

航空環境研究

The Journal of Aviation Environment Research

No. 21, 2017

巻頭言

空港周辺の環境問題と研究センターの果たす役割
..... 篠原直明 1

焦点

RNAVの歴史と展望 — 空港・空域の有効活用のために —
..... 中西善信 3

航空自由化2000年以降における国内路線の現状
..... 酒井正子 10

観光における空港・航空サービスの役割
..... 鎌田裕美 15

研究報告

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～
..... 篠原直明 20

航空機の航法精度と諸外国における経路分散の取組
..... 高橋英昌 28

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 34

航空機地上騒音予測の妥当性検証
..... 中澤宗康、菅原政之 39

諸外国における騒音および飛行経路監視システムの紹介と
情報公開システムの課題
..... 後藤恭一 43

航空機エンジンから排出されるNOxが
空港周辺大気環境に与える影響
..... 橋本弘樹 51

航空機騒音による健康影響

..... 後藤恭一、金子哲也 59

航空環境を考慮した着陸料の形態と空港間比較
..... 高橋 達 64

解説

航空機騒音に係る周辺環境対策と騒音状況の推移
..... 篠原直明 70

航空機騒音予測の過去から現在
..... 吉岡 序、篠原直明 80

国際航空における市場メカニズムを
利用した温室効果ガス削減制度について
..... 橋本弘樹 86

海外事情

国際騒音制御工学会議 インターノイズ2016
..... 篠原直明 89

米国FAA、ワシントン及びニューヨーク地区での
航空機騒音軽減の取り組み
..... 高橋英昌 93

米国における空港周辺対策と対策資金のファイナンス
..... 高橋 達 98

主要空港における環境負荷の比較
..... 高橋 達、中村千都世、橋本弘樹、篠原直明 107

活動報告

研究センターの動き（平成28年度） 管理部 115

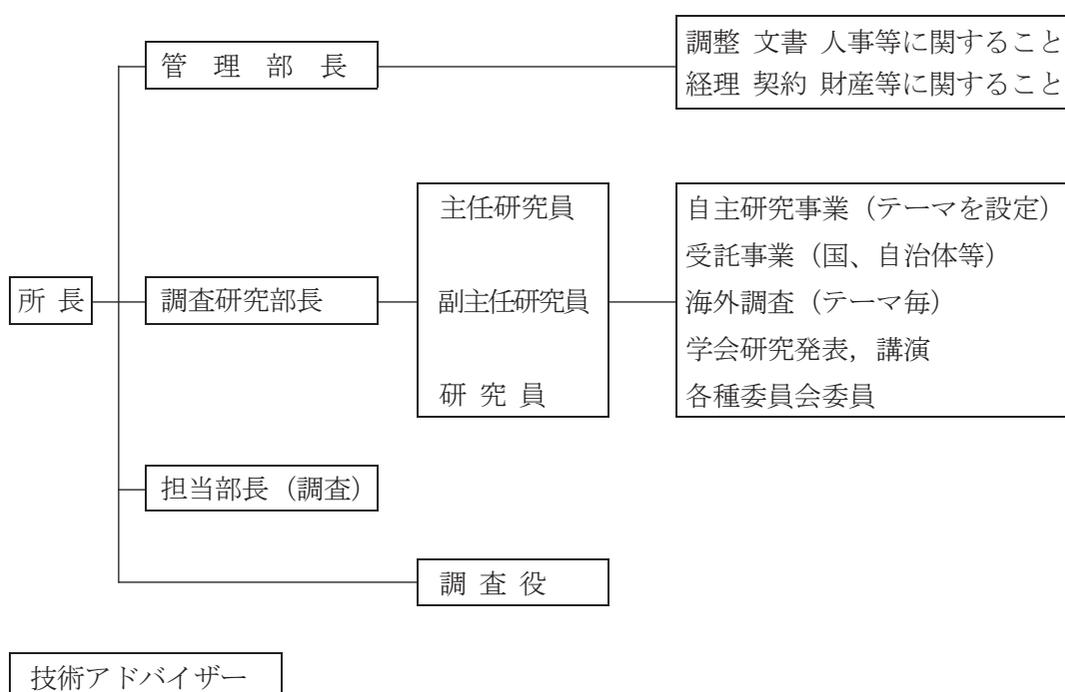
航空環境研究センターの沿革と組織及び業務内容

産業、経済、文化の発展に伴う航空需要の増大とジェット旅客機の大型化による運航は、空港周辺における環境阻害に深刻な問題を提起し、昭和43年8月、航空公害防止対策について国の施策を補完する目的で「(財)航空公害防止協会」が公益法人として設立されました。当協会は設立以来、東京、大阪両国際空港をはじめ、主要空港において、各種の航空公害の調査に取り組んでまいりましたが、調査事項が増加するなかで、専門的な航空公害を体系的に調査、研究し、これを防止、削減する対策並びに科学技術を研究開発する総合的な施設の設置が要望され、昭和47年12月、航空公害防止協会の附属機関として、当研究センターの前身である航空公害調査研究センターが東京国際空港内に設置されました。

その後、名称を昭和51年10月に航空公害研究センターに改め、平成5年4月、航空公害防止協会が空港環境整備協会に改称されたことにより、当研究センターも現在の航空環境研究センターに改称し、設立以来、航空機の騒音、振動、排ガス及び空港周辺の騒音、電波障害、大気環境、健康影響など、多岐にわたる調査と研究に取り組んでいるところです。

なお、(財)空港環境整備協会は平成24年4月1日から一般財団法人になりました。

組織及び業務内容は次のとおりです。



巻頭言

空港周辺の環境問題と研究センターの果たす役割*

篠原直明**

航空機から発生する騒音はこの40年で約20dB以上低減したと言われます。近年導入されたB787などはB727などの時代に比べれば画期的に静かで柔らかな音色になっています。音を聞いて機種を判断することが、ある種の楽しみにも感ぜられるくらいです。では、航空機騒音問題は解決したのでしょうか？筆者は決してそんなことはないと考えています。昭和50年代以降、空港周辺の環境対策が進められたことにより、激しい騒音にさらされる地域や軒数は少なくなってきました。当時の主力だったB747（クラシックジャンボ）と先の例に挙げたB787の騒音証明値（※）は離陸地点で約20dB、着陸地点で約10dBの違いがあります。それでも音が聞こえなくなったわけではないのです。テレビの音が聞こえづらかったり、何かの折に「うるさいな」と感じたりすることはまだまだあるでしょう。さらに、航空旅客数の増大による航空交通の発展に伴い騒音の発生回数は増加する傾向にあります。一方で、安心・安全などに対する考え方から、個人や社会が環境の問題に関してそれを許容する閾値がどんどん下がっていると感じます。その結果、騒音の程度が比較的大きくない場合でも、飛行経路の変化などによって騒音苦情が発生したりします。これらは法律に基づく環境対策が可能な範囲からは遠い地域にあることがほとんどです。飛ばし方の工夫などの努力だけでなく、空港と周辺地域の社会的関係や信頼関係が空港周辺

環境問題の大きさを左右するといってもおかしくないと思います。

私ども（一財）空港環境整備協会では、空港と周辺地域との共生と調和のある発展を図り、空港を円滑に運用するために、駐車場を運営する空港を対象に、きめの細かい空港周辺環境整備事業を行っています。これは空港と地域社会の関係構築に貢献していると自負しています。

では、航空環境研究センターはどうあるべきでしょうか。

一つは、空港周辺の環境問題に取り組む方々、すなわち、空港管理者や空港周辺自治体の方々が、空港周辺の住民や航空機騒音をうるさいと感じている人に対して、できるだけわかりやすく適切な説明ができるよう、騒音はじめ航空・空港の環境問題について現在・過去、国内・海外の情報のプラットフォームになることだと考えます。空港の環境管理手法や騒音や排出物などの環境問題について情報を国内外から広く総合的に収集し、整理・分析し、それらを提供できる機関になりたいと思っています。

もう一つは、航空機騒音の測定・評価に関して、空港管理者や行政の皆様からのお問い合わせを受けられる唯一無二の研究機関でありたいと願っていることです。かつて、航空機騒音が激甚だった頃、騒音測定技術はまだ

* Conception of environmental problems around airport and the role of Aviation Environment Research Center

**（一財）空港環境整備協会 航空環境研究センター 所長

発展途上にありました。騒音実態調査は現地に配置した測定技術者によって騒音源を見極めることが必要でした。今は測定技術の発達とともに、機器だけを配置する無人の測定体制が多くなりました。ましてや、住戸の近隣に測定者を配置していることが不審の素になりかねない時代です。しかし、平成25年度から航空機騒音の評価指標がWECPNLから L_{den} に変わり、航空機が地上にいる際の騒音も評価の対象に加えることになり、測定・評価は複雑さを増しています。ただ単に騒音計を置いただけでは、正しい測定結果は得られません。研究センターは長い間航空機騒音の測定方法や評価値の信頼性の検討・分析に携わってきました。今後、より効率的でかつ信頼性の高い測定結果を得るための手法について検討していきたいと思えます。

さらに、重要なもう一つ。航空機騒音の予測に関することです。騒音対策の基本は騒音予測によって策定されます。正確な騒音予測ができること、これが重要です。騒音予測の精度向上を研究することを迅速な騒音予測を行うことと共に一層精進したいと思えます。

さて、航空環境研究センターの在り方とともに、情報発信のことも課題です。航空環境に関する情報プラットフォームとして適切に機能しているか、常に再確認していく必要があると考えています。

この「航空環境研究」は1997年に発刊し、前号で20号を迎えました。19号の巻頭言に、「年に1回の発行ではありますが、空港の環境に関わる情報を提供する手段として機能しているか考えていく必要があります」と記し、さらに20号では「雑誌という媒体で情報提供を続けることがニーズとしてあり、合理的ならもちろん引き続きこの雑誌を続けます。別の媒体の方がニーズに合っている、あるいは合理的ならそちらに変えていきます。」と記されています。

前号のアンケートにご回答いただいた中では冊子としての提供を望む意見もありました。しかし、ご回答総数があまり多くなかったのです。その意味では、航空環境研究をご覧いただく読者の方が望む記事・興味を持っていただく内容になっていないと反省すべきかもしれません。

さて、21号は引き続き雑誌媒体で発行することにしました。

実のところここ数号、研究センターの研究員による研究報告や海外事情等の記事が増えています。今号も研究員による研究報告や海外事情を多く掲載させていただきます。それはすなわち、研究センターの研究活動の活発さの表れとご理解いただければ幸いです。もちろん、内容に不足の部分はいくつかもありません。いずれ充実させることをお約束にご容赦いただければと思えます。

また、幅広く読者の皆様に興味を持っていただくために、「解説」記事を付け加えました。今までの「航空環境研究」が専門領域に偏りすぎるため、航空環境のことが専門ではない読者の方々には向いていない記事が多かったかもしれない、との反省に立ったものです。今号では、これまでの航空機騒音対策のことや航空機騒音予測のこと、排出権取引を解説記事にしました。何かのお役に立てば幸いです。

航空環境研究センター一同、皆様のお役に立てるよう、さらに調査・研究を通じて空港周辺的生活環境の改善に貢献できることを願う一層の努力をして参ります。ご支援を賜れば幸いです。

(※) 騒音証明値：ICAO国際民間航空機関が規定する亜音速ジェット機を対象に航空機騒音の基準値を定める騒音適合基準証明制度。発生源対策のための基準による機種・エンジン型式ごとの騒音の値。

焦点

RNAV の歴史と展望 — 空港・空域の有効活用のために —*

中西 善信**

はじめに

地球環境保護の重要性が増す中で、航空機運航の世界でも様々な取り組みがなされている。例えば、静かなエンジンの開発及び低騒音機の導入、騒音軽減運航方式の適用などは、空港近傍での騒音軽減に大きな役割を担っている。

このような「環境にやさしい航空機運航」のための仕組みの中から航空機運航技術の1つが、RNAV（アールナビ：Area Navigation）である。本稿ではこのRNAVを取り上げ、その基本的技術、開発導入の歴史及び今後の展望について触れたい。

RNAV とは

RNAVとは、「航行援助施設の覆域内若しくは自蔵航法の能力の限界内又はこれらの組合せにより、任意の飛行経路を航行する航法」をいう¹⁾。RNAV以前の従来の航法（Conventional Navigation: 既存航法）による飛行経路は、空港内等に設定される航行援助施設すなわちVOR/DME（Very High Frequency Omni-directional Radio Range / Distance measuring equipment: 超短波全方向レンジ／距離測定装置）等をつなぐ形で設定され、これをなぞる形で航空機が飛行していた。一方、RNAVにおいては、より柔軟な経路設定が可能となる（図1）。RNAVは日本語で「広域航法」というが、これはまさに、

航行援助施設の配置にとらわれず空間を広く活用できるということを意味している。

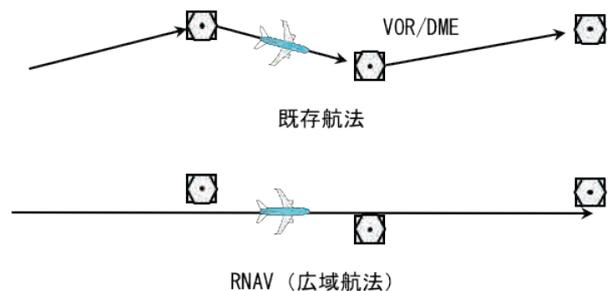


図1 RNAVと既存航法の比較

RNAVにおいて航空機は、GPSや自蔵航法装置（IRU: Inertial Reference Unit）からの入力情報に基づき、飛行管理システム（FMS: Flight Management System）等の機上航法装置が自機位置、取るべき針路等を計算し、所望の経路を飛行する。後述するようにRNAVは様々な便益を社会に提供する。このためRNAVの普及促進は国際民間航空機関（ICAO: International Civil Aviation Organization）の総会決議にも掲げられている²⁾。

RNAVの歴史

RNAVは決して新しい技術ではない。1980年代にはすでに在来型B747等によってRNAVの原形となる運用が行われていた。ただしこれらは主に洋上やエンルート飛行（高高度での巡航飛行）に係るものである。以下で述べるとおり、ターミナル（空港からの出

* History and Future of RNAV— For the Efficient Use of Airports and Airspace —

** 長崎大学経済学部 准教授 ICAO 飛行方式パネル（IFPP） 前 品質保証ワーキンググループ座長

発・到着・進入のための空港近傍) 空域において RNAV が本格導入されたのは比較的最近のことである。空港近傍において航空機は低高度で障害物や地表面に近いところを飛行するため、これらのフェーズにおいて RNAV を安全に利用するためには、様々なルールが制定される必要があったのである。

1990 年代後半頃から、米国や欧州においてそれぞれ RNAV 本格導入のための取り組みが開始された。しかし、調整なく各国個別に RNAV が導入されると、各国における RNAV 実施の基準に相違が生じ、結果として、国境を越えて自由に飛び回るべき運航者の活動が制約されてしまう。そこで ICAO は、RNAV 使用に関する世界統一的なルールの制定を目的として、2008 年に PBN マニュアル (Doc 9613) を発行した³⁾。PBN マニュアルは現在なお各国による RNAV 導入に係る基本的指針である。現在も、さらに高性能な RNAV 導入に向け、ICAO において PBN マニュアル改正・増補作業が行われている。

わが国の RNAV の歴史に目を転じよう。わが国においては、ICAO PBN マニュアル発行のはるか前、1992 年にエンルートでの RNAV 評価運用が開始された (図 2)。また、ターミナル空域に関しても 1997 年に函館空港および熊本空港において FMS を利用した

出発・到着方式 (経路) の評価運用が開始された。

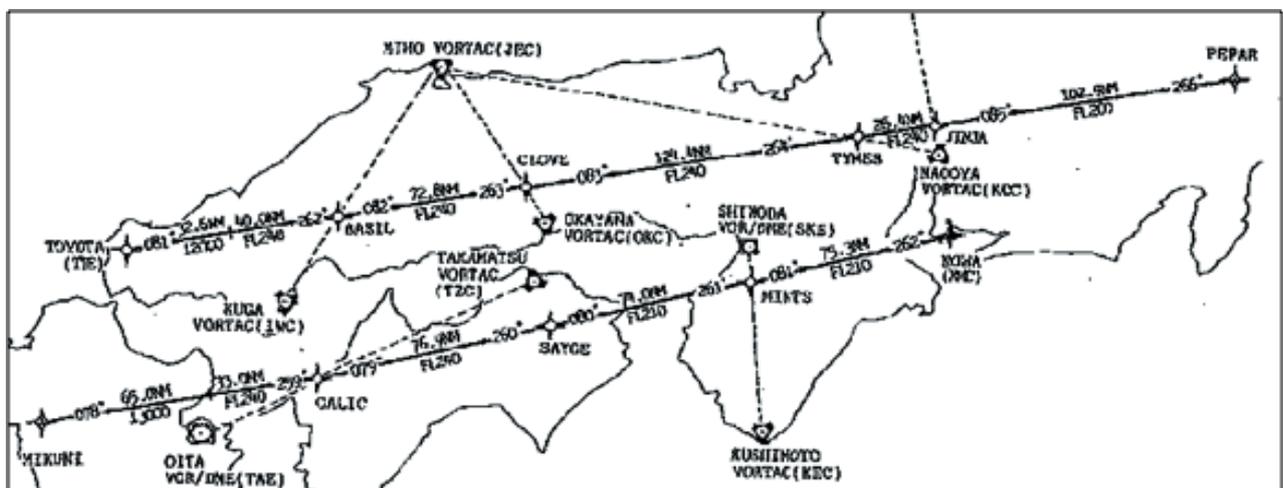
2005 年には、4 空港 (新千歳、函館、広島、那覇) において RNAV 進入方式が運用開始された。これらの RNAV 進入方式は、若干形を変えながら現在も使用されている。これらの RNAV が導入された当時はまだ RNAV に係る ICAO 国際基準がまだ存在しなかった。このため、経路設計・運用等に関して米国等の基準・規格が準用された。その後、2007 年、わが国は ICAO PBN マニュアルに基づいた「国際標準」RNAV を、アジアの先陣を切って導入した。このようにして日本は国際標準に基づく RNAV をいち早く導入した国の 1 つとなったのである。

そして現在、わが国の航空機運航において RNAV は不可欠なものとなっている。高度 29,000 フィート以上の高高度エンルート経路網は専ら RNAV 経路によって構成され、また、2016 年 8 月時点で何らかの RNAV 経路が設定された空港等は国内 65 ヶ所に上る (筆者調べ)。

RNAV の便益

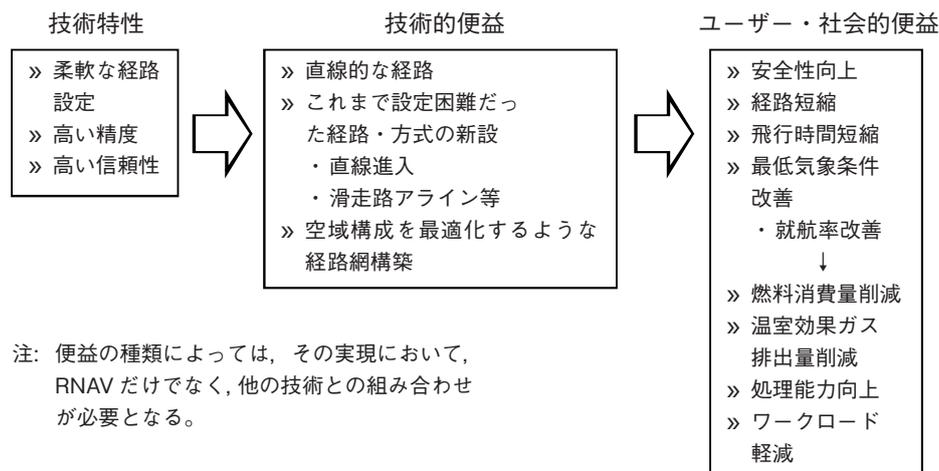
RNAV は、図 3 のように空港管理者や運航者に様々な便益をもたらす。

まず RNAV は、下記のような技術特性を



出典：国土交通省航空局 1992 年 4 月 30 日付 クラス II ノータム Nr. 157

図 2 初期の評価試験用 RNAV 経路



出典: 国土交通省航空局「RNAV ロードマップ」(http://www.mlit.go.jp/koku/15_bf_000383.html) 等に基づき筆者作成

図3 RNAVの便益⁴⁾

持っている(図3左)。第1に、「柔軟な経路設定」である。また、従来よりも高い航法精度や、高いシステム信頼性といった特徴も有する⁵⁾。精度と信頼性の向上は保護区域や経路間隔の縮小につながる(図4)。ただし、経路間隔は、航法システムだけでなく、利用可能な監視システムの別(レーダー空域かノンレーダー空域か等)や通信(パイロットと管制官の間での直接音声通信が利用可能か、管制通信官による中継が必要か等)により異なるので、事情はやや複雑である。

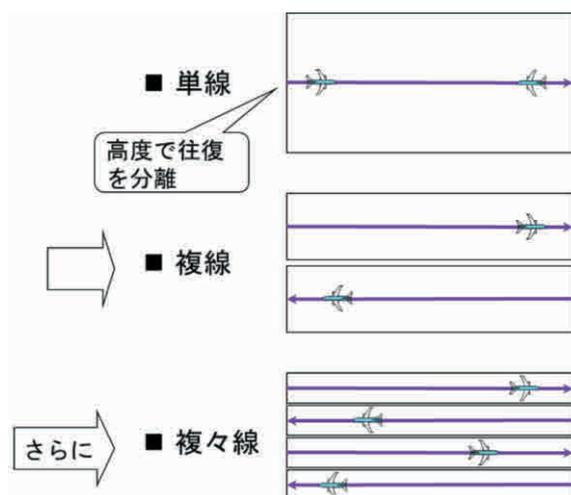


図4 RNAVによる保護区域と経路間隔の短縮

次に、これらの技術特性により、より直線的な経路の設定や、さらには、これまで設定困難だった空域への経路設定といった技術的

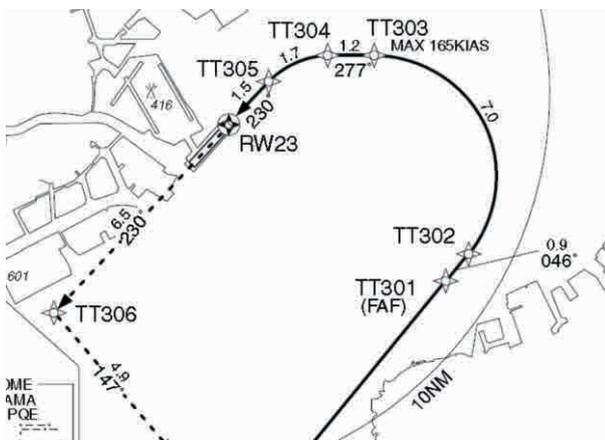
便益が得られる(図3中)⁶⁾。その典型的な例が周回進入しかできなかった滑走路への進入方式の新設である。これについては大館能代空港等を例に後で詳しく説明したい。

また、RNAVは空域構成を最適化するような経路網構築のツールとしても活用可能である。例えば、横田空域の削減により、東京国際空港(羽田空港)からの出発便に係る飛行経路は大幅に距離短縮されたが、RNAVがあったからこそこのような経路が設定可能となったといえる。羽田空港の航空機処理能力向上において、RNAV導入は滑走路増設と同等あるいはそれ以上の効果をもたらしたといっても過言ではないのである。

そして、上記の技術的便益により、ユーザーや社会は安全上、経済上等の便益を享受することが可能となる(図3右)。まず強調したいのは安全性の向上である。これまで周回進入しか設定できず風向きによっては目視飛行を強いられていた滑走路(方向)に対して計器進入着陸が可能となることがある。また、従来オフセット最終進入経路(滑走路に対して一直線ではなく最終着陸のためにパイロットによる手動旋回が必要となるような進入経路)しか設定できなかった滑走路に対して滑走路中心線に正対した進入着陸経路を設定できれば、安全上大きな効果が得られる。そし

て経路短縮・飛行時間短縮や最低気象条件改善すなわち就航率改善といった効果が期待できる。適切な航空管制手法との組み合わせにより、状況によっては、レーダー誘導の減少等、パイロットおよび管制官のワークロード軽減も可能である。

これらの便益により、最終的に、燃料消費量削減、温室効果ガス排出量削減、騒音への配慮といった社会的便益が得られる。例えば羽田空港においては、可能な限り経路を海上に設定することにより、陸上部への影響を軽減するための配慮がなされている⁷⁾⁸⁾。顕著な例として、羽田空港において（南風時）深夜用進入着陸経路として設定されているRNP AR 進入方式に触れたい（図5）⁹⁾。本方式によれば、空港北側からの進入着陸であるにも関わらず、陸域を飛行することなく、しかも自動操縦で安全に進入を行うことができるのである。

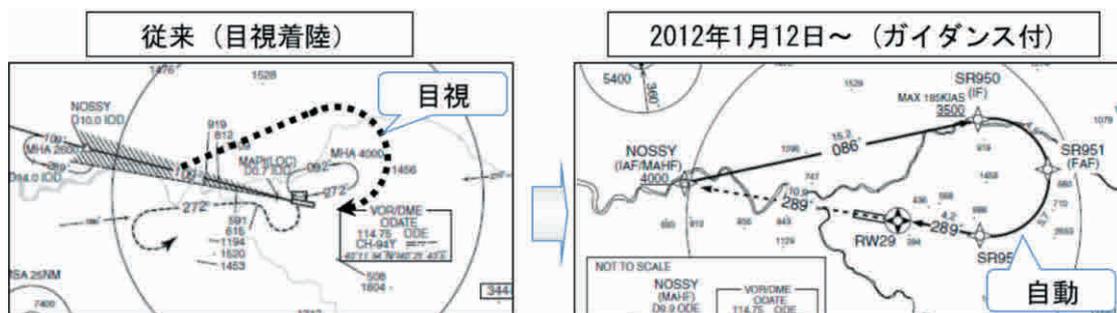


出典：国土交通省航空局『航空路誌』に基づき筆者作成
 図5 東京国際空港（羽田空港）（南風時）
 深夜用進入着陸経路（RNP AR 進入方式）

次の例は大館能代空港である。大館能代空港では2012年よりRNP AR 進入方式が運用されている。図6は、西風時における従来の進入着陸経路（左）と、RNP AR 進入方式による飛行経路（右）を比較したものである。

大館能代空港では、2012年1月～2016年11月の5年弱の間に計532便がRNP AR 進入方式を実施した。これにより、従来の着陸方法（ILS 進入+周回進入）と比較して、飛行時間が平均約5分短縮され、これによる燃料節減量は1便あたり約385ポンド、すなわち、延べ約20万5千ポンド、ドラム缶587本分にも相当する便益が得られたとされる¹⁰⁾。

また、大館能代空港においてRNP AR 進入方式は大幅な就航率改善効果をもたらした。B737 型式機の場合、進入着陸に適用される進入限界高度と必要視程は、それぞれ従来の944フィート（約288m）及び2,400mから、RNP AR 進入方式では300フィート（91m）、1,400mに軽減された。これは例えば、従来であれば雲高（雲底の高さ）が地上250mの場合や視程2000mの場合に欠航、出発地引き返し等となっていたであろう便が、RNAVによって無事着陸しお客様を目的地に届けることができたということの意味する。このように、毎年、特に冬季において、従来であれば欠航となっていたであろう相当数の便が、RNAVのお陰で着陸できるようになったものと思われる。このような就航率改善は、単に欠航便を減らすだけでなく、潜在的旅客需要を掘り起こすと思われる。ビジネスマン



出典：国土交通省航空局『航空路誌』に基づき筆者作成
 図6 大館能代空港における西風時進入着陸経路の新旧比較

も安心して出張を計画できるようになる。明確な根拠を持っておらず恐縮だが、釧路空港にカテゴリー III ILS が導入されて夏場の就航率が格段に改善した際には、釧路空港を利用するパッケージも増加したと聞いている。RNAV による就航率改善が周知の事実として知られるようになれば、大館能代空港等においても同様の経済効果が生まれるのではないだろうか。

もちろん安全上の便益も見逃せない。従来、西風時には東からの着陸に向けて大きく目視周回飛行を行わなければならなかったのが、RNP AR 進入方式ではオートパイロットによる自動操縦も可能となり、これにより航空機は非常に正確にかつ安定して滑走路に正対することができるようになったのである。

稚内空港においても、大館能代空港と同様、悪天時に使用される計器着陸装置 (ILS: Instrument Landing System) は西側からの進入用にしか設置されていない。このため、RNP AR 進入方式設定以前においては、西風時つまり東側から着陸のためには目視周回飛行を行わねばならなかった。一方、悪天の多い冬季においては北西風が吹くことが多く、せっかくの ILS が使えず、とはいえ空港の東側には山も迫っているためこちら側に ILS を設置することもできなかった。そこへ、山を避ける形で東側から空港に向かう RNP AR 進入方式が設定された (図7)。筆者は以前、

関係者の方々から「稚内空港の冬季の欠航を何とかできないか」とよく相談を受けたが、RNAV のお陰でようやくその課題が解決される運びとなったのである。

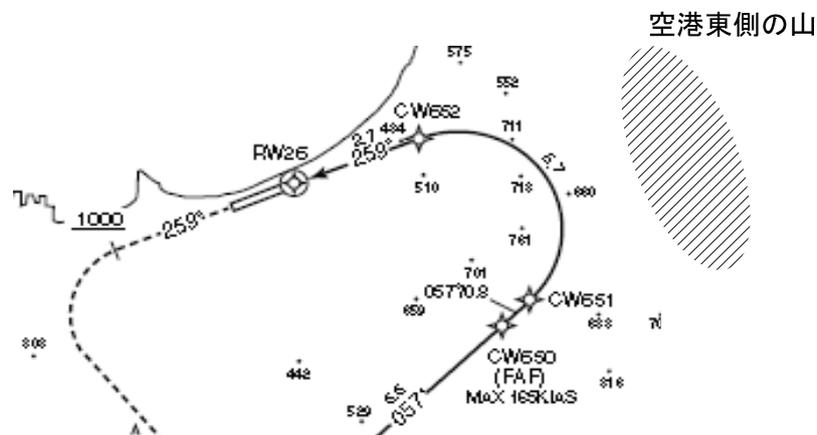
2017年1月現在、すでに21空港においてRNP AR 進入方式が運用されているが、各空港においても同様の便益が生まれているものと考えられる。

RNAV 技術の最新動向

現在も、筆者が出席している ICAO 飛行方式パネル (IFPP: Instrument Flight Procedure Panel) 等の様々な場において、RNAV 技術をより効果的に活用するための検討がなされている。

その一例がヘリコプターへの RNAV の適用である。RNAV は固定翼機だけのものではなく、ヘリコプターも利用可能な技術である。ヘリコプターに関しては特に、一つの進入経路から複数のヘリポート・着陸地点への着陸を可能とするような、ポイント・イン・スペース (PinS: Point-in-Space) 進入方式と呼ばれる運用が可能である。米国ではすでに多数のヘリポート等において PinS 進入方式が運用され、ヘリコプター運航の定常性・安全性向上に寄与している。わが国においても、第一弾として、2017年度中に伊豆大島での試行運用が開始される予定である¹¹⁾。

その、厳密には RNAV とはやや異なるが、



出典：国土交通省航空局『航空路誌』に基づき筆者作成
図7 稚内空港における RNAV 進入経路 (西風時)

GPS 信号を地上システムによって補強し高い信頼性や精度を実現する「地上型補強システム」(GBAS: Ground Based Augmentation System) についても、導入のための検討が進められている。GBAS を用いた新たな進入着陸支援システムは GLS (GBAS Landing System) とよばれるが、GLS は将来 ILS に代わるシステムとして期待されている。GLS は ILS と比較して様々な便益を有している。第 1 に、ILS と比較して設置運用費用が安価であり、さらに両側からの進入着陸や複数の滑走路に対しても 1 式のシステムでサービス提供可能である。第 2 に、積雪期において電波反射面の除雪が課題となる ILS と比較して、そのような問題に悩まされることなく安定した運用が可能である。そして第 3 に、1 つの滑走路に対して複数の降下角での着陸パスを提供可能であり、この特性を生かして空港処理容量向上や地上騒音軽減に寄与する可能性がある」と期待されている。

RNAV 普及促進に向けた ICAO の取り組み

前述のとおり ICAO は、より一層の RNAV 普及を、航空安全性向上のための重要課題と認識している。このため ICAO の各種技術会合においては、RNAV 普及促進のための方策について様々な討議がなされている。

その 1 つが RNAV 航行許可制度の見直しである。本邦運航者が RNAV を行うためには国土交通大臣の許可を取得しなければならない¹²⁾。しかし、許可取得は決して容易な作業ではない。許可申請に際し運航者は様々な資料を航空機メーカー等から取り寄せ、また、説明資料等を作成しなければならないが、これには相当のリソース投入が必要である。同様の問題は諸外国においても生じている。

そこで昨年、ICAO はシカゴ条約第 6 附属書『航空機運航』を改正し、RNAV 許可制見直しに舵を切った。すでに ICAO レベルでは「RNP AR 運航以外、運航者に対して RNAV

航行許可を求める必要はない」という制度になっている。ICAO は、RNAV 普及促進による一層の安全性向上こそが許可制見直しの目的であると述べている¹³⁾。そして、大多数の ICAO 加盟国や国際航空運送協会 (IATA: International Air Transport Association) 等の国際団体も、RNAV 許可制の見直しを支持している¹⁴⁾。わが国においても、国際標準に沿った形で早急に制度見直しに着手することが望まれる。

結語

このように RNAV は、安全性向上、就航率改善、燃料節減、飛行時間短縮、環境への配慮等、様々な便益を社会にもたらす。そして、許可制度の見直しが実現すれば、一層の便益拡大が見込まれる。RNAV のさらなる進歩と普及に向けた取り組みに期待したい。

注

- 1) 国土交通省航空局『飛行方式設定基準』(平成 18 年 7 月 7 日付 国空制第 111 号) 第 I 部第 1 編第 2 章
- 2) ICAO Doc 10022, Assembly Resolutions in Force (as of 4 October 2013), pp. II-29 (Assembly Resolution A37-11) 参照。なお ICAO 等では、航空法施行規則でいうところの「航法精度を指定した RNAV」のことを、PBN (Performance-Based Navigation: 性能準拠型航法) と呼んでいる。
- 3) ICAO Doc 9613, Performance-Based Navigation (PBN) Manual. 最新版は第 4 版 (2013 年)。なお、PBN (Performance-Based Navigation: 性能準拠型航法) は RNAV の一種であるが、本稿の趣旨に関して言えば RNAV と同義とみなして差支えない。
- 4) 中西善信『RNAV ハンドブック: PBN の理解と普及のために』鳳文書林 (2013 年)
- 5) 精度や信頼性に係る具体的な数値は、RNAV の種類 (航法仕様) により差がある。
- 6) 実際の経路設定可能性は個別の空港の事情 (地形、障害物、空域構成等) に依存する。
- 7) 国土交通省航空局「航空路と RNAV 経路の概要」(URL: http://www.mlit.go.jp/koku/15_bf_000343.html)
- 8) 言うまでもなく、航空機運航においては安全が最優先事項となる。RNAV は騒音に配慮した飛行経路を

設定する上で有効なツールではあるが、一方で ICAO も、飛行経路設定の国際基準である PANS-OPS (Doc 8168) Volume II において、安全最優先という点を強調している。

- 9) RNP AR とは、RNAV のうち、個別の空港・機種等毎に特別な許可を必要とするようなものをいう。
- 10) 全日本空輸株式会社『RNP AR Approach の実施効果』(国土交通省航空局 第 15 回 CARATS-PBN 検討 WG 別添資料)
- 11) 国土交通省航空局『小型航空機用 RNAV 検討 SG 平成 28 年度 活動報告書 (案)』
- 12) わが国の場合、本邦運航者が RNAV (航法精度を指定した RNAV) を行おうとする場合、航空法第 83 条の 2 及び同施行規則第 191 条の 2 に基づき、国土交通大臣の許可を取得する必要がある。
- 13) 詳しい議論については、中西善信「RNAV は『許可不要』へ: 安全性向上への ICAO の新方針」、公益社団法人日本航空機操縦士協会『パイロット』第 10 巻、pp. 18-20 (2016 年) を参照されたい。
- 14) ICAO ANC (Air Navigation Commission) Working Paper AN-WP/8969, Final Review of Proposed Amendment to Annex 6, Part I, II and III, the PANS-ATM and the PANS-OPS Volume I regarding Harmonization and Alignment of Terms, PBN, Vision Systems, Icing Phraseology and ACAS, arising from the FLTOPSP/1 Meeting (Item No. 20011)

焦点

航空自由化 2000 年以降における国内路線の現状 *

酒井正子**

1. 規制緩和を経た 20 世紀

1970 年代後半から、欧米で航空輸送界が規制から自由化の時代へ移行し始めると、わが国でも厳しい需給調整規制から 1986 年には段階的な規制緩和に移行していった。国内線では、ながく無風状態だった国内定期大手 3 社（当時）間に路線拡大競争、旅客シェア競争が巻き起こり、90 年代半ばには運賃の多様化と運航多頻度化が進み、消費者に、新設路線増と運賃低下、便選択肢の増加という恩恵をもたらして国内線旅客数は 2000 年まで大きく伸び続けた。日本の航空力が米国に次ぐ世界 2 位につけたのもこの頃だ（後出の図表 5）。

その一方で、大手 3 社はコスト増による事業採算性の悪化に直面した。収入が伸びる以上にコストが膨らんだからだ。経営資源の選択と集中がすすめられ、97 年を転換点として路線「参入の自由」から「撤退の自由」へ営業戦略を転換し、規制時代の残滓で長く経営の足かせだった赤字の地方間路線を厳しく見直すようになった。新たな競争相手も出現した。98 年に新規 2 社が低運賃で参入、2000 年以降さらに 2 社参入、2012 年には国内 LCC 3 社が就航。それら路線はいずれも既存大手が独占してきたドル箱の幹線・準幹線だったから、既存大手の国内線収益構造を少しずつ毀損させていったことは想像に難くない。2010 年に起きた日本航空経営破綻の種がすでに 20 世紀に蒔かれていたと言えよう。

ここに言及した航空会社は、2000 年に改定された航空法における国内定期航空事業者のうちの特定本邦航空運送事業者であり、この他に特定本邦航空運送事業者以外という区分がある。前者は 100 席以上または最大離陸重量が 50 トンを超す航空機で都市間を運航する 11 社、後者はそれ以外の航空機でおもに地方間・離島路線を地域航空（あるいはリージョナル航空）と呼ばれる 9 社からなる。

以下で、21 世紀自由化時代に入った 16 年間における国内線規制緩和が織りなした光と影を考えてみたい。

2. 世界情勢に翻弄される 21 世紀航空旅客市場

2015 年度の旅客輸送実績は国内線 9,606 万人、国際線が 7,904 万人。航空輸送は国内外情勢の変化に敏感に反応する業界だが、ことに今世紀に入ってから打ち続く世界的イベントリスクに大きな波動を描く。

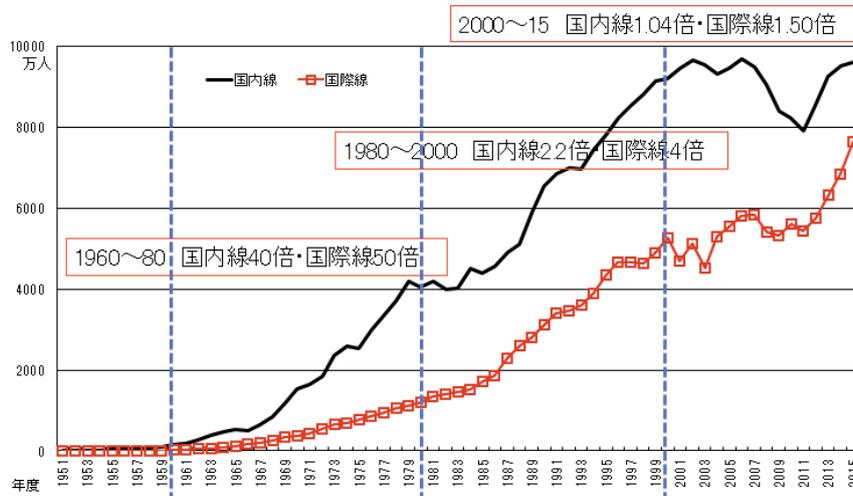
国内旅客市場は図表 1 でみるように、2003 年 SARS、2007 年からはリーマンショックに端を発する世界不況、そして 2011 年東日本大震災で大きく落ち込み、その後は回復途上にあるが、2015 年度実績は未だ 2002 年度と 2006 年度レベルに戻していない。国際旅客市場でも同様に激しい上下動を繰り返すものの、2012 年度以降は急成長を続ける。

蛇足になるが、国際旅客市場を日本人出国者と訪日外国人旅行者（インバウンド）とに分けてみると、違う景色が現れる。日本人海

* Airline Network in Japan since 2000

** 帝京大学経済学部客員教授

図表1 日本の航空旅客市場の推移（1951～2015年度）



外渡航が2012年以降減少し続け、旅行行動にかつての元気がないのだ。ただ幸いにも、2016年には前年より約90万人上回って1,712万人、4年ぶりに上向きに転じた。一方、インバウンドは2011年の底から中国人観光客を中心に毎年昇竜の勢いで増えており、2015年に日本人渡航者数を45年ぶりに抜き、2016年には前年比21.8%増の2,404万人に達して、日本人出国者数との差を一層大きく広げた。

日本人旅行者数が低迷している理由はなにか。「航空輸送サービスに係る情報公開」データから、定期航空会社・特定本邦航空運送事業者の輸送人キロあたり旅客収入をみると、図表2のように下降し続けている。利用者側からみれば実質運賃が大きく値下がりしたのであるから、航空利用がさぞかし増えたと考えたいところだが、現実には図表1のとおり航空利用者数は案に相違して低迷したまま。

国税庁「民間給与実態統計調査」データに

図表2 定期航空会社・特定本邦航空運送事業者の輸送人キロあたり旅客収入

年度	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016 上半期
(円)			16.8	16.6	17.1	15.7	15.6
指数	135.7	113.8	100	98.8	101.8	93.4	92.8
指数	100	83.9	73.7	72.8	75.0	68.8	68.3

よれば、日本人サラリーマンの平均年収は過去20数年間において1997年度の467万円を頂点に、その後年々減少に転じ、2009年406万円を底をうち、2015年度は420万円に持ち直しているという。日本経済「失われた20年」の姿が航空需要の推移に如実に映し出されているようだ。懐が豊かになれば人々は賑やかに行動するが、懐が寂しくなれば確かに旅行など不要不急の出費はしない。

3. 航空自由化がもたらした明と暗

全国の航空利用者は等しく航空規制緩和の恩恵にあずかってきたのであろうか。

政府による1996年12月の需給調整規制の撤廃宣言を契機に、大手は事業採算性重視に経営の舵取りをかえていった。冒頭で述べたように、90年代前半のやみくもな他社路線・新路線進出を反省して不採算路線から撤退しはじめ、そこで浮いた経営資源を大きな黒字を生む主要路線に充当していった。その後の機材小型化の進行とともに「多頻度少量生産」が羽田路線を軸に高まっていく。当該路線の利用者にとって1日あたり運航回数が増えれば、それだけ利便性は高まる。大手は、競合他社との競争に加え、新規参入会社との競争に備えて、20世紀の量を追う経営から21世紀には質の経営にシフトしていったことになる。

では、羽田路線の利用者は誰もが同じ恩恵に浴したのかどうか。

新規参入があった羽田路線では旅客獲得をめぐる事業者間競争を通じて多頻度かつ多様な運賃が提供され、旅客利便性が高まったことは間違いない。国土交通省の調査によれば、当該路線のイールドが2007年度には2003年度比94.5に低下している。これに対して、新規参入者がなかった羽田路線では競争へのインセンティブが働かず、新規参入を含む羽田路線全線で111.39に上昇したと指摘されている(注)。同じ羽田利用者の間にも、規制緩和政策による受益者と埒外の利用者があり、明暗を分けたのだった。

需給調整規制の撤廃はもうひとつ、重大な結果を生んだ。地方＝地方間の小需要路線数減少である。図表3のように2004～15年度の12年間をみても半減している。

図表3 国内路線数の推移(2004～2015年度)

路線 / 年度	2004	2007	2010	2013	2015
全路線	293	265	248	237	249
幹線	17	18	18	19	19
ローカル線	276	247	230	218	230
うち地方＝地方路線	72	53	51	30	36

注：幹線とは、札幌・羽田・成田・伊丹・関西・福岡・沖縄を結ぶ路線
ローカル線には、地方路線、離島路線を含む

この背景には、小需要の地方路線が規制時代に大手3社の内部補助によって維持されてきた歴史がある。旅客需要が極端に少なく赤字が膨らむばかりで打つ手も八方塞がり。業界が競争市場に移行して後は、既存大手といえども企業体力が落ち、赤字を流し続ける小需要路線の赤字を許容できなくなった。路線休止や撤退の止むなきに至ったり、あるいは人件費が低廉な子会社・孫会社もしくは地元

自治体がバックの地域航空会社に移管されたりしている。

現在、地域航空には日本エアコミューター、フジドリームエアライン、琉球エアコミューター、北海道エアシステムなど9社があるが、前2社を除くと、収入、路線数、機材数は零細ぶりが際立つ。運航路線は離島・辺地住民の生活に不可欠な交通手段として国や自治体が路線の存続維持を図ってきた。実際に、地域航空会社に運航費の一部を補助する制度のほか、離島路線においては航空機燃料税の軽減措置、離島ジェット路線に係る空港使用料軽減措置の拡充(一般路線の6分の1)や使用する小型機に対する固定資産税の軽減措置の拡充など手厚い支援措置が実施されている。

離島・辺地路線ばかりではない。日本海側の都市間、いわゆる地方間路線でも需要の小ささに航空会社が休止・撤退してきた現実がある。政府が掲げる地方創生に逆行する動きだ。国土交通省はさまざまな対応を試みており、そのひとつが2014年度に始められた「地方路線活性化プログラム」であろう。当該プログラムは、当初計画の実行性が問われる仕組みになっており、1年目に調査内容の報告、2年目に調査結果を評価・検証し、懇談会で改善点を示し、3年目で調査にあたる。3年目の2016年度調査対象は、釧路＝丘珠、羽田＝紋別、山形＝小牧など8路線だ。

このほか、昨2016年6月「持続可能な地域航空のあり方に関する研究会」が立ち上げられている。運航存続が危ぶまれる路線維持のために、日本航空や全日空など大手航空会社の系列を超えて、機材の共同調達や共同使用、燃料や部品の共同調達、操縦士・整備士の共通化・外部化などを検討するほか、系列が異なる複数の地域航空会社を経営統合するという、これまで考えられなかったような案も選択肢として議論されている。2017年に中間報告がとりまとめられる予定という。

注：「日本の航空・空港 過去・現在・未来——航空政策研究会 50周年記念」pp18-19, 航空政策研究会 2016

4. 今後への希望

島国日本では出国日本人の98%、入国外国人の95%が航空を使い、観光立国推進政策は航空事業の振興に直接結び付く。事実、2016年(暦年)の訪日外国人旅行者数は、前年比22%増の2,403万人に達し、安倍内閣が2016年春に発表した「明日の日本を支える観光ビジョン」における2020年4,000万人目標は、その達成が十分に視野に入った。幸先の良いスタートを切ったといえよう。

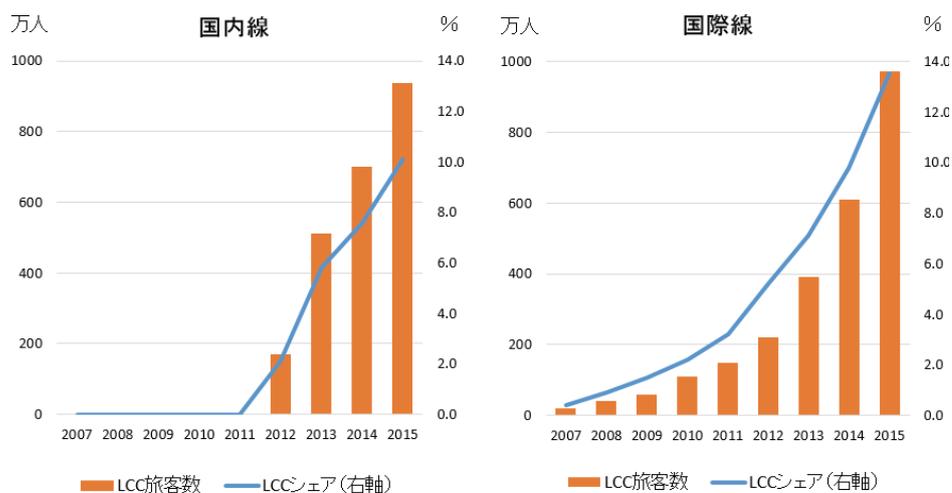
観光振興は貿易収支にも影響力を及ぼす。マクロ経済学において、国際旅行者による支出は、受入国において輸出、一方、旅行者の居住する国にとって輸入とみなされるから、各国政府はインバウンド観光を外貨獲得のための重要な資源として力を入れる。日本も訪日外国人旅行者誘致に熱い視線を送る道理だ。

インバウンド急増に伴い、彼らの日本国内消費額はここ数年着実に拡大している。消費額の底だった東日本大震災の2011年における8,135億円から翌年は1兆円を回復し、その後は急カーブで上昇を続けて、2015年に前年比71.5%増の3兆4,771億円、2016年は7.8%

増の3兆7,500億円にのぼった。わが国の国際収支における旅行収支は2015年1兆905億円の黒字に改善、1962年以来53年ぶりの黒字を達成したが、続く2016年も1兆3,991億円の黒字。旅行収支の黒字拡大が2016年の貿易収支を4兆741億円という6年ぶり黒字転換に貢献した。

今後の航空旅客市場を考える際に、LCCの存在は侮れない。欧米ですでに30~40%のシェアをとり、東南アジアでは50%を上回るようになっているLCCサービスだが、日本では2007年にオーストラリア籍LCCジェットスターが関西空港に乗り入れて、わが国国際線LCCの嚆矢となった。欧米・東南アジア諸国に出遅れたLCCだったが2015年に13%超のシェアを占めるまでに成長し、2012年に始まった国内線でも2015年には10%に達している(図表4)。この成長が既存のFSC市場を侵略しカニバリゼーションではないかとの議論もある。全面否定は出来ないもののLCC登場が潜在旅客を誘発し、折からのIT進展の波に乗って市場に大きく顕在化させた功績は疑いようがない。

図表4 わが国のLCC旅客数の推移(2007~2015)



出典：観光庁、JNTO 資料など

こうした紆余曲折を経て、わが国の国内・国際航空輸送力（単位：トンキロ、貨物を含む）は現在上昇機運に乗りつつあり、航空力世界順位は、底だった2011～2013年の8位から2015年には6位に回復したのは喜ばしい。

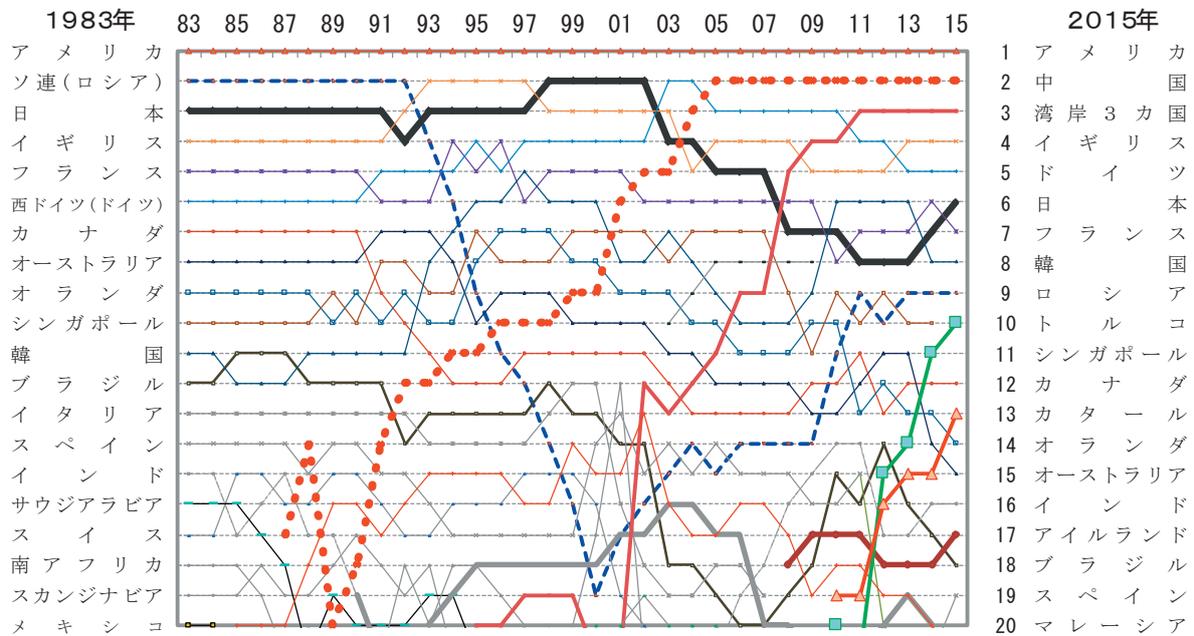
他方で、人口減少とシャッター通りと化した地方都市の活性化は待ったなしだ。全国で地域まちづくりを押し進め、航空交通の足を確保して、訪日外国人旅行者を大都市観光から地方観光に誘致していこうという観光政策

が進行中だ。日本の経済活力維持と地方の経済活力再起のために、誰もが当事者意識をもって知恵を出し合い行動に移していくことが今こそ求められている。

主要なデータ文献：

- 航空輸送統計年報（国土交通省）
- 航空輸送サービスに係る情報公開（国土交通省）
- 地域航空研究調査報告書（全国地域航空システム推進協議会）
- ICAO, Annual Report of the Council

図表5 世界上位20 国の国内・国際航空輸送量の推移（1983～2015年）



単位：有償トンキロ（定期輸送／国際線・国内線，旅客・貨物合計）

焦点

観光における空港・航空サービスの役割*

鎌田 裕美**

1. はじめに

観光において、観光地へのアクセス手段のひとつである航空サービスや空港は重要である。インバウンドでは、島国である日本にとって訪日手段のほとんどは航空であり、そのため空港は海外とのつながりを築く重要なインフラである。また国内観光も、航空サービスにより、ますます地域間の移動が活発になる。とくに、地方空港は、当該地域への観光訪問を促すために重要な役割を果たす。

