

新たな近接排気騒音測定法に関する実験的検討

環境研究領域 ※坂本 一朗 田中 丈晴 村上 孝行
東京大学 金子 成彦
神奈川大学 山崎 徹

1. まえがき

使用過程において消音装置（マフラー）を交換する改造が行われた場合、一部のマフラーにおいては、新車時の加速走行騒音の規制値を大幅に上回るものがあることが認められており、道路交通騒音の一層の悪化に加え、周辺住民の騒音苦情の大きな原因の一つとなっている。

このような状況の改善を図るため、国土交通省と環境省は、平成 16 年度から合同で「自動車排気騒音対策検討会」を設置し、騒音規制値の強化、保安基準改正と不正改造防止策などの検討を行っている。

図 1 は、平成 12 年度及び 13 年度に国土交通省と自動車工業会で行った 63 種類の乗用車用の交換用マフラーの騒音測定の結果を示したものである。横軸に近接排気騒音と規制値との差、縦軸に加速走行騒音と規制値との差をとったもので、測定はいずれも新型自動車の試験方法で規定されている自動車騒音試験法 (TRIAS20) に基づいて行ったものである。図中の赤い斜線で示した領域が、近接排気騒音の規制値は満たすものの、加速走行騒音の規制値は超過するマフラーで、加速の規制値を 5dB 以上超過しているものも見受けられる。このようなマフラーは走行時の騒音はうるさいと感じられるが、近接排気騒音規制には適合しており、現行の規制法では取り締まりの効力を発揮していない状況にあるため、現行の近接排気騒音試験法に代わる、加速走行騒音との相関がよく、街頭での検査が容易な新たな排気騒音測定法の開発が課題となっている。

このため、環境省では、合同検討会の下に「自動車単体騒音対策検討・調査」分科会を設置し、近接排気騒音の規制値の強化とともに、新たな近接排気騒音の測定法について検討を開始し、当研究所において実験

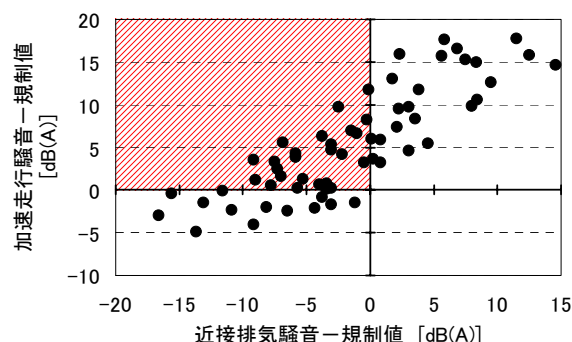


図 1 交換用マフラーの騒音レベルと規制値との比較

的検討を行っているので、これまでの結果について報告する。

2. 新たな測定法の検討

新たな近接排気騒音の測定法は、加速走行騒音との対応がよく、街頭検査が容易に行えるものでなければならない。従って、現行の近接排気騒音の測定法と同様に、無負荷運転（空吹かし）で行うことを前提とし、騒音測定位置も近接排気騒音と同一の位置とした。

現行の加速走行騒音の測定法は、テストコースにおいて実際に車両を走行させ、50km/h の定常走行からアクセル全開で加速走行させたときの騒音を、車両中心から左側 7.5m、地上高さ 1.2m の位置において測定し、最大の騒音レベルを読み取る。一方、近接排気騒音の測定法は、乗用車の場合、無負荷運転でエンジン回転数を最高出力回転数の 75% の回転数で 5 秒間程度一定に保持した状態からアクセルを急速に放したときの騒音を、マフラーの開口部中心から排気流の方向に対して外側に 45° の方向で、開口部から 0.5m 離れた位置において測定し、最大レベルを読み取る。

これは、エンジン回転数が低下するときの騒音を測定しているため、加速走行騒音との対応がよくないと考えられる。そこで、無負荷運転でアクセルを踏み込みエンジン回転数が上昇しているときの騒音測定を行い、現行の騒音測定法の結果と比較することとした。上記をふまえ、今回は下記の測定条件で騒音測定を行った。

- ① 現行の加速走行騒音測定法（シャーシダイナモメータ上で負荷をかけて運転）
- ② 現行の近接排気騒音の測定法（無負荷運転）
- ③ 無負荷運転でアクセルを一杯に踏み込んでエンジン回転数を急激に上昇させる測定法
- ④ 無負荷運転でアクセルをややゆっくりと踏み込みエンジン回転数がおよそ1秒間で最高出力回転数の75%まで上昇させる測定法

