

二輪車用の新連動ブレーキシステム (Dual CBS) に関する研究 (II)

Further Research on New Combined Brake System (Dual CBS) for Motorcycles

槌 田 鉄 男* 岩 下 調* 沢 野 功 明*
Tetsuo Tsuchida Kanau Iwashita Yoshiaki Sawano
西 本 幸 正* 中 田 博 之*
Yukimasa Nishimoto Hiroyuki Nakata

要 旨

二輪車用の新連動ブレーキシステム (Dual CBS) について、旋回制動時の車体挙動の研究を行った。その結果、Dual CBS は従来のブレーキシステムより手の操作系で制動した時、ロールレートが小さいことが判明した。

また、Dual CBS と同様に、手の操作系は後輪より先に前輪がロックし、足の操作系は後輪が先にロックする 2 種類の連動ブレーキシステムを試作し、Dual CBS や従来のブレーキシステムと、その操作性について定量的に比較した。その結果、車輪をロックさせずに制動できる手と足の入力のコラボレーションと、高い減速度を発生できる入力の組み合わせの範囲は Dual CBS が一番広いことが判った。

ABSTRACT

Research was done on the behavior during braking in a turn of a motorcycle equipped with Dual Combined Brake System (Dual CBS), a system for activating the front and the rear brakes simultaneously with either hand or foot input. The result shows that, when the hand brake activates both wheels, the roll rate scored by the Dual CBS is less than that of a conventional brake system.

In addition, two different CBSs, where the hand brake locks the front wheel before the rear and the foot brake locks the rear first as well as the Dual CBS, were prepared. The controllability of these CBSs was evaluated and compared with a conventional brake system and the Dual CBS. The Dual CBS, when hand and foot inputs are applied simultaneously, showed the widest range of combinations of hand and foot inputs that allow braking without locking the wheel and generate higher deceleration.

1. まえがき

二輪車のブレーキシステムは、一般的に手と足で前輪と後輪のブレーキをそれぞれ独立して操作するようになっている。ライダーは走り方や路面状況に合わせて、特性の異なる二つのブレーキを操作している。しかし、最大の減速度を得るためには、様々な路面の特性に合わせて二つの操作系の入力を適切に配分する必要がある。

このことは、二輪車の持っている制動能力を効率良く利用することを意味し、制動時の車体挙動の変化を小さくすると共に、車輪がロックする機会を減らすことにもつながる。

連動ブレーキシステム (CBS: Combined Brake System) の目的は、一つの操作系を用いて前後輪を同時

に制動し、予め設定された適切な制動力配分を得やすくすることにある。

筆者らは、適切な前後輪制動力配分が得やすい CBS を目指して研究を行い、その過程で手の操作系、足の操作系共に前後輪同時に制動できる Dual CBS を構築した。

この Dual CBS には以下の効果があることが判明している^{1) 2)}。

(1) 技量の異なる様々なライダーが直進路で、手または足の操作系の一方のみで制動した時と、両方の操作系を併用した時のいずれの場合も、減速度の平均値は従来のブレーキシステムより高い。また、足の操作系の単独使用時を除いて、そのバラツキ巾も小さい。

