

# 後退発進時におけるドライバの運転行動に関する調査研究

## 1. 背景と目的

米国から提案された ERBA (Extended Range Backing Aids : 拡張距離後方障害物警報システム) は、より速い速度での後退時における障害物検出及び警報呈示を目指したものであるが、日本では未だなじみが薄い状況にある。このため、ERBA の標準化検討を行う上で欧米国での使用環境、期待される効果、センサ技術の調査、後退時におけるドライバ行動調査が必要と考えられる。

平成14年度は、新しいセンサ技術の動向を、ERBA を含む新標準化テーマのシステム動作要件の策定に活用することを目的とし、ERBA システムの開発動向、ERBA が有効な駐車パターン、駐車場での進入/退出形態の実態調査、ERBA 以外の新しい運転支援システムの開発動向、新しいセンサデバイスに関する技術調査を行った。

平成15年度は、日本国内において一般的なドライバが行う後退挙動に関する基礎的なデータ収集を図ることを目的とし、テストコース上に再現した後退場面对して、複数ドライバの後退直進挙動及び後退駐車挙動を調査した。具体的には、後退直進時における平均速度、障害物出現時における車両停止位置、視認行動、障害物出現時における衝突余裕時間 (Time to Collision; TTC)、障害物認知位置等を解析した。これらの調査結果を基に、標準化が進む ERBA システムの警報呈示基準や検知範囲基準の妥当性を検討した。

## 2. 実施内容

### 2.1 実車走行実験による後退時のドライバ行動調査

図1に示す後退場面を設定し、通常の後退速度にて目的の駐車スポットへ後退駐車するよう教示する。以下に示す障害物出現/非出現の合計7走行をランダムに行う。障害物出現の場合には、実験車両後方から障害物までの距離が約5mとなった地点で、障害物が実験車両後方に存在しているよう、障害物を飛び出させる。また、予め障害物を車両後方に据置き、安全に停止するために警報の呈示を得たいと感じる極限の地点を評価させる。

- ・ 被験者：30～60歳代の、女性9名/男性11名

- ・ 障害物非出現：障害

物出現位置から、5m (1走行), 10m (2走行), 20m (2走行) の位置からスタート

- ・ 障害物出現 (20mスタートのみ)：警報なし (1走行)、警報あり (1走行)

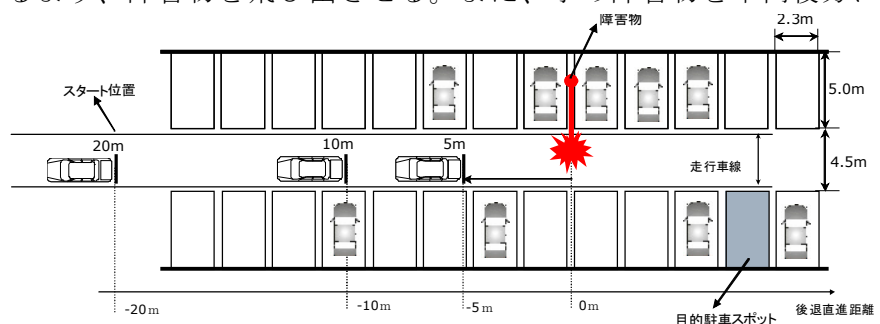


図1. 後退場面

## 3. 得られた成果

### 3.1 後退直進時の平均速度

- ・ 後方障害物に衝突した被験者の後退速度の平均値は定常状態で 1.9m/s (図2)、衝突しなかった被験者の場合には同じ条件で 1.1m/s であり (図3)、顕著な差が観測された。

- ・ 後退直進時の速度が大きい場合には、後方障害物へ衝突する危険性が増加し、逆に速度が小さい場合には衝突を回避できる可能性が高いと判断できる。

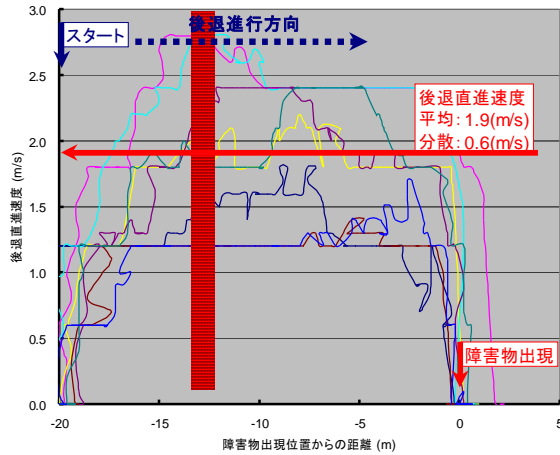


図 2. 後退直進速度と後退距離(衝突被験者)

