

5. 自動運転技術に関わる国際ガイドラインの概要と課題

自動車安全研究領域

※関根 道昭 平松 金雄

1. はじめに

最近、自動車が前方の障害物との衝突を予測して制動制御を行う衝突被害軽減ブレーキが急速に普及している。これをきっかけに、運転の電子制御が一般ユーザーにも認知されるようになりつつあり、今後、操舵制御を加えた自動運転技術の開発が急速に進むと予想される。

自動運転技術は運転負担の軽減や環境改善とともに交通事故の低減を狙いとした新たな技術領域である。その前段階として、安全運転支援に関する適正な警報及び制御を行うための 2 つの国際ガイドラインが発行されている。ここでは、これらの国際ガイドラインの基本的な考え方と概要を紹介するとともに、将来の自動運転技術の発展を視野に入れた現状の課題について概説する。

2. 運転支援技術と自動運転

国土交通省は、先進安全自動車 (ASV: Advanced Safety Vehicle) として、先進技術を利用してドライバーの安全運転を支援するシステムを搭載した自動車の開発・実用化・普及を行っている⁽¹⁾。衝突被害軽減ブレーキは ASV プロジェクトの成果の一つであり、最近では先進ブレーキシステムとして多くの乗用車に搭載されるようになってきている。この他にも、一定速で走行する機能を有し、車間距離を制御する装置 (ACC: Adaptive Cruise Control) や走行車線の中央付近を維持するよう操作力を制御する装置 (LKAS: Lane Keeping Assist System) などが実用化されている。ACC と LKAS を組み合わせるとドライバーの運転操作の負担は格段に小さくなると思われる。

図 1 に示すように、運転へのシステムの介入度が高くなると、ドライバーはシステムの操作やシステムの管理のみを行えばよいため、運転への介入度が小さくなる。運転の自動化は全く新しい技術として一足飛びに実現されるのではなく、運転支援の高度化を通じて段階的、連続的に移行するものと考えられる。

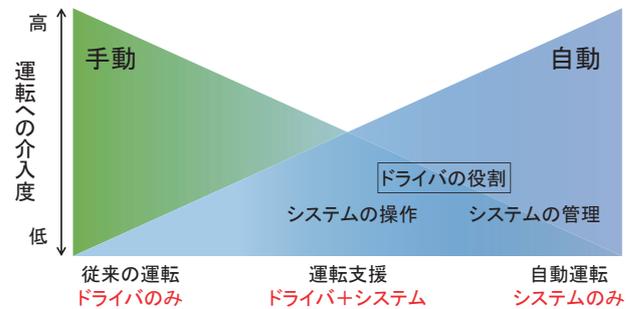


図 1 ドライバとシステムの関係

3. 運転支援とドライバー・インザループの原則

ASV の基本理念の一つに「ドライバー支援の原則」がある。これは、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という原則である。そのため、ASV はシステムが車両周辺の状況を監視し、安全上の問題を検知した場合、問題の緊急度に応じて情報提供、注意喚起、警報をドライバーに与えることとなっている。これらの情報を受けたドライバーは自ら車両を操作し、安全な状態に回復させる必要がある。ここにおいてドライバーは安全システムの一部として位置づけられており、運転支援システムを使用するドライバーの責任が明示されている。これを「ドライバー・インザループの原則⁽²⁾」という (図 2)。

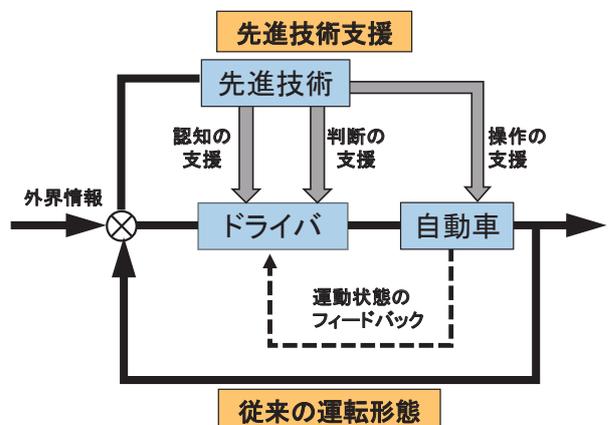


図 2 ドライバ・インザループの原則

(参考文献 2 の図を日本語訳)