鎌田 (2014) は、空港の魅力として次の3点をあげた。1) 本源的魅力、2) 旅行者の選択肢を増やす魅力、3) 目的地の吸引力を高める魅力である。1) 本源的魅力とは、空港の路線数や便数の多さである。経済力や観光資源に恵まれる後背地があれば、その規模に応じて空港の路線や便数も増える。路線と便数が多ければ、人びとは多くの地域に待たずに行ける。当然、旅客数も多くなるから、多様なテナントを誘致できるため空港の快適性や娯楽性が高まる。2) 旅行者の選択肢を増やす魅力とは、旅行時間は空港利用者のコストであり、それを節約できる意義は大きい。観光客は目的地への旅行時間を節約し、その分多くの時間を観光地で過ごすことができるからである。つまり、出発地から見て人びとを旅に誘う要因のひとつが地域の空港である。3) 目的地の吸引力を高める魅力とは、目的とする観光地から短時間でいける空港の魅力

は大きく、その意味で、空港があることによってその観光地を選ぶという人もいる。つまり、観光地のある地元(目的地側)からすれば、空港があれば誘客の際にアクセスの利便性をアピールできる。空港が観光の吸引力となるという魅力である。

現在、多くの地域が観光のプロモーション活動や路線誘致を積極的に行っている。たしかに、空港や航空サービスは観光において重要であるが、上述した空港の魅力が高まれば観光客は増えるわけではない。空港周辺地域と連携して観光資源を整備、売り出すことはもちろん重要である。しかしながら、それよりも必要なことは、顕在的および潜在的利用者の実態を把握し、ターゲットを設定してそのターゲットを戦略的に誘致することである。本稿では、この問題意識の下、ターゲット設定の必要性について、調査結果を基に述べる¹⁾。

2. 観光振興における3者の視点と赴任者

「一度来てもらえれば、良さがわかる」という観光地は多い。たしかに、「一度訪れたら」その観光地の魅力を肌で感じ、「良さがわかる」と思う。観光は、いわゆる「経験財」であるため、消費する前にはその財・サービスの価値は「わからない」状態であり、消費

* The Role of Airport and Aviation Service in Tourism

** 一橋大学 大学院商学研究科 准教授

1) 本稿で取り上げた調査結果および内容は、「シンポジウム庄内空港のさらなる飛躍に向けて～地域活性化の活路としての空港のありかたを探る～」(平成27年5月31日開催)で報告した研究報告内容に基づくものである。

試してみれば初めて判断できるという性質を持つ。そのため、「経験財」を提供する観光地にとって、「一度来てもらえれば、良さがわかる」という思いがあるのは当然である。しかしながら、観光客にとっては、「一度訪れる」ことは容易ではない。費用も時間もかかるうえに、せっかく取得できた休みを使って、見ず知らずの観光地に行くことは勇気がいるかもしれない。また、「一度来てもらえれば」という観光地があまりに多く、結果として観光客にしてみれば「どこも同じ」であり、ゆえに安心感のある「行きなれた観光地」あるいは「みんなが行っていて評価の高い観光地」に行く可能性もある。こうした状況下で、「一度来てもらえれば、良さがわかる」という観光地が、仮に航空運賃を割り引いても、宿がお得なキャンペーンを提供しても、観光地として大々的に宣伝をしても、観光客の選択には影響を与えられないだろう。「一度来てもらえれば」と「良さがわかる」の間には、大きな隔りがあることを認識しなければならない。

「よそ者、若者、バカ者」は、観光・地域振興のキーワードとして表現される。「よそ者」とは、当該観光地にはない視点を持つ人、すなわち「昔から住んでいる人には気付かない魅力に、気付ける人」である。「若者」とは、いままでにない感覚を持つ人であり、「バカ者」とは、他者にはないアイデアを持つ人のことである。こうした3者の視点が、観光・地域振興において重要であると言われている。ここで、この3者のうち、「よそ者」について考えてみたい。そもそも、観光客の集客にあたり「一度来てもらえれば」と言っている地域が、観光振興の視点を得るために「よそ者」を呼べるのか。答えは、難しいと言わざるを得ないだろう。このように、「一度来てもらえれば」と「良さがわかる」の間には、大きな隔りがあるのである。もちろん、「よそ者」を当該地域に呼ばなければ、「よそ者」

の視点を得ることができないという意味ではない。しかし、「よそ者」の視点は観光振興における重要な要素のひとつであることは確かである。

本稿では、「赴任者」に着目する。失礼な言い方になるが、赴任者は「よそ者」である。赴任者は、企業等からの命を受け着任するため、赴任先について事前によく知らない、あるいは期待を持たないことも多い。しかし、赴任後は、当該地域で一定期間、仕事をして余暇を過ごすという日常生活を送る。その過程で、赴任前後で赴任地に対する印象は変わるだろうし、また地元の人は気付かない魅力を発見もするだろう。つまり、赴任者は「よそ者」の視点で、しかも一定期間生活をしながら、その地域の良さをわかる「地元住民」の視点も持つ人たちである。まさに、「一度来てもらえれば」と「良さがわかる」の間の大きな隔りを埋める可能性を持っており、「一度来てもらえれば」という観光地にとって、キーパーソンになる存在であると考えられる。また、航空サービスや空港についても、赴任者は頻りに赴任先と本社や家族等のいる地域を往復することが多く、重要な顧客である。以下、独自に行った調査を基に考察する。

3. 赴任者を対象にしたアンケート調査

本調査は、航空を利用する（した）赴任者を対象にした。調査概要は、表1に示すとおりである。なお、赴任先は聞かず、利用した航空路線のみを聞いた。そのため、赴任先は地方部でも、利用した航空路線が都市部空港発着の場合には、都市部空港利用者としている。全体としてサンプルサイズが小さいため、この結果がすべてを代表するものではないが、都市部空港利用者（以下、都市部）、地方空港利用者（以下、地方部）に分けて、調査結果をみてみよう。

表1 赴任者対象のアンケート調査概要

対象者	次のすべてを満たす人 1) 日本国内での単身赴任経験者(赴任中も含む) ※この調査における単身赴任の定義:結婚をしていなくても家族等と離れて暮らした(している)人も含む 2) 赴任地と家族等の居住地間の移動に「航空」を利用していた人
サンプルサイズ	149 都市部空港(羽田,中部,大阪,関空)利用者:66 地方空港利用者:83
調査方法	インターネットによる調査(調査会社に委託)
調査期間	2015年4月

1) 赴任先の印象、観光実施回数、他者への推薦

赴任先の印象、赴任先での観光、観光地として家族等の他者に勧めるか尋ねたところ、表2のような結果となった。

表2 アンケート調査結果

項目	回答結果
赴任先の印象	・都市部、地方部とも赴任年数が長くなるほど印象がよくなる。 ・地方部の良さ(選択回答):食べものおいしい、環境がいい(自由回答):住めば都、退職後の定住先として検討
赴任先での観光	・3回以上の実施 都市部:60% 地方部:80% ・気に入った観光地 都市部:メジャーな観光地 地方部:自然資源、地元の人が利用する店など
観光地として赴任先を勧めるか	・都市部、地方部ともに勧める傾向 ・勧める理由 都市部:「観光スポットが多い」、「自分が案内できる」、「行ってみて楽しかったから」 地方部:「観光スポットが多い」、「食べものおいしい」、「住んでみないと知り得ないことを教えたい」

赴任先の印象は、サンプルサイズが小さいため傾向としてみるに留めるが、都市部も地方部も「赴任前の印象よりよくなった」という人が多く、赴任年数が長くなるほど印象がよくなっていた。具体的な印象は、選択肢による回答では、「住宅の条件がいい」、「買いものがしやすい」、「観光を楽しめる」、「環境がいい」という項目が多かった。都市部と地方部で比較すると、地方部では、「食べものおいしい」、「環境がいい」という回答割合が大きいことが特徴であった。さらに、自由回答で「住めば都である」、「住んで生活してみても良さがわかり、退職後の定住先として真剣に考えている」など、実際に住んで生活することを通じて、印象がよくなっていることが伺える回答もあった。

赴任先やその周辺地域の観光について、その頻度を尋ねたところ、都市部より地方部のほうが頻繁に旅行を実施している結果となった。気に入った観光スポットを自由回答で尋ねたところ、都市部ではメジャーな観光地やスポットが多かった。一方、地方部では、温泉や海、川、スキー場など自然資源に関するスポットが多く、さらに居酒屋やバーなど、地元の人が利用する店を観光スポットとしてとらえている回答が見られた。

赴任先を観光地として家族等の他者に勧めるかについては、都市部、地方部とも過半数が「そう思う」と答えたが、地方部のほうが多かった。勧めたい理由も尋ねたところ、地方部は、「住んでみないとわからないことを伝えたい」など、自らの生活に基づく理由が多かった。

2) 航空利用における満足度と改善されたときの意向

航空利用の満足度について項目を示し、自分が帰省するとき、家族等が来訪するとき、に分けて度合いを尋ねた(図1、図2)。まず、「自分が帰省するとき」(図1)では、都市部の場合は「出発・到着時間帯」や「就航する航空会社数」に過半数が満足、やや満足と回答しているが、地方部ではその割合は小さい。また、都市部も地方部も、「運賃」に対して、不満、やや不満という割合が大きくなる傾向にある。「家族等が来訪するとき」(図2)では、運賃のほか、地方部ではアクセスや空港内の店舗が不満、やや不満の割合が大きい。

図1 航空利用に対する満足度：帰省時

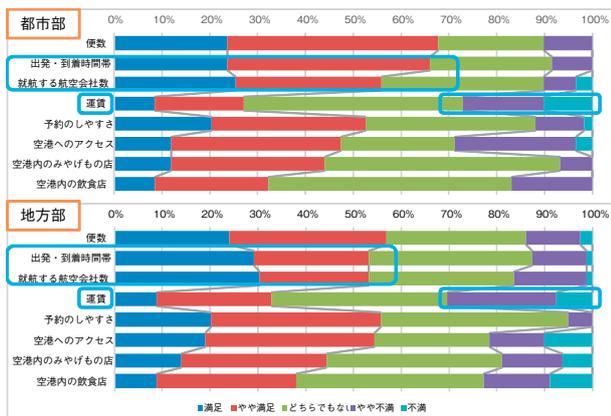


図2 航空利用に対する満足度：家族等の来訪時

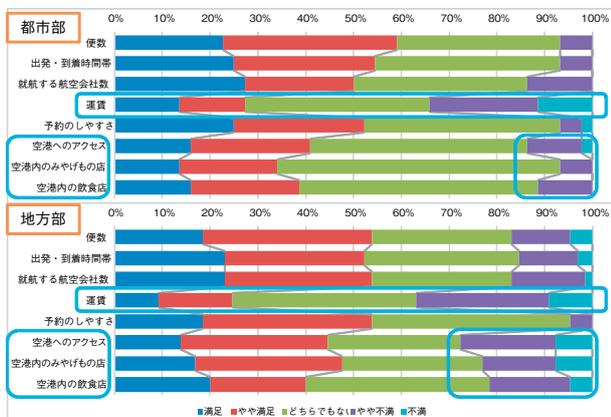


図3 航空等の状況が改善したとき：都市部

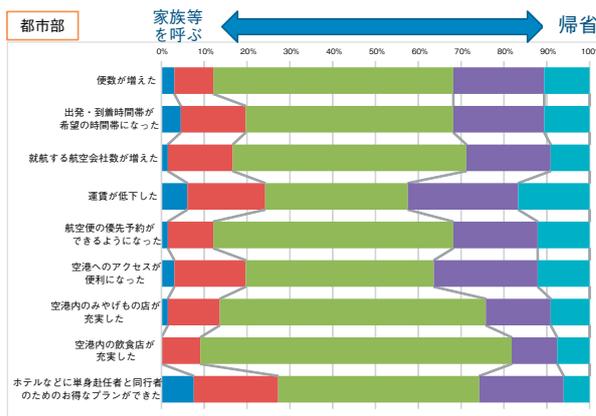
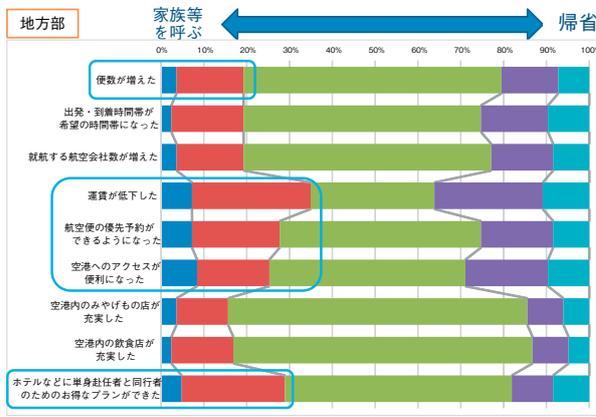


図4 航空等の状況が改善したとき：地方部



次に、航空利用について、便数や運賃、空港内の施設等が改善された場合、「自分が帰省したいか」、「家族等を赴任先に呼びたいか」、意向を尋ねた(図3、図4)。都市部も地方部も、各項目の回答は「どちらでもない」が一番多かったため、あくまで傾向をみるとどめる。都市部、地方部ともに、「運賃が低下した」場合には、航空を利用する意向が高まる。とくに地方部では、「家族等を呼びたい」という回答は、都市部のそれよりも10%程度多い。また、「ホテルなどにお得なプランができた」場合にも、地方部のほうが「家族等を呼びたい」と考える傾向にある。

3) よそ者=赴任者をキーパーソンとした観光振興の可能性

以上をまとめると、赴任者は、赴任先と家族等の居住地間の移動で利用した(する)航空にはほぼ満足しているが、運賃や便数には少なからず不満を持っている。また、「運賃が低下した」、「赴任先のホテル等にお得なプランができた」場合、都市部よりも地方部のほうが「家族等を呼びたい」と考える傾向があった。赴任者自身は、赴任前よりも赴任先にいい印象を抱いており、とくに地方部では観光地として勧めたい、さらに案内したいという意向を持っていることがわかった。

赴任者は赴任先で仕事をし、日常生活を送る。本調査から、赴任前よりも印象が良くなったことがわかったが、思い切って言えば、赴任者が、「よそ者」の視点で赴任先の魅力を

発見している可能性もあるだろう。そして、その魅力を家族等と分かち合いたい、勧めたいという意向もある。これは、観光振興で重要な「よそ者」の視点である。また、赴任者は単なる「よそ者」ではなく、一定期間その地に住み、生活する「地元住民」の視点も持つ。両者の視点を持つ赴任者は貴重な存在である。赴任者が、家族等呼んで観光案内しながら自分が発見した地域の魅力を伝えることで、その家族等は「一度来て、良さがわかった」人になる。まさに赴任者は、「一度来てもらえれば」と「良さがわかる」の間の大きな隔たりを埋める可能性を持っているキーパーソンといえよう。そして、航空サービスや空港は、こうした赴任者が家族等呼ぶために重要な役割を果たすのである。

4. おわりに

空港や航空サービスは、観光において重要な役割を果たすことは明らかである。しかしながら、ターゲットを設定したうえで誘致活動を展開しなければ、費用対効果は見込めない。本稿では、顕在的および潜在的利用者の実態を把握し、ターゲットを設定してそのターゲットを戦略的に誘致することが必要である

という問題意識の下、赴任者を対象としたアンケート調査に基づいて述べた。赴任者はビジネス客になるが、しかし、観光客の側面もある。「よそ者」の視点を持つ赴任先の住民という点でも、観光振興において重要である。こうした点を踏まえ、赴任者をキーパーソンとした観光客の誘致を考えると、空港や航空サービスに求められるものがなにかを見極める必要がある。赴任者とその家族等をターゲットにする場合には、上述した求められる点を戦略として実行することが考えられる。

今後、各空港は路線誘致や運賃補助といった従来型の方策に加え、自らのターゲットに照準を合わせて、戦略的な誘客活動をする必要があると考える。観光においては地域との連携は不可欠であるが、観光資源やイベントをただプロモーションするのではなく、ターゲットに向けて効果的にプロモーションすることが重要である。それらターゲットが求める空港や航空サービスを見極め、提供することが求められると考える。

参考文献

鎌田裕美：空港の魅力と観光、(加藤一誠・引頭雄一編著『空港経営と地域—航空・空港政策のフロンティア』)成山堂書店、2014年、pp.211-227。

研究報告

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～*

篠原直明**

1. はじめに

平成19年12月、環境省は「航空機騒音に係る環境基準」の一部改正を告示し、平成25年4月から施行した。これに伴い、航空機騒音の評価指標がWECPNLから L_{den} へと変更され、その算出の基本である単発騒音の指標は最大騒音レベル(L_{ASmax})から単発騒音暴露レベル(L_{AE})に変わった。これにより、以前に増して暗騒音や他の騒音との関係に配慮する必要が増大した。このような測定・評価における大きな変化を踏まえ、環境省は評価値の信頼性を保つため統一的な測定・評価方法を定め、「航空機騒音測定・評価マニュアル¹⁾(以下、「測定マニュアル」という。)」を公表した。これに基づき国内各地の空港周辺で新しい基準による騒音観測が行われてきた。改正基準の施行後4年が経過し、測定マニュアルでは説明不足や明確でない点も含め、さまざまな要因が測定結果や評価量に影響を及ぼすものとしてあらためて課題点としてクローズアップされている。

本稿では、評価値の信頼性に影響を及ぼす要因のうち、測定マニュアルに記載される2種類の測定量($L_{As,100ms}$ 、 $L_{eq,1s}$)の違いがもたらす評価値への影響について検討した結果を報告する。

2. 測定マニュアルの単発騒音算定方法

航空機騒音の評価指標の変更により、単発騒音の指標はこれまでの L_{ASmax} から L_{AE} に変わった。以前は航空機騒音の最大値の信頼性を留意するべきだったが、改訂後は航空機

騒音の発生区間における単発騒音算定の信頼性に留意すべきことになり大きな違いがある。すなわち、航空機騒音が発生している間に航空機以外の音が混じったら、その単発騒音算定の信頼性は当然ながら低下する。このような場合どのような処理をするべきか手法を定めることも必要である。

そもそも旧環境基準のWECPNLが前提とした近似式によって、評価値にわずかな逆転誤差が生じたことに端を発して L_{den} への改訂へと繋がったことを考慮すれば、新しい評価指標での測定・評価はできるだけ信頼性を保てるように、誤差要因は可能な限り排除すべきと考えられる。

さて、測定マニュアルでは、騒音計は計量法71条の条件(検定の合格条件)を満たし、JIC C 1509-1に適合するものを使用することとし、さらに以下の二つの型に分類している。

I型騒音計: 時間重み付け特性S (slow)の騒音レベルを時間間隔0.1s以下でサンプリングして連続記録する機能を有するもの

II型騒音計: 1秒間平均騒音レベルを連続記録する機能を有するもの

本稿ではI型騒音計をType I、II型騒音計をType IIと呼ぶことにする。 L_{AE} 算出の際の手順は、Type Iは騒音計によって連続的に記録した $L_{As,100ms}$ を用い、単発騒音ごとの最大騒音レベル L_{ASmax} を検出し、それから-10dBまでの範囲を積分して L_{AE} 算出する。Type IIの場合は、連続的に記録した $L_{eq,1s}$ を用い、単発騒音ごとの最大騒音レベル $L_{eq,1s,max}$ を検出し、それから-10dBまでの

* Effects of measurement quantities in the evaluation of aircraft sound events

** 航空環境研究センター所長

範囲を積分して L_{AE} 算出する(図-1)。本来の定義式通り(A特性音圧の二乗積分による L_{eq})の $L_{eq,1s}$ を騒音計から得た場合は、時間特性の処理の違いによって、Type Iで得た結果とは少し異なる場合が多い。概略すれば図-2に示すように、時間変動が激しくなり、最大騒音は少し大きくなる。

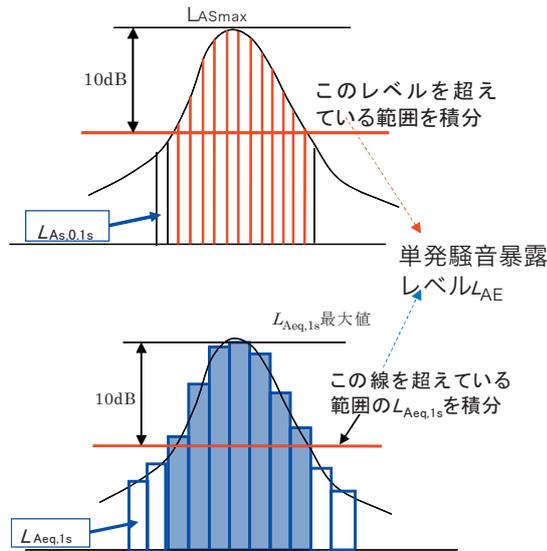


図-1 Type-I と Type-II の L_{AE} 算出イメージ

3. 測定量の違いによる L_{AE} , L_{den} の比較

本節では、このような騒音計タイプの違い(以下、測定量の違いと言う)による L_{AE} および L_{den} の比較・検討を行った。検討の対象は、成田空港周辺で実施した短期測定のうち、100msごとに $L_{As,100ms}$ と $L_{eq,100ms}$ が同時に記録できるタイプの騒音計で測定した11地点とした。 $L_{eq,1s}$ は $L_{eq,100ms}$ を10データごとにエネルギー平均して求めた。このように各測定地点とも同じ騒音計から得た二種類の測定量によって飛行騒音ごとの L_{AE} と1日の L_{den} を算出した。なお、短期測定の期間は7日間だが、データ処理の都合により本作業の対象期間は3日間に限った。

表-1に測定量の違いによる測定結果(期間通算・3日間)の比較を示す。Type II($L_{eq,1s}$)の方がType I($L_{As,100ms}$)よりも、 L_{den} は-0.4dBと小さめになる。 L_{den} の違いは飛行経路下の地点では比較的小さく、経路側方の地点のほうが差が大きい。図-3には日ごとの L_{den} の比較を頻度分布で示したが、最頻は-0.3dB、最大乖離は-0.9dBと傾向は変わらない。最大騒音の比較ではType IIが+0.5dBと少し高く、継続時間はType IIが10秒程度短めになっている。

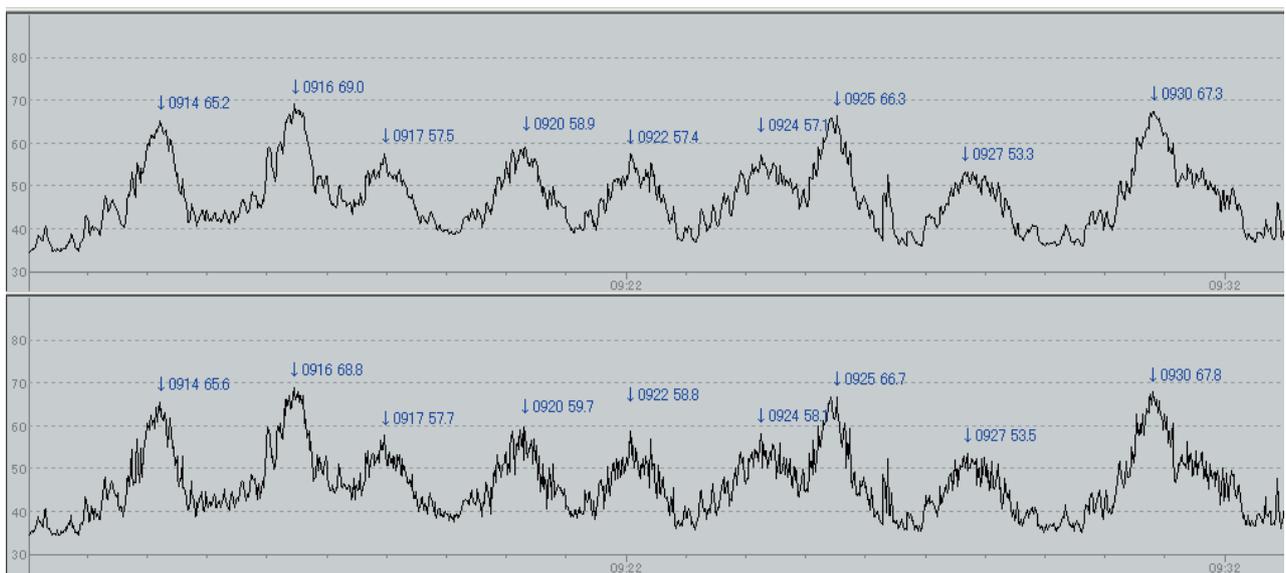


図-2 Type I ($L_{As,100ms}$) と Type II ($L_{eq,1s}$) のレベル変動記録の違い(例)

注) 図中の数字は発生時刻と最大騒音値を示す

表-1 測定量の違い (Type I=L_{As,100ms}、Type II=L_{eq,1s}) による測定結果の比較 (期間通算)

地点番号	地点の位置特性など 地域 滑走路 経路		TypeI (L _{A,100ms} に基づくL _{AE} 算定)				TypeII (L _{eq,1s} に基づくL _{AE} 算定)				集計結果の比較(TypeII-TypeI)				
			L _{den} dB	L _{A s,max} dB	L _{AE} dB	継続時間 秒	L _{den} dB	L _{A s,max} dB	L _{AE} dB	継続時間 秒	L _{den} dB	L _{A s,max} dB	L _{AE} dB	継続時間 秒	
地点1	空港北側	A	経路側方	59.0	70.5	81.3	37.3	58.4	71.1	80.7	28.3	-0.6	+0.5	-0.5	-9.0
地点2	空港北側	A	経路下	62.8	75.1	85.0	28.6	62.6	75.5	84.8	22.8	-0.2	+0.4	-0.2	-5.9
地点3	空港北側	B	経路下	55.9	67.4	78.8	45.9	55.6	67.9	78.5	33.5	-0.2	+0.4	-0.3	-12.4
地点4	空港北側	B	経路側方	58.5	67.9	78.9	41.8	58.1	68.4	78.3	28.2	-0.4	+0.5	-0.6	-13.7
地点5	空港北側	B	経路側方	58.7	68.7	79.3	40.8	58.2	69.3	78.6	28.2	-0.5	+0.6	-0.7	-12.6
地点6	空港南側	A	経路下	62.3	78.3	87.7	21.7	62.2	78.5	87.6	19.4	-0.1	+0.2	-0.1	-2.3
地点7	空港南側	A	経路側方	49.1	62.6	74.1	36.8	48.9	63.1	73.8	29.2	-0.2	+0.5	-0.3	-7.5
地点8	空港南側	A	経路側方	54.3	65.5	76.7	42.7	53.7	66.1	75.9	28.1	-0.6	+0.6	-0.7	-14.6
地点9	空港南側	A	経路側方	54.9	66.4	77.4	39.9	54.4	66.9	76.8	26.4	-0.5	+0.5	-0.6	-13.4
地点10	空港南側	A	経路下	55.8	69.5	80.4	37.0	55.6	69.9	80.1	27.4	-0.2	+0.4	-0.3	-9.6
地点11	空港南側	B	経路側方	55.3	68.2	78.7	32.2	55.0	68.7	78.4	26.2	-0.3	+0.5	-0.4	-6.0
全地点	平均									-0.4	+0.5	-0.4	-9.7		
	標準偏差									0.2	0.1	0.2	4.0		

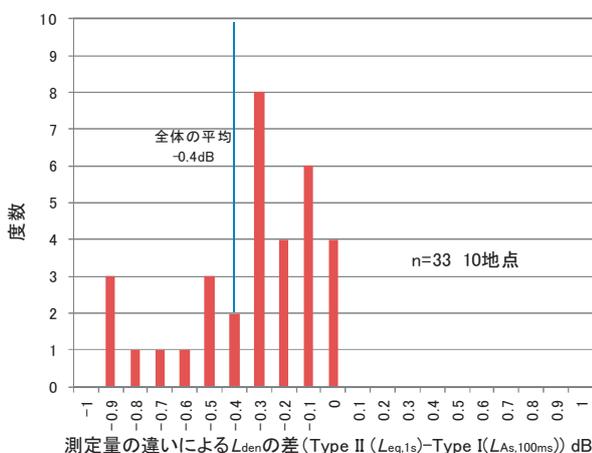


図-3 測定量の違いによる日別 L_{den} の差の分布

図-4 には測定量の違いによる比較を単発騒音ごとに行い、差を頻度分布で表した。単発騒音の最大値では安定的に Type II が大きい。これは当初の想定通りである。L_{AE} は変わらないものも多いが、-0.5dB よりも低い側にも多くのデータが残る。継続時間はほとんどの場合 Type II が短い。数十秒単位で短くなっているケースも見受けられる。総括すると、Type II では、最大値は高くなる反面、継続時間は短めになる。両者を併せると L_{AE} は Type I より少し小さくなる。その平均では -0.8dB と表-1 の結果より低いのは、低騒音の単発騒音での継続時間の差が大きいからと推察できる。

図-5 に両者の際立った差異の例を示す。上段は Type I、下段は Type II である。Type

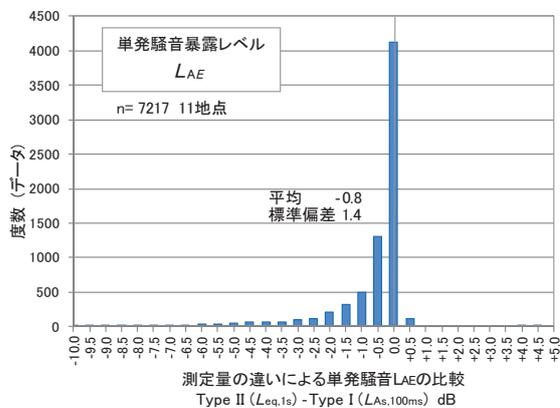
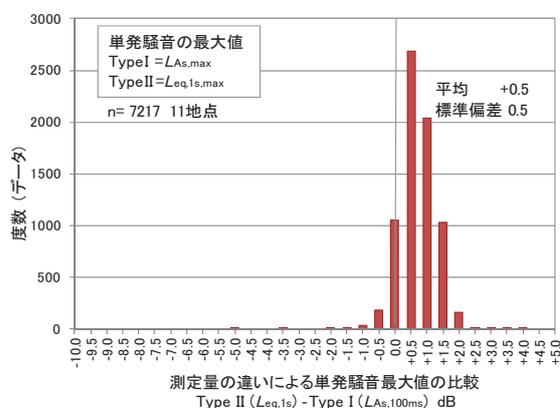


図-4 測定量の違いによる比較 (単発騒音)

II の $L_{eq,1s}$ の方が時間変動特性が激しいことは前述の通りだが、その特性ゆえに通常の $L_{eq,1s,max}$ から -10dB の範囲を Type I より早く検知してしまうと、測定マニュアルの手順に従って、その段階で L_{AE} 算出閾値に達したと見なすことになる。図に示す□で囲った部分が L_{AE} 積分対象範囲となった部分である。下段の Type II の場合、実際にはまだ騒音は継続して発生しているが、標準的な手順に従うとこれ以降（もしくはこれ以前）は積分されずに終わるため、継続時間と L_{AE} に大きな差を生むことがわかる。少なくとも Type II の測定データを取り扱う際には、Type I に比べ誤差が大きくなることを意識しておかなければならない。

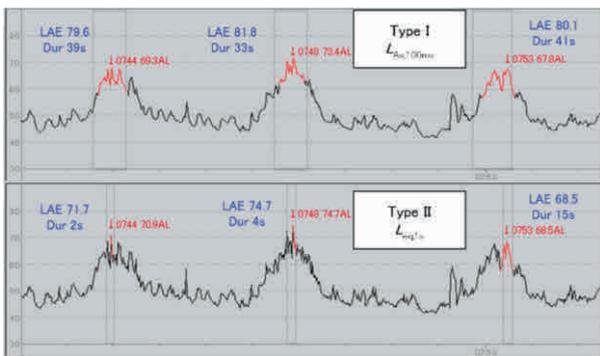


図-5 測定量の違いによる際だった L_{AE} の差異の例

4. 騒音イベント検出と L_{AE} 算定の方法

本節では、航空機騒音の自動測定器を想定した騒音イベント検出と単発騒音算定の考え方について簡単に説明する。

図-6は航空機騒音モニタリングなどで一般に用いられる騒音イベント検出と L_{AE} 算定の例である。測定マニュアルでは所定の L_{AE} 算出範囲を L_{ASmax} もしくは $L_{eq,1s,max}$ から -10dB 以上としている。また、単発騒音発生前の5～10分間程度の下端値 (L_{90} または L_{95}) を暗騒音 (L_{BGN}) としている。この L_{BGN} に α dBを加えたレベルを騒音イベント検出開始の閾値とする。さらに最大値を検出したならば、それから 10dB 低いレベルを検出したときに、騒音イベント検出を終了する。もしこの時、航空機騒音が $L_{max}-10\text{dB}$ に一時的に達しただけの場合、それ以降続く航空機騒音は L_{AE} 算定の対象外になってしまう。それが、図-5に現れる現象と同様のものである。

一方、この際に、騒音イベントを検出した閾値を再び下回ることを終了条件とすれば、一時的に閾値を下回ったとしても、それ以降継続する航空機騒音を L_{AE} 算定に含めることができるかもしれない。しかし、図-7に示す

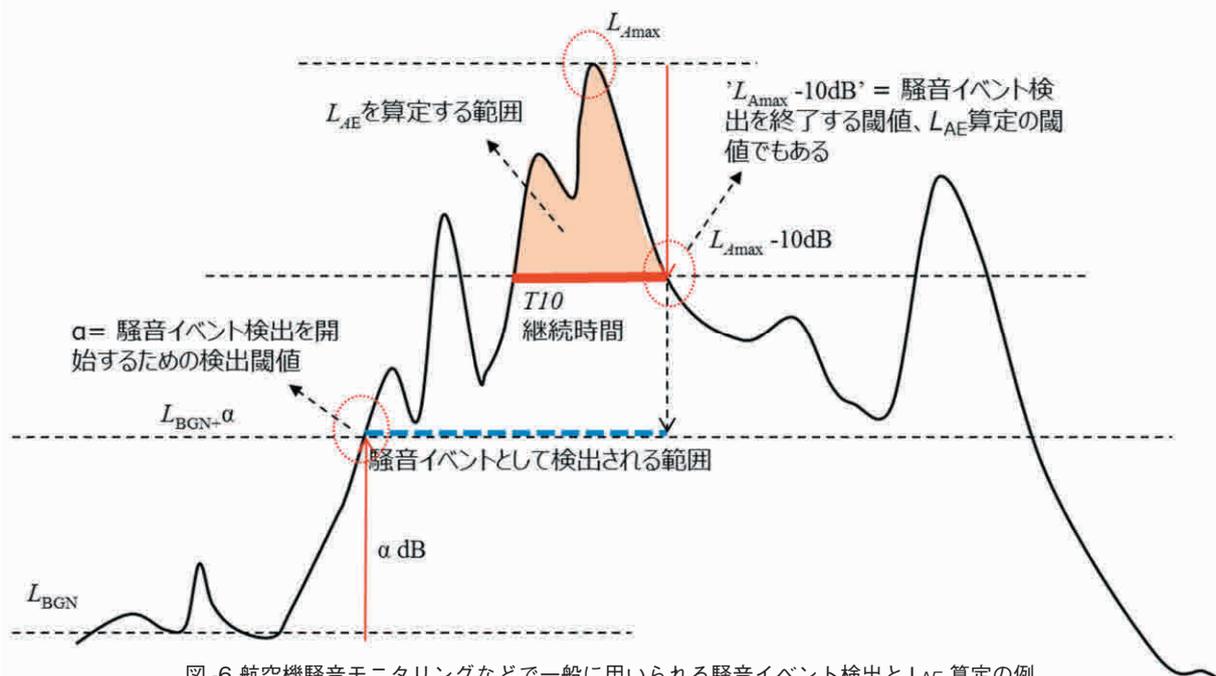


図-6 航空機騒音モニタリングなどで一般に用いられる騒音イベント検出と L_{AE} 算定の例

その方法では、航空機通過後の車両通過音まで誤って算定したり、連続して飛来する2機の航空機を分離できないことがしばしば起こるなど不都合を生ずる。このため測定マニュアルで推奨する図-6の方式が最も統一的な測定結果を得られる手段と考えられる。

さらに、航空機騒音イベントとして検出するためには、継続時間の閾値を適切に設定することを考慮しなければならない。図-6の赤い太線で示す継続時間 (T10) に対し一定時間以上のものを選び出す必要がある。なぜなら、継続時間が短いものは航空機騒音以外の音、例えば車両通過音や鳥の鳴き声、などである可能性が高く、間違えた音源による騒音を航空機騒音として処理してしまう可能性が残ってしまうからである。

5. 継続時間閾値に関する測定量の違いの影響

前節で説明したように、航空機騒音の検出方法は、暗騒音レベルと最大騒音レベルを比較し、測定対象を識別する。具体的には時々刻々の暗騒音レベル (例えば $L_{90,10min}$) と騒音レベル変動を比較し、 $L_{BGN} + \alpha$ dB を x 時間 (秒) 以上上回っているものを、単発騒音発生区間として検出する。この際の α dB や x 秒が検

出閾値として用いられる。

この継続時間に関する検出閾値 x 秒 (継続時間閾値という) の設定は、測定地点それぞれ特性によって決めるが、あまり短くしてしまうと航空機以外の騒音源によるものを拾い出してしまうため、一般的には、10~20秒程度の時間長に設定することが多い。3節の結果のように Type II では Type I よりも継続時間が短めに算定される傾向があるため、Type II によるデータ処理の場合、この継続時間閾値を利用したによる単発騒音検出にも影響を及ぼすことが考えられる。継続時間閾値に達しないものがあつたり、検出率を上げるために継続時間閾値を低めに設定することによる誤った照合などがそれに該当するだろう。

このような影響を推定するために、3節と同じ短期測定 11 地点 (3日間) の結果を用い検討した。まず、各地点で標準的に想定される継続時間閾値を定め (空港に近い経路下の地点は 12 秒、空港から少し離れた経路下の地点は 15 秒、その他の地点は 18 秒)、1機ごとの測定結果の継続時間と比較した。設定した継続時間閾値に達しないデータを除外した場合、すべての測定データを対象とした場合に比べどの程度差異があるかを調べた。

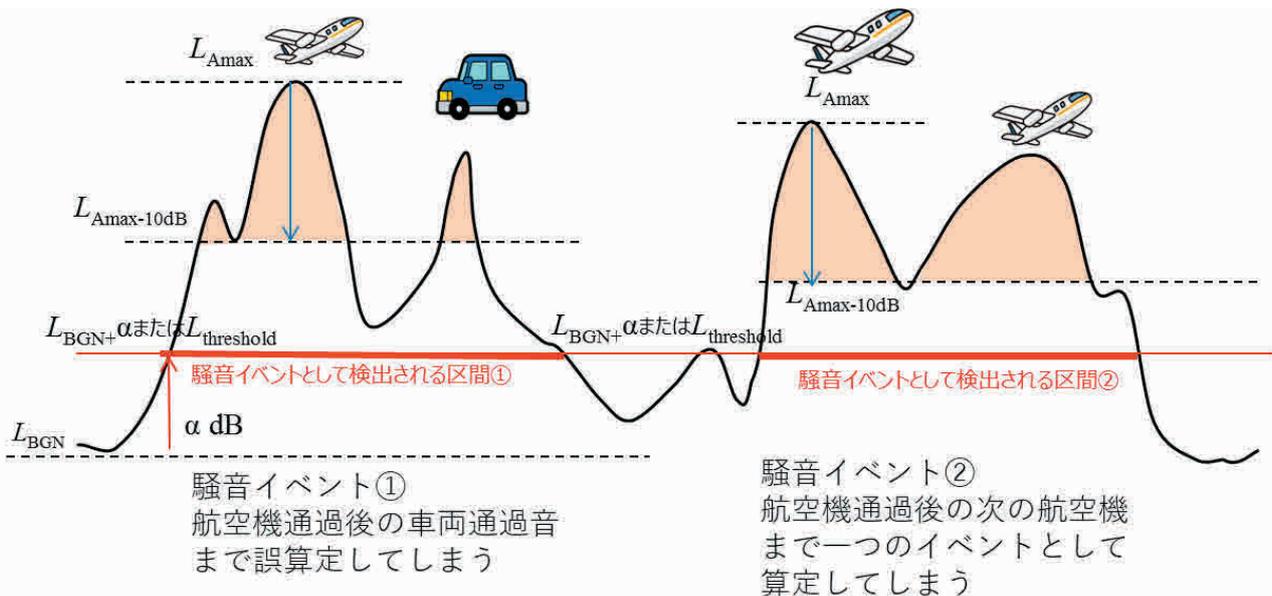


図-7 航空機騒音イベント検出と L_{AE} 算定の別の方法 (検出閾値を基準にする場合)

表-2 地点ごとの継続時間閾値とそれに達しないデータを区別した場合の回数 / Lden の比較

地点番号	地点の位置特性など 地域 滑走路 経路		想定した 継続時間 閾値 秒	測定回数								Lden					
				①すべての測定結果(3日間)		②常時監視に相当する測定結果(継続時間閾値を設けた場合)		比較(②-①)		③比較(②-①)日平均		④すべての測定結果(3日間)		⑤常時監視に相当する測定結果(継続時間閾値を設けた場合)		⑥比較(⑤-④)	
				Type I 回	Type II 回	Type I 回	Type II 回	Type I 回	Type II 回	Type I 回	Type II 回	Type I dB	Type II dB	Type I dB	Type II dB	Type I dB	Type II dB
地点1	空港北側	A 経路側方	18	741	741	738	668	-3.0	-73.0	-1.0	-24.3	59.0	58.4	59.0	57.9	0.0	-0.5
地点2	空港北側	A 経路下	12	796	796	796	786	0.0	-10.0	0.0	-3.3	62.8	62.6	62.8	62.6	0.0	0.0
地点3	空港北側	B 経路下	15	516	516	515	509	-1.0	-7.0	-0.3	-2.3	55.9	55.6	55.9	55.6	0.0	0.0
地点4	空港北側	B 経路側方	18	852	851	842	743	-10.0	-108.0	-3.3	-36.0	58.5	58.1	58.4	57.7	-0.1	-0.4
地点5	空港北側	B 経路側方	18	845	844	836	761	-9.0	-83.0	-3.0	-27.7	58.7	58.2	58.4	57.0	-0.3	-1.2
地点6	空港南側	A 経路下	12	422	422	422	421	0.0	-1.0	0.0	-0.3	62.3	62.2	62.3	62.2	0.0	0.0
地点7	空港南側	A 経路側方	18	398	398	392	347	-6.0	-51.0	-2.0	-17.0	49.1	48.9	49.1	48.8	0.0	-0.1
地点8	空港南側	A 経路側方	18	775	775	767	638	-8.0	-137.0	-2.7	-45.7	54.3	53.7	54.3	53.5	0.0	-0.2
地点9	空港南側	A 経路側方	18	767	766	752	618	-15.0	-148.0	-5.0	-49.3	54.9	54.4	54.9	54.1	0.0	-0.3
地点10	空港南側	A 経路下	15	507	508	506	476	-1.0	-32.0	-0.3	-10.7	55.8	55.6	55.8	55.6	0.0	0.0
地点11	空港南側	B 経路側方	18	601	601	597	536	-4.0	-65.0	-1.3	-21.7	55.3	55.0	55.3	54.7	0.0	-0.3
全地点	平均			656.4	656.2	651.2	591.2	-5.2	-65.0	-1.7	-21.7	57.0	56.6	56.9	56.3	-0.0	-0.3
	標準偏差							4.9	51.1	1.6	17.0					0.1	0.4

表-2はその結果である。測定回数欄をみると、Type Iで継続時間閾値に達しない測定データは日平均で0～5個（平均1.7個）に対し、Type IIの場合は日平均0～49個（同21.7個）と多い。Type Iの場合に継続時間閾値に達しないのは、着陸時にまれに発生する特異音²⁾など一時的に急激な変化を伴うものの場合が多い。Type IIはそれ以外にも多くのデータが継続時間閾値に達しないと区別された。また、測定地点による較差も大きい。さらにLdenの比較をすると、Type Iでは2地点以外は評価値の差はなかった（1地点は-0.1dB、残りの1地点は-0.3dB、全地点の平均では-0.0dB）。Type IIでは多くの場所で-0.1～-1.2dBと差が生じ、平均は-0.3dBだった。経路下の地点では継続時間閾値に達しない例は少ないが、空港から離れた地域で経路からの距離が長くなると頻繁に現れる（表中に網掛けで示した）。騒音伝搬距離の長さや気象条の変化などによってゆらぎが大きくなることに関連すると思われる。

これらの結果から、常時監視局の自動監視装置でType IIを用いる場合は、継続時間閾値を短めに設定した方が未検出データの発生を抑えることに繋がると考えられる。ただし、短めの閾値設定によって車両通過音などの対象外データを誤検出する可能性を上昇させるので、注意深くデータ確認作業を行う必要があるだろう。

6. 測定量の違いを小さくするLAE算出方法の試行的検討

時間重み特性を掛けていない $L_{eq,1s}$ を用いるType IIの場合は、3節での検討結果の通り、時間変動特性の激しさゆえに早めにLAE算出閾値に達してしまう状況がみられ、LAEやLdenの算定結果のばらつきを大きくしている。さらに5節の検討結果のように常時監視を想定した場合、上記の特性から、所定の継続時間閾値に達せず、航空機騒音として識別されない可能性も懸念される。本節では、そのような測定量の違いによる結果の差異をできるだけ小さくするためのLAE算出方法を試行的に検討した。その方法として、 $L_{max-10dB}$ のLAE算出閾値を一時的に下回っても「直ちにLAE算出を終了せずに様子を見る」方式により試算した。具体的には、図-8のようにLAE算出閾値を数秒程度以上継続して下回った場合にLAE算出範囲終了に達したと見なすものである。仮にこの保留時間内で再びLAE算出閾値を超えた場合、超えた部分（図中の②に該当）もLAE算定に含める。保留秒数xを1秒、3秒、10秒、30秒と変化させ、この保留方式の試算結果と測定マニュアルが提唱する標準の所定方式（ $L_{max-10dB}$ の算出閾値に達したその段階でLAE算出範囲を終了したと見なす）の違いについて比較した。検討は、3節および5節と同様の短期測定11地点（3日間）の測定結果から1機ずつの測定データ

表-3 一時保留方式による LAE 算出方法の効果 (Type I と Type II の比較)

		集計結果の違い				通常方式と試算方式との違い(試算-通常)	
		測定量による差 (TypeII-TypeI)				Type-I	Type-II
		L_{den} dB	$L_{A s,max}$ dB	L_{AE} dB	継続時間 sec	L_{den} dB	L_{den} dB
所定の方法(測定マニュアル方式)		-0.36	+0.47	-0.43	-9.72	---	---
一時保留方式 (試算) 算定閾値に達したとき L_{AE} 算定終了を保留する時間	① 1 sec	-0.19	+0.47	-0.23	-7.01	+0.02	+0.21
	② 3 sec	-0.14	+0.47	-0.17	-6.10	+0.05	+0.27
	③ 10 sec	-0.10	+0.47	-0.11	-5.46	+0.09	+0.33
	④ 30 sec	-0.10	+0.47	-0.11	-5.50	+0.10	+0.35

について x 秒保留に該当する場合にそれぞれの L_{AE} を再算定した。

表-3 に、この x 秒保留の試行方式と所定の方式の違いについて、Type I、Type II の比較をした結果を示す。表は 11 地点で算出した 3 日間通算の測定結果を平均したものを、保留時間の時間長別に示している。所定の方式では Type II の L_{den} は Type I に比べ平均 -0.36dB 低く、評価量の信頼性の観点からもその差が気がかりである。

一時保留方式の場合、1 秒の保留時間を設定すれば測定量間の L_{den} の違いは -0.19dB に縮まる。保留時間 3 秒では -0.14dB、10 秒や 30 秒では -0.10dB と L_{den} の測定量間差が気にならない程度に縮まる。

所定方式からそれぞれの保留時間を設定した方式との差を見れば、Type I は +0.1dB 以内の変化にとどまるが、Type II のみ +0.21 ~ +0.35dB と増加の程度が大きい。これは、Type II の時間変動特性の激しさゆえに早めに L_{AE} 算出閾値に達してしまう状況を回避できていることを表す。

図-9 の地点別・日別 L_{den} の測定量間の差の頻度分布を見ると、保留時間を 3 秒に設定した場合、差の最頻値が 0.0dB となり、この保留方式が改善効果をもたらしていることがわかる。

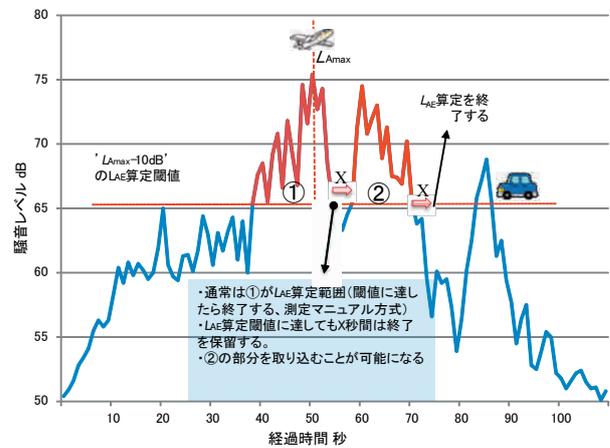


図-8 試行検討に用いた x 秒保留による LAE 算出方式のイメージ ($L_{max}-10\text{dB}$ の LAE 算出閾値を一時的に下回っても「直ちに LAE 算出を終了せず x 秒程度様子を見る」方法)

7. まとめ

航空機騒音の評価値の信頼性に影響を及ぼす要因のうち、環境省が示す航空機騒音測定・評価マニュアルに記載される 2 種類の測定量 (Type I= $L_{As,100ms}$ 、Type II= $L_{eq,1s}$) の違いがもたらす評価値への影響について検討した。

Type I の測定量を用いる場合、時間重み特性 S (Slow) を考慮した瞬時騒音レベル $L_{As,100ms}$ により、航空機騒音の単発騒音 (単発騒音暴露レベル L_{AE}) を算出する。一方 Type II で等価騒音レベルの定義に基づいた音圧の二乗積分値をもとに算出した $L_{eq,1s}$ を用いる場合、時間変動の特性が Type I より

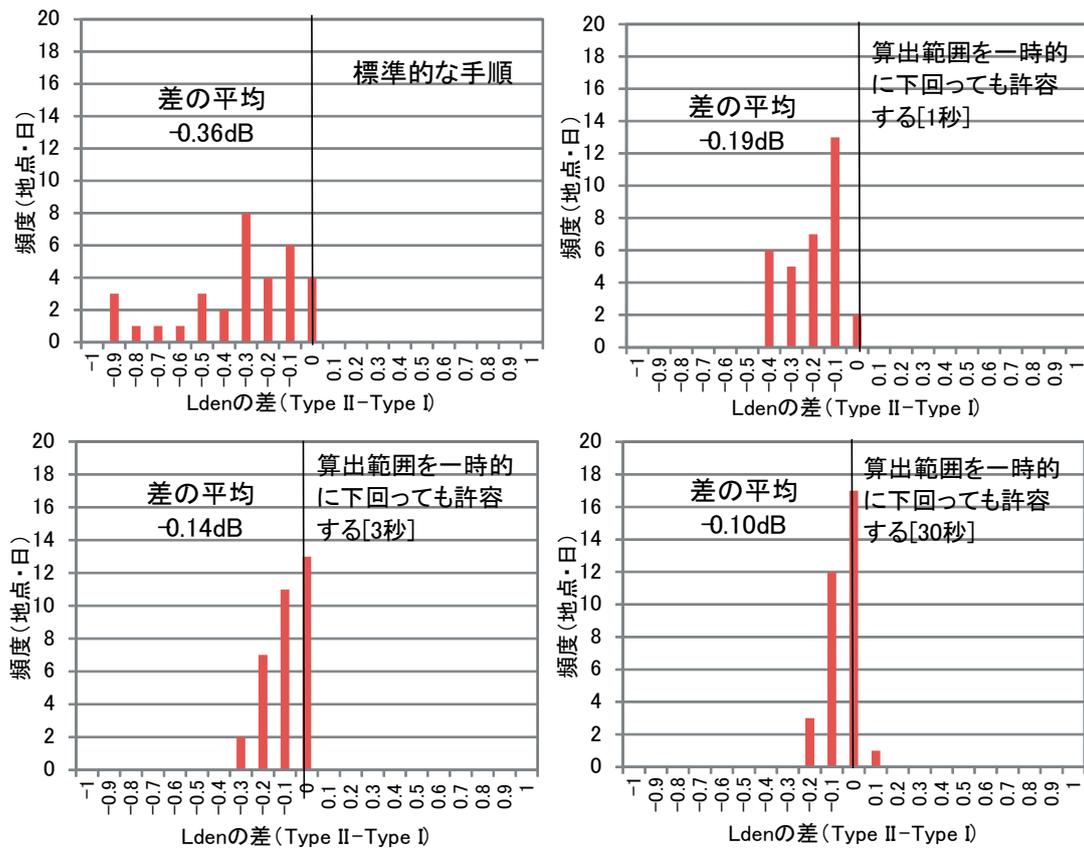


図-9 一時保留方式による Lden の測定量間差の頻度分布 (n=11 地点×3 日)

も激しくなる。成田空港周辺で実施した短期測定から、 $L_{As,100ms}$ と $L_{eq,100ms}$ が同時に記録できるタイプの騒音計で測定した 11 地点のデータを用いて分析した結果、 $L_{eq,1s}$ を用いた Type II の場合、 L_{AE} の算定時に継続時間が短めになることが多く、 L_{AE} は Type I の $L_{As,100ms}$ で算出した場合より小さくなるが多かった。飛行経路から遠ざかる側方地域ほどこの傾向は強かった。 L_{den} では Type II は平均すると $-0.4dB$ 低く、評価量の信頼性の観点からもその差の影響が懸念される。

さらに、常時監視を想定した場合、Type II では短めになってしまう継続時間によって、騒音検出イベントの継続時間閾値を下回ってしまう影響が懸念される。この影響により、さらに $-0.3dB$ 程度の誤差が見込まれるため、Type II を用いた常時監視の場合、Type I との差が無視できない影響となっている可能性

が否定できない。最後に、このような測定量の違いによる結果の差異をできるだけ小さくするための L_{AE} 算出法を試行的に検討した。 L_{AE} の算定時に $L_{max}-10dB$ の L_{AE} 算出閾値レベルを一時的に下回っても算定終了を 3 秒程度保留する方法にすれば、測定量の違いによる L_{den} の差が信頼性に影響しない程度に軽減できることがわかった。しかし、この方法が適切かどうかについては、実際に、 L_{AE} 算定に際し、算出閾値からの下回りを一時的に保留することが安定的・統一的に実現できるかなどの課題が残り、なお検討が必要である。

文献

- 1) 環境省「航空機騒音測定・評価マニュアル」平成 24 年 11 月、一部改訂平成 27 年 10 月
- 2) 武士田卓佳、谷みろく、篠原直明、「着陸機から発生する特異音の実態とその影響」日本音響学会講演論文集 2005 年 9 月。

研究報告

航空機の航法精度と諸外国における経路分散の取組*

高橋 英 昌**

近年の航空機は航法精度が向上しており、飛行経路が設定されている場所ではどの航空機も殆ど同一の航跡を描くといわれている。

そこで、従来航法 (VOR) と現在主流となっている広域航法 (RNAV) について、その飛行方法と航法精度等の規格を紹介する。

さらに、正確に飛行するとされている RNAV 経路を飛行した航空機の航跡を観測して、実際の航法精度を検証した。

また、経路直下の居住者はいつも自宅の直上を飛行しているとの印象をもっていることから、その対策として経路の分散化の試行を行った空港があるので、その事例を紹介する。

1. 従来航法 (VOR) と広域航法 (RNAV) の違い

1-1 VOR による航法と飛行誤差

VOR (VHF Omnidirectional Rang) は、中央に配置されたアンテナで1秒間に30回の磁北を示す指向性の無い電波 (基準信号) を発射し、その周囲に円形に配置された50個のアンテナは、1/30秒で一周する指向性のある電波 (方位信号) を発射する。そして、基準信号を受信してから方位信号を受信するまでの時間差で VOR からの磁方位を知ることができる。

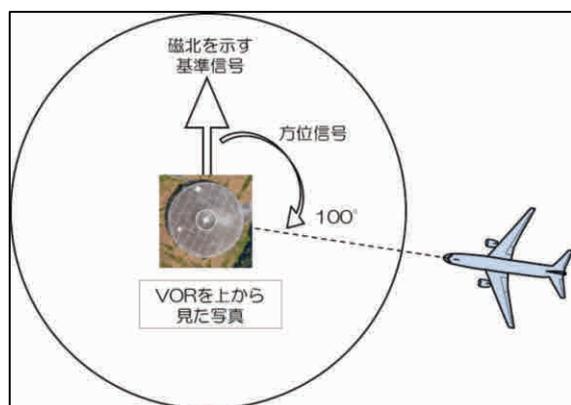


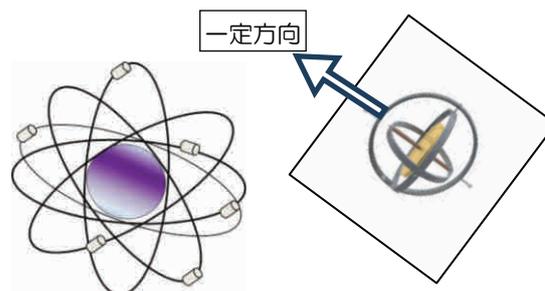
図-1 【VOR の概念図】

方位精度はプラスマイナス 1.4° 以下と規定されているが、一般には 1° 程度といわれている。方位精度を 1° と仮定すると VOR から 10nm (18.5km) の距離で誤差は 320m となるが、この誤差は距離に比例する。また、手動で操縦する場合は 5° 以内の航法誤差が許容される。

1-2 広域航法 (RNAV) と飛行誤差

VOR 等の従来航法では無線標識を結んだ線上にしか経路を設定することはできないが、広域航法では任意の点を結んで経路を引くことができることから、広い範囲に経路を設定できるという意味で広域航法 (RNAV : Area Navigation) と命名された。

広域航法を実現する為にはいくつかの方法があるが、現在主流となっているのは、GPS (全地球測位システム) によって位置情報を取得し、IRS (Inertial Reference System : 慣性基準装置) と呼ばれるセンサーによって機体の姿勢の変化などを検知している。IRS はジャイロコンパスが宇宙空間に対して常に同じ方向を向いていることを利用して、機体の姿勢変化などを知ることができるが、この変化を蓄積すれば移動を開始した地点からの方位や距離も知ることができる。



【GPS】 図-2 【ジャイロコンパス】

* Navigation accuracy and trial for multiple departure route in foreign country

** 航空環境研究センター 調査役

そして、FMS (Flight Management System) と呼ばれるコンピューターによって航法を司っている。

航法の仕方は次のようなものである。

まず、現在位置 (東京駅) はGPSで知ることができ、目的地 (新宿駅) は地名とその緯度経度が地図 (Chart) 上に銘記されている。(図-3)



図-3 【東京駅から見た新宿駅の方位及び距離】

このデータから東京駅から新宿駅までの方位 (この場合は真方位) と距離を計算することができる。しかし、この方位に機首を正確に向けても、風下側に流されて直線で新宿に向かうことはできない。(図-4)

そこで、経路として引いた直線上に沢山のポイントを造り、その緯度経度を算出しておく。

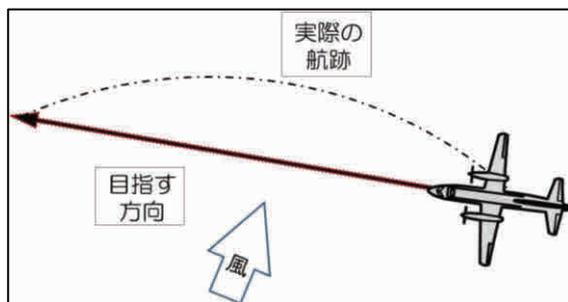


図-4 【風を考慮せずに方位のみ修正した場合】

そして、計算上で最初のポイントまで飛行したと思われる時に実際の緯度経度を測定すると、その差は風によって流されたと判断される。これにより、風向と風速が分かるので、目的地の途中の新たなポイントに向かって進路を変えて飛行する。次のポイントに到達したと思われる時に同じように計算をして、進路を修正すれば目的に向かってほぼ真っ直ぐに飛行することが可能となる。

GPSによる航空機の位置の測定精度 (測位精度) はいくつかの論文で発表されているが一般に5~10mといわれている。

実際の飛行は測位誤差に加えて、本来あるべき位置と測定した位置との差を計算し、そのずれを修正しながら行われる。本書では測位誤差と飛行誤差を包括したものを航法精度と呼ぶことにするが、その精度はどの程度であろうか?

