

航空環境研究



The Journal of Aviation Environment Research

No. 18, 2014

巻頭言

航空環境研究の進展に向けて	大黒伊勢夫	1
---------------	-------	---

焦点

我が国におけるPM _{2.5} の現状	奥田知明	3
日本における航空交通管理	林 絹子	10

研究報告

航空環境研究会開催の概要	後藤恭一	17
航空機騒音の予測における地上騒音の取り扱い	山田一郎	26
空港周辺住民の空港に関する意識 コレスポネンス分析を応用した空港周辺住民の 益・不利益から成る空港総合評価の試み	後藤恭一、金子哲也	35
公共空間の音バリアフリーーユニバーサルデザインに 配慮した空港等の音環境整備ー	上田麻理	44

内外報告

ICAO CAEPの動向	梅澤大輔	50
インターノイズ2013	山田一郎	54

航空環境を取り巻く話題

観光における環境と健康の関わりー航空機客室の 空気環境と健康影響	出嶋靖志	60
騒音の心臓疾患リスクをめぐる思潮	金子哲也、後藤恭一	67
航空機騒音と虚血性心疾患の関係について	四倉正之	72

エッセイ

温泉ホッピング	平澤愛祥	76
---------	------	----

活動報告

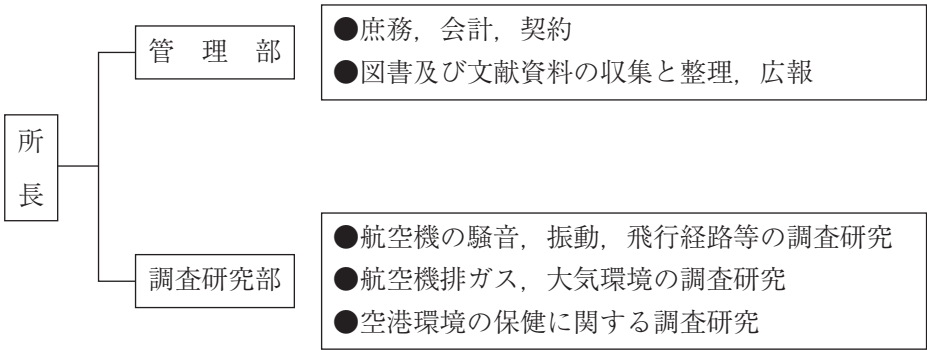
研究センターの動き(平成25年度)	管理部	82
-------------------	-----	----

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。
また，空港環境整備協会は平成24年4月1日に一般財団法人になりました。



巻頭言

航空環境研究の進展に向けて *

大 黒 伊勢夫 **

航空環境研究センター(以下、研究センター)は、昭和47年12月の発足以降、航空輸送の急速な拡大とジェット化により、当時、社会的な問題となった航空機の騒音問題のみならず、大気汚染、地球環境問題、健康問題その他の環境問題を領域として、鋭意、調査研究に努め、騒音の測定、コンター設定、Lden基準の導入等騒音分野においてわが国をリードする研究成果をあげるとともに、ICAOをはじめ国際会議・機関の動きにも行政と連携しつつ対応してきたところです。

航空機の騒音問題は、これまで、空港と周辺地域の共生のための周辺対策事業の進展、新しい機材への転換、運航方式の改善等により著しい改善をみている状況ですが、昨今は、これらの騒音対応のみでなく、航空機の小型化や拠点空港の能力の拡大により昼夜にわたり発着回数が増加するなどにより、環境基準に基づく騒音対策区域の外の住民からのクレームの増大等新たな課題も生じています。また、航空機による地球温暖化問題、大気汚染等については、引き続き国際的な議論への対応も含め、調査研究及び対策が急がれている状況です。欧米において開発された燃費、排ガス、騒音の発生を統合的な予測モデル等の例にあるように、航空環境問題について総合的に捉える視点も必要です。

昨年度から航空環境研究会を設置し、多くの分野の専門家にご参加頂き、長期的かつ総合的な観点から航空環境問題についてご議論を頂いているところですが、航空環境に関わる領域は、騒音、大気汚染、地球温暖化といった分野のみでなく、さらに航空機技術、管制技術、航空政策、航空産業、健康医学、社会心理学等多くの関連分野が関連し、ICAOや諸外国の動向等海外との関わりもあり、学際的で広大な研究分野と言えます。

研究センターは、今後も、騒音分野での研究を強化する一方、組織体制に限りはありますが、騒音分野のみならず、大気汚染、地球環境問題、健康問題ほか広く関連の研究分野において必要な役割を果たしていく必要があると考えています。そのためには、行政、大学、関係の研究所・団体、航空事業者、航空機メーカー等との連携を強化し、我が国全体の航空環境研究の進展を視野に、研究センターの研究への外部関係者の参加、共同研究の推進、研究の成果に関する情報の公開・共有化、研究データベースの構築、研究発表・広報の実施等を積極的に行う必要があると考えます。研究センターの大きな役割は、自らの調査研究の成果をあげることのみならず、そうした広範な関連分野を有する航空環境研究の連携の中核として機能することであり、国際宇宙ステーション(ISS)に喩えるわけではありませんが、航空環境研究のいわばプラットフォームとしての機能を果たすことであると考えています。

* Aiming to be a platform for aviation environment research activities in Japan

** (一財)空港環境整備協会 理事長

航空環境研究会でもこのような方向性についての議論がなされるのではないかと思います。そうした中での航空環境研究の進展及

び研究センターの調査研究事業への関係者の皆さんの一層のご支援をお願いできればと思う次第です。

焦 点

我が国におけるPM_{2.5}の現状 *

奥 田 知 明 **

1. はじめに

近年、微小粒子状物質に関する大気環境問題が世間一般に広く知られるようになってきた。微小粒子状物質はPM_{2.5}とも呼ばれ、特に2013年1月以降には、中国における大気汚染問題と結びつけた報道が多く見られるようになった。これにより、一般の方々にとっては我が国においても中国国内と同レベルの大気汚染が引き起こされるかのような印象を受けた向きも多かったように感じられる。しかしながら、筆者を含めた大気環境研究者の多くは、これらの報道が時には必要以上に過剰であるなど適切な表現がなされていない、と感じていると思われる¹⁾²⁾³⁾。そこで本稿では、我が国におけるPM_{2.5}の現状について解説する。

2. PM_{2.5}の定義

大気中に浮遊する微小な粒子を一般にエアロゾル(aerosol)という。エアロゾルのサイズ(粒径=直径)は数nmから百μm程度までと幅広く存在し、特に0.5μm付近と5~10μm付近に質量濃度のピークがある場合が多い⁴⁾。エアロゾルには、その粒径区分により個別の呼称がある。PM_{2.5}とは、正確な定義は「粒子の空気動学的50%カットオフ径が2.5μmである粒子」もしくは、これと同義である「大気中に浮遊する粒子状物質であって、粒径が2.5μmの

粒子を50%の割合で分離できる分粒装置を用いて、より粒径の大きい粒子を除去した後に採取される粒子」のことである⁴⁾⁵⁾。ただし便宜的には、PM_{2.5}は粒径が2.5μm以下のエアロゾル、と考えて差し支えない。

3. PM_{2.5}に関する疫学研究と環境基準

PM_{2.5}への長期的曝露が人間の健康に及ぼす影響を調査した疫学研究のうち、世界的に最もよく知られているものは、1970~80年代に始まった「ハーバード6都市研究⁶⁾⁷⁾」と「米国がん研究協会研究⁸⁾⁹⁾」であると思われる¹⁰⁾¹¹⁾。これらは、米国において数千人~数十万人を対象に、10~20年程度の長期間にわたり屋外PM_{2.5}濃度と対象者の死亡率を調査したもので、年齢・性別・喫煙の有無等の様々な要因を考慮した結果、PM_{2.5}濃度と総死亡・心肺疾患死亡・肺がん死亡等の間に統計的に有意な正の相関が認められたものである。我が国においても1980年代より約10万人を対象に15年間にわたる調査が行われ¹²⁾、肺がん死亡については上記の米国における研究と同様の結果が得られたが、循環器疾患死亡については米国における研究とは異なる結果が得られており、我が国においてさらなる調査を進めることが望まれる。

PM_{2.5}への1日単位といった比較的短期間の曝露による健康影響については、長期曝露研究と比較して多くの研究例が国内外において報告されている。高濃度のPM_{2.5}への短期曝露が総死亡や呼吸器系疾患による死亡を増加させ

* Current status of PM_{2.5} in Japan

** 慶應義塾大学理工学部応用化学科

る場合があるほか、死亡以外でも主に呼吸器系疾患の症状の悪化が報告されているケースが多い。詳細な内容についてはここでは割愛するので、最近の文献¹⁰⁾¹¹⁾を参照していただきたい。

これらのように、PM_{2.5}への長期的・短期的曝露が人間の健康に少なからず悪影響を及ぼすことが明らかになってきたことを受け、1997年に米国でPM_{2.5}の環境基準が設定されたのを皮切りに、約10年をかけてEUやWHOにおいてもPM_{2.5}の環境基準設定の動きが広まった¹¹⁾。我が国では2009年9月にPM_{2.5}の環境基準「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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下であること」が定められた⁵⁾（これは当時の米国と同一の基準であったが、米国では2013年3月にPM_{2.5}の1年平均値を15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ から12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と引き下げた¹³⁾。）ここでPM_{2.5}の環境基準を評価する際に注意すべき点として、1年平均値と1日平均値では評価方法が異なることを指摘しておきたい。具体的には、1年平均値は1日平均値の総和を測定日数で除した値であるが、1日平均値は「日平均値の年間98%値」すなわち、年間にわたる日平均値（有効測定日分）のうち、測定値の低い方から98%に相当するもので評価を行う¹⁴⁾。一例として、筆者が得たPM_{2.5}濃度の実測データを図1に示す。2011年9月から2012年8月までの1年間における本学屋上（横浜市港北区）でのPM_{2.5}濃度の1年平均値（ $\pm$ 標準偏差）は12.4 $\pm$ 7.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ （ $n=358$ ）であり、1日平均値の年間98%値は34.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。すなわちこのデータでは、1年平均値と1日平均値の両方の基準をクリアしているものの、1日平均値については環境基準値すれすれであったことがわかる。このように、PM_{2.5}の環境基準を議論する際には、基準値そのものに加えてその評価方法にも十分に注意を払う必要がある。なお我が国におけるPM_{2.5}の環境基準達成状況については、平成23年度の有効測定局数156のうち、環境基準達成率は約3割にとどまっている¹⁵⁾。

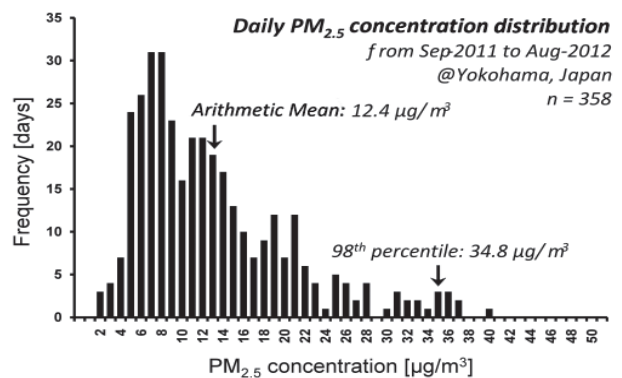


図1 2011年9月～2012年8月における横浜市でのPM_{2.5}の1日平均濃度の分布
（測定装置：Thermo Scientific社製SHARP5030）

4. PM_{2.5}の化学組成と主な発生源

前述の通り、PM_{2.5}とは粒径によって定義された用語である。一方、化学的性質としては、PM_{2.5}とは単一の化学物質のことではなく、様々な物質の混合物である。環境基準の設定を受けて、我が国においてはPM_{2.5}の化学成分分析が全国的に行われるようになってきた。PM_{2.5}の化学組成は場所により多少なりとも異なるが、本稿では東京都が2008年度に春夏秋冬それぞれ2週間ずつ行った調査結果¹⁶⁾に基づいて解説する。なお大都市域での調査結果であるため、PM_{2.5}濃度が我が国における平均的な値と比較して若干高いことに注意されたい¹⁷⁾。一般局（道路沿道でない）9地点におけるPM_{2.5}濃度の平均値は約20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、その主な化学組成は、炭素性成分25%、水溶性イオン成分47%、その他28%であった。炭素性成分は元素状炭素（いわゆるスス）と有機炭素（有機化合物を構成する炭素）に大別される。水溶性イオン成分のうち主なものは、硫酸イオン、硝酸イオン、アンモニウムイオンである。その他の成分には、金属成分や水分に加えて有機炭素に結合している水素や酸素などが含まれる。このように、一般にPM_{2.5}の化学組成は、その質量のおよそ3/4を水溶性イオン成分と炭素性成分で説明できる。

PM_{2.5}はその発生メカニズムにより、発生源から直接粒子状物質として排出される一次粒

子と、ガス状物質が大気中の化学変化によって粒子となる二次粒子とに分類できる⁴⁾¹⁷⁾。人為起源の一次粒子としては、工業的な物質の燃焼に伴い排出されるばいじん、破碎や研磨などの機械的操作によって発生する粉じんなどが挙げられる。ディーゼル排気ガス中に含まれるスス（元素状炭素）は、PM_{2.5}のうちの人為起源一次粒子の代表的な例である。また、風により巻き上げられた土壌粒子や黄砂粒子のうちの粒径が小さなものは自然起源一次粒子のPM_{2.5}の例である。一方、ガス状物質である二酸化硫黄（SO₂）、窒素酸化物（NO_x）、アンモニア（NH₃）は、大気中での化学反応を経て二次粒子である硫酸アンモニウムや硝酸アンモニウムを生成する。またPM_{2.5}中の有機化合物のうちの多くは、ガス状の揮発性有機化合物（VOCs）から生成した二次粒子である。二次粒子はPM_{2.5}の質量の半分以上を占める主要な成分であるが、その原料となるガス状成分は人為起源のもの他にも火山由来のSO₂や植物由来のVOCsなどがあり、その起源の特定は容易ではない¹⁷⁾¹⁸⁾¹⁹⁾²⁰⁾。なお、航空機から排出されるNO_xは大気中オゾン濃度へ影響を与える可能性があるためしばしば問題となるが、PM_{2.5}については航空機排出物が主要な原因であるとは考えられていない²¹⁾²²⁾。

5. PM_{2.5}濃度の経年変化、月変化、日変化、および日内変化¹⁷⁾

我が国においては、2000年以降、全国的にPM_{2.5}濃度は大きく変化していないか、やや減少傾向にある。それ以前については、利用可能なPM_{2.5}濃度の長期的な観測結果がほとんどないが、我が国において1970年代から継続的に観測が行われてきた浮遊粒子状物質（SPM: 大気中に浮遊する粒子状物質であってその粒径が10μm以下のもの、すなわちPM_{2.5}よりはやや大きい粒子）の経年変化を見ると、SPM濃度はほぼ一貫して減少傾向にあり、過去40年の間に道路沿道で約1/7に、また道路沿道で

ない一般環境においても約1/3となっている¹⁵⁾。したがって、少なくとも最近になってPM_{2.5}濃度が増加しているとは言えない。

環境省が全国14地点（北海道、宮城、新潟、茨城、埼玉、千葉、東京、神奈川、愛知、大阪、兵庫、岡山、福岡、宮崎）において継続的な調査を行った結果、PM_{2.5}濃度の平均値は2002年度に19μg/m³だったものが2010年度には15μg/m³まで減少していた。月変化を見ると、4-6月と10-11月にやや高い傾向があったが、年間を通じて平均値±2.5μg/m³程度の範囲に収まっており、顕著な季節変化が見られるわけではなかった。したがって、しばしばメディアにおいて「PM_{2.5}濃度は冬に高くなる」と報道されているのを目にするが、上記の観測結果を見る限り、我が国におけるPM_{2.5}濃度の状況としては、その表現は正しくないと言える。

PM_{2.5}濃度の日変化については、実測データをご紹介します。一例として、2011年11、12月の本学屋上におけるPM_{2.5}濃度を図2に示す。この期間においては、PM_{2.5}濃度は概ね0付近から25μg/m³程度の範囲で日々変動している。数週間に一度、35μg/m³程度まで上昇するが、ほとんどの場合は数日も経てば元の濃度レベルに戻る。我が国の多くの地点においてはこれと同様に、平常時は比較的低めの濃度レベルで推移し、数日間高濃度になってまた元に戻る、という濃度変化パターンを示す場合が多いと思われる。

PM_{2.5}濃度の日内変化は、より複雑である。全国の平均的なPM_{2.5}濃度の日内変化を見ると、朝6-9時頃と夕方17-21時には、一般的にPM_{2.5}濃度の上昇が見られるが、その変動幅は日平均値±2.5μg/m³程度である。しかしながら、個々のケースを見ると、このような典型的なパターンに全く当てはまらない場合も頻繁に見られる。これは、1日程度の短期間においては、PM_{2.5}濃度は様々な要因で急激に変化することがあることを意味する。特に気象条件によっては、数時間のうちに約100μg/m³も

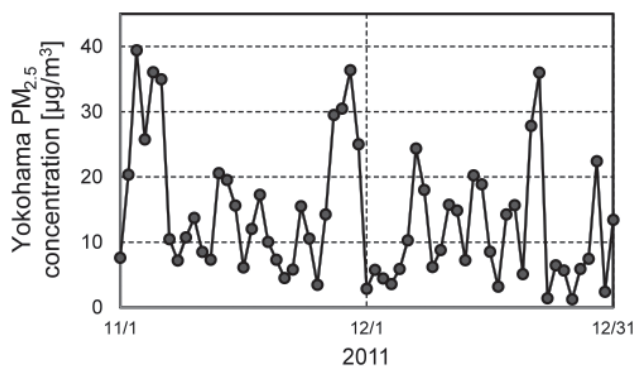


図2 2011年11, 12月における横浜市でのPM_{2.5}の日平均濃度の推移
(測定装置：Thermo Scientific社製SHARP5030)

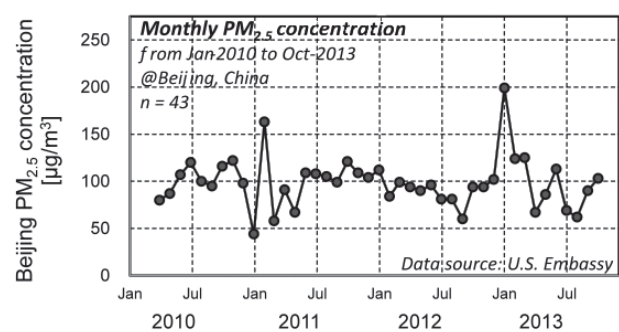


図3 2010年4月～2013年10月における中国北京市でのPM_{2.5}の月平均濃度の推移
(出典：在北京米国大使館、測定装置：Met One社製BAM-1020)

のPM_{2.5}濃度変動が観測されることもある。メディアによりPM_{2.5}の高濃度現象のみ報道されることが多く見受けられるが、我が国においては一般的にそのような高濃度現象が長期間続くことは珍しいため、冷静な対応が求められる。

6. PM_{2.5}の越境汚染について

本稿の冒頭でも述べた通り、中国におけるPM_{2.5}の高濃度現象と我が国におけるPM_{2.5}の挙動を直接結び付けるような報道を目にすることがある。しかしながら、我が国において観測されるPM_{2.5}の一部は越境汚染によるものであることはほぼ間違いないものの、中国国内におけるPM_{2.5}による大気汚染と我が国におけるPM_{2.5}とは基本的には別々の問題としてとらえた方が良いと思われる。

まず中国国内におけるPM_{2.5}濃度の実測例として、米国大使館により公表された中国北京市における過去数年間のPM_{2.5}濃度²⁴⁾の月平均値の推移を図3に示す。2010年4月から2013年10月までの期間における北京のPM_{2.5}濃度の月平均値は $98 \pm 27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($n=43$)であった。これは、前述の東京におけるPM_{2.5}濃度¹⁶⁾の約5倍である。2013年1月のPM_{2.5}濃度の平均値は約 $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、データを示した43ヵ月間の範囲では最も高かった。しかしながら、図2を見る限りではそのようなPM_{2.5}の状況が何か月も続いた

わけではなく、むしろ2013年1月だけが特異的に高濃度状態であったと考える方が妥当であるように思われる。このPM_{2.5}の高濃度現象の原因は、主に気象条件によるものだと考えられている。2013年1月のシベリア域の高気圧強度が例年よりも非常に弱く、さらに高気圧の中心が中国東部に位置していたため、風が弱く大気が安定した結果、北京周辺ではPM_{2.5}をはじめとする大気汚染物質が高濃度になりやすい気象条件であったという解析がなされている²⁵⁾。

次に、北京で高濃度のPM_{2.5}が観測された2013年1月頃に、我が国ではどのような状況だったのかを検証する。長崎県福江島（北京から約1,500km、東京から約1,100km）におけるPM_{2.5}の観測結果によれば、2013年1-2月の濃度レベルは過去4年間のものと同程度であった¹⁾。汚染物質の排出量と化学反応および気象データを統合したシミュレーションモデルによる解析の結果からも、中国から我が国への汚染物質の輸送量が例年と比較して2013年1月に増加したということはなかったと結論づけられている²⁵⁾。関東地方を見てみても、例えば千葉県における2013年1月のPM_{2.5}濃度は、2006～2010年の平均的なPM_{2.5}濃度と比較して大きな差は見られない²⁶⁾²⁷⁾。すなわちこれらの結果を総合すると、2013年1月においては確かに北京で高濃度のPM_{2.5}が観測されたものの、それ

が直接我が国のPM_{2.5}濃度を上昇させたわけではない、と言える。

しかしその一方で、九州地方の大都市である福岡と、島内に大規模発生源のない長崎県福江島において年間を通じて大気観測を行ったところ、PM_{2.5}濃度レベルやその変動パターンが年間を通じて概ね同様であったことから、九州地方のPM_{2.5}濃度の変動は大陸からの輸送による影響を大きく受けている、とする最近の研究報告がある²⁸⁾。またシミュレーションモデルにより我が国におけるPM_{2.5}の発源地域を解析した研究では、年間を通じて自国分が約30%であったのに対し、中国分が約50%であった²⁹⁾。この寄与率には地域差があるものの、我が国において観測されるPM_{2.5}の主要な発源地域としては、当然中国を考えなければならないこともまた事実である。

いずれにせよ、中国国内でPM_{2.5}の高濃度現象が観測されたとしても、それが同じ濃度レベルを保ったまま我が国まで到達することは考えられない。我が国においては長期的に見てPM_{2.5}濃度が減少してきたため、近年ではPM_{2.5}の発源地域として中国の影響が無視できなくなっている、と理解するのが妥当なのではないだろうか。

7. 屋内外におけるPM_{2.5}濃度

国内でのPM_{2.5}への急激な関心の高まりを受け、環境省は2013年2月に「微小粒子状物質(PM_{2.5})に関する専門家会合」を開催し、同月「注意喚起のための暫定的な指針」を発表した。その内容を抜粋すると、PM_{2.5}濃度の暫定的な指針となる値を日平均値70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ とし、これを超えた場合の行動の目安として、「不要不急の外出や屋外での長時間の激しい運動をできるだけ減らす。呼吸器系や循環器系疾患のある者、小児、高齢者等においては、体調に応じてより慎重に行動することが望まれる」とするものである²⁹⁾。この暫定的な指針値については運用が始まったばかりであり、こ

れ以上言及することは控えるが、屋内外におけるPM_{2.5}濃度の状況については調査結果があるのでここで紹介したい。

環境省が2002年から2006年にかけて全国7地点（茨城、千葉2地点、新潟、名古屋、大阪、宮崎）で屋内外におけるPM_{2.5}濃度を調査した結果²³⁾では、屋外PM_{2.5}濃度が約30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ までの場合には、屋内外PM_{2.5}濃度に差は見られなかった。屋外PM_{2.5}濃度が約70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ まで達していたケースは非常に少なかったが、その場合の屋内PM_{2.5}濃度は約50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。この結果をやや強引に一般化するとすれば、注意喚起のための暫定的な指針である70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ のPM_{2.5}濃度が屋外で観測されるような日は、屋内に居たとしてもPM_{2.5}濃度は3割程度低くなるだけである、ということになる。我が国においては多くの場合、屋外でも屋内でもPM_{2.5}濃度はほぼ変わらないため、単純に「屋内に入れば必ずPM_{2.5}濃度が低くなる」と考えることは正しくない。なお、屋内外のPM_{2.5}濃度が同程度であってもその化学組成は異なる場合がある³⁰⁾ことから、屋内のPM_{2.5}は単に屋外から流入したものだけではなく、屋内そのものにも何らかの発生源があることが考えられる。ここで注意すべき点は、これらの調査は屋内が非喫煙環境であったが、屋内に喫煙者がいる場合には状況が全く異なるということである。一般に、喫煙が行われている屋内空間におけるPM_{2.5}濃度は数百 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ に達する³¹⁾。これが2013年1月の北京におけるPM_{2.5}濃度レベルと同等もしくはそれ以上であることは知っておくべきであろう。

最後に、PM_{2.5}対策として紹介されることの多いマスクに言及しておく。効果のみに限定すれば、「正しいマスクを正しく装着すれば、PM_{2.5}対策としては非常に効果が高い」と言える。ここで「正しいマスク」とは、例えばN95・RS-2・DS-2という規格で、その性能としては粒径約0.1 μm の固体粒子を95%以上捕集することができるものを指し、これは医療

現場において一般的に用いられているものである。なお、粒径が $0.1\mu\text{m}$ よりも小さい粒子は拡散効果によりフィルターに捕集されるため、「 $\text{PM}_{2.5}$ 粒子は小さいのでフィルターの間を抜ける」という理解は正しくない³²⁾。マスクにより $\text{PM}_{2.5}$ 対策を行う際に、現実的に大きな困難を伴うのは「正しく装着する」ことの方である。マスクを通らずに空気が流入してしまうとマスク着用の効果はない、ということは自明であるにも関わらず、装着方法に気を使っている方は一般にそう多くないように見受けられる。N95マスクを正しく装着すると「息苦しい」ため、私見であるが、継続的なマスクの使用により $\text{PM}_{2.5}$ 対策を行うことは現実的ではないと考える。蛇足であるが、医療関係者はマスクの正しい着用法を指導されていることは言うまでもない。

8. おわりに

本稿を執筆中の2014年1月現在においても $\text{PM}_{2.5}$ に関する報道は数多いが、その情報は正に玉石混淆であるため、本稿では利用可能な文献を多く挙げ、可能な限り客観的なデータを示しながら科学的かつ論理的な解説を行うことに努めた。 $\text{PM}_{2.5}$ に関する問題は今に始まったことではなく、メディアにより $\text{PM}_{2.5}$ が頻繁に取り上げられるようになった2013年1月やそれ以降も我が国においてはそれ以前の状況と比較して特に変わった傾向は見られず、近年の $\text{PM}_{2.5}$ 濃度はむしろ減少傾向であることは重ねて強調しておきたい。本稿が $\text{PM}_{2.5}$ に関する適切な科学的理解の一助となれば幸いである。

参考文献

- 1) 金谷有剛：越境汚染を正しく理解する、日経サイエンス2013年5月号、35-39 (2013)。
- 2) 杉本伸夫：近年の発生源の特徴、大気環境学会誌 49 (1)、A13-A14 (2014)。
- 3) 畠山史郎：越境する大気汚染 中国の $\text{PM}_{2.5}$ ショック、PHP研究所 (2014)。
- 4) 日本エアロゾル学会〔編〕：エアロゾル用語集、京都大学学術出版会 (2004)。
- 5) 環境省：微小粒子状物質による大気汚染に係る環境基準について、環境省告示第33号、平成21年9月9日 (2009)。
- 6) Dockery, D.W., Pope III, C.A., Xu, X., Spengler, J.D., Ware, J.H., Fay, M.E., Ferris Jr., B.G., Speizer, F.E.: An association between air pollution and mortality in six U.S. cities, *N. Engl. J. Med.* 329, 1753-1759 (1993)。
- 7) Laden, F., Schwartz, J., Speizer, F.E., Dockery, D.W.: Extended follow-up of the Harvard Six Cities Study, *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 173, 667-672 (2006)。
- 8) Pope III, C.A., Thun, M.J., Namboodiri, M.M., Dockery, D.W., Evans, J.S., Speizer, F.E., Heath Jr., C.W.: Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective study of U.S. adults, *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 151, 669-674 (1995)。
- 9) Pope III, C.A., Burnett, R.T., Thun, M.J., Calle, E.E., Krewski, D., Ito, K., Thurston, G.D.: Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution, *J. Am. Med. Assoc.* 287, 1132-1134 (2002)。
- 10) 島正之：大気環境の健康影響と植物影響－第3講 大気汚染の健康影響に関する疫学研究：現状と今後の課題－、大気環境学会誌45 (3)、A39-A46 (2010)。
- 11) 武林亨、朝倉敬子、山田睦子： $\text{PM}_{2.5}$ の疫学と健康影響：日本人のリスク評価の観点から、大気環境学会誌 46 (2)、70-76 (2011)。
- 12) 大気汚染に係る粒子状物質による長期曝露調査検討会：大気汚染に係る粒子状物質による長期曝露影響調査報告書 (2009)。
- 13) USEPA: National Ambient Air Quality Standards for Particulate Matter; Final Rule, USEPA Federal Register 78 (10) (2013)。
- 14) 環境省：環境大気常時監視マニュアル 第6版 (2010)。
- 15) 環境省：平成25年版 環境・循環型社会・生物多様性白書 (2013)。
- 16) 東京都：微小粒子状物質 ($\text{PM}_{2.5}$) 等大気環境調査結果報告書 (2011)。
- 17) 編集企画委員会〔編〕：知っておきたい $\text{PM}_{2.5}$ の基礎知識、(一財)日本環境衛生センター (2013)。
- 18) 鶴野伊津志、若松伸司、植田洋匡、村野健太郎、酒巻史郎、栗田秀實、薩摩林光、寶来俊一：春季の移動性高気圧通過時の九州地域での二次汚染物質と火山性 SO_2 の挙動、大気環境学会誌 32 (6)、404-424 (1997)。
- 19) 田中泰宙：大気汚染と火山噴火：2013年7月の桜島噴火は本州の大気汚染に影響したか?、日本気象学会2013年度秋季大会、C113、仙台 (2013)。
- 20) 東京都：微小粒子状物質 ($\text{PM}_{2.5}$) 等の二次生成機構

- に関する研究報告書 (2011).
- 21) IPCC: Aviation and the Global Atmosphere, Cambridge University Press, UK (1999).
- 22) 早乙女拓海、菊間英行、伏見暁洋、橋本弘樹、鈴木孝治：成田国際空港における大気汚染物質実測調査, 航空環境研究 17、37-43 (2013).
- 23) 環境省：微小粒子状物質曝露影響調査報告書 (2007).
- 24) Embassy of the United States, Beijing, China (2010-2013).
- 25) 鷗野伊津志、弓本桂也、原由香里、板橋秀一、金谷有剛、杉本伸夫、大原利眞：何故2013年冬季の中国でPM_{2.5}が高濃度になったか？、大気環境学会誌 48 (6)、274-280 (2013).
- 26) 石井克巳、渡邊剛久：道路沿道地域における微小粒子(PM_{2.5})の実態把握に関する調査研究、平成22年度千葉県環境研究センター年報 (2010).
- 27) 千葉県ホームページ：微小粒子状物質(PM_{2.5})の測定結果、<http://www.pref.chiba.lg.jp/taiki/joukyou/pm25.html> (2014) (2014.1.28アクセス).
- 28) 兼保直樹、高見昭憲、佐藤圭、畠山史郎、林政彦、原圭一郎、河本和明、山本重一：九州北部の離島および大都市部におけるPM_{2.5}濃度の通年での挙動、大気環境学会誌 46 (2)、111-118 (2011).
- 29) 環境省：最近の微小粒子状物質(PM_{2.5})による大気汚染への対応、微小粒子状物質(PM_{2.5})に関する専門家会合報告書 (2013).
- 30) 奥田知明、鳩谷和希、中井里史、田村憲治：EDXRF-FP法によるPM_{2.5}の非破壊多元素同時分析とその疫学研究への応用、エアロゾル研究、in press (2014).
- 31) Lee, J., Lim, S., Lee, K., Guo, X., Kamath, R., Yamato, H., Abas, A.L., Nandasena, S., Nafees, A.A., Sathiakumar, N.: Secondhand smoke exposures in indoor public places in seven Asian countries, Int. J. Hyg. Environ. Health 213, 348-351 (2010).
- 32) 明星敏彦：PM_{2.5}とマスク、エアロゾル研究 28 (4)、287-291 (2013).

