

解 説

航空機騒音の特徴と伝搬特性*

篠原 直明(航空環境研究センター 所長)

航空機は、経済の発展と技術の進展とともに、交通の手段として、ますます重要視されるようになった。しかし、騒音発生源として眺めれば他の交通騒音と比べて格段に大きく、飛行経路が季節や風向きによって変わることもあって、航空機騒音の影響を受ける範囲が広い。このため、航空機による騒音は空港周辺に住む人々への生活や健康に重大な影響を及ぼす要因の一つでもあり、ジェット旅客機の就航以来、航空機騒音の低減への取り組みや空港周辺対策に多くの人が力を注いできた。

また、航空機騒音は気象条件の変化によって、騒音伝搬状況が大きく変化する。騒音の受音点側から見たときに、滑走路や地上付近を通過している場合のほうが、風向きや気温の勾配を主要因とする気象影響を受ける度合いが、航空機が上空を通過している場合より大きい。

本稿は、実務的に航空機騒音の測定・評価に携わる方に向けて、航空機騒音の特徴とその騒音伝搬について解説する記事としたい。まず、航空機騒音の特徴について概要を述べ、その後航空機騒音の伝搬特性について、上空を通過する航空機からの騒音伝搬と、地面に沿って伝搬する航空機騒音の伝搬特性に分けて、気象条件との関係について、過去に調べた結果を整理して解説する。なお、主にジェット機を中心とした民間航空輸送に的を絞っていることはご容赦いただきたい。

1. 航空機騒音の特徴

1.1 航空機騒音は小さくなった(騒音源)

ジェット機に用いられるタービンエンジンは外部から空気を取り入れて、燃焼によって生じたガスをきわめて高速で噴出させるジェット噴流

を生成し、その反作用を推進に利用するもので、ファン(吸入)、コンプレッサー(圧縮)、燃焼室(燃焼)、タービン(排気)などのコンポーネントからなる。初期のターボジェットエンジンは雑音性で広帯域の大きな騒音が発生し、特に後方へ噴出するジェット排気流が運航方向の斜め後方へ顕著な成分となっていた。ターボファンエンジンは、騒音低減・燃料効率改善を目的に開発されたもので、前方のファンの口径を大きくし、吸入空気の一部を燃料と混合して燃焼させ、排気ジェットを後方へ噴出して推進力を得るとともに、残りを側路にバイパスさせて後方へ押し出し、排気ジェットを包み込んで騒音の放射を抑え、さらに推進力も得る仕組みである。ジェット排気騒音は小さくなり、相対的にファンの音が顕著になるが全体には低騒音化が図られる。バイパス化の程度はバイパス比(バイパスする空気量とコアエンジンに流入する空気量の比)で表される。1960年代のジェット旅客機 DC8 や B707 ではバイパス比は1程度だったが、1980年代の B767 などでは4~6になり、最新型の B787 などでは9~11と一段と高バイパス化した大型のエンジンを用いている。

これに加え、エンジン内部の吸音やファンブレードの最適化、排気ノズルやナセル形状の工夫などによって、エンジン騒音の低減化を図っている。

ジェット旅客機の騒音は、エンジンからの騒音に加えて、機体による空力騒音が重なったものである。これは飛行中に翼面、フラップや脚、およびその格納部やドアなどの突出部が風を切り、気流の乱れを生じて発生する音を指す。これが主となるのはエンジンを絞って飛行する着陸進入時だが、エンジン騒音の低減が進んだ結果、空力騒音の寄与も相対的に大きくなってきている。

* Description of characteristics of aircraft noise and its propagation

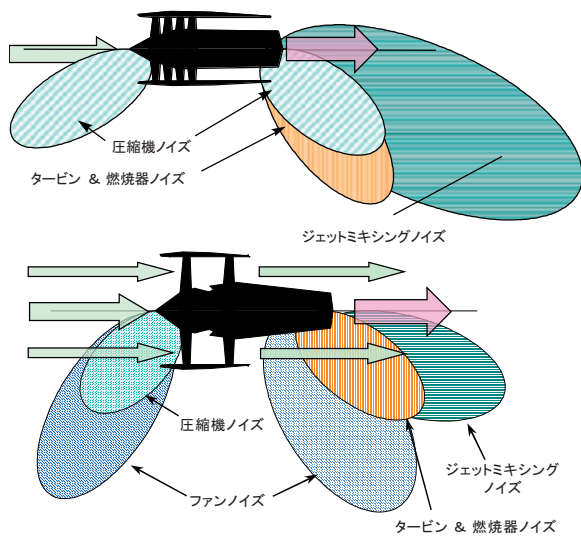


図1 ジェットエンジンの構造と騒音源の要因
(イメージ図) 上)初期のジェットエンジン
右)近年の高バイパス比のジェットエンジン

航空機騒音の低減が図られた結果の例を図2に紹介しよう。図は成田国際空港のある航空機騒音常時監視局(滑走路端から約7km、飛行経路下)で観測した機種別の平均騒音値(離着陸平均)を、開港当初の1979年度、そのおよそ10年後の1991年度、近年を代表した2014年度の年間観測結果で示す。図の横軸の機種並びはおおよその就航年代別に示した。開港当初の1979年度は多くの機種が高騒音のもので、B707などで最大騒音レベルの平均は88dBを記録している。近年の例として2014年度を見れば、運航機種の主流であるA320, B737, B787など72dB程度と、1979年度と比べ大きく低騒音化している。

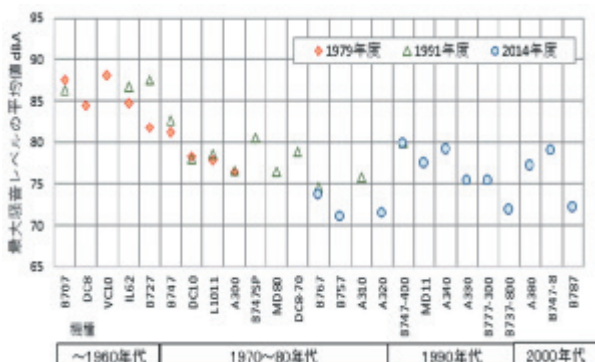


図2 機種別騒音値の年代別比較の例(成田国際空港の飛行経路下にある騒音監視局の結果から)

