状況に対する危険見積もりの甘さ）に対する、新しい運転教育方法・装置としての基本的な機能を満足させることを狙った。また、これらの機能拡張を施した TEDDY を用いて、次章ではその運転教育効果を検証していく。

7.2. 走行シナリオの作成

7.2.1. 走行映像の収集

実験車(第4章および第5章で利用したものと同一)の前方と後方に向けて設置したビデオカメラを用いて、走行中の映像を撮影した(前方:Sony 製 DCR-VX2000[0.7倍広角レンズ VCL-HG0758]、後方:Sony 製 CCD-MC100)。撮影時の走行コース(名古屋市昭和区周辺、名東区周辺)を Fig.7-2-1 に示す。撮影にあたっては、2名のドライバにより、日時を変えて、各コースを1周ずつ走行した(各走行コースとも1周あたり約20分であった)。また、パソコンにより走行中の車速信号を記録した。撮影された合計約80分間の映像から、以下の方針に基づいてTEDDYで用いる映像を選択・抽出した。

まず、主に対象とする交通状況を、前章において高齢ドライバで特異的に思い込みが大きくなるが多かった、出会い頭事故の危険性がある状況とした。ただしここでは、交差点での車両同士の出会い頭事故に限定せず、自車と横方向から衝突する可能性のある状況として、出会い頭事故を広義に解釈した。前章の分析結果に限らず、文献[7]によれば、思い込みが事故要因となっている状況として、主に出会い頭事故が挙げられている。

次に、撮影された映像の中から、信号等で長時間停止している状況を除いた短縮版のビデオを作製した。この短縮版のビデオを2名の教習所指導員に観察してもらい、出会い頭事故の可能性が予測される場面を抽出させた(各場面は数秒~数十秒間であった)。この際、抽出と同時に、以下の基準[73]に従って、各場面の危険の種類が顕在(O; Overt)/潜在(C; Covert)/行動予測(P; Predictive)のいずれに属するかについての分類も行ってもらった。その結果、合計73場面が抽出された(O:28場面、C:14場面、P:31場面)。

顕在(O; Overt): 前方の進路上で目に見えている交通参加者・対象物そのものが危ないと予想され、明らかに何らかの方法で回避しなければならない危険がある場面(例:自車の進路上を横断している車や歩行者)

潜在(C; Covert): 映像には具体的な対象物は撮影されていないが、危険を伴う交通参

加者や対象物が存在している可能性をはらんでいる場所や地点(例:見通しの悪い交差点や駐車車両が存在している場面)

行動予測(P; Predictive): 前方に存在する対象物が、現状では危険な状態ではないが、その対象物がこれからとる行動によっては危険を伴うと予想される場面(例:接近する車や歩行者)

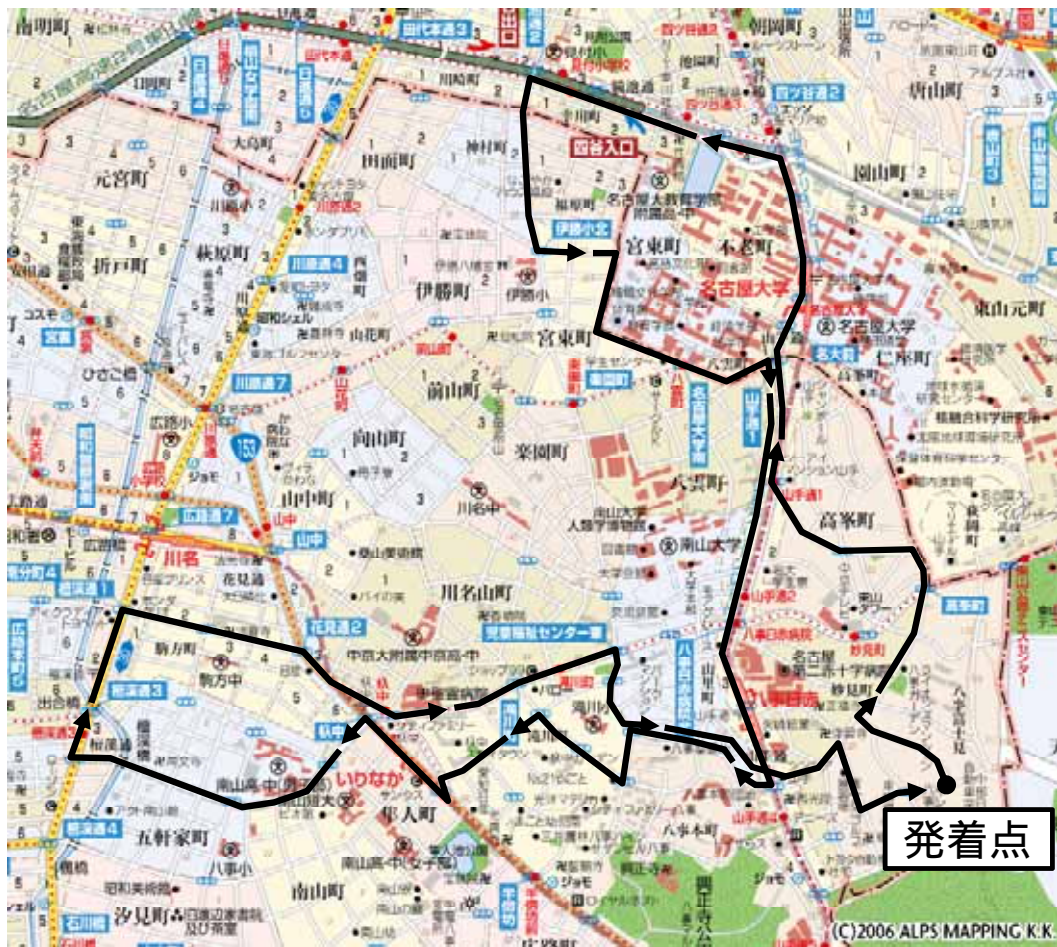


Fig.7-2-1 TEDDY 用映像の撮影コース図(上:名古屋市昭和区周辺、下:名東区周辺)

7.2.2. 走行シナリオの作成

上記で抽出された73個の危険場面を材料として、約8分間の走行シナリオを2種類(L1, L2)、約4分間のものを2種類(S1, S2)、合計4種類作成した。いずれも、ひとつ20秒前後の短い場面パートをつなぎあわせて合計8分間(または合計4分間)とした。L1とL2は24個ずつの場面パートで、S1とS2は12個ずつの場面パートで構成された。場面パート間のつなぎ目にはフェードアウトおよびフェードイン処理を施して、全く異なる場面がつなぎ合わされてはいるものの、自然に走行し続けられるようにした(Fig.7-2-2)。

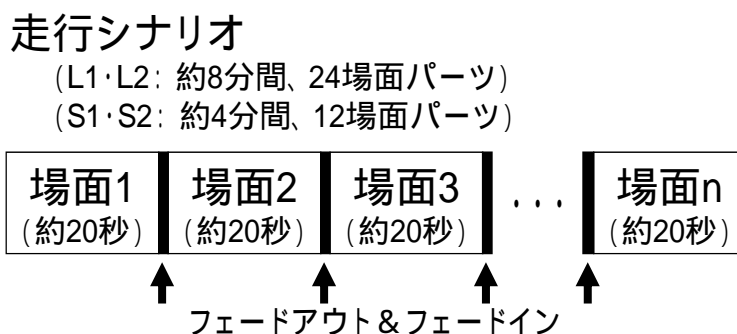


Fig.7-2-2 走行シナリオの編集方法

なお、73個の危険場面の中から、顕在／潜在／行動予測の数が同じになるように、L1とL2にはそれぞれ12個ずつ(顕在・潜在・行動予測がそれぞれ4個ずつ)、S1とS2には6個ずつ(顕在・潜在・行動予測がそれぞれ2個ずつ)の危険場面を配置した。これら危険場面以外の部分は、指導員によって危険場面として抽出されなかった場面(安全場面)を場面パートとして用いた。

ここで、顕在的な危険場面(O)については、指導員によって合計28場面抽出されていたものの、実際には、必ずしも回避が必要でない程度の危険性であるものがほとんどであった。実際の走行中に撮影された映像であるため、やむを得ないと考えられた。そこで、運転教育向けに、より危険性の高い走行場面を演出するために、自転車や歩行者が交差点などから飛び出す場面を、映像合成ソフトウェア(Pinnacle Systems製 Commotion Pro)を利用して作成した。L1とL2の顕在的な危険場面では、この合成映像を用いた。

最終的にこれら4種類の走行シナリオで用いた36個の危険場面パーツの例をFig.7-2-3に示す。



Fig.7-2-3 各走行シナリオに用いた危険場面パーツ

7.3. 指導員データの収集

7.3.1. 客観的リスク(指導員の主観的リスク)データの収集

思い込みの評価において運転リスク指数DRQの算出に必要な客観的リスクのためのデータとして、教習所の指導員15名に4種類の走行シナリオを模擬運転させた。参加した指導員の属性は、全員が男性、年齢29～59歳(平均43.2、標準偏差10.7)、指導員歴6～37年(平均19.6、標準偏差11.0)であった。

はじめに、TEDDYにより、約1分半の練習用のコースを走行させた。練習用コースには、定速走行、車線変更、信号での停止などが含まれており、TEDDYの操作感覚に慣れるよう、自由に走行させた。参加者自身が操作の感覚に十分に慣れたと感じるまで、練習用コースを繰り返し走行させた。

続いて、L1、L2、S1、S2の4種類の走行シナリオを走行させた。走行順序は参加者間でランダムとした。走行にあたっては、指導員として規範的な運転となるように教示した。ただし、むやみに車速を落として走行するのではなく、周囲の状況も踏まえて「速すぎず遅すぎず流れに乗って」走行するように指示した。

こうして得られた走行データに対してSUPREME法(4-4-1式)を適用して、主観的リスクの時系列を得た。その後、各コースについて15名の主観的リスクの時系列の平均値(5-5-2式における RI)、および標準偏差(5-5-2式における SI)を算出した。また、各シナリオにおける指導員の車速の時系列の平均値を算出した(指導員の車速の用途については後述する)。最後にこれらのデータをTEDDYに実装した。

7.3.2. 助言データの収集

教習所指導員に対して、後述するアドバイス機能で表示・印刷する助言の文章の聞き取り調査を行った。指導員の属性は、36歳男性(指導員歴12年)と58歳男性(指導員歴37年)の2名で、両者とも技能検定員の資格を有していた。まず、7.2.2項で作成した36個の危険場面パー

ツのうち、走行シナリオ L1 と L2 (各 8 分間のもの) に用いた 24 個の場面パーツの映像を順に指導員に観察させた。次に、指導員に、約 20 秒間の各場面パーツについて事故やヒヤリ・ハットの危険性が考えられる区間 (以降、危険区間と呼ぶ) の開始位置、最も危険な位置、終了位置を指摘させた。その後、指摘された危険区間について、その区間にある危険ポイントを 3 個まで指摘させ、各危険ポイントの内容、それら危険ポイントを鑑みてその危険区間で注意したり予測したりすべきこと、その危険区間での望ましい運転操作や確認行動などについて、学習者に与えるべき助言を文章で答えさせた。いずれの作業も 2 名の指導員の合議により実施した。

このようにして得られた 24 個の危険場面パーツの危険ポイント、助言を Table 7-3-1 (L1 の分) および Table 7-3-2 (L2 の分) に示す。なお、表中の場面番号は Fig.7-3-2 に示した各場面の番号と対応している。

Table 7-3-1 走行シナリオ L1 における危険場面への助言内容

場面番号	場面の概要	危険ポイント1	危険ポイント2	危険ポイント3	アドバイス
L1-O1	優先道路の交差点を直進しようとしています	オートバイが出てこようとしています	後に続いて車などが出てくるかもしれません	車や歩行者が出てくるかもしれません	優先道路なので、交差点から出てくる車などは当然一時停止するものと思込みがちです。特に街路樹や植え込みで見通しが悪くなっているような交差点では、相手からも自車が見えにくくなっています。交差点から飛び出そうとする車や人がいないかをよく観察しながら近づき、アクセルを緩めたり、ブレーキを構えながら通過しましょう。
L1-O2	混雑した二車線の道路を走行しています	駐車車両の陰から人が横断しようとしています	前方が渋滞していると、トラックが急ブレーキになって、自車が追突するかもしれません	自車が急ブレーキになると、後続車に追突されるかもしれません	混雑した道路では、車の隙間をぬって、人が横断する場合があります。また、車間距離が縮まりがちになり、追突する(される)危険もあります。前後左右、まわりをこまめに確認しながら、何が起きても止まれる速度と車間距離を保って走行しましょう。
L1-O3	優先道路の交差点を直進しようとしています	歩行者が横断しようとして駆け込んできました	歩行者を避けようとして急ブレーキになると後続車に追突されるかもしれません		混雑した道路では、車の流れの隙間をぬって急いで横断する歩行者がよくあります。このような歩行者は、まわりをよく見ていない場合が多いので、自車が近づいても止まってくれるとは限りません。後続車もいますから、急ブレーキにならないように、なるべく早めに減速しましょう。
L1-O4	優先道路を直進しています	自転車が飛び出そうな勢いです	自転車が飛び出したとき、対向車がその自転車を避けて中央線をはみ出してくるかもしれません		幅が広めの優先道路なので、交差点から出てくる自転車や車は一時停止するものと思込みがちで、右側への注意もおろそかになりがちです。自車線がすいているからといって安心せず、見通しの悪い交差点に近づくときは、アクセルを緩めておきましょう。
L1-C1	住宅街の交差点を通過しようとしています	車、自転車、人などが飛び出してくるかもしれません	車や自転車が飛び出してくるかもしれません		住宅街は、塀や植木などで交差点の見通しが悪くなっています。また、どちらが優先かの区別があいまいな場合も多くあります。こんな時は、いつでも止まれる速度で交差点に近づき、左右の安全が確認できてから通過しましょう。
L1-C2	住宅街の交差点を通過しようとしています	見通しの悪い交差点から人や車が飛び出すかもしれません	道路に出てくるかもしれません	下り坂で急ブレーキになると追突されるかもしれません	住宅街の交差点は、塀などで見通しが悪いうえに、どちらが優先なのがあいまいな場合が多くあります。一時停止でないからといって自分が優先だと思込まず、いつでも止まれるように、ブレーキに足を構えながら交差点に近づき、左右の安全を確認してから通過しましょう。
L1-C3	信号のない横断歩道を通過しようとしています	横断しようとする人がいるかもしれません	横断しようとする人がいるかもしれません	横断者を避けようとして急ブレーキになると、後続車に追突されるかもしれません	横断歩道に近づくときは横断歩道の周囲をよく観察し、渡ろうとしている人がいないか探ることが大切です。特に、横断歩道の手前に駐車車両があるような時は、陰から急に人が横断してきてもいつでも止まれるくらいに減速して横断歩道に近づき、横断歩道の手前では一旦停止し、横断者がいないことを確認してから通過しましょう。
L1-C4	見通しの悪い交差点を通過しようとしています	車、自転車、歩行者などが隙間から飛び出してくるかもしれません	車、自転車、歩行者などがトラックの陰の路地から飛び出してくるかもしれません		見えないことは安全とは違いますが、こちらから見えないということは、隙間から出てこようとする車、自転車、人などからも、こちらが見えません。対向車線が渋滞しているときには、隙間や車の陰をよく観察し、飛び出してくる車や人がいてもいつでも止まれるように、速度を落として、ブレーキに足を構えながら走行しましょう。
L1-P1	信号のない交差点を直進しようとしています	自車より先に右折するかもしれません	[1]を避けようとして右に進路を変えた場合、右から進入する車と衝突するかもしれません		前の車が右折できたので、自分も続いていけるだろうと思って、よく確認しないで出てくる場合があります。特に、電柱や看板で、相手からはこちらが見えにくくなっています。いつでも停止できる速度で近づきましょう。また、左だけに注意を向けず、右の見通しの悪い交差点道路もよく見ておきましょう。
L1-P2	横断歩道のある交差点を通過しようとしています	歩行者が横断歩道を渡るかもしれません	右からも横断してくるかもしれません	もしも歩行者が飛び出してくると、歩行者を避けようとして急ブレーキになると、後続車に追突されるかもしれません	信号のない横断歩道に近づくときは、横断歩道の周囲をよく観察して、渡ろうとしている人がいないか探ることが大切です。もし渡ろうとする人がいたら、横断歩道の手前で止まれる速度で走行しましょう。その場合も、急ブレーキになって後続車に追突されないように、あらかじめ早めに減速しておきましょう。
L1-P3	信号のない交差点を通過しようとしています	自車より先に出てくるかもしれません	その後に続いて車や自転車などが出てくるかもしれません		信号がなく、道幅が同じくらいの交差点を通過するときには、自分が優先だと思込みがちですが、もしかすると相手の方が優先道路かもしれません。前の車は信号で止まっていますし、後続車もありませんから、こんな時は、相手を先に行かせるくらいの余裕を持ちましょう。
L1-P4	優先道路を走行しています	左折するトラックが中央線をはみ出してくるかもしれません	トラックの陰から右折する車が出てくるかもしれません		トラックは内輪差が大きいので、左折する時は大回りして車線をはみ出しがちです。また、素早く動かないトラックにいらだって、トラックの向こうの隙間をすり抜けて、急いで右折する車やオートバイがあるかもしれません。自車の前に飛び出してくる車も止まれるような速度で近づきましょう。

