

平成22年6月18日現在

研究種目：基盤研究（C）  
 研究期間：2007～2009  
 課題番号：19560805  
 研究課題名（和文）コンテナ船の初期構造計画時における全体強度解析法の実用化に関する研究  
 研究課題名（英文）A Study on the Practical Application of Total Strength Theory in the Early Hull Design of Container Carrier  
 研究代表者  
 野瀬 幹夫 (NOSE MIKIO)  
 長崎総合科学大学・工学部・教授  
 研究者番号：70156199

**研究成果の概要(和文):**本研究は、初期構造計画時において、短時間かつ簡便で実用的なコンテナ船の全体強度解析法の実用化システムを構築するために、従来の概念にさらに新しい概念を考案することにより、コンテナ船の船首尾部横断面の雛壇形状にも適用可能となるように、縦曲げ・水平曲げ・捩り荷重を受けるコンテナ船の全体強度を解析する実用化システムの開発を行ったものである。その結果、NKガイドラインの荷重条件下で、本システムの結果と有限要素法の結果と比較したところ実用上有効である成果を得た。

**研究成果の概要(英文):**It is the purpose of this paper to develop the practical and easy structural analysis system which investigates rapidly the design spiral in the stage of early design for container carrier. And then, by contriving first conceptions and some new ideas, we developed to the practical application system that analyze the total hull-girder strength of container carrier considering the effects of warping in longitudinal and horizontal bending and in torsion. Finally, the result of this system is effective practically in comparison with one of FE analysis.

#### 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2008年度	700,000	210,000	910,000
2009年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	2,900,000	870,000	3,770,000

#### 研究分野:工学

科研費の分科・細目：総合工学・船舶海洋工学

キーワード：薄肉変断面梁、曲げの反り、捩りの反り、剪断流の流入出、独立型多層多重連結領域、実用化新概念、船の全体強度、汎用化

#### 1. 研究開始当初の背景

(1)近年、韓国や中国における造船業の躍進、合理化に伴う我国の造船技術者の減少と高齢化により造船所を取り巻く環境は厳しさ

を増している。この状況の中で設計のスピードアップ、建造コスト低減への要求は益々大きくなっている。

(2)これらの要求を満たすためには、まず、建造船のコストおよび建造作業量に大きな影響を与える船殻構造の最適設計が重要であり、特に初期構造設計時において短期間に容易に行える最適設計が必要不可欠である。

(3)また、最近の船舶では、高張力鋼の使用、新しい船種の出現、構造形式の変更、規則の変更等によって、横断面に曲げによる反りが大きく現れ、船体強度に大きな影響を及ぼす可能性が生じている。

(4)この影響を把握する解析法が必要となっている。この横断面の反りの現象はファインメッシュを用いた有限要素法を用いれば求めることができるが、未確定部分が多い初期設計段階に常に有限要素法による大規模な数値解析法を用いることは、膨大な入力データの作成や計算結果の整理・把握に多大な労力と時間を必要とするので、設計者への負担が大きく短い時間で手軽に利用し易いと言いがたい。

(5)従って、これらの必要性や要求を満たすには、初期設計段階において、短時間かつ容易に精度の高い解が得られる方法を用いて全体強度解析を行い、多数の構造パラメータを変化させた船殻構造候補案の中から、市場での競争力の高い最適な構造案を選択することが重要である。

(6)ゆえに、初期構造計画時において、短時間かつ簡便で実用的な横断面全体の反りを統一的に考慮した船体の全体強度解析法を考案する必要性が増している。

## 2. 研究の目的

(1)初期設計段階において、短時間かつ容易に精度の高い解が得られる方法を用いて全体強度解析を行い、多数の構造パラメータを変化させた船殻構造候補案の中から、市場での競争力の高い最適な構造案を選択することが重要である。

(2)よって、コンテナ船の船首尾部に対しては、横断面内に分離した多重連結領域が存在するために、従来の概念にさらに新しい概念を考案し、縦曲げ・水平曲げ・振り荷重を受けるコンテナ船の全体強度解析が適用できるようにする。

(3)この新しい概念を導入した「縦曲げにおける横断面の反りを考慮した薄肉変断面梁の応力解析法の実用化システム(新 VB-Warps)」, 「水平曲げにおける横断面の反りを考慮した薄肉変断面梁の応力解析法の実用化システム

