

実測に基づく道路に面する地域の環境騒音の推計方法の検討

石井 貢, 横島潤紀
(環境技術部)

Method of Estimation for Environmental Noise in Roadside Area based on Measurements

Mitsugi Ishii, Shigenori Yokoshima
(Environmental Technology Division)

キーワード：環境騒音，道路騒音，面的評価，建物密集地域

1 まえがき

平成11年に「騒音に係る環境基準」が改定され、騒音の評価量として、等価騒音レベルが導入された。また、道路に面する地域の環境基準の達成状況の把握は、その地域を代表する地点の騒音レベルを評価することから、その地域の基準値を超える騒音に暴露される住居等の戸数や割合を評価する「面的評価」へと変更された。同時に、この方法による自動車騒音の常時監視が法定受託事務として、都道府県に義務づけられた。

道路に面する地域の環境騒音を評価するための騒音の推計方法は、環境省の「騒音に係る環境基準の評価マニュアル」¹⁾(以下、マニュアルという。)に推計式による方法が示されている。この推計式は、主として、無響室を使用した音響模型実験の結果から導かれたものであり、道路からの距離帯別の平均的な推計値を与えている。

一方、環境騒音の評価量として、エネルギーの時間平均を意味する等価騒音レベルが導入されたことから、原理的には、短時間の騒音測定に基づく環境騒音の把握が比較的容易になると思われる。

そこで、環境騒音を精度良く評価するための方法として、短時間の騒音測定に基づく道路に面する地域の環境騒音の推計方法について検討した。最初に、任意の地点の環境騒音を推計するため、短時間の騒音測定による道路騒音減衰量の測定方法を検討した。次に、その地点の騒音減衰量からその地区の平均的な騒音減衰量を導きだすため、新たに騒音減衰式を導入し、その地区の騒音減衰量を推計する方法について検討した。

この方法の特徴は、地域の固有の状況(地形、ブロック塀の有無等)が推計に反映されることである。そのため、一般化された推計式による方法と比較して、より実態に近い結果が得られるものと思われる。具体的方法としては、積分騒音計を使用し、道路沿道及び鉄道沿線の建物密集地域の

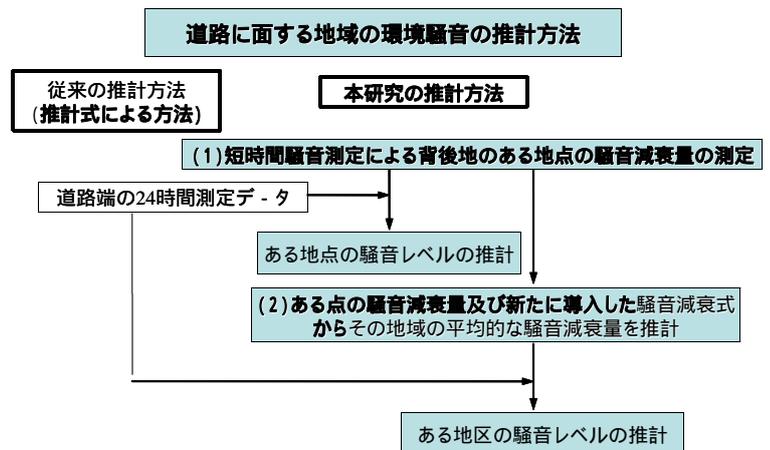


図1 全体図

騒音調査を実施し、環境騒音を推計する手段としての短時間騒音測定方法、騒音減衰式の導入等について検討した。

任意の地点及び地区の環境騒音は、これらの測定あるいは推計した騒音減衰量と道路際における24時間の道路騒音の測定値から推計する。

本報告で述べる推計方法の全体図を図1に示す。

2 ある地点の騒音減衰量の測定

2.1 考え方

短時間の騒音測定の考え方を次に示す。

騒音は、図2に示すように道路端の基準点と背後地の測定点で同時に測定する。測定点での道路騒音の減衰量は、両者の騒音レベル差から求めるが、このレベル差は、次のような場合、変動することが考えられる。

