

# 多様なドライバー特性を考慮した一時停止支援ITSの警告アルゴリズム\*

Warning-Algorithm for Stop Sign Control ITS which Considered Braking Ability for Drivers \*

山中英生\*\*・ 秀浦光\*\*\*・ 三谷哲雄\*\*\*\*

By HideoYAMANAKA\*\*・ AkiraHIDEURA\*\*\*・ TetsuoMITANI\*\*\*\*

## 1. はじめに

地区内での交通事故は交差点とその付近に大半が生じている。出合頭事故の防止施策としてGPSとGISによる車載自立システムを用いて、規制速度超過に警告を与えたり、自動ブレーキを作動させるISA(Intelligent Speed Adaptation:知的速度適正化)が現実的な方策として注目されており、地区レベルでの交通安全対策としても注目されている。本研究は、地区交通安全向上に向けて、ITS(高度情報システム)の内、上記のISA方式に注目し、無信号交差点における出合頭事故低減のために一時停止を怠らうとしているドライバーに事前に警告を与えるシステムを想定して、わずらわしくない適切な警告時期の判定方法を検討するものである。本研究では、ドライバーの制動時の空走時間、ブレーキ加速度を測定し、この値を考慮することで偽警告率を減少させ、適正警告率を向上させる効果について検討した。

## 2. 観測実験

ドライバー挙動の調査は、東加古川地区の3地区34交差点を含む1周が約20分から30分の周回ルートを走行させる方法で行った。被験者には表-1に示す初心者3名、高齢者3名、主婦3名、プロ3名の計12名で、1人が3種類の指示された走行シナリオで各1回走行した。図-1に走行ルートを示す。

運転挙動を観測するために、デジタルビデオレコーダーおよびセーフティーレコーダー、高性能GPSを用い、さらにブレーキとアクセルの挙動観測のためにペダルセンサーとペダルカメラを用い、車両前方及び交差点の通

\*キーワード: 地区交通, 交通安全, 交差点, ITS  
\*\*正会員 工博 徳島大学工学部 教授  
(〒770-8506 徳島県徳島市南常三2-1  
TEL: 088-656-7578, FAX: 088-656-7579  
yamanaka@ce.tokushima-u.ac.jp)

\*\*\*学生会員 徳島大学先端技術科学教育部建設創造システム工学コース

\*\*\*\*正会員 流通科学大学情報学部(〒651-2188 神戸市西区学園西町3-1 Tetsuo\_Mitani@red.ums.ac.jp)

過位置を得るために計4台のCCDカメラを用いた。図-2に観測車両と観測に用いた装置、図-3にビデオ画像を示す。

表-1 被験者属性

	年齢	性別	免許取得年月	運転経験	利用頻度
初心者	20	男	H15.9	取得年から	週4~5回
	20	女	H15.8	取得年から	毎日
	23	女	H16.3	平成17年1月から	週1回
高齢者	57	女	S50.4	取得年から	毎日
	57	女	S45.7	取得年から	毎日
	68	男	S35.4	取得年から	毎日
主婦	40	女	S62.1	平成4年頃より	毎日
	37	女	S61.12	平成元年頃より	週4~5回
	30	女	H7.5	平成13年頃より	週1回
プロ	47	男	S55.4	取得年から	毎日
	57	男	S41.3	取得年から	毎日
	58	男	S38.8	取得年から	毎日

