

航空環境研究



The Journal of Aviation Environment Research

No. 14, 2010

巻頭言

～本物であることへの道程～ …………… 坂場正保 1

焦点

騒音研究の最前線 …………… 河内啓二 3
 航空機エンジンの騒音低減技術最前線 …… 笹田榮四郎 8
 PM2.5/PM10 の背景と現状排出挙動の
 評価法とその標準化 …………… 神谷秀博 15
 航空機騒音の測定・評価について
 ～飛行騒音や地上騒音の事例と取り扱い～
 …………… 篠原直明・月岡秀文・吉岡 序・山田一郎 21

研究報告

防風スクリーンの風雑音低減効果の向上に関する研究
 …………… 山田一郎・大沼保憲・吉岡 序 35
 女性を対象にした精神的健康質問票(WMHI)の改良について
 ～構造方程式モデリングによる確認的因子分析の適用～
 …………… 後藤恭一・久米美代子・金子哲也 40

内外報告

ICAO CAEP の動向－WG1・WG3 …………… 成沢浩一 47
 ICAO CAEP の動向－WG2 …………… 植木隆央 51
 ICAO/CAEP の動向－国際航空と気候変動… 清水 哲 55

国際騒音制御工学会議インターノイズ 2009 騒音影響に
 関する国際フォーラム …………… 山田一郎・菅原政之 59
 ISO/TC43/SC1 総会および WG45 の会議報告
 …………… 山田一郎 64
 アムステルダム空港、及びヒースロー空港の騒音対策概況
 ～海外出張報告～ …………… 吉岡 序 67
 騒音軽減運航(連続降下)方式に関する欧州調査旅行記
 …………… 吉野亨二 71

航空環境を取り巻く話題

空港整備における新たな環境面での取り組み
 …………… 長谷川武 78
 JAXA の次世代運航システム(DREAMS)研究開発計画
 …………… 石井寛一 89
 成田国際空港における航空機騒音の推移と現状
 …………… 谷みろく・尾形三郎 93

エッセイ

航跡記録装置の商標名(商標四方山話) …… 北澤 誠 99

活動報告

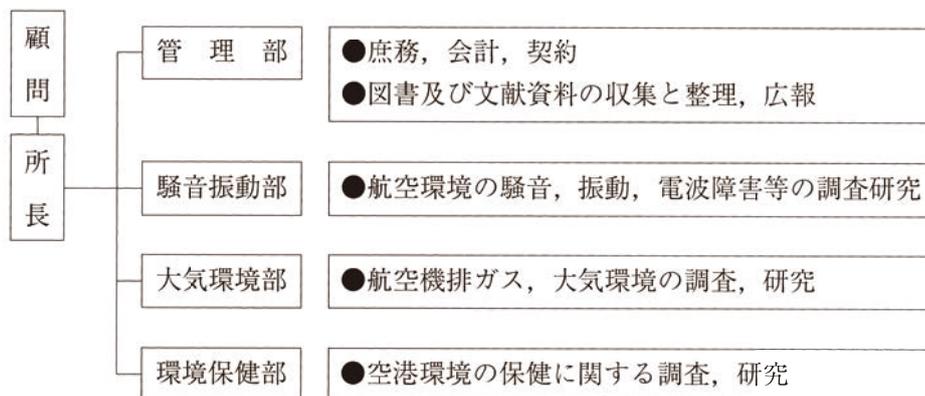
研究センターの動き(平成 21 年度) …………… 管理部 105

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、文化の発展にともなう航空輸送需要の増大とジェット旅客機の開発運航は、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、調査事業が増加するなかで、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、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することにあわせて、現在の航空環境研究センターに改称されましたが、設立以来、騒音、大気環境、電波障害、空港周辺の環境などの調査と研究に取り組み今日に至っております。

なお、航空環境研究センターの組織及び業務内容は次のとおりです。



～本物であることへの道程～*

坂 場 正 保**

当協会を取り巻く環境は非常に厳しい状況にあります。

まず、経営面では、世界的大不況の影響に伴う航空旅客の減少、若者のマイカー離れ等により、空港駐車場利用客は減少傾向にあり、料金引き下げの影響も相まって、20年度決算では大幅赤字を計上しました。

また、現在、公益法人改革のまっただ中において、25年12月までには新法人へ移行しなければならないという難題を抱えている上に、政権交代の動きの中で、公益法人に対する見直しの議論が俎上に上がっています。

ところで、昨年末の行政刷新会議の事業仕分けで、次世代スーパーコンピュータについて、「何故世界一を目指す必要があるのか。2番ではダメなのか。」という質問があり、賛否両論ありましたが、これを聞いて、私は、「It's the real thing」という言葉を思い出しました。

この言葉は、某メーカーのキャッチフレーズですが、意味は、「これは本物だ!」ということでしょう。この企業は1886年創業ということですから、120年以上継続しているわけですが、当該分野で“本物であること”を目指した結果と言えるのではないかと思います。

公益事業については、ややもすると、世の中のためになりさえすれば兎にも角にも良いこと

だということ従来まかり通ってきたものが、今のような変化の時代に應えていくためには、国民の視線で、本物かどうかを試され、見極められる世の中になってきたといっても、過言ではないかもしれません。

協会が公益法人改革において、今後とも財団法人たり得るためには、継続実施しうる公益事業が核として必要となります。研究センターの「調査研究事業」は、この核の1つになることは疑いようありませんが、勿論“本物であること”が要求されることとなります。

例えば、航空機騒音を測定し、予測する手法の検討・開発ならびに騒音カウンター作成等の業務は、わが国では他の追随を許さないレベルであることから、“本物であること”は間違いありません。最近では、(独)電子航法研究所ならびにリオン(株)との共同開発により、疑似レーダ方式を原理として、既存の類似装置よりも簡便、低廉な航跡観測装置を開発しました。航空行政・業界に貢献しうるものと考えています。このような研究センターの屋台骨となる技術の開発、維持につながる研究を優先的に実施すべきであると考えます。

また、今後は、日本で研究センターにしかできないようなことを目指すとともに、協会の存在を社会にアピールできる研究を実施する必要があります。例えば、航空機等空港関連発生源からのガス排出に関する調査において、地球温暖化対策として有効に使用できるような

*Approach to the Real Thing

**財団法人 空港環境整備協会 理事長

具体的な成果を短期間に得ることができれば、間違いなく、研究センター、そして協会の社会的な位置づけを高めるものと思います。

一方では、国民に、“本物であること”を理解してもらう必要がありますが、「事業の成果は、本物でありさえすれば自ずと国民に理解してもらえるはずのもの」という認識は、甘過ぎます。行政刷新会議の事業仕分けでは、次世代スーパーコンピュータでさえ、「事実上の凍結」とされたことに対して、一部の科学者から、国民に対して説明不足の面があったことは否めないという反省の弁がありました。

「理解してもらう」ことは、英語では「realize」（リアライズ）となりますが、「本物であることをわかってもらう」ということであり、そのためにも、協会としては、ホームページや機関誌の充実を図り、研究成果等を広く社会に還元していくことに努力していきたいと思っています。

また、協会としては、騒音等が存在する空港周辺の実情に鑑み、空港の運営を円滑にするために、その地域の環境改善と安全・安心に取り組むことが、使命であると認識していますが、研究センターの事業として、協会の実施している公益事業のもう1つの核である「空港周辺環境整備事業」の効果が「見える」ようにできればと思います。更には、各空港において実施している「大声コンテスト」、「地球人講座」など、地域連携にも貢献していくとともに、国際会議に参加して、産官学の世界的ネットワークの中で、情報発信を続けて欲しいと思います。

協会に対する風当たりが強く、国民の目が厳しいという現実がありますが、“本物であること”への努力を続けるとともに、仕事に対する真摯な姿勢を示し続けることによって、国民からの信頼を獲得していけるものと信じており、重ねて関係の皆様方のご指導ご協力を賜りますようお願いいたします。

騒音研究の最前線*

河内啓二**

1. 空力騒音

このところマスコミの取り扱いとしてはCO₂問題に押され気味で、やや影の薄くなった騒音問題であるが、研究の現場では多くの研究者が相変わらず熱心に取り組んでいる。おかげで、エンジンそのものの音量はすいぶん小さくなってきた(図1参照)。ご存知のように図1の縦軸はデシベル表示であるので、6dB下がると音圧としては半分に減少している。低騒音化の技術は相当に進んだと言える。この低騒音化技術としてはファンによってバイパス比を高めることと、ファンの設計の改善、ダクトの吸音性を増すことなどが主なものである。高バイパス比にすると、燃費も同時に良くなるので対策としては極めて都合が良く、多くの努力が払われて来たし、今後もこの傾向は続くだろう。

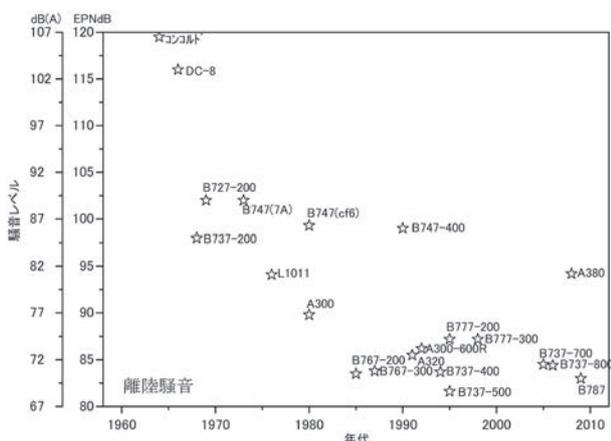


図1 騒音レベル

ここまでエンジン騒音が減少してくるとこれまでエンジン騒音に埋もれていたそれ以外の騒音源の対策が有効になって来た。離陸時の騒音は依然としてエンジンからのものが主であるが、着陸時はエンジン出力を下げるのでエンジン騒音が小さくなり、機体の発生するいわゆる空力騒音が無視しえなくなっている。

2. 空力騒音の音源

楽器等から発生する音圧の伝播を記述する波動方程式は、古くから知られていて(1)式のような形をしている。

$$\frac{1}{C_0^2} \frac{\partial^2 p}{\partial t^2} - \nabla^2 p = -\nabla \cdot \vec{f} + \rho_0 \frac{\partial q}{\partial t} \quad (1)$$

ここで右辺の \vec{f} は振動する弦や共鳴板によって引き起こされる空気の単位体積に働く外力ベクトルであり、また q は外部からの流入体積であり、それぞれ音源を示している。左辺の偏微分方程式は速度 C_0 で空中を伝わるサイン波形の微小圧力変動 p の解を与える(音波であるので当たり前であるが...)。すなわち左辺は音の伝播を表している。偏微分の表式に不慣れな人は左辺は無視して右辺の音源がサイン波状の音波を引き起こすと考えて差し支えない。この微小圧力の変動(音波)が空中を伝わり人間の鼓膜に達してそれを揺すぶるのである。

飛行機のような固体物体に風が当たった時、物体の表面が振動しなくても我々には音が聞こえる。風の強い日に電線がヒューヒュー鳴るのを聞いた人は多いだろう。物体の表面や流れの

*The forefront of the noise research

**東京大学工学系研究科 航空宇宙工学専攻 教授

中で、空気の単位体積あたりの外力や流入体積が (1) 式の f や q と同じような変動をすれば、我々には同じような音 p が聞こえるだろう。このように空気の流れが発生する音を空力騒音と呼ぶ。問題はどのような流れがどんな音の起源になるのかを明らかにすることである。そうすれば流れを制御することにより、音を制御できるだろう。

音波は空気の中を伝播する微小な圧力変動であるので、もちろん空気運動の基礎方程式、すなわち運動量の方程式を満足する。連続の方程式も満足する。Lighthillはこの2つの式から出発して数学的な変形をくり返し、(1) 式の左辺を導くことに成功した¹⁾。(1) 式と比較して考えると、この時右辺に出現した項が流れの中の音源であると考えれば良いことになり、それらの項の性質から流れの特徴が理解でき、流れの特徴と音源の関係を明らかにできる。さらに Ffowcs Williams と Hawkings は、より一般的に移動物体に対し運動量の式と質量の式から出発し、Lighthill の見出した音源を使って整理した結果、次式を得た²⁾。

$$\frac{1}{C_0^2} \frac{\partial^2 p}{\partial t^2} - \nabla^2 p = \frac{\partial}{\partial t} (\rho_0 v_j n_j) - \frac{\partial}{\partial x_i} (p_j n_j) + \frac{\partial^2 T_{ij}}{\partial x_i \partial x_j} \quad (2)$$

(2) 式と (1) 式を比較すると、右辺が音源に相当すると理解できる。第1項は物体の運動によって生ずる空気の動きから生ずる音である。空気は物体の表面ではそれを横切って動くことはできず、表面に沿って動くので、ある空間を物体が通過する時には物体の前方では空気は物体から遠ざかるように、後方では物体に近づくように運動する。つまり物体の前方では空気は物体をよけて通し、後方では物体があった空間を再び空気で埋めるために戻るのである。エンジン騒音の中ではファン騒音の一部がこれに当たる。ファンブレードにも厚みがあるので、ブレードが通過する度に空気が移動して音圧を発生する。エンジンの高バイパス化によってファン直径が大きくなると、ファンの回転数を

小さくすることができ、ファンの翼端速度が小さくなってこのタイプの騒音を減少させることができる。

(2) 式の右辺第2項は物体の表面に生ずる圧力と粘性力の変動により発生する音である。

物体の表面の圧力や粘性力、あるいは同時刻に人の耳に達する音源の広がり、ある周波数で変動すると、当然その周波数の音波が空中を伝播して、音として我々に聞こえる。例えば、ファンの動翼の後流が静翼やストラッドに干渉し、圧力や粘性力の変化を引き起こし、その結果生ずるファン騒音はこのタイプの音である。従って右辺第1項や第2項の音源は固体表面にのみ存在し、流体中には存在しない。

右辺第3項は流れの乱れによる音であり、Lighthill が初めて見出した項である。例えば一様な流れでは乱れは無いが、速度の異なる二つの流れが接すると、その境界では粘性による流れの混合が起こって第3項の T_{ij} が発生する。ジェットエンジンの排気と周辺の一様流との境界はその代表例である。高バイパス比のエンジンでは、ジェット排気流の外側に速度の遅いファンによる流れがあり、さらにその外側に一様流がある構造になるので、バイパス比が大きくなるほど流れの速度変化が大きな領域に広がり乱れの強度が小さくなる。この流れの乱れによる音源(右辺第3項)は、従って、流れの中に広く分布していて、その範囲と音源の強さを推定するのがやっかいである。

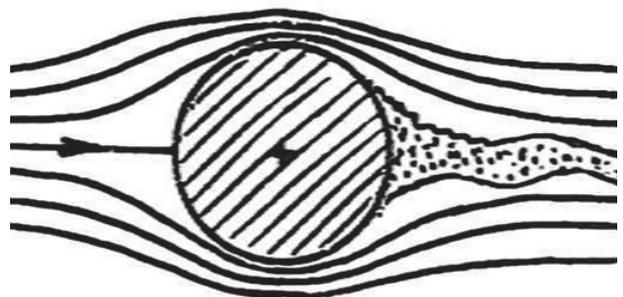


図2 円柱の後流³⁾

3. 機体の発生する空力騒音

近年、注目されて来た機体の発生する空力騒音も、もちろん(2)式の右辺の音源に起因する。騒音の大きな箇所から順に研究されているが、着陸装置、フラップなどからの音が大きいと言われている。現在の着陸装置のかなりの部分は円柱でできている。一様流に軸が直角になっている時を考えると、図2³⁾に示すように流れは表面からはがれて、一様流よりずっと速度の遅い後流(死水領域)が出現する。従って、後流と一様流の境界では流れが乱れて(2)式の右辺第3項の音が発生する。また物体表面の境界層からも第3項の音が発生する。さらにはくり点は不安定なので、円柱表面の圧力が変動し、右辺第2項の音も発生する。これらを防ぐためには、断面形状を円から流線形に変えてはく離を防ぐことが考えられるが、流線形断面に働く流体力は円柱よりもはるかに大きくなるので、強度や安定性への配慮が必要となるだろう。着陸装置にはこれ以外にもはく離が生ずる箇所がいろいろあり、空力騒音の音源となっている。またフラップでもフラップ両端やフラップすきまにおいて、(2)式の右辺第2項や第3項に起因する空力騒音が発生するので、これを小さくする研究が行われている。着陸装置やフラップは巡航状態では使用されず、離着陸時のごく短い時間に使用が限られているため、また空力騒音はエンジン騒音の陰に隠れていたため、これまで空力騒音やはく離に対してあまり配慮がさ

れていなかった。また実験的に計測される音と(2)式の音源との関係もまだ対策をとれるほどのレベルでは対応がつかないという現状もある。しかし設計段階から対策をとることができれば、今後は急速にこれらの空力騒音が減少できるものと思われる。

4. 運航による低騒音化

民間旅客機による騒音問題は高度が低くなる飛行場周辺の離着陸時に限られているため、運航によって解決できる部分が多い。基本は離陸径路を高く設定して地上と航空機の距離を大きくすることである。離陸時はエンジン出力を最大にして、また航空機の重量をできるだけ軽くして、離陸径路を高くする。機上の騒音源の強さはエンジン出力に比例して大きくなるが、地上に対しては飛行径路を高くすることによって距離を大きくし、騒音を低下させることができる。軽量化のために、搭載する燃料を安全性に問題のない範囲で最小にするきめ細かい対策もとられ始めている。一方、着陸時においては、図3に示すように巡航高度から滑走路まで一気に降下する連続降下方式(CDA)が実用化試験に入っている。従来のように低速度で水平飛行する径路が無くなるので、CO₂対策としても低騒音化対策としても効果が大きい⁴⁾。さらに降下角を大きくして地上との距離を大きくする飛行方式も研究されている(2段階降下方式)。地上付近で降下角を大きくすると、上下方向の

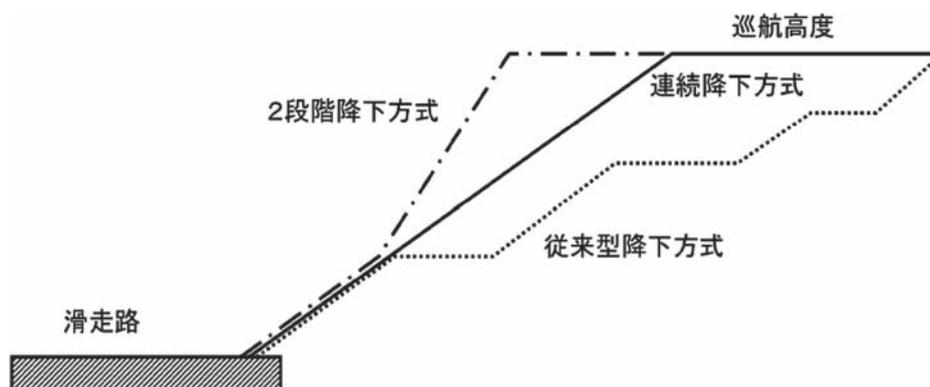


図3 降下方式

速度（沈下率）が増すことになり、パイロットのワークロードが大きくなる。従って最終飛行径路は従来の計器飛行方式のままで、巡航高度から最終飛行径路までをより大きな降下角で飛行しようというものである。また水平方向の飛行径路についても病院や学校、住宅密集地を避けて設定することが考えられている。ただし混雑した空港では離着陸の時間間隔をできるだけ縮める必要があるので、将来の空港周辺の飛行では飛行位置に加えて時間までも指定するいわゆる4次元運航が導入されるだろう。以上のような試みは従来から研究されてきたものが多いが、近年の制御や通信装置の発達、およびGPSによる航空機位置情報の信頼性と精度の向上等により、ようやく実用化試験段階に達してきたものである。今後は各種の表示装置や制御装置により、どこまでパイロットワークロードの増加を押さえられるかが研究されていくことになる。

5. ヘリコプタ騒音

ヘリコプタ騒音は、同じ重量の固定翼機に比べて大きい上に音源対策はより難しい。固定翼機の低騒音化が進む中で、ヘリコプタに対する目は厳しさを増している。ヘリコプタの騒音も民間機に限れば、問題となるのはヘリポートや飛行場周辺の離着陸時である。この時の騒音で特徴的なことは、メインロータとテイルロータからの騒音が、エンジン騒音より大きいことである。ロータブレードの発生する音は、(2)式の右辺第1項と第2項が主となる。前述のように第1項はロータブレードが空気を押しよけるために生ずる音であるので、ブレードの翼厚に比例する。この音は回転面内に指向性を持つので、メインロータの音は低高度の時に機体からやや離れた前方で大きくなる。テイルロータの右辺第1項の音は、回転面が垂直であるので、機体直下で大きい。右辺第2項の音はブレードの発生する揚力や抗力によるものであり、主に

回転面に直角方向に大きいので、メインロータからの音は機体直下からやや前方にかけて、テイルロータからの音は機体側方でそれぞれ大きくなる。このように第1項による音も第2項による音も、上記の音は飛行に必要不可欠な事象から発生しており、対策を講ずることが大変難しい。

一方、ヘリコプタのロータでは、図4に示すように先行するブレードの翼端渦と後続のブレードが極めて接近することがある。この時、後続のブレードでは、揚力や抗力が翼端渦の発生する誘導速度によって激しく変動し、(2)式の右辺第2項の音が発生する。この音はパタパタという音として我々には聞こえ、翼渦干渉音と呼ばれる。注意深くヘリコプタを観察する人は、この音が発生すると前述の飛行に必要不可欠な音よりはるかに大きいことに気づくだろう。逆に言うとブレードと渦との距離さえ大きくできれば、現在の騒音レベルを大幅に下げることができそうなので、多くの研究者が近年この分野に集中している。ヘリコプタでは、これまでほとんど翼渦干渉音に注意して設計してこなかったのが、安全な着陸径路をとると大きな翼渦干渉音が発生してしまうことが多いという現状も、この分野の研究の有望性を後押ししている。一方、音の発生メカニズムがブレードと渦の接近であるので、離陸側ではこの音が発生することはほとんど無い。上昇速度のおかげで、ブレードと渦の上下方向の距離が大きく

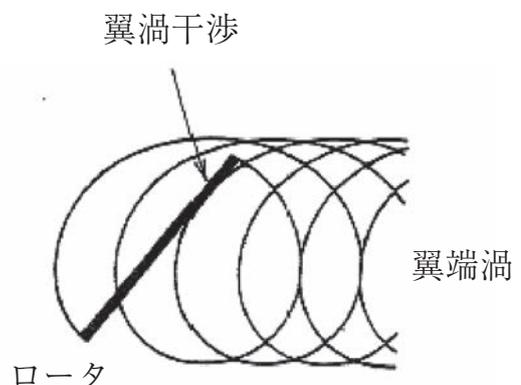


図4 翼渦干渉

なってしまうのだ。従って、筆者の見るところ、離陸径路におけるヘリコプタ騒音は、そのほとんどが飛行に必要な事象から発生しており、低騒音化対策は難しい。

6. 翼渦干渉音の対策

翼渦干渉音を小さくする対策としては、音源に対するものと運航に関するものがある。音源に対するものでは、ブレード翼端からジェットを噴きだし翼端渦の位置を制御する方法、ブレードにフラップを取り付け、これをアクティブに動かして半径方向の揚力分布を変化させ、翼端渦の位置と強さを制御する方法、ブレードの翼端部分の形状を変えて翼端渦の強さや位置をパッシブに変化させる方法などが各国で研究されている。

運航に関する対策としては、事前に翼渦干渉の大きい飛行径路角と飛行速度を調べておいて、できるだけこれを避けて着陸径路を設定するもの、機上にマイクロフォンを設置して翼渦干渉音の発生を感知し、できるだけ音が小さく

なるように飛行径路を修正しながら飛ぶ方法などが研究されている。前者は簡単であるが、突風等で翼端渦の位置が変化し、事前に設定した飛行径路では対応しきれない可能性がある。後者は翼渦干渉音の指向性の強さをどのようにして克服し、信頼性の高いデータを計測するのかという問題がある。

参考文献

- 1) Lighthill, M.J.: On Sound Generated Aerodynamically. I. General Theory. Proc. of Royal Society London, A211, pp564-587, 1952.
- 2) Ffowcs Williams, S.E. and Hawkings, D.L. : Sound Generation by Turbulence and Surfaces in Arbitrary Motion. Philos. Trans. Royal Society London, A264, No.1151, pp321-342, May, 1969.
- 3) Hoerner, S.F. : Fluid-Dynamic Drag, Published by the Author, 1958.
- 4) 航空輸送技術研究センター：Tailored Arrival に関する調査研究報告書、平成 21 年。

航空機エンジンの騒音低減技術最前線*

笹田 榮四郎**

この記事は、Rolls - Royce plc から発刊された“The Jet Engine”の中の“environmental impact”の章を同社の許可（RR copyright © Rolls-Royce plc 2009）を得て抄訳、構成したものである。

1. はじめに

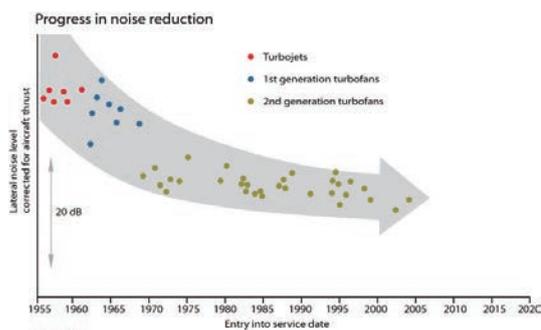
1世紀前、馬に換わる自動車は馬と違って排泄物を出さない乗り物として売り出された。産声を上げたばかりのひ弱な航空産業は1920年代はまだ騒音の苦情からは守られていた。そして現代では、環境影響を減らすことが21世紀の主要な技術課題のひとつであることが認識されている。

近年、顧客とエンジンメーカーの両者からの最優先事項を二つ設計要件に入れた。それは、騒音軽減と排気ガス削減である。この二つは多くの生産工程と輸送の最新形式からなるものであるが、ガスタービンの産物で間違いなく最も望まれない二つと言えるであろう。これらの副産物の削減に多くの研究と開発が向けられており著しい改善が達成されてきた。しかしながら、エンジンを使う側の要求はますます挑戦的になってきていてやるべきことは未だに多いのである。

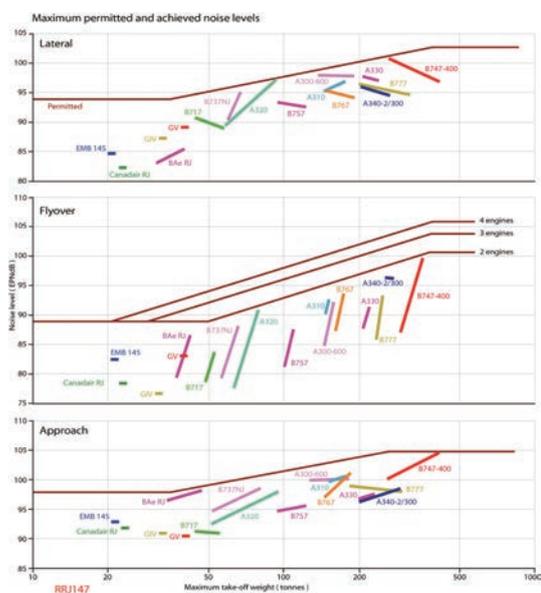
騒音に関しては、現代の航空機は初期に設計されたものよりも格段に静かになっている。それはジェット流の速度を下げることによって比

推力を低下させたこと（すなわちバイパス比の増大）が大きく貢献している。

現代の航空機が出す音響エネルギーは40年前に設計された航空機の1パーセントに過ぎない。しかしながら、更なる騒音の低減に対する留まることのない環境圧力が騒音抑制を航空機エンジン研究の最重要分野の一つとしている。



過去 50 年の騒音低減の推移



航空機騒音基準値と代表的な機種騒音証明値

*The forefront of the noise reduction technology in an aero engine

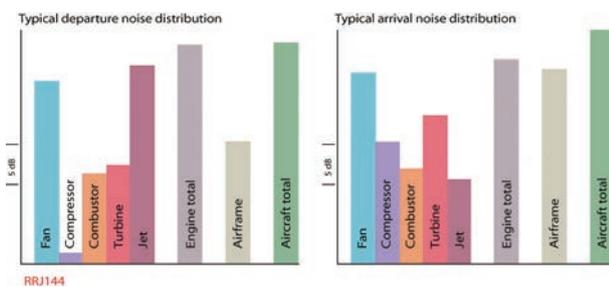
** 東海大学工学部航空宇宙学科 教授

2. 航空機騒音の音源

実際に航空機から聞こえる音は、多数の騒音源の一つひとつが合成された音である。

現在ではファン騒音とジェット騒音の寄与はほとんど均衡してはいるものの、ファン騒音のほうがより重要な騒音源となってきている。

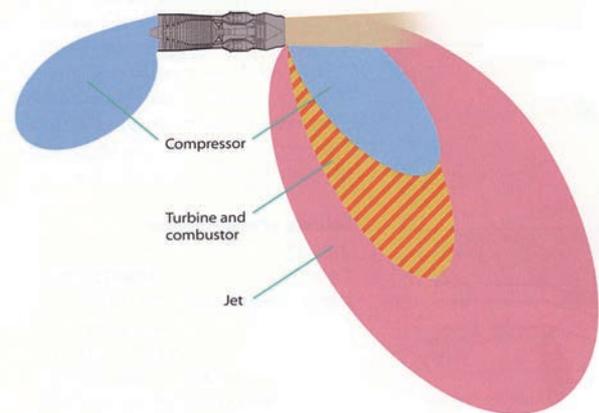
航空機騒音レベルのさらなる進展は、重要な騒音源成分のすべてを減少した時のみ可能となる。このことは、人間の耳の反応を反映したデシベル尺度すなわち騒音源成分が算術的でなく対数的に加算されるからである。



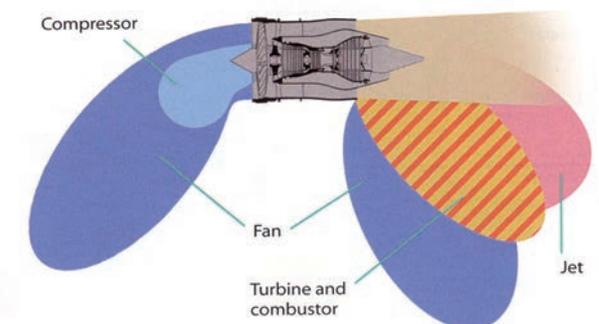
離陸および着陸時の主な騒音源の寄与

デシベル単位が用いられるのは音が圧力の変動からなっており、人間の耳が広範囲の振幅を感知できるからである。人間の耳は一般に 3dB 間隔の信号は区別できるが、それより小さな変化は正確には認識できない。エンジン騒音の予測と測定技術には 3dB 以上の高精度が求められるということに注目してみることは興味深い。

問題が複雑なのは、特定できる騒音源が一つではなく数種類あって、空港周辺の騒音低減を大きく進歩させるには全く異なった騒音抑制手段で取り組まなければならないためである。



1960年代の代表的なエンジンの騒音



1990年代の代表的なエンジンの騒音

3. ファン騒音

ファンはエンジンの中でおそらくもっとも複雑な騒音場を発生する。騒音はファンブレードの空気力学やアウトレット・ガイド・ベーンから、ブレードとベーン間の空力的な相互干渉からも出る。多数のファンブレードとアウトレット・ガイド・ベーン、およびブレードとベーン間のギャップが騒音をどれだけ発生するかに影響する。ファンから発生する騒音は空気取り入れダクトの上流方向に伝わってダクトから大気中に放出される。また、下流のバイパス・ダクトに伝わって冷たいジェット・ノズルから大気中に放出される。

ファンの騒音は、二つの全く異なったタイプの音、すなわち広周波数帯域と純音（周期的・規則的振動により生じる音）を発生する。

4. 広周波数帯域騒音

広周波数帯域騒音はシューという音がする。広周波数帯域騒音の例は高速自動車道を高速で走るときの車の内部で聞こえる音である。

広周波数帯域騒音は多数の異なる周波数からなっている。ファンの広周波数帯域騒音はブレード翼の表面近くの境界層およびファンブレードとアウトレット・ガイド・ベーンの後流の乱流から出る。その騒音は高速道路を走る自動車から出る騒音と全く同じである。ファンブレードの空力的効率が良いほど出る広周波数帯域騒音も小さくなる。

それは自動車のボデーの形が流線型であるほど自動車の社内が静かになるのと同じである。

Comparison of car with a fan blade



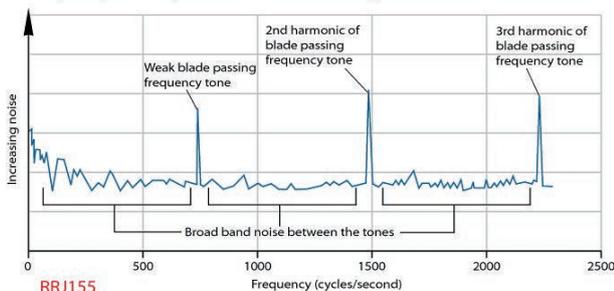
広周波数帯域騒音の自動車での例

5. 純音騒音

純音騒音は汽笛や冷蔵庫のうなり音や2サイクル・エンジン・バイクのような音がする。それはエネルギーが一つの周波数に集中した音である。

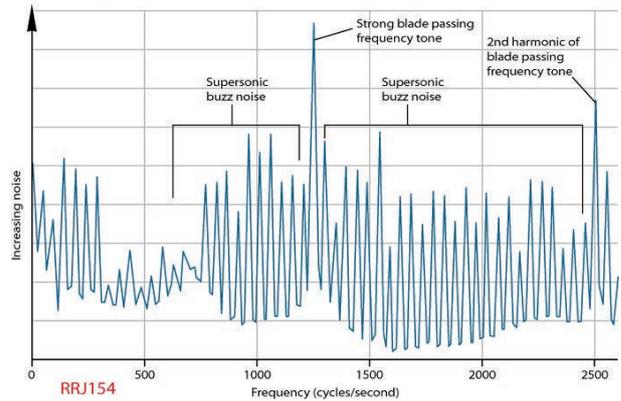
それぞれのファンブレードの直前の圧力波が、ブレードが通過する度に音のパルスを発生する。これらの圧力波はブレードの通過する周波数（毎秒当りの回転数にファンブレード枚数を掛けたもの）で純音騒音を発生する。

Frequency decomposition of fan noise at approach



進入時のファン騒音の周波数分析

Frequency decomposition of fan noise at take-off



離陸時のファン騒音の周波数分析

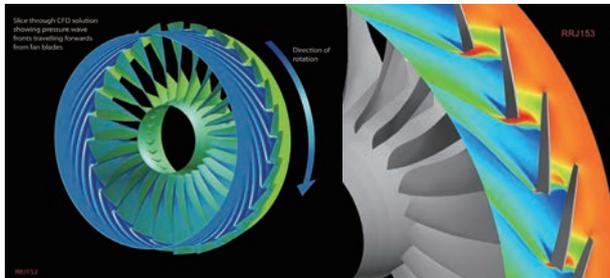
純音騒音はファンブレード端が超音速に達したときにもっとも大きくなる。圧力波はエンジン空気取り入れ口で弦の振動のように共鳴する。圧力波の速度が十分高ければ、大量のエネルギーが取り入れ口に沿って流れてエンジン前面から流出する。

大量のエネルギーが流れている時にそれが切断される音であると音響技術者は言う。ファンブレードを慎重に成形することによって、ファンから発生する純音騒音の多くを低減することができる。ファンブレードに後退角をつけると純音騒音が大幅に減少する。

ファンブレードが発生する純音騒音のもう一つのタイプはブザーまたは木を切る丸鋸のような音であることからバズ (buzz) と呼ばれている。この騒音は規則正しい一定の間隔の純音の集合からなっており、離陸中の航空機の胴体の内部で聞かれることが多い。

バズ騒音はファンブレードが超音速で回転しているときだけ発生する。ブレードが超音速で動いているとき、ブレードとブレードの間の通り道に空力的ショックが存在する。このショックは超音速機が発生するソニックブームに非常によく似ている。隣り合ったファンブレードの製造加工時の形状の非常に僅かな違いが通り道のショックの形状に違いを起す。バズ騒音を発生させる原因がこのショックの形状の変動である。

ファンの形状を慎重に設計することでバズ騒音を減らすことができる。また、離陸時のファンの回転をもっと遅くするように設計することでショックが弱まってバズ騒音は減少する。



ファンブレードから前方へ伝わる圧力波（左図）
ファンブレードから発生するバズ騒音（右図）

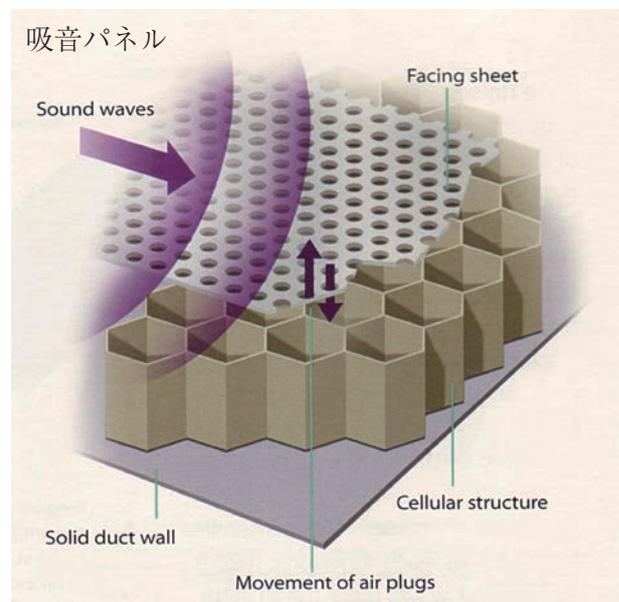
6. ファン騒音試験

ファン自体が発生する騒音は「無響室」という特別静かな部屋でファンの模型を入れて測定される。実際の試験では、ファンの模型は実際のエンジンのファンよりも小さい。縮小の影響はよく分かっているので（例えば、ローターからの純音周波数はrpmで比例補正する）、フルサイズの結果に正確に比例補正することができる。計測機器の規模を非常に広範囲にすることは可能で、騒音を測定するために装置の内部や周りに数百個のマイクロフォンを配備して、どのように音が発生し、どのようにエンジンの外へ伝播するかを調べる。

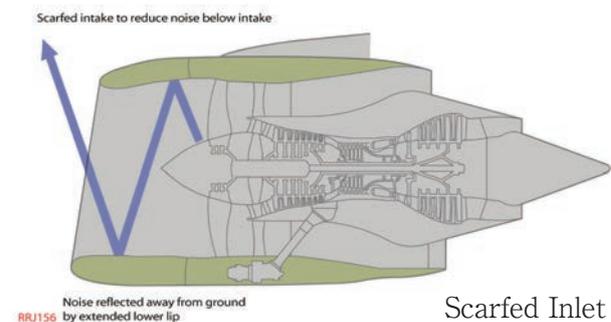


ファン模型試験装置

騒音レベルを減少するもう一つの重要な方法は、騒音が発生した後の2次エネルギーを吸収することである。最近のジェットエンジンでは、空気取り入れ口とバイパス・ダクトに沿ってファンから発生する音を吸収する特殊なパネルが並べてある。それと同じようなパネルは家が建て込んだ地域を通る道路の側面で見られる。これらの吸音パネルは音響エネルギーを共鳴させて、エネルギーを熱として空中に消散させる働きをする。



エンジンから前方へファン騒音をどれくらい逃がすかを制御するのはエンジンの空気取り入れ口の形状に工夫を凝らすことでも達成される。スカーフをつけた（Scarfed）空気取り入れ口は、航空機の飛行経路下の居住地域から騒音を遠ざけるために音響エネルギーを上方へ反射させるように成形したものである。



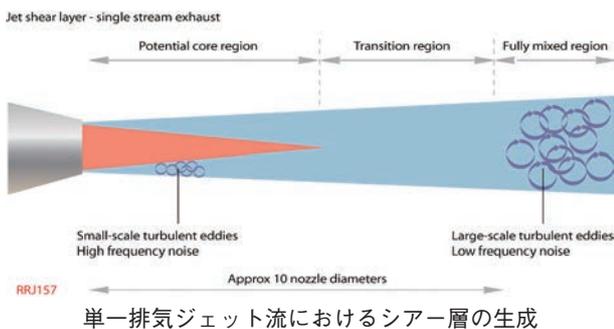
Scarfed Inlet

7. 排気ジェット騒音

排気ジェットはエンジンが離陸時にフルパワーで運転している時の主要な騒音源である。

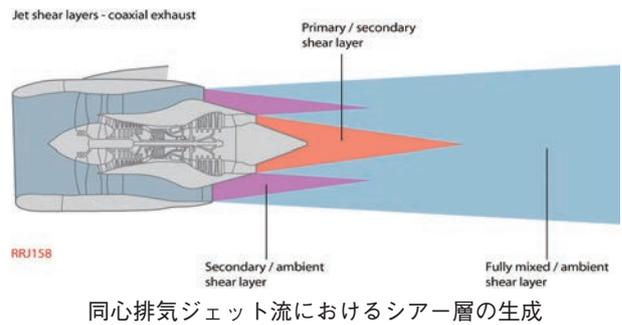
このような高推力では、排気ガスがノズルから高速で排出されるので、排気ガスと周囲の空気が混合された気流の乱れによって騒音が発生する。

気流の乱れの大きさは排気ガスと周囲の空気との速度差に比例する。この速度差が速度シアである。したがって、第一の制御パラメータはジェットの平均速度である。単一流ジェットの騒音は速度の8乗に比例して増加することが、1950年代に理論的なモデリングで予測され、実験によって確認された。有名な V^8 則である。



ジェット騒音はそれがエンジンの外部で発生するという点でエンジンの騒音源の中ではユニークである。気流混合の過程と騒音発生が軸方向にかなりの距離に亘って起こる。それは、ノズル直径の10倍以上の長さでエンジン下流まで及ぶ。ジェットが下流方向に発達すると、環状の混合層の乱流の長手方向のサイズが大きくなる。

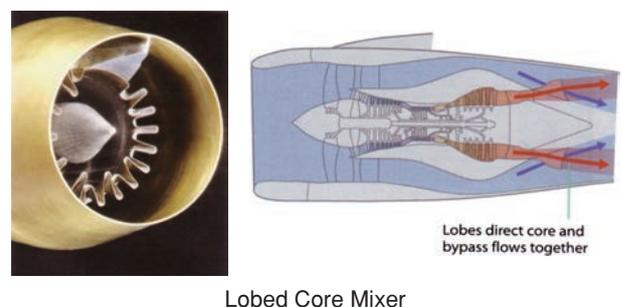
高周波騒音は乱れの変動の長手サイズが小さいためにノズル出口付近で発生する。低周波騒音は乱れの変動の長手サイズがジェットの直径とほぼ等しくなるさらに下流で発生する。一般的な原理は二つの流れまたは同心のジェット流にも適用されるが、シア層が加わるために状況はさらに複雑である。



歴史的には、ジェット混合騒音の低減は、所定の推力を達成するのに必要なジェット流の平均速度の低減の結果としての比推力減少とバイパス比の増加と共に進んできた。

一次またはコアの周りに同心で排出する流速を遅くした二次またはバイパス流を追加したことで、結果的にジェット流は同じ推力で単一のジェット流によるよりも生成されるシアが著しく低くなった2つの環状の混合層となった。

5対1以下の中程度のバイパス比では、大気に全体の流れを排出する前にコア流とバイパス流を混合することによってさらにジェット騒音低減を実現できる。混合プロセスはLobed Core Mixer (分裂コア混合器)を使うことによって強化されるが、騒音を一定量減少させるには、ダクト必要長はまだ長すぎるのである(ノズル径の2倍前後)。従って、長尺カウルのバイパス・ノズルに加えて回旋状ミキサーの抗力と重量面の不利について、特定の航空機に応用するに当たって最良のノズル形態であるかどうかを決める段階までには至っていない。



近年、ジェット騒音の低減には「鋸歯状の縁(serration)」をつけるという方法が探求されてきた。これによるジェット流混合の程度は小さいが、ジェット騒音面の良好な結果（許容できる空力性能で）が出ており、数種類の量産エンジンへの応用が考えられてきた。



無響室と「鋸歯状の縁ナセルとコア」模型

同軸ジェット流の速度シア効果もジェット騒音の特性もエンジンの静止運転と飛行運転では変化する。航空機が前進速度を有しているときは、排気ガスと大気間の速度シアは減少し、ジェット騒音は一般的に5～10デシベル下がる。この非常に大きな“飛行効果(Flight Effect)”を確認するのに、これの目的専用設計された無響室で実験が行われることが多い。

直径20～25cmのエンジン・ノズルの模型が実際のエンジンのジェット流速と温度で試験され、原寸大のエンジン(8～10倍大きい)とほとんど一致するように周波数と強度を合わせることができる。このような施設を使うことによって種々の設計を評価できると共に、航空機の前進速度を模擬することで高価な原寸大の試験なしに騒音低減ができる。

ジェット流とその関連騒音の分散現象のために、機体構造との音響的および空力的相互作用を考慮に入れなければならない。ジェット騒音は翼で反射される可能性もあるが、翼に向かう

流れの近傍と翼面との摩擦(フラップが下がっているとき)さえも騒音を発生する可能性がある。エンジンと機体との影響を減少または無くすようにエンジンと機体を一体的に統合できれば、将来の航空機ではさらなる騒音低減が達成されるかもしれない。

8. 低圧タービン(LPT)騒音

高圧タービン(HPT)と中圧タービン(IPT)は、エンジンのコアの中に埋まっています。騒音がエンジンの内部に閉じ込められるので重要な騒音源にはなりそうもない。しかしながら、低圧タービンには騒音抑制が必要である。そしてそれはファンと同じ原理で達成されることが多い。ファンと同じように、純音騒音は、音響的な“遮断(cut-off)”を達成するようにブレード翼の数を選ぶことによってエンジン自身で捕らえられる。