2. RNAV 経路の航法精度の検証

航法精度を検証するには多くのデータを取得することが必要であり、東京国際空港 (羽田) を離発着する航空機の航跡を観測することにし、観測期間は2016年7月2~4日の3日間とした。

また、位置 (緯度経度) 情報、便名等の情報はADS-Bにより取得した。現時点では、ADS-Bの情報には全ての旅客機が発信しているわけでは無いので、羽田空港を離発着する時刻表との照合を行った。その結果、羽田空港を利用する航空機全体の72%程度がADS-Bの情報発信していることが判明したが、この数値は機体の更新に伴って毎年少しずつ上昇していると聞いている。現在でも国際線が多い新東京国際空港 (成田) や関西国際空港は90%以上に達している。しかし、小型機が多い大阪国際空港 (伊丹) は20%程度と聞いている。

2-1 検証に使用した経路

羽田空港を離発着する航空機の数は一日本1,200機程度であるが、出発機は離陸直後から誘導されることが多いので、航法精度を検証するには向いていない。到着機であっても、前後の間隔設定等のために航空機が指定された経路上を飛行する場所や区間は限られる。今回は航空管制官によるレーダー誘導終了後の飛行区間が比較的長く、十分なデータの数が得られるRW22ILS進入の経路を選択した。

そのうち、南方から滑走路 22 への ILS 進入を行った旅客機のサンプル数は 160 機であったが、その内訳は A320 : 12、A330 : 9、B737 : 82、B747 : 1、B767 : 21、B777 : 12、B787 : 23 となった。

航法精度を解析する為に調査を行った地点は、直線区間の航法精度を検証する為に "NYLON" と呼ばれる地点と "NIFTY" と呼ばれる地点の中間点、前後の経路の交差角が 90° になっている "NIFTY"、交差角が 30° の "NEXAS" とした。(図-5)



図-5 【滑走路 22 への ILS 進入を行った航跡】

2-2 進入経路上の航跡分布 (バラツキ)

2-2-1 直線区間

"NYLON" と "NIFTY" の間は 10.5nm (19.4km) の直線区間となっている。

この区間は高度 5,000ft (1,500m) 程度で通過することになっているが、平均のずれ (変位量) は経路の進行方向の右側に 2.4m で、標準偏差は 13.9m という結果を得た。この数値は B737-800 型の翼幅の 35.8m に比べて充分

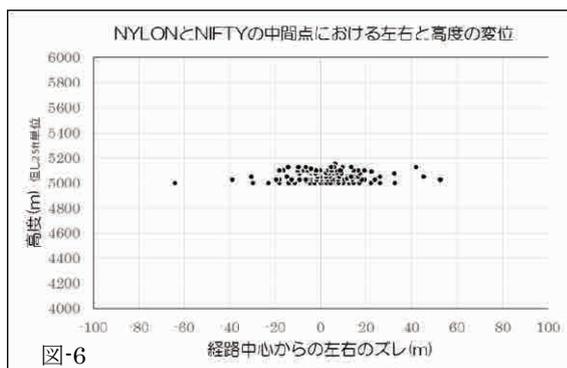


図-6

に小さな値で、およそ 8 割の航空機が B737 型機の翼の幅の範囲に胴体が通過していることになる。

2-2-2 90°の旋回を行う地点 (NIFTY)

NIFTY と呼ばれる地点は 10.5nm (19.5km) の直線区間を飛行した後に 90° の左旋回を行って 4.9nm (9km) 先の滑走路 22 の延長線上に会合する経路の途中に設定された地点である。

また、RNAV により設定された地点を通過する方法は 12 種類あるが、進入経路では 4 種類が定められている。しかし、大半の地点では最寄りの地点に対して定められた方位に沿って飛行するものの、直上を通過する前に次の地点に対して向かう方位に会合するように旋回を開始するように定められている。

その理由は、直上を通過してから旋回を行うと、旋回半径が大きくなり、次の地点に向かう為に定められた経路に乗りにくくなるためである。

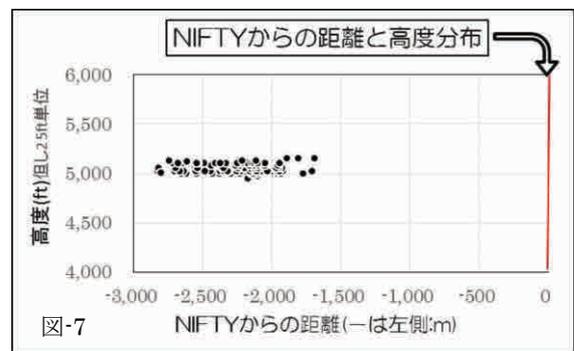


図-7

上記 (図-7) のグラフは NIFTY を基点として NYLON、NIFTY 及び NEXAS が成す角度を 2 等分する線分により設定した断面を通過した結果を示している。

変位量の平均値は 2,217.8m、標準偏差は 233.1m となっており、最も NIFTY に近い所を通過した航跡は 1,700m 程度、最も遠い所を通過した航跡は 2,800m 程度離れた所を通過している。また、機種別に変位の分布図を作成した。

図-8からは、機種によりバラつきの幅に特徴的な違いを見ることができる。

A320は900～2,000m(10mの単位を四捨五入)、A330は960～1,400m、B737は1,200～1,800m、B767は900～2,000m、B777は900～1,900m、B787は1,300～1,500mとなっているが、新しく開発された機種はバラつきが小さい。ちなみに今回ILS進入において観測したB737型機は全て新しい世代の800シリーズである。

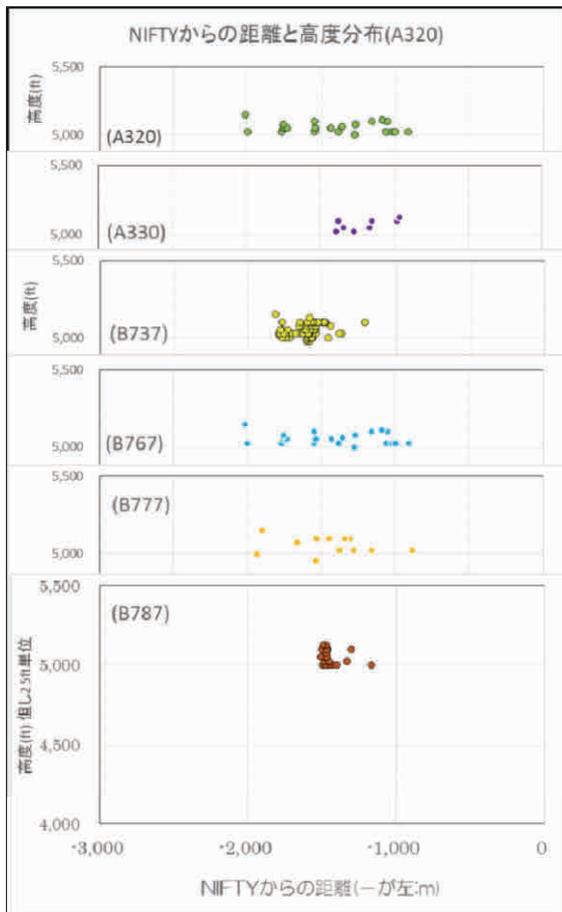


図-8【機種別のNIFTYからの距離分布】

2-2-3 30°の旋回を行う地点(NEXAS)

この地点は90°旋回を行った後に4.9nmの直線区間を飛行し、30°の旋回で滑走路22の延長線に会合する場所となっている。NEXASに最も近い所を通過した航空機は47m、最も遠い所を通過したのは499m離れた所を通過した。変位の平均値は219.5m、標

準偏差95.1mとなっており、最も近い所を通過した航空機は47m、最も遠い所を通過したのは499mとなっている。前項の解析においてB787型機が最も航跡毎のバラつきが少なかったが、NEXASにおいても変位の平均値は126m、標準偏差は22mとなっており、最も近い所を通過した航跡は77m、最も遠い所を通過したのは153mという結果となった。

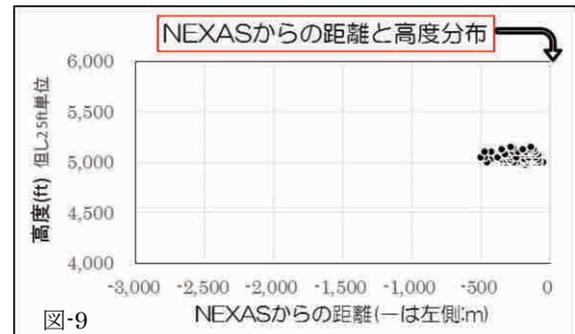


図-9

2-2-4 測位精度の検証

先に、GPSの測位精度は5～10mと述べたが今回の測定では直線部分の標準偏差が13.9mという結果を得たので、改めて精度を検証することにした。精度の検証には滑走路22の着地点において滑走路の短辺に平行な断面を設定して調査をおこなった。その結果、平均-0.5m(-は滑走路の左側)、標準偏差1.7mという値を得た。パイロットは目視で滑走路の中心線上に着地しようとするが、50cm程度のバラつきがあるものと想像される。

したがって、今回の調査における測位精度は1m程度と考えている。

2-3 検証結果の纏め

RNAV経路の航法精度については既に幾つかの論文が発表されているが、今回得られた結果が最もバラつきが小さい。しかし、筆者が経路直下で騒音計の設置/撤去作業に従事した際に直上を通過する航空機の様子を観察した結果と良く合致している。また、旋回部分について調査したのは初めてである。

今回の調査結果のまとめと他の経路につい

て考察する場合の留意点は下記のとおりである。

- ①直線経路上の航法精度は大型機翼幅程度
- ②曲線部分（経路の分岐、旋回点）の離散幅は旋回点の角度に依存する。また、航空機の型式、重量、速度、風向と風速にも大きく影響を受ける。したがって、曲線部分が多い経路では個々の航空機による飛行経路のバラツキが大きくなることが予想される。
- ③今回の調査は到着機について行ったが到着機と出発機では以下の点が異なる。

到着機：

- ・エンジンの出力が小さい（アイドルに近い）
- ・重量が出発時に比べて小さい。
- ・速度が暫時減速（230～160kt）

出発機：

- ・エンジンの出力が大きい（離陸 or 上昇出力）
- ・重量が大きい（ヨーロッパ、北米路線の便では最大離陸重量に近い）
- ・速度が暫時増速（160～250Kt）

3. 広域航法による精度向上の利点と課題

このように広域航法（RNAV）により設定された経路の直線区間では中型旅客機（B767やB787）の翼の幅程度しかずれない。

進入を開始する前の高度は一般に3,000ft～5,000ft（900m～1,500m）であるので地上から見上げると全く同じ所を同じように通過していくと感じられる。

そこで意図的に経路を分散化する試みが行われた事例があるので紹介する。

3-1 ロンドン・ヒースロー国際空港

ヒースロー空港では2013年12月6日から翌年の6月15日にかけて経路分散化の試行を行った。

試行した2つの経路のうち空港の東（右）側の経路（図-10）は既存の従来航法による経路の両側に3kmの間隔で経路を引いたものである。西側に設定された試行経路（図

-11）は離陸後の旋回部分少なくして継続して上昇することを可能にした上で複数の経路を設定したものである。

東側の飛行経路は既存の経路の両側に3kmずらしたものであるが、性能準拠型航法（PBN: Performance Based Navigation）が可能な機体に限定して試行が行われた。

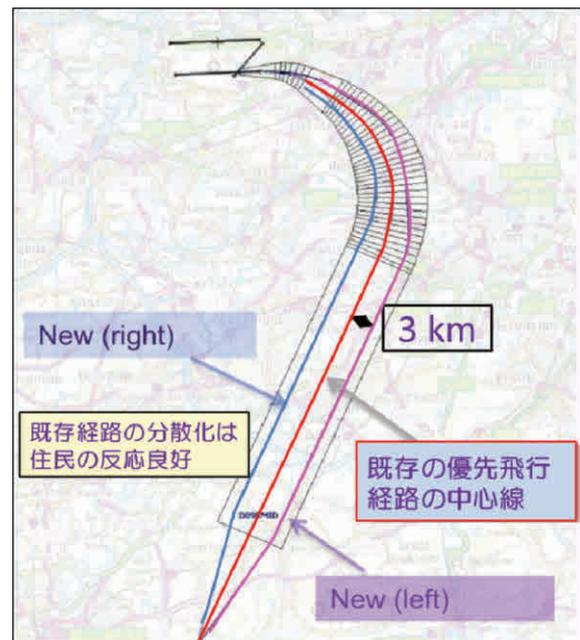


図-10 【東に向けて離陸し、南下する経路】

西側の飛行経路については、航空交通の流れを考慮して途中から分岐する新たな2本の経路が新設された。

2015年2月に航空環境研究センターが行った現地調査時におけるヒースロー空港の担当者の説明では、出発機に関しては4,000ft迄は経路の誤差を可能な限り小さくして集中的に住民対策を行い、4,000ft～7,000ftの間は複数の経路を設定することで騒音を分散し、7,000ft以上では燃料消費を含めた効率を優先するコンセプトであるとのことであった。

しかし、西側の飛行経路のうち4,000ft～7,000ftに当たる経路の部分新たに設定したところ、従来騒音被害を受けていた地域は好意的な反応を示すものの、新たな飛行経路下の住民から予想以上の反発があったとのこと

である。西向きの出発経路についての試行は(2014年7月28日から翌年の1月26日にかけて実施する予定であったが、経路直下の住民からの苦情が殺到したため、11月8日に休止された。しかし、調査した2015年2月の時点では、秋を目処に試行運用を再開する予定であるとのことであったが、2017年3月現在では本格運用(AIPへの公示)には至っていない。

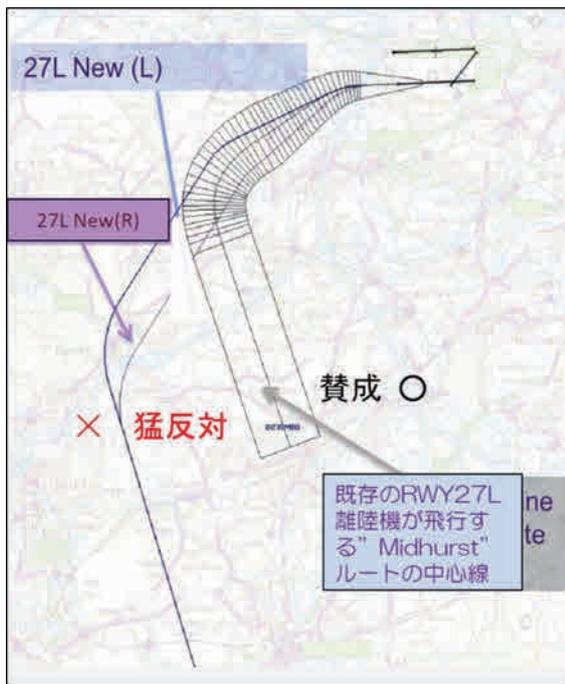


図-11 【西に向けて離陸し、南下する経路】

3-2 ワシントン・レーガン・ナショナル空港

当空港はポトマック川沿いに展開された空港で、600m～800mの川幅があることから好天時はパイロットの目視により河に沿って飛行するように指導されている。しかし、計器気象状態では計器により出発経路を飛行しなければならない。比較的自由的な経路設定ができるRNAVによる出発経路でも完全に住宅地の上空を回避することはできない。

そこで、既存の経路の南側に新たな経路を引き、その経路から0.1nmずつ左右にずらした経路(オフ・セット)を引いて経路の分散化の試行が行われた。この試行は2015年6

月25日～7月29日の間に行われたが、2016年4月に航空環境研究センターが行った現地調査における環境対策担当者のコメントは、次の通りである。

- ・ 主要な住宅街の直上をできる限り避ける飛行経路として設定している。
- ・ 大きな変位量では無いので騒音値に大きな変化は無いが、直上を飛ばないことが大事なことである。
- ・ 但し、航空管制や運航の面からは煩雑さが増すことや、経路を間違えた場合の安全面の検証等課題は多い、とのことである。

そして、この経路を分散化した出発経路は、ヒースロー国際空港と同様に2017年3月現在では本格的な運用には至っていない。

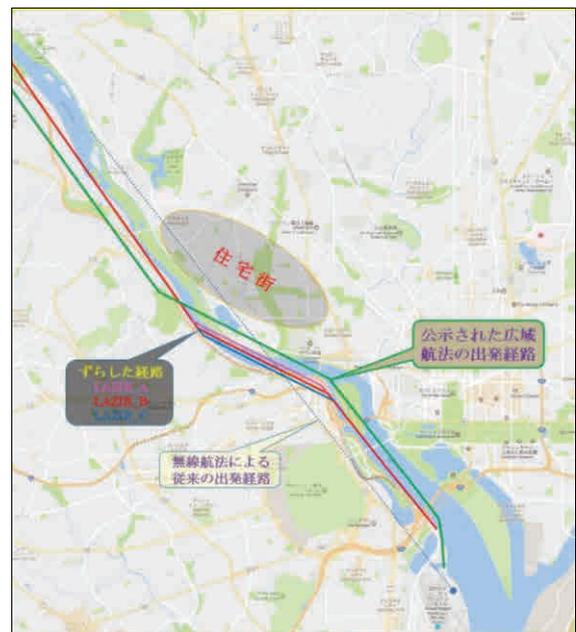


図-12 【ポトマック川に沿って北上する出発経路】

参考文献

- ・ 飛行方式設定基準(国土交通省航空局)

資料提供

- ・ NATS (National Air Traffic Services)
- ・ Metropolitan Washington Airports Authority

研究報告

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**

1. はじめに

当協会は L_{den} コンタープログラム AERC^{1),2)}を開発し、予測コンター作成作業も担っている。予測コンターを計算するためには、航空機の運航や騒音伝搬にかかわる要素を取り扱うが、本稿では地上騒音に注目して、その特徴と予測機能の開発経緯、計算方法の概要について述べる。

2. 地上騒音の種類と特徴

環境省は、平成 19 年 12 月に「航空機騒音に係る環境基準」の改正を告示し、平成 25 年 4 月 1 日に施行して騒音暴露の評価量は WECPNL から L_{den} に変わった³⁾。環境基準には明記されていないが、離着陸に伴う単発騒音だけでなく、タクシーイング、エンジン試運転、APU（補助動力装置）の稼働等、飛行場内の地上の航空機運用や機体整備に伴う地上騒音についても、影響が無視できない場合は評価対象に含めることとなった。平成 21 年

• 航空機が地上滞在時に発する騒音

- タクシーイング (TAX)
- 補助動力稼働 (APU)
- エンジン試運転 (EGT)
- ※電源車、トーイングカー等は含まない



APU排出口

	TAX	APU	EGT
レベルの大きさ	○	△	◎
発生時間の長さ	○	◎	◎
影響範囲	△	△	○
発生頻度	◎	◎	△
気象や地物の影響を受けやすい	◎	◎	◎

図1 地上騒音の種類と特徴

7月に地方公共団体等に事前通知された「航空機騒音測定・評価マニュアル^{4),5)}」に、これら地上騒音の測定と評価について記載された。

地上騒音とは飛行場内における航空機の運用や機体の整備に伴って発生する騒音であり、飛行場近傍で観測される。誘導路を走行するタクシーイングに伴う騒音、エプロンで発生する APU の稼働やエンジン試運転等に伴う騒音が該当する。

タクシーイングの騒音については、誘導路上でエンジンを動かしながら、概ね 25kt 未満の速度で走行しているため、空港に隣接する場所にいると、やってきては通り過ぎ去るまでの間、比較的長時間の騒音が発生する。音源パワーの大きさは、離着陸に比べ小さく影響範囲は限定的で、離着陸と同時に発生することが多い。そのため周辺地域で騒音測定する場合は他の騒音と重なり区別が難しくなることがある。

APU の稼働についてはジェット旅客機の後部にある駐機中の発電等のための発動機が稼働することで、着陸してエプロンに駐機してから、乗降や清掃などが行われ、再びタクシーイングを開始するまでの間稼働していることが多いので、数十分から一時間前後と長時間発生する。主翼のエンジンに比べると音源パワーは小さく、空港の外においてはターミナルビル等を挟む位置関係だとレベルが下がるので、影響範囲は限定的となる。少し離れた測定現場では、レベル波形が 1 ~

* The treatment of noise contribution due to aircraft ground operation on an airport noise model

** 航空環境研究センター 調査研究部 副主任研究員

2 dB 程度の上昇に留まり人の聴感でも他の騒音と区別が難しいことが多い。

エンジン試運転は、機体の整備をしたときに、飛行機を特定の場所に固定したまま、離陸推力で発動させて試験するもので、音源パワーは大きく発生時間は比較的長い。夜間の機体整備時に不定期的に実施され他の航空機騒音に比べて頻度は低いので、騒音測定においては事前情報がない場合、把握が難しいことがある。

そして以上の三種の地上騒音に共通して、地面の近くで発生し地上から地上に伝搬する騒音なので、防音堤やターミナルビルといった地上構造物、地形による起伏の影響を受けやすい。また気象条件の影響も受けやすいため日によって聞こえ方が変わることもあり観測や分析を難しくしている。

3. 地上音予測機能の開発

平成 19 年に環境基準の改正が告示されて地上騒音を考慮することが求められたため、 L_{den} コンタープログラムの改修作業を開始し、平成 21 年には地上騒音を考慮し、また防音堤の遮蔽効果も算定できるようになった。

前述のように測定による騒音影響の把握が簡単でないので、評価のためには予測コンターが重要になるが、米国の INM 等、海外のモデルやガイドラインにも記載がなく地上騒音の予測計算は世界的に前例がない。そのため独自に計算手順を構築する必要があった。検討の末、現在採用している計算方法の概要を以下に述べる。

APU、エンジン試運転については、音源を一点の静止音源とみなして、距離の逆自乗で拡散減衰していく計算に基づいている。後述の基礎データとして空気吸収減衰を加味した音源パワーのテーブルデータを予め用意しておき予測計

算に用いる。音源指向性についても方位別の補正值を用意して考慮できるようにした。回転翼機のホバーリングも同様の手順で扱う。

タクシーイングは、飛行音と同じ計算方法を適用できると考え、誘導路の走行を小さな飛行経路とみなして移動音源の計算をすることとした。例えば誘導路の右折や左折は半径の小さな旋回のように扱う。ここでは高度は地上とし速度や音源パワーはタクシーイング専用のもを用いる。

構造物等の遮蔽効果については、道路や建築騒音の分野で防音壁の遮音を算定する時に使う計算式と同じものを使うことにした^{6),7)}。その算定手順については、計算負荷を考慮して幾つかの単純化をして組み込んでいる。厚みの無い有限長防音堤または厚み有りの有限長防音堤（ターミナルビル等を含む）の二種類の構造物から選択して計算するようにし、音線と障壁が斜交する影響や構造物表面の音響特性は考慮せず、音源と受音点の間に複数の構造物が有る場合は、最も音源に近いもののみ考慮する。また複数の構造物がつながる部分は障壁側方の騒音の回り込みを無視することで対応した。予測計算では EGA（地面の過剰減衰）を考慮するが、その計算式は平坦な地面を前提とするものであり、構造物の遮蔽効果の計算手順と両立しない。だが、EGA を考慮しないと適切な予測にならないため、

新環境基準に対応した騒音コンターの予測モデルを開発する
→ 地上騒音の考慮が必要になる
既存公開モデル (INM 等) の活用でなく、自前モデルを開発する
→ 海外では地上騒音を考慮していない

補助動力 (APU) エンジン試運転 → 静止音源

地上走行 (タクシーイング) → 飛行音と同じ計算

構造物の遮音効果 → 道路、建築と同じ計算

図 2 地上音予測機能の開発

ひとまず過小評価とならない方法として相互の干渉を無視して計算する手順を採用している。

4. 予測に必要なデータ

予測計算では入力情報として幾つか必要なデータがある。二つに大別すると、一つは運航に係る情報でユーザーが入力する予測条件そのものであり、もう一つは予測プログラムが内部データベースとして持っている機種別の音の大きさや飛び方を含む基礎データと呼んでいるものがある。

4-1 予測条件

予測条件については過去の WECPNL コンターでは、飛行音だけを対象としていたので、機種や飛行経路、運航回数といった情報から構成されていたが、 L_{den} にコンターにおいては地上騒音の計算が加わり、タクシーイング経路やその回数、APU やエンジン試運転の実施位置や回数、稼働時間が加わった。ほかにも遮蔽効果の計算のために防音堤やターミナルのような地上構造物の形状データが加わる。

4-2 基礎データ

基礎データについては、機種別の音の大きさの追加情報としてタクシーイング、APU、エンジン試運転の距離別の単発騒音暴露レベルが加わった。APU、エンジン試運転については方位別の指向性補正值も加わる。基礎データの作成方法については、予測機能を開発した時点では確立された手順がなかったが、試行錯誤して検討し拡充を進めてきた。現在の作成方法の概要を以下に述べる。

タクシーイングについては、まず滑走路の脇で、複数のマイクで測定し、信号処理を行って、音源指向性を持った音響パワーレベルを求める。その結果を用いて計算機において音源と受音点の位置を設定し、少しずつ音源を直線移動させてレベル波形を算出する。無限長の移動音源を想定しているが、音源が離れてレベルが十分下がったら足切りをして積分し、単発騒音暴露レベルを求める。音源の移

動直線と受音点の間隔 d を変化させて計算を繰り返し、予測モデルが使う距離対単発騒音暴露レベルのテーブルデータを作成する。

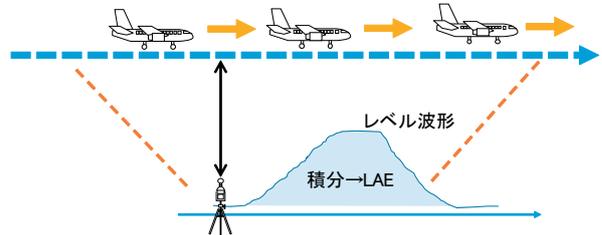


図3 タクシーイング騒音基礎データ作成イメージ図

APU の稼働、エンジン試運転については、駐機している航空機の周囲に方位角 30° おきに囲むように騒音計を配置して APU の稼働やエンジン試運転を実施している時に測定し、出力別に整理する。その結果から音源の音響パワーレベルを求める。伝搬距離が変化したときの値を空気吸収減衰や EGA を考慮して算出し、出力別の距離対等価騒音レベルのテーブルを作成する。また方位角ごとの差異は音源の水平指向性として扱う。

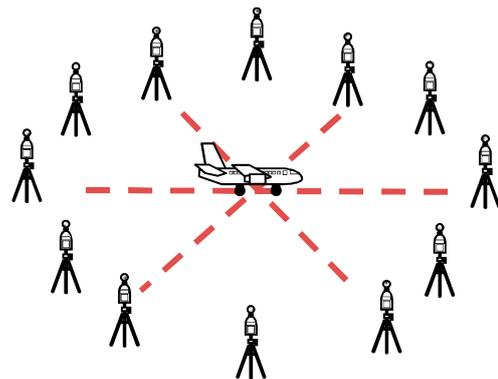


図4 APU/エンジン試運転基礎データ作成イメージ図

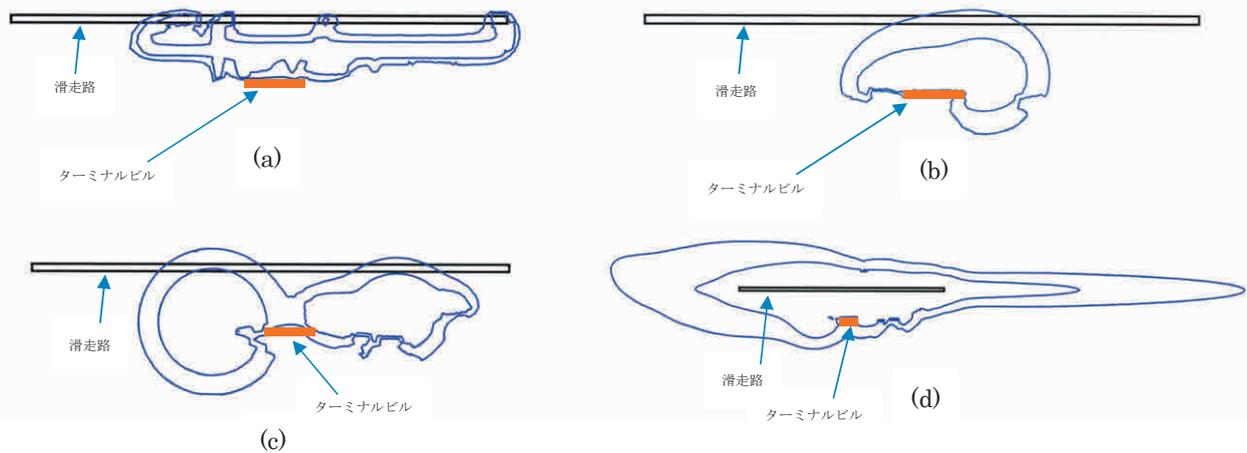


図5 仮想空港における計算例

5. 計算例

これまで国内各空港において地上騒音を考慮した L_{den} コンターを作成しており、幾つかの住居地域に隣接する空港では地上騒音の影響が確認されている。図5 (a～d) はそのようなケースを想定した仮想空港での試験的な計算例で、順にタクシーイングのみ、APU稼働のみ、エンジン試運転のみを計算対象としたコンターを示す。最後の (d) は以上の地上音全てに加えて飛行音を含む予測計算の最終結果となるコンターを示す。黒線の長方形は全て同じ長さの滑走路を示している。

図5 (a) はタクシーイングの騒音影響が誘導路に添った場所で生じていることが分かる。図5 (b) はAPU稼働の影響がエプロン内に横に並ぶ複数のスポットを中心に広がるが、場所によってターミナルビルに遮蔽される様子が見える。図5 (c) はエプロンの両端の幾つかの場所においてエンジン試運転が実施されている影響が確認できる。

6. 精度向上の取り組み

前述のように地上騒音の予測計算手順や、その基礎データの作成方法については前例がなく、独自に構築、考案したが、計算負荷の増大を実用的な範囲に留めるため予測の前提

条件において幾つか簡単化をしている。例えば地上騒音は気象条件や地面状態の影響を受けやすいが、予測計算では気象条件も地面状態も一様なものとしていたり、タクシーイングの速度は実際は空港の混雑状況により変化するが一定速度として扱っている。そのため精緻に計算した場合の結果や、実際の現象とレベルの定量的な関係については詳しくわかっていない。また、地物による遮蔽効果についても道路、建築分野の計算手法を取り入れたが、航空機騒音では建築や道路に比べて予測範囲が広いので、同じだけの精度が担保されているとは言えない。そのため音響伝搬の視点から妥当性の検証が必要と考えている。これらについて、より詳細な現地測定やシミュレーション計算を用いて検証する取り組みを進めており、次の「航空機地上騒音予測の妥当性検証」の記事で紹介する。

7. おわりに

当協会が開発した L_{den} コンタープログラムにおいて地上騒音を考慮する機能の概要と開発の経緯、必要なデータベースである基礎データにおける地上音に係るデータの作成について述べた。また仮想空港における計算例を示し、最後に地上騒音の予測精度向上のた

めに取り組んでいることに触れた。今後も検証を進めるとともに、海外の予測技術の動向にも注意を払い、精度向上や計算システムの充実を図りたい。

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
- 3) 航空機騒音に係る環境基準の一部改正について (2007)、環境省
- 4) 航空機騒音測定・評価マニュアル第一版 (2009)、環境省
- 5) 航空機騒音測定・評価マニュアル第二版 (2012)、環境省
- 6) 道路交通騒音の予測モデル "ASJ RTN-Model 2008" の解説と手引き 2009、日本音響学会
- 7) 山田一郎、航空機騒音の予測における地上騒音の取り扱い、航空環境研究 No.18 (2014) , PP. 26 - 34.

研究報告

航空機地上騒音予測の妥当性検証*

中澤 宗康、菅原 政之**

1. 地上騒音予測検証の必要性

我が国の航空機騒音予測の歴史は、環境基準（WECPNL）が告示された昭和48年ごろから始まっており、かれこれ40年以上の実績がある。この時点の環境基準は飛行騒音の離陸・着陸を考慮することが求めており、予測においてもそれに対応した飛行騒音の離陸・着陸の計算手順ならびにプログラムの作成をおこなうところから始まり¹⁾、その後も改良が重ねられてきた。この中で飛行騒音の予測は多くの妥当性と予測精度向上のため、地表面における音の過剰減衰（EGA）や経路分散の補正を行ってきており、妥当性や精度については比較的担保された状態にあるとあって良い。

一方、地上騒音の予測の妥当性や精度は不十分である。地上騒音は2007年の改正環境基準（ L_{den} ）の告示により、2013年の施行から考慮することになった。主に対象となる地上騒音は、誘導路を地上走行する際のエンジン騒音、駐機状態でエンジン試運転する際のエンジン騒音、駐機中の補助動力（APU）の稼働騒音の3種類である。地上騒音予測もこれを機にスタートしたものであるが、当然その歴史は浅く、地上騒音予測の計算手順やプログラムも未熟な部分があり、その結果の妥当性については議論の余地もある。例えば、地上騒音の音源となる機体から（30-100m）程度の近距離の領域における地上騒音の予測については、予測用の基礎データ測定が行われているため、検証が行なわれてその妥当性も確認されている。しかし、それより遠距離では、そもそも地上走行時のエンジン出力や

駐機時のAPU出力は小さいために、騒音レベルも低く、測定時においては暗騒音とのレベル差が十分確保出来ない等の理由により、測定データは充分とは言えない。

さらに飛行騒音では空と地面の間に障害物はないため、障害物の影響を考慮しなくて済むが、地上騒音の場合には、地表面にある建物の遮蔽、回折や散乱、地面による吸音といったさまざまな影響を受ける。そこで日本音響学会の道路騒音予測モデル²⁾を援用して、建物や壁といった構造物の影響を取り入れる等ようにした。これは騒音発生点と受音点との最短距離と建物の関係からの減音量を算定する方法であるが、あくまで道路騒音予測モデルを想定したものであり、道路騒音と航空機騒音の違いによる影響など検討すべき事項は残っている。

以上述べたように、地上騒音の予測精度には検証の余地がある上に、一部の空港ではエンクローチメントと呼ばれる空港周辺の都市化により騒音暴露の予測の必要性が増す状況にあり、騒音予測全体として妥当性を確保する必要性は変わらない。そこで、本稿ではこれまでに実施した検証事例を紹介する。

2. 検証例 1. 実測による検証の事例³⁾

まず、実際に空港での測定を元に予測結果を検証した事例を紹介する。

空港周辺において、駐機場から見て垂直方向に位置をずらして（50m,150m,300m,400m）4箇所騒音計を設置して、航空機騒音の測定と運航記録を行った（図1）。観測される地上騒音は、駐機する航空機のAPU騒音、誘導路を走行する地上走行騒音である。

* Validation of aircraft ground operation noise prediction

** 航空環境研究センター 調査研究部 副主任研究員

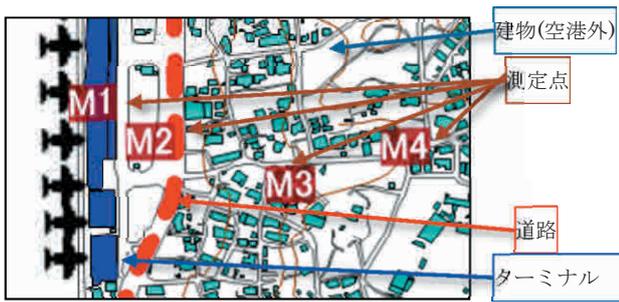


図1 実測状況の配置図

測定データには、離陸や着陸といった他の複数の航空機運航の騒音や、測定点周辺の道路騒音等が重畳したため、一機一機の地上騒音のみを抽出することができなかった。このため、離陸・着陸・道路騒音等を含んだ測定データ全体を合計した総合騒音合計値から、離陸・着陸といった飛行騒音合計値を差し引き、地上騒音合計の実測値と推定した。なお、前述した通り、この値には道路騒音値が含まれるため、真の地上騒音値に比べれば、騒音値は高い。

一方の地上騒音の予測値については、実測状況をコンター作成モデル上で再現し、地上騒音の予測結果を算出した合計値をもって比較した。実測時に観測された記録を元に機種別に地上走行、APU稼働の運航回数を集計し、各運航ごとの騒音値を合算した結果を予測側の騒音値とした。ただしコンター作成モデルは制約があるため、いくつかの簡略化を行っている。建物については、ターミナルビルのみを簡略化して考慮することとした。地面については地形は平坦とした。気象についても、風向、風速、気温変化といった影響は考慮できないため、一様状態の無風とした。

これら、地上騒音を実測した値と、予測した値の2つを比較した結果が図2である。図中の縦軸は、地上騒音から予測値を引いた差分値 (dB) である。0であれば実測値と予測値は等しく、プラス側であれば実測値の方が大きいことを、マイナス側であれば予測値の方が大きいことを意味する。グラフからは3

地点で実測値が2-4dB高く、予測値が低い結果が示された。

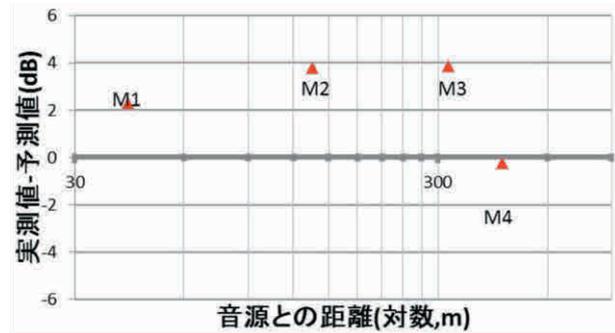


図2 地上騒音の実測予測比較結果

この原因として、以下の4つが推察された。

- (1) 実測時に道路騒音等の暗騒音が地上騒音測定に混入したこと
- (2) 実際は地形の起伏があるが、予測の制約により平坦地面を想定したこと
- (3) 実際のターミナル建物形状は複雑だが、予測の制約により単純直方体と想定したこと
- (4) 実測時の気象は音がやや伝わりやすい風向きであったが、予測では気象影響を考慮していないこと

このうち (1) については、道路付近の2地点では混入している道路騒音を実測値から除去できれば乖離を縮めることができるが、道路騒音予測モデルの試験計算により1~2dB程度縮まる可能性が示唆された。残りの(2)~(4)については、コンター作成モデルの制約のために課した条件が結果に影響したと推察されるということである。(2)については、実際の地形はM4方向へはなだらかに盛り上がった斜面だったのだが、音が駐機スポットから来て空港ターミナルを乗越えた地点から見ると、実測側の斜面上地点への伝搬経路に比べ、予測側の平坦面上地点への伝搬経路がやや長くなる。このことにより、長距離を伝搬する予測側の騒音値が低めになったものと推察される。(3)については、実際の空港ターミナル形状は基本のコンクリートとガラスによる直方体形状に加え屋上に複数

の構造物があったため、音がターミナルを乗り越える際に乱反射が発生し、実測時にM1地点への反射音が加算され、実測側が高くなった可能性が推察される。(4)については音源から測定点方向への風向であったため、実測値が高くなる可能性が推察された。いずれにしても、これらの要因は定性的な推察のみで、定量的な検証に必要なデータが不足しており、(2)～(4)の検討を詳細に行う必要があることがわかった。

3. 検証例 2. シミュレーションを用いた検証

検証1の結果からは、コンター作成モデルの制約のために課した条件が結果に影響することが分かった。つまり、「検証方法」自体に問題点があるため、「検証方法」を見直す必要がある。

そもそも地上騒音が発生する空港周辺の場所は、それ以外の暗騒音も多い。今回は空港ターミナルの駐機スポット周辺であったが、空港内にはトーイングカーといった作業車両、空港外にも空港利用者の自家用車等が多かった。このため検証用騒音の測定自体がかなり難しく、実測値自体の信頼性も暗騒音の混入により低くなってしまったこととなった。このため、他に理想的な条件での測定を行うか、実測に近い物理音響モデルのような別の比較相手を用意する等の対処を考える必要がある。

さらに、飛行騒音予測では遮蔽物のない平坦面を前提とするが、建物が経路上に挿入された場合に挿入損失による減音を考慮する必要がある。このように建物の影響が挿入損失に限るのであれば比較的単純なのだが、建物が存在すると騒音の伝搬経路が変化するため、EGAも変化することが想定しなければならない。するとEGAのモデリング自体の検討を行う必要性が出て来るといった具合に、地形や建物の要素の影響を複合的に検討する必要がある。

こういったことを検討した結果、検証方法

を見直し、実測状況に近い高精度のシミュレーション予測を追加で導入して段階的に比較する方法とした。つまり実測値とシミュレーションモデル予測の比較、シミュレーションモデル予測とコンターモデル予測の比較と2段階に分離することとした。

この手法を取る利点としては、環境条件を比較的自由に設定可能なことがあげられる。シミュレーションモデルであれば、多少の手間を掛ければ建物が追加削除可能などの自由度が高く、実測検証時の環境要因(建物、地形等)の影響を個別的にも複合的にも検討することが可能となる。逆に欠点としては、新たにシミュレーションモデル自体の予測精度を確保する必要があり、手間は倍増することとなる。

シミュレーションモデルの開発は現在進行形ではあるが、開発中のシミュレーションモデル予測とコンター作成モデル予測と実測を比較した検証事例を紹介する。

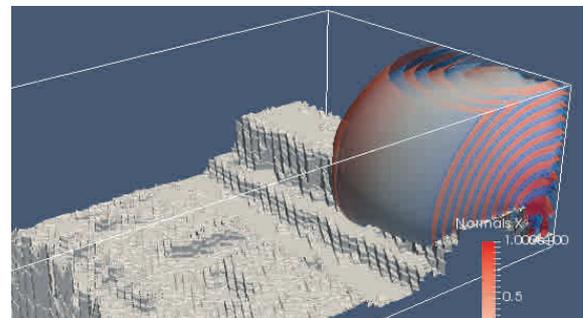


図3：シミュレーションモデルの実行例

検証例1と同じように、実測時の条件を、シミュレーションモデル内で再現し、騒音値の予測を行った。モデルの土台となる音響シミュレーション技術自体はいろいろな手法が提案されているが、ここではFDTD (Finite Difference Time Domain) 法を使用した。最近の音響シミュレーション技術はコンピューターの進化により発展著しいが、それでも予測精度の高さを求めると計算負荷(計算時間、必要メモリ等)が激増するといった感じでは

の技術も一長一短であり、ここで使用したモデルも計算負荷による制約から限定した領域、限定した要素による騒音予測とした。

予測条件の範囲を高さ 100 m × 奥行き 100 m × 幅 400m 程度の立方体内に限定して設定し、その中を 0.2m の立方格子で区切って離散化した。その中に航空測量による 2m 間隔のレーザースキャンデータを用いて建物と地形を設定した。この際の建物と地面は吸音能力を付与することができず全反射であった。ただし予測範囲境界面は Higdon 境界条件で吸音した。音源は、ターミナル前に駐機する航空機の APU 騒音を想定した機体後部側に配置し、250Hz の純音を発音して、1.3 秒間程度をシミュレーションした。なお音源が実測では実音源、コンター作成モデル予測は実音源を平均化した予測用基礎データ、シミュレーションモデル予測は純音と、3 条件間で同一にならないため、比較するのは航空機側測定点 M1 からの減衰量とした。この結果を図 4 に示す。

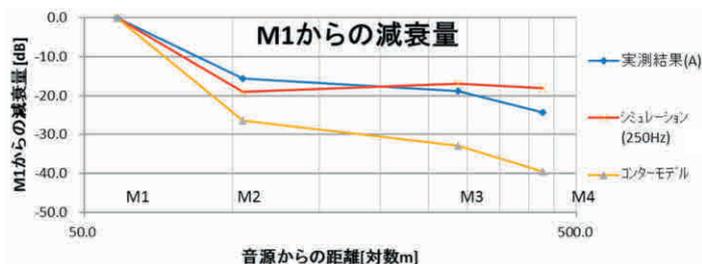


図 4：検証例 2 の結果

結果を見るとシミュレーション予測と実測条件が比較的合致している。当日の風向が音が伝搬しやすかったのに比べ、シミュレーション予測で風向を考慮していないことを考えると、シミュレーション予測が実測結果より低いところに行くべきであるが、コンターモデルと比較すると結果は良いといえる。このことから建物と地形の影響を反映することによって、予測精度向上に繋がること明らかになった。

地面吸音については、実際のターミナル周辺にコンクリート・アスファルト素材の音響反射率の高い建物地面が多かったためか、シミュレーション予測が一律全反射の設定でたまたま合致したようである。ただシミュレーションモデルは M3-4 以遠で、土の地面や木造家屋のような吸音性の建物地面が増えるためか、不整合が出てきておりさらなる検討が必要である。これについては、今後のシミュレーションモデルの開発で解決していく必要がある。

4. 今後の課題

このように、地上騒音予測の検証の取り組みを行っているところであるが、さらなる要素の検討が必要だということがわかってきている。具体的には、建物の素材による吸音反射の検討、地面表面の吸音反射の検討、気象（風、気温等）の影響の検討と考えるべき要素が様々ある。これらをもって、シミュレーションモデル自体の精度の確保を行うとともに、複数の空港での事例検討を重ね、最終的にコンター作成モデルの予測精度向上へと反映させたいと考えている。

文献

- 1) 山田一郎, 航空機騒音の予測における地上騒音の取り扱い, 航空環境研究 No.18 (2014) .
- 2) 道路交通騒音の予測モデル "ASJ RTN-Model 2008" の解説と手引き (2009)、日本音響学会
- 3) T.Nakazawa, M.Sugawara, H.Yoshioka, I. Yamada, "Study on the validity of an airport noise model considering aircraft ground operation noise," INTER-NOISE 2015 (2015) .

