

土 木 研 究 所 資 料

デュアルモード・トラックの騒音測定

昭和57年 3 月

建 設 省 土 木 研 究 所
道 路 部 新 交 通 研 究 室

Copyright © 56年度 by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複写は土木研究所長の承認を得ずしてこれを行ってはならない。

目 次

1. ま え が き	1
2. 測 定 方 法	2
2-1 測 定 場 所	2
2-2 測定対象車	2
2-3 測 定 方 法	2
3. 測 定 結 果	8
3-1 デュアルモード・トラックのパワーレベル	8
3-2 デュアルモード・トラックの騒音放射指向特性	10
3-3 デュアルモード・トラックの周波数特性	10
3-4 車両の保安基準による検討	25
4. ま と め	26
謝 辞	26
参 考 文 献	27

1. ま え が き

物資輸送に係わる諸問題を解決するための一方策として、建設省、(財)国土開発技術研究センターおよび民間企業からなるデュアルモード・システム研究会とが共同で、デュアルモード・トラック・システムの研究開発を行った。本システムの特徴は、一般道路上は通常のトラックとして走行し、専用ガイドウェイに入ると完全自動で運転されるというふたつの運行モードを有するデュアルモード・トラックを使ったシステムという点にあり、フレキシブルな運行、高度なサービス、省力化等が図られており、これまでの交通システムと比較して多くの面で新しい特徴を有するシステムである。なかでも近年の大きな社会問題である大気汚染や騒音等の交通公害に対する改善が図られており、この意味からも開発意義のあるシステムと言えよう。

デュアルモード・トラックは一般道路上ではディーゼル・エンジンを動力として走行するため通常のトラックと差異はないが、ガイドウェイ上では、給電線より受電しモータの駆動力で走行するため排気ガスを生ずることなく、騒音についても内燃機関のエンジン音や排気音等に比べて音が小さいため、全体的にみても交通公害の低減効果が期待できる。ここでは、デュアルモード・トラック・システムの騒音特性を把握する目的で行った騒音実測結果について報告する。

建設省土木研究所

道路部 新交通研究室

室 長 神 崎 紘 郎

川 名 万寿雄

2. 測定方法

2-1 測定場所

騒音測定を実施した実験用ガイドウェイは、土木研究所構内にあり、既にデュアルモード・バス・システム以来走行実験に供されているものである。基本的な測定位置は、ガイドウェイの50m直線区間の中間点で、図-2.1に示す位置である。縦断線形は測定位置を頂点（高さ5mの盛土）とした上り下りの連続勾配となっており、測定区間およびその前後の走行路面は、平坦性のあまり良くない密粒式アスファルト試験舗装区間である。その他、比較的走行路面の平坦性の良い地点に単測定点を設けて、平坦性の違いによる比較を行った。

一般道路上での騒音測定としては、同構内にある試験走路の連続鉄筋コンクリート舗装区間（直線2.2Km）を使用した。同地区は暗騒音の比較的小さな場所である。

2-2 測定対象車

騒音測定に使用したデュアルモード・トラックは、昭和54年度来性能実験に供されているフルトラクタトラック（写真-1）で、その動力方式は、エンジン・モータ切替方式の直列型であり、一般道路走行時はディーゼル・エンジン駆動、ガイドウェイ走行時は電動モータ駆動である。

また、デュアルモード・トラックのガイドウェイにおける誘導分岐装置（写真-2）は、片側押付・側壁誘導方式といい、車両側でその左右いずれか一方だけを側壁に押しつけて、その押付力が一定範囲内に入るように制御し、操舵を行うものである。

すなわち、一般道路走行時には、通常的大型車と全く同様であり、ガイドウェイ上の測定対象区間においては、右側給電（写真-3）、右側押しつけによる自動操舵走行となっている。表-1に実験車の主要諸元 図-2.2に車両型式図を示す。

2-3 測定方法

騒音測定は、図-2.3に示すように、車両中心から5mおよび10mの半径の半円状ポールを使用し、これにマイクロホンを取付けて、22点の同時録音を行った。測定系統を図-2.4に示す。走行騒音は騒音計のC特性にて録音したものを、室内で $\frac{1}{4}$ オクターブバンドリアルタイムアナライザーにより周波数分析を行い、A特性の読取点で各バンドの音圧レベルを読取るものとした。図-2.5にガイドウェイ走行時の騒音レベルパターンの1例を示す。測定は、表-2に示す走行条件に従い各速度とも満載荷重の状態で行った。測定状況を写真-4および写真-5に示す。各項目とも、同一条件で3回測定し、その平均値を求めて以下の検討を行った。

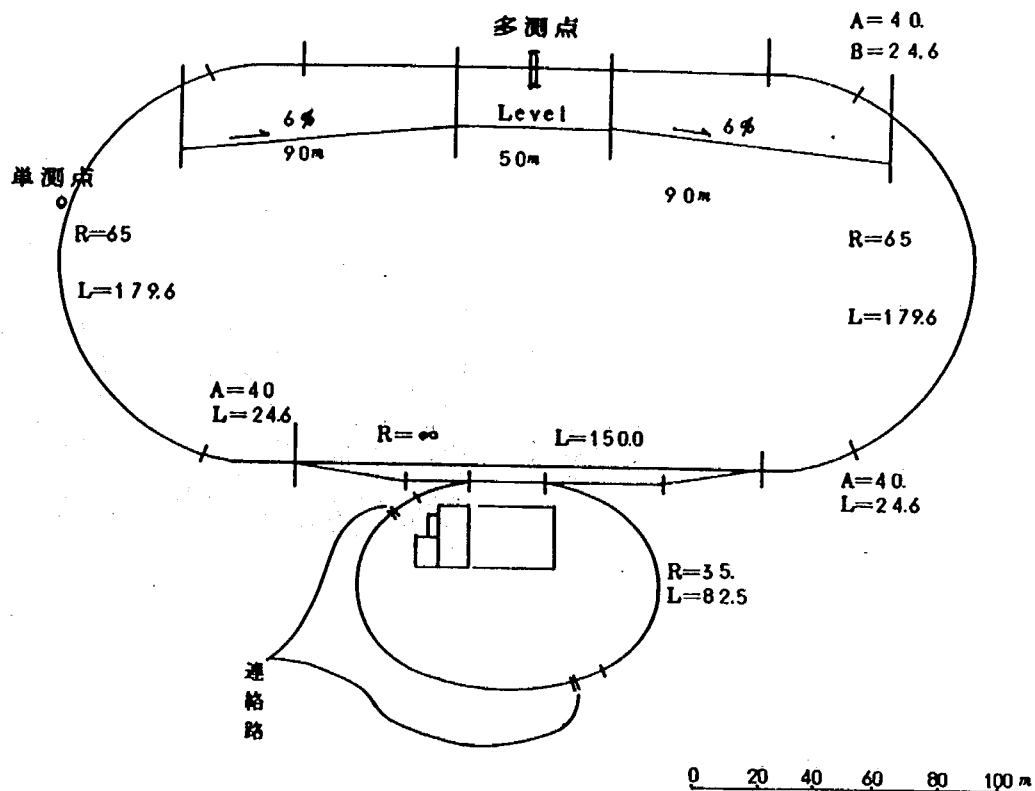


図-2.1 ガイドウェイ概略線形および測定点位置図

表-1 デュアルモード・トラック主要諸元表

項 目		単位	諸 元 等			項 目		単位	諸 元 等			
			トラクタ	トレーラ	連結状態				トラクタ	トレーラ	連結状態	
形 状		—	フルトレーラ			タイヤ	形 式	—	クレーン 充満	クレーン 充満	—	
車体の形状		—	キャブ オーバ	—	—		サ イ ズ	前 軸	—	11.1R20 -16PR	11.1R20 -16PR	—
全 長		m	7.038	6.401	13.345			後 軸	—	11.1R20 -16PR	11.1R20 -16PR	—
全 幅		m	2.475	2.480	2.480	エンジン	最 高 出 力	PS/rpm	215/2200	—	—	
全 高		m	2.840	1.460	2.840		最 大 ト ル ク	kg-m/rpm	74.0/1400	—	—	
軸 距		m	3.700	2.800	—	エンジン用燃料の種類		—	軽 油	—	—	
軸 距	前軸	m	2.000	2.000	—	モータ	一 時 間 定 格	出 力	kw	110	—	—
	後軸	m	1.825	2.000	—			ト ル ク	kg-m	47.1	—	—
最低地上高		m	0.150	0.150	0.150			回 転 数	rpm	2270	—	—
車両重量	前軸	kg	(453%) 4,095	(564%) 1,956	—	一 般 運 送 上 座	定 格 電 圧	V	DC400	—	—	
	後軸	kg	(547%) 4,950	(436%) 1,514	—		定 格 電 流	A	315	—	—	
	計	kg	9,045	3,470	12,515		最 高 使 用 回 転 数	rpm	3,200	—	—	
最大積載量		kg	6,400	6,400	12,800		最 大 ト ル ク	kg-m	117	—	—	
車両総重量	前軸	kg	(355%) 5,503	(444%) 4,378	—	ガイ ド 上 モ ー タ の ク レ ン ユ ニ ツ ト	平担部での 最高速度	km/h	—	—	60	
	後軸	kg	(645%) 9,997	(556%) 5,492	—		最大量性能 (最大積載時)	kg/h	—	—	18/9	
	計	kg	15,500	9,870	25,370		平担部での 最高速度	km/h	—	—	40	
車 軸 配 列		—	前2・後2	前2・後2	—	最大量性能 (最大積載時)	kg/h	—	—	0.5/29		
駆 動 方 式		—	後軸駆動	—	—	平担部での最大 積載量 (最大 積載時)	kg/h	—	—	0.08/25		



写真-1 デュアルモード トラック

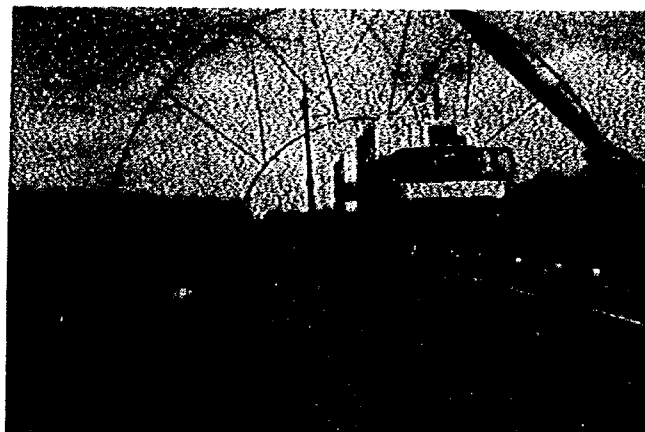


写真-4 ガイドウェイ走行時

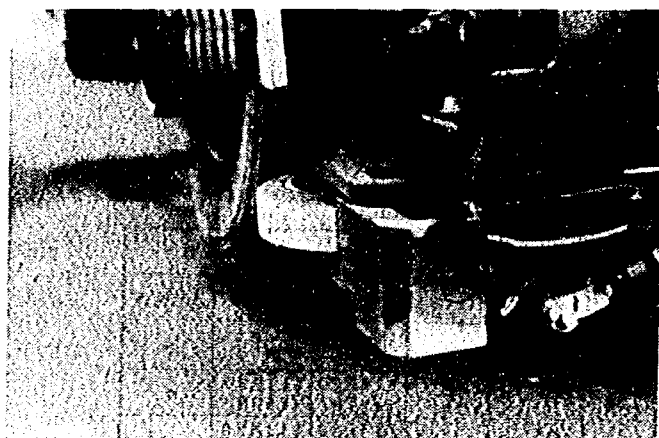


写真-2 デュアルモード トラックの
誘導分岐装置



写真-5 一般道路走行時

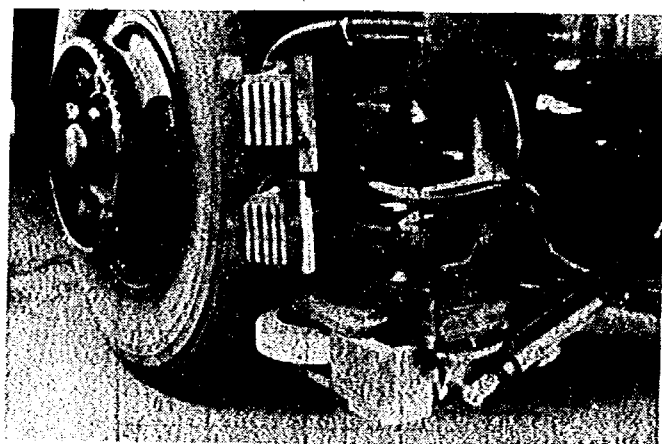


写真-3 デュアルモード トラックの
収電装置

表-2 車両の走行条件

km/h		一般道路 (ディーゼル)	ガイドウェイ	
			(ディーゼル)	(モータ)
定常走行	20	○ 3速	○ 3速	○
	30	○ 4速	○ 3速	○
	40	○ 4速		
	50	○ 4速		
	60	○ 4速		
加速走行	50	○ 4速		

