

解 説

航空機騒音測定・評価マニュアルに基づく短期測定の実際*

篠原 直明(航空環境研究センター 所長)

「航空機騒音に係る環境基準について」¹⁾(以下、環境基準という)が改正され、2013年からその評価指標がWECPNLから時間帯補正等価騒音レベル L_{den} に変わった。単発騒音の評価指標が最大騒音レベル L_{Amax} から単発騒音暴露レベル L_{AE} になり、評価の対象も離着陸騒音だけでなく、地上の航空機による騒音、例えば自走(タクシーイング)やエンジン試運転なども含めることになった。当然ながら、測定は複雑になり、環境省は自治体が環境基準の達成状況を把握する際の統一かつ実務的な測定・評価方法を確立し提供して航空機騒音の実態を適切に把握し、信頼性の高い測定結果・評価値を得られるよう、「航空機騒音測定・評価マニュアル」(以下、マニュアルという)を発行した。2009年に初版を出版、自治体等の試行測定により意見を得て改訂し、基準施行に時期を定めて2012年に第二版を出した。このマニュアルに基づいて基準改正後の L_{den} による測定評価を実施してきた。その後計量法の一部改正を取り込んだ修正版マニュアルを2015年に出したが、測定・評価の内容は変わっていない。改正施行後7年がたち、マニュアルには示されない課題や説明記述が足りない部分もあり、実務を行う測定者には、「こんなときどうすればよいのか」といった疑問や課題も多かった。環境省は、マニュアルの課題や不足を改善・拡充するために、検討を重ねた結果、2020年3月に改訂版マニュアルを発行した²⁾。

ここでは、改訂されたマニュアルに基づき、短期測定による航空機騒音の測定・評価を行う際の着目点および留意点を、主に測定の計画立案の際に考慮すべきことを中心に解説していきたい。

1. 航空機騒音測定の難しさ

率直に言えば、正確な航空機騒音の評価をするための測定は、正しい知識と目的をもって行わなければ難しい。以下のように、他の交通騒音の騒音発生状況と大きく異なる要因のために、環境基準に従い7日間の測定を実施しただけでは正確な評価値にはならない。

- ・他の交通騒音に比べると騒音源の大きさが格段に大きく、その影響範囲が広い。広い地域を測定評価の対象としなければならない。
- ・風向きや天候によって運航の方向や使用する経路が変わる。このため、騒音発生状況の偏りや、騒音暴露の大小が生ずる。
- ・離着陸や機種によっても騒音のばらつきが大きい。
- ・気象条件によって騒音伝搬状況が異なり、観測される騒音は大きくばらつく。
- ・航空機騒音の発生時に混じる他の妨害音(車両・鳥・犬など)の扱いが複雑で難しい。
- ・評価は測定期間の航空機騒音のすべてを計測して行わなければならない。一定本数または一定時間を対象とする新幹線鉄道騒音、統計上十分なサンプル数を対象とする在来線鉄道騒音とは異なる。これらの騒音源の測定の場合、騒音のばらつきが少ないので、できるだけ良質な測定結果のみを評価の対象とすることができ、航空機騒音は大きく変動するゆえに、全数を測定・評価の対象とし、欠測データを少なくすることが鍵となる。
- ・環境基準では対象を、年間を代表する時期としている。これは測定により長期間の代表値(年間を通じた平均的な値)を得ることが求められ

* Explanation for rudimentary knowledge of short-term measurement based on aircraft noise measurement and evaluation manual

るが、季節や気象条件によって測定結果が大きく変化する中で、代表する時期を選定する難しさがある。

2. 航空機騒音測定のための目的

航空機騒音の測定は、目的に応じて適切な方法と手段を選び、実施することが大切である。

環境基準の達成状況の確認を目的とする場合や空港周辺における航空機騒音の実態把握は、自動観測装置を利用した常時監視(通年測定)によることも多い。しかし、常時監視は、費用面からも制約があるし、通年測定点をどこにでも設けられるものではない。そのため、短期測定で空港周辺の騒音実態を把握する方法が取られる。また、騒音苦情の申し立てに対応するため測定を行うことも多い。これらの場合、マニュアルに基づいて短期測定を行い、必要に応じ季節を変えて繰り返し実施する。

3章以降にはマニュアルに基づいた短期測定の方法を解説する。

学校や公共施設などの防音工事の基準に該当するか否かの測定を行う場合もある。また、防音工事済みの住宅の遮音性能を確認することを目的とする測定や住宅の設計資料作成のために測

定することなどもあるが、これらは、マニュアルとは違った方法で測定を行うため、この解説の対象には含めていない。

3. 飛行場のタイプと測定・評価の考え方

マニュアルでは飛行場のタイプを5つに分類している。タイプ1は1日10回を超える定期航空便が運航する空港(民間空港)、タイプ2は自衛隊等の飛行場(防衛施設)、タイプ5は両者の共用飛行場である。運航回数の少ないタイプ3(定期航空便が1日10回以下または定期航空便がない)やタイプ4(ヘリポート)もある。

表-1にタイプの定義と騒音評価の考え方を示した。総別すると、タイプ1, 2, 5は航空機騒音の影響が懸念され、環境基準値を超える可能性がある飛行場、タイプ3, 4は運航回数が少なく、騒音影響も相対的に小さく、基準値を超える可能性が低い飛行場、と言えよう。前者は、年間の平均的な騒音を把握するために測定を1回または複数回行い、後者は、最大騒音影響の際にでも基準値を超えないことを確認する測定を行う。仮に、最大影響時の7日間で基準値を超えた場合は、さらに年間平均の騒音を把握(測定の追加、または、年間値推計)したうえで、環境基準値との評価をする。

