



## 船体まわりの流場(その3)

松村清重\*

以前、私の所属する研究室の教授、助教授によって同じ表題で船体まわりの流場の概説が行なわれたので、今回もそれにならい(その3)として船尾流場の安定性について御紹介します。

ずんぐりした船尾を持つタンカーなどの場合船尾の両舷から飛行機の後引き渦のような一對の船尾縦渦が発生していることは前回に示された通りである。私が研究室へ配属されたころは、この縦渦が関係しているらしい現象として、推進性能の分野では自航不安定現象、操縦性能分野では異常現象と呼ばれる非定常的な現象が現われ大きな問題となっていた。この現象は具体的にはプロペラの推力変動、あるいは舵を一定にとっているにもかかわらず違った方向へ船を回頭させるような異常なモーメントの発生などとして現われてくる。

これらの原因を説明するため多くの物理モデルが考えられていたが、その一つが縦渦の特異な挙動、あるいは船尾剝離の非定常性によるものとする考えである。上記のような問題が起る以前に種子田\*\*によって図1に示すような流れが見いだされていた。これは通常の模型船のレイノルズ数 $10^6$ に比べてかなり小さい3,700の場合で、一對の縦渦は平行に後方に流れ去るのではなく、非定常的な鎖状渦に変化して流れることを示している。文献を調べてみると、球のような対称物体でも後流に鎖状渦が形成され揚力が働く場合もあることがわかり、鎖状渦と自航不安定現象が関係ありそうだとすることで鎖状渦を調べてみることにした。

実際に私が調べたのは模型船ではなく、タバコの煙の挙動である。タバコの煙は層流から、

\*松村清重 (Kiyoshige MATSUMURA), 大阪大学, 工学部, 造船学科, 助手, 工学修士, 抵抗推進学

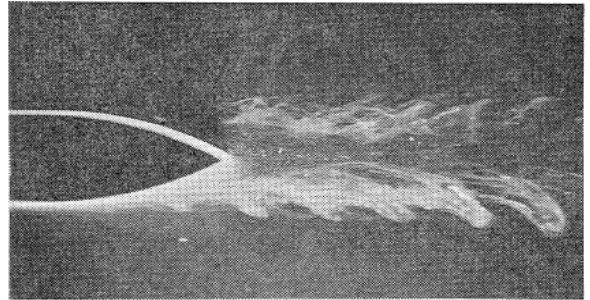


図1 模型船の船尾縦渦

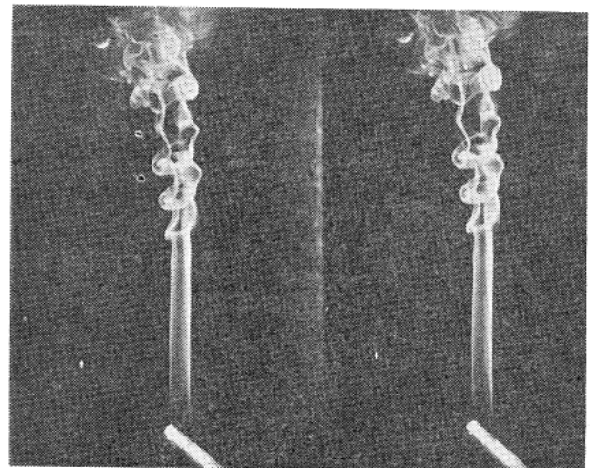


図2 タバコの煙の鎖状渦 (ステレオ写真)

すぐさま乱流になるというわけではなく図1と似た流れを経て乱流になる。図2は暗箱の中でタバコを $45^\circ$ 程度に傾けて取り付け、ステレオカメラで横から撮影したものでステレオ・ビューアにより立体的に見ることができる。この写真は比較的形の整ったもので、タバコの先端から10 cm程度の高さまでは定常で層流を保ち、煙の層は断面が半円形の雨樋を立てたような形をしている。その内部では流速は速く外部ではほぼ静止し、自然熱対流の様子を示している。10~20 cmの高さでは、流場は遷移域で煙は鎖状の波動を示す。煙の濃い場所と煙のない場所は1~2 cmの関隔で3~5個続き、その周波数は8~12 Hz程度、位相速度は15 cm/s程度

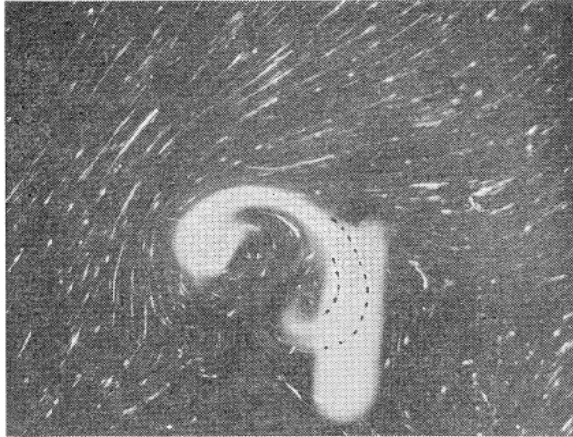


図3 タバコの煙の水平断面内流線

で位置関係を変えずに上昇してゆく。これより上方では乱れて、もはや波動は示さない。鎖の一つ一つを作る濃い煙の部分の形は左右対称であり「雨樋」を水平に横切る半円形の部分と、その両端から伸びて上の鎖に巻きつく部分を持つ。両端の部分だけを見ていると、2つのらせんが互に反対方向に回転しながら上昇するように見える。これらの煙の濃い部分は渦が集中したもので、ことに両端の部分が縦渦であり、らせんは縦渦ベクトルの方向に置いた右ねじの回転する方向に回転する。図3は層流状態の部分の水平断面における流線写真である。半円形の白い部分が煙の層の断面であり、棒状の白い部分は上から撮影したために写ったタバコで、区別のために点線を入れた。煙の層からも縦渦対

(\*\*) 種子田定俊：物体まわりの粘性流の観察，粘性抵抗シンポジウム，日本造船学会（1973）

の存在がうかがえるが、半円形の内部の流線には二つの同心状に回転する部分が存在し、一對の縦渦が確認される。

このように船尾流場とタバコのまわりの流場とでは、イメージの違い程には差異はなく同じような不安定特性を有する。もちろんタバコのまわりの流場は自然熱対流であり、局所的なレイノルズ数を定義すればかなり低く、一方、船尾流場は後流であり、レイノルズ数もかなり高く、必ずしも同一視はできない。しかし前者の問題は流速分布だけを見れば座標変換によって共に噴流と見なせ、後者の問題も特徴だけをとらえれば同一視できよう。そこで3次元に拡張した線形安定理論により統一的な考察を行った。その結果、縦渦がなく円筒噴流のみの場合には噴流のまわりにらせん状攪乱波が発生すると言われているが、弱くとも縦渦対が存在する場合には図2のような攪乱波が支配的であることが明らかになった。これは図3の写真で半円形の開いた部分が非常に強い不安定性を示すことによるもので当然の結論であろう。

ただ、ここで考えたことが自航不安定現象などに関係するかどうかは未だ明らかにはなっておらず、現在ではプロペラと境界層との相互依存によって説明が試みられていることを申し添えておく。

本稿を終えるにあたり、図1の美しい写真を御提供いただきました九州大学応用力学研究所、種子田定俊教授に厚く御礼申し上げます。