ただし、1) ディゼルエンジン走行時の変速段位を示す

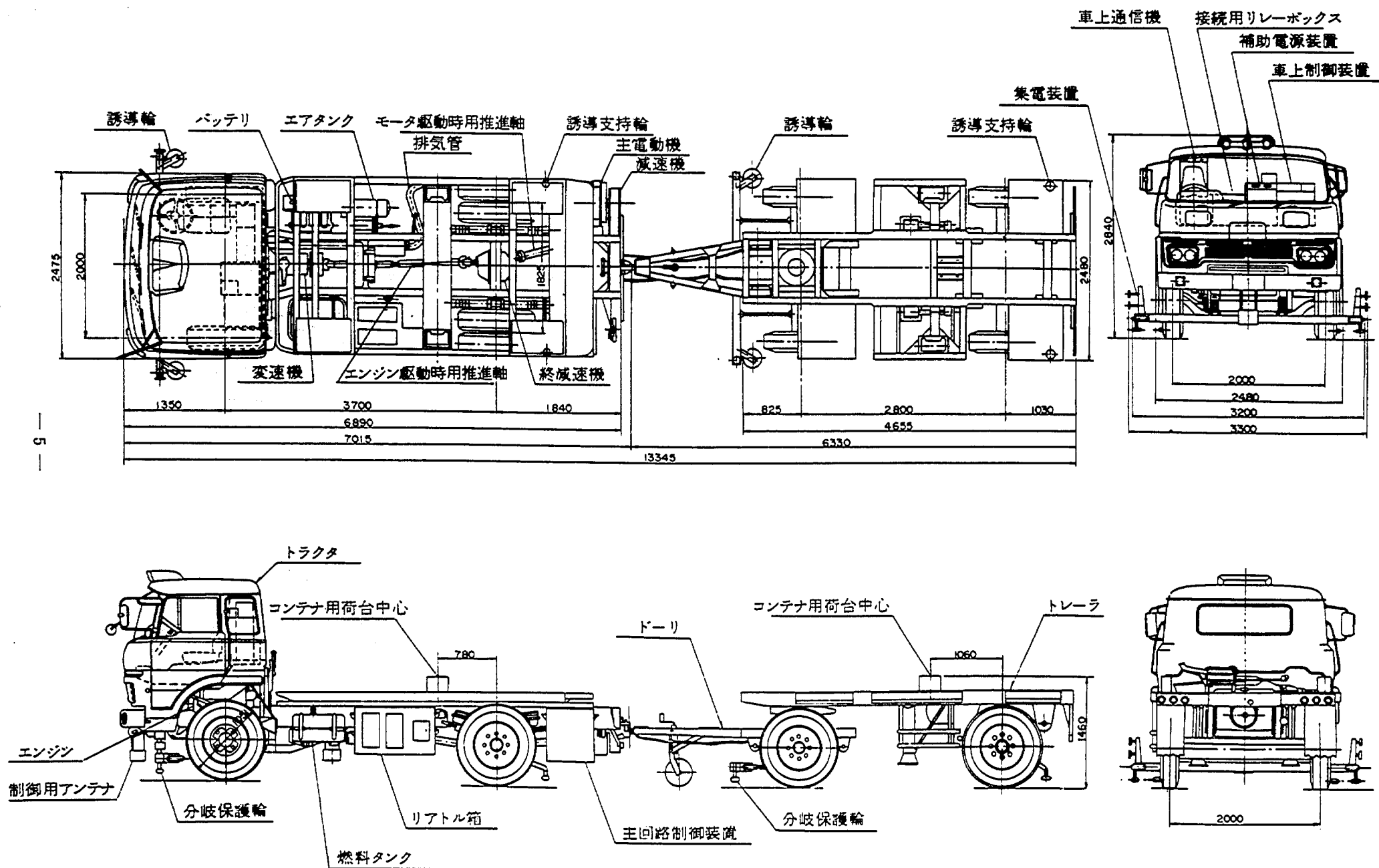
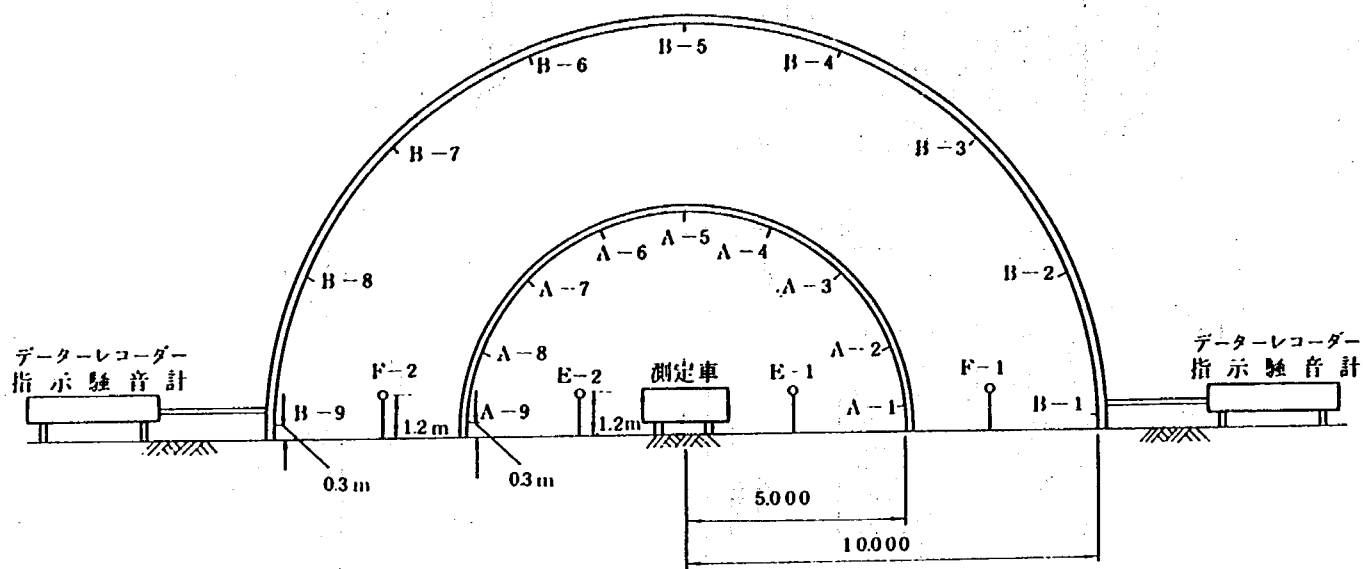
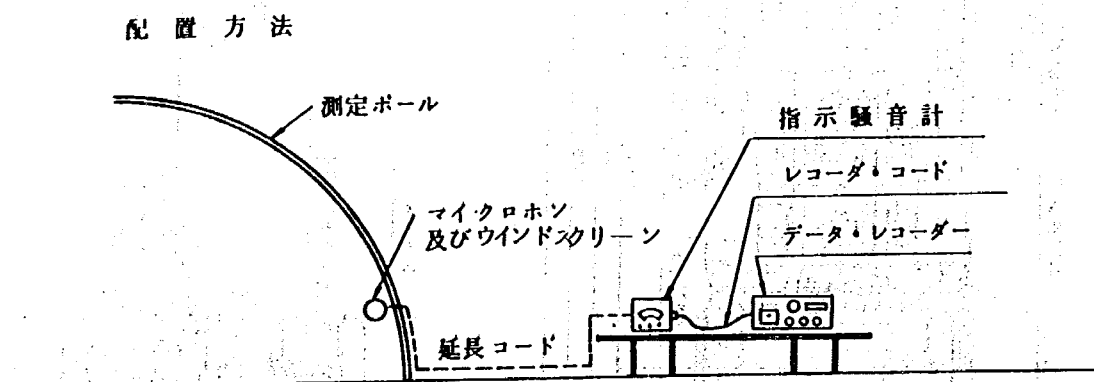


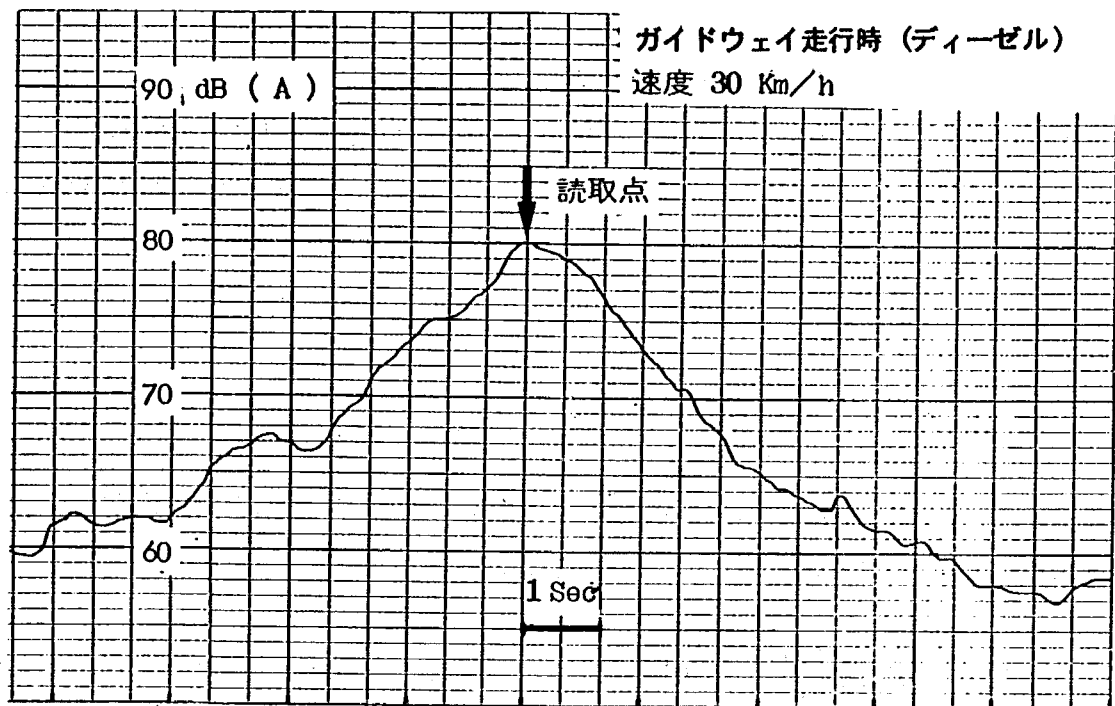
図 - 2.2 デュアルモードトラック車両型式図



図一 2・3 マイクロホン配置図



図一 2・4 測定ブロック図



図一 2 ・ 5 デュアルモード・トラックのガイドウェイ走行時
における騒音レベルパターン例

3. 測定結果

3-1 デュアルモード・トラックのパワーレベル

音源よりある方向 (θ, φ 方向) の音の強さ $J(\theta, \varphi)$ (Watt/m^2) とすると、半球面上の微小面積 ds を通る音のエネルギーが $J(\theta, \varphi) ds$ であるから、騒音源のパワーレベル (PWL) は次式で表わされる。

$$\text{PWL} = 10 \log_{10} \frac{W}{W_0} = 10 \log_{10} \frac{\int_s J(\theta, \varphi) ds}{W_0} \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 W : 騒音源の音響出力 (Watt)
 W_0 : 音響出力の基準値 ($=10^{-12}$ Watt)

すなわち、半径 r の半球面を面積の等しい多数の面 (n 個) に分けて、それぞれに分けて、それぞれの音圧を求めた場合のパワーレベルは次式で得られることになる。

$$\text{PWL} = 10 \log_{10} \frac{\sum_{i=1}^n J_i / n}{W_0} + 10 \log_{10} 2 \pi r^2 \doteq \overline{\text{SPL}} + 20 \log_{10} r + 8 \quad \dots\dots\dots (2)$$

ただし、 $\overline{\text{SPL}}$: 平均音圧レベル

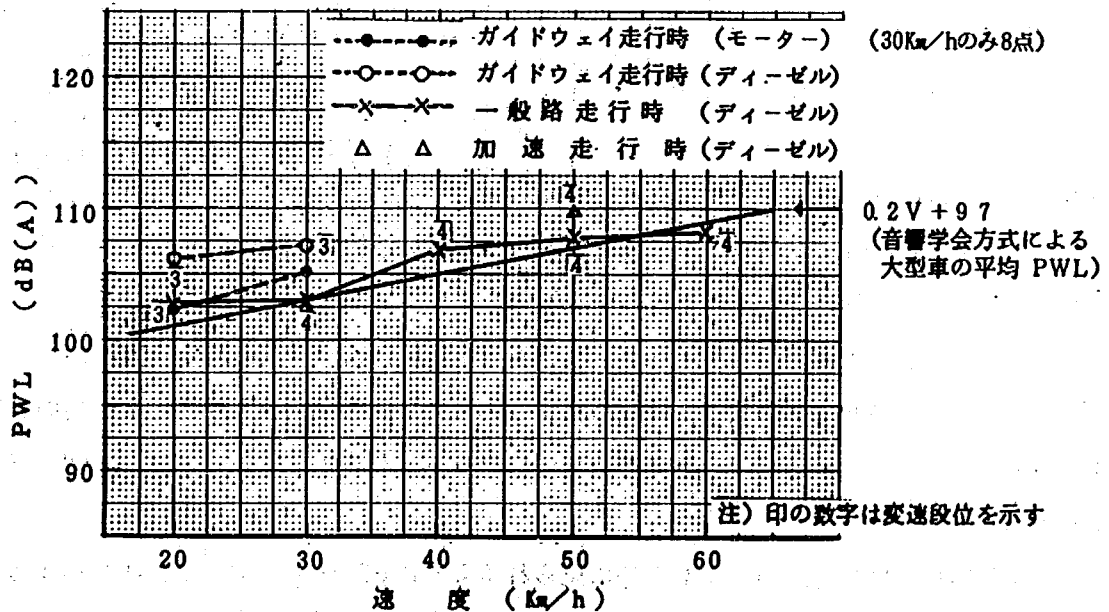
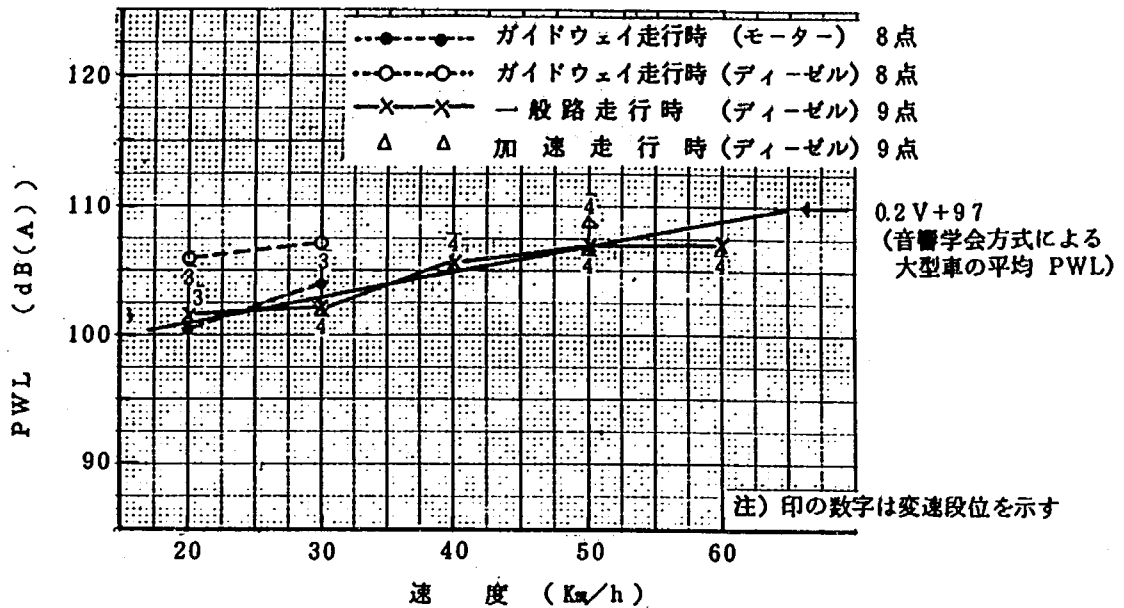
本実験では、デュアルモード・トラック実験車を対象として、先に述べた如く、半円状の点での音圧レベルを測定し、測定結果から(2)式によってパワーレベルを算出した。図- 3. 1 は、半径 5 m の半円状での測定値から求めたパワーレベルであり、図- 3. 2 は半径 10 m の半円状での測定値から求めたパワーレベルで、理論的には同じ値を示すべき性格のものである。

図- 3. 1 等によれば、ガイドウェイ走行時においては、電動モータ駆動で走行することによりディーゼルエンジン駆動に比べ騒音レベルは 2 ~ 5 dB(A) 程度小さい。

ところで、一般道路走行時とガイドウェイ上ディーゼルエンジン走行時とを比べると、ガイドウェイ走行時の方が 3 ~ 5 dB(A) 程度大きいという結果が得られた。

本来、ガイドウェイの路面は精度良く造られるので、ガイドウェイ走行の騒音レベルはたとえディーゼルエンジン走行であっても一般道路走行と比較し、同等もしくはそれ以下となることを期待したいところである。今回の測定ではガイドウェイ走行の方が騒音が大きくなった理由として、①測定に使用したガイドウェイは実験用に簡易につくられているため、誘導・給電設備がかなり痛んでいること、②路面は54年度に試験舗装として打替えたため、路面の粗さ等は一般道路走行に使用した路面より格段に大きな値となっていること、③30 km/h 走行時にはギヤ位置が一般道路走行の4速に対し、ガイドウェイ走行は3速であったこと、などが考えられる。また、一般道路走行時に対しては、今回の実測値が音響学会方式による大型車の平均パワーレベル ($\text{PWL} = 0.2V + 97$) の推計値と比較的良好一致している。

