

予防安全と心理学

芳賀 繁*

*立教大学 現代心理学部 心理学科 埼玉県新座市北野 1-2-26
 *Department of Psychology, Rikkyo University, 1-2-26 Kitano, Niiza, Saitama, Japan
 *E-mail: haga@rikkyo.ac.jp

キーワード：ヒューマンエラー (human error), リスク知覚 (risk perception), 安全文化 (safety culture), 心理学的方法論 (psychological methodology), 行動計量学 (psychometrics).
 J1L0008/06/4508-0721 ©2006 SICE

1. はじめに

心理学ほど、その専門家がやっていることと、専門外の人々が思い描いていることの差が大きな学問は他にないだろう。心理学者は人の心を読めないし、たいていの者は精神分析に興味がなく、好きな色から恋愛に対する態度を当てることもできない。

心理学の起源は古代ギリシアにまでさかのぼるが、長い間、哲学者が人間について深い洞察を行うというタイプの学問だった。近代科学の一領域として、心理学が哲学や生理学からの独立宣言をしたのは、Wilhelm Wundt が1879年にライプツィヒに心理学実験室を作った年とされている。それからの127年間にわが心理学は科学にどれほどの貢献をしたか、言い換えると、人の心や振る舞いについて、127年の間に心理学が明らかにしたことは何か。この間の物理学、生物学、生理学、人類学、地球科学、脳科学などの大発展に比べると、かなり見劣りするものであることは認めざるを得ない。

しかし、人の心や振る舞いといったやっかいな研究対象を相手に127年間苦闘してきた過程で、心理学が蓄積したノレッジとノウハウにはそれなりのものがある。本稿では、安全と事故に関わる人間行動に関する心理学的知見と現在進行形の研究の一部を紹介するとともに、予防安全のためのシステム開発、評価、管理・運営に役立つと思われる心理学的方法を解説しよう。

2. エラー関連行動に関する心理学知見

2.1 意味的記憶のネットワークと活性化

慣れた動作を体が覚えている「手続き的記憶」、自分自身が体験した過去の経験を覚えている「エピソード記憶」などに対し、試験勉強のために暗記した歴史の年表や英単語の意味、自分の誕生日や電話番号のように、知識として蓄えられ、意識的に思い出そうとすれば思い出せるタイプの記憶を「意味的記憶」という。

Collins と Loftus が提唱した「活性化拡散モデル」¹⁾によると、意味的記憶は、頭の中の概念が意味的関連性に基づくネットワークを形成している。そして、ある言葉や対象を見たり聞いたり、思い浮かべたりして対応する概念が活性化すると、ネットワークを通して他の概念に活性化が

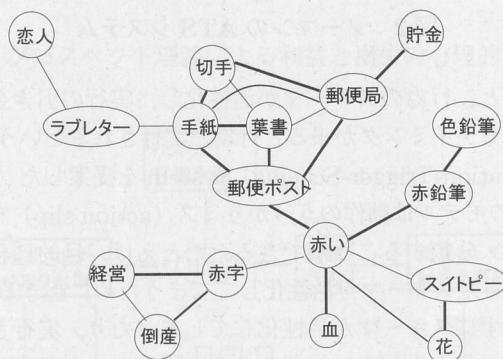


図1 活性化拡散モデル

伝播する。たとえば、「郵便ポスト」という言葉を聞くだけで、「赤い」、「手紙」、「葉書」などの概念が無意識的に活性化し、この活性化が場合によっては「恋人」や「倒産」のような概念まで及ぶ(図1)。この状態で、「キッテ」は日本語かそうでないかという質問をされると反応時間が早くなる「プライミング効果」が観察されたり、「高い」という言葉を「赤い」と聞き違える確率が高まったりする。

