

ABSの教育用シミュレーションについて*

佐々木 博和¹⁾

半田 譲治²⁾

佐野 翼³⁾

ABS Simulation System for Education purpose

Hirokazu Sasaki

Jouji Handa

Yoku Sano

In order to help students understand ABS operation effectively, we developed the ABS simulation system. We can operate this system in a floating condition of tires or on the brake tester without on-road driving. By this system, one can experience the operating feel of ABS on foot and observe the oil pressure of ABS system on the gauge or a rotating tire condition directly.

This paper describes the outline of this system and its operation.

Key Words: ABS, Simulation

1. はじめに

自動車には色々な面で高い安全性が要求され多くのシステムが開発されている。その一つにブレーキ装置があり、現在では殆どの自動車にABS (Antilock Braking System) が装着され、急制動時や濡れた路面におけるタイヤのスリップ等を防ぎ走行安定性の向上が計られている。

このABSの構造作動を理解、確認する方法の一つに実走行テストがある。これにより作動状態が実際に体感でき、装置の作動が確認できればより理解が深まると思う。しかし、急制動や濡れた路面での走行テストは危険が伴い、場所、時間等の制約もあり、現状では実習等で取り入れることは難しい状況にある。

本研究はこれらの状況を踏まえ、ABSのシミュレーションを取り上げた。車両が停止した状態でABSの作動が再現、確認できれば安全でより大きな教育効果が得られるものと考え、車輪速センサに代わる擬似信号発生装置(シミュレータ)を作製し、ABSのシミュレーションが行えるようにしたものである。

2. ABSの理解度の状況

シミュレーションを行うに当たり、本学1、2年の学生約240名を対象にABSに関して次のようなアンケート調査を行った。調査時期は前期後半である。

(1) ABS装置は何をするものか知っていますか。

はい	いいえ
90.7%	9.3%

(2) 運転中にABSの作動を体感したことがありますか。

ある	ない
57.0%	43.0%

(3-1) どこで体感しましたか。(体感したと答えた人)

自動車教習所	路上
53.3%	46.7%

(3-2) どのような現象が起きたか覚えていますか。

覚えている	覚えていない
77.8%	22.2%

(4) ABSの理解度を把握するための“構造や機能を知っていますか”との問いについては図1に示す。

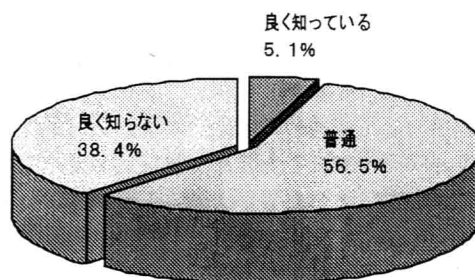


図1 ABSの構造機能についての理解度

アンケートの結果を見るとABSが何のために装着されているのかについては大部分の学生が知っていた。

しかし、構造機能については良く知らなかったり、知っていてもはっきりと理解していない学生が多く見受けられ、カリキュラムの関係から1年生の方でこの比率が高かった。

また、(2)の質問で全く体感したことが無いと答えた学生が半数近くいたが、この学生達の多くは自動車教習所で体感できなかったか自家用車以外の交通機関で通学しているためではないかと思われる。ABSの作動を体感したことがあると答えた学生でも22%が良く覚えていないとの回答であり、これを含めると約55%の学生が体感していないことになる。

このような学生にとってシミュレーションが体感したり構造機能の理解を深めるための有効な手段になると考える。

*2007年8月2日発表

1)・2) 広島国際学院大学自動車短期大学部

3) 元広島国際学院大学自動車短期大学部

3. 実車両の制御概要

濡れた路面や乾燥路面等、走行条件を変えながら何度か走行テストを行ったがスリップの回数が異なるものの同じ様なデータであったため、ここでは乾燥路に於いて約50km/hより急制動した時のデータを示す。その時の車輪速度信号波形を図2に示す。