図3は離陸騒音の周波数特性の今昔比較である。昔の代表例として、IL62(イリューシン62、ロシア製)とB727を示す¹⁾。これらは滑走路端から約2.5kmの飛行経路下で平成7年に観測したものである。また、現用機種の代表例として、B777-300ER, B787, A320の3機種を、平成29年度に観測した結果から引用した。周波数特性は最大騒音レベルを観測した際の分析結果で、周波数重み特性Aがかかっていることに留意されたい。最近の航空機の音を聞くと、昔と比べてずいぶん「なめらかな」音色になった印象を持つ。昔の飛行機は「やかましかった」「うるさかった」と思う。機種によっては「キーン」という独特な金属音も耳についた。図は、そのような特徴の違いを良く表しているのではないだろうか。IL62は2.5kHzを中心とした高周波帯域のすべてにわたって騒音が大きく、まさに「やかましい」といった感覚がこれからも伝わってくる。B727は1～2kHzに卓越域をもち、ともに、金属音が目立つうるさい音だったことが想像できる。一方で、現代の航空機には、どこかの周波数で卓越するような特徴は見えない。低騒音化の過程における技術進歩において、エンジン各部の騒音発生源となる部分に対して対策を施した結果とも言えるだろう。

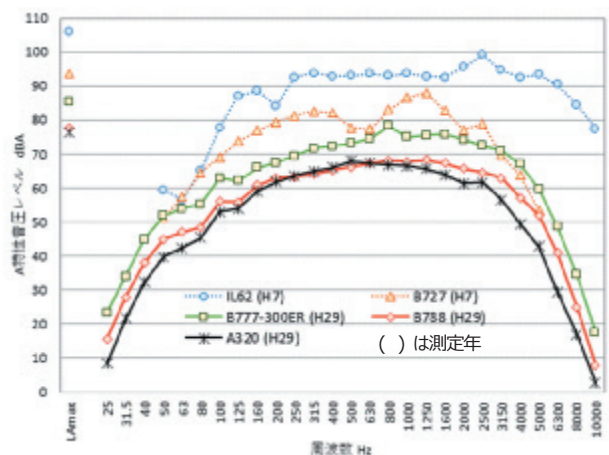


図3 機種別の離陸騒音周波数特性例(A特性音圧)

1.2 航空機騒音は日々変化する(受音側)

規模の大きい民間空港では、ジェット機やプロペラ機により旅客便や貨物便が定期的に離着陸する。国際空港では早朝から深夜もしくは24時間にわたって運航する。曜日や季節による運航回

数の変化は大きくない。計器飛行によることが多く、風向きや天候の条件によって飛行する経路が決まっている。滑走路が複数あり、経路が多岐にわたる空港では、騒音発生状況が日によって大きく異なるケースもある。

地方空港では、国内を主とする定期旅客便のほか、小型機が訓練のために離着陸や周回飛行を繰り返すこともある。ヘリコプターの運航もある。空港の運用時間は7時ころから21時ころまでの場合が多い。定期便は計器飛行が原則だが、小型機やヘリコプターは有視界飛行で飛ぶことが多く、飛行経路がばらつくことが多い。

航空機は風の吹く方向に向かって離着陸することを原則とするため、滑走路の運用方向は風向によって決まることが多い。このため、空港周辺の地点では、騒音影響を受ける運航が離陸であったり着陸であったりと変化し、さらに飛行経路も変わる。この結果として、航空機騒音暴露の状況は大きく変化し、航空機騒音を評価する指標である L_{den} は日々大きく変化することが多い。図4に主に国際線が運航する民間空港における、ある航空機騒音常時監視局の L_{den} 変動のようすを示す²⁾。集計期間については最小単位である「日毎」、環境基準で規定されている「連続1週間」などの各期間長もあり、年間平均値も重ねて描いてある。日毎の L_{den} の変動では季節を問わず日々大きくばらついている。集計期間を長くすれば収まりをみせるが、年間値との差は無くなっていない。

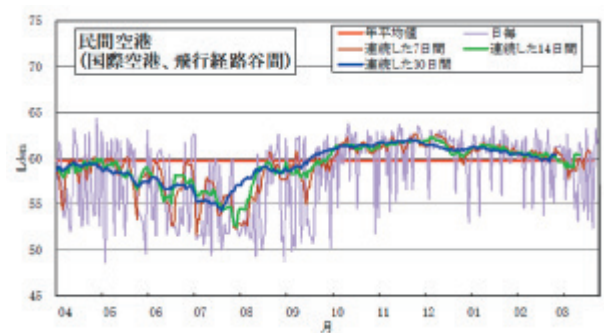


図4 航空機騒音評価値(L_{den})の変動の例

このような日々の変動は空港によって異なる。図5は、いくつかの民間空港における常時監視局の日別 L_{den} の頻度分布図である³⁾。空港1は夏季と冬季で滑走路の運用方向が変化する空港で典型的な監視局の例で、着陸が主の日 L_{den} と離陸が主の日 L_{den} の2つに分布が分かれる。分布の中心は10dB程度の違いがある。空港2は季節で運用状況が変わるものの飛行経路下に位置するので離着陸による違いが少なく、結果として日較差は少ない例である。空港3は季節によって運航の状況が変わり、飛行経路も大きく変化する場合の例で、日 L_{den} は大きくばらつく。年間平均の L_{den} に対する日 L_{den} の変動は標準偏差で10dBを超える。一方滑走路運用方向が年間を通じほぼ同じ空港4では、日別 L_{den} 分布の幅は極めて小さい。その一方、運用方向も飛行経路も変化する空港3では、日別 L_{den} のばらつき幅は極めて大きい。

