

## 講演 6. 国連自動運転分科会(ITS/AD)における 自動運転技術の定義と国際基準化項目の検討状況

国際調和推進部 ※関根 道昭 平松 金雄

### 1. はじめに

自動運転技術は、自動車をより便利で快適にするだけでなく、交通事故の予防や燃費の改善等にも効果があると期待されている。そのため、世界中の自動車メーカーが競って開発を進めているが、昨年5月、米国において自動運転車両の事故により乗員が死亡したことを機に、自動運転技術の安全性が非常に注目されることとなった。自動運転技術を安全に導入、普及させるためには、自動運転技術の安全要件に関する適正な国際技術基準を早急に整備する必要がある。

自動車基準調和世界フォーラム（以下、WP29）の中に自動運転技術を専門的に扱う ITS/AD (Intelligent Transport Systems/Automated Driving) インフォーマル会議（以下、ITS/AD）が設置されている。ITS/AD は、自動運転の国際基準化に必要な定義や、各専門家会合（GR）が具体的な基準を検討する場合の前提条件や対象範囲等を定めている。当研究所は ITS/AD の活動を事務局として全面的に支援しているため。ここでは自動運転技術の定義と国際基準化項目の検討状況に関する最近の成果を報告する。

### 2. 自動運転の定義とドライバの役割

これまでに各国政府や業界団体等から様々な自動運転の定義が提案されている。自動運転技術に関する多くの定義はシステムが全く介入しない手動運転から全てをシステムが実行する完全自動運転までを数段階に分割し、各レベルの名前とシステムの役割を記述している。中でも米国自動車技術会（SAE）の定義は、各レベルにおける自動運転システムの機能を詳しく記述しているため、ITS/AD は SAE の定義を参照して議論を進めている（表 1）。

SAE は運転時にドライバが果たす「認知、判断、操作」のことを動的運転タスク（DDT: Dynamic Driving Task）と呼んでいる。自動運転は DDT をドライバの代わりに車両システムが行う技術と定義している。

また、運用設計領域（ODD: Operational Design Domain）という設計上の使用環境を想定しており、自動運転技術は自動車専用道路や駐車場など、適切な ODD の条件下で使用することとしている。

表 1 米国自動車技術会（SAE）における自動運転の定義

レベル	レベルの名称	定義の概要	縦横方向 運動制御	物体・事象 検知と反応	万が一の 備え	運用設計 領域
運転者が運転タスクの一部または全部を実行する						
0	手動運転	予防安全装置がある場合でも、ドライバがすべての運転タスクを行う	ドライバ	ドライバ	ドライバ	該当なし
1	運転支援	自動運転システムによる横方向か縦方向どちらかの持続的な制御	ドライバと システム	ドライバ	ドライバ	制限あり
2	部分的自動運転	自動運転システムによる横方向と縦方向の両方の持続的な制御	システム	ドライバ	ドライバ	制限あり
車両システムが全ての運転タスクを実行する						
3	条件付き自動運転	全ての運転タスクをシステムが行い、要求に応じてドライバが適切に反応	システム	システム	ドライバ	制限あり
4	高度自動運転	限定条件下で全ての運転タスクをシステムが実行。ドライバの反応を期待しない。	システム	システム	システム	制限あり
5	完全自動運転	無条件で全ての運転タスクをシステムが実行。ドライバの反応を期待しない。	システム	システム	システム	制限なし

レベル1は、速度調整、車線維持、ブレーキ操作などのDDTの1つを代行する自動運転である。例えば、定速走行・車間距離制御装置(ACC: Adaptive Cruise Control)、車線維持支援装置(LKAS: Lane Keeping Assist System)、先進緊急ブレーキシステム(AEBS: Advanced Emergency Braking System)など、すでに実用化、普及が進んでいる技術である。

レベル2は、レベル1の技術機能を組合せ、自動車専用道路などの好条件の環境において使用する自動運転技術である。ただし、レベル1及びレベル2においてドライバーは道路環境やシステムの状態を常に監視する必要があるとされている。