上記の①を台上加速騒音測定法、②を近接排気騒音測定、③を新測定法Ⅰ、④を新測定法Ⅱと記すこととする。

3. 実験方法

3. 1. 実験概要

測定は半無響室内のシャーシダイナモメータ上で行った。図2に測定の概要を示す。測定条件の違いによる排気騒音の違いを明らかにするために、現行の近接排気騒音の測定位置にマイクロホンを設置し騒音測定を行うとともに、エンジン回転数及び吸入空気量を測定した。なお、試験時の室内温度は約20℃でほとんど変化がなかった。

3. 2. 実験に使用した車両と交換用マフラー

実験車両は、排気量の異なる2台の乗用車を用いた。実験車両の諸元を表1に示す。排気量の大きい車両をA車、小さい方をB車とする。交換用マフラーはそれぞれの車両について2本ずつ用意し、1本は日本自動車スポーツマフラー協会（JASMA）認定品（以下、マフラーaという）を、もう1本はJASMA認定品ではないが保安基準適合品として販売されているもの（以下、マフラーbという）を用いた。標準マフラーについても同様に測定を行った。試験用マフラーのTRIAS20に基づく定常走行騒音、加速走行騒音、近接排気騒音は表2に示す通りであった。表中に、規制値を満たすものは○、規制値を超えたものは×で示している。定常走行騒音と近接排気騒音はすべて規制値を満たしているが、加速走行騒音については、標準

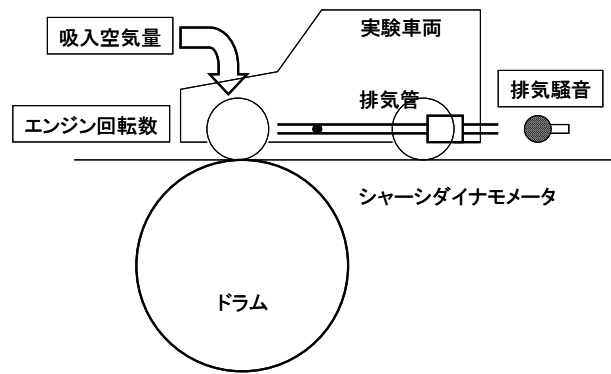


図2 測定の概要

表1 実験車両の諸元

実験車両	A車	B車
年式	H14	H16
定員(人)	8	5
車両重量	1,630	1,060
原動機	燃料	ガソリン
	排気量(cc)	2,352
	最高出力(kW/rpm)	118/5,600
	最大トルク(Nm/rpm)	221/4,000
変速機形式・総ギヤ段数	4AT	4AT

表2 実験に使用したマフラーの各騒音測定法の結果

実験車両	マフラー種類	定常走行騒音 (規制値:72dB(A))	加速走行騒音 (規制値:76dB(A))	近接排気騒音 (規制値:96dB(A))
A車	マフラーa	68.4dB (○)	81.6dB (×)	91.2dB (○)
	マフラーb	67.1dB (○)	88.9dB (×)	90.7dB (○)
	標準マフラー	64.4dB (○)	71.8dB (○)	78.7dB (○)
B車	マフラーa	64.4dB (○)	76.4dB (×)	81.3dB (○)
	マフラーb	64.8dB (○)	72.3dB (○)	77.0dB (○)
	標準マフラー	63.2dB (○)	69.6dB (○)	76.7dB (○)

