

Title	船体構造と流体との動的相互作用に関する研究
Author(s)	遠山, 泰美
Citation	大阪大学, 2000, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/43038">https://hdl.handle.net/11094/43038</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏 名	とお 山 やす み 遠 山 泰 美
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 5 0 5 2 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 1 2 年 1 月 3 1 日
学 位 授 与 の 要 件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 名	船 体 構 造 と 流 体 と の 動 的 相 互 作 用 に 関 す る 研 究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 富 田 康 光 (副査) 教 授 矢 尾 哲 也 教 授 内 藤 林 助 教 授 村 川 英 一

## 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は船体構造の安全性の確保を目標とし、従来、合理的な構造設計手法の確立が遅れていた分野、すなわち船体構造と流体との動的相互作用に関する現実的な問題に焦点を当て、研究を行ったものである。本論文は8章から構成されている。

第1章では船体構造と流体との動的相互作用問題の解析に適用しうる各種の手法について問題点や特徴の整理を行っている。矩形タンクの水平運動によって生じる流体の変動圧力を求める問題を取り上げ、級数展開法、差分法、有限要素法（陰解法および陽解法）、特異点分布法、並びに境界要素法を適用し、これらの手法の比較を行っている。

第2章では船体動揺に伴い種々の形状を有するタンクの壁面に作用する液体貨物変動圧力について検討を行っている。密閉された満載タンクについてはタンク体積中心で変動圧力振幅が零になることを新たに見出し、合理的な変動圧力の算定法を提案している。開放されたエアパイプが存在するタンクに対しても適用できることを計算例により明らかにしている。

第3章ではタンク内流体のスロッシングの固有周波数推定法として、重力ばね有限要素の導入を提案し、矩形、円筒形、球形タンクに適用し、計測固有周波数との比較により有用性を確認している。また、内構材が流体の運動エネルギーを増加させ、自由動揺周波数を低下させる働きを持つことを解析および実験により明らかにしている。

第4章では接水タンク壁の振動応答推定法を提案している。機関室まわりの狭隘タンクでは、従来の設計ガイドライン等による推定固有振動数より低い固有振動数が現れる場合があり、この原因の解明及び級数展開法による精度の高い推定法の提案を行っている。

第5章では船体付加水質量に与える浅水影響について古典的な理論を見直すと共に、境界要素法による海底モデルの導入を提案し、実際の岸壁での船体起振実験に対して適用し、計算と計測による応答関数を比較することにより実用的な解析法であることを実証している。

第6章では肥大船の省エネルギー装置としてのプロペラダクトの固有振動について3次元修正係数の考え方を取り入れた付加水質量評価法を提案し、実際のプロペラダクト構造の設計に応用している。また、ダクト周辺の流れによ

る渦のロックイン現象と考えられる自励的な振動が生じる場合があることを実測結果によって明らかにしている。

第7章では高速艇の合理的な構造設計のために不可欠である水面衝撃荷重の算定法について研究している。構造側の応力応答を評価するためには、水面衝撃圧力の空間的分布と時間的変動の推定が重要であることを認識し、Wagnerの衝撃理論を発展させた手法を提案している。任意形状2次元物体や軸対称3次元物体、回転楕円体にも適用できることを確認している。

第8章では水中爆破によって生じた衝撃波が船体にどのように伝播、反射、回折するかという問題に対し、圧縮性流体として現象の解明を行っている。固有モード重畳法による解析的手法を提案している。2次元平面衝撃波だけでなく、3次元球面衝撃波についても解析を行い、陽解法有限要素法による数値シミュレーション結果と比較し、衝撃波特有の鋭い圧力の立ち上がりが見事に再現できる実用的な解析法であることを確認している。

## 論文審査の結果の要旨

船体構造の合理的な設計を可能とするためには、船体に作用する荷重を精度良く推定する必要があるが、構造と流体との動的相互作用の顕著な現象に対しては、その複雑さのために現象の解明や荷重および応答の推定方法の確立は必ずしも十分にはなされていない。本論文は船体構造と流体との動的相互作用に関するいくつかの実際的な問題について研究し、現象の解明を行うと共に実用的な解決手投を提供している。本研究で得られた主な成果は以下の通りである。

