

# 運転行動決定プロセスモデルを用いた ITSのマネジメントに関する提案と検証

岡村 健志<sup>1</sup>・那須 清吾<sup>2</sup>・松本 修一<sup>3</sup>・水谷 博之<sup>4</sup>・鎌田 譲治<sup>5</sup>

<sup>1</sup>正会員 高知工科大学助教 地域連携機構 (〒782-0003 高知県香美市土佐山田町)  
E-mail:okamura.kenji@kochi-tech.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 高知工科大学教授 マネジメント学部 (〒782-0003 高知県香美市土佐山田町)  
E-mail:nasu.seigo@kochi-tech.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 慶應義塾大学専任講師 理工学部 (〒223-8522 神奈川県横浜市港北区日吉3-14-1)  
E-mail:shuichi@ae.keio.ac.jp

<sup>4</sup>非会員 元技術研究組合 走行支援道路システム研究開発機構

<sup>5</sup>非会員 慶應義塾大学共同研究員 先導研究センター (〒212-0032 神奈川県川崎市幸区新川崎7-1)  
E-mail:kamata@co-mobility.com

ITSによる安全対策は、ドライバがその情報に対応して、回避の行動を取らない限り効果がない。つまり、ドライバの認知・感情の変化に加え、運転行動や車両挙動の変化を考慮し、ITSを適切に運用する必要がある。そこで、本研究ではハザード知覚から車両挙動までの心理現象と物理現象を一体化した運転行動決定プロセスモデルを提案し、ウェブアンケート調査を用いて運転行動決定プロセスを擬似的に評価することで、運転行動決定プロセスによる評価の実現可能性について検証した。その結果、運転行動決定プロセスで設定した各プロセスに対してITSの導入による意識変化があることが実証できた。また、一連のプロセスを観測したことで、さらに何を改善するかを論理的に指摘できた。

**Key Words** : ITS, Evaluation, AHS, Logic Model

## 1. はじめに

### (1) 目的

道路構造令の規定に適合しておらず、未改良区間と呼ばれる道路区間には、狭小・急カーブ・急勾配など道路構造が悪条件で危険な箇所がある。未改良区間の一つである急カーブについては、我が国の都市高速に470箇所近く存在し、そこでの事故率は通常の2.6倍、損失額が年間100億円と言われる<sup>1)</sup>など、急カーブなどの悪条件道路の安全対策の必要性は自明である。

このような安全対策のひとつに、急カーブ先の停車車を事前に知らせるAHS前方障害物情報提供サービスなどのITSがある。ITSは抜本的なハード対策（急カーブの除去など）に比べ大規模な工事や予算を伴わず、現実的な安全対策として期待が大きい。

しかし、ITSのようなソフト整備は、問題を誘発する急カーブなどの道路構造を除去するのではなく、その道路構造を温存した形で問題を解決しようとするため、ド

ライバがITSをどのように利用するかによって、問題がどれほど解決できるかが異なる。従って、ITSによる安全対策には、ITSを導入すると同時に、ITSの効果が十分に発現するように運用することが必要である。

一般的に、ドライバは認知・判断・操作の連続によって安全に運転していると知られている。すなわち、ITSの効果を最大限に引き出すためには、認知から操作までの運転行動決定プロセスを考慮した運用モデルが必要である。

ITSの効果評価については、飯田・池田ら<sup>2)</sup>が室内実験において、濃霧時にITSで情報提供することによる車間の確保、加減速の抑制などの効果を明らかにした。岡村・松本ら<sup>3)</sup>による各地の事例での導入や検証を通じて、ITSが運転挙動や交通行動、ドライバの心理的要素などに影響を与えることが報告されている。楠橋ら<sup>4)</sup>は、短期記憶の時間減衰効用を考慮したモデルでは、既往の交通安全施設に比べても、ITSなどによる車載器を通じた情報提供の方が注意喚起効果が高いとしている。一方で、

楠橋ら<sup>9)</sup>によると、高速道路のインターチェンジ合流時のITSの効果が限定的であることを示しており、ITSによる安全対策は道路走行時のすべての場面で有効とは限らないことも想像できる。このようにこれまでITSによる安全対策では、ドライバの認知から判断までの運転プロセスで、効果の有無が報告されているものの、効果に対して如何にITSを評価すべきかといったマネジメントプロセスについてはこれまでほとんど議論されていない。

本研究では、認知から操作までの運転行動決定プロセスを一体化してモデル化したITS評価システムを構築し、その実施可能性について検証する。運転行動決定プロセスに基づく評価プロセスをウェブアンケート調査を用いて擬似的に実施し、それらのプロセスによってどのように評価できるか検討する。

## (2) 仮説

事故という結果をもたらすまでのドライバの「認知」「判断」「操作」という運転行動や車両挙動を観測し、どう改善すべきか検討できる仕組みが必要である。本研究では、運転行動決定プロセスを詳細にプロセス毎に扱うことで、ITSがどの程度効果的かあるいはどう改善すれば良いかを検討する。