図からわかるように車両速度が高い時は当然、車輪の回転も速いため波形の振幅は大きく周波数も高くなり、車両速度が減少すると振幅、周波数も共に減少してくる。また、車輪スリップと示した所で振幅が極端に下がっているのが2箇所確認できるが、これは急減速時において、車輪減速度の大きい時、即ち車輪がロック気味でスリップが発生している、ソレノイド・バルブの作動により油圧の制御が行われている時である。その時のソレノイド・バルブの作動を図3に、ホイール・シリンダ (W/C) の油圧変化の様子を図4に示す。さらに車輪スリップ時付近の拡大図を図5に示す。

また、試験車両のアクチュエータ・ユニット内にあるソレノイド・バルブ IN, ソレノイド・バルブ OUT (以後バルブ IN, バルブ OUTと表記) の制御状態を表1に示す。整備解説書⁽¹⁾によれば、バルブがOFFの時はバルブ端子にバッテリー電圧がかかり、ONの時は0Vとなっている。これはアース制御によるもので図3、図5からも判断できる。

表1 ソレノイド・バルブと油圧制御

	バルブ IN		バルブ OUT	
	OFF(開)	12V	OFF(閉)	12V
増 圧	OFF(開)	12V	OFF(閉)	12V
保 持	ON(閉)	0V	OFF(閉)	12V
減 圧	ON(閉)	0V	ON(開)	0V

表1を参考に図5の波形を見ると、急ブレーキをかけた時のホイール・シリンダの油圧、ソレノイド・バルブの作動は次のようである。

- ①バルブ INが開き(OFF)、バルブ OUTが閉じた状態(OFF)なので増圧する。
- ②増圧によりバルブ INは閉じ(ON)るがバルブ OUTがまだ閉じたまま(OFF)になっているため増圧しない、即ち油圧保持の状態にある。
- ③さらに減速度が大きくなるとバルブ OUTの電圧がなくなり(ON)、バルブが開くため減圧される。
- ④減圧により、バルブ IN (ON) バルブ OUT (OFF) 両方のバルブが閉じ油圧は保持される。
- ⑤さらに車輪速度が増してくるとバルブ INが開き(OFF)、バルブ OUT (OFF) が閉じるため増圧される。

