

風洞天秤による角型舵と流線型舵との 性能比較模型試験について

奈良迫嘉一・中山 博・井料正弘*

On a Test of the Steerability-comparison between the two Rudder-models,
a Rectangular Cross-section one and a Streamline Cross-section
one, with the Use of the Wind Tunnel Balance

Yoshikazu NARASAKO, Hiroshi NAKAYAMA and Masahiro IRYŌ*

Abstract

Concerning the characteristic effectiveness of the specially deformed rectangular cross-section Rudder, built in the ship-building yards in Kagoshima Prefecture, and adopted in Yamakawa and some other districts, there has been made no researches in ascertaining its merits in comparison with the typical stream-line cross-section Rudder used far more widely. This is the reason why a test was carried out on the steerability-comparison between the above mentioned two Rudder-models, a Rectangular Cross-section one and a Stream-line Cross-section one, with the use of the Wind Tunnel Balance newly set in our Faculty, the items ascertained are as in the following:—

In Rectangular Cross-section Rudder, both Lift Coefficient (C_L) and Drag Coefficient (C_D) are larger than those in Stream Line Cross-section one. But under the usual Rudder angle $10\sim 25^\circ$, the increased percentage of the Lift Coefficient is considerably larger than that of the Drag Coefficient; namely, under the biggest Steerability, when Reynolds number is 1.8×10^4 , the increased percentage is 30%; likewise, when 4.0×10^4 , it is 23%; when 5.9×10^4 , it is 18%; when 7.8×10^4 , it is 14%; which shows that the effectiveness of the Rectangular Cross-section Rudder is obviously higher than that of the Stream-line Cross-section Rudder, which also means that the former is superior to the latter. In this case, it is without saying that the disadvantage in the form of the Rudder Drag is accompanied inevitably. But, as is to be seen in the following table the amount of the Drag under the above mentioned Reynolds number is, at its maximum, 24%, 13%, 10%, 7% respectively. Hence, the reasonable conclusion that, at least, on board of the small sized vessels operating within narrow bays and coves, and in which Rudder effectiveness rather than the Navigation speed is necessitated, the popular use of this type of Rudder might be encouraged more widely than it is to-day.

Reynolds number	$\Delta C_L/C_L(\%)$	$\Delta C_D/C_D(\%)$
1.8×10^4	30	24
4.0×10^4	23	13
5.9×10^4	18	10
7.8×10^4	14	7

1. 緒 言

鹿児島県内造船所特に山川地方に於いては小型漁船建造の際、通常の流線型舵と違って、

* 漁船工学研究室 (Laboratory of Engineering of Fishing Vessel, Faculty of Fisheries, Kagoshima University)

その後縁に小さい角型フィンを取付けた特殊の変形角型断面舵を採用しているが、之については造船所、船主側とも唯この方が経験的に舵効が良いようだと言っただけで学理的裏付けを得ていない。従って筆者等はこの点を明らかにするために新設風洞天秤を利用して、上記角型舵と流線型舵との性能比較模型試験を行なった。

2. 新設風洞並びに天秤^{1), 2)}

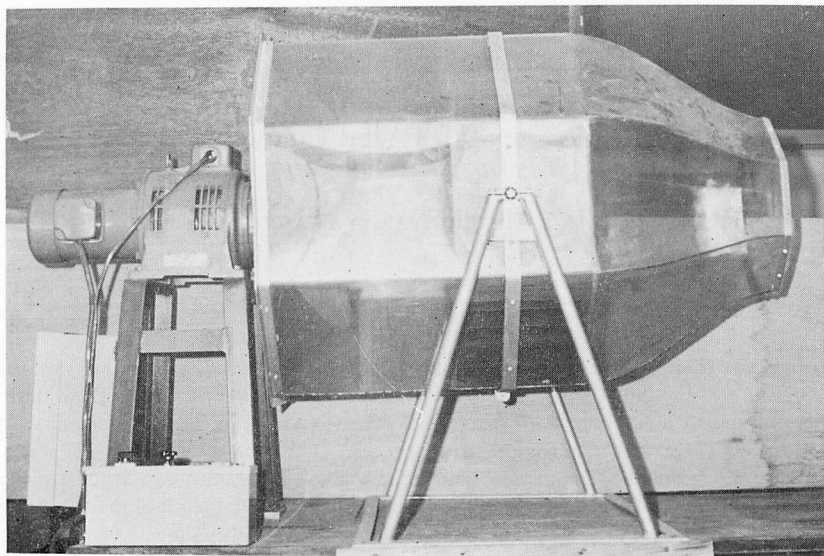


Fig. 1. Open-circuit wind tunnel (Side View)