* 朝霞研究所

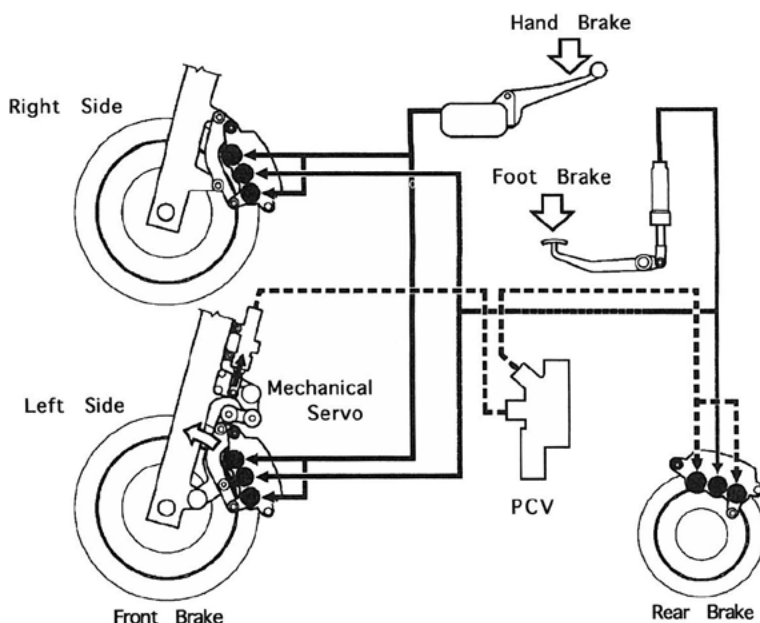


Fig. 1 Schematic Diagram of Dual CBS

(2) 車体挙動に関しては、従来ブレーキシステムと比較して手の操作系のみで制動した時のピッチレート、ヨーレートおよび足の操作系のみで制動した時のヨーレートが小さい。

直進路での制動テストに続き、旋回中に制動した時の車体挙動を従来のブレーキシステムと比較した。

また、比較テスト用の2種類のCBSを試作し、Dual CBSと従来のブレーキシステムを加えて、計算と実車テストでその操作性を定量的に検討した。

2. Dual CBS の構成およびテスト車両

テストに使用した Dual CBS の構成を Fig. 1 に示す。このシステムは原理的には Technical Review Vol.5 に示したものと同一である。その特性を Fig. 2 に示す。手の操作系の特性は1名乗車時の理想制動力配分特性の下側に設定してあり、入力を増加して行くと、最終的に後輪より先に前輪がロックする。足の操作系の場合は最大積載時の理想制動力配分特性の上側に設定してあり、後輪が先にロックするようになっている。

