

覆蓋道路構造による環境改善と その施工範囲設定に関する考察

中村 金次*・井手 靖雄*

Noise reduction effect of a road with "FUKUGAI" noise-proof system and consideration about the open edge position of the target area

Kinji NAKAMURA and Yasuo IDE

Abstract :

This study suggested environment improvement by the "FUKUGAI" road construction system and considered the extent for the noise containment shell that produces significant noise reduction. The attenuation of noise by FUKUGAI requires that the position becomes equal from attenuation in distance of sound and decrement of the estimation noise level by the diffraction effect. The attenuation in distance and noise prediction by the diffraction effect are calculated by ASJ-Model 1998 (B method).

For example, the extent of the system with a noise barrier was 12 times of vehicle headway distance. In this case, distance from the noise source to the estimation point, vehicle velocity, and the traffic volume are 20 m, 100 km per hour and 5000 cars per hour, respectively.

The extent is different by distance from traffic volume and vehicle velocity and noise source to a traffic lane. This report describes our findings about the FUKUGAI extent, including some conditions and considerations.

はじめに

日本の場合、国土事情の関係から道路近傍における住宅併設は免れない状況にある。よって、自動車専用道路を新設する場合の沿線住民に与える騒音の影響を極力下げる工夫が必要となる。また、最近では排気ガス対策として、吹き付け型吸音材に酸化チタンを混入させ、その光触媒作用による窒素酸化物の除去を併せて行う施工方法の例もあるため^[1]、太陽光を遮らない防音構造が必要になってきた。

一般に、トンネルは地下を通すことにより効果的な防音を得られると思われる。しかし、それは光触媒を使った窒素酸化物の浄化はできない。また、排気ガス対策においてはその浄化効率を上げるための方法として、地上の道路構造を覆蓋化するとした考え方が示されている。

これは、トンネル同様の防音効果が期待でき、その付加価値が求められるところである。

1. 覆蓋化の必要性

1-1. 大気環境改善対策として

道路交通による汚染（排出ガス）は、交通公害と呼ばれ、特に大都市での改善は芳しくない。この対策として①自動車発生源対策、②交通流対策、③道路構造対策が関係機関で鋭意進められており、長期的に見ると改善の方向にある。

しかし、気象的もしくは地形的特殊条件により環境改善が困難な地点が局地的には依然として残ることが予想される。そこで、③の観点から局地汚染対策として、新しい道路覆蓋（フクガイ、Fk）が提案された。^[2]これは最近の浄化技術の進展を前提に、低速縦流を特徴とした

* 交通機械工学科
平成12年9月29日受理

断熱構造のフクガイである。それは次のように説明される。

一般の道路のような開放空間では、これまでの通常の換気技術はほとんど無力化してしまい、この結果、どんな高度な優秀な浄化技術を後処理に適用しても、道路周辺の環境濃度の改善効果は余り期待できない悩みがあった。このため、勢い汚染気流の吸気口を、出来るだけ発生源に近接する方法が採られてきたが、発生源は排気管の位置で高低の変化があり、風向が変わる場合もあり、どうしても効率向上が出来なかった。

今後、各種の新たな浄化技術が研究開発される機運にあり、これを局地汚染の改善に有効に活用したい願いがあった。そこで、一方通行の道路に蓋を覆せて、道路を密閉（車の入り口と出口がある半閉鎖空間）した道路覆蓋を考えた。これは、道路の上に縦断方向に蓋が掛けられており、車の入り口と出口が開いた半閉鎖空間を形成している。流体工学的には入り口から流入する空気を縦流と呼び、連続の法則に従って同量の縦流が出口より流出する。この縦流を、たとえば入り口に壁を敷設するなど手段を講じて止めることが出来れば、立派な閉鎖空間が出来た。しかし車が走行する入り口、出口は必要なので壁は敷設不可能である。この縦流の速度が有限である限り半閉鎖空間であり、閉鎖空間は速度が小さくなるほどできやすくなり、近似的に閉鎖空間をアクティブ（active）に創る低速縦流にすればよいことになる。

一見したところ、これは「狂った夢」のように見えるが、この蓋でちゃんとした半閉鎖空間が出来ており、しかも、汚染、すなわち、排出ガスも騒音も道路に密閉されるので、沿道環境は局地的に改善される。この場合の覆蓋内を流れる縦流は上述のごとく低速である方が良い。

