

Part 「欧州レスポンスプロジェクト」 特別講演 2

レスポンスプロジェクト：システムの諸問題

ユルゲン・シュバルツ*

RESPONSE System Issues

Juergen SCHWARZ*



* ダイムラー・クライスラー社自動車システム安全部門長
Head of System Safety Road Vehicles, DaimlerChrysler AG, Germany
シュトゥットガルト大学卒業後、同大学助手として数年間勤務。1995年にDaimler-Benz（現在のDaimlerChrysler）に入社。x-by-wireなどの運転支援システムの安全性に関する研究等に従事し、2001年からシステムセーフティー責任者となり現在に至る。レスポンスプロジェクトにおいては、システム部門責任者を務めている。

レスポンスプロジェクトを代表し、またDaimler Chrysler社の一員として、お話をさせていただきます。私たちは、ADAS技術に関して、車両の自動化、運転者の責任、メーカーの責任及び法的規制という四つの側面をレスポンスプロジェクトで検討してきました。今日は、ADASによって、何が可能になるのか、またどういった配慮が必要なのかに関連して、実行規範、法的責任など考慮に入れなければならないADASの側面についてお話いたします。

ADASには種々の機能がありますが、車の運転という作業を考えた場合には三つの作業レベルを考えなければなりません(グラビアP.1、Fig.1)。まず、第一の作業として、自分がどの方向に向かって運転をするのか、どれくらいの時間をかけてその目的地に到達するのか、というナビゲーション作業です。次に第二の作業として、衝突を回避し、どうやって安全な運転を行うかの危険回避判断作業があり、レスポンスプロジェクト1では、この二つの分野を対象に検討してきました。そして最後に第三の作業として、スロットル、ブレーキ、ハンドル、ギアチェンジなどの安定走行に関わる運転操作があり、この分野は、アクティブセーフティーシステムの主な研究対象になっています。

ヨーロッパの自動車メーカーは、現在までに多種多様なアクティブセーフティーシステムを開発してきました(グラビアP.1、Fig.2)。1990年に縦方向の制御としてのACC(Adaptive Cruise Control: 適応型定速走行装置)また2000年に横方向の制御として

の車線逸脱警報システムが開発されました。そしてこれらのシステムから、Stop & Go、都市間や郊外の走行支援としてのRDA(Rural Drive Assistant)、また首都圏や都心における走行支援のUDA(Urban Drive Assistant)というシステムも開発されました。単にシステム開発の技術に対応するばかりでなく、ユーザーや法的な側面も含めて十分考慮しなければ、完全なADASのシステム開発はできません。

アクティブセーフティーシステムとして、衝突被害軽減や衝突防止の機能を持つ車載機器が開発されていますが、電子的な安定走行を目指すためには、電子的な制動系と電子的なステアリング系の他に、アクティブ車体制御、アクティブサスペンションなどの全てをネットワーク化し、統合化しなければなりません。また、予防安全系(アクティブセーフティーシステム)と衝突安全系(パッシブセーフティーシステム)のネットワーク化とともに、当然なことですが、歩行者保護を強化する必要があります。

以上、お話ししてきたことは、主に車載技術を導入することによって実現が可能なわけですが、車両間通信システムを利用したテレマティクスを開発し、複数の車両間をネットワークで接続することによって、さらに安全性を高めることができます(グラビアP.2、Fig.3)。例えば、1台の車両の安全に関わるデータを別の車両に伝達し、その走行領域における安全状況をさらに正確に確認できるようにし、また警報システムとして、前方で発生した事故情報や直前の先行車のさらに前方を走行している車両を見

通した安全情報を伝達するということが可能になってきます。この種の走行支援システムを複数追加することによって、どのようなADASが実現するのでしょうか。現在はDVS (Driver- Vehicle System : 運転者 車両システム)として、車載機器によって提供される情報が主に活用されているわけですが、当然のことながら一層のADASの高度化が十分に予想されず。運転者は、自分が運転している車と直接のインターアクションを持つばかりでなく、ADASに対して、ある地点から別の地点への走行支援の要求を出して支援を得ることもできます。他の車両のADASとデータをやりとりすることが可能となり、種々のDVSの組み合わせにより安全性の向上に大きく貢献することが期待できます。

さて、システムの環境ですが、異なった種々のシステムが開発されています。ある特定のシステムがうまく機能したとして、それはそれで結構なことですが、例えばACCが広く普及した場合、多種類のACC機器を総合的にどのようにコントロールするか、といった問題は今後の検討が必要です。またレスポンスプロジェクトの中では、ADASのコンセプトが社会にどのくらい受け入れられるのかについても検討しようとしています。つまり、法的な問題に対する解決策を提供しなければなりませんし、関連するさまざまな社会問題にも対応しなければなりません。

