

平成 22 年 5 月 9 日現在

研究種目：特定領域研究

研究期間：2005～2009

課題番号：17083035

研究課題名（和文）日中交流史における海事・造船技術に関する工学的検討

研究課題名（英文）Study of Maritime Affairs and Shipbuilding Technology in the History of China-Japan Cross-Cultural Exchange from the Standpoint of Engineering

研究代表者

寺尾 裕 (TERAO YUTAKA)

東海大学・海洋学部・教授

研究者番号：10138638

研究成果の概要（和文）：日中間の交流に従事した琉球進貢船を対象に詳細船型を明らかにし、船舶性能を理論的、実験的に調査した。その結果、進貢船の抵抗・推進性能、操縦性能、運動性能などを多面的かつ定量的に明らかにした。さらに、進貢船の東シナ海の航海における速力や波浪中での動揺や操船などの運航状況やその限界についての定量的な評価が行われ、進貢船が日中交流に果たした歴史的な役割にたいする新しい知見を得た。これらの成果を日中間の文化交流に関する文科系の研究成果とを比較検討することにより、海域交流に関する文理融合研究の新しい端緒を開いた。

研究成果の概要（英文）：The ship hull forms engaged in China-Japan trade during 14 to 19 centuries were surveyed, and a Ryukyuan tribute ship was selected for the engineering study in view of modern naval architectural technology. Detail hull shape was developed from a display model of Kyusyu National Museum. Wide variety of the ship performance such as resistance, propulsion, maneuverability and motion in waves was clarified quantitatively by means of model tests and theoretical calculations. The results have also indicated some limiting criteria of wind and wave for the voyage at East China Sea. The exchange of the study results with those of the research in humanities has shown a possibility of new aspects in the role of ships for the maritime cultural exchange between China and Japan.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2005年度	8,300,000	0	8,300,000
2006年度	8,400,000	0	8,400,000
2007年度	10,000,000	0	10,000,000
2008年度	11,600,000	0	11,000,000
2009年度	2,700,000	0	2,700,000
総計	41,000,000	0	41,000,000

研究分野：

科研費の分科・細目：

キーワード：日中交易、進貢船、琉球

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 14世紀から19世紀の日中間の交流を根底で支えた船の役割が大きいことは疑うべくもない。しかし、実際の船舶の運航については、当時の船舶が実在しないことから詳細な工学的検討の妨げとなっていた。工学研究に耐えうる正確な船の寸法、形状は、遺物や文献を調査するだけでは明らかにできないことから、実際に日中間の交易に従事した船舶を調査し正確に復元をする必要があった。正確な船体形状が得られれば、現代の造船工学における各種手法を用いて当時の運航の実態を詳細に明らかにすることが出来る。検討内容としては船舶の主要性能である抵抗・推進、波浪中の動揺および操縦性などがあり、実験的、理論的な手法により航海状況の推定ができるものと考えられた。

(2) 当時の日中間を航海した船の運航状況が定量的に明らかになれば、船の漂流や難破に関する文献、資料との史実と照合し、文化交流を一層多面的に検討評価できるものと考えられた。これら工学的検討と文系の研究の相互交流を図ることにより、海事技術が日中の交易交流と日本の伝統文化形成に与えた影響と限界、交流に果たした船の歴史的な役割について新しい知見を得ることができるものと考えられた。

## 2. 研究の目的

(1) 船型の調査と詳細形状の解明：日中間の交易に従事したと考えられる船の船型調査と工学的な検討に耐えうる精度を持った3次元立体形状の計測法の確立および調査対象船の詳細形状の確定。

(2) 平水中および波浪中における船の性能解明：平水中性能、波浪中の運動及び操縦性能の定量的な評価を行い、日中間の航路を想定し運航限界に関する指標を明らかにする。

(3) 航路の海象と運航限界の調査：現代の統計理論を用い、航海中における運動性能の予測を行い、遭難、漂流、転覆などの指標となる甲板への海水打ちこみ、運動加速度などの短期予測を実施し、現代の評価基準を用いて運航限界の指標を定量的に求める。また、操縦性能については、舵と船体の特性をもとに操船可能最大風速や操舵限界を定量的に明らかにする。

(4) 文献の漂流記録との相互検討：海象気象状況について、当時の文献記録を精査し、風と航海時期、航路の関係を明らかにする。

## 3. 研究の方法

航海状態を再現し、船の特性を明らかにするために水槽試験用模型により実験的方法お

よび現代の数値解析手法による理論的予測、シミュレーション手法を組み合わせる研究を実施した。

## 4. 研究成果

(1) 調査対象船の選定：調査対象船の選定にあたり、日中間の交流に従事したと考えられる古代船の船型調査を、韓国、中国および沖縄において行った。

韓国では木浦の国立海洋博物館に保存展示されている中国元代の「新安船」の実物展示を調査した。出土範囲は船首部、船底部、船側部片舷及び隔壁の下部に限定されているが、船尾部は下端部の限られた範囲であり、舵部分を含む大部分が腐食により出土されていないことが判明した。

