

日本海事史学会 第 62 回総会 特別講演  
2024 年 6 月 29 日、駒場ファカルティハウス  
山田義裕

## 17 世紀初頭の英国における造船の諸文書

### 目次

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| はじめに                                                                          | 2  |
| 1. 古い英国の船大工術の断片                                                               | 2  |
| 1) 刊行されたことのない文書                                                               | 2  |
| 2) 最も重要な 3 面図                                                                 | 6  |
| 3) マシュー・ベイカーのトン数計算                                                            | 8  |
| 4) 船殻の側面図と平面図(狭まり線)の作図                                                        | 9  |
| 5) 最大横断面図の作図                                                                  | 10 |
| 6) 最大横断面図から生じる疑問と問題                                                           | 13 |
| (1) 幾つもの多円弧による作図の始まりは何時? どこで?                                                 | 13 |
| (2) 船殻強度の補強材                                                                  | 16 |
| (3) 船腹増大の問題                                                                   | 17 |
| 2. 1600 年頃の造船の手写本: ニュートンによるコピー                                                | 20 |
| 1) ニュートンは何故造船術の文書をコピーしたのか                                                     | 21 |
| 2) 船殻主要部材の設計                                                                  | 22 |
| 3) 最大横断面から他の横断面の作図の仕方: <sup>ホーリング・ダウン</sup> 引き下げと <sup>フリンギング・アップ</sup> 引張り上げ | 26 |
| 4) 最大横断面図の作図                                                                  | 29 |
| 3. 1620 年頃に書かれた造船に関する論文                                                       | 36 |
| 1) 船の部分と部材の説明                                                                 | 38 |
| 2) 見取図を描くに当たって                                                                | 41 |
| 3) 最大横断面の具体的な作図                                                               | 44 |
| 4) 側面図と平面図(船幅の狭まり線と船底の狭まり線)の作図                                                | 49 |
| 5) 肋骨(チンバー・アンド・スペース)の配置、「隙間取り」                                                | 52 |
| 6) 長さ <sup>フレイズ</sup> と幅の第 3 平面図                                              | 54 |
| 7) 最大横断面から他の横断面の作製                                                            | 56 |
| 4. 結論                                                                         | 59 |
| 註                                                                             | 60 |
| Bibliography                                                                  | 69 |

はじめに

いわゆる大航海時代は、コロンブスの新大陸の発見と、バスコ・ダ・ガマによるインド到着から始まったと言っても過言ではなかろう。しかし、英国はその1世紀前まで、国王達の海事における関心の中心は、英仏海峡を挟んでの百年戦争とバラ戦争による大陸側との係争が中心であり、その目的に適った船舶の調達の対象は航洋船ではなかった。ただ軍艦において、その効率性、航洋性とは別に、見た目で敵を威圧する大型船が、北方ヨーロッパの伝統的な構造であった<sup>クリンカー</sup>鎧張り造りにおいてさえ建造され、船大工達の技量は、他国に比べて見劣りするものではなかった。コスト的にも、航洋性の点からも<sup>カーベル</sup>クリンカー造りは時代遅れとなり、竜骨に据えられた肋骨への板張り造りへと移行していったが、英国がこの大きな技術的な転換にも問題なく適応したことは、船体のかなりの部分が回収されて展示されているメアリー・ローズ号を見れば分かる。そして1588年にスペインの無敵艦隊を撃退し、ポルトガルとスペインと並んで大航海時代の主役の一人に躍り出た。このアルマダとの海戦において英国は必ずしも戦闘において大勝を収めたわけではなかったが、スペインに対するカリブ海における私掠行為で実績を発揮していたガレオン船は評価を高めた。

16世紀後半にスペイン、ポルトガル、英国といったヨーロッパの造船先進国において、造船術を扱う書物が現れた。当時の造船の現場は経験と技能の世界であり、こうした書物は読者として、船大工親方だけを対象としたのではなく、識字率が高く、船の運用(積載量、速度、コスト、安全性、寿命、戦闘力)に関心を持つ為政者、船主、貿易商人、知識人達も対象であったと考えられる。本ペーパーでは、このような17世紀初頭に英国で書かれ、現代にまで残された主要な次の三つの手写本を中心に紹介したい。

- 1) マッシュー・ベイカー著「古い英国の船大工術の断片」、1580年～1630年頃。
- 2) 著者不明「ニュートン手写本」、1600年頃。
- 3) 著者不明「1620年頃に書かれた造船に関する論文」、1620～1625年。

## 1. 古い英国の船大工術の断片<sup>(1)</sup>

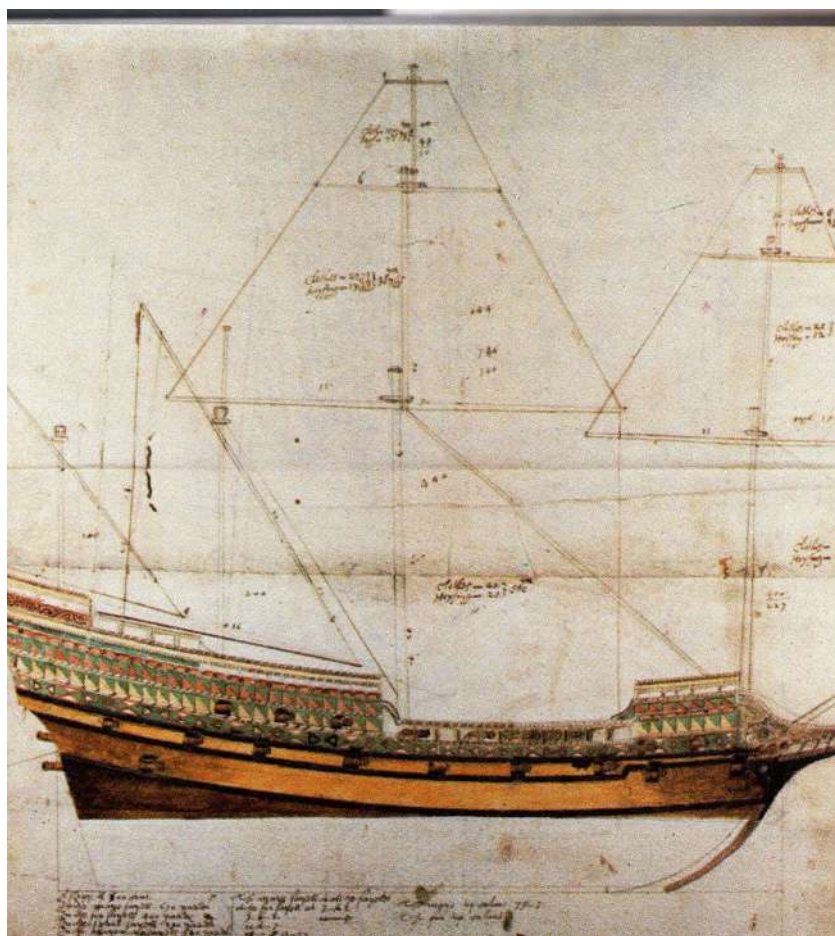
### 1) 刊行されたことのない文書

この文書は、英国における造船に関する文書の出発点を為しただけでなく、それ以降の17世紀の造船に関する著作の基盤となった。英国の造船に関する文書は、19世紀に至るまで、その先進性を世界的に維持した。

同書は、一冊の書物として書かれたものではない。160ページほどの紙片から成るので、この文書が持つタイトルの「断片」の由来となっている(以後「船大工術の断片」と称する)。ケンブリッジのマグダーレン・カレッジのピープス・ライブラリーにPepysian MS. 2820として保存されていることから分かるように、元来17世紀後半の最も重要な造船家のサミュエル・ピープスの所蔵に帰しており、文書にこのタイトルを付したのもピープスである。また、紙片はバラバラではなく、彼によって綴じられた体裁を有しているよ

うであるが、その表装状態で写真も公表されていない。大部分の重要な 17 世紀の造船書に係る文書が何らかの形で公刊されている中で、本書は未だいかなる形でも公にされていない。その理由は分からないが、内容を系統立てて編集し、解説することが一筋縄ではいかないのではなかろうか。極めて美しく描かれた絵が何枚か含まれており、それらの一部が出版物に掲載されている。図 1 はその中でも代表的なものである。但し、そうした出版物には説明らしいものはほとんどなく、また図版も鮮明さに欠けるものが多い。研究論文も少ない。そうした状況の中で、筆者が図 1 を模写した(1980 年)のが図 2 である。

図 1：船大工術の断片中の側面図



この図中の帆装は後で描き加えられたもので、ペイカーのオリジナルの図は船体だけである。

また別のガレアッセ船の図を筆者が模写したのが図 3 である。この図 3 に筆者が書き込んだ青色の→で示した曲線が「船幅の狭まり線」、赤色の→で示した曲線が「船底の狭まり線」で、この両曲線が描かれるのが、ペイカー以降の英国船の平面図の特徴となっている。

図 2：筆者による図 1 の模写

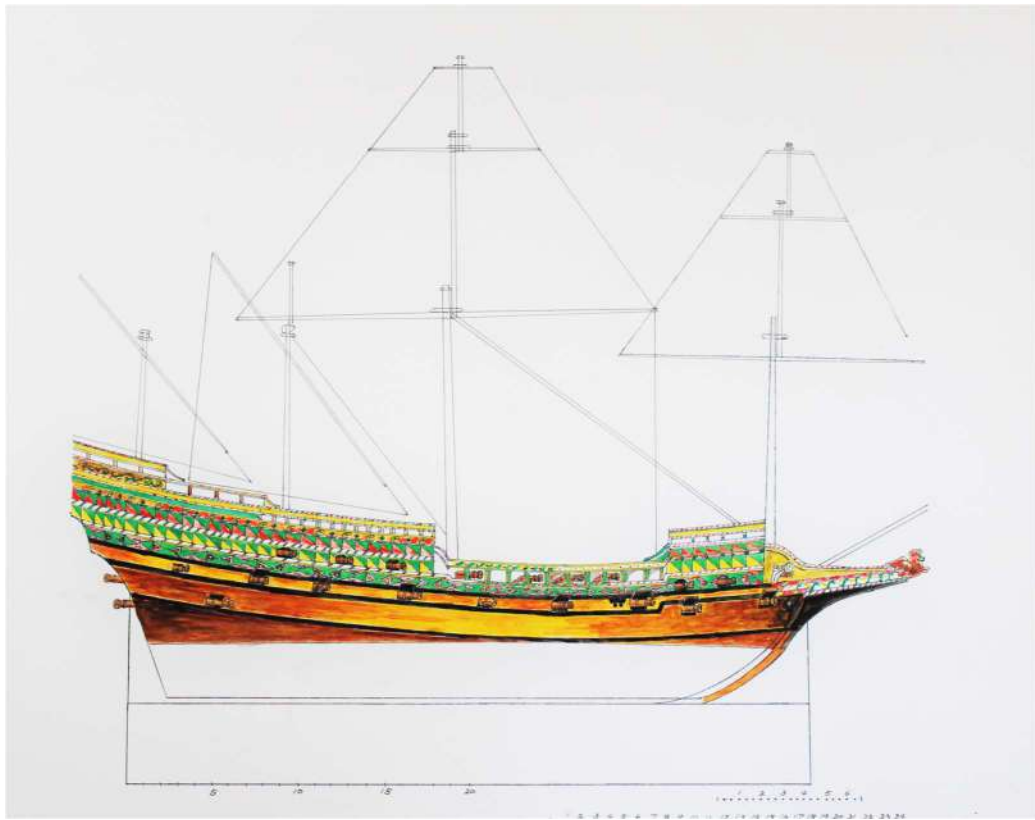
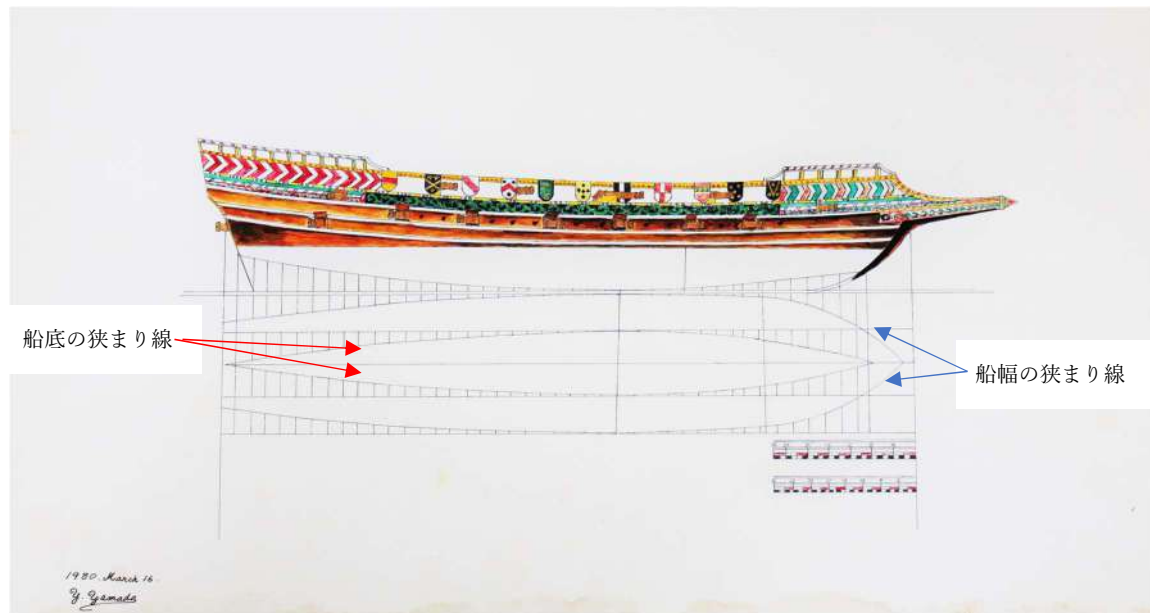


図 3：筆者による 船大工術の断片中のガレアッセ船の模写



このように美しく彩色された図は、造船の現場にとっては必要ないし、図 5 のように、魚



を使った解説図もあるが、これも船大工達にとって必要な図ではない。こうした図が描かれたのは、船大工術の断片が貴人あるいは高官への献呈用の本として準備されたからである。



図4 船大工術の断片中のマシュー・ベイカーが羊皮紙の上に作図している自画像と考えられる

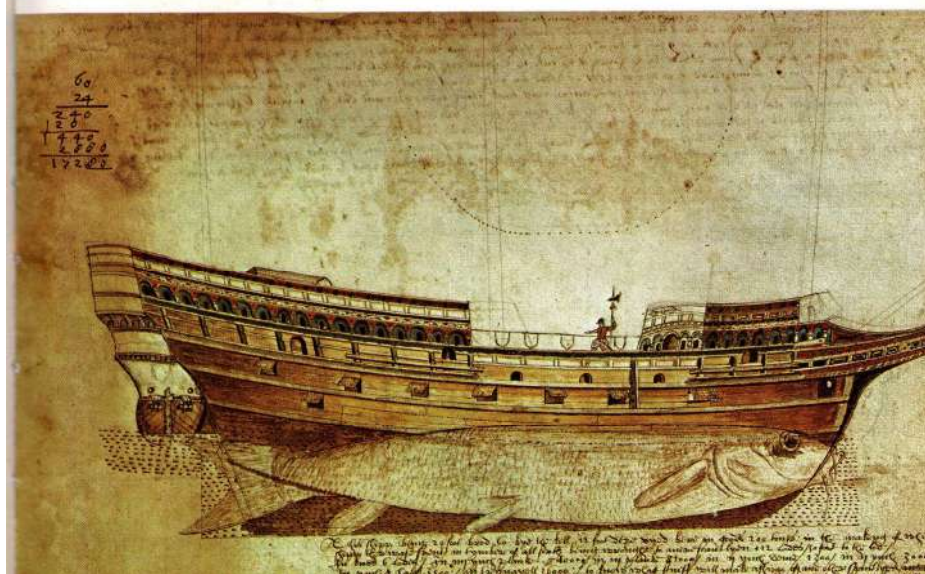


図5 船大工術の断片中の水線下の形状が魚(鱈)の体と似ていることを説明する図

結局その献呈の意図を遂げることが出来ず、整理された本の体裁をとることなく、断片集で終わってしまった。

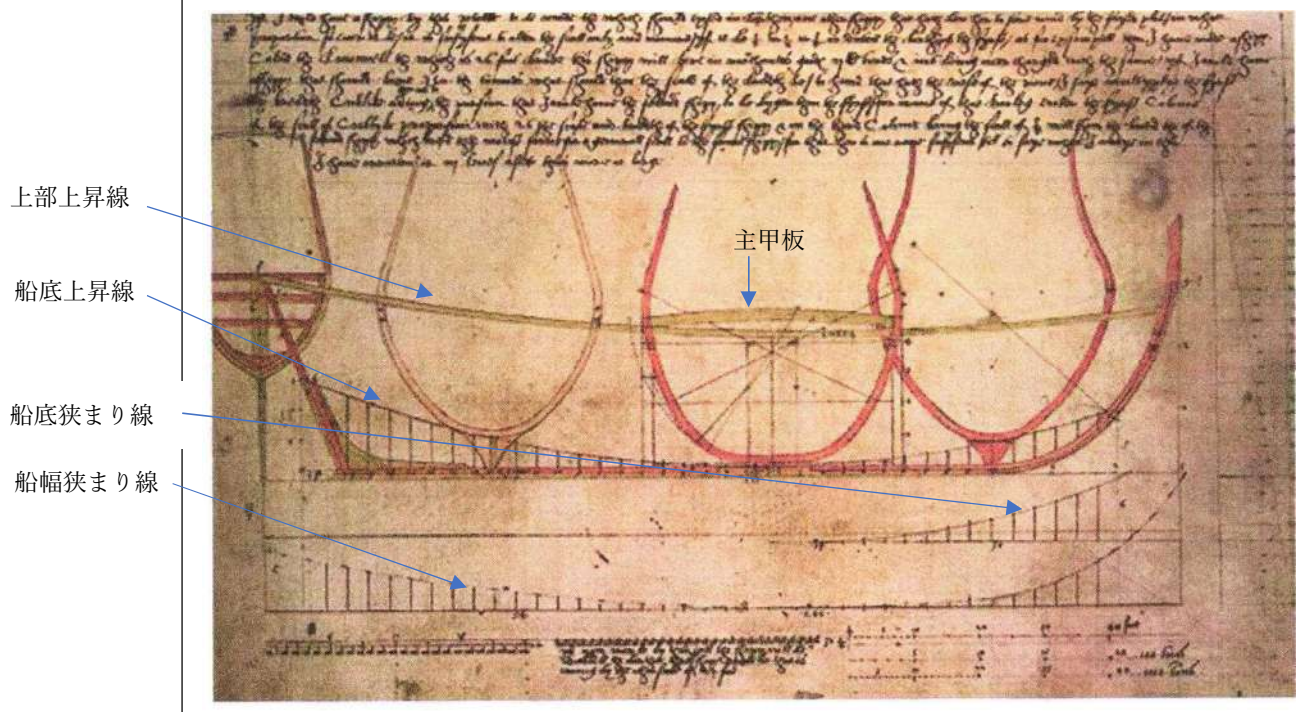
マシュー・ベイカーは1530年に、ヘンリー8世に重用された船大工親方ジェイムズ・ベイカーを父として生まれ、1613年に没した。マシューは父の下で徒弟修業をして、1572年に王室船大工親方に任命された。船大工術の断片のマシュー・ベイカーによって書かれた部分は1586年以前とする考えが強く、残りの紙葉はその後、何らかの関係者の手によるも

のが加わったと考えられている。特に紙葉の縁を緑色の帯で囲んだものは、献呈を意図してマシュー・ベイカーによって準備されたことが明白である。立派な作図室における設計の作業中のベイカー自身の画像と見なされる図 4 は何の目的で描かれたのであろうか。これも貴人か高官へ献呈する書物に挿入して自己アピールをするためであったのかもしれない。また、彼をドイツの画家アルブレヒト・デューラーなどのヨーロッパの一芸に秀でた有名人と並べて讃える人物の言葉に乗ったのかもしれない<sup>2)</sup>。

## 2) 最も重要な 3 面図

船大工術の断片の中に同じ 1 隻の船の側面、断面、平面を併せ持つ図は図 6 の 1 枚しかない。正確であるだけでなく、これも献呈を意識して、美しく作図されている。同文書の中で最も重要な図と言えるであろう。但し、船底狭まり線が完全に描かれておらず、船尾材が一部分欠落している。中央断面図(ミッドシップ・ベンド)を描くに当たって、幾つかの円の弧を用いたことが、その半径を表す直線が残されていることによって良く分かる。また、船底から立ち上がっている 2 本の垂線、船側で立ち上がる垂線、これらの垂線を横切る 2 本の水平線によって構築される長方形も、作図方法を示すために残されている。この中央断面図の作図方法は 17 世紀の英国においてこの後も継続して用いられた。また船首材を円弧で描いた半径の線も残してある。この船首材の円弧による作図は、スペインとポルトガルの両国と全く同じである。

図 6： 船大工術の断片中の船殻の 3 面図



比較のために、同時代のポルトガルとスペインの造船に関する文書から同じような 3 面図を図 7 と図 8 に載せた。



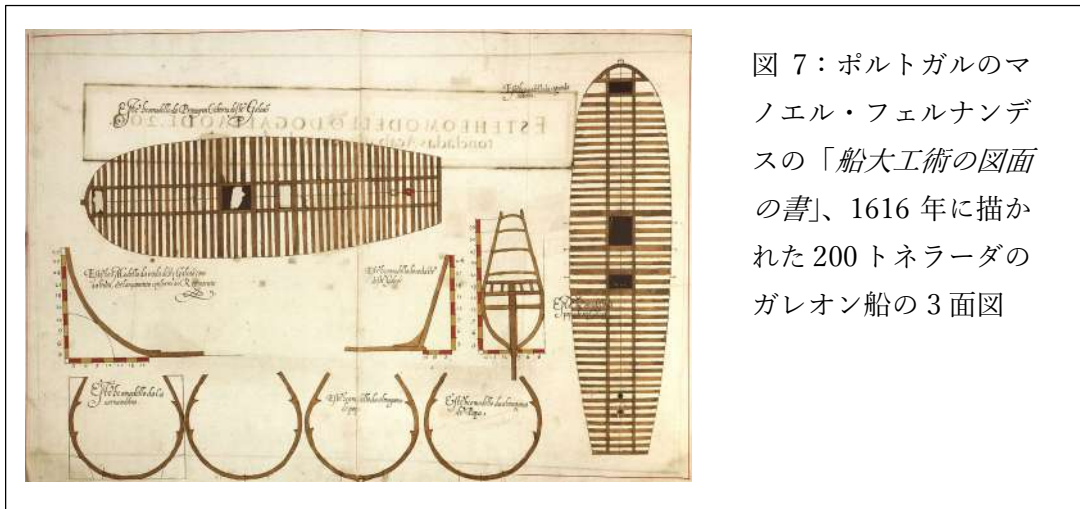


図 7：ポルトガルのマノエル・フェルナンデスの「船大工術の図面の書」、1616 年に描かれた 200 トネラーダのガレオン船の 3 面図

図 7 は、マシュー・ベイカーと同じ船大工親方のマヌエル・フェルナンデスが著した大冊の手写本「船大工術の図面の書」<sup>(3)</sup> から採った。同書には当時の様々な種類の船が大きさ(トン数)に応じて、多数の図面が描かれている中で、同じ船で 3 面図が表されている 200 トネラーダの 2 層甲板のガレオン船を選んだ。長さ方向を左右にして描かれているのが第 1 甲板(下部甲板)、長さ方向が上下に描かれているのが第 2 甲板(上部甲板)である。1 断面が 1 個の円弧で描かれていることが明白である。

図 8 は、スペインのメキシコに於ける高級官僚であったディエゴ・ガルシア・デ・パラシオが 1587 年にメキシコで出版した「航海指南書」に載せられた図である。スペインからメキシコには毎年船団が組まれ、あらゆる階層の多くのスペイン人が大西洋を往来した。パラシオは知識人階層に属する高級官僚であった。同書は船大工達を対象にはしておらず、知識人達に読まれることを意識していたと思われる。同書の前半は、航海術について扱っているが、概説書の域を越えた実用書に近い趣きを呈している。

図 8：スペインのディエゴ・ガルシア・デ・パラシオの「航海指南書」1587 年に描かれた 150 トネラーダのナオ船の 3 面図の木板画<sup>(4)</sup>

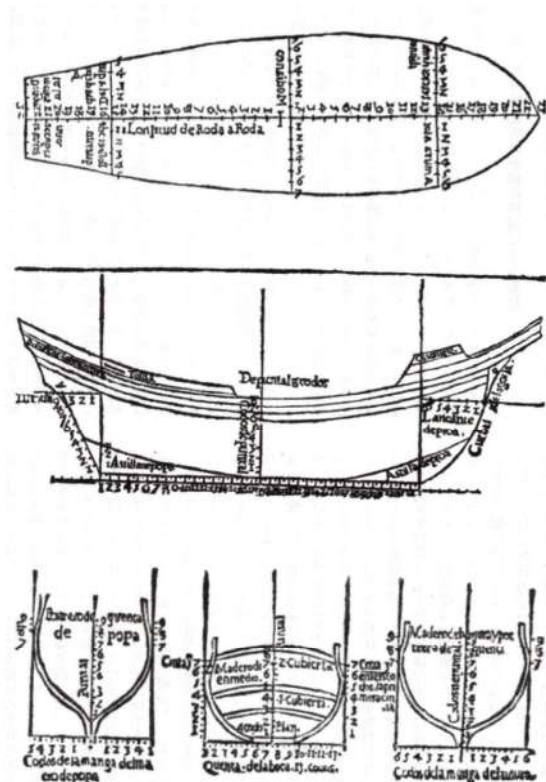


図 2 150 トネラーダ船

### 3) マシュー・ベイカーのトン数計算

航海指南書の後半は、二人の人物の対話形式で、船について、造船、乗組員、海戦に関することを語る、船に関する質の高い教養書と言った方がよさそうである。本書が造船の研究者の多くの関心と呼んできたのは、400 トネラーダと 150 トネラーダのナオ船の図を含んでいること、そして用語集を含んでいることが大きい。400 トネラーダの船の図はカラック船に近いナオ船の形状をしているが、150 トネラーダの船は、一般的なナオ船というよりは、ガレオン船、その小型のガレオンセッテ船というべき形状をしている。150 トネラーダと称されているが、筆者が、インディアス総文書館に保存されている 1560 年の「船を造る時に使い慣れている寸法と規則」のトン数計算の計算式を当て嵌めてみると、272 トネラーダとなる。ちなみに 400 トネラーダと称される船は 514 トネラーダとなる<sup>(5)</sup>。同規則で定められた計算式は：竜骨長×船幅×甲板高× $(1-1/3)$ × $1/8$  である。これでは 400 トネラーダが 30%ほど多くなるので、272 トネラーダを 70%とすると 190 トネラーダとなる。当時のスペイン国家は、軍艦を傭船に大きく頼っていたので、スペインにおけるトネラーダは船を傭船する側の国と賃貸する側の船主とのせめぎ合いで決まったと言っても過言ではない。(スペインにおけるトネラーダの計算については、日本海事史学会の 1997 年 6 月の例会で論じた<sup>(6)</sup>。)

それでは、スペインとは事情が異なった英国において、トン数はどのように決められたのであろうか。本ペーパーはそれを論じる場所ではないので、船大工術の断片中のマシュー・ベイカーの方式を紹介するにとどめる。英国においては上記のスペインのような傭船契約上の強い議論は無かったようであるが、大型船を建造するにあたっての奨励金の対象となるかどうかという観点があった。しかしそれよりは、王室も船主も、建造契約を結ぶに当たって、上記した船の主要 3 寸法によって、いくらのトン数になるのかということに純粋に関心があった。アーサー・ネルソンはその著「チューダー朝海軍」<sup>(7)</sup>の中で、マシュー・ベイカーが次のように述べていることを紹介している。スペインと同様にワインの樽が幾つ入るかということから出発している：