社会の受け入れ可能性についても、いろいろな問題があります(**グラフィア**P.2、Fig.4)。例えば、実践的な受け入れ体制がどうなのか、法的な側面から見てADASを普及させることができるのかなどです。今まではほとんどが技術的な面に焦点が当たっていましたが、今後は、実践的な面として、使用にあたっての社会的効用、信頼性あるいは安全性ということも考えなければなりません。

ADASの今後の社会政治学的な発展については、多種多様で複雑なトピックが絡み合っています (Fig.5)。ADASを市場に導入するにあたって、高齢化が進んだ社会で高齢者が本当にこのシステムに適應することができるのか、システムを活用して便益を享受することができるのかなど、測定・評価が難しい問題もあります。社会がシステムを受け入れるかどうかの受容性では、安全性に関わる問題としてのリスク評価やリスク受容があります (Fig.6)。すなわち、リスク評価の問題は定義された明確な尺度が存在しませんし、またリスク受容の問題では、

Taking for example one subtopic like socio political development, it shows that even societal issues can have a big influence on Driver Acceptance -definitely not easy to measure

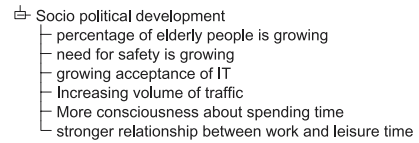


Fig. 5 ADAS - Acceptability(2)

- Risk evaluation -Risk Acceptance
- Human Factors Evaluation -From Assistance to Customisation ...to Behavioral Changes
- Driving at the limits -Overridability -Responsibility?
- Safety Evaluation -how safe is safe enough? -Fail Tolerant / Fail Safe -Requirements?
- Cost of technology (Radar, Video, Telematics, Safe E/E-Architecture)
- Customer Benefit (reduced functionality is offered because of safety considerations, but still high cost)

Fig. 6 ADAS - Acceptability(3) - Current hot spots

受容とリスクの度合いとは必ずしも直接的に関連づけられていません。

また、人的要素の評価の問題として、ADASを利用していきますと、運転者はそれに慣れてしまい、最終的には運転者の行動そのものがADASによって根本的に変わってしまうという可能性も考えなければいけません。また安全システムにおいて、法律的には運転者はこのシステムを必ずオーバーライドすることができるようになっていなければならないと規定されているわけですが、運転者に対してシステムはどれだけの責任を持つことになるのか、責任の所在は運転者にあるのかシステムにあるのか、限界ぎりぎりの状況下での走行の場合には、法律上の大きな問題となってきます。例えば、ADASのシステム制御が優先されて運転者がブレーキを踏むことができないということになった場合、運転者の責任を完全に奪ってしまうことになって、オーバーライドの可能性という問題にどのように対応するのかということが出てくるわけです。

安全性の評価の問題には、安全とは一体どれくらいが十分な安全といえるのか、フェイル・トレラント・システムなどの要件があります。また、技術のコストを考えなければなりません。というのは、レーダーやビデオの技術は現在のところ決して安価ではなく、フェイル・トレラント・システムを提供する標準的な自動車部品は存在していません。従って

当然のことながら、メーカーとしては安全部品の製造コストを考慮しなければなりませんし、またユーザーの便益ということも考慮しなければなりません。つまり、車の安全性を優先するばかりに、ユーザーにとって重要な機能を損なってしまえば、結局、ユーザーにとってコスト高な車両となり、技術を提供する上で十分な経済性が得られないわけです。

リスクの概念を考えてみますと、交通の流れに乗って走行する運転者が期待する安全性が前提となり、以前は車両の型式認定によってこういった安全性が確保されるものと考えられていました。しかし、50年代、60年代、あるいは70年代の車は、現在の安全基準でいうと安全な車とはいえません。現在の車は昔の車よりもずっと安全なわけですが、現在は昔よりもリスクがより重要視されるようになりました。しかし、リスクを検討するということは、安全でないということとは、同じではありません。ADASのいろいろな次元、すなわち車の運転に関わる情報収集、運転走行のアシスト、警報と介入においてリスクのポテンシャルは高まっていくので、さまざまな次元におけるリスクの検討を進めなければなりません。

ブレーキシステムの研究の事例ですが、1998年に

• What is the right risk scale?

