

小交差点での路上設置型装置による一時停止警告に対する運転挙動の実験分析*

An experimental analysis of drivers attitudes towards stop control warning by a road-side device at small junctions*

明 揚**・三谷 哲雄***・山中 英生****

By Yang MING**・Tetuo MITANI***・Hideo YAMANAKA****

1. はじめに

全交通事故の 27.0%を占める出会い頭事故は、地区内の小交差点で 70.1%が発生している¹⁾。その多くは一時停止不履行が原因²⁾とされている。

小交差点の事故については、主として事故の要因分析や対策の効果分析の研究が行われている。古屋ら²⁾は市町村道路同士交差点で発生する交通事故特性分析から対策メニューを提案している。木平ら³⁾は、無信号交差点の出会い頭事故の発生原因としてドライバーが優先・非優先を判断する交差点特性を分析し、優先関係の明確化が事故防止に効果的であるとしている。また、山中・三谷ら⁴⁾⁵⁾⁶⁾は、出会い頭事故の件数の異なる交差点で非優先側から進入する車両挙動を分析して、交差側道路の車両が発見できる位置（発見位置）で衝突を回避する停止が困難な車両（危険挙動車両）の割合が多いほど事故件数が多いことを明らかにした。

このことは、このような危険挙動車両を減少させることで事故防止につながることを示唆しており、小交差点で一時停止を怠る危険車両に対して一時停止支援を車載型自立システムの開発を検討している⁷⁾⁸⁾⁹⁾。この中で、ドライバーのブレーキ特性や警告感度の選択方式を取り入れた警告方式を開発して、公道運転挙動観測データに適用した結果、良好な警告効率を有することが明らかにしている。

しかしながら、車載型では装置の普及に事故防止効果は依存し、地点を絞った早期の事故抑制対策を考えるには、路上設置型施策の装置開発を進めることも必要といえる。ただし、路上設置の警告を行う場合、警告が多発すると、一般の道路環境に紛れて、警告を認識しなくな

る「慣れ」の現象が生じやすい。著者らは、無信号一時停止交差点で、路上装置からセンシングによって危険挙動車両を判別することで、なるべく無駄なく警告を発生するための警告アルゴリズムを分析している¹⁰⁾。

本研究は、道路反射鏡に付加する警告装置を用いて、非優先側の道路から進入する車両に対して、一時停止を怠る可能性のある車両を速度・距離センサーで検知し、進入車両に発光による警告を与える方式の開発を進めるため、反射鏡に設置した発光装置による警告、発光装置の配置、発光タイミングが、運転挙動や体感に与える影響を分析し、警告装置の設計方法に関する知見を得ることを目的としている。

具体的には、路外実験場で見通しの悪い小交差点を設置し、非優先車両および優先車両に対して、反射鏡に取り付けた LED 発光器による警告を与えた時に、運転車者の認知、運転挙動を把握する実験を行った。そして、走行サービス体験が繰り返されることに伴う反応の変化とともに、警告装置に対する利用者の意識を分析した。

2. 路上設置型一時停止警告システムの概要

本研究では、これまでの研究成果を踏まえて、図-1に示すような出会い頭事故防止シナリオを想定している。

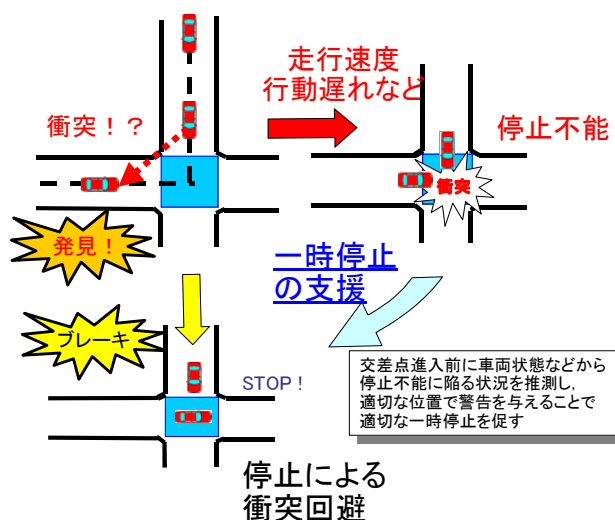


図-1 出合頭事故防止の考え方

*キーワード：地区交通、交通安全、ITS、信号無交差点

**学生員、工修、徳島大学大学院

(〒770-8506 徳島県徳島市南常3-2-1 T:088-656-7579,
F:088-656-7579, mingyang0219@yahoo.co.jp)

***正員、博(工)、流通科学大学情報学部

(〒651-2188 神戸市西区学園西町3-1 T:078-796-4401
F:078-794-3054, mitani@umds.ac.jp)

****正員、工博、徳島大学大学院STS研究部

(〒770-8506 徳島県徳島市南常3-2-1 T:088-656-7578,
F:088-656-7579 yamanaka@ce.tokushima-u.ac.jp)

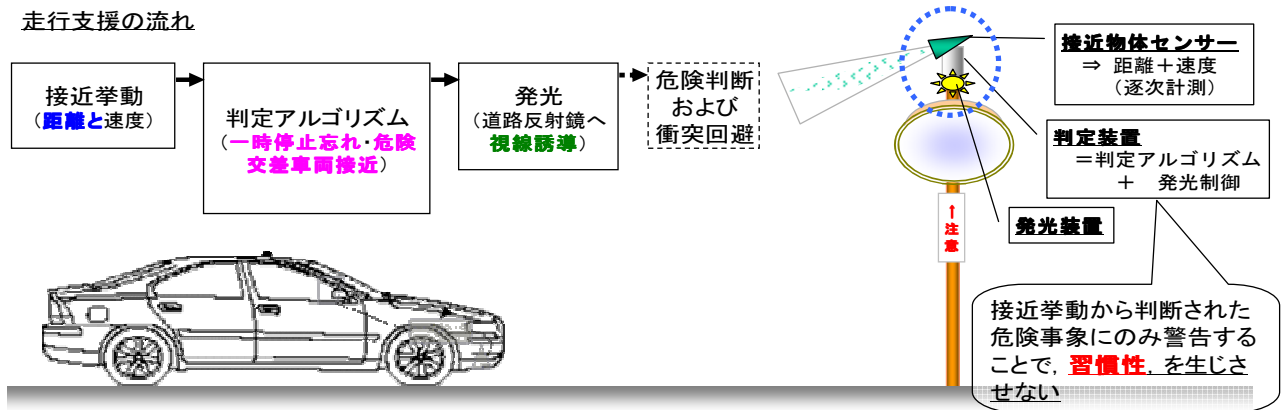


図-2 路上設置型一時停止警告システムのイメージ

すなわち、非優先側車両が一時停止を怠ることで出会い頭事故が発生すると想定し、非優先側の進入挙動の計測から、優先側交差車両が発見可能な位置で停止できない可能性を推定することで、危険車両を判定する。そして、そのような進入車が発生した場合のみ、警告を発生して事故防止を図るというものである。