4. 運転支援技術の国際基準調和活動

運転支援技術は日本だけでなく欧米においても開発が進んでいる。例えば、欧州では自動車の先進制御技術を産官学の連合体により国際共同開発する HAVEit、interactIVe プロジェクトなどが実施されてきており、現在も AdaptIVe⁽³⁾などが継続中である。将来このような技術の国際化が急速に進むと考えられるため、新技術の安全性に関する国際的な基準を検討する必要があると考えられる。

運転支援技術の性能や安全性を評価する場合、各種の部品を統合した車両システム全体として捉える必要がある。自動車安全基準の国際調和を司る国際連合欧州経済委員会自動車基準調和世界フォーラム (UN/ECE/WP29) は、衝突安全、ブレーキ、ランプなど個別技術の基準調和を扱う専門部会を設けている。しかし、専門部会が複数の部品やシステムを統合的に制御する横断的な技術を扱うのは難しいため、2002年に先進安全技術の将来的な国際調和の方向性を企画する ITS インフォーマルグループ (ITS: Intelligent Transport Systems、以下 ITS-IG) が発足した。ITS-IG は日本と英国が共同議長を務めている。さらに、IHRA-ITS (International Harmonised Research Activity-ITS)がサポートのための調査、研究を行っている。前項で説明した「ドライバ・インザグループ」の原則は、これらの国際組織において共有された概念である。なお、当研究所は 2011 年度より ITS-IG の事務局も務めており、IHRA-ITS のメンバーとしても活動を行っている。

5. 運転支援とヒューマンマシンインターフェース

ITS-IG は、運転支援について危険対象までの緊急度に応じ、情報提供、警報、制御の三段階に区分している。日本の ASV における支援の最終段階は「警報」であったが、ITS-IG はシステムが車両を「制御」する段階を含むため ASV よりも踏み込んだ支援を想定している。いずれにしても、車両とドライバ間の積極的な情報交換が想定されており、この種の先進技術を効果的に運用するためには、システムが適切なヒューマンマシンインターフェース (HMI) を備える必要がある。この思想に基づき、ITS-IG はまず警報の HMI の基本設計を定めた警報ガイドライン⁽⁴⁾を発行し、次に制御における HMI の基本原則を定めた制御プリンシプル⁽⁵⁾を発行した。以下にその概要を示す。

5. 1. 警報ガイドライン⁽⁴⁾

警報はドライバに対し注意を促したり、危険回避の指示をしたりする重要なものである。特にドライバが危険事象を見過ごしたときに発せられる緊急警報は安全上極めて重要と位置付けられる。加えて、緊急警報はそれが何であるか瞬時に認識できるものでなければならず、国際間、地域間で共通したルール作りが重要となる。

このような考えに基づき、2011年に緊急警報のあり方を定めた警報ガイドラインが制定された。警報ガイドラインは計 8 項目より構成される。

1. 緊急警報は運転環境において簡単に識別できること
2. 緊急警報は自動車におけるその他のメッセージと区別されること
3. 緊急警報は危険対象の位置を示す空間的な手がかりを提供すること
4. 緊急警報は危険対象が近くにあることをドライバに知らせること
5. 緊急警報はドライバからタイムリーな反応や判断を引き出すこと
6. 複数の警報には優先順位を付けること
7. 誤警報/迷惑警報率が低いこと
8. 緊急警報のシステム状態と性能低下は表示されること

5. 2. 制御プリンシプル⁽⁵⁾

技術の進化により自動車の運転は容易になる一方で、ドライバとシステムの役割分担のあり方が重要な課題として浮かび上がってきた。役割分担のあり方が適正に配慮されない場合には、便利なはずのシステムが逆に負の効果をもたらす可能性が危惧されている。したがって、先進技術の適正な発展のためには人間特性に配慮した設計が重要となり、地域間、国家間で共通したルール作りが重要である。このような背景に基づき、国際的な共通認識に立った基本原則としての制御プリンシプルが 2014 年に発行された。

