

# 冷間始動時のブレーキ効力の低下について

自動車安全研究領域 波多野 忠 柳澤 治茂 松島 和男 成 波 山元 克毅

## 1. まえがき

ブレーキ性能評価のための急制動試験は、初速度が中高速からのものが多く、また、自動車アセスメントのブレーキ性能試験でも初速度 100km/h の試験を実施している。一方、低速度からの緩制動時のブレーキ性能は、エンジン始動直後の冷氣状態にある時と、連続運転中でエンジンやホイールブレーキ部品が暖機状態にある時とでは、中高速時と比較して、ブレーキ効力が大きく変化するという傾向が見られる。この原因としては、排気ガス規制に適合させるためにエンジン冷氣時にアイドル回転数を上昇させている等 ISC 関連のエンジンコントロール制御に関する問題もあるが、過去の車両に比べドライバの操作快適性向上のためにブレーキ効力が大きくなっているため、小さいブレーキ効力の変化も、ドライバにとっては大きく変化したものと感じとられ易いためと考えられる。

また、ブレーキ効力が大きいことは、ブレーキペダル踏力が小さくても車両に大きな減速度が発生する。このことに慣れると、緊急時に強く踏み込めない原因になる可能性がある。ここで何らかの影響でブレーキ効力が低下し、さらにドライバが適切な処理を行わなかった場合には衝突事故の可能性も考えられる。

そこで、ドライバの主観評価を含めたブレーキ性能を評価する前段階として、ブレーキ性能の機械的な特性を評価するために、エンジン始動時直後の冷氣状態と連続運転中での暖機状態(以下エンジン暖機時という)及び、エアコンプレッサの作動・非作動で、どの程度の変化が見られるか、台上試験機を用いた制動試験を実施し比較検討を行った。

## 2. 試験方法

表 1 試験車両の主要諸元

種 別		A	B
		軽自動車	軽自動車
試験時荷重 (kN)	前軸	5.84	4.93
	後軸	3.62	3.39
エンジン吸気方式		インタークーラー付き スーパーチャージャー	自然吸気
トランスミッション形式		自動変速機(CVT)	自動変速機
ブレーキ形式	前軸	ディスクブレーキ	ディスクブレーキ
	後軸	ドラムブレーキ	ドラムブレーキ
ABS装置		有り	無し



図 1 1軸式台上試験機

表 2 試験条件

No.	エンジン水温 の温度状況	ディスクブレーキの 温度状況	エアコンプレッサ	初速度(km/h)	ブレーキサーボ負圧
1-1	暖	暖	非作動	50	有
1-2	暖	暖	作動	50	有
1-3	暖	暖	非作動	50	無
1-4	冷	冷	非作動	50	有
2-1	暖	暖	非作動	5~10	有
2-2	暖	暖	作動	5~10	有
2-3	冷	冷	非作動	5~10	有

試験車両は、エンジン冷氣時やエアコンプレッサの作動時のアイドル回転数の上昇が大きい傾向にある軽自動車 2 台を使用した。主要諸元を表 1 に示す。台上試験機は、図 1 のような機械式慣性装置を持っている一軸式のブレーキ試験機である。これを用いて試験車の前軸を載せて自走させ制動試験を実施した。試験車両の等価慣性質量は 600kg とした。

