

小型二輪車用モータ駆動式前後輪連動 アンチロックブレーキシステムの開発

Development of Motor Actuated Combined Antilock Brake System for Light Weight Motorcycle

谷 一 彦* 松 任 卓 志*
Kazuhiko TANI Takushi MATSUTO

若 林 威* 大 田 淳 朗*
Takeshi WAKABAYASHI Atsuo OHTA

要 旨

“安心感のある、使い易いブレーキ”を提供するため、後輪ブレーキ操作時の前後輪連動ブレーキシステム（Combined Brake System）と前後輪ブレーキ操作時のアンチロックブレーキシステム（Antilock Brake System）を組み合わせたモータ駆動式前後輪連動ABS（Motor Actuated Combined Antilock Brake System）を小型二輪車用に開発した。

当システムは前後輪ブレーキの1チャンネル同時制御を、正逆転モータ、電磁ブレーキ、複式差動遊星ギアなどから構成される一つのアクチュエータで行うことにより、低コスト、小型化を達成した。

一般初心者による試乗テストの結果、当システム非搭載車に対して安心感が向上し、制動減速度も平均20～30%向上していることを確認できた。

本システムは、50ccスクータの国内モデルに適用され、量産されている。

ABSTRACT

For the "easy and stable brake operation" of light weight motorcycles, Motor Actuated Combined Antilock Brake System (M.A.-C.ABS) having the function of Combined Brake System on rear brake and Antilock Brake System on front and rear brakes was developed.

To make M.A.-C.ABS small and low cost, a single channel actuator is adopted to control front and rear brakes simultaneously, which consist of functional switch rotation motor, electromagnetic brake, double planetary differential gear and etc.

Test rides by "beginner class rider" have proved the relief from tension and the increase of braking force by 20-30 %.

The M.A.-C.ABS was applied successfully on a 50cc motor scooter of domestic market.

1. まえがき

二輪車はライダーがバランスをとりながら走行するという四輪車とは異なった特徴がある。また制動時には減速度の変化に伴って前後輪の分担荷重が大きく変わるため、走行状況に応じて前後輪の制動力を別々に調整できるように、前後輪ブレーキを独立させた二系統としている。このような二輪車の要求特性に合わせて、ホンダは大型二輪車用として前後輪ブレーキの連動化（Combined Brake System：以下CBS）と、前後輪二系統のブレーキ

を個々に制御する2チャンネル方式のABSを組み合わせたFig.1(a)に示す前後輪連動ABS（Torque Reaction Combined Antilock Brake System：以下T.R.-C.ABS）を開発し、1996年式のST1100輸出用モデルに採用している。

一方、初心者が比較的多く利用するスクータなどの小型二輪車に対してもCBSやABSの研究開発のニーズが高まってきた。

二輪車は、後輪ブレーキよりも前輪ブレーキを使用した方が高い減速度が得られるが、過大なブレーキ操作入力で前輪がロックした場合、車体のコントロール性低下

*朝霞研究所

が著しいため、初心者は“前輪がロックすると怖い”という意識を持ちがちである。また、前輪ブレーキを操作する右手はアクセル操作も行わなければならないため、初心者は“ブレーキ操作に集中できる”ということから、後輪ブレーキを多用する傾向がある。

今回、小型二輪車用に開発された Fig.1(b) に示すモータ駆動式前後輪連動 ABS (Motor Actuated Combined Antilock Brake System : 以下 M.A.-C.ABS) は、“安心感のある、使い易いブレーキ” 特性とするため、特に初心者の使用頻度の高い後輪ブレーキにライダーの入力状態や車体速度に応じた前輪制動力を付加する CBS 機能を持たせた。さらにライダーのレバー操作や路面状況に対する必要以上の気遣いを低減させるために、前後輪ブレーキに直進制動時の車輪ロックを回避する ABS 機能を加えた。M.A.-C.ABS は前後輪独立二系統ブレーキを 1 チャンネル

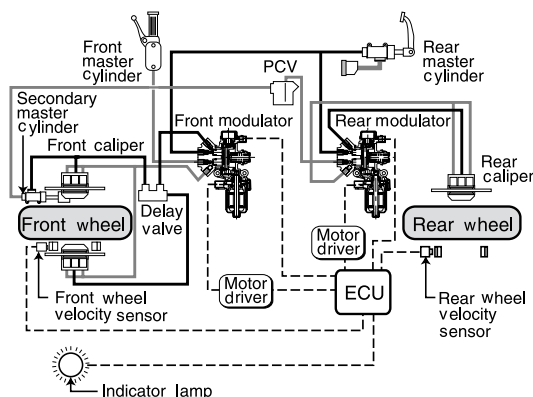
のアクチュエータで同時に制御している。これによりシステムの簡略化と部品点数削減をはかり、小型二輪車にも搭載可能な低コストと小型化を実現できた。

