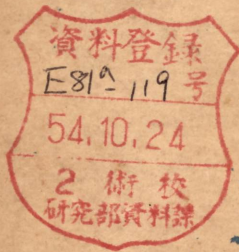


機關術教科書蒸氣機關推進器

海軍機關學校

生徒第三學年

大正七年十二月



海軍機關學校長 船橋善彌

大正七年十二月

本書ニ依リ機關術ヲ修得スヘシ

第四版 大正七年十二月

教官 海軍機關大尉 梯

秀 雄

第三版 大正五年三月

教官 海軍機關少佐 稻田輝太郎

第二版 明治四十五年六月

教官 海軍機關大尉 小泉武三

第一版 明治四十三年十一月

教官 海軍機關少佐 關重光

發行年月

推進器研究參考書

- "Hydraulics" by Dunkerley vol. I --- Hydrolics.
- "Resistance of ships and screw propeller" by D. W. Taylor. vol. II --- propeller.
- "Speed and Power of Ships" by Taylor.

推進器目次

	頁
第一章、推進器總說 · · · · ·	I
一、推進器ノ種類 · · · · ·	I
第二章、螺旋推進器 · · · · ·	7
二、螺旋推進器各部ノ名稱 · · · · ·	7
三、螺旋推進器幾何學的解說 · · · · ·	8
四、船體推進上ノ抵抗 · · · · ·	10
五、推進器ノ失脚 · · · · ·	23
六、螺旋ノ作用ニ基ク抵抗 · · · · ·	30
七、推進器ノ Race · · · · ·	33
八、螺旋推進器ノ推力 · · · · ·	34
九、螺旋ノ沈水度ト直徑ノ關係 · · · · ·	36
一〇、推進器ノ空轉 · · · · ·	37
一一、推進器ノ Cavitation · · · · ·	38
一二、螺旋推進器ノ回轉ニヨリ生ズル震動 · · · · ·	41
一三、雙螺旋, 多數螺旋 · · · · ·	41
一四、螺旋推進器ノ回轉方向 · · · · ·	43
一五、螺旋推進器ノ回轉方向ト操舵ノ關係 · · · · ·	44
一六、海ノ深淺ガ艦船速力ニ及ボス影響 · · · · ·	49

第三章、螺旋推進器形狀及構造	51
一七、翼ノ形狀	51
一八、Griffiths 螺旋推進器	52
一九、Thornycroft 式螺旋推進器	53
二〇、Screw turbine 推進器	53
二一、「タルビン」式機械用推進器	54
二二、螺旋推進器ノ翼數	56
二三、翼ノ Aggregate length	57
二四、翼構成材料及ビ其ノ強度	57
二五、節ノ變更	60
第四章、螺旋推進器畫法	61
二六、節計測法	61
二七、諸種ノ畫法	64
二八、翼ノ射影法	67
二九、翼ノ射影別法	68
三〇、翼ガ對稱ナラザル場合	70
三一、翼ガ後方ニ傾斜セル場合	70
三二、翼ガ多樣節ノ場合	71
三三、推進器計畫大要	72
別表一	
別表二	
別表三	
別表四	
別表五	
別表六	

推進器

第一章

推進器總説

一、推進器ノ種類、

船舶ノ推進器ハ之ヲ大別スレバ、(1) 人力ヲ以テ動カスモノ、Scull櫂及ビOar橈、(2) 機械力ニ依ルモノ、Jet. Paddle wheel噴射、外車及ビ螺旋推進器是レナリ、Screw propeller

櫂、橈ハ古ヨリ一般ニ採用セラレタル推進器ニシテ、橈ハ外車式ニ、櫂ハ螺旋式ニ類似ス、

噴射推進器、噴射推進器ハ舷外ヨリ水ヲ取入レテ一種ノ唧筒ニ導キ、其レヨリ其ノ進行方向ト反對ニ船首若クハ船尾ニ向ケ水上或ハ水面下ヨリ噴射シ以テ得ラルル運動量ニ依テ船ヲ推進セシムルノ装置ニシテ、其ノ効率ハ外車式及ビ螺旋式ニ比シ遙ニ低キヲ以テ著シキ發達ヲ見ズ、此ノ式ノ推進器ハ震動殆ンドナク又機械ヲ停止セズシテ前後進ヲ行ヒ及ビ船底破損漏水ノ際排水ヲ直チニ推進ニ使用セラルル等ノ利益ヲ有スルモ、水流ノ速力、急激ナル變化並ニ水路ノ屈曲

摩擦ニ歸スル損失、速力ノ割合ニ噴射口ノ大面積ヲ要スル等ノ不利益アリ、元來此ノ推進法ハ動力ヲ與フベキ水ヲ一旦船内ニ取入ルベキモノナルヲ以テ到底舷外ニ於テ多量ノ水ニ直接働キ得ル他種ノ推進器ノ如ク効率高ク、且有力ナル能ハズ、現今ニテハ低速力ナルモ寧ロ推進装置ノ簡易ヲ望メル救助艇又ハ防火船ノ如キモノニ採用セララルニ過ギズ、曾テ Thornycroft 會社ノ製造ニカカル二等水雷艇ニシテ噴射推進器ヲ備フルモノト、螺旋推進器ヲ備フルモノトヲ比較シタルニ次ノ如シ、

効率	噴射式	螺旋式
機械	77 %	77 %
唧筒	46 %	—
噴射	71 %	—
唧筒及噴射	33 %	(螺旋) 65 %
總率	25 %	50 %

第1圖(a)ハ水雷艇ニ裝備セラレタル噴射推進装置ヲ示ス、

噴射推進器ノ効率、

m單位容積ノ水ノ算量、

A噴射管ノ切斷面積、

V船ノ速度、

v船體ニ對スル噴射水ノ速度、

(a) 匙形ヲ以テ舷外ノ水ヲ取り入レ之レヲ噴射スル場合、[第1圖(b)]
Scoop

此ノ場合ニ於テハ船ハ靜止シ水ハ船ト同シク V ナル速度ヲ以テ船内ニ流レ込ムモノト考ヘ得ベク又每秒流レ込ム水量ハ mAv ナルヲ

以テ

$$\text{入り來ル水ノ有スル「エネルギー」} = \frac{1}{2}(m\Delta v)V^2.$$

$$\text{出テ去ル水ノ有スル「エネルギー」} = \frac{1}{2}(m\Delta v)v^2.$$

故ニ水路等ニ於ケル摩擦損失ナキモノトスレバ唧筒ノ爲シタル仕事量ハ此ノ運動「エネルギー」ノ變化ニ等シカルベシ即チ

$$\text{全仕事量} = \frac{1}{2}m\Delta v(v^2 - V^2)$$

次ニ唧筒ノ爲ニ與ヘラレタル水ノ速度ノ變化ハ $v - V$ ニシテ船ノ運動ニ對スル水ノ抵抗ヲ R トスレバ R ハ毎秒水ノ運動量ノ變化ニ等シ即チ

$$R = m\Delta v(v - V) \text{ — change of momentum per unit time} \\ = f$$

此ノ R ニ打ち勝ツニ要スル推力 T モ亦此ノ運動量ノ變化ニ等シカラザルベカラズ、故ニ有効仕事ハ V ナル速度ニ於ケル船體抵抗 R ニ打ち勝ツベキ仕事ナリ、

$$\text{有効仕事量} = RV = TV = m\Delta v(v - V)V.$$

$$\therefore \text{噴射効率} = \frac{\text{有効仕事量}}{\text{全仕事量}} = \frac{m\Delta v(v - V)V}{\frac{1}{2}m\Delta v(v^2 - V^2)}$$

$$= \frac{2V}{v + V} = \frac{2}{\frac{v}{V} + 1} \quad \nu = \frac{v}{V}$$

〔附言〕

$$\text{損失仕事量} = \text{全仕事量} - \text{有効仕事量}$$

$$= \frac{1}{2}m\Delta v(v^2 - V^2) - m\Delta v(v - V)V$$

$$= \frac{1}{2}m\Delta v(v - V)^2$$

此等ノ式ヲ見ルニ効率ヲ大ニセンガ爲メニハ v ト V トノ差ヲ成ル可ク小ニセザルベカラズ然ルニ推力ハ前述ノ如ク $m\Delta v(v - V)$ ナルヲ以テ同一ノ推力ニテ v ト V トノ差ヲ小ニセンガ爲メニハ Δ ヲ大トセザルベカラズト雖モ Δ ハ船體ノ構造上ヨリ制限セラレテ甚シク大トナスコト能ハズ又 Δ ヲ小ニセンガ爲メニハ v ヲ増加スルノ必要アリ然レドモ v ノ増大ハ損失仕事量ヲ大ナラシム、通例 v ハ $2V$ ヨリ小ナラザ

ルモノナリ、

今 $v=2V$ トスレバ

$$\text{噴射効率} = \frac{2V}{v+V} = \frac{2}{3}$$

(b) 匙形無クシテ舷外ノ水ヲ取り入レ之レヲ噴射スル場合、
Scoop

此ノ場合ニアリテハ吸口ノ關係上匙形ヲ有スルモノニ比シ静止セル水ヲ吸入スルノ觀アリ此レガ爲メニ(a)ノ場合ト同シクVナル速度ニテ船内ニ mAv ナル水ヲ取入レントスルニハ更ニ $\frac{1}{2}(mAv)V^2$ ナル餘分ノ仕事ヲ要スルヲ以テ

$$\begin{aligned} \text{全仕事量} &= \frac{1}{2}mAv(v^2 - V^2) + \frac{1}{2}mAvV^2 \\ &= \frac{1}{2}mAv^3 \end{aligned}$$

$$\therefore \text{噴射効率} = \frac{mAv(v-V)V}{\frac{1}{2}mAv^3} = \frac{2V(v-V)}{v^2}$$