「いかなる船であっても、船幅、深さ、そして長さの比率によって、その船が商人の商品をどれだけ積載し、<sup>バーデン</sup> 載貨重量の<sup>デッド・ウェイト</sup> トン、そして<sup>トンネージ</sup> トン数(dead weight of ton and tonnage)が幾らであるかを判断する。船幅が 24 フィート(7.3m)、船幅から船倉まで 12 フィート(3.7m)の深さ、そして竜骨の長さが 54 フィート(16.46m)のアッセンション・オブ・ロンドン号は、商人の商品を 160 トン積載する(油又はボルドーワインの<sup>バグ</sup> 樽)。しかし、同船を<sup>デッド・ウェイト</sup> 載貨重量、即ち同船の<sup>トンネージ</sup> トンとトン数で数えるためには、同数にその 3 分の 1 を加えたと同船のトン数は 213 $\frac{1}{2}$ となる。これらを、同じ比率とすると次のようになる：

以前に仕様を示したアッセンション号に比例している全ての船の<sup>バーデン</sup> 積載量を求めるには、その船の船幅 (B) にその深さ(D)を掛け合わせ、その結果に竜骨での長さ(K)を掛け合わせる (B×D×K) と、その合計額を除数(diviser、訳注：この後



| 船<br>(f:feet)        | 中央の梁<br>での船幅 | 船幅からの<br>深さ       | 竜骨                | 油 or ワインの樽の<br>バーデン<br>積載量 | デッド・ウェイト<br>載貨重量の<br>トンネージ<br>トン数 |
|----------------------|--------------|-------------------|-------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| 右のサイズ の船             | 20f          | 10f               | 42f               | $86\frac{1}{2}$            | 115                               |
| 右のサイズ の船             | 21f          | $10\frac{1}{2}$ f | 45f               | $102\frac{1}{10}$          | $136\frac{1}{8}$                  |
| ブリューデンス・<br>オブ・ロンドン号 | 24f          | 12f               | $51\frac{1}{2}$ f | $150\frac{1}{2}$           | $202\frac{2}{3}$                  |
| ゴードン・ライオン号           | 32f          | 12 or 13f         | 102f              | 403 or 461                 | 537 or $641\frac{2}{3}$           |
| エリザベス・ジョナサン号         | 40f          | 18f               | 100f              | 740                        | $986\frac{2}{3}$                  |

の説明から、被除数 (dividend)の間違いと考える)として使う。15552 であるので(訳注： $24 \times 12 \times 54 = 15552$ )、アッセンション号の立方体の実数は 160 トン、同船の丁度<sup>バーデン</sup>積載量となる(訳注： $160 \times 1\frac{1}{3} = 213\frac{1}{3}$ )。船幅が 20 フィート、深さ 10 フィート、そして竜骨が 42 フィートの船の実数は 8400 となる。計算をすると、 $86\frac{34}{81}$  の<sup>バーデン</sup>積載量トンとなり、さらに **3 分の 1 を加える**とトン数はほぼ 114 となる。」(State Papers Domestic clii 19 より抜き出し)

上記のベイカーの記述に於いて 15552 が何故 160 トンとなるのか、また 8400 が  $86\frac{34}{81}$  トンとなるのかの説明がない。それは  $15552 \div 0.97 = 16033$ 、 $8400 \div 0.97 = 8660$  という **0.97 の除数の使用**が触れられていないからである。

即ちベイカーのトン数のこの計算式は次のようになる：

$$(B \times D \times K) \div 0.97 \times 1\frac{1}{3}$$

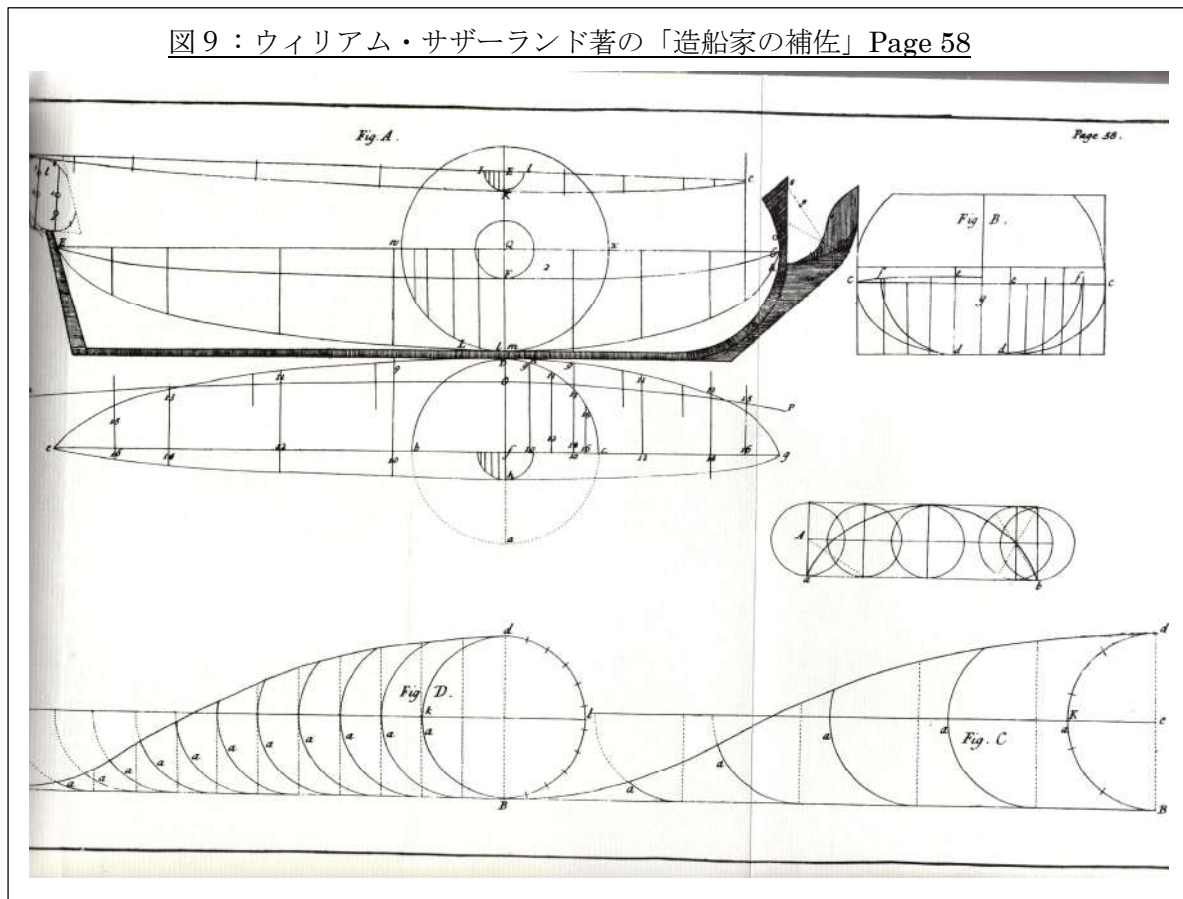
この計算式は 1570 年以前に王室造船所で使われていたが(後日「ベイカー氏の古い規則」と呼ばれるようになった)、同年以降は 0.97 の除数は廃止された。この頃の英国の船のトン数についての研究としては、ウィリアム・ソールズベリー「英国における初期のトン数の測定」<sup>(8)</sup>がある。

#### 4) 船殻の側面図と平面図(狭まり線)の作図方法

図 6 の船殻の 3 面図はどのようにして作図されたのであろうか。横断面については、既に触れたように、幾つかの円弧を用いた時の弧の半径がわざわざ残してある。船首材を円弧で作図した半径が残してあることも既に言及した。なお、船尾材の後方への傾斜(突き出し)は直線であり、同材と竜骨の後部末端との接点にコンパスの軸足を置いて、回転させて傾きの角度を決めた。これらの半径の線は、消し忘れたのではなく、その作図の痕跡が辿れるようにしたと考える。円弧の作図については別途後で述べる。それでは、円弧ではない滑らかな曲線で描かれた上部の上昇線、船底の上昇線、船幅の狭まり線、船底の狭まり線の 4 本の線はどのように描かれたのであろうか。それは、30 ページ以降に述べる 1620 年頃の造船の論文に説明があるが、1711 年に出版された造船書、ウィリアム・サザーランド著の「造船家の助手」<sup>(9)</sup>の Page 58 中に図による解法を見つけることが出来る。図 9 に同図を転載するが、この図の中で、異なった半径の円の弧を等分して印を付け、横に等間隔で移動させて、漸減する曲線を得る方法が例示されている。こうした幾何学的にスムーズな曲線を得る

方法は、イタリア、スペイン、ポルトガルにおいて、様々な試みがなされた<sup>(10)</sup>。サザーランドの図9の作図法については、ウェスコット・アベルトがその著書「船大工商売」の中で説明している。<sup>(11)</sup> 船大工親方達は、自分の経験に基づいた船の重要な曲線の凡そのイメージが頭の中に在って、これらの作図によってそのイメージに最も適したものを選んだと言えよう。

図9：ウィリアム・サザーランド著の「造船家の補佐」Page 58



##### 5) 最大横断面図の作図

ヘンリー8世は、他国の技術者を積極的に招聘した。その中にヴェネチア人のガレー船を建造する船大工達があり、ベイカーも彼等から地中海の造船について学んだと思われる。彼自身も、21歳の時に地中海へ船大工修行の航海をした。各地を訪れたが、その中にはヴェネチアとジェノヴァの造船所も含まれており、地中海の造船の仕事をつぶさに学んだ。その成果として船大工術の断片の中にギリシャとヴェネチアで得た最大横断面図が残っており、彼自身が作図したものと共に同書に収録している。それをリチャード・バーカーが著書「ペピシアン図書館の断片」<sup>(12)</sup>という論文中に他の参考になる断面図と共に1枚のページにまとめているので、図10に転載する。赤い四角の枠で囲った図がマッシュー・ベイカーの船大工術の断片に含められているものである。

図 10：リチャード・バーカーがその著書ペピシアン図書館の断片中  
に最大横断面図を中心にまとめた図

フルニエ 1643 年  
「古い方法」  
ヴェネチア船

1550 年頃 F.C.レー  
ン MM Vol 20

「このやり方でヴェ  
ネチア人達はこ  
の 20 年より前まで  
4 個の中心が有る型  
板を作っていた。今  
日では 3 個を用い  
る。」断片 11p

1570-1580 年に使わ  
れている方法は断  
片には述べられて  
いないが、4 個の弧  
の型板は多分 1550-  
1560 年頃に取り  
代わられたようだ。

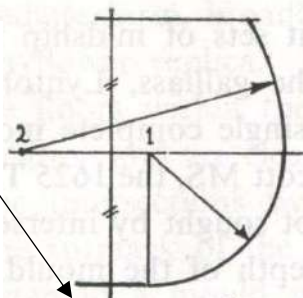
下絵に薄くペン書  
きされた弧が 2 個の代  
案。1570 年以前？ 断  
片 6p

ジュディス・バラ号

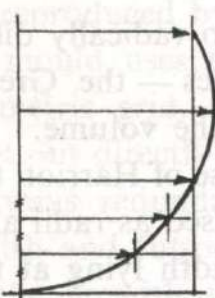
断片 例 35p

多くの例示

バイカー 1580 年  
頃？



Fournier 1643  
"Old Method"

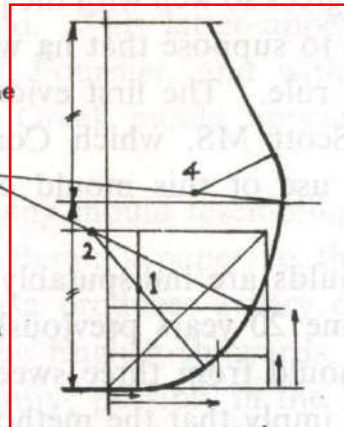


Venetian ca 1550  
FCLane MM Vol 20

"In this manner did the Venetians make the mould till within this 20 years the which was by 4 centres. At this day they do use but 3."

Fragments pl1

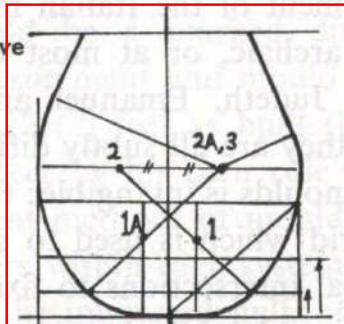
The method current in 1570-1580 is not stated in Fragments, but this 4 arc mould was presumably superseded about 1550-1560.



Alternative two arc mould lightly penned into the draught.

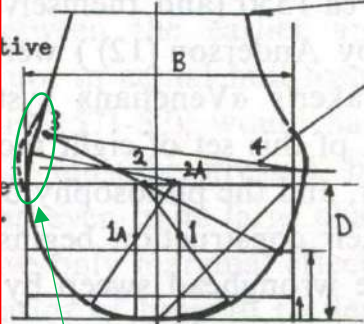
pre 1570?

Fragments p6 -Judith Borough



Alternative two arc mould lightly penned into the draught.

Fragments pl0 -Emanuel (1571-5?)



ファーリング  
船腹増大の案か？

FIG. 3.

SELECTED  
MIDSHIP MOULDS

CA 1500-1625

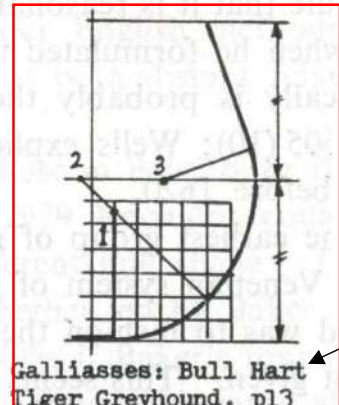
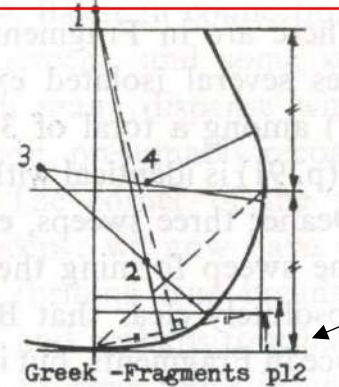
(sketches)

Wells -Fragments p91  
( Also in Scott MS,  
Harriot, 1625 Treatise  
and Deane (1670))

Fragments -eg p35  
numerous examples  
Baker. ca 1580?

ギリシャ

断片 12p



ガリアッセ船  
ブル、ハート、  
タイガー、グレ  
イハント 13p

下絵に薄くペン  
書きされた弧が  
2 個の代案  
断片 10p エマヌ  
エル号 (1571-5  
年?)

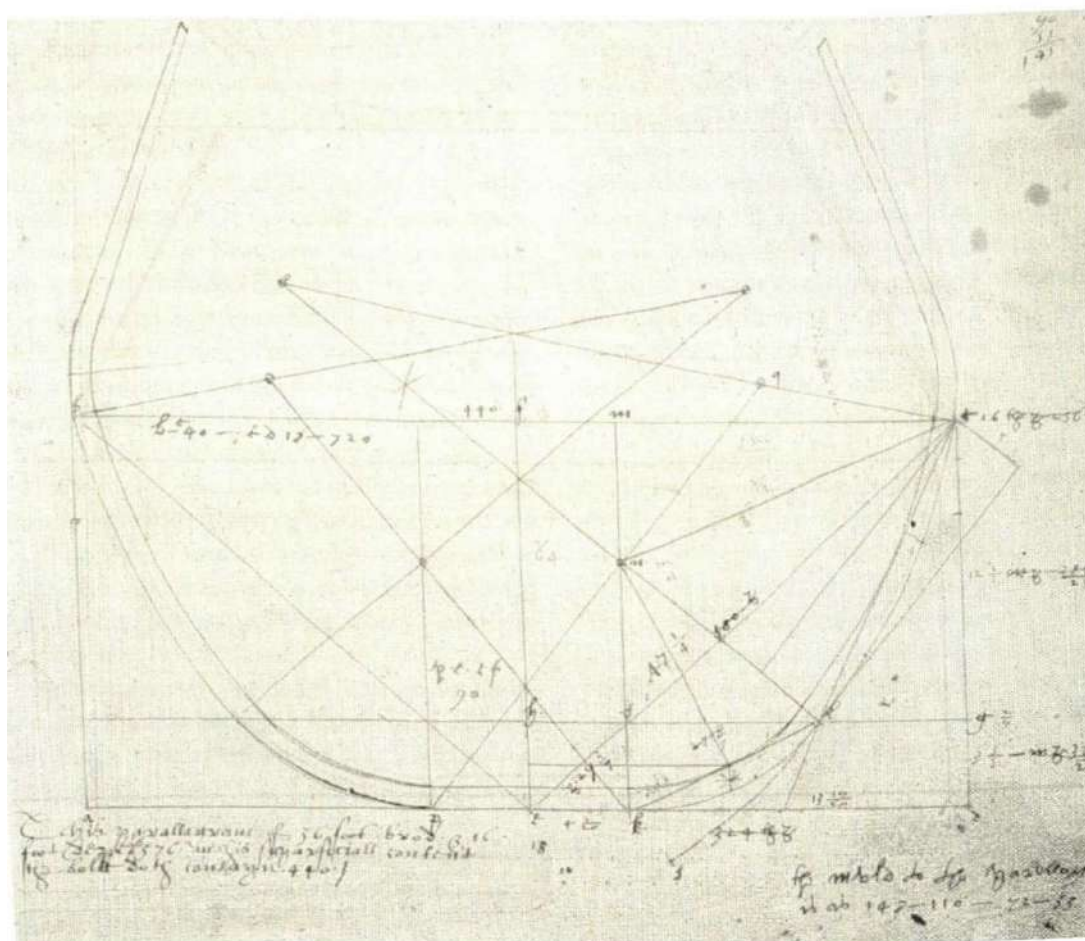
ウェルズ 断片 91p

(またスコット MS、  
ハリオット、1625 年  
論文、及びディーン  
(1670 年)



図 10 に載せられている「例 35p」の図の現物の写真を図 11 に載せる。ジョナサン・アダムスが、その著書「船の海事考古学 - 中世と近代初期ヨーロッパにおける革新と社会変動 -」<sup>(13)</sup>の中に、この写真が不鮮明であるので、転写図を作製して補っている。その図に更に筆者が数字と赤線と青線を付け加えて分かり易くしたのが図 12 である。アダムスは船の海事考古学のなかで、船大工術の断片の何枚かの横断面図にはトライ・アンド・エラーで円弧を作図したコンパスの穴が無数に有るという。

図 11 船大工術の断片中の最大横断面図の 1 例 (folioNo.35)



この図 11 に付されたマシュー・ベイカーの説明をアダムスが活字化したものを次に紹介する：

最初に船の幅と深さでもって、その半分がこの作業にとって事足りる平行四辺形(訳注：長方形 ABCD)が作られなければならない。私は船幅を 36 フート、深さを 16 と仮定し、この比率で、次のページに平行四辺形を作って、その半分に、此处で船の平らな部分、即ち船底<sup>フラット</sup>を得るために使い、私は e.d. の  $\frac{1}{5}$  を取り(訳注： $\frac{3}{5}$ )、それが d.c. から減じられねばならない。線 d.c. は 16 で、18 分の



5 を 16 から減じると、 $12\frac{2}{5}$ が残るので、線 g.d.は  $3\frac{3}{5}$ である。e から c へ線 h.g.を j で切る 1 本の線を描き、1 本の垂線が e.d.から f.c.へ、点 j を切って立てられなければならない。これは e.f.との平行線で、線 e.d.上の<sup>ポイント</sup>点、即ち<sup>ブリック</sup>点 k である。さてここで、e.k.間のスペースが船底の半分で、これが、私が知っていたことで、その計算は下記のごとくである。

(8 行が線を引いて消してある)

e.d.が d.c.と為す同じ比率を j.g.が g.c.と為す。(訳注:これは正確には違う。 何故ならば、 $ed : dc = 18 : 16 = 36 : 32$ であるが、

$kg : gc = 14\frac{2}{5} : 12\frac{2}{5} = 7\frac{2}{5} : 6\frac{2}{5} = 72 : 62 = 36 : 31$  だからである)

線 e.d.は 18、線 d.c.は 16 で、前に述べたように 16 から  $\frac{5}{18}$  を減じると  $12\frac{2}{5}$  が残り、これは線 g.c.で、比例 1 のルールにより、線 j.g.は 13 と  $\frac{9}{20}$  で、これを 18 から減じると線 e.k.に 4 と  $\frac{1}{20}$  が残り、これが船の<sup>フラー</sup>船底の半分である。線 h.l.は常に e.d.の  $\frac{2}{3}$  であるので、18 の  $\frac{2}{3}$  は 12 である

---

\* 訳注: 船底の幅 ek の  $4\frac{1}{2}$  を  $ek=hj$ ,  $hj=hg-jg$  から導き出しているが、 $kg=13\frac{19}{20}$  の導き出し方が不明瞭である。「線 g.c.で、比例 1 のルールにより、線 j.g.は 13 と  $\frac{9}{20}$ 」から導き出したとしている。 $gc=12\frac{2}{5}$  としているが、「比例 1」が何を指すのか分からない。既に  $kg$  は  $kd=14\frac{2}{5}$  と同じであるとしているし、ek も既に hj と同じであるとしているし、また ek は ed の  $\frac{1}{5}$  としているので ek は  $3\frac{3}{5}$  のはずである。

---

そこで、線 k.m.上に中心が見出されなければならないが、それは点 K と L に<sup>タッチ</sup>接触することになるので、点 n.となる。また点 L.から描かれた線でもなければならぬ。その N への線を長く点 O.へと描くと、その線上に第 2 の中心点(訳注:点 O.)がある。第 3 の中心は、P.から n.へ行くものと c.から o.への 2 本の線が点 q.で交わることによって見つかり、これがフトックの<sup>ヘッド</sup>頭部である。<sup>モールド</sup>型板は q.から下方への深さは上方への傾斜の(leke、訳注: rake の誤字と考える。船側上部における船首—船尾方向での船の内側への直線での傾斜。直線であっても、タンブルホームと考えることは 1620 年頃の造船の論文に出て来る。)深さと同じであり、それら(訳注:<sup>レイキ</sup>傾斜、即ち船側の右左両舷の上端、下記添付図の R と S)は線 b.c.の  $\frac{2}{3}$  の広さになる。(訳注:  $BC=36 \times \frac{2}{3} = 24$  フィート)」

## 6) 最大横断面図から生じる疑問と問題

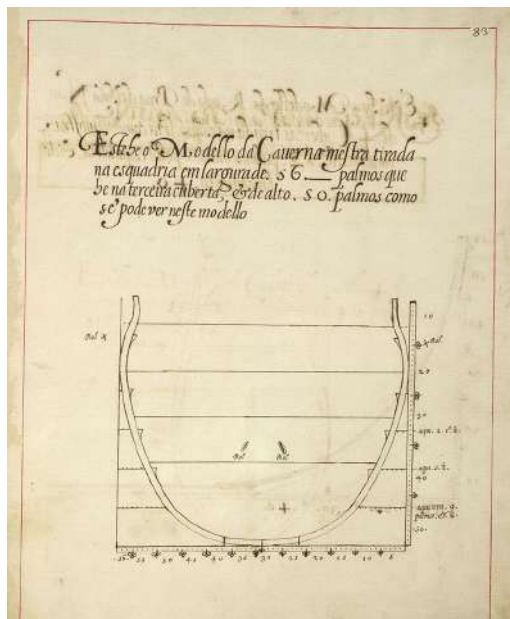
(1) 幾つもの多円弧による作図の始まりは何時? 何処で?

図 10 の中に、船大工術の断片の 11 ページ(ペピスが製本したのでページ数で表示されている)のヴェネチアの作図と 12 ページのギリシャの作図が見られる。特にヴェネチアのものには「このやり方でヴェネチア人達はこの 20 年より前まで 4 個の中心が有る型板を作っていた。今日では 3 個を用いている」というベイカーのコメントが付されている。というこ



ただ、このポルトガルの作図法がベイカーによって英国に導入された形跡はない。また、上記したベイカーのヴェネチアの円弧の数が 20 年前に変わったという記述からしても、この作図法がポルトガル起源のものとは考えにくく、ポルトガルも地中海圏の別の地方で作られた多円弧の作図法を取り入れたと考える方がよさそうである。

図 13: 船大工術の図面の書の 4 層甲板の船の横断面図



16 世紀終わりから 17 世紀にかけてのスペイン船の横断面の作図には、つい最近まで、英国のような幾つもの半径の異なった円弧の組み合わせが使われたことは無かったと考えられていた。<sup>(15)</sup> しかし、1978 年にカナダのレッド・ベイで発見された捕鯨船サン・フアン号の非常に保存状態の良い肋骨が調査された結果、スペイン特有の単独の円弧による設計ではなく、当時の英国の三つ以上の異なった弧で設計されていることが同発掘の報告書「レッド・ベイの水中考古学」<sup>(16)</sup>において報告された。同船は 1565 年にバスクで建造されている。スペインの 150 トネラーダの船の図 8 の円弧は 1 個だけの真円とは見辛い。単独の真円を使っている伝統的な 400 トネラーダのナオ船とは違った船型を得るために

図 14: ピメンテル・バラータが図 13 の作図法を推定した図

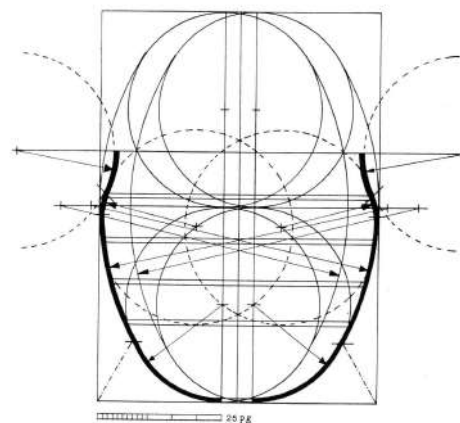
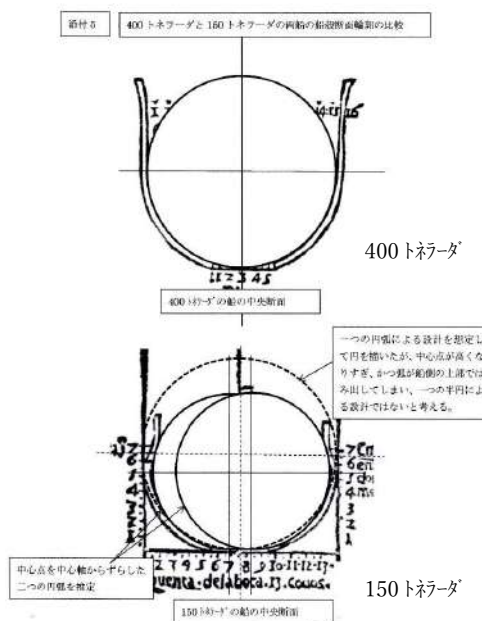


図 15: パラシオの 400 トネラーダと 150 トネラーダのナオ船の真円による作図を筆者が推定した図





150 トネラーダのナオ船は二つの真円を使ったのではないかと筆者は考えたのが図 15 である。サン・ファン号の報告書に載せられた多円弧による横断面図の作図を検証しているのが図 16 である。