(新 HB-Warps)」, 「水平曲げ・振り荷重を受けるコンテナ船の振り強度解析法の実用化システム(新 TR-Warps)」の3システムを連動させることにより、初期構造計画時において、短時間かつ簡便で実用的な「横断面全体の反りを統一的に考慮したコンテナ船の全体強度解析法の実用化システム(新 Total-Warps)」を構築することを研究目的とする。

## 3. 研究の方法

(1)まず、本研究の理論解析法の流れを図1に示す。本研究では、分離した多重連結領域の横断面形状を有するコンテナ船の船首尾部に対しても対応させるために、代表者が考案した独創的な実用化システム(VB-Warps, HB-Warps, TR-Warps)の概念(代表点, 重複代表点, 3重代表点, スタートポイント, エンドポイント, ジャンプ, 大骨部材, 始点部材, 分岐部材, 合流部材, 独立始点部材, 外殻セル, 内殻セル, 独立セル, 包含セル, 両舷セル等)に新しい概念を加える。

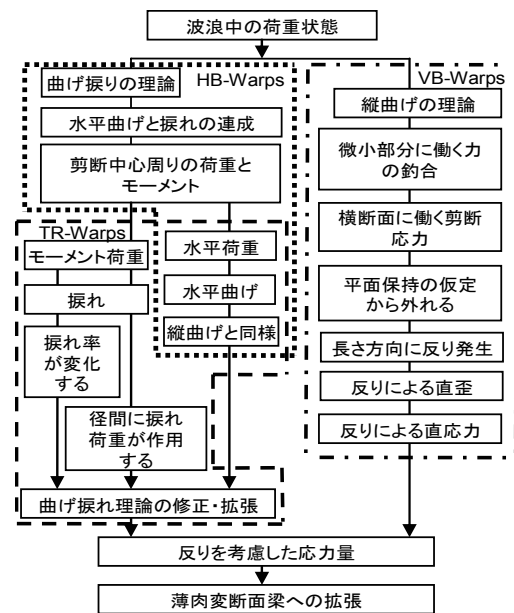


図1 全体強度解析の流れ

(2)すなわち、上記の VB-Warps, HB-Warps, TR-Warps に、図2に示す新しい「各部材に対する剪断流の流入出に着目した新しい概念」を導入し、汎用性を向上させた新 VB-Warps, 新 HB-Warps を開発する。さらに、TR-Warps にもこの概念を導入する。

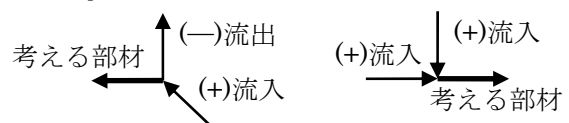


図2 各部材の剪断流流入出の関係

(3)次に、船の横断面形状への適用性を増すために、上記(2)の TR-Warps に、 振り強度解析フローの一部を示している図3中の(i)(ii)(iii)(iv)項目に、より汎用化した概念を導入して、新 TR-Warps を開発する。

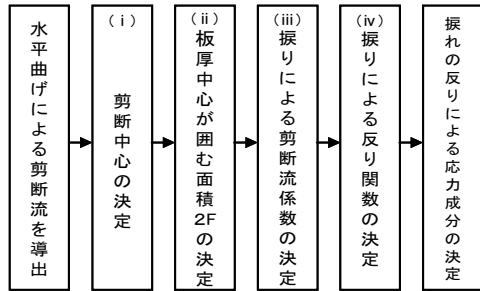


図3 振り強度解析フローの一部

(4)最後に、以上の新 VB-Warps, 新 HB-Warps, 新 TR-Warps を開発し各成分を合成することにより、新 Total-Warps が構築される。

#### 4. 研究成果

##### (1) 新 HB-Warps 開発の成果

①まず、水平曲げに対する解析法を対象として、新たに事前準備研究で検討していた「横断面を構成する部材同士の接続関係」を利用した数値計算法を考案し本計算が可能になった。この手法による計算結果の妥当性を検討するために、新旧の HB-Warps 間で比較・検討を行った。その結果、図4に示すように両者の間には殆ど数値的差は無く一致した。

