

模型点音源および線音源の試作と特性実験

高山 孝 小林 正雄 上原 幸雄

1 はじめに

道路交通騒音の伝搬予測や、防止対策の検討を進めるうに、縮尺模型実験は極めて有効な技法であり、近年、多くの研究機関で利用されている。このことから、当所においても模型実験のための準備として基礎的な実験をすすめている。

昭和55年度は、各種の模型音源（市販品、試作品）の性能実験を行った。小形のスーパーツイータ等の、いわゆる電気系の音源は、制御の面では有利であるが、形状、指向性等の問題点があり、小形のコーンスピーカーは音響出力が小さく音の伝搬を取扱う場合に難がある。このようなことから、音源として音響出力が大きく周波数特性が高域まで十分に伸びていて、しかも無指向性であるような音源を求めて、いくつかの音源の試作を行った。これらの試作音源のなかから比較的性能のよい点音源1点と、従来より評価の高い線音源1点について試作検討を行ったので報告する。

2 測定装置

当所の既設無響室24m²（4m×3m×2m）の金属格子床に25mmの合板を敷き固定し、更に表面にプラス

チックの化粧ボード6mmを貼って半自由空間を設けた。今回の実験に用いた測定系を図1に示す。

モニター用測定系は音源の音圧レベルを一定に保つための監視用である。

3 試作音源の構造

高い周波数領域において十分な音響出力が得られ、しかも安定している点では、圧縮空気によるジェットノイズを利用した音源が優れていると思われる。この方式の音源も、いろいろ紹介されているが、小林理学研究所で開発した線状音源は、実験を行ううえで有利な点が多い。この線音源の構造は外径5φの細い真鍮管に0.3φの小孔を定間隔にあげ、この管の外側に設けた筒に向けて高速気流を噴出させる。筒は厚手のトレーシングペーパーを用いているので、高速気流が当たると振動音を発生し、しかも圧力のむらを均等化する役割を果たしている。また筒には0.5φの小孔が無数にあげてあるので、ここからも音の発生が促進され、全体にランダムな位相の広周波帯域騒音が無指向性（軸方向に垂直な面での）となって放射している。

