

## 研究報告

## WHO-EU 環境騒音ガイドラインと社会調査データからみる 騒音施策展開への課題\*

下山 晃司(航空環境研究センター 研究員)

### 1. はじめに

2018年10月にWHO-EU環境騒音ガイドライン<sup>1)</sup> (Environmental noise guidelines for the European Region, 以降、ガイドライン)がWHO欧州事務局によって公表され、世界中の調査・研究機関で様々な議論が行われてきた。

そこで、本稿ではガイドラインの目的及び策定プロセスについて概説したうえで、ガイドラインに関する議論について根拠となった文献に立ち戻って整理・考察を行うと共に、日本での社会調査結果と比較することで、日本の騒音施策に展開するための課題を探る。

### 2. WHO-EU環境騒音ガイドライン

#### 2.1 ガイドライン策定の背景と目的

1999年にWHOより環境騒音ガイドライン<sup>2)</sup> (Guidelines for community noise)、2009年にWHO欧州事務局より夜間騒音ガイドライン<sup>3)</sup> (Night noise guidelines for Europe)が公表された。これらは環境騒音と健康影響に関する調査・研究の契機となり、以降重要な科学的知見が蓄積されてきた。

一方、2010年にWHO欧州事務局管轄エリアの各国を対象とした環境・健康に関する大臣会合 (the 5th Ministerial Conference on Environment and Health in Parma, Italy)にて、いくつかの国から従前のガイドラインの更新及び対象とされていなかった環境騒音(個人用電子機器や風車等)に対するガイドラインの策定が求められた。

このような経緯から、WHO欧州事務局によって2000年以降に世界中で行われた調査・研究結果を対象として、交通騒音(航空機騒音、道路交通騒音、鉄道騒音)に関するガイドラインを更新すると共に、新たに風車騒音、レジャー騒音についてのガイドラインが策定されることとなった。

このガイドラインの目的は「環境騒音から人々の健康を保護する」ことであり、重要な問い (key questions, 表-1)を念頭に策定が行われた。

また、ガイドライン策定グループ(GDG)によると、このガイドラインで得られた科学的結論は世界中の知見を基にしているため「欧州のみではなく全世界に通用するものである」としている。

表-1 ガイドライン策定における重要な問い

- ・ 環境騒音に曝露される一般の人々において、環境騒音を実用的な指標を用いて示し、健康影響を適切な尺度で評価したとき、どのような曝露-反応関係が得られるか？
- ・ 環境騒音に曝露される一般の人々において、環境騒音曝露や健康影響を低減させる対策は効果的なのか？

#### 2.2 ガイドラインの策定方法

ガイドライン策定のプロセスではGRADEシステム(Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation)と呼ばれるエビデンスの質と推奨の強さを系統的に評価する手法が採用された。これによりシステマティックレビュー(系統的に抽出した文献に基づき課題に関するエビデンスについて評価/結論を示す手法)の結果だけでなく、利害関係者を含めたレビューグループによる社会的価値に関する意見(各交通機関が担う社会における役割や利益等)が考慮され、勧告値とその強さが決められていることが特徴である。

策定の主な流れは、まず環境騒音に関する健康影響として6つ健康リスクと各健康リスクに対して基準とする変化(量)(表-2)を定義する。

次にシステマティックレビューを行い、得られた環境騒音と健康影響に関する曝露-反応関係から、基準とする変化(量)を示す騒音曝露量(ガイ

\* Discussions on applying WHO-EU guidelines for Japanese noise policy with socio-acoustic surveys.

ドライン曝露レベル)を特定する。このとき対象文献の調査デザイン(横断/縦断/地域相関)等の様々な格上げ・格下げ要因を考慮して、エビデンスの質(表-3)が決定されている。

また、欧州連合の環境騒音指令<sup>4)</sup>(Environmental Noise Directive, 以降、END)に準拠し、高度睡眠妨害は夜間の等価騒音レベル $L_{night}$ 、その他の健康影響リスクは時間帯補正等価騒音レベル $L_{den}$ が騒音指標として採用されている。

最後に、騒音曝露・騒音対策に関する有効性や利益と損失のバランス、価値判断、公平性、必要資源と実現可能性等の社会的価値に関する意見とエビデンスの質を含めた勧告の強さの決定要因について考慮したうえで、勧告値と勧告の強さ(表-4)が決定される。

### 2.3 航空機騒音による健康影響

航空機騒音による健康影響に関するシステムティックレビューの結果概要(表-5)を示す。これより基準とした変化(量)から、ガイドライン曝露レベルは「高度不快感」で $L_{den}$  45dB、「高度睡眠妨害」で $L_{night}$  40dBと特定された。

続いて、考慮された勧告の強さの決定要因とガイドライン策定グループの主な見解を表-6、表-7に示す。

表-2 健康影響リスクと基準とした変化(量)

健康影響リスク	基準とした変化(量)
虚血性心疾患の罹患	リスク比が5%上昇
高血圧の罹患	リスク比が10%上昇
高度不快感	住民の10%が反応を示す
読解・口頭能力	1か月の遅れが認められる
永久聴力障害	リスク増加なし
高度睡眠妨害	住民の3%が反応を示す

表-3 エビデンスの質の評価とその概要

エビデンスの質	概要
高い	今後の研究により影響を推定する確かさが変化することは殆どない
中程度	今後の研究により影響を推定する確かさに重要な影響が生じる可能性があり、その値は変化するかもしれない
低い	今後の研究により影響を推定する確かさに重要な影響が生じる可能性が高く、その値は変化する可能性がある
非常に低い	どんな影響の推定値も不確かである

表-4 勧告の強さとその概要

勧告の強さ	概要
Strong	<ul style="list-style-type: none"> <li>・たいいていの場合、政策としてそのまま採用できる。</li> <li>・ガイドラインはこの勧告を遵守することによる望ましい影響が、望ましくない影響を上回るという確信に基づいている。</li> <li>・費用、効果及び必要資源を複合的に鑑みた正味の利益に関するエビデンスの質は、この勧告の強さに相当する。そのため、ほとんどの状況において実施すべきである。</li> </ul>
Conditional	<ul style="list-style-type: none"> <li>・政策として採用するには、様々な利害関係者を含めて議論が必要である。</li> <li>・個人/集団に対する費用、効果または必要資源が多である等により、正味の利益に関するエビデンスの質が低いためその効果は不確かである。そのため、適応できない状況もあるかもしれない。</li> </ul>