焦 点

日本における航空交通管理 *

林 絹 子 **

1. はじめに

航空機を利用する時に、搭乗口で混雑により出発時間を変更するというアナウンスを聞いたことのある方も増えてきたのではないかと思います。このようなケースは航空交通管理の措置として、我が国では航空交通管理センター（Air traffic management center ATMC 福岡県）が担っていることは、あまり知られていないと思います。

ATMCが設立された経緯を始めにお話しします。

航空輸送の需要拡大に併せ、航空交通は増加し続けています。

近年では、約80空港に民間定期航空便が就航し、我が国が航空交通を管轄する福岡FIR（飛行情報区）では4つの航空交通管制部が毎日4000機以上、年間140万機を越える航空機を取り扱っています。

世界全体の傾向も同じで、ICAOは1983年に委員会を設置し、民間航空の安定的成長を目指して研究を始めました。増大する将来の航空交通需要に対処すべく、1991年の第10回ICAO航空会議において、将来航空システム（FANS）の概念がCNS/ATM構想として承認され、ここでは航空機運航のすべてのフェーズにおいて安全と運航効率を確保するために、空域管理（ASM：Air Space Management）、

航空交通流管理（ATFM: Air Traffic Flow Management）及び航空交通業務（ATS: Air Traffic Service）、の各機能が互いに連携して総合的に機能するATM（航空交通管理）の必要性が唱えられています。

この動きに基づいて日本では1994年に航空局に航空交通流管理センター（ATFMC）が設立され、ATFMを開始しました。

具体的には、管制機関が管制業務を提供可能な航空交通量の限度を管制処理容量として定義し、これを超える交通量が予測される場合に管制機関に対して航空機を地上待機させることにより実施していました。

2005年10月1日、航空交通管理を推進し、さらなる航空需要の増大とユーザーニーズに的確に対応していくため、ATFMCの機能を拡充整備し、航空交通管理機能に空域管理機能及び国際的な航空交通管理機能を加え、新たにATMCが設置されました。

その際、ICAOが提唱する全世界的な運用概念に沿ったATMを日本で実現するために必要な内容を盛り込んで平成17年10月1日に航空法が改正され、ASM（空域管理）、ATS（洋上管制）業務を追加しました。

近年、交通量の増大に対応するために成田国際空港におけるB滑走路の北伸、東京国際空港（以降羽田空港とします）D滑走路の供用開始、関東周辺の空域及び経路の再編等により首都圏を中心とした管制処理容量の拡大が図られていますが、これに伴う空港及び周辺空域における管制運用はますます高密度且つ複

* Air traffic management in Japan

** 国土交通省 航空交通管理センター羽田分室 次席航空交通管理管制官

雑なものとなっています。このため、より高度で緻密かつ即応性のあるATFMを効果的に実施することが必要となり、2011年10月1日から東京航空交通管制部及び東京空港事務所各庁舎内に設置したATMCの分室において航空交通管理班（TMU）を機能させる新体制を開始しました。

2. 航空交通流管理（ATFM）

日本の航空交通量が増加していると書きましたが、中でもやはり羽田空港の交通量は非常に多く、平成22年10月に4本目の滑走路としてD滑走路が供用開始され、平成25年度は1日平均1,100強の離着陸が頻繁に見受けられるほど増えています。

このような中、ATMCではどのようにしてATFMが行われているかをご紹介します。

ATFM業務として飛行計画経路の管理及びその調整、適正交通容量算定、交通量の監視と予測、交通流制御等があります。

2.1 飛行計画経路の管理及び調整

計器飛行方式（IFR）により飛行する航空機が標準的に飛行計画に使用するための経路は、基本的に空港若しくは特定の地点（FIX）間毎に設定され航空情報サーキュラーに掲載されています（例えば羽田空港行きは国内の空港あるいは途中同じFIXを経由する空港グループから、ヨーロッパ方面からのあるFIXから、太平洋からの入域ゲートから羽田の入域FIXまでの経路というように）。

こうした標準的な飛行計画経路を設定することにより、できるだけ効率的な経路を確保しつつ秩序ある航空交通流の形成をはかることができます。経路やFIXの変更、交通量の偏りなどを改善するための変更などがおこなわれており、その更新の都度航空情報サーキュラーに掲載されます。

またこれと併せて、特定のセクターの混雑緩和のために特定の期間、当該セクターを迂

回する飛行計画経路に変更する場合があります。実例としては、東京管制部の三河セクターの特定時間帯における恒常的な混雑のために、事前に運航会社と調整のうえ特定の運航便について実施したものです。その効果として当該セクターの混雑が緩和され、交通流制御の実施頻度が低減し、航空機運航への影響を最小化することができました。

このほかATMCは、これらの標準的な飛行計画経路の他に混雑の回避に適用する経路と悪天の回避に適用する経路も設定し、調整先となる管制機関や運航者と共有しています。

運航日当日の悪天候を回避するための調整は、あらかじめ共有されている悪天回避経路のなかから選択すれば、調整にかかる負荷が軽減され調整の齟齬もなくなります。特に広範囲な悪天候により調整件数が多い場合などは迅速な対応が可能になります。

混雑または悪天候の調整が整った後に運航会社が飛行計画経路を変更した飛行計画を提出し、システムに取り入れられると交通量再計算に反映される仕組みです。

2.2 交通流制御

ATFMの方法として前述の飛行計画経路の管理及び調整を経た段階で、過度な集中が予測される空域に対しては交通流制御（フローコントロール：Flow control）が実施されており、その手法は大きく分けると出発制御とインフライト制御の2つです。

インフライト制御は、混雑する空域に入域する航空機同士の間隔の拡大や、飛行速度の制限、当該空域への入域の停止といった手法があり、いずれもATMCの指示を受けた管制官が直接飛行中の航空機にそれを発出することにより実施されます。

主要な出発制御の手法はシステムによる計算で出発制御解除時刻（EDCT：Expected Departure Clearance Time）を指定するEDCT制御と呼ばれるものです。

このEDCT制御がどのように行われるかを説明することにより、適正交通容量算定方法、交通量の監視から制御への基本的な流れをまとめてご紹介します。

2.2.1 EDCT制御

各航空機の飛行予定を表すデータに基づいてATFMシステムが航空交通管制部及び空港の各空域の交通量をグラフ化し、ATMCの管理管制官はその結果を活用して混雑状況を監視・予測します。グラフの表す予測交通量の考え方には管制部のセクターと空港では違いがありますが、交通量が適正容量値を超えると予測した場合に交通流制御を検討・実施する流れは基本的に同じです。

航空交通管制部のセクターの場合、交通量は航空機数そのものではなく、単位時間（現在30分間を適用）あたりに入域する予定の航空機に対する管制処理に必要な時間の総量を求めて算出します。管制処理に必要な時間の内訳は、当該セクターにおける運航種別（出発、到着、通過、域内で出発し着陸）毎に所要する管制作業負荷と呼ばれる通信、判断、手作業などに費やされる時間（秒単位）で、セクター毎に交通特性等を反映した設定をおこなっています。セクターの場合、理論上30分間に取り扱うことができる交通量は管制処理に要する時間となり管制処理容量として1800秒が上限という考え方です。

この管制処理容量に対する実際の管制業務負荷の割合をグラフに表しており、ATMCは通常、適正交通容量として1800秒を100%としてシステムに設定したうえで、交通量を監視・予測し、適正交通容量を超える時間帯を見つけると、その空域に対する飛行計画経路の調整や交通流制御の実施を検討します。

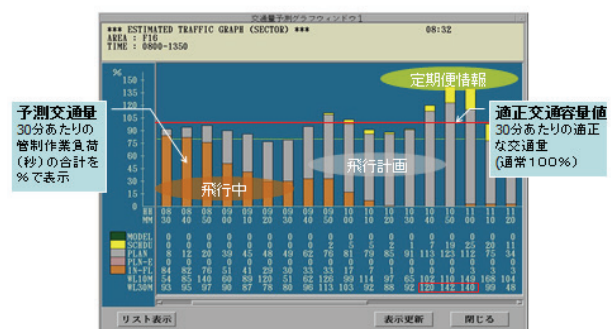
空港の場合、2つの交通量データがグラフに表されます。一つは単位時間（現在30分間を適用）あたりの出発機数及び到着機数を示

す棒グラフ、もう一つは、到着機が着陸待ちのために所要する空中での待機時間（スペーシング時間）を表す折れ線グラフです。

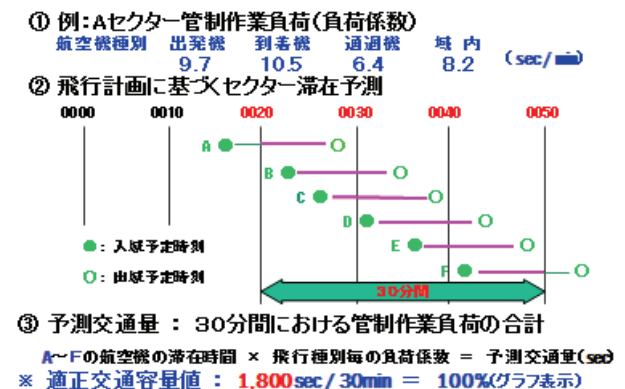
交通量予測は、到着機が30分あたりに着陸できる機数及び、到着機同士の着陸時間間隔をシステムに設定し、各航空機の飛行計画から算出する到着予定時刻との差分（遅れ）が、レーダー誘導等の空中での待機時間を意味する予測スペーシング時間として適用されています。

たとえば30分間に15機着陸できる設定（到着機同士の着陸時間間隔は2分）の場合、飛行計画上の到着機同士の間隔が1分あるいは0分となると2分の着陸間隔を満足させるために、それぞれ1分ないし2分のスペーシング時間が必要となり、さらにその後続機が近接していればスペーシング時間は累積されていくこと

交通量予測グラフ（管制部）



管制部セクターにおける空域処理容量



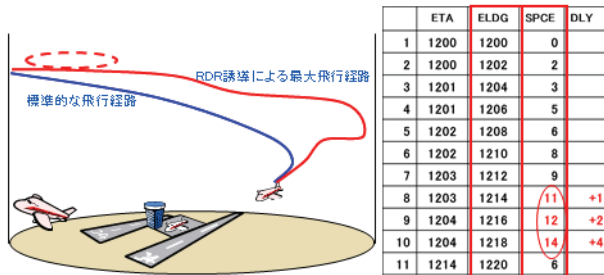
になります。

ATMCは空港が許容できる到着機数及びスペーシング時間を適正交通容量として設定したうえで、交通量を監視・予測し、その適正なスペーシング時間（折れ線グラフ）を超える時間帯を見つけると、その空港に対する交通流制御の実施を検討するのです。

空港及びセクターの交通流制御を実施する場合、交通量が管制処理容量を超える時間帯にその空域に滞在すると予測される航空機の当該空域への入域時機を、最小限遅らせることによって交通量を平準化します。入域時機を遅らせるためには対象航空機の出発空港での離陸時機をEDCTとして指定する必要があります。

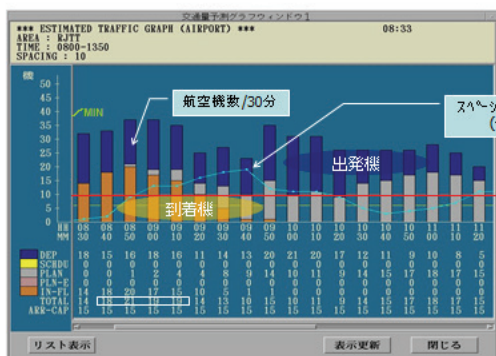
空港に対するEDCTによる制御例

$$\text{EDCT} = \text{EOBT} + \text{TAXING TIME} + \text{DLT}$$



ETA:着陸予定時刻、ELDG:着陸可能時刻、SPCE:スペーシング時間

交通量の予測（空港）



適正交通容量については、航空機が悪天候を頻繁に回避するなど管制官が通常より通信や判断に時間を費やす要素が加わる場合には、それを考慮した変更をおこなうことにより適正に管理します。

こうした手順の結果交通流制御が開始されると、適正交通容量を最大限に活用できるようATFMシステムがEDCTを算出し管制機関に通知されるとともに、航空会社にも通知されます。

EDCTの通知は対象航空機の出発予定時刻（移動開始予定時刻：EOBT）の40分前です。EDCT制御時間帯は、制御対象機にEDCTを通知する時間帯であり交通量が超過した制御対象時間帯より前です。最初の制御対象機が制御対象空域に入域するまでに1時間飛行予定の場合、この入域予定時刻から約2時間前に制御を開始することになります。

このためEDCT制御で交通量超過予測に対処するためには、通常少なくとも2～3時間先の交通量予測に常に注意を向けていなければなりません。

前述の単位時間（30分間）に対象空域に入域する航空機数を求めるのに基になるデータについて少し説明します。運航者はEOBTの少なくとも30分前までに飛行計画を提出し、その中からATFMに必要な情報はATFMシステムに取り込まれます。また、一旦提出された飛行計画のEOBTや飛行経路など内容の変更や、飛行計画そのものが取り消された場合にはその内容がATFMシステムに反映されます。

また、飛行計画が提出されるまでの間でも、交通量予測のためのデータとしてATFMシステムに登録されている定期便の航空機の仮の飛行計画を基に、約6時間後先までの交通量予測が可能となっています。なお、こうした仮の定期便のデータは標準的な経路情報を基にしているため実際の飛行計画と異なる場合もあり、交通量予測の精度としては十分ではあ

りません。

このような事情からの確なATFMの運用を実現するために、飛行計画はできる限りEOBTの2時間前までに提出することがAIPを通して運航者に推奨されています。

ATMCにおける交通量予測は、各航空機の基礎データが定期便データから飛行計画、飛行中へと推移して経路上の通過予定時刻の精度が高くなるほどより正確になり、それに伴ってATFMシステムのグラフ等の表示データは変化していくもののなのです。

このため、EDCT制御を開始後も交通量予測（グラフ）の変化傾向を継続して監視しつつ、当初の想定から状況が変化するような場合はEDCT制御の終了時機を再考するなど、常に円滑な交通流と空域の有効活用が航空機への最小限の制限により実現できるように、見極めることが求められています。

出発制御にはEDCT制御以外にも、突発的な空港の処理能力の低下により周辺空域が飽和状態になった場合に、その空港に向かう航空機に対する出発停止の指示があります。ただし、突発的な影響事象を事前に予想することが難しいので、計画的というよりは主に事象の発生に対応した現状打開策として実施されることが多くなっています。空港の突発的な処理能力低下の要因としては、低視程や強い雷雲あるいは滑走路の除雪など、着陸できなくなる事象などがあげられます。

このほか、同じ空港から出発し特定のセクターを通過する航空機同士に出発間隔の拡大を指示する手法もあり、これも比較的直近の混雑に対して実施する出発制御です。

3. 交通流制御の実績

交通流制御の実績では、羽田空港に南側（伊豆大島方面）から到着する航空機を対象にしたものが最も多くなっています。

平成22年10月に4本目の滑走路としてD滑走

路が供用されてから、羽田空港への到着機は基本的に入域してくる方面別に着陸滑走路が決められており、北方面から入域する到着機と南方面から入域する到着機はそれぞれ別の流れを形成して別々の滑走路へと誘導されていくという運用になりました。

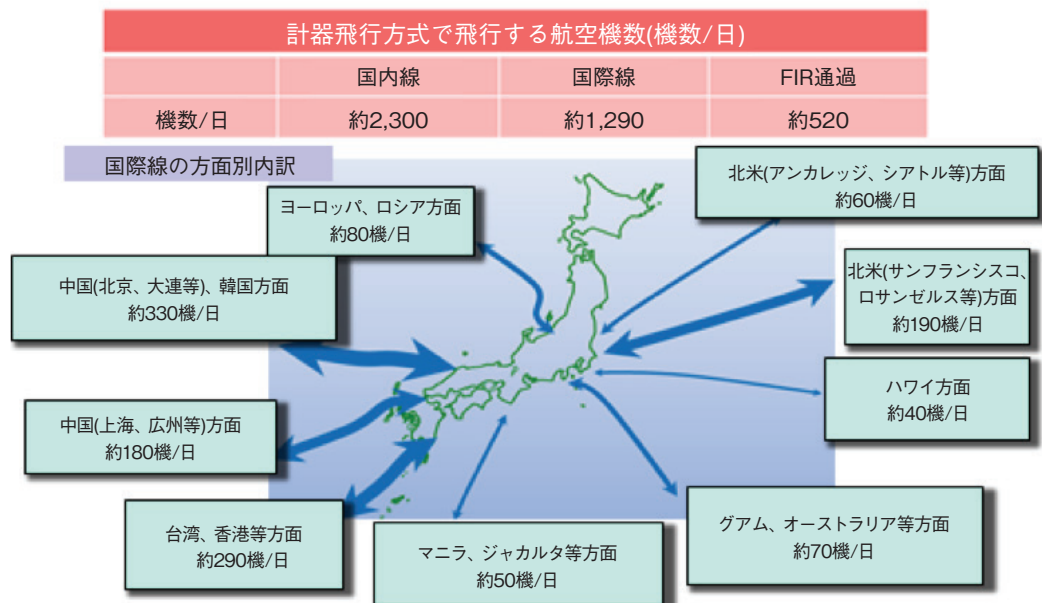
これによりATFMの対応も4本の滑走路の役割（着陸または離陸専用、離着陸併用）にあわせて処理容量を勘案しています。

日本の空港の中で最も混雑する羽田空港では、効率的な管制業務の工夫をいろいろと講じてはいますが、ひとたび突発的な理由で滑走路を閉鎖したり変更したりする必要が生じると、広範囲な空域にわたって交通流に影響を及ぼすことが多いため、気象の状況や管制の運用状況の情報共有、ATFMの対処方法の判断は迅速に実施する必要があります。先にも述べたように羽田空港にはTMUが配置されています。

このほか、国際間の交通流制御も一部行われるようになっていきます。現在ATMCは韓国及び台湾の各交通管理機関と協定を結び、様々な情報交換を行いながらFIR間における移管間隔の調整などを実施することが増えてきています。顕著な例としては、中国北京方面へ飛行する航空機に対する中国への入域制限に起因して、それらの航空機が上空を通過する仁川ACC（韓国）から交通流制御の要請を受けることが多くなっています。高度にかかわらず韓国との業務移管点で入域間隔（時間）の拡大を指定されるのですが、その間隔は時によって30分、1時間と長くなることもあり、そうなると航空機は空中や地上で多大な遅延を余儀なくされます。このような外国からの交通流制御に対処するために、日本各地の空港から出発し該当する航空路を飛行する予定の航空機に対し、EDCT制御を実施します。

EDCTは前述のとおり航空会社対応を考慮し事前に通知されるため、航空会社もあらかじめ

国際航空交通量



データ：平成24年11月上旬の1週間分の飛行計画より算出

め運航上の対処を考えるといます。たとえば乗客へ遅延について知らせて航空機への搭乗時刻を調整する等です。

4. 交通流管理（ATFM）の精度を向上させる試み

交通流管理の精度を高めるための試みもいくつか始めています。EDCT制御の場合は指定されたEDCTに離陸するという前提で交通流制御対象空域の交通量をグラフに表しますが、管制業務の規定ではEDCT以降速やかに離陸させることとし、それ以上の厳格な制約は設けていませんでした。これをEDCTの対象航空機に対してEDCT有効時間帯を設け、その時間帯内に離陸させることにより、交通流制御で意図する交通量との誤差を抑える試みです。

また、東京国際空港の到着機に対してEDCT制御を実施する場合に、そのEDCT対象航空機に対して経路上にある特定FIXの通過時刻（CFDT：Calculated Fix Departure Time）を指定し、到着機同士の間隔をとる手法も試行しています。EDCT制御において指定されたEDCTと離陸時刻のずれにより生じる交通量の

是正や、管制官による到着航空機の順位付け作業を支援しようとするものです。また、出発制御としてEDCT制御の対象になっていなかった外国空港出発機もCFDTの対象航空機となるため、EDCT制御の精度を確保するとともに、羽田空港へ到着機に対する交通流制御上の調和を図るという効果があります。

5. ATMCにおける航空交通管理

さて、ATMCで実施する航空交通管理はATFM以外にも先にも述べたように空域管理と洋上管制があります。

空域管理はATMCの一元管理による空域の有効利用を図るものですが、大きなポイントとして訓練空域の有効活用があります。これを実現するために防衛省の連絡幹部（防衛省リエゾン）がATMCの同じフロアで業務しています。自衛隊の訓練空域の使用計画を前もって把握することによって自衛隊が使用していない時間帯の訓練空域に経路（調整経路：CDR）を設定することができます。調整経路を利用することにより、飛行距離を短縮することが可能になり、時間短縮・消費燃料

節減やCO₂排出縮減効果があります。

洋上管制は、以前は2つの航空交通管制部の管轄に分散されていましたが、ATMC設立時に将来の国際交通流管理を目指して業務を統合しATMCで実施するようになりました。日本及び東南アジアと北アメリカ、ホノルル間に毎日上空のジェット気流や悪天域を考慮して燃料や時間効率にできるだけ配慮した経路をOTG (Oceanic Truck Generator) というシステムを使って計算し洋上可変経路 (PACOTS) を設定し、ダイナミックな交通流の形成をはかっています。

東行きPACOTSの設定はATMCが担当し、西行きPACOTSの設定は米国FAAのオークランド管制センターが作成し、相互に作成した経路についての事前調整を終えた後、運航者に対してノータムで公示することにより供用します。

国際的な交通管理についての周辺国との連携はまだ十分とはいえませんが、先に述べた

ように、一部国際交通流管理もできるまでになってきています。

ATMCでの連携はというと、同じ運用室内にATFM、ASM、洋上管制を行う管理管制官、管理管技・管理運情 (航空局) の他に航空交通気象センター (気象庁)、防衛省、が一緒に勤務してお互いに持っている交通管理に関連する必要な情報を提供し合いながら協調的に業務を行っています。これは、国土交通省の施設としてはきわめて珍しい業務形態です。

この業務体制により交通管理に影響を与える気象現象の予測や航空無線施設の運用状況、空域の使用状況など、必要なときに必要な情報を共有することができます。

今や日本ではATMCを含め航空局の官署と気象庁、防衛省、航空会社などが連携し、航空交通管理の体制を構築し、国際的な連携も進捗させながら交通需要の増加に対応していく航空交通にとって大切な業務になっています。

研究報告

航空環境研究会開催の概要 *

後 藤 恭 一 **

1.はじめに

一般財団法人空港環境整備協会は平成24年度、航空環境研究会を発足した。この研究会は航空分野の動向を多角的に分析し、「航空環境問題」に関する課題及びその対応について総合的に検討・研究し、我が国における航空の持続的な発展に資することを目的としたものである。委員は、杉山雅洋委員長（早稲田大学名誉教授）のもと、学識経験者及び航空関係者で構成されている。本稿では、平成24年度に開催した概要をご報告する。なお、研究会は講話及びフリーディスカッションで行われたものであり、記載するに当たっては筆者の認識不足等による誤解もあることをご了承頂きたい。

2.開催内容

2.1 開催日時

平成24年度は下記の通り航空環境研究会を開催した。

第1回：平成24年9月27日（木）14：00～16：30

第2回：平成24年12月6日（木）14：00～16：30

第3回：平成25年1月24日（木）14：00～17：00

第4回：平成25年3月14日（木）14：00～17：00

2.2 講話者およびテーマ

平成24年度の講話者およびテーマは下記の通りである。

第1回 講話1 日原勝也委員

（東京大学公共政策大学院特任教授）

『航空環境と関連政策に関する最近の動向－今後の検討に向けて－』

講話2 橘 秀樹委員

（千葉工業大学附属総合研究所教授）

『環境騒音・概論』

第2回 講話1 廻 洋子委員

（淑徳大学観光経営学科教授）

『国際航空と観光』

講話2 鈴木孝治委員

（慶應義塾大学大学院理工学研究科教授）

『航空機排出物と環境影響』

第3回 講話1 酒井正子委員

（帝京大学経済学部教授）

『需要予測の手法紹介と羽田需要予測結果の実際』

講話2 金子哲也委員

（杏林大学大学院保健学研究科教授）

『航空環境と健康』

第4回 講話1 平田輝満専門委員

（一般財団法人運輸政策研究機構運輸政策研究所）

『混雑空港の容量拡大による騒音影響とその負担のあり方』

* Outline of the Aviation Environment Research Workshop.

** (一財)空港環境整備協会 航空環境研究センター
調査研究部 主任研究員

講話2 河内啓二委員
(東京大学大学院工学系研究科名誉教授)
『バードストライクを考える』

3.講話およびフリーディスカッションの概要

3.1 第1回航空環境研究会

3.1.1 講話1 日原勝也委員

『航空環境と関連政策に関する最近の動向－今後の検討に向けて－』

-航空環境と関連政策に関する最近の動向-

1951年に民間航空が再開、昭和30年代にジェット旅客機が導入、大阪国際空港の夜間飛行禁止等の訴訟等で航空機騒音は社会問題化。昭和48年に航空機騒音に係る環境基準を制定し、総合的かつ体系的に対策を推し進めてきた。結果、空港周辺においては環境改善が図られ、平成12年には大阪国際空港では騒音区域の指定の見直しに。航空機騒音の評価指標は、昭和48年にWECPNL (Weighted Equivalent Continuous Perceived Noise Level) を採用、平成19年に環境基準の一部改正が行われ、新たな評価指標として「Lden (昼夕夜時間帯補正等価騒音レベル)」を採用した。

-航空システムに関する状況-

航空会社と空港及び関連企業も含めた航空システムは、経済的貢献や多くの雇用を支えている。航空ネットワークの拡大によりGDP成長率を押し上げる。

-航空施策の経緯と最近の動向-

航空輸送は成長セクターである。航空の容量拡大、効率化、安全性の向上に向けて、次世代航空交通管理システムへの投資も重要である。

-地球環境の問題と最近の動向を踏まえた論点-

航空機による排出物の国際的な取り組みはICAO/CAEPで検討。発動機排出物基準の技

術的検討はWG3で行っている。国際航空からのCO₂削減は国際航空セクター全体で達成を目指している。航空部門のCO₂排出量の割合2%。しかし、国際航空の需要が今後増加することから、CO₂排出量は2050年に、2000年比で2倍から5倍になるとの予想もある。

環境リスクに耐性のある持続可能なシステムの構築が必要。騒音、大気環境を考慮した街づくりや開発の必要性、航空システムの高度化を通じた経済成長や高賃金雇用の維持や創造も必要。分野を超えた学際的、長期的視点で研究に取り組み、政策サイドとの連携のもと、総合的、実践的な研究を推進する必要がある。

3.1.2 講話2 橘 秀樹 委員

『環境騒音・概論』

-音の特性や騒音-

可聴領域は20～20,000Hz。それよりも高い周波数領域は超音波、低い領域は低周波。最近、超低周波領域の問題が報じられている。音は、情報性、文化性、および社会性の3つの側面がある。音の社会性は、経済性や利便性とトレードオフの関係にある。騒音は“望ましくない音”であり、睡眠妨害、会話妨害、作業能率、学習への影響、アノイアンス等、多岐にわたる影響が考えられる。

-環境騒音に係る法律、道路交通・新幹線・航空機の騒音に係る環境基準-

騒音の発生側である騒音源 (Emmission)、伝搬 (Transmission)、受音側 (Immission) に区別して、法律・基準・ガイドライン・規格などの行政的対応が、そのいずれかであることが区別することが重要である。

航空機騒音の評価指標は、平成19年に、騒音の最大値に基づく評価量であるWECPNLから、騒音のエネルギー量の基づく評価量であるLden (昼夕夜時間帯補正等価騒音レベル) に改正された。

-土地利用政策と環境政策の不整合-

高速道路や新幹線の開通後に、道路や鉄道の周辺に住宅地が立ち並んでおり、土地利用政策と環境政策が不整合となっているのではない。

-最近の環境問題に関する論点-

昨今、地球温暖化や自然、生物多様性、トキの保護等の環境問題は多く取り上げられているが、騒音や振動はあまり取り上げられないが、人間の環境も大事である。

3.1.3 フリーディスカッション

講話に引き続き行われたフリーディスカッションでは、以下の内容について質疑応答があった。騒音による健康影響に関しては多岐の影響がある。WHO(世界保健機関)では健康リスクの評価として生涯調整生存年(DALYs)を用いている。睡眠影響が課題である。騒音源に対する印象や不安等には主観的・非音響学的な要因が関与する。その他、騒音に関する公共性、先住/後住権、文化・伝統性、サウンドスケープ、航空輸送需要の予測方法、需要予測の妥当性等に関する質疑もあった。

3.2 第2回航空環境研究会

3.2.1 講話1 廻 洋子委員

『国際航空と観光』

-国際航空と観光-

観光にとって交通は手段、かつ、需要。観光における交通の役割はとても大きく、交通が観光需要を喚起する側面もあり、観光と交通は不可分。海外旅行は航空が牽引してきた。

-国際観光を取り巻く環境-

東アジア主要国からの訪日外客数は、韓国が一番多く、台湾、マレーシア、シンガポール、タイ等が続き、アジアからの訪日客が多い。

-アジアの航空需要の動向-

訪日外客の施策に訪日観光ビザの緩和がある。2003年のビジット・ジャパン・キャンペーンが開始により4年間で訪日客数は1.8倍増。今後、世界の航空市場をリードするのはアジアであり、その動向は着目する必要がある。

-日本の観光動向-

「新成長戦略」の7つの戦略分野のひとつに、観光立国・地域活性化戦略がある。国土交通省では、オープンスカイの推進、空港の競争力強化等の施策をすすめている。

-新成長戦略と観光-

国際観光の成長の鍵は航空。アジアを中心とした、世界のヒト・モノ・カネの流れの障害を取り除くのが新成長戦略であり、そのためオープンスカイを推進。観光立国の実現のためにも、アウトバウンド・インバウンドの促進を図ることも必要。

-成長の鍵は航空-

訪日外国人3000万人の目標を達成する際の課題は航空座席数。航空機の座席供給は抑制されている。十分な航空座席の供給がないと訪日外客を増やすことは出来ない。ローコストキャリア(LCC)は時代の流れ。一方、航空機の多頻度運航による騒音が課題となることも考えられるため、騒音対策を考慮することが引き続き重要。

3.2.2 講話2 鈴木孝治委員

『航空機排出物と環境影響』

-大気質の環境問題-

大気環境問題は地球環境と地域環境に分類される。飛行機は人為的な移動発生源、空港は人為的な固定発生源。地球環境として気候変動、地球温暖化、酸性雨、オゾン層の破壊、有害物質の移動等があり、これらに航空機燃料消費、航空機の排ガス等が関与する。

-環境基準-

二酸化硫黄 (SO_2)、一酸化炭素 (CO)、浮遊粒子状物質 (SPM)、微小粒子状物質 ($\text{PM}_{2.5}$)、光化学オキシダント (O_3)、二酸化窒素 (NO_2)、揮発性有機化合物 (VOC_s)、ダイオキシンの8種類の物質が定められている。

-排出物の基準-

ICAOの第16附属書 (Annex16)の第2巻で、 NO_x (窒素酸化物)、HC (炭化水素)、一酸化炭素 (CO)、煤煙が定められている。

-空港周辺における大気環境-

大阪国際空港周辺における、一酸化炭素、全炭化水素、非メタン炭化水素、窒素酸化、浮遊粒子状物質の微小粒子状物質の実測結果を見ても影響は特に見当たらない。

-排出物の国際的な取り組み-

ICAO/CAEPでは、排出物基準の強化、 CO_2 排出量削減の手法の検討、排出物の制限又は削減のための排出権取引等の検討を行っている。航空機排出物規制は、1981年に4種類の基準が定められ、窒素酸化物の排出ガス基準の強化が段階的に行われ、今後さらに強化される方向性。燃料効率のグローバル目標として2050年までの年2%の割合の改善、2020年以降の総排出量の増加抑止、2013年までに航空機に対するグローバルな CO_2 基準が策定される。今後、新たに粒子径の小さい不揮発性PMの規制の導入も検討されている。

排出ガスは、人体だけではなく地球環境、特に気象等への影響があるため、経済性、利便性と環境影響のバランスを取りながら対処していくことが重要である。

3.2.2 フリーディスカッション

講話に引き続き行われたフリーディスカッションでは、以下の内容について質疑応答が

あった。航空機利用はレジャーとビジネスの2つの要素があるが、各種指標や経済効果においてはそれらが区別されているのか。航空需要の予測の精度や妥当性。成層圏における航空機運航による環境影響航空機排出物と騒音のトレードオフの関係。航空機排出物と環境影響。航空機の高頻度運航に伴う環境影響に関する質疑もあった。

3.3 第3回航空環境研究会

3.3.1 講話1 酒井正子委員

『需要予測の手法紹介と羽田需要予測結果の実例』

-需要予測の方法-

空港交通需要予測は、①全国生成交通量の算出、②地域別発生交通量の算出、③地域間分布交通量の算出、④地域間の航空利用の算出という4段階のプロセスを経て需要予測をする。需要予測モデルには、犠牲量モデル、グラビティモデル (引力型モデル)、ロジットモデル等がある。犠牲量モデルは、時間的価値観を基礎としたもので、利用者が交通機関を選択において、時間と費用の犠牲量 (損失) が最も少なくなるように行動すると仮定したモデルである。グラビティモデルでは、地域別の航空利用交通量の算出は、所要時間、費用、鉄道の頻度、便数等交通サービスにより交通手段選択を実施する。ロジットモデルは所要時間や費用、頻度などの説明変数から各交通機関を利用する際の効用を求めて、ある交通機関の選択確率をロジットで求めるものである。これは非常に精緻なモデルであり、得られる結果は不測の事態が起きなければおおよそ正しい。

-需要予測の実例-

航空審議会の第7次空整五箇年計画 (1995年) 時点に発表された2005年の予測値を見ると、国内線・国際線ともに実績値の方が低く、予測値と実測値に乖離が生じている。

羽田空港の国内旅客の実績及び将来予測も

乖離が生じている。

-需要が外れる要因-

要因には、使用データの限界、外生条件の限界（将来人口推計、GDP成長率、為替等の様々な不確実性の存在）、経済不況等の社会現象や事件、東京一極集中、空港容量の問題等がある。これらを踏まえた上で予測精度の精緻化を行う必要がある。

-需要からみた現状と将来-

現在、使用機材は小型機材に移行。国内線の路線数は1997年をピークに減少しているが、一路線あたりの年間平均運航回数は増加し、羽田（東京国際空港）路線は頻度増となっている。

羽田空港とロンドン・ヒースロー空港を比較すると、発着回数はヒースロー空港が滑走路2本で48万回、羽田は38万回と10万回の差がある。乗降客数は、ヒースロー空港が大体7,000万人、羽田は国内・国際合せて6,500万人と旅客数は年々ヒースロー空港に追いついている。また、ヒースロー空港は貨物では羽田の倍の貨物を扱っている。差が生じる要因としては、近隣住民と離着陸コースの制約、井桁構造滑走路の複雑な運用がある。

航空交通量増大への対応として、新たな航空交通システムの導入や、東京都上空の飛行も含めた航路の分散化も必要ではないか。

3.3.2 講話2 金子哲也委員

『航空環境と健康』

-航空環境と健康-

刺激を受け取る受容器である感覚器を通して、航空機運航に伴う騒音、振動、排気ガス等の物理的・化学的要因によって心身影響が生じる。騒音による直接的な影響が聴覚器障害であり、間接的な影響がストレス関連疾患。

-騒音影響-

大きな音を聞いた直後には一時的な聴力低下、一時的聴力閾値移動(TTS)が生じる。これが十分に回復しないうちに騒音曝露を繰り返した場合に永久聴力閾値移動（PTS）が生じる。