本システムのイメージを図-2に示す。システムは非優先側の車両挙動を計測して、危険車両を発見する。このため、低コストのレーダ方式の距離・速度センサーと警告発光器を道路反射鏡に装着することで、小交差点での設置性の高い装置としている点が特徴である。レーダーセンサーで取得した非優先側車両の距離と速度を用いて、接近車両の危険性を事前に判定し、警告発光により道路反射鏡へドライバー視線を誘導する。これによって①路上設置した装置から警告を与えて、非優先側車両の一時停止を促す。さらに、この警告に加えて、②優先側車両に対しても、交差道路側に一時停止しない恐れのある危険挙動車両がいることを知らせる、ことにより、交差点進入車両の挙動改善を図り、事故を防ぐことを想定している。なお、非優先側車両のみに警告するのであれば、センサーと発光装置を一時停止標識に装着する方式が考えられる。こうした装置として、進入車両全てに発光警告を行うものが既に市販されている。これに対して、本研究では優先側車両からも見通せる反射鏡位置で警告発光を行うことで、優先側へも同時警告を可能とする方式を採用した。

発光装置はパトライト社製のLAS(超高輝度LED式小型グリル灯)のオレンジ色を用い、緊急警告をイメージさせるダブルフラッシュ発光としている。発光装置は、なるべくドライバー目線に近い位置にするため、反射鏡下端、路面から2.5m高に取り付けた。なお、実装用のレーダーセンサーについては計測安定性の面で改良が必要であったため、今回の実験ではレーダーセンサーを使用せずに、路上に設置した車両検知センサー(光電センサー)を用いて、進入車両の位置で発光する方式で、発光タイミングを変更する方法で実験を行った。

3. 路上設置型一時停止警告システムの体感実験

(1) 体感実験コース

実験場所は、積水樹脂株式会社(滋賀県蒲生郡竜王町鏡731-1)内の試験走行路を使用した。狭幅員(4.5m)の道路が交差する小交差点を想定し、試験走行路内に実験交差点を設営した。設営したコースを図-3と写真1-6に示す。三枝路交差点の片側車線を利用し、プラスチック段ボールパネルで見通しを制限して、4枝交差点に見せている。被験者は、矢印方向に進入する。実験は2008/03/04(火)～05(水)の2日間で実施した。

(2) 被験者と実験シナリオ

被験者は初心者成人8名、一般成人16名、65歳前後高齢者8名、75歳前後高齢者8名の48名である。

実験では「非優先側進入」と「優先側進入」の2種類のシナリオを設定した。非優先側進入シナリオは、非優先側から一時停止忘れなど、安全に一時停止できない状況で警告を受ける状態を想定した。このため、最初は一時停止等の指示は一切与えず、警告も発生しない状態で走行をさせた(警告無し走行)。次の進入時に警告発光を生じさせ警告初回体験時とする。この時も一時停止指示はせずに非優先であることも意識させていない。なお、初回体験時には警告無し走行時にはない、止まれ標識を掲示したが、標識に気がついた被験者はいなかった。

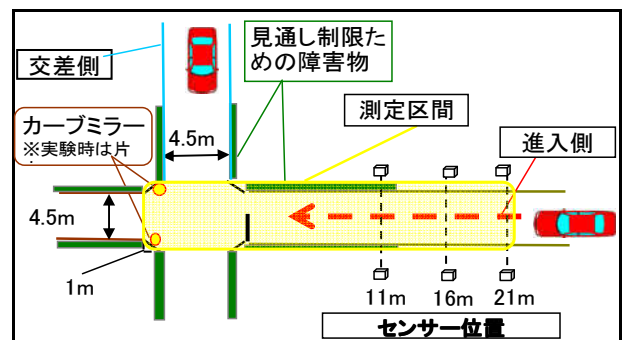


図-3 実験コース



写真-1 交差点風景



写真-2 進入側



写真-3 測定区間



写真-4 交差側



写真-5 発光装置



写真-6 車両検知装置

「優先側進入シナリオ」では、交差道路の非優先側の危険車両の進入により、優先側にも警告発光が生じた状況を想定した。このため、見通しのない非優先側から車両を接近させ、非優先時と異なり第1回走行前に停止が必要であると指示しておき、第2回の警告初回体験時に警告発光が生じる。交差車両を交差点手前約10mに待機させ、実験車とはほぼ同時に交差点に到達するようにした。具体的には、上記のような交差車両への発進指示タイミングになる進入車位置を事前に確認し、交差車両と進入車を見通せる土手上の監視者から、進入ごとに交差車両の運転者にスタートを合図した。ただし安全を考え、警告により交差車両は適切に一時停止したと想定し、交差車両は必ず交差点手前で停止するよう走行させている。

上記の2つのシナリオについて、計48ケースの実験を実施した。

(3) 警告なし走行・初回体験および2回目以降体験

上述のように、各被験者について、警告のない走行を最初に実施している。これを警告なし走行とする。実験コースを36km/hの速度を指示して走行させた、

次の走行が警告の初回体験となる。この実験では、非優先シナリオでは「見通しの悪い交差点」の意識、優先シナリオでは「停止不要の交差点」の意識で進入し、予備知識が無い状態で警告発光を体験している。警告装置がついたカーブミラーを認識したのか、警告の意味を正しく理解し対応できたかをヒアリングした。初回体験後に、サービスの仕組みと意図を説明した。

以後は、警告の意図を理解した上での警告体験をする状態であり、これについては2回目体験から4回目体験の3回（一部の被験者は日没のため1ないし2回）繰り返して実施している。被験者はすでに警告サービスの仕組みと意図が説明されていることから、装置の意図を認識しているユーザーとして行動を観測し、警告のタイミングや有効性に対する評価を得た。