今(a)ノ場合ノ如ク $v=2V$ トスレバ

$$\text{噴射効率} = \frac{2V(v-V)}{v^2} = \frac{1}{2}$$

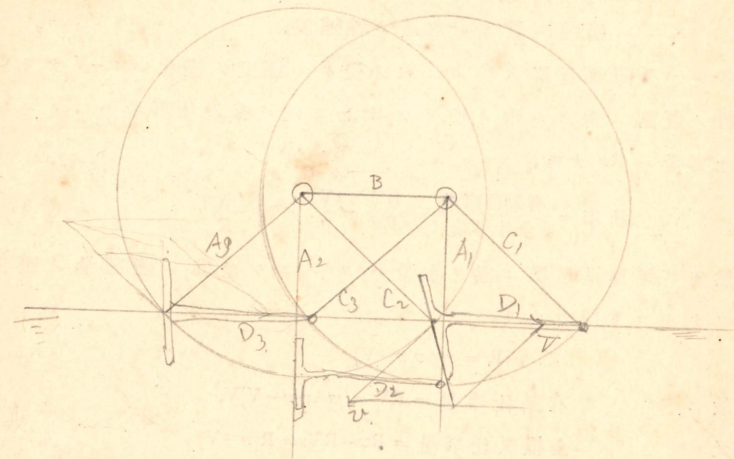
外車推進器、外車推進器ハ蒸氣力推進法ノ採用以來早クヨリ用井ラタル者ニシテ、噴射式ニ比シ多量ノ水ニ運動ヲ與フルヲ以テ其ノ効率ハ遙ニ大ナリ、然レドモ必要上回轉速度遅ク外車及ビ機械ノ重量並ニ容積増加シ、其ノ他吃水ノ變化及ビ船體ノ動搖ニ對シテ効率ノ損失多ク大洋ノ航行ニ適セザルモ平水航行ノ淺吃水船等ニハ今尙ホ之ヲ使用セルモノアリ、

又此ノ式ノ推進器ハ Radial 外車及ビ羽打外車ノ二種ニ區別シ、後者ハ水掻取付部ノ改良ニ依リ効率ニ於テ 10% 以上ノ利益ヲ得タルモ、構造復雜ニシテ一部ノ故障モ全體ノ動作ニ關係ヲ及ボスコト大ナリ、

外車推進器

水掻取付部構造

水掻が水面ト衝突セザル爲ノ条件



第 2 圖ハ 羽打外車推進器ノ構造ヲ示ス、

外車推進器ノ効率、

今 m單位容積ノ水ノ質量、 A兩側ニ於ケル水掻ノ面積、 V船ノ速度、 v船體ニ對スル水掻ノ線速度、

トスレバ外車推進器ノ爲メニ水ノ受クル速度ノ變化ハ $v-V$ ナリ而シテ船ノ運動ニ對スル水ノ抵抗ヲ R トスレバ有効仕事量ハ RV ニシテ全仕事量ハ Rv ナリ、

$$\therefore \text{効率} = \frac{\text{有効仕事量}}{\text{全仕事量}} = \frac{RV}{Rv} = \frac{V}{v} = 1 - \text{slip} = 1 - 0.2 = 0.8 = 80\% \sim 70\%$$

然ルニ毎秒推進器ニ働ク水量ハ mAv ニシテ其ノ運動量ノ變化ハ $mAv(v-V)$ ナルコト明カナリ、

$$\therefore R = mAv(v-V)$$

故ニ 有効仕事量 $= RV = mAv(v-V)V$ 、

又 全損失仕事量 $= Rv - RV = R(v-V)$

$$= mAv(v-V)^2$$

水ノ絶對速度ハ $v-V$ ニシテ其ノ運動「エネルギー」ハ $\frac{1}{2}mAv(v-V)^2$ ナリ、而シテ全損失仕事量ハ此ノ二倍ニ當ルガ故ニ残りノ半分ハ水掻ト水トノ衝刺ニ基ク損失トナル蓋シ V ヨリ v ナル速力ニ急變スルモノト假想シタレバナリ、實際ニ於テ Radial 外車ハ水ヲ攪亂スルコト多ク羽打外車ニテハ之ヲ幾分減ズルヲ得ベシト雖モ此ノ衝刺ニ基ク損失ハ總テノ外車式推進器ニ於テ免ルベカラザル所ナリトス尙且摩擦抵抗及ビ水ニ後方ノミニアラザル運動ヲ與ヘ爲メニ推力ヲ増サズシテ徒ラニ機械ノ力ヲ大ナラシムルノ不利アリ、

螺旋推進器、螺旋推進器ハ前述ノ推進器ニ比シ動作頗ル複雑ナリ、即チ水ニ及ボス作用ガ或ル傾斜ヲナシ水ヲ船ノ後方ニ押シ遣ルノ外、之ニ旋廻運動ヲ賦與ス、又此ノ運動ハ軸ノ中心ヨリ遠ザカルニ從ヒ變化ヲ

生ズ、其ノ外既ニ船ノ進航ニ依リテ生ジタル水流中ニ
テ働ク等其ノ重ナル原因ナリ、

今螺旋ノ翼ガ水ニ傾斜シテ動クトキハ其ノ力ノ一
部ハ軸ノ周圍ニ於テ水ヲ攪廻シ、且ツ旋廻運動ヲ與フ
ルヲ以テ他ノ状態ガ同一ナル場合ニハ効率ノ減損ハ
全ク其ノ運動ニ關係ス、然レドモ他ノ推進器ニ比シ多
量ノ水ニ運動ヲ與フル事ヲ得ルノ性質上螺旋推進器
ハ最モ有効ナル者ナリ、

外車式ニ比シ螺旋式ノ利トスル所ハ力量ノ大小ニ
關セズ裝備シ得ル事、浮流物及ビ敵彈ニ觸レテ損傷ス
ルコト少ナク、機械全部ヲ水線以下ニ入レテ防禦スル
コト、並ニ回轉數多キヲ以テ外車式ヨリ小機械ヲ以テ
同一馬力ヲ發生シ得ル等ニシテ、唯外車式ハ同一吃水
ニテハ水掻ノ長サヲ加減シテ所要面積ノ増減ヲ行ハ
ルルノ利便ヲ有ス、

螺旋推進器ニ就テハ次章以下ニ於テ詳説スベシ、

螺旋式機械が外車式ヨリハナル理由。

機械ノ馬力ハ $2PLAN = \text{比引ス}$ 故ニ $\text{全一馬力} = \text{比引}$
シテ N ヲ増セバ L, A 等ヲ減スルコトヲ得。

第二章

螺旋推進器



二、螺旋推進器各部ノ名稱、

或ル軸ノ周圍ニ沿ヒ長キ薄鐵板ノ縁ヲ以テ螺旋ヲ畫キ一部ヲ軸ト共ニ切取ルトキハ、板ハ推進器ノ翼トナリ軸ハ轂ヲ形成ス、故ニ螺旋推進器ナル者ハ二條乃至四條螺ノ一部ヲ以テ水中ノ運動ニ適スル様ニ構造シ水ヲ母螺トシテ船ヲ進行セシムル者ナリ、(第3圖)

螺旋推進器ノ節、推進器固體中ニアルト假定シ一節ニ進ム距離ハ節ニシテ、通常ノ推進器ハ同轉スルトキニ進ム距離ハ節ニシテ、通常ノ推進器ハ何レモ全節ノ一小部分ナリ、此ノ節ハ又速力ト關係ヲ有シ回轉數トノ相乗ヲ螺旋ノ速力ト稱ス、其ノ割合ハ種々ノ點ニ於テ一定セズト雖モ、同一速力ニテ節大ナレバ回轉數少キモ節小ナレバ回轉數ヲ大ナラシメザルベカラズ、

螺旋ノ直徑及ビ長、螺旋ノ直徑トハ回轉中翼ノ尖端ニテ畫ク圓ノ直徑ヲ言ヒ、螺旋ノ長サトハ推進軸ノ軸ノ方向ニ計リタル翼ノ幅ニシテ、之ニ翼數ヲ乘ジタルモノヲ Aggregate length ト言フ、

P --- pitch

n ... no. of revs per min.

