

曳船およびバージの波漂流力計測

原口 富博*、二村 正*

Measurement of Wave Drift Forces Acting on Tug and Barge at Zero Froude Number

By

Tomihiro HARAGUCHI*, Tadashi NIMURA*

Abstract

The estimation of wave drift forces and moment is indispensable for the manoeuvring simulation of a towing system consists of tug, towing rope and barge in waves. The wave drift forces and moment acting on the weakly restrained models of a tug and a barge were measured in oblique regular waves at zero Froude number and all six components of ship motion were also measured at the same time. The drift moment as well as the drift forces is in good agreement with the calculation by Maruo-Newman's theory and it was confirmed that the drift forces and moment were affected by ship motions significantly for the wide range of wave length including very short wave length.

* 運動性能部

原稿受付 平成6年4月1日

審査済 平成6年5月25日

目次

1. 緒言
2. 実験方法
3. 計算方法
4. 実験結果と計算結果の比較
 - 4.1 波漂流力および波漂流モーメントについて
 - 4.1.1 曳船の場合
 - 4.1.2 バージの場合
 - 4.2 船体動揺について
 - 4.2.1 曳船の場合
 - 4.2.2 バージの場合
5. 波漂流力および波漂流モーメントへの運動の影響について
 - 5.1 曳船の場合
 - 5.2 バージの場合
6. 結言

1 緒言

海洋構造物の曳航問題などの波浪中の操船運動を考える場合、自然外力として風および波を考慮する必要がある。この中で風の影響については、風洞試験結果をはじめとして多くのデータが蓄積¹⁾されており、また操船に与える影響についても既に検討²⁾されている。しかし、波の影響については十分検討されているとはいえない。これは、検討に必要な前後、左右方向波漂流力および水平面内波漂流モーメントの計測データが十分に蓄積されていなかったことによる。波漂流力の研究は、波浪中の推進性能としてまず向波中の抵抗増加の研究が行われ³⁾、最近では斜め波中の抵抗増加の研究が行われている。これにともない従来前後方向のみの波漂流力の研究であったものが左右方向の波漂流力および水平面内波漂流モーメントを含む研究に発展している⁴⁾。こうした背景から、前後、左右方向波漂流力および水平面内波漂流モーメントの計測データも徐々に蓄積されつつある。計測例としては、当初前進速度がない海洋構造物に関するデータに見られ⁵⁾⁶⁾たが、最近では前進速度が有る場合も見られるようになった⁷⁾。

波漂流力は、物体が拘束された場合と6自由度の運動が自由の場合では異なることが知られている⁸⁾。6自由度の運動が自由の状態では波漂流力を実験的に求める場合、前進速度がある時にはかなり困難であるが、前進速度がない時には比較的容易である。従って、今後の基礎データとするため曳船とバージについて、6自由度の運動が自由で前進速度がない状態での波漂流力および波漂流モーメントの計測を行った。この場合の計算法は既に丸尾⁹⁾、Newman¹⁰⁾によって確立されているが、実験結果と十分に比較された例は見あたらない。そこでこの方法による計算を行い実験結果と計算結果を比較した。その結果、実験結果と計算結果とは良い一致を示しその妥当性を再確認した。また、波漂流力に与える船体運動の影響を計算によって検討した。

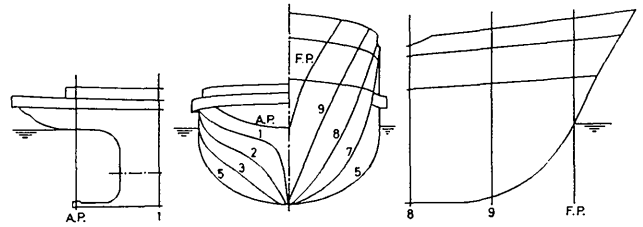


Fig. 1 Profile of Tug Model

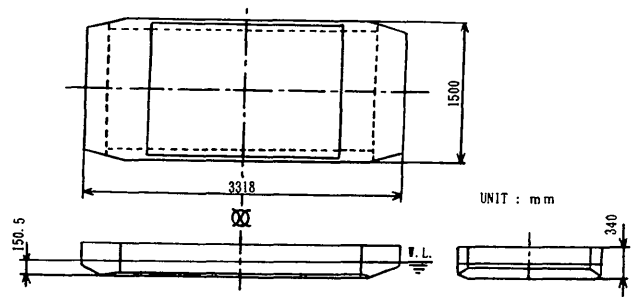


Fig. 2 Profile of Barge Model

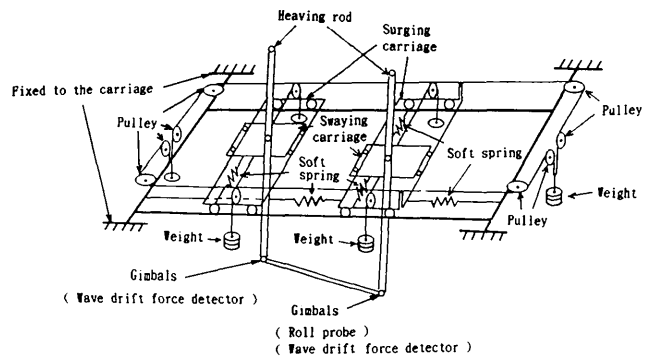


Fig. 3 Scheme of Measuring Equipment

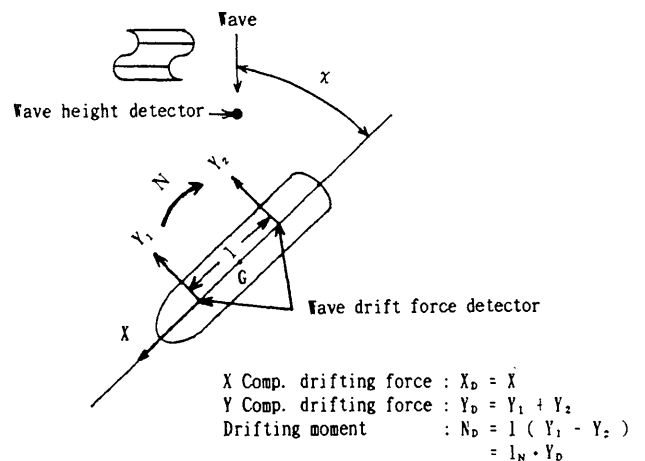


Fig. 4 Arrangement of Detectors

Table 1

	Tug	Barge
L _{pp} (m)	2.5000	3.318
B (m)	0.5517	1.500
d (m)	0.2371	0.1505
C _b	0.4627	0.9112
Vol. (m ³)	0.1513	0.6825
∫ G(m)*	0.0095	-0.021
T _R (sec)	1.867	1.471

* (+) は船尾側

これは、波長が短くなると運動が小さくなるため、波長が短いところで運動の影響は小さいものとして計算が行われることがあるので、どれくらいの波長まで運動の影響があるかを調べておく必要があると考えたためである。この結果、船体運動の影響が少なくともλ/L=0.5位まで広範囲に見られることがわかった。

2 実験方法

実験は海洋開発工学部の海洋構造物試験水槽で行った。模型船としては曳船およびバージを用いた。その主要目および形状図をTable.1、Fig.1、Fig.2に示す。力の計測のため、曳船には舵のみを装備しプロペラはつけていない。またバージにはスケグをつけていない。波漂流力の計測法としては、6自由度の運動を自由として漂流力の大部分を重錘で、残りの力を十分に弱いスプリングでバランスさせる計測方法⁶⁾を用いた。この重錘とスプリングを併用した漂流力計測装置の概略図をFig.3に示す。この図から解るように、この装置は二重キャリッジ2台が前後に並んでおり、それぞれの二重キャリッジの前後、左右およびロッドの上下の変位から横揺れ以外の5つの運動を求め、横揺れは片方のロッドの先にあるジンバルにつけたポテンシオメータで計測している。漂流力はこのロッドとジンバルの間に組み込んだ検力計により、前後方向一箇所左右方向二箇所計測し、これから前後、左右両方向成分の波漂流力および水平面内重心回りの波漂流モーメントを求めた。この装置を水槽副台車上に設置し、副台車上の回転円盤および主台車を回転させて入射波角を変えている。実験では、模型船の平均的な位置がセットした位置、波との出会角になるように重錘を調整している。波高計は、模型から造波機側に約5mの所に設置した。その配置図をFig.4に示す。

波は規則波で波高は4cmとし、波長船長比(λ/L)は0.2から3.0まで(波高波長比で1/12.5~1/249)変化させた。模型への入射波角(χ)は、曳船で0°から180°までバージで90°から180°までそれぞれ30°おきに変化させた。ここで0°が追波である。バージの場合、前後対称に近い形状をしているため横波から向波の範囲で実験を行った。

3 計算方法

計算法は、波漂流力については丸尾の方法、水平面内重心回りの波漂流モーメントについてはNewmanの方法を用いた。それによると波漂流力および波漂流モーメントは次式で表される。

$$X_d = \frac{\rho k^2}{8\pi} \int_0^{2\pi} |H(\theta)|^2 (\cos\theta - \cos\chi) d\theta \quad (1)$$

$$Y_d = -\frac{\rho k^2}{8\pi} \int_0^{2\pi} |H(\theta)|^2 (\sin\theta - \sin\chi) d\theta \quad (2)$$

$$N_d = -\frac{\rho k}{8\pi} \text{Im} \int_0^{2\pi} H^*(\theta) H'(\theta) d\theta - \frac{1}{2k} \rho \omega \zeta_a \text{Re} H'(\pi + \chi) \quad (3)$$

ここで、 $H'(\pi + \chi) = [d/d\theta H(\theta)]_{\theta=\pi+\chi}$

H(θ) : コチン関数

Re : 複素数の実数部

Im : 複素数の虚数部

* : 複素共役

ρ : 水の密度

ζ_a : 波振幅

k : 波数

ω : 円周波数

また、付加質量や造波減衰係数およびコチン関数については前進速度がない場合の3次元パネル法を用いて求めた。この時曳船の計算では舵は含まれていない。さらに船体運動については、この方法により求めた流体力を用いて計算を行った。曳船についてはこれと併せてストリップ法(STF)での計算も行った。

4 実験結果と計算結果の比較

Fig.5からFig.24までに実験結果と計算結果の比較を示す。横軸は全てλ/L、縦軸は船体に働く波漂流力の前後(X_d)、左右(Y_d)方向の各成分については1/2 ρg L³ ζ_a²で、水平面内重心回りの波漂流モーメント(N_d)については1/2 ρg L³ ζ_a²で、重心から波漂流力の前後方向の着力点までの距離(l_N)についてはLで、船体運動はζ_aあるいはkζ_aでそれぞれ無次元化している。ここで、gは重力加速度である。