(1) 点音源

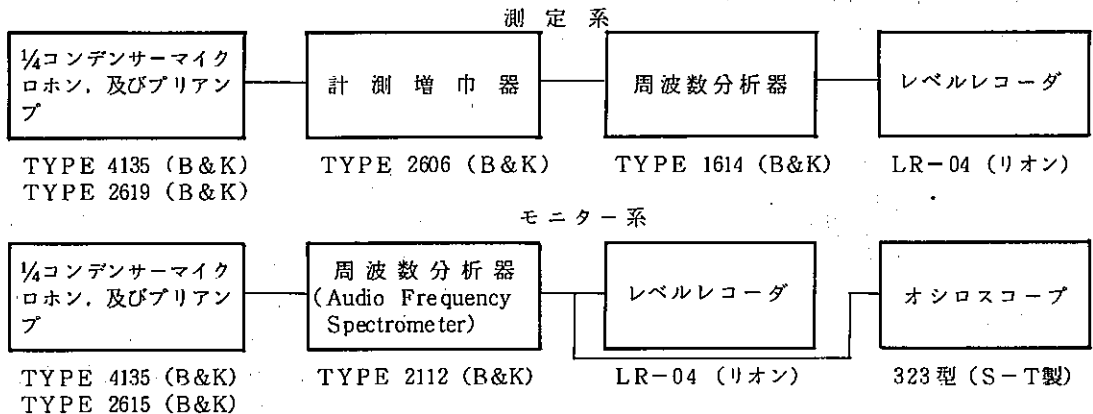


図1 測定系

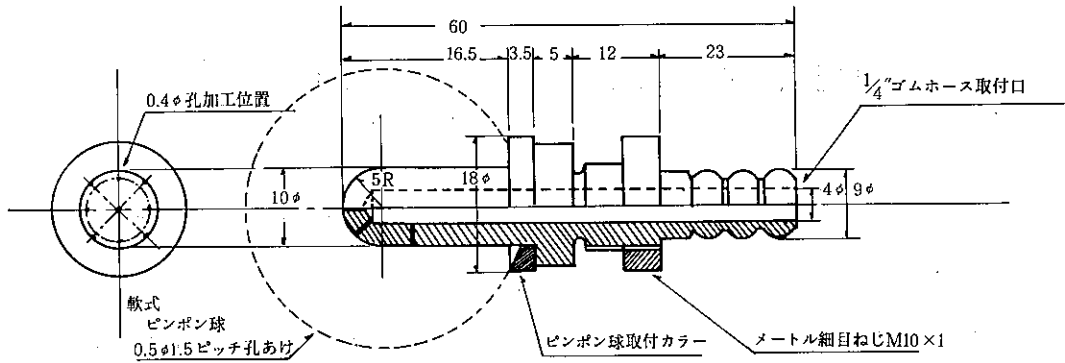


図2 点音源試作品の構造

上記線音源のような2重構造となっていて、内殻細孔のジェットノイズを外側の殻によって、鋭い指向性をやわらげ圧力を均等化して外殻細孔より噴出させる方式の2殻（2重）構造を点音源に適用してみた。

点音源の場合は、その構造が球体となるので工作は非常に難しくなるが、今回は、軟式のピンポン球を利用し、音源を数個試作してみた。試作品の構造を図2に示す。試作にあたって内殻細孔の配置には十分配慮するとともに、外殻であるピンポン球表面の細孔についても球面上に均等になるように工作した。また、ピンポン球の細孔は、0.5φの針で孔あけしたものと、0.5φドリルでボーリングしたものとの2通りのものを製作した。

(2) 線音源

小林理学研究所の方式と同形のものを試作した。試作品の構造を図3に示す。材質、寸法等は発表されている原形と同一であるが、スペーサーの間隔は多少異なっている。外側のトレーシングペーパーの筒の細孔は、点音源と同様に0.5φの針で孔あけをしたものと、0.5φのドリルでボーリングしたものとの2通りを製作

した。線音源の長さは、無響室の寸法により制限を受けるので、1ユニット（1m）を3本継ぎ、継目2箇所よりエアーを供給することとした。

(3) 音源の構成

図4は音源の構成を示す略図である。圧縮空気を得るコンプレッサーは、その容量が消費量を上まわる能力のものが必要であり、また調整用のタンクもある程度蓄える能力のものが必要である。今回使用したコンプレッサーは十分余裕のあるものとはいえないが、当所の無響室での使用には支障がないものといえる。コンプレッサーの仕様は、圧力スイッチ方式3.7kw、タンク容量150ℓ、定格圧力は9.9kgf/cm²、圧力スイッチは、9.9kgf/cm²でoff、6kgf/cm²でonの動作を繰り返すように調整した。線音源の場合は、タンクのエアー消費がはやく、使用後約5分間でコンプレッサーが始動するが、作動状態においても測定に何ら影響を与えるような不都合は生じなかった。エアートランスホームは圧縮空气中に混入している水分、油分、ゴミ等を取除くフィルタ付き減圧弁である。圧縮空気の圧力は2kgf/cm²一定で使用した。

4 実験結果

(1) 点音源

ア 周波数特性

音源の周波数特性を図5に示す。ピークは40KHz付近であり、100KHz近くまで発生音パワーがある。この結果から縮尺比1/40程度の道路交通騒音の音源として都合がよいとみられるが、球径38φでは約1.5mの大きさとなるので、この点車を点音源と考えた場合に適当かどうか検討が必要となる。

イ 指向特性

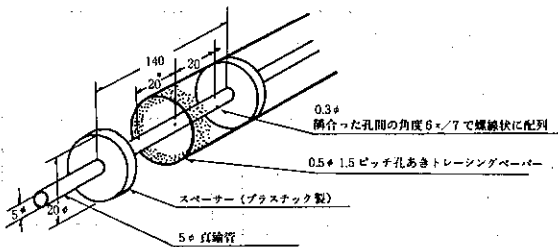


図3 線音源試作品の構造

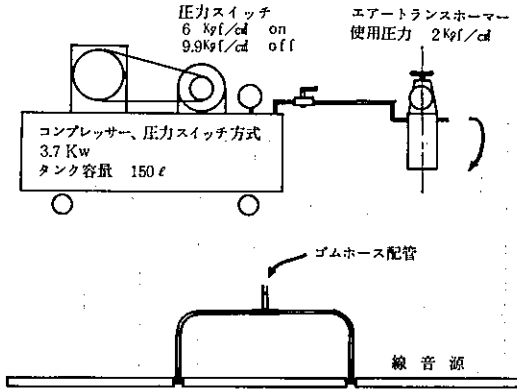
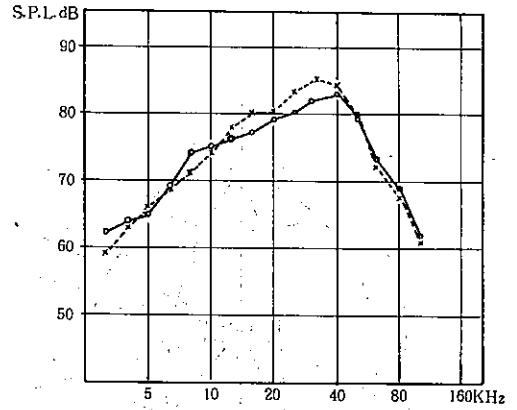


