道路交通騒音の諸問題

中 須 賀

聡 *

はじめに

国民が日常生活を営み社会経済活動を行っていく上で、道路は基盤となる社会資本であり、交通機能のみならず電気、上下水道、通信施設のような公共施設の収納、防災空間の確保、景観面における寄与などその多面的な機能により、国民生活に多大の利益をもたらしている。その反面、自動車交通の増大や都市の過密化などにより道路交通に伴う騒音・大気汚染などの公害が発生し、沿道地域の居住環境を阻害する一因となっている。

道路交通に起因して発生する公害は多岐にわたって取り上げられることが多いが、その中でも道路交通騒音は日常生活を営んでいる場において直接に認知できるため苦情件数が最も多く、道路環境の中でも重要な問題であると言える。調和のとれた地域開発を進め、道路を計画、建設、管理していく場においては、騒音の影響を事前に予測、評価し、適切な防止対策を講じることが課題となっている。

また、道路環境に関する最近の大きな動きとして、「環境影響評価実施要綱」が昭和59年8月に閣議決定されたことが挙げられる。建設省でもこれを受けて、「道路事業環境影響評価技術指針」を昭和60年9月に通達した。これは、これまで実施してきた環境影響評価と基本的に変るものではないが、環境面での道路のあり方について技術的事項を含めて議論されることが今後多くなると予想される。

ここでは、道路交通騒音の予測・対策・評価について、研究例を挙げながら技術的な側面から述べ、今後の課題について多少触れることとする。

1. 道路交通騒音の予測について

騒音問題は、一般に騒音の発生、大気中での伝播、

対象への暴露という3つの現象としてとらえることができるが、それぞれ多くの要因に影響される(図-1)。騒音を予測するためには、これらすべての要因の因果関係、影響の度合いなどを定量化し説明することが必要となる。道路交通騒音に限って言えば、騒音の発生については自動車のエンジン音やタイヤ音の発生機構、走行速度や道路勾配の影響などが、伝播については道路構造や沿道状況の影響、遮へい物や反射物の取り扱いなどが要因として挙げられる。しかし、現実にはこれらすべての要因を説明することは困難であるため、予測式の導出過程で現象のモデル化が行われる。したがって、予測式の適用にあたっては予測モデルの内容および適用範囲を十分に理解し、実現象とモデルが同一であることをチェックすることが必要である。

1.1 等間隔モデルによる予測

現在、道路交通騒音の予測には等間隔モデルを基本とした計算式が広く実用に供されている(式1)。これは、自動車が道路上を一列で等間隔に並び、一定速度で走行しているという交通流モデルと、個々の自動車が等しい音響パワーを有する点音源であるとする音響モデルから導出した理論式を基本としており、実測値との照合により補正項を設けて一般性をもたせている。このため、地表面による過剰減衰や反射音の取り扱いなど予測式に十分に反映されていない要因も多く、予測式の適用範囲は限定される。一般には、次に示す条件下で適用することを原則としている。

- (1) 比較的平坦な地形に、平面、盛土、切土、高架の各構造の道路が連続している場合
- (2) 自動車が30km/h~100km/h程度の速度で定常的に走行している場合
- (3) 予測点が道路から160m(一般道路の場合)または、80m(自動車専用道路の場合)までの場合

しかしながら、実際の道路交通騒音の環境影響評価においては、この適用範囲を超える条件下で予測を必要とする場合がかなりある。これらの条件は、おおむ

* 建設省土木研究所道路部交通環境研究所 研究員
Satoshi NAKASUKA

$$L_{50} = L_w - 8 - 20 \log_{10} \ell + 10 \log_{10} \left(\pi \frac{\ell}{d} \tanh 2\pi \frac{\ell}{d} \right) + a_d + a_i \quad \text{---(式1)}$$

ここに、

- L_{50} : 道路交通騒音の中央値(dB(A))
- L_w : 1台の車から発生する騒音の平均パワーレベル(dB(A))
- ℓ : 音源から受音点までの距離
- d : 平均車頭間隔(m), $d=1000 V/N$
- N : 交通量(台/時)
- V : 平均走行速度(km/時)
- a_d : 回折減衰による補正值(dB(A))
- a_i : 沿道地表条件による影響など種々の原因による補正值(dB(A))

図-1 環境騒音問題のとらえ方¹⁾

ね道路構造あるいは道路線形が複雑な場合と、交通流が停止、発達などを伴い定常でない場合に分けられる。このような場合の予測方法は、現在のところ確立されたものではなく、研究段階にあると言える。

1.2 道路構造などが複雑な場合の予測

道路構造などが複雑な場合としては、トンネル坑口部、建物周辺部、高架道路の併設部、掘割構造部などが挙げられる。このような箇所では、騒音が伝播していく過程で回折、反射、減衰などの現象が複雑に生じるため、単純化した計算モデルを作成すること自体が難しく、理論計算のみで騒音レベルの分布を予測することは適当でない場合が多い。