(4) 警告タイミング

非優先車両の挙動を計測し、その危険性を判定して警告を発生することを想定しているため、警告発光が生じる位置は進入挙動によって変化することになる。今回は、速度・距離センサーが用いられなかったため、一定速度での進入を指示し、路上に設置した車両検知装置により警告を発生させる方法を用いて、発光時の車両位置が変化する実験を行った。

車載型装置による体感評価実験に関する既存研究¹¹⁾においては、警告時の速度 V 、その地点の交差点までの距離 X としたとき、タイミングや煩わしさの点で X/V （等速を維持した場合の交差点突入時間）が1.5～2.0

秒の間で、ドライバーは適切なタイミングと感知することが明らかになっている。このことを考慮して、進入速度を 36km/h に指示し、交差点突入時間が 1.0 秒、1.5 秒、2.0 秒の警告発生と想定した。なお、センサー検知から発光までのタイムラグが 0.1 秒程度が生じることから、36km/h で 0.1 秒分すなわち 1m 手前で車両をセンシングすることとした。そのため、11m (近い)、16m (中間)、21m (遠い) の 3 カ所で車両をセンシングして発光させた。なお、交差点突入時間については、警告発生まで 36km/h の指示速度が維持されたとしての想定値であり、交差点に近づくと 36km/h よりも減速する傾向が生じるため、上記の仮定よりも交差点突入時間は想定値より大きくなることは留意すべきである。表-1 に上記の実験条件と計測回数を示している。一部のサンプルについては日没のため観測できなかった。また、ミラーは図-3 に示すように左右 2 カ所に設置位置を変えて実験を行った。

表-1 実験走行回数

シナリオ	タイミング	警告無		初回		2回目		3回目		4回目	
		左	右	左	右	左	右	左	右	左	右
非優先	遠い	12	12	4	0	4	4	4	4	12	4
	中間			4	12	4	4	4	4	0	4
	近い			4	0	4	4	4	4	0	4
優先	遠い	12	12	4	0	2	4	3	4	9	4
	中間			4	12	4	4	2	4	0	4
	近い			4	0	3	4	4	4	0	4
	計	48		48		45		45		45	

左右はミラーの設置位置

左右はミラーの設置位置

(5) 挙動分析用のビデオモニター

今回の実験では、道路反射鏡からの警告発光に対して運転挙動への影響を把握する。このため、図-4 に示すように速度 (GPS および車速パルス)、加速度、アクセル・ブレーキペダル (A_1 と A_2) の踏み込み量、警告ライト (A_3) ON フラッグを 10ms 間隔でロギングし、3 台のビデオカメラ、映像 4 画面分割器で合成して録画した。

A 画面は、ドライバーの顔の向き、視線変化を示す、B は警告確認用の車両前方画像である、画面 C は車両位置補正用のための車両側方の映像を示している。画面 D でペダルと発光装置の ON-OFF が確認できる。



図-4 挙動分析用のビデオモニター

以上の計測装置を用いて、警告に反応したドライバーの挙動として、ライトの点滅から、視線誘導までに要する時間、アクセルオフまでに要する時間、ブレーキを踏むまでに要する時間を計測した。

4. 走行体感実験の分析結果

(1) 警告無し・警告体験走行の挙動比較

警告なし走行時、警告の初回体験時、装置の意味を理解した 2 回目以降の警告体験時の制動挙動を整理した結果を図-5 に示す。なお、制動・アクセルの挙動を判断できなかったケースは除いている。

非優先側の想定では、警告なし走行時は 22~35km/h の速度で進入していた。45%がブレーキをかけて減速しているが、停止した車両はなかった。初回警告において警告に気がついた (認知) 被験者でブレーキをかけた車両の率は 40%と「警告無し」と比して増加していないが、アクセルオフした被験者はやや増加している。また、気がつかなかった (非認知) 被験者では 30%がブレーキ、アクセルオフをあわせて 50%と気がついた被験者より低くなっている。2 回目、3 回目と制動・アクセルオフする率は上がっていることがわかる。完全に一時停止した車両は 2-4 回ともなかった。

警告のない練習時の制動もしくはアクセルオフの挙動を理論確率として、初回、2 回目、3 回目の挙動の比率をカイ 2 乗検定したところ、3 回目と初回非認知が有意差があり、他は差があるとは言えない結果であった。ただし、初回の非認知時を理論確率とすると、初回認知、2, 3, 4 回との有意な差と判断できる結果となった。警告無しの走行時は、走行方法について指示がないまま、初めての見通しの悪い交差点へ進入を促されたことで、むしろ警戒行動が生じたものと想定できる。

一方、優先側設定では、警告のなし走行では、制動した車両は 13%に過ぎなかったが、初回体験の警告認知時には 45%が制動し、アクセルオフしたケースを加えると

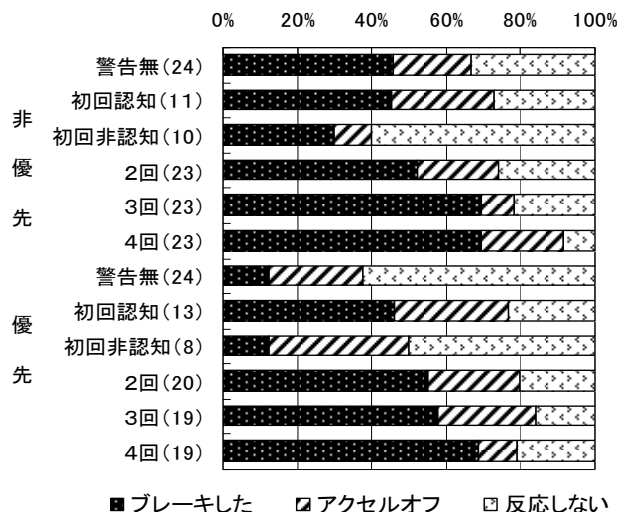


図-5 走行挙動の比較 () はサンプル数

77%に上っている．完全に一時停止した車両は見られなかった．

なお、警告無し時を理論値としたカイ 2 乗検定によると、初回警告認知時、2 回目、3 回目ともに有意差が見られた．優先シナリオの設定では、警告なし時ドライバーに一時停止不要であることを指示して走行しており、警告体験時の反応を見ると、注意忘れに近い状況での走行が発生し、発光警告を認知した人が反応して挙動が生じていると言える．