ガイドウェイの質的向上を図ることにより、ガイドウェイ上のディーゼル走行が一般道路上の走行とさほど変わらないという仮定にたてば、ガイドウェイ上を電動モータで走行することにより、一般道路上の騒音と比較しかなり騒音の低減が期待できることになる。



3-2 デュアルモード・トラックの騒音放射指向特性

車両中心より5mの半円上で測定した結果より得られたデュアルモード・トラックの走行時騒音放射指向特性をガイドウェイ上と一般道路上のそれぞれにつき、dB(A)、63 Hz、250 Hz、1 KHz および4 KHz について走行条件をパラメータとして図-3.3～図-3.12に示す。

デュアルモード・トラックは、モータ走行時において全周波数で車両右側方に若干ずれる傾向にあるが、これはトラクタ部に搭載しているモータがシャーン右側後部に取り付けてあり、同左側は制御装置箱等により遮へいされているためと考えられる。

3-3 デュアルモード・トラックの周波数特性

デュアルモード・トラックのガイドウェイ走行時と一般道路走行時の周波数特性を図-3.13～図-3.19に示す。図は、速度が $20 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ と $30 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ のそれぞれガイドウェイおよび一般道路上定常走行時並びに一般道路上 $50 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ 加速走行時の場合について車両中心からの位置をパラメータとした代表測点(8～10点)での測定値を示した。また、同一測点での周波数特性を走行条件をパラメータとして比較したものを図-3.20～図-3.25に示す。

ガイドウェイ走行時における車両中心より2.5mの位置の測点での周波数特性を左右比較したものが図-3.26、図-3.27である。

ガイドウェイ上で比較的路面の平坦な測定位置(図-2.1の単測点)と平坦性の良くない測定位置(図-2.1の多測点)における周波数特性を比較したものが図-3.28、図-3.29である。この場合の路面の粗さの違いは表-3に示すとおりである。

表-3 舗装種別と路面粗さ (mm)

	コンクリート	アスファルト	
		多測点	単測点
粗さ	0.75	2.93	0.77

これらの図表から、以下の検討結果が得られた。

- (1) 一般道路走行時におけるデュアルモード・トラック実験車の音圧レベルは、一般的な大型車の周波数特性と同様、63～125 Hz でピークを有し、2 KHz より高周波帯域で低くなる傾向を示す。(図-3.17 参照)
- (2) 他方、ガイドウェイ上におけるディーゼルエンジン走行時には、一般道路でみられた63～125 Hz での音圧レベルのピークが明確には現われず(図-3.15 参照)、2 KHz より高周波帯域で音圧レベルは低下してはいるものの総じて広帯域にフラットな特性を示している。(図-3.15, 3.16 参照)
- (3) モータ走行時においても、図-3.13 等に見られるように63～250 Hz で音圧レベルは多少落ちてはいるもののガイドウェイ上ディーゼルエンジン走行時と同様、広帯域にフラットな特性を有している。
- (4) しかしながら、騒音レベルそのものは、ガイドウェイ上をモータ走行することにより、ディーゼルエンジン走行時と比較し、2～9 dB(A) 程度小さくなっている。(図-3.20～3.25 参照)

- (5) 騒音レベルを車両の右と左で比較すると、ディーゼルエンジン走行においてはその差異はほとんどみられないが、モータ走行では 500 Hz 以上の周波数帯域で 4 ~ 10 dB 程度の差異が認められる。(図-3.26, 3.27 参照) これはモータの取付位置の影響がでているものと考えられる。
- (6) ガイドウェイ上の路面の粗さの違いによる騒音レベルの比較では、ディーゼルエンジン走行時は路面性状の違いによる差異はそれ程大きくないが、モータ走行時には 250 Hz 以下の周波数帯域で 3 ~ 17 dB 程度の差が認められた。(図-3.28, 3.29 参照) これは、ディーゼル走行時に於いて低周波帯域においてもエンジン音がかなり大きいためと考えられる。