4.1 波漂流力および波漂流モーメントについて

ここでは6自由度の運動を自由とした状態について、実験結果(EXP(FREE))と計算結果(CAL(FREE))の比較

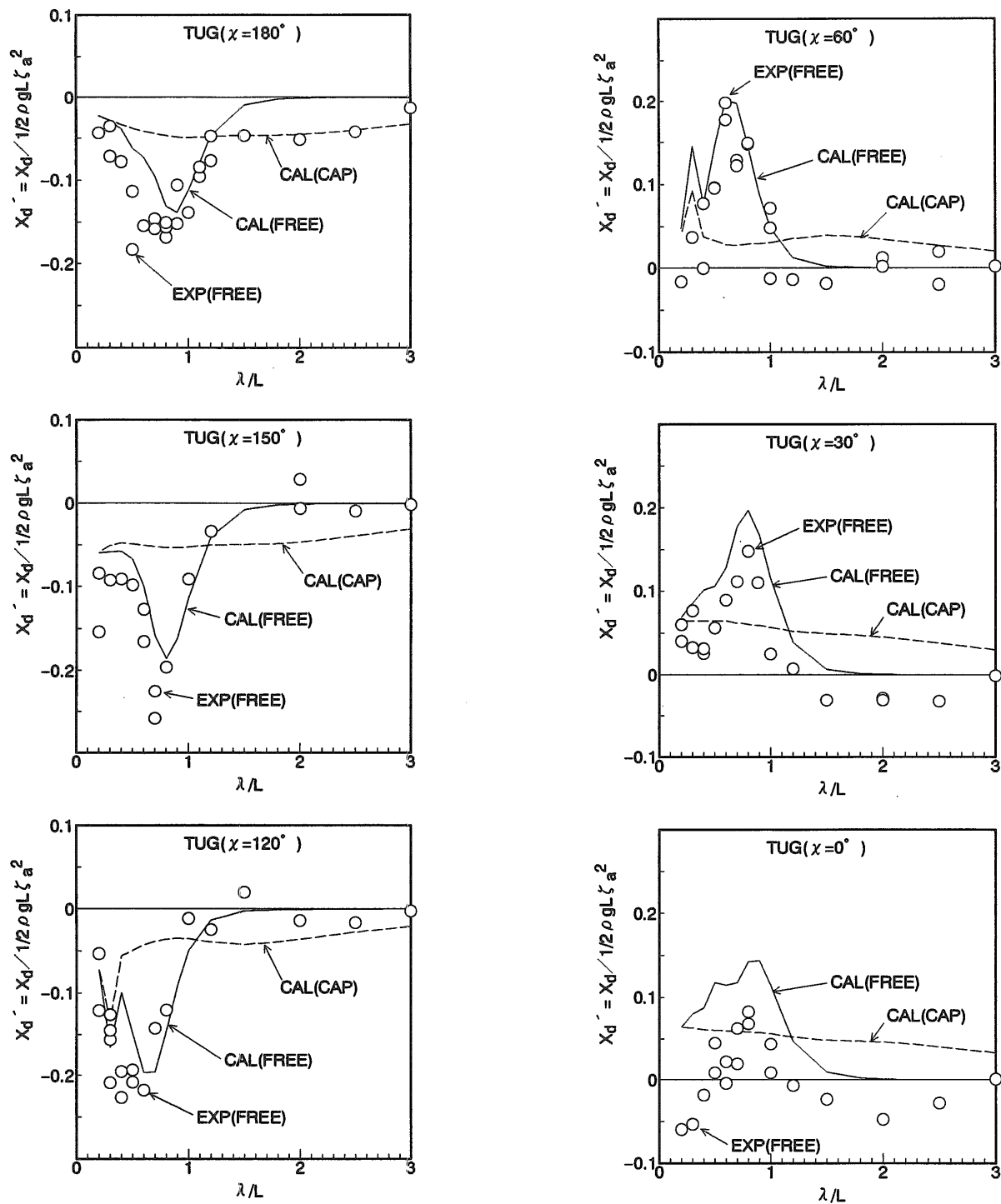


Fig. 5 Comparison of Measured and Computed Longitudinal Drift Forces (Tug)

について述べる。

4.1.1 曳船の場合

Fig.5に前後方向波漂流力の実験結果と計算結果の比較を示す。 $\chi = 0^\circ$ の場合やや一致度が落ちるが、全体的に実験結果と計算結果は良い一致をしている。また、斜め波中の波漂流力が向波中より大きくなっていることから、抵抗増加の観点から見れば、斜め波中の波漂流力の推定が重

要なことが解る。この斜め波中での実験結果に比べて計算結果は、 $\chi = 120^\circ$ および 60° の $\lambda/L = 0.4$ で計算値が上下に大きく変動している。 $\lambda/L = 0.4$ より小さい範囲では、船体運動の振幅は (Fig.13~Fig.18) 実験値と計算値で良く一致しており、この原因として運動の影響は考えにくい。また、バージの $\chi = 120^\circ$ の結果 (Fig.9) を見るとこの様な大きな変動は見られないことから船型の影響とも考えら

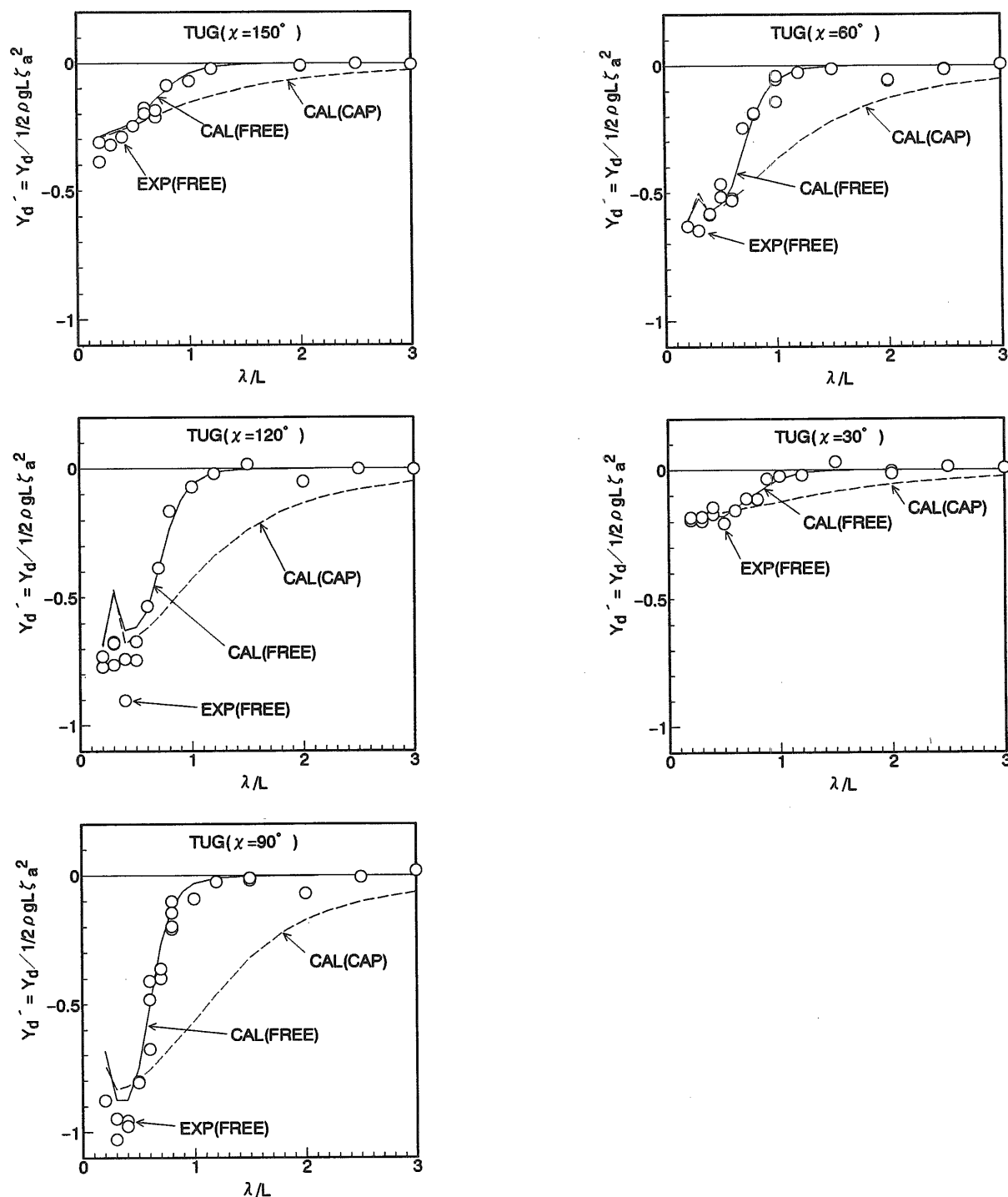


Fig. 6 Comparison of Measured and Computed Lateral Drift Forces (Tug)

れる。さらに模型船には舵がついているのに計算は舵なしで行っていることや、波長が短いためパネルの大きさによる影響も考えられる。これらについては今後検討する必要がある。

Fig. 6に左右方向の波漂流力の実験結果と計算結果の比較を示す。実験値と計算値は良く一致している。また、Fig. 16から解るように横揺れ同調点が $\lambda/L=2.2$ にあるが、横

揺れ同調による漂流力への影響は計算結果には表れていない。実験結果では $\chi=60^\circ \sim 120^\circ$ で $\lambda/L=2.0$ にその傾向が窺える程度である。このことから、左右方向の波漂流力に対する横揺れ運動の影響は比較的波長の長いところでは小さいと推測される。また、計算結果には前後方向波漂流力同様 $\chi=120^\circ$ および 60° の $\lambda/L=0.3$ で計算値に変動が見られる。この点も前後方向波漂流力同様今後検討する必要がある。

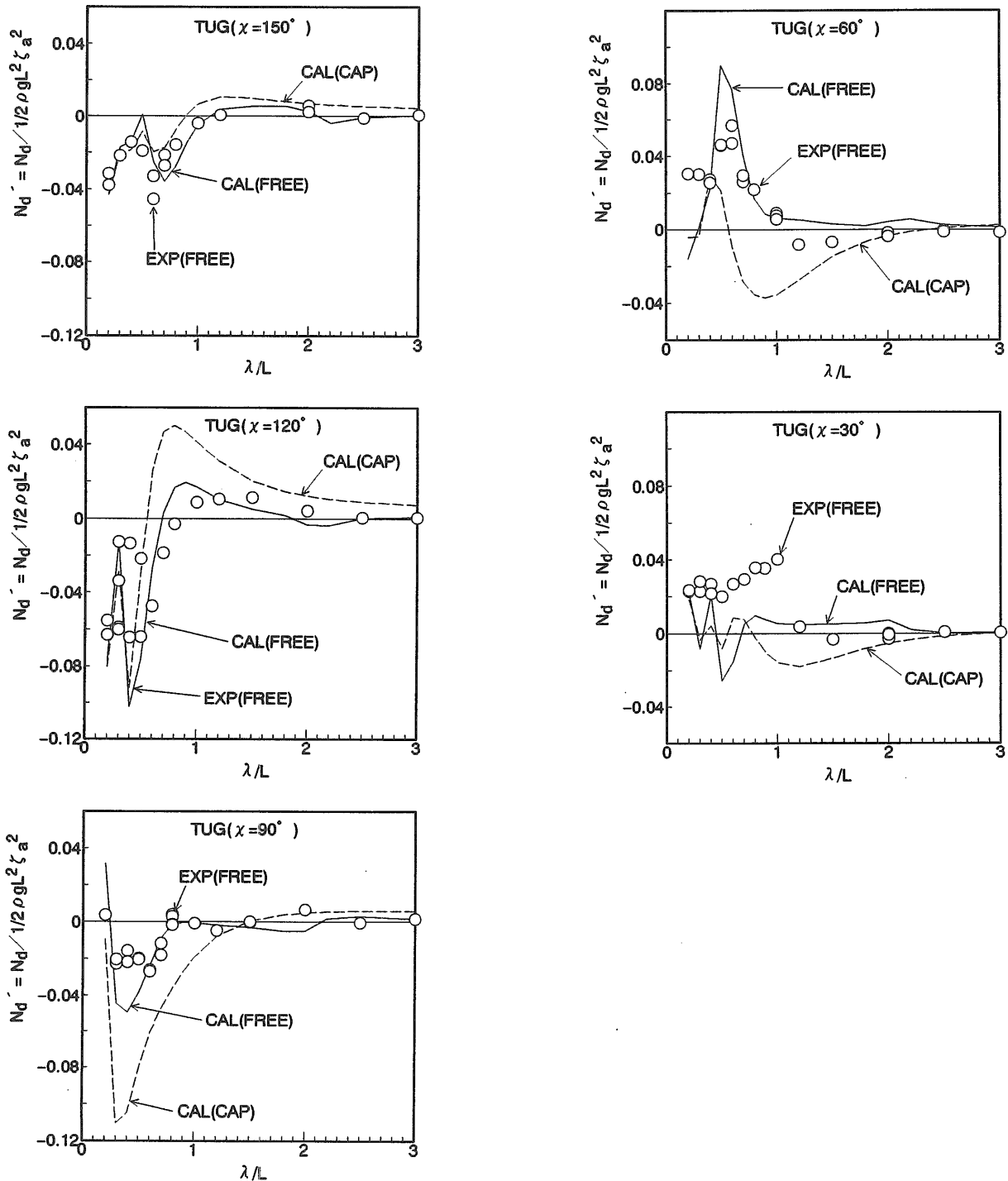


Fig. 7 Comparison of Measured and Computed Drift Moments (Tug)

