

運転支援システムの支援限界に対する過信をもたらす要因の探求

Good driver's over-trust in a driving support system: Use-induced misunderstanding

研究代表者 筑波大学大学院システム情報工学研究科 講師 伊藤 誠

Makoto Itoh, Assistant Professor

Department of Risk Engineering, Faculty of Systems and Information Engineering
University of Tsukuba

和文アブストラクト ACC(Adaptive Cruise Control)などの運転支援システムの開発においては、ドライバーがシステムを過信することを以下に防ぐことが重大な問題となっているが、これまでのところ有効な対策を講じるための方法論が確立されていない。

本研究は、ACCの停止物への制御の問題を例に、過信をもたらす要因の解明を試みることにより、過信を防ぐためのインタフェースやシステムのロジックのデザインの方針の構築に資する知見を得ることを目指すものである。

過信は、ややもすると、不注意、あるいは、不真面目な運転態度によるものと受け止められがちである。しかし、過去の大規模システムの事故事例や、これまでの申請者の研究の結果をふまえると、注意深く、誠実にタスクを行おうとしている人であっても、ある種の過信状態に陥る可能性があることがわかっている。この意味で、「誰にでも起こりうる過信」というものがあり、これは「まじめに運転しよう」というような精神論や教育だけでは解消し得ないものである。本研究は、そうした過信のメカニズムを解明することによって、「誰にでも起こりうる過信」を防止するためのインタフェースデザインの改善に寄与できると考えられる。

Abstract It is getting important to avoid over-trust in today's intelligent driving support systems. How can a driving support system be free from driver over-trust. The methodology for avoiding driver over-trust in a driving support system is still under development.

According to several catastrophic accidents in commercial aviation domain, over-trust in an automation is not only caused by the operator's characteristics (i.e., proneness to rely on the automation too much) but also caused by erroneous change of operator's mental model of the automation on the bases of his or her experience. Thus, it should be noted here that the issue of over-trust is not just a matter of driver's attitude.

The purpose of this study is to investigate whether or not we can observe over-trust due to use-induced misunderstanding of functional limit of a driving support system. With utilizing a driving simulator in which the host vehicle is equipped with an Adaptive Cruise Control system, we conduct a long term driving experiment and observe driver behavior. If a driver becomes to over-trust the ACC system on the basis of his or her experience, we investigate the contributing factors for falling into the over-trust. According to those analyses, we develop a methodology for realize a driver support system which does not suffer from driver's over-trust.

1. 研究目的

システムが本来対応しえない状況においてドライバーがシステムに依存するようになるとすれば、それはいかなる理由によるのか。この問いへの答えを、ACC(Adaptive Cruise Control)システムにおける停止物への制御の問題を例として明らかにする。具体的には、「停止物に対しては減速制御をしない」とい

う意味でのACCの限界をしらないこと、あるいは、システムの限界自体は知っていても、「保証はしていないだけで実際には対応できるのだろう」とドライバーが考えたり、あるいは類似の事態（先行車両が減速して停止に至った場合、その先行車両に対して減速制御を行う）を経験することによって、システムの限界に関するメンタルモデルを更新する場合

などが考えられるが、これらのうち、実際にドライバの依存を最ももたらしうるのはいずれの要因であるかを明らかにすることが最終的な目標である。

2. 研究経過

2. 1 研究計画の変更

助成決定を受けて本研究を開始するにあたり、まず、研究の実施体制について再検討を行った。申請時には、実路における被験者のACCを試用させることを検討していたが、そこでは、研究代表者が同乗することによって安全管理の責を果たすつもりであった。しかしながら、対外的に責務を果たすべき別件が重なり、十分な時間を確保することが困難になったため、安全確保の体制が十分に確立できなくなった。そこで、ACCの実路試用をとりやめ、研究計画の再構築を行った。

実路での走行を行わない代わりに、ACCに十分習熟したと被験者が実感できる程度に長時間にわたって走行を行う必要があると考え、一人の被験者につき4日かけて走行実験を行うこととした。このことに伴い、被験者数を、当初予定よりも減らす必要が生じ、最終的には12名の被験者を対象に実験を行うこととした。12名であると、被験者間で条件を異なるものにするとは意味を成さなくなってくるため、今回は、すべての被験者で同一の条件設定のもとで実験を行うことにした。

2. 2 被験者

2. 1 で述べたように、12名の被験者が実験に参加した。女性(26-36歳)6名、男性(32-55歳)6名で、女性被験者のうち1名は運転免許取得後1年程度であるが、残る11名の被験者は少なくとも10年程度の運転経験があり、すべての被験者がほぼ毎日自動車の運転をしている。女性と男性とで被験者の年齢幅に偏りがあるが、4回繰り返して参加できることを最優先した結果であり、やむをえないと考えている。