（２） 初回体験時の分析

そこで次に、初回体験時でのドライバーの認知と挙動を分析した．

a) 警告の認知

初回走行時に警告ライトの発光に気付いたかどうかの結果を図-6 に示す．ミラーの設置位置の左右については優位な差は見られなかった．優先走行時の方が気付いている割合が高い．理由としてライトの点滅に少しびっくりしたが、注意しようとする気持ちになった、交差する道から車が来ると思ったなどが挙げられている．非優先と優先それぞれでは気付かなかった人の割合は 50%、38%であるが、両側に警告をすると、どちらもが気づかない確率は 19%、 $(1.0 - 0.5 \times 0.38)$ で、優先側か非優先側のどちらかがライトの存在に気付く確率は約 80%になることになる．

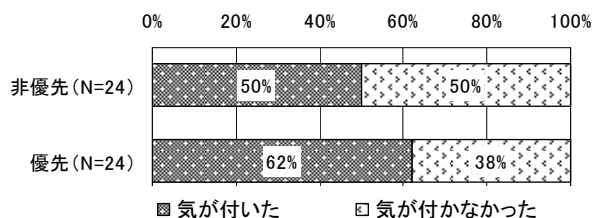


図-6 警告ライトの認知

b) 警告意味の理解

表-2 は、ライトの警告の意味の認識を確認するために、「ライトの発光が何を意味しているか」の質問に対する結果である．ライトの発光の意味を正しく理解出来ていたのは、ライトの発光に気付いた人に対して、非優先側では 25%、優先側では 67%であり、優先側でライトの意味を正しく理解できた人が多かった．少サンプルでの比率であることに留意する必要があるが、選択がランダムに生じるとの仮説での優先の反応は仮説を棄却できないが、優先の場合は 1%で棄却される結果となった．

今回、非優先側の警告は進入挙動の危険性に関係なく、車両位置の検知で発生するため、運転者は自身の運転の危険に対する認識が生じず、そのことがライトの意味を推測できなかった原因と考えられる．一方、優先側につ

表-2 警告ライトの理解度

	非優先	優先	総計
一時停止交差点があることへの注意喚起	3	0	3
交差車両が接近していることへの注意喚起	0	7	7
交差車両が飛び出してくることへの注意喚起	1	3	4
その他	2	2	4
総計	6	12	18
ライトの発光に気づいた人	12	15	27

いては、停止しなくてよいと考えながらの状態でもライトが発光し、かつ通過時に交差車両が確認できることから、危険性の状況を認知可能な体験をしていることが影響していると思われる．

c) 反応挙動と反応時間の分析

初回体験では警告に気づいたが 27 人、気づいていないが 21 人であった．「ライトの存在に気付いた」と回答したドライバーのうち、ライトを見た後にアクセルペダルから足を離したケースが 7 ケース、ブレーキペダルを踏んだケースが 3 ケース見られた．ペダルの計測に不具合のあった 4 人をのぞいた被験者 44 名中では、安全側に運転動作を行ったのは約 23%であった．

図-7 は警告を受けたドライバーの挙動の一例を示している．赤線が立ち上がった時刻が警告ライトの発光を示している．発行後 1.07 秒後にブレーキペダルを踏み込む動作をし、一時停止したことがわかる．

全初回ケースで同様に分析し、発行後に反応挙動を起こした場合について、発光のタイミング別に反応時間を整理した結果を表-3 に示す．対応が明らかな反応を計測できたのは警告認知者で 11 サンプルと少ないが、初回体験では交差点に近い位置 (11m 前) でライトが発光した場合は安全運転挙動に移れたのは 1 ケースと少なく、発光位置が中間 (16m 前) でライトの発光に気付いた後に反応を起こしたのが 8 ケースと多くなっている．

また表中には、警告非認知時のケースとともに、反応

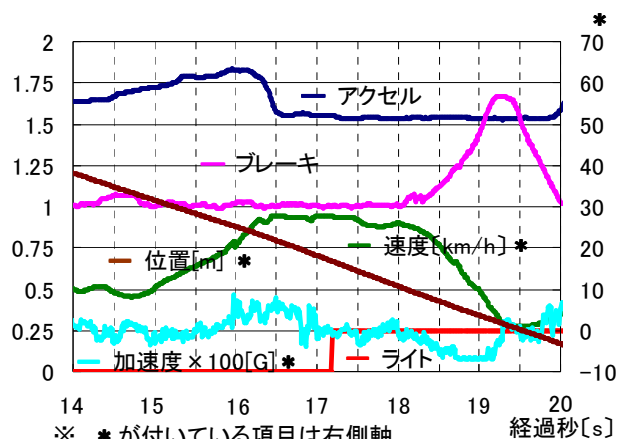


図-7 警告後の安全挙動の例

表－3 警告初回体験後の反応挙動時間

警告	タイミング	反応	ライトの点滅から視線誘導までに要した時間	ライトの点灯からアクセルオフまでに要した時間	ライトの点灯からブレーキを踏むまでに要した時間
認知	近	アクセルオフ	0.17	0.20	
	中	アクセルオフ	0.37	1.50	
	中	アクセルオフ	0.57	0.60	
	中	アクセルオフ	0.34	0.70	
	中	ブレーキ	0.47		1.37
	中	アクセルオフ	0.23	1.29	
	中	アクセルオフ	0.20	0.63	
	中	ブレーキ	0.27		0.81
	中	アクセルオフ	0.63	1.03	
	遠	ブレーキ	0.23		0.87
	遠	ブレーキ	0.23		1.37
非認知	集計 N=11	最大値	0.63	1.50	1.37
		最小値	0.17	0.20	0.81
		平均値	0.34	0.85	1.10
		中央値	0.27	0.70	1.12
		最大値	1.47	1.87	2.10
		最小値	0.27	0.53	1.33
非認知	集計 N=8	平均値	0.83	1.46	1.74
		中央値	0.27	0.70	1.12

