

# システム限界時のドライバの運転行動に関する調査研究

## 1. 目的

運転支援装置によりドライバの運転操作を支援している状況において、システムに定められた支援領域を超える状況が発生した場合には、システムからドライバへ速やかに、かつ円滑に運転操作を切り替える必要がある。このとき、ドライバが、システムの支援領域を把握していない場合や、支援領域を超えてシステムが作動解除した状況をドライバに知らせる警報等の意味を理解していない場合には、システムが作動していないにも関わらず、ドライバはあたかも支援が続けられていると錯覚を起こして、システムを利用することで危険な状況が発生することが懸念される。

本調査では、ISO/TC204/WG14（Vehicle/Roadway Warning and Control System：走行制御分科会）において標準化作業が進められている、低速域での先行車への追従走行を可能とするLSF（Low Speed Following System）をとりあげ、システムの機能限界（以下、システム限界という）に対する理解度が異なる場合における、システム限界発生時のドライバの運転行動について調査を行った。

## 2. 実施内容

### 2.1 ドライビングシミュレータ実験

#### 2.1.1 実験方法

渋滞走行時を想定して、先行車を含む周辺の車両が車速 0m/s～12m/s（0～43.2km/h）で走行する場面を設定した。自車はLSFを利用して、先行車に自動で追従走行を行う。システム限界の異なる2種類のシステムを想定し、以下に示す実験を実施した。

#### (1) 実験1（システムA）

隣接車線からの割込車や、先行車の車線変更など、追従ターゲットが変化すると、自動解除されるシステムを想定した。システム限界のイベントとして、図1(a)に示すような隣接車線から割込が発生した後に、割込車が減速して停止する状況を設定した。

#### (2) 実験2（システムB）

隣接車線からの割込車や、先行車の車線変更など、追従ターゲットが変化しても、新たなターゲットが走行している車両であれば自動で追従するが、新たなターゲットが停止車両の場合には自動解除されるシステムを想定した。システム限界イベントとして、図1(b)に示すような先行車が車線変更を行った自車線の前方に、停止車両が存在する状況を設定した。

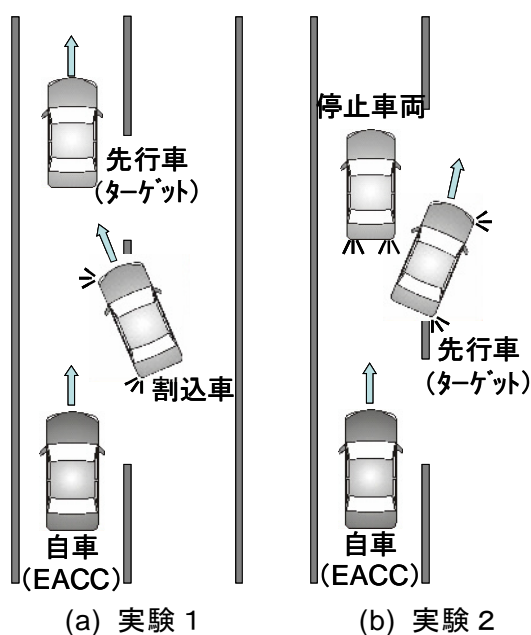


図1 システム限界イベント

### 2.1.2 実験条件

システムの利用方法を教示した後に、システム限界に対する理解度が以下の状態になるように各被験者へ教示を行った。

- 理解度 A：システム限界の条件、およびシステム限界時の告知音が未知の状態
- 理解度 B：システム限界の条件は未知だが、システム限界時の告知音が既知の状態
- 理解度 C：システム限界の条件、およびシステム限界時の告知音が既知の状態

通勤等の目的で日常的に自動車を運転している男性ドライバー 22 名、女性ドライバー 8 名の計 30 名（年齢 22～53 歳、平均年齢：33.6 歳、年齢の標準偏差：7.1 歳、運転歴 4～35 年、平均運転歴：14.0 年、運転歴の標準偏差：6.9 年）を被験者とした。このうち、既に実用化されている ACC を実際に利用した経験のある被験者は、13 名（43.3%）であった。各被験者は、それぞれの実験において、理解度 3 条件のうちの 1 条件について実施した。