4KHz近傍の聴力損失が生じるのが騒音性難聴の特徴。騒音性難聴が生じる目安は80dB。1日8時間の職場では85dB以上の作業場なら、環境管理、聴覚保護具の着用の義務づけがある。民間航空機による騒音性難聴が生じる危険性は少ない。

ストレス関連疾患は、消化器系、内分泌系、精神神経系の障害。中でも脳血管系疾患および心臓血管系疾患が重要視されている。騒音ストレスによって高血圧症患者が増える可能性がある、長時間曝露されている作業場において心筋梗塞や高血圧のリスクが有意に高いとの報告もあるが、バイアス等の介在により評価は難しい。

-アノイアンス-

アノイアンスは騒音の総合的評価指標であり、騒音による社会反応の指標としてもアノイアンスが用いられている。

騒音量と社会（住民）反応の関係については、Schultzによる曲線が広く知られている。音源別に騒音暴露量と社会反応の関係をみると、航空機騒音は社会反応が厳しい。

-世界的な動向-

WHO欧州事務局を中心に、騒音の影響を、健康影響の見地から捉えていこうとの動きがある。

特に夜間の騒音について、科学的知見と予防原則に基づくとともに、さらに高感受性群も加味して、寝室は30dB、寝室の外の環境も40dBが望ましいとのガイドラインを示している。

WHO欧州事務局は、アノイアンスを健康影響の一つとして捉え、生涯調整生存年DALYs

(Disability Adjusted Life Years) により健康影響を定量化し、健康影響の定量化を試みている。

3.3.3 フリーディスカッション

講話に引き続き行われたフリーディスカッションでは、以下の内容について質疑応答があった。

航空機騒音の多頻度運航と騒音。離陸時におけるNO_x抑制と騒音低減のトレードオフの関係。需要予測のあり方とその使い方。航空座席不足について。睡眠影響の研究に関するフィールドやラボの関係。空港の24時間化の深夜帯の需要と対応する社会的なアクセスやインフラに関する議論もあった。

3.4 第4回航空環境研究会

3.4.1 講話1 平田輝満専門員

『混雑空港の容量拡大による騒音影響とその負担のあり方』

-ヒースローと羽田の容量の差の要因-

ヒースローと再拡張前の東京国際空港（羽田）の滑走路容量の差の主な理由は、日本が使用機材における大型機（Heavy機）使用の比率が高いこと、空域制約、特に離陸の飛行経路の柔軟性と戦略的な離陸順位付けの有無、滑走路占有時間の差、待機経路（ホールディング）の活用と戦略的な着陸順序付けの有無の違いなどが考えられる。

-航空容量のニーズと都心上空飛行とその課題-

わが国では、首都圏における航空容量の拡大ニーズがある。全面的なオープンスカイ、高速鉄道網整備等を想定した航空需要により、中長期的な発着需要は羽田・成田の容量拡大を上回る。容量拡大を行うには、都心上空飛行ルートの利用が不可欠である。東京国際空港（羽田）を離発着する便の飛行経路の地域的な偏りと集中による騒音の問題、空域の混雑が課題。騒音基準を超えるエリアは東京湾

内に限定され、千葉の騒音は環境基準以下である。環境基準を超えない騒音の分担をどのように行うのか。生活水準の向上とともに中程度の騒音に対する不満が顕在化する傾向にある。東京国際空港の混雑を解消するには、東京都心上空の活用（既存ストック活用）と、騒音分散の一つのオプションとして、時間限定型・経路分散型の運用方法がある、との提案があった。

-滑走路運用の世界的動向-

滑走路運用・飛行経路設定からみた騒音対策の考え方には、特定地域への騒音を閉じ込めて、騒音暴露人口を最小化する方法と、騒音の広域分散・公平負担/空域制約の緩和による容量拡大の方法がある。ニューアーク空港は、航空機の知見問題の深刻化、空域設計の複雑化・非効率性があり、空域・航空路の再編が行われた。ヒースロー空港では、滑走路運用上の騒音を考慮して、2本の平行滑走路を離発着分離方式で運用し、定時（毎日15時を境）に離陸・着陸の滑走路を入れ替えて、地域に無騒音時間（Respite Period）を提供する方策を行っている。さらに政府は、騒音の公平負担の実現にむけて動いている。シドニー空港ではNoise Sharing、騒音を広域で共有して分散するというコンセプトで運用している。広域で騒音を分担する運用方式を積極的に使用している。

3.4.2 講話2 河内啓二委員

『バードストライクを考える』

現在、航空機の発動機は多発機から双発機に移行。双発機は片方のエンジンに何らかの事故が発生した場合、補助的に使用できるエンジンがないという危険がある。航空機が双発機へ移行する現在、火山噴火とバードストライクの危険性について考えるのも必要である。

-火山噴火による航空機への影響-

2010年にアイスランドで起きたエイヤフィヤトラヨークトルの噴火と、2009年6月の千島列島サリチェフ火山の例がある。アイスランドでは火山噴火により噴出した火山灰がヨーロッパ大陸上空に広く滞留し、ヨーロッパ多数の国で領空が封鎖されて飛行が不可能となった。2009年には千島列島でも大量の火山灰が放出されて、付近を航行する航空機が迂回コースを航行したため最大4時間の遅延が生じた。気象衛星データを利用して安全領域を飛行する対策が取られた。

-バードストライク (Bird Strike)

バードストライクとは航空機と鳥が衝突する事例を指す。バードストライクによる過去最大の事故は、1960年におきた民間機（イースタン航空375便）によるマサチューセッツ州ボストン湾に墜落した事故。2009年には、US

Airwaysのニューヨーク発シアトル行きのA320の双発機にガンが衝突し、両エンジンが停止し、ハドソン川に緊急着陸した。様々な試験を重ねられ、現在は、エンジンは4ポンド（1.8kg）、旅客機の風防は4ポンド以上の鳥が衝突しても安全性が保証されている。米国では、バードストライクの件数が増加。その要因は自然保護による鳥の増加である。日本でのバードストライクの事故件数は、2012年度に1件、2011年度に1件の計2件。日本ではバードストライクの件数は増えていない。しかし、起きる確率は低いものの、無視できるレベルでもない。バードストライクによるエンジンの損傷や航空機の空港への引き返しなどによる損失は大きく、防止するための様々な対策を講じている。しかし、野鳥の鳥は学習能力が高く、これといった有効策がないのも現状。根本的には安全性確保であるが、これには技術的な課題もある。自然保護派との協調も重要である。

3.4.3 フリーディスカッション

講話に引き続き行われたフリーディスカッションでは、以下の内容について質疑応答があった。

混雑空港への対応。都心上空の飛行における騒音被害の公平負担や暴露人口への考慮。騒音の受け止め方への認知的要因の関与。バードストライクを未然に防ぐための技術的方法。火山等の自然現象に対する安全性の確保に関する議論もあった。

4.まとめ

ここでは、第1回から第4回までの講話及びフリーディスカッションの内容を整理する。

内容を見ると、「航空分野の動向」、「航空に関わる環境問題の動向」および「航空環境分野の今後の動向の把握」の3つに大別される。

4.1 航空分野の動向

-航空需要-

国際航空需要は、ビジットジャパン、オープンスカイ政策の下で、今後も増大。特にアジアに着目すべき。国内航空需要は、人口減少時代を迎え、成熟化、停滞傾向。ただし、東京一極集中、LCCによる新たな航空需要の開発の可能性もある。

-容量問題 多頻度運航-

羽田（東京国際空港）路線の年間運航回数は増加している。首都圏、関西圏の空港容量の拡大のニーズあり、首都圏(成田・羽田)75万回。中長期的な航空需要は現在の容量を上回り、近い将来、首都圏等で空港能力が制約条件となるおそれあり。航空機の小型化が進展（サービス機材の最適化、LCC等新規会社増大）。但し、小型化は座席数が抑制となるため、多頻度運航が必要となる。

-首都圏における空域・航路の再編-

容量問題に対応するため首都圏（東京都心上空）等での空域・航空路の再編が必要である。

-空港運営-

空港の整備は概成し、整備から運営の時代。空港民間運営化。また、航空企業の競争環境は、さらに厳しい状況。

-その他-

効率的な運航、トラフィック量の増大に対応した管制システムの革新。地方の空港を含め運用時間の拡大の要請が拡大化。空港の24時間化の深夜帯の需要はあるのか。また、その場合の空港へのアクセスやインフラは対応できているのか？バードストライクや火山等に対する安全性の担保。

4.2 航空に関わる環境問題の動向

-発生源対策 航空機の低騒音化-

航空機のさらなる低騒音化(Chapter 14等)、機材の更新の進展。静粛化の要因はエンジンの高バイパス化。夜間の運航規制、運航方式の改善。航空機騒音の評価指標はWECPNLからLdenへ。

-騒音-

騒音対策区域外の一定地区での飛行経路の集中と苦情の増大。環境基準を超えない騒音の分担は？曝露人口を考慮すべきか。航空機材の小型化・多頻度運航による、低レベル・多頻度の騒音曝露。空港の24時間運用、それに伴う早朝夜間の運航による睡眠影響。これらに対する施策の必要性。地域の住民のアノイアンスの評価、騒音の公平分担等の問題。騒音源の印象には音響学的要素のみならず、主観的・非音響学的な要因が関与する。

-大気質・地球温暖化-

ICAOを中心とした地球温暖化の議論の進展と対応。国内の航空機、空港等での大気・CO2問題への計画的対応の必要性。大気汚染対策、特にNO_x対応。低騒音・低燃費とNO_xのトレードオフ。低NO_x技術。粒子径の小さい不揮発性PMへの対応。バイオ燃料。

-土地利用-

土地利用政策と環境政策の不整合の問題。サウンドスケープ。先住/後住権。

-落下物・危険に対する対策-

落下物対策。バードストライク・火山への対応。

-空港における環境対策の今後-

空港民間運営主体における環境対応、周辺対策の必要性。土地利用に配慮するとともに地域との共生・共栄。空港周辺環境整備、騒音による被害感の緩和。空港における環境対策はどうあるべきか。

4.3 航空環境分野の今後の動向の把握

航空分野における課題は、様々な要因が関与。トレード・オフを勘案し、利便性と環境影響、経済性のバランスを取りながら検討・対処する必要性。各機関・周辺領域との連携も必要。騒音、大気、CO2等の動向、エンジン・航空機等の新技術の動向、WHOの動向等のウォッチとキャッチが必要。

5.むすび

一般財団法人空港環境整備協会は、平成 25 年度においても航空環境研究会を開催し、航空分野に直面する課題について、講話と委員によるフリーディスカッションを主体とする討議を4回開催しました。

開催日時と内容は下記の通りです。

開催日時と内容

第5回：平成25年7月25日（木）14：00～17：00

講話1 大橋 弘委員

（東京大学大学院経済学研究科教授）

『合併効果について』

講話2 桑野 園子委員

（大阪大学名誉教授/放送大学客員教授）

『航空機騒音の評価と空港と地域の共生』

第6回：平成25年10月3日（木）14：00～17：00

講話1 加藤一誠委員

（日本大学経済学部教授）

『格付け評価からみたわが国の空港経営』

講話2 大石 勉専門委員

（株式会社IHI 航空宇宙事業本部 技術開発センター要素技術部 システム・環境技術グループ 担当部長）

『ジェットエンジンによる騒音およびエミッション低減技術の紹介』

第7回：平成25年12月5日（木）14：00～17：00

講話1 山本憲夫専門委員

（独立行政法人電子航法研究所所長）

『航空交通管制—しくみと将来—』

講話2 尾形三郎専門委員

（成田国際空港株式会社）

『空港管理者の環境対策の現状と今後』

講話3 桂田健専門委員

（日本航空株式会社）/宮前利宏

専門委員（全日本空輸株式会社）

『エアラインにおける環境対策、航法、管制、運航方式・実運航/乗員操作・重量軽減の取り組み・Hardwareの改修、整備・運航管理・その他/環境』

第8回：平成26年2月27日（木）14：00～17：00

議事1 事務局

『海外調査報告』

議事2 フリーディスカッション

『航空環境研究会論点整理』

これらの内容については、次号でご報告する次第です。今後とも皆様方のご支援、ご協力を引き続きよろしくお願いいたします。

研究報告

航空機騒音の予測における地上騒音の取り扱い *

山 田 一 郎 **

1. はじめに

航空機騒音に係る環境基準の一部改正が昨年4月に施行され¹⁾、 L_{den} による航空機騒音の測定、評価が現実のこととなった。今回の基準改正では航空機の地上運用の騒音（以下、地上騒音という）も必要に応じ、考慮することが求められることとなった。この基準改正に応じ、航空機騒音対策の基礎となる騒音コンターの作成も L_{den} で行う必要があり、その予測計算においても飛行騒音に加え、地上騒音を考慮しなければならない。

航空機騒音に係る環境基準は空港周辺の地域における良好な音環境の確保を目的に国等が実施する施策の目標を示すものであり、騒音予測はそうした施策の基礎となる騒音コンターを作成するために行われる。従来、予測計算は飛行騒音のみを対象として行われ、離陸では滑走開始以降、着陸では着地後のリバースまでの騒音を考慮してきた。飛行騒音が圧倒的に大きく、空港近傍を除けば地上騒音の寄与が相対的に小さかったからである。計算機の能力が限られ、飛行騒音で一杯であったし、地上騒音に関する知見が少なく、予測に必要なデータも計算の手順も整わなかった。ところが、航空機の低騒音化が進み飛行騒音が大幅に軽減された結果、地上騒

音の影響が相対的に高まり、無視できない状況になってきた。計算機の性能も飛躍的に向上し膨大な計算も苦にはならなくなっている。地上騒音の寄与を考慮するにはその計算方法、基礎データ、運用情報が必要となり、地面に沿った騒音伝搬を正確に把握するには伝搬経路にある構造物や地形の遮蔽なども考慮しなければならない。

本稿はこの改正基準に対応するための航空機騒音予測モデルの機能向上に関し、地上騒音を考慮する方法や適切な評価に必要な建物や防音堤等の構造物及び地形による騒音の遮蔽、回折効果の算定方法に言及し、さらに今後の課題について述べる。

2. わが国の予測モデル開発の経緯

わが国で航空機騒音の影響評価を予測計算で行う試みは環境基準が告示された昭和48年頃まで遡る。当時、大阪国際空港で大規模な騒音測定が行われ、その実測結果に基づいてWECPNLによる騒音コンターが作成されたが、短期測定であったことや測定点数が限られたものであったことにより滑らかな等高線が得られず、騒音対策の基礎資料とするには不十分であった。そこで、予測で騒音コンターを作成する手法が検討され²⁾、航空局や航空会社、大学の研究者やメーカーの技術者からなる委員会を設け、当時先行していた米国のモデルに倣ってわが国の航空機騒音予測モデル（以下、JCAB-1）の構築が進められ、1978年に第

* Airport noise modeling taking account of noise due to aircraft ground operation

** (一財) 空港環境整備協会 航空環境研究センター 所長

一版が完成した³⁾。このモデルは飛行騒音のみを対象としてWECPNLを計算するものであり、その後、版を重ね、地面の過剰減衰(EGA)や経路分散の補正手順の改良、基礎データの拡充が行なわれ、実務的なノウハウの蓄積と合わせ、高い予測精度が実現されている。

1980年代になってヘリコプタの登録が急増し、ヘリポート周辺の環境保全の必要性が高まった。そこで環境省は1990年に L_{den} を騒音評価量とする小規模飛行場環境保全暫定指針を策定し、航空局はヘリポート用騒音予測モデルを開発した⁴⁾。ヘリポートは規模の小さなものが多く、ヘリコプタは地上での長時間アイドリングや浮上し静止するホバリングなど、固定翼の航空機と異なる形態の運航があり、最大騒音レベルに基づくWECPNL評価では適切に評価できないと考えられたため、 L_{den} 評価が採用された。ホバリングや垂直上昇・下降といった特殊な形態の運航の取り扱い方も検討し、これらは離着陸と連動せず単独で行うこともあるため、離着陸と切り離し、別の運航として取り扱うことにした。これにより運航種別は多くなるが取り扱いの自由度が増した。

同じ頃、JCAB-1に防音堤による音の遮蔽効果の補正を加味する手順が追加された。騒特法の区域指定の騒音コンターなどで一段と高い予測精度が求められたためである。成田では空港周辺、特に滑走路側方の静穏を守るため防音堤の築造が進められてきた。防音堤は、騒音遮蔽効果の実測によれば、堤の背後でおよそ10dBのレベル低減効果がある^{5,6)}。これを予測に反映する必要がある、防音堤を有限長の厚み無し障壁に置き換えて挿入損失を求める方法^{7,8)}を採用し、離着陸機が地上滑走する間の騒音に適用した。

L_{den} プログラムの開発は2001年度に始まった。国際整合性や作製コスト等の観点から既存の

モデル(米国のINM等)の活用か独自のモデルの開発かについて検討し、WECPNLモデルから蓄積してきた知見やデータ、ノウハウの活用や騒音コンターの継続性を考えて、独自モデルを開発することにし、前述のヘリポート用モデルを活用して構築した。モデルは入出力フロントエンド、計算エンジン、基礎データの三部構成とし、操作し易さに配慮した形のモデルとして構築し、2004年に当研究センターのモデル(以下、AERC)として初版プログラムが動くようになった⁹⁾。基礎データはJCAB-1モデルの L_{ASmax} による基礎データを L_{AE} に換算したものであった。

2007年に環境基準が改正されて地上騒音を考慮することが求められたため、モデルの改修を開始し、2009年には地上騒音を考慮し厚み無し防音堤の遮蔽効果も算定できるようになった。2008年にはICAO/CAEPのモデル比較のため、欧州の航空機騒音の予測手法の記述文書ECAC Doc.29¹⁰⁾の要求に整合するよう地上滑走セグメントの分割や推力補間、EGA計算などの方法についてECACの方法を選択できるようにした。その後、2011年～2013年にかけて航空局モデル(以下、JCAB-2)として仕上げられ、現在に至っている。図1にAERCモデル当時の操作画面、図2にJCAB-2の操作画面を示す。JCAB-2では飛行騒音については国内空港に就航する主要機種の基礎データが整い、地上騒音については最小限必要な基礎データが用意できている。ターミナルビルなどによる音の遮蔽効果を扱えるように厚みのある障壁の計算もできるようにした。

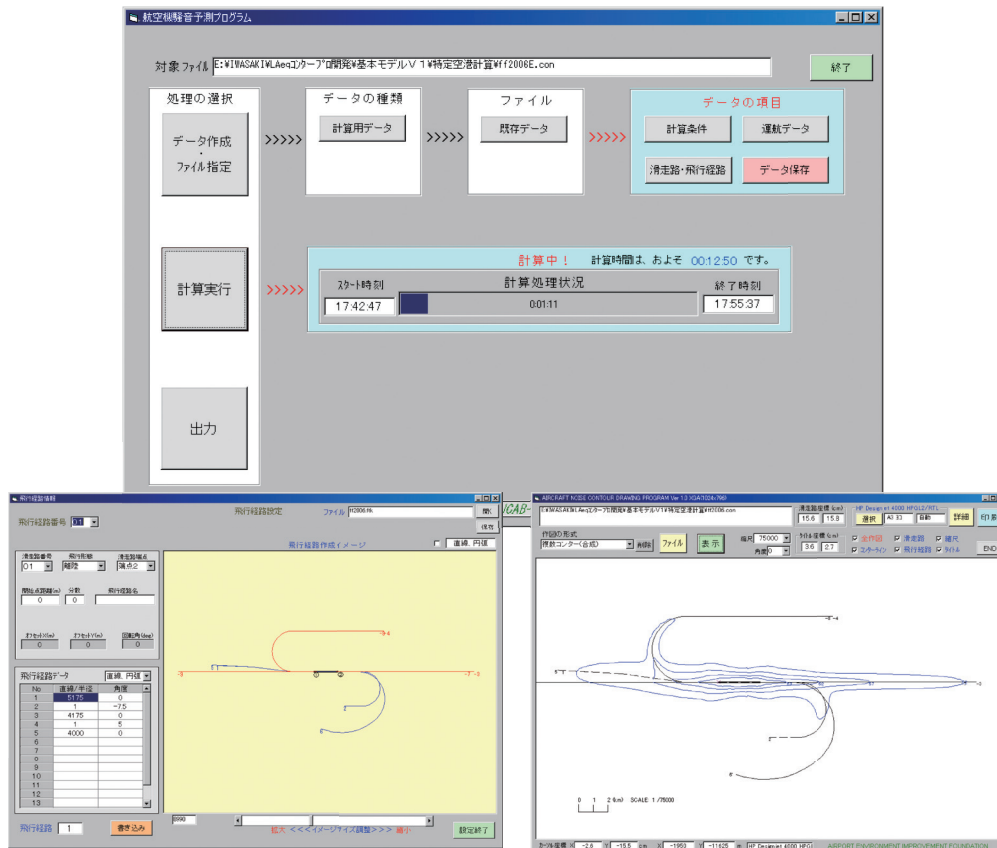


図1 AERCモデルの操作画面

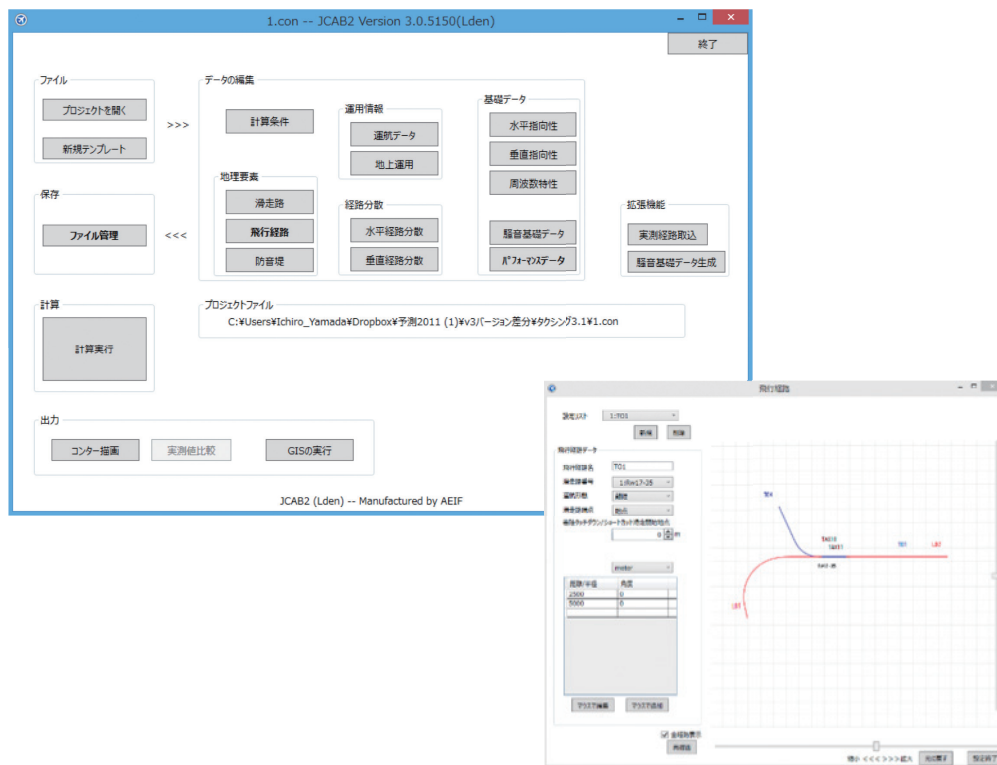


図2 JCAB-2モデルの操作画面

3. 地上騒音の性状

空港周辺で観測される航空機騒音は飛行騒音と地上騒音に分けられる。前者はおもに離着陸の騒音であるが、タッチアンドゴーやローアプローチなどの特殊形態もある。後者は離着陸の前後に誘導路を地上走行（タクシーイング）して滑走路と駐機場を行き来する際の騒音とエンジン試運転の騒音、駐機中の補助動力（APU）の稼働騒音に分けられる。飛行騒音と地上走行騒音は移動音源、その他は固定音源である。騒音コンターの予測では従来、飛行騒音のみを取り扱い、離陸は地上滑走開始以降、着陸は滑走路離脱するまでの運航の騒音を対象としていた。それに対し、地上騒音を考慮するということは空港内の航空機地上運用の騒音も評価対象に含めることを意味する。ちなみに今回の基準改正で適用飛行場の運航回数の制限も撤廃されたため、従来は別扱いになっていたヘリポートや小規模飛行場も一緒に扱いとなり、JCAB-2の騒音コンター作成対象となった。ヘリコプタにはホバリングや浮上タクシーイング等の特殊な運用形態がある。エンジンアイドルの性状も固定翼と異なる。これらを考慮しなければならない。

地上騒音は飛行騒音と性状が異なる。APU稼働やエンジン試運転の騒音は長時間続く準定常騒音である。タクシーイングの騒音は、通常は飛行騒音と同様の単発騒音であるが、離陸が続くと航空機が誘導路で列をなし、渋滞して数分～十数分にわたる準定常騒音となる。地上騒音は飛行騒音に比べてレベルが低く暗騒音に紛れやすい。測定者が聞いてもいつ始まり、どこまで続くかの判断は容易でない。エンジン整備の試運転は深夜に行われ、出力をアイドルから上昇、離陸まで切り替えつつ長時間にわたって実施するため、準定常騒音となる。エプロンでこれを行うと大きな騒音が出るが、騒音対策を施した試運転施設では小さな騒音に止まることも少くない。離陸前のタクシーイングは、移動開始の時に若干出力を上げるため騒音が大きくなるが、その後はアイドル出力にして走行するので、基本的には一定の騒音を出しつつ定常走行するといえる。ただし、誘導路の折れ曲がりでは機体の向きが変わるにつれ、ファン音の指向性により純音性の強い騒音が聞こえることがある。エンジンを複数装備する航空機ではエンジンの稼働を部分的に停止させることもあるという。

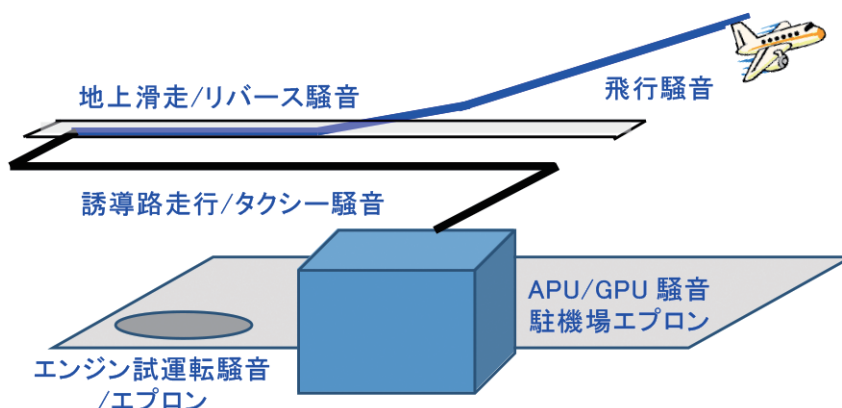


図3 航空機の運航と騒音発生

APUは駐機中の航空機に動力を供給する装置でタービンエンジンである。装置本体は機体後部に内蔵されるが、吸排気口を介して騒音が放射される。吸排気口の位置は機種によって異なり、騒音放射に指向性をもたらす。そのため、機種ごとに音源のパワー、周波数特性、指向特性を知り、エプロンでの駐機の実態を把握する必要がある。APUの実施の状況も空港により異なるようである。大空港では駐機場に地上動力装置（GPU）が整備され、環境負荷の抑制のため、APUの稼働を離陸前数十分に限定したりするが、GPUが使えない機種があったりGPUのない場所があったりしてAPUを用いること、コストの削減を意図してAPUを用いることもある。小規模空港はGPUがなく、着陸後スポット入りしてエンジン停止すると同時にAPUを稼働させ、離陸準備が整ってプッシュバックしてエンジンを始動するまで動かし続けるのが普通である。しかし、旅客機、特に大型機が夜間ステイするときに翌朝の旅客搭乗時の機内温度を快適にするため、夏季は早朝からAPUを稼働するといった事例もある。

環境基準の改正後、測定で L_{den} を算定・評価するための指針文書として航空機騒音測定・評価マニュアル（以下、マニュアル）が出版された^{11,12)}。その草案作りで課題となったのは、準定常的な地上騒音の識別方法であった。自動監視装置には音の到来方向等の情報を利用してAPU稼働やエンジン試運転による地上騒音を識別、評価するものもあるが、そうした装置は多くないため、マニュアルでは長時間、例えば60分間程度にわたる騒音レベルの度数分布の90～95%時間率騒音レベルを閾値として準定常騒音を検出する方法を例示している。

地上騒音の L_{den} への寄与は、短期測定の結果を用いて試算したところ通常は0.5dB未満のレベル上昇に止まる¹²⁾。しかし、誘導路の近傍

に住居が並び、離着陸よりタクシーイングの騒音の方が支配的である例もあるし、気象条件によっては遠方まで大きな音が聞こえることもあるので地上騒音の寄与を正確に見積もることが好ましい。それには音の伝搬に対する建物や防音堤の遮蔽効果、気象影響を適切に評価することが必要であるが、前者は次節で述べる通り、既にWECPNL予測で離陸滑走や着陸リバースの騒音を計算するときに挿入損失として考慮しており、それを地上騒音全体に拡張すればよい。後者についてはベクトル風速と温度勾配をパラメータとするEGA計算式を用いれば考慮できる^{13,14)}。ただし、これまでの実験的な検討では気象による変動は大きいものの年間平均の騒音暴露量は滑走路の側方でも飛行経路の直下でも標準偏差1～2dBに収まっており^{15,16)}、騒音コンターの作成では当面の課題ではないと考えている。

4. 地上騒音の取り扱い

L_{den} モデルは、前述の通り、ヘリポート用騒音予測モデルを雛形にして構築した。地上騒音の取り扱いもそれに基づき、離着陸から切り離した独立な運航形態として実現する。地上騒音として取り上げるものはタクシーイング（taxi）、APU、エンジン試運転（ENG）である。

1) taxi：タクシーイングは、離着陸の前後に駐機場と滑走路を行き来するものであり、地上走行であることや始点と終点があること、経路にばらつきがないことなどで異なるが、離着陸と同様に扱うことができる。ただし、taxi用基礎データを整備するか飛行騒音の基礎データを流用するか、taxiの走行速度を機種ごとに設定するか機種によらず一定とするか、taxi経路を構成する有限長セグメントの寄与を算定するための音源の指向性をどう設定するか（飛行騒音と同じとするか）、誘導路上での渋滞や滑走路端での離陸待ちホールドをど

う取り扱うか、滑走路離脱位置や誘導路利用状況の情報をどのようにして入手するかなどについて取り扱いを決める必要がある。ヘリコプタについては浮上走行する機種と地上走行する機種があるし、騒音は機体の左右で非対称である。これらをどう取り扱うかを定める必要がある。

2) APU：吸排気口の位置が機種ごとに異なり、指向性の音源である。音源パワーについては機内に電源を供給するのみか空調まで稼働するかで異なり、これを分けて考えるか、出力の大きい方に統一するか決める必要がある。騒音暴露を算定する方法としては等価騒音レベルと距離の関係及びA特性の指向特性とするか、周波数帯域別の音源パワーと指向特性とするか決める必要がある。前者の方が飛行騒音の取り扱いとの整合性は良い。固定音源なので建物などによる遮蔽効果を算定する際に音源高さも考慮しないと過小評価となる恐れがある。そのため、吸排気口の高さも設定する必要がある。APUの騒音暴露量を算定するには駐機場の利用状況や駐機方法を精査して駐機位置の区分の仕方、区分ごとの運用時間の設定、航空機の向きの設定について取り扱いを決める必要がある。

3) ENG：固定音源として、APU同様、等価騒音レベルと距離の関係及びA特性の指向特性、または周波数帯域別の音源のパワーと指向特性で取り扱うことができる。パワーについては、複数のエンジンを装備する機体の場合、現実的にはエンジン間で出力が異なるだろうが、典型的な設定を想定し、アイドル、パートパワー、フルパワーといった区分での基礎データを作成し、評価するくらいに止まらざるを得ないとする。試運転施設を使用するものについては無指向性とするか、施設の影響も込みにして音源の指向特性を設定するかくらいであろうか。ENGによる騒音暴露

量を算定するには実施頻度や出力別の実施時間の情報を入手する必要がある。

騒音コンターの作成を目的とする海外の航空機騒音予測モデルにおける地上騒音の取り扱いについて少し述べる。米国ではtaxiについて考慮することが検討されており、2009年のレポート¹⁷⁾によれば、taxiの寄与でLdnが1.5dB程高くなる可能性があるとしてINM等に組み込むための検討が進められている段階のようである。EUでは交通騒音全体について騒音マップを作成し、対策検討する中でCNOSSOSというモデルを使っているが、航空機の地上音についてはエンジン試運転の騒音を重視するが、考慮することはまだ難しいからしなないと書いてあった¹⁸⁾。TaxiやAPUへの言及はない。騒音マップの作成に関連し、スペインの研究者がtaxiの考慮に必要な音源特性を調べた結果を報告している¹⁹⁾。ドイツには航空機騒音の計算手順を規定する文書AzBがあり、2008年の改訂でtaxiの寄与を考慮することになったようだが、詳細はまだ分からない^{20,21)}。

5. JCAB-2モデルの地上騒音の取り扱い

L_{den} モデルJCAB-2は地上騒音をもたらす航空機運用としてtaxi、APU、ENGを取り扱うことができる。使用する情報は、飛行騒音同様、基礎騒音データ（騒音-距離関係）、パフォーマンスデータ（高度、出力、速度）、taxi経路、固定音源位置、taxiの運航情報、APUとENGの実施状況、遮蔽効果の算定に必要な構造物（ターミナルビルや防音堤）の情報、地形情報である。

Taxiは、前述の通り、離着陸に準ずる運航形態として扱う。基礎騒音データは実測から作成するが、必要ならばアイドル相当の出力を設定して飛行騒音の基礎データを使用することもできる。Taxi時の騒音暴露量の計

