

⑧ UN-R79 に追加された車線維持機能の試験に関する実車検証結果

自動車安全研究部

※児島 亨 伊原 徹

1. はじめに

国連自動車基準調和世界フォーラム（WP29）のブレーキと走行装置に関する専門家分科会（GRRF、現在は GRVA に改組）において、自動操舵専門家会議が設立され、自動命令型操舵機能（Automatically Commanded Steering Function、以下 ACSF とする）の国際基準（R79 改正）が検討されている。その一部である車線維持機能（ACSF カテゴリ B1）等の要件を追加する改正案が 2017 年 3 月開催の WP29 で採択され、R79 02 シリーズ⁽¹⁾として施行された。

本調査では、ACSF カテゴリ B1 で規定されている各試験を当研究所の自動車試験場（埼玉県熊谷市）にて実施する場合の課題の有無等について確認するため、実車を用いた検証を行った。本稿では検証結果の概要について報告する。

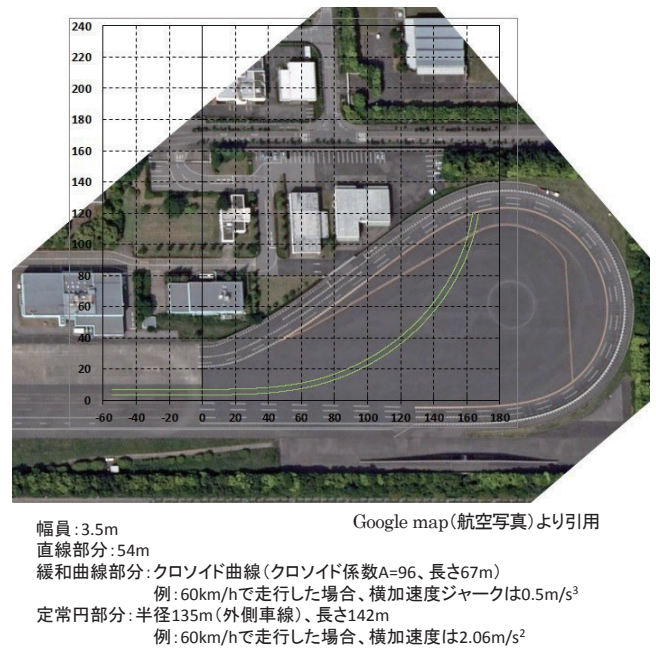


図1 試験場内に作成した曲線路の仕様

2. 実験方法

2. 1. 実車で検証した試験項目について

本調査では、R79 Annex 8 に ACSF カテゴリ B1 の試験として規定されている以下の試験項目について検証を行った（括弧内は R79 Annex 8 の試験項目）。

- ① 車線維持機能確認試験
(3.2.1. Lane keeping functional test)
- ② 最大横加速度確認試験
(3.2.2. Maximum lateral acceleration test)
- ③ オーバーライド操舵力確認試験
(3.2.3. Overriding force test)
- ④ 遷移確認試験；ハンズオン試験
(3.2.4. Transition test; hands-on test)

上記の試験項目のうち、①～③については曲線路で試験を行うこととなっているが、試験場内に当該試験に適した曲線路が存在しないため、試験場内のペイントによる車線が引かれていないエリアに、白色のプラスチックプレート（長さ 30cm×幅 15cm）を設置して、試験用の曲線路（左旋回）を作成した。図 1 に曲線路の形状（緑色部分）及び仕様を示す。

2. 2. 試験車両及び計測装置について

試験車両は Lane Keeping Assist System（以下、LKAS とする）と Adaptive Cruise Control（以下、ACC とする）を装備した国産の普通乗用車（1 台）とした。試験中は LKAS 及び ACC をともにスイッチ ON の状態とした。なお、当該車両の LKAS は、曲線路も含め、連続的に車線中央付近を走行する機能を有するが、R79 02 シリーズの ACSF カテゴリ B1 に基づく認可を取得していないため、試験で計測したデータについては参考値とする。