本システムは、Fig.2 に示す 1996 年式国内モデルの 50cc スクータ “Live Dio ST” に適用、量産されている。

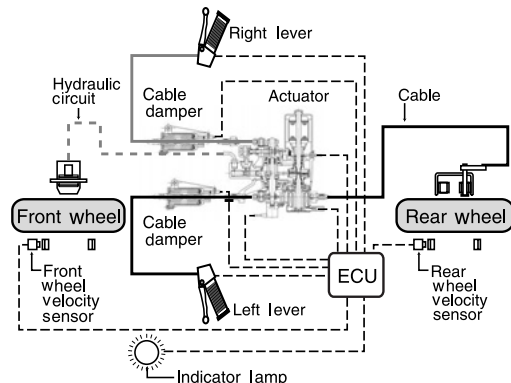
2. M.A.-C.ABS の概要

2. 1. M.A.-C.ABS の構成

M.A.-C.ABS の構成を Fig.3 に示す。M.A.-C.ABS は一つのアクチュエータのモータ回転方向と回転力を制御することで、CBS 機能と ABS 機能を両立させている。構成は前後輪独立二系統ブレーキ、アクチュエータ、ケーブルダンパ、Electronic Control Unit (以下 : ECU)、前後車輪速度センサ、インジケータランプなどからなり、各部の特徴を以下に示す。



(a) Torque reaction combined ABS configuration



(b) Motor actuated combined ABS configuration

Fig.1 Comparison of combined ABS configuration



Fig.2 Live Dio ST

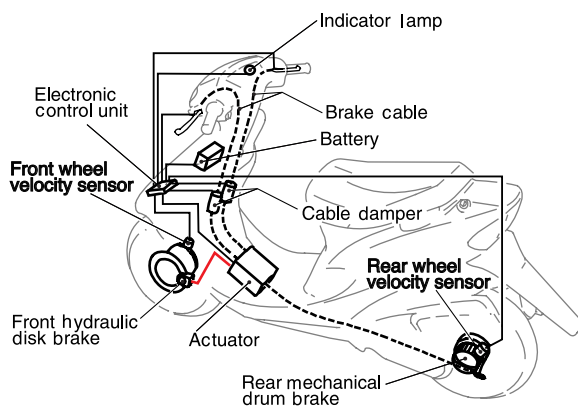


Fig.3 Installation of M.A.-C.ABS

1) 前後輪独立二系統ブレーキ：今回開発した”Live Dio ST”の場合、前輪ブレーキの操作は右レバー、後輪ブレーキの操作は左レバーで行う。前輪には液圧式ディスクブレーキ、後輪にはケーブル式ドラムブレーキを採用しており、レバーからアクチュエータまでの伝達系は、前後輪共にブレーキケーブルを使用している。

2) アクチュエータ：Fig.4に示すアクチュエータは、左右レバーと前後輪ブレーキとの中間に配置され、正逆転するモータ、電磁ブレーキ、複式差動遊星ギア、前輪ブレーキ制御アーム、後輪ブレーキ制御アーム、角度センサなどから構成されている。

アクチュエータの非作動時には電磁ブレーキはオフになっており、ライダーの右レバー操作力は前輪ブレーキに、

左レバー操作力は後輪ブレーキに、それぞれ別々の前後輪ブレーキ制御アームを介して直接伝達される。アクチュエータの作動時には電磁ブレーキがオンになり、モータの回転方向とモータトルクを制御することによりCBSとABSの制御を行っている。

3) ケーブルダンパ：ケーブルダンパは、レバーとアクチュエータをつなぐ各前後輪ブレーキプライマリケーブルの中間に配置されている。一定のケーブル張力で作動するリミットスイッチと、ABS作動時のレバーへのキックバック反力を低減するスプリング部から構成される。