図4 音源の構成



×-× 線音源 $r=40\text{cm}$ (音源は床面に設置)
 ●-● 点音源 ノズル圧力 2kg/cm^2

図5 ジェットノイズ 点、線音源の放射音

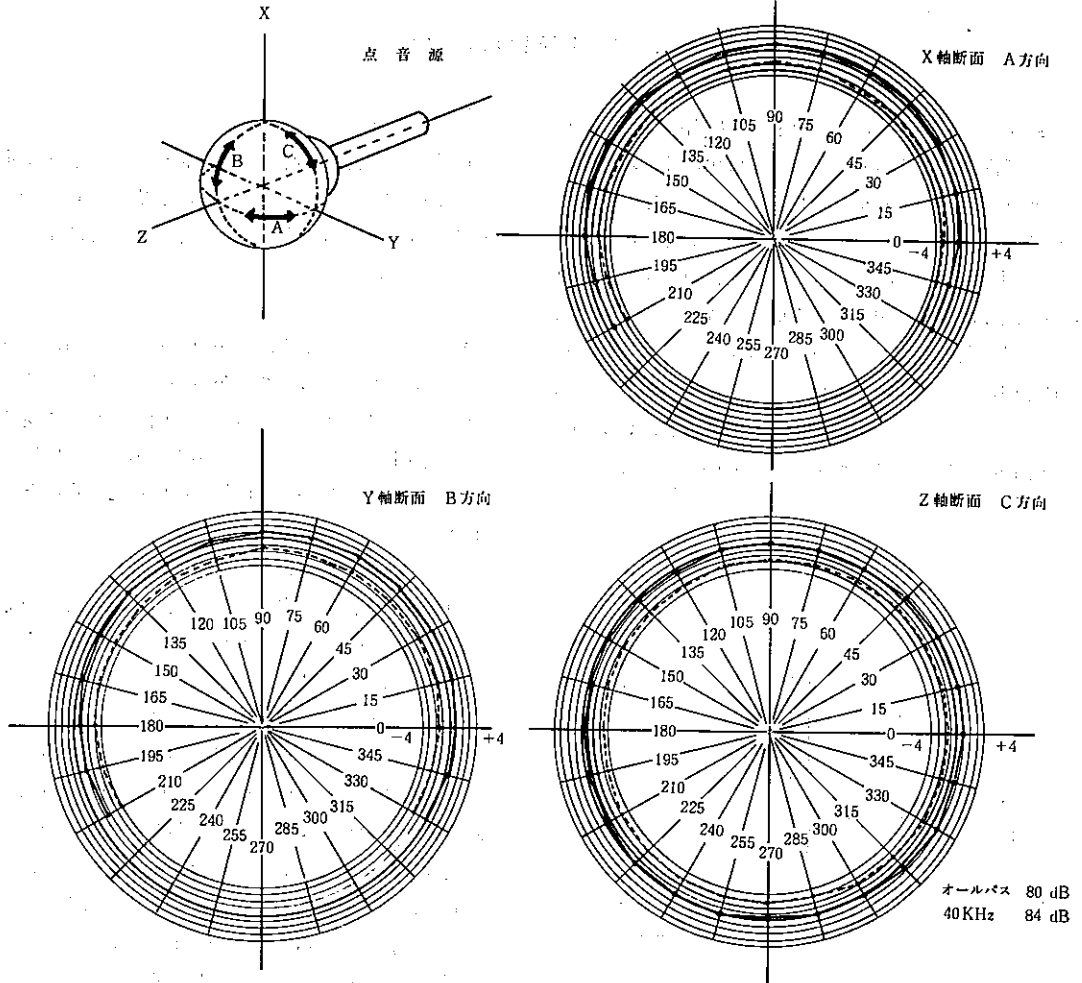


図6 点音源の指向特性

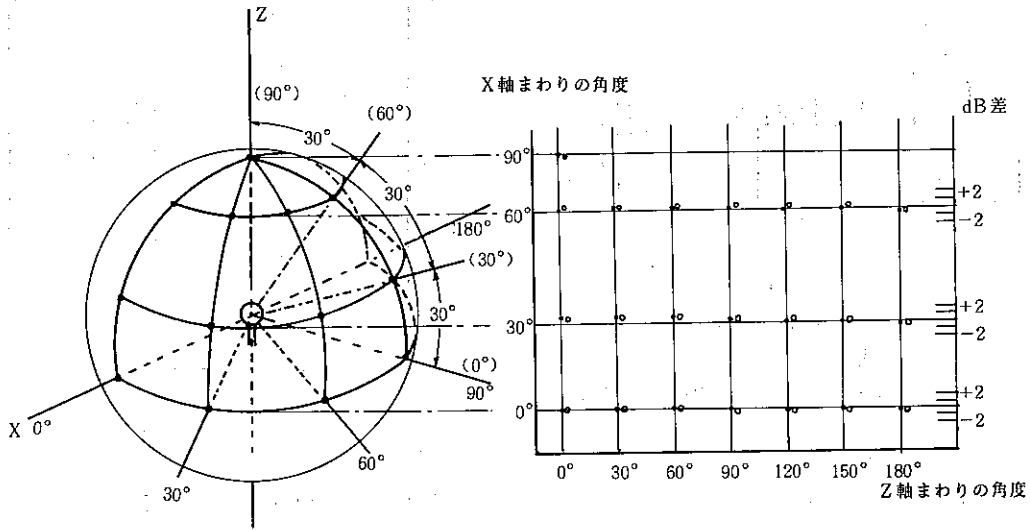


図7 40cm球面上の指向特性

1/3オクターブ(2KHz以上)毎に指向特性をみるのは紙枚を要するので、あらかじめ40KHzの分析レベルと、オーバオール(両レベル)で代表して差支えないことを確かめ、以後のデータに用いることとした。

音源を床面から離れた場合の発生音の指向特性について図6に示す。図示の如く球面をA、B、Cに分割し、各方向の $r = 40\text{cm}$ の位置の音圧分布を示した。A、B方向については取付金具が邪魔となるので、全周測定は無理である。この結果をみるとA、B、C3方向の指向特性は極めて良好で、3方向のすべてにわた

て $\pm 1\text{dB}$ とほぼ均一である。

図7は、点音源中心より $r = 40\text{cm}$ における1/4球面上の指向特性をみたものである。図6・図7の結果からこの音源は球面全体にわたって良好な指向特性を持ったものといえよう。

ウ 距離減衰

距離減衰についてみたのが図8である。図は音源を床面から離れた場合の 0° から 90° まで 30° 毎の各方向の減衰をみたものである。各方向にわたって逆二乗則が成立している。この結果からこの音源は球状に広がりをもせる理想的な指向特性を持った点音源といえよう。

エ 音源を床面に置いた場合の距離減衰

図9は床面設置の場合の距離減衰を示したものである。図示の如く音源より 90° (正面)のラインと 45° のラインについて床面に沿った角度を 0° とし、 90° (直上方向)まで 30° 毎の方向について測定した結果である。各方向ともほぼ逆二乗則が成立している。しかし床面に沿った角度 0° 、上方向の 60° 、 90° では、同一球面上のレベルが床面反射か或は吹出気流の影響を受けて差を生じている。したがって模型実験にあたっては、この影響面について十分配慮する必要がある。なお、音源は針孔のものとドリル孔のもの双方を使用した。両者の各特性はほとんど同一であった。ここでは加工精度のよいドリル孔の資料を図示した。

