

自動運転における人と機械の協調

稲垣敏之*

自動車の「自動運転」が社会の注目を集め、さまざまな人たちが大きな期待を寄せている。しかし、航空機が経験してきた事実からも分かるように、自動化には光の側面と影の側面がある。そのため、社会に心から受け入れられる自動運転の実現を目指すなら、技術的課題だけに注目するのではなく、法制度のあり方を含めた幅広い未解決課題に慎重かつ果敢に取り組んでいく必要がある。本稿では、それらの未解決課題のうち、ヒューマンファクターに関わるものについて考察する。

Human-Machine Collaboration in Automated Driving

Toshiyuki INAGAKI*

Automated driving has been attracting attention from a wide variety of people expecting a bright future for such next generation vehicles. It should be noted, however, that automation has both positive and negative sides, as we have learnt through accidents of glass-cockpit aircraft. We need to resolve technical as well as non-technical problems in order to realize sensible automated driving systems that are acceptable to society. This article discusses issues related to human factors in automated driving and presents a systematic method for designing machine-initiated trading of authority for SAE levels 3 and 4 of driving automation.

1. はじめに

昔から「人は誤るを常とする」と言われているように、どんなに教育や訓練を重ねても、エラーを完全に排除することは困難である。例えば、1900年代初頭に登場した頃の航空機は飛行の安定性確保がむずかしく、熟練したパイロットにしてようやく操縦できるものであった。パイロットには大きな負担がかかっていただけでなく、わずかな操作ミスでも事故に至ることがあった。

人の作業効率は一定ではなく、時間の経過とともに変化する。はじめのうちは緊張感を保って作業にあたっている、注意力を持続させることは容易ではない。疲れが出てきたりすると、作業の質や効率が低下し、ヒューマンエラーが起りやすくなる。

この状況を打開するひとつの方法は自動化すること、すなわち、人がそれまで行ってきたタスクを機械に任せることである。航空機の場合、1930年代のオートパイロットの登場によって機体の安定的制御が可能になり、パイロットの負担が大幅に軽減された。さらに、電子技術の出現とその進歩につれて航空機の自動化が加速され、1990年代初頭には、現在の航空機の基本形が登場した。離陸時こそパイロットが操縦を担当するものの、離陸を終えて目標高度へ向けて上昇している頃にはすでに機械（コンピューター）が機体の制御を行っており、その後も、パイロットが指示した速度、高度、飛行ルートなどを守りながら、コンピューターによる自動操縦で目的地まで飛行していくという、高度に自動化された航空機（グラスコックピット機）である。

このような高度自動化は、パイロットを長時間にわたる機体制御の負担から解放しただけでなく、乗客数、機体重量、気象条件などを勘案して出発地から目的地までの飛行ルート上での上昇速度・巡航速

* 国立大学法人筑波大学副学長・理事
Vice President & Executive Director, University of Tsukuba
原稿受付日：2015年6月8日
掲載決定日：2015年7月15日

度、巡航高度、目的地に向けての降下開始地点などを定める複雑な計算も、コンピューターが担当することになった。これはパイロットにとって大きな福音であるといつてよい。

では、高度自動化は航空機の安全性向上に寄与しているのだろうか。これについても、答えは肯定的である。航空機の安全性は100万回離陸あたり（すなわち100万便あたり）の全損事故件数で測るのが通例であるが、1950年末ごろは、100万便のうち40便以上が全損事故を起こしていた。しかし、自動化技術の導入と進展に伴い、100万便あたり全損事故件数は減少を続け、2000年代に入った頃には、全損事故件数は100万便あたり1便未満になっており、現在もその状況が維持されている。

ただし、高度自動化の進展した航空機では、それまでに経験したことがないような、「人と高度技術システムの不マッチ」¹⁾ というべき新しいタイプの事故が起こる場合がある。例えば、人と機械の意思疎通が不十分であったために両者の意図が対立したり、「機械はなぜこんなことをしているのだ？」と人を驚かせたりして、結局は状況にうまく対応できないまま墜落するといった類の事故である。このことは、「自動化を進めれば安全性が高まる」と安易に期待してはいけないことを示している。

