

航空機騒音の等価騒音レベル予測法の検討 環境騒音予測手法の開発(第1報)

末岡伸一 今泉信夫

1 はじめに

今日まで騒音評価の研究は、自動車、鉄道、航空機などの音源別に個別に進められてきた。環境基準も、それぞれ特定の音源に対して別の評価量で定められており、規制、監視などで効果を発揮してきた。しかし、それぞれの評価量が異なるため、相互の関係や比較が不明確な点や、複数の音源がある場合の総合的な評価をどうするか、などが課題となっていた。

特定の音源に対する騒音評価量、例えば L_{90} やWEC PNLなどは、個別の目的には効果を上げてきたが、環境騒音(ambient noise)一特定の場所における、ある時刻の総合的な騒音一など多種類の音源による騒音の総合評価には、不適であるといわれている。また、それぞれの定義が、基本的に異なるため、相互の関係を規定する基礎評価量ともなりえない。

現在までの研究成果では、総合評価や相互比較のためには、エネルギー評価量である等価騒音レベル(Leq)が、最も適当であるといわれている。ISO(国際標準化機構)においても「環境騒音の記述と測定」¹⁾において、住環境における騒音の大きさを表示する基本的な方法として、Leqが採用されている。

筆者らは、環境管理の基礎的指標に利用するため、Leqによる騒音の総合評価法の検討を行っており、そのなかで音源別に環境騒音の予測手法を開発している。そのうち航空機による等価騒音レベルLeqを計算するプログラムを、作成したので報告する。

2 Leqの予測計算

Leqは、作業環境における騒音暴露評価量にも用いられているが、エネルギー値であるので、基本的な量として扱い易いといわれている。また、このLeqをもとに評価騒音レベル(rating level)一純音補正及び衝撃

音補正が考えられている。一を求め、土地利用計画などに利用する検討も、進んでいる。

このLeqの求め方としては、①サンプリングによる方法、②定常音の平均による方法、③単発騒音暴露レベル(sound exposure level)による方法、がある。サンプリングの場合は、測定対象の騒音レベルを測定システムの時定数以下でサンプリングしエネルギー積算する、もしくは、サンプリングしたデータを、たとえば5 dB 間隔で整理して統計分布を求め度数により計算する。定常音の平均の方法は、測定対象が定常音(たとえば変動幅が5 dB 以内の場合)の場合読み取った値を平均する、もしくは、レベルが段階的に変化する場合、それぞれの段階におけるレベルに時間長を考慮して計算する。単発騒音暴露レベルの方法は、単発的に発生する騒音を単発騒音暴露レベルとして分離測定し、それらを積算して計算される。このように測定法もいくつかあるが、予測手法もこれら測定法に対応して、検討されなければならない。

また、環境騒音は、多種の音源による総合的な騒音をいうが、その音源が明確に特定できる特定騒音(specific noise)と、特定しづらい残留騒音(residual noise)により構成されている。ここで、一定規模以上の広い地域の予測を考える場合、特定騒音としては、一般に音響エネルギーの高い、航空機、鉄道、近くの自動車などを考慮すればよい。残留騒音は遠くの交通騒音や都市活動一般によるものであり、社会指標等により統計的に整理することが考えられる。そのため環境騒音の予測においては、この特定騒音と残留騒音を区別して予測計算し、後にエネルギー合算する必要がある。

ここで特定騒音を航空機、鉄道、自動車及び工場騒音に区分し、残留騒音と合わせ、前述の測定法に対応して予測法を検討すると、表1のごとくなる。航空機、鉄道、

表1 Leq予測手法の考え方

音源		予測手法
特定騒音	航空機	単発騒音暴露レベル
	自動車	"
	鉄道	"
	工場	定常騒音
残留騒音		統計分布, 定常騒音

自動車など比較的高い騒音レベルを発生する音源で、予測手法も整備されつつあるものは、単発騒音暴露レベルで予測し、比較の変動の少ない工場騒音は、定常騒音として予測する。また、残留騒音は定常音とするか、騒音の統計分布を推定することにより予測するのが適切と考えられる。今回の航空機騒音のプログラムについては、単発騒音暴露レベルからLeqを予測計算するようにした。

3 Leqによる航空機騒音の予測

(1) 予測プログラム

航空機騒音の評価量は、各国ごとに種々考え出されているが、エネルギー量に着目して定義されているものが多く、Leqと考え方における相違点は少ない。わが国においては、評価量としてWECPNLを採用しているが、これもEPNLというエネルギー値を基本にしている。そのためプログラムも、WECPNLモデルを修正することで予測可能である。

