技術ノート

キーワード
航空機騒音
ヘリコプター
騒音測定

ヘリコプターの騒音測定とその解析

Measurement and Analysis of Helicopter Noises

藪　勉*　Tsutomu YABU
中嶋良樹**　Yoshiki NAKAJIMA
川田忠裕**　Tadahiro KAWADA

1．はじめに

近年，日本国内のヘリコプターの急増ぶりは目覚ましく，ここ1～2年の新規登録機数は過去平均の3倍くらいにまで達している。また，ヘリポートについても，設置基準の緩和や補助金制度の導入などにより，各地で建設ラッシュといった状況である。このような時節がら，ヘリコプターの騒音問題が徐々にクローズアップされ始めており，ヘリコプターの騒音問題をこのまま放置しておくことは，今後のヘリポートの新設計画に大きな影響を残すだけでなく，やがてはヘリコプター自体が社会に受け入れられない乗物となる恐れがある。

それでは，どのようにすればヘリコプターの騒音問題は解決できるのだろうか。それには低騒音のヘリコプターの開発や，運航方法の改善，防音施設の充実などの解決方法が考えられるが，いずれの方法にしろ，まず適切な騒音評価方法の確立と騒音の規制基準の整備が必要不可欠である。しかしながら現在の日本では，ヘリコプターを特定の対象とした騒音規制はない。このような問題に対処するためにも，ヘリコプター騒音の特徴を十分に考慮した適切な騒音評価方法による騒音規制の基準化が待ち望まれている。

本文では，「野田ヘリポート」を計画するに当たり実施した，ヘリコプターの騒音測定およびその解析結果を報告し，ヘリコプターに適した騒音の評価方法はどのような点に留意すべきかを考察する。

2．ヘリポートの騒音予測

(1)　ヘリコプター騒音の評価単位

飛行場やヘリポートの周辺地域における航空機騒音を評価する場合，単に航空機自体の騒音の大きさだけでなく，航空機の離着陸回数や運航する時間帯といった要素も考慮しなければならない。例えば，騒音の大きなジャンボジェット機が1日1回離着陸する飛行場周辺の住民よりも，騒音の小さなセスナ機が昼夜を問わず離着陸を繰り返す飛行場周辺の住民の方が，より大きな航空機騒音にさらされているといっても過言ではないのである。

航空機騒音の評価単位として，わが国ではWECPNL (Weighted Equivalent Continuous Perceived Noise Level)を使用している。これは昭和48年に環境庁長官によって告示された「航空機騒音に係る環境基準について」で規定されており，この基準値は地域の類型ごとに表-1のように定められている。

表-1　航空機騒音にかかわる環境基準[1)]

地域の類型	基準値（単位：WECPNL）
I	70以下
II	75以下

（備考）I類型：専ら住居の用に供される地域
　　　II類型：I以外の地域であって，通常の生活を保全する必要がある場合

なお，WECPNLは次式で求められる値である。

$$WECPNL=\overline{dB(A)}+10\log_{10}N-27 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

$\overline{dB(A)}$：1日に測定された航空機騒音のすべてのピークレベルをパワー平均したもの。

N：0時～7時の間の航空機の機数をN_1，7時～19時の間の機数をN_2，19時～22時の間の機数をN_3，22時～24時の間の機数をN_4とした場合，次式で算出される値。

$$N=N_2+3N_3+10(N_1+N_4)$$

(1)式のうち，航空機の離着陸回数や運航する時間帯といった要素はNの中に含まれており，夕方の離発着によ

*川田工業㈱航空事業部営業部開発課課長　**川田工業㈱航空事業部営業部開発課

る騒音の影響は昼間の3倍，深夜の影響は昼間の10倍としているのは非常に興味深いところである。

(2)　ヘリコプターの騒音測定

航空事業部では千葉県野田市にヘリポートを設置するため，昨年夏より野田ヘリポート建設に向けて行動を開始した。その過程においてヘリコプター騒音に関する環境アセスメントを行うため，昨年11月に野田ヘリポート建設予定地にて，ヘリコプターの騒音測定を行い，そのデータを基に野田ヘリポートの供用開始時における騒音を予測した。このとき実施したヘリコプターの騒音測定方法，騒音予測の解析手法および解析結果について以下に述べる。

