

二輪車の旋回中に於けるアンチロック ブレーキによる車体挙動への影響

Influence of Antilock Brake on Motorcycle Braking in a Turn

引 地 東一郎* 泊 辰 弘* 植 田 鉄 男*
Toichiro Hikichi Tatsuhiko Tomari Tetsuo Tsuchida

ミハエル ティーム*
Michael Thiem

要 旨

二輪車用機械式アンチロックブレーキ (ALB) を用いて、旋回走行時のパニック的なブレーキ操作に対する制動効果と車体挙動について、主に実走行テストを中心に研究した。

今回テストした旋回ブレーキにおいては、直進の場合に比較して、車体の大きな挙動変化を伴うものの、直進の場合とほぼ同等の制動効果が得られた。その挙動変化は、ALB 作動時のタイヤスリップ率の大きさと、作動周期によって影響されることが判った。

ABSTRACT

Research involved extensive riding tests to determine the influence of very hard braking on motorcycle behavior when braking in a turn with a mechanical ALB system designed for motorcycles.

Test results were compared with those of straight-line braking. This comparison revealed that while changes in vehicle behavior were large when braking in a turn, the braking effect was almost the same as during straight-line braking. These tests also showed that vehicle behavior is greatly influenced by the amount of tire slip ratio during ALB operation and by the operating frequency.

1. まえがき

二輪車のアンチロックブレーキ (以下、ALB と略称する) に関する研究が、近年各国で進められている。それらの研究結果は、ALB が二輪車に有効であることを示唆している⁽¹⁾⁽²⁾。すなわち、ライダーがブレーキ操作をするとき、車輪ロックに対する気遣いが軽減され、直進時の止むを得ない急制動を効果的に、より容易にするための手段であると筆者らは考えている。また、二輪車用 ALB のブレーキ性能評価試験方法も検討されており、テスト及び評価方法の検討が進められているようである⁽³⁾。

筆者らは、旋回走行中の ALB の効果を検討するため、直進の効果を踏まえて、定常円旋回においてパニック的に強くブレーキ操作をした場合の

車体挙動に与える影響について、基本的なテストを実施した。

2. 実験用 ALB システムの概要

実験に使用した ALB システムを図1に示す。このシステムはマスターシリンダとキャリパの間にアンチロックブレーキ機構を設けている。ダンパバルブを作動させるフライホイール回転センサは、車輪から3倍に増速駆動されており、中間軸上のエキセントリックカムでポンプピストンを動かす構造である。液圧経路にはカットバルブ、エキスパンダーピストン等が設けられている。過制動時、トルククラッチとフライホイールの車輪との相対速度差により、ダンパバルブが開き、キャリパ液圧を解除する。一方、車輪の回転速

* 朝霞研究所

度が車体スピード近くまで回復してくるとダンパバルブが閉じ、キャリパ圧を上昇させ、再び車輪を制動する。特に、ダンパバルブの開く時期と関連したトルククラッチとフライホイールの速度差を変換して回転方向角度差で表し、ロストモーションアングル（以下、LMA と略称する）と呼び、ALB の作動タイミングの目安としている。

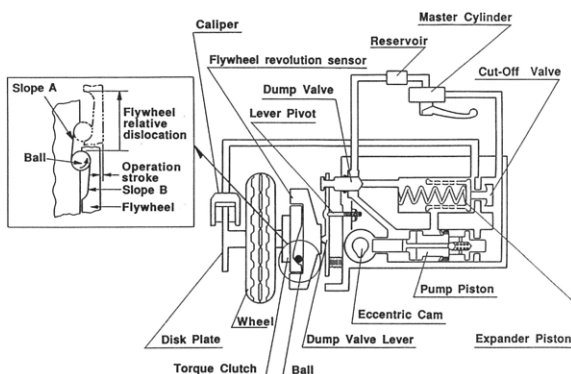


図1 機械式アンチロックブレーキシステム

3. 実験の概要

3.1. テスト車と計測項目

テスト車は、表1 に示す諸元をもった大型二輪車である。この車体にテスト時の転倒を防止するため、約21kgの質量のアウトリガを装着している。アウトリガーはテスト目的の旋回のバンク角に応じて角度を変更できる。計測装置を図2 に示す。計測信号は12項目であり、図3 に示したダイアグラムにしたがって処理され、車体後部に装着してあるテレメータの送信機により受信システムへ送られる。

3.2. テストコース及びテスト内容

テストのコースレイアウトを図4 に示す。路面は高μ路のアスファルトドライ状態である。直進ブレーキを基本データとして確認しながら、旋回テストは車体のバンク角を約15°、24°、32° に設定し、それぞれ旋回半径Rを15~50mの範囲で変え、ブレーキを前後輪単独及び同時に操作し、それぞれ実施した。データ処理及び解析は車体挙動の基本特性を検討するため、主に単独操作の場

表1 テスト車体の諸元

項目(単位)	数 値
ホイールベース (mm)	1477
キャスト角 (deg)	27.5
トレール (mm)	108
エンジン排気量 (cm ³)	749
ブレーキディスクの有効径 (mm)	ダブルディスク シングルディスク フロント/リヤ 246 230
操舵系の質量 (kg)	19.2
慣性モーメント (kgm ²) ロール/ヨー/ピッチ	1.22/0.64/1.30
非操舵系の質量 (kg)	199.2
慣性モーメント (kgm ²) ロール/ヨー/ピッチ	8.73/13.9/18.6
フロントのホイールとタイヤの質量 (kg)	13.0
慣性モーメント (kgm ²) ロール/ヨー/ピッチ	0.31/0.31/0.53
タイヤ寸法	110/90V-16-V250
リアのホイールとタイヤの質量 (kg)	18.9
慣性モーメント (kgm ²) ロール/ヨー/ピッチ	0.45/0.45/0.78
タイヤ寸法	130/80V-18-V250

合について行った。旋回方向は時計廻りとし、車速は20~60km/hの範囲である。

ブレーキの操作条件は、ALB 及び、コンベンショナルな場合ともパニック的な操作とし、いわゆるライダーコントロールによるベストなブレーキ操作を想定したものではない。

