

加速時タイヤ騒音の測定評価手法に関する研究(第3報)

—スリックタイヤ法及びカーペット法の測定精度について—

環境エネルギー部

※ 坂本 行 田中丈晴 坂本 一朗 緒方 正剛

元交通公害部

村上 孝行

横浜ゴム(株)

桂 直之 古川 享

1. はじめに

市街地走行における加速・定常走行ではタイヤに駆動力が作用している状態でタイヤ騒音が発生するが、この場合のタイヤ騒音は惰行走行時のタイヤ騒音に比べ増加することが知られている¹⁾。本研究では第1報及び第2報に引き続き、加速時タイヤ騒音の測定評価法及びタイヤ騒音寄与率に関して、スリックタイヤ法及びカーペット法について検討を行った

2. 走行時タイヤ騒音の推定方法

定常及び加速走行時におけるタイヤ騒音を分離する手法には、従来から活用されている測定方法として、スリックタイヤ法とカーペット法がある。両者とも、試験路上を複数回走行したときの通過騒音レベルから計算により、走行時のタイヤ騒音レベルを求める方法である。

2. 1. スリックタイヤ法

スリックタイヤ法による場合の各測定レベルと音源との関係を表1に示す。車両走行音とは、車両エンジン等の駆動力によらないで走行する際に発生する空力騒音、ギア騒音等による車外騒音。加速時車両動力系関連音とは、エンジン等の駆動力によって定常走行や加速走行を行う時のエンジン・排気系及び動力伝達系等の音で、車両走行音以外のものを示す。また、タイヤ転動音とは、車両が惰行走行した時の音で、車両走行音以外のものを意味し、加速時タイヤ音とは、車両が加速走行した時の音で、車両走行音及び加速時車両動力系関連音以外のものを意味する。

表1から、試験タイヤ装着時における加速走行騒音及び惰行走行騒音は、式(1)及び(2)で表される。以下の式は、特にことわらない限り、エネルギーレベルでの計算を意味している。

$$La1 = Lv + Le + Lta \quad (1)$$

$$Lc1 = Lv + Ltc \quad (2)$$

また、スリックタイヤ装着時の騒音を「L'」で表わせば、加速走行騒音と惰行走行騒音は、式(3)及び式(4)で表される。

$$La3 = Lv + Le + Lta' \quad (3)$$

$$Lc3 = Lv + Ltc' \quad (4)$$

しかし、スリックタイヤ装着時の場合には、

$$Lta' = Ltc'$$

とみなせる⁴⁾ので、式(3)及び(4)から、

$$Le = La3 - Lc3 \quad (5)$$

したがって、式(1)及び(5)から

$$Lta + Lv = La1 - (La3 - Lc3) \quad (6)$$

この様に、スリックタイヤ法では、(6)式の左辺のLvを分離できることは出来ない。

2. 2. カーペット法

カーペット法は、試験路面上に、カーペットを敷いた場合と敷いていない場合における車両通過騒音のレベル差から、車両走行時のタイヤ騒音を計算により求める方法である。表2に、カーペット法による場合の各測定レベルと音源との関係を示す。

表2から、ISO路面上を走行する場合の加速走行騒音及び惰行走行騒音は、2. 1のスリックタイヤ法と同様、式(1)及び(2)で表される。

また、カーペット上を走行した場合の加速走行騒音及び惰行走行騒音は、次式で表される。

$$La2 = Lv + Le - \Delta La \quad (7)$$

$$Lc2 = Lv \quad (8)$$

このときのカーペットの吸音量(騒音レベル差)は、

$$\Delta La = Ls1 - Ls2 (>0) \quad (9)$$

で表される。右辺は、定常走行又は、加速走行時のエンジン回転数相当条件における左右7.5mでの定置騒音のカーペット有無によるレベル差とする。

式(7)及び(8)から、

$$Le = La2 - Lc2 + \Delta La \quad (10)$$

式(2)及び(8)から

$$Lt c = Lc1 - Lc2 \quad (11)$$

従って、式(1)、式(8)及び(10)より、加速時タイヤ騒音は、次式で示される。

$$\begin{aligned} Lta &= La1 - Lc2 - (La2 - Lc2 + \Delta La) \\ &= La1 - La2 - \Delta La \end{aligned} \quad (12)$$

