

空調ダクト用能動的消音装置の性能測定方法に関する一考察*

田中康信 (ダイダン 株)
西隆 司 (NHK エンジニアリングサービス)
青木雅夫 (青木 応用 音響 有)

1. はじめに

能動騒音制御 (ANC = Active Noise Control) は、デジタル信号処理技術の発達とともに盛んになり、特に空調ダクト用の消音技術に適用した報告もなされている。

ANC は低周波騒音の消音に優れていること、設置場所の省スペース化が図れるなど、利点の多い方法である。

ところで、空調ダクト用の消音器の減衰特性の評価法、測定法にはいくつかの方法が提案され、パッシブ消音器の場合には、それらの差はあまり大きくなく、実用上はいずれを用いても差し支えないと報告されている。¹⁾

しかし、ANC 消音器の場合その測定環境、測定方法などによりANC自体の性能が左右されると考えられる。そこで、本報ではANC消音器の実用的な性能の評価法・測定法に関する

検討を行った。

2. ANC システムと測定方法

・ANC システム

実験に用いたANCシステムについて表1および図1にまとめた。

・消音器測定方法

一般的に使用されている消音器の性能評価値には、管内法によるエネルギー減衰量(または透過損失)と騒音減衰量、残響室法による挿入損失があるが、それらの測定方法を図2に示した。²⁾

・管内法と ANC

管内法による性能測定の物理パラメータには、入射音波および透過音波のみを単独に測定してそれらを比較するエネルギー減衰量と、消音器前後の平均音圧レベル差を測定する騒音減衰量がある。

ところでANCシステムは、一次音源と、二次音源から放射する逆位相音との音波干渉を利用しているため、ダクトサイズおよび周波数によっては、ダクト横断面内において音圧レベルが大きく異なることが予想される。

したがって、断面内一点を代表点として測定することは適当ではないと考えられる。

・残響室法と ANC 音源室と残響室

ダクトサイズ	900×900(グラスウール25mm内貼り)
二次音源	同位相駆動スピーカ×4
マイクロホン	単一指向性マイクロホン
一次音源	ピンクノイズを基にファン騒音を模擬したもの
アルゴリズム	Filtered-X LMS
サンプリング周波数	9kHz
適応フィルタ長	600 tap
A/D,D/A LPF	5kHzカットオフ4次 バタワースフィルタ

表1: ANC システム

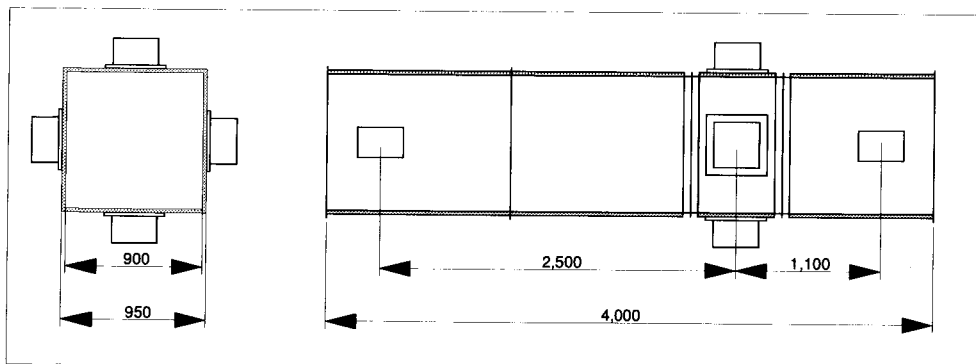


図1: ANC システム概観

*A Study on Performance Measurement Method of ANC System for Air-Conditioning Ducts

Yasunobu Tanaka (DAI-DAN CO.,LTD.), Takashi Nishi (NHK-Engineering Service) and Masao Aoki (Aoki Applied Acoustics)

