

# 工事規制区間始端部における情報提供検討のための ADAS 作動条件比較 Comparison of ADAS Operating Conditions to Examine the Provision of Information at the Beginning of Work Zone of Expressway

飯田 克弘<sup>1</sup>, 和田 侃樹<sup>2</sup>, 丸橋 慧士<sup>3</sup>

Katsuhiro IIDA<sup>1</sup>, Tsuyoki WADA<sup>2</sup> and Keishi MARUHASHI<sup>3</sup>

近年, 工事規制区間始端部に正面から進入する事故が急増している. 事故の直接原因は運転者の漫然運転であるが, 誘発要因の一つとして運転者の先進運転支援システムへの依存が懸念されている. 一方で, システムが工事規制区間始端部において期待通りに作動していない可能性も考えられる. そこで, 複数メーカーの車両を用いて走行実験を行い, 衝突被害軽減ブレーキと交通標識認識の作動条件を確認, 比較した. 結果, 現行の安全太郎に対して衝突被害軽減ブレーキが作動しないことが判明した. また, 作動位置にばらつきはあるが, 最高速度標識は問題なく認識されること, 工事規制区間始端部における標識設置間隔が十分確保されていることが確かめられた. 加えて, 道路線形によっては標識を進行方向右側路側帯に設置する必要があることも示唆された.

**Keywords:** 先進運転支援システム, 工事規制区間, 衝突被害軽減ブレーキ, 交通標識認識

## 1. はじめに

公表されている工事規制区間での事故件数推移<sup>1)</sup>によると, 2017年度から年間で約50件ずつ増加していることが分かる. 特に, 工事規制区間に正面から進入する事故が増加傾向にあり, 人命リスクが懸念されている. 事故の直接原因は運転者の漫然運転であるが, その誘発要因の一つとして, 先進運転支援システム(以下, ADAS)依存が考えられる<sup>2)</sup>. ADAS依存の影響と考えられる運転者の行動変化を指摘する研究は多数みられる<sup>3)4)5)</sup>.

一方, ADASの主機能である衝突被害軽減ブレーキ(以下, AEB)に着目すると, AEB搭載車両の普及<sup>6)</sup>に伴って, 交通事故発生件数は年々減少している<sup>7)</sup>. それにも関わらず, 工事規制区間という限定的な区間で事故件数が急増していることから, AEBが工事規制区間において期待通りに作動していない可能性がある. 各自動車メーカーの取扱説明書<sup>8)9)10)</sup>を確認すると, 対象物によって正常に作動しない場合があることなど多数の注意事項が記載されており, 工事規制材およびその配置がAEB作動条件を満たせていないことが推察できる. ACC, AEB以外の基本機能としては, 交通標識認識(以下, TSR)があるが, TSRも同様に, メーカーごとに仕様が異なり, かつ, 正常に作動しない場合の注意事項が多数挙げられている.

このように, 運転者がADASに依存する一方で, そのADASが期待通りに機能していない可能性がある現状は事故のリスクが高いと推察される. メーカーは車両開発

という観点からAEB・TSRの詳細な機構まで公表していないが, 道路・交通を管理する観点から言えば, 車両がどのような条件で, どのような挙動をするのかを把握できなければ, 上述したリスクを放置することになる. そこで本研究では, 複数メーカーの普及タイプ車両を用いて走行実験を実施し, これらADASの作動条件を確認, 比較した. そして, TSRを利用した情報提供の可能性を検討した.

## 2. 本研究で対象とするADAS

### 2.1 AEB

AEBの機構はカメラ方式, ミリ波レーダー方式, 赤外線レーザー方式などがあるが, 近年はカメラとミリ波レーダーの複合方式により機能の強化を図る傾向にあり, 本研究ではその方式を採用している車種を実験対象とした. 複合方式では, まずミリ波レーダーで障害物を検出し, ブレーキ圧力を上げつつカメラの画像認識で障害物を確認する. 障害物だと識別した場合に自動ブレーキを作動させる仕組みとなっている<sup>11)</sup>. よって, カメラとミリ波レーダー両方の検知が必要であり, パターン記憶された人の特徴とある程度の大きさをもつ安全太郎をAEB作動確認対象物とした.