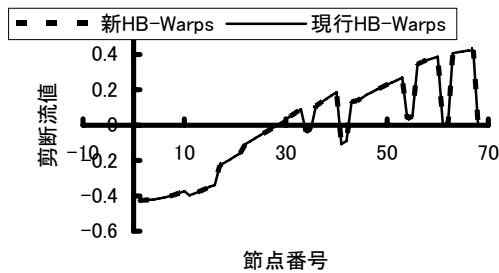


図4 新旧 HB-Warps による剪断流比較

②次に、現行 HB-Warps では計算が不可能であった横断面形状（コンテナ船前方船倉部のひな壇形状の横断面や同船尾船倉部横断面）に対して新 HB-Warps による強度応答計算を行った。その計算結果の一例として全剪断流分布を図5に示す。ここで、計算精度を調べるために、水平剪断力と各部材に働く剪断流の水平成分に板厚を掛けた合計値との比は 0.99

であった。ゆえに、新数値計算法を組込んだ新 HB-Warps が、この横断面形状に対して十分な計算精度をもっていることが分かった。

##### SHEAR FLOW

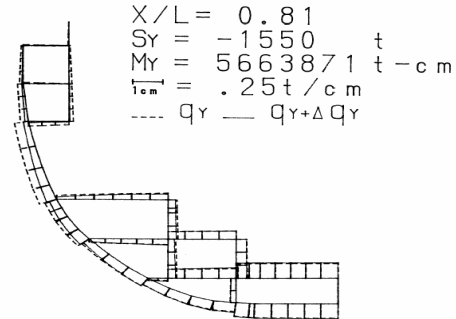


図5 全剪断流の分布 (x/L=0.81)

③最後に、コンテナ船前方船倉部のひな壇形状の横断面における全直応力の分布を図6に示す。この新 HB-Warps でこのひな壇形状に対して適用できることを示している。

##### NORMAL STRESS

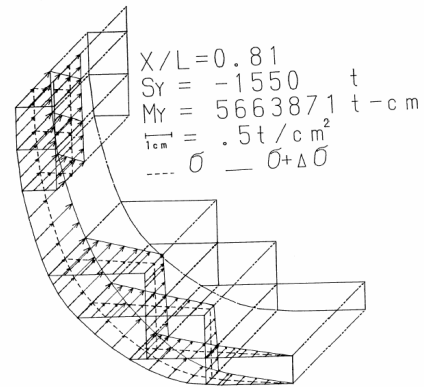


図6 全直応力 (x/L=0.81)

④ゆえに、「横断面を構成する部材同士の接続関係」を導入することにより、本計算時に横断面固有の規則性を導入する必要が無く、本計算法及び実用化システムの汎用性がさらに向上し、横断面の反りを考慮した縦の全体強度解析とその新実用化システムを構築する一つのシステムとなった。

##### (2) 新 TR-Warps 開発の成果

従来の TR-Warps をベースとして、剪断中心の決定法及び板厚中心線が囲む面積の決定法の汎用化と、サンプルの振りによる剪

断流係数の決定法を開発し、さらに「部材同士の接続関係を利用する方法」を導入した。

その結果、一例として  $x/L=0.16$ ,  $0.72$  の横断面における全直応力の分布を図7, 図8に示す。

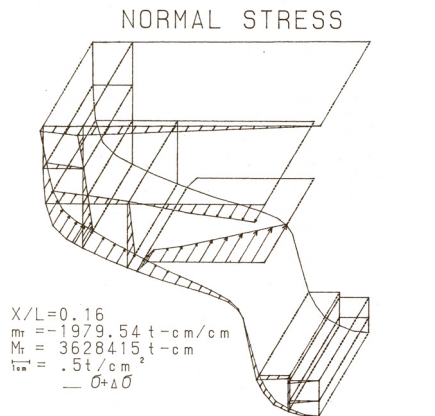


図7 全直応力 ( $x/L=0.16$ ).