研究報告

諸外国における騒音および飛行経路監視システムの紹介と 情報公開システムの課題*

後藤 恭一**

1. はじめに

わが国の航空機騒音に係る環境対策体系は大きく分けると、発生源対策、空港構造改良、空港周辺対策の3つがある。騒音や飛行コースの監視および情報公開は、発生源対策の運航方式の改良に該当する。諸外国においては騒音および飛行経路監視システムの運用とそれら情報公開が先駆的に行われている。情報公開の目的は、環境に配慮した取り組みの一環として航空機騒音の発生状況や空港に離着陸する航空機の飛行経路を公開することにより、住民の理解を図るためのものとされている。その地域共生の手段として、飛行情報や騒音レベルなどの情報公開や情報周知がある¹⁾。これまでに航空環境研究センターでは海外主要空港における航空機騒音対策の現状を調べるための調査を欧州4空港、および米国7空港で実施してきた。そこで、これら空港における騒音および飛行経路監視システム概要を紹介するとともに、情報公開の課題について触れたい。

2. モニタリングシステムと情報公開の世界動向

これまでに海外調査を実施した空港は以下の通りである。

欧州：

アムステルダム・スキポール空港、パリ - シャルル・ド・ゴール空港、フランクフルト空港、ロンドン・ヒースロー空港

米国：

サンフランシスコ国際空港、シアトル・タコ

マ国際空港、ジョン・F・ケネディ国際空港、ラガーディア空港、ロサンゼルス国際空港、ロナルド・レーガン空港、ワシントン・ナショナル空港、ワシントン・ダレス国際空港

これらのほとんどの空港で、騒音および飛行経路が公開され、いくつかの空港では Web から苦情を受け付けるシステムを有する空港もあった。日本では、成田国際空港、東京国際空港、中部国際空港の3空港で騒音および飛行コースを公開しているが、オンライン上で苦情を受け付けていない。この点が諸外国と異なる。

これら空港の騒音と飛行経路の監視システムについて整理すると、4つのパターンに分けられる。

1. 飛行経路のみモニタリングしているが、空港周辺の各自治体の市役所等で閲覧可能となっている空港。シャルル・ド・ゴール空港。
2. 騒音と飛行経路をモニタリングしているが、飛行経路のみを公開している空港。サンフランシスコ空港。
3. デンマークに本社を置くブリュエル・ケアー (Brüel & Kjær) 社による WebTrak と呼ばれるシステムにより運用、公開されている空港。ロンドン・ヒースロー空港、ジョン・F・ケネディ国際空港、ラガーディア空港、ロサンゼルス国際空港、ロナルド・レーガン空港、ワシントン・ナショナル空港、ワシントン・ダレス国際空港の7空港。
4. WebTrak 以外のシステムにより運用、公開している空港。アムステルダム・スキポー

* Current status and issues of information disclosure system for noise monitoring and flight path monitoring system

** 航空環境研究センター 調査研究部 部長代理

ル空港、フランクフルト空港の2空港提供情報は、いずれの空港も騒音については瞬時瞬時の騒音レベル（大半が1秒間の等価騒音レベル ($L_{eq,1s}$)）が示されている。飛行経路についても、出発・到着・上空通過の種別、航空機識別、機種、出発/目的地の他、高度と速度の情報が表示されている。

苦情の受付は空港によって異なる。シャルル・ド・ゴール空港では、各空港に設置されている Maisons de l'environnement（環境の家）と呼ばれる機関でのみ受け付けている。その他の空港では、WebTrak と呼ばれるシステムによるオンライン受付の他、電話、電子メールにより苦情を受け付けている。

3. 各空港の特徴

3.1 WebTrak の特徴

調査した空港のうち大半は運用システムとして WebTrak が用いられている。WebTrak のサイトによれば、世界 13 カ国、76 空港で稼働している²⁾。但し、全ての空港が閲覧で

きるのではなく、一部の空港についてはパスワードによる制限がかかっている。

WebTrak では、空港周辺に設置された騒音監視局の測定値が表示されている。騒音はリアルタイム情報の場合（但し、空港毎に情報の遅延がある）には、瞬時瞬時の騒音レベルが表示される。過去の再生データについては、イベントノイズ（航空機騒音）の最大騒音レベル ($L_{A_{smax}}$)、 L_{eq} 、継続時間 (Duration) 情報も表示される。WebTrak では、騒音レベルの監視と、飛行経路の情報を組み合わせて、航空機騒音と周辺騒音（コミュニティノイズ）を区別している。

WebTrak の特徴は、騒音と飛行経路の他、Web から苦情を受け付けるシステムを有している点である。3つのステップで苦情が受け付けられる。①（どこで）地図上の位置を指定する②（いつ）期間を選択する③（どの）苦情を報告するフライトを選択する。このステップを踏まえると、苦情フォームが立ち上がる仕組みになっている。

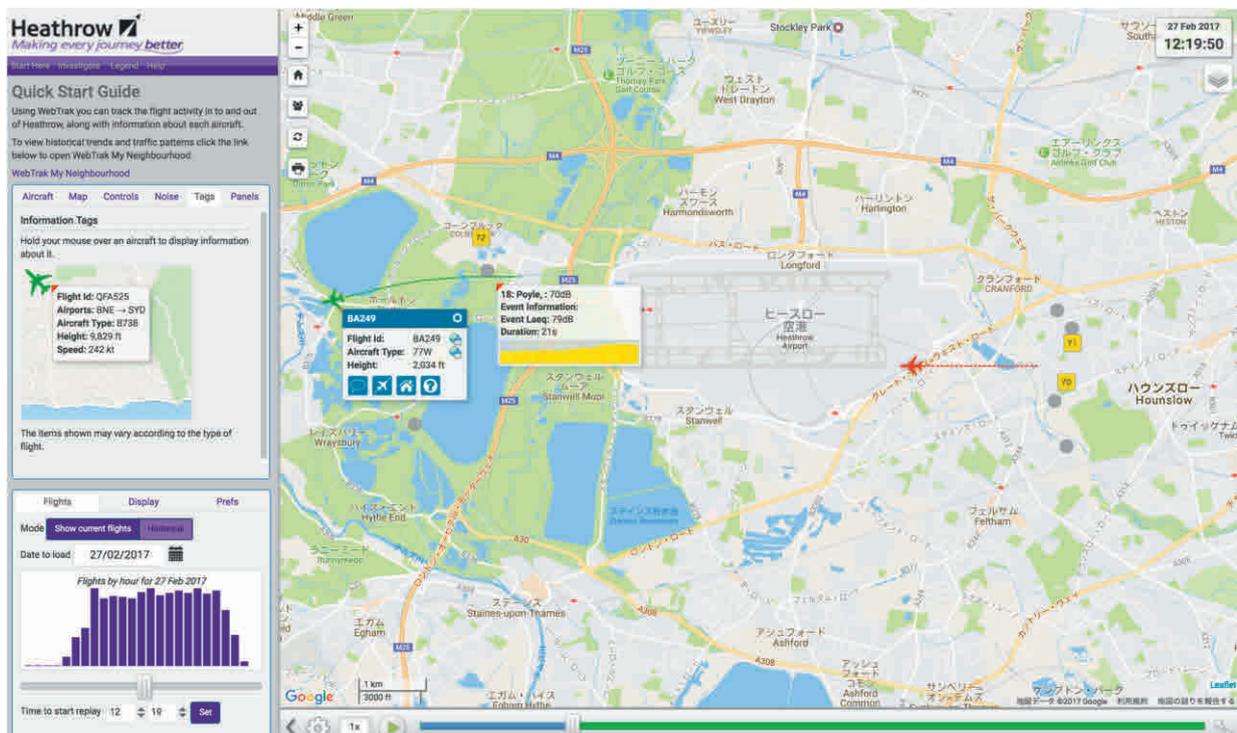


図1 WebTrak による情報公開（ヒースロー空港の例）

表1 国別のWebTrak 運用空港数

国	運用空港数
オーストラリア	11 空港
ベルギー	1 空港
カナダ	3 空港
中国	1 空港
デンマーク	1 空港
フィンランド	1 空港
アイルランド	1 空港
南アフリカ	3 空港
スペイン	6 空港
スウェーデン	14 空港
オランダ	1 空港
英国	6 空港
米国	27 空港

3.2 WebTrak 以外のシステムが稼働している 空港の特徴

前述の通り、多くの空港においてはブリュエル・ケアー (Brüel & Kjær) 社による WebTraK が稼働し、情報が公開されている。そこで、ここでは特色のある情報公開、苦情対応を行っている空港について紹介する。

スキポール空港

スキポール空港では、NOMOS と呼ばれる騒音監視と、CASPER と呼ばれる飛行経路監視システムが稼働している。騒音監視と飛行

経路監視情報はリンクしていない。

NOMOS は 1993 年から稼働し、Web 上から 31 局全ての騒音監視局、2 か所の低周波騒音監視局の住所、設置年、稼働状態のほか、地図上における位置、周囲の様子も表示されている。騒音レベル等は ACTUEEL のページに示されている。騒音レベルは 40 ~ 80dB (A)、低周波も 40 ~ 80dB (C) の範囲をそれぞれ色分けで表示して、さらに騒音分布 (下図、青と緑で示された帯)、さらに 1 日当たりの騒音の発生回数の集計も表示される。

飛行監視システム CASPER は、出発・到着・上空通過の種別、機種、出発/目的地、高度、速度が表示される。また、航空機は高度別に色分けで表示されている。情報は過去にさかのぼって見ることができる。なお、情報は全てオランダ語で標記されている。

苦情は web によるオンラインのほか、電話及び訪問で受け付けている。窓口は、スキポール空港公社およびオランダ航空管制所 (LVNL) の共同運営の Bas (Bewoners Aanspreekpunt Schiphol) である。苦情に関する情報は統計処理され環境対策に活用され、各種レポート、出版物等も公開されている。

フランクフルト空港

騒音および飛行監視システムとして

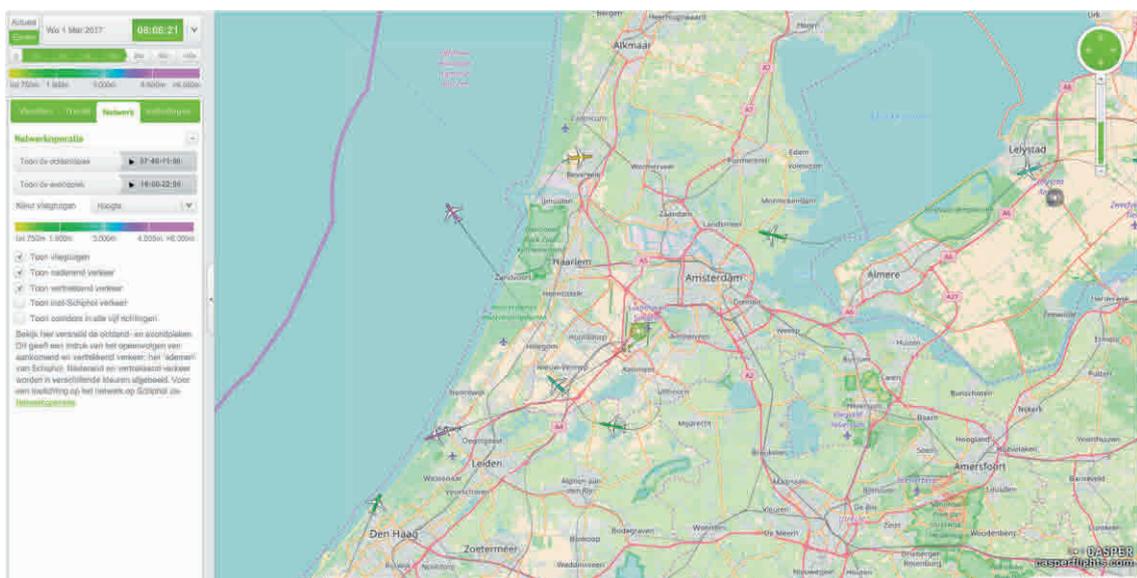


図2 アムステルダム・スキポール空港における CASPER による飛行経路公開

StanlyTrack が稼働している。画面上の表記は全てドイツ語である。騒音および飛行経路情報は過去にさかのぼって閲覧することが出来る。

騒音監視局は 30 局を有し、うち 27 局は固定局であり、3 局は移動局である。提供情報は航空機騒音および周囲の騒音である。画面上の観測局をクリックすると、1 秒毎の騒音が波形として示され、航空機騒音として観測された騒音は黄色、それ以外は緑色として区別して表示される。但し、リアルタイムで表示される騒音レベルは航空機騒音と環境騒音を区別したものではない。測定データは過去に遡って表示することが出来る。測定された騒音が航空機であるか否かの判断は、完了するまでに数日かかるため、直近の航空機騒音が表示可能な日時も同時にモニタリング内に表示される。航空機騒音として識別された騒音イベントは騒音レベルおよび測定局が橙色で表示される。

飛行経路は、経路の他、航空機の種別（出発・到着）、機材、出発地 / 目的地、高度、速度である。その他、風向、風速も提供されている。画面上では、出発機は赤色で、到着機は青色で区別されている。画面上の航空機をクリックすると各情報が得られる。さらにクリックすると、飛行中の高度変化等の情報も得られる。



図 4 フランクフルトの飛行経路情報



図 3 騒音レベルの表示

航空機は風向風速によって運航が異なるため、天気、気温、風向、風速などの情報も表示しているのが、このシステムの特徴である。苦情の窓口は FraportAG 社内に設置された部署が対応し、電話、FAX、手紙、インターネットで受け付けている。

サンフランシスコ国際空港

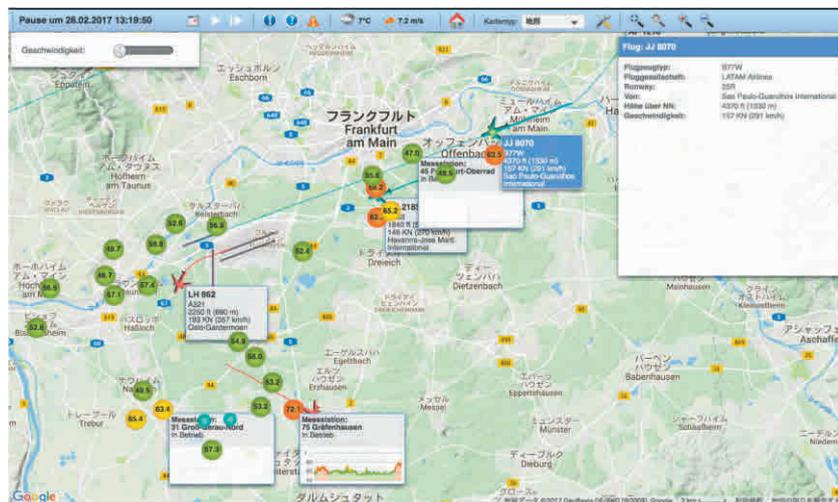


図 5 フランクフルト空港における騒音及び飛行経路公開

サンフランシスコ国際空港は、騒音監視システムは紹介されているが、リアルタイムでの騒音レベルは公開されていない。騒音監視システムとしてVOLANS⁵⁾と呼ばれるシステムが2000年から稼働している。

VOLANSは、飛行操作を3Dで表示するように設計されたWebベースのアプリケーションである。その他、目を引くのはPilot Modeと呼ばれる3D表示である(図6)。あたかも航空機のパイロットの目線で飛行経路が展開される。このモードの設ける真の目的は不明であるが、とにかく公開した情報を”見てもらえなければ、情報公開の目的を達することが出来ない。そのための工夫の一環とも考えられる。また、履歴データの再生することができ、出発地/目的地、高度、速度、機種、飛行番号を含む航空機のデータを表示することができる。

その他、サンフランシスコの特徴は操作性である。マウスを使い、他のシステムより簡単に操作することができる(図7)。



図6 サンフランシスコ空港の飛行経路に関する公開情報の工夫 (Pilot Mode)



図7 サンフランシスコ空港の飛行経路の情報

4. 情報公開システムの課題

欧米における騒音および飛行経路の公開を整理すると、ほとんどの空港で騒音および飛行経路情報を提供している。公開方法としては、リアルタイムで航空航跡と騒音の変化をオンラインで公開し、ビジュアル的にも優れたシステムとなっている。さらにいくつかの空港ではWebから苦情を受け付けるシステムを稼働している空港もあった。

情報の公開の目的は、いわば住民参加による環境保全を目指すものであるが、その点において情報説明の課題も残されているのではなかろうか。

空港周辺に居住する方々と航空機騒音に関する意見交換をすると、「われわれにとって分かりやすい航空機騒音の指標はピーク値(最大騒音レベル(L_{Amax}))である。実際にピーク値を測って環境基準(L_{den})の値と見比べると環境基準の値は遥かに下回っている。理解が出来ないし、そもそも納得できない」との意見を聞く。ピーク値と航空機騒音の環境基準である時間帯補正等価騒音レベルの違いを分かりやすく説明しなければ、その溝は埋まらない。騒音監視システムで表示されているのは、まさに航空機騒音のピーク値であ

る。たしかに常時監視局を設置して情報を公開する目的のひとつに、きめ細かく状況を伝えることにある。しかし、航空機騒音は運航形態、機種等の様々な条件によって騒音レベルが異なるため、航空機騒音に係る環境基準は年間の評価量となっている。住民の理解を得るためには、瞬時瞬時の値と年平均値の違いのギャップを埋めることが必要と考えられる。例えば、アムステルダム・スキポール空港では、騒音モニターを表示している画面内から騒音を解説するページにリンクする工夫もある。掲載されている内容は少々専門的であるが、最大騒音レベルと航空機騒音の評価量の違いなどが示されている。我が国においても、情報を見る側の一層の配慮が必要ではないだろうか。

文献

- 1) 上田麻里, 日本における航空機騒音の情報公開システムのあり方について: 航空環境研究 No.20 (2016), P.58 - 58
- 2) Web Trak (webtrak5.bksv.com)
- 3) Schiphol NOMOS ONLINE
(noiselab.casper.aero/ams/#page=home)
- 4) FRAPORT:
(franom.fraport.de/franom.php)
- 5) SFO
(www.flysfo.com/community/noise-abatement/aircraft-noise-monitoring-system)

表2 各空港における騒音および飛行経路監視システムの整理

空港	スキポール空港	シャルル・ド・ゴール空港	フランクフルト空港	ヒースロー空港
騒音監視システム 騒音監視局 提供情報	NOMOS 31局 航空機と周囲の騒音レベル1日当たり発生回数	VITRAIL 22局 航空機と周囲の騒音レベル	StanlyTrack 27局(固定) 3地点(移動) 航空機と周囲の騒音レベル	WebTrak 12局 航空機と周囲の騒音レベル
飛行航跡システム 提供情報	CASPER 出発・到着・上空通過の種別 航空機識別 機種 出発/目的地 高度 速度	VITRAIL 出発・到着・上空通過の種別 航空機識別 機種 出発/目的地 高度 速度	StanlyTrack 出発・到着・上空通過の種別 航空機識別 機種 出発/目的地 高度 速度	WebTrak 出発・到着・上空通過の種別 航空機識別 機種 出発/目的地 高度 速度
苦情の受け付け	オンライン・電話・メール	受付窓口	電話, FAX, 手紙, インターネット	無料電話、電子メール

空港	サンフランシスコ国際空港	シアトル・タコマ国際空港	ジョン・F・ケネディ国際空港	ラガーディア空港
騒音監視システム 騒音監視局 提供情報	VOLANS 29局 -	PublicVue 24局 航空機騒音・暗騒音・Leq,1s	WebTrak 6局 航空機騒音・暗騒音・Leq,1s	WebTrak 6局 航空機騒音・暗騒音・Leq,1s
飛行航跡システム 提供情報	VOLANS 出発・到着・上空通過の種別 航空機識別 機種 出発/目的地 高度 速度	PublicVue 出発・到着・上空通過の種別 航空機識別 機種 出発/目的地 高度 速度	WebTrak 出発・到着・上空通過の種別 航空機識別 機種 出発/目的地 高度 速度	WebTrak 出発・到着・上空通過の種別 航空機識別 機種 出発/目的地 高度 速度
苦情の受け付け	オンライン(WebTrak)、電話、メール、手紙	オンライン(WebTrak)・電話・メール・受付窓口	オンライン(WebTrak)	オンライン(WebTrak)

空港	ロサンゼルス国際空港	ロナルド・レーガン・ワシントン・ナショナル空港	ワシントン・ダレス国際空港
騒音監視システム 騒音監視局 提供情報	WebTrak 25局 騒音・Leq,1s	WebTrak 15局 騒音・Leq,1s	WebTrak 15局 騒音・Leq,1s
飛行航跡システム 提供情報	WebTrak 出発・到着・上空通過の種別 航空機識別 機種 出発/目的地 高度 速度	WebTrak 出発・到着・上空通過の種別 航空機識別 機種 出発/目的地 高度 速度	WebTrak 出発・到着・上空通過の種別 航空機識別 機種 出発/目的地 高度 速度
苦情の受け付け	オンライン (WebTrak)	オンライン (WebTrak)、電話、 メール	オンライン (WebTrak)、電話、 メール

シアトル・タコマ国際空港については調査当時（2014年）の情報を示している。

研究報告

航空機エンジンから排出される NOx が 空港周辺大気環境に与える影響*

橋本 弘樹**

1. はじめに

航空機エンジンからの排出物が空港周辺大気環境に与える影響は、我が国をはじめ多くの国で検討が行われている。

本稿では、航空機エンジンから排出される大気汚染物質のうち排出量を大幅に削減することが難しい窒素酸化物の NOx（一酸化窒素 (NO) および二酸化窒素 (NO₂)）に着目して、航空機機種別排出量の就航年から見た傾向や機材の大きさからみた NOx 排出の傾向を調べるとともに、空港周辺における NOx 排出量及び NO₂ 濃度の推移と要因分析を行い、NOx 問題の日本とヨーロッパの空港周辺との違いについていくつかの考察を行ったので報告する。

2. 航空機エンジンから排出される大気汚染物質

航空機エンジンから排出される汚染物質には、健康影響が懸念される物質があり、国際民間航空機関・航空環境保全委員会 (ICAO・CAEP) で規制を行っている。航空機エンジンから排出される汚染物質の環境に与える影響を表 1 に整理する。このなかには現在規制を検討中の物質もある。

航空機が排出する大気汚染物質の寄与を輸送機関別のエネルギー消費割合から推定すると、ジェット燃料として 4.4%消費している¹⁾、これが燃焼に使われるとエンジン、燃料により多少異なるものの生成される汚染物質も概ねこれに相当する排出割合になることが推定される。

表 1 航空機エンジンから排出される大気汚染物質

排ガス種別	空港周辺	地球環境
二酸化炭素 (CO ₂)		△ 温室効果ガス
窒素酸化物 (NOx)	健康(呼吸器障害、発ガン)	○ 温室効果ガス生成
炭化水素 (THC)	健康(目、呼吸器障害、発ガン)	○
一酸化炭素 (CO)	健康(めまい、吐き気、酸欠)	○
PM (PM2.5よりも粒径が小さいPMの健康影響懸念)	健康(呼吸器障害、発ガン)	△ 巻雲 飛行機雲
硫黄酸化物 (SOx)	健康(呼吸器障害)	なし

○ : ICAO規制あり、△ : 規制を検討中

図 1 に示すように航空機エンジンからはエンジン推力により汚染物質ごとに排出特性が異なり、NOx は高い推力時に多く排出される。エンジンメーカーはこれまで燃焼効率を改善してきているので、NOx 排出を削減することは難しい課題である。

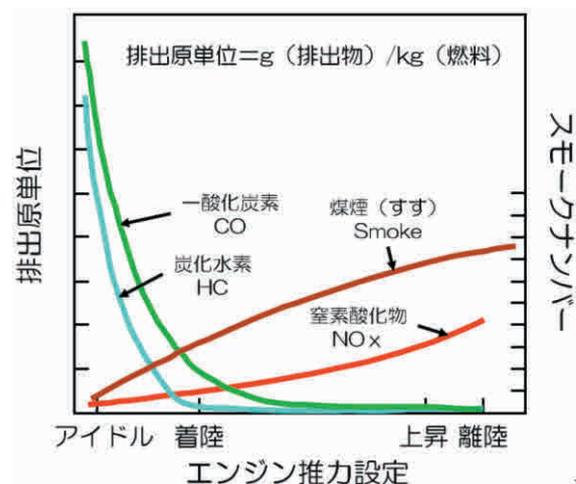


図 1 燃焼に伴う航空機排出物の排出特性

ロンドンヒースロー空港を例にすると、図 2 に示すように空港内で EU/UK の環境基準である NO₂ 濃度の年平均値が 40 μg/m³ を

* Influence of NOx exhausted from aircraft engines to environmental air around four major airports in Japan

** 航空環境研究センター 調査研究部 主任研究員

超える測定地点 (LHR2) がある。このことは航空機からの NO_x 排出の影響は空港周辺で無視できないことを示している。

また空港の大気環境調査などの環境対策に充当するためにヨーロッパの 25 空港にて航空機からの NO_x 排出量に応じた課金制度を導入している³⁾。

このような背景の中、ICAO では航空機からの NO_x 排出量を削減するために表 2 に示すように NO_x 排出物規制を 1981 年に導入し、それ以降 4 回にわたり NO_x の基準を強化してきた。

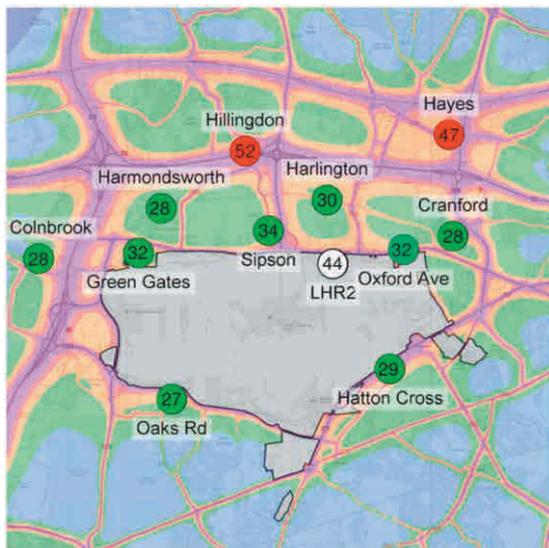


図 2 ヒースロー空港周辺の NO₂ 濃度 (○の中の数値が 2015 年の年平均値) (単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)²⁾

出典: UK Aviation and Air Quality Report
(www.sustainableaviation.co.uk)

表 2 ICAO/CAEP による航空機排出ガス規制

年	主な出来事
1971	CAN (Committee on Aircraft Noise) 発足
1977	CAEE (Committee on Aircraft Engine Emissions) 発足
1981	Annex 16 Vol. II (航空機排出ガス基準) 制定(1986年から適用) 窒素酸化物 (NO _x)、炭化水素 (HC)、一酸化炭素 (CO)、煤煙(すす)
1982	CAEP (Committee on Aviation Environmental Protection) 発足 CANとCAEE統合
1986	第1回CAEP本会議
1991	第2回CAEP本会議 NO _x の排出ガス基準を20%強化に合意(1996年から適用)
1995	第3回CAEP本会議
1998	第4回CAEP本会議 NO _x の排出ガス基準 (CAEP/2)をさらに16%強化に合意(2004年から適用)
2001	第5回CAEP本会議
2004	第6回CAEP本会議 NO _x の排出ガス基準 (CAEP/4)をさらに12%強化に合意(2008年から適用)
2007	第7回CAEP本会議 CO ₂ の排出権取引制度に関するガイダンスに合意 空港周辺の大気汚染に対する課金制度のガイダンスに合意
2010	第8回CAEP本会議 NO _x の排出ガス基準 (CAEP/6)をさらに小型5%、中・大型機15%強化に合意(2014年から適用)

3. 航空機機種別排出量

航空機から発生する大気汚染物質は、空港近くで地上への影響が考えられることから、高度 3000ft (915m) 以下で発生した航空機排出物の量を推計して影響を評価する手法がある。ICAO では、空港離着陸に関する航空機の運航モードを図 3 に示す LTO (Landing and Take-off) サイクルと呼び、表 3 に示す運航モードごとに時間設定とエンジン推力設定を決めている。また、航空機エンジン種別ごとの運航モードに応じた排出原単位 (燃料流量当たりの排出量) が ICAO エミッションデータバンク⁴⁾にまとめられている。

航空機 1 機当たりの排出量は、航空機に装着されているエンジン種別を特定し、その排出原単位とエンジン基数を合わせることで求めることができる。同じ機種でも違うエンジン種別を装着できる航空機があるが、本稿では、航空機種別は特定できたが装着しているエンジン種別までは特定できなかったことから、当該航空機種に装着可能なエンジンの排出原単位を平均して用いて算出した。

空港全体からの航空機の排出量は、機種別排出量と空港の機種別運航回数から算出できる。

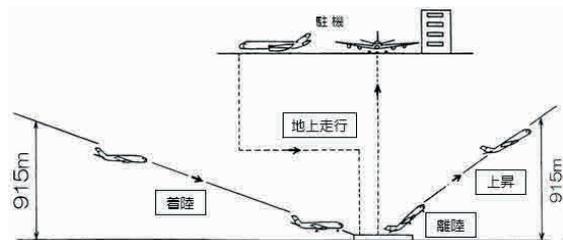


図 3 LTO サイクル

表 3 ICAO における LTO サイクル時間 (分) とエンジン推力設定

運航モード	時間 (分)	エンジン推力設定
離陸	0.7	100%
上昇	2.2	85%
着陸	4.0	30%
地上走行	26.0	7%

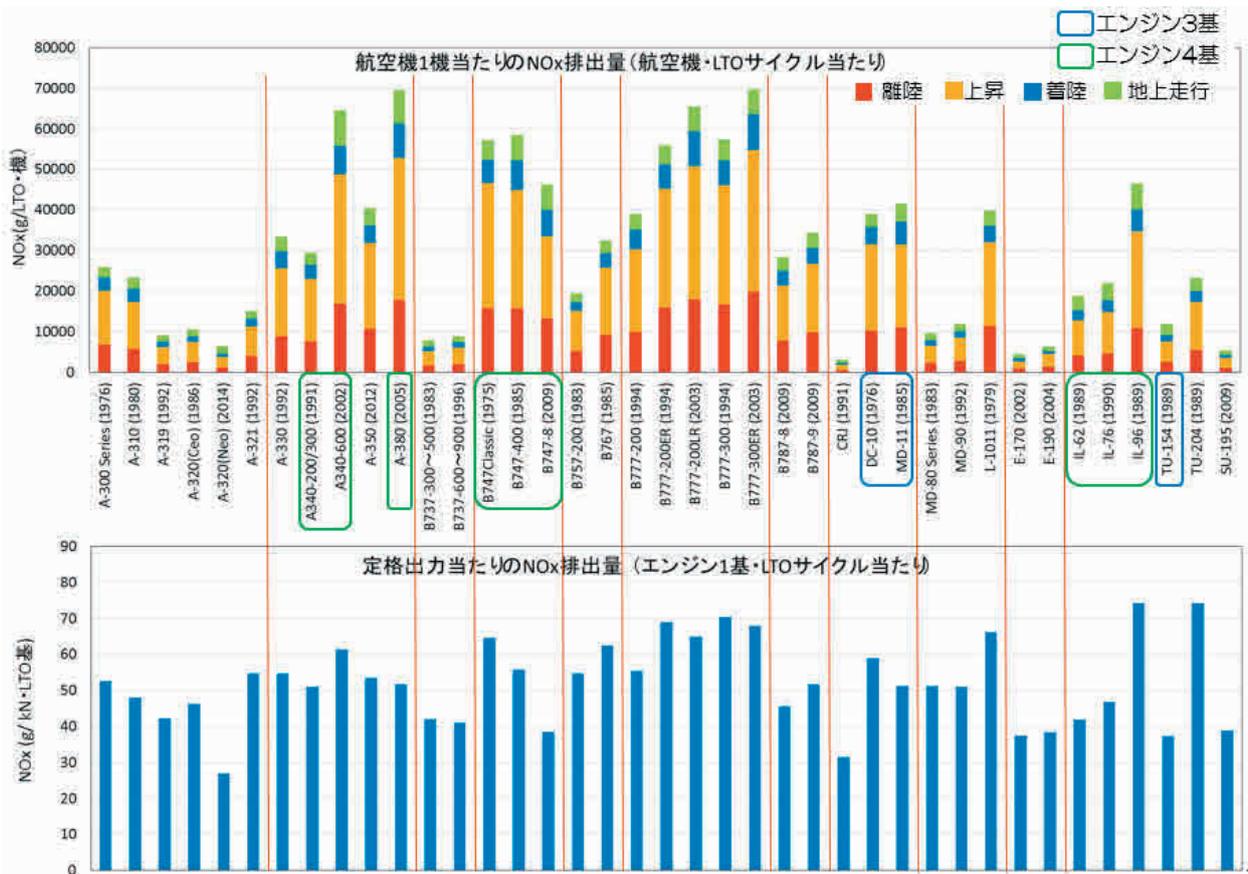


図4 機種別の航空機1機当たりのNOx排出量(上段のグラフ)と定格出力当たりのNOx排出量(下段のグラフ)

図4に機種別の航空機1機当たりのNOx排出量及び機種別の定格出力あたりのNOx排出量を示した。これらのグラフから航空機1機当たりのNOx排出量は離陸・上昇時に多いことがわかる。これは図1に示したエンジン排出特性によるものである。

航空機1機当たりのNOx排出量は、B747、B777シリーズ、A380、A340などの大型機において排出量が多く、A320、B737などの小型機では排出量が少ない傾向がある。一方、定格出力当たりのNOx排出量はB777シリーズでは就航年が新しいからと言って減少していないが、B747-8、A320(Neo)、B787-8など最新のエンジンを搭載した航空機が少ない傾向がある。特にB747シリーズでみるとB747ClassicからB747-400、B747-8と新しいエンジンになるにつれてNOx排出量が減少している。

4. 成田国際空港からのNOx排出量及びNO₂濃度の推移と要因分析

成田空港周辺地域共生財団の航空機騒音測定結果(年報)⁵⁾に記載されている機種別発着回数を基にICAOエミッションデータバンクのデータを用いて成田国際空港のNOx排出量を算出した。

図5に成田国際空港における1日当たりのNOx排出量及び1機当たりのNOx排出量を示す。1機当たりのNOx排出量は減少傾向を示しているが、運航回数が増加しているため、総量は漸減から横ばい傾向である。

図6に成田国際空港における主要機種の発着回数及び総発着回数の推移を示す。近年、LCCが運航するA320の運航回数が飛躍的に増加、またB787も増加している。一方、B747Classic、B747-400が減少している。このように航空機1機当たりの排出量が小さい

航空機の運航回数が増加し、排出量の大きな機材が減少しているため、発着回数当たりのNOx 排出量は減少傾向になっている。一方、

運航回数が漸増しているため、総量は近年横ばい傾向になっている。

図7に成田空港周辺のNO₂濃度の年平均値の経年変化を示す。実線は成田国際空港株式会社が管理している測定局⁶⁾、点線は空港周辺自治体が管理する一般環境測定局⁷⁾の測定値である。全体的な傾向としてNO₂濃度はやや減少傾向に推移している。

この要因として自動車排出ガス規制強化⁸⁾による影響が年平均値の減少傾向をもたらしていると考えられたため、道路近傍にあり自動車の影響が比較的大きいと推定される測定局(R)と、道路の影響が少なく空港の影響が比較的大きいと推定される測定局(A)及び空港の影響が少ないと推定される測定局(S)の3グループに分けて、年平均値の推移(年平均値の減少傾向)に違いがみられるかどうかを

検討した。R、A、Sの3グループに分けた成田空港周辺の測定局の配置図を図8に示す。

その解析結果を図9に示す。3グループの年平均値の推移について線形近似して傾きを求めた結果、自動車の影響が比較的大きいと推定される成田Rグループは傾きが-0.46であり、他の2グループに比べて大きい値を示していた。この結果は自動車排ガスの影響低下が空港周辺においてもNO₂濃度の低減につながっていることを示唆している。成田Aと成田Sのグループは、傾きがそれぞれ-0.31、-0.33となり、ほぼ同じであることは、Aグループにおいて航空機からのNOx排出量はあまり影響がなく、自動車排ガスを含むバックグラウンド濃度によって年平均値が決まることを示唆している。AとSの濃度差はAが比較的市街化されているのに対し、Sは市街化されていない地域のそれぞれのバックグラウンド濃度の違いによるものと思われる。

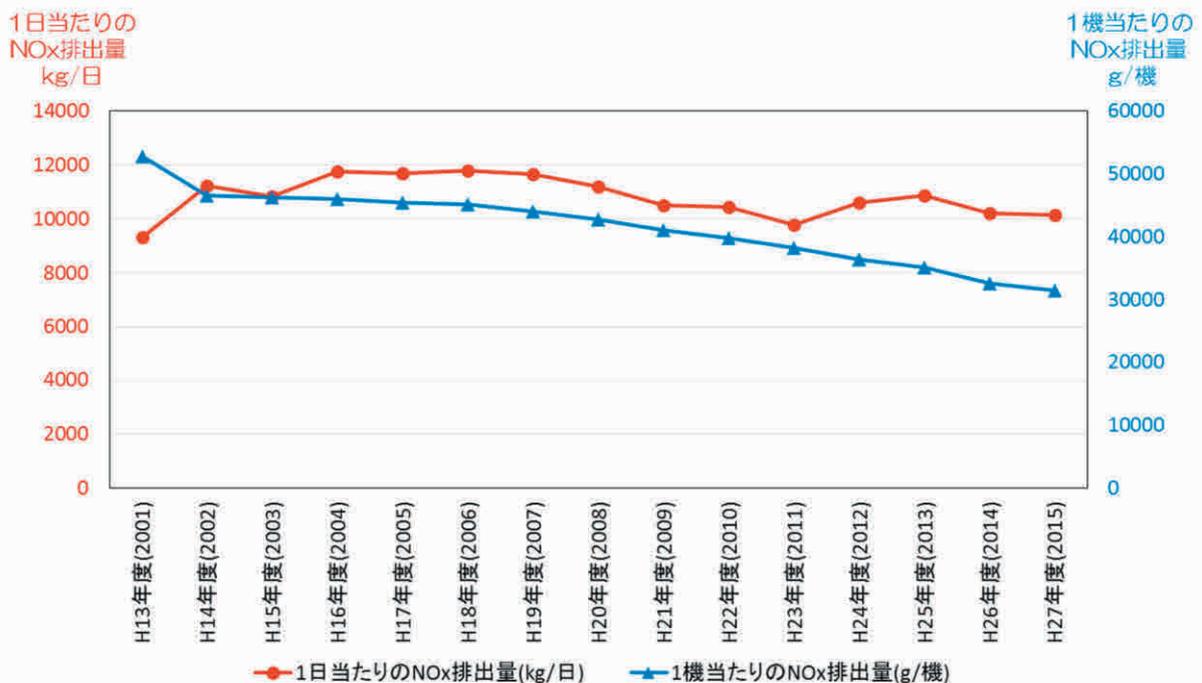


図5 成田国際空港における1日当たりのNOx排出量及び1機当たりのNOx排出量主

出典：(一財)成田空港周辺地域共生財団 航空機騒音測定結果(年報)の機種別運航回数及びICAOのエミッションデータベースのデータを基に作成

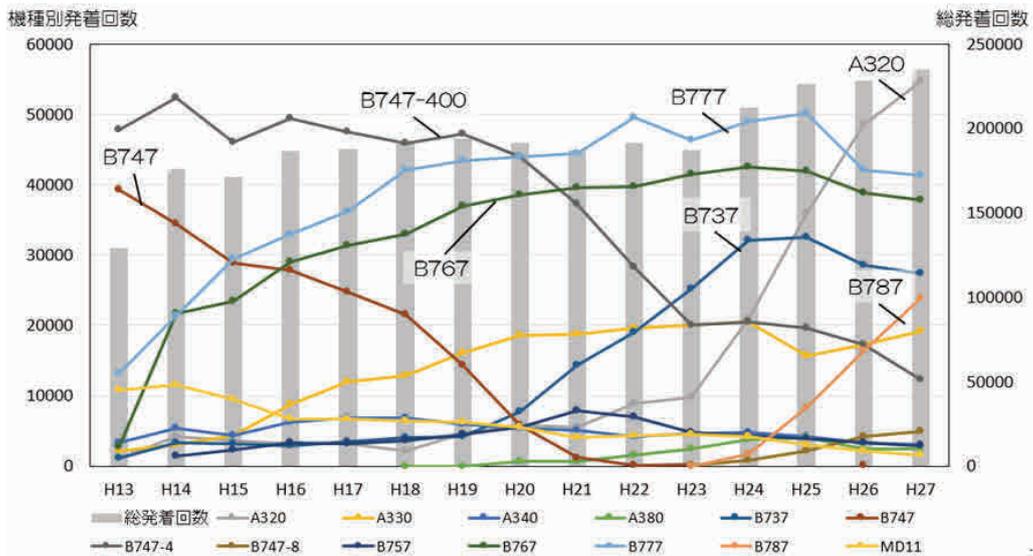


図6 成田国際空港における主要機種の発着回数及び総発着回数の推移

出典：(一財)成田空港周辺地域共生財団 航空機騒音測定結果(年報)の機種別運航回数を基に作成

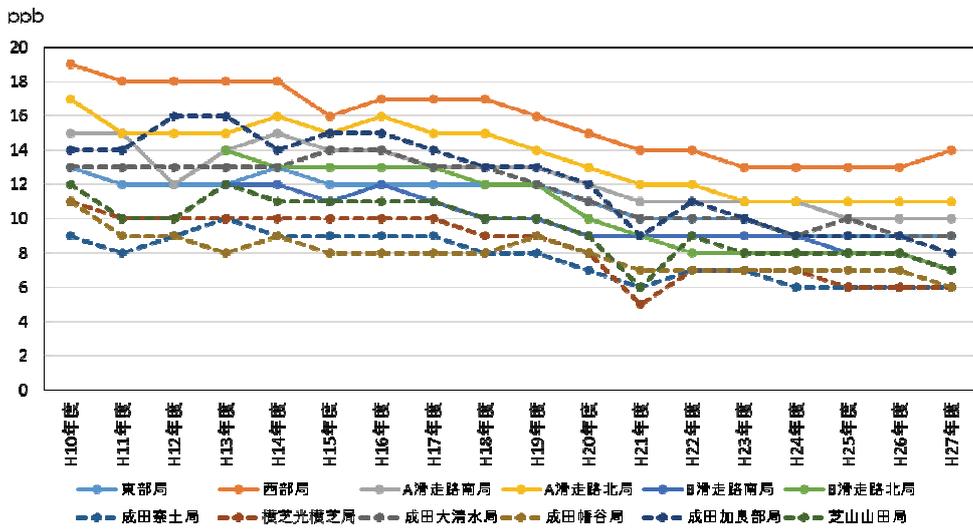


図7 成田国際空港周辺のNO2濃度の年平均値の経年変化

出典：成田国際空港 環境報告書及び国立環境研究所 環境数値データベース「大気環境月間値・年間値データファイル」を基に作成

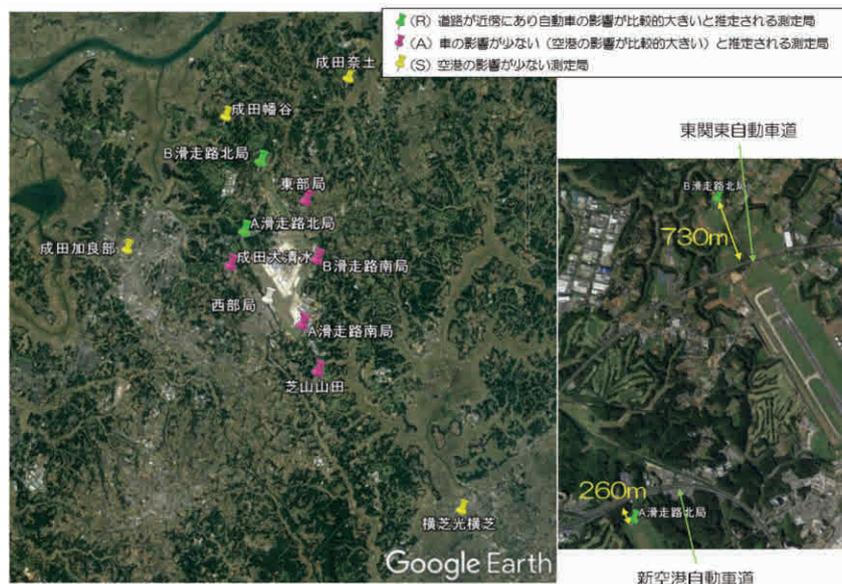


図8 成田空港周辺の測定局の配置図

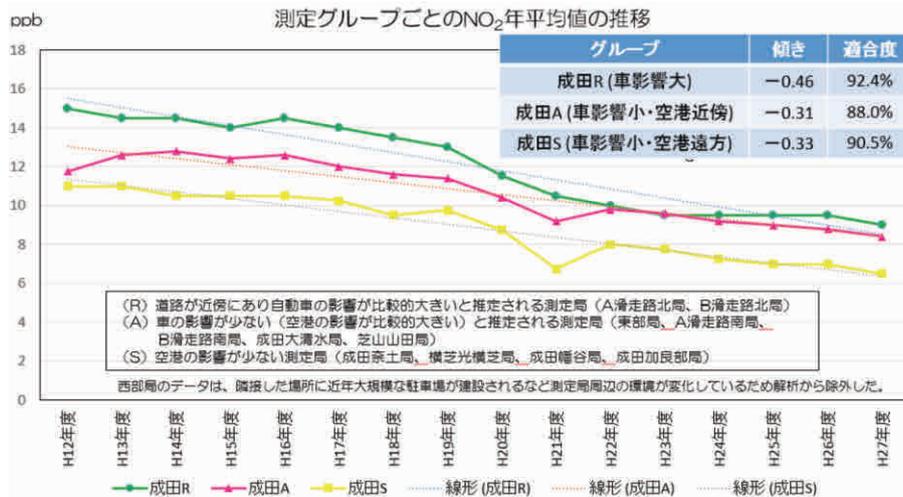


図9 解析結果

5. 他空港における NO_x 排出量及び NO₂ 濃度の推移

4. から得られた結果は、成田空港における NO₂ 濃度の検討結果である。NO₂ 濃度の減少傾向は航空機の影響よりも主として車の影響によるものと考えたが、成田空港のみの結果だけでは、それを証明することは出来ないと考えられる。そこで他の空港周辺においても同様の結果が認められるかを検討した。

検討にあたっては、成田空港と同様に他の空港においても1日当たりの NO_x 排出量の推移を求めた。また、それぞれの空港周辺の大気環境測定局を①車の影響が大きい自動車排出ガス測定局 (以下自排局と略す)、②市街化され車の影響が中程度の一般環境大気測定局 (以下一般局と略す)、③あまり市街化されていない車の影響が少ない一般局の3グループ分けて解析を行い、年平均値の推移 (年平均値の減少傾向) に違いがみられるかどうかを検討した。

検討した空港は、大阪 (伊丹) 空港、新千歳空港、福岡空港の3空港である。成田空港を含めた4空港の1日当たりの NO_x 排出量の推移を図10に示す。また、図11に平成26年度の NO₂ 濃度の年平均値を示す。

NO_x 排出量は成田空港が突出して多く、そ

他の3空港は同程度である。それにもかかわらず、成田空港周辺の NO₂ 濃度観測結果は大阪空港や福岡空港周辺よりも低い値になっている。これは、航空機からの排出量ではなく、その地域の自動車や産業などからの排出源の影響を受けていることを示している。

さらに NO₂ 濃度の減少傾向を「傾き」により検討し「傾き」の妥当性を適合度により検討した結果を表4に示す。

この「傾き」の結果から、自動車排出ガス規制強化の影響で全国の NO₂ 濃度が減少している傾向が見て取れる。また、NO₂ 濃度の減少傾向は車の影響が大きい自排局が大きく、市街化され車の影響が中程度ある大都市の一般局も大きい。あまり市街化されていない車の影響が少ない測定局でも減少傾向が小さいものの同様の傾向がある。

空港周辺の測定局でも同様の傾向がみられ航空機排出物の影響よりも自動車排出ガスが低減された影響で NO₂ 濃度が減少していることを示す結果となった。

6. NO_x 問題の日本とヨーロッパの空港周辺との違いについての若干の考察

前述の通り航空機からの NO_x 排出量と自動車からの NO_x 排出量によって空港におけ

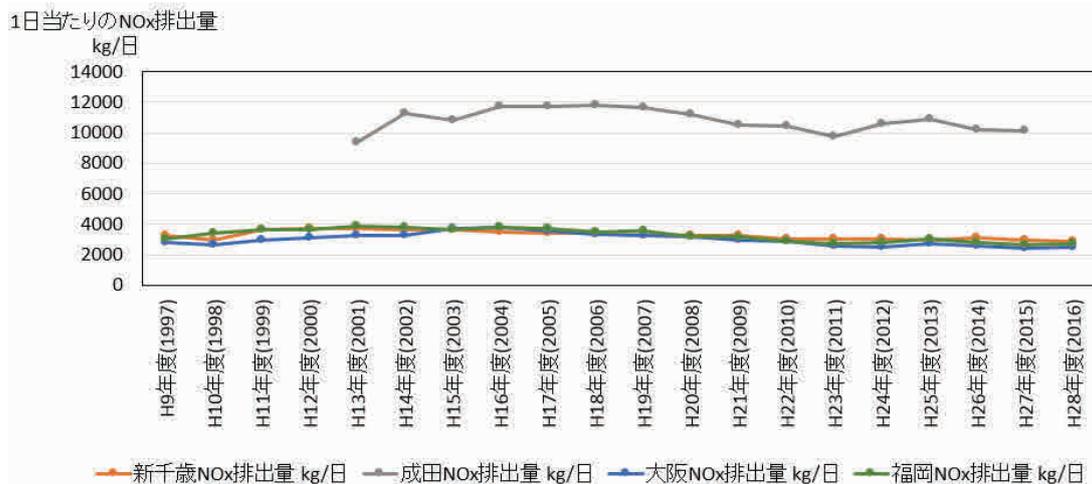
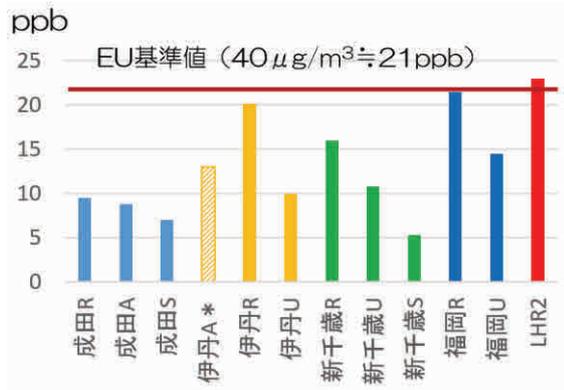


図 10 4空港の1日当たりのNOx排出量の推移

出典：新千歳、大阪、福岡空港は4月1日の時刻表の国内線のための機種別運航回数及びICAOエミッションデータベースのデータを基に作成

図 11 平成26年度のNO₂濃度の年平均値表 4 NO₂濃度の減少傾向の解析結果のまとめ

グループ	傾き	適合度
福岡R (車影響大)	-1.24	96.1%
伊丹R (車影響大)	-1.06	96.2%
伊丹A (車影響中・空港近傍)	-0.96	80.0%
伊丹U (車影響中・空港遠方)	-0.81	90.2%
千歳R (車影響大)	-0.66	92.4%
福岡U (車影響中)	-0.62	86.6%
成田R (車影響大)	-0.46	92.4%
千歳U (車影響中)	-0.41	87.6%
成田S (車影響小・空港遠方)	-0.33	90.5%
成田A (車影響小・空港近傍)	-0.31	88.0%
千歳S (車影響小)	-0.24	83.6%

るNO_x問題への対応が異なると言える。そこで、NO_x問題の日本とヨーロッパの空港周辺の違いを表5にまとめた。

日本の空港では市街地に近い内陸空港でも自動車からのNO_x排出量が少なくなっている。また市街地に近い内陸空港で航空機からのNO_xが一定程度発生する巨大空港はない。このため、日本の空港周辺でのNO_x問題は現在では大きな課題となっていない。

一方、ヒースロー空港などは自動車等からのNO_x排出も多いうえに、巨大空港で航空機からのNO_x排出も加わり、空港周辺のNO_x問題はいまだに解決していない。また、ドイツ、スイスなどでは環境意識が非常に高いことから排ガス抑制に対する厳しい対応が続いている。

このため、世界的にはNO_x抑制の強化の動きがまだ続いており、ICAOでもNO_x規制を今後行う動きがある。

7. まとめ

- 航空機からのNO_x排出は高温燃焼時に多い。メーカーでは燃焼効率を高めることが優先されるため、これまでは新型エンジンの導入にもかかわらず、NO_x排出量を大幅に減らすことが難しかった。しかし、最新のエンジンを装着したB787、A320 (Neo)、B747-8はエンジン燃焼器の改良などの最新技術が盛り込まれNO_x排出が抑制されている傾向がみられる。
- 航空機1機当たりのNO_x排出量は、大型機は排出量が多く、小型機は排出量が少ない。

今回推計した国内4空港（大阪（伊丹）空港、新千歳空港、福岡空港、成田空港）ともに航空機1機当たりのNO_x排出量は大型機から中・小型の航空機へのシフトにより減少傾向となっている。

- 今回調査した各地の気象測定局におけるNO₂濃度の経年変化は徐々に減少している。その傾向を解析すると、自動車排ガス規制強化の効果によりNO₂濃度が減少していると考えられる。市街化されていない測定局などでも減少傾向は小さいものの同様である。空港周辺の測定局でも同様の傾向がみられ、航空機排出物の影響よりも自動車排ガスが低減された影響でNO₂濃度が減少していることを示す結果となった。
- 今回対象とした空港のNO_x排出量は運航回数が多い成田空港が突出して多く、その他の3空港（大阪（伊丹）空港、新千歳空港、福岡空港）は同程度である。それにもかかわらず、成田空港周辺のNO₂濃度観測結果は大阪空港や福岡空港周辺よりも低い値になっている。これは、航空機からの排出の影響ではなく、その地域の自動車や固定発生源（産業など）の排出源の影響を受けていることを示している。
- 日本の空港周辺では現在NO_x問題は大きな課題となっていないが、ヒースロー空港などは自動車等からのNO_xも多いうえに、巨大空港で航空機からのNO_xも加わり、空港周辺のNO_x問題は未だに解決していない状況にある。

表5 NO_x問題の日本とヨーロッパの空港周辺の違い

航空機からのNO _x 排出量(※)と運航回数	自動車等からのNO _x 排出量	NO _x 問題	備考
多い	多い	◎	ヒースロー空港など市街地に近い内陸空港
	中	△	
	少ない	×	(羽田(準海上空港))
中	多い	◎	
	中	△	
	少ない	×	成田(市街地から遠い)
少ない	多い	○	
	中	△	伊丹・福岡
	少ない	×	新千歳

(※)今回調査した対象4空港の相対比較で示した。

文献

- 1) 国土交通省「交通関連統計資料集」
- 2) UK Aviation and Air Quality Report (www.sustainableaviation.co.uk)
- 3) European Aviation Environmental Report 2016
- 4) ICAO Emission data bank (https://www.easa.europa.eu/document-library/icao-aircraft-engine-emissions-databank)
- 5) (一財)成田空港周辺地域共生財団 航空機騒音測定結果(年報)
- 6) 成田国際空港株式会社「環境報告書」
- 7) 国立環境研究所 環境数値データベース「大気環境月間値・年間値データファイル」
- 8) www.mlit.go.jp/jidosha/jidosha_tk10_000001.html(参照 2017-03-2)

研究報告

航空機騒音による健康影響*

後藤 恭一**、金子 哲也***

1. はじめに

道路や航空機などの交通騒音による健康影響は、1970年代から研究が行われている。しかし、健康影響とその現象は不快感（アノイアンス）、聴力、ホルモンの変化、血圧、高血圧症、心臓血管系疾患など多岐にわたる。また、騒音曝露から反応影響までの時間も、瞬時瞬時の反応から数十年の蓄積による疾病もある。しかし、それらは一括りとして「騒音影響」と称される。

では、騒音影響はどれくらいのレベルから生じるのであろうか。血圧の変化、睡眠深度の変化、覚醒など実験室における研究では騒音曝露レベルとの対応関係は比較的容易に導くことができ、睡眠中の脳波の変化は35dB程度、覚醒は40dB程度で反応することが知られている。しかし、生活の場における影響は、騒音曝露から疾病としての影響に至るには長期間を要することや、多くの要因が関与するため、騒音による影響が果たして生じるのか、また生じるのであれば、どの位のレベルから影響が生じるのかについては明確になっていない。しかし、居住環境における騒音によって健康被害が生じる懸念から、幹線道路や基地周辺において訴訟が提起され、健康被害が認められるかが争点となっている。

そこで、これまでの疫学調査等の結果や司法における健康被害の判断を整理し、福岡空港において実施したデータに基づき、健康被害（高血圧）が生じているか検証したので報告する。

2. 航空機騒音による健康影響とは何か

騒音曝露による主たる健康影響とは何か、どのような疾病等が生じるのか、騒音曝露から疾病発生までのメカニズムを整理する。

WHO欧州事務局が2009年に公表したNIGHT NOISE GUIDELINES FOR EUROPE 欧州夜間騒音ガイドライン（以降、NNGLと記す）²⁾は、睡眠妨害があまたの健康問題に関連している可能性があることから、睡眠保護を目的としたものである。健康影響として、ストレスレベルの変化、生活満足度（well-being）、不眠症、高血圧、虚血性心疾患などを取り上げている。

騒音曝露から疾病に至るメカニズムは、先ず耳に到達した騒音は聴覚器に直接的に影響を及ぼし、騒音レベル次第では聴力が低下する。聴力低下は、一過性のものと永久的なものがあり、後者を騒音性難聴と呼ぶ。騒音性難聴を引き起こさない騒音レベルによる影響は、会話・テレビ・授業等の聴取妨害となる。夜間に曝露されれば睡眠妨害となる。こうした生活妨害や睡眠妨害は心理的影響をおよぼすとともにストレス影響にもなる。次にストレスは生理的ストレス反応となり、内分泌系へ影響をもたらし、あらゆる疾病の遠因となる。また、自律神経系は血圧や心臓の反応を引き起こし、それが長期的に渡ると心臓血管系障害として顕在化すると考えられている。こうした、騒音曝露によるストレスは高血圧症および虚血性疾患を含む心臓血管系障害のリスクを増加させる、とのストレス仮説が騒音による身体影響のモデルとして一般的に考えられている。（図1）。

* A review of health effects of noise. And the association between aircraft noise and prevalence of hypertension.