レベル3では全てのDDTをシステムが行うが、道路状況の変化や故障等によりシステムの対応が難しい場合にシステムが運転をドライバーに戻すことがある。これを「テイクオーバー」と呼ぶ。

レベル4では、システムの対応が難しい状況においてもドライバーの対応を期待しない点がレベル3と異なっている。レベル3、レベル4のいずれもODDを限定しているが、レベル5では全てのDDTをシステムが行い、テイクオーバーを要求せず、ODDは無制限とされている。

### 3. 国連規則のための自動運転の定義

ITS/ADは、自動運転システムの一般的な原則をWP29に提案し、これに基づきWP29が新しい基準を策定するためのガイドライン案を示すこととしている。国際基準化の観点から、SAEの各レベルにおける車両システムとドライバーの役割を区分し、レベルごとに求める安全対策や安全装置について詳細に検討した。その成果として表2に示す表を作成した<sup>2)</sup>。実際の表は分量が大きく、複雑であるため、ここでは概要と代表的な記載例のみを示している。表の列はSAEの自動化レベル、行は基準化のための検討項目の例などを示す。なお、この表のレベル2は2aと2bに分かれているが、その理由については3.7節で説明する。以下に表の内容を順番に説明する。

#### 3. 1. 二次タスクの禁止と許容

この表は、レベル1と2を「ドライバーによる物体と事象の検知と反応(OEDR: Object and Event Detection and Response)」、レベル3、4、5を「システムによるOEDR」と大きく区別して、前者を「ドライバーの二次タスク禁止」、後者を「ドライバーの二次タスク可能」としている。

表2 WP29における自動運転定義の提案と国連規則のための一般的原則(概要)

参考SAEレベル(J3016)	ドライバーによる物体と状況の検知と反応(OEDR) (ドライバーの二次タスク禁止)			システムによるOEDR (ドライバーの二次タスク可能)		
	1	2a	2b	3	4	5
車両の役割(例)	縦横方向どちらかの制御	縦横の両方向の自動制御、ドライバーの介入操作で直ちに制御を解除		全ての制御(ドライバーに戻す場合がある)	ドライバーを頼らない全ての制御	システムによる常時運転
ドライバーの役割(例)	縦か横の運転操作	運転環境を連続的に監視し、必要に応じてオーバーライドを行う		システム要求に応じて運転に復帰する	システムの作動、解除の決定	特になし
基準の開発ポイント(例)	現状と同じ	ドライバーの要求により直ちにシステム解除できること、 ドライバー有効性の認識機能		システム要求時に運転に戻れることを確認する機能、 引き継ぎ余裕時間の確保	車両の最小限のリスク状態を確保	設計環境のみでシステム作動を許可
WP1との調和(道交法改正)	適合	適合	適合	要検討	要検討	要検討
必要とされるシステム要件の例						
オーバーライド機能	必要	必要	必要	必要	安全と矛盾する操作の反映を遅延	不要
ドライバーモニタ機能	手放し検知(LKAS時)	手放し検知	手放し・視線検知等	手放し・視線・着座検知等	運用設計領域終了時の確認	不要
システム状態の記録	不要	不要	ドライバーによる操作とシステム状態	ドライバーによる操作とシステム状態	システム状態	
具体的な使用例	LKAS, ACC, ACSF Cat. A	ACC+ACSF (Cat.B1, C, D)	議論中 ACSF Cat. B2, ACSF Cat. E	議論中 ACSF Cat. B2, ACSF Cat. E	(将来開発予定)	

二次タスクとは、自動運転使用中にドライバーが行う運転とは異なる作業のことである。先に述べたように、レベル1及びレベル2におけるドライバーは常時の周辺監視義務を負うため、二次タスクは認められない。しかし、レベル3、4では限定されたODDにおいて車両が全てのDDTを代行するため、二次タスクが可能と述べている。ただし、レベル3では車両がドライバーにテイクオーバーを要求することがあるため、ドライバーが速やかに対応出来ないような二次タスク(居眠りなど)は認められないと思われる。