- 1) 船体動揺に伴う液体貨物の変動圧力の算定法については従来から諸説があり、意見が分かれていたが、本論文ではタンク内の液体の運動を流体力学的に取り扱い、論理的で明解な結論を導いている。また、提案された手法は実際の船舶の運航状態として一般的であるエアパイプが開放された状態での2次元および3次元任意形状タンクの動揺に対しても容易に適用することができ、実用的な解析手法を提供している。
- 2) 船体の液体貨物タンクが満載状態でない場合、船体動揺に伴い、液面の固有動揺が同調し、タンク構造に過大な流体力が作用することがあるので、いわゆるスロッシングの固有周波数を正確に把握しておくことは重要である。本論文では自由表面上に重力による復元ばねを分布させることにより、通常の振動問題における固有値問題に置き換えられることを提示し、精度的にも実用的であることを制水板付き矩形タンク、円筒タンク、球形タンクの模型実験結果との比較で示している。さらに防波堤内の洋上浮体の耐震解析にも適用できることを模型実験との比較により示しており、応用範囲の広い手法となっている。
- 3) 船体の液体タンクの接水振動問題は古くから研究がなされているが、プロペラ起振力や主機起振力により、共振する場合があります、タンク構造の振動疲労損傷事例は今日でも皆無にはなっていない。従来利用されている接水パネルの固有振動数算定式では振動モードが仮定されていたが、本論文では級数展開法を用いて、より厳密な構造流体間の連成を数学的に取り扱い、高精度の接水固有振動数の推定法を導いている。また、従来は共振回避に重点が置かれていたが、本論文では振動応答量の推定法についても検討しており、新しい構造設計手法の展開に道を拓くものである。
- 4) 船体振動における浅水影響は河川を航行する船舶以外ではあまり注目されていなかったが、近年、船舶の居住環境の向上が重要になるに従い、浅海域岸壁での起振機実験結果から深海域洋上での船体振動特性を推定する技術の重要性が認識されている。本論文では海底を有限な平板でモデル化する手法を提案し、LNG専用運搬船の岸壁での起振機実験結果と比較し、実用的な手法であることを示している。また、これまでに知られていた古典的な円柱、および回転楕円体の浅水域付加水質量係数が、浅水の程度の大きいところで正確な値より小さいことを発見している。
- 5) 肥大船の省エネルギー装置であるプロペラダクトの接水固有振動数の推定方法を実際のプロペラダクトの計測結果と対比させ提案している。流れによって誘起されるプロペラダクトの自励的な振動現象に関する極めて珍しい実

測データが示されている。

- 6) 水面衝撃荷重の問題は船体構造、特に高速艇構造の設計に際して重要な課題となっている。本論文では古典的な Wagner の衝撃理論を詳細に検討し、更に広い応用範囲を持たせるべく水面衝撃理論を発展させている。Wagner の衝撃理論は 2 次元対称楔型物体について広く知られているが、本論文では 2 次元任意形状物体、軸対称 3 次元物体、回転楕円体にも適用できることを示している。3 次元物体の衝撃理論は Chuang の円錐物体以外には従来多くの研究がなされていない分野であり新規性を持っている。弾性変形影響を考慮した円筒殻の水面落下衝撃実験結果と提案された解析手法による歪の時系列との比較を通し、本手法が十分実用的であることを示している。
- 7) 船体から離れた水中での爆発による船体構造応答の評価に関する問題は、国内では最近幾つかの研究がなされ始めたばかりであり、本論文のモード重畳法による解析的な衝撃波の取り扱いが新規性を持っている。陽解法有限要素法による数値シミュレーション結果では有限の要素長さに起因し、衝撃波の鋭い立ち上がりが伝播とともに失われていくのに対し、提案された解析的な手法では衝撃波の鋭い立ち上がりが再現されており、精度的にも優れている。

以上のように本論文では多岐にわたる船体構造と流体との動的相互作用問題について、構造力学と流体力学の両面から多くの検討を行い、実際の船体構造の設計に有益な実用的な手法を提供している。これらの研究成果は、船体構造のより合理的な設計を可能にするとともに新形式の高速船舶の開発に応用されており、船舶海洋工学の発展に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。