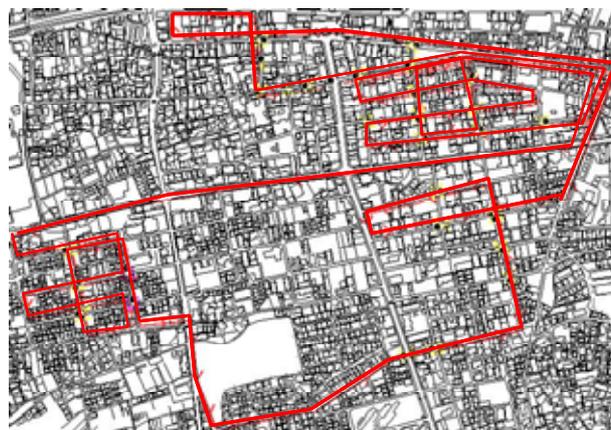


図-1 走行ルート



図-2 観測車両と実験装置



図 3 観測した車窓ビデオ画像

### 3. ドライバーの制動能力実験

交差点進入中の空走時間、ブレーキ加速度を、通常制動時と急制動時について実験により求めた。

急制動時の計測は、走行中に急停止させる簡易的な実験を行った。方法は、被験者に、「調査員から合図がありましたら、交差車両が飛び出してきたと思って急ブレーキで止まってください」と指示をし、車外で調査員が旗を上げて急停止させた。通常制動時は、走行中の任意の交差点手前で一時停止を指示して、交差点手前で停止させた。それぞれ被験者12名に対して3回から4回実施した。本研究では空走時間を式1に示すような要素からなるとして、ビデオに撮影したペダル操作をビデオ画像のビデオフレームカウンタから計測した。

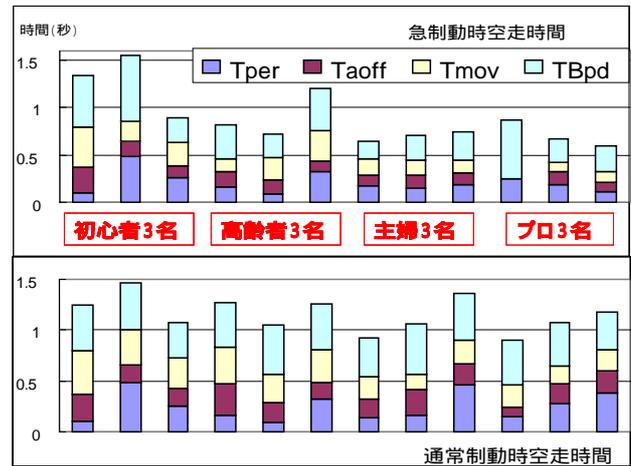
$$T_r = T_{per} + T_{Aoff} + T_{mov} + T_{Bpd} \quad (式1)$$

ここで  $T_r$  は空走時間、 $T_{per}$  は外的刺激を知覚してから拳動開始までの反応時間、 $T_{Aoff}$  はアクセルペダル踏み込みを戻す動作時間、 $T_{mov}$  はアクセルからブレーキ上への足を移動する動作時間、 $T_{Bpd}$  がブレーキを踏み込む動作時間である。

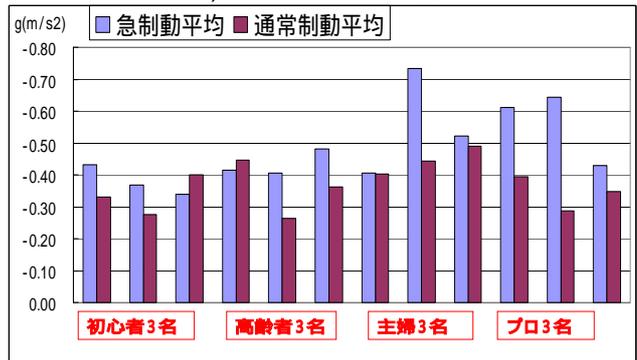
ブレーキ加速度は、急制動時及び通常制動時とも合図から停止までの車両拳動計測結果をもとに0.3秒間の移動平均値の最大値とした。図-4にドライバー別制動能力値を表-2に能力値の平均、分散を示す。この図から属性、個人において空走時間、ブレーキ加速度ともばらついていることがわかる。

