

音響を用いた底質調査法の開発

日本大学理工学研究科	正会員	間庭 愛信
鹿児島大学工学部	正会員	北村 良介
同 上	正会員	中村 和夫
同 上		城本 一義
東興建設(株)		玉島 司

1. まえがき

海洋土木工事において最初に行わなければならない調査の一つに海底地盤の底質調査がある。従来からの底質調査では採泥器による方法やボーリングによる調査が行われてきているが、これらの方法は高価で時間も要する。一方、間庭らは軟鉄製の曳航体と海底底質の間で生ずる摩擦音を水中マイクロフォンで記録し、その音を分析することにより底質を判別する手法の確立を試みている^{(1), (2)}。

本報告は従来の研究を発展させたものであり、新しい形状、重量を有する曳航体を試作し、実験ケースを増やして若干の考察を加えている。

2. 装置・手法

2. 1 装置

図-1は4種の曳航体を示している。(a), (b)は従来から用いられてきたものであり、それぞれは旧平滑型、旧やすり型と称している。(c), (d)は新しく試作した曳航体で、それぞれ新平滑型、新歯付型と称している。(a), (c)の底面は滑らかになっている。(b)では底面に木工用荒目やすり(炭素鋼)を用い、(d)では図に示すように深さ2mm、幅5mmの凹凸がつけてある。表-1はそれらの特性を示したものである。表より新型の曳航体は旧型のものより総重量、接地圧共に大きくなっていることがわかる。水中マイクロフォンは沖電気製ST-1001型で、20kHzまでは±1dBの偏差で平坦であり、感度は-175dB (re 1V/μPa)である。水中マイクロフォンは図-1に示すように曳航体の上部に取り付けられる。

2. 2 手法

図-2は本研究手法の流れを示すフローチャートである。曳航体と海底表面の底質材料との間で生ずる摩擦音を録音し、スペクトル解析を行う。スペクトル解析において、サンプリング時間は 2×10^{-5} 秒、サンプリング個数は512個である(すなわち、計測時間は 10^{-2} 秒)。これを5回くり返し、平均化を行い、各測点でのスペクトルを計算している。スペクトル解析の結果として得られる音圧スペクトルレベルは10kHz以上の周波数帯ではほぼ平坦になることがわかっており、その周波数帯での平均的な音圧スペクトルレベル L_m を求める。一方、録音点での試料を採取し、粒度分析を行い、60%、および、80%通過粒径 D_{60} 、および、 D_{80} を粒径加積曲線より求める。そして、 L_m と D_{60} 、 L_m と D_{80} の間の一意的な関係を実験的に求めようとするものである。これらの間に一意的な関係が存在し、さらには、底質材料の粒径分布が対数正規分布に従うものとするれば、曳航体と底質との間で生ずる摩擦音のスペクトル解析によって求められる音圧スペクトルレベルから海底底質の粒径分布がわかることになる。

本報告では、図-1に示す4種の曳航体を用い、および、4種の曳航速度(23cm/s, 25cm/s, 38cm/s, 53cm/s)を選び、粒径分布の異なる吹上浜、および、室内平面水槽での計測を行った。表-2に実験ケースと結果がまとめて示されている。

3. 結果、および、考察

図-3~6には、吹上浜、および、室内平面水槽での4種の曳航体によって得られた水中音をスペクトル解析した結果が示されている。表-2にはスペクトル図より得られる10kHz以上の周波数帯での平均的な音圧スペクトルレベル、また、粒径加積曲線より得られる D_{60} 、 D_{80} がまとめて示されている。これらの図表より次のようなことがわかる。

- 1) 新型の曳航体より得られる音圧レベルの変動は、旧型のものより大きい。
- 2) 旧平滑型と旧やすり型のスペクトルのパターンはほとんど変わらないが、モニター用ペンレコーダの記録(

本報告では省略)をみるとやすり型の曳航体の方が音圧レベルの変動が少ない。

- 3) 曳航速度が2.3 cm/sの場合、旧型、新型、いずれの曳航体の場合も音圧レベルの変動が大きい。3.8 cm/s, 5.3 cm/sと速度が大きくなるにつれて変動は小さくなっている。ただし、最適な曳航速度の決定は今後の課題である。
- 4) 新型の曳航体は1.1 kHz付近にピークを持つ。これは曳航体の材質、およびネジ留めが影響し、この付近の周波数で共振するためではないかと考えられる。