** 航空環境研究センター 調査研究部 部長代理

*** 航空環境研究センター 技術アドバイザー

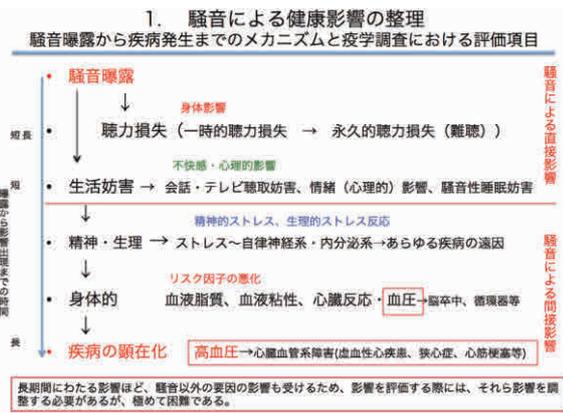


図1 騒音曝露から影響出現までのメカニズム

3. 騒音レベルと身体影響の関係

では、どれくらいの騒音レベルであれば身体影響が生じるのであろうか。身近な騒音の大きさと聴力、感覚、騒音影響の関係について整理したものが表1である。

表1 身近な騒音の大きさと聴力、感覚、騒音影響の関係

身近な騒音の大きさと聴力、感覚、騒音影響の関係					
下表は目安であり、その場の状況や条件などにより感じ方や大きさは異なるので、あくまで参考としてご覧下さい					
騒音レベル (dB)	騒音の種類	会話	聴力・感覚	1日当たりの聴力保護のための許容暴露	騒音影響
125	近くの車	不可聴	聴力的に障害	3秒	
120	飛行機のエンジン近く			9秒	
110	コンサート会場	ほとんど不可聴	まわめてうるさい	30秒	
105	ステレオ最大のボリューム			4分	
100	パワードリルのような木製工具			15分	
95	オートバイ	ほとんど不可聴	まわめてうるさい	47分	
90	犬の鳴き声 (5m)、カラオケ (店内中央)、ブルースーザー (5m)			2時間30分	
85	耳元で大きな声で怒鳴る	大声で0.3m以内で可能		8時間	聴力 (労働の許容上限) 8時間/3分暴露
80	地下鉄の案内 / バンコク店内		うるさい		
75	距離適度				
70	騒がしい街頭 セミの鳴き声 (2m)	大声で1m以内で可能			聴力 (生活空間の許容上限) 24時間一生埋
60	走行中の自動車内 / 普通の会話 テレビ (1m)	大声で3m以内で可能	普通		聴取妨害 虚血性の疾患のリスク増加
50	静かな事務室内 / 換気扇 (1m)	普通の声で3m以内で可能	騒音		聴覚・聴覚的音 高血圧・心臓疾患のリスク増加
40	閑静な住宅地 (庭) 図書館内	普通の声で10m以内で可能			夜間騒音ガイドライン
30	深夜の郊外 / 船室での寝静音	5m先のささやき声が聞こえる	静か		
20	木の葉の揺れ合う音 / 寝る際の音		極めて静か		

*WHOガイドライン(1999)
**WHO欧州事務局 Night Noise Guidelines for Europe(2009) 評価値は夜間8時間の屋外等価騒音レベルに相当

直接的に騒音レベルが聴力低下をもたらす聴覚器への影響については、古くから職業病としての騒音性難聴として取り扱われ、聴力保護のための許容量が示されている。騒音作業に従事する労働者の騒音 (8時間) の場合、国・機関によって若干異なるが、わが国は日本産業衛生学会が等価騒音レベル 85dBを指し示している。一般の生活の場面の許容値については、等エネルギー仮説に基づき24時間の値が換算されて70dBが示されている。なお、この値は屋外値であり、生活者は多くの時間を屋内で過ごすため、空港周辺では聴覚影響

は生じないと言われている。

聴覚器以外のストレスを介した影響については、WHOの「コミュニティノイズガイドライン (1999)」¹⁾は虚血性心疾患のリスクは65~70 $L_{Aeq,24h}$ の地域で増加することを指摘している。NNGLでは、健康を保護することを目的に夜間騒音のガイドライン値を $L_{night, outside}$ 40dBとしている。 $L_{night, outside}$ とは、夜間帯 (8時間) における等価騒音レベルに相当するもので、屋外の値として示されている。なお、暫定的目標値として $L_{night, outside}$ 55dBの値も示しているが、これは諸外国の事情により短期的にガイドラインを達成できない場合の値としている。さらに $L_{night, outside}$ 55dBについては心疾患リスクが増加する値であると指摘している。

4. NNGL による騒音による血圧、高血圧、心臓血管系障害について

NNGLでは高血圧、心筋梗塞の閾値も示されている。

航空機騒音による高血圧については3件かの調査^{3), 4), 5)}の結果が示されているが (図2)、閾値として L_{night} 50をどのように導き出しているかはレポートを読む限り不明である。

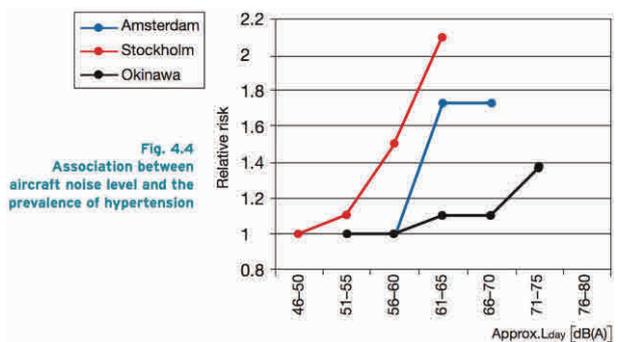


図2 航空機騒音と高血圧の関係 (NNGL)

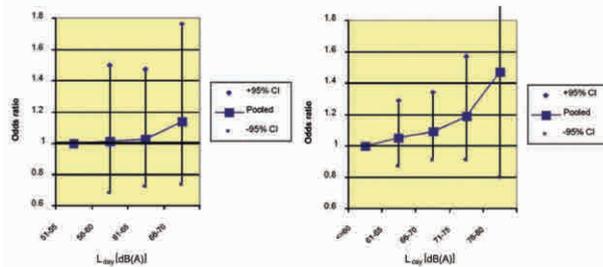
心筋梗塞については6件の調査結果^{6), 7), 8), 9), 10), 11)}とそれら結果に基づきメタ分析を行った影響推定値(オッズ比)が示されている。(表2)

表2 NNGLにおける日中の道路騒音 (L_{day}) と心筋梗塞の有病率 / 罹患率の関連性

Table 4.2
Single and pooled (meta-analysis) effect estimates (odds ratios and 95% confidence intervals) of descriptive and analytic studies on the relationship between road traffic noise level (L_{day}) and the incidence/prevalence of myocardial infarction

Description Outcome	Road traffic noise level - L_{day} (dB(A))					N
	91-95	96-100	91-95	96-100	91-95	
Comorbidity	1.00	1.30 (0.38-1.71) (12,206)	0.30 (0.26-1.44) (17,221)	1.02 (0.52-2.03) (1,898)		2212
Prevalence	1.00	1.00 (0.75-1.35) (23,391)	1.00 (0.76-2.21) (12,462)	1.07 (0.59-1.94) (20,342)		2340
Pooled	1.00	1.05 (0.88-1.25)	1.02 (0.72-1.47)	1.14 (0.73-1.78)		
Q-test		p=0.36	p=0.41	p=0.77		
Incidence	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
Comorbidity*	1.00	0.82 (0.27-1.37) (1,490)	1.18 (0.74-1.89) (17,491)	---	---	3900
Stroke†	1.00	1.46 (0.37-6.03) (1,202)	1.18 (0.60-2.31) (1,346)	1.20 (0.41-3.81) (1,339)	1.76 (0.31-10.8) (1,301)	3882
Stroke‡	1.00	1.18 (0.62-1.85) (20,421)	0.94 (0.62-1.42) (22,741)	1.07 (0.68-1.68) (18,821)	1.48 (0.77-2.78) (19,271)	4330
Stroke§	1.00	1.02 (0.77-1.35) (14,442)	1.13 (0.88-1.45) (19,871)	1.07 (0.88-1.31) (18,241)	---	4316
Pooled	1.00	1.09 (0.88-1.35)	1.00 (0.70-1.43)	1.10 (0.70-1.71)	1.67 (0.78-3.76)	
Q-test		p=0.37	p=0.87	p=0.54	p=0.90	

なお、いずれも騒音による影響の有意性は認められていないが、縦軸をオッズ比、横軸を騒音量 (L_{day} [dB(A)]) とした図を示し、騒音レベルの増加につれてオッズ比が上昇するグラフ上の傾向を以て「量 - 反応関係」とみなし、 L_{day} 60 dB(A) 以上の騒音レベルでは心筋梗塞リスクありとしている。さらに昼と夜の騒音のレベル差が経験的に 10 dB(A) であることから、 L_{day} 60 dB(A) から 10 dB(A) を差し引いた値、50 dB(A) を閾値としている。

Fig. 4.8 and Fig. 4.9
Pooled effect estimates (meta analysis) of descriptive and analytic noise studies of the association between road traffic noise level and the prevalence (left graph) and incidence (right graph), respectively, of myocardial infarction (odds ratio \pm 95% confidence interval).図3 メタ分析により推定されたオッズ比と道路騒音(昼間騒音レベル(L_{day} [dB(A)]))との関連性

こうした NNGL における見解について、FAA は「ガイドラインは少数の限定的な結果から基づいたものであり、また、文化や生活背景が異なるこれら知見をそのまま米国に当てはまられるものではない」との見解を示し、他の研究結果から得られた結果を米国に当てはめることを疑問視している¹²⁾。これは疾病や健康影響上のリスクとなる要因はひとつではなく、先天的、後天的要素、生活習慣、さらに自然および社会・文化的環境要素の関与するところが大きい。民族性や生活習慣が

異なる国家間、地域間で疾病の発生に大きな違いがあるため、ある国の発病率をそのまま他国に外挿することはできないとの姿勢であろう。国際民間航空機関 (ICAO) も ICAO ENVIRONMENTAL REPORT 2016 において、「騒音は、心臓血管への影響、特に高血圧への影響と関連性が示唆されているが、比較的少数の研究が実施されているに過ぎず、結論を出せるには至っていない。健康影響、騒音曝露との関連性については更なる研究が必要である。」と指摘している¹³⁾。

以上のように、騒音による健康影響については、結論を出せるほどの研究実績がないことの指摘もある。さらに、騒音との有意性が認められなかった結果に基づいて心筋梗塞の閾値を導いていることや、また、昼間の騒音から単純に 10 dB(A) を差し引いた値を夜間の騒音のガイドラインとしている点など議論の余地もある。

5. 差し止め訴訟における判例からみた健康被害の認否と受忍限度の騒音レベル

騒音訴訟の歴史は古く、ローマ法は煙・臭・音などの無形物が他人の土地に進入し、その所有系の完全性を傷つけることをイミシオと称し、損害賠償を認めていた¹⁴⁾。我が国でも、空港周辺や幹線道路、鉄道などの騒音によって健康被害が生じる可能性があるとして、幹線道路や基地周辺において訴訟が提起され、健康被害や睡眠妨害が争点となっている。そこで、騒音訴訟における判例から、健康被害の認否と受忍限度における騒音レベルの関係を整理した。

判例は以下を参考にした。

第1次嘉手納訴訟控 (福岡高判平 10)

第2次嘉手納訴訟控 (福岡高裁平 21)

第3次嘉手納訴訟控 (福岡高裁平 21)

第4次厚木基地訴訟 (東京高判平 27)

第2次普天間爆音訴訟 (沖縄地判平 28)

いずれも差し止め請求について、生活妨害、

睡眠妨害、精神的影響、健康被害が争点となっている。

騒音訴訟の判例をみると、いずれの訴訟においても健康被害は生活妨害、睡眠妨害、精神的苦痛が認められている。健康被害についてはリスクが増大していることが示されているが、健康被害は認められていない。受忍限度は、いずれも W75 以上のエリアが判断の目安になっていることがわかった。

表 5 差し請求における被害と騒音レベルの認定

判決	被害	受忍限度
第 1 次高橋手納訴訟 (福岡高判平 10)	健康被害が発生する客観的かつ高度の危険性があるとは認められない。不安を感じることは理解できる	W75 以上の地域に居住している原告らには、被った被害が受忍限度を超えるものと認めるのが相当
第 2 次高橋手納訴訟 (福岡高裁平 21)	生活妨害により被った精神的苦痛は認める 騒音性質が発生しているという原因・結果の関係までは認められない	受忍限度を W75 以上とする
第 3 次高橋手納訴訟 (東京高裁平 27)	会話や電話、休息など日常生活のさまざまな面で、被害や精神的苦痛、睡眠妨害、高血圧症発生の健康上のリスク増大が生じている。	受忍限度を W75 以上とする
第 4 次厚木基地訴訟 (東京高判平 27)	航空機騒音によって身体的被害が、発生しているとする原告らの主張を採用することはできない。(中略)航空機騒音に起因する精神的苦痛の一環としてとらえることはできる。	受忍限度を W75 以上とする
第 2 次青木開博訴訟 (沖縄地判平 28)	会話、電話聴取やテレビラジオの視聴、勉強、読書等、休息や家族団らん等の日常生活の様々な面で妨害、不快感や不安感等の心理的負担又は精神的苦痛、睡眠妨害、さらには、高血圧症発生の健康上の悪影響のリスク増大も生じている。	受忍限度を W75 以上とする

6. 福岡空港における航空機騒音による高血圧による影響の検証

福岡空港は内陸、都市部に隣接した空港であり、第一種区域、第二種区域内に住居も多い。また頻度は少ないが 21 時台にスケジュールが組まれた便の遅延がある。そこで、福岡空港周辺において実施した疫学調査により航空機騒音による高血圧への影響を検証した。

調査は 2014 年、福岡東区および博多区の空港周辺で実施した。対象者は町内会を通じて募集した。調査に同意した女性 930 名、男性 424 名が解析対象者である。高血圧は、血圧値並びに、治療、服薬等から総合して医師が判定した。二項ロジスティック分析を用い、高血圧と航空機騒音区分の関係を、年齢、肥満 (BMI)、飲酒・喫煙を調整して検討した。性差については、男女において生物学的要因 (体質等) や生活様式 (喫煙、飲酒等) が異なると考え、性別に解析を行った。

なお、航空機騒音の区分は、騒防法に基づく区域指定を用い、第 1 種区域より外側、第 1 種区域、第 2 種区域の 3 区分とした。その

ため区域指定 (L_{den}) と実際の航空機騒音曝露との間に差があると思われるが、区域指定と L_{den} の大小関係はあると考えられる。

まず、対象者に偏り (バイアス) が生じていないかを検討した。解析対象の高血圧の有病率は、男性 57.1%、女性 40.4% である。国民健康・栄養調査の結果 (H22) では我が国の 30 歳以上の高血圧症有病者の割合は男性 60.0%、女性 44.6% と、ほぼ等しかったため、対象者にバイアスが生じている可能性は低いといえる。

高血圧への各種因子のリスク

	オッズ比		寄与率	
	男性	女性	男性	女性
年齢	1.07***	1.05***	19.3%***	16.1%***
BMI (肥満)	1.19***	1.16***	2.7%***	7.3%***
飲酒 (飲まない)	1.00	1.00		
飲酒 (時々)	1.11	1.13*	3.8%	0.3%
飲酒 (毎日)	1.96*	1.13*		
喫煙 (しない)	1.00	1.00		
喫煙 (する)	1.83***	0.90	2.4%	0.4%
騒音 (区分 ¹⁾)				
第 1 種より外側 (< $L_{den}62$)	1.00	1.00		
第 1 種 (> $L_{den}62$)	1.11	0.68	0.1%	0.9%
第 2 種 (> $L_{den}73$)	0.88	0.90		

脚注: 統計学的有意差が認められない; 統計学的有意差 ($p<0.05$); **: 同 $p<0.01$; ***: 同 $p<0.01$

表 6 多重ロジスティック分析の結果

解析結果を表 5 に示す。年齢、BMI、喫煙、飲酒は男女ともに有意差が認められた。年齢が高いもの、肥満の者、飲酒者、喫煙者は高血圧へのリスクが高いことを示していた。一方、航空機騒音区分と高血圧の関係は、第 1 種区域より外側に居住する者のリスクを 1 とした場合の第 1 種区域に居住する者の相対リスクは男性が 1.11 女性が 0.68、同様に第 2 種区域区域に居住する者の相対リスクは男性 0.88、女性 0.90 であったが、統計学的有意差は認められなかった。

7. まとめ

これまでの疫学調査等の結果や司法における健康被害の判断を整理し、福岡空港において実施したデータに基づき、健康被害 (高血圧) が生じているか検証した。

本調査の結果からは、年齢、肥満、生活習慣は高血圧のリスクとなるが、航空機騒音量

によって区分された地域と高血圧リスクには関連性は認められなかった。

ただし、騒音曝露の不確実性、また健康診断受診者という、いわば健康に優れた者を対象としたために、健康影響が見えにくくなっている可能性もある。今後の調査においては、騒音曝露状況の把握、対象者の募集方法、調査場所などについて再考する必要もある。

文献

- 1) World Health Organization. NIGHT NOISE GUIDELINES FOR EUROPE.2009. http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0017/43316/E92845.pdf(2017年1月19日アクセス可能)
- 2) World Health Organization. Guidelines for community noise.1999 <http://whqlibdoc.who.int/hq/1999/a68672.pdf> (2017年1月19日アクセス可能)
- 3) Knipschild P. 1977a. V. Medical effects of aircraft noise: community cardiovascular survey. *Int. Arch. Occup. Environ. Hlth.* 40:185-190.
- 4) Matsui T, Uehara T, Miyakita T, Hitamatsu K, Osada Y, Yamamoto T. 2004. The Okinawa study: effects of chronic aircraft noise on blood pressure and some other physiological indices. *Journal of Sound and Vibration* 277:469-470.
- 5) Rosenlund M, Berglind N, Pershagen G, Järup L, Bluhm G. 2001. Increased prevalence of hypertension in a population exposed to aircraft noise. *Occup. Environ. Med.* 58:769-773.
- 6) Babisch W, Ising H, Gallacher JE, Sweetnam PM, Elwood PC. Traffic noise and cardiovascular risk: The Caerphilly and Speedwell studies, third phase - 10 years follow-up. *Arch Environmental Health* 1999;54:210-6.
- 7) Babisch W, Ising H, Gallacher JE, Sweetnam PM, Elwood PC. Traffic noise and cardiovascular risk: The Caerphilly and Speedwell studies, third phase - 10 years follow-up. *Arch Environmental Health* 1999;54:210-6.
- 8) Babisch W, Ising H, Gallacher JE. Health status as a potential effect modifier of the relation between noise annoyance and incidence of ischaemic heart disease. *Occup Environ Med* 2003;60:739-45.
- 9) Babisch W, Ising H, Kruppa B, Wiens D. Verkehrslärm und Herzinfarkt, Ergebnisse zweier Fall-Kontroll-Studien in Berlin. *WaBoLu-Hefte* 2/92, Berlin, Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, Umweltbundesamt: 1992.
- 10) Babisch W, Ising H, Kruppa B, Wiens D. Verkehrslärm und Herzinfarkt, Ergebnisse zweier Fall-Kontroll-Studien in Berlin. *WaBoLu-Hefte* 2/92, Berlin, Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, Umweltbundesamt: 1992.
- 11) Babisch W, Beule B, Schust M, Kersten N, Ising H. Traffic noise and risk of myocardial infarction. *Epidemiology* 2005;16:33-40.
- 12) Federal Aviation Administration. Noise Effects Research. 2010. https://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/apl/research/science_integrated_modeling/noise_workshops/media/diego/100304%20Noise%20to%20workshop_final_presented.ppt(2017年1月19日アクセス可能)
- 13) ICAO. ICAO Environmental Report 2016.<http://www.icao.int/environmental-protection/Pages/env2016.aspx>(2017年1月19日アクセス可能)
- 14) 後藤 靱. 判例にみる生活騒音の実態と対策. 東京: 井上書院 .1987;p12

研究報告

航空環境を考慮した着陸料の形態と空港間比較*

高橋 達**

1. はじめに

世界各国の主要空港には、着陸料を用いて環境性能の高い航空機を誘導する取り組みを実施している空港が数多く存在する。

本論は欧州の主要空港を中心に着陸料における騒音の評価の仕方やプライシングの形態に着目して整理を行い、空港間の料金比較をする。

2. 諸外国の主要空港における航空環境を考慮した着陸料の導入状況

諸外国の主要空港（197空港）において、騒音を考慮した着陸料は130程度、排出物（NOx）を考慮した着陸料は28程度の空港で導入されている（表1）。着陸料のうち騒音により決まる部分は空港周辺対策財源として用いている空港が多い（Gervin, 2009）。

表1: 航空環境を考慮した着陸料の導入状況

	騒音	排出物
欧州	101	27
アジア	13	1
その他	7	0
北米	5	0
オセアニア	2	0
総計(197空港中)	128	28

出典: Boeing (2011), 空港 HP より作成

地域別で見ると、騒音を考慮した着陸料を導入しているのは欧州が101空港であり、全体の8割を占めている。一方で北米においては5空港（35空港中）にとどまっている。こ

れは、米国において空港周辺対策財源を旅客施設使用料や空港改善プログラムからの助成金により賄っているからだと言われている。（Gervin, 2009）。

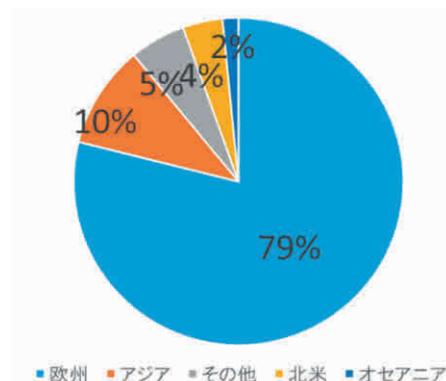


図1: 騒音を考慮した着陸料の地域別割合

出典: Boeing (2011), 空港 HP より作成

図2は欧州(EU加盟国、スイス、ノルウェー)の空港のうち、2015年の旅客搭乗数上位120空港のうち、2空港以上を含む国の空港数と環境を考慮した着陸料の導入状況を表している。

主要120空港のうち、騒音を考慮した着陸料は62空港、排出物を考慮した着陸料は17空港が導入している。国別で見ると騒音を考慮した着陸料は、ドイツが13空港、スペインが12空港、イギリスが11空港の順で導入している。排出物を考慮した着陸料は、ドイツが7空港で最も多く、イギリス、スイス、スウェーデンがそれぞれ3空港で導入されている。

導入率をみると、騒音を考慮した着陸料はドイツ、スイスが100%であり、排出物を考慮した着陸料はスイスが100%、スウェーデ

* Environmental charge of the major airports

** 航空環境研究センター 調査研究部 副主任研究員

ンが75%、ドイツが54%である。スイスやスウェーデンは主要空港の数は他の国と比較して少ないものの、航空環境を考慮した着陸料は積極的に導入している。また、ドイツは主要空港の数も多く、また環境を考慮した着陸料も積極的に導入している。

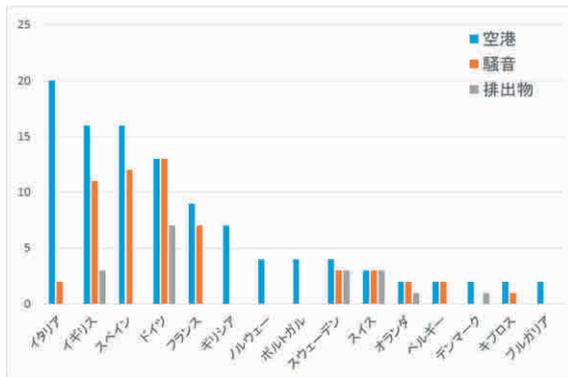


図2: 欧州主要空港における航空環境を考慮した着陸料の導入状況

3. 着陸料における騒音への課金基準

着陸料における騒音への課金基準は大きく分けて、騒音の大きさ（絶対値）を基準とするものと Chapter 3 からの累積マージンを基準にするものがある。

ここで、Chapter 3 からの累積マージンとは、騒音基準適合証明制度の基準値からの余裕値である。騒音証明は国際民間航空機関 (ICAO) が定める航空機の騒音性能基準であり、ICAO Annex 16 Chapter 3 に定められた基準値が現在の航空機騒音規制のベースとされている。基準値は着陸、離陸側方、離陸直下の測定点ごとに航空機の最大離陸重量 (Maximum Take-Off Weight; MTOW) に応じて定められており、各測定点における騒音値が証明値であり、証明値と基準値との差の総和が累積マージンである (図3、図4)。

累積マージンは航空機の最大離陸重量ごとに定められているので、それに基づく課金は航空会社に同じような大きさの機材の中からより騒音性能の高いものを選択させるインセ

ンティブを付与することに焦点をあてた制度であり、騒音影響への応能負担の考えを採用している。

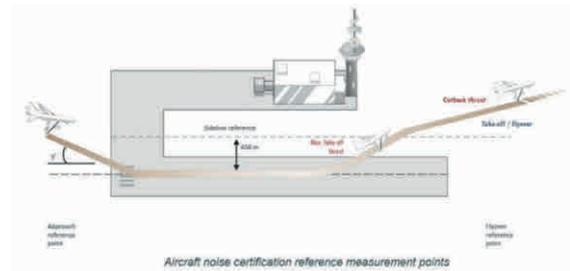


図3: 騒音証明基準の測定地点

出典: ICAO ホームページ

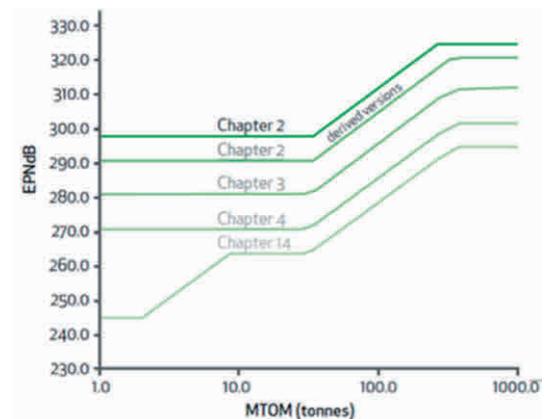


図4: 騒音証明基準

出典: ICAO ホームページ

一方で、騒音の大きさに基づく課金は、騒音の大きさに応じた料金負担を求めており、騒音影響の大きさと負担の一致という意味で公正な制度である。

4. プライシングの形態

騒音を考慮した着陸料におけるプライシングの形態は空港により異なる。ここでプライシングの形態を大きく分類すると、基本料金に加えて騒音チャージ (騒音税) を課すものと基本料金を騒音により調整し、差別化を図るものに分けられる (表2)。

表 2: プライシングの形態と導入空港例

形態	基本料金 + 騒音チャージ		基本料金が騒音により決定		
	最大離陸重量 or 搭乗数		従量に依存しない一律の固定料金	最大離陸重量	
基本料金の課金基準					
評価方法	騒音証明値	実測値	累積マージン		実測値
導入空港例	国管理空港 (国内線)	フランクフルト空港 ミュンヘン空港 チューリッヒ空港	ヒースロー空港 ガトウィック空港	成田国際空港 マドリード空港	大阪国際空港

4.1 基本料金 + 騒音チャージ

基本料金に加えて騒音チャージを課す方法は日本の国管理空港の国内線、ドイツやスイスの主要空港において導入されている。国管理空港における着陸料金は最大離陸重量に依存する基本料金に加え、騒音チャージは着陸と離陸直下の測定点での証明値の相加平均が定数 (83) を超える部分に比例するように定められている。

また、ドイツ、スイスの主要空港においては最大離陸重量や搭乗数に応じて定まる基本料金に加え騒音チャージを課金している。騒音チャージは空港周辺の騒音監視局における実測の騒音値に基づいて機種ごとで割り当てられている。

ドイツの主要空港の多くでは、騒音課金クラスや機材の割り当ては空港ごと過去3年間の測定データに基づいてなされており、個別の空港における機材の使用状況やその変化に対応する制度となっている。

スペインの主要12空港 (マドリード空港、バルセロナ空港など) においては、最大離陸重量に比例する基本料金に累積マージンによる課金率を乗じたものを加える方式が採用されている (表3)。課金率は累積マージンに基づいて、4つのカテゴリーに分類されており、Category 1, 2の航空機に対してのみ騒音チャージが課される。

表 3: スペイン主要空港の騒音チャージ

Noise Category	7:00-22:59	23:00-06:59
Category 1	70%	140%
Category 2	20%	40%
Category 3	0%	0%
Category 4	0%	0%

累積マージン (EPNdB)	
Category 1	5未満
Category 2	5以上 10未満
Category 3	10以上 15未満
Category 4	15以上

4.2 基本料金を騒音により調整

基本料金を騒音により調整する形態はイギリス、フランスの空港や成田国際空港において採用されている。

ロンドン近郊にあるヒースロー空港、ガトウィック空港、スタンステッド空港において、着陸料の基本部分は航空機の最大離陸重量や搭乗数などに依存せず、累積マージンのみで決まる。基本料金は累積マージンに基づき、6つのカテゴリーに分類されている。特にヒースロー空港において、累積マージンが10EPNdB以下の航空機の着陸料は、日本円にすると110万円以上である一方、累積マージンが23PNdB以上の着陸料は10万円以下であり、ガトウィック空港やスタンステッド空港と比較して累積マージンによる料金の差別化が大きい (表4)。また、夜間の着陸料は基本料金を2.5倍している¹。

表 4: ヒースロー空港の着陸料

	Chapter 3	Chapter 4 High	Chapter 4 Base	Chapter 14 High	Chapter 14 Base	Chapter 14 Low
日中(円)	1,141,398	326,114	293,502	228,280	163,057	97,834
夜間(円)	2,853,496	815,285	733,756	570,699	407,642	244,585
夜/昼	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
1ポンド=137.95円 (2017年4月10日時点)						
	Chapter 3	Chapter 4 High	Chapter 4 Base	Chapter 14 High	Chapter 14 Base	Chapter 14 Low
累積マージン (EPNdB)	10以下	15以下	17以下	20以下	23以下	23以上

¹ 夜間は4月1日から10月末日までは0時から3時30分まで、11月1日から3月末日は1時から4時30分までである。

成田国際空港の国際線着陸料は累積マージンと個別測定点におけるマージンにより、重量あたりの料率が分類されている（表5）。

表5: 成田国際空港（国際線）の着陸料金

区分	A	B	C	D	E	F
料金率(円/t)	1550	1650	1750	1850	1950	2000
基準	A	B	C	D	E	F
3測定地点におけるChapter3基準からの騒音低減の合計値 (EPNdB)	20以上	15以上	10以上	5以上	0以上	A~E 以外
3測定地点の各点におけるChapter 3基準値からの騒音低減値(EPNdB)	4以上	3以上	2以上	1以上	0以上	

このように国や空港ごとに課金の形態が異なる。一方で、機材間で着陸料にどの程度の差があるのかは明らかでない。次の節では、空港間での空港使用料の比較をする。

5. 日・英・独の主要空港間の料金比較

本節では日本、イギリス、ドイツの主要三空港間で大型機と小型機それぞれ3機種間の空港使用料を比較する。表6は計算条件である。航空機が着陸後、3時間駐機して離陸する状況を想定し、その間に生じる料金を算出する。なお、大型機は国際線料金、小型機は国内線料金を算出している。

表7は各空港における騒音チャージ、排出物チャージの導入状況である。東京国際空港（国内線）、成田国際空港（国内線）、フランクフルト空港、ミュンヘン空港、デュッセルドルフ空港は基本料金に加え環境チャージを加える形態を採用している。また、成田国際空港（国際線）、ヒースロー空港、ガトウィック空港は騒音により着陸料を調整する形態を採用している。

表6: 計算条件

機材	大型機			小型機			
	B747-400	B777-300ER	B747-8	B737-400	B737-800	A320-Neo	
エンジン	CF6-80C2B1F	GE90-115B	GEnx-2B67/P	CFM56-3C1	CFM56-7B26	PW1127G-JM	
エンジン数	4	2	4	2	2	2	
最大離陸重量(t)	394625	351534	447695	64636	79015	77000	
騒音証明 Chapter	3	4	4	3	3	4	
騒音証明値 (EPNdB)	着陸	99.7	92.8	94.4	84.4	87.4	80.7
	離陸側方	97.9	98.7	93.9	91.9	93.6	87.6
	離陸	103.3	100.5	100.3	98.6	96.5	92.2
累積マージン	13.1	16	25.4	12.2	11.9	29.2	
ACI Index	R3	R5	R6	R3	R4	R8	
成田Index	D	B	A	D	C	A	
ヒースロー空港騒音カテゴリー	Ch.4 High	Ch.4 Base	Ch.14 Low	Ch.4 High	Ch. 4 High	Ch. 14 Low	
フランクフルト空港騒音カテゴリー	着陸	9	7	10	5	4	なし
	離陸	14	9	11	7	6	
NOx 排出 (g)	10718	34888	12509	4810	6190	3244	
座席数	360	330	360	150	130	170	
Load factor	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	
駐機時間	3	3	3	3	3	3	

表7: 環境チャージの導入状況

	日本					
	東京国際		成田国際		関西国際	
	国際	国内	国際	国内	国際	国内
騒音	×	○	○	○	×	×
排出物	×		×		×	
	イギリス					
	ヒースロー		ガトウィック		マンチェスター	
	○		○		×	
騒音	○		○		×	
排出物	○		○		×	
	ドイツ					
	フランクフルト		ミュンヘン		デュッセルドルフ	
	○		○		○	
騒音	○		○		○	
排出物	○		○		○	

図5は大型機の空港使用料金である。各機種ともにヒースロー空港における空港使用料が最も高い。日本の空港の着陸料はイギリス、ドイツの空港と比較すると高い水準にある²。一方で、イギリスとドイツの空港の料金は旅客施設使用料 (Passenger charge, Passenger facility charge) や保安施設使用料 (Security charge) など搭乗旅客に対する料金の割合が着陸料に比べて大きい。

2 日本とイギリスの空港において着陸料は着陸に対してのみ課金される一方で、ドイツの空港においては離陸と着陸の両方に対して課金される。

基本料金に騒音チャージを加える形態を採用しているドイツの空港をみると、フランクフルト空港は着陸料全体に占める騒音チャージの割合が他の空港よりも高い。例えばB747-400で比較すると、フランクフルト空港は着陸料全体の68%を騒音チャージが占めており、ミュンヘン空港(25%)、デュッセルドルフ空港(24%)より高い割合である³。

基本料金を騒音により調整している形態を採用している成田国際空港、ヒースロー空港、ガトウィック空港をみると、ヒースロー空港は騒音性能の低いカテゴリーにある航空機との料金差を大きく設定している。また、成田国際空港、ヒースロー空港は騒音性能が高くなるほど最低カテゴリーとの料金差が大きい。一方で、ガトウィック空港は最低カテゴリーからの料金差はあるものの、それ以上性能の機材間で料金差がない。

図6は小型機の空港使用料金である。小型機においても、ヒースロー空港は3機種ともに空港使用料金が低い水準にある。

着陸料をみると、ヒースロー空港はB737-400、B737-800の着陸料が他の空港よりも高い。これは同空港の着陸料が最大離陸重量や搭乗数に依存せず、騒音性能のみで決まるためである。したがって、ヒースロー空港は小型機ほど騒音性能の高い機材を導入するインセンティブが強くなる料金設定をしている。

国内線において、基本料金に加えて騒音チャージを課しているのは東京国際空港、成田国際空港、ドイツの3空港である。騒音チャージを比較すると、実測値を用いているドイツの空港ではB737-400とB737-800の間で騒音チャージは低くなっている一方で、騒音証明値を用いている東京国際空港と成田国際空港では反対に高くなっている。これはB737-400の着陸と離陸の測定点における証明値の平均がB737-800よりも大きいためである。ドイツの騒音チャージは実測値に基づいていることから、少なくとも両機種に関しては騒音影響と負担が整合していないかもしれない。

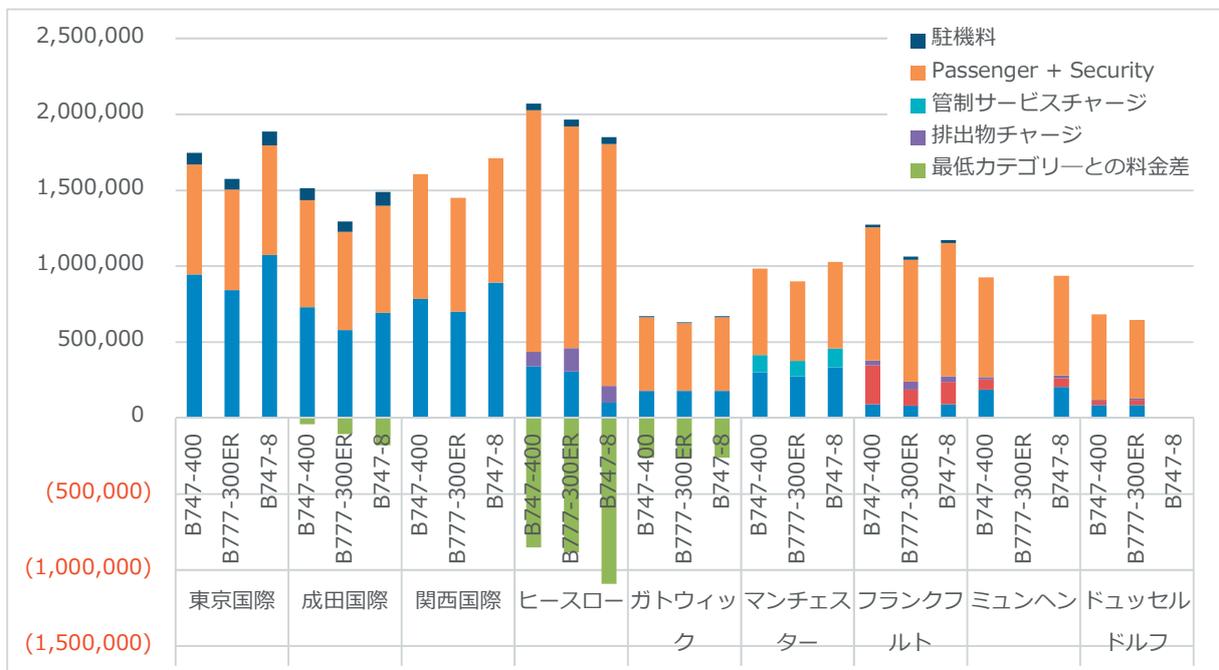


図5: 空港間料金比較 (大型機)

3 ミュンヘン空港ではB777-300ERの騒音クラスが分類されていない。またデュッセルドルフ空港ではB747-8の騒音クラスが分類されていない。両空港ともに、測定局での騒音データが十分でない場合、機材の騒音証明値を用いて騒音チャージを課すとしているが、空港公表資料の中から具体的な計算方法を見つけることができなかった。

6. まとめ

本論は欧州の主要空港を中心に騒音を考慮した着陸料の導入状況や形態を整理し、日英独の主要空港間の空港使用料の比較をした。

着陸料における騒音の評価は騒音の大きさの基づくものと航空機の騒音性能に基づくものとがある。前者は騒音影響の大きさに応じた負担の実現という意味で公正な制度である一方で、後者は同じような大きさの機材間でのより騒音性能の高い機材への転換を促すことに焦点をあてた制度である。

プライシングの形態には、従量制による基本料金に騒音チャージを加える形態と基本料金を騒音により調整する形態とがあり、ドイツやスイスの空港では前者の形態を、イギリスやスペインの空港では後者の形態を採用している。特にロンドン近郊にあるヒースロー空港、ガトウィック空港、スタンステッド空港においては環境性能のみで着陸料が差別化されている。

主要空港間の空港使用料金を比較すると、ヒースロー空港においては大型機、小型機ともに課金カテゴリーが最低である航空機の着陸料とそれ以上の航空機の着陸料の間に大きな料金差を設定しており、騒音性能の高い航空機に転換するインセンティブの強い料金設定になっている。

最後に今後の課題を述べる。本論では航空環境を考慮した着陸料には様々な形態があることや空港間の料金比較などは行ったが、それらの取り組みにより、航空会社が使用機材を転換しているのかという点には答えていない。今後は導入効果の検証が必要であろう。

文献

- 1) Boeing, 2011, "Airports with Noise and Emissions Restrictions", URL <http://www.boeing.com/commercial/noise/list.page> (2017年4月12日最終アクセス)
- 2) Girvin, R, 2009, "Aircraft noise-abatement and mitigation strategies", Journal of Aircraft Management, vol.15, 14-22.

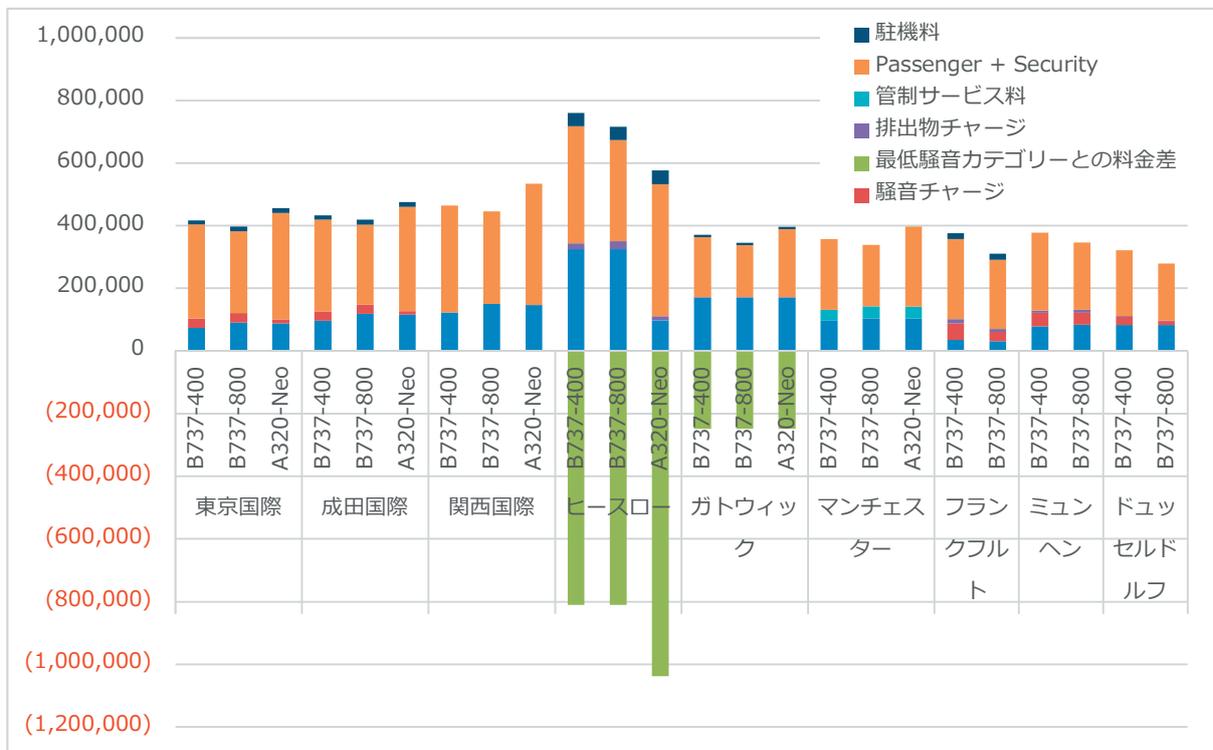


図 6: 空港間料金比較 (小型機)

解説

航空機騒音に係る周辺環境対策と騒音状況の推移*

篠原直明**

航空交通はこの半世紀の間に、経済の発展と航空技術の発達によって、地域間、大陸間を結ぶ基盤的な手段となった。近年訪日外国人旅客数は増加の一途をたどり、2020年の東京オリンピック開催に向けて航空需要の増大は今も続いている。しかし、これらの発展は空港周辺の環境に対する配慮がなくしては成り立たなかったものであろう。本稿では、我が国における航空機騒音問題の経緯を簡単に振り返り、航空機騒音の影響軽減への取り組みを体系的に解説する。さらに空港周辺における騒音状況の推移を説明する。

1. 航空機騒音問題の経緯

我が国において航空機騒音が問題視されたのは昭和25年6月～28年7月までの3年間に及んだ朝鮮動乱時である。当時米軍の駐留していた伊丹、立川等の基地周辺でジェット戦闘機や大型輸送機の騒音が大きな社会問題となったと聞く。民間航空では、昭和34年、東京国際（羽田）空港にジェット旅客機B707が、35年にはDC8が就航した。これらジェット機の騒音はそれ以前から就航していたプロペラ旅客機に比べはるかに大きく空港周辺住民からの苦情が増加した。昭和38年には羽田空港では原則として23～6時の間の発着は禁止された。昭和39年6月大阪国際（伊丹）空港にもジェット旅客機が就航した。空港周辺では急速な市街化が進み、航空機騒音に対

する苦情が続出した。のちに昭和44年には大阪国際空港騒音公害訴訟が起こり、昭和61年の調停成立まで長い年月を要した。（福岡空港でも騒音公害訴訟が起こり、終結したのは平成6年1月の最高裁判決であった。）

昭和41年7月には、処理能力の限界が見込まれる東京国際（羽田）空港に代わる国際線を主に受け持つ空港として千葉県の内陸部（成田市三里塚）に新東京国際空港（後に成田国際空港と改称）の建設が決定された。

航空機騒音公害として問題視された当時はまだ「航空機騒音に係る環境基準」は制定されておらず、国内はもとより国際的にも航空機騒音をどのような指標で評価することが望ましいのかが議論されている最中だった。このような中、いわば航空機騒音問題に対する緊急対策的な意味合いも含め、昭和42年8月「航空機騒音防止法」（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、略称：騒防法）が制定され、「学校・病院・公共施設の防音工事の補助・助成」等が定められた。昭和30～40年代後半までは「高度経済成長と公害問題の激化、緊急対策」の時代だったと言えよう。

昭和48年には「航空機騒音に係る環境基準」が制定され、航空機騒音の評価指標はWECPNLとなった。これにより、騒防法も改正され、住宅防音工事の制度が整い、また空港周辺では緩衝緑地帯の整備や移転補償区

* A review for countermeasures against aircraft noise and change in noise exposure around airport and in Japan

** 航空環境研究センター 所長

域が拡大されるなど、体系的に航空機騒音対策がなされるようになった。これ以降、昭和60年代にかけて日本の空港周辺騒音対策は充実して進捗することになった。

なお、手前ごとだが、昭和43年には航空機騒音防止法を補完する事業を行う組織として（財）航空公害防止協会（現（一財）空港環境整備協会）が設立され、同法には盛り込まれなかったテレビ受信障害対策などの事業を行ってきた。

航空機騒音問題のその後の経緯について詳しい説明は省くが、年代別のおおよそのできごとを表-1に参考として示す。

2. ICAOでの航空機騒音対策の考え方

ICAO（国際民間航空機関：International Civil Aviation Organization）には、国際民間航空における環境問題への取り組みを受け持つCAEP（航空環境保全委員会：Committee

on Aviation Environmental Protection）がある。騒音や排出物は重要な課題の一つである。ここで審議された結果は自ずと国内の環境対策などにも波及することになる。

CAEPは2001年に航空機騒音対策にバランスドアプローチ（Balanced Approach）という概念を導入している。空港毎に騒音問題を見定め、最も費用対効果に優れた方法により騒音問題に取り組むことを目標として、以下のa)からd)に示す4つの要素を組み合わせることで可能な方策を検討する考え方である。これは一律の手順を課すものではなく空港ごとに方策を策定する指針提供の考えに基づいている。

- 1) 航空機自体の騒音軽減
- 2) 空港周辺の土地利用計画・管理
- 3) 騒音軽減運航方式
- 4) 運航制限

表-1 航空機騒音問題の経緯

<p>昭和30-40年代: 高度経済成長と公害問題の激化から緊急対策へ</p> <p>1956(S31): 空港整備法の制定</p> <p>1959(S34): 民間航空へのジェット機の導入 羽田空港周辺で航空機騒音問題が顕在化（苦情・騒音測定・協議会の発足）</p> <p>1963(S38): 羽田空港での深夜・早朝（23:00～6:00）の発着禁止</p> <p>1964(S39): 伊丹空港でもジェット機の導入、騒音苦情が続出</p> <p>1966(S41): 新東京国際空港（現・成田空港）の建設計画決定</p> <p>1967(S42): 公共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] 公共施設（学校・病院等）の防音工事、空港周辺の土地利用計画</p> <p>1969(S44): 大阪空港騒音公害訴訟</p> <p>昭和50年代: 環境基準告示と騒音対策の推進</p> <p>1973(S48): 「航空機騒音に係る環境基準について」（評価量 WECPNL）</p> <p>1974(S49): 騒防法改正→住宅防音工事の開始、緑地整備事業、空港周辺整備機構</p> <p>1974(S49): 関西国際空港の泉州沖建設計画（航空審議会答申）</p> <p>1978(S53): 成田空港の開港、特定空港周辺航空機騒音対策特別措置法制定</p> <p>1981(S56): 大阪空港騒音訴訟の最高裁判決（過去の損害賠償を認める）S61:調停成立</p> <p>昭和60年～平成10年代: 環境改善と騒音被害の軽減、地域との調和・共栄</p> <p>1985(S60)ころ: 住宅防音工事の概ね終了（対象家屋の90%について対策完了）</p> <p>1988(S63): 羽田空港の沖合い展開による新A滑走路の完成 新C/1997(H9), 新B/2000(H12)</p> <p>1991(H3): 成田空港問題シンポジウム開催 → 円卓会議(H5)→地域共生委員会(H7)</p> <p>1994(H6): 関西国際空港の開港</p> <p>1998(H10): 成田空港「地域と共生する空港づくり大綱」</p> <p>2002(H14): 成田空港における暫定平行滑走路供用とWECPNL逆転問題→評価基準の見直しへ</p> <p>2005(H17): 中部国際空港（セントレア） 常滑沖合に開港、名古屋空港→県営名古屋空港へ（騒音被害の縮小）</p> <p>平成20年代: 基準改訂、容量拡大、低レベル・高頻度の騒音暴露、</p> <p>2007(H19): 航空機騒音に係る環境基準の改正 WECPNL → Ldenへ(2013年度から施行)</p> <p>2010(H22): 成田空港の容量拡大へ（地域との合意、30万回へ）</p> <p>2010(H22): 羽田空港D滑走路の供用、深夜・早朝時間帯を中心に国際線の就航へ （千葉市上空などを通過する航空機による騒音問題の顕在化）</p> <p>2013(H25): 改正環境基準の施行(平成25年4月～、Lden) 航空機騒音対策に関連する法律も改正</p>

図-2は離陸騒音の証明値を機種別にプロットしたものである。騒音証明の基準値は最大離陸重量によって定まるので、大型機のほうが基準値は大きい。騒音証明値も大型機のほうが小型機よりも大きい。適用される基準が変わるにつれ、すなわち航空機の世代が新しくなるにつれ騒音証明値は大きく低下していることが分かる。チャプター2基準機と最新の航空機との間に20dB以上の低減が図られている。

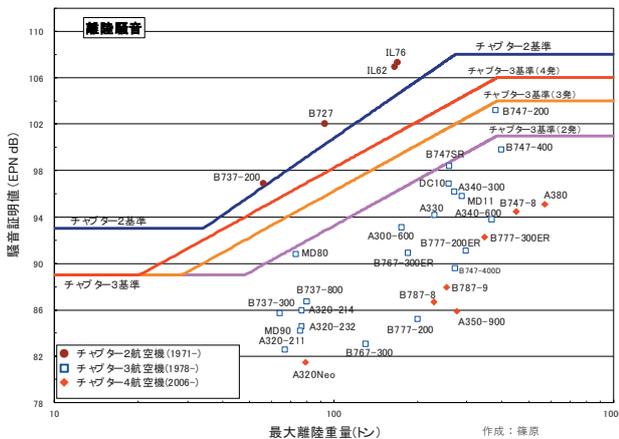


図-3 機種別離陸騒音証明値

航空機騒音証明値を利用して、低騒音型航空機の就航促進を図る動きもある。騒音証明値の多寡によって着陸料金に反映する制度はその例で、ロンドンヒースロー空港などのほか、国内では成田空港でも騒音別着陸料金制度を導入している。^{3), 4)}

