

いかにして騒音を予測するか

—騒音予測プログラム“NOICON”—

一昔前、隣家から洩れてくるピアノ音が殺傷事件にまで発展したことがあった。これは極端な例だとしても、集合住宅での上階の子供の飛び跳ね音など日本の都市部の住宅事情では音の問題は日常生活に深く入り込み、人々は音に敏感になっている。また、ゆとりある快適な生活を指向する人々が多数派を占めるようになるにつれて、駅のホームの案内放送など過剰と思われる音の洪水の見直しが図られている時世である。

このような世の中の動向にともなって、工場や道路が新設される場合には、種々の規制値や基準を満足するのはもちろんのこと、周辺への騒音の影響を最小限にとどめるために万全の処置を施すことが要求されるようになってきた。このうち、防音設計・施工技術については防音新材料の開発、計測分析機器の発展ともあいまって、一応のレベルに達していると思われる。この防音技術と両輪をなすものが音の予測技術であり、当社では顧客から委託を受けて騒音アセスメントを実施してきた。ここでは、騒音アセスメントおよび騒音予測プログラム“NOICON”の概要と適用例を紹介する。

騒音アセスメントとは

工場や道路の新増設、都市計画変更による道路交通条件の変化などにもない、周囲の騒音の分布状況が変化すると予想される場合、新たな音源条件に対する周囲への影響評価（騒音アセスメント）が行われる。

第1図に示すように、音源Aから受音点Pへの音の伝搬には、拡散による距離減衰のほか、途中に建物や壁など障害物がある場合の回折減衰や壁面による反射、空気吸収や地表面吸収による減衰をとまなう。さらに、風や高さ方向の温度勾配がある場合には、音線の屈折により複雑な伝搬状況を示すことが知られている。音源のパワーレベル^{※1}が既知のとき、受音点での騒音レベル^{※2}（あるいは音圧レベル^{※3}）は音源と受音点間の距離、伝搬経路上に存在する障害物による音波のまわり込みにとまなう経路差から、地表面の状況や湿度・湿度などを勘案して算出することができる。

騒音アセスメントを行う場合、一般に音源数は複数であり、数百個におよぶこともある。第1図に示した例の場合、受音点Pには音源A、B、Cからの音が到達し、それらが重畳される。受音点Pでの騒音レベルは音源A、B、Cからのそれぞれによる騒音レベルがd B計算で加算^{※4}されている。受音点における各音源からの寄与騒音レベルの大きさを比較することにより、音源別の寄与度を把握することができる。これをもちいれば、防音対策を施そうとするとき、どの音源から順番に、どの程度の低減量をねらった対策をとればよいかが明らかになり、経済的かつ効率的な、的をえた防音対策をとることができる。

つぎに、騒音アセスメントは一つの受音点に対してだけでなく、工場の敷地境界線の周辺や道路沿線地域など、ある領域における騒音レベルの分布を知りたい場合が多い。このような場合、たとえば、その領域を格子状に分割し、それぞれの点で騒音レベルを予測計算して騒音コンターを作成すれば、全体の様子を一望できる。騒音コンターとは騒音レベルの等しい点を結んでえられる音の等高線のことである。騒音コンターを見れば、工場の敷地境界線で騒音レベルが規制されているような場合、どの場所で規制値を何d B超えそうかといったことがすぐにわかる。

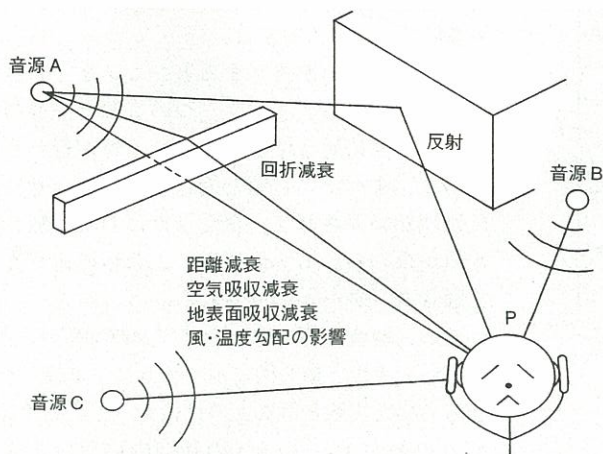
計算に際しては、回折減衰量、空気吸収減衰量、地表面吸収減衰量などは周波数に依存するので、騒音伝