図 16：レッド・ベイの水中考古学中のサン・ファン号の最大横断面図

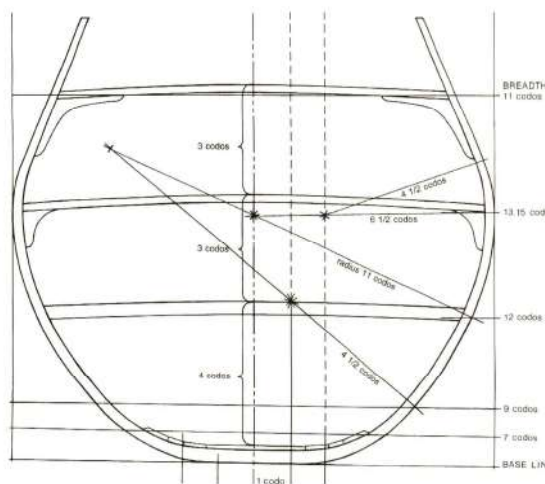


図 17：サン・ファン号のレプリカの 2018 年の建造状況

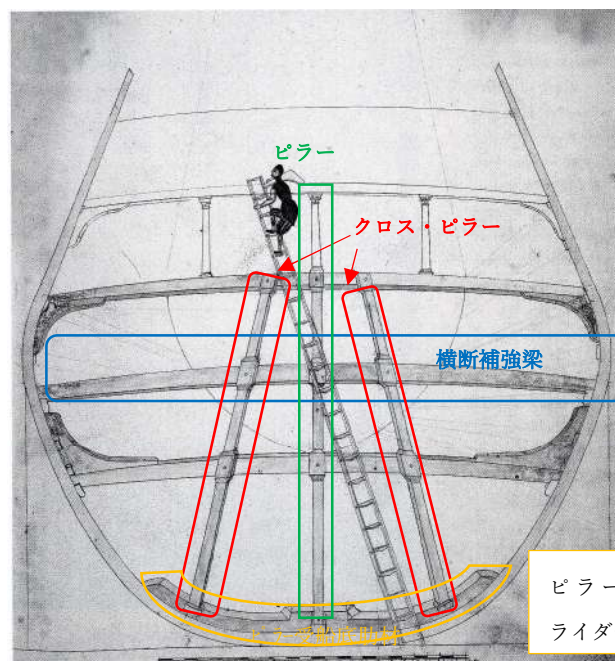


サンセバスチャンで建造中の同船のレプリカを筆者が 2018 年に撮影したのが図 17 である。

## (2)船殻強度の補強材

船大工術の断片の中に 3 層甲板の船の横断面が描かれ、そこに船大工が肘材を担いで梯子を上っているユニークな図がある。船大工を描く必要のある場面とは思われないので、これも献呈用の意図をもって描かれた為であろう。この図で注意すべき点は、船体構造の補強材である。特に青色の枠で囲った横断補強梁と赤色の枠で囲ったクロス・ピラーである。両者共に、横方向に加わる力への抗力を発揮する。クロス・ピラーは縦方向に加わる重力に対しても有効である。この図に描かれたその他の補強材も含めて、これ以降の英国船の標準的な補強材

図 18：船大工術の断片中の船大工が肘材を担いで梯子を上っている姿の有る横断面



となる。これらの補強材の中で、クロス・ピラーは当時、英国独特のものであったようで、オランダの船大工コルネリス・ヴァン・イックが、1697 年に出版されたその著書 “De Nederlandsche Scheps-Bouw-Konst open gestalt”<sup>(17)</sup>の中で、図 19 のように英国船の横断面に特徴的なものとして紹介している。ポルトガル等の他国でも、クロス・ピラーは使われていたようであるが、図 18 のように、各種の船体の強度補強材が強調して描かれているのは、船体強度が問題になったことがあって、その対策に力を入れていることをアピールしたのかもしれない。

### (3)船腹増大の問題

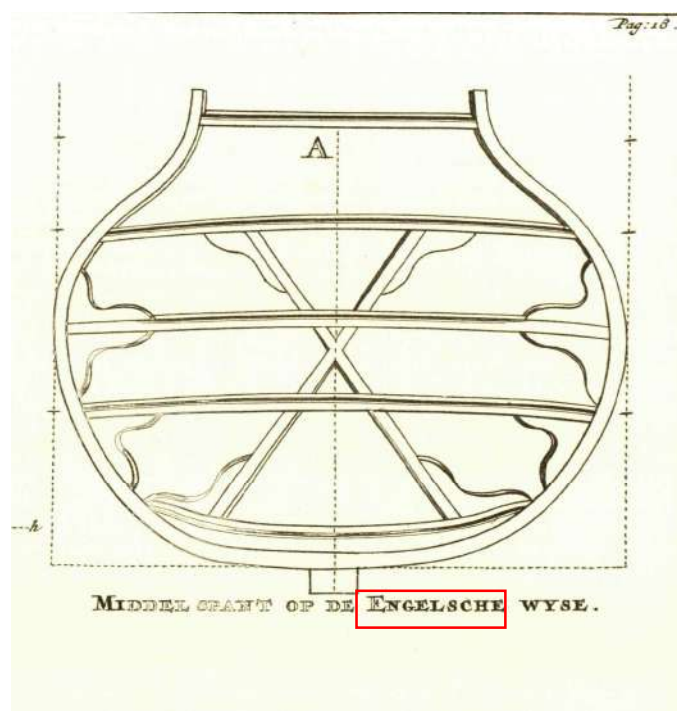
この頃の英国では、船体強度の問題もさることながら、復元力が大きな問題であった。その対策のために船腹を増大させることが行われた。

これについてヘンリー・メインウェアリングは 1644 年出版の著書「海員の辞書」<sup>(18)</sup> の中で次のように述べている：

「二つの種類の船腹増大がある。その一つは船が建造された後で、板張り板の上に板張り板(plank upon plank)と呼ばれる船の両側にもう 1 枚の板を置くものである。もう一つのもっと有名で、もっと適切な船腹増大方法は、板張り板の何枚かの最初の板を剥ぎ取って、第 1 ファットックの上に他の肋材を置いて、次にこれらの肋材の上に板張り板何枚かを置くものである。このようなことをするのは、船の幅が狭すぎ、その<sup>ベアリング</sup>負荷受部分が十分に設計されていないか、または下過ぎている時のためであり、船を幅広に造るか、または<sup>ベアリング</sup>負荷受部分をもっと上に置くかしなければならない。その船の必要に応じて増やしたり減らしたりして、一般的に水面下 2 または 3 条ほどの板と水面上で同じだけの板を付け加える(furring)。私が思うに、世界中で英国ほど多くの船が船腹増大される所はなく、そのようなことをしなければならない船を建造した者を罰したり、それを予防したりする命令が無いことは嘆かわしい。」

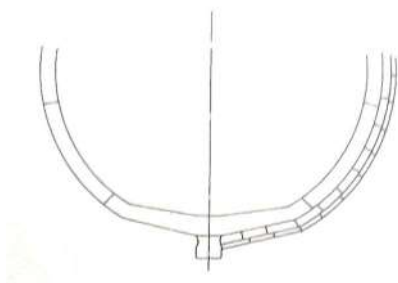
メインウェアリングの挙げている最初の方法を図 20 に、第 2 の方法を図 21 に示す。図

図 19:コルネリス・ヴァン・イック “*De Nederlandsche Scheps-Bouw-Konst open gestalt*”中の英国船の特徴：甲板、クロス・ピラー、ピラー受船底肋材、横断補強梁、肘材の多用を紹介する横断面図。(註<sup>(36)</sup>図参照)



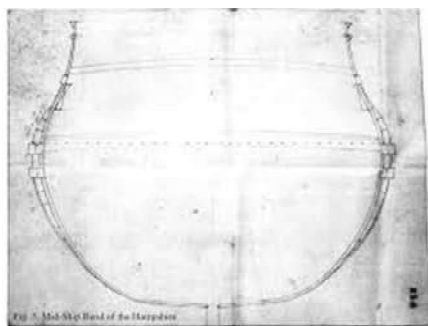
20 はスペインのアントニオ・ガスタニエータが 17 世紀末に書いた手写本「王の船を造る  
技」のファクシミリ版<sup>(19)</sup>の解説文から採った。スペインでは専らこちらの方法が採用され、  
エンボナーール(enbonar)と呼ばれた。このファーリング(Furring) と呼ばれる船腹増大法  
を施した 1574 年頃の船がテムズ河の河口のプリンセス海峡で 2003 年に発掘され、グレ  
シャム船と通称されている。この発掘は、文書でしか記録されていなかった部材が、水中考  
古学によって検証された貴重な例の一つである。図 21 と図 22 は同船の発掘調査報告書<sup>(20)</sup>  
から転写した。図 23 は 1653 年に進水した 38 門砲の第 4 級艦の HMS ハンプシャー号の  
ファーリング補強計画のスケッチ図<sup>(21)</sup>  
が残されたものである。

図 20：二重板張りの船腹増大法



スペインのエンボナーの方法の図

図 23： HMS ハンプシャー号のフ  
ァーリングの検討図（註<sup>(36)</sup>のエン  
ザーの図を参照）



船腹増大を招いた問題は最大船腹、  
そしてビルジが痩せていることによって  
メタセンターが重心より低すぎることに  
起因していた。もちろん当時、重心、  
浮心、メタセンターの原理は分かって  
おらず、経験によって重心を下げるため  
に、対策としてバラストが積み増しされ

図 21： ファーリング方法  
グレシャム船からの復元想定(1)

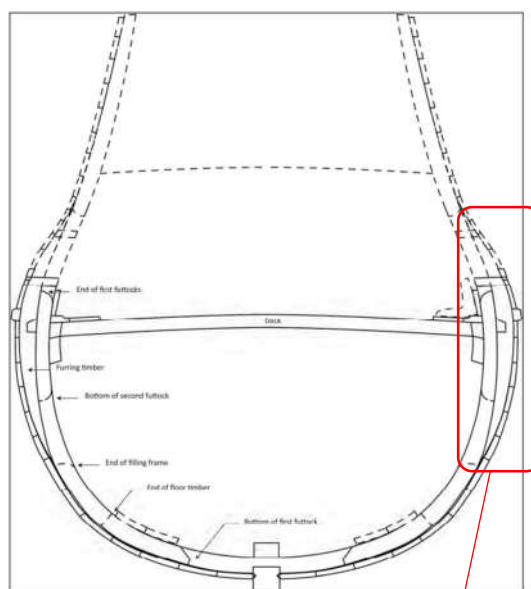


Figure 3-12: Reconstructed midships section showing the layout of framing timber (M. Dittus)

図 22： ファーリング方法  
グレシャム船からの復元想定(2)

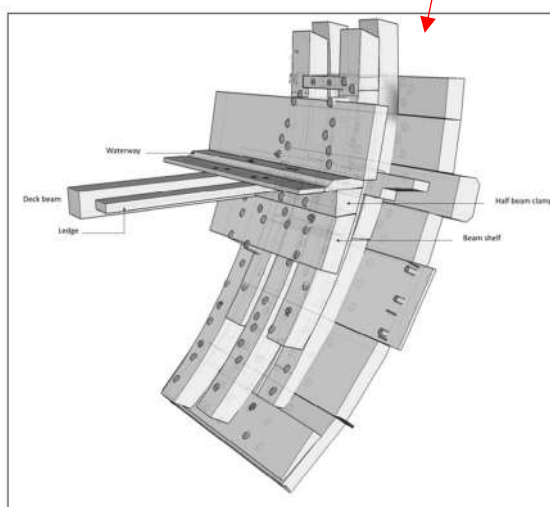


Figure 3-38: Isometric view of the reconstructed deck construction; the knee has been omitted for clarity (J. Auer)



た。しかし、それは商船であれば積荷を減らすことになり、軍艦の場合は、積む大砲の数の増加に制限が加わることになった。また、痩せ気味な船体にバラストを多く積むと、喫水が深くなり、浅瀬に底触する問題も起き、バラストの積み増しでは対処できなくなった。最終的には船底の幅を大きくし、船幅を増大させることになった。これはマシュー・ベイカーの三つの円弧による作図方法に問題があるわけではなかった。三つの円弧の作図法であっても、弧の中心点の採り方、そして円弧そのものの長さの組み合わせでいくらでも工夫できた。作図法の問題ではなく、経験によって、どのように豊満(full)なビルジを選ぶかの問題であった。図 10 においても 1643 年のフランスのフルニエの例、図 7 のポルトガルのマヌエル・フェルナンデスの例、そして図 15 の 1587 年のスペインのパラシオの例はいずれも、豊満なビルジを見せている。豊満というのは、結局は真円に近い形をしているのであるが、16 世紀末頃のスペインなどの真円の作図法が単純に正しかったということではない。スペインのエンボーナの二重板張りは、復元力対策ではなく、船主が傭船として国に賃貸するために、排水量を大きく見せるためであった。賃借する側のスペイン政府は二重板張りを禁止した。英国においては、ホーキンスやラーレイの私掠やアルマダとの海戦での戦術の基本は、200～300 トンの砲数は少なくとも小回りが利き、スピードが出る中型の軍艦を使って、未だ敵艦に乗り移って白兵戦を制することであり、後日の戦列艦のように搭載砲の大きさと数で海戦を制する時代にはなっていなかった。ベイカーの描くガレオン船が概してスリムであるのは、そうした軍艦の運用上の理由も反映されているのかもしれない。しかし、17 世紀が進むと、英国の軍艦は、大きくて威厳があり、多くの砲門を持ついわゆる戦列艦に向かう傾向にあり、商船としては東インド会社船のように、インドへのケープ・ホーンを経由した長距離の航路を、多くの荷を積んで航海する船に重点が移って行った。1711 年に出版されたサザーランドの「造船家の助手」(註⑨)には軍艦の大きさ毎に簡単な横断面を含むスケッチが幾つも載っているが、搭載砲門数が少なくなる程、船底の幅が大きくなり、船腹が幅広になっている。即ち、大砲が重くなっているために、小型艦ほど横断面がスリムであるというイメージではないのである(図 24 参照)。

図 24：サザーランドの「造船家の助手」

Fig.A 100 門、第 1 級艦

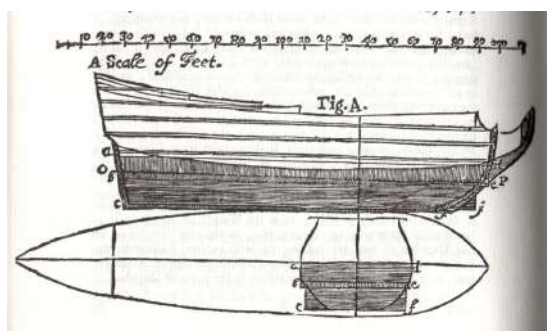
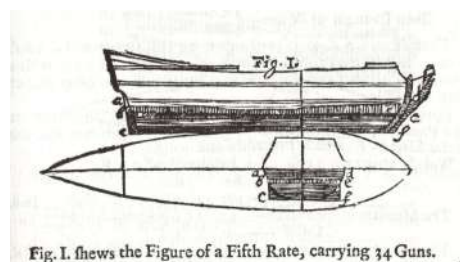


Fig.I 34 門、第 5 級艦





ただ、残される問題は、ベイカーが、スペインのように単純な真円を選ばず、何故わざわざ手間のかかる多円弧の作図を選んだのかという疑問である。ポルトガルは、少なくとも大型船には用いており、スペインにおいても、今のところサン・ファン号の1例しかないとはいえ、多円弧法を用いていた。英国の17世紀の作図法の伝統となったと思われる横断面図の多円弧による作図法はマシュー・ベイカー以前に英国に導入されていたのであろうか、それとも彼から始まったのであろうか。

## 2, 1600年頃の造船の手写本：ニュートンによるコピー<sup>(22)</sup>

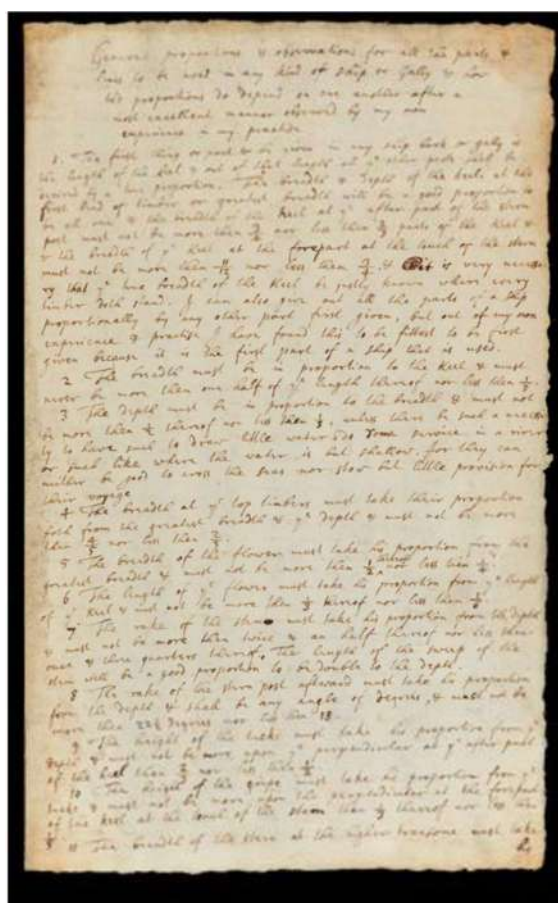
1994年のマリナーズ・ミラーの第80巻、No.1に、リチャード・バーカーによって「1600年頃の造船の手写本：ニュートンによるコピー」が掲載され、それまでニュートン自身の手書きの複写論文の存在は知られていたが、ほとんど未知であった内容が分かるようになった(以降「ニュートン・コピー」と呼ぶ)。原本はケンブリッジ大学図書館にMSS Add. 4005として所蔵され、webで公開されている。同文書集には、ニュートンの種々の文書、紙片、手紙が含まれており、ニュートン・コピーは其中でPart12とされている。

### 1) ニュートンは何故造船術の文書をコピーしたのか

バーカーは、本来の著者について「明かに教養がある人物で、自分自身が技能に優れているだけでなく、極めてよく情報を得ていた観察者でもあった」としている。では何故、数学者、物理学者であるニュートンが造船の専門書をコピーしたのであろうか。

造船術よりも早く世に現れた航海術の書物は、造船術の書物とは異なっていた。特に天文航法による航海術を発達させたポルトガルは、その発達の進捗に応じた内容の書物が書かれ、宇宙形状学者とパイロット達(現代の港湾や特定航路のパイロットのような限定的な役割ではなく、全ての航海に責任を持った)の間で読まれて、議論が行われ、航海術(海図を含む)を進歩させた。スペインでも事情は同様かそれ以上であり、インド商務館が航海術士を教育し、試験を実施し、使われる器具の検定を行った。遠洋航海の機会が少なかった英国では、この分野においてはイベリ

図 25 : MSS Add.4005, Part12 の最初の紙片



ら始まった。しかし、イスパニック・アメリカでの私掠行為と奴隷貿易のために大西洋横断の航海が増えると、航海術の質の向上が求められた。この頃の英国では数学の研究が大きく進み、その具体的な応用の重要な向け先の一つが、膨大な計算を行う航海術書であった。特に、ネイピアの対数の発明は航海術に大きな貢献をした。グレシャム・カレッジで天文学を教えていたヘンリー・ブリックスはネイピアの「*Descriptio*」を読んで、ネイピアの対数を現代の常用対数に直した。数学者で航海術の本を著したエドワード・ライトはラテン語で書かれていた「*Descriptio*」を英語に翻訳して 1616 年に出版を行った。航海術での数学の導入は、数学者と航海者とが結びつきを深め、航海者は造船家と密接な関係を有することから、数学の導入が造船の分野に及んだのである。<sup>(23)</sup>

## 2) 船殻主要部分と部材の設計

ニュートン・コピーは次のような大変特徴のある構成の仕方と記述内容となっている。

(1)命題(プロポジション)と呼ぶ 1 から 66 までの番号が付けられた項目から成り、それらの命題の中で設計の仕方と主要な部材の据付と組立てについて、留意点を含めた説明が終わった後に、具体的な個々の作業をする時に、どの命題を参照すると参考になるかを指示している。

(2)部材など用語の説明はなく、命題の文章を読んで、具体的な設計、組立のイメージを頭に描ける知識を有する読者層を対象とした記述、ひいては文書となっている。即ち、この文書を最も有意義に利用したのは船大工親方、その監督者クラス、また親方の補佐クラスと思われる。

(3)本文が終わった後に、中央と船尾部の横断面図の 2 図で、マシュー・ベイカーの横断面図と同様な多円弧による作図法を示すものが残されているが、どのように具体的に作図したかのやり方は既述されていない。しかし図中の寸法と描線から、かなりの推測が出来、当時の作図法の概念について重要なヒントを含んでいる。

(4)船の主要寸法が三つの表で示されている。表 1(Tab.1)は特にどの船向けとは書かれていないが、表 2(Tab.2)は軍艦用、表 3(Tab.3)は商船用と指定している。

本ペーパーでは主要な部分と部材の設計、及び当時の設計の概念を知る上で参考になる部分を選んで、解説を付すこととする。

当時のヨーロッパの主要造船国において、船体の設計は船大工術の断片中の船殻の 3 面図にみるように船の長さ、幅、深さの 3 要素の寸法の設定から始まった。長さには全長と竜骨の長さの両方が含まれる。そして、これらの重要な寸法はそれぞれ独自に決められるのではなく、それらの寸法間の比率で決められた。船の発注者にとって、重要なことは、積載量、そして軍艦であれば搭載砲の門数である。英国の場合、マシュー・ベイカーのトン数計算で説明したように、特にその点を重視していたので、3 寸法からの簡単な積載重量の計算をして、発注者が船の大きさのイメージを描き易くしていた。

スペインでは、古くは「アス・ドス・トレス(1 : 2 : 3)」という設計基準があった。

1611 年にスペインで出版されたトメ・カーノの「船の建造の技」<sup>(24)</sup>の中で、「これらの船

の建造を行うスペイン、イタリア、その他の国の全てのマエストロ達は、1の船幅、その船幅に1を足して2の竜骨、そして3の全長、そして3の船幅に対して1のフロア幅、甲板高は船幅の4分の3とする法則を用いて来た」<sup>(25)</sup>と述べている。スペインでは、トン数計算に用いなければならない計算式を勅令で、詳細に定めていた。

主要3寸法が比率で決まるのであれば、その内のどれか一つを決めれば船の大きさは決まるわけで、スペインではトメ・カーノが言うように、船幅を1とすることから設計を始めたが、この文書は竜骨の長さから始めている。

## 文書

本文書は次のように始まる：

全ての種類の船とガレー船において使われるべき全ての部分と線のための全般的な比率(プロポーション)と所見は、私の実務における自分で経験して見届けた最高のやり方それぞれに基づいている。

1. 全てのバーク船あるいはガレー船において、最初に与えられるべきもの、即ち<sup>パート</sup>部分は竜骨の長さであり、その他の部分は、正しい比率によって、その竜骨の長さから導き出される。肋材の最初の横断面、即ち最大船幅での竜骨の<sup>ブレドゥス</sup>幅と深さは全て一つであるのが良い比率であり、船尾材の後ろの部分での竜骨の幅は竜骨の $\frac{3}{4}$ より多くてはならず、 $\frac{2}{3}$ より少なくてもいけない。船首材との<sup>タッヂ</sup>接触部での前の部分の竜骨の幅は $\frac{11}{12}$ より多くても、 $\frac{3}{4}$ より少なくてもいけない。そこに全ての<sup>チンバー</sup>各肋材が立つので、竜骨の幅が真に、正しく知った通りになっていることが極めて必要である。私は、最初に与えられた、他のいずれかの部分によって、船の全ての部分を比例的に与えることも出来るが、私自身の経験とやり方からして、これが最初に与えられるのが最も適当であるのを見出した。なんとなれば、それが、用いられる船の最初の部分だからである。

\* 竜骨を他の部材の大きさを比例で導き出すためのベースにするのは、船の建造に当たって、竜骨が最初に据えられる部材であるからという理由が与えられている。竜骨そのものの断面の大きさに関する規定をしていることは他にあまり類を見ないことで、竜骨の長さ方向の中央の部分では幅と「深さ」即ち高さが同じであるが、幅は船首部側と船尾部側とでは狭まるとしている。文書の出だしから、その筆者が建造現場に精通していることが伺われる。

2. 船幅は竜骨に比例していなければならず、その長さの半分より多くてはならず、 $\frac{1}{3}$ より少なくてもいけない。

3. 深さは船幅に比例していなければならず、その $\frac{1}{2}$ より多くてはならず、 $\frac{1}{3}$ より少なくてもいけない。ただし、川などの水が浅い所でなんらかの仕事に就く必要があり、少ししか水に浸かれない場合はそうではない。それらの船は、海を渡るには良くなく、また航海用に僅かな糧食しか蓄えることが出来ない。

4. トップ・チンバー(訳注：一番上のフトック、註<sup>(36)</sup>図の8参照)における船幅は、

その最大船幅、及び深さの両方から比率を取らねばならず、 $\frac{4}{5}$  より多くてはならず、 $\frac{2}{3}$  より少なくてもいけない。

5. 船底(<sup>フラワー</sup>flower、訳注：**floor** の意味で用いた古語)の幅は、その比率を最大船幅から取らねばならないが、その  $\frac{1}{2}$  より多くてはならず、 $\frac{1}{4}$  より少なくてもいけない。

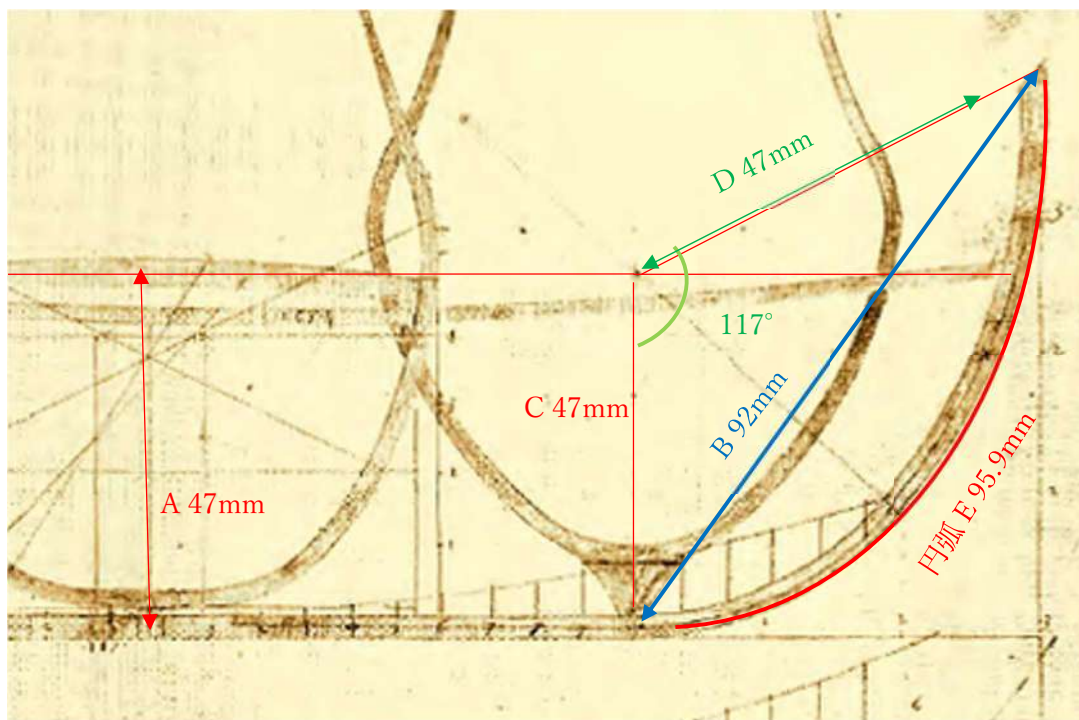
6. 船底の長さは、その比率を竜骨の長さから取らねばならないが、その  $\frac{1}{3}$  より多くてはならず、 $\frac{1}{6}$  より少なくてもいけない。

\* 船底については、船の種類によって、その幅にも長さにも、大きな差異があったことが分かる。

7. 船首材の斜出(<sup>レイク</sup>レイク)はその比率を深さから取らねばならないが、その 2 倍半より多くてはならず、その  $1\frac{3}{4}$  より少なくてもいけない。船首材の曲線(<sup>スワイプ</sup>スワイプ)の長さは、深さの 2 倍であるのが適当な比率であろう。