このようなアプローチでの既存研究としては、蓮花<sup>6)</sup>による、危ない行動（リスクテイキングという）のメカニズムの提示が挙げられる。この研究では、人間がリスクテイキング行動をする場合、パーソナリティや運転態度、交通状況や運転課題にリスク促進要因があるとしている。交通参加者が交通状況に注意を向けて最初に行うのがハザード知覚であり、重要なハザードが発見されるとリスク知覚がなされる。リスク知覚がなされることでリスクテイキング（リスクに対する意思決定）をし、リスク回避の行為が実行するというものである。また、リスク知覚にはドライバの自己技能評価（例：車が安全になった）が、リスクテイキングにはリスク効用（例：「急がなきゃ」という気持ち）が影響するとしている。本研究では、このリスクテイキング行動のメカニズムを参考に、ドライバの運転行動決定プロセスを検討する。

図-1はドライバの運転行動決定プロセスモデルを示している。本研究では、運転行動決定プロセスを次にように考えた。

前方を走行する車両などの「周囲の交通状況」、急カーブやAHSのような「道路構造」、流れる景色から感じる「自分の走行状態」といった要素からドライバはカーブ手前から「この先、急カーブかも」や「スピードが過ぎてきているかも」といったハザードを知覚した後、「曲がりきれないかも」といったリスクを知覚し、さらにどの程度のリスクか評価する。このとき、年齢や運転経験、ドライバの事故技能認識がハザード知覚からリスク評価

に影響する。例えば、若年で運転経験の浅いドライバはハザードやリスクを低く見積もる傾向にあるなどである。また、リスク評価の結果に加え、「急いでいる」などの「リスク効用評価」から、「ブレーキを踏む」「しっかりハンドルを握る」などのいくつかの運転行動の選択肢からどの行動をとるか意思決定し、「ブレーキを踏む」という運転行動に移る。運転行動によって、運転している車両は「走行速度が40km」や「3m/s<sup>2</sup>の減速度」になる。このとき、「道路の滑りやすさ」や「ブレーキの効き具合」などといった道路性能や車両性能が挙動に影響する。この後、ドライバは実際にカーブに進入しながら、リスク効用評価を除く「ハザード知覚から選択までのプロセス」を繰り返す。危機回避の行動をとる。それらの結果、カーブでの事故あるいはカーブを通過できることとなる。このように事故という結果までのプロセスを観測するとITSの効果は議論できるものの、事故をなくすためにITSやその他の施策をどの程度導入すれば良いかについては、ハザード知覚から車両挙動までの一連のプロセスで分析することでしか明らかにできない。本研究では、筆者らが提案する運転行動決定プロセスで、道路交通問題に対してITSで如何に評価できるかについて検証した。

このように、運転行動決定プロセスを如何につくるかについても重要である。すなわち、ITSがどの程度問題を解決できたかを運転行動決定プロセスをもって評価するためには、ITSが提供する機能と運転行動決定プロセスとがどのように関係しているかをあらかじめ論理的に明らかにしておくことが求められる。そこで、運転行動決定プロセスをつくる手順として、まず、対象とする箇所のリスク構造とその解決構造を明らかにするために、ロジックモデルを用いた評価プロセスを適用する<sup>7)</sup>。そのためにドライバへのヒアリング調査や対策案と機能の整理を行い、リスク意識構造ロジックモデルを構築する。次に、リスク意識構造ロジックモデルを対象箇所の運転行動決定プロセスに展開し、プロセスごとに指標を整理する。対策案の実施前後において、先のプロセスで整理した指標を観測し、運転行動決定プロセスを分析する。

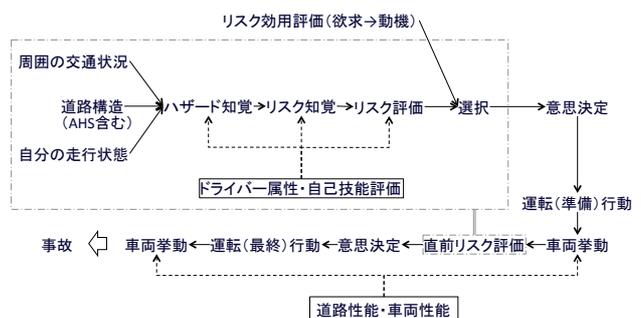


図-1 運転行動決定プロセス

それによって、対策案の成果がどの程度か、それぞれの運転行動決定プロセスは順調か、どのプロセスを改善すべきかを検討できると考える。

## 2. 実験方法

まず、実際にITSが導入された場所をケーススタディとして運転行動決定プロセスモデルの構築実験を実施する。次に、運転行動決定プロセスを使って評価指標の抽出、指標の計測、分析といった一連の評価の手続きを擬似的に実施することを通じて、運転行動決定プロセスを用いた評価の実現可能性を実証する。

具体的には、AHSによる参宮橋カーブ走行時の運転行動決定プロセスを構築した後、ウェブアンケート調査を用いて擬似的にデータを収集し、AHSによる運転行動決定プロセスに対する効果を分析する。さらには、それらのデータを用いて改善内容を検討することで、運転行動決定プロセスを用いた評価の実現可能性を一部検証する。

