

18 補助ブレーキ等の作動に伴う制動灯の自動点灯条件に 関する基礎調査

自動車安全研究領域 関根 道昭 森田 和元 成 波 岡田 竹雄 益子 仁一

1. はじめに

自動車道の交通量が増加すると運転に伴うドライバの心理的な負荷も大きくなる。ドライバが車線変更や減速などの運転意図を他の車両に対して適切に伝達することは、交通流を円滑にし、安全運転を確保する観点から必要なことである。現在、方向指示器や制動灯などの信号灯火が利用されているが、不適切な信号提示は危険を伴う可能性があり、周辺のドライバへ不快な印象を与える恐れがある。ドライバにとって受容性の高い車々間信号の提示法を明らかにするためには、ドライバの認知心理に基づく解析が不可欠である。従って、ドライバの認知特性をモデル化して検討を行うことにより、安全性を確保しつつドライバに受容性の高い車々間信号のあり方について明らかにすることを目的とする。

車々間信号の代表的なものに制動灯がある。制動灯の点灯は、先行車のドライバの意図を後続車に伝え、後続車のドライバの注意を喚起する重要な手段の一つとなる。しかし、必要以上に頻繁な点灯は煩わしく、逆に安全運転の妨げとなる。場合によってはドライバ間のトラブルを引き起こすこともある。これは、ドライバの心理面の検討が十分に行われていないためである。

どの程度の補助ブレーキの減速度に対応して、制動灯を点灯させるかについては、国際的にも未解明の検討課題となっており、国連欧州経済委員会世界基準調和フォーラム（ECE・WP29）の下部WG（GRRF, GRE）においても検討されている。同様に車間距離を感知し、自車速度の自動調整を行うACC（Adaptive Cruise Control）などのシステムにおいても制動灯の点灯が検討されているが、同様の問題を含んでいる。

そこで筆者らは車両の運動特性やドライバの認知特性を総合的に分析し、適切な制動灯の点灯条件について研究を進めている。以上のような問題意識に

基づき、制動灯の自動点灯におけるこれまでの経緯と現状の実態に関して日本自動車工業会の協力を仰ぎヒアリング及びアンケートによる調査を行った。今回はその調査結果の概略を紹介する。

2. 制動灯自動点灯の経緯（補助ブレーキの場合）

平成初頭、トラック、バスなどにおいて容量が大きい補助ブレーキが導入されるようになったため、運輸省（当時）は補助ブレーキ作動に伴う制動灯の点灯を検討した。これを受け、日本自動車研究所に検討委員会が設置され、走行実験が行われた。平成3年12月、報告書「リターダ作動時のランプ点灯に関する研究」が提出された¹⁾。この中で減速度 2.2 m/s^2 を超える範囲はリターダ作動表示が必要で、これ以下の範囲で点灯しても安全上は差し支えなく、むしろ望ましいと結論された。そのため平成5年に保安基準が改訂された際、上記に相当する内容が盛り込まれた。

日本自動車工業会ではこの基準を遵守するとともに、排気ブレーキ、各種リターダなどの減速度 2.2 m/s^2 の閾値以下の補助ブレーキ作動時にも制動灯を点灯させることを自主対応として実施した。ところが高速道路における排気ブレーキによる点灯は、後続ドライバの精神的負担を増加させ、サービスエリアにおける口論や傷害事件が起きるほどの事態に発展した。この事態を受け、日本自動車工業会では雑誌²⁾、ラジオ等のメディアによる啓蒙活動（図1）も行ったが、その効果は乏しかった。

その後、平成11年3月に報告書「リターダ作動時の制動灯に関する安全性の研究」が提出された³⁾。これは、日本自動車工業会が日本自動車研究所に委託し、リターダ作動時の制動灯点灯の問題点を指摘したもので、制動灯の頻繁な点灯が煩わしいことをアンケート調査や走行実験などにより証明した。この報告を受けて日本自動車工業会では 2.2 m/s^2 の



