

研究報告

航空環境デザインツール(AEDT)による空港騒音予測作業における課題*

菅原 政之(航空環境研究センター 副主任研究員)

当研究センターは L_{den} コンタープログラム AERC^[1-6]を開発し、予測コンター作成作業も担っている。また、AERCモデルの開発運用だけでなく、海外のモデルについても動向を調査し、新しい知見への対応や国際整合性にも注力している。

米国FAAの予測モデルAEDT^[7]は本質的に米国内の空港騒音を予測することを前提としたものであり、これを用いて国内空港の騒音予測をしたとしても必ずしも現実と一致するとは限らず、国内空港の運用や周辺状況について実態を十分に反映できない課題がある。

国内での実態と乖離を生じさせる理由として、幾つかの要因があるが、それはモデルの優劣でなく考え方の違いであり、整備されてきた経緯により、幾つかの計算機能、計算手順などを熟知しなければ予測精度を向上させることは難しい。本稿では、多岐にわたる違いの要因について主なものを具体的に調べ、AEDTを国内空港の騒音予測に用いるとした場合に、適切な予測精度を得られるのかという点について検討し、さらにその中で気づいた課題を報告する。

1. AEDT (Aviation Environmental Design Tool) の概要

AEDT (Aviation Environmental Design Tool) とは、FAA (米国連邦航空局)によって開発、販売されている、騒音、排出ガス、燃料消費量モデルの複合ツールである(図1)。

騒音予測ツールとしては騒音モデルガイドラインICAO Doc 9911^[8]やECAC Doc29 3rd^[9]に準拠している。前身にINM (Integrated Noise Model)があり、この後継ソフトウェアとなっている。メジャーバージョン2が2014年、3が2019年にリリースされ、その後もa,b,c…のマイナーバージョンに

より更新を続けており2022年8月現在ではバージョン3eが最新リリースとなっている。

一般的に航空機騒音の予測計算では、精度と計算速度の実用性の観点から基本的にセグメントモデルが主流である。我々が国内空港のために開発した予測モデルAERCもセグメントモデルを採用しており、古くから存在するINMの以前のバージョンも参考にしている。しかし国内空港での予測精度を向上させるために、国内空港で収集したデータに基づいた様々な補正機能を実装し整備してきており、今日のAEDTとは機能的な違いがある。このような経緯から両者モデル間に違いがあっても、それはモデルの優劣ではない。後述のAEDTにおける課題点の検討において幾つかはAERCの機能の実装を参考として述べる。

2. 国内仮想空港の予測計算

まず、AEDTを用いた予測を通じて検討を進めることとし、仮想の国内空港の L_{den} 予測コンターを作成することを最初の目標とした。

その過程で、予測条件の入力について、さらに結果の予測コンターについて検討することとした。

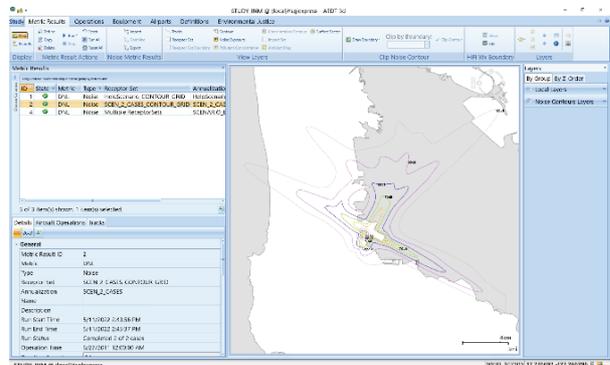


図1 AEDTのコンター表示画面

* Discussion methods and issues of aircraft noise prediction using AEDT for Japanese airports.

2.1 予測条件の入力

仮定の国内空港として、中～大規模の空港を参考に仮想条件を作成し、予測条件の機種、時間帯回数、飛行経路について、そのままをAEDTへ入力した。

機種データについては、AEDTのデータベースには、国内で運用されている多数の機種が収録されている。ただし、AEDTのデータベースに登録されているものと実際に日本国内で運用されているものでは、名前が同一であっても、エンジン型式が違っていたり、離陸上昇高度や、推力や速度変化といったプロファイルに違いがある。このため、機種の選択は国内で使用される機種とエンジン型式がなるべく近いAEDT収録機種を選択した。またプロファイルについては基本的に急上昇方式に近いものを選択し、内容を変更しないこととした。これについては課題点の一つであり後述する。エンジン試運転も機種、場所、運用時間をそのまま入力した。

AEDTでは日米の環境基準の違いからAPUや地上走行の騒音予測をする機能が無い。また地上構造物による遮音の影響を考慮する機能についても実装が無い。そのためこれらについては入力できない。このことも課題点の一つであり後述する。