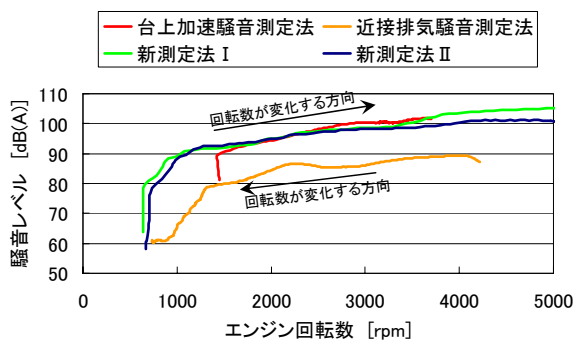
マフラーaはJASMA認定品、マフラーbは保安基準適合品（JASMA認定品外）

マフラーとB車のマフラーb以外はすべて規制値を超えていた。

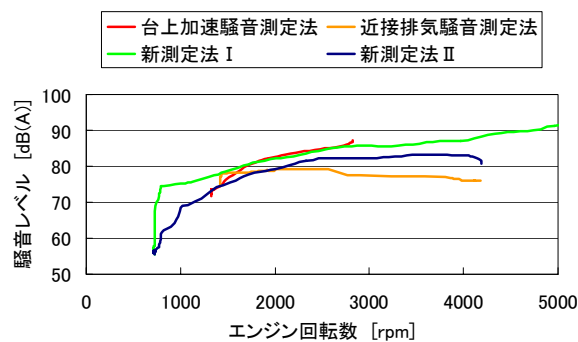
4. 実験結果

4. 1. エンジン回転数と騒音レベルの関係

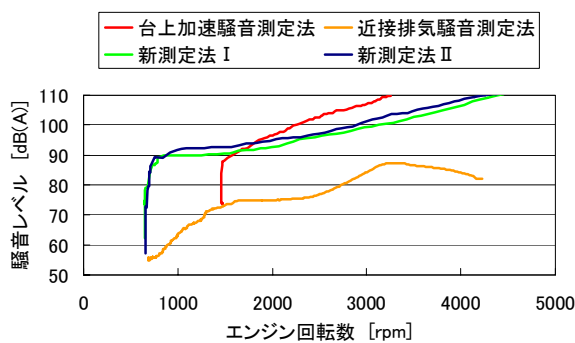
図3に、A車の測定条件別のエンジン回転数と騒音レベルとの関係をマフラー別に示す。それぞれの結果において、矢印はエンジン回転数が変化する方向を示している。すなわち、近接排気騒音を除くすべての測定条件では、エンジン回転数が増加するときの騒音レベルを測定しており、近接排気騒音はエンジン出力が最大となる回転数の75%の回転数（A車、B車ともに4200rpm）からアクセルを放したときのエンジン回転



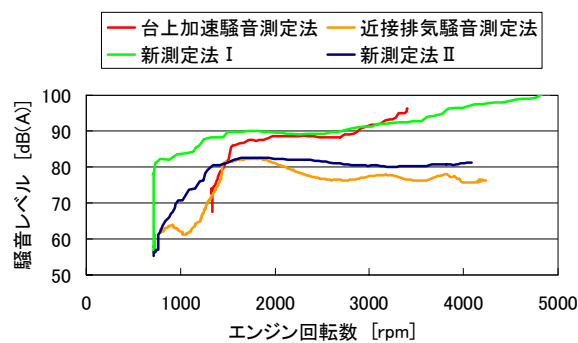
(a) マフラー a



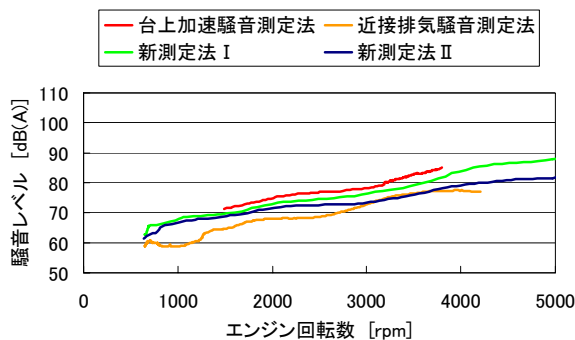
(a) マフラー a



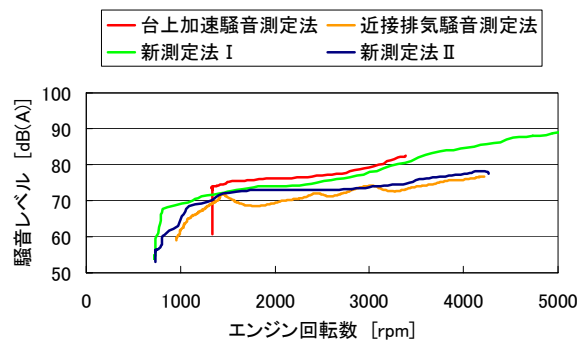
(b) マフラー b



(b) マフラー b



(c) 標準マフラー



(c) 標準マフラー

図3 エンジン回転数と騒音レベルの関係 (A車)