前述のとおり航空機騒音は、単発騒音暴露レベルで計算することとしたが、単発騒音暴露レベルL_{AE}は、次式で表わされる。

$$L_{AE} = 10 \log \frac{1}{t_0} \int_{t_1}^{t_2} \frac{P(t)^2}{P_0^2} dt$$

- P(t) : 瞬時A特性音圧
- P₀ : 基準音圧
- t₂-t₁ : 対象としている単発的な騒音の発生時間の主要な部分を含む十分に長い時間間隔
- t₀ : 基準時間(1秒)

この航空機のL_{AE}については、t₂-t₁をピークレベルから30 dBさがった時間として測定整理したものが、FAA(米国連邦航空局)から公表されている。今回はこのデータを使用して、航空機による単発騒音暴露レベルとそれにより等価騒音レベルLeqを算出した。

プログラムは、既に筆者が報告²⁾したWECPNLの予測モデルを基本に作成した。

Leqの算出は

$$Leq = 10 \log \left[\frac{t_0}{T} \sum_{i=1}^N 10^{L_{AEi}/10} + 10^{L_r/10} \right]$$

- L_{AEi} : 1機ごとの単発騒音暴露レベル
- L_r : 残留騒音レベル
- N : 機数
- t₀ : 基準時間(1秒)
- T : 1日(単位秒)

で計算される。

プログラムの具体的手順は、図1に示す。高度補正、スラントディスタンス(斜め高度)の算出はWECPNLモデルと同様に行った。高度、推力、速度のプロファイル

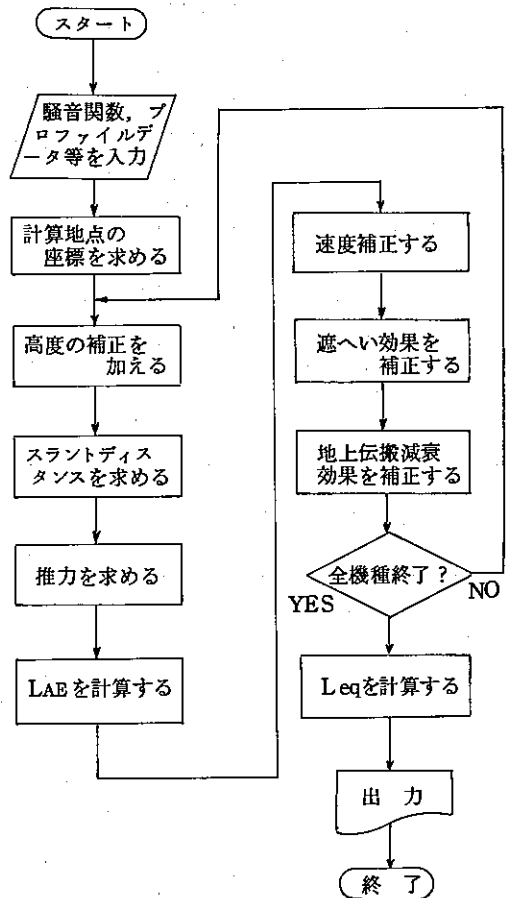


図1 予測計算の具体的手順

表2 騒音レベル関数 (単発騒音暴露レベル)

