

人が機械を知り、機械が人を知る

稲垣敏之

システム情報工学研究科リスク工学専攻教授
(いながき としゆき／人間機械共生系)

知能を持つ機械

近年の機械は、状況を認知・解析し、今何をなすべきかを決め、それを実行に移す能力を備えている。このような高い知能と自律性を持つ機械は今やわれわれの身の回りの至るところに存在する。

航空機を例にとってみよう。航空機に搭載された知能機械は、当初は簡単な姿勢制御のみを行うものであったが、やがて地上の無線標識施設からの信号を取り込んで精密な操縦を行うことができるようになった。今では、制御能力に加えて、機体重量や気象条件などの情報をもとに最適速度・高度を計算し、飛行を計画する能力も備えている。離陸時こそパイロットが操縦するものの、滑走路を離れて間もない頃から所定高度へ向けての上昇、大海原を越える長時間の巡航、目的地到着へ向けての降下開始、降下の最終局面において一定角度を保ちながらの滑走路へのアプローチ、そして機首をわずかに持ち上げての着地に至るすべての過程を担当することもできる。

知能機械ゆえの問題

このような機械が安全性や快適性の向上に寄与していることは疑いがない。しかし、その一方で、高度な知能と自律性が、人と機械の意図の対立、機械への不信と過信、オートメーション・サプライズ（「なぜ、機械は今このようなことをするのか」と人を驚かす現象）などの原因となっていることも、また事実である。そしてこれらは、旧世代の人間機械系には見られなかったようなタイプの事故につながることもある。

人に分かりやすい機械に

人を支援するための機械が人を窮地に追い込むことをなくすには、その機械を人に「わかりやすい」ものにする必要がある。そのポイントになるのがヒューマン・インタフェース設計である。例えば、設計者がつぎの各項の重要性を認識しているか否かで、結果は大きく変わる。(1) 人と機械の状況認識共有を助ける情報の提示。(2) 機械が何をしようとしているのかを知る手がかり

情報の提示。(3) 機械がなぜそのように判断したのかを示す情報の提示。(4) 機械の能力限界を知る手がかり情報の提示。

機械が人を知ることの必要性

人が機械を正確に知るだけでなく、機械が人のことを知ることも重要であり、有用である。このことを自動車とドライバーの関係为例にとって考察してみよう。

自動車運転行動は、動的に変化する交通環境の中での認知、判断、操作の繰り返しであるが、最も基本となるのが認知である。すなわち、認知が正しくなければ、それに引き続く判断や操作は正しくありようがない。認知の対象は、「走行環境」(道路形状、路面状態、車の混み具合、自車に影響を及ぼし得る車両の動静、歩行者の存在など)、「自車」(ハードウェアや運転支援システムの動作状況)、「ドライバー自身」(運転中の自らの心身状態)など多岐にわたる(図1)。し

かし、これらすべてに同時に注意を向けることは困難であり、しかも人の注意には持続性がない。人の特性として、認知が不得手あるいは不可能なものもある。

状況の認知に誤りや欠損が混入すると、状況とドライバーの意図や行動の間に不整合が生じて潜在的危険性が高まり、事故に至る可能性が生じる。安全不注意、動静不注意、わき見運転、漫然運転などは、そのような潜在的危険状態の例である。

行動から意図や認知の適否を知る

もし、ドライバーが潜在的危険状態に陥っていることを自動車に搭載された知能機械が検出できるとするならどうだろう。事故が差し迫っているというほどではない「安全」なうちに潜在危険を探し出し、ドライバーにさりげなく注意喚起をすることもできるはずである。