テストや計算のモデルとして使用した二輪車は Fig. 3 に示すディメンションを持つ排気量 1000cm³ のオンロードスポーツモデルである。

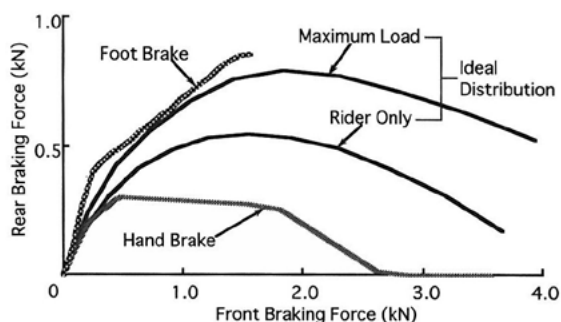


Fig. 2 Braking Force Distribution Characteristics of Dual CBS

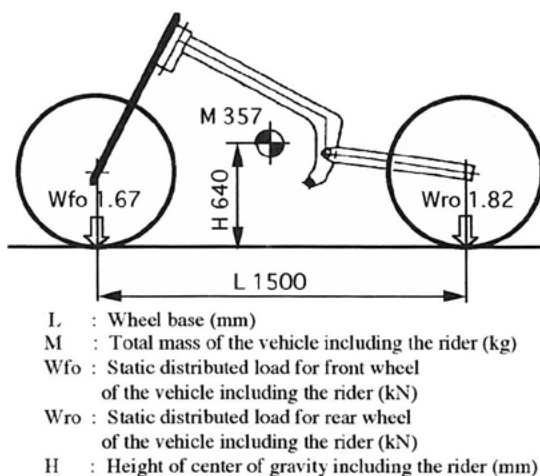


Fig. 3 Static Distributed Load and Main Dimensions

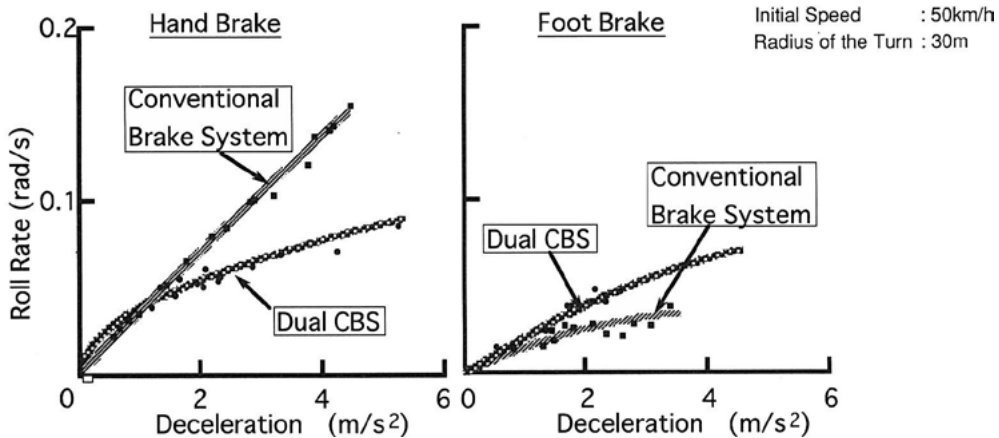


Fig. 4 Roll Rate When the Brake is Applied in a Turn

3. 旋回制動時の車体挙動

二輪車は旋回時にバンクするため、ステアリング軸と前輪タイヤの接地点にずれが生じる。この時、前輪の制動によりステアリング軸まわりにモーメントが発生し車体が起こされるが、後輪の制動では車体が起こされる現象は少ない。このことについては一般的によく知られている。

Dual CBS は、手の操作系で制動した時、前輪だけでなく後輪も同時に制動するため、従来の一般的なブレーキシシステムに比べ、旋回制動時のロールレートが小さくなり、反対に足の操作系では、その値が大きくなることが予想される。筆者等はこのことを実証するため、実車での旋回制動テストを行った。結果を Fig. 4 に示す。

手の操作系で制動した時発生するロールレートは従来の一般的なブレーキより Dual CBS の方が小さく、また足の操作系で制動した時のロールレートは Dual CBS の方が大きいことが判る。しかし、手の操作系の場合に比較して、その値が小さい。

4. 試作した別の構造の CBS

操作性の比較のため、試作した CBS は次の二つである。いずれも Dual CBS 同様に手の操作系の入力を増加して行くと、後輪より先に前輪がロックし、足の操作系は、後輪が先にロックする。Dual CBS と従来のブレーキシシステムを含めた四つのシステムのフローチャートを Fig. 5 に示す。

CBS-2 : 手の操作系で前輪のみが制動し、足の操作系で前後輪が同時に制動する。

CBS-3 : 手、足両操作系共に前後輪を同時に制動できるが、それぞれの操作系ごとに異なる特性の PCV とメカニカルサーボを持つ。

2つの CBS と比較して、Dual CBS はメカニカルサーボから後輪の制動力に到るルートを両操作系で共有していることが大きな特徴と言える。

各システム共、両操作系の単位入力当たりに発生する制動力を同等にした。また CBS-3 と Dual CBS の手の操作系の制動力配分特性を同等とし、CBS-2、CBS-3 および Dual CBS の足の操作系の制動力配分特性を同等にした。

5. 手と足を併用した時の操作性

5.1 制動力配分

Fig. 6 は、それぞれのシステムで手と足の操作系の入力の値を一定間隔で増加させて行った時、それらの入力の組合せで得られる前後輪の制動力の値を計算し、制動力配分特性線図の中にプロットしたものである。

A、B、C、O に囲まれた範囲は、1 名乗車で路面の摩擦係数 (μ) が 1.0 の時、車輪がロックしない制動力配分の領域であり、その制動力配分を白丸で示した。その外側のロックする領域は黒丸で示した。

