

Part 「ユーザの諸問題」基調講演2

## 人間の特性を考慮した運転支援システムに向けて

大須賀美恵子\*

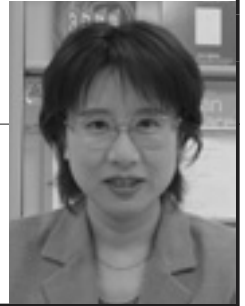
### Towards a Driver Supporting System based on Human Properties

Mieko OHSUGA\*

\* 大阪工業大学情報科学部教授

Professor, Faculty of Information Science and Technology,  
Osaka Institute of Technology

東京大学工学部計数工学卒業後三菱電機に入社、先端技術総合研究所において人間工学分野の研究としてウェルネスシステムの開発に従事。2002年4月に、大阪工業大学情報科学部情報メディア学科教授に就任。



経歴からもわかりますように、私はドライバーの評価ですとか、眠気の検出だとかのヒューマンインターフェースに関わる研究をしてきて、少しは自動車業界に関わったことがあります、いずれにしてもITSに関しては素人でございます。そこで、本日の講演を何度も辞退したのですが、人間の特性をよく考えた運転システムを作ろうというシンポジウムとのことですので、他分野の立場から意見を述べさせていただきますと思います。

運転支援システムということでは、それを社会に導入したら、自動車運転は人と支援システム、車両、インフラの協調作業であるという考え方が必要になるのではないかと思います。本日の私の講演はその考え方に基づく話が大部分で、それからもう一つは、ITSシステムを人と車両を一つの構成要素としてネットワークでつながれた複雑系であるという観点から捉える必要があるということをお話ししたいと思います。

まず協調システムという観点ですが、認知科学や認知心理学の専門家が協調作業ということの研究して、協調にはさまざまなレベルがあることがわかりました。最初の協調は「コ・プレゼンス」というレベルで、ある空間を共有する形で一緒に居て、同じものを見て、同じものを認知するというものであり、これが協調のスタートです。

その次が「アウェアネス」です。相手が今どういう状況にあるかということをお互いに知ることです。卑近な例ですと、電話をかけて、いきなり用件を切り出さずに「今、お時間ありますか?」というふう

にお伺いから始めますが、こういうものがアウェアネスを確認している行動です。アウェアネスに関連したことで、私は大学に移りまして、最近の学生にはこれが全然ないことを痛感しています。いきなり教授室に入って来て、「先生、先生」と言って自分の用事をしゃべり始める。私が今ちょっと忙しく、急いで講義の準備をしなければならないのだけれども、などということはお構いなしです。ちょっと脱線しましたが、ITSなどの複数の要素が関わるシステムでは、相手の状況をきちんと把握することが大事です。

次は、アウェアネスによって気付くだけではなく、「コミュニケーション」することです。相互理解のために参画者相互が情報交換をきちんとする過程です。これには後でお話しますが、相互理解をするためですから、相手のモデルというものを持たなければなりません。

その次は「コーディネーション」です。意見が合わない時や目的が相反するような場合には、コーディネーション(調整)が必要になります。協調の一番高度なレベルといえますのは、協力してある仕事を共通の目的に向かって進めていくこと(「コラボレーション」)ですが、協調作業のレベルはコ・プレゼンス、アウェアネス、コミュニケーション、コーディネーションと進んで行くわけで、ドライバー支援システムを考えるに当たって、協調の段階を少し考えながら、考察してみた次第です。

