

IV-2 タイヤ種別およびトレッドパターンとタイヤ騒音に関する研究

北海道大学工学部 正会員 加来 照俊
北海道大学大学院 学生会員 ○小野 義孝

1. はじめに

近年、大気汚染、騒音、振動など、種々の公害の発生が多くなってきており、公害に対する苦情をはじめとして、一つの大きな社会問題となってきた。このため、各関係機関や研究機関によって、対策のための調査、研究が続けられている。公害に対する苦情件数のうち、騒音に関するものが、毎年最も多く、1976年には全国で20,904件に達している。この内訳を発生源別にみると、工場、事業場が全体の57%、建設作業14%、深夜営業7%、自動車4%、航空機1%、鉄道1%、その他が16%となっている。自動車が発生する騒音に対する苦情が全体に占める割合は小さいが、排出ガスによる大気汚染、騒音、振動と三重の公害を発生させており、被害を大きくしていると推定される。また、その発生源が常に移動しており、発生源を特定できないこともあり、対策上の問題点となっている現状である。

騒音に関しては、内外ともに多くの研究が行われてきており、騒音レベルの測定結果に基づいた予測式、また、種々の対策技術も開発されてきている。しかしながら、これらの研究は、耳に入ってくる音全体としての騒音を対象としている場合が多い。騒音は、その発生源が単独であることは少なく、一般には、多くの発生源からの音が合成されたものである。たとえば、道路を自動車が走行する場合を例にとってみると、これによって発生する騒音は、エンジン音、排気音、冷却ファン音、吸入音、変速機音、タイヤ音、風切音などからの音が合成されたものである。そして、これら個々の発生源からの騒音に関しては、いまだ十分な研究は行われてはいない。個々の発生源からの騒音について、その特性を明らかにすることは、今後、騒音対策技術の上からも有効な手段であると思われる。このためには、実際に自動車が走行中に発生する騒音について、その性質、特性を把握しておくことが必要である。

本研究は、これらの中で、タイヤ種別およびタイヤトレッドパターンと発生騒音レベルの関係を、自動車の実車走行試験により求めたものである。

2. 実験概要

実験日	1979年 8月 30日 (木)
実験場所	北海道開発局土木試験所江別走行試験場
試験車両	日産バイオレット JK710
	総排気量 1,420 cc
	車両総重量 1,080 kg
	全 長 4.12 m
	全 幅 1.58 m
	全 高 1.38 m

試験速度 39, 48, 57, 66, 75, 92 km/h

使用タイヤ 以下に示す7種のタイヤ音を測定した。空気圧は、冷間時測定で、バイアスタイヤ 1.7 kg/cm^2 、ラジアルタイヤ 1.9 kg/cm^2 である。使用タイヤのトレッドパターンを、図1～図5に示す。

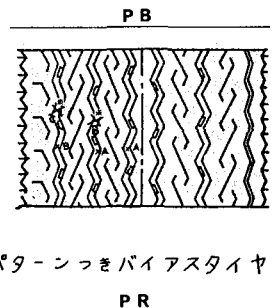


図1 パターンつきバイアスタイヤ

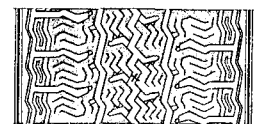


図2 パターンつきラジアルタイヤ

タ イ ヤ	サイズ	溝深さ	略号
パターンつきバイアスタイヤ	5.60-13	8.6	PB
パターンつきラジアルタイヤ	165 SR 13	7.3	PR
ストレートリブタイヤ (バイアス)	5.60-13	8.0	SR
クロスバー タイヤ (バイアス)	5.60-13	8.0	CB
スパイクタイヤ (ラジアル)	165 SR 13	10.5	SP
パターンなしバイアスタイヤ	5.60-13	—	NB
パターンなしラジアルタイヤ	165 SR 13	—	NR

SR

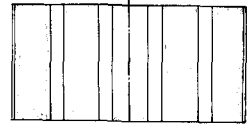


図3 ストレートリブタイヤ

CB

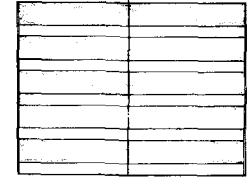


図4 クロスバー タイヤ

SP

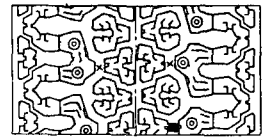


図5 スパイクタイヤ

測定機器	インパルス精密騒音計	リオン NA-61
	レベルレコーダ	リオン LR-03
	データーレコーダ	TEAC R-260
	1/3周波数分析器	リオン SA-57