(1)対象道路以外の騒音の影響により測定点の騒音レベルが上昇する場合

(2)対象道路の騒音レベルの低下により測定点の騒音レベルが残留騒音レベルに近づく場合

このことについて、次に道路騒音の実測値を示して説明する。

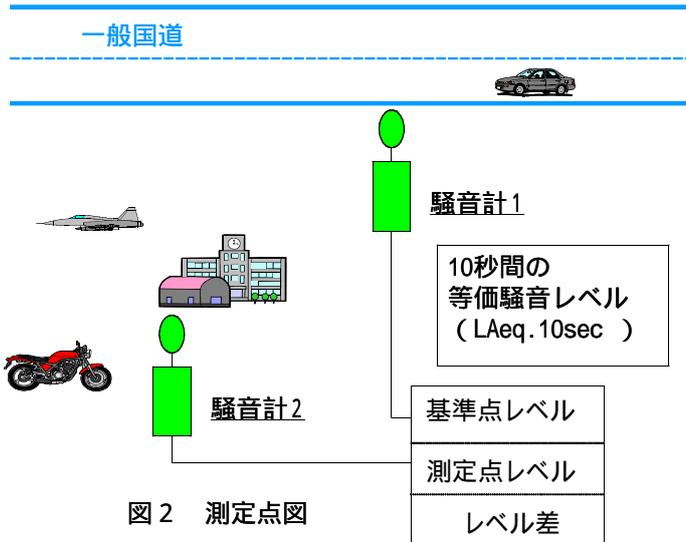


図2 測定点図

図3は、1日の交通量が約80,000台の国道（6車線）の道路端及び道路端から20mの位置の騒音測定値である。ここで、評価量は、10秒間の等価騒音レベル（ $L_{Aeq.10sec}$ ）とした。10秒間の L_{Aeq} を採用する理由は、基準点及び測定点の同時測定が容易であることや安定した測定値が得られることなどによる。 $L_{Aeq.10sec}$ を10分間連続して測定し、 $L_{Aeq.10sec}$ から1分間の等価騒音レベル（ $L_{Aeq.1min}$ ）を求めた。