人間の耳が約4kHz以上の周波数には鈍感であることを利用して、これらの周波数(大気でもさらに減衰する)だけの音が発生するようにローターの数を選ぶことで可能となる。

それぞれの騒音制御技術の特色の最適な組み合わせは、概して最適な形態を得るための騒音と空力の繰り返し研究の成果であり、それがタービンの複数段設計なのである。

9. 航空機とエンジンの騒音試験

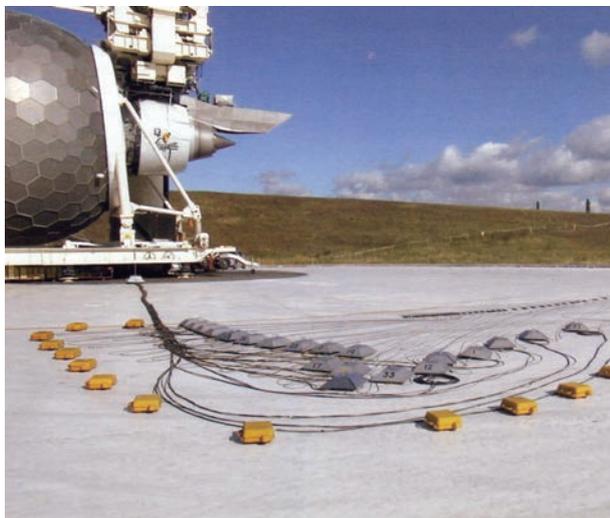
航空機とエンジン騒音の正確な測定には慎重に統制された試験準備が必要となる。例えば、測定音は大気状態によって大きく影響されるので、ICAOの証明要件では、厳密な風速制限に加えて、音の大気減衰に対する温度と相対湿度の補正係数を規定している。もう一つの例は、飛行中のファン入り口騒音を再現するためには、地上試験での大気の乱れを除去しなければならないことになっている。これは擾乱制御スクリーンと呼ばれる巨大且つ音響的に透過性のある空気フィルター装置を使うことによって達

成される。

その構造は1枚1枚が穴の開いた表面シートとハニカムでできた平らなパネルから構成されており、その外見から騒音技術者の間では「ゴルフボール」と呼ばれている。



擾乱抑制スクリーン（ゴルフボール）



地上騒音試験でのマイクロフォン配備

派生型エンジンの騒音基準適合証明を地上試験と飛行試験の相互横断的な分析によって達成されるような Noise Family Plan という手法が開発されてきた。この手法の開発のお陰で、いわゆる“親 (parent)”機体と“親”エンジンの組み合わせに対するその同系列の後続派生型

エンジンの騒音基準適合証明は地上試験のみでできるようになった。この方法は、飛行騒音レベルに非常によく合わせられるような地上騒音試験が研究開発プログラムで本式に使われるまでに十分確立されている。

この確認試験作業の一環として、騒音発生源、吸音効果およびナセル・ダクトに沿った伝播とナセル・ダクトからの放射などの詳細な診断的研究ができるように、多数のマイクロフォンが配備される。これにはエンジンの内外に何百個ものマイクロフォンが配備されることもある。

地上試験に加えて、飛行試験は騒音技術開発を援助するのに重要である。これらのプログラムは大規模で高価であることが多いが、共同研究の理想的な機会であることも多い。それは、多くの騒音に係わる課題の解決にはエンジンや航空機やナセルの専門家からのアイデアの統合が必要であるからである。

10. 今後の研究

この数十年、航空機騒音の劇的な低減を可能とするような不断の研究がなされてきた。さらに最近、航空機メーカーとエンジンメーカー、および騒音低減への全体的な研究方法を提供するサプライチェーンの中心メンバーを寄せ集めた大規模な共同プログラムが始まった。これらのプログラムの連結費用は何億ポンドにも達する。

航空会社、空港、航空機メーカー、航空交通管制機関は空港周りの騒音管理に対してバランスの取れた取り組みをする必要がある。これは、地元の騒音問題に最も費用対効果がある取り組み目標を持った、騒音源の低減、土地利用計画、騒音軽減運航方式、および運用制限から成る。

エンジンメーカーは排気ガスや燃料効率のニーズに整合する航空機エンジンの騒音を低減する新技術を開発し推進しなければならない。

研究目標では、2000年の水準から2020年までに離陸と着陸の感覚騒音レベルを50パーセント (10dB) 低減することを目指している。

PM2.5/PM10 の背景と現状、排出挙動の評価法とその標準化*

神谷 秀博**

1. はじめに

PM2.5, PM10 とは、大気中に存在する浮遊性の粒子状物質 (Suspended particulate matter, SPM) の中で、粒子径が $2.5\mu\text{m}$ 及び $10\mu\text{m}$ 以下の微粒子である。大気中に放出されると長時間滞留して遠方まで拡散し、重金属や有機系有害物質の含有率が $10\mu\text{m}$ 以上の粒子に比べ一般に高い。気管支や肺の深部まで侵入可能であるため、喘息や肺癌など呼吸器系疾患の原因物質として指摘されている。実際に、微粒子濃度と健康影響に関する疫学的研究成果が報告されており、わが国でも 2009 年 9 月に大気中の規制値が確定し、新たな環境問題として注目を集めている。

PM2.5 の発生機構を Fig. 1 にまとめてみた。PM2.5 は、自然界起源のもの、人為的な産業活動を起源とするものがある。自然界起源は、火山活動や砂嵐などで巻き上げられた微粒子の他、植物などから発生する揮発性有機化合物 (Volatile Organic Compound, VOC) が成層圏などで太陽の紫外線を浴び粒子化するものもある。人為的な発生源は、ディーゼル車や船舶、航空機

など移動発生源と工場、発電所、廃棄物処分場など固定発生源に大別される。環境省の調査で示された平成 17 年のわが国の発生源別寄与率の推定結果を Table 1 に示した¹⁾。平成 12 年の予測では、移動発生源と固定発生源の寄与率は移動発生源が大きかったが、ディーゼル車の排ガス対策が進んだこともあり、相対的に固定発生源や車以外の移動発生源の寄与率が増加している。人為発生源としてはこの他に、焼畑など農業起源もあり、東南アジアなどでは深刻な問題となっている。また、黄砂などに人為起源の粒子が大陸から越境して混入分もあり、わが国及び越境による対策を考える上では、その分離・

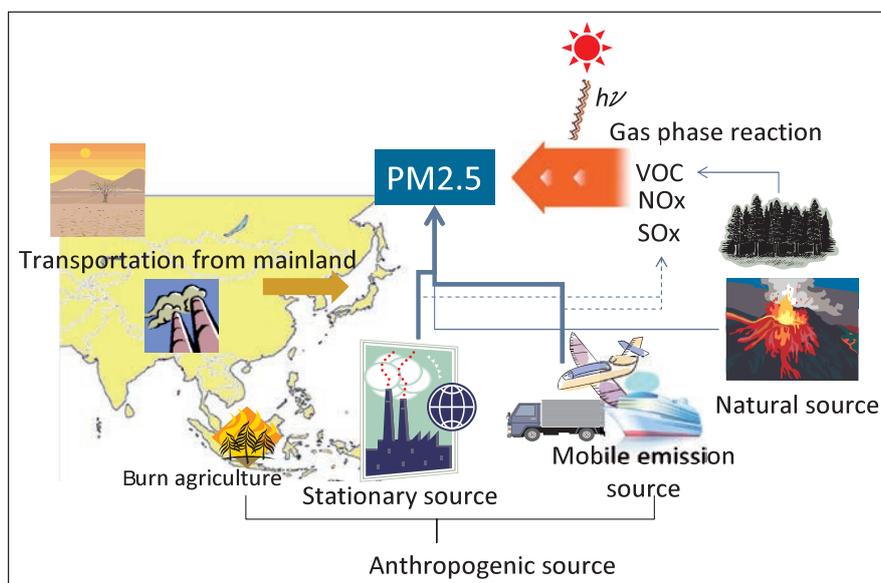


Fig. 1 Sources of PM2.5

*Recent trend and background of PM2.5/PM10, Standard method development for the measurement of emission behavior.

**東京農工大学大学院共生科学技術研究院 教授

Table 1 Estimated contribution ratio of PM10 concentration in air from each source in Kanto area on 2000 and 2005

Source		2000	2005
Stationary	Industry origin	20%	38.4%
	Consumer		3.0%
	Combustion	-	1.1%
Mobile	Car	35%	11.0%
	Ship	-	3.4%
	Airplane		2.3%
	Construction		4.0%
Natural sources		33%	36.7%
Total concentration			29.9 mg/m ³

評価も必要である。

PM2.5の発生源や生成・排出機構自体が多種多様であり、各発生源、特に航空機からの排出状態や排出量の評価方法自体がまだ研究段階にある。排出されたPM2.5や成層圏などで粒子化する二次粒子の生成状態が、生活圏での大気環境中のPM2.5濃度とどのような相関関係があるかも未解明である。ここでは、まずPM2.5の大気環境中での濃度や粒子径と健康影響に関する研究例や、環境中での濃度規制値の制定状況を紹介します。次に、排出実態を明らかにするための計測方法、最後に排出防止法に関わる技術を概観する。

2. PM10/2.5の健康影響に関する研究動向

環境中の微粒子濃度と健康影響の関係を疫学的、医学的見地から検討した代表的な研究として、Dockeryらが、全米6都市での大気環境計測結果と各都市の寿命分布の関係を考察した研究²⁾がある。本研究は被引用件数3000を超え、PM10/2.5の危険性を科学的に疫学データと比較して検討した最初の論文のひとつと考えられる。この論文では6都市での微粒子濃度の他、総粒子濃度、二酸化硫黄、オゾンなど6種類の物質の1988年まで数年間の環境汚染濃度と各都市の平均生存年数データから算出されるリスク比(Risk ratio, RR³⁾)の関係を求めた。RR=1.0は全米の平均寿命(76.4歳)に等し

く、1.0以上になると寿命に統計的影響が表れる。最も高リスクなのが喫煙者のRR=2.0であり、平均寿命は67.9歳と10年近く短寿命となる。この6都市の喫煙率はほぼ等しく、大気環境の影響のみを議論できる。この論文に掲載された環境中での有害物質濃度とRR値の関係を整理してFig. 2にまとめて示した(原著論文では普通目盛で各濃度とRR値の関係を示しているが、本図は一枚にまとめるため粒子濃度は片対数で示した)。粒子径2.5μm以下の微粒子濃度(Fine particle)が、他の汚染物質に比べRR値との相関が最も良い。わが国の環境省も2007年7月に国内初の大規模疫学調査⁴⁾を行い、大気中PM2.5濃度が高いと呼吸器疾患での死亡リスクが増加する可能性を報告している。

粒子の呼吸器内各部位に侵入し沈着する割合の粒子径依存性は、国際放射線防護委員会のモ

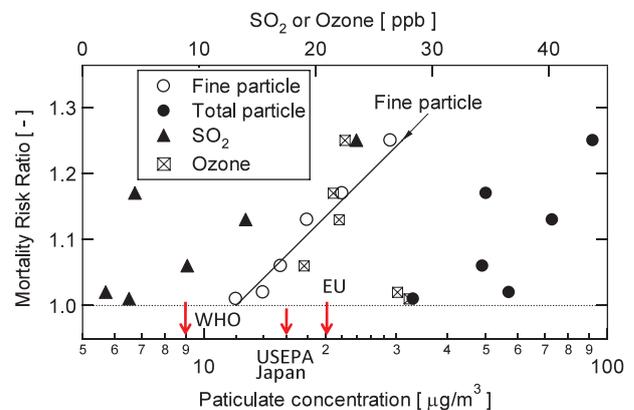


Fig. 2 Relationships between mortality risk ratio and concentration of toxic substance of six city in USA²⁾

デル (ICRP publication 66) により Fig. 3 に計算されている⁵⁾。この結果は放射性物質だけでなく一般粒子にも適用可能である。鼻部、咽頭部 (nose, throat) など呼吸器入口は $10\mu\text{m}$ 程度に沈着率のピークがあるが、肺の深部である肺胞部 (alveoli) では沈着率は小さくなるほど増加し、 10 数 nm 付近のナノ粒子域で沈着率がピークになる計算結果が得られている。

以上のような疫学的な検討やシミュレーション結果から、 2.5 ミクロン以下のナノ領域を含む微粒子 (PM_{2.5}) が、人間の呼吸器深部まで侵入し、健康被害を及ぼすことが指摘され、各国で健康影響が懸念される環境中での PM_{2.5} の濃度規制値が、Dockery らのデータをもとに $10 \sim$ 数 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度の値で検討されている。Fig. 1 中に EU や米国環境局 (USEPA), WHO などで検討されている大気中の基準濃度値を示した。わが国の環境基準値は、 2009 年 9 月に「 1 年平均値が $15\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下であり、かつ、 1 日平均値が $35\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下」(環境省告示 33) と USEPA と同水準に規定した。今後、この規制値に基づいて発生源ごとに正確な排出量の測定、発生源からの排出量と環境濃度の関係の科学的解明、さらには排出防止法や排出規制値の策定など急速に検討が進むことが予測される。

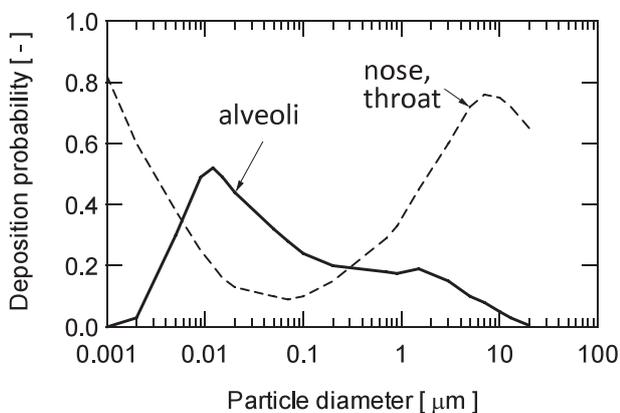


Fig. 3 Deposition probability at different respiratory site by nose breathing of adult human⁵⁾

3. PM_{2.5}/PM₁₀ の計測、評価法とその標準化

3. 1. 粒子状物質の評価法

こうした PM_{2.5}/PM₁₀ の排出量や環境中での濃度の正確な計測が、環境対策として最初に重要となる。大気中に存在する、あるいは工場や自動車など人為発生源から排出する PM_{2.5}/PM₁₀ の量を計測するには、気中に浮遊・含有している粉塵の中から $2.5\mu\text{m}$ あるいは $10\mu\text{m}$ 以下の粒子だけを分離してその質量、個数濃度などを計測する必要がある。この分離方法にはいくつかの方法があるが、国際標準化機構 (International Organization for Standardization, ISO) は、 1995 年に PM_{2.5} を評価するのに必要な装置の分離性能を ISO7708 として規定した⁶⁾。 2.5 、 $10\mu\text{m}$ でぴったり垂直にカットできる装置が理想的だが、現実的には Fig. 4 に示したような分離性能を持った装置を推奨している。この図は横軸の粒子径に対し、何%の粒子が分離できずに微粒子側に混ざるかを示したもので、 $2.5\mu\text{m}$ で垂直に 0 から 100% に増加するのが理想的な装置である。実際には、 $2.5\mu\text{m}$ 以上の粒子が若干混ざり、 $2.5\mu\text{m}$ 以下の粒子も 100% 捕集できないことを示しているが、この程度は許容することを意味している。この曲線の科学的根拠は十分に記載されていないが、図中に後述する分離装置の一つであるバーチャル

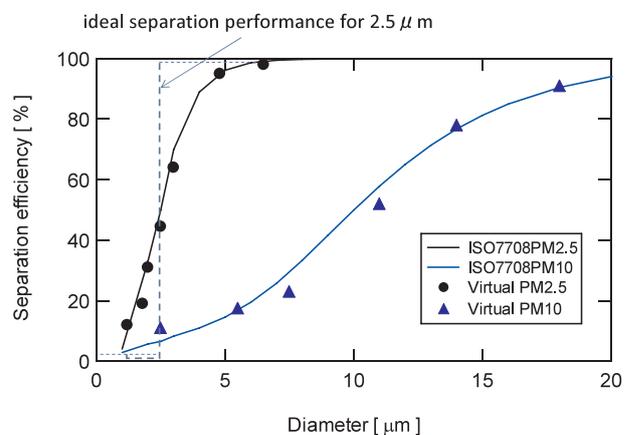


Fig. 4 Separation efficiency of PM₁₀ and PM_{2.5} expressed as percentages of total airborne particles^{6), 9)}

インパクターの分級性能のデータを示したが、ほぼこの曲線に一致しており、現実的な分離装置の性能に合わせたというのが実情と考えられる。しかし、既に10年以上も前にISOで規格化した先見性には、ISOなどの標準化について後手に回っているわが国としては見習うべき点は多い。

この性能を発揮する装置としてFig. 5に示した手法がある。Fig. 5 (a)のインパクター法は、高速でノズルで粒子を含む気流を平板に衝突させる。小さな粒子は気流と一緒に同伴され衝突板の下流に流れ、大きな粒子は慣性力で板に衝突捕集する。高速で衝突するため、衝突板にはグリースなど粘着性の物質を塗布⁷⁾しないと粒子が捕集できず跳ねて下流に流れてしまう。その結果、大きな粒子もPM2.5として計測されるため濃度を過大に評価することになる。大気環境用の測定ではグリースなどは使えるが、工場の煙道などでPM2.5を測定する場合は、煙道内が高温度で蒸気なども存在するためグリースが変質する。そのため、この方法を用いた煙道中などでの計測法に関するISOでは、 $2.5\mu\text{m}$ 以上の粒子径範囲では分離効率が70%までの装置でも使用してよいという形で規格化されることになった⁸⁾。ただ、粒子の質量は粒子径の3乗に比例して増加するため、大きい粒子は、特にしっ

かりと分離しないと正確な質量濃度評価ができない。粒子径の大きな粒子がPM2.5として計測されると、PM2.5の排出質量濃度が数十%から場合によっては数倍多く見積もることになる。

そこで、Fig. 5 (b)の、大きな粒子を対向ノズルで捕集するバーチャルインパクターが開発された⁹⁾。この方法は、グリースが不要で、はね返り現象を防ぐため煙道など高温で反応性雰囲気中での測定に適している。その他、旋回流を用いて粗い粒子を分離するサイクロン法も開発されている。これらの手法は、大気中、あるいは工場などの煙道中に存在する粒子のうち微粒子を分離する方法で、JISやISOで標準測定法が策定中である。

3. 2. 凝縮性粒子の計測法

人為発生源では、一般に生成した微粒子は集塵装置により捕集され環境中への排出を防止しているが、ディーゼルでも工場煙道でも一般に排ガスは高温であるため、集塵装置を通過する際にはガス状態で、大気中に放散しガスが希釈・冷却される過程で粒子化する凝縮性粒子も存在する。凝縮性微粒子は大気放散状態や放出時の風向きなどにより生成量や粒子径が変化する。そこで、希釈装置¹⁰⁾を用い、排ガスと空気を混合・希釈して発生する粒子の質量や粒度分布の測定が試みられている。煙道中やディーゼル

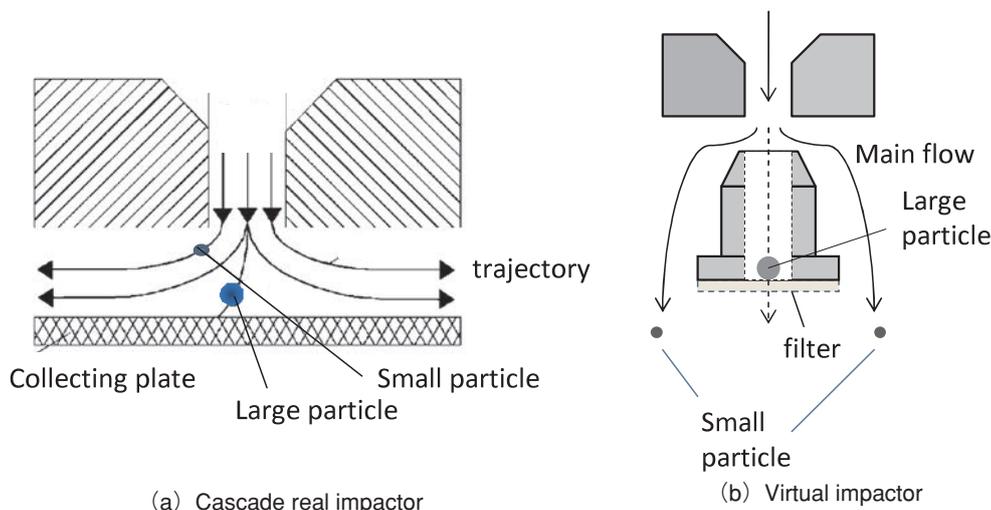


Fig. 5 Principle of PM10/PM2.5 separation

排ガスは、保温したままサンプリングされて希釈装置の混合部に導入され、高性能フィルターで清浄化された大気と混合して希釈・冷却することで蒸気状態から粒子化する。発生する粒子の粒度分布計測は、様々な方法で行われているが、粒子径数十 nm 程度からそれ以下のナノ粒子であることが報告されている¹¹⁻¹³⁾。こうしたナノ粒子は、Fig. 3 の計算結果に示したように肺深部に沈着する確率が高い。ただ、ナノ粒子の質量は非常に小さく、例えば、10nm の粒子は、 $10\mu\text{m}$ の一つの粒子の 10 億分の 1 の質量になる。現在の環境基準が質量濃度で設定されていることから規制対象として影響は小さい。今後、ナノ粒子を対象とした検討は個数や表面積濃度で評価する必要があるが、ナノ粒子自体の健康影響への疫学調査、病理学的研究は最近始まったばかりであることや、個数濃度や表面積濃度を測定する装置は高価なため、研究事例も少ないのが実状である。

この他、VOC などが成層圏で紫外線により粒子化する二次粒子化現象も存在が指摘されているが、計測法が極めて困難で、航空機などを用いて計測が試みられている。環境規制値が決まったため、今後、発生源での排出実態や排出抑制策の検討が必要であるが、環境中の PM2.5 濃度には自然界起源と人為起源、さらに大陸などから遠距離輸送された粒子も混在しており、分離評価法の確立がまず必要な段階にある。

4. PM2.5 の排出防止法

自然起源の微粒子は、太古から存在し人類は共存してきた。しかし、人為発生源からの PM2.5 は、健康に有害な成分が多く、環境中への排出を低減しなければならない。工場など固定発生源では一般に高性能の集塵装置が設置されており、また、ディーゼル車など移動発生源もセラミックフィルターの搭載が、欧州などでは義務付けられている。船舶でも同様の対策は考えられる。しかし、航空機ではこうした捕

集装置を用いることは困難と考えられる。

また、現在使用されている集じん機が、各粒子径の粒子を何%捕集できるか、若干古いデータではあるが、公表された結果を Fig. 6 に示した¹⁴⁾。A, B, C はそれぞれ異なるプラントの結果である。数 μm 以上の粒子はほぼ 100% 近く捕集可能であるが、特に PM2.5 の粒子径領域で捕集効率がどのプラントでも若干低い。前述のように、現在の粒子状物質の排出規制は全て質量濃度で規定されているため、微粒子が微量排出しても、大半の発生源では現在の規制は満たしている。しかし、健康影響はより細かい粒子の方が高い可能性もあり、今後、質量濃度から個数濃度、あるいは表面積濃度による基準に移行した場合には、PM2.5 からサブミクロン、さらに細かい粒子の排出防止策が必要となる。

一方、凝縮性粒子は本質的にフィルターや電気集じん機では捕集できない。排ガス中の凝縮性成分も、排ガスを微細気泡化して湿式捕集法もあるが、大風量のプラントでは設備投資が大きく、移動発生源では、設置は困難である。固定発生源では集塵装置内で有害成分だけ凝縮させて捕集する手法など、新しいプロセスの開発

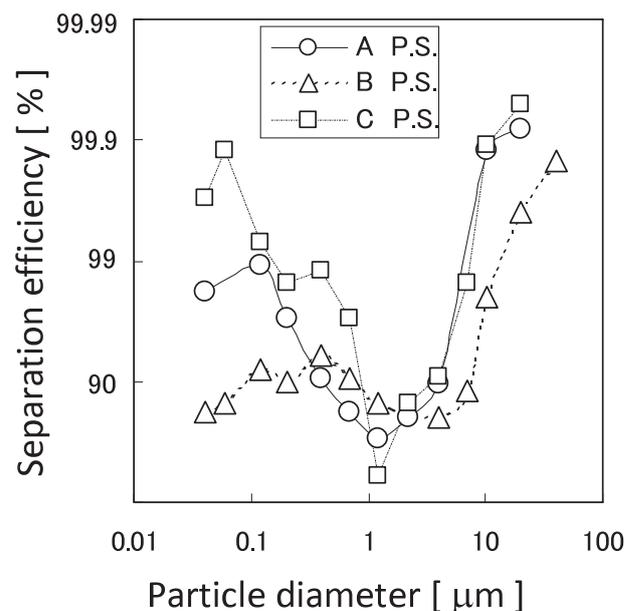


Fig. 6 Effect of particle diameter on separation efficiency of bug filter¹⁴⁾

も可能であるが、航空機など捕集装置の搭載が困難な移動発生源の対策は今後の課題と考えられる。

5. まとめ

各排出源からの排出状況と環境中濃度、そして健康影響との因果関係まで、研究すべき課題は多岐にわたり、異なる分野間での共同研究が必要である。また、SPMは相当な遠距離まで拡散するため、SPMの越境汚染の実態解明やその排出防止法の確立に国際連携も必要とされている。微粒子状物質の排出挙動については、実態解明も端緒についた段階であり、今後の研究が望まれる。

謝辞：本小論は平成17～19年度NEDO知的基盤創成・利用促進研究開発事業「固定発生源からの浮遊性粒子状物質の評価・解析法の研究開発」及び平成20年度から開始した文部科学省科学研究費補助金新学術領域研究の助成により実施した研究に基づいて執筆した。記して謝意を表す。

引用文献

- 1) 微小粒子状物質健康影響評価検討会報告書、環境省, p.3-58, 59 (2008年4月)
<http://www.env.go.jp/air/report/h20-01/index.html>
- 2) Dockery, D.W., Pope, C.A., Xu, X., Spengler, J.D., Ware, J.H., Fay, M.E., Ferris, B.G. and Speizer, F.E : An Association between air pollution and mortality in six U.S. Cities, *The New England Journal of Medicine*, 329, 1754-1759 (1993)
- 3) Cox DR, Oakes D.: *Analysis of survival data*. London: Chapman & Hall (1984)
- 4) 微小粒子状物質曝露影響調査報告書、環境省 (2007年7月)
<http://www.env.go.jp/air/report/h19-03/index.html>

- 5) International Commission on Radiological Protection.1994 ICRP 24
- 6) ISO 7708:1995, Air quality - Particle size fraction definitions for health-related sampling
- 7) Kauppinen, E. and Pakkanen, T.A. : Coal combustion aerosols : A field study, *Environ. Sci. Technol.*, 24, 1811-1818 (1990)
- 8) John, A.C., Kuhlbusch, T.A.J., Fissan, H., Bröker, G., Geueke, K.-J.: Development of a PM10/PM2.5 cascade impactor and in-stack measurement, *Aerosol Sci. & Technol.*, 37 694-702 (2003)
- 9) Luckner, H.J., Szymanski, W.W., Gradon, L. and Podgorski, A.: The cascade virtual impactor in a probing system for sampling from a stream at high velocities, *Journal of aerosol science*, 31, S779-S780 (2000)
- 10) England, G.C., Waston, J.G., Chow, J.C., Zielinska, B., Oliver Chang, M.-C., Loos, K.R. and Hidy, G.M.: Dilution based emissions sampling from stationary sources: Part 1 Compact sampler methodology and performance, *J. Air & Waste Manage. Assoc.*, 57, 65-78 (2007)
- 11) Tsukada M., Nishikawa N., Horikawa A., Wada M., Liu Y., Kamiya H., Emission potential of condensable suspended particulate matter from flue gas of solid waste combustion, *Powder Technology*, 180 (1-2) , 140-144 (2008)
- 12) Holmen, B.A. and Tyala, A.: Ultrafine PM emission from natural gas, oxidation-catalyst diesel, and particle-trap diesel heavy-duty transit buses, *Environ. Sci. and Technol.*, 36, 5041-5050 (2002)
- 13) Lipsky, E.M., Pekney N.J., Walbert, G.F., O' Dowd, W.J., Freeman, M.C. and Robinson, A.: Effects of dilution sampling on fine particle emission from pulverized coal combustion, *Aerosol Sci. and Tech.*, 38, 574-587 (2004)
- 14) 牧野尚夫、伊藤茂男、*化学工学*, 51 (7) , 523 - 526 (1987)

航空機騒音の測定・評価について ～飛行騒音や地上騒音の事例と取り扱い～*

篠原直明^{*1} 月岡秀文^{*2} 吉岡序^{*3} 山田一郎^{*3}

1. はじめに

昭和48年(1973年)暮れに航空機騒音に係る環境基準が告示されてから35年余が経過した。この基準と騒音評価指標 *WECPNL* は空港周辺の環境対策の基礎として騒音被害の軽減に大きな役割を果たした。しかし、近年に至り、航空と空港を取り巻く環境は様変わりしている。発生源対策の進展により空港周辺の騒音暴露は大幅に軽減されたが、騒音の性状が雑音性の強いジェットノイズ主体の激甚騒音から高バイパスエンジンのファン音の寄与が顕著な低レベル騒音の高頻度暴露へと変化した。航空機騒音に対する住民反応が今世紀に入って厳しくなっていると示唆する報告もあれば、夜間の騒音暴露による睡眠障害や健康影響の指摘もある。こうした状況のなか、平成14年(2002年)に成田空港で暫定平行滑走路が供用された時、機数が増えたにも拘らず、僅かであるが、*WECPNL* 値が低くなる矛盾が発生し、その解決を模索した結果、環境基準を改定し、エネルギーベースの騒音評価へ移行することになった¹²⁾。環境省は、平成19年12月「航空機騒音に係る環境基準」の改正を告示した³⁾。単発騒音の評価量は最大騒音レベル L_{ASmax} から単発騒音暴露レベル L_{AE} に変わり、騒音暴露の評価量

は *WECPNL* から L_{den} に変わった。さらに、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稼働等、飛行場内の地上の航空機運航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²⁾。

新しい環境基準の施行日は平成25年4月1日であるが、これに先立ち、環境省は「航空機騒音測定・評価マニュアル⁴⁾」を作成し、平成21年7月に地方公共団体等に通知した。現在、このマニュアルに基づいて航空機騒音を測定する試みが行われ、不備や不適の点について検討し改善する作業が実施されているところである。

評価指標の変更や測定・評価対象の拡大は、測定・評価の実務を行う方々にとっても、どのように測定しどのように評価するかについて様々な課題をもたらすだろう。本稿では、航空機騒音測定・評価マニュアルを簡単に振り返るとともに航空機騒音の発生形態や区分ごとに観測事例やその取り扱い・課題点などについて説明する。

2. 航空機騒音測定・評価マニュアル

まず、航空機騒音測定・評価マニュアルの主要事項について記述の内容や背景となっている考え方を紹介する。

測定・評価の目的：本文の最初にマニュアルによる航空機騒音測定・評価の目的が航空機の運航により発生する騒音の暴露状況、基準達成状況を把握することであると明示されている。マニュアルはその標準的な方法を記述するもので

*Measurement and evaluation of aircraft noise, Determination of noise contribution due to aircraft take-off / landing operation and airport ground operation.

^{*1}財団法人成田国際空港振興協会 環境部

^{*2}財団法人防衛施設周辺整備協会 第一調査研究室

^{*3}航空環境研究センター

あるが、苦情対応等の目的で行う航空機騒音の測定・評価もマニュアルに準じた方法で行うことが望ましいことも書かれている。

用語の意味：本マニュアルで使用する用語の意味を記述され、航空機騒音に係る用語、騒音の種類等に係る用語、騒音評価量に係る用語に分かれている。航空機騒音関係では、飛行騒音や地上騒音等に関する用語が定義された。

測定器：騒音計を3つの型に分けたことが大きな変更点であるが、レベルレコーダをモニター用途に限定したのも大きな変更といえる。騒音計は、A特性／S特性(slow)の騒音レベルを0.1s以下の標本間隔で連続記録するⅠ型（指数応答型騒音計）、1秒間平均騒音レベルを連続記録するⅡ型（積分平均型騒音計）、騒音暴露レベル算出の基本であるⅢ型（積分型騒音計）に分類したもので、Ⅰ型、Ⅱ型が実用的な測定器の位置づけである。鉄道騒音の測定マニュアルではⅠ型のみ認めているようであるが、航空機ではⅡ型も用いられている実績があり、自動監視の国際規格（ISO 20906⁵⁾）でも認めているからである。

騒音計は、計量法第71条の条件を満たし、JIS C 1509-1の仕様に適合することを求められるが、クラスは限定されていない。ただし、多くの騒音測定方法の国際規格では使用する騒音計をクラス1に限定しているものが多く、それにしたがった測定を標榜するためにはクラス1の騒音計の仕様が必要である。また、計量法第71条の条件とは特定計量器の一つである騒音計のその構造に係る技術基準や検定公差及び検定の方法について定めたもので、この条件を満たす騒音計とは検定に合格した騒音計を意味する。

現状では、計量法にのみ適合しJIS C 1509-1に適合しない騒音計もあるだろう。騒音計の旧JIS規格（普通級 JIS C 1502、精密級 JIS C 1505）は幾度かにわたり規格番号を改正せず大幅な改正が行われている。このため30年ほど前の機種と10年ほど前のものでは性能に大きな違いがある。その10年ほど前の旧JIS規格

の機種においては、現行のJIS C 1509-1との主な違いはEMC（電磁両立性）の不適合であろう。

強力な電磁波による影響を受けた場合騒音計の性能は保証されない。マニュアルでは、本文中の注記に、「JIS C 1509-1に適合する騒音計が使用できない場合、JIS C 1505又はJIS C 1505に適合する騒音計を使用しても良い。騒音計の更新や新規購入時には、JIS C 1509-1に適合する機種を選定することが望ましい。」とある。当面は、いつ頃のどのような性能を有する騒音計かを把握して測定に用いるかどうかを判断することだろう。

レベルレコーダは、騒音レベル変動の監視や暗騒音レベルの確認に留め、この記録用紙から最大騒音レベルを読み取ってはならないとされた。レベルレコーダを騒音計の表示装置とした場合に表示分解能やリニアリティレンジなど明らかにJIS C 1509-1には適合しないからである。しかし、騒音レベルの変動の様子をモニターし、騒音源や他の騒音との重なりをメモすることなど現場での測定にはきわめて有用である。地上騒音がある場合などには必須の装置というべきかもしれない。

測定地点：環境基準の記述に従い、飛行場の周辺で専ら住居用途に供されている地域、およびそれ以外の地域で生活を保全する必要がある地域を対象とし、当該地域の年間を通じた平均的な航空機騒音の暴露状況を把握できる地点を選定する。測定地点選定の注意事項等は附録に記載されている。

測定の期間・時期：航空機騒音の測定・評価は通年測定と短期測定を併用して行われる。マニュアルでは短期測定の期間と時期について環境基準の記述に従い、連続7日間を基本とすること、測定の時期は、航空機の飛行状況および風向等の気象条件を考慮して、測定地点における航空機騒音を代表すると認められる時期を選ぶとされる。一般的注意事項を飛行場のタイプごとに記載されている。なお、附録に測定期間とデータ欠測の影響について検討する際に参考となる

情報が記載されている。

測定・評価：最初に測定・評価の対象とする騒音の記述がある。飛行場から離れた場所で観測される騒音は飛行騒音に限られるが、飛行場近傍では飛行騒音のほかにタクシー等による地上騒音が加わる。空港内施設での空調音や荷さばき音、飛行場内での車両走行、飛行場へのアクセス交通等の騒音は対象としない。当該飛行場の運用と関係ない上空通過や近隣飛行場への離着陸騒音が観測される場合は、対象騒音には含めないが、記録に留めることある。

次に、測定において算出・収集すべきデータについて、単発騒音、準定常騒音の騒音性状により分けて記述されている。単発騒音では単発騒音暴露レベル、最大騒音レベル、継続時間、観測時刻、音源の種類、暗騒音レベルを記録する。準定常騒音については、単発騒音に準じて騒音暴露レベル、最大騒音レベル、継続時間、観測時刻、暗騒音レベルを記録する。暗騒音レベルは測定対象騒音のSN比の確認が目的である。

マイクロホンの設置場所は測定対象となる航空機の飛行経路の主要な部分が見渡せ、周囲の建物等から少なくとも3.5m以上離れた位置に設置する。マイクロホンの高さについては、これまでの慣例に従い、原則として地上1.2～1.5mとするが、設置場所の制約があって建物屋上等に設置する場合には、床上4m以上に設置することが望ましい。通年測定の場合は地上に設置する場合でも4m以上とすることが望ましいが、周囲からの暗騒音影響を大きく受ける恐れがある場合には1.2～1.5mまで下げてもよいと記述されている。ターボファン型ジェットエンジンの航空機であれば設置面が平坦で見通しがきけば、どの設置方法も大きな差異を生じることはない。しかし、プロペラやヘリコプタ等、周期性の強い航空機騒音の場合は設置面からの反射で顕著なレベル変化が生じることがある。

測定器の動作確認は、短期測定の場合、測定前に音響校正器を用いて騒音計を点検し、結果

を留めること、また、故障が発生している可能性の目安として $\pm 0.7\text{dB}$ 以上異なっている場合、騒音計の点検調整をすると記述されている。

測定・評価の最後は測定データの処理で単発騒音暴露レベルや最大騒音レベルの算出方法が書かれている。新基準への改定はWECPNLの不合の解消が趣旨であり、それ以外はなるべく変更しないこととされた。そのためもあって最大騒音レベルの測定は支障ないが、単発騒音暴露レベルの算出に不都合な記述が基準に残った。「暗騒音から10dB以上大きな騒音を測定の対象とする」および「測定はA特性、SLOWで行う」という記述がそれで、単発騒音暴露レベルの算出、1秒間平均騒音レベルに基づく測定に影響する。単発騒音・準定常騒音の算出方法、様々な妨害音の影響などについて5章に別に解説する。

測定結果の取りまとめ：航空機騒音の測定・評価の結果は比較・検討のためできるだけ統一した形式で整理・記録することが望ましく、測定結果の記入様式として地点別調査結果一覧表、そのほかに測定概要を取りまとめるものとして、測定位置図、週間測定記録表、日毎測定記録表について記録すべき事項が記され、記録用紙例が附録として示されている。なお、これらの様式は統一的でかつ基本的なものに限られるので、実際の測定・評価にあたってはその目的に応じて要因分析や詳細な実態把握のための集計・整理を行うことが必要である。

附録：基準本文等、用語の補足、タイプ別の飛行場一覧、測定地点選定の注意事項、測定手順のフローチャート、年間平均の推計方法、特殊な場合の取り扱い、移行期間における測定・評価の方法についての記述が盛り込まれている。

3. 航空機騒音の発生形態による区分

3. 1 単発騒音と準定常騒音

空港の周辺で観測される航空機騒音を時間変動の性状で分類すると次の2種類となる。

①単発騒音；単発的に発生する騒音。航空機の

離着陸や地上走行に伴い発生する騒音がこれに該当する。現行の *WECPNL* は評価の対象としてこのタイプの騒音のみ想定しており、騒音の継続時間を 20 秒と仮定して近似計算し、最大騒音レベルから *WECPNL* が算出される。それゆえ、継続時間が 20 秒と大きく異なると算出値が的確でなくなる。

②準定常騒音；長い時間（数分～数時間）にわたって継続し、定常的であるが、かなりのレベル変動を伴う騒音。航空機の整備等に伴って飛行場の近傍で観測される騒音などがこれに該当する。

3. 2 飛行騒音と地上騒音

航空機の運航の状況に基づいて観測される騒音を分類すると以下のようになる。

①飛行騒音；航空機の離着陸に伴い発生する騒音。通常、飛行騒音は単発騒音として上空から聞こえてくるものを指すが、離陸滑走や着地後のリバース等、滑走路での運航で発生する騒音も飛行騒音に該当する。航空機騒音の常時監視に関する ISO 規格 20906⁵⁾ では航空機が離陸のために滑走路に入ってから以降、および進入、着陸して滑走路を離脱するまでの運航に伴う騒音のみが対象とされている。

②地上騒音；飛行場内における航空機の運用や機体整備に伴い発生する騒音。航空機が発生する騒

音で飛行騒音以外のものと言い換えることもできよう。航空機が誘導路を走行するタクシーイングやエンジン試運転、航空機の補助動力装置である APU の稼働などに伴う騒音がこれに該当する。

3. 3 航空機騒音の発生源の種類と区分

航空機騒音の発生源の種類を 3.1 ～ 3.2 で述べた区分に基づいて整理した結果を表 1 に示す。

航空機の離着陸に伴う騒音、飛行騒音は単発騒音として観測されることが多く、その大多数は上空にいる航空機によるものだが、上述の通り離陸滑走やリバースの騒音も含まれ、これらは現行の *WECPNL* でも評価されている。

飛行場内における航空機の運用や整備に伴う地上騒音は準定常騒音として観測されるケースが多い。

航空機が誘導路を自走するタクシーイングでは、通常は単発騒音として観測されることが多いが、誘導路上で停止したり複数の航空機が重なって走行したりするときなどに準定常騒音として観測されることがある。

表 1 において網掛け部分はこれまでの *WECPNL* では評価の対象として考えられて来なかったものであるが、改正後の L_{den} 評価においては大きな影響を及ぼすと想定される場合には測定して評価に入れるべきものとされる航空機騒音である。次に

発生区分	時間変動区分	騒音源となる航空機の形態	発生位置	現行 <i>WECPNL</i> での評価	改正後 L_{den} での評価
飛行騒音	単発騒音	上空通過(離陸後のリバースフライトなど)の騒音	上空	○	○
		離陸上昇時の騒音	上空	◎	◎
		着陸のための周回飛行時などの騒音	上空	○	○
		着陸進入時の騒音	上空	◎	◎
		離陸滑走時の騒音	滑走路	◎	◎
		着地後のリバースの騒音	滑走路	○	◎
		戦闘機の離陸直前のエンジン試運転の騒音	滑走路	×	○
地上騒音	単発騒音 もしくは準定常騒音	タクシーイング(航空機の自走)時の騒音	空港場内(誘導路上)	×	○
	準定常騒音	APUが稼働する際の騒音	空港場内(エプロン)	×	○
		航空機の整備に伴うエンジン試運転の騒音	空港場内(エプロン)	×	○
		戦闘機の出発前のエンジン調整音	空港場内(エプロン)	×	○
		ヘリコプターのホバリング・タクシーイング	空港場内(エプロン)	×	○

凡例) ◎:評価する(している)、○:必要に応じて評価する(している)、×評価しない(していない)

表 1 環境基準に基づいた航空機騒音測定における音源の種類と区分、評価対象の比較

空港周辺で観測される騒音について解説する。

4. 空港周辺で観測される騒音

4. 1 単発騒音として観測される騒音

(1) 離陸上昇時の騒音

離陸した航空機が上昇するときに発生する騒音。必要とするエンジン推力が大きいので、飛行経路直下などを除き一般的には着陸時の騒音より影響範囲が大きい。空港から離れた場所ではこの騒音が、航空機騒音の主たる寄与を持つことが多い。

離陸上昇して飛び去った後、再び飛行場上空付近を通過することもありこれをリバーサルという。リバーサルフライトは高い高度を通過するため騒音の大きさそのものは離陸上昇時のものより小さい。 L_{den} への寄与も 0.2dB 程度と小さい場合が多いが、空港によってこれらの運航状況と騒音の寄与は異なる。

(2) 離陸滑走時の騒音

滑走路側方の地域では、離陸する航空機が地上滑走し、滑走路半ばで浮上、上昇するときに発生する騒音が観測される。滑走路側方では地上滑走中の騒音と上昇後の騒音が各々別の単発騒音として観測されることもある。離陸滑走開始点より後方でもこの騒音が観測される。

(3) 着陸進入時の騒音

滑走路への着陸進入の方法は、空港ごとにま

た無線保安施設・航行援助施設によって異なる。大規模空港や気象条件が厳しい空港では ILS という誘導電波に沿って進入降下する。このような設備を用いない場合、空港周辺の周回進入経路を飛行する。一旦、空港周辺を周回した後に滑走路に進入降下する方式が用いられる。必要とするエンジン推力は離陸の場合より小さいため、着陸進入経路下の地域で騒音の影響が大きい。

(4) 着地後のリバースの騒音

旅客機等が着地後の制動のためエンジンを逆噴射するリバースの騒音。レベルの立ち上がりが高く、継続時間が短いことが多い。航空会社や機種、路面状況によってリバースの掛け方（推力、継続時間、区間）が異なる。気象条件により観測される騒音の大きさが大きく変化する。

リバース制動区間と近接した滑走路中央部周辺の空港近傍地域では L_{den} への寄与が 1dB 以上（空港や地域によっては 3～6dB）と大きいですが、空港から離れた地域で気象条件によって時にリバース音が観測されるような地域では 0.3dB 以下の影響にとどまることが多い²⁾。

(5) タクシーイングの騒音

航空機が駐機場と滑走路を行き来する際の騒音。航空機の地上走行（タクシーイング）によるもので、誘導路や場合によっては滑走路をタクシーイングする際に発生するもので、図1のように単発騒音として観測されることが多い