従って車体挙動変化についての解析は主にブレーキング初期の現象について実施した。フロントブレーキの場合、ALB の作動トリガの設定は、LMA を調整することにより、Setting ④ (最大スリップ率設定 50~70%) と Setting ⑤

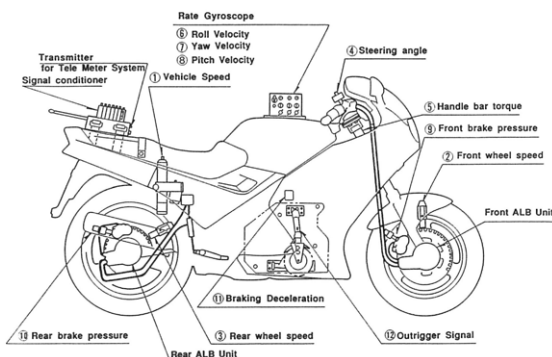


図2 旋回ブレーキテストのための計測システム

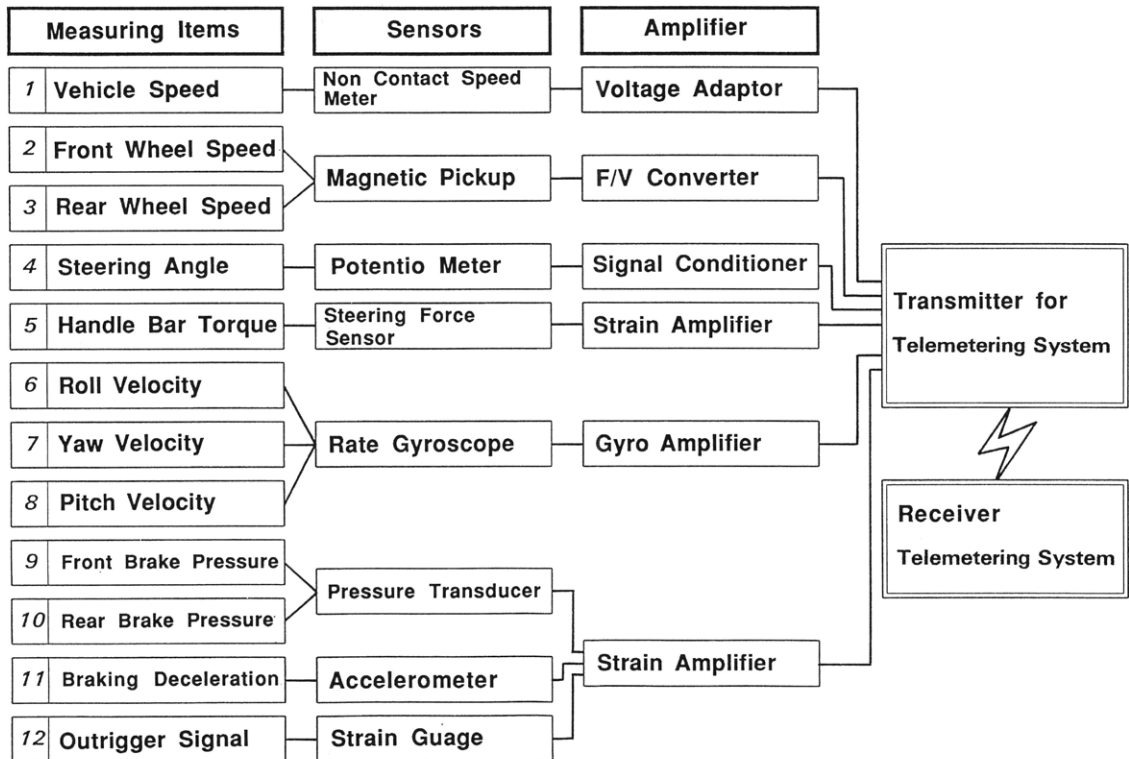


図3 旋回ブレーキテストの計測信号処理フロー

(最大スリップ率設定 10~30%) の 2 種類とした。
リヤブレーキの場合、作動トリガーは 1 種類とし、
最大スリップ率設定が 20~40% の範囲である。

4. 結果 及び 考察

4.1. 定常円旋回における車速、旋回半径及びバンク角の相互関係

ブレーキ操作前におけるテストコース上を定常円旋回中(時計廻り)の車体姿勢の代表値として車体のバンク角 θ_B を測定した。この値は車体に装着されたアウトリガの設定角を基準として、アウトリガの接地信号を参考に間接的に求められた。そして車速 V_i 、旋回半径 R 及び θ_B との相互関係を図5に示す。また、これらの関係は、理論的に旋回中の遠心力と車体重量とから次式のように表される。

$$\theta_B = \tan^{-1} \left\{ \frac{V_i^2}{g \cdot R} (1+k) \right\} \dots \dots \dots (1)$$

ここに k : 車体特性によって決まる実験定数
 g : 重力加速度

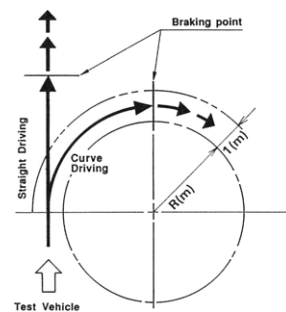


図4 テストコースレイアウト

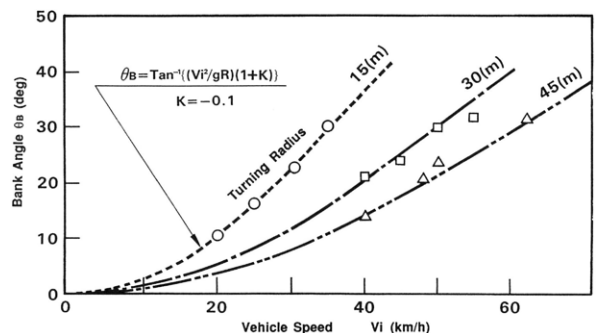


図5 旋回車速に対する各旋回半径における車体バンク角

旋回走行状態のテスト二輪車の式 (1) に対する k の値は、実験的に約 -0.1 となった。

これは旋回中のライダー姿勢が比較的リーニン状態であり、その効果も車体特性として含まれたためと思われる。

4.2. テスト結果の時系列データ

直進でフロントのコンベンショナルブレーキをパニック的に操作した場合の、車体挙動の主な測定結果を図6(a)に示す。さらに、コーナリングブレーキとして旋回半径 45m に対するフロントのコンベンショナルブレーキ及び ALB を同様に操作した場合の車体挙動の主な測定結果の一例を図6(b)、(c)、(d)にそれぞれ示す。