表-1 飛行場のタイプと測定・評価の考え方

	定義	特徴	評価の考え方	短期測定の実施	注意
タイプ1	定期航空便が運航する空港で1日当たりの平均離着陸回数が10回を超える空港	気象条件の変化や季節間などの違いで航空機騒音の暴露状況に大きな変動がある(環境基準値を超える可能性がある騒音影響が考えられる)	年間の平均的な航空機騒音の状況を把握する必要	原則7日間の測定を、1回または季節を変えて騒音測定を繰り返し、長期間平均として信頼性を確保した評価値を得ること	飛行場の運航状況や騒音発生状況の特徴に基づき、適切に設定する
タイプ2	自衛隊等専用の飛行場	航空機の運航状況が大きく変化する。騒音暴露の状況も日ごと季節ごとに大きく変化する。(環境基準値を超える可能性がある騒音影響が考えられる)	年間の平均的な航空機騒音の状況を把握する必要がある飛行場	原則14日間の測定 以下はタイプ1と同様	同上
タイプ3	定期航空便が運航する空港で1日当たりの平均離着陸回数が10回以下の空港、または定期航空便が運航しない空港、非共用飛行場	定期便の運航回数が少ない、または、事業用・自家用の小型機が運航する空港。(騒音影響は大きくない状況を前提とする)	影響が最も大きい時期でも環境基準値を超えないことを確認する。超えた場合は、年間の平均的な騒音状況を把握して確認	運航頻度の大きい時期に1回、7日間の測定。	その結果として環境基準を超えた場合は、タイプ1の飛行場に準じ、複数回の測定または年間推計 L_{den} を実施
タイプ4	ヘリポート	ヘリコプターのみが運航する。ヘリポート、大多数は運航回数が少ない。	タイプ3の飛行場に準ずる	タイプ3と同様	同左
タイプ5	民間航空と自衛隊等が共用で使用する飛行場、共用空港	民間航空と自衛隊等の運航がともにあり、どちらも騒音影響を及ぼす空港・飛行場	どちらの運航頻度もしくは騒音影響が大きいかを考慮し、タイプ1またはタイプ2に準じる	タイプ1またはタイプ2に準じて考える	同左

4. 短期測定はいつ頃何回実施するか

航空機騒音の発生状況は日々による変動幅が大きく、7日間または14日間の測定を実施しただけで、年間平均にあたる長期間評価値を正しく得ることは難しい。全国の様々な種別の空港や飛行場・地点における常時監視の実測データを用いて、想定する短期測定の測定期間長に応じて、通年観測の航空機騒音の年間値との差(ばらつき)がどのように変化するか調べ結果を見た^{3~6)}。図-1は民間空港で、左図は、想定する短期測定期間と年間値との差のばらつき(標準偏差)を、右図は、差の平均を示した。それぞれの空港とともに、全空港を平均した結果を太線で示す。記載した数値は、全空港の平均である。図-2は防衛施設飛行場の同様の図である。

空港や飛行場によって、航空機の運航状況や滑走路方向や経路との関係が変化するため、結果は

大きく異なるが、概して言えば、右図の差の平均は短期測定期間が短いほどマイナス側の偏りを生ずる。また、左図の差のばらつきは評価期間を長くすれば小さくなる。民間空港(図-1)では環境基準で示す1週間の測定期間だけでは、差のばらつきは2dB、差の平均は-0.6dBと小さくない乖離が残るため、評価値の信頼性としては不十分かもしれない。防衛施設(図-2)も同様で、マニュアルで標準とする14日間(2週間)の測定結果は、差の平均で-2.2dBとやはりマイナス側の偏りを生じ、差のばらつきでも4dBを超える。年2回の測定を行えば、差の平均におけるマイナス側の偏りはほぼ解消され(民間 -0.2dB, 防衛 -0.7dB)、差のばらつきもそれぞれ1.4dB, 2.3dBと小さくなる。年4回の測定を行うと、さらに年間値との差は小さく、差のばらつき方も小さく、評価値の信頼性が向上することが分かる。