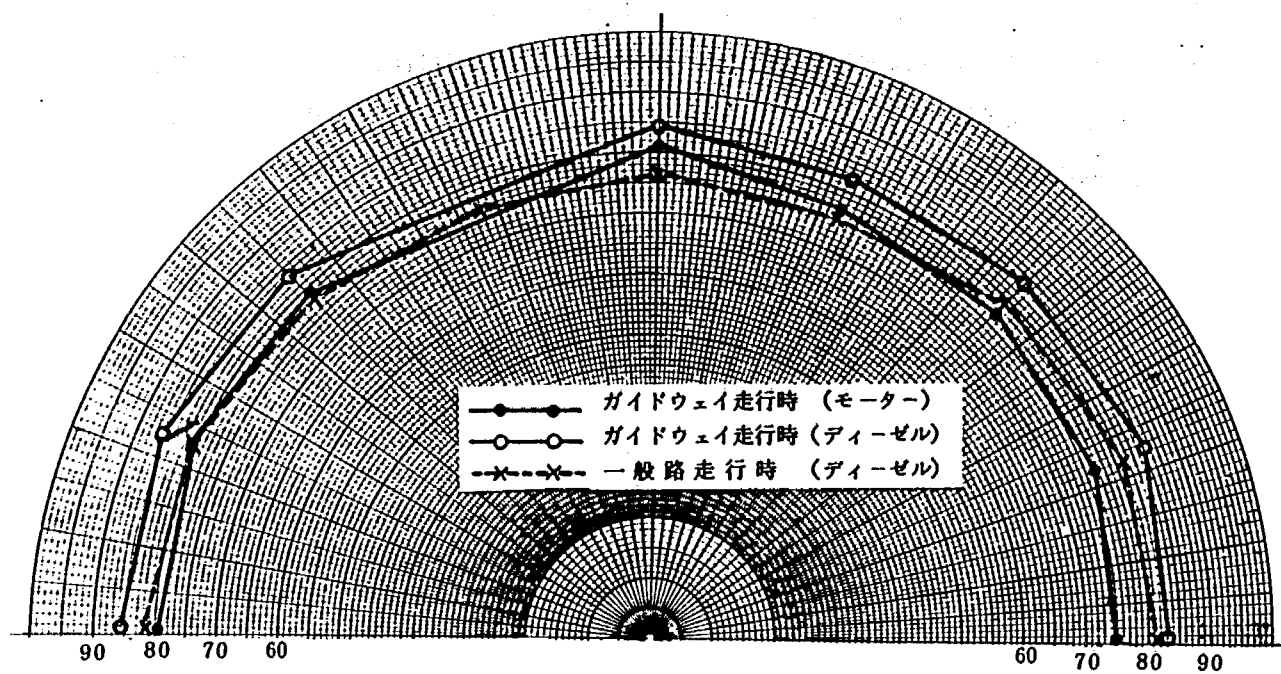


図-3.3 DMTの騒音指向特性

dB(A)
車両中心より 5 m
速度 20km/h

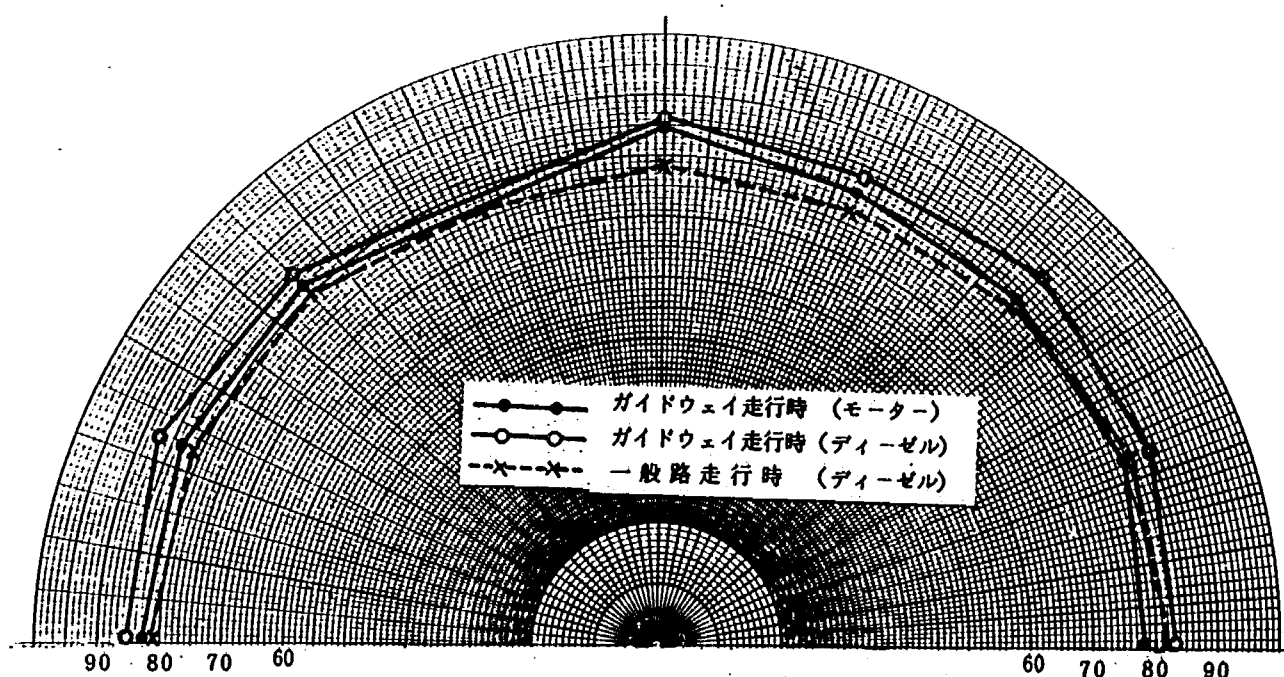


図-3.4 DMTの騒音指向特性

dB(A)
車両中心より 5 m
速度 30km/h

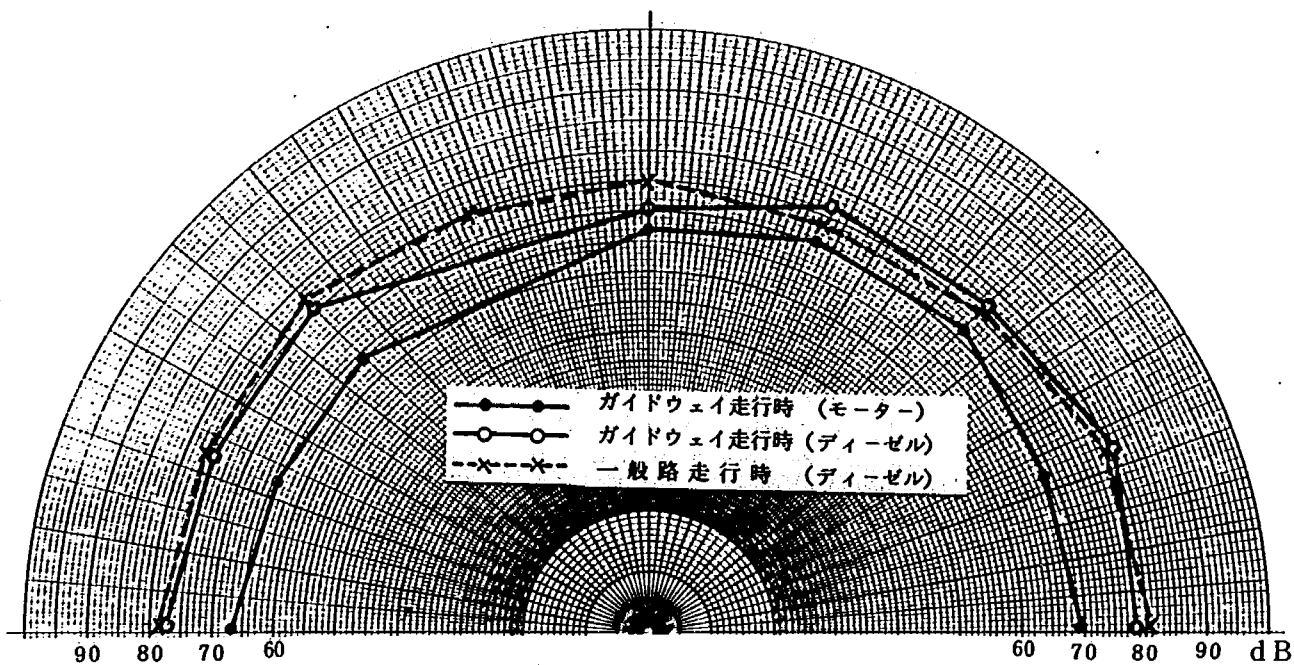


図-3.5 DMTの騒音指向特性

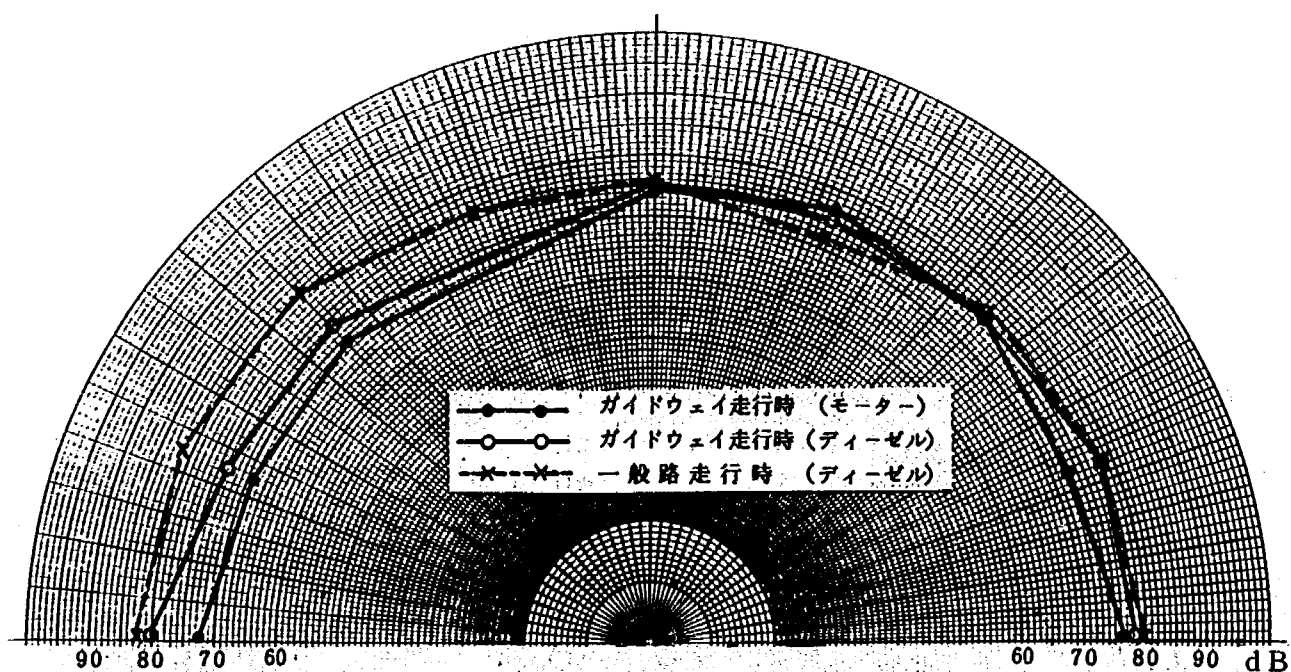


図-3.6 DMTの騒音指向特性

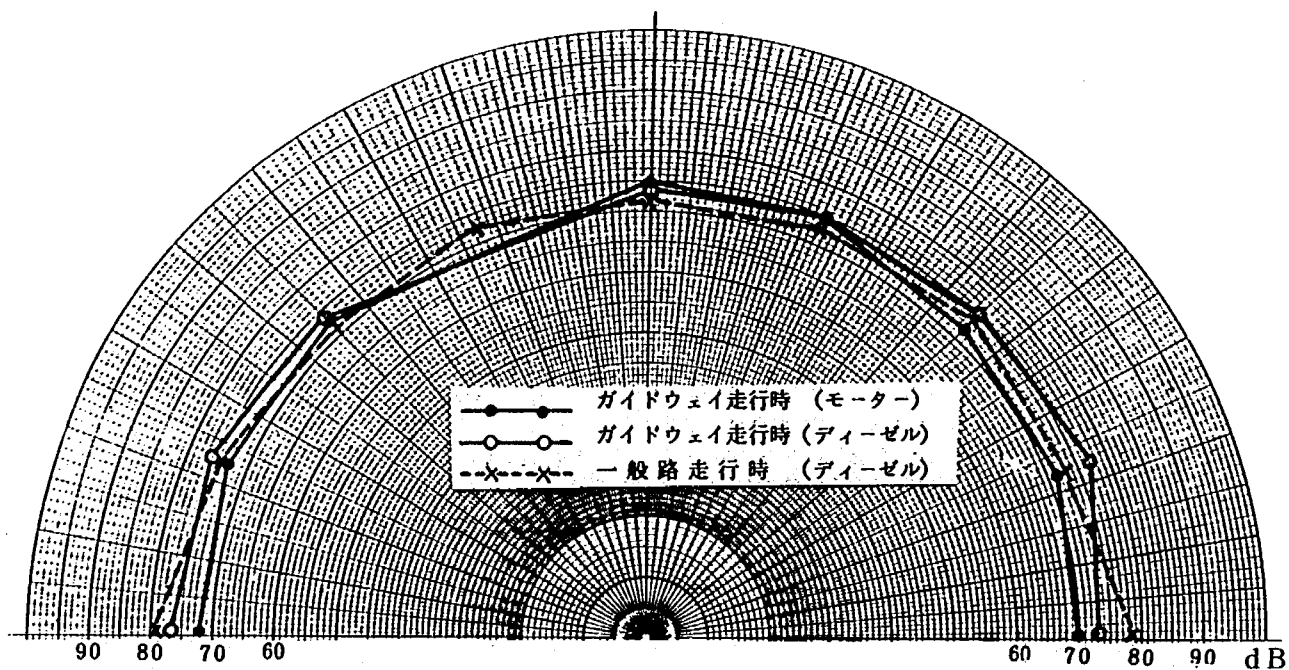


図-3.7 DMT の騒音指向特性

250Hz
車両中心より5m
速度20km/h

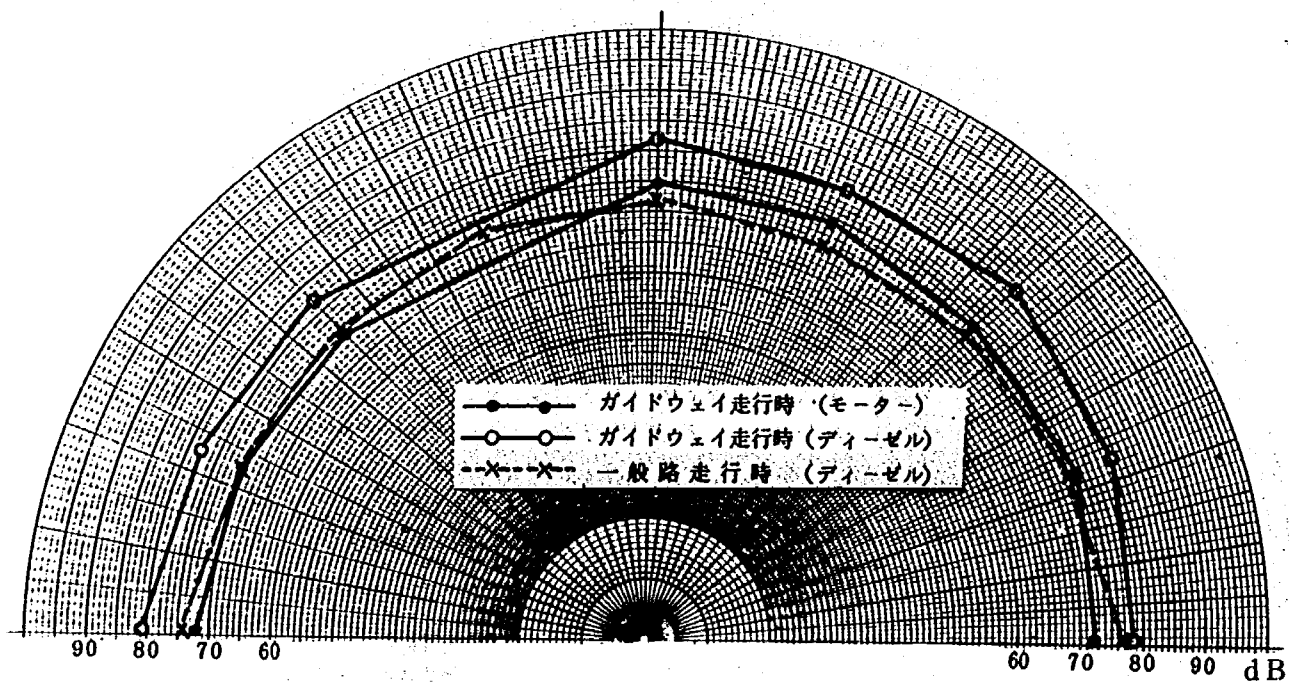


図-3.8 DMT の騒音指向特性

250Hz
車両中心より5m
速度30km/h

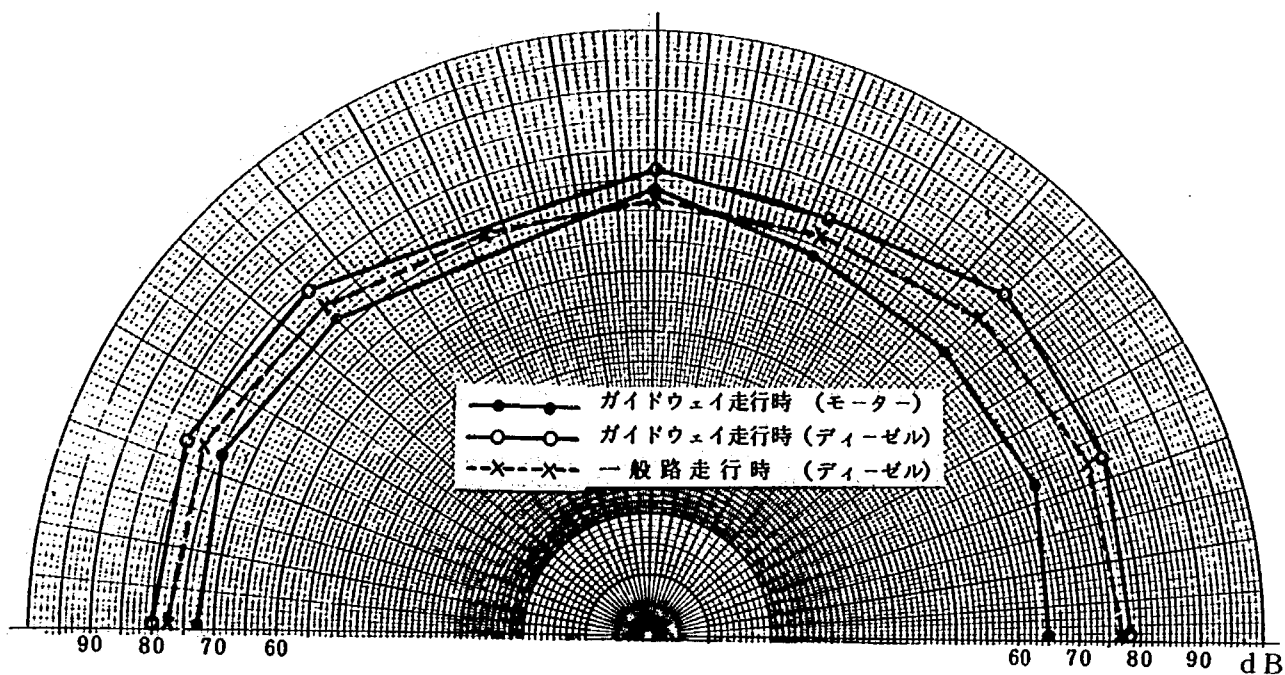


図-3.9 DMTの騒音指向特性

1 KHz
車両中心より5 m
速度20 km/h

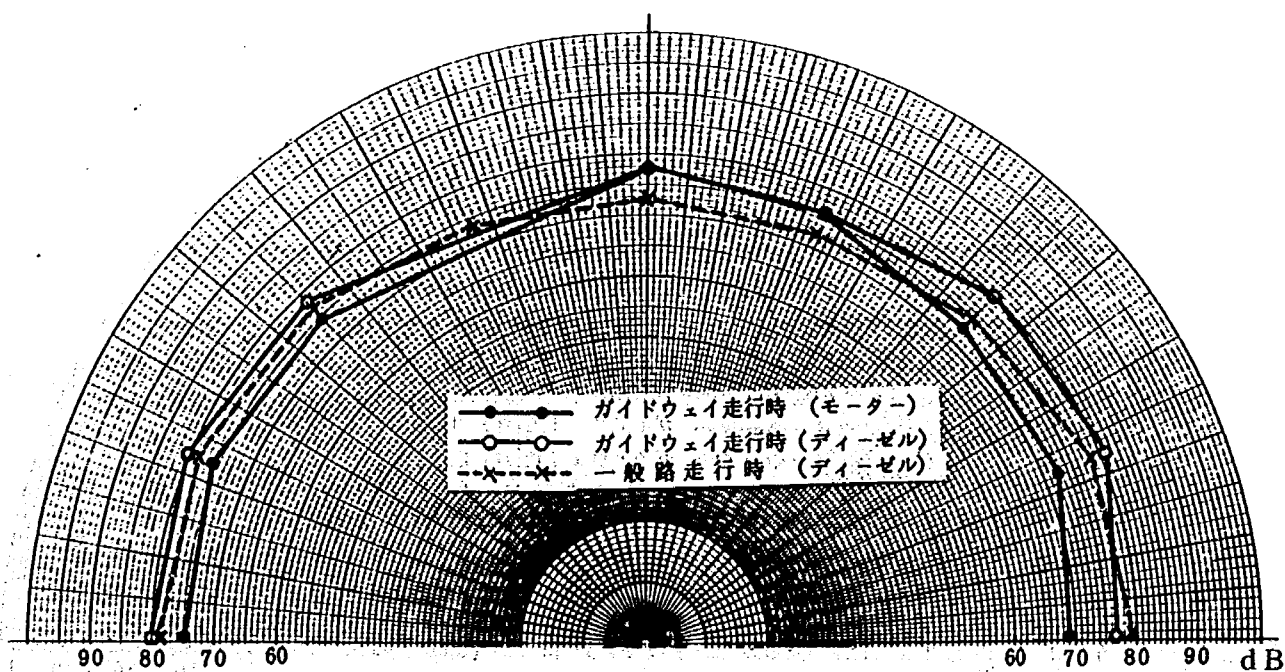


図-3.10 DMTの騒音指向特性

1 KHz
車両中心より5 m
速度30 km/h

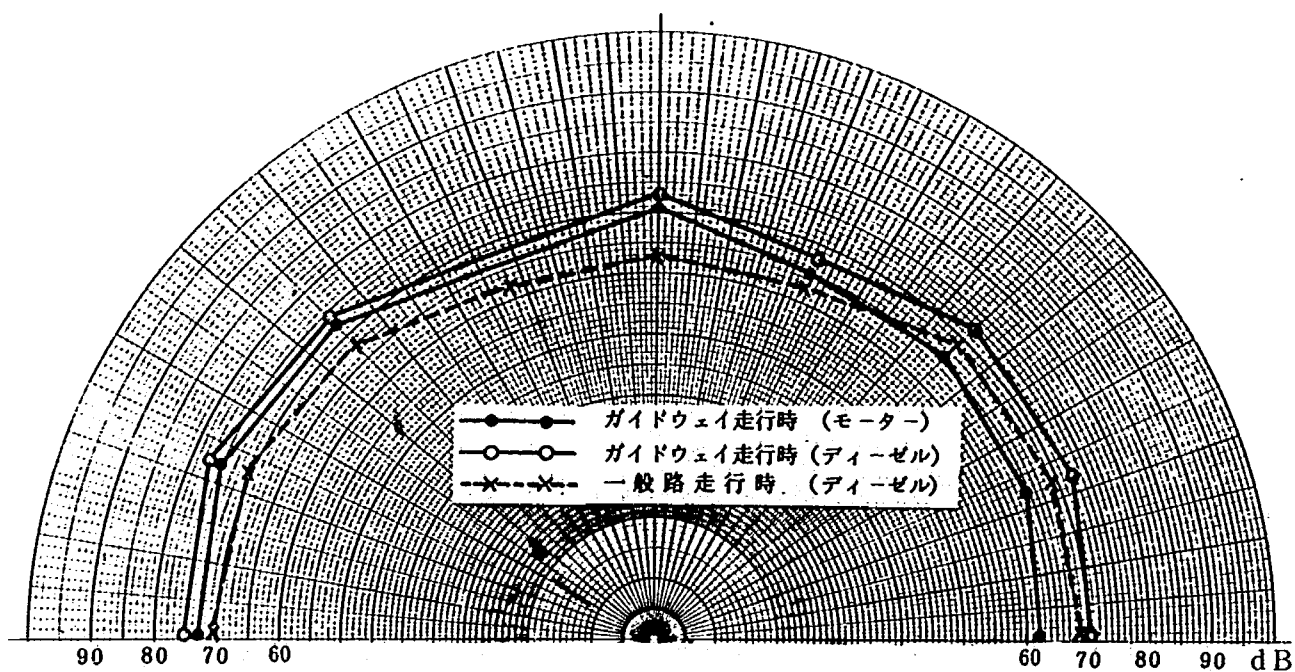


