

網地剛体模型近傍の流速分布

今井健彦, 石崎宗周, 不破 茂, 久津輪修一, 金 碩鍾, 洪 性完

Flow-profile Around an Enlarged Solid model of Netting*¹

Takehiko Imai*², Munechika Ishizaki*², Shigeru Fuwa*²,
Syuichi Kutsuwa*³, Suk Jong Kim*⁴, and Seong Wan Hong*⁵

Keywords : Attack angle, Flow-profile, Solid model of netting

Abstract

This paper deals with flow-profiles around an enlarged solid model of netting which was set into an experimental flume tank on every half angle of Θ , (range from 0 to 3Θ of setting angles), to clarify flow distribution around the model. In this case Θ means the angle of attack when mesh-hall faded out from the projective plane.

A thin film flow-meter with corn shaped probe was used in the experiment. Measurements were carried out on 110 fixed points, 24 points around mesh, and 5 points inside mesh-halls at every attack angles on a horizontal plane. The flow-speed was maintained at 10 cm/s, and Reynolds number at 1.9×10^3 .

From the resultant profiles, the fluid-dynamical force acting on each leg was similar with the case larger than 3Θ of attack angles.

*1 この論文の概要は平成4年度日本水産学会秋季大会(下関)で発表した。

*2 鹿児島大学水産学部漁具学講座 (Laboratory of Fishing Gear Science, Faculty of Fisheries, Kagoshima University, 50-20 Shimoarata 4, Kagoshima, 890 Japan)

*3 松元中学校 (Matsumoto Junior High School, Matsumoto Town, Kagoshima Pref., 899-27 Japan)

*4 済州大学校海洋科学大学 (College of Ocean Sciences, Cheju National University, Ara-1 Dong, Cheju, 690-756 Korea)

*5 鹿児島大学大学院連合農学研究科 (The United Graduate School of Agricultural Science, Kagoshima University, 21-24 Korimoto-1, Kagoshima, 890 Japan)

流れに平行に設置された平面網地近傍の流れは、網地面に沿って流れ、流れに垂直に網地を設置した場合は、流れは網目を通り抜ける。

この研究は、網地近傍の流速を測定して、網地を構成する脚の周りの流れを測定することによって、脚が独立に流れを受ける迎角の臨界値を明らかにすることを目的としている。そのために、網地拡大模型を作り、投影面上の網目の孔が消失する迎角 θ の半角を基準としてその整数倍の迎角を与えた場合の、網地模型近傍の流速分布を描き検討を加えたものである。

網地剛体模型

網枠の前縁材の後流の影響および網地の後流が網枠の後縁材におよぼす影響を除くために、網地剛体模型を用いることにし、網地の周りと網目中央の流速を測定するため、網地拡大模型を製作した。

直径21mmの塩化ビニール丸棒を60mm間隔で直交させるように削って組み合わせ、Fig. 1に示す網地模型を作った。なお、上端中央の網目に丸鋼棒で作った支持棒を取付けて回転軸にした。

この研究では、脚長 l に対する網糸直径（丸棒の直径） d の比率を大きくすることにより、

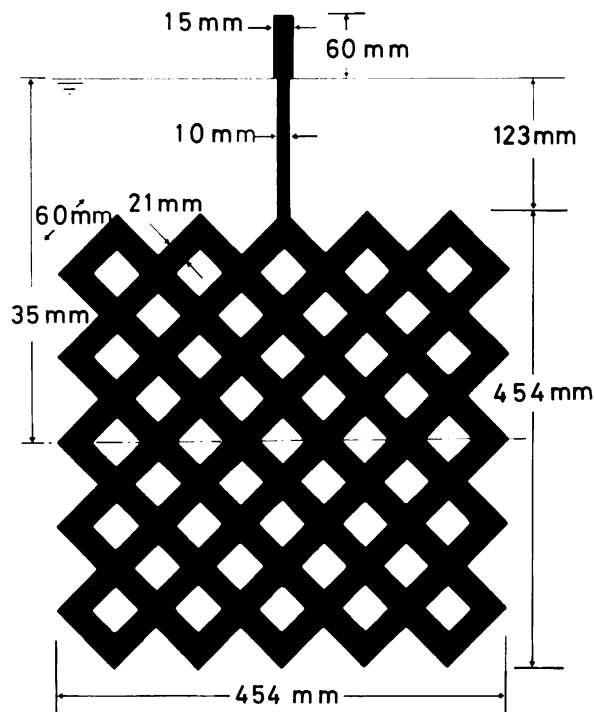


Fig. 1. Schematic drawing shows an enlarged solid model of netting made of vinyl-chloride round bar. Chain line shows a horizontal measuring surface of flow velocity.

