

実車を用いたショックアブソーバの劣化診断*

吉田 武則¹⁾

The deterioration diagnosis of the shock absorber installed in car suspension

Takenori Yoshida

In the car maintenance, it is very difficult to detect the trouble by vibration and sound of car. The human senses, such as hearing and touch, have great influence on these trouble inspection. The purpose of this study is to develop an efficient technique for detecting the deterioration of the shock absorber of the car easily, in practical training for car maintenance at university. To obtain the transmission characteristics of the shock absorber, the experiment was conducted by using three cars equipped with shock absorber having different deterioration rate. When test vehicle rides past a semicircular small bump, sprung mass accelerations were measured and compared with the sense of the passengers. Our experimental results demonstrate that our developed technique is effective for the trouble diagnosis of the shock absorber.

Key Words: maintenance, diagnosis, shock absorber, inspection

1. ま え が き

自動車整備において、音響・振動に起因する故障を見つけ出すことは難しいことが知られている。そしてこれらの故障発見には人間の感覚(聴覚・触覚)の影響が大きいことも知られている。本学部では、実車を用いてショックアブソーバの減衰特性の静特性および動特性を求める実験を授業に取り入れている。自動車の乗り心地はショックアブソーバの性能に大きく依存している。サスペンションのばねは路面からくる最初の衝撃を吸収し、ショックアブソーバはその後の揺れをおさえる役割をしている。このショックアブソーバが劣化してくると、衝撃がなかなか収まらないので、乗り心地が悪くなる。人間の感覚に頼らない方法によりこの劣化の早期発見が手軽で確実にわかる方法を確立することは重要である。

ショックアブソーバの減衰特性を測定する実験は[ショックアブソーバテスト]による単体の動特性試験およびショックテストなどによる[オンザカー]テストなどがあげられる^{(1),(2)}。本学部では既存の加速度センサー、小型動ひずみ計およびレコーダを活用した[オンザカー]テストに準じた方法を採用して、ショックアブソーバの静および動特性を求める方法を実施している。本実験では静止状態の自動車の四隅を押して離れた時のボディのゆれの収まり方で静特性を、小さい突起を乗り越すときの振動波形によって動特性を測定し、ショックアブソーバの劣化診断を行った。また人間の感覚による劣化状態の判定も合わせておこなった。突起高さ、タイヤ

空気圧、軸荷重、速度などを実験のパラメータとして用い、最適な検査方法を考える。

2. 授業計画および目的

自動車工学実験・実習3(2年前期)では半年間に5つのパートで5回合計27回の実験・実習を実施し、そのうち1回はガイダンス、1回を実技試験・学科試験となっている。内容

表1 故障探究の内容

回数	主な内容
1	音響の基礎実験 音の三要素、可聴周波数の体験、FFTアナライザによる声の識別、テストハンマによるボルトゆるみ診断。
2	振動の基礎実験 動ひずみ計によるひずみ計測、重りと輪ゴムを用いた振動モデルによるばね定数と固有振動数の測定、加振器によるマスダンパとダイナミックダンパの実験。
3	音響の応用実験(その1) 音の距離による減衰、複数のホーンによる音圧レベルの和、3種類の気筒数の異なる自動車のエンジンおよび室内騒音の測定。
4	振動の応用実験 スプリングのばね定数およびショックアブソーバの減衰係数を実車実験から求める。(静的および動的)
5	音響の応用実験(その2) サウンドスコープによる音源探査およびはすば歯車の歯の損傷検出。

*2009年8月6日受理。第41回全国自動車短期大学協会研究発表会において発表。

1) 大阪産業大学短期大学部(574-8530 大阪府大東市中垣内3-1-1)



図1 実習車1号車



図2 実習車2号車



図3 実習車3号車

表2 実験車の諸元

	スズキ アルト		
	1号車	2号車	3号車
形 式	E-HA11S	E-HA11S	E-HA11S
トランスミッション	3AT	4MT	5MT
タイヤ	145SR12	145/70R12	135/80R12
タイヤ空気圧 kPa	176	176	176
空車質量 kg	670	650	650

は[シャシ電装]，[車両制御]，[故障探究]，[ディーゼル2] および[シャシ5]の5パートに分かれている。各パートともそれぞれ5回の実習がある。(1回の時間は3コマ×90分)，[故障探究]のパートでは表1に示す内容の実験・実習を行っている。

