

研究報告

航空機の離陸滑走時騒音の予測精度向上*

中澤 宗康(航空環境研究センター 主任研究員)

1 はじめに

航空機は離陸滑走において最も推力を必要とするため、離陸滑走での騒音が最も大きくなる。そのため、滑走路周辺での騒音影響は大きく、これまで様々な対策がなされている。その一環として騒音予測が行われており、主に現状の影響評価や、対策を施した際の効果の検証などに用いられている。ただし、離陸滑走に関する航空機騒音では、滑走路上で航空機の動き、ならびに騒音の伝搬において固有の特徴が存在する。例えば、離陸滑走時は飛行時に比べて、かなり速度が遅く、前述のとおり推力は高いため、大きな騒音が長時間続くことになる。また、低高度であることから、騒音の伝搬についても近傍の地面反射や吸音、建物の影響を強く受ける。このため、普通に飛行騒音と同じように予測を行った場合、その予測結果は精度を欠いたものになってしまう。そこで、航空機騒音予測ではこれらの要因について複数の補正を加えることで予測精度を確保しているが、当然ながらその補正方法についても精度を確保することが必要であり、当研究センターでは継続的に調査を実施しながら精度向上の取組みを行っている。

特に、航空機騒音の変化に関するところでは、近年は航空機の機材更新が進んでおり、主に

ジェットエンジンの改良により1機あたりの騒音が減少したものの、そのジェットエンジンの周波数構成・音質が変わるなどの継続的な推移は起きている。さらに運航面の変化として、離陸時には最大推力ではなく減格推力を用いて経済性・排出抑制を考えた運航も行われていることから、これらの要因が騒音にどう影響しているかを確認するためにも、妥当性の確認が必要な状況である。こういったことを念頭に、近年行ったいくつかの調査および精度向上の取組みについて紹介する。

2 防音堤・防音壁

住宅地が近傍に存在する空港の一部では、騒音影響を抑えるために防音堤や防音壁といった建築物を設置している場合がある。これらは通常は地上騒音や地上走行の住宅地への伝搬を防ぐようは配置となっている。なお、安全性の観点から滑走路や飛行経路間際には建造物を建てられず、飛行騒音の防音については難しい。また、防音用ではないものの空港ターミナルビルも駐機場に近い場合、駐機中の地上騒音を防ぐ効果がある。これらの効果をAERCモデルでは考慮することができる。この方法には、日本音響学会の道路騒音モデル¹⁾に含まれる防音壁の計算方法を応用して適用しており、回折効果のみを考慮することが

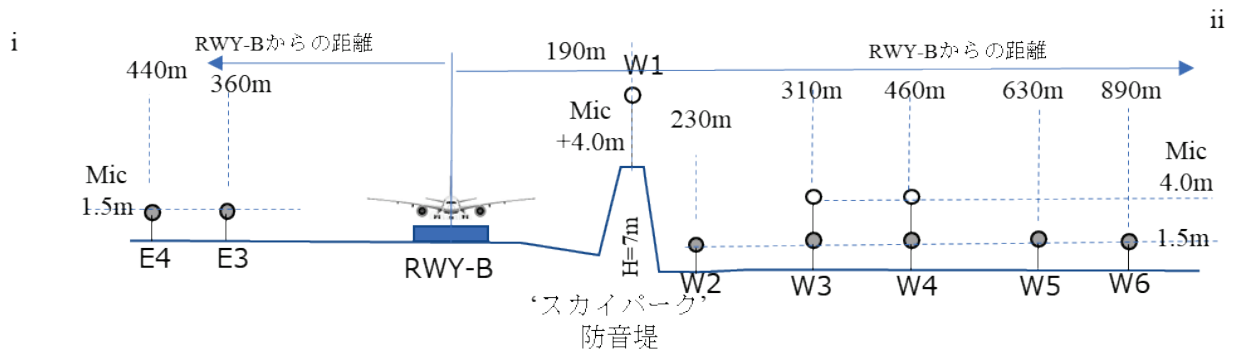


図1. 大阪国際空港での防音堤の影響調査での騒音計配置

* Brief review of improvements on aircraft takeoff noise calculation around the runway