図6(a)に示すフロントがコンベンショナルブレーキの直進の場合、ブレーキ操作から約 0.35 sec 後に最大減速度を示し、その後約 0.1sec 間以内で瞬時に車輪がロック状態に向かっている。このブレーキ操作時の車体挙動はピッチ方向車体前方に、その操作初期に約 30deg/sec の角速度変化を示す程度である。ロック状態の車輪のスベリで、コントロール性がほとんど失われているため、ライダーは不安を感じた時点でブレーキ動作を解除している。

このコンベンショナルブレーキの旋回半径 45m における旋回ブレーキの場合、図6(b)に示されるように、スリップ率 S が約 6~10% で最大減速度を示した。そして、車輪がロックに至る過程の 0.2sec 程度の間に、ハンドルは角度で約 10~12° 右側に切れ、同時に車体は、ロール方向に旋回内側へ約 100deg/sec、ヨー方向に左ターンする側へ約 80deg/sec、ピッチ方向に車体が前方へ傾斜する側へ約 35deg/sec の角速度変化を示した。旋回中のブレーキングによる車体挙動は、図6(a)に示した直進の場合と比較して挙動変化が大きく、特に横方向への運動が異なっている。そして車輪がロックする直前に、車体のアウトリガーが接地し、すでに車体のコントロール性はほとんど失われており、ロック後はアウトリガーに車体が支持された状態のブレーキングとなり実際の物理現象を表してはいない。

次に、フロントに ALB を装着した場合の挙動について述べる。図6(c)は、LMA Setting A の測定値であり、ブレーキ操作から約 1.9sec で停止した。そして、この間に 3 回の ALB 作動があり、スリップ率 S は最大 50~70% 程度である。ALB 作動に伴って、車体の減速度は大きく変化し、これに同期してピッチ方向に約 30deg/sec の角速度で変動している。これに対して、ハンドルは、はじめ右方向へ約 10deg 切れ、ALB 作動に伴って S の減少と共に元の状態に戻り、次のブレーキングで S が約 70% に増加したとき、再び右へ約 16 deg 切れた。そして ALB 作動による減速度の変化に伴って、ハンドル角は左右に 5~7 Hz 程度の周期で変化した。また車体は、はじめロール方向で旋回外側に約 40deg/sec、ヨー方向では右側へ約 35deg/sec の角速度で動く。すなわち、ALB の作動始めにおいて、車体は起き上がりながら旋回内側へ向く。次に車体は、ハンドル角の変化する運動と同様に、ALB 作動に伴ってロールとヨーの連成された動きをしながら起き上がり、ほぼ直立状態となって停止した。この ALB 作動中ライダーは進路保持のために、ハンドルを操作している。

このように、ALB の作動によって、車体とハンドルが周期的変動を示すが、コンベンショナルブレーキの場合のように、車体挙動が瞬間的に大きく変化せず、その制動中のコントロール性がわずかに向上する傾向を示した。しかし、車体挙動は、ALB の作動サイクルに伴って、大きく変化しており、まだ不安定な状態である。

LMA Setting ⑧ ($S = 10 \sim 30\%$) に設定すると図6(d)に示すように、この結果の例では平均車体減速度は 0.73 (g) から 0.69 (g) に低下した。停止までの時間は 0.1sec 程度の増加である。しかしながら、ハンドルの切れ角、車体の動きは、比較的小さくなり、車体のコントロール性が Setting ④よりも向上している。

これらの計測結果から、旋回ブレーキングが車体へ影響を及ぼし、その挙動変化の程度を表す指標として、ブレーキング初期の車体のロール、ヨー及びピッチのそれぞれの角速度とハンドルの切れ角を採用すれば良いことが判った。