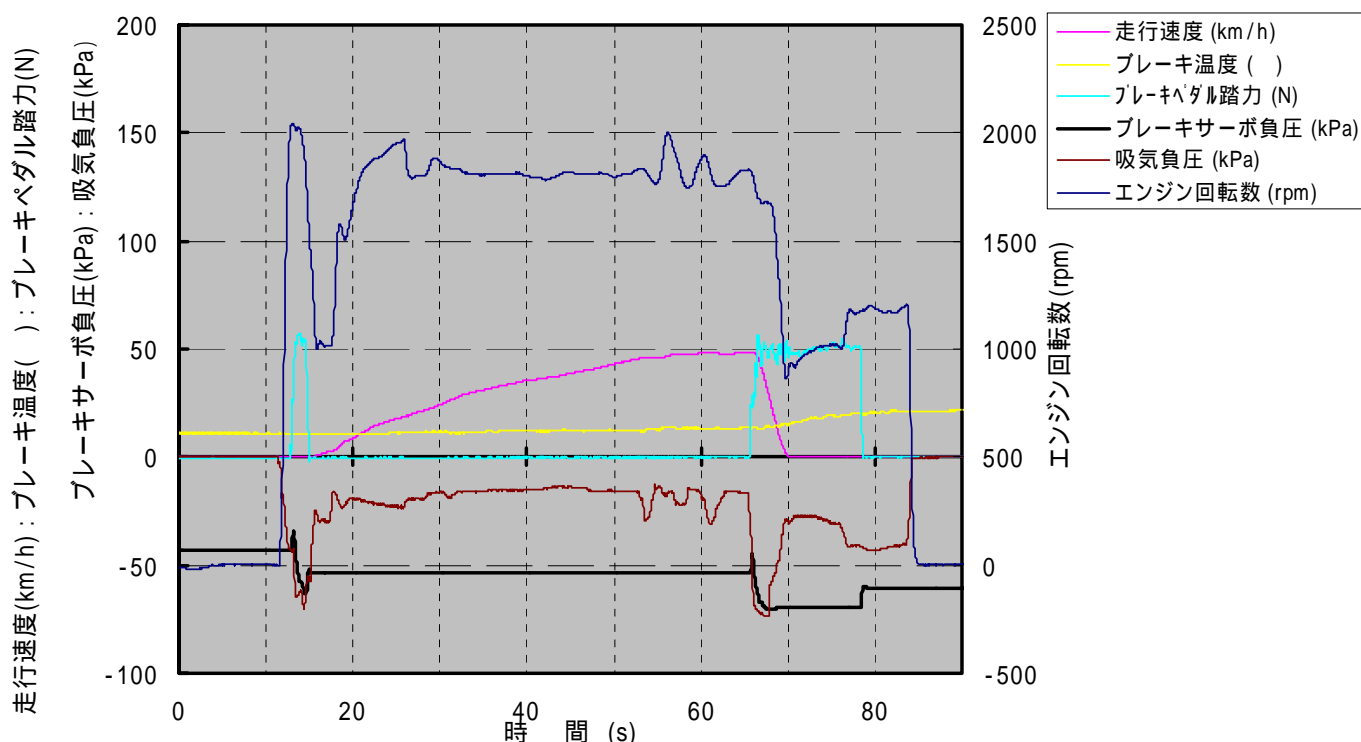


図2 制動試験結果(試験車両 A ; 試験条件 1-4)

試験は、一定速度(低速 5~10km/h と中速 50km/h)からブレーキペダル踏力を一定に踏込む制動を行った。なお、発進前のエンジン始動以外はDレンジ固定とした。指定初速度までの加速は緩加速とした。減速度と踏力は、立ち上がりと立ち下がりを除いたデータの平均値を使用した。なお、減速度は速度を数値微分して算出した。

試験条件を表2に示す。ブレーキペダル踏力は、通常は25、50、75Nに設定し、ブレーキサーボ失陥時のみ100、200、300Nとした。表中の試験前ブレーキサーボ負圧(大気圧との圧力差)の有無は、完全に失陥させた状態か、または、通常状態であるかの違いを示している。通常状態でも、エンジン始動時にブレーキサーボ負圧がない場合と、指定初速度に達する前に故意に制動を数回かけてブレーキサーボ負圧を低下させてから制動試験を実施した。初速度が低速(5~10km/h)の試験は、ブレーキペダル踏力を25Nとした。なお、試験条件No.2-3の中で、ブレーキサーボ負圧の低下が著しいと考えられる条件として、エンジンを始動する前に、ブレーキペダルを数回踏み、冷気時のエンジンアイドルアップのみで加速し、発進した直後にブレーキをかけた場合を想定した試験も行った(後述の図3参照)。この時の速度は5km/h程度になった。通常は、アクセル