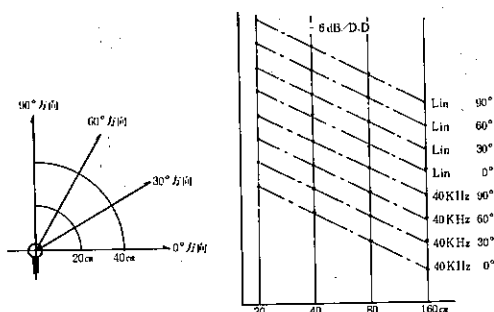


図8 点音源の距離減衰特性

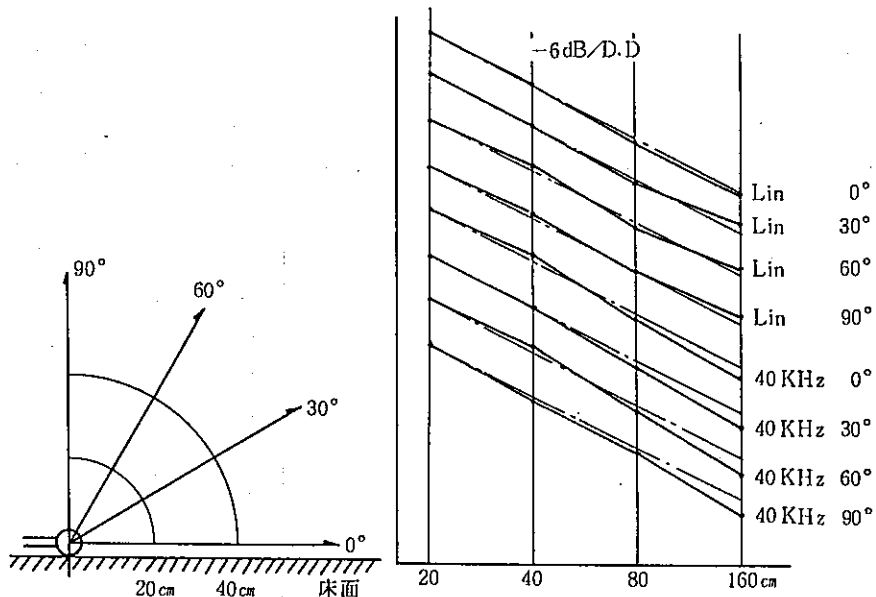


図9 点音源床面設置の場合の距離減衰特性

(2) 線音源

この音源については既に小林理学研究所で資料の発表を行っているので、床面に設置した場合の結果について紹介する。

ア 周波数特性

音源の周波数特性は図5に示すように、ピークは31.5~40KHzであり、100KHz付近までパワーがある。一般にノズルよりの空気噴出音のスペクトルをみると、孔径によって変化するといわれるが、資料では40KHz付近にピークのあるものが多い。

イ 床面上に設置した線音源の指向性

図10は長さ3mの線音源中央の横断面で測定した指向性と減衰状況を示したものである。指向特性は床面反射噴出気流の影響を受けると思われるので0°と90°(直上)ではレベル差が生じている。音源に接近した部分では、レベルが多少不安定となっている。半自由空間での指向特性は上部がややつぶれた形となるがこれは実際の平坦道路上を走る自動車の横断面指向特性とよく似ている。距離減衰の状況は、オーバオールレベルでは10cm、40KHzでは20cmを超えると倍距離-3dBの減衰傾向を示している。

ウ 音源軸方向での音圧分布

床上の線音源軸中心から45°方向10cmの位置で音源と平行に10cmピッチに受音点を設け、音圧分布をみたのが図11である。隣接する測点間ではレベル差は僅少

のようであるが、全体としては中央部のレベルがやや高い。これは真鍮管に螺旋状にあげた細孔の位置の影響か、エア供給の配管の関係か、スパーサーによるものかは不明である。図に示した測定値は、トレーシングペーパーにドリル孔加工した音源の場合であるが、針孔加工したものとの比較では、後者のレベル分布が多少バラついている。しかし、双方の測定結果はほとんど同一であるといえる。

5 おわりに

機械系の模型音源は、制御の点では問題となるが音響出力が大きく周波数特性が高域まで伸びている利点があって、騒音の伝搬性状を調べる場合は優れているため、今後も多用されることと思われる。しかし、指向性のある音源は測定上の制約を受けることから音源は無指向性のものが求められよう。模型実験は複雑な要素を去除き単純化する技術も重要であるから、交通騒音に関する模型実験を行う場合、音源そのものとしては単純であっても無指向性の点音源、線音源は特に必要となる。今回の実験からこの2音源は無指向性に優れていることがわかったが、さらに理想的なものを作りあげるために改良すべき点を考えて。

① 内殻の細孔配置が指向性に関係するので、無指向性にするためのバランスを考慮する。このためには内殻の形状は圧力空気が一様に放射できるように設計し、空気供給口、スパーサー、総目等が影響を与

えないような構造とする。

- ② 外殻は軽い材料ではあるが、内殻との位置関係（同心円）をしっかりと保つものが必要であり、かつ外殻にあげられた細孔はメッシュ配置を正確に保つことが必要である。