ところで、間庭らはこれまでに鹿児島県内各地で得られた計測結果(従来のデータ)をもとに図-7に示すように音圧スペクトルレベルと D_{50} 、 D_{80} との関係を二次曲線で回帰している²⁾。図には、新しく得られた結果も含まれている。図より、新しいデータもこれまでのデータをもとにした回帰曲線の付近にプロットされていることがわかる。図-8は音圧レベル L_m と粒径加積曲線より得られる均等係数 D_{50} と均等係数 U_c との関係を三次元空間にプロットしたものである。図より均等係数が大きくなると音圧レベルは大きくなること、また均等係数が大きくなると音圧レベルは小さくなることわかる。すなわち、図の点線で示すような平面で $L_m \sim D_{50} \sim U_c$ 関係が表現できる可能性を示唆している。

4. あとがき

音響を利用した簡易で、しかも安価な海底底質の判別法について述べた。 L_m と D_{50} 、 L_m と D_{80} の間に一意的な関係を見いだすことができれば、比較的浅い水深での海底底質を判別する手法としては非常に有効なものとなる。今後も、最適な曳航体の形状、大きさの決定、最適な曳航速度の決定、水中音と粒径分布を関係づける最適な指標(物理量)の決定などを目標に室内実験、鹿児島県内各地での現場実験を積み重ねるとともに、摩擦音の発生メカニズムについて理論的な考察も行っていきたい。

参考文献

- 1) 間庭: 海洋開発論文集, Vol.3, pp.119-121, 1987.
- 2) 間庭、金丸: 電子通信情報学会, US88-22, pp.23-30, 1988.

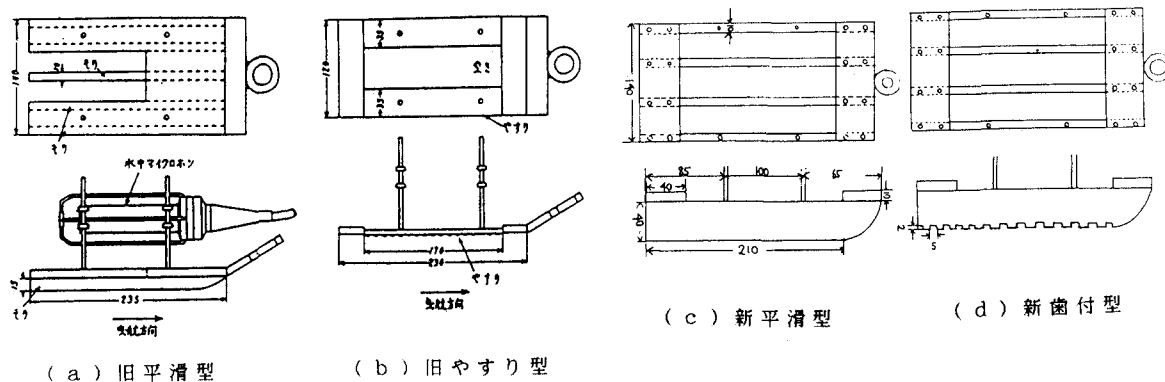


図-1 曳航体

表-1 曳航体の特性

名称	総重量 (Kgf)	接地圧 (gf/cm ²)
旧平滑型	3.4	5.7
旧やすり型	1.5	7.9
新平滑型	4.5	44.6
新歯付型	4.5	44.6