類似した概念どうしの中で活性化が拡散する現象は、意味的ネットワークの中だけでなく、音韻的類似でも書記素(単語のつづり)的類似でも起こる。「平山さん」と10回言わせてから「世界一高い山の名前は？」と尋ねると「ヒマラヤ」と間違えて答える人が多いのは、「ひらやま」と音韻的に類似した「ヒマラヤ」が、「チョモランマ」や「エベレスト」よりも活性化してアクセシビリティが高まるためと説明できる。

2.2 行為のスキーマ

スキーマ (schema) とは「過去経験を構造化した認知的枠組み」のことである。スキーマをもつことでさまざまな入力情報をすばやく認知したり、少ない労力(認知コスト)で判断したりすることができる反面、知識や経験の枠に当てはまるように情報を歪めたり、誤認したりする危険が増す。個人は多くのスキーマをもっているが、先行経験によってあるスキーマが活性化している場合、後からくる刺激でそのスキーマを使って認知する可能性が高まる。

行為のスキーマ (action schema) とは、ある目的をもった行為の実行に関連した、動作の記憶を含む認知的枠組みである。Norman はある目的を達成するために行為が計画

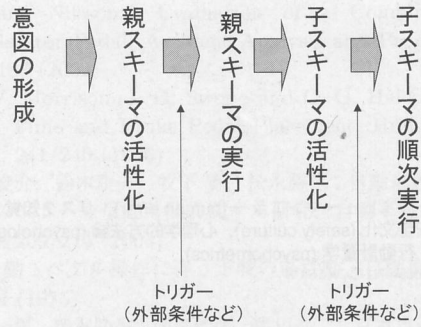


図2 ノーマンのATSシステム

されると、行為のスキーマが活性化し、実行の引き金となる刺激やタイミングが来ると行為が実行されるというATS (Activation-Trigger-Schema) Systemを提案した(図2)²⁾。このモデルは動作のうっかりミス (action slip) をうまく説明・分類することができる。たとえば、目的に合わない間違っただけのスキーマを活性化してしまうために起きるミス、意図せずにスキーマが活性化してしまったり、実行されてしまったりするときに起きるミス、類似のスキーマに途中から乗り換えてしまったミスというようにである。

一方、Rasmussenは実際の産業現場で行われる作業を認知プロセスの種類で3つに分類した。すなわち、スキルベース、ルールベース、知識ベースである。スキルベースの作業は体が覚えているような熟練技能、ルールベースの作業は規則に従って行えばできる仕事、知識ベースの作業はシステムに関する知識を使って考えたり推理したりする必要のある問題解決行動である。通常はスキルベースで行われている作業でも、小さな日常的トラブルが生じたらマニュアルに従って対処するルールベースに変わり、それで解決しない場合や、経験したことのないような異常時には知識ベースの課題になる。RasmussenのSRK (Skill-Rule-Knowledge) Modelは、図示すると梯子段のように見えることからLadder Modelとも呼ばれる(図3)³⁾。特に、プラントのプロセスコントロールのような作業の中で発生するヒューマンエラーのパターンを理解し、予防安全対策を検討するうえで非常に有益なモデルである。

ReasonはNormanとRasmussenの考え方を統合したGEMS (Generic Error Modeling System)を提唱しているが、ここでは説明を割愛する⁴⁾。

2.3 展望記憶

自分が未来のあるタイミングで行うべき行動の予定に関する記憶を展望記憶という。展望記憶が従来研究されてきた(たとえば単語リストを丸暗記したり、無意味綴りのペアを覚えて後で片方をヒントにもう片方を思い出したりするというような)別のタイプの記憶とは異なる性格をもっていることが発見され、研究されるようになったのは最近のことである。しかし、考えてみると、産業現場で起きる記憶エラーの多くは、やる予定だった作業手順の1つをうっ

