

研究報告

航空機騒音の短期測定に基づく長期間評価値の信頼性 ～騒音暴露に変動がある場合の考え方を含めた総合検討～*

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⁾では、測定は原則として連続7日間と短期測定による評価が示されている。しかし、測定時期としては航空機の飛行状況及び風向等の気象条件を考慮して、測定地点における航空機騒音を代表すると認められる時期を選定する、とのことから評価の原則は年間を通じた平均的な航空機騒音を対象とすると理解されている。また、空港周辺環境対策の根拠法の一つである「公共用飛行場周辺における航空機騒音による障害の防止等に関する法律」(騒防法)では、年間を通じ平均的な航空機騒音を、騒音対策範囲を決定する基準として用いている。

環境省の定める「航空機騒音測定・評価マニュアル」²⁾(以下、「測定マニュアル」という)では、年間を通じた平均的な航空機騒音を評価することを明確に解説し、短期測定の場合、季節を変えて測定を繰り返すことを推奨している。さらに、短期測定の実施回数と実施時期を計画するための参考資料が提示されている。ここには空港・飛行場の種別や運航状況の特性によって実施回数と実施時期を選定することにより、年間平均に相当する測定結果を得ること、さらに年間平均 L_{den} 推計手法を利用することが示されている。

しかし、このガイダンスに従ったとしても、必ずしも真の年間平均値と一致しているとは限らない。この要因としては測定実施時期や回数・測定期間の設定には計画立案者の裁量の幅が大きいこと、測定計画が前提とする季節や運航方向にかかわらず、実際の測定時には意図した気象状況や運航方向と異なってしまうこともしばしば発生することなどが挙げられる。

実際の測定現場の状況を見れば、実施した短期測定の結果が年間評価値としてどの程度信頼性が置けるものなのかに注意を払うことは少ないと感じている。また測定マニュアルの記載に基づいて実施したのだから、その信頼性は確保されていると理解されてしまうことも多いのではないだろうか。

さらに、測定マニュアルの記述には定性的な説明による部分もあり(例えば、「季節によって運航方向が変化する場合は」との記述があった際に判断基準がない)、定量的な判断に基づく測定計画の立案が望まれている。

筆者らはこれまで、短期測定による航空機騒音評価の信頼性について多くの検討結果を報告^{3~17)}してきた。航空機の運用状況や騒音発生状況は空港によってさまざまであり、短期測定の計画をする際に明確な判断基準があることが望ましい。

本稿では、測定マニュアルが示す短期測定計画立案の目安についてもう一度振り返り、その過程における検討のポイントを紹介する。さらに、短期測定を実施した結果として評価値の信頼性をどのように考えればよいのかについて、滑走路運用方向割合の観点から検討した結果を紹介する。さらに、騒音暴露状況に大きな変動がある場合も含め、短期測定結果の信頼性を向上させる方策について、総合的な検討結果を述べる。ここ数年間の「航空環境研究」などでの報告を総合的に取りまとめたものとするため、既出の文章・図表等を再掲する場合もあるがご容赦いただきたい。この原稿が航空機騒音測定を実施する者にとっても参考としていただけることを願う。

* A consideration for the reliability of long-term evaluation of aircraft noise using short-term measurements
～ Comprehensive consideration of measurement planning procedures including for fluctuating noise exposures airports ～

1. 測定マニュアルが示す短期測定の日安

研究の本題に入る前に、測定マニュアルが示す短期測定の測定期間長・回数と実施時期について簡単にレビューする。

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。タイプの定義と騒音評価の考え方は筆者の既稿⁹⁾を参考にされたいが、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。

騒音問題に対処するために短期測定を計画する場合は、タイプ1またはタイプ2、もしくは両者の共用であるタイプ5が中心となるだろう。測定マニュアルでは、タイプ1では原則7日間、タイプ2では原則14日間の測定期間としている。しかし、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。測定マニュアルの策定時には、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^{3~4, 6, 12)}。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。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。

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。このような全国の騒音実測データをもとにして測定マニュアルが示す、短期測定の実施日安を表-1に示す。一般に滑走路の運用方向は風向きに依存するが、運航状況の変化が少ない空港や、空港に近くて騒音が大きい地域ならば1週間の短期測定を年1回の実施でも評価値の信頼性が確保できる。季節的な変化が大きい空港なら、年に1回の短期測定では、結果に年平均値に対しマイナス側の偏りが生じていることがある。年に2回の測定を繰り返せばその課題は解消され、年平均値と差のばらつきが小さくなるなど信頼性は向上する。特に十分な評価値の信頼性を望む場合には、季節ごとの年4回の短期測定が望ましい。季節的な変化に加え飛行経路が多岐にわたり、空港から距離が遠い場所では、2回または4回の短期測定を繰り返しても信頼性を確保する