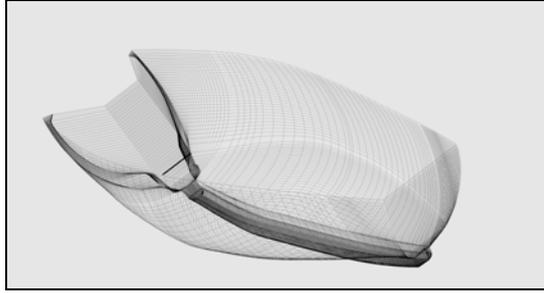
中国泉州においては海外交通博物館別館に保存展示されている宋代の船「泉州船」を調査した。出土部分は船底部及び船首部が大部分で船側部、甲板部は出土されていない。両船の文献調査、関係者のヒアリングを通じて、復元過程においては必ずしも厳密な考証が行われていない点もあり、工学的検討の対象としては十分ではないとの結論を得た。

一方、14世紀から19世紀の間に琉球と中国の進貢貿易に使用された「琉球進貢船」に関しては、下の写真に示す模型が東京の国立博物館に所蔵されており、それは明治初頭に船大工により制作された精緻あり、船体内外の構造も再現されたもので、工学的評価を行う上で必要な形状精度を確保できることが確認された。これらの調査結果より、本研究での造船工学的検討対象として「琉球進貢船」を選定することとした。



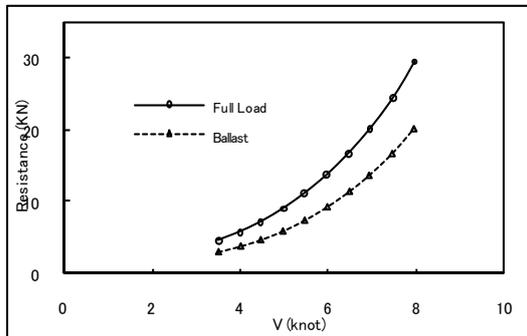
(2) 船型の計測：この選定された琉球進貢船の模型について、最新の測量計測方法であるトータルレーザーステーションを使用し、工学検討の基本となる船体形状の計測を行い、数値化、コンピュータによる3次元の形状再現を行った。九州国立博物館で行われた計測では、長さ約1.5mの小型模型に対して数百点の形状計測を行い、船型はもとより艀装品の形状、配置などにわたる詳細なデータの計測とCADによるデータ解析を行い、線図、オ

フセット、配置図等の船型についての工学的基礎データを得た。また、排水量計算などを実施し、今後の船体性能の評価に必要な諸特性値を得た。



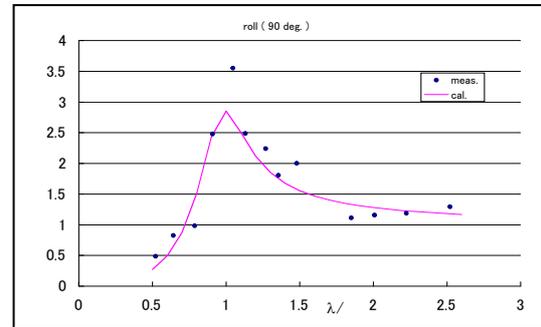
### (3) 水槽試験

①平水中抵抗試験：水槽による平水中性能評価のため、約 0.9mの小型模型船を作成し、東海大学海洋学部の回流水槽で試験を行った。進貢船の運航喫水は沖縄県立博物館を始め中国などの国内外の歴史資料図を調査し、そこに描かれている走航状態を詳細に調査した結果、通常の「満載」状態に加え「バラスト」状態での走航があることを確認し、2種類の喫水状態を選定した。実船の抵抗推定結果を下図に示す。性能に影響するパラメータとして、帆による走航を考慮した曳航点の上下位置、トリムの影響についても評価を行った。その結果、剰余抵抗係数（単位面積当たりの抵抗値）は「満載」状態の方が「バラスト」状態よりも小さい結果となった。この原因は船首の托浪板の水線幅が満載の場合に大きくなるという船首形状の影響が大きいことが分かった。また、トリムの影響や、帆に働く力の上下中心位置（曳航点高さ）の影響を調査した結果、今回の調査範囲では船体抵抗に大きな影響はないことが示された。中国の船型である進貢船と和船の代用例として菱垣廻船「浪華丸」の試験結果を比較し、船型と抵抗の関係を明らかにした。