表-5 航空機騒音による健康影響に関するシステムティックレビューの結果概要

健康影響リスク	対象研究数	対象参加者数	エビデンスの質	ガイドライン曝露レベル	備考
虚血性心疾患の罹患	2	9,619,082	非常に低い	$L_{den} = 52.6\text{dB}$	騒音曝露量10dB上昇によるリスク比は1.09
高血圧の罹患	1	4,712	低い	-	騒音曝露量増加によるリスクの有意な増加はみられなかった
高度不快感	12	17,094	中程度	$L_{den} = 45.4\text{dB}$	
読解・口頭能力	4	-	中程度	$L_{den} = 55\text{dB}$	対象患者数は不明
永久聴力障害	0	0	-	-	基準に合致する研究なし
高度睡眠妨害	6	6,371	中程度	$L_{night} = 40\text{dB}^*$	*40dBで約11%の患者が高反応

表-6 勧告の強さの決定要因と主な見解(騒音曝露・騒音対策に関する有効性)

健康リスクと対策の種類	参加者数(研究数)	対策の効果	エビデンスの質と格上げ・格下げ要因
高度不快感 空港周辺住宅への防音工事の実施	689(1)	・騒音レベルの変化は報告されていない ・防音工事実施により不快感は低減される	非常に低い 格下：研究の限界 非一貫性 不正確さ
高度不快感 滑走路の開設／閉鎖 または飛行経路の変更	2,101(3)	・騒音レベルの変化量の幅が大きかった (-12dB～+13.7dB：多くは±1dBか2dB異なる騒音指標が使用されていた。) ・全ての研究で不快感の変化が認められた	中程度 格下：研究の限界 格上：曝露-反応関係
高度睡眠妨害 飛行経路の変更	1,702(2)	・騒音レベルの変化量は殆ど±1dBか2dB ・両研究で睡眠影響の変化が認められた	低い 格下：研究の限界
子どもの認知能力発達 滑走路の開設／閉鎖 または飛行経路の変更	326(1)	・騒音レベルの変化量は新しい空港で+9dB、古い空港で-14dBであった ・騒音曝露量が増加・減少した場合ともに、子供の認知能力へ様々な影響が認められた ・古い空港の閉鎖で影響が無くなり、新しい空港の開設で影響が現れた	中程度 格下：非一貫性

表-7 勧告の強さの決定要因と主な見解(利益と損失のバランス、価値判断、公平性、必要資源と実現可能性)

<p><u>利益と損益のバランス</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・航空機騒音は空港周辺や飛行経路下の限られた地域にしか影響しないため、影響を受ける人々の数は道路交通や鉄道騒音よりも少ない。しかし、今後も局所的な騒音公害の主要な要因であり続け、その数は増加が見込まれる。また、航空機騒音は他の交通騒音よりも不快であるとされている。</li> <li>・介入(夜間飛行禁止など)を実施することで、健康上だけでなく大気汚染や二酸化炭素排出削減等の環境問題にも効果があり、持続可能な経済発展に繋がると考えられる。</li> <li>・一方、介入を実施すると物流や個人の移動に支障し、国内／国際経済に影響を与える可能性がある。</li> </ul> <p><u>価値判断</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・空港や政府への信頼の欠如は、空港や航空機騒音に対する否定的態度を助長する可能性がある。</li> <li>・過去の運航便数が安定し、将来的にその数が変化しない空港では、運航便数が年々増加している空港とは住民評価が異なると考えられる。(滑走路の新設や運航便数の増便により、地域住民の騒音曝露環境が大幅に変化する。騒音曝露環境の変化自体がひとつの迷惑な要素の可能性もある。)</li> <li>・空の旅は公共性、経済性、事業性において重要な交通手段である。</li> <li>・一般の人々は、飛行機での旅行の利便性を重視する傾向がある。</li> <li>・空港周辺に住む人々は、同様に騒音負担をしない一般の人々とは異なる評価すると考えられる。</li> </ul> <p><u>公平性</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・航空機騒音に曝露されるリスクは社会全体に公平に分配されていない。</li> <li>・社会／経済的地位の低い人々は空港周辺等、より騒音に曝露される地域に住んでいることが多い。</li> </ul> <p><u>必要資源と対策実現の可能性</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・空港周辺への新規住民の流入禁止は、都市計画により実施可能であり、費用効果の高い介入である。同様に、人口の少ない地域の上空に飛行経路を設定すると騒音曝露人口減少につながる。原則としてこれらの介入には直接的なコストは掛からないが、安全上観点から実現可能性は限定的である。</li> <li>・住宅に防音窓を設置する等のパッシブな騒音対策は、実現可能かつ経済的に妥当な対策である。</li> <li>・国際民間航空機関(ICAO)によって提唱された「バランスド・アプローチ」は有効な対策であると考えられる。低騒音機材の導入推進や騒音低減運航方式等の発生源対策をバランスよく進めることで、勧告値を妥当なコストで達成できる可能性がある。</li> </ul>
--



ガイドライン策定グループは、勧告の強さの決定要因とその見解を総合して、

- ・ 航空機騒音曝露による健康リスクへの影響を最小限に抑えることで得られる便益は起こり得る経済的損失を上回ると推測される。
- ・ 様々な価値判断の違いは認められたが、より多数への健康影響の最小化が最優先である。
- ・ 航空機騒音に曝露されるリスクは社会全体に公平に分配されていない。
- ・ 曝露範囲は他の交通騒音に比べて限定的であり、その介入には様々な対策が考えられる。

等と結論付けた。以上より、社会的価値に関する意見とエビデンスの質が考慮されても、航空機騒音に関する勧告値はガイドライン曝露レベル ( $L_{den}$  45 dB、 $L_{night}$  40 dB) のまま変更されず、その勧告の強さは「Strong」とされた。

