

北海道開発局土木試験所 正会員 畠山惇史

正会員 ○阿部芳昭

赤代恵司

まえがき

北海道をはじめ積雪寒冷地域において冬期間も安全で快適な交通を確保するため、スパイクタイヤの普及は目覚しく、特に近年は大型車の多くも使用している現状である。¹⁾ このため冬期間における交通騒音は夏のノーマルタイヤ、ラジアルタイヤなどを装着している時に比べ高くなると言われている。また、冬期間の雪面は夏期の草地、裸地、舗装面などに比べ減衰効果が大きいと考えられる。

他方、交通騒音問題に関連し多くの調査研究が行われているが、スパイクタイヤから発生する音およびその雪面上での伝播についての調査研究の報告例は非常に少ない。このため当土木試験所では、ノーマルタイヤとスパイクタイヤの走行音の相違および走行音の雪面上での伝播について試験・調査を行って来た。

このうち雪面伝播について実験計画法を用い調査を行い減衰効果を明らかにしたのでこの結果を報告する。

1. 雪面上の距離減衰量実験

本実験では雪面上の距離減衰に関係する要因を明らかにするため、表-1に示す距離、音質、周波数、スピーカ高、雪密度を要因に用いた。受音点位置については、暗騒音の影響を少なくし、現実的防音対策等を考慮すべき距離と考えられる30mまでとした。

自動車から発生する騒音は幅広い周波数成分を含んでいるため、周波数分析によりすべての純音を見出すことは大変な労力と時間を必要とする。このため一般にはバンドパスフィルターを用いて分析することとなる。このバンドパスフィルターを用いることによりその範囲はホワイトノイズもしくはピンクノイズとなる。したがって音質には、純音、ホワイトノイズ、ピンクノイズの3種類を用いることとした。

本実験の音源にはスピーカを使用しているが、本スピーカの特性として3.75m地点で90dB(C)以上の音圧レベルを出力可能な範囲は80~3000Hz程度であり、タイヤから発生する周波数は100Hz~1000Hz程度と考えられる。したがって本実験では80Hz、315Hz、1250Hzの周波数帯域の音を用いた。

音源の地表面からの高さにより雪面上の音の伝播特性が変化することも考えられるため、スピーカ高を0.5m、1.2mの2種類とした。

雪の特性を表わす指標として、雪の密度、硬度、気温、雪温などがあるが、要因間に相関が見られるため密度を雪の特性の代表要因として測定した。²⁾

なお、各測定点の音圧レベルを1回1分間、3回ずつ聴感補正C特性で記録した。また音は風に強く影響されるため風向、風速も同時に観測し、風速が3m/s以下のデータのみを使用した。

以上の要因、水準を用い、直交配列表を利用し実験を行った。

2. 実験結果

得られた実験データを用い分散分析を行った結果を表-2に示す。この結果、減衰に関しては距離の影響が最も大きく、次いで周波数、音質の順となり、3因子の寄与率で95.8%となった。これら3要因の主効果をグラフにして図-1に示す。

これから雪面上の距離減衰についても距離の常用対数に比例しており、音質については純音の減衰量が最も大きく次いでホワイトノイズ、ピンクノイズの順となっている。また周波数については、315Hzの減衰

要 因	水準 1	水準 2	水準 3
距 離 (m) A	7.5	15.0	30.0
音 質 B	純 音	ホワイト ノイズ	ピンク ノイズ
周波数 (Hz) C	80	315	1250
スピーカ高 D (m)	0.5	1.2	0.5
密度 (g/cm) E	0.3 以下	0.3~0.4	0.4 以上

量が大きくなり、次の
で80Hz、1250Hzの
順となった。

3. 減衰量の予測モデルの構築

分散分析の結果、雪面上の距離減衰に対し、距離、音質、周波数の主効果が影響していることがわかったので、

これら3因子を含む予

測モデル式をダミー変数法を用いて求めた。

$$\begin{aligned} \Delta L = & 24.91 \log_{10} \ell + 45.70 \log_{10} F \\ & - 9.37 (\log F)^2 - 67.86 \lambda_1 \\ & - 68.42 \lambda_2 - 69.42 \lambda_3 \dots \dots \dots (1) \end{aligned}$$