このように実測した波形を見ると、逆起電圧によってバル

ブ IN, バルブ OUT は細かく制御されている様子、及びそれに伴った油圧の変化もわかる。

一般に下図に示される様な制御波形は教科書に載っていないため非常に参考になるであろう。

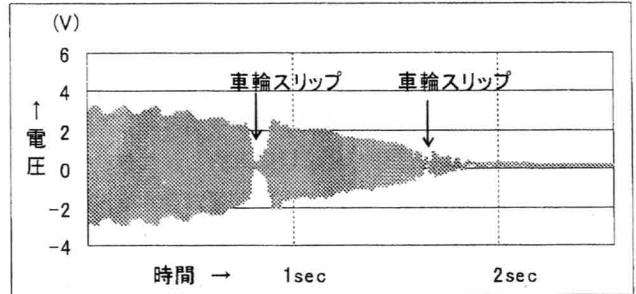


図2 急制動時における車輪速度信号波形

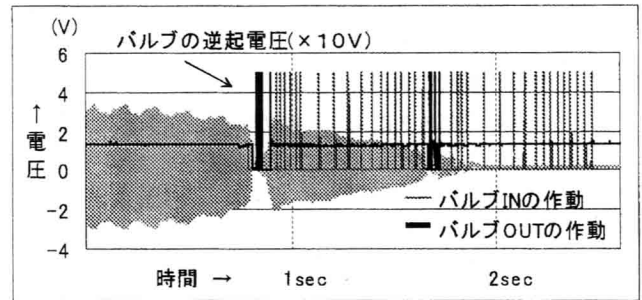


図3 急制動時におけるソレノイド・バルブの作動

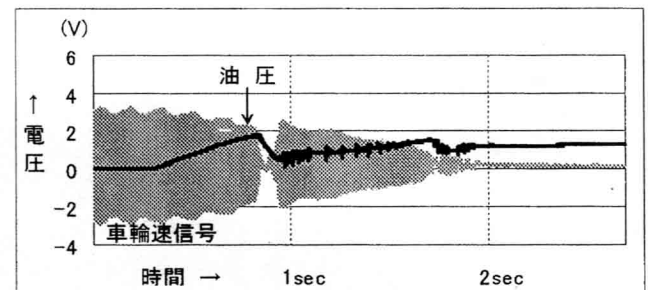


図4 急制動時におけるW/C油圧の変化

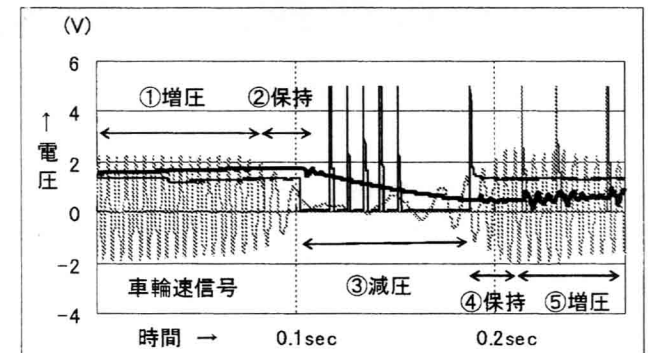


図5 車輪スリップ時の拡大図

4. シミュレーション

4. 1. シミュレーションの内容

一般にABSの制御は、各車輪から送られて来る車輪速度の信号がABSのECUに入力され、それに応じてECUがアクチュエータ・ユニットのソレノイド・バルブIN及びソレノイド・バルブOUTを開閉することで各ホイル・シリンダに掛かる油圧を制御している。

この様な一連の制御を確認、理解するため、実際の車輪速信号に代えて擬似信号をECUに入力し、ABSの作動をシミュレーションにより次の様に再現確認をする。

- ①車両が停止した状態で、実走行の急制動時にブレーキ・ペダルを踏んだ状態で足の裏に伝わる振動を体感し、同時にその振動に対応したマスタ・シリンダの油圧の変化をアナログ油圧計で確認する。図6にその様子を示す。
- ②車両全体をリフトアップし、シフトポジションをドライブに入れ、ストール状態にして、実走行では確認しにくいタイヤの作動状態を視覚的に捉える。
- ③ブレーキ・テスタにより制動力の変化を数値的に確認する。
- ④センサ等を介してノートPCに取り込んだデータにより、ホイル・シリンダへの油圧の増圧・減圧の様子や、アクチュエータのソレノイド・バルブの開閉状態をPCの画面、あるいはプロジェクタを通して波形で確認する。

