

6. レーンキープアシストシステムに関する基準の国際動向

自動車安全研究領域 ※児島 亨 自動車審査部 伊原 徹
芝浦工業大学 廣瀬 敏也 (客員研究員)

1. はじめに

高速道路等において、ドライバの車線維持走行を支援するため、ステアリング装置を制御するレーンキープアシストシステム (Lane Keeping Assistance System、以下 LKAS とする) があるが、現行の国際基準には技術要件に関する具体的な規定が無い。我が国は、LKAS に関して必要な技術要件を具体的に規定するように国連自動車基準調和世界フォーラム (WP29) のブレーキ・走行装置分科会 (GRRF) に提案した。その結果、有志国及び産業界により構成される専門家会議及び条文ドラフト作成会議が GRRF 配下に設置され、これらの会議における審議により作成された基準ドラフトが 2014 年 9 月開催の第 78 回 GRRF にインフォーマルドキュメントとして提出されたところである。

本稿ではこれまでの検討内容やドラフトの概要等について報告するとともに、当研究所で検討した LKAS の試験法について概要を報告する。なお、市場には、ブレーキ制御を用いたシステムも存在するが、今回の基準提案はステアリング制御によるシステムを対象としている。

2. LKAS の基準提案の経緯

2. 1. LKAS の概要

図 1 に LKAS のシステム構成の例⁽¹⁾を示す。カメラで前方の白線を検出し、道路形状を推定する。前方の道路形状と車両の速度や操舵角等の情報から推定した前方の自車位置とを比較し、必要に応じ電動パワーステアリングに操舵トルクを発生させ、車線維持支援の制御を行う。また、スイッチ等によりドライバは任意にシステムを ON/OFF することが可能である。メーター内の表示部分には、システムの状態 (ON/OFF 及び ON の場合の作動可否等) を表示する。なお、制

御中にドライバによる操舵をシステムが検出した場合には、制御を中止してドライバの操舵を優先する。

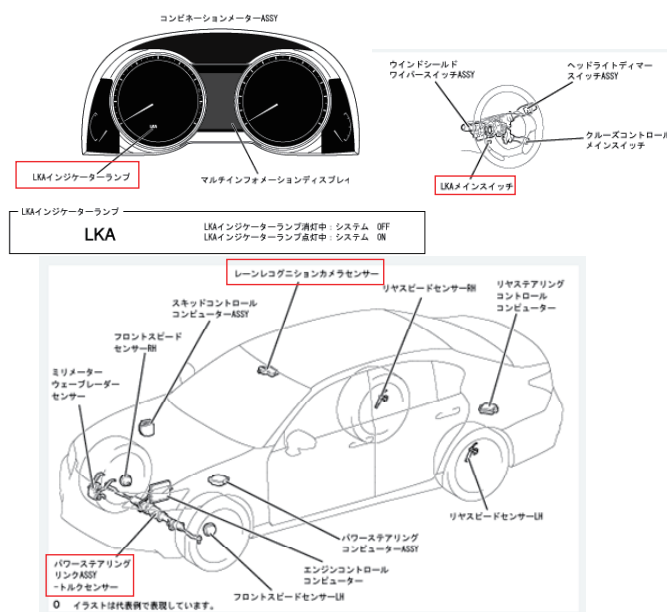


図 1 LKAS のシステム構成の例⁽¹⁾

2. 2. ステアリング装置の基準における定義

現行のステアリング装置の国際基準 (国連規則 No.79、以下、R79 とする) では、図 2 に示す様に、ステアリング装置を用いた運転支援システム又は操舵機能が定義されている。

Automatically Commanded Steering Function は、継続的にステアリング制御を行う機能として定義されており、車速 10km/h 以下で使用することが認められている。具体例として駐車支援システムがある。

Corrective Steering Function は、一時的なステアリング制御を行う機能として定義されており、車速の制限は無い。具体例として LKAS がある。

上記 2 つのステアリング制御による機能を包含した、ドライバの操舵を支援するシステムとして、Advanced Driver Assistance Steering System が定