網目を通過する流れの変化を明らかにすることを試みた。そのため d/l 値は, トロール網のコッドエンドに用いる網地のほぼ二倍の0.35であった。

実験方法

鹿児島大学共同利用研究施設回流水槽(観測部の長さ約6m, 幅2m, 水深1m)の中央部に前述の網地模型を設置し, 10cm/sの流れを与えて模型近傍の流速を熱薄膜流速計(KANOMAX:7114)で測定した。水深35cmの水平断面上の流れ方向60cm幅方向60cmの正方形を測定面とし, 6cm間隔の柵目の交点を測定点とした。また, 測定断面上の網目の脚の上流と下流, 脚の両側および網目中心の流速を測定した。

Fig. 2に示すように, 測定点は一設定迎角について約140点となった。それぞれの測定点では, 約1分間流速を測定し, 1,000個読み取った値の平均値を実測値とした。

実験装置のブロックダイアグラムをFig. 3に示した。それぞれの測定点の流速を, サーマラレイコーダ(GRAPHTEC:WR7900)でデジタル化し, 電算機のプロッピーディスクに収録した。

熱薄膜流速計のプロープは, 頂角が 40° の円錐形に削った石英の丸棒の先端に, 白金薄膜を蒸着したものであり, Fig. 4に示すように先端が上流に向けたものを用いた。このように極めて小さいセンサーを用いて比較的太い網糸の周りの流速を計測したため, プロープが流れに与える影響は少ない。しかし, 流れの1方向成分しか検出できない欠点も持ち合わせている。

予備実験の結果から, 設定流速を10cm/sに決めた。漁網に比べ一桁大きい直径の丸棒で

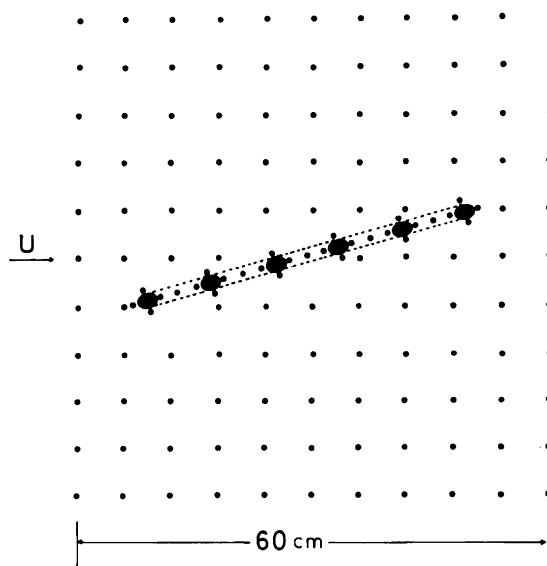


Fig. 2. An example of measurement, dots shows measuring points on the measuring plane.

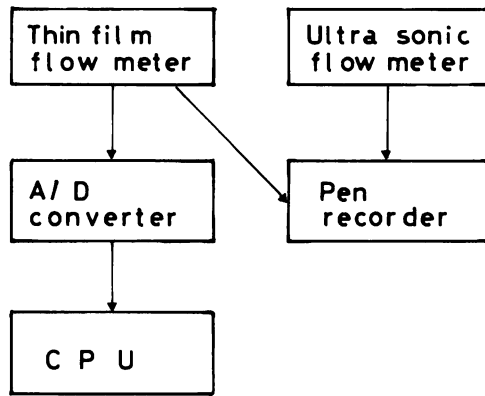


Fig. 3. Block diagram shows equipments used. Detected velocities were stored on a floppy disk of CPU, on every setting angle.

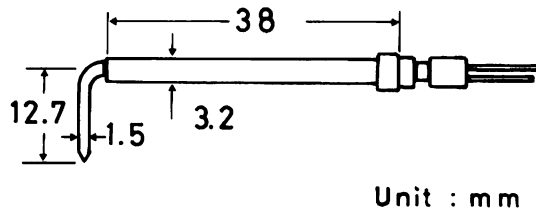


Fig. 4. Sensor probe used for the thin film flow meter (Kanomax 7114). Thin film fixed on the tip top of the corn.

