

序：砂礫の移動限界は砂礫の露出程度とそれと作用する流体力に依存する。本文では露出比の変化に伴う圧力孔付球の周りの圧力強さを測定し、方向別に合計し、流速を測定して、抗力係数と揚力係数を求めた。

[1]. 実験方法と条件：幅 29.5 cm, 長さ約 1.2 m の水路底に直径 25 mm のガラス球を千鳥型に密に配列し、ほぼ長さ方向の中央、幅の中間における 1 つを抜き取り、その空間内で、それと同じ直径の真鍮製圧力孔付球を下流側の 2 つのガラス球と接触させながら高さを変え、圧力孔の水頭を測定した。別のピトー管静水孔で静水頭を読み取り、静圧との差の Σ , Σ 方向成分と圧力孔の分相面積との相乗積を合計し、抗力 F_D と揚力 F_L を求めた。圧力孔付球は図-1 のように側方に薄く作った支持棒（攪乱を防ぐため）で上下し、その中を通して圧力パイプメータに傳達される。支持棒を薄くするために、圧力球 1 個につき、圧力孔の数を 5 個に制限し、0° 方向の半円周上と 45° 方向の半円周上に圧力孔 5 個ずつあけた球 2 個を用いた。それらを用いて測定予定角度交互に上下して測定し、さらにそれらを反転させて 180°, 225° 方向の半円周上の圧力強さを測った。135°, 315° 方向のものは対称と考えて 225°, 45° 方向の測定値で代用させた。静水圧は実験前と実験後、測定点でピトー管の静水孔で測定しその平均値を用いた。球の圧力孔 5 個の支配面積はそれらを用いた球表面上の経緯線内の面積と弦で結ぶ線内の面積の平均を用いた。空隙部の状態は図-2 に示すように (1) あきにする場合と (2) 球形頂部の円柱（略称頂球つめ）、(3) 平面頂部の円柱（頂平つめ）で圧力球の下部と接触させる場合の 3 種類である。水理条件は $i = 1/60$, $h_0 = 8.63$ cm, $h = h_0 + 0.2d = 9.13$ cm, $U_* = \sqrt{g R_0 i} = 11.29$ cm/sec. である。 R_0 は側面マッスを考慮した径深である。圧力球の中心の流速は実測値を用いた。

[2]. 実験結果

・流速：球頂より $0.2d$ 下を厚板とすると粗面乱流式における 5.75 に傾斜角が最も近き、 Ar は 10.5 を得た。

・抗力係数： $C_D = 2F_D / \rho u_*^2 A$, $F_D = \sum (y_i - y_0) \omega A_i$ で計算した。 y_0 は静水頭高。 u_* は実測値を用い、 C_D の結果は図-3 に示す。ただし、露出比 $\eta = y/d = 0.8$ 以下の u_* はすべて $\eta = 0.8$ における $u_* = 97.5$ cm/s を用いた。 $\eta > 0.8$ における Reynolds 数 Re は $2.4 \times 10^4 \sim 3.5 \times 10^4$ で、無限流体における球のこの範囲の Re に対する C_D は約 0.4 である。図-3 では $\eta \approx 0.8$ では $C_D \approx 0.4$ で η が大きくなるにつれて増加すると $C_D \approx 0.3$ に漸近している。本実験では 0° と 45° 方向の圧力孔付球 2 個を用いており、側面すなわち 90° と 270° の点を含む範囲の上下流圧力差および球の頂角と底角を含む範囲の上下流圧力差は成分が小さいといへばよりある程度あると考えられ、 C_D の実際の値は図に示す値より多少大きくなると想像される。Dementiev の平底上の $\eta = 2/3$ の水平柱に関する実験値とは傾向が似ている。

・揚力係数： $C_L = 2F_L / \rho u_*^2 A$, $F_L = \sum (y_i - y_0) \omega A_i$ で計算した。結果は図-4 に示す。 η の増加に従って C_L は減少し、 $\eta \approx 0.9$ で負になり、 $\eta \approx 1.8$ まで減少し続け、以後は増加しながら $\eta \approx 3$ で 0 に近づく。 $\eta > 0.9$ で C_L が負になるのは圧力球の下縁と水路底球の間に速い流速が生ずるからと想像され、この傾向は Nath. 山本の解析結果（1974, 水平棒の場合、棒の下縁と水路底間の隙間が棒直径に等しくなる点 [$\eta = 2$ に相当] まで揚力が負になる）と似ているが Dementiev の実験値（負を越えて 0 に近づく）とは傾向が異なっている。

・ $C_{D*} = 2F_D / \rho u_*^2 A$, $C_{L*} = 2F_L / \rho u_*^2 A$ は図-5, 6 に示す。 C_{D*} は η と共に増加し、 $\eta \approx 2$ 以上で約 4.7 に漸近する。 C_{L*} は $\eta = 0.4 \sim 0.9$ まで 0 に減少し、それから負となり、 $\eta \approx 1.8$ まで -20 に減少しつづけて、以後増加し、 $\eta \approx 3$ で 0 に接近している。 $C_{L*} / C_{D*} = C_L / C_D \sim \eta$ の関係は図-7 に示す。