算における音源高さは固定翼では離着陸との取り扱いの整合性を考えて無視するが、ヘリコプタが浮上taxiする場合は設定する。Taxi速度は、固定翼は25ktに固定するが、ヘリコプタは適宜変更する。taxi経路は使用実態に合わせ適宜設定するが、簡便には滑走路端から駐機場入り口までとすればよいと考える。APUは固定翼航空機のみだが稼働負荷の違いを考慮できるように2種類の基礎騒音データを設けることとした。ENGは、固定翼ではアイドル、パートパワー、フルパワーの3種類の基礎騒音データを設けることとした。ヘリコプタはグラウンドアイドル、フライトアイドルの2種類だが、それと別に地面効果有りとしの2種類のホバリングデータを用意することとした。

地上騒音及び地上滑走中の離着陸騒音の構造物等による遮蔽効果の算定については、厚み無しの有限長防音堤または厚み有りの有限長防音堤（ターミナルビル等を含む）の2種類の構造物から選択して計算できるようにした。基本とする計算式は音響学会の道路騒音予測モデルが採用しているものである²³⁾。音源と受音点を結ぶ直線と障壁が斜交する影響や防音堤と建物の違いは無視するが、元のモデルでも考慮していない。複数の構造物がつながる場合については接続部分からの騒音の回り込みを無視することで対応する。構造物の上部および構造物より音源側に受音点がある場合については遮蔽効果無しとするに止めた。JCAB-2は予測計算にEGAを考慮するが、組み込まれている計算式は遮蔽物のない平坦な地面を前提とするものであり、構造物の遮蔽効果の算定と両立しない。だが、EGAを考慮しないと適切な予測にならないため、根拠のないまま相互の干渉を無視して計算する方法と構造物上に仮想的な二次音源を置いて計算する方法を用意した。JCAB-2はまた、空港周辺の地形情報を内蔵し、騒音計算に用いる距離を補正できるようにしてあるが、これも遮蔽

効果、EGAと両立するものではない。これらは、今後さらなる検討が不可欠である。

構造物の遮蔽効果の算定方法について記す。WECPNLの場合とは異なり、 L_{den} では全てのセグメントからの騒音の寄与を合算するため、各々について遮蔽効果を計算する必要がある。その計算には音源位置の特定が必要であるため、飛行またはtaxiではセグメント長が100mより長い場合は分割して100m以下にし、その中点を音源位置として用いるようにした。

構造物が厚み無しの有限長障壁の場合は式(1)を用い、4つの仮想半無限障壁（図4参照のこと）の減音量の組み合わせにより挿入損失 $\Delta L_{dif,fb}$ として遮蔽効果を算定する²²⁾。

$$\begin{aligned}\Delta L_{dif,fb} &= \Delta_{1-5} - \Delta_{0-5} \\ &= 10 \cdot \log_{10} \left\{ 10^{\Delta_{123}/10} \right. \\ &\quad \left. + (10^{\Delta_{0-5}/10} - 10^{\Delta_{123}/10}) \right. \\ &\quad \left. \cdot (10^{\Delta_{146}/10} + 10^{\Delta_{358}/10}) \right\} - \Delta_{0-5}\end{aligned}\quad (1)$$

厚みのある障壁や防音堤の場合には厚み無しの障壁に比べて遮蔽効果が若干小さくなる。成田の防音堤で実験した結果もそれを示唆した。そこで、これも道路騒音モデルに倣い、図5に示すように、防音堤の2つのエッジに各々厚み無し障壁を想定し、音源から受音点を見たときにどちらのエッジが回折点になるかに応じて挿入損失を計算する手順²³⁾を採用した。なお、元の文献は道路騒音のもので音源高を固定し、受音点高が変化すると想定しているが、ここでは音源と受音点の関係を入れ替え、音源高が変化し、受音点高は地上1.2m固定とした。

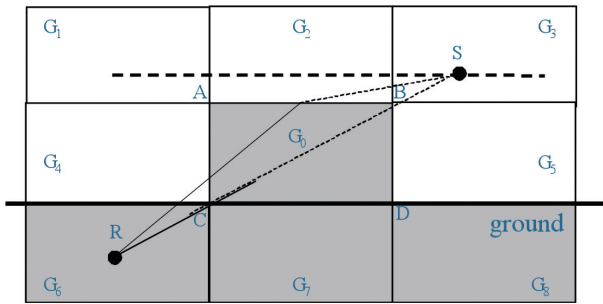


図4 有限長障壁の挿入損失を計算するときの空間分割の仕方²²⁾。

S: 音源、R: 受音点、A/B/C/D: 障壁、 $G_i, i=1, \dots, 8$: 空間。

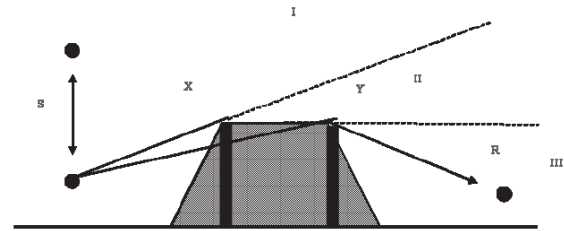


図5 防音堤の厚みを考慮して挿入損失を計算する考え方。太線は障壁を想定する位置²³⁾。

6. 今後の課題

空港および周辺には航空機の騒音を遮蔽したり回折させたりする構造物が多数ある。場内にターミナルビルやハンガー、敷地境界に防音堤や塀、場外には住居や様々な建物が散在し、あるものは独立、あるものは連結し、また間隙を空けて並んでいる。セグメントモデルは、元来、あれこれ仮定を設けて簡素化し、経験的な補正手順も用いて空港周辺の広範囲にわたる地域を対象にして長期間にわたる平均騒音暴露を簡便評価するものであり、空港近傍だけ詳細に記述しても基本的な考え方において整合しないし、予測精度の向上につながるわけでもない。それ故、予測で考慮する構造物は、周辺地域へと放射される騒音暴露の全体的な状況を左右するもの、空港内のターミナルビルやハンガー、敷地境界の防音堤等に止めるべきであると考えている。受音点側の構造物を無視すると、遮蔽という観点では減衰を無視するので大きめの騒音予測になるが、構造物間での多重反射や散乱を無視することで相殺される部分もあるし、気象変動の影響による不確かさもあるので考慮に入れても予測精度が向上するとはいえない。なお、構造物の遮蔽効果は周波数で異なり、音源指向特性の影響も受けるため、予測モデルはそれらを考慮できるように作成してあるが、音

源の周波数特性、指向特性のデータが殆ど用意できていないのが現状である。ちなみに周波数特性は、代表周波数を決めて計算した値で算定できるようにしてあり、通常は音源から対象地域までの距離が長いので250Hzとするが、距離に応じて250~1kHzまで変えて計算することもできる。その他、現在は考慮できない事項としては、構造物表面の音響特性が考慮できないこと、構造物の前に受音点がある時の強調効果が考慮できないこと、音源-受音点間に構造物が幾重にも並ぶ場合を扱えないこと、受音点側に住居等が散在する場合を扱えないことなどである。遮蔽効果とEGA、地形影響の両立も課題であるし、それらへの気象影響もまだ知見はない。

7. おわりに

本稿では L_{den} による騒音コンター作成を目的とする航空機騒音モデルにおける地上騒音の取り扱いについて述べた。地上騒音を考慮することによって予測の計算量は倍増以上となっており、大空港の騒音コンターを効率よく計算するには分散処理を行うなど、計算処理の工夫を合わせて行わなければならない。 L_{den} モデルの計算精度は、空港近傍以外は地上騒音が無視できるので年間平均の評価を前提とすればWECPNLモデルに近い

ものとなる⁹⁾。空港の近傍でも同程度の計算精度実現が望まれるところであり、今後、検証を行うとともに精度向上に必要な基礎データの充実を図り、遮蔽効果や過剰減衰、地形影響の相互関係について検討して行きたい。

参考文献

- 1) 航空機騒音に係る環境基準の一部改正について、環境省
- 2) 山田一郎、ミニコンピュータによる航空機騒音の予測、東大宇宙研報告、6.No.2 C (1973)
- 3) H. Yoshioka: Evaluation and prediction of airport noise in Japan, J. A. S. Jpn. (E) 21, No.6 (2000).
- 4) H. Yoshioka, T. Wakuri, Y. Tokita and I. Yamada: Basic consideration for developing a helicopter noise prediction model, INTER-NOISE 94.
- 5) N. Shinohara, H. Saito, I. Yamada, "Examination of Effectiveness of Afforestation and Embankment for Noise Abatement in the Sidelines of Airport," INTER-NOISE 95.
- 6) N. Shinohara, H. Saito, I. Yamada, "Measurement of noise propagation at the edge of a soundproofing embankment and its comparison with an airport noise prediction model," INTER-NOISE 98.
- 6) S. Ogata, N. Shinohara, "Ground Noise Monitoring System at Narita Airport and Identification of Noise Sources," INTER-NOISE 2000.
- 7) K. Yamamoto, R. Hotta, K. Takagi, "A method for the calculation of noise attenuation by finite length barrier," J. A. S. Jpn. 50 (4) (1994).
- 8) Z. Maekawa, "Experimental Study on Acoustical Designing of a Screen for Noise Reduction," J. A. S. Jpn. 18 (1961).
- 9) H. Yoshioka, K. Iwasaki, I. Yamada, "Recent Development on Energy-Based Aircraft Noise Modeling in Japan", ICA 2004.
- 10) ECAC Doc.29: Report on Standard Method of Computing Noise Contours around Civil Airports, Volume 2: Technical Guide, EUROPEAN CIVIL CONFERENCE EUROPEENNE, AVIATION CONFERENCE DE L'AVIATION CIVILE, 07/12/2005.
- 11) 航空機騒音測定・評価マニュアル第一版 (2009)、環境省
- 12) 航空機騒音測定・評価マニュアル第二版 (2012)、環境省
- 13) I. Yamada and Naoaki Shinohara: Energy-based aircraft noise prediction model considering meteorological conditions, INTER-NOISE 2004.
- 14) I. Yamada and Naoaki Shinohara: Developing an aircraft noise prediction model considering ground effects dependent on meteorological conditions, INTER-NOISE 2006.
- 15) T. Bushita, N. Shinohara, K. Makino, I. Yamada, S. Ogata: Changes of aircraft noise observations under the flight path due to meteorological conditions, INTER-NOISE 2004.
- 16) M. Isobe, T. Bushita, N. Shinohara, S. Ogata, I. Yamada: Analysis of the relationship of aircraft noise observations with meteorological conditions based on long-term continuous noise measurement, INTER-NOISE 2006.
- 17) J. Page, K. R. Bassarab, C. M. Hobbs, D. H. Robinson, T. D. Schultz, B. H. Sharp, S. M. Usdrowski, P. Lucic, "ACRP Web-only document 9: Enhanced Modeling of Aircraft Taxiway Noise - Scoping," Final Report for ACRP (Airport Cooperative Research Program) Project 11-02 Task 08, USA (2009).
- 18) EC, Common noise assessment methods in Europe (CNOSSOS-EU), JRC Reference reports (2012).
- 19) C. Asensio, I. Pavon, M. Ruiz, R. Pagan, M. Recuero, "Aircrafts' taxi noise. Sound power level and directivity frequency band results," Applied Acoustics, 70 (2009)
- 20) T. Myck, B. Vogelsang, "A proposal for an European aircraft noise calculation procedure," DAGA 2009.
- 21) Ullrich Isermann, "Overview on the development of the airport noise modeling standard DIN 45689," Proceedings, INTER-NOISE 2011.
- 22) The Research Committee on Road Traffic Noise in the Acoustical Society of Japan, "ASJ Prediction Model 2008 for Road Traffic Noise: Report from the Research Committee on Road Traffic Noise in the Acoustical Society of Japan," J. A. S. Jpn. 65, 4 (2009).
- 23) S. Sakamoto, "Numerical analysis on noise attenuation performance of embankment," INTER-NOISE 2003.

研究報告

空港周辺住民の空港に関する意識 *

コレスポネンズ分析を応用した空港周辺住民の益・不利益から成る空港総合評価の試み

後 藤 恭 一** 金 子 哲 也 ***

1. はじめに

航空を取り巻く環境は、かつての高度成長期に形成された人口拡大・高度成長期を背景とした「作り、広げる」路線から、現在の人口減少・低成長化の中、今後、航空分野は国際競争力強化に向けて再編していく時期にある。こうした航空分野の政策として、オープンスカイの推進、羽田・成田強化、空港経営の抜本的効率化、LCC参入促進などの6つの具体的戦略をたてている¹⁾。しかし、そうした戦略の前提条件となるのが周辺住民の合意であり、協力となる。

しかし、周辺住民にとって空港は“必要性は誰もが認めるが、迷惑あるいは嫌悪に思われている施設”と映る。こうした負の公共財は世界中で原子力発電所、ダム、空港の立地をめぐる紛争が生じ²⁾、1980年代以降、欧米を中心に研究が増加した概念としてのNIMBY（ニンビィ）施設と考えられている。NIMBYとはNot In My Back Yard「（必要なのはわかるけど）自分の裏庭（=In My Back-Yard）ではやらないで（=Not）：Not in my back yard」英語の頭文字を取った造語である。

一方、空港は公共財である以上、その評価は音や大気質などの不利益な要素のみに着目

するだけではなく、文化、経済、歴史、社会的望ましさ、安全性等といった社会的な側面も含めて総合的に評価する必要もある。周辺住民の批判・不信感を払拭させるためには、住民が空港をどのように評価しているかを総合的に知る必要がある。そうした広く総合的に住民の意見を聴取した例として、福岡空港平行滑走路計画の際のPI（パブリックインボルブメント）が知られている。PIは、行政が公共事業を進めるにあたって、一方的に決定するのではなく、市民から意見を聴取して計画策定プロセスに反映させる新しい取り組みである。上田（2010）はPIの導入は、長くもめてきた問題において一定の結論を導くことができたことや、手続きや進め方に関して市民の不満が解消できたことに意義がある³⁾と指摘する。しかし、福岡空港における参画者には、不特定多数の利用者などが多く含まれており、合意、協力を得るうえで最も重要な空港周辺住民の意見を必ずしも反映しているとは言い難い。

そこで本研究では、空港周辺に居住する住民が空港周辺をどのように捉えているかという点に立脚して、空港を益・不利益という両面から捉えるとともに、特に空港周辺住民が空港をNIMBYあるいは迷惑施設と捉えているかという観点を検討するものである。これら検討により、空港が今後地域とどのような関係を構築していくべきかと提案するための基礎的資料を提示すること出来ると思われる。

* A study on airport structure of consciousness around airports residents

** （一財）空港環境整備協会 航空環境研究センター
調査研究部、杏林大学大学院

*** 杏林大学大学院、航空環境研究センター

2. 方法

2.1 調査概要

2012年10月から11月にかけて、東京国際空港周辺（東京都大田区・品川区）および福岡空港周辺（福岡市東区・博多区）で行われた健康診断の受診者を対象に自記式質問票調査を実施した。

健康診断は自治体・町内会を通じて観覧版等で受診者を募集して実施した。健康診断は東京、福岡地区ともに平日の日中、各7会場、計14会場で行った。自記式質問票は健康診断実施の1週間前に自宅に送付し、健康診断の当日に健診会場で回収した。なお、研究倫理に配慮し、個人情報の取扱いについては、その利用目的、個人情報の保護対策等を文面で提示して、自署による同意を求めた。

2.2 調査項目

質問票は、多岐の項目で構成されているが、本研究に使用する項目は以下の通りである。

a. 空港に対する評価

設問は「○○ⁱ⁾空港についてお聞きます。あなたは以下についてどのように思いますか？」と下記の13項目を呈示して、各項目について「思わない・感じない」あるいは「思う・感じる」の評価を求めた。（カッコ）内は、以下結果および図表で示す名称である。

- 1) ○○空港は地域の施設として愛着がある（愛着）
- 2) ♪ 地域に貢献する施設だと思う（貢献性）
- 3) ♪ 地域を活性化する施設だと思う（活性化）
- 4) ♪ に魅力を与える（魅力的）
- 5) ♪ は環境に負荷を与えている（環境負荷）
- 6) ♪ の必要性を感じる（必要性）
- 7) ♪ は迷惑施設であると思う（迷惑施設）

- 8) ♪ は地域のイメージアップに役立っている（イメージアップ）
- 9) ♪ は地域の誇りである（誇り）
- 10) ♪ に出入りのバス・車の騒音被害を感じる（他被害）
- 11) 旅客以外の人でも○○空港を利用出来るような複合施設化を望む（複合化）
- 12) 航空機の運航による落下物などの危険性がある（落下物）
- 13) 必要性は理解するが自宅の近くにあるのは欲しくない（NIMBY）

b. 騒音（アノイアンス）評価

下記の3項目についてICBENスケールで尋ねて評価を求めた。

- 14) 居住環境全般のうるささ（アノイアンス）
- 15) 道路交通騒音のうるささ（道路騒音）
- 16) 航空機騒音のうるささ（航空機騒音）

c. 回答者の属性（性別、年齢、居住年数、等）

以下、a.bの16項目を「空港評価要素」と記す。

2.3 解析方法

対象者を、東京・女性、東京・男性、福岡・女性、および福岡・男性と4分類した（以下、「属性」とする）。また、13項目の空港評価要素は、「思う・感じる」を1、「思わない・感じない」を0とコード化した。騒音評価（アノイアンス）評価は、5ランクのうち、最も強い反応を1、それ以外を0とコード化した。先ず、これら属性および空港評価要素について素集計を行った。

統計解析には、コレスポンデンス分析を行い、空港評価に関する次元を検討し、分析により得られる成分スコアを各空港評価要素の関係性を検討するための値（尺度）とした。統計解析には、IBM SPSS Statistics 22.0(J)を用いた。

i) ○○には、「東京国際」空港あるいは「福岡」空港の文字が入る。

コレスポネンス分析は、マーケティングの分野で多く用いられる統計手法であり、社会調査の分野での使用は散見される程度である。そこで、本研究の方針とコレスポネンス分析について簡単に触れる。

本研究は、下式のように各変数(x)に重みを(a)つけて合成変数(z)を算出しようとするものである。各変数が空港評価要素、合成変数が空港総合評価に相当する。

$$Z_1=a_{11}X_1+a_{12}X_2+\cdots+a_{1n}X_n$$

$$Z_2=a_{21}X_1+a_{22}X_2+\cdots+a_{2n}X_n$$

...

$$Z_n=a_{n1}X_1+a_{n2}X_2+\cdots+a_{nn}X_n$$

こうした、複数の成分（変数）から合成変数を導く手法として主成分分析（PCA:principal component analysis）が一般的に知られている。しかし、主成分分析は四則演算可能なデータの水準、すなわち比例尺度あるいは間隔尺度に適用できる手法である。しかし、今回取り扱う空港評価要素、並びに地域、性は名義尺度（質的データ）である。名義尺度に数値を与えたとしても数値の意味は成さない。例えば、男性に1,女性に2と数値を与えても、男性の2倍が女性を意味するわけではない。同様に、各成分の選択肢として、「思う・感じる」に1を与えているが、例えば、迷惑施設と「思う」と、空港に誇りを「感じる」こと

は同格でない。こうした質的データを対象とした主成分分析型手法として、1960年代にフランスのベンゼクリ(Jean-Paul Benzecri)によって提唱されたコレスポネンス分析(Correspondence Analysis)に着目した。この手法は、本来複数の次元とそれぞれの成分スコアを求めて多次元空間内に要素を布置（ポジショニング）して、要素の類似性を視覚的に捉えることを目的とするものである。今回、コレスポネンス分析により算出される次元と成分スコアに着目して、先に示した式の作成を試みるものである。コレスポネンス分析では、 $Z_{1\sim n}$ が次元、 $a_{n\sim n}$ が成分スコアに相当する。

3. 結果および考察

3.1 回収結果および解析対象

調査票の回収数は、東京地区で933票（回収率99.8%）、福岡地区1,404票（回収率99.6%）、両地区合計で2,335票（回収率99.7%）であった。表-1に、地域別、性別の人数を示す。

解析対象の年齢分布から、男性は自営業者あるいは年金受給者、女性は主婦と推測される。従って、空港周辺での生活時間が長い集団であると考えられるため、以下の結果は空港周辺に居住する住民の意見を反映したものと考えることが出来る。

表-1 解析対象者の地域別、性別の人数

属	性	度 数	年 齢	居住年数
東京	女性	617(66.1)	58.4 (S.D 15.5)	26.3 (S.D 18.8)
	男性	316(33.9)	61.7 (S.D 16.2)	35.2 (S.D 22.1)
福岡	女性	956(68.2)	56.5 (S.D 14.8)	23.1 (S.D 19.5)
	男性	446(31.8)	60.9 (S.D 14.4)	25.2 (S.D 20.1)

度数の(%)は地域を100とした割合

3.2 地域・性別の空港評価要素の集計結果

まず、16項目の空港評価要素について「思

う・感じる」と回答した属性毎の割合を図-1に示す。

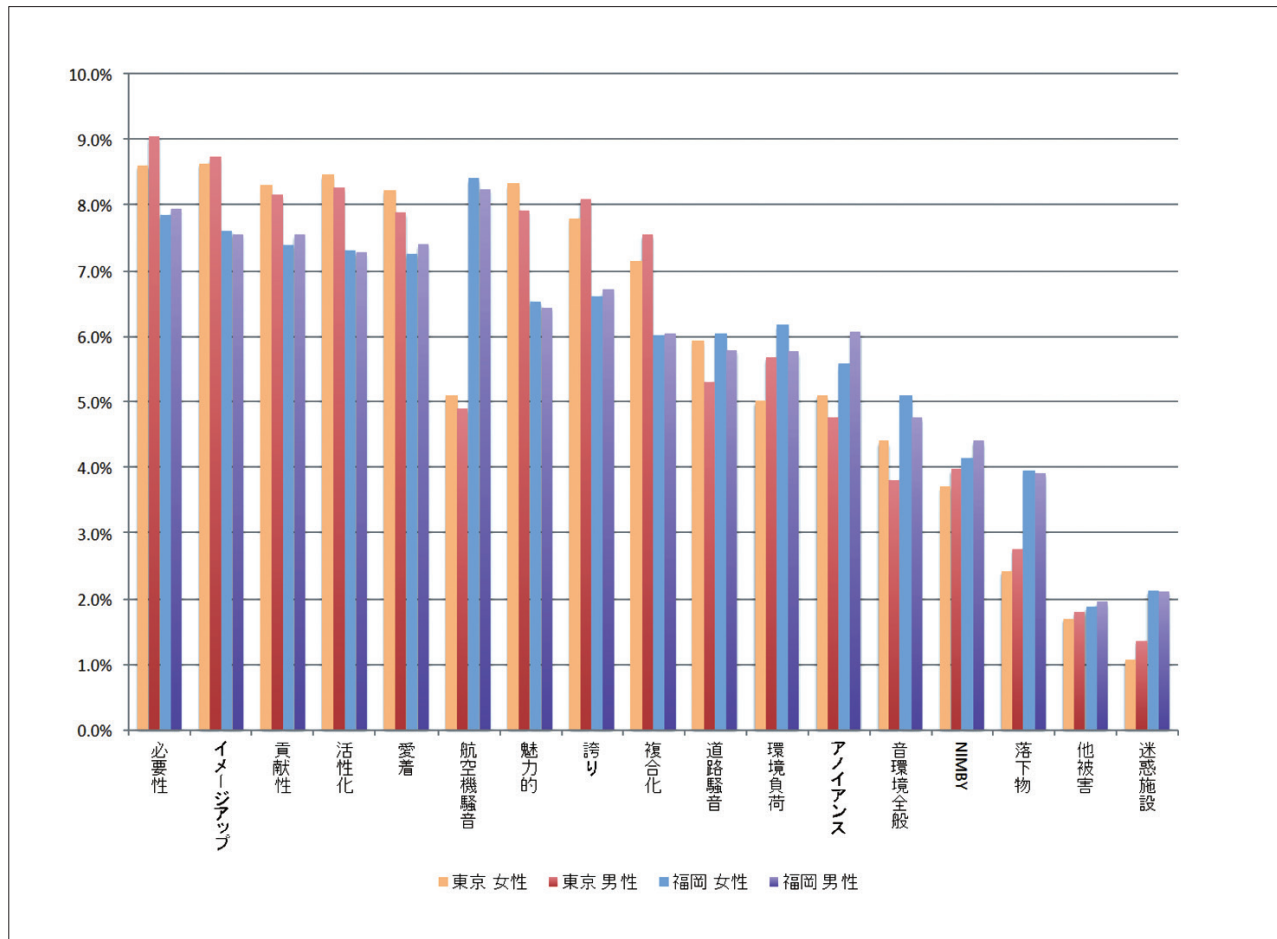


図-1 属性毎の各空港評価要素の「思う・感じる」と回答割合
数値は各属性を100とした割合を示す。

4つの属性毎に「思う・感じる」の回答割合を求めたところ、地域・性別に関わりなく、必要性、イメージアップ、貢献性、活性化等の空港を好意的に捉える「空港評価要素」の回答割合が高く、迷惑施設、他被害、落下物、NIMBYといった負の要素の回答割合は低い傾向を示していた。

地域別に見ると、好意的な要素は福岡地域よりも東京地区で概ね高い傾向を示していた。一方、負としての要素は福岡地域が高かった。

性差という観点から見た場合、大きく回答割合が異なる様素は見られなかった。

3.3 コレスポンデンス分析の結果

コレスポンデンス分析によって得られた要約値を表-2に示す。

まず、次元数について検討を行う。成分1の特異値やinertiaの値は他の成分に比べて高く、また、成分1のinertiaの寄与率は0.956を示していた。従って、次元数は1と考えられる。すなわち、これは各要素の合成式は1次元（軸）で表現することが出来ることを意味する。

そこで、次に、この合成式の解釈を行う。相対寄与は次元への各空港要素の寄与を表す。相対寄与の値を見ると、道路騒音は0.272と低

いが、他の要素は0.750以上と高かった絶対寄与を検討する。絶対寄与は、次元の各要素への寄与を意味し、絶対寄与の合計値は1.000となる。絶対寄与の値は航空機騒音、落下物、迷惑施設等の空港に関する要素が高く、道路騒音、他被害など空港以外の要素で低かった。

相対寄与は次元1に対していずれも寄与していること、さらに絶対寄与は空港に関連する項目が上位を示していたことから、次元1は空港を総合的に評価していると解釈することが出来る。

表-2 コレスポネンス分析の結果

要約値				
次 元	特異値	inertia	inertia の寄与率	
			説明率	累積寄与率
1	0.103	0.011	0.956	0.956
2	0.018	0.000	0.029	0.985
3	0.013	0.000	0.015	1.000
要約合計		0.011	1.000	1.000
カイ 2 乗値 238.456 自由度 45 有意確率 0.000				

空港評価要素	成分スコア		mass	絶対寄与		相対寄与 (平方相関)	
	1	2		1	2	1	2
愛着	0.148	-0.103	0.080	0.017	0.048	0.917	0.078
貢献性	0.145	-0.048	0.081	0.017	0.010	0.971	0.019
活性化	0.200	-0.047	0.081	0.031	0.010	0.985	0.009
魅力的	0.343	-0.098	0.075	0.086	0.040	0.978	0.014
環境負荷	-0.225	0.242	0.060	0.030	0.197	0.771	0.156
必要性	0.146	0.111	0.086	0.018	0.059	0.901	0.091
迷惑施設	-0.821	0.267	0.019	0.122	0.074	0.982	0.018
イメージアップ	0.190	0.033	0.084	0.029	0.005	0.990	0.005
誇り	0.253	0.090	0.075	0.047	0.033	0.975	0.021
他被害	-0.150	0.074	0.019	0.004	0.006	0.851	0.037
複合化	0.279	0.138	0.068	0.052	0.072	0.959	0.041
落下物	-0.628	0.143	0.036	0.138	0.041	0.991	0.009
NIMBY	-0.175	0.094	0.043	0.013	0.021	0.794	0.040
アノイアンス	-0.217	-0.200	0.057	0.026	0.128	0.750	0.112
道路騒音	-0.072	-0.233	0.062	0.003	0.187	0.272	0.502
航空機騒音	-0.712	-0.128	0.075	0.368	0.068	0.993	0.006
合計			1.000	1.000	1.000		

3.3.1 空港総合評価と各要素の関係について

各要素の重み（係数）に当たる成分スコアに着目して、空港評価における各要素の位置

づけについて検討する。成分スコアを降べきの順に並べ替えて、図-2に示す。

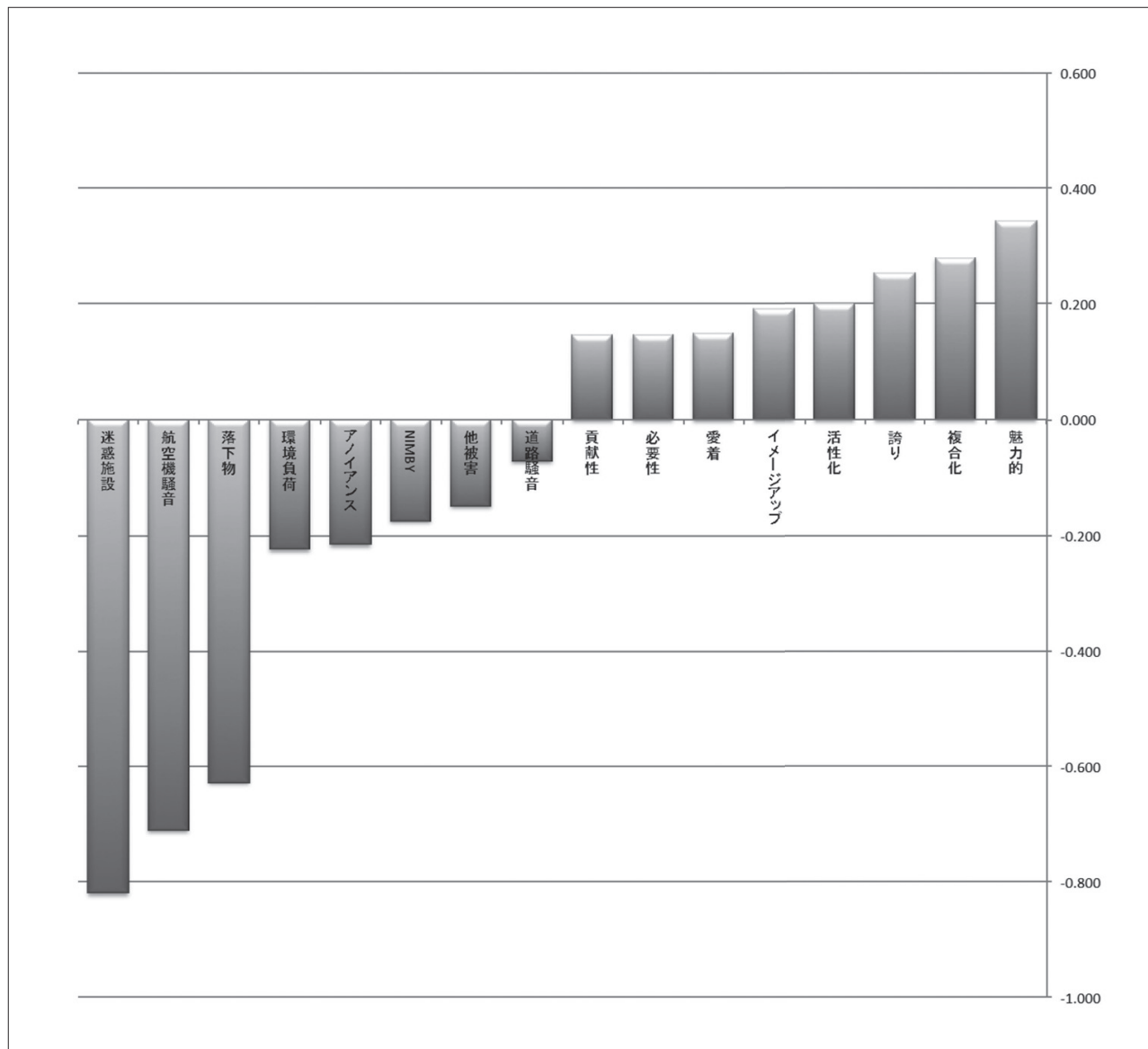


図-2 次元1の各空港評価要素の成分スコア

空港の評価要素はマイナスとプラスの要素で構成されていた。マイナスの要素は迷惑施設の成分スコア値が最も低く、次いで航空機、落下物、環境負荷、アノイアンス、NIMBYと環境負荷に関する項目で占められていた。一方、プラスの要素は、魅力的、複合化、誇り、活性化、イメージアップと、空港の地域への

貢献を意味する要素で構成されていた。空港に対する不利益や被害といったネガティブな面をマイナスに、ポジティブな面で空港をプラスとして評価することが出来ることが示された。なお、係数の絶対値はネガティブな要素の方が高い。

重回帰分析における偏回帰係数は、他の変

数の影響を取り除いた目的変数と説明変数間の関係を示した値であり、当該の変数以外を固定（パーシャル・アウト）し、当該変数を1単位変化させた時の従属変数の変化量を意味する。一方、コレスポンデンス分析から得られる係数は、パーシャル・アウトされた値ではなく、他の変数の影響も含んだ冗長的係数である。従って直ちに目的変数と説明変数の直接的な関係を示すものではないが、式の右辺の各空港評価要素は、いずれも「思う・感じる」に1を代入するものであるから、係数の絶対値が高いものほど空港の総合評価への影響を持つと解釈することが出来る。一方、コレスポンデンス分析では、表頭（要素）、表側（属性）の関連性が低い項目は原点付近に位置する。そこで、成分スコアが0の要素に着目すると、道路騒音、貢献性、必要性、愛着の絶対値は0に近く、これら要素は、空港周辺住民における空港の評価を考える上で、特徴が低い項目と考えられる。