※1 パワーレベルは、音源のもつエネルギーの基準値に対する比の対数表示で、単位はdB（デシベル）。

※2 騒音レベルは、ある場所での音圧の基準値に対する比の対数表示で、単位はdB。パワーレベルと騒音レベル（あるいは音圧レベル）はともにdB単位のため、しばしば混同されるが、パワーレベルがジュール（J）単位のエネルギーであるのに対し、騒音レベルはパスカル（Pa）単位の圧力。パワーレベルと騒音レベルの関係は地震におけるマグニチュードと震度との関係に似て、騒音レベルや震度が測定する場所によって値が異なるのに対し、パワーレベルとマグニチュードは音源あるいは地震に対して固有の値をもつ。

※3 音圧レベルと騒音レベルは、前者が物理的な音圧振幅を表わすのに対し、後者は人間の聴感に合わせて周波数補正をかけたもので表わされる。通常、A特性と呼ばれる周波数補正をかけ、単位に（A）をつけdB（A）あるいはホンで表わす。ホンはわが国特有の単位で、dB（A）と同じ。

※4 dB加算は、対数加算のため、50dBと50dBの和は100dBではなく、53dB。



第1図 音の伝搬

搬の演算は周波数バンドごとに行い、後で加算して総合的な騒音レベル（オーバーオール騒音レベル）を求める。

このように騒音予測計算は複雑な演算になるので、音源数、受音点数が2、3個にとどまる場合には、従来から行われてきたような手計算で処理することも可能ではあるが、一般には、膨大な繰返し計算をコンピューターにまかせることになる。

騒音アセスメントのうち道路交通騒音に対しては、日本道路公団などからの研究委託を受けて日

本音響学会が示した予測計算方法がかなり広く利用されている。この方法は、等間隔・等パワーモデルを採用しているために、取扱いが比較的簡便であるので、道路からの距離が100m以下程度の受音点に対しては、手計算で騒音予測の目安をえるのに有用である。

道路交通騒音のアセスメントを広い領域にわたって、より詳細に行いたい場合には、道路上の音源を分布点音源に置換え、工場などの固定音源と同様に計算する方法が有効である。

C-2

騒音予測プログラム“NOICON”

騒音予測計算をコンピューターをもちいて行うのに、当社では、(株)神戸製鋼所 機械研究所が開発したプログラム“NOICON（ノイコン）”を使用している。

このプログラムは次のような特徴をもっている。

- ①騒音コンター作図——任意の間隔の格子点および任意の座標の指定点をもちいて、任意のレベル間隔のコンターを描くことができる。
- ②音源寄与度リスト——指定した受音点での音源別の寄与騒音レベルを寄与順に表示することができる。これをもちいて、的確な防音対策の検討をすることができる。

③道路交通騒音予測——前に述べた日本音響学会方式に準拠して音源パワーを算出し、周囲の騒音分布予測を高精度に行うことができる。

④建屋内音源の変換——従来は手計算による事前準備を必要としたが、建屋内の音源データ、屋根・側壁の吸音、遮音データから室内音響を計算して、外部に対する面音源データを作成する変換計算を自動的に行うことができる。

なお、風向・風速や温度勾配など気象の影響はその分布が空間的、時間的に一様でなく、取扱い方法が確立されていないので、本プログラムでは考慮しない。

C-3

騒音予測の手順

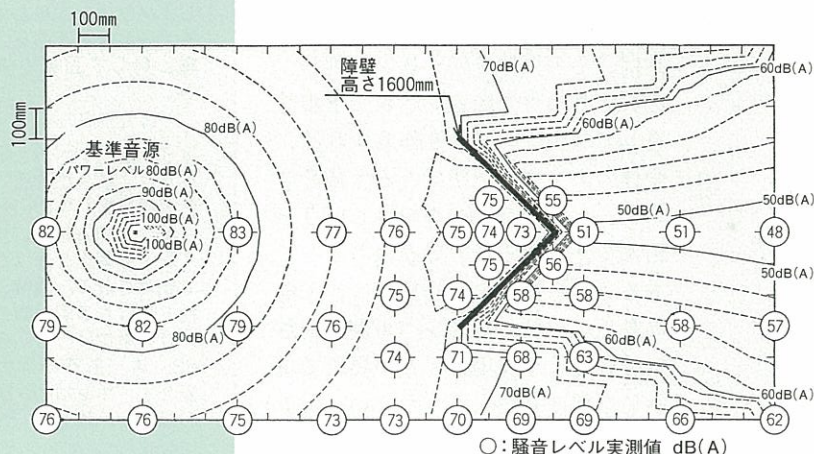
NOICON をもちいて騒音予測する場合の手順を以下に示す。

まず、音源データとして、音源の周波数バンドごとのパワーレベルとX、Y、Z座標を準備し、入力する。音源のパワーレベルは機器メーカーか

ら入手するが、入手できない場合には、類型機のデータから類推したり、機械仕様や運転条件から推定することになる。いずれにしても、騒音予測の正確さを支配する第一の因子は、音源データをいかに正確に見積るかであり、この過程をおろそかにすることはできない。つぎに、受音点、建物、壁などのデータを入力する。建屋内音源の自動変換計算を行う場合には、建屋内の音源のデータと屋根・側壁の座標、音響特性などを入力する。