2. 3 実験装置

本実験では、図1に示す定置型ドライビングシミュレータ(DS)を用いる。このDSでは、直線と緩やかなカーブ(最小曲率半径800m)からなる、2車線の高速道路での走行が模擬できる。他車は8台まで同時に出現可能であり、ネットワーク接続した外部PCから他車の挙動を動的に制御可能であるため、他車の車線変更などを実験者の意図通りにプログラム

することが可能である。本研究では、たとえば、渋滞末尾に差し掛かったところで、先行車が車線変更を行う、というようなシーンを実現させている。

このDSに、ACC(低速追従機能つき)の機能を組み込んだ。ACCのセット・解除、設定速度の変更については、実車に搭載されているACCと本質的に同じように行うことができるようにしてある(ただし車間の設定は変更できない)。車速の設定は、ハンドル右にあるボタン(図1で白く映っているもの)を押すことによって行う。図2は、設定車速が100km/hで、ACCが高速追従モード(緑色のアークで示されているのが高速追従モードでの動作範囲)から、低速追従モード(水色のアークで示されている)へ移行しつつある状況を示している。



図1 ドライビングシミュレータ

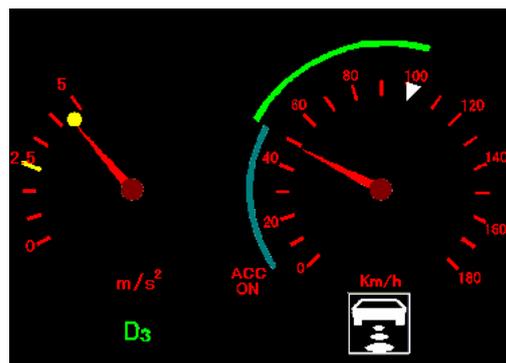


図2 ACCのインターフェース

2. 4 実験の方法

被験者のタスクは、ACCをできる限り使用し、走行車線を安全に走行するというものである。

ACCの機能を誤解する要因として、当初は次のものを考えていた。

A. システムの目的

停止物（システムの検知範囲内にはじめて入ったときにすでに停止している車両）に対して減速制御を行わないことを知らない

B: 類似の事象

先行車が減速して停止にいたるが、停止した後もシステムがその先行車に対して減速制御を継続するを経験する

C: 個人に帰属される問題。たとえば、システムの限界をしらされても「それは建前で実際には制御してくれるのであろう」と考える、など

最終的には、それぞれの要因がどの程度支配的に影響するのかを明らかにする必要があるが、今回は、第一段階として、

「ACCが稼動したままで停止車両に追突していくという現象」（*）

が実際に観察されうるかを調べることに焦点を絞ることとした。メーカーの対応として、システムの動作条件や限界をあらかじめドライバーに知らせるであろうと考え、そのような情報が与えられた下でも（*）が観察されるかどうかを調べる。類似のシーンの体験としては、一連の走行経験の中で、先行車が緩やかに減速して停止するシーンを体験させる。

実際に被験者に経験させたシナリオは、以下のとおりである。いずれも走行の最後で渋滞の末尾に遭遇する。途中で、急激な減速を要するようなシーンはない。

A 短時間シナリオ（1走行5分）

A1. 50km/hで先行車に追従走行中、渋滞末尾に遭遇する。先行車が車線変更するので、先行車なしの状態です。自車は渋滞末尾に向かう。ACCは停止車両を検知しないのでブレーキを踏む必要がある。

A2. 50km/hで先行車に追従走行中、渋滞末尾に遭遇する。先行車は減速度0.1Gで減速して停止する。ACCは先行車の減速に対応できる。

A3. 100km/hで追従走行中、渋滞末尾に遭遇する。先行車は減速度0.1Gで減速して停止する。ACCは先行車の減速に対応できる。

A4. 先行車100km/hで追従走行中、渋滞末尾に遭遇する。先行車は減速度0.2Gで減速して停止する。ACCの限界減速度(0.25G)に近いが、ACCの対応可能な範囲である。

A5. 先行車100km/hで追従走行中、渋滞末尾に遭遇する。先行車は減速度0.35Gで減速して停

止する。急減速のためACCの減速度では対応できず、ドライバーが自身でブレーキペダルを踏む必要がある。

B. 長時間シナリオ（約20分）

先行車100km/hで追従走行中、渋滞末尾に遭遇する。先行車は車線変更する。先行車なしの状態です。渋滞末尾に接近していくことになる。ACCは停止車両を検知しないので、ドライバーは自身でブレーキペダルを踏む必要がある。

2. 5 実験の手順

書面による実験目的、スケジュールの説明ののち、インフォームドコンセントを得た。つぎに、ドライビングシミュレータでの走行練習、ACCを利用した走行練習を行った。被験者が、十分に習熟したと感ずることができたなら、本走行を実施する。本走行の手順は、表1の通りである。