3.3.2 迷惑施設・NIMBY施設の意識について

空港周辺住民は、空港を迷惑施設、あるいはNIMBYと受け止めているかを検討する。今回、空港を負の公共財として捉えているか、2つの設問を用意した。「○○空港は迷惑施設であると思う（迷惑施設）」および、「必要性は理解するが自宅の近くにあっては欲しくない（NIMBY）」である。これら2つの値を比較すると、迷惑施設は-0.821、NIMBYは-0.175と迷惑施設の方が値が低かった。前述の通り、値がそのまま影響力を意味するものではないが、この値から推測すれば、住民は迷惑施設であると思っているが、NIMBYとまでは思っていないことが示唆される。

3.3.3 負の公共財としての面と線の空間上の広がり

要素の類似性は成分スコアの値が近いことで表現される。分析の結果、「迷惑施設・航

空機騒音（アノイアンス）・落下物」、「環境負荷・アノイアンス・NIMBY」の類似性を示していた。

迷惑施設には、航空機騒音および落下物といった運航そのものが関与していた。鈴木ら（1996）は、航空機の事故率は他の交通機関に比較して小さいが周辺住民は事故の危険性を強く危惧していると報告している。成田空港における落下物発生を見ると、落下物は多くの場合、氷の塊で、件数として過去最も多かったのが19件、最近では年に3件との報告がある⁴⁾。落下物も同様に、発生数自体は低いものの、住民は落下物の危険性を危惧していると思われる。

航空機騒音は比較的空港に近い範囲に面的に広がる。一方、落下物は飛行経路直下に空港から離れた範囲まで直線的に空港が広がる。そこから、負の公共財としての空港施設は、面と線の広がる空間上に広がる施設と考えられる。

近年、環境基準以外の空港から離れた地区において、航空機騒音に対する苦情が寄せられ、千葉県による騒音軽減に関する申し入れもある⁵⁾（千葉県(2012)）。一般的に騒音レベルの大きさに伴って、うるささの度合いも強くなり、苦情へと結びつく。しかし、David C（1972）によれば、騒音が何らかの影響をもつかどうかを決める際に最も大きい役割を演じるのは、騒音が生起している社会的ならび認知的文脈であって騒音の物理的特徴ではない⁶⁾との知見が示されている。今回の結果から、航空機騒音のアノイアンスと落下物の危惧が類似していることから、騒音の苦情の表出には落下物への危惧が関与しているものと考えられる。現在、羽田空港の空港容量拡大のため都心上空飛行に関する議論もあり、その中で騒音の公平負担の提言もある⁷⁾。しかし、新しい経路の設定や、経路を分散した場合には、落下物などの危惧を背景とした新たな騒音苦情として表出する可能性もある。都心上空飛

行について騒音レベルの低減や騒音レベルの影響など、騒音に対するアプローチだけではなく、騒音の認知的要因を含めて検討する必要がある。

3.3.4 空港と周辺住民の共存・共栄化について
空港評価の次元について解析結果を見ると、確かに、騒音、落下物といった負（不利益）の影響が大きいと考えられた。

鈴木らは（1996）、空港に対する空港周辺住民の意識について質問票調査を行い、空港は地域活性化の核としては認識していない⁸⁾、と報告しているが、本研究では、空港評価にはプラスの評価もあることがわかった。「貢献性・必要性・愛着」、「イメージアップ・活性化」、「誇り・複合化・魅力的」はそれぞれ類似性を示していた。空港と周辺住民の共存・共栄化の試みの実例として、大阪国際空港における屋上展望デッキ「ラ・ソーラ」がある。また、中部国際空港（セントレア）では旅客以外にも500万人以上の人を訪れる成功例もある。地域への貢献が愛着に、複合化施設が魅力的施設に繋がる可能性もある。

空港が地域との共存・共栄していくためには、騒音苦情の表層の背後に落下物の危険性への危惧を払拭する方策を考慮するとともに、如何に地域貢献性、空港の必要性・イメージアップ、地域活性化等についても考慮する必要があると考えられる。

5. まとめ

本研究結果は、対象者の設定、対象者の年齢から推測すると、空港周辺に居住時間が長い集団の意見が集約されていると考えられる。今回、コレスポネンシス分析の手法を導入することにより、空港評価という1つの次元（軸）から空港周辺住民の空港に関する意識を把握することができた。

● 空港の評価要素には、空港に対する不利

益や被害といったネガティブな面と、ポジティブな面で空港を評価することが出来ることが示された。マイナスの要素は迷惑施設が最も高く、次いで航空機、落下物、環境負荷、アノイアンス、NIMBYと環境負荷に関する項目で占められていた。一方、プラスの要素は、魅力的、複合化、誇り、活性化、イメージアップと、空港の地域への貢献を意味する要素で構成されていた。

● 迷惑施設としての成分に着目すると、空港周辺住民は、空港を迷惑施設であると思っているが、NIMBYな施設としては捉えていない様子が伺われた。

● 迷惑施設の反応と類似するのが航空機騒音のアノイアンスと落下物である。航空機騒音は比較的空港に近い範囲に面的に広がる。一方、落下物は飛行経路直下に空港から離れた範囲まで直線的に空港が広がる。負の公共財としての空港は、面と線として広がる空間上に広がる施設と考えられる。

● 空港評価にはプラスの評価もあり、「貢献性・必要性・愛着」、「イメージアップ・活性化」、「誇り・複合化・魅力的」はそれぞれ類似性を示していた。空港と周辺住民の共存・共栄化には、そうしたポジティブな面からのアプローチも考えられる。一方、騒音苦情の表層の背後に落下物の危険性への危惧を払拭する方策を考慮するとともに、如何に地域貢献性、空港の必要性・イメージアップ、地域活性化等についても考慮する必要があると言える。

参考文献

- 1) 国土交通省: 国土交通省成長戦略会議報告書, <http://www.mlit.go.jp/common/000130929.pdf>, 3pp.1-26(2010)
- 2) Daniel P. Aldrich 湯浅陽一監訳/リンダマン香織、大門信也訳: Divisive Facilities and Civil Society in Japan and the West (誰が負を引き受けるのか), 世界思想社, p309, (2012)
- 3) 上田啓行: 福岡空港におけるパブリック・インボルブメント (P I) 事例, <http://matsuura-lab.org/bbl/bbl04.html>

- 4) 成田空港株式会社：空港と環境のおはなし 落下物偏、
<http://www.naa.jp/jp/csr/ohanashi/falling/falling01.html>
- 5) 千葉県：羽田再拡張後の騒音軽減に関する申入れ
(平成24年11月14日), <http://www.pref.chiba.lg.jp/kuushin/haneda/kyougi/moushiire/haneda-h241114.html>
- 6) David C. Glass, Jerome E. Singer : Urban Stress: Experiments on Noise and Social Stressors、Books on Demand, 1972
- 7) 平田輝満：混雑空港の容量拡大方策と騒音負担のあり方に関する研究、運輸政策研究所,p123,(2013)
- 8) 鈴木克典、高野伸栄、佐藤馨一：空港周辺住民のエリア・マーケティング分析、土木計画学研究 No19(1) p349-352,(1996)
- 9) 中部国際空港株式会社：中部国際空港セントレア, <http://www.centrair.jp/interest/knowledge/24hours/>

研究報告

公共空間の音バリアフリー —ユニバーサルデザインに配慮した空港等の音環境整備— *

上 田 麻 理 **

1. はじめに

空港や駅等の公共空間のバリアフリー整備の多くは、「公共交通機関旅客施設の移動円滑化整備ガイドライン（以下、“移動円滑化ガイドライン”とする）¹⁾に準拠して整備されている。バリアフリー新法²⁾のような法的拘束力はないが、“義務ではない望ましい整備内容も含め、具体的に示されたもの”が移動円滑化ガイドラインである。ガイドラインの策定当初（2001年8月）は、「音による移動支援」に関する項目はなかったが、2002年12月の改訂³⁾に伴い、音声や音響案内（音サイン等）の設置を促す項目が追加された。

それまでのバリアフリー整備の現状は、段差の解消やエレベーター、エスカレーターの設置等の車いす利用者や付帯不自由者を対象とした整備が主であったが、視覚障害者や聴覚障害者等の情報障害の人々への支援も積極的に行われるようになってきた。

移動円滑化ガイドラインは、利用者のニーズや課題、技術的進展等を踏まえて約5年に一回程度の頻度で見直し及び、改訂がなされている。2013年6月にも各セクション毎のワーキンググループ（WG）による検討及び、パブリックコメント等を経て、ガイドラインの音響案内に関する記載の充実を図るために、音サインWGが設立された。著者らは音サイン

WGにおいて、旅客施設（鉄道駅、バスターミナル、航空旅客ターミナル）における音案内の必要性に関する基本的な考え方及び、音案内を整備する上での留意事項等が整理された。

しかしながら、音環境のバリアフリー整備の現状は、高齢者・障害者等は個人差が大きいことや、空間の規模や形状の違い等により、定量化された対策方法や政策が確立されていないのが現状であり、当面の課題とも言える⁴⁾⁵⁾。

本稿では、まず、筆者がこれまでに携わった駅空間における音環境整備の事例を紹介し、次に、成田国際空港における音環境のバリアフリー整備の現状と課題について報告する。

2. 駅の音環境整備

2.1 高齢者を対象とした駅の音環境評価実験

例えば主要都市における駅の構内では、列車の運行状況や様々な注意喚起等、多くの音声情報が提供されている。特に複数の路線を持つ大規模なターミナル駅では、音声情報の他にも人の行き交う音等の多くの騒音源が予想される。

最近では十分な吸音処理が施された駅もあるものの、残響過多な場合かつ、暗騒音が大きい駅も多く⁶⁾⁷⁾、それらの解決は重要な課題である。

室内を対象とした雑音下において、音声聴取に最低限必要なSN比は、健聴者は+5 dB程度、高齢者は+10 dB程度とされており⁸⁾、高齢者は特に駅のような雑音下での音声情報等の聴取が困難であり、それらの解決は重要な

* Sound design environment with consideration for the elderly and disabled people in airport.

** （一財）空港環境整備協会 航空環境研究センター 調査研究部

課題である。さらに、鉄道駅事業者についても、バリアフリー新法の遵守のみならず、Customer satisfaction (CS: 顧客満足) 向上のために、駅空間におけるバリアフリー化が積極的に進められている。

このような背景に基づき、筆者らは高齢者等に配慮した駅構内の音響計測や心理実験等を行ってきた⁹⁾¹⁰⁾。

本研究では、駅空間における高齢者等の快適な音環境を創出するための基礎的検討の一環として、首都圏の複数の駅構内における高齢者の音声聴取の現状等を明らかにするために、音声聴取実験及び、聴感評価実験を行った。

2.2 実験概要

首都圏の複数の駅構内を対象として案内放送を模擬した試験用アナウンス文の音声聴取及び、音環境に対する聴感評価実験を実施した。

対象とした駅は、Table1に示す首都圏の3駅5箇所のコンコースである。A駅-1及び、C駅は5面10線、8面15線と接続する広いコンコースである。A駅-2とB駅-2は、2面4線であるが、車両長がいずれも10車両程度以上を有する細長い地下コンコースである。天井は、B駅-1が膜屋根、C駅が天井未仕上げとなっている以

外は金属パネルが用いられている。なお、全て対象場所において吸音処理等の音環境に対する特別な配慮はなされていない。実験時の暗騒音レベル (30秒間の L_{Aeq}) は63 dB~70 dB程度であった。また、夜間の駅閉鎖時に計測したSTI (Speech Transmission Index) ¹¹⁾ は、5 m点ではそれぞれ0.61~0.78、7 m点では0.55~0.74である。

実験参加者は、音響機器メーカーA社のOB会より募集した66~88歳 (平均年齢74歳) の男性10名である。但し、C駅は1名が不参加だったため合計9名であった。事前に全員の500 Hz~4 kHzまでの聴力検査 (両耳) を実施した。その結果、ISO¹²⁾における最小可聴レベルに比べ、実験参加者の聴力レベルは全体的に低い傾向であった。また、2 kHz以上の帯域において聴力レベルにばらつきが見られた。

Table2に実験に用いたアナウンス文及び、聴感印象評価の回答肢を示す。駅の案内放送を模擬して作成された女声アナウンス文 (以下“模擬アナウンス”とする) のうち、括弧内の単語をランダムに提示し、聴き取れた単語を選択してもらうというものである。さらに、各試行終了後に模擬アナウンスの聴感印象を回答してもらった。

駅空間におけるCS向上等の観点から、高齢者等が案内放送等をより快適に聴き取り可能

Table1 Target concourse (5 points).

場所	コンコースの形式	乗車人員 (2011年度)	天高	コンコースに 接続する軌道数	BGN ^{※1}	STI ^{※2} [dB]
A駅-1	高架下駅	381千人	3 m	5面10線	66	5 m=0.68, 7 m=0.66
A駅-2	地下駅		3 m未満	2面4線	63	5 m=0.65, 7 m=0.63
B駅-1	地平駅	175千人	9 m	3面5線	69	5 m=0.71, 7 m=0.65
B駅-2	地下駅		8 m	2面4線	70	5 m=0.61, 7 m=0.55
C駅	橋上駅	324千人	6 m	8面15線	70	5 m=0.78, 7 m=0.74

※1 BGN(Back ground noise)=30秒間の L_{Aeq} である

※2 夜間駅閉鎖時にスピーカから水平距離が5 m、7 mの位置で計測した

Table2 Experimental auditory stimuli.

試験用アナウンス文
ご通行中の(皆様・お客様・方々)に(お知らせ・ご案内・ご連絡)いたします。 (ただいま・本日・これより・現在)、案内放送の聴き取りやすさの(調査・確認・試験)をしています。 (大変・誠に)、(ご迷惑・お手数・ご不便)をおかけしております。 (皆様・お客様)のご理解、ご協力をお願いいたします。

()内の単語から試番毎にランダムに1つ提示。実験参加者は、聴き取れたと思う単語を選択。

聴感印象の評価尺度
1. 全く聴き取りやすくない 2. それほど聴き取りやすくない 3. 多少聴き取りやすい 4. だいぶ聴き取りやすい 5. 非常に聴き取りやすい

な空間を創出するという目標設定を行ったため、本研究では“聴き取りやすさ”にフォーカスしている。

模擬アナウンスの提示音圧レベルは、各実験場所における実験直前の暗騒音レベル(10秒間の L_{Aeq})とアナウンスのレベル(10秒間の L_{Aeq})のSN比が最小0 dB～最大+30 dBとなる

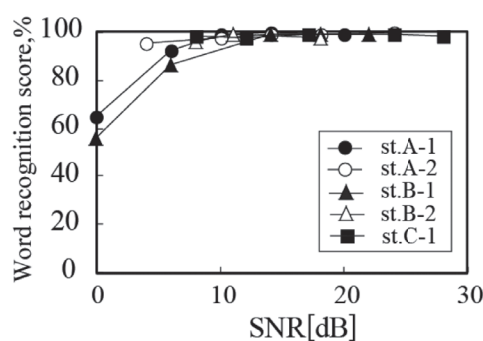


Fig.1 Relationship between SNR and word recognition rate. Different marks presents data measured with different concourse.

よう、模擬アナウンス文は約5 dBステップ毎に調整された。暗騒音レベルと模擬アナウンスのSN比及び、実験の試行数は駅の混雑状況等の運用状況により異なる。

模擬アナウンスは地上3m上にスタンドを用いて設置されたスピーカ (BOSE 101) から提示され、実験参加者はスピーカの正中面から5m離れた位置を先頭に3列に整列して聴取した。

2.3 結果

Fig.1に、模擬アナウンス (S) と暗騒音 (N) のSN比と単語理解度の関係を求めた結果を示す。単語理解度は、Table2に示したアナウンスの括弧内の単語が正しく回答された割合である。単語理解度は、全ての実験場所においてSN比が+4 dB以上では80%以上であり、駅空間の違いによる差はほとんど確認されなかった。

次に、Fig.2にSN比と模擬アナウンスの聴き取りやすさに関する聴感評価 (Table1参照：全回答者の平均得点) の関係を求めた結果を示す。SN比が高くなるほど聴き取りやすさの評価も高い。また、各実験場所の違いによる評価得点の差も小さく、どの駅空間においてもSN比が10 dB以上で「だいぶ聴き取りやすい」、20 dB以上で「非常に聴き取りやすい」となった。

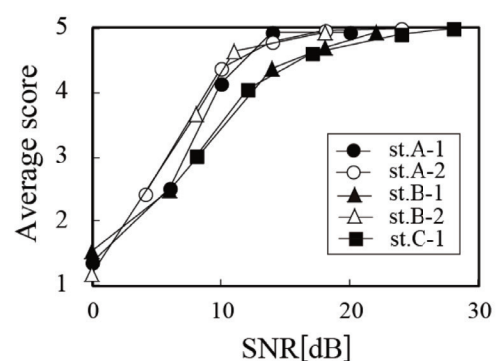


Fig.2 Relationship between SNR and auditory evaluation score (the average of all participants). Different marks presents data measured with different station.

2.4 内観報告・考察

実験は、実際の駅空間での現状を把握するために、営業時間内（平日の日中）に実施した。このため、試験用音源等は運用の妨げにならぬよう十分に配慮しなければならず、駅運用に無関係な文章や単語の使用が禁止される等様々な実務的制約があった。試験用に作成した模擬アナウンスは、慣れ等配慮し、選択形式としたが、駅（実験場所）の違いによる了解度の差はほとんど確認されなかった。

しかしながら、実験参加者の内観報告では、「駅（空間）によってぜんぜん響きが違う」と述べる者や、「音（環境）の快適さが違う」等の駅の音環境の違いに関する意見が多数挙げられた。騒音レベルや、残響時間が物理的には大きな差がない空間においても、実験結果は内観報告に挙げられたような心理的な印象の違いを詳細に反映できていない可能性がある。

また、聴き取りやすさに関する聴感評価では、SN比が8dB以上の条件において「周りの騒音よりアナウンスの方がうるさい」等のアナウンスに対する不快感を示す者もいた。駅空間のような騒音が多い場所では、SN比にこだわりすぎるとアナウンスの音量が大きくなりすぎて不快になる場合もある。

2.5 まとめ

本研究では、駅空間におけるCS向上及び、高齢者等に配慮した快適な音環境創出のための基礎的検討として、実際の駅空間において高齢者を対象とした音声聴取実験及び、聴感評価実験を行った。

その結果、模擬アナウンスを用いた了解度試験では、全ての実験場所においてSN比が+4dB以上では80%以上であり、駅空間の違いによる了解度の差はほとんど確認されなかった。聴き取りやすさに関する聴感評価は、各実験場所の違いによる評価得点の差も小さく、どの駅空間においてもSN比が10dB以上で「だい

ぶ聴き取りやすい」、20dB以上で「非常に聴き取りやすい」であった。

しかしながら、内観報告では、駅空間における音環境の善し悪し等の違いを述べる意見も多くあげられた。今後は、駅空間における音環境の良さや価値等を広く伝えるために、実際の駅の音環境の心理的な印象の違い等をより定量化できるような評価手法等について検討する予定である。さらに、アナウンス等の情報の音量が大きすぎる設定にならないための配慮方法等についても検討を行う。

3. 空港の音環境

本章では、空間¹²⁾や音案内自体の設計手法等¹³⁾¹⁴⁾の話から少し志向を変えて、空港の音案内についてマネジメント・運用における現状と課題の考察を試みたので報告する。

3.1 成田空港におけるエスカレータ

バリアフリー化に関する検討

首都圏の航空需要をまかなうために、1978年に開港した成田国際空港は年間約3、250万人の利用客数を誇る、我が国最大の国際空港である。当該空港では、バリアフリー新法の遵守はもちろんのこと、CS（顧客満足）向上のために、空港施設のバリアフリー化が積極的に進められている。バリアフリー整備は、法令やガイドラインに準拠して整備されており、その一部としてエスカレータの音声案内の設置が検討されている（Fig.3）¹⁵⁾。

平成24年度には、成田国際空港株式会社（NAA）によって、“エスカレータ音声案内装置運用評価検討委員会”が設置され、筆者も委員として参加し、エスカレータ音声案内装置の機能性や騒音への配慮等に関する様々な議論がなされた。

まず、空港内は他の施設に比べて特殊な場所であり、スーツケースの引きずる音等の騒音過多な状況での音声案内の認識が課題であるとのことであった。

当該空港開港時の設計思想により、エスカレータでの階層移動を想定して設計されたため、他空港に比べてエスカレータの台数が多く（現在は198台）、現在のエスカレータの音声案内設置の達成率は、約25%程度とのことであった。

当該空港は、新築や大規模な改修施設と異なり、バリアフリー化基準への適合が義務ではないが²⁾、大規模な既存旅客施設についても努力義務が課せられており、法令やガイドラインに準拠した整備を行う場合、大規模な改修等が必要であり、それらの達成は容易ではない。



Fig.3 Escalator at Narita Airport (picture provided by NAA).

3.2 考察と課題

法令やガイドラインにおいて、「エスカレータには、当該エスカレータの行き先及び昇降方向を音声により知らせる設備を設けなければならない」や「音声案内装置の設置にあたっては、乗り口に近い位置に音源を設置すること、又は、乗り口端部にスピーカーが内蔵されたエスカレータが望ましい。スピーカーは、可能な限り乗り口端部付近に設置し、利用者に対面する方向に指向性を持たせることが望ましい」等が記載されている。これらに準拠した場合、事業者は他の空港や施設と

サービス水準等を合わせるために、整備状況の評価はそれらの達成率にこだわらざるを得ない状況になりかねない。

仮にエスカレータの音声案内設置の達成状況が100%になった場合、空港には音声案内が溢れることになり、主要動線はどれかすら認識できなくなるだろう（もちろんそうならないようにNAAや検討委員会等により検討されている）。

場所や規模、新設・既設等の違いによっては音や音声案内を設置しない方がベターであっても、ガイドライン等がある以上、積極的に音を付けないという選択肢は得にくいのが現状のようである。音を付けていないことで逆に事業者の怠慢であると思う人もいるかもしれない。

駅の有人改札を示すピンポンという誘導鈴についても、隣り合う有人改札から同時にピンポン（或いは、音が重なり過ぎてピンポンと聞こえないこともある）が鳴らされているような場合がある等が問題となっている。これらは、音の設置にこだわるあまり、場所の特定自体が困難になる等、適切に音が機能できないケースである。

英国では、2012年にPlanning Policy Guidance 24 (PPG24)¹⁶⁾という騒音規制と対策に関する法律からNational Planning Policy Framework (NPPF)¹⁷⁾というガイダンスに変更された。PPG24では、騒音評価指標に基づく計算方法や具体的な基準値が記載されていたのに対し、変更されたガイダンス (NPPF) では計算式や基準値は一切記載されていない。筆者がH25年度に尋ねた英国航空局 (Civil Aviation Authority) 担当者によると、人口等の規模や地域性等により、対策や補償の方法が異なる場合があるため、政府では基準値等に基づく規制はせずに、より柔軟なガイダンスで対応するというポリシーに至ったようである。現在英国における騒音規制は、地方自治体 (Department of community and local

government) に委ねられおり、政府はそれらを監視 (マネジメント) しているとのことである。

上述したような現状を加味した場合、ガイドライン等の改訂の方向性の一つとして、英国のように柔軟なガイドラインの方が対策が上手くいく場合もあるかもしれない。

4. まとめ

本稿では、音環境のバリアフリー整備にフォーカスし、高齢者に配慮した駅空間における音環境整備の事例及び、成田国際空港における音環境のバリアフリー整備の現状と課題を述べた。

音環境のバリアフリーは、ガイドライン等の妥当性を含め、多くの課題があるのが現状と言える。

また、欧州や米国では空港のイメージアップは利用者のみならず、休日等に訪れる地域住民の空港に対する好感度や親密性向上に有効であり、それらは空港周辺の騒音問題等の緩和に一役買う可能性もあると考えられている。

このようなことから、今後も空港等の公共空間の音環境向上は重要な課題である。

謝辞

本研究はH24年度より実施しているJR東日本との共同研究成果の一部及び、H24年度成田国際空港株式会社による「エスカレータ音声案内装置運用評価検討委員会」による議論の一部である。関係各位に記して感謝する。

参考文献

- 1) 交通エコロジー・モビリティ財団：公共交通機関旅客施設の移動円滑化整備ガイドライン(2001.8).
- 2) 国土交通省: 高齢者・障害者の移動の円滑化等の促進に関する法律 (バリアフリー新法)、平成18年12月20日施行
- 3) 交通エコロジー・モビリティ財団：公共交通機関旅客施設の移動円滑化整備ガイドライン追補版(2002.12).
- 4) 交通エコロジー・モビリティ財団：公共交通機関旅客施設の移動円滑化整備ガイドライン改訂(2013.6).
- 5) 上田麻理: 高齢者・障害者にとってよい音環境とは?-福祉分野における音環境の課題-、音講論集、1117-1118(2011.3).
- 6) 橘 秀樹: 公共空間における音響情報の重要性、音講論集、1131-1134(2013).
- 7) 伊積康彦: 駅コンコースにおける音環境の実態調査と被験者試験、音講論集、1117-1120(2013.9).
- 8) H. Sato, J. S. Bradley, M. Morimoto, Using listening difficulty ratings of conditions for speech communication in rooms, J. Acoust. Soc. \textbf{Am}., 117, 1157-1167(2005).
- 9) 亀田暁子、伊積康彦、上田麻理、太田篤史、豊田恵美、坂本圭司: 高齢者を対象とした駅コンコースでの音環境に関する被験者実験 その1 音環境の印象に関する試験、建築学会講演論文集、189-190(2013).
- 10) 伊積康彦、亀田暁子、上田麻理、太田篤史、豊田恵美、坂本圭司: 高齢者を対象とした駅コンコースでの音環境に関する被験者実験 その2 音声コミュニケーションに関する試験、建築学会講演論文集、191-192(2013).
- 11) Herman J. M. Steeneken, T. Houtgast, Validation of the revised STI method, Speech Communication 38, 413-425(2002).
- 12) 谷口、元、磯部友彦、森崎康宣: 中部国際空港のユニバーサルデザイン、鹿島出版会(2007).
- 13) 上田麻理: 視覚障害者と音環境、人間工学会誌、46、112-123(2009).
- 14) S. Iwamiya, N. Tanoue, M. Ueda, M. Takada, Improving the sound quality of guiding chimes for the visually impaired to reduce annoyance to the sighted, Proc. Euronoise, 23-30(2009).
- 15) 田代敏雄: 成田国際空港におけるエスカレータの音声案内装置によるバリアフリー化、音響技術、40、60-65(2011).
- 16) Planning Policy Guidance 24 Planning and Noise, ISBN:0-11-752924-9(1994).
- 17) National Planning Policy Framework, ISBN: 978-1-4098-3413-7(2012).

内外報告

ICAO CAEPの動向 *

梅 澤 大 輔 **

1. ICAOにおけるCAEPの位置づけ

ICAO（国際民間航空機関）とは、1944年に署名された国際民間航空条約（シカゴ条約）に基づき1947年にカナダ国モントリオール市に正式設置されたものであり、現在では広く国際航空を取り扱う国連の一専門機関として位置づけられていることは、ご案内のことと思います。このICAOの最高意思決定機関は全締約国が3年毎に一堂に会する総会（現在のICAO締約国数は191）であり、その第38回総会が昨年（2013年）9月から10月にかけての2週間に亘り開催されました。

総会における決議事項等を実行するための常設機関として、現在36の理事国からなる理事会が、年3会期（1会期の期間は2か月強）のペースで開催されており、我が国も1956年以来一貫して理事国に選出されています。理事会の下には、一部又は全ての理事会メンバーから構成される航空運送委員会、財政委員会、不法妨害委員会等が設置されており、各々の所掌事項について理事会（本会）に対して報告等を行っています。

また同じく常設の機関として航空委員会があります。航空委員会は、各国の推薦を受けて理事会により任命された19名の航空委員（航空技術者集団）により、年3回の理事会会期に並行して審議が行われ、第9附属書（出

入国簡易化）及び第17附属書（航空セキュリティ）を除く17の附属書の制改訂の理事会採択等にあたって、技術面における実質的な検討を行っています。

この中で、CAEP（航空環境保全委員会）も、航空機騒音及び発動機排出物の分野に特化した技術的な検討を行う委員会であり、同じく理事会のもとに1983年に設置されたものです。CAEPメンバー国は最大25（現状は23）とされており、各メンバー（技術専門家）は、各国からの推薦により理事会からの承認を受けて参画しています。また、この他に議決権等を持たないオブザーバー（国、業界団体、NGO等）がCAEPに参画しています。

本稿では、本誌第17号（2013年）への寄稿後、現在までに開催された第9回CAEP会合（CAEP/9 2013年2月）、第38回ICAO総会（A38）等における検討・議決内容を中心に紹介します。

2. 騒音基準の強化（新騒音基準の設定）

亜音速ジェット機の騒音基準は第16附属書第1巻に収録されており、航空機の型式証明（TC）の申請日に応じて、第2、3及び4章に具体的な基準値（EPNdB）が記載されています。

当然のことながら、適用される騒音基準はTC申請時期が後になるに従って強化されており、第2章の基準にしか適合しない航空機については、既に2002年4月をもって運航禁止となっています。（B747-100、B737-200、DC9-40等）

* Recent trends of ICAO/CAEP

** 国土交通省航空局安全部航空機安全課航空機技術基準企画室 室長

第3章の基準は1977年10月以降にTC申請があったものに適用され、航空機の最大離陸重量に対応し、離陸、側方及び進入の3地点のそれぞれについて騒音規制値が定められています。ただし、3地点における累積騒音値が規制値の合計を下回っている場合は、一定の要件（トレードオフ）を満たせば、一部の測定点で規制値を満足しないことも許容されます。

第4章の基準は2006年1月以降にTC申請があったものに適用され、上記各3地点において第3章の規制値からの超過がなく、またこれら3地点における累積余裕が10EPNdB以上であること等が要件となっています。現行の第16附属書は、この第4章基準が最新の基準となっています。

前置きが少し長くなりましたが、この第4章基準を更に強化する新たな騒音基準がCAEP/9サイクルで検討されてきました。具体的には、第4章基準（第3章基準から－10EPNdBの累積余裕）に対し、更に3～11EPNdBの累積余裕の積増しを求めることについて幾つかのオプションを設定し、経済性とのトレードオフ等について検討されました。最終的にどれだけの規制強化を行うかについてはCAEP/9会合において大きな議論となり、自国での機体開発へのインパクトを極力回避したい国々の意見や環境改善を強く求める団体等の意見が交錯しましたが、最終的には、2018年以降にTC申請が行われるものについて、第4章基準に比べて累積余裕を更に7EPNdB上積み（第3章基

準から見ると－17EPNdB）する内容で議決されました。また、二次的な基準強化として、3地点における規制値からの余裕がそれぞれ1EPNdB以上あることを要求することとなっています。

ただし、同会合における議論の結果、最大離陸重量が55トン以下の亜音速ジェット機については適用対象が2021年以降にTC申請が行われるものとされ、適用が先延ばしにされました。

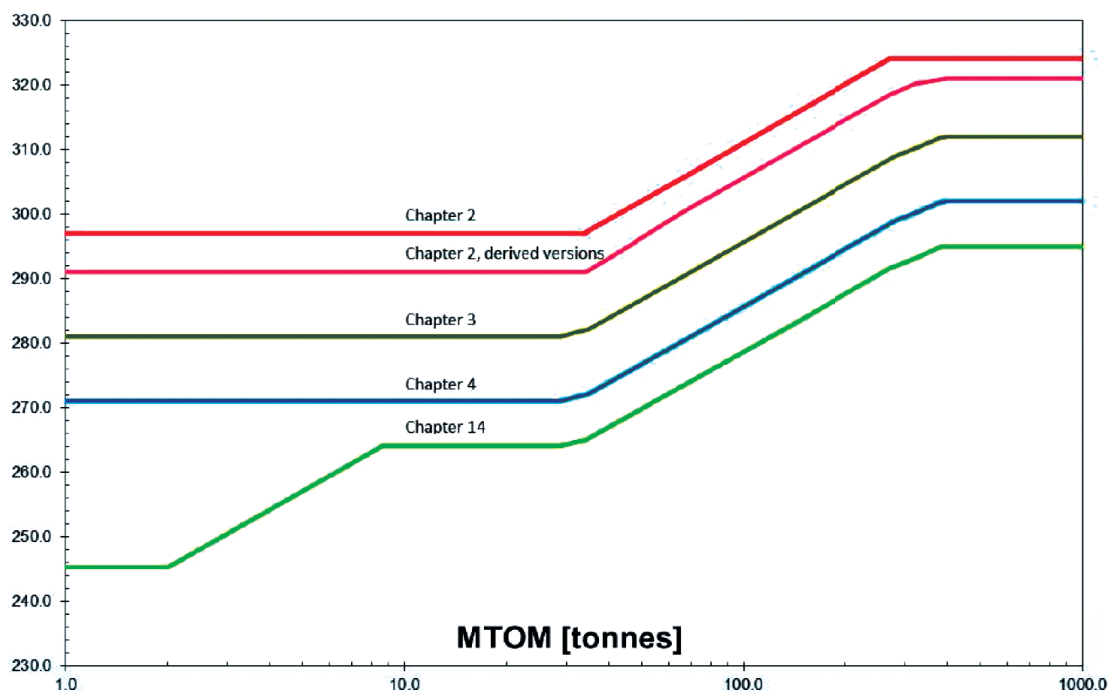
これらの内容については、第16附属書第1部第14章（新設）として取りまとめられ、航空委員会審議や理事会審議を経て、本年（2014年）中に採択される予定です。

なお、蛇足ながら、併せて今回の新基準（第14章）においては、最大離陸重量8,618kg以下の低重量機について、現状の技術水準に合わせて騒音規制値を強化する内容も含まれています。

これらCAEPにおける騒音基準の強化に関する検討状況等については、上述の第38回総会に対しICAO事務局から報告され、総会の幅広い支持を受けたほか、第4章基準に係る過去の総会決議と同様に、第14章基準についても、当該基準への適合の有無をもって当該機の空港への乗入れ制限を行わないよう各国に求める旨決議されました。