できるようになっている。しかしながら、道路騒音と航空機騒音には差異があるほか、騒音の伝搬距離についてもかなり違いがあるため、妥当性の確認が必要であった。

そこで滑走路付近に存在する防音堤の効果を検証するため2017年12月に大阪国際空港の32L滑走路において騒音の調査を実施した²⁾。32L滑走路には伊丹スカイパークという展望公園があり、その中に高さ7mほどの防音堤が存在する。この防音堤の側の6地点(W1-W6)を騒音測定し、滑走路対岸の防音堤のない側の2地点(E3, E4)を騒音測定して(図1)、防音堤の有無による航空機騒音を比較した。この結果より、防音堤の挿入損失を推定することができ、これらのデータをもとに予測モデルの改良を行っている。

3 滑走開始時の後方指向性

航空機用ターボファンエンジンの騒音の放射特性は同心円ではなく指向性を持っている。これは給排気の方角である前後方向に騒音が出るとともに、後方へのエンジンの噴射については、コア噴流、バイパス噴流、周辺大気と速度の違う空気が流れるため境界層ができ、この境界層により音の屈折が発生することが理由である³⁾。この

ため、航空機の騒音の指向性は真後ろに最も小さく、斜め後ろ方向に行くにしたがって徐々に音が大きくなるという形状となっている。

これらを考慮するため、既存の騒音予測ガイドラインであるECAC Doc.29⁴⁾やICAO Doc.9911⁵⁾では、飛行騒音の指向性(90度ダイポール)や離陸滑走開始時の後方指向性(別途用意されたモデル)が利用されている。特に後方指向性については、機体の真後ろ、滑走路延長線方向に最大で10dB以上も減少することがあり、滑走路周辺の騒音予測においても適切に反映する必要がある。

そこで、後方指向性を測定するために、成田空港の34L滑走路において2020年10月の1週間、滑走開始する航空機を同心円状に3列で取り囲むように騒音計を配置して測定を実施した⁶⁾(図2)。円ごとのレベル差を見ることで離陸滑走時の後方指向性を確認することができる。既存の騒音予測ガイドラインの傾向は確認できたものの、機体から離れた地点での指向性の形状の変化で測定結果と違っていることなどが確認でき、モデルの改良を検討しているところである。

4 速度の正味推力への影響

航空機のジェットエンジンの騒音値は、エンジン回転数や速度、温度等によって変化する。そのため、民間旅客に用いられるターボファンエンジンでは、これらを考慮している修正正味推力(Corrected Net Thrust)との対応が良いと考えられており、既存の騒音予測ガイドラインであるECAC Doc.29やICAO Doc.9911においても修正正味推力を用いた予測方法が記述されている。しかし、稼働中の航空機の推力そのものを測定することは難しいため、エンジンパラメータ(回転数N1%、圧力比EPR)、速度、気象等から計算により推定する必要がある。

