

9. 高速艇の波浪中運動性能の研究 (第1報)

STUDY OF MOTIONS OF HIGH SPEED BOATS IN A SEAWAY (1st Report)

高速艇研究委員会*

Research Committee of the High Speed Boat*

In spite of the recent success to predict ship motions in a seaway for a displacement ship we have hardly had such knowledge about the high speed hydro-planing boat.

This is our first attack to this field, in which we try to compare the experimental results with the ordinary theory which is applicable for the displacement ship.

Then, in fact, we find that the ordinary theory can not predict very well the pitching and heaving motion of high speed boat at high speed but at low speed.

波浪中船体運動理論には slender body theory, thin ship theory, strip theory などがあるが、このうち Korvin-Kroukovsky に始まる strip theory は前二者に比較して計算が容易で、しかも実用的で、かつ信頼性のある理論であるが、これらは普通商船などの排水量型の船を対象としたものであり、流体力学的揚力を利用して航走する高速艇については理論的実験的な研究はほとんどないのが現状である。

本研究では①高速艇船型の規則波中水槽試験を行ない運動を測定する、②普通の strip theory による計算と比較してこの理論の適用の可能性について検討する、の2点を主な目的とした。

1. 実験

1.1 模型および実験方法

供試模型としては魚雷艇 PT11 の縮尺模型 M. N O 291 およびその横断面が M. N O. 291 の中央断面に近い形状をした箱型の単純船型 M. N O. 345 を用いた。

実験は全て防衛庁技術研究本部第1研究所高速水槽で行なわれた。

模型を曳航する装置は曳引車台上に取り付けられ、模型はこの装置上を水平に移動できる subcarriage と重心位置で連結し、前後揺れ (surge), 上下揺れ (heave) 縦揺れ (pitch) は自由であり、規則波中を航走した際に模型に掛かる抵抗は wire と pulley を介して weight とバランズさせた。

1.2 計測項目および実験状態

計測項目は①曳引速度②波変位③pitch④heave⑤surge⑥抵抗⑦船首尾加速度であり、運動の変位の計測は potentiometer, 波の計測は無接触波高計により行なわれ、①と⑥以外は全て visigraph に記録した。

実験状態は M. N O. 291, M. N O. 345 ともに $F_n = V/$

$\sqrt{gL_{WL}} = 0., 0.2, 0.5, 0.8, 1.0, 1.2$ に対して $\lambda/L_{WL} = 0.5, 1.0, 1.25, 1.5, 1.75, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0$ について行なった。

2. 理論計算および実験解析

2.1 O.S.M. (Ordinary strip method)

座標系を右手系に取ったときに運動方程式は次式で表わされる。

$$\left. \begin{aligned} az + bz + cz + d\ddot{\phi} + e\dot{\phi} + g\phi &= F \\ A\ddot{\phi} + B\dot{\phi} + C\phi + Dz + Ez + Gz &= M \end{aligned} \right\} \quad (II-1)$$

左辺の各係数 $a \sim g$ および $A \sim G$ 付加質量および減衰力は田オの2次元計算を用い、波の強制力 F , モーメント M については渡辺による方法を以下 O.S.M. と呼ぶ。

2.2 pitch, heave および加速度の実験値と計算値との比較

実験値の解析は記録された波形の peak to peak の1/2 を振幅として行ない、Fig. 1 および 2 にその実験値と計算値とを示す。(模型 No. 345 の記録も似たものであるのでここには省略した) pitch, heave について Froude は数が、0. および 0.2 については O.S.M. による計算

