

博 士 論 文

19 世紀「鉄と蒸気の時代」における帆船
「(要約)」

平成 26 年 3 月

広島大学大学院総合科学研究科

総合科学専攻

吉田 勉

目 次

序章 問題の所在、研究の課題と方法

- 1 先行研究
- 2 本研究の課題と方法

序章の注

第1章 19世紀における造船技術と海運

1. 1 19世紀に至る造船技術の歴史
 1. 1. 1 科学的な造船業
 1. 1. 2 船型研究
 1. 1. 3 船体強度に関する研究
 1. 1. 4 帆船の建造技術
 1. 1. 5 木造帆船の建造手順
 1. 1. 6 帆船の船型について
1. 2 蒸気船の登場
 1. 2. 1 実用蒸気船の始まり
 1. 2. 2 鉄船の建造と鉄製蒸気船の建造
 1. 2. 3 19世紀における造船研究
1. 3 海運
 1. 3. 1 貿易航路の進展
 1. 3. 2 帆船の航路と風及び海流
 1. 3. 3 船舶需要の増大
 - (1) 貿易額の拡大
 - (2) 部門別輸出入額の変遷
 - (3) 再輸出額の変遷
 1. 3. 4 輸送量
 - (1) 輸入量
 - (2) 輸出量
 1. 3. 5 新造船舶の建造
 1. 3. 6 人口の都市集中による食糧輸入増加と船舶需要
1. 4 船舶建造と造船用木材の不足
 1. 4. 1 造船用木材不足の主要因
 1. 4. 2 造船用木材不足に対する対応とその問題点
 1. 4. 3 造船用森林資源の保護対策とその結果
 1. 4. 4 造船用木材不足に対する対策

- (1) 外国木材の輸入
- (2) 造船用木材保管方法による損失対策
- (3) 造船部材としての鉄の使用
- (4) 船舶不足に対する応急的対策

第1章の注

第2章 船用蒸気機関の開発の遅れ

- 2. 1 19世紀前半期の船用蒸気機関の実情
 - 2. 1. 1 船用蒸気機関の問題点
 - 2. 1. 2 なぜ蒸気船は大型化したのか
 - 2. 1. 3 船用蒸気機関の利用範囲の拡大
- 2. 2 外車からスクリュー・プロペラへの推進方法の変更
- 2. 3 単気筒蒸気機関の種類
 - 2. 3. 1 外車推進蒸気船用単気筒蒸気機関
 - (1) ビーム・エンジン
 - (2) サイドレバー・エンジン
 - (3) オッシレーティング・エンジン
 - (4) ステイプル・エンジン
 - (5) ダブルシリンダ・エンジン
 - (6) ダイアゴナル・エンジン、及びホリゾンタル・エンジン
 - 2. 3. 2 スクリュー・プロペラ推進蒸気船用単気筒蒸気機関
 - (1) トランク・エンジン、及び
リターン・コネクティング・ロッド・エンジン
 - (2) 倒置縦型機関

第2章の注

第3章 物資輸送手段としての蒸気船と帆船

- 3. 1 蒸気船による大西洋横断
- 3. 2 クリッパーの登場とその発展
 - 3. 2. 1 アメリカの帆船建造技術の進歩
 - 3. 2. 2 アメリカのクリッパーによる中国交易への参入
- 3. 3 木鉄交造船の登場
 - 3. 3. 1 英国の帆船建造技術の停滞
 - 3. 3. 2 木鉄交造船の建造
- 3. 4 造船部材の変遷
 - 3. 4. 1 船体材料の変遷

- 3. 4. 2 帆船における鉄及び鋼材の使用
- 3. 4. 3 蒸気船における鉄及び鋼材の使用

第3章の注

第4章 帆船の優位を継続させた他の要因

- 4. 1 省人化の推進による運賃の低減
- 4. 2 船底への銅板被覆技術と電食の防止
- 4. 3 海洋に関する科学的研究の進歩
- 4. 4 移民の急増と金鉱の発見
- 4. 5 イギリス造船技術の停滞と法・条例の問題点
 - 4. 5. 1 トン税測定法の変遷
 - 4. 5. 2 航海条例の制定と廃止までの経緯
 - 4. 5. 3 商船法の制定
- 4. 6 蒸気船と郵便補助金政策
 - 4. 6. 1 郵便輸送における帆船から蒸気船への移行
 - 4. 6. 2 郵便輸送蒸気船の進歩の遅れ
 - 4. 6. 3 郵便補助金政策への疑問と変質
 - 4. 6. 4 郵便補助金政策の弊害