\* この命題 7 もこの文書の極めてユニークな規定の一つで、船首材の斜出の長さ、及び曲線(<sup>スワイプ</sup>スワイプ)の長さを規定している。イベリア半島の両国では船首材の円弧の半径で決める。

図 26： 船大工術の断片の 3 面図(図 3)による命題 7 の説明



この規定を船大工術の断片の 3 面図(図 3)を用いて検証してみよう：

筆者の写真では図 26 において、深さ A は 47mm である。この時、斜出(<sup>レイク</sup>レイク) B は 92mm となり、 $B/A=1.96$  であり、 $2\frac{1}{2}B > A > 1\frac{3}{4}$  にあてはまる。曲線(<sup>スワイプ</sup>スワイプ)の長さは A の 47mm の 2 倍、即ち 94mm と規定している。筆者の写真では、船首材の円弧の半径 C=深さ A=47mm である。円弧の中心点からの垂線と同中心点から船首材の先端まで向かう直線 D とが為す角度は



117°である。従って、円弧 E の長さは  $47 \times 2 \times 3.14 \times 117 \div 360 = 95.9\text{mm}$  となり、深さの 2.04 倍となる。この曲線の長さの規定は、三つの表 1~3(Tab.1~3)の中にも種々の曲線の長さに出て来る。この検証は「曲線の長さ」を確かめるためであって、当然ながらニュートン・コピーの船の緒元が船大工図の断片で検証できるわけではない。

命題 8 では、船尾材の竜骨との接点から立った垂線と為す角度を 22.5 度以下、18 度以上としている。図 27 に於いて図 26 と同様に、船大工術の断片の 3 面図(図 3)を用いて検証した。図 7 のポルトガル、図 8 のスペインの例では、この垂線と船尾材が為す直角三角形の辺の長さで決めている。

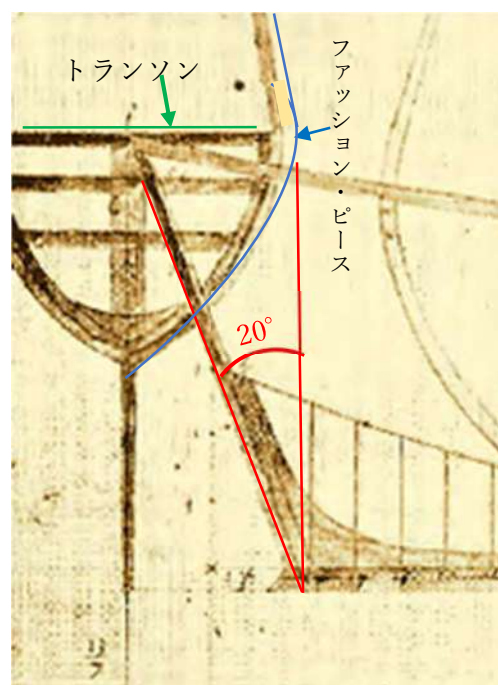
命題 9 はタック(船尾突出部)、命題 10 はグライブ、命題 11 は船尾パネルの幅と言った細部を規定している。命題 12、13、14 は下部の狭まり線について、船大工図の断片のように図が無いので、文章で次のように説明している：

14. 下部の狭まり線は、その比率を船底の幅から取らなければならない、船尾材に行き着く前に、<sup>ナロウイング・モール</sup>狭まり型板の助けを借りて、船底全部と肋根材頭部から取り除くことが出来る以上に狭くしてはいけない。さもないと、貴君の狭まり線が過大となり、船の積載量を少なくしてしまい、良くないからである。

\* この説明では、あたかも狭まり型板と言ったものが存在するように受け取れるが、どのような物か分からない。リバンド(バッテン、図 29 と 31 参照)のようなものであろうか。

\* 命題 15 は船尾突出部の<sup>スワイプ</sup>曲線の長さ、命題 16 は船幅における高い方の<sup>スワイプ</sup>曲線の長さ、命題 17 はファッション・ピース(TRANSON の両端に取付けられる木材で船尾パネルの湾曲した枠を形作る。図 27 参照。)、即ち船尾の<sup>スワイプ</sup>曲線の長さ、命題 18 はフトックの<sup>スワイプ</sup>曲線の長さ、命題 19 は<sup>ウロウグ・ヘッド</sup>肋根材頭部の<sup>スワイプ</sup>曲線の長さ、命題 20 は<sup>ホロウイング</sup>凹形の型板の<sup>スワイプ</sup>曲線の長さ、という具合に、船の重要な曲線がその長さで規定されている。曲線の長さで示されているということは、その曲線が円弧で構成されているものであれば(一つの円でも複数の円でも)、円の半径が示されないと作図出来ない。しかし実際には、設計者(船大工親方)は、対象となる部材が分かっているならば、半径は想定が出来たと思われる。上記した船の主要寸法の 3 表には、これらの曲線の内の幾つかが示されている。第 1 表(Tab.1)を図 28 として下記する。第 2 表には「長い航海用の軍艦」、第 3 表には「商船として最良のもの」という表題が付けられているが、この第 1 表には表題が無い。

図 27 船尾材の竜骨と為す角度



この表の d, e, f, g の諸項目が上記の<sup>スィープ</sup>曲線の長さの中でも特に重要なものを規定している。

図 28：主要寸法の第 1 表(Tab.1)

- |   |                                                              |   |       |
|---|--------------------------------------------------------------|---|-------|
| a | 竜骨の長さ、                                                       |   |       |
| b | 最大 <sup>ブレドゥス</sup> 船幅、                                      |   |       |
| c | 肋材の第 1 湾曲における<br><sup>チンバー</sup> 船幅から <sup>ベンド</sup> 竜骨までの深さ |   |       |
| d | 最大 <sup>ブレドゥス</sup> 船幅における高い方の<br><sup>スィープ</sup> 曲線の長さ、     | ← | 命題 16 |
| e | フトックの <sup>スィープ</sup> 曲線の長さ、                                 | ← | 命題 18 |
| f | 肋根材頭部の <sup>ウロング・ヘッド</sup> 曲線の長さ、                            | ← | 命題 19 |
| g | ファッション・ピースにおける<br>高い方の <sup>スィープ</sup> 曲線の長さ、                | ← | 命題 17 |

Tab. 1

| a   | b  | c  | d  | e  | f  | g   |
|-----|----|----|----|----|----|-----|
| 120 | 44 | 20 | 10 |    |    |     |
| 120 | 43 | 19 | 10 |    |    |     |
| 120 | 42 | 18 | 10 |    |    |     |
| 120 | 41 | 17 | 10 |    |    |     |
| 120 | 40 | 16 | 10 |    |    |     |
| 120 | 40 | 15 | 10 |    |    |     |
| 120 | 40 | 14 | 8  |    |    |     |
| 117 | 39 | 13 | 7  |    |    |     |
| 108 | 36 | 12 | 6  | 22 | 7  | 18  |
| 99  | 33 | 11 | 5½ | 20 | 6½ | 16½ |
| 90  | 30 | 10 | 5  | 18 | 6  | 15  |
| 81  | 27 | 9  | 4½ | 16 | 5½ | 13½ |
| 72  | 24 | 8  | 4  | 15 | 5  | 12  |
| 63  | 21 | 7  | 3½ | 13 | 4½ | 10½ |
| 54  | 18 | 6  | 3  | 11 | 4  | 9   |
| 45  | 15 | 5  | 2½ | 9  | 3½ | 7½  |
| 36  | 12 | 4  | 2  | 7  | 3  | 6   |
| 27  | 9  | 3  | 1½ | 6  | 2½ |     |
| 18  | 6  | 2  | 1  | 5  | 2  |     |
| 9   | 3  | 1  | ½  | 3  |    |     |

赤枠で囲った項目は最大船幅が 21 フィート (6.4m) であるところから、本ニュートン・コピーに所載の横断面図の船と推測する。第 2 表と第 3 表には最大船幅が 21 フィートの船は無い。竜骨長 a=72 の緑枠で囲った項目は 31 ページで、同じ竜骨長の軍艦：第 2 表(Tab.2)、及び商船：第 3 表(Tab.3)と比較する。

\* 命題 21 は船尾楼のタンブルホームと船首楼の<sup>ホロイングスリーブ</sup>凹形の曲線を規定している。命題 22 は船尾材についてであるが、砲門の位置への配慮をしている。命題 23 は下部の外部腰板の位置について配慮すべき点を述べている。

\* 命題 24 と 25 は肋材の<sup>ベヴェリング</sup>斜角(図 29 と 30)についての規定をしている。船体設計においては細部のことであるが、現場の船大工仕事だけでは解決できない極めて重要な作図の仕方である。

24. 最大船幅、そしてトップ・チンバーの最上部までの斜角は狭まり線の違いである。肋根材頭部の下では、斜角は上昇と狭まりに従う。

25. 肋材のあらゆる横断面の全ての部分での斜角を見つけるやり方は次のようなものである。肋材の最初の横断面から始め、これを全部描く。そして最初の横断面の内側でその船幅と狭まりと上昇に従って次の横断面を描くと、全ての場所において 2 本の線の間の距離

が真の斜角である。  
そして、前の横断面の内側で、同じやり方でもって、次のものが描かれ、前のように一つがもう一つのもの内側に、というようにして、残りのもの全てが描かれる。

\* 命題 27 と 28 は第 1 横断面(即ち最大横断面)から船尾側(命題 27)と船首側(命題 28)へ

肋根材の<sup>モールド</sup>型板を順番に作って行くが、その際、船尾側を作って行く時は前の肋材の船尾側で型板取りし、船首側を作って行く時は、次に来る肋根材はその後ろ側で、前の肋材と型板取りしなければならないことを注意している。それは斜角を考慮しなければいけないからである。

### 3) 最大横断面から他の横断面の作図の仕方：<sup>ホーリング・ダウン</sup>引き下げと<sup>ブリング・アップ</sup>引張り上げ

命題 29 と 30 は最大横断面(第 1 横断面)から、その前後の横断面をどのように型板を作

図 29：肋材の<sup>ベヴェリング</sup>斜角

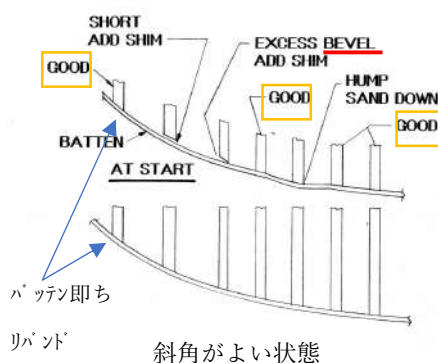
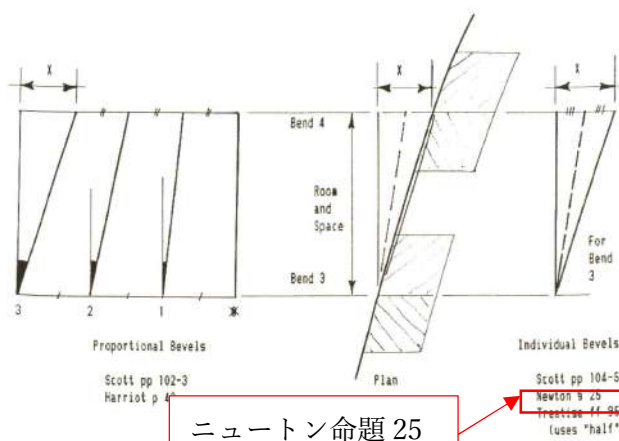


図 30：R.バーカーによる<sup>ベヴェリング</sup>斜角の取り方の説明図(26)



るか(型板取り)<sup>モールドイング</sup>は、造船上の極めて重要な事項であり、いわば船大工親方の腕の見せ所であり、秘匿に値する K・H の部分でもあった。一般的には、スケルトン工法では、竜骨を置いた後に、最大横断面と、船首と船尾の狭まりが始まる所の横断面の 3 個の肋骨を竜骨に立て、その周囲にリバンドと呼ばれる細くてしなやかな木材の帯を船殻の側面の 2〜3 箇所回して、他の横断面の形状を得て、型板を作ったと、模式的に言われる (図 31)。(27)

大型船の建造において、多くの型板を設計することは簡単なことではなかった。英国ではこの頃、最大横断面の型板を基にして、全部の型板を作るホール・モールドイング(whole-moulding)という型板の製作法が用いられたが、ボート等の小型船用であったため、船首と船尾の形状の設計が難しくて廃れたと言われる(28)。

命題 29 と 30 で扱われる<sup>ホーリング・ダウン</sup>引き下げと<sup>ブリング・アップ</sup>引張り上げの手法そのものがホール・モールドイングであると唱える研究者もいる。議論の余地は残されるものの、少なくともホール・モールドイングの手法の一部と考えるてもよさそうである (29)。

図 31: リバンドによる肋材の形状取得法



29. 型板を作る時には、これらの弧が全部一緒に結合し、一つずつが互いに真に繋がるように、そして全ての接点で型板の上に印が付けられるよう注意深く見ていなければならない。全てのサーマーク (訳注: 型板の上に付けた印) は、引き下げと引張り上げの両方及びタンブルホームの寸法が、それぞれの自分の弧の上に置かれるように、場所が決められなければならない。従って、肋根材頭部の引き下げはそれ自身の弧の上に置かれなければならない。フトックの引き下げと引張り上げはそれ自身の弧の上に置かれなければならない。そして引張り上げだけであるタンブリング・ホームはそれ自身の弧の上に置かれなければならない。肋根材頭部の上には引張り上げは絶対に無く、全て引き下げだけである。そしてフトック上には何回も引き下げと引張り上げがある。もし比率がそれを許してくれるならば、フトックは、沢山あればある程、船は良くなる。船尾方向では、<sup>アフト</sup>上の方の曲線は出来る限り水の中に入らないようにしよう。というのは、<sup>ヘイ・エース・スーフ</sup>船の後ろの部分では、舵の効きと航行速度の両方を妨げるからである。

30. 型板の引き下げ、引張り上げ、そしてタンブルホームは接点の差異に他ならず、前もって、肋材の全ての横断面毎に、即ち深さ、船幅、下方の狭まり、そして上昇において、幾何学及び算数の両方を使って与えられていれば、極めて完全に教えられたことになる。 (下線は筆者による) これらの部分によって、肋根材

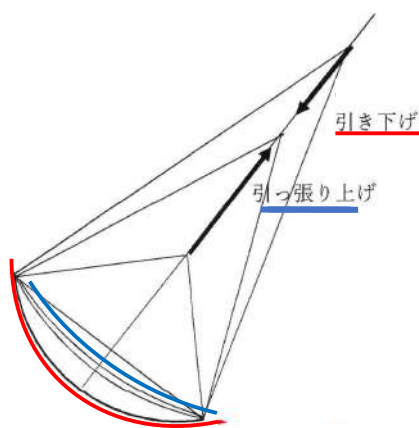


頭部の全ての引き下げ、フトックの引き下げと引張り上げ、そしてトップチンバーのタンブルホームが、こうして見出される。貴君が見たところ、船首方向あるいは船尾方向両方で、そして 肋材の全ての横断面において、これらの弧の全てが、最大船幅における肋材の第 1 横断面にある弧よりも大きい小さいかが分かれば、引き下げ、あるいは引張り上げ、あるいはタンブルホームの量はその分である。こうして、後ろの横断面の一つ、あるいは最前部のどれかが以前教えられた通りに描かれ、これらの角度が第 1 湾曲における角度より小さいことが分かったならば、その分を引き下げ、もし角度が大きければ、引張り上げをする。

\*引き下げと引張り上げについて、記述による説明が行われたわけであるが、図がないとなかなか理解しづらいので、参考図を図 32 と 33 に示す。スペインでは「ジョーバ」と呼ばれ、ポルトガルの「エスパリヤメント」と呼ばれる方法は、引き下げと似た方法であった。(30)

図 32 は、リチャード・バーカーがその著書「造船所におけるデザイン、1600 年頃」において、船大工術の断片の横断面図を利用した引張り上げの説明図である。(31)

図 33: <sup>ホーリング・ダウン</sup>引き下げと<sup>プリング・アップ</sup>引張り上げの概念



引張り上げると真中の黒線の弧の半径が大きくなり青線の弧となり、引き下げると黒線の弧の半径が小さくなり赤線の弧となる。

図 32: バーカーによる船大工術の断片の横断面図を利用した引張り上げの説明図

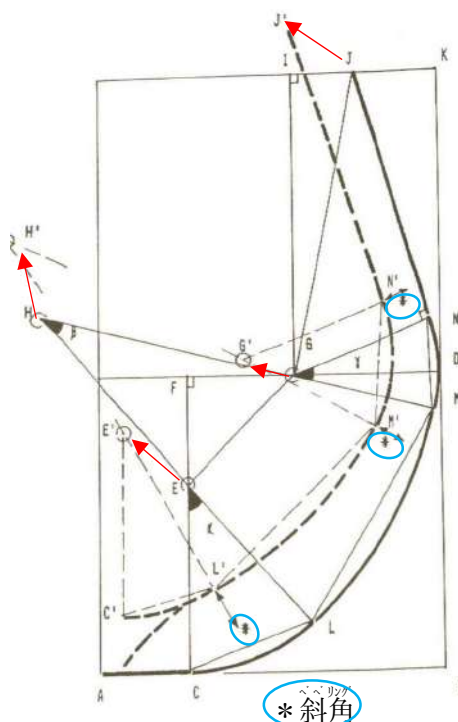


図 33 は、弧を引き下げと引張り上げする時に弧の半径が大きくなったり小さくなったりすることを見せる概念図。

命題 30 において筆者が下線を引いた「幾何学及び算数の両方を使って与えられていれば、極めて完全に教えられたことになる。」ということは、本ペーパーのこの後の項目 3

の「1620 年頃に書かれた造船に関する論文、1620～1625 年（以後「1620 年頃の造船の論文」と呼ぶ）の中で、幾何学的な図法だけによるでなくて、「最大横断面から残り全ての横断面を描き出すためには、全ての部分を算数による寸法を見出さなければならない」と述べていることと符合している。

1620 年頃の造船の論文は次のように述べている：

「見取り図<sup>プロット</sup>を上手に描き、また船も上手に建造する良い技術者達が沢山いるとはいえ、彼らの建造した船を彼らの見取り図と比べてみると、ほとんど一致していないことがわかる。多くの場合、主な線図が、見取り図にする時には上手く作られているのに、建造中に駄目にされているのである。その最大の理由は、見取り図の全ての事を忠実に真似するための算数と幾何の技能の不足である。というのは、彼らが小さいスケールに頼る時、多くの場合、各インチが 12 に分割され、1 フィートに対するものは 1 インチの 10 分の 1 を超えることがないからである。もし目盛で 1 インチの 100 分の 1 を誤っただけでも船では 1 インチの誤りを犯すことになり、誤りは見取り図の 100 倍大きくなってしまふ。それ故に、見取り図の真正の図面に従って、最大横断面から残り全ての横断面を描き出すためには、全ての部分を算数による寸法を見出さなければならない。」

#### 4) 最大横断面図の作図

最大横断面から残り全ての横断面が描き出されるわけであるが、ニュートン・コピーの最大横断面の作図法には、マシュー・ベイカーの船大工図の断片で行われた作図方法がそのまま用いられているのである。それは、船殻の型板の断面(モールドッド)として作図に用いた線が実線と破線で示され、寸法が図 34 として残されているからである。原図は見辛い文字があるので、筆者が活字を記入し、線を分かり易くしたものを図 35 として載せた。上記したように、本文書における種々の大きさの船の主要寸法を三つの表(Tab.1, Tab.2, Tab.3)に掲げているが、竜骨長(a)、最大幅(b)、深さ(c)が直線の長さで示されている以外は、図 28 に示したように d, e, f, g の各種の曲線<sup>スカーブ</sup>の長さで規定されている。図 28 の第 1 表の竜骨長(a)、最大幅(b)での曲線<sup>スカーブ</sup>の長さを図 35 の最大横断面によって検証してみたい。

図 34： MSS Add.4006 Part12 のニュートン・コピーの横断面図

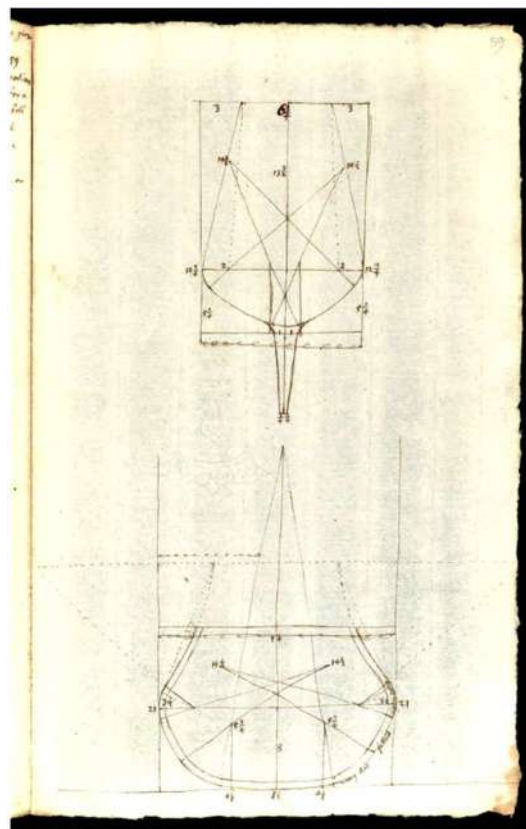
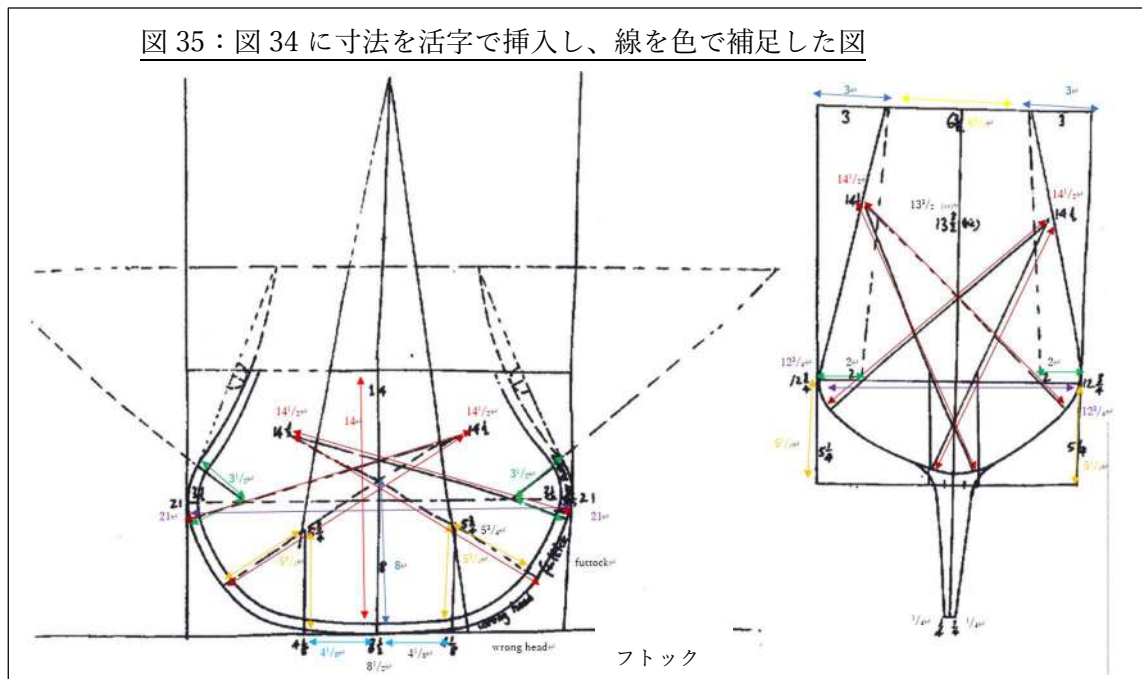


図 35：図 34 に寸法を活字で挿入し、線を色で補足した図



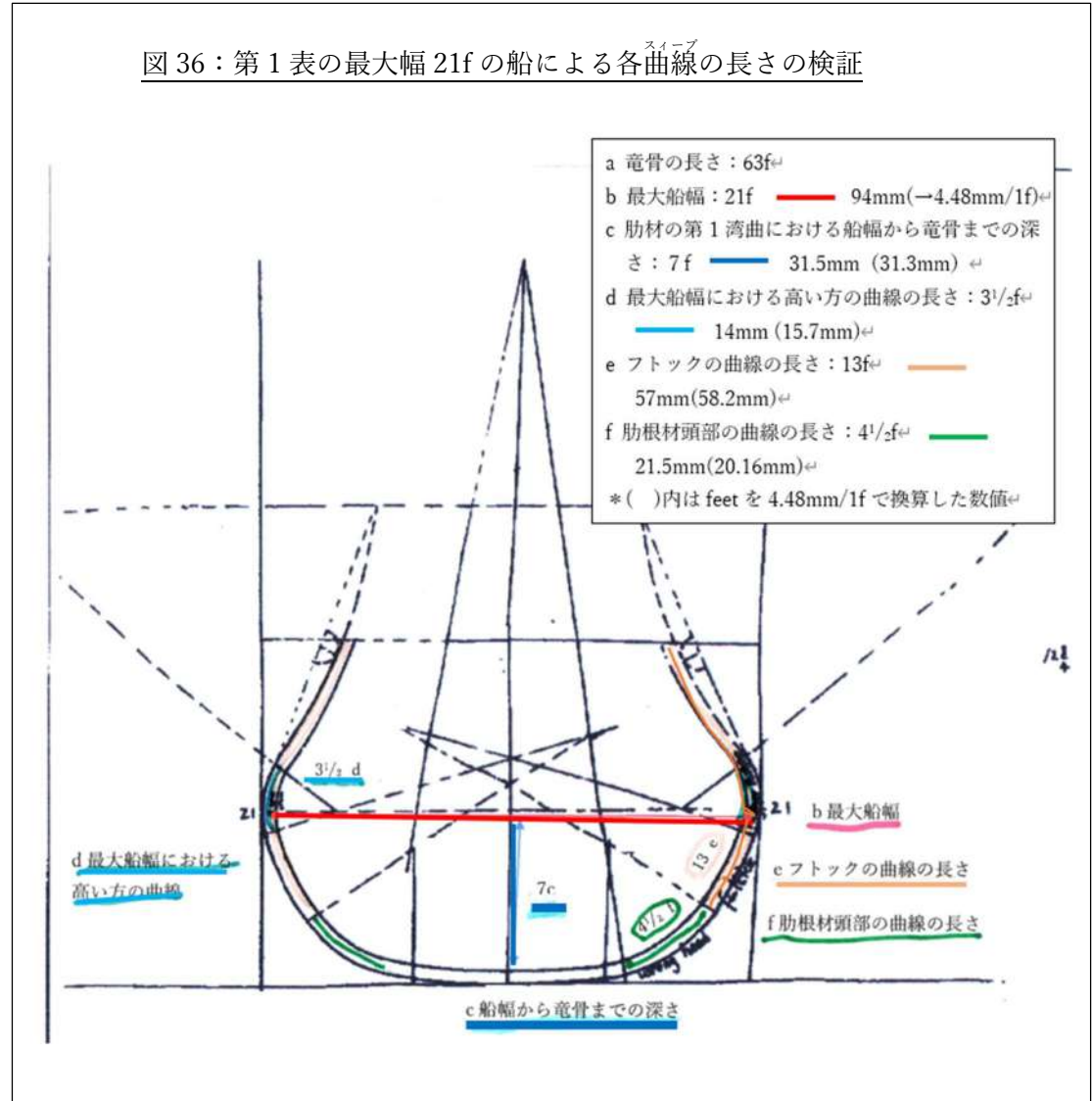
検証に当たっては、図 35 の最大横断面図を使うこととし、コピーを撮り(手元の写真と呼ぶ)、これに、該当する b~f の線を測定して色を付けたのが図 36 である。なお、g はファッション・ピースの曲線(Tab.3 では h)なので、対象からは省かれる。検証に当たって、図 34 の最大幅が 21 フィートなので、第 1 表(Tab.1)の最大船幅 b が 21 フィートの船を選んだ。手元の写真で測ると  $b=94\text{mm}$  であるので、他の寸法を測るのに、 $4.48\text{mm}/1\text{f}(94 \div 21)$  を用いた。実測したミリメートルの数値の後ろの括弧内の数値は表中のフィートの長さを  $4.48\text{mm}/1\text{f}$  で以てミリメートルに換算したものである。c~f の 4 本の実測とこの括弧内の数値を比較すると次のようになる：c(深さ、青色線)： $31.5/31.3=1.01$  で 1% 大きいだけである。d(最大船幅における高い方の曲線の長さ、水色線)： $14/15.7=0.89$  で 10% 小さい。e(フトックの曲線の長さ、オレンジ線)： $57/58.2=0.98$  で 2% 小さいだけである。f(肋根材頭部の曲線の長さ、緑色線)： $21.5/20.16=1.07$  で 7% 大きい。