この図から次のことが言える。従来のシステムは制動力配分が基盤目状に均等に分布している。Dual CBS の場合は、手の操作系の特性線と足の操作系の特性線に扶

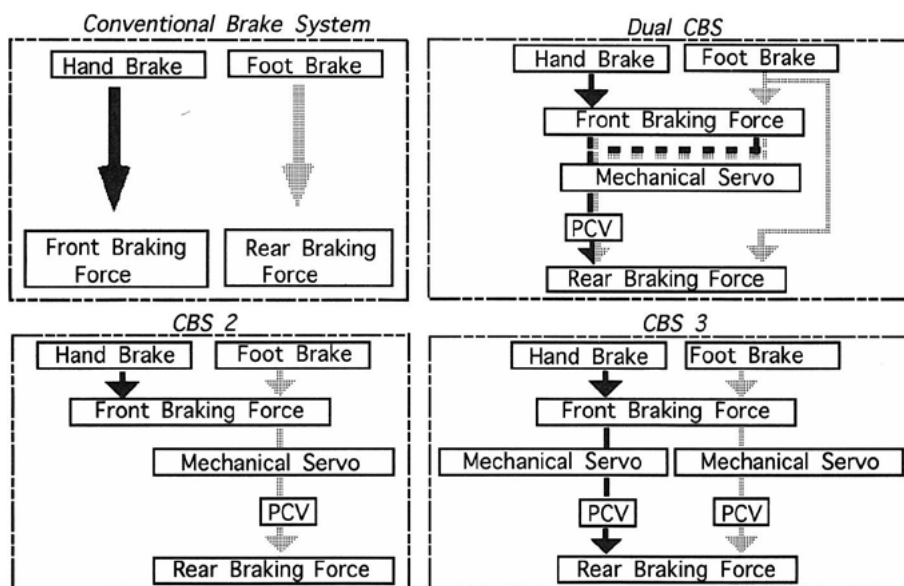


Fig. 5 Flow Charts of Each System

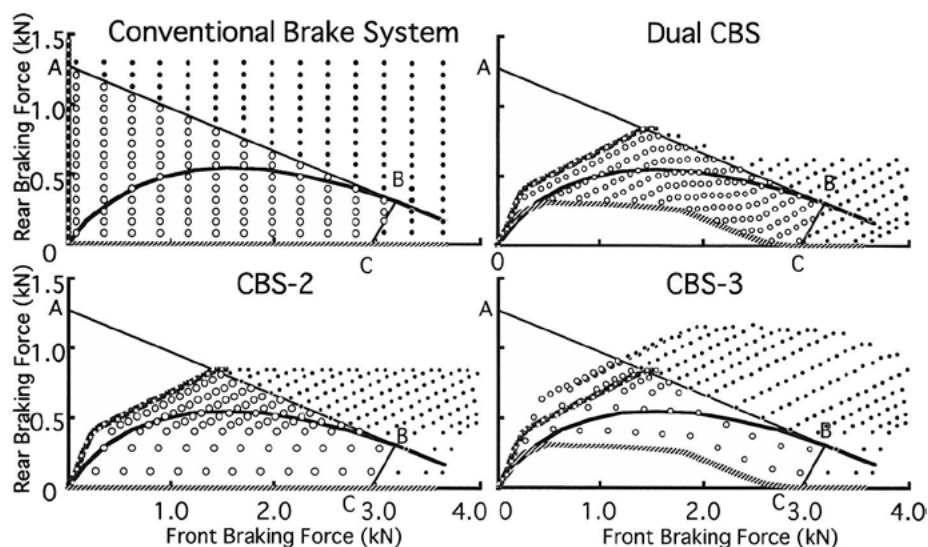


Fig. 6 Calculated Braking Force Distribution When Applying Hand and Foot

まれた理想、制動力配分特性の近くに、ほぼ均等に分布している。CBS-2も手の操作系の特性線と足の操作系の特性線に挟まれた範囲に分布していると言えるが、足の特性線に近い領域に偏在している。CBS-3の場合、足の特性線を越えた領域にも分布しており、他のシステムと比較してロック領域に多数の分布が見られる。

5.2 追加入力による制動力配分と減速度

より実際のブレーキングを考えて、次の二つの入力の仕方で、各システム毎に制動力配分がどのように推移して行くかのシミュレーションを実施した。手の入力を一定に保持しながら足の入力を追加する場合と、逆に足の入力を一定に保持しながら手の入力を追加する場合の二つである。

Fig. 7 にその結果を示す。Dual CBS の場合、他のシステムに比べ、いずれの入力方法でも、追加した入力により制動力配分が理想制動力配分に近づいて行くのが判る。このことから Dual CBS は高い減速度が得られやすく、また車輪がロックしにくいことが推測できる。

Fig. 8 は μ が 1.0 の路面で手の入力を一定に保持しながら足の入力を増加させて行った時、車輪がロックするまでに得られる減速度を示す。追加できる入力の値と得られる減速度は共に Dual CBS が一番大きいことが判る。