図2に試験車両に搭載した計測装置の構成を示す。横加速度は加速度計で計測し、横方向ジャーク（加加速度）については横加速度の計測値を微分して求めた。オーバーライド時の操舵力については操舵力計で計測した。システムからドライバーへの情報伝達（表示及び音）については、小型カメラをメーターに向けて設置するとともに、騒音計を車室内に設置し計測した。速度及び車両の走行軌跡（前輪タイヤと道路白線間の距離）については、GPS 速度・距離計で測定した。本試験で用いた GPS 速度・距離計（RTK-GPS 測

位方式、測位精度 $\pm 2\text{cm}$)は、固定基地局で複数の GPS 信号を受信し、試験車両との間で無線通信を行うことにより位置情報を補正する方式である。また、前輪左右タイヤと道路白線間の位置関係を視覚的に観察するため、左右ドアミラーにも小型カメラを設置した。

なお、横加速度及び横方向ジャークの計測データに対するフィルタリングはバターワースフィルタを用いた。フィルタリング特性を決める次数とカットオフ周波数については、3種類の組合せを設定した。

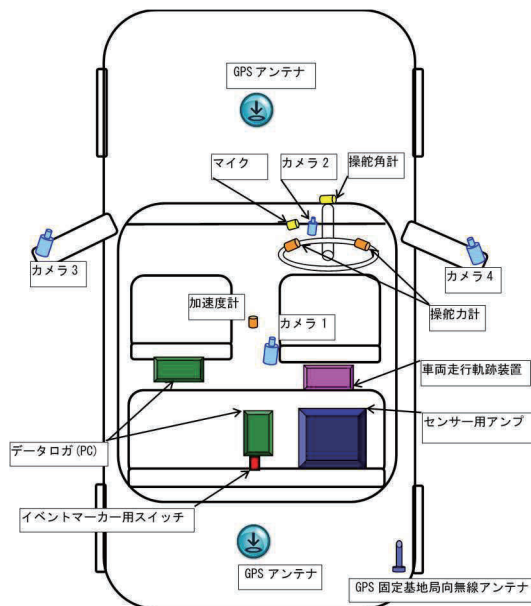


図2 計測装置の構成

3. 実車検証結果

3. 1. 車線維持機能確認試験

本試験では、カテゴリ B1 の制御によって発生する最大横加速度 (a_{ysmax}) の諸元値が必要となるが、自動車製作者から情報開示されていないため、作成した曲線路を使い、速度を変えながら走行し、制御によって車線から逸脱せずに走行可能な上限速度を確認することとした。走行した結果、作成した曲線路を制御によって車線から逸脱せずに走行可能な速度の上限は約 56km/h (ACC のセット車速で 57km/h) であり、横加速度の最大値は、約 1.8m/s^2 (バターワース 4 次、カットオフ周波数 0.2Hz によるフィルタリング値) であることを確認した。本結果より、試験車両は $a_{ysmax}=1.8\text{m/s}^2$ として、本試験で規定されている a_{ysmax} の $80\sim 90\%$ となる試験速度を旋回半径 (135m) から求めたところ、 $50.2\sim 53.2\text{km/h}$ となった。

図3に試験速度 50.2km/h (ACC のセット車速 52

km/h) の時系列データの例を示す。作成した曲線路において、操舵角がほぼ一定で、横加速度の値がほぼ安定した状態での定常円旋回を 5 秒程度持続している。また、本試験における可否の判定に必要な前輪タイヤの軌跡及び横方向ジャークについて計測可能であることを確認した。

なお、今回の実車検証で確認したのは、R79 02 シリーズの 5.6.2.1.3 項の Table 1 で規定されている速度レンジと最大横加速度の組合せの代表 1 例である。全ての速度レンジに合わせて自動車試験場に曲線路を作成するのは効率的ではなく、特に高速側については、旋回半径が今回の設定よりも大きくなり、自動車試験場内に作成することが物理的に不可能となることも想定される。