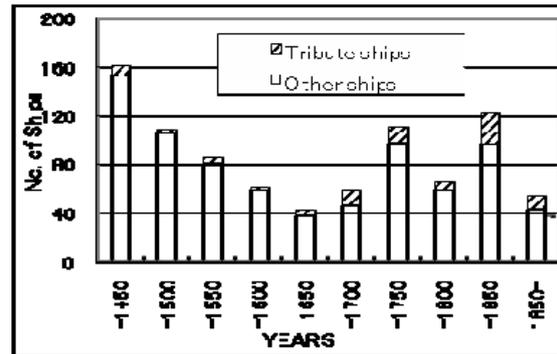


②波浪中運動性能：実験的および理論的手法をもとに、進貢船の運動性能を評価した。さらに、日本-中国間の航海中における船体運

動を評価するためにパネル法による運動計算手法を開発し、実海面での波浪状況における船の動揺性能を理論計算により求めることにより、統計的に定量的な波浪中の運動性能評価を可能とした。

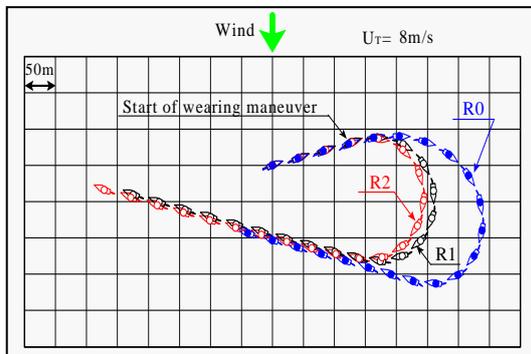


歴史的記録との関連性を検討するため進貢船の当時の航路に対し、現代の風、波、潮流等の統計的な数値データを用いて理論的に波浪と甲板冠水や過大な運動加速度の発生条件を明らかにした。その結果、季節要素を取り入れた航海の評価を行い、文献における遭難や難破の記録と船体運動の関係について数理的検討結果を得た。下図に進貢船を含む漂流船数の分析結果を示す。



③帆走性能：進貢船の特性と遭難との関連性調査の一環として、大洋における進貢船の帆走状態の評価、すなわち操縦性能の評価を試みた。船体の要素として舵の深さ影響に着目し、船の操縦運動の解明のために必要な船体の斜航時に発生する操縦流体力特性試験を実施し、舵の深さとヒール角度の影響を明らかにした。さらに、データ解析結果をもとにVPP (Velocity Prediction Program) 理論、シミュレーション計算などを実施し、一定風速下における定常状態での帆走時速力、横傾斜角、舵角度、切り上がり角度の限界などの運航状況の検討を行った。また、抵抗、帆性能、船体と舵の流体力特性をもとに、航海中の風条件下での航海速度、旋回性能および操縦限界などについて工学的な指標を明らかにし

た。これにより、日中間の航海における「進貢船の運航」という観点から、人的要因を排除して、現代の工学から見た進貢船の操船性能を明らかにし、運航限界に関する指標を示した。舵深さの影響の1例を下図に示す。



さらに、帆走状態における船体運動などの具体的な例証のため、進貢船の主要上部構造物を装備した大型模型船（約 1.5m 長さ）を製作し、波浪中の動揺や帆の有無による船体運動影響を調査した。特に、不規則波中における船の挙動を帆走時および帆なしの状態でも再現し、風、潮流、波の複合的な実航海に近い外的環境条件下における運行状況の再現し、船体の運動挙動を映像として記録した。  
 (4) 文献調査による東シナ海の航海時期：進貢船の航海時期に関連し、東シナ海の交易船の歴史資料である「唐船風説書」と「唐通事会所日録」をもとに 17 世紀後半から 18 世紀前半にかけて長崎に来航した唐船の航海記録に検討を加え、出港地域により航海時期が異なるばかりでなく、船の大小や耐航性の優劣に加え交易時期が航海に大きな影響を及ぼすことを明らかにした。

また、この結果より遣唐使船の航海時期と季節風の関係についても新たな考察を加えた。

(5) 造船技術の伝搬：琉球進貢船に代表される中国の造船技術は沖縄の造船技術に影響を与えたと考えられてきた。平安座の船大工により製作された 2 隻のマーラン船の展示模型について、船体形状の詳細計測を行い、船型の数値化および線図の作成を行った。さらに、マーラン船の小型模型を作製し水槽試験を実施して、その抵抗特性を明らかにするとともに、波浪中運動の理論的計算を行い、進貢船との船型比較という観点から特性検討を行い、マーラン船の特徴を工学的に評価検討した。その結果、中国の技術が維持されている点や、独自で改良された点などを、具体的な船の性能と関連づけて明らかにした。