安全太郎とは, 工事規制区間に設置される人型の工事規制材のことで, 図1のタイプが従来から使用されてきた. 近年では, 運搬や設置の容易さから図2のガードマ

1 正会員, 博士(工学), 大阪大学大学院工学研究科

〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-1 e-mail: iida@civil.eng.osaka-u.ac.jp

Phone: 06-6879-7611

2 学生会員, 学士(工学), 大阪大学大学院工学研究科

3 学生会員, 学士(工学), 大阪大学大学院工学研究科

ンロボットが図1のタイプに代わって普及したため、近年では図2のタイプを「安全太郎」と呼ぶ風潮がある。よって、以降は「安全太郎」を図2のガードマンロボットを指す言葉として用いる。安全太郎（図2）は本体が高さ1,800mm、幅845mmであり<sup>12)</sup>、やや大きめの体格ではあるが、人と同じ規格で作られている。頭や腕の大きさ等も実在する人とはほぼ同じ寸法で作られており人の特徴を有するといえる。また、AEBの性能評価試験<sup>13)</sup>にダミー人形が用いられることから、カメラの画像処理により安全太郎を人として識別し、検知できる可能性がある。



図1 安全太郎 図2 ガードマンロボット

## 2.2 TSR

TSRは、車載カメラが撮影した画像から道路標識情報を識別し、ディスプレイ上に表示、あるいは音で運転者に警告する。最高速度、一時停止、進入禁止の標識は複数メーカーの普及タイプ車両で共通して検知することができる。そのうち、一時停止と進入禁止標識を検知し、誤って進入する危険性がある場合、強く警告を出す特徴がある。また、一部メーカーではACCによる定速走行時に設定速度より遅い最高速度標識を検知した場合、自動で走行速度を落としたり、ACCを解除したりするなどの車両制御への介入も行う。

TSRによって検知可能な標識のうち、一時停止標識と進入禁止標識が高速道路上に設置されることはないが、最高速度標識は工事規制区間手前の路側帯に複数種類設置されている。図3は中日本高速道路株式会社が基準と

する工事規制材の設置例である。以上のことから、TSRを利用した情報提供の検討に向けて、まずは最高速度標識に対するTSR作動確認実験を実施することとした。

## 3. AEB・TSR作動確認実験

### 3.1 実験概要

登録車数上位3社（以下、A社、B社、C社）の普及タイプ車両3台を用いて走行実験を実施した。具体的には、安全太郎に対するAEBの作動有無を確認した。また、最高速度標識に対するTSRの作動有無と作動位置を確認した。実験は、西日本高速道路株式会社が管理する川西ICのバックヤードにて、2022年10月27日、同28日に実施した。ここには幅員3.5m、距離約120mの片側二車線コースがある（図4）。1日目にはA社とB社の車両を、2日目にはB社とC社の車両を用いて実施した。また、本実験では、図5に示す通り、片側三車線を想定し走行した。なお、第三走行車線の進行方向右側には区画線が描けないため、ラバーコーンを設置した。