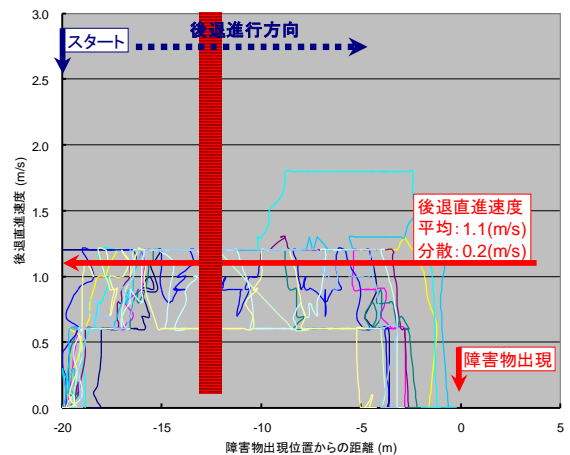


図 3. 後退直進速度と後退距離(非衝突被験者)

### 3.2 障害物出現時の停止距離

- ・ 停止距離は、障害物を認知し停止した際の、車両後端から障害物までの距離と定義する。
- ・ 後退直進速度が大きいため衝突の危険性が高いと考えられる被験者に対しても、警報呈示が停止距離を安全側にシフトさせる効果は高かった。
- ・ 警報呈示なしで障害物手前で停止できた被験者も、より早い地点で警報呈示を望む。
- ・ 今回の実験において設定した警報呈示タイミング(車両後方 5m の地点で警報呈示)と、ドライバが望む警報タイミングはほぼ等しいと判断される。

### 3.3 障害物出現時の衝突余裕時間 (Time to collision: TTC)

- ・ TTC は、障害物を認知しブレーキ操作を開始した時点で、障害物までの残り距離を後退直進速度で除した値とする。
- ・ TTC で 1.2s~1.4s の範囲が、衝突/非衝突の境界値となる (図 4)。
- ・ 後退直進速度が大きく、障害物との衝突危険性の高いと判断されたドライバが望む TTC は、ブレーキ操作時点で約 1.7s である (図 5)。