結果は、4 本の線のうち規定との誤差 2% 以内が 2 本、誤差 10% 以下かつ 2% より大が 2 本であり、曲線の長さの解釈はこれでほぼ間違いないと考える。

命題 31 は下方の狭まり、命題 32 は、型板は横断面の片側で作り、それを反対側用に裏返すこと、命題 33 は船首材と船尾材の竜骨への合わせ方、命題 34 は肋根材を据えて行くための竜骨の分割の仕方。肋骨のルーム・アンド・スペースに言及している。命題 35 と 36 は水準器を使って肋根材を竜骨へ垂直に立てるホーニング(horning)のやり方。命題 37 は順次立てて行くフトックの並びが正しいことを確かめる十字棒の使用。命題 38 は外部腰板の据付の重要性。命題 39 は隔壁の設計の仕方。命題 40 は水切りを二つのチーク(訳注：ビークヘッドを挟む細い帯板)で挟むことの重要性。命題 41 は、船幅を前後において、最大横断面での高さよりも高くしないことについて。命題 42 は船幅の線の作図に当

たってその高さへの留意点。命題 43 は船首の肋材の据え方。命題 44 は、砲門を開けるに  
 当たってオルロップや甲板の渡し方。命題 45 は砲門を置く場所と大きさの規定。

図 36：第 1 表の最大幅 21f の船による各曲線の長さの検証



此处で、第 1 表(用途の指定が無い船)、第 2 表は「長い航海用の軍艦」、第 3 表(両表は 32 ページに載せる)は「商船として最良のもの」という 3 種類の船を横断面によって比較をしてみる。これらの 3 表に共通している竜骨長は 72 フィートのものだけであるので、これで対比をしてみる。なお、a～h のレジェンダは、第 1 表と第 2 表は共通しているが、第 3 表は異なる。

|          | a  | b  | c  | d              | e  | f              | g               |
|----------|----|----|----|----------------|----|----------------|-----------------|
| Tab.1 –  | 72 | 24 | 8  | 4              | 15 | 5              | 12              |
| Tab.2 軍艦 | 72 | 24 | 9  | $4\frac{1}{2}$ | 16 | $5\frac{1}{2}$ | $13\frac{1}{2}$ |
| Tab.3 商船 | 72 | 27 | 11 | 6              | 21 | 6              | $16\frac{1}{2}$ |

商船が両用と軍艦の両方よりも船幅が大きく、各曲線の長さが大きくなることが目立つ。



第2表(Tab.2) 長い航海用の軍艦

| a   | b  | c  | d  | e  | f  | g   |
|-----|----|----|----|----|----|-----|
|     |    | 20 |    |    |    |     |
|     |    | 19 |    |    |    |     |
|     |    | 18 |    |    |    |     |
|     |    | 17 |    |    |    |     |
| 112 | 40 | 16 | 8  | 29 | 9  | 24  |
| 108 | 38 | 15 | 7½ | 27 | 8½ | 22½ |
| 105 | 36 | 14 | 7  | 25 | 8  | 21  |
| 100 | 34 | 13 | 6½ | 23 | 7½ | 19½ |
| 96  | 32 | 12 | 6  | 22 | 7  | 18  |
| 87  | 29 | 11 | 5½ | 20 | 6½ | 16½ |
| 78  | 26 | 10 | 5  | 18 | 6  | 15  |
| 72  | 24 | 9  | 4½ | 16 | 5½ | 13½ |
| 66  | 22 | 8  | 4  | 15 | 5  | 12  |
| 57  | 19 | 7  | 3½ | 13 | 4½ | 10½ |
| 51  | 17 | 6  | 3  | 11 | 4  | 9   |
| 42  | 14 | 5  | 2½ | 9  | 3½ | 7½  |
| 36  | 12 | 4  | 2  | 7  | 3  | 6   |
| 27  | 9  | 3  | 1½ | 5  | 2½ | 4½  |
| 18  | 6  | 2  | 1  |    | 2  |     |
| 9   | 3  | 1  |    |    |    |     |

- a 竜骨の長さ、  
b 最大船幅、  
c 肋材の第1湾曲における船幅から竜骨までの深さ  
d 最大船幅における高い方のスィープ曲線の長さ、  
e フトックのスィープの長さ、  
f 肋根材頭部のスィープ曲線の長さ、  
g ファッション・ピースにおける高い方のスィープ曲線の長さ。

第3表(Tab.3) 商船として最良のもの、水夫次第で良くなるのが次の通りである

| a   | b  | c  | d  | e  | f  | g  | h   |
|-----|----|----|----|----|----|----|-----|
|     |    | 20 |    |    |    |    |     |
|     |    | 19 |    |    |    |    |     |
|     |    | 18 |    |    |    |    |     |
| 110 | 42 | 17 | 15 | 9  | 32 | 10 | 26  |
| 110 | 40 | 16 | 14 | 8½ | 30 | 9  | 24  |
| 95  | 37 | 15 | 13 | 8  | 28 | 8  | 22½ |
| 90  | 35 | 14 | 12 | 7½ | 26 | 7½ | 21  |
| 80  | 32 | 13 | 11 | 7  | 24 | 7  | 19½ |
| 75  | 30 | 12 | 10 | 6½ | 23 | 6½ | 18  |
| 72  | 27 | 11 | 9  | 6  | 21 | 6  | 16½ |
| 60  | 24 | 10 | 8  | 5½ | 19 | 5½ | 15  |
| 55  | 22 | 9  | 7  | 5  | 17 | 5  | 13½ |
| 50  | 20 | 8  | 6  | 4½ | 16 | 4½ | 12  |
| 45  | 18 | 7  | 5  | 4  | 14 | 4  | 10½ |
| 37  | 15 | 6  | 4  | 3½ | 12 | 3½ | 9   |
| 32  | 13 | 5  | 3  | 3  | 10 | 3  | 7½  |
| 28  | 11 | 4  | 2  | 2½ | 8  | 2½ | 5   |
|     |    | 3  |    | 2  |    | 2  |     |
|     |    | 2  |    |    |    |    |     |
|     |    | 1  |    |    |    |    |     |

- a 竜骨の長さ、  
b 最大船幅、  
c 肋材の第1湾曲における船幅から竜骨までの深さ、  
d 船尾における幅、  
e 最大船幅における高い方のスィープ曲線  
f フトックのスィープ曲線の長さ、  
g 肋根材頭部のスィープ曲線の長さ、  
h ファッション・ピースにおける高い方のスィープ曲線の長さ。



用いてであれば、他のやり方よりも容易に見出される) 肋根材頭部の中心を、その上に立つ線が上の方の<sup>スワイプ</sup>曲線の中心の片側の上に常に落ちるように与える。そうすれば、引き下げと引っ張り上げは算数を用いて容易に見いだされる。

\*算数と言っているが、二乗、平方根、三角関数を用いたまさしく数学の使用である。

命題 61 は喫水上の船の各種構造の高さ。命題 62 においてこの文書の著者が、大型船 (110 フィート [33.5m] 以上) を好まなかったこと、そして命題 64 は軍艦には 450~600 トンが適切であると考えていることを表明している。当時、フィニアス・ペットが国王の寵愛を得て建造した最大の軍艦プリンス・ロイヤル号は竜骨長が 115 フィート、幅が 43.5 フィートで 1200 トンの豪華な彫刻で飾られた戦列艦の一步手前の独特な船であった。(図 38) この著者は同船を意識して命題 62 を書いたのではないかと考えられている。

図 38：オランダのフリシingenに到着のプリンス・ロイヤル号(進水 1610 年)



62. 守らなければならない事の大部分を私は書き留めたが、さらに私は経験で、これらの部分について他の海では竜骨が 110 フィートよりも長く、40 フィートより広く、また水に 18 フィート以上入る船は造らないことを知っている。このプロポーションの船は作ることが出来る最大のもので、使い物になるようにするには、大きなプロポーションであるために、あまりにも大きく、嵩張って扱いにくい大積載量となるので、帆柱、帆、綱、錨、そして滑車装置を大きくして積載量に耐えられるようにしなければならず、大きな費用、助け、そして長い労働時間を要する。何らかの原因で沈没する大きな危険にしばしば晒される。一方で、小さい船ならばそのような目に合わず、ほとんど何時でも、もっと役に立つ。

命題 63 は欠番。

64. 戦争に最適な船は 450 と 600 トンの船で、これらの<sup>バーデン</sup>積載量の船は、扱いに

において敏捷である。大型船の片側で1回だけに対して、両船側の大砲を撃つことが可能であり、良い大砲を積むことが可能である。大型船1隻の費用で、2隻の船が造れるかもしれない。またほとんど何時でも、これらの小型船が1隻あれば、そのように巨大な大型船より役に立つし、どんなに急な場合でも、より危険を冒さずに、いかなる港でも出たり入ったり出来る。こうしたことは始終起きる。

65. 多数の大砲は、いかなる船の強度もすぐに衰えさせ、たとえその船が今までになく頑強に建造されていても、再度任務に適するようにするために、しばしば修理に多大な費用をかけさせ(注: 本体をそのまま生かして、いわゆる<sup>リコンストラクション</sup>再建造すること)、海での取り扱いを大変面倒にし、船に漏水を始終起こさせ、完全に航海を放棄させるほど帆柱や帆桁を使えなくしてしまい、多くの場合、船と人の命を失わせてしまう。それ故に、上手く使うことが出来る以上の大砲を持つことは不適切なのである。大砲をお互いに余りにも近づけて置くと、一つが他の邪魔をするからである。

66. どのような船でも、その最大の<sup>フォース</sup>力は下部のオルロップに存する。船の側面の造りが華奢であることと、オルロップがあまりに低いと、そのことによって、私がしばしば経験で見出したように、船の最大の<sup>フォース</sup>力が取り去られてしまう。全ての最大級の軍艦は、一つのオルロップ、一つの甲板、一つの半甲板、一つの船首楼、それに船によっては一つの船尾甲板だけを有して建造されるよう望みたい。ただし、それなりの天候であればいつでも大砲を使えるように水面上の高さに置ける高さにオルロップが渡されること。それは、1隻の船でもって敵を抑え込み、驚かす以上のことを、2隻の船でもって、今使われている船の中に大砲が置かれたまま出来るのは、大きな利点である。二つのオルロップで、一つの甲板、一つの半甲板、一つの船尾甲板、そして一つの船首楼を伴って建造された船は、水面上の高さが高いので、水面下の深さも深くなければならない。最大の<sup>フォース</sup>力と見なされる大砲の下段は港に居る時以外使い道は少ない。水面上が大変に高いことによって、錨を降ろして停泊することは骨が折れ、かつ危険なことであるが、水面下が大変に深いので、どんな港であろうと、出入すること、そしてこの辺りでは極めて普通である砂州や岩礁を通過することが極めて危険である。

全ての狭まり線の接点、引き下げ、そして引っ張り上げの一覧表は以前に作成されている。此处では、全ての船において使われる、いくつもの線の接点と角度を作り上げるために、全てのそれぞれの命題が使用されるに当たり、それらがどのように本当に適用されるかが示される。

貴君がいずれかの狭まり線を計算するか、描くかする時には、第11番、13番、14番、15番、16番、17番、18番、あるいは第19番の命題のどれかをちょっと見てみなければならないが、それらは全てが何本もの線であるので、最大船



幅の最良の狭まり線は第 5 番のプロポーションにおけるもので、その次は第 11 番のプロポーションのものである。

軍艦を建造する時は、最大船幅用に第 5 命題における狭まり線を、船尾方向にも前方向にも、船首材との接点のなるべく近くか、その辺りで使うこと。それが終わる所で、弧は後方へ続くように、接続しなければならない。

\* このように、具体的な作図と建造について、どの命題を参照するかが続き、前掲の 3 表が載せられ、最後に帆柱と帆桁の長さの求め方が次のように示される。

「全ての船の主帆柱は、船幅と深さによって知られ、例えば、30 フィート幅で、深さ 15 フィートの船は、これら両方を一緒に加えた合計 45 フィートになるので、45 の  $\frac{3}{5}$  を取ると 27 となり、これをヤード数とすると(訳注：1 ヤードは 3 フィートに相当)がその船の主帆柱である。……(訳注：実例が記述されているが省略する) 上記のプロポーションは、30 フィート幅より上の船に使い、船が 30 フィート幅以下であれば、次のプロポーションで作業しなければならない。26 フィート幅で、深さ 12 フィートの船を想定しよう。両方を加えて合計すると 38 フィートになり、 $\frac{2}{3}$  を取ると、 $25\frac{1}{3}$  ヤードとなる。このプロポーションは小型船にも、ピナス船にも使える。

前檣は主帆柱に対して、6 対 7 であり、大きさに対しても、長さに対しても命題 3 のルールで作業する。」

「竜骨が 100 フィート、幅が 38 フィートの船は、主帆桁が 29 ヤードと 1 フィートとなる。例えば、100 フィートから 50 フィートを取って、それを船幅の 38 フィートに加えると、88 フィートになる。そして 88 を 3 で割ると、商は 29 ヤードと 1 フィートになり、それが丁度、主帆桁の長さとなる。このように、いかなる船でも、その残りの帆桁は主帆桁に比例することを覚えておくべきである。例えば、主帆桁を 4 分割すると、その三つ分が前檣帆桁の長さになり、同様に前檣帆桁を 4 等分すると、それら 4 分の 3 がスプリットスル帆桁の長さとなるが、ミズン帆桁の長さは、前檣帆桁の長さにならなければならない。ミズン帆桁の厚さ(訳注：直径のこと)も前檣帆桁と同じであるが、それは、長さの  $\frac{1}{3}$ 、即ち帆桁を吊るしている所から細い終端部に向かって  $\frac{1}{3}$  の所においてである。」

\* ここでニュートン・コピーは終わる。

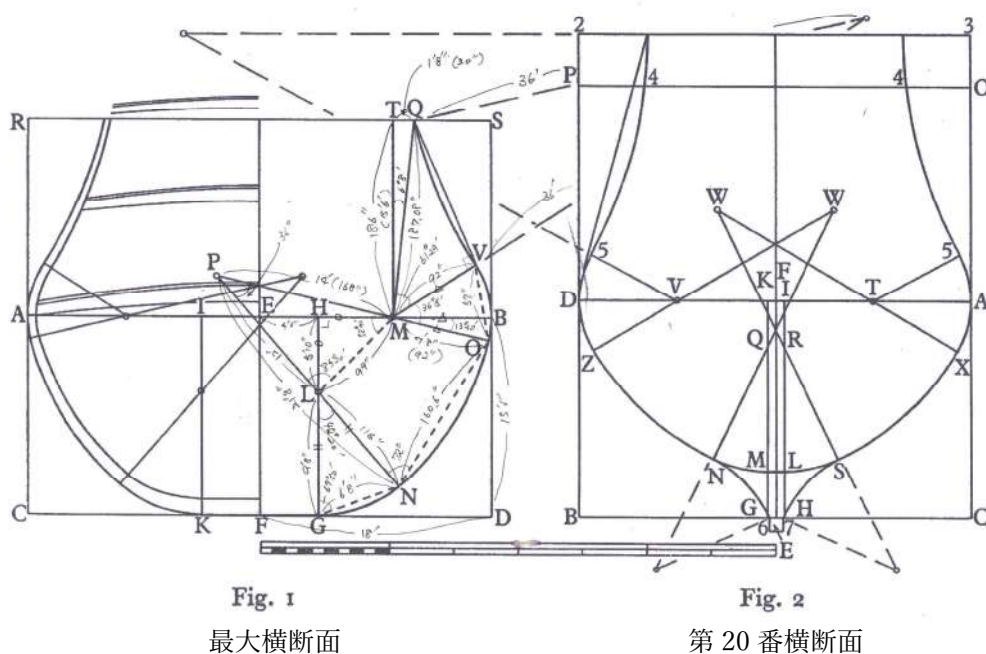
### 3. 1620 年頃に書かれた造船に関する論文<sup>(32)</sup>

本文書の原本は海軍本部図書館の「Ms 9: Orders and Instructions of the Duke of York, 1660」と称されるカタログ分類中に所属しているが、一般公開はされていないようであり、ファクシミリ版も見当たらない。本文書はウィリアム・ソールズベリーによって編集され、ザ・マリナーズ・ミラーの第 6 特別号として 1958 年に「造船に関する論文、1620 年頃」(「1620 年頃の造船に関する論文」)出版された。原本にはいくつかの誤字、脱字が

存在するが、ソールズベリーがそれを訂正補筆している。その箇所には、彼のその旨の注記があるが、当ペーパーにおいては、注記は省き、ソールズベリーによって訂正あるいは補筆された文章のみを翻訳している。

図 39：ソールズベリーが再現した横断面図(Fig.1 と Fig.2)

に筆者が一部寸法を書き込んだもの



また Appendix としてソールズベリーの「図形の再現についての注意書き」があり、図 39、40、41 は原本に存在するものではなく、本書の記載及び Appendix に基づいてソールズベリーが再現したものである。本書の余白に示されたフォリオ番号は 79r~97r で、文書としては途中で切れた形となっており、36 枚の枚数で成り立っているようである。

第一部とも言うべき、文書の最初の部分(79r~84v)は、船の部分名、部材名を簡潔に紹介し、設計と型板の作製の前提となる意味合いが強い。それが終わった(84r)後に、「これらのことを知り、種々の部分を正確に理解したので、今や見取図を描くことに進むことが出来る。」とし、第二部とも言うべき 550 トンの船の設計方法と木材の型板を製作する詳細な指示・説明に移る。

図 40：ソールズベリーが再現した横断面図 (Fig.5)

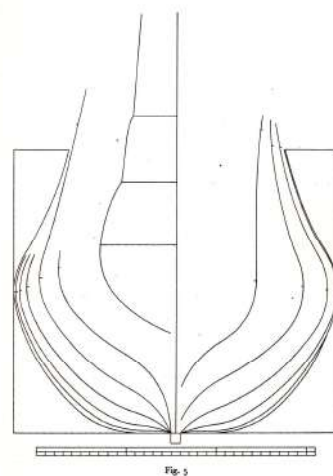
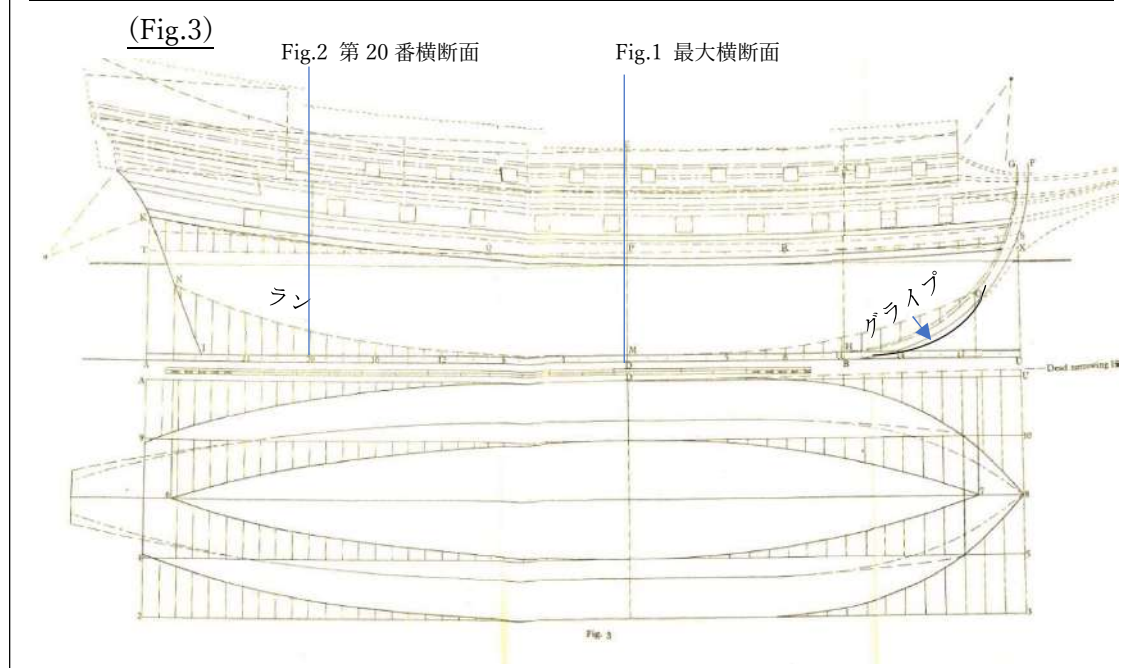


図 41：ソールズベリーが再現した側面図と平面図(船底の狭まり線と船幅の狭まり線)



この第二部の指示・説明は極めて詳細であり、船大工親方に読まれることを意識して書かれたことは間違いない。二乗、三乗、四乗の累乗の曲線と対数が使用され、幾何学においても正矢(versed sine、註<sup>(39)</sup>参照)という数値が使われて大幅に数学が取り入れられているが、船大工術の断片の後継者の面も十分に備わっており、ソールズベリーは序において、「最大横断面における主寸法及び曲線のプロポーションが、ペピシアン手写本(船大工術の断片)の最後のページに貼り付けられた四つ折り半紙に書かれたものと一字一句同じである」と指摘し、この論文の著者として、様々な人物を念頭に置いて検討した結果、「私自身は、比較形式のスタイルと対数の使用に基づいてだけであるが、デッドフォード造船所の倉庫管理者のジョン・ウェルズの著作と考えている」としている。ジョン・ウェルズはマシュー・ベイカーと仕事を共にし、図 5 の魚が描かれた図は二人の共同製作によるものと言われている<sup>(34)</sup>。彼はオープンハイムの「英国海軍の行政管理」中に印刷されたトン数の測定についてのページの著者であった。本文書についてソールズベリーは「図面を描くことと、木材の型板を作製するための詳細な指示を含む論文の第二部は、当時の他の英語の記述のどれよりも完全で、これに比較できるのは、ずっと後のディーン Deane の『造船理論 *Doctrine of Naval Architecture*』(1670 年)<sup>(33)</sup>だけである。ホール・モールドディングの古いシステムの説明としてはブッシュネル Bushnell の『完全な船大工 *Compleat Shipwright*』(1664 年)<sup>(35)</sup>よりもはるかに優れている」と称賛し、本文書の引っ張り上げと引き下げの方法をホール・モールドディングの方法そのものとしている。

#### 1) 船の部分と部材の説明

(f.79r)

1620 年頃の造船に関する論文は次のように始まる：

|          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          | <p>船は木材、板、鉄製品で組立てられ、人、弾薬、そして食料の使用に適した種々の甲板と部屋になるように工夫された<sup>コンケープ</sup>凹型の船体をしている。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 船殻       | <p>この船は、船大工の仕事だけに属する帆柱と帆桁を伴った一般的に船殻<sup>ヘル</sup>と呼ばれる裸の状態の胴体の船であると考えられてよい・・・</p> <p>最初に考察することは船の積載量であるが、それは船を大きいものとするか、それとも小さいものとするか、提案されたものに従って、一般的な寸法が変わるからである。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 船の寸法     | <p>全ての船の一般的な寸法は三つである。即ち、長さ、幅、深さであり、これらは変化するので、それに応じて型板<sup>モールド</sup>と積載量が変わる。船幅は好きなように決められ、深さは船幅の半分より大きくしてはならず、また 3 分の 1 より小さくしてもいけない。そして長さは船幅の 2 倍より小さくしてはならず、また 3 倍より大きくしてもいけない。</p> <p>長さは船首材と船尾材<sup>レイク</sup>の勾配を除く竜骨の長さを、船幅は最大横断面<sup>ミッドシップ・ベンド</sup>での肋材を含む梁の長さを意味している。船艙の深さはその最大横断面の梁から肋根材を含む竜骨の上端までを取る。そして立方体<sup>キュー・ビカリ</sup>としてこれら三つをそれぞれ掛け合わせた結果を、測定<sup>キュー・ビカリ</sup>の一般規則で以て、100 で割ると、その船の積載量が得られる。</p> <p>しかしながら、この後でやってみるが、もっと合理的で確かなやり方がある。</p> <p>*「船幅は好きなように決められ」となっている船幅が基準となるようなニュアンスで述べており、ニュートン・コピーが竜骨の長さをベースにしているのとは異なる。</p> <p>*積載量の計算は、9 ページで述べた竜骨長×船幅×深さを 0.97 の除数で除する 1570 年に廃止された「ベーカー氏の古い規則」ではなくなっている。</p> |
| 材料       | <p>積載量が決まったら、材料が提供され、取付けられなければならない。それらは材木、板、そして鉄製品である。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 材木の種類    | <p>材木は三つの種類から成る：真直ぐな材木、コンパス状、即ち屈曲した材木、そして肘型材木。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 板の種類     | <p>板も 4 種類から成る：即ち、4 インチ(10cm)、3 インチ、2 インチ、そして <math>1\frac{1}{2}</math> インチ(3.8cm) の厚さの板。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| [79v] 木釘 | <p>木釘はその長さによって区別された 5 種類から成る：即ち、3ft、<math>2\frac{1}{2}</math>ft、2ft、<math>1\frac{1}{2}</math>ft、そして 1 フィートの長さ。</p> <p>*91cm ほどの長い木釘が使われたことが分かる。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 鉄製品      | <p>鉄製品は主にボルトで、造作品<sup>ワーク</sup>をより強くするために全て一緒にしっかり留める役に立つ。</p> <p>さて、船の船体<sup>ボディー</sup>はこれら僅かな種類の材料から成り立つことが分かったが、材料は船の種々の部分におけるそれらの性質と使用目的に従って、一般的にこれらとは異なった固有の名称を与えられており、技術家<sup>アーティフィサー</sup>は彼の建造物の大きさに比例した数量のそれぞれの種類のものを提供するであろうから、まずは材木と板の</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |



全ての部材の種々の名前と使用目的を知る必要がある。

竜骨、<sup>キールソーン</sup>内竜骨、船尾材、舵、<sup>ウィップスタッフ</sup>舵柄、<sup>ビラー</sup>舵取り棒、梁柱、<sup>ビット</sup>繋柱、カーリングとレッチ

肋骨の名前 <sup>ハッチ</sup>ただし艙口の縁材も同様に呼称される)、ナイト(訳注：船首材の両側にあり、その後方にホース・ピースが続く縦長材であるナイト・ヘッドのこと)、キャプスタン

は全て真直ぐな材木で作られる。

\*この後に、更に種々の部材の名称が挙げられる。湾曲した肋骨の名前として、船首を構成する部材、各種の肋骨、梁受け材、船腰板、等を挙げている。(図 23 に載せた 17 世紀中頃の軍艦ハンプシャー号の主な部材のイラストをリチャード・エンザーがザ・マリナーズ・ミラーに載せたものを参考として註<sup>(36)</sup>に転写する)