### (1) ケーススタディ

本研究のケーススタディは首都高速道路4号新宿線より参宮橋カーブ（以下、参宮橋カーブ）とした。参宮橋カーブは、従来から事故が多発してきた急カーブであり、AHS前方障害物情報提供サービス（以下、AHS）が導入されている<sup>1) 8)</sup>。参宮橋カーブでは、AHS画像センサーが渋滞末尾や事故などによる停止車を検知すると、①3メディアVICSおよびITSスポットに対応した車載器に音声と文字・図形表示、②路側の変表示板（情報板）に情報を表示がなされている。AHSの導入が試みられた当時に発生している事故の形態では、速度超過に起因すると思われる側壁衝突・横転が多く、次に追突系の事故が多発していた。追突系の事故では、急カーブである故の前方の見通しの悪さが大きな要因と考えられていた。平成15年10月から11月の約1ヵ月間の参宮橋カーブでのAHS画像センサーによる解析では、追突事故1件の陰に約80件の「障害物を回避するための急減速事象」が発生していたことが明らかになった<sup>9)</sup>。



図-2 参宮橋カーブのAHS

### (2) 運転行動決定プロセスの構築実験

参宮橋カーブでのドライバのハザード知覚・リスク知覚・運転行動について、表-1によるヒアリング調査を実施し、リスクの意識構造を導出する。実際に参宮橋カーブを運転しているドライバに対して、走行時の印象や体験談について話をしてもらい、周囲の交通状況、道路構造、走行状態、属性、ハザード知覚、リスク知覚、運転行動の関連項目についてとりまとめた。次にその結果から、ヒアリング対象者ごとに周囲の交通状況、道路構造、走行状態、属性、ハザード知覚、リスク知覚からなるリスク意識構造に関する認知マップを作成した後、個々の認知マップを統合した。また、参宮橋カーブで実施しているAHSとリスク意識構造との関連を検討し、リスク意識構造に対するAHSのロジックモデルを構築することで、AHSの効果の発現対象を限定する。最後に、ロジックモデルを運転行動決定プロセスとして整理し、プロセスごとにAHSの評価指標を求めた。

表-1 ヒアリング調査の概要

項目	内容
調査期間	平成24年10月22日—24日
調査方法	個別インタビュー調査
ヒアリング場所	高知工科大学東京教室
ヒアリング対象者	首都高速道路の道路モニタ11名（20代から70代までの男性）
ヒアリング内容	参宮橋周辺の走行経験や利用目的 参宮橋カーブ走行時の印象と体験談 改善内容とこれ以上悪くならないでほしい内容 など

### (3) 運転行動決定プロセスを使った評価実験

参宮橋カーブのバーチャルリアリティデータ（VRデータ）による走行映像を使って、AHS（この場合、カーブ先に停止車があることを知らせる情報板と車内への音声案内を指す）が実施された場合とされない場合の擬似的な環境を構築し、提案する評価システムに従った評価が可能か、ウェブによる走行映像実験で検証する。本研究では、評価プロセスを短期間で擬似的に実施することから、VRデータ（株式会社フォーラムエイト社製）を使ったウェブアンケート調査とした。そのため、ハザード知覚、リスク知覚、運転行動選択といった心理的データと、ウェブアンケートで質問可能な一部の運転行動を中心に収集し、実際の事故データ、車両挙動、一部の運転行動といった物理的データに関しては観測の対象外とした。被験者にはウェブ上で走行映像を再生してもらい、意識構造ロジックモデルから求めたハザード知覚やリスク知覚、運転行動選択、一部の運転行動などの一連の運転行動決定プロセスを対象にウェブアンケート方式で計測した。表-2はアンケート調査概要である。

アンケートの主な手順について説明する。アンケートの趣旨や注意事項について説明した後、ホームページ上にFLV形式でアップした走行映像を再生してもらい、減速したい地点でホームページ上のブレーキボタンを押してもらうことで、減速開始地点を計測した。そのほか、走行映像に対するリスク知覚、ハザード知覚、運転行動選択などについて「とても気になる」から「まったく気にならない」、運転行動選択について「とても重視する」「まったく重視しない」までの6段階の尺度を設け、該当する尺度を選択してもらった。

また、AHSが実施された場合とされなかった場合との比較も行うために、AHSが実施された映像を見た実験群とAHSが実施されなかった映像を見た統制群を設定した。なお、各ケースの被験者群は、年齢(20歳代から10歳おきに60歳代まで)・性別均等割り付けでそれぞれ250名ずつとなっている。表-3はVRデータの条件、表-4は実験群の映像イメージである。統制群には音声挿入と情報板表示がない。