a）使用ヘリコプターおよび飛行方式

騒音測定に使用したヘリコプターは，ロビンソンR22ベータ(JA7744，写真-1)および川崎BK117(JA9674，写真-2)の2機である。

写真-1　ロビンソンR22

写真-2　川崎BK117

ヘリコプターの飛行方法は，図-1に示す飛行パターンを直上通過飛行については2回，離着陸飛行については4回，それぞれの機種に対して実施した。運航状態は重量に関しては通常の使用時に予想される重量とし，飛行速度は巡航速度とした。

b）騒音測定使用機器および測定方法

騒音測定に使用した機器および測定方法は，ISO-R1761に準拠したものとした。すなわち図-2に示す4地点において，普通騒音計(JISC-1502)とレベルレコーダ(JISC-1512)の組合せにより騒音を測定した。これと同時に騒音データをデータレコーダに収録し，後日1/3オクターブバンドで周波数分析を行った。また，環境騒音は飛行終了後に各地点で10分間測定し，5秒100回法により整理した。

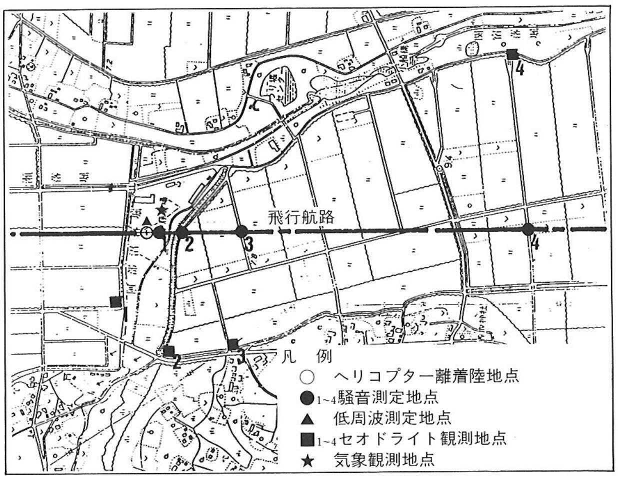

図-2　騒音測定地点

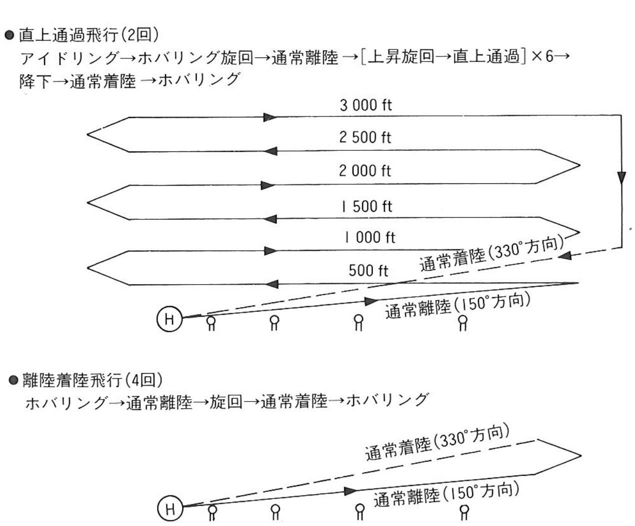

図-1　飛行方法

騒音測定に使用した機器および測定条件を表-2に，騒音測定の概略図を図-3に示す。

表-2　使用機器および測定条件

使用機器	型　式	測定条件	
騒音計	NA-09 (リオン)	聴感補正回路 マイクロホン高さ メータ感度 防風スクリーン使用	C特性 地上1.2 m slow
レベルレコーダ	LR-04 (リオン)	ペン動特性 紙送り速度 測定レンジ	slow 3 mm/s 50 dB/100 mm
データレコーダ	R61DC (ティアック)	記録方法 周波数特性 *SN*比	DR，FM併用 DR：DC～625 Hz FM：50～8 kHz DR：35 dB FM：50 dB
1/*N*オクターブ 実時間分析器	SA-26 (リオン)	周波数範囲 (中心周波数による) 時定数 サンプリング間隔	31.5～8 kHz (1/3オクターブ) SL，slow 1秒