それらの部材の列举のあとで、主要な各部材の説明が為される。その例として竜骨等の幾つかの記述を選んで下記に転写する。

竜骨

竜骨はその上に、残り全ての構造物が建てられる基礎、即ち土台で、船幅と深さが必要とする長さを一緒にホゾ嵌め込みしてボルト留めした 1 本またはそれ以上の真直ぐな材木片(<sup>エルム</sup>楡材)である。竜骨の上に在る排水ポンプが立っている<sup>ウエル</sup>艙水溜に水を移動させる肋根材の底に切った<sup>リンバー・ホール</sup>滲水孔と呼ばれる四角い孔を備えた全ての肋根材と上<sup>ライジング・チンバー</sup>昇肋材の全てがそこに留められている。

船尾材

船尾材は、竜骨の後端の頑丈なホゾ穴に嵌め込む大きな材木片で、勾配の角度になるまで傾斜させ、<sup>レイキング</sup>トランソーンと<sup>ワーク</sup>ファッション・ピースが組み立てられて船尾材に均整を与える。前方の円及び後方の直線による船首材と船尾材両方の<sup>レイキング</sup>勾配は、竜骨から船首方向と船尾方向への<sup>ワーク</sup>造作品の<sup>オーバーハンギング</sup>突き出しである。(図 27 参照)

レイキング  
勾配

舵

舵は、その頭部で舵柄を受ける柱よりも少しばかり長い真直ぐな大きな材木片で、船をあちこちに思うようにうねらせる舵の鉄部品が付いた柱の上で自由にぶら下がっている。

舵柄

(図 42 参照)舵柄は、甲板の中での造作品の必要に合わせて、一部は真直ぐで、一部はコンパス状で、一つの端部は舵の頭部に留められ、他の端部はガン・ルームで、船の片側から片側へ自由に動く。舵柄の前端に鉄輪で留められた軽いモミ材あるいはトネリコ材の木片である舵取り棒の助けを得て、鉄の軸棒が甲板の 2 本の梁の間に入られている<sup>ロウル</sup>軸玉の中で動いて、押し下げられたり、持ち上げられたりするので、舵をより容易にあちらこちらと自在に動かす。

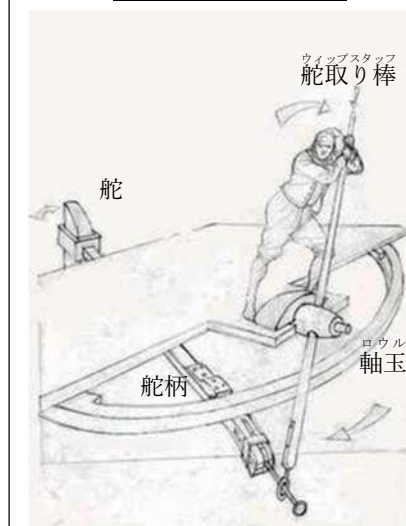
ウィップスタッフ  
舵取り棒

ロウル  
軸玉

ビラー  
梁柱

梁柱は肋根材頭部から上部甲板の梁に至る真直ぐな材木片で、船が陸上に横たわ

図 42：舵の仕組み



る時、船の負担を軽減し、かつ強度を与えるために、船のビルジの中を横断しているが、ものによっては角度がついて交叉して補強材に下部でボルト付けされている(訳注：クロス・ピラー)。(図 18 及び註<sup>(36)</sup>図の 24 と 25 参照)

\*ここで注目される点は、梁柱は傾船修理・清掃(キャリーニング、グレーピング)のために「船が陸上に横たわる」際の船殻にかかる負荷対策が役割であると述べていることである。

肋根材 肋根材は最大横断面の船首側と船尾側に、適切な然るべき数があり、船底の全幅が平らで、そこから、最初の曲線と同じ高さまで丸く上がっている。

[81r] 肋根材は平らな部分の後、もっと目立つほど上昇し、かつ狭まると、上昇肋材と呼ばれ、それらの狭まりと上昇は、船の行き足の活力がそれに係っているグライプ(訳注：船首材を竜骨に取付ける部分、図 41 参照)を前方に、ラン(run, 訳注：船尾が突き出ている部分の下方の喫水部、図 41 参照)を後方に作っている。そしてこれらの肋材が交叉することを導いている線はタック(tuck, 訳注：ランが船尾の上方に集められている部分)と呼ばれる。

ライジング・チンバー  
上昇肋材

[フトック]

船のフトック、即ち肋骨は、全てのそれぞれの型板に従って曲線を描き、下方で肋根材頭部へ、上方でネイヴァル・チンバーへホゾ嵌め込みされているコンパス材の或る一定の丸みのある材木片である。大型の船では、上部フトックと下部フトックと呼ばれる部材へ組込まれる。(註<sup>(36)</sup>の図の 5、7 参照)

ネイヴァル・  
チンバー

ネイヴァル・チンバーは正確には、別個に肋骨が作られることはほとんど無く、フトックの上部及びトップ・チンバーの下部の型板に組み込まれている上部の曲線に属する横断面の部分である。(註<sup>(36)</sup>の図の 8)

トップ・チンバー

トップ・チンバーは時には真直ぐで、時には円形である。これらは各横断面において船幅から舷縁まで届き、船にとって最も優美で健全である凹んだポスト(訳注：タンブルホームを、その横断面の部分を柱と表現)である場合は、下の部分が内側に、上の部分が外側に、どちら側にも丸くなっている。そして船の肋材の全てがこれらの部分で成り立っている。

## 2) 見取図を描くに当たって

この後も各部材についての説明が続き、(84v)のフォリオにおいて、次のように見取図の描き方の説明が始まる。

これらのことを知り、種々の部分を正確に理解したので、今や見取り図を描くことに進むことが出来る。それは、船体を三つの別々の平面図(訳注：現代で言うところの「平面図」ではなく立体図に対して 2 次元図を意味する)に視覚的な投影をすることに他ならず、それぞれの平面図は船が共通に有する 3 寸法中の 2 寸法から成り立っている。船を異なる 3 通りのやり方でもって切断することを想定するならば、第一のものは、最大横断面における横断で、この断面は貴殿に対して深さと幅の垂直の平面図を表わすもので、横断面の平面図である。

第二は、船首材から船尾材までの真中の線による船の最長のものである。この断

面は深さと長さの垂直な<sup>フレイイン</sup>平面図で、これは狭まりの<sup>フレイイン</sup>平面図である。

第三もまた、船首材から船尾材までの幅の線による船の最長のものである。この横断面は幅と長さの水平の<sup>フレイイン</sup>平面図を表わすもので、これは狭まりの<sup>フレイイン</sup>平面図である。これらの三つの<sup>フレイイン</sup>平面図及びそこにきちんと書かれている線から船のあらゆる部分が、次の指示によって、幾何学的にも算術的にも<sup>アーティフィシリー</sup>模倣的に推察できる。

\*ここで、具体的な図の作製に当たって 550 トンの軍艦(ワースパイト号)を例に採ることになる。

{550 トンと  
なる船}

さて、型板と建造物は無限に多様にあるが故に、550 トンかそこらの船のための見取り図を範例として作成することを提案したい。それは、最も普通に使われて最大と最小の船の間の平均的なプロポーシオンを有するからという理由もあるが、それよりもスケールを増加させたり、減少させたりすることによって、同じ型板を維持しながら、積載量がもっと多いものも少ないものも好きなようにいかなる他の船も建造出来るという理由からである。(下線は筆者による)

\*この最後の筆者が下線を付した記述も、これから紹介する作図方法を「ホール・モールドイング法」とする根拠の一つとなっていると考える。

通常、一般的な寸法は三つ全てが与えられる。もし幅だけが与えられた場合、以前に述べた規則によって、残りのものはそれから描き出せる。深さはその半分より多くてはならないし、また $\frac{1}{2}$ より少なくてもならない。そして長さは幅の2倍より小さくても、また3倍より多くてもならない。

深さに対する  
船幅の比率

幅は36フィートであったと想定するので、 $\frac{1}{2}$ は18で、3分の1は12なので、足すと30になる。その半分は15となるが、これは両方の平均値で、深さにとって良い比率であり、この幅に対する深さの比率はライオン号の型板であった。幅36フィートでは、2倍は72、3倍は108で、これらを加えると180となる。その半分は90フィートで両方の平均値で、この長さに対する幅の比率はワースパイト号の型板であった。

{85r}

しかし、深さに対する幅の最良の比率は3対7であり、長さに対する幅のそれは25対9であり、幅が36フィートでは、深さは $15\frac{1}{2}$ フィートとなり、長さは100フィート(訳注: 30.5m)となる。

{良い船の主  
な比率}

これらの条件が決まったならば次に、それに沿って見取り図の作成へと続けることが出来る良い船であるための主だった特性を考慮に入れなければならない。その特性とは、上手く進む、上手く舵が取れる、そして良い帆を担うという三つである。これらの全ては、それぞれの種々の<sup>フレイイン</sup>平面図で適切な線を選ぶことに依って決まる。上昇線は高くし過ぎることも低くし過ぎることもないように、狭まり線は船が<sup>ラング</sup>痩せ過ぎも、<sup>フル</sup>太り過ぎもしないように、そして<sup>フレイイン</sup>横断面の曲線は丸過ぎることも真直ぐ過ぎることもないようにしなければならないということである。上手く進み、かつ上手く舵が取れるための最も重要な原因は、船の船首から船尾までが

どうなっているかに起因するが、そのどうなっているかというのは狭まり及び上へ向かう上昇のことである。そして帆を担うことは狭まり及び下部の上昇に負っているが、ラフ (luff、訳注：船首の湾曲部) と船尾部が豊かであるように保たれ、前者が後者に対して、また両者が最大横断面に対して、全ての部分が一緒になって帆を担うようなプロポーションとなっていることである。これら全ての目的に対して最良の線は、多くを試して、種々ある中で有力なもの (*Potestates ab unitates*, 訳注：ラテン語の慣用句) の中で見出される。

\* 下線は筆者が付した。後で言及される船腹増大問題を意識していると考える。

〔下での上昇〕 サード・パワー  
3 乗 は、接点を通して先に延びて行く線を作り (訳注：三乗根グラフ。後で③と表記している)、その方法によって水を船のビルジの下に留めるだけでなく、船の前と後ろの両方をそれぞれたくし上げて、船の行き足に活力と迅速性を与えるので、下部での上昇がこのことに最適である。

〔上での後方への狭まり〕 接点を通して先に延びて行くという観点から、同じ線が同様に、船側を真直ぐに保ち、船尾部を、軸となる部分に至るまで豊かに膨らんでいるように保つ故に、前方に続く上部での狭まりに最適である。

後方に続く下部での狭まりには、端部まで狭まった線によって、最大横断面において、水がビルジの最も幅広の部分を通る時に、そこでしばらく滞りはするが、行き足を弱めるような滞留、即ちまとわりつくこと無しに後方へ流れて行けるであろう。そしてそれは楕円と呼ばれる円錐曲線である。

上での狭まり 前方への上部での狭まりは、船尾への狭まりよりも更に豊かに膨らんでいる線でなければならない。そして、船首に船尾部の負担をかけさせないように、接点をより長く通り、突然に船首材へと回って戻る線を作るのは フォース・パワー 4 乗 である (訳注：四乗根グラフ。後で④と表記している)。

下での狭まり 前方への下部での狭まりもまた、船尾への狭まりが豊かに膨らんでいるよりももっと豊かに膨らんでいる線でなければならない。グライブをより切り立たせ、ずんぐりとさせることが出来るが、それは、ビルジの下で、そこからランへ、それ

〔85v〕 以上の抵抗なしにより容易に水を移動させるからで、そうした線は セカンド・パワー 2 乗 が作る (訳注：二乗根グラフ。後で②と表記している)。(図 41 参照)

上での上昇

半径 4<sup>ft</sup>7<sup>d</sup>

から 5<sup>ft</sup>8<sup>d</sup>

上部での上昇だけが直線の部分かつ円形の部分であり、最大横断面から両方向に竜骨の約  $\frac{1}{4}$  が直線で、直線の各端から、船が船首と船尾の両方に届く動きの範囲を有する大きな円弧によって上昇している。

ミッドシップ・ベンド  
最大横断面

種々の線についての話が終わったので、幅と深さの第 1 の平面図中に在る最大横断面について話を始めなければならない。そこから全ての残りのものが描かれ、そこに全ての残りのものが、一種の透視図 (訳注：図 40 [Fig.5] によって投影される。

そこで四つの事を考えてみよう。第一は船底が平らであること。第二は曲線のプ



ロポーション。第三は肋材の深さ。第四は梁の丸みを伴った甲板の配置案と高さ。第五は各横断面での型板の引張り下げと引上げに適切な全ての曲線をしている弧についての要旨である。

\* 下線は筆者による。<sup>パースペクティブ</sup>透視図が作られることと、引張り下げと引上げの作図法が、当文書はホール・モールディング法に基づいていると言われる根拠の一つであろう。

商人達は、積込みスペースを得るために大きな船底をやたら欲しがりますが、そのために、大部分の船が、船側が華奢になっていても、後で<sup>フ</sup>船腹増大<sup>ア</sup>をするように建造されるために、軸を台無しにしてしまう（下線は筆者による）。良い軍艦では、船底は船幅の $\frac{1}{3}$ 以上となっても $\frac{1}{4}$ 以下となってもいけなく、プリンス号はこの比率であった。しかし、もっと具体的には、全ての種類の船に、幅と深さの差は $\frac{1}{2}$ 、即ち半分が考えられよう。

スワイプ  
曲線  
どの横断面も 3 本の<sup>スワイプ</sup>曲線から成り立っており、<sup>ホロウイング</sup>凹んだ部位（訳注：タンブルホームのこと）を入れるならば、4 本となる。第 1 曲線は肋根材頭部の曲線と呼ばれる。その中央は常に船底線の先端に垂直に立てられ、その曲線の半径は常に深さよりも少なく、幅の半分と半分との間の差よりも少なくなければならぬ。というのはこの差は全ての曲線に含まれているからである。最良の比率は深さの 3 分の 1 で、差は一緒に加えられる。したがって、深さが 15 フィート 6 インチで、差が 13 フィート 6 インチであれば、両者を一緒にして 29 フィート 0 インチとなり、その $\frac{1}{3}$ である 9 フィート 8 インチが直径の半分、即ち半径となる。第 3 曲線は、船幅あるいは、その中心が常に船幅の線上になければならぬネイヴァル・チンバー（訳注：バチヴァロフ著 「英国と他の北方ヨーロッパ諸国における 17 世紀の軍艦の肋骨」<sup>(37)</sup>）によれば、2 本の肋骨の間に挿入される肋材のことと考えられる。）の曲線である。この半径は、下部曲線の半径より小さいか同じでなければならず、絶対に大きくてはいけなく、一般的に幅の 4 分の 1 と言われる。しかし最良の比率は下部曲線の 19 に対して 15 で、上部曲線の半径はほぼ 7 フィート 8 インチである。

\* 船大工術の断片とニュートン・コピーに出て来た<sup>フ</sup>船腹増大<sup>ア</sup>の問題が直接に語られ、これからの作図にも使われる<sup>ヘイリング・ダウン</sup>引張り下げと<sup>フッティング・アップ</sup>引上げが本文書中において最初に言及されている。そして、船殻の曲線が 3 本の<sup>スワイプ</sup>曲線から成り立っていることが述べられ、これらの二つの文書のエッセンスに言及している。また、二乗根、三乗根、四乗根のグラフが、当然の事のように説明もなく出て来ており、数学の使用に於いて大きく進歩していることが伺われる。

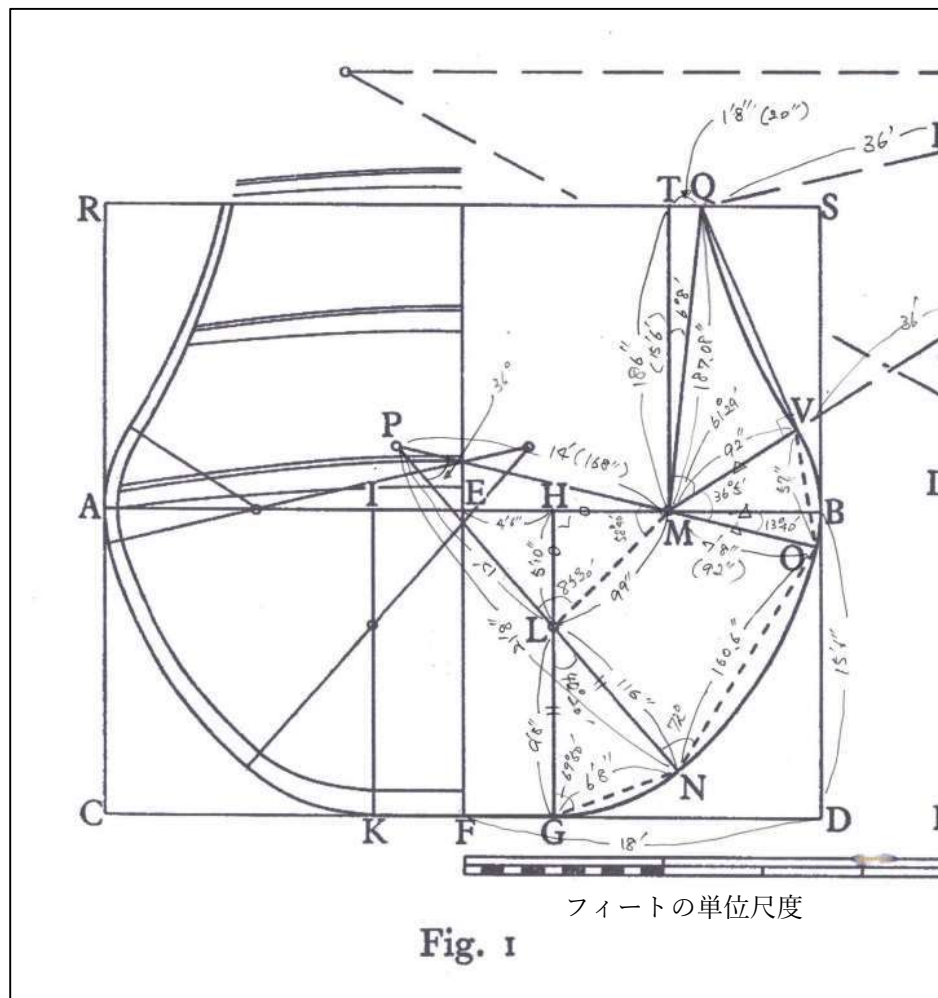
### 3) 最大横断面の具体的な作図

\* ここから最大横断面の具体的な作図の説明となる。

フトック曲線と呼ばれる真中の曲線は一つだけ接点を持ち、他の二つの曲線を含んで、三つ全部でそっくり一つの円を作る。（訳注：図 43 の Fig. 1 において、

$\frown GN$ ,  $\frown NO$ ,  $\frown OV$  を連続させた曲線は接線  $SD$  と接点  $B$  を一つ持ち、これら三つの弧の連続である曲線を三個合わせると一つの円〔真円ではないが〕を為すと解する。しかしこの表現は正確ではなく、接点  $B$  を持つのは第 3 曲線即ち幅曲線  $OBV$  であり、フトック曲線ではない。) その半径は幅の半分よりも絶対的に大きくなければならぬし、幅全部よりも小さくなければならぬ。そして貴君が、フトックが真直ぐあるいは丸くあつてほしいと望むのに従って、長くも短くも出来る。最良の比率は幅が 10 に対して 6 であり、この曲線の半径は 21 フィート 8 インチである。<sup>ホロウイング</sup>凹んだ<sup>ポスト</sup>ポストの曲線(訳注: 長方形  $STMB$  を柱と表現した)は、長めあるいは短めの半径で以て増減出来るが、船の幅が最良のプロポーションであり、その場合曲線の半径は 36 フィートである。

図 43: 図 39 の Fig.1 を拡大したもの



船底と<sup>ホロウイング</sup>凹んだ<sup>スケール</sup>ポストの半径が決まったので、次は断面を描くが、まず貴君は横断面とあらゆる部分が、それに従って大きかったり小さかったりする定規を作らなければならない。

〔Fig.1〕 それでは最初に、幅と深さの平行四辺形 ABCD（訳注：長方形）を作る。AB と CD は E と F で半分に分割される。その各側から船底の半分の所に G と K を置き、I と H からそれらへ垂線を降ろす。等分してある定規から、第 1 曲線の長さ 9 フィート 8 インチを取り、コンパスの一つの足を G に置き、他の足を L に延ばして肋根材頭部用に弧 GN を描く。次に同じ定規から第 3 曲線の長さの 7 フィート 8 インチを取る。コンパスの一つの足を B に置き、他の足を M に延ばして、船幅曲線（訳注：最大幅の一つの端 B を通る曲線のこと）用に 6 フィートの弧<sup>〇</sup>OBV を描く。

第三に、21 フィート 8 インチのフトック曲線から第 1 曲線の長さ分を取り、残りの 12 フィート 0 インチで以て、L から P へ円の弧を作る。また第 3 曲線の長さ 7 フィート 8 インチをフトック曲線の  $21\frac{2}{3}$  フィートから取って、残りの 14 フィート 0 インチで以て、M から前の弧と P で交わらせる。その交点がフトック曲線の中心であるので、コンパスの一つの足を P に置き、他の足を N へ延ばし、その届く範囲でフトック曲線 NO を作る。これは一つだけ接点を持ち、他の二つの曲線を含み（訳注：上記で訳注を付したが、接点 B を持つのは第 3 曲線<sup>〇</sup>OBV である） こうしたら、2 個の垂線 AC と BD を上方へ R と S まで、深さの 2 倍まで続け、AB に平行な線 RS を描く。幅の  $\frac{1}{2}$  の最小で  $\frac{1}{4}$ 、最大で  $\frac{1}{3}$  を採って、この平行線に、S から Q までを、<sup>ホロウイング</sup>凹んだポストの頭部として置き、船幅全体の 36 フィートの半径で以て、Q から上部曲線と V で接する円を描いて、全体の中心を求める。Q から 36 フィートの長さで円の弧を<sup>アト・ランダム</sup>適当に作る。36 フィートに半径 MO の 7 フィート 8 インチを加えると線全体で 43 フィート 8 インチとなり、中心 M から 43 フィート 8 インチの長さで前の弧（訳注：36 フィートの長さ、即ち船幅の長さで<sup>アト・ランダム</sup>適当に作った弧）と交叉させ、その交点が中心となる。その中心から Q へコンパスを短くし、その印において円 QV を描くと、貴君は上述した四つの種々別々の曲線から成る横断面全体を描いたことになる。一つの<sup>ホロウイング</sup>凹んだポストに代って貴君は直線のポストにすることが出来る。Q から<sup>アッパー</sup>上部曲線と V で接する直線を引けば、望み通りとなる。ただ、これは普通のものであるが、私としては、見た目が良く、船側をゆったりとする<sup>ホロウイング</sup>凹んだポストを推奨する。そのタンブリングによって、大砲の重量と上部構造物の重量が船体の中に引き込まれ、重圧無しで支えられているように思えるのに対して、直線のポストにおいては、両重量が船側に張り出しており、ポストに大きな重圧となっている。

＊タンブルホームを曲線とするか、直線とするかが論じられた。

〔肋材〕 曲線は肋材の外側を表わすものが描かれたものであるが、貴君は同じように内側も描かなければならない。ただ最初に肋材の深さ（訳注：モールドディッドの幅のことで、サイディッドと呼ぶ）のプロポーションを決める必要がある。肋根材

は<sup>かんすい</sup>淫水孔の上で 12 または 13 インチ、ネイヴァル・チンバーは最低で 9 または 8 インチ、そしてトップ・チンバーは二重になった所で深さ 5 インチなければならず、これらの場所の間に次第に減少する。定規によってその<sup>セツト・オフ</sup>印を付けたならば（訳注：サーマークを付けること）、曲線をこれらのプロポーションまで縮め、同じ中心上で、上記したように肋材の内側を描く。（原註：船殻の外側に来る肋材のいわゆるモールディッドの面に対して、船内側の面のこと。当然ながら肋材の内側と外側の曲線は同心円ではない。）

\* この後、甲板を張るための梁の設計の留意点となるが、船が軍艦であるので、砲門の位置が重要になる。それに続いて、舷弧の描き方の次のような詳細な説明となるが、円弧の弦のことを「サブスタンス(substance)」と呼んでいる。幾何学において、subtend という動詞が「弦・三角形の辺が、弧・角に相対する(be opposite to)と言う意味を有するので、これを名詞化したと考える。

サブスタンス  
曲線の弧の弦

最後に、この平面図中で、この横断面を作っている三つの曲線の<sup>サブスタンス</sup>弧の弦を考察するが、理由は、それらから船首方向と船尾方向の両方へ縮小が為されて行くからである。第 1 は船底から肋根材頭部への弧 GN で、それはコンパスで以て取り、6 フィート 8 インチとなる。第 2 は肋根材頭部から上部曲線との接点までの弧 NO、14 フィートとなる。第 3 はフトック曲線(上部曲線のこと)の接点からトップ・チンバーとの接点までの弧 VO で 4 フィートとなる。しかし、定規上でのコンパスの小さな間違いが、船の残りの横断面の型板作りにおいて大きな間違いとなるので、こうしたやり方をした後で、もっと確実なものとするために算数でもって、これらの<sup>サブスタンス</sup>弧の弦を見付ける必要がある。（下線は筆者による）

サブスタンス  
弧の弦の計算

<sup>サブスタンス</sup>弧の弦は角度によって見付けられる。したがって、我々としては最初に 3 本の曲線の三つの角度 $\angle L$ ,  $\angle P$ , そして  $\angle M$  を見付ける必要がある。最初の曲線の中心から第 3 曲線の中心へ線 LM を描くと、貴君は $\angle H$  が直角の三角形 LHM を得、その 2 辺 MH と LH が与えられ、直角平面三角形の第 4 のケースによって第 3 辺 LM を見付けられる。深さ GH は 15 フィート 6 インチで、下部曲線の半径 LG は 9 フィート 8 インチである。したがって LH は 5 フィート 10 インチである。EB は 18 フィートで、そこから半船底 EH の 4 フィート 6 インチを取ると、HB の 13 フィート 6 インチが残る。再び、上部曲線の半径 MB の 7 フィート 8 インチを 13 フィート 6 インチの HB から取ると、HM は 5 フィート 10 インチとなる。ここで、この三角形は二等辺なので、下辺の角度は等しく、どの平面三角形でも、三つの角度は直角二個分に等しい故に、H での角度は  $90^d$  となる。したがって、L と M での角度は各個が  $45^d$  となる。したがって、貴君は辺 LM を、平方根あるいは比の二つの方法によって見付けられる。MH の正方形と LH の正方形を加えて一緒にすると、その平方根が求める辺 LM である LM の正方形となる。または、直角平面三角形の第 5 のケースによる比によれば、 $50.9^*$  (70

[87v]



インチ) の HL に対して  $\angle HML$  が  $45^{\circ}0'$  で、 $\angle MHL$  が  $90'$  なので LM は 101.8 インチである。(\*転記印刷版の注：この長さは 49.5 インチで、LM の長さは 99 インチであるべき。後で述べられているように角度 LPM は  $36^{\circ}$  であるべき。そしてこのページの残りの計算は間違っている。これらの間違いは初期の読者によって気付かれており、「Md.クーパーによって疑問とされる」と読み取れる傍注がある。 解答は疑いなく、船大工図の断片で見つかる。同著作の 91 ページに、同じ問題の似たような図形と解答があるが、それぞれが 9 フィート 6 インチ、21 フィート 9 インチ、そして 7 フィート 6 インチの曲線に基づいている。〔訳注：本文書では 9 フィート 8 インチ、21 フィート 8 インチ、そして 7 フィート 8 インチの曲線となっている。この転記印刷版の注も要領を得ない。HM と HL は 5 フィート 10 インチ = 70 インチであるので、LM は  $70 \times \sqrt{2} \div 99$  インチ、 $50.9 \times \sqrt{2} \div 72.4$  インチ  $\neq 70$ 、 $49.5 \times \sqrt{2} \div 70$ 。原著に何の関連もない 50.9 インチが出ていることが間違いの元である。そして  $101.8 \div \sqrt{2} \div 72$  なので、訳者としては、70 インチ = 5 フィート 10 インチ  $\div 5.09$  を 50.9 と間違えたことから生じた間違いではないかと思う。〕次に、3 辺の知られた非直角三角形 LPM で、角度を見付ける。LN は LG(訳注：9 フィート 8 インチ)と等しく、これを 21 フィート 9 インチ(訳注：正しくは 21 フィート 8 インチ)の PN から取ると、12 フィート 3 インチ(訳注：正しくは 12 フィート)の PL が残る。また MO は MB(訳注：7 フィート 8 インチ)と等しく、これを PN と等しい PO から取ると、14 フィート 3 インチ(訳注：正しくは 14 フィート)の PM が残る。それ故に、このやり方に習って、そして対数の助けによって、大変楽々と、垂線を考慮せず  
に、いかなる角度でも見付けられる。

