

航空機から発生する低周波音調査

Study on Infrasound Radiated from Aircrafts

与儀和夫, 長嶺弘輝*, 仲間由信, 仲地昌敏**, 金城義勝

Kazuo YOGI, Kohki NAGAMINE*, Yoshinobu NAKAMA, Masatoshi NAKACHI**, Yoshikatsu KINJO

Measurement of infrasound outdoors is often interfered by the wind. The wind protect screen is effective to avoid the influence of the wind, and we can keep the infrasound background level 60~70 dB(G). Using the screen, we surveyed the relation between infrasound and sound levels radiated from helicopters, jet and propellar planes mainly around Futenma Air Station. Helicopters flying apart from the measuring point indicated the difference 9.8 dB between infrasound and sound levels and flying overhead indicated 20 dB. The propeller planes indicated the difference -5.7 dB, and jet planes -21.4 to 9.3 dB. The infrasound level near the boundary of Air Station was 90 dB(G) and the maximum level from flying helicopters was 106 dB(G).

Key words : Infrasound , Helicopter , Sound , Hutenna Air Station

はじめに

米軍基地は面積で沖縄本島の18.8%を占める。特に中部地域は嘉手納、普天間基地を抱え、恒常的に実施される訓練、演習に伴う両基地の航空機騒音は、従来より本県における大きな問題となっている。嘉手納基地が通常軍用機が主体であるのに対し、普天間基地は海兵隊に所属し、輸送および攻撃ヘリ部隊が常駐する。沖縄県は平成7~11年度に「航空機騒音による健康影響に関する調査」を実施した。その中で嘉手納、普天間基地周辺住民のアンケート調査において、同じ騒音レベルに対し、両基地間で異なる反応率が得られた。その要因としてヘリコプターから発生する低周波音の影響が考えられた。そこで嘉手納、普天間両基地周辺において航空機特にヘリコプターから発生する低周波音について調査を試みた。またデータが集積している騒音レベルから低周波音レベルが推定できれば有用であり、その両者の関係について考察した。

方法

1 防風ネットによる風の影響除去の効果

基地における訓練、演習等は週間で変動が大きく、また夜間訓練も重視される傾向が強い。したがって基地周辺での低周波音レベルの調査には少なくとも一週間程度の連続した調査が必要である。しかしながら低周波音の

測定において最も問題となるのは風の影響を受けやすいことで、風速が数メートル毎秒の風でレベル値の読みが90dBを超えることもあって屋外での調査を困難にしている。そこで防風ネット内に低周波音計を設置し、風の影響をなるべく低く抑えることとした。図1に作成した防風ネットを示す。防風ネットは二重構造とし、内側600×600、外側1000×1000の大きさで、それぞれ側面および上面をネットで覆った。外側の防風ネットは運搬し易いよう組立式とした。図2に、屋外において2台の低周波音計を用い、防風ネットの有無による風の影響を調査した結果を示す。1台は防風ネット内に図1に示すように設置し、他方は防風ネット外の三脚に固定し、低周波音計の読み(dB(G))の変動をみた。両方とも直径9cmの防風スクリーンを取付け、マイクを風下に向け

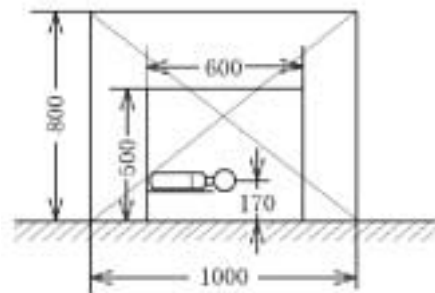


図1 防風ネットは二重構造とし、内側、外側とも側面および上面をネットで覆った。

*沖縄県南部福祉保健所

**沖縄県企業局

て設置した .低周波音計はリオンNA-18およびNA-18A , 風速計はリオンM-05を用いた . 風速のピーク最大値と , 対応する低周波音レベルのピーク最大値の関係を図3に示す . 防風ネットを使用しない場合 , 風速が4 m/s以内であれば低周波音計の読みは75 dB以下であったが , 5 m/sを越えると80 dB以上 , 7 m/s以上で90 dBを越えるピークが発生した . 防風ネット内に設置した場合 , 数m/s以内の風であれば55 ~ 65 dB程度に , また8 m/s以内で70 dB程度にバックグラウンドレベルを下げる事ができた . この結果 , 低周波音レベルの読みの上昇が風の影響によるかどうかの監視がほぼ不要となり , 一定期間の屋外での連続調査が可能となった . またやや低レベルの連続したエンジン調整音 , プロペラ機から発生する低周波音も明瞭な結果が得られるようになった .

