17 色素トレーサー法による斜航模型船まわりの流場観測

船舶技術研究所 不破 健^o, 野中晃二, 二村 正Observation of Flow Field around a Ship Model with Drifting Angle
by means of Dye Tracer Method

Takeshi FUWA,* Koji NONAKA,* Tadashi NIMURA*

Prediction of manoeuvring motion of ships is quite important in the view point of practical ship design and safety of traffics at seas. The understanding of flow field around ship hull and accurate estimation of hydrodynamic forces and moments on the hull makes the better prediction possible.

As an application of dye tracer method, flows around a simple shaped ship model with drifting angle were observed in a towing tank. Surface streamlines and trailing vortices were visualized by means of luminous dye tracer injected from holes on the model surface. Some knowledge on the structure of flow field and experimental techniques of flow observation were obtained. Results of observation were compared with those of qualitative measurements and calculation of potential flows.

1. まえがき

斜航する船体には剥離渦が随伴することが知られているが¹⁾、横縦運動中の船体まわりの流場に関する知識は未だに不十分である。船体に働く流体力と流場を調べるために、総合的な水槽試験が計画され²⁾、その一環として色素トレーサー法による剥離渦と船体表面流線の可視化実験が行われた。

2. 実験装置および実験方法

本実験の特徴は、可視化用に小型模型を用意せず、長さ4mの模型船を用いて曳航水槽で実験を行ったことである。この得失は種々検討されているが³⁾、装置が大型化し撮影や照明に多少の困難を伴ったけれど、他の計測結果と直接比較することが出来た。また、色素トレーサー法により、タフト法等と比べて、容易に流場全体を把握することができた。⁴⁾

Photo 1. Trailing Vortex ($\beta = 15^\circ$, $U = 5$ cm/sec)

図-1に実験配置図を示す。写真は、カメラ・ボックスを使い水中下方より、反射鏡を利用して横方向から撮影した。また、移動架台に取付けた水中カメラで横あ

* Ship Research Institute ; Mitaka, Tokyo

よび後方から撮影した。さらに、8mmシネマ撮影も実施した。照明には、水中ランプと水面上のフラッドランプとを併用した。トレーサーとしては、蛍光性ボスターカラー水溶液を用いた。供用模型船は、楕円形横断面をもつ前後対称な数式船型である。²⁾ 実験は、トレーサーの拡散等から船速を $U=5\text{ cm/s}$ ($Fr=0.01$, $Rn=1.8 \times 10^5$)を一定とし、斜航角 β をパラメータとして 15° まで行った。トレーサーは船体表面の内径 1.5 mm の圧力計刺孔から注入した。船体表面流線の観察には、総計151点の圧力孔を使い横断面ごとに色素を変えた。前後対称船型であるので、船側面の撮影は片側から行い、前進時・後進時に上流側(Face面)、下流側(Back面)を撮った。トレーサーの注入量は反射鏡で見ながら色素タンクの水圧とビニール管の流量で調節した。剝離渦の観察では、船底部からトレーサーを注入し流量も多くした。トレーサーの量を増すと剝離渦の領域全体が良く把握され、注入量を減ざると渦核の位置がはっきりと可視化される。船体は細長く1枚の写真でカバー出来ないため、複数の写真をつなぎ合わせて流れ場全体の様子を調べた。

3. 実験結果および考察

剝離渦の存在が流れ場の特徴であり、また、これが流体力の主要成分の原因である。

Fig. 3. Measured and Calculated Surface Streamlines ($\beta=15^\circ$, Fore Body)

渦には、船首船底部から発生する船首渦と船体後半部から発生する船尾渦とがある。船首渦は比較的強い渦核を成すが船尾渦は広い領域をゆっくり巻き込みながら流れる。写真-1に、船首渦の可視化結果を示す。また、図-2には斜航角 $\beta = 15^\circ$ の場合の渦の上下位置を示す。

破線は観察された渦核の位置で、矢印と丸印は渦度計による横断面内の伴流分布計測より得られた渦の範囲とその中心である。これから、渦核はゆっくり上昇しながら下流に流れる様子が判る。また、横方向の渦位置は、船尾のやや後方までは斜航角の約 $\frac{1}{2}$ の角度で流れる。船体後半部では、船首渦は船体から離れて、船尾渦は船体近傍を流れるが、船尾後方約 $\frac{1}{8}$ 船長の位置で横

Fig. 1. Arrangement for Observation

Fig. 4. Measured and Calculated Surface Streamlines ($\beta = 15^\circ$, Aft Body)

方向に交叉する。

船体表面流の観察は、その剝離が随伴渦の原因であること、また、圧力分布計測の結果と直接に対応出来ることから重要である。図-3, 4に船体前半部および後半部の流線の船側面への投影図を示す。流線図は写真をもとに視角の補正を行ったものである。ベクトル図は比較のために示した Hess-Smith 法によるポテンシャル流の計算結果である。また、その中で水上二段は下流側、下二段は上流側であり、上流側は上下逆さに描いてある。これから、上流側では安定した流線が観察され、下流側ではトレーサの拡散が激しく、また、流線のパターンも複雑であることが判る。これは下流側で剝離が生ずるため、船首付近で特に拡散が激しい部分は二次元的な剝離領域と考えられ、船底部付近では、流線のパターンから二次剝離が生じていると判断される。観察された流線は境界層内流であると考えられるが、これと外部流に対応するポテンシャル流の計算結果を比較してみると、上流側全域と下流側の中央部では類似のパターンとなっており、下流側で船首渦あるいは船尾渦への巻き込みが見られる部分では異なった流線のパターンを示し、三次元剝離線が認められる。この剝離線は剝離渦の位置と対応している。定量的には上流側においても前後端部で一致が悪く、計測値の方が急峻な角度で船底部へ流れる。この不一致が境界層内流の渦じりによるものか、無場力体の計算値が、この部分が平板に近い従来船型の $\beta = 15^\circ$ で場力体としての効果が大きい状態に与くわぬか、今後、理論的にも実験的にも検討する必要がある。

4. おすび

斜航船体まわりの流場を調べるため、曳航水槽で比較的大型の模型船を用いて色素トレーサ法による可視化実験を行った。その結果、剝離渦の位置や範囲と船体表面流の様子など流場の構造の一端を知ることが出来た。また、計算値や他の計測結果との対応が検討された。今後、このような計測の積重ねにより船体まわりの流場に対する理解を深めることが大切である。

参考文献

1. 種田・天本：船の剝離渦(II), 九大流体力研報 No. 29号, 1968年
2. 野中・不破・二村：斜航模型船の表面圧力分布計測について, No. 36回 船研発表会講演集, 1980年
3. 藤田・徳永：曳航水槽における流れの可視化, 三菱重工業技報 Vol. 18 No. 1, 1981年
4. 不破 健：タフト・グリッドによる斜航模型船まわりの流場観測, 44回流体力学シンポジウム, 1976年

Fig. 2. Vertical Position of Vortex Core