

V-3

タイヤ/路面騒音の特性に関する基礎的研究

室蘭工大 正員 新田 登  
 室蘭工大 学生員 伊藤 信之  
 ニチレキ(株) 正員 秋本 隆

1、はじめに

自動車走行時に発生する騒音は、主にエンジン騒音、排気騒音、タイヤ/路面騒音などからなっているが、乗用車の走行が主の道路では、タイヤ/路面騒音の自動車走行時騒音に占める割合は非常に大きいといわれている。特に、従来の舗装とは異なった、いわゆる高機能舗装が施工されている現在、その発生するタイヤ/路面騒音にも大きな違いがでてきている。しかし、それらのタイヤ/路面騒音の車内と車外における音響特性に関してはまだ発生メカニズムが複雑であり不明確なことが多い。

そこで本研究では、現在供用中の一般・高速道路上において、路面タイプの異なる舗装区間で自動車走行時の騒音を測定して、走行時騒音の音響特性について検討した結果について述べている。

2、舗装のタイプと測定地点

今回測定を行った舗装のタイプは、表-1に示す6種類であるが、舗装の供用年数、使用されている最大粒径等を考慮して室蘭市近郊の国道、道道など総計26地点で現場測定を行った。この中には、車道のインターロッキングブロック舗装として室蘭工業大学のキャンパス内の道路での測定も含まれている。また、高速走行時の車内騒音を評価するために高速道路上で測定したものもある。表にある測定地点の添字nは国道、dは道道・その他、hは高速道路で測定した地点を示している。なお、高速走行時の測定の安全を考慮してすべての地点で、見通しの良好な地点を選定し、測定を行った。

表-1 舗装のタイプと測定地点

測定地点	舗装タイプ	供用年数	最大粒径	備考 初期空隙率	測定地点	舗装タイプ	供用年数	最大粒径	備考 溝間隔	
COd1	コンクリート舗装	12年	---		FGd1	細粒度ギャップ アスコン舗装	4年	13mm		
DOd1	排水性舗装	4年	20mm	20%	FGd2		1年	13mm		
DOd2		新設	20mm	20%	FGd3		7ヶ月	13mm		
DOh1		1年 7ヶ月	13mm	17%	FGd4		新設	13mm		
DOn1		1年 11ヶ月	20mm	17%	FGd5		4カ月	13mm		
DOn2		新設	13mm	20%	FGh1		1年 7ヶ月	13mm		
DOn3		2年 1ヶ月	13mm	20%	FGn1		11ヶ月	13mm		
DOn4		1年 4ヶ月	13mm	20%	FGn2		新設	13mm		
DOn5		3年	13mm	15%	GRd1		2年	13mm		50mm
DOn6		2年 1カ月	13mm	20%	GRd2		ブルーピング処理	2年		13mm
ILBd1		インターロッキン	7年	長方形		GRd3	密粒度ギャップ	2年	13mm	50mm
ILBd2	グブロック舗装	2年 1ヶ月	ブロック		GRd4	アスコン舗装	新設	13mm	50mm	
SRni	半剛性舗装	1年 11ヶ月	20mm		GRd5		新設	13mm	50mm	

3、測定条件

3-1 試験車両と路面状態

本研究では、タイヤと路面間に発生する騒音を主たる対象とすることから、他車の走行による影響等を小さくするために他の交通が途だえる早朝に表-2に示す試験車両1台を走行させ、エンジン騒音の影響が小

A Study for Characteristic of Tyre/Road Noise

by Noboru NITTA, Nobuyuki ITO, Takashi AKIMOTO

さく、タイヤ/路面騒音が主になるとと思われるアクセルをOFFにした状態（以下、惰性走行と記す）で、測定を行った。なお、タイヤ/路面騒音に影響する因子としては、タイヤサイズ、トレッドパターン、車両重量、タイヤ取り付け角度、空気圧、温度等が考えられるが<sup>2)</sup>、これらの因子のうち表-3に示した因子について検討し、それ以外の因子については今回、系統的な整理を行っていない。

### 3-2 測定位置および解析方法

車外騒音測定は、道路端、走行路面から高さ1.2mに設置した普通騒音計<sup>3)</sup>によって行い、試験車両の中心と騒音計の距離は7.5mとした。試験車両を各条件で8回ずつ走行させ、普通騒音計からデータレコーダに記録した。車内騒音の測定は、車内中央の運転者の耳の高さに普通騒音計を設置し、車外騒音と同様に測定を行った。