さて、ここで過去にこの種の道路覆蓋が無かったかを調査してみると、詳細は不明であるが、道路建設土木分野で「蓋掛け」や「シェルター」と呼ばれているものが既に存在していることが分かった。先見性ある先輩たちは既に実用化していたのである。しかし、残念ながらこれらは単にパッシブ（passive）に道路上に“蓋を掛けた”だけで、換気技術もしくは浄化技術のアクティブな応用までをも目的としていなかった。なぜなら、当時としては必要性も無かったであろうし、有っても適用出来る浄化技術が無かったから当然である。そこで、最近の浄化技術の進展を前提に、低速縦流を特徴とした断熱構造の新しい覆蓋をフクガイ（Fk）として提案された訳である。フクガイは、①集煙、②集塵、③集熱などの効果が

あり、低速縦流とする程これらの効果は拡大する。覆蓋は半透明材であり、上面の一部は太陽光電池などの設置場所として活用できるようにするなど、構造的配慮により多方面へ応用できる。

1-2. 騒音対策として

先ずは、一つの共通した関心事としての認識を得るための説明が必要だと考え、防音における覆蓋道路構造が特に望まれる状況について示す。それは地上高の上昇により防音効果減少することである。防音対象区域がある高さ以上になれば、その区域は直達音の影響を受けることになる。また、覆蓋化の必要性は騒音低減量が30 dB以上と厳しい騒音の影響を受ける場合に考えられる。^[3]それは防音対象地域が車線近傍であったり、または高い静穏性の地域類別であるほど、その必要性が高まる。そこで必要になるのが騒音低減目標からくる覆蓋構造やその施工範囲などの設定であり、これらは次のように考えられる。

覆蓋構造はトンネル構造の一種と見なされるが、トンネルのように明確な定義付けがない。これを環境評価上から比較すれば、それは Table. 1 のように示すことができる。

Table. 1 “FUKUGAI” vs. Tunnel
— Assortment in environmental evaluation —

Assortment	Activity	Application of open edge position
FUKUGAI	Exhaust-gas purification & soundproofing	Free
Basement tunnel	Soundproofing	Fixed

覆蓋はその設計内容により大きくその構造や使用材料が異なる可能性がある。既に、同様な構造は音響シェルターとして紹介され、その防音効果はL₅₀で45dB低くできるとして示されている。^[4]さて、一般のトンネルはその開口部が任意に設定できないことから、その周辺部の騒音が問題となる。このことについては既にいろいろ検討されている。^{[5][6]}覆蓋についてはその開口部が任意に設定できるため、むしろその設定のための検討が必要とされる。このことは防音壁も同じであると云える。

2. 仮想車線の設定と予測計算式

ここでは仮想車線からの騒音予測地点への騒音伝搬に関する単純な計算例により、覆蓋施工範囲の設定について考察を行うことにした。

ここでの仮想車線は道路交通騒音の予測モデル ASJ Model 1998^[7]における音源点の設定と伝搬計算で示された等間隔の離散音源と同じ状態である。覆蓋状況はそれに施工範囲を付加した形とした (Fig. 1)。ここでは単純に騒音伝搬計算結果による比較を行うためのものであることから、音源は一車線平坦道路に一方等間隔の走行車両が同一音響パワーを持つものとした。よって、音響パワーは任意の一定速度における値である。図中の P は予測地点、 i は音源に付された序列番号である。

予測計算式は同モデルの付属資料-2 (B法) の手順フローにおける「各離散音源から予測地点間の騒音伝搬計算」までを行うものである。なお、道路面の反射や覆蓋内面に対する補正などは行わず、計算は同モデルの式からそれらの項目を除いた、次式による。

$$L_{Ai} = L_{WA} - 8 - 20 \log_{10}(l_i) + \Delta(L_d)$$

L_{Ai} : A特性音圧レベル [dB]

L_{WA} : 自動車走行騒音のA特性パワーレベル [dB]

l_i : 音源点から予測地点までの距離 [m]

ΔL_d : 回折効果による補正量 [dB]

$$\Delta L_d = -20 - 10 \log_{10}(\delta)$$

δ : 行路差 [m]