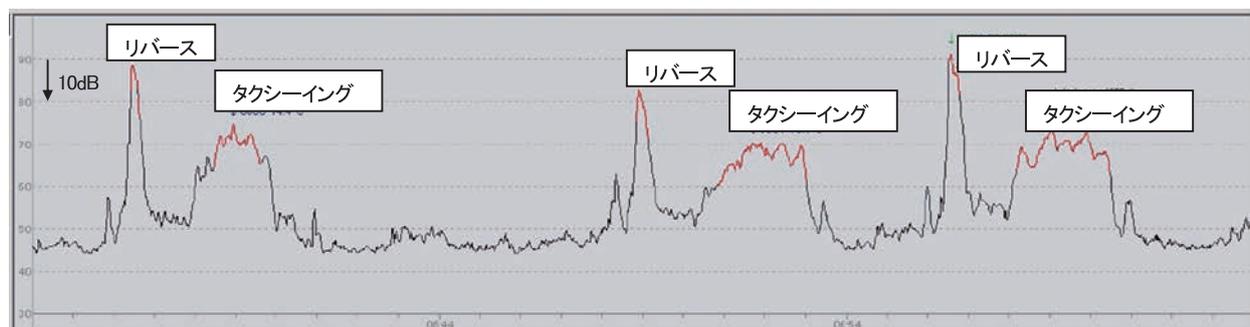


図1 地上騒音の観測事例（騒音レベルの時間変化、誘導路近傍での測定事例）
着陸機のリバース騒音とその後誘導路を走行するタクシーイング騒音が交互に観測されている。

(滑走路端で離陸前に待機するときなどに準定常騒音として観測されることもある)。

騒音源としての大きさとして考えれば、地上走行に必要なエンジン推力は離陸滑走や着陸・リバースに比べるとずいぶん小さいために影響度合いは一般的に0.1dB程度に留まる。しかし、誘導路の近傍に測定点がある場合などでは L_{den} への寄与が1dB程度とその影響を無視できない地点もある²⁾。

(6) 戦闘機の離陸直前のエンジン試運転の騒音

防衛施設などの飛行場で戦闘機が離陸直前に高推力でエンジン試運転を行う際の騒音。試運転は滑走路端で行うエンジンの最終点検のためで、機種によっても実施の必要性の有無やエンジンパワーは異なる。立ち上がりが高く継続時間の短い騒音が、複数回発生することが多い(防衛施設飛行場における地上音の種類を図2に、滑走路端での離陸直前のエンジン試運転の例を図3に示す)。

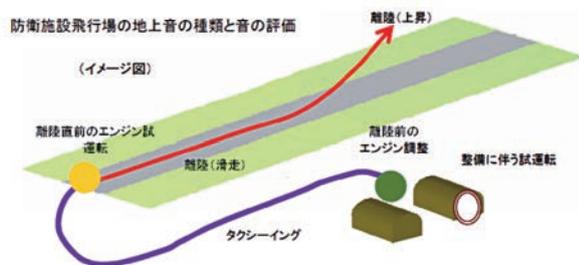


図2 防衛施設飛行場の地上騒音の種類

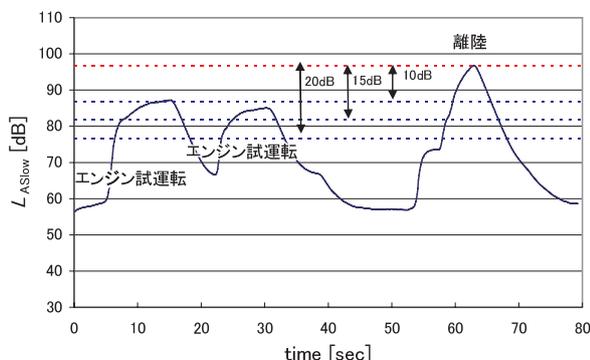


図3 防衛施設飛行場の滑走路端におけるジェット機の離陸直前のエンジン試運転の事例(離陸前に数回の騒音が観測されている。一般には、エンジン試運転のパワーは離陸よりも小さいことが多いようである。)

4. 2 準定常騒音として観測される地上騒音

(1) APUが稼動する際の騒音

APU (Auxiliary Power Units) は駐機中の航空機に空気圧、油圧、電力などを供給するために装備された補助動力装置で航空機の尾部にある。航空機が旅客ターミナルなどに到着した後や、出発前に使用することが多い。大きな空港では固定電源施設などを使いAPUの使用は極力少なくする事が推奨される。運航回数があまり多くない空港では、到着してから次に出発するまでの駐機時間は電力等をAPUに頼っている場合もある。離着陸騒音に比べ、レベルは低い長時間にわたってAPU騒音が継続して観測されることがある。

また、航空機の運航がない深夜の時間帯に航空機の整備作業のためにAPUを必要とすることもある。暗騒音が低くなった時間帯には、騒音レベルが低い長時間にわたってAPU騒音が観測される。図4は航空機の運航がない深夜の時間帯のAPU騒音の例である。暗騒音が40dB程度と低いなか、整備作業に伴うAPU騒音が50dB程度と大きな騒音ではないが長い時間にわたって発生していることがわかる。

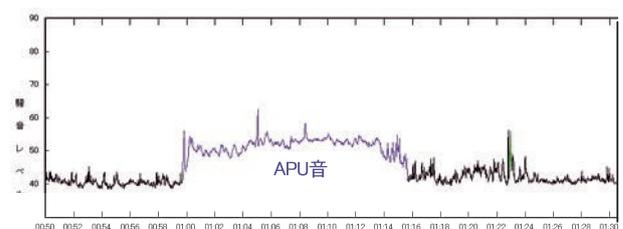


図4 空港近傍で深夜時間帯にAPU騒音が観測される例(騒音レベルは大きくないものの、整備作業のために稼動したAPUが15分程度にわたって継続している。)

一方、図5に大きな空港での運用時間帯の例を示す。旅客ターミナルに駐機中はできるだけ固定電源設備を使うとしても、繁忙時間帯で多くの航空機があるときの例である。図の空港近傍の観測地点では暗騒音がAPU騒音と重畳して60dB前後の定常的な背景騒音として観測されている(上図)。この地点での暗騒音は45~

50dB 前後であることが一般的である（下図）。図のような観測例では、空港から観測地点方向への風が吹くなど気象条件が騒音伝搬に及ぼす要因も大きい。すなわち、気象等による時期的な変動が大きく、空港近傍といえどもいつも聞こえるわけではない。 L_{den} への影響を試算すると、APU 騒音が良く聞こえる場合に 0.1 ~ 0.5dB 程度と考えられるが、背景騒音と重畳する定常的な騒音レベルであるために、その変化が空港場内音だけが原因なのか、他の暗騒音のためなのかを判別することが難しい側面もある。

(2) 航空機の整備に伴うエンジン試運転の騒音

航空機の整備に伴って実施されるエンジン試運転の騒音。航空機エンジンを整備した後に行われる試運転で、エンジンランナップあるいはエンジンテストともいう。エンジン出力を絞ったアイドルの状態から出力を上げた状態と運転状況を変えながら数十分から1時間程度と長時間にわたって行われる（図6）。成田空港や大阪（伊丹）空港などでは専用設備・施設を設けている（写真-1参照）。騒音低減効果のあるこれらの設備を用いて夜間にも整備が実施されることが多い。このような施設がない（もしくは機種によって適合しない）場合には、実施場所や

時間を制限してエプロン上で試運転を行うことがあり、時に気象条件との関係によって騒音が伝わりやすいこともあり注意を要する。

防衛施設飛行場でも同じように機体整備に伴



写真1 成田空港にあるエンジン試運転施設
（ハンガー型施設の内部でエンジン試運転を行う。騒音低減能力に優れ、24時間対応の試運転実施が可能になっている。）

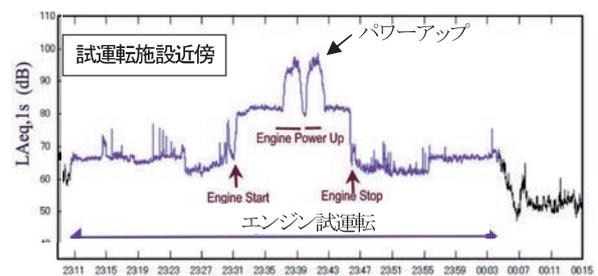


図6 試運転施設近傍で観測した騒音レベルの時間変化
（エンジン推力を段階的に変化させながら試運転を行った例）

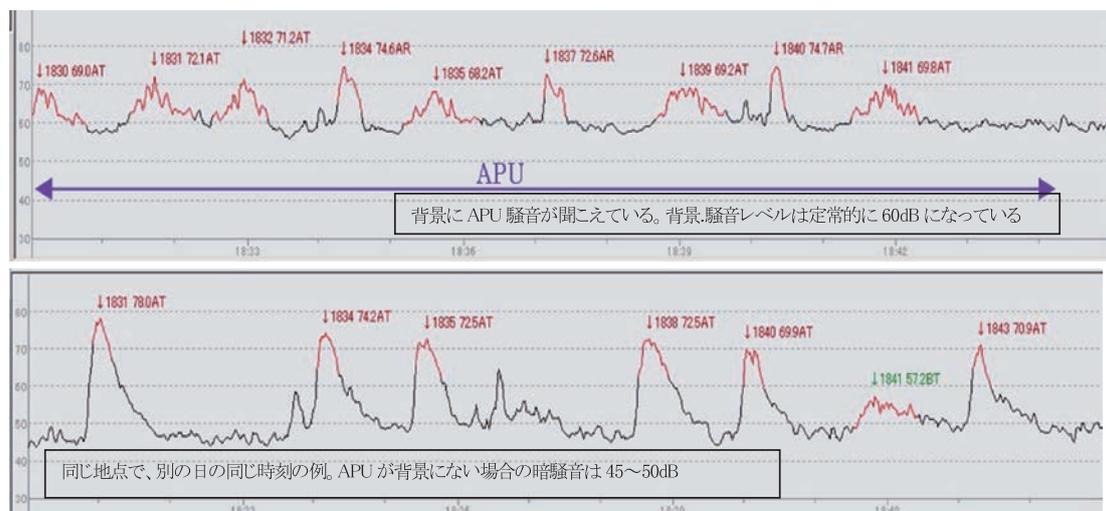


図5 空港近傍でAPU騒音が観測される例

（背景にAPU騒音が重畳し定常的に騒音レベルが上昇する例（上図）、同じ地点で別の日の同じ時刻の例（下図）でAPUが背景に聞こえない。）両図ともに単発騒音は航空機の離着陸騒音。

う試運転を行うことがある。戦闘機の試運転などでは専用の設備が用意されている。

(3) 防衛施設における離陸前のエンジン調整音

防衛施設で戦闘機などが離陸前にエプロンで行うエンジン調整に伴う音。調整のために必要とするエンジンパワーは飛行音（離陸音）に比べると小さいので騒音レベルは低いが、数分から10分程度続くことがある。影響範囲は飛行場近傍に限られることが多い。

(4) ヘリコプタのアイドリングやホバリング騒音

ヘリコプタは駐機場で長時間にわたりアイドリングを行うことが多い。ホバリングはヘリコプタが浮上してほぼ静止している飛行形態。なお、ヘリポート・飛行場内で地面の近傍に浮上し、ゆっくりと場内を移動する飛行形態をホバリングタクシーという。防衛施設では空中に浮上・静止するホバリング訓練を行うことも多く、騒音は定常的に続くことが多い。

(5) 準定常音として観測されるタクシーイング騒音

着陸後や離陸前に誘導路を走行する航空機のタクシーイング騒音が観測される例を4.1節で紹介した。地上走行に必要なエンジンパワーは離着陸のそれに比べるとはるかに小さなもので、単発騒音として観測される例は誘導路の近傍に限られる。図7の例は、滑走路端の誘導路上で離陸のための航空機が行列をなして待機している状態を想像して欲しい。複数の航空機が小さいといえどもエンジンを動かし、時に気象条件が伝わりやすい状態だったときに、空港周辺ではしばしば連続的な騒音としてタクシーイング騒音が観測されることがある。準定常音として騒音レベルが上昇している合間に、単発騒音として離陸騒音が発生している様子がわかる。この発生例は運用時間帯中に観測されるAPU騒音の例と似通ったものでもあろう。

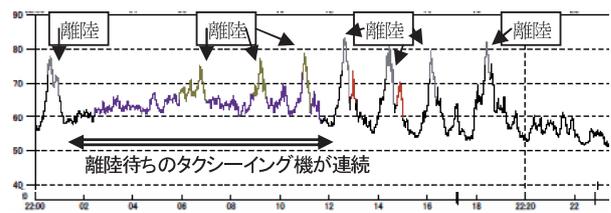


図7 滑走路端で待機する離陸機のタクシーイング音によって準定常音として騒音が観測される例

5. どのように測定し、算定・評価するか

これまで空港周辺で観測される航空機騒音をご紹介した。現行のWECPNL評価では、離陸騒音や着陸騒音の最大騒音レベル (L_{Amax}) を測定項目としていたが、 L_{den} 評価になると L_{Amax} だけでなく単発騒音暴露レベル (L_{AE}) なども測らなければならない。さらに、空港内から発生する地上騒音も対象とせねばならず、それらは継続時間が長い場合が多い。また、影響範囲が限定的だったり、気象影響によって発生する騒音の大きさに大きなばらつきがあったりする。これらをどのように測定すれば良いのだろうか、空港周辺で航空機騒音を測定・評価する者にとっては大きな課題とも言えよう。この章では、単発騒音や準定常騒音の算定方法について簡単にまとめてみたい。

5.1 単発騒音の検出と評価手順

(1) 暗騒音レベルの算定と単発騒音の検出方法

① 有人測定の場合

マニュアルには単発騒音の検出方法として「有人測定の場合には測定員が目と耳を使って適切に判断する。」とある。したがって、測定員が航空機騒音によってレベルが上昇しはじめる直前の騒音レベルを暗騒音と判断し、そこから10dB以上大きくなった場合を測定の対象とする。ただし、有人測定でも、騒音計の瞬時値のデジタル記録から単発騒音を抽出する場合もある。その場合は以下の②の手順で暗騒音レベルを決定してもよい。

② 自動監視の場合

マニュアルには、「自動監視装置による場合

には、暗騒音レベルと単発的に発生する騒音の最大騒音レベルを検出して比較し、測定対象とするか否かを識別する。」とあり、次の注記が附してある。

注記 暗騒音レベルの検出方法としては、5～10分間における騒音レベルの90%または95%時間率騒音レベルをとればよい。

この注記の意味するところを具体例でいうと、ある時刻の前10分間の90%の時間率騒音レベル L_{90} を求めその時刻の暗騒音のレベルと算定する。時刻をずらしながらこの作業を繰り返すことにより、時々刻々の暗騒音レベルが求められる。このようにして算出される暗騒音のレベルを超えているレベル区間を単発騒音の候補とし、その最大値が暗騒音のレベルから10dB以上大きくなった場合に測定対象とする単発騒音と判別する。このときの暗騒音のレベルと航空機騒音の関係を表すと図8のようになる。なお、10分間の範囲内に航空機騒音が入っているとき、それを除外しないで L_{90} を算出しても単発騒音の判別に支障は生じないことが経験的に確かめられている⁷⁾。

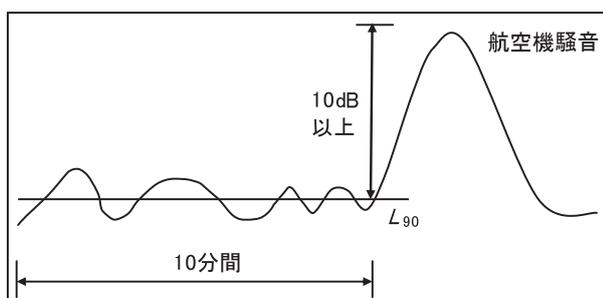


図8 L_{90} と航空機騒音の関係のイメージ

(2) L_{AE} 算出のための積分範囲

マニュアルには「単発騒音区間は‘騒音レベルの最大値より10dB低いレベル’を超える時間範囲とする。」とあり、これはISO 20906⁵⁾とも整合している。しかし、単発騒音の L_{AE} は、原理的には音が聞こえ始めてから聞こえなくなるまでの騒音区間の全体を積分することが基本である。そこで、積分の範囲を変化させたとき

に算定される L_{AE} の値がどの程度の影響を受けるかを調べた結果を述べる。

過去の調査結果⁸⁻¹⁰⁾によると、最大騒音レベルから所定の数値(10dB、15dB、20dB、25dB、30dB)だけ低いレベルを超えている騒音区間をエネルギー積分してそれぞれの単発騒音暴露レベルを算定し、 $L_{AE,30dBdown}$ で他を相対値化した結果、直進飛行経路に沿った地域で騒音レベルの時間変化が単峰性の場合のレベル差は $L_{AE,10dBdown}$ では0.5dB程度、 $L_{AE,20dBdown}$ では0.2dB程度であった。旋回飛行経路の場合でも、極端な条件(旋回経路の中心付近)を除けば、その差は直進飛行経路付近と同程度であった。これは成田空港などの民間航空機のデータだが、自衛隊機のデータでも同様の傾向であった。

これより、統一的処理(単発騒音の算定値が測定・評価者によって異なることは良くない)、SN確保(10dBの範囲を積分するにはSN比が15dB以上必要)を考えると、‘騒音レベルの最大値から10dB低いレベル’を超える時間範囲を積分区間とするのが現実的であると思われる。

(3) L_{AE} の算出方法

マニュアルでは騒音計の種類に応じて L_{AE} の算出方法を示している。

(方法1) I型騒音計の場合

騒音レベルのデジタル記録から単発騒音区間を抽出し、次式により L_{AE} を算出する。

$$L_{AE} = 10 \log_{10} \left(\frac{\Delta t}{T_0} \sum_k 10^{L_{A,S,k}/10} \right) \quad (1)$$

ここに $L_{A,S,k}$ は騒音レベルの k 番目のサンプル、 T_0 は基準時間(1s)。 Δt はサンプル間隔

方法1は、最大騒音レベルから10dB低いレベルまでの0.1sごとの瞬時値を式(1)で計算する方法である。イメージとしては図9のようになる。

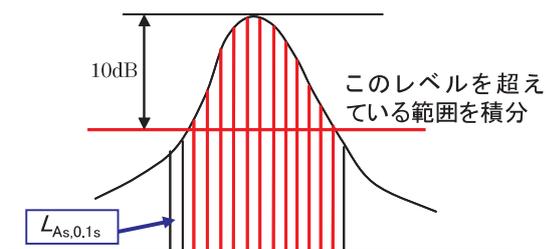


図9 方法1による算出のイメージ

(方法2) II型騒音計の場合

1秒間平均騒音レベルのデジタル記録から単発騒音の区間を抽出し、次式により L_{AE} を算出する。

$$L_{AE} = 10 \log_{10} \left(\sum_k 10^{L_{Aeq,1s,k} / 10} \right) \quad (2)$$

ここに、 $L_{Aeq,1s,k}$ は1秒間平均騒音レベルのk番目の値。

方法2は、最大騒音レベルから10dB低いレベルまでの1秒間平均騒音レベルを式(2)で計算する方法である。イメージとしては図10のようになる。

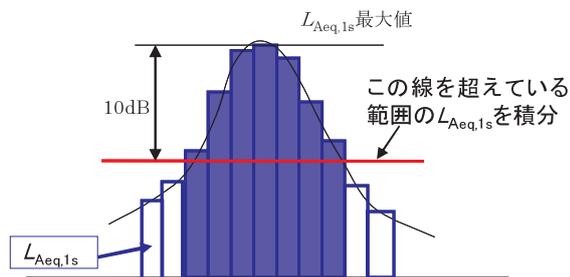


図10 方法2による算出のイメージ

(方法3) III型騒音計の場合

航空機騒音が聞こえ始めたときに積分を開始し、聞こえなくなったときに終了して L_{AE} を算出する。

有人測定でこの手法を用いる場合、航空機が連続して飛来すると、「演算(スタート)→(ストップ)→記録をとる→次の航空機の測定開始に備える」という手順を繰り返さねばならず、防衛施設の周辺で戦闘機が編隊で飛来するときなどには、大変忙しいことになるので注意を要する。また、航空機騒音が突発的に聞こえる場合に騒音計の演算開始が遅れてしまうこともあ

り得る。さらに手動操作の測定では、積分開始および終了のタイミングが、測定の都度、ばらついてしまう。測定者によるばらつきの程度を調べた結果、SN比がよい場合(25dB以上)、手動操作による取込時間の標準偏差が2秒以上になったものもあったが、 L_{AE} の標準偏差は0.1dB以下であった。しかし、SN比が悪い場合(15dB以下)、取込時間の標準偏差が大きくなりデータによっては7秒程度になるものもあり、この取込時間のばらつきが影響し、 L_{AE} の標準偏差は0.8dB程度のデータもあった。以上のことから方法3は、運航回数が少なく暗騒音レベルが低い空港の周辺でしか用いられないと思われる。

(3) 定常的な暗騒音の影響

環境基準の測定対象の記述が「騒音レベルの最大値が暗騒音より10デシベル以上大きい航空機騒音について単発騒音暴露レベル(L_{AE})を計測する」とされ、暗騒音との関係が L_{ASmax} のときと同じであるため、暗騒音の影響を排除することが難しくなっているといえる。そのためマニュアルでは、暗騒音に対する補正方法が示されている。

補正を考える前にその測定地点で観測される航空機騒音のデータのうち、大部分のものの最大騒音レベルが暗騒音から10~15dBのレベルの範囲に止まる場合は、より暗騒音の低い場所への測定地点の変更を検討することが望ましいが、どうしてもその測定地点で測定する必要がある場合は、以下の手順でデータ処理を行う。

最大騒音レベルが直前の暗騒音レベルから10~15dBに止まる場合、その差 Δ に応じて、騒音のレベルが最大騒音レベルから $(3/5)\Delta + 1$ dB低いレベルを超えている区間のデータから L_{AE} を近似計算する。ただし継続時間 T_{10} (騒音レベルが「最大騒音レベル-10dB」の値を超えている区間の時間(単位:秒s))の代わりに $T(3/5)\Delta + 1$ を用いて計算する。これは、 $\Delta = 15$ dBでは10dB低いレベルまでの範囲、 $\Delta = 10$ dBでは7dB

低いレベルまでの範囲で算出することを意味する。最大騒音レベルが暗騒音レベルから 10dB 以内に止まる場合には、 L_{AE} を算出することはできない。

(4) 航空機騒音と妨害音が重畳する場合

航空機騒音と単発的に発生する暗騒音（以下、妨害音）が重畳して測定を妨害する事例が少なからずある（図 11 に示す）。その際の考え方をマニュアル附録から引用して示す。

無人測定において妨害音の重畳を検出することは、現在のところ、音源識別機能を有する自動監視装置を使用しても困難である。そのため自動監視装置が航空機騒音と判別した測定データはたとえ妨害音が混入したとしてもそのまま評価に用いざるを得ないのが現状である。通年測定の測定地点を選定するときは、できるだけ妨害音の入らない場所を選定するように心がけることが大切である。

有人測定においては、測定員が目と耳を使って妨害音の発生を判別し、区間を特定できることが多く、以下の手順で妨害音の影響を除外し、単発騒音暴露レベルを算出できる。

1) 航空機騒音の最大騒音レベルと継続時間を正確に算出し、妨害音の重畳する区間を明確

に特定できる場合、その継続時間が短ければ妨害音の区間を除外して単発騒音暴露レベルを算出してよい。必要であれば除外区間前後の騒音レベルを線形補間して除外区間の航空機騒音の寄与を補うこともできる。

2) 航空機騒音の最大騒音レベルと継続時間を正確に算出でき、かつ妨害音重畳区間を特定できる場合であっても、その継続時間が長くて、上記 1) の手順を適用することが適当でないと判断される場合とき（たとえば航空機騒音の区間のうち相当な範囲を妨害音が占める場合は、最大騒音レベルと継続時間から単発騒音暴露レベルを算出する。

3) 航空機騒音の最大騒音レベルは算出できるが、継続時間が算出できない場合、上記 2) の手順における継続時間を、当該地点で観測される当該機種、当該飛行形態（使用滑走路、離着陸の別、使用飛行経路が同じ測定データ）の全測定データの平均継続時間で代用し、単発騒音暴露レベルを算出する。

4) 航空機騒音の最大騒音レベルも継続時間も正確に算出できない場合、その地点において観測された当該機種、当該飛行形態の測定データの、単発騒音暴露レベルのエネルギー平均値で代用する。

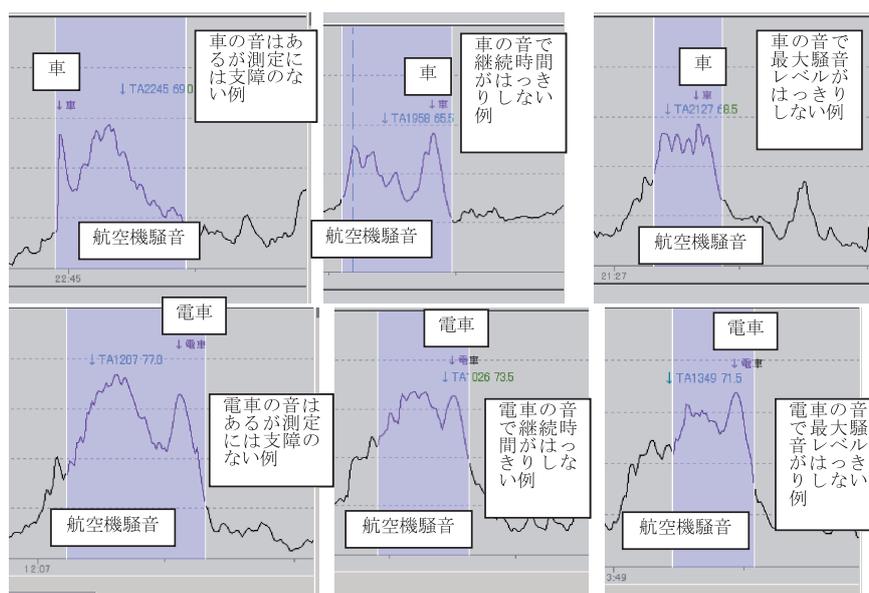


図 11 航空機騒音と単発的な妨害音が重なった例

5. 3 準定常騒音の検出と評価手順

(1) 準定常騒音の検出方法

「航空機騒音測定・評価マニュアル」では調査測定項目について次のように記述されている。

まず、調査測定の対象とする単発騒音は、最大騒音レベルが暗騒音のレベルから 10dB 以上大きなものに限る。また、準定常騒音は、暗騒音レベルから 10dB 以上大きいものを測定記録の対象とする。なお、準定常騒音のデータは、測定地点が飛行場の近傍で準定常騒音の影響が無視できない場合に調査測定する。

また、音源の種類についても識別結果を記録することが求められている。有人測定の場合、飛行騒音については、測定員が目と耳を使って機種や運航の形態（離陸、着陸、リバースなど）や音源の方向や場所を記録する。地上騒音の音源が特定できる場合は、その種類（APU、エンジン試運転、タクシーニングなど）を記録する。

地上騒音の多くは準定常騒音として観測されることが多いが、準定常騒音の騒音暴露レベルの算出方法について以下のように書かれている。

1) 有人測定による場合には、測定員が目と耳を使って適切に判断して準定常騒音の区間を検出し、騒音暴露レベル L_{AET} を測定する。

2) 自動監視装置を用いて測定する場合には、暗騒音レベルを 10dB 以上超えている部分を準定常騒音の区間として抽出し、その間の騒音暴露レベル L_{AET} を算出する。

注記 1 暗騒音レベルの検出方法としては、連続する 60 分間程度にわたる騒音レベルの 90% または 95% 時間率騒音レベルを求める方法がある。

注記 2 準定常騒音に単発騒音が混入する場合には、それを分離して単発騒音として測定・評価することが望ましい。

(2) 地上騒音の騒音源を特定するためには

前項のように、特に空港周辺で地上騒音が問

題となる際には、騒音源をどのように特定すればよいのかが課題でもある。測定・評価マニュアルにあるように、有人測定の場合は測定員が目と耳を使って判断するとしても、不確かな音源を特定するには限界があるかもしれない。以下のような手法も、測定効率や精度を向上させる手段になるだろう。

- ・準定常騒音の騒音暴露レベル (L_{AET}) までを測定現場で算定することは困難である。後処理に頼らざるを得ないので、騒音レベルの瞬時値をメモリーカード等に記録しておく必要がある。できれば一定レベル以上を実音記録すれば、後のデータ処理が楽になる。
- ・近接したいくつかの地点を含めて総合的に判断することも有意な方法の一つであろう。同じような時間に同じような時間変動があるかどうかは、特定の重要な指標となる。
- ・実音記録機能があれば、それを再生することにより騒音源を特定する判断材料になり得る。
- ・騒音の到来方向を記録できるような自動識別装置を用いれば、騒音源を特定する有効な手段になり得る。図 12 は騒音の到来方向を記録する自動識別装置の結果を示したものである。方位角の変化を見れば誘導路をゆっくりと航空機が走行する様子が浮かんでくる。
- ・暗騒音レベルの検出方法としては、連続する 60 分間程度にわたる騒音レベルの 90% または 95% 時間率騒音レベルを求める方法がある。これを基準に +10dB を超える区間が長時間にわたっている場合、準定常騒音が発生した区間と考えることもできる。図 13 はそのイメージ図である。単発騒音もマニュアルに記載されるようには暗騒音レベル（5 分から 10 分間の L_{90} もしくは L_{95} ）から検出することができる。
- ・常時監視などに用いる自動監視装置には、音源分類するための機能や予め指定する閾値を超える騒音区間を実音記録する機能を備えていることが望ましい。

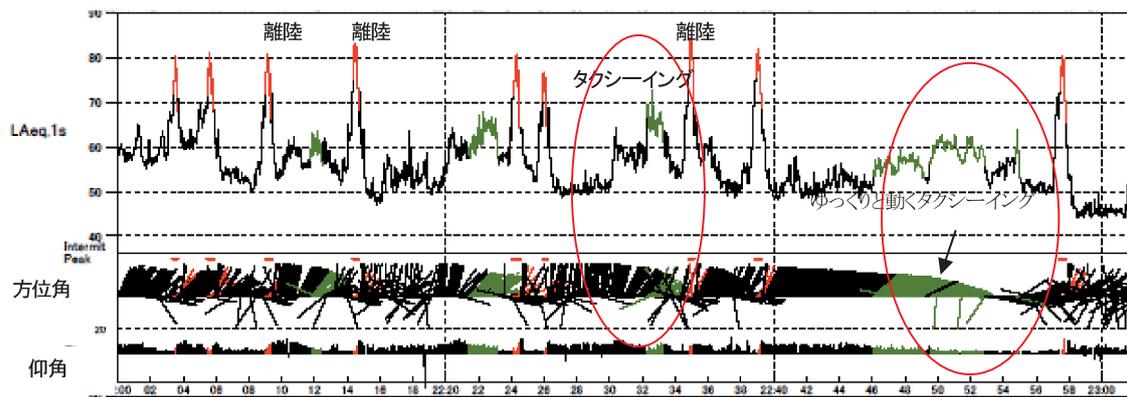


図 12 騒音の到来方向識別機能を用いた測定の例
騒音レベルの変化とともに方位角や仰角の変化により騒音源を想定することができる

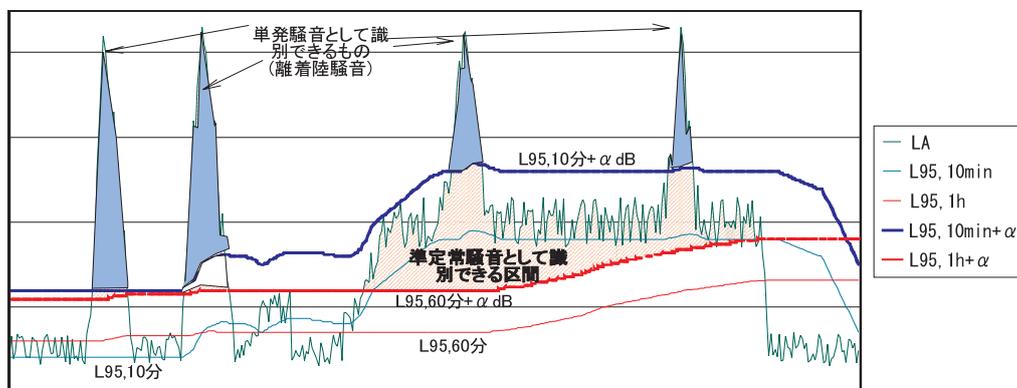


図 13 暗騒音を検出する時間長を変えて、単発騒音や準定常騒音を検出する例 (イメージ図)

(3) 地上騒音の騒音暴露レベル等の算定

最後に観測された地上騒音の取り扱いについて述べる。

タクシーイング騒音など地上騒音でも単発騒音として観測される場合は、飛行騒音と同様に取り扱い、最大騒音レベルから 10dB 以内の騒音区間を積分して単発騒音暴露レベルを算出する。

準定常騒音として観測される地上騒音は、継続時間が長く、暗騒音との区別が容易でない。飛行騒音と重畳することも多く、正確な状況の把握は容易ではない。しかし、有人測定の結果や騒音源の識別機能などによって特定できた準定常騒音区間について、暗騒音から 10dB 以上大きな区間をエネルギー積分して騒音暴露レベルを算出する。

空港近傍では、離着陸の単発騒音と地上騒音の準定常騒音が重畳して観測されることが少な

くない。図 13 の様な例では、準定常騒音として識別した区間の騒音暴露レベルから、単発騒音として識別した航空機騒音の単発騒音暴露レベルを差し引くことが必要である。なお、単発騒音は最大騒音レベルから 10dB 以内を積分範囲とするため、立ち上がりの「肩」の部分は本来単発騒音に含まれるべきである。図 13 の例の試算では、準定常騒音の騒音暴露レベルの算定における単発騒音の残渣「肩」の部分の影響は 2dB 程度であった。したがって、準定常騒音の識別範囲の全体を積分したのから単発騒音の単発騒音暴露レベルを差し引く算定方法では、厳密さを欠くかもしれないが、航空機騒音暴露の総量の評価 (L_{den}) にはもれが無いこと、そもそも地上騒音評価の難しさを考え詳細な要因分析にこだわるのであれば、この手法で十分だと思われる。

準定常騒音に含まれるのは、航空機騒音だけ

でなく、自動車騒音などの妨害音と重畳することも考えられる。影響が大きい妨害音はできるだけ評価対象とする準定常騒音から切り分けることが望ましい。作業の繁雑さも伴うことなので、明確で騒音の大きな妨害音は排除するなどの処理が現実的であろう。

L_{den} を算定する際の時間帯区分の区切り時間をまたがって観測された準定常騒音はどのようにすべきだろうか。騒音計の瞬時値記録を基に、正確を期すならば、それぞれの時間帯ごとの実際の騒音に対して重み付けをする。一方でそれは煩雑な処理になりかねず、算定した全体の単発騒音レベルと継続時間の割合から配分したり、もしくは、最大騒音レベルや発生割合の重きがある方で代表したりといくつかの手法が考えられる。測定・評価する者が、測定目的や前提とする測定精度を念頭に処理方法を定めるのが妥当かもしれない。

6. おわりに

「航空機騒音に係る環境基準」が改定され、平成 25 年度からは航空機騒音は L_{den} によって評価されることになった。同時にタクシーイングやエンジン試運転などの地上騒音も評価の対象に加わった。本稿では、環境省が作成した「航空機騒音測定・評価マニュアル」の概要と空港周辺で観測される航空機騒音の特徴を事例とともに紹介した。さらに単発騒音や準定常騒音の算定方法について解説した。

しかし、 L_{den} による測定・評価は未だ端緒に立ったところであり、マニュアルの内容をベースに様々な場所で実際にいろいろな測定を経て、さらに充実したものになっていくだろう。たとえば、単発騒音暴露レベルの算出や暗騒音評価が様々な環境で支障なく行えるか、地上騒音の検出や評価には支障ないか、測定・評価の精度は保たれるか、他の音と重畳するような特殊な場合の取り扱い、妨害音や欠測の処理、さ

らに小規模飛行場環境保全暫定指針の対象であったヘリポート等の扱いについて等々が課題として残る。なかでも準定常騒音については、様々な場所での経験を経て測定・評価方法が確立されていくものと考えられる。今後、関係各位の検討が必要であり、本稿がその際に航空機騒音の測定における基礎的な資料として役立てて頂ければ幸いである。

参考文献

- 1) 久保祥三：航空機騒音環境基準の改正～環境基準改正の経緯と内容について～，騒音制御，34 巻 1 号
- 2) 航空機騒音に係る環境基準の改正について：中央環境審議会騒音振動部会騒音評価手法等専門委員会（2007）
- 3) 航空機騒音に係る環境基準について、環境省告示第 114 号、H19.12.17
- 4) 航空機騒音測定・評価マニュアル：環境省，平成 21 年 7 月
- 5) ISO 20906: Acoustics- Unattended monitoring of aircraft noise in the vicinity of airports
- 6) 滝浪弘章：騒音測定における測定器の使い方に関する最近の話題，騒音制御，34 巻 1 号
- 7) 塚本恭弘ら：航空機騒音常時監視局における暗騒音算出方法の検討，日本音響学会平成 17 年春季研究発表会講演論文集
- 8) 社団法人日本騒音制御工学会：航空機騒音に関する評価方法検討業務（平成 17 年度環境省請負業務結果報告書）、平成 18 年 2 月
- 9) 社団法人日本騒音制御工学会：騒音評価手法及び規制手法等検討調査業務報告書（平成 18 年度環境省請負業務結果報告書）、平成 19 年 3 月
- 10) ひょうご環境創造協会：新幹線鉄道・航空機騒音のモニタリングのあり方に関する検討調査 報告書（平成 20 年度環境省請負業務）、平成 21 年 3 月

防風スクリーンの風雑音低減効果の向上に関する研究*

山田 一郎** 大沼 保憲** 吉岡 序**

1. はじめに

屋外で騒音測定をする際、風の影響で雑音が生じて騒音測定の妨げとなる。通常、直径7cm～20cmのウレタンフォーム製防風スクリーンを装着するが、これでは100Hz以下の低周波領域で風雑音を十分に低減することは出来ない。筆者らは、これまで、先行研究^{2), 3)}より小型化した防風スクリーンを試作して自然風で実験を行い、ネットの目合いやネット間隔を変えて実験を行ったところ、外寸50cmでも、先行研究に近い効果が得られること、細かい目合いのネットの方が風速低減効果が高いことを確かめ、報告している。¹⁾しかし、この実験では、10m/sを超える風速における低減効果については十分な確認が出来なかった。そこで、車の走行による強風時の低減効果実験を行った。更に、前回実験で低減効果のあった目合い1mmより更に細かい素材を組み合わせ、効果があるかどうかについての実験を行った。また、自然風での実験も改めて行ったので、これらの結果を報告する。

2. 実験及びデータ解析方法

2-1 実験時のネットの組み合わせ

前回、目合いを細かくする方が風速低減効果が大きいことが示唆されたので、目合いの細か

いネットを用いれば更に効果が上がるのではないかと、という考えのもと、目合い1mmよりも細かい素材を探したところ、目合い80 μ mのネットが入手出来た。このネットは、花粉やホコリ等の侵入を阻止するために開発された網戸用ネットである。表1に前報及び本報で使用した

表1 前報及び本報で使用した防風スクリーンのネットの比較

	目合い	線径, 開口率
前報	1mm, 2mm	1mm : 0.15mm, 79.9% 2mm : 0.18mm, 83.7%
本報	1mm, 2mm, 80 μ m	80 μ m : 47 μ m, 39.7%

防風スクリーンのネットの比較を示す。

実験するにあたり、表2に示す様にネットの組み合わせを変えた5通りの構成を考えた。異なる目合いの組み合わせでは、外側を粗（粗い目）、内側を密（細かい目）とした場合とその逆の場合の組み合わせについて低減効果を調べた。本報実験は外寸50cm、ネット間隔は5cmとした。これは、前報の実験より得られた結果によるものである。

2-2 車での走行実験（強風）

車での走行実験は、防風スクリーンをワゴン車の屋根に設置し、走行時の防風スクリーン内外の風雑音の測定を行った。

実験場所は、羽田空港近くの比較的交通量の少ない南西～北東に向けた直線道路で、時折工事車両が通過したり、羽田空港に離着陸する航空機もあったが、実験はそれらを避けつつ行っ

* Study on the performance improvement in wind noise reduction of a microphone windshield

** 航空環境研究センター

表2 各実験時のネットの組み合わせ

	ネット (外+内)	円筒型 ウレタンフォーム	内部騒音 計 WS	外部騒音 計 WS	車での走行実験		自然風実験
					その1	その2	
①	1mm + 1mm	5cm厚	20cmφ	20cmφ	○	○	○
②	1mm + 80μm	5cm厚	20cmφ	20cmφ	○	○	○
③	2mm + 1mm	5cm厚	20cmφ	20cmφ	○		
④	1mm + 2mm	5cm厚	20cmφ	20cmφ	○		
⑤	80μm + 1mm	5cm厚	20cmφ	20cmφ		○	

○：実施した実験の組み合わせ

た。実施時期は、昨年12月（その1）と本年2月（その2）である。実験は、ネットの組み合わせ毎に2速度（風速10m/s,15m/s相当）で約600mの直線を往復し行った。車の走行時に車上で観測される風は、走行速度に対応するものと、自然風によるものがある。それぞれの風速を想定した速度で走行したが、往きと復りでは自然風の影響が異なり、風速に違いが出た。1回目（強風 その1）の実験は、前回実験で使用した目合い1mmと2mmのネット、今回新たに入手した目合い80μmのネットを用い、前回実験で調べることが出来なかった強風での低減効果の傾向を見る目的の予備的な実験として実施した。この時、風速は設定速度で走行した際の外部風速計の数値を目視で読み取ったが、2回目（強風 その2）の実験では、風速計のデータも併せて記録し実験を行った。

2-3 自然風での実験（弱風）

自然風（弱風）の実験は、羽田空港近くの平坦な空地で行った。そこは、前回と同じ実験場所であり、北側100mにモノレールの高架があり、東側約70mに2階建工事事務所があるが、それ以外には大きく風の乱れを起こすような障害物は無い。暗騒音としては、モノレールの走行音、道路交通騒音、モノレール高架下での工事音があったが、騒音源と実験場所が離れているので暗騒音レベルは低いと判断し測定を行った。実験は、本年7月の比較的強い風が吹いている日を見計らい実施した。実験は、ネットの組み合わせ毎に15分ずつ行った。実験中は概

ね南寄りの風であった。

2-4 測定機器及びデータ解析方法

防風スクリーンの効果は、防風スクリーン内外での風雑音レベルの差を取り比較することで評価した。風速の測定はTr式微風速計（リオン製AM-10）、低周波音の測定は低周波音計（リオン製NA-18またはXN-1G）を用いた。防風スクリーンの低減効果を比較するための外部低周波音計マイクロホンには、直径20cmのウレタンフォーム製防風スクリーンを取り付けた。低周波音のレベル計測の重み付けはS、周波数重みは平坦とし、風速（時定数0.4s）とともにデータレコーダ（リオン製DA-20：DC～1kHz）に記録した。

データの解析にあたっては、音圧レベル及び風速を0.1s毎にパソコンに取り込み処理した。風雑音レベルの評価のため、音圧レベルの内外差を取り回帰分析を行い、併せて周波数分析も行った。周波数分析は、波形処理ソフト（リオン製DA-20PA1）を用い、20秒間について全帯域及び1/3オクターブバンド音圧レベルを0.1秒毎にパソコンに取り込み処理を行った。

3. 実験結果

3-1 車での走行実験（強風 その1：予備実験）での実験結果

先ず、表2のうちの組み合わせ①～④で車での走行実験を行った。その結果、組み合わせが②①③④の順で風雑音低減効果が大きいという傾向を見ることが出来た。

前報、自然風での実験で確認した、目合いが

2mm よりも 1mm の方が低減効果が高いことと、今回の予備実験の結果でも目合いが 2mm を含む組み合わせでの低減効果が小さいことを確認できたため、本実験では目合い 2mm の組み合わせ (③④) は、除外することとした。

3-2 車での走行実験 (強風 その 2: 本実験) での実験結果

2 回目の走行実験では、表 2 の組み合わせ①②及び⑤を実施した。風雑音低減効果の結果を図 1 に示す。これは、各条件での外部風速と風雑音低減効果の関係を回帰直線で示したものである。図より、①と②を比べると、風速 10m/s 以下では①と②の低減効果に差がないように見える。それより高い風速では、風速が増すほど②の低減効果は大きくなっている。⑤は②の場合とはネットの組合せが逆 (外側が密、内側が粗) であり、風速 8m/s 付近では、低減効果が小さく、風速 18m/s 付近では低減効果が大きく、強風での低減効果は②に近い。

図 2 に図 1 の中から、②の組み合わせの内外音圧レベル差のデータについて例を示す。風速 10m/s 付近で低減効果に逆転が見られるが、これは、この時の風雑音に対して、車体の振動等の影響があったと考えられる。

図 3 に強風時の 1/3 オクターブバンド分析結果の例を示す。これは、分析区間 20 秒間のオーバーオール及び各バンド毎の平均値について、内部と外部の差を示している。この区間の平均風速はおよそ 13m/s である。図より、①と②を比べると、大きな差はないように見えるが、3.15Hz 付近を境にして、40Hz まで、①と②の内外音圧レベル差の平均値を比べると、低い周波数域では約 2dB 弱①の低減効果大きく、高い周波数域では約 2dB 強②の低減効果が大きい。⑤は①②に比べ 40Hz 以下で低減効果が小さい。特に低い周波数域ほど低減効果が小さくなっている。

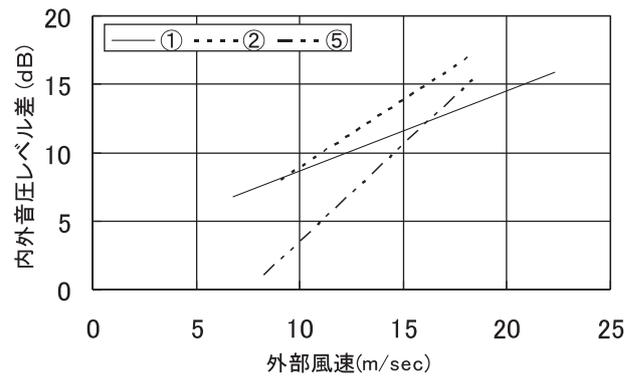


図 1 車での走行実験 (強風) の風雑音低減効果 (その 2)

