

ITS時代のヒューマンファクター

- リスク知覚を中心に -

國分三輝*

本論文では、メンタルワークロード、状況認識、リスク知覚、リスク補償、信頼感といった、自動車ドライバーの認知的状態を表す諸概念の関係を概観するとともに、近年の自動車のインテリジェント化に対してそれぞれが果たし得る役割について展望する。これら諸概念の理論的考察をもとに、諸概念を統合的に俯瞰する仮説モデルCAMDIを提案する。これら諸概念のうち、自動車運転場面において非常に重要であるにもかかわらず、計測・評価法が確立されていないリスク知覚について焦点を当て、リスク知覚の定量的評価法の開発例を紹介する。

Human Factors in ITS Epoch : Mainly on the Risk Perception

Mitsuteru KOKUBUN*

The paper reviews the relationships among the psychological concepts that treat the driver's cognitive states, such as mental workload, situation awareness, risk perception, risk compensation, and trust. Their roles that each concept will play on the recent intellectualization of automobile are discussed. And, based on the theoretical prospects, a hypothesized model, named CAMDI, is proposed that can be helpful to survey these concepts comprehensively. In particular, the driver's risk perception is focused because its measurement and assessment techniques are now less advanced than that of other cognitive functions, even if it is thought to be one of the most crucial human factors in automobile driving. A development example of quantitative assessment technique of the risk perception is introduced.

1. はじめに

現在、道路交通の安全性や利便性の向上などをねらって、高度道路交通システム (Intelligent Transport Systems : ITS) の研究開発が世界規模で行われている¹⁾。特に安全の領域では、走行支援道路システム (Advanced Cruise Assist Highway Systems : AHS) や先進安全自動車 (Advanced Safety Vehicle : ASV) の開発が進められ、ドライバーに対するさまざまな運転支援システムが既に実用化され

つつある。

運転支援システムによって、注意喚起情報や警報など、さまざまな情報がドライバーに対して主に視聴覚的に提示されるようになる。また、ドライバーはシステムが正常に動作しているかを監視し、場合によってはシステムの設定変更などを適切に行う役目も担うこととなる。従来のような交通状況の認知・判断・運転操作の実行に加えて、システム状況の認知・判断・操作が新たなタスクとしてドライバーに課されることとなる。したがって、ドライバーの心の負担が増えてゆくことが懸念される。

一方、運転支援システムは、ドライバーの負担を減らす方向にも作用する。注意喚起や警報は、ドライバーが交通状況を認知し判断する作業を助けてく

* (株)豊田中央研究所人間特性研究室研究員
Researcher , Human Factors Laboratory ,
Toyota Central R & D Labs . , Inc .
原稿受理 2004年 9月30日

れる。つまり、運転支援システムの導入により、負担の総量は変わらないかもしれないが、運転そのものの負担から、システムオペレーションのための負担へと、質が変化してゆくことが予想される。

負担の総量が変わらなければ問題はないだろうか。現状の運転支援システムは、あくまでドライバーの主體的な運転(認知・判断・操作)を補助するものである。完全な自動運転でない限りは、運転の主体はドライバーにある。自動運転技術が確立し、自動運転可能な道路や車両が少なくとも日本全体に普及するには、相当の期間を要すると考えられる。それまでの間は、ドライバーが運転の主体であることに変化はないだろう。

しかしながら、システムに対する過信や依存が生じてしまい、運転に必要な認知・判断をシステム任せにして、ドライバー自身の認知・判断力が低下してしまうことが懸念される。このような状態で、万一システムに誤動作が発生したり、システムの設計仕様を超えた状況に遭遇したりして、ドライバーに認知・判断の権限が返されたときに、ドライバーは適切な運転を行えないかもしれない。

本論文では、これらITS時代に懸念される、安全に関わるヒューマンファクターを概観し、それぞれが果たし得る役割を模索する。特に、従来は工学的な視点から捉えられることが少なかった「リスク知覚」というドライバー状態に焦点を当て、リスク知覚研究の工学的応用例について紹介する。

2 .ITSに関するヒューマンファクターの概要

2 - 1 メンタルワークロード

メンタルワークロードの研究は主に、航空機の操縦性やコックピットのデザイン、情報提示や警報システムの設計などの分野で始まった。オペレータの心的負担が過剰(オーバーロード)にならないよう、各種の負担の計測が行われた。近年では航空機だけでなく、鉄道、自動車、船舶などの運転者、プラントオペレータなどでも検討されるようになった²⁾。