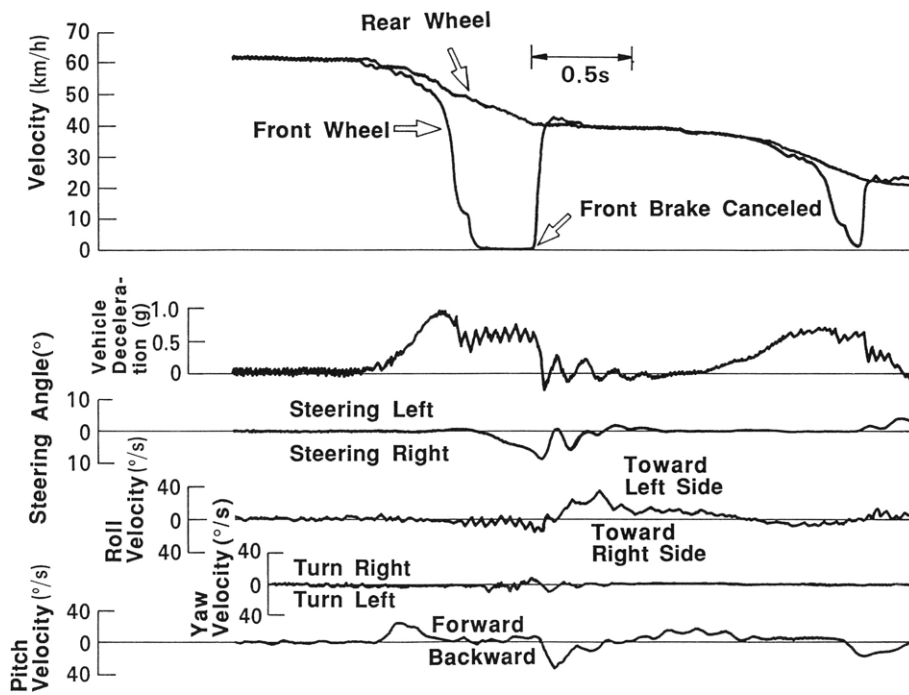


図 6(a) 直進のコンベンショナルブレーキの時刻歴波計

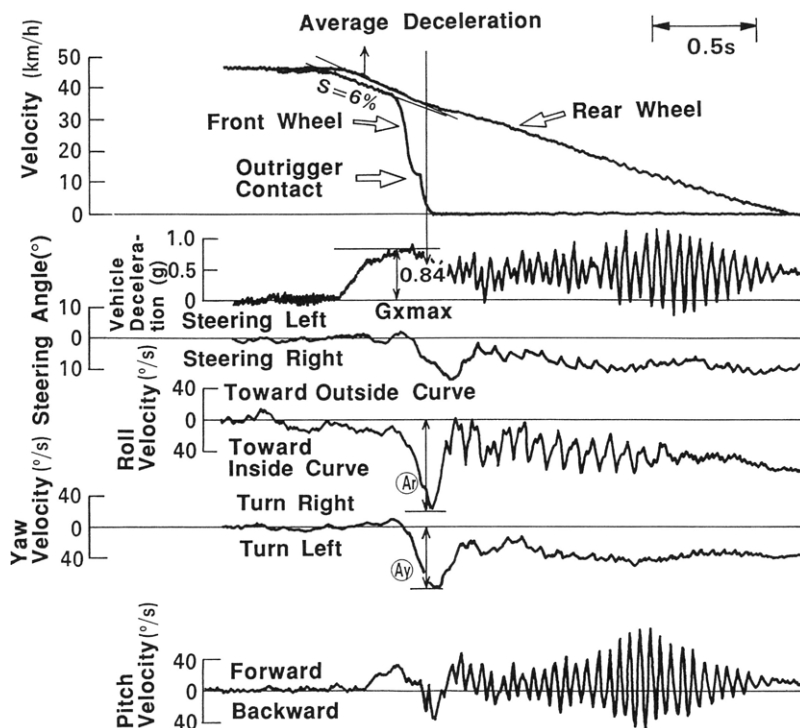


図 6(b) 旋回半径 45m における旋回コンベンショナルブレーキの時刻歴波形

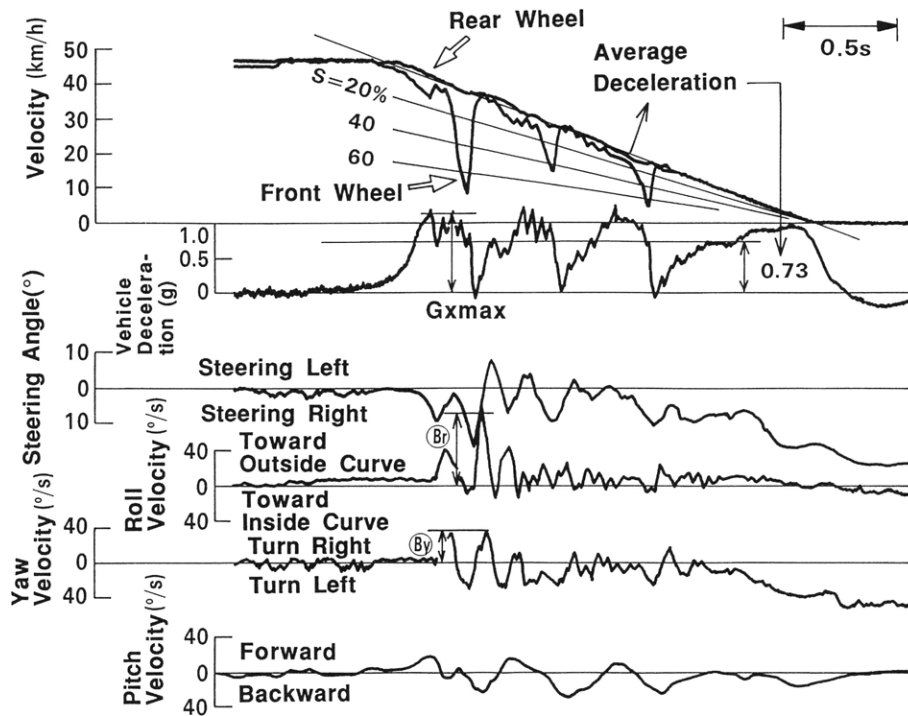


図 6(c) 旋回半径 45m における ALB (LMA Setting A) の旋回フロントブレーキの時刻歴波形

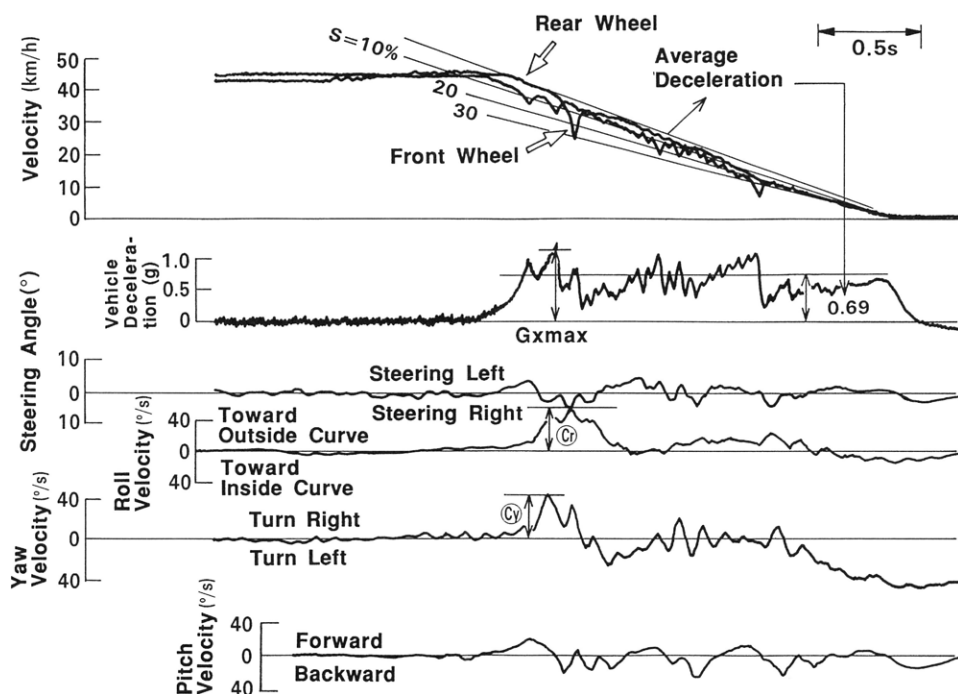


図 6(d) 旋回半径 45m における ALB (LMA Setting B) の旋回フロントブレーキの時刻歴波形

4.3. 制動力係数とスリップ率

ブレーキング時のタイヤと路面間のフロントの制動力係数 μf 及びスリップ率 S は、それぞれ次のようになる。

$$\mu f = F_{bf} / W_{df} \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{ここに、} F_{bf} = F_{bf} \phi - \frac{I_{fz} \cdot d(V_f / R_{wf}) / dt}{R_{bf}} \dots\dots\dots (3)$$