### 3. 2. 車両の役割

自動運転における車両の役割として、周辺の物体や状況を認識し、縦横方向の自動制御を行うことを求めている。レベル1、2、3において、ドライバーによるブレーキやハンドルの介入操作があった場合に自動運転制御を解除することとしている。これを「オーバーライド」と呼んでいる。ただし、レベル3におけるオーバーライドが、客観的な安全性と矛盾する場合にはその効果を遅延させることが出来るとしている。

レベル3において、設計された条件下でのみ自動運転を作動させることを認めている。ドライバーにテイクオーバーを要求し、自動運転制御を解除する場合には、十分な余裕時間を設けることとしている。また、ドライバーが運転に復帰できる状況にあることを確認する機能を備えることとしている。

レベル4の車両タスクはレベル3とほぼ同じであるが、ドライバーを頼ることが出来ないため、より高度な自動運転の機能が必要であり、ODD条件が満たされなくなった場合でも、車両のリスクが最小限となるような安全対策を求めている。レベル5では全てのDDTや安全確保を車両が行うこととしている。

### 3. 3. ドライバの役割

レベル1、2におけるドライバーの役割は、通常の運転とほとんど変わらず、運転環境を常に監視し、必要に応じてオーバーライドを行うことである。レベル3におけるドライバーは、DDTを車両に任せることが出来るが、車両からのテイクオーバー要求により運転に復帰する必要がある。ドライバーは車両の機能や性能限界などを十分に理解し、誤解や誤用がないように注意する必要がある。そのため、車両はドライバーが理解しやすいヒューマンマシンインターフェースを備えている必要があると思われる。

レベル4、5におけるドライバーは、基本的に何もしなくても良い。ただし、レベル4におけるドライバーには、自動運転使用中に想定したODD条件が満たされているか確認することを求めている。

### 3. 4. 基準化のポイント

以上に説明した自動運転技術の安全性を確保するための様々な機能の基準化が検討されている。例えば、オーバーライド機能、テイクオーバー機能、以下の節で説明するドライバモニタ機能やシステム状態を記録する機能などは基準化項目の候補となっている。また、レベル4、5におけるODD条件から外れた場合の車両リスクを最小限とするための安全対策についても何らかの規定を設ける可能性がある。

### 3. 5. ドライバモニタ機能

レベル1から3までの自動運転において、車両による対応が困難な場面では、オーバーライドやテイクオーバーといったドライバーによるバックアップ対応が必要となる。しかし、自動運転を使用中のドライバーは、手動運転の場合よりも運転に関与している意識が低下し、速やかな対応が難しくなる可能性がある。

そのため、ドライバーの運転への従事度を高め、安全性を確保するための対策の一つとしてドライバモニタ機能が提案されている。ドライバモニタ機能とは、車両システムに備えたカメラやセンサによりドライバーの状態を判別し、運転への従事度が低いと判定された場合に警告する機能である。

例えば、レベル1のLKASには、ドライバーがハンドルを握っていない場合(ハンズオフ)に警告する機能を求めている。レベル2b、3のシステムには、ハンズオフ検知に加え、ドライバーの視線や頭の動きを監視して運転従事度を確認する機能を求めている。

レベル3ではドライバーの役割が少なくなるため、ドライバーが運転席から離れてしまい、テイクオーバー要求への対応が遅くなる可能性がある。そのため、ドライバーが離席したら警告する機能や、ドライバーが二次タスクを行う場合には、運転席に備え付けた画面を使用することなどが検討されている。

レベル4において、高速道路の出口など、想定したODDが終了するときにドライバーに引き継ぐ場合にはドライバーの状態を確認する機能(ドライバモニタ機能)を求めている。ただし、ドライバーが引き継がない場合でもリスクを最小限に抑える対策を求めている。