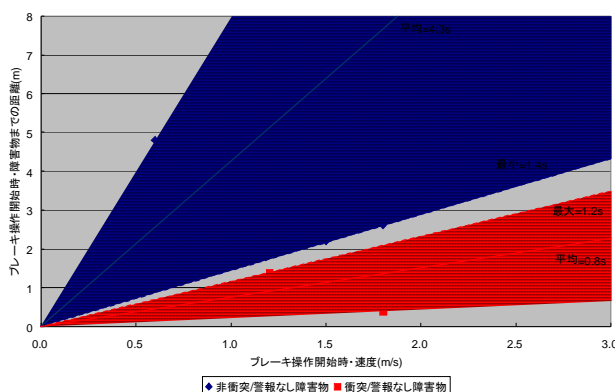


図 4. 警報非呈示の場合の TTC

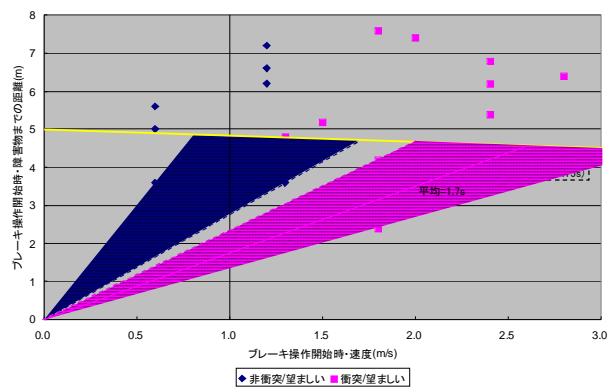


図 5. 望ましい警報呈示タイミングでの TTC

### 3.4 警報呈示からブレーキ操作開始までの反応時間

- ・ 警報呈示時には速やかにブレーキ操作を開始するよう教示を行ったが、ほぼ全ての被験者が平均値で 0.5s の間にブレーキ操作を開始した (図 6)。

### 3.5 障害物の走路への進入からブレーキ操作開始までの反応時間

- ・ 障害物に衝突した被験者は概ねこの反応時間が顕著に長く、後方障害物の認知までに多くの時間を要することが理解できる (図 7)。

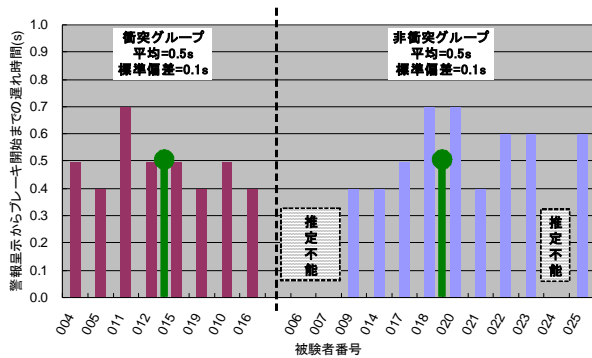


図 6. 警報呈示からブレーキ操作開始までの反応時間

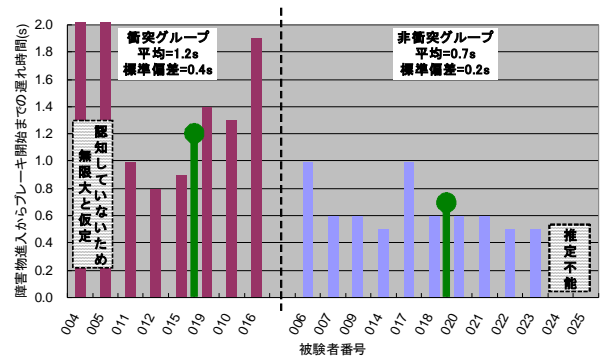


図 7. 障害物進入からブレーキ操作開始までの反応時間

### 3.6 後退時の視認位置及び視認時間

- ・ 後退直進時は、主に後方を直接視認するグループと、主にドアミラーを見る被験者に大別される。それぞれ、車両後方、ドアミラーを長時間見続ける傾向がある。
- ・ 後退駐車時は、後退直進時と比較して後方を直接視認する割合が極端に低下し、全体としてドアミラーを見る傾向が大きくなる。

### 3.7 障害物認知位置 (認知角度)

- ・ 認知角度は、障害物を縦方向及び横方向のどの位置で認知したか、を示す指標とし、図 8 に示すように、実験車両後方、横方向 X、縦方向 Y の距離で障害物を認知した場合、認知角度  $\alpha$  を  $\tan \alpha = X/Y$  と定義する。
- ・ 衝突を回避した被験者であっても認知角度が小さい被験者数はわずかであり、多くの被験者は認知角度が大きい。衝突回避に成功した場合であっても、後方障害物の認知が遅れる傾向がある (図 9)。