この様に、カーペット法では、スリックタイヤ法では分離出来ない車両走行音 L_v を分離して求めることが可能である。なお、ここでは、両方法の測定精度の比較を行うと共に、電気自動車の実測値と比較するため、 L_v を含めた次式を用いた。

$$Lta + L_v = La1 - La2 + Lc2 - \Delta La \quad (13)$$

従って、以下、車両走行音を含むタイヤ騒音を、単に「タイヤ騒音」とする。

2. 3. 実車惰行法

実車惰行法は、JASO C-606で規定されており、試験路上で車両が惰行走行した場合の通過騒音をタイヤ騒音とみなすもので、簡便であるため、広く用いられている方法であり、この場合、表1及び表2の表記に基づけば、惰行走行騒音は、式(2)で表される。

3. 試験路実験の概要

3. 1. 試験路

試験路実験は、ISO 路面で行った。試験車両及びタイヤ種類を変えて、定常、加速及び惰行走行(何れもマイクロホン前での車速は約55km/h)を行い、騒音測定を行った。なお、定常走行及び加速走行については、TRIASに準拠した。

また、騒音の計測は、車両進行方向左右7.5m、地上高さ1.2mの位置にマイクロホンを設置し、それぞれの走行の際の最大騒音値を測定した。なお、実測値或いは計算に用いた実測値については、複数の生のデータを算術平均した。試験路での測定概要と測定状況を図1及び図2に示す。

3. 2. 試験車両

試験に供する車両については、スリックタイヤ法、カーペット法による走行時タイヤ騒音の測定精度を検証するため、試験車両と同型の電気自動車を用いた。電気自動車(以下、「車両Ⅰ」という)の場合、表1及び表2の加速時車両動力系関連音 Le が殆ど無視出来ると考えられる。なお、試験車両としてはRV型の

ガソリン乗用車(以下、「車両Ⅱ」という)を用いた。これらの車両諸元比較は、既報^{4) 5)}の通りである。

3. 3. 試験タイヤ

試験に用いるスリックタイヤとしては、一般に、表面のトレッドパターンの無いスムースタイヤを用いるため、以下、スムースタイヤと記すことにする。車両Ⅰ及びⅡに関するスムースタイヤとして1種類(以下、「Eタイヤ」という)、試験タイヤとして、同じトレッドパターンで仕様が異なる3種類のタイヤ(以下、「Aタイヤ」等という)を用いた。これらのタイヤの仕様比較等については、既報^{4) 5)}の通りである。

4. 試験結果及び考察

4. 1. スリックタイヤ法によるタイヤ騒音推定結果

4. 1. 1. スムースタイヤの騒音特性

全輪スムース装着の車両Ⅰで速度が同じであれば、惰行、定常、加速走行の際の騒音レベルは全て同等であると見なせ、更に、スムースタイヤの場合、その構造等が異なっても、その違いは殆ど無視出来ることが分かった^{4) 5)}。なお、以下「全輪Eタイヤ」等を「E-E」等と略称する。

4. 1. 2. 車両Ⅱでのタイヤ騒音の推定結果

車両Ⅱに試験タイヤを装着した場合の、2.1の推定方法による推定結果と、車両Ⅰに同じタイヤを装着した時の実測値を比較すると、表3のようになる。

なお、推定結果については、昨年度の報告⁵⁾より更に精度を上げるため、“車両Ⅰ(A/T車)の加速度が車両Ⅱ(M/T車)の二速、三速における加速度の間である”ことから、車両Ⅰの実測値と比較する場合、車両Ⅱの二速、三速の加速度を車両Ⅰの加速度に合わせる内挿法で、車両Ⅱのタイヤ騒音推定値を算出した。

これを図に表すと図3のようになる。表3より、スリックタイヤ法による両者間のレベル差は、-0.6~1.2dBAである。以上の結果から、スリックタイヤ法による測定精度は、概ね±1dBA程度の範囲にあることが認められた。

4. 2. カーペット法によるタイヤ騒音推定結果

4. 2. 1. 車両Ⅱでのタイヤ騒音の推定結果

カーペット法を用いた場合の車両Ⅱのタイヤ騒音推定結果を車両Ⅰの測定結果と比較し、カーペット法の測定精度について考察した。

まず、車両Ⅰ及びⅡの惰行走行騒音の測定結果を表4に示す。タイヤ組み合わせ別の両者間のレベル差

は、 $\pm 1\text{dBA}$ 以内であり、殆ど等しく、また、E-E(スムースタイヤ)の場合は暗騒音の影響が出ていると推測される。また、表5及び表6に、カーペット法による、“車両Ⅱの定常走行時のタイヤ騒音推定値”及び“車両Ⅱの二速、三速加速度を車両Ⅰのものに合わせる内挿法により、車両Ⅱの加速時のタイヤ騒音を推定した値”と、車両Ⅰの実測値とを比較したものを示す。