実験方法

図6に示すように、XX'線上に試験車が走行する。AA'上でエンジンスイッチを切り、ギアをニュートラルの位置にし、さらにクラッチペダルを踏み込んだ状態で、BB'上まで試験車は惰行走行する。DD'上とEE'上でスピードメーターにより速度を測定する。車両走行中心線(XX')上のC点より車両走行中心線に直角に7.5m、路面上1.2mの地点に騒音計のマイクロホン(M)を設置し、惰行走行時の騒音を測定した。そして、この状態で測定した騒音を、タイヤ音とみなした。

騒音は、聴感補正回路を使用しない、音圧レベルのまま、動特性FASTで測定し、データーレコーダを用いて磁気テープに記録し、後日、このテープを再生し、1/3周波数分析器を通して、レベルレコーダに出力した。

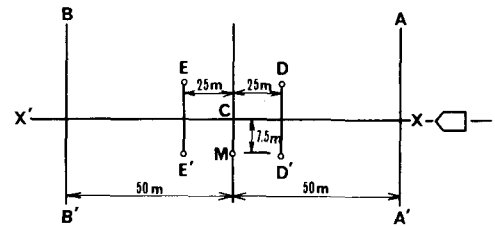


図6 タイヤ音測定方法

3. 実験結果 および 考察

○ 速度と音圧レベルの関係

試験車両は、タイヤ騒音測定区間を惰行走行するので、

走行抵抗のため、車の速度は次第に低下する。そこで、図6において、DD'を通過するときの速度 V_d と、EE'を通過するときの速度 V_e との平均値 $(V_d + V_e)/2$ を測定時の速度とした。このため、各タイヤに対して、試験速度を等しくすることは、かなりむずかしい。

各タイヤでの速度および音圧レベルの測定値を表1に示す。これを、速度の対数をとって、速度と音圧レベルとの関係を図に表わすと、図7のようになる。図からみられるように、速度の対数と音圧レベルとの間には直線関係が認められる。そこで、この関係の回帰式を、

$$\text{SPL} = a \log V + b$$

SPL: 音圧レベル

V: 速度

a, b: 回帰係数

とし、直線の回帰係数および相関係数を求めたものを表2に示す。これより、40、60、80、100 km/h の速度に対応する音圧レベルを各タイヤごとに求めたものが、表3である。さらに、パターンつきバイアスタイヤを基準としたときの、他のタイヤとの音圧レベルの差を求めたものが表4である。

表4より、パターンつきバイアスタイヤと、各タイヤとを比較すると、以下のことがわかる。パターンつきラジアルタイヤは、パターンつきバイアスタイヤに比べ、1〜2 dB 音圧レベルが小さい。そして、速度が大きくなるにしたがって、両者の音圧レベルの差は大きくなっている。

パターンなしタイヤのバイアスタイヤ、ラジアルタイヤと比較しても、40 km/h で音圧レベルの差が 0.1 dB であったものが、100 km/h では、1.7 dB ラジアルタイヤの方が小さくなっている。これは、表2中の、回帰係数 a の値からもわかることではあるが、ラジアルタイヤは、バイアスタイヤに比べ、速度の増加に対して、音圧レベルの増加割合が小さいことをあらわしている。

ストレートリブタイヤは、パターンつきバイアスタイヤと、ほぼ同じ音圧レベルを示している。

クロスバータイヤは、パターンつきバイアスタイヤに比べ、3〜5 dB 大きな音圧レベルとなる。そして、速度が大きくなるにしたがって、両者の音圧レベルの差は大きくなる。すなわち、速度の増加に対して、音圧レベルの増加割合は大きくなっている。

スパイクタイヤは、パターンつきバイアスタイヤに比べ 4〜5 dB 大きな音圧レベルを示すが、速度が大きくなるにつれて、両者の音圧レベルの差は小さくなっていく。すなわち、スパイクタイヤは、表2中の係数 a の値が小さい。このスパイクタイヤのカーカス構造は、ラジアル構造であるので、前述のバイアスタイヤとラジアルタイヤを比較した場合と同様の傾向を示している。さらに、このスパイクタイヤと、パターンつきラジアルタイヤとを比較すると、5.2〜5.4 dB スパイクタイヤの音圧レベルが大きくなっており、速度による変化はみられない。す