義されている。これらのシステムでは、ドライバが常に車両を主体的にコントロールする責任を有することを前提としている。

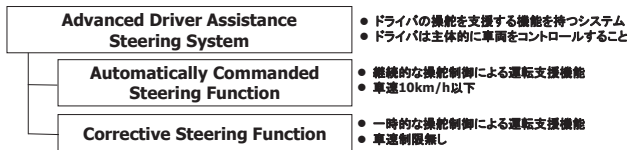


図2 R79における操舵支援機能の分類

2. 3. LKAS 基準提案の目的及び方法

LKAS は比較的新しいシステムであり、現在までのところ、他の予防安全システムと比べて十分に普及しているとは言い難く、今後、技術的に発展していく可能性の高いシステムであると考えられる。このことから、LKAS に関する個別の数値規定や性能規定を設けるのは時期尚早であると考えられる。しかしながら、自動車メーカー各社が独自の LKAS を市場に投入し、さまざまなシステムが市場で混在することにより、円滑な交通流に悪影響を及ぼしたり、ドライバの混乱を招いたりする可能性もある。そこで、安全性を担保するために最低限必要な LKAS の技術要件について規定するために、基準提案が行われることとなった。

また、現行の R79 では LKAS に関する具体的な規定は無いものの、Corrective Steering Function の例として LKAS を想定していることから、基準提案の方法としては、新たに LKAS の基準を策定することには拘らず、R79 の改正も含め、関係国と協議して決めることとなった。

2. 4. LKAS の基準の候補となる項目の整理

LKAS の技術要件について、有志国及び産業界との専門家会議 (Ad-hoc 会議) にて協議するための準備として、我が国において候補となる項目を整理した。LKAS の定義及びスコープ (対象車両) の他、技術的な要件として 16 項目が抽出された。16 項目のそれぞれについて、国内ガイドライン (車線維持支援装置の技術指針)、ISO (ドラフト)、車線逸脱警報 (Lane Departure Warning System、以下 LDWS とする) の基準 (R130) 及び ITS ガイドラインの関連部分を参照又は引用しながら、具体的な要件の案が作成された。表 1 に、各項目と参照又は引用したドキュメントとの関係を示す。

2. 5. 専門家会議の概要

2013 年 11 月 19~20 日に、LKAS の技術要件について協議するための Ad-hoc 会議が、欧州自動車工業

表 1 LKAS の技術要件を検討するために参照又は引用したドキュメント

| 項目 | 技術的な要件を検討する上で参照または引用したドキュメント等 | | | |
|--------------------------------|-------------------------------|------------|---------------|---|
| | 国内ガイドライン | ISO (ドラフト) | LDWS基準 (R130) | ITSガイドライン 警報ガイドライン 制御プリンスipl ガイドライン |
| 作動速度 | ○ | ○ | ○ | |
| システムの作動によって発生する加速度 | ○ | ○ | | |
| 道路形状 | | ○ | ○ | |
| レーンマーキング | | ○ | ○ | |
| 性能 (車線逸脱量) | | ○ | | |
| 機能限界 (作動が不可能な場合のドライバへの告知) | ○ | | | ○ |
| 制御終了 (突然終了することによるドライバの混乱防止) | ○ | ○ | | |
| ハンドル手離し検出時の警報 | ○ | ○ | | ○ |
| オーバーライド (ドライバのステアリング操作優先) | ○ | ○ | | ○ |
| 不動作が許容される条件 (ドライバの車線変更の意思を検出時) | | ○ | ○ | |
| ドライバが ON/OFF を選択可能な手段 | ○ | ○ | | ○ |
| 故障時の警報 | ○ | | | |
| 機能や使用方法のドライバへの周知 | ○ | | | |
| フェールセーフ | ○ | ○ | | |
| 複合電子車両制御システムの安全性 | | | ○ | |
| EMC (R10 の適用) | | | ○ | |