もう一度振り返りますと、協調作業が上手く行くための要件は幾つかあると思います。一つは、当然

のことながら、適切な作業分担です。これに関しては先ほどのノイ氏の講演(pp.42~46)の中でも、シームレスな役割分担の比重の変化ということがありました。どこまでがドライバーで、どこからがシステムによって自動化されるのかという問題は、全ての自動化システムに共通するものであると思います。また判断の相違が生じた時に、どちらが正しいかというようなことは非常に大きな問題だと思います。特に人の場合には、後でも少しお話ししますが、必ず何時も同じ行動や判断をするとは限らないところが非常に問題であるかと思っています。システムが持つヒューマンモデルの中には、そういった人の行動や判断は変わるものであるということが入らなければなりません。次に必要で重要なことは、相互にモデルを持つことです。あえて「相互に」と申しております。今日は「相互にモデルを持つ」ことに重点を置いてお話ししたいと思います。お互いにモデルを持った上で円滑なコミュニケーションがありますと、可変の環境に対しても、フレキシブルに対応できるものだと考えております。

ところで、改めてドライバー支援の目的ですが、私なりに少し資料などを拝見してみますと、まずは危険回避ということです(Fig.1)。これに関しては、直接の原因ではないかもしれませんが、人が起こすエラーの誘因や原因になるものを減らすという方法があり、人間が起こすエラーをあらかじめ防止しようとするレベルがあります。次に、実際に起こしたエラーを無害化しようとするレベルがあります。すなわち、エラーに対して何らかの対処をして、重大な問題にならないようにすることです。もう一つの目的は、ドライバーの負荷の軽減が挙げられているかと思っています。これに関しては、例えば、長時間の運転をしても大丈夫なようにするというような全体的な負荷の低減ということがあります。また、一時的な過負荷な状態というのが往々にして起きますが、そのような時の支援があります。ゆくゆくは長い移

動における長時間の運転行動からドライバーを解放して、他の仕事や楽しみに費やすことを許してあげるといったドライバーの負荷の軽減があります。

最後に、スキル・能力の補充・補填と拡張というレベルがあるかと思っています。これに関しては、初心者や未熟なドライバーの補填ですとか、あるいは高齢者とか障害を持った人とか、ドライバー層を拡大することがあります。それによって、新たに危険が増すかもしれないというお話が、先ほどノイ氏からありましたが、やはりドライバー層の拡大も一つの目的ではないかと思っています。

ここで、一番目の目的におけるエラーについて少し考えてみたいと思います。一つ目のエラーは、意図的な誤った行動です。例えば「信号は赤だけれども行ってしまえ」というものです。これには「そろそろ赤に変わりそうだけど、まあ、大丈夫だろう」というような、法律用語でいう「未必の故意」に当てはまるとされるレベルです。もしかすると危ないことをしてしまうかもしれないが、まあ大丈夫だろうというレベルのエラーが含まれていると思います。

明らかにこれとは一線を画すエラーとして、意図しない誤った行動があると思います。これの内容としては、行くべきことを行わないというエラーと、行ったのだけれども行ったことが間違っているというエラーの二とおりがあると、ヒューマンエラーの世界では分類しています。やり損ないの方には、行ってはならないことをやってしまった、本来行くべきこととは違うことを行ってしまった、それから、行くべき手順を間違えたり、タイミングを間違えて、早すぎた、遅すぎたなどのさまざまなエラーが考えられます。このようなエラーの特質を把握して、ドライバーのエラーを検出したり、あるいは未然に予防したりすることを考える必要があるかと思っています。

- 危険回避 *risk avoidance*  
エラー要因の低減 *reduction of error causes*  
エラー防止 *prevention of errors*  
エラーの無害化 *coping with errors*
- 負荷軽減 *reduction of driver's load*
- スキル・能力の補充と拡張  
*supplement and expansion of skills and ability*