- ③ 音源の製作に際しては、機械加工の精度をできるだけ高く維持する必要がある。これらの点を考慮すれば性能のよい無指向性音源が製作可能であり、これからの実験に際し威力を発揮するであろう。

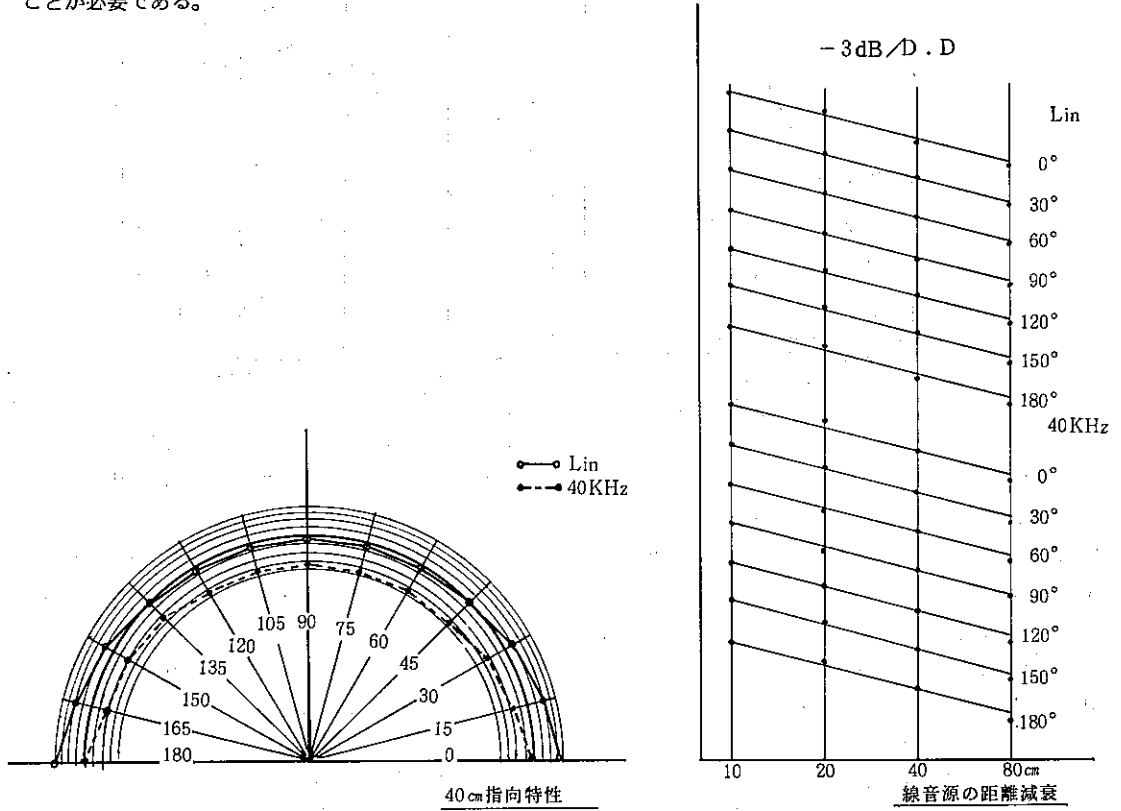


図10 線音源の特性

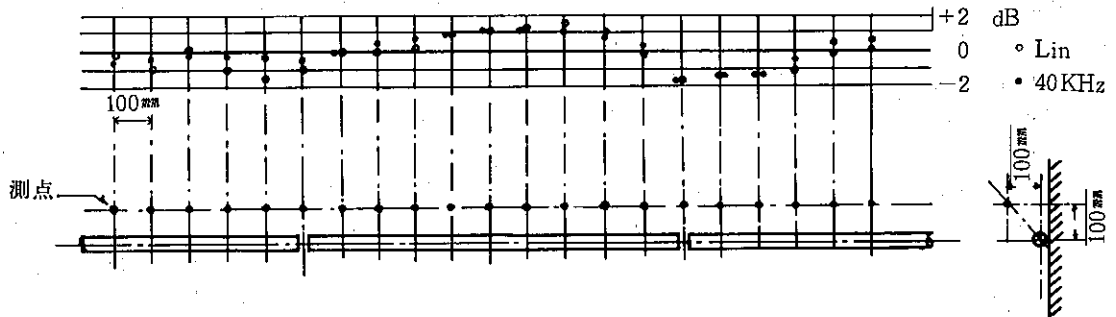


図11 線音源軸方向の音圧分布