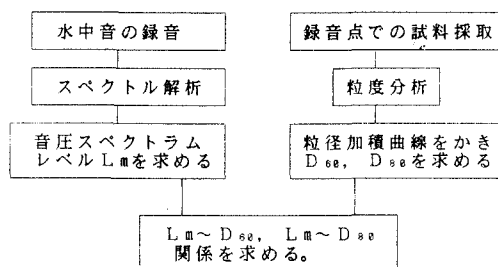


図-2 研究手法のフローチャート

表-2 実験ケースと結果のまとめ

(a) 吹上浜実験の結果

曳航体	旧平滑型			旧やすり型		
試料名 (m地点)	24	22	20	24	22	20
曳航速度 (cm/s)	25	25	25	25	25	25
音圧レベル (dB)	68	66	68	69	68	69
D_{50} (mm)	0.36	0.34	0.35	0.36	0.34	0.35
D_{90} (mm)	0.28	0.26	0.27	0.28	0.26	0.27
曳航体	新平滑型			新歯付型		
試料名 (m地点)	24	22	20	24	22	20
曳航速度 (cm/s)	25	25	25	25	25	25
音圧レベル (dB)	71	67	69	73	72	73
D_{50} (mm)	0.36	0.34	0.35	0.36	0.34	0.35
D_{90} (mm)	0.28	0.26	0.27	0.28	0.26	0.27

(c) 平面水槽実験結果 その2

曳航体	旧平滑型			旧やすり型		
試料名 (m地点)	11	10	8	11	10	8
曳航速度 (cm/s)	38	38	38	38	38	38
音圧レベル (dB)	73	64	64	72	72	68
D_{50} (mm)	0.34	0.34	0.36	0.34	0.34	0.36
D_{90} (mm)	0.25	0.26	0.28	0.25	0.26	0.28
曳航体	新平滑型			新歯付型		
試料名 (m地点)	11	10	8	11	10	8
曳航速度 (cm/s)	38	38	38	38	38	38
音圧レベル (dB)	71	71	71	72	72	72
D_{50} (mm)	0.34	0.34	0.36	0.34	0.34	0.36
D_{90} (mm)	0.25	0.26	0.28	0.25	0.26	0.28

(d) 平面水槽実験結果 その3

曳航体	旧平滑型			旧やすり型		
試料名 (m地点)	11	10	8	11	10	8
曳航速度 (cm/s)	53	53	53	53	53	53
音圧レベル (dB)	73	73	73	70	70	70
D_{50} (mm)	0.34	0.34	0.36	0.34	0.34	0.36
D_{90} (mm)	0.25	0.26	0.28	0.25	0.26	0.28
曳航体	新平滑型			新歯付型		
試料名 (m地点)	11	10	8	11	10	8
曳航速度 (cm/s)	53	53	53	53	53	53
音圧レベル (dB)	70	66	64	60	60	62
D_{50} (mm)	0.34	0.34	0.36	0.34	0.34	0.36
D_{90} (mm)	0.25	0.26	0.28	0.25	0.26	0.28

(b) 平面水槽実験結果 その1

曳航体	旧平滑型			旧やすり型		
試料名 (m地点)	11	10	8	11	10	8
曳航速度 (cm/s)	23	23	23	23	23	23
音圧レベル (dB)	72	67	58	60	59	57
D_{50} (mm)	0.34	0.34	0.36	0.34	0.34	0.36
D_{90} (mm)	0.25	0.26	0.28	0.25	0.26	0.28
曳航体	新平滑型			新歯付型		
試料名 (m地点)	11	10	8	11	10	8
曳航速度 (cm/s)	23	23	23	23	23	23
音圧レベル (dB)	69	69	69	65	57	48
D_{50} (mm)	0.34	0.34	0.36	0.34	0.34	0.36
D_{90} (mm)	0.25	0.26	0.28	0.25	0.26	0.28

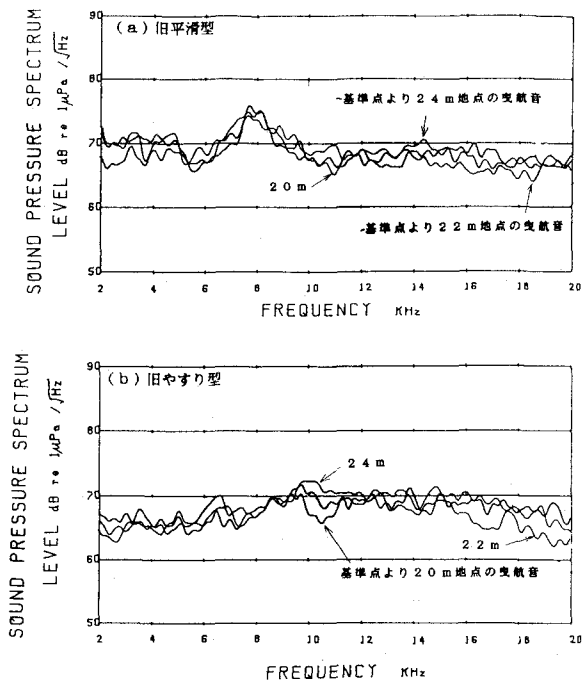


図-3 音圧スペクトル (吹上浜)