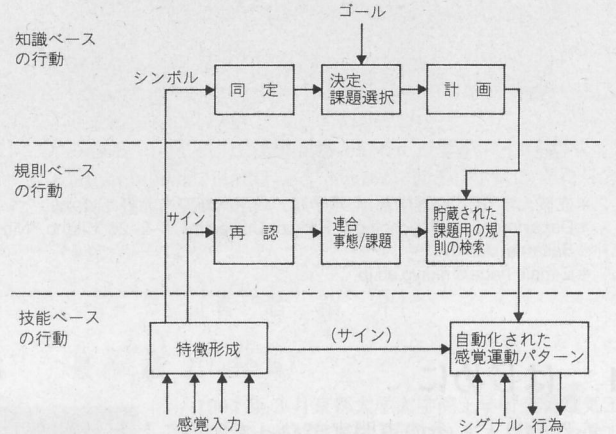


図3 Rasmussenのラダーモデル³⁾

かりやり忘れるというような展望記憶の失敗である。思い出そうと思って思い出せない場合は、それが記憶する段階(記銘)の失敗であろうと、いったん記憶したものを取り出す段階(想起)の失敗であろうと、自分でミスを自覚するから事故につながるようなヒューマンエラーにはなりにくい。危険なのは、思い出すことを忘れる場合である。

私の研究室で樋田(現所属:鉄道総合技術研究所)が行った実験では⁵⁾、実験開始前にカードを渡し、実験終了後にそれを返却するよう要請した。実験課題は、特定の単語を指定した単語に置き換えながら文章を朗読するというものであった。カード課題ではカードの返却を忘れると再実験をしなければならないと教示するか否か、朗読課題では記憶実験として行うと教示するか読み聞かせのために行うと教示するかによって、展望記憶課題の実験参加者にとっての重要度をコントロールした。さらに、両課題とも行うべきことを記憶してから実行するまでの保持時間が短い条件と長い条件を設定した。たとえば、カード課題の保持時間短条件では、つぎの朗読課題が終了した時点(約19分後)にカードを返却するよう教示するが、長条件では、すべての実験が終わった時点(朗読の他に質問紙調査などを行い、約37分後に終了)にカードを返却するよう、カードを渡す時点で教示する。結果は興味深いことに、保持時間が長い条件の方が短い条件よりも成績がよかった(図4)。つまり、カードを忘れずに返却した実験参加者の割合が多かったのである。

展望記憶の実験は難しく、研究も始まったばかりで、まだ十分な知見の蓄積はないが、ヒューマンエラー防止の観点からは重要な領域であり、今後も研究動向を注視していく必要がある。

2.4 リスクの認知と受容

リスクを知覚し、その大きさを評価し、リスクを避けるかテイクするかを決定することは安全性に重大な関連がある。オペレータや利用者がリスクを見落とししたり、過小評価したりすれば不安全行動に直結し、事故の要因となる。安

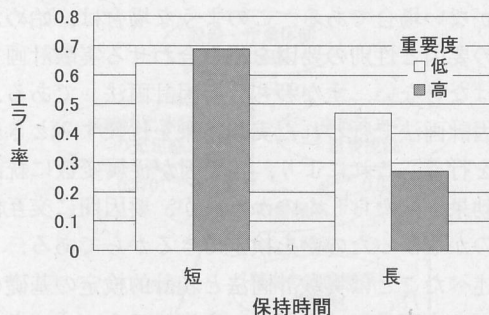


図4 カード返却課題における保持時間とエラー率の関係

金を脅かす人間行動としては、意図しないエラーに焦点が当てられる傾向があるが、意図的に行われるリスク行動や安全規則違反も大きな問題である。現実には、全国で毎日発生している交通事故を初めとして、大規模なプラント災害、航空機事故、鉄道事故などの多くに意図的な違反や不安全行動が関与している。

筆者はリスクテイキングの誘発要因として、(1) リスクに気づかないか主観的に小さい、(2) リスクをおかしても得られる目標の価値が大きい、(3) リスクを避けたときのデメリットが大きい、をあげ、違反の要因として、(1) ルールを知らない、(2) ルールを理解していない、(3) ルールに納得していない、(4) みんなも守っていない、(5) 守らなくても注意を受けたり罰せられたりしない、の5つを指摘した⁶⁾。これらの要因を摘み取ることが不安全行動の抑止、ひいては予防安全に有効と考える。

