



# 「ハイブリッドシステム」と 言われる運転行動モデルを 構築し、それを運転支援に 活かすことが本研究の 具体的な目標です。

タカタ財団・二〇一〇年度研究助成の対象テーマ

「判断・操作統合型運転行動モデルに基づく  
革新的運転行動支援の創出」

鈴木達也教授に研究の内容について語っていただきました。

名古屋大学大学院  
工学研究科 教授

## 鈴木達也氏

(研究内容概要はこちら)

—鈴木先生は、ロボットなどの機械を自律的に人間に近づけていくための制御法則の研究から入って、自動車の制御の研究に進まれたと伺っています。今回の研究も、その延長線上にあると思います。が、始めに研究の背景と目的についてお話しください。

10年以上前に、アメリカの大学で自動車の制御のプロジェクトに参加したのですが、それは自動車が隊列になって60マイル(約100km)のスピードで、例えば5台くらいの車が車間距離1mを保って秩序よく走って行くというもので、いちおうドライバーはいましたが、全く操作をしない。これはうまく機能すれば、渋滞回避には非常に効果があると思いましたが、それはある意味で人間のことを無視した、機械による制御と通信技術だけの世界でした。それに大変、違和感を覚えまして、帰国してから自動車をターゲットに、ドライバーに受け入れられるような機械の知能化、制御の仕組みをつくりたいと研究を始めたのが200

## 人間が受け入れやすい運転支援技術とは

1年頃です。この研究の大きなポイントは、一つは人間の運転行動をどのように分析するのかという点です。そしてもう一つが、機械による運転支援を、いかに人間が受け入れやすいシステムに落とし込むかという点です。

今回の研究における中心テーマは、このように人間をサポートすること、「運転行動の支援」です。現状の車は、わりと平均的なドライバーに合わせる形で、例えば追突防止とか、レーンキープといった支援装置が働くようになっていきます。しかし、ドライバーも一人ひとりに注目すると、非常に積極的な運転をする方もいれば、非常に消極的な運転を好む方もいます。それぞれの運転の仕方に差異があるときに、同じような支援の仕方でのいいのかという問題意識があるわけです。では、どうしたらいいのか。やはりドライバーごとの癖をきちんと理解して、その癖に合わせた形で支援をする必要がある。それは「パーソナライズド・ドライバー・アシスティング・システム (Personalized Driver Assisting

System)」という言い方になると思います。つまり、平均的なドライバーを想定するのではなく、特性の異なるドライバーに個別の支援ができる運転支援システムを実現することを、研究のターゲットに据えています。

そうしたときに、最も重要な点は、**個人ごとのドライバーの運転の癖、特徴をどのように表現すれば、機械側がそれを理解できるようになるかということ**です。ここで、私たちの研究分野では、「モデル化」という概念が非常に重要になってきます。平均的なドライバーの挙動モデルではなく、例えばドライバーを5種類のタイプに分けたときに、それぞれのタイプが受け入れやすい5種類の支援パターンを考案しないと、運転行動の個別支援はできないわけで、今回の研究では、そのベースを築くことを目標に掲げています。

—運転支援のための運転行動のモデル化という考え方の中で、今回の研究では、どこに「番ポイント」を置かれたのでしょうか。

この研究のタイトルにも入っている「判断・操作統合型運転行動モデル」というのが、一つのキーワードになります。人間の運転行動のモデル化については、これまでいろいろな分野の研究者から、いろいろなモデルが提案されています。人間が認識する情報、例えば前方車への追従だつたら、前方車との距離関係、また、それに対してステアリングやアクセル、ブレーキをどうやって操作するかをモデル化していくという点は、どれも共通していますが、これを表現する方法はいろいろあるということです。人間の行動パターンの表現の仕方は、大別すると2つありまして、1つは、分かりやすい直線の「線形」で表現する方法です。もう一つは、複雑系のぐにやぐにやな「非線形」で表現するものです。

このうち、「線形」は複雑になると、すぐに実態と合わなくなってくる。例えばモデルを使った予測と実際の運転が、全くかけ離れたものになったりするので、それを支援に使うてもあまり意味がありません。一方、複雑系の「非線形」の方

## 決め手は、ハイブリッドシステムの導入

は、実際の運転行動に近い複雑な入出力の経緯はうまく表現できませんが、入力と出力の過程で何をやっているのかよくわからないため、もし何か変な入力が入ったりしたら、何が出てくるのか理解不能な面があつて、運転支援に使いたくても使えないのです。そこで我々は、その中間のモデルを狙って研究を進めました。もう一つのポイントは、**運転行動は「認知」「判断」「操作」の3つのプロセスで説明できるとよく言われますが、そういう機能面の要素を、うまく組み込んだモデルをどのように構築するかという点です。**

この2つのポイントを、同時に考慮できるモデルを考えたいわけですが、そこから出てきた発想が「ハイブリッドシステム」という考え方です。これは、「判断」を数学的に書くとする、それは「種の意志決定」ですから、いわゆる「IF・THEN」のようなものになります。「こうなったら、こうしましょう」というルールになるわけです。それに対して、「動作」はステアリングを回したり、アクセルを踏むといった運