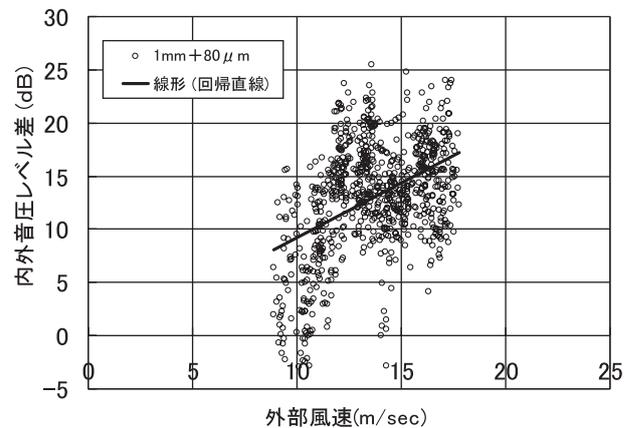


図 2 風速と風雑音低減効果の関係例 (組み合わせ②)

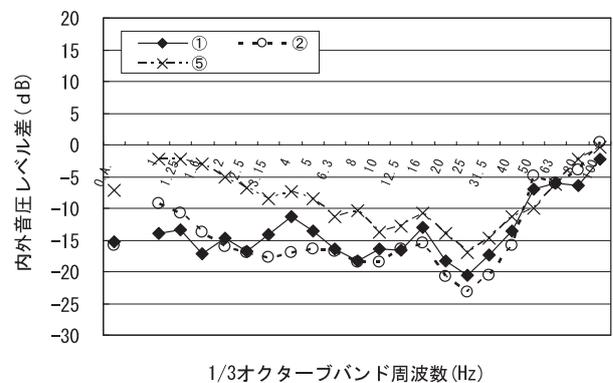


図 3 風雑音低減効果 (周波数分析結果例: 強風 その 2)

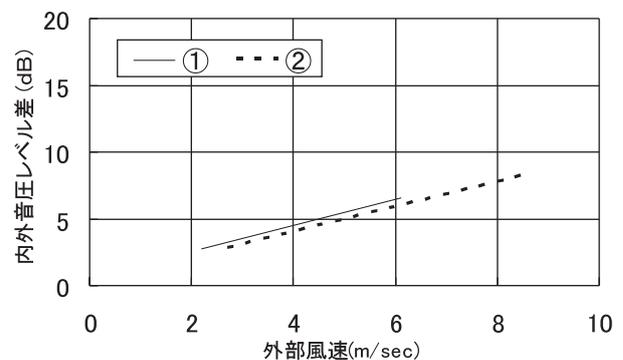


図 4 自然風 (弱風) 実験の風雑音低減効果

3-3 自然風（弱風時）での実験結果

組み合わせ条件①②で自然風での実験を行った結果を図4に示す。これは図1と同様に回帰直線を示したものである。図より、①と②を比較すると、②より①の方が低減効果が大きく見えるものの、その差は1dB程度で、低減効果の傾向に大きな違いは見られない。また、図5は、強風（図1）及び弱風（図4）を同一グラフに表示したものである。図より、弱風では、①と②の低減効果の傾向はほぼ同じであるが、風速9m/s付近より強風では、②の方が低減効果が大きくなっている。

図6に弱風時の1/3オクターブバンド分析結果の例を示した。これは、図3と同様の処理をしたもので、この区間の平均風速はおよそ5m/sである。図より①と②を比べると、4Hz以下の低い周波数域で①の低減効果が大きいですが、それより高い周波数域での低減効果の傾向は似ている。4Hz以下の①と②の内外音圧レベル差の

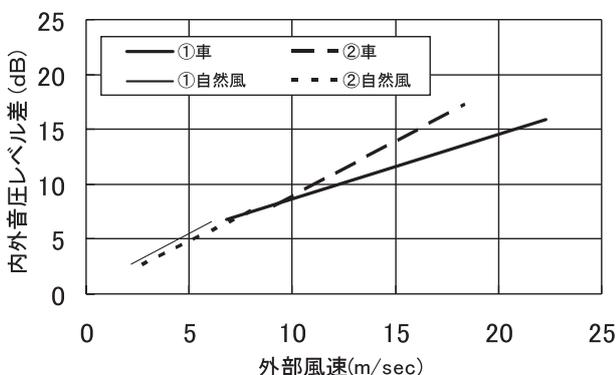


図5 風雑音低減効果（弱風+強風）

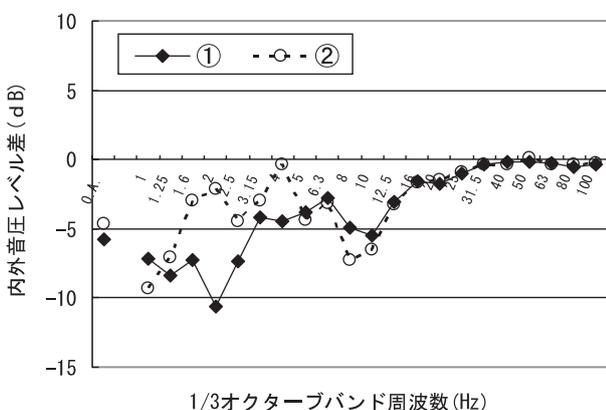


図6 風雑音低減効果（周波数分析結果例：弱風）

平均値を比べると、約3dB弱①の低減効果大きい。また、31.5Hz付近より高い周波数域で低減効果が顕著ではなくなって見えるが、これは暗騒音の影響ではないかと考えている。

4. まとめ

防風スクリーンの風雑音低減効果の向上を目指し、より細かい素材を組み合わせ、車を使った強風時と自然風での弱風時について実験を行った。その結果をまとめると、

- (1) 車を使った実験（強風）では、目合いが2mmを含む組み合わせ(③2mm + 1mm、④2mm + 1mm)よりも①1mm + 1mmの組み合わせの方が低減効果は大きいことの確認が出来た。
細かい素材（目合い80μm）を組み合わせた実験では、①よりも②1mm + 80μmの組み合わせの方が低減効果が大きかった。周波数分析結果は、風速13m/s付近の例では、①と②では大きな違いは見られなかったが、差の平均値で見たところ3.15Hz付近を境に低い周波数域では①の方が、高い周波数域では②の方が、それぞれ約2dB大きかった。⑤80μm + 1mmは、低周波数域ほど低減効果が小さかった。
- (2) 自然風（弱風）の実験では、①と②で低減効果に大きな違いはなく、その差は1dB程度であった。また、強風と弱風の結果を同一グラフで表示したところ、弱風では①と②の低減効果の傾向はほぼ同じであるが、風速9m/s付近を境に風速が増すほど、②の低減効果が大きくなっていた。周波数分析結果は、風速5m/s付近の例では、4Hz以下の低い周波数域で②より①の低減効果が差の平均値で約3dB弱大きいが、それより高い周波数域では大きな違いは見られなかった。

今後もネットの目合いや開口率等の検討を行い、より最適な組み合わせを探り、小型で風雑音低減効果の大きい防風スクリーンの開発のため、研究を進めていきたい。

謝辞 この研究を遂行するにあたり林範章氏（元リオン株）の協力を得たこと、流体力学の見地から佐藤淳三氏（東大名誉教授）より貴重な助言を得たことを記し、心から謝意を表す。

参考文献

- 1) 藤松、吉岡、山田；低周波音測定用防風スクリーンの風雑音低減効果の実験、日本騒音制御工学会研究発表会講演論文集、pp173-176（2007.9）
- 2) 落合、牧野、山田、月岡、福島；低周波騒音計用防風スクリーンの開発、日本音響学会研究発表会講演論文集、pp681-682（1999.9）
- 3) 落合、牧野、黒沢、福島；低周波騒音計用防風スクリーンに関する検討、日本音響学会研究発表会講演論文集、pp708-709（2001.3）

女性を対象にした精神的健康質問票 (WMHI) の改良について —構造方程式モデリングによる確認的因子分析の適用—*

後藤 恭一^{*1,*2,*3} 久米 美代子^{*2} 金子 哲也^{*1,*3}

【要旨】

本論は、先行研究において開発された精神的健康尺度の妥当性の検討と、尺度の改良を行ったものである。

解析対象は、地域健康診断受診者のうち、調査に同意が得られた女性、915名である。構造モデリングによる確認的因子分析を行い、適合度の指標 (GFI, CFI, RMSEA) によりモデルの妥当性を検討した。

3種類の多重指標モデルをたてた。先行研究の尺度を潜在変数として多重指標モデルを導入したもの (Model 1)。Model 1 から身体項目を取り除いたもの (Model 2)。さらに、階層 (二次) 因子モデルを導入したもの (Model 3) である。結果、適合度の指標は Model 3 のみが基準 (GFI & CFI > 0.90, RMSEA < 0.08) を満たしていた。また、Model 3 の AIC 値が最も低いため、Model 3 を採用することが妥当であると判断した。Model 3 をもとに尺度を構築して Cronbach による α 係数を算出したところ、信頼性を満たす結果を得た。

尺度は『うつ』と『不安』で構成され、『うつ』はさらに2つの下位尺度「興味・喜びの喪失」と「抑うつ気分」から成る。抑うつを測定する尺度は多く開発されているが、それらは抑うつ

を1つの尺度得点で評価するものである。しかし、本尺度はうつを2つの側面から測定できることを示唆するものであった。さらに、本研究の結果、質問項目数は18項目から4項目減少し14項目となった。対象者への負担が少なくなるとともに、他の質問項目を組み合わせで使用することが出来るなど、現実的有用性も大きいと思われる。

キーワード

女性、うつ、不安、確認的因子分析、自記式質問票

I. はじめに

都市化の進行に伴う自動車数の増加や住宅密集により、環境問題、とくに騒音問題はますます複雑かつ多様化し、今なお解決困難な課題である。騒音の健康影響については未だ評価が定まっているとは言い難い。騒音の健康影響には聴覚器への影響と非聴覚器への影響に大別することができる。前者は、騒音による特異的影響であり、職業曝露や動物実験等を踏まえた招来機序が想定され、社会調査を踏まえたリスク評価についても一定の了解がある。しかし、後者は、音に対する不快感からストレスを生じて招来されるという仮説に立つものであるが、その招来機序、リスク評価ともに、いまだ定まっているとは言えない状況にある¹⁾。それには音に対する不快感には心理的影響、とりわけ情動ストレスが関与するからである。騒音と心臓疾患

*Development and examination of a women's mental health index (WMHI) by confirmatory factor analysis.

^{*1} 航空環境研究センター

^{*2} 東京女子医科大学

^{*3} 杏林大学 大学院

等の身体影響とを結んだリスクの全容を把握するには、ストレス応答の評価が重要である。こうしたストレス評価には問診や心理テストなどによる主観的方法や、客観的指標として血圧や心拍などの生理指標ならびに血液や唾液などストレス関連物質の生化学指標など多岐にわたる。いずれの方法も一長一短があり、研究の目的や規模などにより選択されるが、フィールドにおいて集団評価を目的とする公衆衛生学的研究においてもっとも汎用されている調査手段は質問票調査である²⁾。既に多くの心理テストや自覚状調査票が開発されている^{3), 4), 5)}。航空機騒音によるストレス影響を考えた場合、もっとも考慮すべき対象は、曝露機会が多い昼間時間帯の在宅が長い者、とりわけ主婦層である。しかし、健常の主婦を対象に既存尺度を使用する場合には、内在する問題が2つあった。ひとつは、健常の女性集団への適用に関する問題であり、もうひとつは項目数や設問の表現である。そこで、先行研究において精神的健康尺度の開発と、信頼性、妥当性を検討した⁶⁾。尺度は計18項目、2件法の回答により3つの下位尺度『不安』、『うつ』、『不眠』から成る。尺度の妥当性は一度の研究で検証することは限界がある⁷⁾との指摘がある。そこで本論は、近年、尺度やモデルの妥当性を検証する方法として推奨されている構造モデリングの手法を導入して、尺度の妥当性を検討するとともに、尺度の洗煉化をはかったので報告する。

II. 対象と方法

1. 対象者について

本論の対象は、2008年に福岡空港周辺で実施した地域健康診断の受診者のうち、調査に同意した健常な女性である。調査同意率は99.4%、同意者に占める女性の割合は71.7%であった。解析対象は、これら対象者のうち尺度構成に供する項目への回答に欠損がない者、915名である。なお、健常者とは、糖尿病、痛風、胆嚢炎、

腎疾患、心疾患、高脂血症、高血圧、結核、眼底出血、肝疾患、脳卒中、潰瘍、がん、その他重篤な疾患の治療中ではない者とした。研究倫理については、東京女子医科大学の倫理委員会の承認を得た。

2. 質問項目

質問票は、年齢、職業、配偶者の有無、家族数などの個人属性の他、ストレス項目で構成されている。

3. 解析方法

ストレス応答は先行研究で得られた18項目の設問を「はい・いいえ」の2件法で観測したものである。各設問を表2に示す。先行研究において得られた『不安』、『抑うつ』、『不眠』の3つの因子をもとに、構造方程式モデリング (Structure Equation Modeling; 以下、SEMと記す。)の手法を用いて確認的因子分析 (Confirmatory Factor Analysis; 以下、CFAと記す)を行なった。推定法には最尤法を使用した。先ず、先行研究によって抽出された3つの因子を潜在変数としたPLSモデル (Partial Least Squares Model)をたてた。これをModel 1とする。Model 1から、身体症状の項目を除いてモデル改良を行なったものをmodel2とする。さらにModel2を改良したものをModel3とする。Model3は、DSM-IV (Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders Fourth Edition)⁸⁾の、うつの診断基準である2つの主要症状、『興味・喜びの喪失』と『抑うつ気分』を取り入れた。Model1および2の『抑うつ』の下に、2つの主要症状を潜在変数とした階層 (二次) 因子モデルを形成した多重指標モデルを構築した。なお、一次因子のひとつを『抑うつ気分』としたため、高次因子の潜在変数名は『抑うつ』から『うつ』と改めた。構築したモデルの評価は適合度による検討を行なった。GFI (Goodness of Fit Index)、CFI (Comparative

Fit Index)、RMSEA (Root Mean Square Error of Approximation) の3つの指標である。GFIはモデルの説明率の指標である。GFI値の判断の基準は0.90以上⁹⁾とした。CFIとRMSEAは構造モデルの評価の指標である。CFIの基準は0.90以上が目安¹⁰⁾とされる。一方、RMSEAは0.05を良好、0.1以上はモデルを棄却、0.05から0.1の間はグレーゾーンとする¹⁰⁾判断基準や、0.08以下¹⁰⁾と、いくつかの見解が示されている。本論では0.08以下を基準とした。複数のModelの採択判断は、AIC値が最小のものとする¹¹⁾との見解がある。そこでAIC (Akaike's Information Criterion 赤池情報量基準)を算出して検討した。

採択されたモデルをもとに下位尺度を構築した。尺度の信頼性はCronbachによる α 係数を算出して検討した。

上記の解析のうち、確認的因子分析はAMOS17.0 (エス・ピー・エス・エス株式会社)を、その他解析はSPSS17.0J (エス・ピー・エス・エス株式会社)を使用した。

Ⅲ. 結果

1. 対象者について

対象者の平均年齢は、53.1±15.3歳であった。対象者の職業を見ると、職業に就いてない(無職)の者が最も多く(58.4%)、次いでパート職(20.0%)の順であった。本人も含めた家族数は4人が最も多く(23.2%)、次いで2人(23.0%)、3人(21.2%)の順である。配偶者を有していない者は143名(15.6%)であった。なお、配偶者を有していない者が、未婚を意味するのか、あるいは配偶者と別居あるいは死別であるのかは質問の制約上不明である。

2. SEMによる探索的因子分析

3つのModelの標準化推定値、適合度、信頼性係数を表2に示す。

Model 1は、『抑うつ』、『不安』、『不眠』を構

成する各項目の推定値(因子負荷量)は、いずれも0.57以上の値が得られ、統計学的有意差が認められた(両側検定 $p<.001$)。しかし、3つの適合度の指標はいずれも基準を満たしていなかった。

Model2はModel 1を改良したものである。各項目間の推定値(因子負荷量)はすべて0.60以上を示し($p<.001$)、Model1よりも値が向上した。しかし、適合度の指標はModel1同様に基準を満たすものではなかった。

さらに、モデル改良を施した。DSM-IVの知見を導入したModel 3である。各下位尺度を構成する項目間の因子負荷量は0.67以上を示し、Model2よりも高い値が得られた。『うつ』と『興味・喜びの喪失』のパス係数は.840、『抑うつ気分』とは.962と高い値を示していた。適合度の指標は、GFIは.916、CFIは.915、RMSEAは.079とModel1、および2よりも向上し、予め設定した基準値を満たすものであった。AIC値は731とModel3において最も低い値を示した。Model 3を図1に示す。

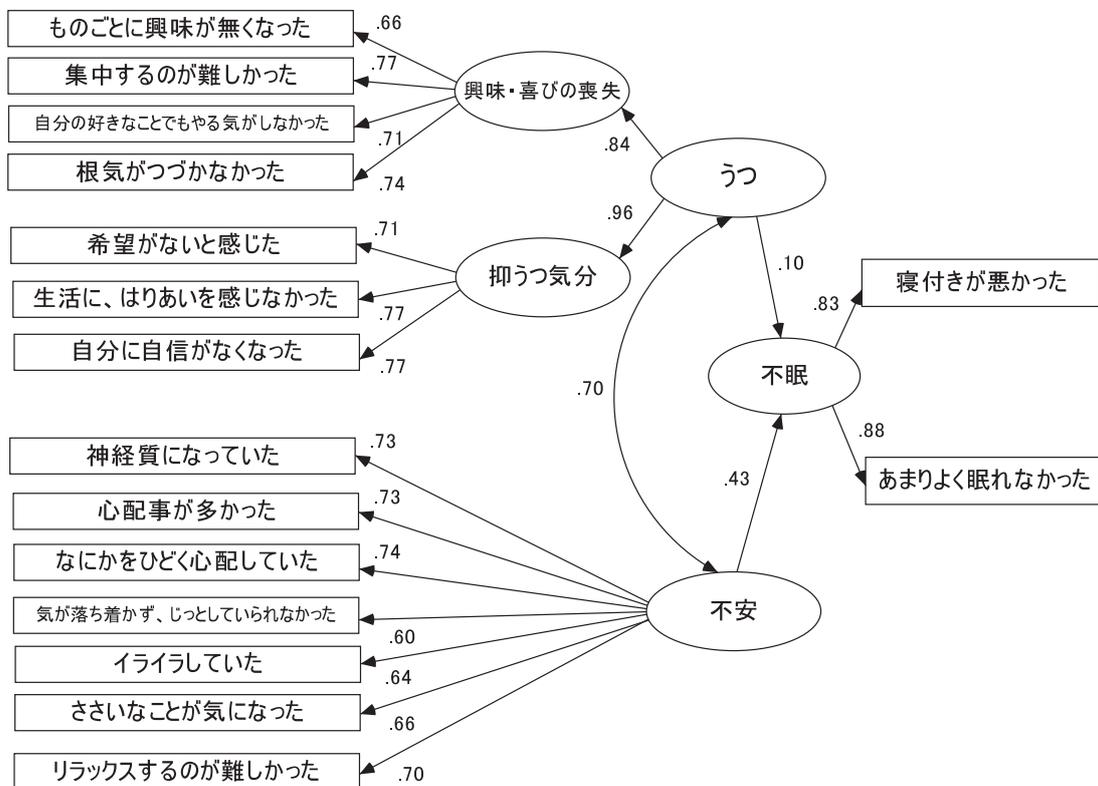
表1 対象者の基本属性

属性	平均±標準偏差
年齢	53.1±15.3 歳 (n=915)
属性	n (%)
職業	
無職	534 (58.4%)
自営業	109 (11.9%)
パート勤務	191 (20.0%)
その他	46 (5.0%)
同居家族数(本人も含む)	
1人	50 (5.5%)
2人	210 (23.0%)
3人	194 (21.2%)
4人	212 (23.2%)
5人	90 (9.8%)
6人以上	84 (9.1%)
無回答	75 (8.2%)
配偶者	
配偶者あり	733 (80.1%)
配偶者なし	143 (15.6%)
無回答	39 (4.3%)

表2 SEMIによる確認的因子分析の結果(標準化推定値,適合度)と信頼性係数

項目	Model1			Model2			Model3		
	抑うつ	不安	不眠	抑うつ	不安	不眠	抑うつ	不安	不眠
【潜在変数と各項目の推定値(因子負荷量)】									
1	0.60 ***			0.63 ***			0.67 ***		
2	0.71 ***			0.70 ***			0.77 ***		
3	0.64 ***			0.68 ***			0.71 ***		
4	0.75 ***			0.72 ***			0.74 ***		
5	0.63 ***			0.65 ***			0.77 ***		
6	0.71 ***			0.74 ***			0.71 ***		
7	0.74 ***			0.72 ***			0.77 ***		
8	0.69 ***								
9	0.57 ***								
10		0.72 ***			0.73 ***			0.73 ***	
11		0.74 ***			0.74 ***			0.74 ***	
12		0.70 ***			0.70 ***			0.70 ***	
13		0.64 ***			0.64 ***			0.64 ***	
14		0.66 ***			0.66 ***			0.66 ***	
15		0.60 ***			0.60 ***			0.60 ***	
16		0.73 ***			0.73 ***			0.73 ***	
17			0.83 ***			0.83 ***			0.83 ***
18			0.88 ***			0.88 ***			0.88 ***
【潜在変数間の推定値】									
「抑うつ・うつ」から「不眠」への標準化回帰係数		0.126 *			0.086			0.103	
「不安」から「不眠」への標準化回帰係数		0.419 ***			0.448 ***			0.432 ***	
「抑うつ・うつ」と「不安」の相関係数		0.686 ***			0.667 ***			0.702 ***	
「うつ」から「興味喜び喪失」の推定値 (Model 3のみ)								0.840 ***	
「うつ」から「抑うつ気分」の推定値 (Model 3のみ)								0.962 ***	
【適合度】									
GFI		0.879			0.897			0.916	
CFI		0.878			0.892			0.915	
RMSEA		0.087			0.088			0.079	
AIC		1127			879			731	
【下位尺度の信頼性係数】									
	0.837	0.790	0.788	0.858	0.790	0.788	0.796	0.782	0.790
									0.788

図1 SEMによる確認的因子分析の結果(二次因子構造化モデル(Model3))
各数値は標準化推定値である。



n=915 GFI=.916 RMSEA=.079 CFI=.915 AIC=730.967

3. 下位尺度の構築と信頼性の検討

Model 3の結果をもとに下位尺度を構築した。下位尺度項目は潜在変数、すわなち『興味・喜びの喪失』、『うつ気分』、『不安』および『不眠』を構成している項目である。各下位尺度ごとに信頼性係数（ α 係数）を算出したところ 0.782～0.796 を示していた。表2に値を示す。

IV. 考 察

本論の対象者は、治療中の疾病が無く、大多数の者が無職、パート職の、核家族を構成する年齢50歳を中心とした女性である。これらを考慮すると対象者像は主婦層と推測される。従って、対象者の妥当性は満たされ、本解析集団は尺度の適用集団と近似した集団といえる。

SEM による探索的因子分析

因子分析（Factor Analysis）とは、いわば、現象に共通する最大公約数的な因子を抽出する統計学的手法である。潜在的因子へのアプローチの方法により、探索的因子分析（Exploratory Factor Analysis; 以下、EFA と記す）と確認的因子分析（Confirmatory Factor Analysis; 以下、CFA と記す）の2つに大別される。EFAは従来の尺度開発で多用されてきた方法である。先行研究もEFAを用いて尺度開発を行った。一方、CFAは仮説検証的に因子分析を行うものであり、近年発達が目覚ましいSEMによりCFAを用いた尺度やモデルの妥当性の検証が推奨されている。そこで、今回、CFAを導入して適合値を算出し、モデル妥当性を検証した。なお、観測されたストレス応答は二値データ（binary data）である。こうした離散変数をPearsonの積率相関係数にもとづく因子分析への適用は否定的な意見もある。そこで先行研究では四分相関（テトラコリック相関 Tetrachoric Correlation）行列を算出して因子分析に供した。しかし、今回は四分相関係数をSEMに供にすることは見送った。四分相関係

数は、下式における ρ_{xy} 解くことによって算出される。

$$f(x,y) = \frac{1}{2\pi\sqrt{1-\rho_{xy}^2}} \exp\left[-\frac{1}{2(1-\rho_{xy}^2)}(x^2 - 2\rho_{xy}xy + y^2)\right]$$

四分相関係数は、Pearsonの積率相関係数と異なり、平均値および標準偏差に基づかない。一方、SEMは共分散値をもとに分析するものであり、共分散の値は平均値と標準偏差等から算出される。また、適合度の指標、GFI,CFI,RMSEAも平均値・標準偏差などから算出される。SEMへの四分相関係数の適用が妥当であるかは現時点で知見が乏しいのが理由である。

先行研究にもとづき多重指標モデルを構築したモデルが、Model 1である。Model 1の因子負荷量は、先行研究同様に高い値を示していた。一方、モデルの妥当性を示す適合度の値はすべて基準を満たしていなかった。

Model 1から身体症状、「頭がさえない」「動作が鈍くなった」を除いたのがModel 2である。うつ尺度として良く知られるSDSは、65歳以上の高齢者で得点が高くなる傾向が認められている¹²⁾。身体症状についての項目が多いことがその一因と考えられている¹³⁾。地域住民中には65歳以上の者は少なくない。そこでModel 1から身体項目を取り除いたのがModel 2である。Model 1よりも因子負荷量は高い値を示し、適合度も向上を示したが、基準は満たしていなかった。

Model 3は、Model 1および2の『抑うつ』を二次因子構造化としたモデルである。DSM-IVによれば、大うつ病エピソードの基本的特徴として、抑うつ気分または、ほとんどすべての活動における興味または喜びの喪失のいずれかが存在することが示されている。そこで、『うつ』の下位構造として『興味または喜びの喪失』および『抑うつ気分』を設定した。『興味喜びの喪失』は、「以前まで楽しめていたことにも楽しみを見いだせず」、「ものごとにも興味を示せ

ない」等で構成、『抑うつ気分』は、「集中力の低下」や、「根気がつづかない状態」を示すとともに、「生活にはりあいを感じなかった」、「希望がないと感じる」等の、気分の落ち込みや空虚感、自分に自信がなくなる無価値感で構成した。モデルの妥当性を示す適合度の値は全て基準を満たしていた。なお、Model 3はAICの値も最も低い値を示し、Model 3を採用することが妥当であると判断した。SDSやCES-D等抑うつを測定する尺度は多くあるが、それらは抑うつを1指標として評価するものである。しかし、本尺度ではうつを2つの側面から測定することを示唆するものである。

『不眠』については「寝付きが悪かった」と「あまりよく眠れなかった」の2因子で形成されている。DSMによると不眠性障害 (Insomnia Disorders) の、「主要な訴えは睡眠の始まり、または持続についての困難、または非回復性の睡眠についてのものであり。少なくとも週に3回、少なくとも1カ月起こる」等とされている。不眠を把握するには、入眠困難、中途覚醒、および睡眠達成感の3種類の状況をとらえる必要があるがあるが、本尺度では、入眠困難と、睡眠達成感の2つしか捉えられないこととなる。環境評価を行う上でも睡眠は重要である。睡眠の状況に関する設問については、別途検討することが必要であると判断した。

下位尺度の構築

Model 3の結果をもとに、『(うつ) 興味・喜びの喪失』、『(うつ) 抑うつ気分』、および『不安』のそれぞれの α 係数を算出したところ、0.782～0.796の値を示していた。Model 1の『抑うつ』の α 係数は0.837、質問項目数が減ったModel 2の『抑うつ』の α 係数は0.858と、身体項目を減じて α 係数は上昇していた。なお、Model 3は『抑うつ』を更に2つの下位尺度としたため、それぞれを構成する項目数が少なくなったため、0.796と0.782と α 値は低下

表3 改良された尺度

この2週間のあなたの心の健康状態についてお聞きします。

1	ものごとに興味が無くなった	はい・いいえ
2	集中するのが難しかった	はい・いいえ
3	自分の好きなことでもやる気がしなかった	はい・いいえ
4	根気がつづかなかった	はい・いいえ
5	希望がないと感じた	はい・いいえ
6	生活に、はりあいを感じなかった	はい・いいえ
7	自分に自信がなくなった	はい・いいえ
8	なにかをひどく心配していた	はい・いいえ
9	イライラしていた	はい・いいえ
10	心配事が多かった	はい・いいえ
11	神経質になっていた	はい・いいえ
12	ささいなことが気になった	はい・いいえ
13	リラックスするのが難しかった	はい・いいえ
14	気が落ち着かず、じっとしていられなかった	はい・いいえ

『興味・喜びの喪失』は1～4、『抑うつ気分』は5～7、『不安』は8～14について、“はい”を合計したものが各得点となる。

している。 α 係数の目安は諸説あるが0.8程度との見解もある。従って、これらの値は一定の信頼性を満たしていると言える。本論で得られた、最終的な質問尺度を表3に示す。『興味・喜びの喪失』は表中の1～4の“はい”を、『抑うつ気分』は5～7の“はい”を、『不安』は8～14の“はい”を合計したものが各得点となる。

V. まとめ

本論では、新たな視点から、確認的因子分析によりストレス構造を把握すると共に、尺度の洗煉化を試みた。本論で得られた尺度の特異な点は以下の通りである。

- 1) 質問項目が少ないこと
- 2) 「はい・いいえ」の、単純な二者択一であること
- 3) 答えにくい質問がない・回答拒否に繋がるような質問がないこと
- 4) うつは、『興味・喜びの喪失』および『抑うつ気分』の2つの側面から測定できる

1) と4) は先行研究の尺度から改良された点である。先行研究では尺度は18項目で構成されていたが、本論の結果14項目に縮小された。また、既存のうつ尺度よりも優れた特性を有するとも考えられる。なお、1) から3) は対象者にとって負担が少ないことを意味するとともに、他の質問項目を組み合わせ使用することが出来るなど、現実的有用性も大きいと思われる。

なお、ストレスを測定する既存尺度の多くは、二次予防を重視していた時代に開発されたものである。いわば尺度の目的は早期発見にある。予防医学は、今日、疾病の発生を未然に防ぐ一次予防へとシフトして久しい。健常の女性を対象に開発した本尺度を用いることによって、女性の一般地域住民を対象とした保険活動の活性化を図れるものと期待される。

なお、本尺度は、女性健常者を使用場面と想定し、それに近い多数の集団を対象として開発した。従って、本尺度はそれ以外の集団、例えば、男性、あるいは女性であっても常勤者、また、疾病者等に適用できるかは不明である。また、環境指標などの外的変数との関連性についても検討の余地もある。今後、更なる検討が必要であろう。

参考文献

- 1) 後藤恭一、金子哲也 (1999) . 航空環境と研究に関する疫学的調査(監) - 航空機騒音のストレス影響に関するパイロットスタディ - 航空環境研究 3,46-55.
- 2) 堤 明純 (2009) . 心理社会的要因の測定 (1) 「心理特性(特) 信頼性」 . 日本公衛誌 56,4,271-274.
- 3) 北村俊則 (1995) . 精神症状測定の理論と実際 . 海鳴社 : 東京 .
- 4) 河野友信, 末松弘行, 新里里春 (1990) . 心身医学のための心理テスト . 朝倉書店 : 東京
- 5) 影山隆之 (2003) . ちょっと待て! 社会心理的アプローチ - 看護研究での心理社会行動的変数の扱い方 - . 大分看護科学研究 . 4,1,21-26.
- 6) 後藤恭一 (2009) . 女性を対象にした精神的健康質問票の開発 (WMHI) . 日本ウーマンズヘルス学会 8,1-10.
- 7) 岡田努 . 海保博之, 楠見孝 (2006) . 心理学総合辞典 . 朝倉書店 : 東京 , pp36-42.
- 8) 高橋三郎, 大野裕, 染矢俊幸訳 (1996) . DSM - IV 精神疾患の診断・統計マニュアル . 医学書院 : 東京
- 9) 朝野熙彦, 鈴木督久, 小島隆矢 (2005) . 入門共分散構造分析の実際 . 講談社 : 東京
- 10) 山本嘉一郎, 小野寺孝義 (2002) . Amos による共分散構造分析と解析事例 . ナカニシヤ出版 : 京都
- 11) 豊田秀樹 (2002) . SAS による共分散分析構造 . 東京大学出版会 : 東京
- 12) Zung, W.W.K. (1967) . Depression in normal aged. Psychosomatics 8. 287-292.
- 13) de Jonghe, J. F. M. & Baneke, J. J. (1989) . The Zung self-rating depression scale: a replication study on reliability, validity and prediction. Psychological Reports 64, 833-834.

ICAO CAEP の動向－WG1・WG3*

成 沢 浩 一**

1. はじめに

国際民間航空機関（ICAO）は国際民間航空条約に基づき設立された国連の専門機関であるが、民間航空における環境問題に係る検討を行っているのが、ICAO 理事会により 1983 年に設立された航空環境保全委員会（CAEP：Committee on Aviation Environmental Protection）である。CAEP は委員とオブザーバーから構成されており、現在委員は 22 カ国に上る。オブザーバーとしては国際空港評議会（ACI）、国際空港運送協会（IATA）、航空宇宙工業会国際評議会（ICCAIA）、国連気候変動枠組条約事務局（UNFCCC）、欧州委員会（EC）等が参加している。

CAEP では、航空機騒音及びエンジン排出ガスの規制、空港周辺の騒音被害の軽減方策、地球温暖化対策等の民間航空における環境問題全般に係る様々な課題について、技術的・経済的観点から検討を行っている。現在、2010 年 2 月開催予定の CAEP 会議（CAEP/8）に向けて、以下のとおりワーキング・グループ（WG）等を設置して検討を行っている。

- ・WG1：航空機騒音に関する技術的事項
- ・WG2：空港周辺の環境保全、運航等に関する事項
- ・WG3：航空機エンジンの排出ガスに関する技

術的事項

- ・MBMTF（Market-based Measures Task Force）：経済的手法に関する事項
- ・MODTF（Modeling and Databases Task Force）：分析を行うためのモデル・データベースに関する事項
- ・FESG（Forecasting and Economic Analysis Support Group）：

交通量予測、規制の効果分析に関する事項

今回の CAEP/8 会議では、これらすべての WG による検討結果の報告、各種提案等がなされる予定であるが、広範囲にわたる環境問題の中でも特に温暖化対策及び NO_x 対策が重要課題とされている。本稿では、重要課題である排出物（WG3）に係る事項を中心に、同会議で予定されている検討結果の報告、提案等を踏まえ、現時点（2009 年 12 月）での CAEP の動向を解説する。（その後、CAEP/8 が開催されたため、CAEP/8 での了承事項について注意書として記載する。）

2. 温暖化対策に係る検討

現在の CAEP の活動を言及する上で、「温室効果ガス対策」が重要なキーワードになっているが、その経緯についてごく簡単にご説明したい。ICAO においては、2007 年 9 月に開催された総会において、温暖化対策に関する「ICAO 行動プログラム」を策定することや、その検討のために主要 15 カ国の政府高官で構成されるハイレベル作業部会（GIACC：Group on

*Trends of ICAO/CAEP – WG1・WG3

**国土交通省 航空局技術部 航空機安全課
航空機技術基準企画室長

International Aviation and Climate Change) を設置すること等が決議され、ICAO 理事会の下に設置された GIACC から CAEP に対して以下の項目について検討するよう要求があった。このような背景により、温室効果ガスに係る検討が CAEP の重要課題として位置付けられた。

- advice GIACC of development with respect to non-CO2 emissions and GIACC to revisit this discussion of GIACC 3;
- develop the tool to evaluate the measures on the basis of Technology availability, relative cost and relative ease of implementation and report to GIACC and;
- report on developments and what can be expected in regard to alternative fuel should be provided to GIACC 3

なお、GIACC には3つのワーキンググループが設置され、各ワーキンググループ（注. CAEP の WG と区別するために「ワーキンググループ」と表記する。）では以下の事項を検討した。

ワーキンググループ1：

国際航空分野における燃料消費効率ベースのグローバル目標

ワーキンググループ2：

航空機や燃料の技術革新、航空管制の高度化等の運航の効率化、経済的手法等から構成される総合的な温暖化対策の枠組み

ワーキンググループ3：

各締約国の温暖化対策による進捗状況の報告・モニタリングの手法

GIACC は4回開催され、後に述べるように、CAEP に対してバイオ燃料等代替燃料や CO2 基準に係る検討を求めており、これを踏まえつつ各 CAEP WG では議論を進めてきた。

3. NOx 基準の強化の技術的分析

CAEP/7 で決定された WG3 の将来作業「CAEP/6 から 20% までの基準強化オプション

の技術的分析」に関して、製造中及び最近証明されたエンジンが将来対応できるかどうかの分析結果が示されている。分析では、各エンジン型式（圧縮比 30）に3段階の改造を加えた場合に、-50%、-10%、-15%及び-20%の基準強化に対する適合性の可否を示している。3段階の改造は、軽微な順から MS1、MS2 及び MS3 で表され、MS1 は「軽微な改造 (Minor Change)」、MS2 は「一定の基準で証明された技術による改造」、MS3 は「新技術による改造」とした。あわせて、各改造によるコスト (MS1:1,000 万ドル、MS2:7,500 万ドル、MS3:3 億ドル) も示された。また、MS3 では、NOx の低減は他の改造に比べて向上するが、騒音及び燃料消費量 (fuel burn) が増加することが示されている。

4. NOx 基準の強化

今回の CAEP/8 において NOx 基準の強化が提案されるとの情報もあるが、現時点では、適用される発動機の型式及び具体的強化案については明確になっていない（注. 小型/中型/大型で 5%/15%/15% の強化を 2013.12.31 以降適用することが了承された。）。強化された基準については第 16 付属書第 2 巻を改訂することにより適用することとなるが、現時点での改訂案では、以下のような提案がなされている。（注. 以下については、前述したように CAEP/8 で強化案が了承されたため、必要な手続きの後、改正がなされる予定。）。

- ①最新基準が適用される型式が現行の「当該型式の最初の発動機が 2008 年 1 月 1 日以後に製造されたもの」に加えて、ある時期以降に生産された発動機すべてに適用することが提案されている。一方で、当該時期については明記されていない。
- ②新たな型式の発動機に対して強化された新しい基準を設定することが提案されているが、適用される発動機の最初の製造日、新たな基準については明確にされていない。

なお、CAEP / 6で了承されたNO_x基準に適用していない発動機に対する Production Cut offについては、第2回のステアリンググループ会合以降、FESG等の評価では環境に与える影響は無視できるとの報告がなされているところである。今回の付属書改訂案では Production Cut-offが導入されている。一方で同時に、Exemptionについても規定することとしている。ちなみに、Production Cut-offが適用される発動機にはPW4000系列型が含まれている。

5. GIACCからの新たな要求事項

前述のとおり、GIACCはこれまで計4回開催されたが、第3回の会議において以下の3事項について検討することがCAEPに対して要求され、今回のCAEP/8会議ではこれらについても検討結果の報告、提案等がなされる予定である。

- ①代替燃料を考慮した新しい燃料消費効率 (fuel efficiency) の具体的指標 (metric) の開発
- ②従来の化石燃料と今後考え得るバイオ燃料間の燃料換算係数
- ③CO₂基準の策定

6. 燃料消費効率の具体的指標

WG3の将来作業「燃料消費の中期的(10年後)・長期的(20年後)の技術目標の検討」に関して、技術目標の指標としては燃料消費量 (fuel burn) ではなく燃料消費効率 (fuel efficiency) とすることが、第1回ステアリンググループ会合で了承されたところであり、第2回ステアリンググループ会合では燃料消費効率の具体的指標が以下のとおり示された。

燃料使用量 (fuel mass used) / 有償トン・キロ (payload × distance)

この指標は、「CAEP environmental goal」、「air traffic operational goal and aircraft」及び

「engine technology goal」の各目標の評価に用いられることとされているが、今回のCAEP/8会議では air traffic operational goal and aircraft 及び engine technology goal について未だ検討が完了しておらず暫定方法として提出される予定であり、次回CAEP/9においてさらに検討するものとして提案される予定である。

一方で、WG3内に設置された Fuel Efficiency Metric ad hoc Group において、2050年までの燃料消費量が5つのシナリオに基づいて見積もられた。各シナリオでは2006年を基準(187Mt)とし、最も消費量が多いシナリオでは2050年において約900Mt、最も少ないシナリオでは約700Mtと示されている。

7. CO₂基準の検討

今回のCAEP/8会議の課題の中で特に重要なテーマのひとつにCO₂基準の検討がある。本件についても前述のとおりGIACCから求められた検討項目のひとつであり、今回のCAEP/8会議では、2013年を目途にCO₂基準の検討を実施することが提案される予定である。これについては、GIACCだけでなくハイレベル会合 (High-Level Meeting on International Aviation and Climate Change) からもICAOに対して検討が求められており、提案は決定される見通しとなっている。(注. 提案は了承され、WG3内にCO₂ Task Groupが設置される事となった。)

一方で、CO₂基準の策定に際して論点となる項目は適用される型式の範囲(すなわち、「新型式のみに適用するかどうか」、「適用される航空機の種類を限定するかどうか」)であるが、これについては、今後CAEP/9において、「新型式に適用する」、「新造機に適用する」又は「既存機すべてに適用する」のすべてオプションについて検討する予定である。また、適用される航空機の種類についても、今後、最大離陸重量が50t以上か又は32.5t以上かを議論する予定であり、32.5t以上に適用される場合には、現在

開発中のMRJ (Mitsubishi Regional Jet) が適用となる場合もあり得ることとなる。

8. 粒状物質 (Particulate Material) の検討

航空機からの粒状物質の排出については、次回CAEP/9の作業として、発動機からの排出測定法、評価法等の検討を実施し、排出指標の開発をすることが提案される予定である。

9. 騒音基準の強化

今まで排出物に係る動向を中心にご説明してきたが、騒音についても動きがあるので一部紹介することとしたい。

現行の大型機に対する騒音基準で最新のものとはChapter4であるが(なお、我が国で運航している型式機でChapter4が適用される型式はない)、今回のCAEP会議では、次回CAEP/9の作業としてChapter4を強化する新たな騒音基準の検討を実施することが提案される予定である。一方で、具体的な基準値、適用となる型式等については、現時点では明確になっていない。(注. Chapter4から-10dB又は-12dBの強化。2017年又は2020年1月1日適用開始することが提案されたが、CAEP/9で検討することが合意された。)

10. おわりに

以上がCAEPの最近の主な動向である。今回のCAEP/8会議においては、これまで述べてきたように、新たにCO₂等の温室効果ガスに係る規制の追加及び騒音基準の強化について次回CAEP/9で検討することが決定される予定である。(注. WG3内にTask Groupを設置して検討することが了承された。) また、NO_x基準についても、現時点では具体的な数値が示されていないものの、強化する方向で提案がなされるようである。さらに、最新のNO_x基準を満たしていない発動機に対するProduction Cut-offも一定の条件で実施することが提案される予定である。(注. 前述のとおりNO_x基準の強化及びProduction Cut-offは了承された。)

このように環境基準、特に排出物に関する基準に対しては、今後、新たな基準の設置をはじめとして、益々強化される傾向にある。これは、地球温暖化対策をはじめとする環境問題は世界的な関心事であり、政治的な要素も多く含んでいるためと考えられ、純粹に技術的な考察を超えてトップダウンで決定される可能性もある。このため、これらの検討に対しては、今後ともその動向を注視していくことが極めて重要である。

関係者の皆さんにおかれては、引き続きご協力をお願いしたい。

ICAO CAEP の動向－WG2*

植 木 隆 央**

1. はじめに

周知の通り、国際民間航空機関（ICAO）は国際民間航空条約に基づき設立された国連の専門機関であり、その中で民間航空における環境問題に係る検討を行っている部署が、1983年に設立された航空環境保全委員会（CAEP：

Committee on Aviation Environmental Protection）である。CAEPでは、従来からの航空機騒音及びエンジン排ガスの規制に加え、空港周辺の騒音被害の軽減方策や地球温暖化対策など民間空港における環境全般に係る様々な課題について、技術的・経済的観点から検討が行っている。

前号で述べたように、2006年2月に第7回CAEP会議（CAEP/7）が開催され、2010年に予定されている第8回CAEP会議に向けて作業を進めるための組織構成が決議された。その組織構成はステアリング・グループ会議（SG）の下に、WG1からWG3までの3つのワーキンググループ（WG）とタスクフォース（TF）が置かれている。各WGには幾つかのタスクグループ（TG）が設置されている。本稿で述べるWG2には、①TG1：土地利用計画及び騒音管理、②TG2：航空管制管理面での検討、③TG3：航空機運航面での検討、及び④TG4：空港周辺大気質の4つのTGが設置されている。

ここでは、前号に引き続きWG2のTG1からTG4の主要な活動について、レビューを含めて動向を紹介する。

2. TG1：Land Use Planning and Noise Management（LUTG）土地利用計画騒音管理

(1) 0.01 バランスド・アプローチ

バランスド・アプローチ（以下BAと言う）は、各空港固有の騒音問題の事情に鑑みて、4つの基本的施策（航空機の低騒音化、土地利用計画、騒音軽減運航方式及び運航規制）を、当該空港において最適なものとなるよう組み合わせる概念であり、CAEP/6（2004年）にてガイダンスの発行が承認され、CAEP/7においてBAガイダンスの改訂が図られた。CAEP/6以降、ICAOは「空港計画マニュアル」（Doc9184）とともに「BAガイダンス」（Doc9829）の普及をワークショップ等の場を通じて推進してきたが、CAEP/7において経費削減、内容の最新化・統一化の観点から、プレゼンテーション資料の共通化、音声媒体及びwebの利用による普及をすることが合意され、BAガイダンスが空港レベルにおいてより広く利用されるための方策について検討がなされてきた。

前述の通りCAEP/7において、BAガイダンスドキュメントの変更がすでになされており、この部分の作業は完了している。BAが各空港において、どのように利用及び導入されているかの検討、空港の騒音問題にどれほど寄与