風洞は Fig. 1, 2, 3 に示すように全長 88cm, 吹出口直径 30cm の八角形断面の小型軸流送風機型自由風洞で、送風機の回転数 200~1350 rpm の範囲で定速運転が可能である。モーターは安川電気の VS モーター VBOMN 形, 0.4 kw, 4 p, 150~1500 rpm (コントロールシリコン方式), 電源 200V, 60c/s. 風洞の流速検定にはピトー管と傾斜マンノメーター及び風速計を使用。吹出口から風路上 10 cm 間隔で 50 cm 前方迄の各垂直横断面内にてその中心から水平, 垂直, 斜め方向に夫れ夫れ 5 cm 置きに測定点を取り風速を測定, その結果から模型の据付位置として吹出口前方 40 cm の位置を設定した。その流速分布は中心部風速を 100%とした場合, 300, 600, 900, 1200 rpm に対応して夫れ夫れ Fig. 4. の a, b, c, d に示される。吹抜け式風洞であるため風洞出口で流れの全運動エネルギーが損失となるので効率は低い。

天秤は Fig. 5 に示す二分力天秤であって翼型に働らく揚, 抗力を同時に測定することができる点ですぐれているが, その代りに天秤の目盛りが正確につけにくい, 等間隔目盛りにならない, 特に大きい力に対し精度が悪くなる, 測定できる範囲に限度があるなどの欠点がある。本天秤の感度を調べた結果, 揚力測定で ± 1 gr, 抗力測定で ± 2 gr の最大誤差を生じた。従って測定値については定量的には問題ない訳ではないが, 性能比較試験として定性的には充分その目的を達することができる。

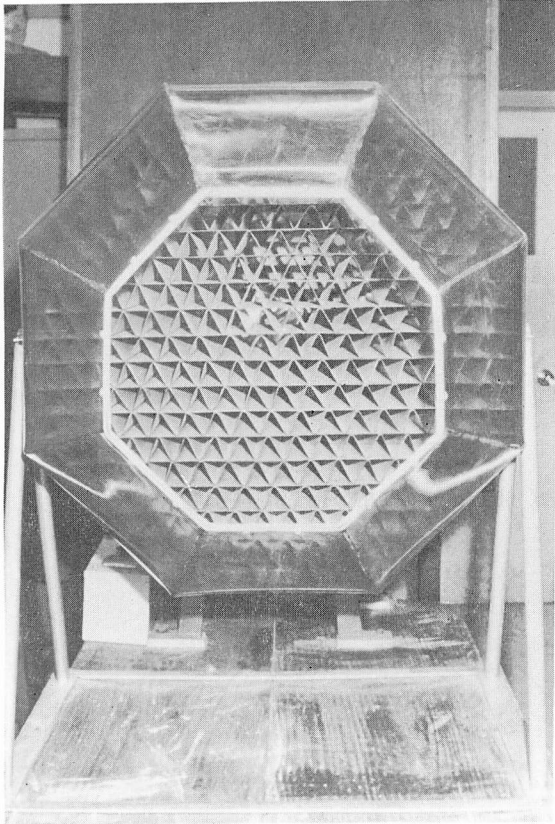


Fig. 2. Open-circuit wind tunnel (Front View)

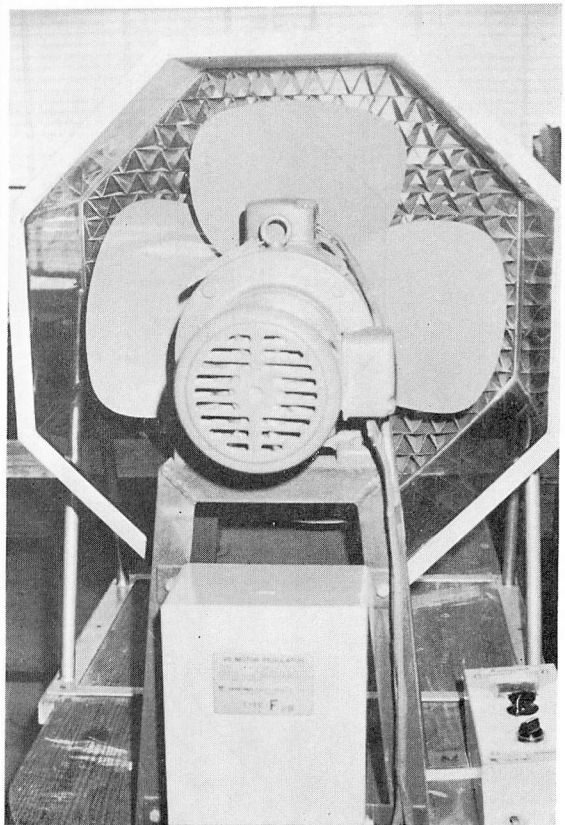
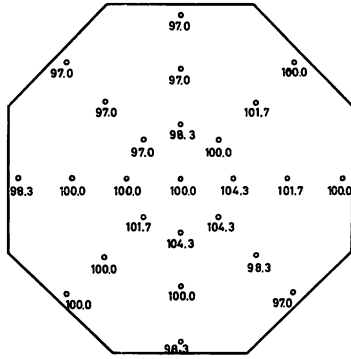
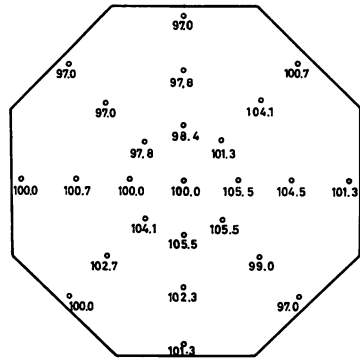