注)環境騒音は，A特性。

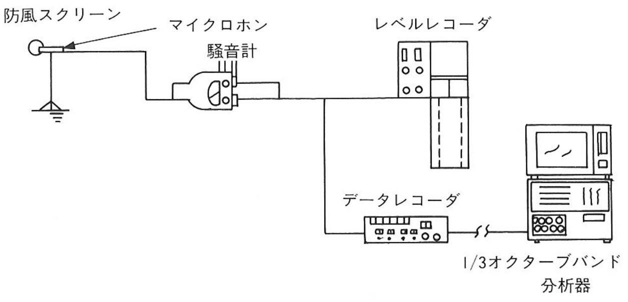

図-3　騒音測定概略図

ヘリコプターの主要な騒音源であるメインローターは，1秒ごとに数回の割合で回転している。したがって，メインローターから発生する騒音の基本的な周波数は，数Hzから数十Hzのものが多く，普通騒音計では測定が困難である。このため図-2に示す1地点で，低周波音測定を行った。低周波音測定に使用した機器を表-3に，また測定の概略図を図-4に示す。

表-3　使用機器および測定条件

使用機器	型式	測定条件
低周波マイクロホン	MV-03（リオン）	周波数範囲　1～500 Hz
振動計	VM-14B（リオン）	周波数補正回路　VAL 周波数範囲　1～90 Hz
1/Nオクターブ実時間分析器	SA-26（リオン）	周波数範囲　2～80 Hz （中心周波数による）（1/3オクターブ） 時定数　SL, slow サンプリング間隔　1秒

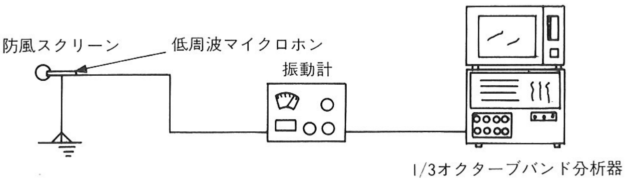

図-4　低周波音測定概略図

音は空気中を伝搬する過程で，その一部を空気に吸収されてしまう。音の空気減衰は空気の温度，湿度，および音の周波数に関係している。したがって騒音を評価し予測するためには，基準となる大気状態に補正する必要がある。一般に騒音を取り扱う場合，基準となる大気状態は，温度25℃，湿度70％である。

温度，湿度，周波数のほか，音の伝搬に影響を与えるものに風と大気中の温度分布がある。しかしながら，風の影響や大気中の温度分布を取り扱うことは複雑なため，今回は考慮せずに風速5 m/s以下の時にのみ測定を行った。気象観測に使用した機器を表-4に，観測の概略図を図-5に示す。

また，ヘリコプターと騒音計との距離を明らかにするため，飛行予定航路に沿って図-2に示す位置にセオドライト4台を設置して観測した。さらに後日，得られたデータを基にヘリコプターの航路および高度を求め，実際のヘリコプターの航跡を明らかにした。

表-4　使用機器および測定条件

使用機器	型式	測定条件
風向，風速計（超音波方式）	SA-200（海上電機）	高さ　地上10m 測定方法　瞬間値
自記温湿度計	MA型（II型）（大田計器）	測定範囲 温度　−20℃～+40℃ 湿度　0～100％RH