図4に試験風景の例を示す。

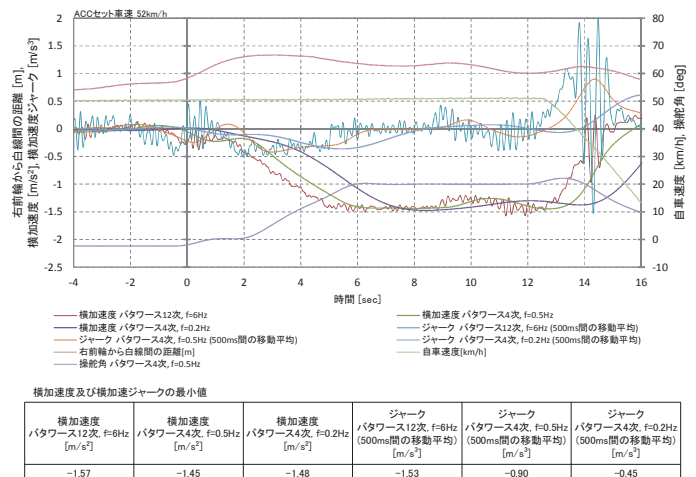


図3 車線維持機能確認試験の時系列データの例



図4 車線維持機能確認試験の様子

3. 2. 最大横加速度確認試験

本試験では、 $a_{ysmax}+0.3\text{m/s}^2$ 以上の横加速度となるような速度でカーブを走行する規定となっていることから、作成した曲線路の旋回半径より、 60.6km/h 以上で走行する必要がある。試験時の安全面を考慮して、速度は約 60.6km/h (ACC のセット車速 62km/h) で実施した。図5に時系列データの例を示す。本試験における可否の判定に必要な横加速度及び横方向ジ

ヤークについて計測可能なことを確認した。

なお、 a_{ysmax} が R79 02 シリーズの上限値として規定されている $3m/s^2$ に設計された車両を試験する場合には、今回と同じ旋回半径の曲線路では $76km/h$ で走行する必要があり、曲線路の外側方向に逸脱した際の空間の確保、試験終了時に車両を減速・停止するための制動区間の確保等、安全面の配慮がより重要になると考えられる。

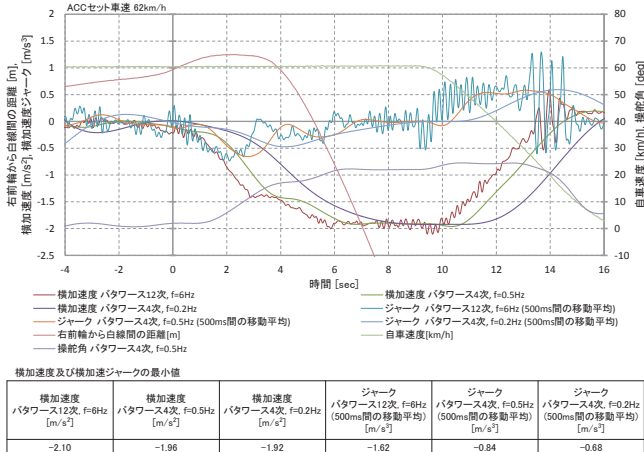


図5 最大横加速度確認試験の時系列データの例

3. 3. オーバーライド操舵力確認試験

本試験における試験速度は車線維持機能確認試験と同様に、 a_{ysmax} の80~90%となるよう規定されていることから、車線維持機能確認試験と同じ速度で実施した。オーバーライドの方向については特に規定されていないことから、右方向操舵（旋回外側）及び左方向操舵（旋回内側）の両方を実施した。図6に右方向操舵時の時系列データの例を示す。本試験における合否の判定に必要な操舵力、システムの作動停止を知らせる表示及び音について計測可能なことを確認した。

3. 4. 遷移確認試験；ハンズオン試験

本試験では、車線維持機能を作動させ、試験ドライバはハンドルから手を放した状態で走行し、下記の規定を確認する。

- ① ハンドルから手を放してから 15 秒以内に光学警報を提示し、システムの作動を停止するまでの間、継続すること。
- ② ハンドルから手を放してから 30 秒以内に音による警報を提示し、システムの作動を停止するまでの間、継続すること。また、音による警報を開始した時点で光学警報は赤色になること。
- ③ 音による警報を開始してから 30 秒以内にシステムの作動を停止すること。作動を停止する際

