

ISSN 0389-4010  
UDC 629.7.027  
534.83

# 航空宇宙技術研究所報告

TECHNICAL REPORT OF NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

TR-1081

脚格納空間の騒音低減化の研究

武田克巳・西脇英夫・藤井昭一

1990年9月

航空宇宙技術研究所  
NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

# 脚格納空間の騒音低減化の研究\*

武 田 克 巳\*\* 西 脇 英 夫\*\* 藤 井 昭 一\*\*\*

## The Reduction of Cavity Noise at Subsonic Speeds

Katsumi TAKEDA, Hideo NISHIWAKI and Shouichi FUJII

### ABSTRACT

It is generally recognized that airframe noise becomes a significant contributor to overall aircraft noise under landing conditions. Airframe noise is considered to be the sound radiated aerodynamically as a result of complex interplay between local flows and configurations that intrude or are recessed or deployed over the lifting surfaces and fuselage.

The scale model acoustic testing of landing gears done by the authors revealed that the cavity noise was predominant in sound sources of landing device. As the succeeding phase of the test, here we report a study made to determine the sound generation mechanism and to reduce the sound level of the cavity noise. It is observed that an array of fins attached on the leading edge of the cavity offered a reduction of 7~8 dB in the sound pressure levels.

### 1. ま え が き

航空機騒音は、エンジンから発生するファン、タービン、ジェット音などの推進系による騒音と、脚、脚格納空間、フラップ、スポイラーなど機体表面の凹凸と空気流との干渉によって生じる空力干渉騒音に大別できる。

近年、航空機の低騒音化の要求が進むなかで、推進系の騒音の対策が進められた結果として、着陸時における空力干渉騒音が特に問題化してきている。

航空機の車輪模型による騒音試験結果によって、離着陸時に脚及び車輪を収納する空間（以下空洞という）から発生する騒音レベルは、他の車輪及び脚の騒音より一層高レベルであることが明らかにされた<sup>1)</sup>。そのため、航空機の離着陸時に、脚まわりから発生する騒音低減対策としては、脚を格納する空洞より発生する騒音を低減化すること

が最も有効と考えられる。一般的に空洞騒音の特性を考えると、 $L/D$ が1より大きい、小さいかで特性が全く異なってくる<sup>2)</sup>。但し、ここでは $L$ ,  $D$ ,  $W$ をそれぞれ空洞の長さ、深さ、主流方向に直角な空洞の幅とする（図1参照）。前者は、浅い空洞（Shallow Cavities）、後者は深い空洞（Deep Cavities）と言われている。航空機の脚格納空間は、この浅い空洞に属するが多い。そこで本研究は、 $L/D$ が1より大きい範囲について、騒音レベル、周波数特性などの音響特性の計測と、発生機構の解明を行い、かつ騒音低減化の方法について研究及び考察を行った。さらに、空洞に関する他の興味ある特性量は、空洞の流れ抵抗の変化である。空洞が共鳴状態にある場合の抵抗は、共鳴していない場合の抵抗の2.5倍にも増加することが報告されている<sup>3)</sup>。なおこの原因は、空洞の後方エッジ上の剪断層の変動圧力の大小に関係すると言われている。これらを考慮すれば、騒音低減と流れ抵抗低減とは等価であると考えられる。本試験で効果のあった騒音デバイスが、抵抗低減にも役立つことを確かめることが望まれる。

\* 平成2年7月4日受付

\*\* 熱流体力学部

\*\*\* 元熱流体力学部(大阪府立大学)

## 2. 記 号

$D$  = 空洞 (Cavity) の深さ (mm)

$f$  = 周波数 (Hz)

$h$  = 空洞の前縁からの L 字型平板の列の高さ (mm)

$L$  = 空洞 (Cavity) の主流方向長さ (mm)

$\ell$  = 傾斜板の底辺の長さ (mm)

OASIL = 全体の音の強さレベル (dB)  
(Re 1pW/m)

OASPL = 全音圧レベル (dB) (Re 20 $\mu$ Pa)

$S$  = L 字型平板の列の間隔 (mm)

SIL = 音の強さレベル (dB) (Re 1pW/m)

$S_t$  = ストロハル数 ( $S_t = fL/U_\infty$ )

SPL = 音圧レベル (dB) (Re 20 $\mu$ Pa)

$U_\infty$  = 主流速度 (m/s)

$W$  = 空洞の幅 (mm)

