《特集》予防安全

研究速報

ASV技術の効果予測に関する研究*1

―車線逸脱警報装置の効果評価―

A Study on Estimating the Effectiveness of ASV Technologies

―How Does a Lane-Departure Warning System Contribute to Safe Driving?―

安部　原也*2
Genya ABE

Abstract

A driving simulator experiment was conducted in order to investigate how a Lane-Departure Warning System (LDWS) can contribute to safer driving. Specifically, we compared how long and how many times a vehicle departs from the lane to standard values of lane departure with and without alarms. Results indicated that the presentation of an alarm decreased both frequency and total time for lane departure. This can be explained by the obtained result that alarms quickly induced steering to return to the driving lane. The results also suggested that alarm effectiveness may differ depending on which direction (right or left) a vehicle departs from the lane.

1．はじめに

現在，交通事故数の増加が社会的な問題となっている状況において，国土交通省の推進する先進安全自動車（ASV）[1] の開発による事故数の削減効果が期待されている．今後ASVを普及促進させる際には，これまでに開発された各種運転支援システムの導入によって，実際にどの程度の事故数の削減が可能になるかを事前に明らかにしておくことが重要となってくる．

本研究では，ASV技術の一つである「車線逸脱警報装置」を対象に，車線を逸脱する危険場面をドライビングシミュレータ（DS）上に設定し，警報が呈示されることによって車線逸脱の仕方がどの程度低減するかを定量的に評価する．具体的には，警報呈示の有無による車両が白線から逸脱していた時間や距離を比較検討する．また，本実験では，走行環境の違いによる警報の効果を検討するために，高速道路および市街地での走行を行う．

＊1　原稿受理　2008年10月10日
＊2　㈶日本自動車研究所　予防安全研究部　Ph.D.

2．車線逸脱と交通事故との関係

車線逸脱警報が呈示されることによって，どのような種類の事故に対して削減の効果があるかを明確にするため，車両が車線を逸脱することによって生じうる具体的な事故について考える．

車線を逸脱することが即事故に結びつく要因でないことから，車線逸脱による事故を考える際には，周囲の車両や障害物等を考慮した検討が必要になる．本研究では，車線逸脱が原因で生じる事故として以下の二つを想定する．

・自車両と周囲の車両との衝突事故

これは，自車両が車線を逸脱することで生じる，周囲を走行する車両との衝突事故である．例えば，片側一車線の対面通行の場合には，自車両が右側に逸脱することで対向車線を走行する車両との衝突事故が想定される．

・自車両と周囲の障害物との衝突事故（路外逸脱事故を含む）

これは，自車両が車線を逸脱することで生じる道路構造物との衝突事故である．例えば，左側逸脱ならば，電柱，道路標識等，右側逸脱ならば中央分離帯等との衝突が想定される．

3. 運転シミュレータ実験

3.1 方法

3.1.1 被験者

実験には，普通免許を有する20名（男性10名，女性10名，平均：34.8歳，標準偏差：7.4歳）の被験者が参加した．

3.1.2 運転シミュレータ

本研究では，6自由度の動揺装置付きDSを用いた実験を実施した．実験に際しては，片側二車線を有する高速道路および片側一車線の市街地を模擬した道路を使用した．なお，高速道路の車線幅は，3.5mであり，幅2.42mの路肩を有する．また，市街地の車線幅は3.0mであり，車道から0.5mの距離に歩道を有している．さらに，実験車両として，幅1.7mを有する普通乗用車を用いた．

実験で使用する車線逸脱警報は，聴覚によるビープ音として，車両ボンネットの端が車線（白線中央）を越えた時点で警報を呈示した．

3.1.3 実験タスク

被験者には，高速道路および市街地での走行においてそれぞれ「速度を100km/hおよび60km/hに維持する」ことを教示した．また，ドライバの脇見状態での走行を模擬するために，副次タスクとして，「数字探索タスク」を課した．タスクの内容は，シミュレータの運転席の左側真横付近に設置したモニタ画面を使用し，0.25秒間隔で連続的に表れるランダムの8個の数字の中から5の数字がいくつ含まれるかを回答させるものである．

