

# 非線形 ミュレーション による波漂流力の推定

運動性能部 \* 谷澤克治, 南真紀子

## 1 まえがき

荒天下 おける航行不能船舶の漂流防止等に関する研究の一環として、運動性能部では大波高時の漂流運動の研究を担当している。本研究の目的は航行不能船舶の漂流運動を精度良く予測する手法を開発することであり、このためには漂流運動に及ぼす波高影響、海底地形影響、漂流速度影響等を解明する必要がある。この研究には運動性能部でここ数年継続して研究開発してきた波浪中浮体運動の非線形 ミュレーション法が研究ツールとして役立つと考えられる。本シミュレーション法は、浮体と流体との非線形連成運動方程式を解いて、時間領域で自由表面と浮体の運動を追跡する数値計算法である。運動性能部では本計算法を用いて2次元の数値造波水槽を開発し、波浪中での大振幅動揺、波浪-浮体内部液体タンク間の相互作用を考慮した運動計算、パラメータ横揺やカオス横揺の計算、波漂流減衰力の計算など、耐航性関連の様々な問題に応用して成果をあげてきた<sup>1, 2, 3)</sup>。そこで、漂流運動についてもこの数値造波水槽を適用することにした。数値造波水槽を漂流運動の研究に用いる長所には、Fully Nonlinear Simulation が可能であり波高影響を調べるのに適していること、浅水域での計算が容易で海底形状も自由に設定できること、漂流速度を計算に取り入れることも可能であることなどが挙げられる。しかし、その前に精度検証を行っておくことが重要である。

数値造波水槽の計算精度については、著者のひとりが狭いタンク内での浮体の自由動揺を解いて、その数値解が質量、運動量、エネルギー保存則を高精度で満たすことを示した<sup>1)</sup>。また、柏木は数値造波水槽で強制動揺浮体による波の放射問題を解き、得られた高次流体力が理論値および山下らの実験値と良く一致することを示した<sup>4)</sup>。しかし、これらの研究以外にはあまり精度検証を厳密に行った報告は出されていないように思われる。そこで、研究の第一歩として、数値造波水槽を用いてルイスフォーム断面を有する2次元浮体の規則波中での運動をシミュレートし、得られた動揺振幅、波浪強制力、波漂流力等を、理論値<sup>5)</sup>および野尻らの実験値<sup>6)</sup>と比較し、精度検証を行ったので報告する。

## 2 数値計算の概要

### 2.1 数値造波水槽

計算に用いた数値造波水槽を Fig.1 に示す。計算では、水槽長は4波長 + 減衰領域1波長 × 2 の6波長、水深は1波長とした。計算に用いた境界要素数は造波機面と水槽右端壁面がそれぞれ10要素、水槽底面が40要素、自由表面が120要素、浮体表面が34要素である。計算の時間刻みは波周期の1/20とした。反射率と透過率を求めるため浮体よりも造波機側の2点と壁側の2点で波高を計算した。

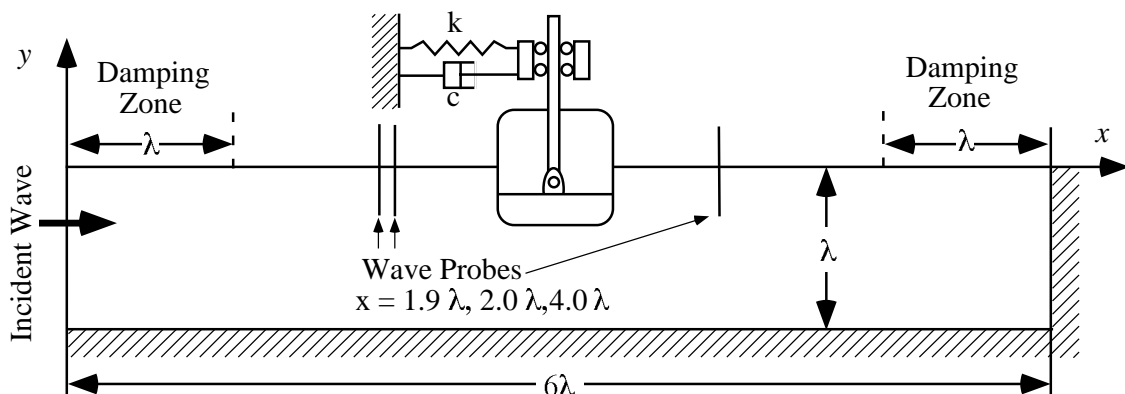


Fig.1 Numerical wave tank

## 2.2 浮体

計算に用いた浮体の形状を Fig.2 に、その主要目を Table 1 に示す。これらは野尻ら<sup>6)</sup>が実験に用いた模型と同じである。

Table 1 Principle Dimensions

Breadth	$B$	0.50	m
Draft	$d$	0.25	m
Displacement	$W$	125.0	kg
Center of inertia	$KG$	0.135	m
Spring constant	$k$	197.58	N/m
Damping coefficient	$c$	19.80	N
Lewis Form parameter	$H_0$	1.00	
Lewis Form parameter	$\sigma$	1.00	