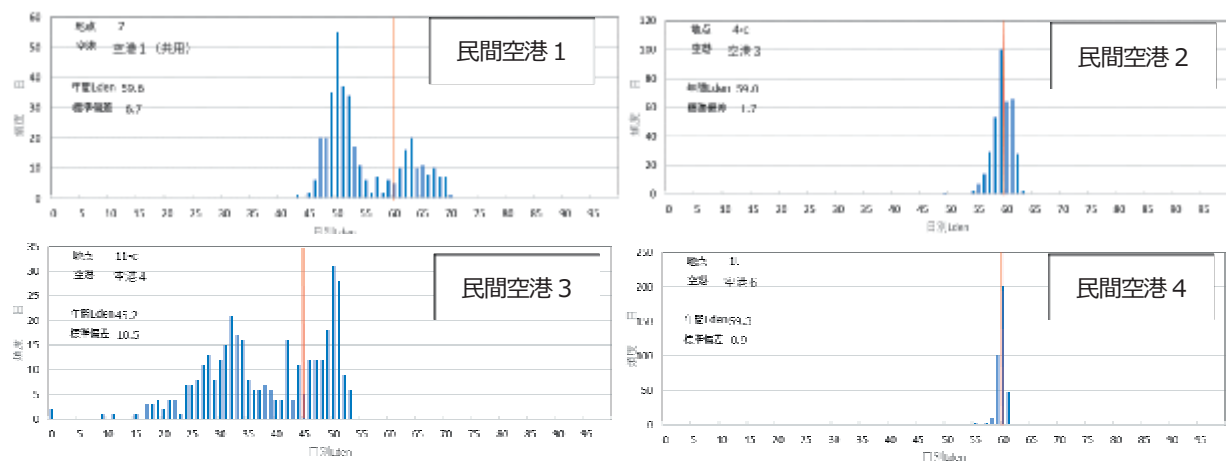


図5 日別 L_{den} の頻度分布(年間)(民間空港の代表例)

2. 航空機騒音の伝搬特性

2.1 上空を通過する航空機騒音

本節では、測定地点の上空を通過する航空機からの騒音と気象条件との関係などを調べた事例を紹介する。

(1) 航空機騒音の月別の変化

まず、飛行経路が同じ離陸または着陸の平均騒音値で見たとき、年間において航空機騒音がどの程度変動しているかについて、成田空港の北側にある飛行経路下の監視局(滑走路端から約7km)とその側方の監視局で観測した航空機騒音 L_{Amax} を離陸・着陸ごとに月別に示した。上図の飛行経路下の地点では、平均値に大きな変化はなく年間値に対して $\pm 1\text{dB}$ 程度の変動に収まる。下図の経路側方地点でも大きな変動はないものの冬季を中心に季節的な変化が見える。それでも平均値の変動は年間値に対して $\pm 2\text{dB}$ 程度である²⁾。

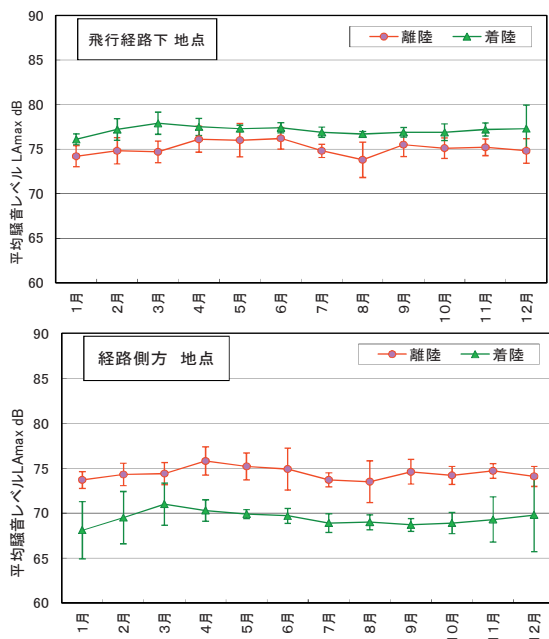


図6 離着陸別平均騒音値の月別変動(成田空港)

季節的な変化を確認するために、対象監視局数を増やしさらに長期間で検討した。飛行経路下付近に位置する常時監視局から6つを選択し、局ごとに年平均値を基準に月別で相対化した。これを2004～2014年の年ごとの結果とし、更にすべてを平均したものが図7である^{3,4)}。離着陸別の平均騒音値(L_{Amax})をみると、年間平均値を基準

に $\pm 0.5\text{dB}$ 程度の範囲だが変化があることがわかる。年間平均に比べて、夏と冬が少し小さく、春と秋が少し大きい傾向がうかがわれる。

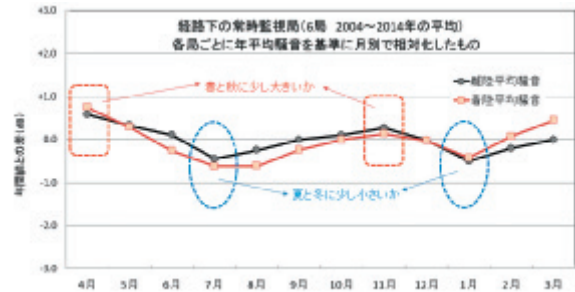


図7 離着陸別航空機騒音の月別平均推移

なぜ、季節的な変化が生まれるのだろうか？ここでは伝搬過程の空気吸収量に着目し検討した。滑走路端の経路下で別途測定した機種別の周波数特性をもとに作成した1m換算音源データにより、距離減衰と月に応じた平均気温・湿度に基づく空気吸収量を加味した。図8はその結果で、運航機数が多く騒音影響の面でも主となるB777を対象に、通過高度は1200mと仮定した。空気吸収量は月別の平均温度・平均湿度をもとにJIS Z 8738により計算した。受音点での周波数特性を推定した結果から、夏季の高温時に2kHz以上の高周波帯域の減衰が少ない反面、A特性に寄与する500～1kHzの減衰が多い。冬季は2kHz以上の高周波帯域における減衰が他の季節に比べて格段に大きい。これらの結果は図7に示した常時監視局の月別平均騒音値の変化傾向とおおよそ一致する^{3,4)}。

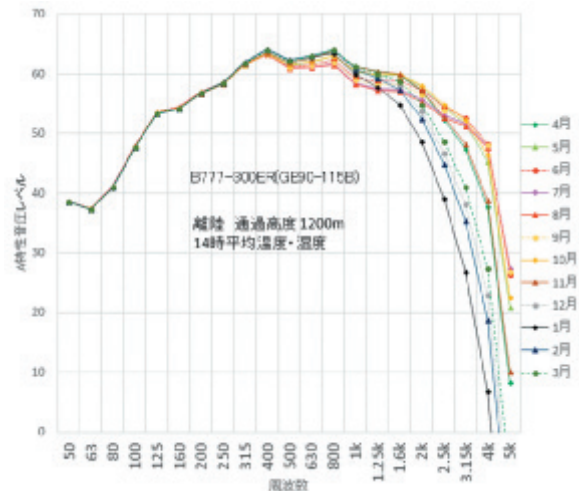


図8 平均温度・湿度を考慮した機種別周波数特性の推定(音源特性から推定した結果)