機 種	推力(lbs)	A	B	C
DC-9-32 DC-9-15	12000	0.14975×10^3	-0.11815×10^2	-0.78932×10^0
	10000	0.13750×10^3	-0.62267×10^1	-0.17450×10^1
	8000	0.13608×10^3	-0.70760×10^1	-0.17257×10^1
	6000	0.13218×10^3	-0.50080×10^1	-0.23542×10^1
	5000	0.12844×10^3	-0.23457×10^1	-0.29858×10^1
4000	0.12756×10^3	-0.12241×10^1	-0.34553×10^1	
DC-9 W/SAM ENGINE	12000	0.12363×10^3	0.78320×10^1	-0.43504×10^1
	10000	0.12248×10^3	0.43305×10^1	-0.37303×10^1
	8000	0.11629×10^3	0.56638×10^1	-0.39439×10^1
	6000	0.11280×10^3	0.54226×10^1	-0.39457×10^1
	4000	0.13890×10^3	-0.12711×10^2	-0.14205×10^1
B737-100 B727-200	13480	0.12998×10^3	0.65190×10^1	-0.41758×10^1
	12770	0.13029×10^3	0.50714×10^1	-0.39457×10^1
	8220	0.13111×10^3	-0.19636×10^1	-0.29241×10^1
	6120	0.14006×10^3	-0.89076×10^1	-0.20046×10^1
	5370	0.13945×10^3	-0.78102×10^1	-0.24435×10^1
	4180	0.14085×10^3	-0.87697×10^1	-0.24612×10^1
B737 W/SAM ENGINE	13480	0.12664×10^3	0.87231×10^1	-0.46178×10^1
	12550	0.12304×10^3	0.94464×10^1	-0.46808×10^1
	8050	0.11926×10^3	0.46908×10^1	-0.38333×10^1
	6120	0.11710×10^3	0.26272×10^1	-0.34740×10^1
	5370	0.13080×10^3	-0.67365×10^1	-0.21081×10^1
	4180	0.13334×10^3	-0.10257×10^2	-0.15626×10^1
B727-100 B727-200	13050	0.13234×10^3	0.39232×10^1	-0.35633×10^1
	9800	0.12417×10^3	0.58115×10^1	-0.40670×10^1
	7600	0.13139×10^3	-0.15320×10^1	-0.30045×10^1
	5300	0.13966×10^3	-0.74063×10^1	-0.23804×10^1
	4300	0.13957×10^3	-0.75898×10^1	-0.24315×10^1
	3500	0.14324×10^3	-0.98331×10^1	-0.21912×10^1
B727 W/SAM ENGINE B727 ADV W/SAM ENG.	12800	0.13264×10^3	0.23834×10^1	-0.32257×10^1
	11900	0.12862×10^3	0.38616×10^1	-0.35237×10^1
	10000	0.11924×10^3	0.75884×10^1	-0.42491×10^1
	8200	0.12101×10^3	0.40534×10^1	-0.37680×10^1
	5900	0.11447×10^3	0.47773×10^1	-0.38808×10^1
	3800	0.11647×10^3	0.11415×10^1	-0.33194×10^1
A300	26600	0.87736×10^2	0.28011×10^2	-0.78719×10^1
	14800	0.60399×10^2	0.46935×10^2	-0.11805×10^2
	7200	-0.13471×10^2	0.98619×10^2	-0.21691×10^2
	3200	-0.33334×10^2	0.11369×10^3	-0.24910×10^2
DC-10-10 DC-10-30 DC-10 STRECH	30800	0.15599×10^3	-0.17731×10^2	-0.50593×10^0
	20600	0.12620×10^3	0.25303×10^1	-0.42069×10^1
	14600	0.12845×10^3	0.73022×10^0	-0.42344×10^1
	11900	0.13560×10^3	-0.41235×10^1	-0.36330×10^1
9200	0.13400×10^3	-0.33353×10^1	-0.38991×10^1	
L1011	30600	0.12097×10^3	0.52866×10^1	-0.42509×10^1
	24000	0.12332×10^3	0.26636×10^1	-0.38235×10^1
	19800	0.12835×10^3	0.14588×10^1	-0.36836×10^1
	12200	0.12036×10^3	0.14745×10^1	-0.37813×10^1
B747-100 B747-200 B747 STRECH	35500	0.13043×10^3	0.25855×10^1	-0.37298×10^1
	31100	0.12855×10^3	0.28221×10^1	-0.37933×10^1
	23700	0.12785×10^3	0.17662×10^1	-0.37280×10^1
	16500	0.12497×10^3	0.14115×10^1	-0.37680×10^1
	10250	0.11855×10^3	0.39066×10^1	-0.41562×10^1
8850	0.11833×10^3	0.37058×10^1	-0.41291×10^1	

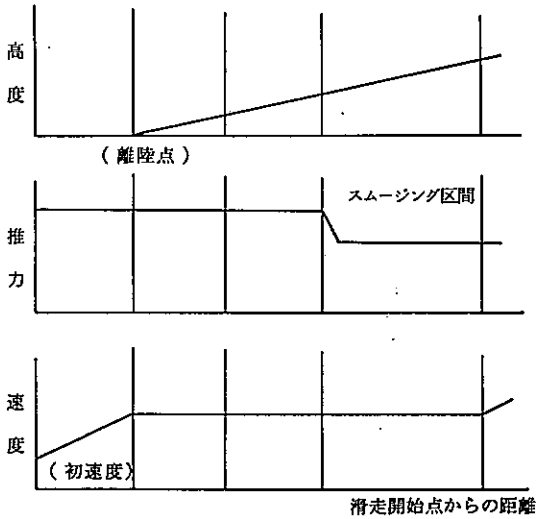


図2 プロファイルデータ

ルデータは図2に例示したが、FAAのデータ及び実際の運行実態から定めた。プログラムは各機種ごとに、スタート地点から航続距離別に定まるプロファイルデータと計算地点の座標によりスラントディスタンスを算出する。このスラントディスタンスにより、騒音レベル関数からL_{AE}が計算される。