ある。

Fig.7に水平面内重心回りの波漂流モーメントの実験結果と計算結果の比較を示す。全体的には計算値と実験値の一致は良好である。計算値で $\lambda/L=2.2$ 付近に小さなピークが見られる。これは横揺れの同調点にあたることから、横揺れの影響と考えられる。また $\chi=30^\circ$ の場合、実験値と計算値は $\lambda/L=1.0$ より小さいところで一致が悪い。こ

の時実験値は、定性的に他の出会角の傾向と異なることから精度に問題があると思われる。また、横波から斜め追波にかけて $\lambda/L=0.5$ より小さい所で実験値と計算値の一致は悪くなる傾向が見られる。この原因として、模型には舵がついているのに対し計算では舵の影響を考慮していないことが考えられる。さらに、船首尾でのパネルの大きさの影響も考えられる。ただ、波漂流モーメントはかなり小さ

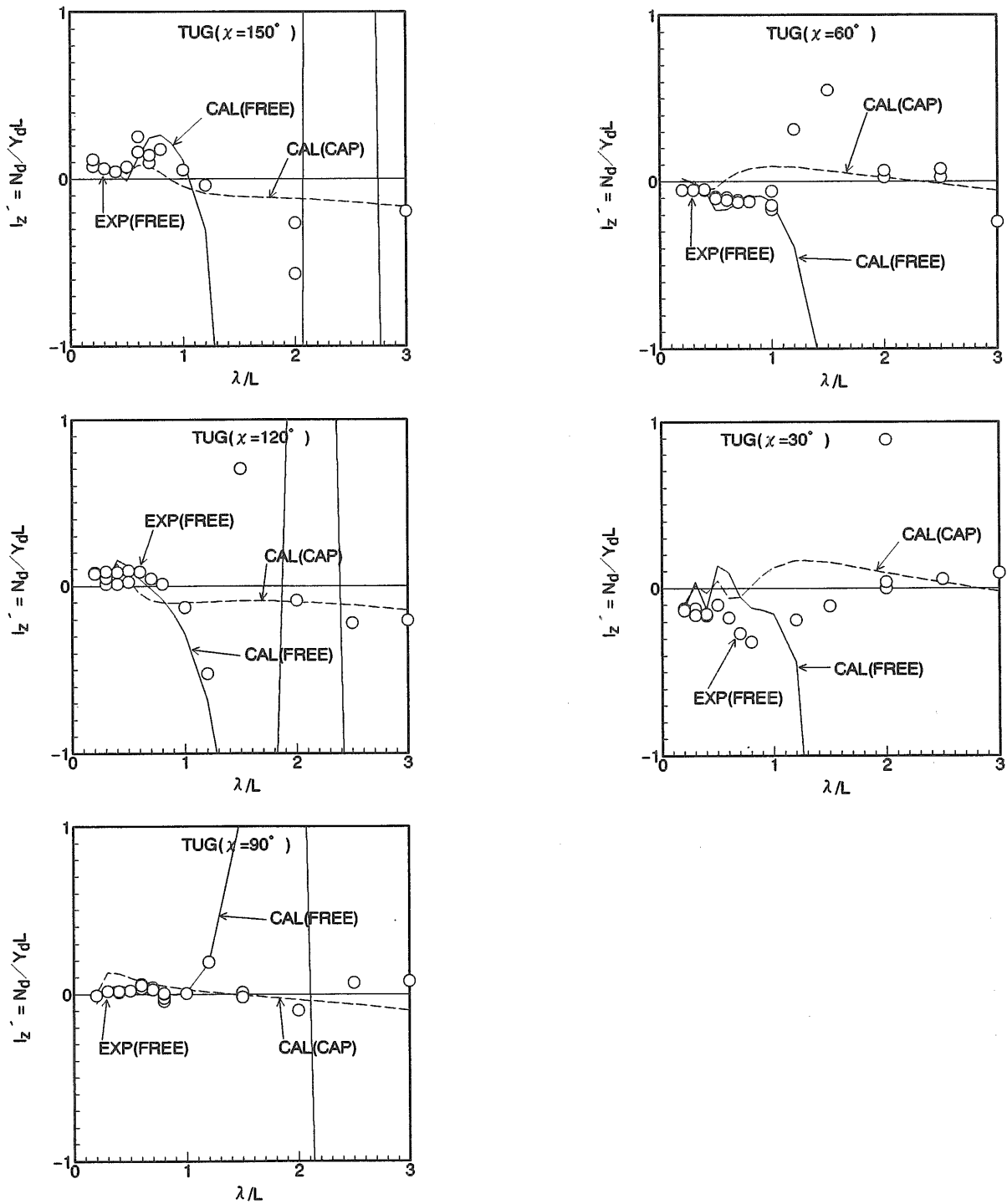


Fig. 8 Comparison of Measured and Computed Acting Points of Lateral Drift Forces (Tug)

い値のため、全体として計算値と実験値がこれくらい一致すれば良く一致していると言えよう。

Fig.8に波漂流力の着点の実験結果と計算結果の比較を示す。 $\lambda/L=1.0$ より波長が短いところでは計算値と実験値の一致は良好である。ただし、 $\chi=30^\circ$ については波漂流モーメントと同様一致が悪い。 $\lambda/L=1.0$ より大きい

ところでは、実験値はばらつき計算値は大きく振動している。これは波漂流力と波漂流モーメントがともに小さいことから精度が十分でないためと考えられる。特に計算結果ではモーメントに横揺れの影響もあり $\lambda/L=2.2$ 付近で極端に変動している。また着点とは、 $\lambda/L=1.0$ より小さい範囲では重心付近にあることが解り、斜め向波では重心よ

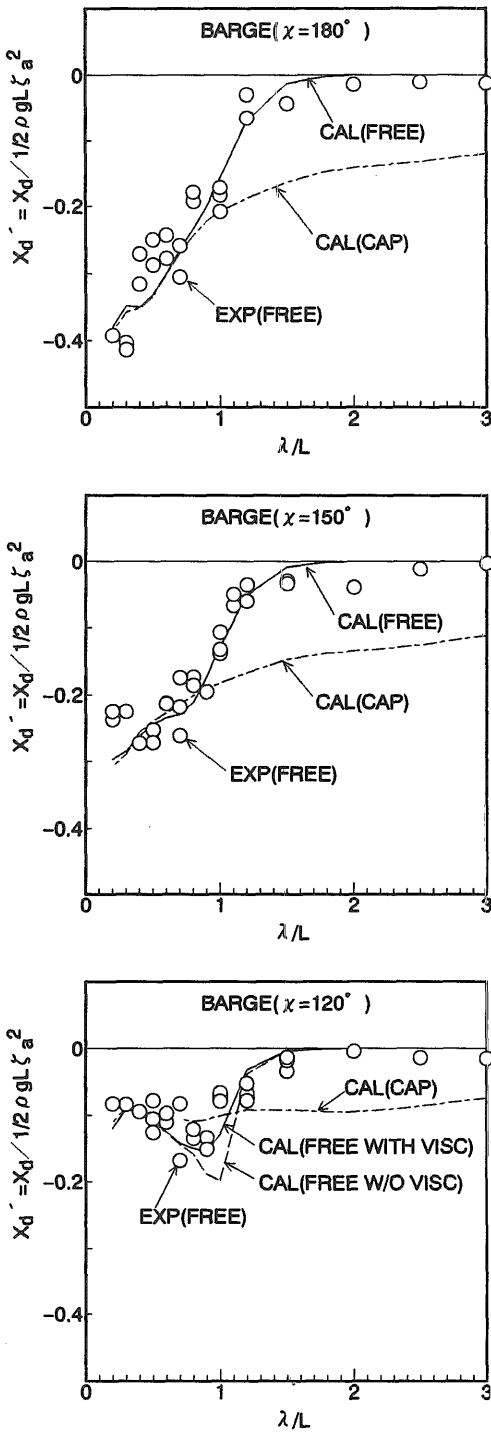


Fig. 9 Comparison of Measured and Computed Longitudinal Drift Forces (Barge)

り前に、斜め追波では重心より後ろにあることが解る。つまり、曳船が常に波長線に平行になるように波漂流力が働いていることになる。さらに $\lambda/L=1.0$ 付近では、 $\chi=90^\circ$ を除き波長が長くなるにつれて着力点が重心付近から船尾方向に移動する傾向が見られる。

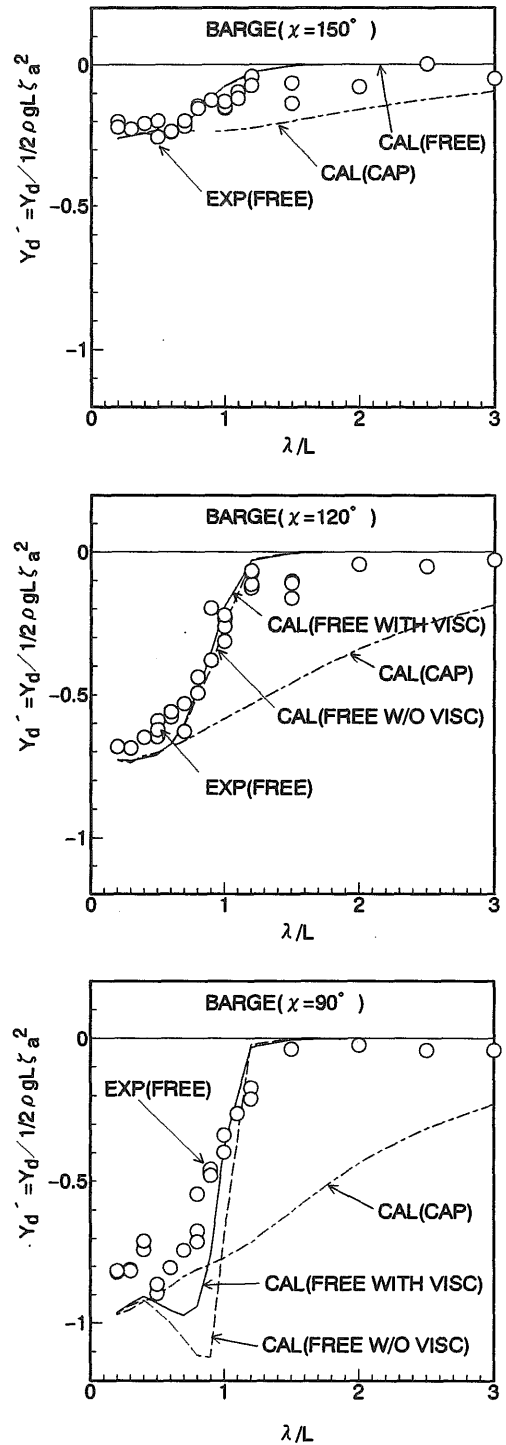


Fig. 10 Comparison of Measured and Computed Lateral Drift Forces (Barge)

4.1.2 バージの場合

Fig.9からFig.12にバージの場合の波漂流力の実験結果と計算結果の比較を示す。図中CAL (WITH VISC) は、Fig.22に示す横揺れ振幅の $\lambda/L=1.0$ での値が実験値と計算値で一致するように横揺れ減衰係数を決めて計算した結果である。CAL(W/O VISC)は、横揺れ減衰係数に造波