4) ECU：ECUは、8bit-CPUとモータ駆動回路を一体化し、CBSとABSの制御とシステム全体の監視診断を行う。

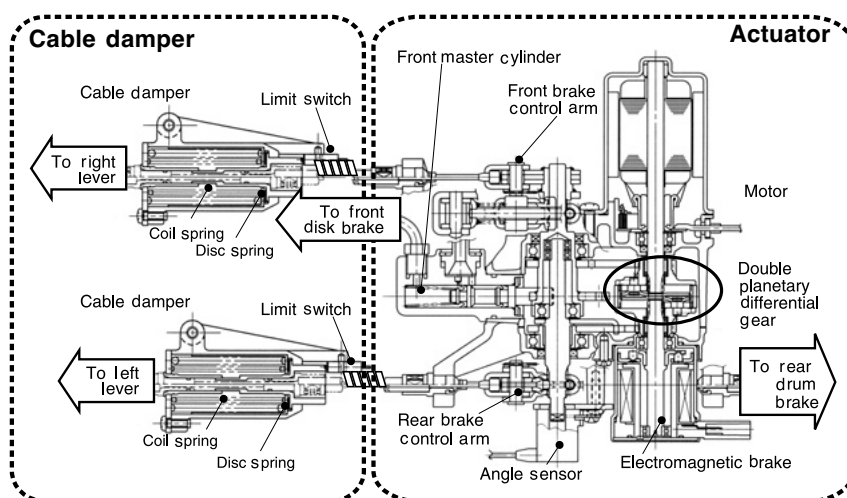


Fig.4 Actuator and cable damper

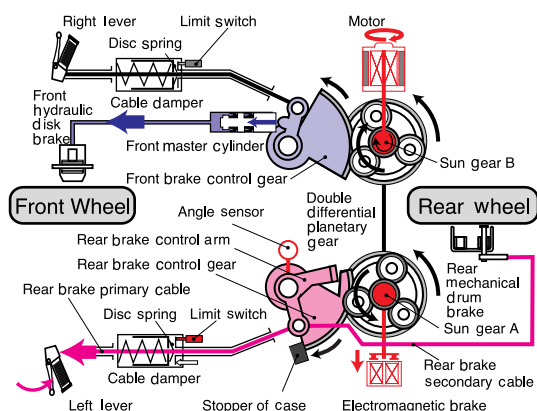


Fig.5 Principal of CBS operating

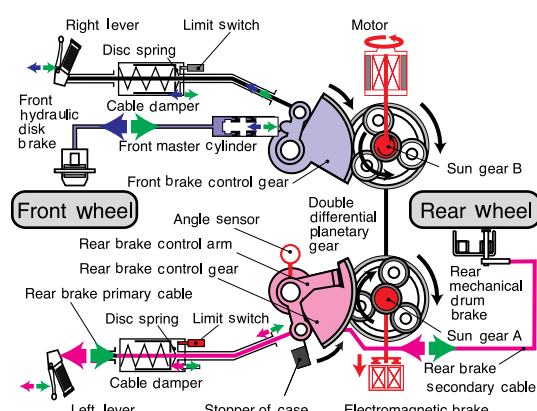


Fig.6 Principal of ABS operating

2. 2. M.A.-C.ABSの作動原理

2. 2. 1. CBS 作動原理

Fig.5にCBSの作動原理を示す。CBSは左レバー操作時のみ作動する。ライダーのレバー操作入力によって発生する後輪制動力と、アクチュエータによって付加される前輪制動力の関係を図7に示す。

ライダーの左レバー操作入力は、後輪ブレーキプライマリケーブル→後輪ブレーキ制御アーム→後輪ブレーキセカンダリケーブル→後輪（ドラム）ブレーキへと伝達される。後輪ブレーキ制御アームのケーブルダンパのリミットスイッチ作動角および作動後の回転は、アクチュエータの角度センサによってレバー操作ストローク量として検出される。さらに前後輪に取り付けられた車輪速度センサによって各車輪の回転パルスが検出され、ECUに送信される。

ECUは、上記の入力信号からライダーのレバー入力状態や、後輪ドラムブレーキの遊び、車体速度などを演算し、アクチュエータの電磁ブレーキには駆動電流を、モータには付加する制動力に応じた電流を送りCBS制御を行う。

一つのアクチュエータで、CBS作動時には前輪に制動力を付加し、ABS作動時には前後輪の制動力を同時に制御する必要があるため、以下のギア構造を採用している。

アクチュエータの複式差動遊星ギアには、一つのリングギアを共用する二つの遊星ギア列が向かい合って配置されている。二つの遊星ギア列のサンギアA、Bは、それぞれモータと電磁ブレーキに接続されている。CBSの作動時には電磁ブレーキが作動し、サンギアAを拘束するので、サンギアBからモータ制御トルクを入力できる。拘束された遊星ギアの差動効果により、それぞれのキャリアとかみ合っている前後輪ブレーキ制御ギアへモータトルクは分配される。後輪ブレーキ制御アームは、後輪ブレーキ制御ギアと同軸上に回転自在に配置されている。CBS作動時の制御ギア回転方向では後輪ブレーキ制御ギアは、ケース・ストッパーに拘束されるので、後輪ブレーキ制御アームにはモータトルクが伝達されない。一方、前輪ブレーキ制御ギアに結合された前輪ブレーキ制御アームにはモータトルクが伝達されるので、前輪ブレーキ制御アームは前輪ブレーキマスタシリンダを押し、前輪に制動力を発生させる。

2. 2. 2. ABS 作動原理

Fig.6にABSの作動原理を示す。ABS作動時にはアクチュエータのモータは、CBS作動時とは逆方向に回転し、制動力を緩める方向にモータトルクを伝達する。後輪ブレーキ制御ギアもCBS作動時の回転方向とは逆となり後輪ブレーキ制御アームにもモータトルクを伝達するため、ABS作動時には前後輪制動力をあらかじめ設定された配分で同時制御することができる。

前後輪に取り付けられた車輪速度センサから送られる信号から、ECUは前後輪のスリップ率および加減速度を演算している。車輪がロック方向に向かったと判断した時には、アクチュエータの電磁ブレーキに駆動電流と、モータに車輪ロック回避に必要な電流を送りABS制御を行う。この時にブレーキケーブルを介してレバーに伝わるキックバック反力を低減させるため、一定荷重以上になるとアウトケーシングが縮むケーブルダンパが設置されている。

車輪の回転速度が十分に回復し、車輪ロックが回避されたと判断されれば、モータトルクを減少させ再び制動力を増加させる。以上を繰り返すことによって、車体がほぼ停止するか、ライダーの入力が解除されるまでシステムで制動力を増減させる。