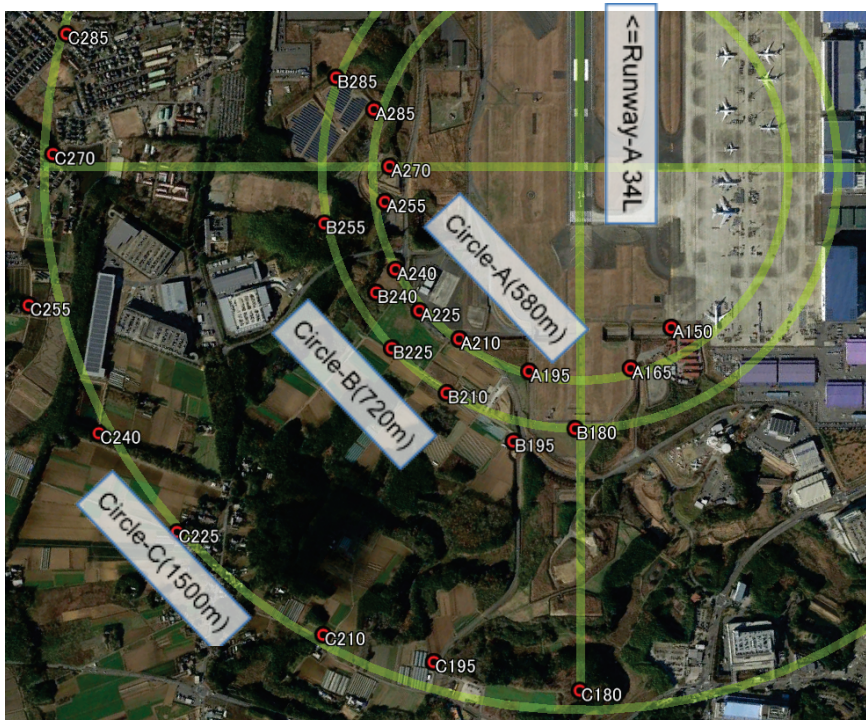


図2. 成田空港での後方指向性調査での騒音計配置



図3. 成田空港での速度の正味推力影響調査での騒音計配置

ある。とはいえ、この計算推定においても、機種別・エンジン別の計算用係数を必要とするが、最近の航空機によってはこれらの係数そのものも得ることが難しい状況にある。そこで予測精度を担保するためには、現状で得られる観測値をもって、騒音値を補正する必要があると考え、そのための検証が必要と考えた。特に離陸滑走中は速度、エンジンパラメータの変化が大きいので、それらの騒音への影響を検証した。

そこで、成田空港の34L滑走路において後方指向性を測定したのと同期間の2020年10月の1週間に近傍にて別調査を行った⁷⁾(図3)。滑走中の騒音の変化を確認するために、滑走路と平行に騒音計を配置し150m間隔で、1500mにわたって騒音を測定した。通常、滑走開始後早々にエンジン回転数が安定、速度は継続して加速するので、主に速度変化と騒音の関係性を見ることができる。結果としては、機体の速度が上昇するのにした

がって、 L_{Amax} で数dB程度下がっていく傾向が確認できた。これは速度変化に応じて修正正味推力が下がった影響ではないかと推測することができ、この結果に基づいた予測精度の改良について検討しているところである。

5 地表面の過剰減衰

騒音の伝搬経路に地面が近い・受音点に対して航空機の仰角が低いといった場合は、地表面の音の吸収・翼面反射等の影響がある。この影響は、距離減衰、空気吸収減衰とは別の、地表面の過剰減衰として知られ、これを適切に予測するためのモデルとして、SAE AIR1751⁸⁾やその更新版のAIR5662⁹⁾が広く使われている。これらのモデルでは仰角をパラメータとした空中－地上伝搬と水平距離をパラメータとして地上－地上伝搬の2つの要素から過剰減衰量を算定しているが、これらの両方において、常時監視局等の結果との差