* 別所正利 BESSHO Masatoshi 防衛大学校 Defense Academy

* 小松正彦 KOMATSU Masahiko 防衛庁第1研究所 Meguro Towing Tank, Defense Agency

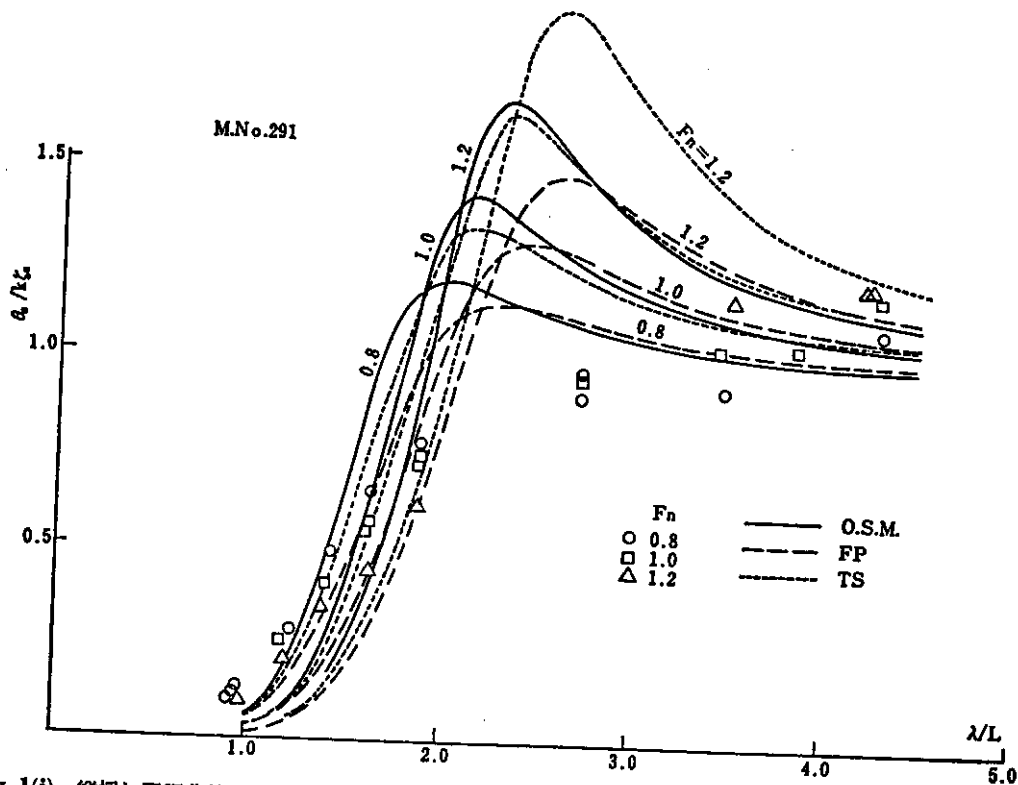


Fig. 1(i) 縦揺れ同調曲線
Pitch response for a torpedo boat model

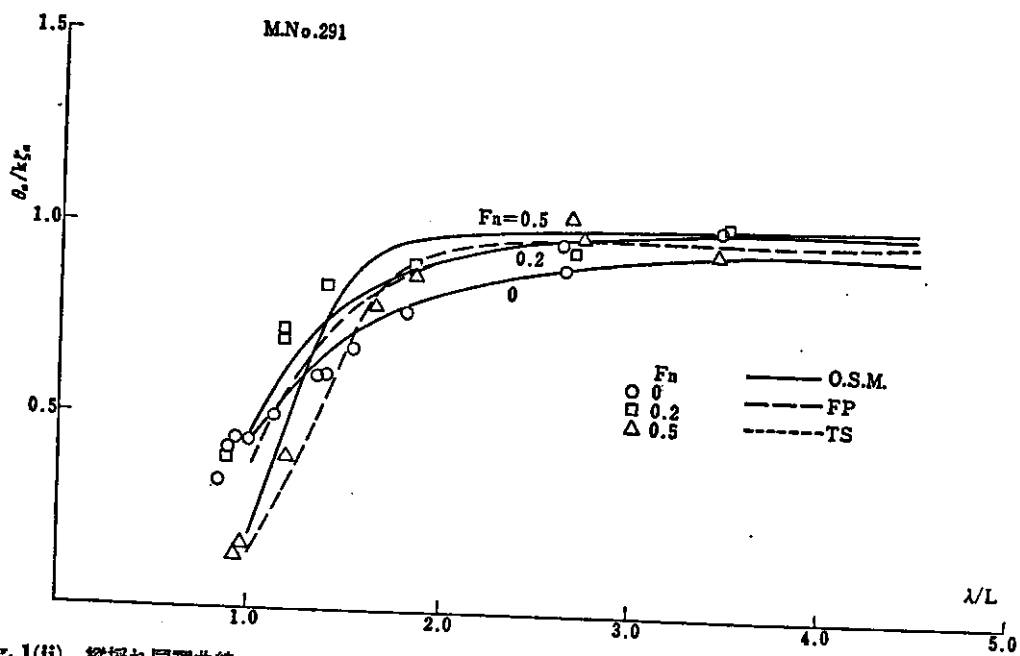


Fig. 1(ii) 縦揺れ同調曲線
Pitch response for a torpedo boat model