第4章の注

第5章 スエズ運河の開通とそのインパクト

- 5. 1 2段膨張機関の発明
 - 5. 1. 1 2段膨張機関とは
 - 5. 1. 2 Holt社の快挙と2段膨張機関装備の一般化
- 5. 2 スエズ運河開通の意義
 - 5. 2. 1 スエズ運河の竣工
 - 5. 2. 2 スエズ運河が海運業に与えた影響
 - 5. 2. 3 航海距離の短縮とその影響
- 5. 3 スエズ運河開通後の蒸気船と帆船
 - 5. 3. 1 蒸気船に与えた影響— いわゆる「スエズ・マックス」問題 —
 - 5. 3. 2 帆船に与えた影響
- 5. 4 帆船の延命とインフラストラクチャの整備
 - 5. 4. 1 給炭基地の整備
 - 5. 4. 2 給炭基地への石炭輸送
 - 5. 4. 3 港湾設備の整備
 - 5. 4. 4 輸送手段に対する海運業者の選好

5. 4. 5 帆船の側での経営努力

第5章の注

第6章 帆船から蒸気船への移行時期の再考

6. 1 帆船と蒸気船の技術的進歩の概要

6. 2 造船と製鉄業の進歩

6. 3 造船と工作機械の進歩

6. 4 技術複合体としての帆船

6. 5 技術複合体としての蒸気船

6. 5. 1 船体と推進器

6. 5. 2 ボイラの進歩

6. 5. 3 復水器の進歩

6. 5. 4 19世紀最後の25年間における蒸気機関の進歩

6. 6 技術複合体的見地からの移行時期

第6章の注

おわりに

付図1 物資輸送用蒸気船への道のり (1)

付図2 物資輸送用蒸気船への道のり (2)

参考文献

学位論文の要約

「鉄と蒸気の時代」といわれた 19 世紀は、18 世紀から始まったイギリスの産業革命の発展によって、製造面におけるそれまでの手工業が工場制機械工業に替わり、大量の物資の生産が可能となった時代であった。これら大量の物資の輸送は、陸上では鉄道が、海上では蒸気船が帆船に替わる新しい海上輸送手段として期待された。しかし、実際に 19 世紀をとおして物資輸送を担ったのは、予想に反して帆船であった。なぜ帆船が担い続けられたのかという要因を解明することが、本研究の目的である。

蒸気船への移行が遅れた要因として、先行研究は、海運業における経済性・労働生産性の面からと、船用蒸気機関の進歩の面からの研究に分かれており、帆船が 19 世紀をとおして物資輸送という面で、蒸気船に対して優位を継続していたことを確認するものとなっている。そして、移行時期を特定する尺度は、船腹量・物資輸送量という量的な尺度、スエズ運河の開通で代表されるインフラストラクチュア整備という尺度、そして船用蒸気機関の進歩という技術面の尺度に分かれている。

量的な面からの研究者は、その移行時期を 1880 年代中頃とし、インフラ整備の面からの研究者は、スエズ運河開通の時期である 1869 年を移行時期とし、技術面から研究者は、2 段膨張機関の装備が一般的となった 1870 年代としている。また、スエズ運河の開通時期と 2 段膨張機関の装備時期とを重ねて、1870 年代初期とする研究者もいる。このように移行時期を特定する尺度によって、その時期に相違がある。特に、技術面からの移行時期の研究は、船用蒸気機関という蒸気船を構成する、重要ではあるが、あれこれのひとつの構成要素にすぎないものに偏っており、物資を輸送する手段としての蒸気船の進歩を体系的に研究されていない。本研究では、19 世紀をとおして、物資輸送手段としての「帆船」と「蒸気船」の進歩を、当時の各種製造業等との関係を含め体系的に改めて考察してみた。