図4 川西ICバックヤード ※Google マップより作成

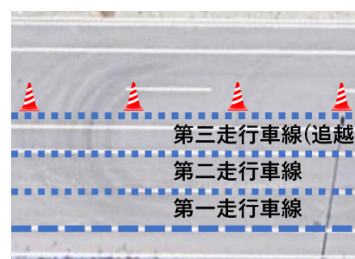


図5 三車線想定図 ※Google マップより作成

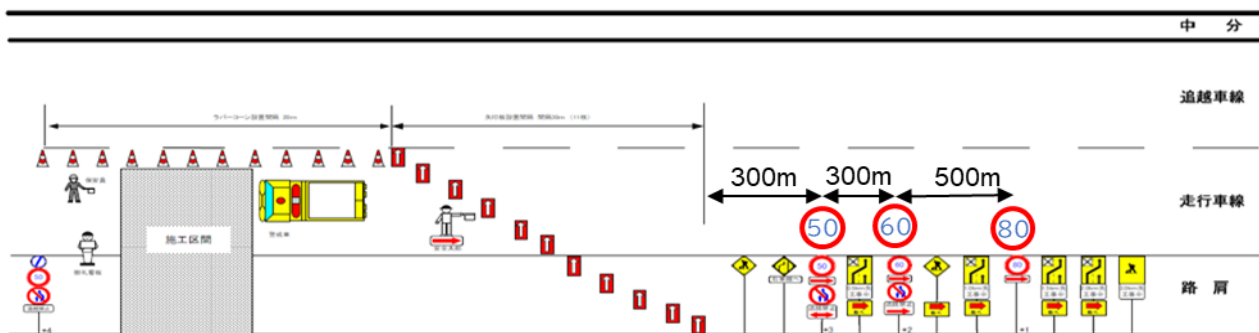


図3 工事規制区間始端部の規制材設置例

### 3.2 走行条件

実験コースは、図6に示す通り、加速ゾーン、検知ゾーン、減速ゾーンに区分した。

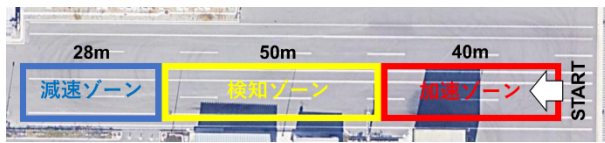


図6 実験コース ※Google マップより作成

#### (1)安全太郎に対する AEB 作動確認実験の走行条件

安全太郎は減速ゾーン末端の第二走行車線中央に設置した。実験車両は同じく第二走行車線を走行し、減速ゾーンで減速して安全太郎を回避した。安全太郎に安全ベストを着用させない場合と着用させた場合（図7）の走行実験を実施した。安全ベストには反射材が用いられており、ミリ波レーダーによって検出しやすくなると考えた。



図7 安全ベスト装着時の様子

#### (2)最高速度標識に対する TSR 作動確認実験の走行条件

最高速度標識の設置角度は、国土交通省が定める道路標識設置基準<sup>14)</sup>では、道路に対して正対（0度）から斜め（反時計回り45度）までと定められており、幅を持った基準となっている。そこで、本実験では道路に対して標識を正対させて設置する場合に加えて、15度、30度、45度に傾けて設置した場合に対して TSR 作動確認実験を実施した。ここでは3.1で述べた三つの車線それぞれで走行実験を実施した。最高速度標識は検知ゾーン末端の進行方向左側の路側帯に設置した。加えて、最高速度標識を第二走行車線中央に道路に対して正対させて設置した場合の走行実験を実施した。さらに、実験2日目のみであるが、進行方向右側の路側帯に最高速度標識を設置した場合の実験も実施した。ここでは、第一、第二走行車線を用いた実験とし、第二走行車線路側帯に標識を設置した。標識の設置角度は左側路側帯に設置した場合と同様に、正対、15度、30度、45度に傾けるが、自車

両から見えやすくなる向きに傾けるため、左側設置の場合と異なり、時計回りに傾けた。

### 3.3 実験手順

実験は運転者1名と記録員2名の計3名で実施した。まず実験車両に運転者と記録員1名が乗車し、記録員はビデオカメラで実験車両のディスプレイを撮影し、ADASの作動有無をシートに記録する。もう1名の記録員は車外のコースを俯瞰できる位置から実験車両をビデオカメラで撮影する。運転者は、START地点から発進し、検知ゾーン開始地点で約50km/hの速さに到達するように加速ゾーンで加速する。検知ゾーンではアクセル・ブレーキ操作をせずに走行する。減速ゾーンではブレーキを踏み込んで減速し、安全太郎や最高速度標識が道路上に設置されている場合は、衝突しないようハンドル操作を行って回避する。そして、実験コース奥にある空きスペースでUターンして、実験コースを逆走しSTART地点に戻る。ここまでの走行を1試行とし、各走行条件に対して3試行ずつ走行実験を実施した。ADASの作動位置は車内と車外から撮影した映像を時刻同期させることで測定した。