以上のような事項を重点においてシミュレーションを行えば、ABSの構造や機能について理解を深める一助になると考えた。



図6 作動状態確認の様子

4. 2. 装置全体の概要

車輪速擬似信号（以下擬似信号と表記）発生装置（シミュレータ）を取り付けた略図を図7に示す。

擬似信号をABSのECUに入力するため、各車輪から送られてくる信号線をABS・ECUと車輪速センサ間で切断し、代わりにシミュレータを接続し擬似信号を入力する。

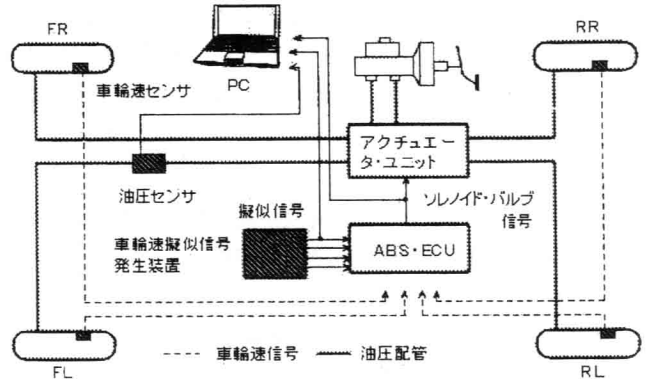


図7 装置の略図

油圧関係では、アクチュエータ・ユニットと左前ホイル・シリンダの間に一箇所、油圧センサ（長野計器製：KM31）を取り付け、ABS作動時等のホイル・シリンダに掛かる油圧を測定できるようにし、ホイル・シリンダの油圧の減圧・保持・増圧の変化状態がわかるようにした。同時にマスタ・シリンダのフロント側に油圧計を取り付けABS作動時の油圧の変化、特にブレーキ・ペダルの振動に対応した油圧の変化を視覚的に読み取れるようにした。

制御信号関係では、アクチュエータ・ユニットの左前ソレノイド・バルブIN、OUTの開閉制御の様子がわかるようにABS・ECUの端子から制御信号をPCに入力した。信号は、左前の車輪速擬似信号、ホイル・シリンダの油圧信号・ソレノイド・バルブIN、OUTの各信号である。それぞれの制御の様子を波形により表示できるようにした。

なお、PCには4チャンネルのPCカード型ADコンバータ（ラトックシステム社製：REX-5054B 分解能：12bit）を介して各作動電圧を入力している。車輛はリフトアップした状態で、タイヤの回転の変化を確認したり、ブレーキ・テスタを使って制動力の変化を確認できるようにした。

4. 3. 擬似信号発生装置

この装置は、基本的に高周波数と低周波数のsin波形を組み合わせたものである。文中、高周波数波形を正常波形、低周波数波形をスリップ波形と記すが、その波形を出力する回路の略図を図8に示し、装置の外観を図9に示す。

図8に示す回路のIC（ILC8038）で擬似信号を作るが、ボリュームにより振幅や周波数の調整ができるようにした。擬似信号は2つのICで同時に作られるが、1つは正常擬似信号として出力し、他方は周波数を落として車輪スリップ（異常）擬似信号として出力する。

そのスリップ擬似信号と正常擬似信号を波形選択切り替えスイッチまで送り、手動でどの車輪速の信号にするのかを決定する。ただし、この度はスリップ擬似信号をフロント側の

左右どちらか1輪、または、左右同時に出力できるようにし、リヤ両輪には常に正常擬似信号を出力している。

その信号を出力する方法として、一つはタイマーによってスリップ擬似信号と正常擬似信号を一定周期で自動（オートモード）で切り替える方法と、手動（マニュアルモード）によりスリップ擬似信号を任意に出力する方法がある。こうした擬似信号をABS・ECUに入力することでシミュレーションを行う。シミュレータによって作られた車輪速擬似信号波形を図10に示す。