19 世紀に至るまでの造船技術は、船大工という言葉に象徴されるように、主として伝承と経験に基づいたものであったが、海軍の艦艇建造に関しては、18 世紀にすでに、船体模型による船体構造の研究や、経験と伝承から得られた技術を纏めた造船術の書物も出版され、建造前に船の安定性を算出する域に達したものもあった。18 世紀末には、小型ではあるがワットの発明した複動式蒸気機関を装備した木造船も現れている。一方、帆船は、旧来の状況と殆ど変わらず、少し大きくなった程度であった。

産業革命の進展は、大量の物資の輸出と、その原材料の輸入のために船舶需要を増大させた。しかし、この当時は造船用の木材不足が逼迫し、十分な新造

船の供給は困難であったため、戦時拿捕船の利用や、植民地での建造及び輸入木材による建造で凌いでいた。当時の蒸気船も、その容積の殆どを燃料効率の極めて悪い船用蒸気機関と、その燃料炭で占められ、石炭補給が容易な沿海及び近距離航行に限られ、帆船にかわる物資輸送能力は備えていなかった。

19世紀前半期の船用蒸気機関は、上述の通り長距離を航海するためには、距離に見合う大量の自航用燃料炭を積載する必要があったため、早くから船体の大型化が図られ、帆船より早い時期に鉄製船体が導入され、外洋航海のために、外車より効率的で安全な航行が可能なスクリュー・プロペラも導入された。この鉄製船体による大型化と、スクリュー・プロペラを装備した蒸気船は、郵便物や旅客、及び小型で嵩張らない高級貨物の輸送を可能にし、1843年建造のグレート・ブリテン号は、19世紀前半期における蒸気船の完成形態とも言われるものであったが、当時の蒸気船の限界を超えることはできず、物資輸送船としては不適であった。

蒸気船サヴァンナ号による大西洋横断は、帆船船主に、蒸気船による物資輸送業務への参入という脅威を与え、蒸気船に対抗できる帆船の建造を促した。また、アメリカのボルティモアで建造された速度を優先した、ボルティモア・クリッパーで代表される快速船による中国茶交易への参入と、その速度に驚愕したイギリスの造船業界と海運業界は、アバディーン・クリッパーに代表される快速帆船の建造を始めたが、木材不足のためにアメリカのクリッパーと同程度の大きさの船の建造は困難であった。このため、イギリスの帆船造船業者は、船体の強度部材に鉄を使用する木鉄交造船技術の導入によって、大型でより軽量の帆船の建造をはじめた。この木鉄交造船技術は、当時のティー・クリッパーにも導入された。また、船底への銅板被覆は帆船の船足の低下を防ぎ、当時の蒸気船では速度の面で太刀打ちできなくなった。さらに、蒸気動力を利用したウィンチ等の機械類の装備による省人化に努め、運賃の低減が図られた。そして、当時発刊されたモーリー大尉の水路誌は、帆船の航海期間の短縮を可能にし、カルフォルニアとオーストラリアの金鉱の発見は、移民を急増させ運賃の安い帆船の利用を促進させた。このように、帆船は、運賃の低減につながる各種の経営努力によって優位を維持した。この背景には、これまで建造の足枷であったトン税測定法の改正によって、自由な設計による帆船の建造と、航海法の撤廃によってイギリス船舶への保護政策が無くなり、アメリカをはじめとする海運国相互の競争に勝てる帆船の建造が急務となったことも、帆船の進歩を助長した。一方、蒸気船は、その航海の定期性と確時性から早くから郵便輸送船として、政府との契約の下で運航されていた。契約会社には、郵便補助金という高額な補助金が政府によって支払われ、政府はこの補助金の見返りとして、郵便輸送を行う蒸気船の建造は、政府の提示する建造仕様書によって建造

することと、有事には海軍艦艇として徴用すること等が契約で定められ、契約会社は、郵便輸送船の改善や改造には政府の許可が必要であった。この政府の介入は、新しい技術の導入を阻害した反面、契約会社にとっては、補助金によって経営が安定していたために、帆船船主ほど新技術の導入に対して積極的ではなかったことも、帆船の優位を継続させることになった。