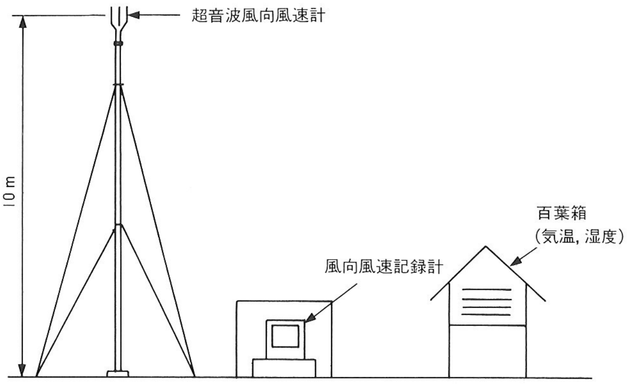

図-5　気象観測設置概要図

(3)　騒音予測解析手法

以上に述べた騒音測定方法に従って実施した騒音測定の実測データを図-6に示す。縦軸は騒音の実測値［単

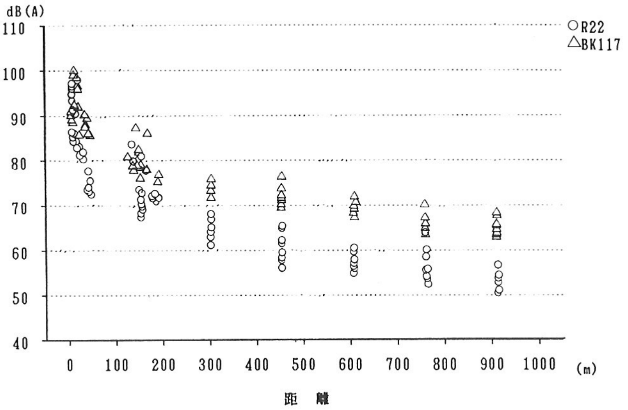

図-6　実測値と距離の関係

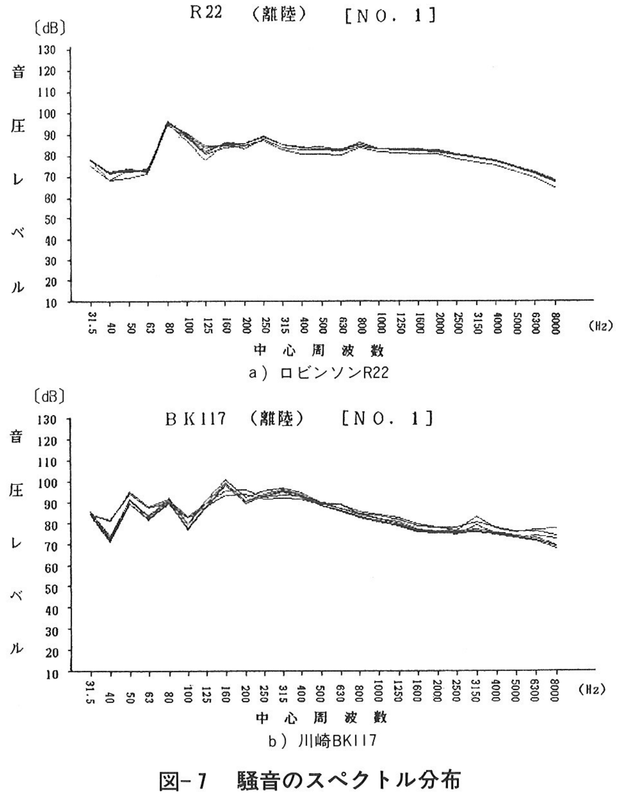

図-7　騒音のスペクトル分布

位：dB(A)]，横軸はヘリコプターから騒音計までの距離である。これによるとロビンソンR22と川崎BK117から発生する騒音には，距離に無関係に10dB(A)程度の差があることがわかる。また，騒音のスペクトル分布の代表的な例を図-7に示す。ロビンソンR22の騒音の特徴は，80～100Hz付近にピークがあり，高周波数となるに従って徐々に音圧が減少していく。また川崎BK117は，100～200Hz付近の騒音が卓越している。騒音のスペクトル分布は距離や飛行形態によってそれほど変化せず，むしろ機体固有の性格であるように思われる。

このようにして得られた騒音の測定データより，野田ヘリポート供用開始後の騒音予測シミュレーションを行い，コンター図を作成した。騒音測定よりコンター図作成までの解析手法のフローは図-8のとおりである。