なお、リスクとは判断や行動の結果が成功するか失敗するかわからない状況と定義することもできるが、不確定状況における意思決定に関しては Tversky と Kahneman のプロスペクト理論が有名である⁷⁾。この理論によると、利益と損失の心理的イメージは対称でなく、図5のような形をしている⁸⁾。つまり、損失は少しでも大きく感じ、客観的に同じ量なら利益を得る場合の満足感よりも、損失した場合の不快感の方が強いのである。プロスペクト理論は経済行動の予測に応用されて有用性が実証され、2002年に Kahneman がノーベル経済学賞を受賞した (Tversky は 1996年に没)。

また、Wilde は人々のリスク目標水準が変わらない限り、工学的装置や技能訓練で増した安全余裕度をキャンセルするように行動が変化し、一定時間あたり、あるいは一定人口あたりの事故率は元の水準に戻ってしまうという「リスク・ホメオスタシス説」を主張して激しい論争を巻き起こした (図6)^{9)~11)}。

たとえば、道幅が狭く急カーブが連続する見通しの悪い道路を改修して、幅を拡げ直線にしたと仮定しよう。そこを走るドライバーにとっては危険な道路が安全になったと知覚されるかもしれないが、そのことがドライバーに走行速度を上げさせ、注意力を低下させる結果をもたらすことは想像に難くない。Wildeによると、このような対策では

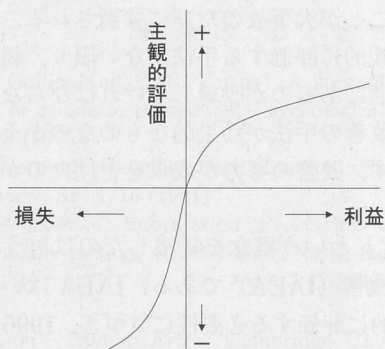


図5 プロスペクト理論による利益と損失の心理的イメージ⁸⁾

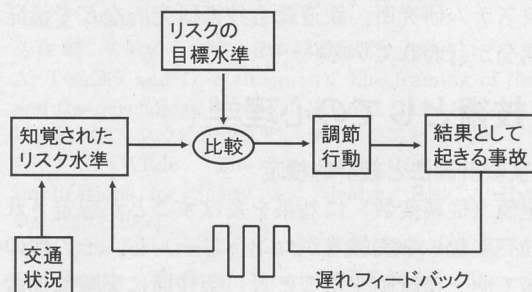


図6 Wilde のリスク・ホメオスタシス説¹¹⁾

走行距離あたりの事故率は低下するものの、走行時間あたりの事故率は減らない。赤外線暗視装置をクルマに搭載して夜間に歩行者の発見を容易にするナイトビジョン、車線からの逸脱を警告する Lane Departure Warning System などの ITS 装置でも同様の現象が起きる可能性がある。ドライバーに凍結路面でクルマをスリップさせにくい運転方法やスリップからのたて直し操作を教習すると、自信をつけたドライバーが冬の雪道を今まで以上の速度で運転するようになったり、運転頻度を増やしたりする事例も報告されている。Wilde はこのような技能訓練も、人口あたりの事故率を減らすのに役立たないと主張する。

リスク・ホメオスタシス説によれば、人・時間あたりの事故率低減に唯一効果をもつ対策はリスクの目標水準を引き下げようというもの、すなわち、人々が従来よりも低いリスクしか受け入れないようにするものでなければならず、それは安全の成果 (無事故) に対するインセンティブによって実現可能であるという。

すべての工学的対策は無効であると断言する Wilde の言説には批判が強く、リスク・ホメオスタシスへの反証データも数多く報告されている。しかし、安全対策が場合によっては人の行動を変え、結果的に所期の事故防止効果が得られなくなる可能性については、予防安全対策を考えるうえで必ず考慮しなければならない問題だと筆者は考える。