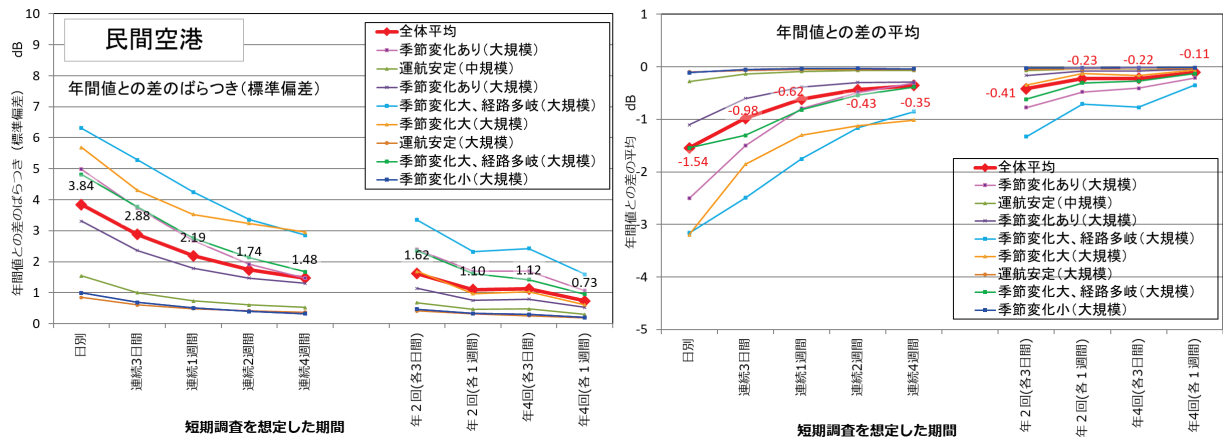


図-1 民間空港における短期測定期間と年間値との差(左: 差のばらつき、右: 差の平均)
8つの民間空港(対象の常時監視局数 186)の分析結果

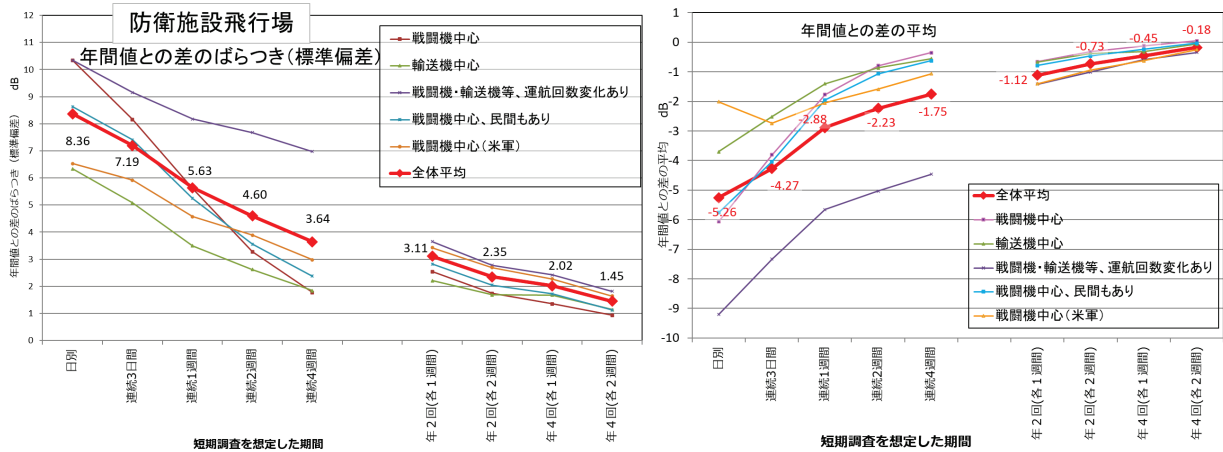


図-2 防衛施設における短期測定期間と年間値との差(左: 差のばらつき、右: 差の平均)
5つの飛行場(対象の常時監視局85)の分析結果

には注意を要する。特に、対象航空機騒音が小さい場所で測定する際には暗騒音などの測定環境に十分な配慮を施すことが重要である。

なお、複数の季節で測定を行う場合、改訂前の

旧版マニュアルでは夏季と冬季を勧めていたが、全国の様々な測定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。

さらに、短期測定による評価値の信頼性を、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(基準局方式)であり、他は対象飛行場の年間を通じた運航情報を利用

表-1 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	3日間	1週間	1週間を 2回	1週間を 4回
				防 衛	1週間	2週間	2週間を 2回	2週間を 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	↓	多岐にわたる	空港から遠い 騒音が小さい	◆	◆	△	○	
	曜日や季節に よる違いが大 きい			◆	◆	◆	△	

信頼性の目安 ○ > △ > ◆
良 ← → 注意

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（運航実績方式）である。年間推計の効果として、年間値との差のばらつきを半減することが確認され^{8, 15)}、短期測定による評価値の信頼性を向上させることができる。

以上のような測定マニュアルの説明は、空港によってケースバイケースで計画立案者が判断することを求めている。例えば「運航状況の変化が少ない」「季節的な変化が大きい」はどの程度の基準をもって判断すればよいのか、「年間 L_{den} 推計を実施しなければならない」判断基準をどこに求めるのかなど、対象空港に熟知し、航空機騒音評価に長けているものでなければ難しい側面を含むことも否めないだろう。

2. 滑走路運用方向割合から見た短期測定結果の信頼性に関する分析

測定マニュアルに基づき短期測定を実施したとき、時期と回数の選定によって真の年間値との差を小さくすることができるものの、必ずしも年間平均と一致することを保証するものではない。測定計画が意図した季節に期待される滑走路運用方向に対し、実施した短期測定期間では（運悪く？）別の滑走路運用方向の結果が多くなることもしばしばである。この結果として、測定された離陸騒音と着陸騒音の割合が、年間平均割合と異なることによって、年間値と差が生ずるのである。そこで、短期測定結果の年間値との乖離要因について、滑走路運用方向割合の関係を着目し、筆者の既報^{10, 17)}で報告した。