今、自動車の「自動運転」が社会の注目を集め、さまざまな人々から大きな期待を寄せられているが、航空機が経験してきた事実からも分かるように、自動化には光の側面と影の側面がある。そのため、社会の人々に心から受け入れられる自動運転の実現を目指すなら、技術的課題だけに注目するのではなく、法制度のあり方を含めた幅広い未解決課題に慎重かつ果敢に取り組んでいく必要がある。そこで本稿では、それらの未解決課題のうち、ヒューマンファクターに関わるものについて考察する。

2. 権限と責任

人と機械が共存するヒューマンマシンシステムの安全性向上に自動化技術が寄与してきたことは間違いないが、自動化が進んだシステムならではの事故が出現してきたことも事実である。そのことを踏まえた反省や分析から1990年初頭に生まれてきた考え方が「人間中心の自動化」である。

端的にいえば、「最終決定権は、機械ではなく、人に与えられるべきである」という考え方である^{1)、2)}。「機械が人の指示に逆らうことはあってはならない」

Table 1 人間中心の自動化

<p>人は、航空システムの安全のため、最終の責任を負う。 それゆえ、</p> <ul style="list-style-type: none"> ●人に指揮権がなければならない。 ●指揮を効果的に行うために、人は直接的に関与できなければならない。 ●人が直接関与するには、人に情報が提供されねばならない。 ●機能を自動化してよいのは、適切な理由がある場合に限る。 ●人は自動化システムをモニターできるようにしなければならない。 ●それゆえ、自動化システムは予測可能でなければならない。 ●自動化システムはオペレーター（人）をモニターできるようにしなければならない。 ●システムを構成する各要素は、他の要素の意図に関する知識を持っていないなければならない。 ●自動化は、簡単に学べ、簡単に使えるようにデザインされていないなければならない。
--

と解釈できることから、「人は機械より偉いのだ」などと人の自尊心をくすぐる響きがある。

しかし、権限は責任と一体であることを忘れてはならない。すなわち、権限を行使する者は、その結果に対する責任が求められるのである。実際、航空分野では、Table 1に示すように、「人は、航空システムの安全に対して最終責任を負っている。したがって、最終決定権は人に与えられなければならない」と定めている^{1)、2)}。航空機に事故が起こったときに真っ先に責任を追及されるのはパイロットである。まさに起ころうとしている事故を防ぐために有効で不可欠な手段をパイロットが講じようとしたとき、「そのようにしてよいか」を誰かに伺いを立て許可を得なければならないようでは対応が遅れが生じる。そこで、よいと思ったことは、誰にも邪魔されず即座に実行できるよう、パイロットに十分な権限を与えておこうということになる。

なお、Table 1には、パイロットが最終決定権を適切に行使できるようにするための情報提供のあり方、自動化あるいは機械のデザインのあり方など、いわゆるヒューマンマシンインタフェース（HMI）の留意事項も盛り込まれている。

自動車の場合も、安全の責任は人（ドライバー）が負っている。例えば、国土交通省の先進安全自動車（ASV）推進計画は、「安全な運転をすべき主体者はドライバーであり、ASV技術はドライバーを側面から支援するものである」としている。また、道路交通に関する国際的な条約であるウィーン条約³⁾やジュネーブ条約も、「車両のドライバーは、正当な注意義務を適正に行使でき、いかなる操作であっても必要なものはいつでも行使できるよう、つねに車両を制御できていなければならない」と定めている。

これらのことから、自動車でも、航空機と同じく

人間中心の自動化の考え方が適用されているということが出来るが、自動車の場合は、「人間中心の自動化の枠組みに留まっていれば、安全を担保することができない」ことに留意しておく必要がある。ドライバーが安全確保の責務をはたそうと努力しても、自車、路面、周辺車両の挙動をはじめとする多様な対象に万全の注意を払い続けることには限度があり、状況の把握が完璧でなかったり、すべきことを迅速に実行できなかったりする事態も起こり得るからである。そのようなとき、「最終的な権限を持つドライバーから指示がないから、手出しをするのはやめておこう」と判断し、目前に迫りつつある事故への回避操作を行おうとしない「支援システム」があったとすると、そのシステムは、人間中心の自動化の考え方には合致しているが、事故の未然防止には無力である。