Table 7-3-2 走行シナリオ L2 における危険場面への助言内容

場面番号	場面の概要	危険ポイント1	危険ポイント2	危険ポイント3	アドバイス
L2-O1	優先道路の交差点を通過しようとしています	歩行者が横断してきました			上り坂なので、スピードが落ちないようにアクセルを踏んで加速しながら通過しがちです。ここはカーブの先で、しかも坂の頂上付近なので、こちらからも、歩行者からも、見通しが悪くなっています。自転車や歩行者の飛び出しを予想して、アクセルを緩めたり、ブレーキに足を構えながら近づきましょう。
L2-O2	優先道路の交差点を通過しようとしています	オートバイが飛び出してきました			優先道路であっても、見通しの悪い交差点から何かが飛び出すことがあります。この場合、オートバイが急いで小回りで右折してきているので、自転車と衝突する危険があります。また、車体を大きく傾けているので、マンホールや道路標示のペイントの上で転倒するかもしれません。このような飛び出しを予測して、アクセルを緩めたり、ブレーキに足を構えながら交差点に近づきましょう。
L2-O3	優先道路の交差点を通過しようとしています	自転車が飛び出してきました	後に続いて車や自転車が出てくるかもしれません	車、自転車、歩行者が出てくるかもしれません	こちらは優先道路を走っていますが、自転車や歩行者は交通ルールに従わない場合があります。交差点の見通しも悪いので、何かが飛び出してくることが予想されます。こんな時は、いつでも減速できるように、ブレーキに足を構えながら交差点に近づきましょう。
L2-O4	住宅街の交差点を通過しようとしています	交差点に歩行者が駆け込んできました	人や車が出てくるかもしれません	急ブレーキになると後続車に追突されるかもしれません	生活道路の交差点では、人や車が飛び出してくることが予想されます。交通量の少ない優先道路だからといって安心せず、横断する人や車がないか、探すことが大切です。
L2-C1	優先道路の交差点を通過しようとしています	駐車車両の陰の交差点から車や人が飛び出すかもしれません			駐車車両で左側の交差点道路が見えなくなっています。交差点道路の車からもこちらが見えにくいので、安全確認のために大きく出すぎてくるかもしれません。飛び出しに備えて、ブレーキに足を構えておきましょう。また、交差点道路が早く見渡せるように、さらに、飛び出しても余裕が持てるように、駐車車両との横の間隔を広くあけて走行しましょう。
L2-C2	交差点を通過しようとしています	停止車両の陰から車や歩行者が飛び出すかもしれません			見えないことは安全とは違います。こちらから見えないということは、隙間から出てこようとする車、自転車、人などからも、こちらが見えません。対向車線が渋滞しているときには、隙間や車の陰をよく観察し、飛び出してくる車や人がいてもいつでも止まれるように、速度を落として、ブレーキに足を構えながら走行しましょう。
L2-C3	見通しの悪い交差点を通過しようとしています	自転車やオートバイが出てくるかもしれません			交通量の少ない交差点では、自転車やオートバイが、車は来ないものと思い込んで、左右の確認もせずに交差点に進入しがちです。どちらが優先かあまいな道路なので、飛び出しがあっても、いつでも止まれるくらいに速度を落として交差点に近づき、特に見えない場所には前傾姿勢をとり確実に安全を確かめましょう。
L2-C4	右カーブの交差点を通過しようとしています	見通しの悪い交差点から車などが出てくるかもしれません			左の交差点道路は上り坂になっているので、出てくる車は加速しながら交差点に入ろうとして、停止場所を大きく出すぎる可能性があります。十分に速度を落として、ブレーキに足を構えながら近づきましょう。また、右カーブの先だけでなく、左の方にも目を配りましょう。
L2-P1	横断歩道のある交差点を通過しようとしています	横断するかもしれません			横断歩道に近づくときは、横断歩道の周囲をよく観察して、渡ろうとしている人がいないかを探すことが大切です。渡ろうとする人がいたら、横断歩道の手前で止まらなければなりません。早めに減速して、いつでも止まれる速度で近づきましょう。
L2-P2	優先道路の交差点を通過しようとしています	自車線に進入してくるかもしれません			こちらは優先道路を走っているため、相手は止まるもの、と思いがちです。しかし、木や看板があるので、相手は自車線を見落としているかもしれません。アクセルを緩めるか、ブレーキに足を構えて、相手の動きに注意しながら交差点に近づきましょう。
L2-P3	優先道路の交差点を通過しようとしています	自転車が横断するかもしれません	車、自転車、歩行者などが飛び出してくるかもしれません		左カーブなので、自線が左によって、右側が見えなくなりがちです。また道幅が広いので、スピードが速くなって視野も狭くなります。混雑した道路では、車の切れ目を狙って横断する自転車などがよくあります。横断者がいたら、どこを見てどうしようとしているかをよく観察しながら、飛び出しに備えて、アクセルを緩めて交差点に近づきましょう。
L2-P4	優先道路の交差点を通過しようとしています	ワゴン車が左折してくるかもしれません	ワゴン車の陰の車が右折するかもしれません	自転車が自車線にはみ出してくるかもしれません	駐車車両があるので、[1]の車が大きく左折して自車の前にはみ出すかもしれません。また、[1]の陰の[2]からはこちらが見えないので、自車に気づかずに発進するかもしれません。さらに、右に注意が向きすぎると、左の自転車を見落としがちです。速度を十分遅くして、ひとつひとつ安全を確認しながら近づきましょう。

7.4. 助言場面の選択法

7.4.1. 運転リスク指数算出法の改良

前章まで、運転リスク指数(DRQ; Driving Risk Quotient)の算出には、5-5-2式を用いてきた。ここで、5-5-2式においては、ドライバの危険見積もりの程度を表現するために重要と考えられる車速の情報が一切考慮されていない。例えば、危険を予測してあらかじめ十分に減速した上で緩いブレーキ操作で危険要因に近づいていった場合と、危険を予測せずに危険に遭遇してから急ブレーキで回避した場合とを比較した場合、後者の方が、減速意図が大きいと判定され、思い込みの程度が低い(危険見積もりが良好である)と計算されてしまう。

例えば第6章において、指導員の通常走行時の車速は他のドライバに比べて低く、さらに、危険場面のかなり手前から減速を開始していることが分かっている(Fig.6-4-6 や Fig.6-4-9 を参照)。高齢ドライバ群では、ブレーキによる回避操作そのものが行われていなかったために、ペダルとステアリング操作のみの情報を用いた5-5-2式によっても、思い込みが評価できたと考えられる。一方、非高齢群では、危険の発見が指導員に比べて遅れたものの、強めのブレーキで回避している場面が散見された。この場合、後者の方が危険見積もりが良好であると評価されてしまっていた。

そこで、5-5-2式で求められるDRQ(d_t)に対して、7-4-1式のように、車速の情報による補正を追加して、新しいDRQの値(δ_t)することとした。これにより、ペダルやステアリングによる回避意図が小さかったとしても車速が低ければ指数は小さく、ペダルやステアリングによる回避意図が大きかったとしても車速が高ければ指数が大きくなるなど、運転操作と車速の両方を加味した総合的指標とすることを狙った。以降では、この新しい方式で算出された思い込みの程度の値 δ_t を運転リスク指数DRQと記述する。

$$\delta_t = d_t(V_t / VI_t) \quad (7-4-1)$$

ここで、 V_t は走行位置 t におけるドライバ(評価対象者)の車速、 VI_t は指導員による車速(7.3.1項で取得・算出した)を示す。なお、実装にあたっては、 V_t または VI_t が5km/h未満の場合は車速による補正は行わなかった。

この改良に伴い、ドライバの思い込み特性 Q を算出するための 5-6-1 式および 5-6-2 も、それぞれ 7-4-2 式、7-4-3 式のように修正した。

$$Q = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \delta'_t \quad (7-4-2)$$

$$\delta'_t = \frac{1}{2} \{ \text{sign}(\delta_t - 1) + 1 \} \delta_t \quad (7-4-3)$$

7.4.2. 助言場面の選択

走行シナリオ L1 および L2 のそれぞれ 12 個の危険場面のうち、ドライバの思い込みの特性に応じて最適な場面について助言を与えるために、7-4-2 式を修正した以下のような 7-4-4 式を用いて、危険場面 i の思い込みの大きさ Q_i を計算する方法を TEDDY に実装した。

$$Q_i = \frac{1}{T_{in} - T_{i0}} \sum_{t=T_{i0}}^{T_{in}} \delta'_t \quad (7-4-4)$$

ここで、 T_{i0} は危険場面 i の開始フレーム番号、 T_{in} は終了フレーム番号である。つまり、 Q_i は各危険場面の開始フレームから終了フレーム間の運転リスク指数の平均値を示す。

このように計算された Q_i に基づき、L1 および L2 のそれぞれ 12 個の危険場面の中で Q_i が大きかった上位 3 場面について、ドライバに対して助言を提供することとした。

7.5. 助言インタフェースの開発

7.5.1. 文章と写真による知識提供

前節の方法で選択された危険場面について、7.3 節で用意した危険予測に関する知識を文章と写真によって提供する助言インタフェースを開発した。このインタフェースでは、各危険場面について、その代表的な場面の写真、写真の中で注意すべき危険ポイントの領域を三つまで、各危険ポイントの説明、それらを総合したアドバイスの文章、その区間での規範的な運転操作や車速を示した(Fig.7-5-1)。また、これらの情報の印刷機能も実装した。これらを受講ドライバに提示して読んでもらうことで、各ドライバが留意すべき危険予測の知識を効果的に把握できるものと考えた。

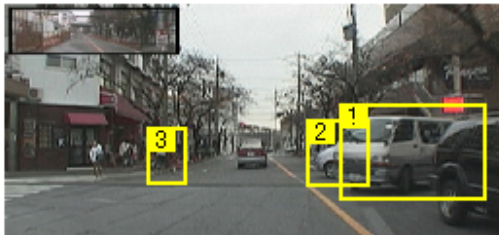
<p>1 優先道路の交差点を通過しようとしています。</p> 	<p>【危険ポイント】</p> <ul style="list-style-type: none">[1] ワゴン車が左折してくるかもしれません[2] ワゴン車の陰の車が右折するかもしれません[3] 自転車が自転車線にはみ出してくるかもしれません <p>【アドバイス】</p> <p>駐車車両があるので、[1]の車が大回りで左折して自車の前にはみ出すかもしれません。また、[1]の陰の[2]からはこちらが見えないので、自車に気づかずに発進するかもしれません。さらに、右に注意が向きすぎると、左の自転車を見落としがちです。速度を十分遅くして、ひとつひとつ安全を確認しながら近づきましょう。</p>
<p>【あなたの運転】</p> <p>35km/h ブレーキに足を構えていました</p> <p>【望ましい運転】</p> <p>18km/h程度 ブレーキを軽く踏むのが適当</p>	

Fig.7-5-1 文章と写真による助言インタフェース

7.5.2. 自身と指導員の運転操作リプレイ

前節の方法で選択された危険場面について、画面上でリプレイを表示する助言インタフェースを開発した。この際、走行中の前方面面に加えて、ドライバ自身がその区間で行ったペダル操作と車速、および、同一区間での教習所指導員によるペダル操作と車速を、アニメーションとして表示

した(Fig.7-5-2)。受講ドライバは、その場面がなぜ抽出されたのか、その場面での規範的な運転とはどんなものかを、動きのあるリプレイを見ることで、直感的に理解できるものと考えた。危険予測に関する知識だけでなく、自身の運転操作を客観的に見返すことで、自身の運転の問題点に対する「気づき」を促進することを狙ったミラーリング法を援用したインターフェースである。



Fig.7-5-2 リプレイによる助言インターフェース

7.6. 本章のまとめ

本章では、TEDDY を運転教育装置として応用することを狙い、ドライバの思い込み評価結果に応じて適切な助言やフィードバックをドライバに提供する機能を開発した。新たに撮影・収集した車両走行中の映像をもとに、主に出会い頭事故の危険性が予測される場面を精選して、約 8 分間の走行シナリオを 2 種類、約 4 分間の走行シナリオを 2 種類、合計 4 種類の走行シナリオを新規に作成した。約 8 分間の 2 種類の走行シナリオには、12 個ずつの危険場面が含まれ、合計 24 個の

各危険場面について教習所指導員の監修による助言の文章を設定した。

また、これらの危険場面のうち、受講ドライバの思い込み評価結果に基づき、思い込み特性 Q 値の大きい上位 3 場面について助言を実施するインタフェースを開発した。この際、運転リスク指数 DRQ の計算方法を改良し、ドライバの車速も加味した指標化を行った。また、助言インタフェースとして、危険予測の知識を文章と写真で提供するインタフェースと、ミラーリング法を援用した受講ドライバと指導員との比較リプレイを行うインタフェースの 2 種類を作成した。

これらの機能追加によって、TEDDY というドライビングシミュレータの運転模擬操作から、ドライバの危険見積り甘さ(思い込み)を定量的に評価して、ドライバ個々人の思い込み特性に応じた適切な助言を与えるための、新しい運転教育システムが完成した(Fig.7-6-1)。次章では、これらの機能拡張を施した TEDDY を用いて、その運転教育効果を検証していく。

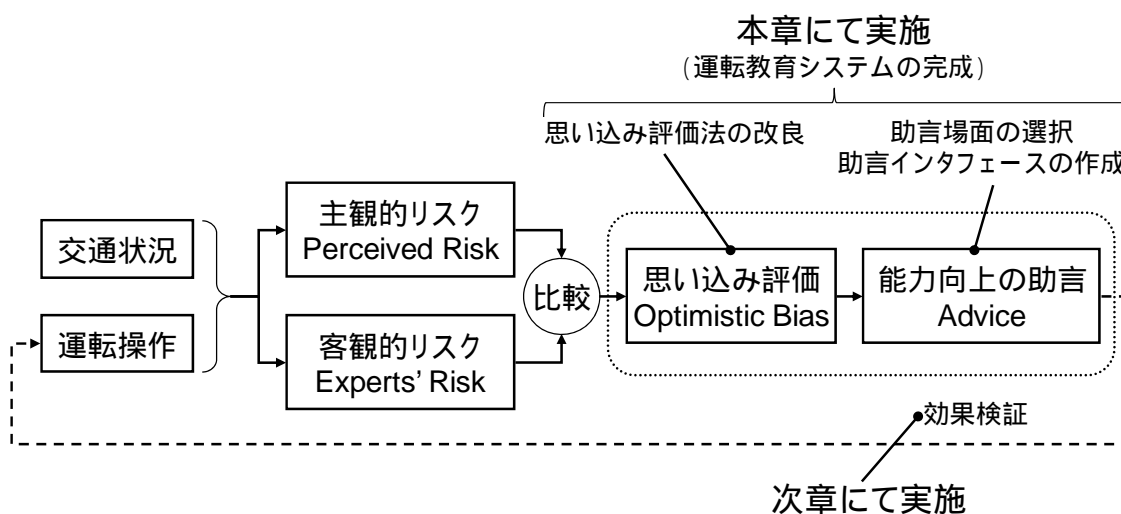


Fig.7-6-1 思い込み評価用ドライビングシミュレータ開発の枠組み

第8章 教育効果検証

8.1. 本章のねらい

ここまで、運転操作からドライバーの主観的なリスク見積りの大きさを推定する方法を開発し、これを交通状況の客観的なリスク(指導員の主観的リスク)と比較することで、ドライバーの思い込みの程度を運転リスク指数(DRQ)として定量的に評価する方法を提案してきた。また、これらの手法を実装したドライビングシミュレータ TEDDY を開発し、提案法によって測定される思い込みの性質や、高齢ドライバーの思い込み評価を実施し、提案法および TEDDY の性能や妥当性を検証してきた。さらに前章では、思い込みの評価に基づいて、具体的な危険予測の知識やリプレイを提供することによって、ドライバーの危険見積りの能力を向上させるための機能を追加した。

本章では、実際に様々なドライバーに対して TEDDY を用いた運転教育実験を実施して、運転行動に及ぼす効果を検討することを目的とした。この効果検討にあたっては、第一に、提案法による教育効果を検証するため、いくつかの異なる方法によるフィードバックを実施して、それぞれの効果を比較した。第二に、教育の時間的な持続性を検討するため、教育直後の効果、約 3 ヶ月後の持続効果、および繰り返し教育による効果を検討した。第三に、ドライビングシミュレータによる本教育が、実際の実車運転に及ぼす影響を検討した。これらの効果検討により、運転模擬操作をもとに、危険感受性の評価からトレーニングまでを行える、従来にない新しい運転教育装置としての TEDDY の有効性を検証した[74]。

これらの検討を実施するために、実験 A および実験 C として、大きく 2 種類の実験を実施した。実験 A では、主に上述の第一の観点(提案法の有効性)と第二の観点(持続性)について検討するため、実験室において様々な条件統制を行って詳細な検証を実施した。実験 C(Car)では、主に上述の第三の観点(実車運転への効果)について検討するため、自動車教習所における実用上の効果検証を実施した。なお、いずれの実験においても、前章で作成した走行シナリオおよび助言インタフェースを用いた。

さらに本章では、TEDDY の主なユーザとなり得る自動車教習所指導員に対して、TEDDY の有効性や用途、使い勝手等に関する聞き取り調査を行った。これをもとに、教育現場において TEDDY を用いていく具体的なイメージや、運用する際の課題を明確にすることを目的とした。

8.2. 実験 A (実験室における詳細実験) 方法

8.2.1. 実験 A 全体の構成

実験 A は、実験参加者にとって 1 回目の参加となる実験 A1 と、2 回目の参加となる実験 A2 の二つの実験で構成した。実験 A1 と A2 は Fig.8-2-1 に示すように、それぞれ全く同じ手続きで構成した。参加者は TEDDY による運転(評価)を実施した後、その運転による思い込み評価に基づき、アドバイスを受けた。また、アドバイスの直後に再び TEDDY による運転(テスト)を実施し、最後にアドバイスの受容性に関するアンケートに回答した。

実験 A2 は実験 A1 から約 3 ヶ月後に実施した。これにより、実験 A1 の 2 回目の運転時の運転リスク指数によってアドバイスの短期効果を、実験 A2 の 1 回目の運転時の運転リスク指数によってアドバイスの長期効果を、実験 A2 の 2 回目の運転時の運転リスク指数によってアドバイスの繰り返し効果を検討した。