図-3.11 DMTの騒音指向特性

4 KHz
 車両中心より5 m
 速度 20 Km/h

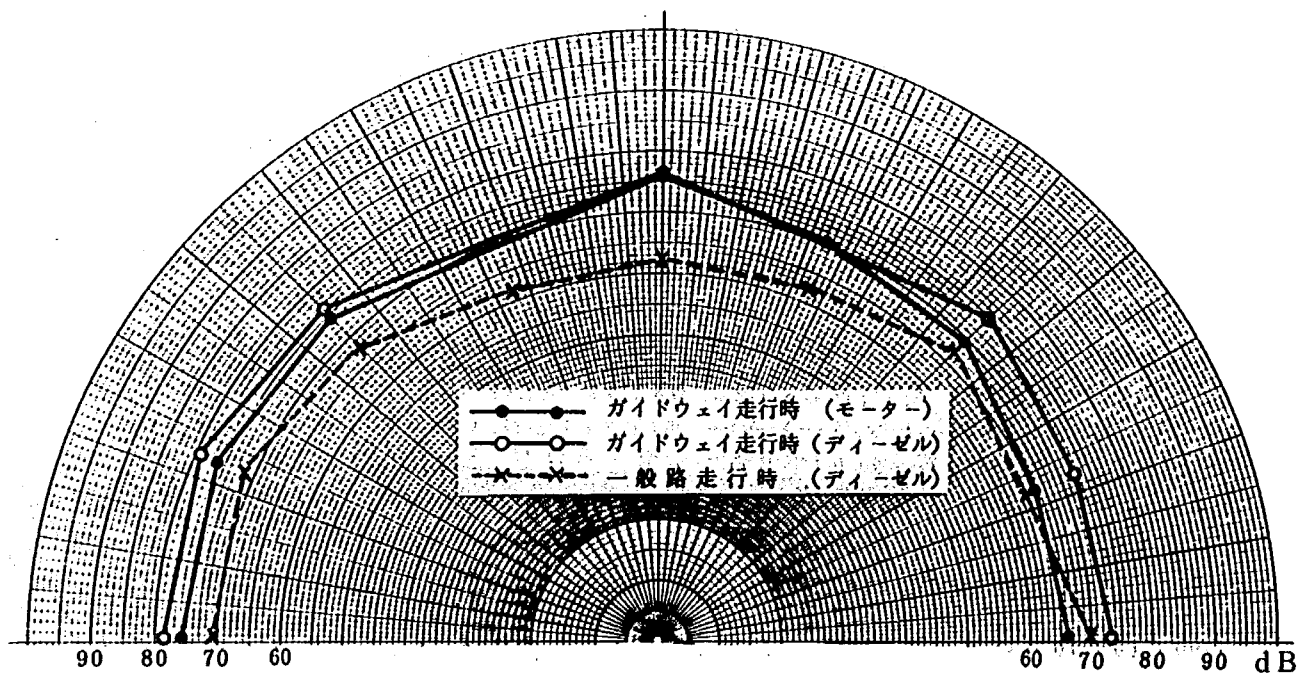
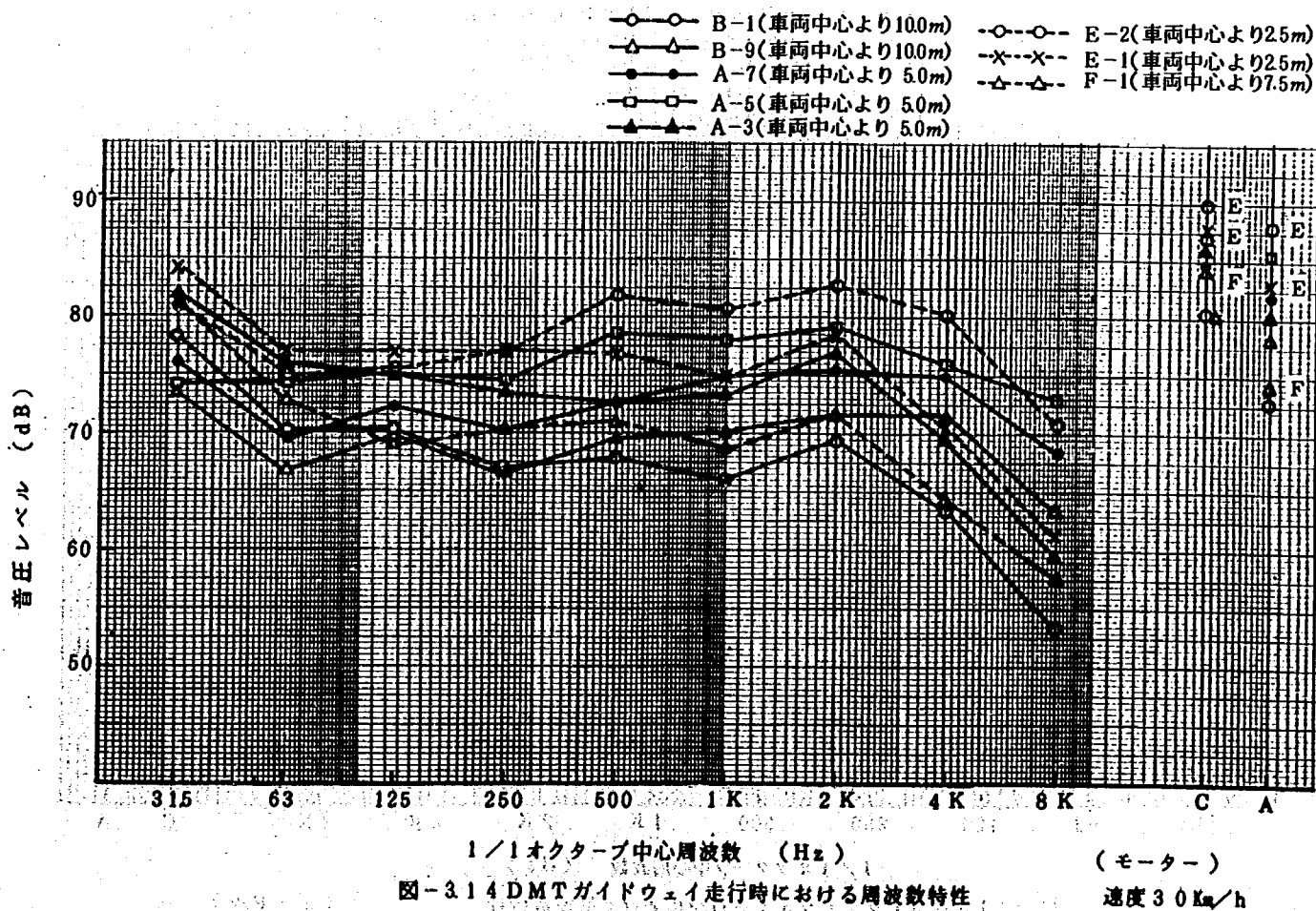
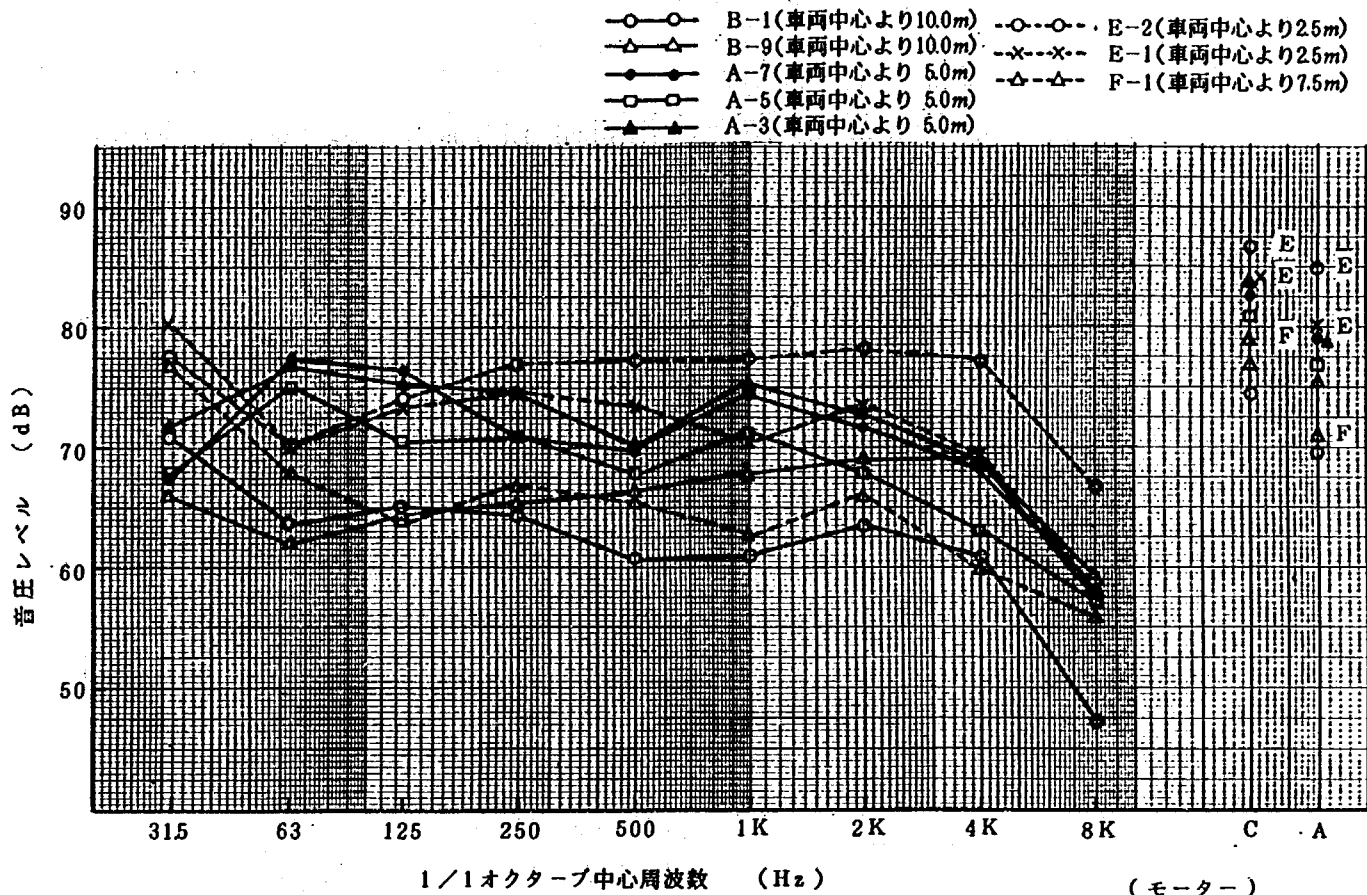


図-3.12 DMTの騒音指向特性

4 KHz
 車両中心より5 m
 速度 30 Km/h



音圧レベル (dB)

- B-1(車両中心より100m)
- △—△ B-9(車両中心より100m)
- A-7(車両中心より 5.0m)
- A-5(車両中心より 5.0m)
- ▲—▲ A-3(車両中心より 5.0m)
- E-2(車両中心より25m)
- x--x E-1(車両中心より25m)
- △--△ F-1(車両中心より75m)

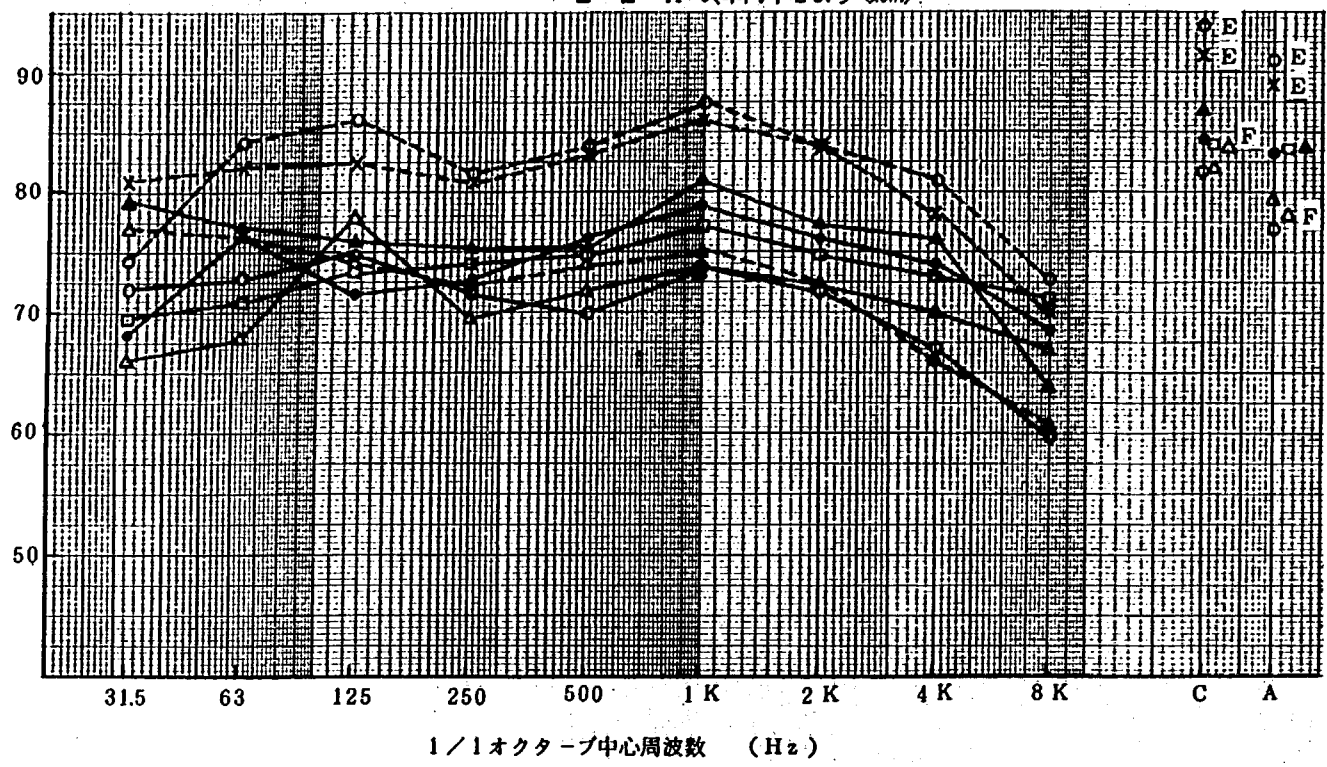


図-3.15 DMTガイドウェイ走行時における周波数特性

(ディーゼル)
速度 20 Km/h (3速)

- B-1(車両中心より100m)
- △—△ B-9(車両中心より100m)
- A-7(車両中心より 5.0m)
- A-5(車両中心より 5.0m)
- ▲—▲ A-3(車両中心より 5.0m)
- E-2(車両中心より25m)
- x--x E-1(車両中心より25m)
- △--△ F-1(車両中心より75m)

音圧レベル (dB)