## 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 9 件）

- ① 八木 光, 河邊 寛, 沖縄マーラン船の船型に関する調査研究, 東海大学紀要海洋学部, 第 7 巻, 第 1 号, 2009 年 3 月, pp1-10, 査読有り
- ② 安達裕之, 東シナ海の航海時期、海事史研究第 66 号、pp20-49、2009 年 12 月、日本海事史学会、査読有り
- ③ Masuyama, Y., Yagi H. and Terao, Y., Sailing Performance and Maneuverability of a Traditional Ryukyuan Tribute Ship', Asia Navigation Conference (ANC2009), pp 155-164, November, 2009, Shizuoka, Japan、査読有り
- ④ Yagi, H. et al.: Study on the Hydrodynamic Performance of a Ryukyuan Tribute Ship, The East Asian >Mediterranean<: Maritime Cross roads of Culture, Commerce and Human Migration, Harrassowitz Verlag/ Wiesbaden, 2008, pp235-250、査読有り。
- ⑤ Yagi, H., Ryukyuan Tribute Ship and its Navigation, Proceedings of PAAMES and AMEC2008, pp839-843、査読有り
- ⑥ 田中俊介, 八木 光, 船体形状復元法に関する基礎研究—多点レーザー照射システムの適用と精度評価—, 東海大学紀要海洋学部, 第 5 巻第 1 号, 2007 年, pp41-48、査読有り
- ⑦ 河邊 寛, 尾崎伯哉: 琉球進貢船の琉球-中国間の航行状況の推定, 日本船舶海洋工学学会講演会論文集第 4 号, 2007 年 5 月, pp. 125-128、査読なし
- ⑧ 尾崎伯哉, 八木 光, 沖縄進貢船の船型と抵抗性能, 日本船舶海洋工学学会講演会論文集第 3 号, 2006 年 11 月, pp. 121-124、査読なし
- ⑨ 河邊 寛, 沖縄進貢船の波浪中の運動と荷重について, 日本船舶海洋工学学会講演会論文集第 3 号, 2006 年 11 月, pp. 125-128、査読なし

〔学会発表〕（計 9 件）

- ① 八木 光, 琉球進貢船の特徴と抵抗性能、2009. 12. 12 「進貢船の性能について」沖縄シンポジウム「東アジアの海域交流—琉球という視点から—」於沖縄県立博物館・講堂、
- ② 増山 豊, 'Sailing Performance and Maneuverability of a Traditional

Ryukyuan Tribute Ship', Asia Navigation Conference (ANC2009), pp 155-164, November. 19, 2009, granship, Shizuoka, Japan,

- ③ 河邊 寛、2008年10月22日「A Ryukyuan Tribute Ship and its Navigation」The 3rd Pan Asian Association of Maritime Engineering Societies and Advanced Maritime Engineering Conference 2008 於幕張メッセ
- ④ 八木 光、2008年10月22日、「Ryukyuan Tribute Ship and its Navigation」、PAAMES (Pan Asian Association of Maritime Engineering Societies)
- ⑤ 八木 光、2008年1月14日「進貢船の運航状況に関する一考察」東アジア海域史研究会、於大阪大学文学部
- ⑥ 八木 光、2007.11.3 「Study on the Hydrodynamic Performance of a Ryukyuan Tribute Ship」、Symposium 「The West Asian Mediterranean - Maritime Crossroads of Culture, Commerce, and Human」 於ミュンヘン大学
- ⑦ 八木 光、2007年9月12日「マーラン船の船型について」にんぷろ海域班文理融合ワークショップ、日中交流における琉球進貢船とその周辺 於東海大学清水研修館
- ⑧ 八木 光、2007年9月12日「進貢船の性能評価について」にんぷろ海域班文理融合ワークショップ、日中交流における琉球進貢船とその周辺 於東海大学清水研修館
- ⑨ 八木 光、2006年7月23日 「進貢船の船型的特長とその性能評価について」、シンポジウム「東アジア海域史研究の未来」於九州大学文学部

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

寺尾 裕 (TERAO YUTAKA)  
東海大学・海洋学部・教授  
研究者番号：10138638

### (2) 研究分担者

八木 光 (YAGI HIKARU)  
東海大学・海洋学部・教授  
研究者番号：80349331

渡邊啓介 (WATANABE KEISUKE)  
東海大学・海洋学部・准教授  
研究者番号：10297202

安達裕之 (ADACHI HIROYUKI)  
東京大学大学院・情報学環・教授  
研究者番号：20012495

増山 豊 (MASUYAMA YUTAKA)  
(2008-2009年度)  
金沢工業大学・工学部・教授  
研究者番号：10101362

河邊 寛 (KAWABE HIROSHI)  
(2005-2007年度)  
東海大学・海洋学部・教授  
研究者番号：00384876