表-2 ドライバー能力値の平均と分散

急制動時	$T_{per}$ (sec)	$T_{Aoff}$ (sec)	$T_{mov}$ (sec)	$T_{Bpd}$ (sec)	加速度 $g(m/s^2)$
平均	0.205	0.147	0.202	0.372	-0.48
分散	0.012	0.002	0.009	0.028	0.015
通常制動時	$T_{per}$	$T_{Aoff}$	$T_{mov}$	$T_{Bpd}$	加速度
平均	0.249	0.203	0.268	0.434	-0.37
分散	0.019	0.003	0.007	0.002	0.005



a) ドライバー別の空走時間



b) ドライバー別のブレーキ加速度

図-4 ドライバー別の制動能力値

### 4. 危険走行判別

図-5はある位置で危険を察知し、空走後に、急制動で停止するまでの時間と速度の関係を示している。発見位置を0秒として、その時の加速度を  $\alpha_0$ 、速度  $v_0$ 、空走時間  $t_r$ 、ブレーキ加速度  $\alpha_b$ 、としたとき停止までの距離は以下のような式で表せる。Yが発見後停止距離関数となる。

$$Y = v_0 \cdot t_r + \frac{1}{2} \cdot \alpha_0 \cdot t_r^2 - \frac{1}{2} \cdot \frac{(v_0 + \alpha_0 \cdot t_r)^2}{\alpha_b}$$

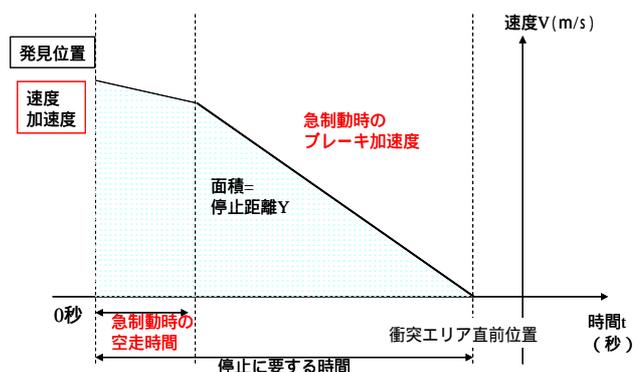


図-5 空走時間を考慮した制動行動による速度変化

図-6に示すように、相手車両を発見できる位置から衝突エリアまでの距離を発見距離とした。発見後停止距離Yが発見距離を越えると交差車両と衝突する可能性が生じるため、この場合を危険車両と判別することとした。

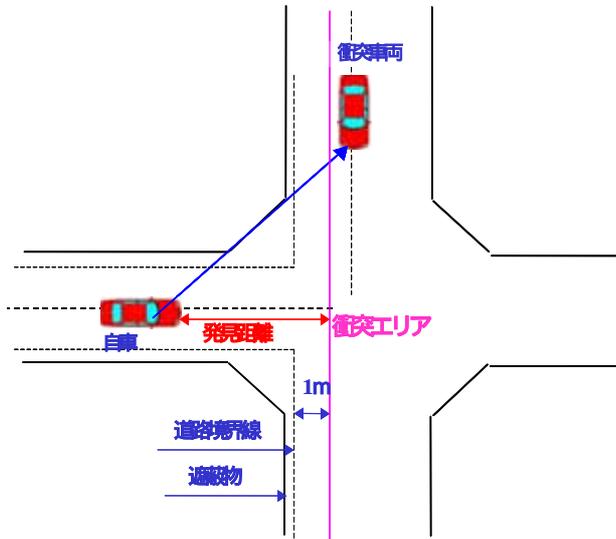


図-6 衝突エリアまでの距離

## 5. 警告判定アルゴリズムの開発

多様なドライバーに対応するためには、個々のドライバー能力に応じて判定することが必要となる。また、煩わしさ感を少なくするためには、個々のドライバーが個人の特性や選好にあわせて、警告のでやすさを調整できる仕組みが適切と考え、警告感度を調節する指標を提示して、個人の能力と選好を組み合わせることを想定した。この際、ドライバーにとって理解しやすい調節が可能な方式をとることが必要となる。そこで、警告を判定するための指標値として、加速度、距離、反応時間の3つの警告判定指標モデルを考案した。実際の装置では、個人能力は、車内テストや普段の走行状況、急制動テストなどからブレーキの制動力、空走時間を推定することを想定している。