$$W_{df} = W_f + \frac{G_x \cdot W_t \cdot H}{L} \dots\dots\dots (4)$$

μf : フロントの制動力係数

F_{bf} : フロント制動力

$F_{bf} \phi$: ホイール回転慣性力も含めた制動力

W_f : フロント静的分担荷重

W_{df} : フロントの動的分担荷重

I_{fz} : フロントホイールの回転慣性モーメント

V_f : フロントホイール回転スピード

R_{wf} : タイヤの回転半径

R_{bf} : ブレーキ作動位置の有効半径

G_x : 車体減速度

W_t : 車両総重量

L : ホイールベース

H : 重心高さ

$$S = \frac{V_0 - V_f}{V_0} \times 100 \text{ (}\%) \dots\dots\dots (5)$$

ここに、 V_0 : ブレーキング時の車体スピード

ここで、制動力 $F_{bf} \phi$ は、ホイールの回転慣性力による力も含めて、ブレーキ力としてストレインゲージにて計測した値である。したがってタイヤと路面間に働く制動力はその回転慣性力を除いて

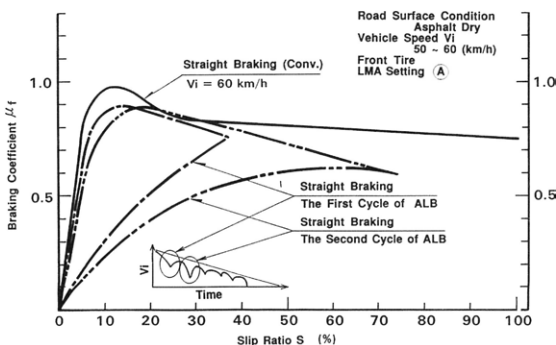


図7 ALBとコンベンショナルブレーキの $\mu - S$ 特性

式 (3) のように表される。

直進ブレーキの場合のコンベンショナルブレーキとALBの第1回目作動及び第2回目作動時の μf と S との関係を図7に示す。 μf は S が10~20%の範囲で最大値を示し、 S の増加に伴って漸次減少する傾向を示した。テスト路面はドライ状態で、 μf の最大値は0.85~0.98の範囲を示した。また、ALB作動の場合、 S の最大値の範囲が30~80%と広くなっており、0%まで戻るときヒステリシスをもったループを示している。これは、タイヤがすするときトレッド部の弾力的な変形の戻り効果によるものと考えられる。

4.4. ブレーキングによる平均減速度

フロント及びリヤの単独ブレーキによる平均減速度 G_x を車速の進入初速度 V_i に対して、図8に示した。 V_i が35~65km/hの範囲における G_x は0.65~0.8(g)の範囲となった。そして、 V_i に対する明確な差は表れなかった。コンベンショナルブレーキの場合の値は、ALBに比較してわずかに高くなった。これは車輪がロックする前の平均的な値であり、ロックすると瞬間的にアウトリ

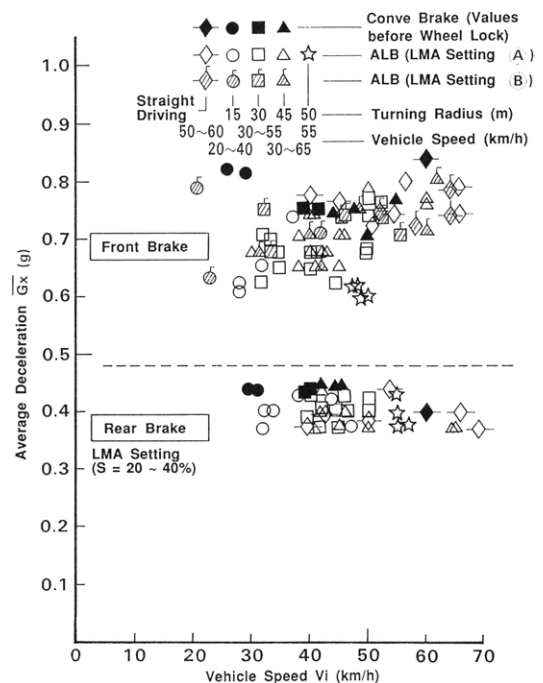


図8 旋回ブレーキの車速に対する平均減速度

ガが接地してしまうため車体が停止するまでの平均的な値はとらなかったためである。ALBを装着し、LMAを変えて作動トリガーレベルを変えた場合でも、そのテスト範囲では、 G_x の値に明らかな差は生じなかった。

しかしながら、コンベンショナルブレーキの減速度とライダーのブレーキコントロールによるベストブレーキを考えると、コントロール性を保持しながら減速度の低下をおさえることは技術的に非常に難しいと考えられる。

次に、リヤブレーキの場合、 V_i の変化にかかわらず $G_x = 0.35 \sim 0.45$ の範囲となった。このテスト範囲内ではコンベンショナルブレーキの場合の方が比較的高くなった。これはフロントの場合と同様、車輪がロックしアウトリガが接地する前の平均的 G_x を表しており、図7からも判断されるように、一般的に $S = 100\%$ に至る前の方が制動効果を示すためと考えられる。

4.5. 制動時の車体挙動

図6(a)~(d)に示した時間経過に対する記録波形において、制動時の車体挙動特性として、制動初期の最大減速度 G_{xmax} を示して車輪がロックに向かう時の、コンベンショナルブレーキとALBが作動する場合のロール角速度 $V\theta_x$ 、ヨー角速度 $V\theta_y$ 及びピッチ角速度 $V\theta_z$ を G_{xmax} に対して図9(a)(b)(c)にそれぞれ示した。なお、フロント制動時のコンベンショナルブレーキの場合とALBの場合とで制動に伴う車体の挙動変化が異なり、運動方向が相違する。しかし、挙動変化の程度を評価する値として角速度の大きさを比較検討したため、運動の方向に対する区別は特に表示しなかった。