### 2.1.3 測定項目

システム限界時の車両状態量およびドライバーの操作量に関する指標として、ブレーキ反応時間、最小 TTC（Time To Collision：衝突余裕時間）、最大減速度、最小車間距離等を計測した。また、システム限界時におけるシステムの作動状態やドライバーがとるべき対応行動などの状況認識レベルについて、ドライバーに口頭で回答を求めた。

## 3. 得られた成果

### 3.1 システム限界の理解度がドライバーの運転行動に及ぼす影響

各実験において、回避すべき対象の車両に衝突した事例は、実験 1 の理解度 A で 2 件、実験 2 の理解度 A で 1 件確認された。それ以外の理解度では、衝突した事例は確認されなかった。

イベントが発生してからドライバーがブレーキ操作を開始するまでのブレーキ反応時間を図 2 に示す。各実験ともに、理解度 A の場合には、他の理解度の条件と比較して、ブレーキ操作が遅延していることが確認できる。

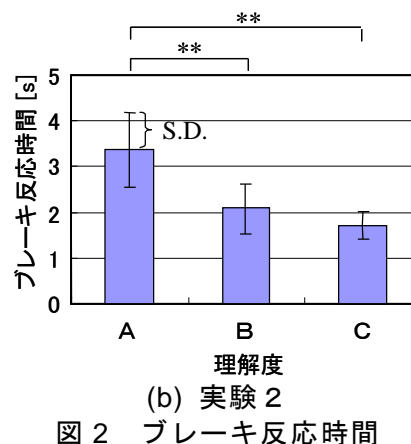
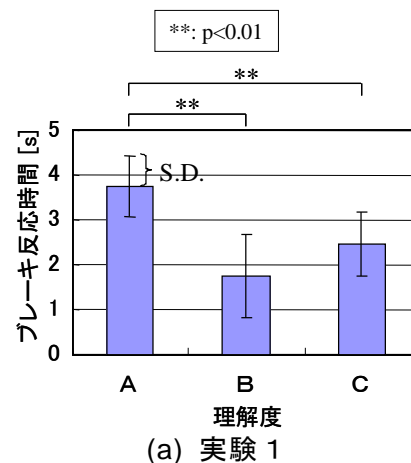


図 2 ブレーキ反応時間

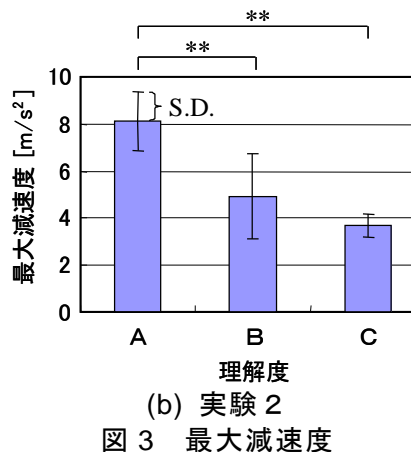
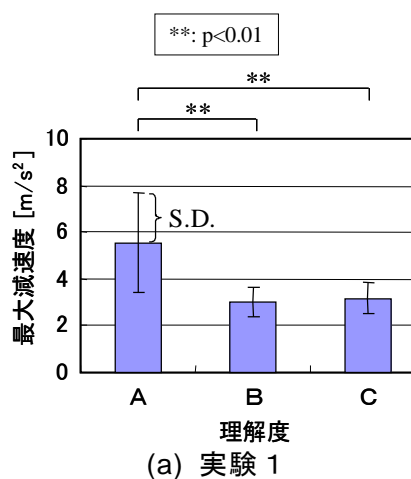


図 3 最大減速度

理解度 B と理解度 C の間には、有意な差は確認されなかった。図 3 は、ドライバのブレーキ操作により発生した減速度の最大値を示したものである。各実験ともに、理解度 A の場合には、他の理解度の条件と比較して、最大減速度が大きな値をとっていることがわかる。理解度 B と理解度 C の間には、有意な差は確認されなかった。その他、衝突余裕時間の最小値などにも同様の傾向が見られた。

システム限界時における作動ランプ (LED) の状況認識について、回答結果を図 4 に示す。「消灯」とは、作動ランプが消灯したことを確認した被験者、「未確認」とは、直接目視はしていないが、告知音より消灯したであろうと判断した被験者、「不明」は、消灯に気がつかなかった被験者を示す。各実験ともに、理解度 A では、半数以上の被験者が、作動ランプの消灯を認識できなかったのに対して、その他の理解度では、全被験者が消灯した (またはしたであろう) ことを認識していた。その他、システム限界時のシステムの作動状態やドライバのとるべき対応行動などの状況認識レベルの回答結果も同様に、理解度 B および理解度 C の被験者は、全員把握できていたのに対して、理解度 A の被験者は、状況認識レベルの不足が確認された。前述の客観指標の傾向は、状況認識レベルの差に起因するものであると考えられる。