2.5 安全文化の測定

事故の要因として企業・組織の安全文化が重要であることが繰り返し指摘され、事故の予防には安全文化の構築が

必要であることが大事故のたびに強調される。しかし、安全文化を客観的に評価する手法がない限り、組織の安全文化が良い状態にあるのか改善しなければならないのかわからないし、改善の手法が効果的なものなのかそうでないのかもわからず、改善の努力が成果を上げたのかどうかもわからない。

「安全文化」という概念を提唱したのは言うまでもなく国際原子力機構 (IAEA) である。IAEA はいち早く安全文化を客観的に評価する必要性に気づき、1996 年に全部で 756 項目 (うち質問項目 445) にも上る膨大な評価指標を発表した。これが ASCOT ガイドラインである¹²⁾。

わが国では、労働科学研究所、電力中央研究所、原子力安全システム研究所、鉄道総合技術研究所などで活発に研究・開発が行われている^{13)~17)}。

3. 技術としての心理学

3.1 実験計画法と統計的検定

測定値 (従属変数) に効果を及ぼすことが想定される条件 (独立変数) を実験者がコントロールし、その他の条件をすべて同一に統制することと、条件間に実験参加者をランダムに割り当てることによって、従属変数の差をもたらした原因が独立変数の違いであると結論することができる。これが「実験」の本質である。

人間の反応は非常にばらつきが大きい。物理の実験なら、たとえばバネばかりに錘を増やしていくとき、錘の重さとバネの伸びをグラフ上にプロットすればほぼ一直線に並ぶ。これをどのバネばかりを使ってやっても結果はだいたい同じだし、錘を軽いものから順に重くしても、重いものから順に軽くしても、ランダム順にしても結果は変わらない。しかし、人間に、たとえば作業負荷を与えて知覚される作業負担 (作業のキツさ) を測ったとすると、個人差がものすごく大きいし、負荷をどういう順で与えるかによって、同じ個人でも結果が大きく異なるだろう。

仮に、作業負荷 A と作業負荷 B とを比較して、どちらの負担が大きいかを決めたいとき、20 人の実験参加者を 10 人ずつランダムに A 条件・B 条件に割り当てる「被験者間変数計画」と、20 人全員に両条件をやってもらう「被験者内変数計画」がある。後者の場合、順序効果をキャンセルアウトするため、半数は A から始め、残り半数は B から始めなければならない。そして、条件 A の負担と条件 B の負担を平均値で比べて差が認められたとしても、個人間のばらつきが大きければその差は統計的に意味がある差とはいえない。統計的検定を行って、両群の平均値の差が偶然によってもたらされたものである確率が 5% 未満の場合に、心理学では「有意差がある」と結論する習慣になっている。

実験条件が性別や年齢や作業経験が違う人に対して差別的に効果を及ぼす場合がある。たとえば、女性では A 条件の方が B 条件よりも負担が大きい、男性にとっては条件

間に差がない場合である。このような場合は、始めから作業負荷の要因と性別の要因を組み合わせる実験計画を作らなければならない。すなわち「要因計画法」である。一般に、要因計画法で行われた実験結果を比較するときには分散分析を行う。これにより、各要因が従属変数に統計的に有意な効果をもたらしたのかどうか、要因間に交互作用があったのかなかったのかを検定できるからである。

以上述べたことは実験計画法と統計的検定の基礎の基礎であるが、心理学には人間という複雑であいまいな対象を相手にした実験について、長年蓄積したノウハウがあると自負している。