2 航空機から発生する騒音と低周波音の関係

データが集積している騒音レベルから低周波音レベル

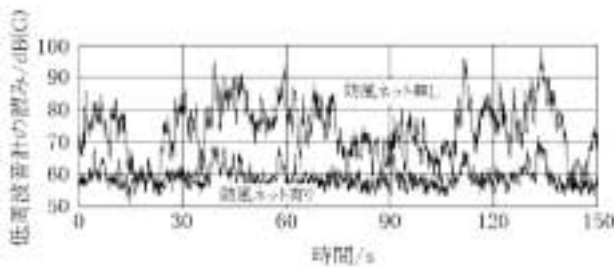


図2 防風ネットの使用の有無による風の影響による低周波音計の読みの変動の様子 . 防風ネットを使用した場合低周波音計の読みは70 dB(G)以下であった .

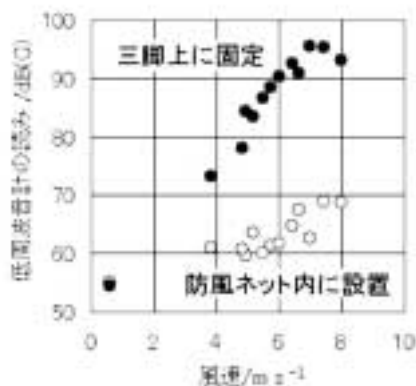


図3 防風ネットによる風の影響の低下 . 低周波音計を防風ネット内に設置することにより , 風速が数メートルの条件下でバックグラウンドレベルは60 ~ 70 dB以下に低下した .

が推定できれば有用であり , その両者の関係について考察した . 自由空間においてA特性による騒音のパワーレベルを PWL_A , G特性による低周波音のパワーレベルを PWL_G , また音圧レベルをそれぞれ SPL_A , SPL_G とし , 音源からの距離を r とすると ,

$$SPL_A = PWL_A - 20 \log r - 11$$

$$SPL_G = PWL_G - 20 \log r - 11$$

となる . これより

$$\begin{aligned} SPL_G &= SPL_A + (PWL_G - PWL_A) \\ &= SPL_A + PWL \end{aligned}$$

と一次の関係式が得られる . PWL は航空機の騒音と低周波音のパワーレベル差で , 航空機の特徴を表すものと考えられる . ここで PWL を一定とすれば騒音レベルと低周波音レベルの差は一定 (図4の例の空気の吸収無し)となる . しかしながら騒音は低周波音に比較して空気に吸収されやすいため , 空気100mあたりの吸収率をそれぞれ d_A , d_G とすると ,

$$SPL_A = PWL_A - 20 \log r - 11 - d_A(r/100)$$

$$SPL_G = PWL_G - 20 \log r - 11 - d_G(r/100)$$

となり , 図4の例に示すような曲線 (空気の吸収有り) が得られる . グラフ内の数値は音源からの距離を表す .

騒音レベルと低周波音レベルの測定結果の一次回帰式の傾きを a とするとき , SPL_G を SPL_A であらわす近似式として , 補正項を加えた次式を得た . K は定数である .

$$SPL_G = SPL_A + PWL + K10^{aSPL_A/20}$$

これにより航空機の種類毎 (または機種毎) に騒音および低周波音の実測結果より PWL が得られる . ヘリコプターについては低周波音レベルが大きく PWL が

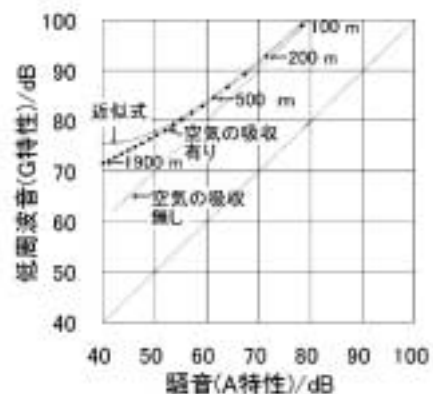


図4 空気の吸収を考慮した場合の低周波音レベルと騒音レベルの関係例 . グラフ内の数値は音源からの距離を表す . 近似式は騒音もしくは低周波音レベルが低いすなわち音源からの距離が大きい場合には一致しない .