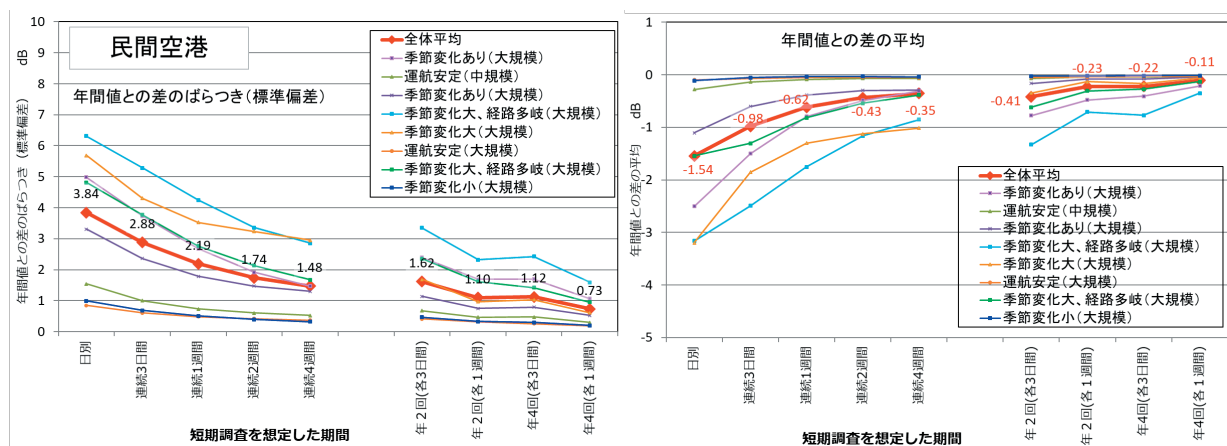


図-1 民間空港における短期測定期間と年間値との差(左: 差のばらつき、右: 差の平均)
8つの民間空港(対象の常時監視局数 186)の分析結果

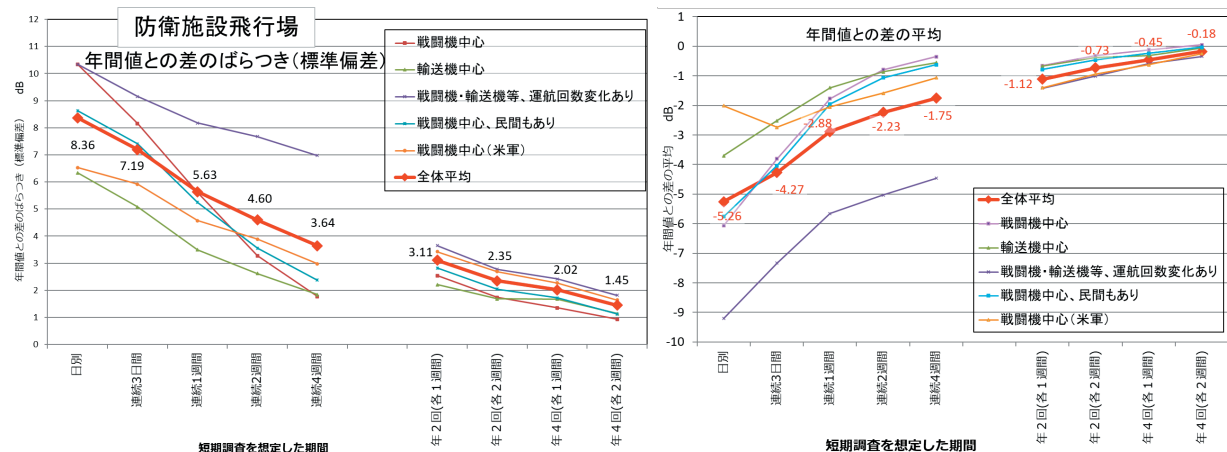


図-2 防衛施設における短期測定期間と年間値との差(左: 差のばらつき、右: 差の平均)
5つの飛行場(対象の常時監視局 85)の分析結果

図からも分かるように、民間空港・防衛施設ともに、空港によって様子が異なることも理解できるだろう。したがって、対象空港の特性を理解したうえで実施時期と期間長・繰り返し回数を決めなければならない。表-2の目安を参考にしていたければわかりやすい。一般に滑走路の運用方向は風向きに依存する。滑走路が南北方向に設置されている場合、夏は南風が卓越するので南向きの滑走路を用い、冬は北風により北向き滑走路を用いることが多い。このような季節変化が顕著な場合は、少なくとも2回以上の短期測定を実施することが良い。なお、改訂前のマニュアルでは夏季と冬季をお勧めしていたが、全国の様々なデータを再検討した結果、春季と秋季などの組合せでも測定結果の信頼性は変わらないことも分かった。

また、季節による滑走路方向の変化が顕著ではなく、年間を通じて同じ向きの滑走路を使う割合があまり変化しない場合もある。空港と測定地点の位置関係などの他条件にもよるが、このような場合には年1回の短期測定でも十分な信頼性を得ることができる。

短期測定結果を利用した年間 L_{den} 推計値を用いる方法もお勧めしたい。マニュアルが示す「近傍の通年測定の結果を用いる方法」と「対象飛行場の運航情報を用いる方法」はともに、測定結果の信頼性をより向上させることができる。(11章を参照されたい)

空港によっては、天候が悪いときのみ使用する飛行経路(運航方式)や、特定の風向のみに使用する滑走路などの運用も考えられる。これら使用頻度が少ないが騒音影響の大きい場合を前提とした騒音把握をどうすればよいかは難しい課題となる。筆者の案では、①特定時期・高騒音影響を想定して測定、②通常の時期でも測定を実施、③前者の結果は、影響が大きい時期の結果を表す参考値と扱い、①②の結果を利用した年間 L_{den} 推計を行い、それを年間を代表する騒音として扱う。

5. 測定地点の選定は

測定地点の選定に当たっては事前検討を行い当該飛行場の航空機運航や主要飛行経路の利用状況、周辺地域の土地利用状況を把握し地図等で予め候補地域を選んでおく。飛行場周辺で専ら住居用途に供されている地域、およびそれ以外でも生活を保全する必要がある地域を対象とし、空港周辺の地域全体を眺め、配置のバランスを考えて決める。

騒音の状況を把握する場合や苦情対応等の目的で行う測定ではそれに適した場所を選定して測定する。

そのうえで現地踏査を実施し対象騒音の大きさと暗騒音の状況を把握し、測定に適した場所であることを確認する。地上騒音を評価する必要性(12章参照)についても検討し測定地点を決定する。