この際、実験 A1 におけるアドバイスでは知識提供によるアドバイスのみを実施し、実験 A2 では知識提供アドバイスに加えてリプレイを用いたアドバイスを実施した。これにより、知識提供によるアドバイスとリプレイによるアドバイスの効果の比較を狙った。この際、本来であれば、これら 2 種類のアドバイスを個別に実施して比較を行うことが理想的であるが、限られた実験参加者数の中で条件比較を行うため、本実験では、知識提供アドバイス単独の場合と、2 種類のアドバイスを複合した場合との差により、リプレイを用いたアドバイスによる効果を相対的に検討することとした。

なお、実験 A1 と A2 は T 研究所の実験室内で実施した。実験時間は参加者 1 名あたり約 90 分(休憩等を含む)であった。

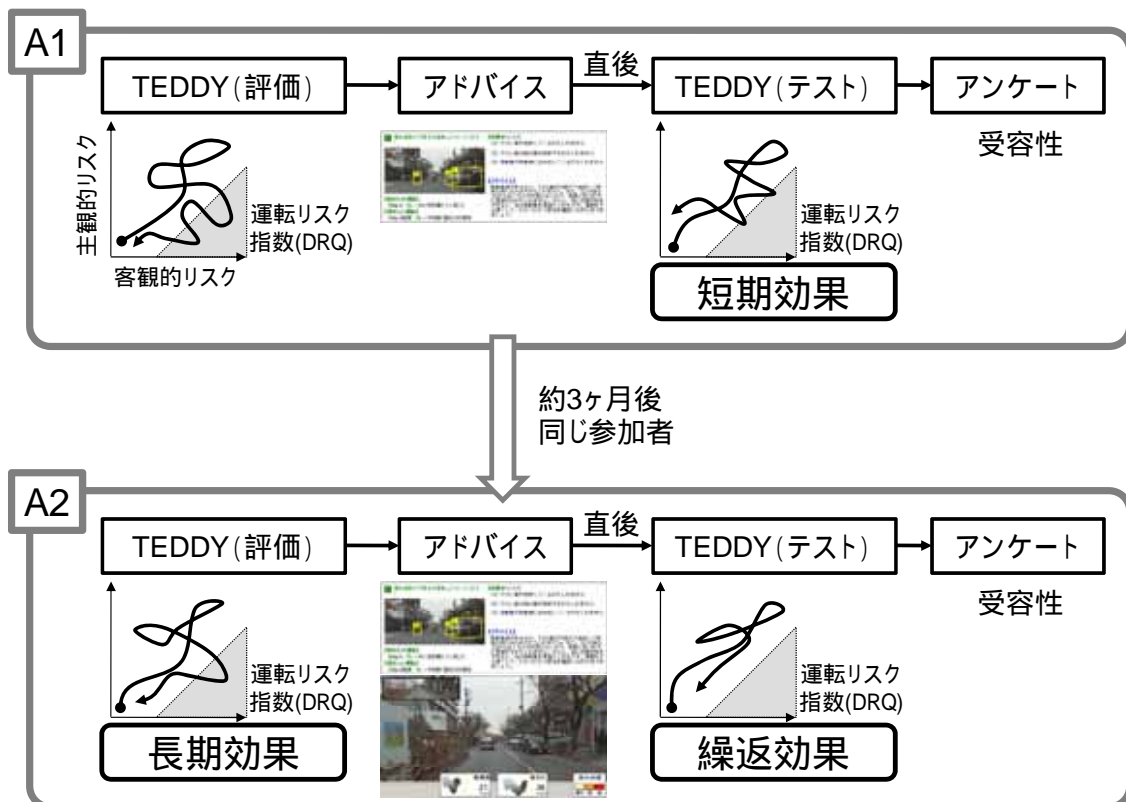


Fig.8-2-1 実験 A の構成

8.2.2. 実験参加者

実験 A1 は、人材派遣会社を通じて集められた実験参加者 60 名により実施した。また、実験 A2 は、これら 60 名のうち 3 ヶ月後も参加可能だった 30 名により実施した。全員、普通自動車の運転免許を有しており、週に 3 日以上、継続的に自動車の運転を行っている者であった。それぞれの実験への参加者の属性を以下に示す。

実験 A1(60 名)：男女各 30 名、20～70 歳台で各年代 10 名、20～73 歳、平均 49.1 歳

実験 A2(30 名)：男女各 15 名、20～70 歳台で各年代 5 名、21～73 歳、平均 49.5 歳

8.2.3. TEDDY 運転(評価)

練習走行を行った後、約 8 分間の走行シナリオ L1 と L2 のうちどちらか一方を走行させた。参加者には、実験だからといって構えることなく、普段どおりに走行するように指示した。特に、標識や標示で示される制限速度は気にせず、その場その場の交通の流れから適当と思う速度で走ってもらうようにした。なお、予備実験において、8 分間連続して走行するとシミュレータ酔いの状態となる参加者があったため、中間地点で数分間の休憩をとらせた。

なお、実験 A1 でシナリオ L1 を走行した者は実験 A2 ではシナリオ L2 を、実験 A1 でシナリオ L2 を走行した者は実験 A2 ではシナリオ L1 を走行させた。つまり、参加者は同じ走行シナリオを走行することではなく、これにより、同一場面の走行による慣れの効果を排除した。

8.2.4. アドバイス条件

実験 A におけるアドバイスの条件として、以下を設けた。

(1) アドバイスなし

走行中も走行後も、一切アドバイスや注意喚起等のアドバイスは提示しない条件であった。

(2) 走行後アドバイス

TEDDY そのものの運転教育への応用を想定し、思い込みの評価結果に基づいて走行後にアドバイスを行う条件として、以下①～④の 4 種類を設定した。

① 知識提供(評価反映)

Fig.7-5-1 のように、写真と文章を用いて、言葉による助言を読ませることでアドバイスとした。実際に TEDDY の運転で運転リスク指数 DRQ が大きかった区間(上位 3 区間)に関するアドバイスを与えた。つまり、個々のドライバに適応したアドバイスが提示される条件であった。なお、この条件は実験 A1 でのみ実施した。

② 知識提供(評価未反映)

上述①と同様に、文章によるアドバイスを読ませるが、運転リスク指数 DRQ が小さかった区間(下位 3 区間)に関するアドバイスを与えた。つまり、個々のドライバに適応させず、むしろ各ドライバのリスクの見積もりが比較的良好な場面に対するアドバイスが提示される条件であった。ただし、相対的に運転リスク指数が低かった場面というのみで、アドバイスそのものは一般論として有効なものであると考えられた。なお、この条件は実験 A1 でのみ実施した。

③ 知識提供とリプレイ(評価反映)

文章によるアドバイスを読ませた後、Fig.7-5-2 のように、指導員と自身の運転のリプレイを観察させた。また、観察して気づいた指導員との違いや自身の問題点について自由にコメントを述べさせた(コメントは特に記録しなかった)。この際、運転リスク指数 DRQ が大きかった区間(上位 3 区間)についてリプレイを実施した。なお、この条件は実験 A2 でのみ実施した。

④ 知識提供とリプレイ(評価未反映)

上述③と同様に、文章によるアドバイスを読ませた後リプレイを観察させるが、この条件では、運転リスク指数 DRQ が小さかった区間(下位 3 区間)についてリプレイを実施した。なお、この条件は実験 A2 でのみ実施した。

(3) 走行中アドバイス

TEDDY 内部で実施している思い込みの評価を実車での運転支援に応用する場合を想定し、走行中にリアルタイムで思い込み評価を行って、走行中にドライバに注意喚起を行う条件として、以下の 2 種類を設定した。

① 安全ランプ

走行中に計算された運転リスク指数 DRQ が一定値未満であれば緑色のランプが点灯し続け、指数が一定値以上であればランプが消灯するという、仮想的な車載注意喚起システムによるアドバイスを行った(Fig.8-2-2)。この際参加者には、「ランプが消灯するのは運

転が何らか危険な状態になっているという意味なので、アクセルを緩めたり、ブレーキを構えたり踏んだりすることでランプはまた点灯する」と教示した。

② 危険ランプ

上述①とは逆に、運転リスク指数 DRQ が一定値未満であればランプが消灯しており、指数が一定値以上であれば赤色のランプが点灯するという、仮想的な車載注意喚起システムによるアドバイスを行った(Fig.8-2-3)。この際参加者には、「ランプが点灯するのは運転が何らか危険な状態になっているという意味なので、アクセルを緩めたり、ブレーキを構えたり踏んだりすることでランプは消灯する」と教示した。



Fig.8-2-2 安全ランプ条件時の運転模擬画面



Fig.8-2-3 危険ランプ条件時の運転模擬画面

8.2.5. TEDDY 運転(テスト)

アドバイスの後、約4分間の走行シナリオ S1とS2のうちどちらか一方を参加者に走行させた。この際、アドバイスを受けた内容に配慮して運転するように教示した。また、テスト時には、安全ランプと危険ランプは表示しなかった。なお、実験 A1 でシナリオ S1 を走行した者は実験 A2 ではシナリオ S2 を、実験 A1 でシナリオ S2 を走行した者は実験 A2 ではシナリオ S1 を走行させた。つまり、参加者は同じ走行シナリオを走行することはなく、これにより、同一場面の走行による慣れの効果を排除した。

8.2.6. 受容性アンケート

実験 A1 および A2 の最後に、参加者が受けたアドバイスに対する受容性を、Fig.8-2-4 に示す質問紙によって答えさせた。質問紙は 15 項目で構成され、各項目に対して「あてはまる」～「あてはま

らない」の 5 段階で評定させた。文章や写真、リプレイによる走行後アドバイスの場合はそれらのアドバイスを受けた場面や内容について、注意喚起システムによる走行中アドバイスの場合はそれらのシステムが動作した場面や内容について、回答させた。また、アドバイスなし条件では回答は行われなかった。

この質問紙の 15 項目は、受容性を「自己関連性」「納得度」「応用可能性」の 3 因子と定義し、各因子について 5 項目ずつを、2 名の実験者の合議により作成した。そのため、標準的に受容性を測定できる尺度ではなく、本研究に限ってユーザとしてのドライバの受容性を簡易に測定するためのものであった。

ここで、自己関連性とは、アドバイスを受けた場面や内容が、自身の運転の結果であり、自分自身の普段の運転中にも起こり得ることだと感じた程度であり、以下の 5 項目で構成した。

- 自分の弱点を言い当てていると感じた
- 実際に似たような場面でヒヤリとしたことがある
- 思いもよらない危険があることに気づかされた
- 人から同じような場面で運転を注意されたことがある
- 自分には関係ないことだと思った(逆転項目)

納得度とは、アドバイスを受けた場面や内容に対して納得し理解した程度であり、以下の 5 項目で構成した。

- なぜ危険なのかがよく分かった
- 余計なおせっかいだと思った(逆転項目)
- そんなものは危なくないと思った(逆転項目)
- 「なるほど」と納得することができた
- 分りきった事ばかりで意味がないと思った(逆転項目)

応用可能性とは、アドバイスを受けた場面や内容が、実際に実施できそうか、および、普段の運転に対しても応用可能であると感じた程度であり、以下の 5 項目で構成した。

- いろいろな場面に応用できると感じた
- 自分なら違う対処のしかたをしようと思った(逆転項目)
- シミュレータと実際の運転とは違うと思った(逆転項目)
- これからは注意して運転しようと思った
- 普段の運転にも役に立つと感じた

あなたの運転に対するアドバイスについて、以下に書かれたことを、どのくらい感じましたか？
 それぞれ、あてはまる数字を1つずつ○で囲んでください。

	あてはまらない	あまりあてはまらない	どちらともいえない	ややあてはまる	あてはまる
1. 自分の運転の弱点を言い当てていると感じた	1	2	3	4	5
2. なぜ危険なのかがよく分かった	1	2	3	4	5
3. 余計なおせっかいだと思った	1	2	3	4	5
4. いろいろな場面に応用できると感じた	1	2	3	4	5
5. 自分なら違う対処のしかたをすと思った	1	2	3	4	5
6. そんなものは危なくないと思った	1	2	3	4	5
7. 実際に似たような場面でヒヤリとしたことがある	1	2	3	4	5
8. シミュレータと実際の運転とは違うと思った	1	2	3	4	5
9. 「なるほど」と納得することができた	1	2	3	4	5
10. これからは注意して運転しようと思った	1	2	3	4	5
11. 思いもよらない危険があることに気づかされた	1	2	3	4	5
12. 人から同じような場面で運転を注意されたことがある	1	2	3	4	5
13. 分かりきったことばかりで意味がないと思った	1	2	3	4	5
14. 自分には関係ないことだと思った	1	2	3	4	5
15. 普段の運転にも役に立つと感じた	1	2	3	4	5

Fig.8-2-4 受容性アンケート

8.3. 実験 C(教習所における実車実験) 方法

8.3.1. 実験 C 全体の構成

実験 C は、実験参加者にとって 1 回目の参加となる実験 C1 と、2 回目の参加となる実験 C2 の二つの実験で構成した。実験 C1 と C2 は Fig.8-3-1 に示すように、それぞれ全く同じ手続きで構成した。参加者はまず教習車両を約 15 分間運転し、助手席に同乗した指導員が参加者の運転を評価した。次に、TEDDY による運転(評価)を実施し、その運転による思い込み評価に基づき、アドバイスを受けた。また、アドバイスの直後に再び TEDDY による運転(テスト)を実施し、最初と同様に教習車両を約 15 分間運転した。最後にアドバイスの受容性に関するアンケートに回答した。

実験 C2 は実験 C1 から約 3 ヶ月後に実施した。これにより、実験 C1 の 2 回目の TEDDY 運転時の運転リスク指数と 2 回目の教習車運転時の指導員評価によってアドバイスの短期効果を、実験 C2 の 1 回目の TEDDY 運転時の運転リスク指数と 1 回目の教習車運転時の指導員評価によってアドバイスの長期効果を、実験 A2 の 2 回目の TEDDY 運転時の運転リスク指数と 2 回目の教習車運転時の指導員評価によってアドバイスの繰り返し効果を検討した。

この際、実験 C1 におけるアドバイスでは知識提供によるアドバイスのみを実施し、実験 C2 では知識提供アドバイスに加えてリプレイを用いたアドバイスを実施した。これにより、知識提供によるアドバイスとリプレイによるアドバイスの効果の比較を狙った。

なお、実験 C1 と C2 は自動車教習所 A の教室内で実施した。実験時間は参加者 1 名あたり約 60 分であった。

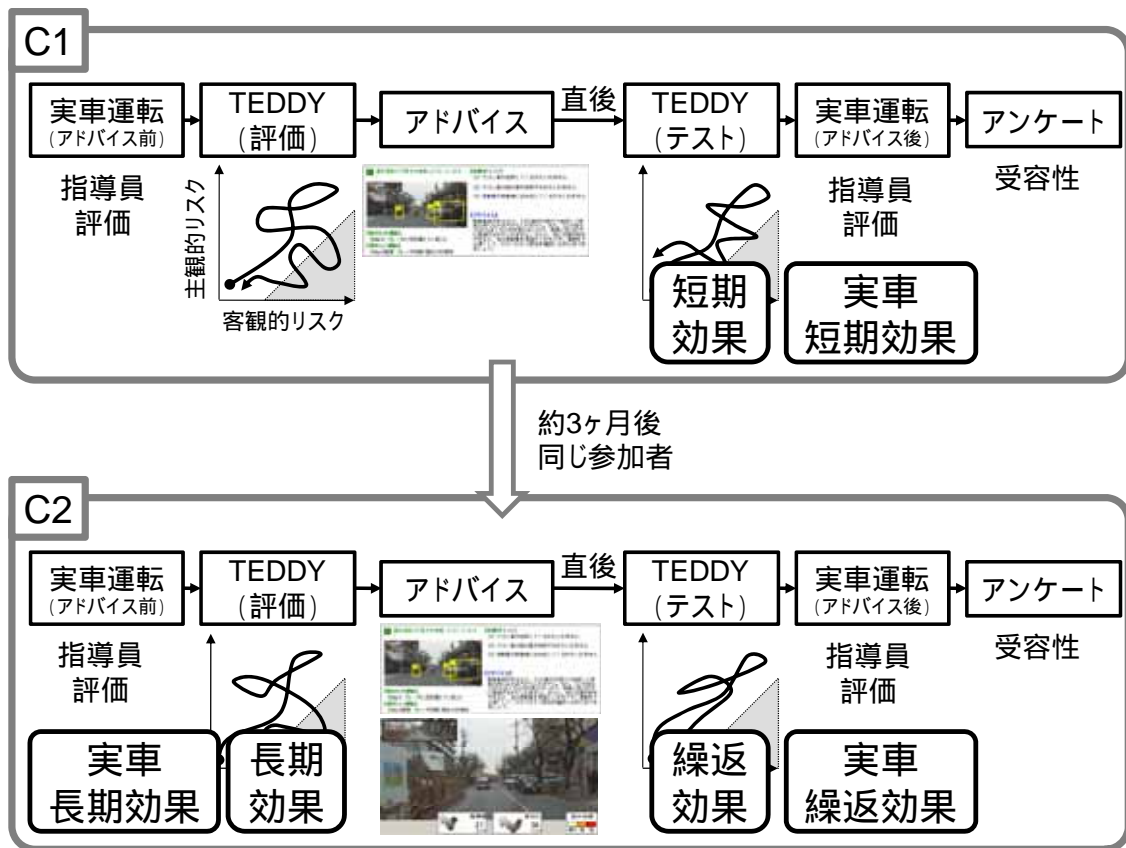


Fig.8-3-1 実験 C の構成

8.3.2. 実験参加者

実験 C1 は、人材派遣会社を通じて集められた実験参加者 15 名により実施した。また、実験 C2 は、これら 15 名のうち 3 ヶ月後も参加可能だった 12 名により実施した。全員、普通自動車の運転免許を有しており、週に 3 日以上、継続的に運転を行っている者であった。それぞれの参加者の属性を以下に示す。

実験 C1 (15 名)： 男性 6 名、女性 9 名、22～72 歳、平均 45.0 歳

実験 C2 (12 名)： 男性 5 名、女性 7 名、22～73 歳、平均 46.7 歳

(実験 C1 と C2 との間に誕生日を迎えた者があったため、年齢の幅が異なる)