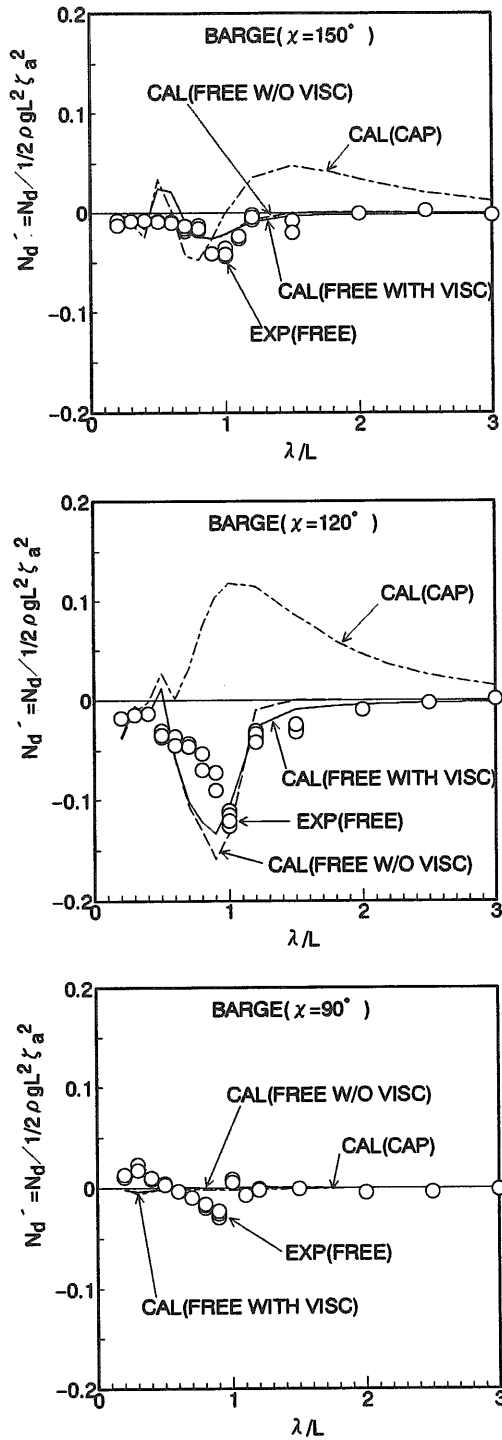


Fig.11 Comparison of Measured and Computed Drift Moments (Barge)

減衰係数を用いた計算結果である。これは、バージの場合、横揺れ同調点が $\lambda/L=1.0$ にあることから漂流力への横揺れの影響を調べたものである。なお、両計算結果とも大差ない場合は単にCAL(FREE)と示している。

Fig.9に前後方向波漂流力の実験結果と計算結果の比較を示す。実験結果と計算結果は良く一致していることが解

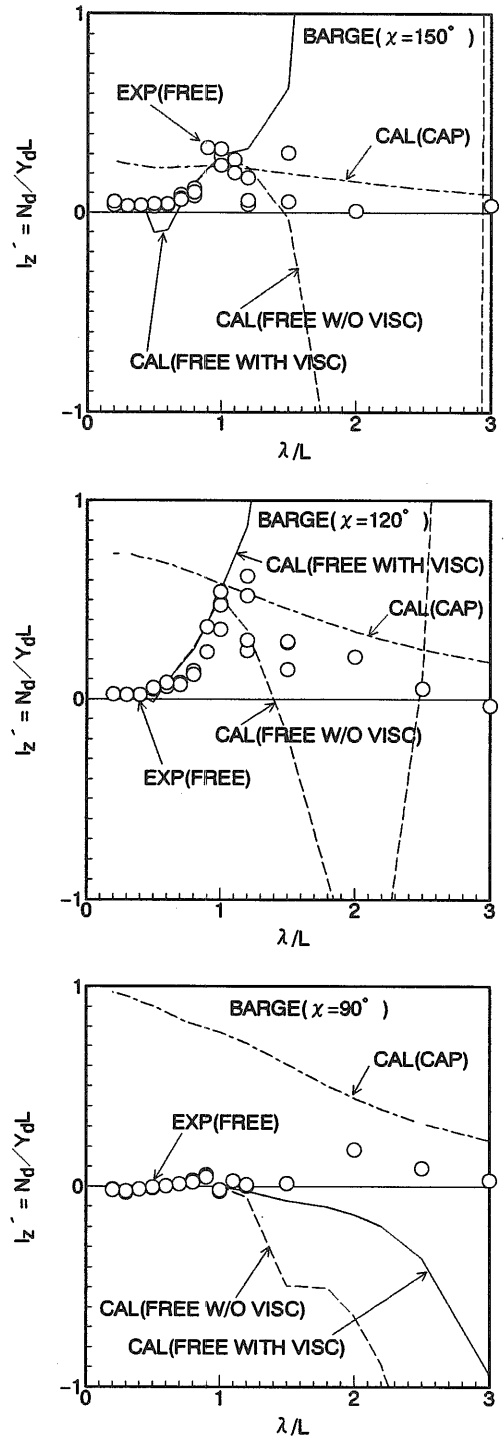


Fig.12 Comparison of Measured and Computed Acting Points of Lateral Drift Forces (Barge)

る。計算上での横揺れの影響は $\chi=120^\circ$ のみに表れ、横揺れ固有周期に一致する $\lambda/L=1.0$ 付近に見られる。このことは、横波付近では前後方向漂流力にも横揺れの影響が入ってくることを示している。従って今回のバージの様に、漂流力が急激に大きくなる $\lambda/L=1.0$ 付近に横揺れ固有周期がある場合には、横揺れも精度良く求めなければ漂流力

は精度良く求められないことが解る。

Fig. 10に左右方向の波漂流力の実験結果と計算結果の比較を示す。これも前後方向成分同様実験結果と計算結果は良く一致している。 $\chi=90^\circ$ の場合横揺れの影響は顕著に表れ、横揺れ減衰係数に造波減衰係数を考慮した計算では漂流力が1.0を越している。実験値は1.0を越していないことから計算結果もやはり1.0を越すのは不合理と考えられる。横揺れのピークを実験値に合わせた計算結果は実験値にほぼ一致している。このことから横揺れの固有周期が漂流力が大きくなる付近にある場合、横揺れの漂流力への影響が大きいこと、その運動の推定を精度良く行う必要があることがわかる。また、計算結果には $\lambda/L=0.7$ に小さなピークがあるが、これは左右揺のピークと一致しておりこの運動の影響と考えられる。 $\chi=90^\circ$ の場合、他の出会う角と比べやや一致度が落ちる。この原因としては、 $\lambda/L=0.6\sim 0.9$ の上下揺れ (Fig. 21) で実験値が計算値よりやや小さいことから、この運動の違いが影響したと推測される。

Fig. 11に水平面内重心回りの波漂流モーメントの実験結果と計算結果の比較を示す。値が小さいにもかかわらず、計算値と実験値は良く一致していると言える。横揺れの影響については、やはり横揺れを実験値に一致させた計算結果の方が、漂流モーメントの実験値に近い。また紐かくみれば、 $\chi=150^\circ$ で $\lambda/L=0.5$ 付近および $\chi=120^\circ$ で $\lambda/L=0.5$ から1.0にかけて一致度がやや落ちる。これは船体運動によるものとも考えられるが、Fig. 19からFig. 24に示す様に振幅については横運動だけでなく縦運動も計算値と実験値は良く一致しており、船体運動との関連は明白ではない。しかし、波漂流モーメントについてはもともと値が小さいことから、この程度一致すれば実用上十分な精度と考える。

Fig. 12に波漂流力の着力点の実験結果と計算結果の比較を示す。 $\lambda/L=1.0$ より波長が短いところでは計算値と実験値が良く一致している。 $\lambda/L=1.0$ より大きいところでは、曳船同様実験値は零に近づいているが、計算値は発散している。この範囲では波漂流力および波漂流モーメントとも小さくなるため、計算結果は精度が十分得られず発散したと考えられる。また着力点は、 $\lambda/L=0.6$ より小さい範囲では曳船同様バージの重心やや前方にあり、 $\lambda/L=0.6$ から1.0にかけては波長が長くなるにつれて着力点が船首側に移動し、曳船と逆の傾向となっている。さらに、 $\lambda/L=1.0$ より小さい範囲で着力点はバージの重心より前方にあり、曳船同様斜め向波では波漂流力がバージを常に波長線に平行になるように作用していることを示している。 $\chi=90^\circ$ では実験値は全体にほぼ零になっており、このバージの場合重心がほぼ中央部にあり前後対象に近い形状になっていることを良く説明している。

4.2 船体動揺について

4.2.1 曳船の場合

Fig. 13からFig. 18に曳船の場合の船体運動の実験結果と計算結果の比較を示す。図中、CAL(3D)で示したものが3次元パネル法で求めた流体力を用いて計算した結果であり、CAL(STF)で示したものがストリップ法で計算した結果を示している。両計算法とも実験結果と良く一致している。実験値にはばらつきがあるが、特に $\lambda/L=1.5$ 付近から波長が長いところでは顕著である。これは、波長が長いことから位相速度が速いため計測中に水槽壁からの反射波の影響を受けたためと考えられる。3次元パネル法およびストリップ法の両計算法を比べると大きな違いはないが、やはり3次元の流体力を用いた計算結果の方が実験値に近い。

4.2.2 バージの場合

Fig. 19からFig. 24にバージの場合の船体運動の実験結果と計算結果の比較を示す。計算は3次元パネル法で求めた流体力を用いて計算した結果であり、横運動では $\chi=90^\circ$ の $\lambda/L=1.0$ で横揺れが実験値と計算値とで一致するように減衰係数を決めたもの (CAL(WITH VISC))と、横揺れ減衰係数に造波減衰係数を用いた場合 (CAL(W/O VISC))の計算結果を示している。CAL(WITH VISC)の場合計算結果と実験結果は良く一致している。横揺れに大きな差がなかったため、CAL(W/O VISC)の場合も横揺れの同調点付近を除いて実験結果は計算結果と良く一致している。曳船の場合と同様に実験値にはばらつきがあり、特に $\lambda/L=1.2$ 付近から波長が長いところでその傾向が顕著に見られる。バージの場合も曳船同様に、波長が長いところで反射波の影響が表れている。

5 波漂流力および波漂流モーメントへの運動の影響について

ここでは、6自由度の船体運動を自由にした場合と拘束した場合の、波漂流力および船体重心回りの波漂流モーメントの計算結果の比較を行い、波漂流力および波漂流モーメントへの運動の影響を検討する。図中、CAL(CAP)とある方が船体運動を拘束したときの計算結果である。

5.1 曳船の場合

Fig. 5の前後方向波漂流力の計算結果を見ると、波漂流力は $\lambda/L=0.2$ で両方の計算結果が一致していることを除くと、ほとんどの波長に対して運動の影響がみられる。波漂流力は、 $\lambda/L=0.6$ から0.9の範囲にピークが有るのに対し、上下揺れや縦揺れの縦運動のピークはFig. 15、Fig. 17から解るように $\lambda/L=1.0$ 付近にあり、波長が短くなるにつれて急速に運動は小さくなる。従って、波漂流力を精度良く推定しようとする場合、少なくとも縦運動が小さくなる $\lambda/L=0.5$ から1.0の範囲でも、その運動を精度良く推定することが重要なことが解る。また $\lambda/L=0.3$ では、 $\chi=120^\circ$ および 60° の波漂流力に変動が見られる。他の出会う角ではこの現象がみられないことから、斜め波中特有の現象とも考えられる。この付近の波長では運動の影響もかなり小さく、運動を拘束した計算結果にも同じ変動があることから、この原因としては運動の影響ではなく、パネルの分割数による計算精度の影響と考えられる。これについては今後検

