

G. S. Bakerの実験(1930)に対するノート

岡部, 淳一

<https://doi.org/10.15017/4743341>

出版情報：應用力學研究所所報. 3, pp.58-60, 1953-08. 九州大学応用力学研究所
バージョン：
権利関係：



寄 書

G. S. Baker の実験 (1930) に対するノート

岡 部 淳 一

1. von Doenhoff と Tetervin とは 2 次元の乱流境界層の速度プロファイルが y/δ と $H \equiv \delta_1/\delta$ との函数としてきれいに整理される事を示した。¹⁾ こゝに δ_1, δ は境界層の排除厚と運動量厚であり、 y は物体表面から法線方向に測られた距離である。然しながらこれに使われた資料は主として乱れの少ない風洞の中に置かれた翼型についての測定から得られたものであり、従つて境界層の中の乱れはその主な原因を境界層自身の中にもつていてと考えられる。これと対照して次に引用しようとするのは、色々な海の状態に対する実船の境界層の速度プロファイルを比較測定した Baker の実験である。²⁾ しけの時海は種々の大きさと強さの渦で満されていると思われるので、その中を進む船の境界層には境界層自身に由来する乱れの他に、その外から侵入してくるそれに無関係な海の渦が含まれる事は確かであろうし、場合によつては前者より後者の方が遙かに強力である事もあり得るであろう。Baker の掲げた rough weather の実験が果してどの程度迄そうであつたかは今にして知るすべはないけれども、“...the weather was very rough, the vessel rolling and pitching...” (p. 103) という様な言葉から判断して多少とも上の様な傾向があつたと仮定する事は大きな誤ではないであろう。

ところで境界層の乱れの主な原因が境界層の外にある時その速度プロファイルは矢張り y/δ と H についてうまく整理されるであろうか。もし整理されるならばその函数関係は von Doenhoff 等が図示したものと同じであろうか。このノートで問題にしようとするのはこの事である。

2. Baker の示した速度プロファイルの図 Plate III, IV の各曲線を夫々 A, B, C, D, E, F と呼ぶ事にする。

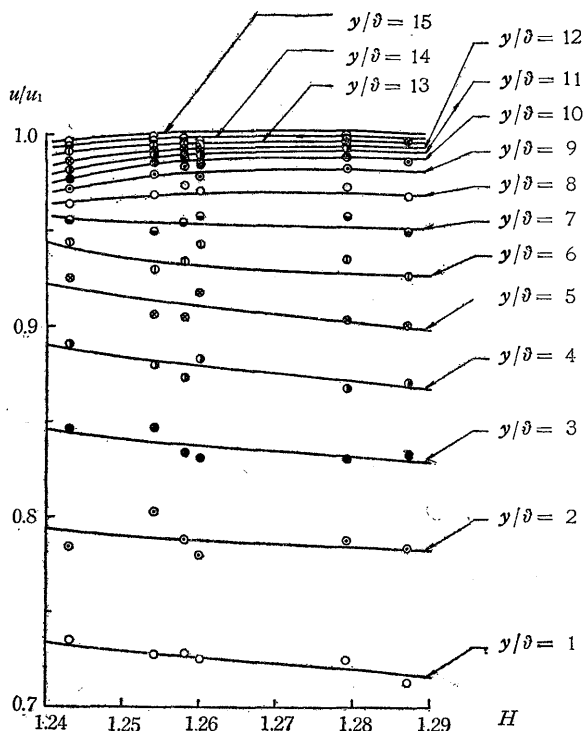
- | | | |
|-----------------|---------------|--------------------------|
| A : Snaefell 号, | ドックを出て 21 日目, | 油を流した様ななぎ, ³⁾ |
| B : 同上, | 96 日目, | 同上, |
| C : 同上, | 42 日目, | しけ, |
| D : Ashworth 号, | 108 日目頃, | なぎ (船尾), |
| E : 同上, | 同上, | 同上 (船首), |
| F : 同上, | 同上, | しけ (船尾). |

A, B 2 曲線の差異は船体の汚れによるものであるがこゝではふれない。F には船体の表面近くでの測定が欠けているが、曲線を滑かに延ばしてこれを補うことにする。A から F までのグラフをなるべく正確によみとつて得た値を使つて計算したのが次の表である。第 1 図はこれをもとにして画かれている。

¹⁾ Albert E. von Doenhoff and Neal Tetervin, Determination of General Relations for the Behavior of Turbulent Boundary Layers, N.A.C.A. Technical Report No. 772 (1943), Figure 9, p. 12.

²⁾ G. S. Baker, Ship Wake and the Frictional Belt, Transactions of North-East Coast Institution of Engineers and Shipbuilders, vol. XLVI (1929—1930), 83—106.