この入力の段階で、機能やモデル、基礎データに違いがあることから、予測結果について、ある程度、国内モデルとの差異が予想された。

仮定の国内空港の予測条件としては、以下のように入力した。

- ・ 離陸190回、着陸190回 程度
- ・ 一方向(図2上向き)の離陸着陸運用が主となる2本滑走路の中規模空港。

2.2 AEDT 出力コンター

AEDTによる L_{den} 57, 62dBのコンター出力結果を図2に示す。この結果を、一般的な国内空港のコンターと比べると、主に3点の特徴が課題として確認できる。

(A) 離陸滑走機体の斜め後方への音源指向性が強く、それにあたる場所の騒音暴露が大きい。

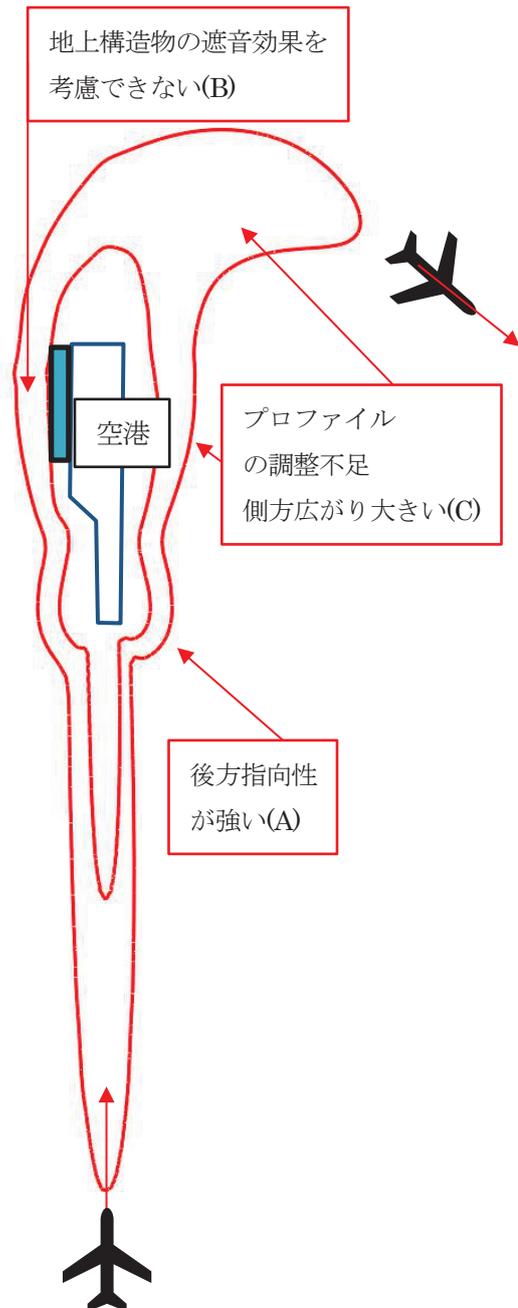


図2 AEDTによる仮想国内空港コンター
 L_{den} 57, 62dB

(B) 地上構造物の遮蔽効果を考慮する機能がないので、ターミナルや格納庫の背後に、建造物の挿入損失による減衰(コンター線の凹み)が現れない。

(C) 離陸側の側方(飛行経路の左右方面)の広がりが大きい。(プロファイルの調整不足)

3. 予測結果の検討

予測結果についての3つの課題について、それぞれ要因を検討した。

3.1 セグメント計算式(課題A)

予測モデルを構成する計算式は、セグメント計算式と、幾つかの補正要因の項からなる。セグメント計算式は、基本的に有限長補正式であり、ダイポール指向性を実現する^[8,9]。AEDTはECAC29 3rd edition 記載の計算式を採用している。一方、AERCモデルはINM ver5の計算式に基づく。両者の計算式は違うものであり、ECACのものは継続時間を考慮するが計算負荷が大きい等の違いがある。しかし計算結果に大きな差異は無く、本質的には同等のものと考えている。

ECACの計算式だけの特徴としては、離陸滑走時に特別な指向性の補正式に切り替わる仕組みがあり、このときは特に斜め後方に強い指向性を持つ。この斜め後方は滑走路端の側方となるため、この場所に、AERCモデルによるコンターでは見られないような大きな暴露領域が生じている。

しかしECACのドキュメントとしては次の改定となる4th editionが既に発行されており、そちらの計算式では後方指向性が幾分弱くなるよう変更されていることから、AEDTの実装は過渡的な側面があると考えている。

どのような計算方法が国内の実態に近いかは、別に関連するテーマを設けて検討を進めているが^[10]、国際整合性の理由から、AERCモデルにおいても選択式でECAC29 3rdや4thと同等の計算ができる機能の実装を進めている。

3.2 地上構造物の遮蔽効果(課題B)