の間に一般ダクトあるいは消音器を設けたときの残響室内平均音圧レベルを測定し、その差を挿入損失と呼ぶ。

この場合、下流側の開放空間が残響室であるため、残響室内で拡散された音が再びダクト内を逆流してくる。ANCシステムの性能をこの方法で測定しようとする、ANCの制御性能はこの逆流音により悪化すると考えられる。

現実のダクト経路では、このような極端に拡散された逆流音は考えにくく、実用上の消音性能としてはこの測定結果を用いるのは不適当と考えられる。

3. 測定と結果

管内法および残響室法を用いて同一ANCシステムの性能評価に差がでるか否かについて検討した。

・管内法

管内法による測定では、入射音波および透過音波を反射音と区別して独立に測定することが困難であるため、ANCシステム前後の平均音圧レベル差を測定し、騒音減衰量を求めた。測定概要を図3に示す。

ANCシステム開放側は、床面積4.6m²、室容積14.0m³、内表面積36.28m²を有する直方体で

あり、内表面全面にグラスウールを50mm貼ってある。

一次音源には、ピンクノイズを基にファン騒音をイコライザによって模擬したものを用いた。

なお測定点は、ANCシステム1m上流のダクト中央を中心とする対角線と、ANCシステム1m下流のダクト中央を中心とする対角線のそれぞれ5点とし、

P1: 上流側音圧レベル

P2: 下流側 ANC OFF の場合の音圧レベル

P3: 下流側 ANC ON の場合の音圧レベル

を測定した。

・残響室法

残響室法による挿入損失の測定概要を図4に示す。

ANCシステム開放側の残響室は、音源室と約7m離れており、床面積33.9m²、室容積200.4m³、内表面積206.7m²を有する不整形6面体である。

