

## ⑤ 路車間通信システムを対象とした自動制動の作動タイミングに関する研究

自動車安全研究領域  
芝浦工業大学

※廣瀬 敏也  
澤田 東一

田中 信壽

児島 亨

田中 良知

波多野 忠

### 1. はじめに

本研究は、交通事故死者数の多い見通しの悪い交差点の出会い頭事故について、その対策の一つと考えられる路車間通信システムを用いた事故回避に関する検討である。検討内容は、システムの警報提示および自動ブレーキの作動タイミングとドライバの受容性に関する評価である。ここでは、ドライバの制動タイミングに干渉しない警報・自動ブレーキの作動タイミングを得ることを目指す。なお、実験は実車およびドライビングシミュレータ(以下DS : Driving Simulator)を用いて行った。

### 2. 実験方法

図1に実験において想定した見通しの悪い交差点を示し、ここでは車両Aが制動を怠り、車両Bに衝突する出会い頭事故を想定した。図中のTTC(Time To Collision)は、車両Aが交差点内に進入する際に停止線に到達するまでの時間を示す。まず、実路における実車実験により車両Aのドライバの交差点進入時の制動タイミングとTTCの関係を分析する。この結果をもとにドライバの制動タイミングに干渉しない領域を推定し、システムの警報提示および自動ブレーキの作動タイミングについて検討する。さらにDS上に路車間通信システムを構築し、出会い頭事故を再現した際に警報・自動制動を与え、事故回避への効果とドライバの受容性への影響を評価する。

### 3. 実車実験

実験では、見通しの悪い交差点を走行した際のド

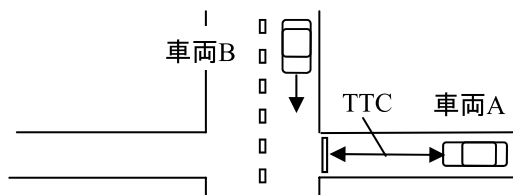


図1 想定した出会い頭事故

ライバの制動タイミングとTTCの関係を分析する。被験者は20代～60代の男女27人であり、普段通りに運転するように指示し、交差点にて一時停止を行い左折または右折を行うよう指示した。計測項目は(1)時間[s], (2)車速[km/h], (3)ブレーキストローク[mm], (4)白線から制動開始地点までの距離とする。

### 3・1 実車実験の結果

図2に実車実験の結果を示す。最も頻度の多いTTCは4.5s～5.0sであり、さらに最も小さいTTCは2.5s～3.0sであった。これより、実験を行った交差点では、ドライバはTTC2.5s以下で制動を開始することが少なく、システムの自動ブレーキをこの領域で作動させれば、ドライバの操作に干渉しないものと考えられる。よって、DSによる路車間通信システムの実験では、警報・自動ブレーキのタイミングをTTC2.5sをもとに検討を行った。また、更なる効果の拡大についても検討を行うために、DSによる実験ではTTC2.5sより長いTTCについても設定した。

### 4. 警報・自動制動のタイミングの選定

#### 4・1 DSによる評価実験

実車実験において、ドライバの制動開始時における車両速度の平均値は32.9km/hであり、TTCの平均

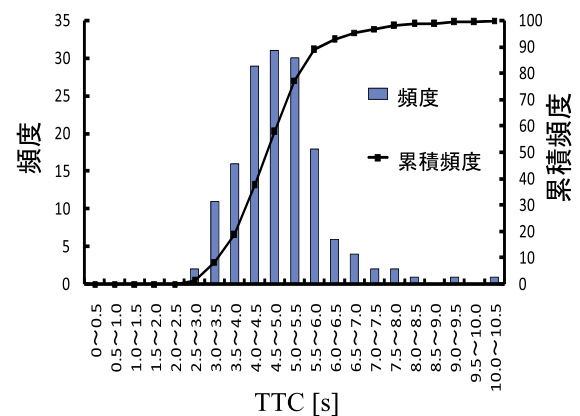


図2 見通しの悪い交差点に進入時のTTC

値は4.91sであった。この結果より、DSによる路車間通信システムの実験では、自車両の走行速度は30km/hとし、警報・自動制動の作動タイミングは表1に示すものを用いた。

DSによる評価実験では、見通しの悪い交差点を走行時に他の車両が交差点に進入し、出会い頭事故となる場合を想定した。被験者は、システムの警報および自動ブレーキのタイミングについて評価を行う。評価は、走行実験を行った後に被験者が主観的評価を行い、その結果を解析する。