騒音の伝播過程に介入する現象を一括して取り扱う方法としては、3次元の模型を用いた実験がしばしば用いられる。この方法は、模型材料の選択、音響特性の相似性などいくつかの問題点があるものの計算よりも有効な手段となりうる。以下に、高架併設部と掘割構造部を取り上げて例示する。

高架併設部すなわち平面道路上に高架道路が併設された区間においては、平面道路を走行する自動車から発生した騒音が高架道路によって反射され、沿道への

騒音伝播に影響する場合がある。この場合の騒音予測モデルとしては、幾何音響的な反射音の取り扱いを基本とした音像法と、高架道路と平面道路の間に拡散音場が形成されると仮定した拡散音場法が提案されているが、いずれも十分な検証がなされておらず予測精度や一般性に問題がある。したがって、現段階では高架併設による影響があると判断された場合には、模型実験によって高架道路が存在することの影響を求め、等間隔モデルによる予測結果に反映させることが必要となる。図-2は、6車線の平面道路上に高架道路を新設した場合に、沿道の騒音レベルがどの程度変化するかを模型実験により求めた結果である。図中の斜線部分は騒音レベルが2dB(A)以上増加した範囲を示すものであるが、高架道路の高さによってその影響が変化することを示している。

掘割道路周辺の騒音予測モデルとしては、掘割側壁での反射を考慮した方法と掘割道路の開口部を面音源と仮定した方法がこれまでに提案されている。反射を考慮した方法は、掘割の側壁面を反射面として虚音源を考え、反射音が虚音源から伝播するものとして直接音と合成するものである。この方法は、実用面で何次反

図-2 高架道路の併設による騒音レベルの増加量（断面交通量：1000台/h，高架裏面：1桁構造）

射まで考慮すべきか，地表面などによる過剰減衰をいかに導入するかが問題となる．また，面音源を仮定した方法は，自動車から発生した音が掘割道路の側壁や路面で多重反射することにより掘割道路内部が音響的に拡散状態になるものと仮定し，掘割開口部に新たに設定した面音源からの騒音伝播として導びかれたもので

ある．この方法は，掘割内部の音場が掘割深さ，開口幅，交通条件などに影響され常に拡散状態であるとは考え難いこと，各補正項の実測値との対比が十分でないことなどの問題がある．したがって，掘割道路周辺の騒音予測にあたっては，模型実験を主体として行うことが必要であろう．

図-3 掘割道路周辺の騒音分布（交通量：1500台/h，車速：60km/h，大型車混入率：15%）

掘割道路周辺の騒音分布の一例として、模型実験に基づいて整理した結果を図-3に示す。これは、さまざまな対策を施した掘割道路と盛土および切土道路での60dB(A)の等騒音レベル線を比較したものである。これを見る限りでは、対策を施していない掘割と盛土、切土では大きな相違はなく、掘割道路が特に静かな道路ではないことがわかる。しかし、掘割道路はその構造上種々の防音措置を行うことが可能であり、環境面で望ましい構造とすることができる長所を有している。

1.3 交通流が定常でない場合の予測

交通流が定常でない場合としては、信号交差点部や料金所周辺およびインターチェンジなどが挙げられる。このような場合の騒音予測には、電算機によるシミュレーション計算を試験的に用いる場合が多い。シミュレーションモデルの基本は、自動車を移動する点音源とみなして、個々に車頭間隔、車種、速度などを与えて任意に動かし、地形や遮音施設などによる回折減衰と地表面による過剰減衰を考慮に入れて1台の自動車から受音点に到達する騒音レベルを計算することである。したがって、交通流の変動を取り扱う場合には、その情報量が多く諸係数が与えられていることから有効な手段であると言える。ただし、騒音伝播も含めて取り扱う場合には地表面の影響など十分に数量化できない要因があり、今後の検討が必要である。

シミュレーション手法を利用した研究の一例²⁾として、信号交差点付近の騒音レベルの時間変動を車両の走行状態別に算出し、その構成要素について検討した結果を図-4に示す。これは、瞬時騒音レベルを交差点部における主な走行モードである加速と減速に分けたものであるが、加速あるいは減速時に発生する比較的

図-4 交差点部の走行モード別瞬時騒音レベル

大きな騒音は信号の現示により同時に起こることはなく、自動車の加減速走行の影響が騒音レベルの中央値に直接現われていないことがわかる。

2. 道路交通騒音の対策について

道路交通騒音を低減させるために実施されている対策は、図-5に示すように、自動車構造の改善や交通規制などの発生源対策、バイパスの整備や遮音壁の設置などの道路整備対策、緩衝建築物の沿道への誘導や沿道建築物の防音構造化などの沿道における環境保全対策に分類される³⁾。しかし、どれを取ってもそれだけでは十分な対策とは言えず、実際には対策の実現性、経済性、住民の意向などを考慮して、各々の対策を組み合わせる総合的に実施することが重要である。