### 3.4 実験結果

#### (1)安全太郎に対する AEB 作動確認実験の結果

安全太郎に安全ベストを着用させない場合と安全ベストを着用させた場合のいずれの場合においても、A社、B社、C社の車両は安全太郎に対してAEBが作動しなかった。

#### (2)最高速度標識に対する TSR 作動確認実験の結果

TSRの作動位置は図8、図9に示す通りである。標識より手前で作動した場合を負で、奥で作動した場合を正で表している。また、最高速度標識を左側路側帯に45度傾けて設置した場合のC社の車両の第二走行車線3試行、および、右側路側帯に45度傾けて設置した場合のC社の車両の第一走行車線1試行と第二走行車線1試行は、走行中に実験コース傍にある建物の影が入り、ビデオカメラのピントがディスプレイから外れたため表示を読み取ることができなかった。そのため、グラフに記録がないが、記録シートよりTSRは正常に作動していた。上記以外で記録がないものは、TSRが作動しなかったことを示している。

グラフより、いずれの車両も最高速度標識の約15m前後の内でTSRが作動することを把握した。また、標識の設置角度によってグラフの傾向にはほぼ違いがみられなかった。なお、最高速度標識を車線中央に設置した場合は、いずれの車両も標識手前ではTSRは作動せず、実験車両が減速し、設置した標識を迂回して横切るときにTSRが作動した。

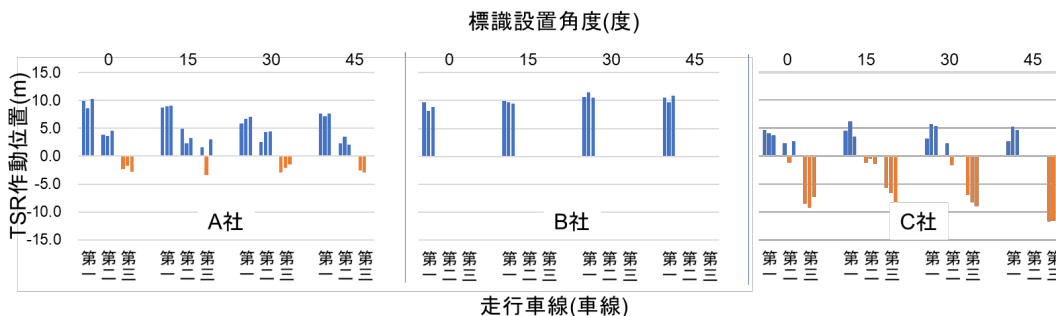


図8 最高速度標識（左側）に対する TSR 作動位置

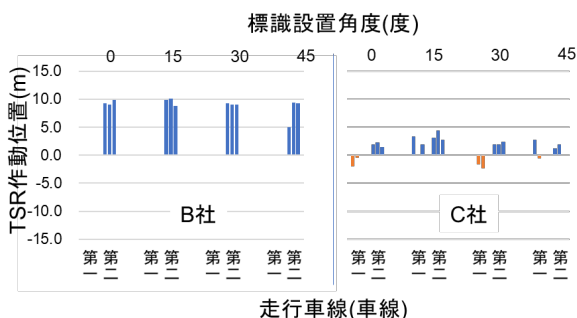


図9 最高速度標識（右側）に対する TSR 作動位置

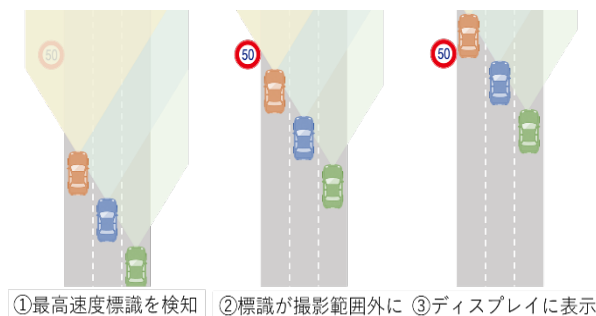


図10 TSR 作動のイメージ図

### 3.5 考察

#### (1)安全太郎に対する AEB 作動確認実験の考察

反射材を素材とする安全ベストを着用した安全太郎は、ミリ波を十分に反射するため、ミリ波レーダーによる検知は可能だと推測できる。つまり、カメラの画像処理によって安全太郎を人として識別しなかった可能性が高いと推察される。原因として以下のことが考えられる。