季節・風向きによって滑走路の運用方向が変化する空港（空港Aという）の運航実績と航空機騒

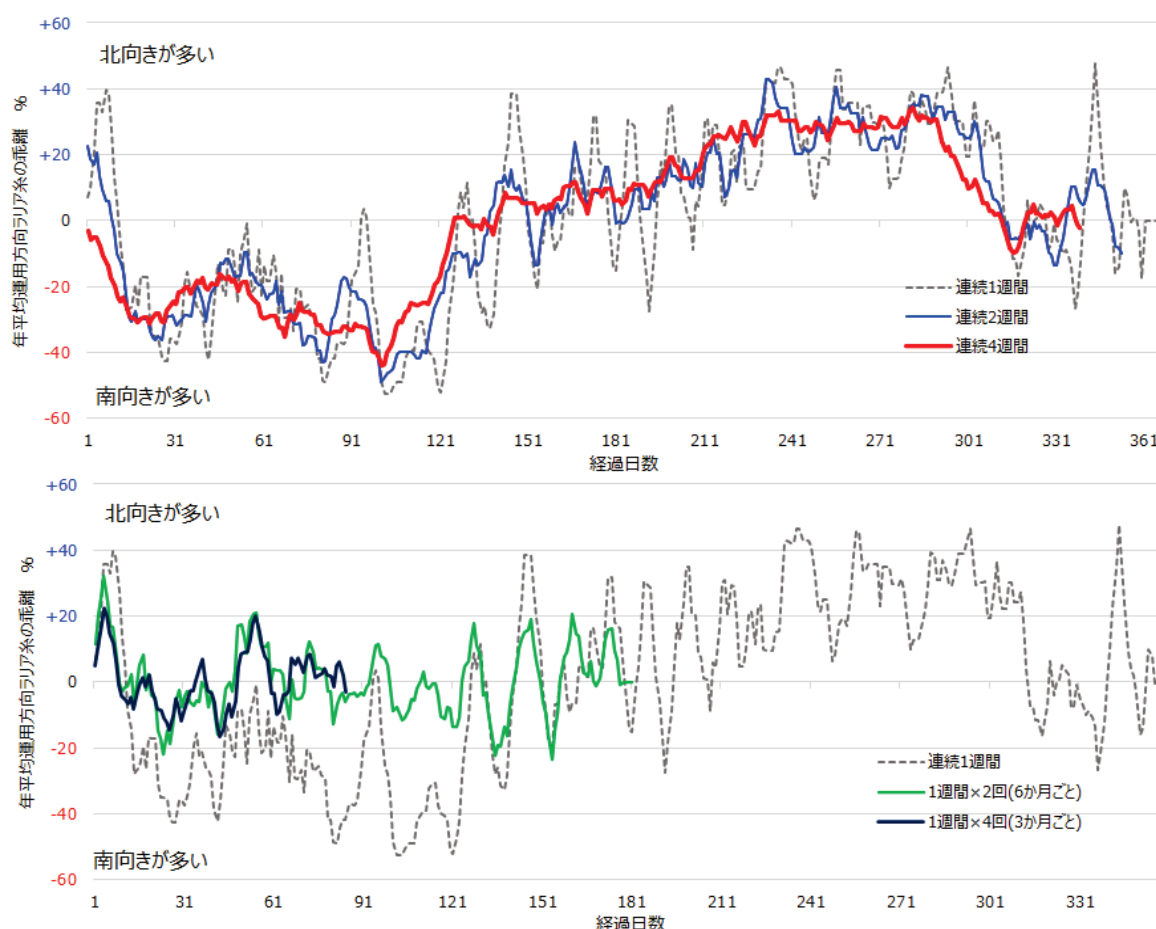


図2 季節で運用方向が変化する空港Aの短期測定期間の年平均運用方向割合との乖離状況
上図) 短期測定期間長を変えたとき、下図) 短期測定を複数回実施した時

音の常時監視局測定結果を分析した。空港Aは南北方向に滑走路が配置され、風向きによって運用方向が変化する。年間の運用方向割合は南北別におおよそ50:50である。飛行経路は直進上昇・直進降下が基本であり、空港周辺に配置されている航空機騒音常時監視局では、いずれの日でも離陸または着陸による騒音が観測される。ただし、飛行経路への側方距離関係によって、離陸と着陸の騒音差が生ずる。すなわち、飛行経路下では離陸と着陸の騒音差は少ないが、経路の側方に離れるに従い、離陸騒音>着陸騒音の差が大きくなる。

図2は、空港Aの短期測定期間を想定した滑走路運用方向割合を年平均方向割合との乖離の推移として調べた結果を示す。上図で1週間の測定期間長の場合、季節的な大きな変化のほかにも、細かな変動がみられ、年間を通じ±50%もの大きな幅がある。測定期間長を2週間または4週間と長くしても季節変化の影響は消えず、年間平均に対し±40%と変動は大きい。測定を複数繰り返した場合の図2下図では、季節性の変化はなくなり、複数回の測定の重要性が理解できる。それでも±20%程度のばらつき幅が生ずる。これらのことから、短期測定を繰り返しても、年間平均の滑走路運用方向割合と一致する測定環境を得ることは難しいことがわかる。