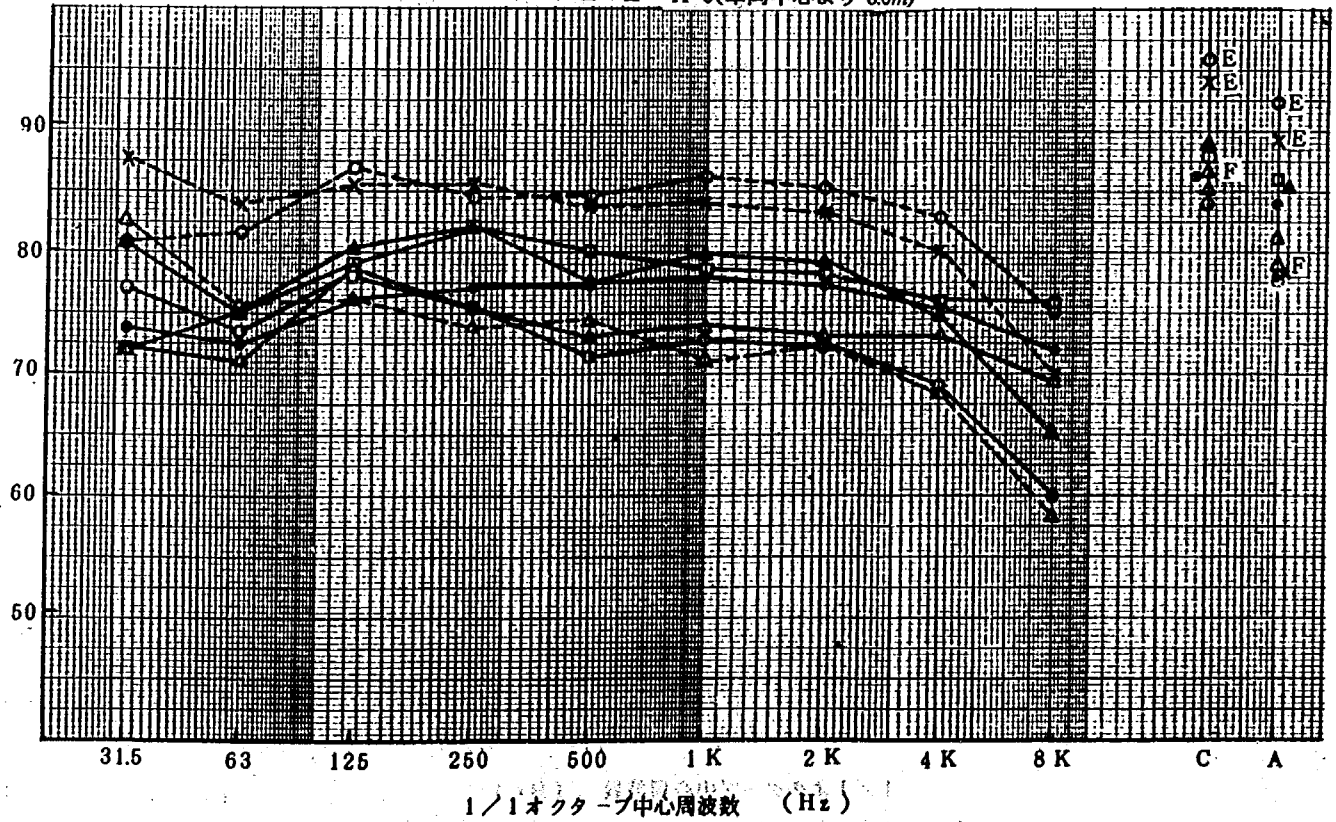


図-3.16 DMTガイドウェイ走行時における周波数特性

(ディーゼル)
速度 30 Km/h (3速)

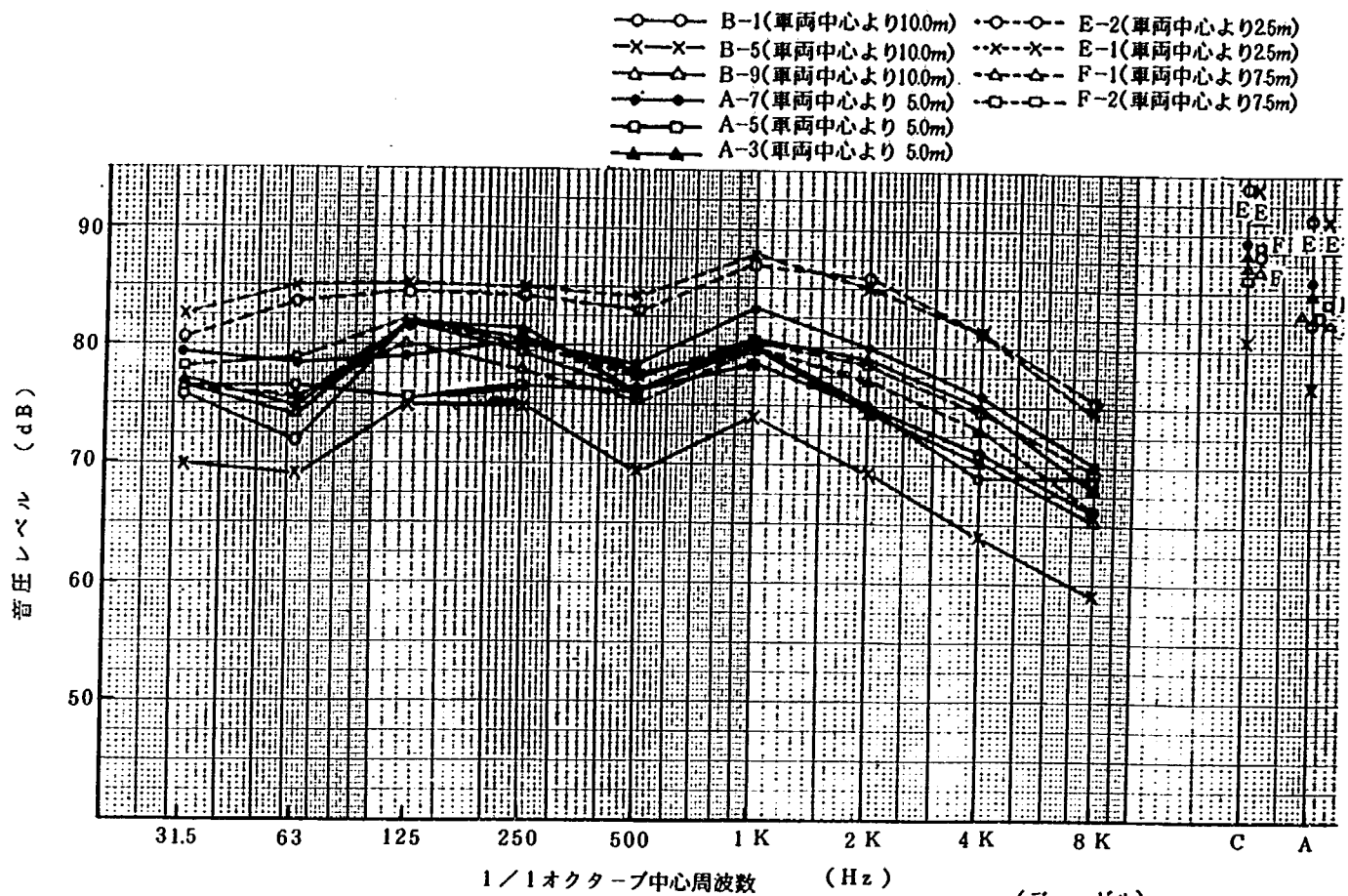


図-3.19 DMT一般路走行時における周波数特性

(ディーゼル)

加速走行 速度 50 Km/h (4速)

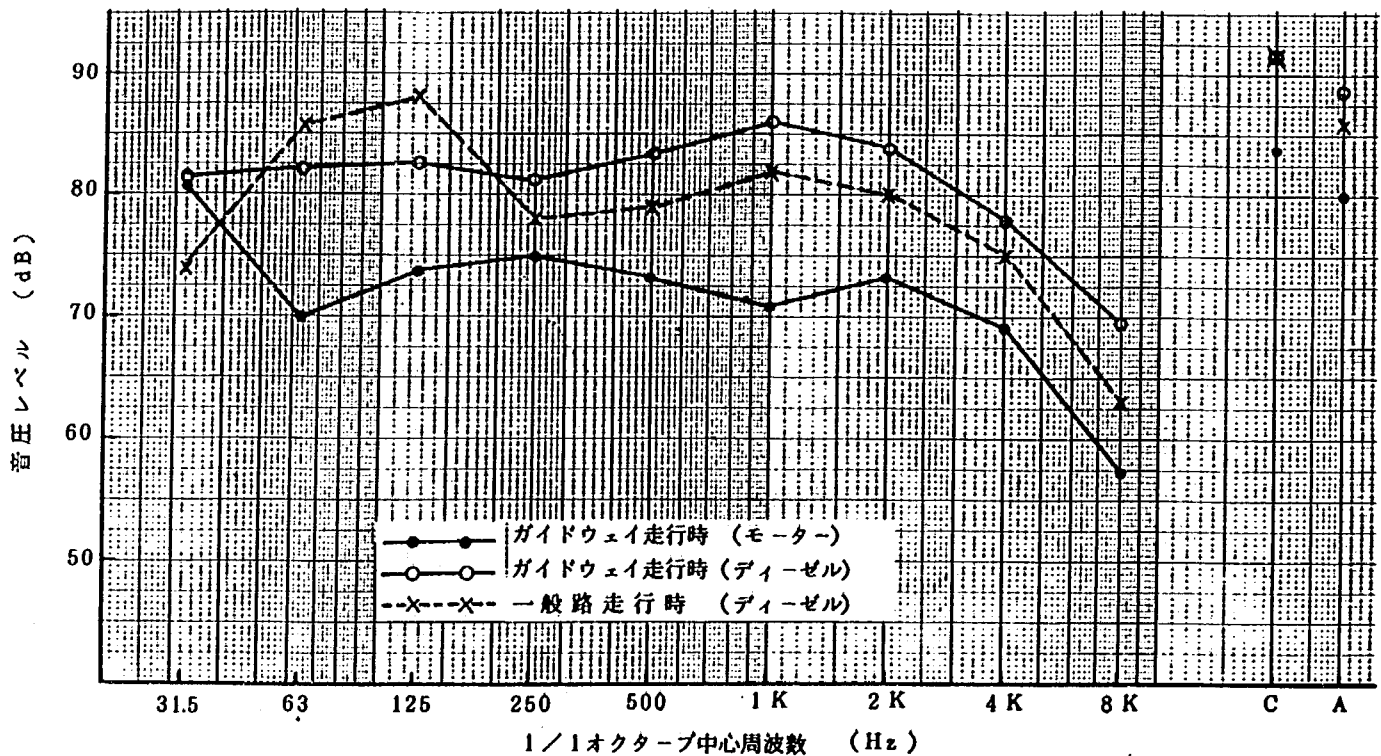


図-3.20 DMTの周波数特性

測点 E-1 (車両中心より25m)