$P \times n = \text{speed of prop.}$

螺旋ガ前進回轉ヲナス場合ニ最初水ニ入ルベキ翼
端ヲ先端ト稱シ、其ノ反對側ヲ後端ト言フ、

螺旋ノ面積、螺旋ノ直徑ヲ以テ畫キシ圓ノ面積ヲ
盤面積ト言ヒ、Disc area of screw 穀ノ面積ハ通常引去ラザルモノトス、翼
ノ展開面積トハ、Developed or Expanded area 翼ノ表面積ニシテ、之ニ其ノ推進器ノ
翼數ヲ乘ジタルモノヲ全展開面積ト言ヒ、Total developed area 螺旋ノ軸ニ
直角ナル平面上ニ射影シタルモノヲ投影面積ト言フ
翼ノ表面トハ、Face of blade 前進ノ時水ヲ後部ニ押シ遣ル面ニシテ
其ノ背面、即チ船體ニ接近スル部分ヲ翼ノ背面ト言フ、Back of blade

節ノ種類及ビ比、通常螺旋ノ節一様ナレバ True
screw ト言ヒ、節ガ所々異ナル場合ニハ Variable pitch screw
ト言フ、若シ節ガ先端ヨリ後端ニ行クニ從ヒ次第ニ増
加スレバ軸ノ方向ニ増加スト言ヒ、Increases axially 其ノ反對ナレバ軸
ノ方向ニ減少スト言フ、Decreases axially 又軸ノ中心ヨリ遠ザカルニ從
ツテ増減アル場合ニハ半徑ノ方向ニ増減スト言フ、Increases radially or decreases radially

螺旋ノ節ノ比トハ Pitch ÷ Diameter ニシテ直徑ノ比ト
Pitch ratio of the screw Diameter ratio
ハ其ノ反對ニ Diameter ÷ Pitch ナリ、

別表 1 ハ帝國艦艇ノ例ナリ、

三、螺旋推進器幾何學的解説、

Geometrical Explanation of the Screw Propeller

螺旋推進器ノ翼ハ軸ニ直角ナル一線ガ軸ノ方向ニ
一様ナル速力ヲ以テ進ミ一回轉ヲナシ生ズル所ノ螺
旋面ノ $\frac{1}{8}$ 乃至 $\frac{1}{4}$ ヲ有スル者ニシテ、第 4 圖 (a) ハ一回轉
シタル螺旋面ヲ示ス、今此ノ圖ハ OP ヲ半徑トシ OY ヲ

軸トセル圓筒ト考ヘラルルヲ以テ一端ヲ縦ニ切開シ
 テ展開スレバ第4圖(b)ノ如キ長方形トナリ、囊ノ螺旋
 PGSハ對角線ナル直線PGS'トナリテP'S'ハ節ヲ示ス、

通常一様ナル節ノ推進器ヲ得ンニハ斯クシテ得タ
 ル螺旋面ノ一部ヲ取り、之ニ厚ミヲ附シテ翼トナシ所
 要ノ翼數ニ應ジテ轂ニ取付クルニアリ、翼ノ外形ハ展
 開面ヲ以テ決定スト雖モ、螺旋面ハ球面ノ種類ニ屬シ
 平面上ニ完全ニ展開スルコト能ハザルヲ以テ、其ノ面
 積ハ實用上差支ナキモ、實際ヨリハ稍々小トナル、第5
 圖ハ展開シタル翼ノ形狀ヲ示ス、

若シ螺旋面ヲ畫クベキ直線ガ軸ニ對シ直角ナラズ
 シテ、或ル角度ヲナス時ハ之ニ依リテ生ズル螺旋面モ
 又傾斜ヲ生ズベシ、斯ノ如キ者ヲ用フル時ハRakeセル
 翼ヲ有スト言フ、旋盤ニテ前者ハ角螺、後者ハ尖螺ヲ切
 ル場合ニ於ケルガ如シ、第6圖及ビ第7圖ハ各其ノ種
 類ノ推進器ヲ示ス、螺旋面ハ又直線ノ代リニ曲線ヲ以
 テモ作り得ラルル者ニシテ、第8圖ノ如シ、

尙ホ翼ノ形狀ハ第6圖ノ如ク中心線ノ兩側全ク對
 稱ノ者ハ少ナクシテ、種々變化ヲ有シ通常其ノ先端ヲ
 切取り後端ニ大サヲ増シ居ルコト、第9圖ノ如キモノ
 多シ、

次ニ第4圖ニ戻リ一様ナル節ノ螺旋トハ線中各部
 ニ於ケル曲線ト軸ニ直角ナル平面トノ傾斜同一ナル
 ノ意ナリ、即チ第4圖(b)ノ直線PS'ハPP'ニ對シテ各點
 同一角度ヲ有スルコトトナル、故ニ節ハ此ノ場合S'PP'

何取ニ先端
 30°ノ傾斜
 端ニ大サヲ
 増シ居ル

Following edge

Boss

Lathe

Square thread

Triangular thread

Leading edge

角ニテ現ハスコトヲ得可シ、

然ルニ PS' ナル直線ガ第10圖(a)ノ如ク RR ナル曲
線トナレル場合ヲ考フルニ、斯クシテ得タル螺旋ハ(b)
ノ如クナリ、其ノ傾斜ハ上方ニ行クニ從ヒ次第ニ減ジ
居ルヲ以テ節モ又次第ニ減ズルヲ知ルベシ、故ニ或ル
點ニ於ケル節ヲ知ラントセバ曲線上ニ切線ヲ畫キ、其
ノ傾斜度ヨリ見出スコトヲ得可シ、即チ P 點ノ節ハ P'
R' ナルガ如シ、

四、船體推進上ノ抵抗、

船ガ水中ヲ進行スル時ハ著シキ抵抗ヲ生ズルモノ
ニシテ現今ノ學說ニ依レバ其主ナルモノヲ三トス、即
チ船ノ形狀完全ナラサル爲メ渦流ノ發生、水ニ接スル
表面ノ摩擦、水面附近ニ於テ船ガ波ヲ起スコト是レナ
リ、

今海水ヲ以テ完全ナル流體トシ其ノ分子ハ皆水平
且ツ平行ニ一定ノ速度ヲ以テ或ル方向ニ流ルルモノ
ト假定スルトキハ此ノ各分子ノ流ルル軌跡ヲ Stream
line ト稱ス、

(一) 渦流ヲ生ズル爲メニ起ル抵抗、
Eddy resistance

實際ノ船ニ於テ此ノ種抵抗ヲ述ブルニ先ダチ之ガ
解説ヲ容易ナラシメンガ爲メ薄キ沈水セル板ニ就キ
テ考ヘン、元來此ノ抵抗ト摩擦抵抗トハ或ル一定ノ
關係ヲ有シ兩者相共ニ來ルモノナリ、
Frictional or Skin resistance

今第11圖ニ示スガ如ク水ノ流レノ方向ト板面トナ

ス角ヲ α トス、然ルトキ板ノ前面ヨリ遠距離ニ在ル水分子ノ Stream line ハ皆水平ニシテ且ツ一定ノ速度ヲ以テ平行ナル直線上ヲ進ムト雖モ漸次板ノ前面ニ近ヅクニ從ヒ其ノ進路ヲ妨害セラレテ遂ニ左右ニ分レテ進ムガ故ニ從ツテ其ノ速力ヲ減ズ、爲メニ自然其ノ壓力高昇ス、又背面ニテハ水ハ混亂シテ渦狀ヲ呈シ爲メニ其ノ深サニ相當スル壓力ヨリモ壓力ノ減降ヲ來タス、斯クシテ板ハ前カラハ押サレ後カラハ引張ラルルガ如キ状態トナリ其ノ面ニ垂直ト切線トノ兩方向ニ壓力ヲ受ク、此ノ垂直ノ方向ノ壓力ヲ沿法線壓力ト
Normal pressure

言フ、
Lord Rayleigh 氏ハ實驗ノ結果ニヨリ此ノ沿法線壓力ヲ次式ヲ以テ示セリ、

$$P_n' = \frac{2\pi \sin \alpha}{4 + \pi \sin \alpha} \cdot \frac{W}{2g} A v^2.$$

- P_n' 沿法線壓力 呎
 W 水ノ重量 (每立方呎) 呎
 g 地球ノ引力 32.2 呎/秒/秒
 A 板ノ表面積 平方呎
 v 板ノ速力 呎/秒
 α 板面ト進行方向トノ角、

渦流抵抗ハ此ノ沿法線壓力ノ大サニヨリ消長スルモノニシテ其ノ量ニ至ツテハ前面ト背面トノ兩壓力ノ差ニ依ルモノナレドモ上式ハ前面ニ起ル壓力ノミヲ示スモノナルガ故ニ渦流抵抗トナルベキ壓力ヲ此

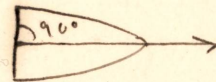
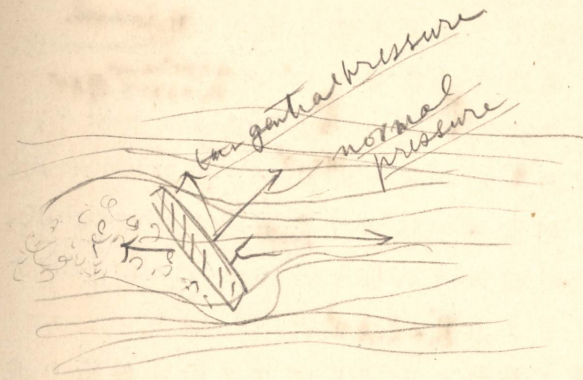


図) 如キ物尾ノ角ニテハ

$$P_n' = \frac{2\pi}{4 + \pi} A \cdot \frac{W}{2g} v^2 = .884 \frac{W}{2g} v^2.$$

ノ式ニ依リテ求ムルコト難シ、茲ニ總沿法線壓力トシ
Total normal pressure
 テ得タル種々ナル實驗式ヲ擧グレバ

$$P_n = 1.622 \frac{\sin \alpha}{0.39 + 0.61 \sin \alpha} \cdot \frac{W}{2g} A v^2 \dots$$

H. Joessel.
W. Toessel 氏、
 $\alpha = 70^\circ$ 以上、
 $P_n = 1.622 \frac{W}{2g} A v^2$

但シ α ノ ~~水~~ (10° 以 ~~下~~) ナル場合ニ限ル、

$$P_n = 1.7 \sin \alpha A v^2 \text{ (清水中)} \dots$$

$\alpha = 10^\circ$... William Froude 氏、

$$P_n = 1.534 \sin \alpha A v^2 \text{ (清水中)}$$

small: Lord Rayleigh 氏、

斯クノ如ク一般ニ渦流抵抗ト言ヘバ $K \sin \alpha \cdot \frac{W}{2g} A v^2$ ナ
 ル式ニテ示サルベシ、 $P_n = C \cdot A v^2$