データの入力終了すると、コンピューターは演算を開始する。まず、一つの音源と一つの受音点の組合せに対して騒音レベル演算が行われ、つづいて、すべての音源と受音点との組合せに対して処理が繰返されて、全受音点における騒音レベル値が求められる。最後に、これらの値をもちいて騒音コンターが作成される。

なお、騒音予測プログラム“NOICON”の計算精度については、第2図に示すように、単純なモデルをもちいた実験と計算との比較から、実測値と計算値との差が1～2dB(A)の範囲内におさまっていることが確められており、実用上、十分な精度をもっている。



第2図 検証実験結果

海外のある化学プラント新設時に、騒音アセスメントを行った例を紹介する。

建設予定地は敷地境界線で、A特性騒音レベルを65dB(A)以下におさえることが要求されていた。プラント内には大型圧縮機や弁類、高圧配管などパワーの大きな音源が多数点在するので、騒音検討を行わずにプラントを建設すれば、騒音規制値を満足できず、大きな問題となることが懸念された。そこで、計画当初からNOICONによる数値シミュレーションを繰返し、設備のレイアウト、建屋の防音構造、機器・配管の防音対策仕様が詳細に検討された。そして、騒音規制値を満足し、かつ、技術的・経済的に実現可能な最終仕様が決定された。

最終仕様に対する騒音予測コンターを第3図に示す。第3図において、*は音源を、■は騒音伝搬に対して障害物となる建屋を示す。騒音コンター線は、2.5dB(A)ピッチ（点線）で描かれており、10dB(A)ごとに実線で結ばれている。音源数が多く、かつ、広範囲にわたって分布しており、また、障害物となる建屋数も多いので、予測騒音コンターは非常に複雑な形状を示している。図中のピッチの大きな点線が、騒音規制の対象となるプラントの敷地境界線を示す。

予測計算結果は、背後が丘陵で規制のゆるい図の左側の境界上で50~67dB(A)、

規制値遵守が要求された図の下から右への境界上では54~63dB(A)となり、規制値65dB(A)を満足できる見込みであった。また、規制値クリアが最も厳しい地点は、音源密集地域の右側になると予測された。

プラントが完成し、稼働後、現地で敷地境界線に沿って測定された騒音レベル実測値を第3図中に○内数値で示す。実測値と予測計算値との差は最大3dB(A)以内におさまっており、分布状況も非常によく一致して、アセスメント手法の妥当性が確認された。また、騒音規制を満足することができ、面倒な騒音トラブルを未然に回避することができたと評価された。



