

運転行動モデルと事故防止

Models of Driving Behavior and Accident Prevention

増田 貴之, 芳賀 繁

Takayuki MASUDA, Shigeru HAGA

概 要

本稿では、運転行動の認知モデルである、「リスクホメオスタシス理論 (risk homeostasis theory)」、「ゼロリスク理論 (zero-risk theory)」、そして、両モデルの統合を試みた「TCIモデル (task-capability interface model)」を解説する。また、近年の自動車技術の高度化に伴う負の適応 (Negative Adaptation) の問題についても解説する。最後に、有効な安全対策を行うにはどうすればよいかを議論する。本稿では、自動車ドライバの研究について解説するが、特に、負の適応の問題については、自動化が進む自動車以外の分野においても示唆をもつものと考えている。

1. はじめに

1.1 道路交通の現状

交通行動は、人間の生活領域のなかでも、「衣・食・住」と並ぶ重要な構成要素であり「移動 (モビリティ)」にかかわっている¹⁾。中でも自動車は、日常生活、産業現場など多くの場面で用いられており、現代人の生活と切り離せないものとなっている。しかし、車社会が現代人の生活を豊かにしている反面、交通事故が社会問題になっているのも事実である。平成19年中の交通事故発生件数は、832,454件 (前年比-54,410件)、死者数は5,744人 (前年比-608人)と²⁾、ここ最近減少傾向にあるが、依然として多くの命が交通事故によって失われている。

1.2 交通事故にかかわる要因

長山は交通環境を、道路交通環境、意味交通環境、対人交通環境の三つに区分し、運転とはそのおのこの交通環境への適合行動であると述べている³⁾。道路交通環境とは、道路の幅員や線形、路面舗装、歩道などの環境であり、意味交通環境とは交通信号や路面表示、案内・規制標識などのように運転者に意味情報を与えて行動選択の手がかりとなる環境である。さらに対人交通環境とは現実の交通環境における自転車や歩行者、先行車や対向車などの動的な

環境のことである。蓮花は、道路・設備面の整備と合わせて、自動車ドライバやそのほかの交通参加者の資質向上による交通環境の改善が求められると指摘している¹⁾。

2. 運転行動モデル

2.1 認知モデルとスキルモデル

交通心理学の分野では、自動車ドライバについて、様々なテストによって測定された特性やスキルと事故率との相関を検証することによって、事故傾向性の高い運転者を予測できる個人特性の特定を目的とする研究が数多くなされてきた。これは、個人の運転技能によって安全が達成されるという考え方に基づいており、このような考え方はスキルモデルと呼ばれている。しかし、これらの研究からは、特性やスキルと事故率との間に明確な関連は見出されなかった。

そこで、登場したのが認知モデルである。芳賀は、スキルモデルと認知モデルの関係について図1のようにまとめている⁴⁾。スキルモデルが、事故原因として運転者個人の特性・スキルに重きを置いているのに対し、認知モデルは、運転者が交通環境をどのように認知・対処するかという点に重きを置いているのが特徴である。次に、代表的な運転行動の認知モ

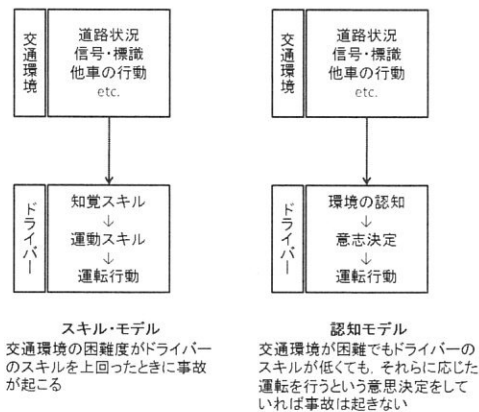


図1 スキル・モデルと認知モデル

デルについて解説する。

2.2 運転行動の認知モデル

リスクホメオスタシス理論

Wilde^{5)・6)} のリスクホメオスタシス理論は、代表的な動機付けモデルであり、主にリスクの目標水準、知覚されたリスク水準という二つの概念によって運転行動、特にリスク補償について説明するモデルである。