次に空港Aの常時監視局測定結果と年間運航実績を用い、滑走路運用方向割合の年間値差と短期測定期間 L_{den} の年間値差の関係を解析した。

図3は例として経路下の地点(左図)、経路側方の地点(右図)を、1週間の測定期間を想定し、そ

の期間の滑走路運用方向割合と年平均運用方向割合の差を横軸に、短期測定期間 L_{den} と年間 L_{den} の差を縦軸にした散布図である。回帰式も併せて示した。特に右図の経路側方の監視局②の場合、短期測定 L_{den} の年間値との差は、短期測定運用方向割合と年間運用方向割合との差に関係し、相関係数0.89とその関連性が高い。この地点で騒音が大きい離陸機が運航する北向きの運用が年平均割合より大きくなれば、 L_{den} はそれに比例して年間 L_{den} よりも大きくなることを表す。左図の経路下地点①でも、相関は0.61であり、傾きは側方地点②よりも小さいものの、滑走路運用方向割合との関連は無視できない。他の地点も調べたが傾向は同様だった。このように滑走路運用方向割合の違いが、短期測定の年間との L_{den} 乖離に大きく起因することが判明した。

さらに、運用方向割合の変化による L_{de} への影響を、地点ごとの回帰式からその傾きを用いて推定した。図4は滑走路運用方向割合が年平均運用方向割合とX%乖離した時の L_{den} 変化量の推定である。4つの図は運用方向割合の乖離が5%(左上)、10%(右上)、15%(左下)、20%(右下)の場合で、横軸は L_{den} 推定誤差を、縦軸は発生頻度(全監視局に対する該当監視局の割合)を表す。

運用方向割合の乖離が5%の時は L_{den} に与える影響は小さく、ほとんどすべてが0.5dB以内の誤差にとどまり、平均で0.2dB程度にとどまる。想定する期間長や短期測定の回数の違いは見られない。乖離が10%では、平均で0.5dB程度の誤差となるが、1dBを超える地点はほとんどない。乖離

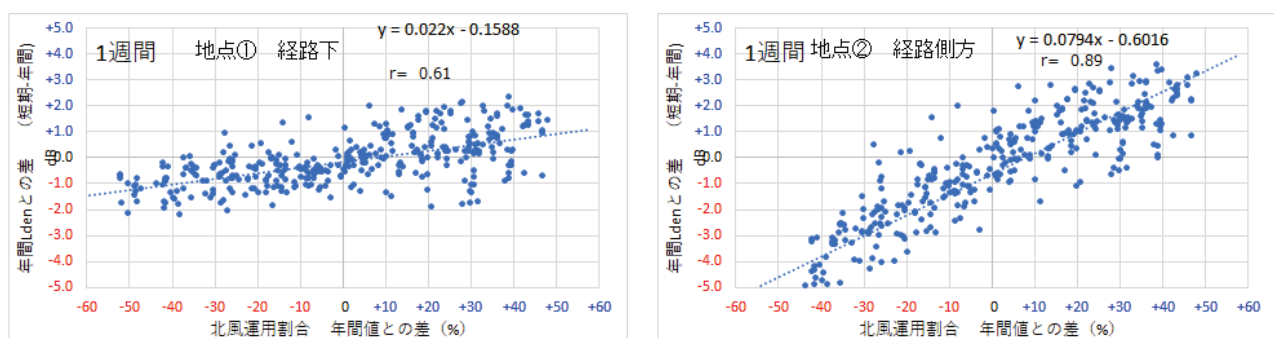


図3 短期測定期間の滑走路運用方向割合と L_{den} の年間値との差の関係
(左：経路下の監視局、右：経路側方の常時監視局)