大きくなることが予想され、逆にジェット機の場合は騒音レベルが大きく *PWL* が小さくなることが予想される。図4に示してあるように近似式は音源からの距離が小さい場合、すなわち騒音もしくは低周波音レベルがある程度大きい場合はよく一致するが、音源からの距離が大きい場合には一致しなくなる。

結果

普天間基地にはCH-53大型輸送ヘリ15機、CH-46中型輸送ヘリ24機、AH-1攻撃用ヘリ10機、UH-1多用途ヘリ7機、KC-130空中給油機12機等が配備され、常駐機数は71(平成12年)となっている。主に普天間基地周辺において低周波音調査を実施した。騒音レベルはA特性、低周波音レベルはG特性による。

1 地上での訓練もしくはエンジン調整の伴う低周波音

平成12年3月9日午前、普天間基地南側の嘉数高台での調査は、風の影響が大きく(当初防風ネットは未製作)、ヘリもやや遠方を飛行し測定が不可能であった。午後宜野湾市喜友名の普天間基地フェンス沿いの住宅風下の風の影響が少ない地点に移動し、基地内でエンジン調整もしくは地上を移動するヘリコプターから発生する低周波音について調査した。測定結果を図5に示す。低周波音レベルは90dB(G)程度で継続して発生し、測定開始14:27~14:40まで変動は少なく、最高値は94.4dB(G)であった。騒音レベルは14:36まで55~67dB(A)程度で変動し、低周波音レベルとの差は30dB程度であった。14:37~14:41にかけて訓練もしくはエンジン調整終了のため移動したと考えられ、騒音レベルが74dB(A)まで上昇したが、低周波音レベルの変動は少なかった。

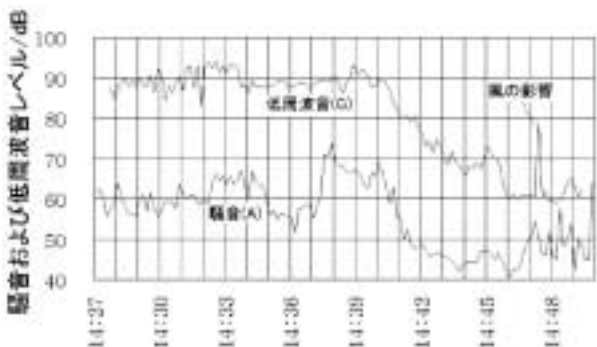


図5 平成12年3月9日、普天間基地において地上での訓練もしくはエンジン調整に伴って発生した低周波音および騒音の状況。レベル差は20~30dBであった。

2 飛行中に発生する低周波音と騒音のレベル差

平成13年2月15日、普天間基地に隣接する宜野湾市喜友名の住宅屋上において、騒音および低周波音レベルの調査を行った。主にCH-53およびCH-46の輸送ヘリが訓練を実施していた。また平成12年12月20日に普天間基地南側に位置する嘉数高台において調査した。当日中型プロペラ輸送機C-130がタッチアンドゴーの訓練を実施しており、調査地点である嘉数高台前方でターンを繰り返していた。ヘリコプター、C-130中型プロペラ輸送機、小型ジェット機について騒音と低周波音レベルの関係を図6に示す。2日間の調査によってまとまったデー

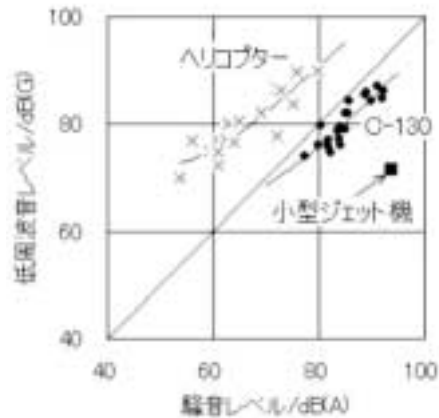


図6 ヘリコプターおよびC-130中型輸送機の騒音と低周波音レベルの関係。

タの得られたヘリコプターおよびC-130プロペラ輸送機について前述の近似式を適用し、次式を得た。

$$SPL_G = SPL_A + 9.8 + 701 \times 10^{0.0351 \times SPL_A}$$

$$SPL_G = SPL_A - 5.7 + 6476 \times 10^{0.0493 \times SPL_A}$$

これより *PWL* すなわち低周波音と騒音のレベル差としてヘリコプターで9.8 dB、KC-130プロペラ輸送機で-5.7 dBが得られた。飛行条件が大きく変化しなければ、これより騒音レベルにヘリコプターでは9.8 dB、KC-130プロペラ輸送機では-5.7 dBを加えると低周波音レベルが得られることになる。小型ジェット機は測定回数1回であるがレベル差は-20 dB程度であった。