### 3. 結果

#### (1) 運転行動決定プロセスの構築実験

##### a) AHSのリスク意識構造ロジックモデルの作成

図-3の黒色部分はヒアリング調査から得た参宮橋カーブのリスクに対する意識構造を認知マップにしたものである。意識構造は、先ほど検討した運転行動決定プロセスモデルを基に、ドライバーが認識しているリスク(図中の四角囲いの文字)と、リスクの原因と感じているハザード(下線部の文字)、ハザードの原因と認識されている周囲の交通状況、道路構造、自分の走行状態、ドライバー属性を要素として構造化している。例えば、「出入口が左右にある」ために「車線変更が頻繁」になるため、ドライバーは「割り込み防止」のために「車間間隔が狭い」。「車間間隔が狭い」ために、参宮橋カーブでは、ドライバーは、前方の「カーブ先が見えない」というハザードに加え、「急カーブ先に停止車」というハザードによって、「追突するかも」というリスクを感じている。

このように、意識構造をみるとドライバーが感じているリスクは「曲がれないかも」「横の車やフェンスと接触するかも」「追突するかも」の3つである。また、「曲がれないかも」というリスクは、「すべりやすい」「急カーブにきづかない」「スピードが速い」の3つのハザードが関係している。同様に、「隣の車・フェンスと接触」というリスクは「近寄ってくる」「挙動を乱す」「フェンスが近い」「道路が狭い」の4つのハザード、「追突するかも」というリスクは「急に止まれない」「カーブ先が見えない」「急カーブ先に停止車」「車間

距離が狭い」という4つのハザードが関係していることがわかる。

次に参宮橋カーブで実施しているAHSとその機能について整理した。AHSは急カーブ先の停止車の存在を知らせることで、カーブ先の状況を知り、ドライバーが停止車の存在を認識することができるサービスである。また、それによって、カーブ先で停止できる準備をすることや車間確保し、追突するリスクを軽減できる。このような考えから、AHSには、「停止車情報提供機能」「前方注意喚起機能」「停止準備機能」「車間確保機能」の4つの機能が備わっていると設定した。

表-2 アンケート調査の概要

項目	内容
調査期間	平成25年1月25日
調査方法	ウェブアンケート調査
アンケート対象者	過去1年以内に首都高速道路を運転経験のある首都圏在住のドライバー500名
アンケート内容	VR映像を用いた減速タイミングの計測 ハザード知覚 リスク知覚 運転行動選択 日常の運転行動 走行経験 など

表-3 VRデータの条件

項目	仕様	
走行車線	第1走行車線	
車速	80km/h	
走行モード	追従、隣接車あり	
天候	晴れ	
時間帯	日中	
情報板	表示内容	「この先、渋滞」「追突注意」
	動作	1段2可変
音声	(警告音) この先、渋滞追突注意	

表-4 実験群のVRデータの映像

秒数	0秒	4秒
内容	映像開始	音声挿入
映像		
秒数	13秒	16秒
内容	情報板	映像終了
秒数		

さらに、リスク意識構造とAHSの機能とを統合することで、図-3のとおり、参宮橋カーブのリスク意識構造に対するAHSのロジックモデルを構築した。つまり、「追突するかも」のリスクに加え、「急に止まれない」「カーブ先が見えない」「急カーブ先に停止車」「車間距離が狭い」の4つのハザードに対して、AHSの効用があるように設定できた。

このように、検討対象の交通問題に対して、ドライバーのリスクに対するAHSのロジックモデルを構築することで、リスク構造を具体的に明示化できた。また、その結果から、AHSの効果がすべてのリスク知覚ではなく、限られたリスク知覚に対するものであることも示せた。

### b) 運転行動決定プロセスの作成

リスク意識構造ロジックモデルで求めたハザードとリスクの関係から参宮橋カーブでの運転行動決定プロセス

を構築した(図-4)。リスク知覚から結果までのプロセスは、ヒアリング調査の結果を参考に関連付けた。

赤枠で示した箇所が運転行動決定プロセスに対するAHSの効果の発現対象である。AHSのもつ4つの機能は意識構造ロジックモデルで示したように、「急に止まれない」「カーブ先が見えない」「急カーブ先に停止車」「車間距離が狭い」といった4つのハザード知覚を刺激すると想像できる。これら4つのハザード知覚は「追突するかも」というリスク知覚を刺激する。これによって、ドライバーは「すぐに止まれるスピードまで落とす」「車間をあける」「いつでもブレーキできるようにする」「前方や前の車の挙動、ブレーキランプなどを注意深くみる」などの運転行動を選択し、「低速走行」「車間確保」という車両挙動を発生させる。これらの行為の如何によって「追突」するかどうかが決まる。