本実験は4回目の「振動の応用実験」の一部である。本実験の目的としては、自動車整備において、重要である「サスペンション(ショックアブソーバ)の劣化」状態の把握とそれに対する客観的なデータを「簡単・手軽」に整備実習の授業で求める方法を検討することである。すなわち、静的な状態でのショックアブソーバの劣化状態は静止状態での自動車の四隅を手で大きく揺らした時の車体のゆれ具合を目測または振動波形から判断する。動的な状態でのショックアブソーバの劣化状態は外部からの加振として、突起乗り越し時の振動ショックアブソーバ時に体感によっても劣化状態を判断する。

3. 静的状態でのショックアブソーバの減衰特性の比較

3.1 実験方法

実習車はほぼ同じ仕様のスズキアルトを3台使用した。実習車の諸元を表2に示す。サスペンション型式は前輪が「マクファーソンストラット式コイルスプリング」、後輪がスズキ独自の「ITL式コイルスプリング」(左右のトレーリングを結んだもの)である。I.T.L=(イイルレット・トレング・リンク)

実験では、ショックアブソーバの劣化割合の違いを積極的に学生に理解させるために、走行距離の異なる3台の実習車を選んだ。また、1台の実習車のショックアブソーバを新品に交換した。

1号車(走行距離：72800km) 図1

前輪、後輪ともに取り付けられているものを使用。

2号車(走行距離：139400km) 図2

前輪、後輪ともに取り付けられているものを使用。

3号車(走行距離：59400km) 図3

前輪、後輪ともに新品に交換。

したがって、ショックアブソーバの劣化(へたり)割合は一般的に走行距離に比例していれば、3号車(新品) < 1号車(7.3万km) < 2号車(14万km)の順に劣化していると思われる。

静的な状態(停車時)におけるショックアブソーバの減衰特性は図4に示すように、静止状態での自動車の四隅を手で大きく揺らした時の車体のゆれ具合を目測または振動波形から判断する。ショックアブソーバの劣化が激しく、すなわち車体の振動が早く収まらない時は目視でも分かるが、一般には違いが分かりにくい。

このために、車体振動の減衰割合を詳しく調べるために、振動加速度の変化割合を求め、レコーダに出力させて、減衰

波形から変化の様子を読みとることにした。



図4 静的実験の様子

図4に示すように4名の学生が順次車体の四隅を手で押し下げて放す動作を繰り返す。前輪および後輪での加速度計の取り付け位置を図5(a), (b)にそれぞれ矢印で示す。使用した計測装置を図5(c), (d)にそれぞれ示す。

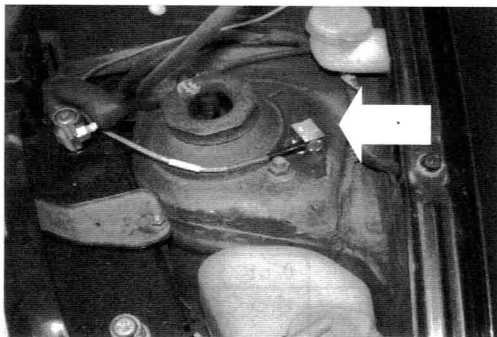


図5(a) 加速度計の取り付け(前輪部)

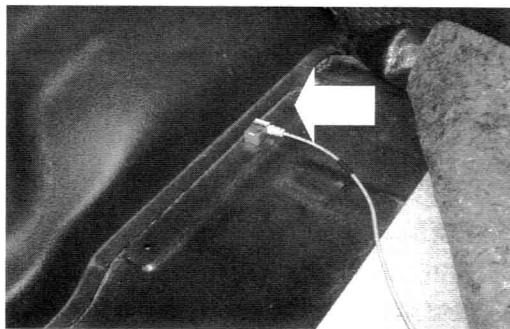


図5(b) 加速度計の取り付け(後輪部)

左右の前後輪(前輪はショックマウントの上, 後輪はトランクのショックアブソーバ固定部付近)に取り付けられた4個の加速度計(共和電業 AS-5GB)からの信号は動ひずみ計(TEAC SA-30)からレコーダ(NEC オムニエース AT3600)に出力される。車体をゆらした時の振動加速度波形がレコーダより出力される。(図6(a)~(c)を参照)