### 3. ガイドラインに対する議論

ガイドラインが公表されてから世界中の調査・研究機関で様々な議論が行われているが、その中でも特に曝露-反応関係について活発な議論が行われている。そこで、曝露-反応関係の導出方法とその留意点を概説し、導出根拠となった調査・研究について考察を行う。

#### 3.1 曝露-反応関係の導出方法とその留意点

環境騒音に対する曝露-反応関係とは騒音曝露量 ( $L_{den}$ 、 $L_{night}$ ) と住民反応との関係を示したものであり、交通騒音に対する社会反応を把握する手法として広く用いられている。

具体的には、特定の交通騒音に曝露される人々を母集団として、その中から抽出した個人に対して騒音曝露量の推定とアンケート調査を行い、そ

の結果を集積し回帰分析と呼ばれる統計的手法によりひとつの曲線に集約する。

これにより、ある騒音に曝露される人々のうち何%の人々が高度不快感反応を示すか (%HA, %Highly Annoyed)、何%の人々が高度睡眠妨害を受けるか (%HSD, % Highly Sleep Disturbed) という住民反応の指標と騒音曝露量の対応付けが可能になる。

以下に (1) 騒音曝露量の推定と (2) アンケート調査それぞれについて概説する。いずれも曝露-反応関係に大きな影響を与え得るため、その質を確保することは非常に重要である。

#### (1) 騒音曝露量の推定

騒音曝露量の推定方法は、実測と予測に大別される。表-8に航空機による騒音曝露量推定方法とその主なメリット・デメリットを示す。

実測による場合、航空機は他の交通騒音(道路交通騒音、鉄道騒音)とは異なり、気象条件等により日々の騒音曝露状況が大きく異なる。特に短期測定による場合、測定した騒音曝露量が1年間を通じた騒音曝露実態を代表していると言えるか(例えば、年平均の滑走路使用割合が北風運用:南風運用=6:4である空港で夏季のみ調査を行うと南側運用の割合が多い可能性がある等)に注意が必要である。

予測による場合は、運航情報や飛行経路等の予測に必要な情報は得難いが、航空機による騒音に限定して様々な状況に応じた曝露量を面的に推計することができる。

システムティックレビューでは、質の高い情報に基づく予測結果の方がエビデンスの質が高く評価されている。

表-8 航空機による騒音曝露量推定方法の主なメリットとデメリット

推定方法	メリット	デメリット
予測	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 測定環境(暗騒音等)の影響を受けない。</li> <li>・ 設定条件により、1年間を通して平均的な運航時、繁忙期の運航時等の様々な状況下での騒音曝露量を算出できる。</li> <li>・ 騒音コンターによる面的評価が可能である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 運航情報や飛行経路等の必要な情報を得難い。</li> <li>・ 設定条件が適切でないと、実態と乖離する可能性がある。</li> </ul>
実測	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 測定された曝露量は事実である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 測定環境の影響を受ける可能性がある。</li> <li>・ 短期測定(7日間連続測定等)の場合、測定された騒音曝露量が実態として適切でない可能性がある。</li> </ul>

## (2) アンケート調査

交通騒音による高度不快感反応は、International Commission on Biological Effects of Noise (ICBEN) Team 6 により、標準的な質問文と5段階の言語尺度と11段階の数値尺度の両方(表-9)を使用することが提案<sup>7)</sup>され、ISO TS 15666<sup>8)</sup>に採用されている。これを用いて多くのアンケート調査が行われているが、5段階尺度の上位2段階(カットオフ:上位40%)と11段階尺度の上位3段階(同:上位27%)では高度不快感反応の定義が異なる(Highly Annoyedのカットオフ値が違う)ことに注意が必要である。

睡眠妨害も同様に5段階の言語尺度で質問され、上位2段階と回答した回答者の割合が高度睡眠妨害を受けているとみなされる。(ポリグラフによる実験室実験の睡眠影響と区別するために「自己申告による睡眠妨害」とも言われる。)但し、調査者によって睡眠妨害(Sleep Disturbance)と、入眠妨害(Falling Asleep)及び覚醒(Awaking)に区分される場合があるので注意が必要である。

高度不快感や睡眠妨害は、非音響的要因(回答者の年齢、性別等の人口統計学的要因、騒音源に対する態度、音に対する敏感さ等の個人要因、住宅構造等の住宅要因等)が影響すると言われるため、これらについても合わせて調査を行うのが一般的である。しかし、質問票が長くなるとアンケートの回収率は低下し回答者の偏りが生じやすい。回収率は調査方法にも左右される。したがって、考慮すべき非音響要因を取捨選択し、回答しやすいアンケート質問票を作成する等、調査全体をデザインすることが重要である。

表-9 標準質問と5段階言語尺度及び11段階数値尺度の回答肢例(ICBEN Team6, 航空機騒音に関する不快感)

Q: 過去(12ヶ月くらい)を振り返って、あなたは自宅で航空機からの騒音でどの程度悩まされる、あるいは、じゃまされる、うるさいと感じていますか?										
1	2	3	4	5						
まったく...ない	それほど...ない	多少	だいぶ	非常に						
Q: 過去(12ヶ月くらい)を振り返って、あなたが航空機の騒音で悩まされたり、あるいは、じゃまされたり、うるさいと感じる程度を最もよく表すのは0から10までのどの数字でしょうか?										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
まったく...ない										非常に

※太字の回答肢を選択した者が高度不快感反応(Highly Annoyed)を示したとみなされる。

## 3.2 曝露-反応関係導出根拠への考察

### (1) 高度不快感反応の導出根拠となった調査

システマティックレビューの対象となった研究については、ガイドラインとは異なる文献<sup>9)-10)</sup>にレビュー結果がまとめて報告されている。このうち曝露-反応関係導出の根拠となった12空港周辺での調査、6つの研究<sup>11)-16)</sup>についてその概要を表-10に示す。ひとつの研究で複数の調査について報告されているため、曝露-反応関係導出の根拠となった調査には有効回答数欄に○を付し、括弧内にその有効回答数が全体に占める割合を示す。