8.3.3. 実車運転(アドバイス前)

教習車両(補助ブレーキ、補助ミラー付)を用いて、教習所周辺の一般路を約 15 分間、参加者に走行させた。TEDDY に実装した走行シナリオに相当するような顕在・潜在・行動予測の危険場面が含まれるようなチェックポイント(CP)を設け、教習所指導員によって走行ルートを決めた。走行ルートを Fig.8-3-2 に示す。



Fig.8-3-2 実験 C における実車走行ルート

走行中、助手席に同乗した指導員(技能検定員の資格を有する)は Fig.8-3-3 に示す評価シートを用いて、各 CP における参加者の運転の評価を実施した。評価項目は、教習所の卒業検定用の項目[26]のうち危険感受性に関連するものとして「制動操作不良(危険への構え)」「速度速過ぎ(ブレーキの時機)」「安全進行違反(安全速度)」「安全不確認(確認の良否)」の 4 項目を用い、各項目で参加者の運転に問題がある場合、それぞれ 5 点、10 点、10 点、10 点を減点していく方式を用いた。各項目の評価基準の概要を Table 8-3-1 に示す。本来の卒業検定試験では 100 点満点から減点を行い、70 点を下回った時点で走行を中止するが、今回は特に制限を設けずにルートを全て走行させ、走行後の総減点数を算出した。

なお、参加者全員、運転免許証を有して日常的に運転している者であるため、事故回避の目的を除いて、指導員は補助ブレーキを踏まなかった。また、TEDDY のアドバイス効果検討が目的であるため、実験期間中に指導員から参加者に対する助言は一切行わなかった。さらに、指導員の違いによる評価の差を防ぐため、参加者全員について同じ指導員 1 名が評価を実施した。

平成 17 年 月 × × E

氏名		生年月日		年齢	性別	実車チェック		担当	
被験者	(フリガナ) チュウケン タロウ	昭和 15 年 月 × × 日		65 歳	男	C 1	前		
	中研 太郎								
場所番号	運転特記事項	運転チェック項目							
		顕在	行動予測	潜在	B(5) 構え	V(10) 時機	12(10) 安全速度	S(10) 確認	小計
1									
2	見通しの悪い上り坂交差点確認なし			レ			レ	レ	20
3									
4	一停場所出すぎでの確認			レ			レ	レ	20
5	対向右折車に対し減速なし			レ			レ		10
6									
7									
8									
9									
10	見通しのきかない交差点減速なし			レ			レ		10
11	一停場所出すぎでの確認			レ			レ	レ	20
12									
13	停車車両陰の横断者への動向予測なし			レ	レ			レ	15
14									
15	上り坂交差点減速なし			レ	レ			レ	15
16	見通しの悪い上り坂交差点確認なし			レ				レ	10
17									
18									
19	下り坂横断歩道減速なし			レ			レ		10
		総減点数		(130)				点	
総合所見	全般に慌てた運転対応で見通しの悪い交差点への警戒心が弱く、危険箇所への進入速度が速い。								

小計欄は発生した危険に対して対応出来ない項目に減点数を付して評価する。

Fig.8-3-3 実車運転時の評価シート

Table 8-3-1 実車運転の評価に用いた運転診断項目の概要

項目名	適用	減点
制動操作不良 (危険への構え)	<ul style="list-style-type: none"> ● 道路及び交通の状況に応じ、制動の必要が予測される状況(法令に基づく徐行場所又は徐行すべき場合を含む)にもかかわらず、ブレーキペダルに足を移して制動の構えをしない場合 	5
速度速過ぎ (ブレーキの時機)	<ul style="list-style-type: none"> ● 道路及び交通の状況に適した安全速度よりおおむね5キロメートル毎時未満速い場合 ● カーブでおおむね 0.3G 以上 0.4G 未満の横加速を生じた場合 	10
安全進行違反 (安全速度)	<ul style="list-style-type: none"> ● 交差点に入ろうとし若しくは交差点内を通行する場合に、交差点の状況に応じてできる限り安全な速度と方法で進行しないとき(ただし、優先道路又は明らかに幅員の広い道路を通行しているときは適用しない) ● 黄信号になる前に交差点を通過しようとして交差点の手前から速度を増した場合 	10
安全不確認 (確認に良否)	<ul style="list-style-type: none"> ● 左折する四輪車が左折直前に、直接目視又はバックミラーにより車体の左側方の安全を確認しない場合 ● 進路を変えようとする場合(転回を含む。)に、直接目視及びバックミラーにより、変えようとする側の側方及び後方の安全を確認しないとき ● 交差点に入ろうとし若しくは交差点内を通行する場合に、交差点の状況に応じ交差道路を通行する車両等、反対方向から進行してきて右折する車両等又は交差点若しくはその直近で道路を横断する歩行者若しくは軽車両に対する安全の確認をしないとき ● 走行中に、計器類若しくは車外の一点などに気を奪われ脇見をしていたとき又は歩行者、車両等その他の障害物に接近したとき若しくは物かげで見とおしのきかない場合に脇見をしたとき 	10

8.3.4. TEDDY 運転(検査)

実験 A と同様に、約 8 分間の走行シナリオ L1 と L2 のうちどちらか一方を走行させた。実験 C1 でシナリオ L1 を走行した者は実験 C2 ではシナリオ L2 を、実験 C1 でシナリオ L2 を走行した者は実験 C2 ではシナリオ L2 を走行させた。

8.3.5. アドバイス

実験 C では、運転後の知識提供アドバイスの条件(C1)、および知識提供・リプレイによるアドバイスの条件(C2)のみ実施した。また、アドバイス無し条件も設けなかった。

8.3.6. TEDDY 運転(効果テスト)

実験 A と同様に、アドバイスの後、約 4 分間の走行シナリオ S1 と S2 のうちどちらか一方を走行させた。実験 C1 でシナリオ S1 を走行した者は実験 C2 ではシナリオ S2 を、実験 C1 でシナリオ S2 を走行した者は実験 C2 ではシナリオ S1 を走行させた。

8.3.7. 実車運転(アドバイス後)

アドバイス前と同様に、同じ走行ルートで、教習所周辺の一般路を約 15 分間走行させた。指導員による評価方法も同一であった。

8.3.8. 受容性アンケート

実験 A の場合と同様に、アドバイスに対する受容性を質問紙(Fig.8-2-4)によって答えさせた。

8.4. 実験結果

8.4.1. 走行後アドバイスにおける短期・長期・繰返効果(実験 A)

本研究では、アドバイスによるシミュレータ上での運転行動の変化を、8 分間または 4 分間の走行シナリオ全体の平均的な運転リスク指数(思い込み特性値 Q)によって検討する。また、実験のフェーズによって、効果を以下のように分類する。

- 短期効果: 実験 A1(参加 1 回目)のアドバイス直後の運転
- 長期効果: 実験 A2(3 ヶ月後の参加 2 回目)のアドバイス前の運転
- 繰返効果: 実験 A2 のアドバイス直後の運転

TEDDY の本来のアドバイス機能の有効性を検討するため、写真・文章による危険予測の知識提供アドバイスおよび知識提供とリプレイによるアドバイスについて、TEDDY の運転リスク指数 DRQ の大きさに応じてアドバイスを行った「評価反映」条件、DRQ が小さい場面についてアドバイスを行った「評価未反映」条件、および「アドバイスなし」条件との比較を Fig.8-4-1 に示す。

実験フェーズ(4)×アドバイス条件(3)の 2 要因分散分析の結果、実験フェーズの主効果のみが有意であった [$F(3, 92) = 3.11, p < .05$]。LSD 法による多重比較の結果、アドバイス前と短期効果、および、アドバイス前と繰返効果との間に有意差が見られた(それぞれ、 $p < .05, p < .01$)。思い込み特性値 Q の平均値のみからは、TEDDY のアドバイスそのものによる効果と実験フェーズの効果が明確に分離できなかった。

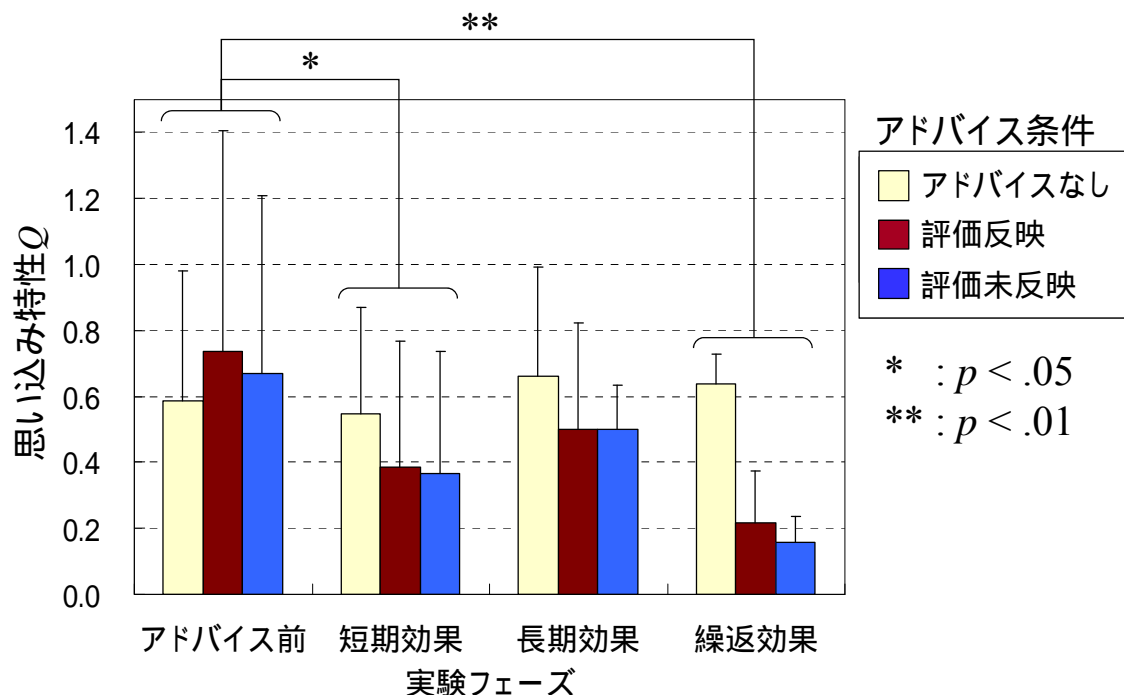


Fig.8-4-1 実験フェーズ・アドバイス条件ごとの思い込み特性値 Q の変化

ここで、アドバイス前の思い込み特性 Q の個人差が非常に大きいことがグラフからうかがえる。そこで、個人ごとの思い込み特性値 Q の変化を検討することとし、アドバイス前の思い込み特性値 Q を 1 とし、各フェーズの思い込み特性値 Q との比を算出した(Fig.8-4-2)。

実験フェーズ(3)×アドバイス条件(3)の分散分析の結果、実験フェーズとアドバイス条件の主効果がそれぞれ有意であった (それぞれ、 $[F(2, 59) = 3.46, p < .05]$ 、 $[F(2, 59) = 24.06, p < .01]$)。LSD 法による多重比較の結果、実験フェーズについては、長期効果と繰返効果との間に有意差が見られた($p < .01$)。つまり、アドバイスの繰返し、または、知識提供とリプレイによるアドバイスの効果が見られた。また、アドバイス条件について多重比較を行ったところ、評価反映条件と未反映条件の両方で、アドバイスなし条件に比べて有意に思い込み特性値 Q が小さかった(いずれも $p < .01$)。アドバイスなしの条件では思い込み特性値 Q が下がらない(むしろ上がる傾向である)のに対し、1 回のアドバイス(短期効果)で思い込み特性値 Q は約 50%減、アドバイスを繰り返すことで最終的に約 75%減少した。

評価反映条件と未反映条件の間には有意差は見られなかったが、評価未反映の場合であっ

でも、TEDDY 独自のアドバイスを与えているため、たとえ運転リスク指数の実態とは異なるアドバイスではあっても、効果があったものと考えられた。有意ではないものの、アドバイス 3 ヶ月後の長期効果において、評価反映条件では当初の 43%減を保っているのに対して、評価未反映条件では 18%減の状態まで思い込み特性値 Q が戻っている。評価を反映したほうが、長期的には効果があることを示唆するものと考えられた。

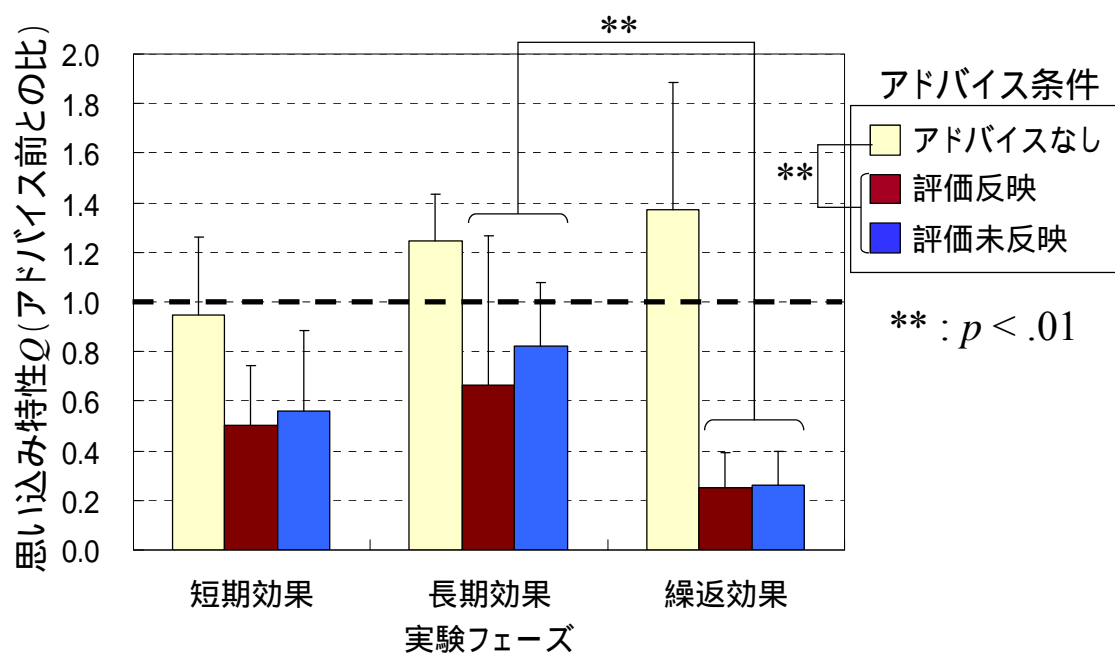


Fig.8-4-2 思い込み特性値 Q のアドバイス前との比

8.4.2. アドバイス方法による効果比較 (実験 A)

教育システムとしての TEDDY 本来の運転後の詳細なアドバイス方法と、走行中にリアルタイムで注意喚起システムのようにアドバイスする方法 (安全ランプ、危険ランプ) とで、運転リスク指数の変化を比較した。この際、安全ランプと危険ランプの条件では、走行中にアドバイスが表示されているため、実験 A1 でのアドバイス前と A2 での長期効果の走行時は、文章での事後アドバイスに比べて明らかに思い込み特性値が小さくて当然である。また、8.4.2 項で示したように、実験 A1 にお

ける知識提供アドバイスの短期効果は統計的に有意ではなかったため、短期効果部分は分析から除外した。同様に、評価の反映／未反映でも統計的有意差は見られなかったため、評価未反映群は分析から除いた。以上のような理由から、やや変則的ではあるが、実験 A1 のアドバイスなし条件でのアドバイス前の思い込み特性値 Q を 1 として、繰返効果(実験 A2 のアドバイス後)における思い込み特性値 Q の変化率を比較した(Fig.8-4-3)。

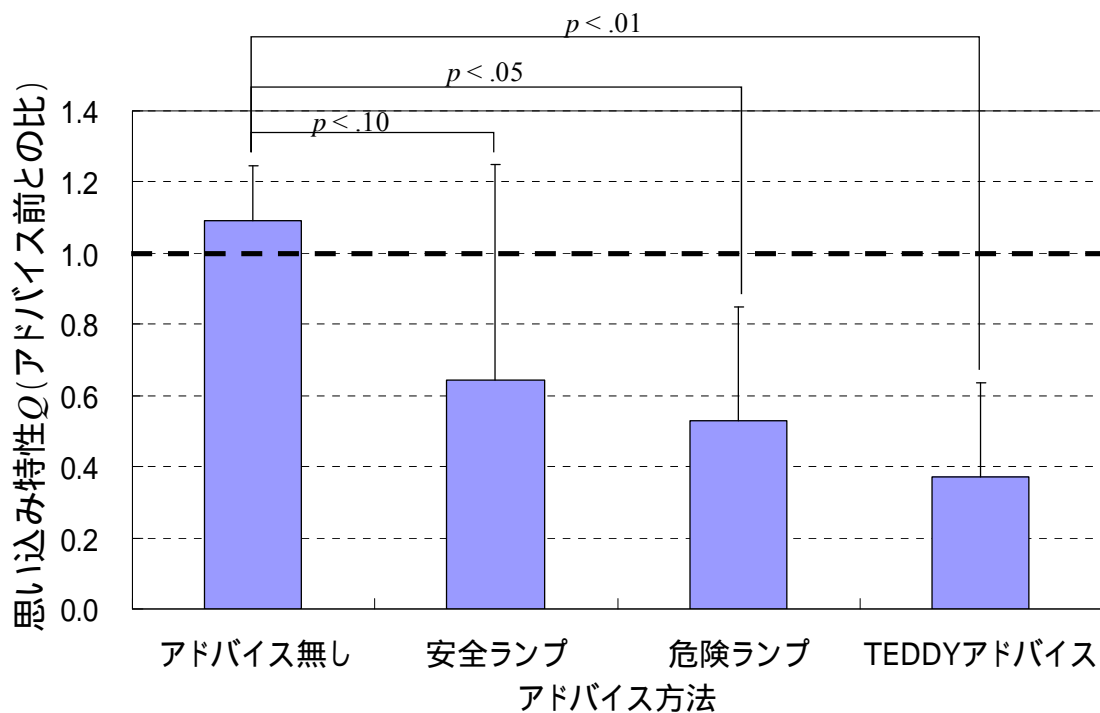


Fig.8-4-3 アドバイス方法による効果比較

分散分析を行った結果、アドバイス方法の主効果が有意であった [$F(3, 21) = 3.31, p < .05$]。そこで、LSD 法による多重比較を行ったところ、TEDDY アドバイスおよび危険ランプにおいて、アドバイスなしに比べて有意に思い込み特性値 Q が小さくなった(それぞれ $p < .01, p < .05$)。TEDDY アドバイスと危険ランプとの間には有意差は見られなかったが、危険ランプでは 47%減、TEDDY アドバイスでは 63%減であり、事後の詳細なアドバイスの方が効果が高い可能性が示唆された。