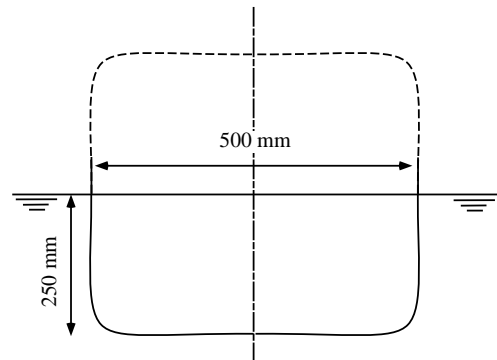


Fig.2 Floating Body

## 2.3 入射波

計算に用いた入射波は、無次元化周波数 $\xi_B (= \frac{\omega^2 B}{g})$ が0.25 ~ 2.00 で波高が1cmと7cmの規則波である。

Table 2 Incident Waves

$\xi_B$	$\lambda$ (m)	Wave Slope		$\xi_B$	$\lambda$ (m)	Wave Slope	
		$H = 1.0\text{cm}$	$H = 7.0\text{cm}$			$H = 1.0\text{cm}$	$H = 7.0\text{cm}$
0.25	6.283	1/628	1/90	0.75	2.094	1/209	1/30
0.50	3.142	1/314	1/45	1.00	1.571	1/157	1/22
0.55	2.856	1/286	1/41	1.25	1.257	1/126	1/18
0.60	2.618	1/262	1/37	1.50	1.047	1/105	1/15
0.65	2.417	1/242	1/35	1.75	0.898	1/90	1/13
0.70	2.244	1/224	1/32	2.00	0.785	1/79	1/11

## 3 計算結果

浮体を固定した場合と自由にした場合の2種類の状態において計算を行った。計算結果を無次元化しグラフで示す。比較のためグラフ上に実験の結果及び、実線で線形理論による計算結果を示す。グラフの横軸は無次元化した周波数である。それぞれの無次元化係数を次のようにした。

$$\begin{array}{llll}
 \text{Sway} & ; & F_S / \rho g L d \zeta_A & \text{Sway} & ; & X_A / \zeta_A & \text{反射率} & ; & H_R / H_I (= \zeta_R / \zeta_A) \\
 \text{波強制力} & \text{Heave} & ; & F_H / \rho g L B \zeta_A & \text{動揺振幅} & \text{Heave} & ; & Y_A / \zeta_A & \text{透過率} & ; & H_T / H_I (= \zeta_T / \zeta_A) \\
 \text{Roll} & ; & M_R / \rho g L B d \zeta_A & \text{Roll} & ; & \theta_A / k \zeta_A & \text{漂流力} & ; & F_D / \frac{1}{2} \rho g L \zeta_A^2
 \end{array}$$

漂流力は、透過率より $\zeta_A^2 = \zeta_R^2 + \zeta_T^2$  ( $\zeta_A$ : 入射波振幅,  $\zeta_R$ : 反射波振幅,  $\zeta_T$ : 透過波振幅) の関係を用いて求めたものと、浮体表面上の圧力積分により求めたものを示す。

### 3.1 固定させた場合

Fig.3.a ~ 3.c に浮体に働く波浪強制力、Fig.3.d、Fig.3.e に反射率と透過率を示す。波高1cmの場合、線形理論による計算結果とよく一致している。波高7cmの場合、高周波側で波傾斜が大きくなるため線形理論から求めた結果からわずかにずれる。Fig.3.f に漂流力を示す。透過率より求めたものは、波高1cm、7cmともに線形理論の結果によく一致しているが、圧力積分から求めたものは大きくずれている。また、波高7cmの結果に比べ、波高1cmの結果でずれが大きい。