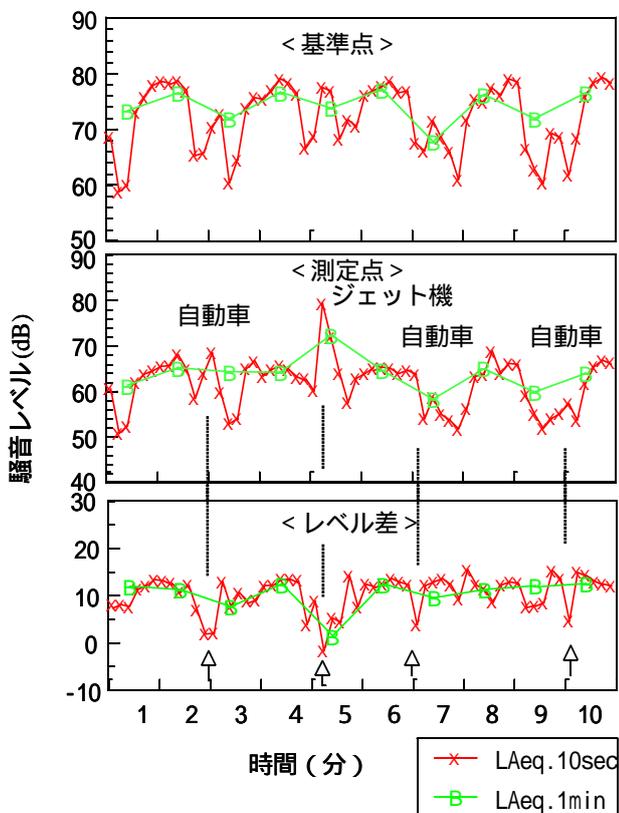


図3 $L_{Aeq.10sec}$ と $L_{Aeq.1min}$ の関係

この図は、基準点と測定点の10分間の $L_{Aeq.10sec}$ 、 $L_{Aeq.1min}$ 及びそのレベル差を示している。この図から、自動車が測定点の近くを通過する場合やジェット機が上空を通過する場合、測定点の $L_{Aeq.10sec}$ は上昇し、2点間の $L_{Aeq.10sec}$ の騒音レベル差は減少（矢印）することがわかる。一方、 $L_{Aeq.1min}$ のレベル差は、ジェット機が測定点の上空を通過する場合に減少するが、自動車が近くを通過する場合には、大きな減少は見られない。 $L_{Aeq.10sec}$ のような短時間の騒音測定量は、騒音レベルの変動に追従して変化するが、比較的長時間の測定量である $L_{Aeq.1min}$ は、騒音レベルの変動に追従しにくく、結果として、レベル差の減少の起きにくいことがわかる。

これらのことから、 $L_{Aeq.1min}$ のレベル差の最大値に注目することにより、道路騒音以外の騒音の影響を排除できることがわかる。なお、騒音の発生状況等を詳しく解析するためには、 $L_{Aeq.10sec}$ の測定が必要である。

次に、一般国道沿い5か所の道路騒音測定値を基に、上記のことについて、統計的に検討した。騒音を測定した道路は、車線数が4～6車線、1日の交通量が10,000台～80,000台、大型車混入率が20～50%である。測定点は、道路端から50m以内の建物密集地域内の9地点とした。 $L_{Aeq.1min}$ のレベル差の最大値に注目して、10分間の基準点と測定点の10個の $L_{Aeq.1min}$ から次の4つの代表値を算出した。

- (1)レベル差が最大の基準点と測定点の $L_{Aeq.1min}$ （以下、「最大レベル差」という。）
- (2)レベル差の大きい上位3組の基準点と測定点、それぞれの $L_{Aeq.1min}$ のパワー平均（以下、「上位3データ」という。）
- (3)最上位のレベル差から計算して、レベル差の標準偏差が1dB以内の基準点と測定点、それぞれの $L_{Aeq.1min}$ のパワー平均（以下、「偏差1dB以内」という。）
- (4)基準点と測定点、それぞれの全データの $L_{Aeq.1min}$ のパワー平均（以下「全データ」という。）