なお、紙幅の都合で詳細には触れませんが、現在第16附属書第1巻Attachment F（ガイダンス）として設定されているチルトローター

	3地点（離陸、側方、進入）における第3章基準値からの累積余裕	何れか2地点における第3章基準値からの累積余裕	各地点における第3章基準値からの余裕
第3章	超過不可	超過が3EPNdB以下	超過が2EPNdB以下
第4章	余裕が10EPNdB以上	余裕が2EPNdB以上	超過不可
第14章 (新設)	<u>余裕が17EPNdB以上</u>	(基準はないが、右欄の基準により2EPNdB以上の余裕が確保される)	<u>余裕が1EPNdB以上</u>



亜音速ジェット機の騒音値（合計値）の強化の状況

機の騒音基準について、同第13章として標準化（2018年以降にTC申請を行ったものが対象）する等の附属書改正が行われる予定です。

3. CO₂排出基準の制定に向けた指標の設定

2010年に開催された第37回総会（A37）の決議において、国際航空分野における気候変動対策として、年2%の燃料効率の改善を図ることとされ、この目標を達成するためにCO₂排出基準を新たに設けるべく、まずは合理的かつ客観的な評価指標を設けることについてCAEP/9サイクルにおいて検討が進められていました。その経緯については、本誌第17号においてもご報告した通りですが、結局、我が国が当初から提案していた1/SAR（SAR: Specific Air Range。1/SARは、『単位距離を飛行するのに必要な燃料重量』という指標となります。）を基本としつつ、これに機体の有効床面積を用いた補正係数を乗じることにより、ストレッチタイプの派生型機においても原型式機と同程度の余裕値が得られるようにしたものを指標とすることについてCAEP/9

会合において合意されました。

$$\frac{1}{\text{SAR}} \times = \frac{g}{a\eta h} \cdot (M_0)$$

g : 重力, a : $\frac{\text{揚力}}{\text{抗力}}$, η : エンジン効率性, h : 発熱量, M_0 : 重量

注) 最終的な指標は、1/SARに有効床面積を用いた補正係数として1/RGF（詳細未公表）を乗じたものとなります。

CO₂排出基準関係の規則については、将来的に第16附属書第3部（新設）として整備されることとなっていますが、当面、適用対象については、第3部の基準の適用開始以降、新たにTC申請する飛行機（最大離陸重量5,700kgを超える亜音速ジェット機等）とすることで合意されています。ただし、最近のジェット機は新造機として導入後、長期にわたって路線運航を行うことから、新規にTCを申請・取得する飛行機のみでは規制対象機が限られ、CO₂排出削減効果も限定的なものに止まることから、上記ICAOの削減目標を達成するためにも、適

用開始以降に新たに製造される飛行機については、TCの時期に関わらず、何らかの形で規制すべきとの意見が出されており、引続き検討が進められています。

なお、具体的なCO₂規制値の設定については、次回CAEP/10会合（2016年）における合意を目指して、現在10の規制値オプションのそれぞれについて費用対効果分析等が進められており、最終的には2020年又は2023年の適用開始を想定しています。

4. 粒子状物質（PM）の排出規制に係る検討

大気中に浮遊する微粒子（PM）のうち、粒子の大きさが10μm以下のものは、慢性呼吸器疾患のほか、当該微粒子に含まれる有害物質による健康への影響、特にナノ粒子（数nm～100nm）については肺胞への沈着等が懸念されています。特に、自動車用ディーゼルエンジンについては、ご案内のとおり、近年急速に規制が強化されてきているところです。

航空用エンジンからの排出ガスに含まれる粒子状物質としては、現在、ばい煙が規制対象となっていますが、これは排気ガス中のPMの重量密度の最大値（排気ガスの色）に着目した規制であり、粒子の総重量や粒子の大きさを勘案したものではありません。概して、航空用エンジンから排出されるPMは15～

40nmのナノ粒子が多いとされていることから、PMの規制として、重量と粒子数の両方を規制対象とする方向で検討が開始されており、当面出力が26.7kNを超えるタービンエンジンについて、CAEP/10サイクルにおいて証明基準を検討することになっています。

なお、駐機中等に用いる補助動力装置（APU）についても、特に地上作業への影響が懸念されることから、APUについても今後規制の対象とすることが検討されています。

5. 経済的手法（MBM）に関する新たなタスクフォースの設置

昨年開催のICAO総会決議A38-18を受けて、理事会からの指示のもと、世界的なCO₂排出削減のための経済的手法（Global MBM: Global Market-based Measures）に関する技術的な項目について、CAEPにおいて新たなタスクフォースを設置し検討を進めることとなっています。具体的な内容等については、現在理事会とCAEPの間で調整中のため、まだご報告できる段階にありませんが、今後CAEPにおける検討において大きな部分を占めていくものと思われます。このタスクフォースの動向についても、次回以降、適宜ご紹介いたしたいと思います。

内外報告

インターノイズ2013 *

山 田 一 郎 **

騒音制御に関する国際会議 インターノイズ2013（第42回国際騒音制御工学会議）は、2013年9月15～18日の間、オーストリア/インスブルックにおいて国際騒音制御工学会（I-INCE）のスポンサーシップの下にオーストリア騒音制御協会（Österreichischer Arbeitsring für Lärmbekämpfung）主催で開催された。騒音制御に資する材料や計測機器、ソフトウェア技術の展示会も行われた。

会議はインスブルック中心部のイン川に面する国際会議場で開催された。五分歩くと昔の街並みが保全された旧市街がある。インスブルックという地名は、「イン川に架かる橋」を意味する。イン川はアルプスの水を集めて西から東に流れ、やがてドナウ川に合流する。会議場に隣接してケーブルカーのターミナルがあり、30分で海拔2000mを超える山の頂き近くに登れ、山々に囲まれた箱庭のようなインスブルック市街を一望できる。なお、空港から市の中心まで5キロしか離れておらず、離着陸する航空機が市の上空を飛行する。

会議の規模

会議への参加者の総数は1332人（同伴者65人、学生180人を含む）であった。内訳を見ると、男性77%/女性23%、参加国数55以上で

あり、国別ではドイツ、日本、オーストリア、フランス、中国、スウェーデン、英国、韓国、米国、イタリア、オランダ、ベルギー、デンマークの順に多かった。会議のテーマは「生活品質向上のための騒音制御Noise Control for Quality of Life」であり、そのテーマの下、69のセッションが設けられた。企画には総勢134人のオーガナイザが関与した。

講演論文

講演論文の総数は799件である（閉会式では800件と報告された）。論文の内訳を見ると、分野別では建築音響、騒音制御、航空機騒音、コミュニティ騒音、測定 of 順に多かった。論文総数のうち729件は口頭発表で、月曜と火曜は朝の8時20分から夕方6時まで、水曜は朝8時20分から夕方4時まで、キーノート講演と昼食の時間を除き、12セッション平行で発表が続いた。ポスター発表は71件で、会議場3階の回廊にポスターが展示された。講演論文総数のうち40%は招待講演であり、オーガナイザによる投稿の勧誘が講演確保に有効であったことがわかる。なお、事前のアブストラクト投稿の総数は1142件あったそうで、およそ3割の人が投稿を取りやめたことになる。

プレナリーとキーノート

プレナリー（全体）講演は2件あった。1件目は開会式直後に行われたもので、オーストラリアのM. Burgessが「環境騒音の

* INTERNOISE 2013

** (一財)空港環境整備協会 航空環境研究センター 所長

管理と制御：成功と課題Community noise management and control: successes and challenges」という論題で講演し、欧州の取り組みも含め、環境騒音制御の現状を回顧し、課題を考察した。2件目は閉会式直前に行われ、ドイツのOtto von Estorffが「騒音源の数値予測：事実・危惧・未来Numerical Prediction of Noise Sources: Facts, Fears, Future」という論題で講演した。筆者は前者しか聴講できなかった。

キーノート講演は下記6件があり、月～水三日間毎日午前中に2件ずつ並行して行われた。筆者はオランダTNOのFoort de Rooの講演しか聴講できなかった。この講演は欧州の自動車騒音の発生源規制の強化に関するものであった。

- (1) Foort de Roo: New EU and UN/ECE Vehicle Noise emission limits and associated measurement methods EU及びUN/ECEにおける自動車の騒音放射に関する新たな規制とその騒音測定方法
- (2) Takeshi Kurita: Reduction of external noise from Shinkansen trains 新幹線の列車外部騒音の低減
- (3) Wolfgang Probst: Prediction of sounds and noises for a better environment – scientific and political aspects よりよい環境を構築するための音と騒音の予測：科学的側面と政策的側面について
- (4) Klaus Genuit: The need for trans-disciplinary actions - Psychoacoustics, Sound Quality, Soundscape and Environmental Noise 心理音響、音質、サウンドスケープ、環境騒音の分野横断的な活動の必要性
- (5) Kerstin Persson Waye: Is it possible to achieve a healthy sound environment in hospitals? 病院内の音環境を健全なものにすることは可能か?
- (6) Marco Paviotti: The EU noise policy after

the second round of noise maps and action plans EUにおける「第二次騒音マップ作成と行動計画」終了後の騒音政策

航空機騒音に関するセッション

航空機騒音に関するセッションは下記の4つがあり、予測、測定、影響、施策に関する議題を幅広く包含する形で企画され、口頭発表が39件、ポスターが2件であった。会議後、航空機騒音担当の実行委員とオーガナイザの間でメールの交換があり、「良い企画だった、今後もこうした形でやろう」と好評であった。

セッション1：Aircraft Noise Modeling - from the individual aircraft to the airport scenario
航空機騒音の予測モデル：個別航空機から空港全体までの様々なシナリオでの騒音予測（口頭発表は14件予定されたが1件キャンセル。ポスター展示は1件）

オーガナイザ：Ullrich Isermann & Ichiro Yamada

このセッションでは欧州COSMAプロジェクト関係の発表が数件あった。これは欧州委員会のプロジェクトで航空機の運航に伴う騒音が空港周辺の住民に受け入れられるようにするための方策の検討を目的とするものである。日本の発表は7件あった。JAXA/Dreamsプロジェクトの騒音予測モデルの開発及び測定技術についてのJAXA及び小林理研による発表3件、離陸滑走時の騒音予測に関連する測定結果についての成田国際空港振興協会による発表1件、防衛施設の騒音予測方法についての防衛施設周辺整備協会の発表1件を含む。当研究センターは2件発表し、筆者が日本のLdenモデルの構築の現状と課題を報告し、吉岡が地面の過剰減衰の補正式の見直しに関する研究の結果を報告した。

セッション2：Uncertainty of Aircraft Noise measurements and calculations

航空機騒音の測定と計算の不確かさ（口頭発表5件）

オーガナイザ：Berthold Vogelsang & Idar Granoien

セッション3：Aircraft Noise Effects

航空機騒音の影響（口頭発表11件）

オーガナイザ：Dirk Schreckenbergl & Ian Flindell

このセッションでは当研究センター及び熊本大の支援の下に行われたタイ研究者 Krittika Lertsawat氏の騒音のアノイアンスに関する社会調査に用いる程度表現語に関する研究報告があった。

セッション4：Aircraft noise management and mitigation measures

航空機騒音制御と影響軽減のための施策（口頭発表9件、ポスター展示1件）

オーガナイザ：Annette Kruger - Dokter & Beat Schäffer

このセッションではわが国の環境基準の一部改正と成田空港の騒音施策の関わりに関する成田空港会社からの報告があった。

式典等

開会式は、初日9月15日午後5時から大ホールで行われた。管楽器十重奏による導入の後、実行委員会副委員長(Christoph Lechner)の紹介で登壇した委員長(Werner Talasch)が最初の挨拶を行い、プログラム委員長 (Christian Kirisits) が参加者数や論文投稿数の状況を説明した。その後、欠席した名誉委員長(Judith Lang)からのメッセージが代読され、チロル州副知事（環境交通大臣兼務のMs. Ingrid Felipe）が歓迎スピーチを行い、I-INCE会長 (Joachim Scheuren)が開会を宣言した。開会式の終了後は、ホール前のロビーで歓迎レセプションが行われ、飲み物とスナックが振る舞われた。

閉会式は、最終日の午後5時から開会式と同

じホールで行われた。今回は管楽器五重奏による導入があり、実行委員長(Werner Talasch)が挨拶した後、プログラム委員長 (Christian Kirisits) が会議の総まとめを行い、I-INCE会長(Joachim Scheuren)が閉会の宣言をした。終了後はホール前のロビーで次年度開催のメルボルンの実行委員会が主催して「さよならレセプション」が行われ、飲み物とスナックが振る舞われた。

座長説明会は、開会式後、バスで十分ほどのMesse Forum Innsbruckに移動し、行われた。セッションの進行や発表手順等についてあれこれ説明があった後、食事が振る舞われた。

バンケットは、国際会議場のバンケットホールで行われた。会議場の前に民族衣装を身にまとった楽隊が整列し、歓迎セレモニーをした後、その先導でバンケットホールに移動し、宴会となった。モダンなパントマイムなどのアトラクションがあった。

I-INCE理事会

I-INCE理事会は9月14日午後と9月18日夕方の2回開催された。一回目の会議では、会長や事務局長、会計理事からの報告等の定例的な議題を夕方六時までかけて審議した。インターノイズ2013評価委員会（将来の会議の参考にするために行うもの）が指名された。直前3回のインターノイズの実行委員長が委員である。二回目の会議ではINCE-USAのProceedings databaseに必要なお金の入手方法等について議論し、一時間ほどで終了した。

I-INCE年次総会

定例総会は9月15日の午後1時から開催された。今後のインターノイズ開催地について、2014年はメルボルン、2015年はサンフランシスコ、2016年はハンブルクと決定した。その

次のアジアについてはソウル・香港・シンガポールの3カ国が立候補している。その他、ナイジェリアからの新規加盟の承認、財務報告、Technical Study Groupの活動報告、INCE/USAが構築した過去のインターノイズの発表論文のデータベースをI-INCE加盟団体が活用できるようにする件の費用負担に関する討議の結果などが報告された。

FCTP会議

将来のインターノイズでどんな企画セッションを設けるか等について話し合う委員会で、最終日9月18日午後を開催され、2014/2015年の会議開催計画が説明された後、企画案について討議した。2015年の実行委員会の論文担当者が、インターノイズの発表論文を分類すると騒音の評価/性状/制御に大別できるが、制御に関する発表件数は1割程度しかなく、少なすぎる、2015年はこれを2割に増やすよう努力すると発言した。

添付資料1. 企画セッションの題目

1. Tire/Road Noise - Low Noise Pavements
(タイヤ/道路騒音－低騒音舗装)
2. Tire/Road Noise - Low Noise Tires
(タイヤ/道路騒音－低騒音タイヤ)
3. Modelling and Simulation of Road Vehicle, Tire and Pavement Noise
(道路車両、タイヤそして舗装による騒音のモデリングとシミュレーション)
4. Measurement Methods for Road Vehicle, Tire and Pavement Noise
(道路車両、タイヤそして舗装による騒音の測定法)
5. Road Vehicle Exterior and Interior Noise
(道路車両の外部騒音と内部騒音)
6. Noise from Hybrid and Electric Road Vehicles
(ハイブリッド式道路車両と電力式道路車両による騒音)
7. Road Traffic Noise Characterization
(道路交通騒音の特性解析)
8. Railway Airborne Noise
(鉄道による空気伝播騒音)
9. Railway induced Vibrations and Vibration induced Airborne Noise
(鉄道による振動と振動による空気伝播騒音)
10. Aircraft Noise Modeling - from the individual aircraft to the airport scenario
(航空機騒音のモデル化－個々の航空機から空港計画まで)
11. Uncertainty of Aircraft Noise measurements and calculations
(航空機騒音測定と計算の不確定要素)
12. Aircraft Noise Effects
(航空機騒音の影響)
13. Aircraft noise management and mitigation measures
(航空機騒音管理と軽減対策)
14. Building Acoustics / Architectural Acoustics - General Topics
(建物音響/建築音響－一般的話題)
15. Measurements in Room and Building Acoustics
(室内測定と建物音響)
16. Prediction Methods for Building and Room Acoustics
(建物音響と室内音響の予測手法)
17. Building Acoustics Properties, Regulations and Comfort Classes
(建物音響の特性、法規、快適さのランク)
18. Impact Sound(衝撃音)
19. Insulation of Air-borne and Structure-borne Sound
(空気伝播音と固体伝播音の遮音)
20. Characterization of Structure-borne Sound Sources(固体伝播音の音源の特性解析)
21. Lightweight Constructions and Systems
(軽量の骨組みと体系)
22. Room Acoustics(室内音響)

- 23. Acoustics of Educational Facilities / Classroom Acoustics
(教育施設の音響/教室の音響)
- 24. Long and Short Range Sound Propagation
(長距離及び短距離の音の伝搬)
- 25. Sound Propagation in Built-up Areas
(建物密集地域の音の伝搬)
- 26. Standardized Noise Prediction Methods
(標準化された騒音予測法)
- 27. Mitigation Measures and Products
(軽減対策と製品)
- 28. Barriers(遮音壁)
- 29. Noise Mapping and Action Planning
(騒音マッピングと行動計画の設計)
- 30. Noise Monitoring and Measurement
(騒音監視と測定)
- 31. Industrial Noise, Construction Noise
(産業騒音、建設騒音)
- 32. Noise from Recreation-, Entertainment- and Sporting Facilities
(余暇活動施設、娯楽施設そしてスポーツ施設による騒音)
- 33. 3D Sound Reproduction(3D音響の再現)
- 34. Numerical Techniques(数値手法)
- 35. Sound Visualization and Auralization
(音の視覚化と可聴化)
- 36. Active Noise and Vibration Control
(騒音と振動のアクティブ制御)
- 37. Signal Processing and Analysis
(信号処理と分析)
- 38. Acoustic Metrology(音響計測)
- 39. Measurement of Surface Properties
(表面特性の測定)
- 40. Sound Power(音響パワー)
- 41. Vibroacoustics and Vibration
(振動音響と振動)
- 42. Materials for Noise and Vibration Control
(騒音振動制御のための材料)
- 43. Machinery noise(機械騒音)
- 44. Noise from Renewable Energy Technologies
(再生可能エネルギー技術の騒音)
- 45. Underwater Noise(水中音響)
- 46. Community Noise Annoyance
(都市騒音のうるささ)
- 47. Combined Exposures(複合曝露)
- 48. Environmental Health Impact Assessment of Transportation Noise at different Scales
(異なる評価尺度による輸送騒音の環境衛生影響評価)
- 49. Alternative Indicators for Community Noise Effects Assessment
(都市騒音影響評価のための代替指標)
- 50. Noise and Health related Quality of Life
(騒音と健康に関する生活の質)
- 51. Restorative Aspects of Sound Exposure
(騒音曝露の回復期の諸相)
- 52. Psychological Effects, Cognitive Effects and Mental Health
(心理学的影響、認知力への影響と精神衛生)
- 53. Effects on Sleep - adults & children
(睡眠の影響－大人と子供)
- 54. Cardiovascular and other Somatic Effects: adults & children
(心臓血管系への影響と他の身体影響：大人と子供)
- 55. Noise in Educational settings
(教育環境における騒音)
- 56. Response to change through inventions - noise reduction or acoustic enhancement
(発明を通じた変化への反応－騒音低減或いは音響増強)
- 57. Health Care Acoustics(医療音響)
- 58. Noise Policy and Economic Evaluation of Noise Effects
(騒音政策と騒音影響の経済的評価)
- 59. Quiet Vehicles(音の静かな車両)
- 60. Psychoacoustics of Environmental and Mobile Noise Sources
(環境騒音源と移動騒音源の心理音響)
- 61. Applied Psychoacoustics of Machinery

Noise

(機械騒音の応用心理音響)

62. Soundscape and Human Resources

(サウンドスケープと人的資源)

63. Soundscape Design and Interventions

(サウンドスケープ設計と介入)

64. Noise-Control Education Delivery and
Technology Transfer Methods

(騒音制御教育の伝達方式と技術移転方式)

65. Fan Noise(ファン騒音)

66. Ducts and Mufflers(ダクトとマフラー)

67. Aeroacoustics(航空音響)

68. Occupational Noise Exposure and Hearing
Protection(職業性騒音曝露と聴力保護)

69. Noise Annoyance and Communication
Problems at the Workplace

(職場における騒音のうるささと意思伝達の
問題)

観光における環境と健康の関わり ～航空機客室の空気環境と健康影響＊

出 嶋 靖 志 **

I. はじめに

健康とは、世界保健機関 (WHO) の定義では、「身体的・精神的・社会的に完全に良好な状態であって、単に疾病でないとか虚弱でないということではない。」とされている。しかし、現実にはそのような完璧な状態の人はいない。いないと断言したが、もしも自分がそうだという人がいたら名乗って欲しい。健康で穏やかな生活を送っている人はそんな挑発で名乗ったりしないはずである。だから、いないと断言できる。

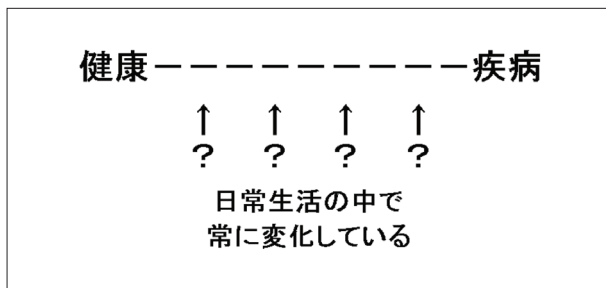


図1 健康と疾病の関係

WHOの定義は、「疾病でなければ健康」という考え方が誤りであることを示している。図1に健康と疾病の概念を示した。図の左端がWHOの言う（理想の）健康、右端が疾病状態である。疾病でないからといって、WHOの言う（理想の）健康になれるわけではないので、ほとんどの人が健康と疾病の間のどこか

にいますと考えられる。どこにいるかはその人次第、どのような暮らしをするかによって健康に近付いたり疾病に近付いたりしている。

こうしたことから、肥満、高血圧、癌、心疾患、脳血管疾患といった日々の暮らしのなかで徐々に健康状態を悪化させていくような疾病を生活習慣病と呼ぶようになった。以前は成人病と呼んでいたが、成人していない若い連中の方が不健康な暮らしをしていて高齢者より先に右端にゴールインしたりするので、名称が変わった。生活習慣病の特徴は、図2に示すように、日々の暮らしの中の様々な要因が組み合わさって疾病状態に繋がることである。疾病：病因が「1：多」とも言える。どの要因がどの程度の強さで働くかは一人一人の暮らしぶりによって異なる。だから、ヘビースモーカーの太った中年オヤヂが過労と睡眠不足で奥さんにいじめられる生活のなかで減塩したって血圧は下がらない。

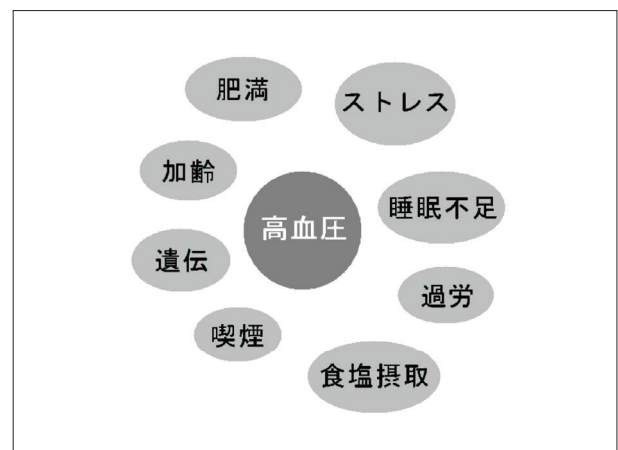


図2 高血圧を例とした、疾病と病因の「1：多」関係

* Health Ecology in Tourism ～ Health Effect of Air Environment in Airliner Cabin.

** 杏林大学外国語学部教授（観光保健生態学研究室）



図3 環境-人間の相互作用と健康状態の変化

日々の暮らしを営む場所のことを環境と呼ぶ。人は自分たちを取り巻く環境から様々な影響を受け、同時に環境に対して影響を与えている。そうして、相互作用（Interact）しながら変化し続けている（図3）。環境と人間の相互作用が向かう方向が、健康方面なのか疾病方面なのかを探ることは生活習慣病の予防や健康増進にとって重要である。こうしたことから、健康科学（保健学）の分野には、環境と健康との関わり合いを研究する学問があり、環境保健学とか人類生態学とか呼ばれている。筆者は、こうした学問を観光分野に役立てたいと考えている。

II. 観光における健康科学の考え方 (ヘルスツーリズムの定義)

近年、世界的にみて観光産業は発展しつつある。UNWTO(世界観光機関)によると世界の国際ツーリズム市場は今後とも拡大基調で推移し、2020年には到着客数で15億人に達するとされている¹⁾。様々な環境へ人々が出かけ、多様な人の交流が生じるとき、観光における環境と健康の関係は避けて通れない問題である。

観光の分野には、ヘルスツーリズムやメディカルツーリズムといった言葉があるが、現状、両者は混用されることが多い。健康科学の専門の立場で、きちんと定義づけておき

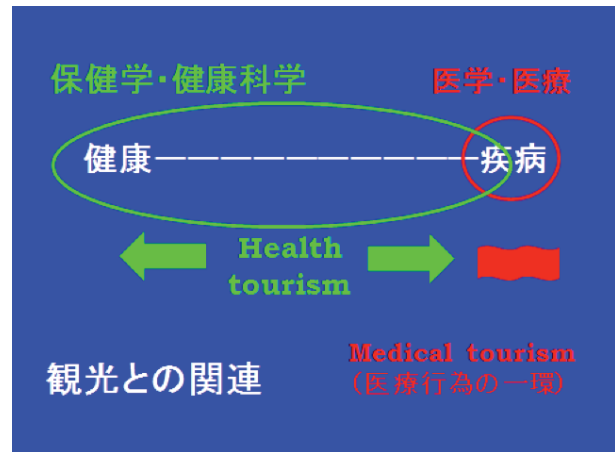


図4 ヘルスツーリズムとメディカルツーリズム

たい。図4にその概略を示した。

本論冒頭に述べたように、理想の健康から疾病に至るまでの様々な健康状態があり、これを扱うのは健康科学である。一方、疾病に陥った状態を扱うのは医学である。両者の境界で健康科学が考えるのは健康状態の悪化の阻止とホメオスタシス（一定の安定状態）の維持であり、医学が考えるのは発症の予防（予防医学）と疾病からの回復である。山際と山の端の違い、渚と汀の違いであり、重複したり協力したりすることも多い。この図に緑で示した健康科学の領域がヘルスツーリズムの範囲である。メディカルツーリズムは疾病を扱うツーリズムであり、特定の手術を受けるために専門医を訪ねるといったことが含まれる。あくまでも医療行為の一環であるから医師が主体となり、観光の専門家が活躍できる場面はそう多くない。ついでながら、医学と医療の違いは、科学（Medical Science）と、科学を基盤とした実践体系（Art of Medicine）の違いである。なお、疾病を健康状態の変化のひとつと見なし、医学を広義の健康科学の一分野であるとする考え方もある。実際に、昔、琉球大学では保健学部のなかに琉球大学病院があった（今は違うけど）。その意味では、メディカルツーリズムをヘルスツーリズムの一環であると捉えても良い（医学界は嫌がるだろうけど）。観光は、様々な

健康状態の人々が多様な目的で行うのであり、既存の医学常識の使えそうな部分だけを適宜利用しては、誤ったサービスを生む可能性があり、観光する者させる者される者の全てを危険にさらすことにもなりかねない。サービスとはきちんとした根拠に基づいた毅然とした「お・も・て・な・し」であり、客に迎合することではない。いくら客が喜んで満足しようと客の健康を損なうものはサービスとは言えない。そのためには感情だけでなく科学的思考が観光に必要である。環境と健康との関わりに関する科学を観光の学術研究に役立てたいと考え、本論の著者は、観光保健生態学（Tourism and Health Ecology）の研究をおこなっている。

Ⅲ. 観光保健生態学からみた観光

観光を環境や健康の視点で見つめ直すと以下のように考察できる：

①観光とは生活の場を自ら変えることである。

自分の環境を自ら変えることで何らかの刺激を得ようとする行動とも言える。従って、環境の変化を積極的に利用して健康増進を図ることが可能となる。図5にその模式図を示した。

ある環境に適応して暮らしている人が観光に出かけると、異なる環境からの刺激にさらされるが、しばらくすると慣れてくる。もっと長期に滞在するとその環境に順化し始め、

様々な変化が身体に生じる。この変化を上手く利用すると、健康増進に繋げることができる。観光から戻ると、旅行先の環境に順化した身体は元の環境から刺激を受けることになる。このとき、健康を損なわないようにすることは、観光中の健康維持とともにヘルスツーリズムの重要な課題である。

②観光は、異なる適応の交流である。

ある環境に適応して暮らしている人々の中に、別の環境に適応している人々が短時間の環境変化を経験しながら入り込むことも意味する。この場合、(双方の人々に)生じる様々な健康障害および、環境への負荷を考察することも必要であろう。

③観光には、環境そのものを楽しむ側面もある。

これは現地の様々な適応形態を観光資源として捉える考え方であり、地理的要因の他に、現地の人々が環境に適応してきた過程で生じた、様々な産物(物質に限らず、しきたりや人情など)も含まれる。

Ⅳ. 航空機内環境と健康

四方を海に囲まれた日本では海外へ長距離移動するには航空機を利用することが多い。航空機の健康影響というと真っ先に騒音が思い浮かぶのであるが、それ以外にも健康に影響を及ぼす様々な要因がある。長時間のフライトとなると、乗客は、同じ座席の上で眠り、くつろぎ、食事をするのであって、万年床で暮らす人が集団で高空をぶっ飛んでいるのと同じである。

近年、航空機内の環境や健康の問題について研究が進んできており、乗客と比べてはるかに長時間を機内で過ごすパイロットやFA（フライトアテンダント）について、コックピット²⁾や客室³⁾の環境や健康上の訴えについて調査が行われている。それらの結果を表1と表2に、まとめた。

表1には様々な環境要因が含まれており、表2にはそれらの影響と思われる症状が挙

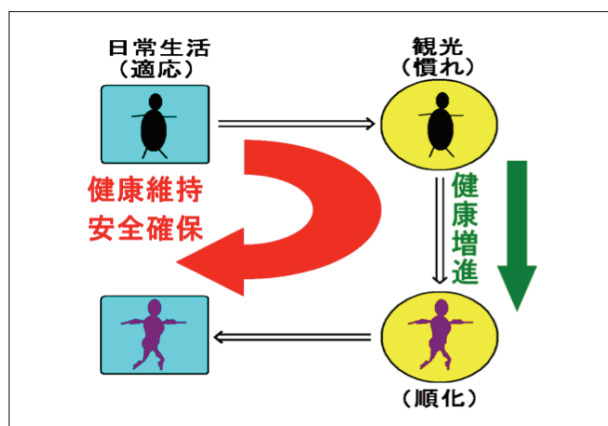


図5 観光における環境変化と健康との関係

表1 コックピットや客室の環境について気づいた点

Perception 気づいた点	Cockpit Environment コックピット環境 ²⁾	Cabin Environment 客室環境 ³⁾
通風・換気 室温・湿度	Draft, Stuffy air. Temperature too high. Varying temperature. Temperature too low. Dry air.	Air movement, ventilation. Temperature, humidity.
不快臭	Unpleasant odor.	Odors.
空気感染	—	Airborne contaminants.
静電気	Static electricity.	—
騒音	Noise.	Noise.
振動	—	Vibration, motion.
高度	—	Altitude.
照明	Inadequate illumination.	Lighting.
塵や汚れ	Dust and dirt.	—

表2 コックピットや客室で感じた健康上の症状

Symptoms 症状	In the Cockpit asked Pilots コックピット ²⁾	In the Cabin asked Flight Attendants 客室 ³⁾
疲労感	Fatigue.	Fatigue.
頭	Feeling heavy-headed.	Headache.
目	Itching, burning or irritation of the eyes.	Eye irritation.
鼻	Irritated, stuffy or runny nose.	Nose irritation.
耳	—	Earache.
咽喉	Hoarse, dry throat.	Throat irritation.
呼吸器	—	Respiratory distress/complaints (shortness of breath and irritation) and pulmonary function.
皮膚	Dry or flushed facial skin. Hands dry, itching, red skin. Scaling/itching scalp or ears.	Skin irritation.
全身	—	Aching/swelling/bloating. Dizziness/fainting. Nausea/sickness.