- Dealing with risk discussion, it is really difficult to find an objective scale >>Example Info-System
 - Everybody talks about driver distraction using HMI, e.g. using navigation system. Many people talk about how dangerous it is, to look at the display... But what is the situation without navigation systems. Many people can be watched using maps on the steering wheel or even on the passenger seat. Nobody dares about that.
 - The fact that these systems are interesting and everybody talks about it, plays a major role, why we discuss about "extreme" requirements.
 - There is also a big difference, if the user can influence the risk level by himself or if the risk comes from outside >>Example

Fig. 7 System evaluation(1) - Risk acceptance

Event / Disease	Collective size for 1 person out of being killed / year
Hit by a falling airplane(USA)	10.000.000
Bee-sting(USA)	5.500.000
lightning(USA)	1.900.000
travel by plane(USA)	814.000
Tornad(USA)	450.000
riding bicycle	88.000
pedestrian in road traffic(USA)	26.000
leukemia(GB)	6.000
flue(GB)	5.000
riding a motor bike	1.000
smoking(1 packet/day)	200

Fig. 8 System evaluation(2) - Risk scale

自動ブレーキシステムが導入されました。40tのトラックにブレーキを自動的にかけることが可能かについて試験しました。最初はゆっくりとした速度で行い、ある程度の確信を持たせた段階で、もう少し高速で運転してみました。技術的に確かにブレーキがかかることは実証できました。しかし、必要でない場合にブレーキがかからないということを示す方がもっと難しいのです。また、固定した対象物の場合どうなるかということは実証できましたが、それ以外にも種々の可能性が考えられます。例えば、タイヤに注目してください。滑りやすい道路上で、ドライバーはただ単にカーブを曲がるためにハンドルを切っています。しかし、タイヤの方が勝手にスピードをコントロールしていて、これは本当はドライバーが行うべきことをタイヤが行っているわけですが、タイヤの方が、全てをコントロールしてくれています。これによって、アクティブセーフティシステムの最大限の活用が可能になっています。

それではリスクはどの程度であれば適当といえるのでしょうか(Fig.7) 現在、ドライバーの気が散るということに関していろいろ議論されています。例えば、カーナビを考えてみましょう。ディスプレイに目を奪われてしまうので、多くの人たちが、カーナビは危険だと言っています。しかし、カーナビがなかったらどうなるのでしょうか。多くの人たちは、おそらくハンドル上や座席で地図を一生懸命に見ることになるでしょう。こうなってくるとリスクの尺度というのが重要になるのです。リスクがあり得ると考えた場合、運転者自身がそのリスクの程度に影響を与えることができるかどうかということが問題になってきます。

リスクの尺度についてですが(Fig.8) 1日にたばこ1箱を吸う人は200人に1人が死亡するという統計です。しかし、このリスクは人々に受入れられているようです。一方、それ以外の飛行機事故での死亡といったようなリスクは異なります。ですから、おそらく1日にたばこ1箱を吸うよりも、ADASの方がずっと安全であり、受入れ可能なリスクと言えます。

明確なリスクの尺度はありませんが、自分でリスクに対して影響を及ぼすことができるか否かが、リスク受容の一つの目安になります。議論の余地があるかもしれませんが、人的要因に関して、まず一般的なことを申し上げますと、多くの推論があります。また、ばらつき、すなわち変動が大きく、インタラ

クションが多いことです。そのため、この人的要素についてきちんとこれを記述することが大変に難しく、今後の研究が必要です。現在の研究においても、リスク評価の結果を一つのシステムから別のシステムに適用させることが難しく、システム固有のリスク評価の結果があること、また文化的な相違もあるということが多くの論文でも指摘されています (Fig.9)。

車線逸脱警報装置に関するリスク評価の一事例を紹介いたします。ドライバーを24時間寝かせずに非常に疲れた状態にした後に運転シミュレータに座ってもらいました。かなり退屈な道路を運転しているシミュレーションで被験者は簡単に眠くなってしまい、居眠りをしてしまいます。急に道路を変えて、車線を逸脱するような状況をつくり、それを回避できるか否かの警告シグナルを与えたところ、減速舗装(ランブルストリップ)ノイズを与えた場合のみ、回避することができました。しかし、警告シグナルとして一体どういう種類のシグナルを出すのが最も効果的なのかについてはまだ検討の余地があります。

客観性についても研究しています。Daimler Chrysler社は、大脳の神経活動に注目して、大脳のどの部位に刺激を与えた時に神経活動が活発化するを見る研究を始めています。この研究では、警告シグナルを与えた場合、大脳のどの部位が最も活発に働き、警告信号が大脳のどこで処理されているかが判ります。例えば、警告音に対する聴覚系神経の反応を見る場合に、大脳マップ上において、どのような種類の警告信号であれば、客観性をもって何ら

- Some general statements
 - Very difficult to describe (no exact measurements yet available), because there are many soft facts with high variances and high interaction.
 - There is still a lot of research necessary to separate influences to different evaluation concepts.
 - Current research results show the difficulties to adapt evaluation results from one system to the other >>very system specific evaluation results.
 - human factors evaluation is strongly dependant on intercultural differences (e.g. SAE 2002-01-0087).