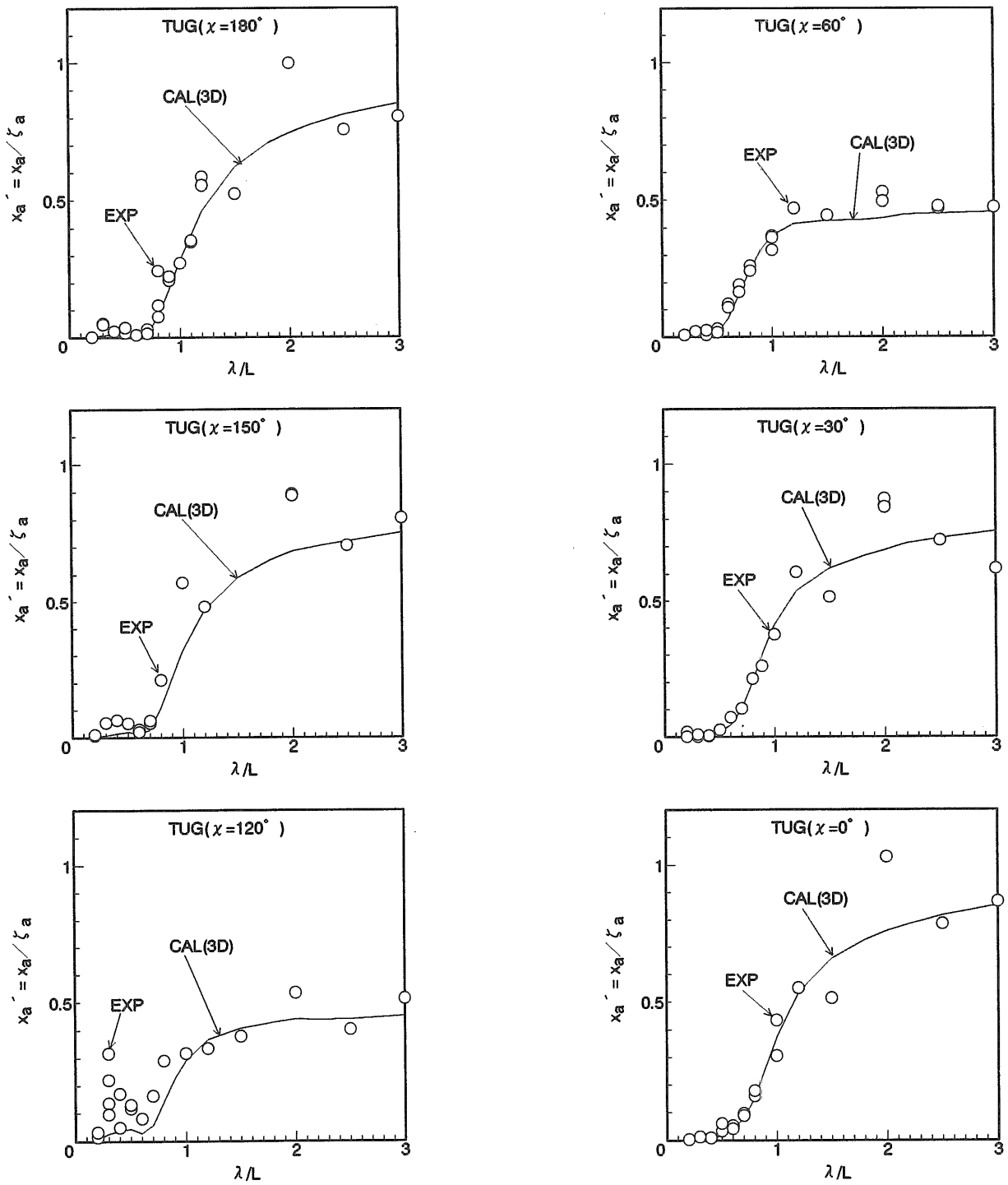


Fig.13 Comparison of Measured and Computed Surge Amplitudes (Tug)

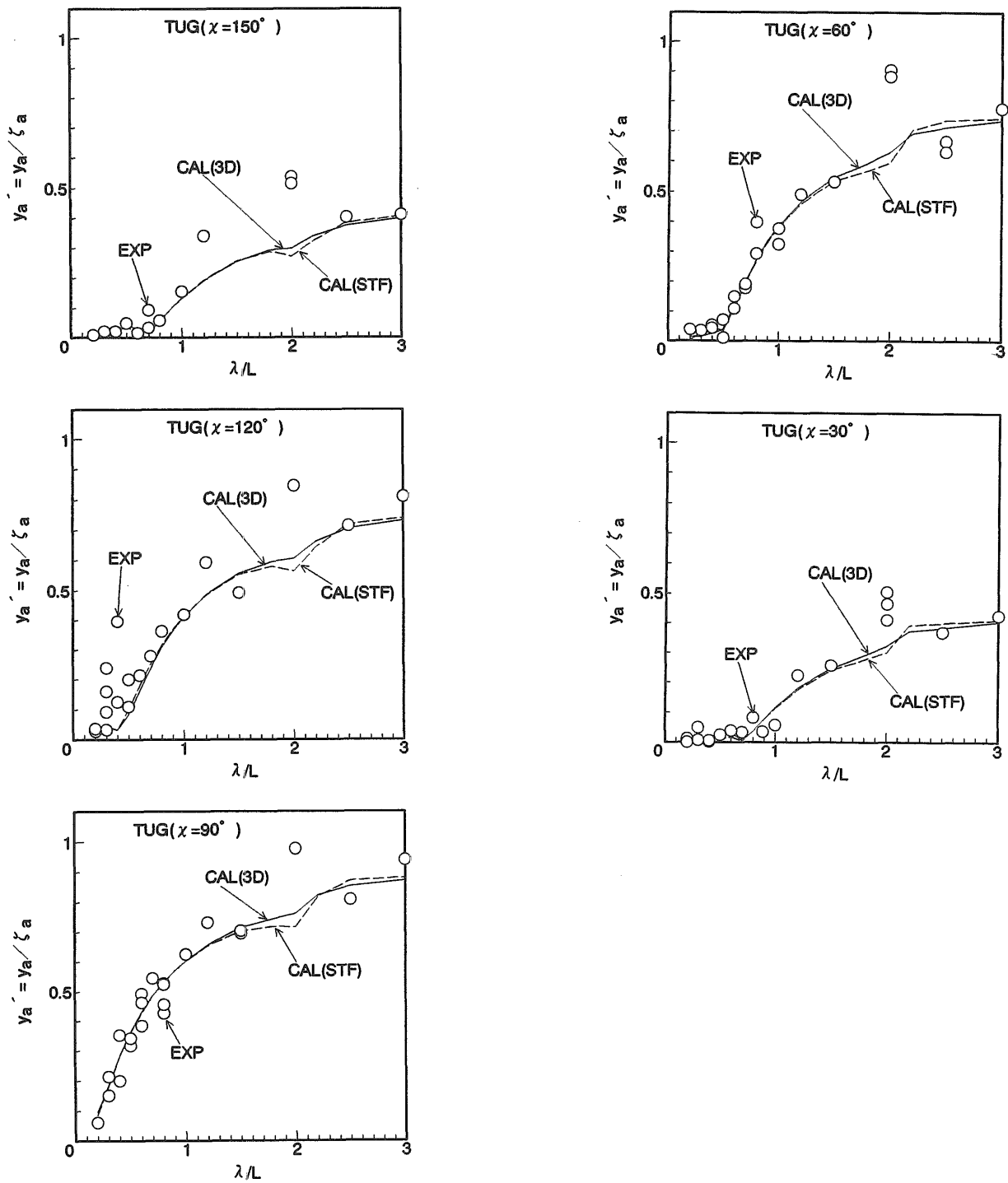


Fig. 14 Comparison of Measured and Computed Sway Amplitudes (Tug)

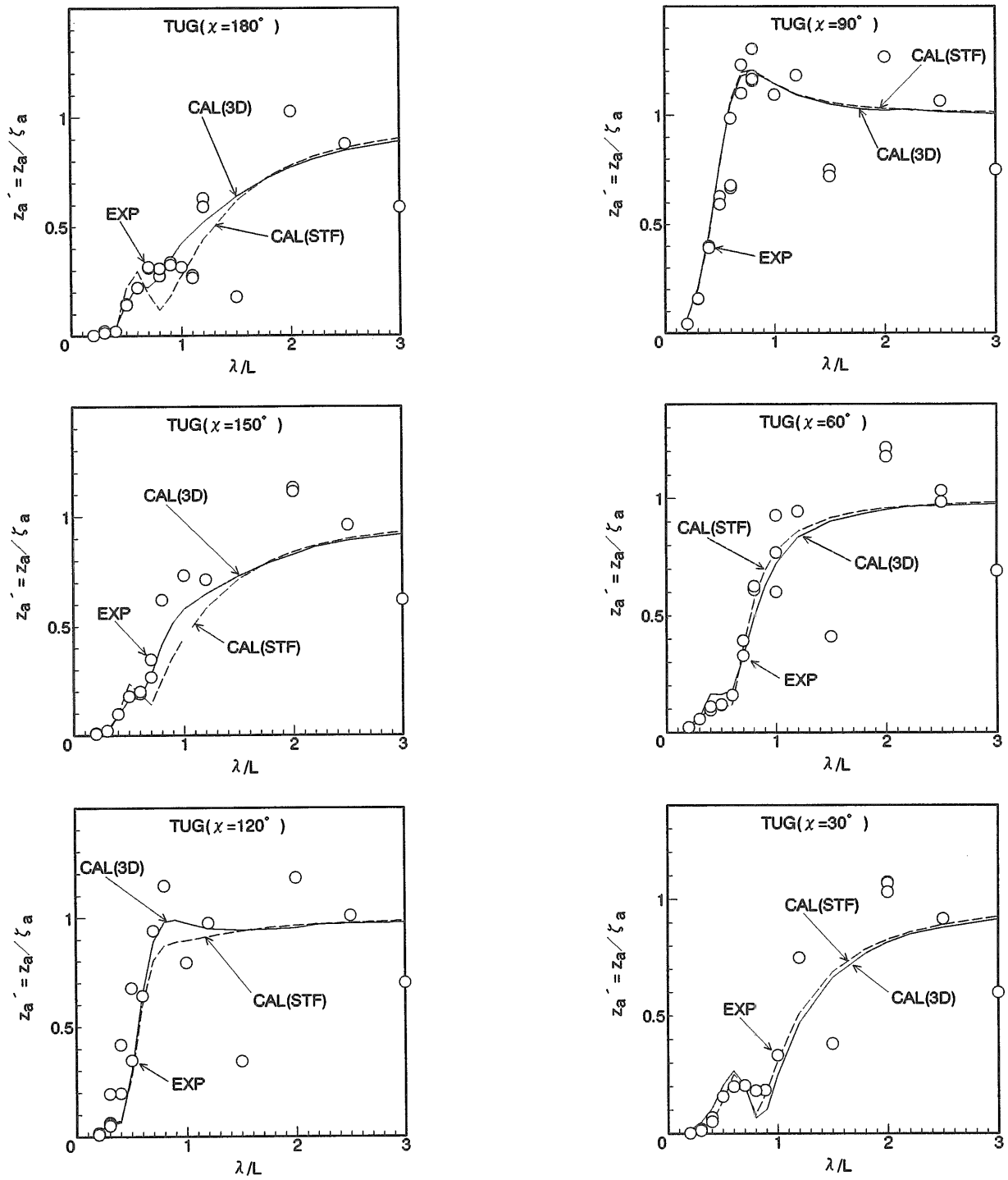


Fig.15 Comparison of Measured and Computed Heave Amplitudes (Tug)