## 3. 実験方法及び計測方法

空洞騒音の特性試験は、図1の空洞騒音試験模型 (L字型平板の列と傾斜板なし) を、図2の流れ場音響試験装置 (5.5×8.5×3.0m) 内の風洞吹出し口 (0.75×0.75m) に取付け、航空機の離着陸速度に相当する主流速度  $U_\infty$  を変化させ試験を行った。この空洞騒音試験模型は、主流方向長さ  $L$  を (430, 450, 480mm)、深さ  $D$  を (160, 190, 210mm)、それぞれ三段階に変える事が出来る構造になって

いる。これにより主流速度  $U_\infty$  をパラメータ (40m/s~60m/s) に、 $L/D$  を 2.2~3.0 の範囲で試験を行った。

空洞騒音特性試験につづいて、騒音低減化試験を行った。低減化の方法のひとつは、空洞の前縁から発生する自由剪断流れの性質を変える試みである。板厚 1mm のアルミ板で L 字型の平板を作り、図1の空洞の前縁附近に流れに直角方向に複数個並べてとりつけた。L 字型平板の間隔  $S$  を変化させて、主流速度  $U_\infty$  に対する音響特性、さらに空洞の前縁からの高さ  $h$  を (0, 7, 12.5mm) 三段階に変化し音響計測を行った。

低減方法の第二として、浅い空洞は、主流方向の長さ  $L$  に比例するモードが発生することが知られているので、この特定周波数が強く出ないようにする方法として、空洞下流側壁面に二種類の傾斜板 (断面三角形の底辺長さを 30, 60mm) を取付け発生モードの分散を計った。これらの実験に際しては傾斜板なしの場合をも含め、主流速度  $U_\infty$  を変えて試験を実施した。

騒音計測は、図2の流れ場騒音試験装置で模型中心より半径 1.3m の位置に、1/2" コンデンサーマイクロホン二個から構成された音の強さ計測マイクを設置して測定を行った。分析は、リアルタイム周波数分析 (分析幅  $\Delta f = 5\text{Hz}$ ) 装置で音圧レベル (SPL)、音の強さのレベル (SIL) 及びそれぞれのスペクトル分布を求めた。