表5から、定常走行の場合、両者間のレベル差は、 $\pm 0.5\text{dBA}$ の範囲内に、また、車両Ⅱ加速走行について内挿法で算出した場合は、表6から、両者間のレベル差は、 $-0.9\sim 0.8\text{dBA}$ である。以上の結果から、カーペット法によるタイヤ騒音の測定精度は、概ね $\pm 1\text{dBA}$ 程度の範囲にあることが認められた。

5. 走行時タイヤ騒音の寄与率の比較検討

5. 1. 車両Ⅱの走行時タイヤ騒音寄与率の比較

本章では、車両Ⅰ、ⅡにタイヤA等を装着した場合について、タイヤ組み合わせ別に、スリックタイヤ法やカーペット法を用いて推定されるタイヤ騒音の寄与率と、加速時等のタイヤ騒音を実車惰行法で求めた値に置き換えた場合の寄与率について比較を行った。

図4に、車両Ⅱについて定常及び加速走行における寄与率をスリックタイヤ法、カーペット法、実車惰行法から算出した結果を比較した。

定常走行の場合、タイヤ騒音の寄与率は、100%近くであり、タイヤ種類及び測定方法の違いによる寄与率のばらつきは、概ね5ポイント以下と考えられる。

二速による加速走行の場合、タイヤ騒音の寄与率は、実車惰行法では20%~29%程度、カーペット法では30%~34%、スリックタイヤ法では42%~44%を示しており、実車惰行法を用いると、タイヤ種類により差が見られるが、実際の加速走行時のタイヤ騒音寄与率を、最大20%程低く算出することになると考えられる。

三速による加速走行の場合、実車惰行法から求めたタイヤ騒音寄与率は35%~45%程度となっている。他の二つの方法では、46%~54%程度であり、この場合、実車惰行法を用いると、タイヤ種類により差が見られるが、実際の加速走行時のタイヤ騒音寄与率を10%程度低く見積もることになると考えられる。

6. まとめ

定常走行及び加速走行時のタイヤ騒音の分離測定法として、スリックタイヤ法及びカーペット法について理論的検討を行うとともに、電気自動車(車両Ⅰ)、同型のガソリン自動車(車両Ⅱ)及び同じトレッドパターンで仕様が異なる3種類の試験タイヤを用いて、これらの測定法によるタイヤ騒音(車両走行音を含む)の測定精度を把握した。

また、これらの測定法を用いた場合の走行時のタイヤ騒音(車両走行音を含む)寄与率を求め、実車惰行法で置き換えた場合の結果と比較した。この結果、タイヤ種類により差が見られるが、以下にまとめられる。

なお、これは、今回の車両及びタイヤの組み合わせの範囲内での検討結果であり、今後、異なるトレッドパターン、サイズのタイヤ及びトラック等の車種も追加し、更に検討を行っていく予定である。

(1) スリックタイヤ法及びカーペット法の測定精度は、ほぼ同程度であると考えられ、共に、概ね 1dBA 程度の測定誤差が許容される必要があることが明らかとなった。

(2) これらの測定法を用いて、3種類の試験タイヤを対象に、定常走行及び加速走行時のタイヤ騒音(車両走行音を含む)寄与率を求めた結果、RV型ガソリン乗用車の場合、定常走行条件で約95%~100%、二速加速走行条件で約30%~44%、三速加速走行条件で約46%~54%、タイヤ騒音の寄与によるものであることが明らかとなった。

この場合、これらを実車惰行法から求めた場合には、定常走行の場合で約5%程度、二速及び三速の加速走行の場合で、10%~20%程度、タイヤ騒音の寄与を低く見積もることになるとことが明らかとなった。

(参考文献)