これらの研究を通して、メンタルワークロードと一言でいっても、多様な様態が存在することがわかってきた。上記のような、システムオペレータの瞬間的な情報処理負担だけでなく、それらが長期的に蓄積された負担や精神疲労、心的飽和など、作業の種類や行われ方によって、異なる負担が考えられ、それぞれに応じた計測法が提案されてきた。

では、自動車における心的負担とは何であろうか。

これも、日常的な運転そのものの負担もあれば、長距離ドライバーの蓄積的な負担、携帯電話やカーナビなど運転そのものとは直接関係のない電子機器の利用による負担、新しい運転支援システムによる負担などがある。

メンタルワークロードという言葉自体が、何らかの「負荷」を課すという意味があるため、これら

に関する研究がこれまで盛んに行われてきた。しかしながら、自動車を運転すること自体の負担については十分に検討されてこなかったと思われる。自動車の運転そのものは負担が小さいだろうか。確かに、教習所で運転を習い始めるときには非常に負担を感じる事が多いが、慣れてくると徐々に負担を感じなくなり、運転は容易になるだろう。しかしながら、同じ交通状況を、同じ車、速度で運転した場合、ドライバーに対して与えられる負荷(認知・判断・操作すべき情報量)自体は変わらないはずである。つまり、客観的な負荷は変わらないにもかかわらず、慣れによって、主観的な負担が減る。ドライバー自身は負担を感じなくなって、快適と感じるかもしれないが、果たして、主観的な負担が減ったからといって、安全だろうか。

2 - 2 状況認識

メンタルワークロード研究に続いて近年注目されているのが状況認識(Situation Awareness : SA)である³⁾。やはり航空機分野から端を発した概念である。近年の航空機では、離着陸以外のほとんどをシステムが担っており、これによりパイロットの負担は低減されてきた。

しかしながら、システムが誤動作したり、システム設計時に予期し得ない状況が発生したりした際に、パイロットが、機体や外界の状況がどのようにあるかを適切に認識できず、即座にコントロールできなくなってしまうという、新たな問題が発生した。これは、パイロットがシステムに頼るあまり、本来パイロットが担ってきた認知・判断・操作を行わなくなってしまったことが原因である。主観的な負担が過剰に低下した状態(アンダーロード)と言い換えることもできるだろう。

航空機に用いられるこれらのシステムは一般的に、非常に高コストで、信頼性も高いものである。また、パイロットというオペレータ自身も、非常に多くの訓練を積み、厳しい試験や検査を通過した、正にプロフェッショナルである。それにもかかわらず、SAを喪失してしまうのである。自動車の運転支援シス

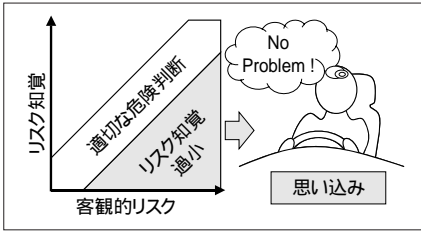


Fig. 1 思い込みの定義

テムの場合、現状では、ドライバーに対する特別な訓練は行われない。また、道路という、非常に複雑で変化の激しい環境でシステムが運用されることから、期待したとおりの性能が得られない可能性もないとは言えない。よって、自動車の場合はSAの喪失が、航空機の場合よりも深刻な問題となる可能性がある。

2 - 3 交通事故のヒューマンファクター

ここで原点に立ち返って、自動車事故のヒューマンファクターを概観する。

交通事故総合分析センターは1993年から、交通事故1件1件の詳細な調査(交通事故例調査)を実施している。茨城県つくば市・土浦市周辺で発生した事故について、現場調査や当事者へのインタビュー調査が、年間約300件行われている。当初は、衝突時の車両の変形やそれによる乗員の傷害が主に調査され、事故死者数低減の基礎データとして大きく貢献してきた。近年ではこれらの調査に加えて、ドライバーのヒューマンファクターも調べられるようになった⁴⁾。これにより、事故の発生そのものの低減への寄与が期待されている。

事故のヒューマンファクター分析⁵⁾によれば、分析したほとんど全ての事故にヒューマンエラーが関与していたとされる。また、ヒューマンエラーを認知・判断・操作の各段階に分類すると、全分析事故の約75%に認知エラー(見ようとすれば見えたのに見なかった)が、約65%に判断エラー(危険と判断できる状況であるのに回避しなかった)が認められた(多くの場合認知エラーと判断エラーが重複している)。認知・判断というドライバーの情報処理の失敗が事故の主要因なのである。