測定した9地点の基準点、測定点及びその差について、上記の代表値の12データ（2時間）の標準偏差を求め、図4に示す。

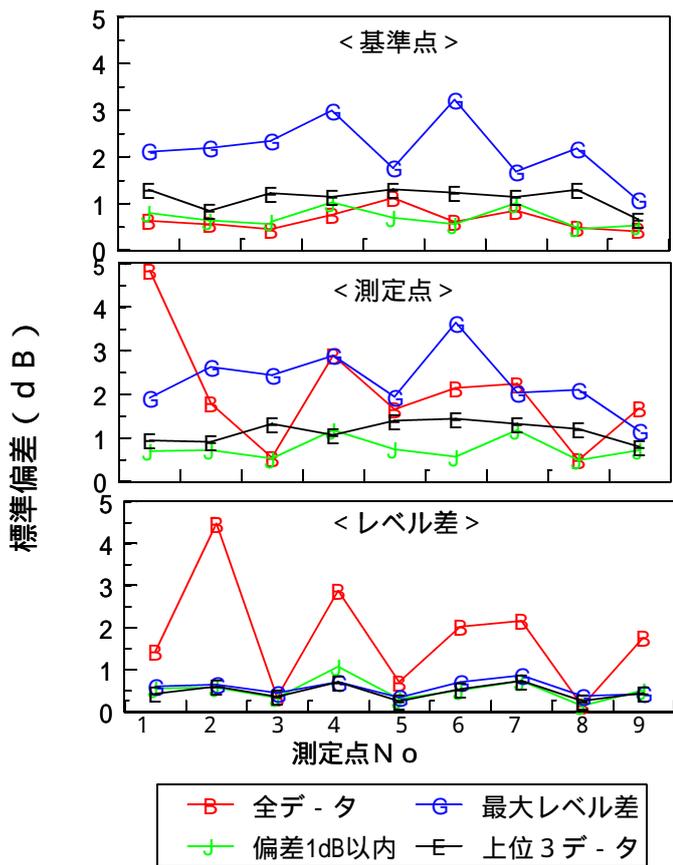


図4 代表値の標準偏差の比較

レベル差の標準偏差は、「全データ」を除いてほぼ 1dB 以内に収まっている。また、基準点の標準偏差は、「最大レベル差」が全体的に大きく、他の代表値とは異なる傾向になっている。測定点の標準偏差は、「全データ」と「最大レベル差」が大きい傾向にあり、「偏差 1dB 以内」あるいは「上位 3 データ」の標準偏差は小さくなっている。両者の標準偏差の平均値の差も ±1dB 以内に収まっている。

これらのことから基準点と測定点の騒音レベル差を求める場合、基準点と測定点のレベル差の大きい $L_{Aeq,1min}$ に注目すれば良いことがわかる。また、基準点や測定点の測定値の安定性を考慮すると、「偏差が 1dB 以内」や「上位 3 データ」等のレベル差の上位の平均値に注目すれば良いことが分かる。これらの理由として、背後地の測定点では、対象道路以外の騒音を除くと測定値が安定すること、また、市街地の道路では、信号制御により、交通流が断続的となり、騒音レベルが周期的に変動するため、できるだけ多くの測定値を平均することが、結果の安定性につながるなどが考えられる。

上記の $L_{Aeq,1min}$ のレベル差の最大値に注目する方法について、図 5 に示す。この図の上段は、 $L_{Aeq,1min}$ の基準点、測定点及びそのレベル差の 10 分間、10 個の時系列データである。これをレベル差の大きい順に下段に示すように並べ換え、四角で囲まれたレベル差の大きいデータに注目し、このレベル差（この例では、7dB である。）をその地点の道路騒音の減衰量とする。

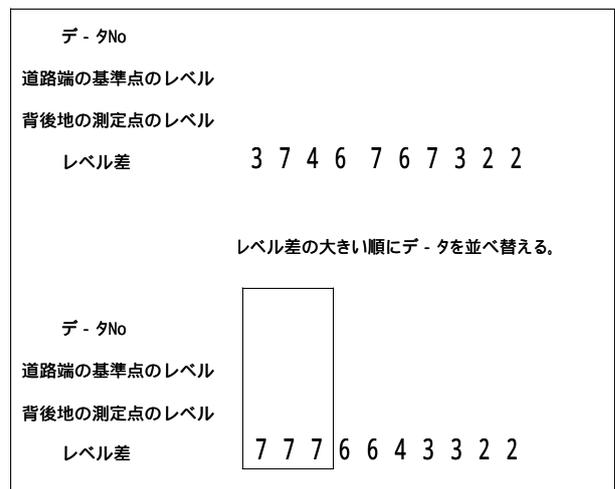


図5 レベル差の最大値に注目する方法

2.2 騒音測定に関する検討事項

騒音測定に関する検討事項について、次に示す。

2.2.1 測定時間について

実測によって、背後地における道路騒音の減衰量を把握するためには、道路を線音源と見なせるだけの実測時間が必要である。道路に面する地域は、通常、道路端から 50m 以内であることから、この範囲で、道路を線音源と見なすためには、おおよそ 160m の道路区間が必要になる。市街地を走行する自動車の下限速度を 20km/h と仮定すれば、160m の区間を走行する自動車の走行時間は、約 30 秒になる。一般の道路では、信号の待ち時間が 30~40 秒程度のことが多いことから、実測時間は、信号の待ち時間を含めて 1分~2分程度とすれば良いことになり、前項の騒音調査による検討結果と一致する。