### 3.2 システム限界の習熟効果

システム限界状況を繰り返し体験することで、各指標がどのように変化したのかを調査した。実験 1 では 3 回、実験 2 では 2 回繰り返しを行った。なお、試行を繰り返す間は、特に教示等を行わないものとした。

図 5 は、試行の繰り返しによるブレーキ反応時間の変化である。各実験ともに、試行を繰り返すことで、理解度による差が減少していくことが確認できる。最大減速度の変化を図 6 に示す。各実験ともに、ブレーキ反応時間の差が減少したことで、減速度の最大値の差も減少していくことが確認できる。その他、衝突余裕時間の最小値な

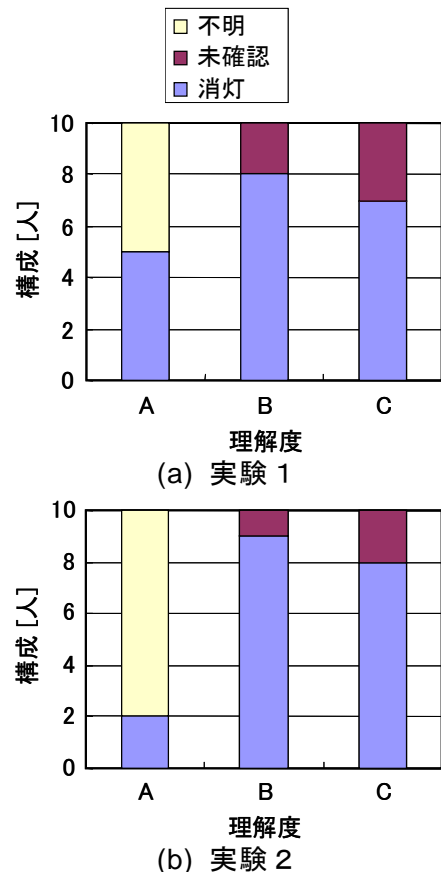


図 4 作動ランプの状態認識

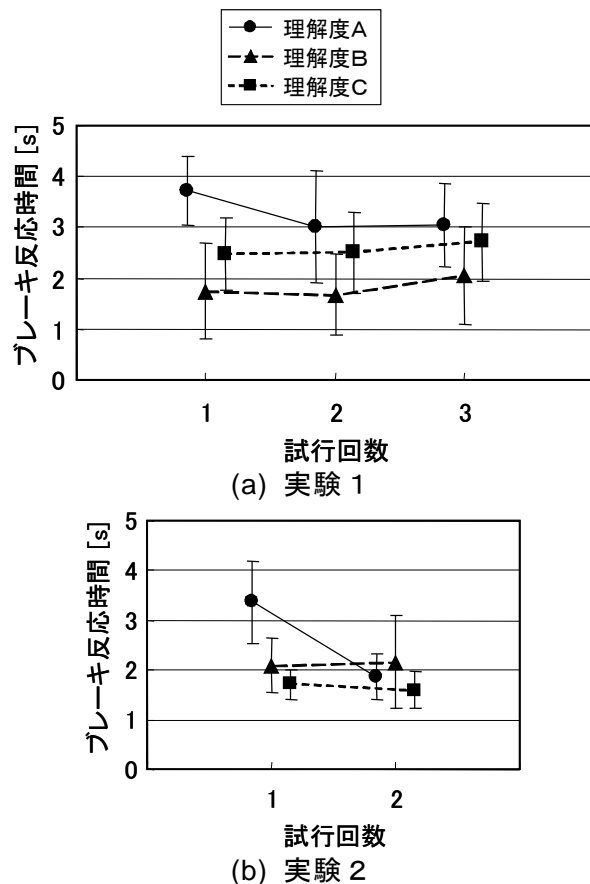


図 5 ブレーキ反応時間の変化

どにも同様の傾向が見られた。

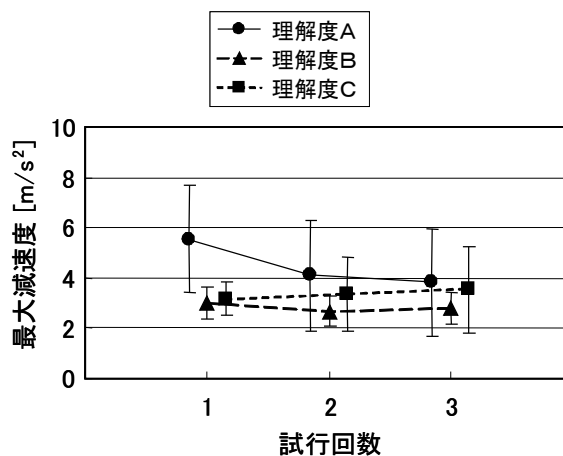
システム限界時における作動ランプの状態認識の達成人数の変化を図7に示す。各実験ともに、半数以下しか作動ランプの消灯を認識できていなかった理解度Aが、試行を繰り返すことにより、その認識達成人数が増加し、他の理解度との差が小さくなっていくことが確認できる。その他の状況認識レベルも客観指標と同様に、試行を繰り返すことで上昇することが確認された。

### 3.3 システム限界時における安全性の確保

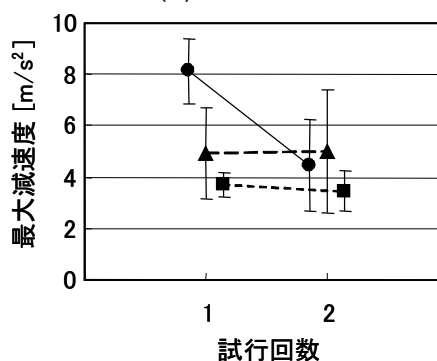