2. 3. M.A.-C.ABSの制御

2. 3. 1. CBS 制御

各路面状況や車体状態において、最大減速度はFig.7に示す理想配分曲線上において発生する。しかし、M.A.-C.ABSのCBS特性は、後輪ブレーキ操作系（左レバー）

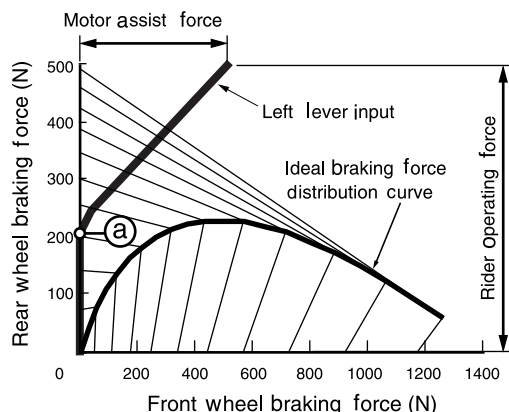


Fig.7 Braking force distribution characteristics of "CBS"

の過大操作入力時には後輪側からロックさせるという考え方に基づき、前後輪制動力配分を理想配分よりも後輪ブレーキ寄りに設定している。

アクチュエータは、左レバーからの操作入力によりケーブルダンパのリミットスイッチが作動（図中㉔）した後のケーブルストローク量に応じた大きさのアシスト力を前輪ブレーキに付加する。アクチュエータで実際に発生させる前輪制動力は、Fig.8に示す基本アシスト量に対し以下の補正を行い決定される。

1) 初期入力に対する補正（図中㉕）：左レバー操作入力の増加速度が大きい場合、モータによる前輪制動力のアシスト遅れがないように、レバー操作入力の増加速度に応じて前輪制動力のアシスト力を増加させる。

2) 操作状態に対する補正（図中㉖）：実際の制動時には、操作系とブレーキ系の間のフリクションなどによりレバー操作入力の増加操作と減少操作とではレバー入力と制動力の関係が異なる。“レバー操作入力を増やしている”、“保持している”、“緩めている”などの操作状態をケーブルストローク量の変化率から検出して、アシスト量を変化させる。この補正によって実際の後輪制動力に対する前輪ブレーキのアシスト量が一定になるようにコントロールしている。

3) 車体速度に対する補正（図中㉗）：高速度域での前輪の制動力感と、低速度域での車体コントロール性を両立するため、車体速度によってアシスト量を補正して

いる。また完全停止状態では消費電力を抑えるために前輪ブレーキへのアシストは行わない。

4) 遊び状態による補正：ケーブル式ドラムブレーキは、ケーブルの伸びやシューの摩耗などでブレーキの遊びが増える。M.A.-C.ABSもブレーキの遊びが増えた場合には、前輪ブレーキへのアシスト量を低下させ、ライダーに遊び調整を促す機能を持たせている。ケーブルダンパのリミットスイッチ作動時のレバー操作量（ストローク絶対量）が大きい時は、後輪ブレーキの遊びが多いと判別し、その遊び量に応じてモータトルクを減少させ前輪ブレーキへのアシスト量を低下させる。

2. 3. 2. ABS制御

タイヤと路面間の摩擦力は、スリップ率（車体速度と車輪の回転速度の差を車体速度で割った値）に依存する。慣性走行時には車体速度と車輪の回転速度は等しくスリップ率は0%であり、車輪が完全にロックした時のスリップ率は100%となる。タイヤの縦方向（進行方向）に発生する力は、スリップ率10～20%で最大となり、それ以上のスリップ率では低下する。タイヤの横方向の力はスリップ率0%の時に最大であるので、スリップ率100%の時にはほとんど零となり、車体コントロール性が低下する場合がある。したがって制動力と車体コントロール性を同時に適切に得るためには、縦方向の力が最大で横方向の力が確保可能な10～20%のスリップ率範囲でコントロールすることが好ましい。

M.A.-C.ABSは、前後輪のどちらか一方がロックした場合でも、両輪ブレーキを同時にABS作動させる1チャンネル制御である。この1チャンネルでの制御性を高めるため、前後輪制動力配分を有効に利用することが重要であり以下の手法を用いている。

1) 路面状態に適した制御

各種のテスト結果によって、直進制動時に車体をコントロールできる後輪スリップ率は、路面状態（滑り易さ）によって異なることが判明した。滑りにくい路面では比較的大きなスリップ率まで車体をコントロールできるが、滑り易い路面ではコントロールできるスリップ率は低下する。

M.A.-C.ABSでは、路面の滑りやすさを後輪スリップ率の微分値によって判断し、後輪側のABS作動ポイントを決定するABS作動スリップ率ラインを変化させて、路面