- ・ 安全太郎に凹凸がない
- ・ 体に影が掛からない
- ・ 手を挙げているが、それ以外の動作が無い

2点目までは、従来の安全太郎（図1）であれば、要件を満たしているため、従来の安全太郎を用いた確認実験が必要である。

#### (2)最高速度標識に対する TSR 作動確認実験の考察

A社とC社の車両は標識から遠い車線走行時にTSRの作動が早くなる傾向にある。これは、車載カメラが最高速度標識を捉えなくなった後にTSRが作動する仕様だと考えると説明することができる（図10）。この考えに基づけば、最高速度標識を車線中央に設置した場合、迂回中の標識を横切るときにTSRが作動したことも説明可能である。また、第一走行車線走行時において、すべてのメーカーの車両で最高速度標識通過後にTSRが作動していることから、カメラが標識を捉えなくなったからTSRが作動するまでに若干の遅れが生じる、あるいは遅れを生じさせていることが推察される。

この考察が正しいと仮定して、工事規制区間始端部での走行について簡単な評価計算を行った。計算にあたって、以下の事項も仮定した。

- ・ 工事規制区間始端部上流に設置された80km/h最高速度標識を通過する時の速度は100km/h。
- ・ 通過後、標識情報がディスプレイに表示されるまでに1秒の遅れが生じる。
- ・ 表示を見て減速行動に移るまでの知覚反応時間を2.5秒<sup>15)</sup>とする。
- ・ エンジンブレーキによる大変緩やか減速を想定し、減速度を0.05Gとする。

よって、80km/hに減速するまでの走行距離の合計は、

$$27.8 \text{ m/s} \times 3.5 \text{ s} + \frac{(27.8 \text{ m/s})^2 - (22.2 \text{ m/s})^2}{2 \times 0.05 \times 9.8 \text{ m/s}^2} = 380.7 \text{ m}$$

となった。図3の工事規制材設置例によると、80km/h最高速度標識から60km/h最高速度標識に至るまでに500mの間隔が取られており、計算結果の380.7mに対して十分な距離が確保されていることが確認できた。また、それぞれの区間について同様に計算し、すべての設置間隔が計算した走行距離よりも大きいことを把握した（表1）。よって、図3の最高速度標識の設置間隔は、TSRによって最高速度標識を確認し減速するのに十分な距離があるといえる。

表 1 最高速度標識の設置間隔と走行距離

区間	走行速度 (m/s)	設置間隔 (m)	走行距離 (m)
80km/h標識～60km/h標識	100→80	500	380.7
60km/h標識～50km/h標識	80→60	300	298.2
50km/h標識～規制開始	60→50	300	144.9

しかしながら、車種によっては TSR による最高速度標識の表示面積は小さく、運転者への情報提供能力が懸念される。そこで、高速道路本線上での設置事例は無いが、今後の検討材料を得ることを目的として、他の道路標識に対する TSR 作動確認実験を追加で実施することとした。また、図 10 は筆者らの推察であるが、少なくとも今回の結果から、カメラによる最高速度標識の検知と TSR の作動が同時に起きていない可能性が伺える。そこで、追加実験では、カメラの検知性能の把握もねらいの一つとする。

#### 4. TSR 作動確認追加実験

##### 4.1 実験概要

3章の実験で使用した A 社、B 社、C 社の車両を用いて走行実験を実施した。具体的には、注意・警告の意味合いが強い進入禁止標識と一時停止標識に対する TSR の作動有無と作動位置を確認した。実験は、積水樹脂株式会社が所有している性能確認試験走路「道夢道」<sup>16)</sup>にて、2022年11月21日に実施した。この走路は約60mのカーブ区間と約160mの直線区間で構成された片側一車線の道路となっている（図 11）。本実験では、直線部分のみを実験に使用した。



図 11 性能確認試験走路「道夢道」

##### 4.2 走行条件と実験手順

実験コースは、図 12 に示す通り、加速ゾーン、検知ゾーン、減速ゾーンに区分した。



図 12 実験コース ※Google マップより作成

##### (1) 進入禁止標識に対する TSR 作動確認実験の走行条件

進入禁止標識を検知ゾーン末端の進行方向左側路側帯に道路に対して正対（0度）させて設置し、TSR の作動有無と作動位置を確認した。次に、進入禁止標識を検知ゾーン末端の車線中央に道路に対して正対させて設置し、TSR の作動有無と作動位置を確認した。