### (1) 停止必要加速度モデル

判定地点において空走時間後に制動を始めたとして、衝突ラインで停止するために必要な一定加速度を算定し、この値が、ドライバーが設定した加速度を上回る場合に警告を発生する方式である。この警告判定を0.1秒ごとに行い、警告の有無を判断する。また、個人のブレーキ時の制動能力値を超える感度設定はできないこととする。

### (2) 停止位置余裕距離モデル

挙動情報から空走時間後にブレーキ開始したとして、交差点内の交差車両と接触する地点手前何mで停止可能か(停止位置余裕距離)を推定し、この値が、ドライバ

ーが設定した距離を下回ると警告を発生する方式である。この警告判定を0.1秒ごとに行い、警告の有無を判断する。また、余裕距離が0以下となる設定はできないこととする。

### (3) 停止必要反応時間モデル

判定地点において、衝突エリアでちょうど停止するために必要な減速行動を引き起こすまでの挙動を予測し、停止に必要な減速開始までの余裕時間を算定し、この値が、ドライバーが設定した余裕時間より下回った場合に警告を発生する方式である。この警告判定を0.1秒ごとに行い、警告の有無を判断する。また、個人の反応時間を下回するような感度設定はできないこととする。

### (4) 警告判定の評価

実際の車両挙動の観測データについて、1サンプル(1進入挙動)ごとの挙動結果から、交差点で安全に停止可能かを判定した(危険判定)結果と、上記の警告が事前に可能かを判定した結果をもとに、表-3に示す適正警告率、偽警告率を算定した。

表-3 適正警告と偽警告の定義

	警告が出る	警告が出ない
危険車両	A	×B
	適切な警告	警告もれ
安全車両	C	D
	偽警告	通常時
適正警告率 $A/(A+B)$		
偽警告率 $C/(C+D)$		

警告システムの評価にはROC曲線を用いた。これは縦軸に適正警告率、横軸に偽警告率をとり警告感度を变化させた時にできる曲線で、曲線下の面積の大きさで優劣の判定は判断されるもので、面積が大きいほど優れたアルゴリズムであるとする。適正警告の比率が高まると、事故を起こす可能性のある車両に対して警告を与え事故減少につながる。一方、偽警告が増えると利用者が煩わしさを感じるシステムとなり、あげくはシステムを信用なくなり、システムを停止させるといったことが生じることになる。

このため、危険車両に対する適正警告の発生率：適正警告率が高く、さらには利用者には煩わしさを感じさせないために安全走行に対する偽警告率が低いことを警告判定アルゴリズムの評価視点とした。そこで警告の利用

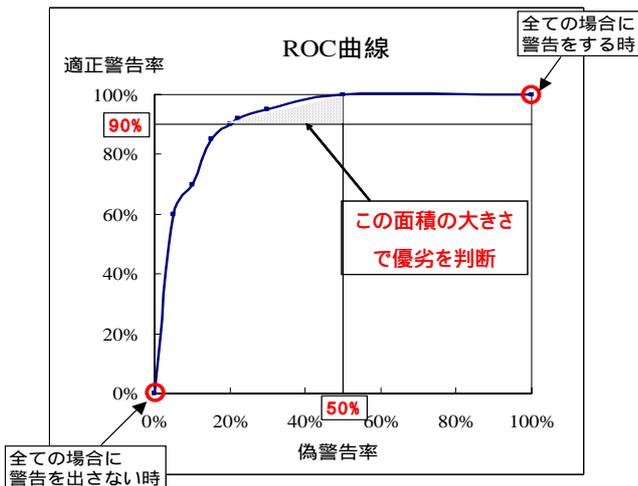


図 - 7 ROC 曲線分析方法

可能範囲での総合的な評価として、適正警告率は 90% 以上偽警告率は 50%以下の範囲の曲線下の面積で評価することにした。図 - 7 は ROC 曲線の分析方法を示す。