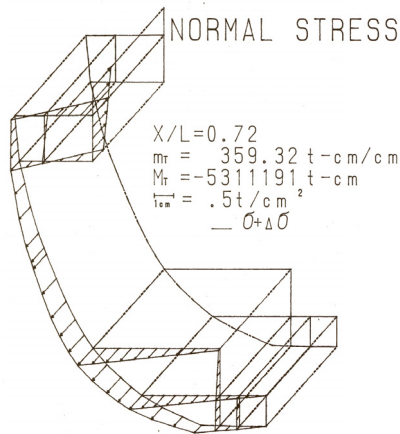


図8 全直応力( $x/L=0.72$ )

よって、従来では解析が困難であった、コンテナ船の船首尾部に存在するひな壇型の横断面形状にも水平曲げ・捩れ荷重を受ける薄肉変断面梁の応力解析法が適用可能となり、この新 TR-Warps 実用化システムをより汎用化することができた。

### (3) コンテナ船の横部材が捩り強度に及ぼす影響に関する成果

図9に示すようにコンテナ船の第3, 第4船倉を有限要素モデル化し、そのモデルの一端を固定し他端に捩りモーメント荷重を加え、有限要素解析を行い、横部材の影響を検討した。

その結果、図10, 図11に示すように、横部材による捩り強度に及ぼす影響は、実用上無視できることができる。

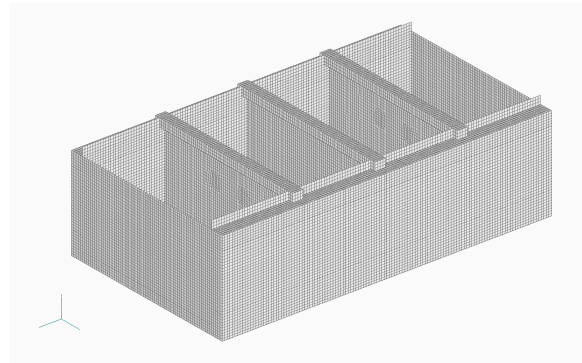


図9 コンテナ船第3, 第4船倉の有限要素モデル

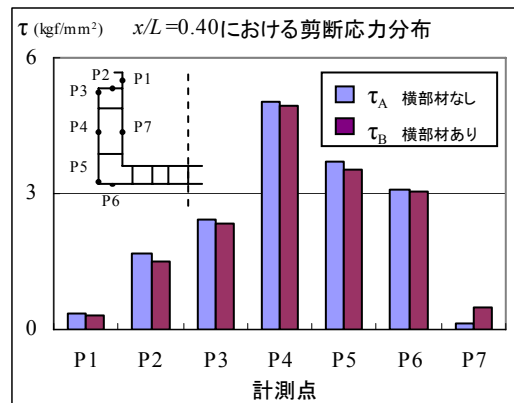


図10 横部材有無による剪断応力分布

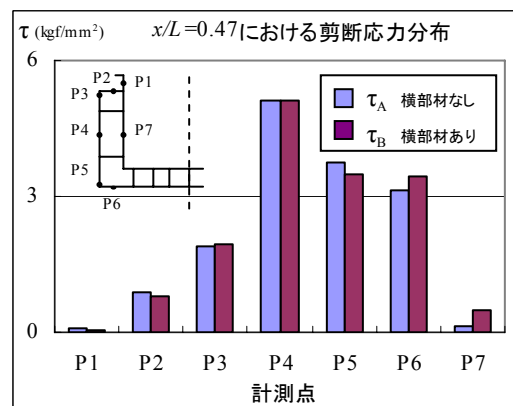


図11 横部材有無による剪断応力分布

### (4) 全船 FEM 解析による新 TR-Warps の評価

まず、図12に示す3000TEUコンテナ船の全船FEMモデル(要素数50414, 節点数31081)を作成した。

次に、NKの「コンテナ運搬船の構造強度に関するガイドライン」(以下、NKガイドラインと呼ぶ)に示されている波浪中の捩りモーメント荷重  $m_{WT2}$  を用いて、新 TR-Warps と FEM 解析結果をそれぞれ比較した。その結果、図13, 図14に示すように両者の結果は、ほぼ定性的に一致している。ただ、更に新 TR-Warps の解析精度を向上させるために