##### (2) 一時停止標識に対する TSR 作動確認実験の走行条件

一時停止標識を検知ゾーン末端の進行方向左側路側帯に設置した。また、道路に対して標識を正対させる場合に加えて、15度、30度、45度に傾けて設置し、TSR の作動有無および作動位置を確認した。次に、一時停止標識を検知ゾーン末端の車線中央に道路に対して正対させて設置し、TSR の作動有無と作動位置を確認した。

##### (3) 実験手順

以上の条件の下、3.3項の実験手順と同様に実施した。

#### 4.3 実験結果

##### (1) 進入禁止標識に対する TSR 作動確認実験の結果

進入禁止標識を進行方向左側路側帯に設置した場合、また、車線中央に設置した場合のいずれについても、全ての車両で TSR が作動しなかった。そこで、実験コースの反対車線に設置されている ETC ゲートの後方に進入禁止標識を設置し、車線を逆走して反応を確認した（図 13）。これは、高速道路に逆走して進入することを想定しており、TSR が作動することが望ましい条件である。しかしながら、TSR が作動し警告を出したのは A 社の車両のみであった。

##### (2) 一時停止標識に対する TSR 作動確認実験の結果

A 社と B 社の車両は TSR が作動したが、C 社の車両は反応を示さなかった。TSR の作動位置は図 14 の通りである。標識より手前で作動した場合を正で表している。なお、設置角度 15度の B 社の走行実験 3 施行のうちの 1 施行が反応を示さなかった。



図 13 ETC ゲート逆走方向に進入禁止標識設置

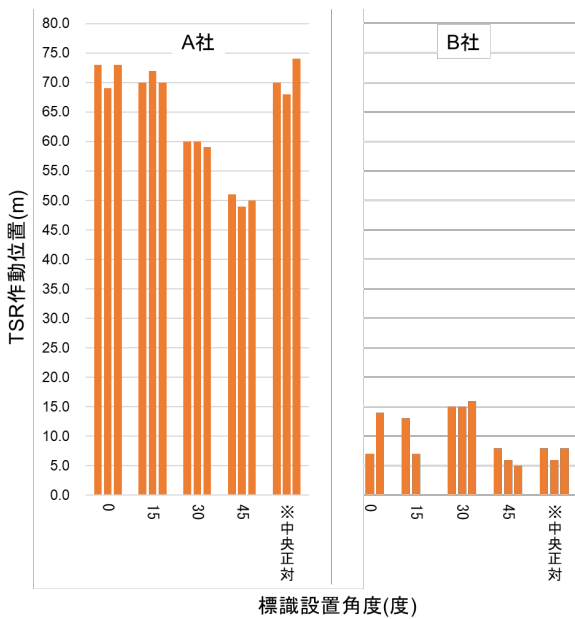


図 14 一時停止標識に対する TSR 作動位置

#### 4.4 考察

##### (1) 進入禁止標識に対する TSR 作動確認実験の考察

実験結果から、限られた条件下でのみ TSR が作動することが判明した。ETC ゲートに進入禁止標識を設置したとき、A 社の車両で TSR が作動したが、これは ETC ゲートという環境が変化する地点があり、その地点から進入禁止であることが認識しやすいため、TSR が作動した可能性が推測される。いずれにしても、進入禁止標識は TSR が検知する道路標識の中で最も注意・警告の意味合いが強く、誤認識をできる限り減らそうとする仕様となっていることが確認できた。

##### (2) 一時停止標識に対する TSR 作動確認実験の考察

A 社の車両は標識から約 50~70m 手前で TSR が作動し、B 社の車両は約 5~15m 手前で作動している。カメラとレーダーの性能差によって上記の差が生じるとは考えにくく、標識の検知と TSR の作動が同時に起きない場合があるということが確認できた。また、A 社の車両では、3.4(2)で述べた最高速度標識に対する結果と異なり、標識を傾ける（正面から標識を識別しづらくする）ほど TSR の作動が遅れていることから、一時停止標識を識別・検知した時点で TSR が作動した可能性が高い。ここで、A 社の車両の検知可能な最大距離だと思われる 70m という距離について考察した。100km/h 走行時に 70m を走行するのにかかる時間は 2.52 秒である。この時間は 2.5 秒とされる運転者の知覚反応時間<sup>15)</sup>を上回る。一時停止標識が高速道路上に設置されることはないが、標識検知・情報提供性能のポテンシャルを伺える結果となった。