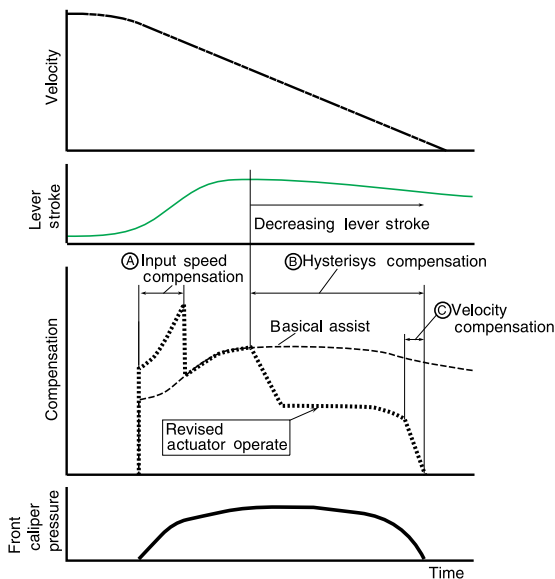


Fig.8 Compensation of front assist

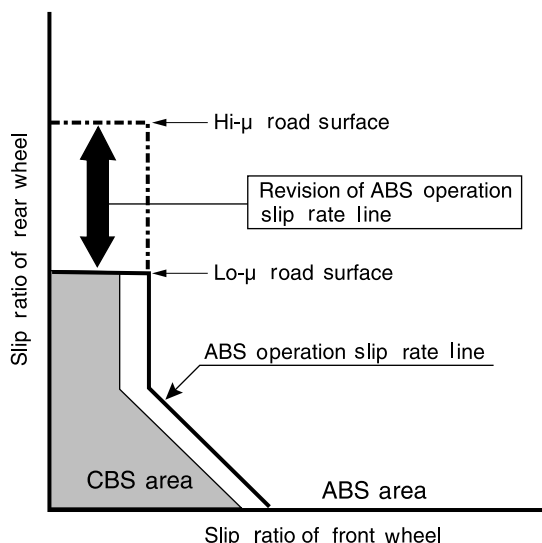


Fig.9 Revision of ABS operation area by road surface μ

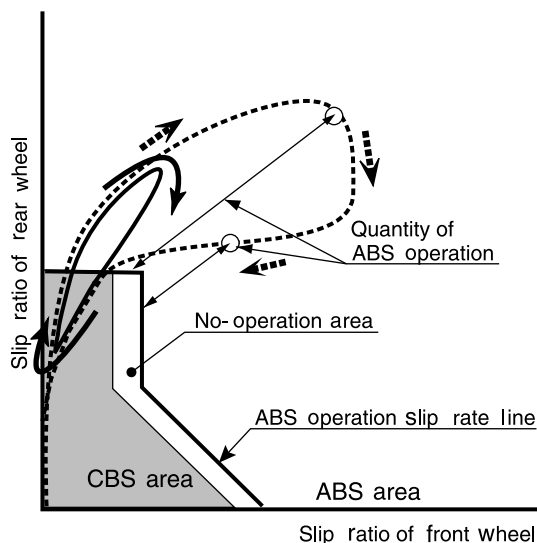


Fig.10 ABS operation

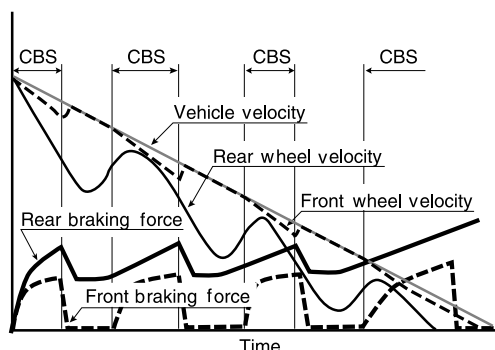


Fig.11 Application of CBS effect during the ABS operation

状態に応じた制動性能と車体コントロール性を確保している。ABS作動スリップ率ラインは、Fig.9に示す制動性能と車体コントロール性のバランスを考慮した前輪スリップ率と後輪スリップ率とで決定される。

ABS制御量は車体の前後輪スリップ率とABS作動スリップ率ラインとの距離で算出される。この距離は一定の傾きを持って算出され、ABS制御量は距離に比例している。またABS作動スリップ率ラインは上記路面 μ 以外にも車体速度、スリップ率の微分値などで補正している。

また、ABSからCBSへ制御が変化するときの作動変化をスムーズにするため、ABSもCBSも作動しない不感帯領域を設けている。

右レバー（前輪ブレーキ）のみ操作時のABS制御量は、Fig.10に示す横軸上のみで決定している。

2) ABS作動時の運動効果

Fig.11に示すようにABS作動は、制動力を減少させる行程と再び増加させる行程の繰り返して成立している。M.A.-C.ABSではこの制動力を増加させる行程にもCBS制御を行い、ABS作動時にも高い制動性能を確保している。