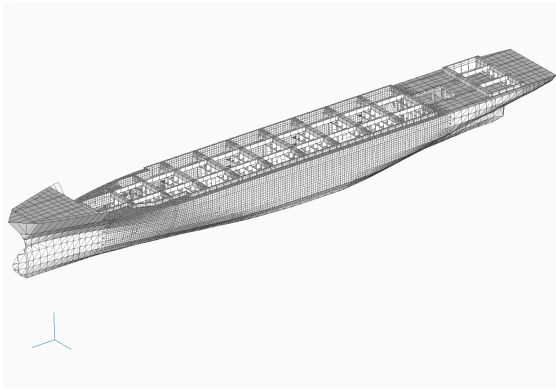


図 12 全船 FEM モデル

は、捩じりモーメント荷重  $m_{WT1}$  の両者の結果については、今後検討する必要がある。

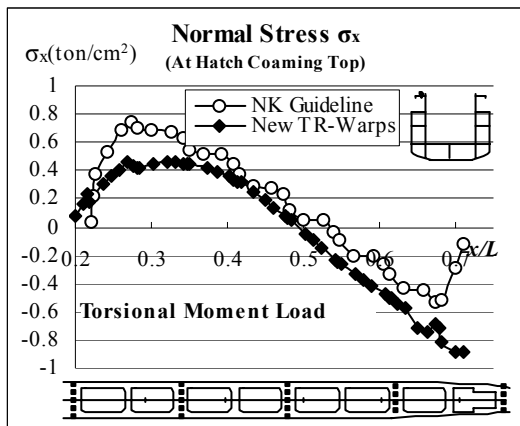


図 13 ハッチコーミングトップ直応力

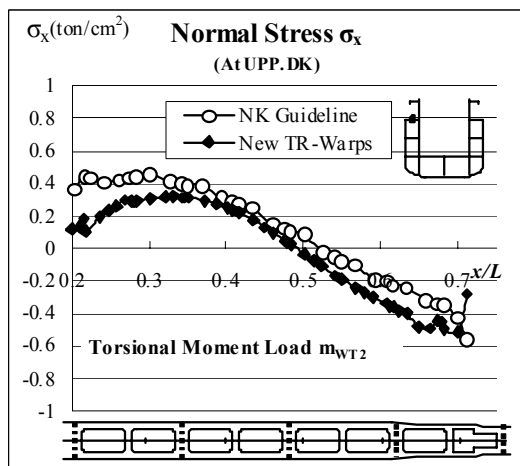


図 14 上甲板中央直応力

### (5) 新 VB-Warps の開発の成果

①旧 VB-Warps の剪断流及び反りによる剪断流の解析部に「剪断流の流入出の関係を用いた部材同士の接続関係」を導入して、新 VB-Warps の開発を行った。その結果、図 15 に示すように従来の剪断流分布に対して、新

旧の VB-Warps を比較したところ両者は一致した。

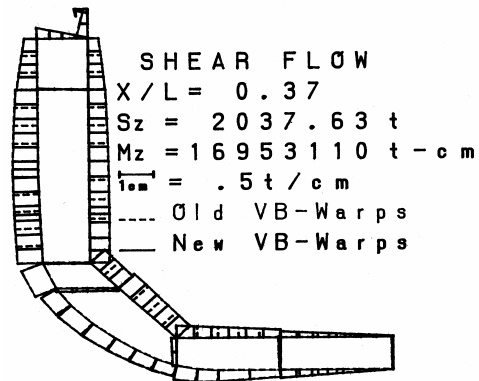


図 15 新旧 VB-Warps による従来の剪断流

②次に、図 16 に反りによる剪断流を含めた全剪断流の分布を示す。図中より旧 VB-Warps の計算結果は、中心線桁板において全剪断流の値は物理的に零でなければならないのに値が僅かに存在しており不自然である。また、ビルジ部やその近傍の船底外板において、反りによる剪断流の影響が大きすぎる。

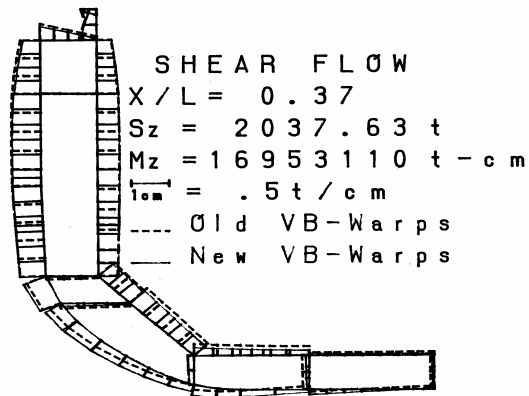


図 16 新旧 VB-Warps による全剪断流

一方、同図 16 に示している新 VB-Warps の全剪断流の計算精度を調べるために、垂直剪断力と各部材に働く剪断流の垂直成分に板厚を掛けた合計値との比は 0.9995 (全 89 断面の平均値)であった。よって、前述の「部材同士の接続関係」を導入して新数値計算法を組込んだ新 VB-Warps は、コンテナ船に存在する各横断面に対して十分な計算精度を有している。