認知が基本であるからとはいっても、ド

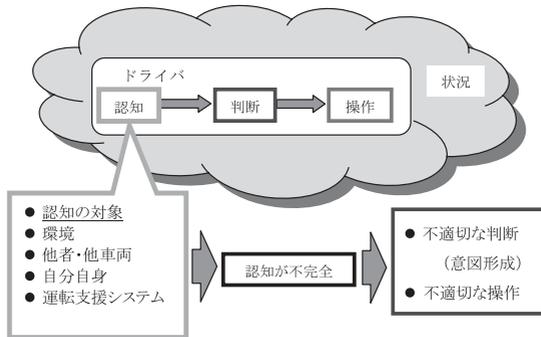


図1 リスク環境下での認知・判断・操作

ライバの心の中を見ることはできない。そこで、ドライバの挙動を観測し、行動データベースとの照合を行うことによってドライバの意図を推測し、機械が理解した「状況」との照合からドライバの状況認識の適否を推測するといった方式を採用することになる(図2)。それによって「正常からの逸脱」(潜在的危険状態)を早期に検出し、安全な運転行動への復帰を促す予防安全技術を開発しようとするものが、科学技術振興調整費による重要課題解決型研究「状況・意図理解によるリスクの発見と回避」プロジェクト(研究代表者：稲垣敏之、研究期間：平成16年7月～19年3月、研究費総額：約5億7000万円)であり、筑波大学など3大学、産業技術総合研究所や電子航法研究所など5研究所から約30名が参画した。

多層構造による支援

上記プロジェクトで開発した予防安全型ドライバ支援システムは多層構造を持つ。

第一層は、人には見えない、あるいは見えにくいものを可視化して「状況認識を強化」する情報提示である。

第二層では、外界とドライバの行動をセンシングして、ドライバの心的・生理的状態を推定するとともに、ドライバの意図を推測する。そして、状況とドライバの意図・行動の間に不整合がある場合には、適切なタイミングでドライバに知らせて正常への復帰を促す。

しかし、正常への復帰が見られない場合や正常への復帰を待つだけの時間的余裕がない場合には、人と機械の間で「状況適応的機能配分」を行い、機械の判断での安全制御も可能にする。これが第三層である。

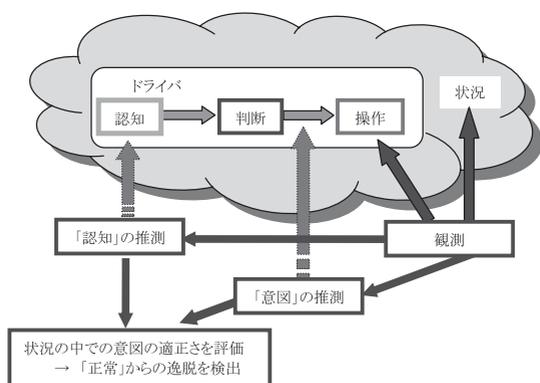


図2 状況の中での意図と認知の推測

何ができるようになったのか

筆者のグループでは、第二層と第三層に属するいくつかの新技术を開発した。

後部座席からもものを取るなど「運転に必須でない動作」を運転席の圧力分布から検出する手法、運転中の「意識のわき見」やそれに伴う心的負担上昇を視線や顔表面温度などから実時間で推定する手法などが第二層に属する技術の例である。

また、ドライバの視線の動きから「車線変更の意図」を検出する技術も開発した。従来の手法は、車線変更が始まって3秒程度経てようやく「車線変更」を検知できたが、筆者のグループによる手法は事前予測、すなわち車線変更開始の2秒前には「ドライバが車線変更の意図を持っている」ことの検知が可能である。

第三層で開発した技術には、例えばつぎのようなものがある。追越車線後方から車両が接近しているにもかかわらず、ドライバが車線を変更しようとしているときは、ステアリングをやや重くして「車線変更が危険である」ことを知らせるとともに衝突リスクの低減を図ることができるシステムを実現した。また、ドライバが車線変更のタイミングを計ることに気を取られて前方への注意がおろそかになっているなかで先行車が急減速をしたとき、「ブレーキ操作を促す警報を発してもドライバが迅速に対応

できる可能性は小さい」と機械が判断すると、緊急制動をかけて先行車への衝突を回避する技術も開発した。

本プロジェクトでは、当初目標の達成はもとより、実現できるとは予期しなかった成果も11件に及んでいる。詳細はいずれ公開される成果報告書をご覧ください。

人と機械のチームワーク

科学技術振興調整費による重要課題解決型研究には、研究期間終了後も社会への成果普及や国の政策への反映へ向けた尽力の継続が求められている。すでに企業との共同研究がいくつか始まり、国土交通省の先進安全自動車（ASV）プロジェクトに成果の一部が組込まれる道筋も見えてきた。

人と機械が、たがいの能力の限界を認識し、欠点を補いあいながら、総合的にはいずれの能力をも伸展しての「自然なチームワーク」を実現する研究へと発展させていくつもりである。