2.2.2 基準点と測定点の位置関係

測定点は、基準点を通して道路と垂直に交わる直線上に位置することが基本であるが、騒音を効率良く測定するためには、複数の測定点で同時に測定することが必要になる。そのため、測定点は、道路を線音源と見なせる範囲として、基準点からの見通し角が 120 度以内の場所に配置することとする。

2.2.3 $L_{Aeq,10sec}$ と $L_{Aeq,1min}$ の関係

本報告では、騒音減衰量を算出するための測定量として、 $L_{Aeq,1min}$ を採用している。これは、2.2.1に示すように、1台の自動車の走行パターンを仮定したモデルに基づいている。一方、交通量の多い道路では、自動車は、道路区間全体に分布する機会が多いことから、 $L_{Aeq,10sec}$ の測定で、道路を線音源と見なせるだけの測定時間を得られることが多い。著者らの騒音調査によれば、交通量の多い道路では、 $L_{Aeq,1min}$ の最大値と $L_{Aeq,10sec}$ の最大頻度値に強い相関があった。

2.2.4 道路騒音の影響範囲

測定点の配置を決定する場合、事前に現地調査を実施し、対象道路騒音の影響範囲を特定する必要がある。道路騒音が影響していない地点で騒音を測定し、基準点との差を求めても適正な道路騒音の減衰量を測定していることにならない。また、対象の道路騒音の影響の有無については、騒音測定値からも推測できる。対象道路の騒音が測定点に影響する場合、基準点と測定点の $L_{Aeq,10sec}$ に相関がある。両者に相関がなければ、道路騒音は、測定点に影響していないことになり、この場合、測定点では、対象道路以外の騒音又は残留騒音を測定していることになる。

2.3 騒音測定の手順

前項までのことをまとめると、短時間による騒音測定の手順は次のようになる。

- (1)積分騒音計を使用する。
- (2)評価量は、等価騒音レベル(L_{Aeq})とする。
- (3)道路端の基準点と背後地の測定点の騒音を同時に測定する。
- (4)騒音の測定時間は、10分間とする。
- (5)測定量は、 $L_{Aeq,10sec}$ とし、そこから $L_{Aeq,1min}$ 又は $L_{Aeq,2min}$ を算出する。
- (6)基準点と測定点の $L_{Aeq,1min}$ 又は $L_{Aeq,2min}$ のレベル差の最大値に注目する。
- (7)基準点と測定点の位置関係として、基準点から測定点への見通し角は、道路を線音源と見なせる範囲の120度程度を目安にする。
- (8)音の発生状況のメモ及び基準点と測定点の $L_{Aeq,10sec}$ の時系列データから対象道路以外の騒音の影響をチェックする。

この方法により、任意の地点の騒音レベルが精度良く測定できることから、騒音の影響評価に関する社会調査に適用し、精度の高い調査結果が得られている。

最終的には、短時間の騒音測定から求めた騒音減衰量と道路端の24時間の騒音測定値から、任意の地点の道路に面する地域の環境騒音を推計する。

3 ある地区の騒音減衰量の推計

3.1 騒音減衰式の導入 参考文献2,3)

