

411 B 管内空気柱の音響周波数変化を利用した変位の精密測定  
(動的端補正と位相進角の関係)

正 一宮 亮一

(新潟大)

学 坂本 秀一

(新潟大院)

超精密加工の発展につれて、工作機械や加工物の精度は年ごとに急速に高くなっており、精度が高く、安価で簡単な測定方法が生産現場では要求されている。

先に発表した変位測定用のセンサは非接触式で精度は高いが、測定範囲が狭いという欠点があった。そこで、接触式ではあるが、比較的精度も高く測定範囲の広いセンサを考案した。この変位測定法は、図1に示すように、ノズル①を通して圧縮空気を固定したパイプ②の一端に吹き付け、物体④が変位すると、パイプの他端から差し込まれたプランジャ③が変位することにより、パイプ長さが変化し、共鳴周波数に変化するという原理を利用している。

図2の実線A, Bは、それぞれ内径3mmと2mmのパイプにおいてプランジャを変位させることにより、パイプ長さLを変化させ、それにもなって変化する発音周波数fとの関係を示したものである。パイプ長さLが減少するに従って発音周波数fが明らかに上昇しており、両者の間に良好な対応を示していることがわかる。破線は一端閉口パイプの共鳴周波数fを示す。図2,Aの場合では測定精度は約3μmであり、図2,Bの場合の測定精度は約1μmとなる。このように、パイプ内径などの諸条件を変化させて、発振が得られるパイプ長さの範囲を選択することにより、測定範囲の広さと、測定精度の高さを適当なかねあいで選択することが可能である。また、同様にして、発生音の周波数帯を選ぶことができるので、使用する場所の周波数を選べることにより音響の発生している場所においても使用可能である。

図2から明らかなように、測定された発音周波数fは共鳴周波数fからずれている。このため一般にパイプ端面における補正でこれに対処している。このパイ

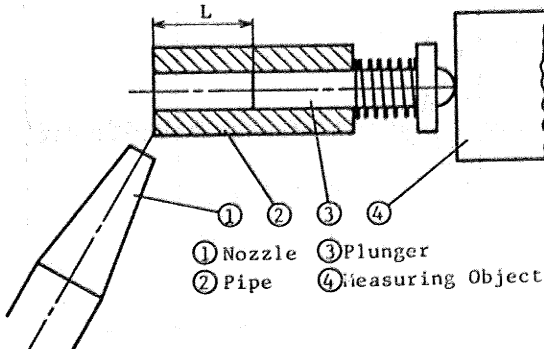


図1 音響による変位測定機構

プーマウス端補正における“動的な端補正”が必要になる原因は、本質的にジェットが存在によるf<sub>0</sub>のfからのずれに起因するため、ここでは、 $\Delta f = f - f_0$ のジェット速度への依存性を調べるためマウス上のジェットの走行時間τ<sub>0</sub>を求めた。τ<sub>0</sub>は発振周波数f<sub>0</sub>を含めることによってリップ-エッジ間位相進角θ<sub>0</sub>に変換され式(1)で表される。なお、ジェットの流速測定には熱線風速計を使用した。

$$\theta_0 = 2\pi f_0 \tau_0 \quad (1)$$

横軸にθ<sub>0</sub>をとり、縦軸に無次元数(Δf<sub>0</sub> - ε)L<sub>0</sub>をとったものが図3である。図のように、θ<sub>0</sub>の増加に従って(Δf<sub>0</sub> - ε)L<sub>0</sub>は直線的に増加すると考えられる。このように、Δf<sub>0</sub>は定性的には位相進角θ<sub>0</sub>およびパイプの長さLと直径の比L<sub>0</sub>を主なパラメータとして変化することが明らかになった。

(εはパイプやマウスの形状などによる定数)

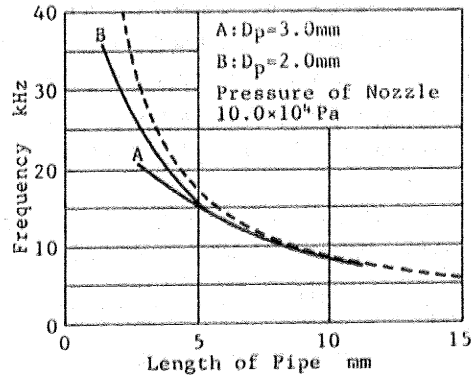


図2 パイプ長さの変化による発生音の周波数変化

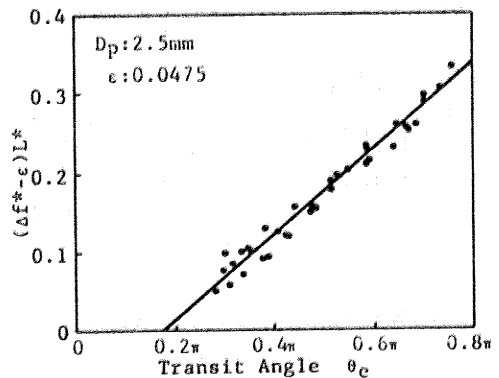


図3 位相進角θ<sub>0</sub>と理論周波数からのずれΔf<sub>0</sub>