速度 20 Km/h

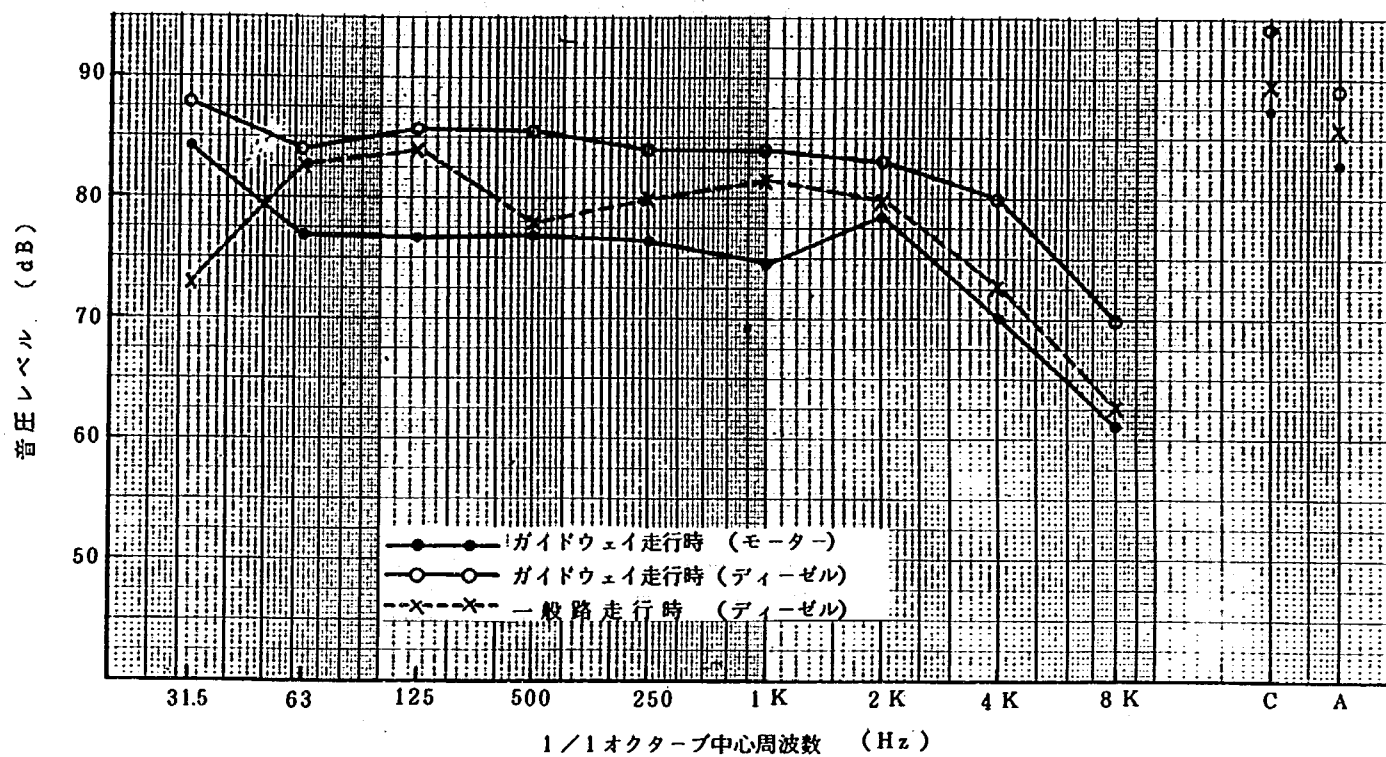


図-3.2.1 DMTの周波数特性

測点E-1 (車両中心より25m)
速度30 Km/h

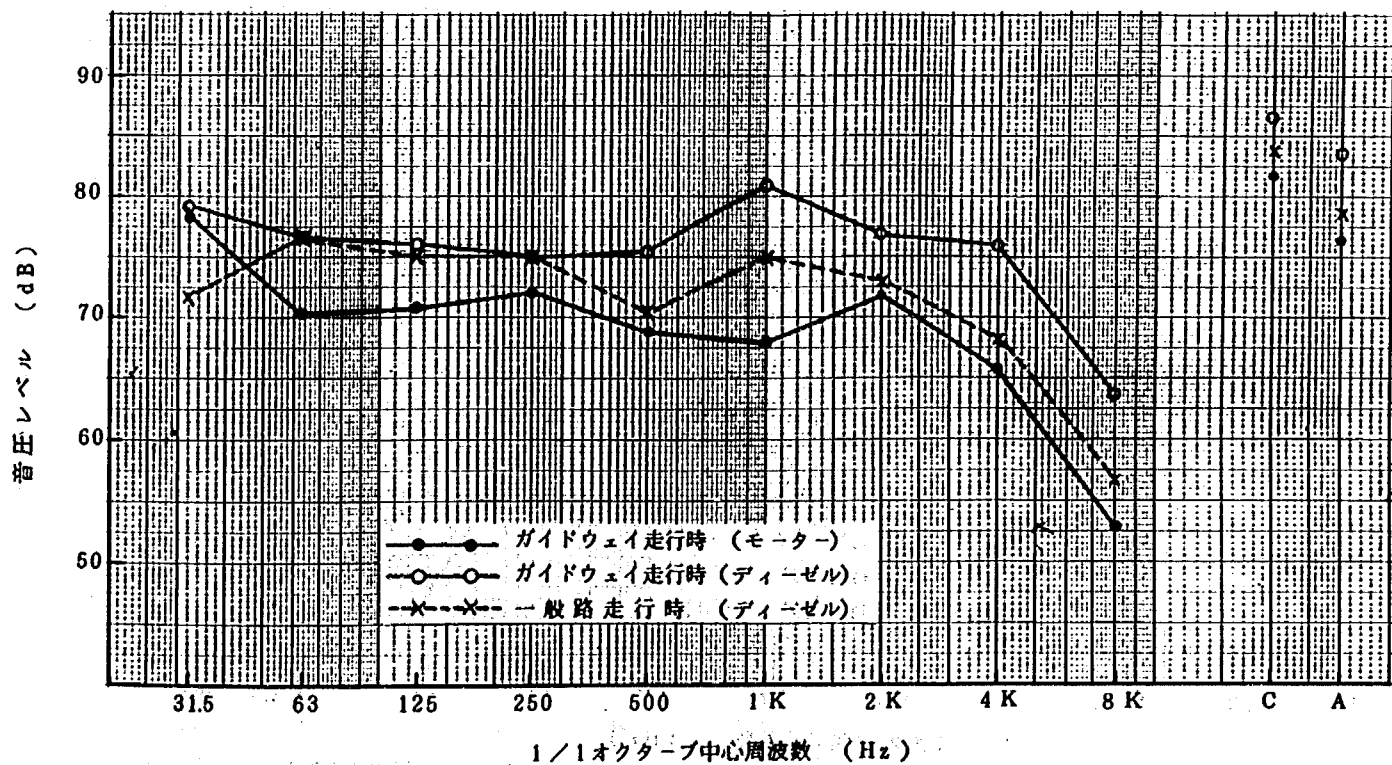


図-3.2.2 DMTの周波数特性

測点A-3 (車両中心より5m)
速度20 Km/h

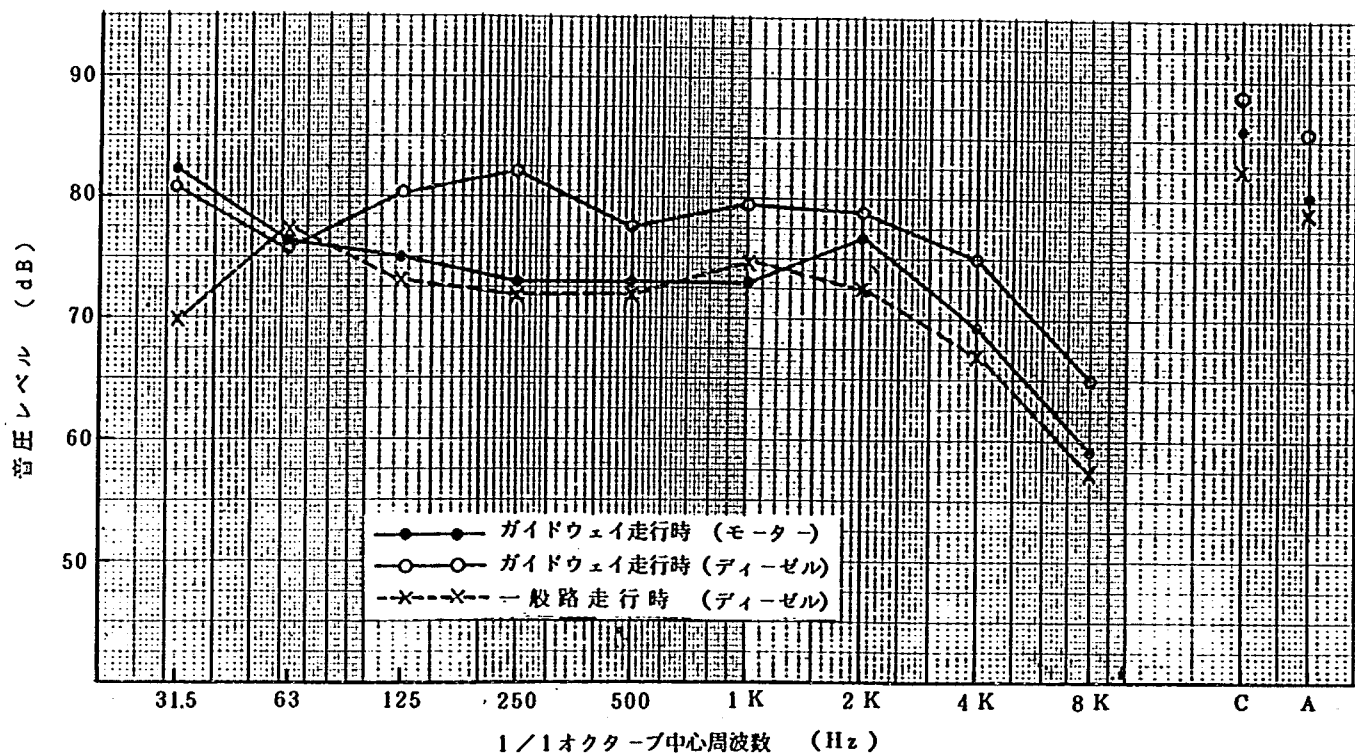


図-3.23 DMTの周波特性

測点A-3 (車両中心より5m)
速度 30Km/h

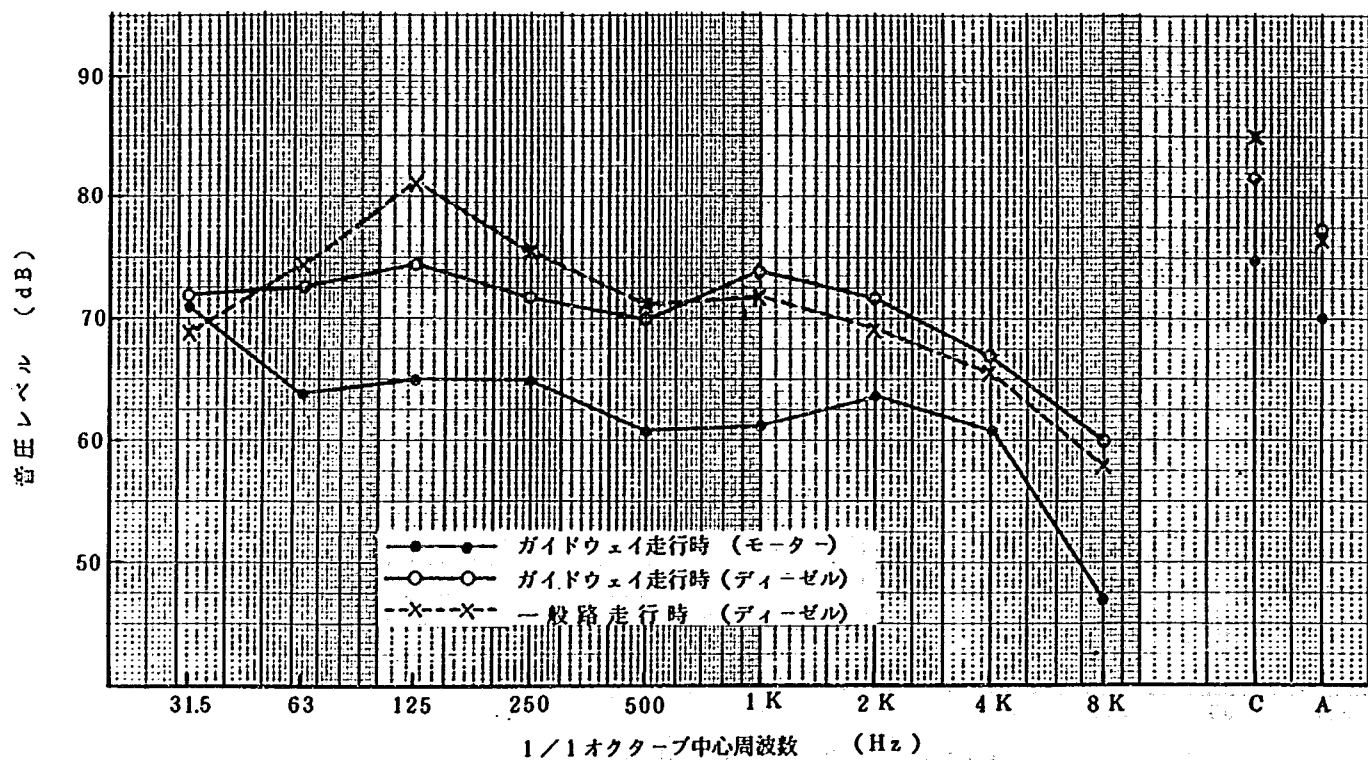


図-3.24 DMTの周波数特性

測点B-1 (車両中心より10m)
速度 20Km/h

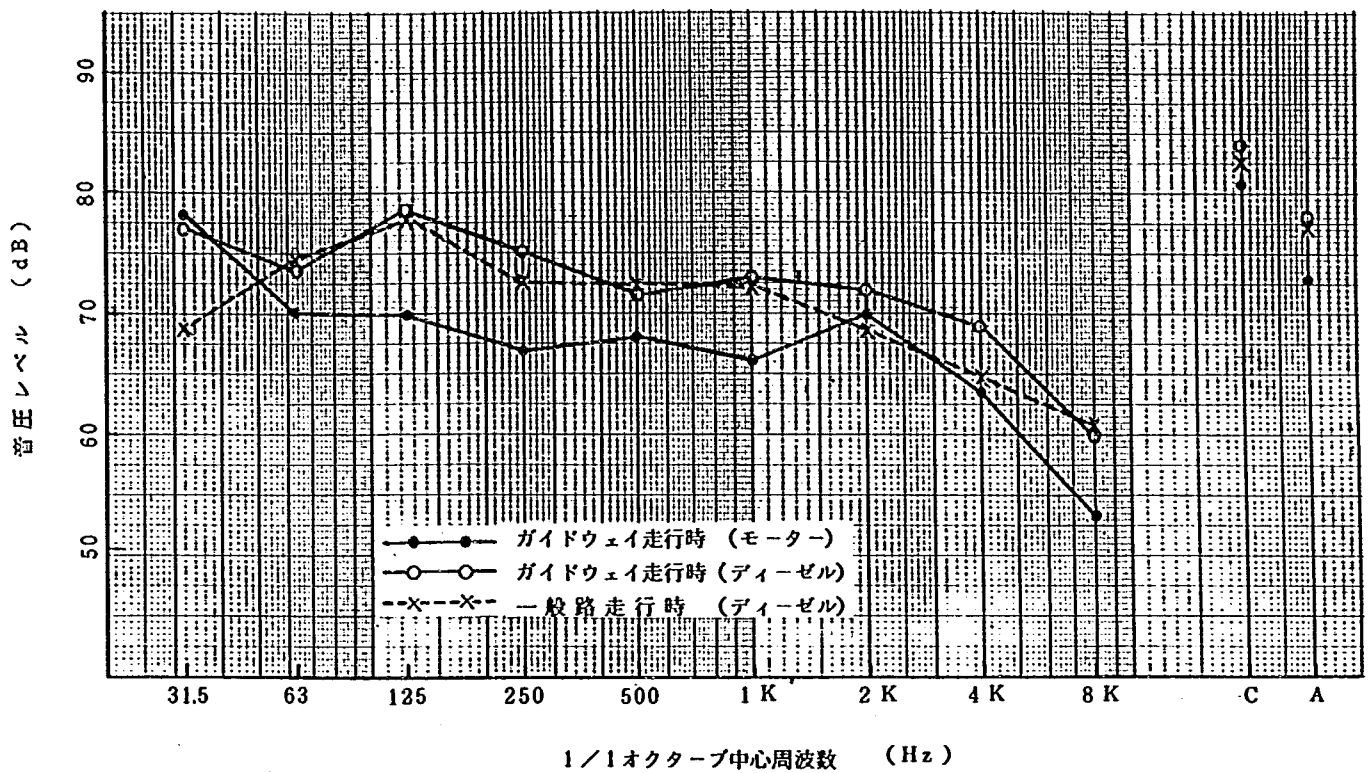


図-3.25 DMTの周波数特性

測点B-1 (車両中心より10m)
速度30km/h

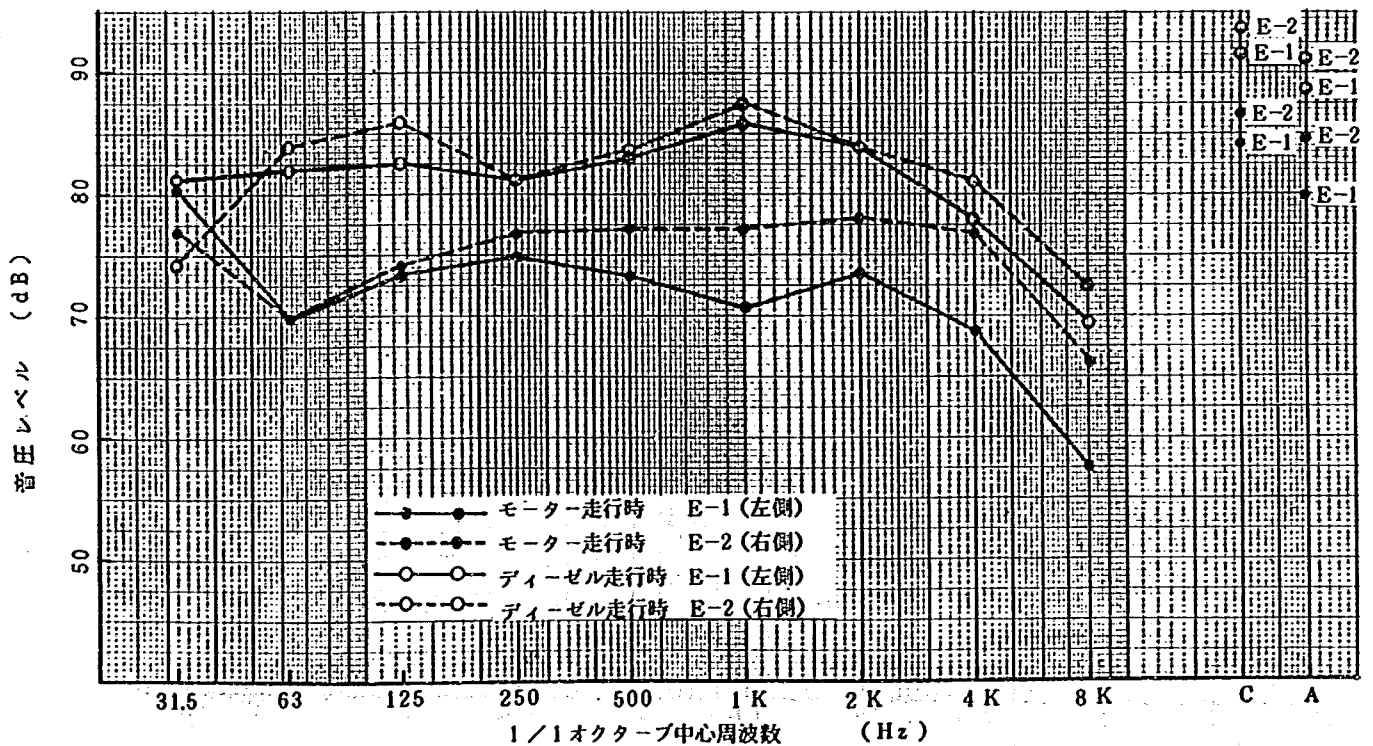


図-3.26 DMTガイドウェイ走行時の周波数特性

測点E-1、2 (車両中心より2.5m)
速度20km/h

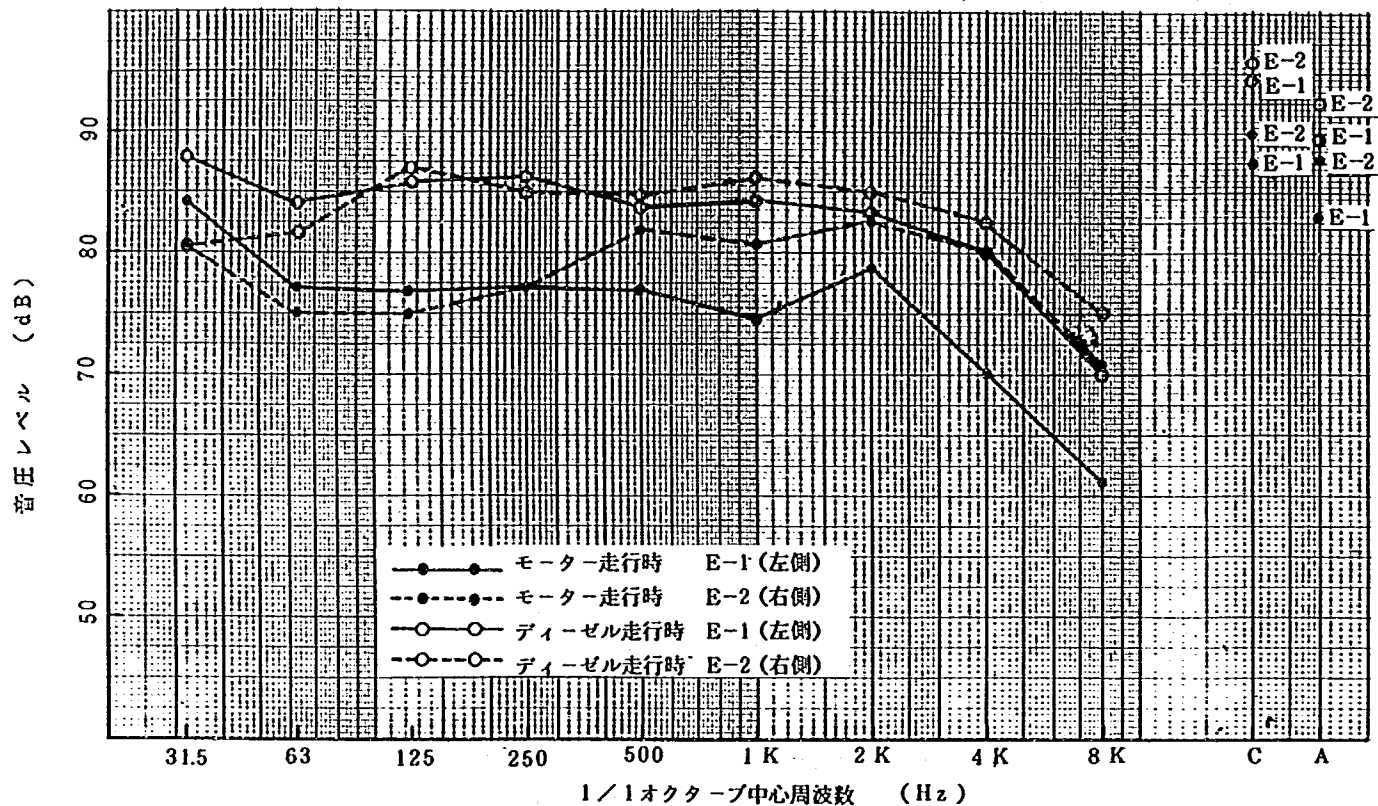


図-3.27 DMT ガイドウェイ走行時の周波数特性

測点 E-1 2 (車両中心より 2.5 m)
速度 30 km/h

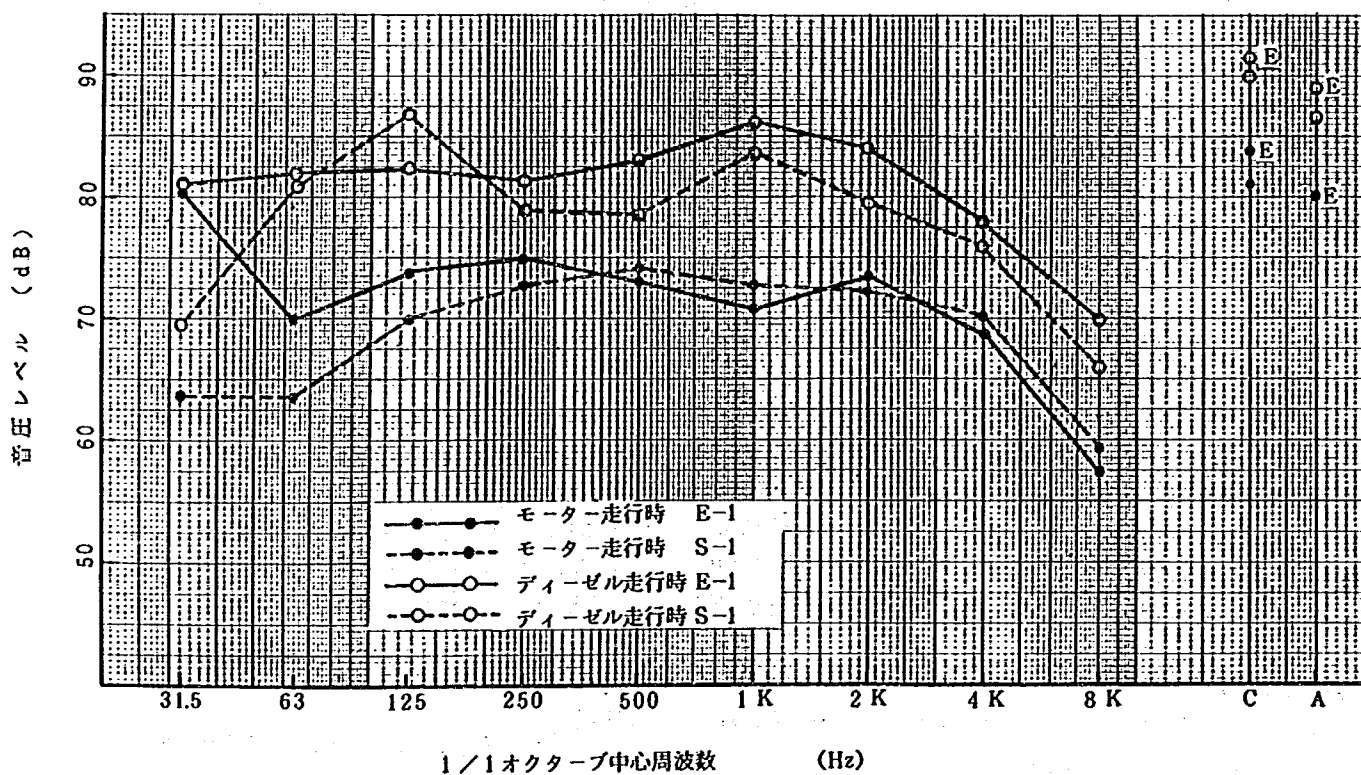


図-3.28 DMT ガイドウェイ走行時の路面性状による周波数特性

測点 E-1 (アスファルト多測点)
S-1 (アスファルト単測点)
(車両中心より左側 25 m)

速度 20 km/h

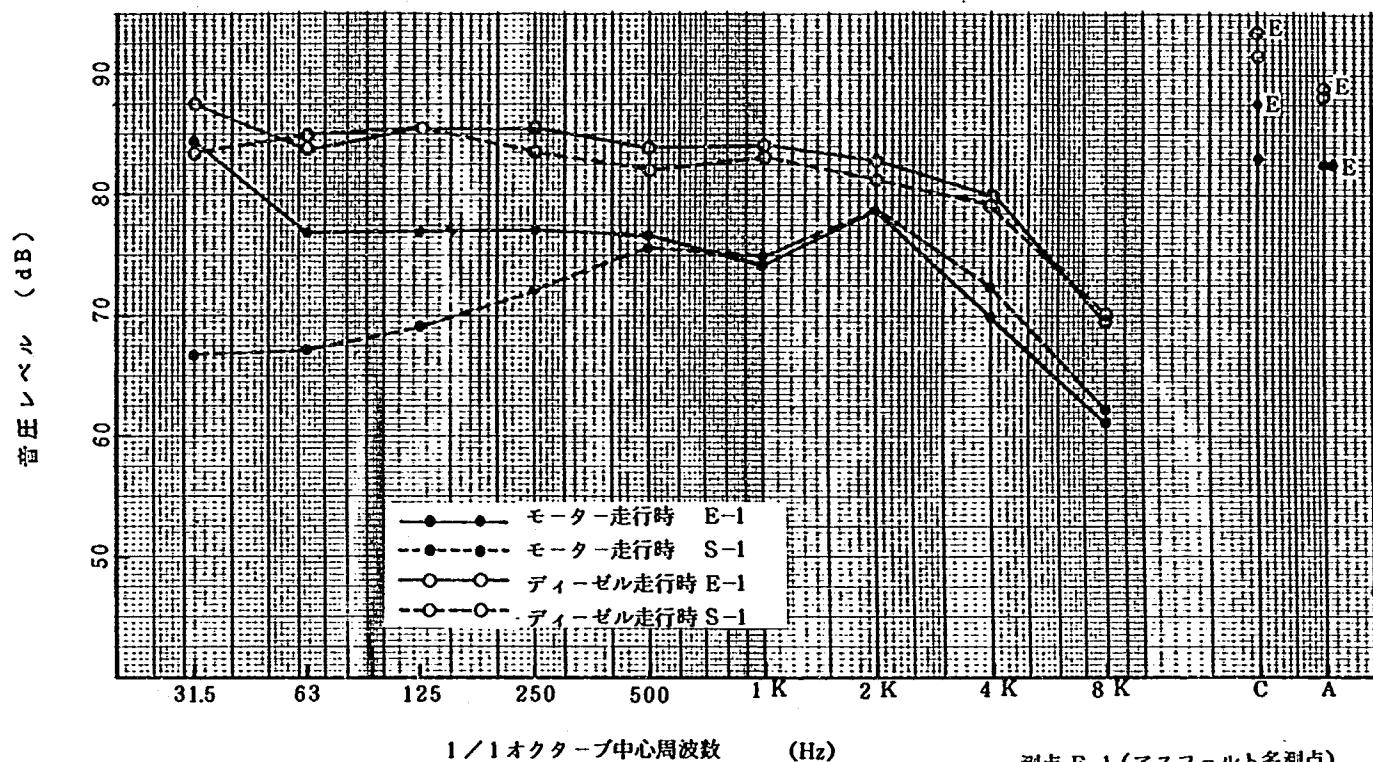


図-3.2.9 DMV ガイドウェイ走行時の路面性状による周波数特性

測点 E-1 (アスファルト多測点)
S-1 (アスファルト単測点)
(車両中心より左側 25m)
速度 30km/h

3-4 車両の保安基準による検討

車両の保安基準に対して、加速騒音および定常走行騒音の比較を行い、その結果を表-4に示す。

加速走行騒音は、保安基準に対して3 dB(A) 程度小さく、また、定常走行騒音においてもディーゼルエンジン走行時では保安基準と同等な値になっているものの、ガイドウェイ上のモータ走行においては6 dB(A) 程度低くおさまっており、保安基準は十分満足される。

表-4 デュアルモード・トラック騒音レベルの

車両保安基準との対比

(dB(A))

		ガイドウェイ		保安基準
		一般道路 (ディーゼル)	(ディーゼル) (モータ)	
定常走行	1	80.0	76.0	80
	2	80.2	80.0	
	3	81.0	81.0	
	平均	80.3	79.0	
	最大	81.0	81.0	
			75.0	
加速走行	1	83.6		86
	2	82.0		
	3	83.8		
