

角柱物体から放射されるカルマン渦について

金沢工業大学 正員 中川 武夫

1. 緒言

遷音速流中に二次元対称翼を固定すると前縁および上方(または下方)を音速線、後縁を衝撃波として下方(または上方)を翼の表面によって囲まれた超音速領域が局所的に形成されることがある。こうした超音速領域の内部には通常斜交するたくさんのマッハ線を認めることができた。ところが二次元対称翼の前縁に角柱のようなずんぐりした二次元対称物体を両者の対称軸が一致するように固定すると状況は一変する。すなわち、翼のまわりの流れは角柱の渦形成領域の挙動、あるいは角柱から放射される渦によって構成されるカルマン渦列によって大きな影響を受けることとなる。逆に、後流の翼は角柱から放射される渦の形成機構、角柱の渦形成領域の挙動、あるいは角柱から放射される渦の軌跡に大きな影響を与えず。

ところで、遷音速流中に二次元正角柱と二次元対称翼を前後に対称翼を共有するように固定した場合の二つの物体まわりの流れを規定する臨界パラメータは一樣流のマッハ数と両物体の無次元間隔 L/D であることが明らかにされた。ここで L は両物体の中心間距離として D は正角柱の一辺の長さである。例えば、 $L/D < 5.5$ の範囲では少くとも後縁の翼の一部が前縁の角柱の渦形成領域内に含まれてしまうことがわかっている。したがって、一樣流のマッハ数が十分に大きくなると角柱の渦形成領域を縁どるせん断層の外側に局所的超音速領域が形成されることとなる。以上のことから、この流れが角柱、翼、角柱から放射されるカルマン渦、カルマン渦によって翼面に誘導される二次渦、カルマン渦が翼前縁に衝突する際に発生する圧力波、局所的超音速領域内に形成される音速線、マッハ線そして衝撃波等およびこれらの干渉が成る極めて複雑なものであることが理解できよう。

本研究においては主として角柱から放射されたカルマン渦が翼前縁に衝突する際に発生する圧力波について考察を加えることとする。

2. 実験

Fig. 1 に実験の概要図を示した。図示したような角柱と翼のまわりのマッハツェンダー干渉計によって可視化された流れを回転式ドラムカメラを用いてフィルム速度約 7×10^5 高速度撮影した。また、この高速度撮影と平行して図示した $P1 \sim P6$ の点において風洞側壁面に埋込まれた圧力変換器による圧力の時間変化の測定を行なった。

3. 結果および考察

Fig. 2 (a) と (b) にはそれぞれ $\alpha = 2^\circ$ と 3° における干渉写真を示した。ここで、 P は角柱の前縁上とみ点における圧力によって無次元化された渦の中心および流れの代表的な位置における圧力である。これらの干渉写真の上部には二重議論の対象としていた圧力波を認めることができた。すなわち、圧力波は干渉写真上において黒白筋模様の不連続線と対応している。両図上の圧力波の位置から、二重波の上流に伝播していることが理解することができた。

Fig. 3 には任意の時間原点 $t = 1$ から $1/4345$ 間隔ごとの角柱から放射されたカルマン渦の軌跡 (○、△)、カルマン渦によって翼面に誘導された二次渦の軌跡 (□) およびカルマン渦が翼前縁に衝突した時に発生した圧力波の軌跡が示されています。また、この図では $t = 2$ における渦形成領域の範囲を示されています。

参考文献

1) Nakagawa, T., Meier, G.E.A., Timm, R. and Lent, H.-A. 1985 Vortex shedding of a square cylinder in front of a slender airfoil at high Reynolds numbers; Part 2 Compressibility effect. Max-Planck-Institut für Strömungsforschung, Bericht.

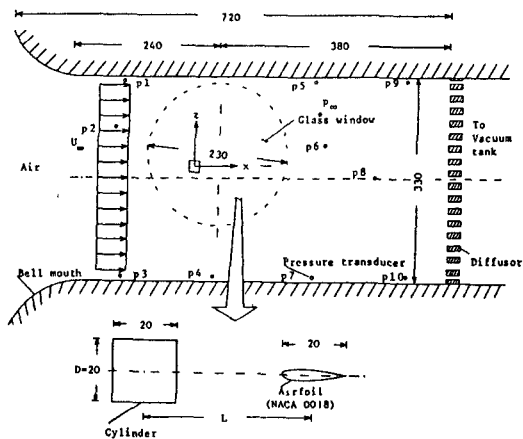


Fig.1 Experimental arrangement. (units:mm)

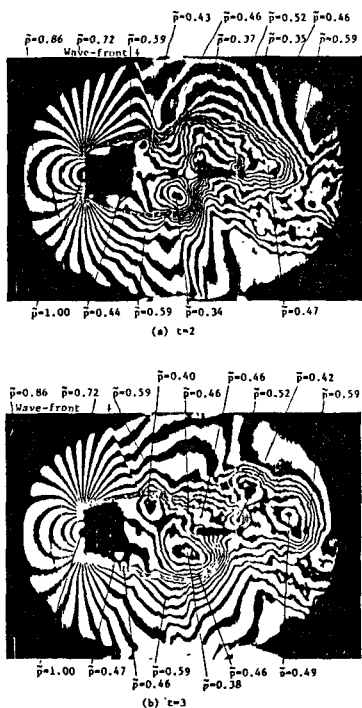


Fig.2 Interferograms around square cylinder and airfoil arranged in tandem.

$U_{\infty} = 216.6 \text{ m/s}$, $f_{\text{max}} = 1348 \text{ Hz}$, $St = 0.1245$,
 $Re = 2.923 \times 10^5$, $L/D = 2.875$,
 $\Delta t = 143 \mu\text{s}$, which is time interval between $t=2$ and 3.

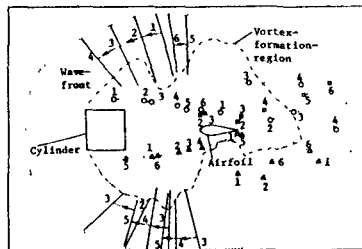


Fig.3 Loci of vortices and wave-fronts around square cylinder and airfoil arranged in tandem.

$\Delta t = 143 \mu\text{s}$, which is time interval between two adjacent vortices and wave-fronts.