がっている。空気環境は機内の環境要因のな 以下にいくつかの例を紹介したい。
かで広範囲に健康影響を生じる可能性が高い。

V. 機内空気環境によって考えられる健康問題

1. 乾燥による直接的影響

機内の空気が乾燥していることはよく知られているが、そのことにより生じる健康影響はきわめて多方面におよぶ。表2に見られる、鼻・咽喉・呼吸器・皮膚の症状は乾燥が直接関与している。その他、乾燥以外の要因が主に作用しているものでも、乾燥が一役買っている場合が多い。

2. エコノミークラス症候群

主な原因は運動不足と脱水である。脱水に、機内の乾燥が関与している。ファーストクラスやビジネスクラスと比べて座席間の距離が近く、座席のリクライニング角度もそう大きくないエコノミークラスで報告されるケースが多かったため、この名前が付いているが、ファーストクラスでも元を取ろうとタダ酒を飲み過ぎるようなエコノミーな行動を取ると、エコノミークラス症候群になることがある。酒で脱水状態になり、そのまま寝込んだりしてるとてきめんである。深部静脈血栓とも呼ばれる。兆候は、まず“足のむくみ”に表れる。そのまま空気が乾燥した機内で水分不足と運動不足が続くと、ひざ裏の静脈などに血栓ができやすくなる。飛行機を降りて血流が良くなると、機内で出来た血栓が動き出し、肺に詰まると呼吸不全や心肺停止、心臓の血管で詰まると心筋梗塞、脳の血管では脳血栓といった命に関わる状態に陥ることもある。フライトから数日経ってから症状が出る人もいる。機内でトイレに行くのが面倒で水分を摂るのを控えているなどというのは良くない。エコノミークラス症候群は、現在ではよく知られるようになったが、この問題が指摘されはじめた頃は航空会社も結構神経質になっていて、NRT～VIEのOS機内では1時間に1回、水の入った紙カップのトレイが回ってきた。FAに脱水以上の水を飲まされてると言ったら、ニヤリとしてトイレに立って歩き回ってもらうことも狙ってるのですと返

事が返ってきて納得した覚えがある。そんな問題が言われるもっと以前に、NRT～FRAのJL機内でうっかり休憩所へ行く途中のFAに水を頼んだところニコリともせずに持ってこられて申し訳ない思いをしたのを思い出した。機内の健康に関する知識が増えるとサービスも変わるようだ。

3. 高血圧

客室内の気圧は地上より低い0.7～0.8気圧で、海拔2,000～2,500m（富士山の5合目程度）に居るのと同様である。海拔2,000m前後に相当する機内圧のフライトを9時間経験すると、肺動脈の収縮期血圧（sPAP）が平常時と比べて6～33mmHg（約20%）上昇し、降機後も12時間に亘って30mmHg前後高いままであったことが観察されている⁴⁾。高度による低酸素状態の影響と考えられているが、表1で示したような機内の様々なストレス要因も関与している可能性がある。身体の脱水の程度と、機内食の塩分（機内では味覚が鈍くなることから、味付けが強くなっていることが多い）といった要因も含めて、機内での昇圧要因の影響を健常人と高血圧の人両方についてきちんと調べておく必要があると思われる。

4. ヒートショック

暑くも寒くもない快適な気温のことを熱中性温域という。「熱が中性」の意味で、熱中症の「熱に中る」意味とは異なる。身体が体温調節しなくてよいので身体の負担も少ない。個人差はあるが、下着の上に薄い長袖を1枚着た状態で20～25℃程度と言われている。乗客の服装はもう少し厚めなので、この温度帯より低め、ただし、機内は乾燥していて寒く感じる所以この温度帯よりも少し高めということで、機内の気温もだいたいこの範囲に収まっていることが多いようである。問題は搭乗時と降機時である。気温差によるヒートショックは、幼児・高齢者・高血圧傾向者等にとって結構大きい問題である。通常、5℃以上の気温差に急に曝露してはいけない。例え

ば冬の搭乗時、乗客は厚着で荷物を持って歩き回って来ている。この状態で機内温度25℃は非常に暑く感じる。私などは下着の下に断熱効果のある皮下脂肪を着込んでいるから尚更暑い。この場合、機内の気温はやや低めにしておき、落ち着いてきた頃をみはからって徐々にあげるのがよいと思う。また、降機時は外套を脱いでくつろいだ格好をしている乗客に対して室温を下げるわけにいかないの、外気温と室温の差を知らせて十分着込んでから降りるようにアナウンスするのがよいだろう。もちろん、夏は逆であるし、冷暖房完備のボーディングブリッジがあって、機内からターミナルビルまでの間に外気温にさらされることが無ければ無用の心配ではある。

5. 感染

機内の空気は、機種によって新鮮空気と循環空気の割合や換気の程度が異なっているようである²⁾。さらに、流路のフィルターも、ゴミを取り除く程度の機種から、細菌も含めて0.3ミクロン程度までの物質を濾過できるHEPAフィルターが入っている機種まで様々である。新鮮空気による換気率が高くHEPAを使用した空調をもつ機種の方が安全なのは言うまでもない。しかし、HEPAフィルターのお陰で感染リスクは下がってはいるが、SARS、結核、風邪、インフルエンザ、髄膜炎といった疾患の感染は防ぎ得ていないとする報告もある⁵⁾。これらはいずれも、HEPAでは濾過できないウィルス性の感染症である。また、人から人への感染を防ぐことは難しい。実際の航空機を使った実験によると、機内で微量噴霧したトレーサーガスは5秒後に2m離れたところで検知され、30m離れたところの500倍の濃度に達した⁶⁾。比較的狭い空間に大勢の人がいる場所では、航空機に限らず感染を全て防ぐことは不可能に近く、マスク等の着用も考慮すべきかもしれない。

6. 有害物質

建物で問題となるシックハウス症候群は建材や家具からの揮発性有害物質が健康問題を引き起こすことであるが、航空機の内装や物品についても同様の問題が生じる可能性がある。また、機内の塵に混じった花粉やダニの死骸といったアレルゲンや、ウィルス等の感染性微生物、健康影響を持つ人工化学物質が舞い上がり、吸入されることもある。エンジンからの有毒ガスの混入⁷⁾や、処理装置のない機種でのオゾンによる健康影響も報告されている⁸⁾。

7. その他

空気以外にも健康に影響する様々な環境要因が機内にはある。栄養環境、睡眠、放射線、低酸素分圧といった問題の他に、産業保健の立場から、FAの健康問題としてReproductive Hazards, Cancer, Mental Health, Fatigue and Circadian Dysrhythmiaを挙げている報告もある⁵⁾。幼児や高齢者、妊婦や胎児といった人への影響の違いについても検討が必要である。

- 1) UNWTO: International tourism maintain momentum despite challenge. <http://media.unwto.org/press-release/2011-06-30/international-tourism-maintains-momentum-despite-challenges> (2013/12/24アクセス)
- 2) Lindgren T, Andersson K, Norbäck D: Perception of Cockpit Environment Among pilots on Commercial Aircraft. *Aviat Space Environ Med*, 77 (2006), 832-837.
- 3) Nagda NL, Koontz MD: Review of Studies on Flight Attendant Health and Comfort in Airliner Cabins. *Aviat Space Environ Med*, 74 (2003), 101-109.
- 4) Smith TG, Talbot NP, Chang RW, Wilkinson E, Nickol AH, Newman DG, Robbins PA, Dorrington KL: Pulmonary Artery Pressure Increases During Commercial Air Travel in Healthy Passengers. *Aviat Space Environ Med*, 83 (2012), 673-676.
- 5) Griffiths RF, Powell DMC: The Occupational Health and Safety of Flight Attendants. *Aviat Space Environ Med*, 83 (2012), 514-521.
- 6) Rydock JP: Tracer Study of Proximity and Recirculation Effects on Exposure Risk in an Airliner Cabin. *Aviat Space Environ Med*, 75 (2004), 168-171.
- 7) Harrison R, Murawski J, McNeely E, Guerriero

J, Milton D: Exposure to Aircraft Bleed Air Contaminants among Airline Workers. A Guide for Health Care Providers. US Department of Transportation, (2009). Available at <http://www.ashsd.afacwa.org/docsHCPfull.pdf>.

8) Tashkin DP, Coulson AH, Simmons MS, Spivey GH: Respiratory symptoms of flight attendants during high-altitude flight: possible relation to cabin ozone exposure. *Int Arch Occup Environ Health*, 52 (1983), 117-37.

騒音の心臓疾患リスクをめぐる思潮^a金子哲也^b 後藤恭一^c

昨年2013年は、一昨年のWHO欧州『環境騒音の疾病負荷“Burden of disease from environmental noise”』が英国医学会による優秀著作賞を受けた流れで、英国を代表する2つの医学会誌に10月、関連論文が掲載された。一方は環境騒音の健康影響に関する総説であり、他方はヒースロウ空港周辺での疫学調査である。両者に共通する重要事項は、心臓血管系疾患、脳卒中のリスクが環境騒音によって増加する、という指摘だ。英国運輸省は翌11月に「ヒースロウ、ガトウィック、スタンステッド 3空港における夜間飛行制限第2段階協議：“Night flying restrictions at Heathrow, Gatwick and Stansted; Stage 2 Consultation”」を公開。上記を取り上げ、交通騒音の疫学調査における問題点も指摘した。詳しくは下記に述べるが、いずれにせよこれら3者を通してあらためて浮かんできたのは、夜間騒音による睡眠妨害（または睡眠障害）の重要性である。

当記事の筆者らは明確な睡眠妨害を、精神的負荷というよりむしろ身体的負荷とみなすべきだと解しており、定量的な評価が必要になると考えている。睡眠妨害による健康影響を昼間騒音曝露によるアノイアンスと同列に、ストレスモデルの枠組みに押し込むのは危険であろう。

以下、上記3点の概説を記す。

◆Lancet誌論文

昨年の秋（10月）に、権威ある英国外科学会の雑誌、Lancet*の電子版に騒音の健康影響に関する総説（Review）、『騒音の聴覚的及び非聴覚的健康影響"Auditory and non-auditory effects of noise on health"』が掲載された。著者は、睡眠研究のM.Basner（米）を筆頭に、おなじみのW.Babisch（独）やS.Janssen（蘭）など7名が並び、締めの大御所S.Stansfeldまで、8名の環境騒音研究者が名を連ねている。

2000年以降の新しい文献ばかり81件を引用し、難聴から心疾患まで、環境騒音に関わる広範な健康影響の報告をまとめ、全体的にバランスよい紹介となっている。環境騒音に関するWHO欧州のレポートではとくに、虚血性心疾患のリスクが注目されがちであるが、ここでは健康影響の中核に睡眠影響があることも分かりやすく書かれている。

前半は聴力障害に関する記述で、その世界レベルでの健康負荷はYLD(Global years lived with disability) で換算すると2000万年相当で13番目の重要課題であること、難聴の予防に関してD-メチオニンの投与が聴覚系の防護剤として有望であること、などが目を引いた。その他は職業性の曝露や、携帯プレイヤーやコンサートなどにおける高エネルギーの音曝露による聴力影響が書かれている。

本誌の課題、航空環境に関わりが深いのは

^a Aspect on the risk of cardiovascular disease from environmental noise.

^b 杏林大学大学院、航空環境研究センター

^c (一財)空港環境整備協会 航空環境研究センター 調査研究部

後半の非聴覚系健康影響であろう。聴取妨害、アノイアンス、認知障害、睡眠障害および心臓血管系の疾患リスクなどがそれに該当する。この章の冒頭では環境騒音による健康影響として障害調整年（DALYs）が紹介され、WHO欧州の試算値、毎年の損失100万年相当が引用されている。これは、前年に英国医学会からの推奨も受けたWHO欧州編纂“Burden of disease from environmental noise”の執筆メンバーが本論文の執筆陣にも名を連ねていることから当然の流れである。

留意すべきは掲載されているグラフで（別掲は数値に基づく再現図）、睡眠障害とアノイアンスが全体の90%強を占めていることが一目で分かる。従来から公表されている数値（損失年）、〈睡眠障害（sleep disturbance: 註disorderではない）903,000、アノイアンス654,000、虚血性心疾患61,000、認知障害(子供)45,000、耳鳴り22,000〉をグラフ化しただけだが、読者に騒音による睡眠妨害の深刻さを訴える意図ならば効果的である。ちなみにここでの睡眠障害データは医師の診断に基づくものばかりでなく、インタビューへの回答に基づく判定も根拠になっている。

取り上げられた健康被害の中で重大なのは心臓血管系疾患であろう。別図のように障害調整年では全体の4%弱に相当する虚血性心疾患がこれにあたる。本総論は、古典的なストレスモデルの延長で、騒音による高血圧や脳卒中の誘発もありうるとしている。中枢神経系における自律神経系の失調を引き起こすストレス反応が代謝系および循環系の混乱をもたらす、血圧、血中の脂質や糖質、血液粘度などに異常をきたす、という考えだ。短期的な騒音暴露実験データは人体への影響が認められているが、年余にわたる実験はヒトでは難しく、疫学的なデータに頼らざるを得ない。しかし、脳・心臓血管系疾患には、食事、喫煙、運動、遺伝的要素等々の寄与の大きな誘因、関連因子が多々あり、生物学的にも社

会的にも多様な人間集団において、環境騒音の寄与—おそらく相対的には決して大きくはない—を明確にするのは難しいだろう。

騒音職場での騒音については、最も健康管理データがそろっている集団が観察対象にも関わらず、騒音曝露と高血圧や心臓疾患との関連が判然としないと指摘されてきた。これに対しKempenらは複数の調査結果を合成するメタ分析という手法で、両者の関連を掘り起こした。先進諸国での騒音職場では耳栓装着などの作業規則が徹底し騒音曝露が抑制されているが、製造加工業や建設・土木業では肉体的負荷や交代制勤務など、高血圧や心臓疾患の関連要因が併存する場合が少なくない。他方、騒音の曝露量が大きい新興工業国の職場では、労働時間などの労務管理や日常の健康管理が大きな関連因子となる。これら要因を過不足なく制御して騒音影響を抽出するのは難しい。

環境騒音に関しては、道路交通騒音と航空機騒音に関して、やはりBabischらのメタ分析を中心に解説されており、高血圧、心筋梗塞、脳卒中の相対危険（relative risk）と騒音との量－反応関係が信頼区間なしの“直線”でグラフ化されている。直線近似では傾きが注目されがちだが、この図ではX切片が相対危険＝1.0、つまり「影響なし」を意味するので、その意義は軽視すべきでない。これによれば高血圧では、航空機騒音（L_{dn}）は道路騒音（L_{16hr}）より高い51-55 dBで立ち上がるが、心筋梗塞では逆に航空機騒音が道路騒音（56-60 dB）に比して低いレベル（41-45 dB）から立ち上がっている。子細な比較は困難だが、この図を信頼すれば環境騒音40 dB以上で心筋梗塞のリスクあり、ということになる。高血圧より心筋梗塞のリスクの方が10 dB低いレベルから上がるのはストレスモデルからみれば違和感がある。ただし後者の直線はただひとつの報告が根拠とされているので、過大評価は無益である。同様に、この図だけで道路、航

空、両交通騒音のリスクの大小を論じるのも無理があるだろう。

認知能力への影響は7～19歳を対象としてDALY'sで見ると虚血性心疾患の70%レベルである。この影響に関しては、本論文の著者のStansfeldらによるヒースロウ空港やスキポール空港周辺でのRANCH研究**が著名である。学童・生徒の学習への影響は重大事ながら、言語や教育環境を越えた国際比較にはまだ難しい点もあり、研究途上にある課題と言える。WHOのCommunity Noise Guidelineでは教育環境の騒音は35 dB以下とすることを提唱している。

睡眠影響はDALY'sで健康被害を表した別掲グラフでも最大の寄与因子であり、“最も有害な影響”と記述されている。心臓血管系疾患やアノイアンスとの関連も強く疑われている騒音影響である。睡眠の栄養は、最大音圧が33 dBほどの騒音曝露でも生理学的な反応が生じる。とくに子供や高齢者、昼夜交替勤務者、不眠傾向者などは要注意である。覚醒の繰り返しは睡眠の質の低下をもたらす、こ

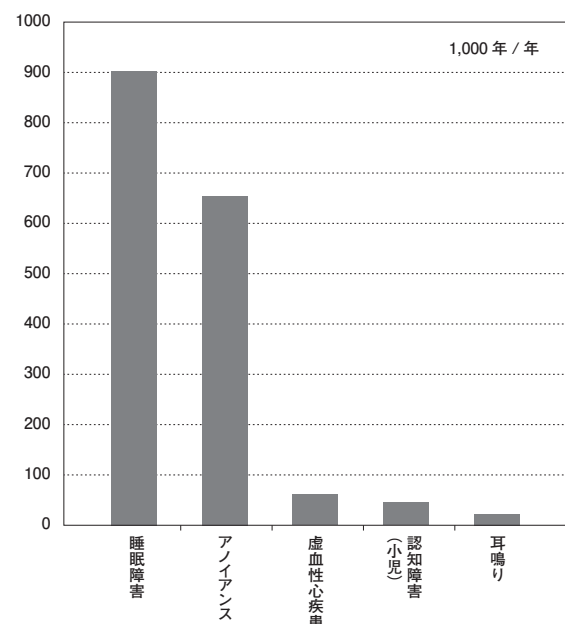
れこそが健康影響をもたらす最も重要なポイントであると明記している。以前、本誌でも紹介したが、欧州の空港周辺で見られるような騒音と高血圧の関連が、日本の民間空港周辺でなかなかはっきりしない理由は、夜間飛行制限の違いである可能性がある。環境騒音と健康影響との間にある最重要の介在因子は、アノイアンスではなく、睡眠障害である疑いが強い。睡眠障害もアノイアンス同様、自己申告に基づく評価だが、睡眠影響ではアノイアンス以上に個別要因の関与が大きい。

本総説ではWHOの“欧州における夜間騒音ガイドライン”の要約パネルがわかりやすい（別掲はその意識）。WHOの提唱する夜間騒音制限が、屋外平均で、暫定目標値55dB、最終目標値40dBである旨が紹介されている。都市部での環境騒音をあまねく40 dBに抑えるのは、WHOが健康の定義を「身体的・精神的・社会的に全き良好な状態」とするが如く、彼方に輝く希望の星に等しいが、努力を傾注すべき方向性として心する必要があるだろう。

世界保健機関WHOの
“欧州における夜間騒音ガイドライン”（要約）

30dB未満
個々人の感受性や環境条件に違いはあれ、このレベルまでは生物学的影響がない。夜間戸外で（Leq30dBは、無害レベル（NOEL）に相当する。
30-40dB
体動、目覚め、自覚的な睡眠妨害、覚醒などの睡眠影響から見て、最小有害影響量（LOAEL）と考えられる。影響の生じ方は音の性質や発生回数でも左右される。子供や病者、高齢者などの高感受性群においては要注意。
40-55dB
有害影響が起こりうる。多く人は対処法を身につけて、順応するが、弱者では深刻な影響を受ける。
55dB超
公衆への影響は次第に拡大する。有害影響が頻出し、相当数の人々にアノイアンスや睡眠障害が生じる。心臓血管系疾患の増加が証明されている。

騒音による欧州の障害調整寿命の損失



障害調整寿命：文中では障害調整年（DALYs）

◆BMJ誌論文

同じ頃、同様に権威ある英国医師会雑誌 "British Medical Journal" には、『ヒースロウ空港周辺での心臓疾患に関する調査、"Aircraft noise and cardiovascular disease near Heathrow airport in London: small area study"』が発表された。英国医師会 (BMA: British Medical Association) といえば既述の通り、2012年の秋にWHO欧州のレポート『環境騒音の疾病負荷 "Burden of disease from environmental noise"』を絶賛し、かの疫学の祖、John Snowにちなんだスノウ・ホールにて医学書籍賞 (Medical Book Awards) を授与した機関である。しかし本論の著者はAL.Hassell (Imperial College London; 小地域保健統計ユニット副長) 筆頭の15名で、上記Lancet論文のメンバーと重複はない。

英国には医療機関利用に基づく疫学調査が行いやすい条件がある。国営の国民医療制度 (NHS: National Health Service) があり、国民の受療データを集約的に解析できるからだ。

調査の対象となったのはヒースロウ空港周辺に住み、民間航空局からのデータに基づいた2001年の昼間騒音曝露が ($L_{Aeq,16hr}$) 50 dB以上と推定された360万人である。病院での受療に関するデータは平均約300名程度の小区域 (12,000余) で、また死亡データは同1,500名余の大区域 (2,400弱) の単位で収集、解析されている。集計した健康影響は、脳卒中、冠動脈疾患および心臓血管疾患である。本報告は、対象者の登録地域ごとの死亡や入院歴が把握されたデータに基づいているため、質問票に基づく調査や、代表的な小地域間の比較では得られない信頼性があり、医学的な意義はほぼ申し分ない。

受療・死亡データの信頼性は十分として、では航空機騒音との対応はどうだろうか。

道路騒音が線状の地表音源であるのに対し、航空機騒音は上空から曝露をもたらすため、地上構造物の影響が少なく面的な評価がし易

い。各人の曝露レベルはともあれ、各便の時程、機種、航路などが分かれば地域ごとの環境騒音が推定できる。本報告ではヒースロウ空港当局の提供による英国民間航空騒音コンターモデル (ANCON) に基づく10m×10m単位のデータを、上記の小地域ごとに当てはめて、住民の年間曝露量を推算している。論文には同空港を中心とした、昼間16時間と夜間8時間の年間平均騒音コンターが添えられており、地域との対応は十分なものと推測される。ただし、環境騒音の推定値として十分かどうか定かではない。航空機騒音が支配的な地域ばかりであればよいが、道路や鉄道など他の音源からの騒音が無視できない場合には、「環境騒音」としての評価は不十分ということになるからである。この点、道路交通騒音も含めて評価を行ったHYENA研究の方が実騒音のレベルに近いといえるかもしれない。

以上のデータを人種、貧困、喫煙などの交絡因子を制御しつつ統計的に解析した結果、心臓血管系疾患では病院受診、死亡リスクともに昼間60 dB以上、夜間55 dB以上、また脳卒中に関しては昼間63 dB以上、夜間55 dB以上で有意な増加が認められた、としている。夜間では50 dBと55 dBの間で有意な差異が認められており、夜間騒音の重さが見てとれる。また注目すべき点のひとつに経済格差によるリスク差を示唆する部分がある。貧困という要因を制御すると、騒音曝露の大きい群ではいずれの疾病でも、病院受診も死亡リスクも下がる傾向が認められたことだ。住居環境の違いや疾病予防・治療支出の差異など、いろいろな介入要素が考えられるが、社会的弱者に騒音影響が現れやすい、とも言えるのかもしれない。これらの結果は、環境騒音評価に不十分な点があったとしても、公的な医療データを基にした疫学調査の結果として、重大な意味を持つものと言えよう。

◆DFT報告

2013年11月には 英国交通省” Department of Transport” が、ヒースロウ（Heathrow: ロンドン西・約20km）、ガトウィック（Gatwick: ロンドン南・約40km）、スタンステッド（Stansted: ロンドン北北東・約45km）の『3空港における夜間飛行制限』について第二次コンサルテーション・レポートを開示した(www.gov.uk/dlf)。このレポートは、基本的に費用－便益のバランスをもとに空港施策の妥当性を求める立場で、航空機騒音の影響に関する知見の流布と、住民の意見集約を図るためのメディアである。同省は5年ごとに知見の見直

しを行っているが、その一環で上記レポートをとりあげたのである。

誌面の関係で長くは述べられないがここでは、上記BMJ論文が取りあげたヒースロウ近隣の小地域調査Small Area Health Statistic Unit (SAHSU) に関し、夜間騒音と昼間騒音が分離できない、即ち、夜うるさい地域は昼もうるさいために夜間騒音による睡眠影響評価ができていない点、および地域による社会的・生態学的な差異、などが今後検討を重ねるべき課題として指摘されていることだけ記しておきたい。

* : 手術用小刀の意

** : ”Road Traffic and Aircraft Noise Exposure and Children's Cognition and Health” を略した通名

参照URL

Lancet論文: [http://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(13\)61613-X/fulltext](http://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(13)61613-X/fulltext)

BMJ誌論文: <http://www.bmj.com/content/347/bmj.f5432>

DFT報告: <https://www.gov.uk/government/speeches/night-flying-restrictions-at-heathrow-gatwick-and-stansted>

RANCH研究: http://www.teamsofangers.org/publication/medical_journal_articles/Noise.pdf

航空機騒音と虚血性心疾患の関係について *

四 倉 正 之 **

はじめに

心疾患は長年にわたり日本人の死亡原因の第2位の位置を占めている。ちなみに1位は悪性新生物すなわち癌、3位が肺炎、4位が脳血管疾患である。なお2011年までは脳血管疾患が3位であった。本稿の主題である騒音は身体に対してはストレス、すなわちストレスの原因となり、人体にさまざまな悪影響を与える。そのひとつが自律神経系に対する作用であり、交感神経の緊張をもたらす。交感神経の緊張は高血圧や虚血性心疾患などの循環器疾患の発症の原因となることが知られている。

航空機騒音もその他もろもろの騒音と同様にストレスとなり循環器系に影響していると思われるが、残念ながら本邦における研究報告は少ない。ここでは、おもに諸外国の研究をもとに航空機騒音と循環器疾患、特に虚血性心疾患の関係について考える。

虚血性心疾患の概要と冠危険因子

虚血性心疾患が心疾患のうちでも特に重要視されているのは、循環器疾患のうちでは最多の死因であり、特に急性心筋梗塞は死亡率が高いことも理由のひとつであるが、他の心疾患と異なり、ある程度は予防が可能であり、さらに発症直後の医療体制が予後に大きく影

響することが最大の理由である。

虚血性心疾患は冠動脈疾患ともいうように、心臓の栄養血管である冠動脈が粥状硬化（動脈硬化の代表で血管壁内にコレステロールの塊である粥腫が形成される）による狭窄や粥腫の破裂により生じた血栓（血の塊）による閉塞などで、心筋に酸素不足のダメージを与える疾患である。冠動脈造影で直径の50%以上の狭窄がみられる場合を有意狭窄といい、有意狭窄が存在すると、狭心症や無痛性心筋虚血が出現するようになる。狭心症は、歩行などの労作時に冠動脈の狭窄のため心筋の酸素需要の増加に対して供給が不足し、胸痛が出現する疾患である。胸痛は安静により数分間で消失する。このとき心電図に特有の所見がみられるが、労作時に心電図所見のみが出現し胸痛を伴わないことがあり、これを無痛性心筋虚血という。これらはいわば急性心筋梗塞の前段階であるが、前段階を経ずに急性心筋梗塞を発症することも少なくない。

急性心筋梗塞は急速に冠動脈が閉塞することにより心筋が壊死に陥る疾患であり、激しい胸痛が持続し、未治療の場合は、致死的不整脈、心不全、ショックなどにより死亡率が30%から40%の高率になる。急性心筋梗塞が発症するためには数分から数時間の短時間で冠動脈が完全に閉塞しなければならない。この短時間での冠動脈の閉塞は血栓が原因であり、血栓は粥腫が破裂し血液と接することにより生じる。血栓が存在しても不完全な閉塞の場合は狭心症の状態にとどまるが、これを不安

* Relationship between aircraft noise exposure and ischemic heart diseases

** 杏林大学保健学部教授

定狭心症という。また血栓による冠動脈の閉塞時に致死的不整脈が生じて死亡した場合を虚血性心臓突然死という。これらの血栓が病態の本質となっている急性心筋梗塞、不安定狭心症および虚血性心臓突然死をまとめて急性冠症候群という。なお血栓を伴わない狭心症を安定狭心症といい、この場合は不安定狭心症とは異なり、急性心筋梗塞に進展することはない。

虚血性心疾患をきたしやすい要因を冠危険因子といい、脂質異常症（高LDLコレステロール血症、低HDLコレステロール血症、高トリグリセリド（中性脂肪）血症）、糖尿病、高血圧、喫煙、肥満、メタボリック症候群、虚血性心疾患の家族歴、男性、加齢、A型性格（積極的で責任感の強い性格のことで、血液型のことではない）、ストレスなどがあげられる。通常、騒音は冠危険因子に数えられてはいないが、ストレスの一種であるため冠危険因子ではないとはいえない。冠危険因子は動脈硬化を進展させる因子でもある。虚血性心疾患の予防は、冠動脈の動脈硬化を進展させないこと、すなわち冠危険因子を除去することである。

航空機騒音の循環器系への影響

人間は16Hzから20000Hzの音を聴取することができる。外耳道から内耳に到達した音は内耳の蝸牛器官で細胞の脱分極電位に変換され、聴神経を介して脳幹の聴神経核に伝達される。そこから、より高次の上オリーブ核、外側毛体、視床などを経て、大脳皮質の聴覚野に達する。この蝸牛から聴覚野までの求心路は確定しているが、音に対する体の反応を神経を介して各部位に命じる遠心路についてはまだ不明の点が多い。

騒音に対して人間はさまざまな反応を示す。突然の大きな騒音に対してはとっさに耳を塞いだり、音源の方向を向いたりする運動性の反応がみられるが、特に反復性ないしは

持続性の騒音は人体にはストレスとして作用し、交感神経を緊張させ、内分泌系では副腎からのカテコラミンやステロイドホルモンの分泌を亢進させる。これらの反応は循環器系などに対してはさまざまな疾患を惹起する方向に作用している。すなわち交感神経の緊張は、血圧の上昇、心拍数の増加、不整脈誘発などをきたし、カテコラミンは血糖上昇や免疫能低下などをきたす。しかし生活環境における騒音が実際にこれらの反応を惹起しているのかどうか、さらに惹起しているとしても疾患を発症させるほどのものなのかどうかは、実地の調査研究を待たなければならない。

騒音と虚血性心疾患の危険因子のひとつである高血圧の関係は、欧州のいくつかの報告¹⁾において明らかな因果関係が示されている。道路交通騒音は、パンチェボの3,622名の住民の調査²⁾では高血圧を有意に増加させ（オッズ比1.8）、ベオグラードの2,503名の住民の調査³⁾でも高血圧を有意に増加させた（オッズ比1.58）。カナウスやスコピエの調査でも同様の結果が得られており、リトアニアでは妊娠中の女性の血圧を上昇させることが報告されている⁴⁾。

道路交通騒音と虚血性心疾患の関係については、55歳から64歳の男性の急性心筋梗塞の発症のリスクを有意に増加（相対危険度1.92）させたとの報告⁴⁾がある。またデンマークの50,753名を対象としたコホート研究⁵⁾で、急性心筋梗塞の発生率比は10dBあたりの1.12増加することが示された。

航空機騒音と血圧の関係については、エリクソンら⁶⁾は40歳から60歳の2,037人を対象にした10年間の追跡調査の結果、50dB以上の航空機騒音の曝露は高血圧のリスクを20%上昇させることを報告している。またヨーロッパの空港の近隣在住の45歳から70歳の4,861名の成人を対象としたHYENA研究⁷⁾では、夜間の騒音レベルが40-44dB以上になると10dB増加ごとに高血圧が14%増加することを見いだした。

しかし昼間の航空機騒音では高血圧はわずかに増加するが統計学的な有意な関連は認めなかった。ドイツのケルンとボン空港で809,379名の多数を対象とした調査⁸⁾では、高血圧と夜間（午前3時から午前5時）の連続航空機騒音の有意な関係が示された。特に女性で40dBから45dBで航空機騒音なしの対照群より高血圧の27%の増加が、46dBから61dBで66%の増加が、男性では46dBから61dBで24%の増加が認められた。これらの研究成果を踏まえて、航空機騒音を昼間は60dB以下、夜間は50dB以下に制限することを推奨し、さらに小児、高齢者、慢性疾患患者などを保護するためには、より厳しく昼間は55dB以下、夜間は45dB以下にまで制限することを推奨している⁹⁾。

またロンドンのヒースロー空港の調査¹⁰⁾では、昼間の航空機騒音が63dB以上の地域は、51dB以下の地域と比較し、脳卒中の相対危険度1.24、冠動脈疾患の相対危険度1.21、心血管疾患の相対危険度1.14であり、夜間の航空機騒音55dB以上の地域は、50dB以下の地域と比較し、脳卒中の相対危険度1.29、冠動脈疾患の相対危険度1.12、心血管疾患の相対危険度1.09であった。

これらの報告が示しているように、ある一定レベル以上の航空機騒音は高血圧の発症要因となっていることは間違いないであろう。しかし冠危険因子である高血圧の増加により虚血性心疾患も増加しているかどうかについてや、高血圧とは独立して虚血性心疾患を増加させているかどうかについては、まだ議論の余地を残している。

航空機騒音と急性心筋梗塞の関係

航空機騒音と急性心筋梗塞の関連についての報告は少ない。スイスのコホート研究の460万人以上から抽出した心筋梗塞死亡例についての分析では、15年間以上同じ場所に居住した例において、60dB以上の航空機騒音に曝された場合と40dB未満の場合のCox比例ハザード比は1.5であり、有意な関連を認めた¹¹⁾。一

方、15年未満の居住者では統計学的な関連性は認めていない。この結果は、航空機騒音と急性心筋梗塞との関連はそれほど強くないことを示唆しているともいえる。

実験的に一晩のみ模擬航空機騒音に暴露させたところ、アドレナリンの分泌の増加と血管内皮機能の低下がみられたという、興味深い報告がある¹²⁾。アドレナリンの分泌亢進は急性心筋梗塞の発症の要因のひとつとされており、血管内皮機能の低下は動脈硬化の原因のひとつであり、また結果でもあり、粥腫の破裂すなわち急性心筋梗塞の発症の要因のひとつでもある。わずか一晩でもこのような変化がみられるにもかかわらず、15年間暴露しなければ発症に有意差がみられないのは不可解でもあり、今後の研究が待たれる。

おわりに

航空機騒音はおもに自律神経系を介して循環器系に影響していることが判明している。これらの影響は高血圧、虚血性心疾患などのさまざまな疾患を惹起する方向に作用している。しかし虚血性心疾患に関してはまだ報告が少なく結論は出ていないともいえる。将来、さまざまな冠危険因子が克服された後には騒音が重要な危険因子としてクローズアップされる可能性も否定できない。

本邦では航空機騒音も含めた生活環境における騒音と循環器疾患に関するデータの蓄積は欧米と比較し十分とはいえない。今後の騒音対策のためにも大規模な調査研究の必要性を痛感する。

参考文献

- 1) Argalášová-Sobotová L. et al.: Environmental noise and cardiovascular disease in adults: research in Central, Eastern and South-Eastern Europe and Newly Independent States. *Noise Health* 15 (2013):22-31.
- 2) Belojevic G. et al.: Prevalence of arterial hypertension and myocardial infarction in relation to subjective

- ratings of traffic noise exposure. *Noise Health* 4 (2002):33-37.
- 3) Belojevic GA, et.al.: Nighttime road-traffic noise and arterial hypertension in an urban population. *Hypertens Res* 31(2008): 775-81.
 - 4) Grazuleviciene R, et al.: Traffic noise emissions and myocardial infarction risk. *Pol J Enviro Stud* 13(2004): 737-41.
 - 5) Sørensen M, et al.: Road traffic noise and incident myocardial infarction: a prospective cohort study. *PLoS One* 7(2012):e39283.
 - 6) Eriksson C, et al.: Aircraft noise and incidence of hypertension. *Epidemiology* 18(2007): 716-72.
 - 7) Jarup L, et al.: Hypertension and exposure to noise near airports – the HYENA study. *Environmental health perspectives* 116(2008):329-33.
 - 8) Greiser E, et al.: Night-time aircraft noise increases prevalence of prescriptions of antihypertensive and cardiovascular drugs irrespective of social class – the Cologne-Bonn Airport study. *J Public Health* 15(2007): 327-37.
 - 9) Kaltenbach M, et al.: Health consequences of aircraft noise. *Dtsch Arztebl Int.*105(2008): 548-556.
 - 10) Hansell AL, et al.: Aircraft noise and cardiovascular disease near Heathrow airport in London: small area study. *BMJ* 347 (2013):f5432.
 - 11) Huss A,et al.: Aircraft noise, air pollution, and mortality from myocardial infarction. *Epidemiology* 21(2010):829-36.
 - 12) Schmidt FP,et al.: Effect of nighttime aircraft noise exposure on endothelial function and stress hormone release in healthy adults. *Eur Heart J* 34(2013):3508-3514.