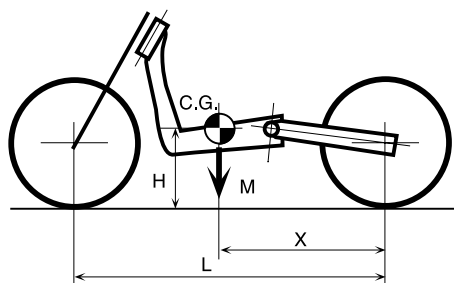
3. テスト概要

3. 1. テスト車と測定項目

Table 1にテスト車の主な諸元を示す。測定項目は前輪車輪速度、後輪車輪速度、右および左レバー操作入力の4項目であり、必要に応じて計算処理される。

Table 1 Specifications of test motorcycle

Items	Motorcycle A	Motorcycle B
Brake system	M.A.-C.ABS	Conventional brake
Wheel base : L (m)	1.148	1.148
Curb mass : M (kg)	79.7	74.5
Hight of C.G. : H (m)	0.622	0.612
Distance : X (m) between C.G. and rear axle	0.714	0.716
Distributed load of motorcycle with one rider, Front/ rear (N)	525/ 822	464 / 831



3. 2. テスト目的および条件

ブレーキ操作時の安心感と使い易さが向上しているか否かを確認するために、スクータ乗車経験の比較的浅い初心者ライダー33名を対象にM.A.-C.ABS非搭載車、搭載車の順に走行テストを行い、ブレーキ操作入力、減速度などの測定をした。テストは乾燥アスファルト路面上で直進状態を保ち、初速40km/hになるようにスロットル操作して車速を安定させた後、右レバー単独、左レバー単独、左右レバー同時の3通りの制動を完全停止するまで行った。レバー操作入力の大きさは各ライダーのコントロール可能な範囲とし、特別な指示は出してない。データの測定は慣熟走行後に各操作方法毎に5回収録し、ブレーキ操作フィーリングのアンケート調査もあわせて行った。

次に運転技術の熟練したエキスパートライダーを対象に、同じテスト条件で最大減速度(ライダーズベスト減速度)の測定を行った。

4. テスト結果

4. 1. 初心者ライダー

M.A.-C.ABS搭載車では、ABS機能により車輪ロックに対する気遣いが低減するためにブレーキレバー操作入力が増大し、CBS効果と合わせ減速度も向上した。また試乗後のアンケート調査でも大半の人がM.A.-C.ABS搭載車の方がブレーキが簡単であり、体感的にもM.A.-C.ABS搭載車の方がよく止まれると感じている。

M.A.-C.ABS搭載車に乗車しても減速度が向上しなかった事例もあったが、それはM.A.-C.ABS搭載車であってもABS作動領域までブレーキを使っていなかったり、制動時にスロットルを全閉にしなかったなどであった。

また、ABS作動後にブレーキ操作入力が低下しているライダーも見られたが、ABS作動直前の車体減速度は停止までの平均減速度と比較しても飛び抜けて高いわけではないことから、制動による減速度感が恐くて操作入力を低下させたのではなく、ABS作動のインフォメーションであるキックバックをレバーに感じたことにより、それ以後の操作入力を減らしたと推測できる。

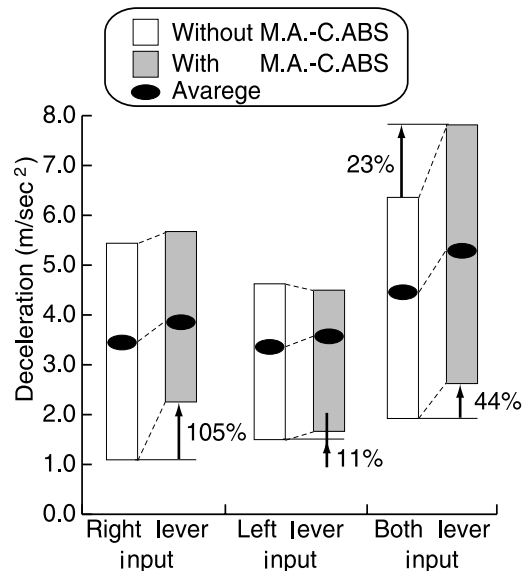


Fig.12 Comparison of deceleration

4. 1. 1. 減速度

減速度を包括的に比較した結果をFig.12に示す。

右レバーと同時レバー操作時の最小減速度がそれぞれ105%、44%高くなり、また同時ブレーキ時の最大減速度も23%向上した。

Fig.13に三種類のレバー操作における減速度の頻度分布を示す。また平均減速度は各操作においてもM.A.-C.ABS搭載車の方が向上している。

1) 右レバー操作：M.A.-C.ABS非搭載車では2.5m/sec²未満の減速度しか出せない事例もあり、頻度分布は4.0m/sec²を境に二つのグループに分かれる。しかし、M.A.-C.ABS搭載車では全員が2.5m/sec²以上の減速度を出している。最大減速度はM.A.-C.ABS非搭載車で5.47m/sec²、搭載車で5.69m/sec²であった。全体的にM.A.-C.ABS搭載車の方が高減速度の頻度が高い。

2) 左レバー操作：最大減速度はM.A.-C.ABS非搭載車で4.64m/sec²、M.A.-C.ABS搭載車で4.51m/sec²であった。左レバー操作では比較的に車体コントロール性の影響が少ないため、M.A.-C.ABS非搭載車、搭載車とも頻度分布はあまり変わらない。