表1 各タイヤの速度および音圧レベル

タイヤ	速度 および 音 圧 レ ベ ル (速 度) 音圧レベル						
PB		38.7 69.2	47.6 71.3	56.4 72.6	65.9 75.0	75.3 77.1	91.8 km/h 80.4 dB
PR	30.6 66.9	39.9 67.7	48.2 69.4	57.3 70.7	66.1 73.6	74.7 75.6	92.0 80.0
SR		39.7 69.5	48.1 72.0	56.8 72.7	66.2 74.8	74.4 76.9	93.0 81.9
CB	30.6 67.7	38.7 71.0	48.1 72.7	57.1 78.2		74.9 80.9	
SP	29.1 70.2	39.2 72.9	47.8 75.6	56.4 77.7	65.9 79.3	74.9 80.4	92.0 83.7
NB				57.1 74.2	65.5 74.7	74.9 76.1	92.0 81.2
NR			47.8 68.0	56.8 71.5	65.9 74.5	74.9 75.0	92.5 79.2

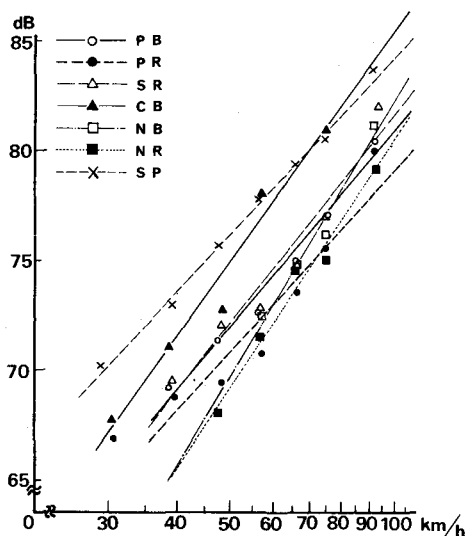


図7 速度と音圧レベルの関係

表2 速度と音圧レベルの
回帰係数および相関係数

$$SPL = a \log V + b$$

タイヤ	a	b	r
PB	29.6	21.5	0.9890
PR	27.3	24.4	0.9539
SR	31.8	18.0	0.9716
CB	35.2	15.1	0.9806
SP	26.8	30.6	0.9965
NB	41.6	-1.0	0.9860
NR	37.6	5.3	0.9888

なお、この 5dB 程度の音圧レベルの差は、タイヤに打ち込まれたスパイクが路面をたたく音、さらには、トレッドが深いことにより、空気がトレッド中で圧縮され、破裂するために発生する音であると思われる。

○ 周波数分析の結果

次に、表 1 に示されている速度において、パターンつきバイアスタイヤの、 $\frac{1}{3}$ 周波数分析を行なった結果を図 8 に示す。図 8 より、速度別による周波数成分のちがいはほとんど認められず、速度が大きくなるにつれて、各周波数帯のレベルは、ほぼ一様に増加している。この傾向は、他のタイヤについても、ほぼ同じである。

また、25 km/h 付近の速度での、各タイヤの $\frac{1}{3}$ 周波数分析結果を図 9 ～ 図 12 に示す。これより、パターンつきバイアスタイヤは、500 ～ 1kHz の周波数帯成分が卓越している。パターンなしバイアスタイヤでも、この傾向は若干みられる。しかしながら、ラジアルタイヤではこの傾向はみられず、パターンつきラジアルタイヤでは、2kHz より高い周波数成分は、周波数が高くなるにしたがってレベルは、次第に減少している。パターンなしラジアルタイヤでは、500 Hz よりこの傾向がみられる。(図 9) また、ストレートリブタイヤは、800 ～ 2kHz の周波数帯成分が卓越しており、(図 10) クロスバータイヤでは、800 ～ 2.5kHz、スパイクタイヤでは 400 ～ 1kHz の周波数帯成分が卓越している。(図 11, 12)