リスク補償とは、何らかの安全対策が導入されても、ドライバが自身の行動をリスクな方向にシフトさせること（リスク補償行動）により、結果として期待される事故低減効果を得られないという現象である。Wilde は、リスクホメオスタシス理論（リスク補償モデル）において、リスク補償の生起メカニズムを以下のように想定している（図2）。

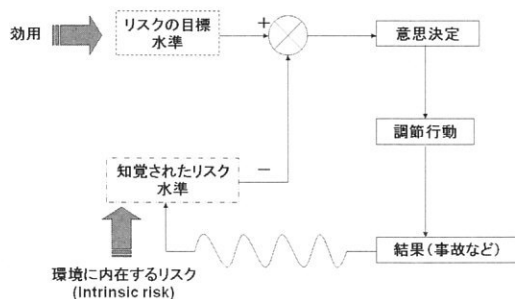


図2 リスク補償のモデル; Wilde⁵⁾ を改変

運転者は自身が受け入れることのできる主観的なリスク水準（リスクの目標水準）を持っている。運転者はリスクの目標水準と実際に知覚したリスクの水準を比較し、両者が一致するように調節行動を行う。すなわち、知覚したリスクの水準がリスクの目標水準よりも低ければよりリスクな方向に行動をシフトさせることによって、知覚したリスクの水準がリスクの目標水準よりも高ければより安全な方向に行動をシフトさせることによって、両者を一致させることになる。また、運転者の知覚するリスクの水準は、運転者が環境に内在するリスク（intrinsic risk）の変化に伴って変化しうるとされている。したがって、何らかの安全対策によって運転者の主観的なリスクが低下した場合、運転者は、リスクの目標水準と主観的なリスクを一致させるために、何らかの形で補償行動をとることが考えられる。リスク補償の例としては、道路の見通しを改善した（intrinsic risk が低下した）ことによって、見通しを改善する前よりもリスクを低く知覚したドライバが、低下したリスクとリスクの目標水準を一致させるために走行速度を上げるといったことなどが挙げられる⁷⁾。

また、Wilde によると、交通事故リスクに関するリスクの目標水準とは、個々の運転者が利益（時間の節約、経済的利益、好奇心などの欲求を満たすことなど）とコスト（事故の危険性など）の差が最大化すると信じる（すなわち運転者の効用を最も高める）主観的なリスク水準である。したがって、急いでいる運転者や刺激を求める運転者は、補償行動の生起程度がより大きい可能性がある。また、Wilde によると、知覚されたリスク水準は以下の3要因で決まる。すなわち、1. 過去の交通経験、2. 直面している状況での事故可能性についての見積もり、3. 自分がその状況を乗り切るために必要な意思決定能力と運転技術をどれくらい持っているかという自信である。したがって、事故可能性を低く見積もりがちな運転者や自己の運転能力を高く評価しているドライバについても、補償行動の生起程度が大きい可能性がある。

ゼロ-リスク理論

Summala⁸⁾ のゼロ-リスク理論も、動機づけモデルに分類されるモデルの一つである。ゼロ-リスク理論では、環境的機會とドライバの（実際の）行動の差である安全マージンという概念によって運転行動を説明するモデルである。

ゼロ-リスク理論によると、ドライバの行動と環境

的機会は、それぞれ主観的分布と客観的分布をもつが、ドライバ自身の行動と環境的機会の査定の不一致は、主観的な分布においてよりも客観的分布においてより大きい。ドライバは客観的にはリスクがあるにもかかわらず、主観的にはゼロ-リスクであると知覚することになる。その結果、不十分な安全マージンを伴った運転が習慣化され、事故のリスクが生じることになる。図3は、カーブでの走行速度を例としたゼロ-リスクモデルの例である。

