シリーズ・超低周波音と低周波音＜第4回＞

低周波音問題の現状〈その2〉

Practical Aspects of the Low Frequency Noise Problem.

by H. Dawson, (Journal of Low Frequency Noise, Vol. 1No. 1pp28~44, 1982)

ロールスロイス社 H. ドーソン

小坂敏文* 訳

低周波音問題の幾つかの実例

著者のノートから様々な実例を以下に記述する。

ガスタービン試験装置の消音

最近、エンジン試験装置が設計建設され、高バイパス比タイプの大型航空機エンジンがテストされている。このタイプのエンジンは高推力を発生する一方、排気ジェットは低速で排出され、同程度の推力を持つ純ジェットエンジンに比べて、機構上、ほぼ15dBほど静かである。

エンジンテストが正式に始められた直後に難問題が生じた。近くの事務所で働く人々が悩まされはじめ、古風な低周波音感覚症候群を訴え始めた。同時に、亀裂が近接した建物に生じ、緊急の対策が要求された。

主要な要求の一つは、どんな消音用改造も排気システムに性能低下を生じさせないことであった。

幸運にも、 $\frac{1}{3}$ スケールのモデルテストにより、試験装置の排気ダクトの入口の所に、縦溝のついたノズルを取り付ければ（コメットのような初期のジェット機に付いていた）必要な低減を得られることがわかっていった。実寸のミキサーノズルが作製され取り付けられた。果して、オーバーオール値で16dBの低減を得た。この値は、構造物を被害から守るのに十分であった。20~40Hz付近の困難な低周波領域における減音は、人間の主観上、大きな改善となった(図-5参照)。こうして、以前はエンジン運転中に不快を感じていた事務所の労働者も、エンジンが運転されているかどうかさえわからなくなった。

現在、高性能の再加熱型ジェットエンジンのテスト

図-5 事務所内の低周波音に関するデチューナミキサーの効果

* 東京工業高等専門学校機械科 Toshifumi KOSAKA

のために、このタイプの消音器が、さらに改良されていく方向にある。というのは、音源において、ジェットエンジンの騒音を低減する標準的技術があるが、ガスの流れ性能の低下が、この縦溝付のノズルより大きいからである。

市民が受けるガスタービン装置からの騒音

ガスタービン装置から消音された低周波音および超低周波音を、一般市民が受けるような状況がある。このようなことは、特定の発電所の近くで生じている。その一次動力はガスタービンエンジンである。また、天然ガス供給伝達システムのポンプ場の近くの田舎でも生じている。このポンプ場は、大都会の中心から離れた所にある。もちろん、住宅の非常に近接した場所に、航空機エンジン試験装置がある場合も多少はある。そのような場所では、環境問題の専門家とその地方の当局の担当者間に、コミュニケーションが明らかに不足している場合がよくある。ある航空機エンジンの試験装置は、迷惑を避けるために、町から2マイル離れた所に設置された。しかし、この20年間に住宅団地は、容赦なくテスト地域を飲み込むように広がってきた。

装置の配置状態およびその装置から生ずる騒音スペクトラムに関しては、すべてのこれらのタイプの装置はまったく似ている(図-6)。

それらは次の2つの苦情を生じさせている。

- (1) 少し低減されながら構造物を通過、あるいは、開放された窓から家の中に入ってくる、音源から発生した一次騒音(低周波音または超低周波音)。
- (2) 窓、ドアあるいは引き出しの取手がガタガタいうような二次騒音。この二次騒音は、当然ながら妨害を引き起こし、また、しばしば人々を覚醒させ、そして低周波波動の意識を生ずる。

どちらの場合も社会的・政治的問題を生ずる。というのは、ガスタービンプラントの騒音の大きさが、低周波音に関する限り、見当違いなdB(A)で測定されたり、低域について63Hzまでのオクターブバンドレベルで測定されたりするからである。このタイプの騒音の場合に多く見られるが、低周波音の規準値の定義の欠如に起因した社会問題が起っている。そして高価になるであろう付加的消音対策の負担を誰がするのかという政治的議論を起している。

不満が生ずるレベル

著者の経験では、最近の家屋の外では中心周波数31.5Hzのオクターブバンドレベルが75dBかそれ以下では本当の騒音に対する苦情はまれにしか生じない。逆にレベルが85dBに達すると苦情はほぼ間違いなく生じ、75~85dBでは苦情はまばらに不規則に生じ、その予測は困難である。それゆえに問題をなくすための実用的な経験的指導は、どのような音源であれ、31.5Hzのオクターブバンドレベルを75dB以下に押さえよということ

図-6 ガスタービンプンプ場の吸気孔から150ft地点で測定された典型的騒音スペクトラム

図-7 「受け入れられた音」と「受け入れられなかった音」の騒音スペクトルの比較

ととなる。このことを図示するために、ほとんど例外なく苦情を発生させたいくつかの典型的なスペクトラムに、「許容できる」限界音のスペクトラムを重ねて図-7で比較している。