Fig. 1 ドライバー支援の目的

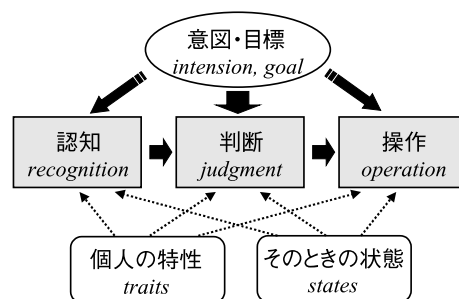


Fig. 2 ドライバー行動のモデル

そこで、ドライバーのドライビング支援ですが、ドライバーの行動は、認知し、判断して、それに基づいて操作をするという三段階の行動モデルがよく用いられています(Fig.2)。今回も、それに応じて少し具体的に考えたいと思いますが、実際には、認知、判断、操作の行動のみだけではなくて、非常に重要なものとして、意図とか目標とかいわれるドライバーが今どうしたいのかということが非常に大きいのです。意図や目標は、勿論、判断行動に大きく作用しますが、人間の認知行動は、実際には見たいものしか見えないということがあり、自分の意図するものによって見えるものが変わって来ることがあります。そこで、意図・目標というものは判断行動だけではなくて、認知や操作の行動の方にも影響することを考えなければなりません。

さらに、ドライバーの行動特性は、一人ひとり違うという、つまり個人の行動特性を考えなくてはならないということです。さらに、個人の中でも、個々の状態や状況に応じて種々に行動特性が変わるということです。このような行動特性を考えた段階を経てドライバーをモデル化しなければならないと考えます。

以上のことは、平均的な、あるいはある範囲の中に入っている人間の特性に基づいたモデル、それから個人の特性に基づいたモデル、さらに個人のその時の状態に基づいたモデルというように、段々とモデルも進化させる必要があります。その少し具体的な話としまして、先ほどのシンプルなモデルの個々の段階について少し見ていきます。

認知のモデルですが、それには感覚器の特性と当たり前ですけれども認知の特性があります(Fig.3)。そこに照明や周りの風景などの環境要因があり、それら要因がどのように絡んでくるかということが認知のモデルになると思います。そこから認知の遅れ・漏れ・間違いなどを予測することが、認知モデルの用途になるかと思えます。ここで予測といいましたのは、認知し損なったことがわかった後に認知行動を助けたのでは、多分遅いだろうということであり、認知の段階ではどちらかという認知エラーの予防が最も大事なところなのではないかと考えます。ですから、人がどういうものを見逃し易いか、どうい

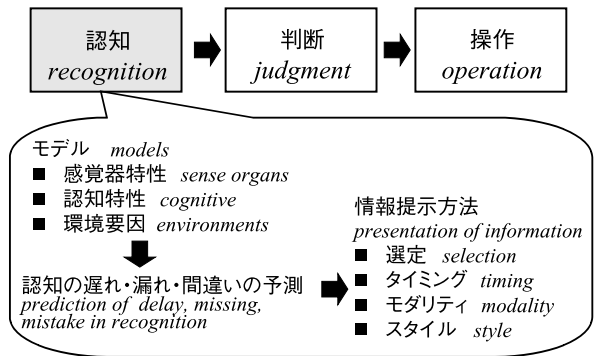


Fig. 3 認知のモデルと支援

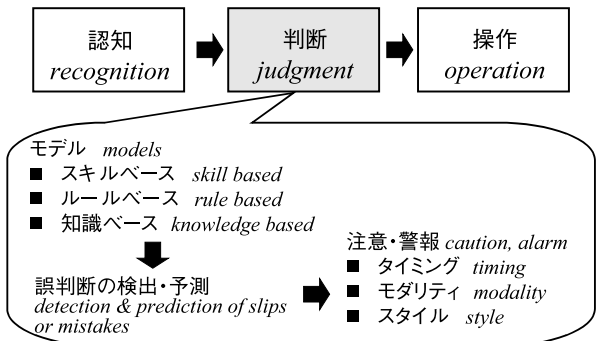


Fig. 4 判断のモデルと支援

ことを間違え易いかをモデル化して、それに基づいてどういう情報を選んで、どういうタイミングで、どういうモダリティで提示してあげることが、運転支援システムにおいて考えるべきことだと思います。