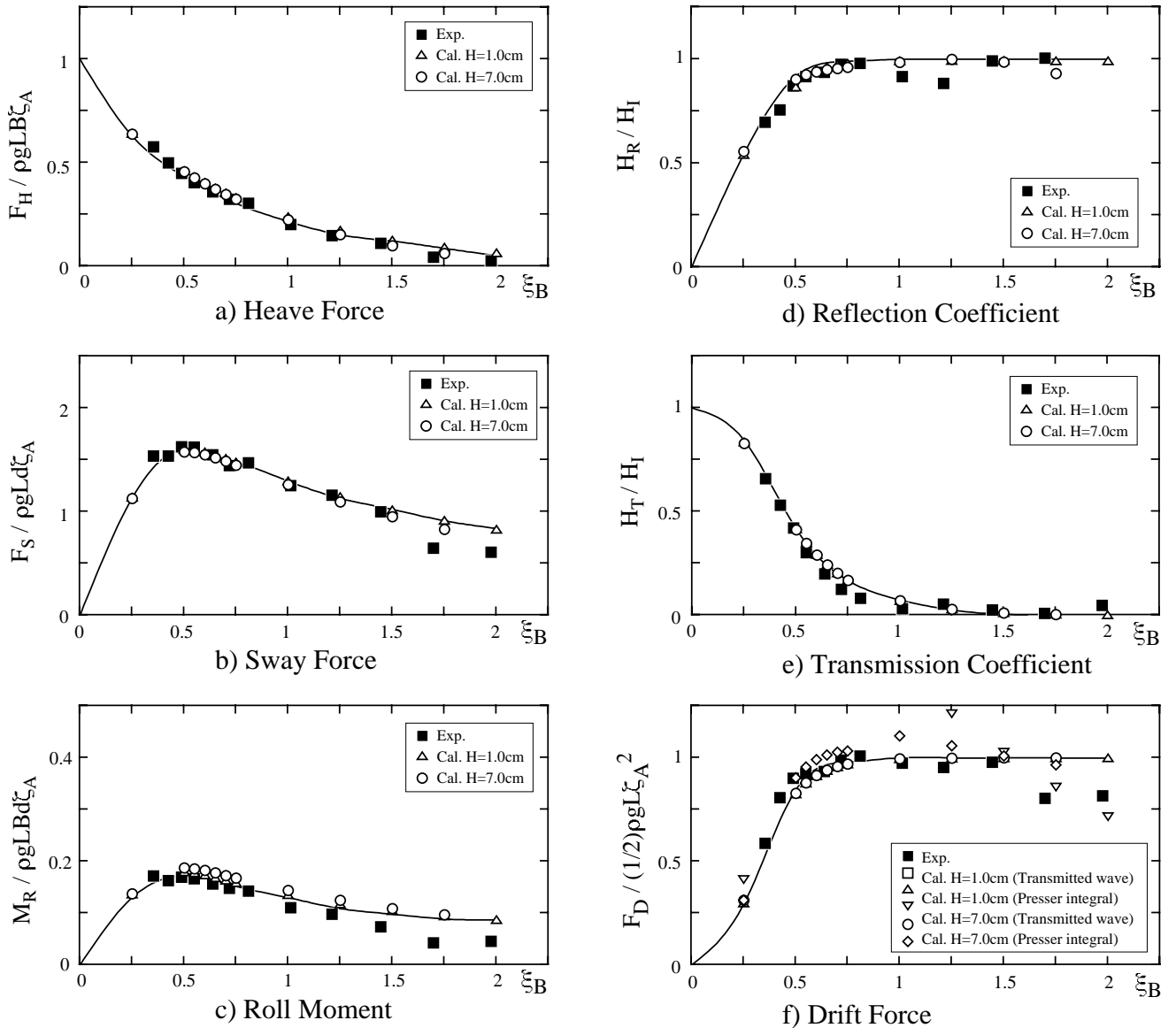


Fig.3 Fixed Floating Body

### 3.2 自由にした場合

Fig.4.a~4.cに浮体の動揺振幅、Fig. 4.d、Fig.4.eに反射率と透過率を示す。波高1cm、7cmともに線形理論の結果によく一致している。Fig.4.fに漂流力を示す。透過率より求めたものは、波高1cm、7cmともに線形理論の結果によく一致している。圧力積分より求めたものは、波高1cm、7cmともほぼ同じ結果となり、ともに線形理論より求めた結果と大きく異なっている。

### 4 あとがき

以上に概説したように、圧力成分で計算した一次の流体力や浮体運動の振幅は理論値および実験値と良く一致した。また二次の流体力である波漂流力についても透過波の振幅から計算した値は理論値および実験値と良く一致した。しかし、圧力積分で得られた値はまだ満足できるものではなく、精度が上がらない原因を探る必要がある。

本研究は船研で平成10年度から5年計画で実施している特別研究“荒天下における航行不能船舶の漂流防止等に関する研究”の一環として実施したもので、今後は波高影響の評価、浅水域での計算、海底地形の影響などの検討を予定している。