扱テ船ノ渦流抵抗モ亦此ノ板ノ如ク船ノ外板ハ或
 ル角度ヲ以テ進行スルヲ以テ板ノ場合ニ似タルモノ
 ニシテ船首及船尾浸水部ノ形狀殊ニ後者ニ關係シテ
 變化スルモノナリ、而シテ實驗ノ結果、此ノ抵抗ト摩擦
 抵抗トハ兩々相離ルベカラザル關係アルヲ以テ次ニ
 述ブル所アラントス、

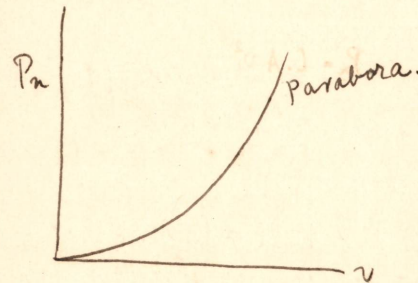
(二) 摩擦抵抗、

Frictional or Skin resistance

傾斜セル板ヲ水中ニ曳ク時ニ板ノ前面ニ沿法線壓
 力ヲ生ジタルト同時ニ水ガ板面ヲ流ルル爲メニ板ノ
 表面ト水ノ分子ト相摩擦シテ板面ニ切線ノ方向ニ所
 謂沿切線壓力ヲ生ズ、是レ即チ摩擦抵抗トナルベキモ
Tangential pressure
 ノナリ、此ノ抵抗ハ板ノ表面ノ粗密、面積、長さト幅トノ
關係及ビ進行速力等ニ依リテ變化スルモノニシテ古
 來此ノ抵抗ノ測定ニ於テ研究セル多數ノ學說中

W. Froude 氏ノ說最モ適切ナリ、

同氏ハ船體ノ如キ形狀ヲナシタル實體ニ就テハ試



驗ヲ施サザルモ 1870 年ニ厚 $\frac{3}{16}$ 吋深 19 吋長サ 1 呎 6 吋ヨリ 50 呎ニ至ル板ニ各種ノ材料ヲ塗布シテ之ヲ長サ 276 呎上部ノ幅 36 呎深サ 8 呎 9 吋ノ清水槽内ニテ其ノ頂部ヲ $1\frac{1}{2}$ 吋沈メテ曳キ其ノ抵抗ノ實驗ヲナシ摩擦係數ヲ測定シ次ノ算式ヲ得タリ、

$$R_s = \mu s V^n$$

R_s 摩擦抵抗 噸

μ 摩擦係數

S 摩擦ヲ受クベキ全面積 平方呎

V 毎時ノ速力 節

n 速力ノ冪數

上式中 μ ノ値ハ摩擦面ノ性質ニ依ル外長サニ關係シ時トシテハ長サヲ増スニ從ヒ減ズ又僅少ナルモ溫度ニ關係シ溫度高キニ從ヒ減ズルモ壓力ニハ關係セズ又流體ノ密度ニ比例スルガ故ニ海水中ニ於ケル抵抗ハ清水ノ場合ヨリモ $2\frac{1}{2}\%$ 大ナリ、

別表 2 ハ W. Froude 氏ガ實驗ヨリ得タル表ニシテ速力ハ節ニ換算セシモノナリ、又第 12 圖ハ其ノ試驗裝置ヲ示ス、

W. Froude 氏ノ實驗ニ次ギ其ノ子 R. E. Froude 氏ハ數種ノ實驗ヲ重ネ尙ホ Dr. Tideman 氏ノ實驗ノ發表ニ依リ船ノ摩擦抵抗モ亦上記板ノ實驗ニ依リ得タル式ト同様ナルコトヲ確メ得タリ、

別表 3 ハ R. E. Froude 氏ガ實驗ノ結果ヨリ計算セルモノ、別表 4 ハ Dr. Tideman 氏ガ實驗ヨリ得タル表ニシ

テ共ニ μ 及ビ n ノ値ヲ示スモノニシテ之ヲ用ユルト
キハ摩擦抵抗ヲ算定シ得ベシ、

米國華府ノ艦型試験所ニ於ケル Taylor 氏ノ實驗ニ
ヨレバ長サ20呎ノモノ迄ハ R. E. Froude 氏ノ表ニヨリ
一致スルモ其レヨリ長サヲ増セバ僅少ノ差アリ、故ニ
實際ノ船ニハ Dr. Tideman 氏ノ表ヲ用ユル方宜シカラ
ント稱ス、米國ニテハ100呎以上ノ船ナラバ μ ハ Dr.
Tideman 氏ノ表ノ値ヲ用ヒ n ハ1.83トシテ計算ス、

然シテ渦流抵抗ハ前項述ベシ如ク摩擦抵抗ノ一部
分タルベキモノニシテ現今ノ如キ善良ナル形狀ノ艦
船ニテハ摩擦抵抗ノ5%乃至6%ニ過ギズ而シテ
Dr. Tideman 氏ノ表ニテハ R. E. Froude 氏ノ表ヨリ約5%
多キ結果ヲ得可キニ付渦流ト摩擦トノ兩抵抗ヲ合シ
タル値ヲ得可ク又 R. E. Froude 氏ノ表ニヨリテ摩擦抵
抗ヲ求メ此ノ5%乃至6%ヲ以テ渦流抵抗トシテ算
出スルモ可ナリ、

③ (三) 造波抵抗、
Wave resistance

水中ヲ船ガ進行スル時ハ水ノ表面ニ高低ヲ生ジ波
狀ヲ呈ス波ハ其ノ本性トシテ相隣接セル分子間ニ傳
播シ周圍ニ擴大セントスルモノニシテ此ノ波ヲ生ゼ
シムルニ相當ノ「エネルギー」ヲ要ス、此ノ「エネルギー」損
失ハ又一種ノ抵抗トナルベシ、而シテ船ノ進行スルニ
從ヒ Stream line ノ壓力ノ爲メニ波ハ其ノ前後ニ連續
發生シ其ノ波狀ハ漸々船ヲ去ツテ擴大スルモノニシ
テ艀ニ生ズルモノヲ Bow wave ト言ヒ艀ニ起ルモノヲ

モノヲ Stern wave ト言フ、

此等ノ波ノ擴ガリ方ハ發散的ニシテ船ノ進行方向ト或ル傾斜ヲナス而シテ連續發生スル各浪頂ハ皆殆ンド一直線ヲナシ互ニ相平行スルノミナラズ其ノ高サハ船ヲ距ルニ從ヒ減少シ遂ニ相消失ス、

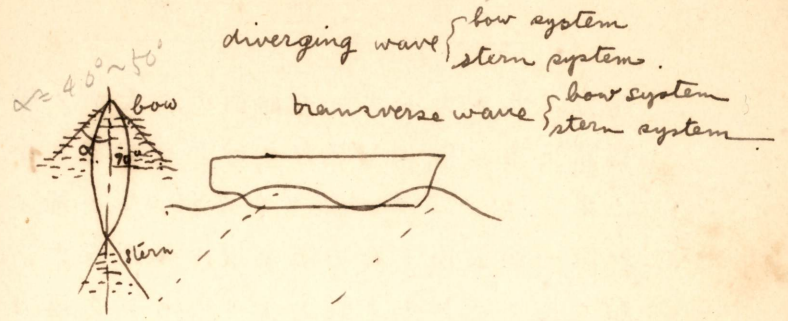
此等二種ノ波ハ船ノ速力大ナラザル際ニモ發生スト雖モ又速力非常ニ増加セシ際ニ至リ始メテ發生スル縱ノ波ト稱スル他ノ一種ノ波アリテ船ト同方向ニ進行シ其ノ浪頂ハ殆ンド船ノ進行方向ト直角ヲナスモノアリ、

以上三種ノ波ハ互ニ相交叉スルノミナラズ艦體ノ擦擦ノ如キハ大ニ此等ノ波ニ影響ヲ及ボシ且ツ其ノ大サ若クハ位置等ヲ變換スルコトアルヲ以テ靜水中ト雖モ各別ニ識別スルコト困難トナルコトアリ、

之ヲ要スルニ波動ノ原因ハ船ノ進行速力ト其ノ形狀トニヨリテ變化スルモノニシテ就中造波抵抗ハ低速力ニ於テハ著シキ結果ヲ及ボサザルモ速力ノ増加ニ從ツテ急激ニ増大スルモノナリ、而シテ先キニ述べシ如ク Stream line ノ壓力ハ其ノ速力ノ自乗ニ比例ス波ノ高サモ亦然リ、今船ノモノヲ AV^2 艦ニ起リタルモノヲ BV^2 トシ其ノ合成ニヨリ造波抵抗ヲ求メバ次式ノ形トナスコトヲ得ベシ、

$$R_w = V^4 (A^2 + B^2 + 2KAB \cos \frac{m}{C^2} 646^\circ)$$

此ノ AB ハ船ノ速力、長サ及ビ形狀ニヨリ變化スル係數ナリ、又 K ノ値ハ低速力ニテハ零ニシテ



$$R_e \propto V^2$$

$$R_b \propto V^{1.83}$$

$$R_w \propto V^4$$

$$P \propto V^2$$

$$H \propto V^2$$

$$H_b = AV^2$$

$$H_s = BV^2$$

造波ノ Energy ハ $H^2 = 1/13$ ス。

速力ト共ニ大トナルモ如何ナル大サノ船ニテモ
 實際上達シ得ベキ速力ニ於テハ非常ニ小ナルモ
 ノナリ、 m ハ $\frac{L}{S}$ ナル値ヲ有ス但シ L ハ船ノ長サ、 S
 ハ First bow wave crest 第一艀浪頂ト First stern wave crest 第一艀浪頂トノ距離ナリ、而シテ
 船ノ長サニヨリテ異ナルモノニシテ速力ノ増加
 ニ從ヒ僅カニ増スモノナレドモ普通ノ船ニテハ
 其ノ値 1.15 位ニシテ低速力ニテハ 1ニ近シ、
 C^2 ハ $\frac{V^2}{L}$ ナル値ヲ有シ之ヲ Speed length ratio 速力對長サノ比ト稱
 ス從ツテ $c = \frac{V}{\sqrt{L}}$ ナリ、

上ノ式ニ於テ最後ノ項ハ消去シ得ベク又 A 及ビ B
 ハ恒數トシテ置クコトヲ得ルモノニシテ其ノ一般式
 ハ $R_w = V^4 \times \text{constant}$ 或ハ $R_w = b \times V^4$.