このことは、航空機分野で成功している人間中心の自動化の考え方ではあるが、自動車にもそのまま当てはめてよいとは限らないことを示している。航空機の場合、パイロットは定期的に教育・訓練を受け、高度に自動化された複雑な機能を使いこなす知識と技量を持っていることをつねに証明し続けなければならない。これに対して、自動車では、いったん運転免許を獲得した後は、技量の維持は本人任せであり、高度な機能をもつ運転支援システムを購入した場合でも特段の教育・訓練は要求されない。そのため、複雑なシステムを使いこなすための知識と技量をドライバーが持っている保証はない。

さらに、後に述べるように、一口に「自動運転」と言ってもその形態にはさまざまなものがあり、すべてがウィーン条約やジュネーブ条約に整合するともいえないところに、高度自動化の進んだ自動車における権限と責任の問題のむずかしさがある。

3. 権限共有と権限委譲

自動運転における人と機械の協力関係を考察するうえで有用な概念に、権限共有と権限委譲がある。

3-1 権限共有

権限共有とは、人と機械が力を合わせて一つのタスクの実行にあたることをいう。すなわち、人も機械も同時に力を出している形態である。このような形態は、能力伸展、負担軽減、タスク分割の3種類に大別できる¹⁾。

1) 能力伸展

人の行為に機械が力を添えることによって人の行

為の質を高めようとする形態、あるいは機械の行為に人が力を添えることによって機械の行為の質を高めようとする形態。

【例1】人の行為の質を高めようとする機械の例に横滑り防止装置がある。この装置は、横滑りをセンサーで検知したとき、四つの車輪のそれぞれに大きさが異なるブレーキ力をかけるとともにエンジンの出力を調整し、車の姿勢の乱れを抑制して安定性を確保する。ドライバーには四つの車輪に異なるブレーキ力をかけることはできない。障害物を回避するための制御のうち、人にできない部分を機械が担当し、あたかも人が車をスピンさせることなく障害物を回避する能力を発揮したかのように見せるだけの力がこの装置にはある。

2) 負担軽減

タスクを達成するための人の負担を軽減しようと機械が手助けする形態。

【例2】定速走行・車間距離制御装置という正式名称が示すように、ACC (Adaptive Cruise Control) は、車速や先行車との車間距離の制御を行う機能をもっている。例えば、先行車がないとき、ACCはドライバーが希望する速度で走行できるように車速を制御する。先行車がいる場合には、先行車との車間距離が一定になるように車速を制御する。このようなACCの働きは、車速や車間距離の調整にかかるドライバーの負担を軽減するものである。

3) タスク分割

タスクをたがいに共通部分をもたないサブタスクに分割し、人と機械がおのおの相補的な部分を担当する形態。

【例3】高速道路や自動車専用道路を走行するときに、車速と車間距離の制御をACCに任せ、ドライバーが操舵を担当しているとする。これは、「車を走らせるための制御」というタスクを縦方向の制御と横方向の制御という二つのサブタスクに分割し、人と機械がサブタスクを一つずつ担当する形態である。

3-2 権限委譲

権限委譲とは、人が行っていたタスクをある時点で機械に譲り渡す、あるいは機械が行っていたタスクをある時点で人が引き継ぐことをいう¹⁾。そのため、権限委譲は、タスク実行の権限と責任を「人から機械へ」移すものと「機械から人へ」移すものの

2通りに分かれることになる。

一方、「権限委譲を行うべきか否かを決定するのは誰か」という観点から権限委譲を捉えると、「人の判断による権限委譲」と「機械の判断による権限委譲」の2通りに分けることができる。

以上のことから、権限委譲には4通りのタイプがあるといつてよい。例えば、運転を自動走行システムに任せてきたドライバーが、「退屈感を吹き飛ばすために、しばらく自分でアクセル操作・ブレーキ操作をやってみよう」と考えて自らの運転に切り替える場合に見られるのは、「人の判断による、機械から人への権限委譲」である。