\*原著と転記印刷版共に、小数点として「50・9」のように、点が二つの数字の真中に置かれている。これは現代の「50.9」と同じ。小数点はネイピアの発明で、このように数字の間に置かれた。下線は筆者によるが、このように対数が普通に使われている。

|      |                                                         |
|------|---------------------------------------------------------|
| LM が | 101.8 インチ (訳注：正しくは 99)                                  |
| MP が | 171* (訳注：108・1+62・9) (*訳注：正しくは $14 \times 12 = 168$ )   |
| LP が | 147** (訳注：108・1+38・9) (**訳注：正しくは $12 \times 12 = 144$ ) |

|                   |                          |
|-------------------|--------------------------|
| 合計                | 419.8                    |
| 合計の $\frac{1}{2}$ | 209.9    . . . 7677.9875 |
| 第 1 の差異           | 108.1    . . . 7966.1743 |
| 第 2 の差異           | 38.9    . . . 1589.9496  |
| 第 3 の差異           | 62.9    . . . 1789.6506  |

---

19032.7620

この $\frac{1}{2}$ は  $18^{\circ}11'$  の角度 P の半分の対数……9516.3810 なので、全角度は  $36^{\circ}22'$  である。(38)

3 辺の合計の半分から各辺を引いて差を得る。合計の半分の <sup>アリスメチカルコンプリメント</sup> 算術補数、求める角度の対辺の差の <sup>アリスメチカルコンプリメント</sup> 算術補数を加える。それらに他の二つの差異の対数を加える。合計の半分は求める角度の半分の正接の対数である。

\* <sup>アリスメチカルコンプリメント</sup> 算術補数とは「元の数」と「<sup>もと</sup>補数」を足した時に桁上がりが発生する数の内で「最小」の数。例えば 10 進数の場合 6 の補数は 4 である。

\* 続いて肋根材頭部の弦、フトックの曲線の弦、上部曲線の弦の作図についての同様な説明が続く。最大横断面から他の横断面を得ることは後回しにして、側面図と平面図(船首と船尾への両方向へ引かれている線、即ち船幅の狭まり線と船底の狭まり線。及び肋骨を置く <sup>スペーシング</sup> 「隙間取り」の線。図 39(Fig.3)を参照)を作図することに移るとしている。

#### 4) 側面図と平面図(船幅の狭まり線と船底の狭まり線)の作図

最大横断面から他の全ての横断面の肋骨を作るための型板を作成することも、やはり幅と深さのこの平面図に依るものであり、それは次の三つである。肋根材の型板、フトックの型板、そしてトップ・チンバーの型板である。しかし、それらは <sup>グラデュエーション</sup> 段階が付けられて初めて役に立つものであり、他の平面図の線から描かれるべきものなので、もっと適切な個所で述べることにし、ここでは他の次に来るべき <sup>フレイイン</sup> 平面図から話を始めよう。

そこでは、九つの事を考察する：

第 1 は竜骨の設置。2. 船尾材の長さを伴う船首と船尾の <sup>レイク</sup> 勾配。3. グライプとタック。4. 船首と船尾への両方向へ引かれている線。5. 喫水線。6. 船腰板の <sup>ハンギング</sup> 上がりと下がり。7. 長さ <sup>ドロウイング</sup> と区割りを伴う甲板の配置。8. 全ての甲板毎の砲門の正しい枠の切り出し。9. 最後にヘッド、船尾回廊、そして船尾突出部。

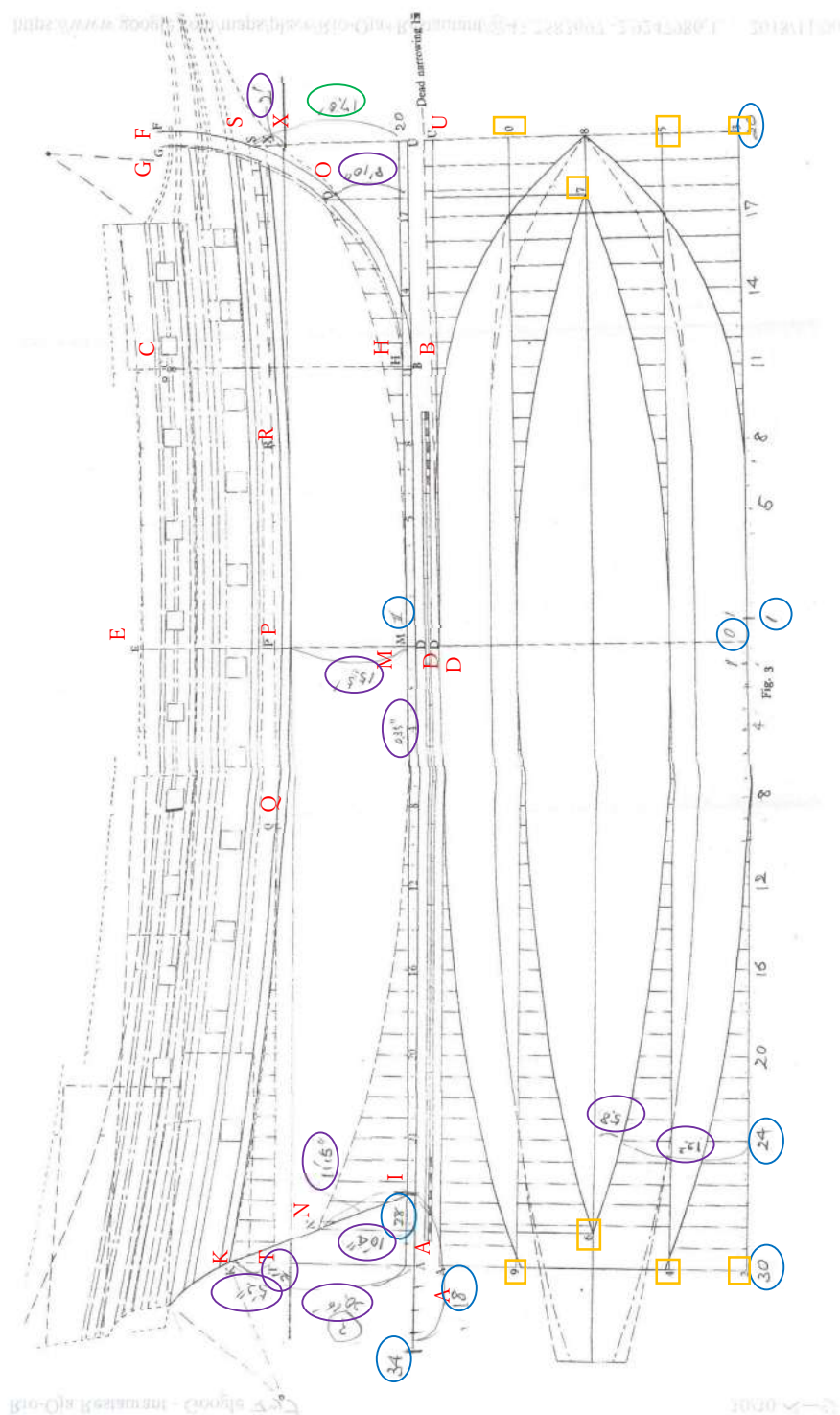
\* 次に出て来るアルファベットの記号の配置が分かるように、図 41 を拡大して、筆者が寸法を書き加えて図 44 とする。

[88v]

最初に好きなように、長さが不定の 1 本の直線を引き、竜骨 AB の下端を表わすものとする。竜骨の  $\frac{1}{3}$  を B から D へ区切りを付け、AB を直角に横切る線 ED を描くと、これが最大横断面の場所を表わす。12 または 13 インチ離れて、平行線をこの上に、竜骨の上端として引き、<sup>デッド・ライジング・ライン</sup> 不上昇線と呼ばれるもう 1 本平行線を 3 または 4 インチ離れて、<sup>リンバー</sup> 塗水孔のために引いてもよい。この線は肋根材の上昇に取り込まれるが、水を流す孔を切り出す際に傷物にならないようにして、十分な深さをたもたなければならない。(途中省略) 竜骨の船首方向には、B は最大横断面の線 ED に平行な垂線 CB を持ち上げ、その線上に船首を描く曲線の中心が在る。その半径は、全船幅より大きくてはいけなく、またその  $\frac{3}{4}$  より小さくてもいけない。最良の比率は 9 フィートの幅に対して 7.125 フィートである。船幅が 36 フィートであれば、この半径は 28.5 フィートであり、定規

|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 船尾材の勾配 | <p>からこれを取って、B にコンパスの 1 脚を置き、他の脚を C に伸ばし、材木の<br/>外側における船首材の勾配用に、C を中心として、四分円となる所まで円 BF を<br/>上方に描く。船首材の深さを F において 20 インチにして、G 点とし、B での竜<br/>骨と同じにする。曲線をこれら二つの深さの差まで短くして、H と G の 2 点に<br/>よって、船首材の内側用の円 HG を描く新たな中心を見つける。船尾材 IK の勾<br/>配は天頂から 22 度の角度以上、あるいは 18 度以下に傾かないように、あるい<br/>は水平線に対する余角が傾き過ぎたり、立ち過ぎたりしないようにする。この角<br/>度で船尾材用の直線 IK を描く。(訳注：竜骨の頭部面からの船尾材 IK の勾配は<br/>図 27 参照) その長さは、スケグ (訳注：竜骨・船尾材の踵) からその対となる<br/>点まで船幅の <math>\frac{2}{3}</math> 以上、また深さの <math>\frac{1}{2}</math> 以下であってはならない。</p>                                                                                        |
| タックの高さ | <p>N でのタック (既出の訳注：船尾突出部下方) は、垂直な線上での深さの <math>\frac{2}{3}</math>、<br/>あるいは船尾材上で 11 から 14 フィートの深さがよいであろう。そうすれば、<br/>垂直な線上で 10 フィート 4 インチ、船尾材上で 11 フィート 1.5 インチとなる。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| グライブ   | <p>O での船首材上のグライブは、貴君が船首の基部をより膨らんだものにしたい<br/>か、あるいは痩せたものにしたいかによって、高くも低くも出来る。勾配の中心<br/>からその弦の半分まで引かれた直線が船首材をちょうど切った所へグライブを<br/>傾かせる人も有れば、また船首材の垂線上での上昇を、タックの垂線の <math>\frac{1}{5}</math> とす<br/>ることを受け入れる人も有るが、最良の比率は、それ (訳注：タックでの垂線 10<br/>フィート 4 インチ) を 10 としたものに對し 8.55 である。グライブの垂線は竜骨<br/>の端から 8 フィート 10 インチとなる。これら三つの点 (N でタック、M で最大<br/>横断面、そして O でグライブ) によって、下部上昇のための曲線が描かれなく<br/>てはならないが、最初に両端と上部上昇線の間を見付け、そして断面と間隔を<br/>開ける 2 本の平行線を両方同時に引けることが好都合である。</p>                                                                                                                                |
| 下部上昇線  | <p>上部上昇線は全ての横断面の深さ方向及び最大横断面における船の軸方向に<br/>通る全ての幅が横たわる両方向を指し示す。船首 S と船尾 K の両方での船幅線<br/>の高さは、深さを引き延ばすのが最も適切である。K における幅線の垂線と P に<br/>おける深さを 100 対 75 とするか、あるいは P での深さそのものに深さの <math>\frac{1}{3}</math> を<br/>加えると、K における幅線の垂線 20.66 フィートを得る。S における幅線の垂線<br/>は P での深さに対して 9 対 8 となる。これら三つの点 (K、P、S) が与えられ、<br/>船首から船尾への一つの円によって、この幅線を伸ばすことが出来るが、その円<br/>は幅線を最大横断面において直線に近くし、その半径が 565 または 865 の円は<br/>X から 1 インチ離れ、これはライオン号が有していた幅であった。しかしラフを<br/>担うために、全ての円が上がるのが抑えられているべき船尾部において幅を<br/>少し高めに上げてしまうので、この欠点を補う最良のやり方は、最大横断面から<br/>Q と R の各方向へ、竜骨の <math>\frac{1}{4}</math> に近い直線によって幅を届かせることである。</p> |
| 上部上昇線  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 幅線の高さ  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

図 44： Fig.3 を拡大したもの



この直線に結合し、船首と船尾の両方へ上部上昇線を作りあげるまで続くそれらの弧の中心をもっと容易に見つけるために、直線は、どちらへも同じに配された距離で終わらせる。（途中省略）

#### 5) 肋骨(チンバー・アンド・スペース)の配置、「隙間取り」

\*ここからチンバー・アンド・スペースに相当する「隙間取り」の説明となる。チンバー・アンド・スペースは2本の肋材を並べて1組の肋骨とするが、2本の肋材が完全に密着して並ぶのではなく、片方の1本の肋材は上下に分かれておりその間に空間（スペース）がある。

本論文は、1個のスペースと1本の肋材の組み合わせを1区分としている。当時の造船の契約書で「ルーム・アンド・スペース」と呼び、一般的にはそちらの呼称の方が使われる。註(36)図参照)

横断面の  
隙間取り

下部上昇線は狭まりにおいて船の長さを下方に下げ、上部上昇線は狭まりにおいて上に持ち上げる。それによって、これらの線の先端を有し、今やスペースと多くの横断面を区別する平行線を描けるであろう。竜骨の  $\frac{2}{3}$  である 66 フィート 8 インチに船尾材の 8 フィート 4 インチを加えて、75 フィートを有する後部方向の長さを得る。それを 2 フィート 6 インチで割ると、この容積の船に適切な船尾方向への横断面の数 30 を得る。竜骨の  $\frac{1}{3}$  である 33 フィート 4 インチに、船首材の勾配の 26 フィート 8 インチ〔転記印刷版の注：この数字は正しい勾配より 2 インチ短い、多分、偶数の配置場所の数を得るために採用されたのであろう。〕を加えると、60 フィートを得、これを 2 フィート 6 インチで割ると、船首方向の横断面の数 24 を得る。（訳注：竜骨長は 66 フィート 8 インチ + 33 フィート 4 インチ = 100 フィートとなる。）もし、横断面の数を少なくしたいならば、肋材とスペースを増し、2 $\frac{1}{2}$  フィートの代わりに 3 フィートで割ると、60 フィートは 20 の同じ部分に区分され、20 の船首方向の横断面となる。（図 44 即ち Fig.3 の図では船尾側 30 区分 + 船首側 20 区分 = 50 区分となっている。）

船首方向と船尾方向の横断面を同じ距離で作る事が必須ということではなく、他の状況がその方が良いというのであれば、それらを変化させることも、異なるようにすることも出来る。チンバー・アンド・スペースはこのようにして分かるので、2本の垂線を降ろしてみよう。1本は船尾で K から A へ、他は船首で S から U へ。KS と AU の全長を 54 の等しい<sup>スペース</sup>隙間で割ると、各隙間は 2 $\frac{1}{2}$  フィートを含むことになる。（訳注：なお 2 $\frac{1}{2}$  フィートの隙間は 54 個全部で 135 フィートになる。）あるいは、貴君が 50 の横断面を作るとすれば、最大横断面 PD から A に 30、そして、そこから SU に 20 となる。

寸法毎に、垂線 KA と SU に平行線を引く。これらの線の上に、このやり方でもって、下がりと持上り両方への上昇線の円（複数）を点で描くことが出来る。タックはスケグ（訳注：既出の竜骨・船尾材の<sup>かかと</sup>踵）から船幅線まで船尾材の半分なので、タックの垂線は船幅線までの垂線の半分となり、その結果、スケグと最



[90r]

も外側の垂線との間の距離は半分ずつに分けられ、各部分は 4 フィート 2 インチの勾配を有する。5 フィートから、最も外側の二つの横断面の距離である 4 フィート 2 インチを取り去ると、タックの垂線で、最大の船尾への上昇として第 28 の横断面と 10 インチが残る。しかしタックの垂線は地面まで下がっているので、その分を<sup>キュービカリ</sup>立方的に掛ける(訳注：3 乗すること) 横断面はまったく無い。10 インチは 100 の $\frac{33}{100}$ に等しく、それゆえに、28.33 個の横断面は③(訳注：③は立方または 3 乗のこと)は 22737.9 となる。最大上昇の③(3 乗)の 22737.9 はその線の長さが 10.33 フィート、即ち 124 インチなので、第 24 横断面の③(3 乗)に対する線の長さは 6 フィート 3.38 インチとなり、第 20 横断面の線の長さは 3 フィート 7.6 インチとなり、第 16 横断面の線の長さは 1 フィート 10.43 インチとなり、第 12 横断面の線の長さは 0 フィート 9.45 インチとなり、第 8 横断面の線の長さは 0 フィート 2.79 インチとなり、第 4 横断面の線の長さは 0 フィート 0.35 インチとなる。こうして、貴君は全ての他の横断面の上昇も知ることが出来るであろう。前方への上昇には、同様にグライプの垂線を求めなくてはならないが、それは、第 17 横断面から 2 フィート 3 インチ垂れており、第 18 から 9 インチ垂れている。17.75 個の横断面を立方的に掛ける(3 乗すると、最大上昇の立方 5592 を得る。最大上昇の③(3 乗)は 5592 なので、その線の長さは 8 フィート 10 インチとなる。そして第 17 の③(3 乗)(訳注：4913)はその線の長さが 7 フィート 9 インチとなる(訳注：5592 : 4913  $\div$  8'10" : 7'9")。そして第 14 は 4 フィート 4.5 インチとなり、第 11 は 2 フィート 1.45 インチとなり、第 8 は 9.7 インチとなり、第 5 は 2.37 インチとなり、以下同様。これらの線の長さが全て得られたので、それらを全て、タックからグライプへ一つの円の中に描き、求める下部上昇線を得る。

\*ここで三角関数の「正矢」を使った長さの計算方法が紹介される。

円によって作られた上部上昇線の諸部分は同じようなやり方で求めることが出来るであろうが、2 点が与えられているだけなので、いかなる円であっても、そこを精確に通る円を描くためには、貴君は第 3 の点を必要とする。最大上昇の 20.66 フィートから深さの 15 フィート 6 インチを取ると、5 フィート 2 インチ、即ち 62 インチが、その弧の<sup>せいし</sup>正矢 (versed sine) に等しい TK に残る。そして TQ は 21 個の横断面となり、全横断面が各々 30 インチを有するので、線全体で、その弧の<sup>ライト・サイン</sup>正 弦 に等しい 630 インチがある。

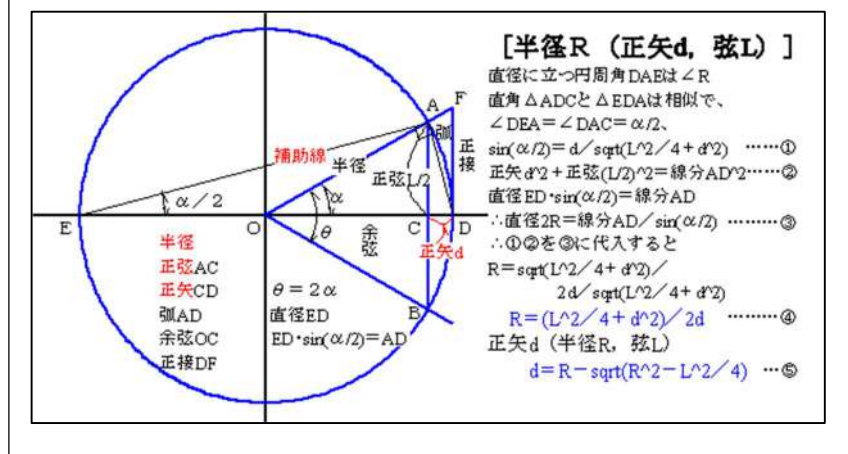
これによって、二つの数値がインチを正弦に換算する。630 インチの平方を 62 インチで割ると 6401.6 が得られ(訳注：630 $\times$ 2 $\div$ 62=6401.6)、これに 62 を加えると、6463.6 の直径を得、その円の半径は 3231.8 である。これで、630 を割ったもの(訳注：0.1949337)をゼロでもって増加させると(訳注：10<sup>5</sup>を掛ける)弧の正弦 19493 を得、半径からその余弦(訳注：単位円では余弦 cos となる。即

[90v]

SU 二重、グラ  
イブのトップ  
チンバー  
肋材

ち正矢  $\text{ver}\theta$  と余弦  $\cos\theta$  を加えると半径となる。)を取ると、正矢に 716(.01918) が残り、解答は 62 インチである。第 24 横断面の正矢を見出すには、これら 3 点によって、Q から K へ円を描く。再び SU の 17.5 から深さの 15.5 を取ると、その弧の正矢に等しい 24 インチの SX が残る。そして RX は 12 個の横断面なので、各横断面は 36 インチを有し、それ故に、線全体は 432 インチで、その弧の正弦に等しい。これら二つの数値によってインチが正弦へ換算される。432 の平方を 24 で割ると 7776 となり、これに 24 を加えると、直径全体は 7800 となり、その円の半径は 3900 である。これで 432 インチを割り、ゼロでもって増加させると(訳注：10<sup>5</sup>を掛ける)、その弧の正弦 11077 を得、半径からその余弦を取ると、正矢 617(.00615)が残り、解答は 24 インチである。第 15 横断面の正矢を見出すには、432 インチに対して 11077 であるとして、252 インチに対してその正弦は 64610(.06462)であり、半径からその余弦を取ると、第 15 横断面の正矢(.00213)が残る。それ故に、第 20 横断面の正矢 615 が 24 インチで、第 15 横断面の正矢 213 は、その線の長さを 8.2 インチとする。これらの点によって、R から S へ円を描き、貴君は狭まり線を仕上げたことになる。(訳注：正矢については図 45、及び註<sup>(39)</sup>「単位円による三角比の定義と相互関係の図形的証明」を参照)

図 45：正矢 (web site より)



\*この後は、側面図に書き込まれる喫水線、船腰板、諸甲板、砲門の穴の設計についてコメントが為され、「ここで、長さ<sup>ウエール</sup>と深さの第 2 図面について終える。」そして、「長さ<sup>フレイム</sup>と幅の第 3 図面」に移る。

#### 6) 長さ<sup>フレイム</sup>と幅の第 3 平面図

長さ<sup>フレイム</sup>と幅の第 3 図面は、船をオルロップが横たわっている近くの辺りで、水平に幾つかに切ったと仮定するもので、船の平面の枠と船首と船尾の両方向への狭まりに従って、全ての肋材間の船幅を我々に示してくれ、そこで、四つの事を考えることが出来るであろう。最初に船の船首と船尾の両方向への長さ、第 2 に

最大横断面（複数）に比例した船尾の船幅、第 3 に肋根材頭部の下部方向と船幅線での上部方向の両方での船の狭まり、第 4 にサイン・マークのいくつかの場所の肋材の全横断面の斜角付けである。（転記印刷版註：この後、f.95v で、もっと普通の形である「サーマーク *surmarks*」の使用に立ち返る。ホール・モールディングの古いシステムにおいては、これらの<sup>ポイント</sup>点 は、本来の意味でのサイン *sine* の印であった。サーマーク *surmark* はこの単語が訛った形であると推測したい思いに駆られる。）

下方と上方  
の長さ

下方と上方の両方への船の長さは上昇線で範囲が決まる。それ故に船幅線の二つの垂線 KA と SU は船の全体船幅の<sup>ホールブレドゥス</sup>3 と 2 へと続く。そしてその距離で AU に平行な線 2-3 を描く。そして 2-3 は KS に等しく、全体船幅である A-2 と U-3 を四つの等しい部分に区分し、全ての四つ目の部分毎で 2-3 への平行線を引くと、4-5 と 6-7、等々の線となる。次にこの図面の中央の線へのタック N の垂線とグライプ O の垂線へと続け、それらが中央の線を 6 と 7 で横断する所が下部船幅における船の長さとなる。

〔トランソンの幅〕

次に、トランソンの幅のプロポーシオンは、トランソンの幅に従うので、上方での後ろに向けての最大の狭まりとならなければならない。それを船幅の  $\frac{1}{2}$  に作る人もいる。そして最大の狭まりは船幅の 4 分の 1 となる。（訳注：Fig.3 より船尾末端におけるものと考える。）最良のプロポーシオンは全体船幅の 19 に対して 10 であり、持上っている最大の狭まりは側面（訳注：Fig.3 より船尾の A-2 の側面と考える）の  $9\frac{1}{2}$  フィートとなる。下っている最大の狭まりは、船底の平らな部分に従い、船幅の  $\frac{1}{4}$  である。狭まりにおける二つの最端部が、一つはトランソンの船幅の垂線上に、他はタックの船幅の垂線上に与えられたので、今や全ての種々別々の横断面への残りの狭まりを付け足すことに進むことが出来るであろう。

〔92v〕

下方と上方の最大  
の狭まり

そこで最初に、以前に示した<sup>スペース</sup>間隔に従って、この平面図の片側から他の側へ、各横断面の平行線を続けること。それから、上部で最大の狭まりは第 30 番横断面に当る故に、またそのことは③（3 乗）の線によって狭めることを以前に決めていた故に、次のようになる：30 の③（3 乗）は 27000 なので、その線の長さに対して 9 フィート 6 インチ、即ち 114 インチとなる。そして 24 の③（3 乗）、20 の、16 の、12 の、8 の、4 の、等々、それに対して、4 フィート 10.36 インチ、2 フィート 9.77 インチ、1 フィート 5.3 インチ、7.29、2.15、そして 0.27 インチで、これは他の側でも同じである。これらの寸法を定規から取って、それらが属する種々別々の平行線上に置くと、D から 9 への角度無しで、一つの完全な円の線を描く<sup>ブリック</sup>点 が得られ、貴君は船尾方向への上部狭まり線を得る。

\* 上部の狭まり線の後部が描けたので、次に下部狭まり線の後部を楕円の円錐曲線を使って描き<sup>(40)</sup>、上部の狭まり線の前部を 4 乗の累乗曲線で描き、船首方向への下部狭まり線を

2 乗の累乗曲線で描き、トップ・チンバーの狭まりについてコメントをした後で、「これらの線が全て描かれると、見取図は完成し、これが建造されることを提案された船の真の雛形となるべきものである。」と述べ、29 ページに転記した「見取図を上手に描き、また船も上手に建造する技術者達が沢山いるとはいえ、・・・見取図に真正の図面に従って、最大横断面から残り全ての横断面を描き出すためには、全ての部分を算数による寸法を見出さなければならない。」と、算数(数学)による寸法と設計の確認を強く主張し、著作者が計算した最大横断面以外の横断面の数値の表を次のように掲げている。そして、具体的な作図を、図 39、Fig.2(37 ページ参照)を例として行っている。