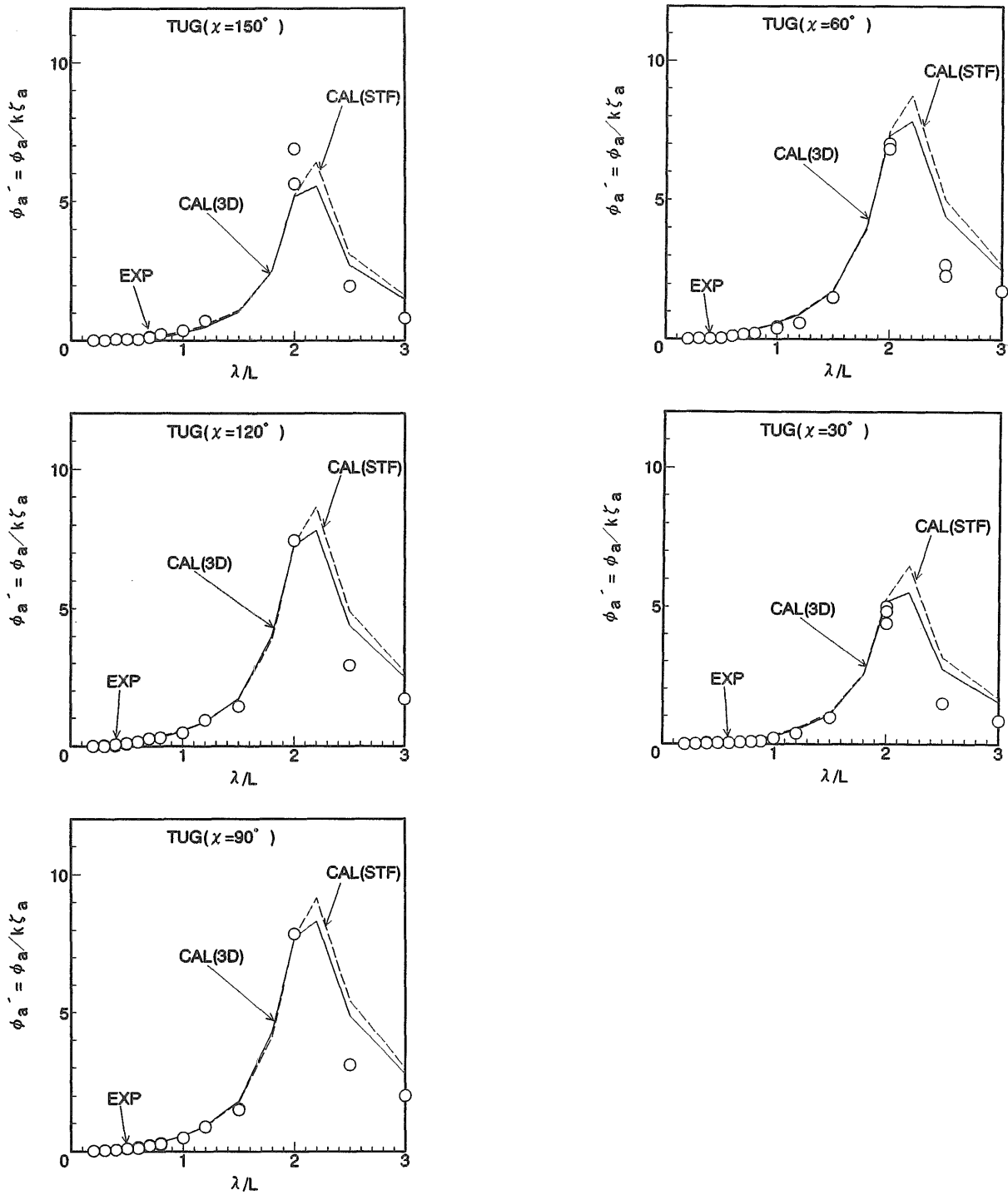


Fig.16 Comparison of Measured and Computed Roll Amplitudes (Tug)

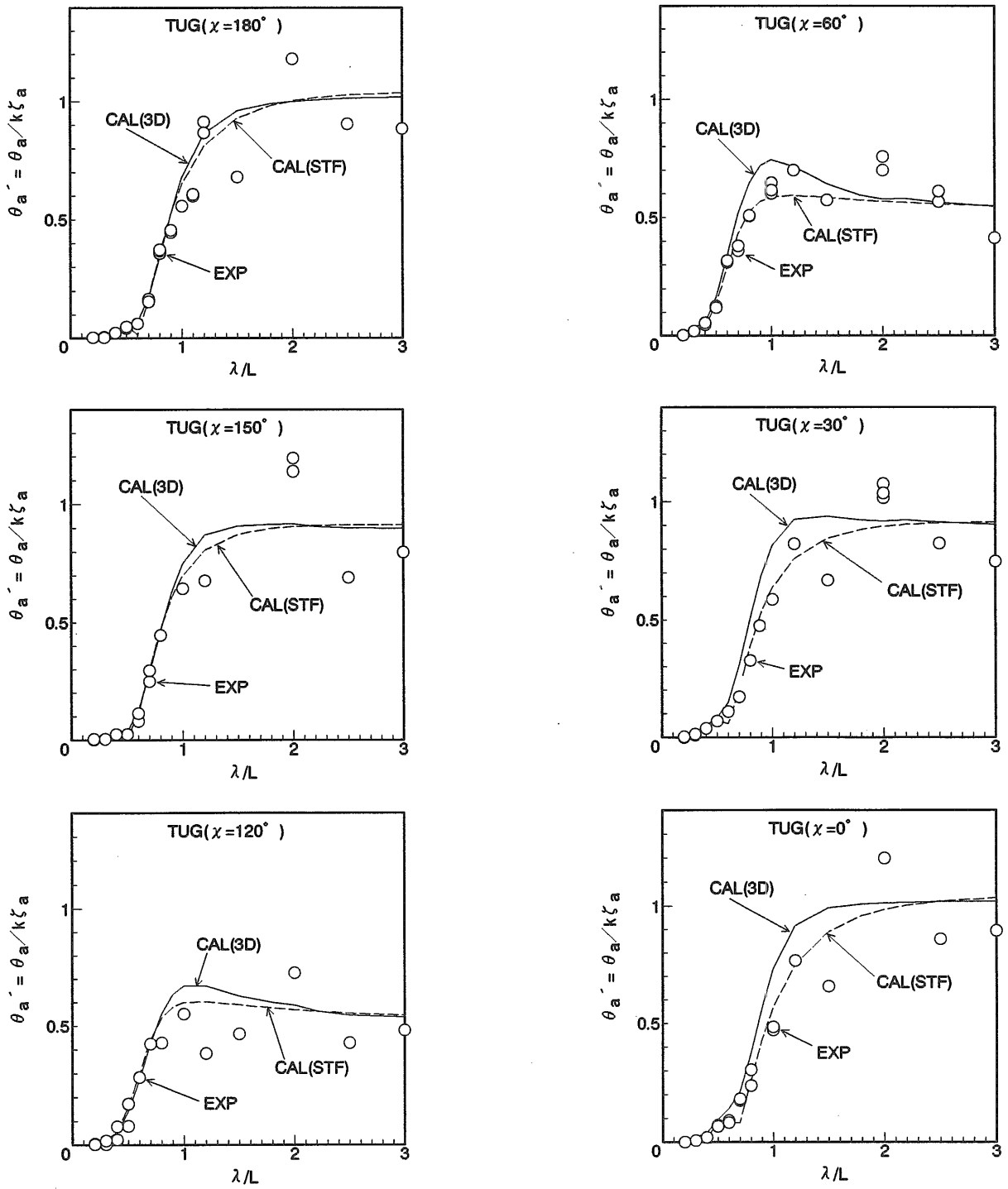


Fig.17 Comparison of Measured and Computed Pitch Amplitudes (Tug)

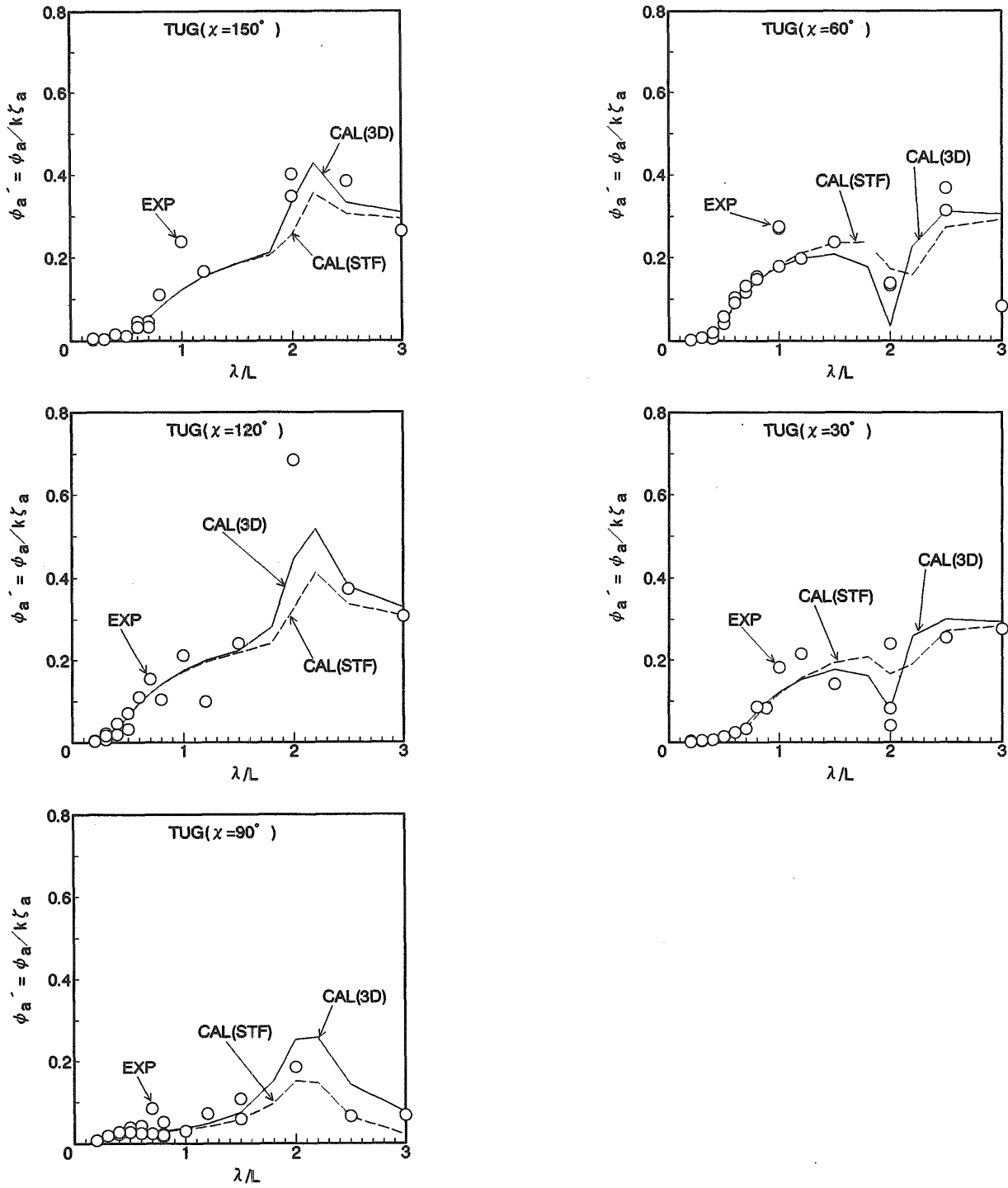


Fig.18 Comparison of Measured and Computed Yaw Amplitudes (Tug)