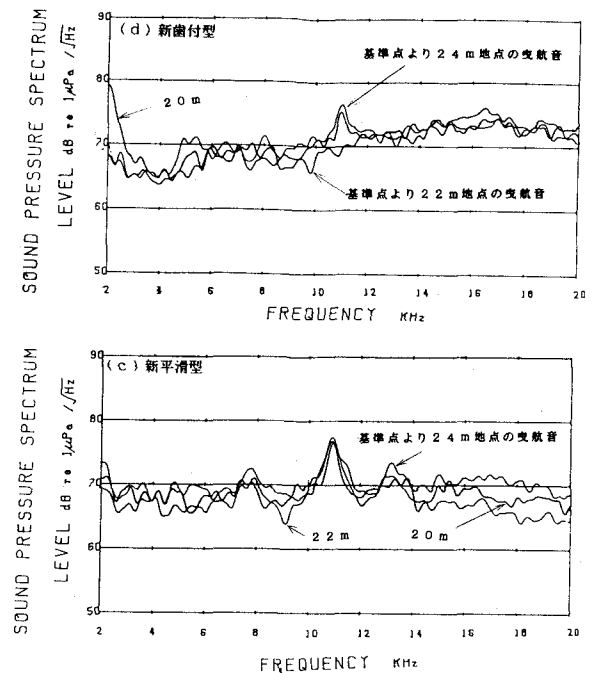
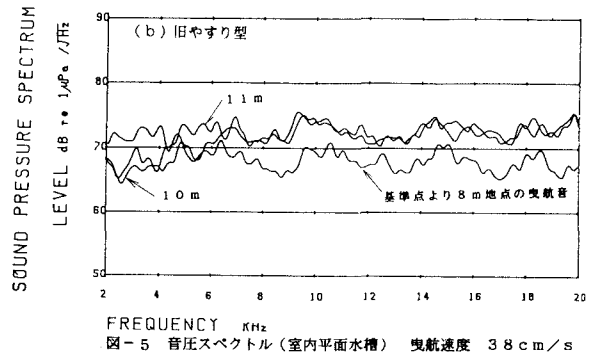
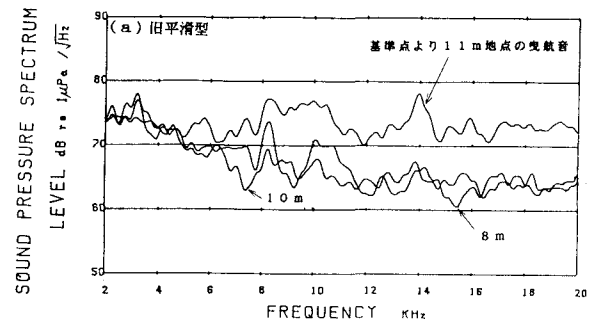
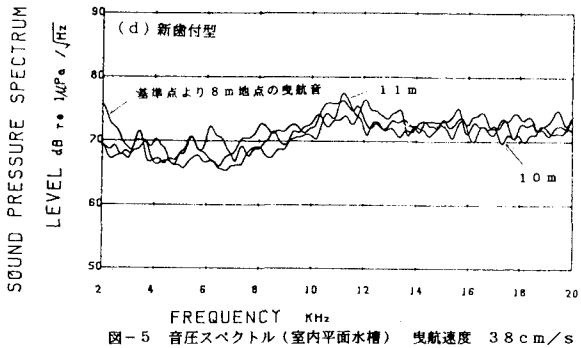
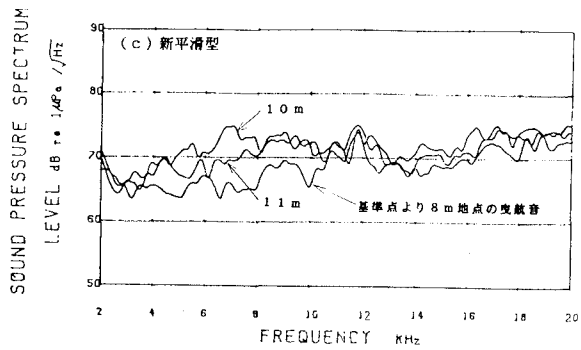
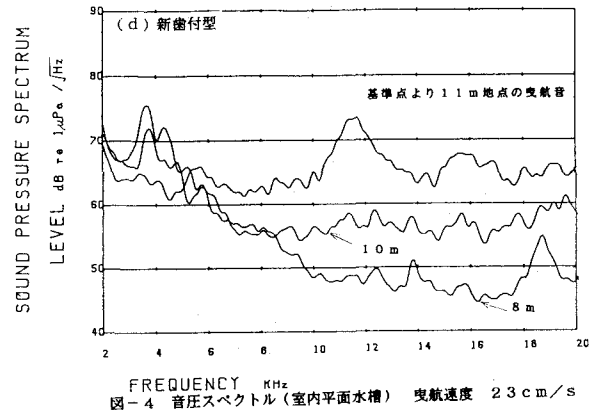
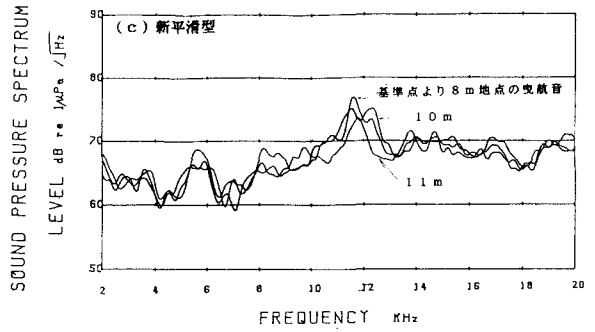
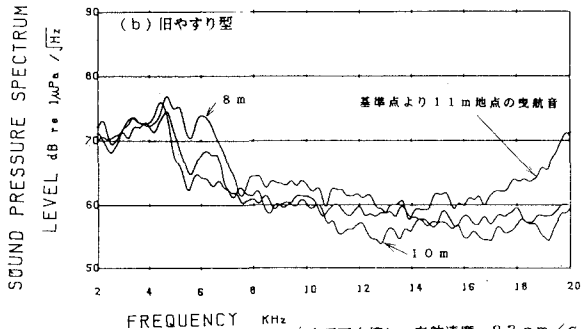
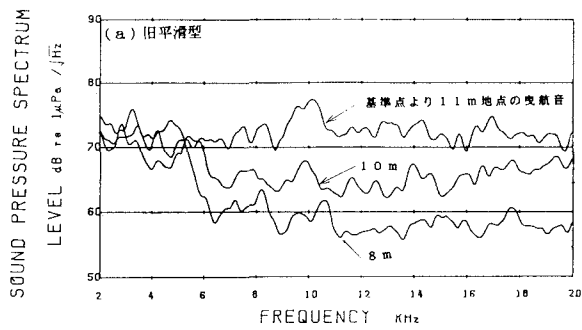