騒音曝露量の推計及び実測方法に着目すると、ベトナムで行われた調査以外では予測による推計結果を用いているが、その条件は年間の運航情報と繁忙期6か月間の運航情報に基づくものがあり、予測に用いるソフトウェアを含めて予測条件が統一されていない。さらに、騒音予測結果に大きな影響を与え得る飛行経路については明記されていない。実測と予測による曝露量の推計手法及び予測条件が統一されていないことによりどれだけ誤差が生じるかは不明であるが、曝露-反応関係導出に用いられている騒音曝露量にはこれらによる誤差が内包されていることに注意が必要である。

騒音曝露量の欄に着目すると、ガイドラインで勧告値とされた $L_{den}$  45dBは、実測により騒音曝露量を算出しているベトナムの3空港における騒音曝露量の範囲外であることがわかる。したがって、ガイドラインの勧告値は騒音予測結果のみに基づいていると言える。 $L_{den}$  45dBが予測されている9空港は全て欧州の大規模空港であり、この

規模の空港で $L_{den}$  45 dBを達成するための1機当たりの最大騒音レベル $L_{Amax}$ は約55 dBと試算される。(時間帯別の運航回数を滑走路本数によって区分される騒音曝露エリア数で除算して1機当たりの最大騒音レベルを試算した。)

$L_{Amax}$  55 dBとは、直進離陸を仮定した飛行経路直下の地区であれば空港から約40~50 km程度離れた地点で観測される騒音レベルである。これだけ遠方の地区を対象として社会調査を行うとは考えにくい。経路直下の地区ではなく空港側方や飛行経路側方の地域での調査結果ではないかと考えられる。航空機の運航は気象条件等により日々の曝露状況が変化することに加え、空港及び経路側方への騒音曝露は風向等に影響されやすいため、年平均の予測条件による予測結果でその実態をどれだけ捉えることができるかは疑問である。

さらに、日々の曝露状況が大きく変化する地区では、主たる環境騒音源(航空機騒音)とは別の環境騒音(例えば道路交通騒音)にも曝露されていないか、もし複数の環境騒音に曝露される場合は複数の環境騒音に曝露されることにより、不快感が増加する可能性がある。注意が必要である。

一方、航空機騒音に曝露されているのは大規模空港周辺のみではないので、大規模空港以外での調査結果も含める必要があるのではないだろうか。

次に、調査時期に着目すると、6つの調査が新滑走路の運用開始等の段階的な運航状況変化時や空港拡張計画の発表後に行われ、その回答者の割合は全体の約72%を占めている。騒音曝露状況が大きく変化すると過剰に高い反応を示す傾向があること<sup>17-18)</sup>を考慮すると、変化前であっても空港拡張計画等騒音曝露状況が大きく変化する可能性について公表されていれば、その不安感から高い不快感反応を示す可能性は否定できない。

最後に、調査No.1~6はHYENA(Hypertension and Exposure to Noise near Airports) studyと呼ばれる限定された年齢層(45~70歳)への調査であり、その回答者の割合は全体の約28%を占める。中高年層は若年層に比べて高い不快感反応を示しやすいと言われているので、年齢の偏りによ

り不快感反応が高くなっている可能性がある。航空機騒音に曝露される人々の年齢構成や性別等を含めた非音響的要因について偏りが無い結果を根拠とすることが重要ではないだろうか。

### (3) 高度睡眠妨害の導出根拠となった調査

高度睡眠妨害の導出根拠についても高度不快感反応と同様の問題を抱えている。そこで、高度睡眠妨害のシステマティックレビュー結果<sup>19)</sup>から、曝露-反応関係導出の根拠となった6調査、7研究<sup>20-25)</sup>について、主な論点となる概要を表-11に示す。

ひとつの調査で、入眠妨害、覚醒、睡眠妨害について複数質問されているため、ガイドラインではこれらを平均した結果を用いている。しかし、異なる睡眠妨害に関して調査しているため、その結果を平均してひとつの結果に集約するのではなく、各睡眠妨害の曝露-反応関係を導出し、どの睡眠妨害に対して対策を行うか取捨選択できるように提示してもいいのではないだろうか。

高度睡眠妨害の導出根拠の内5調査がベトナムで行われた調査であり、その回答者の割合は全体の約65%を占めている。騒音曝露量は屋外の曝露量がそのまま使用されているが、ベトナムとドイツでは、屋外が同じ騒音曝露量であっても室内の騒音曝露状況は異なるのではないだろうか。具体的には、外気温やエアコンの普及率が異なることで日常的に窓を開けた状態で就寝するかどうか、一般的な建築構造や窓(2重窓か、木枠・金属枠等)が異なることにより室内外レベル差は変わると考えられるがこれらは特に考慮されていない。

発展途上国であるベトナムの主要空港と、欧州の主要空港であるフランクフルト空港では、その離発着機数は大きく異なる。離発着機数が異なれば、同じ $L_{night}$ でもその強度( $L_{Amax}$ )と頻度が大きく異なる。例えば、運航機数が5分の1であれば $L_{Amax}$ は7 dB大きくても $L_{night}$ は同じ数値となる。END付属書Iでは $L_{Amax}$ は補助的な騒音指標と位置付けられ、「覚醒等の特定の健康影響に関する研究や騒音規制で考慮されることがある。」とされているが、ガイドラインでは特に考慮されていない。