非認知時は視線移動までの時間を示す。 単位：秒

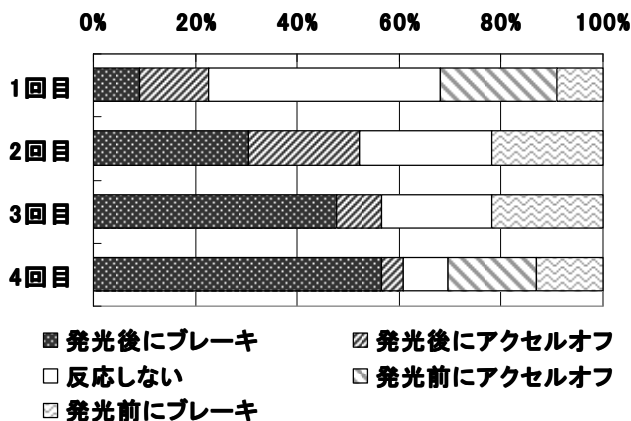
時間の代表値を集計している。このうちの平均値でみると、非認知時は認知時よりも全ての反応時間が長くなっており、差は統計的にも有意であった。非認知時は交差点接近による制動やアクセル挙動となっていると考えられ、警告と関係していないことが示唆される。なお、反応時間について、ライトの左右位置による違いを分析したが有意な差は見られなかった。

(3) 2回目以降体験時の反応挙動

次に体験を繰り返すことによる反応変化を分析した。

a) 体験の繰り返しによる反応挙動の変化

2回目以降体験で、警告後の挙動を集計した結果を図－8に示す。2回目以降では警告の意味を理解しているため、警告してもアクセルオフや制動しないケースは減少し、警告後に対応を行う割合が増えた。2回目に約50%、3回目に約55%、4回目に約60%が安全方向に反応している。この比率の差はすべて統計的に有意であった。また、アクセルオフだけの反応をする割合が減少し、ブレーキを踏むケースが多くなる特徴が見られた。



図－8 警告後の挙動

b) 反応時間の変化

表－4は警告後のドライバーの挙動までの反応時間を集計した結果である。2回目以降の走行では1回目の走行時より、ライトの点滅から視線移動まで時間が長くなっている。

全ケース平均に対して統計的に有意な差があったのは、1回目の視線誘導時間、ブレーキ時間であった。初回走行時は、発光に対して無意識に視線を動かしている者が見られたが、2回目以後は意識して、視線を動かす者が増えていた。また、初回に比べて、2回目以降の走行ではライトの点灯からブレーキを踏むまでに要する時間が小さくなっており、装置の存在と意味を知ることによって反応挙動が慣れてくる様子が見られる。

c) 車両速度、減速度の変化

一方、表－5は警告後の車両速度、減速度を集計した結果である。発光時の速度は、2回目・3回目の走行では一定で、4回目の走行のみやや高くなっている。また、警告後の平均減速度をみると、1・2回目走行では高く、ブレーキを踏んだケースは大半が急ブレーキをかけていることがわかるが、ライト警告の意味を理解した後は、ドライバーが円滑な反応をするようになり減速度が少なくなっている。

(4) 非優先側、優先側の反応挙動の変化

次に、初回体験後の繰り返しによる反応挙動の変化を、非優先側、優先側に分けて分析する。

表－4 警告後挙動までの反応時間

	1回目	2回目	3回目	4回目
ライトの点滅から視線誘導までに要した時間	0.34s	0.68s	0.56s	0.67s
サンプル数	10	25	27	29
ライトの点灯からアクセルオフまでに要した時間	0.85s	0.83s	0.66s	0.76s
サンプル数	7	10	6	3
ライトの点灯からブレーキを踏むまでに要した時間	1.1s	0.78s	0.77s	0.78s
サンプル数	3	15	21	26

表－5 警告後の車両挙動

	アクセルオフ挙動			サンプル数
	平均速度 km/h	平均減速加速 度 (G)	平均減速時 間 (s)	
1回目	28.25	0.03	1.49	7
2回目	28.98	0.06	2.33	10
3回目	26.51	0.04	0.66	6
4回目	34.87	0.09	1.64	3

	ブレーキを踏む挙動			サンプル数
	平均速度 km/h	平均減速加速 度 (G)	平均減速時 間 (s)	
1回目	25.36	0.21	2.14	3
2回目	27.64	0.30	3.15	15
3回目	27.32	0.13	3.95	21
4回目	31.60	0.18	2.79	26

a) 非優先側の反応挙動の変化

図-9 は 1 回目から 4 回目の警告体験時の非優先側のドライバー挙動の変化を整理した結果である。回数との関係が有意であったのは、ブレーキ、無反応の比率であった。警告を気づいて、警告後に安全な対応を行った走行は 1 回目に約 25% があり、反応しない走行は約 40% を占めていた。2 回目以降の走行では、警告後にブレーキをしたケースが増え、4 回目の走行では約 55% に達している。ブレーキした割合を加えると安全対策を行うドライバーとしては、非優先側では約 60% になる。それとともに、反応しないケースも減少している。

b) 優先側の反応挙動の変化

図-10 は優先側の警告に対する反応結果を示している。この場合も回数との関係が有意であったのは、ブレーキ、無反応の比率であった。警告を気づいても反応しない割合は 1 回目に約 45% あったが、2 回目以降の走行では 20% までに減少している。4 回目の走行では、アクセルオフとブレーキをしたケースが約 70% を占めた。アクセルオフしたケースでは、ブレーキしなかった挙動をわかった。

以上のように装置の意味を理解すると非優先側、優先側とも挙動の改善が見られるが、装置普及時期を考えると、初回の挙動をより改善することが必要と考えられる。

(5) 警告タイミングによる反応挙動

実験では交差点設定停止位置から 11 m (近い) 16 m (中間) 21 m (遠い) の 3 ケースのタイミングで警告を発生させているが、図-11 は全ケースの 2 から 4 回目での、タイミングによる反応挙動を示したものである。交差点に近い地点での警告では、警告後にブレーキまた