- 1) 三上、押野、「タイヤ/路面騒音における駆動トルクの影響に関する検討」、自動車技術会学術講演会前刷り集、No.963(1996)
- 2) 横浜ゴム(株)編、「自動車タイヤの研究」、山海堂
- 3) 酒井秀男、「タイヤ工学」、グランプリ出版
- 4) 坂本、田中他「加速時タイヤ騒音の測定評価手法に関する研究(第1報)」交通安全公害研究所研究発表会(2000)
- 5) 坂本、田中他「加速時タイヤ騒音の測定評価手法に関する研究(第2報)」交通安全環境研究所研究発表会(2001)

表1 スリックタイヤ法による各測定レベルと音源との関係

	加速走行/試験タイヤ装着 L a 1	加速走行/スリックタイヤ装着 L a 3	惰行走行/試験タイヤ装着 L c 1	惰行走行/スリックタイヤ装着 L c 3
L v :車両走行音	○	○	○	○
L e :加速時車両動力系関連音	○	○	—	—
L t c :タイヤ転動音 (4輪)	—	—	○	○
L t a :加速時タイヤ音 (転動音2輪+駆動音2輪)	○	○	—	—

表2 カーペット法による各測定レベルと音源との関係

	加速走行/ISO路 L a 1	加速走行/カーペット上 L a 2	惰行走行/ISO路 L c 1	惰行走行/カーペット上 L c 2
L v :車両走行音	○	○	○	○
L e :加速時車両動力系関連音	○	○	—	—
L t c :タイヤ転動音 (4輪)	—	—	○	—
L t a :加速時タイヤ音 (転動音2輪+駆動音2輪)	○	—	—	—

表3 スリックタイヤ法による車両Ⅱのタイヤ騒音推定値と車両Ⅰの実測値との比較 (加速走行の場合)
(車両Ⅱ二速三速加速を加速度による内挿法により車両Ⅰのものに合わせたもの)

タイヤ組み合わせ	推定値 (車両Ⅱ実測値－エンジン騒音等) (A) dBA	実測値 車両Ⅰ (B) dBA	差 (A)－(B) dBA
A-A	70.3	69.6	0.7
B-B	69.1	69.7	-0.6
C-C	69.3	68.1	1.2

表4 車両Ⅰ及び車両Ⅱの惰行走行騒音の比較

タイヤ組み合わせ	車両Ⅱの推定値(A) dBA	車両Ⅰの実測値(B) dBA	差(A－B) dBA
A-A	68.3	68.0	0.3
B-B	66.9	67.0	-0.1
C-C	68.4	68.1	0.3
E-E	64.3	63.6	0.7

表5 カーペット法による車両Ⅱのタイヤ騒音推定値と車両Ⅰの実測値との比較（定常走行の場合）

タイヤ組み合わせ	車両Ⅱの推定値(A) dBA	車両Ⅰの実測値(B) dBA	差(A-B) dBA
A-A	67.7	68.2	-0.5
B-B	67.1	67.3	-0.2
C-C	68.1	68.4	-0.3
E-E	64.1	63.6	0.5

表6 カーペット法による車両Ⅱのタイヤ騒音推定値と車両Ⅰの実測値との比較（加速走行の場合）
（車両Ⅱ二速三速加速を加速度による内挿法により車両Ⅰのものに合わせたもの）

タイヤ組み合わせ	車両Ⅱの推定値(A) dBA	車両Ⅰの実測値(B) dBA	差(A-B) dBA
A-A	69.0	69.6	-0.6
B-B	68.8	69.7	-0.9
C-C	68.9	68.1	0.8
E-E	-----	64.2	-----