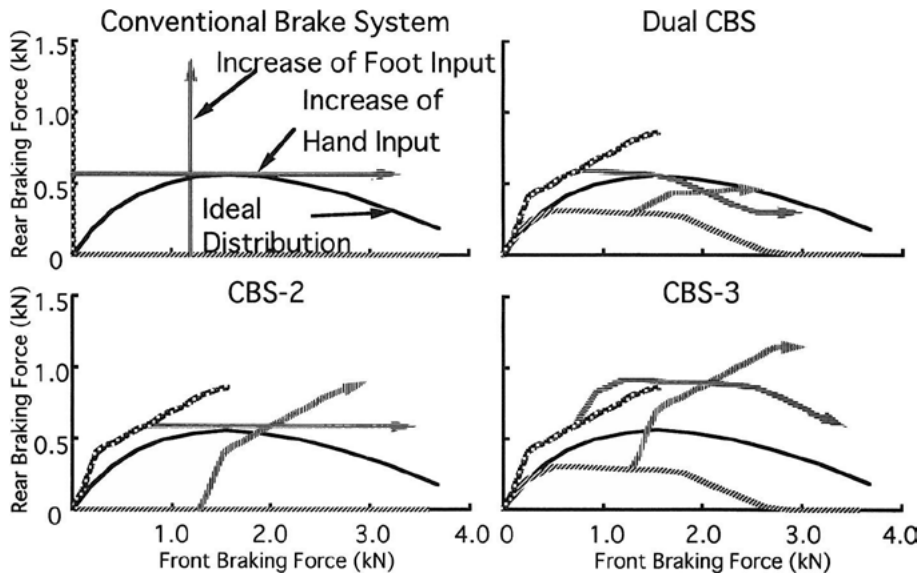


Fig. 7 Transition of Braking Force Distributions Obtained by Increasing the Input Force of Hand or Foot Brake While Maintaining the Other Constant

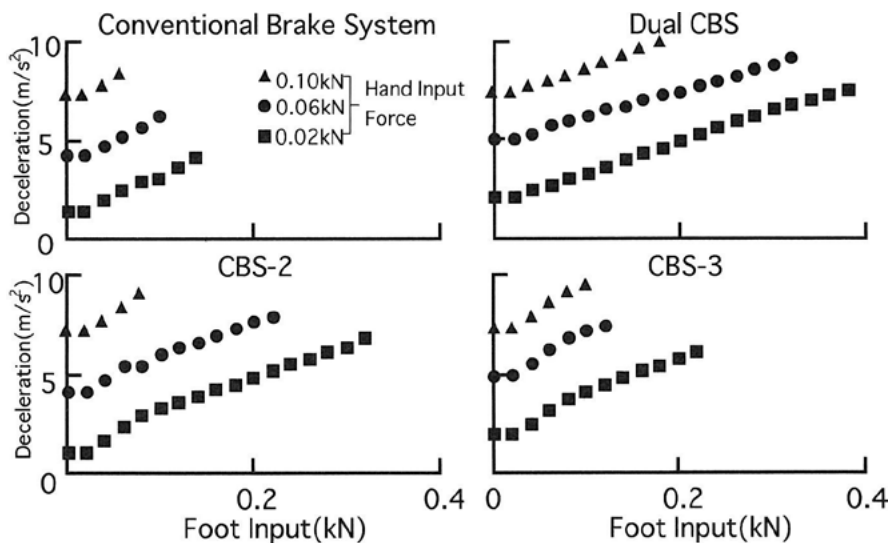


Fig. 8 Calculated Overall Decelerations up to Wheel Lock Obtained by Increasing the Input Force of Foot Brake While Maintaining That of Hand Brake Constant