自分がわかっていることを先に言われると人間は腹が立ちますし、逆に気が付かなかったことをちゃんと教えてもらうと、非常にありがたいと感謝します。「ああ、そうだったな」と思うわけです。このあたりの人間の感情機微は非常に難しいもので、「どういふものをこの人は見逃し易いか」ということを的確に判断しなければならないと考えます。また、教えてもらうことが当たり前になってしましますと、自分で注意をして情報収集をするアクティブな行動が阻害されます。それは、ドライバーが運転支援システムに完全に依存してしまう形だと思います。ですから、運転支援システムは適度な頻度でドライバーに情報を補充することが必要で、この「適度」というのが難しいところです。

次に判断のレベルですが、これにはラスムッセンの行動レベルというものがあり、それはスキルベース、ルールベース、知識ベースの三つのレベルです(Fig.4)。スキルベースとは、無意識という言い

過ぎなのですが、ある程度習慣化されている行動です。それは個別の判断がないというか、入ってきた情報に基づいて比較的機械的に行う行動です。運転行動の場合には、判断しているとはいっても、かなりこのスキルベースの行動が多いものです。実際に、自分が行った行動を言語化してみると、何でこうしたのだらうというような無意識のうちに行ったことが多いのです。次に、スキルベースの上のルールベースとは、ルールに基づいて判断し、また知識ベースはルールの適用だけではだめな時に、知識を総動員して判断するというレベルです。最後の知識レベルの判断は普通の運転行動の場合にはそんなに頻繁には起こらない判断かと思われま

す。それぞれのレベルの行動の中での間違い(エラー)は、スキルベースの場合はスリップ、その他はミステイクという二つに分類されています。そこで、どうい

うスリップやミステイクが、どんな時に起こり易いかをモデリングすることができると思います。それに注意して、判断の誤りを正してあげるとか、あるいは前もってウォーニングやアラームする

ことを行うわけです。そのウォーニングやアラームにつきましても、タイミング、モダリティ、スタイルが非常に重要になってきます。滅多にお目にかかれな

いアラームは、「今のアラームは何だったんだ」と、何か車がアラームを発しているのだけれども何を言っているかがわからないということだと、ドライバーは対応のしようがありません。何かコーピングできる形式のアラームを与える必要があるわけです。これには、意味がわかるということに加えて、時間的余裕がきちんと残されていることも含まれると思

います。時間的に間に合わない段階でアラームを聞いても後の祭りであり、あわててしまって余計にひどいことになったりすることがあるかもしれません。さらにアラームは、その頻度が多過ぎたり、アラーム発信の閾値が低過ぎたりすると非常に腹が立つも

とで、「またか」とか「うるさいな」ということで、警報装置を切ってしまうとか、あるいは警報が鳴っても無視するというような行動につながりますので、このようなこともアラームに関して非常に問題になるのではないかと思

います。

最後に、操作ですが、モデルは反応特性ですとか、人間の力学的な特性ということになります(Fig.5)。操作に関しての

エラーは操作の遅れ、操作量の不足、あるいは間違

った操作があります。操作の支援に関しては、どう

いうタイミングで、どの程度の操作を助けるかとい

うことになるかと思

います。それ以外にもエラーの無害化ということになると、今の操作は本当に意図した操作なのだろうか、もし意図に沿っていない操作であれば、それを取り消すといった形の操作の支援もあり得ます。それにはシンプルなモデルではなく、ドライバーがどういう意図を持って操作しているかという高次のモデルが必要となってきます。