(2) 発着制限

内陸部にある空港では、特に夜間の騒音影響を抑制するために発着時間帯を制限している空港が多い。例えば、成田空港では23時から翌朝6時までは緊急時を除き離着陸を認めない。なお、平成25年度から、低騒音型機に限り、航空会社の責に追わない場合は着陸料金の割り増しを支払うことで24時までの運航が可能になった。平成25～27年度はおよそ年間に60回前後、28年度は110回がこの制度の適用を受けて運航した。大阪（伊

丹）空港は運用時間帯が7時～21時に限られ、さらに1日の発着回数も370回に制限が課されている。福岡空港は7時～22時の間のみダイヤ設定が許される。

(3) 運航方法の改善

地上に与える騒音の影響をできるだけ少なくするような様々な運航の方式を用いている。これらは騒音軽減運航方式と呼ばれる。離陸時に通常の離陸方式よりも急上昇を続け地上への騒音の低減を図る「急上昇方式」や、最終着陸時に使用するフラップ角を小さくセットすることによって必要なエンジン推力を減らし、騒音を抑制する「低フラップ角方式」などがある。また、滑走路の運用方向を工夫してできるだけ騒音影響の小さくする「優先滑走路方式」や密集した住宅地を避ける飛行経路を設定する「優先経路方式」などがある。

5. 空港構造の改良

空港構造の改良とは、騒音発生場所である空港を、影響を受ける市街地などからできるだけ遠ざける方策と言えよう。沖合移転や海上空港は距離を遠ざける工夫をいい、防音堤の設置などは空港から出る騒音を遮蔽するなどの工夫に該当するだろう。

(1) 空港の沖合移転、海上空港の新設

関西国際空港は沖合5kmの位置に平成6年9月開港した。そもそも市街地の大阪（伊丹）空港の騒音問題を抜本的に解決するために新たな24時間運用の空港を作ったものである。しかし、平成2年12月、大阪（伊丹）空港は、都市型空港の利便性と経済効果を考え存続が決定された。航空機材の低騒音化や周辺対策の充実があって空港の存続に至ったとも言える。このような騒音問題の抜本的な改善のための海上新空港建設は名古屋空港→中部国際空港（常滑沖合3km、平成17年2月開港、24時間運用）へと繋がる。（名古屋

空港は名古屋県営空港として一部の小型航空機による路線のみを残す。)さらに、平成18年には神戸空港(新設)・新北九州空港(新設)と海上空港の供用開始が続いた。

東京国際(羽田)空港では、航空需要の急激な増加と騒音問題を解決するために空港の沖合展開事業が進められた。以前にあった3本の滑走路は順次移転拡張され、平成9年3月の新C滑走路が供用したことにより、騒音影響は大きく低下するとともに首都圏の24時間空港が実現した。(その後、平成22年にD滑走路を新設、さらなる需要増に対応し、国際線就航便数も拡大した。)民間空港ではないが、岩国基地でも騒音影響の低減のために、滑走路を1kmほど沖合に移設した。平成22年に新滑走路を運用開始し市街地への騒音影響が減少した。

滑走路の沖合移転や海上空港の新設は騒音問題を抜本的に改善するための有効な施策であるが多くの費用を費やすこともあり、日本以外ではあまり例を見ない。(旧・香港空港が密集した市街地から移転し、チェクラップコク島を利用した埋め立てによって新空港を建設した。)

(2) 防音堤の設置

離陸滑走中や着陸後のリバースなど航空機が滑走路にいる際の騒音による空港周辺への影響を低減するために防音堤を設置している空港もある。成田空港がその代表例である。滑走路側方の空港周囲に高さ10m程度の防音堤を設けている。過去の調査では⁵⁾、防音堤の背後100mの場所で約10dBの騒音低減効果があった。

大阪(伊丹)空港でもB滑走路の西側に高さ7mの防音堤を設けている。この斜面を利用してスカイパークという空港・航空機が間近に見られる公園施設を整備している。遊具なども設備しているので多くの家族連れなどでにぎわいを見せている。

6. 空港周辺環境対策

昭和48年に航空機騒音に係る環境基準が制定された。これにより、騒防法(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)も改正され、住宅防音工事の制度が整うなど、体系的に航空機騒音対策がなされるようになった。本節では空港周辺環境対策について簡単に説明する。

(1) 騒防法に基づく補償等の対策

騒防法によって、指定される特定飛行場周辺では、「指定区域内の移転補償」や、「住宅の防音工事」「学校・病院・公共施設の防音工事の補助・助成」が体系的に実施される。特定飛行場は、羽田、成田、伊丹、福岡など全国の14空港が指定されている。

特定飛行場周辺では騒音の大きさに応じて区域が指定される。区域と基準値及び対策の主な内容を表-2に示す。騒音対策区域は騒音予測計算で描いた騒音コンター(等音線)に基づいて決定される。第1種区域はそのコンターを参考に、地域の状況を考慮しながら決定する。対策区域が妥当かどうかは、航空機騒音の常時監視や定期的な騒音測定によって検証される。

住宅防音工事の補助は第1種区域指定の際に現に所在する住宅の防音工事に対して補助する。予想される騒音の大きさに応じて工法が異なる(表-3参照)。

区域	基準値 Lden	旧基準値 WECPNL	対策内容
第3種区域	76dB以上	95以上	緩衝緑地帯の整備
第2種区域	73dB以上	90以上	土地の買入や建物等の移転補償 移転補償跡地を活用した公園等の整備
第1種区域	62dB以上	75以上	住宅の防音工事、空調機器の設置・更新等に対する補助 生活保護等世帯に対する空調機器の電気代の補助
-----	おおむね 57dB以上	おおむね 70以上	学校・病院等の防音工事、空調機器の設置・更新等の助成 公民館・共同利用施設・集会所等の整備に対する補助

表-2 騒防法に基づく対策区域と内容

表-3 住宅防音工事の概要

		B工法 (Lden 66～73dB未満の地域)	C工法 (Lden 62～66dB未満の地域)
計画遮音量		25dB	20dB
工事部位	天井	防音天井へ改造 RC造の場合は、原則として天井、壁の工事は行わない	
	壁	遮音壁へ改造	
	外部開口部	防音サッシの取付	防音アルミサッシの取付
	内部開口	木製防音建具の取付	
	換気設備	有効な換気装置の設置	有効な換気装置の設置
	冷暖房設備	空冷式エアコンの設置	空冷式エアコンの設置

学校・病院等の防音工事は、「航空機の騒音の強度及びひん度に関する告示」（昭和42年運輸省告示第308号）に基づいて定める限度を超える場合に騒音防止工事の補助を行う。定める限度は施設によって異なるが、学校で1授業単位時間が50分の場合を例にすると、航空機騒音によって阻害された授業時間（70dB以上の騒音が10回以上または80dB以上の騒音が5回以上発生した場合）が1週間の単位時間の20%以上であることとなっている。

公民館や共同利用施設の整備に対する補助は、空港周辺地域のおおむねLden57dB以上の地域において定額を補助される（共同利用施設整備補助）。

(2) 空港周辺整備機構

騒防法では、空港周辺地域が市街化されているため計画的な整備が必要な空港を周辺整備空港と指定する。最初に指定されたのは昭和49年の大阪（伊丹）空港で、大阪空港周辺整備機構が設立された。次いで昭和51年に福岡空港が指定され、福岡空港周辺整備機構が設立された。両機構は昭和60年に統合され、再開発整備事業、住宅の防音工事の助成事業、移転補償、緩衝緑地帯整備事業等、周辺整備計画に基づき国や地方公共団体から委託された事業を行っている。特に再開発整備事業は、移転補償跡地を利用し、倉庫・商業施設・駐車場等の航空機の騒音によってその機能が害されるおそれの少ない施設（騒

音斉合施設という）を機構自らが整備し、第三者に対して貸付け等を行うもので、移転跡地を有効に活用する方策のひとつと位置付けられる。なお、大阪（伊丹）空港については、平成24年に設置管理者が国から新関空会社に変更されたことに伴い、伊丹空港事業本部は廃止された。（伊丹空港周辺の環境対策は新関空会社に引き継がれた。）

(3) 騒特法

騒防法の周辺整備空港のようなすでに市街化が相当進んでいる地域にある空港とは逆に、これから都市化が進むと予想される空港周辺地域については、土地利用に関する規制・誘導により、騒音障害を未然に防止するとともに、あわせて、適正な土地利用を図る必要がある。昭和53年に「特定空港周辺航空機騒音対策特別措置法」（略称：騒特法）が公布された。この法律は、空港周辺の騒音対策について長期的展望に立ち、一定の騒音レベル以上の地域において宅地化を制限して適正かつ合理的な土地利用を図り、また空港周辺住民に十分配慮した地域の振興と生活改善等の措置を講ずることが目的である。この対象空港として、成田空港が唯一指定されている。

昭和56年11月には千葉県知事が「航空機騒音対策基本方針」を公表し、「航空機騒音障害防止地区」と「航空機騒音障害防止特別地区」を定めた。その後2回の方針見直しと都市計画決定が行われている。

航空機騒音障害防止特別地区 (L_{den} 66dB 以上)

- 防止特別地区内では知事の許可を受けた場合を除き、住宅・学校・病院などを新たに建築することができない。
- 防止特別地区内に現に所在している住宅・学校・病院などについては、空港の設置者が移転希望者に対して移転補償および土地の買入れを行う。

航空機騒音障害防止地区 (L_{den} 62dB 以上)

- 防止地区において住宅・学校・病院などを新たに建築する場合には、防音上有効な構造としなければならない。

7. 空港周辺対策を補完する取り組み

(1) 成田空港の周辺対策

成田空港の騒音対策は成田国際空港(株)が実施している。様々な犠牲を伴いながら建設が進められてきたという過去の経緯を踏まえ、また、内陸空港であることに起因する騒音等環境問題の大きさに配慮し、地域と空港の共生を実現するために様々な取り組みが実施されている。

(公財)成田空港周辺地域共生財団(以下、共生財団という)は千葉県及び空港周辺自治体(3市3町)及び成田国際空港株式会社の出捐によって平成9年設立、成田空港周辺地域の実態に即したきめ細かな民家防音工事への助成や航空機騒音の測定(自治体やNAAの常時監視局測定結果を一元管理)の事業を実施している。

表-4に成田空港の騒音区域と住宅防音工事補助事業の関係表を示す。騒防法に基づく対策は第1種区域内に対してのみ行われる(表中の網掛け部分)が、区域外でも補完対策が実施される。谷間地域・準谷間地域はA滑走路とB滑走路それぞれの第1種区域に挟まれた第1種区域指定外のエリアを言う。成田市や芝山町などの周辺自治体(市町という)が防音工事を実施している。工事の基準は第1

種区域内のC工法(表-3参照)相当である。隣接区域はA・B滑走路の第1種区域に隣接する一定の区域で、共生財団が防音工事(開口部のアルミサッシ化とエアコン取り付け)を行っている。

表-4 成田空港の住宅防音工事補助事業

	騒防法第1種区域		谷間地域・準谷間地域		隣接区域	
	主体	内容	主体	内容	主体	内容
騒防法に基づく事業	NAA	初回防音工事 告示日後住宅防音工事 再助成防音工事(*併行防音工事、騒特法防止地区内) 空気調和機器更新				
成田独自方式	市町	再助成防音工事(*除く)空気調和機器更新工事(不足台数分)	市町	初回防音工事 再助成防音工事(改築防音工事) 後継者住宅防音工事 空気調和機器更新工事		
	共生財団	後継者住宅防音工事 サッシ部品交換、本体交換工事 空気調和機器追加工事(不足台数分)	共生財団	サッシ部品交換、本体交換工事	共生財団	初回防音工事 再助成防音工事 空気調和機器更新工事 <small>*茨城県河内町でも共生財団同様の事業を町事業として実施</small>

(2) 空港環境整備協会が実施する事業

(一財)空港環境整備協会では、空港と周辺地域との共生と調和のある発展を図り、空港を円滑に運用するために、空港周辺地方公共団体等の要望に基づき、国の対策を補完するきめの細かい空港周辺環境整備事業を行っている。対象は、同協会が駐車場を管理運営する16空港で、表-5にその事業の概要を示す。

このようなさまざまな助成事業を通じて、空港周辺の騒音影響の低減や生活環境の改善と地域の活性化を図り、空港の円滑な運営と周辺地域との共生と調和のある発展を目指している。

8. 空港周辺騒音の推移

ここまで、航空機騒音にかかる周辺環境対策についてその概要を述べた。最後にいくつかの空港について騒音状況の推移を説明する。

表-5 空港環境整備協会の実施する空港周辺環境整備事業

事業区分	内容
空港周辺生活環境等の改善を図るための事業	
航空機騒音測定機器・空調機器等の整備事業	地方公共団体等が行う航空機騒音測定機器や空調機器等の整備の助成
移転跡地・公園等の整備事業	地方公共団体が行う移転補償跡地等を活用した緑地や公園等を整備する事業の助成
巡回健康診断事業	空港周辺住民の航空機騒音による健康被害を防ぎ、住民の健康の維持増進を図るため、巡回検診車による無料の健康診断を実施 対象：東京国際（羽田）空港、福岡空港
空港周辺地域生活環境整備事業	
共同利用施設バリアフリー等改修事業	地方公共団体が行う公共施設のバリアフリー化や福祉器材等の整備の助成
教育施設・共同利用施設等資器材整備事業	地方公共団体が行う共同利用施設への放送機器等の資器材の整備の助成
体育・文化施設等資器材整備事業	地方公共団体が行う小中学校の教育施設への図書、運動用具、楽器等の資器材の整備の助成
消防車・救急車等の整備事業	空港周辺地域に所在する消防機関所属の消防車・救急車の更新整備の助成
空港周辺地域の活性化を図るための事業	
空港周辺地域の活性化を図るため、地域をアピールするイベントの企画や事業の推進 住民参加による地域活性化事業等への助成	
空港の利用促進を図るための事業	
空港の利用促進を図るため、地方公共団体等が実施する空港利用客や賑わいの増加に資する事業の助成	

図-3は成田空港で開港（昭和53年）当初からの運航回数と観測騒音（WECPNL）の推移を示したものである。開港当初から航空機騒音の常時監視を始めた10の監視局の結果を集計した。なお、これらはA滑走路の経路周辺に位置する監視局であり、本節でこれ以降に騒音の様子を記述している内容はA滑走路側のもので理解されたい。

成田空港の運航回数は開港当初の約6万回から平成27年には約24万回とおよそ4倍に達した。A滑走路一本で運用を開始したが、平成14年にB滑走路が供用され運航回数が飛躍的に伸びた。その後、空港容量を22万回から30万回に拡大し、運航回数は増加をたどってきた。騒音暴露の様子は監視局によっても異なるが、対象の10局を平均（算術平均）した結果（図中の太い黒線）では、開港から平成元年まで漸増しWECPNLは約1.5dB増加している。その後徐々に低下の傾

向をたどり、平成14年のB滑走路供用による運航回数増にもかかわらずWECPNLは増加せず、平成19年までは漸減の傾向だった。様子に変化するののは平成20年で以前より低下の割合が大きくなった。平成27年度には開港当初から約3dB、騒音負荷が最大だった平成元年から約5dBWECPNLが低下した。

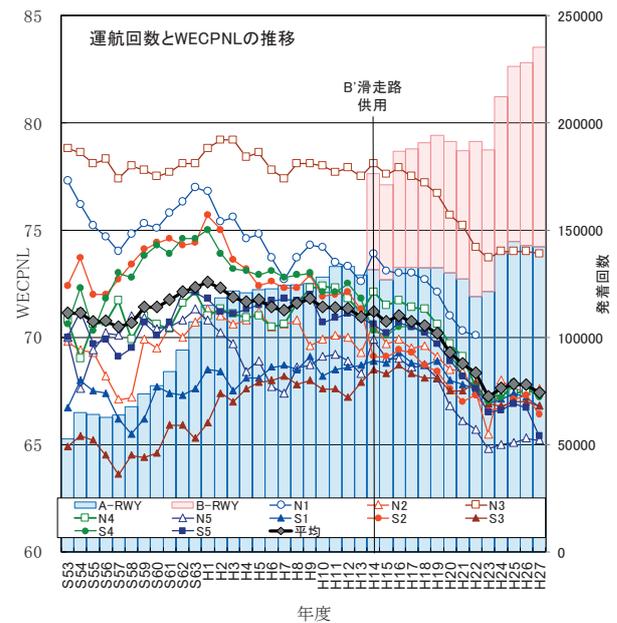


図-3 成田空港の運航回数とWECPNL推移

図-4は同じ常時監視局の単発騒音の平均騒音レベル(L_{Amax}の平均)の推移である。図から開港当初から平均騒音は下がり続けていることがわかる。この40年弱で約10dB下がっている。これは、発生源対策としてICAOの騒音証明制度など様々な対策の効果が表れているものと考えられる。

図-5には成田空港の機種別運航数の推移を示した。開港当初からB747在来型（当時は低騒音型と区分されていた）が就航数を伸ばし、平成元年に同型機は最大就航数を記録する。同年にはB747の新型であるB747-400が運航を開始する。WECPNLが最大だったのはちょうどこの年に該当する。その後平成14年にB747-400は最大運航数を記録している。

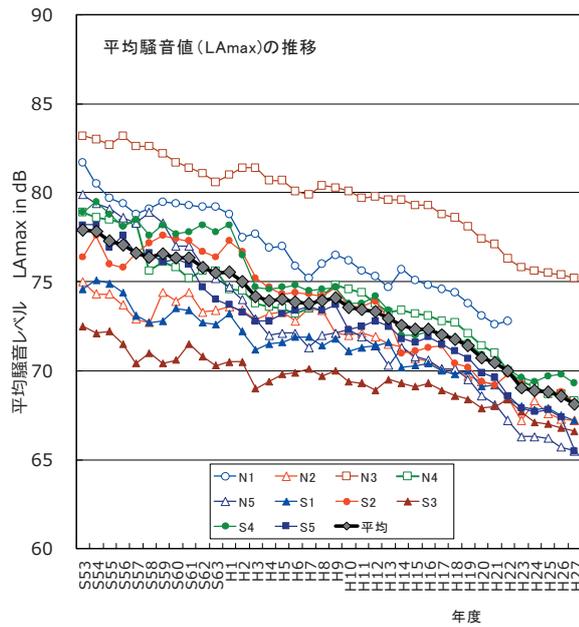


図-4 平均騒音値 (LAmax) の推移 (成田空港)

B747 在来型は平成 20 年に定期運航から退いた。次の代表的な新型機は B777 で平成 9 年に成田に就航した。平成 22 年までに運航数を急激に伸ばした。そのころまでに B747-

400 は大きく減少している。B777 は平成 25 年に最大運航数を記録したが、そのころ羽田空港の国際線就航が増加することの代わりに成田での運航数が減少に転じている。最近では LCC の就航に伴い A320 が運航数を伸ばし、今や成田空港で最も運航数が多い機種になった。さらに低騒音の新型機 B787 は平成 25 年以降急激に運航数を伸ばしている。

このような代表的な機種の増減はまさに騒音影響の推移と一致している。B747 在来型が最大を記録した平成元年が最も騒音負荷が大きく WECPNL は開港以来最大を記録した。その後騒音影響は減少に転ずるが、それは B747-400 の増加と B747 在来型の減少が要因だと理解できる。平成 20 年以降、WECPNL の低下が加速したのは、B777 の増加と B747-400 の減少が要因になっている。今後、A320 や B787 の増加に伴い、さらに単発騒音の平均値は下がると予想できる。航空需要の増大に伴って運航回数が増えたとしても、それを補う低騒音型機の導入促進を期待したい。

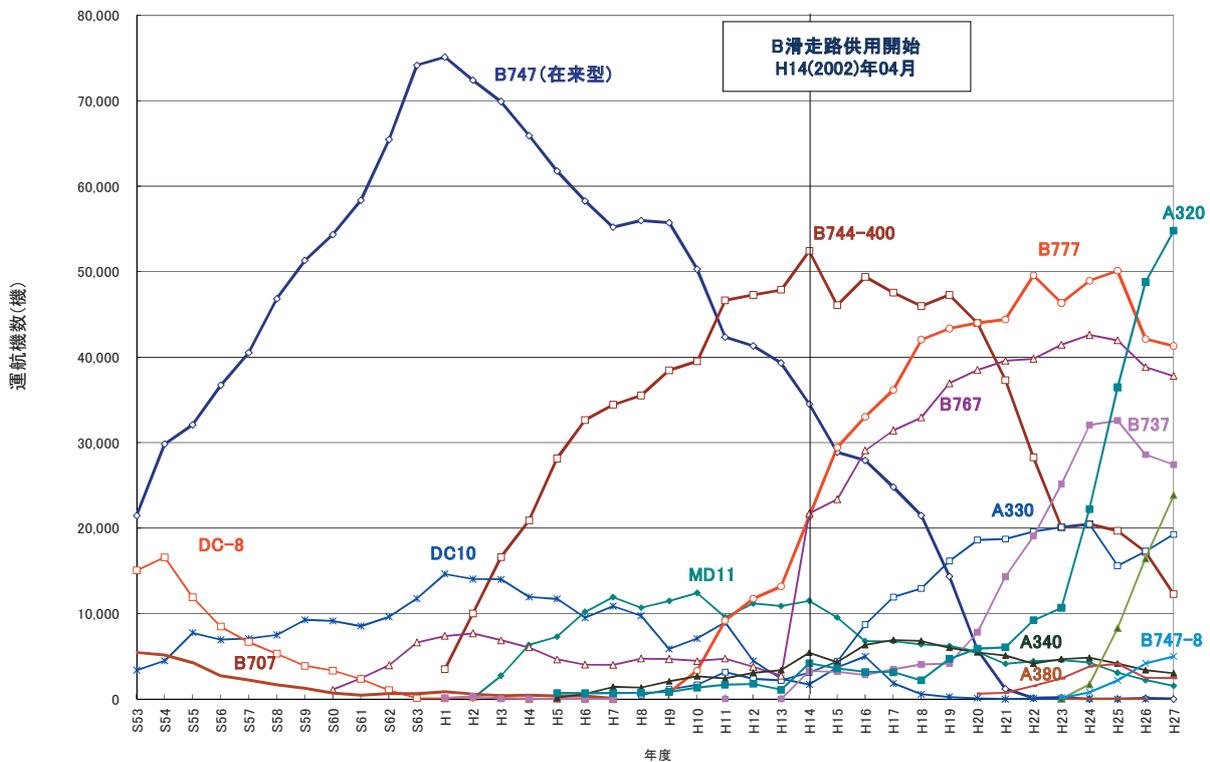


図-5 成田空港の機種別運航数の年度別推移

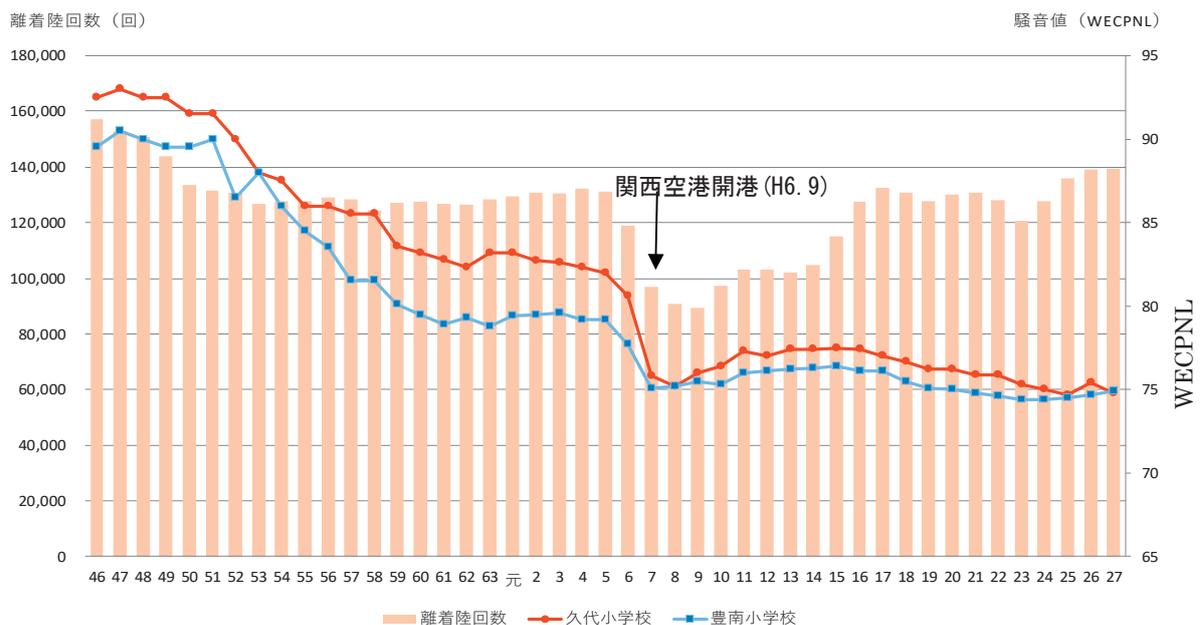


図-6 大阪（伊丹）空港の運航回数と騒音（WECPNL）の推移

大阪（伊丹）空港の運航回数と騒音影響の推移を図-6に示す。大阪空港は激しい騒音影響から、抜本的な問題解決のために大阪湾泉州沖に関西国際空港を新設した。平成6年9月に同空港は開港した。大阪（伊丹）空港は関西空港の開港後も存続することが決まったが、騒音影響を増大させないためにも種々の発着規制がとられ、1日の発着回数は370回に制限されている。図に示す騒音監視局は主に離陸経路下の地点と着陸経路下の地点にあたる、図を見ると、関西空港開港時に運航数も騒音（WECPNL）も大きく下がった。その後運航回数は増加し、現在はほぼ1日の制限回数に近づいている。しかし、騒音影響は増加することなく、現在はほぼ関西空港開港直後の水準と同じである。

さいごに

我が国における航空機騒音問題の経緯を簡単に振り返り、航空機騒音の影響軽減への取り組みを体系的に解説した。発生源対策や周辺環境対策についてその概要を述べるにとどまった。それぞれ詳細は別の機会に紹介した

い。

文献

- 1) ICAO International Standards and Recommended Practices ENVIRONMENTAL PROTECTION ANNEX16, 1971.
- 2) 篠原直明、安斉恭子・花香和之、「航空機の騒音証明制度と空港周辺で観測される騒音値との関係」日本騒音制御工学会秋季研究発表会講演論文集, 175-178, 2013-09
- 3) 篠原直明、「航空機に関するノイズラベリングー航空機騒音証明制度と騒音低減対策の事例ー」騒音制御 33 卷 2 号 (2009), p142-148, 日本騒音制御工学会
- 4) 高橋達、「航空環境を考慮した着陸料の形態と空港間比較」、航空環境研究 2017、空港環境整備協会
- 5) 篠原直明、斉藤恒、山田一郎、「防音堤・防音林による航空機騒音対策の効果」、騒音制御 21 卷 3 号 (1997), p179-188, 日本騒音制御工学会

解説

航空機騒音予測の過去から現在*

吉岡 序**、篠原 直明***

1973年に環境庁より「航空機騒音に係る環境基準」¹⁾が告示されて以来、およそ半世紀が経過した。この間、積極的に発生源対策や周辺対策が進められた結果、現在では空港周辺における航空機騒音の暴露の影響は大幅に軽減されている。これらの環境対策を講じるための基礎となる航空機騒音評価を行う上で、航空機騒音の予測計算が大きな役割を果たしてきた。

ここでは航空機騒音予測手法の開発に係る背景、航空機騒音予測手法のガイドラインの整備について振り返り、我が国の現在の予測モデルについて解説する。

1. 航空機騒音予測に係る背景

(1) 航空機騒音予測の必要性

航空機騒音の予測は、運航や気象の状況について年平均的な条件を設定して統計的处理が可能なることから、将来の土地利用計画の策定はもちろん、新型機の導入、飛行経路の変更、新空港建設などの新たな計画に際し、事前に騒音影響評価を行う場合だけでなく、現状の年平均的な騒音暴露状況を的確に評価するためにも必要なものとなっている。

航空機騒音の予測は、まず所望の点における騒音値を予測計算することが基本であるが、更に空港周辺をメッシュ状に区切った多数点について騒音予測を行い、それらの等レベルの騒音値を線で結んで予測コンターを作成することが一般的である。予測コンターは空港

周辺の騒音暴露状況を面的に評価できるため、点における予測評価よりも有用性が高い。

実測された騒音値によるコンター作成も技術的には可能であるが極めて大規模な測定を必要とするので、コストパフォーマンスを考えると実用的とは言えない。

1970年代初頭に航空局により実測によるコンター作成の試みが行われたことがある。実測は1972年晩秋から1973年早春にかけて大阪国際空港の周辺において、空港を中心にメッシュ状(500m×1000m)に区切って測定点を230～250か所配置し、各点二日間ずつ始発から終便まで行われた。測定は全点同時ではなく一日当たり10地点程度を凡そ3か月もかけて行われた。図1はこの実測結果に基づいて作成されたWECPNLコンター図である。図から何れのレベルのコンター線にも凹凸がありスムーズな繋がりになっていないことが分かる。これは測定点の規模(測定日数、測定点数、測定点間隔)が十分ではなかった事に加え、全測定点同時期の測定ではなかったために測定地点(グループ)ごとに気象状況及び運航状況が異なり、実測騒音値にそれらの影響が含まれて、図1に示すコンターとなった。この結果から実情に整合する実測コンターを作成するためには相当なコストが掛かることが改めて認識されることとなった。それ以後、航空機騒音のコンターは予測計算で行われることになり、実測による騒音値は主として予測コンターの妥当性検証に使われている。

* From past to present of Aircraft noise prediction model

** 航空環境研究センター調査研究部 調査役

*** 航空環境研究センター 所長

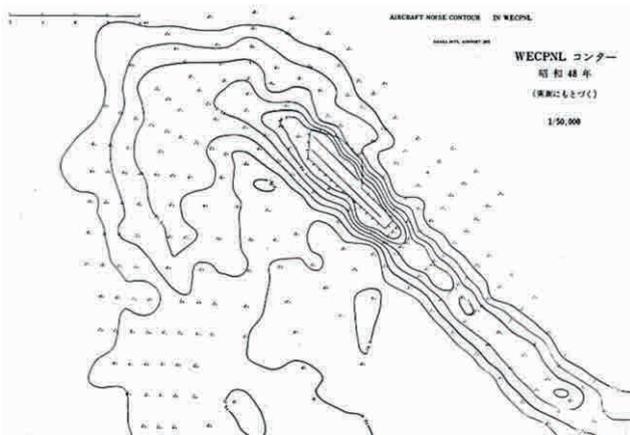


図1 実測 WECPNL コンター図の例

(2) 航空機騒音予測に係る世界の動き

世界における航空機騒音予測に係る動きは古くからある。1950年代後半に K.D.Kryter により空港周辺の騒音暴露量を計算で求める試みが行われたことが文献²⁾で紹介されている。1960年頃から主要な航空機製造国では航空機が一機飛行した時のやかましさを基本にして騒音評価が行われていた。1970年代に入ると、世界の各国で自国の空港周辺対策や、土地利用計画を策定するためのツールとして騒音予測モデルが開発されはじめ、中でも FAA(Federal Aviation Administration) が公表した INM(Integrated Noise Model)³⁾ が広く知られている。また1980年代になると、SAE(Society of Automotive Engineers)、ECAC(欧州民間航空協議会)、及び ICAO/CAEP(国際民間航空機関/航空環境保全委員会)において、新たに予測モデルを開発する際の支援を目的として、航空機騒音の予測計算手法のガイダンスが作成されたが、各国の予測モデルは様々な手法が使われていた。すなわち同じ条件で計算しても予測手法が異なるため予測結果はまちまちであった。1990年代後半には、予測モデル間の計算結果の整合性を考慮し、予測手法のガイダンスの見直しが進められた。詳細については後述する。

(3) 我が国における予測モデル開発の経緯

1973年に環境庁(当時)より「航空機騒音

に係る環境基準」が告示され航空機騒音の評価量は WECPNL と決められた。その頃、NHK 技研には放送番組の視聴改善に関する研究部門があり、そこで後の WECPNL モデルの原型にあたる予測モデルが開発されていた。NHK 技研と空港環境整備協会(当時航空公害防止協会)は技術協力協定を結んでいたこともあり、計算時間のかかる予測計算はすべて NHK 技研の大型電子計算機上で行われていた。その予測モデルの入力データは機種、飛行形態、及び朝昼夕の時間帯の飛行回数をパンチカードで作成して入力し、計算結果は直線飛行した際の WECPNL 値が 1000m × 500m のマトリックス状にラインプリンターで印刷されるものであった。その印刷された WECPNL 値を読み取り地図にプロットしてコンターを作成した。

1978年になると上述のモデルより精緻な計算手法による WECPNL モデルが航空局により開発されることになった。開発しようとする予測モデルは、航空行政を担う重要なツールとなることから、開発にあたっては航空局、航空会社、学識経験者、及び空港環境整備協会(当時航空公害防止協会)等の委員により構成される騒音専門委員会(航空機騒音委員会)を設置して行われ、翌年に航空局の WECPNL モデル第一版が完成した。この予測モデルは2001年まで幾多のバージョンアップがなされ、その後も長きにわたり使われてきた。この頃から航空機騒音評価量は世界的に L_{Aeq} ベースに基づく騒音評価量に移行していた。このため、わが国研究センターでは、2000年から L_{den} 予測モデル開発の研究に着手している。

我が国においても2007年12月に「航空機騒音に係る環境基準」が改訂⁴⁾され、2013年4月からは、航空機騒音の評価量が WECPNL から L_{den} に変更となった。このため新たな指標で予測することが必要となり、2010年には航空局より L_{den} モデルの作成業務を受注し第

一版を納入した。この L_{den} モデルについては 3 章で述べる。

2. 航空機騒音予測手法ガイドラインの整備

空港周辺の土地利用計画を目的とした航空機騒音の予測計算方法のガイドラインが、1988 年に ICAO から CIRCULAR 205⁵⁾ として発行された。これより少し前から、アメリカとヨーロッパでも L_{Aeq} ベースに基づく騒音評価量の航空機騒音予測手法のガイドラインの開発が進められていた。1986 年にアメリカでは SAE の航空機騒音担当部署 SAE Committee A-21 により、「空港周辺の航空機騒音の計算手順」SAE AIR 1845⁶⁾ が、また同年 ECAC (European Civil Aviation Conference) からは「民間空港周辺の騒音コンターの標準的な計算方法」ECAC.Doc. 29 first edition が発行された。これらは、これから予測モデルを新たに開発しようとする国にとっては有用なツールとなり、 L_{Aeq} ベースに基づく騒音評価量の航空機騒音予測モデルが開発し易くなった。

1997 年になると ICAO において予測手法のガイダンス CIRCULAR 205 の見直しが始まった。その一環として、まず、世界各国の予測モデルの情報を収集し、次に仮想空港を構築して、各国が所有している騒音予測モデルにより計算条件をそろえ、その仮想空港周辺の $L_{Aeq,24h}$ を予測計算して、各国の計算結果を比較検討された。この計画には我が国を含めて 9 カ国が参加した。当時の我が国の航空機騒音モデルの騒音評価量は WECPNL を計算するものであったため、実測した ECPNL と L_{Aeq} の関係から、求めようとする L_{Aeq} 値に相当する ECPNL を算出して代用した。 L_{Aeq} 55dB のコンター面積が比較されたが、国名は明かされず A ~ I のアルファベットで表記された。その面積は最小と最大では凡そ 3.5 倍の違いがあったが、我が国の結果は ECPNL からの換算値であるにもかかわらず

ず、最大と最小のほぼ中間であった。その際の結果を図 2 に $L_{Aeq,24h}$ 55dB のコンター、図 3 にコンター面積の比較として示した。

このような結果のばらつきは、すべてのモデルが同じ計算手法ではないこと、データベースが異なるなどにより、当初から予想されていたことであった。

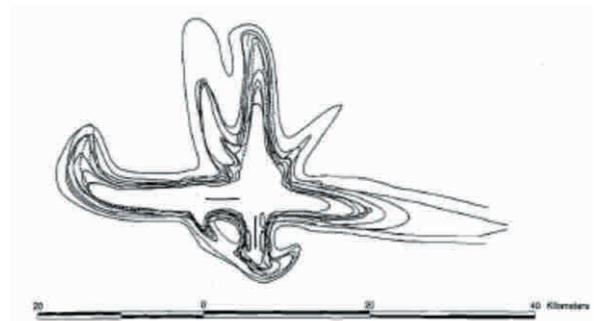


図 2 $L_{Aeq,24h}$ 55dB のコンター比較

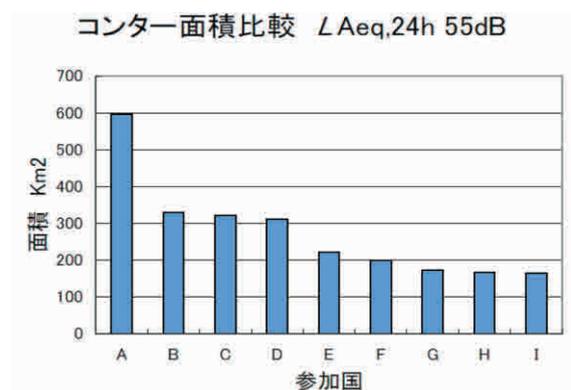


図 3 $L_{Aeq,24h}$ 55dB コンター面積比較

このことから予測手順のガイドライン間においても整合性をとる必要性が認識された。ECAC Doc.29⁷⁾ は 2016 年には第四版となっている。CIRCULAR 205 は 2008 年に改定され ICAO Doc.9911 となった。いずれのガイダンスも基本的な予測手法は SAE AIR 1845 に整合した内容となっている。

3. 我が国の現在の予測モデル

(1) L_{den} モデルの概要

我が国の予測モデルは、当初は WECPNL モデルであり、現在は「航空機に係る環境基準」の改定に伴い評価量が変更されたた

め L_{den} モデルとなったことは前章でも記したとおりである。両者の大きな相違は評価量が異なる他、地上騒音も考慮されることがあげられる。 L_{den} モデルは騒音評価指標の変更に係わらず、航空機騒音対策を継続的に実施できるように WECPNL モデルと整合する考え方で作成する必要がある、国際指針 ICAO DOC.9911 とともに基本的には整合しつつ自前のモデルを開発したものである。それにより WECPNL モデルで蓄積した基礎データやノウハウを活用し、新基準が求める航空機の地上騒音の考慮にも対応できたのである。

多数の航空機運航に伴う空港周辺の騒音暴露を予測し、騒音コンターを描くには様々な情報を使い、膨大な計算を行わねばならない。そのため、航空機の運航や騒音の放射から受音に至る過程を仮定に基づいて簡略表現し、経験的な関係式を活用して L_{den} 等を算定し騒音コンターを描く手法を用いる。その手法として L_{den} モデルでは、セグメントモデルと呼ばれる方法を用いる。

セグメントモデルは、飛行経路を多数の有限長セグメント（線分）に分割・近似し、個々のセグメントを航空機が飛行する間に受音点にもたらす騒音エネルギーを求め、全セグメントの寄与を合算して1機が飛行する際の単発騒音レベルを算定する（図4）。

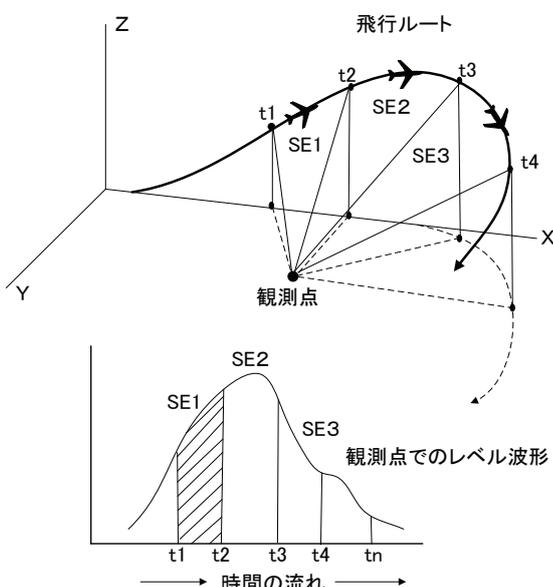


図4 セグメントモデルの計算概念図

個々の単発騒音の基本的な計算は、航空機が所定の運航条件下で直線飛行するときの有限長区間（有限長セグメント）からの騒音暴露の寄与を表わす単発騒音暴露レベル L_{AE} を算定する式に基づいて行われる。

$$L_{AE} = L_{AE}^0 + \Delta L_{NF} + \Delta L_{airspeed} + \Delta L_{G-direct} + \Delta L_{EGA} + \Delta L_{other}$$

(式1)

ここに、 L_{AE}^0 は直線飛行経路全体からの騒音暴露の寄与を表す単発騒音暴露レベルで、別に用意した基礎データと呼ばれる距離と L_{AE} （単発騒音暴露レベル）の関係から引用したものに、様々な要因を補正して単発騒音 L_{AE} が計算される。 ΔL_{NF} はセグメントが有限長であるため騒音暴露が減少することを補正するもので音源の指向性に依存する。 $\Delta L_{airspeed}$ は飛行速度が基準と異なるときの補正、 ΔL_{EGA} は地面の過剰減衰、 $\Delta L_{G-direct}$ は離陸の滑走路後方での指向性の補正、 ΔL_{other} はその他、防音壁等の影響に関する補正などである。

地上騒音の予測方法については、本誌の別原稿⁸⁾を参考にしていきたい。

(2) 予測計算に必要なデータの概要

L_{den} モデルによる計算に必要な入力データは、基礎データと予測条件設定データに大別される。

基礎データは、航空機から観測点までの距離に対する L_{AE} （単発騒音暴露レベル）の関係を、機種別・エンジン推力別に記述した NPD データと、航空機の進出距離（離陸滑走開始又は着地点から航空機までの飛行経路を地上投影し、それに沿った距離）に対する飛行高度・エンジン推力・飛行速度の関係を機種別・運航形態別・運航重量別に記述したパフォーマンスデータから構成されている。この基礎データは、機種別に整備しておけば基

本的には予測対象空港が変わっても共通に使用できるものである。

一方、予測条件設定データは予測対象空港ごとに作成されるもので、データの構成は、まず空港情報として滑走路長、滑走路方向、使用滑走路割合、次に滑走路ごとの飛行経路と経路分散、地上走行経路、地上静止運転位置、地上静止運転の稼働時間、及び機種構成と時間帯別離着陸回数である。なお、国際線などで行先が多様な場合は、離陸重量がそれぞれの路線長で異なるので、重重量（遠距離）・中重量（中距離）・軽重量（近距離）くらいの分類は最低でも必要である。

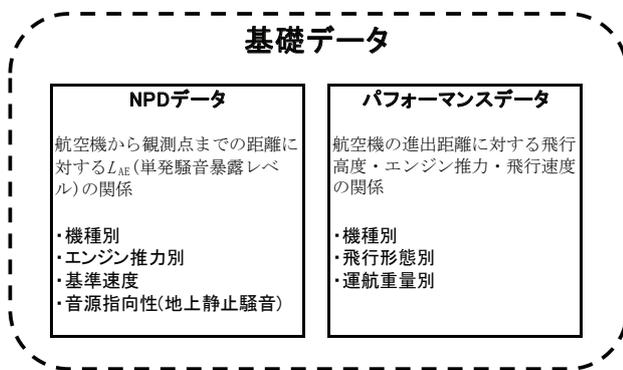


図4 基礎データの構成

表1 測条件設定データ

情報の種類	項目
空港情報	・滑走路の長さ ・滑走路の方向 ・滑走路使用割合
飛行経路情報	・滑走路ごとの飛行経路 ・ " 飛行経路分散
運航情報(飛行)	・機種構成 ・時間帯別離着陸回数
地上運用情報	・地上滑走路 ・エンジン試運転/APU稼働位置 ・ " " エンジン出力 ・ " " 稼働時間

(3) L_{den} の計算とコンターラインの作成

ここまで説明したように、予測条件として設定した全ての機種・飛行形態・飛行経路について L_{AE} を計算し、夕方・夜間の L_{AE} に

所定の時間帯補正してからエネルギー加算し、24時間で平均すれば、式2に示す L_{den} が得られる。

$$L_{den} = 10 \log_{10} \left\{ \frac{T_0}{T} \left(\sum_i 10^{\frac{L_{AE,di}}{10}} + \sum_j 10^{\frac{L_{AE,ej}+5}{10}} + \sum_k 10^{\frac{L_{AE,dk}+10}{10}} \right) \right\}$$

(式2)

コンターラインを求めるための処理手順として、メッシュ方式と呼ばれる以下の手順で処理を行う。(1) 計算機のメモリに通常50m以下の間隔で格子状に配置した受音点の全てにおいて L_{den} 値を計算する。(2) 57、62dBといったコンターラインを描くレベルを閾値として、隣接しかつ上下に挟むレベル値となる格子点のペアを検索し、その格子点が結ぶ線上において閾値となる位置座標を線形補間によって求める。(3) こうして得た、格子線上に見つかる全ての閾値の位置座標を、一筆書きの要領で線に繋いだものがコンターラインとなる。

図5に仮想空港による計算例を示した。左右に長く伸びるラインは離着陸によるものであり、予測の運航条件として、この例では左から着陸機が到来し、右に離陸機が飛び立つ割合（滑走路使用割合）が主と仮想しているので、左に着陸機特有の滑走路延長方向に細長く伸びる騒音影響が、右には離陸機特有の側方に広がる影響がコンターラインに表れている。また地上騒音の影響としてAPUの稼働やエンジン試運転の影響がターミナル前のエプロン内に横に並ぶ複数のスポットを中心に広がるが、場所によってターミナルビルに遮蔽される様子が表れている。

4. むすび

航空機騒音予測モデルの開発に係る背景や航空機騒音予測手法のガイドラインの整備について振り返り、我が国の現在の予測モデルについて解説した。空港周辺環境対策を講

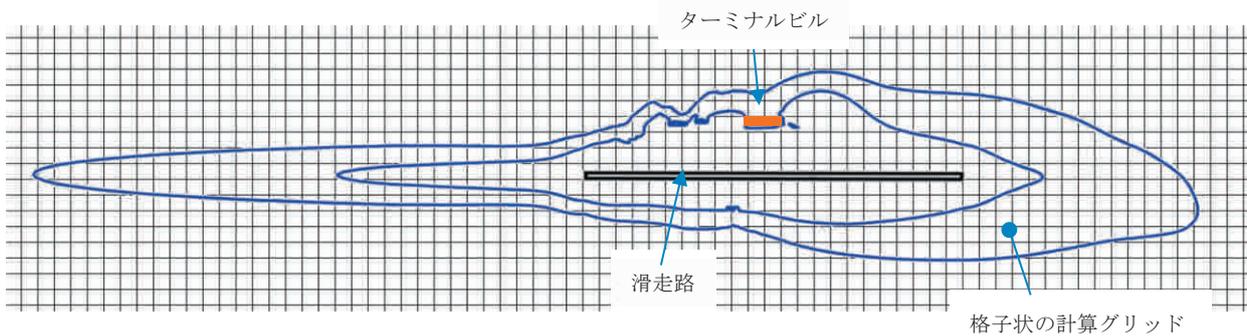


図5 仮想空港における計算例

ずるための基礎となる騒音予測計算は、過去・現在ともに大きな役割を果たし、未来においてもその重要さは変わらないだろう。環境基準の改定により航空機が地上で発する騒音も考慮しなければならなくなった。このため、取り扱わなければならない航空機運航データの規模が膨れ上がり、膨大な計算時間が掛かる。地上運用騒音の考慮は、わが国は基準改正により取り入れているが、海外では検討の緒に就いた段階である。日本の経験や情報を提供し国際整合性を担保しつつモデルの性能向上を図っていくことが望ましいと考えている。

近年では、航空機運航の技術発展に伴い衛星航法の採用等によって飛行経路のばらつきが小さくなった。それにより低騒音レベルでも多頻度運航による騒音暴露も問題視されている。航空機の型式も次第に新しくなり、基礎データ構築手法の確立や機種代替の考え方を整理していく必要が生じている。

さらにコンター線描画だけではなく、コンター面積の算出や影響人口やN above等の補足的な評価指標によるコンター作成も今後の研究開発の課題として挙げられる。

文献

- 1) 「航空機騒音に係る環境基準」環境庁告示、昭和48年12月
- 2) 空港環境アセスメントに関する調査報告書(航空公害防止協会,S51)
- 3) Integrated Noise Model (INM) Version 1 User's Guide, FAA-AEE-72-02, 1972
- 4) 「航空機騒音に係る環境基準」改定 環境省、平成19年12月
- 5) ICAO Circular 205 “Recommended method for computing noise contours around airports”, 1988
- 6) SAE AIR 1845 “Procedure for the Calculation of Airplane Noise in the Vicinity of Airport”, SAE A-21, 1986
- 7) ECAC Doc.29 3rd Edition: Report on Standard Method of Computing Noise Contours Around Civil Airport, ECAC 2005
- 8) 菅原政之, 中澤宗康, 航空機騒音予測における地上音の取り扱い、航空環境研究 No21(2017) p35-39

解説

国際航空における市場メカニズムを利用した 温室効果ガス削減制度について*

橋本 弘 樹**

1. はじめに

長年にわたり国際民間航空機関 (ICAO) で議論されてきた温室効果ガス削減対策は、2016年10月に開催された第39回 ICAO 総会において”市場メカニズムを利用した温室効果ガスの削減制度 (GMBM: Global Market-Based Measure)”を全会一致で決議した¹⁾。ICAOは2016年10月12日現在、GMBMには我が国を含む66か国が自発的な参加があることを表明しており、国際航空活動の86.5%をカバーしている²⁾。そこでGMBM決議に至る経緯と概要を解説する。

2. これまでの経緯 (地球全体)

地球や人類にとって地球温暖化問題は極めて重要な問題である。気候変動に関する政府間パネル (IPCC) の第5次評価報告書では、地球温暖化の原因として、人間活動が支配的要因であった可能性が極めて高い (可能性95%以上) とされている。

地球温暖化に係る大気中の温室効果ガスを気候体系に危害を及ぼさない水準で安定化させることを目標にした国連気候変動枠組条約が1994年3月に発効した。この第三回締約国 (COP3) で2020年までの枠組みとして1997年12月「京都議定書」が採択され、2005年2月に発効した。この条約では先進国と途上国とでは地球温暖化に対する責任には差異があるとしている。

なお、京都議定書 (第2条第2項) では、

国別排出量には国内航空部門のみを含めることとし、国際航空部門は国境を越えた公海上を運航することや、2か国間運航するとの特殊性から温室効果ガスの削減・抑制はICAOで検討することとなっている。

また、2020年以降の新たな温室効果ガス削減等のための枠組みとして2015年のCOP21において史上初めてすべての国が参加する「パリ協定」が採択され、2016年11月に発効した。パリ協定には、世界共通の長期目標として2℃に抑える目標の設定、すべての国による削減目標の5年ごとの提出・更新すること、二国間クレジット制度や排出権取引等の市場メカニズムを活用することなどが盛り込まれている。

3. これまでの経緯 (国際航空)

前述したように国際航空の温室効果ガスの削減・抑制策はICAOに委ねられている。

ICAOで行われてきたこれまでの地球温暖化対策の検討経緯の概要を示す。

2004年2月に開催された第6回航空環境保全委員会 (CAEP/6) 及び同年に開催された第35回 ICAO 総会では、国際航空分野に限った排出権取引では効率性の観点から問題があるとされて、オープンな排出権取引制度にすべきとして国際航空を組み込んだ場合のガイドランスの作成等が行われることとなった。

そのような中、EUの排出権取引制度 (EU-ETS) に国際航空分野を取り込もうとするEU

* Outline of ICAO's global market-based measures

** 航空環境研究センター 調査研究部 主任研究員

指令案を 2006 年に公表した。大胆に CO₂ 排出抑制をするべきと考えるグループ、二国間にまたがるような問題に関しては両国の同意なくして進めるべきではないと考えるグループ、国連の先進国と途上国の間で「共通だが差異ある責任」を重視するグループの間で対立が深まっていった。

2007 年に開催された第 36 回 ICAO 総会では新たに先進国、途上国の均等な参画した政府高官によるハイレベルベルグループ (GIACC: Group on International Aviation and Climate Change) を設置して、技術革新、運航効率化、航空交通管理の改善、経済的手法等からなる地球温暖化対策の枠組みや ICAO としてのグローバルなエネルギー効率の目標を検討することとなった。

2010 年、2013 年の第 37 回及び第 38 回 ICAO 総会では、先進国・途上国にかかわらず国際航空のグローバルな目標として①燃料効率を 2050 年まで毎年 2% ずつ改善すること、② 2020 年以降は CO₂ の総排出量を増加させないこと、が決められた。この目標を達成するためには、一つの方策では不十分であり、複数の方策を組み合わせることで総合的に実施していくことになった。その方策は、①新技術の導入 (新型機材等)、②運航方式の改善、③バイオ燃料の導入、④経済的手法の活用 (排出権取引) である。

図 1 は国土交通省の資料から今後の国際航空からの CO₂ 排出量の予測と排出削減目標のイメージを引用したものである³⁾。図からは無対策の場合に比べて、運航方式の改善や新型機材の導入を行うことにより CO₂ の排出量の増加を抑えられることや、また、将来的にはバイオ燃料等の代替燃料の活用により CO₂ が削減出来ることが示されている。しかし、将来の CO₂ 排出量の予測は更なる航空需要の伸びから、これら 3 つの CO₂ 削減対策を行ったとしても 2020 年以降は、2020 年レベルの CO₂ 排出量から増加させないという目標を達成することができない。そこで少なくとも当面の間は、経済的手法 (排出権取引) を取り入れ 2020 年から導入することになった。

4. ICAO が導入する GMBM の概要

市場メカニズムを利用した温室効果ガスの削減制度 GMBM は、排出権取引の仕組みを活用して他分野における CO₂ 削減プロジェクトにより発行されたカーボンクレジットを活用して、2020 年以降に国際航空において増加する CO₂ 排出量を相殺するスキームのことある。

表 1 は国土交通省の資料を引用したものである¹⁾。参加対象となるのは 2021 年～2026 年までは自発的にこの制度に参加した国だけが対象となるが、2027 年からは義務的参加となりこれは 2035 年まで続く。但し、小規模

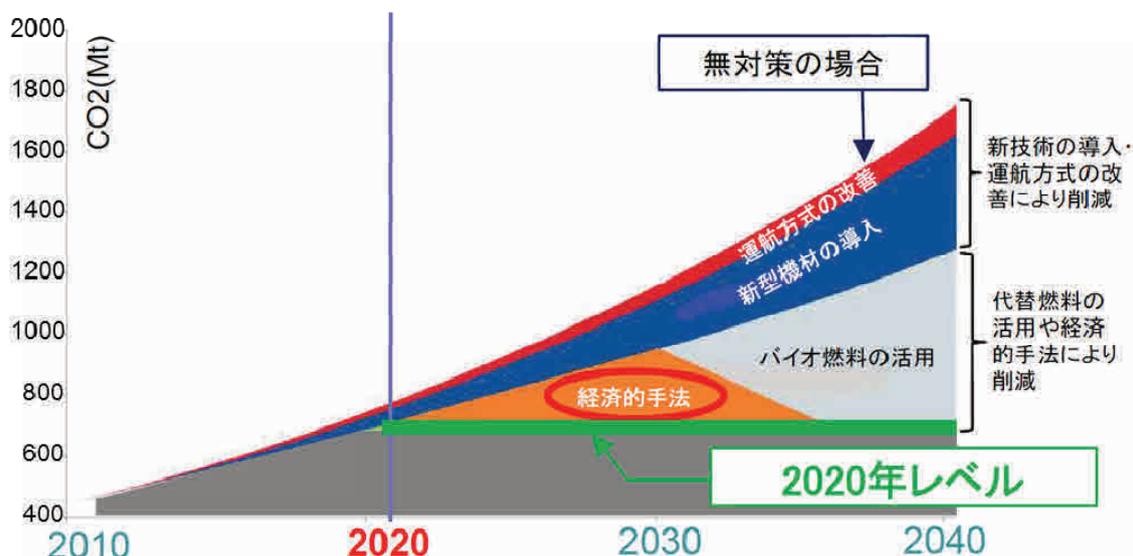


図 1 国際航空からの二酸化炭素排出量予測と排出削減目標のイメージ

排出国および後発発展途上国を除く。各航空会社の排出権購入は、2019年及び2020年の平均年間排出量を基準排出量として、それを上回った排出量については各運航者の排出量に応じて割り当てられる。ただし、2030年以降は各社の個別の削減努力を段階的に反映される内容となっている。

具体的には図2に示すようなプロセスで実施される。まず、植林、太陽光発電、風力発電などのCO₂削減プロジェクトにより削減されたCO₂量を実施主体は、認定機関に削減量を申請する。認定機関はCO₂削減量を承認して実施主体に対してカーボンクレジットを発行する。

実施主体は発行されたクレジットをクレジットの売買を実施するカーボン市場に売却する。

航空会社は国際航空部門によるCO₂排出量を算定し、排出量を外部機関による証明を受けた上で各国政府とICAOに申告する。各国政府とICAOは結果に基づき航空会社に2020年基準を超える量に相当するクレジットを決定し、航空会社はカーボン市場から、クレジットを購入する。こうした仕組みにより2020年以降に国際航空において増加するCO₂排出量が相殺される。

表1 制度の概要

時期：	2021年～ 2026年	2027年～2035年
対象：	国ごとに自発的に参加	義務的参加 ※小規模排出国、後発途上国を除く
各航空会社の排出権購入：	国際航空において2020年より増加した排出量について、各運航者の排出量に応じ割り当て ただし、2030年以降は各社の個別の削減努力を段階的に反映	

5. 結び

長年にわたり議論され、先進国と途上国との意見の隔たり等、様々な障害があったにもかかわらず、ICAOのGMBMが総会で決議されたことは、大変喜ばしいことである。今後も引き続きこの制度が適正に運用されるために努力していくことが大事である。

また、GMBMは地球温暖化対策一つの方策であり、その他の方策も引き続き不断の努力が必要である。

文献

- 1) ICAO, 第39回総会決議 A39-3, http://www.icao.int/environmental-protection/Documents/Resolution_A39_3.pdf.
- 2) <http://www.icao.int/environmental-protection/Pages/market-based-measures.aspx>
- 3) 国土交通省, 2016年10月7日付報道発表資料, 「第39回国際民間航空機関 (ICAO) 総会結果概要について」, <http://www.mlit.go.jp/common/001148404.pdf>.