興味深いことに、これらのガスタービン装置より発生した騒音に関する人間の主観的印象は非常に低い周波数のドーンという音であり、それは5 Hzかそれ以下の不規則に変化する繰り返し周期を持っている。しかしながらこのことは軽率な音響技術者には奇妙に思えるかもしれない。なぜなら前述したとおりほとんどの不快感は40 Hz付近の周波数で生じているようだからである。ガスタービンおよび発電業界は消音技術の改善に大変努力しているし、また市民もより静かな将来を期待しているのは言うまでもないことである。

テレックスルーム

多くの婦人が一日中非常に簡素なテレックス送受信室で働いていた。そこには機材のカタカタいう音、電話の鳴る音、一定の休止、および問合せがあり、それに付け加えて仕事が緊急性と重要性を持っているため、大変ストレスのある環境となっている。

ある時新しいプラントが稼働し始め、17 Hz付近の周波数で14 dBほどテレックスルームの音圧レベルが上

昇した。

その影響は劇的であった。その室内の人はすぐに頭痛、集中力の欠如、気分の悪さ、嘔吐、動悸、仕事を終えた際のひどい疲れ等を訴えた。そして自動車の走っている道路を横切ることが恐くなるくらいの足のふらつきを訴え、しまいには卒倒の発作を起こした。一週間の間に約14 dBの低周波音と超低周波音を低減するための緊急の対策が行われた。しかしそれまでにテレックスオペレータは非常に敏感になってしまい、対策後もその徴候は持続した。

結局この問題はテレックス装置を新しい場所に移動し、厚いコンクリートとガラスを使用することにより外来騒音を低減し、吸音用タイルとカーペットを大量に使用し、より静かにまた美しく心地よくすることで解決された。対策前後の騒音スペクトルを図-8に示す。

運よく、この効果は永続的であり、この8年間はその後何も起っていない。

換気ファン騒音

低周波音が問題となる一般的な音源として、大きな建物の換気あるいはエアコンディショナのシステムがある。このような場合においては大きなファンが、空気を動かすのに用いられたり、しばしば静圧上昇室に

図-8 テレックスルーム——改善された透過損失と室内吸音によって消音

空気を送るのに用いられたりしている、この静圧上昇室は建物の至る所に空気を送る空気源となっている。直面している典型的な問題は新しいコンピュータである。コンピュータは十分なエアコンディショニングの下で十分に防音の効いた二重ガラスが用いられた特別な区画に位置し、それゆえ通常は静かな雰囲気の下にある。しかしながら人々が入り、エアコンディショナが作動するとその結果は大変なこととなった。

高いレベルの低周波音がその建物の特定の重要な部屋に作用し、その日のうちに苦情および気分が悪くなったことが報告された。この部屋の内部で測定された騒音は図-9に示すようにほとんどの音のエネルギーが2 Hzと50 Hzの間にあり20 Hzのところが卓越したスペ

クトラムを持っていた。このことはいくらか奇妙なことであった。というのは、ファン騒音では卓越音は通常はブレードの通過する周波数（ファンブレードの数×ロータの毎秒回転数）のところで生ずるものであり、この場合では200 Hz以上の周波数となるはずであった。20 Hzの卓越成分は、ファンロータの基本周波数（ロータの毎秒回転数）と一致すること、またそれは空気力学的不安定から生じているものであることがすぐに明らかとなった。そして現実的な議論が始まった。というのはファン製作者は、ファンは使用通りの送風量があり、仕様通りの電力を消費していると考えていたからである。エアダクト消音器を納めた業者はこのことに巻き込まれたがらなかった。なぜなら彼はNR曲線の一つ（NR 63）を基準にした騒音に関する仕様を与えられていただけだったからである。このNR曲線は、中心周波数63 Hz以上のオクターブバンドの音圧のみを与えており、国際的にも認められているものであった。この仕様に適合している限り、この低周波音と彼とは無関係であった。しかしその時この建物は使用不能であった。

高価なコンピュータが稼動していない間、経営者はすぐに出来る解決策を考えていた。

測定により、低周波音のほとんどの部分のエネルギーが、それぞれの空気供給ノズルを通して、もっと正確

図-9 ディスククリーニングルームの換気ファン騒音

図-10 新しいコンピュータの台、防音内張りの構造

に言えばシートメタル空気供給ダクトのむき出し側を通して放射されていることがわかった。そのため、理想的な解決策でないことはわかっていたが、音響技術者は音源での騒音にかかわらずに、耳ざわりなダクトを消音することとした。質量則の単純な適用と吸音材の使用により、十分な消音が図-9のように達成された。一週間以内でコンピュータは稼動を始めた。そして現在でもこの建物は6年間に渡り騒音に対する苦情なしに使用されている。この時採用された消音対策を図-10に示す。

付け加えて言えば、問題の真最中ではあったが、人間に悪影響を与えていない部屋の一つにおける測定では、20 Hzでの $\frac{1}{3}$ オクターブバンドの音圧レベルは74

dBであった。オクターブバンド31.5 Hzで75 dB が受入れられた地域社会での以前の経験とともに、このことは低周波音の目標となるレベルは75 dBであることを示唆している。

低周波音に関するスケールdB(A)の不適切さは、次に示すディスククリーニングルームで測定されたdB(A)とオーバーオール音圧レベルdB(Lin)との間の比較で表わされている。

	dB(A)	dB(Lin)	影 響
対策前	54	98	気分が悪くなった
対策後	48	85	影響なし

(以下次号)