*Trends of ICAO/CAEP - WG2

**国土交通省 航空局 空港部環境・地域振興課
騒音防止技術室 課長補佐

しているか等の評価が続けられ、特にヨーロッパの主要空港の状況について議論されてきた。CAEP/7の後も検討が継続されてきたが、大きな改定はなく付録として各国におけるBAの事例として追加されただけとなっている。

(2) 0.02 エンクローチメント・アナルシス

エンクローチメント・アナルシス（以下EAと言う）は、2001年の第33回ICAO総会決議を受けて、CAEPにて検討が開始され、都市化に伴う騒音影響地域内への宅地の増加（人口増加）について騒音予測コンターと人口データを用いて解析し、騒音対策としての土地利用計画に係る検討・評価を行い騒音影響範囲における人口変化等を分析するものである。CAEP/6以降、米国、英国、ブラジル及び我が国は主要空港に係るEA解析結果を提出した。このタスクはEAをBAガイダンスのAPPENDIXとして取り込もうという目的から始まっている。しかし、WG2としてCAEP/7までに十分な評価ができなかったこと、提唱した米国においてEAに係る研究が停滞したことなどからCAEP/7での結論は見送りとなり、CAEP/8を目処に作業が継続されてきた。CAEP/8においてEAの記述はニュージーランドとイタリアのサンプルが追加されてBAガイダンスの付録に含まれることになった。

3. TG2 : TG2 : Air-Traffic Management Task Group (ATMTG) 運航の管理

(1) 0.07 CNS/ATMに適用される環境影響評価の概念と評価手法の定義

CNS/ATMに適用される環境影響評価のコンセプトを調査し、全てのフライトフェーズを包含するCNS/ATM計画及びプログラムの導入による環境へのベネフィットを定量化するため、ATMの進歩を確認するための方法を定義づけるものである。そのため、運行管理に関するガイダンスマテリアルを作成し、それを燃

料使用の最少化と排出物低減のための空港運用や運航管理者等の最適手法を取り纏めたサーキュラー 303 “Operational Opportunities to Minimize Fuel Use and Reduce Emission”の適切なセクションに組み入れることを意図して検討が続けられてきた。その結果2009年のSG3会議においてケーススタディのアウトラインに基づき議論された結果、サーキュラー 303のChapter-6に含まれることになった。

(2) 0.08 騒音、NOx及び燃料消費に係るATMにおける中・長期目標の設定

次世代の新ナビゲーション計画であるNextGenやSESAR等の将来（中期（10年）、長期（20年））のATM構想が騒音やNOx、CO₂の排出にどのような影響を及ぼすかが検討されている。本件を検討するにあたり、専門家の募集が行われたが定員に達せず、再度募集がかけられていた。最終的に何名の専門家で構成されることになったのかは不明。2009年には電話会議も含めて数回の会議を開催したようであるが、現在のところ中・長期目標の設定素案は提示されていない。

4. TG3 : Operational Measures Task Group (OMTG) 航空機の運航

(1) 0.12 連続降下進入

連続降下進入（以下CDAと言う）を利用することにより生ずる騒音及び排出ガスの低減効果を評価している。TG3において重要度の高い項目として位置づけられている。CDAについてはヨーロッパにおいて以前から実施されていたが、CDAの運用手順がまちまちであることから、TG3では他のICAO内のパネル（IFPPとOPSP）と連携してCDAの定義を明確にすることが検討されてきた。2008年後半にCDAの定義の素案がWG2メンバーに回覧されたが、CDAの定義の確立には至らず、CAEP/9の将来業務としてICAO CDA運用マニュアルの作成作業が継続されることとなっている。

(2) 0.14 高降下率進入方式について

高降下率進入方式の利点を評価している。なお、この項目は、高降下率進入方式の運用及び評価手法の見直しを含んでおり、運用における技術的な実現可能性についても考慮されている。3度の降下角度を大きくすれば、当然ながら騒音コンターが小さくなるという結論が得られている。また、降下率を大きくすることでフラップ角を浅くすることも可能となり、更なる騒音低減が期待される。評価対象を4.5度未満のグライドスロープに制限することについては、PANS-OPSにより同意されているが、PANS-OPSが単に騒音低減を理由とした3.0度を超えるアプローチ角度の使用を制限している。ICAOパネル(OPSPおよびIFPP)において安全性および空港容量の検討を行うことが継続される。

(3) 0.15 空港の遠方で発生する騒音に関する検討と運用面からの騒音軽減手法

空港から9～12km離れた場所での離発着機の騒音に係る検討をしている。一時期、この問題に関しWG1において騒音証明方法の検討が議論されていた。その結果、より広い地域での騒音問題に対処する最良の方法は、騒音証明方法の変更よりも、まず運用手法による対応が可能かどうかの検討を行うことが必要であると結論づけられた。つまり、騒音証明方法に係る問題でないと考えられている。この問題は騒音にとどまらず、空域再編と関連した騒音/排出ガス取引問題を含むことであり、検討は継続される。

5. TG4 : Airport Local Air Quality Task Group (LAQTG) 空港周辺大気質

(1) 0.17 空港周辺大気質に係るガイダンス

CAEP/7においては、締約国が空港周辺大気質の測定及び評価を行うためのガイダンスとして、その素案の構成及び一部の内容が提案・承

認され、完了した部分までについて暫定版として公表されていた。その後、空港大気質ガイダンスマニュアルの第二版を作成することで、これに拡散モデルおよび測定方法や目録の改定も含まれることになった。CAEP/8においては、この改訂の承認が求められていて、一部、環境影響軽減と相互関係の章の開発が出来なかったため、ACIがCAEP/9において開発する意向である。また、本ガイダンスマニュアルを無料でWEBサイトにおいて閲覧できるようにすることの承認が求められている。

(2) 0.18 空港周辺大気質に影響のある排ガス削減のための技術、運用上、及び経済的手法

CAEP/7におけるガイダンス案の審議の結果、ガイダンスの環境影響軽減(mitigation)及び環境影響要素間の相互関係(interrelationship)に関する章は、CAEP/8及びCAEP/9サイクルの中で段階的に検討を進めることとなっているが、WG2においては、対象を航空機自身に限定して環境影響軽減の章についてNexGen、SESARを参考にしつつ、対象を航空機自身に限定して検討を進めることにしている。検討が完了した後は、補助動力装置(APU)など航空機自身以外の発生源についても環境影響軽減の章に盛り込むとともに、技術的側面以外からの軽減方策及び環境影響要素間の相互関係についても検討がなされ、技術指針が作成される予定である。

6. Model and data base Task モデル・データベース タスクフォース (MODTF)

後述するICAO/CAEPのInterdependency(相互依存)計画の一環として、共通の評価尺度を確立するために使用するモデルを評価するためのタスクフォースが設置され、騒音影響(Noise)、大気環境(LAQ)、地球温暖影響(GHG)、及び経済影響(Economic)に関する予測モデルの評価が進められている。第一段階として、

Memorandum/65 として ICAO CAEP メンバー国にアンケートフォームが送られ、その回答がとりまとめられた。その後、共通の条件に基づいて予測計算が行われ、その結果について評価が進められている。

騒音予測モデルについては、現在のところ3つのモデルの評価が完了し、1のモデルは評価継続となっている。モデル評価の目的はモデルに優劣をつけるのではなく、今後 ICAO/CAEP で用いる際の条件をどの程度満足するかを確認することである。

7. おわりに

以上、WG2の動向について TG1 から TG4 のタスクグループの活動を中心に述べた。

ICAO/CAEP において、航空機の運航に伴う環境影響の3課題、すなわち、空港周辺の騒音影響、大気環境の大気環境 (LAQ/Local Air Quality)、及び気象変動への影響 (地球温暖影響/GHG) への取り組みは、これまで課題ごとに政策の有効性を最大化するように行われてきた。しかしながら、投資できるコストや技術には限りがあり、また各課題への取り組みが相互に影響を及ぼしあうことから、課題相互の依存性まで考慮して費用対効果を最大とするような政策の在り方を探ることが必要となってきた。

ICAO/CAEP の動向—国際航空と気候変動*

清水 哲**

1. はじめに

気候系に対して危険な人為的干渉を及ぼすこととならない水準において大気中の温室効果ガス（GHG）の濃度を安定化させることを目的とした「気候変動に関する国際連合枠組条約」（UNFCCC）が1994年に発効した。その後、1997年に京都においてUNFCCC附属書Iに掲げられた国（いわゆる先進国）に対して2008年～2012年の約束期間におけるGHGの削減に係る数値目標等を定める「気候変動に関する国際連合枠組条約の京都議定書」（KP）が採択され、2005年に発効した。KPにおいては、国際航空分野からのGHGの排出については、各国の削減目標に組み込むことなく、「附属書Iに掲げる締約国は、国際民間航空機関…を通じて活動することにより、航空機用…の燃料からの温室効果ガス…の排出の抑制又は削減を追求する。」と規定されており（KP第2条2）、これを受けて国際民間航空機関（ICAO）は航空環境保全委員会（CAEP）を中心として国際航空分野の気候変動対策について検討を行ってきている。

また、現在、KPの約束期間が満了する2012年より先の気候変動対策の枠組みについてUNFCCCのプロセスにおいて検討（交渉）が

進められており、当該プロセスの中で国際航空分野の取扱いについても検討がなされている。

本稿では、このICAOにおける検討の状況及びUNFCCCのプロセスにおける検討の状況について紹介することとしたい。

2. ICAOにおける気候変動対策の検討

2.1 第36回ICAO総会まで

ICAOにおいては、1998年頃よりCAEPが中心となって、燃費のよい航空機の技術革新、航空管制の高度化といった運航の効率化、排出量取引等の経済的手法等による総合的な方策による対処を目指して検討が行われてきた。2007年9月の第36回ICAO総会においては、このような検討を加速させるため、先進国及び途上国の均等な参画によるICAO全地域を代表する政府高官による「国際航空と気候変動に係るグループ」（GIACC）を設置し、コンセンサスに根ざした全締約国の共通のビジョンと強い意志を反映させた「行動プログラム」（Programme of Action, PoA）を策定すること、2009年12月にUNFCCCの第15回締約国会議（COP15）が開催される予定であることを考慮しつつハイレベル会合を開催し、GIACCが策定したPoAを検証すること等が決議された（総会決議A36-22 Appendix K）。

2.2 GIACCにおける検討

GIACCには、我が国のほか豪、伯、加、中、仏、独、印、墨、ナイジェリア、露、サウジア

*Trends of ICAO/CAEP – International Aviation and Climate Change

**国土交通省 航空局 監理部 総務課
地球環境保全調整官

ラビア、南ア、スイス（第3回会合より英に交替、第4回会合より蘭に交替）及び米の15ヶ国の政府高官がICAOから指名され、4回の会合及び随時の電話会議やメールによる意見交換を行った。第3回会合までのGIACCにおける検討の状況については『航空環境研究 第13号』に報告しているの、そちらを参照していただきたい。

GIACCは、

- 1) 燃料効率（燃料消費量（リットル）／輸送量（有償トンキロ））を2%/年（数値については更なる精査が必要）の率で改善させることを短期目標とすることに概ね合意。中長期の目標について更なる検討が必要。
- 2) 適用可能な対策のリストを作成したが、国際航空分野に適用可能な経済的手法について更なる検討が必要。
- 3) ICAOにおける既存の報告制度を拡張し、対策の進捗のモニタリング等に必要な情報を収集する方向性に合意。

との第3回会合の結論を受けて、目標設定WG（豪、伯、中、仏、独、日、蘭、ナイジェリア、墨及び米が参加）及び経済的手法WG（豪、伯、加、中、仏、日及び米が参加）の2つのワーキンググループを設置して、第4回会合に向けた検討を行った。

2009年5月25日～27日に開催されたGIACC第4回会合では、両ワーキンググループによる検討成果の審議のほか、PoA及びこれを実行するための勧告についてのドラフティングが行われた。当該会合では、UNFCCCのプロセスにおける交渉において少しでも優位に立てるよう、より高い目標（燃料効率ベースの目標ではなく、総量の目標）を設定すべきとの意見や、GHGの排出削減は過去の責任に基づいて取り組まれるべきであり、総量目標の設定には強く反対するとの意見等、様々な意見がなかなか収斂せず、コンセンサスに至ったのは、会議最終日の夕刻を過ぎてからであった（PoAの概要を表1に示す。）。

なお、勧告については、会合の中ではコンセンサスに至らず、会合終了後に有志のメンバーの協力を得てGIACC第4回会合の正副議長の責任においてとりまとめられた。GIACCの成果物であるPoAは、同じくGIACC第4回会合の正副議長の責任でとりまとめられた報告書に、勧告とともに掲載されている。当該報告書は、ICAOのウェブサイト¹より入手が可能である。

2.3 ハイレベル会合の開催

15ヶ国のGIACCメンバーにより策定された

表1 GIACCによる「行動プログラム」の概要

<p>○国際航空分野の気候変動対策に係る目標</p> <ul style="list-style-type: none"> ・各国に個別の義務を割り当てるものではなく、国際航空全体で目指すものと位置付け ・燃料効率（燃料消費量（リットル）／輸送量（有償トンキロ））を短期（～2012年）、中期（～2020年）、長期（～2050年）において2%/年の割合で改善 ・上記に加え、より高い野心を示すための目標として、中期にあつては炭素中立成長、長期にあつてはCO₂の削減を設定することについて検討を継続 <p>○総合的な対策の枠組み</p> <ul style="list-style-type: none"> ・各国が自国の市場・業界の状況に応じて適用できる対策のリスト（航空機に係る技術革新、航空管制の高度化等の運航の効率化、経済的手法、規制的手法等から構成）を作成 <p>○対策の進捗のモニタリング手法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・既存の航空輸送量の報告制度を拡張 ・対策の進捗の状況は総会において確認
--

PoA について ICAO として評価するとともに、ICAO が COP15 へインプットする内容について意思統一を図ることを目的として、2009 年 10 月 7 日～9 日に「国際航空と気候変動に関するハイレベル会合」(HLM) が、世界の航空輸送量の 94% を占める 73 ヶ国の参加を得て開催された。

HLM においては、多くの国が GIACC のとりまとめた PoA を歓迎したが、より野心的な内容についての合意を目指すべきとの意見、排出量取引を活用すべきとの意見、先進国が率先して取り組むべきとの意見も強く、最終的には、議長が指名した国のメンバーによる非公式会合において、HLM の結論の案が作成された。

最終日の全体会合では、非公式会合において作成された宣言及び理事会への勧告から構成された結論案は、多くの国の支持を得て採択された(採択された宣言の概要を表 2 に示す。)

これらの宣言及び勧告を含むハイレベル会合の結果は、報告書にまとめられており、近々 ICAO より出版される予定である。

2. 4 今後の検討体制

ICAO は、HLM において更なる作業を行うこととされた、より野心的な目標の設定、経済的手法の枠組みの構築等を進めるため、我が国のほか豪、伯、加、中、仏、独、印、韓、墨、ナイジェリア、露、サウジアラビア、星、南ア、西、

UAE、英及び米の航空局長又はそれに替わる政策担当者からなる「気候変動局長グループ」を設置することを決定した。同グループは、2010 年 9 月に開催される第 37 回 ICAO 総会に向けて、検討を進めることとなっている。

3. UNFCCC のプロセスにおける検討

2007 年にバリで開催された COP13 において、2013 年以降にわたる長期の行動により UNFCCC の全面的、効果的、持続的な実施を可能にするために「条約の下での長期協力の行動に関するアドホック・ワーキング・グループ」(AWG-LCA) を 2009 年までの時限で設置し、その成果を COP15 において合意することが決定された。

AWG-LCA においては、国際航空分野の GHG の排出削減のあり方についても議論されてきており、2009 年 11 月に開催された AWG-LCA 第 7 回会合において、

- 1) すべての国が、ICAO を通じて GHG の削減に取り組むべき。ICAO は、十分野心的な目標を設定すべき。
- 2) すべての国が、UNFCCC が設定した目標の達成に向けて、ICAO を通じて GHG の削減に取り組むべき。
- 3) すべての国が、UNFCCC が設定した目標の達成に向けて、UNFCCC を通じて GHG の削減に取り組むべき。

表 2 「国際航空及び気候変動に関するハイレベル会合による宣言」の概要

国際航空及び気候変動に関するハイレベル会合は、以下のことを宣言する。

- (1) 「ICAO 行動プログラム」を承認する。
- (2) 中期及び長期においてグローバルな燃料効率(燃料消費量/有償トンキロ)を 2%/年の割合で改善させるよう ICAO を通じて取り組む。
- (3) 炭素中立成長等を含む中長期の目標について第 37 回 ICAO 総会で結論を得るべく、COP15 の成果等も考慮し、更なる作業を行う。
- (4) 国際航空における経済的手法の枠組みを構築するためのプロセスを、COP15 の成果等も考慮し、このプロセスを迅速に完了させるという考え方の下で、設ける。
- (5) 各国が CO₂ 排出削減に係る政策等を記した行動計画等を ICAO に提出することを推奨される。
- (6) 代替燃料の開発及び活用の促進について幅広い議論を行う。

- 4) GHGの排出削減に関して、ICAOは共通だが差異のある責任の原則に基づくべき。
- 5) 国際航空分野の気候変動について記載すべきでない。

その他のオプションが併記されたテキストが作成された。

COP15（予定された会期は2009年12月7日～18日）と平行して開催されたAWG-LCA第8回会合（予定された会期は12月7日～15日）においては、これまでの議論を踏まえて16日にCOP15の全体会合に提出することとなっている報告書の案について論点毎の分科会や閣僚級非公式会合を開催して審議を行った。しかしながら、先進国と途上国の意見の対立は埋まらず、実質的な進展はほとんど得られないまま、議長が提示した結論案を若干修正したものをCOP15に報告し、COP15において審議を継続することが16日朝になって決定された。国際航空分野のGHGの排出削減のあり方については、一部の途上国が議論すること自体に反対したこともあり、「今後策定（To be elaborated）」と記載された。

16日のCOP15全体会合では、AWG-LCAの報告書の審議の直前に、議長より、新提案を行い議論を進展させたいとの発言があり、これに対して主要途上国がAWG-LCAでの議論を踏まえた交渉をすべきと反発し、審議が紛糾した。このような中、鳩山総理大臣を含む30近くの

国・機関の首脳レベルの会合が断続的に開催され、18日深夜に「コペンハーゲン合意」が作成された（「コペンハーゲン合意」には、世界全体としての長期目標を産業化以前からの気温上昇を2度に抑えること、先進国による途上国への支援の規模等が記載されているが、国際航空に関する記述はない。）。19日未明に「コペンハーゲン合意」をCOP15全体会合にかけたところ、ほぼすべての国が賛同し、その採択を求めたものの、数ヶ国がその作成過程が不透明であったことを理由に採択に反対し、19日午後になって「コペンハーゲン合意に留意する。」ことが決定された。あわせて、2009年中に活動を終了することとされていたAWG-LCAの活動を継続し、成果をCOP16に報告することが決定された。

4. おわりに

これまで述べてきたとおり、国際航空分野の気候変動対策については、先進国と途上国間の見解の相違が埋まっていないほか、先進国間でも温度差があり、第37回ICAO総会やCOP16に向けて熱い議論が展開されることが想定される。今後とも、本稿を御覧の諸兄の皆様からの御指導・御支援を頂ければと考えている。

- 1) http://www.icao.int/env/meetings/GiaccReport_Final_en.pdf

国際騒音制御工学会議インターノイズ 2009* 騒音影響に関する国際フォーラム

山田 一郎** 菅原 政之**

国際騒音制御工学会 (I-INCE) が主催する第 38 回国際騒音制御工学会議「インターノイズ 2009 (以下、IN09 と略記する)」が、カナダと米国の騒音制御工学会の共催により、2009 年 8 月 23 日 (日) ~ 26 日 (水) に掛けて、カナダの首都オタワにある WESTIN ホテルにおいて 45 カ国から千余名の参加者を得て開催された。日本からの参加者も百名を超えている。この会議に参加し、講演発表を行い、幾つかの会合に出席した。今回の参加・活動事項は以下の通りであり、順を追って開催状況や要点を簡単に記載する：1) I-INCE 理事会に INTER-NOISE 2011 (2011 年 9 月に大阪で開催予定) の実行委員長として出席し、準備状況を報告した、2) I-INCE の技術研究委員会 TSG-7 (騒音政策) にオブザーバーとして参加した、3) I-INCE 定例総会に出席した、4) 本会議の開会式及び全体講演会、座長晩さん会、バンケット、空港騒音のセッション、閉会式に出席した、空港騒音のセッションでは山田が前半の座長を務め、また 2 件の発表を行い、さらにその後半には菅原が 1 件の発表を行った、5) I-INCE の FCTP (Future Congress Technical Planners) 会議に INTER-NOISE 2011 実行委員長として出席し、準備状況を報告した、6) 同時開催の CAETS ワークショップに日本工学アカデミーの会員と

して参加した、7) 本会議終了翌日に開催された米国連邦航空局 (FAA と略記) 主催の航空機騒音の影響に関するフォーラムに参加した。

当研究センターが関与する研究発表の題目と著者名の一覧：

1. Effects of data loss due to noise contamination and lack of measurements on the monitoring of airport noise (空港騒音監視における暗騒音混入と欠測によるデータ損失の影響), I. Yamada, H. Yoshioka, N. Shinohara, H. Tsukioka
2. Review of environmental measures for mitigation of aircraft noise impact in Japan from the viewpoint of Balanced Approach (バランスドアプローチの観点からの日本における航空機騒音の影響軽減のための環境対策のレビュー), I. Yamada, M. Morinaga, M. So
3. Aircraft noise prediction model taking meteorological and terrain effects into account (気象や地形の影響を考慮する航空機騒音予測モデル), M. Sugawara, H. Yoshioka, I. Yamada, N. Shinohara
4. Meteorological effect on long range propagation of heavy weapon noise (重火器騒音の長距離伝搬における気象の影響), K. Makino, K. Yamamoto, I. Yamamoto, H. Tsukioka, I. Yamada
5. New method of identifying noise events

*Inter-Noise 2009 and Advancing Air-Noise Impacts Research

**航空環境研究センター

from plural sound sources for airport noise monitoring (空港騒音監視のための複数音源からの騒音イベントを識別する新手法), K. Fukushima, Y. Nakajima, K. Sakoda, M. Okazaki, K. Makino, I. Yamada

6. Terrain effect on long range propagation of heavy weapon noise (重火器騒音の長距離伝搬における地形の影響), I. Yamamoto, H. Tsukioka, K. Makino and K. Yamamoto, I. Yamada

I-INCE 理事会は本会議前日である 22 日 (土) に開催された。I-INCE の加盟団体である (社) 日本騒音制御工学会と (社) 日本音響学会は、昨年 11 月末に、I-INCE と契約を交わし、2011 年 9 月 4 ~ 7 日に大阪で INTER-NOISE 2011 を共催することとなり、山田がその実行委員長を務めることとなった。その準備状況として実行委員会及び PCO (開催支援会社: JCOM) の組織、会議テーマ及びロゴの選定、ホームページ立ち上げ等についてこの理事会に報告した。次は来年の INTER-NOISE 2010 (リスボン) で報告、参加勧誘を行うことになる。なお、当協会の航空機騒音委員会の委員長をいただいている橋秀樹東大名誉教授が、昨年暮れまでは I-INCE 会長、現在は Past President として理事会に出席されている。

I-INCE の技術研究委員会 TSG-7 の会合にオブザーバーとして参加した。10 名程の参加があった。数年前に I-INCE が取りまとめた技術資料の続編を作っており、世界的課題としての騒音低減への取り組みについて、対象を市民・専門家・行政に分けて情報周知することを目的とし、内容を討議している。今回は市民への周知方法を検討した。数式やデシベルといった工学的表現は理解されないとして Q & A で説明・周知することを考えている。

I-INCE 定例総会に日本騒音制御工学会・日本音響学会の国際担当として出席した。予算・

決算等、定例的議事が大半であった。将来のインターノイズ開催場所の選定を担当する委員会 CSC (Congress Selection Committee) の満期となる委員の後任者の選定が行われたが、わが国からは昨年、大阪大学名誉教授桑野園子先生を委員として推薦し、就任していただいているので、新たな提案はしなかった。

定例総会后、開会式が行われた。主催地を代表してオタワにある NRC (National Research Council; 国立理学研究所) の代表者が歓迎の辞を述べた。INTER-NOISE 2009 実行委員会は加・米の騒音制御工学会の共催であるが、加側実行委員長 T. Nightingale 及び I-INCE 新会長 G. Daigle は NRC の建築音響学、物理音響学部門の研究者である。開会式に引き続き、Barbara Griefahn (独国 TU Dortmund University 教授) が会議冒頭を飾るプレナリー講演として次のスピーチを行った。

Barbara Griefahn and Mathias Basner; 騒音性睡眠障害が日常活動・福祉・健康に及ぼす長期的・間接的な影響について

全体講演の終了後、実行委員会主催の歓迎レセプションがあり、飲み物とつまみがふるまわれた。その後、近くのホテルを会場として、本会議のセッションの座長を務める研究者らを対象とする晩さん会が開催され、これに空港騒音セッションの座長として招かれた。会食後、セッションを司会する際の注意事項が説明された。本会議の参加者全体を対象とするバンケットは、本会議三日目 25 日 (火) の夕方、セッション終了後に、WESTIN ホテルの川向うにある文明博物館の食堂で開催された。会議会場からバス 2 台が往復して参加者を運んだ。食前酒をふるまわれ、館内展示を見学した後、着席して食事をした。インディアン舞踊がアトラクションとして行われた。空港騒音のセッションは、本会議二日目 24 日 (月) に割り当てられ、山田は座長を務めるとともに 2 件の発表を行った。菅原研究員の発表は午後であった。

FCTP (Future Congress Technical Planners) 会議は、三日目 26 日 (水) 午後開催された。日本から橘先生をはじめ数名が参加したが、今回は大半の時間が INTER-NOISE 2010 の Structured Session に関する討議に費やされた。INTER-NOISE 2011 には短い時間しかあてがわれず、実行委員長として数分にわたり会議の基本情報、Session の構成等について説明し、各国からの協力を依頼するに止まったが、企画提案や協力の申し出が幾つもあった。

閉会式は、三日目夕方、定例的なやり方で行われ、最後に来年 6 月にポルトガル/リスボンで開催される INTER-NOISE 2010 の案内と勧誘で締めくくられた。その後の Farewell Reception ではポルトガルの発泡ワインやつまみもふるまわれた。

CAETS ワークショップ会議は I-INCE の元会長である B. Lang と T. Kihlman 両氏が、工学分野全てをカバーする国際組織 CAETS に対し、世界的な課題としての騒音問題の重要性をアピールする一環として、昨年 6 月にサザンプトン大学 / 音響振動研究所で開催した会議に続き、開催したものである。これに日本の組織 (日本工学アカデミー EAJ) の会員として参加した。前回は交通機関 (自動車、鉄道、航空機) の騒音低減研究の現状と動向のレビューが行われ、パネル討論を行ったが、今回は工場、建設、家電などの機械の騒音低減研究の動向レビューが議題として取り上げられ、三日間にわたり報告、討議が行われたが、空港騒音の発表、司会等のため、一部を聴講するに止まった。

FAA の騒音影響に関するフォーラムであるが、INTER-NOISE 2009 の全日程が終った翌日 8 月 27 日 (木) に同じホテルの別の会議室で開催されたものである。一昨年来、参加してきた WHO/EU 及び IC BEN の会議にいた人達もここにも来ていた。この会議は、FAA が航空機騒音による睡眠障害及びアノイアンスに関し、今後 3~5 年にかけて取り組むべき課題は何かに

ついて研究者の意見を求める趣旨で開催したものである。睡眠障害についてわが国の環境省もここ数年取り組んでいることを伝え、適宜、仲介する意思のあることを述べた。フォーラムはその後 2009 年末にも開催されており、会議資料がホームページからダウンロードできる。

山田の感想：空港騒音のセッションについては、招待したドイツ、タイの研究者の講演が取り消しとなったのは残念だったが、オランダから実測で予測の信頼性を向上させるという内容の興味深い発表があった。当研究センター菅原のシミュレーションモデルとも関連する内容であり、旧知の研究者であったため、今後情報交流を図りたいと考えている。別セッションで、NASA/Volpe Center がセグメントモデル用の地上滑走開始点後方の音源指向性に関する発表をした。以前よりも我々に近いものになっているようだ。

菅原の感想：今回の発表は 2006 年に開催された同会議での発表に続くもので、我々が航空機騒音のシミュレーション計算について先進的な取り組みを行っていることのアピールを目的として臨んだ。スピーチを訓練したのは勿論のことスライド等準備に力を入れた。今回の発表では音場の変化を動的に示す CG 動画が目玉の一つであり、係の人と時間をかけて調整し首尾よく発表に用いることができた。発表は最終日の最後のセッションであったので視聴者に疲れが見えており、また会場の環境が快適とは言えないという悪条件があったが、以上のような準備が功を奏し視聴者は皆真剣に聞いている様子であった。質疑では本研究の検証の仕方について質問を頂き、ブロークンな英語でたどたどしく答えたが納得していただけた。チェアマンからとても良かったと声をかけて頂いた。今後も継続して発表できるだけの成果を出せるよう本モデルの開発を進めるとともに、積極的に議論に参加し交流を深めるための英語力と経験を積む努力を続けたい。

他所の発表ではFAAの航空機騒音予測モデルであるINMの実測値を用いた検討や、欧州のノイズマップを航空機の運航面に活用する話など、我々の仕事に関係の深いものがあった。これらは自身の発表や準備のために全て聞くことはできなかったが、文献CDは得ているのでこの後勉強したい。また小林理研など国内の学会で活躍されている方々の発表も多く見られた。

オタワは首都であるにも関わらず東京に比べゆとりのある街づくりで美しい名所が散在していた。会場から徒歩5分ほどの場所にあるパラメント・ヒル、国会議事堂は散歩がてらに見学することができ、珍しい建築と衛兵の交代式を見ることができた。他にもリドー運河等を滞在中に楽しむことができた。

航空機騒音に関係する発表一覧

Uncertainty and Level Adjustments of Aircraft Noise Measurements (航空機騒音の測定における不確かさとレベル補正), Rudolf Butikofer, Georg Thomann

Effects of data loss due to noise contamination and lack of measurements on the monitoring of airport noise (空港騒音監視における暗騒音混入と欠測によるデータ損失の影響), Ichiro Yamada, Hisashi Yoshioka and Naoaki Shinohara

Review of environmental measures for mitigation of aircraft noise impact in Japan from the viewpoint of Balanced Approach (バランスドアプローチの観点からの日本における航空機騒音の影響軽減のための環境対策のレビュー), Ichiro Yamada, Makoto Morinaga, Michiko So Finegold

A new approach to aircraft noise monitoring:

ANIMO (航空機騒音監視における新しいアプローチ: ANIMO), Frank H.A. Van den Berg, Frits J.M. van der Eerden and Derk-Jan D. Land

New method of identifying noise events from plural sound sources for airport noise monitoring (空港騒音監視のための複数音源からの騒音イベントを識別する新手法), Kenji Fukushima, Yasutaka Nakajima, Michinari Okazaki, Koichi Makino and Ichiro Yamada

The effects of behind start of take-off roll modeling in INM and AEDT; A case study (INMとAEDTにおける離陸滑走開始の後方のモデリングの効果; ケーススタディ), Eric Boeker

An examination of the influence of roughness and loudness on annoyance ratings of aircraft noise (航空機騒音のいらだち評価におけるラフネスと大きさの影響の調査), Shashikant More and Patricia Davies

Noise mapping around airports (空港周辺のノイズマップ), Wolfgang Probst, Bernd Huber and Berthold Vogelsang

Assessing the uncertainty in FAA's Noise and Emissions Compliance Model (FAA騒音および排出物適合モデルにおける不確か性の評価), Rebecca Cointin, George Noel, Doug Allaire and Stuart Jacobson

Temporal variability of atmospheric absorption of sound and its effect on aircraft noise propagation around an airport during a year (空港周辺の航空機騒音伝搬における一年間にわたる音の空気吸収の時間変動とその影響), Yasuaki Okada, Koichi Yoshihisa, Teruo Iwase

A comparison assessment of 2-D and 3-D analysis for aircraft noise in a high-rise city (高層建築都市の航空機騒音のための二次元および三次元解析の比較評価), Byung Chan Lee, Jun Hee Ko and Seo Il Chang

A systematic comparison of aircraft noise induced EEG awakenings and automatically detected cardiac arousals (航空機騒音に誘発された EEG 覚醒と自動検出された心拍上昇による覚醒の体系的な比較), Mathias Basner, Uwe Muller and Eva-Maria Elmenhorst

Development of an index for tradable noise permits (騒音排出取引のための評価指標の開発), Bastian Figlar and Truls Gjestland

Balanced Approach to Aircraft Noise Management at Narita International Airport (成田空港における航空機騒音マネジメントのバランスドアプローチ), Saburo Ogata

A long term low frequency noise outlook for aircrafts during take-off (離陸時の航空機による低周波騒音の長期観測), Henk Veerbeek, Dick Bergmans

Predictions of Near-Runway Thrust Reverser Noise (滑走路近隣におけるリバース騒音の予測), Anthony A. Atchley, Randy M. Carbo, Bradley M. Dunkin, Eric Boeker, Hua (Bill) He

Aircraft noise prediction model taking meteorological and terrain effects into account (気象や地形を考慮する航空機騒音予測モデル), Masayuki Sugawara, Hisashi Yoshioka, Ichiro Yamada and Naoaki Shinohara

Consideration to a new aircraft noise monitoring system at Narita Airport (成田空港の新しい航空機騒音監視システムの検討), Naoaki SHINOHARA, Miroku TANI and Saburo Ogata

On aircraft noise and its monitoring at Tallinn Airport (タリン空港における航空機騒音と監視), Signe Vanker

Noise optimization of airflight tracks by reciprocal noise maps (相互騒音マップによる飛行経路の騒音最適化), Jan Jabben, Bastiaan du Pon and Luppo de Vries

ISO/TC43/SC1 総会および WG45 の会議報告*

山田 一郎**

国際標準化機構（ISO）の音響に関する国際規格を審議する技術委員会 TC43 およびその騒音に関する分科委員会 SC1 の定例総会が 2009 年 11 月 19～20 日に掛けて韓国ソウルの SEOUL PLAZA HOTEL で開催された。その SC1 総会および併催された傘下の作業グループ WG45（環境騒音の評価方法）の会議に日本のメンバーとして参加した。

1. ISO/TC43/SC1 総会の概要

ISO/TC43 の活動は TC43 本体（音響）、SC1（騒音）、SC2（建築音響）に分かれ、総会も各々行っている。総会は、一年半に一回の割合で加盟各国の持ち回りで開催しており、今回はアジアの当番として韓国で開催されたものである。当初、日本に打診があったが、いつも連動して開催される IEC/TC29（音響計測器）は東京、ISO/TC43 はソウルとなったものである。取扱う規格の数は、TC43 本体、SC1、SC2 の中では、SC1 が圧倒的に多く、道路・鉄道・航空の交通騒音を含む環境騒音の測定・評価方法の規格が含まれている。

総会は、今回も前回同様、SC2、SC1、TC43 本体の順に行われた。山田は SC1 総会のみ出席した。SC1 総会は 19 日午後から 20 日昼過ぎに掛けて開催された。日本（JISC）から 7 人が出

席した。橘秀樹（千葉工大、日本代表）、山田（空環協、幹事）、大久保（小林理研、幹事）、白橋（日産自）、鈴木（東北大、TC43 本体の日本代表）、倉片（産総研、TC43 本体幹事）、板本（日大）の各氏である。議長は前回からスウェーデン H.G. Jonasson 氏が務めている。出席者の総数は 51 名で、13 カ国（オーストラリア、ベルギー、カナダ、デンマーク、フランス、ドイツ、日本、韓国、オランダ、ノルウェー、スウェーデン、英国、米国）の代表等、及び議長、事務局、TC43/SC2、ISO/TC22、IEC/TC29 代表である。通常、ISO/中央事務局の代表が参加するが、今回は欠席であった。

会議は最初に主催者を代表して Prof. Sun-Woo Kim（Chonnam National Univ.）が挨拶して始まり、議長が開会宣言した後、14 項目の議題について議題 1 の出席確認から議事次第の承認、書記の指名（カナダ Stephen E. Keith、仏 George Dimitri/Jean Jacques 代理）と定例通りに進化した。Jonasson 議長が事務局 L. Nielsen, L. Sorensen が会場前方に並んで座り、議事進行を司る形で進化した。

議題 5～6 は事務局活動等報告で、委員会規格案 CD の回付期間が 3 ヶ月から 2 ヶ月へと早められること、測定評価の不確かさに関する指針文書 GUM の HTML 版入手に関する情報、ISO 審議の電子システム Global Directory に不備が残り、当面 E-mail 併用を続けることなどが述べられた。また、TC43 事務局（Denmark 規格協会が担当）の経済事情が依然として厳しく、

*Report on the meeting of ISO/TC43/SC1 General Assembly and WG45

** 航空環境研究センター

規格に関する最新情報を有料で提供し、収入を得る試みの報告もあった。

議題7は新規作業項目 NWIP の提案で、8件あった。米国から道路交通車両が放射する騒音の最低限度 (Minimum noise) を規定するための騒音測定の方法を記述する規格案の策定の提案があった。電気自動車の急速な普及により、車両の発進・低速走行時に音が聞こえず、歩行者の安全が脅かされるといった懸念に対処するためある程度の騒音が必要だという主張があり、まずはそうした低レベルの騒音を測定する手法を規格化する必要があるというものである。激しい道路騒音に曝露されている人が多数おり、発生源対策への世界的取り組みが不可欠として騒音の測定や評価、対策の技術の開発、推進を図っている中、それと逆行するような技術の開発につながる規格案の作成を疑問視する考えからの反対や逡巡を表明する意見があった。英国から緊急放送用サイレンの性能に関する規格案や街中での荷積み・荷降ろしの際の騒音測定・制御システムに関する規格案の提案があったが、汎用的手法か否か等についての疑義が述べられた。その外、独国から車両走行騒音の屋外測定に代わる無響室測定法の性能に関する提案や WG39 主査から道路舗装の凹凸を調べる最新型レーザー測定装置が測定法の性能要件を満たすか否かについて試験を行うという作業案の提案があった。さらに、デンマークから航空機騒音の自動監視の新規格の改訂を求める提案があった。これは本総会直前に正式規格となったものだが、装置の正常な稼働を確認するための自動校正に関する記述が主要メーカーである B&K の方法を包含していないことが規格完成の直前に分かり、修正を求めたが間に合わなかったため、提案されたものである。どたばたではあるが、皆がやむを得ないと認める雰囲気であった。また、SC1 議長から規格作成における記述の簡素化や記載統一を図っていこうという提案があった。以上の NWIP については、

議題12で改めて審議し、採決が行われた。

議題8は現行規格のレビューで、存続/廃棄に関する加盟団体の投票結果について討議した。まず、イヤプロテクタの性能評価規格の存続確認、射撃の発射騒音計算の規格案作成作業の準備段階登録確認、明瞭度試験に関する規格廃棄の3件について討議した。鉄道の車外騒音の測定規格 3095 の改訂についても議論があり、その手順について米国が強い不満を表明したものの今後も慎重に推移を見守ることとなった。これは、規格案の審議が欧州規格を作成する CEN で進められ、最終規格案の段階になって初めて ISO/TC43/SC1 に提示されることが問題とされているもので、CEN 段階の審議に ISO 側がきちんと関与できるようにする配慮が不十分であると指摘するものである。

議題9はフランス代表から前回提案された「測定の不確かさの評価方法についてより柔軟に対応できるようにするように記述を改める件」で、作成された改訂案が顧問委員会でバランスの取れた簡潔な案になっていると了承されたことが報告された。今後、個々の WG の主査に送付して意見を求め、次回には決着をつけることとなった。

議題10は作業グループの活動報告で、WG40は規格が完成したので活動を停止するが、三年後のレビューまで存続すること、WG54はサウンドスケープ用アンケートの質問紙の用語について検討する WG として前回設立されたが、ようやく規格案作成の方向が見えてきたこと等が報告された。

議題11はWGの解散であるが、該当するものはなかった。

議題12は新規作業項目の提案 NWIP についての議決で、電気自動車の Minimum noise 測定法については、反対意見や棄権もあったが、測定法作成は必要だろうという意見が大勢を占め、認められることとなった。日本は、騒音制御の推進の立場と整合しないとして棄権する方

向で検討したが、最終的には、その懸念について発言し、NWIPは認める投票をした。英国提案のサイレン及び荷積み・荷降ろしの騒音の提案については内容が明確でないということで、さらに詰めて再提案を模索することとされた。

議題13、14は進展のない作業項目や準備段階の作業項目の状況をレビューする議題であったが、話はなかった。議題15は次回総会の開催場所を決めるものだが、今回も提案なしのまま終了した。議題16はその他事項だが、何も話はなかった。最後の議題17は決議案で、全14項目の決議事項の案が提出され、異論なく承認された。その後、閉会が宣言された。



図1 ISO/TC43/SC1の総会における議長挨拶の様子

2. ISO/TC43/SC1/WG45の審議概要

この作業グループでは環境騒音の測定評価に関する規格ISO 1996-1,2の改訂について検討しており、現在の作業は不確かさに関する記述の追加、純音成分及び衝撃音成分の検出や評価の取り扱い方法に関する記述の追加を意図して検討を行っている。会議は、総会に先立ち、2009年11月16日午後～17日午前に掛けて、同じSEOUL PLAZA HOTELの別の会議室で開催された。WGの主査P. Schomer(米国)の他に、英国、オランダ、韓国、スウェーデン、デンマー

ク、ドイツ、ノルウェー、米国、日本(橘・山田・大久保)からの委員が出席した。

今回の討議に先立ち、日本(山田)から2種類の意見書を提出した。ひとつは、騒音に対する住民反応を表す関係式(dose-response curve)の不確かさの議論に関する資料、もう一つは純音補正の手順に関する資料である。前者を作るに当たって当センター環境保健部の後藤恭一氏や小林理研加来治郎氏、防衛施設周辺整備協会森長誠氏らの協力を得た。後者についてはリオン大島俊也氏の協力を得た。

最初にdose-response curveの不確かさに関する討議が行われ、日本の資料の説明をしたが、議論は不確かさというよりdose-response curveを更新する話に終始し、主査ら米国とTNOを代表するオランダの主張のぶつかり合いになった。いずれも欧米の社会調査結果によるほぼ同じデータベースに基づいてcurveを導いているのだが、採用するデータの違いで L_{dn} が65-70以上での応答に数デシベルの乖離がある。主査が立ち話で「規定ではなく、参考扱いの付録であれば日本は賛成するか」と聞いてきたので賛成の意を表しておいた。一方、純音補正の審議では担当のドイツの委員が検討状況の報告をしたが、小生も日本の検討結果を簡単に述べた。衝撃音の検討については進展がないとして報告がなかった。次に、ISO 1996-Part-2の改訂について、担当H. JonnasonからEUの騒音マップ作成の測定手法の指針文書imagineの説明があった。WGのメンバーから何も意見が来ないと嘆いたため、筆者が以前行ったimagine/ISO 1996-2/ANSIの違いの比較検討の結果を送付する約束をした。最後に、次のWG会議は来年6月にポルトガルのリスボンでINTER-NOISE 2010の会議の直後に行うこととなった。

アムステルダム空港、及びヒースロー空港の騒音対策概況* —海外出張報告—

吉 岡 序**

1. はじめに

我が国の都市型空港における騒音対策等に係る調査の一環として、オランダ・アムステルダム空港、及びイギリス・ヒースロー空港の航空当局と空港会社を訪問したので、ここに両空港における騒音対策概況を紹介する。

この訪問は航空局空港部環境・地域振興課騒音防止技術室の植木課長補佐と同課周辺事業室の原事務官に同行したものである。

2. 出張の概要

2009年2月1日(日)～2月8日(日)の日程で、オランダ・アムステルダム空港、及びイギリス・ヒースロー空港を訪問した。

空港周辺対策における政策的な観点について調査するために、オランダ運輸省(The ministry of Transports)、及びイギリス航空局(Civil Aviation Authority)を、また具体的な対策を調査するために、スキポール空港会社(Amsterdam Schiphol Airport)、及びヒースロー空港会社(BAA Limited)を訪問した。以下にオランダ及びイギリスにおける面会者を示す。

オランダ運輸省(The ministry of Transports)

Mr. Andre van Lammeren

Mr. Lodewijk Abspole

Mrs. Anja Zantinge
スキポール空港会社(Amsterdam Schiphol Airport)
Mr. Dann van Vroonhoven
Mr. Maarten van der Scheer
Mr. T.Joustrs
Mrs. J.van Hees
イギリス航空局(Civil Aviation Authority)
Dr. Darren P Rhodes
ヒースロー空港会社(BAA Limited)
Mr. Rick Norman

3. オランダ・アムステルダム空港

アムステルダム空港は1920年代に国家基盤の空港として開港されて以来、広域的なハブ空港として現在に至っている。2007年の実績によると、87カ国の267都市を結び、年間離着陸は436,000回である。

また環境保全に関する意識も高く、いち早く環境政策計画(1990年)の策定と環境年間報告書(1992年)の発行が行われ、またチャプター2適合機を飛行制限(1998年)を、ヨーロッパで最初に実施した空港である。その後はISO14001を取得するなどして、現在のスキポール空港における環境監視の焦点は、騒音から気象変動へシフトしていると言われている。

今後の40年後を見据え「環境保全革新」と称する、騒音、大気質、及び気象変動に関する対策のバランスの良い空港管理が進められている。CO₂低減の対策として、連続降下方式(CDA)の導入、タクシングの代わりにトーイング、