会事務所 (パリ) にて開催された。会議は、スウェーデンと日本が共同議長を務め、スウェーデン、日本、欧州コミッション、ドイツ、オランダ、韓国及びスペインの関係者並びに欧州自動車工業会及び欧州部品工業会が参加した。

基準提案の進め方に関する出席者の大方の意見は、LKAS として新たな基準を策定するよりも、現行の R79 には規定が無いが、LKAS として規定すべき項目の有無を検討し、該当する項目を R79 の改正案として GRRF に提案するのが望ましい、というものであった。そこで、表 1 の各項目について、現行の R79 で規定されるか否かを審議した。

Ad-hoc 会議の審議結果は 2014 年 2 月の第 76 回 GRRF にて議長 (スウェーデン) より報告された。GRRF での審議の結果、R79 の改正提案を 2014 年 9 月の第 78 回 GRRF にインフォーマルドキュメントとして提出するため、条文ドラフト作成会議 (Small Drafting Group、以下、SDG とする) を 2014 年 5 月に開催することが GRRF で承認された。

2. 6. SDG に向けた国内での検討及び SDG の概要

SDG の準備として、現行の R79 では規定されない項目のうち、改正ドラフトに入れるべき項目について国内で関係者と協議した結果、以下が合意された。

- ・ LKAS の定義
- ・ 過大な制御介入の抑止及びスムーズな制御終了
- ・ 機能限界による作動不可時の警報
- ・ ドライバがシステムを ON/OFF 可能な手段の設定
- ・ ドライバがハンドルから手を離している時の警報
上記 5 項目に対する条文の案を日本が作成した。

SDGは2014年5月26～27日にフランス自動車工業会事務所（パリ）で開催され、スウェーデンと日本が共同議長を務め、スウェーデン、日本、欧州コミッション、ドイツ及びオランダの関係者並びに欧州自動車工業会及び欧州部品工業会が参加した。SDGでは日本が作成した条文案を基に協議が行われ、修正した条文をインフォーマルドキュメントとして第78回GRRFに提出することが合意された。以下に各項目に対するSDGでの主な論点を示す。

・LKASの定義

LDWSと区別するため、LKASは車両横方向の動きに影響を及ぼすシステムであることを明記する。

- ・過大な制御介入の抑止及びスムーズな制御終了
定性的な要件に加え、制御介入時にドライバーによる操舵が行われた場合の操舵力上限値を規定（R79の通常時操舵力規定を引用）する。
- ・機能限界による作動不可時の警報
作動不可となるケースとして悪天候を例示する。
- ・ドライバーがシステムをON/OFF可能な手段の設定
任意要件とするが、明確化のため、規定する。
- ・ドライバーがハンドルから手を離している時の警報
本項目の目的は、ドライバーの不注意な状態を検出して警報することにあるため、ハンドル手離しの検出を不注意な状態を検出する手段として例示する。ドライバーの不注意を検出した場合には、注意を呼び起こすための効果的な警報を行うことを規定する。なお、警報時にシステムの作動を解除するか又は継続するかについては規定しない。

3. LKASの試験法についての検討

今回のR79の改正提案には試験法は含まれていないが、今後、審査等でLKASの機能及び性能を実車で確認する場合も想定されることから、事前検討として当研究所において試験法についての検討を行い、実車で妥当性を検証した。以下、概要を報告する。

3. 1. 試験法を検討した項目について

表1で示した各項目の中から、EMC等を除き、LKASの機能及び性能に関する項目を選定し、実車で確認するための試験法を机上で検討した。

選定した項目について試験手順を机上で検討した結果、制御終了（唐突に終了しないこと）については、内部の制御信号を採取しないと厳密な制御終了タイミングの判別が困難であり、また、制御終了が唐突で

あるか否かの判定基準を定めることも困難であることから、現時点では試験は困難であると判断した。その他の項目については、試験手順の案を作成し、実車で検証することとした。図3に机上検討の例として、LKASの制御によって発生する横加速度及び車線逸脱量を直線路で確認する試験手順の概要を示す。