図4 エンジン回転数と騒音レベルの関係 (B車)

数が下がるときの騒音を測定している。これ以降すべて同様である。

図3(a)はマフラーaを装着したときの結果である。近接排気騒音測定以外の3つの測定条件では、1800rpmから3200rpmまでほぼ同じ騒音レベルで、レベルの差は2dB(A)以下であった。これらの測定法は測定開始時のエンジン回転数は異なるものの、測定開始と同時にアクセルを踏み込みエンジン回転数が上昇しているという条件は同じであるため、上記の回転数の領域で騒音レベルがほぼ同じ値になったと考

えられる。一方、近接排気騒音測定法は、他の測定法に比べてレベルが10dB(A)程度小さくなっている。

図3(b)は、マフラーbを装着したときの結果である。マフラーaの結果と異なり、台上加速騒音測定法の結果は回転数が上昇すると騒音レベルも急激に増加しており、2000rpmから3000rpmまでに10dB(A)程度レベルが大きくなっている。これに対して、新試験法I及び新測定法IIは2000rpmから3000rpmで約5dB(A)の増加であった。近接排気騒音測定の結果は、マフラーaの結果と同様に、他の測定法に比べてレベルが10dB(A)以上小さかった。

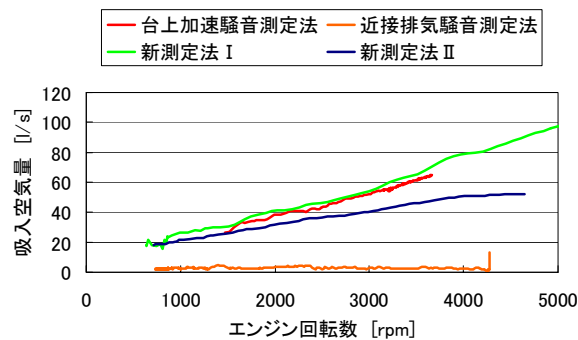
図 3(c)は標準マフラーの結果である。1500rpm から 3800rpm まで台上加速騒音測定法と新測定法 I の騒音レベルは約 2dB(A)程度、新測定法 II の結果はさらに 1~2dB(A)程度のレベル差があった。また、近接排気騒音測定の結果は 5dB(A)以上のレベル差があった。

図 4 に B 車の測定条件別のエンジン回転数と騒音レベルとの関係をマフラー別に示す。図 4(a)はマフラー a の結果である。台上加速騒音試験法と新試験法 I の結果は、1800rpm から 2800rpm までほぼ同じ騒音レベルで、レベルの差は 1dB(A)以下であった。一方、新試験法 II と台上加速騒音測定法のレベル差は 3dB(A)程度であった。近接排気騒音測定の結果は、エンジン回転数が下がるにつれて騒音レベルが増加しており、2600rpm 以上では加速走行試験法に比べて 6dB(A)以上小さいが、約 2000rpm のときには加速走行との差は 3dB(A)程度で、1500rpm 付近では他の測定条件とほぼ同程度のレベルであった。

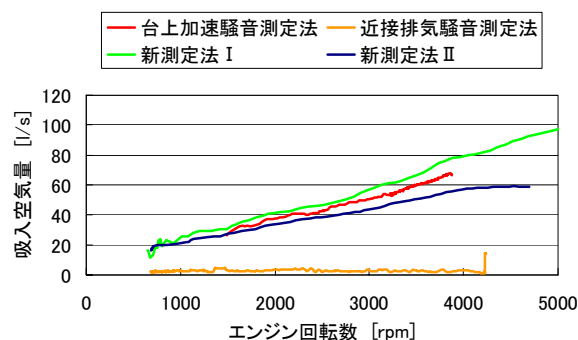
図 4(b) はマフラー b の結果である。マフラー a の結果と同様に、加速走行試験法と新測定法 I の結果は、2200rpm から 3200rpm まで概ね同じ騒音レベルで、レベル差は最大で 2dB 程度であった。一方、新測定法 II の結果は、マフラー a の結果と異なり、近接排気騒音の結果と同じくらいの騒音レベルであり、加速走行試験法とのレベル差は 8dB(A)以上であった。近接排気騒音測定はエンジン回転数が約 1800rpm 前後で騒音レベルが最大となった。