3. 覆蓋範囲の捉え方

覆蓋構造部分の騒音低減量はその使用材の透過損失が

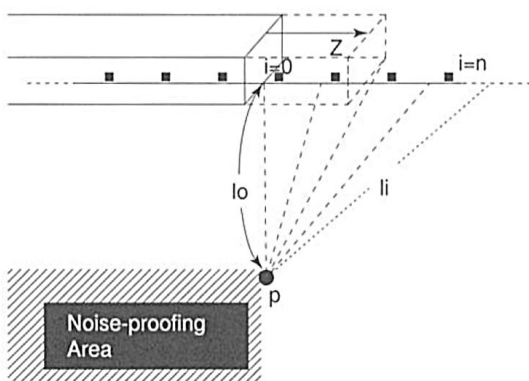


Fig. 1 Target area and soundproofing amount of “FUKUGAI” noise-proof system

そのまま反映されれば、有覆蓋部と無覆蓋部は騒音影響に大きな差を生じることになる。よって、覆蓋範囲は防音対象区域を越えて行う必要があると考える。この範囲がどの程度であるかは、次のような考え方による。

3-1. 考え方と計算例

覆蓋範囲の設定を P 点における伝搬音のレベルが覆蓋部分の音源点に対する防音効果と同程度の伝搬音のレベルとなる i の (Fig. 1における $i = 0$ からの) 位地を距離減衰や回折効果より求め、覆蓋の延長範囲を考える。距離減衰は $i = 0$ の場合 (開口部の音源点から P 点までの距離に対する減衰) を基準にその相対レベル差により示せば Fig. 2 のようになる。これに、防音塀を併設することを考えれば、それは Fig. 3 による回折による補正值

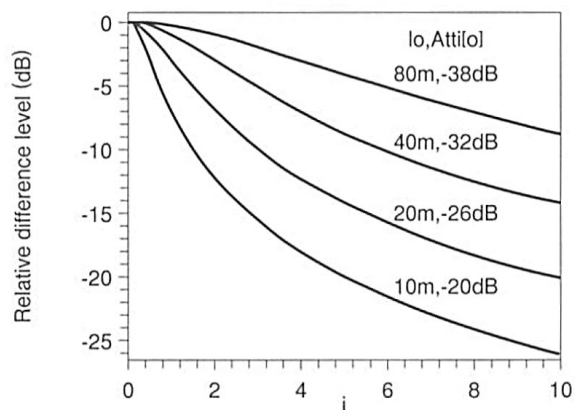


Fig. 2 Sound attenuation in distance for the several sound sources

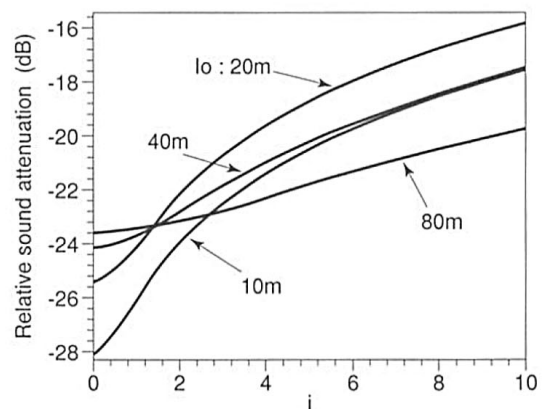


Fig. 3 Attenuation value of diffraction effect via noise barrier, in the case of 20m car's head distances

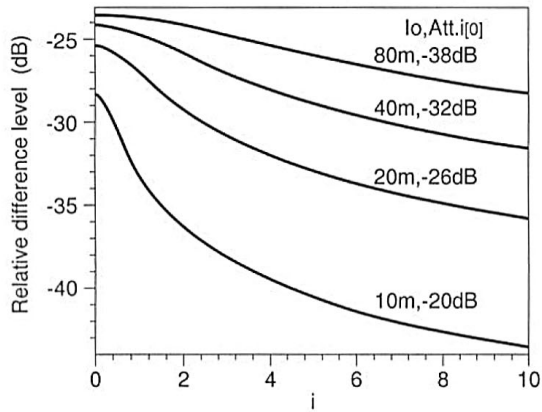


Fig. 4 Sound attenuation in distance and including the diffraction effect via noise barrier, in the case of $d = 20\text{m}$