任意の地点の騒音減衰量を面的推計へと拡張するため、騒音減衰式を導入した。

騒音減衰式について次に説明する。音波が建物の影響により指数的に減衰すると仮定すれば、建物密集地域における騒音の減衰量 L は、建物率(m)及び建物の影響による騒音の減衰係数と建物率の比(A)を導入することにより、建物などの影響による減衰量と距離、地表面の影響による減衰量の和として(1)式のように表される。また、(1)式から係数 A は、(1)'式のように表せる。係数 A には、主として地形、ブロック塀または音源を見通せるなど、建物以外の影響による騒音減衰が含まれる。この係数 A を求めることにより、各測定点の騒音の減衰傾向を把握できる。ここで、距離及び地表面の影響を考慮した騒音の減衰係数は、18とした。この値は、マニュアルに示されている「表2-6平面構造・低層住宅における距離減衰量」の車線数を2、地表面の種類をその他とした場合の表から近似的に求めた。なお、著者らの騒音調査によっても、建物密集地域における距離及び地表面の影響を考慮した騒音の減衰係数 18 は、実測値と良く合うようである。

$$L = 4.34 \cdot A \cdot m \cdot r + 18 \cdot \log(d/d_0) \text{ ----- (1)}$$

$$A = (L - 18 \cdot \log(d/d_0)) / (4.34 \cdot m \cdot r) \text{ ----- (1)'}$$

- A: 建物の影響による騒音の減衰係数と建物率の比(dB/m)
- L: 建物密集地域の騒音減衰量(dB)
基準点と測定点の L_{Aeq} の差
- m: 建物率 測定点から音源を120度の角度で見通した場合の三角形の面積とその中に存在する建物面積の比
- r: 建物密集地域内の距離(m)
基準点から測定点までの距離
- d0: 音源中心から基準点までの距離(m)
- d: 音源中心から測定点までの距離(m)

3.2 在来鉄道騒音の調査

騒音減衰式の適用及びある点の騒音減衰量の面的推計への拡張について検討するため、道路騒音に比較して騒音減衰量が測定しやすい在来鉄道騒音を対象とする騒音調査を実施した。

3.2.1 調査の方法及び結果

測定量は、 L_{Aeq} を算出するための基礎量として、1列車通過時の L_{AE} とした。線路構造は平坦軌道で、調査場所は2か所である。

調査場所 1 は、JR の在来線鉄道沿線、全体として平坦な地形であるが、測定区間の中間に小高い丘があり、この場所の住宅は線路より高い位置にある。周辺は、戸建て住宅の多い古い町並みの市街地である。

調査場所 2 は、私鉄の鉄道沿線、変化の少ない平坦な地形で、分譲された宅地が多く、住宅は、比較的、規則正しく並んでいる

建物密集地域の線路に面する側（十分に線路を見通せる場所で、近接軌道中心からの距離は 10m 程度）に基準点を置き、建物密集地域内の建物近傍に測定点を置いた。同時刻にこの 2 地点で 3 ~ 5 本の通過列車の L_{AE} を測定し、2 地点間のレベル差の平均値を騒音の減衰量とした。

(1) 式により、各測定点における係数 A を通過列車の軌道別に算出した。係数 A は、線路を見通せる地点では小さく、線路を見通せない地点では大きかった。これは、線路を見通せる地点では、建物以外の影響による騒音の減衰量が小さいことを示している。また、係数 A の変動パターンは、軌道の位置により異なる傾向となった。これは、両軌道から測定点までの距離の差によるものと考えられる。特に近接軌道の係数 A には、マイナスの数値があり、線路に近い場所では、距離による騒音の減衰量が過剰に計算されていることを示している。線路に近い場所では、係数 A の変動は大きく、線路から遠い場所では、一定の値に収束する。そこで、同一測定点の近接及び遠隔側の軌道の係数 A の差を求め、図 6 に示す。