W. Froude 氏ハ Law of comparison 比較法則ヨリシテ上式ノ b ノ値ヲ定
 メ次ノ公式ヲ得タリ、

$$R_w = b_0 \frac{D^3}{L} V^4$$

- D..... 排水量 噸
- L..... 船ノ全長 呎
- $b_0 = 0.4$ 速力高キ船(細長ノ船)
- $= 0.5$ 速力低キ船(幅ニ比シ短キ船)

以上三種ノ抵抗中渦流及ビ造波抵抗ヲ合シテ殘余
 抵抗ト稱シ全抵抗ヲ Total resistance 摩擦殘餘ノ二抵抗ニ大別スルモ
 又時トシテハ渦流抵抗ヲ省略シテ造波抵抗ノミヲ殘
 餘抵抗トスルコトアリ、是レ船體外部附屬物ノ少ナキ
 艦船ニ於テハ殘餘抵抗ハ重ニ造波抵抗ナレバナリ、

Total resistance } Residuary Resist. $R_w + R_e$
 Frictional resist. R_f or R_s

艦型試験所ニ於テ雛形ヲ曳張リテ試験シ或ハ二ツノ艦船ヲ以テ實際ニ曳張リテ得タル抵抗ヲ曳綱抵抗ト稱シ是レヨリ摩擦抵抗ヲ減ジタルモノヲ殘餘抵抗トス、

$$R_w = b_0 \frac{D^3}{L} V^4.$$

即チ是レナリ、

[註] **相似艦船**トハ其ノ長サ幅及ビ深サノ比互ニ相同ジキモノ即チ大小ノ差ハアレドモ其ノ形狀及ビ諸部ノ割合相同ジキモノヲイフ、

相當速力トハ相似艦船ニ於テ其ノ各ノ長サノ平方根ニ比例スル速力ノ稱呼ナリ、

$$[例] V_1 : V_2 : V_3 :: \sqrt{L_1} : \sqrt{L_2} : \sqrt{L_3}.$$

故ニ相似艦船ニ於テ相當速力ノ時 $\frac{V}{\sqrt{L}}$ ノ値ハ同一ナルコト明ラカナリ、

各種艦船ニ對スル $\frac{V}{\sqrt{L}}$ ノ値ヲ示セバ次ノ如シ、

船 種	$\frac{V}{\sqrt{L}}$
荷物船	0.5—0.55
客 船	0.7—0.8
高速ノ客船	0.9—1.0
戰 艦	0.9—1.0
巡洋艦	1.0—1.2
驅逐艦	1.8—2.0
高速ノ内火艇	2.5—5.0

similitude.
geometrically
dynamically

比較法則、Law of comparison W. Froude 氏ハ艦船ノ雛形ヲ以テ實驗中幾何學上ノ形狀相同ジキモノハ其ノ大小如何ニ關セズ相當速力ニテ駛走セシムルトキ波浪ノ生ズル狀況相似タルヲ發見シ是レヨリ次ノ法則ヲ案出セリ、

『相似艦船ヲ相當速力ニテ駛走セシムルトキ其ノ波浪ヨリ生ズル抵抗ノ比ハ其ノ排水量ノ比ニ同ジ』

相當速力ノ例、

A, B ノ二船ガ相似船ナルトキ、

A ノ長サ 600 呎

B ノ長サ 700 呎

トシテ A 船ハ既定ノ速力 23.18 節ノモノトスレバ B ノ相當速力ヲ求メンニハ

$$\sqrt{L_1} : \sqrt{L_2} :: V_1 : V_2$$

$$\sqrt{600} : \sqrt{700} :: 23.18 : V_B \therefore V_B = 25 \text{ 節ナルガ如シ、}$$

又或ル船アリテ長サ 700 呎速力 25 節ニテ其ノ雛形ノ長サ 25 呎ナルトキハ其ノ雛形試驗速力ハ

$$\sqrt{700} : \sqrt{25} :: 25 : V_m \therefore V_m = 4.25 \text{ 節}$$

又長サ 600 呎速力 23.18 節ノ船アリテ之ト相似ノ船ヲ作り 25 節ニテ駛ラシメントスルニハ其ノ新船ノ長サ如何トイフニ

$$\frac{23.18^2}{25^2} :: 600 : L \therefore L = 700 \text{ 呎ノ如シ、}$$

以上概説セル所ニヨリテ船ノ全抵抗ヲ算出スル法次ノ如シ、

船種	全力		13%	
	R_s	R_r	R_s	R_r
B.S	62%	38	76	24
B.C.	62	38	83	17
L.C.	48	52	82	18
T.B.D.	40	60	76	24

全抵抗算式

① 速力對長サノ比 $\frac{V}{\sqrt{L}}$ ノ値 0.5 乃至 0.6 以上ナ
ラザル低速力ニアリテハ造波抵抗ハ全抵抗ノ 10%
ヲ超過スルコト稀レナルヲ以テ此等ノ速力以内ニ
テハ摩擦抵抗及ビ渦流抵抗ノ式ヨリシテ得タルモ
ノニ其ノ 10% ヲ加フベシ、

$$R_T(\text{全抵抗}) = \mu SV^n + \frac{10}{100} \times \mu SV^n.$$

[注意] Tideman 氏ノ表ヲ用ユベシ、

② 速力増加スルニ從ヒ造波抵抗増加スルヲ以テ
若シ速力對長サノ比ガ 1.2 ヲ超サザル程度ニ於テハ
Speed length ratio

$$R_T(\text{全抵抗}) = \mu SV^n + b_0 \frac{D^3}{L} V^4.$$

[注意] Tideman 氏ノ表ヲ用ユベシ、

③ 速力對長サノ比 1.2 以上ニ達シタル高速力ニ
在ツテハ

$$R_T(\text{全抵抗}) = \mu SV^n + V^4 \left(A^2 + B^2 + 2KAB \cos \frac{m}{C^2} 646^\circ \right)$$

ヲ用ヒザルベカラザルモ此ノ A, B, K ナル値ハ雛形
ニ就キ實驗ヲ經ザレバ決定スルニ至ラザルヲ以テ
此ノ式ヲ以テ直チニ計算スルコト能ハズ然レドモ
幸ニシテ此ノ比ガ 1.2 以上ノ場合極メテ稀ナルヲ
以テ實用ニハ第一第二ノ方法ニテ計算セバ可ナリ、
近時一般造船計畫ニ於テ用ヒラルル方法トシテ

[第一] By Taylor's formula.

[第二] By Taylor's curve.

[第三] By John's curve.

ノ三種ニシテ通例此ノ三通リニテ計算シ斯クシテ

得タルモノノ平均ヲ取ル、今第一第三ノ方法ニ就キ説明セン、

By Taylor's formula.

(a) 殘餘抵抗、
Residuary resistance

$$R_r = \frac{1.25 \times bDV^4}{L^2}$$

但シ $\frac{V}{\sqrt{L}} = 1.2$ 以下ナルトキノミニ限ル、

R_r 殘餘抵抗、 噸

b Block coefficient.*

D 排水量、 噸

V 速力、 節

L 船ノ長サ、 呎

[註] * ハ 船ノ排水容積ト其ノ船ノ長サ、幅、深サノ三邊ヨリナル立方積トノ比ニシテ

$$\text{Block coefficient} = \frac{D \times 35^3}{L \times B \times H}$$

(b) 摩擦抵抗、
Frictional resistance

$$R_f = \mu SV^n = \mu SV^{1.83}$$

R_f 摩擦抵抗、 噸

S 浸水面積、* 平方呎
Wetted surface

[註] $S = C\sqrt{D \times L}$ (By Taylor)

C ハ 浸水面積ノ係數ニシテ別表 5 ヨリ求メ得ベク又第 13 圖ハ同曲線圖ナリ、而シテ兩者ニ於ケル C ノ値ハ少シ異ナルモ後者ヲヨリ精密ナリトス、

例題、長サ 570 呎幅 75 呎吃水 26 呎排水量 17,000 噸

block coefficient

R_f or R_s

0.62 — B.S.

0.52 — C.

0.43 — T.B.D.

0.73 — C.S.

By John's curve.