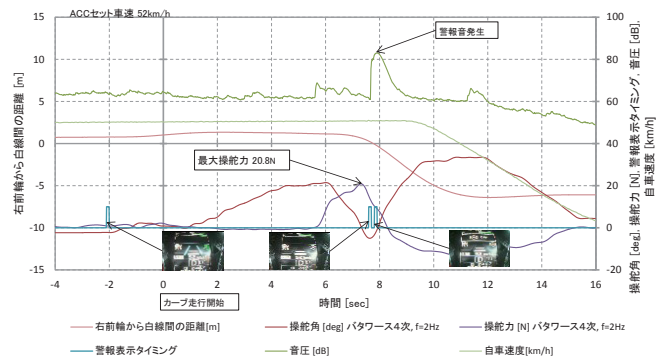


図6 オーバーライド操舵力確認試験の時系列データの例

には、緊急事態であることを伝える専用の音による警報を5秒以上継続すること。

試験速度については、システムの最低作動速度を V_{smin} 、最高作動速度を V_{smax} とした場合に、試験中の速度の変化によってシステムの作動が停止してしまうことが無いようにする点も考慮し、低速側の試験は $V_{smin}+10km/h \sim V_{smin}+20km/h$ 、高速側の試験は $V_{smax}-20km/h \sim V_{smax}-10km/h$ または $130km/h$ の低い方で実施することが規定されている。試験車両の場合、システムの最低作動速度は $0km/h$ であるが、前方に走行する他車両が存在しない場合には、ACC のセット车速の最低値である $30km/h$ が、システムが確実に作動可能な最低作動速度であると考えられる。そのため、今回の実車検証では、低速側はACCのセット车速の最低値である $30km/h$ で試験を実施した。また、試験車両の最高作動速度は $120km/h$ であることから、高速側はACCのセット车速を $V_{smax}-20km/h$ となる $100km/h$ に設定して試験を実施した。

図7にACCのセット车速を $30km/h$ に設定した場合の時系列データの例を示す。上記①~③の規定に対する適否の判定に必要な警報（表示、音）及びシステムが作動を停止（OFF）するタイミングについて計測可能であることを確認した。なお、図7のデータは上記②及び③の規定に適合しないが、試験車両は R79 02 シリーズのカテゴリ B1 に基づく認可を取得していないため、参考データとする。

本試験では、走行を開始してからシステムが OFF になるまでに 35 秒程度要しているが、本研究自動車試験場の白線が引かれた直線区間で試験を実施することは可能であった。

図8はACCのセット车速を $100km/h$ とした場合の時系列データの例である。警報の提示タイミング及び提示内容に関しては、ACCを $30km/h$ に設定した