ペダルを踏み込んで速度10km/hまで加速した試験を行った。

また、冷気時のエンジンアイドルアップと同様にエアコン・コンプレッサー作動時のエンジンアイドルアップの影響についても検討するために、試験条件の中にエアコン・コンプレッサー作動時を加えた。

### 3. 試験結果

図2に、試験車両Aでの試験条件No.1-4(エンジン冷気時)における制動試験結果の一例を示す。初速度50km/h、ブレーキペダル踏力50Nでのブレーキ試験の時系列データを示したものである。エンジン始動前のブレーキ温度は10であった。図の12秒でエンジンが始動し、その時のエンジン回転数は、冷気時のエンジンアイドルアップにより2000rpmを越える値となった。ブレーキサーボ負圧は、バキュームホース内のチェックバルブによりエンジン始動前及びエンジン冷気時においても、-40kPaで維持されている。この時、吸気負圧は0kPaであるが、エンジン始動とともに吸気負圧が大きくなる。次に、ブレーキペダルを踏み、PレンジからDレンジにシフトチェンジした。この時のエンジン回転数は1000rpmであった。ブレーキサーボ負圧は、シフトチェンジ(PレンジからDレンジ)のため

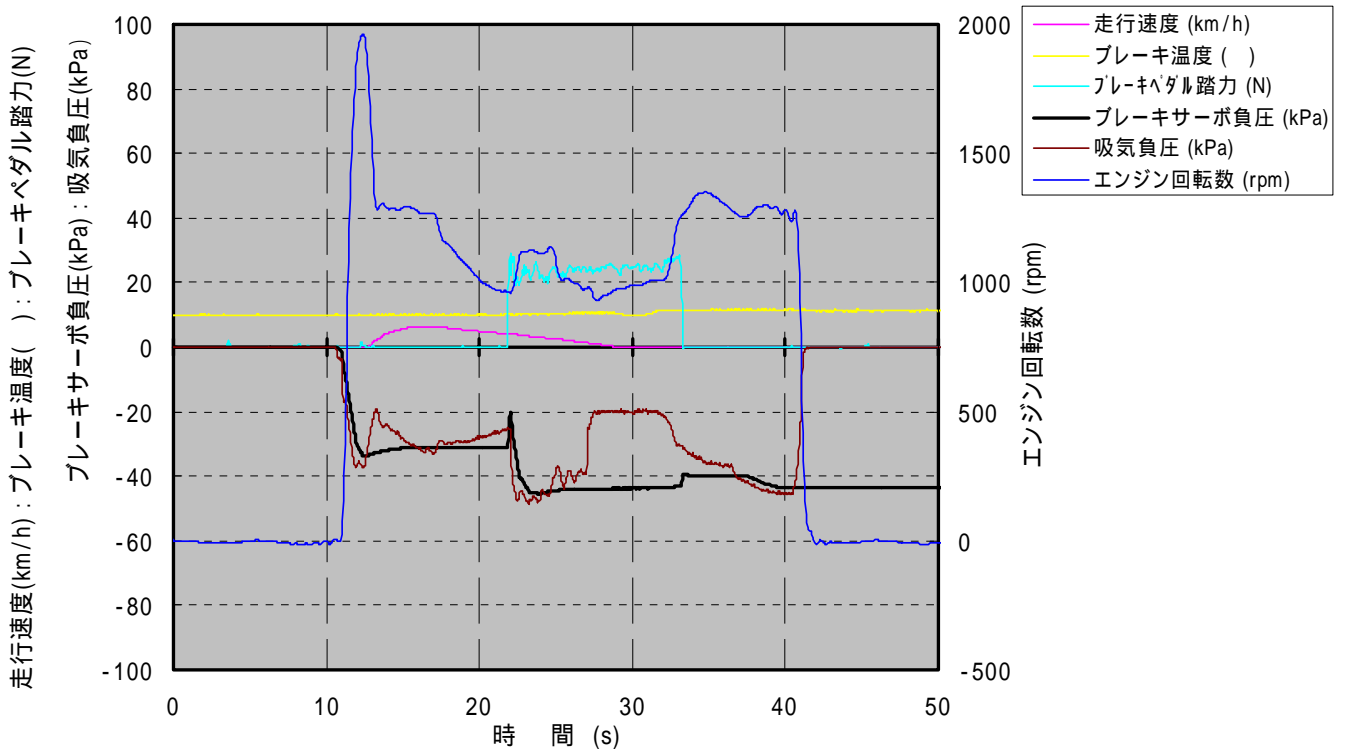


図3 制動試験結果(試験車両 A ; 試験条件 2-3)