Fig. 9 は足の入力を一定に保持しながら手の入力を増加させて行った時、車輪がロックするまでに得られる減速度を示す。各システム共、保持している手の入力

が高い程、追加できる足の入力小さくなっているが、Dual CBS は比較的高い入力を追加でき、得られる減速度も高いことが判る。

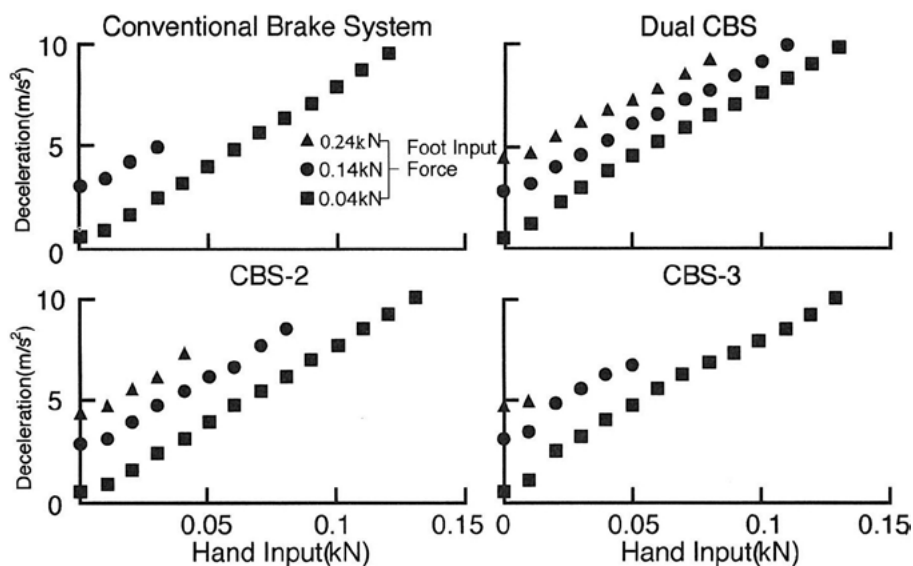


Fig. 9 Calculated Overall Decelerations up to Wheel Lock Obtained by Increasing the Input Force of Hand Brake While Maintaining That of Foot Brake Constant

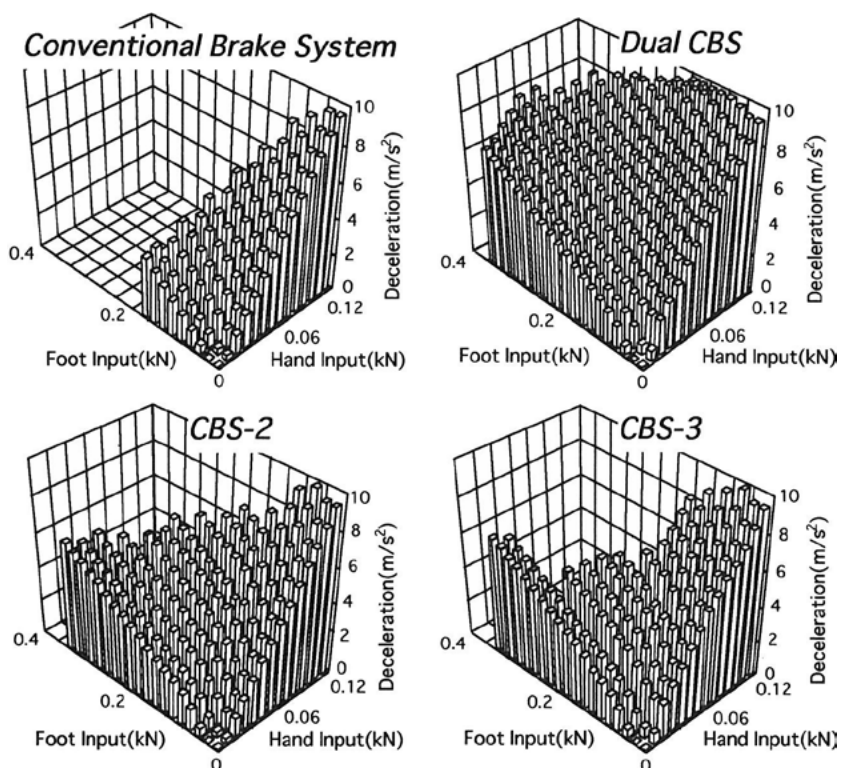


Fig. 10 Calculated Values of the Overall Deceleration Obtained by Coordination of Hand and Foot Brake ($\mu = 1.0$)