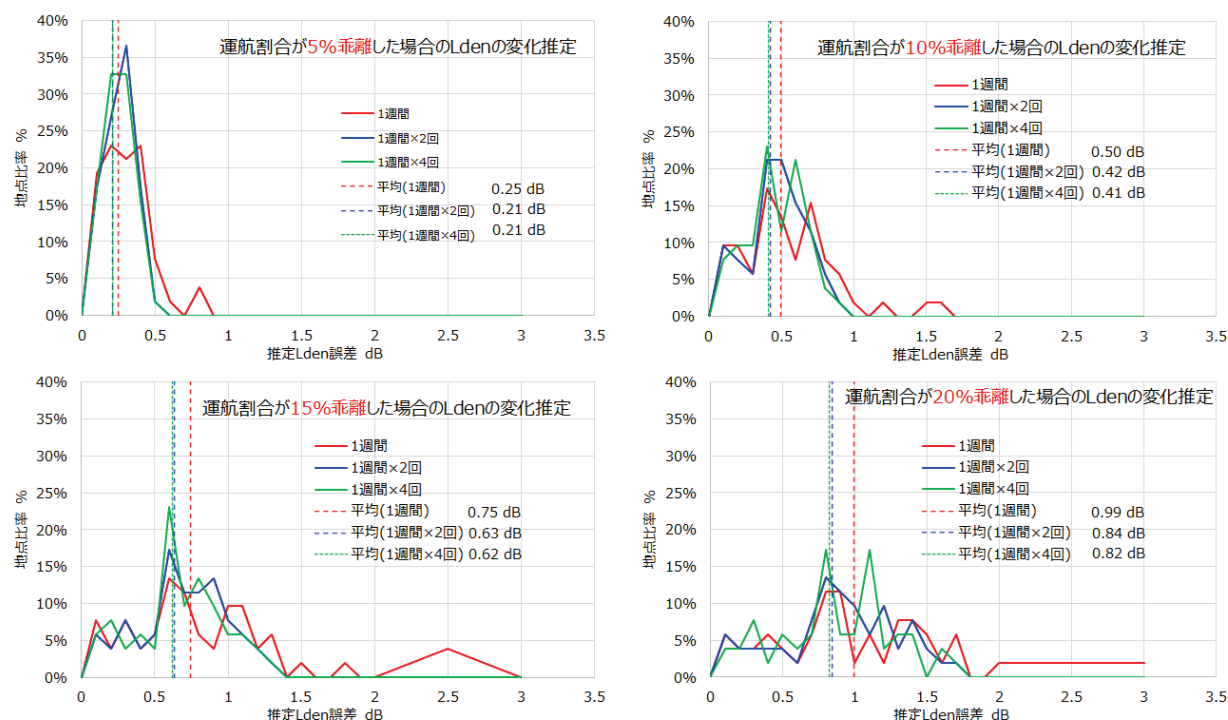


図4 短期測定期間の運用方向割合の年間平均割合との乖離程度によるの L_{den} 変化量の推定
(左上：運用方向割合が5%乖離した場合、右上：同10%乖離、左下：同15%乖離、右下：同20%乖離)

が15%では平均誤差は0.7dBと整数単位で整理した評価値に影響を及ぼすことが懸念され、1dB以上の影響をきたす地点も一定程度発生する。20%を超えると平均で1dBの影響を生じるため。評価値の信頼性は低下していると考えられる。

これらの検討の結果から、運用方向割合の乖離が10%を超えると評価値の信頼性に影響を及ぼす可能性に留意し、少なくとも15%を超えると、年間値とは乖離が生じていると考え、短期測定結果をもとに年間平均 L_{den} 推計を行うことが必要である。

3. 航空機の運航状況が大きく変化する場合の短期測定計画の検討

前節の検討は、季節による風向き等によって滑走路の運用方向が変化する空港で、どちらの運用方向だとしても、一定の騒音負荷がある状況を想定した。本章では、航空機の運航状況が大きく変化し、それに伴う騒音暴露も大きく変化する場合を想定した検討を行った。

図5は別の空港Bのその例で、日別の L_{den} が50dBを超える日があるものの、それ以下の低騒音暴露の日も多く、騒音発生がなかった日もある。この地点の日ごとの L_{den} 頻度分布を左図に、1週

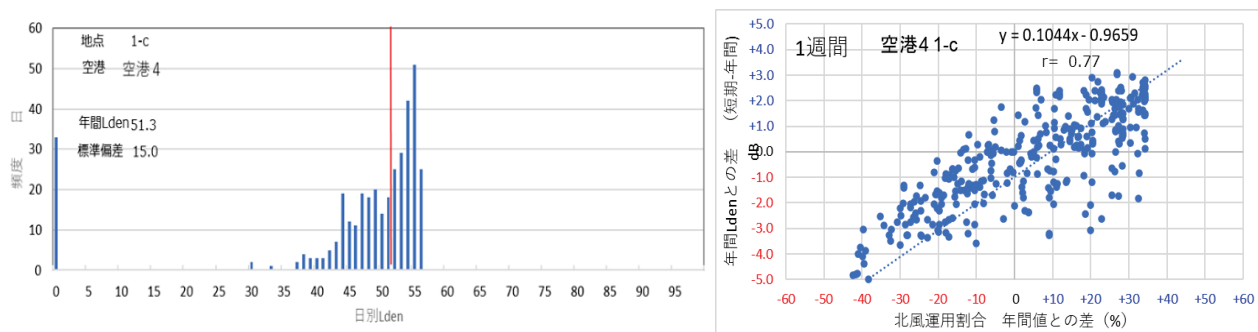


図5 航空機の運航状況が大きく変化する場合の日 L_{den} 変動分布 (左) と
 L_{den} 1週間の滑走路運用割合の年間値との関係 (右)

間の短期測定を想定した滑走路運用方向割合の年間との乖離を年間 L_{den} との差で右図に表した関係図である。このように、騒音暴露は低くとも多くの日で何かしらの騒音が観測される地点では、やはり滑走路運用方向割合を評価値信頼性の基準と考えることができる。回帰式の傾き（滑走路運用方向割合の影響）が大きいため、割合が10～15%以上乖離する場合は、年間推計等の補完作業を必要とする。

一方、騒音影響のある運航形態がごく一部の時期や天候に限られる場合、特定の運航形態・経路の運航状況に左右される。

図6は騒音影響が一部の運航形態、年間の一部、限られた天候などに限定される場合である。これらの地点では、騒音が発生しない日も多く生ずる。この場合、滑走路の運航方向割合などの大きな括りでは年間値との関係性は表せないことも分かる。このような場合には、その騒音影響を及ぼす特定の形態の運航割合を基にした補正をすることができる。

この補正方式によって、短期測定期間の補正済み L_{den} は年間値との差のばらつきも小さくなり、差の平均も小さくなる。図7はその例で、運航比率による年間 L_{den} 推定を実施すると、ばらつきの幅が縮小していることが明らかである。