3.2 心理尺度構成

心理学が測定する変数はつかみどころのないものが多い。ストレス、自尊心、内向性-外向性、統制の所在 (Locus of control)、注意、イメージ、製品関与、職業適性、主観的リスク、安全態度、安全風土、仕事意欲、リーダーシップ、などなど。このような構成概念をなんとか定量的に、安価に、簡便に (すなわちテストをしたり生理計測をしたりせずに) 測定するための道具が心理尺度である。心理尺度は 1 つの変数を測るために複数の質問項目を用意し、各質問項目は YES/NO の 2 択か、3~7 段階の評定尺度で答えを求める。回答を加算して尺度得点を回答者ごとに算出する。尺度は全体と部分 (下位尺度) から構成されていることが多い。

心理尺度は、測りたいものを実際に測っているかという「妥当性」、誤差が少なく、何度測っても同じ結果が得られるかという「信頼性」、どの項目も同じ概念を矛盾なく測定しているかという「内的整合性」などの要件を満たしていなければならない。各項目への回答が適度にばらつく必要もあるし、同じ下位尺度に関する項目間には適度の相関がなければならない (高すぎると 2 回質問する意味がないし、低すぎると内的整合性が疑われる)。尺度得点が行動やテストの成績、他の尺度の得点と予想されたとおりの関係を示すことを「基準関連妥当性」といって、これも重要である。

心理学には、心理尺度を作るためのノウハウや、信頼性や内的整合性を測る指標があり、心理学科の学生は学部のレベルでこれらを学んでいる。

3.3 多変量解析

因子分析や SD 法が心理学とともに発展したことは有名である。心理学者は調査項目、とりわけ質問紙に対する回答の中になんとか構造を見出そうとして、さまざまな統計解析を行う。重回帰分析、クラスター分析、判別分析、数量化理論 I~III 類、主成分分析、構造方程式モデル (SEM、共分散構造分析) などである。近年、パソコンソフトで簡単に高度な多変量解析ができるようになったため、誰もがあまりにも安易に、理解不足なままで解析を行う例が散見されるのは困りものである。

SEM は調査項目をいくつかの潜在変数に集約し、潜在変数間の因果関係を調べる便利なツールとして最近急速に普

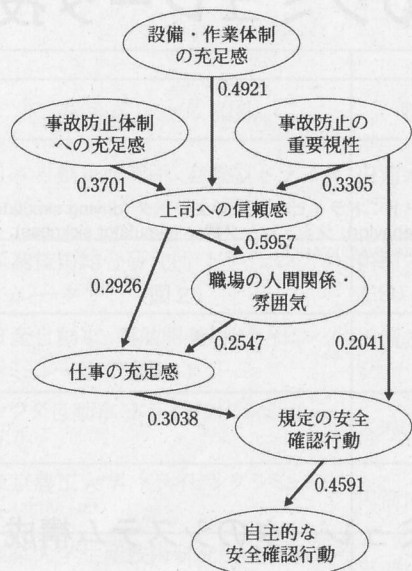


図7 職場における安全態度の規定因¹⁸⁾

及した。SEMの有用性を示す一例として、鉄道社員の安全態度の規定要因を因果分析した結果を図7に転載する¹⁸⁾。楕円の1つ1つが潜在変数であり、矢印は因果の方向、矢印に添えられた数値は関係の強さを示す「パス係数」である。この図から、「事故防止体制への充足感」、「設備・作業体制への充足感」、「事故防止の重要視性」のそれぞれが「上司への信頼感」を生み、上司への信頼感が「職場の人間関係・雰囲気」を改善するとともに、「仕事の充足感」につながる事が読み取れる。さらに、本人の仕事満足と職場の安全重視が「規定の安全確認行動」と、さらにそのつぎのステップで「自主的な安全確認行動」を促すことがわかる。

4. おわりに

技術者が行う質問紙調査を見ると、ときどき驚くほど無神経なものがある。アンケート調査など誰でも作れるという誤解があるに違いない。人はちょっとした言葉遣いの違いでも異なる反応をし、質問の順序を変えるだけで正反対の回答をすることがある。人間を対象にした測定 of の難しさを理解したうえで、調査、実験、計測、データ分析の各段階で心理学の専門家に相談するか、できれば研究・開発プロジェクトのメンバーに加えてほしいと思う。