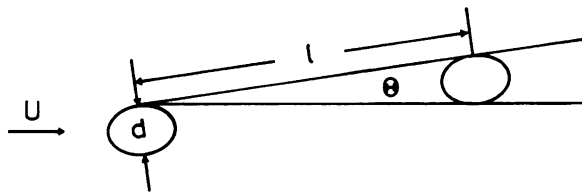


Fig. 5. An angle of attack Θ ; when faded out of mesh hall on the projective plane.

網地模型を製作したため、直径を代表長さにとった Reynolds 数は、 1.9×10^3 であった。模型は Fig. 1 に示すように、丸鋼棒で一点支持されているが、流速を遅く設定したため、繞むことなく垂直に支持でき、プローブサポートの振動も起こらなかった。

網目の孔が消失する角度 Θ を実測した所、 14.3° であった。この値は、Fig. 5 のように考えて導いた (1) 式¹⁾の値と良く一致した。

$$\Theta \cong \sin^{-1}(d/2l \cos 45^\circ) \quad (1)$$

この研究では、流れの軸と模型面のなす角(迎角)を、 Θ の0, 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5お

よび3倍, すなわち, それぞれ0, 7.2, 14.3, 21.5, 28.6, 35.8および42.9°の7段階与えた。

実験結果

まず, ブランクテストを行い, 水槽の流れの一様性を確かめた。流速分布を(2)式で示す代表流速 U に対する実測値 u の比率で表した。この場合, 流速設定に用いた水槽壁に取付けてある超音波流速計の流速を代表流速にした。

$$u / U \quad (2)$$

その結果Fig. 6に示すように, 上流に向かって右側に, 代表流速より少し速い部分が生じていた。その値は5% (0.5cm/s) 以下であることが分った。

模型を流れに平行に設置した場合の流速分布をFig. 7に示した。この図の黒丸は, 模型の中央水平断面すなわち, 結節部を示している。流れは模型面に沿ってほぼ平行に流れているが, 第2番目の網目より上流の流速分布は特異な形を示した。

模型に0.5° (7.2°) の迎角を与えて設置した場合の流速分布をFig. 8に示した。この場合は, 模型面に沿ってほぼ一様な流れになった。しかし, 第2番目の網目より下流の脚の後部に小さい渦が発生した。

Fig. 9に迎角θ (14.3°) を与えた場合の流速分布を示した。この迎角までは投影面上に網目の孔は現われない。しかし, いずれの網目についても網目の中の流れは周囲より速く, 下流部は上流部の後流の影響を受けて遅くなっている。このことは, 網目の孔が見えない場合

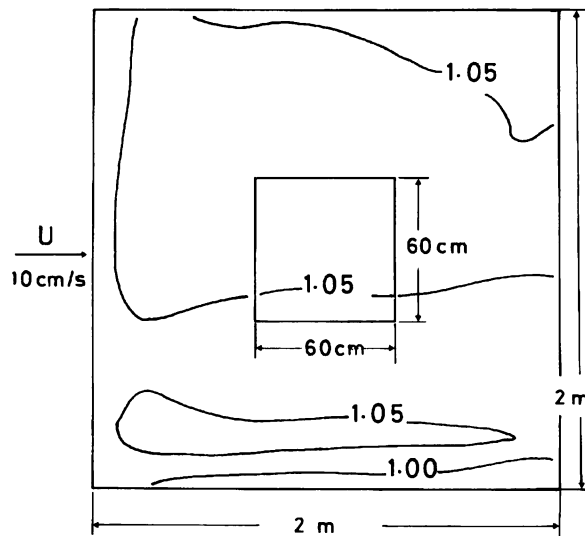


Fig. 6. Result of blank test set 10 cm/s of velocity, in the observed channel of the experimental flume tank of the Kagoshima University. Outer square shows the observed channel and inner one shows a measuring plane which showed on the Figure 2.

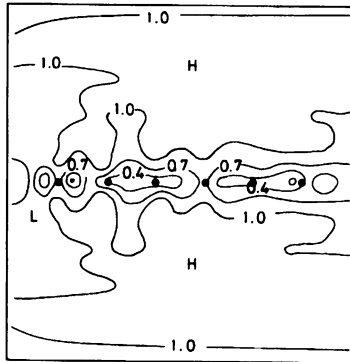


Fig. 7. Flow-profile around the model on the 10cm/s of flow velocity, set parallel to the flow axes. Black circles shows knot portion of the netting model. Number shows the ratio measured-velocity/representative-velocity, H shows the ratio greater than 1.0, and L shows the ratio less than 1.0.