第3図 化学プラントへの適用例

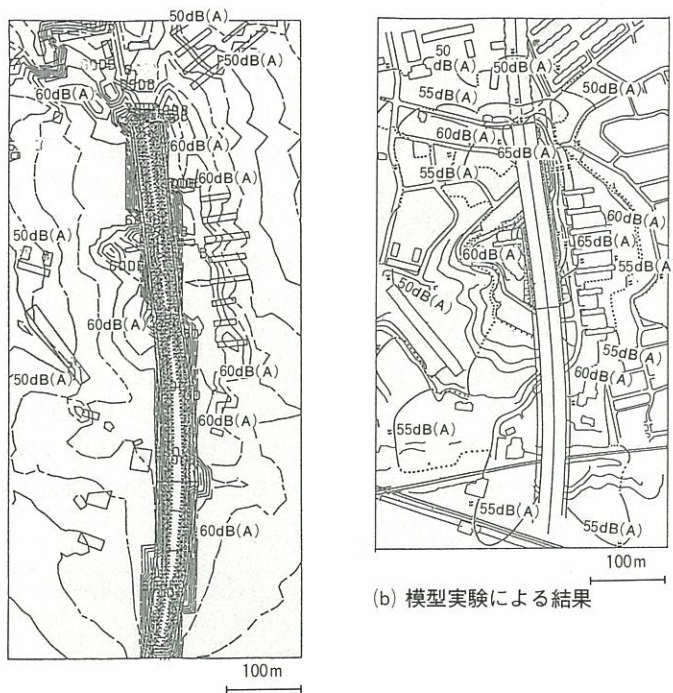
高速道路への適用例

K市に計画された道路新設時の騒音アセスメントの例を示す。

この道路は住宅地を通過する高架道路で、大気汚染とともに騒音の周辺環境への影響が懸念されて騒音アセスメントが実施された。

実物がまだ存在しない計画段階で騒音アセスメントを行うとき、地形が複雑で音の伝搬が複雑になると予想される場合には、しばしば模型実験が併用さ

れる。模型実験は複雑な音の伝搬性状を模擬することができるものの、構造物の仕様を少しずつ変化させて影響評価を繰返そうとすると、膨大な時間と費用を要する。多数の条件変更に対して効率的に影響評価するには、コンピューター内で条件を容易に変更することのできる数値シミュレーションが有利である。ただし、シミュレーションの妥当性を検証しておく必要があり、両者が併用される。



(a) 数値シミュレーションによる結果

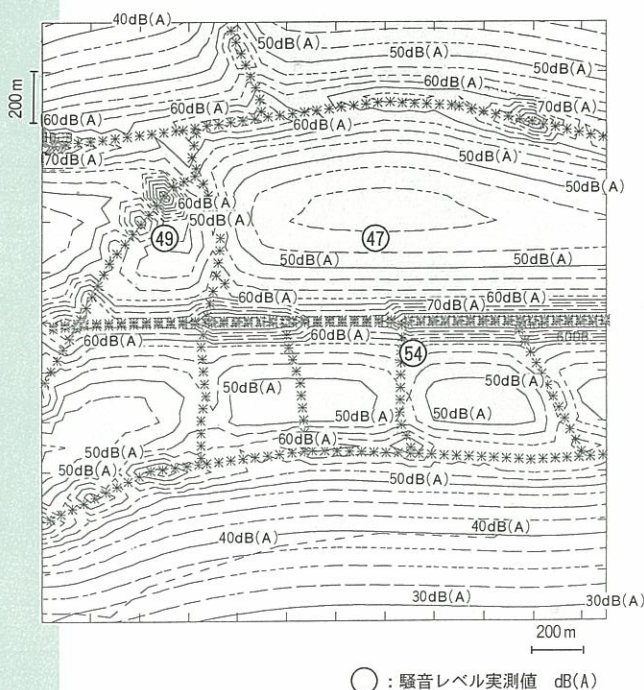
(b) 模型実験による結果

第4図 高速道路への適用例

同一条件に対して、模型実験と数値シミュレーションによってえられた結果の比較例を第4図に示す。第4図において、中央を上下に貫いているのが計画されている道路で、左図中の*は音源を示す。その推定交通量、車種分類などから音源のパワーを見積り、それに基づいてアセスメントを行った。両者のコンター線が複雑に入り組んでいるのは、地形の起伏が複雑で、受音点の高さが異なるためである。模型実験による結果と数値シミュレーションによる結果がよく一致していることがわかる。

C-6

市街地再開発への適用例



第5図 市街地再開発への適用例

A市における駅前市街地再開発事業に対して騒音アセスメントを行った例を示す。

市街地にホテル、ショッピングセンター、レジャー施設などの建設が計画され、それにとまう道路交通状況の変化による環境影響評価の一環として、騒音アセスメントが実施された。まず、現況での交通量調査と再開発後の交通量予測が行われ、それぞれのデータに基づいて騒音アセスメントを行った。

第5図に予測手法の妥当性確認のために、現況に対する計算の結果えられた騒音コンターの一例を示す。第5図において、*は音源で、*の列が予測計算の対象とした主要な道路である。また、図中の○内の数値は計算前に測定調査してえられた騒音レベル実測値である。

計算対象地域では道路交通騒音が支配的で、ほかに顕著な音源が存在しないので、道路交通騒音のみを音源とした。計算値は実測値とよく一致することがわかる。

こうして予測手法の妥当性が確認された後、再開発後の種々の条件に対して予測計算が行われ、計画検討のための有効な資料となった。

騒音予測技術の概要と適用例を紹介した。騒音予測にはここで紹介した手法のほかに、境界要素法(BEM)をもちい、音波の波動的挙動を考慮して音

の伝搬・分布状況をシミュレートする三次元音場解析プログラム“ACOUSIS”もあり、活用している。

[振音流動技術室 増田輝男]