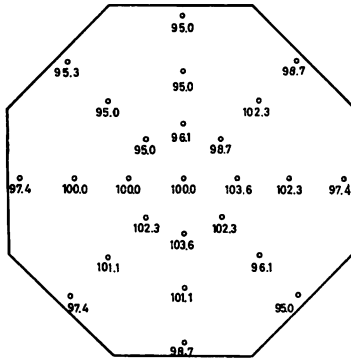
Fig. 3. Open-circuit wind tunnel (Back View)



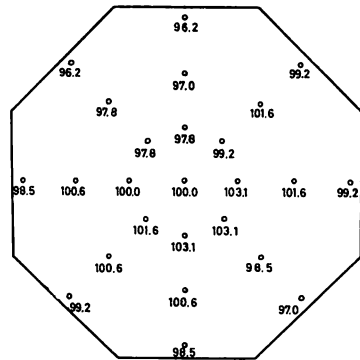
a. 300 r.p.m (2.31 m/sec at centre)



b. 600 r.p.m (5.05 m/sec at centre)



c. 900 r.p.m (7.73 m/sec at centre)



d. 1200 r.p.m (9.94 m/sec at centre)

Fig. 4. Distribution of wind speeds at the test section

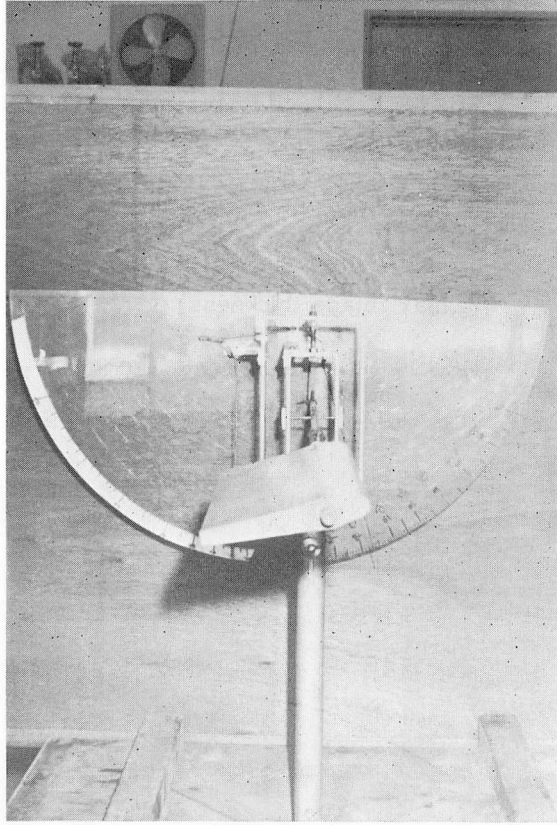
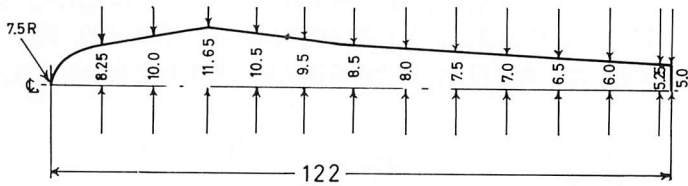


Fig. 5 Wind tunnel balance

3. 試験舵模型

舵は何れも台湾松製で表面ニス塗り。角型及び流線型舵断面は夫れ夫れ Fig. 6, 7 に示す通り翼弦長 120 mm, 翼巾 285 mm, 翼厚 19.4% の対称断面である。



blade breadth 285^{mm}
 chord length 122 "
 max blade thickness
 23.3"