本実験では，数字探索タスクに加え，脇見中に車線を逸脱するような危険場面を誘発するために，被験者が数字探索タスクを遂行中，横風を想定した外乱を与えた．

Fig. 1は，脇見タスク，外乱導入および警報呈示の時間的な関係を示している．数字探索タスクの開始合図はホーン音で呈示され，その後1秒でモニター画面に最初の数字が呈示される．外乱は，数字の呈示が始まった時刻から3秒間呈示される．警報が呈示される条件での走行では，車線上の車両の横位置によって，数字探索の数字が呈示されている途中で警報が発生することになる．なお，被験者には，数字探索タスクを実行中に危険を感じた場合には，タスクを中断してよいことを教示した．

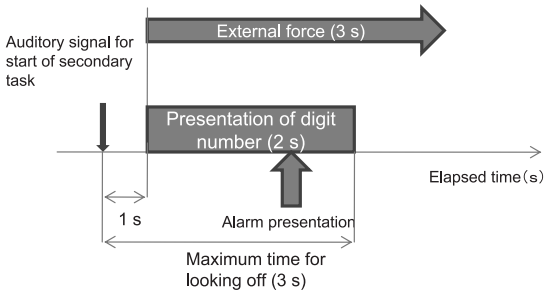

Fig. 1 Timings for alarm onset, presentation of external force and start of a secondary task

3.1.4 実験計画

本実験では，1人のドライバに，二つの異なる走行環境（高速道路および市街地）において走行させ，各走行の中で，警報が呈示される条件および警報が呈示されない条件（統制条件）を実施した．各走行環境につき，車線逸脱を誘発させるための危険場面（数字探索タスクおよび外乱）を8回試行し，実験開始から2回および終了直前の2回の危険場面においては，警報が呈示されない条件で試行した．ここで，2回の走行中，左右方向への逸脱（外乱を右（左）から左（右）に導入）を一度ずつ行った．また，警報呈示ありの条件では，4回の走行中，左右方向への逸脱を二度ずつ行った．なお，走行環境の要因および左右の逸脱方向に関して，被験者間で順序効果を相殺した．

3.1.5 逸脱基準量

本実験では，車線逸脱の危険性のある場面において，車両が実際にどの程度車線から逸脱したかを「基準逸脱量」に基づいて評価することにする．ここで，基準逸脱量とは，走行車線の左右白線中央からの距離を意味しており（Fig. 2），車両が車線を逸脱した際に，車両のボンネット端（左右）の横位置が基準逸脱量に達したか否かを「車線逸脱の判定基準」にして，警報の効果を評価する．例えば，車道から0.5mの距離に歩道を有する市街地を想定した場合には（本実験での走行場面），基準逸脱量を0.5mと設定することで，車線逸脱によって車両が歩道にまで達する割合が警報の呈示によってどの程度低減できるかを検討する．