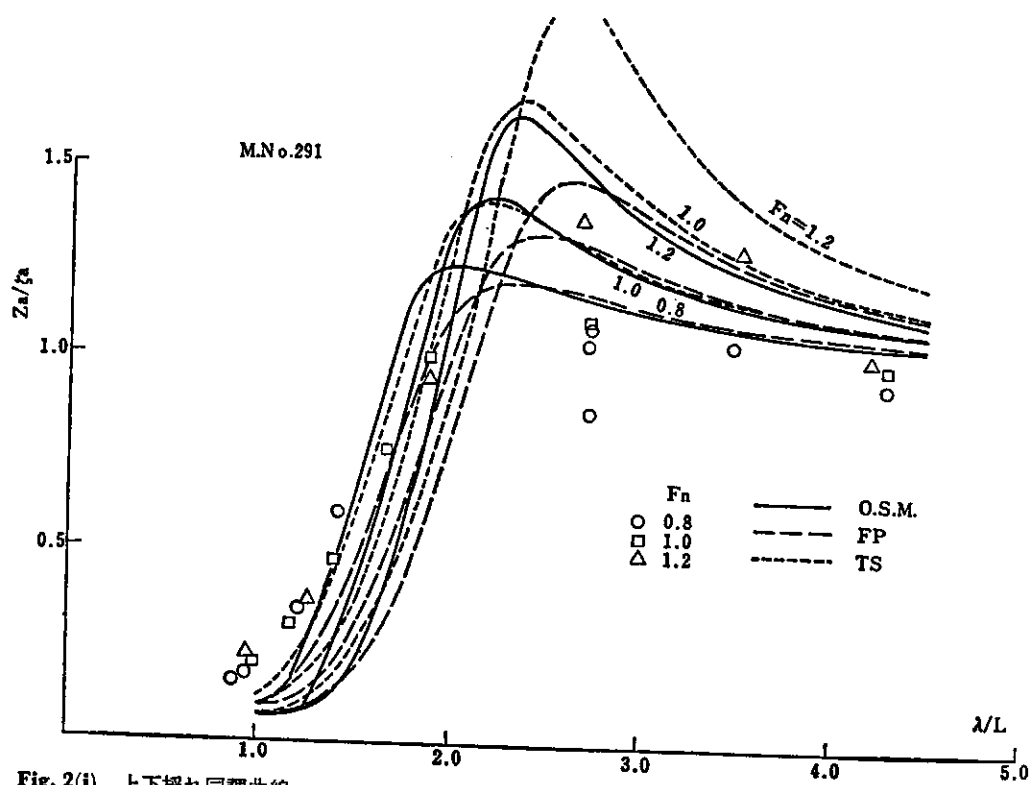


Fig. 2(i) 上下揺れ同調曲線
Heave response for a torpedo boat model

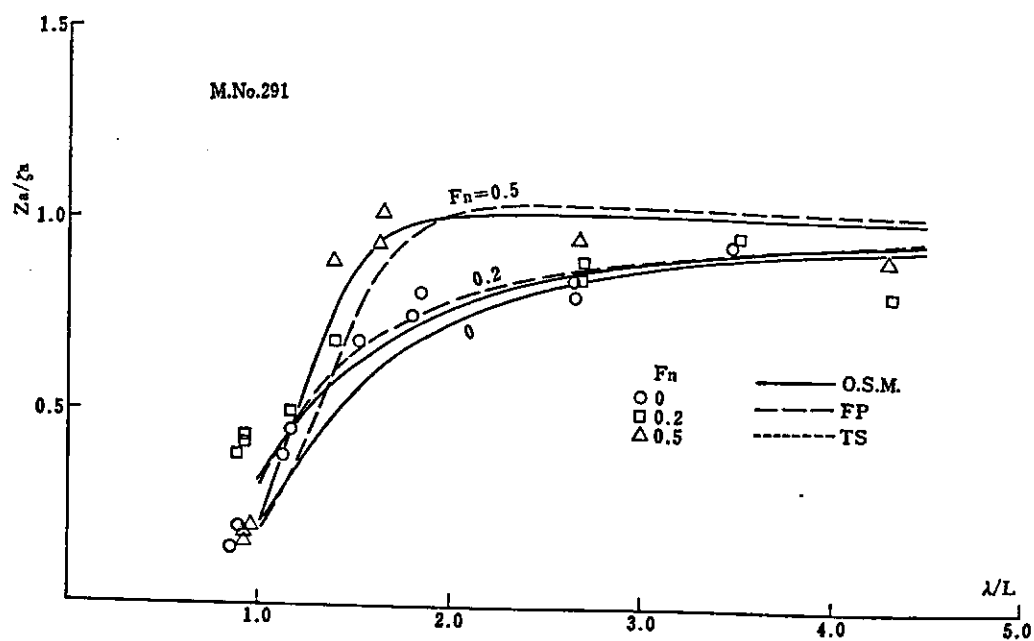


Fig. 2(ii) 上下揺れ同調曲線
Heave response for a torpedo boat model

値は定性的にも定量的にも実験値との一致は良好であるが、 $F_n = 0.5$ を境界として特に M. No. 291 で $\lambda/L = 2$ 付近で、M. No. 345 では 3 付近で不一致を見るようになり、計算値の方がはるかに大きな値を示している。 λ/L がそれらの値以上では一致する方向に向くようである。加速度についてもほぼ同様の傾向が見られる。

つぎに O.S.M. の II-1 式で流体のうち、付加質量と

減衰力とに平板の値を用いることを試みた。この計算 (FP) によれば、M. No. 291 では λ/L が 2 以下 M. No. 345 では 3 以下で実験値と離れる傾向にあるが λ/L の大きいところでは一致の程度ははるかに改良されている。これは主として damping の項の影響力が支配的と思われる。

さらに、波浪中の船体動揺平均の位置が同一 Froude 数における平水中の trim sinkage に等しいと仮定し、付加質量および減衰力は平板の値を用いて計算を行なっ