図-3 音圧スペクトル (吹上浜)



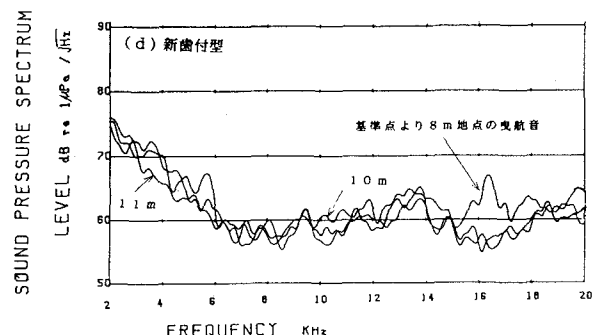
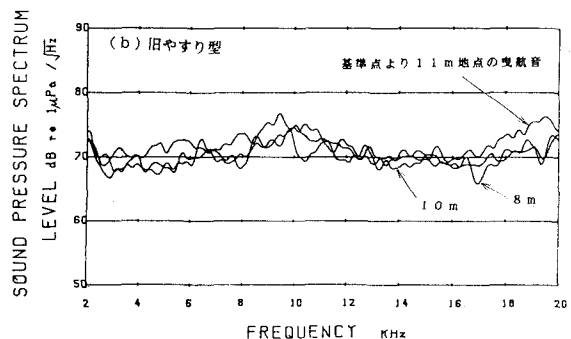
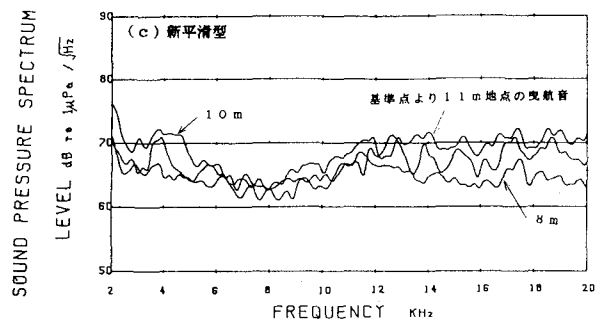
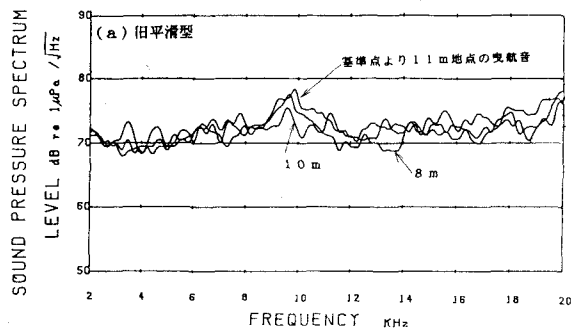