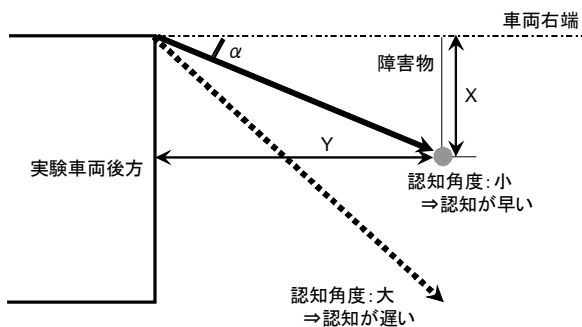


図 8. 後退時の視認位置及び視認時間

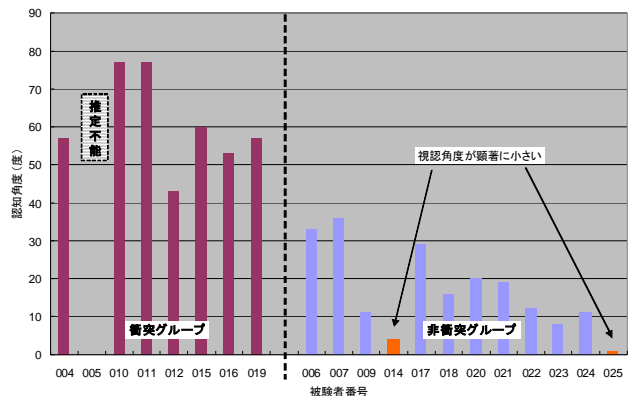
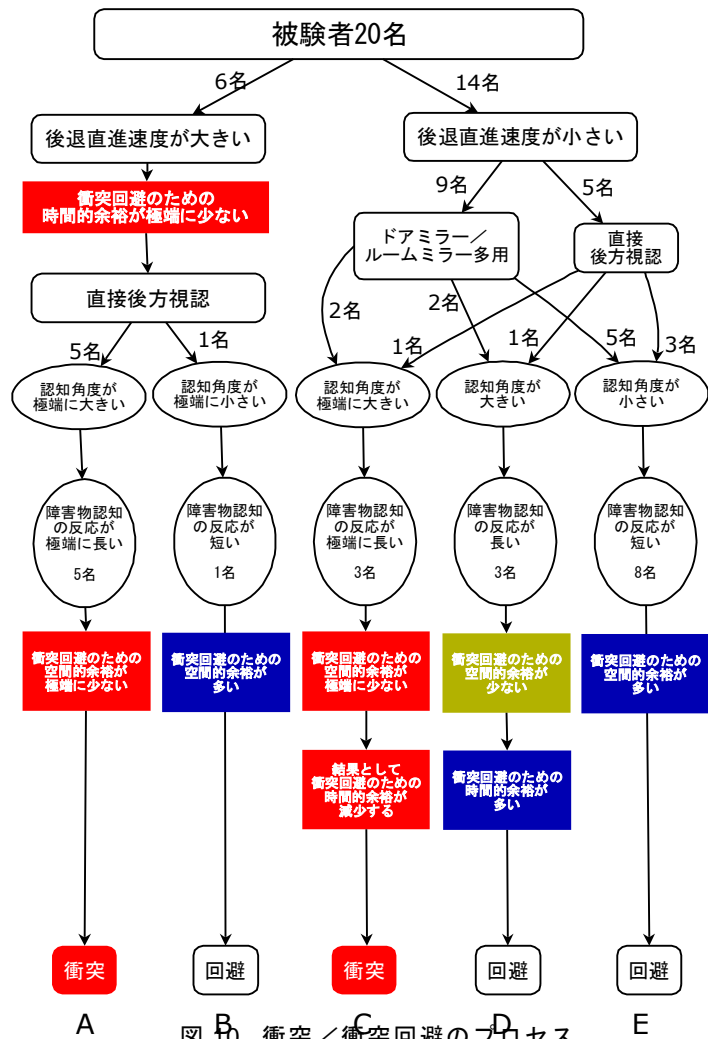


図 9. 障害物認知位置 (認知角度)

#### 4. 本実験結果に基づく考察

##### 4.1 衝突／衝突回避のプロセス

少なくとも今回の実験結果からは、後方障害物との衝突あるいは衝突回避のプロセスは、図 10 に示すように A～D までの 5 パターンに分類できる。これらのパターンをまとめると、後方障害物との衝突は、「衝突回避のための時間的余裕」と、「衝突回避のための空間的余裕」が顕著に減少することにより生じる。したがって、時間的余裕を確保するためには、TTC 等に代表される障害物までの距離と後退速度に基づいた警報、空間的余裕を確保するためには、後方バックソナーやビデオカメラ等による後方視認性の確保が望まれる。



##### 4.2 検知基準範囲の妥当性

ERBA 国際標準ドラフトに規定されている、後退速度の検知範囲基準 (3m/s 以下の車両)、及び車両後方障害物に対する検知範囲基準 (車両後方 5m) に関しては、少なくとも今回の実験結果からは妥当であると判断できる。これは、本実験においては後退速度が 3m/s を超える被験者は存在しなかったこと、被験者が望ましいと感じる警報呈示タイミングと、本実験で行った警報呈示タイミング (車両後方 5m) での停止距離がほぼ等しかったことによるものである。

##### 4.3 TTC に基づく警報呈示タイミング

TTC に基づく望ましい警報呈示基準は、少なくとも今回の意実験結果からは、障害物との衝突前 1.8s～2.2s 程度が望ましいと判断された。非衝突／衝突の TTC 境界値が平均で 1.3s、衝突した被験者が望む警報タイミングでの TTC 平均値が 1.7s であるという結果を基に、これらの値に警報に対する反応時間 0.5s を加算し、警報呈示基準を算出した。

#### 5. 研究成果の利用

本研究の成果は、ISO/TC204/WG14 の国内審議を担当する走行制御分科会、およびその下部組織である ERBA サブワーキングに提出され、ERBA の標準化活動に利用する。