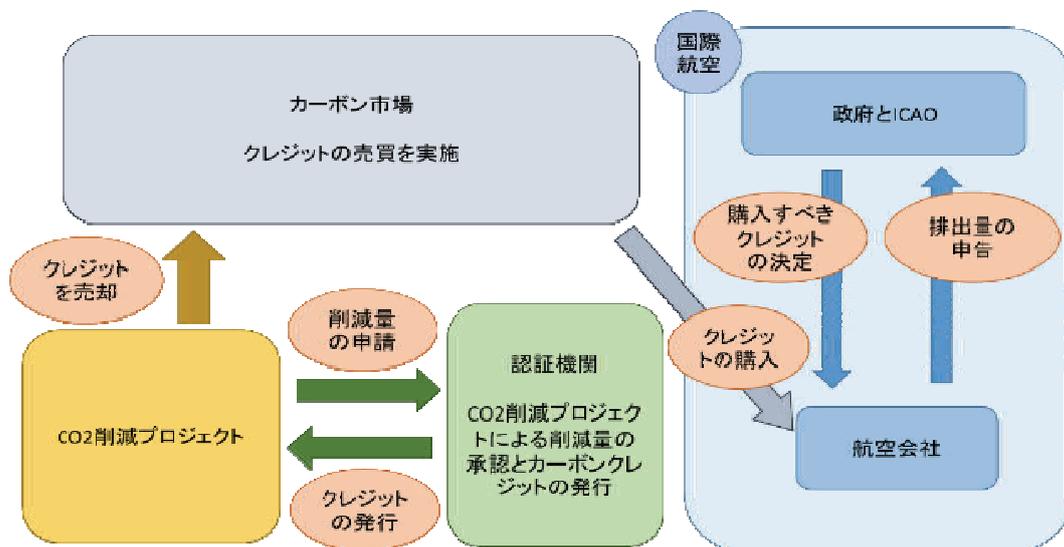


図2 ICAO 排出権取引の実施プロセスのイメージ (各資料をもとに自作)

海外事情

国際騒音制御工学会議 インターノイズ 2016*

篠原直明**

国際騒音制御工学会 (I-INCE) が主催する第 46 回国際騒音制御工学会議「インターノイズ 2016 (inter-noise2016)」が 2016 年 8 月 21 日から 24 日の間、ドイツ・ハンブルグにある Congress Center Hamburg (CCH) に於いて開催された。航空環境研究センターより篠原が出張し、本会議に参加し講演発表を行った。本稿ではインターノイズ 2016 の概要と主に航空機騒音に関するセッションについて報告する。

1. inter-noise2016 の概要

インターノイズは、国際騒音制御工学会 (I-INCE, International Institute of Noise Control Engineering) のもとに各国の加盟団体が毎年持ち回りで開催する騒音制御の国際会議で、これまでは米州、欧州、アジア・オセアニアの 3 地域を順に巡っている。2016 年はドイツ音響学会 (DEGA) との共催によりハンブルグで開催された。その概要は以下の通りである。

オープニングセレモニー

初日の午後に行われた。歓迎の音楽や挨拶の後、ハンブルグ州の環境行政についての講演があった。

参加者

最終日のクロージングセレモニーで紹介さ

れた情報では参加者は約 1,500 名だったもよう。各国の行政機関、研究機関、大学の研究者、コンサルタント、計測機器メーカー等が参加している。日本からは約 140 名が参加したとのこと。開催国のドイツに次いで多かったようだ。

発表件数 約 900 件

セッション

月～水曜の 3 日間、15 の会場に分かれてそれぞれのセッションごとに発表が行われた。1 つの会場は 50 ～ 100 人程度の規模で、発表は 1 件当たり 20 分 (質疑含む) で行われた。なお、「Towards a Quieter Future」が全体の会議テーマとして掲げられていた。

セッションは航空機騒音のほか鉄道・道路の交通騒音、風車騒音・低周波、騒音伝搬、防音壁、数値解析、建築音響、機械騒音、環境騒音のほか騒音と健康影響に関するものもあった。



会場外観 (Congress Center Hamburg - CCH)

* Report of Inter-noise 2016

** 航空環境研究センター所長

2. 航空機騒音に関するセッション

Airport Community Noise と銘打っているが、実際は航空機騒音予測モデリングが中心のセッションである。篠原の発表および共著となっている論文の発表はこのセッションであった。Chair はドイツ DLR の Isermann とノルウエー SINTEF の Granoien。このセッションでは全部で 12 件の報告があった。主なものを記す。

1. Ingrid Legriffon, Turbopropeller noise model assessment in CARMEN,

小型ターボプロップ機の騒音予測に関する発表

2. Sebastian Schl, Determination of Aircraft Engine Speed Based on Acoustic Measurements

エンジン推力を、実測した基本周波数から推定しようとするもの。予測時の条件設定には推力を適切に設定することが欠かせないが、航空会社等から運航時の情報を提供されなければわからず、また、提供を受けることも難しくなっている。本発表は推力設定の指標を測定結果から分析しようとするものであり、我々にとっても興味深いものである。

3. Christoph Zellmann, The sonAIR Sound Source Model: Spectral Three-Dimensional Directivity Patterns in Dependency of the Flight Condition

シミュレーションモデルの音源データの設定に関する報告、3D 音源モデルが 2D よりも制度が良くなるとの報告

4. Shinohara et al., Study of lateral attenuation under meteorological conditions for airport noise modeling

セグメント予測モデルにおいて、補正要因として必要な側方減衰の補正式について、当初用いられている SAE1751 式、我々が改良提案した 1751M 式、ICAO Doc9911 などに用いられている SAE5662 式を比較し、

気象影響を考慮できる 1751M 式の有意を述べた。しかし、最新の機種に適用可能かどうかについて、改めて 1751M 作成時の手順を最新の測定結果で検証したものの。



篠原の発表（写真は発表時の様子）

5. Makino et al., Evaluation of Lateral Attenuation for Aircraft Takeoff-roll Noise by Multi-point Measurement

発表者は小林理研の牧野氏で関連発表（共著）。篠原が発表した測定結果の不足部分を検証するために成田空港で 4 シーズンにわたって実施した短期測定の結果を解析した結果を紹介。気象条件による変化の様子などを報告した。

6. Ishii et al., Consideration of meteorological effects on noise propagation by using the aircraft noise prediction model in JAXA DREAMS project

関連発表（共著）で発表者は JAXA の石井氏。JAXA DREAMS プロジェクトで構築したシミュレーションモデルを用いて、気象条件別に側方減衰量の推定を試みた。それを SAE/AIR 5662 式と比較したもの。

7. Nguyen et al., Noise contours around Noi Bai International Airport - change in aircraft noise exposure before and after the opening of the new terminal building

空環協が昨年度までに行ったベトナムへの技術支援に関連する結果で、研究セン

ター前所長の山田氏が共著に名を連ねている。ベトナム・ハノイ、ノイバイ空港の騒音予測コンターを作成した報告。ターミナルの増設を機に航空機の運航状況が変化することを受けて、社会調査（騒音との反応関係）を実施したが、この前後に合わせた期間で騒音測定を実施した。本報告はINMを使った騒音予測コンターを作成することで、前記の短期測定期間の騒音暴露状況を全体的に把握することができた。また、実測との対比についても検証したもの。

3. 騒音と健康影響のセッション

Noise and Health すなわち騒音と健康影響については、全部で7つのセッションが3日間にわたって行われ、熱心に議論された。セッションは以下の通り。

1. WHO 欧州の環境騒音のガイドライン
2. アノイアンスに対する影響
3. 心臓血管系疾患への影響
4. 睡眠影響・メンタルヘルスへの影響
5. 環境騒音の介入や変動の影響
6. 健康影響の騒音指標と暴露の評価
7. 空港周辺における騒音の影響（ドイツ：NORAH study）

WHO 欧州の環境騒音のガイドライン

WHO 欧州では Environmental Noise Guideline を改訂しようと作業中である。Guideline Development Members たちが目的や状況を報告した。

ガイドラインの改訂の目的は騒音による健康影響の科学的なレビューを行い、環境騒音のリスクから保護するために根拠（エビデンス）に基づく推奨値を提供することとしている。エビデンスの質を評価するためのシステムを用い、エビデンスの信頼性をランク付けする。

アノイアンスに対する影響

1. Gjestland et al., Noise surveys at five Norwegian airports

ノルウェーの5空港で実施した社会調査の結果報告。空港によって反応関係が異なる。運航状況などに大きな変化があった空港では反応関係が高い。

2. Cointin et al., U.S. Civil Aircraft Noise Annoyance Survey Design

FAA が実施している航空機騒音の社会反応に関する調査の概要を報告。米国が基準としている DNL (Ldn) 65dB は騒音の反応関係が厳しくなっている現在では、根拠がなく古いと考えられる。1992年の FAICON では1978年のシュルツカーブを再確認したが、他国の別の調査ではシュルツカーブより量反応関係は厳しくなっていることにもよる。そこで新しい科学的根拠を得るために、新たな調査が必要であるとのこと。社会調査は全米の様々な規模の20空港を対象に実施した。調査結果は解析中。量反応関係のカーブを再作成し、適切な policy guidance を作る予定。

3. Ogata et al., A questionnaire survey on health effects of aircraft noise for residents living in the vicinity of Narita International Airport: Part-1 Background and summary

成田空港のカーフェュー弾力運用の紹介とその健康への影響を把握するための調査の概要報告。

4. Hiroe et al., A questionnaire survey on health effects of aircraft noise for residents living in the vicinity of Narita International Airport: Part-2 Analysis and result detail

カーフェュー弾力的運用の開始に伴う騒音による健康影響調査についてその詳細を報告。明確な影響は見られなかった。

空港周辺における騒音の影響（ドイツ：NORAH study）

フランクフルト空港周辺の航空機騒音影響を調査するチーム（NORAH：NOise-Related Annoyance cognition and Health）の報告

1970年代からフランクフルト空港周辺には空港に反対する人たちがおり、1984年の新しい滑走路建設の前後では2名の警官が死亡している。1997年に着陸用の4つめの滑走路の計画が持ち上がった。住民との対話の結果、夜11～朝5時までの間にNight Flight Banを設けることになった。（2007年、17便の夜間フライトはヘッセン州によって認められていた）新しい滑走路は2011年10月に供用した。夜間の飛行禁止は2011年11月に始まった。当初はボランティアベースだったが、裁判所の判決が確定し2012年3月からは拘束力のあるものになった。2010年ヘッセン州議会は交通騒音の影響を多くの学際的な領域にわたって調査することを決定した。空港会社とルフトハンザ航空、8つのローカルコミュニティが資金を提供し、多岐の分野にわたる大学教授などのエキスパートがこの調査に携わっている。

対象分野は以下の通り。

- Quality of Life and Annoyance
- Study on Health Risks
- Sleep Study
- Blood Pressures Study
- Children's Study

4. 学会に参加して（感想）

inter-noise2016に参加して、noise & Healthの関連で多くの発表があったことに驚かされた。欧州では騒音による健康影響（特に睡眠影響）については避けられないリスクと認識されている。特にフランクフルトでは古くから空港と騒音の問題があり、実際に飛行機で離着陸してみると空港周辺には多くの民家があることも理解できた。ナイトカーフェューの時間は23～5時だが、早朝5時台に多くの着陸（離陸）があり、それが睡眠の質に影響を与えているようだ。

アメリカでも騒音と住民反応の関係について再調査を始めている。航空機は低騒音化したこと、多頻度化したこと、住民の許容度がだんだんと厳しくなっていること、文化的な背景が変わってきていることをその要因として挙げていた。

日本でも同様の状況にあるだろうと考えれば、騒音に対する反応は、より厳しくなることも予想される。今後、航空需要の増大に伴う空港の拡張計画などもあり、いかに騒音影響を抑えるかが考えどころだと改めて認識した。

海外事情

米国 FAA、ワシントン及びニューヨーク地区での航空機騒音軽減の取り組み*

高橋 英昌**

米国における航空機の騒音軽減に関する取組を調査する目的で、昨年(2016年)の4月に米国 FAA 本庁、首都ワシントン空港公社及びニューヨーク・ニュージャージー港湾公社を訪問し、聞き取り調査を実施した。

1. 連邦航空局 (FAA) が実施する航空機騒音と地域の反応に関する新たな調査

FAA が行っている新たな社会調査に関して聞き取り調査を行った結果、下記の回答を得ることができた。

社会調査の主な目的はシュルツ曲線(騒音の大きさと住民の反応度を表す図)を更新することである。シュルツ曲線は騒音の大きさと住民の反応との相関を示すものであるが、1970年代に最初の調査が行われ、最後にレビューを行ったのは1992年である。

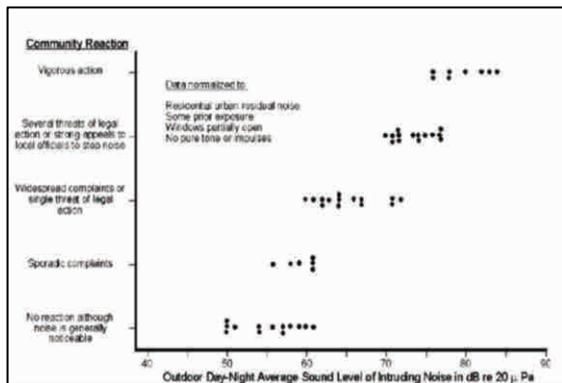


図1【予備調査の結果】

現在でも、騒音の量と住民の示す反応との相関関係を示すにはシュルツ曲線が一番良いと考えている。騒音の量を示す指標としては、DNL (Day/Night Noise Level) は全ての要素を包含していると考えており、予備調査の結果からもそのことは裏付けられている。

したがって、今後も別の指標を導入する構想は無い。

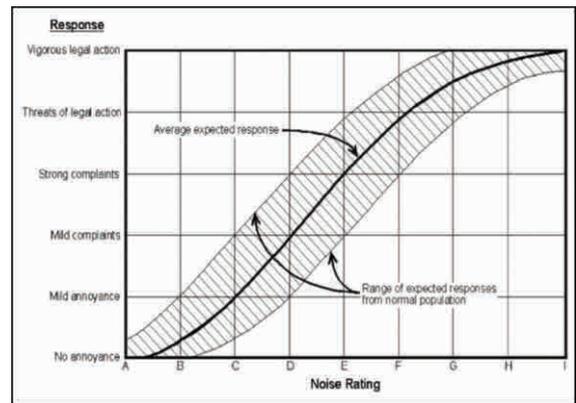


図2【予備調査を元に作成した用量反応曲線】

今回の調査は相関曲線を修正する必要があるがどうか、修正するとすればどの程度の修正が妥当かを検討することである。

調査は昨年(2015年5月)から始めているが、3カ年の計画で実施しており、2017年末迄には結論を出したいと考えている、とのことであった。

(1) 社会調査の概要

a. 空港の選出

統計サンプルにする20空港は、全米の地域の騒音反応を表現できるものであること。

* Social survey by FAA and Measures for Aircraft noise in Washington & New York area

** 航空環境研究センター 調査役

気温の年変化、一日の交通量、夜間飛行の割合、大型機と小型機の割合、空港から9km以内の人口及び地理的条件等が選定をする上で考慮される。しかし、公表するとバイアスを生むことになるため公表はしていない。

b. 調査区域とデータ数

騒音コンターが50～70DNLの区域を5DNL毎に4つに区分けして、各々の区域内から100件以上の調査データを取得し、同一空港では500件以上の回答を得ることを目標としている。したがって、20空港全体では10,000件以上のデータ数となるが、電話での調査は2,000件程度になると予想している。

c. 調査を実施する上での課題

- ・騒音の深刻さ及び／若しくは土地利用政策に関して騒音レベル(DNL)の正しいしきい値は何か？
- ・FAAはDNL測定基準の見直しや手直しを考慮すべきかどうか？
- ・異なる健康／厚生に対する影響に対して、騒音影響とは何か？それは顕著なものか？異なる影響に対して、異なる基準が必要か？

(2) 騒音調査区域における影響調査及びその関連で検討する項目

- ・反応度
 - DNL65dBの妥当性
- ・児童の学習
 - 航空騒音と児童の学習の因果関係
 - 因果関係があるとするば、最良の測定基準は何か？
DNL, Leq (8) *,etc
*8時間連続等価騒音レベル
- ・健康
 - 航空騒音と健康との因果関係(現在、FAAは心疾患について考慮中)
 - 因果関係があるならば、最善の指標は？
- ・睡眠障害

- 航空機騒音と睡眠障害との因果関係
- 因果関係があるとするば、どのように分析モデルを最良化するのか？

2. ワシントン地区の空港の概要

メトロポリタン・ワシントン空港公社(Metropolitan Washington Airport Authority: MWAA)はロナルド・レーガン・ナショナル空港及びワシントン・ダレス国際空港の2空港を運営しているが、騒音対策の方法は空港により異なる。

これら2空港は、米国内で唯一連邦航空局が所有する空港である。

(1) ロナルド・レーガン・ナショナル空港

- a. 当空港は首都圏における近距離、都市相互間の路線を扱う。
- b. 騒音対策は主に運航規制と運用制限により実施され、内容は下記のとおり
 - ①距離制限：飛行距離1,250¹以内
 - ②夜間騒音規制：夜間(10PM～7AM)に飛行する航空機に対する騒音値の規制がある
 - ・到着機：進入中に発生する音圧が85dBA
 - ・出発機：離陸時に発生する音圧が72dBA*
- *重み付け音圧レベル
- ③高密度空港に対する規制：運航形態及び航空機型式毎に1時間当たりの機数制限がある(Total約60機/h)
- ④川沿いの飛行方式：視認による進入及び出発方式

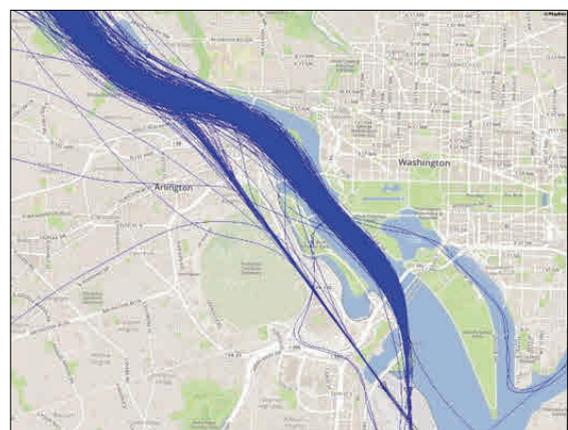


図3 【RW19への視認進入時の飛行経路】

(2) ワシントン・ダレス国際空港 (KIAD)

a. 当空港は首都圏における国際線、長距離国内線を取り扱う

b. 騒音対策は主に総合的土地利用政策の実施により行っており、内容は下記のとおり

① 土地利用計画：滑走路端から 8,000ft (2,400m) の緩衝地帯を含む 11,000 畝 (4,500 ㌦) を超える農業地区の設定

② 運航制限は行わない

③ 郡による土地利用制限の実施

Loudon 郡の空港影響複合行政区の設定及び Fairfax 郡土地利用計画検討委員会による管理

(3) 書面による事前質問とその回答

土地利用計画及び運航等に関する空港公社に対する事前の質問内容と、書面での回答は下記のとおり

問：住民からの騒音に関する問い合わせや苦情を受け付ける手段を持っているか？

答：住民はウェブサイトや電話を利用して騒音対策事務所と連絡を取ることができる。また、下記ウェブサイトのアドレスから苦情を申し立てることができる他に、航空機の飛行状況と騒音を監視することができる。

Website link: <http://www.mwaa.com/reagan/1271.htm>

Public Portal link: <http://webtrak5.bksv.com/dca>

問：近年は空港から多少離れた区域でも騒音問題が発生しているが、どのように対処しているのか？

答：住民との対話を行っており、住民の代表者と騒音問題について対話を図っている。FAA と協議を行い、ポトマック川の上空を飛行する出発機や到着機の飛行方式について調整している。

問：学校や病院、住宅の防音工事並びに移転費用の補助等の騒音を緩和する枠組みは？

答：ダレス空港、ナショナル空港とも 65DNL の騒音コンター内に人家は無く、防音工事や助成等を行っていない。

問：空港周辺、特に最終進入区域の土地利用計画の基本的考え方。

答：ダレス空港では、滑走路端から 8,000ft 以内の区域は全て空港の敷地となっている。その他に、Loudon 郡にある空港騒音の影響がある地区も空港の所有地となっている。ナショナル空港では、連邦規則 150 条で規定している 65DNL の騒音コンター内に居住可能な土地は無く、対策は何も取っていない。

問：ワシントン・ナショナル空港では 22:00 ~ 07:00 の間の飛行を制限しているが、具体的にどのように規制或いは制限を行っているか。

答：10PM から 7AM の飛行禁止措置は行っていないが、夜間の飛行規制は行っている。詳細は下記のサイトを参照のこと。

<http://www.mwaa.com/dca/reagan/7043.htm>

しかし、レーガン・ナショナル空港については夜間の騒音規制を行っており、遵守しない航空機を発見した場合、空港公社は最高 \$5,000 の罰金を課す。

3. ニューヨーク地区の空港の概容

ニューヨーク・ニュージャージー空港港湾公社 (PANYNJ: Port Authority of New York New Jersey) は空港の管理だけでなく、ニューヨーク地区の鉄道、バス並びに港湾及び橋梁の管理・運営を行っている。その他、ワールド・トレード・センター・ビルを所有している。

管理している空港はラ・ガーディア空港、J・F・ケネディ国際空港、ニューアーク・リバティ国際空港、テターボロ空港、スチュワート国際空港の 5 空港である。

ラ・ガーディア空港は主に近距離国内線、J・F・ケネディ国際空港とニューアーク・リバティ国際空港は国内幹線及び国際線を担当しており、前者はアメリカン航空及びデルタ航空、後者はユナイテッド航空が拠点空港

として運航している。また、テターボロ空港はビジネス機及び自家用機の専用空港となっている。

この4空港は2014年から2015年にかけて、連邦から多くの補助金が得られる”騒音との共存プログラム (Noise Compatibility Programs)”への参加を表明し、準備を進めている。空港港湾公社はこれまでも、公共建築物に対する防音工事を行ってきたが、当該プログラムを実施することにより、一般住宅についても実施することが可能になるとのことである。

一方、スチュワート国際空港はニューヨーク市の北方100マイルの位置にある。

今回は主にラ・ガーディア空港とJ・F・ケネディ国際空港について調査を行った。

(1) ラ・ガーディア空港

ニューヨーク市庁舎のあるマンハッタン島南部から北東8^{マイル}(直線)の距離にあり、周辺に住宅密集地があることから、夜間の運航自粛要請等による実質的な規制を行っている。

- ・距離制限：飛行距離1,500^{マイル}以内
- ・夜間運航制限：24:00～07:00の間の運航スケジュールを作成しないよう要請している。但し、ステージ3の航空機(1975年11月～2005年12月に型式証明を取得した機種)については22:00～07:00

- ・騒音規制値(出発時の騒音規制値)
出発機が発生する騒音は、出発機の飛行経路直下の居住区に設置されている騒音計の測定値が112PNdB(感覚騒音デシベル)を超えてはならない。

・騒音影響の大きい地域

航空情報(AIP)によれば、2000年における70～75DNLの騒音コンター内に居住する住民の数は8,360人であったものが、2003年には0となっている。

港湾空港公社に対する聞き取り調査の結果、数値の減少は土地利用政策等を実施し

た結果では無く、ステージ2の騒音証明を持つ航空機が2000年1月1日以降飛行できなくなったことに伴って騒音コンターが縮小したことによるものであることが判明した。同様の理由で、65～70DNLの騒音コンター内の住民の数は56,828から7,542に減少した。



図4【ラ・ガーディア空港周辺の65DNLの騒音コンター】

(2) J・F・ケネディ国際空港

マンハッタン島南部の東方12^{マイル}にある。

当空港の2014年の一日当たりの交通量(出発機の数)は、ラ・ガーディア空港の506機に対して591機となっている。ラ・ガーディア空港は飛行距離制限(1,500 mile)が有るために近距離の国内線が就航しており、当空港は長距離国内線及び国際線を主に担当している。

また、100席未満の旅客機の割合はラ・ガーディア空港の52.2%に対して25.7%、150席を超える旅客機の割合はラ・ガーディア空港の31.4%に対して74.3%となっている。

そして、大型機(B767,A330以上)の割合は25.2%となっているものの、東京羽田空港の51.6%(Jan'16時刻表)に比べると半分程度となっている。なお、東京国際空港(426千回)とJ・F・ケネディ国際空港(422千回)の年間交通量は、ほぼ同程度である。(2014年現在)

また、夜間の運航制限は無いが、下記の規制等がある。

騒音監視局で記録される騒音の最大値: 112.9

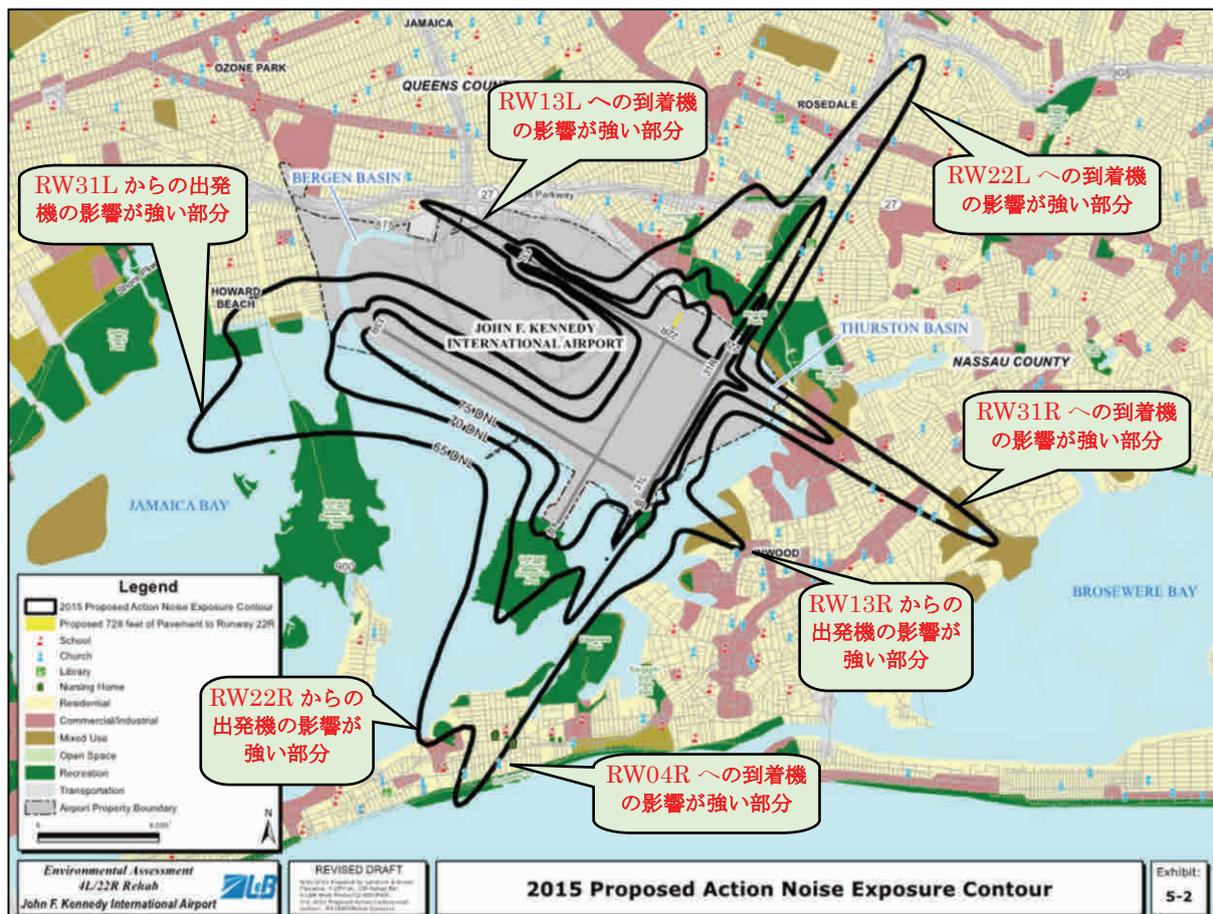
PNdB（離陸滑走路末端直近の観測点）。この数値を超えた場合は罰金 250 \$

・騒音影響の大きな地域

J・F・ケネディ国際空港の南側は入り江となっており、東側と北東側には湿地帯が広がっている。空港西側には開港（1948年）前から人家が有ったものの、湿地帯がある東側と北東側はジェット旅客機が就航した1960年頃には人家が無く、その後次第に市街地化していったとのことである。

また、航空情報（AIP）には70～75DNLの区域に居住する住民の数は2000年には550

名であったものが2006年には2,311名に増加したと記載されている。空港港湾公社の担当者のお話によれば、空港の北側に広がる70～75DNLの区域には市街地化された後も殆ど人が済んでいなかったが、移民が移り住んでしまったために急激に増加してしまったとのことである。したがって、この地区からの騒音苦情は無いが、近年は少し離れた高級住宅街の住民からの苦情が多くなってきたそうである。また、周辺住民の騒音苦情の増加が騒音との共存計画（NCP）参加へのきっかけとなったとも述べていた。



【JF ケネディ国際空港周辺の騒音コンター図 Int' l (Oct' 13)】

注：黒枠で囲まれた地域は外側から内側に向かって、それぞれ 65,70,75DNL の地域を示している。

資料提供

- 1) 米国連邦航空局
- 2) メトロポリタン・ワシントン空港公社 (Metropolitan Washington Airport Authority: MWA)
- 3) ニューヨーク・ニュージャージー空港港湾公社 (PANYNJ: Port Authority of New York New Jersey)

米国における空港周辺対策と対策資金のファイナンス*

高橋 達**

1. はじめに

本論は米国における空港周辺の騒音対策とその財源制度について整理する。米国において空港周辺の騒音対策は空港の責任で行われており、連邦航空局 (Federal Aviation Authority, FAA) は対策計画の作成・実施に関するプログラムと計画を含めた対策資金を供給する制度により空港が行う周辺対策を支援している。前者は Part 150 Noise Compatibility Program (NCP) である。これは空港が自主的に参加するプログラムであり、騒音コンターや対策計画などを FAA に申請し承認を受けた上で実施される。後者は Airport Improvement Program (AIP)、Passenger Facility Charges (PFCs) である。これらは空港の整備資金を供給するシステムであり NCP の作成やそれに基づく空港周辺対策にも資金を供給している。

2016年度に実施した FAA やニューヨーク・ニュージャージー港湾公社でのヒアリングの結果を踏まえ、Part 150 と AIP に焦点をあて整理する。

2. Part 150 Noise Compatibility Program

米国の土地利用計画に関する権限を有しているのは州や地方政府であり、連邦政府ではない。FAA は空港周辺の騒音と両立する土地利用計画を促進する制度として Part 150

Noise Compatibility Program を設けているが、これは空港の自主的な申請に基づくプログラムである。

2.1 Aviation Safety and Noise Abatement Act of 1979

1979年に航空の安全と騒音の軽減に関する法律 (Aviation Safety and Noise Abatement Act of 1979) が施行された。同法を受けて FAA は 1981年に 14 CFE Part 150 を公布している。Part150 は 1. 航空機騒音の評価量として day-night average sound level (DNL) の設定¹⁾、2. 土地の利用目的に応じた DNL 基準の設定、3. 空港が自主的に申請し、FAA が承認する空港周辺の騒音対策計画である Noise Compatibility Program を整備している。

2.2 土地の利用目的に応じた DNL 基準

表 1 は Part150 が定めている土地の利用目的に応じた DNL 基準である。住宅、教育施設・医療施設は DNL65dB 以下のエリアに存在することが求められている。仮に 65 - 70dB、70 - 75dB のエリアに存在する場合、医療施設については室内と室外の騒音レベルの差が DNL 25dB、30dB 以上になるように建物が設計、建設されることが求められる。また、住宅、教育施設については空港周辺のコミュニティがその目的での利用を認める場合、同様の水準になるよう設計・建設されることが求められる。

* U. S. airport noise related program and the funding system

** 航空環境研究センター 副主任研究員

1) DNL とは午後 10:00 ~ 午前 7:00 までに生じた航空機騒音に重みづけをした平均騒音レベルである。

れている。ここで、住宅や教育・医療施設が基準値以上のエリアに存在したとしても、室内と室外の騒音レベルの差が基準となる水準以上であるの場合はNCPに基づく対策の対象とならない (FAA, 2015b)。

我が国と同様、住宅、公共施設よりも商業用地、工業用地の方が基準となる騒音レベルが高い。また、利用目的について細分化がなされている点も特徴的である。

表 1: 土地の利用目的に応じた DNL 基準

		Ldn (dB)					
		65以下	65-70	70-75	75-80	80-85	85以上
住宅		Y	N	N	N	N	N
公共施設	学校	Y	N	N	N	N	N
	病院・資料施設	Y	25	30	N	N	N
	教会・講堂等	Y	25	30	N	N	N
	自治体施設	Y	Y	25	30	N	N
	交通機関	Y	Y	Y	Y	Y	Y
商業施設	駐車場	Y	Y	Y	Y	Y	N
	事務所	Y	Y	25	30	N	N
	農工用品店	Y	Y	Y	Y	Y	N
	一般小売店	Y	Y	25	30	N	N
	電気・ガス	Y	Y	Y	Y	Y	N
製造業	通信	Y	Y	25	30	N	N
	一般製造業	Y	Y	Y	Y	Y	N
	光学機器	Y	Y	25	30	N	N
	農業・林業	Y	Y	Y	Y	Y	Y
	畜産	Y	Y	Y	N	N	N
レクリエーション	資源探掘・漁業	Y	Y	Y	Y	Y	Y
	屋外スポーツ	Y	Y	Y	N	N	N
	屋外舞台	Y	N	N	N	N	N
	動植物園	Y	Y	N	N	N	N
	公園・キャンプ場等	Y	Y	Y	N	N	N
ゴルフコース	Y	Y	25	30	N	N	

出典: FAA ホームページより作成

2.3 Noise Compatibility Program

NCP は空港周辺において騒音と両立する (Noise Compatible) 土地利用を達成するために空港が自主的に作成する対策プログラムである。Part 150 は NCP 作成の手順や充足すべき事項を定めている。

空港は NCP の作成に先立ち、現在の騒音コンターと 5 年度の予測コンターを作成する。騒音コンターは NCP 提出時あるいは事前に FAA に提出し、承認を得る必要がある。空港はコンターと利用目的に応じた DNL 基準を用いて、基準を満たさない利用をしている

土地や施設に対する対策計画を作成する。

Part150 の対策計画は以下の手段を組み合わせて作成される。主な対策手段として周辺の土地の直接購入、地役権、上空通過権など土地の利用権の購入、住宅、教育・医療施設の防音工事などがある。その他に、FAA と協力して商業用地、工業用地などの人口が希薄または騒音に敏感でない地域への離発着経路の変更や地方政府と協力して空港周辺の土地利用規制を課すことなどがある²⁾。

Part 150 には NCP が満たすべき要件が存在する。主な要件には、NCP に基づく対策が騒音基準を満たしていない土地利用を減少させ、かつ新たに基準を満たさない土地利用を生じさせないこと、NCP が州間や外国との取引に合理的でない負荷を課さないこと、空域の安全かつ効率的な利用に影響を与えないことなどがある。

NCP の作成には FAA の地方局、州や地方政府の関係部署、および DNL65dB 以上の地区の裁量権を有するものと相談の上で作成される。また、NCP の作成中、あるいは提出前に FAA、地方政府、運航者、空港運営者などに NCP 作成に参加する機会を設けることや空港周辺地域への情報公開とパブリックヒアリングを行う必要がある。その他に、騒音の影響を受ける地区の住人が NCP 作成の技術委員会や一般委員会に参加する機会を設けることが定められている。なお、FAA に提出後も、地方新聞や連邦官報を通じて 180 日間公告がなされる。このように NCP の作成には複数の空港・航空関係者の意見の調整、集約が求められている³⁾。

空港の資本投資に対する補助金である AIP から助成を受けるには、プロジェクトは適格性 (eligibility) を満たす必要がある。ここで

- 2) 土地利用規制の規制主体は地方政府である。
- 3) ニューヨーク・ニュージャージー空港・港湾公社の担当者によると、現在 JFK 空港、ラ・ガーディア空港などにおいて NCP を作成しているが、周辺住人などの意見の集約に時間を要しているとのことであった。

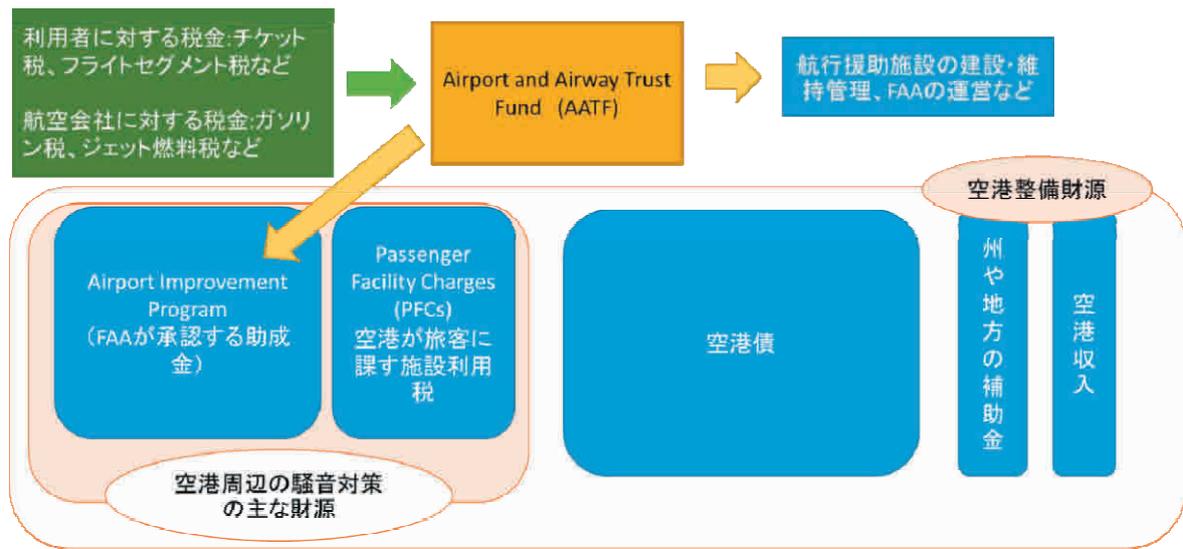


図 1: 米国の空港整備財源制度

Kirk(2009) より高橋が作成

土地利用規制を除く、NCP に基づく対策は基本的に AIP の適格性を満たす。Part150 は NCP の作成と対策を実行する財源とを結びつけることで、空港が NCP に参加するインセンティブを高めている。

3. 対策資金を供給する制度

3.1 米国の空港整備財源制度

米国の空港資本を整備する主要な財源には AIP、PFCs、空港が発行する債券、州や地方の補助金、空港収入などがある (図 1)。そのうち空港周辺対策の財源としては AIP と PFCs が主に用いられている (GAO,2000、GAO,2012)。

AIP は空港における航空機の運航に関係する施設の建設や改良に拠出される助成金であり、Airport and Airway Trust Fund (AATF、空港・航空路信託基金) から資金が供給されている。AATF は燃料税のような航空会社が負担する税金だけでなく、チケット税やフライトセグメント税⁴⁾のような利用者が直接負担する税金により賄われている。

る。AATF はその他に FAA の運営や航行援助施設の建設・維持管理などのために資金を供給しており、AIP への資金供給は 2015 年度において AATF 全体の 21% 程度である⁵⁾。PFCs は空港が FAA の承認の下、利用者に対して課す施設利用料(税)である。したがって、米国の空港周辺対策は航空会社だけでなく利用者も対策資金を負担している。

なお、個別空港の整備資金の調達方法の組み合わせやその割合は空港の財務状況やプロジェクトの規模により異なる。収入の少ない規模の小さな空港は大中規模の空港よりも AIP からの補助金に依存している一方で、規模の大きな空港ほど空港債券の発行や PFCs を通じて整備資金を調達している (Kirk, 2009)。

3.2 Airport Improvement Program

空港改善計画 (Airport Improvement Program, AIP) は 1982 年空港航路改善法 (Airport and Airway Improvement Act of 1982) に基づいて設立された、空港の開発や計画に対して拠出される補助金である。

4) フライトセグメント税とは 1 回の離着陸に対して課される税金であり、年あたりでの物価調整が行われている。

5) 詳細は FAA (2015 b) "ATF Fact Sheet" を参照されたい。

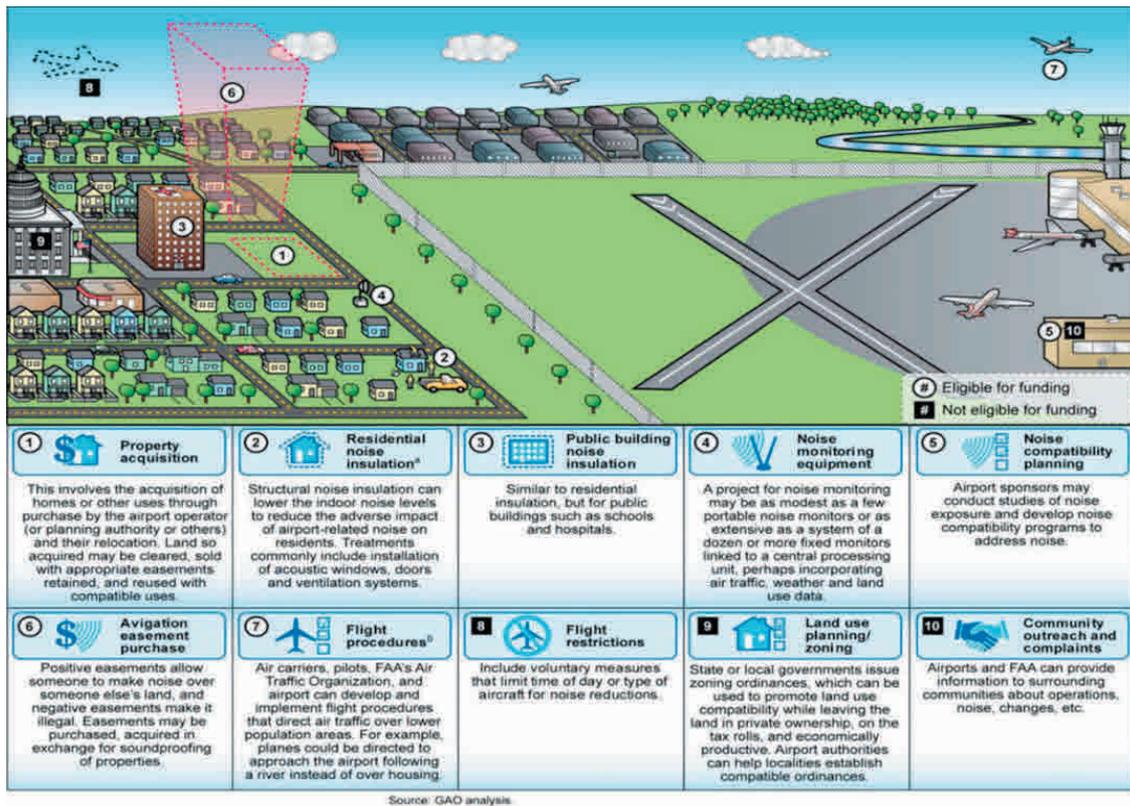


図2: 適格性を満たす空港周辺対策

出典:GAO (2012)

National Plan of Integrated Airport Systems (NPIAS、国家空港整備5か年計画) にリストされた空港が対象である⁶⁾。また、プロジェクトの種類に応じて適格性 (eligibility) が設けられている。基本的な適格性をみたくプロジェクトは航空機の運航に関する施設の建設や改良であり、滑走路、誘導路、エプロン、騒音対策、空港用地の購入などが含まれている。一方で空港ターミナルの商業施設部分、駐車場、空港用地外の道路の建設などは含まれない。また、航空機のオペレーションに関する施設 (管制施設の建設や維持管理) も対象でない (Kirk, 2009、FAA, 2013)。

AIP はプロジェクトの資金を全額補償せず、主要空港とそれ以外の空港⁷⁾とで空港が自己負担する割合が定められている。主要空港については、プロジェクト資金の25%を自己負

担率として定めている。ただし、騒音対策は資金の20%である。一方でそれ以外の空港の自己負担分はプロジェクト資金の10%である。

空港周辺対策と適格性

図2は空港周辺対策と適格性を示している。プロジェクトの種類に応じて適格性が定められており、①～⑦のプロジェクトは適格性を満たし、⑧～⑩は満たさない。①、②、③は土地の直接購入 (移転補償) や住宅、教育施設への防音工事であり、我が国でも行われている。一方で、⑤ Noise Compatibility Planning のような周辺対策計画の作成も適格性を満たすプロジェクトである。また、⑥の地役権や上空通過権の購入は、周辺の住宅の防音工事の代替手段として用いられうる (GAO, 2012)。

プロジェクトによってはさらに条件が存在する。①土地の直接購入については、AIP の補助金で購入した土地を、利用基準を満た

6) 2015-2019年度計画において3331空港がNPIASにリストされている。

7) NPIASによる定義。

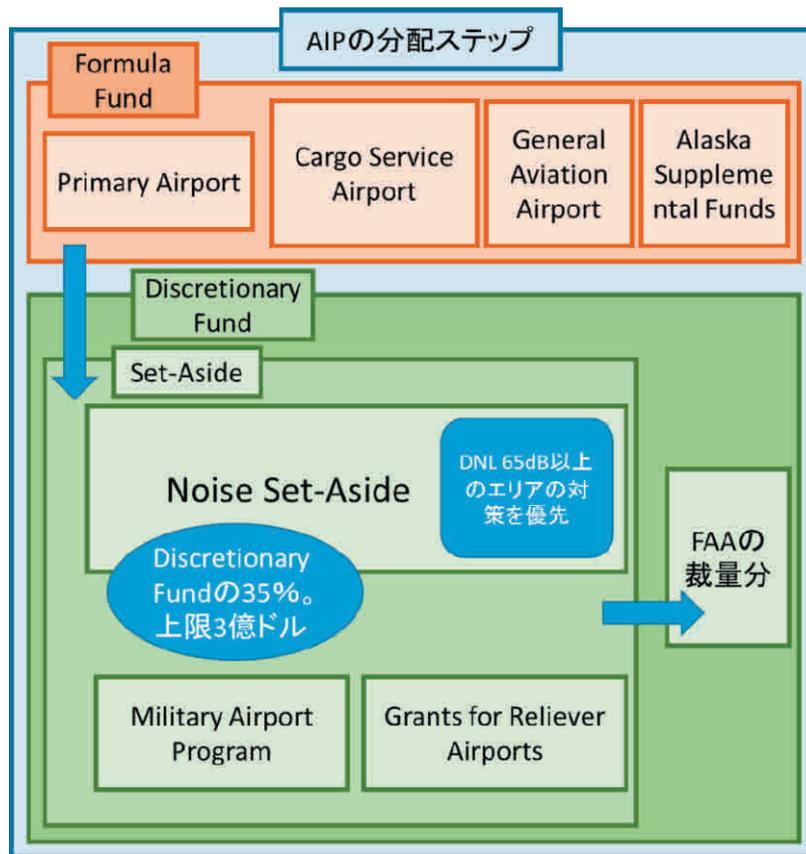


図3:AIPの分配ステップ 出典:Kirk(2009)、FAA(2014)より高橋が作成

す用地として転売することが認められている。その際、売却金のうちのAIPの補助金分は他の適格性を満たすプロジェクトへの転用が認められており、必ずしもFAAに返還する必要がない⁸⁾。②の防音工事についてはincompatible利用目的の建物が事後的に建設されたとしても、その建物に対する防音工事は適格性を満たさないなどの条件が存在する。

また、基本的にAIPの適格性はFAAに承認されたNCPに基づく対策であることを要求する。ただし、教育施設や医療施設の防音工事はNCPを必要としない。例えば、今回の調査でヒアリングを行ったニューヨーク・ニュージャージー港湾公社は2015年時点でNoise Compatibility Planning Studyを行うための資金についてAIPからの補助を受けておりNCPを作成中だが、2012年にLaGuardia空港やJFK空港などのニューヨーク市近郊

8) FAA担当者からヒアリングした結果。

の教育施設に対する防音工事のためにAIPから13,400万ドルの補助金を受けている(GAO, 2012)。

AIPの分配と優先順位

AIPの予算制約の下では、適格性を満たすプロジェクトのすべてが補助を受けることができない。そのため、現状の国家的な優先度と目的に応じてAIPの資金は分配されている(図3)。

AIPの資金は会計年度の最初にFormula Fundに優先的に割り当てられる。NIPIASはリストされている空港を所有形態や旅客、貨物の搭乗数に応じてカテゴリー分けしており、Formula Fundはそのカテゴリーごとで設けられた計算式と搭乗数などに基づいて自動的に助成額が決定され分配される。なお、個別空港がFormula Fundから受けられる助成額には上限が設けられている。