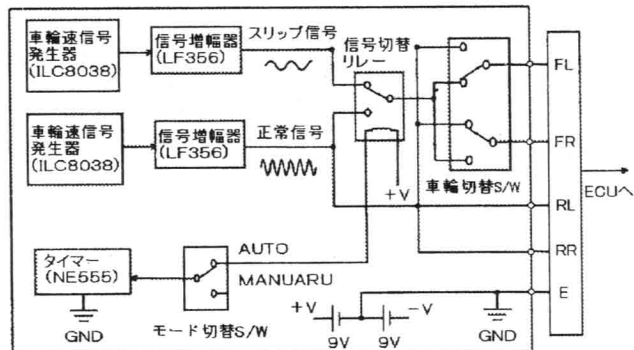


図8 擬似信号発生回路略図



図9 擬似信号発生装置

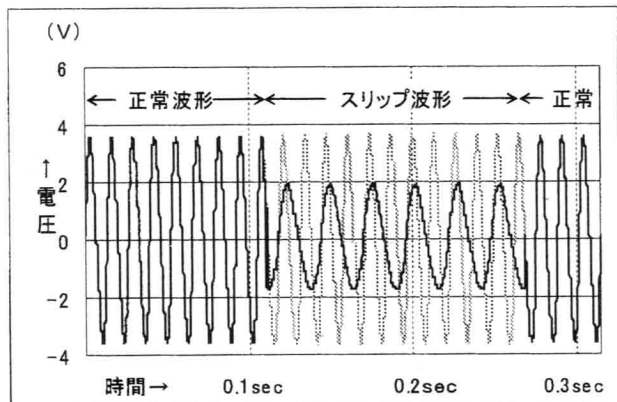


図10 車輪速擬似信号波形

5. シミュレーションと実走行時の比較

オートモードでシミュレーションを行った時の車輪擬似信号波形と油圧制御波形を図11に示す。

車輪擬似信号は、図2のように実走行の急制動時のような波形の振幅、周波数が徐々に減少しているのではなく一定となっている。これは減速時を再現するためのものではなく、シミュレータにより車輪のスリップ状態を再現するのを目的としているためである。

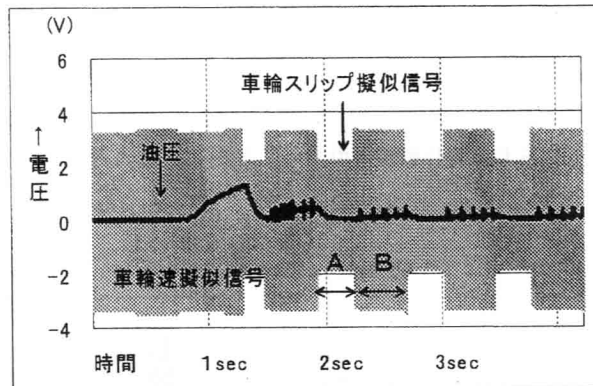


図11 オートモードによる車輪速擬似信号とW/C油圧の変化

実走行のように2～3秒の急制動時間と同じように短時間で制御すると車輪のスリップの回数が少なくなり、ペダルに伝わる振動も少なくなるため体感しにくくなる。従って、連続的にスリップ擬似信号を出力して確実に体感したり、タイヤの回転の変化を容易に視認できるようにしている。

図11のように正常擬似信号からスリップ擬似信号に切り替えると、車輪速擬似信号が大きく変化するためECUは大きな減速度を検出し、バルブIN、バルブOUTに信号を送り油圧を制御している様子が伺える。

また、スリップ擬似信号(A)と正常擬似信号(B)の長さ、すなわちデューティ比を変えれば油圧制御の仕方も少しずつ変化する。実走行では車輪のスリップは路面の状況により変化するため、これを任意に変えることは不可能である。しかし、シミュレーションの場合はマニュアルモードで任意に変えることができるため、ブレーキ・ペダルには実走行の時と同じような振動が伝わって来るし、実走行よりシミュレーションの方が確実に体感できる。

また、車両をリフトアップし、シフトポジションをドライブで、エンジンをアイドル回転にしてストール状態でテストすると、当然のことながら車輪にはブレーキがかかり回転しない。ここでスリップ擬似信号を入力するとホイル・シリンダの油圧が減圧されホイルが回転を始める。この車輪の回転変化によりABSの作動がわかる。