管内法で測定したときと同一の音源を音源室より一次音源として与えた。

一般ダクトと、ANCシステムを順に取り付け、

P1: 一般ダクトの場合の音圧レベル

P2: ANCシステム OFF の場合の音圧レベル

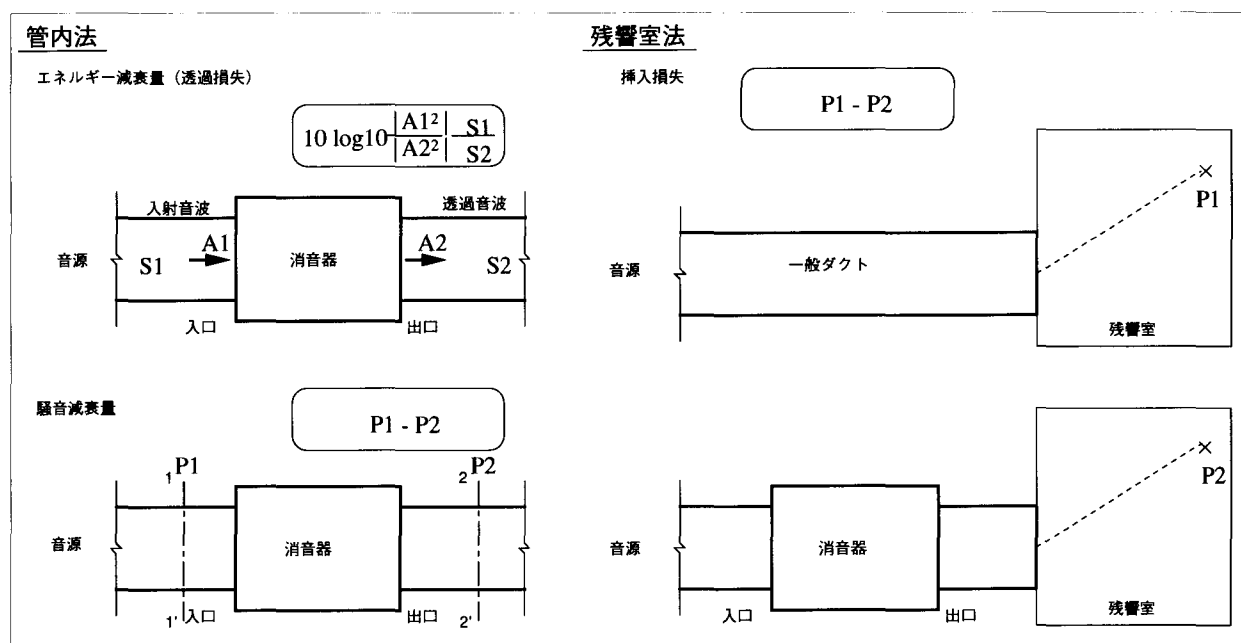


図2: 消音器性能測定方法

P3: ANCシステム ON の場合の音圧レベルを測定した。

なお測定は、残響室上層部に設置された回転式マイクロホンブームを、1.3mの円周上で回転させ、1回転する間の平均音圧レベル、3回の平均値を用いた。

・測定結果

それぞれの測定法で測定した音圧レベル P1,P2,P3 より

グラスウールの効果：P1-P2

システム全体の効果：P1-P3

ANC の効果：P3-P2

を求めた。

それぞれの効果を細破線、太実線、細実線で図5に示す。上のグラフが管内法による測定結果、下のグラフが残響室法による測定結果である。横軸に1/3オクターブバンドの中心周波数、縦軸に消音性能をdB表示している。

ANCが効果を発揮する200Hz未満の周波数で、消音性能を比較すると、管内法の方が5~10dB程度大きい。

つまり、ANCシステム開放側の音響条件によりANCによる効果が異なる結果を示した。実際のダクト経路の場合に開放側が残響室のような極端な音響状況がまれであることを考えると、管内法で測定したほうが本来ANCシステムが持っている性能を評価するには適していると考えられる。

また、管内のANC消音時の音圧レベル分布を図6に示す。900×900ダクトのANCシステム1m下流側の横断面内の中心周波数400Hzの1/3オクターブバンドの相対音圧レベルを表したものである。