図 4(c)は標準マフラーの結果である。台上加速騒音測定法と新測定法 I のエンジン回転数と騒音レベルの傾向は 1500rpm から 3500rpm までほぼ同じであるが、レベルは新試験法 I が約 3dB(A)程度小さかった。また、新試験法 II の結果はさらにレベルが小さく、近接排気騒音測定のレベルと同程度であった。近接排気騒音の最大レベルは、他のマフラーと異なり、エンジン回転数が 4200rpm のときで、エンジン回転数が下がるとレベルが小さくなっている。

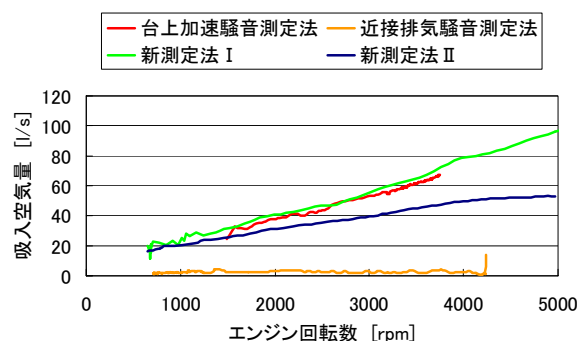
これらの結果から、A 車のマフラー b 以外の結果では、新測定法 I の騒音レベルは、あるエンジン回転数の範囲では、台上加速騒音測定法の騒音レベルとほぼ同程度レベル (差が 2~3dB(A)以下) になることが分かった。一方、A 車のマフラー b のように、新測定法 I では、台上加速騒音測定法の騒音レベルを適切に評価できない場合もあることが分かった。しかし、エン



(a) マフラー a



(b) マフラー b



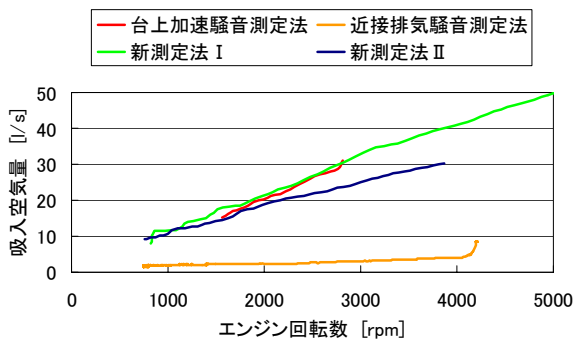
(c) 標準マフラー

図 5 エンジン回転数と騒音レベルの関係 (A 車)

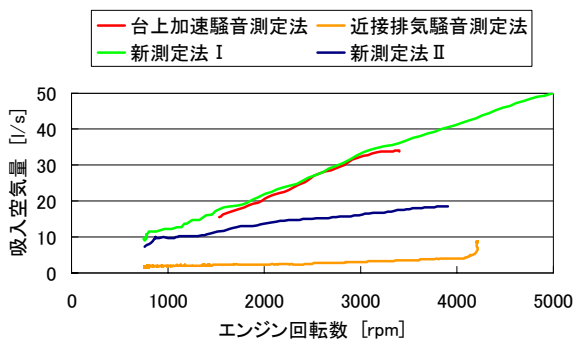
ジン回転数が下がる時の騒音を測定している現行の近接排気騒音測定法に比べると、新測定法 I は台上加速騒音測定法のレベルに近い値が得られた。

4. 2. エンジン回転数と吸入空気量の関係

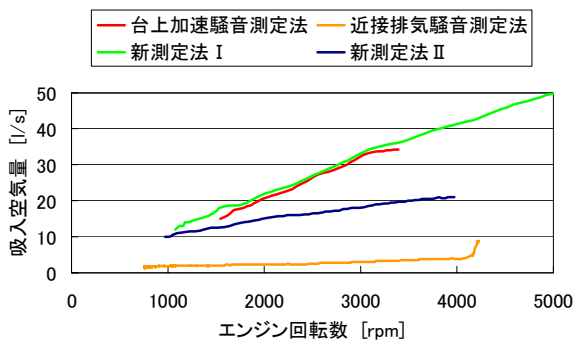
前項において、一部のマフラーを除いて、新測定法 I は台上加速騒音測定法との騒音レベルの対応がよいことがわかった。台上加速騒音測定法と新測定法 I は、アクセルを一杯に踏み込むという条件が同じであり、そのためエンジンへの吸入空気量は同等であると考えられる。吸入空気量が同じであれば、エンジンの燃焼も同じ状態であると考えられ、エンジンから発生