安全ランプの場合、ずっとランプが点灯するようにうまく活用すれば危険ランプと同程度の効果が見込められると思うが、安全でなくなると(運転リスク指数が大きくなると)消灯するというだけのた

め、ランプによって運転を変えるほどの効果は無かったものと考えられた。一方、危険ランプの場合、危険になると(運転リスク指数が大きくなると)リアルタイムで点灯して知らせてくれるため、即効性は高いと考えられる。しかしながら、「なぜ危険なのか」といった知識は陽には提供されないため、詳細アドバイスに比べてその効果が小さめだったのではないかと考えられた。

8.4.3. 実車運転への効果(実験 C)

実車の運転行動の変化を、約 15 分間の走行時の指導員による総減点数によって検討した。また、実験のフェーズによって、効果を以下のように分類する。

- 短期効果： 実験 C1(参加 1 回目)のアドバイス後の実車運転
- 長期効果： 実験 C2(3 ヶ月後の参加 2 回目)のアドバイス前の実車運転
- 繰返効果： 実験 C2 のアドバイス後の実車運転

フェーズごとの、TEDDY の評価反映アドバイスと未反映アドバイスとの比較を Fig.8-4-4 に示す。

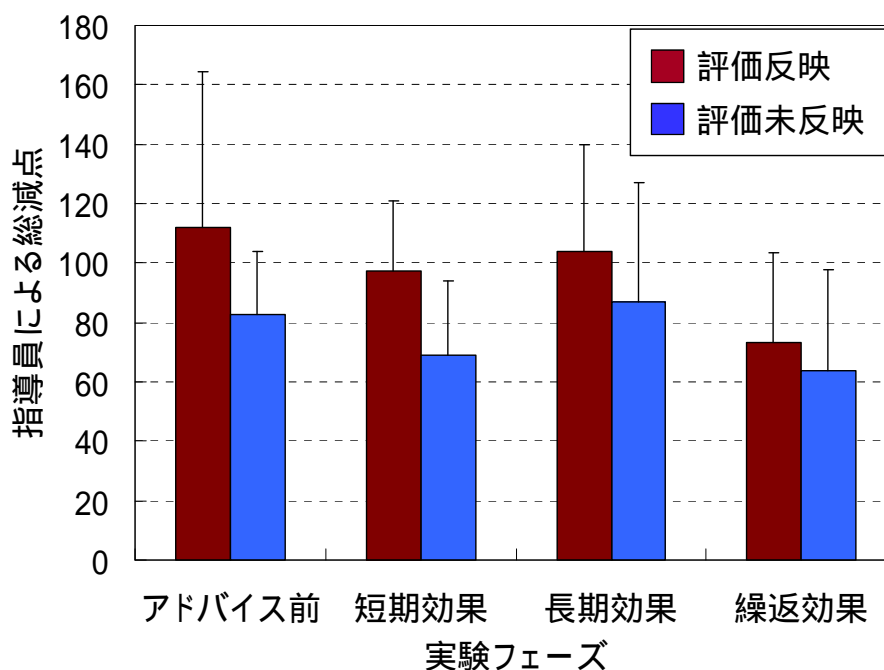


Fig.8-4-4 アドバイス条件・実験フェーズごとの指導員減点

実験フェーズ(4)×アドバイス条件(2)の2要因分散分析の結果、アドバイス条件の主効果が有意であった [$F(1, 44) = 5.03, p < .05$]。LSD 法による多重比較の結果、評価未反映条件において有意に総減点が小さかった。しかしながら、図からは、アドバイス前の時点で既に評価未反映群の減点が小さく、各条件への参加者の割り当てが均等になっていなかったことがうかがえる。よって、評価未反映の方がアドバイスの効果が高かったとはいえない。

また、実験 C では一般路を走行しているため、個人内でも個人間でも、同じ条件の交通状況を走行しておらず、実験フェーズ間での単純な比較は困難であることが考えられる。特に短期効果と長期効果との間では3ヶ月が経過し季節も変化しており、かつ、個人内での参加時間帯も変化しているため、比較は困難である。ただし、アドバイス前と短期効果、長期効果と繰返効果との間での比較は、同じ日の数十分後の走行であることから比較的意义があると考えられる。

そこで、アドバイス条件間の比較と長期効果の分析は諦め、同一日内のアドバイス前後のみの変化を検討した。実験 C1(参加1回目)とC2(参加2回目)の総減点を Fig.8-4-5 に示す。

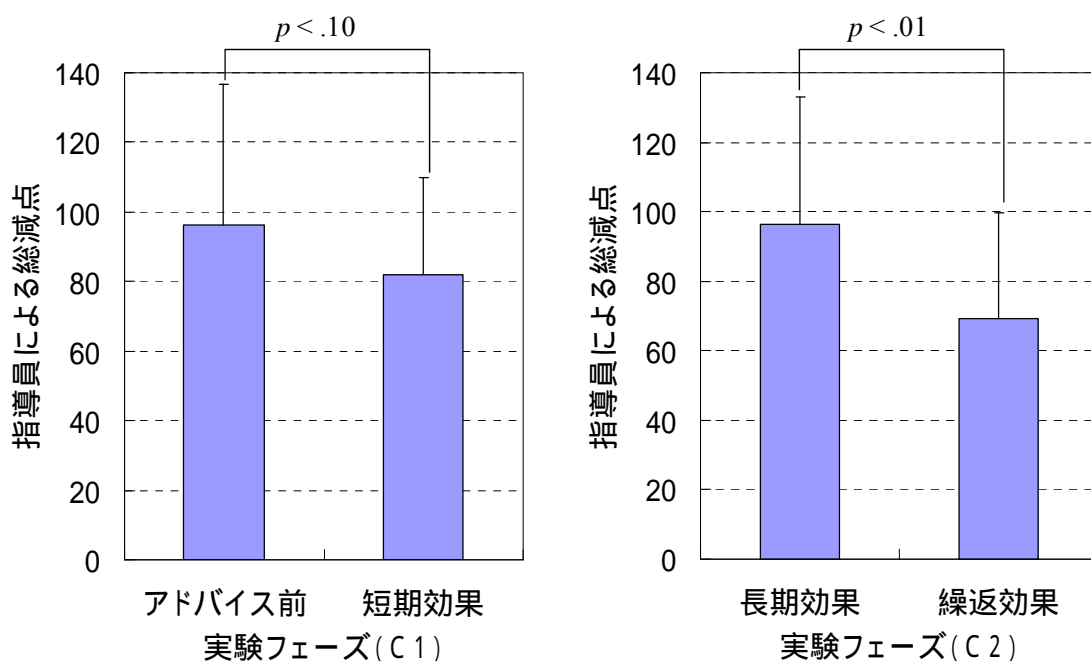


Fig.8-4-5 実験 C1・C2 の同一日内アドバイス前後の指導員減点

C1 のアドバイス前後について t 検定を行った結果、有意傾向程度で、明確な有意差は見られなかった [$t(14) = 1.86, p < .10$]。C2 について同様に t 検定を行った結果では、アドバイス後に有意に総減点数が減少していた [$t(10) = 4.93, p < .01$]。

実験 C2 (知識提供とリプレイによるアドバイス) でのみ、TEDDY のアドバイスによって、実車の運転も安全に変化することが確認された。C1 においても有意ではないものの、安全に変化する傾向は出ており、TEDDY のアドバイスの有効性を示唆した。特に、リプレイを追加した場合の方が運転行動の安全方向への変化が明確であり、その有効性が示唆された。

8.4.4. アドバイスの受容性

TEDDY による事後の詳細なアドバイス(危険予測の知識提供やリプレイ)はシミュレータ上の運転リスク指数や実車運転に対しても効果があることが認められたが、その一因として、自身の運転の客観的な評価結果に基づいたアドバイスであるため、納得度が高いことなどが挙げられる。そこで、実験 A における受容性アンケートの結果について、アドバイス方法間で比較を行った (Fig.8-4-6)。この図の縦軸「受容性」は、15 項目に対する 5 段階評価の合計点を示す。また、事後の詳細アドバイスについては、評価反映群と未反映群をまとめてある (8.4.1 項に示したように、評価の反映/未反映で差が無かったため)。

実験セッション A1 と A2(2)×アドバイス方法(3)の 2 要因分散分析の結果、アドバイス方法の主効果のみ有意であった [$F(2, 68) = 4.05, p < .05$]。LSD 法による多重比較の結果、安全ランプに比べて事後の詳細アドバイスに対する受容性が有意に高かった ($p < .05$)。また、統計的に有意ではなかったが、危険ランプに比べて事後詳細アドバイスの受容性が高い傾向が見られた ($p = .11$)。実験セッションとアドバイス種類の交互作用は統計的には有意ではなかったが、グラフからは、特に知識提供とリプレイによるアドバイスを実施した実験 A2 において、特に事後詳細アドバイスの受容性が高い傾向が見られた。

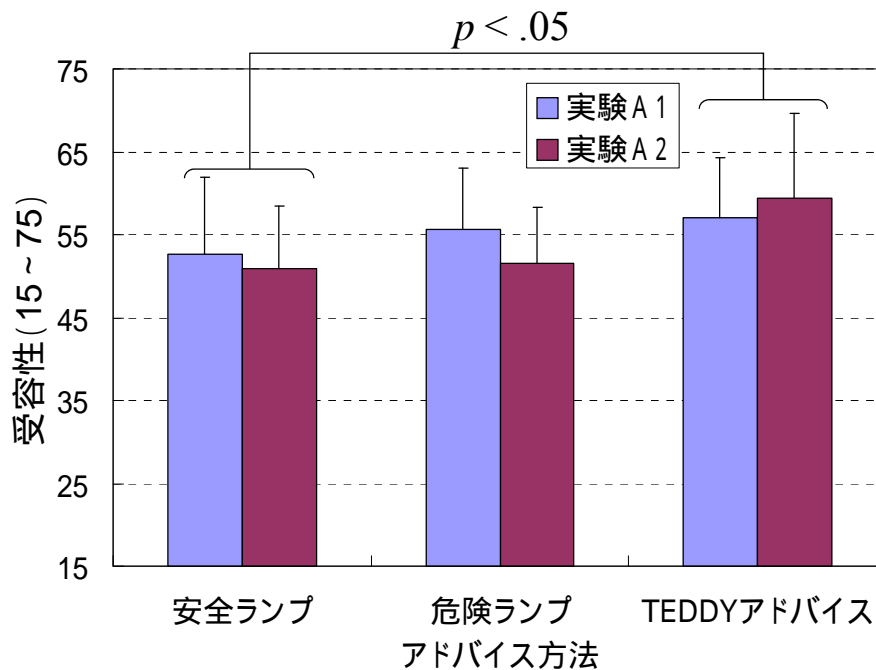


Fig.8-4-6 アドバイス方法ごとの受容性

8.4.2 項において、アドバイスの種類による思い込み特性値 Q の低減効果として、TEDDY アドバイス > 危険ランプ > 安全ランプ、の傾向が見られたが、受容性においても同様の結果が観察された。また、8.4.1 項(経時的効果)や8.4.3 項(実車運転への効果)において、TEDDY アドバイスの短期効果(実験 A1 と C1 でのアドバイス直後の効果)が明確に見出せなかった。受容性についても、文章で危険予測の知識を与えるだけだった実験 A1 よりも、リプレイを加えた実験 A2 の方が評価が高かった。つまり、TEDDY による事後詳細アドバイス(特にリプレイ機能を付加した場合は、検査を受けたドライバにとって受容性が高く、そのために、シミュレータや実車での運転を安全方向に変えることができたのではないかと考えられた。

8.4.5. TEDDY の効果に関する指導員の所感

実験 C の実車運転時には指導員が助手席で評価を行っているが、評価項目として挙げた観点以外について、TEDDY によるアドバイスの前後で、同乗して感じていた運転の変化について所感を聞き取り調査した。以下にその概要を示す。

(1) 実験C1・アドバイス前

どの被験者も、単に車を走らせることを意識し、他車(者)の行動・動向を予測せず相手の立場を考慮した遵法面への対応はほとんど感じられない、走行本位の運転対応となった。

【特記事項】

- 見通しが悪い場所での警戒心が弱く、減速が不十分で確認範囲が狭かった
- 走行時は絶えず危険な加速や、一時停止指定場所での不停止が目立った

(2) 実験 C1・アドバイス後(短期効果)

運転評価は4名を除き全般に C1のアドバイス前よりは向上したが、潜在危険への予測にの配慮に欠け、アドバイス前との変化は少ないと思われた。

【特記事項】

- 一時停止指定場所での停止行動がとれず先急ぎ傾向があった
- 見通しが悪い場面で、相手が見えないため減速が甘かった

(3) 実験 C2・アドバイス前(長期効果)

対向車の動向の予測や、見通しが悪い交差点での危険意識のある減速行動がうかがえたが、参加者の半数は従来の運転行動に戻ってしまったと思われる。

【特記事項】

- 見通しが悪い交差点への接近では、他車(者)への警戒心が薄く、十分な減速をせず接近する傾向が強い
- 一時停止指定場所では停止をしない状態での確認傾向が強い
- 特にある2名の参加者で、危険対応が大きく欠けた運転対応がうかがえた

(4) 実験C2・アドバイス後(繰返効果)

全般に荒々しさが残る運転対応ではあるが、危険を意識した走行傾向へ変化したと思われる。特に、死角部分への安全確認、早期の減速行動など慎重な運転対応に変化したと思われる。

【特記事項】

- 交差点進入時に十分な減速ができないまま進入する
- 一時停止指定場所では停止しない(徐行)が他車の動向確認行為は慎重さがうかがえた
- 対向車、歩行者等に対して優先意識が強いため減速不十分なまま進行する傾向がある

以上のように、1回目の知識提供のみによるアドバイスでは大きな効果を感じられず、3ヵ月後には効果が薄れており、2回目の知識提供とリプレイによるアドバイスによって大きく変化があったと感じたようである。指導員の所感としても、運転リスク指数に対する効果と同じ傾向であった。

また、実験 C1・C2 と一貫して、C2 のアドバイス後であっても、一時停止場所での不停止や交差点への進入速度の高さは残っていた。今回の TEDDY のシナリオは、無信号交差点(自車優先側)を直進する場面が中心であったため、一時不停止についてはあまり改善されなかったものと考えられた。ただし、安全確認行動や減速行動の時機が改善されたと感じており、アドバイスによって危険ポイントの知識を得たことや、リプレイによって早期減速の重要性に気づいたことが有効に働いていると考えられた。

8.5. TEDDY の応用可能性

8.5.1. 運転教育現場での利用形態

思い込みを減らす教育システムとしての効果は検証されたが、実際の運転教育現場での応用可能性を探るため、教習所指導員 2 名に対して、TEDDY の利用可能性、利用形態について聞き取り調査を実施した。初心者から高齢ドライバ、教習からイベントまで、かなり幅広い応用領域の可能性が示唆された。指導員によって挙げられた利用形態について以下に列挙する。

(1) 初心者向け(運転免許取得のために教習所に通っている者)

- 教習の第2段階(路上教習)にて現在あるシミュレータと同様の使い方で教育。
- 初心者はほぼ無知の状態からの教育が重要。路上での危険部分、危険パターンをしつて教育的に実施し習慣づけを行う。
- 路上運転をする上でどんなところに気を配らなくてはいけないのか、危険に近づかない運転方法はどのような運転なのかをトレーニングする。
- TEDDY はコース走行終了後、模範運転者と自己運転の差がわかるため、指導するうえで説得力があり効果が期待できる。ちなみに現シミュレータ教習は危険体験をしたり、事故のパターンを体験したりするだけのもの。
- 教習の中に組み入れない場合は自習用マシンとして設置し、机上での学習にプラスして TEDDY によるトレーニングを行うと効果が期待できる。

(2) 免許所持者向け

- ペーパードライバ講習(任意講習)： 過去に教習所で教育を受けはしたが、長い期間ひとりで実践的な運転をしていないため、まずは実車練習を実施する前に TEDDY にてトレーニングを行えば、路上に出る前の心構えができ、かつ、路上運転をスムーズに行うことが期待できる。
- 一般ドライバ講習(任意講習)： 日ごろ何気なく運転しているため、自己の運転のクセには気づかないものである。そこで安全運転講習会などで TEDDY を使い診断を行う。リプレイ、診断結果にて自己の運転と模範運転とどこが違うのか確認することができ、かつ、アクセル、ブレーキ操作のデータも検出されるので、運転のクセを気づかせることができ、効果が期待される。
- 企業ドライバ講習(任意講習)： 企業の安全担当者および安全運転管理者に新たなツールとして TEDDY を紹介すれば、興味を持つと予想される。健康診断を毎年実施するように、自己の運転チェックも毎年実施すれば、日ごろの運転のクセなどもわかり、早期に改善することが可能になる。TEDDY を使用すれば、実車を使わなくても簡易的に運転チェックができる。
- 高齢者講習(法定講習)： 高齢者講習にて運転適性検査を実施しているが、内容は反

応時間や、判断能力などを本人に気づかせるもので、運転チェックは所内コースだけ。TEDDY を使用すれば実際の路上に出なくても運転チェックが可能。また、法定講習ではないシニア向け交通安全教室などでも、実車を使用せずに簡単に運転チェックができ、イベントとして面白い内容。