AEDTには地上構造物の遮蔽効果を考慮する機能が無い。一方、AERCモデルは道路交通騒音で用いられるASJモデル^[11]の壁の挿入損失を計算する手法を参考にした機能を組み込んでいる。大きな建造物や、防音壁、防音堤の裏側で遮音による減衰を考慮しない場合は、過大な騒音予測になるが、ECACやICAOのガイドラインには関連する考え方は無く、現在のところ、航空機騒音にそのまま適用可能な遮蔽物の計算方法も無い

め、AERCモデルでは道路交通騒音としての違いはあるがASJモデルの計算方法を参考とした。

離陸や着陸滑走時、低高度の飛行中、駐機時などの複数の状態において、地上構造物の影響を考慮することができる。ただし、地上に近い領域を伝搬する騒音については、構造物以外にも様々な要因の影響を受けるため、適切な予測を行うためには遮蔽以外にも補正計算を行う必要がある。また、道路交通騒音と航空機騒音の違いもあり、精度向上の余地があると考えている。そこで、地上騒音を適切に取り扱うために、研究センターでは近年、国内空港での地上騒音測定などを通じて、精度向上の取り組みをおこなっている。

一方、今回は整理するに至っていないが、AEDTには地形の起伏による遮蔽効果を計算する機能があり、地形に限っては類似の機能を持っていることが分かっている。これらのAEDTの機能や、他の海外モデルの機能や動向を調査する必要がある。

3.3 プロファイルの設定(課題C)

AEDTの機種別のプロファイルデータ(上昇や降下の仕方、推力や速度の変化)は初期状態では米国の空港におけるものなので、日本国内での現状には必ずしも適合しない。AEDTにはユーザーが変更を加えることを可能とするプロファイル調整機能があり、その活用が必要となる。しかし難解なうえにライセンスや、データベース仕様で使いにくさを感じる。

AEDTでプロファイル調整を行うためにはユーザーに上昇方式などの基本的な知識の他、空港ごとの離陸方式や着陸方式に対する機体側の操作手順、離陸重量などの運用に関する知識など、詳しい知識が必要になる。そのうえでICAOと国内両方のプロファイルの内容を理解し、運用種別ごとに段階別に目標高度や速度を設定しなければ、適切なプロファイルを構築することができない。

このため、通常は標準のプロファイルを使用することになるが、機種別に用意されているプロファイルデータとしては、ECACが整備するANP (Aircraft noise and performance)データと、EUROCONTROLが整備しているBADA (Base

of Aircraft Data) version 3およびversion 4を選択式で使用することができる。

最も新しいデータであるBADA4については、機体メーカーとの守秘が課せられているのだと思うが、ライセンス上UI(ユーザーインターフェース)で表示禁止となっている。そのため、実質的にユーザーは新しいBADA4基礎データのプロフィールを調整して使うことができない。

また、AEDTでは騒音モデルと排出ガスモデルと統合されていることもあり、排出ガスモデルのためにエンジン種別が細分化された同型機が沢山並んでおり煩雑さがある。機種を選択は予測条件の重要な部分なので作業だけでなく条件の管理も難点がある。

4. その他の違いや使い勝手

4.1 地面の過剰減衰計算

AEDTは米国SAE (Society of Automotive Engineers)規格のAIR-5662により地表面減衰を計算する。一方国内のAERCモデルはAIR-1751に基づいた計算を行う。以前の国内モデルとの継続性を重視して同じAIR-1751の計算式を採用している。なおINM ver. 5もAIR-1751を用いるが、INM ver.7ではAIR-5662が採用された。

AIR-5662はAIR-1751のアップデートであり、3種類のエンジンマウントとバンク角による指向性の変化を考慮する仕組みが計算式に追加されている。計算負荷がそのぶん大きくなるデメリットも有るが、本質的には同じ性質の計算を行うものである。

予測範囲や空港規模にもよるが、地表面減衰計算の違いは、前述の3点のような違いほどではないが、空港側方の予測結果などにある程度影響する。

AERCモデルとしては、継続性のことと、現行の計算方法でモデル検証が行われてきたことを考えると、当面は現行の方式が用いられると思われるが、国際整合性の観点からAERCモデルでも複数の過剰減衰方式の選択を行えるよう準備を進めている。

4.2 運航情報の入力

AEDTでは運航情報の入力画面がウィザード方式であり、リストやテーブルデータによる情報を一括入力する手段がUIに備わっていない。

国内空港での運航情報の入力条件は、多くの場合、機種、飛行経路、時間帯別回数別で集計したものが用いられるが、大規模空港では数百から数千単位にもなる。さらに、AEDTでは、時間帯別に集計した運航回数でなく、ダイヤ上の発着の時刻指定で入力するウィザード方式のUIとなっている。そのため同じ予測条件を入力しようとしても他モデルに比べ入力回数が多くなる。