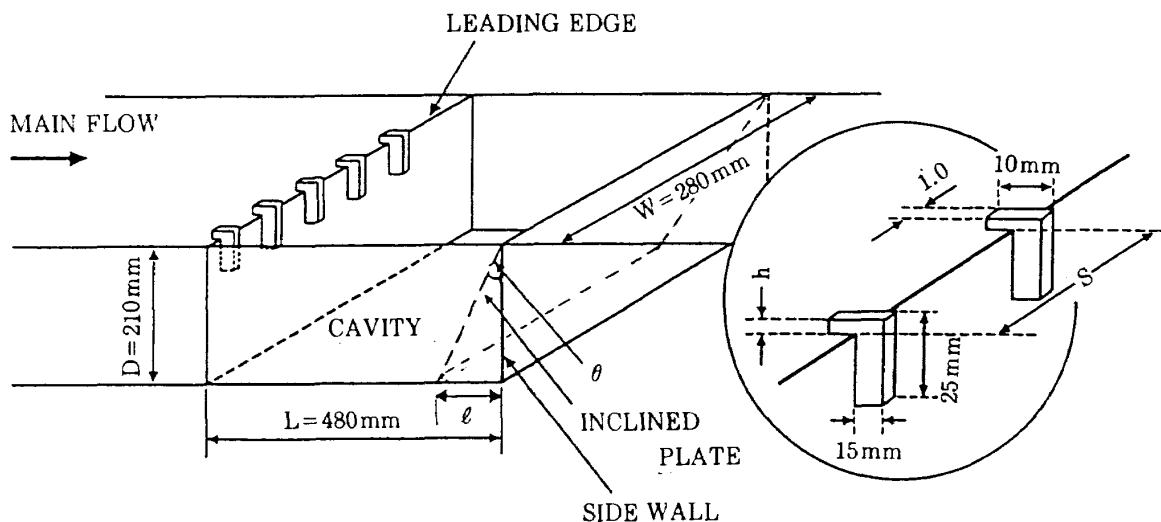


図1 空洞形状とL字型平板の取付位置

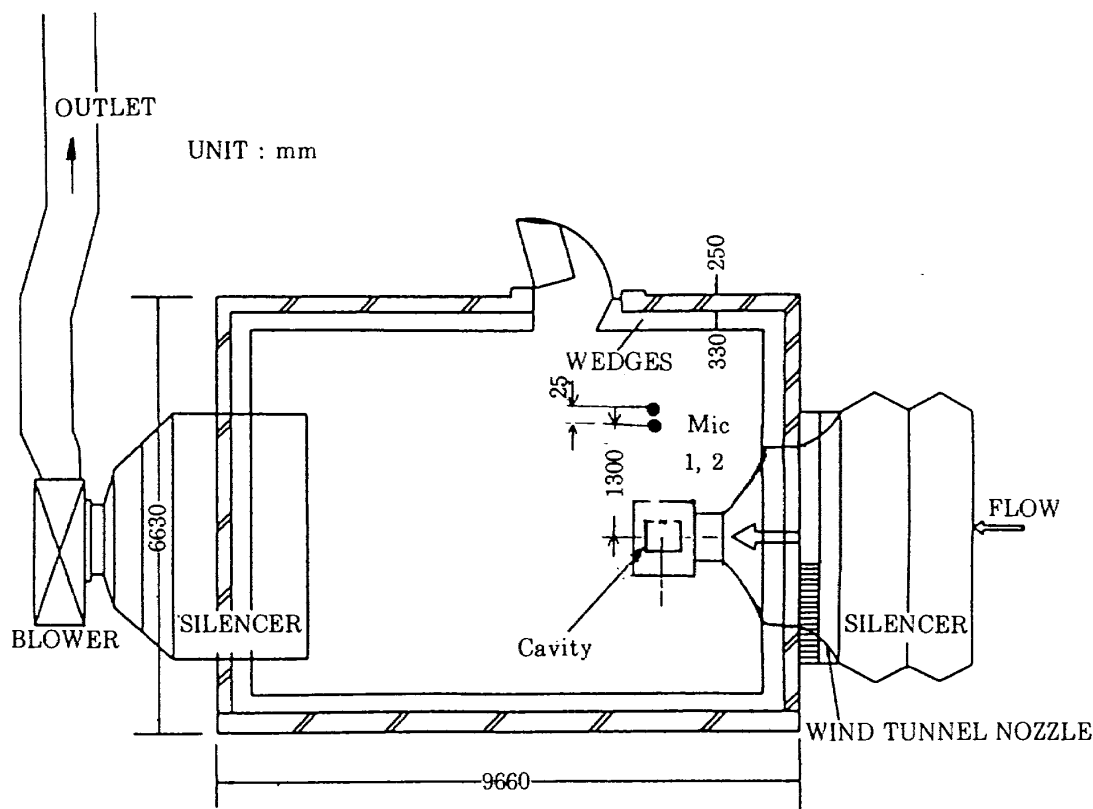


図2 流れ場騒音試験装置

## 4. 実験結果及び考察

### 4-1 空洞の音響特性

まず空洞騒音の基本的な特性を調べるため、図1の空洞に蓋をした平板状態を測定した。空洞の無い場合の騒音特性と空洞の有る場合との比較を図3に示す。空洞の有無の音圧スペクトル差は、主流速度  $U_\infty$  が50m/sの時、20~25dBにも達し、空洞による騒音レベルが意外に大きい事が再確認できた。さらに音圧スペクトルから強いピークの発生している周波数は、複数個存在しその間隔は一定である。

#### 4-1-1 深さDの影響

次に空洞の幅  $W$ 、長さ  $L$  を一定に保ったままで、深さ  $D$  のみを160mm~210mmに変化させ、騒音と主流速度の関係を調べた。その時のスペクトルの一例を図4に、最大音圧の強さと主流速度の関係を図5にそれぞれ示す。

図4から、音圧が最大となる周波数における、音圧レベルが深さ  $D$  と共に増加する事が読みとれる。

図5は、空洞の深さ  $D$  を一定とし、音の強さと主流速度との関係を整理したものである。これらの結果によると、音の強さは、主流速度  $U_\infty$  と空洞の深さ  $D$  とともに強い影響を受けている。主流速度の影響について、主流速度を42m/s~58m/sに増加した場合に音の強さは、15~20dB増となった。他方主流速度  $U_\infty$  を一定とした時の音の強さに対する空洞深さの影響は、空洞の深さ  $D$  を約3割増加でほぼ12dB増加となった。