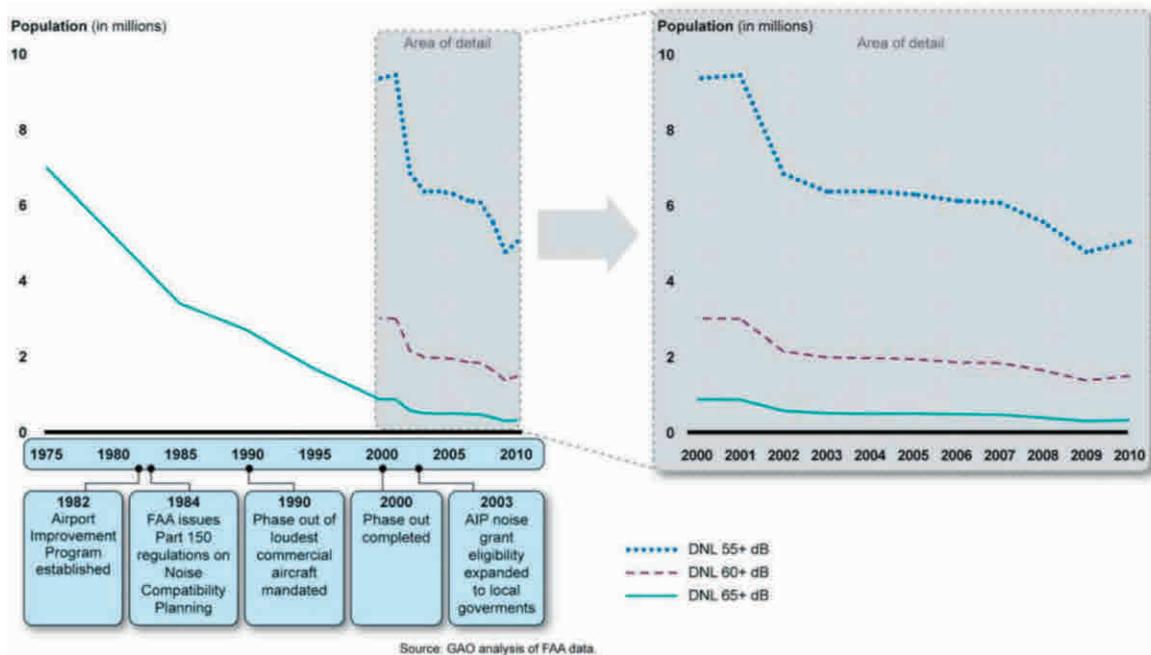


図 4: DNL65dB 以上のエリア内の人口

出典 : GAO (2012)

残りの資金は Discretionary Fund に割り当てられる。Discretionary Fund にはプロジェクトの種類により Set-Aside (取り置き分) が定められており、騒音対策分、軍用飛行場を民間空港に変更する際の投資分などがある。そして Discretionary Fund から取り置き分を除いた部分の 75% は Primary Airport と Reliever Airport の空港容量、安全、保安、騒音対策に割り当てられ、残りが FAA の裁量分である⁹⁾。

騒音対策に関する取り置き分 (Noise Set-Aside) は 3 億ドルを上限に Discretionary Fund 全体の 35% と定められている。そして、Noise Set-Aside は DNL65dB 以上のエリアや規模の大きな空港への対策に優先的に分配される。

Formula Fund と Discretionary Fund は相互に排他的 (mutually exclusive) でない。つまり、あるプロジェクトの資金が Formula

Fund から受ける補助金の上限を超える場合、不足分は Discretionary Fund の受給対象となる。また、補助を受けているすべての騒音対策が Noise Set-Aside から補助を受けているわけではなく、Formula Fund から補助を受けている場合がある。例えば、Indianapolis International 空港は Noise Compatibility Plan Study を行うために 2015 年度に AIP からの補助を受けているが、これは Formula Fund からの補助金である。これは Formula Fund がプロジェクトの種類ではなく空港の種類により資金を分配しているからである。

4. 空港周辺対策の現状

4.1 DNL65dB 以上のエリア内の人口

図 4 は DNL65dB 以上のエリアに居住する人口の推移である。1975 年においておよそ 700 万人が DNL65dB 以上のエリアに居住していたが、2010 年時点でおおよそ 30 万人が居住している。

米国における運航回数は 2000 年の 1740 万回から 2011 年には 2080 万回に増加する一方で、60 ~ 65dB に居住する人口は 2000 年の

9) Discretionary Fund の分配は National Priority System (NPS) の公式に従いプロジェクト間の優先順位が決められる。Set Aside のプロジェクトは優先的に全体額が割り当てられるが、Set Aside 内でのプロジェクトの選択は NPS の公式に従っている。

300万人から2011年には150万人までに減少している。これは1990年の空港騒音と容量に関する法律（Airport Noise and Capacity Act of 1991）により、2000年までにStage 2の航空機が退役したことが主な原因である（GAO, 2012）。

4.2 AIPからの空港周辺対策助成額と対象

図5はAIPの予算額と実績額の推移である。1982年の設立以降、1990年代前半までは予算額と実績額はともに増加傾向にあった。1990年代半ばから2000年までは、連邦の財政赤字削減の影響により実績額は減少している。2000年の航空投資改革法（Aviation Investment and Reform Act for the 21st Century of 2000）によりAIPの支出制限が緩和された結果、2001年以降、予算額および実績額ともに大幅に増加している。

図6はAIPにおける空港周辺対策の助成額の推移である。2000年半ばまではAIPの全体額とほぼ同様の推移をしている。一方で2005年の3億5000万ドルをピークに近年は

減少傾向にある。

図7、8はAIPからの空港周辺対策の助成ストックである。AIPから空港周辺対策への助成のほとんどは土地の購入と防音工事に集中している。1982年から1999年までの助成総額は27億ドルであるが、51.8%は土地の購入に24.5%が防音工事に充てられている。一方で2000年から2011年までの助成総額は32億ドルであるが、そのうちの53%が住宅防音工事に、24.3%が土地の購入に充てられており、助成対象が土地の購入から防音工事へとシフトしている。

図9は土地購入と防音工事の助成額の推移である。図7、8が示すように2000年までは土地の購入が防音工事を上回っていたが、2000年以降その立場が逆転している。防音工事のうちでは住宅防音工事に多くの助成が行われている。1990年代まではDNL 75dB以上のエリアへの対策に助成が行われていたが、2000年以降は65～69dBのエリアへの対策に対象が移っている（GAO, 2012）。

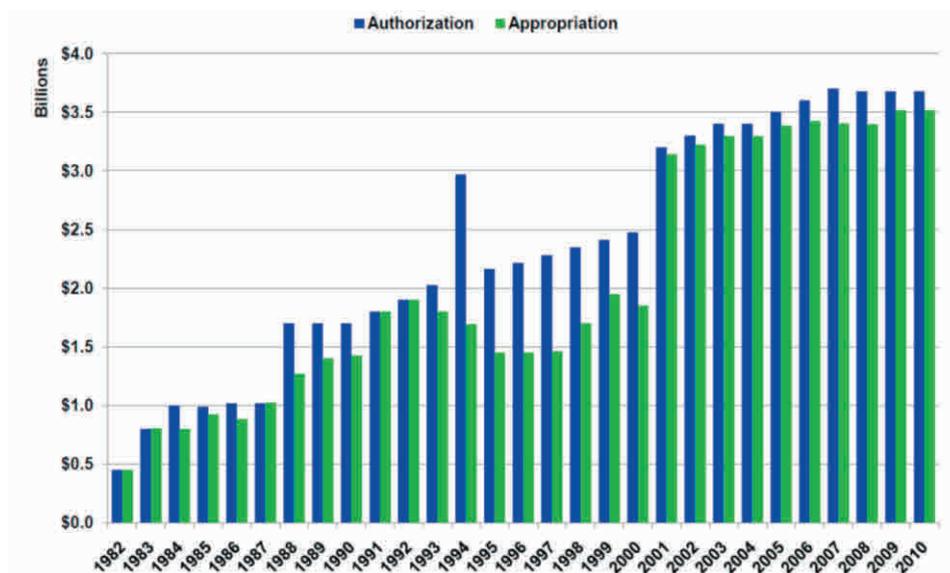


図5:AIPの予算額と実績額の推移

出典:ACI (2010)



図 6: 空港周辺対策の助成額

出典 :GAO (2000)、FAA データより作成

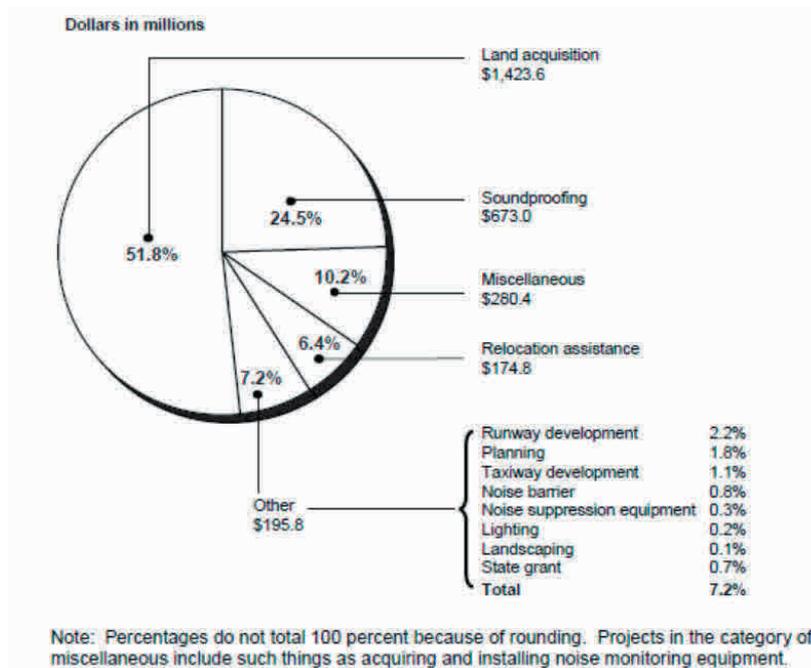


図 7: 騒音対策プロジェクトの助成ストック (1982年～1999年)

出典 :GAO (2000)

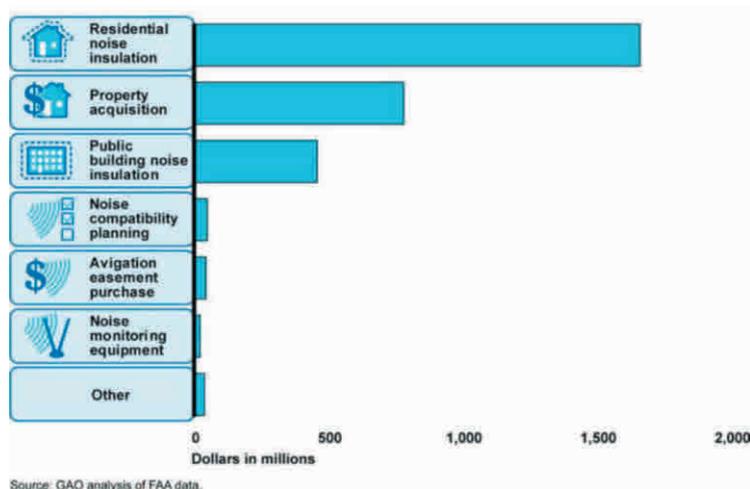


図 8: 騒音対策プロジェクトの助成ストック (2000年～2011年)

出典 :GAO (2011)

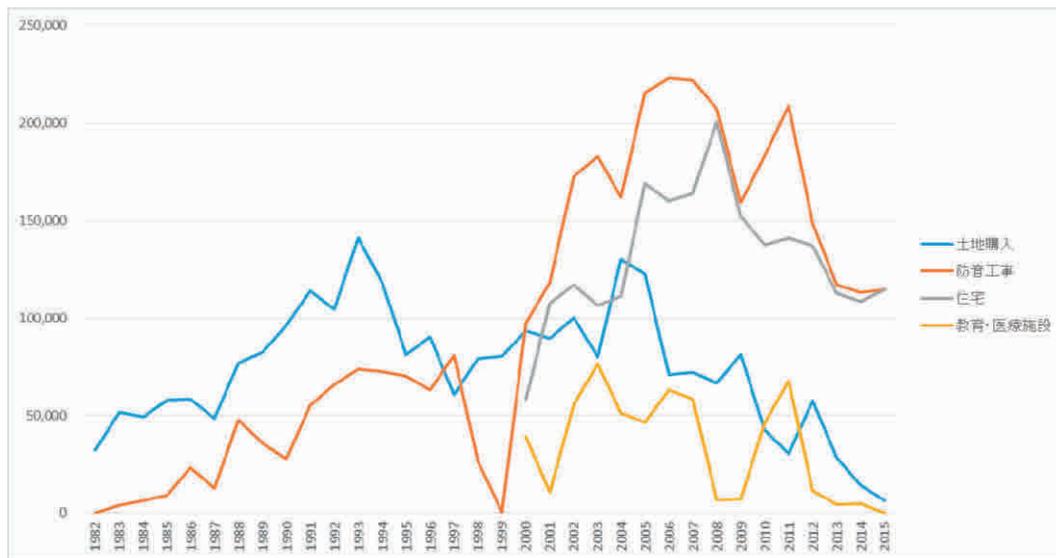


図9: 土地購入、防音工事助成額推移

出典: GAO (2000)、FAA データより作成

5. おわりに

本論は米国の空港における空港周辺の騒音対策とその財源の動向を整理した。空港周辺対策の財源制度は、騒音影響に対する原因と負担のあり方への考え方の違いを明確に反映しており、今後は欧州諸国との比較なども意義深いと思われる。

文献

- 1) Federal Aviation Authority, 2009, "Airport Compliance Manual"
- 2) Federal Aviation Authority, 2014, "Airport Improvement Program Handbook"
- 3) Federal Aviation Authority, 2015a, "Airport Airway Trust Fund (AATF) Fact Sheet", <https://www.faa.gov/about/budget/aatf/>.
- 4) Federal Aviation Authority, 2015b, "FACT SHEET. The FAA Airport Noise Program".
- 5) Kirk, R. S., 2009, "Airport Improvement Program (AIP): Reauthorization Issues for Congress", CRS Report for Congress.
- 6) Government Accountability Office, 2000, "AVIATION AND THE ENVIRONMENT. FAA's Role in Major Airport Noise Programs"
- 7) Government Accountability Office, 2012, "Airport Noise Grants. FAA needs to better ensure project eligibility and improve strategic goal and performance measures".

主要空港における環境負荷の比較*

高橋 達、中村千都世、橋本 弘樹、篠原 直明**

1. はじめに

本論は、国内外の主要空港の運航情報を用いて、空港による、騒音、地域大気質などの環境負荷の実態を空港間で相互に比較する。

航空機の機体技術の発展や空港の取り組みにより、騒音や排出物などによる環境負荷は低減してきている(篠原, 2017)。一方で、国際的な経済成長を背景とした航空需要の拡大により、国内外の主要空港における航空機の運航回数は増加傾向にあり、また、社会経済状況の変化を受けて、空港による環境負荷を低減する試みは依然として重要である。

そのような状況の下、国内外の主要空港は空港周辺の環境負荷を軽減するために、深夜・早朝における航空機の運航回数の制限、環境負荷を考慮した着陸料など様々な取り組みを実施している。

一方で、空港が環境性能による運航制限や着陸料の差別化をする際に、ICAOの騒音証明適合制度による騒音証明やその許容値からの累積マージンなど国際的に規格化された指標が一部で用いられているものの、必ずしもすべての空港が同一の指標を用いているわけではなく、また、制限や課金の基準も空港ごとで異なっている¹。

国際的な指標だけでなく、空港が独自に設

定している指標を用いて空港間の環境負荷を比較することで、それぞれの相対的な位置づけを明らかにできる。我々の知る限り、そのような分析を行った研究は存在しないことから、本論では、騒音証明値、累積マージンなどの他に、成田国際空港、ヒースロー空港、フランクフルト空港において用いられている評価指標により、国内外の空港における環境負荷の実態を比較分析する。

2. 主要空港における環境負荷低減の試み

本節では英国ロンドン近郊にあるヒースロー空港、ガトウィック空港、スタンステッド空港に対して課されている夜間の離発着回数を制限する Quota Count (QC) system を解説する。

QCシステムは、1993年にロンドン近郊にあるヒースロー空港、ガトウィック空港、スタンステッド空港における夜間の離発着回数制限の一部として実施された。現在、これらの空港では23時30分から6時までの間、QC値を用いた離発着回数制限が実施されている。

QC値は、騒音証明値の大きさに応じて、7つのカテゴリーに分類されており、離陸は直下と側方測定点における証明値の平均値により、着陸は着陸の証明値から9を引いた値により評価される(表1)。機種ごとに評価値に基づいてQC値が与えられており、上記の3空港では季節ごとに夜間の運航回数とQC値の合計に上限が定められている(表2)。また、ヒースロー空港ではQC値を用いて23時か

1 騒音証明や累積マージンについては本誌篠原(2017)、高橋(2017)の記事を参照されたい。

* Comparing the environmental performance of the major airports

** 航空環境研究センター

ら7時までの間、QC/16及びQC/8の航空機の離発着をスケジュールすることの禁止、23時30分から6時までの間、QC/4の航空機の離発着をスケジュールすることを禁止するなどの制限を設けている。

表 1: Quota Count

騒音証明値 (EPNdB)	Quota Count
101.9以上	16
99 - 101.9	8
96 - 98.9	4
93 - 95.9	2
90 - 92.9	1
87 - 89.9	0.5
84 - 86.9	0.25

表 2: 季節ごとの発着回数と QC 値の上限

		ヒースロー空	ガトウィック	スタンステッ
		港	空港	ド空港
夏季	離発着回数	3250	11200	7000
	QC値	5100	6200	4650
冬季	離発着回数	2550	3250	5000
	QC値	4080	2000	3310

3. 主要空港間の環境負荷比較

本節では東京国際空港 (HND)、成田国際空港 (NRT)、ヒースロー空港 (LHR)、フランクフルト空港 (FRA)、スキポール空港 (AMS)、仁川空港 (ICN) の運航データを用いて、空港間の環境負荷の比較をする。表 3 は各空港における環境負荷低減の導入状況である。

表 3: 環境負荷低減の試みの導入状況

	夜間運航規制	Noise charge	Emission charge	夜間の着陸料割増
東京国際空港 (HND)	回数制限	国内線のみ	×	×
成田国際空港 (NRT)	23時～6時の間、離発着禁止	○	×	×
	Quota Count System	その他の自主的な取り組み		
	・ 季節ごとの総発着回数とQC数の規制	・ 23時～6時までの離陸スケジュールなし		
ヒースロー空港 (LHR)	・ 23時～7時までのQC/16とQC/8の航空機の離着陸のスケジュールの禁止 ・ 23時半～6時まで、QC/4の航空機の離着陸をスケジュールの禁止	○	○	○
フランクフルト空港 (FRA)	23時～5時の間、離発着禁止	○	○	○
スキポール空港 (AMS)	回数制限	○	×	○
仁川空港 (ICN)	なし	×	×	×

3-1 データ

分析対象とした空港の正確な運航実績は入手が困難である。そこで、航空機が発信する情報を用いて空港を離発着する航空機の位置情報などを提供しているウェブサイトであるFlightrader 24などに掲載された各空港の離発着機の情報を利用することとした。

1日分の運航データは2017年2月23日(木)収集した。各空港同一の日を対象としている²。取得できる情報は空港離着陸時間、便名、機種などであるが、必ずしもすべてのデータが正しく入手できているとは限らない。別の情報源から得た取得データをもとに、今回入手したデータの運航回数を比較したところ、おおよそ5～10%程度の差にとどまっていることを確認している。

このようにして取得した運航情報をもとに機種 (ICAO タイプコード) ごとに環境負荷量を算定した。ここで、同じ機種でも装着するエンジン種別が複数存在し、同じエンジンの定格推力も航空機ごとで異なる場合がある。本論は、予備的な空港間の環境負荷の比較と位置づけ、機種ごとに代表する騒音情報と排出物情報を設定する。

騒音情報は機種を代表するエンジン種別を選定し、ICAO Noise Certification Databaseから、おおむねその最大離陸重量における騒

2 成田国際空港のみ3月2日(木)のみである。

音証明値を対応づけた。また、窒素酸化物 (NO_x)、一酸化炭素 (CO)、炭化水素 (HC) などの排出量は、ICAO Aircraft Engine Emission Databank に記載されている機種ごとに該当するエンジン型式別のLTOサイクルにおける排出量の平均値を機種ごとに対応付けている。

3-2 運航実態

最初に各空港における運航実態をみる。図1は各空港の1日当たり運航回数を示している。東京国際空港 (HND) の運航回数 (離発着回数) が1349回で最も多く、次いでヒースロー空港 (LHR) が1153回、フランクフルト空港 (FRA) が1152回である。

日中 (7:00 ~ 22:00) の運航回数も同様であり、東京国際空港 (1200回)、ヒースロー空港 (1062回)、フランクフルト空港 (1046回) の順である。夜間 (22:00 ~ 6:00) の運航回数は仁川国際空港が176回で最も多い。これは、同空港が海上空港であり、大きな騒音問題がないため、夜間に運航制限を設けることなく、24時間運用を実施しているためだと考えられる。次いで東京国際空港が149回、ヒースロー空港が131回である。

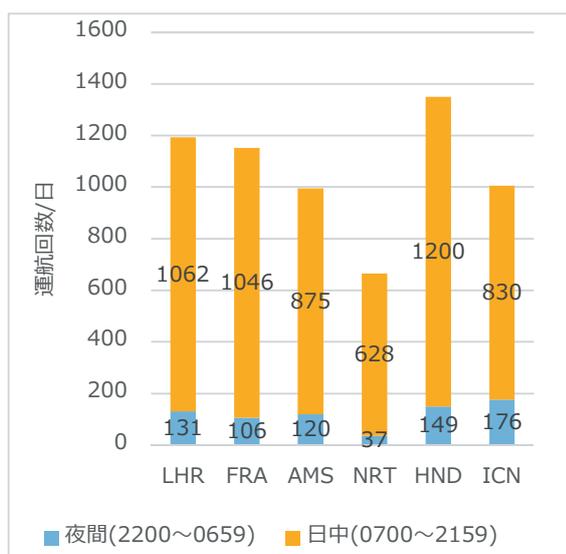


図 1:1 日当たり運航回数

図2は深夜 (0:00 ~ 4:59) の運航回数である。フランクフルト空港、成田国際空港 (NRT) は同時時間帯における航空機の離発着を原則禁止しているため、航空機の運航がなされていない。

スキポール空港 (AMS) と東京国際空港は深夜帯に回数制限があるものの、それぞれ36回、40回の運航が確認される。ヒースロー空港は夜間の運航回数が131回であるのに対して、深夜の運航回数は8回にとどまっている。これは同空港ではQCシステムによる運航制限の他に、自主的に23時から6時までの間の離陸をスケジュールしない、4時30分から6時までの間に着陸をスケジュールしている航空機が4時30分以前の着陸すること禁止するなどの運航制限をしているためだと考えられる。

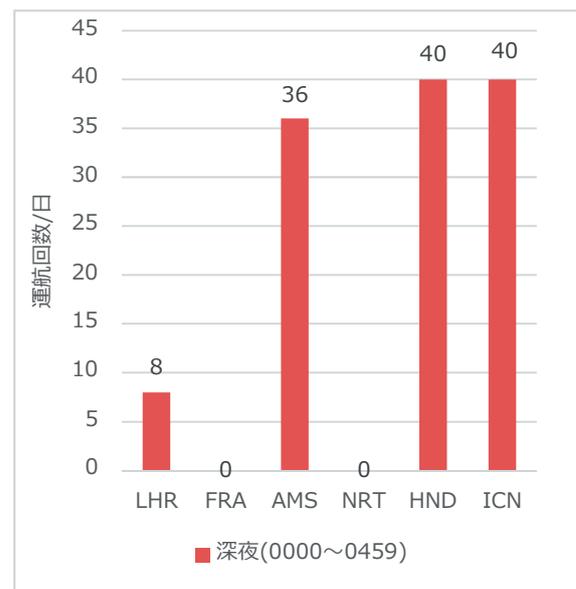


図 2: 深夜 (0:00 ~ 4:59) 運航回数

表 4: 主要機材と割合

LHR		FRA		AMS		NRT		HND		ICM	
機種	割合(%)	機種	割合(%)	機種	割合(%)	機種	割合(%)	機種	割合(%)	機種	割合(%)
A320	55.6	A320	52.3	B737	29.9	A320	25.3	B737	38.9	B737	25.9
B777	13.4	R-Jet	18.1	R-Jet	23.2	B787	14.7	B767	17.1	A320	23.0
B787	7.1	B777	5.0	A320	22.4	B777	14.4	B777	16.4	A330	15.7

*B737はB737-600~900をまとめている

表 4 は各空港における主要機材、図 3 は小型機割合、図 4 は最大離陸重量の平均値である。欧州の空港、特にフランクフルト空港とスキポール空港は小型機割合がアジアの空港よりも高い。フランクフルト空港は A320 とリージョナルジェット (R-Jet) が運航回数全体のおよそ 70%、スキポール空港は B737、R-Jet、A320 が全体の 75% を占めている。東京国際空港を除いて、どの空港も夜間の小型機割合が日中と比較して低く、最大離陸重量の平均値も夜間の方が高い。

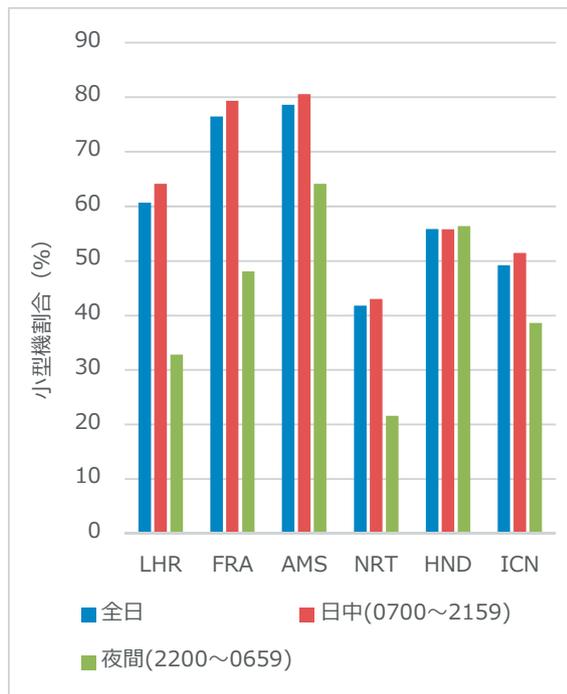


図 3: 小型機割合

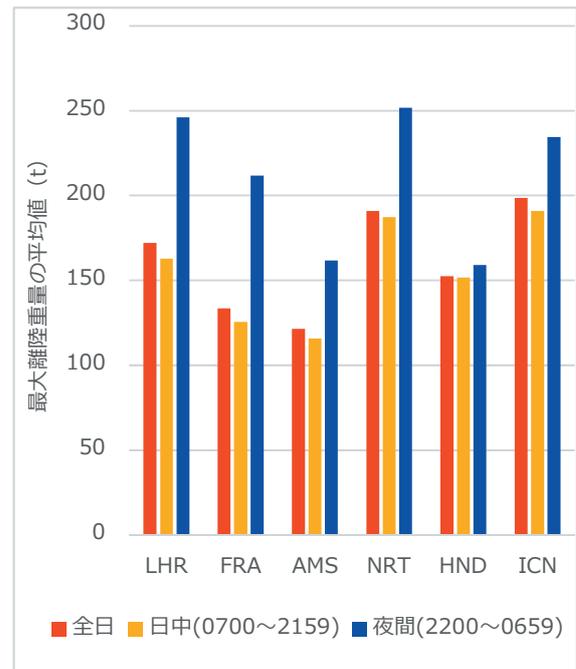


図 4: 最大離陸重量の平均値

3-4 騒音指標による比較

本項では、騒音影響に関する空港間の環境負荷を比較する。最初に累積マージンに関連する指標を用いた比較である。ヒースロー空港と成田国際空港の着陸料は累積マージンに基づいて差別化されている。図 5 は累積マージンの平均値である。成田国際空港が 17.1dB と最も高く、次いでヒースロー空港が 16.6dB である。これは累積マージンが多い B787 の運航回数が成田国際空港では全体の 14.7%、ヒースロー空港では 7.1% と他の空港よりも相対的に多いからだと考えられる。

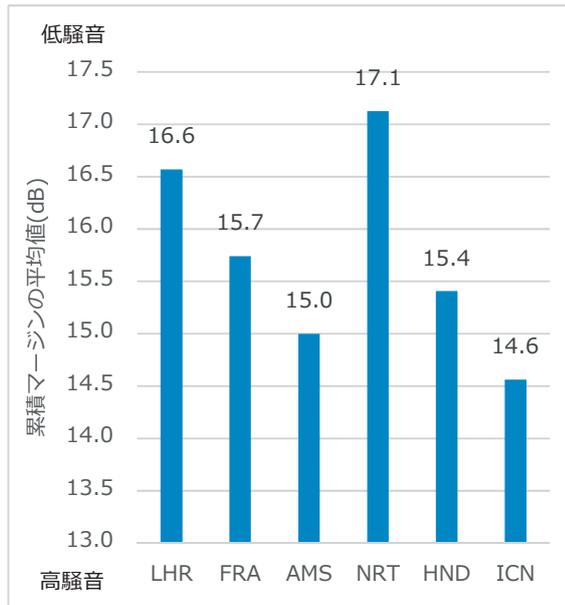


図 5: 累積マージンの平均値

図 6 は ICAO Noise Chapter の平均値である。点数は、Ch.2 を 2 点、Ch.3 を 3 点、Ch.4 を 4 点、Ch.14 を 5 点として計算している。成田国際空港が 4.22 点と最も高く、次いでヒースロー空港とフランクフルト空港が 4.14 点である。

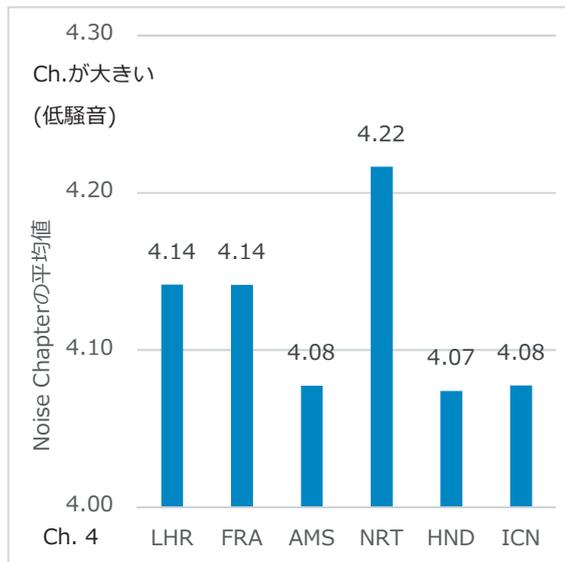


図 6: ICAO Noise Chapter の平均値

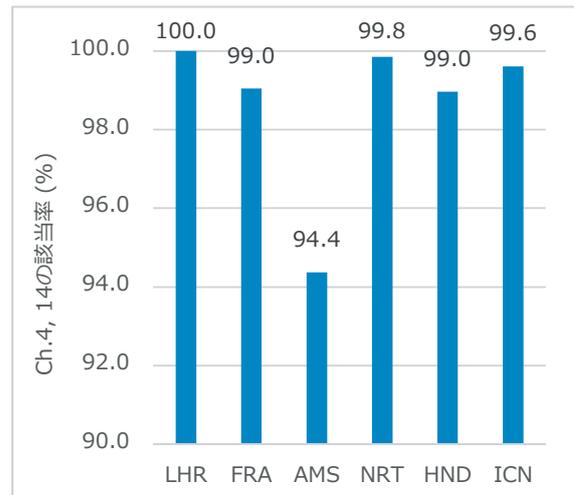


図 7: Chapter 4, 14 機材の導入率

図 7 は Chapter 4, 14 の機材の導入率である。ヒースロー空港は導入率が 100% を達成している。次いで成田国際空港が 99.8% と高い導入率にある。

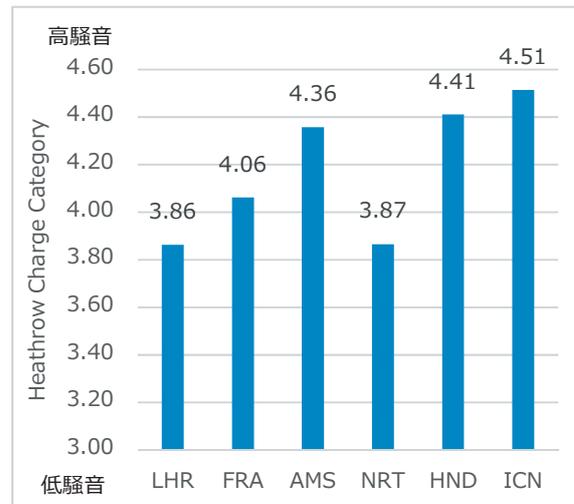


図 8: ヒースロー空港の着陸料カテゴリーによる評価

図 8 はヒースロー空港の着陸料のカテゴリーの平均である。ヒースロー空港の着陸料は累積マージンのみで決定し、その大きさに応じて 6 つの料金カテゴリーに分類されている。最も料金の低いカテゴリーを 1 とし、カテゴリーが上がるほど点数が高くなるよう設定した。

ヒースロー空港と成田国際空港は累積マージンの平均値が高いため、料金カテゴリーの

平均値も低い。

このように、ヒースロー空港と成田国際空港は、累積マージンに関連する指標を用いると、相対的に評価が高く、騒音性能の高い航空機の導入が進んでいる。これは、両空港において着陸料の算定の基準の一つに累積マージンを用いているためだと思われる。

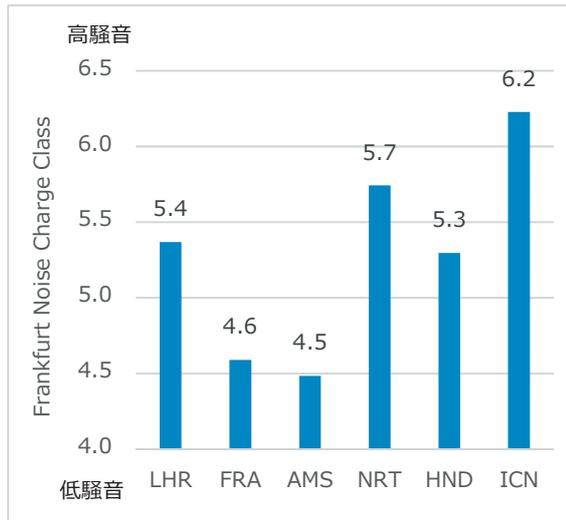


図 9: フランクフルト空港の騒音チャージカテゴリーによる評価



図 10: フランクフルト空港の Noise Category

続いて、騒音の大きさに依存する指標を用いて空港間の騒音影響を比較する。図 9 はフランクフルト空港の騒音課金のクラスの平均値である。同空港の騒音課金のクラスは空港周辺の測定局における実測値の大きさに基づき、77dB を最小として、1dB 区切りで 16 のカテゴリーに分類されている (図 10)。

フランクフルト空港の騒音課金のクラスは騒音レベルが大きいくほど高くなるよう設定されている。そのため、小型機割合が高いスキポール空港やフランクフルト空港のカテゴリーのクラス平均値が低い。一方で、ヒースロー空港や成田国際空港は大型機の導入割合

が高いため、カテゴリーの平均値も高く、高騒音の航空機が相対的に多く運航している。

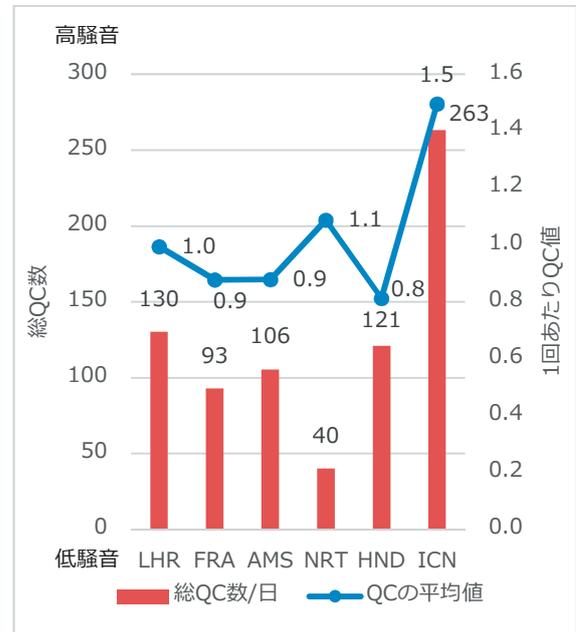


図 11: Quota Count による評価

図 11 は夜間 (22 時～7 時) における各空港の QC 値とその平均値である。夜間の運航制限が実施されておらず、同時時間帯における大型機の離発着が相対的に多い、仁川空港は QC 値の合計と平均がともに最も高い。また、QC 時間帯の一部において航空機の離発着がなされていない成田国際空港は QC 値の合計は最も低いが、同時時間帯における大型機の離着陸の割合が相対的に高いので、平均値は 1.1 と 2 番目に高くなっている。また、ヒースロー空港は夜間における大型機の運航率が高いため、QC システムや夜間運航制限などを実施しているにもかかわらず、総 QC 値は 130 と 2 番目に高く、QC の平均値は 1.0 と 3 番目に高い。

このように、騒音値の大きさに基づく指標を用いると、ヒースロー空港や成田国際空港は相対的に大型機の導入率が高いため、必ずしも高い評価ではなく、小型機の導入率が高いフランクフルト空港やスキポール空港の方

が高い評価である。

3-5 地域大気質

本項では地域大気質に関する環境負荷を比較する。航空機から排出される代表的な大気汚染物質には、窒素参加物 (NO_x)、一酸化炭素 (CO)、炭化水素 (HC) などがある。燃料消費量あたりの排出量はエンジンの出力により物質間で異なり、NO_x は出力が高いほど多い一方で、HC と CO は出力が高いほど少ない。一般に大型機の方が小型機よりも LTO サイクルにおけるエンジン出力は高いことから、最大離陸重量が重い機材ほど燃料消費量あたりの NO_x 排出量が多い一方で、HC と CO 排出量は少ない。

図 12 は各空港における LTO サイクルにおける燃料消費量、NO_x 及び CO 排出量の推計値である。基本的には運航回数が多い空港ほど、燃料消費量、NO_x 及び CO 排出量が多い傾向にある。ただし、フランクフルト空港と仁川空港の間では、フランクフルト空港の運航回数は 1152 回で仁川空港の 1006 回よりも多いが、燃料消費量と NO_x 及び CO の排出量は仁川空港の方が多くなっている。また、スキポール空港と成田国際空港の間では運航回数が多いスキポール空港の方が成田国際空港よりも燃料消費量と CO 排出量が多い一方で、NO_x 排出量は成田国際空港の方が多。これらは、各空港における主要な機材の大きさによる影響だと考えられる。

図 13 は 1 機あたりの燃料消費量、NO_x 及び CO 排出量である。基本的に最大離陸重量の平均値が大きい空港ほど、離着陸の際に要する 1 機あたりの燃料消費量が多く、そのため NO_x や CO 排出量も多い。

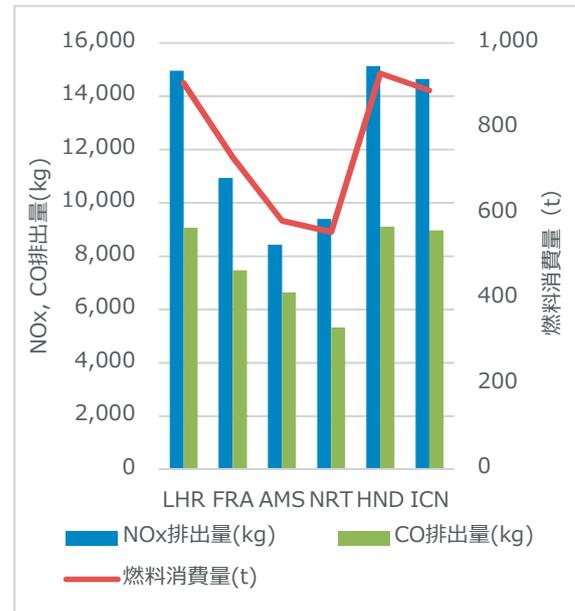


図 12:LTO サイクルにおける燃料消費量、NO_x 排出量、CO 排出量の推計値

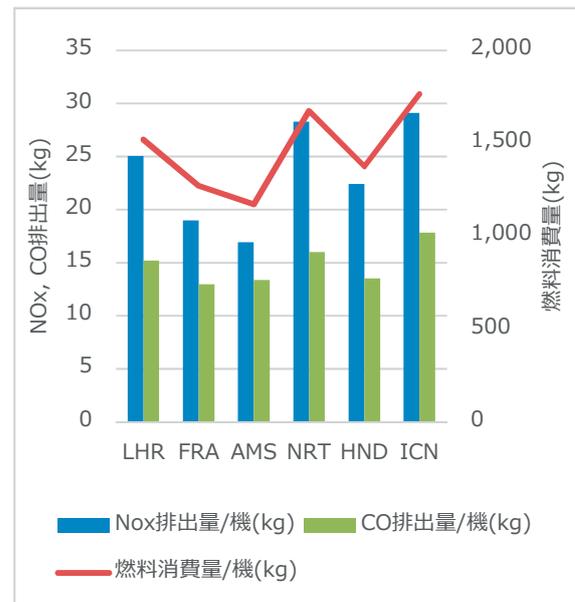


図 13:1 機あたり NO_x 排出量と CO 排出量

図 14 は最大離陸重量あたりの燃料消費量、NO_x および CO 排出量である。これは 1 機あたりの燃料消費量、NO_x 及び CO 排出量を最大離陸重量の平均値で除して求めている。小型機率が高く、最大離陸重量の平均値も低いスキポール空港とフランクフルト空港において、燃料消費量は高い。また、小型機の方が燃料あたりの CO 排出量が多いので、これら

の空港では1トンあたりの燃料消費量が多い分、CO排出量も多い。一方で、最大離陸重量の平均値が大きいヒースロー空港、成田国際空港、仁川国際空港は重量あたりの燃料消費量が少ないものの、NOx排出量は多くなっている。

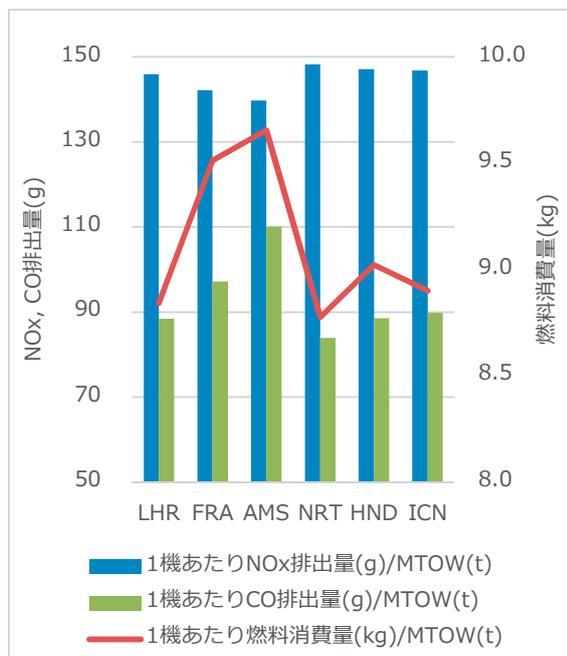


図 14: 最大離陸重量あたりの燃料消費量、NOx 排出量、CO 排出量

4. まとめと今後の課題

本論は Flightrader24 などの運航情報を用いて、国内外の主要空港における環境負荷を比較した。累積マージンや Noise Chapter などの国際的に規格化された指標だけでなく、空港が独自で用いられている指標を用いて環境負荷を比較しているのが特徴である。

様々な指標を用いた比較の主な結果は以下のようにまとめられる。ヒースロー空港、成田国際空港は累積マージンに依存する指標で

の評価が相対的に高く、騒音性能が高い航空機の導入が進んでいる。一方で、両空港は大型機の導入率が他の主要空港よりも高いため、絶対的な騒音値による評価では、小型機の運航割合が多いフランクフルト空港やスキポール空港よりも低い。また、仁川空港は海上空港のため、夜間運航制限や騒音を考慮した着陸料などの騒音低減の試みを実施していない。そのため、累積マージン、騒音値の大きさなどに関連した指標を用いた評価はともに低く、騒音性能が高い機材の導入は進んでおらず、高騒音である。

地域大気質や燃料消費量に関しては、基本的に運航回数が多い空港ほど NOx、CO 排出量と燃料消費量が多い。また、1機あたりの NOx、CO 排出量や燃料消費量では大型機割合が高く（小型機割合が低く）最大離陸重量の平均値が高い空港ほど、燃料消費量、NOx、CO の排出量が多い。しかし、最大離陸重量あたりの燃料消費量や排出量では、小型機率が高い空港ほど燃料消費量や CO 排出量が多い一方で、大型機率の高い（小型機率の低い）空港は1機1トンあたりの NOx 排出量が多い。

今回の分析は試行的なものであり、今後は対象空港の拡張と航空機の環境性能を精緻化し、空港の環境負荷の実態を把握することが課題である。

文献

- 1) 早乙女拓海 航空機排出ガスに関する規制と環境評価, 日本マリンエンジニアリング学会誌, 第 49 巻, 第 6 号 (2014)
- 2) 篠原直明 航空機騒音に係る周辺環境対策と騒音状況の推移, 航空環境研究 No21 (2017) p71-80
- 3) 高橋達 航空環境を考慮した着陸料の形態と空港間比較, 航空環境研究 No21 (2017) p65-70

活動報告

研究センターの動き *

平成28年度航空環境研究センターでは、主に次の自主研究、受託事業、研究発表・講演及び広報活動等を実施した。

1. 自主研究

- (1) 海外主要空港周辺における環境施策並びに運用方式の現状と将来計画の調査
- (2) ICAO/CAEPの動向調査
- (3) ①航空機騒音予測技術検討調査その1
航空機騒音予測コンタープログラムの改良
- ②航空機騒音予測技術検討調査その2
コンター検証地形地物騒音伝搬シミュレーション計算ツール
- (4) 空港周辺における環境と健康に関する疫学的研究
- (5) 航跡観測装置に関する性能向上
- (6) 航空関連の大気環境調査の動向調査
- (7) 情報公開システムのユーザビリティ向上のための基礎的検討
- (8) 空港周辺地域における航空機騒音の経済評価
- (9) 航空機騒音技術勉強会

2. 受託事業

- (1) 航空機騒音基礎データ作成
- (2) 航空機騒音基礎データ作成その2
- (3) 東京国際空港航空機騒音測定局再配置検討調査
- (4) 東京国際空港周辺航空機騒音等実態調査
- (5) 東京国際空港航空機水塊付着状況調査
- (6) 燃料譲与税法に係る L_{den} コンター作成

*注)事業主体から直接委託を受けた事業に限る

3. 研究発表・講演等

- (1) 第45回国際騒音制御工学会議 INTER-NOISE2016 [ドイツ/ハンブルク]
Study of lateral attenuation under meteorological conditions for airport noise modeling
航空機騒音予測における気象影響を考慮した側方減衰補正式の検討
篠原直明、花香和之 (成田国際空港振興協会)、山田一郎 (前研究センター所長)
- (2) 第5回日米音響学会ジョイントミーティング [アメリカ/ホノルル]
 - ① Evaluation of lateral attenuation for aircraft flyover and ground operation noise in airport noise modeling
空港騒音予測モデルのための飛行騒音と地上走行騒音の側方減衰の評価
篠原直明、花香和之 (成田国際空港振興協会)、山田一郎 (前研究センター所長)
 - ② Study of lateral attenuation for aircraft noise modeling based on field measurements near the airport
航空機騒音モデルのための空港近辺現地測定データに基づく側方減衰の研究
花香和之 (成田国際空港振興協会)、篠原直明、吉岡序

* Annual activities of Aviation Environment Research Center

- (3) 日本騒音制御工学会 2016 年春季研究発表会
環境騒音の記述・測定・評価に関する国際規格 ISO 1996 シリーズの改正動向と課題
山田一郎（前研究センター所長）
- (4) 日本音響学会 2016 年秋季研究発表会
航空機騒音予測時の側方減衰補正
- 音源データの整備方法に関する検討
篠原直明
- (5) 日本騒音制御工学会シンポジウム
地方自治と騒音対策—空港と航空機騒音について—
- 航空機騒音に係る周辺環境対策 -
篠原直明

4. 広報事業

- (1) 函館空港「空の日」イベントへの参加 [大声コンテスト] で大声の実測体験
- (2) (一財) 航空振興財団 / 航空少年団
第 40 回航空教室 (千葉県芝山町 航空科学博物館)
講話 [飛行機と音の話] と大声の実測体験
- (3) 第 41 回空港環境対策関係担当者研修の開催
空港周辺地域を管轄する関係自治体等職員を対象に研修を行った。
(50 団体、59 名参加)
- (4) 第 2 回航空環境研究センター研究発表会の開催
航空環境に関する動向や研究成果を広く社会に還元・普及することを目的とする。
(49 団体、101 名出席)

5. 各委員会委員等の委嘱状況

- (1) 平成 28 年度航空機騒音測定・評価方式に関する検討調査業務検討委員会委員
(環境省水・大気環境局)
[任期: H28.11.2 ~ H29.3.31]
篠原直明
- (2) 平成 28 年度船舶・航空機排出大気汚染物質の影響把握に関する検討委員会委員
(環境省水・大気環境局)
[任期: H28.10.14 ~ H29.3.17]
橋本弘樹
- (3) 日本騒音制御工学会社会貢献部会委員
(日本騒音制御工学会)
[任期: H28.8.30 ~ H30.5.31]
篠原直明
- (4) 航空機騒音監視評価委員会委員 (公益財団法人成田空港周辺地域共生財団) [任期: H28.8.3 ~ H29.3.31]
篠原直明

6. その他 (学会等への出席)

- (1) ICAO / CAEP / MDG 第 2 回会議
[アメリカ / ワシントン DC]
中澤宗康
- (2) ICAO / CAEP / MDG 第 3 回会議
[インドネシア / デンパサル]
中澤宗康
- (3) ワシントン及びニューヨーク地区に存在する空港の環境対策及び運航方式についての調査
[アメリカ / ワシントン DC、ニューヨーク] 高橋英昌、高橋達
- (4) 航空の経済分析に関する集中講義
[日本交通学会 / 研究会および集中講義]
高橋達
- (5) 日本騒音制御工学会シンポジウム
地方自治と騒音対策—空港と航空機騒音について—
後藤恭一、高橋英昌、中澤宗康、高橋達

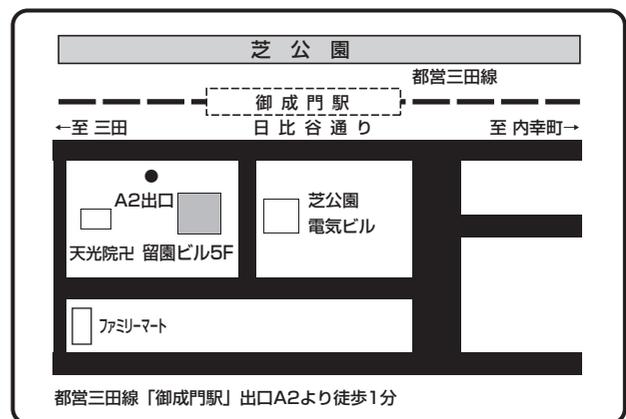
編集後記

平成9年に創刊号を発行し、これまでに機関誌「航空環境研究」を20巻発行して参りました。節目にあたる21号の発行に際しては、巻頭言にも記していますように航空環境研究センターの情報発信の内容や方法が適切機能しているか再見直しを行いました。

20巻までは、多くの方々に興味を持って頂けるように幅広い分野の専門家の執筆を中心に構成していました。しかし本号では航空環境研究センターが行っている研究活動を中心とした構成に変更し、航空機騒音の測定・評価や航空機騒音予測といった当研究センターの核となる研究や、運航、大気質、健康問題、着陸料など多岐にわたっています。それらに加えて、これまで同様に幅広い読者の皆様に航空関連分野の情報を分かりやすく提供する「解説」記事を加えました。その他、海外情報として学会報告や、ここ数年来取り組んでいる海外主要空港における騒音軽減の取り組みに関する情報収集を目的とした「海外調査」から得られた知見を紹介しています。さらに、各分野でご活躍なさっている3名の専門家にご寄稿頂きました。お忙しいところ、ご執筆いただきました各執筆者の方々に深く感謝申し上げます。

今後も当センターは航空業界をとりまく環境問題についての情報発信基地としてこれから発展し、また、関係する方々の業務の一層のお役に立てるよう取り組んで参ります。

読後のご感想やご提案などがございましたら事務局宛頂戴できれば有り難く存じます。



航空環境研究センター案内図

航空環境研究 第21号 平成 29年 5月 31 日発行 ©2017

発行人 篠原直明

発行所 一般財団法人 空港環境整備協会 航空環境研究センター

105-0011 東京都港区芝公園1-3-1 留園ビル5階

電話 (03) 6721-5271 FAX (03) 6721-5272

URL : <http://www.aerc.jp/>

無断転載を禁じます

CONTENTS**PREFATORY NOTE**

Conception of environmental problems around airport and the role of Aviation Environment Research Center	Naoaki Shinohara	1
--	------------------	---

FOCUSES

History and Future of RNAV— For the Efficient Use of Airports and Airspace —	Yoshinobu Nakanishi	3
Airline Network in Japan since 2000	Masako Sakai	10
The Role of Airport and Aviation Service in Tourism	Hiroki Kamata	15

RESEARCH REPORTS

Effects of measurement quantities in the evaluation of aircraft sound events	Naoaki Shinohara	20
Navigation accuracy and trial for multiple departure route in foreign country	Hidemasa Takahashi	28
The treatment of noise contribution due to aircraft ground operation on an airport noise model	Masayuki Sugawara, Toshiyasu Nakazawa	34
Validation of aircraft ground operation noise prediction	Toshiyasu Nakazawa, Masayuki Sugawara	39
Current status and issues of information disclosure system for noise monitoring and flight path monitoring system	Kyoichi Goto	43
Influence of NO _x exhausted from aircraft engines to environmental air around four major airports in Japan	Hiroki Hashimoto	51
A review of health effects of noise. And the association between aircraft noise and prevalence of hypertension	Kyoichi Goto, Tetsuya Kaneko	59
Environmental charge of the major airports	Toru Takahashi	64

TUTORIAL PAPER

A review for countermeasures against aircraft noise and change in noise exposure around airport and in Japan	Naoaki Shinohara	70
From past to present of Aircraft noise prediction model	Hisashi Yoshioka, Naoaki Shinohara	80
Outline of ICAO's global market-based measures	Hiroki Hashimoto	86

OVERSEAS CIRCUMSTANCES

Report of Inter-noise 2016	Naoaki Shinohara	89
Social survey by FAA and Measures for Aircraft noise in Washington & New York area	Hidemasa Takahashi	93
U. S. airport noise related program and the funding system	Toru Takahashi	98
Comparing the environmental performance of the major airports	Toru Takahashi, Chitose Nakamura, Hiroki Hashimoto, Naoaki Shinohara	107

ACTIVITIES OF AERC

Annual activities of Aviation Environment Research Center	Management Division	115
---	---------------------	-----