- 初心者講習(法定講習)：現在の講習内容は所内コースにて実車に乗り危険体験をし、路上コースにておおむね4km程度を走行し、指導員が運転チェックを行う。またビデオにて事故事例などを見せ、改めて危険を認識させる。その後危険についてのディスカッションを実施。新たなツールとしてTEDDYを使用すれば、危険度や危険感受度がチェックでき、危険に近づかない運転法を身につけることが期待できる。

8.5.2. システムの要改善ポイント

TEDDY の、主にシミュレータシステムとしての要改善ポイントを、指導員と実験参加者に聞き取り調査したところ、以下のような意見が得られた。TEDDY は従来、研究用の計測システムとして構築してきたため、シミュレータとしての細かな調整が不十分であることは否めない。シミュレータとしての性能の高さは、アドバイスの受容性にも影響する要因と考えられるため、今後の課題としなければならない。

- ビデオ映像の走行位置がやや左寄りになっている。コース撮影時のビデオカメラの設置位置に問題があるのではないか。
- 速度感が分かりにくいところがあるため、メータばかり頼りにして走行してしまう。多少の加減速のGを付けたり、側方部分に流れる映像があると変化が出るのではないか。
- ブレーキペダルの感触にやや違和感がある(ブレーキの感触は車種によって多少の違いはあるので何がベストかは不明だが)。
- 飛び出しなどの危険場面で完全に停止したいが停止できないため、気持ち悪い。
- ビデオ映像が上下にフワフワと揺れているため、気持ち悪い。映像時の車両の変更、高機能なカメラへ変更してはどうか。
- 前方映像(とバックミラー映像)しかないため、左右や右左折先の状況、ドアミラーを見るこ

とができず、物足りない。運転の重要ポイントとなる先の状況の確認が出来ない。

- ビデオ映像の運転者の運転がやや乱雑(走行位置、車線変更、信号の対応等)な印象。ただし、ビデオ撮影時の運転は模範運転が良いのか、一般ドライバに受入れられ易い運転が良いのかは不明。
- ビデオ映像と自己のハンドル操作が合わない部分で違和感がある。
- 画質が十分でなく、遠くの信号機の色がやや分かりにくい。
- 危険を感じる度合いが実車に比べて TEDDY は小さい。TEDDY の画面(映像)が小さいためか迫りに欠ける。音響も関係しているのかもしれない。3D サウンドになればかなり違うと思う。飛び出し車両があった場合、実際より小さく感じ、迫ってくる感じがまいち。
- 複数のシミュレータで集団実施できる機能があるとよい。

8.6. 本章のまとめ

運転教育装置としての TEDDY による思い込み評価とアドバイスの運転行動の変容効果を検討するために、アドバイス条件(評価反映/未反映/アドバイス無し)、アドバイス種類(知識提供/知識提供とリプレイ/危険ランプ/安全ランプ)、持続性(短期/長期/繰返し)、シミュレータ/実車、受容性、指導員の所感などの分析を行った。これらの分析から得られた知見を以下に列挙する。

- シミュレータ/実車ともに、TEDDY の知識提供とリプレイによる走行後の詳細なアドバイスの効果があり、危険ランプや安全ランプなどの注意喚起システム様のアドバイスに比べて有意に効果が大きかった
- 知識提供とリプレイによって、最終的にシミュレータ上の思い込み特性値 Q が当初の約 75%減、実車運転時の指導員による減点が約 30%減となった
- 評価の反映/未反映では差がみられなかったが、評価未反映条件でも有意なアドバイスは行われているため、TEDDY の効果を否定するものではない

- 短期効果と繰返効果は明確に確認できたが、長期効果は明確にできなかった(統計的に有意ではなかったが、評価反映条件の場合、3 ヶ月後でも、思い込み特性値 Q が当初の43%減の状態を維持しており、一定の長期効果があることが示唆された)
- 知識提供アドバイスのみより、リプレイを付加した場合の方が効果が大きく、危険予測の知識とともに、自身の運転の問題点への「気づき」の重要性を示した
- 運転の安全方向への変化は、アドバイスに対する受容性の影響を受けていることが示唆され、TEDDY の知識提供とリプレイによるアドバイスは受容性が有意に高かった
- これらの傾向は、助手席に搭乗した指導員の所感としても、確認行動の改善や早期の減速行動として、十分感じとることができる変化であった

以上のように、TEDDY は、ドライバのリスク見積もりの甘さ(思い込み)を定量的に捉え、ドライバ個々人に応じた適切なアドバイスを与えることで、運転を安全方向に変化させることができ、かつ、ドライバにとっても受容性の高いシステムであることが実証された。

また、現状ではドライビングシミュレータとしての基本機能が十分ではないことが実験参加者や指導員から指摘された。TEDDY の開発においては、主に主観的なリスクの推定法や思い込みの定量的評価方法の開発など、主に基礎的な部分に注力してきたため、シミュレータとしてのリアリティや違和感の減少までは十分に対応できなかった。運転教育現場での利用を考えた場合、これらシミュレータとしての基本機能自体も運転教育の重要性に影響することが予想されるため、今後の改善が必要であろう。ここで、主観的リスク推定法や思い込み評価法については、シミュレータ装置自体に依存しないため、今後の技術的進歩によってシミュレータが改善された場合であっても、そのまま利用することができ、TEDDY の効果そのものは十分に維持できるものと考えられる。

一方で、運転教育の現場からは、様々なカリキュラム内での TEDDY の運用のアイデアが提起された。TEDDY を用いる主なメリットとして、シミュレータの運転から危険感受性が評価できること、自身の運転を客観的に捉える(チェックする)ことができること、指導員(模範的な運転)との違いを客観的にリプレイすることができること、などが挙げられた。これらは、本研究において重要視してきた部分であり、TEDDY のコンセプトの有用性をあらためて確認することができた。

今後は、実際の運転教育現場への応用に向け、上記のような様々な改良を行っていくとともに、より長期的な効果の検討を行う必要がある。

第9章 結論 - 危険に近づかない支援・教育へー

9.1. 本研究のまとめ

9.1.1. 問題意識

本研究では、現在考案されている様々な運転支援システムや ITS デバイスによる低減が難しい交通事故、そして、むしろ様々な支援によって新たに発生しうる交通事故を低減させるための基礎的検討を行うことを狙った。交通事故のマイクロ分析や先行研究のレビューから、これらの「救い難い」交通事故の多くに、「思い込み」と呼ばれるドライバの状態が関与していることが分かった。思い込みとは、俗にいう「だろー運転」に相当するドライバ状態であり、走行中の交通状況に対するドライバのリスク見積もりが甘くなっている状態を示す。

思い込みによる事故が救い難い理由として、思い込みというドライバ状態が従来は明確に定義されてこなかったことが最も大きな原因と考えられる。思い込みが具体的にドライバの情報処理のどの段階・部分のどのような問題を示し、具体的に何をどのように測定すればよいかは明確でなかったために、思い込みに対する運転支援や教育が具体的に開発することができなかった。そこで本研究では、思い込みを、交通状況に対してドライバが知覚したリスクの程度(主観的リスク)と、教習所指導員等のエキスパートが知覚した交通状況の合理的なリスクの程度(客観的リスク)との乖離度として操作的に定義することから始めた。

このような定義によって、現在考案されている様々な運転支援では、むしろドライバの思い込み状態を促進してしまう可能性も示唆された。従来考案されてきた運転支援の多くは、ドライバが行っている情報処理をシステムが肩代わりし、ドライバの情報処理負荷を下げようとする発想のもとに開発されてきた。特に、様々なセンサによって交通状況中に存在するハザードを発見してドライバに注意喚起や警報を提供するシステムが数多く提案されているが、このようなシステムは、まさにドライバのリスク知覚に関する情報処理過程を直接的に支援しようとするものである。リスク知覚過程の

直接的な支援は、航空機における過度な自動化の結果生じた問題と同様に、ドライバの状況認識 (situation awareness) の低下を招くことが懸念される。また、システムによる支援によって、ドライバ自身が知覚するリスクの程度が低下することが予想され、その結果ドライバがリスク補償行動を生起させる (支援される以前よりもむしろ行動を危険に変化させ、支援の効果を小さくしてしまう) ことが懸念される。

そこで本研究では、交通事故のさらなる低減のためには、ドライバ自身の思い込みを根本的に低減させる必要があることを主張した。つまり、ドライバが行っているリスク見積りに関する情報処理の負荷・負担を直接的に減らす支援ではなく、ドライバのリスク見積り能力そのものを向上させる運転支援や運転教育の可能性を探ることを狙った。

9.1.2. 設定した課題

ドライバのリスク見積りを向上させようとする取り組みは、例えば、危険予測トレーニングとして、運転教育分野で古くから行われてきている。しかしながらこの方法は、実際の運転の情報処理の文脈から切り離された、机上でのトレーニングにとどまっていた。そのため、本来ドライバが運転中に実施している危険見積りの過程を反映していない可能性や、トレーニングで得た危険見積りの知識をドライバが実際の運転に応用できるか否かは明確にされてこなかった。

危険予測トレーニングが机上にとどまってきたのは、ドライバのリスク見積りの過程やその結果が、具体的にどのようなドライバの行動や操作 (測定量) に現れるのかが不明確だったことが主な原因である。そこで本研究の課題の第 1 点目として、交通状況やドライバの運転行動の情報からドライバの危険見積りの程度を定量的に求めることと設定した。さらに、この方法で得られたドライバの主観的リスクと、何らかの方法で得られた交通状況の客観的リスクとの比較から、ドライバの思い込みの程度を定量的に評価できる枠組みを提案することとした。

本研究の課題の第 2 点目として、これら提案されたドライバの思い込み評価方法を具現化し、自動的に実行できる装置 (ドライビングシミュレータ) を開発することとした。これにより、提案手法の性能や妥当性を客観的に評価することを狙った。また、開発されたドライビングシミュレータ自体を、実際の運転教育現場でも利用してゆけるものとするを狙った。

さらに、本研究の課題の第 3 点目として、評価された思い込みの程度をもとに、具体的にドライバ

にフィードバックを与え、実際にドライバの思い込みが低減し、運転行動が変容することを検証することとした。この際、単にドライビングシミュレータ上の運転行動の変化だけでなく、実車における運転行動への効果も検討することとした。また、フィードバック直後の短期効果、3 ヶ月後まで残る長期効果、フィードバックを繰り返したときの繰返効果の検証も行った。これにより、ドライバの危険見積もり能力を向上できる新しい運転教育装置としての応用を狙った。

9.1.3. 得られた知見

上述のような課題設定のもと、各章において実施した調査・研究とそれらから得られた結果・知見について、以下に概要を示す。

第 2 章では、本研究が成立するための前提条件として、ドライバの日常的な運転の中に、危険見積もりが過小な状況が多発していることを確認することとした。そのために、一般ドライバ 40 名に一般市街路の運転を行わせ、同乗した教習所指導員が運転診断を行う調査を実施した。その結果、一般ドライバは平均で 1~2 分に 1 回の割合で不安全運転を行っており、かつ、自身の不安全運転に対する自覚が過小であることが示された。

第 2 章ではまた、ドライバの運転行動に関するフィードバック(アドバイス)によって、ドライバの運転行動が変容することを確認することとした。そのために、一般ドライバ 10 名に対して、教習所指導員によるアドバイスによる、運転診断得点の変化を調査した。その結果、ほぼすべてのドライバに運転行動の改善が観察され、運転診断の得点は平均で約 40%向上することが分かった。

第 3 章では、ドライバが行っている危険見積もりの情報処理過程の内容を明らかにすることとした。そのために、教習所指導員に対して評価グリッド法によるインタビュー調査を実施した。その結果、リスクの見積もりの程度は、顕在的なハザードに対する時間的・空間的な余裕に関する認知と、潜在的なハザードに対する予測困難性の認知の、大きく二種類の過程が存在していることが分かった。

第 3 章ではまた、ドライバの危険見積もりの過程を、ハザードの諸属性の組み合わせとして表現可能な計算モデル化を行うこととした。具体的には、上述の指導員に対するインタビューや危険予

測トレーニング教材で用いられている言葉・概念を、9 属性×各 2~4 水準に分類し、これら属性・水準の線形結合によるリスク知覚の推定式を構築した。その結果、ドライバの主観的リスクの申告値とモデルによる推定値との相関は最大で0.5程度と十分ではないものの、モデルによりリスク知覚が低いと推定された交通状況において、実際にドライバがニアミス体験を有しているなど、定性的なレベルでの妥当性が確認された。

第4章では、より直接的に、ドライバの運転行動・操作と主観的リスクとの対応関係の分析を行い、精度の高い主観的リスク推定法の開発を行った。一般市街路を運転中の様々な運転行動・操作のデータと、ドライバによる主観的リスクの申告値をもとに、ボトムアップ(重回帰分析に基づく回帰式)とトップダウン(知見に基づいて構成した簡易式)の二種類のアプローチにより主観的リスクの推定式を作成し、それぞれの性能を検討した。その結果、トップダウン・アプローチによる推定式(SUPREME 法)により、申告値との相関が0.6~0.9と、高精度で推定できることを確認した。

第5章では、SUPREME 法による主観的リスク推定を用いた思い込み評価法の定式化と、これらの方を実装したドライビングシミュレータ(DS)の開発を実施した。具体的には、実景映像を用いたドライビングシミュレータ TEDDY を作成するとともに、TEDDY により模擬運転を行った際の教習所指導員の主観的リスクを客観的リスクとして実装し、この客観的リスクと主観的リスクとの乖離度から、ドライバの思い込みの程度を運転リスク指数(DRQ)や思い込み特性値(Q)として定量化することに成功した。

第6章では、TEDDY の性能検証と妥当性の確認を実施することとした。そのために、伝統的な運転適性検査と TEDDY による思い込み特性値 Q との対応関係を分析するとともに、従来からリスク見積りの低さが指摘されている高齢ドライバに対して TEDDY を適用した。その結果、Q 値は事故親和性と関連しており、特に判断の安定性といったドライバの高次な情報処理過程の状態・特性を測定していることが分かった。また、高齢ドライバにおいて全体的に Q 値が大きくなる傾向が確認されるとともに、高齢ドライバで多発する出会い頭事故が想定される交通状況で特に大きくなることが分かり、TEDDY による思い込み評価の妥当性が確認された。

第7章では、TEDDY に対して、思い込み評価結果をもとにドライバにフィードバックを提供する

機能を付加した。具体的には、運転リスク指数が大きかった場面について、あらかじめ設定した危険予測の知識を写真や文章で提示する方法と、教習所指導員の運転とドライバ自身の運転とを比較リプレイする方法を作成した。前者は従来の危険予測トレーニングの手法を援用したものであり、後者は近年教育効果が実証され注目されている新しい運転教育方法であるミラーリング法を援用したものである。

最後に、第 8 章では、TEDDY による思い込みの評価と、それをもとにした教育的フィードバック(アドバイス)によって、ドライバの運転行動が安全方向に変容することを検証することとした。そのために、シミュレータ上での詳細な分析を目的とした実験 A と、実車運転への効果検討を目的とした実験 C の、二種類の実験を実施した。

実験 A では、60 名の一般ドライバに対して TEDDY による運転教育を実施し、提案したアドバイス方法の有効性と、その効果の持続性を検討した。その結果、1 回のアドバイスにより、短期的には思い込み特性値 Q が約 50%低減するとともに、1 回目から 3 ヶ月後に繰り返しアドバイスを行うことで、 Q 値が約 75%低減することを確認した。また、注意喚起運転支援を模擬した支援に比べても効果が高いことも確認した。実験 C では、15 名のドライバに対して TEDDY による運転教育を実施することで、実車においても、指導員による運転診断得点が約 30%向上することが分かった。

9.1.4. 本研究の結論

以上のように、本研究によって、設定された 3 つの課題(①運転行動からの思い込みの定量的評価、②思い込み評価用運転教育方法・装置の開発、③新しい運転教育方法・装置の効果検証)を解決することができた。今後は、開発された運転教育装置 TEDDY を実際の運転教育場面に応用するとともに、思い込みの評価法やフィードバック法について、さらに教育効果が高まるように改良を施していくことが課題となるであろう。

これにより、ドライバの危険見積りの能力を高め、現状の運転支援では救い難い交通事故を低減していくことが可能となるであろう。また、今後一層の発展・進化が期待される運転支援システムや ITS デバイスの副作用に対して抵抗力のある、運転支援や ITS を効果的に活用することができる進化したドライバを育てることが可能となるであろう。

9.2. 危険に近づかない運転支援・教育に向けて

9.2.1. 危険に近づかない支援

本研究では、従来型の運転支援では救い難い、ドライバーの思い込みによる交通事故の低減を目標とした。ここで、従来型の運転支援の問題点を、それら運転支援が置いている前提の問題と、対象としているフェーズの問題として整理したい(Fig.9-2-1)。