では、成田の結果をもとに推定した季節変化の要因は、他の空港でも確認できるのだろうか。図9では実際に常時監視局で観測した結果の月別推移を示す。上図は関東地方の空港の着陸経路下の例で、下図は近畿地方の空港の離陸経路下の例である。どちらの空港も年平均値を基準として $\pm 0.5\text{dB}$ 程度の月別変化が見られる。しかし成田の実測観測例(図7)や計算例(図8)ほど季節や月で明確な変化は確認できなかった。このことは、季節による変化は温度や湿度によるものだけではないことを示唆するものである。

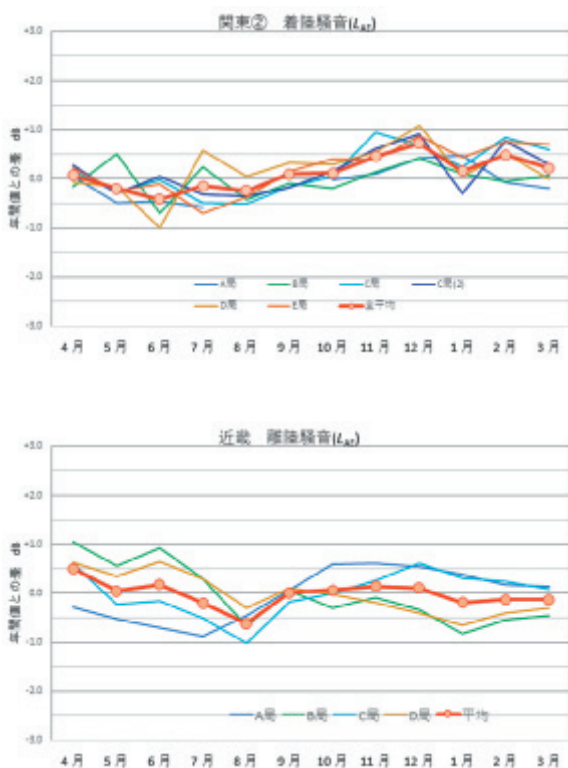


図9 他空港での航空機騒音の月別平均推移
上図：関東(月)空港、下図：近畿

(2) 上空を通過する航空機騒音と気象条件の関係

ここでは、過去の検討事例として、航空機騒音の測定結果と気象条件の関係について、成田空港周辺の飛行経路直下で短期測定を繰り返して行った検討結果を紹介する⁵⁾。

測定点は、成田空港のA滑走路南側約13kmの飛行経路直下の場所で離陸・着陸とも直上を通過する。検討に用いたのは、2002年から3年間にわたり、年4回(春夏秋冬)、各々7日間ずつ観測し

た、計84日分のデータである。行先や機種などによる運航条件の違いを考慮して、当時運航頻度の最も高かったB747-400型に絞って整理した。また、離陸機についてはある特定の航空会社の長距離便に限っている。

季節別に算出した離着陸別の平均騒音レベル($L_{A\text{max}}$)を示す。図10より夏季が約1dB低め、春と秋がやや高めであることがわかる。

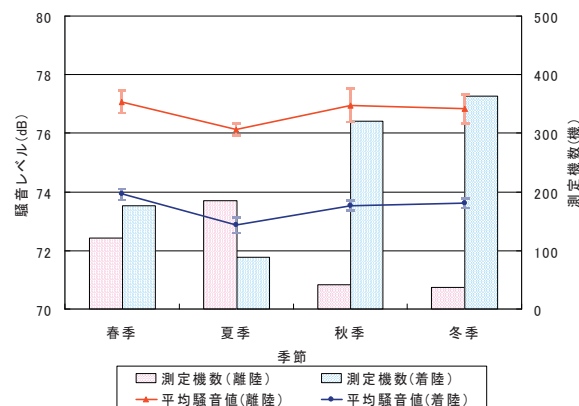


図10 季節と航空機騒音($L_{A\text{max}}$)の関係

季節の差は気温の差と考え、気温別に騒音レベルを整理した。気温と平均騒音レベルの関係を図11に示す。気温が摂氏15-20℃まではその上昇につれて騒音レベルも上昇するが、20-25℃以上では一転して騒音値が下がる傾向にある。25℃以上の気温であった測定は大半が夏季のものであるため、夏季の騒音が約1dB低かったのは気温の要素が大きい。それは図8に示す騒音伝搬時の空気吸収量の違いで説明できるだろう。

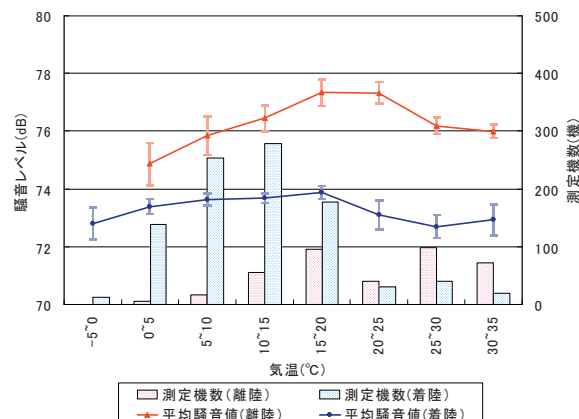


図11 気温と航空機騒音($L_{A\text{max}}$)の関係

空港周辺にお住まいの方から、曇天の日は航空機騒音が特に良く聞こえるさいと言った意見をしばしば伺う。雲量と騒音レベルの関係を検討した結果を図12に表す。風や気温による影響を小さくするため、分析データは、風速7kt未満、気温10～20℃のデータに限定した。雲量は8分雲量を使って表しており、雲量0/8では快晴を、雲量8/8では全天を雲が覆っている状態を示す。図からもわかるように、雲量と観測騒音との関係についてははっきりとした傾向は確認できなかった。すなわち、晴れ(雲量0/8, 1/8, 1/8)と曇り(雲量7/8, 8/8)の間には観測騒音の違いはなかった。