Fig. 6. Lines of rectangular cross-section

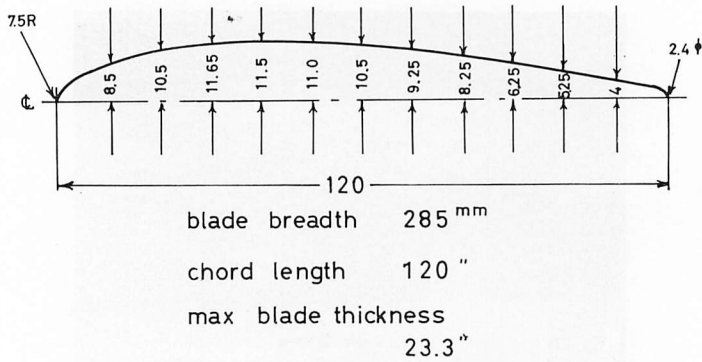


Fig. 7. Lines of stream line cross-section

4. 実 験

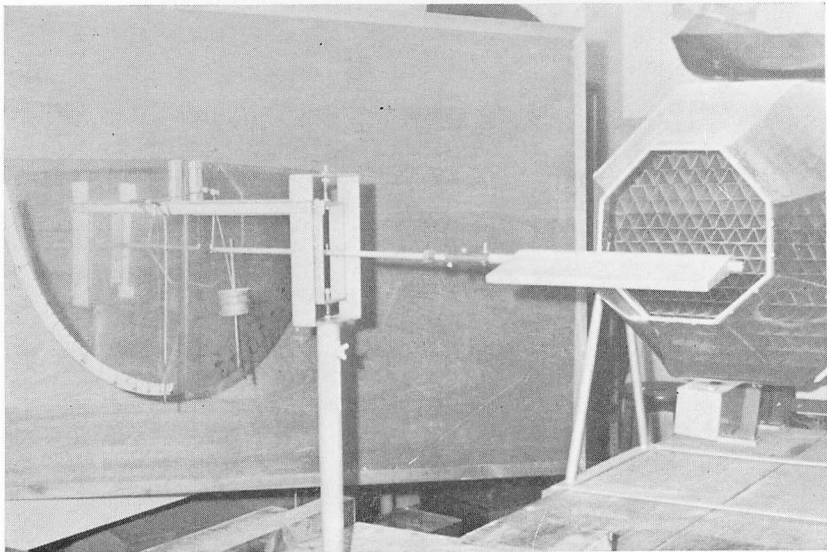


Fig. 8. Measurement on lift and drag of a rudder model

Fig. 8 に示す通り試験舵模型を計測位置（吹出口前方 40 cm）にて上記天秤にとりつけ、迎え角 -5° ~ 55° に亘って 5° 置きに、且つ送風機の回転数を 300, 600, 900, 1200 rpm に変えて揚力、抗力を測定した。更に揚力、抗力から次式により夫れ夫れ揚力係数、抗力係数を求めた。即ち

$$C_L = \frac{L}{\frac{1}{2} \rho v^2 S}, \quad C_D = \frac{D}{\frac{1}{2} \rho v^2 S}$$

茲に C_L : 揚力係数, L : 揚力 (kg)
 C_D : 抗力係数, D : 抗力 (kg)
 ρ : 空気の密度 ($\text{kg} \cdot \text{sec}^2 / \text{m}^4$)
 v : 風速 (m/sec), S : 翼面積 (m^2)