図9(a)のロール角速度について、フロントブレーキの場合、コンベンショナルブレーキの値に対してALBの値はLMAのSetting ④のとき約1/2、LMAのSetting ⑤のとき約1/3の程度であった。これはコンベンショナルブレーキの車輪がロックするときの瞬間的な車体挙動が大きいためである。そしてこの場合、車輪ロックとほぼ同時に車体のコントロール性は失っている。一方、ALBでは当然として車輪がロック状態にならず、接地面

のタイヤによる横力が比較的保持されている状態であるため、挙動変化が比較的小さくなったためと考える。

リヤブレーキの場合、ロール方向の車体挙動として $20 \sim 50 \text{ deg/sec}$ 程度の角速度を示した。しかし、コンベンショナルブレーキとALBとの差は認められなかった。

次に図9(b)に示したヨー角速度について、フロントブレーキの場合、コンベンショナルブレーキとALBとの差は、ロール角速度の差よりも少なかった。これはコンベンショナルブレーキのブレーキングにおいてロック状態になっても車体の挙動変化として旋回円の接線方向へ向かって、停止しようとする現象を示し、ヨー方向の動きが比較的小さいためと考えられる。

リヤブレーキの場合、ALBによるヨー角速度は、コンベンショナルブレーキの $50 \sim 65 \text{ deg/sec}$ の値に比較して、1/2程度の値となった。コンベンショナルブレーキ作動においてロック状態では、車体のリヤ系が旋回の外側へタイヤがすべりながら動く。すなわちヨー方向の回転運動を起こす。このとき、車体のコントロール性は顕著に低下した。一方、ALBの場合、外側へのスベリ現象は認められるものの、ロックする場合に比較して、タイヤの横力が保持されていると考えられ、結果としてヨー方向の回転運動が小さくなったものと思われる。

図9(c)に示したピッチ角速度についてフロントブレーキの場合、コンベンショナルブレーキとALBの値は $20 \sim 40 \text{ deg/sec}$ の範囲となり、ALBの方が約 10 deg/sec 小くなる傾向を示している。これはコンベンショナルブレーキの場合にロールとヨー方向の比較的大きな運動がピッチ方向へ影響するためと思われる。一方、リヤブレーキによるピッチ角速度は、 15 deg/sec 以下であり、ほとんどピッチ方向の挙動変化に対しては、コンベンショナルブレーキとALBとの差はなかった。

これらの結果から旋回制動時の横方向の動き(ロール方向とヨー方向)の車体挙動は、ロックする場合としない場合とでは明らかに異なった。特にALBのLMAがSetting ⑤の場合、車体の挙動変化が比較的小さく、しかもコントロール性

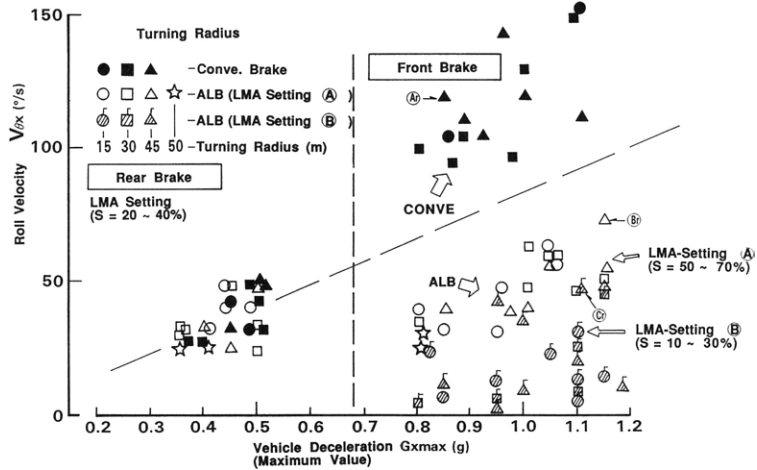


図 9(a) 旋回ブレーキの車体減速度に対する車体のロールレイト

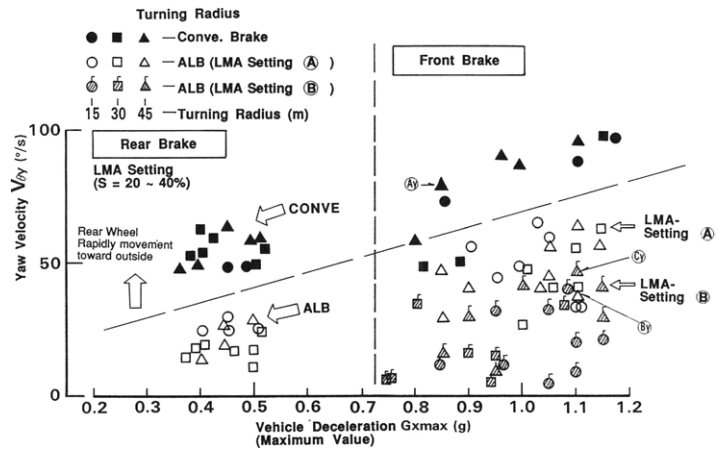


図 9(b) 旋回ブレーキの車体減速度に対する車体のヨーレイト

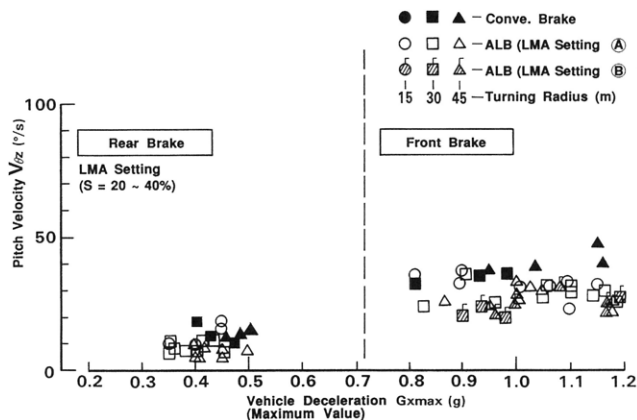


図 9(c) 旋回ブレーキの車体減速度に対する車体のピッチレイト

がわずかに保持できた。ただし、これはコンベに
対するエキスパートライダーのブレーキコント
ロールによる挙動変化と比較した結果について述べ
たものではない。今後、テストによる比較検討が
必要である。