図-6 音圧スペクトル(室内平面水槽) 曳航速度 53 cm/s

図-6 音圧スペクトル(室内平面水槽) 曳航速度 53 cm/s

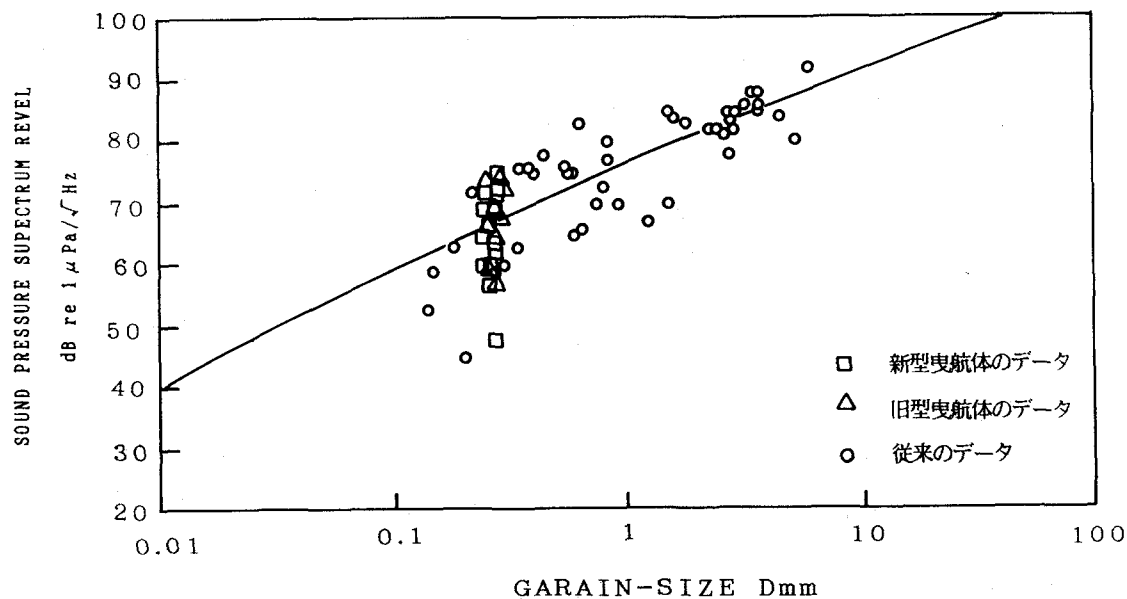


図-7 (a) $L_m \sim D_{50}$ 関係