この状況を変化させる契機となったのが、スエズ運河の開通による航海距離の短縮と、燃料効率を格段に向上させた船用 2 段膨張機関を装備した蒸気船による長距離無補給航海の成功であった。これにより、蒸気船は世界各地に運航を拡大するとともに、蒸気船運航会社は、世界各地に自航用燃料炭の給炭基地を整備した。これらの状況は、蒸気船が帆船に代わって物資輸送を担うことを確実視させたが、予想に反して物資輸送は依然として帆船が担い続けた。この要因には、給炭基地への石炭輸送が帆船によって行われたこと、海運業者による輸送物資の種類と輸送距離による輸送手段の選好、及び帆船船主の継続的な運賃の低減努力が挙げられる。また、スエズ運河の開通によって多くの蒸気船が地中海を経由したため、従来のイギリスを全ての物資集積地、及び中継基地とした海運システムを終焉させている。また、運河開通前に建造された蒸気船は運河を通航するには大きすぎ、蒸気船船主は、多くのこれら蒸気船を廃船とし、運河通航が可能な大きさの蒸気船（いわゆる“スエズ・マックス”問題）の建造を急ぎ、一時的な蒸気船建造ブームが起こった。これらの新造蒸気船は 2 段膨張機関を装備した鉄製船体であったが、その造船技術は従来の技術を踏襲したものであった。スエズ運河の開通と船用 2 段膨張機関の装備によって、ようやく蒸気船にも物資輸送を可能にする条件が整ったことになるが、帆船と同じように物資を輸送するためには、船用蒸気機関のさらなる改善が必要であり、帆船の物資輸送面での優位は変わらなかった。

つづいて、スエズ運河の開通と船用 2 段膨張機関の装備によって、物資輸送が可能な容積の確保が生まれたにもかかわらず、船腹量、輸送量共に蒸気船が帆船を凌駕することが遅れた要因について考察した。考察にあたっては、坂上茂樹氏の、船舶のような技術複合体は、それを構成する各技術サブシステム相互間のアンバランスが完成姿態である上位システム、即ち船舶の維持を困難とさせるという考え方を参考として、帆船と蒸気船を構成する各構成品相互間のアンバランスの是正がいかに進められたのかを詳細に検証することによって、従来とは違う側面から移行時期を再考した。この結果、帆船を構成する各構成品には相互間の連携を必ずしも必要とせず、構成品相互間のアンバランスを心配することなく、蒸気動力を利用した省人化機械類の装備に代表されるように、常に最新の技術を完成された形態で導入することが可能であった。このことが、帆船にとって不利であったスエズ運河の開通以降においても、帆船が優位を維

持し得た主たる要因であった。一方、蒸気船は、各構成品が相互に連携をとらざるをえない技術的必然を有していた。特に、船用蒸気機関は、ボイラ、復水器、機関から構成され、これら相互の照応が必要であった。全ての照応がとれたのは、船用多段膨張機関の完成と、それに見合う高圧蒸気を作りだせる全鋼製円筒形ボイラの完成と、ボイラの稼働率を格段に向上させた真水給水用蒸化器付表面復水器の完成といった構成品が出そろった時期である、1884年頃であった。

船舶を構成する各構成要素相互間の照応・整合性という尺度で再検証した帆船から蒸気船への移行時期が、船腹量という尺度での帆船から蒸気船への移行時期と同じ結果となったことは、先行研究における移行時期の結果を、本研究によって技術的な見地から裏づけたといえる。また、風と海流という自然現象に依存していた帆船が、「なぜ 19 世紀を通して物資輸送という面で優位を維持できたのか」という疑問に対しても、導入された各装置間の照応がなく、不整合の是正という期間が存在しなかったことが、帆船の継続的な優位を可能にした主要因であったと考えられる。

論文目録

氏名 吉田 勉

学位論文

論文題目 19世紀 「鉄と蒸気の時代」における帆船

参考論文

I 関係論文

1 吉田 勉

論文題目：「19世紀蒸気船の時代における帆船 — 研究序説 — 」

雑誌名：『社会文化論集』（査読制度あり）

巻（号）、頁、発行年：第12号、101-128頁、2013

2 吉田 勉

論文題名：「帆船の進歩と木鉄交造船—19世紀蒸気船の時代における帆船の繁栄—」

雑誌名：日本技術史教育学会『技術史教育学会誌』（査読制度あり）

巻（号）、頁、発行年：第14巻（第2号）、37-42頁、2013

3 吉田 勉

論文題名：「船舶技術に対するスエズ運河開通のインパクト」

雑誌名：日本産業技術史学会会誌『技術と文明』（査読制度あり）

（印刷中：2013年10月16日受理）

II その他

なし