にブレーキペダルを一度踏み込むことで若干低下するが、それにも増して吸気負圧が大きくなり、これによりブレーキサーボ負圧も大きくなる。ついで、アクセルペダルを踏み、緩加速で速度を上げた。以後、加速するために、吸気負圧は小さくなるが、ブレーキサーボ負圧はチェックバルブにより負圧が維持されている。車速が 50km/h で一定になったところで、アクセルペダルからブレーキペダルに踏み変えて、ブレーキをかけるときに、エンジン回転数が 1800rpm 程度あり、かつ、スロットルバルブは閉じた状態（エンジンブレーキ状態）になるため、吸気負圧は大きくなる。この状態の時にブレーキを使用するのでブレーキサーボ負圧も若干消費されるが、それよりも吸気負圧の方がさらに大きくなるため、ブレーキサーボ負圧も上がり傾向を示す。65 秒においてブレーキペダルを踏力 50N で踏み、停止後も踏み続けている。図の 76 秒で、D レンジから N レンジにシフトしたためにエンジン回転数は 1200rpm まで上昇した。このように、エンジン始動時とブレーキを踏む前のエンジンブレーキ状態で、かなりの負圧が供給される。また、バキュームホース内のチェックバルブによりブレーキサーボ負圧は常に最大負圧で維持される。

図 3 は、試験車両 A での試験条件 No.2 - 3 の試験結果の一例である。エンジン冷気状態で、初期ブレーキサーボ負圧が無く、エンジン冷気アイドルアップのみで加速し、速度 5km/h でのブレーキ試験を実施した時系列データである。11 秒でエンジンが始動し、その時のエンジン回転数は約 2000rpm であり、そのまま、N レンジから D レンジにシフトチェンジし、アクセルペダルを踏まずに、エンジンアイドルアップのみで加速し、速度 5km/h でブレーキペダルを踏力 25N で踏み、停止後も踏み続けている。

試験前のブレーキサーボ負圧と吸気負圧は 0kPa であるが、図の 11 秒でエンジン始動とともに負圧が発生し、図の 22 秒でブレーキサーボ負圧が -30 kPa でブレーキを作動させている。ブレーキサーボ負圧は、制動時で -45 kPa が発生している。また、ブレーキ終了後もバキュームホース内のチェックバルブによりブレーキサーボ負圧は常に維持されている。ブレーキサーボ負圧の発生条件がかなり悪い状況下でも、制動前に -30 kPa の負圧があることがわかる。

次に、試験条件の違いによるブレーキ効力の影響について、平均値で比較したものを図 4 に示す。

初速度 50km/h での制動効力については、ブレーキサーボ失陥(No.1-3)を除いた通常状態の中でみ

ると、最小であるエンジン冷気時では、エンジン暖機時の場合よりも13%低下している。ブレーキサーボ失陥時では81%の低下であり、かなり小さくなる。

また、初速度5~10 km/hでは、エンジン冷気時の場合が、制動効力が最小になり、エンジン暖機時と比較して低下率は38%となる。

試験車両 B での試験条件の違いによるブレーキ効力の影響について、平均値で比較したものを図5に示す。初速度50km/hでの制動効力については、試験条件のブレーキサーボ失陥(No.1-3)を除いた通常状態の中でみると、エンジン暖機時と比較して最小のエンジン冷気時での低下率は16%である。ブレーキサーボ失陥時では89%であり、かなり小さくなる。初速度10 km/hでは、エアコンのコンプレッサ作動時の条件が他と比較して最小になり、エンジン暖機時と比較して制動効力の低下率は42%となる。