さらにお話したいことは、人間とはこういうもの

だという平均的なモデルの次に、個人の特性に基づ

いたモデルのドライバー支援です。まずは、個人の一般的な特性、身体的な特性、サイズの問題もあ

りますし、力的な

ことともあると思

います。それから生理学的な特性、認知的な特性、心理的な特性とい

ろいろ考えられます。詳細にお話する十分な時間がありませんが、このような多彩な一般的特性に加

えて、運転行動に限った特性も非常に重要であり、スキルやその人の運転の癖、好み、それから性格とい

ったものも加わって

くると思

います。一般的な特性と運転の性格は違うのかという話ですが、「ハンドルを握ると人が変わる」ということありますよ

うに、運転行動に固有のその人の性格の発現があるのではないかと考え

ます。そこで、個人の特性に基づいたモデルを作

って運転支援をすることによって、先程もお話しま

したが障害を持った人や高齢者にも対応でき、あるいはさまざまな人にフィットする「パーソナルフィット」した運転支援ができるものと考え

られます。

最終レベルでは、本当の意味での安全性を持ち、役に立つシステムにならなければならないと考え

ます。それには個々の状態に基づいたモデルと支援が

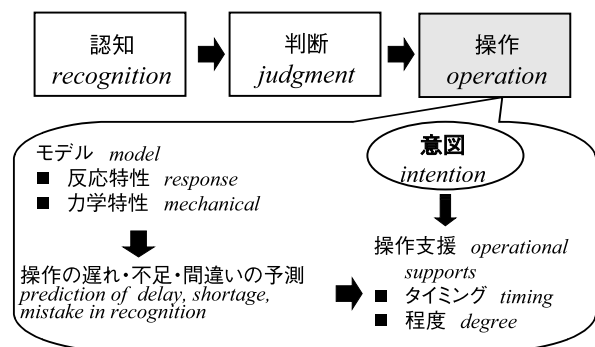


Fig. 5 操作のモデルと支援

必要です。まずシチュエーション(状況)の問題ですが、その人が何のために今運転しているのか。職務で運転しているのか、通勤なのか、レジャーなのか。楽しんで運転しているのか、やむを得ず運転しているのかというようなことも含めた状況というものがあります。それからドライバーの意図とドライバーの状態があります。ドライバーの状態とは、疲れているとか眠いとか、目が痛いとか、そのような身体的、生理的状态がありますし、注意力が落ちているとかの認知的な状態もあります。さらに心理的、情動的状態として、うんざりしている、イライラしている、あるいは誰かと喧嘩して非常にムシャクシャしていて、リスク行動を取りがちであるなどがあります。また、何か非常に気になっている、それは運転と全く関係ない気になることでも運転の注意がそらされますので、ドライバーがどのような心理的状态にあるかということの把握は、非常に重要なことです。このような心理的なことを計測し、それを的確に評価することによって、状況と意図、ならびにドライバーの状態に合った運転支援を行うシステムを開発する必要があると考えます。そのためには、ドライバーの状態をきちんと計って評価することが必要です。しかしこれに関しては非常に難しいことであると思われまます。

最初に、モデルは相互に持たなければならぬということ、続いてシステム側が持つ人間のモデルの話をしていただきました。今度は、ドライバーが持つシステムがどのようなものであるかというメンタルモデルの話です。これに関しては、あまり詳しくお話できないのですが、一般には、一貫性のあるシステムはメンタルモデルができ易いといわれています。こういう時には警報が鳴るのだとか、こういう時には支援してくれるのだとか、レベルの一貫性は非常に難しいかもしれませんが、ドライバーの好みや考えに合った形で、運転支援が何時も提供されることが大事なのです。来ると思ったのに来なかった、などといったことがあります、なかなかシステムモデルができないことになります。

的確なシステムが、どの程度の支援をしてくれて、どの程度間違うか、どの程度のことは教えてもらえないのか、などが把握できることが非常に大事であり、それによって信頼不足とか、過度な信頼や過度な依存が低減されるでしょう。シ

ステムのあり方をユーザーがしっかり把握することだと思います。ただし、それは言うは易く、行うは難しの典型でして、非常に複雑なシステムをユーザーに何もなしで簡単に理解しろというのは、やはり難しいと思います。

車は操作マニュアルを読まなくても、レンタカーでも、カーシェアリングでも、いきなり運転できることが非常にすばらしいところでありまして、こういうよいヒューマンインターフェースを持った機器は非常に珍しいと思います。本来であれば、ITSによって車の持つよいヒューマンインターフェースがなくなることが望ましいとは思いますが、ITSに複雑なことがどんどん入ってきますと、何もなしでユーザーに「わかってね」というのは無理な話ではないかと思えます。そのあたりはある程度割り切って、ドライバーの教育訓練機会が必要です。システムはドライバーが期待したとおりに大抵は動いているが、たまには間違ふこともあり、故障することもあり、予測できないようなことが起きた場合には、ドライバーはこう対応をすればよい、などということなどを予め教育する必要があります。そのような対応するためのドライバーの訓練をする必要があるかと思えます。その訓練には、ドライビングシミュレーターを活用した方法が有用になってくると考える次第です。