を加えることになる。Fig. 4はこれら双方の減衰量を加えた場合の結果である。これらの減衰が、覆蓋終端部に音源 i を置いた場合の予測地点間とそれぞれ異なる i の位置に対する距離により与えられ、P点はそのレベルに無覆蓋部の音源による騒音が加算されたものとなる。

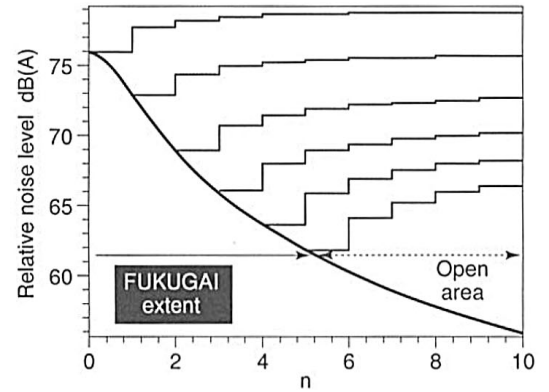


Fig. 5-1 Covered area of "FUKUGAI" and its end after sound level summation, in the case of $V = 100\text{ Km/h}$, $Q = 5000\text{ cars/h}$, $l_0 = 20\text{ m}$, $L_{WA} = 110\text{ dB(A)}$, $i = 0..10$

3-2 覆盖終端部以降の音源による影響

前項の対象音源は独立した離散音源点であり、覆盖終端部とそれ以降に置いた音源からの騒音伝搬計算 L_{Ai} のdB合成値がP点の予測騒音レベルである。そして、当然のことながらその影響はその仮想車線からの予測地点距離によって異なる。