その結果が Fig. 9, 10, 11, 12 である。

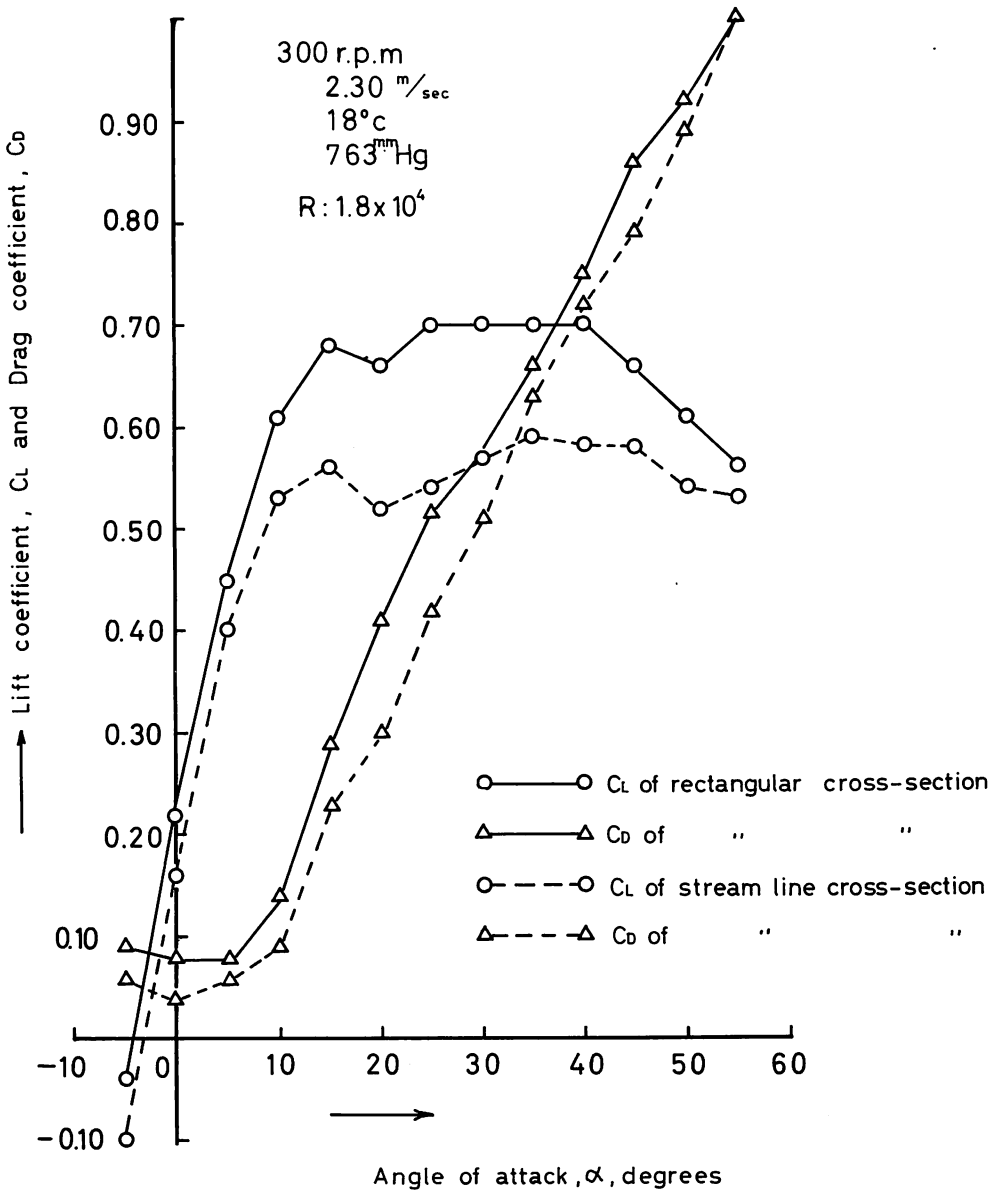


Fig. 9. Lift and drag of a rudder model

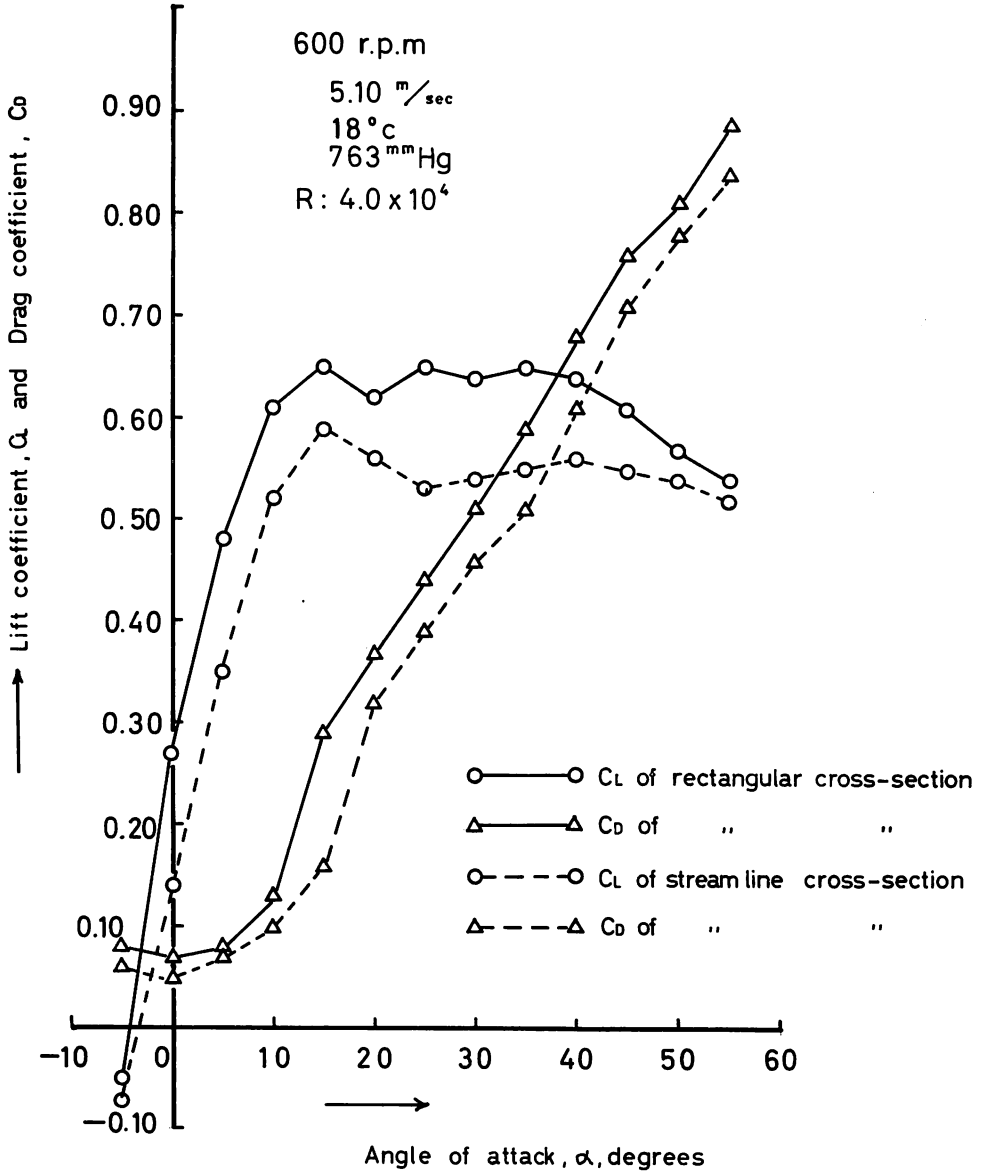


Fig. 10. Lift and drag of a rudder model

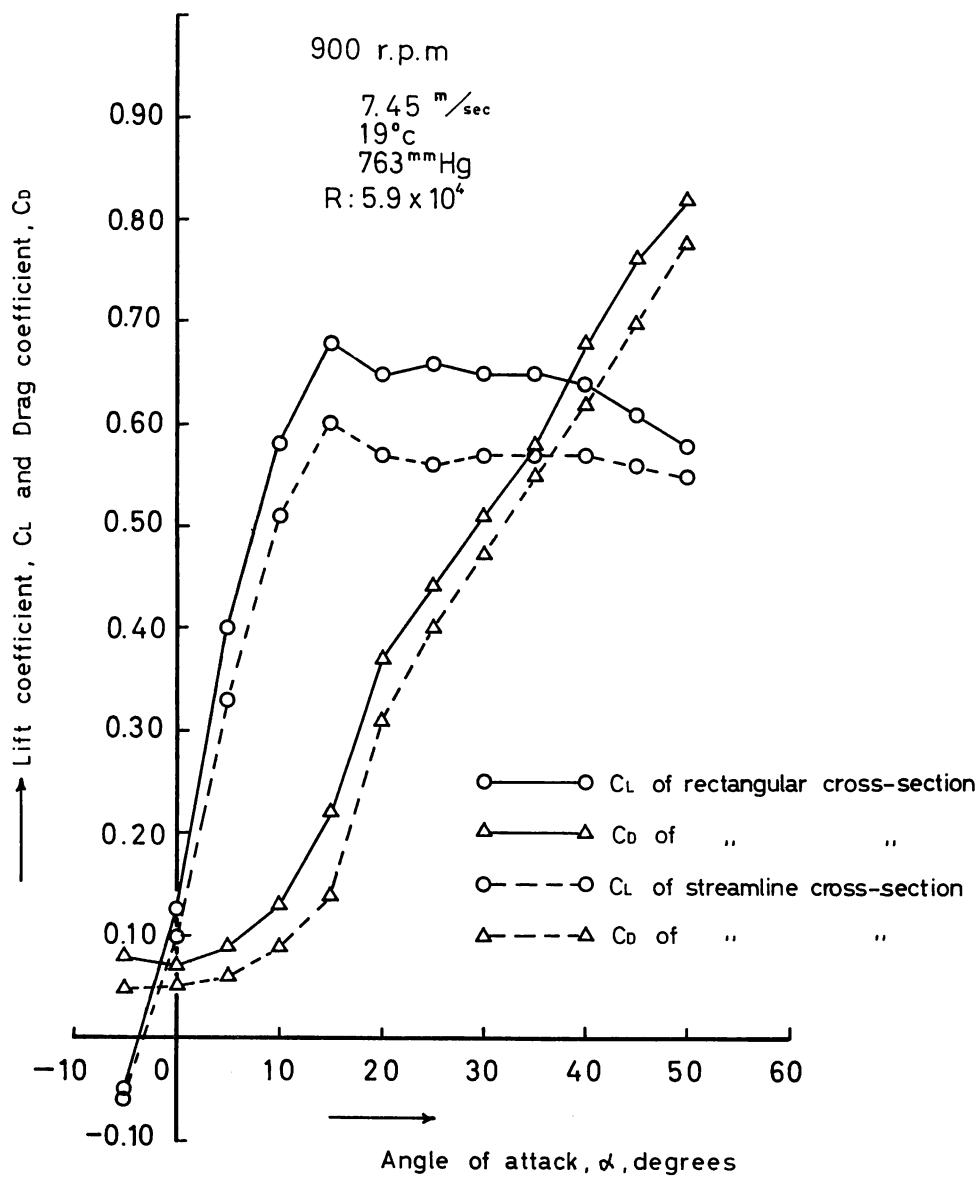


Fig. 11. Lift and drag of a rudder model

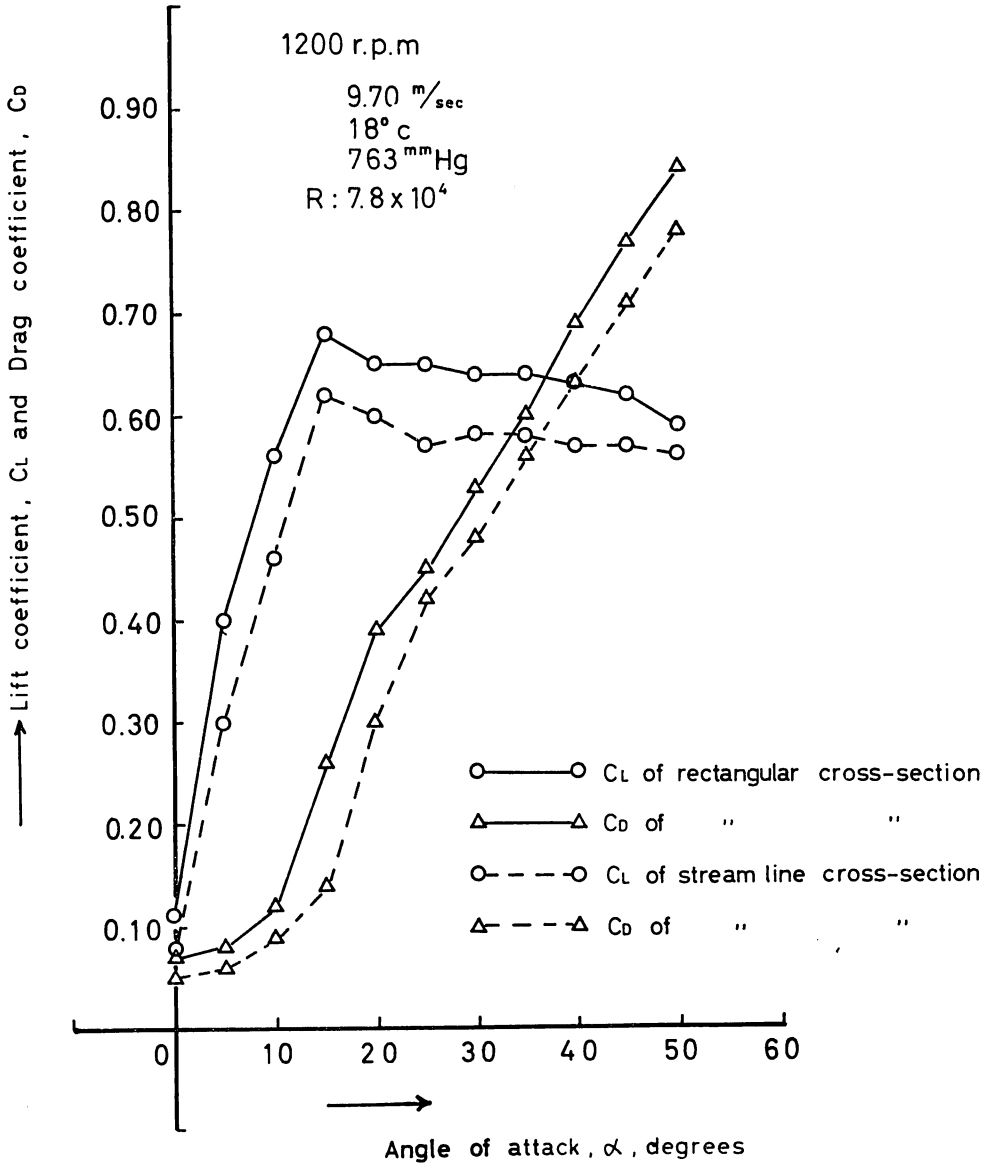


Fig. 12. Lift and drag of a rudder model

5. 考 察

1) 模型据付位置について

モーターの回転数が増すにつれて一般に風速の乱れは大きい。前述のように吹出口周辺部の風速とその中心部風速とが略等しくなる等流速分布位置として吹出口前方 40cm の風路が実験的に決定された。この位置に於ける風速分布を調べると上半分よりも下半分が総じて風速大であり特に第 4 象限に於てその傾向が著るしい。参考迄に各回転数毎に中心部風速に対する風速の乱れ（最高，最低）を%で示すと