騒音レベル関数は

$$L_{AE} = A + B \log(x) + C \log^2(x)$$

x : スラントディスタンス

で与えた。各係数A, B, Cは、FAAの測定データよりL_{AE}がスラントディスタンスの対数2次式で表わされると仮定し、最小二乗法により求めた。主要な機種の騒音レベル関数を、表2に示した。

速度補正、地上伝搬減衰効果、遮へい効果はEPNLの補正量を利用してL_{AE}を補正した。

(2) 計算例

図3は、機種別の単発騒音暴露レベルL_{AE}を示す。また、図4は東京国際空港周辺の概略のLeqコンターである。このコンターは、入力条件を簡略してあり概略を示すものであり、残留騒音レベルは50 dBとした。滑走路側方0.5 kmでLeq 65 dB、滑走路前方2 kmでLeq 65 dBを示している。

現在、Leqによる騒音分布調査が実施されていないので実測データとの比較ができないが、この予測は航空機騒音のみの計算であり、自動車や鉄道などの要素を附加すれば騒音レベルの分布は、複雑なものになると考えられる。

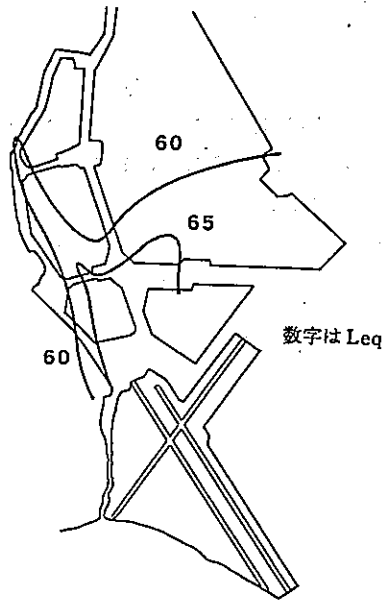


図4 概略の予測コンター（東京国際空港）

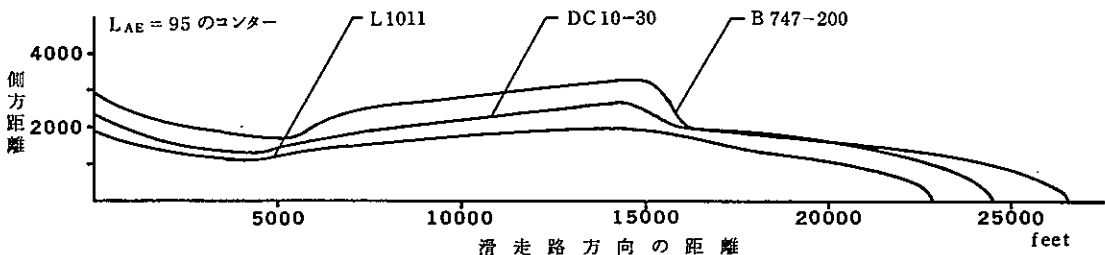


図3 機種別単発騒音暴露レベル

4 おわりに

筆者らは、環境騒音予測のため特定騒音別に L_{eq} 予測手法を整備している。環境騒音は、多種類の音源からの騒音が含まれており、それらが場所的・時間的に大きく変動しており予測手法も確立していない。筆者らは、この環境騒音を予測するにあたっては、できるだけ音源は特定し、残留騒音分を少なくするのが適当と考えている。その意味で、特定できる騒音は、個別に予測手法を開発している。本報告では、そのうち最も音響エネルギーの高い航空機騒音について、従来開発した WECPNL モデルを改良することにより、 L_{eq} 予測が行えることを示した。今後は、最新のデータの入力や実測との比較を行い、予測手法の確立を図っていきたい。

参 考 文 献

- 1) ISO : DASCRIPTION AND MEASURE-
MENT OF ENVIRONMENTAL NOISE, ISO
1996, (1982)
- 2) 末岡伸一：ミニコンピューターによる航空機騒音予
測モデルの開発，東京都公害研究所年報，(1981)