要 報 Notes

渦 卷 の 壁 に 直 角 に 立 つ 性 質

能本乙彦, 坂上治郎, 藤井義之

On the Character of Vortex "To stand perpendicularly on Walls"

By O. NOMOTO, J. SAKAGAMI and Y. FUJII

1922 年藤原教授は渦絲が壁に直角に立つことを實驗的に發見せられた。⁽¹⁾教授は圓筒形コップの中に水を入れ、獨樂の軸の先に小さい翼をつけたものを廻して渦を發生させて之を寫生し、所謂渦卷の向平等(向對稱)の原理を歸納せられた。

筆者達は藤原教授の御指導の下に四角の容器(60×60×65 cm)で實驗し、次の場合に就いて觀察し且寫眞を撮つた。

- (1) 容器の中央で翼を廻はす。
- (2) 容器の底に斜に揚底を入れて容器の中央で翼を廻はす
- (3) 水平底の容器の中で偏心的な位置で翼を廻はす。
- (4) (5) (6) 揚底をして偏心的に翼を廻す
- (7) 四角の容器に鉛直に板を入れて一つの稜をおとし、五角嚮形の容器にしてその中央で翼を廻はす。

以上のものでは翼の廻轉軸は何れも鉛直であるが次に

- (8) 翼の廻轉軸を傾けた場合。(水平底)
 - (10) 上述の(7)と同じ五角嚮の中で軸を傾けた場合。
- に就き實驗し、更に以上のものでは四角な板を廻轉軸の先端になる部分が少し山形になる様に切落した五角形のものを用ひたが、翼の形による影響を見るため

(9) 上の(8)と同じ條件で四角な板を翼として用ひた場合。

につき實驗をした結果何ら差違を認めなかつた。

尙藤原教授の實驗と比較の爲、

(11) 圓嚮形容器(内徑 15.4 cm, 深さ 22.5 cm)の中で揚底をせずに小さい翼を廻はした場合を實驗した。

翼はモーターに連結したはずみ車の軸の先につけ、その容器に對する相對的位置傾き廻轉速度をある程度まで自由に變へられる様にした。渦絲の見えるやうにするには通常何も水中に他の物質を懸濁させる必要はなく、廻轉する水の吸込んだ氣泡により充分目的を達し、且何も入れない方が結果がよかつた。(たゞ圓嚮形容器の場合にはアルミニウムの粉末をアルコールに混ぜたものを水中に混じた方が見易かつたので之を用ひた)斯くして出来る渦絲は時により離れ離れの氣泡の連りであるが多くの場合には全く續いた空氣の絲でありその上端は常に翼の附近の turbulent な部分に於て水の自由表面に終つて居り、甚だ明瞭に見える。たゞ水中に吸込まれた氣泡の量が非常に澤山になり、その浮力が廻轉する水の吸込む作用に打勝つ様になると一度に水面に浮き上り水全體の運動を亂すやうになり、渦絲も見えなくなる。斯くの如くして渦絲は何時も見えてゐるのではなく、周期的に現はれたり消えたりする。その形が複雑なもの程現はれてゐる時間が短い。非常に簡短なものは何時でも見えてゐる。

一々の詳細な記録と寫眞は省き⁽²⁾茲には主要な諸點につき述べる。

- (1) 渦絲はその端で固體の平面に垂直に立つ

(1) 氣象集誌. 大正十一年, 77 頁. 尙豫報は Q. J. R. m. s. 47, 1921 にある

(2) 數物記事に載せる筈。

傾向をもつ。

たゞ直角といつても全くの 90° ではなく非常に之に近いものであつて、つまり垂直な位置が非常に安定なのである。又或場合には丁度水平な底と垂直な壁との境をなす稜の上に渦の足が来たために壁と底の両方に凡そ 45° 宛の角をなして渦糸が現れたのを見た。又渦糸はその足に近い所では僅かな角の然し急な屈曲をいくつも有する場合が相當多い。

(2) 渦糸は妨げのない限り成るべく短く眞直にならうとする傾向をもつ。

例へば水平底の半分だけをその儘にして他の半分之を之と 56° の角をなす斜な揚底をして翼を器の中央で廻す場合、その廻轉數毎分 513 の時は渦糸は揚底の方に垂直に立ち、從つて渦糸はかなり大きく彎曲するが、廻轉數 942 の時は殆ど彎曲せずに水平底の部分に渦が立つことを認めた。即ち渦が強くなれば容器の影響に打勝つてなるべく眞直にならうとするのである。この點は別の實驗から關口博士により既に指摘せられた處である。⁽¹⁾ 尙 image の考に依れば壁に垂直に立つ事となるべく短く眞直になると云ふ事とは同一内容のことの様に解釋出来る。

(3) 第二の渦

筆者達の實驗は容器が四角であつた爲その隅の影響により別種の渦が現はれた。之を第二の渦(wanderer-vortex)と名付けることにする。之は主な渦に比して弱く且幾分不安定で多くの場合には離れ離れの氣泡の連りからなつてゐる。翼の廻轉方向が上から見て右廻りである時に、四つの垂直な壁の各々の外から見て左下の部分から壁に垂直に出て翼の附近の turbulent part に至るものである。揚底をした場合等にはあるものは甚だ強く發達し、又あるものは消える事がある。又時として二條又は三條の第二の渦が同じ壁の左下隅に水平に又は垂直に並び順次に發生して暫くすると互にもつれ合ひ又は近づいて一

つになり、⁽²⁾ 又は長い間平行のまま存在することもある。

(4) 渦糸の所謂「反射」

筆者達の實驗では丁度反射と認め得べき場合は現れなかつたが、中には翼の廻轉軸を斜に壁に近く翼の先を近づけた時渦糸が翼の先より出て先づ壁の方に向つて進み未だ壁に達しない中に大きく屈曲して逆に底の方に向つて足が底に達し、且渦全體が殆ど此の壁に垂直な鉛直面内に存在すると思はれる場合も認めた。但し此の場合でも反射角は入射角よりかなり小さい。然し大部分の場合に於ては所謂反射は、渦糸が水全體としての廻轉の爲に押流されて大きな螺旋形を描くのを横から射影的に見た結果に外ならないと思はれる。就中圓錐形容器の場合に於てはこの傾向が著しい。

(5) 渦糸の形態及生態

(i) 渦糸は單純な糸ではなく恰も普通の縫糸の如き構造をもつやうに見える。そしてその途中がほぐれて數本の糸に分れることは少くない。

(ii) 渦糸は時としてその一部分が丁度コイルをはくした様な螺旋的形狀を示す。

(iii) 渦糸が壁と接觸する點はやゝふくれて喇叭狀となり、それがふくらんだり縮んだり pulsation を行ふ。その他渦の各部分について種々の振動的變化を認めたが、之を明かにするには別に活動寫眞的觀察を要し、筆者達の實驗では行はなかつた。

(6) 環狀渦

時として廻轉翼を取巻いて環形渦が發生し、其處から離れて下方に下り、直ちに横壁に向ひ突進するのを認めた。その速さは壁に近づくに隨ひ遅くなり、半徑が擴大する。壁にぶつかれば砕けて仕舞ふ。その形はかなり凹凸のある圓形で且ある種の振動を行つてゐる様に見えた。

終に臨み、御指導を賜つた藤原先生に厚く感謝の意を表す。

(1) 中央氣象臺歐文彙報. IV, No. 1, 1928.

(2) 氣象集誌. 大年十一年, 133 頁. 藤原: 渦動に關する研究第二報, 岡田の法測及其の擴張参照.