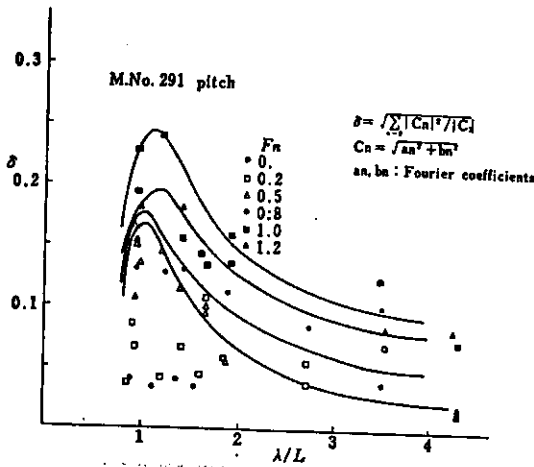


Fig. 3(i) 縦揺れの歪率
Distortion factor for pitch

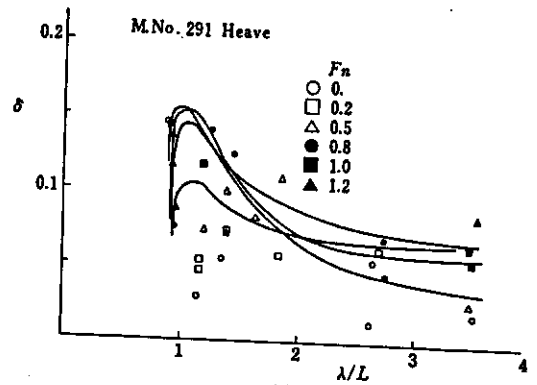


Fig. 3(ii) 上下揺れの歪率
Distortion factor for heave

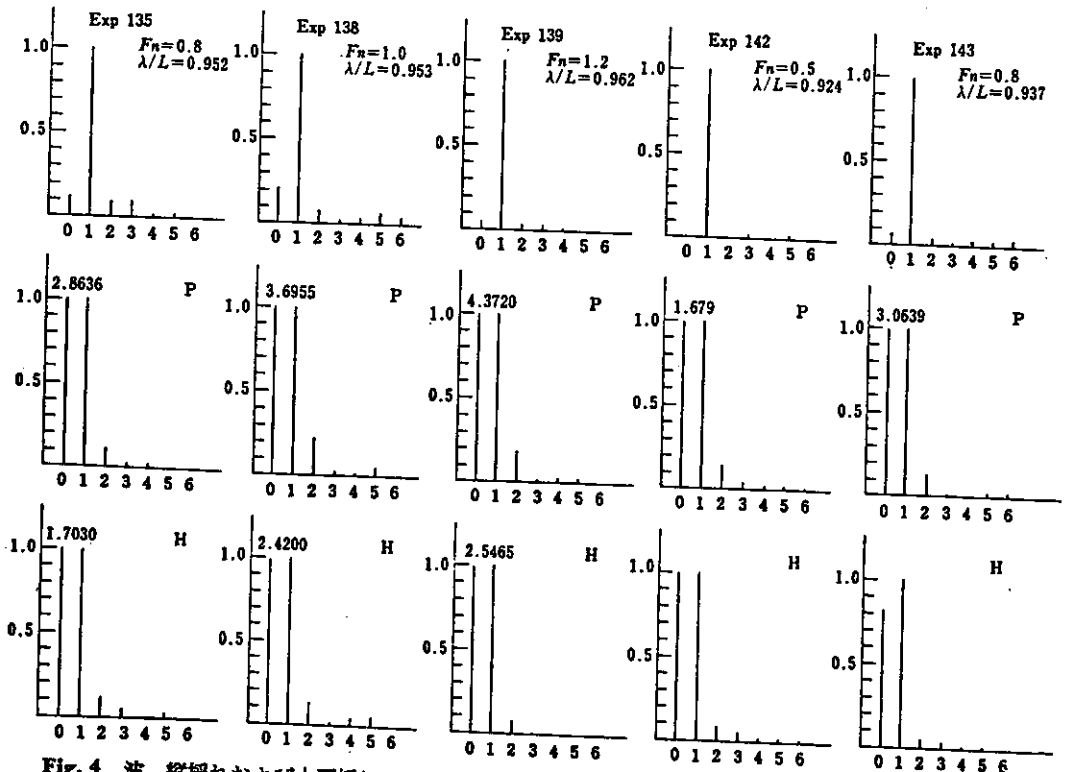


Fig. 4 波、縦揺れおよび上下揺れのスペクトル
Spectrum for wave, pitch and heave

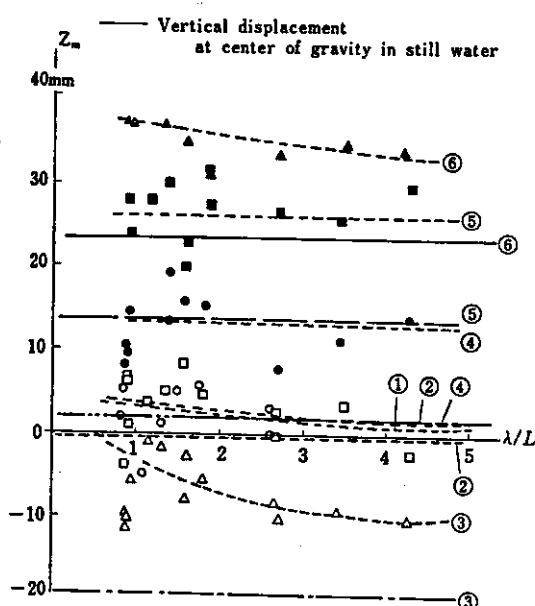
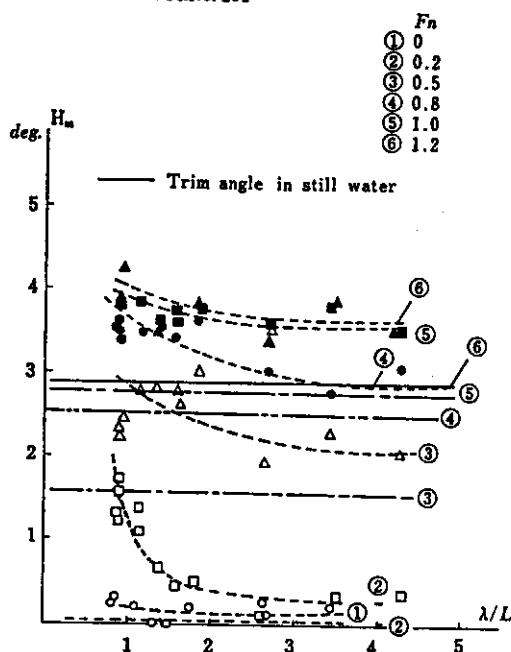


Fig. 5 重心位置におけるトリム角および浮上量の変化
Variation of trim angle and vertical displacement at center of gravity

た(TS)。これによると実験値に近づく方向にあるものもあるが、多くはかえって不一致を見るようになる。

2.3 Fourier 解析

排水量型船型の場合は、運動はほとんど正弦的で、strip method の仮定に良く合致しているが、高速艇の場合はそれが高次の成分を多く含んでいる。

そこで、波形が正弦波からどの程度かけ離れているかを見る一つの指標として distortion factor (δ) を計算して見たのが Fig.3 である。ここには示していないが、波にも 7% 程度のひずみがしばしば一様に分散している。pitch heave は λ/L が 1 付近でもっとも大きく、また速度が高い方が大きい傾向がある。