表1 警報と自動ブレーキのタイミング

警報(s)	TTC					
	2.5	2.75	3.5	5.0	6.5	8
自動ブレーキ (s)	1.7	2.3	2.9	4.1	5.3	6.5
(減速度[m/s <sup>2</sup> ])	(3.2)	(2.5)	(1.6)	(0.9)	(0.7)	(0.6)

#### 4・2 実験結果と考察

図3、図4は、システムの警報および自動ブレーキの作動タイミングに関する主観的評価の結果である。評価は、通常運転時のドライバの制動タイミングとシステムの作動タイミングを被験者が比較した結果である(1:早すぎる~5:遅すぎる)。これより、ドライバの通常運転時のブレーキ操作にもっとも近い作動タイミングは、図3、4の評価値3であり、その際のTTCの値は、警報でTTC5.0s、自動ブレーキでTTC4.1sである。これは、上記のTTCより大きい値ではドライバのブレーキ操作に干渉することを示している。ドライバのブレーキ操作に干渉しない領域を警報および自動ブレーキの作動タイミングとすると、作動タイミングは上記のTTCより小さい値となる。ここで図2の結果を見てみると、TTC3.0s~3.5sでは90%の人がすでにブレーキを踏んでいることがわかり、例えば警報のタイミングを3.5s以下にすれば90%のドライバのブレーキ操作に干渉しないことになる。

本システムの自動ブレーキは、ドライバに警報を与えた後に作動するものである。ここでは、自動ブレーキは警報後にドライバの反応時間0.8sが経過した時点で作動するものとした。この反応時間は、国土交通省が定めている衝突被害軽減ブレーキの技術指針によるものである。よって、警報の作動タイミングTTC3.5sをもとに検討すると、自動ブレーキの作動タイミングはTTC2.7s以下となる。表1のDSによる評価実験において、TTC2.7s以下となる実験条

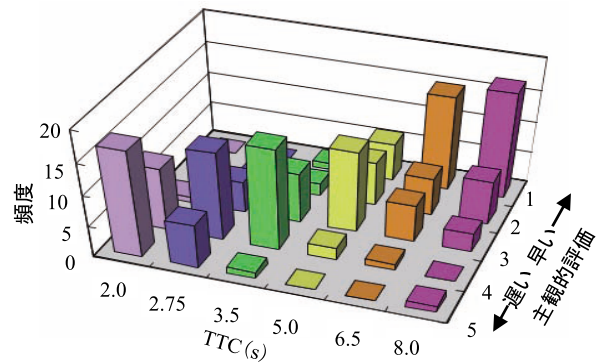


図3 警報のタイミングに関する評価

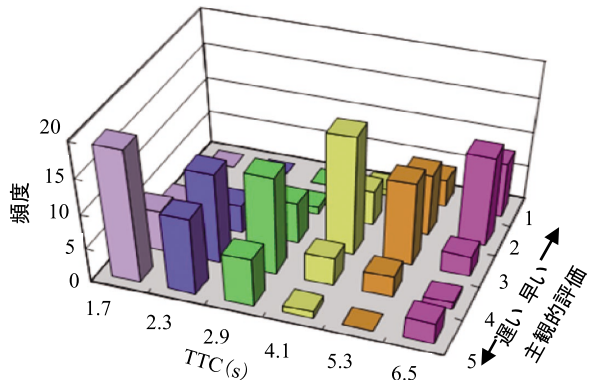


図4 自動ブレーキのタイミングに関する評価

件は、TTC2.3sである。図4において、TTC2.3sの作動タイミングは遅すぎると判断するドライバが多いことから、システムの作動タイミングはドライバのブレーキ操作に干渉しないことがわかる。また、図2に示す実車実験も同様の結果となっている。

TTC2.3sは、走行速度を30km/hとして交差点の停止線までに車両を停止させるには、減速度3.6m/s<sup>2</sup>以上でブレーキ操作を行う必要がある。例えば、被害軽減ブレーキでは5.0m/s<sup>2</sup>の減速度を用いて制動することになっているが、この減速度を用いると走行速度40km/hまで車両を停止させることができる。

#### 5. 結論

本研究は、見通しの悪い交差点における出会い頭事故を対象とし、路車間通信システムを用いた警報提示および自動ブレーキのタイミングについて検討した。その結果、次のことが明らかになった。

- (1) 警報の作動タイミングは、速度30km/hにおいて交差点に対するTTCを3.5s以下にするとドライバのブレーキ操作に干渉する割合は小さい。
- (2) 自動ブレーキの作動タイミングは、TTCを2.3s以下にするとドライバのブレーキ操作に干渉せず、交差点の停止線までに車両を停止させることができる。