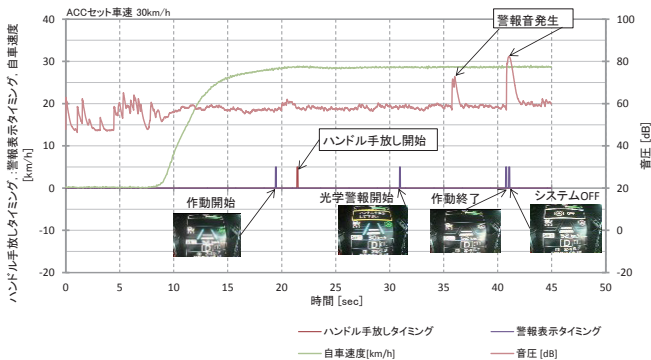


図7 遷移確認試験；ハンズオン試験の時系列データの例（ACC セット車速 30km/h）

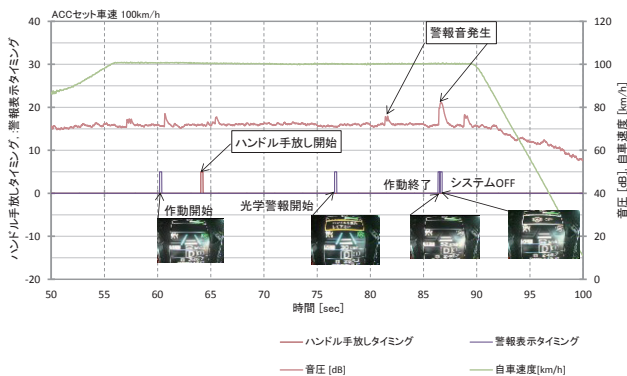


図8 遷移確認試験；ハンズオン試験の時系列データの例（ACC セット車速 100km/h）

場合と同様であった。なお、本試験では、自動車試験場の白線が引かれた直線区間を最大限有効に活用するため、曲線区間（図1の道路白線が引かれたバンク状の曲線）で助走し、100km/h 付近まで加速してから直線区間に入る必要があった。また、システムの作動開始を確認後、ハンドルから手を放してからシステムが OFF になるまでの間で、白線が引かれた直線区間をほぼ走り切り、システムが OFF になるのを確認した直後に車両を停止させるための減速を開始する必要があった。今回の試験車両は手放しを開始してから作動停止までの時間が R79 02 シリーズの規定よりも短い仕様であったため直線区間内で実施可能であったが、規定された最大限の時間（65 秒）が経過した時点で作動を解除するシステムの場合には、システムの作動速度の設定値にもよるが、高速側の試験については自動車試験場では実施不可能となる可能性が高いことが分かった。Annex 8 の 3.2.4.2.項では、試験条件として規定された低速側と高速側だけでなく、中間の速度域を含む全ての速度域で要件を満足することを示すために、自動車製作者のテストレポートによる適否の判定が認められている。今回の検証結果から、審査機関の試験場では高速側の試験を実施できない

場合があることが分かったため、高速側の試験についても自動車製作者のテストレポートによって適否を判定する等の対応が必要になると考えられる。

4. まとめ

本調査では、改正された UN 規則 R79 02 シリーズの Annex 8 に規定されている ACSF カテゴリ B1（車線維持機能）の試験法について、交通安全環境研究所自動車試験場で実車による検証を行った。

ACSF カテゴリ B1 の試験のうち、車線維持機能確認試験、最大横加速度確認試験及びオーバーライド操舵力確認試験については、自動車試験場内のペイントマークが引かれていないエリアに、白色プラスチックプレートを設置して、緩和曲線（クロソイド係数 $A=75$ ）と定常円（半径 135m）を組み合わせた曲線路を作成し、R79 02 シリーズ 5.6.2.1.3.項の Table 1 に記載された、速度レンジと横加速度の組合せの代表例を実施することが可能であることを確認した。また、遷移確認試験；ハンズオン試験については、今回の試験車両の場合には、低速側、高速側ともに、自動車試験場の白線が引かれた直線区間を使用して実施可能であることを確認したが、高速側の試験では直線区間をほぼ全て使い切った。ハンドル手放し開始からシステムが作動を停止するまでの時間がより長いシステム（R79 02 シリーズに適合したシステム）の場合には、直線距離の不足により、高速側の試験を実施できない可能性が高いことが分かった。高速側の試験について自動車製作者のテストレポートによって適否を判定する等の対応が必要になると考えられる。

なお、今回の実車検証試験では、ACSF カテゴリ B1 の試験で計測する横加速度のデータについて、応答性の異なる 3 種類のフィルタリング処理を実施した。ACSF カテゴリ B1 の試験では、操舵入力周波数がより高い領域での車両の運動性能を確認することは想定していないことから、ノイズ等の影響をより受けにくいフィルタリング特性（今回用いたバタワースフィルタの次数とカットオフ周波数の組合せでは、4 次のカットオフ周波数 0.2Hz）が望ましいと考えられる。

参考文献

- (1) UNECE : UN Regulation No.79 Revision 3 (2017)