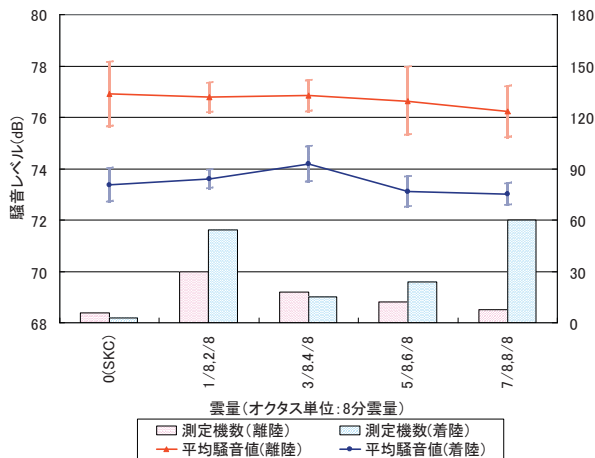


図12 雲量と航空機騒音 ($L_{A_{smax}}$) の関係

2.2 地面に沿って伝搬する航空機騒音

(1) 航空機騒音の月別の変化

滑走路の側方に位置する地域では、航空機が滑走路に位置し、離陸滑走や着陸後のリバース制動などによる騒音が良く聞こえる。これらは地面に沿って伝搬する騒音であり、風向・風速や気温の勾配などの気象条件の影響を強く受ける。

図13に成田空港の滑走路側方の航空機騒音の月別変化の例を示す。滑走路側方に位置する監視局ごとに、離陸・着陸のそれぞれの年平均騒音を基準として月別の変化を集計したうえで全対象局の平均値を図示した。上空を通過する航空機による騒音を集計した図7と対になるものである。滑走路側方の場合、着陸騒音の月別変動が、上空を通過する航空機による騒音の場合より大きい。着陸平均騒音は5～6月に低く、12～1月を

中心に高い。その幅はおおよそ3dBに及ぶ。一方、離陸騒音の月別変化はあまりなく、 ± 0.5 dB程度にとどまる。これは、図7の航空機が上空に位置する場合と同程度である。

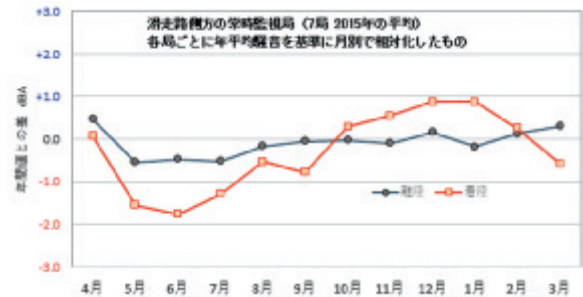


図13 滑走路側方地域における航空機騒音月別変動

(2) 離陸滑走時の航空機騒音と気象条件の関係

滑走路側方地域で長期間観測した航空機騒音を気象条件別に整理した結果を紹介する⁶⁾。図14は成田空港の滑走路側方にある常時監視局の1年間(2002年度)の離陸滑走による騒音観測結果を気象条件別に整理したものである。対象の監視局はA滑走路から側方に約700m離れた場所で、北向きの滑走路運用時には、離陸滑走中の航空機騒音が観測される。このため、音源は概ね同じ位置にあり、しかも地面に沿って音が伝わってくると考えてよい。また、航空機騒音と気象条件の関係を眺めるには音源パワーをそろえる必要があり、機種ごとに整理をした。図は其中でB747-400型の結果を示した。気象条件は、成田空港の騒音常時監視システムが有する高さの異なる2つの気象観測地点(地上1.5mと40m:ビルの屋上)の結果を用い、ベクトル風速(滑走路から監視局方向への風速成分、無風 ± 1.0 m/s以内、順風 $+1.0$ m/s以上、逆風 -1.0 m/s以下)と気温の勾配(中立/ $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 以内、遞減/ -0.5°C 以下、逆転/ $+0.5^\circ\text{C}$ 以上)で分類した。

図13の結果を見ると、第一に、航空機騒音の大きさはベクトル風速の影響を受けて大きく変化することが分かり、騒音は逆風時に小さく、順風時に大きい。逆風と順風の差は平均で8dB程度だが、他機種や違う年度の場合などで大きい場合は15dBに達する。第二に、温度勾配については、遞減から中立、逆転へと推移するにつれて騒音が大

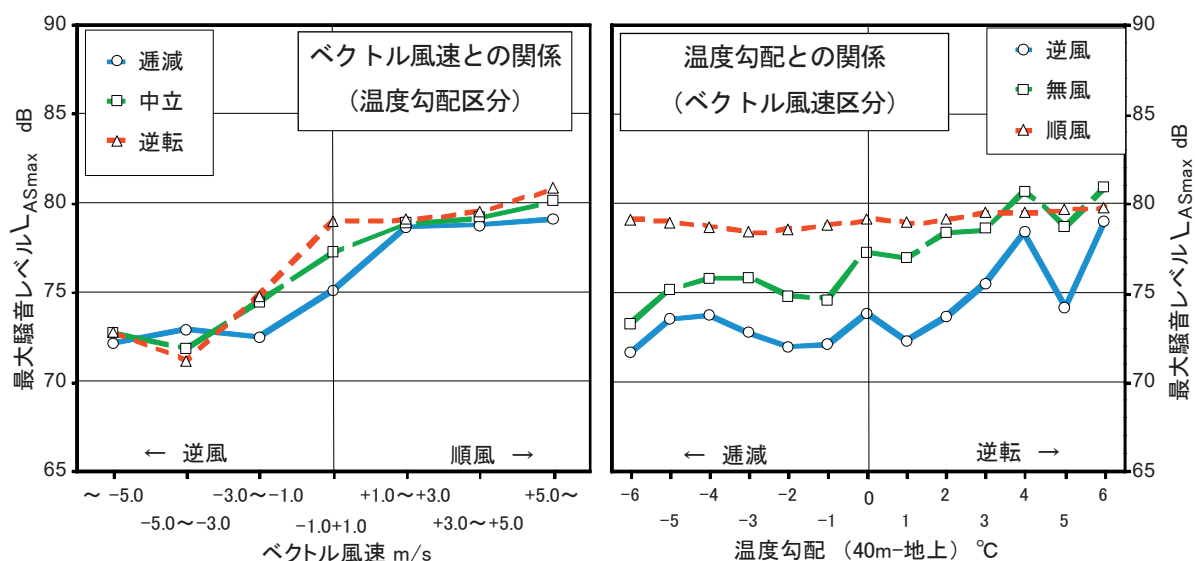


図 14 気象条件別航空機騒音 L_{ASmax} 平均値の変化、(成田空港の常時監視局：滑走路から 700m、2002 年度)