測定したデータは、1/3オクターブバンド実時間分析器<sup>4)</sup>で解析を行っている。車外騒音はマイクを通過する時点のオールパス（周波数補正後の各バンドの騒音レベルをパワー合計したレベル）が最大になるところで周波数解析を行い、8回ずつ走行した結果を算術平均して求めている。車内騒音については、記録したデータを10msごとにサンプリングしパワー平均している。なお、測定及び解析には、表-4に示す周波数特性時定数を用いて行った。

### 4、乾燥路面における車外騒音レベル

図-1は、一般道路上における24地点の車外騒音レベルの測定結果を示している。排水性舗装とグルーピング処理舗装では、供用年数の経過により新設舗装と比較して、騒音レベルの増加している割合が大きく、走行速度80km/hで最大10dB(A)ほど騒音レベルが増加している。他の4種の舗装では供用年数の経過による騒音レベルの増加は最大3dB(A)程度である。排水性舗装のDOn2~DOn6地点は、同一路線の舗装区間であり経年的変化としてみると、供用年数が1、2年経過すると各速度で3~5dB(A)ほど騒音レベルが増加し、その増加する割合は速度が高くなるにつれて顕著にみられる。また、排水性舗装で使用されている骨材の最大粒径が違う13mmと20mmの新設時の舗装では騒音レベルに違いはほとんど無いが、供用年数が経過した舗装では、走行速度が高くなるにつれて騒音レベルの増加する割合は最大粒径が20mmで施工された方が大きくなっている。これは、供用年数が経つにつれて目詰まり等により吸音効果の低下やタイヤによる摩擦等により表面が荒くなり骨材が露出してくるため、大きい骨材を含む舗装の方が表面の凹凸形状が大きくなり、このことによるタイヤ、車両の振動が大きくなること、発生音に影響を与えているものと思われる。

グルーピング処理をされた舗装においては、同一の溝間隔で施工された舗装で新設時と比較して供用年数が経過したものは、各走行速度において平均8dB(A)程度の騒音レベルの増加がみられる。グルーピング処理舗装の場合、年数が経つにつれエッジ部が摩耗し、溝の幅が広がり表面の凹凸形状が大きくなることによる影響が原因として考えられる。しかし、一般にこの舗装が施工されている地点は山間部のカーブなどの運転者が注意を必要とする地点に施工されている場合が多く、逆に運転者に注意を喚起する情報化舗装として利用する方法も考えられる。

アスファルト舗装のようなたわみ性舗装と比較して剛性が高いコンクリート、ILB、半剛性舗装では、騒音レベルが高くなる結果を示しているが、これは舗装の剛性が高いため、タイヤに与える振動も大きくなると考えられ、その結果、発生音が大きくなるものであると思われる。

このように舗装の表面性状が発生音にあたる影響は非常に大きく表面性状との関係も検討していく必要

表-2

車種	乗用車
排気量	1600cc
駆動型式	4WD
変速機	4速AT
タイヤ	ラジアル 165SR13

表-3

路面状態	乾燥路面 湿潤路面
走行状態	惰性走行
走行速度 (km/h)	40, 60, 80 一部(70, 100)
騒音計位置	車外, 車内

表-4

	普通騒音計	1/3オクターブバンド 実時間分析器
周波数特性	F	A, F
時定数	F A S T	F A S T 相当

があると思われる。

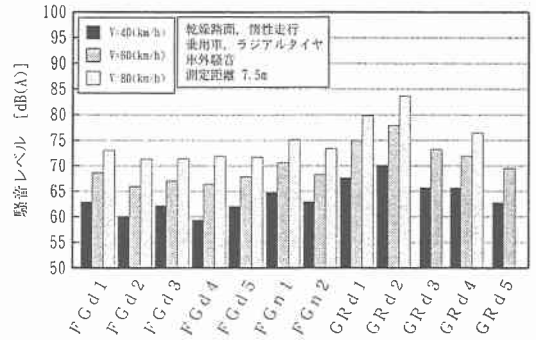
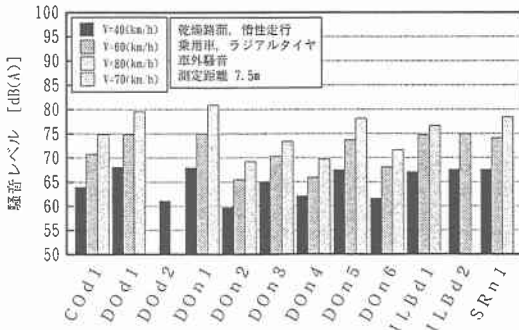