さらにこの調査では、ヒューマンエラーに至るさらに前段階の要因も調査している。これによると、「ぼんやり」や「思い込み」といった状態が多い。これらは、情報処理負荷が過剰に高い状態、というよりは、むしろ情報処理負荷が過剰に低いものとドライバーが主観的に感じてしまっている状態と考えら

れる。現実の事故は、負担が高くて発生しているのではなく、ドライバーが主観的に感じる負担の大きさが過小なために発生していることを示唆している。

2 - 4 リスク知覚

事故のヒューマンエラーの主要因である「思い込み」は、心理学的には「交通状況に対してドライバーが感じるリスク(リスク知覚)の程度が、客観的なリスクの程度よりも低い状態」として定義される(Fig.1)⁶⁾。

リスク知覚の概念は、主に運転教育の分野で用いられてきたものである。ドライバーは運転中、常に自車の周囲にある危険を発生させるかもしれない事象(ハザード)を知覚している。これらハザード知覚の結果と、ドライバーの運転能力に関する自己評価をもとに、事故に関与する可能性として主観的なリスクを知覚しているとされる⁷⁾。

ここで、リスク知覚とメンタルワークロードとは異なる背景を持つ概念である。メンタルワークロードは、情報処理負荷の大きさそのものや知覚された負担の大きさを表す概念であるのに対して、リスク知覚は、知覚された危険性の大きさを表す概念である。しかしながら、自動車の運転場面、しかも、日常的な運転に限定した場合には、酷似した概念であると考えられる。

Bendaらは、自動車走行中のビデオから危険事象を指摘させるタスクを行って、ドライバーのリスク知覚は、交通状況の情報処理負荷の程度に依存することを示唆している⁸⁾。また、宇野らは運転中の副次課題(暗算)の成績から、交通状況ごとの情報処理負荷の程度を比較しているが、歩行者や飛び出し車両など、リスク知覚を高める要素がある場合に心的負担が高くなるという結果を得ている⁹⁾。小川は、自動車走行中のビデオを視聴しながら主観的なリスクを評価するタスクを行わせたところ、主観的なリスクの上昇に対応した、心拍変動や瞬目率などの心的負担に関連する指標の上昇を観察している¹⁰⁾。

リスク知覚の程度は、交通状況に存在するハザードの数や状態に依存するが、ハザードの数が多かったり、ハザードの動きが予測しにくい状況であったり、かつ、それらの評価を短時間で行わなければならない場合は、リスク知覚は高まる。これは、短時間の間に、数多くの認知・判断を行うために、心的負担が高まっていると解釈することも可能である。そして、リスク知覚が客観的リスクより低い状態というのは、SAが低下・喪失した状態として言い換え

ることができると考えられる。

2-5 リスク補償

ITSの導入にあたって最も懸念すべきだと思われる概念が、リスク補償である¹¹⁾。一言で言えば、安全対策が講じられると、利用者はリスクが下がったと知覚し、利用者が許容するリスク(ターゲットリスク)との差が開くために、利用者はその差を埋めようとして安全対策前よりリスクな行動をとるようになるために、安全対策の効果がなくなってしまう(期待どおりに効果が得られない)という現象である。

さまざまな運転支援システムが装備されることで、ドライバーは、自身の車は安全になった、つまり、リスクが低下したと知覚するであろう。言い換えれば、主観的な負担が下がるであろう。その結果、運転支援システムによって稼ぎ出された安全のマージンを埋めようと、システム装着前よりもリスクな運転を行う可能性がある。例えば、安全確認を怠ったり、手足をステアリングやペダルから放したり、速度を上げたり、車間距離を短くしたりするかもしれない。

同じ交通状況と同じように走行する以上は、情報処理負荷そのものは変わっておらず、主観的な負担が減っているだけである。逆に、速度を上げたり車間距離を短くしたりすることは、実際は、負荷を上げていることになる。しかしながら、完全な自動運転でない以上は、システムの誤動作や設計仕様を超えた状況がある。そのため、ドライバーに情報処理の権限が返されたときに、ドライバーは適切な認知・判断・操作を行えない懸念がある。これは、SAの低下・喪失とほぼ同じ状態を意味すると考えられる。

2-6 信頼感・過信・依存

オペレータ(自動車の場合はドライバー)がシステムを使うか否かを決定する要因として、オペレータのシステムに対する信頼感(trust)が重要である¹²⁾。オペレータは、システムを利用する過程で、システムの性能やうれしさ(効用)を評価して、信じて任せられると感じた場合は、システムに対して信頼感を抱くようになる。そして、信頼感が高いシステムは、オペレータに高頻度で利用されることが知られている。特に、システムが支援してくれる作業が、オペレータにとって負担やリスクが高い場合には、より高頻度でシステムを利用するようになる。