動なので、微分方程式になりません。そうしますと、人間が行っていることは、認知した情報に基づいて「IF・THEN」形式の判断をして、その上で微分方程式に従って、手足が動いていると考えるのが自然ではないかという着想です。

そこで、先ほどの「線形」型と「非線形」型の中間にあるモデルとして、我々は「IF・THEN」型のもと、微分方程式型のものでコンバインしたようなモデルを考案しました。これは言い換えれば、「判断」と「操作」を繋ぐという考え方です。別の角度から見ると、

「IF・THEN」型で行っていることは、実は非常に複雑に見える現象を、「線形」の簡単なもので折れ線近似するようなことをやっている、とも表現できるわけです。

一方、ぐにやぐにやな「非線形」は、そのままでは使えないので、グニャな部分を折れ線近似して、この領域はこの折れ線、こちらの領域はこの折れ線という形に変えてやると、理解しやすくなり、複雑さにも対応できるモデルができるようになります。なおかつ折れ

線の切り換わる部分は、いわゆる「IF・THEN」の部分に相当し、これは、「この場合はこうしましょう」というスイッチングの部分に相当しますので、判断の部分に関係してきます。このように「判断」と「操作」を統合するという視点と、曲がりくねったものを折れ線近似するという視点の両方ともカバーしてくれるモデルが、「ハイブリッドシステム」と言われるモデルであり、この考え方を導入してモデル化を実現することが、本研究の具体的な目標です。

—少し長期的な観点でのお話を伺います。今回のご研究は、これまでは平均的なタイプしかなかった運転行動支援を、よりきめ細かく個別対応に近づけていく試みですが、そうした観点も含めて、車の運転支援技術は将来、総じてどのような方向に進化していくとお考えですか。

今は自分の車だけの閉じられたアシストですが、将来的には、車々間通信が関与してくると思っ

ています。運転は車と車のインタラクション【Interaction】ですが、別な言い方すると、それはドライバー同士の人と人とのインタラクションでもあります。そうしますと、今度はある車のドライバーAが、この支援を使って「こうしたい」と思ったときに、ドライバーBにとつてそれがあまり好ましくないというときに、そこをどう調整するかといった部分が大事になります。先ほど、パーソナライズド・ドライバーアシスタンスと言いましたが、近い将来には、それがコーオペレイティブ・セーフティ【cooperative safety】と呼ばれる方向に進化していく。これは簡単に言うと、自動車だけで安全を考えるのではなく、周りの車と協調して安全を考える、安全性を確保するという方向性になります。

そのためには、それぞれのドライバーモデルがきちんと整理されていることが前提になります。そして、相手のドライバーモデルを通じて、相手のドライバーがどういうことをしたいかを逐一把握できるので、それをこちらの人が考慮し

てあげられる。逆もしかりで、相手の方でも、こちらのドライバーモデルを考慮してもらおう。実際には、ドライバー同士の会話は無いのですが、そういうモデル同士がコミュニケーションするようなイメージで、うまくコーオペレイティブな関係を構築して、お互いがハッピーな運転行動が取れるようにする。それを例えば、周り5台ぐらいの車で定義してやって、グループで安全を確保しながら動いて行くことができれば、事故はもつと減るし、渋滞も減っていくと思います。これは20年先、30年先の話ではなく、10年程度のスパンで実現されていくのではないかと思っています。

## 2010、2011年度タカタ財団助成研究 「判断・操作統合型運転行動モデルに基づく 革新的運転行動支援の創出」概要

【研究代表者】

名古屋大学大学院

工学研究科

鈴木達也 教授

運転行動は一般に、「認知」「判断」「操作（動作）」の各過程を経て発現すると考えられている。これまでこれらの機能を個別に解析・モデル化した例は多いが、統一的な数理的枠組みの下で解析した例はほとんどない。ドライバーのミスが原因で発生する事故を予防するためには、「認知」「判断」「操作（動作）」の統合的な理解が不可欠である。本研究者はこれまで、「判断」が記号論理で表現される離散的かつ事象駆動型の機能であるのに対し、操作（動作）が微分方程式で表現される連続的かつ時間駆動型の機能である点に着目し、（連続・離散）ハイブリッドシステムモデルを用いたシステム同定論に基づく行動解析法を開発した。結果として、観測された運転行動データに内在する判断・操作の数理的特性を走行環境の差異と個人性を考慮した形で明らかにした。本研究では、得られた判断・操作特性に基づいてアシストを最適化することで、様々な環境下で自動車とドライバーが互いの判断を相互に理解し、かつ適切な操作アシストが実行される、個人適合型の運転行動支援を実現する。この取り組みに成功すれば、人間の高次行動の数理的解析に根ざした予防安全のための革新的技術の創出につながる。これまでは前後方向のみを対象としてきたが、これまでは実現が困難とされてきた車線変更や追い越し等の横方向の運動における「判断」と「操作」混在型の支援器実現と、視線、筋電位、心拍等の生体情報の活用によるモデルの妥当性の検証に取り組み。