(5) ROC 分析結果

3 つの指標モデルのうち最も精度のよかった停止位置余裕距離モデルを用いて個人の能力値の考慮についてそれぞれ分析を行った。ここで、全て個人の能力値を考慮した場合を Case1、ブレーキ加速度が同値で反応時間が個人値の場合を Case2、ブレーキ加速度が個人値で反応時間が同値の場合を Case3、全員の能力値が同値の場合を Case4 として分析を行った。

図 - 8 に示すように個人能力値を考慮した Case 1 では、Case4 に比べて警告効率を示す ROC 指標の面積で比較すると、約 20%程度向上していることがわかった。また、それぞれのケースにおいて図 - 9 のように ROC 曲線の偽警告率が 20%の値 (5 回に 1 回偽警告ができる場合) で比較してみると、個人能力値を考慮する場合としない場合では、危険な車両に対して警告がでないという一番危険な状態の走行車両に対しての警告もれ率が半分に減少していることがわかった。

6. おわりに

現行の GPS を用いた場合の位置情報による誤差や、入手情報 (速度・加速度・能力値等) における誤差が生じた場合、その誤差がどの程度までであれば、今回得られた警告アルゴリズムが使用可能であるのかを検証する必要がある。また、今回得られた警告アルゴリズムを用いて、実走した場合、警告タイミングが適切であるかどうかや、より多様なドライバーや多様な交差点で、どの程度、警告アルゴリズムが使用可能であるかの検証も必要である。

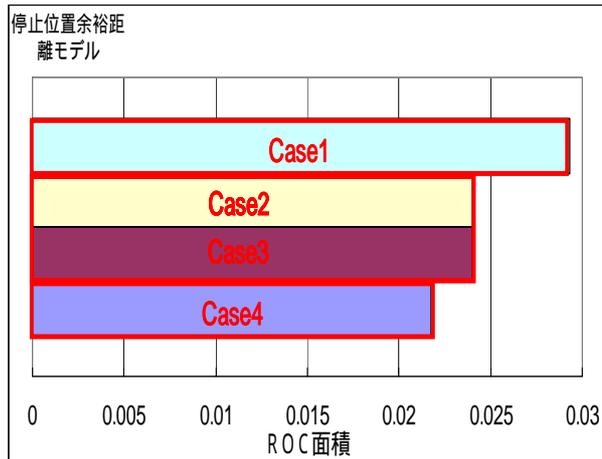


図 - 8 個人値考慮による ROC 面積の変化

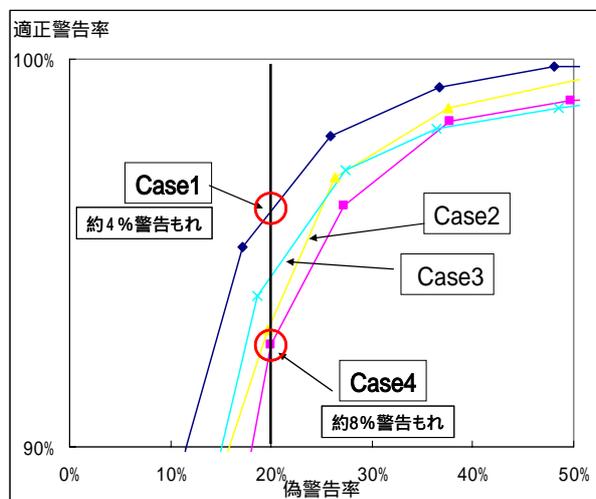


図 - 9 偽警告率 20%での適正警告率

謝辞：本研究は国土交通省委託による土木学会「実践的 ITS 研究小委員会」での研究成果を研究員である筆者らがとりまとめたものである。協力を得た各位に謝意を表す。

参考文献

山中, 河津, 三谷：無信号交差点における一時停止支援 ITS の警告アルゴリズムの研究 土木計画学研究・講演集, Vol.31, 2005