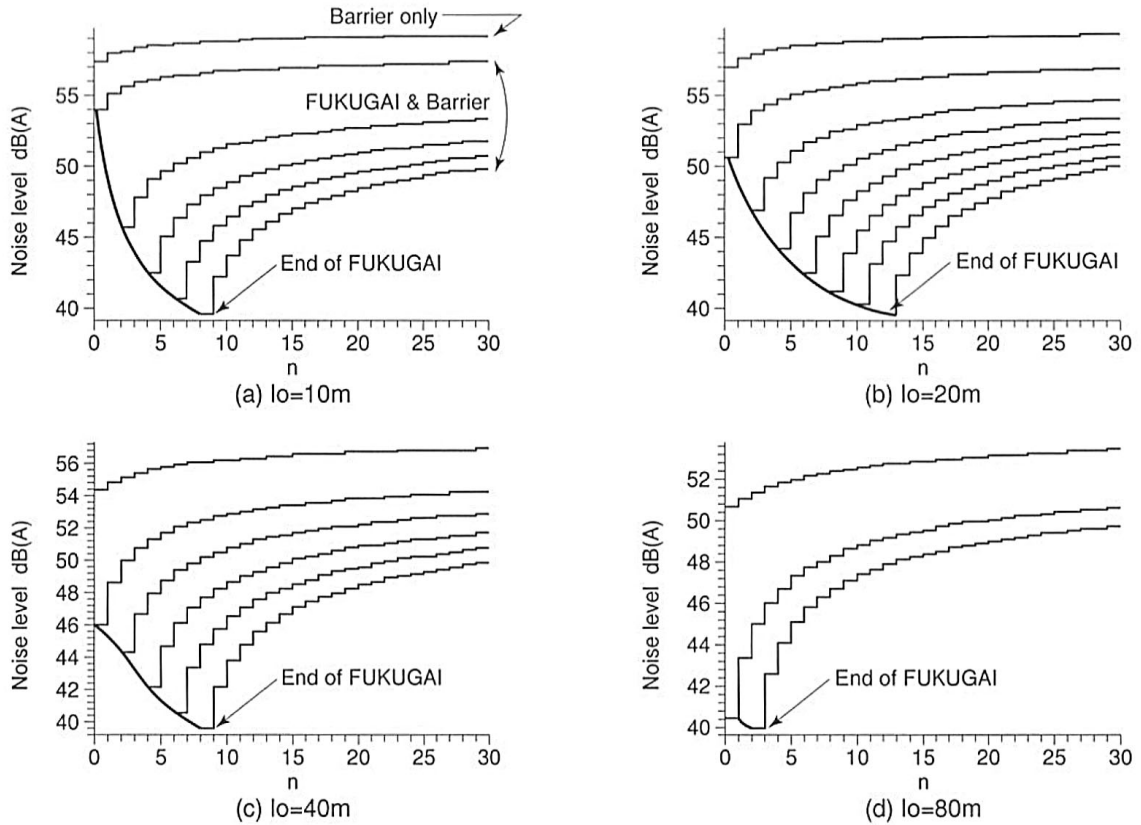


Fig. 5-2 (a),(b),(c),(d) "FUKUGAI" extent and its end after sound level summation of estimation point P, in the case of $V = 100\text{ km/h}$, $Q = 5000\text{ cars/h}$, $L_{WA} = 110\text{ dB(A)}$, $l_0 = 10\text{m}, 20\text{m}, 40\text{m}, 80\text{m}$, $i = 0..30$

次に、計算例を示す。計算は a：車線～防音塀間の距離、h：防音塀の高さ、lo：車線～予測地点間の距離、V：車速、Q：交通量とし、それぞれ次のような条件で行った。a=8m、h=6m、V=100km/h、Q=5000台/hであり、またL_{WA}はASJモデルの速度とパワーレベルの二車種分類における計算式より時速100km/hにおける両車種のほぼ中間値である110dB(A)とした。ただし、音源は同一音響パワーである。また、有覆蓋部内に存在する音源はdB加算の対象としない。

Fig.5-1は予測地点距離loが20mにおける合成によるレベル増加を示したものである。よって、覆蓋範囲はその分の調整や、防音塀の組み合わせによる対応が必要である。この曲線の部分は単一音源iの異なる位置に対する予測地点Pにおける個々の騒音伝搬計算値(L_{Ni})であり、ASJの予測モデルにおけるユニットパターンに相当する。よって、ここでの覆蓋範囲はその音源点iを持つ終端開口部の位置により表すものであり、それが覆蓋による減音量から任意に設定した許容騒音レベルとなる位置を求める。それは無覆蓋外部の音源によるP点の騒音レベルの増加がiの数n個のdB合成による値として車頭間隔ごとに求めた(階段状に示される)レベルの最終値が任意の許容騒音以下であるところの位置により示すものである。ただし、この図の対象とした音源i=-10..10の範囲では不十分であるため、i=-30..30による計算例を示す。

Fig.5-2(a)(b)(c)(d)は覆蓋と防音塀とを組み合わせたものである。またそれは、同じ組み合わせの異なる仮想車線～予測地点間距離についての計算結果である。これらは予測地点の騒音レベルが50dB(A)以下となるiの位置までを覆蓋範囲としたものである。覆蓋範囲はそれぞれの距離loについて示せば、lo=20,40,80(m)に対しi=12,8,4であることから、そのi=0からの延長部分(Z)は、車頭間隔により

$$Z = i \times d \text{ (m)}, \quad d = \frac{1000V}{Q}$$

d=20m, Z=240,160,80(m)となる。

ここでは無覆蓋範囲全体に防音塀がある場合について計算を行った。その部分的な組み合わせについては次項により検討した。

3-3 部分的防音塀の組み合わせ

これは前項同様レベル合成によるP地点の騒音予測値の比較を局部覆蓋と局部防音塀との組み合わせについて騒音予測を行ったものである。ただし、ここでは走行速度や交通量そして音源の音響パワーについて低く見積

もった車線を想定した。また、有覆蓋部内に存在する音源をdB加算の対象としないことは先の項目と同じである。

計算は覆蓋と防音塀とがその対象とする範囲をi=-10..3として、それぞれのP点における伝搬音のレベル合成値を求めてみた。条件はそれぞれ、a=8m、h=6m、L_{WA}=100dBA、V=60km/h、Q=2500台/hとした。

ここで、

$$L_b = 10\log_{10} \left(\sum_{i=-10}^4 10^{\frac{L_{Ni}}{10}} \right) + 10\log_{10} \left(\sum_{i=5}^{10} 10^{\frac{L_{Ni}(\Delta L_d=0)}{10}} \right)$$

$$L_z = 10\log_{10} \left(\sum_{i=5}^{10} 10^{\frac{L_{Ni}(\Delta L_d=0)}{10}} \right)$$