6. 適切な測定環境とは？

測定地点における適切な測定環境としてマニュアルには、観測される主要な航空機騒音の最大騒音レベルが暗騒音から少なくとも10dB以上、可能であれば15dB以上確保できる地点と書かれる。様々な事情で測定場所を道路交通騒音など単発的な暗騒音が懸念される場に決めざるを得ないときがあり、そのような場所で測った結果の妥当性に不安も感ずる。マニュアル改訂にあたって

表-2 空港の運用状況と短期測定の実施目安

空港の運用と測定地点				短期測定の期間と回数, 評価値の信頼性			
滑走路運用方向	航空機の運航回数	飛行経路	測定点の位置関係	民間防衛 3日間 1週間	1週間 2週間	1週間で2回 2週間で2回	1週間で4回 2週間で4回
年間を通じて変化は少ない	曜日や季節による変化は少ない	多くない	空港に近い騒音が大きい	△	○	◎	◎
↓	↓	↓	↓	◆	△	○	◎
季節的な変化が大きい	曜日や季節による違いが大きい	多岐にわたる	空港から遠い騒音が小さい	◆	◆	△	○
				◆	◆	◆	△

信頼性の目安 ○ > △ > ◆
良 ← → 注意

検討を行った結果、単発的な妨害音と航空機騒音の重畳割合が重要な意味を持つことが明らかになった。それによれば、重畳割合が20%を超える測定環境では L_{den} に1dBを超える誤差をもたらす可能性が高く、このような地点は避けるべきである。重畳割合が10%以下ならば L_{den} への影響は0.5dB未満にとどまる。表-3に判断目安の総括を示す。

表-3 測定環境の適切さの判断目安

	定常的な暗騒音との関係	単発的な暗騒音との関係
良好な環境	主要な航空機騒音が15dB以上大きい	航空機騒音と重畳する※割合が10%以下
避けるべき環境	航空機騒音と暗騒音の差が10dB未満	航空機騒音と重畳する※割合が20%以上

※航空機騒音の L_{AE} 積分範囲において単発的な妨害音と重なりが生じ、 L_{AE} が算定できなかったり(欠測)、算定 L_{AE} が不確かなものになること

しかし、上記の目安は、測定実施後にその結果の妥当性を算定する場合に用いることになる。このため、測定前に事前踏査を実施して測定環境の適切さを判断する目安もマニュアルに示された。

- ・航空機騒音の平均的な L_{ASmax} よりも暗騒音の上端値(L_{A5})が10dB以上小さいこと。
- ・航空機騒音の $L_{Aeq,T,air}$ を暗騒音の $L_{Aeq,T,BGN}$ が下回ること。

7. マイクロホンの設置場所と高さ

マニュアルでは、騒音計のマイクロホンは、測定対象となる航空機の飛行経路の主要な部分が見渡せ、建物などの反射物から少なくとも3.5 m以上離れた位置に設置すると説明している。実際には、測定地点はできるだけ平坦な場所で、建物が密集しているところや山陰げや窪地のような場所は避けたい。反射物から3.5m以上離すとされるが、航空機騒音測定の場合はこれでは不十分なことが多く、少なくとも10m程度は遠ざけておきたい。特に、測定地点から航空機を見上げた仰角が10~15°以下の場合には、建物や気象条件の変化、地表面の影響を受けやすいため、航空機騒音が到来する方向の見通しや遮蔽物に十分注意する必要がある。

マイクロホンの高さは、これまでの環境基準、

また、鉄道や環境騒音など他の騒音源を調査する際と同様に、地上1.2~1.5 mとする。ただし、設置場所の制約があつて建物屋上等に設置する場合には、設置面からの反射音の影響を抑えるために床上4 m以上に設置する。これは、生活面の高さである地上1.2~1.5mを離れるなら、できるだけ地面反射の影響を少なくして、より高い信頼性が得られる状態で測るべきとの考えに基づいている。マニュアルでは、屋上等の場合でも周囲からの暗騒音影響を大きく受ける恐れがある場合には1.2~1.5mまで下げてもよいと記述されている。しかし、設置面からの反射で顕著なレベル変化が生じることがあるので、筆者は推奨しない。

航空機騒音の自動監視の国際規格ISO 20906⁷⁾は設置面から6m以上の高さを推奨する。諸外国では測定の妥当性を担保する一つが、国際規格に従って測定していることで、それを情報として周知する空港もある。このため、海外空港の自動監視装置のマイクロホンは少なくとも高さ6mに設置している。

8. 測定体制を検討する

短期測定の実施に当たって、測定体制を考える必要がある。航空機騒音をしっかりと識別するために有人で行うのか、何らかの識別機能を持った自動監視装置を用いるのか、無人で騒音レベル記録を行うのかなどである。

有人で行う調査は、測定員によって航空機騒音と他の騒音源との区別(航空機騒音をしっかりと識別し、発生要因を特定する)ができることが最大の利点である。AC電源がとれない場所などでも実施可能である。また、建設工事・農作業など人為的な音やセミや虫などの自然音による騒音環境の変化(航空機騒音測定への影響)に素早く対応できる。また、機器故障の際の迅速な処置により、航空機騒音データの欠測を最小限にとどめることにもメリットがある。その一方で、測定要員の確保やそれに伴うコストなどの課題もある。