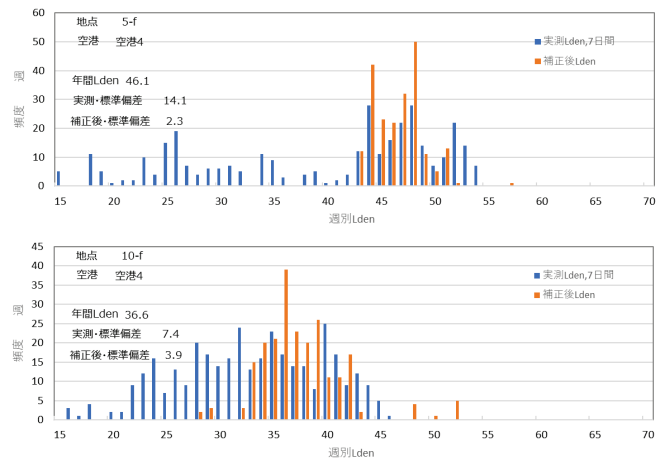


図7 運航比率による年間 L_{den} 推定の効果 (L_{den} , 7日間による検証)
(青) 測定結果のまま、(赤) 推定後

$$\text{運航比率による年間 } L_{den} \text{ 推定} = \text{短期測定期間中の } L_{den} + 10 \times \log_{10} \left(\frac{FA_{\%, \text{年間}}}{FA_{\%, \text{短期測定期間}}} \right)$$

ここで $FA\%$ は当該地点に騒音影響を及ぼす形態・経路の運航割合を指す

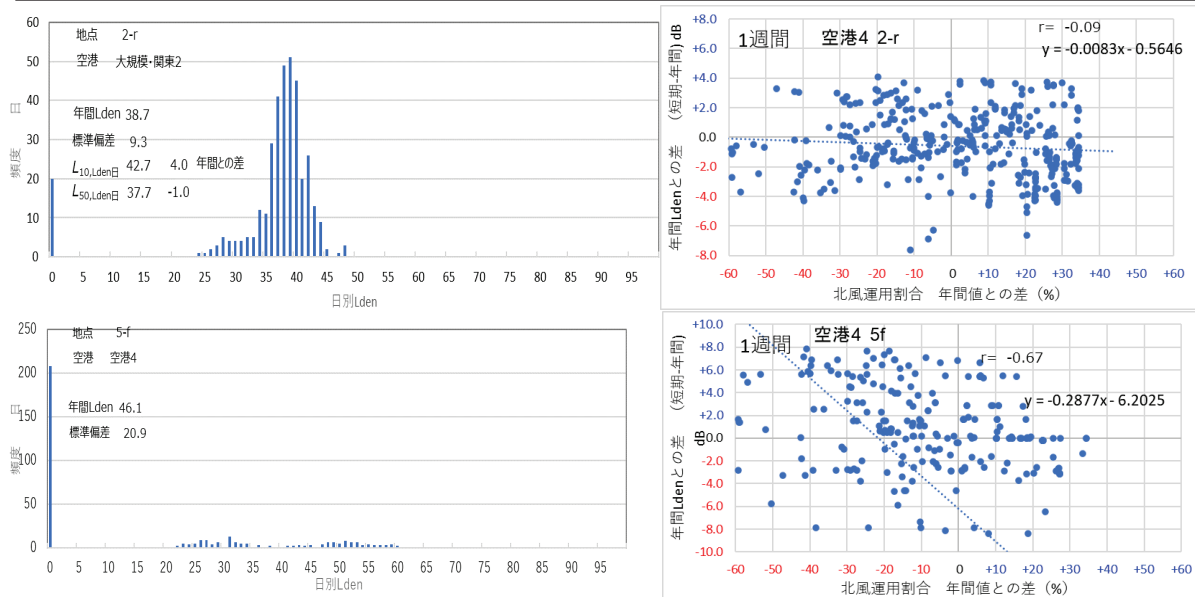


図6 騒音影響のある運航形態が年間の一部や天候の一部に限られる場合
日 L_{den} 変動分布(左)と L_{den} 1週間の滑走路運航割合の年間差との関係(右)

4. 短期測定計画立案のために

4.1 滑走路運用方向割合によるケース分類

測定マニュアル参考資料編には様々な空港の月別滑走路使用方向が記載されている。測定・評価の対象とする空港の滑走路運用方向の月推移を把握することが、適切な測定時期の設定に必要不可欠である、とも説明されている。

滑走路の運用方向の変化は大別すると以下に分類される。

- ① 夏と冬の季節により運用方向が変化
- ② 季節にかかわらず運用方向割合が半々
- ③ 季節にかかわらずどちらかの運用方向が主
 - a) 主たる滑走路運用方向が90%以上
 - b) 主たる滑走路運用方向が90%未満
- ④ 月によって変化するがパターンが不定

運用方向の変化があるかどうかの判断は、狭義には年間平均の運航割合との変化の幅が±10%以内を目安とし、少なくとも±15%を超える場合は変化有と判断するのが良い。

なお、運用方向の月別変化がないと考える②③において、少ない側の滑走路運用方向割合が年間10%を下回るかどうかでも、測定計画上の考え方が異なるので留意されたい。

4.2 複数回実施の場合の考え方

短期測定を複数回実施する場合、合算した結果が年間平均の滑走路運用方向割合と合致することを念頭に計画することが良い。この場合は①運用方向が極端な季節を組み合わせる、②運用方向が年間平均に近い時期同士を組み合わせる、といった考え方がある。ただし、季節によって変化する暗騒音（時にセミやカエル、虫などの自然音）も考慮する必要がある。