図-1 乾燥路面における騒音レベル測定結果

## 5、乾燥路面における周波数特性

### 5-1 供用年数の違いによる発生音の周波数特性の相違

図-2は、3種類の舗装において走行速度60km/hにおける、それぞれの新設舗装と比較して供用年数の違いによる各周波数の騒音レベルの増減を表している。(a)図の、細粒度ギャップアスコン舗装は、排水性舗装やグルーピング処理舗装と違って、供用年数に関わらず、各周波数ごとの騒音レベルの変化は、FGn1地点を除くと最大5dB(A)程度と少ない。また、周波数の形状もほとんど変化無く、全周波数領域でほぼ同じレベルずつ騒音レベルが高くなっており、その結果、オールパスの騒音レベルが高くなるものと思われる。これはストレートアスファルトやフィラー等の細粒分が多いため表面が摩耗してもそれほど凹凸が大きくな

らず表面性状の変化が少ないため、騒音レベルが増加する割合が低いと思われる。FGn1地点の舗装については大型車の交通量が非常に多く、他の細粒度ギャップアスコン舗装より、表面が粗くなっており、骨材がかなり多く露出し凹凸の深さも他の舗装よりも深いため、タイヤの振動等により、中周波数領域が最大10dB(A)と著しく増加している。(b)図の、排水性舗装では、施工後1、2年を経過しているものは、低中周波数領域においてはほとんど騒音レベルの増加はないが、3年を経過したものは、125~1000Hzの周波数領域において新設時に比べ騒音レベルが著しく増加している。表面が摩耗し、荒くなったためにタイヤとの接触形状が変化し、タイヤの振動等により増加したと思われる他の舗装と比較して各周波数において騒音レベルが増加する割合が高くなる傾向がある。一般に吸音効果があるとされている1000Hz以上の周波数領域においては経過年数が経つにつれ3~5dB(A)増加しており、空隙による吸音効果というものは早い時期に減少し、施工後3年程度でほとんど無いものと思われる。(c)図は、グルーピング処理舗装の比較であるが、溝のエッジ部が摩耗し、間隔が広がるにつれて250Hz付近の騒音レベルの増加が著しい。この結果、この舗装特有

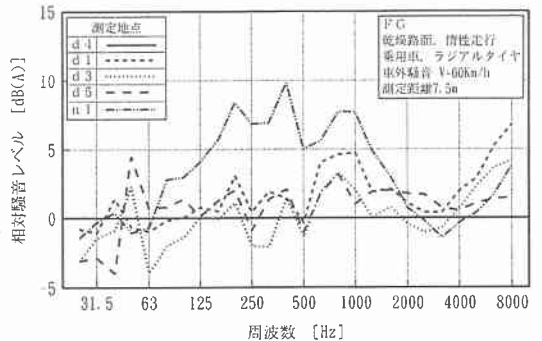


図-2(a) 細粒度ギャップアスコン舗装周波数特性

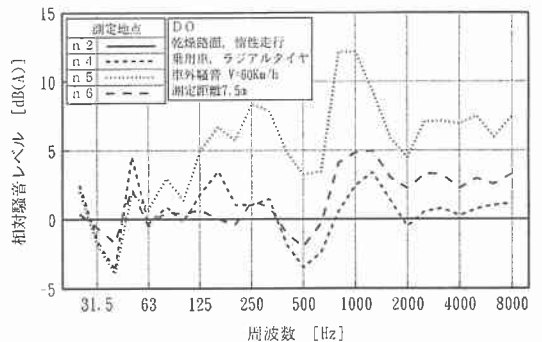


図-2(b) 排水性舗装周波数特性

のうなるような音の発生が大きくなるものと思われる。各舗装において、騒音レベルの増加する周波数領域に違いがみられることから騒音レベルの測定結果でも述べているように、表面性状の違いが各周波数の騒音レベル増加に、大きく寄与しているものと思われる。