ここで、一時停止標識の設置角度と A 社の車両の TSR 作動位置との関係を図 16 に示した。グラフより、0 度と 15 度では検知距離約 70m で変わらず、30 度、45 度に傾

けると、約 10.0m ずつ短くなっていることが見て取れる。このことから、15 度までであれば傾けても標識の識別に支障をきたさないと推測できる。また、左右対称性を考慮すると、車両の進行方向に対して標識の設置角度を-15~15 度までに設置することで、車載カメラの性能を確保可能だと考えられる。よって、実際に道路に標識を設置する場合は、道路線形を考慮して標識の設置角度を調整することが求められる。図 17 はそのイメージ図である。直線や右カーブの場合は基本通り進行方向の左側路側帯に反時計回りに傾けて設置し、車両から見て標識の設置角度が-15~15 度の間となるように設置する。なお、15 度以上傾けて設置する必要がある左カーブの場合には、標識を時計回りに傾ける必要があるが、左側路側帯に時計回りに傾けて設置した場合、運転者が標識を視認しづらくなり、また、道路標識設置基準<sup>14)</sup>に反することとなる。よって、図 17 の通り、進行方向右側路側帯に時計回りに傾けて設置することが求められる。

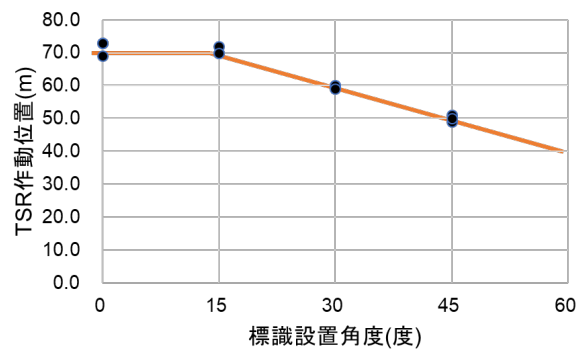


図 16 標識設置角度と検知距離の関係 (A 社)

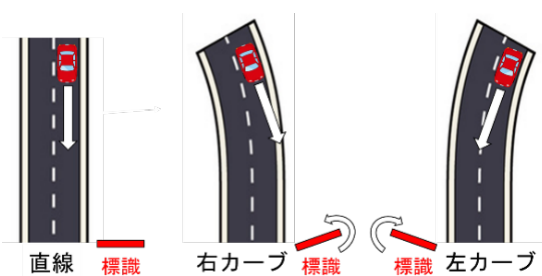


図 17 カーブ別標識設置角度

#### 5. おわりに

本研究では、実車を用いた走行実験を実施し、ADAS 作動条件の確認、比較を試みた。以下に、本研究で得られた成果を示す。

- ・ 現行の安全太郎に対して AEB が作動しないことが判明した。カメラの画像処理によって識別できなかった可能性が考えられる。
- ・ TSR によって最高速度標識を問題なく認識できることを把握した。また、最高速度標識がカメラの撮影範囲から外れた後に TSR が作動する仕様である

ことが示唆された。なお、その仕様を考慮した場合においても、現行の工事規制区間始端部に設置されている最高速度標識の設置間隔が十分確保されていることを確認した。

- ・ 進入禁止標識に関して、逆走対策を模した設置など特定の条件下でのみ TSR が作動する仕様となっていることを把握した。
- ・ 現行の車載カメラ性能と TSR により、知覚反応時間を上回る余裕を持って、標識情報を表示できることを確認した。また、車載カメラ性能を確保するために、車両の進行方向に対して標識の設置角度を-15~15 度までに設置する必要があることが示唆された。そして、15 度以上傾けて設置する必要がある左カーブの場合には、進行方向右側路側帯に時計回りに傾けて設置する必要があることが示唆された。

今後の課題として、試行数を増やすと同時に AEB 作動条件を満たす可能性のある旧タイプの安全太郎に対して実験を実施する必要がある。また、本研究で実験対象外とした夜間や悪天候時の挙動を把握する必要がある。