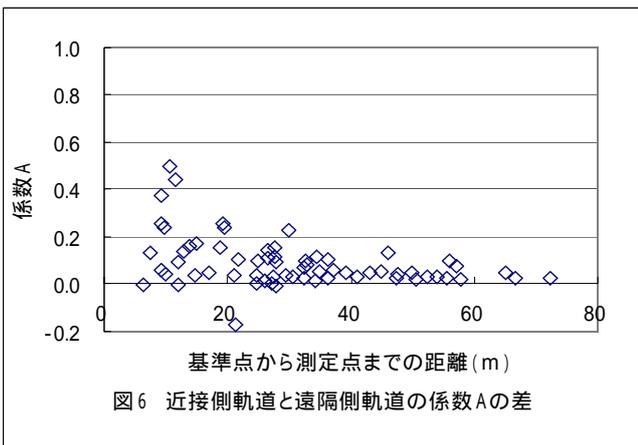


図 6 近接側軌道と遠隔側軌道の係数 A の差

この差は、線路に近い場所で大きく、線路から離れるに従い小さくなる傾向にあった。線路から離れると、近接側と遠隔側の係数 A の差が小さくなるとともに、その変動も小さくなることから、建物密集地域内の係数 A の平均的な値として、基準点から測定点までの距離が 15 m 以上の係数 A の平均値を求めた。その値は、0.2 であった。

3.2.2 マニュアル¹⁾の予測式との比較

マニュアルには、「近接建物列」が形成され、さらに近接建物列の間隙を通して道路が見通せない場合の建物による減衰量を表す式が示されている。この式と前項の係数 A を 0.2 として(1)式の第一項から求めた主に建物の影響による騒音減衰量を比較して図 7 に示す。建物率の範囲は、実際には、建坪率などの関係から限定され、多くの場合、0.5 以内である。そこで、ここでは、建物率(m)を 0.1、0.3 及び 0.5 として、基準点から測定点までの距離を 15m から 60m の範囲で両者を比較した。建物率が 0.1 の場合、(1)式とマニュアルの式との差は、最大で 2dB であったが、建物率の分布の中心の 0.3 の場合は、最大で -0.5dB、建物率の分布の上限に近い 0.5 の場合は、最大で -1dB であった。

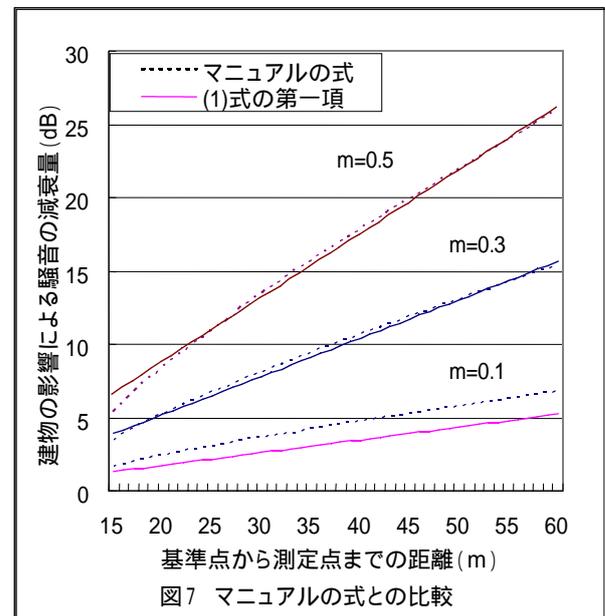


図 7 マニュアルの式との比較

3.2.3 建物密集地域の騒音減衰特性

鉄道騒音の調査から、騒音測定 of 留意事項を含む建物密集地域の騒音減衰特性として、次の結果が得られた。

- (1) 建物密集地域における騒音の減衰傾向は複雑であり、建物率だけでは、説明できない場合がある。
- (2) 鉄道線路を見通せる地点と見通せない地点では、騒音の減衰傾向に差があるので、見通せる地点と見通せない地点に分けて地域を区分けし、測定点を配置する。このことにより、騒音測定はより効率的になる。
- (3) 建物に囲まれた場所の騒音は、建物率による平均的な騒音減衰値より過剰に減衰する場合がある。
- (4) 地図からは読み取れない構造物の影響、例えば、ブロック塀等により、騒音は過剰に減衰する場合があります、このことは、鉄道線路に近い場所で