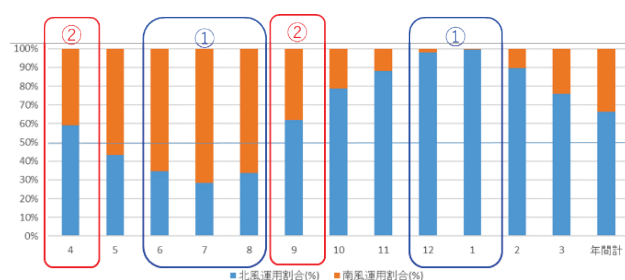


図8 複数回実施する場合の時期選定の方針

4.3 短期測定の計画立案の目安

測定マニュアルには、表1（2章）のような短期測定計画立案時のガイドラインが掲載されている。これに加え、本研究での検討結果を踏まえ、判断基準の数値目安を含めて、短期測定計画時のフローチャート（図9）を提案して本研究のまとめとしたい。

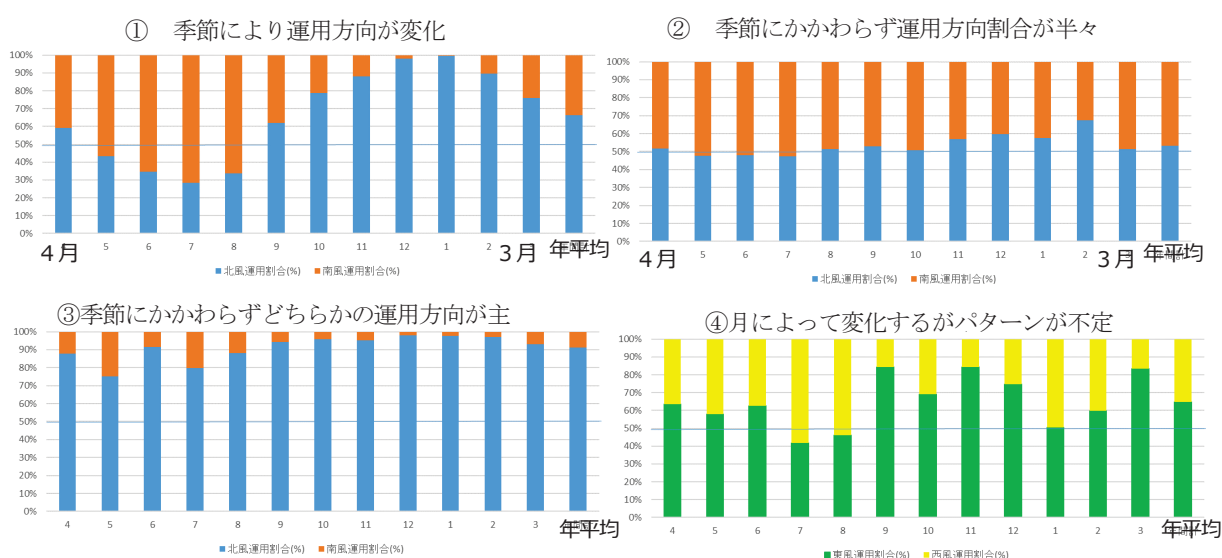
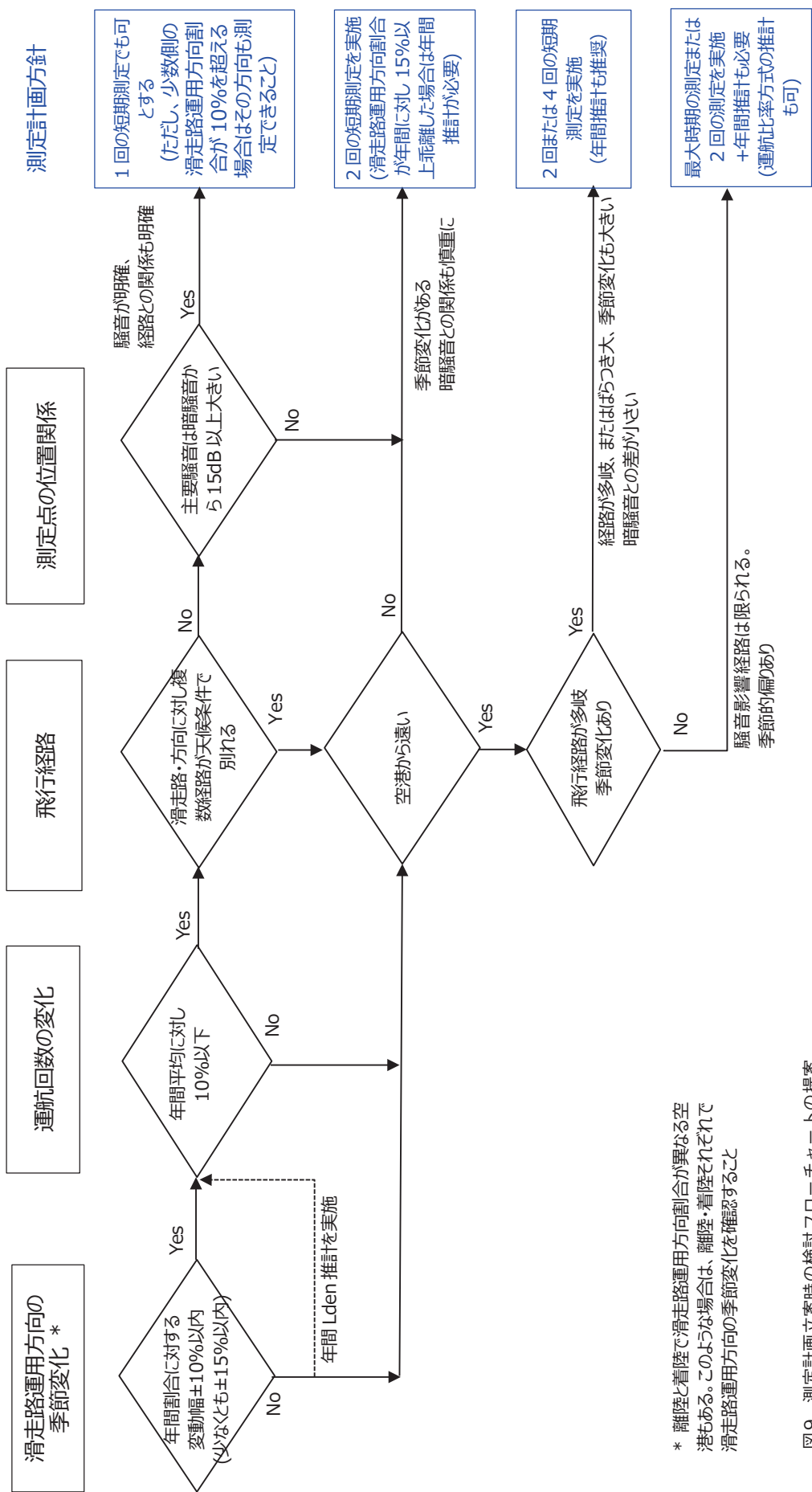