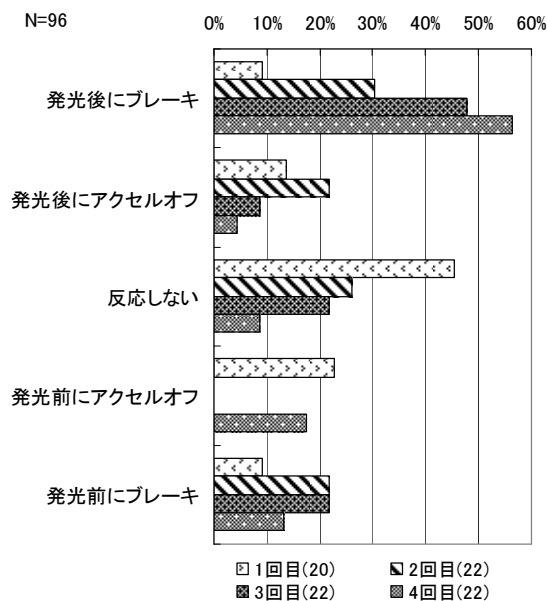


図-9 非優先側走行の警告への反応

はアクセルオフのケースが非優先で約 37%, 優先で 47% であるが、中間位置での警告になると、発光前に反応するケースが少なくなり、発光後に反応するケースの割合が非優先で約 63%, 優先で 76% となっている。遠い地点での警告では、警告前に反応するケースの割合が非優先で 65%, 優先で 79% となっている。

また、警告からドライバーが挙動するまでの反応時間を表-6 に示す。このように警告タイミングが交差点設定停止位置になるほど反応時間が短くなる。近い位置での警告では反応時間は短く、減速度が高くなる。中間と

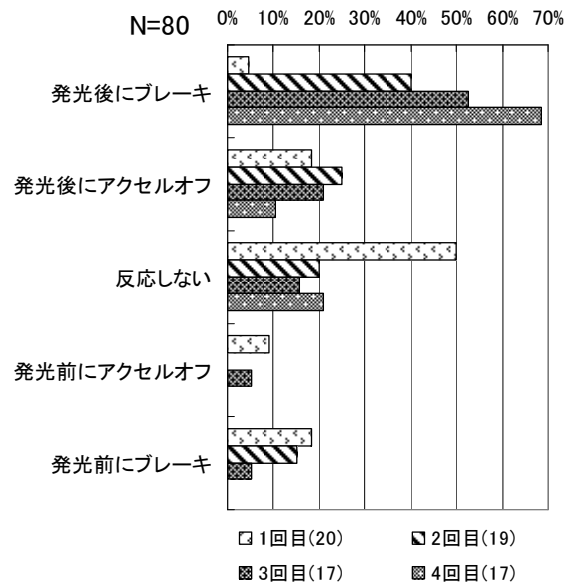


図-10 優先側走行の警告への反応

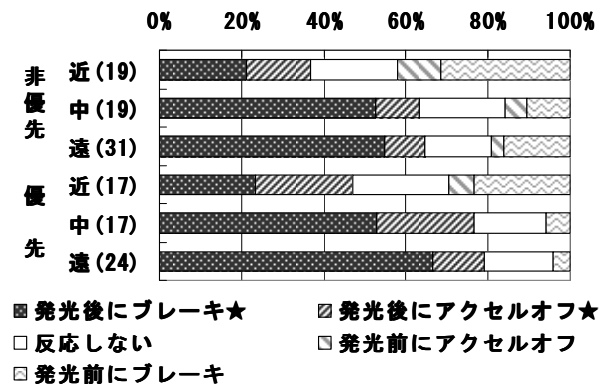


図-11 警告タイミングごとの反応挙動

表-6 警告タイミングごとの反応時間

タイミング	アクセルオフ挙動				
	視線誘導まで	アクセルオフまで	平均速度 km/h	平均減速加速度 G	平均減速時間 s
近	0.33	0.61	28.58	0.05	1.23
中	0.79	0.78	27.07	0.05	2.46
遠	1.19	0.87	32.65	0.08	2.16

タイミング	ブレーキを踏む挙動				
	視線誘導まで	踏むまでに所要時	平均速度 km/h	平均減速加速度 G	平均減速時間 s
近	0.37	0.55	28.31	0.18	2.48
中	0.60	0.75	27.65	0.13	3.68
遠	0.66	0.85	30.01	0.17	3.34

遠い位置での警告では、ブレーキを踏む場合が増加し、踏むまでの時間も長くなっている。

（６） 反応挙動に対する意識

警告後の反応挙動について、各回走行後に行ったアンケートの回答結果を図-12 に示す。ライトの発光後に「何も出来ずにそのまま走行した」という意見は装置の概要を理解することで、2回目以降では減少している。2回目以降の走行で、「周りをよく見た」、「ゆっくりブレーキをかけた」、「カーブミラーを見て交差する道の車を確認した」の意見も増加していることがわかる。これらは、実際の挙動とほぼ一致している。

５ 一時停止支援システムに対する評価

警告体感走行後に本システムについてのアンケートを行った結果から、システムの必要性、有効性評価について考察する。

（１） 警告に対する必要性

必要性に関する質問結果を図-13 に示す。非優先側走行を体験した被験者より優先走行を体験した被験者の方

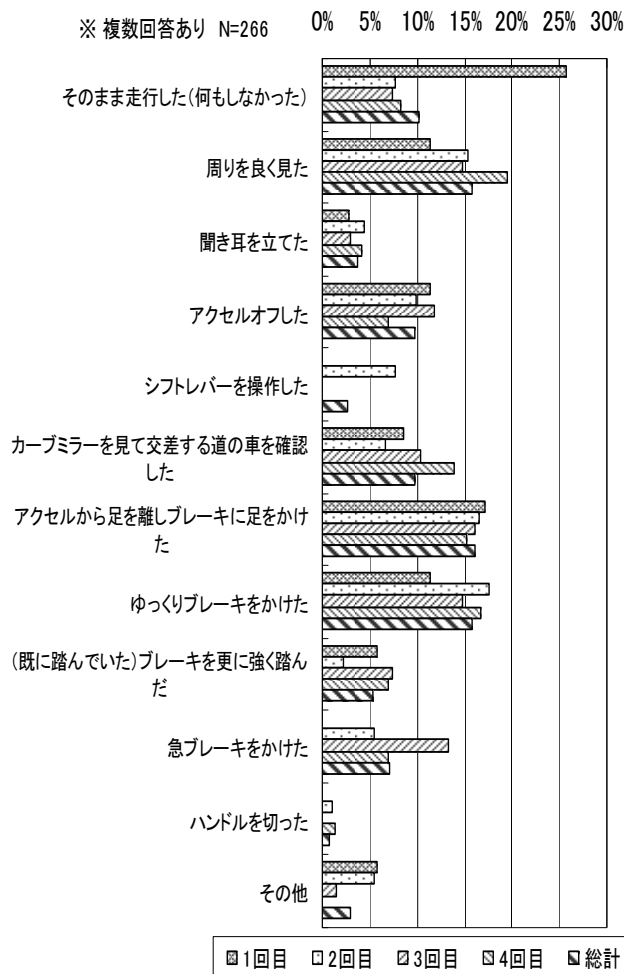


図-12 警告後の反応挙動に対する意識

が「必要である」割合が高い。また、走行を重ねるごとに「便利なので実際あればよいと思う」の意見の割合が高くなる傾向がある。また、「煩わしいので必要ない」としている割合は13%程度に留まっている。一方で、「かえって危険」という意見もあり、特に、警告が認知されなかった場合や警告の意味が分からなかった場合に見られた。