strip method の考え方からすれば、pitch, heave の Fourier 級数の第 1 項 C_{1P} , C_{1H} は波の第 1 項 C_{1W} に対するものと考えられるので、この C_{1W} を規準として各実験点を plot し直すと、一概にはいえないものの O.S.M. の計算値に近づく点が多いようである。

Fig. 4 は Fourier 分解したときの離散スペクトルの一例である。

2.4 その他

上の Fourier 解析の直流成分は規則波中で航走してい

る船体運動の平均位置を表わしている。それを Fig.5 に示す。④m (pitch の平均) は平水中の同一 Froude 数の trim 角に比較的近い値を示すが、 Z_m (heave の平均) は平水中の浮上量と大きな開きを示している。このことは Parissis による動揺平均位置の trim, 浮上量は定常航走時は一致しないという結論と符号する。

3. 結 言

高速艇船型の波浪中運動性能を解明するために、

① 実艇模型と単純船型の模型について規則波中水槽試験を行なった。

② O.S.M. による計算値と実験値との比較を行なった。

O.S.M. に適当な考慮をすれば定性的にはよく運動性能を表現しているように見える。

④ λ/L が 1 付近では O.S.M. の理論との一致は悪く、その付近では歪率が大きくなっていることが分った。

従って、このような点について検討を進めるためにも、またさらに理論の精度を高めるためにも、今後非線型性を考慮した理論を構成していくが必要であろう。