きくなる傾向がみえ、5～10dB 変化することが分かる。

図は省略するが、機種間に違いはなかった。また、レベル変動幅を標準偏差で着目した場合、逆風～無風の標準偏差は順風と比べて大きく、順風及び強い逆風での標準偏差は小さいことが分かった。図 13 の結果と合わせて考えると、順風条件では音の伝わり方が安定でよく伝わるが、逆転～無風条件では音が伝わりにくく、しかもその程度が変化するといえる。さらに、騒音値を L_{ASmax} でなく L_{AE} にした時の気象条件との関係は、 L_{ASmax} の結果と殆ど同じ傾向だった。

滑走路の側方で観測される航空機騒音は風速や気温で変化することが分かったが、長期間平均騒音値に相当する気象条件はどのようなものだろうか？ 図 15 に長期間平均値と気象条件別航空機騒音の関係を示した。対象の地点と期間は図 14 のものと同様である。図から長期間平均値に合致するのは概ね無風・中立に近い気象条件であることが分かる。詳しく見るとベクトル風速では無風から 1m/s ほど順風よりの条件が該当するため、「若干の伝搬条件が良い状態」が年間を代表する条件と考えて差し支えないだろう。

次に、ベクトル風速と気温の勾配以外の気象条件による観測騒音の違いも紹介する⁷⁾。前述の分析結果のようにベクトル風速による影響が極めて大きいので、ここでは、騒音が安定して伝搬す

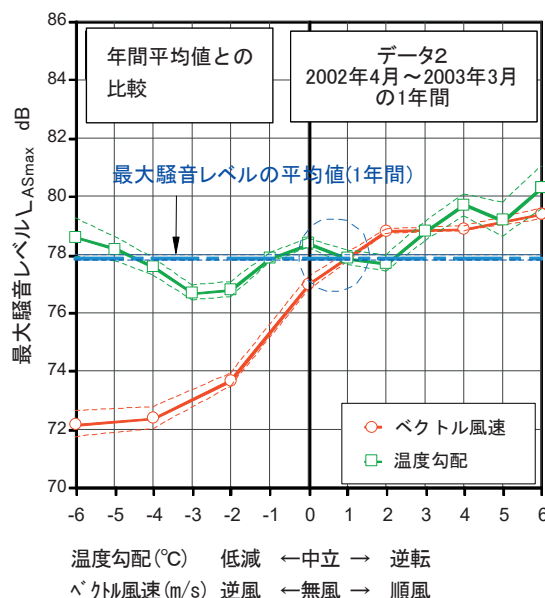


図 15 年間平均騒音と気象条件別航空機騒音の関係 (成田空港常時監視局：滑走路から 700 の地点)

るベクトル風速が順風時のデータを基本として考えた。また、分析対象の監視局と分析期間は図 14 と同様である。

図 16 に、温度との関係を整理した結果を示す。対象は離陸滑走中の B747-400 型で、気温は 5℃ 間隔に区切って集計した。低温域から 15℃ の間は概ね一定して平均騒音値 (L_{ASmax}) が高く、15℃ を上回れば徐々に騒音は低減する傾向があり、平均騒音値の差は最大で 2dB 程度だった。高温域で騒音が小さい傾向は、航空機が上空に位置する経路下の地点の場合と同様である。

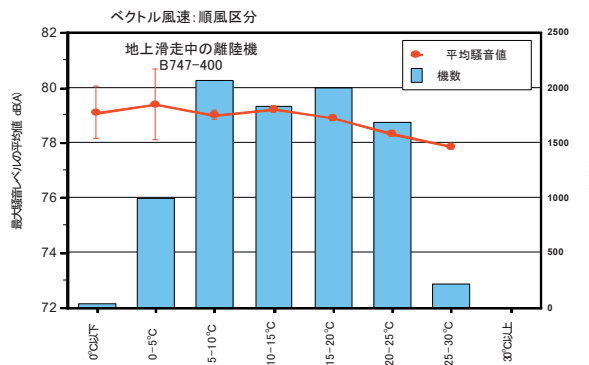


図 16 気温と離陸滑走時の騒音(順風区分)

図 17 に湿度と離陸滑走時の騒音の関係を示す。湿度は10%間隔に区切って整理した。できるだけ湿度以外の要因による影響を避けるため、順風時で気温10～15℃のものを集計対象とした。図を見ると湿度が高くなるほど平均騒音値(L_{Amax})が上昇している傾向がわかる。これは経路下の着陸機の場合と同様である。湿度の変化による平均騒音値の変化は最大で2dB程度だった。また、湿度が80%以上の時により騒音値が上昇していることも特徴的である。

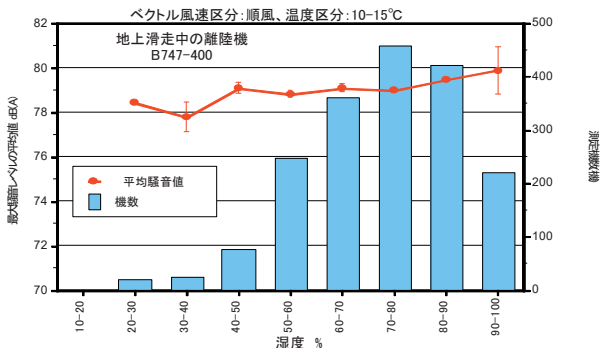


図 17 湿度と離陸滑走時の騒音値の関係(順風区分、気温10-15℃)