3) 左右レバー同時操作：最大減速度はM.A.-C.ABS非搭載車で6.36m/sec²、M.A.-C.ABS搭載車で7.85m/sec²であった。M.A.-C.ABS搭載車は車輪がロックせず制動しやすいため、高減速度の頻度が高い。

4. 1. 2. ブレーキレバー操作入力

Fig.14(a)に三種類のレバー操作における操作入力の頻度分布を示す。

1) 右レバー操作：M.A.-C.ABS非搭載車でのブレーキレバー操作入力は、ほとんど全員が150.0N未満であるが、M.A.-C.ABS搭載車では全員が150.0N以上の操作入力であった。最大操作入力値はM.A.-C.ABS非搭載車で180.3N、M.A.-C.ABS搭載車で273.2Nであり、M.A.-C.ABS搭載車では安心して操作入力を上げているのがわかる。

2) 左レバー操作：最大操作入力値は、M.A.-C.ABS非搭載車で186.2N、M.A.-C.ABS搭載車で190.7Nであった。左レバー操作では比較的ブレーキングしやすいため最大操作入力値に大きな差はないが、M.A.-C.ABS搭載車の方がやや高い入力値であった。

3) 左右レバー同時操作：最大操作入力値は、M.A.-C.ABS非搭載車で右レバー操作121.8N、左レバー操作195.0N、M.A.-C.ABS搭載車で右レバー操作290.8N、左

レバー操作223.4Nであった。M.A.-C.ABS搭載車は車輪がロックせず制動しやすいため、安心して操作入力を上げているのがわかる。

4. 1. 3. ブレーキレバー操作入力増加速度

Fig.14(b)に三種類のレバー操作における操作入力増加速度の頻度分布を示す。

1) 右レバー操作：M.A.-C.ABS非搭載車でのブレーキレバー操作入力増加速度は、400.0N/sec未満であるが、M.A.-C.ABS搭載車では800.0N/secまで上がっている。また、最大操作入力増加速度はM.A.-C.ABS非搭載車で362.7N/sec、M.A.-C.ABS搭載車で738.6N/secであり、M.A.-C.ABS搭載車は車輪がロックしないために操作入力