*Outline of measures on Amsterdam Schiphol and Heathrow airport

**航空環境研究センター

LED照明、及び作業車両のバイオ燃料利用等の部分的な実施が始まっている。

また、第五滑走路近傍の離陸時の騒音を低減させるため、防音壁や防音堤に代わる高さ12mのかまぼこ型テントを設置する計画がある。離陸時のみテントを展開し、到着時には折りたたむ。これは「環境保全革新」の一環としてプロポーザル方式により一般公募で決定されたもので、日本からも応募があったそうである。

アムステルダム空港は3000m級の滑走路が5本と2000m級の滑走路が一本あるが、通常は5本の3000m級滑走路が使われている。50以上の標準出発方式があり、夜間においては騒音低減を配慮した特別な飛行ルートが用意されている。夜間運用規制は23:00から06:00までで、この間市街地に最も近い2本の滑走路が使用禁止となる。

オランダの航空機騒音評価尺度はKe(コステン)であるが、その他に騒音規制のための評価量として、Total volume of noise (TVG)、並びに L_{den} と L_{night} が定められている。これらは35Keコンター内で年間10,000時間の基本要件に適合させるための制限である。TVGは飛行経路下にグリッド状に配置した33点の L_{Amax} の平均値であり、 L_{den} は空港周辺35箇所、並びに L_{night} は25箇所の累積値で評価される。また着陸料は表1に示す4つのカテゴリーに分けられている。

空港周辺のエリア35Ke以内は住宅の制限がされていて、40Ke以内のエリアにおいて既に相当数の住宅防音工事が実施されている。この区域の土地利用制限区域の用途として、ファーム・フィールド及び物流ロジスティクエリアが主であるとのこと。

空港会社内にBASと呼ばれる情報・苦情センターが設置されている。苦情はファックス、メール、手紙、電話、及び訪問によりもたらされ、これらの苦情は統計処理され将来の環境対策に活用される。最

近は苦情の申し立てから訴訟に移行しているとのこと。

円卓会議の定期開催や専用のウェブサイトが開設されるなど、地域社会との交流を図るシステムが整っている。円卓会議は利害関係者5者(空港会社、航空会社、航空局、地方議員、及び地域住民)で構成されていて、環境保全、空港運営の策定や空港処理容量も議論されている。

その他の環境面では大気汚染と異臭の対策がある。大気汚染にはCOやNO_xなどの排出量に制限をかけ、異臭は不快に感じている人々の人数を評価の目安としている。また、オランダに特徴的な考え方として、空港周辺の“third party risk(第三者のリスク)”も注目される。これはノイズゾーンと同じ要領で航空機事故による危険性についてのコンターが作られているようで、1年ごとに飛行機事故のリスクを表す指標である。航空機騒音のみならず航空機事故による危険性をも評価しうる斬新な評価であると言える。

表1 着陸料の定義

Category	Landing fee	Example aircrafts
MCC3	basic compensation + 40%	Antonov's, B731, Tupolev's
A	basic compensation + 40%	A321, B737-300/500, B747-400, MD-81
B	basic compensation	A319, A320, A330, B737-600/900, B757, B777
C	basic compensation - 15%	A318, A340, B717, Embraer's, Gulfstream IV/V

Landing and take-off charges in euro (charge per 1,000 kg)	Category MCC3			Category A			Category B			Category C		
	day		night									
	land ing/ take off	lan din g	take off	land ing/ take off	lan din g	take off	land ing/ take off	lan din g	take off	land ing/ take off	lan din g	take off
Point to point flight												
Connected handling	5.87	11.17	13.20	5.87	7.45	8.80	4.19	5.32	6.29	3.56	4.52	5.34
Disconnected handling	4.69	8.94	10.56	4.69	5.96	7.04	3.35	4.25	5.03	2.85	3.62	4.27
Local/instruction flight												
Connected handling	2.93	5.59	6.60	2.93	3.72	4.40	2.10	2.66	3.14	1.78	2.26	2.67
Disconnected handling	2.35	4.47	5.28	2.35	2.98	3.52	1.68	2.13	2.51	1.42	1.81	2.14
Cargo flight												
	3.05	5.82	6.87	3.05	3.87	4.57	2.18	2.77	3.27	1.85	2.36	2.78

4. イギリス・ヒースロー空港

ヒースロー空港は1940年代から民間航空として供用している。

現在ヒースロー空港は4000m級の二本の平行滑走路を有しており、現在は第三滑走路を建設中である。滑走路は東西に向いており、ほぼ70%が西に向かって離着陸する。2007年の運航実績は、凡そ482,000回で、前年と比べて4,000-5,000回ほど増加している。ちなみに運航回数が多い機種はA320で、わが国の国際空港で運航頻度の高いB747とB777はヒースロー空港においては4番目と5番目であった。

ヒースロー空港では1950年代後半にはいちはやく空港に近い地域の騒音低減を図るために運航制限を実施している。騒音対策マネジメントは国の役割であり、1960年代から、効率的な航空工業、地域社会への奉仕・仕事の提供、地域並びに国家経済、及び空港周辺に与える環境影響について、バランスよく考慮することを目的に進められてきた。基本的に以下の三つの要素に沿ったものであると言う。

- ・EU, ECAC, ICAOの国際基準に従った航空機及びエンジンの技術による騒音源の低減（国際的な合意事項を立法化）。
- ・フレームワーク（Civil Aviation Act 1982）に沿った具体的な対策。
- ・バランスド・アプローチに基づく土地利用政策（Planning Policy Guidance）。

地域社会との交流については、対策を推進する上で重要な役割と位置づけられている。利害関係者による空港開発及び運用に関する委員会が年に6回開催されている（The Heathrow Airport Consultative Committee）。この委員会の母体は1948年に設置されたものである。BAA内に騒音と飛行経路を監視するワーキンググループが設置されており、このワーキンググループからのレポートが、前述の委員会に提出

されて議論される。

基本的な運航制限は、2002年以降のチャプター2適合機の禁止である。夜間の運航制限は原則23:00から07:00であるが、後述するQCシステムで与えられるポイントによってその制限が変わる。QCシステムとは騒音の位付け制度である。これは騒音証明値（EPNL）に基づき、EPNL84dB以上の騒音のうるさをランク付けし、そのランクに応じて0.25から16までのポイントを与えるものである。0.25が最も静かで、16が最もうるさいことになる。QC/4までは23:30から6:00までが夜間制限、それ以上のQC値は夜間運航禁止、EPNL84dB以下の航空機についての制限はない。また着陸料の算定にもQCシステムのポイントが活用されている。表2にQCシステムを示す。

騒音超過課金制度がある。ヒースロー空港周辺に10箇所の自動騒音監視局が設置されていて、離陸滑走開始点から6,500m相当の監視局での離陸時騒音レベル（ L_{Amax} ）が、日中で基準レベル94dBを超えると3dBまでは、500ポンド、それ以上は1000ポンドが運航者に課金される。夜間は更に厳しく基準レベル87dB（30分及び60分のショルダータイムは89dB）となっている。

騒音対策の一環として、 $L_{Aeq,16h}$ 69dBコンターの内側を対象にして、1996年から防音工事の施工と家屋移転スキームが策定されている。1996年以前から空港周辺対策が進められていた

表2 QCシステムのポイント

Certification noise levels (EPNLs) are used for determining the QC category.
 Takeoff = (Takeoff+Sideline)/2 for Chapter 3 or
 ((Takeoff+Sideline)/2)+1.75 for Chapter 2
 Approach = Approach - 9

Certificated Noise Level (EPNdB)	Quota Count
Greater than 101.9	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	.25

はずで、ここでのスキームとは、1990年前後に航空機騒音評価量がNNIから L_{Aeq} に変更になったことに伴って、新たに制定された範囲に対するスキームであると思われる。

以上の空港周辺対策プログラムは1994年にイギリス環境省によって発行されたPlanning Policy Guidance (PPG24)に基づいている。参考までに表3にPPG24で提案されている音源

別、時間帯別の騒音暴露レベルを示した。

5. あとがき

以上、アムステルダム空港、及びヒースロー空港の騒音対策概況について述べた。このたびの関係部署への訪問にあたり、日本貿易振興機構アムステルダム駐在の山口氏のご支援に深謝いたします。

表3 PPG24で提案されている音源別、時間帯別の騒音暴露レベル

Noise Levels ⁰ Corresponding To The Noise Exposure Categories For New Dwellings $L_{Aeq,T}$ dB				
Noise Source	Noise Exposure Category			
	A	B	C	D
road traffic				
07.00 - 23.00	<55	55 - 63	63 - 72	>72
23.00 - 07.00 ¹	<45	45 - 57	57 - 66	>66
rail traffic				
07.00 - 23.00	<55	55 - 66	66 - 74	>74
23.00 - 07.00 ¹	<45	45 - 59	59 - 66	>66
air traffic ²				
07.00 - 23.00	<57	57 - 66	66 - 72	>72
23.00 - 07.00 ¹	<48	48 - 57	57 - 66	>66
mixed sources ³				
07.00 - 23.00	<55	55 - 63	63 - 72	>72
23.00 - 07.00 ¹	<45	45 - 57	57 - 66	>66

NEC	
A	Noise need not be considered as a determining factor in granting planning permission, although the noise level at the high end of the category should not be regarded as a desirable level.
B	Noise should be taken into account when determining planning applications and, where appropriate, conditions imposed to ensure an adequate level of protection against noise.
C	Planning permission should not normally be granted. Where it is considered that permission should be given, for example because there are no alternative quieter sites available, conditions should be imposed to ensure a commensurate level of protection against noise.
D	Planning permission should normally be refused.

騒音軽減運航（連続降下）方式に関する欧州調査旅行記*

吉野 亨 二**

出張目的及び日程

少々、いえ大分旧聞になってしまいましたが、「騒音軽減運航（連続降下）方式に関する調査」の一環として2008年11月下旬にロンドン、ストックホルム及びブリュッセルを訪問し、航空当局、空港管理者、ユーロコントロール関係者等を訪問し調査及び聞き取りを実施しましたので、その一端をご報告させていただきます。

調査目的である『騒音軽減運航（連続降下）方式』とはなに？

騒音軽減運航方式には出発方式と到着方式があり、それぞれに騒音を軽減するための飛行方式が、空港ごと、国ごとあるいは国際民間航空機構（ICAO）により設定されています。

特に出発方式に関しては、ICAOによりNADP1とNADP2の2方式が定められています。

Noise Abatement Departure Procedure 文字通り騒音軽減出発方式ですね。

NADP1は簡単に言うと、離陸後できる限り上昇率を高くして早く高度を稼ぎ、地上への騒音の影響を少なくする方式、NADP2は逆に高度はそれほど上昇しないでその分速度を速くして、地上の人家密集地帯を早く飛び越えて騒音の影響を少なくしようという方式です。

国により、ICAOの方式をそのまま適用しているところや、日本のようにICAOの方式に準拠しながら独自の方式を設定しているところもあります。

到着時の騒音軽減方式については、色々な方式が設定されています。

例えば、着陸前に車輪を出す時期を遅くする、フラップと呼ばれる補助翼を展開する時期を遅らせる等の方式があります。

これは、どちらも空気抵抗が大きくなるため水平飛行するためにはエンジンの出力を上げなければならないので騒音が増えますから出来るだけ時期を遅らせて騒音増大を防ごうという考え方です。

私たちがヨーロッパで調査してきた騒音軽減運航方式はContinuous Descent Approach/Arrivalの頭文字を取ってCDA『連続降下到着／進入方式』と呼ばれる方式です。

CDAは我が国では2009年5月に関西国際空港に初めて設定されました。

今後、特に夜間を中心に適用される空港が増えていくと思われます。

ICAOでは、Continuous Descent Operation連続降下運航方式と呼ばれています。

では、CDAとはどんな到着方式なのでしょうか。

ジェット旅客機は、巡航中もエンジンの推力により高度を保って水平飛行をしています。

*The Europe investigation travel report about continuous descent approach (CDA)

**航空環境研究センター

空港が近づいて、降下を始めるとエンジン出力はどうなると思いますか？

1. 出力はそのまま、機首を下げて降下する。
2. 出力を上げ、機首を下げて降下する。
3. 出力を絞り、機首を上げて降下する。

さあ、何番でしょうか？

正解は3。地球帰還時にはエンジンを使用できないスペースシャトルのように機首を上げ、エンジンはアイドリングにして降下していきます。

コントロールされた、落下状態ですね。

エンジンの騒音はアイドリング状態ですから水平飛行中に比べると非常に小さくなります。

ある高度まで降下すると水平飛行に移りますが、そのときはエンジン出力を上げて高度を維持します。

そして降下・水平飛行を繰り返して最終的に滑走路を目指して降下し着陸します。

途中で水平飛行が必要な理由は、航空法で定められている速度まで減速したり、管制官から前の飛行機との関係で水平飛行を指示されたりするからです。

CDA とはこの水平飛行を出来る限り少なくして、地上に与える騒音を軽減しようとする方式です。

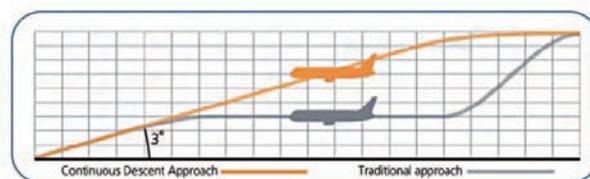
現在、ヨーロッパで実施されているCDAは7000ft - 10000ft から、着陸進入を開始し水平飛行をしないで着陸しようとするものです。

これとは別に、巡航高度から降下を始めたら一度も水平飛行をしないで着陸しようとするCDAもあり、スウェーデンでは『グリーンアプローチ』と呼んでスカンジナビア航空と共同で実験を続けています。

将来的には、この『グリーンアプローチ』が主流になっていくと思われませんが、本格導入のためには解決しなければならない問題が多く、すぐには実施できないと思われま

すが、我が国でも当面は、10,000ft 前後から開始するCDAを取り入れて行くことになると思います。

図は、上がCDA 進入方式、下が通常の進入方式です。



CDA を適用して、騒音が軽減されるのは通常の進入方式と、CDA 進入方式が合流するまでの部分です。

ヨーロッパにおけるCDA 調査珍道中

今回、私たちは国土交通省航空局の技官、航空輸送技術研究センター職員そして当研究センター騒音振動部研究員各2名総勢6名の大所帯で調査旅行を行いました。

訪問先

3カ国6機関を訪問し、専門家と面談し情報収集を実施してきました。

訪問先は下記の通りで日曜日に成田を出発し、各都市2泊ずつ滞在し日曜日に成田帰着の日程でした。

(1) BAA 及びNATS (ロンドン ヒースロー 空港内)

British Airport Authority

BAA は、英国における空港運営の民間会社として1965年に設立され、翌66年にはロンドンのヒースロー、ガトウイック及びスタンステッドの3空港を取得して運営を開始し、現在は全国で7空港を運営しています。

空港施設の維持管理(空港の消防業務を含めて)のみならず、ターミナルビルの運営そしてヒースロー空港へのアクセス鉄道として、『ヒースローエクスプレス』の敷設・運航まで行っています。

National Air Traffic Services

NATSは航空機の運航支援を実施するための民間会社で、航空管制・運航管理、無線機器、航空灯火等の航空保安施設の維持管理等を実施し、我が国の国土交通省航空局の『管制保安部』を下部組織ごと民営化した形になります。実際には、NATS En Route plc、NATS (Services) Ltd、NATSNAV Ltd、NATS Ltdの4社の集合体として機能しています。

(2) CAA (ロンドン市内 CAA ハウスにて)

Civil Aviation Authority

CAAは1972年に航空交通業務に係る独立なレギュレーター及びプロバイダー(公社)として議会によって設立されました。

その活動は、航空に関する法律・規定の整備、航空路、標準計器出発方式及び標準到着経路の設定を行うほか、空港の着陸料の設定等の経済面に関すること、保安規程の制定及び航空旅客保護も行っています。

英国政府はCAAの運営費が航空業界から支払われることとしており、多くの他の国と違ってCAAに対する政府の直接的な出資は全くありません。

(3) LFV 及び SAS (アーランダ国際空港内ストックホルム ATCC にて)

LFV LFV Group Swedish Airports and Air Navigation Services

LFVはスウェーデンの国内16空港の設置・維持・管理を始め、航空路及び空港における航空管制業務、航行援助施設の維持管理等も実施しています。

ストックホルム地区部門、空港部門、航行援助部門に別れて業務を実施しています。

Scandinavian Airways System

北欧3国共同で設立された航空会社。

各国ごとの国内線会社と、国際線担当のSAS

Internationalの4社で構成されている世界でも有数の歴史を誇る航空会社です。

(4) ユーロコントロール (ブリュッセル市内にて)

EuroControl

ユーロコントロールは、EU加盟国を中心に非加盟国を含め42カ国が加盟してヨーロッパの航空路管制を一元的に実施するとともに、航空交通管理を実施している。

調査日程

今回の調査旅行は、祝日を挟んで日曜から日曜までという日程、そして、11月下旬のヨーロッパは相当寒いのではないかと懸念、おまけに、悪条件が重なり筆者にとっては本当に久しぶりの海外旅行と、「行きたくない症候群」に陥っていました。

とは言え、出張命令は出てしまい事前に質問書を送付するなど準備は着々と進んでいきます。

ここで、笑い話を一つ。

旅行社に航空券の手配を依頼しスケジュールも固まったある日、「いつまでに購入すれば良いんですか?」と尋ねると、「3日以内に購入頂ければ××万円、それ以降は〇〇万円(××万円のほぼ倍額)です。」

早速担当者にその旨を伝え、普通は1週間以上かかる海外出張の決済があつという間に完了。

目出度く半額で切符を購入でき、協会の経費削減に少々貢献できました。

日常の仕事でばたばたして、海外出張の実感もわからないまま出発日になり、お土産も用意して何とか成田に向かいました。

1名はアムステルダム駐在、もう1名は都合により別便となり4名で成田を出発しました。

なぜか、機内の席は4名がばらばら! 12時

間の長旅です。

日曜日のお昼過ぎに出発して、日曜日の午後ロンドンに到着！

ホテルにて他の2名と合流し、今回の調査団全員集合です。

月曜日は、ロンドンヒースロー空港の一角にある、BAAとNATSの調査、市内に戻ってCAAの調査と慌ただしい一日を過ごしました。

久しぶりに聴くクイーンズイングリッシュに少々戸惑いましたが、歯切れは良いのでわかり安く感じました。

言い忘れてましたが、この調査には通訳さん居ないんです。(T_T)

ヒースローではBAA及びNATSの関係者が、BAAの事務所に集まり共同で対応してくれ、我々のためにプレゼンテーション資料も作成し事前に送付しておいた質問事項も、項目ごとに丁寧に回答していただきました。



BAA、NATSのスタッフと討論中



CAAで。左端がDr.Rhodes

CAAでは、研究センターの山田所長たちの友人であるICAO/CAEPのMODTF主査を務めるDr. Darren Rhodes氏他に17時過ぎまで熱心に対応して頂きました。

CDAについては勿論のこと、それ以外の航空行政についてもBAA・NATSとの立場の違い等興味深い話を聞くことができました。

夜は皆でパブに立ち寄り、ビールとフィッシュ&チップス。

フィッシュ&チップスは、まずいとよく言われますが私は結構好きです。



BAA、NATSのスタッフ

火曜日には、SASのMD90でストックホルムへ移動です。

タクシー（地上走行）中に突然機長からアナウンスが。。。。

「左手にA380型機が停まっています！」

シンガポール航空のA380が駐機していました。ヨーロッパでもまだ珍しかったんですね。（当時A380は世界中で20機以下でした。）

狭いMD90は満席。大きな人たちばかりなので余計に狭く感じますね。

スウェーデンに近づくとどんどん雪景色に変わっていきます。

雪対策などしてないぞと心配しながら、市内のホテルへ。

市内は殆ど溶けていましたが、それでもあちこちに雪が積もっています。

ホテルのエレベーターのドアが手動式で引き戸ではなく、部屋の出入り口と同じ形式の開き戸なのにびっくり！

ちょっと時間があつたので、フロントの可愛いお姉さんに模型屋さんの場所を聴いて、ミニカー探しに出発。

10分ほど歩いた所にあつた模型屋さんは入り口に「KYOSHO」の旗が飾ってあつて中にあるのも日本製のプラモ・ラジコンばかり。

お目当ての物は無く、また寒い中を歩いてホテルに。

結局ベルギーへの出発前の僅かな時間に街の小さなおもちゃ屋さんに行き、第2希望のミニカーを見つけて買ってきました。

翌日は、ストックホルムのアーランダ国際空港の敷地内にある、LFV を訪問。

ストックホルムの航空路管制と、ターミナルレーダー管制もここで行われています。

郊外の高台にある空港周辺は雪が溶けておらず真っ白です。

「ストックホルムで11月に雪が降るのは珍しいことでそれに出会ったおまえらはラッキーだ、俺が保証する！」と、言われました。

保証されてもねえ～、雪がない方が歩きやすくて良いと思うんですけど。

管制センターはロビーに薪ストーブが置いてあつたり、長い廊下の端の窓越しに独特の形を



アーランダ国際空港管制塔

した管制塔が見える洒落た造りの建物でした。雪に覆われた景色や管制官の数などは札幌管制部とほぼ同じで懐かしさを感じました。

今回の訪問では、CDA の実施に当たり密接な協力を行ったスカンジナビア航空 (SAS) の機長も同席し、プレゼンテーションを実施すると共に質問に答えて頂きました。



SAS 機長のプレゼンテーション

スウェーデンでは、一般的にアドバンスドCDAと呼ばれる巡航高度からのP-RNAVによるCDAを特に『グリーンアプローチ』と称して実施していますが、現在のところ実施可能な機体がSASその他数社の数機種に限られているためグリーンアプローチの実施割合は高くないが、今後普及させる予定とのことでした。



休憩時間も情報収集中

驚いたことにストックホルムでは、固定騒音測定点は一カ所も設定されて居らず、移動測定も一カ所ずつ一定期間ごとに移動しながら測定するとのことでした。(我が国には周辺に100カ所以上の固定騒音測定点がある空港もあるのに)

夜はストックホルムの旧市街ガムラスタンへ食事に。

トナカイのステーキもなかなかいける味です。

メンバーの一人が「お父さんがトナカイ食べちゃったから今年はサンタさん来ないというのか?」といじめられていました。

ガムラスタンは、石畳の道で本当に「魔女の宅急便」を思い起こさせる街並みでした。

木曜日には再びMD90に乗って、今度はベルギーのブリュッセルへ。

飛行機に乗り込みドアも閉められて、さあ出発と言うときに機長からアナウンスが。

「管制から1時間以上遅れると言われた。シートベルトサインを消すので、トイレも自由にどうぞ!」

やれやれ、何時ブリュッセルに着けるんだろうと話していると10分もしない内に「出発できることになった。席についてシートベルトを締めて下さい」とのアナウンス。結局、定刻から大して遅れずにブリュッセルに到着しました。



ユーロコントロール本部

金曜日は、ブリュッセル郊外のNATO本部のすぐ近くにあるユーロコントロールへ調査に向かいました。

調査の後、交通流管理センター(CFMU)を見学しました。

ほぼヨーロッパ全域の航空機の流れを管理している施設です。

実際に衝突しないように航空機を管制をするところとは違います。

日本にも同様の施設が福岡管制部に置かれており、そこを見たことがあるのでCFMUを見ても驚きませんでした。扱う航空機の量には驚きました。

日本の何倍になるのか。。。。

せっかくブリュッセルに来たのだからと、ビールを飲みに行き、グランパレスへ。

ベルギービールを堪能した後は、昼間にCFMUで「クリスマス市が始まっているから、あの辺りに行けばホットワインが飲める。」と教えてもらっておいたお店へ。(CFMUで対応してくれたイギリスから来ている管制官出身のおじさんが「ホットワインを知っているのか!日本人はたくさん来ているけどホットワインの話したのはお前だけだ」と嬉しそうにお店を教えてくださいました。)

札幌や東京で飲むのとはまた違った味で、美味でした。

勿論、年度ごとのクリスマス市マグカップ買ってきましたよ。

有名な小便小僧はホテルから歩いて5分位の所にあり、当然見に行きましたが予想以上に小さくて驚きました。浜松町の方がずっと立派です。

ところで皆様、小便娘ってご存じでした?

有るんですねこれが! 見物に行くと先客の中国人の女性たちがキャッキヤ大騒ぎしながら



ホテルの近くでした

写真を撮っていたので、我々もスケベと言われる心配も無く安心して写真が撮れました。(写真掲載は自粛)

最終日の土曜日は、ロンドン経由で帰国です。ロンドン出発までの僅かな時間を利用して、市内観光を強行。

観光バスと地下鉄を乗り換えながら駆け足で観光しました。

今にも降り出しそうな寒空の中、2階のオープン座席に震えながら座り名所のさわりを見ってきました。

途中から雨も降り出し寒くて大変でしたが、楽しい思い出です。

ヨーロッパ内の移動は当然国際線なのですが、イギリス以外はシェンゲン協定の加盟国なので、入出国がすごく簡単でびっくりしました。

イギリスは非加盟なのですが、それでも入国審査は簡単、税関・検疫の審査は全くなし。

シェンゲン協定はEUとは関係ない条約ですが、ヨーロッパは一つと思わせる例ですね。

慌ただしく大変な調査旅行でしたが、ヨーロッパにほんの僅かな時間ですが滞在し、3国のそれぞれ異なる文化の片鱗を感じることが出来た(?) 楽しい経験でもありました。

「今度は仕事ではなく、ゆっくりと観光に来たいな!」と話しながら12時間の旅で現実に戻ったのでした。

空港整備における新たな環境面での取り組み*

長谷川 武**

1. はじめに

昨今新聞やTVで、無駄な空港作りが不採算路線を増やし、結果航空会社の経営を圧迫。その元凶は空港整備特別会計の存在であり、過大な需要予測である。との報道がなされることがある。財政事情が厳しく真に必要な公共事業が求められる中、また、公共事業の実施に当たって関係者との合意形成方法が問われる中、空港における計画段階の検討の進め方が大きく変わってきている。

計画段階の調整課題には、必要性を説明する上での需要予測、事業実施可能性を説明する上での採算性等様々な課題があるが、環境も重要な課題の一つである。特に空港においては、建設段階での環境への影響（海面の消滅等自然環境への影響）に加え、運用段階での環境への影響（航空機騒音等社会環境への影響）が大きな課題であり、関係者の十分な理解、それを踏まえた合意形成が求められている。

これらの課題に対し、PI（パブリックインボルブメント：Public Involvement）を活用した合意形成を進めるとともに、SEA（戦略的アセスメント：Strategic Environmental Assessment）を活用し、事業に先立つ早い段階で著しい環境への影響を把握する取り組みが一部の空港において始まっている。

本稿では、これらPI及びSEAの概要を解説するとともに、それらを実践している那覇空港及び福岡空港における滑走路増設計画の概要を説明したい。

2. PIの活用

2.1 PI導入の経緯

公共事業実施に当たってのPI導入については、平成13年6月に国土交通省として取りまとめた「国土交通省における公共事業改革への取組」の中で、「…基本的制度のあり方等の検討として、国民の理解に基づく透明な公共事業の実施の基礎となる構想・計画段階における幅広い意見反映のための手法について、事業特性に応じた情報公開、PI等住民参加、CS（顧客＝国民、利用者の満足度）指標の整備など、運用面での整合性確保のためのガイドラインの策定等の検討に着手する。」と記載されている。

その後、平成14年12月の交通政策審議会航空分科会答申における今後の空港整備の基本的方針の中で、「一般空港の滑走路新設・延長事業の新規採択については、…、真に必要かつ有用なものに限って事業化することとし、また、透明性向上の観点から、構想・計画段階におけるパブリック・インボルブメント（PI）等の手続きをルール化すべきである。」、「…、滑走路新設・延長に係る新規事業については、国が空港整備の指針を明示し、整備主体において需要・必要性の十分な検証、空港計画の十分な吟味、費用対効果分析の徹底等を行って、真に必要な

*An approach on airport improvement for environment

**国土交通省 航空局 空港部 計画課
空港計画企画官

ものに限って事業化することとし、また、透明性向上の観点から、構想・計画段階におけるPI等の手続きをルール化すべきである。」、また、「空港整備の構想・計画段階からのPIの導入等により、事業採択過程や必要性の検証における透明性の確保、情報公開の徹底を図るべきである。」と記載されている。

これらを受け航空局においては、平成14年10月に、「空港整備プロセス」研究会を設置し検討を進め、平成15年4月に、「一般空港における新たな空港整備プロセスのあり方(案)」(以下、「あり方(案)」)を策定したところである。

あり方(案)は、「一般空港における新たな空港整備プロセス」、「一般空港の滑走路新設または延長事業に係る整備指針(案)」及び「一般空港の整備計画に関するパブリック・インボルブメントガイドライン(案)」で構成され、空港整備事業の実施の透明性、客観性の確保を担保することとしている。以降航空局においては、空港整備の計画検討に当たり、透明性、客観性の確保、住民等関係者との更なる円滑な合意形成に努めているものである。

2. 2 PIの概要

空港におけるPIへの取り組みの概要は、次のとおりである。

(1) PIの定義

PIは、「空港整備計画の立案から確定までの段階において、空港整備主体と関係地方公共団体が連携して住民や空港利用者(市民等)などへの情報提供や意見把握を行い、計画に参加を促すこと」と定義している。またPIを通じ、PI対象者が計画案の内容を理解し、様々な意見を踏まえ論点が整理され、意見が集約され、空港整備主体が計画案の確定について適切に判断できる状態に到達することを目標としている。

(2) 対象事業

PIの対象事業は、一般空港における滑走路新設事業(空港の新設、移転もしくは既存空港の

滑走路増設又は移設)及び滑走路延長事業としている。

(3) 適用段階

計画は、構想段階(幅広い選択肢の中から候補地を選択する段階)及び施設計画段階(具体の施設配置計画案を決定する段階)の2段階に分けて検討を進めることとしている。滑走路新設事業においては、両段階においてPIを、また滑走路延長事業においては、施設計画段階においてPIを実施することとしている。

(4) PIの実施体制

PIの実施に当たっては、空港整備主体(国が設置管理する空港等においては国の地方支分局、その他の空港等にあつては対象空港の管理者)が、関係地方公共団体と連携しつつ、PI対象者(空港周辺地域の住民、就業者・地権者、地元経済団体、空港利用者(航空会社、空港従事者等を含む)等)に対し情報提供、意見集約を行うこととしている。

また、PIの進め方、PI対象者への情報提供、PI対象者の意見把握及び意見が適切に実施されているか等全般にわたり客観的な立場からPI実施者に助言を行うためのアドバイサリチームを設置することとしている。

3. SEAの概要

SEAは、例えば新空港建設と言った個別の事業の計画・実施に枠組みを与えることとなる上位計画を対象とする環境アセスメントで、現行の環境影響評価法に基づく事業アセスでは環境配慮の検討の幅(対応の幅)に限界があることを補完する制度として検討が進められているものである。

環境省におけるこれまでの検討の結果、平成19年4月に「戦略的環境アセスメント導入ガイドライン」が策定され、空港をはじめ大型公共事業を実施主体である関係省庁等は、個別のガイドラインを作成し、取り組みを進めることが期待されているところである。国土交通省にお

いては、SEA に特化したガイドラインは策定していないが、「公共事業の構想段階における計画策定ガイドライン(国土交通省)」及び前出の「一般空港における新たな空港整備プロセスのあり方(案)(航空局)」において、「環境影響の見通し」を検討課題として位置付けており、実質的にはSEA ガイドラインに対応したものとなっている。SEA のポイントは、次のとおりである。

3. 1 SEA での評価

SEA においては、対象となる施設の位置、規模等の検討段階において複数案を設定し、環境影響の度合いを比較評価することとしている。その検討は、調査、予測及び評価で構成されるが、一般に事業アセスメントの精度より荒いものとなる。具体的には、調査は既存資料の収集・整理、必要に応じて専門家の意見聴取や現地調査を実施することとしている。また予測は、非影響対象の分布等の把握により各案の環境影響の程度を把握こととし、評価は、留意すべき環境影響や環境保全施策との整合性など各案の特徴を明らかにし、各案の環境配慮事項を整理することとしている。

3. 2 SEA の評価結果の反映

一般に計画案の決定は、環境的側面のみならず、社会的側面、経済的側面も考慮して行われることとなる。構想段階における環境に係る検討は通常環境アセスメントの精度に比べ荒いものであるが、複数案を比較検討する上では十分なものであり、また、関係者への情報提供を通じた透明性、客観性の確保という点で意味深いものである。

3. 3 法制化の検討

環境影響評価法は、環境保全に配慮した事業の実施を確保する上で重要な機能を果たしてきたが、法施行後の社会状況の変化や、運用実態から浮かび上がる課題を踏まえ、更なる取組の

充実が必要となっている。このような状況を受け平成 21 年 8 月、環境大臣から中央環境審議会に、「今後の環境影響評価制度の在り方について」諮問がなされ、同日、総合政策部会に付議された。環境影響評価制度専門委員会は、総合政策部会の下に、環境影響評価法の施行の状況及び今後の環境影響評価制度の在り方に関する調査を進め、平成 21 年 11 月に、環境影響評価制度専門委員会中間報告を取りまとめたところである。中間報告では、「SEA を導入する際には、SEA の結果をその後の環境影響評価手続に活用する制度の導入と併せて検討する必要がある。」と言った記述もあるが、かなりの労力を要する手続きであり、仮に法制化する場合であっても、全体として効率的な対応が可能となるような制度設計が必要と思われる。

4. 那覇空港での滑走路増設計画

那覇空港は沖縄の拠点空港であるが、多くの国内線(本土線及び離島線)に加え国際線も就航し、沖縄の経済活動の核として機能している。那覇空港においては、将来的に需給が逼迫することが想定されたことから、平成 14 年 12 月の交通政策審議会航空分科会答申において、「将来にわたって国内外航空ネットワークにおける拠点性を発揮しうよう、今後の航空需要の動向等を勘案しつつ、既存ストックの有効活用方策等について、幅広い合意形成を図りつつ、国と地域が連携し、総合的な調査を進める必要がある。」と記載された。これを受け、平成 15 年度から、国と地域が協力し、検討のプロセスの客観性、透明性を確保するため PI を活用した検討を進めてきている。

4. 1 検討経緯

那覇空港では、総合的な調査を平成 15 年から開始したが、平成 17 年度から 3 ヶ年 PI を実施し、滑走路増設の必要性等を検討している。PI は 3 つの段階に分けて実施しているが、ス

トップ1で「那覇空港の課題・将来像」、ステップ2で「将来の航空需要の見極め」、そしてステップ3で「那覇空港の将来対応策等」について検討している。特に那覇空港の将来対応策等の検討においては、現在の那覇空港以外の場所に空港を設置することは困難なことから、現滑走路と平行に海側（西側）での滑走路増設について複数案検討している。

これらの検討結果についてPIを行っているが、回を増すほどにその注目度も上がり、平成19年に実施したステップ3のPIにおいては、説明会、シンポジウム等PIの活動への参加者が延べ9,409人、また意見提出者が延べ8,892人、意見総数が20,951件と、那覇空港の将来活用についての関心の高さがうかがえた。PIで提供した情報の中には環境面での情報も含まれており、一部自然環境への懸念や需要の伸びに対する慎重・否定的な意見があったものの、県経済の発展や離島圏の中での公共交通としての期待及び機能拡充の観点から、将来対応方策の実施を求める肯定的な意見が多数を占めたところである。

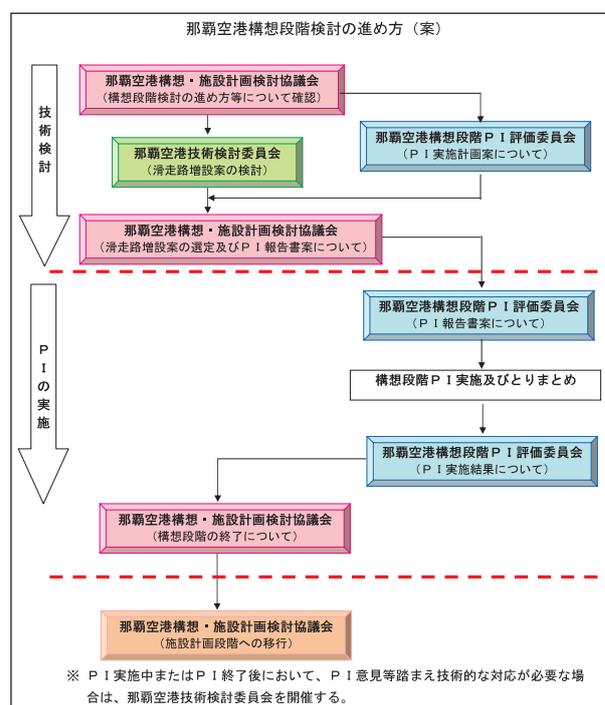
この結果を受け平成20年度からは、複数の選択肢から滑走路の概ねの位置、方位、規模等について見当を行い一つの候補地に選定し、具体的な施設計画を検討する構想・施設計画段階に移行している。

4. 2 構想・施設計画段階での検討

(1) 検討の進め方

構想・施設計画段階における検討は、別図-1のような流れで検討している。検討主体は、国、県で構成する「那覇空港構想・施設計画検討協議会」であるが、技術的な検討及び協議会への助言を行う「那覇空港技術検討委員会」を設置し技術面でのサポートを行うとともに、PIとしての適正さを確認するための「那覇空港構想・施設計画段階PI評価委員会」を設置している。実際に公表するPIの資料だけでなく、その検

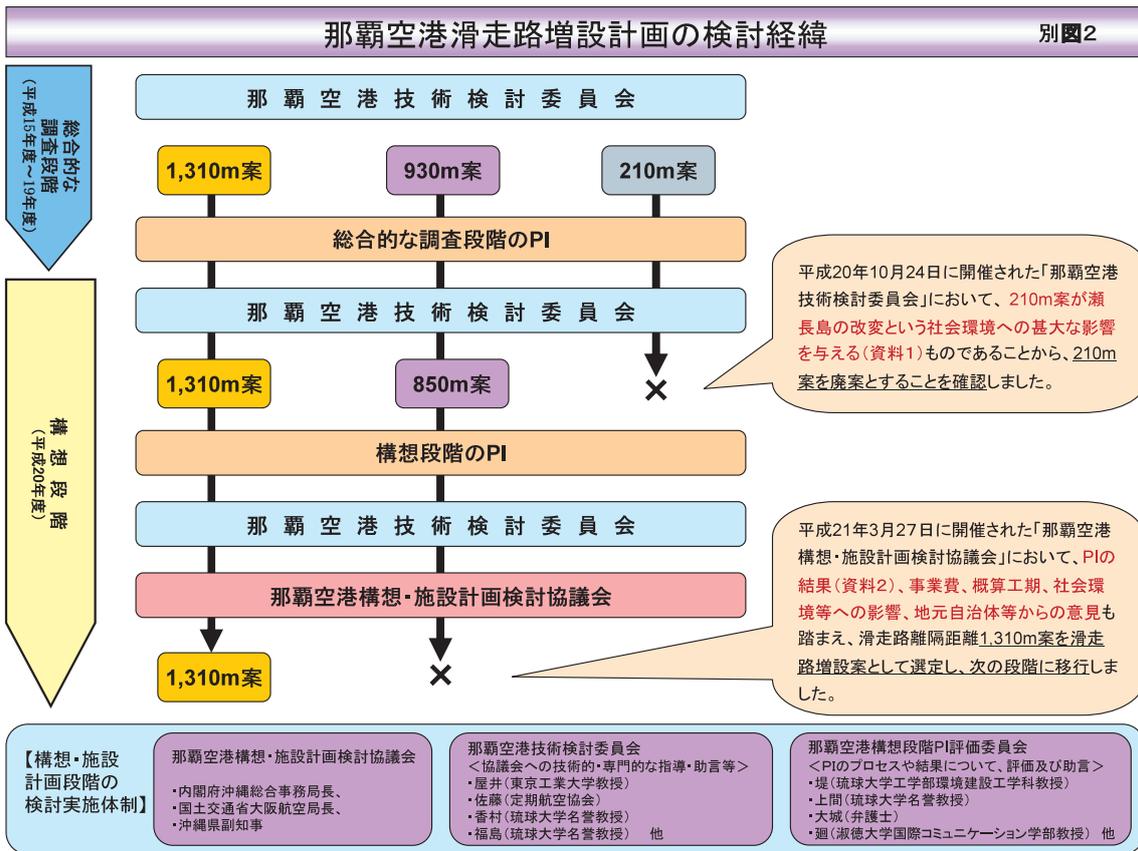
討段階から資料を公表し、意見を求め、PIとしての精度の高さを確保している。



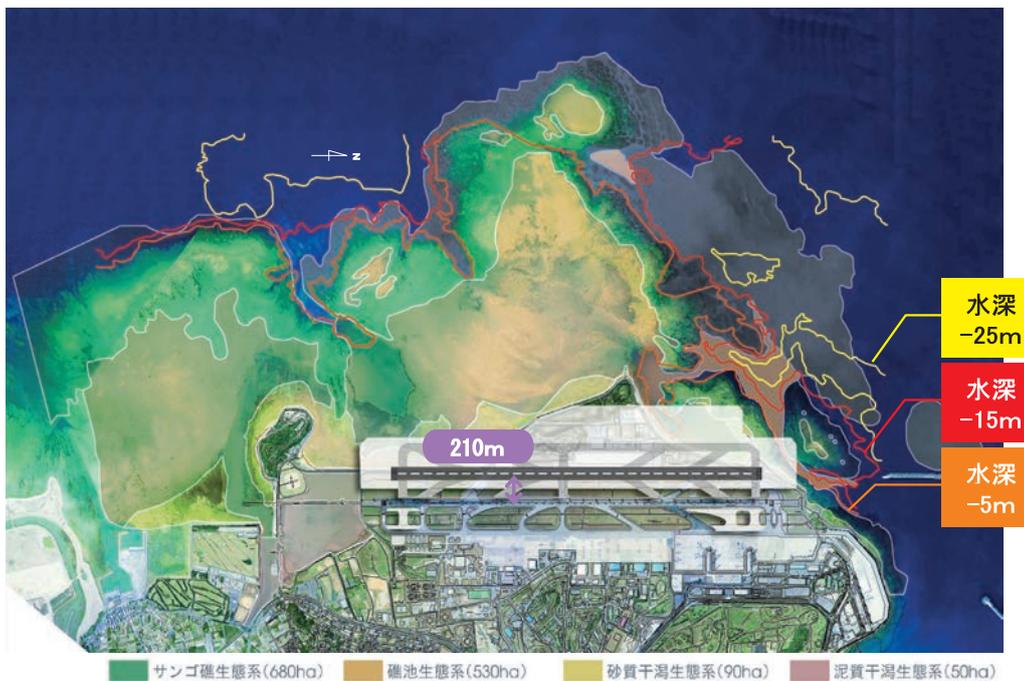
(2) 検討経緯

構想・施設計画段階での検討経緯（概略の流れ）は、別図-2のとおりである。検討案としては、総合的な調査結果を踏まえ、滑走路間隔が210m案、850m案及び1,310m案（別図-3、4及び5）を選定し、「需給逼迫への対応」、「利便性」、「事業効率性」、「地域振興・安全」、「自然環境・社会環境」、「長期展望」の6項目で評価している。

最終的にPIに提出した計画案は850m案及び1,310m案の2案である。210m案をPIに提出しなかった理由は、社会環境への影響が大きく、計画の比較案としては不適切と判断したためである。実際210m案では、航空機の安全な運航に必要な制限表面（進入表面）を設定する際、空港の南に存在する瀬長島の一部を改変（切削）する必要があるが、これに対し地元自治体から、瀬長島の歴史的価値、滑走路が近接して設置されることによる騒音の影響の観点から強い反対が表明されたところである。

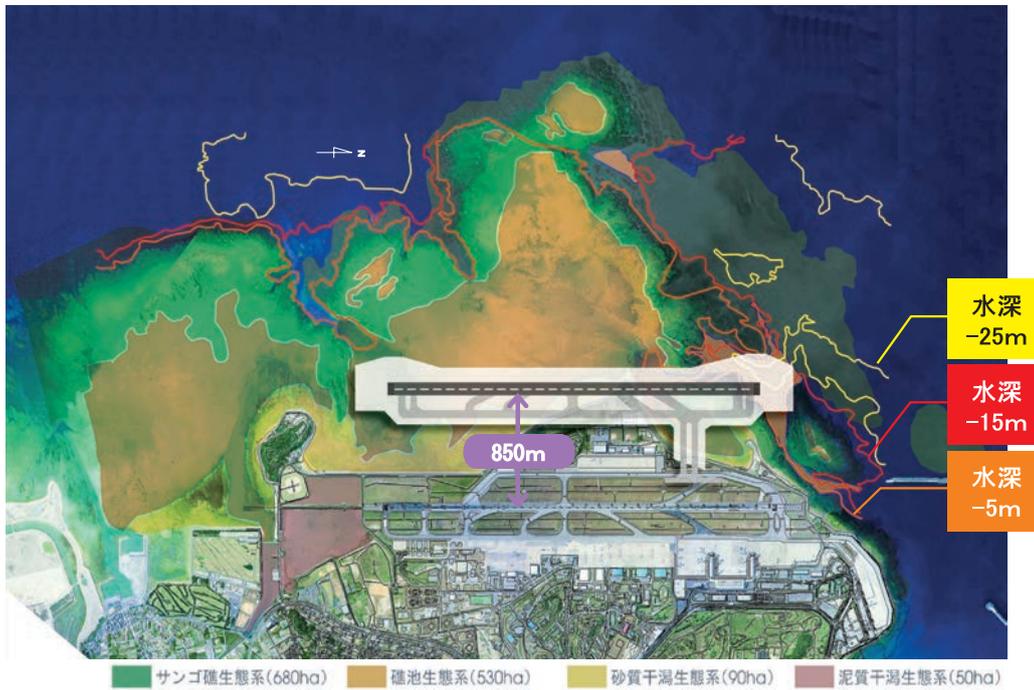


210m案の概要 別図3



850m案の概要

別図4



1,310m案の概要

別図5



構想段階の調査における3案の比較(主要項目) 別表1

評価項目	滑走路間隔1310m案	滑走路間隔850m案	滑走路間隔210m案
整備効果			
発着回数 (資料3)	最大発着可能回数:42回/時 日発着回数:509回/日	最大発着可能回数:42回/時 日発着回数:509回/日	最大発着可能回数:36回/時 日発着回数:415回/日
地上走行距離	約3000m	約2100m	約1500m
B/C	4.9	4.6	5.9
事業規模			
埋立面積	約150ha	約130ha	約50ha
埋立土量	約1,000万m ³	約1,300万m ³	約200万m ³
概算事業費	約1,900億円	約2,000億円	約1,200億円
概算工期	約7年	約8年	約9年
自然環境への影響			
生態系	<ul style="list-style-type: none"> サンゴ礁生態系、礁池生態系への直接的影響は、850m案より大きい。 砂質干潟生態系への直接的影響は、850m案より小さい。 サンゴ着生促進等、実績のある方策を保全対策として導入することは可能。 	<ul style="list-style-type: none"> サンゴ礁生態系、礁池生態系への直接的影響は、1310m案より小さい。 砂質干潟生態系への直接的影響は、1310m案より大きい。 砂質干潟生態系の影響低減のための大規模な干潟造成は難しい。 	<ul style="list-style-type: none"> 砂質干潟生態系への直接的影響は、最も大きい。 砂質干潟生態系の影響低減のための大規模な干潟造成は難しい。
水環境	<ul style="list-style-type: none"> 潮流の変化域は、850m案より大きい。 増設滑走路の内側の海域は、通水性を確保することにより、底質の環境変化は小さく抑えることが可能。 	<ul style="list-style-type: none"> 潮流の変化域は、1310m案より小さい。 増設滑走路の内側の海域は、底質環境の変化に伴う砂質干潟生態系への影響が懸念される。 	<ul style="list-style-type: none"> 潮流の変化域は最も小さい。
社会環境への影響	<ul style="list-style-type: none"> 瀬長島及び大嶺崎周辺区域の改変は生じない。 	<ul style="list-style-type: none"> 瀬長島の改変は生じないが、大嶺崎周辺で押所1か所及び集落跡の一部に改変が生じる。 	<ul style="list-style-type: none"> 瀬長島は制限表面との関係から、島の上部を切る必要があり、グスク跡に改変が生じる。また、大嶺崎周辺で押所4か所及び集落跡の一部に改変が生じる。