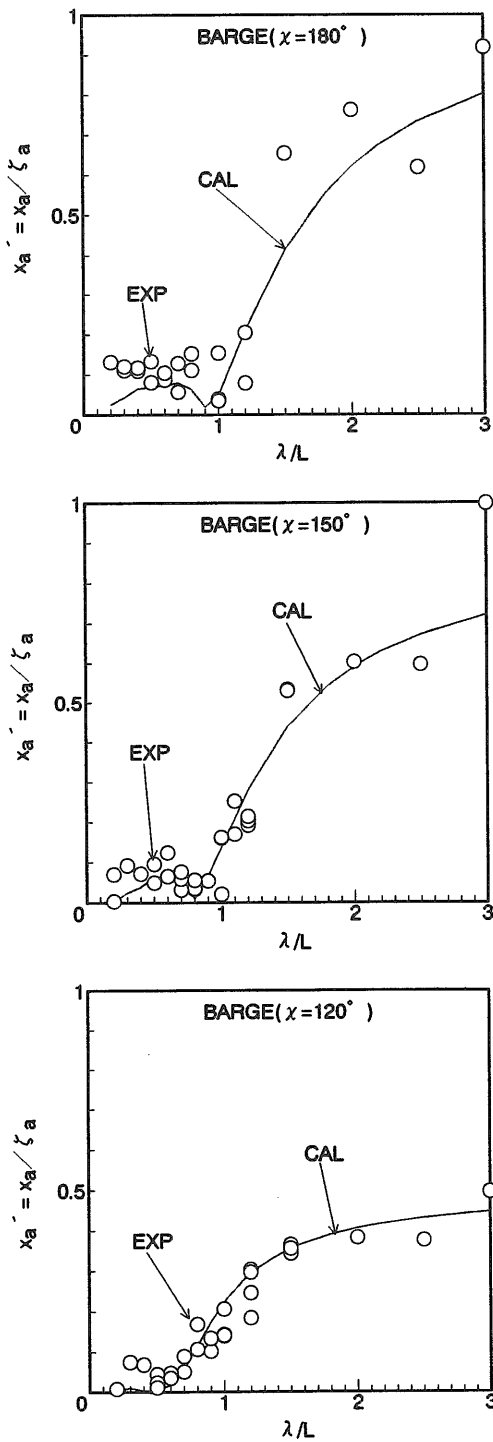


Fig.19 Comparison of Measured and Computed Surge Amplitudes (Barge)

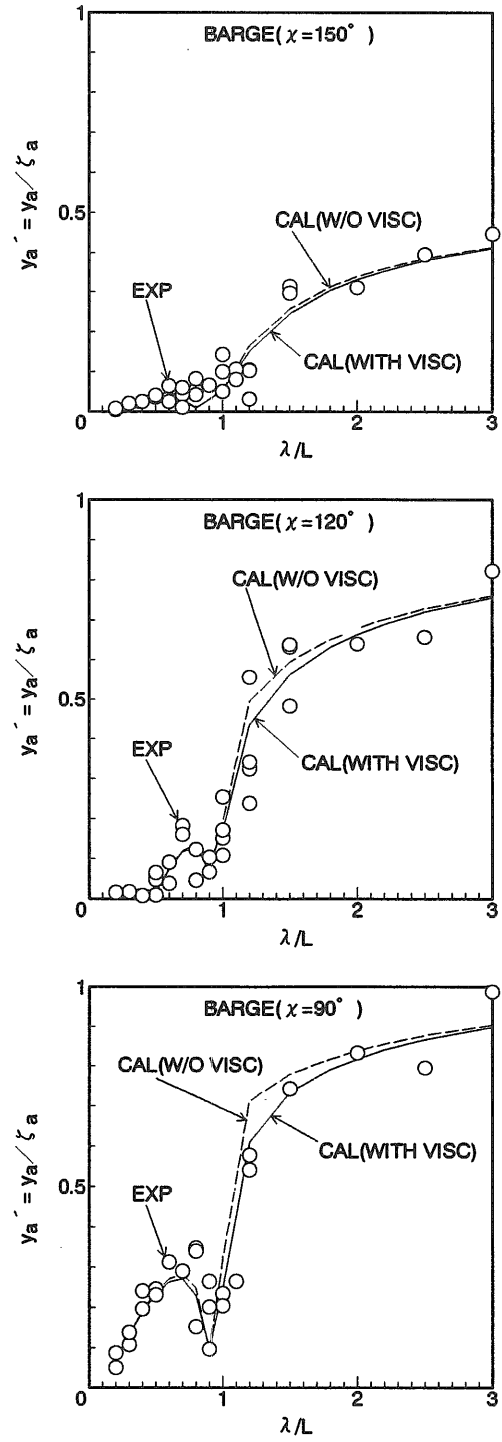


Fig.20 Comparison of Measured and Computed Sway Amplitudes (Barge)

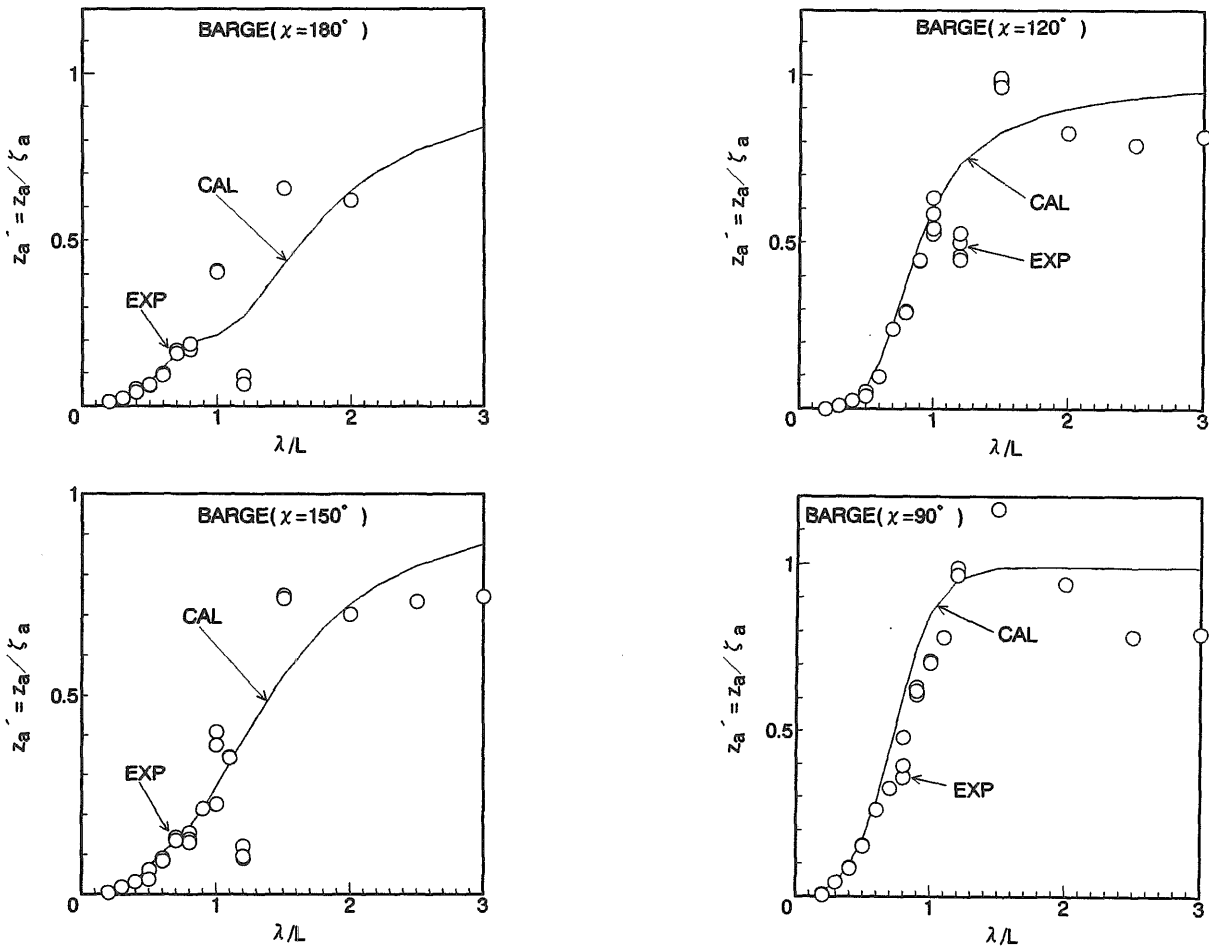


Fig. 21 Comparison of Measured and Computed Heave Amplitudes (Barge)

討する必要がある。

Fig. 6の左右方向波漂流力の計算結果を見ると、波漂流力は $\lambda/L=0.5$ より波長が小さい範囲で両方の計算結果がほぼ一致しており、それより長い波長に対して運動の影響がみられる。波漂流力は $\lambda/L=0.5$ より小さい範囲にピークがあるのに対し、Fig. 16、Fig. 18から明らかな様に横運動のピークは $\lambda/L=2.0$ より大きいところにあり、波長が短くなるにつれて運動が小さくなる。従って、左右方向波漂流力を精度良く推定しようとする場合、 $\lambda/L=0.5\sim 1.0$ の範囲で運動が小さくてもその運動を精度良く推定する必要があることが解る。また、 $\chi=120^\circ$ および 60° の波漂流力で $\lambda/L=0.3$ に変動がみられる。前後方向波漂流力同様、今後検討を行う必要がある。

Fig. 7の船体重心回りの波漂流モーメントの計算結果を見ると、波漂流モーメントは、 $\chi=90^\circ$ の場合を除いて $\lambda/L=0.4$ より波長が小さい範囲で両方の計算結果がほぼ一致しており、それより長い波長に対して運動の影響がみられる。 $\chi=90^\circ$ の場合、全波長で運動の影響が見られる。この場合 $\lambda/L=1.0$ より小さい範囲では、上下揺れと左右揺れが他の運動に比べて大きいことからこれらの運動の影響が大きいと考えられる。従って、波漂流モーメントを精度

良く推定しようとする場合、 $\lambda/L=0.2$ より波長が長い範囲で、その運動を精度良く推定する必要がある。また、 $\chi=120^\circ$ の波漂流モーメントで $\lambda/L=0.3$ に変動がみられる。さらに $\chi=30^\circ$ の場合、 $\lambda/L=0.5$ より小さい波長で波漂流モーメントの値が振動している。これは運動を拘束した場合にも見られることから、運動の影響ではないことは明かである。そこで、(3)式の第一項と第二項の値をそれぞれ調べてみると第二項に起因していることがわかった。今後この項の値に対する分割数の影響を調べる必要がある。

5.2 バージの場合

Fig. 9の前後方向波漂流力の計算結果を見ると、波漂流力は縦波中 ($\chi=180^\circ$) では $\lambda/L=0.8$ より小さい所で両方の計算結果が一致しており、それより長い波長では運動の影響がみられる。波との出会角が斜め波から横波に近づくにつれて、波漂流力への運動の影響は λ/L が小さい範囲に広がり、 $\chi=150^\circ$ では $\lambda/L=0.5$ で、 $\chi=120^\circ$ では $\lambda/L=0.3$ で両計算が一致する。 $\lambda/L=0.5$ から 1.0 の範囲では、波との出会角が斜め波から横波に近づくにつれて縦運動は大きくなる傾向が有るため、この影響が波漂流力に表れたものと推測される。また、横揺れの影響も $\chi=120^\circ$ の場合に有ることも4.1.2で述べた。従って、波漂流力を精度良く推