4.6. ハンドル角とハンドルトルク

二輪車の旋回ブレーキ時には、フロントブレー
キの場合、タイヤの接地点が車体中心線上になく
旋回内側へ移動しているため、旋回方向への回転
トルクを発生する。このため、ハンドルは旋回方
向に切れ込む現象を示す。コンベンショナルブレ
ーキでは、このときホイールロック状態に至ると
タイヤの完全なすべり（スリップ率 100%）のた
めに、ライダーがあらかじめ保舵していた入力に
よってハンドルの切込みが軽減し、ハンドルは元
の状態に戻される傾向を示す。ライダーがブレー
キ力を解除し、そして再度ブレーキングをしない
かぎり、ハンドルの切り込み現象を示すことはな
かった。一方、ALB では、自動的に一旦ブレー
キ力が解除されてまたブレーキングをするため、
ハンドルの切れ込み現象が、周期的に繰り返され
た。以上のようにコンベンショナルブレーキと
ALB とではハンドル挙動が異なった。これは、タ
イヤのスリップ状態によると考えられるためブレ
ーキング初期の最大切れ角 θ_{Hmax} を、その現象に
関連するものと思われる最大スリップ率 S_{max} 対
して、図 10(a) に示した。

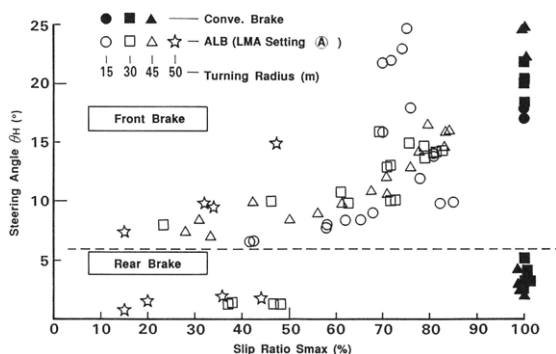


図 10(a) 旋回ブレーキの最大スリップ率
に対するハンドル振れ角

フロントブレーキ ALB の場合、 S_{max} の減少に
伴って θ_{Hmax} は小さくなる傾向を示した。
 $S_{max} = 20 \sim 30\%$ では $\theta_{Hmax} = 6 \sim 8 \text{ deg}$ 程度と
なった。そして、 $S_{max} = 70 \sim 85\%$ では $\theta_{Hmax} = 10 \sim$
 25 deg の範囲となり、ブレーキング時の車体姿勢
やライダーのその時々保舵力によって値が変化
したと思われる。また、この S_{max} の領域では、
角度変動が大きくなり、車体のコントロール性は
顕著に低下した。

一方、コンベンショナルブレーキの $S_{max} = 100\%$
に対しては、 $\theta_{Hmax} = 18 \sim 25 \text{ deg}$ の範囲となり
ロックに至った直後も車体は旋回円の接線方向にす
べりながらハンドルは旋回方向に切れ込む傾向を
示した。このときは当然コントロール性はほとん
ど失われている。

リヤブレーキの場合、そのブレーキ力が直接的
にハンドル角を変化させたものではなく、ブレ
ーキング時の車体姿勢の変化に対して、ライダーが
進路またはその姿勢を保持しようとするための、
操舵角とも考えられる。ALB 作動の場合、 S_{max}
 $= 10 \sim 50\%$ に対して θ_{Hmax} は 2 度以内であった。
一方、コンベンショナルブレーキの $S_{max} = 100\%$
に対して $\theta_{Hmax} = 2 \sim 5 \text{ deg}$ 程度となった。これら
はホイールロックによる車体のヨー方向への姿勢
変化に対してライダーがハンドルを操舵した分の
角度も含まれた。

図 10(b) にハンドル角 θ_{Hmax} に関連して、 θ_{Hmax}
と同時、または独立に計測されたブレーキング時
の最大ハンドルトルク HT_{max} を示した。

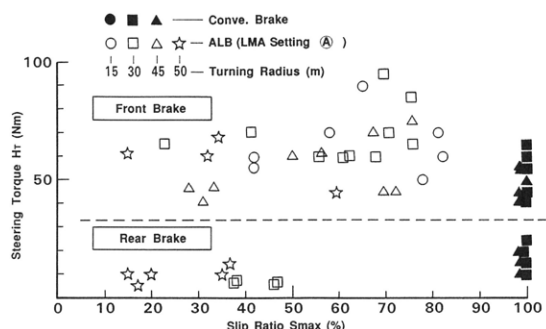


図 10(b) 旋回ブレーキの最大スリップ率に
に対するハンドル振れのステアトルク

フロントブレーキの場合、 S_{max} の変化によらず $HT_{max} = 40 \sim 100 \text{ Nm}$ となった。これは、ライダーがハンドルグリップ位置で約 $14 \sim 40 \text{ kg}$ の力を加えているのに相当する。そして、旋回中のブレーキングで発生する転舵モーメントによるハンドルの角度変動を押さえながら、進路を保持しようとするためハンドルをコントロールしているものと考えられる。

リヤのALBの場合、 HT_{max} が 15 Nm 以下であった。リヤのコンベンショナルブレーキの場合、 $HT_{max} = 10 \sim 25 \text{ Nm}$ の範囲となり、フロントに比べて約 $1/2$ 以下であった。これは、進路を保持しようとするための操舵トルクと考えられる。

4.7. 旋回 ALB に対する一検討

二輪車は、その運動特性として、旋回中はバンクしながら走行する。この場合、遠心力と釣合いを保つための求心力は、唯一タイヤと路面間のフリクションによる横力 F_s のみである。この F_s の大きさは、その制動力と相俟って、タイヤのスリップ率 S に左右される。一般の S の増加に伴って F_s は指数関数的に減少する⁽⁵⁾。これは、図7に示したような制動力係数 μ のように $S = 10 \sim 20\%$ 領域で極大値を示さない。したがってブレーキングによって、旋回中力学的に釣合いながら走行していたものが、タイヤにすべりが発生すると、前述のような車体挙動が表れる。また、結果として、制動効果がある程度満足させながら、車体の挙動変化を小さくするためには、 S の小さい領域でALBが作動するように、システムとしてコントロールすることが考えられる。