#### 4-1-2 ストロハル数

次に空洞の幅  $W$  を一定にして、空洞深さ  $D$  と空洞長さ  $L$  をそれぞれに変化し、 $L/D$  を2.0~3.0の範囲での  $S_t (=fL/U_\infty)$  で定義されるストロハル数との関係を図6に示す。但し、ここで使用している周波数  $f$  は、周波数分析した結果の最大音の強さを示す位置である。その一例は、図4の周波数210Hzの所である。これらからストロハル数  $S_t$  は、 $L/D$  に対してほぼ一定値の1.75となっている。

よって音の強さが最大となる周波数は、空洞の主流方向の長さ  $L$  に反比例し主流速度に比例する事が確認された。

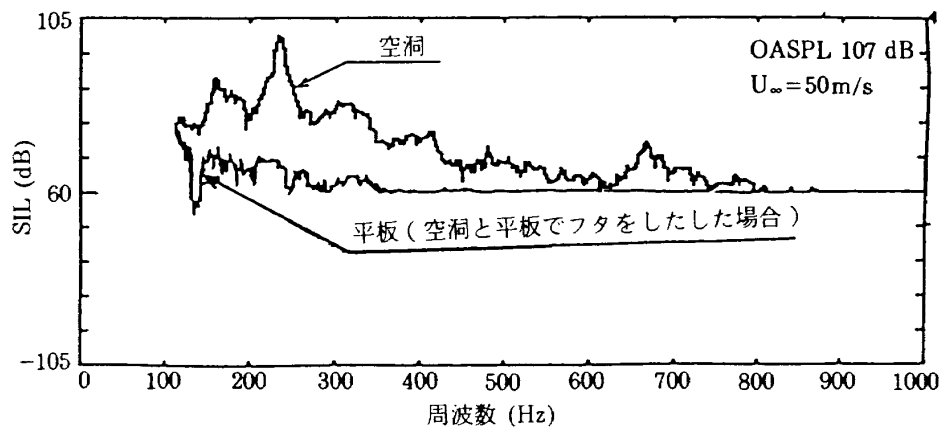


図3 空洞及び平板の騒音レベル

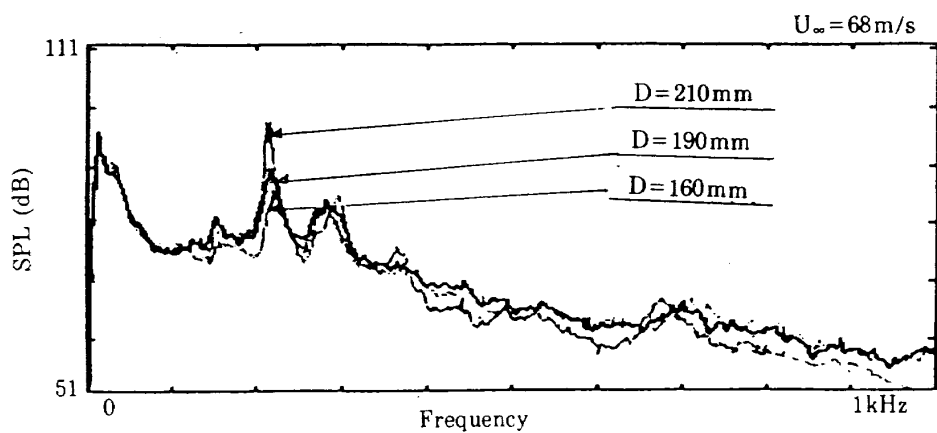


図4 深さ(D)の変化による騒音スペクトルの変化

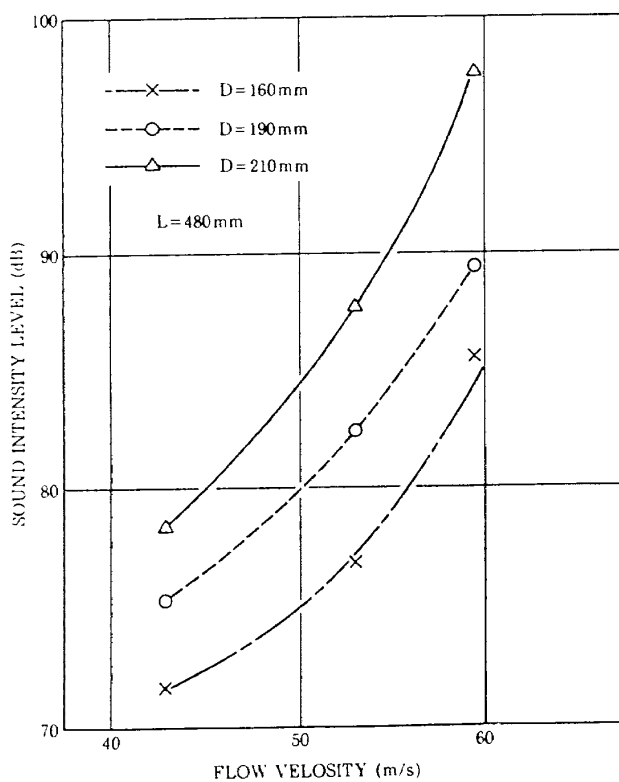


図5 深さ方向(D)の変化に対する音圧分布

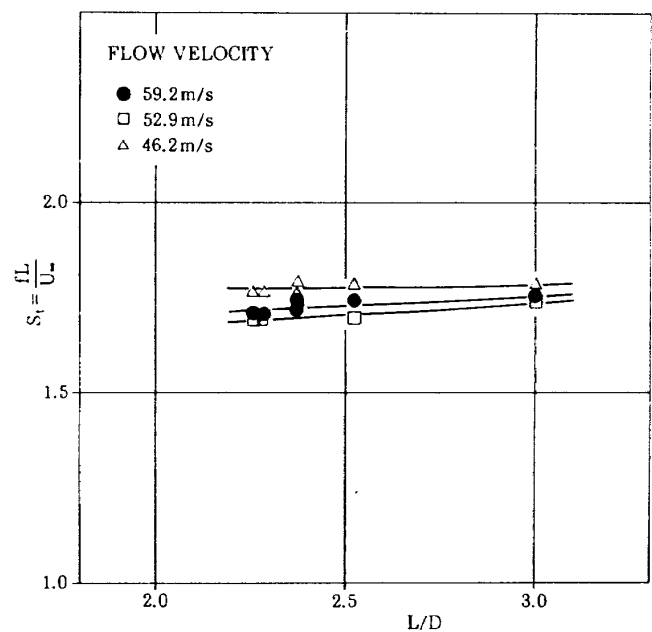


図6 空洞形状をあらわすL/Dに対するストロハル数

## 4-2 騒音低減の方法

### 4-2-1 L字型平板の列

図7は、L字型平板の列の間隔 $S$ を変化させて、主流速度 $U_\infty$ に対する最大音の強さレベル(SIL)の変化を詳細に調べた結果であるが、間隔 $S=40$  mmの場合、最大音の強さレベル(SIL)の低減が得られ、その値は7~8dBに達した。