表-10 航空機騒音の高度不快感反応に関する曝露-反応関係導出の根拠となった研究の概要

No	空港	調査年	著者/年	予測/実測	予測手法/実測手法及びアンケート調査手法	騒音曝露量	アンケート調査手法	有効回答数	回収率	年齢構成	男女比	備考
1	ヒースロー空港 (イギリス)			予測 (Ancon)	予測手法は、住戸のフロア・ロード(最も曝露される面)にマイクロホンを設置して、2002年と2003年の年間騒音レベルを測定した。予測 (騒音予測)を行った年と2002年と2003年の騒音レベルを比較した。予測 (騒音予測)を行った年と2002年と2003年の騒音レベルを比較した。	$L_{den}$ 45-49.9dB 50-54.9dB 55-59.9dB 60-64.9dB 65-69.9dB	面談法	○ 600 (4%) ○ 972 (6%) ○ 898 (5%)	30%以上 30%以上 46%	45歳~70歳 ※年齢構成は不明	男: 49.3% 女: 50.7% (2467)	2003年に第3滑走路運用開始 (2404) 2001年3月開港 (旧空港から移転) 2005年8月に空港周辺で墜落事故 1998年に空港拡張 その後最悪計画の議論が続く
2	チューガル空港 (ドイツ)	2003	Babisch et al. 2009 <sup>10)</sup>	予測 (INM)	予測点は、不明。 ・ 2001年11月まで世界の運航実績に基づき予測 (2001年11月まで世界の運航実績が減少していたため) ・ 2003年は年間の運航実績に基づき予測 ・ 各住戸の住所とGISを用いて紐づけ ・ 予測のクリットサイズは250m×250m ・ 5年以上居住している住戸を対象に、住民票、騒音コンタクトの予測結果から層別にランダム抽出	$L_{den}$ 30dB-35dB 40dB-45dB 50dB-55dB 60dB-65dB 70dB-75dB に分類	面談法	○ 1816 (11%)	54% (自治体別: 32~90%)	15歳~98歳 平均: 43.37歳 20歳以下: 4% 20-40歳: 33% 40-60歳: 41% 60歳以上: 22%	男: 49.6% 女: 50.4%	2001年と2003年の間に段階的な運用の変更が行われている。 (夕方遅くや早朝の運用が変更されている)
3	アムステルダム空港 (オランダ)	2003	Brink et al. 2008 <sup>13)</sup>	予測 (FLURAL2)	・ 各調査地区(住宅を測定し、屋上1.5m点で測定、マイクロホンを設置して、年間騒音レベルを測定) ・ 航空機騒音予測を特定し、騒音量を推計 ・ 推計された騒音量を各調査地区の代表値とする ・ 飛行経路直下地区を対象とし、各地区100件調査 ・ ノイバイ、9地区、タンソンニャット: 10地区	2001年: 35~70dB 2003年: 29~68dB	電話法 (追加調査)	1209 510	36% (自治体別: 20~50%) 不明	18歳~95歳 平均: 50.89歳 20歳以下: 1% 20-40歳: 28% 40-60歳: 41% 60歳以上: 30%	男: 42.2% 女: 57.8%	道路交通騒音との複合騒音調査も行われているが、航空機騒音による結果のみ記載している。
4	ノイバイ国際空港 (ベトナム)	2009	T.L.Nguyen et al. 2011 <sup>13)</sup>	実測	・ 各調査地区(住宅を測定し、屋上1.5m点で測定、マイクロホンを設置して、年間騒音レベルを測定) ・ 航空機騒音予測を特定し、騒音量を推計 ・ 推計された騒音量を各調査地区の代表値とする ・ 飛行経路直下地区を対象とし、各地区100件調査 ・ ノイバイ、9地区、タンソンニャット: 10地区	$L_{den}$ 48~61dB $L_{den}$ 53~71dB	訪問面接	○ 824 (5%) ○ 880 (5%)	84% 87%	20-39歳: 47% 40-59歳: 41% 60歳以上: 12% 20-39歳: 55% 40-59歳: 34% 60歳以上: 11%	男: 46% 女: 54% 男: 47% 女: 53%	道路交通騒音との複合騒音調査も行われているが、航空機騒音による結果のみ記載している。
5	タンソンニャット国際空港 (ベトナム)	2008	T.L.Nguyen et al. 2012 <sup>14)</sup>	実測	・ 各調査地区(住宅を測定し、屋上1.5m点で測定、マイクロホンを設置して、年間騒音レベルを測定) ・ 航空機騒音予測を特定し、騒音量を推計 ・ 推計された騒音量を各調査地区の代表値とする ・ 飛行経路直下地区を対象とし、各地区100件調査 ・ ノイバイ、9地区、タンソンニャット: 10地区	$L_{den}$ 52~64dB	訪問面接	○ 528 (3%)	84%	20-39歳: 48% 40-59歳: 39% 60歳以上: 13%	男: 47% 女: 53%	
6	アムステルダム空港 (オランダ)	2002	Breugelmans et al. 2004 <sup>15)</sup>	予測 (AZB)	・ 空港から半径40km圏内の66エリア ・ 2005年の最も忙しい6か月間の運航に基づき予測 ・ 対象住宅は各エリア内で層別にランダム抽出	$L_{den}$ 33~72dB $L_{den}$ 43~66dB	面談法	○ 5873 (34%) ○ 2312 (14%)	46.10% 61%	18歳以上 ※年齢構成は不明 17歳~93歳 平均: 53歳 ※年齢構成は不明	男: 52.7% 女: 43.3%	2003年に第6滑走路運用開始 空港拡張計画発表後 (1998~2000年に議論された計画が承認された)
7	フランクフルト空港 (ドイツ)	2005	Schreckenbergs, Meis 2007 <sup>16)</sup>	予測 (AZB)	・ 各調査地区(住宅を測定し、屋上1.5m点で測定、マイクロホンを設置して、年間騒音レベルを測定) ・ 航空機騒音予測を特定し、騒音量を推計 ・ 推計された騒音量を各調査地区の代表値とする	$L_{night}$ 45~58dB (参照地区: 36dB) $L_{night}$ 40~58dB (参照地区: 38dB) $L_{night}$ 40~55dB $L_{night}$ 40~54dB $L_{night}$ 45~62dB $L_{dBN}$ ~22dB	面談法	○ 880 (13%) ○ 2308 (18%) ○ 2312 (35%)	86% (7%) 2308 (18%) 2312 (35%)	870 (7%) 2309 (18%)	2309 (18%)	空港拡張計画発表後