表1 実験スケジュール

1日目	2日目	3日目	4日目
A3	A3	A3	A3
A4	A3	A4	A4
A3	A4	A3	A3
A3	A3	A2	A4
A4	A2	A3	A3
休憩	A4	A4	A2
A3	休憩	休憩	休憩
A4	A3	A3	A4
A3	A3	A5	A1
A5	A4	A3	A3
A3	A2	A4	A3
A4	A5	A3	A5
休憩	A3	A1	A3
A3	A4	A3	A3
A4	休憩	休憩	休憩
A3	A3	A3	B
A5	A4	A2	4日目終了
A3	A3	A4	
A3	A3	A3	
1日目終了	A3	A5	
	A5	A3	
	2日目終了	A4	
		3日目終了	

3. 研究成果

A1のシーンで事故に至るケースはみられなかった。多様なシーンをできるだけコンパクトに多数経験させるために、1走行を5分

程度に区切ったのであるが、そうすることによって、逆に、被験者の注意が通常以上に高まってしまって、普段より注意深い運転になっていたものと考えられる。

しかし、12人の被験者のうち、被験者No. 11が、長時間シナリオであるシナリオBの最後の場面において、ACC制御のままで渋滞の末尾に追突するという事故を発生させている（表2）。この結果は、予想よりもはるかに少ない人数であるのは確かであるが、それでも、無視できない結果であると考えている。

表2 シナリオBで事故を起こした被験者

事故発生	No. 11
事故発生せず	No. 1-10、 No.12

なぜなら、事故時のビデオを見ると、No. 11の被験者は、眠気を感じている様子もなく、脇見をしていたわけでもない（個人情報保護の観点から、事故時の映像を公開できないので、証拠を示すことができないが）。事故発生時の被験者の様子やインタビュー結果から総合すると、ACCが減速するなど何がしかの対処を行ってくれることを期待してしまっていたようである。

だからといって、この被験者が特にシステムに対して依存的だったというわけでもない。運転行動スタイルチェックシート（DSQ）、運転負担度チェックシート（WSQ）の評点をみても、被験者No. 11が突出した特徴を持った被験者ではないことがわかる（図3, 4を参照。被験者No. 11は黒の太線で示してある）。

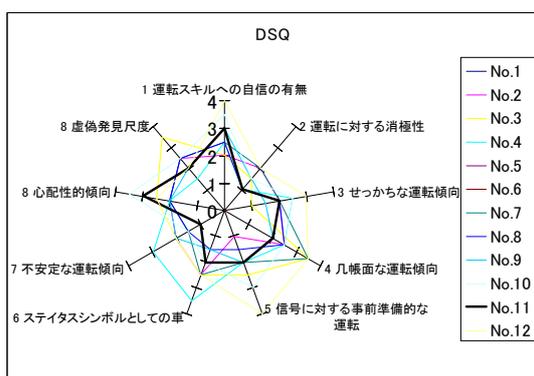


図3 DSQ

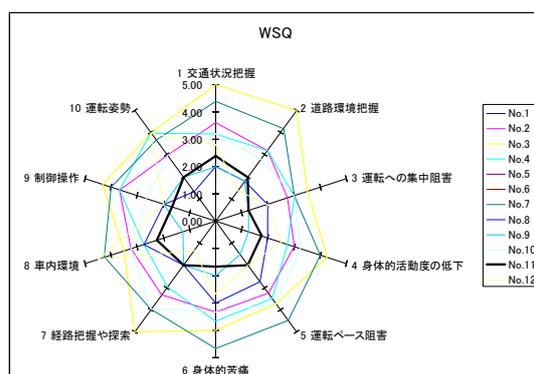


図4 WSQ

上記の結果は、システムに対して不適切に依存する、という現象が、ごく一部の「過信しやすい人」に起こるというわけでは必ずしもないことを示唆している。このことは、本研究の重要な成果であると考えている。

4. 今後の課題と発展

今回は、覚醒度が低下していたわけでもなく、脇見をしていたわけでもないので、システムに制御を委ねたままで事故に至るケースが起こりうるということを示すに留まった。いかなる要因が支配的かを示すには至っていないので、考えられる要因がどの程度の貢献度を持つかを詳細に調べ、過信を抑制するデザインへの知見を確立することが今後の課題である。

ただし、この考察を進めるにあたっては、できるだけ自然な状況での走行を行わせるように状況設定を造りこむ必要がある。1回の走行時間を長めにするなどの措置が必要であり、必然的に **time consuming** な実験にならざるを得ない。効率よく研究を行って次々と成果を挙げていく、ということが難しいテーマなのであるが、ライフワークと思って、引き続きじっくりと考察・検討を進めていきたいと考えている。

なお、解析の細部に関して、今回は、紙面の都合上、渋滞末尾に追突する場面限定して考察を行った。しかし、シナリオの中には、減速能力の限界にまつわる問題も含めており、この点に関して、ドライバの過信を論ずることができると考えている。このことについては、学会発表等の場で引き続き議論をして行くつもりである。

5. 発表論文リスト

なし