一方、先行車が減速しているにもかかわらずドライバーがブレーキをかけようとする気配を見せないとき、機械の判断でブレーキをかける装置がある。これが、自動緊急ブレーキシステム、あるいはAEBS (Automatic Emergency Braking System) と呼ばれるものである。「ブレーキ操作の権限と責任はドライバーにあるが、もはやドライバーには任せておけない」と判断したAEBSがブレーキをかけるときに見られるのは、「機械の判断による、人から機械への権限委譲」である。

4種類の権限委譲のうちには、安全上、深刻な問題を引き起こす可能性をもつものがある。読者諸賢には、それがどれかお分かりであろう。答えは、「機械の判断による、機械から人への権限委譲」である。具体的事例をつぎに示す。

【例4】車線維持支援制御装置という正式名称をもつLKA (Lane Keeping Assist) はドライバーの操舵負担を軽減するものであり、操舵の完全自動化システムではない。そのため、ドライバーは自分で操舵を行う必要がある。さて、ドライバーの操舵を監視してきたコンピューターが、「ドライバーによる操舵がほとんど見られなくなっている。この状況が改善されないのなら、いったん操舵支援を打ち切り、ドライバーに自ら操舵させたほうがよい」と判断し、ほどなくLKAを解除する旨をドライバーに通知したとしよう。やがて実行に移されるのは、「機械の判断に基づく、機械から人への操舵権限の委譲」である。

ドライバーがLKAからのメッセージを正しく理解し、自ら操舵を始めるなら問題は起こらないが、ドライバーが何かに注意を奪われていたり、覚醒度低下状態に陥っていたりし

てLKAからのメッセージに気がつかなかったとすると、LKAが操舵支援を停止してもドライバーが操舵を引き継ぐことはない。そのため、当該車両は操舵に関して無制御状態に陥る。

この例から分かるように、機械が担当してきたタスクを機械の判断や都合で止めてしまうと、人が「機械から人への権限委譲」が起こることを理解し、了承したことを確認してから「機械から人への権限委譲」を実行するようにしておかなければ、安全が保証できない場合が起こり得る。後に述べるように、ある種の自動運転では、「機械の判断に基づく、機械から人への権限委譲」が必要になる場合があるが、それをいかに無理なく実現するかが問われている。

権限委譲に関しては、「いつ、誰から誰へ権限を移すべきか」が基本的な検討課題になるが、「権限委譲の要否を判断し実行するのは誰か」も重要な論点となる。「人間中心の自動化」の立場からは、「権限委譲の要否を判断するのは人でなければならない」と主張したいところである。しかし、AEBSの事例から分かるように、権限委譲の要否を判断するのが人であるとは限らない。実際、「権限委譲の要否をつねに人に判断させるのは妥当ではなく、機械の判断に委ねるほうが理にかなう場合がある」ことを数学的に証明することができる⁴⁾。機械の判断で権限委譲を実行させてよいか否かは、「人間中心の自動化」の根幹に関わるむずかしい問題である。

4. 自動運転におけるさまざまなレベル

自動車の自動運転にはさまざまな態様がある。それを「自動運転レベル」と称しているが、その定義についても、いくつかの流儀が乱立しており、統一が採れていないのが現状である。そのなかで比較的に厳密なものが、Table 2に示したSAE (Society of Automotive Engineers) によるレベル定義である⁵⁾。ただし、Table 2は実現可能なレベルを網羅したものではなく、そこに記載されていないレベルの自動運転もある。

ここで、各レベルの自動運転について、ヒューマンファクターの視点から若干の検討を行ってみよう。

【レベル1の自動運転】

レベル1の自動運転は、「車を走らせるための制御」をドライバーと機械(システム)で分担している形態として3-1節 3)に述べた「タスク分割」に相当するものである。このレベルの自動運転は、「運転支援」としてすでに実用化されていることか

Table 2 自動運転レベル

レベル	名称	定義
走行環境を監視するのはドライバー		
1	Driver Assistance	システムが縦方向制御あるいは横方向制御の一方を担当。ドライバーは、システムが担当しない運転操作を担当する。
2	Partial Automation	システムが縦方向制御と横方向制御のいずれも担当。ドライバーは、システムが担当しない運転操作を担当する。
走行環境を監視するのはシステム		
3	Conditional Automation	システムが車両制御のすべてを担当。システムがドライバーに制御の交代を求めたいときは、十分な時間余裕をもってドライバーに要請。ドライバーはその要請に適切に対応する。
4	High Automation	システムが車両制御のすべてを担当。システムからの制御の交代の要請に対するドライバーの対応がないとき、システムは車両制御を継続する。
5	Full Automation	ドライバーが対応可能なすべての道路条件、走行環境条件のもとで、システムがすべての車両制御を担当する。