【直線路においてLKASを作動させる試験】

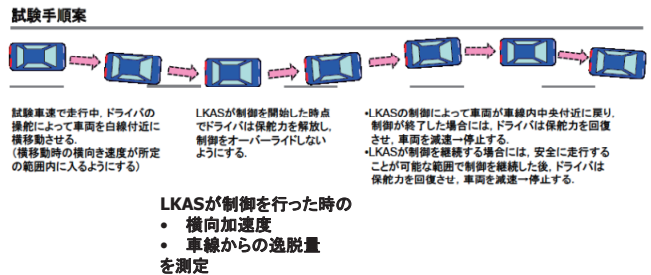


図3 試験手順の検討例

3. 2. 実車による検証

実車で検証に使用した車両は図4に示す2台（日本車1台、欧州車1台）とした。データの計測は、高精度GPS、加速度センサ、操舵力計、ポテンショメータ及び小型カメラを車載し、物理量及び前輪タイヤ付近の画像をデータロガーで時系列に収録した。検証は当研究所の自動車試験場（熊谷市）で行った。



図4 実車検証に供試した車両

表2に実車で検証した項目の一覧を示す。直線路で確認する項目については、試験場周回路の直線区間で実施した。また、曲線路で確認する項目については、

表2 実車で検証した項目

| 試験名 | 走行路 | 試験条件 | | 確認する項目 | 備考 | | | |
|----------------|----------|---------------|-------------|---------|----------------------------------|--|---|---------------|
| | | 車速 [km/h] | 横向き速度 [m/s] | | | | | |
| 性能確認試験 | 直線路 | 65 | 右 | 0.1~0.8 | 制御によって発生する横加速度 車線からの逸脱量（外側前輪） | 0.1~0.8m/sはLDWSの基準より引用 1~2m/sはやや速い横移動を想定 2~3m/sは速い横移動を想定 | | |
| | | | 左 | 0.1~0.8 | | | | |
| | | | 右 | 1~2 | | | | |
| | | 80 | 左 | 2~3 | | | | |
| | | | 右 | 0.1~0.8 | | | | |
| | | | 左 | 1~2 | | | | |
| | 100 | 右 | 2~3 | | | | | |
| | | 右 | 0.1~0.8 | | | | | |
| | | 左 | 0.1~0.8 | | | | | |
| | 曲線路 | 定常R | 65 | 右 | | | | |
| | | クローンD | 65 | 右 | | | | |
| | 作動速度確認試験 | 直線路 | 0~90~0 | - | | | - | 作動開始速度、作動終了速度 |
| 機能限界確認試験 | 直線路 | 65 | - | - | インジケータの状態、警報音の有無 | 曲線路での性能確認試験については、曲線路の性能確認試験の中で実施 | | |
| ハンドル手離し試験 | 直線路 | 80 | - | - | インジケータの状態、警報音の有無 | | | |
| オーバーライド試験 | 直線路 | 80 | 右 左 | - | オーバーライド時の操舵力 | | | |
| ON/OFFスイッチ確認試験 | 直線路 | 0 40 65 | - | - | インジケータの状態 | | | |
| カメラ部遠隔試験 | 直線路 | 80 | - | - | インジケータの状態 | | | |

周回路の曲線部分（曲率半径がほぼ一定）及びクロソイド曲線（曲率半径が奥へ行く程小さくなる）の2通りを実施した。クロソイド曲線については、周回路内側の白線が引かれていないエリアに、白色の樹脂製プレートが路面に並べ簡易的に作成した。