システムの安全はヒューマンファクターへの配慮なしにはありえない。現在では、ヒューマンエラー、リスク認知、不安全行動、安全文化、リスクマネジメントといった概念が安全のキーワードとしてクローズアップされており、技術者が安全、とくに予防安全に関わるとき心理学を避けて通ることはできない時代になっている。今後、技術者と心理学の専門家がより密接な協力体制を組んで、より安全なシステムがさまざまな領域で構築されることを期待している。

(2006年5月18日受付)

参考文献

- 1) A. M. Collins and E. F. Loftus: A spreading activation theory of semantic processing, *Psychological Review*, **82**, 407/428 (1975)
- 2) D. A. Norman: Categorization of action slips, *Psychological Review*, **88**, 1/15 (1981)
- 3) J. Rasmussen: *Information Processing and Human-Machine Interaction*, Amsterdam: North-Holland (1986), 海保博之ほか(訳): インターフェースの認知工学, 啓学出版(1990)
- 4) J. Reason: *Human Error*, Cambridge University Press, Cambridge, England (1990), 林善男(監訳): ヒューマンエラー—認知科学的アプローチ—, 海文堂出版(1994)
- 5) 樋田航: 保持期間と重要度が展望的記憶のパフォーマンスに与える影響, 立教大学大学院文学研究科心理学専攻2004年度修士論文(2005)
- 6) 芳賀繁: 失敗の心理学, 日本経済新聞社(2004)
- 7) A. Tversky and D. Kahneman: The framing of decisions and the psychology of choice, *Science*, **211**, 453/458 (1981)
- 8) 岡本浩一: リスク心理学入門, サイエンス社(1992)
- 9) G. J. S. Wilde: The Theory of Risk Homeostasis - Implications for Safety and Health, *Risk Analysis*, **2**, 209/225 (1982)
- 10) G. J. S. Wilde: *Target Risk 2 - A New Psychology of Safety and Health-*, Toronto, Ontario: PDE Publications (2001)
- 11) 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*, **9-1**, 1/10 (1993)
- 12) International Atomic Energy Agency: *TECDOC-743 AS-COT Guidelines* (1996)
- 13) 施桂榮, ほか: 産業組織体における安全文化評価ツールの開発に関する研究, 産業・組織心理学会第20回大会発表論文集, 19/22 (2004)
- 14) 高野研一: 意識面・組織面からみた安全診断システムの構築(その1) —診断に必要な機能および診断結果の妥当性の検討—, 電力中央研究所報告, S01002 (2002)
- 15) 原子力安全システム研究所・社会システム研究所(編): 安全風土の探求, プレジデント社(2003)
- 16) 宮地由芽子: 鉄道における組織・職場の安全風土評価手法(2), 電気通信大学大学院情報システム学研究所シンポジウム, 第10回「信頼性とシステム安全学」予稿集, 50/55 (2006)
- 17) 大塚泰正, 鈴木綾子: 職場の安全行動評価尺度の作成とその職種差—鉄道会社およびその関連会社と対象とした調査研究—, *安全工学*, **45-1**, 25/33 (2006)
- 18) 林由芽子他: 共分散構造分析による安全態度規定要因の分析, 産業・組織心理学会第11回大会発表論文集, 26/28 (1995)

[著者紹介]

はが しげる
芳賀 繁 君



1977年京都大学大学院文学研究科修士課程修了。2001年博士(文学)。国鉄労働科学研究所研究員, 財団法人鉄道総合技術研究所主任研究員, 東和大学工学部助教授, 立教大学文学部教授などを経て, 06年から立教大学現代心理学部教授。専門は産業心理学, 交通心理学, 人間工学。おもな著書に『失敗の心理学』(日経ビジネス人文庫), 『失敗のメカニズム』(角川ソフィア文庫), 『メンタルワークロードの理論と測定』(日本出版サービス)などがある。