### 5-2 グルーピング処理舗装の溝間隔の違い及び速度の増加に伴う発生騒音の相違

図-3は、走行速度80km/h時の同様な経過年数を経過した溝間隔の違う50mmと30mmのGRd1, d2地点の周波数解析結果を示している。この図より、500~2000Hzの発生音は、溝間隔が狭いGRd2地点の舗装の方が騒音レベルが大きくなっており、他の周波数領域ではほとんど差はみられない。溝間隔が狭くなるにつれて、1000Hz付近の発生音が大きくなるものと考えられる。溝間隔が狭いことによる同一距離を走行するのにタイヤがエッジ部に接触する頻度が高くなることによって増加するものと考えられる。また、図-4は、溝間隔30mmの舗装における走行速度40, 60, 80km/hの周波数解析結果を示している。走行速度が20km/hずつ高くなるにつれて、発生する周波数の形状は、1/3オクターブバンドずつ位相が高周波数側に移行しており、このようなことは他の舗装には明確にみられず、このグルーピング処理舗装に特徴的なことであるように思われ、溝間隔が狭い30mmの舗装の方がより顕著にみられる。

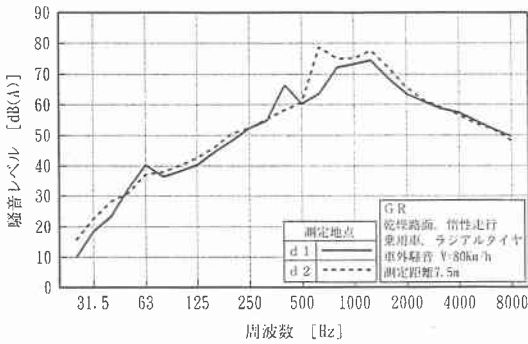


図-3 溝間隔の違いによる周波数の相違

### 5-3 排水性舗装における最大粒径の発生音への影響

最大粒径の違いが発生音に及ぼす影響を検討するため、と新設の細粒度ギャップアスコン舗装を比較し、各周波数で細粒度ギャップアスコン舗装との差をとったものである。この図より、1000Hzを超える周波数領域においては2種の舗装にほとんど違いが無く、細粒度ギャップアスコン舗装と比較して各周波数で3~8dB(A)程度発生音が低くなっている、1000Hz以下の周波数領域においては、各周波数で最大粒径が20mmの舗装の方が発生音が2~5dB(A)ほど高くなっており、表面に大きな骨材が露出しているほど、タイヤや車体の振動等により、大きくなるものであると考えられる。