一方、無人で行う場合はさまざまな制約がある。第1に騒音レベル記録・変動だけでは必ずし

も騒音源を特定できない。航空機騒音を識別する機能を持った自動監視装置を用いると良いが、一般的にはAC電源が必要であり、設置場所の制約を受けることが多い。機器コストが課題で、設置の手間もかかる。

識別装置がない騒音計の場合には、騒音レベル記録だけでなく、一定レベル以上を実音記録する機能を用いると、測定後の処理で実音再生によって航空機騒音か否かを判定することが可能である。ただし、1機ごとの実音再生・確認作業には相応の時間を要することは言うまでもない。周波数分析結果が同時に記録できる騒音計もあり、後の整理の際に周波数特性を確認することで航空機か他の音かを仕分ける手助けになる。無人測定の場合、機器故障や暗騒音の上昇による測定環境の変化などの欠測のリスクがつきまとう。少ない要員ですむため、測定コストを抑えられるがデータ欠測をどう考えるかが焦点になる。

これらを勘案し、測定計画の作成時にどのような測定体制とするかを総合的に検討する。単にコスト面の理由だけから「無人測定」を選択すると、集計時に苦勞し、また、測定結果の信頼性を落とすので注意されたい。以下に要点を示す。

○有人測定が望ましい場所

- ・ 飛行経路がばらつくため見極めを必要とする
- ・ 航空機騒音が小さく暗騒音との差が充分でない
- ・ 道路騒音などの航空機以外の音が多く発生する
- ・ 特に航空機騒音問題に対応すべき場所(苦情等)

○騒音計と実音記録(および周波数特性の記録)で無人測定が可能な場所

- ・ 飛行経路との関係が一定で、航空機騒音がはっきり聞こえ、暗騒音が低く妨害音の発生が少ない
- ・ 有人測定点や経路直下の地点と関連性が深い(これらの結果と同期して比較することが可能)

9. 自然の音に邪魔される

郊外の測定地点では、夏のセミや秋の虫などの自然音によって暗騒音が上昇し、航空機騒音が区別できないことが多く発生している。そこで、全国各地の航空機騒音常時監視結果をもとに季節

によって変化する暗騒音の実態を調べ、航空機騒音の評価値への影響を検討した^{3,7,8)}。春から初夏には水田でカエルが活発に鳴き始める。雨が降っていない日は、日が暮れるとカエルの合唱が始まる。日没後1時間程度が最も活発で、その後少しずつ収まっていくが朝まで鳴きやむことはない。夏にはセミだが、地域によって様相が異なる。北日本地域ではセミの大合唱になることは少ないが、関東地方は様々な種類のセミが日の出から日没後まで活発に鳴くため、航空機騒音測定への影響が懸念される。東海地方以西(以南)の地域ではクマゼミが活発に鳴く。日の出と同時に大合唱が起こるが、猛暑になる午前11時ころには治まることが多く、航空機騒音測定への影響時間帯は関東地方の場合より短い。秋の夜にはコオロギや鈴虫などの鳴き声が観測される。これらの古来種に加えアオマツムシなど樹木で鳴く虫もあり暗騒音は大きく上昇することがある。その時間変化は日没後1時間程度を最高に徐々に治まる。

自然音の影響が最も大きい関東地方郊外での測定結果をもとに、セミや虫の音による影響を検討した結果、多くは L_{den} に対して0.5 dB以下の影響だった。このため、改訂版マニュアルには、自然の音に近接した場所で測定することは避けること、現地踏査時に季節や時間帯による暗騒音状況の変化を想定しておくことが付け加えられている。

10. 明確な単発騒音でない場合は？

データ集計時のことにも少しだけ触れておきたい。航空機1機ごとの単発騒音データは、その最大騒音レベル(L_{ASmax})が暗騒音(L_{BGN})より10dB以上大きいものを対象に、単発騒音暴露レベル(L_{AE})を算出する。それは、 L_{ASmax} から10dB小さいレベル($L_{ASmax} - 10dB$)を超えている範囲をエネルギー積分して1秒に規準化する(図-3)。

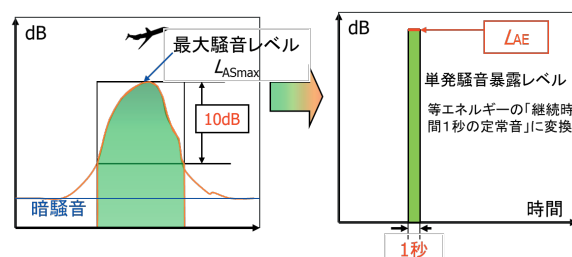


図-3 単発騒音暴露レベル(LAE)の算出

しかし、特殊な状況の場合、標準的な L_{AE} 算定手順では正しく処理できない場合がある。マニュアルが示す参考図を図-4に引用する。測定地点が旋回経路の内側にあり、旋回飛行した際に観測された騒音のレベル変動事例である。騒音レベルが長い時間にわたって変動し、明確な単発騒音ではない3つの区間に分かれる。図中の区間A、区間B、区間Cとなり、それぞれ $L_{AE,A}=69.0$ dB、 $L_{AE,B}=72.2$ dB、 $L_{AE,C}=71.0$ dBとなる。このとき、積分範囲を拡大して「 $L_{A,Smax} - 15$ 」dB以上の範囲を単発騒音の区間とすれば、 $L_{AE}=75.9$ dBとなる。これを正と考えれば、3つの区間 L_{AE} をすべて合算評価すれば合計 L_{AE} が75.7dBと差は小さい。しかし、飛行1機に対し騒音イベントを1つ関連付ける場合には、区間Bを採用しても3.7dBの L_{AE} 算定誤差が生ずる。このように積分範囲を拡大して L_{AE} を算定したほうが良いケースも発生する。