次に主流速度 $U_\infty=43, 52, 60, 68$  m/s, L字型平板の列の間隔 $S=40$  mmで、空洞の前縁からの高さ $h$ が0, 7, 12.5 mmにおける、それぞれの音の強さスペクトル分布を、L字型平板の列がない場合と共に図8に示した。一見して、L字型平板の列の有無による音の強さのスペクトル分布の矢印部分の差違は明らかである。ここで矢印の部分a, b, c, あるいはa, b, c, dは、主流速度一定において同一の周波数の位置を示すとともに、空洞騒音の発生している所をしめしている。図8の一部を重ね書きした図9によれば、周波数が180, 250, 330 Hz近傍に強いピークが生じているが、L字型平板の列を取り付けることでこの強いピークが消滅していることが認められる。この現象は、他の主流速

度、空洞の前縁からの高さ $h$ を変化しても同様である。これはL字型平板が、空洞の前縁附近で発生する不安定で強い渦を抑える役目を果して、減音につながったものと解釈できる。図10はL字型平板の列の間隔を40 mmに固定し、L字型平板の列の空洞前縁からの高さ $h$ と音の強さとの関係を整理し示したが、 $h$ による変化は、ほとんど認められなかった。以上の結果は、図1のL字型平板の列が空洞に完全に隠れ、空洞前縁上にL字型平板の列が頭をだしていない状態でも減音効果が得られる事を意味しており、実用化を考える場合これはきわめて有利な点である。

### 4-2-2 傾斜板

図11には、図1に示されるように空洞の内部に傾斜板の底辺の長さ( $\ell$ )に対してスペクトル形状がどのように変化するかを表しているが、傾斜板の傾き角 $\theta$ が大きいほど減音効果が増加することが判明した。この図11の矢印a, b, c及びa, b, c, dは、騒音の発生モードの周波数を示しており、同一記号の位置は等しい周波数である。 $U_\infty=59.2$  (m/s)で傾斜板の底辺が60 mmの場合、減音量は