（２） 警告のわかりやすさ

全走行を体感した後に警告が分かりやすかったかを質問した結果を図-14 に示す。

どの走行状況においても分かりやすいとしている意見は多くなっている。理由としては、ライトが目につきやすく気づきやすかったという答えが多い。また、わかりにくい理由については、ライトの発光になれていないので、意味が分からないと思うという意見があった。当然のことながら、サービスの内容を事前理解していると、わかりやすさは増している。

（３） システムの有効性

図-15 は全体の走行後に警告システムが有効であったかを質問した結果である。図から明らかなように有効としている割合が8割を占めている。特に、非優先側を

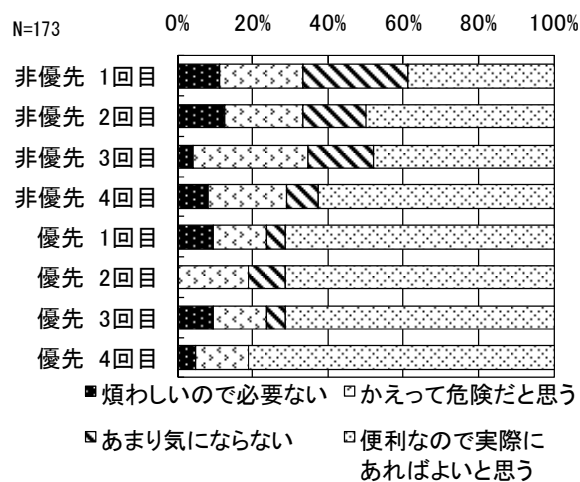


図-13 路上設置型走行支援システムの必要性

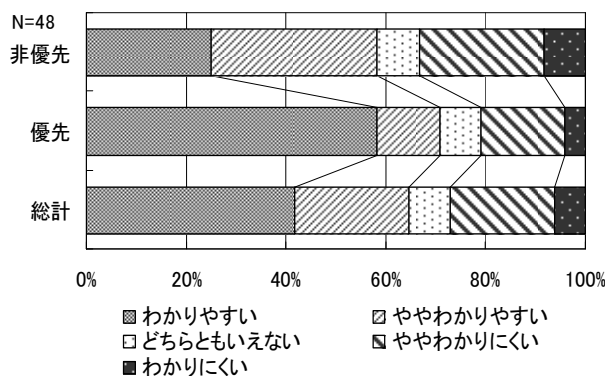


図-14 警告のわかりやすさ

走行経験したドライバーからは「有効でない」と意見が無かった。有効と思う理由として、見通しが悪い場面やうっかり、ぼんやり時の注意喚起・刺激になるといったことが挙げられていた。

(4) 警告の安全運転への有益性

ドライバーに安全運転に役立てることが出来たかを質問した回答結果を図-16 に示す。役に立ったとの意見が90%を占めている。

(5) 警告の改善案

交差点で停止するための警告と理解するために必要な改善をアンケートした結果を図-17 に示す。

今回の警告方が良いという意見は20%程度であった。多かった改善要望としては、ライトの光り方や一時停止の標識を光らせるなどであった。分かりやすい警告で、かつ何を意図しているかを明確にすることが望まれている。ライトを大きくする、ライトの色を変えるなどの意見も見られた。これは、初回体験時に警告に気付かなかった割合が高かったことに関係しており、警告意図が分からないということもこの結果と結びついている。他にライトの光るタイミングを変える、文字の表示を光らせる、ミラーの外枠を光らせるといった意見も見られた。