積分範囲を変更したほうが良い特殊ケースの基準は、通常の算出方法で2dBを超える誤差がある場合と考えればよい。これは、民間空港では、図例の旋回経路の内側や着陸時に突出した変化を伴う特異な騒音発生が、防衛施設では戦闘機が連続離陸する場合が該当する。

改訂マニュアルに際した検討結果¹⁰⁾では、通常の算出方法で2dBを超える誤差を含んだ L_{AE} が全体の20%を上回る場合、評価値 L_{den} に対して0.5dB以上の誤差を生じさせる可能性がある。このような場合は算定範囲を拡大するなどが良い。しかし、民間空港の事例では、特殊ケースが20%を超えることはなく、防衛施設の場合に一部該当例があった。

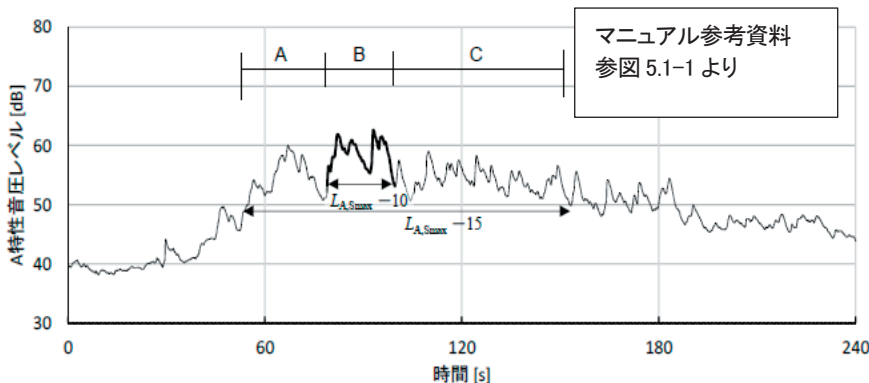


図-4 通常の L_{AE} 算定基準では処理が難しい例(マニュアルより)

11. 地上騒音は考慮しなければならない？

平成25年から環境基準に基づく評価指標はWECPNLから L_{den} に変更され、離着陸に伴う騒音に加え、地上で発生した航空機騒音も評価の対象に含めることになった。これによって地上走行時の騒音やAPU(航空機補助動力)や整備時のエンジン試運転の騒音も測定・評価の対象になった。(対象騒音はマニュアル参考資料4.1節を参照)

単発騒音として観測される地上騒音の処理は飛行騒音と同様で良いが、継続時間が長い準定常騒音はその扱いに困ってしまうことも多い。航空機運航頻度が高い時間帯に、地上の航空機によるAPU、地上走行などが複合的な音源となって、バックグラウンドが上昇するケースもある。整備のためにエンジン試運転を行う場合には、それによる騒音の始まりと終わりが区別できるが、複合的な騒音の場合は、評価対象とする区間を特定することが難しいことも多い。

さまざまな空港・飛行場での地上騒音の状況を調べた結果、測定時における地上騒音の考慮方針は以下を参考にされたい。

- ・ 明らかな地上騒音(地上走行など)であり、単発騒音として観測されるものは対象とする。
- ・ 準定常騒音として観測される地上騒音について、エンジン試運転、ヘリコプターのホバリングなどによってその騒音発生区間が明確なものは対象とする。
- ・ 複合的な地上騒音については、評価の対象としなくても日の L_{den} に対する寄与は0.5dB程度以下にとどまる¹⁰⁾。
- ・ 地上騒音の騒音源に近い測定地点(例えば、誘導路脇、エンジン試運転施設付近、エプロン付近)は地上騒音の影響を無視できない。

一方、空港から一定以上の距離が離れた地点では地上騒音の寄与は小さい。マニュアル参考資料 参図4.1-8を参照のこと。

12. 年間推計はどうやって実施する？

短期測定による航空機騒音評価値の信頼性をより向上させる手法として、測定マニュアルには、短期測定結果を利用した年間平均 L_{den} 推計の方法が2通り示されている。その一つは、短期測定点と相関の高い常時監視局を基準局として利用して年間値を推計する方式(以下、基準局方式という)であり、他は対象飛行場の年間を通じた運航情報を利用して、短期測定で得られた離着陸・機種・経路別の平均騒音値から年間値を推計する方式(以下、運航実績方式という)である。

基準局方式は、短期測定点と関係性の高い通年測定点を基準地点とし、その年間と短期測定期間の差を、短期測定の補正值として用いる式である。基準地点を適正に選択できれば、以下の簡便な方式で誰にでも使いやすい。

$$\text{年間推計 } L_{den} = \text{短期測定 } L_{den} + \text{基準地点補正值}^*$$

※ 通年測定点の年間 L_{den} - 短期測定期間 L_{den}

基準地点として適否を判断するための定量的なガイドラインを検討の結果、対象測定点と通年測定点の位置関係などを踏まえたうえで、民間空港の場合、両者の相関関係はできれば0.85以上、少なくとも0.7以上がその判断目安とすることができる。また、防衛施設の場合、相関係数0.8以上が望ましいものの、相関係数で0.6以上としても評価値の信頼性向上に資することが分かった¹⁰⁻¹²⁾。