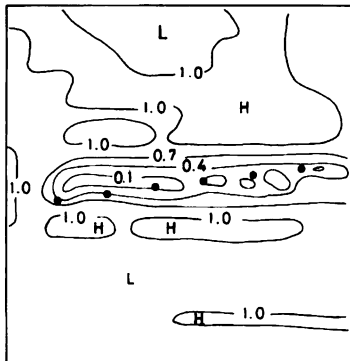


Fig. 8. Flow-profile around the model set the angle of 0.5θ (7.2°), on the 10cm/s of flow velocity.

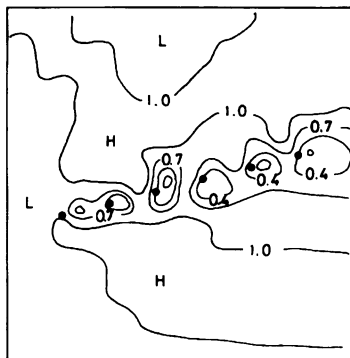


Fig. 9. Flow-profile around the model set the angle of θ (14.3°), on the 10cm/s of flow velocity.

であっても、流れの一部は迂回して網目を通過することを示している。なお、水路の右側に模型面に沿った代表流速より速い流れが現われ、水路の左側にもほぼ流軸に沿った代表流速より速い流れが現われた。

Fig. 10 に 1.5Θ (21.5°) の迎角を与えた場合、Fig. 11 に迎角 2Θ (28.6°) を与えた場合の流速分布を示した。これらの図から、迎角が増えると、模型の下流部に代表流速よりかなり低い流速の領域が拡がり、結節部近傍に形成させる渦は、ますます発達することが明らかになった。

Fig. 12 に迎角 2.5Θ (35.8°) の場合の流速分布を示した。この迎角では網目を通る流れが卓越している。なお、結節部近傍に形成される渦は、ますます発達した。

Fig. 13 に迎角 3Θ (42.9°) の場合の流速分布を示した。この場合、いずれの結節部も一様な流れの中にあることから、網地を構成する脚は、それぞれ独立に流体抵抗を受けていると言える。すなわち、 3Θ より大きい迎角の場合は網地を構成する脚相互の干渉を受けないと判断した。

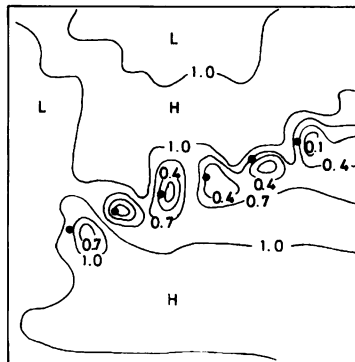


Fig. 10. Flow-profile around the model set the angle of 1.5Θ (21.5°), on the 10cm/s of flow velocity.

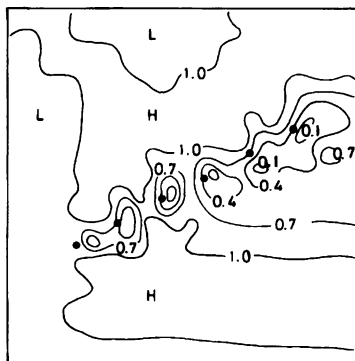


Fig. 11. Flow-profile around the model set the angle of 2Θ (28.6°), on the 10cm/s of flow velocity.

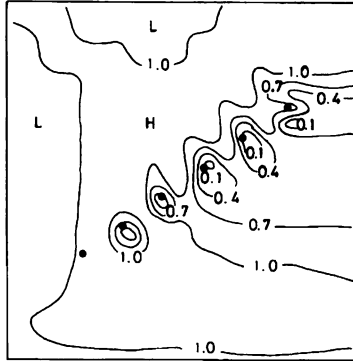


Fig. 12. Flow-profile around the model set the angle of 2.5θ (35.8°), on the 10cm/s of flow velocity.

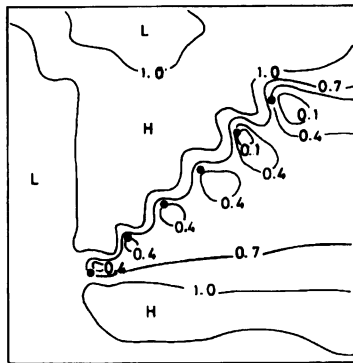


Fig. 13. Flow-profile around the model set the angle of 3θ (42.9°), on the 10cm/s of flow velocity.