であり、その結果はFig.6である。

防音施工範囲外の音源による伝搬音のdB合成値は防音塀・覆蓋ともあまり大差ない。このことから、覆蓋化による防音対象の必要な範囲がわかれば、その範囲以外からの騒音影響については、防音塀による防止で充分であることが予測される。ただし、交通量や車速などにより、この状況は異なることが考えられる。

Fig.7は3-2項のL_{WA}=110dB(A)、V=100km/h、Q=5000台/hを条件とし、有覆蓋範囲がi=-10..3、その無覆蓋範囲がi=4..10、また防音塀施工範囲がi=-10..10の場合について車線～予測地点間の距離に対する変化をみたものである。

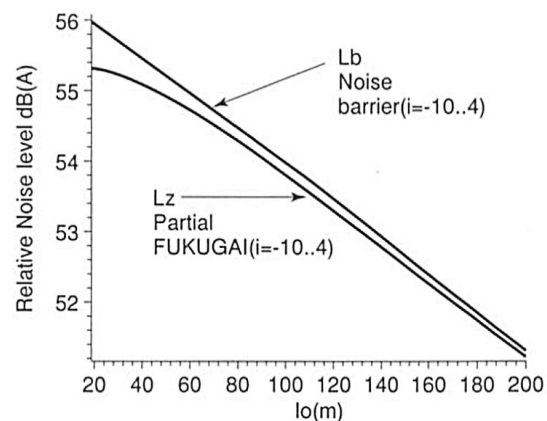


Fig.6 Example of the effect soundproofing, partial FUKUGAI vs. Partial barrier : make it a calculating conditions that i=5..10 (Lb and Lz), L_{WA}=110 dB(A), Q=2500 cars/h, V=60km/h, a=8m, h=6m

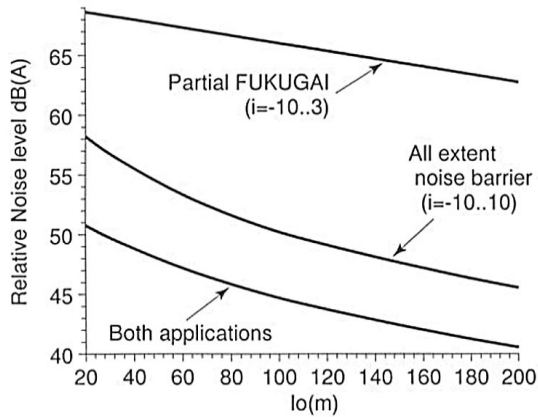


Fig. 7 Example of the effect soundproofing, make it a calculating conditions that $L_{WA}=110$ dB(A), $Q=5000$ cars/h, $V=100$ km/h, $a=8$ m, $h=6$ m

あとがき

本報告では、覆蓋施工範囲の設定について一方法を提案した。しかし、今回は多くの条件を除いたり、妥当性の検討についての実験も行っていない。このことについては今後、引き続き研究を行っていくつもりであるので関係機関のご協力、ご教授をいただければ幸いである。近い将来、ITS等により自動車専用道路が車種構成や

交通量そして走行速度などについて制御されるようになれば、それらの騒音予測は簡単になり、今回のような単純な考察が充分生かせるものと考ええる。

参考文献

- [1] 吹付型吸音工法, 田中, 騒音制御工学会誌 vol. 24, No. 1, 2000, pp.29-32
- [2] 局地汚染対策としての新しい道路覆蓋の提案, 第41回大気環境学会講演要旨集, Sep. 2000, p. 512
- [3] 騒音・振動 (下), 音響工学講座, 日本音響学会編, コロナ社, p. 68
- [4] Method of Prediction and Control of Road Traffic Noise in Japan, Masaru Koyasu, Proceedings of Inter-noise '78, 1978, pp.849-854
- [5] 道路特殊箇所騒音の予測方法に関する検討—トンネル抗口部周辺—, 佐々木 他, 日本音響学会誌1984, Vol. 40, No. 8, pp.554-558
- [6] トンネル抗口周辺部の騒音予測法について, 三宅 他, 騒音制御, Vol. 24. No. 2, 2000, pp.127-135
- [7] 道路交通騒音の予測モデル” ASJ Model1998, 日本音響学会道路交通騒音調査委員会報告, 日本音響学会誌55巻4号 (1999), pp.281-324