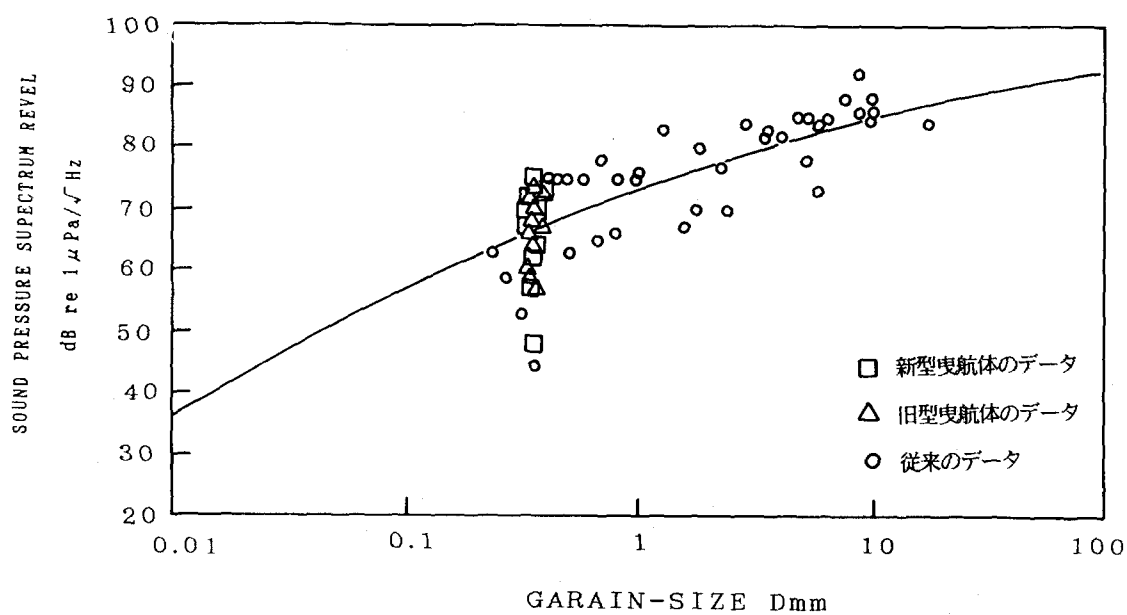


図-7 (b) $L_m \sim D_{50}$ 関係

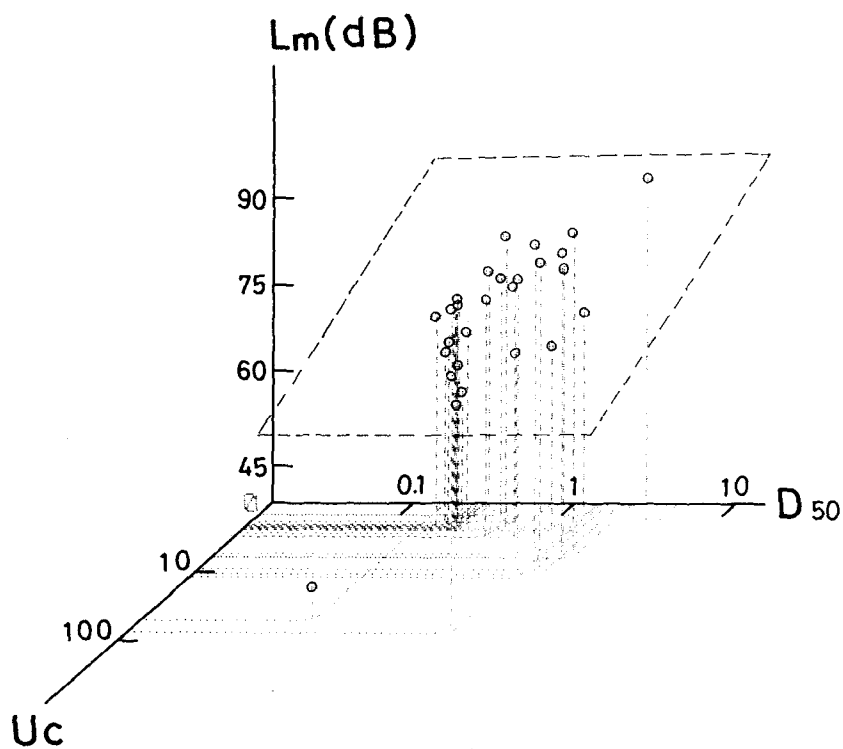


図-8 $L_m \sim D_{50} \sim U_c$ 関係