図 18 に雲量と騒音の関係を示す。雲量は8分雲量を使って表しており、雲量0は快晴を、雲量8は全天を雲が覆っている状態を示す。測定データは風や気温による影響を小さくするため、風速7kt未満、気温10～20℃のデータに限定した。まず目につくのは、雲量0すなわち快晴時の騒音が高いことだが、データ数が少ないために必ずしもこの結果は明確ではない。また、快晴で風も弱いときには案外とばらつきが大きい。雲量1以上をみると、雲量が多くなっても騒音値に変化はな

い。曇ったときにうるさく感じると言った経験的なこととは一致していない。これは航空機が上空にある場合の結果(図12)と同様である。

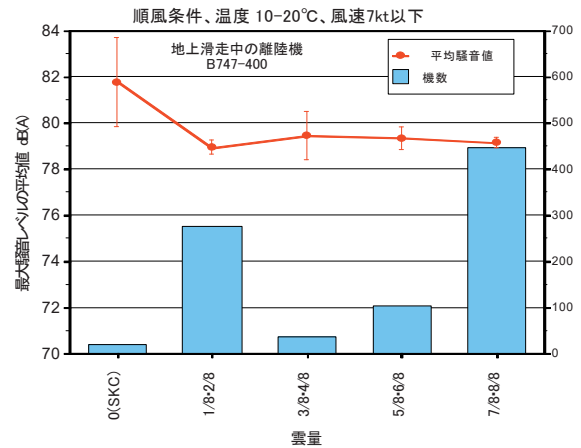


図 18 雲量と平均騒音値の関係(順風区分・温度10-20℃、風速7ノット未満)

2.3 気象条件の影響を強く受ける仰角域とは

これまで、飛行経路直下と滑走路側方での航空機騒音と気象条件との関係を集計・考察してきたが、前者(鉛直方向)では平均値で1～2dB程度の変化であったのに対して、後者(水平方向)では最大10～15dBも変化することが分かった。

ところで、両者は音の到来仰角でどれ位のところで入れ替わるのだろうか。図19はこれについて報告した結果⁸⁾である。成田空港周辺に多数配置されている航空機騒音の常時監視局の観測データについて、対象をB747-400型機の離陸長距離便に限定して、飛行経路への仰角と関連付けて解析したものである。

図は、各監視局で観測された航空機騒音(L_{Amax})をベクトル風速別に整理して平均値を算出し、ベクトル風速区分別の差(「無風」対「逆風」、「順風」対「逆風」)を仰角に対して描いたものである。図より仰角が概ね10度以上ではベクトル風速に依らずレベル差は1dB程度以内に留まるが、仰角がそれより低くなるとベクトル風速区分別の差異が急速に大きくなっている。このことから、気象条件の影響を強く受ける仰角域は、10度以下と考えることができるだろう。

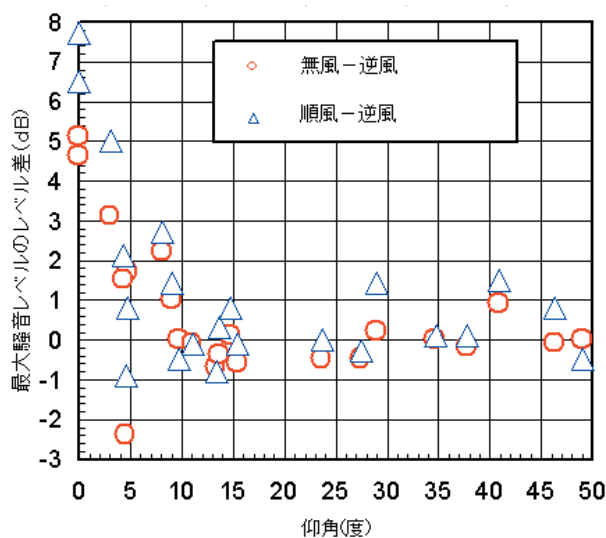


図 19 ベクトル風速別の最大騒音レベルの差異と仰角の関係

3. 長期観測に基づく地上騒音観測結果

平成 25 年 4 月から航空機騒音の評価は L_{den} に変わり、あわせて地上騒音の影響も評価する必要がある。航空機のタクシーイング(誘導路上の地上走行)やスポットなどでの APU (補助動力装置)、整備に伴うエンジンテストなど地上騒音として評価するすべての音源は空港内の地上にある。2.2 節での検討結果が表すように、騒音が地面に沿って伝搬する場合には気象条件の影響を強く受ける。地上騒音についても同様であり、それに関連した報告も行っている⁹⁾。成田空港会社では、航空機による地上騒音を検出する仕組みを、

離着陸騒音を監視する航空機騒音監視システムに複合して構成している。地上騒音の検出には、空港内および空港敷地境界付近に配置した地上騒音源検出のための監視局において騒音の到来方向を観測した結果を用いる。

図 20 は、その地上騒音監視システムで検出した空港内の地上騒音の観測件数を示した²⁾。図は、滑走路側方にある監視局の 1 年間の地上騒音観測件数と内訳を表している。

秋季から冬季にかけて、また、早朝・深夜に地上騒音は多く検出される。検出されるのは航空機が地上を走行する際のタクシーイングによるものが多い。深夜には APU による騒音もレベルは小さいが観測される。この時期・時間帯にあてはまるのは、暗騒音が下がること、放射冷却などによる気温の接地逆転が起こりやすいことである。気象条件との関係は、風向・風速だけでなく気温の温度勾配も重要な要素になることを示唆している。

タクシーイングの騒音は、時には単発騒音として観測されるが、離陸待ちの行列をなしているときなどは継続時間の長い準定常音として観測される。さらに、離着陸のための航空機が多数運航される繁忙時間帯では、APU やタクシーイングなどさまざまに多くの地上騒音源が存在し、複合騒音となって定常的なレベル上昇を伴う。このような定常的なレベル上昇の有無も気象条件によって左右される。図 21 は空港敷地境界の地上音源監視局で離陸機が集中する時間帯の一つで