ら、その課題を改めてここで述べる必要はなからう。

【レベル2の自動運転】

レベル2の自動運転は、縦方向と横方向の制御をシステムが行うものであり、ドライバーは基本的にシステムによる制御が妥当か否かを監視する役割を担う。一般に、人がシステムに何をなすべきかを指示し、システムが指示どおりの制御を行っているかを監視する方式を「監視制御」と呼ぶ¹⁾。監視制御は、人の身体的負担を軽減するが、精神的負担を増大させる傾向がある。システムによる制御の様子を人に監視させるのは、システムによる制御が状況に適さないものである場合やシステムに何らかの異常が発生した場合には、人が直ちに介入し事態に対処してくれることを期待したいためである。ところが、一般にシステムの信頼性は高く、不都合が生じる可能性は低い。「万一の場合に備えてシステムを監視せよ」といわれても、何ごととも起こらないだろうとの思いがあるなかで緊張感を持続させることはむずかしい。一方、異常が発生したとき、被害の発生・拡大を防ごうとすると、わずかな時間のうちに不十分な情報から状況を的確に判断して事態に対処しなければならない。これは、システムの機能やその限界を熟知していない限り至難の業である。

したがって、レベル2の自動運転を実用化するためにあたって真っ先に解決しておかなければならない課題は、「人が機械を知る」ためのHMI設計¹⁾、すなわち、(1)人と機械の状況認識共有を助ける情報、(2)機械の能力限界を知る手がかり情報、(3)機械の判断の根拠が分かる情報、(4)機械の意図を理解する手がかりとなる情報、(5)機械の状態をわかりやすく伝える情報、などの提示法の検討である。

また、レベル2の自動運転のためのシステムを使用するのに必要な知識と技量をドライバーに獲得させる教育・訓練のしくみ(新たな免許制度を含む)の

検討も不可欠であろう。

さらに、レベル2の自動運転では、ドライバーがシステムによる制御の様子と走行環境を監視していることが前提となっているが、この条件が満足されていることをどのような手段で確認し、条件が満たされなくなった場合にどのような対応をとるかの検討も必要である。

【レベル3の自動運転】

レベル3の自動運転は、システムが車両制御のみならず周辺監視も行うものである。ただし、ドライバーはまったく何もしなくてよいかというと、そうではない。機能限界などのためにシステムでは対応できない場面の出現が予想されるとき、システムはドライバーに制御の交代を要請する。そのようなとき、ドライバーは的確に状況を理解したうえで車両制御を引き継がなければならない。このことは、ドライバーの位置づけをむずかしいものになっている。実際、「原則としてシステムが車両制御も周辺監視も担当しますので、お任せください」といわれても、ドライバーとしては、好きなことに没頭できるわけではないため、レベル3の自動運転のありがたみを心の底から感じることに躊躇を覚えるかもしれない。そのようなことから、システムの要請による運転の交代の実現法、すなわち、「機械の判断による、機械から人への権限委譲」の方式は慎重に検討する必要がある。この点については、次章で考察する。

また、システムが車両制御と周辺監視を担当しているなかで事故が発生したなら、その責任は誰が負うのだろうか。レベル3の自動運転では、ドライバーは、システムによる制御の様子だけでなく走行環境も監視しなくてよいことになっている。監視義務を負わないドライバーに、「結果予見や結果回避の義務違反を指摘して過失責任を問うてよいか」、もしドライバーに過失責任を問うのが妥当でないのなら、

誰に責任を問うのか、さらに、ドライバーに安全確保の責任を問うことができないのなら、そもそもレベル3の自動運転は現行法のもとで実用化してよいのかなどは、ヒューマンファクター的視点を加味しながら法的視点から早急に検討されるべき課題である。