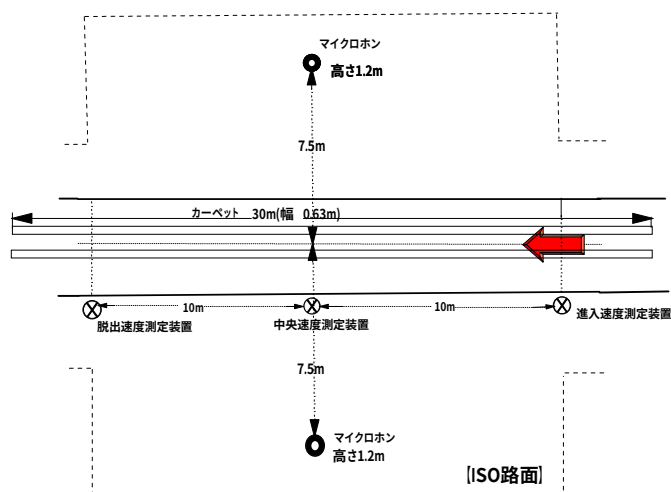


図1 試験路実験の概要



図2 試験路実験の測定状況

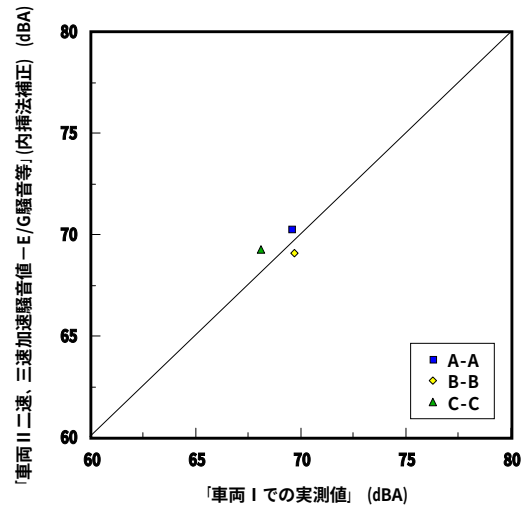
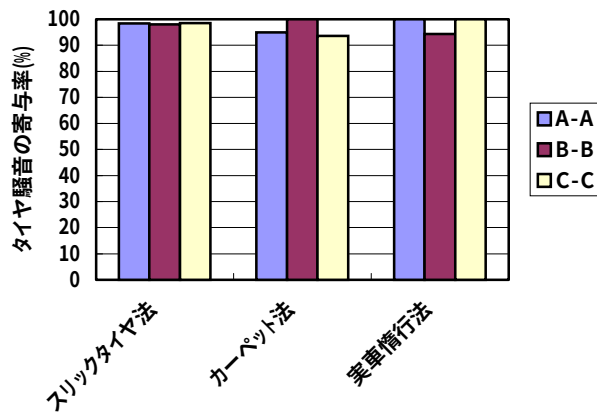
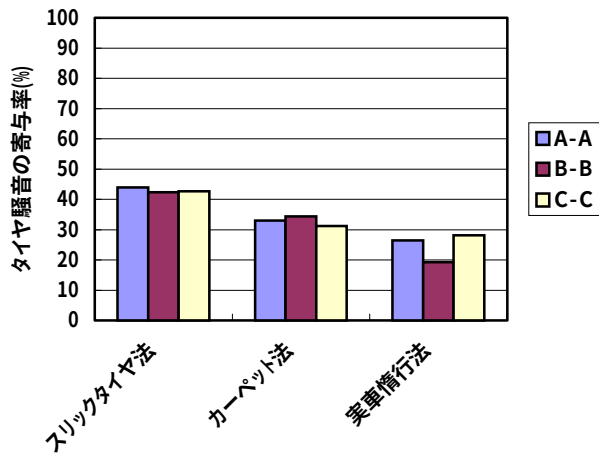


図3 車両Ⅱ二速、三速加速騒音値からの推定値(内挿法補正)と車両Ⅰ実測値の比較

定常走行(車両Ⅱ)



加速走行(車両Ⅱ：二速)



加速走行(車両Ⅱ：三速)

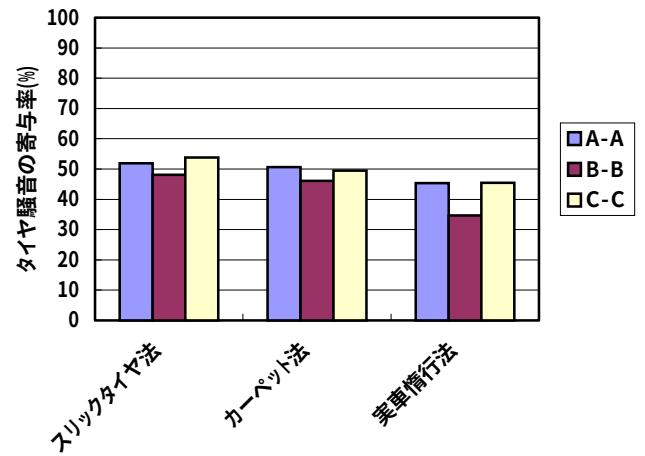


図4 車両Ⅱの各走行時におけるタイヤ騒音測定方法の違いによるタイヤ騒音寄与率比較