システム利用者に対しては、システム限界時の最低限の知識（今回の実験では、システム限界時に告知音が呈示され、作動ランプが消灯するということ）を認識させる必要がある。また、システム限界に対する理解度が低い場合でも、システム限界の状況を一度体験することにより、2回目以降は、理解度が高い場合と同等の対応行動をとることができるという結果から、システムを実際に利用する前に、安全にシステムを体験させることも有効であると考えられる。HMIを改善することにより、ドライバーが対応すべき行動を直接呈示する方法なども、ドライバーの状況認識レベルを向上させる上で、有効であると考えられる。

### 4. 研究成果の利用

本調査で得られた、システム限界時のドライバーの運転行動に関する調査結果は、LSFのISOドラフト作成作業を進めているISO/TC204/WG14傘下のEACCサブワーキングに報告し、EACCの動作要件に関するミニマムリクワイアメント策定のためのバックデータとして活用する。本調査研究は、ドライビングシミュレータを用いて実施したものであり、今後、実車との相関関係について検証すべきであると思われる。

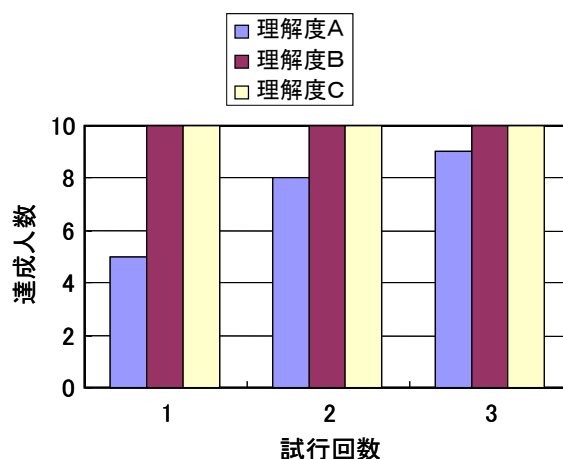


(a) 実験 1

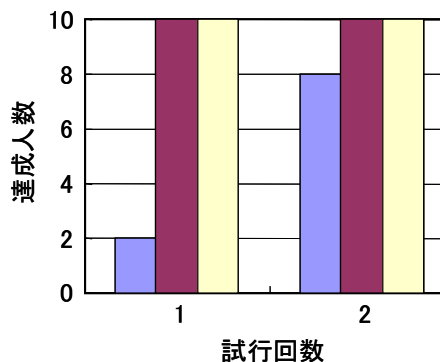


(b) 実験 2

図6 最大限速度の変化



(a) 実験 1



(b) 実験 2

図7 作動ランプ状況認識の達成人数変化