## 謝辞

中日本高速道路株式会社・山本隆様、中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋株式会社・佐藤久長様には、貴重な資料や意見を提供頂きましたことに感謝申し上げます。西日本高速道路エンジニアリング関西株式会社・澤田英郎様、積水樹脂株式会社・出来信久様、天野衛様には、実験場所の確保と実験機材の貸与を頂きました。感謝申し上げます。

## 参考文献

- 1) 中日本高速道路株式会社：2021年における交通死亡事故の発生状況について、[https://www.c-nexco.co.jp/images/press\\_conference/198/29790010461f0977d1a9c8.pdf](https://www.c-nexco.co.jp/images/press_conference/198/29790010461f0977d1a9c8.pdf), 2022（最終閲覧日：2023年4月19日）
- 2) 稲垣敏之：人と機械の協調における安全と安心—人間中心の自動化の視点からの考察—, 日本交通科学協議会誌, Vol.9, No.1, pp11-20, 2008
- 3) M. Hoedemaeker : Behavioural Adaptation to Driving with an Adaptive Cruise Control (ACC), Transportation Research Part F, vol.1, no.2, pp.95-106, 1998

- 4) 伊藤誠：負荷軽減のための運転支援システムに対する過信をもたらす要因の探究, 計測制御学論文集, vol.45, no.11, pp.555-561, 2009
- 5) 平岡敏洋, 劉海龍, 田中誠也：運転支援システム利用時におけるドライバの信頼状態と運転行動, 自動車技術会論文集, vol.51, no.2, pp.360-366, 2020
- 6) 国土交通省自動車局：令和4年度 自動車局関係予算概算要求概要,  
<https://www.mlit.go.jp/jidosha/content/001422067.pdf>, 2021（最終閲覧日：2023年4月19日）
- 7) 警察庁：交通事故発生状況,  
[https://www.npa.go.jp/publications/statistics/koutsuu/index\\_jiko.html](https://www.npa.go.jp/publications/statistics/koutsuu/index_jiko.html), 2022（最終閲覧日：2023年4月19日）
- 8) トヨタ自動車：YARIS HEV 取扱説明書,  
[https://manual.toyota.jp/yaris/2207/hev/ja\\_JP/contents/home.php](https://manual.toyota.jp/yaris/2207/hev/ja_JP/contents/home.php), 2023（最終閲覧日：2023年4月19日）
- 9) 日産自動車：NOTE e-POWER 取扱説明書,  
[https://www.nissan.co.jp/SP/OM/NOTE/2210/manual\\_t00um6xj5a.pdf](https://www.nissan.co.jp/SP/OM/NOTE/2210/manual_t00um6xj5a.pdf), 2023（最終閲覧日：2023年4月19日）
- 10) 本田技研工業：FREED 取扱説明書,  
<https://www.honda.co.jp/ownersmanual/webom/jpn/freed/2023/>, 2023（最終閲覧日：2023年4月19日）
- 11) 加藤良文, 鈴木知二：デンソーの先進安全技術動向,  
<https://www.denso.com/jp/ja/-/media/global/business/innovation/review/18/18-doc-4-ja.pdf>, 2013（最終閲覧日：2023年4月19日）
- 12) トーグ安全工業株式会社：交通安全施設用品カタログ VOL.4,  
<https://www.tougu.co.jp/webcatalog/vol4/html5.html#page=445>（最終閲覧日：2023年4月19日）
- 13) 国土交通省：対歩行者衝突被害軽減ブレーキの性能評価認定結果,  
<https://www.mlit.go.jp/jidosha/Ninteiseido/Hokosya/AEBS2.html>（最終閲覧日：2023年4月19日）
- 14) 国土交通省：道路標識設置基準,  
<https://www.mlit.go.jp/report/press/content/001312809.pdf>, 2018（最終閲覧日：2023年4月19日）
- 15) 遠藤孝夫, 武山泰, 堀井雅史, 村井貞規：人間工学と交通安全, 交通工学 (福田正), 朝倉書店, p.90, 2011
- 16) 積水樹脂株式会社：性能確認試験走路「道夢道」.  
<https://www.sekisuijushi.co.jp/dome/>（最終閲覧日：2023年4月19日）