3. 3. 検証結果及び課題について

実車で検証した結果の一例として、直線路においてLKASを作動させた場合の、制御により発生した横向加速度の計測値（最大値）を図5に示す。試験条件として、ドライバの操舵で車両を横移動させる際の横向速度を3条件設定したところ、供試車両2台とも、横向速度が最も低い条件（0.1～0.8m/s、LDWSの試験条件より引用）では、LKASの制御により発生する横向加速度は計測可能であった。一方、横向速度が高い条件（1～2m/s及び2～3m/s）では、車両を横移動させる際のドライバの操舵力がより大きく、操舵速度も高くなることにより、制御がオーバーライドされるため、制御により発生する横向加速度及び制御中の車両軌跡は計測不可能であった。ただし、直線路においては、上記の横向速度が高い条件は、危険回避等、ドライバが意図して操舵を行う状況であり、LKASによる車線維持支援の効果が期待される場面ではないことから、実車で試験を行う必要性は無いと考えられる。

直線路においてLKASが制御を行った時の
横向き速度と横向加速度の関係

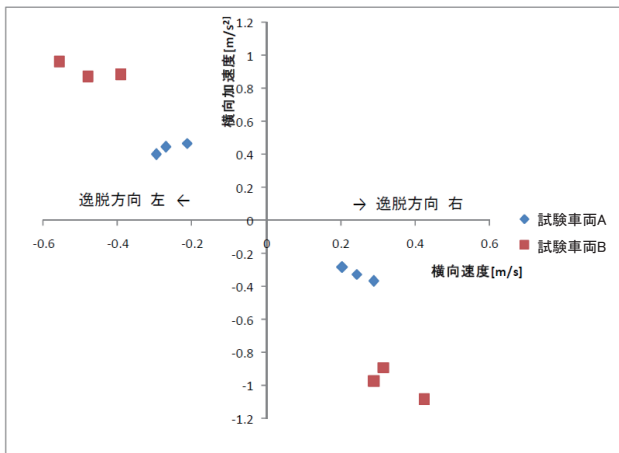


図5 実車検証結果の例

その他の項目については、曲線路でLKASを作動させる試験を除き、機能や作動の状況を確認するために必要なデータを計測可能であることを確認した。

曲線路での検証については、試験場周回路の曲線部及びクロソイド曲線ともに、曲率半径が小さかったため、LKASを作動させることができなかった。曲線路

については、実車による試験実施の必要性についての議論は必要であるが、樹脂製プレートを用いる等の簡易な方法により、試験場内にLKASが作動可能な、比較的曲率半径の大きい曲線を作成できるか否かについて、引き続き検討を行う予定である。

4. まとめ及び今後の動向について

LKASの安全性を担保するために最低限必要な項目について、国際基準に規定することを、国連自動車基準調和世界フォーラム（WP29）のブレーキ・走行装置分科会（GRRF）に我が国から提案し、有志国及び産業界による専門家会議（Ad-hoc会議）及び条文ドラフト作成会議（Small Drafting Group）がGRRFの配下で開催されることとなった。これらの会議での審議の結果、ステアリング装置の基準であるR79に、LKASの技術要件を追加することで意見が一致した。関係者で合意したドラフトは、2014年9月開催の第78回GRRFにインフォーマルドキュメントとして提出された。今後はGRRFでの審議を経て必要な修正を行い、GRRFでの合意とWP29での採択を目指す。

また、LKASの改正提案とは別に、R79で定義されているAutomatically Commanded Steering Functionについて、高速道路での使用を前提として設計された一部のシステムを対象に、「車速10km/h以下」の規定を適用除外とする改正提案のインフォーマルドキュメントが第78回GRRFに提出される予定である。本改正提案がWP29で採択された場合は、実質的に高速道路における自動操舵がある程度可能となることから、我が国はGRRFでの審議や専門家会議等に積極的に参加する予定である。当研究所としても、自動操舵システムの安全性を担保するために必要な技術要件等について、検討を行っていく予定である。

なお、本稿で報告したLKASの試験法については、平成25年度国土交通省受託調査「平成25年度車線逸脱防止システムの国際基準に関する調査」^②において実施した内容からの抜粋である。

参考文献

- (1) 電子技術マニュアル 品番SC20M0J、トヨタ自動車（株）サービス技術部、(2012)
- (2) 平成25年度国土交通省受託調査報告書—平成25年度車線逸脱防止システムの国際基準に関する調査—（独）交通安全環境研究所、(2013)