※ひとつの研究で複数の調査報告がされているため、曝露-反応関係導出の根拠となった調査には、有効回答数の欄「○」を付し、括弧内にその構成比率を示す。

表-11 航空機騒音の高度睡眠妨害に関する曝露-反応関係導出の根拠となった研究の概要

No	空港	調査年	著者/年	予測/実測	予測手法/実測手法	騒音曝露量			各設問への回答数			備考
						有効回答数	入眠妨害	覚醒	睡眠妨害	有効回答数	入眠妨害	
1	ノイバイ国際空港 (ベトナム)	2014	Nguyen et al. (2015) <sup>20)</sup>	実測	・ 各調査地区(住宅を測定し、屋上1.5m点で測定、マイクロホンを設置して、年間騒音レベルを測定) ・ 航空機騒音予測を特定し、騒音量を推計 ・ 推計された騒音量を各調査地区の代表値とする	$L_{night}$ 45~58dB (参照地区: 36dB) $L_{night}$ 40~58dB (参照地区: 38dB) $L_{night}$ 40~55dB $L_{night}$ 40~54dB $L_{night}$ 45~62dB $L_{dBN}$ ~22dB	1121 (17%) 890 (14%) 528 (8%) 824 (13%) 880 (13%) 2312 (35%)	1095 (9%) 780 (6%) 512 (4%) 805 (6%) 868 (7%) 2308 (18%)	1093 (9%) 776 (6%) 511 (4%) 804 (6%) 870 (7%) 2309 (18%)	新ターミナル運用開始前 新ターミナル運用開始直後 道路交通騒音との複合騒音調査も行われているが、航空機騒音による調査結果のみ記載している。		
2	ノイバイ国際空港 (ベトナム)	2015	Yano et al. (2015) <sup>21)</sup>	実測	・ 各調査地区(住宅を測定し、屋上1.5m点で測定、マイクロホンを設置して、年間騒音レベルを測定) ・ 航空機騒音予測を特定し、騒音量を推計 ・ 推計された騒音量を各調査地区の代表値とする	$L_{night}$ 45~58dB (参照地区: 36dB) $L_{night}$ 40~58dB (参照地区: 38dB) $L_{night}$ 40~55dB $L_{night}$ 40~54dB $L_{night}$ 45~62dB $L_{dBN}$ ~22dB	890 (14%) 528 (8%) 824 (13%) 880 (13%) 2312 (35%)	780 (6%) 512 (4%) 805 (6%) 868 (7%) 2308 (18%)	776 (6%) 511 (4%) 804 (6%) 870 (7%) 2309 (18%)	新ターミナル運用開始直後 道路交通騒音との複合騒音調査も行われているが、航空機騒音による調査結果のみ記載している。		
3	タンソンニャット国際空港 (ベトナム)	2011	Nguyen et al. (2012) <sup>22)</sup>	実測	・ 各調査地区(住宅を測定し、屋上1.5m点で測定、マイクロホンを設置して、年間騒音レベルを測定) ・ 航空機騒音予測を特定し、騒音量を推計 ・ 推計された騒音量を各調査地区の代表値とする	$L_{night}$ 45~58dB (参照地区: 36dB) $L_{night}$ 40~58dB (参照地区: 38dB) $L_{night}$ 40~55dB $L_{night}$ 40~54dB $L_{night}$ 45~62dB $L_{dBN}$ ~22dB	528 (8%) 824 (13%) 880 (13%) 2312 (35%)	512 (4%) 805 (6%) 868 (7%) 2308 (18%)	511 (4%) 804 (6%) 870 (7%) 2309 (18%)	道路交通騒音との複合騒音調査も行われているが、航空機騒音による調査結果のみ記載している。		
4	ノイバイ国際空港 (ベトナム)	2009	Nguyen et al. (2010) <sup>23)</sup> Nguyen et al. (2011) <sup>24)</sup>	実測	・ 各調査地区(住宅を測定し、屋上1.5m点で測定、マイクロホンを設置して、年間騒音レベルを測定) ・ 航空機騒音予測を特定し、騒音量を推計 ・ 推計された騒音量を各調査地区の代表値とする	$L_{night}$ 45~58dB (参照地区: 36dB) $L_{night}$ 40~58dB (参照地区: 38dB) $L_{night}$ 40~55dB $L_{night}$ 40~54dB $L_{night}$ 45~62dB $L_{dBN}$ ~22dB	824 (13%) 880 (13%) 2312 (35%)	805 (6%) 868 (7%) 2308 (18%)	804 (6%) 870 (7%) 2309 (18%)	道路交通騒音との複合騒音調査も行われているが、航空機騒音による調査結果のみ記載している。		
5	タンソンニャット国際空港 (ベトナム)	2008	Nguyen et al. (2009) <sup>25)</sup>	実測	・ 各調査地区(住宅を測定し、屋上1.5m点で測定、マイクロホンを設置して、年間騒音レベルを測定) ・ 航空機騒音予測を特定し、騒音量を推計 ・ 推計された騒音量を各調査地区の代表値とする	$L_{night}$ 45~58dB (参照地区: 36dB) $L_{night}$ 40~58dB (参照地区: 38dB) $L_{night}$ 40~55dB $L_{night}$ 40~54dB $L_{night}$ 45~62dB $L_{dBN}$ ~22dB	880 (13%) 2312 (35%)	868 (7%) 2308 (18%)	870 (7%) 2309 (18%)	2309 (18%)	空港拡張計画発表後	
6	フランクフルト空港 (ドイツ)	2005	Schreckenbergs et al. (2009) <sup>26)</sup>	予測 (AZB)	・ 各調査地区(住宅を測定し、屋上1.5m点で測定、マイクロホンを設置して、年間騒音レベルを測定) ・ 航空機騒音予測を特定し、騒音量を推計 ・ 推計された騒音量を各調査地区の代表値とする	$L_{night}$ 45~58dB (参照地区: 36dB) $L_{night}$ 40~58dB (参照地区: 38dB) $L_{night}$ 40~55dB $L_{night}$ 40~54dB $L_{night}$ 45~62dB $L_{dBN}$ ~22dB	2312 (35%)	2308 (18%)	2309 (18%)	2309 (18%)	空港拡張計画発表後	

※有効回答数はアンケート調査全体を通しての回答数を示す。また、有効回答数及び各設問への回答数の括弧内にはその構成比率を示す。

以上より、ガイドラインの曝露-反応関係導出根拠には様々な不確かさが内包されており、そのまま騒音施策に展開するのではなく、日本国内延いては空港ごとの状況に応じた調査・研究結果に基づいて検討を行う必要があるのではないだろうか。