【レベル4の自動運転】

レベル4の自動運転も、「機械の判断による、機械から人への権限委譲」に関わる課題を抱えているが、レベル4の自動運転は、システムがドライバーに制御の交代を要請した折にドライバーが制御を引き継ぐ意思を示さないときは、引き続きシステムが車両制御を継続するものであり、その点において、レベル3の自動運転と一線を画している。すなわち、ドライバーが制御を引き継ごうとしないとき、レベル3の自動運転では車両が無制御状態になる危険性があるのに対し、レベル4ではそのような事態に陥ることはない。その意味で、レベル3の自動運転よりもレベル4の自動運転のほうが優れているといつてよい。因みに、Table 2に掲げられている5種類の自動運転レベル間で優位性が見いだされるのは、レベル3と4の間だけであり、他のいかなる二つのレベルの間にもトレードオフがある。

【レベル5の自動運転】

レベル5の自動運転は、ドライバーがタクシーの乗客であるかのように振る舞うことができるものであるが、現行法制のもとで実現できる保証はない。しかし、管制センターとセンターからの遠隔操縦の機能を仮定できるなら、レベル5の自動運転を実現

することが可能になるかもしれない。例えば筆者は、「システムが周辺監視と車両制御を担当し、管制センターがその様子を監視制御する。管制センターは、システムが車を適切に制御しているか否かを監視し、システムの制御に不都合がある場合には直ちにシステムによる自動制御に介入し、センターから当該車の遠隔制御を行う。また、システムからの要請があった場合も、管制センターが当該車の手動制御を行う」といった形態を検討しているところである。この形態であれば、システムによる自動走行が行われているときも、管制センターがシステムによる制御の様子を監視しており、必要な場合はいつでも介入しセンター要員による手動制御に切り換えることができるため、当該車にいわゆる「ドライバー」が乗車していなくても、「無人運転」ではないため、現行法制のもとでも実現可能ではないかと考えている。

5. システムからドライバーへの運転主体交代

人が何らかの目的を達成しようとするときの情報処理過程は知覚・認知・判断・操作の4ステップで表現できるが、そのうちの判断と操作における人と機械の協力形態の可能性を表現したものがTable 3に示す「自動化レベル」である^{1)、6)}。なお、Table 3には、筆者らの提唱によるレベル6.5（自動車のAEBSなどが該当）を含めている⁷⁾。

ところで、自動運転が話題になるとき、「自動運転レベル」を「自動化レベル」と誤って呼んでいるケースを散見するが、両者は別の概念である。自動運転レベルは、自動車の自動運転という文脈に限定して人と機械の協力をマクロ的に表現するものである。一方、自動化レベルは、交通移動体や大規模プラントをはじめ、あらゆる人間機械系を対象として人と機械の協力をミクロ的に表現する概念であり、1970年代から使われている。

これら2種類の概念は独立であるからといって、たがいに無縁というわけではない。実際、Table 2でいうレベル3または4の自動運転の設計において、「システムからドライバーに車両制御を引き継ぐ」ための方式を検討するうえで、Table 3に示した自動化レベルの概念が有用であることを示しておこう。

システムが、10秒後にシステムでは対応できない状況が出現することを予測したとする。運転交代の要請をどのようにドライバーに伝えるのがよいだろうか。Table 3に示した自動化レベルを用いながら、さまざまな方式を考えてみよう。まずは、以下の四

Table 3 自動化レベル

レベル	定義
1	システムの支援なしに、すべてを人が決定・実行。
2	システムはすべての選択肢を提示し、人はそのうちのひとつを選択して実行。
3	システムは可能な選択肢をすべて人に提示するとともに、ひとつを選んで提案。それを実行するか否かは、人が決定。
4	システムは可能な選択肢の中からひとつを選び、それを人に提案。それを実行するか否かは、人が決定。
5	システムはひとつの案を人に提示。人が了承すれば、システムが実行。
6	システムはひとつの案を人に提示。人が一定時間内に実行中止を指令しない限り、システムはその案を実行。
6.5	システムはひとつの案を人に提示すると同時に、その案を実行。
7	システムがすべてを行い、何を実行したか人に報告。
8	システムがすべてを決定・実行。人に問われれば、何を実行したかを報告。
9	システムがすべてを決定・実行。何を実行したかを人に報告するのは、報告の必要性をシステムが認めたときのみ。
10	システムがすべてを決定し、実行。