ここで、

ΔL ; 雪面上の距離減衰 (dB(C))

ℓ ; 距離 (m)、 F ; 周波数 (Hz)、

$\lambda_1 \sim \lambda_3$; ダミー変数、(1 : 純音、2

: ホワイトノイズ、3 : ピンクノイズ)

上式は重相関係数 $r=0.977$ 、標準誤差

$Se=1.58 \text{ dB(C)}$ となり、適合性は良い。

(1)式のうち、距離と周波数の

項を図-2に示す。

4. 感度分析

得られた予測モデルを実証

するために、同条件下におい

て周波数範囲80Hz~1250Hz、

距離7.5m~30m、3音質を

用いて(1)式の適合性について

検討した。その結果、寄与率 図-2 予測モデル式内での距離および周波数と減衰量との関係

85.42%、標準誤差2.92dB(C)となり、この範囲においてはモデル式を用いて良いことがわかった。

あとがき

雪面上における音の距離減衰について実験・分析を行ったが、上式は周波数、距離および音質の3つの要因で90%以上の寄与率となり、雪質による影響は小さいという結果が得られた。本文で提起したモデル式は、周波数・距離を変数とした式であり、実際の道路交通騒音の予測式として用いるには、車両の周波数成分を知る必要がある。このためさらに一般交通騒音のデータを収集し、車両の周波数成分に合った雪面上の距離減衰について検討していく必要がある。

参考文献 1) 阿部幸康他、スパイクタイヤ装着状況の調査法および北海道における装着実態、第35回建設省技研； 2) 建設機械化協会編、新防雪工学ハンドブック； 3) 赤代恵司他、雪面上における騒音の距離減衰について、第25回北海道開発局技研； 4) 田口玄一著、第3版実験計画法(上・下)、丸善； 5) 河口至商著、数学ライブラリー32、森北出版

表-2 分散分析表

要因 記号	要因の説明	偏差平方和 S	自由度 ϕ	分散 V	F ₀	プーリング	F _{0'}	寄与率 %
A	距離	940.94	2	470.48	271.90★★		327.83★★	86.8
B	音質	19.86	2	9.93	5.74★		6.92★★	1.6
A B	AとBの交互作用	6.34	4	1.59	0.92		—	
C	周波数	82.38	2	41.19	23.80★★		28.70★★	7.4
A C	AとCの交互作用	13.46	4	3.37	1.95	Se'=21.53	2.35	0.7
D	音源高	2.41	1	2.41	1.39	$\phi e'=15$	1.68	0.1
A D	AとDの交互作用	1.22	2	0.61	0.35	Ve'=1.44	—	
E	雪密度	1.85	2	0.92	0.53		—	
e	誤差項	12.11	7	1.73	—		—	3.4
計		1080.57	26					100.0

★★ : 1%有意

★ : 5%有意

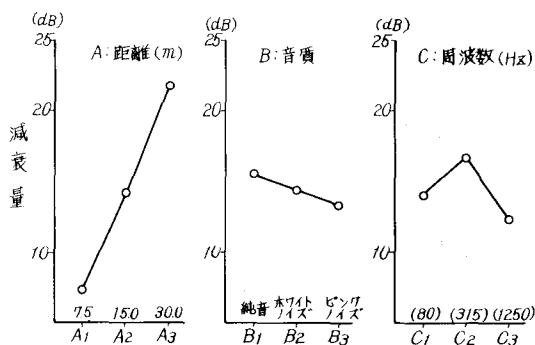


図-1 各因子の主効果

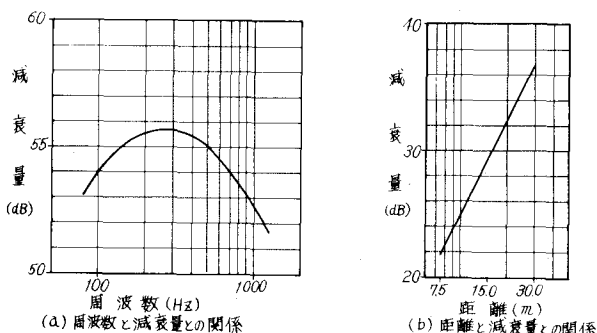


図-2 予測モデル式内での距離および周波数と減衰量との関係