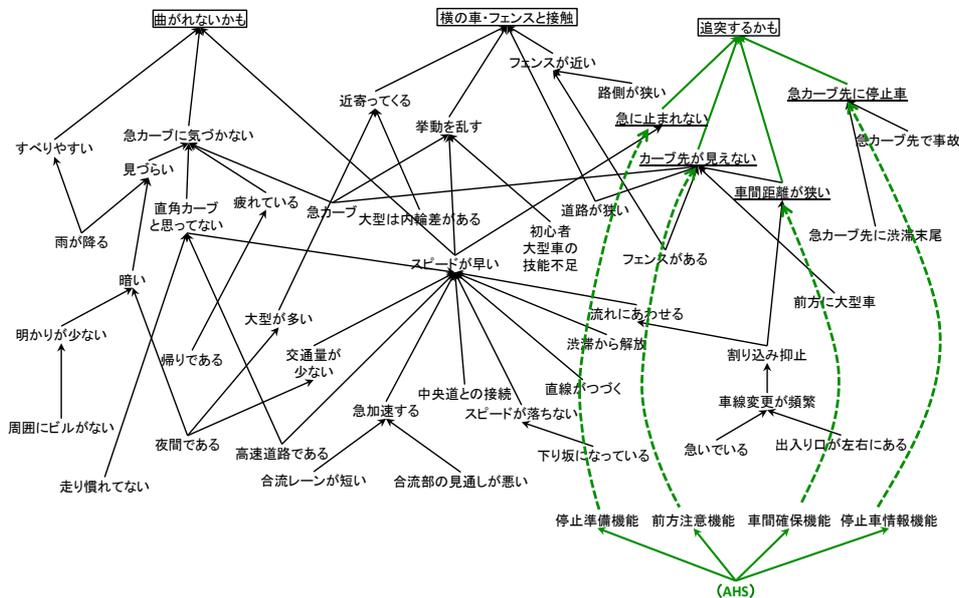


図-3 参宮橋カーブのリスク意識構造に対するAHSのロジックモデル

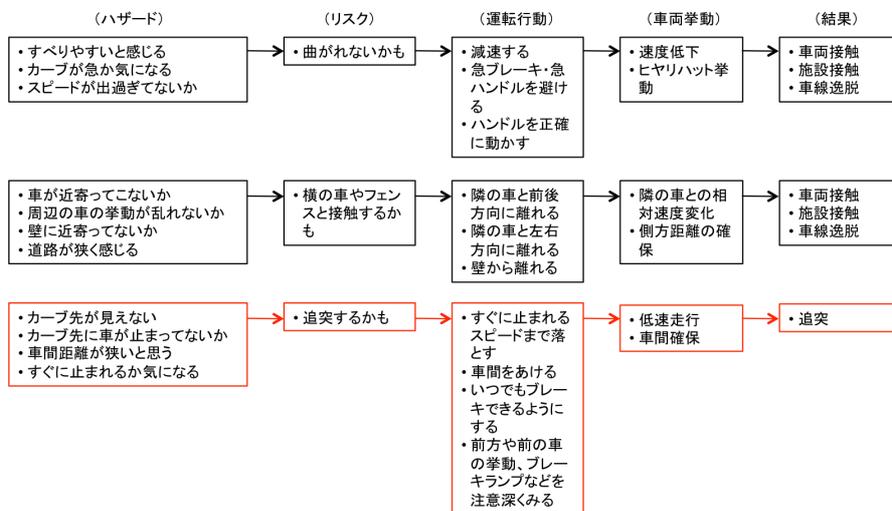


図-4 参宮橋カーブの運転行動決定プロセス

このように、あらかじめロジックモデルを構築したことで、AHSの効果の発現対象となる運転行動決定プロセスを論理的に明示できた。また、運転行動プロセスはAHSが直接もたらすアウトカムと、そのアウトカムによってさらに影響がある間接的なアウトカムとを示すことができる。つまり、ハザード知覚やリスク知覚はAHSによって直接に効果があると想像できるのに対して、追突事故の回避などは、直接的なアウトカムによってもたらされる間接的な効果である。

### c) 運転行動決定プロセスに基づく効果指標の検討

表-5は運転行動決定プロセスにもとづいて、プロセスごとに指標と観測対象を検討し、整理したものである。なお、網かけ部は図-4で検討したようにAHSの効果の測るための観測対象である。AHS効果の観測指標のハザード知覚プロセス・リスク知覚プロセス・運転行動選択プロセスに関しては、心理的要素のためにアンケート調査などを用いた心理尺度が観測対象として設定できる。運転行動プロセスに関しては、減速開始地点、ブレーキ踏量、ブレーキペダルにどの時点で足を置くかというブレーキ準備地点といった減速行動に関与するものと、前方の認知行動に関与する注視点の変化量など観測指標として設定できる。このほか、車両挙動プロセスでは、速度・加速度の変化や車間距離、結果プロセスでは追突事故件数などを観測指標として設定できる。

このように、運転行動決定プロセスに基づいてAHSの効果観測に必要な指標を論理的に多数設定することができる。

## (2) 運転行動決定プロセスを使った評価実験

### a) 統制群と実験群の比較

表-6に運転行動決定プロセスに関わるウェブアンケートの結果を示す。走行映像が流れない、動画が止まった、音が聞こえないといった不具合がなかった被験者として統制群の215名と実験群の202名を対象とした。さらに、減速開始時間の設問については、思うようなタイミングで押せなかった、あるいは減速の必要がなかった被験者をのぞき、統制群の115名、実験群の102名を対象とした。