300 rpm で +4.3%, -3.0%

600 rpm で +5.5%, -3.0%

900 rpm で +3.6%, -5.0%

1200 rpm で +3.1%, -3.8%

2) 実験結果について

角型，流線型何れも迎え角 15° 迄は C_L は略直線的に急上昇し，それ以後は漸次小さくなる傾向がある。然し Fig. 9, 10, 11, 12 で明かなように角型舵では C_L の値が迎え角 15° 附近から流線型舵をかなり大きく引き離している。ここで迎え角 20° 附近で一旦低下しているが之は流線の乱れから失速現象として模型舵が上下方向に振動を引き起し不安定となる結果である。その振動の周期と振幅は

300 rpm で 約 2 sec, 約 2 cm

600 rpm で 約 3 sec, 約 4 cm

900 rpm で 約 3 sec, 約 6 cm

1200 rpm で 約 3 sec, 約 7 cm

何れにしても角型が流線型に比べて C_L, C_D が大きい。この場合 C_L の増加は揚力の増加従って舵効の良さを示し， C_D の増加は抗力の増加従って舵の船速に及ぼす抵抗の増加を示す。従って角型舵は舵効の点では得するが船速の点では幾分損すると云える。船舶で一般に使われている常用舵角 $10\sim 25^\circ$ でその功罪を論ずれば，角型が流線型に比べて C_L の増分が C_D の増分よりかなり大きく最大舵力で風速 2.30 m/sec (レイノルズ数 1.8×10^4) で 30%，5.10 m/sec (4.0×10^4) で 23%，7.45 m/sec (5.9×10^4) で 18%，9.75 m/sec (7.8×10^4) で 14% の増を示し，舵効が風速従ってレイノルズ数の増大に伴なって漸次その開きを縮める傾向を伴うものの何れの場合も角型舵が流線型舵より大きくその性能が優れている。勿論この場合舵の抵抗の増大と云う不利な条件を伴うが，その量は前述の風速（レイノルズ数）に対して夫れ夫れ最大 24, 13, 10, 7% の増である。（Table 1 参照）

Table 1. Values of $\Delta C_L/C_L$ and $\Delta C_D/C_D$ for Reynolds Number

R	$\Delta C_L/C_L$ (%)	$\Delta C_D/C_D$ (%)
1.8×10^4	30	24
4.0×10^4	23	13