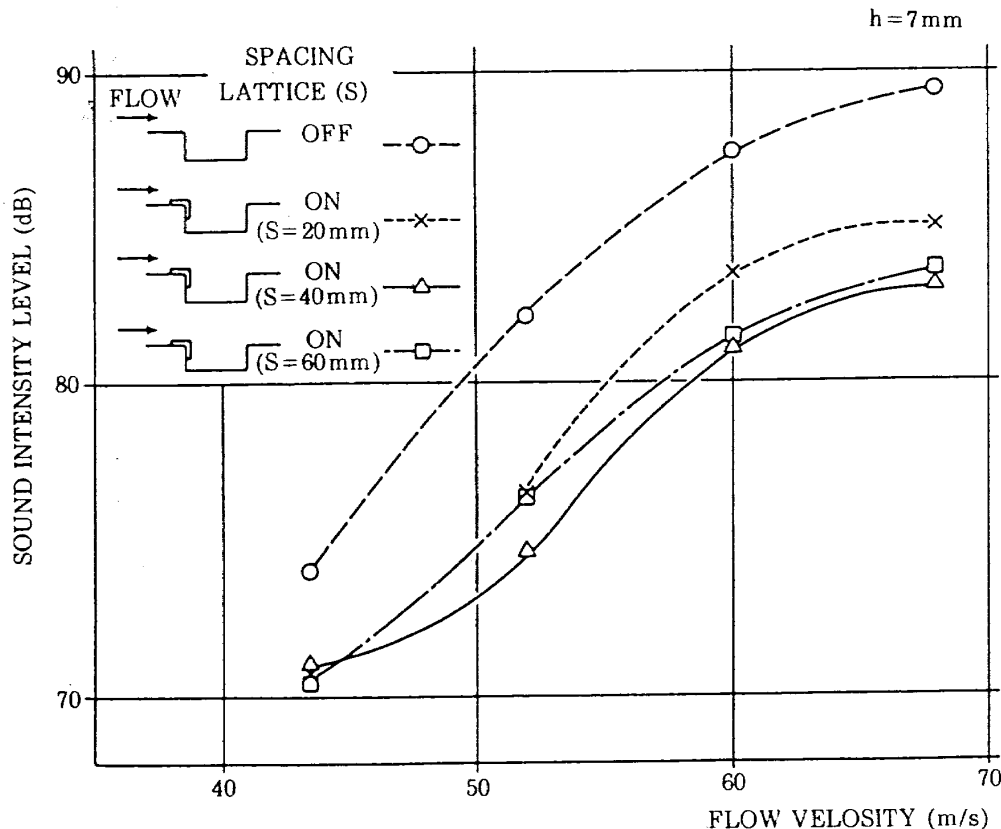


図7 L字型平板の列の間隔 $S$ とピークインテンシイレベル

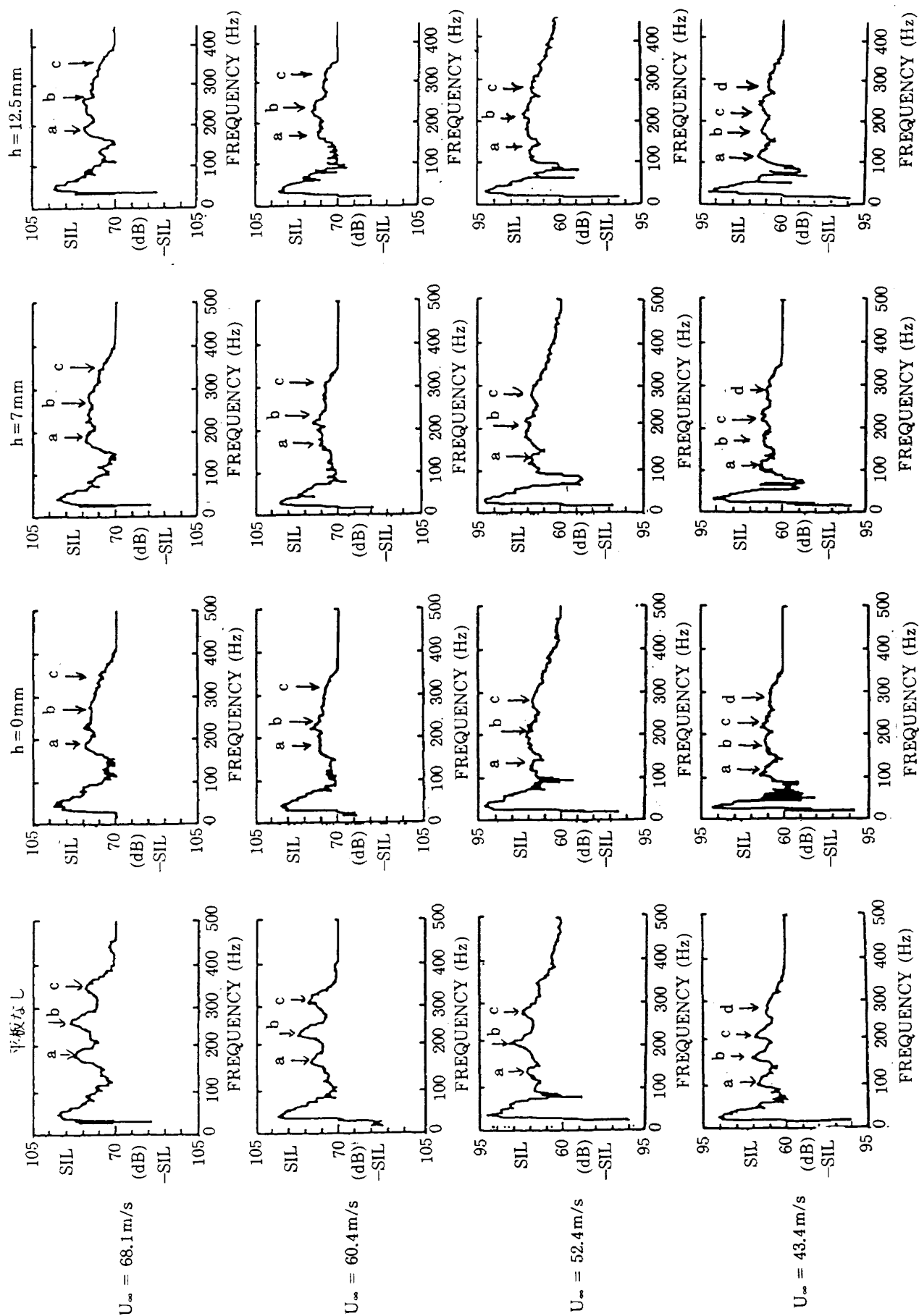