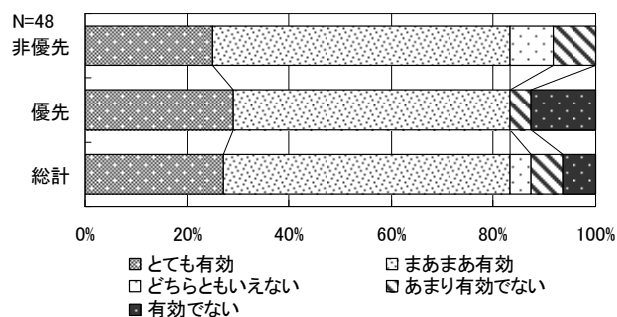


図-15 システムの有効性

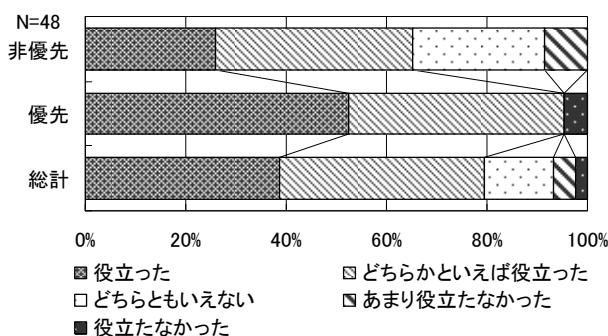


図-16 警告の有益性

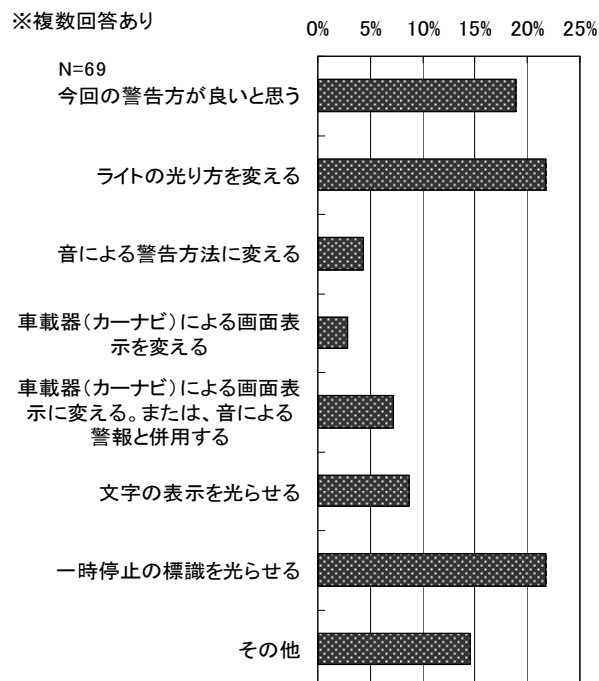


図-17 警告の改善案の指摘

5. おわりに

路上設置型の一時停止警告装置を使った体感走行の実験の結果、初回体験では、約半数の被験者が存在に気づくことがわかった。すなわち、非優先、優先両側に警告を行えば80%が気づくことになる。また、気付いた人のうち、半数が安全確認や速度、停止挙動を行なうが、この挙動を改善するには警告の意味を伝える工夫が必要と言える。ただし、非優先時の実験では、練習時の指示をしなかったことから自然に安全挙動が生じており、停止忘れ状況を再現できておらず、警告による効果が明確になっていない。

実験では、警告装置のついたミラーが交差点の奥で左右の2ケースを実験したが、初回体験で警告に気がついた割合は有意な差はなく、左右どちらのミラーでも同様の効果となると考えられる。

さらに、警告のタイミングについて、11 m、16 m、21 m手前でセンシングした場合についての挙動を分析したが、11 mのケースでは警告前にブレーキ、アクセルオフや反応しない率が高くなり、反応しても急ブレーキとなる状況が見られ、警告位置としては近すぎる事が判明した。21 mより手前の位置での警告について検討していないので、最適値は不明であるが、16 m、21 m手前での反応挙動には大きな差が見られなかったことから、この程度手前位置での警告は問題ないと示唆できる。

今後の課題としては、警告の意味を伝えるため、道路反射鏡からの警告を文字盤に変えることや、反射鏡の大型化、反射鏡への視線誘導を図る発光方式など、警告のメッセージ性を向上させることが必要と考えられる。

謝辞 本研究は土木学会「2007 年度 実践的 ITS に関する調査研究」の助成を受けて実施したものである。実験実施に当たっては、積水樹脂(株)、同社須藤氏の協力を得た。記して謝意を表したい。

参考文献

- 1) 警察庁統計: H19 年中の交通事故の発生状況
- 2) 古屋秀樹: 非幹線道路における交通事故発生の実態とその抑制に関する研究, 第 20 回交通工学研究発表会論文報告書 2000 年
- 3) 木平真: 無信号交差点における出合頭事故原因のアンケート調査による見当, 第 20 回交通工学研究発表会論文報告書 2000 年
- 4) 山中・入谷・三谷・日野: 無信号交差点における交通挙動分析に基づく出合頭事故防止 ITS の可能性分析, 土木計画学シンポジウム, Vol.pp.171-178 2001 年, 土木学会
- 5) Yamanaka, H. Mitani, T.: Analysis Of Vehicle Approaching Behavior To Small Junctions For The Development Of Advanced Intelligent Speed Adaption, IS05-3256(CD-ROM), 11th World Congress on ITS NAGOYA 2004
- 6) Yamanaka, H. Mitani, T.: Safety assessment for unsignalized small intersections using vehicle behavior video analysis of collision avoidance system, Journal of The Eastern Asia Society of Transportation Studies Vol.6 (CD-ROM), No.195, 2005
- 7) 三谷哲雄・山中英生: 無信号交差点における一時停止支援システムの警告判定法の開発, 第 5 回 ITS シンポジウム論文集, pp. 391-398, 2006 年 12 月, ITS Japan
- 8) Yamanaka, H. Mitani, T. and Ueda, M.: Warning Ting Algorithm For A Stop Sing Control Assistance Syatem At Small Junctions, 14th World Congress on ITS CD-ROM, No.3120
- 9) 三谷・山中・上田・須藤・鈴江: 無信号交差点一時停止支援システムの警告判定の評価分析, 第 6 回 ITS シンポジウム論文集(CD-ROM), No.O1-1, 2007 年 12 月, ITS Japan
- 10) 須藤晃成・秀浦光・鈴江宗大・三谷哲雄・山中英生: 小交差点における停止不能車両の路上からの判別を目的とした車両進入挙動分析, 土木計画学・論文集, Vol. 25, No3, pp. 775-782, 2008 年土木学会
- 11) 鈴江宗大・秀浦光・三谷哲雄・山中英生: 一時停止支援警告に対する走行体感評価実験, 第 27 回交通工学研究発表会論文報告集, pp. 13-16, 2007 年

小交差点での路上設置型装置による一時停止警告に対する運転挙動の実験分析

明 揚 **・三谷 哲雄 ***・山中 英生 ****

本論文では、無信号一時停止小交差点での出会い頭事故防止のための路上設置型警告システムの開発を目的として、路上から道路反射鏡に付加するセンサー付警告装置を想定し、交差点に進入する非優先車両と優先車両に対して、LED ライトで警告を与えた時の運転車者の認知、運転挙動を把握するため、路外での体感走行実験を実施した。初回体験では、約半数の被験者が警告に気づき、優先・非優先への警告であればどちらかが気づく確率は 80%となる。ドライバーが警告の意味を理解すると、減速に反応する率が増え、反応時間も短くなるなど、警告発光の意図する行動へ誘導できることが明らかになった。

An experimental analysis of drivers attitudes towards stop control warning by a road-side device at small junctions*

By Yang MING**・Tetuo MITANI***・Hideo YAMANAKA****

This study aims to develop a stop failure warning system from road-side for avoiding crossing accidents at small unsignalized junctions. A warning device will be attached to road reflecting mirror for giving warning to vehicle approaching junctions. Is this study, an experiment for analysis of drive's sense and driving behavior when the equipped giving warning to non-priority vehicle and priority vehicle. As of result, in the first experience of warning for each driver, about half of tester noticed the warning that means 80% of drivers will notice of it in case of warning to both non-priority and priority approaches. After the drivers comprehended warning meaning, ratio of braking reaction increases and reacting time was shorten. From the result, inducement on driver's action according to irradiance warnings will be realized.