運航実績方式は、短期測定で得られた離着陸・機種・経路別の平均騒音値に、対象飛行場の年間運航実績から算定した滑走路・離着陸・機種・方面別の日平均運航回数(時間帯別)を乗じて年間値を推計する。詳細な運航情報を必要とするため、空港管理者等限られた場合にしか対応できない。詳細な情報が得られない場合でも、離着陸の分類程度でも効果がある¹⁰⁻¹²⁾。

$$\text{年間推計 } L_{den} = 10 \log_{10} \left(\sum (\text{区分毎の平均騒音値(時間帯重付けあり)} \times \text{騒音発生割合} \times \text{区分毎の日平均運航回数}) / 86400 \text{ 秒} \right)$$

区分とは：離着陸別(必須)、飛行経路別、機種別に分類

13. 測定・評価の種類と評価量の信頼性

航空機騒音の測定・評価の種類として、通年測定を含め、評価量の信頼性の高い順に並べ替えた測定・評価方法を表-4に示す。短期測定で信頼性を確保した評価量を得るために、測定時期と回数を慎重に計画することが必要である。また、年間平均 L_{den} 推計は信頼性向上には重要な役割を果たすので、活用を是非お勧めしたい。〔年4回の短期測定〕と〔年2回の測定+年間推計〕は同程度の信頼性であり、例えば、短期測定の回数を少なくし、年間推計を実施すれば、経費と効率の改善につながることも利点として挙げられる。〕

表-4 測定・評価の種類と評価量の信頼性、その根拠とする検討結果

マニュアル参考資料に記載の表 参表6.2		根拠とする検討結果 年間平均 L_{den} との差のばらつき 標準偏差 dB		年間平均 L_{den} との差の平均 dB	
信頼性	測定・評価の種類	民間空港	防衛施設	民間空港	防衛施設
高い ↑	通年測定	---	---	---	---
	短期測定(4回/年)と年間推計の併用	0.4	0.9	0.0	-0.1
	短期測定(4回/年)	0.7	1.5	-0.1	-0.2
	短期測定(2回/年)と年間推計の併用	0.7	2.0	0.0	-0.4
	短期測定(2回/年)	1.1	2.4	-0.2	-0.7
	短期測定(1回/年)と年間推計の併用	1.0	3.8	-0.1	-1.3
↓ 低い	短期測定(1回/年)(14日間)	1.7	4.6	-0.4	-2.3
	短期測定(1回/年)(7日間)	2.2	5.6	-0.6	-2.9

14. 騒音計の管理と校正

環境基準では「測定は、計量法第71条の条件に合格した騒音計を用いて行うものとする。」としており、この条件を満たさない騒音計で測定した結果は環境基準の基準値と比較して評価することはできない。すなわち、計量法の検定に合格している騒音計を測定に用いる必要がある。

ただし、このことだけで、騒音計の精度管理が担保されるわけではなく、測定にあたっては校正や動作確認が正しくなされていなければならない。以前のマニュアルでは、「音響校正器を用いて騒音計の値を点検し、所定の値との差が ± 0.7 dB以上であった場合は、その騒音計は使用しない」としていた。この ± 0.7 dBは騒音計が故障している可能性を示す目安値として設定されたが、これを超えた場合に一律に使用を禁じてしまうのは厳しすぎる、との意見を受け、改訂マニュアルでは、「 ± 0.7 dB以上であった場合は、その騒音計は使用しないことが望ましい」とし、「 ± 0.7 dB以上の状態で測定を行った場合、その結果は参考とする」と規定した。

校正値に差を生ずる要因についても改訂版マニュアルに補足説明がある。マイクロホンの経年による感度変化(0.2~0.3 dB程度)、温度などの環境による変化(0.3~0.4 dB)、音響校正器のばらつき(0.1~0.2 dB程度)の要因それぞれを総合したばらつきは0.6 dB程度となり、これを勘案して故障の可能性の目安値を0.7 dBとした。マニュアル改訂版で、目安値以上の騒音計の使用を条件付き(参考値として扱う)で認めた格好だが、騒音計の取り扱いに関する考え方は変わっていないので、以前と同様に目安値を超えるものは使わない方がよい。なお、校正の実施についても、作業環境として不安定な現場で校正作業を行うのではなく、音響校正器に値を合わせる校正作業は、室内の安定環境で作業すること。測定現場では、音響校正器で騒音計の値を確認するだけにとどめる。校正や管理方法についてマニュアル参考資料編とともに関係文献¹³⁾も参照されたい。

15. 欠測があった場合の対応

マニュアルでは欠測の定義は明確でないが、欠測とは「本来は測定・評価の対象であった航空機騒音が、何らかの要因によって、測定データが記録できなかった」ことと言える。「何らかの要因」とは、測定機器の故障のほか、対象測定地点を含む地域に共通して通常に存在する音以外の音が測定の妨害となること、が該当する。すなわち、測定のマイクロホン近辺で発生する音(例えば、道路工事、建築作業、車両通過音、農作業など)は欠測原因となりうる。強風や大雨でも背景騒音は上昇するが、よほどの特異な事象でない限りは、単なる暗騒音として取り扱う方がよい(雨音によって飛行機の音がかき消されたので欠測として扱う、とは考えない)。