図8 L字型平板の列の高さに対するスペクトルの変化

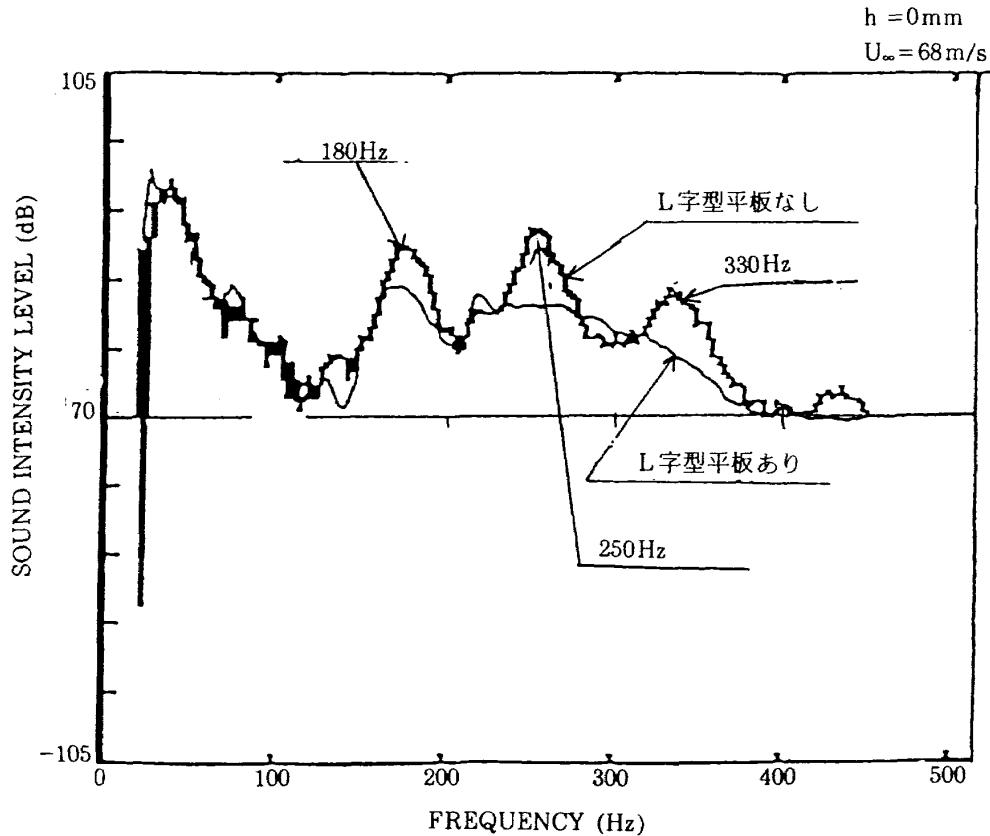
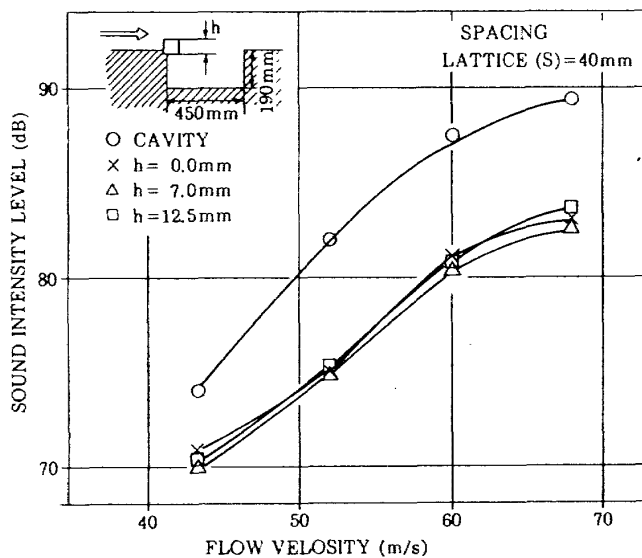