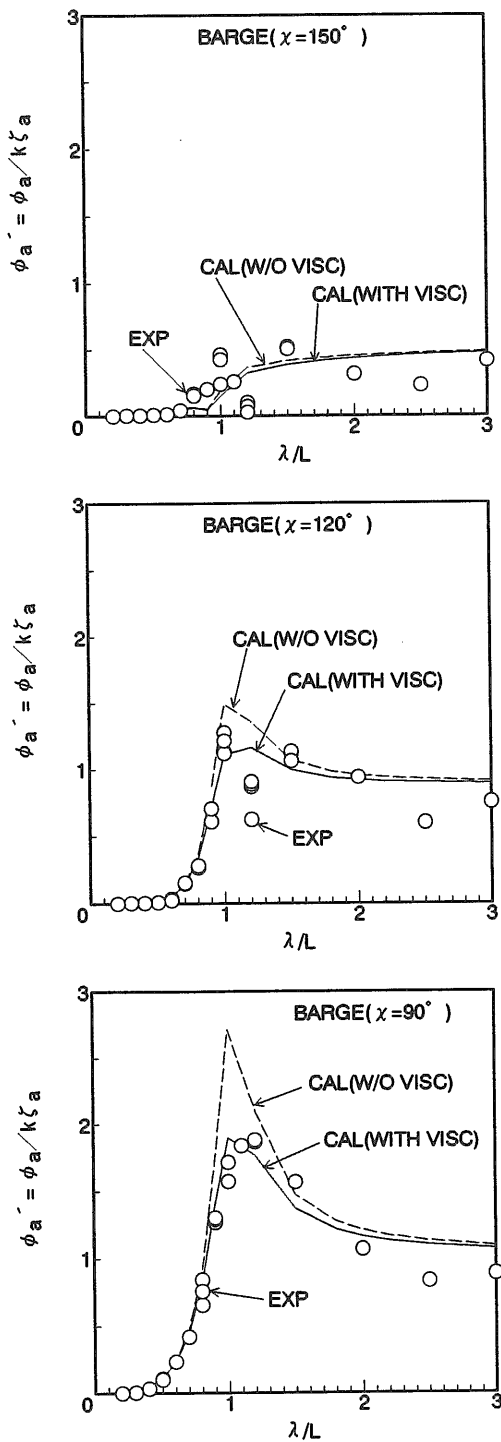


Fig. 22 Comparison of Measured and Computed Roll Amplitudes (Barge)

定するには、少なくとも $\lambda/L=0.5$ から 1.0 の範囲でも運動を精度良く推定することが必要と解る。また、 $\lambda/L=0.2$ で波漂流力がやや大きくなる傾向がみられる。この付近の波長では運動を拘束した計算結果でもこの現象が見られることから、曳船同様計算精度の検討が必要と考えられる。

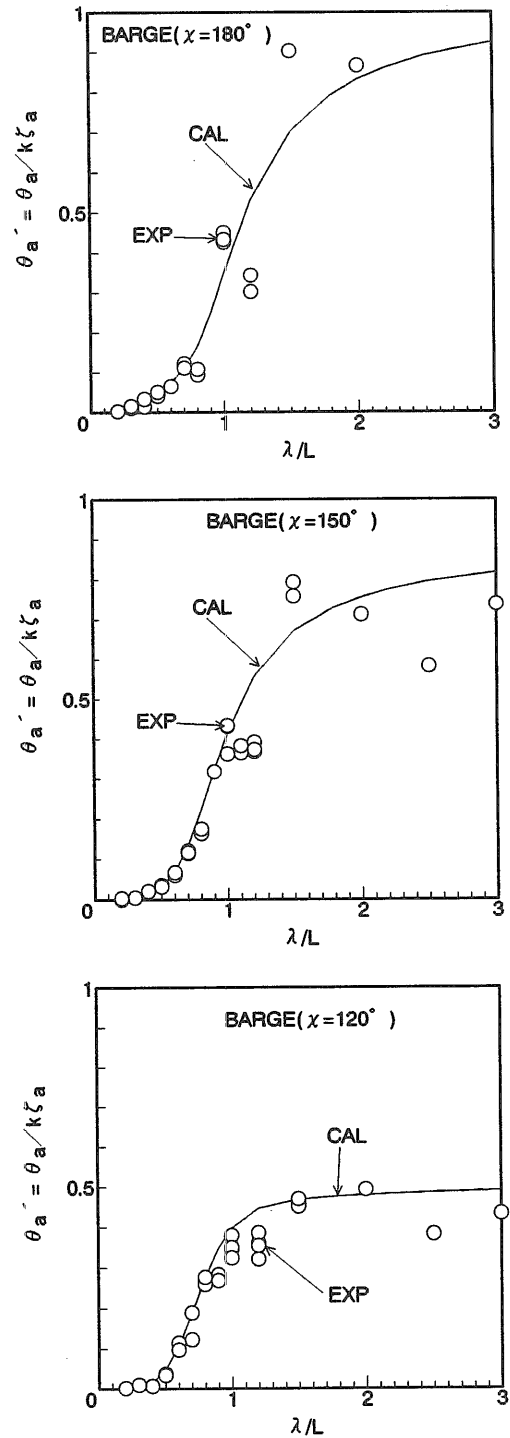


Fig. 23 Comparison of Measured and Computed Pitch Amplitudes (Barge)

Fig.10の左右方向波漂流力の計算結果を見ると、波漂流力への運動の影響は、前後方向波漂流力の場合と同様、斜め波から横波に近づくにつれて λ/L が小さい範囲に広がり、 $\chi=150^\circ$ では $\lambda/L=0.7$ で、 $\chi=120^\circ$ では $\lambda/L=0.6$ で、 $\chi=90^\circ$ では $\lambda/L=0.5$ で両計算が一致し、それぞれこれより長い波長にたいして運動の影響がみられる。横揺れの同

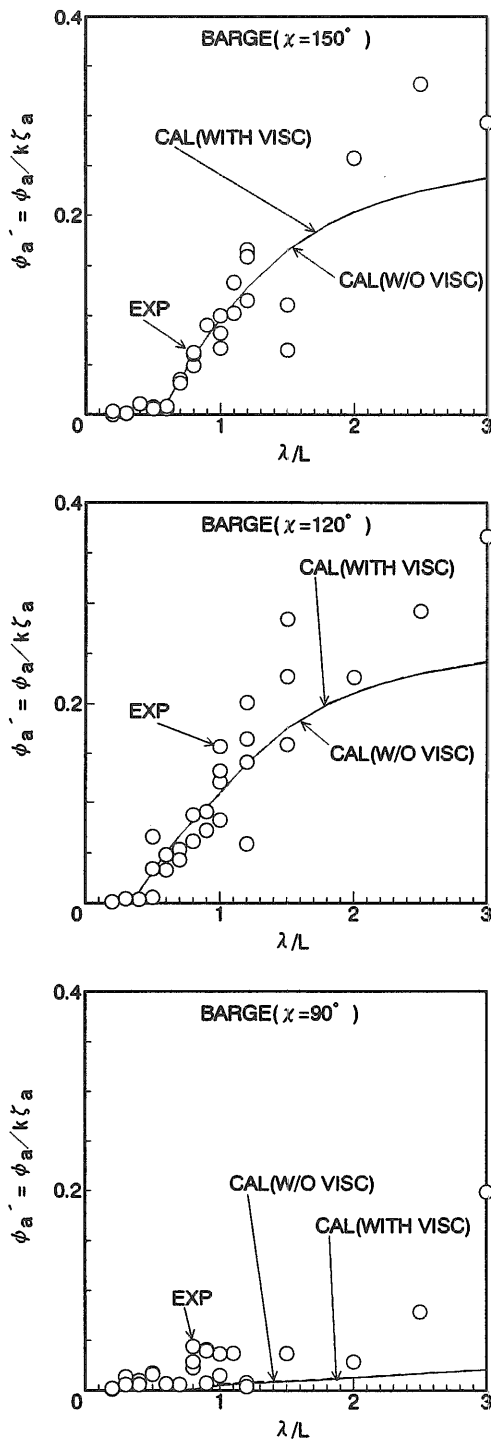


Fig.24 Comparison of Measured and Computed yaw Amplitudes (Barge)

調周期が $\lambda/L=1.0$ に有ることから、横運動は $\lambda/L=0.5$ より大きい所で見られ、 $\chi=90^\circ$ の左右揺れの場合全波長にわたって運動の影響が見られる。 $\chi=90^\circ$ の時の波漂流力は $\lambda/L=0.7$ にピークが有るが、このピークは左右揺れのピークと一致していることから、この付近での運動の影響としては左右揺れの影響が大きいものと推測される。横揺

れの影響については、4.1.2で述べているのでここでは省略する。

左右方向波漂流力を精度良く推定するには、 $\lambda/L=0.5$ より波長が長い範囲でその運動を精度良く推定する必要があることが解る。

Fig.11の船体重心回りの波漂流モーメントの計算結果を見ると、波漂流モーメントは、 $\lambda/L=0.5$ より波長が小さい範囲で両方の計算結果がほぼ一致しており、それより長い波長にたいして運動の影響がみられる。特に $\chi=120^\circ$ の場合、かなり大きな運動の影響がみられる。これは、船体運動を拘束した場合の波漂流モーメントが $\lambda/L=1.0$ にピークが有ることから、ここに横揺れの同調点が重なったためと推測される。波漂流モーメントの場合も精度良く推定するには、 $\lambda/L=0.5$ より波長が長い範囲で、その運動を精度良く推定する必要があることが解る。斜め波中の波漂流モーメントで $\lambda/L=0.5$ より小さい範囲で計算結果が振動しているが、この原因も曳船の場合と同様今後の課題である。

6 結言

今回曳船とバージの場合の波漂流力および波漂流モーメントについてその実験結果と計算結果と比較した。また、6自由度の運動を自由にした場合と拘束した場合の波漂流力および波漂流モーメントの計算を行いその結果を比較した。その結果次のことが解った。

- (1) 丸尾、Newmanの示した計算法は、波漂流力および波漂流モーメントの実験結果を良く説明することを再確認した。
- (2) 波漂流力および波漂流モーメントは、少なくとも $\lambda/L=0.5$ より大きいところで広範囲に船体運動の影響がみられる。従って、この範囲で波漂流力および波漂流モーメントの精度良い推定を行うには運動を精度良く求める必要がある。

今後は、この結果をもとに波浪中曳航時の運動についても検討する予定である。また、 $\lambda/L=0.5$ より小さい範囲で波漂流力の計算値が振動する原因についても調べる必要がある。

参考文献

- 1) 藤野正隆、不破 健：外力下の操縦運動、日本造船学会第3回操縦性シンポジウムテキスト第7章、(1981)、pp177~211
- 2) 芳村康夫：外力下の操縦性能、日本造船学会運動性能研究委員会第2回シンポジウムテキスト第2章、(1985)、pp41~62
- 3) 大楠丹、小林正典：波浪中抵抗増加の計算法、日本造船学会運動性能研究委員会第1回シンポジウムテキスト第3章、(1984)、pp37~60
- 4) 柏木正、大楠丹：波浪による定常流体力に関する研究、日本造船学会論文集、第173号、(1993)、pp185~194

- 5) 安藤定雄：規則波中における漂流力について、西部造船会会報、第52号、昭和51年8月、pp45～58
- 6) 朝長義英、畠中勝則：浮遊式海洋構造物に作用する波漂流力の計測、西部造船会会報、第59号、昭和55年3月、pp33～42
- 7) 門松浩二、井上義行、宝田直之助：荒天時操船を考慮した大型肥大船の搭載主機出力について、日本造船学会論文集、第168号、(1990)、pp171～182
- 8) Faltinsen, O.M., Loken, A.E. : Drift Force and Slowly Varying Forces on Ships and Offshore Structures in Waves, Norwegian Maritime Research, NO. 1, 1978, pp 2～15
- 9) Maruo, H. : The Drift of a Body Floating on Waves. Journal of Ship Research, Vol. 4, No. 3, (1960), pp 1～10
- 10) Newman, J.N. : The Drift Force and Moment on Ships in Waves. Journal of Ship Research, Vol.11, No. 1, (1967), pp51～60