以上のことより、上述した以外の解析部は旧 VB-Warps と同様であるので、新 VB-Warps は完成した。

**(6) 新 Total-Warps の評価**

今までに開発した新 VB-Warps, 新 HB-Warps, 新 TR-Warps に対して, NK ガイドラインに定められているそれぞれの荷重を加えて解析した。これらの値を合計したものが新 Total-Warps である。

解析結果の一例として, コンテナ船ハッチコーミングトップおよび上甲板中央において, 新 Total-Warps と NK ガイドラインのそれぞれの船長方向の直応力の分布を図 17, 図 18 に示す。これらの図より両者は, ほぼ一致している。この事は, 大規模有限要素解析を用いなくても, 新 Total-Warps で解析可能であることを示している。

ゆえに, 新 Total-Warps は初期構造計画時において, 短時間かつ簡便な構造解析システムとして実用上有効であるという成果を得た。

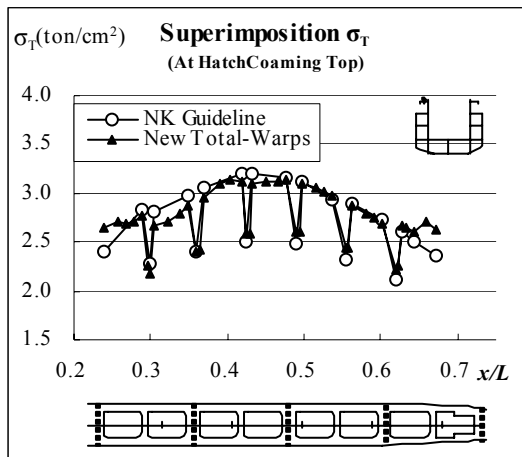


図 17 重ね合わせハルガーダ直応力

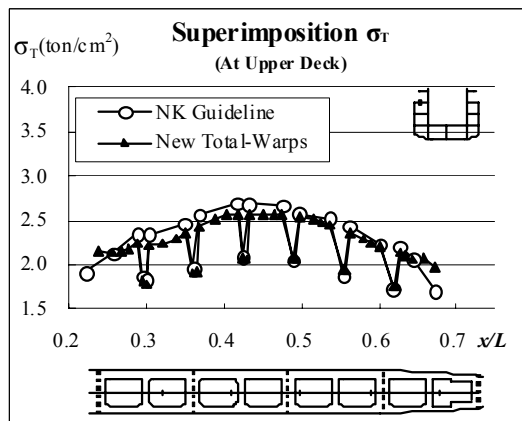


図 18 重ね合わせハルガーダ直応力

**5. 主な発表論文等**

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

**〔雑誌論文〕 (計 2 件)**

(1) 野瀬幹夫, 奥村一生: 水平曲げにおける横断面の反りの影響を考慮した船体縦強度理論の新しい実用化に関する研究, 日本船舶海洋工学会講演論文集第 6 号, 2008 年, p p383~386.

(2) 野瀬幹夫, 河野泰典, 野崎慎一郎: 水平曲げ・捩れ荷重を受ける船体梁の捩り強度解析法の新しい実用化に関する研究, 日本船舶海洋工学会講演論文集第 8 号, 2009 年, pp427~430.

**〔学会発表〕 (計 2 件)**

(1) 野瀬幹夫, 奥村一生: 水平曲げにおける横断面の反りの影響を考慮した船体縦強度理論の新しい実用化に関する研究, 日本船舶海洋工学会平成 19 年春季講演会, 2008 年 5 月 30 日 ウェルシティ長崎 (長崎市) .

(2) 野瀬幹夫, 河野泰典, 野崎慎一郎, 水平曲げ・捩れ荷重を受ける船体梁の捩り強度解析法の新しい実用化に関する研究, 日本船舶海洋工学会平成 21 年春季講演会, 2009 年 5 月 28 日 神戸市産業振興センター (神戸市) .

今後、この研究の成果として 3 篇学会にて発表予定。

**〔その他〕**

ホームページ等

<http://www.ship.nias.ac.jp/noseken/index.htm> (構築中)

**6. 研究組織**

(1) 研究代表者

野瀬幹夫

研究者番号: 70156199

(2) 研究分担者

無

(3) 連携研究者

無

以上