2.1 自動車構造の改善による対策

騒音対策の基本は、騒音の発生自体を抑制することであり、自動車構造の改善による発生源対策がこれにあたる。我が国では自動車から発生する騒音に対して年々段階的に騒音規制を強化している。これらの規制の対象となる騒音は加速度走行騒音であり、エンジン

図-5 道路環境対策の考え方

音および排気音の寄与度が圧倒的に大きいため、これまでの発生源対策のほとんどがエンジン音と排気音に集中していた。しかし、道路を建設し管理する際に問題となるのは、むしろ定常走行騒音であり、その場合にはタイヤ音の寄与度がかなり大きい。したがって、今後さらに騒音規制を強化して行くうえで、タイヤ音の対策は重要な課題であろう。

タイヤ音の対策としては、タイヤカバーを施すとかタイヤのトレッドパターンを変更するなどの方法が考えられる。このうち、大型車の前後輪にタイヤカバーを装着した場合の騒音低減量を図-6に示す。タイヤの

図-6 タイヤカバーによる騒音低減効果

種類によっても異なるが、かなりの効果が得られている。しかし、これを実用化するためには、長時間走行に伴うタイヤ温度の上昇、点検整備時や悪路走行時の対応など種々の問題を解決する必要がある、自動車メーカーやタイヤメーカーの積極的な取り組みを期待したい。

2.2 道路整備による対策

マクロな視点から見た騒音対策として、道路網を整備し、適切に交通流を分散させることが挙げられる。これは、道路側からの対策としては基本的なもので、パ

イパスや環状道路の整備などである。道路計画にあたっては、道路の有機的な連絡を基本とするが、道路が住居地域を通過する場合には環境保全対象の位置、規模などを十分に考慮することが重要である。また、道路構造を選択する場合には、周辺地形などに応じて騒音が沿道に伝播しにくい構造とすることが望ましく、高架や堀割道路が多く採用されている。図-7は道路構造別に騒音レベルの距離減衰を比較したものである⁴⁾。各道路構造の諸元、受音点位置などによって減衰傾向は変化すると考えられるが、切土と堀割構造での減衰が大きいことがわかる。

このほか、道路の緑化や美化によるうるおい観の増進、歩車道分離や歩道のカラー舗装などによる安全性の向上など直接に騒音レベルの低減には結びつかないが、心理的な面で環境対策についても積極的に進めていく必要がある。

2.3 遮音壁などの設置による対策

遮音壁や築堤の設置、反射面の吸着処理などは、騒音の伝播経路上で騒音を遮へいあるいは吸収し、沿道へ伝播する騒音を低減させるものである。このうち、遮音壁による対策は施工が安易であり、対策効果も大きいことから自動車専用道路を中心に多く利用されている。しかし、景観の立場からは必ずしも好ましい対策とは言えず、また一般道に設置する場合には、沿道とのアクセスを妨害し地域分断をもたらすほか、交差点部の安全性に影響するなどの問題がある。

景観面については、遮音壁にツタをからませたり彩色する方法あるいは化粧板を取り付けるなど、遮音壁を目立たなくする方向の改善策がとられている。今後は、遮音壁の材質や造形などを検討し、遮音壁自体に構造的な要素や視線誘導のような他の機能を付加す

図-7 道路構造別の騒音距離減衰（断面交通量：6,400台/h、車速：60km/h、大型車混入率：15%）

図-8 遮音壁の効果と費用

ることも必要であろう。

遮音壁を設置する際の実務的な面として、図-8に費用と効果の関係を示す⁴⁾。遮音壁は音響的に反射型と吸音型に分けられるが、設置費用あるいは耐久性の面からは反射型が有利である。また、設置した遮音壁によって生じる反射音が沿道環境に影響する場合には、吸音型を用いるべきである。ただし、両者の実際の対策効果の差は調査段階にあり、選択基準などの整備は課題のひとつである。

反射面の吸音処理は、トンネル坑口部や掘割道路周辺の騒音対策を中心に利用されており、高架道路裏面

の反射音対策に用いられた例もある。図-9はトンネル坑口から放射される騒音の距離減衰を計算により求めたものであるが⁵⁾、トンネル内壁の吸音処理によりかなりの騒音低減効果が得られている。一般に、反射面の吸音処理による対策は周辺の音場に影響され対策効果を予測することが困難である。対策の有効性を判定するひとつの目安としては、吸音処理を施す周辺が拡散音場に近いかどうか挙げられ、拡散音場の場合にはある程度の騒音低減が期待できると考えられる。また吸音処理に用いる音響材料は、自動車から排出される黒煙などの付着によって性能の劣化を生じるため、材料の選択にあたっては、吸音特性のみならず材料の耐久性、清掃の安易さなども考慮すべきである。