ここで、信頼感が適度に保たれていれば問題ないが、オペレータが過剰にシステムを信頼し、本来シ

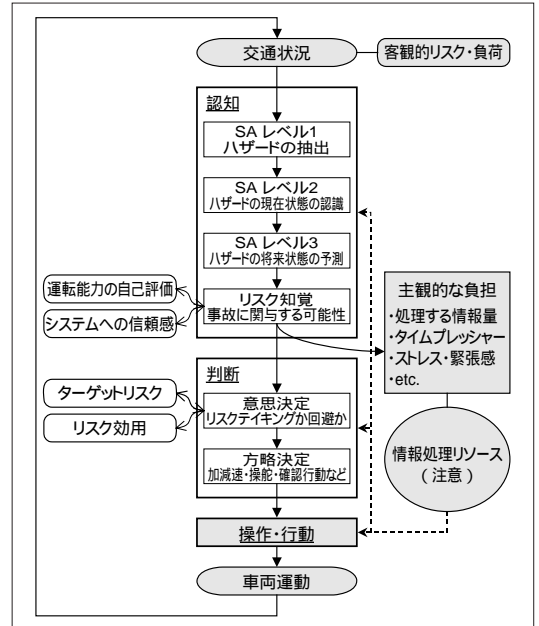


Fig. 2 自動車ドライバーの情報処理に関する仮説的統合モデルCAMDI

ステムが持っている性能以上のことを期待してしまう場合がある(過信)。さらに、システムを信頼しきってしまい、不用意に全てをシステム任せにしてしまうこともある(依存)。過信や依存の状態に陥ると、オペレータの状況認識、リスク知覚、主観的な負担が過剰に低くなってしまふ可能性が懸念される。こうなると、システムの誤動作や設計仕様を超えた状況などには、的確な認知・判断・操作が行えないかもしれない。

信頼感が得られないシステムは利用されず、オペレータにとっては無駄で煩わしいものとなってしまうが、逆に過信・依存されても困る。そこで、システムの利用にあたっては、そのシステムが持つ性能や限界などをオペレータが十分認識できるように、導入訓練が重要であると言われている。しかしながら、自動車の運転支援システムの場合、現状ではこのような訓練が行われなないため、ドライバーが容易に過信や依存に陥ってしまう可能性が懸念される。

3. 仮説的統合モデルCAMDI

以上のようなヒューマンファクターの諸概念は、これまでそれぞれが独立して検討されてきた。しかし、それぞれが密接な関係を持っていることは間違いないし、特に、自動車における安全の研究には、

これら諸概念を統合して扱ってゆく必要があるだろう。そこで、上述の理論的考察をもとに、諸概念を統合した仮説的モデル(Comprehensive Architecture of Mundane Driver's Information Processing: CAMDI)を提案する(Fig.2)。

CAMDIでは基本的に、日常的な運転におけるドライバーの認知的な作業は、主に走行中の交通状況における事故の可能性としてのリスク知覚をもとに、安全かつ円滑に車両を走行させることであると仮定する。ドライバーは走行中の交通状況を認知・判断し、車両を操作しているわけだが、これら各情報処理プロセスの中身を、これまでに挙げたヒューマンファクターで説明する。

まずドライバーが行うのは交通状況の認知であるが、SAは、この認知の中身をより詳細に記述したものである。SAは3段階に分類されており、交通状況の中から事故の危険性を持った対象物(ハザード)を探索・抽出するSAレベル1、それらハザードの現在の状態を認識するSAレベル2、さらにそれらのハザードの状態が今後どのように変化するかを予測するSAレベル3で構成される。つまり、レベル3が喪失すると、ドライバーは現在の交通状況だけをもとにした、受動的回避しか行えない。また、レベル2が喪失すると、何かハザードがあることがわかって、それらがどのような意味を持つのか理解できない。また、レベル1が喪失してしまうと、どこに何があるのかさえわからない状態となる。

ドライバーはこれらSAによるハザードの分析結果と、自身の運転能力の自己評価にもとづいて、自身がこのまま進行した場合のリスクを知覚する。何らかの運転支援システムが装着されている場合は、自身の運転能力に加え、システムの性能などから構築された信頼感も考慮しながらリスクが知覚される。つまり、SAが低下・喪失している場合や、自身の運転能力やシステムの性能に対する過信が生じている場合は、リスク知覚は客観的リスクに比べて過小になると仮定する。