エッセイ

温泉ホッピング*

平 澤 愛 祥**

日本人の温泉好きは世界でも有名。私もその一人で温泉大好き人間の一人です。温泉にまつわる話には事欠かないほど経験豊富とうぬぼれていますが、体験した温泉は自分としては多いと思っても、実は数少ない。それほど日本には至る所に温泉が湧き出ている。地学的な知識によれば、火山国であるがゆえに、温泉が豊富ということであり、また東日本大震災に見舞われたようにいつ何時大災害に遭遇しないとも限らない国土に私たちは住んでいる。

自分の記憶で最も古い温泉行は、運輸省に入省後の研修で宮崎に行った際、帰りに同期の仲間と行ったえびの高原の温泉です。今となっては余り記憶も定かではありませんが、露天風呂にも入ったはずです。それから40年後に再度行ってみました。その時は台風襲来の後で、お湯が枯れていてすごすご帰ってくる羽目になりました。温泉は一見無尽蔵に噴出してくるようなイメージがあるのですが、よくよく聞くと使いすぎれば湯量が少なくなるわけですし、地域開発が進めば湯脈が変化してしまうとか、温泉との付き合いには、結構微妙なところがあるようです。温泉を楽しむには、自然環境との共生が不可欠と思います。

最近では都会でも…温泉と名乗る施設を良く

見かけるようになりました。地下1500m位の深さから地下水をくみ上げれば、それはみんな熱い湯とのこと、考えようによっては、何万年か前に地下にしみ込んだ地下水が、現代に帰ってきているのかもしれませんが。何かロマンチックなストーリーになりますね。でも・・・どこか人工的な雰囲気を感じられるので、私としてはやはり自然と湧き出てくる温泉に惹かれるのです。

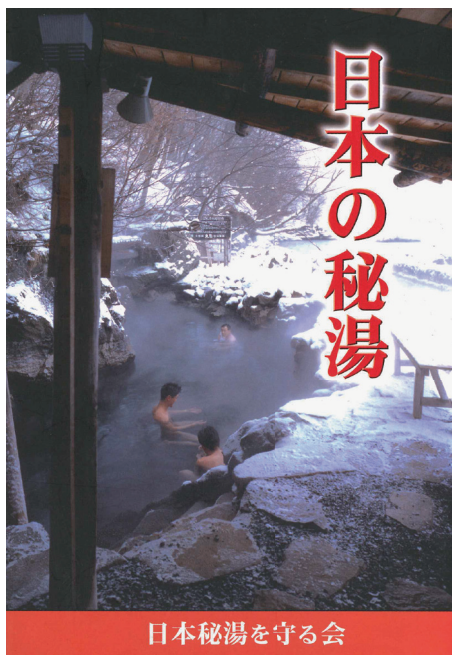
私の温泉探訪は、年代を重ねてはいるのですが、頻繁に出かけるようになったのは、ここ10年ほどです。「日本の秘湯」（日本秘湯を守る会監修）は、私の温泉バイブルで、探訪計画を立てるときにはいつも参考にさせてもらっています。温泉好きの友達と出かけるようになってからは、年に2～3回の頻度で、ときには1泊二日の行程を車で、もしくは日帰り、そのため行動範囲が限られますから、せいぜい信州や群馬のあたりまで、時には福島あたりまでとなります。逆に一人で出かけるときには、青春18きっぷを利用して、ゆったり車窓を楽しみながら出かけます。時には蒸気機関車や電気機関車の運行スケジュールに合わせるなど、メニューは盛りたくさん、でもできるだけ経済的に行程を組みます。出掛けるまであれこれメニューを工夫しながら行程を組み立てていくのも楽しみです。

ただ鈍行列車に出かけると、今では不便の上ありません。途中途中で乗り継ぎの電車を待ち合わせするなど、時間効率はめっちゃう

* Hot Spring Hopping

** 三菱航空機(株)顧問

ちゃ悪いのですが、その都度駅の周辺を合わせて探訪できるので、別の面白さがあります。こんな時に降り立つ地方の中核都市が、寂れた駅周辺の姿をさらしているのは珍しくなくなっていました。そのようなときに、どうすれば地方を活性化し、地方と地方との交流を盛んにすることが出来るのかなど思い巡らすことが多々あります。航空業界との関わりの中で半生を過ごしてきた私としては、高速鉄道との競合が厳しくなる一方で、少子高齢化や人口減によって、国内航空の旅客需要は減少する傾向にありますし心穏やかではありません。地方と地方との交流が促進されれば必然的に航空需要が高まると信じているのですが、そのためにもまず、地方の中核都市を元気にすることが必要との思いが強くなってきます。ここではそのようなことにも思いを馳せたなあと思いつつ、表題にあるような温泉探訪を紹介したいと思います。何らかのエピソードがついている温泉探訪は忘れることができません。まずはそんなところからご紹介したいと思います。



日本の秘湯の写真
出典：(株)朝日旅行会発行「日本の秘湯」

河原の温泉（尻焼温泉）

群馬県の六合村近くに川の中にお湯が湧き出てくる尻焼温泉があります。当然全くの露天風呂です。多少簾で覆っている湯もありますが、圧巻は河原の方ですね。出掛けたのは夏の盛りでしたが、湯温は私には低めで、少々物足りなかった。周りを見ると、男性は裸、女性は水着でゆったり入っています。川底からぼこぼことお湯が湧き出てくるのを感じることができるのです。しかし、この時の記憶は今でも鮮明です。なにしろ、川をせき止めているコンクリート製の堰の上を歩いているとき、滑って転げ、2段下の滝つぼにもんどり転げ落ちてしまったのです。素っ裸で、体重70kgの体が転げ落ちたのですから無傷でいられるはずがありません。でも、幸いなことに落ちた滝つぼが深かったせいか、川底に打ち付けられずに済んだおかげで、軽傷で済みました。この時同行していた私の温泉友達は、危ないなとは思ったとのことですが、落ちていく様にただ呆然とするばかりで、なんら術もなかったそうです。それはそうですね。なまじ手助けされていたら、道連れにただけだったかもしれないのですから。腕の擦り傷程度と思ったのですが、帰宅後心配になって医者に見てもらったところ、肋骨にひびが入ってはいました。お医者さんに言わせれば、少々の打撲でも肋骨は簡単にひび（骨折と変わらないそうですが）がはいるとのことでした。

この時以来、無茶な行動はしてはならないと自戒しています。特に川ごけが生えているとぬるっとしていて、想像以上に滑りやすいですね。自然の真ただ中にある露天は、自然と共存しているだけに魅力いっぱいではありますが、最新の注意が必要であると痛感した出来事でした。

七味温泉

信州の山奥、松川溪谷沿いにある秘湯。宿

は2～3軒あったように記憶しています。出掛けしたのは、学校が夏休みに入る直前の時期だったため、温泉宿には友達と私の二人だけでした。ここで印象深いのは、宿の女将さんに、今日のお客さんは（私たち男）二人だけなので、男湯でも女湯でもどちらに入ってもよいですよ、と宣告されたことです。こんなことを言われたのは、いまだもってこの時だけです。こんなエピソードがあると忘れるわけにもいきませんね。世の中には、日によって男湯と女湯を交互に入れ替えている温泉もあるわけですから、別に何ら興奮することはないのですが……。溪流の音を聞きながらの露天風呂は何とも言えない心地よさ。秋の紅葉の時期には、すばらしい光景が広がっているそうです。

薄暗いランプの灯る温泉では、何やらよくわからないことにも出会います。

湯に入った時、何やら白いものがたくさん浮かんでいて……。いったい何なんだろうと訝ったのですが、正体は湯の花でした。明るいところで見れば驚くことはないのですが、裸電球の薄暗いところで体の周りに浮いていると、ちょっぴり気味が悪いですね。山奥の宿には普段お目にかかれぬ貴重な味があります。岩魚の骨酒。下戸に近い私でもこのような機会には少々いただきます。香りもよくすいすいと飲めるので楽しくなります。でも温泉に出かけた際には、そこは自制、自制。飲み過ぎて肝心のお風呂に入れなくなってしまったのは元も子もありませんから。

白骨温泉

私の生まれは長野県の伊那谷の奥にある寒村で、コヒガン桜で有名な高遠の近くです。この桜を友達に紹介したく、諏訪湖畔にある片倉の湯に入り、白骨温泉に泊まって、高遠の桜を見て帰る行程を組んだことがあります。片倉の湯は、温泉好きなら一度は浸かっているでしょうね。かつての栄光の企業、片倉絹

糸の歴史が詰まったような温泉です。女工哀史の時代には、きっとこのあたり一帯が栄えていたのではないかと想像できるような、建物からしてとても由緒ある造りですし、お風呂がこれまた非常にきれい、立ったまま入れる深さで非常にゆったりした気分になれます。まるでローマの風呂ではないかと錯覚してしまうほどです。塩野七生さんの小説によれば、古代ローマ人は無類のお風呂好きだったとか、そんなことが頭をよぎると、ローマに行ったような気分にさせてくれますね。

余談ですが、諏訪湖畔では毎年夏に花火大会があります。特に8月15日は最大の規模で行われます。この片倉の湯から、湖畔で打ち上げられる花火を眺められたら最高の気分だろうなと思い、ある年チャレンジしてみました。夏の盛りですから、お風呂に入り夕涼みに花火を見るなんて、すばらしいアイデアでしょう？でもみなさん、残念ながら当日は一般客を受け入れてくれません。どうやら関係者だけが楽しめるようになっていて、私ら凡人はシャットアウトです。残念でした。

話は戻って、白骨温泉です。出掛けた時期は、5月の連休前。片倉の湯、白骨温泉、高遠の桜とどれも魅力的、重要な三大テーマを抱えていたため、このような時期となったのですが、気候をよく調べておかなかったのが禍。この時期白骨温泉あたりはまだ雪に覆われていました。上高地に至る道沿いにある沢渡までは、道路も除雪され、快適な運転でしたが、左に折れていくと山道に入り、温泉にたどり着くまでは雪道に残されている轍の後をゆるーり、ゆるーりと辿る羽目になり、それはそれは、結構難儀をしました。大きな公共の露天風呂は、5月の連休から営業を始めるとのことで、まるで広い広場のように湯は抜けていて、残念ながら堪能できませんでした。しかしながら旅館で入った白濁の温泉には、感激して、これが白骨温泉の湯だーと、はしゃいでいたのですが、後日一緒に出

掛けた温泉友達からの電話には驚かせられました。白骨温泉で、草津の入浴剤を使用していたとマスコミ報道されていることを知らされたのです。しかもその旅館は、まさに私たちが泊まったばかりの旅館でした。白骨温泉は当時乳白色のお湯が人気だったのですが、湯量が足りなくなったようです。でも不思議なことに、驚きはしたもの、別に怒りは湧いてきませんでした。だって、そのようなからくりを見破れなかったのですし、後々マスコミの話題となるような有名な？温泉に泊まったことだし、そもそも結構堪能したのですから。私の温泉体験は、まだまだ極めて未熟者です。

砂風呂

砂風呂といえば指宿温泉、指宿温泉といえば砂風呂とこのように覚えていましたが、群馬県にも砂風呂がありました。川原湯です。民主党政権時代、公共工事政策が迷走し、話題となったハッ場ダムの計画地です。計画は、二転三転。私が出かけた時期、ダム計画は凍結されていた頃ですが、吾妻溪谷沿いの道路改造は既にほとんど完成の域に近づいていて、これでダム工事が中止されたら、どうなるのだろうかと思った程です。川原湯は、源頼朝が立ち寄った記録があるくらい歴史的には古くから存在する温泉です。しかしながら、ダム計画によって温泉宿は既に移転を計画、砂風呂も移転直前の体験となりました。砂風呂は、体中がじわじわ熱くなってくる感じが何とも言えず気持ち良いですね。移転後はどうなったのかあ。

群馬県は実に温泉の豊富な地域です。どこもそれぞれ個性があって。草津の西の河原温泉は広々としてゆったり入れるし、四万温泉はこれまた魅力的、私にとっての圧巻は、温泉ではなく、上流にある四万湖の紺碧な水面です。なぜあれほどの青さなのかよくわかりませんが、真っ青です。下流の水は特に青味

がかっているわけでもないのに・・・不思議な思いは今も続いています。

鳴子温泉

鳴子温泉は、みなさんご存知のように、JR陸羽東線（奥の細道湯けむりラインの愛称がつけられています）の中ほどに位置する山間の温泉です。このあたり一帯は鳴子峡とよばれる切り立った峡谷です。私にはこけしの故郷としての記憶が鮮明です。50年ほど前、ラジオ工作を趣味としていたことから、あちこちの放送局の受信カードを入手することが楽しみとなりました。いまほど高性能なラジオを作れたわけではなく、何とか受信できる性能に仕立てるのに随分と苦勞してばかりいました。ですから入手できた放送局の受信カードは私の宝物でした。そんな中で、当時の東北放送（JOIR）から入手したカードにこけしの絵があった記憶が極めて鮮明でした。今回それを思い出して、探し出したのが写真のカードです。いま改めてみると宮城県内のあちらこちらでこけしが作られていたことがよくわかりますね。当時は単純にカード集めに没頭してただけで、こけしの見目形に関心があったわけではなく、ましてやその地名にも関心はありませんでしたが…地元に行けばいまでも全く同じこけしが売られているのに驚かされます。

私の温泉探訪では、できる限り共同浴場を探し求めています。経済的だし、また地元の人たちが愛用している温泉に入るのは地域の人たちの生活ぶりも分かります。鳴子にも由緒ある共同浴場があったことを思い出します。JR奥の細道湯けむりラインは、その名の通り、沿線には温泉がずらっと名前を連ねています。私が行ったのはこの鳴子温泉ですが、いつか行きたいを思っているのは、山形県側の瀬見温泉です。JRの駅には、源頼朝に追われて奥州にたどり着いた義経一行、弁慶がなぎなたで地面をたたくと、湯が湧き出

たと、その様な案内書きがありました。瀬見温泉の由来です。鳴子温泉の記述は、平安朝の書物にも表れるというくらいですから、このあたり一帯が歴史的にも古い温泉なのですね。平家物語の中では、平家追討に尽力した義経ですが、勸進帳でも有名なように兄に追われて平泉にまで逃れてきた、その途中で見つけた温泉にはいつか行ってみたい衝動に駆られます。



鳴子のはがき
出典：東北放送JOIR

有馬温泉

関西にある温泉には、旅行で出かけるくらいが関の山で、とても温泉探訪というわけにはいきません。ただ有馬温泉については、当時はまだまだ健在であった伊丹調停団の面々と打ち上げを兼ねて出かけた記憶が鮮明です。大阪空港には裁判の判決、調停団との調停事項など空港活用に様々な制約がありました。私がまだ航空局の環境整備課にいた頃、空港のプロペラ枠をジェットに移行できないだろうという構想が持ち上がりました。当時は国産プロペラ機であるYSがまだ健在ではありましたが、就航して30年近くに及ぶ時期となり、補用品の入手難など、整備コストの上昇が航空会社にとって解決を迫られた課題となっていたからです。特に御巢鷹山の事故以降、経年化した航空機の安全対策が重要なテーマとなっていました。数年に及ぶ交渉を

経て、どうにかYS代替枠として小型ジェット機の就航を理解してもらえることが出来たのですが、その時の打ち上げとして関西の奥座敷である有馬温泉に行ったのです。有馬温泉では、赤茶けた（二酸化鉄の溶け込んだお湯かと思うのですが）お湯に入った記憶があります。

時に激論を交わす相手であっても温泉に入って裸の付き合いをする、すべてを水に流すというわけにはいかないとはいえ、こういう時の温泉は気持ちを和らげる不思議な力がありますね。西洋だったらこの様なときにはどのような手を使うのかなと考え込んでしまいました。

十勝川温泉

最後に北海道の温泉の思い出です。真冬に仕事で出かけた折に、帯広の十勝川温泉に宿泊しました。以前、MU2の製造が最盛期の頃、耐寒試験で行った真冬の帯広は、それは寒く、日の出前の気温は優に -20°C になります。耐寒試験とは、航空機のエンジンを油の粘性が高くなる低温状態に浸けこんで、エンジンを起動させる試験です。そんな寒さの思い出がある帯広ですが、~~は~~初めての体験です。

十勝川温泉は市内を流れる十勝川沿いにあり、秘湯ではなく交通至便なところに位置しています。宿に入り、さっそく露天風呂に浸かったところ、目の前に立札がありました。雪明りに照らされて読んでみると、「この先危険」とあります。何ら変哲もない露天風呂の庭先に、築山とは言えこの先危険とは何があるのか確かめたくになりますね。好奇心旺盛な私は、さっそく露天風呂を出て、雪を踏みしめながら、先に進んでいくと、生け垣があり、その先はどうやら女性風呂のようでした。成程、危険とはこのことかと、奥ゆかしい注意書きに思い至った次第です。

後書き：とても熱くて入れなかった野沢温泉

の共同の湯、黒部川沿いの厳しい自然の中に
たたずむ黒薙温泉など、ご紹介は致しません
でしたが、温泉探訪は思い起こすと切りがあ
りません。温泉に浸っているときの解放感、

リラックス感はきっと現代の忙しい社会の中
で息苦しさを克服できる自然の恵みです。国
内のみならず、海外からの旅行者にも楽しん
でいただけるのではないのでしょうか。

活動報告

研究センターの動き *

平成25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・飛行経路・コンター関係】

- (1) 新千歳空港 Lden 騒音予測コンター作成業務
- (2) 松本空港 Lden 騒音予測コンター作成業務
- (3) 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
- (4) 東京国際空港周辺航空機騒音実態調査
- (5) 県営名古屋空港航空機騒音基礎調査業務委託
- (6) 静岡空港空港周囲部環境保全対策事業費委託（航空機騒音影響調査）
- (7) 札幌丘珠空港航空機騒音調査業務
- (8) 松山空港航空機騒音・飛行経路・地上運用実態調査
- (9) 普天間飛行場における航空機の飛行状況調査業務
- (10) 那覇空港環境影響評価に係る民航機の騒音予測計算作業（追加ケース）
- (11) 大阪国際空港騒音予測コンター図等作成業務
- (12) DREAMS 低騒音運航技術の研究開発に係る音源モデルの検討および測定等業務
- (13) 花巻空港 Lden 騒音予測コンター作成業務
- (14) 調布飛行場航空機騒音影響基礎調査委託
- (15) 航空機騒音基礎データ作成作業
- (16) 東京国際空港における航空機騒音影響検証作業

※ 2月28日現在

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。

【調査研究部】

- (1) 航空環境研究会の実施
- (2) 航空環境の保全に関する動向調査
- (3) 航空機騒音予測技術検討調査
- (4) 航空機運航に伴う温室効果ガス排出量算定モデル・環境影響統合モデルの検討
- (5) 空港周辺における環境と健康に関する疫学的研究
- (6) 航跡観測装置に関する性能向上
- (7) アジア諸国との航空環境に係る情報交流網構築に関する調査

3. 研究発表

【騒音振動関係】

○第42回国際騒音制御工学会／インターノイズ2013における研究発表

- (1) Recent Progress in airport noise modeling taking account of noise due to aircraft ground activities in Japan「日本における航空機の地上騒音を考慮するための騒音予測モデルの最近の状況」
山田一郎（空環協・航空環境研究センター）
[オーストリア共和国／インスブルック市・2013-9]
- (2) Developing a revised method of excess ground attenuation calculation for aircraft noise modeling in Japan「日本における航空機騒音予測モデルのための側方過剰減衰計算式改訂の開発」

* Annual activities of Aviation Environment Research Center

吉岡序（空環協・航空環境研究センター）

[オーストリア共和国／インスブルック市・2013-9]

○日本音響学会平成25（2013）年秋季研究発表会（講演）

- (1) 「公共空間における超指向性スピーカを用いた視覚障害者の移動支援に関する基礎的検討」－距離減衰と反射音が歩きにくさに及ぼす影響－

上田麻理（空環協・航空環境研究センター）、三浦貴大（東大・情報理工）

[愛知・2013-9]

- (2) 公共空間における高周波音の実態調査－その3不快に感じる人に配慮した対策の試み－

上田麻理（空環協・航空環境研究センター）、高橋弘宜（産総研）、太田篤史（横国大）

[愛知・2013-9]

○日本音響学会関西支部「若手研究者交流研究発表会」

騒音・振動

上田麻理（空環協・航空環境研究センター）、宮川雅充（関西学院大学）

[大阪・2013-12]

○日本音響学会2014春季研究発表会

- (1) 高齢者等に配慮した駅の音環境設計のための基礎的検討

上田麻理（空環協・航空環境研究センター）、太田篤史（横国大）、伊積康彦（鉄道総研）

[東京・2014-3]

- (2) 公共空間における高周波音の実態調査－その4不快に感じる人に配慮した対策と経過－

上田麻理（空環協・航空環境研究センター）、高橋弘宜（産総研）、

太田篤史（横国大）

[東京・2014-3]

【環境保健関係】

○日本ウーマンズヘルス学会

- (1) 女性における騒音量と騒音感受性を考慮した環境不快感のストレス影響の検討

後藤恭一（空環協・航空環境研究センター）

[東京・2013-7]

- (2) 大学生が抱えているジェンダーに関する意識

宍戸路佳（横浜創英大）、坂口由紀子（日本医療科学大）、

久保恭子（横浜創英大）、後藤恭一（空環協・航空環境研究センター）

[東京・2013-7]

- (3) 大学生である子どもから見た父母像の特徴

坂口由紀子（日本医療科学大）、宍戸路佳（横浜創英大）、久保恭子（横浜創英大）、後藤恭一（空環協・航空環境研究センター）

[東京・2013-7]

- (4) 大学生のジェンダー意識と親イメージとの関連

久保恭子（横浜創英大）、坂口由紀子（日本医療科学大）、宍戸路佳（横浜創英大）、後藤恭一（空環協・航空環境研究センター）

[東京・2013-7]

○環境科学会

降水の溶存化学種から見た八王子の大気環境Ⅱ

松塚雅博（杏林大）、伊豆田誠史（杏林大）、石川友美（杏林大）、関健介（杏林大）、後藤恭一（空環協・航空環境研究センター）、金子哲也（杏林大）

[静岡・2013-9]

○日本公衆衛生学会学術会議

- (1) 航空機騒音による心身影響に関する検討

後藤恭一（空環協・航空環境研究センター）、関 健介（杏林大）、
松塚雅博（杏林大）、金子哲也（杏林大）
〔三重・2013-10〕

- (2) 学校水泳プールにおける過マンガン酸カリウム消費量簡易測定に関する基礎的研究
関 健介（杏林大）、後藤恭一（空環協・航空環境研究センター）、松塚雅博（杏林大）、金子哲也（杏林大）
〔三重・2013-10〕

4. 広報事業

- (1) 函館空港「空の日」イベントへの参加
「パソコンゲーム」及び「大声コンテスト」に平藪部長代理他が参加・協力した。
〔函館・2013-9〕
- (2) 松山空港「空の日」イベントへの参加
「大声コンテスト」に所長他が参加・協力した。
〔松山・2013-9〕
- (3) 第38回空港環境対策担当者研修の開催
空港周辺地域を管轄する関係自治体等の職員を対象に研修を開催した。
（33名の参加）
〔東京・2013-10〕
- (4) エコプロダクツ2013にパソコンゲームで協力した。
〔東京・2013-12〕
- (5) 研究誌「航空環境研究」No 18号を発刊した。
〔2014-3〕

5. 平成25年度各委員会委員の委嘱状況（別紙のとおり）

6. その他

- ・日本騒音制御工学会平成23（2013）年春季研究発表会に参加
山田所長、上田調査研究部研究員
〔東京・2013-4〕
- ・本部主催全国事務所長会議に出席
山田所長、横森管理部長
〔東京・2013-7〕
- ・日本ウーマンズヘルス学会に参加
後藤調査研究部主任研究員
〔東京・2013-7〕
- ・第5回航空環境研究会開催
講話者：大橋弘教授（東京大学大学院）・桑野園子名誉教授（大阪大学）
〔東京・2013-7〕
- ・日本騒音制御工学会平成25（2013）年秋季研究発表会に参加
山田所長、上田調査研究部研究員
〔熊本・2013-9〕
- ・日本音響学会平成25（2013）年秋季研究発表会に参加
山田所長
〔愛知・2013-9〕
- ・国際騒音制御工学会／インターノイズ2013における研究発表会に参加
上田調査研究部研究員
〔オーストリア国／インスブルック・2013-9〕
- ・函館空港の空の日イベントに「大声コンテスト・パソコン空港クイズ」で協力・参加
平藪管理部長代理、小林総務課主任、中澤調査研究部副主任研究員
〔北海道・2013-9〕
- ・松山空港の空の日イベントに「大声コンテスト」で協力・参加
山田所長、高橋調査役、高田調査研究部長付主任
〔愛媛・2013-9〕
- ・精神保健学会・日本アデクション看護学会に

- 参加
後藤調査研究部主任研究員
[埼玉・2013-9]
- ・航空宇宙産業展セミナー「航空機分野における環境への取り組み」
高橋調査役
[東京・2013-10]
 - ・第6回航空環境研究会開催
講話者：加藤一誠教授（日本大学）・大石勉
専門委員（株式会社IHI）
[東京・2013-10]
 - ・日本母性衛生学会
後藤調査研究部主任研究員
[埼玉・2013-10]
 - ・第38回空港環境対策関係担当者研修開催
山田所長、調査研究部 他
[東京・2013-10]
 - ・ICBEN2014実行委員会（会場視察含む）に参加
上田調査研究部研究員
[熊本・2013-10]
 - ・日本音響学会第128回技術講習会「音響・振動におけるFDTD法の基礎と応用」講習会に参加
菅原調査研究部副主任研究員、中澤調査研究部副主任研究員
[東京・2013-10]
 - ・第72回日本公衆衛生学会総会に参加
後藤調査研究部主任研究員
[三重・2013-10]
 - ・ICAO / CAEP / 10 第1回 ステアリンググループ会議に参加
橋本調査研究部主任研究員、高橋調査役
[アラブ首長国連邦・ドバイ・2013-11]
 - ・日本音響学会関西支部「若手研究者交流研究発表会の第2回実行委員会」に参加
上田調査研究部研究員
[大阪・2013-11]
 - ・電子航法研究所発表会「空港を変えるENRIの技術」に参加
高橋調査役
[東京・2013-11]
 - ・中国広州市白雲空港会社でのセミナー講演（リオン㈱依頼）
山田所長
[中国・広州市・2013-11]
 - ・第7回航空環境研究会開催
講話者：山本憲夫専門委員（独立行政法人電子航法研究所）・尾形三郎専門委員（成田国際空港株式会社）・桂田健専門委員（日本航空株式会社）・宮前利宏専門委員（全日本空輸株式会社）
[東京・2013-12]
 - ・本部主催全国事務所長会議に出席
山田所長、横森管理部長
[東京・2014-2]
 - ・第8回航空環境研究会開催
海外調査の報告・これまでの研究会の概要について
報告者：事務局（空環協 航空環境研究センター）
[東京・2014-2]
 - ・日本音響学会2014春季研究発表会に参加
山田所長、上田調査研究部研究員
[東京・2014-3]
 - ・研究誌「航空環境研究」No18号刊行
[2014-3]

別紙 平成25年度委員の委嘱状況

(平成26年1月31日現在)

件数	件 名	承認日	任 期	氏 名	主 催 者
1	公益社団法人日本騒音制御工学会委員会委員（出版部会委員）	H24.7.5	H24.7.5～ H26.5.31	吉岡 序	公益社団法人 日本騒音制御工学会
2	環境影響評価における アドバイザー	H24.7.20	H24.7.21～ H25.7.20	山田一郎	沖縄防衛局
3	南関東防衛施設地方審議会委員	H24.9.3	H24.9.1～ H26.8.31	山田一郎	南関東防衛局
4	公益財団法人成田空港周辺地域 共生財団航空機騒音調査研究所 所長（非常勤）	H25.3.4	H25.4.1～ H27.3.31	山田一郎	公益財団法人成田 空港周辺地域共生 財団
5	航空機騒音調査に係る検討会 委員	H25.7.4	H25.7.8～ H27.7.7	山田一郎	東京都環境局
6	「放送受信事業調査業務 検討 委員会」委員	H25.7.17	H25.7.17～ H26.3.25	山田一郎	（財）防衛施設周 辺整備協会
7	成田国際空港航空機騒音健康 影響調査委員会委員	H25.7.17	H25.7.17～ H27.3.31	山田一郎	成 田 国 際 空 港 （株）
8	低周波音速測定評価方法等検討 会委員	H25.10.21	H25.10.21～ H26.3.24	平栗麻理 （上田麻理）	（株） オリエンタ ルコンサルタンツ
9	「嘉手納飛行場における騒音度 調査の実施に際しての調査内容 及び調査手法の検討業務 検討 委員会」委員	H25.11.11	H25.11.11～ H26.3.31	山田一郎	（財）防衛施設 周辺整備協会
10	平成25年度高齢者に配慮した 駅音環境の検討委員会委員	H25.12.3	H25.12.3～ H26.3.14	平栗麻理 （上田麻理）	一般財団法人 小林理学研究所
11	「音室効果ガス排出量算定方法 検討会－運輸分科会－」委員	H25.12.19	H25.12.19～ H26.3.31	橋本弘樹	（株） 数理計画
12	「騒音・振動に関する意見交換 会」委員	H26.1.21	H26.1.21～ H26.2.28	平栗麻理 （上田麻理）	（株） 三菱総合研 究所

編集後記

先月は関東地方で数十年ぶりの大雪が降り、交通機関がのきなみ止まり、帰宅に苦労なされた方々が多かったのではと思います。

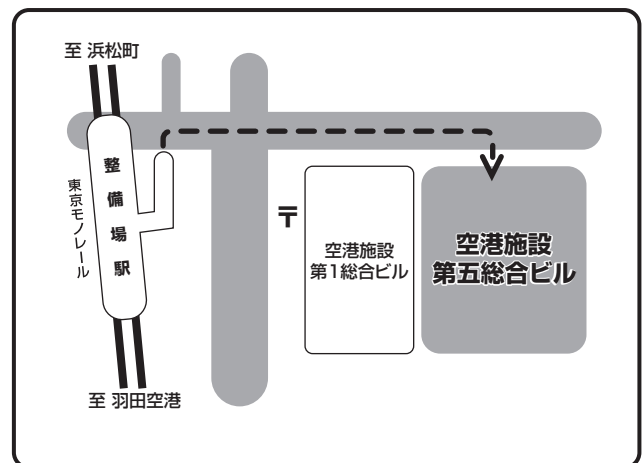
海外でもこの冬は、北米の大寒波で政府機関の機能が止まったり、英国で大雨が降って洪水になったりと、最近、異常気象の話題が世の中をにぎわすことがしばしばになりました。これも地球温暖化と何らかの関係があるのでしょうか。

さて、本誌18号では今年度の当研究センターの業務が近年になく多忙だったため内部の原稿集めに苦勞しましたが、何とか原稿が集まりました。外部の方々のご執筆もあり中身の濃いものになったのではと思います。

「焦点」ではPM_{2.5}についての1編と日本の航空管制についての1編をご寄稿いただきました。「研究報告」では航空環境研究会の平成24年度の活動報告を1編と、航空機騒音予測についての1編、空港周辺住民の意識についての1編と空港等の音環境整備についての1編を掲載しました。「内外報告」

ではICAO/CAEPの最新動向を1編ご寄稿いただき、インターノイズ2013についての記事を1編掲載しました。「航空環境を取り巻く話題」では航空機客室の空気環境と健康影響に関する1編と、航空機騒音と虚血性心疾患の関係についての1編をご寄稿いただき、騒音の心臓疾患リスクについて1編を掲載しました。そして「エッセイ」では温泉についての1編をご寄稿いただきました。

お忙しいところ、ご執筆いただきました各執筆者の方々に深く感謝申し上げます。



航空環境研究センター案内図

航空環境研究 第18号 平成 26 年 3 月 20 日印刷 平成 26 年 3 月 31 日発行 ©2014

発行人 山 田 一 郎

発行所 一般財団法人 空港環境整備協会 航空環境研究センター

144-0041 東京都大田区羽田空港 1-6-5 第五総合ビル4階

電話 (03) 3747-0175 FAX (03) 3747-0738

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

無断転載を禁じます

CONTENTS

PREFATORY NOTE

Aiming to be a platform for aviation environment research activities in Japan	Iseo Daikoku	1
---	--------------	---

FOCUSES

Current status of PM _{2.5} in Japan	Tomoaki Okuda	3
Air traffic management in Japan	Kinuko Hayashi	10

RESEARCH REPORTS

Outline of the Aviation Environment Research Workshop	Kyoichi Goto	17
Airport noise modeling taking account of noise due to aircraft ground operation	Ichiro Yamada	26
A study on airport structure of consciousness around airports residents	Kyoichi Goto	
	Tetsuya Kaneko	35
Sound design environment with consideration for the elderly and disabled people in airport	Mari Ueda	44

DOMESTIC AND FOREIGN REPORTS

Recent trends of ICAO/CAEP	Daisuke Umezawa	50
INTERNOISE 2013	Ichiro Yamada	54

CURRENT TOPICS

Health Ecology in Tourism~Health Effect of Air Environment in Airliner Cabin	Yasushi Dejima	60
Aspect on the risk of cardiovascular disease from environmental noise	Tetsuya Kaneko	
	Kyoichi Goto	67
Relationship between aircraft noise exposure and ischemic heart diseases	Masayuki Yotsukura	72

ESSAY

Hot Spring Hopping	Chikayoshi Hirasawa	76
--------------------	---------------------	----

ACTIVITIES OF AERC

Annual activities of Aviation Environment Research Center	Management Division	82
---	---------------------	----