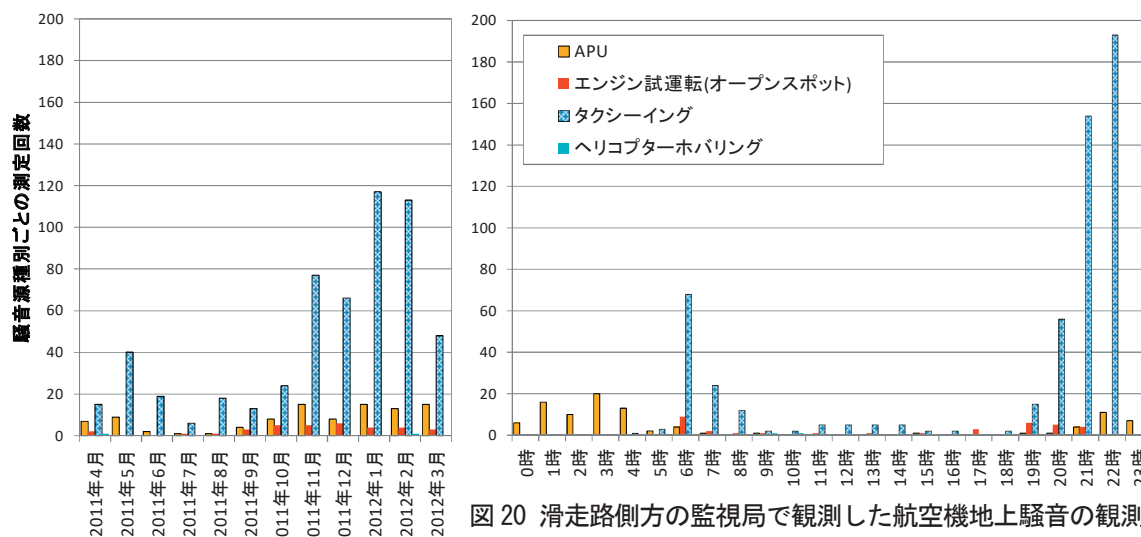


図 20 滑走路側方の監視局で観測した航空機地上騒音の観測件数
(左：月別の変化、右：時間帯別の頻度)

ある 10 時と 18 時の残留騒音レベル ($L_{90,60\text{min}}$) を空港から測定局に向かうベクトル風速と対比したものである。騒音発生源は毎日のように変わらず APU やタクシーイングが多くあるが、旅客ターミナルから約 800m 離れた監視局では下端値レベルは大きく変動し、約 15dB 以上におよぶ。それらは順風時には大きく逆風時には小さくなっている。10 時よりも 18 時の方がそのレベルが大きい、夕方以降で接地表面の温度逆転により昼よりも音が伝わりやすくなっている結果とも考えられる。

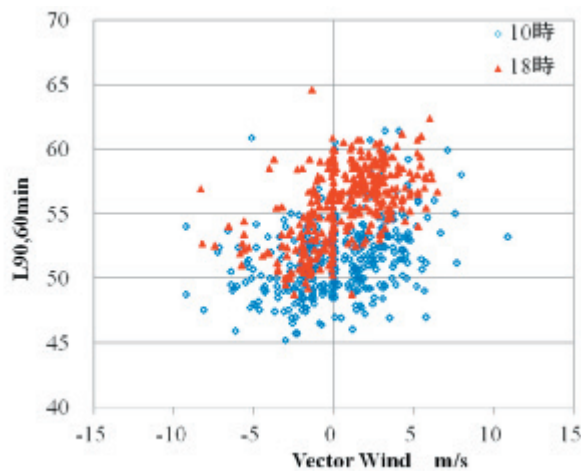


図 21 10 時と 18 時の $L_{90,60\text{min}}$ と監視局へのベクトル風速との関係
(空港内・敷地境界の地上音源監視局、1 年間)

4. おわりに

航空機騒音の特徴とその伝搬特性について解説した。

ジェット旅客機を例にとると、初期のターボジェットエンジンは雑音性で広帯域の大きな騒音が発生していたが、騒音低減・燃料効率改善を目的としたターボファンエンジンなどの技術の進化により、単発騒音は大きく低下した。

空港周辺における航空機騒音の影響評価は L_{den} によるが、空港や運航の経路によってそれは日々大きく変動する。

さらに、航空機騒音の実態やその伝搬特性について、過去に調べた結果をもとに整理して解説した。上空を通過する航空機からの騒音と気象条件による変化は、平均騒音値で 1～2dB 程度にと

どまる。一方で、地面に沿って伝搬する航空機騒音は、とりわけベクトル風速によって大きく左右され、その平均騒音値の変動幅は 10～15dB に及ぶ。なお、雲量と騒音の関係は明確ではなかった。このように、航空機騒音の伝搬が鉛直方向と水平方向では、気象条件変化による影響が大きく異なるが、常時監視の結果から推定すると、その境界は仰角 10 度を目安として考えることができる。

航空機の地上騒音は、秋季から冬季にかけて、また、早朝・深夜に多く検出される。これらは暗騒音が低くなることに加え、ベクトル風速や温度勾配などの気象の影響を大きく受ける時期や時間帯である。また、地上騒音が伝搬する際の気象などの影響による変動幅は 15dB 以上にも及ぶ。

最後に、本稿が航空機騒音の測定・評価に際し、何かしらの参考となれば幸いである。

参考文献

- 1) 磯部, 航空機騒音はどう変わったか? ～国際空港の事例～, 騒音制御 Vol.31, No2 (2007)
- 2) 篠原ら, 長期観測結果に基づく航空機騒音レベルの変動と気象条件の関係, 日本騒音制御工学会 平成 25(2013) 年春季研究発表会
- 3) 篠原, 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 No.22 (2018)
- 4) (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
- 5) 武士田ら, 長期観測に基づく航空機騒音と気象条件の関係, 日本音響学会 騒音振動研究会 2005 年 1 月
- 6) 篠原ら, 長期間自動騒音監視に基づく滑走路側方における航空機騒音と気象条件の関係, 騒音制御 Vol.28, No4 (2004)
- 7) 武士田ら, 滑走路側方で観測される航空機騒音と気象条件の関係—雲量や雲高などとの関係に関する考察—, 日本騒音制御工学会 平成 17(2005) 年秋季研究発表会
- 8) 山田ら, 気象条件を考慮したエネルギーベースの航空機騒音予測モデル, 日本音響学会 2004 年秋季研究発表会
- 9) 篠原ら, 長時間にわたる航空機地上騒音の測定・評価における課題と影響, 日本騒音制御工学会研究発表会講演論文集 (2012.9)