なお、レベル 5 におけるドライバモニタ機能は不要としている。

### 3. 6. システム状態の記録

自動運転システムは新しい技術であり、当面の間、問題なく作動することを確認しながら運用する必要があると考えられる。あらゆる場面に対応できるプログラムを作成することは難しいため、想定外の状況に対応できない可能性がある。また、万が一事故が発生した場合にその原因を検証する必要があると考えられる。これらの理由から、ドライバの操作やシステムの状態を記録することを提案している。レベル 2b、3 においては、ドライバによる操作とシステム状態をどちらも記録することを求めている。レベル 4、5 では、システム作動にドライバが介入することを想定しないため、システム状態のみを記録するように求めている。なお、何の情報をもどの程度の精度で記録するかといった具体的な記録内容については ITS/AD の対象外としている。

### 3. 7. 具体的な使用例

すでに普及が進んでいる安全運転支援機能と、近い将来実用化される自動命令型操舵機能（ACSF：Automatically Commanded Steering Function）などについて、表 2 との対応が検討されている。

LKAS や ACC はレベル 1 に分類される。ACSF は機能によってカテゴリ A、B1、B2、C、D、E に分類されている<sup>3)</sup>。カテゴリ A は自動駐車などに使われる時速 10km/h 以下の自動操舵である。カテゴリ B1 はハンドルを握った状態で使用する車線維持機能であり、B2 はハンドルから手を離しても作動する車線維持機能である。カテゴリ C はドライバが周囲環境を確認し、指令を与えると作動する自動車線変更機能であり、カテゴリ D はシステムが判断しドライバが承認することにより作動する自動車線変更機能である。カテゴリ E はドライバの指令や承認なしに連続的に自動車線変更を行う機能である。

当初、ACSF は全てレベル 2 の機能として議論が進んできた。レベル 2 の自動運転技術はドライバの常時監視が前提であることから、表 2 に示した通り、現状の道路交通法に適合するため、基準策定後、比較的早期に市場導入が可能であると考えられている。

しかし、最近、ドイツや EC などでは ACSF の中でも高度な機能を有するカテゴリ B2 と E についてはレベル 3 に分類すべきではないかと提案している。レベル

3 の自動運転はドライバの意思から独立して車両が独自に判断し、持続的に走行することから、国によっては道路交通法との調整が必要となり、市場導入時期が遅れることが懸念されている。

そこで、日本はレベル 2 を 2a と 2b に区分し、ACSF の B2 と E をレベル 2b にも分類し、レベル 2b には 2a よりも高度なドライバモニタ機能やシステム状態の記録を要求するという提案を行っている。ACSF をレベル 2 の技術としてまずは市場導入し、安全性や社会受容性などの実績を重ねながら議論を進める方針も併せて提案している。本稿執筆時点（2017 年 9 月）では、これらの議論は収束しておらず、今後の技術動向を考慮しながら議論を続ける必要があると考えられる。

## 4. まとめ

自動運転技術の国際基準化に必要な定義の概要と議論の進捗状況について報告した。車両とドライバの役割分担に応じて、オーバーライドやテイクオーバーを実現するための機能や、ドライバ状態を監視する機能、システム状態やドライバの操作を記録する機能などが基準化項目の候補として提案されている。

当研究所は ITS/AD の事務局として、全ての議論や資料の作成等に携わっている。この会議に関係する諸外国の行政府や自動車メーカーといった製造業界等の代表者と直接情報交換を行い、様々な立場の意見を集めることにより、公平で客観性、透明性の高い議論が展開されるように努力している。また、当研究所の知見がガイドライン等に反映されるように情報発信を行うこともある。このような活動を通じて、自動運転の国際基準が適正かつ効率的に構築されるように今後も支援を続ける予定である。

## 参考文献

- 1) SAE: Taxonomy and Definition for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles, J3016 (2016)
- 2) ITS/AD: A proposal for the Definitions of Automated Driving under WP.29 and the General Principles for developing a UN Regulation, ITS/AD-12-05-3 (2017)
- 3) ACSF-IG: Proposal for amendments to Regulation No. 79 to include ACSF > 10 km/h, ACSF-06-05 (2016)