図5(c) 動ひずみ計(TEAC SA30)

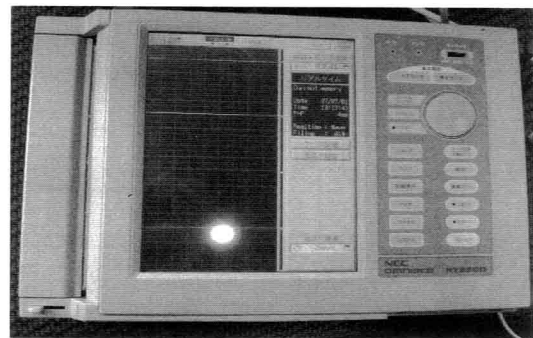


図5(d) レコーダ(NECオムニエース AT3600)

3.2 実験結果

図6(a)から(c)に静的な加振による振動加速度波形を示す。記録紙の上から下に左前輪, 右前輪, 左後輪, 右後輪の順である。矢印が加振した箇所である。それぞれ異なる学生が加振するので, 入力の大さは多少変動する。しかし, 結果として前輪, 後輪それぞれ同じ波形をしており, 力の大きさの影響はないと思われる。1号車から3号車まで比較すると, 1号車と3号車の比較では1号車の減衰時間が長いために差はよく分かる。2号車と3号車の比較は目視では減衰時間の差を見つけにくい。

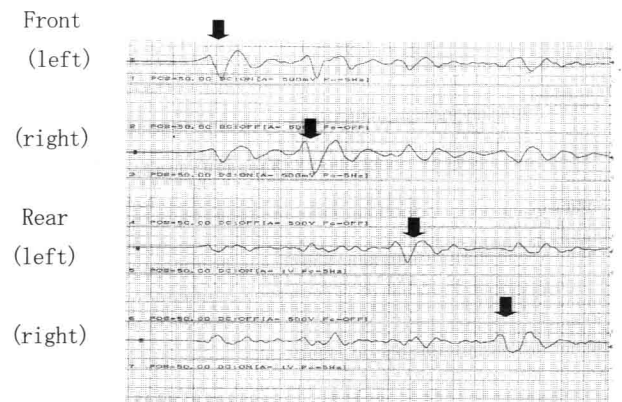


図6(a) 静的加振による4輪の減衰波形(1号車)

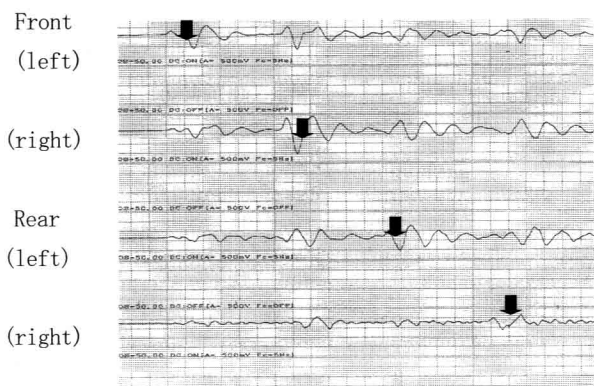


図6 (b) 静的加振による4輪の減衰波形(2号車)

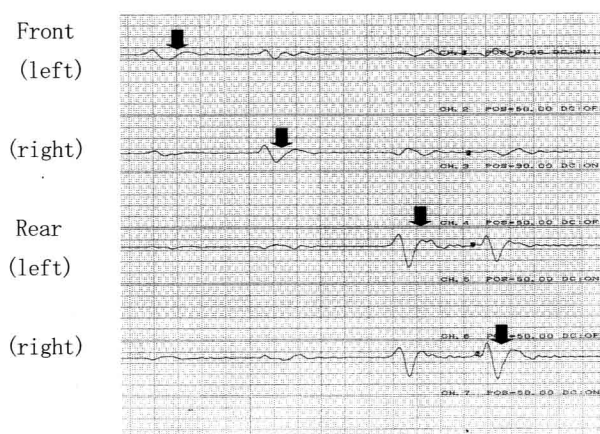


図6 (c) 静的加振による4輪の減衰波形(3号車)