(3) 比較評価

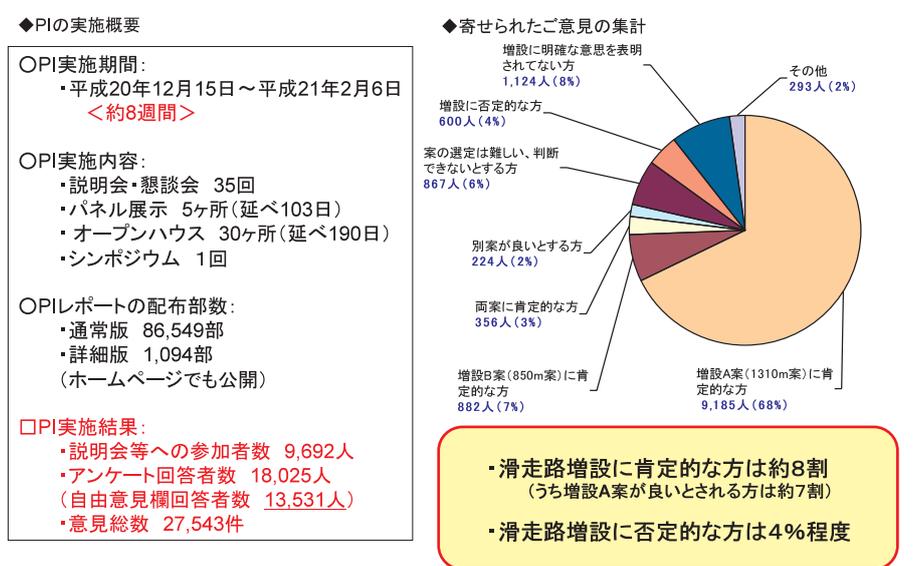
210m案も含む3案の比較評価概要は、別表-1のとおりである。850m案及び1,310m案の2案の比較としては、自然環境について一長一短で差がつけられないものの、計画予定地の水深の関係から、事業費及び工期において多少差が発生し、1,310m案のメリットが高くなっている。

(4) PIの実施

平成20年12月から平成21年2月の約8週間、構想段階のPIを実施している。説明会、シンポジウム等PIの活動への参加者が延べ9,692人、また意見提出者が延べ18,025人、意見総数が27,543件と、総合的な調査段階を上回る関心の高さであった。

PIの結果は別図-6のとおりであるが、滑走路増設に肯定的な意見が約8割、うち1,310m

那覇空港の構想段階PIの実施結果 別図6



案に肯定的な意見が約7割であった。また、周辺自治体からも、環境影響（騒音）の低減、住民の安全、環境への配慮の点から1,310m案の早期実現に対する声明等が出されたが、最終的には平成21年3月、那覇空港構想・施設計画検討委員会を開催し、計画案としては1,310m案が適当と判断し、施設計画段階へ進むこととなった。

那覇空港における一連の検討は、SEAガイドラインが制定される中進めたものであり、その対応について注目を集めたが、一連の那覇空港における検討は、実質的にSEAに対応したのものとして環境省にも評価されているところである。

(5) 今後の対応

那覇空港の滑走路増設計画は、現在、施設計画段階の検討を進めているが、平成22年度は、予算が成立すれば環境アセスメントに着手する予定である。影響評価の前提となる現況調査の一部に着手するものである。

5. 福岡空港での検討

福岡空港は九州の拠点空港であり多くの国内線に加え東アジアを中心に多くの国際線も就航し、九州の経済活動の核として機能している。那覇空港と同様に福岡空港についても、将来的に需給が逼迫することが想定されたことから、平成14年12月の交通政策審議会航空分科会答申において、「将来にわたって国内外航空ネットワークにおける拠点性を発揮しうよう、今後の航空需要の動向等を勘案しつつ、既存ストックの有効活用方策等について、幅広い合意形成を図りつつ、国と地域が連携し、総合的な調査を進める必要がある。」と記載された。これを受け、平成15年度から、国と地域が協力し、かつ、検討のプロセスの客観性、透明性を確保するためPIを活用した検討を進めてきている。

5. 1 総合的な調査

(1) 検討の流れ

福岡空港でも那覇空港と同様に、総合的な調査を平成15年から開始したが、那覇空港と違い周辺空港の活用や新空港の検討も必要であったことから、平成17年度から4ヵ年をかけPI実施も含め検討を進め、空港能力向上策を検討している。PIは4つの段階に分けて実施しているが、ステップ1で「福岡空港の現状・課題」、ステップ2で「福岡空港の将来像」、ステップ3で「周辺空港の活用を含む対応案の検討」、そしてステップ4で「対応案（現空港滑走路増設案と新空港案）の比較検討」を実施している。

特にステップ4の段階では、ステップ3までの検討結果を踏まえ、「現空港増設案（西側滑走路配置（210m）案）及び「新空港案（三苦・新宮ゾーンN61°E案）」の2案を検討している。総合的な調査及び構想・施設計画段階を含む検討の流れは、別図-7のとおりである。

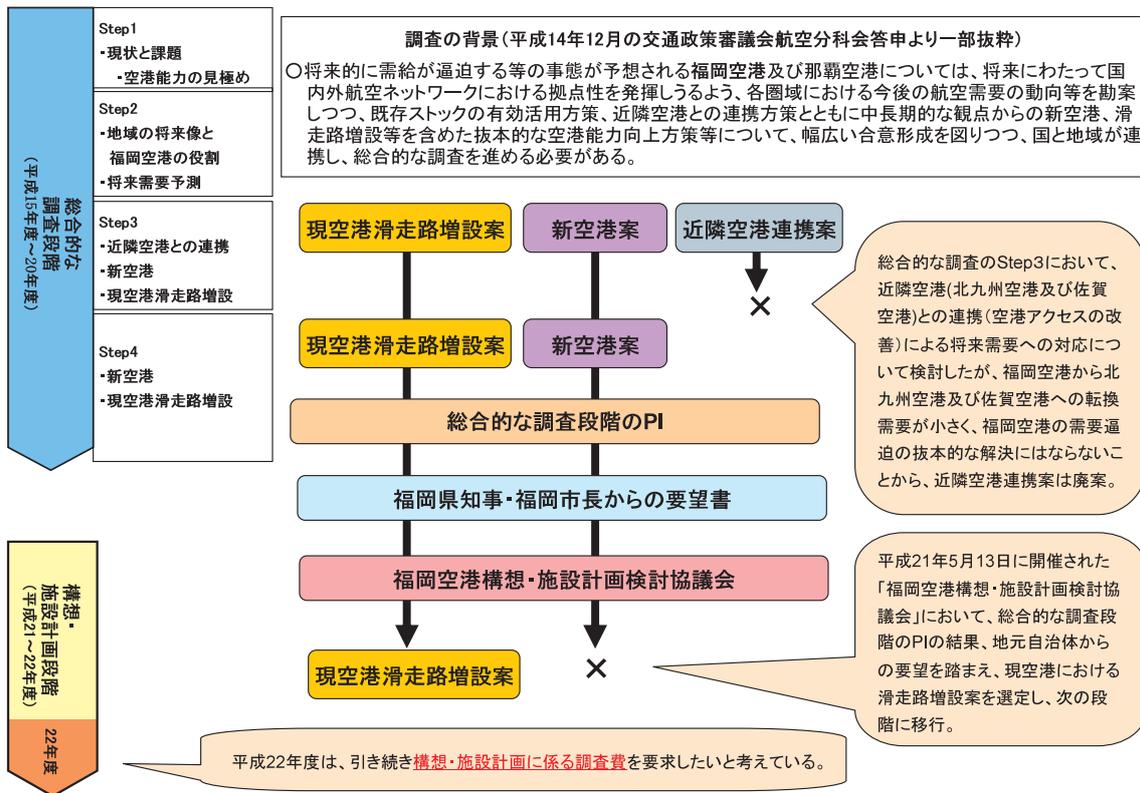
福岡空港の近隣には、北九州空港及び佐賀空港があり、それぞれ東京等に定期便が就航しているが、ステップ3で検討した近隣空港活用案は、両空港へのアクセス改善（バス路線の充実、鉄道アクセスの改善）を想定し、どの程度需要が両空港へ転換するか需要予測手法を活用し検討したものである。検討の結果は、そもそもの需要の発生・集中拠点が福岡市に集中していることから、それ程の転換は無く、福岡空港の需要集中の低減にはあまり寄与しない結果となった。

(2) ステップ4での検討

また、現空港滑走路増設と新空港とを比較したステップ4においては、通常の説明会に加え出前説明会を65回開催する等きめ細やかな対応を実施している。ステップ4における現空港滑走路増設と新空港の比較の概要は別表-2のとおりである。ステップ4におけるPIの検討結果は別図-8のとおりであるが、約

福岡港滑走路増設計画の検討経緯

別図7



Step4での将来の対応案の比較評価

別表2

滑走路増設案と新空港案の各代表案を選出

- 増設では、現滑走路に対する増設滑走路の位置を東側配置(滑走路間隔300m)、西側配置(滑走路間隔300m)、西側配置(滑走路間隔210m)改良案とした3案を検討・比較したところ、滑走路処理容量に大差はなかったため、事業費・工期等の面で優位である西側配置(滑走路間隔210m)改良案を代表案とした。
- 新空港では、空港の位置及び滑走路の方位を志賀島・奈多ゾーンN125°E、三苦・新宮ゾーンN61°Eとした2案を検討・比較したところ、アクセス・事業費の面で比較的優位な三苦・新宮ゾーンN61°E案を代表案とした。

将来の対応案の比較評価

	滑走路増設案 西側配置(滑走路間隔210m)改良案	新空港案 三苦・新宮ゾーンN61°E案
処理容量	18.3万回/年(19.7万回/年) ※()内書きは、昼間時間帯の有効活用时	21.3万回/年(22.6万回/年) ※()内書きは、昼間時間帯の有効活用时
工事期間	約7年 ※他に環境影響評価、用地買収、埋蔵文化財調査などの期間が必要	約9年 ※他に、現況調査、環境影響評価、漁業補償、アクセス用地買収などの期間が必要
アクセス	5分 (鉄道による博多駅からの所要時間)	概ね15～20分 (鉄道による博多駅からの所要時間)
利用時間	15時間/日 (7時～22時)	24時間/日
概算費用	約2,000億円	約9,200億円

総合的な調査PIステップ4におけるPIの結果

別図8

○「滑走路増設」については、現在の利便性の高さが保たれることや、新空港と比較して少ない初期投資で済むことなどから積極的な意見がある一方、騒音等、生活環境への影響や、万が一の事故の際の安全性に関する課題が残ることなどから消極的な意見もある。

○「新空港」については、24時間利用可能であることや事故の際の安全性向上、九州・福岡の経済発展などの観点から積極的な意見がある一方、事業費の大きさやアクセス利便性の低下、埋立による自然環境への影響などから消極的な意見もある。

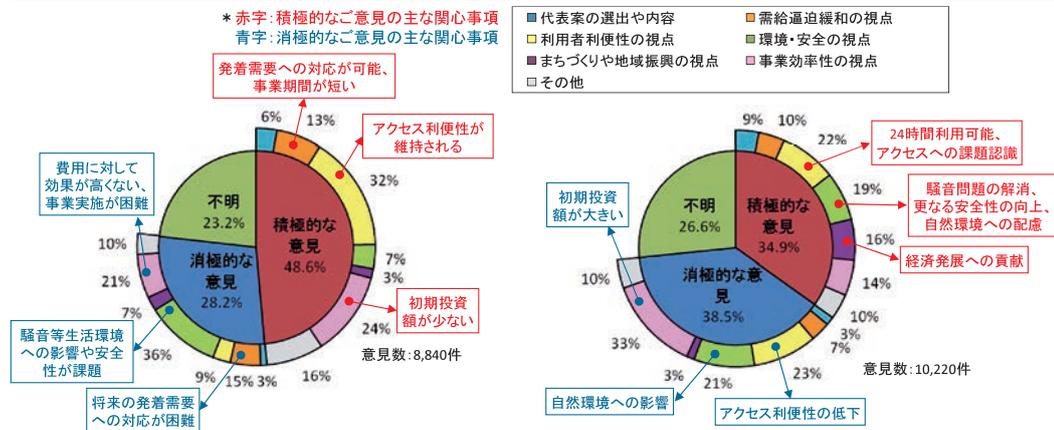


図 滑走路増設に対する意見の分類

図 新空港に対する意見の分類

《参考》両案に対する積極・消極別の意見数における比較

滑走路増設に対して積極的な意見	4,293件
新空港に対して消極的な意見	3,935件
新空港に対して積極的な意見	3,569件
滑走路増設に対して消極的な意見	2,498件

8,000人の関係者から意見が提出されている。意見の概要は、現空港における滑走路増設に対する積極的な意見が4,293件と最大で、新空港に対する消極的な意見が3,935件とその次に多かったものである。またその後、地元関係自治体からの意見も踏まえ、平成21年5月13日に開催した「福岡空港構想・施設計画検討協議会」において、現空港における滑走路増設案を選定し、構想・施設計画段階に進むこととなったところである。

5.2 構想・施設計画段階の検討

今年度は、平成21年5月13日に開催した「福岡空港構想・施設計画検討協議会」の決定を受け、構想・施設計画段階の検討を実施している。先に構想段階は、幅広い選択肢の中から候補地を選択する段階、また、施設計画段階は、具体の施設配置計画案を決定する段階と説明しているが、福岡空港の検討においては、総合的な調査の段階で新空港を含む複数案を検討し方向付けを行っていることから、構想・施設計画段階

においては、現空港内での滑走路間隔210m案について、その詳細を検討することとしている。

(1) 検討体制

構想・施設段階は、別図-9のような体制で検討を進めている。検討主体は、国、県で構成する「福岡空港構想・施設計画検討協議会」であるが、技術的な検討及び協議会への助言を行う「福岡空港技術検討委員会」を設置し技術面でのサポートを行うとともに、PIとしての適正さを確認するための「福岡空港構想段階PI評価委員会」を設置している。先日第1回目のPI評価委員会が開催されたが、今後検討内容がより詳細に、また、技術的になることから、より分かりやすい情報の提供が求められているところである。

(2) 主な検討課題

構想・施設計画段階の主な検討課題は、「航空需要予測」、「滑走路等の配置」、「航空機騒音の影響」、「事業費・工期」及び「費用便益分析」

である。

特に需要予測については、昨今景気が冷え込み、航空需要そのものの伸び悩みがある中での検討であり、その精度の高さが要求されるものである。また、具体的な施設計画の検討も必要となるが、各施設の将来にわたる対応を踏まえ空港周辺の用地買収の必要性の確認や滑走路配置に伴う制限表面の設定等周辺地域の社会環境に直接影響を与える事項である。更には、市街化された中にある福岡空港において滑走路を増設し、空港の処理能力を増加させた場合の騒音の影響がどの程度になるか、慎重な検討が必要となる。

(3) 今後の予定

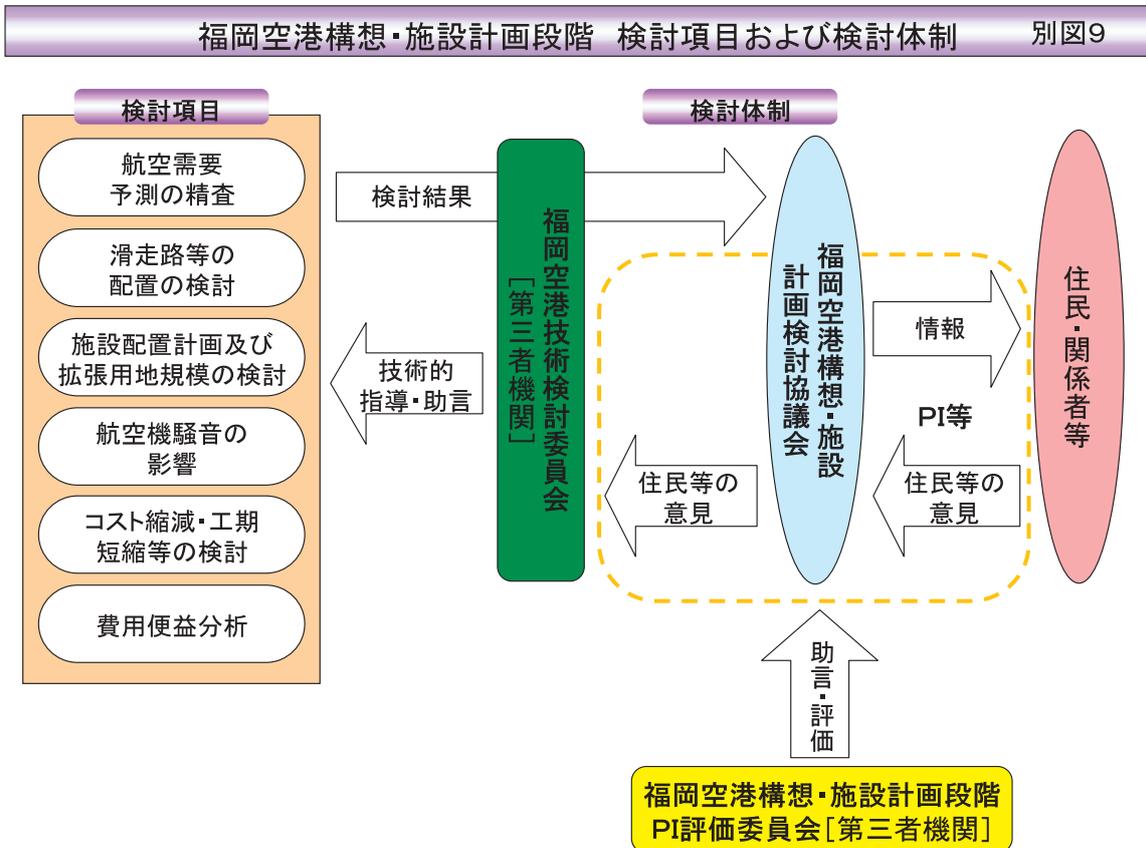
平成 21 年 12 月 22 日に第 1 回技術検討委員会が開催されたが、上記技術的な課題の検討を平成 21 年度内に終了させ、順調に行けば来年度から PI を実施することとしている。

6. 終わりに

公共交通インフラの整備は、その懐妊期間が長いがゆえに景気の変動に直面することになる。10 年に一度、また、100 年に一度の不況が襲う中、いかに将来を見据え、必要な整備を進めて行くか重要な課題である。

かつてこれらの手続きは、その整備主体の意向が強く働き進められてきたが、いまその手続きに、関係する住民等が組み込まれてきている。計算された需要予測に基づき将来の施設整備の必要性を実施主体が判断する時代から、感度分析を含む需要予測の実務や計画の早い段階から環境への影響の検討を行い、将来への投資を関係住民、納税者等関係者を含め判断する時代へと変わりつつある。

那覇空港及び福岡空港における滑走路増設の検討が、PI 及び SEA といった新たな取り組みを踏まえ、関係者の理解のもと円滑に進むことを切に望むものである。



JAXA の次世代運航システム (DREAMS) 研究開発計画*

石井 寛一**

1. 背景

20年後の航空交通量は、欧米では1.5倍から最大3倍になると予測されており、現状の航空交通管理は限界を迎える可能性がある。航空交通の安全性、利便性を維持向上するために、新技術による運航システムの革新が求められている。

ICAOでは2003年に世界的な相互運用性を満たす新たな航空交通管理の方向性として、グローバルATM運用概念を提示した。この概念は技術自体より技術の効果的活用のための運用に主軸を置いており、その構成要素は①需要/容量バランス、②操縦者運用分担、③空域管理、④交通の同期化、⑤コンフリクト管理、⑥空港管理、⑦サービス配送(情報共有)、となっている。

これを受けて、米国は2025年までに航空交通システムの革新を目指すNextGenプログラムを、欧州は2020年までに空域・管制システムの再編を目指すSESARプログラムを開始している^{1).2)}。

我が国の航空交通量も、20年後には1.5倍になると予測され³⁾。国土交通省航空局では「将来の航空交通システムに関する研究会」を設置し、長期ビジョンの策定を進めている。

このような状況を鑑み、JAXAにおいても次世代運航システムDREAMSの研究開発を進めつつある。

2. DREAMSの研究開発計画

DREAMSとはDistributed and Revolutionarily Efficient Air-traffic Management System(分散型高効率航空交通管理システム)の略で、従来の地上施設で集中管理するシステムを補完するものとして、各機体に搭載した機器に機能を分散することにより、利便性、環境適合性等を維持・向上しつつ、高密度、高効率かつ安全な運航を行う技術の確立を目的とする。

DREAMSでは現時点で成立性を検証している次世代運航システムの要素技術を、2013年までに模擬的な運用環境下で飛行実証できるまでに技術開発を進め、実用性を向上して技術提案することを目標とする。2013年を目標としたのは、次世代運航システムへの移行時期(2025年)の国際的な共通目標に対して、技術提案から国際規格の策定に10年、アビオニクス製作・インフラ整備およびその試験運用に2~3年が必要と考えられるためである。

DREAMSの技術課題の選定方針を以下に述べる。我が国の特徴的な問題として、大型機の比率の高さ、都市部大規模空港への交通集中、山がちな国土事情と厳しい気象条件、低高度域の管制サービス充実への要望、等が挙げられる。これらの問題を解決するために、次世代運航システムの実現に必要な技術項目の中から、

*JAXA's Research Plan for Next Generation Air-traffic Management System (DREAMS)

**宇宙航空研究開発機構 航空プログラムグループ
運航・安全技術チーム 研究員

高密度・安全運航に効果がある実用性の高い技術で、かつ我が国が優位性・独自性を有する技術に選択・集中する。

この方針の下に選定した DREAMS の技術課題が、①高精度衛星航法、②飛行軌道制御、③気象情報技術、④低騒音運航技術、⑤防災・小型機運航技術、である。図-1に研究開発全体の枠組みを示す。

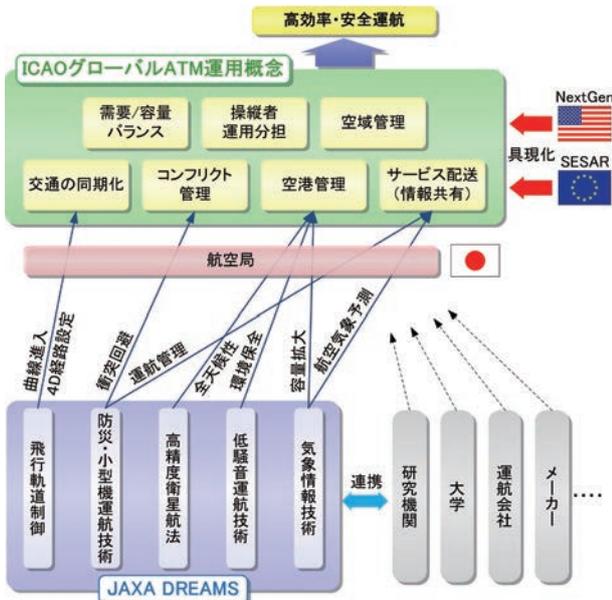


図-1 DREAMS 技術課題と全体枠組み

3. DREAMS 技術課題の概要

図-2に DREAMS 全体の技術課題の概念図を示し、以下に各技術課題の概要を紹介する。

3.1 高精度衛星航法

ICAO では GNSS（全地球的航法衛星システム）を次世代の航法システムとして位置づけている。GBAS（地上局型補強システム）を用いた衛星航法は、従来の ILS（計器着陸システム）と比較して、経路設定自由度が高いこと、および一式のシステムで複数滑走路への進入経路に利用可能なこと、等の利点を有している。しかし現在の GBAS は CAT- II、- III 等の高カテゴリ進入着陸の実用化の目処が立っていない。その主な原因は電離層異常であり、我が国の電離層環境において信頼性要求を満たす技術の開発が必要である。

DREAMS では、GPS 受信機と INS（慣性航法装置）を複合し、電離層および衛星の異常を早期に検知し、精度・信頼性を監視するアルゴリズムを開発する。同時に INS 補強により、電離層異常時に GPS 受信機の衛星追尾性を向上させる技術を開発する。

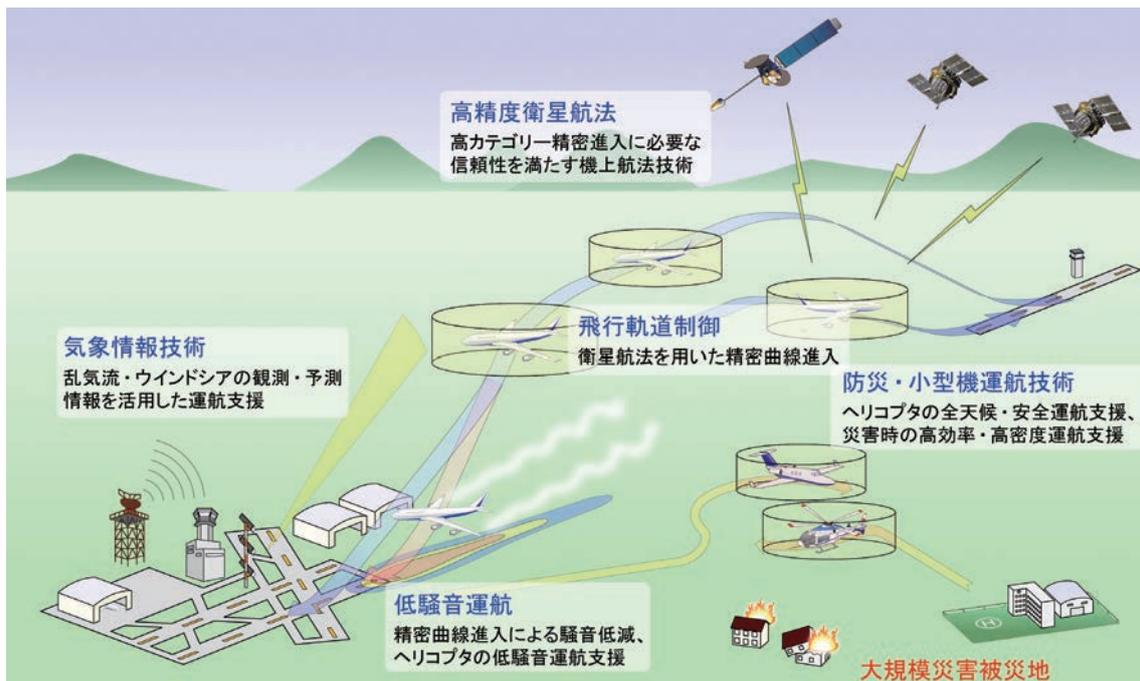


図-2 DREAMS 技術課題の概念図

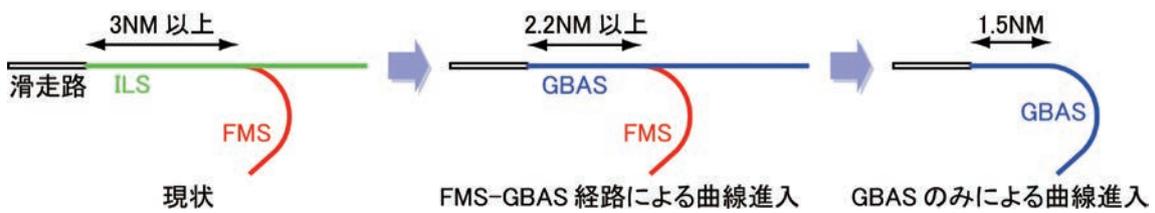


図-3 曲線進入における最終直線経路の長さの比較

3. 2 飛行軌道制御

従来の ILS は直線的な精密進入を可能にするシステムであり、図-3 に示すように現状では FMS (Flight Management System) を用いた場合には滑走路から 3NM 以遠で ILS に会合する。一方 GBAS は補強情報に加えて、FAS (Final Approach Segment)、TAP (Terminal Area Path) という進入経路の情報を提供する機能を有している。GBAS を用いることにより図-3 に示すように直線区間を短縮して曲線的な計器進入が可能となる。経路設定自由度が向上することにより、これまで地形の制約により ILS 進入ができなかった滑走路に対しても計器進入が可能となる。

DREAMS では、FMS 曲線経路から GBAS 直線経路に接続する精密進入と、GBAS によって伝送される曲線経路による精密進入を実現することを目指す。そのために必要となる技術として経路設定方式、運航手順・条件等の研究を進める。

3. 3 気象情報技術

空港処理容量の拡大には、ターミナルエリアにおける乱気流等の高精度・高解像な気象情報を航空機・管制に配信し、安全かつ正確な 4D 運航（位置に加えて時間管理を行う運航）を実現する必要がある。

DREAMS では、地上ライダ等からの観測情報と CFD による数値予測を融合し、後方乱気流や格納庫後流、低層ウィンドシア等が航空機の離着陸に及ぼす影響を高精度に予測する技術を開発する。さらに気象の観測・予測情報を活用して、高密度運航を実現するアルゴリズムの開発



図-4 低騒音運航技術の概念図

や、曲線進入や Displaced Threshold 等を用いた経路設定技術を開発することにより運航の安全性・効率性を向上することを目指している。

3. 4 低騒音運航技術

ICAO では航空機の騒音対策として、発生音削減、騒音軽減運航方式、土地利用・管理、運用制限、を効果的に組み合わせる Balanced Approach と呼ばれる概念を採用している。

DREAMS ではその中から騒音軽減運航方式に重点を置き、将来の航空交通量の増加に伴う騒音の影響の増大を現状以下に抑えること、騒音のために設定された運用制限を緩和すること、を目指し以下の研究開発を行う。

(1) GBAS 等を用いた低騒音進入

従来の ILS では直線的な進入経路となるため、地形等の制約によって騒音の観点から最適な経路を設定できない場合がある。反対に騒音の影響を重視して人口密集地等を避けた経路を設定すると、曲線部分等で目視に頼ることになり、結果として飛行経路がばらつく場合もある。

一方、航空機から発生した騒音は地上に伝搬する間に減衰、屈折、反射等の影響を受ける。

地上の音源と受信点間の伝搬減衰に風が与える影響は10～20dBになる場合もある。したがって騒音の影響を考慮した飛行経路を正確に飛行した場合でも、気象条件等が変わると周辺の騒音も大きく変化することになる。

DREAMSではGBAS等を用いた精密曲線進入により、地上における騒音の影響を最小にする飛行経路設定技術の確立を目指す(図-4)。

騒音の影響を考慮した経路設定をするためには、地上に伝わる航空機騒音を高精度に予測することが必要であり、CFD(数値流体力学)等を用いて気象条件をリアルタイムに反映した高精度な騒音予測技術を開発する。

この騒音予測技術を用いて、まずGBASを用いて経路のばらつきを抑えた曲線進入による騒音分散の抑制効果を明らかにする。さらに経路を選択する際に、気象条件による騒音伝搬の変動を反映し、騒音の影響を最小限に抑えた運航を可能にする技術を開発する。

(2) 低騒音経路生成・誘導システム

ヘリコプタは、パイロットが自由に飛行経路を決めることのできるVFR(有視界飛行方式)で主に飛行しており、通常の場合パイロットは周辺の土地利用状況に配慮して飛行している。しかし、ヘリコプタから発生する騒音が飛行条件および気象条件によって変動すること、飛行経路周辺の土地利用状況に関する経験・情報が不十分な場合があること、等の要因により必ずしもパイロットの意図した騒音低減効果が得られない場合がある。

またヘリポート等では周辺地域における騒音の影響に配慮して年間の離着陸回数を制限している場合がある。

DREAMSでは、騒音のために設定されている運用制限を緩和し、またヘリコプタの救急・防災活動をより円滑かつ効果的に運用可能とすることを目標とする。

そのために、土地利用状況および気象条件を反映して、周辺地域における騒音の影響を最小

にする経路を最適化手法によりリアルタイムに生成・誘導する飛行支援システムを開発する。また後述の防災・小型機運航技術との連携により、災害時の要救助者捜索活動がヘリコプタ騒音によって妨げられないように、空域や経路を設定・運用するための技術を開発する。

3. 5 防災・小型機運航技術

ヘリコプタ旅客輸送の就航率は80%台であり、交通システムとしての普及を促進するためには全天候運航技術が必要である。また災害救助活動、緊急医療等の分野においても365日24時間の安全かつ効率的な運航を支援するシステム開発が喫緊の課題である

DREAMSでは、ヘリコプタに適した低高度IFR(計器飛行方式)運航の研究を行い、全天候性、就航率の向上を目標とする。また首都直下地震等では数百機の救援機が災害被災地で活動すると想定されており、このような高密度運航環境下で、任務遂行に必要な情報の共有による効率的な救援活動と安全運航の実現(衝突発生確率低減)を目指す。

4. おわりに

DREAMSの研究開発計画は、技術開発だけではなく、技術の有効活用のための運用や基準の提案までが含まれている。今後も行政機関、研究機関、メーカー、運航会社との連携をさらに強化していきたいと考えており、関係各位のご指導、ご協力をお願いするものである。

参考文献

- 1) FAA : Concept of Operations for the Next Generation Air Transportation System, Ver. 2.0, June 2007.
- 2) SESAR Consortium : Air Transport Framework - The Performance Target D2, December 2006.
- 3) 国土交通省, 交通政策審議会航空分科会 第7回資料, 平成19年3月.

成田国際空港における航空機騒音の推移と現状*

谷 みろく** 尾形 三郎***

1. はじめに

新東京国際空港として1978年5月に開港した成田国際空港は、年々増大する航空需要に対応するため、これまで旅客ターミナルビル・平行滑走路・誘導路等の空港諸施設の整備を段階的に進めてきた。

直近では、2009年10月にB滑走路の北側延伸部分を供用し、これにより2010年3月以降22万回の年間発着回数が可能となるが、更なる空港能力の拡充に向けた話し合いも周辺自治体や県・国との間で行われているところである。

このような状況に鑑み、成田国際空港株式会社（以下NAA）では、航空機騒音の監視に留まらず、様々な航空機騒音対策や取り組みを積極的に進めている。

本稿では、成田国際空港の現状とこれまで行ってきた航空機騒音低減への取り組みについて紹介するとともに、航空機騒音がおよそ30年間でどのように推移してきたかについて開港以来実施している騒音測定の結果を用いて報告する。

2. 成田国際空港の現状

2.1 施設の整備状況

これまでの主な整備状況を表1に、現在の基

本施設配置を図1に示す。

表1 成田国際空港の整備状況

整月年備	内容
1978年05月	開港 A滑走路(4000m)・第1旅客ターミナルビル供用
1983年08月	給油施設(航空燃料パイプライン等)の供用開始
1991年03月	鉄道(京成・JR)の旅客ターミナルビル乗り入れ開始
1992年12月	第2旅客ターミナルビル供用開始
2002年04月	B'滑走路(暫定平行滑走路・2180m)供用開始
2003年07月	南部貨物地区供用開始
2006年06月	第1旅客ターミナルビル改修完了・南ウイング供用開始
2009年07月	東側誘導路供用開始
2009年10月	B滑走路(北伸・2500m)供用開始
2010年07月	成田新高速鉄道開業(予定)

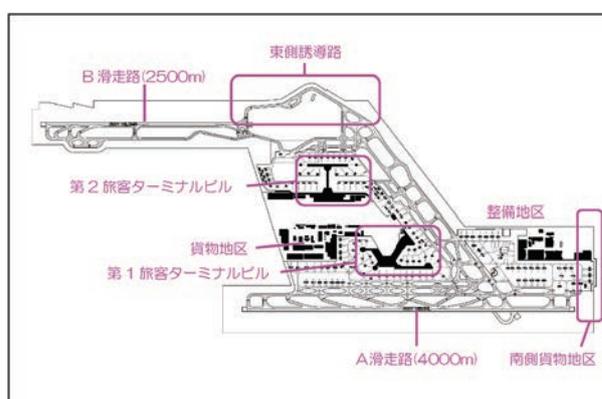


図1 成田国際空港基本施設配置図 (2009年10月)

この結果、旅客ターミナルビルだけを見ても、第2旅客ターミナル供用直前の1992年11月に28だった固定スポット数が67に、のべ面積も183,700㎡から812,600㎡と大きく増加し、空港全体でのスポット数も現在では134になっている。

最近では2009年10月のB滑走路の北伸・2500m化に先立って2009年7月に東側誘導路の供用が開始となり、B滑走路に向かう誘導路

*Change in Noise Exposure around Narita International Airport

**成田国際空港株式会社 共生・用地部門 共生部門
地域共生部 環境業務グループ 主席

***成田国際空港株式会社 共生・用地部門 共生部門
地域共生部 担当部長

が1本のみ状況が解消された。なお、今後も発着回数の増加に対応した誘導路整備やスポット増設が予定されている。

2. 2 発着回数・機材構成の推移

成田国際空港の航空機発着回数の推移を図2に示す。

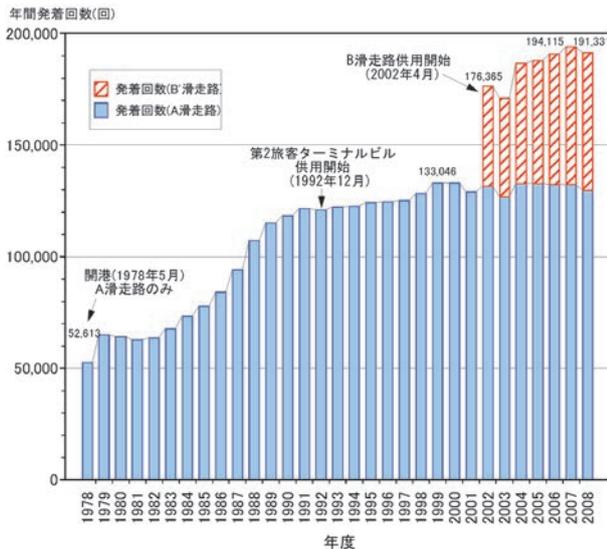


図2 航空機発着回数の推移

開港初年度(1978年)の発着回数はおおよそ10ヶ月間で52,600回(日あたり167回)、翌1979年は64,900回(日あたり177回)だった。その後1983年頃から回数は増加し、1988年には107,266回(日あたり294回)と10万回を超え、特に第2旅客ターミナルビルの供用(1992年12月)以降は、当時の発着回数の上限であった135万回を最大限に利用する状況が続いた。その後、2002年の暫定平行滑走路(2180m)供用時に20万回の発着が可能となり、2007年度には開港以来最多の194,115回(日あたり532回)、2008年度は191,331回(日あたり524回)と、開港当初から比較すると発着回数は約3倍になっている。

次に主要な航空機材別の発着回数の推移を図3に示す。成田国際空港では1980年から1993年にかけて、長らくB747(在来型)が運航機材の半数以上を占める時期が続き、1985年度には全運航機数の70%を占めていたが、2008年

度は少数の旅客便と貨物便に運航が残るのみとなり、現在旅客・貨物共に定期便の運航はほとんどなくなっている。さらに1989年に就航したB747-400についても、2002年をピークに減少し、より低騒音・低燃費な新型機材への入れ替えが進んでいることが窺える。

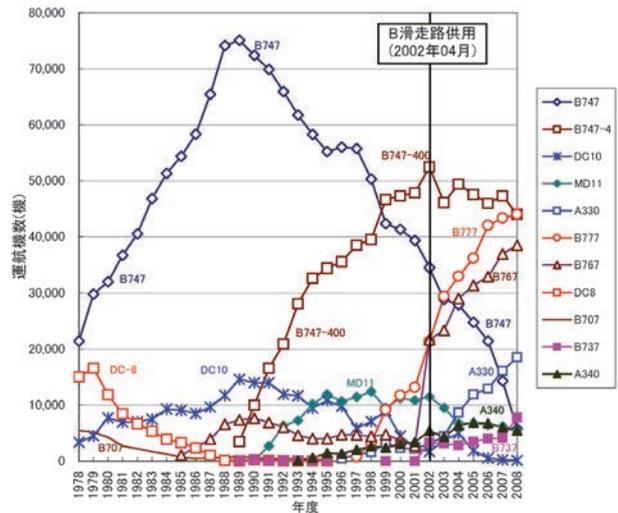


図3 航空機材別の発着回数推移

新規に就航した機材では1997年にB777が就航し、2008年度では全体の23%でB747-400と同率となった。加えてA330、B767などの双発機が増加しており、これら3機材をあわせると全体の53%を占めている。さらに、近年では国内線や近距離国際線向けにA320やB737、B757、CRJ、DH8Dなど小型の機材も増加してきている。

今後はB787やB747-800の就航が予定されているが、これらの機材は環境面でも非常に優れた性能を有し、かつ航空会社にとってのメリットも大きいことから、新型機材への更新が一層進むものと考えられる。

3. 航空機騒音低減への取り組み

成田国際空港では防音堤・防音壁の整備や、法律に基づき実施している防音工事の助成・移転補償の実施の他に、騒音を低減するための独自の取り組みを行っている。この中から主なものを紹介する。

3. 1 成田航空機騒音インデックス制度

低騒音航空機の導入を促進する目的で、2005年10月より、騒音レベルに応じて航空機を分類した「成田航空機騒音インデックス」による新しい着陸料金制度を導入している。

この制度では航空機毎に、最大離陸重量時における離陸・進入・側方測定点の騒音証明値と、ICAOで定めた3測定点におけるチャプター3基準からの余裕値の合計、および各測定点の余裕値に基づいて航空機をAからFクラスに分類し、低騒音な航空機は段階的に着陸料金を優遇するもので、もっとも低騒音なAクラスに該当する場合は、従来の着陸料金と比較して30%の引き下げ(2400円/トン→1650円/トン)となる。表2は機材別のインデックス該当状況を示したものであるが、現在増加している双発機のB-777/767は主にBクラスに、A380やA340については最も低騒音なAクラスに該当する。

表2 成田航空機騒音インデックス該当状況(機材別)

区分	機種	騒音インデックス					
		A	B	C	D	E	F
大型機	B747-4		←				
	B-747						→
中～大型機	MD-11						→
	DC-10						→
	B-777	←	←				
	A-340/A-380	←	←				
中型機	A-330		←	←			
	B-767		←	←			
	A-300		←	←			
	A-310		←	←			
小型機	A-320		←	←			
	B-737		←	←			
	B-757		←	←			
	CRJ		←	←			

凡例

図4は騒音インデックスのクラス別割合の推移を示したものである。概ねICAOのChapter-4基準に相当するA～Cクラスの運航比率は2003年度に46%だったのが年々増加し、2008年度には69.3%に達していることがわかる。本制度は規制ではないが、低騒音航空機の増加に少なからず寄与していると考えられる。

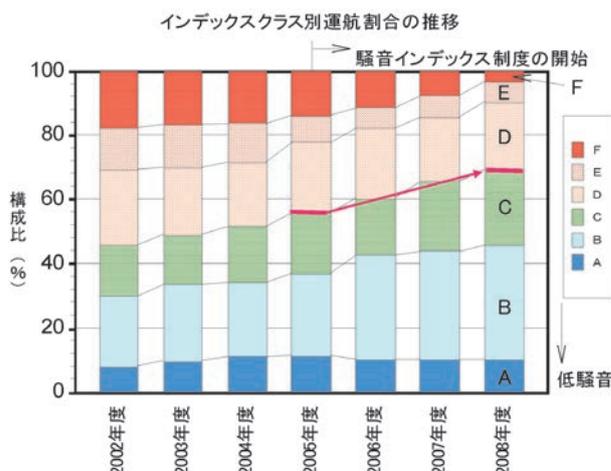


図4 成田航空機騒音インデックス・クラス別割合の推移

3. 2 飛行コース幅の設定と監視

航空機の騒音対策区域外への影響範囲を最小限にとどめることを目的として、図5のように利根川から九十九里までの直進上昇・直進降下にあたる部分に飛行コース幅を設定し、この区域からの航空機の逸脱を監視している。悪天候や安全確保などの合理的理由がなく区域を逸脱した航空機については便名や理由を公開するとともに、国土交通省を通じて航空会社に対する指導を行っている。なお、逸脱機数は年々減少し2008年度では6件、全運航機数に対する割合では0.003%に留まっている。