自動車が走行中に、タイヤと路面の相互作用によって発生する騒音としては、

- (1) ゴムと路面の摩擦によって生じる音、
- (2) トレッド中に入り込んだ空気が圧縮され、破裂することによって生じる音、
- (3) ゴムが路面をたたくことによって生じる音

が合成されたものであると考えられる。そこで、周波数分析を行なった結果より、各タイヤによって発生する音の特性は、上記の 3 種のタイヤと路面の相互作用によって発生する音のうちの、いずれに起因するものであるのかについて考察してみる。

図 9 は、パターンつきタイヤとパターンなしタイヤの $\frac{1}{3}$ 周波数分析結果を示したものである。まず、バイアスタイヤについて比較してみると、パターンつきタイヤは、500 ～ 4kHz の周波数帯成分のレベルが大きくなっている。そして、この範囲以外では、ほとんど同じレベルとなっている。この部分的なレベルの差は、タイヤが変形することによって、ゴムと路面が摩擦することによって生じた音によるものであると思われる。次に、ラジ

表 3 各タイヤの音圧レベル

タイヤ	40 km/h	60	80	100
PB	68.9 dB	74.1	77.8	80.7
PR	68.1	72.9	76.4	79.0
SR	68.9	74.5	78.5	81.6
CB	71.5	77.7	82.1	85.5
SP	73.5	78.3	81.6	84.2
NB	65.6	73.0	78.1	82.2
NR	65.5	72.2	76.9	80.5

表 4 パターンつきバイアスタイヤとの比較

タイヤ	40 km/h	60	80	100
PB				
PR	-0.8 dB	-1.2	-1.4	-1.7
SR	0.0	0.4	0.7	0.9
CB	2.6	3.6	4.3	4.8
SP	4.6	4.2	3.8	3.5
NB	-3.3	-1.1	0.3	1.5
NR	-3.4	-1.9	-0.9	-0.2

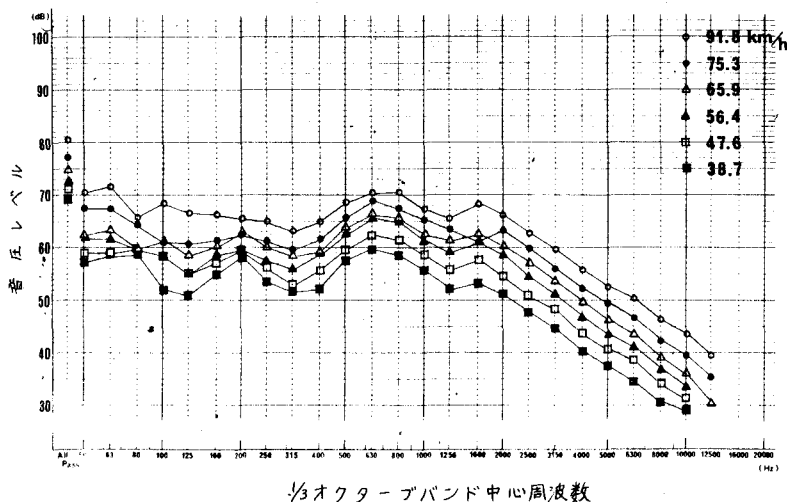


図 8 パターンつきバイアスタイヤの $\frac{1}{3}$ 周波数分析結果

アルタイヤについて、パターンつきタイヤとパターンなしタイヤを比較すると、パターンつきタイヤの方が、630 ~ 2.5 KHz の周波数帯成分で、大きなレベルとなっている。この傾向も、バイアスタイヤの場合と同様、タイヤが変形することに伴って、ゴムと路面が摩擦して生じた音によるものであると思われる。また、8 KHz 付近まで、パターンつきタイヤの方が、やや大きなレベルを示しているが、これは、図2に示すように、トレッドパターンが、リブラグパターンのため、ラグパターンの部分でゴムが路面をたたくことによって生じた音によるものであると思われる。