図7 月別の滑走路運用方向の変化のパターン

（左上）①季節により運用方向が変化、（右上）②季節にかかわらず運用方向割合が半々、（左下）③季節にかかわらずどちらかの運用方向が主、（右下）④月によって変化するがパターンが不定、各図とも横軸は月（4～3月、および年平均）



* 離陸と着陸で滑走路運用方向割合が異なる空港もある。このような場合は、離陸・着陸それぞれで滑走路運用方向の季節変化を確認すること

図9 測定計画立案時の検討フローチャートの提案

5. おわりに

航空機騒音の評価は、環境基準及び測定マニュアルに従って、年間の平均的な航空機騒音の状況を対象とする。測定マニュアルでは、短期測定の場合、季節を変えて測定を繰り返すことを推奨し、さらに、測定の実施回数と実施時期を計画するための参考資料も提示されている。しかし、このガイドンスに従って測定計画を立案し、短期測定を実施したとしても必ずしも真の年間値と一致するとは限らない。測定計画が前提とする季節や運航方向に対し、実際の測定時には意図と異なってしまうことあるからである。

本稿では、測定マニュアルの策定時に検討したことを振り返り、さらに、測定計画立案時に客観的な数値目安としての判断材料を提供するために、季節によって運航方向が変化する空港の常時監視結果を分析・再検討を行った。その結果、短期測定時の滑走路運用方向割合と年間の運用方向割合と乖離が、評価値 L_{den} に影響を及ぼすことが判明した。その乖離が10%未満ならその影響は無視できるが、20%を超えると平均で1dB以上の影響を生じることも分かった。少なくとも15%を超えると短期測定結果をもとに年間平均 L_{den} 推計を行うことが必要である。

さらに、騒音影響の主要因が、ある一部の運航形態、年間の一部、限られた天候などに限定される場合の測定地点では、騒音が発生しない日も多く生ずる。この場合滑走路の運航方向割合などの大きな括りではその関係性は表せない。この際には、その騒音影響を及ぼす特定の形態の運航割合を基にした補正をすることができるとも報告した。

これらの検討結果をもとに、短期測定の測定計画立案の際に、数値目安を伴った判断材料とともに、検討のフローチャートも整理した。今後の短期測定計画に役立てていただければありがたい。

最後に、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-2に示しておく。二重囲み線は測定マニュアル参考資料に記載の表だが、測定評価の信頼性の根拠となった検討結果も併せて示す。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だが、年間平均 L_{den} 推計は信頼性向上に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		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

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) (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
- 5) 篠原直明, 航空機騒音測定・評価の信頼性に影響を及ぼす要因について～測定量の違いによる単発騒音算定の課題～, 航空環境研究2017
- 6) 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
- 7) 篠原直明, 航空機騒音の測定・評価に及ぼす季節で変化する要因の考察～セミなどの自然音の実態と評価値への影響～, 航空環境研究2018
- 8) 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
- 9) 篠原直明, 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, 航空環境研究2020
- 10) 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～滑走路運用方向割合からの分析～, 航空環境研究2021
- 11) 篠原直明ほか, 航空機騒音評価量の信頼性に影響を及ぼす要因の検討～単発騒音算定方法の課題～, 日本音響学会騒音振動研究会2015年3月
- 12) 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
- 13) 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
- 14) 篠原直明ほか, セミなどの自然音の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
- 15) 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
- 16) 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
- 17) 篠原直明, 航空機騒音の短期測定による長期間評価の信頼性に関する検討～滑走路運用方向割合からの分析～, 日本騒音制御工学会2021年秋季研究発表会講演論文集