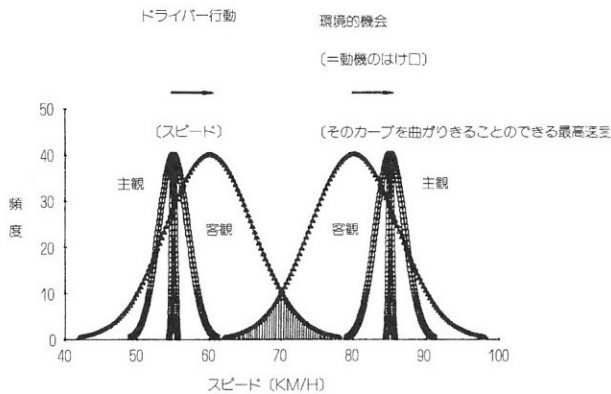


図3 カーブ走行速度を例としたゼロ・リスク理論の図解

ゼロ-リスク理論は、運転者は通常は全くリスクがないかのように感じ、行動し、リスクが刺激閾を超えて初めてリスク補償メカニズムが作動し、リスク水準を下げるよう試みると想定している。すなわち、Wilde のリスク補償モデルが、運転者が常に行動を調節していると想定しているのに対し、ゼロ-リスクモデルでは、リスク補償は知覚されたリスクが閾値を越えたとき、初めて始まることを想定している点で両モデルは異なる。

TCI (task-capability interface model)

Fuller^{9), 10)} は、運転課題の困難度 (task difficulty) が課題の要求 (task demand) と運転者の能力 (capability) に規定されるとする TCI モデル (task-capability interface model) を提案している (図4)。

TCI モデルによると、運転課題の要求は、環境要因、他の道路使用者の性質、自車の特徴に規定される。また、運転者の能力 (capability) は、疲労やディストラクション、努力の動機づけといったヒューマンファクター変数の影響を受ける。ヒューマンファクター変数には、より上位水準の運転能力 (competence) が影響するが、この運転者の能力

(competence) は、生物学的特徴 (情報処理能力・速度、反応時間、身体的リーチなど)、訓練・教育および経験の結果獲得される知識やスキル (交通法規の知識、手続きの知識、交通状況の予測に関する知識など) によって規定される。

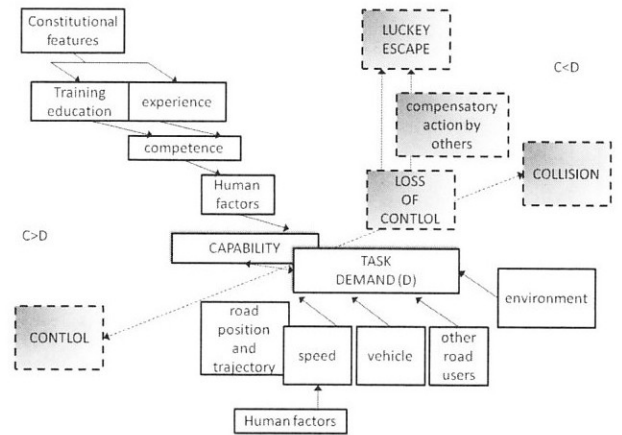


図4 TCI モデル

Fuller は TCI モデルに基づいて、課題の困難度ホメオスタシスを提案している (図5)。これは、運転者は、知覚された課題の困難度が受け入れ可能な困難度を超えないように調節行動 (速度、視行動、車頭時間などの調節) を行うというものである。Fuller は、受け入れ可能な課題の困難度に影響を与える要因として、速度に対する動機づけ (仲間に対する誇示など) や知覚された自身の能力 (competence) の見積もり、努力に対する動機づけを挙げている。

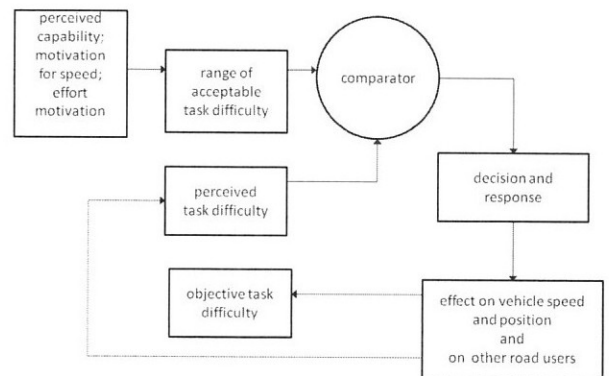


図5 課題の困難度ホメオスタシス

Fuller の提案の中でもっとも注目すべき点は、リ

スクホメオスタシスをタスクの困難度ホメオスタシスの特殊なケースであると考えられる点である。すなわち、タスクの困難度、言い換えるとタスクの要求と能力 (capability) の差がある閾値を越えるまでは、ドライバが行動調節の基準に用いているのはタスクの困難度であるが、閾値を越えると、行動調節の基準は、その行動に (事故の) リスクをとる価値があるかどうかになる。すなわち、この時点でリスクホメオスタシスの基準を満たすこととなる。したがって、TCI モデルは、リスク補償モデルとゼロリスクモデルを統合したモデルであるといえる。Fuller は、TCI モデルについて、実験的な検証を行い、モデルを支持する結果を得ている。