しかし、実走行時では一瞬の内に行われるため、確認することはなかなか難しい。

また、実走行では不可能な制動力の変化や制動力の違いもブレーキ・テストを使うことにより確実に把握できる。

同時に、アクチュエータ・ユニット内のバルブ IN、OUT の作動と油圧の制御されている様子が PC に取り込まれた波形でも確認できる。

マニュアルモードでシミュレーションを行った時の PC に取り込んだ各作動波形を図 12 に示し、実走行で急減速した時の作動波形を図 13 に示す。

両方の ABS 作動状態を比較すると、バルブ IN、バルブ OUT、油圧の変化等が殆んど同じような作動状態になっているのがわかる。

こうした状況から、シミュレーションにより、実走行と同じ様に ABS の作動を再現することができたと考えている。

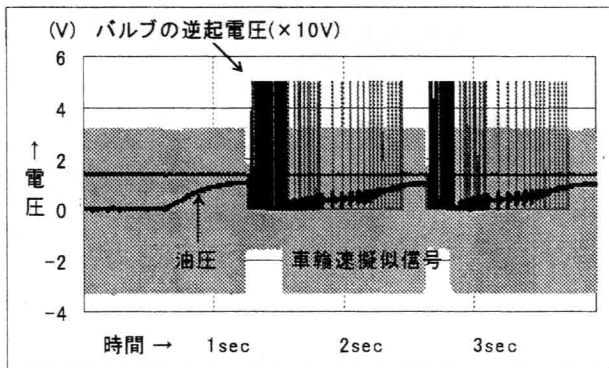


図 12 シミュレーション時の各作動状態

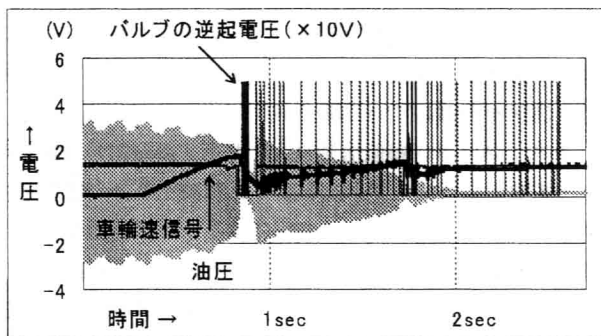


図 13 制動時の各作動状態

6. アンケートの結果

2年生を対象に自動車整備の授業で実際に使って見て、アンケートなどによりそのでき具合、反応を基にまとめると概ね次のようである。

①体感できて参考になったとの意見が多く、特に ABS の作動を体感したことの無い学生にとっては、ブレーキ・ペダルが跳ね返るといった体験は初めてであり、非常に参考になっていると思われる。

そして、急制動時には精神的に余裕が無く(パニックブレーキのため)はつきりと覚えていない学生も確実に体感できたようである。

②ブレーキ・ペダルの動きと、それに対応した実際のマスタ・シリンダの油圧の変化やタイヤの動きが合わせて体験できよかったとの意見も多かった。

③しかし、車両が停止した状態でのシミュレーションなので、スピード感が無い、あるいはボデーの振動、ハンドルの振動が無くてリアル感が無いとの意見もあった。

反面、安全で安心してできるという意見もあった。

最近では、ABS 作動時におけるブレーキ・ペダルの振動が少なくなって来ている車が増えているようであるが、体感し理解を深めるという面から考えると、ペダルの振動がある車の方が理解しやすいと考える。

7. まとめ

シミュレーションにより、車を走行させず安全に、確実に ABS を作動させることができた。したがって実際にブレーキ・ペダルに伝わる振動を体感し、リフト・アップした状態での車輪の回転が制御される様子や制動力の掛かり方を視覚的に捉えることが可能となった。そして取り込んだ波形を PC により再現することで油圧の変化、ソレノイド・バルブ等の各機能の関係も確認することができた。

以上のような状況やアンケートの結果から一応の教育成果が得られたものと考えている。

今後、シミュレーションによって得られる体感や視覚を基に、教科書などを併用すれば説明もし易くなり、学生にとっても構造、機能を理解する上で非常に役立つものと考えている。

最後に、本研究に当たり財団法人東京自動車普及協会より助成金を頂いたことを記し謝意を表します。

参考文献

(1) 日産自動車(株)、新型解説書(B14-0)、1994年