次にドライバーは、どのように車両を操作すべきかの判断を行う。この際ドライバーは、自身の過去の経験などから構築されたターゲットリスク(または許容リスク)や、リスクを冒した際に得られる効用(リスクを冒すことで目的地に早く到着できたり、快感が得られたりするなどの嬉しさ)などとリスク知覚とを比較して、リスクを冒すか回避するかの意思決定を行う。最後に、意思決定にもとづいて、必

要な運転方略を選択して、ステアリングやペダルを操作したり、確認行動を行ったりする。つまり、リスク知覚が低すぎる場合、ターゲットリスクが高すぎる場合、ドライバーがリスクに効用を感じやすい特性を持っている場合には、ドライバーはリスクテイキングしやすくなると仮定する。

ここで、メンタルワークロードは、リスク知覚の結果としてドライバーに主観的に感じられる負担であると仮定する。リスクが高く評価されるということは、その後の意思決定や回避操作のために、より多くの情報処理をより速く行ったり、SAを高めてハザードの状態をより精密に監視したり、操作を的確に行ってゆく必要が生じる。これらの情報処理を円滑に行うために、より多くの情報処理リソース(注意)を、より適切に配分させるための機能として、メンタルワークロードを捉える。知覚されたリスクが、交通状況から合理的に導かれる客観的な危険度(客観的リスク)より小さければ、認知・判断・操作の各プロセスに配分される情報処理リソースの量が不足して、SAの低下・喪失、意思決定の不適切さや遅れ、操作の不適切さや遅れにつながると仮定する。

このようなモデルによって、これまで無関係に扱われてきた諸概念を俯瞰することができると考えられる。もちろん、現状では理論的考察のみから導かれた、かなり恣意的なものではある。メンタルワークロード、状況認識、リスク知覚、リスク補償、信頼感などの諸概念は、それぞれ異なる背景を持ち、異なる研究分野で成り立っているかもしれない。しかし、日々交通事故は発生し、尊い命が奪われている。まずはこのような仮説的モデルを叩き台として、各領域の研究者が協力し合いながら、議論を進めるべきではないかと考える。

4. リスク知覚の定量的評価

CAMDIの中で挙げられたヒューマンファクターのうち、メンタルワークロードや状況認識については、工学分野と密接に連携しながら定量的な計測を行い、システムの設計・評価に貢献してきた。一方、リスク知覚の概念は主に運転教育分野で発展してきた。危険感受性テスト¹³⁾などにより、ドライバーの運転適性を評価し、ドライバーに対する助言などに役立ってきている。しかしながら、メンタルワークロードや状況認識のような定量的かつリアルタイムな評価は行われてこなかったため、工学的な応用は難しかったと言える。

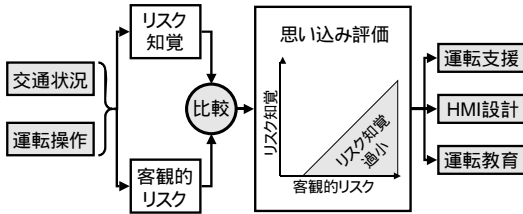


Fig. 3 思い込み評価とその応用

リスク知覚の概念はITS時代において非常に重要な要因となり得ると考えられる。これまでの運転支援システムが主にドライバーの認知や操作を支援してきたのに対して、今後はドライバーの判断過程にまで踏み込んだ支援に発展してゆくことが予想される。リスク知覚はドライバーの認知過程において最も重要なプロセスであるとともに、続く判断過程においてもリスクテイキングや回避行動の鍵を握っていると考えられる。

リスク知覚を定量的かつリアルタイムに捉えることができれば、ドライバーのリスク知覚の程度に応じた支援、ドライバーのリスク知覚を低下させないような(過信・依存に陥らせないような)運転支援システムのHMI設計などに貢献できるだろう。もちろん運転教育場面でも、より説得性の高い助言につなげることができる。特に、評価されたリスク知覚が交通状況の客観的リスクより低い状態(思い込み)を検出することができれば、交通事故低減に大いに貢献できると考えられる(Fig.3)。