3. 運転行動に影響を及ぼす新たな要因

ここまで解説してきたように、ドライバは交通環境から運転に伴うリスクや、運転の困難度を知覚し、その結果に基づいて判断、操作を行っている。近年、自動車技術の高度化が目覚しく進み、様々な自動車運転支援システムが開発されているが、このようなシステムが、ドライバのリスクや困難度の知覚、そして判断や操作に影響を及ぼす可能性は十分に考えられる。自動車運転支援システムの導入は、自動車交通の安全性の向上に寄与することが期待されているが、システムが運転行動に負の影響を及ぼす可能性も懸念されている。運転行動がシステムに及ぼす影響は、今後運転行動モデルに取り入れるべき要因であると考えられる。

交通心理学の分野では、自動車運転支援システムの導入を含んだ道路交通システムの変化に伴う行動変化を総称して行動適応 (Behavioral Adaptation) と呼んでおり¹⁰⁾、その中でも特にネガティブな側面、すなわちリスクな結果を生じさせる可能性のある行動変化を、負の適応 (Negative Adaptation) と呼び、実車やドライビングシミュレータを用いた数多くの実証的な研究が行われてきている。

Negative Adaptation のメカニズム

前述のように、負の適応とは、システム導入に伴う運転者のネガティブな行動変化を総称した概念である。行動適応のメカニズムとしては、責任の委譲 (delegation of responsibility)、行動の混乱 (behavior diffusion)、補償行動 (compensatory behavior) が挙げられる¹²⁾。以下に、それぞれのメカニズムを解説し、その具体例を挙げる。

責任の委譲

運転者がシステムに責任を委譲してしまう背景として、過信や依存がある。システムに依存した運転者は状況認識 (Situation Awareness) を低下・喪失させる可能性がある。状況認識が低下した状態で、緊急時など、運転者自身が意思決定を行わなければならない場合、運転者が適切な対応を誤る可能性が高まる。また、システムによってワークロード (Workload) が低減し、運転に必要な注意や努力のリソースが低減された結果、そのリソースを、運転以外のタスク割り当てる可能性もある^{12), 13), 14), 15)}。責任の委譲の具体例としては、ACC (adaptive cruise control) の装備によって車両操舵が不安定になるという実験結果が得られている¹⁶⁾。

行動の混乱

システムがカバーするエリア外に出た時やシステムが故障した時など、運転者がシステムによる支援を受けられない状況になったとき、行動の混乱が生じる可能性がある。行動の混乱の例としては、システムに依存した運転者が、システムがカバーするエリア外に出たことに気付かず適切な速度に調節することができないことなどが考えられる。行動の混乱の具体例としては、AAP (active accelerator pedal) を装備した際に、適応エリア外に出た際の速度調節忘れが生じるという実験結果が得られている¹²⁾。

補償行動

補償行動は前述のリスクホメオスタシス理論に端を発した概念である¹³⁾。補償行動の具体例としては、VES (vision enhancement system) の装備によって、霧中や夜間での走行速度が上昇するという実験結果や¹⁷⁾、ACC の装備によって走行速度が上昇するという実験結果が得られている¹⁶⁾。

4. おわりに

本稿では、ここまで、リスクホメオスタシス理論をはじめとした運転行動の認知モデル、および自動車運転支援システムの導入に伴う負の適応のメカニズムの解説を通じて、システムの導入を含む工学的安全対策の負の側面を中心に述べてきた。しかし、工学的安全対策を行ってもすべてが無効になるわけではない。実際に、工学的対策の導入が安全性の向上に寄与する証拠も数多く得られている。そこで、最後に、有効な安全対策を行うにはどうしたらよいのかについて議論する。