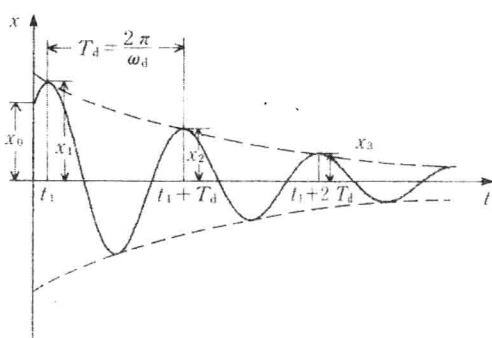


図7 対数減衰率の求め方

ショックアブソーバの減衰特性の性能を表すものとして、減衰波形の周期と振幅から求められる「対数減衰率」が良く知られている。本研究では、この対数減衰率を用いて、各車両のショックアブソーバの減衰特性を比較検討した⁽³⁾。図7は対数減衰率の求め方を示したものである。固有振動数は減衰する波形の2から3つのピーク間の時間 T (s) から1周期

の時間 T_d (s) を求め、 $f_d = \frac{1}{T_d}$ の関係から、周波数 f_d

(Hz) に換算して求める。

減衰する割合を表す対数減衰率 δ は次式で表される。

$$\delta = \log_e \frac{x_1}{x_2}$$

1および2号車は減衰が比較的継続しているため、対数減衰率を求めやすいが、3号車は新品のショックアブソーバに交換してあるので、減衰が早く、図7における x_2 の値を正確に読みとることが難しい。表3には各実習車のショックアブソーバの減衰率、目視による減衰割合の感覚との対応を示す。

走行距離による比較では、2号車の方が1号車の2倍近く走行しているが、図6の振動加速度波形の減衰状況および表3の対数減衰率の結果を見ると、明らかに1号車の方が減衰は小さいことがわかった。新品に交換した3号車はいずれも減衰が大きい。また一般的にはショックアブソーバは走行距離が長くなるほど、また使用条件が苛酷なほど劣化が早くなる。しかし、本実験の1号車と2号車では、この差が逆になっている。この差が距離による違いか使用条件による違いを一般的と言えるかどうかについてはさらに検討を加える必要がある。

表3 ショックアブソーバの減衰率と目視の関係

		1号車	2号車	3号車
左前	減衰率	1.54	1.73	2.48
	目視	ややゆっくり	ややゆっくり	早い
右前	減衰率	0.89	1.10	2.25
	目視	ゆっくり	ゆっくり	早い
左後	減衰率	0.61	1.45	1.18
	目視	ゆっくり	ややゆっくり	ゆっくり
右後	減衰率	0.83	1.61	2.77
	目視	ゆっくり	ややゆっくり	早い

4 動的状態でのショックアブソーバの減衰特性の比較

4.1 実験方法

静的な状態と同様に車体振動の減衰割合を詳しく調べるために、振動加速度の変化割合を求め、レコーダに出力させて、減衰波形から変化の様子を読み取った。

前後左右に取り付けられた加速度計(共和電業 AS-5GB)からの信号は動ひずみ計(TEAC SA-30)からレコーダ(NEC オムニエース AT3600)に出力される。

静的な場合と異なるのは、計測器一式を実習車に搭載しなければならないことである。動ひずみ計は乾電池仕様で問題がないが、レコーダはAC仕様であるために、専用バッテリーとインバータを使用して疑似AC100V電源を発生させた。



図8 突起(大)を乗り越す状態

車体への入力として、断面が半円状の突起(図8)を乗り越えさせるパルス状入力とした。突起は図9に示すように断面が半円状であり、厚さ3mmのベニヤ板に固定してある。突起の高さ50mm(大)、20mm(小)の2種類を使用した。