	平均	83.3		
	最大	83.8		

ただし、1) 40Km/h 4速 1=7.5m (保安基準では35Km/h 1=7m)

2) 30Km/h 3速 1=7.5m (-)

3) 30Km/h - 1=7.5m (-)

4) 50Km/h 4速 1=7.5m

4. ま と め

デュアルモード・トラックの騒音を一般道路走行時とガイドウェイ走行時について測定し、その解析結果を要約すればデュアルモード・トラックの騒音特性は、次の様に述べることができよう。

ディーゼルエンジン走行時における一般道路上でのデュアルモード・トラックの周波数特性は、一般のトラックと同様におおむね 63 ～ 125 Hz 程度の低周波帯域で音圧レベルのピークを有する。しかし、同じディーゼルエンジン走行時でも、ガイドウェイ上では一般道路時に見られた低周波帯域での音圧レベルのピークがなく、2 KHz 前後を境いに低周波帯域はほぼフラットな周波数特性を示している。

ガイドウェイにおけるモータ走行時も、2 KHz 前後を境いに高周波帯域で音圧レベルが低く、低周波帯域はほぼフラットな周波数特性を有しているが、ディーゼルエンジン走行時と比較し電動モータの搭載位置が騒音指向特性に若干影響しているが、現状の実験用試作車両で充分保安基準を満足している。

今後は、騒音源となる電動モータ周辺に遮へい板等を施すことにより騒音をより低減できるものと思われる。さらに、今回使用したガイドウェイは、実験線である上に走行路面および給電線路等の傷みがひどく、この影響であると考えられ実用に際してはなお一層騒音の低減が期待できるものと思われる。

謝 辞

本測定にあたり、当所交通環境研究室、関東技術事務所、(財)デュアルモード・システム研究会(デュアルモード・トラック委員会)各位の御協力を得たことを記し、ここに感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 交通環境研究室：「デュアルモード・バスの騒音」土木研究所 研究資料 昭和52年2月
- 2) 金 安 ・ 金 泉：「道路交通騒音と道路構造に関する研究(I)」土木研究所報告 昭和48年5月
- 3) 野 中 宏：「道路交通騒音」建設省建設大学校テキスト 昭和55年度

ISSN 0386-5878
土研資料第1815号
昭57年3月
建設省土木研究所新交通研究室
デュアルモード・トラックの騒音測定
キーワード 新物流システム, デュアルモード・トラック・システム, 騒音

要 旨

都市内の新しい貨物輸送システムとして, デュアルモード・トラック・システムの開発を進めている。この報告書は, 試作車両における走行時の騒音実測結果について述べたものである。

○

郵便はがき

40円切手
をはいて
下さい

305-□□

建設省土木研究所
新交通研究室 御中

茨城県筑波郡豊里町大字旭一丁目

No. 008

No. 008

配布先氏名

配布先住所

○

土木研究所資料第1815号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印