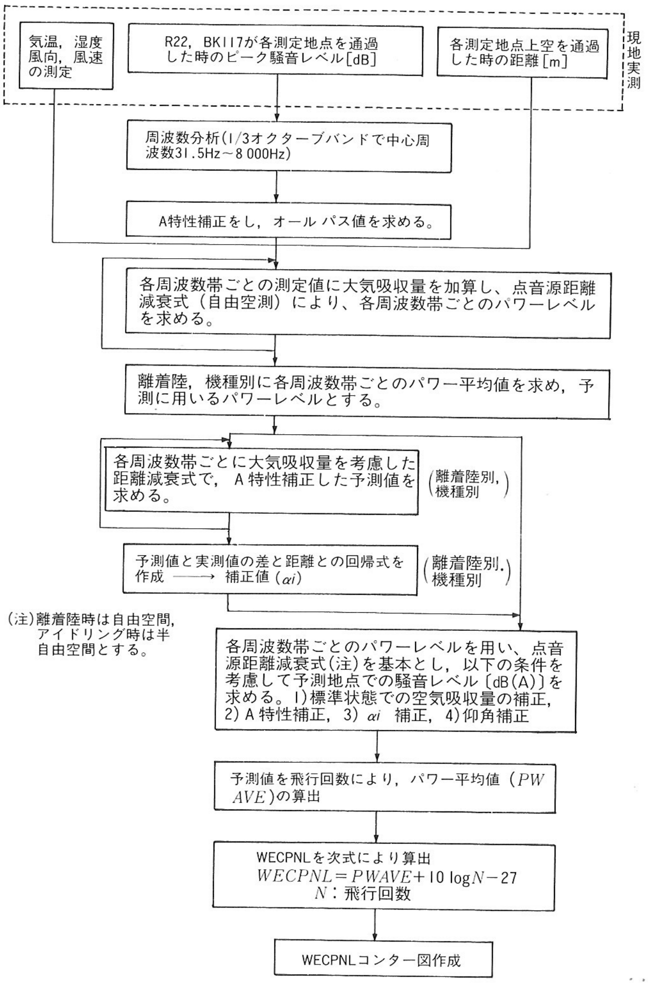

図-8　WECPNLコンター図作成概要フロー

また騒音予測に使用した計算条件は，次のように仮定した。

離陸勾配：1/8
着陸勾配：1/8
気　　温：25℃
湿　　度：70%
飛行回数：ロビンソンR22　16回/日
　　　　　川崎BK117　　8回/日
飛行時間帯：7時～19時
使用滑走路：磁方位150°方向および330°方向半分ずつ使用する。

離着陸勾配の1/8は野田ヘリポートの進入表面の勾配とし，飛行回数はロビンソンR22についてはアビア・フライトスクールの「みかもヘリポート」での実績を基に過去最高の離着陸回数を上回るよう仮定した。また，川崎BK117の飛行回数は，他のヘリポートの実績より，野田ヘリポートでのタービンヘリコプターの使用頻度を予測して仮定した。またヘリコプターの飛行時間帯は，7時～19時とした。使用滑走路は年間の平均風向に特に卓越した方向がないため，両方向半分ずつの使用になると仮定した。

(4)　解析結果(騒音予測コンター図)

騒音測定によって得られたデータを基に，図-8に示したフローに従って計算し，野田ヘリポートの騒音予測コンター図を作成した。その結果を図-9～11に示す。図-9は，ロビンソンR22が7時～19時の間に16回/日，1/8の勾配で離着陸すると仮定したときの騒音予測コンター図である(単位：WECPNL)。また図-10は，川崎BK117が8回/日飛行したときのコンター図である。さらに図-11は図-9と図-10を合成したもの，すなわちロビンソンR22が16回/日，川崎BK117が8回/日それぞれ飛行したと仮定したときの騒音予測コンター図である。

図-9，10から，ロビンソンR22は16回/日離着陸するにもかかわらず，川崎BK117が8回/日離着陸するよりも，騒音に影響される範囲が狭いことがわかる。これはヘリポート周辺地域の騒音問題を考慮する場合，騒音の小さなヘリコプターを運航することがいかに有利であるかを表している。また，騒音に影響される地域はヘリコプターの飛行経路直下が大きく，側方にはそれほど大きな影響を与えないことがわかる。