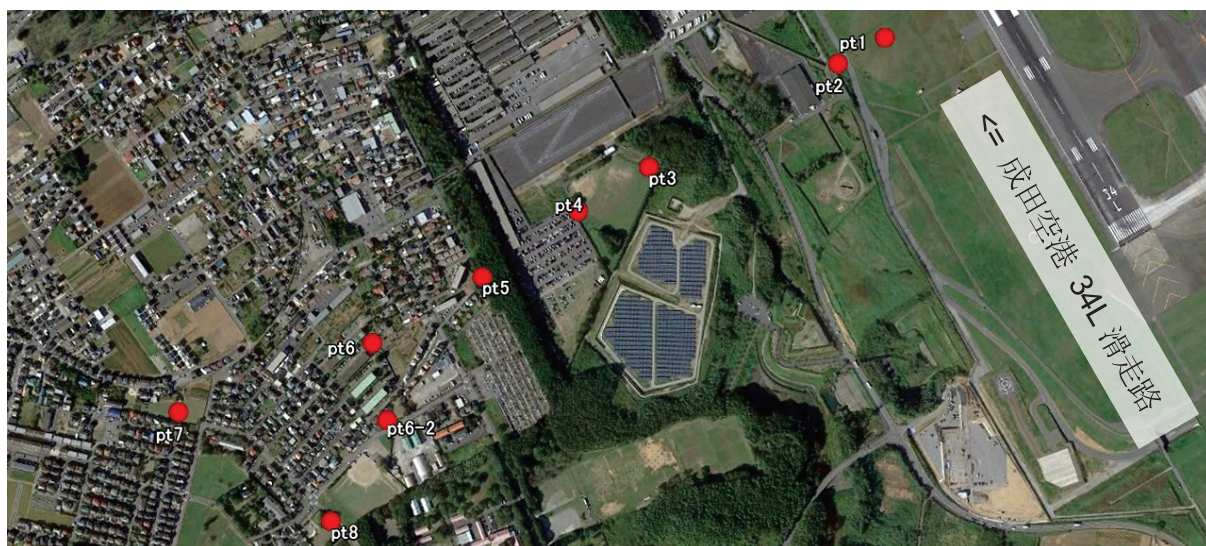


図4. 成田空港での過剰減衰の調査での騒音計配置

異が存在する場合があったため、他機関との共同研究により2000年ごろから継続的に成田、仙台、新千歳、鹿児島などでの調査およびモデルの検討を行ってきている。比較的近年に行った中長期の調査としては、成田の34L滑走路付近において2015年から2016年にかけて4季節にそれぞれ7日間の測定を行っている¹⁰⁾(図4)。測定結果として過剰減衰の発生は確認できたが、既存のモデルに比べて減衰量がやや少ない傾向が見られ、他調査の結果も合わせた予測モデルの改良について検討しているところである。

6 まとめ

当研究センターではこれまで騒音影響の大きい滑走路周辺について、防音壁、後方指向性、正味推力、地表面過剰減衰といった補正要因について予測精度を改善すべく調査とそのデータに基づく予測モデルの改良を進めてきた。一部の補正要因については補正量のオーダーが10dB以上にもなる上に、近年の航空機の技術改良および機材更新により航空機騒音の周波数構成やそれに基づく伝搬量が変わっていたりするので、精度を継続的に確認することが求められている。補正要因ごとにそれぞれ適した調査を実施しているが、結果と照らし合わせると既存のモデルに整合はするもののやや違いが見られる場合があり、モデル改良の余地がある可能性が示唆されている。モデル改良には調査データを積み重ねる必要があるため、今後も予測精度を向上させるための取組みを引き続き継続していきたい。

謝辞

現地騒音測定にご協力いただいた成田国際空港株式会社の皆様に感謝いたします。

参考文献

- 1) The Research Committee on Road Traffic Noise in the Acoustical Society of Japan. "ASJ Prediction Model 2008 for Road Traffic Noise: Report from the Research Committee on Road Traffic Noise in the Acoustical Society of Japan," J. Acoust. Soc. Jpn. 65, 4 (2009)
- 2) 篠原, 中澤, 川瀬, 横田. "滑走路側方の防音堤による騒音低減効果の検証," 日本騒音制御工学会秋季研究発表会講演論文集, 2018年10月
- 3) 鈴木崇夫. "剪断層内で発生する音の伝播について," ながれ 第24巻4号, 日本流体力学会, 2005年8月
- 4) International Civil Aviation Organization, Recommended Method for Computing Noise Contours Around Airports, ICAO Doc 9911 2nd edition, 2018.
- 5) European Civil Aviation Conference, Report on Standard Method of Computing Noise Contours Around Civil Airports, ECAC Doc 29 4th Edition, 2016.
- 6) Nakazawa T., Shinohara N., Study on aircraft noise directivity of behind the start of takeoff roll, Proc. INTERNOISE 2021, (2021)
- 7) Nakazawa T., Shinohara N. and Hanaka K., "Method for Estimating Aircraft Noise Corresponding to Changes in Thrust and Speed during Start of Takeoff Roll", Proc INTERNOISE 2022 (2022)
- 8) AEROSPACE INFORMATION REPORT, Prediction method for lateral attenuation of airplane noise during takeoff and landing, SAE AIR 1751; (1981).
- 9) AEROSPACE INFORMATION REPORT, Method for Predicting Lateral Attenuation of Airplane Noise, SAE AIR 5662; (2006).
- 10) Shinohara N. et al. Study of lateral attenuation under meteorological conditions for airport noise modeling. Proc INTERNOISE 2016; (2016).