制御プリンシプルは 4 つの大項目と 12 の小項目から構成される。

5. 2. 1. 大項目1：制御に関する項目

- ① システムの作動は通常運転状況で衝突の回避が可能な時は常に簡単にオーバーライド（システムが行う制御へのドライバによる強制介入）ができること
- ② 衝突が切迫していると判断された場合、システムは衝突の回避及び/又は被害軽減を目的とした作動をすることができること

5. 2. 2. 大項目2：操作に関する項目

- ③ 通常運転状況で車両を操作するシステムでは、ドライバはシステムを手動で ON から OFF に切り替えると共に OFF 状態を維持する手段を有すること
- ④ 危険な運転状況で車両を操作するシステムでは、システムの初期設定は ON であること

5. 2. 3. 大項目3：表示に関する項目

- ⑤ システムが能動的に車両の速度及び/又は経路を制御している場合、それらを知らせる明確なフィードバックをドライバに与えること
- ⑥ システム動作が異常な場合又は故障した場合、ドライバにその状態を通知すること
- ⑦ ドライバはシステムの正常な動作が保証されない場合、その状態を通知されること
- ⑧ ドライバはシステムからドライバへの制御の移行を通知されること

5. 2. 4. 大項目4：その他補足事項

- ⑨ システムが前後左右方向の車両挙動を自動的に制御する場合、ドライバの課題はシステム動作の監視である。この場合においてドライバが

車両、道路及び交通状況に対して注意力を維持できるよう適切な調整が考慮されること

- ⑩ ドライバは一般的な使用に先立ち、システムの適切な使用について通知されること
- ⑪ ドライバへの通知にシンボルを用いるとき、可能な限り標準的なシンボルを用いること
- ⑫ システムの作動が他の道路利用者に対し表示されること

6. 自動運転技術の国際化に向けた課題

6. 1. 自動化レベルの国際調和

自動運転技術を開発する国や団体は、手動運転から完全自動運転までをシステムの介入度に応じて4段階から5段階に分類している^⑥。各レベルの名称と支援内容は国と団体によって少しずつ異なるが、多くが表1のようなレベル区分を含んでいる。レベル0からレベル3までの定義は国際的にはほぼ共通しているが、国際自動車工業連合会(OICA)は、使用事例や無人運転の可否などに応じてレベル4以上を細分化している^⑦。

ここで、各レベルにおいて万が一事故が起こった場合の責任がドライバとシステムのどちらにあるか確認しておく必要がある。レベル2までは現在実用化されている個別支援の組み合わせであり、従来通りドライバが責任を負うことになると思われる。しかし、レベル3以上は、システムの制御や動作が複雑になるため、作動状況や性能限界などをドライバが常時正確に把握することは難しく、事故時の責任問題について見解が分かると予想される。

表1 運転の自動化レベル

| レベル | 主な名称 | 主な内容 |
|-----|---------------------------|---|
| 0 | 手動運転、支援なし | 従来の運転に相当 |
| 1 | 個別支援、特定機能の自動化 | ACC、LKASなど、特定の条件で作動し、ステアリング操作、制動操作など個別システムによる支援 |
| 2 | システム統合、半自動運転、複合支援 | レベル1における個別のシステムを複数同時作動させることにより実現される前後左右方向の自動制御 |
| 3 | 進化したシステム、限定的自動運転、条件付き自動運転 | レベル2の個別システムの動作を電子制御により統合し、より高度な運転が実現される状態 |
| 4 | 完全自動運転 | ドライバが何もしなくても目的地まで移動可能 |

自動化技術の適正で円滑な発展のためには、各レベルの支援内容を共通化し、システム作動中に問題が生じた場合の責任の所在について国際的な共通認識を作る必要があると考えられる。この結論は、システムに要求される性能やフェールセーフ機構などに影響を与えるため、今後の技術開発のロードマップを策定する上で重要な課題であると言える。