ANC OFF時には音圧分布に顕著な差が無いのに対し、ANC ON時には20dB程度の差が生じている。

図7には900×900ダクト内の音圧レベルの

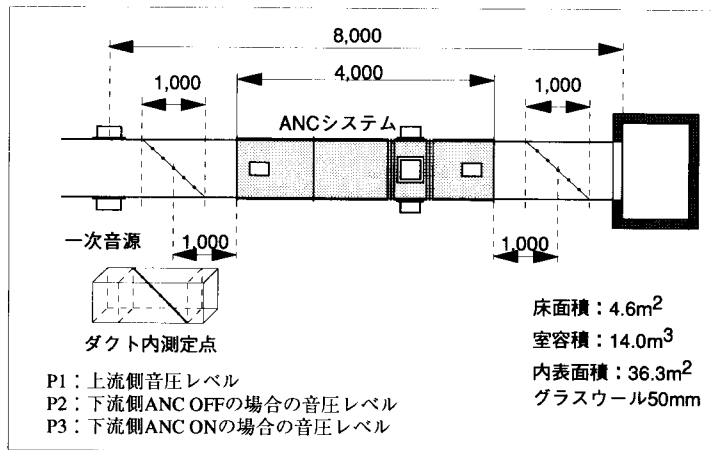


図3： 管内法による測定概要

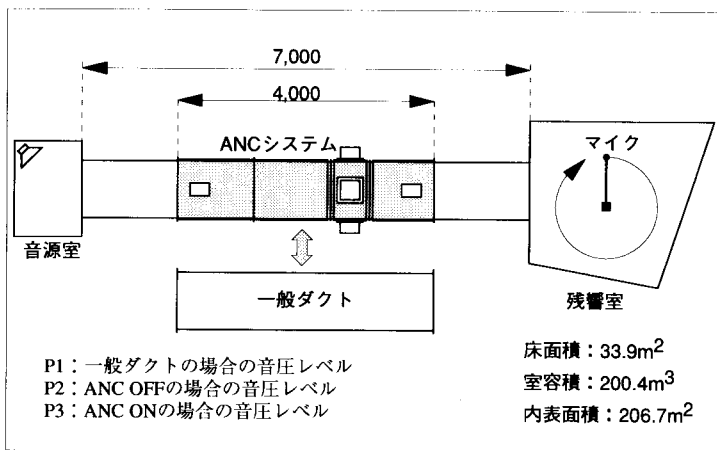


図4： 残響室法による測定概要

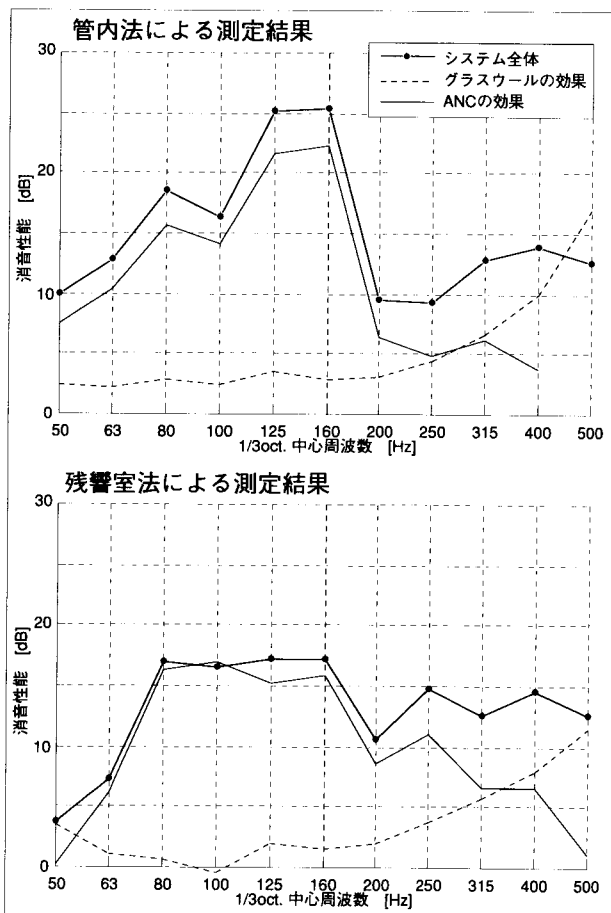


図5：測定結果

空間分布を周波数別に表示した。

図7より、音波干渉を利用したANCシステムの場合、ダクト横断面内の音圧分布に大きな差が生じる傾向があること、測定点25点すべてのエネルギー平均値と対角線上5点のエネルギー平均値はほぼ同じであることがわかる。

したがって、管内法を用いてANCシステムの性能を評価する場合にはダクト内の一点ではなく対角線上の多点で測定し、エネルギー平均した値を評価するのが望ましいと考えられる。