3. 道音交通騒音の評価について

道路交通騒音の評価は、騒音レベルの予測結果を環境保全目標値に照して行われ、環境保全目標値としては原則として、表1に示す環境基準値が用いられる。したがって、道路の環境影響評価を行う場合には、騒音レベルの予測が環境保全目標値を満足するかどうか判断の重要な要素となる。しかし、予測値が保全目標値を1 dB(A)超えたから、あるいは0.5 dB(A)下回っているからということで道路建設の可否を議論することは、技術的な立場から言う問題がある。前述したように、道路交通騒音の予測は実測データに基づいて決められた補正項を含んでおり、

図-9 トンネル坑口部の騒音距離減衰 (トンネル半径: 5.5m, 受音点位置: 路肩から10m, 交通量: 1,600台/h, 大型車混入率: 15%, 車速: 50km/h, α : 平均吸音率)

表1 道路に面する地域の環境基準

地域の 類型	地域の区分	時間の区分		
		昼間	朝・夕	夜間
A	2車線を有する道路に面する地域	55dB(A)	50dB(A)	45dB(A)
	2車線を越える車線を有する道路に面する地域	60dB(A)	55dB(A)	50dB(A)
B	2車線以下の車線を有する道路に面する地域	65dB(A)	60dB(A)	55dB(A)
	2車線を越える車線を有する道路に面する地域	65dB(A)	65dB(A)	60dB(A)

(注) A…主として住居の用に供される地域

B…相当数の住居と併せて商業、工業等の用に供される地域

等間隔モデルの予測方法では予測値の80%信頼帯はおおむね $\pm 3\text{dB(A)}$ である。評価にあたっては、このような予測値の性格を十分に理解したうえで行うべきである。

また、道路の環境影響を評価する場合に常に問題となるのが、公共の利益と個人の利益の対立である。言うまでもなく、公共の利益とは地域のサービス水準の向上や経済活動の活性化などであり、個人の利益とは道路から直接受ける利便性のほか騒音などの環境悪化のマイナス面も含んでいる。これは、道路事業者と地域住民の対立という形で現れる。地域の特性や公共の利益をいかに評価の中に取り込むかということも今後の課題であるが、相互の利益を代表する当事者どうしの十分な話し合いを通して、道路を社会的、客観的に評価できる手続き面の充実が最も望まれる。

評価に関係する最近の動向として、騒音レベルの評価指標の見直しがある。我が国では、道路交通騒音のように騒音レベルが不規則かつ大幅に変動する場合には、JIS Z 8731「騒音レベルの測定方法」に規定されている騒音レベルの中央値(L_{50})を用いるのが一般に定着しており、公害対策基本法や騒音規制法などの基準値も中央値で定められている。諸外国における例を見ると、アメリカ、西ドイツ、北欧では等価騒音レベル(Leq)、イギリスでは L_{10} が用いられており、必ずしも L_{50} が最適であるとは言えないようである。沿道の騒音環境をどのような指標で表わすかについては、人間の感覚、人体への影響などさまざまな議論が必要であろうが、騒音の予測という観点から言えば、物理量である Leq の方が有利な面が多い。図-10は L_{50} と Leq の関係を実測データに基づいて示したものであるが、両者の関係が交通量などに依存することがわかる。したがって、現在の L_{50} における基準値を Leq に相当する値に一律に変更した場合には、現行の基準値との整合が取れなくなる場合があり、評価指標の変更

図-10 L_{50} と Leq の関係

は慎重に対処すべき事項である。

あとがき

道路交通騒音の予測、対策、評価について、いくつかの課題を取り上げ技術的な側面から言及した。社会的な動きとして環境影響評価の重要性が高まっている中で、今後の調査研究を必要とする部分がかなりある。特に対策面についてはその必要性が最も強く、新たな遮音施設の開発、低公害ルートの実体化など多面的な取り組みが必要である。環境問題に携わる各位の一層の努力を期待したい。

参考文献

- 1) 諸外国における騒音予測手法，日本騒音制御工学会技術部会，技術レポート第5号 昭和61年1月
- 2) 足立義雄，中須賀聡，信号交差点付近の騒音特性，土木技術資料Vol.26 No.10 昭和59年10月
- 3) 足立義雄，田原和嘉，道路交通騒音の予測と対策，土木学会誌 1982年3月
- 4) 沿道の騒音分布予測手法に関する研究（建設省総合技術開発プロジェクト）昭和58年2月
- 5) 三瀬 貞，足立義雄，道路トンネルの騒音伝播特性，土木学会論文報告集343号 1984年3月