図11(a)(b)(c)に、ブレーキング時の車体挙動の評価値として着目したロールとヨーの角速度の最大値を、これと関連していると思われる S_{max} に対して示した。これらの最大値はブレーキングの初期に表れる。フロントブレーキの場合 S_{max} に対するロール角速度は、近似的に直線的な増加傾向とみなせば、 $0.8 (\text{deg/sec}) / S_{max}\%$ 程度の比例係数を示す。また、ヨー角速度の S_{max} の増加に対する係数は約 $0.6 (\text{deg/sec}) / S_{max}\%$ である。一方、リヤブレーキの場合、評価値をヨー角速度に着目し、同様に S_{max} 値の増加に対する係数は約 $0.4 (\text{deg/sec})$

/ $S_{max}\%$ 程度である。

いずれの場合にも、旋回中のパニック的なブレーキングのテスト結果から、車体の挙動変化を小さくし、しかもコントロール性のある程度保持するためには、ALBの作動トリガーレベルを低く設定し、スリップ率の小さい範囲でALBを

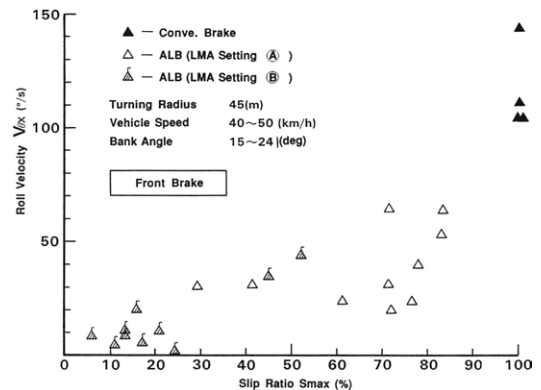


図 11(a) 旋回フロントブレーキの最大スリップ率に対する車体のロールレート

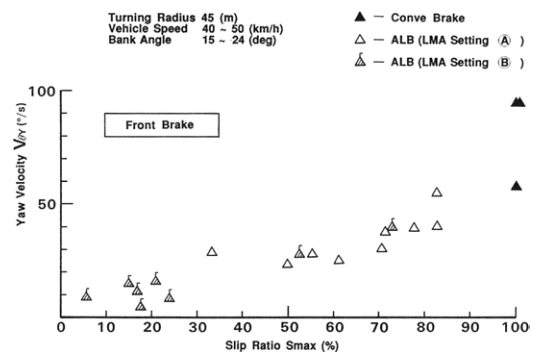


図 11(b) 旋回フロントブレーキの最大スリップ率に対する車体のヨーレート

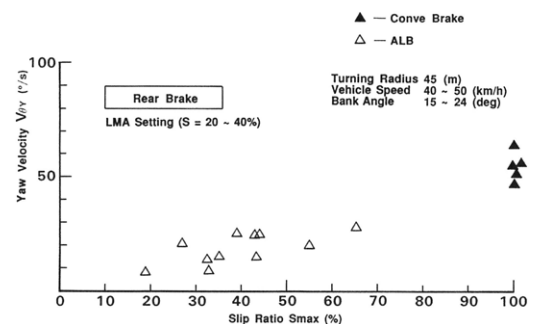


図 11(c) 旋回リヤブレーキの最大スリップ率に対する車体のヨーレート

作動すれば良いことが判った。しかし、そうした Setting においては、直進時のブレーキ性能が低下する場合も考えられる。したがって、さらに広範囲な研究が必要である。

6. 結 論

二輪車用機械式 ALB を用いて、旋回走行時のブレーキ動作に対する制動効果と車体挙動について、主に実走行テストを中心に研究した。一般路相当の高 μ 路面（アスファルトドライ）において、旋回半径 15、30、45、50m に対し、車速 20～60 km/h の範囲を選んで車体バンク角が約 15、24、32 deg になるような旋回条件を設定し、そこでパニック的にブレーキを操作した場合の走行テストを実施した。その結果として次のようなことが判った。

- (1) このテスト範囲の旋回ブレーキでは、直進時に比べて大きな車体の挙動変化を伴うものの、直進の場合とほぼ同等の制動効果が得られることが判った。
- (2) 旋回制動時の車体の挙動変化は、ALB のコントロールするタイヤのスリップ率の大きさと ALB の作動周期によって影響される。
- (3) スリップ率が小さくなるように設定すれば、車体の挙動変化は小さくなり、操縦コントロール性が向上する。
- (4) 旋回ブレーキング時の車体の挙動変化を小さくするために、より小さなスリップ率を設定することは、直進時の制動効果を低下させること

も考えられる。したがって、さまざまな路面や走行条件などに対応するためには、さらに広範囲な研究が必要である。

- (5) ブレーキング時のコントロール性を評価する指標としては、舵角の変化とヨー及びロールの角速度変化が有望である。

参 考 文 献

- (1) Zellner, J. W., "Advanced Motorcycle Brake Systems-Recent Results", SAE Paper 830153, Detroit, march-1983.
- (2) Russell, T. F. and Robert, E. F., "A Describing-Function Approach to Antiskid Design" IEEE Trans. on Vehicular Tech., Vol. VT-30, No.3, August-1981.
- (3) Ohayama, T., et al., "Study of Antilock Brake Systems for Motorcycles", The 12th International Tech. Conf. on Exp. Safety Vehicles, Gothenburg, 29/may~1/June-1989.
- (4) HONDA and Lucas Girling, "Anti-Lock Braking Suits Motorcycle Applications", Design Eng., Dec.-1987.
- (5) Sakai, H., "Theoretical and Experimentel Stuiies on the Dynamic Cornering Properties of Tyres", Int. J. of Vehicle Design, Vol. 2, No.1 to No.4 (1981).

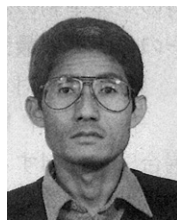
■ 著 者 ■



引 地 東 一 郎



泊 辰 弘



植 田 鉄 男



ミハエル ティーム