1905年殘餘抵抗ニ關シ Taylor 氏ノ發表シタル曲線圖ニ基キ John 氏ノ作製シタル第14圖ノ如キ曲線圖ハ簡單ニシテ直チニ其ノ算出ニ適シ實用ニ供セラル、同氏ハ殘餘抵抗ハ排水量ニ比例シ比較法則ニヨリ速力ハ排水量ノ六乗根ニ比例スルモノト定メタリ、然ルトキハ $R_w \propto D$ 及ビ $V \propto D^{\frac{1}{6}}$ ナルヲ以テ

$$(E.H.P.)_w = CD^{\frac{7}{6}}.$$

但シ $(E.H.P.)_w$ ハ殘餘抵抗ニ對スル有効馬力トス、
Residuary resistance

上式中 C ハ係數ニシテ艦型ニヨリ同ジカラズ、同氏ハ實驗上之ヲ定メタリ、第14圖ハ Prismatic coefficient (排水容積ト水面下中央横斷面積ニ水面上ニ於ケル長サヲ乘ジタル容積トノ比ナリ) ヲ横軸ニ係數 C ヲ縦軸ニ採リ $\frac{V^2}{L}$ ノ曲線ヲ示スモノトス、故ニ Prismatic coefficient 及ビ速力長サヲ知ルトキハ C ヲ求メ得ベシ、

例題、前例ト同ジキ船ニテ Prismatic coefficient = 0.6
トスルトキノ有効馬力ヲ求メヨ、

解：一

$$\frac{V^2}{L} = \frac{27^2}{570} = 1.28 \quad \text{ナルヲ以テ}$$

$$C = 0.204.$$

$$\begin{aligned} \therefore (E.H.P.)_w &= CD^{\frac{7}{6}} = 0.204 \times (17,000)^{\frac{7}{6}} \\ &= 17,500. \end{aligned}$$

又前例ニ依リ摩擦抵抗ニ對スル有効馬力ハ

$$V, v = \sqrt{L}; \sqrt{v}. \quad \frac{D}{d} = \frac{L^3}{l^3}$$

$$\frac{V}{v} = \left(\frac{D}{d}\right)^{\frac{1}{6}}$$

$$\begin{aligned} (E.H.P.)_w &= CD \times T. \\ &= C'D \times D^{\frac{1}{6}}. \\ &= C'D^{\frac{7}{6}} \end{aligned}$$

$$(E.H.P.)_f = \frac{R_f \times V \times 6080}{33,000 \times 60} = \frac{177,000 \times 27 \times 6080}{33,000 \times 60}$$

$$\approx 14,660.$$

故 = 全有効馬力ハ

$$E.H.P. = (E.H.P.)_f + (E.H.P.)_w = 14,660 + 17,500 \approx 32,160.$$

船ノ行進中ノ抵抗ハ以上三者ヲ其ノ主ナルモノトスレドモ尙空氣ノ抵抗アリ、然レドモ此ノ抵抗ハ前三者ニ比シ極メテ少量ナルガ故ニ一般ニ此レヲ計算スルノ必要ナシ、

Taylor 氏ハ船體ノ水線以上ニ受クル抵抗ハ船ノ凡テノ部分ヲ中央横斷面上ニ射影シタル面積ニ加ハルモノト見做シ次式ニテ示スコトヲ得ベシト云ヘリ、

$$R_A = 0.0043 AV^2.$$

R_A 空氣ノ抵抗、 噸

A 風ヲ受クル面積、 平方呎

V 船ト風トノ相對速度、 節
Relative speed

以上記述シタルモノハ船ガ靜水中ヲ進行スル際ニ生ズル抵抗ナレドモ若シ船ガ波浪アル海洋中ニ航海スルトキハ之ニ對スル抵抗ヲ受ケ且ツ又 Pitching and Rolling ニ依リテ他ノ抵抗ヲ受クベシ、

螺旋推進器モ船尾ニ於テ回轉スルトキハ此ノ部ノ壓力減少シ船體ハ後方ニ吸寄セラレントス、爲メニ全抵抗ヲ増加スル作用アルモ後節ニ述ブベシ、

五、推進器ノ失脚、

螺旋推進器ガ水中ニテ回轉スル時ハ水ノ一部ハ推

$$(E.H.P.)_{PY} = \frac{188000 \times 27 \times 6080}{60 \times 33000} = 15900$$

M. Eiffel

F. R — Aeroplane.

$$R = 0.0000122 l^{1.93} A^{1.82}$$

E. R — ship.

$$R = 0.005 A V^2$$

進器ト反對ノ方向ニ移動サルルヲ以テ節丈ケ進ムヲ得ズ、是レ即チ船ノ速力ハ螺旋ノ速力ニ及バザル所以ニシテ、其ノ差ヲ稱シテ失脚ト言フ、失脚ハ通常百分比ヲ以テ示シ、 v ヲ螺旋ノ速力、 V ヲ船ノ速力トセバ、 $v-V$ ハ失脚ニシテ、其レヨリ次式ヲ得可シ、

$$\text{推進器ノ失脚 \%} = \frac{v-V}{v} \times 100.$$

是ハ螺旋ノ外觀ノ失脚ト稱スルモノニシテ螺旋ノ Real slip of 眞正ノ失脚ナル者ハ、此ノ意ニアラザルコトヲ記憶セザルベカラズ、

船ガ平靜ナル水面ヲ曳カレ或ハ帆走スル時ニ其ノ進行ト同ジ方向ニ水ノ流ヲ生ズ、此ノ流ヲWakeト稱ス、是ハ水ト船體トノ摩擦ニ起因ス、然シ船尾ニ於テハ尙ホ他ノ起因アリ、

- (1) 表面摩擦、
- (2) Stream line.
- (3) Transverse wave.
- (4) 水泡 (Eddies)

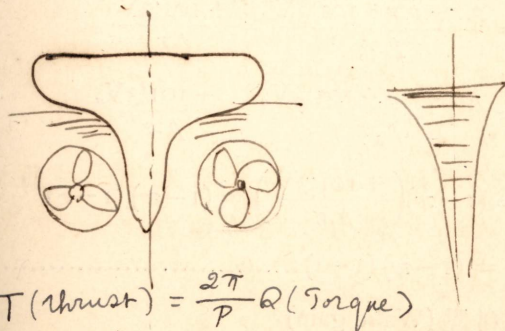
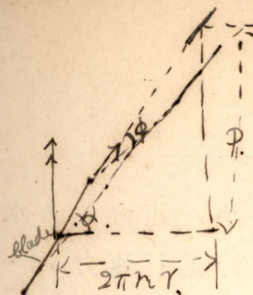
ニヨリテ生ズ、其ノ中最大ナルモノハ表面摩擦ニヨルモノナリ、

Wakeハ水ノ表面ニ近キ程又船ノ軸線ニ近キ程速力大ナリ、此ノWakeノ速力ト船ノ速力トノ比ヲWake factorト云ヒ、 w ヲ以テ示ス、

V 船ノ速力、 節

V_a 推進器進行速力、 節 トスレバ
Speed of advance

$V_a = V - wV$. wV ハWakeノ速力ナリ、



$$T(\text{thrust}) = \frac{2\pi}{P} Q(\text{Torque})$$

即チ船ガ V ニテ進ンテ wV ナル速力ニテ水ガ船ノ
方向ニ進ムガ故ニ推進器ノ實際進行速力 V_a ハ $V - wV$
トナルベシ、

$$V_a = V - wV = (1 - w)V.$$

恰モ静止セル水ニ於テ V_a ナル速力ニテ進ムコトヲ
示ス、

船ノ速力 V ナル故

$$\text{外觀ノ失脚 } S = \frac{p \cdot r - 101.3V}{p \cdot r} \dots \dots \dots (1)$$

101.3 = \frac{60 \cdot 80}{60}
in feet per min.

p 節、
Pitch

r 毎分回轉數、

若シ Wake ヲ考ニ入レルトキハ

推進器進行運動 $V_a = (1 - w)V$. ナル故

$$\text{真正ノ失脚 } S' = \frac{p \cdot r - 101.3V_a}{p \cdot r} \dots \dots \dots (2)$$

Real slip

(1) 及 (2) 式ヨリ

$$1 - S = \frac{p \cdot r - p \cdot r + 101.3V}{p \cdot r} = \frac{+101.3V}{p \cdot r}$$

$$1 - S' = \frac{p \cdot r - p \cdot r + 101.3V_a}{p \cdot r} = \frac{+101.3V_a}{p \cdot r}$$

$$= (1 - w) \left(\frac{+101.3V}{p \cdot r} \right) = (1 - w)(1 - S)$$

$$(1 - S') = (1 - w)(1 - S) \dots \dots \dots (3)$$

Wake ノ利點 (Wake gain)

推進器ヲ船尾ニ置クトキハ Wake ヲリ得ル利點アリ

即チ

$$\frac{V}{V_a} = \frac{V}{V(1-w)} = \frac{1}{1-w} \cdot > 1$$

此ノ利ハ船體ガ Wake ヲ生ズル爲メニ費シタル力
ノ幾分ヲ推進器ガ Wake ノ爲メ回復スルヲ意味ス、

推進軸ニヨリテ推進器ニ與フル仕事ハ推進器ノ回
轉數ト夫レガ實際ニ進ム速力ノミトニヨリテ變化ス、
換言スレバ真正ノ失脚ノミニ關スルモノナルガ有効
仕事ハ推進力ニヨリテ船ノ實際ニ進ム距離、即チ外觀
ノ失脚ニヨリテ變化ス、