3 ヘリコプター発生音の指向性

平成13年8月8日、宜野湾市喜友名の住宅屋上で調査した結果を示す。当日は2機のCH-53が交互におそらくタッチアンドゴーを繰り返し、普天間基地を離陸後調査地点の住宅屋上近辺を旋回しながら通過し、14:30~17:00の間に35回の騒音を観測した。また前回の調査ではやや離れた地点を飛行するヘリが多く、騒音レベルも

80 dB以下であったが、今回は調査地点のほぼ上空を飛行する場合もあって、低周波音レベルで100 dB、騒音レベルも80 dBを越えるものも多かった。騒音が80 dB以下の場合騒音と低周波音のレベル差は9.5 dB程度、80 dB以上では平均で19.6 dBの結果が得られた。これはヘリコプターから発生する低周波音に指向性があるものと考えられ、ヘリコプターの底面方向で約20 dB、やや側面方向では約10dB程度であったといえる。

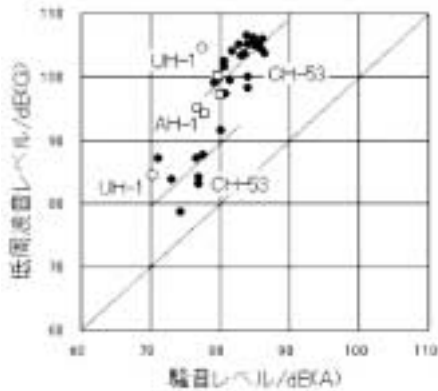


図7 ヘリコプターから発生する騒音と低周波音の関係。騒音が80dB以下では騒音と低周波音のレベル差は10dB程度、80dB以上では20dBであった。

4 ジェット機から発生する低周波音

平成13年2月20日および22日嘉手納基地および那覇空港において主にジェット機について調査を実施した。図8に調査結果を示す。F-15等の軍用機、民間の旅客機等含む。これから着陸時と飛行中では騒音レベルの差が大きいことが原因といえるが、着陸時は低周波音レベル(G)と騒音レベル(A)が同等、飛行中では-10 dB余りの結果が得られた。

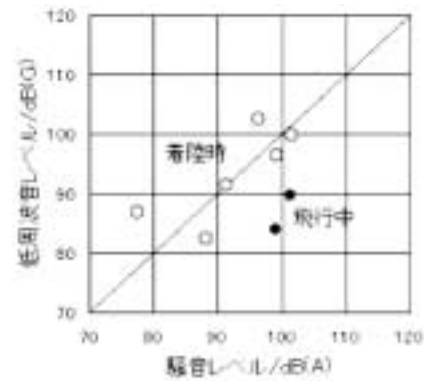


図8 着陸、飛行時のジェット機の低周波音と騒音レベルの関係。飛行状態によってレベル差も異なる。

まとめ

防風ネット内に低周波音計レベル計を内に設置することにより、風の影響を低減でき、バックグラウンドレベルを60~70 dB以下に維持できた。ヘリコプター、プロペラ機、ジェット機の順で低周波音と騒音のレベル差は大きかった。ヘリコプターの低周波音と騒音のレベル差は、やや遠方を飛行する場合10 dB程度であったが、真上を通過する場合、騒音レベルで80 dB、低周波音レベルで100 dBを越え、その差は約20 dBであった。ジェット機は騒音レベルの方が10~20 dB大きいといえるが、飛行状態によって異なる結果となった。今後基地周辺における一定期間の連続した調査また低周波音と建物の振動との関係についても明らかにする必要がある。

参考文献

沖縄県「航空機騒音による健康への影響に関する調査報告書」1999年

環境庁大気保全局「低周波音の測定方法に関するマニュアル」2000年12月