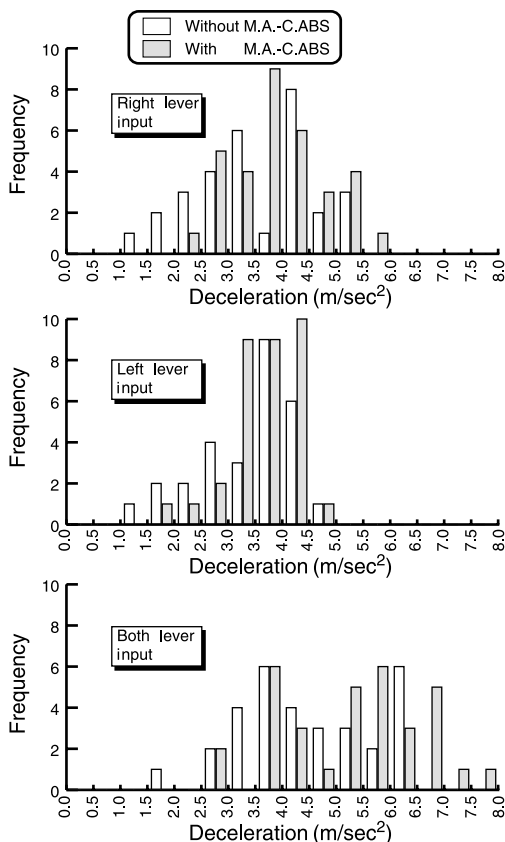


Fig.13 Frequency of deceleration

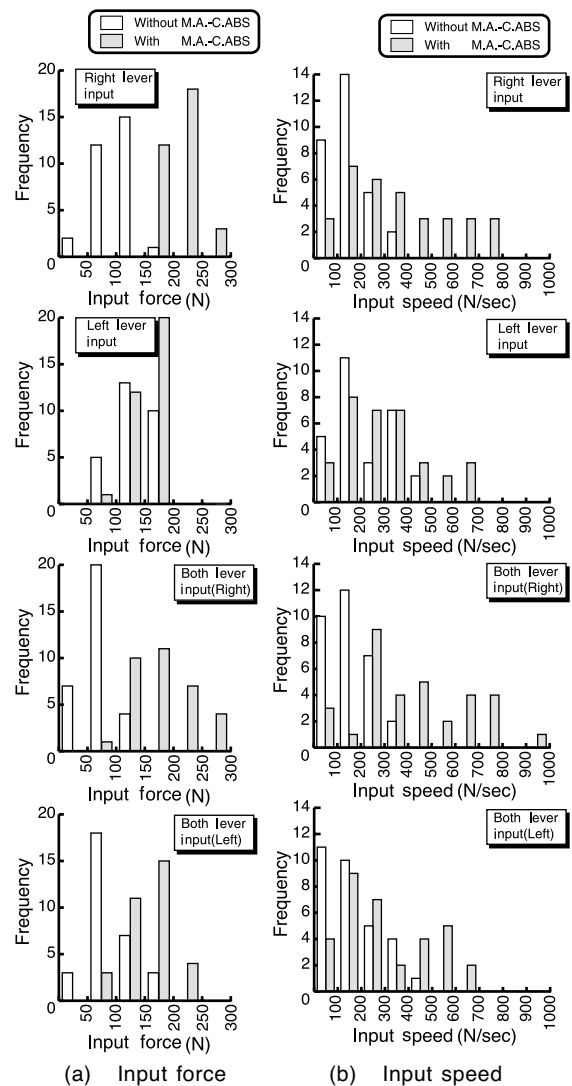


Fig.14 Frequency of lever input

増加速度が高く、初心者でも安心してブレーキ操作をしているのがわかる。

2) 左レバー操作：最大操作入力増加速度は M.A.-C.ABS 非搭載車で 489.3N/sec、M.A.-C.ABS 搭載車で 678.1N/sec であった。車体コントロール性の影響が少ないため、M.A.-C.ABS 非搭載車、搭載車とも操作入力増加速度の差は少ない。

3) 左右レバー同時操作：最大操作入力増加速度は、M.A.-C.ABS 非搭載車で右レバー操作 385.6N/sec、左レバー操作 462.4N/sec、M.A.-C.ABS 搭載車で右レバー操作 974.0N/sec、左レバー操作 670.7N/sec であった。

4. 2. エキスパートライダーによる最大減速度

M.A.-C.ABS 非搭載、搭載車でのエキスパートライダーによる最大発生減速度を測定した結果を Fig.15 に示す。

ただし、M.A.-C.ABS (CBS) は ABS を作動させないようにして停止した場合であり、M.A.-C.ABS (ABS) は ABS を完全に作動させて停止した場合の値である。

M.A.-C.ABS 非搭載車では、右レバー操作時で 8.14m/sec²、左レバー操作時で 4.22m/sec²、左右レバー同時操作時で 8.34m/sec² であり、M.A.-C.ABS 搭載車で ABS を作動させない時の減速度は、右レバー操作時で 7.00m/sec²、左レバー操作時で 6.18m/sec²、左右レバー同時操作時で 7.17m/sec² であった。

また、M.A.-C.ABS 搭載車で ABS を作動させた時の減速度は、右レバー操作時で 6.96m/sec²、左レバー操作時で 5.20m/sec²、左右レバー同時操作時で 6.91m/sec² であった。

ABS は車輪のロック回避による車体コントロール性の

確保が目的で、最大減速度を向上するデバイスではないが、CBS 効果により左レバー操作時は M.A.-C.ABS 非搭載車に比べ 47% の最大減速度の向上が見られた。

5. 結論

1) M.A.-C.ABS を装着することにより、最小減速度、最大減速度双方の向上が得られ、特に初心者にとっては操作技量が要求される前後輪同時ブレーキにおける向上が顕著であった。

2) M.A.-C.ABS 非搭載車でのブレーキ操作では、低い減速度しか出せない人もいるが、搭載車では CBS と ABS は初心者ライダーに安心感と使い易さを増大させ、ブレーキングを容易にしている。

3) ABS の作動はエキスパートライダーによる制動時の最大減速度を下げるが、ABS を作動させない様に減速した場合には、左レバー入力時の減速度が CBS 効果により M.A.-C.ABS 非搭載車に対し 47% 向上した。

参考文献

- 1) Nishimoto et al, 「Research on Combined Brake System for Motorcycle, International Motorcycle Conference: Safety-Environment-Future」, Germany, 1991
- 2) Tsuchida et al, 「Further Research on Combined Brake System for Motorcycle」, SAE 931563, 3rd SETC, 1993
- 3) Matsuto et al, 「Research of Compact Motor Driven ABS」, 28th ISATA, 1995
- 4) 松任ほか：「モータ駆動式小型 ABS の研究」、自動車技術会学術講演会前刷集、No.954, 9539095
- 5) Kato et al, 「Combination of Antilock Brake System (ABS) and Combined Brake System (CBS) for Motorcycle」, SAE 960960, 1993

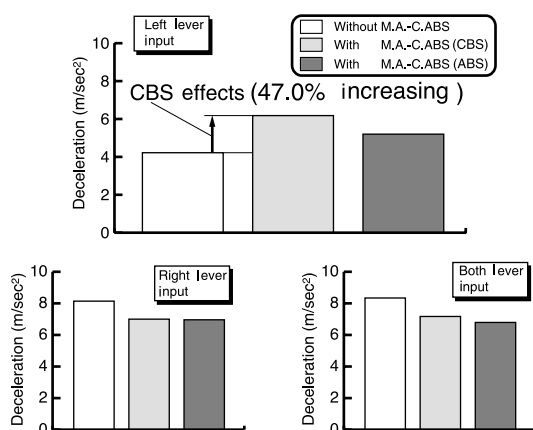


Fig.15 Comparison of riders' best deceleration

■著 者■



谷 一 彦



松 任 卓 志



若 林 威



大 田 淳 朗