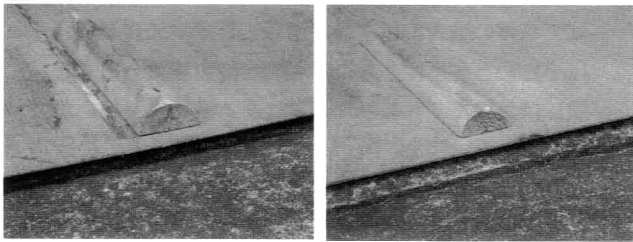


図9(a) 突起(大) 底辺長さ110mm 高さ50mm
 図9(b) 突起(小) 底辺長さ50mm 高さ20mm



図10 走行実験の様子

3種類の実習車で走行実験(図10)を行い、動特性によるショックアブソーバの劣化判定を実施した。実習学生の人数は最大16名程度であるので、1班4名で4班(A~D)にわけて実施した。一例として、A班4名乗車し各動作を確認する。運転手は、エンジンをかけ周囲の安全を確認しながら一定速度で突起を乗り越える。後部座席乗車の1名は、レコーダの記録をおこなう。後部座席乗車1名は、突起を乗り越した時のボディのゆれ具合と、うける感覚を確認する。残りの1名は、助手席で安全確認をする。B班はスタート係および安全確認を行う。C班は、速度計測を行う。突起をホイールベース通過に要する時間をストップウォッチにより測定する。ホイールベー

ス長さL(m)、通過時間T(s)とすると、速度V(km)は次式で求められる。

$$V = 3.6 \times \frac{L}{T}$$

D班は停止エリアでの安全確認をおこなう。このようにして、ローテーションを組み、全員で走行実験を行う。

4.2 実験結果

図11(a)~(c)に突起(大)を乗り越す時の4輪の振動加速度波形をそれぞれ示す。静的加振の場合と異なるのは左右両輪が同時に加振されることである。

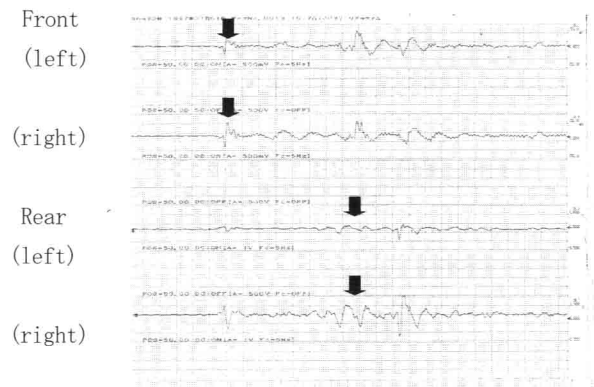


図11(a) 突起乗り越し時の振動波形(1号車)

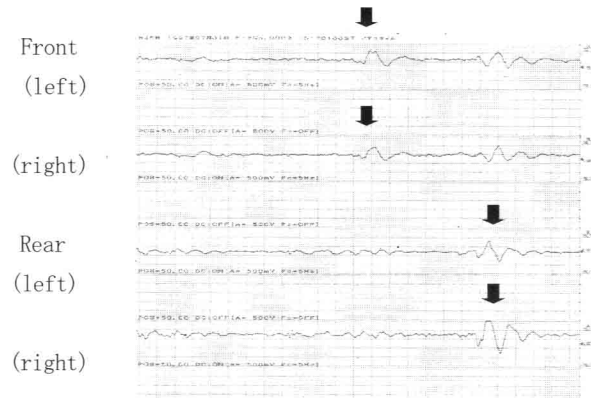


図11(b) 突起乗り越し時の振動波形(2号車)

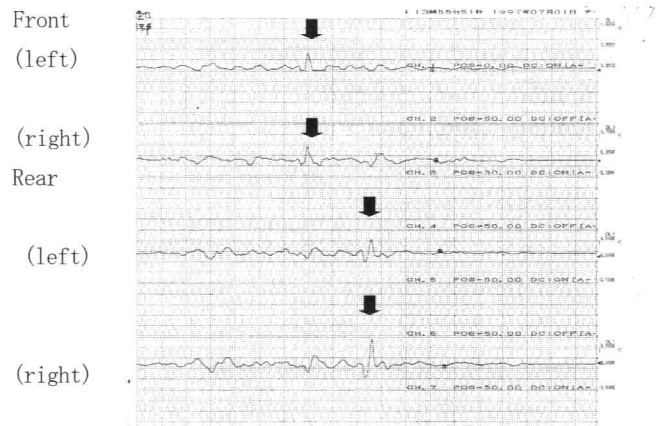


図11(c) 突起乗り越し時の振動波形(3号車)