(a) マフラー a



(b) マフラー b



(c) 標準マフラー

図 6 エンジン回転数と騒音レベルの関係 (B車)

する脈動音も同程度になると考えられる。そこで、まず、エンジン回転数と吸入空気量の関係を調べた。図 5 に A 車のエンジン回転数と吸入空気量の関係を、図 6 に B 車の結果をそれぞれ示す。

図 5(a) は A 車にマフラー a を装着したときの結果である。台上加速騒音測定法と新測定法 I は、1500rpm から 3700rpm のエンジン回転数の範囲で吸入空気量はほぼ一致している。従って、このときはほぼ同じような燃焼状態であると考えられる。一方、新測定法 II の結果は、騒音レベルは台上加速騒音測定法や新測定法 I とほぼ同じ値であったが、吸入空気量

はやや小さかった。近接排気騒音はアクセル全閉で測定を行うので、吸入空気量はアクセル放すと同時に 5l/s 以下になっており、ほとんど空気が吸入されていなかった。

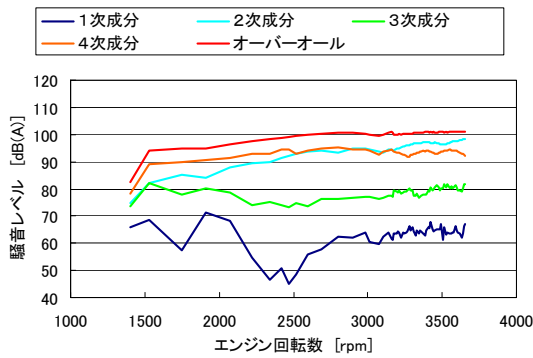
上記の傾向は、A 車の他のマフラーでも同様な傾向であり、また、同一の車両であれば、マフラーによらず、台上加速騒音測定法と新測定法 I の吸入空気量は、あるエンジン回転数の範囲内ではほぼ同じ値であった。従って、その範囲ではエンジンの燃焼状態がほぼ同じであると考えられる。この傾向は、B 車についても同様であり、新測定法 I は台上加速騒音測定法と同様のエンジンの燃焼状態を無負荷で再現できると考えられる。

4. 3. 考 察

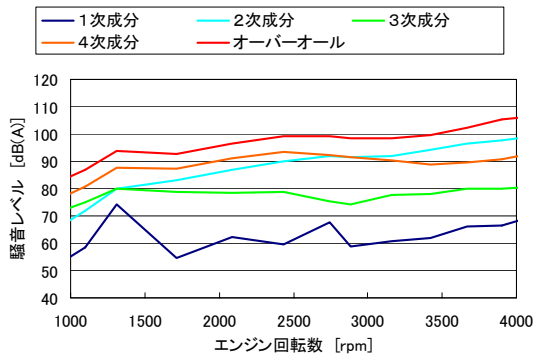
上記の結果から、A 車のマフラー b 以外は、台上加速騒音測定法と新測定法 I の騒音レベルはエンジン回転数のみではほぼ定まる領域が認められた。また、台上加速騒音測定法と新測定法 I では、あるエンジン回転数の範囲では吸入空気量がほぼ同等であった。このとき、エンジンの燃焼も同等であり、エンジンから発生する脈動音も同等であると考えられる。従って、脈動音の寄与が大きければ、排気騒音はエンジン回転数で定まると考えられる。そこで、排気騒音のトラッキング解析を行った。

図 7 に、A 車にマフラー a を装着したときの、台上加速騒音測定法と新測定法 I のトラッキング解析結果を示す。オーバーオールの騒音レベルは、エンジン回転数の 4 次成分と 2 次成分の騒音が支配的であることが分かる。台上加速騒音測定法も新測定法 I もおよそ 2500rpm 以下では 4 次成分の騒音が支配的であり、2500~3000rpm までは 4 次成分と 2 次成分がほぼ同等で、それ以上の回転数では 2 次成分が支配的であった。従って、エンジン回転数の次数成分の騒音である脈動音の寄与が大きいマフラーは、エンジン回転数によって騒音レベルが定まると考えられ、その場合、新測定法 I と台上加速騒音測定法の排気騒音の騒音レベルはほぼ同程度になると考えられる。