図1 制動灯に関する広告の例

閾値以下においては制動灯の点灯を取りやめるようになった。

3. 制動灯の自動点灯の現状

現在、新しく生産される補助ブレーキ搭載車両については、装置の作動とともに必ずしも制動灯が自動的に点灯する仕様となっていない。メーカーごとに異なる方法が採用されており、その実態が不明である。そこで、2003年10月の時点において生産中の車両に多く搭載されている補助ブレーキの種類と、それらの作動中の減速度についてアンケート調査を行った。また、近年新しく登場しているACCについても、減速制御を行う場合の方法と、その時の減速度および制動灯点灯の有無について調査した。

3.1 補助ブレーキについて

まず、補助ブレーキについて、国内の自動車メーカー6社が現在生産しているトラック、バスのうち補助ブレーキ装置の作動による減速度がもっとも大きい車両について、その車両が搭載している装置の種類を調べた。トラック、バスごとに大型、中型、小型として分類を行ったが、分類方法はメーカーごとに異なるため、一概に比較することは難しい。ここでは当方が指定したこれらの分類に対して各メーカーから回答があった結果をそのまま紹介する。図2はトラック、バスの機種ごとに補助ブレーキ装置の搭載件数を累積した結果である。メーカーによっては生産していない機種もあるため、グラフの下にその機種

■排気ブレーキ ▨圧縮開放式ブレーキ
□その他リターダ(電磁式、永久磁石式、流体式など)

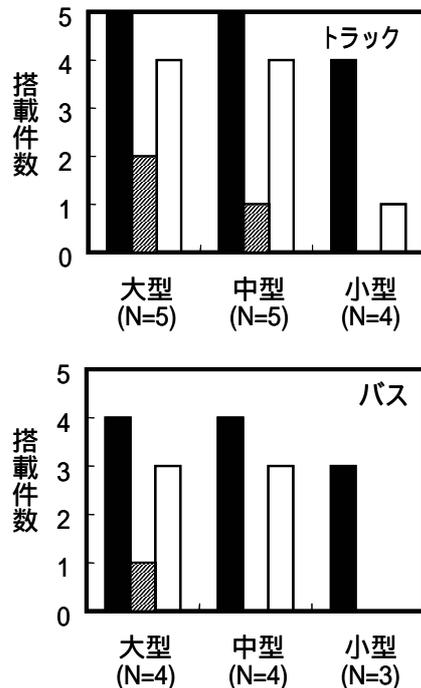


図2 トラック、バスにおける補助ブレーキの搭載状況

について回答のあったメーカーの数(N)を示した。より大きい減速効果を得るために1台の車両に複数の装置が併用されているケースもあったが、ここでは装置ごとに分解して加算した。

トラック、バスのいずれも、排気ブレーキの搭載件数が最も多かった。排気ブレーキは減速の原理や装置の構造が比較的単純で、しかも得られる減速効果が大きいため採用されるケースが多いと思われる。排気ブレーキ以外の補助ブレーキはそれぞれ装置の規模や機構が異なるため、各車両の構造に合わせて様々な装置が採用されていると思われる。また、小型車両については、排気ブレーキ以外の装置が搭載されるケースが少ないこともわかった。小型車両はもともとそれほど大きい制動力を必要としないものと思われる。

次にトラック、バスの各機種について最大減速度を調査した結果を図3、図4に示す。各メーカーが現在生産中の車両の中でもっとも減速度が大きい車両のトータル減速度を調査した。いずれの車両においても積車時より空車時の制動力が大きいため、それぞれについて回答を求めた。