以下では、筆者らが行ってきたリスク知覚の定量的評価法の開発と、運転教育システムへの応用例について、やや詳しく紹介する¹⁴⁾。

4-1 リスク知覚推定法 SUPREME

リスク知覚が高まった時、ドライバーは一般的に減速行動を選択することが知られている¹⁵⁾。減速することで、ハザードとの時間的・空間的距離を保つことができる。同様に、操舵行動によってもハザードとの空間的距離を保つことができる。筆者らはこれらの従来知見をもとに、ドライバーの運転操作から簡便にリスク知覚の程度を推定する方法SUPREME(Simple and Useful Perceived Risk Estimation Method)を考案した。

SUPREMEでは、ドライバーのペダル操作とステアリング操作、および、走行中の交通状況をTable 1の(a)~(c)によって分類して時刻*t*における減速意図*D*、操舵意図*S*、補正係数*M*を決定する。これらのパラメータをもとに、式(1)によってリスク知覚

Table 1 SUPREMEにおける運転操作と交通状況の分類

(a) 減速意図の分類

ペダル操作	D
アクセルを強く踏んでいる	0
アクセルを弱く踏んでいる	1
アクセルに足を構えているのみ	2
ブレーキに足を構えているのみ	3
ブレーキを弱く踏んでいる	4
ブレーキを強く踏んでいる	5
ブレーキを非常に強く踏んでいる	6

(b) 操舵意図の分類

ステアリング操作	S
ほとんど操作していない	0
小さく、ゆっくり操作している	1
やや大きく、やや速く操作している	2
大きく、速く操作している	3
非常に大きく、速く操作している	4

(c) 交通状況の分類

交通状況	M
赤信号・一時停止、自車右左折、前方障害物のいずれかがある	0.5
いずれもなし	1.0

の程度*R*を求める。

$$R_i = (D_i + S_i) M_i \dots \dots (1)$$

ここで補正係数*M*は、リスク知覚とは関連の小さい減速や操舵の影響を軽減するために設けてある。例えば、前方に赤信号や一時停止がある場合ドライバーは減速する。同様に、交差点等の右左折では減速して大きく操舵する。これらの操作はリスク知覚に基づくというよりも、法規(赤信号は停止)や車両の特性(減速しないと曲がれない)などに基づく操作であるといえる。

このように経験的に作成されたSUPREMEの性能評価を行うために、実際に公道を走行した場合の運転操作にSUPREMEを適用した。名古屋市内の一般路で、各種運転操作量を計測するセンサーを装備した車両を4名の被験者に走行させた。

走行後、各被験者の走行から5場面ずつ(各1分、合計20場面)抽出し、SUPREMEによって各場面のリスク知覚の程度を推定した(Fig.4の推定値)。また、日をかえて、各被験者が運転していた際の前風景ビデオを被験者に観察させ、観察中の場面から感じる危険の程度を、レバーの前後操作により報告させた(Fig.4の報告値)。

報告値を各被験者のリスク知覚の正解値とみなし、推定値との相関係数を検討したところ、平均で*r* = 0.53、最大で*r* = 0.85程度の相関が得られ、簡便なリスク知覚推定法として有用であると考えられた。

4 - 2 思い込み評価用シミュレータTEDDY

リスク知覚推定法SUPREMEを実装し、ドライバーの思い込みを評価するドライビングシミュレータTEDDY (Toyota Educational Driver Diagnosis System) を製作した (Fig.5)。

TEDDYでは、ペダル操作から計算された車速をもとに、実写ビデオの再生速度を変化させることで、運転を模擬することができ、この運転操作からドライバーのリスク知覚をリアルタイムで推定する。

さらに、あらかじめ得られた自動車学校指導員のリスク知覚データ (13名の平均値) を内蔵しており、ドライバーのリスク知覚との比較から思い込みの程度を式 (2) によって評価する。つまり、交通状況の危険判断のエキスパートである指導員のリスク知覚を便宜上「客観的リスク」とみなす。約2分半のコースでの思い込みの程度の評価例をFig.6に示す。

$$P_i = (R_i - R_r) / SI_r \dots \dots \dots (2)$$

R_i ; 時刻*i*における指導員のリスク知覚の平均値
 R_r ; SUPREMEにより推定されたドライバーのリスク知覚
 SI_r ; 指導員のリスク知覚の標準偏差

R_i が正規分布に従うと仮定すると、 $|P_i| < 1$ に指導員のリスク知覚データの68%、 $|P_i| < 2$ に95%、 $|P_i| < 3$ にほぼ100%が含まれる。そこで、思い込みの程度を、 $P_i < 1$ なら「低い」、 $1 < P_i < 2$ なら「や