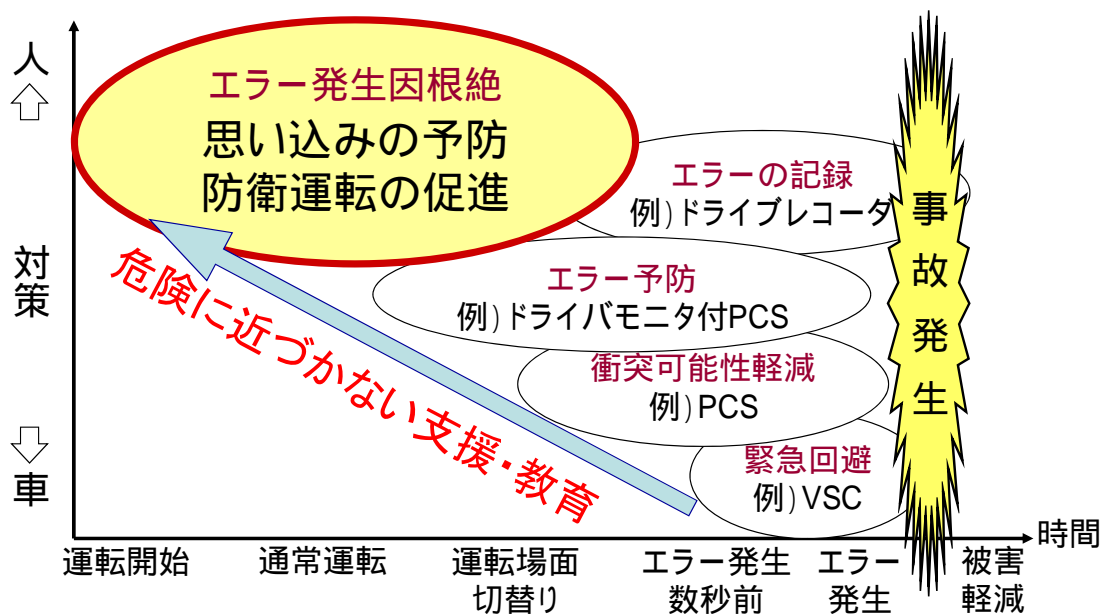


Fig.9-2-1 危険に近づかない支援・教育のイメージ

第一に、従来型の運転支援では、ドライバーは通常は安全な運転をしており、ドライバーの状態や特性および交通状況との不遇な組み合わせによって、ヒューマンエラーが交通事故に発展するという前提を置いている[75]。第1章および第5章でも触れたように、交通事故はドライバー個人にとっては確かに非常に稀な現象であり、そのため、稀に発生するヒューマンエラー、あるいは、偶然の不運の積み重ねによって交通事故が発生していると考えられてきたのは否めない。

例えば、ドライバーの操作エラーを防ぐ緊急回避支援として、Vehicle Stability Control (VSC)や

Vehicle Dynamics Integrated Management (VDIM)などが開発されてきた。また、前方障害物との衝突可能性を軽減するための Pre-Crash Safety System (PCS)などが開発され、最近では、ドライバの脇見を検知して PCS の作動を早める、ドライバモニタ付 PCS など開発されている。また、交通事故の分析研究において、近年では、ドライブレコーダを利用した事故直前の様々なデータの解析が盛んである[76-80]。これらはいずれも、ドライバの通常運転(=安全運転)の中から、誤った運転(ヒューマンエラー)を検知し、エラーが発生した場合または発生しそうな場合に支援を行おうとするものである。

しかしながら、第 2 章で報告したように、一般ドライバの多くは、1~2 分に 1 回という非常に高頻度で、日常的に不安全運転を発生させていることが明らかになってきた。もちろん、これらの不安全運転が即座に交通事故に発展するわけではないが、状況や相手次第では、交通事故に発展してもおかしくない運転がほとんどであった。例えば最も高頻度に観察された側方等間隔不保持の場合、側方を通過している歩行者や自転車が少しでもふらつけば、重大な事故に発展する。次に高頻度だった一時不停止についても、もしも交差する自転車や歩行者・交差車両が存在していれば、即座に重大事故となる。つまり、状況が良く、相手が不在だったために、「たまたま」「運良く」事故に発展しなかっただけであり、これらの不安全運転は、結果として発現はしていないが、行為自体は重大なヒューマンエラーと言っても過言ではない。

つまり、ドライバの運転には、結果としての事故発生直前の時間帯ばかりでなく、通常運転の状態の中に、すでに非常に多くのヒューマンエラーが潜在していることを示している。従来型の運転支援の第二の問題点は、このような事実を踏まえずに、事故発生の直前(せいぜい数秒から 10 秒程度前)のドライバの状態や特性のみに着目してきたことである。

より根本的な交通事故防止のためには、事故発生の直前だけではなく、通常運転を行っている状態から常にドライバの状態や特性を把握し、潜在的なヒューマンエラー(不安全運転)が発生する以前に、すなわち危険に近づく前に、危険に近づかないような支援・教育を行っていく必要がある[81]。本研究ではそのような危険に近づかない支援・教育のなかでも、「思い込み」という、ドライバの危険見積もりが甘い状態を検知してドライバにフィードバックを与える運転教育を取り上げた。今後はこれ以外にも、ドライバの不安全運転を促進させている諸要因を探り、ドライバを危険に近づかせない支援を具体的に考案していく必要がある。

9.2.2. ドライバを育てる ITS へ

第1章でも触れたように、現状、様々な運転支援システムや ITS デバイスは、それらの導入によってドライバの特性や状態、行動が変化しないことを前提としている。ドライバが支援を受け入れ、運転を変えなければ、効果が担保できる立場である。しかしながら、この前提は成立しないことが既に知られている。既に述べた状況認識の喪失やリスク補償の問題だけでなく、支援によって逆に正常な運転が妨害されるとするディストラクションの問題、支援の導入によってドライバがこれまで行ってこなかった運転以外の新たなタスク(支援システムの監視や設定のタスク)の増加、支援システムの性能に対するドライバの過信や依存、そして、支援システムを本来の用途とは異なる用途に用いる(安全システムを利便や効率化のために用いる等の)誤用の問題などがある[82-84]。これらは広く、運転者適応(driver adaptation)として知られている。

つまり、支援システムや ITS デバイスによって機能拡張された自動車システムにドライバは適応し、変化する。この際、注意すべきなのは、ドライバの運転技能(操作技能だけでなく、認知・判断も含む安全運転のためのあらゆる技能)は機能拡張されないことである。なぜなら、支援システムの前提が、ヒューマンエラーを防ぐことだからである。ドライバの機能を、機械で補うことがシステムの目的である。よって、支援システムを利用することで、ドライバの様々な運転技能は退化こそすれ、進化することはない。ここで、支援システムの性能限界や、システムにエラーが発生して、ドライバに運転の全権が返された場合、ドライバはどうなってしまうであろうか。おそらく、ドライバは支援システム導入前のような運転を行うことができないであろう。

ここで、ドライバの操作によらず自動車が完全に自律走行可能な乗り物まで進化しているのであれば、ドライバの運転技能の低下は特に問題にならない。しかしながら、全ての道路において、全ての自動車が完全な自律走行を行うことは、現状では非常に困難と言わざるを得ない。将来的にそのような状態となることが期待されたとしても、少なくともそれまでの間は、ドライバは、危険に近づかずに事故を未然に防ぐことができる、唯一の自動車のコントローラである。よって、今後の運転支援や ITS デバイスは、ドライバの肩代わりをするのではなく、ドライバの機能を拡張する、いわば、ドライバを育てる支援を行っていくことが重要であろう。

9.2.3. 展望

本研究の第3章では、交通環境情報にもとづいてドライバの主観的リスクの程度を推定する手法を報告したが、この際、ハザードの指摘やそれらの属性・水準の決定をドライバ自身に手作業で行わせたが、実際の運転場面ではこのような作業は不可能である。TEDDY の場合も、交通状況の客観的リスクは教習所指導員の主観的リスクとして取り扱っているが、あらゆる道路・交通状況に対して指導員の主観的リスクを取得することは不可能である。よって、本研究で提案した方法を実際の運転支援に適用するためには、これらの作業を自動化していく必要がある。

ハザードの有無、各ハザードの属性・水準に関しては、GPS (Global Positioning System; 衛星測位システム) や GIS (Geographic Information System; 地理情報システム) による地図情報から、走行中の「周辺環境」や「道路形状」といったハザードの属性・水準が決定可能である。また、AHS や ASV における路車間通信技術、車車間通信技術、障害物のセンシング技術などにより、近い将来、自車進路上にあるハザードの種類、方向、距離や、ハザードの行動も高精度で検出することが可能となると考えられる (Fig.9-2-2)。このように検出されたハザードに関する情報から、交通状況の客観的リスクを求めるとともに、本研究で提案した主観的リスク推定法を利用すれば、実車・実路においても、本研究の思い込み評価法が活用できるであろう。

加えて、走行中、あるいは、走行中でなくとも車内においてドライバに対して何らかのフィードバックを与え、ドライバの危険見積もり能力を向上させる方法が必要である。これについては現状の支援システムが用いている支援デバイス (ディスプレイによる表示やスピーカによる音声など) のみでは実現困難かもしれない。ドライバの運転を妨げずに、ドライバの高次な認知・判断としてのリスク見積もり過程を支援するために、新たなフィードバック方法の研究や直観的にドライバに情報を提供できるデバイスの開発などが必要になるであろう。

これらの研究開発により、ドライバの危険見積もりを支援し、思い込みを低減させ、危険に近づかないドライバを育てる運転支援を実現していくことができるであろう。本研究は、このような近未来の道路社会の実現に資することが期待される。

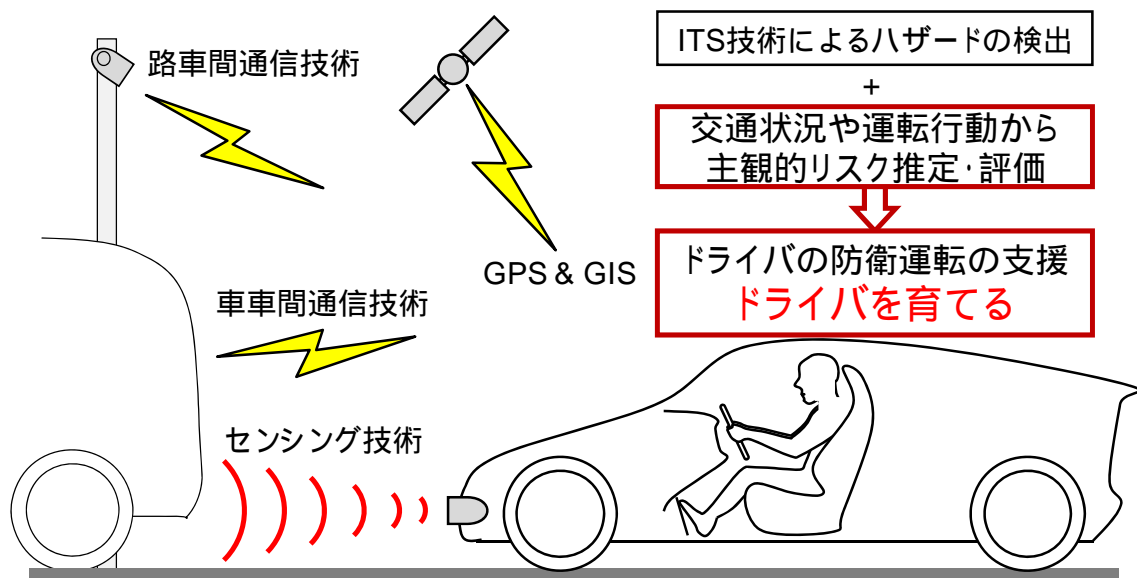


Fig.9-2-2 リスク見積もりを支援してドライバを育てる支援のイメージ

謝辞

本論文は、私が株式会社豊田中央研究所(以下、豊田中研と略記する)に在職中の、2000年から2007年の間に実施した、ドライバの危険感受性に関する研究をまとめたものです。

1999年の大晦日、私は交通事故発生直後の現場に遭遇しました。私は車から飛び降り、道路に倒れていた方の救護に協力しましたが、残念ながらその方は、亡くられました。どこのどなたかも知らない方ですが、事実、目の前で、交通事故という唐突な出来事によって、一つの命が終わりを迎えたのでした。その時、自動車はこんなに簡単に人を殺せる道具なのか、もしかしたら明日は自分が人を殺めてしまうかもしれない、もしかしたら明日は自分の家族が殺されるかもしれない、といった当たり前の事実で愕然としました。ですから本研究は、豊田中研における仕事としてだけでなく、私の手の中で亡くなっていった A さんのため、そして私自身や私の大切な人々のために、いま私がやらなければならないことと考えて、細々と続けてきたものです。

そんな、企業研究者としてはやや青臭い私を温かく見守ってくださった、土居俊一部長(現:香川大学教授)、井口弘和室長(現:中京大学教授)、社内共同研究者であった梅村祥之氏、古西浩之氏、倉橋哲郎氏、樋口和則氏、大濱吉紘氏、石黒陸雄氏、トヨタ自動車株式会社の不破本義孝氏、社会貢献推進部の皆様、様々な機会に実験に参加してくださった豊田中研の所員の皆様、また、折に触れ私の研究を励ましてくださった太田博雄先生(東北工業大学教授)に感謝いたします。さらに、本研究の「根幹」とも言え、常に「規範」のドライバとしてご協力いただいた、株式会社トヨタ名古屋教育センター中部日本自動車学校の指導員の皆様には、本当に感謝しております。実験のかたわら、皆様から教えていただいた様々な安全運転の知識や技能、「一生無事故」の理念は、この研究を超えて、私の一生の財産となるでしょう。そしてなにより、根無し草の私を拾ってくださり、本論文の編纂を後押し・ご指導くださいました主査の石田敏郎先生はじめ石田研究室の皆様、副査としてたいへん貴重な助言をいただきました中島義明先生、藤本浩志先生には感謝してもし尽くせません。

最後に、毎日帰りが遅く、愚痴も多い私を支え続けてくれた、これからも支え続けてくれるであろう家族に感謝します。交通事故なんてサイアクなもので大事なあなたたちを失わないように、お父さんはこれからもがんばります。

参考文献

- [1] 社団法人日本自動車工業会ホームページ: 車と世界 > 世界生産・販売・保有 > 世界保有・普及率, 3/4, http://www.jama.or.jp/world/world/world_2.html (2008年12月)
- [2] 警察庁交通局: 平成19年中の交通事故の発生状況, 警察庁ホームページ, 統計 > 安全・快適な交通の確保に関する統計等, <http://www.npa.go.jp/toukei/koutuu48/H19.All.pdf> (2008年12月)
- [3] 総務省統計局: 平成19年中の交通事故の発生状況, 総務省統計局ホームページ, 統計データ > 世界の統計 > 第14章 国民生活・社会保障 > 14-5 交通事故, <http://www.stat.go.jp/data/sekai/14.htm#14-05> (2008年12月)
- [4] 法務省: 審議会等情報 > 法制審議会総会情報 > 第152回大会 > 配布資料11 (統計資料) > 統計資料3 (重度後遺障害者数の推移), <http://www.moj.go.jp/SHINGI2/070207-7-11-3.html> (2008年12月)
- [5] 財団法人交通事故総合分析センター: 交通事故例調査・分析報告書(平成12年度), 財団法人交通事故総合分析センター (2001)
- [6] 財団法人交通事故総合分析センター: 人はどんなミスをして交通事故を起こすのか～キーワードは”思い込み”～, イタルダ・インフォメーション, No.33 (2001)
- [7] 財団法人交通事故総合分析センター: 交通事故例調査・分析報告書(平成13年度), 財団法人交通事故総合分析センター (2002)
- [8] 小川和久・蓮花一己・長山泰久: ハザード知覚の構造と機能に関する実証的研究, 応用心理学研究, No.18, pp.37-54 (1993)
- [9] 國分三輝・古西浩之・倉橋哲郎・石黒陸雄・梅村祥之・西博章: ドライバーの危険感受性トレーニングのためのドライビングシミュレータの開発, インタラクション 2003 論文集, pp. 173 – 174 (2003)
- [10] 吉野巖・川端健裕・川村麗衣・長内晋子: 素朴概念の修正におけるフィードバックとメタ認知的支援の効果－中学校数学授業における実践的研究－, 北海道教育大学

- 紀要(教育科学編), Vol. 55, No. 2, pp. 1 – 11 (2005)
- [11] 吉野巖・小山道人: 「素朴概念への気づき」が素朴概念の修正に及ぼす影響－物理分野の直落信念と MIF 素朴概念に関して－, 北海道教育大学紀要(教育科学編), Vol. 57, No. 2, pp. 165 – 175 (2007)
- [12] Endsley, M. R.: Toward a theory of situation awareness in dynamic systems, *Human Factors*, Vol. 37, pp. 32 – 64 (1995)
- [13] Wilde, G. J. S.: The theory of risk homeostasis: Implications for safety and health, *Risk Analysis*, Vol. 2, No. 4, pp. 209 – 225 (1982)
- [14] 芳賀繁: リスク・ホメオスタシス説: 論争史の解説と展望, 交通心理学研究, Vol. 9, No. 1, pp. 1 – 10 (1993)
- [15] 深沢伸幸: 危険感受性(仮称)テストの研究, 応用心理学研究, Vol. 8, pp. 1 – 12 (1983)
- [16] ホンダ安全普及本部: 交通状況を鋭く読む～危険予測トレーニング～(教材書籍).
- [17] 中部日本自動車学校編: 危険予測マスター, 中部日本自動車学校 (1999)
- [18] 長山泰久・蓮花一己・小川和久・東京海上日動リスクコンサルティング: 危険感受度診断テスト<TOK>(教材書籍とビデオ)
- [19] 太田博雄: 危険予知能力診断テスト「予知郎」, 企業開発センター, 1995
- [20] 梅崎康二・合志和晃・布施智行・松木裕二・志堂寺和則・松永勝也: 交差点における一時停止挙動改善に関する研究, 日本交通心理学会第 58 回大会発表論文集, pp. 39 – 40 (1998)
- [21] 本田技研工業 ドライビングシミュレータのホームページ:
<http://www.honda.co.jp/simulator/driving/index.html> (2008 年 12 月)
- [22] 三菱プレシジョン ドライビングシミュレータのホームページ:
<http://www.mpcnet.co.jp/product/simulation/simulator/ds6000type2/index.html> (2008 年 12 月)
- [23] 財団法人自動車登録情報協会ホームページ: 自動車保有台数統計データ > 最新の自動車保有台数 > 車種別(詳細)保有台数表,
<http://www.airia.or.jp/number/index.html> (2008 年 12 月)
- [24] 愛知県ホームページ: 愛知県政 > 県庁の組織 > 地域振興部 > 交通対策課 >