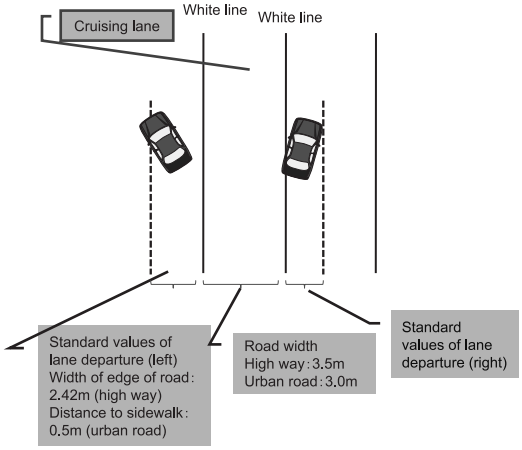

Fig. 2　Concept of a standard value of lane departure

3. 1. 6　評価指標

本実験では，警報の効果を定量的に評価するために以下の指標を用いる．

基準逸脱時間：これは，基準逸脱量を超えて走行していた時間である．

基準逸脱回数：これは，基準逸脱量を超えて走行した頻度である．

操舵開始時間：これは，外乱が導入された時点から，車両を元の車線に復帰させるために行ったハンドル操作開始までの経過時間である．

3. 2　実験結果

3. 2. 1　基準逸脱時間

基準逸脱量を超えて走行した時間について，基準逸脱量の違いによる影響を検討した．Fig. 3およびFig. 4は，それぞれ市街地における右側方向および左側方向の逸脱に対する，基準逸脱量を超えて走行した被験者全員による総時間数を警報呈示の有無ごとに示したものである．ここでは，基準逸脱量として，0m（白線上を基準逸脱量とした場合），0.3m，0.65m，および0.9mを設定した．

全体の傾向として，警報呈示なしの場合に，基準逸脱量の違いによらず右側への逸脱（外乱を右向きに導入）と比較して，左側への逸脱（外乱を左向きに導入）に対して基準逸脱量上を回って走行していた時間が短くなっている．また，どの基準逸脱量に対しても，警報が呈示されることでそれぞれの値を超えて走行していた時間が低下しており，特に右側方向への逸脱に関してその傾向が顕著である．なお，高速道路での走行についても同様な傾向が見られた．

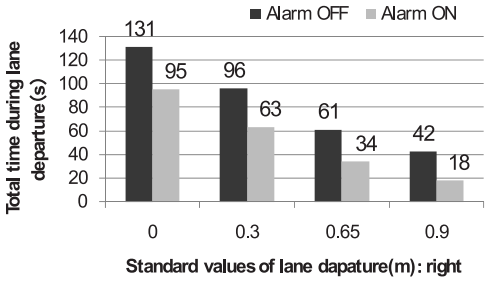

Fig. 3　Total lane departure time（right, urban）

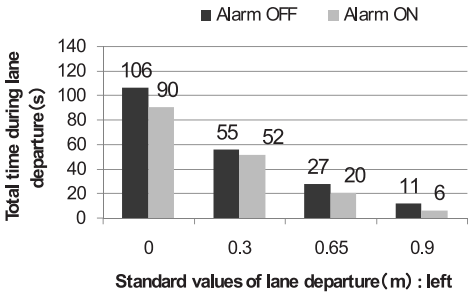

Fig. 4　Total lane departure time（left, urban）

3. 2. 2　基準逸脱回数

基準逸脱量を超えて走行した頻度について検討する．Fig. 5およびFig. 6は，それぞれ市街地走行の条件における，右側方向および左側方向への逸脱に対して，被験者全体での基準逸脱量を超えた総回数を警報呈示の有無ごとに示したものである．ここでは，基準逸脱量として，0.5m，0.6m，0.7m，0.8m，0.9mおよび1.0mを設定した．

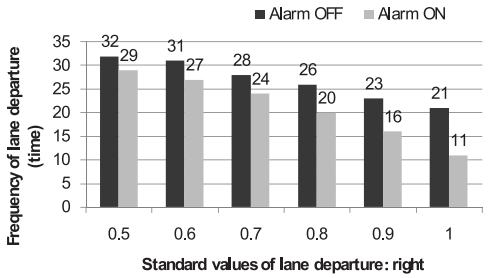

Fig. 5　Frequency of lane departure（right, urban）

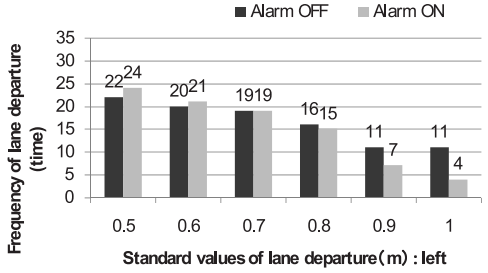

Fig. 6　Frequency of lane departure（left, urban）

全体の傾向として，警報呈示なしの場合に，基準逸脱量の違いによらず左側への逸脱に対して基準逸脱量を上回って走行した回数が少なくなっている．また，基準逸脱量を大きく設定した場合に(0.9m以上)，警報が呈示されることでその値に達した回数が低下している．言い換えると，基準逸脱量が車線から近い場合には，警報が呈示された場合でも，車両がその地点まで逸脱してしまう可能性が高いといえる．これは，今回の実験では比較的強い外乱による急な車線逸脱が生じたことに起因すると考えられる．なお，高速道路での走行についても同様な傾向が見られた．