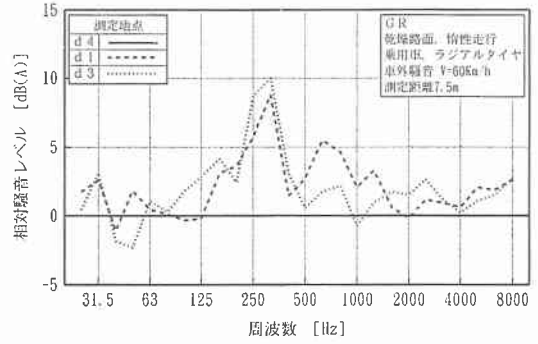


図-2(c) グルーピング処理舗装周波数特性

図-2(c) グルーピング処理舗装周波数特性

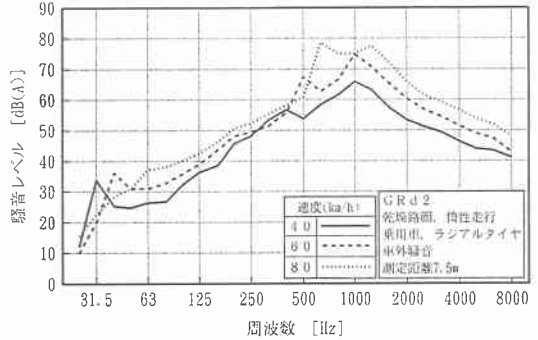


図-4 速度の違いによる発生音の位相のずれ

図-5は、最大粒径の異なる、新設の排水性舗装

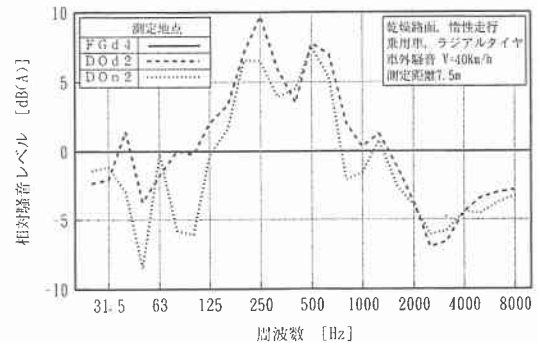


図-5 最大粒径の違いによる発生音の相違

#### 5-4 舗装材料の違いによる発生音への影響

図-6は、舗装材料の違いによる、発生騒音への影響を調べるため、4種の舗装において走行速度60km/hで走行したときの周波数解析結果を細粒度ギャップアスコン舗装と差をとったものである。舗装剛性が高くなるにつれて、2000Hzを境に、2000Hz以上では発生音が低くなり、2000Hz以下の周波数では、250Hzにピークがあり高くなっている。特に半剛性舗装とコンクリート舗装での騒音レベルの増加が顕著にみられる。半剛性は表面が摩耗し粒径20mmの骨材が露出していること、コンクリート舗装では、目地等の大きな段差がありこれらのことにより、増加していると思われる。

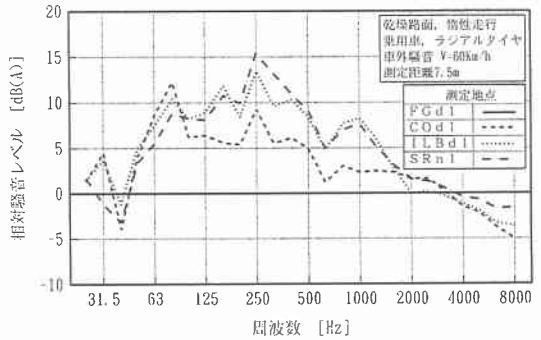


図-6 舗装剛性の違いによる発生音の相違

#### 6、湿潤路面の騒音レベル及び周波数特性

図-7は、湿潤路面での周波数解析と、オールパスの騒音レベルの測定結果を示している。排水性舗装は、乾燥路面の結果と比較して発生している周波数にほとんど違いが無く、1000Hz以上の周波数で各周波数で2~3dB(A)程度増加している、オールパスの騒音レベルの違いは1dB(A)程度である。この地点の排水性舗装は、目詰まりがかなり進行しており、排水機能は、ほとんど無くなっているが表面が粗く凹凸の間隙から水が排水し、表面に滞水が無く、水切り音はほとんど発生していない。湿潤路面では、乾燥路面で細粒度ギャップアスコン舗装より各速度で平均8dB(A)騒音レベルが高かった排水性舗装でも湿潤路面の細粒度ギャップアスコン舗装との差は1dB(A)程度と差は少ない。細粒度ギャップアスコン舗装は、水切り音の発生により、乾燥路面と湿潤路面では発生音の周波数特性が異なり、乾燥路面では1000Hzにピークをもつ山形な波形であるが湿潤路面では右上がりの波形となり、1000Hz以上の周波数領域で、差が大きくなり8000Hzで12dB(A)ほど違いがみられる。この結果、湿潤路面は乾燥路面より、高周波数成分がかなり強調されていることが分かる。グレーピング処理舗装は、排水性と同様に表面に滞水がないため水切り音の発生がほとんどないために周波数の波形は乾燥路面と同様な波形をしている。

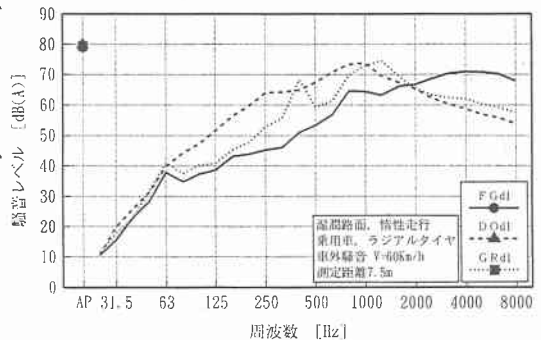


図-7 湿潤路面、車外騒音周波数解析結果

#### 7、高速(100km/h)で走行時のタイヤ/路面騒音の車内音への影響

図-8は高速道路上における走行速度100km/hで走行したときの細粒度ギャップアスコン舗装と排水性舗装の周波数解析とオールパスの騒音レベルの測定結果を示している。車両が高速で走行しているため、風切り音や車内に透過するエンジン音の影響が大きく、車内の内装材による遮音の効果もあり、タイヤ/路面音の影響は車外での測定結果と比較して小さくなっている。各周波数では、1000Hz以下の周波数では排水性の方が高く、1000Hz以上の周波数では排水性の吸音効果により細粒度ギャップアスコン舗装の方が大きくなる車外と同様な傾向を示している、しかし、その差は小