- あいちの陸上交通(統計情報) > 4-(5) 道路種別自動車走行キロ・平均交通量,
[http://www.pref.aichi.jp/cmsfiles/contents/0000008/8567/4-\(5\).xls](http://www.pref.aichi.jp/cmsfiles/contents/0000008/8567/4-(5).xls) (2008年12月)
- [25] 中島源雄: 人—車系の挙動に関する考察, *IATSS Review*, Vol. 8, No. 5, pp. 49 – 58 (1982)
- [26] 橋川拓也, 小坂洋明, 西谷紘一, 上地正昭, 佐々木和也: 自動車位置の時系列計測を用いた無信号交差点非優先側通過行動の分析, 2007年自動車技術会秋季学術講演会前刷集, No.128-07, pp.17–20 (2007)
- [27] 國分三輝・大濱吉紘・樋口和則: 一般ドライバーの不安全運転行動の分析と運転指導による行動変容効果の測定, 2008年自動車技術会秋季学術講演会前刷集, No. 117-08, pp. 1 – 6 (2008)
- [28] 警察庁交通局運転免許課: 運転免許技能試験に係る採点基準の運用の標準について, 警察庁の施策を示す通達, 警察庁丁運発第44号 (<http://www.npa.go.jp/pdc/notification/koutuu/menkyo/menkyo20080520-44.pdf>) (2008)
- [29] 太田博雄・石橋富和・尾入正哲・向井希宏・蓮花一己: 高齢ドライバーの自己評価スキルに関する研究, *応用心理学研究*, Vol. 30, No. 1, pp. 1 – 9 (2004)
- [30] 大濱吉紘・國分三輝・高橋新・内藤貴志: 運転者の危険感受性を考慮した走行環境の階層型危険度推定法, FIT(Forum on Information Technology)2008, F-025 (2008)
- [31] 國分三輝・古西浩之・倉橋哲郎・梅村祥之: ドライバーのリスク感受特性分析, ヒューマンインタフェースシンポジウム2002論文集, pp. 409 – 412 (2002)
- [32] 國分三輝・古西浩之・倉橋哲郎・梅村祥之: ドライバーのリスク感受特性分析, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 5, No. 1, pp. 27 – 36 (2002)
- [33] 島崎敢・石田敏郎: 職業運転者の事故傾向とリスクの連続的評価, *交通心理学研究*, Vol. 23, No. 1, pp. 12 – 19 (2007)
- [34] 島崎敢・石田敏郎: 事故反復者のハザード知覚とリスク知覚の時系列分析, *応用心理学研究*, Vol. 34, No. 1, pp. 1 – 9 (2009)
- [35] 讚井純一郎, 乾正雄: レポートリー・グリッド発展手法による住環境評価構造の抽出—認知心理学に基づく住環境評価に関する研究(1)—, 日本建築学会計画系論文報告集, No. 367, pp. 15 – 22 (1986)

- [36] 宇治川正人, 丸山玄, 讃井純一郎: 電子メールを用いた評価グリッド法の開発—魅力あるガソリンスタンドの条件に関する調査研究—, 日本建築学会計画系論文報告集, No. 518, pp. 75 – 80 (1999)
- [37] 財団法人交通事故総合分析センター(編): 交通統計(平成 12 年版), 財団法人交通事故総合分析センター (2001).
- [38] 大谷亮, 宇野宏, 藤田和男: 交通状況に起因するドライバの危険度評価—先行車減速状況を対象とした予備的検討—, 自動車研究, Vol. 27, No. 5, pp. 23 – 26 (2005)
- [39] 宇野宏, 大谷亮, 藤田和男: 交通状況に起因するドライバの危険度評価—出会い頭状況を対象とした予備的検討—, 自動車研究, Vol. 27, No. 10, pp. 33 – 36 (2005)
- [40] 大谷亮, 宇野宏, 藤田和男: ドライバの危険度評価に及ぼす交通参加者の影響についての一考察, 自動車研究, Vol. 30, No. 3, pp. 5 – 8 (2008)
- [41] Brown, I. D. & Groeger, J. A.: Risk perception and decision taking during the transition between novice and experienced driver status, *Ergonomics*, Vol. 31, No. 4, pp. 585 – 597 (1988)
- [42] 吉川聡一, 高木修: 交通状況のハザード性が運転者の行動意思決定に及ぼす影響, 応用心理学研究, Vol. 28, No. 1, pp. 27 – 38 (2002)
- [43] Benda, H. V. & Hoyos, C. G.: Estimating hazards in traffic situations, *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 15, No. 1, pp. 1 – 9 (1983)
- [44] 西村智明, ハック・M・シャーミム, 奥村誠, 塚井誠人: 危険度認識のドライバー間の不一致度と交通事故の発生率, 土木計画学研究論文集, No. 20, pp. 813 – 817 (2003)
- [45] 奈良先端科学技術大学院大学: ChaSen ホームページ, <http://chasen-legacy.sourceforge.jp/> (2009 年 2 月)
- [46] 岡太彬訓・今泉忠: パソコン多次元尺度構成法, 共立出版 (1994)
- [47] 神田範明(編): 商品企画七つ道具, 日科技連 (1995)
- [48] 朝野熙彦: マーケティング・シミュレーション, 同友館 (1994)
- [49] 國分三輝・古西浩之: ドライバーの主観的危険感の個人特性分析, 日本心理学会第 65 回大会発表論文集, p. 896 (2001)
- [50] 國分三輝・古西浩之・梅村祥之・倉橋哲郎・西博章: 自動車ドライバの主観的リスク

- 推定および運転教育用ドライビングシミュレータへの応用, 第33回安全工学シンポジウム講演予稿集, pp. 356 – 359 (2003)
- [51] 國分三輝・古西浩之: 運転リスク解析(2) ドライバの主観的リスク推定, 日本心理学会第 67 回大会発表論文集, p. 1257 (2003)
- [52] 古西浩之・國分三輝: 運転リスク解析(1) 交通状況の客観的リスク計算, 日本心理学会第 67 回大会発表論文集, p. 1256 (2003)
- [53] 古西浩之・國分三輝・樋口和則・倉橋哲郎・梅村祥之: ハザード情報を利用した運転時のリスク推定, ヒューマンインタフェース学会研究報告集, Vol. 6, No. 1, pp. 1 – 4 (2004)
- [54] 伊賀広章, 畠山豊, 董芳艶, 高橋宏, 廣田薫: ベイジアンネットに基づくドライバモデルを利用した危険度推定システム, 知能と情報(日本知能情報ファジィ学会誌), Vol. 20, No. 3, pp. 357 – 368 (2008)
- [55] Maruyama, K. and Kitamura, S.: Speed anticipation test; A test for discrimination of accident proneness in motor driver, *Tohoku Psychological Folia*, Vol. 20, pp. 13 – 20 (1961)
- [56] 稲葉正太郎: 交通事故と人間工学, コロナ社 (1988)
- [57] 鈴木昭弘: 高齢者の視覚機能特性と運動機能適性, 人と車, 9 月号, pp. 13 – 15 (1984)
- [58] 宇野宏・藤田和男: 通常走行における高齢ドライバの運転特性に関する研究—その 1; 市街地の実車走行による運転行動の調査—, 自動車研究, Vol. 24, No. 1, pp. 33 – 36 (2002)
- [59] 宇野宏: 通常走行における高齢ドライバの運転特性に関する研究—その 2; 運転シミュレータによる情報取得行動の調査—, 自動車研究, Vol. 24, No. 1, pp. 37 – 40 (2002)
- [60] 蓮花一己・太田博雄・向井希宏・小川和久・竹原卓真: 高齢運転者のための安全教育プログラム開発, 交通心理学研究, Vol. 22, No.1, pp. 17 – 20 (2006)
- [61] 國分三輝・古西浩之・樋口和則・倉橋哲郎・梅村祥之・西博章: ドライビングシミュレータによる高齢ドライバの運転行動とリスク知覚の分析, 信学技報, Vol. 103, No. 395, pp. 21 – 24 (2003)

- [62] 國分三輝・古西浩之・樋口和則・倉橋哲郎・梅村祥之・西博章: 運転行動からのリスク知覚推定と高齢ドライバのリスク知覚分析, ヒューマンインタフェース学会研究報告集, Vol. 6, No. 1, pp. 101 – 104 (2004)
- [63] 國分三輝・古西浩之・樋口和則・倉橋哲郎・梅村祥之・西博章: 自動車ドライバの「思い込み」の研究, 電子情報通信学会 2004 年総合大会講演論文集, No. SS, pp. 51 – 54 (2004)
- [64] 國分三輝・古西浩之・樋口和則・倉橋哲郎・梅村祥之・西博章: ドライビングシミュレータによる高齢ドライバのリスク知覚分析, 自動車技術会中部支部 2004 年度研究発表会予稿集, pp. 51- 54 (2004)
- [65] Kokubun, M., Konishi, H., Higuchi, K., Kurahashi, T., Umemura, Y., & Nishi, H.: System for assessment of driver's risk perception, *Proceedings of 11th World Congress on ITS (CD-ROM)* (2004)
- [66] Kokubun, M., Konishi, H., Higuchi, K., Kurahashi, T., Umemura, Y., & Nishi, H.: Assessment of Driver's Risk Perception on a Simulator, *R&D Review of Toyota CRDL*, Vol. 39, No. 2, pp. 9 – 15 (2004)
- [67] Kokubun, M., Konishi, H., Higuchi, K., Kurahashi, T., Umemura, Y., & Nishi, H.: Quantitative assessment of driver's risk perception using a simulator, *International Journal of Vehicle Safety*, Vol. 1, No. 1/2/3, pp. 5 – 21 (2005)
- [68] 蓮花一己・石橋富和・尾入正哲・太田博雄・恒成茂行・向井希宏: 高齢ドライバーの運転パフォーマンスとハザード知覚, 応用心理学研究, Vo. 29, No. 1, pp. 1 – 16 (2003)
- [69] 財団法人交通事故総合分析センター(編): 高齢者の交通事故分析ー平成 12 年までの最近 10 年間の推移と特徴ー, 財団法人交通事故総合分析センター (2002).
- [70] 太田博雄: フィンランド交通安全教育の動向ー自己評価能力訓練の方法と可能性ー, 交通心理学研究, Vol. 15, No. 1, pp. 23 – 27 (1999)
- [71] 太田博雄・長塚康弘: 「一時停止・確認行動」をテーマとした教育プログラム開発; その理論的背景と教育効果測定, 交通心理学研究, Vol. 20, No. 1, pp. 1 – 14 (2004)
- [72] 太田博雄, 中西盟, 加藤良隆: ドライビング・シミュレータを利用した若年運転者のための安全教育ーコーチング技法を応用した教育プログラム開発ー, *IATSS Review*,

- Vol. 32, No. 4, pp. 49 – 58 (2007)
- [73] Renge, K.: Driver's hazard and risk perception, confidence in safe driving, and choice of speed, *IATSS Research*, Vol. 22, No. 2, pp. 103 – 110 (1998)
- [74] 國分三輝・不破本義孝・樋口和則: 危険予測トレーニング用シミュレータの開発と効果検証, 自動車技術会論文集, Vol. 38, No. 6, pp. 211 – 216 (2007)
- [75] Reason, J.: *Managing the risks of organizational accidents*, Ashgate Publishing (1997).
- [76] 国土交通省自動車交通局: 平成 16 年度映像記録型ドライブレコーダーの搭載効果に関する調査報告書, 国土交通省ホームページ, <http://www.mlit.go.jp/jidosha/anzen/03driverec/resource/data/dora-houkoku1.pdf> (2005)
- [77] 内田信行, 川越麻生, 田川傑, 阿賀正己: ドライブレコーダを用いた事故メカニズム解明の取り組み, 自動車研究, Vol. 29, No. 7, pp. 311 – 314 (2008)
- [78] 北島創, 久保登, 片山硬, 堀野定雄, 鷹取収: 事故・ニアミス発生前のドライブレコーダ映像に基づく歩行者行動実態の解明, 自動車研究, Vol. 30, No. 2, pp. 57 – 60 (2008)
- [79] 内田信行, 田川傑, 川越麻生, 阿久津英作: 予防安全研究用ドライブレコーダを用いた歩行者認知遅れによるニアミスパターンの分類, 自動車研究, Vol. 30, No. 11, pp. 619 – 622 (2008)
- [80] 内田信行, 川越麻生, 田川傑, 阿久津英作: ニアミスデータに基づく右折事故リスクの検討ー右直事故が起きやすい交通状況と運転行動パターンー, 自動車研究, Vol. 31, No. 4, pp. 179 – 183 (2009)
- [81] 國分三輝: ドライバを育てるー危険に近づかない運転支援・教育に向けてー, ヒューマンインタフェース学会誌, Vol. 11, No. 2, pp. 93 – 98 (2009)
- [82] Parasuraman, R., Riley, V.: Humans and automation; Use, misuse, disuse, abuse, *Human Factors*, Vol. 39, No. 2, pp. 230 – 253 (1997)
- [83] 稲垣敏之: 「人間中心の自動化」は何を指す?, 計測と制御, Vol. 37, No. 8, pp. 572 – 577 (1998)
- [84] 國分三輝: ITS 時代のヒューマンファクターーリスク知覚を中心にー, *IATSS Review*, Vol. 30, No. 3, pp. 290 – 298 (2005)

関連発表

海外論文誌発表

- [1] Kokubun, M., Konishi, H., Higuchi, K., Kurahashi, T., Umemura, Y., & Nishi, H.: Quantitative assessment of driver's risk perception using a simulator, *International Journal of Vehicle Safety*, Vol. 1, No. 1/2/3, pp. 5 – 21 (2005) (主に第4章、第5章、第6章に対応)

国内論文誌発表

- [1] 國分三輝・古西浩之・倉橋哲郎・梅村祥之: ドライバーのリスク感受特性分析, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 5, No. 1, pp. 27 – 36 (2002) (主に第3章に対応)
- [2] Kokubun, M., Konishi, H., Higuchi, K., Kurahashi, T., Umemura, Y., & Nishi, H.: Assessment of Driver's Risk Perception on a Simulator, *R&D Review of Toyota CRDL*, Vol. 39, No. 2, pp. 9 – 15 (2004) (主に第4章、第5章に対応)
- [3] 國分三輝: ITS時代のヒューマンファクター—リスク知覚を中心に—, *IATSS Review*, Vol. 30, No. 3, pp. 290 – 298 (2005) (展望論文、主に第1章、第9章に対応)
- [4] 國分三輝・不破本義孝・樋口和則: 危険予測トレーニング用シミュレータの開発と効果検証, 自動車技術会論文集, Vol. 38, No. 6, pp. 211 – 216 (2007) (主に第7章、第8章に対応)
- [5] 國分三輝・大濱吉紘・樋口和則: 一般ドライバーの不安全運転行動の分析と運転指導による行動変容効果の測定, 自動車技術会論文集, Vol. 40, No. 2, pp. 561 – 566 (2009) (主に第2章に対応)
- [6] 國分三輝: ドライバを育てる—危険に近づかない運転支援・教育に向けて—, ヒューマンインタフェース学会誌, Vol. 11, No. 2, pp. 93 – 98 (2009) (展望論文、主に第2章、第9章に対応)

国際会議口頭発表

- [1] Kokubun, M., Konishi, H., Higuchi, K., Kurahashi, T., Umemura, Y., & Nishi, H.: System for assessment of driver's risk perception, *Proceedings of 11th World Congress on ITS* (CD-ROM) (2004)

国内口頭発表

- [1] 國分三輝・古西浩之: ドライバーの主観的危険感の個人特性分析, 日本心理学会第 65 回大会発表論文集, p. 896 (2001)
- [2] 國分三輝・古西浩之・倉橋哲郎・梅村祥之: ドライバーのリスク感受特性分析, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2002 論文集, pp. 409 – 412 (2002)
- [3] 國分三輝・古西浩之・倉橋哲郎・石黒陸雄・梅村祥之・西博章: ドライバーの危険感受性トレーニングのためのドライビングシミュレータの開発, インタラクシオン 2003 論文集, pp. 173 – 174 (2003)
- [4] 國分三輝・古西浩之・梅村祥之・倉橋哲郎・西博章: 自動車ドライバの主観的リスク推定および運転教育用ドライビングシミュレータへの応用, 第 33 回安全工学シンポジウム講演予稿集, pp. 356 – 359 (2003)
- [5] 國分三輝・古西浩之: 運転リスク解析(2) ドライバの主観的リスク推定, 日本心理学会第 67 回大会発表論文集, p. 1257 (2003)
- [6] 古西浩之・國分三輝: 運転リスク解析(1) 交通状況の客観的リスク計算, 日本心理学会第 67 回大会発表論文集, p. 1256 (2003)
- [7] 國分三輝・古西浩之・樋口和則・倉橋哲郎・梅村祥之・西博章: ドライビングシミュレータによる高齢ドライバの運転行動とリスク知覚の分析, 信学技報, Vol. 103, No. 395, pp. 21 – 24 (2003)
- [8] 國分三輝・古西浩之・樋口和則・倉橋哲郎・梅村祥之・西博章: 運転行動からのリスク知覚推定と高齢ドライバのリスク知覚分析, ヒューマンインタフェース学会研究報告集, Vol. 6, No. 1, pp. 101 – 104 (2004)

- [9] 古西浩之・國分三輝・樋口和則・倉橋哲郎・梅村祥之: ハザード情報を利用した運転時のリスク推定, ヒューマンインタフェース学会研究報告集, Vol. 6, No. 1, pp. 1 – 4 (2004)
- [10] 國分三輝・古西浩之・樋口和則・倉橋哲郎・梅村祥之・西博章: 自動車ドライバの「思い込み」の研究, 電子情報通信学会 2004 年総合大会講演論文集, No. SS, pp. 51 – 54 (2004)
- [11] 國分三輝・古西浩之・樋口和則・倉橋哲郎・梅村祥之・西博章: ドライビングシミュレータによる高齢ドライバのリスク知覚分析, 自動車技術会中部支部 2004 年度研究発表会予稿集, Pp. 51- 54 (2004)
- [12] 大濱吉紘・國分三輝・高橋新・内藤貴志: 運転者の危険感受性を考慮した走行環境の階層型危険度推定法, FIT(Forum on Information Technology)2008, F-025 (2008)