Fig. 9 System evaluation(3) - Human factors current status

かの目的に役立つことができるかを検討しています。情動とか、あるいはリスクの知覚とか、警告刺激とかに関しては、まだ十分に大脳生理学的に説明できません。さらに、大学病院の脳CTを用いて、被験者に実際に運転シミュレータに座ってもらって、脳の中で何が起きているかの分析を行っています。

私たちのレスポンスプロジェクトにおいて、チェックリストを作ろうと計画しました(Fig.10)。これについては詳しいことは申し上げませんが、例えば、理解可能か否か、行動の変化、情動、信頼あるいは間違った信頼などのチェック項目がありますが、このような形で、まずはできるだけシステムを具体的にしなければなりません。その後、具体的な仕様を基に、評価のコンセプトに関わる内側の部分に入っていきます。それから適切なシステムを実現する上での概念を発展させていきます。

レスポンスプロジェクトは、まずはADASの開発と評価に関して最終技術の評価を行うための枠組み

A two level structure for classification of DAS

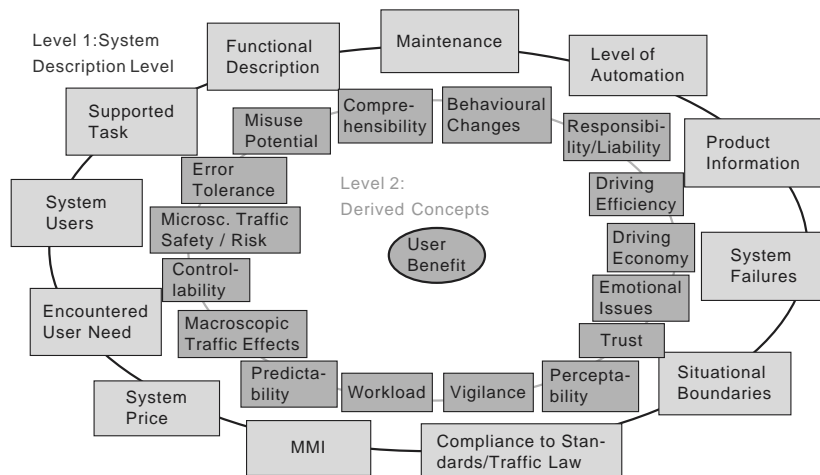


Fig. 10 System evaluation(6) - Human factors response checklist as a framework

を生成するというを目的として始められました。すなわち、ADAS開発のプロセス、また人的要素についての評価のコンセプト、そしてシステムの限界や法的な責任の問題について検討しようとしています。そしてそれらの成果をもとに、実行規範 (Code of Practice) をADAS技術の土台にしようとした。何故これを規制ではなく実行規範にしようとしたのかと言いますと、ADASに関する現在の研究技術の全てをもってしても、あらゆるADAS研究の展開を予想できるものではなく、また将来的にもできないであろうと考えられるからです。またADAS技術研究の土台として実行規範の方が生きた文章として何年にもわたって使うことができるであろうということです。ADASに関するさまざまな意義は、実際に我々がADASを日々使ってみて、その経験の中から明らかになるものであり、そして基準とか規範、規制というものは、反生産的であることもあり得るわけです。多くの事例において、システム構築上のルールだけが注目され勝ちですが、はたしてそのルールが効果が上がる規範なのか否かということが見落とされがちです。私たちの将来の取組みとして、ADASシステムの効果と機能性についても十分に評

価できるようにしたいと考えています。

ADASと人的要素に関する最新技術は徐々に進化を遂げていますので、新しい成果が出てきた場合に、それに対応できるような柔軟な研究基盤が必要です。ドライバーの受容性という分野全体において、正確な測定をもとに将来的に、少なくとも近い将来における受容性の評価をすることは難しいことから、実行規範ということでADASの研究開発の枠組みを定め、その中で自動車メーカー側の必要な意見を求めることによって、最新技術やシステムの開発の背景を評価することができると思います。この問題に関連して、ベッカー氏からレスポンスプロジェクト2の目的に関する説明がありました(pp.12~15)ので省略しますが、自動車メーカー側のコミットメントという形でレスポンスプロジェクト2が行われており、安全システム構築の為の実行規範が役立てられています。ADASの安全性を明確にすることがレスポンスプロジェクト2の目的です。特に、製造物責任ということに注目しています。そしてそれができれば、ADASの市場導入が加速化するものと考えられます。

ご清聴ありがとうございました。