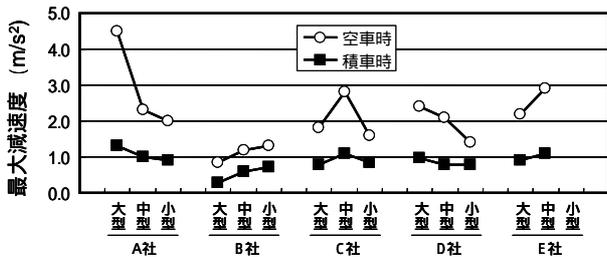


図3 各社トラックの各機種における最大減速度

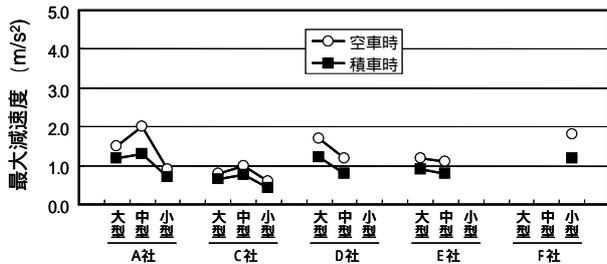


図4 各社バスの各機種における最大減速度

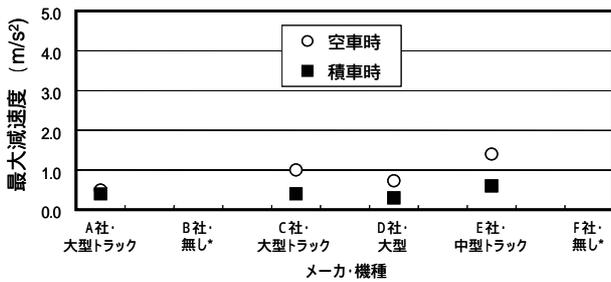


図5 各社において制動灯が自動点灯する減速度が最も小さい車両の機種とその最大減速度

*「無し」は補助ブレーキの作動により制動灯の自動点灯を行っていない場合

積車時の減速度は、メーカーによらずトラック、バスのいずれも 1.0 m/s^2 前後であった。トラックはバスよりも空車時と積車時の重量比が大きいため減速度の差が大きく、しかも空車時のトラックの減速度はメーカーによるばらつきが大きかった。現在の保安基準は、減速度 2.2 m/s^2 の制動力を発揮する補助ブレーキ装置が作動する場合は、制動灯の点灯を義務づけている。従って、最大減速度がこの閾値を超える機種については、装置の作動に連動して制動灯が点灯しているものと推測される。しかし、空車時に閾値を超える機種であっても、積車時には閾値を大きく下回るケースがあるため、実際には減速度が小さい場合にも制動灯が点灯している状

況が予想される。

減速度が小さい車両において制動灯が頻繁に点灯することが、後続ドライバーにとって煩わしさを与えている可能性があるため、図3、図4の調査とは別に、補助ブレーキの作動により制動灯が自動点灯する車種の中で、補助ブレーキによる最大減速度がもっとも“小さい”機種における最大減速度を調査した(図5)。6社中4社の車両では、最大減速時でも減速度は 1.0 m/s^2 前後であり、この場合でも制動灯が点灯する状況にあることがわかった。残りの2社(B社、F社)は補助ブレーキによる制動灯の自動点灯を行っていないと回答したが、図3、図4の結果と併せて推測すると、これらのメーカーが生産する車両はいずれも、補助ブレーキによるトータル減速度が最大の場合にも閾値を超えることがないため、もともと制動灯の自動点灯機構を組み込む必要がないと推測される。

3.2 ACCについて

補助ブレーキと同様に、近年開発が進んでいるACCについても減速方法と減速度、および制動灯の点灯状況を調査した。その結果を図6、図7に示した。メーカーによっては複数の車種における個別の回答が得られた。ACCはまだ搭載車両の数が多くないため、今回は結果をメーカーごとには分類せず、車両ごとに並列した。また、乗用車とトラック、バスでは減速制御に利用する装置が大きく異なったため図を別々に作成した。

ACCの作動に伴う減速制御は、ほとんどの車両において段階的な制御が行われている。減速の第1段階としてスロットルバルブがOFFとなり、比較的弱い減速が発生する。この段階では乗用車とトラック、バスで制御方法に大きい違いはない。しかし、第1段階の制御で減速力が足りない場合、第2、第3段階の減速制御が行われる。このとき乗用車ではおもに主ブレーキが利用されるのに対し、トラック、バスでは補助ブレーキが用いられる。乗用車の減速制御は、ほとんどの車両において第2段階までである。例外的に車両Eは主ブレーキの前にシフトダウンが行われる。また、車両Gだけは最初から主ブレーキのみを用いると回答されている。主ブレーキを用いる場合は、制動力は任意にコントロールできるため、減速制御範囲の回答まで求めた。図中の誤差線は制御範囲を示しており、範囲の中心のシンボル