ハザード知覚プロセスでは、「カーブの先に停止車がいるか気になった」の平均値は統制群が3.57に対して実験群が2.98で1%水準の有意差があり、「この速度で急停止できるか気になった」の平均値は統制群が3.57に対して実験群が3.34で5%水準の有意差があり、実験群の平均値が小さかった。つまり、AHSを提供した場合のほうが、これらのハザード知覚が強かったといえる。一方で「カーブの先がどうなっているか気になった」「車間距離の狭さが気になった」については、AHSを提供しても特に変化はなかった。

表-5 運転行動決定プロセスと指標

運転行動決定プロセス／指標	観測対象
<b>ハザード知覚／</b>	
すべりやすいと感じる	心理尺度
カーブが急か気になる	〃
スピードが出過ぎてないか	〃
車が近寄ってこないか	〃
周辺の車の挙動が乱れないか	〃
壁に近寄ってないか	〃
道路が狭く感じる	〃
カーブ先がわからない	〃
カーブ先に車が止まっているとわかる	〃
車間距離が狭いと思う	〃
すぐに止まれるか気になる	〃
<b>リスク知覚／</b>	
曲がれないかも	心理尺度
横の車やフェンスと接触するかも	〃
追突するかも	〃
<b>運転行動選択／</b>	
減速する	心理尺度
急ブレーキ・急ハンドルを避ける	〃
ハンドルを正確に動かす	〃
隣の車と前後方向に離れる	〃
隣の車と左右方向に離れる	〃
壁から離れる	〃
すぐに止まれるスピードまで落とす	〃
車間をあける	〃
いつでもブレーキできるようにする	〃
前方や前の車の挙動、ブレーキランプなどを注意深くみる	〃
<b>運転行動／</b>	
減速する	減速開始地点 ブレーキ踏量
急ブレーキ・急ハンドルを避ける	ブレーキ踏量 ハンドル舵角量
ハンドルを正確に動かす	ハンドル舵角量
隣の車と前後方向に離れる	減速開始地点 ブレーキ踏量
隣の車と左右方向に離れる	ハンドル舵角量
壁から離れる	ハンドル舵角量
すぐに止まれるスピードまで落とす	減速開始地点 ブレーキ踏量
車間をあける	減速開始地点 ブレーキ踏量
いつでもブレーキできるようにする 前方や前の車の挙動、ブレーキランプなどを注意深くみる	ブレーキ準備地点 注視点
<b>車両挙動／</b>	
速度低下	車両の速度変化
ヒヤリハット挙動	縦横加速度
隣の車との相対速度変化	車両の速度変化
側方距離の変化	側方間隔
低速走行	進入速度
車間確保	車間距離
<b>結果／</b>	
車線逸脱	車線逸脱量
車両接触	車両接触事故件数
施設接触	施設接触事故件数
追突接触	追突事故件数

リスク知覚プロセスでは、「カーブの先で前の車に追突しないか気になった」の平均値は統制群が3.37に対して実験群が3.08で5%水準の有意差があり、実験群の平均値が小さかった。つまり、AHSを提供した場合のほうが、リスク知覚が強かった。また、実験群のその他のリスク知覚と比較しても、「この先のカーブで曲がりきれぬか気になった」が2.95、「となりの壁や車と接触しないか気になった」が3.41に対して、「カーブの先で前の車に追突しないか気になった」の3.08は比較的低い数値であり、リスク知覚が促されているといえよう。

運転行動選択プロセスでは、「すぐに止まれるスピードまで落とす」の平均値は統制群が2.99に対して、実験群が2.74で5%水準の有意差があり、実験群の平均値のほうが小さかった。つまり、AHSを提供した場合のほうが、「すぐに止まれるスピードまで落とす」の選択意向が強かった。一方で、AHSの効果の発現対象としたそのほかの運転行動については、AHSを提供しても特に変化はなかった。これらは、AHSが提供されていない場合でも平均値が比較的低く、重視されていることなども、変化が見られない理由として考えられる。また、すべての運転行動選択肢と比較してみても、実験群の平均値のなか

でも「すぐに止まれるスピードまで落とす」の2.74は比較的低い数値であり、t値も最も大きな値を示すので、運転行動選択が促されているといえる。

運転行動プロセスでは、映像開始からブレーキボタンを踏むまでの時間の平均値が、統制群が12.94秒、実験群が12.32秒と、約0.6秒、距離計算にすると時速80kmでの定速走行だったために約13mブレーキ開始地点が早くなっているが、有意差は認められなかった。AHSは、運転行動選択では「すぐに止まれるスピードまで落とす」に効果があることがわかったものの、減速開始地点の変化には影響を及ぼさない、すなわち、運転行動選択プロセスにまでは影響を与えるが、実際の減速開始を早めるという運転プロセスにまでは影響を与えない可能性が考えられる。この点に関しては、ドライビングシミュレータなどを用いて、実際にブレーキ踏量や速度変化を観測することで確認を行う必要がある。