図9 騒音スペクトルへのL字型平板の列の影響

図10 L字型平板の列の高さ  $h$  の影響

7dBに達した。これは、主流と空胴内部流れとの干渉によるヒステリシス機構が、傾斜板により空胴長さ $L$ が空胴の上下で異なるために、主流方向にモードが出来にくくなった結果と考えられる。

以上の二つの方法、すなわち図1のように空胴前縁にL字型平板の列と、空胴内部に傾斜板など

(主流に垂直な前後の二面が平行でないようにする方法)を同時使用することにより、さらに減音効果が期待できると思われる。

## 5. 結 論

(1) 浅い空胴からの発生騒音では、音の強さは空胴の深さ $D$ の増加に伴い増加する。しかし、音の強さが最大となる周波数は空胴深さ $D$ に無関係で有り、長さ $L$ に反比例する。

(2) 空胴前縁にL字型平板の列を取り付ける方法で8dB程度の減音効果が得られた。これはL字型平板が、空胴前縁附近で発生する不安定で強い渦を抑えた結果であると考えられる。

(3) L字型平板の列の間隔 $S$ に対する音の強さのレベルの影響は、最適間隔が存在することが判明した。その最適間隔 $S$ は、40mmであった。

(4) 空胴内部に傾斜板を取り付ける試みも、減音に有効であり、L字型平板の列との併用によりさらに減音効果が期待できる。

(5) L字型平板の列は、空胴前縁下にかくれて





いる状態でも減音効果に変化がないことは実機航空機などへの適用の場合有望である。

なお、本研究で空胴騒音の減音効果が明らかとなった空胴前縁へのL字型平板の列取り付けによる減音装置は、目下特許出願中である。本研究は、環境庁の国立機関公害防止研究費の配算をうけて行ったものであることを付記する。

## 6. 参考文献

- 1) 藤井昭一，ほか：“航空機における空力干渉騒音の低減に関する研究”，環境庁成果報告集，昭和61年.
- 2) HANNOH. HELLER AND DONALD B. BLISS：“Flow Induce Dpressure Fluctuations in Cavities and Concepts in for Their Supression.” AIAA 75-491, 1975.
- 3) YUNG H. YU：“Measurements of Sound Radiation from Cavities at Subsonic Speeds.” AIAA PAPER No.76-529.

---

## 航空宇宙技術研究所報告1081号

平成2年9月発行

発行所 航空宇宙技術研究所  
東京都調布市深大寺東町7丁目44番地1  
電話三鷹(0422) 47-5911(大代表)〒182  
印刷所 株式会社 東京プレス  
東京都板橋区桜川2-27-12

---