次に、コミュニケーションの観点から少しお話をします(Fig.6)。協調作業をスムーズにするには、モデルを持った上でコミュニケーションをするべきです。人と人、ドライバーとドライバーがそれぞれの意図を伝達する方法は、ITSのない状況下では、ウィンカーですとか、身振り手振りなどで意図を伝え合っています。コミュニケーションの手段としては非常に低次元の方法ですが、共通のルールがあり、

- 人と人の意図の伝達 *Communication between human drivers*  
 ←合図,手振り・身ぶり *signs and gestures*  
 +共通のルール *rules*  
 +相手の行動に対するモデル *behavioral models*  
 +車の挙動から相手の状態の推定 *guessing by vehicle's behavior*
  - このようなコミュニケーションを実現するのは大変  
*Many breakthroughs are expected to realize such kinds of communication*
- 当面は、ドライバーからシステムに意図・気持ちを伝達する新しい手段を考えてもよいのではないか  
*The methods to transfer driver's intentions and emotions explicitly to the system are also to be investigated*

Fig. 6 コミュニケーションの視点から

- 一様でない構成要素(人+車両)  
*Inhomogeneous components(a driver and a vehicle)*
  - システム全体の効率と個々の要請の満足の調和  
*Balance between the efficiency of the system and the satisfaction of individual requirements*
- 個々の条件・価値観に合った情報創造を  
*Information creation according to the constraints and the sense of values of each components*

Fig. 7 複雑システムの観点から

また相手の行動に対するモデルがしっかりとお互いの中にあることが重要です。さらにもう少し追加しますと、車の挙動とか、相手の表情が見えることもあるかと思いますが、人間には相手の状態の推定がある程度はできます。「このドライバー、イラついているな、早く行きたがっているな」「このドライバーちょっとおかしいな。眠そうだな、フラフラしているぞ」などのことがある程度はわかるわけです。そのような人間の非常に高度な能力をもってして、低次元な合図や身振り手振りだけのコミュニケーションを補って、ドライバーはお互いに円滑な運転行動を行っていると思います。この種のコミュニケーションをすぐさまITSで行うことは非常に難しいと思います。ちょっと変な意見かもしれませんが、何も現在のインターフェースだけでなくよいのではないのでしょうか。当面はドライバーが新しいシステ

ムに対してその意図や気持ちを伝える新しい手段を考えてもよいでしょう。実際に、すでにそのようなインターフェースを考えていらっしゃるITS技術者がおられるかもしれません。

最後に、複雑システム、複雑形の観点からということをつけ加えて終わりにしたいと思います(Fig. 7)。ITSシステムは車と人が一つの単位となった複雑なシステムであり、それは一様ではなく、非常に種々なレベルのものがああります。私は、ドライバーのさまざまなレベルの存在を痛感してきたのですが、先ほどの車の方の支援レベルやインテリジェント化レベルに関するノイ氏のお話をお伺いし、シームレスに種々のレベルが混ざっているという一様でない構成要素からなるシステムであるということが非常に重要なことと再認識しました。ITSシステム全体の効率と個々の要請の満足の調和をどのように図るかというのが、複雑システムの大きな命題になると思います。解決策はほとんどないわけですが、個々の条件や価値観に合った情報を個別に提供(創造)するというよりは、共通の情報を流して、各要素のサイドでその条件に合った情報を作り出すような分散形の情報システムを考えて行くべきだと思う次第です。

これで私のお話ししたいことは全て終わりました。ご清聴を頂きまして誠にありがとうございました。