4. まとめと課題

1. ANCシステムの性能は開放側の残響が大きい場合、本来のANCシステムの性能を発揮できない。
2. 実際のダクト系を考えた場合、その性能を評価するには管内法を用いた測定が有効であると思われる。

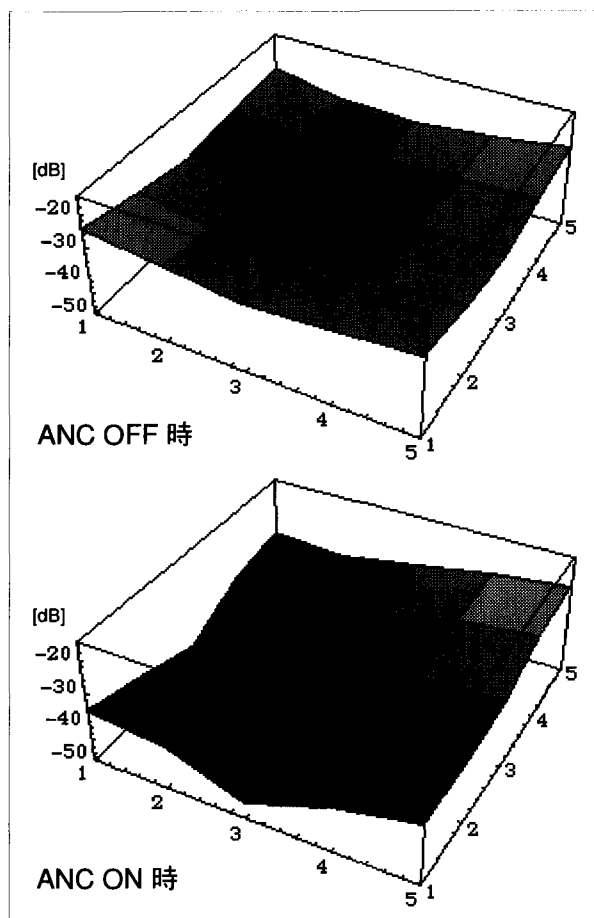


図6： 消音時のダクト断面内音圧分布

3. ANCシステムON時にはダクト横断面内の音圧レベル分布に差が生じるため、多点測定点のエネルギー平均値から性能を求めることが適当である。

また、今後の課題として次のことが挙げられる。

1. ダクト内のインパルス応答など音場を解析することで、ANC性能とダクト内音場の関連が解明されるものと思われる。
2. 今回は管内法による騒音減衰量を求めたが、エネルギー減衰量との比較を行う必要もあると思われる。

<謝辞>

ANCシステムの性能測定に際し、多大なご尽力をいただいた(株)アルクの関係各位に感謝いたします。

<参考文献>

- 1) 消音器の音響減衰測定法について
…板本他(日本建築学会計画系論文集 第481号1996/3)
- 2) 騒音・振動対策ハンドブック
…(社)日本音響材料協会編(技報堂出版)

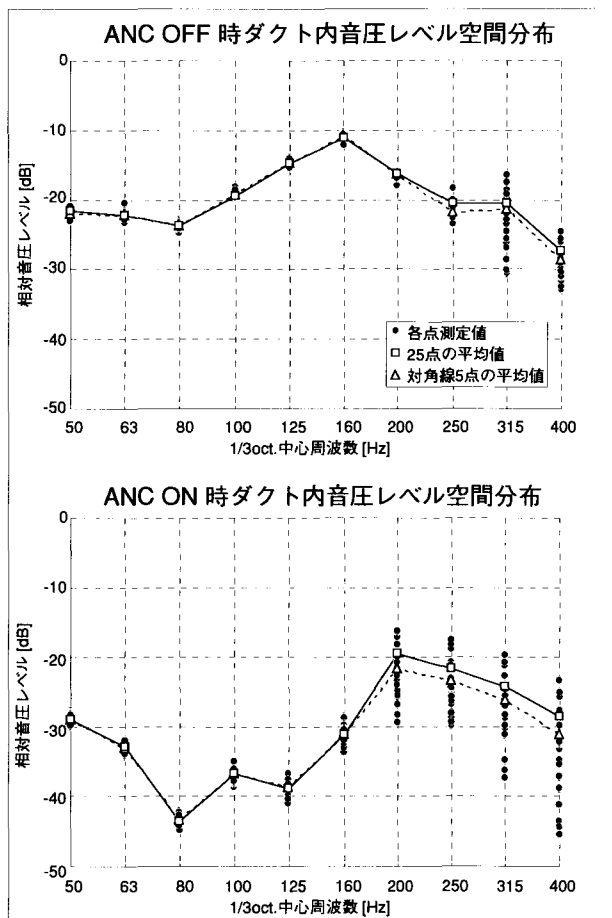


図7： ダクト断面内周波数別音圧レベル空間分布