表-1の環境基準ではII類地域の基準値が75WECPNL以下となっている。これを図-11にあてはめてみると，基準値を超えているのはわずか350 m程度の地域で

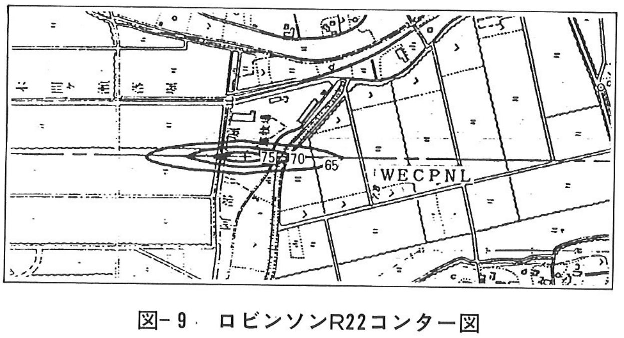

図-9　ロビンソンR22コンター図

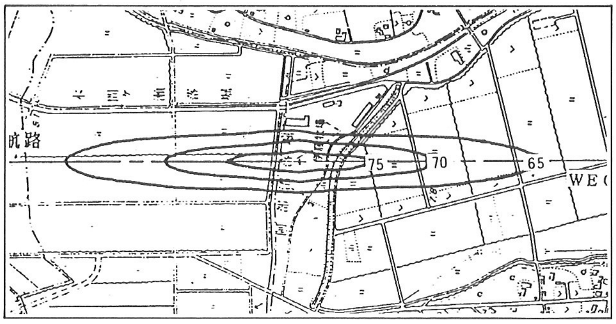

図-10　川崎BK117コンター図

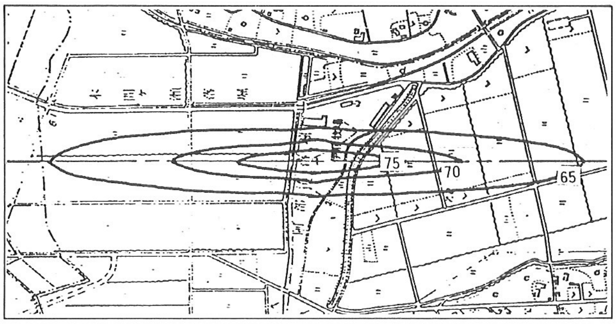

図-11　合成コンター図

あり，しかもその地域は水田地帯となっているため，特に問題のないことが確認された。なお野田ヘリポート建設予定地は，現時点において環境基準の類型指定の指定地域外となっていることを付記しておく。

3．おわりに

ヘリコプターの騒音を，その特徴を十分に考慮したうえで適切に評価することは，今後のヘリコプターの普及にとって極めて重要である。ヘリコプター騒音の最も特徴的な音のひとつに，ブレードスラップ音がある。これは一般に「パタパタ」とか「バタバタ」というように聞こえる音で，高速飛行とかある範囲内の旋回や降下といった特定の飛行状態においてのみ発生する音である。にもかかわらず，ブレードスラップ音は大きな衝撃性を持っており，この音が発生すると他のすべての音に優先して大きな障害をもたらす。

このようにヘリコプターの騒音は，他の航空機と比較して非常に特徴的であり，独自に評価されるべきものである。しかしながら，現在のところヘリコプターを特定した騒音の評価基準はなく，もっぱら固定翼の騒音規制が適用されているだけである。

それでは，ヘリコプターの騒音を適切に評価するためにはどのようにすればよいのか，今回の騒音測定および騒音解析を通して気が付いたことを以下に列記する。

① ヘリコプターの騒音測定時には，ブレードスラップ音の発生するような飛行状態での測定も行うべきである。また運航重量，飛行速度，離着陸方法などにも何らかの統一を図るべきである。

② ブレードスラップ音など衝撃性のある騒音を評価する場合，衝撃性補正を行うべきである。

③ 騒音予測を行う場合実際にそのヘリポートを利用することが予想される，できるだけ多くの機種を対象にして予測すべきである。したがってヘリコプターの機種ごとの騒音データは1カ所で管理し，誰でも手軽に利用できるようにすべきである。

これまで述べてきたように，ヘリコプターの騒音問題を解決するためには，適切な騒音の評価方法を確立したうえで騒音規制を基準化することが必要である。また，具体的な解決方法としては，ヘリコプターの運航者に静かな運航を心掛けてもらうことが考えられる。これが最も簡単で実現性の高い解決方法であるが，このような解決方法では，ヘリコプターの飛行空域や飛行状態が制限されるであろうし，さらには飛行の時間帯や離着陸の回数といったものまで制限されかねない。したがって，より抜本的な解決策が必要となる。これは，言うまでもなく低騒音のヘリコプターの開発である。

平成元年7月，航空宇宙工業会は「ヘリコプター開発調査委員会」を設置した。この委員会の趣旨は市場ニーズにマッチしたヘリコプターおよび関連システムの技術開発であり，その調査検討の対象として低騒音ヘリコプターが含まれている。

ヘリコプターの騒音問題を解決することは，今後ヘリコプターが社会に容認されるための必要条件であり，低騒音のヘリコプターを開発することはヘリコプター技術者にとって避けて通れない道となるであろう。

参考文献

1）薮　勉・中島良樹・川田忠裕：ヘリコプターの騒音とその対策，川田技報，Vol.8，pp.98～104，1989年．

2）航空振興財団：飛行場概論（四訂版），1986年4月．

3）㈳航空宇宙工業会：昭和62年度ヘリコミューター事業調査報告書，昭和63年3月．

4）東　昭：ヘリコプタの騒音，日本航空宇宙学会誌，第23巻，第254号，1975年3月．

5）環境技術研究協会：環境アセスメントハンドブック（上巻），pp.471～475，1987年3月．

6）環境庁告示：航空機騒音に係る環境基準について，環告第154号，1973年．