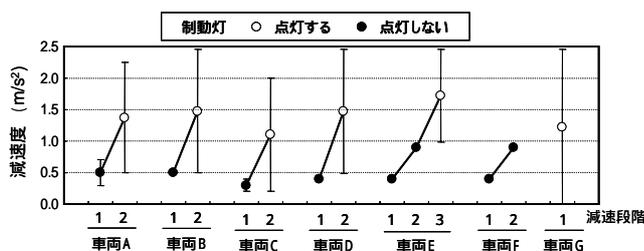


図6 乗用車のACCにおける減速段階とその減速度

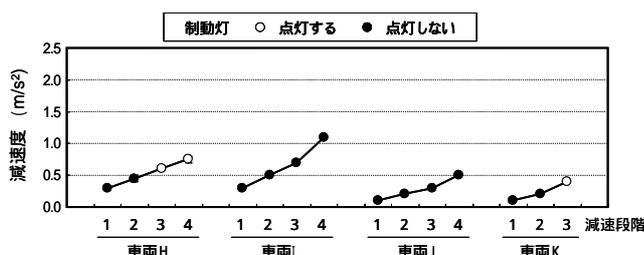


図7 トラック・バスのACCにおける減速段階とその減速度

は中央値を示している。一方、スロットル制御やシフトダウン制御での減速は成行きであり、坂路や乗車状況等で変化するため、一つの値を求めることが難しい。ここでは、一般的な条件下での最大値を念頭に示した（一部、範囲の回答をいただいたものもある）。すべての車両において、減速度の上限は 2.45 m/s^2 以下となっているが、これは自動車技術指針における「ブレーキ併用式車間距離制御機能付き定速走行装置の技術指針」の3項による規定に従ったものである⁴⁾。

また、この図の中では、黒丸（非点灯）と白丸（点灯）により制動灯の点灯の有無を示した。ほとんどの車両において、第1段階のスロットルバルブOFFでは制動灯は非点灯であり、第2段階では制動灯が点灯している。これも前述の技術指針の6項において「主制動装置作動中は、制動灯が点灯すること」と明記されていることから、制動灯の点灯が遵守されているものと考えられる。

トラック、バスは減速制御の第2段階以降を補助ブレーキの作動により行っている（図7）。減速度が小さい装置から大きい装置を順番に組合せることにより段階的に大きい制動力を発生させている。4車両中2車両（H車、K車）において、後半の減速段階で制動灯を点灯させている。しかし、すべての車

両において最大減速度は 2.2 m/s^2 を下回っているため、補助ブレーキによる制動灯の点灯は義務づけられていない。そのため、H車とK車は自主対応として制動灯を点灯させていることになる。

4. まとめと今後の課題

補助ブレーキとACCにおける減速制御と減速度を調査し、それらに応じた制動灯の自動点灯の現状を調べた。その結果、トラックの場合、車両の積載量に応じて減速度が大きく変化するため、基準の 2.2 m/s^2 よりも小さい減速度において制動灯が点灯している状況が推測された。また、ACCの場合も、比較的小さい減速度において制動灯が点灯している状況にあることがわかった。

今後は以上の調査結果に基づき、研究所内のシミュレータによる走行実験を行う予定である。実際の車両において観測しうる減速度や制動灯の点灯を再現する以外に、実際にはあり得ない点灯方法を模擬することにより、それらがどの程度煩わしいか、どういった場合に有効かを実験的に調べる予定である。また、ドライバーにおける制動灯の認知様式は、車速や車間距離に応じて変化することが予想されるため、この様子をモデル化する目標を持っている。このモデルに基づき、ドライバーにとって有効で、しかも煩わしさを感じさせにくい点灯方法を明らかにしようとしているところである。

5. 謝辞

今回の調査を進めるにあたり、日本自動車工業会ブレーキ分科会の全面的な協力を得ました。ここに記して感謝の意を表します。

6. 参考文献

- (1) 日本自動車研究所「リターダ作動時のランプ点灯に関する研究」、平成3年12月
- (2) 日本自動車工業会「制動灯に関する広告」、週刊ポスト、小学館、平成6年8月5日
- (3) 日本自動車研究所「リターダ作動時の制動灯に関する安全性の研究」、平成11年3月
- (4) 国土交通省自動車交通局監修「自動車検査安全環境関係通達集」交文社、平成13年5月