つが候補になるであろう。

【方式A】「運転の交代が必要になりましたので、自動走行モードを解除しました」（自動化レベル7）

【方式B】「運転の交代が必要になりましたので、自動走行モードを解除します」（自動化レベル6.5）

【方式C】「10秒後に運転を交代して下さい。交代できないときは10秒が経過するまでに拒否ボタンを押してください」（自動化レベル6）

【方式D】「10秒後に運転を交代していただけますか」（自動化レベル5）

これらをリストアップした設計者は、個々の方式について、実験などで検証すべき作業仮説を、例えばつぎのように洗い出すことができる。

「方式Aは、システムが制御を止めたことを事後報告するものであり、状況を理解できないドライバーを驚かせるのではないか。動揺したドライバーが車両制御の引き継ぎに失敗するかもしれない」

「方式Bは、システムが自動モードを解除することを事前に通告しているが、通告を聞いた直後に運転を引き継ぐことができるドライバーはいないのではないか」

「方式Cでは、運転を交代するか否かの判断に10秒のゆとりがあるが、ドライバーが躊躇している間に10秒が経過すると車は無制御状態になる。運転引き継ぎのための時間余裕は10秒で十分だろうか」

「方式Dは、ドライバーに無理強いをしなくて済む点はよいが、ドライバーが運転交代を承諾しなければ、システムは本来の能力を越える状況のなかでも運転を継続しなければならない（この形態がレベル4の自動運転である）。その際の制御はどのようなものにすべきだろうか」

上に示したものは、単に一例を示したに過ぎない。読者諸賢も試してみられたらいかがであろうか。

なお、紙数の都合で詳しく述べるゆとりがないが、システムからドライバーへの車両制御の権限委譲を二段構えで行う方式もあり得る。運転交代の要請が必要であると判断できた時点で直ちに緩やかな減速を行い、運転交代が必要な地点への到達時間を引き延ばすことによって、ドライバーへの運転交代を円滑かつ確実にしようとする方式である。運転交代の要請は上述の方式A～D等を用いるとして、それに先立つ自律的な減速は自動化レベル6.5あるいは

7を用いるといった工夫が考えられるはずである。

6. 人馬一体の自動運転：むすびにかえて

車が人の意図したとおりに小気味よく動くため、人が自分で走っているかのような感覚を味わう状況を「人馬一体」と表現することがある。従来は手動運転における話であったが、今は、自動運転でも人馬一体感をドライバーに提供したいという話を聞くようになった。筆者も賛成である。

ただし、現在の自動運転のレベル定義（Table 2）は、人馬一体を論ずるにはあまりに貧弱である。なぜなら、Table 2では、「自動車の運転」というタスクをいくつかのサブタスクに分割し、それぞれを人か機械に割り当てる方式（権限共有における「タスク分割」方式）だけに考察を限定しており、人馬一体感の実現に不可欠な方式、すなわち、人と機械が同じサブタスクを担当しながら、人が機械に、あるいは機械が人に力を貸すことでたがいの行為の質を高める「能力伸展」の可能性を考察対象から除外しているからである。

「自動運転のレベル定義を完全なものにする」ことにはそれほど大きな意義はないが、重要な視点が欠落している点は、早急に改善したいものである。

参考文献

- 1) 稲垣敏之『人と機械の共生のデザイン—「人間中心の自動化」を探る』森北出版、2012年
- 2) ICAO: Human factors training manual, Doc 9683-AN/950
- 3) Convention on road traffic: 1993 version & amendments in 2006, United Nations
- 4) Inagaki T., Sheridan T.B.: Authority and Responsibility in Human-Machine Systems: Probability theoretic validation of machine-initiated trading of authority. Cognition, Technology & Work, Vol.14, pp.29-37, 2012
- 5) SAE: Taxonomy and definitions for terms related to on-ground motor vehicle automated driving systems, J3016, 2014
- 6) T.B. Sheridan: Telerobotics, automation, and human supervisory control, MIT Press, 1992
- 7) Inagaki T., et al: Trust, self-confidence and authority in human-machine systems, Proc. IFAC Human Machine Systems, pp.431-436, 1998