#### b) ITSの効果の把握と改善検討

これまでの分析結果から、運転行動決定プロセスに従って、次の通りAHSの効果と改善検討を行った。

AHSの導入によって、ドライバの減速開始地点は13m早くなったものの、統計的な有意差を確認するには至

表-6 運転行動決定プロセスと指標

運転行動決定プロセス	指標	統制群		実験群		t検定	
		平均	標準偏差	平均	標準偏差	t	片側P値
ハザード知覚	路面がすべりやすいことが気になった	4.39	1.29	4.31	1.34	0.61	0.27
	この先のカーブが急か気になった	2.39	1.20	2.41	1.23	0.17	0.43
	スピードが出過ぎているか気になった	3.54	1.36	3.35	1.32	1.47	0.07
	隣の車が近寄ってくるか気になった	3.40	1.38	3.48	1.30	0.57	0.28
	隣の車の挙動が乱れないか気になった	3.53	1.30	3.56	1.27	0.23	0.41
	壁と自分とが近くないか気になった	3.80	1.26	3.71	1.27	0.74	0.23
	道路の狭さが気になった	3.56	1.34	3.53	1.25	0.22	0.41
	カーブの先がどうなっているか気になった	2.57	1.30	2.51	1.28	0.42	0.34
	カーブの先に停止車があるか気になった	3.57	1.41	2.98	1.36	4.40	0.00
	車間距離の狭さが気になった	3.67	1.28	3.58	1.23	0.77	0.22
この速度で急停止できるか気になった	3.57	1.28	3.34	1.28	1.88	0.03	
リスク知覚	この先のカーブで曲がりきれぬか気になった	2.96	1.29	2.95	1.29	0.10	0.46
	となりの壁や車と接触しないか気になった	3.47	1.28	3.41	1.25	0.44	0.33
	カーブの先で前の車に追突しないか気になった	3.37	1.30	3.08	1.24	2.31	0.01
運転行動選択	減速する	2.41	1.18	2.34	0.99	0.63	0.26
	急ブレーキ・急ハンドルを避ける	2.29	1.25	2.26	1.04	0.27	0.39
	ハンドルを正確に動かす	2.22	1.09	2.22	0.97	0.04	0.48
	隣の車と前後方向に離れる	2.78	1.19	2.80	1.03	0.23	0.41
	隣の車と左右方向に離れる	3.31	1.23	3.13	1.09	1.60	0.05
	壁から離れる	3.31	1.17	3.18	1.05	1.18	0.12
	すぐに止まれるスピードまで落とす	2.99	1.29	2.74	1.07	2.17	0.02
	車間をあげる	2.50	1.16	2.37	0.96	1.21	0.11
	いつでもブレーキできるようにする	2.19	1.07	2.19	0.97	0.07	0.47
	前方や前の車の挙動、ブレーキランプを注意深くみる	2.01	1.05	2.01	0.97	0.01	0.50
運転行動	減速開始時間 (秒)	12.94	3.03	12.32	3.06	1.49	0.07

っていない。運転行動選択をみると、AHSは「すぐに止まれるスピードまで落とす」という選択意識に効果がでている ( $p=0.02$ ) が、これが減速開始地点を早めることにはつながっていない。リスク知覚やハザード知覚に目を向けてみると、図-3緑矢印にあるようにAHSの導入で「追突しないか気になった」というリスク知覚を刺激できたことがわかる。また、その理由として、「カーブの先に停車車がいるか気になった」「急停止できるか気になった」といったハザード知覚を刺激できたことがあげられる。

運転行動選択プロセスでは、「すぐに止まれるスピードまで落とす」は運転行動選択プロセスの他の指標と比べて高い値である。この選択意向をより高めるには、リスク知覚の「カーブの先で前の車に追突しないか気になった」を刺激する必要がある。「カーブの先で前の車に追突しないか気になった」というリスク知覚は他のリスク知覚と比べてもほぼ同様な値を示しているが、運転行動選択には、より強いリスク知覚が必要と考える。

ハザード知覚についても同様であろう。AHSに関係する4つのハザード知覚の値はそれ以外のハザード知覚の値とほぼ同様であるが、「すぐに止まれるスピードまで落とす」のリスク知覚をさらに高めるために、AHSのハザード知覚を更に強く刺激することが必要であろう。例えば、情報板や音声の内容をより具体的にす、警告音の刺激を強くする、警告回数を増やす、車間距離を指摘するなどの対応が考えられる。

#### 4. まとめ

本研究では、参宮橋カーブをケーススタディに、運転行動決定プロセスモデルを用いて評価することで、如何に論理的にITSを評価できるか実証した。

ロジックモデルを構築することで、リスク知覚に対するAHSの効果の発現対象を明示化できた。また、ロジックモデルに基づいて運転行動決定プロセスを検討することで、対象箇所におけるハザード知覚、リスク知覚、運転行動選択、運転行動、車両挙動、事故の全プロセスや観測指標を論理的に整理できた。それに伴い、ITSの直接的なアウトカムや間接的なアウトカムが何であるかを示せた。例えば、参宮橋でのAHSでは、「すぐ止まれるか気になる」などのハザード知覚は直接的なアウトカムで、「追突事故の回避」などは間接的なアウトカムであった。さらに、前述の観測指標に基づいてAHSの効果を観測したところ、プロセスごとにAHSの導入効果を把握できた。最後に、一連のプロセスを観測したことで、AHSの効果をより高めるためには、さらにハザード知覚への刺激を高める必要性を論理的に指摘できた。