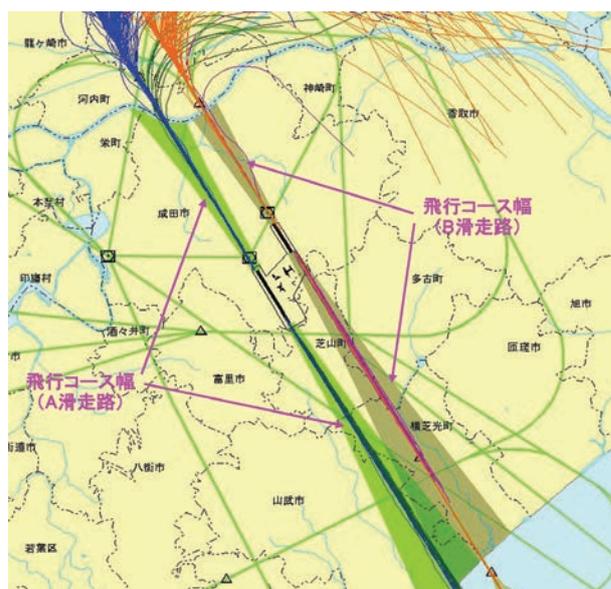


図5 飛行コース幅の設定(重ね合わせ航跡図)

3. 3 ハンガー型エンジン試運転施設 (NRH) の整備

航空機の整備作業のうち、特に騒音が大きく発生継続時間が長いエンジン試運転の騒音を軽減することを目的として、これまではサプレッサー型の消音施設を整備して運用してきた。しかし、年間 1300 回のうち 700 回 (54%) が深夜に行われていること (2008 年度実績) から、より一層の騒音低減を検討した結果、1999 年に図 6 のような日本の民間空港では唯一のハンガー型のエンジン試運転施設 (Noise Reduction Hangar : NRH) を本邦航空会社とともに整備して運用している。

この施設を使用することによって、400m 離れた空港敷地境界の騒音レベルが 80dB から 60dB へおよそ 20dB 低減し、現在では夜間においてもエンジン試運転に関する問い合わせはほとんどなくなっている。

なお、現在では一部の非適合機材を除く 92% のエンジン試運転が NRH で実施されているが、それ以外の試運転についても時間規制を設けるなどして騒音の低減に努めている。



図 6 ハンガー型エンジン試運転施設 (Noise Reduction Hangar : NRH)

4. 開港からの WECPNL の推移

NAA では航空機騒音の実態把握を目的として、空港周辺に 33 局の常時測定局を設置している。このうち開港時から同じ場所に設置している 10 局の測定結果を用いて開港以降の

WECPNL の推移を確認した。対象測定点と滑走路との位置関係を図 7 に示す。

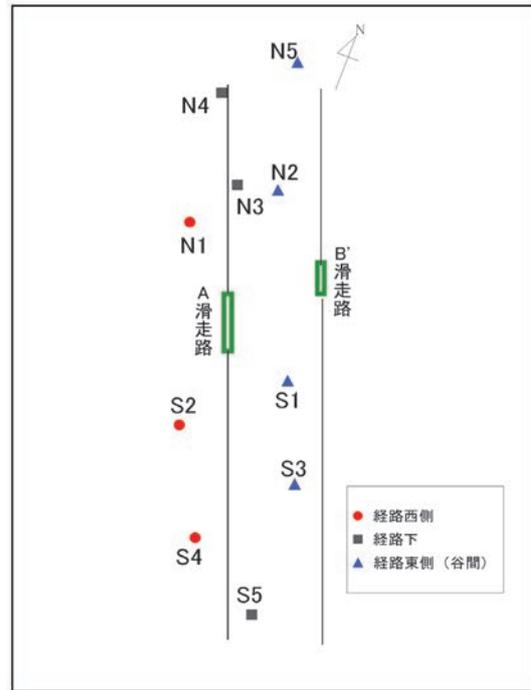


図 7 対象測定局位置図

開港当初から設置している測定局は空港南北にそれぞれ 5 局あり、いずれも A 滑走路側の騒音の寄与が大きい場所であるが、中には A 滑走路と B' 滑走路の飛行経路の谷間 (両滑走路の間隔は 2.5km) に位置している局もある。

4. 1 WECPNL の推移

図 8 に開港時の 1978 年度から 2008 年度までの 31 年間の WECPNL の年度別推移を示す。変動が見られない局、減少または増加傾向にある局など測定局によって推移の状況は異なるものの、空港南側の A・B' 滑走路の谷間に位置する S1/S3 地点では増加傾向で、その他の北側や経路の西側に位置する局では減少の傾向にある。

2002 年には B' 滑走路の供用により発着回数はおおよそ 5~6 万回増加したが、これ以後もすべての地点で WECPNL は減少している。

図 9 に開港当初を基準とした WECPNL のレベル差の推移を示す。ただし、5 月末に開港した 1978 年度ではなく、1979 年度を基準年度とした。

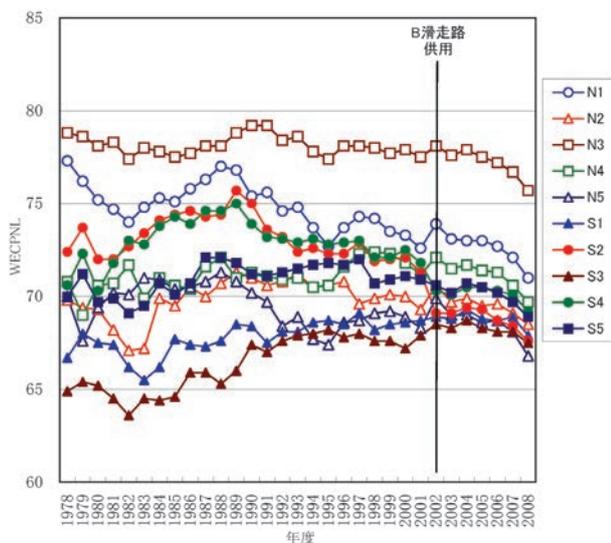


図8 31年間のWECPNLの年度別推移

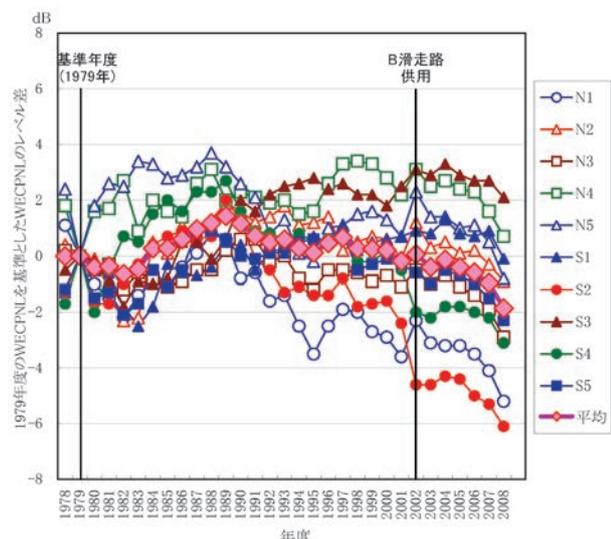


図9 開港当初を基準としたWECPNLのレベル差の推移

測定局によって増加・減少の様子は異なるものの、10地点の平均値で見るとWECPNLは1989年度まで上昇(+1.4)した後に2004年度まで徐々に減少が続き、B'滑走路の供用以後もWECPNLは開港当初から大きく変わっていないことがわかる。

さらに2004年以降では運航回数・飛行経路に大きな変化がないにも関わらず4年間で-1.8と大きく減少している。

つまり、航空需要の増大に伴い運航回数は3倍に増えたものの、WECPNLでは31年間で約2、最も大きかった1989年度からだると20年弱

で3以上も減少したこととなる。

4.2 平均騒音レベルの推移と航空機騒音の発生状況

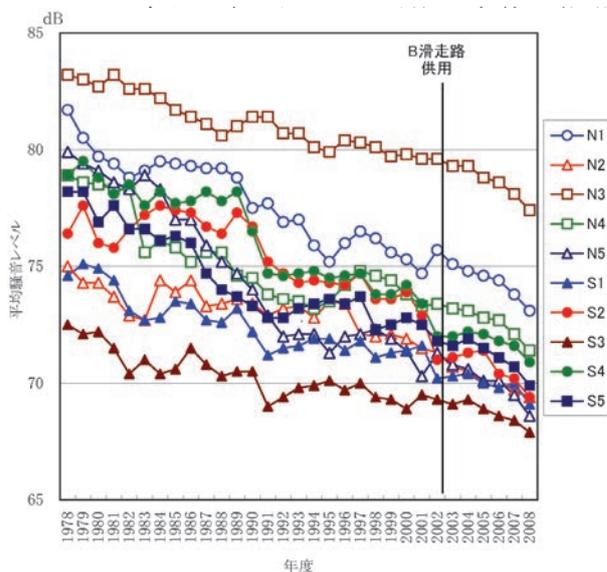


図10 平均騒音値の推移(離着陸合計)

であるが、いずれの測定点においても開港当初から現在に至るまで平均騒音値は下がり続けており、1979年度を基準とした場合の全地点の平均レベル差は2008年度には-7.1dBにもなっている。測定点別に見ると、最小はS3で-4.2dB、最大はN5で-10.8dBも減少している。

また、単発騒音の発生状況もこの31年で大きく変化してきている。図11はN3測定点での1979年と2008年に観測された1機ごとの単発騒音の発生状況を発生時間とともに示したものである。いずれも11月の連続した7日間で離着陸の割合が同じ期間を選んだ。

1979年の騒音値を示す濃い点に注目すると、1日の航空機騒音のうちの1割程度は85dB以上で90dBを超える事もあったものの、2008年には85dBを超える騒音は全く発生しなくなっている。ただし運航機数は増加しており、低騒音化や暫定平行滑走路側の離着陸機の騒音によって65~75dB程度の騒音が増加していることがわかる。

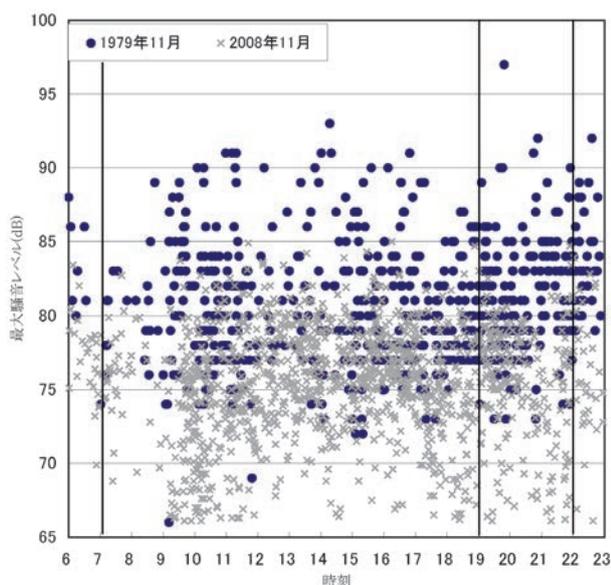


図 11 単発騒音発生状況比較 (1979 年・2008 年)

このように運航機数が増加しても WECPNL が減少している理由として、2.2 で述べた機材構成の変化、すなわち航空機の低騒音化・小型化に伴い単発騒音値が非常に小さくなっていることが原因であり、この傾向は今後も続くものと考えられる。

5. おわりに

成田国際空港では 1978 年の開港時から今日までに発着回数は 3 倍になっているにも関わらず WECPNL はむしろ減少し、航空機の単発騒音は確実に小さくなってきている。最大の要因は技術革新による航空機の低騒音化や機材の小型化によるところが大きいものの、独自の航空機騒音低減への取り組みも騒音の減少に寄与していると思われる。

現在、成田国際空港では B 滑走路の北伸 (2500m 化) に伴い、2010 年 3 月末の夏ダイヤ以降は発着回数の上限がこれまでの 20 万回から 2 万回増えて 22 万回となるだけでなく、より一層の発着回数の増加と空港機能の拡充が求められており、2009 年 12 月にはおおむね 10 年後の発着回数を 30 万回とした予測騒音コンターを作成して公表したところである。

また、2013 年には航空機騒音の評価指標が Lden に変更となるため、Lden の集計処理に対応し、地上音の評価も可能な「航空機騒音監視システム」の整備を行っているところである。

今後も継続的な航空機騒音の実態把握や騒音低減に繋がる新たな施策の検討に加えて、このような航空環境を取り巻く変化にも迅速に対応していくこととしたい。

航跡記録装置の商標名（商標四方山話）*

北澤 誠**

はじめに

航空機騒音の測定時に飛行経路の調査が同時に行われることがあります。この飛行経路調査には米国製のエアシーンという機器（平成12年ラノック社より購入）を使用しております。そろそろ更新時期を迎えるという時期に、購入当時と比べかなり高額になっているという問題がありました。

このため電子航法研究所で開発された受動型SSRを利用した航跡探知方式を応用し我国独自で開発することになりました。電子航法研究所がノウハウ、㈱リオンが制作、当協会が主に資金を提供することで開発を進めることになりました。

平成19年度からスタートし、評価試験を行って3年目には実用機の完成までこぎつけるというもので、22年度末には完成品が当協会に納められることになっております。昨年の秋、羽田空港において実証実験を行いエアシーンと同等以上の精度が得られたことが確認されました。

ところで、この航跡装置に名前を付けることになり、スカイゲイザー／SKY GAZER（空を眺める人）ではどうかと当協会の吉野主任研究員から提案がありました。STAR GAZER（天文学者＝星を眺める人）という言葉が存在しておりそれにヒントを得たとの事です。ついては、このスカイゲイザー／SKY GAZERという商

品名を勝手に使用してよいのか、或いは商標登録可能なのか調べているうちに商標とはなかなか奥深いものだということを知りました。

大変前置きが長くなりましたが、それでは商標の歴史及び商標とは何かについて述べてみたいと思います。

1. 商標の歴史

高橋是清と商標

わが国における商標の歴史は高橋是清と言う人物抜きには考えられないことが分かりました。

高橋是清は明治、大正、昭和に活躍した政治家ですが、特に大蔵大臣として6回勤められました。2.26事件で青年将校の銃弾に倒れ非業の死を遂げられたと言うことは皆さん良くご存じかと思えます。一体、高橋是清が商標とどのような関係があるのでしょうか。ここで彼について、特許局長退任後の人生も含め高橋是清自伝（中公文庫上下）から簡単に紹介致します。

高橋是清は商標や特許などのわが国における知的財産の必要性を唱え、かつ導入した先駆者であります。また実に数奇な人生を歩んだ方だと思えます。

幼少期と米国での奴隷生活

明治になる前の1854年幕府御用絵師の川村庄右衛門の私生児として江戸芝露月町（現在の新橋駅の近く）に生まれ、その直後に仙台藩足軽の高橋家に里子に出され、さらにその二年後には養子として引き取られることになりました。

*A trademark of flight track observation equipment

**航空環境研究センター

14歳（慶應3年）のとき藩の留学生として渡米することになりましたが、横浜の貿易商のヴァンリードに旅費や学費を騙し取られてしまいました。その結果、身元引受人であったアメリカにいるヴァンリードの両親の家庭、さらにはその後引き渡された銀行員のブラウン家では奴隷としての扱いを受けてしまい、学校で勉強するどころか家事、家畜の世話で散々な目にあったようです。約1年後の明治元年、奴隷の境遇を脱してやっとのことで日本に帰り着くことが出来ました。

通訳業（特許・商標に目ざめる）

帰国後暫くして文部省に雇われていたアメリカ人のモーレー博士の通訳を勤めておりました。その当時（明治7年頃）ヘボン式ローマ字でも有名な医師のヘボン博士が辞書を編纂するにあたりその版權を日本で取得するためモーレー博士に相談したところ、治外法権のため日本の法律が適用されず保護されないとの事でありました。このときモーレー博士から「日本は著作を保護する版權はあるが、発明、商標を保護する規定が無い、外国人は日本人が大変器用ですぐ外国品を真似し、商標を盗用して模造品を舶来品のように販売していることを非常に迷惑がっている。米国では発明、商標、版權の三つを知的財産として最も重要な財産としている。日本でも発明、商標を保護する必要がある」と言う話を聞いて高橋是清は工業所有権の重要性を感じ研究を進めたとの事です。

役人生活（特許・商標業務に専念）

その後、明治14年是清28歳のとき農商務省が新設されると同時に採用され工務局に入り商標登録及び発明専売規則作成に従事し、明治17年には農商務省の商標登録所長になり同年商標条例が公布されることとなりました。その当時は「のれん」と商標が混同され、「のれん」は永く忠勤した番頭に、その主家から分けて与え

られるものです。それを登録し登録者の専有物として、いっさい他人が使えなくするのは商習慣にもとるとの考えがあり、是清も関係者に理解して貰うのに苦労したようです。なお、明治18年4月18日には専売特許条例が制定されました。

欧米視察

明治18年11月から約1年にわたり是清（32歳）は欧米の工業所有権について調査してきました。ベルリン滞在中に、京都の織物業者で家伝の織物見本を携えてヨーロッパ諸国を巡って注文を受けていた川島という人物に会い、彼の織物や布地の意匠がドイツやフランスでたびたび盗まれていると聞き、是清は意匠制度を制定する必要性を強く感じ、それが意匠制度を制定するきっかけになったようです。

特許局初代所長

是清が帰国後、明治21年12月に旧法を廃して新たに商標、特許、意匠の各条例が発効され、ここに至って工業所有権保護に関する法規はほとんど具備されることとなりました。

やがて、農商務省の外局として設置された特許局の初代局長に就任し、日本の特許制度を整えました。

ペルー銀山事業

是清36歳のときにペルーにおける銀山事業の話が持ち上がり彼にその全権代表の御鉢が回ってきました。明治22年11月特許局長非職を命じられペルーの銀山事業に乗り出しました。しかし、日本人技師の虚位の報告書に騙され、銀山は既に廃抗同然であったため事業に失敗、是清は全財産を失い傷心のうちに帰国しました。その後、自宅を売り払い債務を返済し会社を清算しましたが、世間の誹謗嘲笑は治まらず家族共々大変苦労されたようです。

銀行マン

そのとき先輩友人らの協力で明治25年日本銀行に入り（日本銀行本館建築事務主任）やがて横浜正金銀行に移り副頭取に昇格しその後46歳にして日本銀行副総裁になりました。

戦時外債で活躍

しかし是清の本領が発揮されたのは、日露戦争の戦時外債を公募するため政府の指示で明治37年日露開戦直後に英米両国に渡り交渉してきた不屈の努力ではないでしょうか。最初に米国に上陸し外債の感触について確認したところ、日本に対する同情はきわめて強いものの外債の公募はほとんど不可能との感触でありました。彼はすぐ日本の同盟国である英国に渡り、これまでの人脈を駆使して目標外債の約半分までの確約を取ったところで、ある幸運に恵まれます。英国の友人のところへ一人のアメリカ人が尋ねてきて是清と食事を伴にしたとき、なんと銀行家であるそのアメリカ人は目標外債の残りの半分以上を全て購入する約束を是清にしました。是清自身大変不思議に思ったそうですが、そのアメリカ人はユダヤ系でアメリカにおけるユダヤ人会の会長をしておりました。その当時、ロシアではユダヤ人同胞が迫害させている状況でした。日本がロシアと戦争することで、日本が勝てないまでも膠着状態の中からロシア政府の崩壊を望んでの日本への肩入れだったようです。この後とんとん拍子に追加外債の公募は進み、日本の戦費を賄うことが出来たようです。日露戦争に日本が勝利できた要因の一つは高橋是清と言う一人の類い希な人間の存在があったからかも知れません。

2. 商標とは

だいたい話がそれてしまいました、それでは、商標制度とはどのようなものか概略を以下に示します。

商標は文字等による標章（マーク）であって

商品・役務について使用するものとなっております。商標は商品、役務について他の商品、役務と区別するために使用するものであり、文字、図形、記号、立体的形状及び色彩を含めた結合体とも定義されております。

また商標の目的は商標を保護することで業務上の信用及び需要者の利益を保護することと成っております。

商標の具体例ではどのようなものがあるのでしょうか、ヤマト運輸の黒猫マークやSONYは役務を提供している商標で、レクサスは商品としての商標になります。不二家のペコちゃんも立体形状の商標と言えます。従って、商標はその会社にとって重要なブランドを体現するものです。

なお、ロゴのデザインは単なるマークではなく創作物として著作権に該当する場合もあるようです。

一方、商標と混同されやすいものに商号がありますが、商標とは全く違うものです。商号は会社など営業を行う場合、自己表示するため使用する名称（会社名）であり商法・会社法に規定されており法務局に登録するものです。同じ営業として一市町村に一つのみしか登録が許されませんが全国に同一名称がいくつあっても問題ありません。しかしながら、商号（会社名）を商標登録することは、登録要件を満足すれば可能です。

A. 商標登録

商標登録は特許庁に出願しますが、その商標に対応する「商品」または「役務」を指定しなければ成りません。またどの区分に該当するかを記載する必要があります。その区分は1から45に分類されており（1から34までが商品、35から45までが役務）例えば商品では第10類は医療用機械器具及び医療用品、第25類が衣服及び履物といった具合です。一方役務では第36類が金融、保険及び不動産であり、第43類

が飲食物の提供及び宿泊施設の提供となっております。

スカイゲイザーは第9類区分で指定商品は電気通信機械器具となります。同一又は類似商標の有無等の登録要件を満足しているか審査され、問題なければ設定登録されます。審査の結果、拒絶査定されますと不服審判請求ができ、再び拒絶審決されると知的財産高等裁判所で決定される仕組みになっています。

B. 登録できないもの

商標登録の要件は商標法第3及び第4条に詳細が記載されておりますが概略は以下の通りです。

- * 商標の目的からして自他商品又は自他役務の識別が紛らわしいものは登録を受けることが出来ません。従って、他人の登録商標と「商品・役務」が類似していて且つ「商標」が類似している場合。例えば、エレキライト社のデジタルカメラが既に存在している場合、エレキライト社のビデオカメラは商標登録が出来ないこととなります。
 - * 他人の商品、役務と区別できない場合、例えば、産地、販売地、品質のみを表示する商標で「青森産リンゴ」などです。但し、「青森産」は商標登録出来なくても、青森産で無いものに「青森産」と付けますと不正競争防止法に抵触します。ウナギの産地偽装はまだ記憶に新しいところではないでしょうか。一方、神戸牛は地域団体商標の登録がされております。これは一定の範囲で周知と成った（ブランド化した）ことによりその地域の事業協同組合等が商標登録をとれる制度です。この様な例では「大間マグロ」などがあります。
 - * 公益に反する商標、例えば、公の秩序、風俗を害する怖れがあるもの、人種差別用語等や国旗、勲章などです。
- 以上が登録できない代表例ですが、スカイゲイ

ザーと類似した標章が同じような商品ジャンルで既に登録されていれば、航跡記録装置としてスカイゲイザーは商標登録できないこととなります。

C. 商標権の発生及び商標登録の効果

審査の結果、登録査定となった場合、一定期間内に登録料を納付し商標登録原簿に登録設定されると商標権が発生し、登録商標を使用する権利を専有することが出来ます（専有権）。さらに他人によるその類似範囲の使用を排除することが出来ます（禁止権）。従って、権利を侵害するものに対しては侵害行為の差し止め、損害賠償等を請求できることになっております。

商標権の有効期間（独占使用権）は登録より10年の存続期間ですが更新制度により永続性が担保されております。これが他の特許・実用新案、意匠権と違うところですが、その理由は長期間、継続使用しても特段の弊害も考えられず、むしろ長期間使用することで業務上の信用、財産的な価値が増大するからです。一方、特許・実用新案、意匠権は創造物であり産業発達の観点から長期間の独占的使用による弊害を防止するためだそうです。従って、特許権は登録されてから出願後の20年まで、実用新案は登録されてから出願後の10年まで、意匠権は登録されてから20年までと規定されております。

3. 商標いろいろ

だいぶ堅い話になってしまいましたが、ここで商標上話題となった事例についてお話しします。

- * 大手居酒屋チェーンの笑笑（わらわら）と似た看板を掲げた大阪市の飲食店に対して運営会社のモンテローザが「紛らわしい」と抗議し対応を検討しているとのこと。飲食店側は、これは「居酒屋ショウショウ」と読むと言っているようですが、モンテローザ側は「あまりにそっくりで、お客様が間違えて入っ

たらどうするのか」と戸惑っているようです。このことは、商標は自他商品・役務の識別標識であり、この場合、提供するサービスの質を代弁していることを示している良い例だと思います。

* ソニーの大賀元社長から直接伺った話ですが、SONY という商標文字の O の文字は他の SNY の文字よりほんの少し小さめに作ったとのことです。これは SONY 全体のバランスを考えた上でのことだそうです。やはり商標は会社のイメージを代表するものであり注意深く作成するものだと感心しました。大手企業では CI (コーポレートアイデンティティー) に莫大な費用を掛けているようですが、その中で商標は企業の商品・役務のイメージを伝える有力な手段と言えるからではないでしょうか。ブランド化した会社名や商標はそのブランドイメージがひとたび低下すると企業は致命的打撃を受けるかもしれません。(この原稿の校正をしているときにトヨタのリコール問題が米国での公聴会で取り上げられ、トヨタあるいはレクサスといった高級ブランドイメージに影響が出ました)

* 次に、青森リンゴ事件ですが、2003 年台湾の国際特許事務所から青森のリンゴ販売会社に、中国企業が「青森」という商標登録を申請し官報に掲載されているとの情報が入りました。中国の商標法では異議がある場合には 3 ヶ月以内に申し立てなければならないとのこと、県はすぐに中国商標問題対策協議会を設置し異議申し立てを行いました。中国では「公衆に知られた外国地名」は商標登録出来ないとなっておりますので、協議会は「青森」が中国で一般に良く知られた地名であることを立証するため、青森が世界有数のリンゴの産地であり「青森ねぶた祭り」等でも有名であることなどが記載されている中国人民日報の記事や中国の雑誌などをかき集め、期限ギリギリで異議申し立てを行ったとのこと

です。幸いにも 2007 年に農水産物について青森県の主張が認められたようです。「青森」の名を冠したリンゴは香港、台湾に輸出され広く知られているようですが、県ではこれから中国の富裕層に向けて積極的に販売することを考えている矢先でした。今回の「青森」が中国で登録されれば、「青森」などと記した青森産のリンゴが中国において商標権侵害で販売できず、逆に中国産リンゴが「青森リンゴ」として出回る可能性が有り、笑えない話と言えます。青森県及び関係者はその後、図案化したマークを中国、台湾、香港に出願しすべて受理され、今後の審査を受けて商標登録される見込みだそうです。中国には偽ブランド品や知的所有権を侵害したものが溢れていると聞きますが、中国はこれから一層わが国にとって工業製品のみならず農水産物の輸出先として有望な市場です。ブランド力のあるものについては早い段階で知的財産権の保護策が必要ではないでしょうか。

4. スカイゲイザーは商標登録されるのか

最後に、特許庁でスカイゲイザーを商標登録する件について確認しました。

特許庁の検索装置で確認したところスカイゲイザー / SKYGAZER と同一の商標は登録されていないようでした。しかし、区分 9 類の無線通信受信装置としてスカイゲートが商標登録されているようです。特許庁の担当官の話では出願して貰わないとスカイゲイザーが商標登録されるか断定できないとのことですが、審査のポイントは商標としての外観・観念(意味合い)・呼び名だそうです。

スカイゲイザーは大変良い商品名だと思います。商標登録されることを切に願っております。

5. あとがき

商標の価値が日本でも認識され、かつ法律で守られるようになってまだ百年足らずです。こ

れからの日本が発展していくうえで特許、商標等の知的財産の重要性は今後益々高まるものと思います。日本の豊かさの源泉はなんと言っても科学技術・工業の力だと思えます。近頃、民主党による仕分けが連日マスコミを賑わしてしておりますが、科学技術関連に対して厳しい評価がされました。これに対してノーベル賞受賞者の野依氏が科学予算の凍結・削減に対して「仕分け人は歴史の証言台に立つ覚悟があるのか」と言っていた言葉が印象に残りました。科学技術は蓄積が大事です。1年空いてしまうと取り

戻すのに何年もかかると言われております。今後、投資と効果を十分評価すると共に、どの分野に力を入れていくのか長期ビジョンが必要ではないでしょうか。同時にわが国における知的財産を増やすと共にしっかり守る必要があります。「発明の日」が4月18日にありますが、「知的財産の日」のような記念日を設置してわが国の知財を大切にする一環にしては如何かと念じつつ取り留めの無い話をこの辺で終わりにしたいと思えます。

研究センターの動き*

平成 21 年度航空環境研究センターでは、次の受託業務及び自主研究等を実施した。

1. 受託業務

【騒音振動部】

- (1) 東京国際空港 A 滑走路北向き離陸航空機騒音実態調査
- (2) 航空機騒音予測コンター作成業務（成田空港）
- (3) 航空機騒音基礎調査（福岡空港）
- (4) 航空機燃料譲与税法第 2 条第 1 項第 2 号に規定する空港に係る WECPNL75 以上の騒音予測コンター図作成に係る請負業務
- (5) 航空機地上騒音予測モデルの開発に係る技術検討
- (6) 航空機騒音の影響度における評価値検討調査
- (7) 東京国際空港周辺航空機騒音・飛行経路実態調査
- (8) 米国都市型空港における騒音対策等に係る調査
- (9) 騒音軽減運航（連続降下）方式に関する騒音関連項目の調査

【大気環境部】

- (1) 那覇空港大気環境調査

2. 自主研究

当研究センターの自主事業としての調査・研究を次のとおり実施した。

【騒音振動部】

- (1) 航空機騒音予測技術検討調査
- (2) 航空環境の保全に関する動向調査（大気環境部との共同研究）
- (3) 空港周辺整備に関する音環境の研究（環境保健部との共同研究）

- (4) 風雑音低減効果の高い防風スクリーンの実用化の研究

- (5) 次期航跡観測装置に関する基礎調査

【大気環境部】

- (1) 大阪空港航空機排出ガスによる大気汚染の実態調査
- (2) 航空環境の保全に関する動向調査（騒音振動部との共同研究）
- (3) 空港関連発生源からの温室効果ガス排出に関する環境調査

【環境保健部】

- (1) 空港周辺における環境と健康に関する統計学的調査・研究
- (2) 空港周辺整備に関する音環境の研究（騒音振動部との共同研究）
- (3) 航空環境と健康に関する疫学的研究
- (4) 航空機騒音の睡眠に及ぼす影響調査

3. 研究発表

【騒音振動部】

・日本音響学会における研究発表

- (1) 「気象や地形の影響を考慮する航空機騒音予測モデル」
菅原政之、吉岡 序、山田 一郎（航空環境研究センター）、篠原直明（成田国際空港振興協会）
〔東京・2009 - 6〕
- (2) 「交通騒音に関する社会反応のばらつきに関する統計的検討」
山田一郎、後藤恭一（航空環境研究センター）、森長 誠（防衛施設周辺整備協会）、加来治郎（小林理研）
〔東京・2010 - 3〕

*Annual activities of Aviation Environment Research Center

- (3)「音環境対策の視点からの空港隣接公園における利用者聞き取り調査」

森長 誠、月岡秀文（防衛施設周辺整備協会）、篠原直明（成田国際空港振興協会）、後藤恭一、吉岡 序、山田一郎（航空環境研究センター）、桑野園子、難波精一郎（大阪大学）

〔東京・2010 - 3〕

- ・日本騒音制御工学会における研究発表

- (1)「航空機騒音の環境基準と測定評価方法の改定に係る考察」

山田一郎（航空環境研究センター）

〔埼玉・2009 - 9〕

- (2)「Balanced Approach の視点からみた航空機騒音対策の展望」

森長 誠（防衛施設周辺整備協会）、山田一郎（航空環境研究センター）、荘 美知子（アン環境文化研究所）、月岡秀文（防衛施設周辺整備協会）

〔埼玉・2009 - 9〕

- (3)「ICAO における予測モデルの国際比較に関する話題」

吉岡 序、菅原政之、岩崎 潔、山田一郎（航空環境研究センター）

〔埼玉・2009 - 9〕

- ・インターノイズ2009における研究発表

- (1)「Effects of data loss due to noise contamination and lack of measurements on the monitoring of airport noise」

山田一郎、吉岡 序（航空環境研究センター）、篠原直明（成田国際空港振興協会）、月岡秀文（防衛施設周辺整備協会）

〔カナダ・2009 - 8〕

- (2)「Review of environmental measures for mitigation of aircraft noise impact in japan from the viewpoint of Balanced Approach」

山田一郎（航空環境研究センター）、森長 誠（防衛施設周辺整備協会）、荘 美知子（アン環境文化研究所）

〔カナダ・2009 - 8〕

- (3)「Aircraft noise prediction model taking meteorological and terrain effects into account」

菅原政之、吉岡 序、山田 一郎（航空環境研究センター）、篠原直明（成田国際空港振興協会）

〔カナダ・2009 - 8〕

【環境保健部】

- ・日本音響学会騒音振動研究会における研究発表

- (1)カテゴリー因子分析を用いたストレス尺度の開発と交差妥当性の検討

－音環境も含めた各種リスクを評価するための簡易尺度構築の試み－

後藤恭一（航空環境研究センター）、金子哲也（航空環境研究センター・杏林大学）

〔東京・2009 - 6〕

- ・日本ウーマンズヘルス学術雑誌における論文発表

- (1)「女性を対象とした精神的健康質問票の開発（WMHI）」

後藤恭一（航空環境研究センター）Vol8.1-10.2009

〔2009 - 7〕

- (2)「地域住民における更年期症状の実態」

後藤恭一（航空環境研究センター）Vol8.11-19.2009

〔2009 - 7〕

- ・日本ウーマンズヘルス学会における研究発表

- (1)「女性を対象とした精神的健康質問票（WMHI）の妥当性の検討」

後藤恭一（航空環境研究センター）

〔東京・2009 - 7〕

- ・日本母性衛生学会における研究発表

- (1)「女性を対象とした精神的健康質問票の開発－確認的因子分析の適用－」

後藤恭一（航空環境研究センター）、久米美代子（東京女子医科大学）

〔横浜・2009 - 9〕

- (2)「女性一般住民の精神的健康の実態について
－更年期世代を中心に－」

後藤恭一（航空環境研究センター）、久米美代子（東京女子医科大学）

〔横浜・2009－9〕

- ・日本更年期医学会における研究発表

- (1)「女性一般住民更年期世代における心身の健康の実態」

後藤恭一（航空環境研究センター）、久米美代子（東京女子医科大学）

〔青森・2009－10〕

- ・日本音響学会における研究発表

- (1)「音環境対策の視点からの空港隣接公園における利用者聞き取り調査」

森長 誠、月岡秀文（防衛施設周辺整備協会）、篠原直明（成田国際空港振興協会）、後藤恭一、吉岡 序、山田一郎（航空環境研究センター）、桑野園子、難波精一郎（大阪大学）

〔東京・2010－3〕

- (2)「交通騒音に関する社会反応のばらつきに関する統計的検討」

山田一郎、後藤恭一（航空環境研究センター）、森長 誠（防衛施設周辺整備協会）、加来治郎（小林理研）

〔東京・2010－3〕

4. 広報事業

- (1)大分空港「空の日」イベントへの参加

（大分・2009－9）

大分空港「空の日」イベントの「大声コンテスト」に、当研究センター所長他が参加・協力した。

- (2)第34回空港環境対策担当者研修会の開催

（東京・2009－10）

国及び地方自治体等の職員を対象に研修会を開催した。（54名参加）

- (3)地球人講座への参加

（大分・2009－12）

日航財団と空港環境整備協会共催により、大

分県大分市において地球人講座を開催し、当研究センター所長が講師として参加した。

- (4)研究誌「航空環境研究」No14号を発刊した。（2010－3）

5. 平成21年度各委員会委員の委嘱状況（別紙のとおり）

6. その他

- ・本部主催全国事務所長会議に出席
山田所長、新屋敷管理部長
〔東京・2009－4〕
- ・第70回分析化学討論会（2009）に参加
橋本大気環境部副主任研究員
〔和歌山・2009－5〕
- ・ICAO/CAEP/8（航空環境保全委員会）第3回ステアリンググループ会議に出席
橋本大気環境部副主任研究員
〔ブラジル・サルバドール・2009－6〕
- ・（財）防衛施設周辺整備協会、（財）成田国際空港振興協会、（財）空港環境整備協会共催による「第2回航空機騒音等に関する研究会」に出席
山田所長、騒音振動部職員 他
〔千葉・2009－6〕
- ・第38回国際騒音制御工学会議（インターノイズ2009）に出席
山田所長、菅原騒音振動部副主任研究員
〔カナダ・オタワ・2009－8〕
- ・本部主催全国事務所長会議に出席
山田所長、新屋敷管理部長
〔東京・2009－9〕
- ・日本騒音制御工学会2009年秋季研究会に参加
山田所長、吉岡調査役
〔埼玉・2009－9〕
- ・大分空港の空の日イベント「大声コンテスト」に協力・参加
山田所長、吉岡調査役
〔大分・2009－9〕
- ・日本音響学会2009年秋季研究発表会に参加

- 山田所長
〔福島・2009 - 9〕
- ・日本分析化学会第58年会（2009）に参加
橋本大気環境部副主任研究員
〔北海道・2009 - 9〕
- ・第34回空港環境対策関係担当者研修会開催
山田所長 他
〔東京・2009 - 10〕
- ・平成21年度第1回「大気環境委員会」開催
山田所長、鈴木大気環境部長 他
〔東京・2009 - 10〕
- ・ISO/TC43/SC1（音響に関する基本規格に係る技術委員会）総会及び作業委員会 WG45
に出席
山田所長
〔韓国・ソウル・2009 - 11〕
- ・平成21年度第1回「航空機騒音委員会」開催
山田所長、騒音振動部職員 他
〔東京・2009 - 12〕
- ・日航財団・（財）空港環境整備協会共催による
「地球人講座」への参加
山田所長、吉岡調査役
〔大分・2009 - 12〕
- ・ICAO/CAEP/8（第8回航空環境保全委員会）本会議に出席
橋本大気環境部副主任研究員
〔カナダ・モントリオール・2010 - 2〕
- ・本部による内部監査実施
〔2010 - 2〕
- ・本部監事による監査実施
〔2010 - 3〕
- ・日本音響学会2010年春季研究発表会に参加
山田所長、吉岡調査役、菅原騒音振動部副主任研究員
〔東京・2010 - 3〕
- ・平成21年度第2回「大気環境委員会」開催
山田所長、鈴木大気環境部長 他
〔東京・2010 - 3〕
- ・平成21年度第2回「航空機騒音委員会」開催
山田所長、騒音振動部職員 他
〔東京・2010 - 3〕
- ・研究誌「航空環境研究」No14号発刊
〔2010 - 3〕

平成 21 年度委員の委嘱状況

件数	件名	承認日	任期	氏名	主催者
1	地域環境委員会委員	H20.4.11	H20.4.11 ~ H22.3.31	山田一郎	成田国際空港(株)
2	(社)日本騒音制御工学会認定 技士資格審査委員会委員	H20.6.10	H20.6.10 ~ H22.5	山田一郎	(社)日本騒音制御工学会
3	(社)日本騒音制御工学会出版 部会委員	H20.6.20	H20.6. ~ H22.5	吉岡 序	(社)日本騒音制御工学会
4	環境影響評価におけるアド バイザー	H21.8.7	H21.8.8 ~ H22.8.7	山田一郎	沖縄防衛局
5	「平成 21 年度新幹線鉄道・ 航空機騒音のモニタリング のあり方に関する検討調 査」検討委員会及び検討 ワーキンググループ（航空 機騒音測定 WG）の委員	H21.8.7	H21.6.17 ~ H22.3.19	検討委員会の委 員及び検討ワー キンググループ の委員山田一郎 検討ワーキング グループの委員 吉岡 序	環境省水・大気環境局
6	平成 21 年度航空機騒音コ ンターの作成方法に関する 調査業務に係る検討委員	H21.10.6	H21.10.6 ~ H22.3.31	山田一郎	防衛省経理整備局
7	南関東防衛施設地方審議会 委員	H21.11.2	H21.11.13 ~ H22.6.14	山田一郎	南関東防衛局
8	平成 21 年度演習場周辺に おける砲撃音騒音の実態調 査業務に係る検討委員	H21.11.2	H21.11.2 ~ H22.3.31	山田一郎	防衛省経理整備局
9	環境省委託事業「平成 21 年度低騒音社会を目指した 騒音対策の推進に関する検 討調査業務」WG 委員	H21.12.18	H21.12.18 ~ H22.3.19	吉岡 序	(社)日本騒音制御工学会
10	「温室効果ガス排出量算定 方法検討会 - 運輸分科会 -」委員	H21.12.18	H21.12.18 ~ H22.3.31	橋本弘樹	(株)数理計画

編集後記

環境問題 東京国際空港（羽田空港）では、将来の航空需要の増大に対応するため2007年3月末から4本目の滑走路となるD滑走路（2500m×60m）の建設が着手され今年の10月に完成予定です。

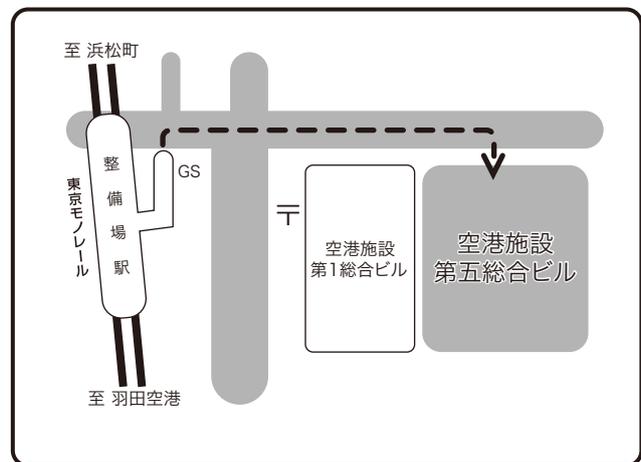
このD滑走路は、現在のB滑走路にほぼ平行に近い形で多摩川河口付近の人工島に建設されます。供用開始となれば発着能力は現在の30万回から41万回に増加します。

さらに、羽田空港再拡張事業により新たに国際線地区旅客ターミナルビル、貨物ターミナルやエプロン等の国際定期便の就航に必要な機能も供用開始に向けて着々と整備されています。国内線のみならず近距離の国際線の発着枠も増加されます。現在羽田空港か海外へ定期便が飛んでいるのは、ソウル、上海、香港だけですが同時に深夜早朝時間帯の運航を含む国際路線枠が順次決定するなどしていることから、羽田空港はますます国際化してゆくものと思われれます。

さて、本誌第14号では、「焦点」として外部から大変貴重な報告等4編を執筆していただきました。研究報告は、当研究センターが進めている研究から2編掲載しました。「内外報告」では、例年ICAO/

CAEPの最新の動向を国土交通省航空局の3担当官に執筆していただきました。又当研究センターが毎年参加しているインターノイズ国際会議における2009年の報告等を掲載しました。「航空環境を取り巻く話題」では、3編を執筆していただきました。各執筆者の皆様には深く感謝申し上げます。

編集：航空環境研究センター
水島 実



航空環境研究センター案内図

航空環境研究 第14号 平成22年3月25日印刷 平成22年3月31日発行 ©2010

発行人 山田 一郎

発行所 財団法人 空港環境整備協会 航空環境研究センター

144-0041 東京都大田区羽田空港1-6-5 第五総合ビル5階

電話 (03) 3747-0175 FAX (03) 3747-0738

印刷所 有限会社国分工芸

143-0015 東京都大田区大森西2-2-31

電話 (03) 3768-9444

無断転載を禁じます

CONTENTS**PREFACE**

Approach to the Real Thing	Masayasu Sakaba	1
----------------------------	-----------------	---

FOCUSES

The forefront of the noise research	Keiji Kawachi	3
The forefront of the noise reduction technology in an aero engine	Eishiro Sasada	8
Recent trend and background of PM2.5/PM10, Standard method development for the measurment of emission behavior.	Hidehio Kamiya	15
Measurement and evaluation of aircraft noise, Determination of noise contribution due to aircraft take-off / landing operation and airport ground operation.	Naoki Shinohara Hidebumi Tsukioka Hisashi Yoshioka Ichiro Yamada	21

RESEARCH REPORTS

Study on the performance improvement in wind noise reduction of a microphone windshield.	Ichiro Yamada Yasunori Onuma Hisashi Yoshioka	35
Development and examination of a women's mental health index (WMHI) by confirmatory factor analysis.	Kyoichi Goto Miyoko Kume Tetsuya Kaneko	40

DOMESTIC AND FOREIGN REPORTS

Trends of ICAO/CAEP—WG1 · WG3	Koichi Narisawa	47
Trends of ICAO/CAEP—WG2	Takao Ueki	51
Trends of ICAO/CAEP—International Aviation and Climate Change	Tetsu Shimizu	55
Inter-Noise 2009 and Advancing Air-Noise Impacts Research	Ichiro Yamada Masayuki Sugawara	59
Report on the meeting of ISO/TC43/SCI General Assembly and WG45	Ichiro Yamada	64
Outline of measures on Amsterdam Schiphol and Heathrow airport	Hisashi Yoshioka	67
The Europe investigation travel report about continuous descent approach (CDA)	Kyoji Yoshino	71

CURRENT TOPICS

An approach on airport implovement for environment	Takeshi Hasegawa	78
JAXA's Research Plan for Next Generation Air-traffic Management System (DREAMS)	Hirokazu Ishii	89
Change in Noise Exposure around Narita International Airport	Miroku Tani Saburo Ogata	93

ESSAY

A trademark of flight track observation equipment	Makoto Kitazawa	99
---	-----------------	----

ACTIVITIES OF AERC

Annual activities of Aviation Environment Research Center	Management Division	105
---	---------------------	-----