筆者らは、有効な安全対策を行うには、工学的対策に加え、①ドライバの特性を考慮したシステムを開発すること、②動機づけ的対策を導入することが必要であると考え。

①については、筆者らは、負の適応についての先行研究をレビューし、システムの設定した安全マージンが不適切であれば節約された注意や努力のリソースをリスクに配分する可能性があること、状況認識を維持、もしくは高めるためには交通状況の困難度に応じてシステムが適切な水準のフィードバックを行う必要があること、運転に対するシステムの介入程度が不適切であればフラストレーションが生じ、補償行動が生じる可能性があることなど指摘した。今後の研究課題の一つとして、適切なメンタルワークロード、状況認識、リスク知覚、信頼感を保つような安全マージンやフィードバック、介入の程度の設定の指針が必要である¹⁸⁾。今後、心理学者や人間工学者は研究結果を蓄積し、システム設計者の指針となるようなモデルを構築する必要があると考えている。

②については、教育や制度によって、運転者の安全運転に対する動機づけを高める必要があると考える。本稿で解説した認知モデルから示されるように、リスクの目標水準や、受け入れ可能な課題の困難度が低下しない限り、工学的安全対策によってリスクや必要なリソースが軽減されても、補償行動によってリスクや困難度は再び引き上げられてしまうと考えられる。これについて、リスクや困難度を保ったまま、効率化を図ることができたと考えることも可能であるが、安全性向上の観点からは、安全対策導入前の行動を維持し、安全性が向上することが望ましいといえる。認知モデルにおいて重要な点は、安全対策によって得られる安全マージンが、安全性の向上に使われるのか、効率の向上に使われるのかは運転者の行動次第ということである。

参考文献

- 1) 蓮花一己：運転時のリスクテイキング行動の心理的過程とリスク回避行動へのアプローチ，国際交通安全学会誌，Vol.26，No. 1，pp. 12-22 (2000)
- 2) ITARDA：平成 19 年中の交通事故死者数 (2008)
(<http://www.itarda.or.jp/data/kihon.html>) [retrieved on Feb.20,2008]
- 3) 長山泰久：交通心理学とは，国際交通安全学会誌，Vol. 1，No. 2，pp. 325-335 (1975)
- 4) 芳賀：交通行動の社会心理学，北大路書房，pp. 8-17 (2000)
- 5) Wilde, G. J. S. : The theory off risk homeostasis: Implications for safety and health, Risk Analysis, Vol. 2, No. 4, pp. 209-225 (1982)
- 6) Wilde, G. J. S. : Target Risk 2 --A New Psychology of Safety and Health--, What works? What doesn't? And why.... Toronto , Ontario , Canada: PDE Publications (2001)
(ワイルド, G.J.S. 芳賀繁 (訳) : 交通事故はなぜなくなるのか リスク行動の心理学, 新曜社 (2007))
- 7) Ward, N. J. & Wilde, G. J. S. : Driver approach behaviour at an unprotected railway crossing before and after enhancement Of lateral sight distances : An experimental investigation of a risk perception and behavioural compensation hypothesis, Safety science, Vol. 22, No. 1-3, pp. 63-75 (1996)
- 8) Summala, H. : Risk control is not risk adjustment: the zero-risk theory of driver behavior and its implications, ERGONOMICS, Vol. 31, No. 4, pp. 491-506 (1988)
- 9) Fuller, R. : Towards a general theory of driver behavior. Accident Analysis and Prevention., Vol. 37, pp. 461-472 (2005)
- 10) Fuller, R., McHugh, C., Pender, S. : Task Difficulty and Risk in the Determination of Driver Behaviour., European Review of Applied Psychology, Vol. 58, No. 1, pp. 13-21 (2008)
- 11) OECD : Behavioural Adaptations to Changes in the Road Transport System, Paris, Organisation for Economic Co-operation and Development (1990)
- 12) Hjälm Dahl, M. & Várhelyi, A. : Speed regulation by in-car active accelerator pedal Effects on driver behaviour, Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, Vol. 7, No. 2, pp. 77-94 (2004)
- 13) Smiley, A. : Behavioral adaptation, safety, and intelligent transportation systems, Transportation Research Record, Vol. 1724, pp. 47-51 (2000)
- 14) 鷲野翔：自動車における情報と、安全・安心に関する交通心理学的考察 ―運転が楽になるほど事故は起こる？―，電子情報通信学会技術研究報告. ITS, Vol. 103, No. 469, pp. 1-6 (2003)