顕著に現れる。

(5)騒音の減衰は、地形などの影響により、局地性があり、平均的な減衰量より過剰に減衰する場合がある。

(6)騒音減衰式の係数 A は、測定点の周辺状況に依存することが実測により確認された。

(7)路地裏、路地沿いなど建物密集地域内の係数は、平均的には0.2程度である。

3.3 騒音減衰量の推計手順

以上のことから、地区の騒音減衰量の推計手順をまとめると次のようになる。

- (1)事前の現地調査により、道路騒音の影響範囲を特定する。
- (2)測定点を配置する区域は、騒音源を見通せる地点、見通せない地点及び地形等を考慮して区分けする。
- (3)基準点から15m～50m離れた位置の区分けした地域に測定点を配置する。
- (4)「2.3 騒音測定の手順」により基準点と測定点で同時に騒音を測定し、それぞれの測定点の騒音減衰量を算出する。
- (5)(1)式から区域内の係数Aの平均値を求める。
- (6)係数Aの平均値を(1)式に代入し、地区の平均的な騒音減衰量を推計する。

3.4 推計値と実測値の比較

前項の手法により、今回の鉄道騒音の調査場所を対象として、その地区の騒音減衰量を推計し、推計値と実測値を比較した。

最初に、測定点を音源を見通せる地点と見通せない地点に区分けし、建物の分布状況から、近い測定点を一つの区域にまとめた。次に、(1)式から区域内の測定点の係数Aを求め、その係数Aの平均値を(1)式に代入してその区域の平均的な騒音減衰量を求めた。

図8に示すように、推計値と実測値の差の平均は、-0.2、差の標準偏差は、2.2であった。

4 まとめ

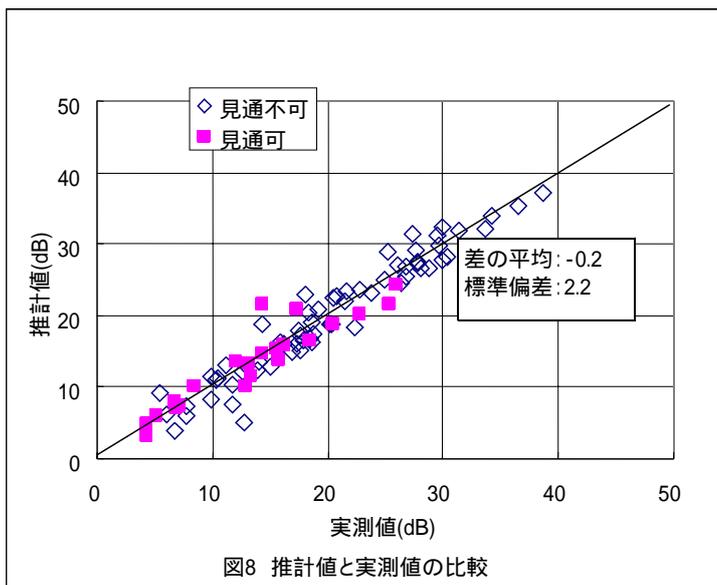
道路に面する地域の環境騒音を推計するため、本報告では、任意の地点の騒音減衰量を測定する方法及びその地区の平均的な騒音減衰量を推計するための基本的方法を示した。実際の建物は、複雑に配置されている場合が多く、測定点の区分けや位置の決定については、事例ごとに個別の判断が必要である。

また、これらの実測に基づく方法は、高架構造等、他の道路構造にも原理的に適用可能であるが、具体的な方法を含むその有効性については、別に検討する必要がある。

これとは別に、この考え方は、一般環境騒音の推計にも適用できる可能性があり、このことについては、今後の検討課題である。

参考文献

- 1)環境省：騒音に係る環境基準の評価マニュアル(2000)
- 2)石井貢：日本騒音制御工学会講論集，169-172(2004,秋)
- 3)石井貢：日本騒音制御工学会講論集，81-84(2005,秋)



一般経常研究 [平成15～17年度]
課題名：道路に面する地域の環境騒音の推計方法に関する研究