#### 4. 日本での騒音施策展開における課題

日本国内で行われた社会調査結果から得た交通騒音に対する曝露-反応関係とガイドラインについて比較・検討を行うことで、騒音施策展開における課題について考察する。

##### 4.1 日本における交通騒音に対する社会調査

日本騒音制御工学会の社会音響調査データアーカイブ(SASDA)にはアジア諸国で行われた交通騒音に対する社会調査の結果が寄贈・集積されている。横島ら<sup>26)</sup>はSASDAに集積されたデータセットに近年の調査結果を加え、日本の各交通騒音の高度不快感に関する曝露-反応関係を導出した。(データセットとは各個人のアンケート回答と騒音曝露量が個人情報の特記不能なフォーマットで対応付けられ調査単位でまとめられたデータであり、ガイドラインでのシステムティックレビューにおける対象研究数に当たるものである。)

SASDAに集積されている社会調査では、睡眠妨害に関するアンケート調査の結果も集積されているが、調査手法(アンケートの設問及び回答)が統一されていない、そもそも夜間運航がない等で導出が難しいため、高度不快感反応(カットオフ値：上位28%)についてのみ比較・検討を行う。

##### 4.2 各交通騒音に対する高度不快感反応

交通騒音別の曝露-反応関係導出に用いたデータセット数とデータ数を表-12に示す。合わせてガイドラインの対象研究数と参加者数を示す。

表-12 高度不快感に関する曝露-反応関係導出に用いたデータセット数とデータ数

騒音源	日本の社会調査結果		WHO-EU 環境騒音ガイドライン	
	データセット数	データ数	対象研究数	対象参加者数
航空機	3	998	12	17,094
道路交通	9	4,805	25	34,112
在来鉄道	10	7,626	10	10,970

これより、日本の社会調査結果はガイドラインに比べると限られたデータに基づいていることが分かる。特に、航空機騒音が顕著である。曝露-反応関係導出に用いるデータ数が少ないと非音響的要因等の様々な影響を受けやすくその確かさの検討が必要である。

そこで、日本の社会調査結果には95%信頼区間(95%CI)を併記することとし、まずは比較的多くのデータに基づいた結果である在来鉄道騒音についてガイドラインと比較を行い、それを踏まえて限られたデータに基づいた結果である航空機騒音に対する社会調査結果について考察する。

##### (1) 在来鉄道騒音に対する曝露-反応関係の比較

日本の社会調査に基づく在来鉄道騒音に対する曝露-反応関係及びガイドラインで示された曝露-反応関係を示す。(図-1)

日本の曝露-反応関係から%HAが10%を示す時の $L_{den}$ は53.4dBであり、ガイドラインの勧告値( $L_{den}$  54dB)とほぼ一致する。このとき95%CIの上限及び下限の範囲は49.6~57.2dBである。

日本とガイドライン(WHO full dataset)の曝露-反応関係は $L_{den}$  54dB程度(%HA=10.3%)まで同様の反応を示しているが、騒音曝露量が増加するにつれて日本の方が高い反応を示すという傾向が見られる。

以上より、ガイドラインと同様の手法・目的で在来鉄道騒音に対して騒音施策を展開するのであれば、そのまま日本でも適応できる可能性があることが示唆された。但し、%HAが10%を示すとき95%CIは約7.6dBの幅があること、その根拠となった曝露-反応関係もガイドラインと日本の調査結果では%HAが10%を超える範囲では異なる傾向を示していることについては、日本の独自の知見に基づいて検討が必要ではないだろうか。

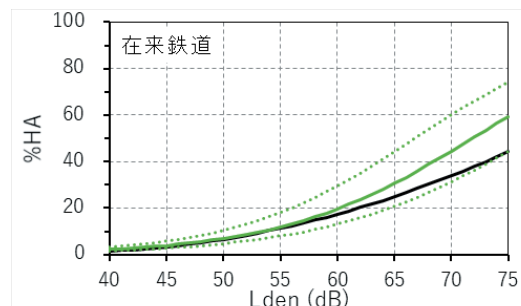


図-1 在来鉄道騒音に対する曝露-反応関係の比較



## (2) 航空機騒音に対する曝露-反応関係の比較

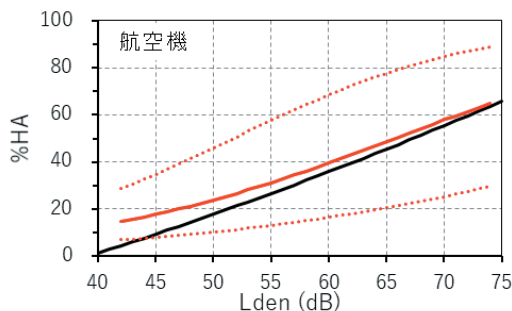
日本の社会調査結果に基づいた航空機騒音に対する曝露-反応関係及びガイドラインで示された曝露-反応関係を示す。(図-2)

日本の航空機騒音に対する曝露-反応関係は在来鉄道騒音に比べて95%CIがかなり幅広いため、基となる社会調査データが不足していると考えられるが、一定の考察は行える。

日本の曝露-反応関係では、最も騒音曝露レベルの低い $L_{den}$  42dBでも%HA14.8%であり、ガイドライン策定の基準とした変化(量)である%HA10%の時の騒音曝露量は算出できない。ガイドラインの睡眠妨害の導出方法に倣えば $L_{den}$  42dBがガイドライン曝露レベルとして適応されることとなる。

今回導出根拠としたのは、1995年から2006年に行われた、大阪国際空港、羽田空港、福岡空港、仙台空港、調布飛行場、熊本空港の計6空港周辺の社会調査結果である。いずれも実測により曝露量を算出している。大阪国際空港のみ常時監視局の測定結果を用いているが、他の空港は短期測定の結果を用いている。このうち $L_{den}$  42dBの地域を調査対象としているのは熊本空港周辺の調査結果のみである。

また、これらは14~25年前の調査結果であり、当時と現在では就航している機材のも異なるため、同じ曝露量であっても、その曝露状況は異なるかもしれない。つまり、新機材導入が進み1機当たりの $L_{Amax}$  が小さくなった代わりに、航空需要の拡大により曝露される回数・頻度が多くなっている可能性がある。一方で、住民の騒音に対する関心は高くなっており、許容される騒音レベルは低下しているかもしれないが、今回のデータではその検証はできない。