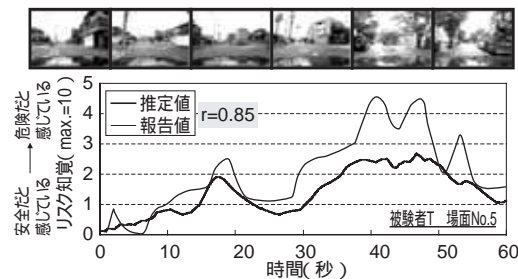


Fig. 4 SUPREMEによるリスク知覚の推定例



Fig. 5 思い込み評価用ドライビングシミュレータTEDDY

や高い」、 $2 < P_i < 3$ なら「高い」、 $3 < P_i$ なら「非常に高い」と評価することと定義した (ここでは P_i が正である場合のみを扱う)。

4 - 3 思い込みと事故親和性

TEDDYによってドライバーのリスク知覚の不適切さ、つまり、思い込みの程度を定量的に評価することが可能となった。しかしながら、ここで評価された思い込みの程度は、真にドライバーの特性を表しているだろうか。そこで、伝統的な運転適性検査である速度見越反応検査 (Speed Anticipation Reaction Test : SART) ¹⁶⁾ と、TEDDYで評価された思い込みの程度との関係を調べた。

54名の被験者 (男性47名、女性7名、24~77歳、平均52.1歳) に、TEDDYを用いて2種類のコース (約4分のコース1と約5分のコース2) を運転させた。ここで、思い込みの程度の全体的な特徴を表す指標として、式 (3) によって、被験者ごと、コースごとの思い込み指数*Q*を算出した。

$$Q = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T P'_i \dots \dots \dots (3)$$

ここで、 P'_i は P_i をもとに下式により求める。

$$P'_i = \frac{1}{2} \{ \text{sign}(P_i - 1) + 1 \} P_i \dots \dots \dots (4)$$

つまり、*Q*は思い込みの程度が「やや高い」以上に評価された区間の P_i を積分し、走行コースの総フレーム数*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が高い状態が数多く、長く存在したことを示す。

一方、被験者にSARTを実施し、10回の見越時間の平均値をAT (Anticipation Time) として求めた。従来研究では、ATがその客観時間 (2.08s) より短いドライバーは事故の経験が多い (事故親和性が高い) ことが知られている。そこで、ATに応じて被験者

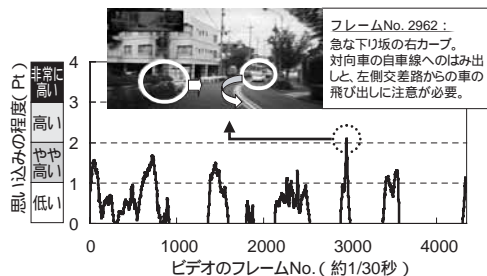


Fig. 6 TEDDYによる思い込みの評価例

を、尚早群 ($AT < 1.5, N = 20$)、適正群 ($1.5 \leq AT \leq 2.5, N = 26$)、遅延群 ($AT > 2.5, N = 8$) の3群に分けた。

AT各群のQの平均値について分散分析を行ったところ、AT群の効果が有意であり、かつ、尚早群は適正群に比べて有意に思い込みの程度が高かった。遅延群でも適正群より思い込みの程度が高い傾向は見られたが、有意ではなかった (Fig.7)。

このように、TEDDYで評価された思い込みは、事故親和性と関連をもっており、SUPREMEおよびTEDDYは、ドライバーの事故の起こしやすさを知ることができる有用なツールであると考えられる。さらに、SUPREMEとTEDDYによって、リスク知覚の程度、および思い込みの程度を、定量的、かつ経時的に計測することが可能となる。

TEDDYは運転教育用シミュレータとして、そのまま応用することが可能である。また、何らかの運転支援システムを模擬しながら運転を行うことで、ドライバーの状況認識が適正に保たれるか (過信・依存に陥っていないか) を評価することもできるであろう。さらには、SUPREMEはドライバーのリスク知覚の程度、ひいては、主観的なメンタルワークロードの程度を推定するツールとして利用できるため、メンタルワークロードの程度に応じて支援方略を動的に変化させるようなインテリジェントな運転支援システムへの応用も期待される。

5. まとめ

本論文では、今後普及してゆくと考えられるITS、特に運転支援システムの導入にあたって考慮すべきヒューマンファクターを概観した。メンタルワークロード、状況認識、リスク知覚、リスク補償、信頼感などの諸概念は、それぞれ異なる分野で発展してきた研究領域であるが、自動車運転場面に限定すれば、相互に深い関係を持っていることを示した。