そのうえ一つの便の運航の入力に10段階ほどの入力画面からなるウィザードで回数やプロフィール、使用経路、APU(補助動力)などを設定していくため、作業量が膨大なものとなる。特に大規模空港の運航情報入力は困難となる。

別の方法としてSQL データベースを直接操作してリストから一括入力する方法があるが、データベース構造が複雑で難しさを伴う。

4.3 計算負荷・飛行分散

AEDTが採用しているECACの計算式は、前述のセグメント計算式や地面の過剰減衰のように、AERCモデルが採用したものより計算負荷が大きいものが多い。他にもAEDTではデータベースサーバーの動作が前提となっている仕様により、簡単に言うと計算が重い上に、時間がかかる。

また飛行経路のばらつきを考慮する飛行分散^[12]についてはAERCモデルと同等の計算を行う機能を持つが、サブトラックによる計算量の増大から計算負荷がさらに大きくなり特に大空港の予測が困難となる。精度良く計算するように細分化した条件を設定してしまうと、高性能なPCで計算に数日かかることも予想される。

4.4 地上運用やその他の使い勝手

AERCモデルでは地上運用による騒音影響としてエンジン試運転、APU(補助動力)、誘導路の地上走行を予測計算する^[4]。現時点でわかっている範囲では、AEDTではAPUと地上走行については条件設定できるものの、計算されるのは排出

ガス予測のみであり騒音予測はできないようである。

ほかにセグメント計算に関わるものは、離陸上昇時や旋回のセグメント分割ルール、推力テーブルの補完計算等に違いがある。これらは結果に大きな違いを生じないが、AEDTが用いるものはECAC記載のアルゴリズムであり、AERCモデルでも国際整合性のために選択式で同等の計算処理を行えるように準備を進めている。

評価量の種類については、AEDTは多種多様なものを備えているが、よく使われるものについてはAERCモデルでも準備を進めている。

5.まとめ

AEDTを用いて国内空港の騒音影響を予測する場合について、機能や計算内容を調査した。その中で、予測精度に関わりがあると思われるいくつかの課題が見受けられた。

主な課題として、

- ・モデル計算内容(セグメント計算式(有限長補正や後方指向性)、地表面減衰計算式等)により、ある程度国内モデルの結果との差異が生じる。
- ・機能がないので計算不可能な要素がある。地上構造物の遮蔽効果や誘導路の地上走行、APU等。
- ・使い勝手として、運航情報入力の作業量や、経路分散設定時の計算負荷が大きい等。
- ・基礎データ、プロファイル調整機能などは難解かつ整備に課題。

AEDTはECACおよびICAOのガイドラインに準拠する国際モデルだが、継続して更新を重ねており現在も変化を続けている。地形機能等、今回整理するに至らなかった機能がある。引き続き内容を調査するとともに最新版の動向を追いたい。

参考文献

- 1) 吉岡序、山田一郎、エネルギーベースの航空機騒音予測モデルの妥当性に関する検討」日本騒音制御工学会講演論文集、2005.11
- 2) 岩崎潔、吉岡序、山田一郎、等価騒音レベルに基づく航空機騒音予測の考え方 - パイロットプログラムの作成、日本騒音制御工学会技術発表会講演論文集、2003.
- 3) L_{den} を評価指標とする航空機騒音予測モデルの開発 菅原政之、中澤宗康、吉岡序、山田一郎 航空環境研究 No.19 2015.
- 4) 航空機騒音予測における地上音の取り扱い 菅原政之、中澤宗康 航空環境研究 No.21 2017
- 5) 騒音予測コンターの信頼性を確保する予測条件の設定方法 菅原政之、中澤宗康、橋本弘樹 航空環境研究 No.22 2018.
- 6) 騒音予測コンターの信頼性を確保するための予測条件設定の検討 - 飛行経路分散の考え方 - 菅原政之、中澤宗康 航空環境研究 No.23 2019.
- 7) AEDT 3d User Manual, AEDT 3d Technical Manual <https://aedt.faa.gov>
- 8) International Civil Aviation Organization, Recommended Method for Computing Noise Contours Around Airports, ICAO Doc 9911 2nd edition, 2018.
- 9) European Civil Aviation Conference, Report on Standard Method of Computing Noise Contours Around Civil Airports, ECAC Doc 29 4th Edition, 2016.
- 10) 航空機騒音の離陸滑走開始時の後方指向性 中澤宗康、航空環境研究 No.25 2021
- 11) 道路交通騒音の予測モデルASJ RTN-Model 2008の解説と手引き 平成21年7月 日本音響学会
- 12) 菅原政之、中澤宗康、騒音予測コンターの信頼性を確保するための予測条件設定の検討 - 飛行経路分散の考え方 -、航空環境研究 No.23 2019