∴ E.H.P. ト Useful work 即チ Thrust horse power T.H.P.
トノ差異ヲ生ズルモノニシテ

$$\frac{T.H.P.}{E.H.P.} = \frac{1-S}{1-S'} = \frac{1}{1-w}$$

又推進器ハ船ト同方向ニ流ルル Wake 中ニ回轉ス
ルモノナルヲ以テ之ガ爲メニ推進力ヲ増加スベシト

今 V ヲ以テ Wake ナキトキ、 T ナル推進力ニ相當ス
ル船ノ假想速力トシ、 V_s ヲ以テ Wake アルトキノ速力
トスレバ、 $V_s - V$ ハ Wake ノ量ナルベシ、

$$\frac{V_s}{V} w', w = \frac{V_s - V}{V_s} = 1 - \frac{V}{V_s} = 1 - \frac{1}{w'}$$

$$\frac{V_s}{V} = \frac{10}{9} = w' \quad \text{ナレバ} \quad w = \frac{1}{10} = .1$$

$$w' = \frac{1}{1-w}$$

即チ同ジ T ニ對シテ $\frac{1}{1-w}$ ヲ乗ジタルダケ Wake ノ
アル方ガ餘計ノ速力ヲ得ルコトトナル、

負數ノ失脚、螺線推進器ガ働ク場所ハ移動シ易キ
Negative slip
 水ナルヲ以テ、其ノ性質上真正ノ失脚ハ常ニ正數ナラ
 ザルベカラザルハ明ラカナリト雖モ、若シ船ト同方向
 ニ伴ハルル水流大ナルトキハ、外觀ノ失脚ガ負數トナ
Apparent slip
 ルコトヲ想像シ得ラルベシ、例令バ茲ニ一個ノ推進器
 アリテ之レガ毎分ノ回轉ヲナストキニ出ス速力ヲ
 $\frac{p.r \times 60}{6080} = 10$ 節トシ、之ガ水中ニテ廻ルトキハ 10% ノ
 失脚ヲ生ジ 9 節ノ速力ニテ進ムモノトス、今又或ル船
 アリテ此ノ推進器ヲ備ヘ静水中ニテノ回轉スルトキ
 其ノ推力ハ船ニ 11 節ノ速力ヲ與ヘ 2 節ノ Wake ヲ生
 ズルモノト假定スルトキハ、推進器ハ此ノ船ニ取付ケ
 ラレタル爲メ自己ノ回轉ニ對スル速力ヨリモ一節速
 ク進ム、即チ普通ノ失脚ト反對トナル、

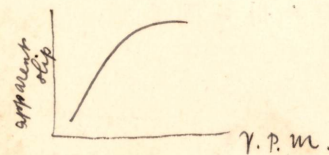
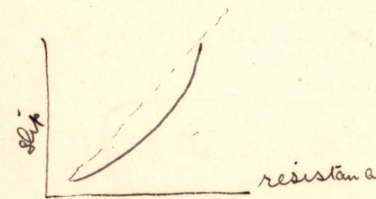
此ノ現象即チ船ノ速力ガ螺旋ノ速力ヨリ大ナル場
 合ニハ普通ノ失脚ト反對ノ結果ヲ生ジ、之ヲ負數ノ失
 脚ト稱ス、前例ニ於テ普通ノ失脚ト反對ナル負數ノ失
 脚 $\frac{1}{10}$ 即チ 10% ヲ得ルコトナル、

實驗上ヨリ得タル失脚増減ノ場合ヲ列擧スレバ次
 ノ如シ、

第一、失脚ハ同一ノ螺旋ナレバ船ノ抵抗ト共ニ増
 加ス、

第二、外觀ノ失脚ハ螺旋ノ毎分回轉數ト共ニ漸時
 ニ増加ス、

第三、同一状態ニ於テハ失脚ハ節ト共ニ増加ス、故
 ニ摩擦ノ考ヲ除ケバ節ヲ小ニシテ回轉數多キ螺



旋ヲ優レリトナスモ、或ル程度ヲ超エ回轉數ヲ増セバ一方水ノ攪亂作用大トナリ小節ノ利益ヲ奪ハルルニ至ルベシ、
Churning action

第四、失脚ハ螺旋ノ盤面積ヲ以テ船體ノ中央橫斷浸水部面積ヲ除シタル數ガ増ス割合ニ増加ス、故ニ螺旋ノ直徑ハ成ルベク大ナルヲ要ス、
Disc area

第五、翼面積ノ増加ハ失脚ノ減少ヲ來シ又螺旋ノ長サノ増加モ或ル程度迄之ヲ減少ス、實驗上翼ノ Aggregate length ガ節ノ 30%ニ増加スル迄ハ急速ニ減少スルモ、其レ以上 75%ニナル迄ハ減少度烈シカラズ、75%以上ハ殆ンド關係ナシト言フ、尙ホ翼數ノ多少ハ Aggregate length 同一ナル場合ニハ失脚關係ヲ有セズ、
Blade area Length of screw

通常有効ナル失脚百分比ハ 10%乃至 15%ナリ、

例題一、軍艦薩摩ノ推進器ノ節 18 呎ニシテ機械ノ回轉數毎分 120、實馬力 8,500 ヲ出スト言フ、螺旋ノ直徑ヲ算出セヨ、

但シ恒數ヲ 19.1 トス、

公式 *reciprocating engine - 19.1*

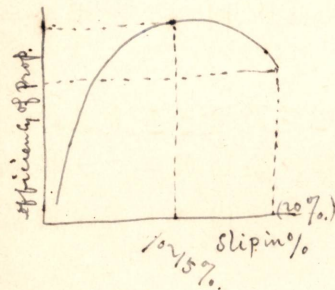
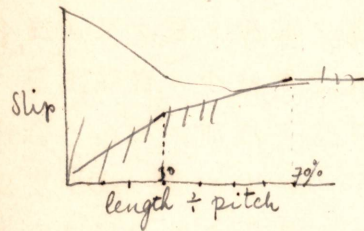
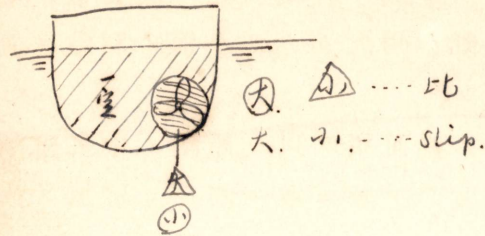
$$\text{螺旋ノ直徑 (呎)} = C \times \sqrt{\frac{\text{I.H.P.}}{\left(\frac{\text{Pitch} \times \text{Revs.}}{100}\right)^3}}$$

Diameter of screw

(通例 C ハ 18 乃至 20 ノ間ニアリ)

[解]

$$\text{螺旋ノ直徑} = 19.1 \times \sqrt{\frac{8.600}{\left(\frac{18 \times 120}{100}\right)^3}} = 17.5 \text{ 呎}$$



例題二、機械ノ回轉數毎分70ニシテ毎時14節ノ速力ヲ出シ失脚15%トセバ、螺旋ノ節幾何ナルヤ、
公式

$$\text{毎時速力(節)} = \frac{\text{Pitch} \times \text{Revs.} \times 60}{6080 \times 100} \times (100 - \text{app. slip in \%})$$

[解] 螺旋ノ節 = $\frac{14 \times 6080 \times 100}{70 \times 60 \times (100 - 15)} = 23.8$ 呎

例題三、螺旋ノ節15呎、毎分回轉數65ノ時失脚12%ナリト言フ、毎時ノ速力如何、

[解] 毎時速力 = $\frac{15 \times 65 \times 60 \times (100 - 12)}{6080 \times 100} = 8.46$ 哩

例題四、螺旋ノ節18呎毎分回轉數100ニシテ1時間15哩ヲ出ストシ、失脚ヲ百分比ニテ見出スベシ、

[解] 毎分時螺旋ノ速力 = $18 \times 100 = 1800$ 呎

毎分時船ノ速力 = $\frac{15 \times 6080}{60} = 1520$ 呎

失脚 = $1800 - 1520 = 280$ 呎

$\frac{280}{1800} \times 100 = 15.6\%$

例題五、由良川丸1晝夜ノ航海ヲナシ216哩ヲ航走セルヲ知レリ、同船ハ螺旋ノ節14呎毎分回轉數70ニシテ、毎時平均1節ノ順潮ニ乗ゼリト云フ、失脚ヲ百分比ニテ見出セ、

[解] 毎時速力 = $216 \div 24 = 9$ 節

毎時螺旋ノ速力 = $\frac{14 \times 70 \times 60}{6080} = 9.7$

失脚 = $\frac{9.7 - (9 - 1)}{9.7} \times 100 = 17.5\%$

$$\text{app. slip} = \frac{P\gamma - 101.3V}{P.\gamma} = 1 - \frac{101.3V}{P.\gamma}$$

$$\therefore V = \frac{P.\gamma}{101.3} (1 - \text{app. slip})$$

$$\text{or } P = \frac{101.3V}{\gamma(1 - \text{app. slip})}$$

例題六、前題ノ船航海中強キ逆風ニ遇ヒ、爲メニ回
轉數毎分55ニ減ジ、毎時ノ速力漸ク6節ヲ出セリ
ト言フ、此ノ場合ニ於ケル失脚ヲ問フ、

〔解〕 失脚 = $\frac{7.6-6}{7.6} = 21\%$.