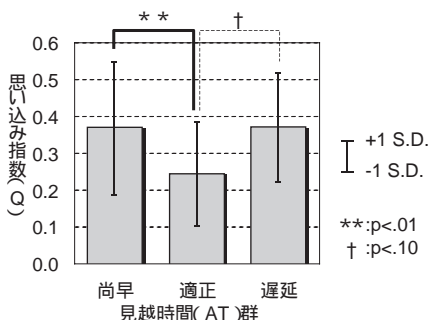


Fig. 7 思い込みと事故親和性

これら理論的考察をもとに、ヒューマンファクター諸概念を統合的に俯瞰する仮説的モデルCAMDIを提案した。現状では不完全なモデルではあるが、今後CAMDIのような統合モデルをもとに、交通事故の低減に向けて、関連研究者の叢智を結集する必要があると考えられる。

本論文ではまた、従来工学的に扱われてこなかったリスク知覚について、定量的な評価方法SUPREMEと運転教育的な応用例TEDDYを紹介した。特に、交通事故の主要因とされる「思い込み」と呼ばれるドライバー状態を評価できる枠組みとして、今後の発展が期待される。

ところで、これらの諸概念や取り組みに共通する考え方は、メンタルワークロード、状況認識、リスク知覚、信頼感などが「適切なレベルに保たれているか」であると思われる。従来の研究は、これらが過剰に高い「オーバーロード」や過剰に低い「アンダーロード」を問題にすることが多かった。では、ドライバーが保つべき「適切な」ワークロード、状況認識、リスク知覚、信頼感とは何であろうか。

紹介したリスク知覚の評価では、「客観的リスク」という概念を取り入れ、危険判断のエキスパートとしての運転指導員のリスク知覚を適切なリスクとして定義した。同様に、適切なワークロード、適切な状況認識、適切な信頼感なども明確にしてゆく必要があると思われる。さらには、ドライバーを適切な状態に導くためには、どのようにシステムを設計したら良いかの検討が重要であると考えられる。

ITSは自動車の歴史を変えるかもしれない、エポックメイキングな技術である。しかし、システムを使うのはドライバーという、いたって普通の人間である。システムの効果を最大限に引き出すためにも、ドライバーとシステムとの関わり方について、より一層総合的な研究・開発が望まれる。

参考文献

- 1) 国土交通省編：ITS HANDBOOK 2003 2004, <http://www.its.go.jp/ITS/j.html/index/indexHBook2003.html>, 2003年9月現在
- 2) 芳賀繁『メンタルワークロードの理論と測定』日本出版サービス、2001年
- 3) Endsley, M. R. : Toward a theory of situation awareness in dynamic systems, Human Factors, Vol. 37, pp. 32-64, 1995
- 4) 交通事故総合分析センター編『交通事故例調査・

- 分析報告書(平成12年度報告書)』2001年
- 5) 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年
 - 6) 國分三輝他「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、2001年
 - 7) 小川和久他「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』Vol.18、pp.37-54、1993年
 - 8) Benda, H. V. et al.: Estimating hazards in traffic situations, Accident Analysis and Prevention, Vol.15, No.1, pp.1-9, 1983
 - 9) 宇野宏他「副次課題法による情報処理負荷の推定方法に関する検討」『自動車研究』Vol.25、No.10、pp.1-4、2003年
 - 10) 小川哲男「ドライバーの主観的リスクの測定及び生理指標による検討」立教大学文学研究科修士論文(未公刊) 2003年
 - 11) Wilde, G. J. S.: The theory of risk homeostasis: Implications for safety and health, Risk Analysis, Vol.2, No.4, pp.209-225, 1982
 - 12) Parasuraman, R. et al.: Humans and automation: Use, misuse, disuse, abuse, Human Factors, Vol.32, No.2, pp.230-253, 1997
 - 13) 深沢伸幸「危険感受性(仮称)テストの研究(I)」『応用心理学研究』Vol.8、pp.1-12、1983年
 - 14) Kokubun, M. et al.: Assessment of drivers' risk perception using a simulator, R&D Review of Toyota CRDL, Vol.39, No.2, pp.9-15, 2004
 - 15) Renge, K.: Drivers' hazard and risk perception, confidence in safe driving, and choice of speed, IATSS RESEARCH, Vol.22, No.2, pp.103-110, 1998
 - 16) Maruyama, K. et al.: Speed anticipation test: A test for discrimination of accident proneness in motor driver, Tohoku Psychological Folia, Vol.20, pp.13-20, 1961