また、道路状況の変化などによりシステムが正常に作動しなくなった場合は、手動運転に切り替える必要が生じる。このとき、適切なタイミングと方法により運転の主権をシステムからドライバーへ移行させる必要がある。そのため、システムを使用中のドライバーの行動や意識状態などを踏まえた HMI を設計する必要がある。自動運転システムの HMI を標準化するために、ISO TC204/WG14 や ISO TC22/SC13/WG8 などが作業を開始している。

6. 2. 新たな自動車の定義

情報技術企業により全く新しいタイプの自動運転技術が開発されている例もある。各種のセンサやカメラ、車車間、路車間等の通信技術を利用した斬新な方法で自動運転が実現される可能性がある。この車両が従来の自動車とは異なるユニークな構造や HMI 等を備えている場合には、従来の自動車技術の枠組みにおいて特徴づけることが難しいと考えられる。これらの技術について WP29 がどのように扱うか、前もって検討を進めておく必要がある。

6. 3. ウイーン条約、ジュネーブ条約との整合性

これまで見てきたような技術論だけでなく、ウィーン条約やジュネーブ条約などの国際道路交通の発達及び安全を促進する「道路交通に関する条約」との整合性を考える必要がある。例えば、欧州の多くの国が批准しているウィーン条約（日本は未批准）の第 8 条 5 項及び第 13 条 1 項は、ドライバーはいかなる時も車両を制御できなければならないと規定している。この条約が発行した 1968 年当時、電子制御が運転に介入する可能性は想定されておらず、運転の全責任はドライバーが負っていた。現在の運転支援技術において、システムの制御がドライバーの操作よりも優先された場合、現行の条文に抵触する可能性が出てきた。

このような状況を受け、2014 年 3 月の国連道路交通安全作業部会（WP1）において、次の場合は前述の条項に適合するという改正案が採択された⁽⁸⁾。

- ・ ブレーキアシストに代表される車両の国際法（1958 年、1998 年協定）が採択済みの装置で、オーバーライドやスイッチオフが出来ない装置についても、装置の介在により危険な運転状況において車両制御を維持することを助けるもの
- ・ 車両の国際法に適合しない（未採択の）支援システムについては、オーバーライドとスイッチオフが可能なもの

以上の改正は運転支援の高度化や自動運転技術の発展を促進させると予想される。日本が批准しているジュネーブ条約（1949 年発行）も同様の文言を含んでおり、これらの国際法との整合性について議論を進める必要がある。

7. まとめ

運転の自動化は従来開発されてきた運転支援システムの延長線上に実現される技術であり、その進歩は段階的に進むと考えられる。高度化した運転支援システムにおいても、ある程度の段階まではドライバーが安全管理義務を負うことになると予想される。当面の間、運転支援システムにおける警報ガイドライン、制御プリンシプルに基づいた HMI を設計することが技術の適正な発展のために必要である。運転支援システムの誤作動や作動停止時には、ドライバーによる手動運転に切り替える必要があり、自動運転から手動運転に戻すタイミングや制御主権の移行手続きになどついて解明していく必要がある。

参考文献

1. 国土交通省：第 5 期 ASV 推進計画パンフレット
2. ITS Informal Group: Report of Two Years Activities in WP29/ITS Informal Group、国連文書番号 ITS-14-3
3. AdaptIVe: <http://www.adaptive-ip.eu/>
4. ITS Informal Group: 警報ガイドライン、国連文書番号 ECE/TRANS/WP.29/1091/Add.1
5. ITS Informal Group: 制御プリンシプル、国連文書番号 ECE/TRANS/WP.29/78/Rev.3
6. WP29: Autonomous Vehicles and WP29、国連文書番号 ITS-23-03
7. OICA: Automated Driving, definition for levels of automation、国連文書番号 No. WP.29-162-20
8. WP1: ウイーン条約改正案、国連文書番号 ECE/TRANS/WP.1/145