六、螺旋ノ作用ニ基ク抵抗、(推力減失)

Thrust deduction

若シ推進器ガ船ノ後方ニ離レテ装置セラレルナラ
バ推進器ハ船ノ周圍ニ生ジタル Stream line ヲ攪亂セ
ズシテ Wake 中ニ働ク利アリト雖モ、實際ニ於テハ推
進器ハ船尾ニ近クアリ、從ツテ Stream line ヲ攪亂シ爲
メニ船尾ニ於ケル壓力ヲ減ズ、此ノ影響ヲ **推力減失** ト
稱ス、此ノ壓力ノ減少ハ即チ船ノ抵抗ノ増加ヲ意味シ
單ニ船ガ曳カルル場合ヨリモ實際船自ラ推進スルニ
ハ餘計ノ力ヲ要スルコトヲ知ル、之ヲ **増加抵抗** ト云フ、

Augment of resistance

此ノ抵抗ノ増加ハ船尾ノ形狀螺旋ノ大サ及ビ位置
等ニ依リテ種々ニ變化シ R. E. Froude 氏ノ實驗ニ依レ
バ同ジ速力ヲ以テ曳航シタルトキト、推進器ヲ回轉シ
テ自ラ進行シタル時ト全抵抗ヲ比較スルニ、**單螺旋**ニ
シテ幅廣キ船尾及ビ厚キ Stern post ヲ有スル者ニアリ
テハ約40%、細長ノ船ナレバ15%乃至18%トナリ、**雙螺**
旋ニアリテハ10%乃至12%ニ至ルト云フ、

Twin screw

斯クノ如ク推進器ノ推力 T ハ船體ノ抵抗 R ヨリ大
ナルヲ常トスルヲ以テ $R = T(1-t)$ ト定メ此ノ餘計ニ
要スル力ヲ次ノ係數ヲ以テ示ス、

$$T > R.$$

$$R = T(1-t)$$

$$T = \frac{R}{1-t}$$

$$\frac{1}{1-t}$$

此ノ 推力減失係數ト云フ、
Thrust deduction factor

Wakeノ利ト 推力減失係數式トノ比即チ $\frac{1-t}{1-w}$ ヲ船

體効率ト稱ス、
efficiency

前節ニ述ベシ Wake factor 及ビ 推力減失係數、船體効率ノ實驗ノ値ハ 船ノ 形狀、大小、推進器ノ 直徑、節、船體ト 推進器ノ 關係位置、速力等ニヨリ異ナリ次ニ 帝國艦船ノ 實例ヲ示ス、

艦名	速力	軸	Wake factor (w) %	Thrust deduction factor (t) %	Hull efficiency %
扶 桑	22.5	外 内	5.8	11.8	0.932
			12.6		1.112
比 叡	27.5	外 内	16.1	13.1	1.011
			12.9		0.982
伊 勢	23.0	外 内	9.0	10.0	0.981
			7.9		0.970
平 戸	26.0	—	7.0	7.8	0.986
谷 風	37.5	—	0.15	3.1	0.967
天津風	34.0	翼 中央	0.6	4.0	0.966
			2.8		0.987
桃	31.5	—	1.5	4.1	0.973

上表ヲ見ルニ 船體効率ハ 現今ノ 如キ 善良ナル 形狀ノ 艦船ニテハ 1 附近ナルヲ以テ 特別ノ 事情アルニアラザレバ之ヲ考フルヲ要セズ、

有効馬力、(E.H.P.)
Effective horse power

船體ノ 抵抗ガ 速力 V 節ニ於テ R 听トスレバ此ノ 速

$$V - V_a = wV$$

$$V = \frac{V_a}{1-w}$$

$$R = T(1-t)$$

$$\frac{RV}{TV_a} = \frac{1-t}{1-w} \cdot RV = TV_a \left(\frac{1-t}{1-w} \right)$$

wake gain $\frac{1}{1-w}$

Thrust deduction factor = $\frac{1}{1-t}$

$\frac{\text{wake gain}}{\text{Thrust deduction factor}} = \frac{1-t}{1-w} = \text{hull efficiency}$

力ニテ船體ヲ推進セシムルニハ $\frac{101'1}{33,000}$ RV 丈ケノ馬力ヲ要ス、之ヲ有効馬力ト云フ、

即チ $E.H.P. = 0.00307 RV \dots\dots\dots (1)$

此レハ常ニ雛形等ニ就キ上記ノ方法ニテ算定スルモノナルガ舵張出軸承 Bracket Bilge keel, Docking keel 等ヲ附シテ計測算定シタル有効馬力ヲ E.H.P. With appendage ト稱シ此レ等ヲ全ク附セザルモノヨリ求メタルモノヲ E.H.P. of without appendage 或ハ E.H.P. of Naked hull ト稱ス、普通前者ハ後者ヨリ大艦ニアリテハ凡ソ20%小艦ニアリテハ14%位ナリ、

推進係數、

(Coefficient of propulsion or Propulsive coefficient)

推進係數 = E.H.P. ÷ I.H.P. — (吸鑿式機械ノ場合)...(2)

e_m ヲ機械効率 (Mechanical efficiency) トセバ

S. H. P. = e_m × I. H. P.(3)

e_m 普通 80%—90% ニシテ

最上 95% ニ達ス、

e_p ヲ推進器ノ効率 (Propeller efficiency) トセバ

S. H. P. × e_p = 推進器ノ受ケタル馬力(4)

更ニ推進器ハ Wake ヨリ利スル處アリ、故ニ實際推力軸承ニ働ク力ハ

e_p × S. H. P. × $\frac{1}{1-t}$ (5)

之ニ反シ推力減失アル場合ハ

推進ニ要スル馬力ハ E.H.P. × $\frac{1}{1-t}$ (6)

(5) ト (6) トハ同一ナラザル可ラズ、

依リテ $e_p \times \text{S.H.P.} \times \frac{1}{1-w} = \text{E.H.P.} \times \frac{1}{1-t}$.

$$\frac{\text{E.H.P.}}{\text{S.H.P.}} = e_p \times \frac{1-t}{1-w} \dots\dots\dots(7)$$

推進係數 = $\frac{\text{E.H.P.}}{\text{I.H.P.}} = e_m e_p \frac{1-t}{1-w} \dots\dots\dots(8)$
Propulsive coeff.

船體効率ヲ1トシ推進器効率ヲ0.5乃至0.7機械効率ヲ0.8乃至0.9トセバ

推進係數ハ 0.8 × 0.5 = 40% ヨリ
 0.9 × 0.7 = 63% = 至ル、

普通ハ 50—55% ナリ、

「タルビン」式機械ノ場合ニアリテハ其ノ推進係數ハ $\frac{\text{E.H.P.}}{\text{S.H.P.}}$ ナル分數ヲ以テ表ハサレ普通 48—58% 位ノ値ヲ有ス、次ニ實例ヲ示ス、

艦 名	推進係數 Propulsive coefficient	推進器ノ効率 Propeller efficiency
扶 桑	0.51	0.499
伊 勢	0.48	0.492
比 叡	0.54	0.541
平 戸	0.59	0.598
天津風級	0.482 — 0.533	0.494 — 0.546
桃 級	0.476 — 0.523	0.489 — 0.537

七、推進器ノ Race.
Propeller Race

螺線推進器ノ作用ハ事實上筒形ノ水柱ヲ後部ニ投
 旋

$$\frac{\text{E.H.P.}}{\text{I.H.P.}} = \frac{1-t}{1-w} = e_p$$

$$\text{Prop. Coeff.} = \frac{\text{E.H.P.}}{\text{I.H.P.}} = \frac{\text{E.H.P.}}{\text{S.H.P.} \times e_m} = \frac{e_p \times \text{T.H.P.}}{\frac{1}{e_m} \text{S.H.P.}} = e_p e_m$$

prop. coeff. $< e_p e_m$.

$$\frac{\text{E.H.P.}}{\text{S.H.P.}} = \frac{\text{I.H.P.}}{\text{S.H.P.}} = \frac{\text{E.H.P.}}{\text{T.H.P.}} = \text{hull eff.}$$

$$\frac{\text{EHP}}{\text{IHP}} = \frac{\text{ETP}}{\frac{1}{e_m} \text{IHP}} = e_m \frac{\text{ETP}}{\text{HP}} = e_m e_p \frac{1-t}{1-w}$$

22237
 hull efficiency = $\frac{\text{ETP}}{e_p \text{SHP}} = \frac{\text{ETP}}{\text{THP}}$

$$e_m = \frac{\text{S.H.P.}}{\text{I.H.P.}} \quad e_p = \frac{\text{T.H.P.}}{\text{S.H.P.}}$$

出スルコトトナル、之レヲ推進器ノ Race ト言ヒ、螺旋ノ
 推力ハ一定時間内ニ此ノ Race ノ内ニ生ゼラルル處ノ
 後方運動量ヲ以テ測定セラルルモノナリ、Race ノ面積
 ハ略ボ螺旋ノ盤面積ニ等シク、唯轂ヲ取去リタル者ニ
 シテ、尙ホ螺旋翼傾斜ノ爲メ Race 内ノ水ハ後方運動ノ
 外旋廻運動ヲ受クルヲ以テ推力ノ一部ハ此ノ旋廻運
 動ト水ノ分子間摩擦ノ爲メニ減損ヲ生ズ、故ニ實際螺
 旋推進器ノ Race ト言ヘバ船尾ヨリ後方ニ運動シ、種々
 ノ速度ニ於テ旋廻スル所ノ連続シタル中空筒形ノ水
 柱ナリト言フヲ得可シ、

八、螺旋推進器ノ推力、

船ガ進行スル場合ニ生ズル主ナル抵抗ハ前述ノ如
 クナレドモ、茲ニハ螺旋ガ水ヲ後方ニ押シ遣ルノ反動
 ニ就テ述ブル所アラントス、今航海ノ終期ニ於テ機械
 ヲ停止スルモ、船ハ行足ヲ有シテ直チニ停止セザルベ
 シ、是レ蓄積セル「エネルギー」即チ運動量ガ水ノ抵抗ニ
 打ち勝ツテ作用スルモノニシテ、此ノ「エネルギー」ハ機
 械發動ノ際ニ蓄積サレ速度ノ減退ニ遇ツテ始メテ出
 現スル者ナリ、故ニ最初機械ヲ發動スルモ其ノ幾分ハ
 常ニ吸収サルル者トス、

次ニ螺旋ヨリ生ズル力ハ二種ニ大別スルコトヲ得
 可ク、即チ船ノ進ム方向ニ一直線ナル者ト或ル角度ヲ
 ナスモノニシテ、前者ハ有効動作ヲナシ、後者ハ唯浪費
 セラルルノミナレバ、有効推力ナルモノハ直接船尾ニ
 Effective thrust