※赤:日本の社会調査結果(破線は95%CI)黒:WHO full dataset

図-2 航空機騒音に対する曝露-反応関係の比較

## 5. まとめ

WHO-EU環境騒音ガイドラインには、「環境騒音から人々の健康を保護する」ことを目的にした勧告値とその策定方法が示されている。本稿ではこのガイドラインについて概説し、日本の社会調査結果から騒音施策展開における課題について考察した。

その結果、ガイドラインで示されている勧告値には様々な要因による誤差が含まれており、そのまま日本の騒音施策とすることは難しいと考えられる。そこで、日本の航空機騒音に対する社会調査結果から高度不快感に関する曝露-反応関係を導出しガイドラインで示された結果と比較を行ったが、その根拠となる日本の社会調査はガイドラインと比べると限られた数しか行われておらず、これだけでは日本の科学的知見の根拠としては不足しているのが現状である。したがって、まずは、日本国内の出来るだけ多くの空港において社会調査を実施し、その科学的知見を蓄積することが大きな課題であると言えるだろう。

また、当時は夜間運航が殆ど行われていなかったこともあり、SASDAに寄贈・集積されている日本の社会調査結果では、睡眠妨害に関するガイドライン勧告値とは比較も行えないのが現状である。しかし、現在は夜間運航が行われている空港もあり、今後もその数は増えていく可能性がある。睡眠妨害は、生活スタイル(就寝時間や起床時間等)の影響を受けやすいため、日本と欧州では不快感反応よりも大きく異なる可能性があるため、ガイドラインで示された結果に対して慎重に検討を行う必要がある。日本では統一された夜間騒音対策は行われておらず、空港ごとに対策が行われているが、その根幹である科学的知見については空港ごとに行われた調査を集積・分析して日本独自の知見として纏めたいと一定の見解を示し、その見解に対して空港ごとの状況を鑑みて騒音施策が展開されることが好ましいのではないだろうか。

現在、日本では空港民営化が進んでおり空港運営の形態は変わってきている。これは空港ごとに適切な対策が見直される契機となり得るのではないだろうか。

参考文献

- 1) WHO Regional Office for Europe, Environmental noise guidelines for the European region (2018)
- 2) WHO, Guidelines for community noise, Geneva: World Health Organization (1999)
- 3) WHO Regional Office for Europe, Night noise guidelines for Europe, Copenhagen: WHO Regional Office for Europe (2009)
- 4) EC, Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise (2002)
- 5) Schultz, T. J. "Synthesis of social surveys on noise annoyance," J. Acoust. Soc. Am. 64(2), 377-405, 1978
- 6) Miedema H. M. E. and Vos H. "Exposure-response relationships for transportation noise," J. Acoust. Soc. Am. 104, 3432-3445, 1998
- 7) Fields JM et al., Standardized general-purpose noise reaction questions for community noise surveys: Research and a recommendation, J Sound Vib., 242(4), 641-179, 2001
- 8) ISO/TS 15666:2003 Acoustics - Assessment of noise annoyance by means of social and socio-acoustic surveys.
- 9) R.Guski et al., WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Annoyance, Int. J. Environ. Res. Public Health, 14(12),1539, 2017
- 10) T.Gjestland, A Systematic Review of the Basis for WHO' s New Recommendation for Limiting Aircraft Noise Annoyance, Int. J. Environ. Res. Public Health, 15, 2717, 2018
- 11) Babisch et al., Annoyance due to aircraft noise has increased over the years—Results of the HYENA study. Environ. Int., 35, 1169-1176. 2009
- 12) Brink.M et al., yance response to stable and changing aircraft noise exposure. J. Acoust. Soc. Am., 130, 791-806. 2011
- 13) Nguyen.T.L et al., Comparison of models to predict annoyance from combined noise in Ho Chi Minh City and Hanoi. Appl. Acoust, 73,952-959.2012
- 14) Nguyen.T.L et al., Aircraft and road traffic noise annoyance in Da Nang City, Vietnam. Internoise2012, 2023-3014, 2012
- 15) Breugelmans.O.R.P. et al., Tussenrapportage Monitoring Gezondheidskundige Evaluatie Schiphol, Report 630100001, Rijksinstituut voor Volksgezondheit en Milieu, Amsterdam, The Netherlands, 2005.
- 16) Schreckenberg and Meis, Noise annoyance around an international airport planned to be extended, Internoise2007, 3351-3360, 2007
- 17) Nguyen.T.L et al., Does the community response to noise change? A follow-up investigation on the impact of aircraft noise around Tan Son Nhat Airport after 11 years, Internoise2020, 730, 2020
- 18) Nguyen.T.L et al., Community response to a step change in the aircraft noise exposure around Hanoi Noi Bai International Airport, The Journal of the Acoustical Society of America 143, 2901 (2018); doi: 10.1121/1.5037567, 2018
- 19) M.Basner and S.McGuire, WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Effects on Sleep, Int. J. Environ. Res. Public Health, 15(3), 519, 2017
- 20) Nguyen.T.L et al., Social surveys around Noi Bai Airport before and after the opening of a new terminal building. In Proceedings of the 44th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering, InterNoise, 2015
- 21) Yano, T. et al., Community response to a step change in aircraft noise exposure: The first socio-acoustic survey around Noi Bai Airport in Hanoi. In Proceedings of the International Congress on Sound and Vibration (22ICSV), 2015
- 22) Nguyen.T.L et al., Aircraft and road traffic noise annoyance in Da Nang City, Vietnam. In Proceedings of the 41th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering, InterNoise, 2012
- 23) Nguyen.T.L et al., Community response to aircraft and combined noises in Hanoi. In Proceedings of the 39th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering, InterNoise, 2010
- 24) Nguyen.T.L et al., Social survey on community response to aircraft noise in Ho Chi Minh city. In Proceedings of the 38th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering, InterNoise, 2009
- 25) Schreckenberg et al., Aircraft noise and health of residents living in the vicinity of Frankfurt airport. In Proceedings of the Euronoise, 2009
- 26) 横島ら、交通騒音の曝露 - 反応関係に基づく基準値導出に関する基礎的検討、日本音響学会講演論文集 (2019年9月) pp417-420