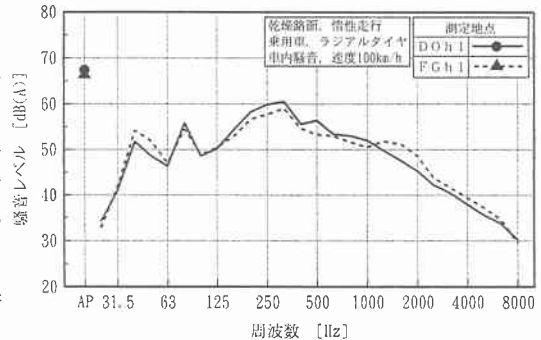


図-8 高速走行時の車内騒音周波数解析結果

さく各周波数で1～2dB(A)程度である。

## 8、まとめ

一般・高速道路上において試験車1台の騒音レベルを測定し、1/3オクターブバンド分析器で周波数解析を行った結果、タイヤ/路面騒音の音響特性として以下の様なことがわかった。

- (1) 舗装の表面性状の変化による騒音レベルの増加は、細粒度ギャップアスコン舗装に比べ他の舗装の方が増加する割合が高くなる。これは表面がタイヤとの摩耗等により、凹凸が大きくなり表面性状の変化が細粒度ギャップアスコン舗装より大きいためであると考えられる。
- (2) 排水性舗装の新設時においては最大粒径の違いによる騒音レベル、周波数特性の違いはほとんどない。供用年数を経過したものは、最大粒径が大きい20mmの排水性舗装の方が表面に大きな骨材が露出し、粗くなってしまうため、騒音レベルが高くなり、低周波数側が強調され音質が低音側に移行している。
- (3) グルーピング処理舗装においては、溝間隔が狭い30mmの方がより中周波数領域が強調される。供用年数が2年を経過したものは、新設と比較すると8dB(A)ほど騒音レベルが増加している。また、走行速度が20km/h高くなると周波数が1/3オクターブバンドずつ高周波数側に位相がずれ、発生音がより高音側になる。
- (4) 湿潤路面における騒音レベルは、細粒度ギャップアスコン舗装においては水切り音の発生により高周波数の音が卓越して発生し、排水性舗装や、グルーピング処理舗装においては水切り音の発生がないため乾燥路面と周波数特性は同じであり、1000Hzにピークがある形状となる。
- (5) 剛性の高い舗装や、表面の凹凸が大きい舗装では、タイヤや車体の振動が発生音に影響していると思われ、評価には振動を考慮すべきである。
- (6) タイヤ/路面騒音には表面の性状、骨材等の露出、空隙などが深く関わっており、今後、車体の振動に関係する表面の凹凸の他に、タイヤ/路面騒音に関係するであろうマイクロテクスチャーとの評価について検討する必要があると考えられる。
- (7) 高速走行時における車内騒音は車体の風切り音、エンジン音等の影響が大きく、車外騒音レベルほど路面の影響は少ない。細粒度ギャップアスコン舗装と排水性舗装とでは、各周波数で1～2dB(A)程度の違いであり、オールパスの騒音レベルにおいても1dB(A)程度の違いである。

最後に、本報告の整理にあたり、測定及びデータの整理にあたってくれた本学4年の森下 剛志・福岡 徹君、国道の舗装に関する資料を室蘭開発建設部課長 水島 達朗氏に、道道の舗装に関する資料を室蘭土木現業所係長 山田 芳弘氏に頂いた。記して深甚なる感謝を申し上げます。

## 参考文献

- 1) JIS Z 8731 騒音レベル測定方法 2) 押野 康夫(1993):タイヤ/路面騒音とその測定法に関する国際動向、日本音響学会誌49巻4号PP. 293～299 3) JIS C 1502 普通騒音計 4) JIS C 1513 オクターブおよび1/3オクターブバンド分析器 5) 新田 登 他(1995):供用中の道路における騒音測定例、土木学会北海道支部第51号PP. 342～345