³⁾ “...in perfectly fine weather, with hardly a ripple on the surface of the sea, and only the lightest of the winds,”



第 1 図

	δ 吋	δ_1 吋	ϑ 吋	H
A	24	1.991	1.588	1.254
B	26	2.077	1.652	1.258
C	20	1.448	1.149	1.260
D	28	3.296	2.561	1.287
E	10	0.705	0.567	1.243
F	24	2.181	1.705	1.279

$\int_0^\infty \tau_0 dx / \rho U^2$ は A を 100 として B=104, C=72 の割合である。B が A より大きいのは船の表面の汚れによるのであろうが、C が A より小さいのはどういふわけであろうか。

この様な考え方とは別に、船の表面の極く近くに所謂層流底層を考えると摩擦応力の強さは大体層流底層の外縁の速度の大きさに比例するものと考えられる。こう考えると Plate III から読みとられる所

これを von Doenhoff 等の図と比べると、我々の H は彼等の資料の外にはみ出ている事が判る。然し彼等の図の上に我々の点をプロットしてみると大体同じ曲線の延長に近い所にある様に思われる。必ずしも正確にそうではないのは彼等の曲線自身が多少の散らばりのある点の間を通つたものである事、Baker の測定も彼自身ことわつてゐる様に決して完璧ではない事、グラフから読みとつて δ_1 , ϑ 等を計算するのに多少の誤差は免れ得ない事、船の境界層はかなり 3 次元的な性質を帯びているに相違ない事等を考慮に入れると怪むべき事ではない。然しとにかく結論として、風洞で検証された $u/u_1 = f(y/\vartheta, H)$ の函数関係 (u_1 は境界層外縁の速度) はしけた海についてもそのまゝ成り立つものゝ様である。

3. 序でにしけの時の船の摩擦抵抗の増加の問題にふれてみる。定常な乱流境界層の運動量方程式は普通次の様に仮定される：

$$\frac{d\vartheta}{dx} + \frac{\vartheta}{u_1} \frac{du_1}{dx} (2+H) = \frac{\tau_0}{\rho u_1^2}. \quad (1)$$

x は壁に沿つて測つた長さ、 τ_0 は壁の上の摩擦応力である。簡単のため船を平板 ($u_1 = U = \text{一定}$) と考えると左辺の第 2 項は消えて

$$\int_0^\infty \tau_0 dx / \rho U^2 = \vartheta(x) \quad (2)$$

とゆう関係が導かれる。¹⁾ 然るに A, B, C をみると $\vartheta_A = 1.588$ 吋, $\vartheta_B = 1.652$ 吋, $\vartheta_C = 1.149$ 吋 であるから、

¹⁾ $\vartheta(0) = 0$ を仮定する。測定 A, B, C は船首から 196 ft の 1 点で行われている (船の長さは 315 ft) だけであるから (1) の左辺の第 2 項の詳しい評価は出来ない。しかし Snaefell は “fine-lined vessel” と記してあるので du_1/dx は恐らく小さいものと思われる。

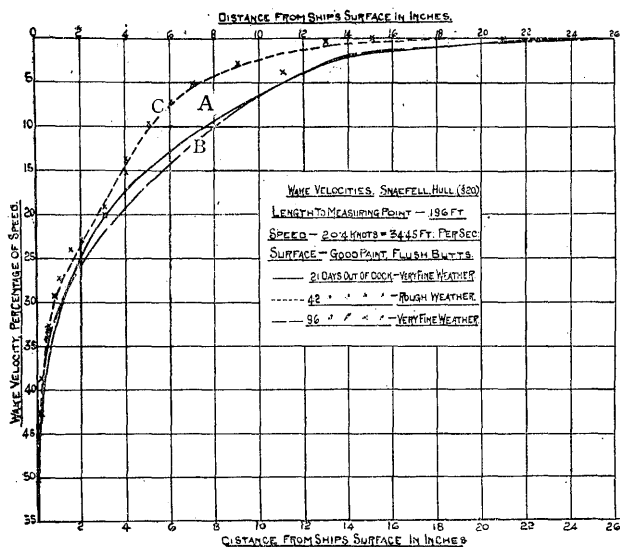


Plate III (原論文より轉載)

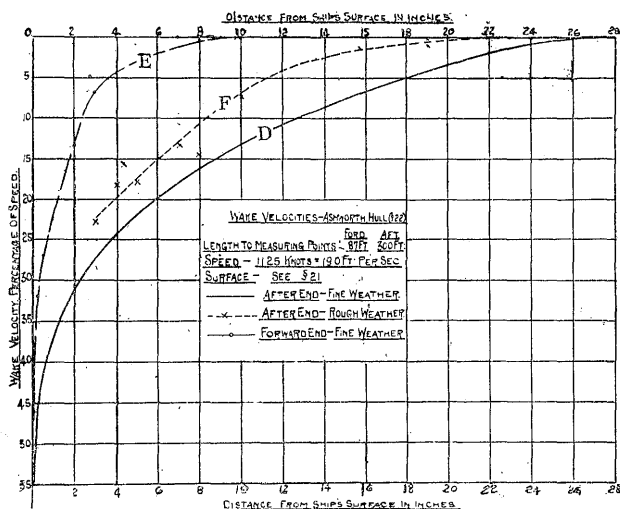


Plate IV (原論文より轉載)

では摩擦応力の強さは大体 $C > B > A$ の順序にならび我々の常識にも合致する. それなら ϑ の比較による結論のどこに誤りがあるのか. C の測定が境界層の外縁附近で殊に不正確で, ϑ_C はもつと大きくなければならぬのであろうか. 或は (1) を導く時省略されたる $\partial u^2 / \partial x$ の項がしけの為かなり大きくなって (1) の近似がもはや C に対しては成り立たぬのであろうか. 或は他にもつと重要な理由があるのであらうか. これ以上のことは今のところ何も言えない様に思われる. はつきりしている事はもつと正確で詳しい測定を行つてみるのが必要だという事だけである.

(昭和 28 年 7 月 14 日受理)

¹⁾ u' は fluctuation velocity.