3. 2. 3　操舵開始時間

Fig. 7は，市街地での走行に関して，警報呈示の有無による操舵開始時間への影響を示したものである．警報が呈示されることで操舵開始時間が短くなっていることが明らかになった（$p<0.01$）．この結果から，先の解析において設定された基準逸脱量に対する警報呈示の効果が表れた理由として，警報呈示により，ドライバが車線逸脱したことに早めに気づき，元の車線に復帰するためのハンドル操作が早く開始されたと考えられる．なお，高速道路についても同様な傾向が見られた．

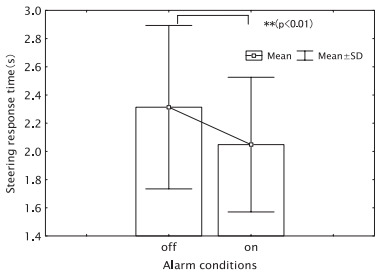

Fig. 7　Effects of alarms on steering start time

3. 3　警報呈示効果の定量的評価

最後に，基準逸脱時間および基準逸脱回数の結果にもとづいて，警報が呈示されることによる車線逸脱の軽減効果を，以下に示す定義式により定量的に評価した（Table 1およびTable 2）．各表において，車線逸脱軽減効果の数字が大きくなるほど警報の効果が大きいことを意味している．

・時間にもとづく評価

警報有効率＝1－(警報呈示ありの条件における基準逸脱時間）／（警報呈示なしの条件における基準逸脱時間）

・回数にもとづく評価

警報有効率＝1－(警報呈示ありの条件における基準逸脱回数）／（警報呈示なしの条件における基準逸脱回数）

Table 1　Alarm effectiveness based on time values (right, urban)

Standard value of lane departure	0		0.3		0.65		0.9	
Alarm	off	on	off	on	off	on	off	on
Total lane departure time	131.6	95.7	96.2	63.6	61.5	34.1	42.8	18.1
Effectiveness	0.27		0.34		0.45		0.58	

Table 2　Alarm effectiveness based on frequency (left, urban)

Standard value of lane departure	0.5		0.7		0.8		0.9		1	
Alarm	off	on	off	on	off	on	off	on	off	on
Frequency of lane departure	22	24	19	19	16	15	11	7	11	4
Effectiveness	0		0		0.06		0.37		0.64	

4．まとめ

本実験における結論を以下に示す．

・車線逸脱警報の呈示により，車両がある設定された基準逸脱量を超えて走行する時間および回数が低下する．

・基準逸脱量を越えた回数を用いて警報の呈示効果を評価する場合，基準逸脱量を大きく設定するほど効果の値が大きくなる．

・車線逸脱警報が呈示されることによって，車線復帰のためのハンドル操作が早く開始される．

・同じ走行環境であっても，車線を逸脱する方向（例えば車道側と歩道側）によっては，基準逸脱量を超えて走行する時間や回数への影響が異なる可能性がある．

今回の実験では，ドライバの覚醒度が高く，外乱の大きい状態での急な車線逸脱の状態を想定した．今後は，ドライバの覚醒度が低く，比較的緩やかに車線逸脱する状況における警報呈示による車線逸脱の軽減効果を検討する予定である．

参考文献

1）先進安全自動車（ＡＳＶ）：２００８年８月３０日 http://www.mlit.go.jp/jidosha/anzen/01asv/index.htmlより引用