このように、交通問題に対してITSがどの程度、どの部分に効果があるのか明示できることは、今後、実際の道路交通問題の場において、ITSの必要性や機能を具体的に判断する上で重要であろう。特にITSに不慣れな地域や道路管理者にとっては、これまで使い慣れた技術や経験に加えて、ITSによる新たな対策の可能性を検討しやすくすると期待したい。また、ITSサービス導入後の運用においても同様である。ITSサービスが如何に効果があるか、どうすれば具体的により効果が望めるかを、技術者の技量に加えて、体系的に検討できることは、安定的にITSサービスを提供できるにつながると期待したい。

一方で、本研究ではウェブアンケート調査だったために、運転行動や車両挙動、事故などは観測できていない。本来はこれらも含めて一体的に運転行動決定プロセスを観測し、各プロセスの前後関係から、AHSやその他の対策の改善を検討することが望ましい。また、本研究では、どのハザード知覚を刺激するべきかについても言及できていない。これらについては、今後の課題としたい。

セカンドステージ以降、各地でITSが広がり、運用実績が多くなってきた。それに伴い、ITSの効果や技術的な知見は蓄積されつつある。一方で、昨今のICTやスマートサービスの加速的な普及にともなって、これまでの手法以外にもさらに多様な移動サービスが増加するであろう。このような状況において、ITSやその他施策を如何に使うて問題を解決するかといった視点も今後ますます重要になってくるものと考えられる。つまりは、移動サービスの経営マネジメントであり、単にITSの効果を計測するだけでなく、どの程度問題を解決できたか、どうすれば問題を解決できるかを論理的・継続的に検討する評価システムの確立が必要と考える。

本研究でケーススタディとした参宮橋の事例では、当初多くの安全対策が実施され、直後は事故が減少したものの、その後は事故が増減している。急カーブが連続する参宮橋では、抜本的に道路改良を行わない限り、問題と付き合っていくことが必要とされる。しかしながら、対策当時の担当者らは異動して、現在は新たな運用体制となっていることが一般的である。つまり、当初に安全対策を検討したノウハウや経緯を十分に引き継げず、新たに解決手法をどう検討するかを考える必要があるだろう。その際、予め評価システムを持ち、それに則ってPDCAサイクルを実施すれば、効率的に対策や効果を継続して検討できるであろう。

本研究では、都市内高速道路の急カーブにおける交通安全問題を対象として研究を進めてきたが、今後はその他のケースでの適用を通じて①多様な道路交通問題への適用によるアウトカムごとの知見の集約、②継続的なデータの収集によるモデルの精緻化、③業務プロセスへの

評価システムの適用による運用手法の検討といった取り組みが期待される。

**謝辞：**本研究の一部は、国土技術政策総合研究所の委託研究「多様なモビリティにおける移動の質を高めるITS技術に関する研究」により実施された研究成果の一部である。また、遠藤学史氏、百瀬明貴氏、岩崎仁氏をはじめとした首都高速道路株式会社および道路モニタの皆様、スマートインフラ研究所吉田正氏には、多大な支援や助言をいただいた。ここに改めてお礼を申し上げたい。

#### 参考文献

- 1) 畠中秀人, 山崎勲, 小嶋俊之, 水谷博之: ITS を活用した社会実験 (参宮橋地区社会実験) について, 高速道路と自動車, 第 50 卷, 第 7 号, pp22-26, 2007.
- 2) 飯田克弘, 池田武司, 石山裕一, 秋田周作: 視界不良時における走行挙動特性と情報提供の支援効果把握, 交通工学, Vol.38, No.2, pp.59-69, 2003.
- 3) 岡村健志, 松本修一他 5 名: 高知における地域 ITS の実践, 国土と政策, No.27, pp.47-55, 2008.
- 4) 楠橋康広, 張峻屹, 藤原章正: ITS 技術を活用した高速道路における車内注意喚起情報提供の効果, 第 3 2 回交通工学研究発表会論文集, No.73, CD\_ROM, 2012.
- 5) 楠橋康広, 藤原章正, 張峻屹: ITS 技術と既存安全施設が高速道路利用者の安全走行に与える影響: SP 調査による評価, 土木計画学研究・講演集, No.41, ROMBUNNO.152, 2010.
- 6) 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, pp12-22, 2000.
- 7) 岡村健志, 那須清吾: ロジックモデルを用いた ITS の評価プロセスの提案と検証, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.68, No.5 (土木計画学研究・論文集第 29 卷), I\_277-I\_284, 2012.
- 8) 山田晴利, 平井節生, 牧野浩志, 山崎勲, 水谷博之, 大類寛幸: 走行支援システムの開発と事故削減効果, 土木学会論文集 D, Vol.63, No.3, pp. 360-378, 2007.
- 9) 牧野浩志, 水谷博之, 宗広裕司: 画像処理センサを用いた車両挙動分析に基づく交通安全対策の提案, 交通工学, Vol.41, No.5, 2006.