・ $C_* = \sqrt{C_{D*}^2 + C_{L*}^2} = 2F / \rho u_*^2 A$ の大きさと合力 $F = \sqrt{F_D^2 + F_L^2}$ の作用方向は図-8 で線分の長さと矢印で示す。

むすび：以上の実験結果と傾向は掃流砂礫の始動と運動形式の解釋に一助になると思われる。

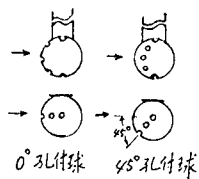
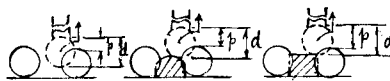


図-1



(1) あき (2) 球頂つめ (3) 平頂つめ

図-2

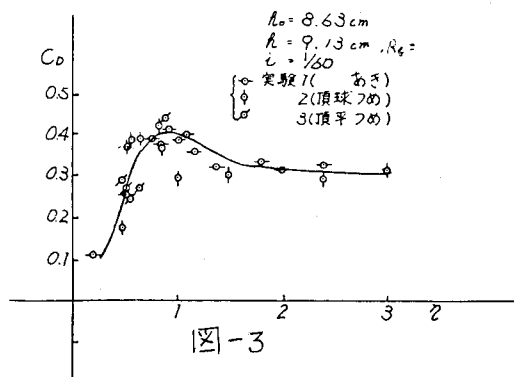


図-3

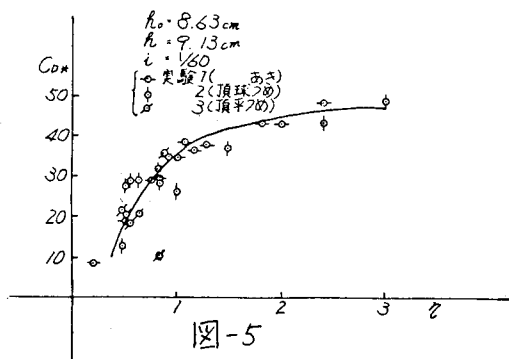


図-5

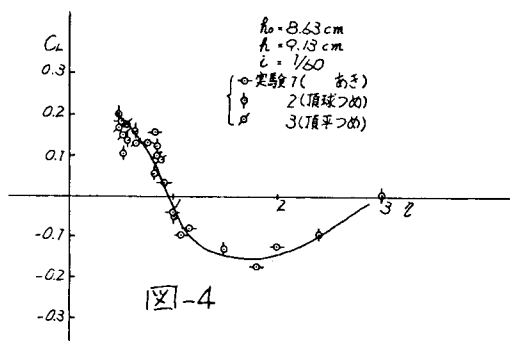


図-4

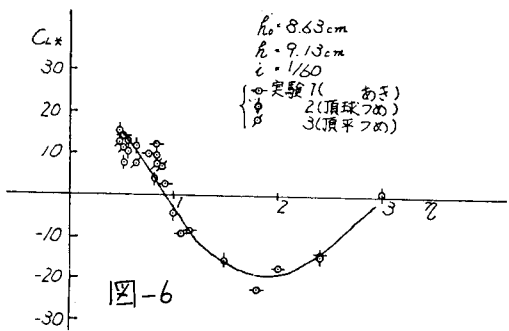


図-6

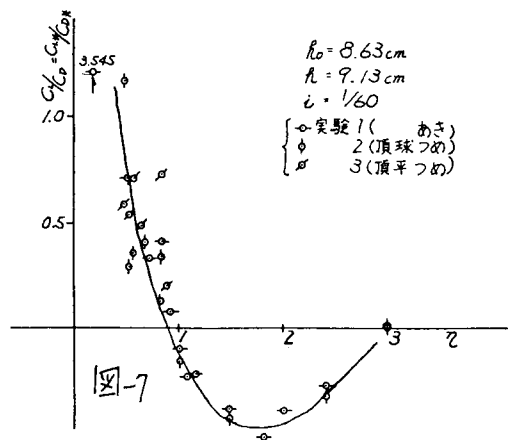


図-7

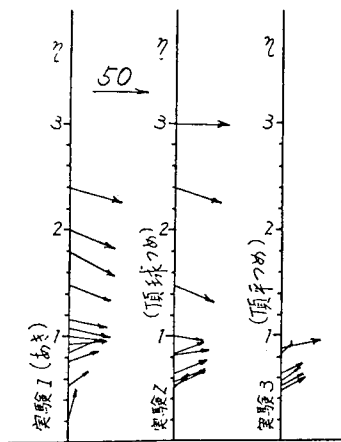


図-8: 合力F_a方向とC_D*の大きさ