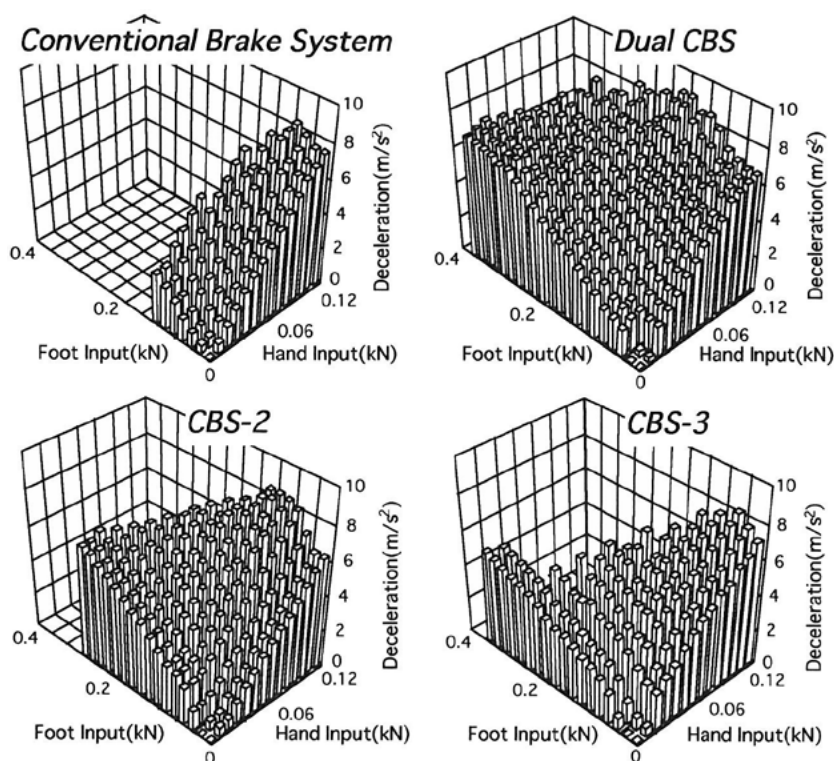


Fig. 11 Measured Test Values of the Overall Deceleration Obtained by Coordination of Hand and Foot Brake on a Course of Dry Asphalt

5.3 組合せ入力で得られる減速度

Fig. 10 は μ が 1.0 の路面で手と足を併用した制動で、様々な入力値の組合せにより車輪をロックさせないで得ることのできる減速度の計算値を示す。

従来のブレーキシステムの足の入力のみで得られる減速度の場合を除き、それぞれのシステムの単独の入力で得られる最大減速度はほぼ等しい。しかし、入力の組合せと、高い減速度を発生できる入力の組合せの範囲は Dual CBS が一番広いことが判る。

乾燥したアスファルト路で、これらのシステムを装着した実車を使用した直進制動テストにおいて、手と足の様々な入力の組合せで得られた減速度を Fig. 11 に示す。計算で得られた結果とほぼ類似した結果が得られたことが判る。

6. 結論

- (1) 二輪車の連動ブレーキは下記の二つの条件を満足するような特性を持つと、ロックしない入力の組合せと、高い減速度を発生できる組合せの範囲が広いことが

判った。

- ・手の操作系の入力のみで制動した時、前輪が後輪より先にロックし、足の操作系のみで制動した時、後輪が前輪より先にロックすること。
 - ・一方の操作系の入力を一定に保持しながらもう一方の入力を追加した時、理想制動力配分特性線に近づく方向に制動力配分が推移すること。
- (2) Dual CBS は旋回走行時に手の操作で制動した時、従来のブレーキシステムに比べて発生するロールレートが小さいことが判った。

参考文献

- 1) Nishimoto, Y., et al.: Research on Combined Brake System for Motorcycle, International Motorcycle Conference, Bochum Germany, 1991
- 2) 西本、他：二輪車用連動ブレーキシステム (Dual CBS) に関する研究、Technical Review Vol.5

■著 者■



槌田鉄男



岩下 調



沢野 功 明



西 本 幸 正



中 田 博 之