5.9×10^4	18	10
7.8×10^4	14	7

6. 結 言

角型舵は流線型舵に比べて揚力係数，抗力係数何れも大であるが，常用舵角 $10\sim 25^\circ$ に於ては揚力係数の増分が抗力係数の増分よりかなり大きく最大舵力でレイノルズ数 1.8×10^4 で30%， 4.0×10^4 で23%， 5.9×10^4 で18%， 7.8×10^4 で14%の増を示し，角型舵の舵効が流線型舵より明らかに大きく，性能は優れている。勿論この場合舵の抵抗の増大と云う不利な条件を伴うが，その量は前述のレイノルズ数に対し夫れ夫れ最大 24, 13, 10, 7% の増である。従って狭い港内等で船速よりも舵効が必要な小型船ではかなり利用されても良いと考えられる。

本実験を進めるについて，懇切なる御指導，御助言を戴いた九州大学航空工学教室光安信教授に深謝の意を表す。又鹿児島大学援助会より一部研究費の補助を受けた。附記して御礼に代える。

文 献

- 1) 松下兼次・米倉豊彦 (1962) : 風洞試験結果について。
鹿大工学部研究報告, 2, 71-73.
- 2) 文部省 (1962) : “理科器械修理・自作の手びき”, 120-126
(東洋館出版社, 東京, 日本)