図 8 に、A 車にマフラー b を装着したときの、台上加速騒音測定法と新測定法 I のトラッキング解析結果を示す。マフラー a の結果と異なり、オーバーオールの騒音レベルに対して次数成分の騒音レベルが小さく、また、オーバーオールのレベルはエンジン回転数が上昇するにつれて騒音レベルが増加しているが、

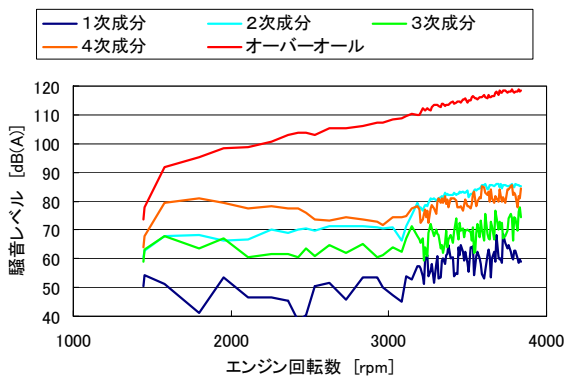


(a) 台上加速騒音測定法

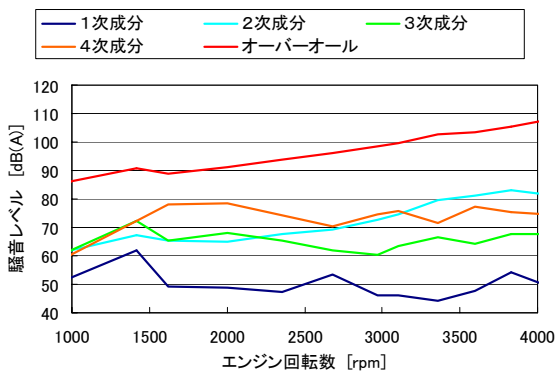


(b) 新測定法 I

図7 トラッキング解析結果 (A車、マフラーa)



(a) 台上加速騒音測定法



(b) 新測定法 I

図8 トラッキング解析結果 (A車、マフラーb)

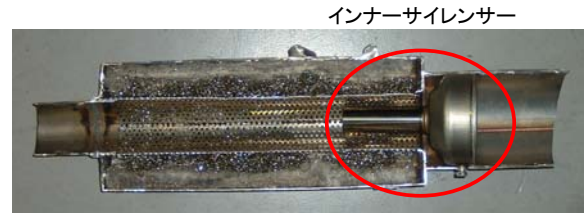


図9 A車マフラーbの断面

次数成分のレベルはほとんど変化していなかった。従って、このマフラーの騒音は脈動音よりも、他の騒音源が支配的なマフラーであると考えられる。これは、マフラーの構造が他のマフラーに比べて異なっているためであると考えられるため、A車のマフラーbの構造を調べた。

図9は、マフラーbの断面を示したものである。図のように、ストレートパイプに吸音材が巻き付けられた構造に、インナーサイレンサーが取り付けられている。インナーサイレンサーがなければ、脈動音が支配的であると考えられるが、インナーサイレンサーによって絞り部が設けられ、絞り部から発生する流体騒音の寄与が脈動音よりも支配的であるため、台上加速騒音測定法と新測定法Iの騒音レベルに差が生じたと考えられる。

6. まとめと今後の課題

現行の近接排気騒音測定法の規制値は満たすものの、実際の走行時にはうるさいと感じられるマフラーを取り締まるために、新たな近接排気騒音の測定法の実験的検討を行っている。これまでの結果から、無負荷運転でアクセルを一杯に踏み込んでエンジン回転を急上昇させたときに発生する騒音は、台上加速騒音測定法の騒音レベルと、あるエンジン回転数の範囲内ではほぼ同じ値となることが分かった。一方、A車のマフラーbのように、新測定法Iでは、台上加速騒音測定法の騒音レベルを適切に評価できない場合もあり、その原因の一つとして、マフラーの構造に起因することが分かった。今後、車種やマフラー数を増やして測定を行うとともに、新測定法の詳細な検討や、気流音が顕著な場合への対応について、引き続き検討を行う必要があると考えられる。

参考文献

- (1) 環境省請負業務成果報告書，平成16年度自動車単体騒音対策検討・調査，平成17年3月