#### 4.まとめ

ガソリン機関を搭載した自動車において、エンジン始動時直後の冷気状態と連続運転中での暖機状態及びエアコンプレッサの作動・非作動とで、ブレーキ性能がどの程度変化が見られるか、台上試験機を用いブレーキ試験を実施し以下のことがわかった。

- 初速度が50km/hの場合では、連続運転の暖機時、エンジン始動時直後の冷気時、エアコンのコンプレッサ作動時によるブレーキ効力の差は、ブレーキサーボが失陥した場合に比較して小さい。連続運転の暖機時のブレーキ効力と比較して、その他の条件でのブレーキ効力の低下率は平均値で最大15%程度である。
- 低初速度緩制動の場合では、連続運転の暖機時と比較して、その他の条件でのブレーキ効力の低下率は平均値で最大40%程度あり、初速度が50km/hの場合と比較すると大きい傾向を示す。
- 初速度が50km/hで完全にブレーキサーボが失陥している場合には、連続運転の暖機時と比較して、ブレーキ効力は、80%以上低下する。

以上のことから、ブレーキシステムが正常に働いている場合でも、条件によってはブレーキ効力があ

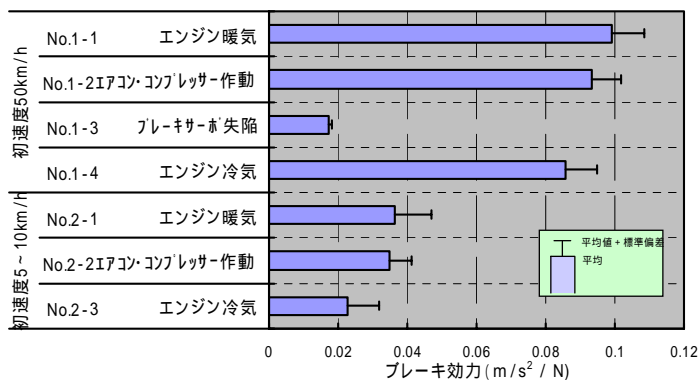


図4 ブレーキ効力の比較(試験車両 A)

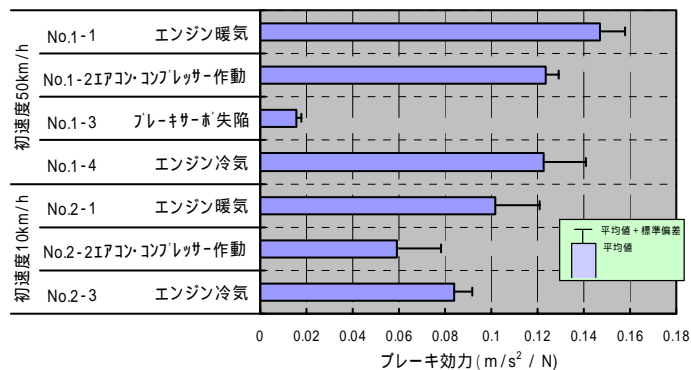


図5 ブレーキ効力の比較(試験車両 B)

る程度低下することが、今回の実験により確認されたので、低速走行時に「ブレーキが効かない。」といった現象は、車両によっては起こりえると考えられる。しかし、ブレーキ効力の差が小さいことから、若干踏みこむ力を大きくすることで対処できると考えられる。ただ、運転者にして見ると、ブレーキ効力が大きい車両を常に使用し続けていると、軽いブレーキ踏力でかなりの減速度が得られることに慣れているため、小さいブレーキ効力の変動でもブレーキペダルが硬くて踏込めないと感じる可能性もあるものと考えられる。

そこで、今後はドライバーの主観評価を含めたブレーキ性能の評価を行い、安全性の向上のための制動倍力装置やブレーキ本体の機能について検討を行う予定である。

#### (参考文献)

- 1.自動車事故対策機構、平成15年度自動車アセスメント、ブレーキ性能試験結果、2004年3月
- 2.自動車技術会、自動車技術ハンドブック、試験・評価編、1991年6月