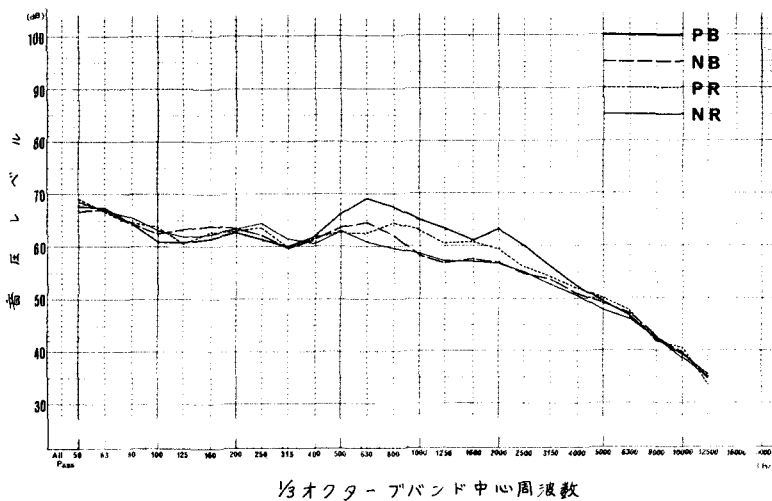


図9 パターンつきタイヤとパターンなしタイヤの $\frac{1}{3}$ 周波数分析結果

図10は、ストレートリブタイヤの $\frac{1}{3}$ 周波数分析結果を示したものである。この図より、パターンなしバイアスタイヤとストレートリブタイヤの周波数成分を比較してみる。500 ~ 630 Hzでは、パターンなしタイヤの周波数帯成分の方のレベルが大きく、800 ~ 3.15 KHzでは、ストレートリブタイヤの方の周波数帯成分の方のレベルが大きくなっている。これは、パターンなしタイヤは、ストレートリブタイヤに比べ、溝の分だけ接地

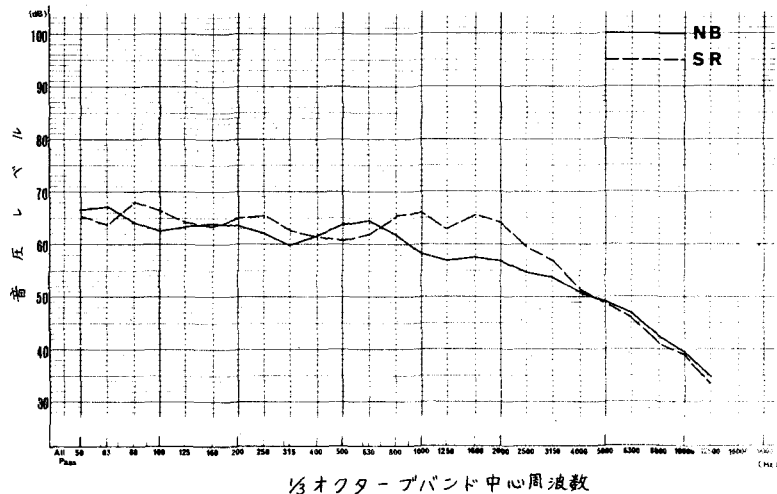


図10 ストレートリブタイヤの $\frac{1}{3}$ 周波数分析結果

面積が大きくなり、また、タイヤと路面の間の空気がトレッドパターンのすき間から逃げることができないため、この空気が圧縮され、破裂したときの音がストレートリブタイヤに比べて大きくなり、500 ~ 630 Hzの成分となってあらわれたものと思われる。一方、800 ~ 3.15 KHzでは、パターンつきタイヤの場合と同様、タイヤの変形に伴って、ゴムと路面が摩擦することによって生じた音の成分であると思われる。

図11は、クロスバータイヤの $\frac{1}{3}$ 周波数分析結果を示したものである。この図より、パターンなしバイアスタイヤとクロスバータイヤを比較してみると、800 ~ 2.5 KHzで、クロスバータイヤのレベルが大きく、また、3.15 KHz以上の成分でも大きなレベルとなっている。800 ~ 2.5 KHzの周波数帯成分は、タイヤの変形に伴うゴムと路面の摩擦音によるものと考えられ、3.15 KHz以上の成分は、ゴムが路面をたたくことによって生じる音によるものであると思われる。