年間を通じて極めて特異と考えられる天気現象(台風、めったにない大雨や大雪)の場合は、短期測定の評価対象に含めないほうが良い。まず、台風・大雨などで測定そのものに危険がある場合は迷わず中止することが良い。なお、中止した日は別の日で補う。

欠測への対応について、マニュアルでは次のように示す。

日ごとのデータのうち、欠測が10%未満ならば、日の L_{den} への影響は0.5 dB未満なので、許容できる。なお、当該地点で有効に観測された別の同一機種・同一運航形態の測定データの平均(L_{AE} のエネルギー平均)をもって代用すると欠測影響は無視できるほど小さくなる。欠測率が20%を超える場合は、その影響が無視できないので欠測日として扱う(たとえ、有効結果の同一形態の平均値で補ったとしても影響が残るので不可)。

測定期間中に欠測日がある場合、欠測割合が10%未満なら、評価量(測定期間の L_{den})への影響は0.5 dB未満であり、評価の信頼性は変わらない。よって、欠測日を除外した残りの期間から評価量を算出する。日単位の欠測率が10%以上の場合は、評価量への影響が無視できず、別の日に追加測定を行い補完する。すなわち、測定期間が7日間では1日の欠測も許容されず、14日間では2日の欠

測は許容されないことを意味する。

追加測定日はいつとすれば良いかについては、マニュアルには説明がないが、考え方として、日ごとの運航回数に大きな変化がない空港・飛行場の場合、測定予定期間に続いて追加測定日を設ける(曜日は気にせずとも良い)。日ごとの回数に大きな変化がある場合は、測定予定期間に続く同じ曜日または同じような運航回数の日に追加測定を実施することが良い。なお、測定予定期間から時期を空けて追加測定日を設けざるを得ない場合は、少なくとも1か月以内の時期に実施する。

特異な天候などで運航に遅延や欠航などの乱れが生ずる場合はどのように取り扱うべきか、これもマニュアルには示唆がない。しかし、マニュアルには欠測に対する対応の考え方が示されており、原則を言えば欠測率10%以下は許容(信頼性に与える影響は小さい)、20%を超える場合は不可(参考値扱い)とする。これを適用すれば、欠航が10%以下は許容し、20%を超える日は参考扱いとし、できれば追加測定日を設けることが良い。遅延便の発生は、 L_{den} 評価の時間加重みづけに影響するが、平常との比較などにより、その影響度を分析することができる。また、年間 L_{den} 推計により、短期測定期間の特異性を薄めることができる。このため、遅延便が多いことにより欠測日や参考値とする必要はない。いずれにせよ、短期測定期間中に特異な天候などが含まれる場合は、年間 L_{den} 推計を併用するのが良い。

16. おわりに

本稿では、改訂されたマニュアルに基づき、短期測定による航空機騒音の測定・評価を行う際の着目点および留意点を、主に測定の計画立案の際に考慮すべきことを中心に解説した。測定・評価

マニュアルと併せて本稿をご覧いただきたい。この記事役立てていただく読者は、実際に騒音測定を行うだけでなく、測定業務を発注しその出来栄を監督する立場の方も含まれるだろう。測定現場やデータ集計等の際に課題に直面した時、適切な判断を下す必要もあるだろう。この解説記事が、そのような状況の際の解決の手助けになることを願っている。

参考文献

- 1) 航空機騒音に係る環境基準について、環境省告示、改正 平成 19 年環告第 114 号
- 2) 航空機騒音測定・評価マニュアル、環境省、令和 2 年 3 月、URL <http://www.env.go.jp/air/noise/airplane/manual.html>
- 3) (公社)日本騒音制御工学会、環境省請負業務「平成 28 年度航空機騒音測定・評価方法に関する検討調査業務」報告書、平成 29 年 3 月
- 4) 篠原直明ほか、航空機騒音測定・評価の課題－短期測定による長期間評価の信頼性－、日本騒音制御工学会 2017 年秋季研究発表会講演論文集
- 5) 篠原直明、航空機騒音の短期測定に基づく長期間評価値の信頼性向上検討、航空環境研究 2018
- 6) 篠原直明ほか、航空機騒音評価値の信頼性を確保するための短期測定の方法に関する検討、日本騒音制御工学会 2019 年秋季研究発表会講演論文集
- 7) ISO 20906: Acoustics- Unattended monitoring of aircraft noise in the vicinity of airports
- 8) 篠原直明ほか、航空機騒音測定・評価の課題－セミなどの自然音の実態と評価値への影響－、日本騒音制御工学会 2017 年秋季研究発表会講演論文集
- 9) 篠原直明ほか、セミなどの自然音の地域別比較と航空機騒音評価値への影響、日本音響学会騒音振動研究会 2018 年 5 月
- 10) (公社)日本騒音制御工学会、環境省請負業務「平成 29 年度航空機騒音測定・評価方法に関する検討調査業務」報告書、平成 30 年 3 月
- 11) 篠原直明ほか、航空機騒音測定・評価の課題－短期測定に基づく年間 L_{den} 推計の妥当性－、日本騒音制御工学会 2018 年秋季研究発表会講演論文集
- 12) 篠原直明、航空機騒音の短期測定結果に基づく年間推計 L_{den} の活用、航空環境研究 2019
- 13) 大屋正晴ほか、航空機騒音測定における騒音計の校正と管理について、日本騒音制御工学会 2019 年秋季研究発表会講演論文集