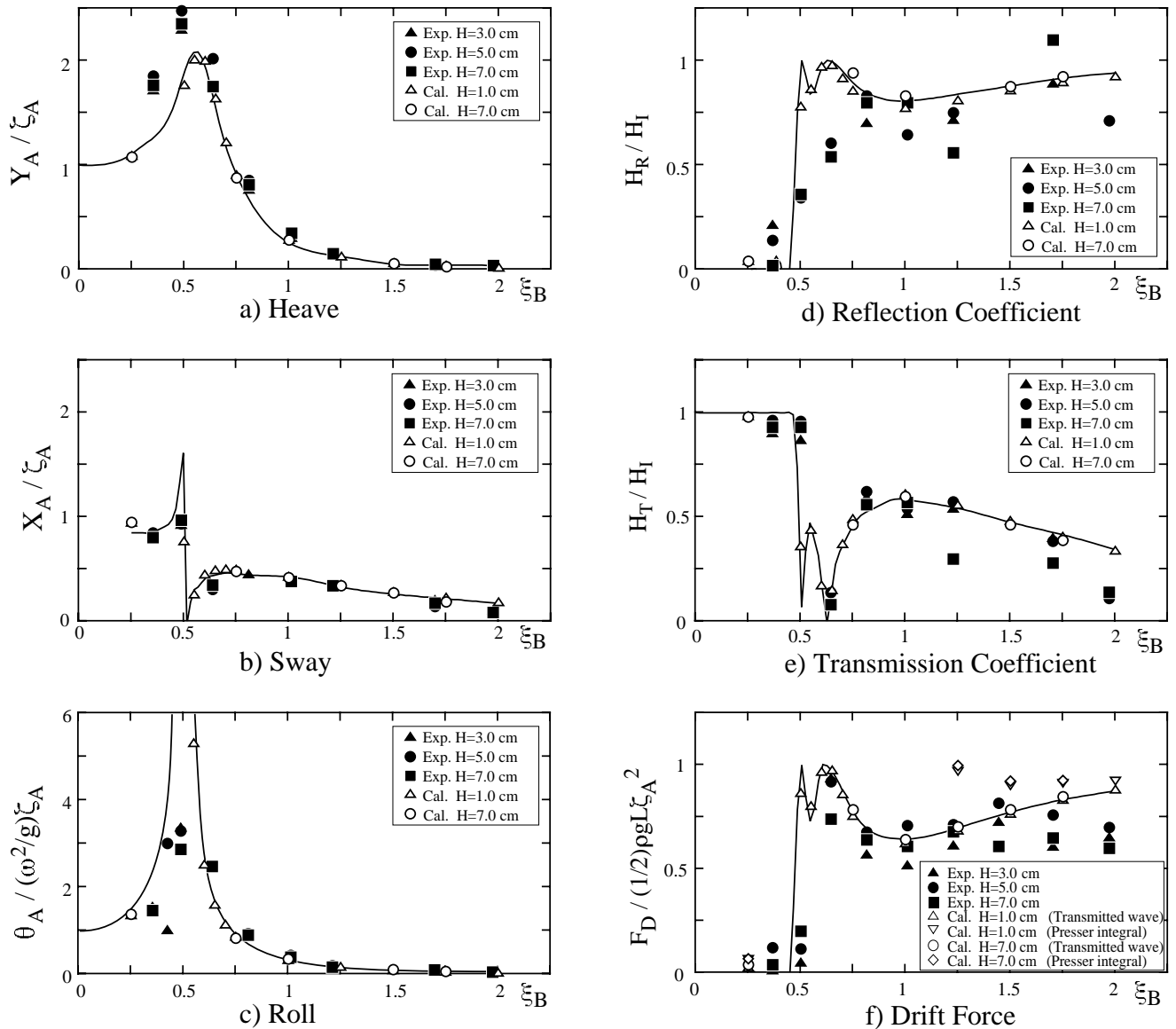


Fig.4 Free Floating Body

### 参考文献

- 1) 谷澤克治：加速度ポテンシャルによる波浪中浮体運動の非線形理論と数値解法の研究、博士論文、大阪大学、(1997)
- 2) Tanizawa,K. : A study on parametric roll motions by fully nonlinear numerical wave tank, *Proc. of 7th ISOPE conference, Honolulu, Hawaii, Vol.3, (1997)*
- 3) Tanizawa,K. : An application of fully nonlinear numerical wave tank to the study on chaotic roll motions, *Proc. of 8th ISOPE conference, Montreal, Canada, Vol.3, (1998)*
- 4) Kashiwagi,M. : Full-nonlinear simulation of hydrodynamic forces on a Heaving two-dimensional body, *J. Soc. Nav. Arch. Japan, Vol.180, (1996)*
- 5) 丸尾孟：波浪中の船体抵抗増加に関する研究、船協会論文集、第108号、(1960)
- 6) 野尻、村山：規則波中の2次元浮体に働く漂流力に関する研究、西部造船会会報、第51号、(1975)