図1 1 (a)～(c)の結果より、車体の上下振動加速度波形の減衰状況はショックアブソーバの劣化状態と比較的良く一致していると思われる。劣化していると車体のゆれが収まるのに時間がかかり、新品を取り付けた時には、瞬時に車体の揺れが収まるのが明らかにわかった。

表4, 5には、突起の大きさを2種類変えて実験を行ったときの対数減衰率の比較を示してある。3号車は突起の大小にかかわらず減衰率が大きい。突起が大きい方が減衰率は大きくなる。一般的に大きな違いは見られなかった。しかし、2号車の後輪の減衰率は突起が大きい場合の方が小さくなり、1号車と逆転している。1, 2号車の比較では、突起が小さい場合には、静的な実験の場合(表3)と同様な結果が示されている。減衰率の比較をより正確にするにはさらにデータを積み重ねることも必要と思われる。

表4 減衰率の比較 (突起が小の場合)

	1号車	2号車	3号車
左前	1.20	1.87	2.51
右前	1.35	1.27	2.01
左後	1.09	1.32	2.25
右後	1.11	1.23	2.14

表5 減衰率の比較 (突起が大の場合)

	1号車	2号車	3号車
左前	1.28	1.84	2.77
右前	0.90	1.21	2.33
左後	1.08	0.89	2.92
右後	1.11	0.81	2.37

4.3 動的試験における学生の感想例

- (1)ショックアブソーバが非常にへたっている場合とそうじゃない場合とでは段差を乗り越えるときの振動や車体の揺れが全然違うことが分かった。低速走行だったので、まだ耐えられるが60 km/hで走られるとつらかったと思う。
- (2)ショックアブソーバの劣化によって、ここまで乗り心地が変わることがわかった。
- (3)乗っているときは感覚で揺れの違いが感じられた気がする程度だったが、外から車の揺れを見ているとその違いがはっきり分かった。
- (4)ショックアブソーバの劣化していることでショックが吸収されないことが分かった
- (5)ショックアブソーバの抜けた車は揺れが収まるのが遅いことが分かった。
- (6)ショックアブソーバが劣化していると車がショックを受けた時に振動が収まるのに時間がかかることが分かった。

以上のように、学生自身が実習車に乗って走行した時にショッ

クアブソーバの劣化している割合を感覚的に受け止めることもある程度可能であることがわかった。

5. まとめ

自動車整備において、状況説明および整備結果の説明を客観的なデータを示すことによって、ユーザに納得してもらうことは重要である。整備士養成教育においても、「ロールプレニング」の導入も必要であるが、その基となるデータをいかに作成するかが要求される。本報告では、「ショックアブソーバの劣化」を題材に採り上げ、「体感による判定」および「簡単な計測器具を用いたデータによる判定」の比較検討も併せて行った。

得られた結論は以下の通りである。

- (1) 静的な特性の測定において、車体の四隅を手で押し下げて車体の減衰特性を測定することは、減衰率が大きいまたは小さいときには、目視でも判定は可能である。しかし、一般には目視よりも振動加速度による減衰率を用いた方がより明確である。
- (2) 突起を乗り越す動的な特性実験において、静的な実験結果と同様な傾向がえられた。車内におけるゆれの感覚については静的な実験ほど明確には分からなかった。
- (3) 動的な特性を測定する時に突起の大きさを2種類変えたが、減衰率の値にはあまり大きな影響が見られなかった。
- (4) ショックアブソーバの劣化を判定するには、人間の感覚による判定も可能であるが、振動加速度による減衰率判定の方が違いをより明確にできる。

ショックアブソーバの動特性をさらに詳しく解明するには、ばね下およびばね上間の特性を求めることが必要と思われる。今回はこの特性を実験に取り入れるように努力したい。

謝 辞

本研究のデータ収集には本学部の学生諸君の多大なご協力を得ました。また、本稿作成に多大なご協力とご理解を頂いた契約助手の瀬戸田 克先生に謝意を表します。

参 考 文 献

- (1) 自動車のサスペンション カヤバ工業編 p.175, 山海堂(1991)
- (2) サスチューニングの理論と実際, 野崎博路, p.55, 山海堂(2000)
- (3) ポイントを学ぶ振動工学, 鈴木浩平編著 p.12, 丸善(1993)