考 察

網地を受ける流体抵抗の研究は、世界に先駆けて寺田ら²⁾により行われ、田内ら³⁾、Tauti⁴⁾により研究が展開された。これらの研究は、網地の運動方向と網地面のなす角（迎角）が大きい場合について行ったものである。また、田内⁵⁾は網地を構成する脚と結節は互いに無関係に流体抵抗を受ける場合、網地に働く流体抵抗は主に圧力によると考え、その大きさは $\sin \theta$ に比例するとしている。一方、藤田・横田⁶⁾は網地に働く流体抵抗は、圧力によるものと摩擦力によるものの和で与えられるとしながら、摩擦力は極めて小さいので、大体の形を仮定して計算を行えばよい、としている。

今井¹⁾は横目数と縦目数の異なる無結節網地をコの字型網枠に張り、8段階の迎角を与え、北海道大学水産学部の大型水理実験水槽で曳行実験を行い、流体抵抗を測定した。その結果、 4θ より大きい場合は網地を構成する脚や結節は独立して流体抵抗を受けるため、両者の抵抗値はほぼ等しいことを明らかにしている。この場合の θ は 3.5° であるのに対し、設定迎角

は, 5° , 10° , 15° , 30° , 45° , 60° , 75° および 90° であったため, 網地を構成する脚がそれぞれ独立に抵抗を受ける迎角の臨界値を明らかにするに至っていない。

この研究では, 網枠の影響を除くために剛体模型を用いた。その網地模型は流速計の受感部の直径より一桁大きい塩化ビニール丸棒を直交させて作られており, 通常用いられている漁網の脚長に対する網糸直径の比率 d/l の最大値の約 2 倍に相当する 0.35 であった。そのため θ は 14.3° と大きい値を示した。このような拡大模型を用いることは, それぞれの設定迎角における, 網地近傍の流速分布の特徴を見るのに好都合であった。

なお, 実用されている漁網より直径が一桁太い拡大模型を使用することにより, 低い流速を与えても Reynolds 数は比較的大きく, 1.9×10^3 であった。この値は, Reynolds 自己相似則が成立する領域にあり, 漁場で漁網が操作される場合に相当することから, この実験で得られた知見は, 漁場にそのまま適用できる。

言い換えると, 拡大模型を用いることにより, 低い流速で実験でき, その結果, 模型の撓みやねじれが生じることなく, また, プロブサポートの振動の影響を受けることなく網地近傍の流速を測得でき, 精度の高い流速分布図を描くことができた。

流軸に対し網地面を平行に設置した場合の網地近傍の流速分布は左右対称であり, 迎角 θ の場合は, 流れの一部は迂回して網目を通り抜けることが明らかになった。しかし, 使用した流速計は, 1 方向成分を検出するものであったため, 網目を通る流れの流向および流速を求めることはできなかった。なお, 測定面上の結節部 (脚) の近傍に渦が生じ迎角の増加に従って, 網地の後流渦域は広がった。

迎角が 3θ の場合は, いずれの脚の近傍にも渦が発生し, 下流ほどその領域は広くなり, 渦の中心の流れは遅くなった。そして, この迎角の場合は, いずれの脚もほぼ等しい流速の流れに遭遇していることから, それぞれの脚は独立に流体抵抗を受けていると判断した。すなわち, 3θ を脚が独立に流体抵抗を受ける迎角の臨界値と判断した。

参 考 文 献

- 1) 今井健彦 (1986): 平面網地の流体抵抗に関する基礎的研究. 鹿児島大学水産学部紀要, 35(2), 169~253.
- 2) 寺田寅彦・関根磯吉・野崎知之 (1915): 網に対する水の抵抗の研究. 水産講習所試験報告, 10(5), 1~23.
- 3) 田内森三郎・三浦定之助・杉井一美 (1925): 網地の水中に於ける抵抗について. 水産講習所試験報告, 21(2), 25~35.
- 4) M. Tauti (1934): The Force Acting on the Plane Net in Motion through the Water. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 3(1), 1~4.
- 5) 田内森三郎 (1949): 水産物理学, 朝倉書店, 東京, 57~64.
- 6) 藤田 博・横田敏之 (1951): 網地のうける水中抵抗に就て - I. 平面網の場合の研究. 応用物理, 20(2), 59~63.