図 12 は、スパイクタイヤの周波数分析結果を示したものである。この図より、スパイクタイヤと、パターンなしラジアルタイヤと比較してみると、400 ～ 25 KHz の周波数帯成分でスパイクタイヤのレベルがかなり大きく、63 ～ 10 KHz でもスパイクタイヤのレベルが大きくなっている。また、パターンつきラジアルタイヤとスパイクタイヤを比較してみても、ほぼ同じ傾向となっている。これは、スパイクタイヤは、スパイクが打ち込まれており、このため、タイヤが回転するとスパイクが路面をたたくことになる。これによって発生する音のレベルがかなり高く、さらに、溝が深く、かつトレッドパターンは、タイヤと路面間ではさまれた空気が逃げにくいパターンとなっている。溝が深いことによって、タイヤの変形にともなうゴムと路面の摩擦音は増大し、また、タイヤと路面間の空気が逃げにくいトレッドパターンのため、一度パターンの中に入った空気は圧縮され、破裂するとき音を出す。以上のような音が合成され、大きなレベルとなったものと思われる。

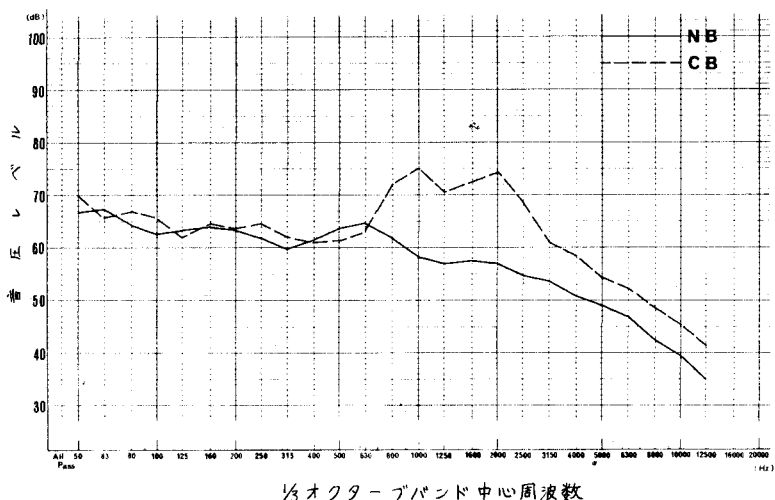


図 11 クロスバードタイヤの1/3周波数分析結果

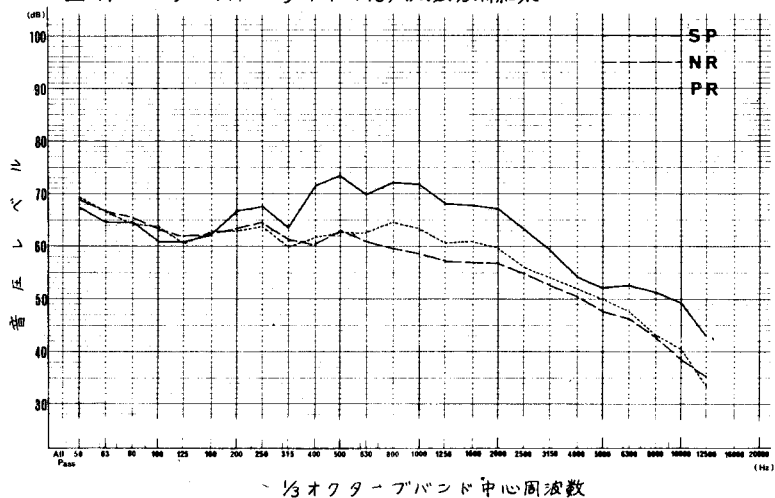


図 12 スパイクタイヤの1/3周波数分析結果

4. おわりに

小学校の教室では、騒音レベルが 50 dBA をこえると、教師のことは正確にうけると児童は、全員の 80 % 以下になってしまうといわれている。さらに、騒音レベルが 55 dBA 以上になると、仕事、勉強、休息、睡眠などの生活を妨害されるようになってしまう。

騒音対策を行なうにあたっては、音の発生源、伝播経路、受音点からの3種類の対策方法が考えられる。この対策の一つとして、発生源からのアプローチを試みるべく、タイヤ-路面間の相互作用によって発生する騒音について、実験結果より考察を加えてみた。そして、発生する騒音の、タイヤ別の特性を明らかにすることができた。しかしながら、タイヤ-路面間の相互作用によって発生する騒音には、さらに問題としなければならない要素が多く残されたままとなっている。今後、さらに多くの要素を考慮しながら、本研究を続けていく予定である。