#### 7) 最大横断面から全ての横断面の作製

他の全ての横断面を描くことが出来るいくつかの横断面の例を作成してみよう。

そうすれば、船首方向へは、5 個の横断面の型板を作ることが出来るであろう。即ち、第 5、第 8、第 11、第 14、そして第 17 で、船尾方向へは 6 個の横断面、即ち、第 4、第 8、第 12、第 16、第 20、そして第 24 である。最初に為すことは、全ての横断面の上昇と狭まりを計算し、一つの表に書き留めることで、そうすれば、それらは同目的のために使う準備が整う：

| 船首方向へ |                    |      |                     |      |                      |      |                       |      |
|-------|--------------------|------|---------------------|------|----------------------|------|-----------------------|------|
| 横断面   | ライジング・アロウ<br>下部の上昇 |      | ライジング・アロフト<br>上部の上昇 |      | ナロウイング・アロウ<br>下部の狭まり |      | ナロウイング・アロフト<br>上部の狭まり |      |
|       | フィート               | インチ  | フィート                | インチ  | フィート                 | インチ  | フィート                  | インチ  |
| 5.    | 0                  | 2.37 | 0                   | 0    | 0                    | 6.09 | 0                     | 0.89 |
| 8.    | 0                  | 9.70 | 0                   | 0    | 1                    | 6.66 | 0                     | 5.83 |
| 11.   | 2                  | 1.4  | 0                   | 1.47 | 3                    | 2.06 | 1                     | 8.86 |
| 14.   | 4                  | 4.5  | 0                   | 5.95 | 5                    | 4.32 | 4                     | 6.34 |
| 17.   | 7                  | 9.00 | 1                   | 1.44 | 8                    | 1.44 | 9                     | 11   |
| 最大    | 8                  | 10   | 2                   | 0    | 9                    | 2    | 19                    | 0    |

| 船尾方向へ |                    |       |                     |      |                      |      |      |       |                       |       |
|-------|--------------------|-------|---------------------|------|----------------------|------|------|-------|-----------------------|-------|
| 横断面   | ライジング・アロウ<br>下部の上昇 |       | ライジング・アロフト<br>上部の上昇 |      | ナロウイング・アロウ<br>下部の狭まり |      |      |       | ナロウイング・アロフト<br>上部の狭まり |       |
|       | フィート               | インチ   | フィート                | インチ  | フィート                 | インチ  | フィート | インチ   | フィート                  | インチ   |
| 4.    | 0                  | 0.35  | 0                   | 0    | 17                   | 9.60 | 0    | 2.40  | 0                     | 0.27  |
| 8.    | 0                  | 2.80  | 0                   | 0    | 17                   | 4.32 | 0    | 7.68  | 0                     | 2.16  |
| 12.   | 0                  | 9.42  | 0                   | 1.26 | 16                   | 7.96 | 1    | 4.44  | 0                     | 7.29  |
| 16.   | 1                  | 10.33 | 0                   | 6.5  | 15                   | 7.08 | 2    | 4.92  | 1                     | 5.30  |
| 20.   | 3                  | 7.6   | 1                   | 4.95 | 14                   | 1.86 | 3    | 10.24 | 2                     | 9.77  |
| 24.   | 6                  | 3.38  | 2                   | 7.45 | 12                   | 2.52 | 5    | 9.48  | 4                     | 10.36 |
| 最大    | 10                 | 4     | 5                   | 2.00 |                      |      | 9    | 2     | 18                    | 0     |

〔後部、第 20 横  
断面を作る〕  
〔Fig.2〕

この表及びその種のものが準備されたら、最大横断面の横断面から全ての他の横断面を作ることが出来るであろう。

例として、後方の第 20 横断面：(図 39 の Fig.2)

第 1. この横断面の船幅と深さで長方形を作り、こうした後、地上の線の BC に、そこに垂直な中央の線 EF を立てる。

第 2. 表から上部の狭まりの 2 フィート 9.77 インチを取り出し、それを船幅の  $\frac{1}{2}$  の 18 フィートから差引くとその横断面の船幅の半分の 15 フィート 2.23 インチが残る。それを定規から取って、E から C 及び E から B に置き、その距離で中央の線に 2 本の平行線 AC と DB を引く。

第 3. 表から下部の狭まりの 3 フィート 10.24 を取り出し、それを船幅の  $\frac{1}{2}$  から差引くと 7.76 インチが残り、それを定規から取って、E から G 及び E から H に置き、その横断面の船底の幅から二つの平行線 HI と GK を引く。

第 4. 表からその横断面の下部の上昇の 3 フィート 7.6 インチを取り出し、それを定規から取って H から L 及び G から M に置き、BC に平行な線 LM を引く。

〔94v〕

第 5. この下部の上昇を深さ全体の 15 フィート 6 インチから差引いた残りの 11 フィート 10.4 インチに上部の上昇の 1 フィート 4.95 インチを加える。上昇の上のその横断面の深さは 13 フィート 3.35 インチとなり、これを L 及び M から上へ I と K に置き、そして船幅の線に平行な DA を引く。AO を GK と等しくして、BC への深さが 2 倍となるところにもう 1 本色の薄い線 PO を引き、その線の上に O から 4 へ、船幅の半分の BE の  $\frac{1}{3}$  で印を付ける。その横断面の高さを、船幅の線から始まり頂部まで至る A から 3 及び D から 2 へと置かれたポストの見取り図から取り、そしてもう一つ BC への平行線 3—2 を引く。

第 6. 最大横断面 (訳注：Fig.1 の最大横断面) の第 1 の曲線の半径 GL を取り (訳注：Fig.1 の最大横断面)、それを M から Q 及び L から R に置き、弧 MN 及び LS を描く。次に最大横断面 (訳注：Fig.1) の第 3 曲線の半径 MO を取り、それを A から T 及び D から V に置き、弧 AX 及び DZ を描く。三番目に、最大横断面 (訳注：Fig.1) の第 2 の曲線の半径 PN を取り、コンパスの一つの脚を W (この中心点は事前に案出されている、訳注：framed という言葉では、ここの W がいかに求められたか不明) に他の脚で弧 NZ と SX を描く。それから、トップ・チンバーの曲線 QV (訳注：Fig.1) を取り、それでもって 5 から 4 の点を通して、上方の平行線 3—2 まで描く。最後に、肋材を凹ませるために、竜骨の幅の半分の長さを、横断面の中央 E からの各方向の 6 及び 7 へ置き、下部曲線 (訳注：の半径 QN と同じ半径) の弧でもって円 6N 及び 7S を上方へ、上昇の上の曲線まで描く。そして、貴君は望んだように、横断面を手に入れ、残り全ての横断面も描かれる。しかし、全てのそれぞれの横断面を種々別々に描くことは極め

最大横断面  
型板の 3 部分



て長時間の飽き飽きすることであるので、もっと速いやり方で出来る。それは最大横断面から三つの種々別々の部分、即ち型板を作り、その上に全てのそれぞれの上昇等々を置いて、それらによって残りの全ての型板を作ることである。

＊この三つの型板から残りの型板を作成する方法は註<sup>(41)</sup>に続く。この説明には、図 39 の Fig.2 を用いての第 20 横断面の詳細な転写の仕方が述べられている。そして斜角付について詳細が述べられ、その後でタンブルホームについて次のように意見を述べる。そしてその漸減曲線を得る四分円による方法(イタリアで「メツア・ルーナ」、スペインで「ハーボ」、ポルトガルで「ハーボ・デ・エスパルダ」と呼ばれる。註<sup>(10)</sup>の筆者のペーパー参照)を紹介して本論文を終わる。

ここで、トップ・チンバーの<sup>ホロウイング</sup>凹み(訳注：タンブルホームのこと)を前と後ろの両方向への直線にどのように入れ込むかという問題が残る。もし貴君が真直ぐな<sup>ホロウイング</sup>凹みを使いたければ、手間は省けるが、<sup>ホロウイング</sup>凹んだポストは見た目に最も馴染みがあり、船にとって最も簡単なことなので、仕事が面倒になるとはいえ、その<sup>フアツション</sup>馴染のやり方に従うべきであろう。

もし最大横断面におけるような同じ凹みが船首方向と船尾方向に続くならば、ポストの<sup>タンプリング</sup>外側への返りでもって、船尾部と船首楼があまりにも直線的になり過ぎてしまう。したがって、ポストの凹みは、最後には直線となるように段階的に作っていった方が適切であろう。その直線化はこれと同じようなやり方で行うことが出来る。最大横断面のトップ・チンバーは船首と船尾両方向の最先端の高さまで続け、それらの場所における肋材の頭部から上部曲線に触れるまで直線を描き、各線の真中の上に凹みの中の<sup>ホーム</sup>方(訳注：タンブルホームの「ホーム」と同義)へ垂線を引くが、定規で測ったその垂線の長さは前後両方向で最大の凹みとなる。これらの垂線を、最大横断面から両方向に有る横断面と同じ多くの数の部分に分割して、全ての横断面それぞれの上でこれらの部分の一つを<sup>アベイト</sup>短くする(abate)人がいるが、そのやり方でも極めて上手くゆく。

しかし、<sup>アベイトメント</sup>短縮の最良で最も手の込んだやり方は正矢の線の正弦による割当によるものなので、各垂線を一つの円の半径を作り、その四分円を、最大横断面から最初の真直ぐのポストを有する横断面にかけて存在する横断面と同じ数の度と分の同じ長さの部分に分割してみよう。その半径から差引いた各度数に見合った余弦の正弦が、全てのそれぞれの横断面上で<sup>アベイト</sup>短くされるべき長さである正矢となる。例として Fig.4 に示す(図 46)。

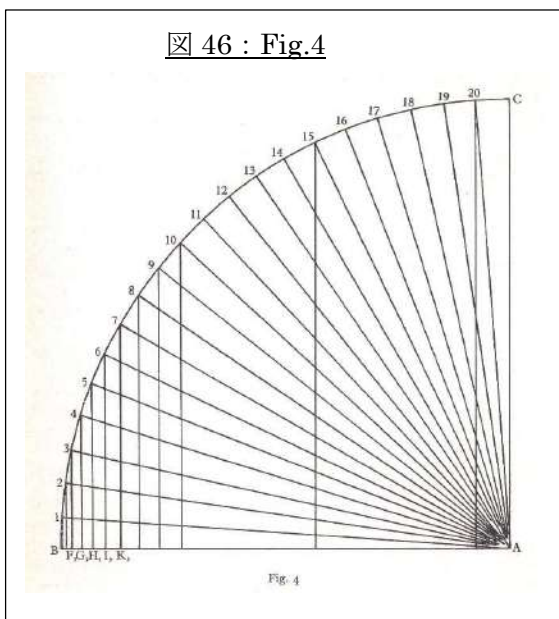
半径 AB を、第 21 横断面で直線に持ち込む船尾方向の最大の凹みと同じ 20 インチとする。四分円 CB の 90 度を 21 で割ると、各部分は 4.285 となり、これを 2 倍、3 倍、4 倍、等々して、各横断面に見合った度数と部分を得る。各度数の余弦を(4.285 度には 99729、8.57 度には 9883、42.855 度には 73313、第 10 横断面の数値)半径から取ると、それらの横断面の正矢の 00279、01117、26687

[97r]

を得る。貴君がその<sup>セクター</sup>扇形を使って垂線 AB を半径とするならば、同扇形から取ったこれらの正矢から、例えば直線 AG になる第 21 番横断面に来るまで、最大の<sup>ホロウィング</sup>凹みから<sup>アベイト</sup>短くされる部分 BD、BE、そして BF、等々が得られる。もし、貴君が定規でもって作業出来るインチと部分でそれが得られたら、各正矢に 20 を掛けて一何故ならば第 20

が含まれた横断面なので— 右側から 5 桁の数字を切り離す。そして、第 1 横断面のための .5580 を得、第 2 のための .22340、そして第 10 横断面のための 5.33748 を、そして第 20 横断面のための 18.50 インチを得る。各横断面に見合った垂線上で減少させる部分が、第 21 番横断面の<sup>ホロウィング</sup>凹みを、望んだように直線<sup>ブリング・ツ</sup>に入れ込む。後に載せた表の中で、その目的のために計算されたものを見ることが出来る。

図 46 : Fig.4



\* ここで 1620 年頃の造船に関する論文が終わる。

#### 4. 結論

17 世紀初頭の英国の造船に関する三つの主要な手写本を紹介した。マッシュー・ベイカーの船大工術の断片は、貴人へ献呈することを意図して準備された美しい図を含む文書であるが、残念ながら未だ公刊されておらず、全容を知ることは出来ない。しかし、残された図については、これに続く作者不明の文書をニュートンが手写して残されたニュートン・コピーの簡潔ながら要領を得た文書によって、その作図法の受け継がれたものを知ることが出来る。船大工親方達向けに書かれたというよりは、知識人階層向け、特に、航海術のために急速な進歩を成し遂げつつあった数学に関心を持つ人々が重要な読者であったと思われる。ニュートン・コピーから 20 年ほど後のものと推測される 1620 年頃の造船に関する論文は、造船の実務に精通した著者によって書かれている。部材の紹介を主とする第 1 部は造船に関心のある海軍幹部、船主、知識階層向けの趣きがあるが、船体の設計を全体に渡し、極めて詳細かつ具体的に説明する第 2 部は船大工親方達が読むことを意識していたと思われる。特に数学の使用が、前 2 文書に比して格段に増え、レベルが高くなり、数学の使用による造船の質の向上を促している。そして、この 3 文書が書かれた 30 年ほどの間に軍艦はガレオン船から戦列艦へ移行する入口にあった。

## 註

- (1) Mathew Baker, "Fragments of Ancient English Shipwrighttry", 1580-1630, Magdalene College, Pepys Library, Cambridge,
- (2) 山田義裕、「16 世紀末-17 世紀初頭の英国の造船における数学の導入」、2019 年 12 月 21 日、日本海事史学会例会。
- (3) Manoel Fernandez, "Livro de Traças de Carpintaria", 1616, manuscripto, Portugal, facsimile edition, 1989, Academia de Marina, Lisboa.
- (4) Diego Garcia de Palacio, "Instrucción Náutica para Navegar", 1587, México, facsimil edition, 1944, Madrid.
- (5) 山田義裕「16 世紀末のスペイン船の設計基準とトネラーダ、そしてポルトガル」、日本海事史学会 2013 年 7 月例会。
- (6) 山田義裕、「一五八七年のスペインのナオ船」、2013 年、海事史研究 第 70 号。
- (7) Arthur Nelson, "The Tudor Navy, 1485-1603", 2001, London.ネルソンはこの著書の中で、16 世紀の英国船はホール・モールドイング法で設計されたとしている。
- (8) William Salisbury, "Early Tonnage Measurement in England", 1966, The Mariner's Mirror, Vol. 52, No.1.
- (9) William Sutherland, "The Ship-builders Assistant", 1711, London, facsimile edition, 1989, England.
- (10) 山田義裕、「16-17 世紀初頭のスペインとポルトガルにおける船殻の設計と建造」、日本海事史学会 2021 年 4 月例会。
- (11) Sir Wescott Abell, "The Ship Wright's Trade, Part II", 1981(2<sup>nd</sup> ed.), Conway Maritime.
- (12) Richard Barker, "Fragments From The Pepysian Library", 1985, Separata da Revista da Universidade de Coimbra, Vol.XXXII, Coimbra.
- (13) Jonatham Adams, "A Maritime Archaeology of Ships -Innovation and Social Change in Medieval and Early Modern Europe", 2013, Oxford, UK.
- (14) João da Gama Pimentel Barata, "Estudios de Arqueologia Naval volume I", 1972, Lisboa.
- (15) José Luis Rubio Serrano, "Arquitectura de las Naos y Galeones de las Flotas de Indias (1492-1590)", 1991, Malaga. 及び註(10)に挙げた山田義裕「16-17 世紀初頭のスペインとポルトガルにおける船殻の設計と建造」。
- (16) Robert Grenier, & others edited, "The Underwater Archaeology of Red Bay -Basque shipbuilding and whaling in the 16<sup>th</sup> century", 2007, Parks Canada.
- (17) Cornelis van YK, "De Nederlandsche Scheps-Bouw-Konst open gestalt", 1697, Amsterdam, facsimile edition, 1981, Netherland.
- (18) Henry Manwayring, "The Seaman's Dictionary", 1644, London, facsimile edition,

1972, Menston, England.

- (19) Don Antonio de Gastañeta Yturribalzaga “Arte de Fabricar Reales, Edición comentada del manuscrito original”, 2012, Madrid.
- (20) Jens Auer edited, “Gresham Ship Project -A 16<sup>th</sup> century merchantman wrecked in the Princess Channel vol. I”, 2014, National Archaeology Society, UK.
- (21) R. Endsor, W. Benbow & P. Quinn, “A drawing of the midship bend of The *Hampshire* 1653”, 2005, The Marinor’s Mirror Vol.91, Notes.
- (22) Richard Barker, “A Manuscript on shipbuilding, circa 1600, copied by Newton”, 1994, The Marinor’s Mirror Vol.80.
- (23) 註(2)に挙げた山田義裕、「16 世紀末-17 世紀初頭の英国の造船における数学の導入」、2019 年 12 月 21 日、日本海事史学会例会。
- (24) Thome Cano, “Arte para Fabricar y Apareiar Naos de Guerra y Merchante, 1611, facsimile edition, 1964, Canarias, Spain.
- (25) 山田義裕、「一五八七年のスペインのナオ船」、2013 年、海事史研究 第 70 号。
- (26) Richard Barker, “Design in the Dockyards, about 1600”, 1988, Carvel Construction Technique, 5<sup>th</sup> International Symposium on Boat and Ship Archaeology, Amsterdam.
- (27) Stephen Andrew Johnston, “Making Mathematical Practice, Gentlemen, practitioners, and artisans in Elizabethan England”, 1994, Cambridge.

「最も単純な形では、1 ないし 2 の全く同じ <sup>マスター・フレーム</sup> 主 肋骨が最大横断面に置かれ、フレキシブルなバテン即ちリバンドが、船首材から船尾材までぐるりと巡らされた。他の肋骨全ての形状は、その後でリバンドから取られた。肋骨を作る間、きちんとした <sup>フォーム</sup> 姿にするためにリバンドを調整して合わせられるように、実際に事前に細部が決められた唯一の肋骨が主肋骨なのであった。大型船のためのもっと進んだ技能は、船殻の中央横断面における肋骨の細部を決め、カーブがより鋭くなる船の終わりの部分に向かってリバンドの使用を控えることによって、リバンドに頼る度合いを減らした。これらの事前に決定した肋骨から派生させるといふ洗練された技能はルネッサンスの船大工の、作業における <sup>コンストラクティブ・ジオメトリー</sup> 建造における幾何学を見せている。

船大工の第 1 ステップは、中央横断面の <sup>ミッドシップ</sup> 姿 <sup>フォーム</sup> を決めることであった。何故ならば、船の中央部の他の肋骨が形作られるのはこの肋骨からであったからである。大雑把な比例によるルールはその寸法と弧を決め、その形状は実物大のテンプレート（即ち型板）に残された。大きな肋骨はいくつもの材木片から組み立てられ、その各々は適切なテンプレートのパターンに従って切り出されて形作られたので、いくつものテンプレートが必要であった。

船大工達は全ての他の事前に決められた中央の肋骨に同じテンプレートを使った。スムーズに変化する船殻の形状を作り出すためのコツは、これらのテン

プレートの互いに関連した繋がりを巧みに調整し形を整え直すことであった。  
 ミッドシップ フォーム 中央横断面の 姿 から始まって、テンプレートは船首と船尾に向かったの <sup>ライジング</sup>上昇  
 と狭まりの船の線を創り出すために、船殻の中央横断面の他の肋骨の各々のた  
 ナロウイング めに僅かばかり調整された。これらの僅かな変化は紙の図面や計算ではなく  
 て、実物大のテンプレートそのものか、あるいは <sup>ボード</sup>板の上に直接に印が付けられ  
 た <sup>グランド・エッジ</sup>目盛でコントロールされた。」

(28) Richard Barker, “Whole-moulding : a preliminary study of early English and other sources”, 2003, Max-Planck-Institutes, Germany.

(29) Richard Barker, “Design in the Dockyards, about 1600”, 1988, Carvel Construction Technique, 5<sup>th</sup> International Symposium on Boat and Ship Archaeology, Amsterdam.  
 バーカーは引き下げと引張り上げについて述べた後で、ホール・モールドディングとの関係  
 を次のように述べている：

「この全過程は、「ホール・モールドディング方式として 18 世紀に記録された小型  
 ボートに使われた英国の方式を明らかに思い起こさせるものである。それらの  
 方法においては、ボートの船側全体を形作るために、肋根材の型板が実際に上  
 方に延ばされ、<sup>ホロイングモールド</sup>凹部型板を形作るために 1 本の恣意的な曲線が使われる。その  
 違いは、船のための 16 世紀の方法の三つの弧が造り出す形状はほとんど無限の  
 柔軟性が与えられたのに対して、小型ボートの船殻に沿った異なった幅と高さ  
 において、全く <sup>ローテーション</sup>移り変わること無しに適用された単一の船体型板では、船首方  
 向と船尾方向の断面を選ぶ際、また特定のフレア（訳注：舷側や船尾で波を外  
 に逃がすための外側への張り出し）において、前者と同じ自由度が単純には許  
 されなかったことである。ホール・モールドディングは船首の狭まりと船尾の狭  
 まりにおいて問題であった。まさしくこの理由のために、それは廃れたのであ  
 った。」

(30) 註(10)に挙げた山田義裕「16－17 世紀初頭のスペインとポルトガルにおける船殻の設計  
 と建造」。

(31) 註(23)に挙げた山田義裕、「16 世紀末-17 世紀初頭の英国の造船における数学の導入」、  
 2019 年 12 月 21 日、日本海事史学会例会。

図 32：バーカーによる *船大工術の断片*の横断面図を利用した引張り上げの説明図の  
 角度  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  を数学的に求めると、次のようになる：

凡例：中央断面：AB=船幅の半分、AC=船底 CF=BD=DK=IG=深さ、JK=  
 トップ・チンバーの狭まり（以上与件）

E と G の位置を決める。(弧の中心を決めたのは船大工頭の経験)

EC=EL, GN=GD=GM, HM=HL 曲線の半径。こうして HG, HE, FE, IJ が直  
 接分かる。

$\angle EFG$ ,  $\angle GNJ$ ,  $\angle GIJ$  は直角, E と G を決める時点で  $\angle FEG$ ,  $\angle FGE$ ,



∠EGH は分かっているので、EHG=β が正弦定理： $\frac{EG}{\sin\beta} = \frac{EH}{\sin\angle EGH}$ によって

分かる。

∠HGF=∠HGE−∠FGE=∠DGM となり、∠FEH=∠HEG−∠FEG=α  
 が分かる。

JG が分かっており  $\frac{IJ}{\sin\angle JGI} = \frac{JG}{\sin 90^\circ} = JG$ 、 $\sin\angle JGF = \frac{IJ}{JG} \therefore \angle JGI$  が分かり、

JN が分かる。

$\therefore JN^2 + GN^2 = JG^2$ 、 $JN = \sqrt{JG^2 - GN^2}$ 、

$$\frac{JN}{\sin\angle JGN} = \frac{JG}{\sin 90^\circ} = JG, \sin\angle JGN = \frac{JN}{JG}$$

$\therefore \angle JGN$  がわかる。

∠HGF=∠DGM、 $\therefore \angle HGF + 90^\circ = \angle DGM + 90^\circ = \angle IGM =$

∠JGN+∠JGI+∠NMG、

$\therefore \angle NMG = \angle HGF + 90^\circ - \angle JGN - \angle JGI$ 、 $\gamma = \angle NMG$ 。

こうして曲線の扇形の角度 α、β、γ が全て分かる。

他の横断面は、番号で表された各横断面用に、それぞれに対応する上昇と狭まりによって調整された中心 E' と G' を伴って、同じように計算されたのであろう。

(32) edited by William Salisbury, “A Treatise on Shipbuilding, c.1620, from a manuscript in the Admiralty Library”, 1953, The Society for Nautical Research occasional publications No.6, London.

(33) edited and introduced by Brian Lavery, “Dean’s Doctrine of Naval Architecture, 1670”, 1981, reprinted 1986, Conway Maritime Press.

(34) Bill Atwell, “A History of the Attwell Family, 1280-1650”, 2014, Lulu Com. USA.

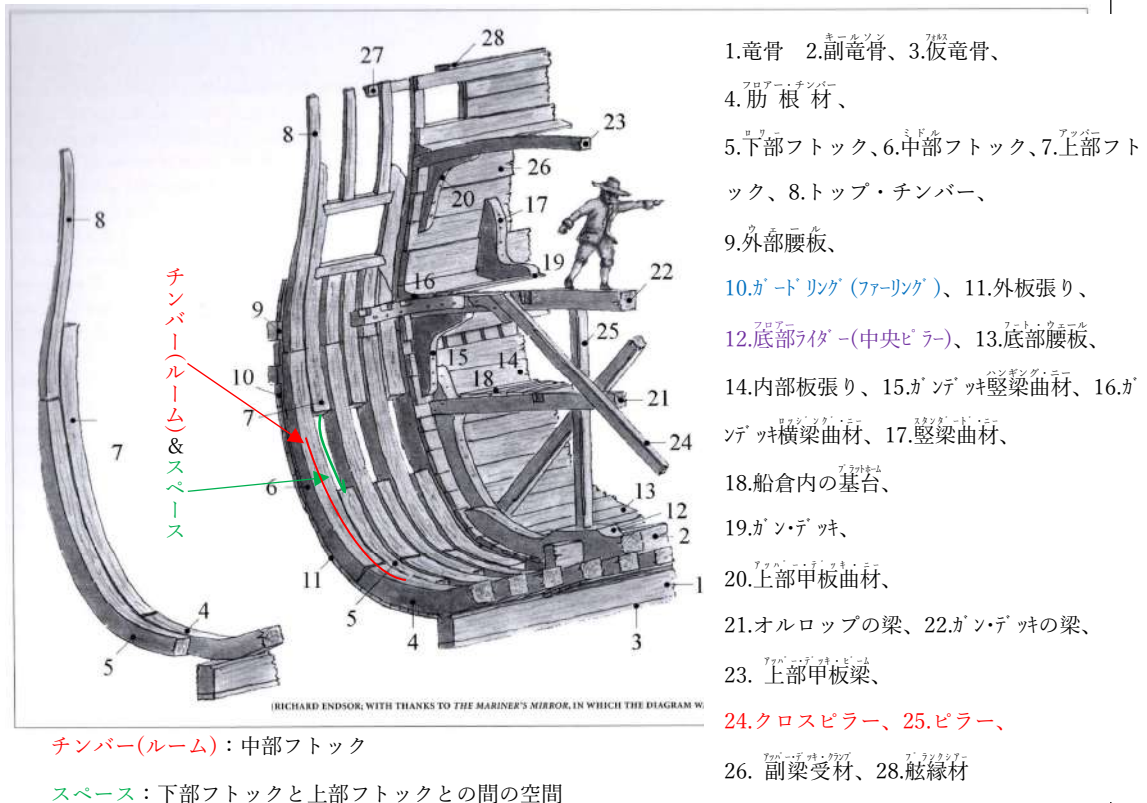
(35) Edmund Bushnell, “The Compleat Ship-Wright”, 1664, London.

この本のタイトルは非常に興味深いので、全文を翻訳すると；

「完全なる船大工。経験のある船大工達によって、彼等の建造の習慣に基づいて、幾何及び算数の両方を用いて使われる比率を平明かつ実証的に教える。それに加えて、型板の湾曲<sup>ベンド</sup>を作成し、漸増減<sup>グラジュエーティング</sup>を為し、あるいは印<sup>マーキング</sup>を付けて、それらを作ることを命じる設計図<sup>ドラフト</sup>を描くための幾何の然るべき比率及び対角線<sup>ディアゴナル</sup>目盛り。平方根の表を伴い、それによる平方根の求め方。また、風ぎの場合の全ての船にとって有益なキャブスタンで巻き上げることによって、複数の船を一行に並べるやり方。そしてその技<sup>アート</sup>において有益なその他の事々」

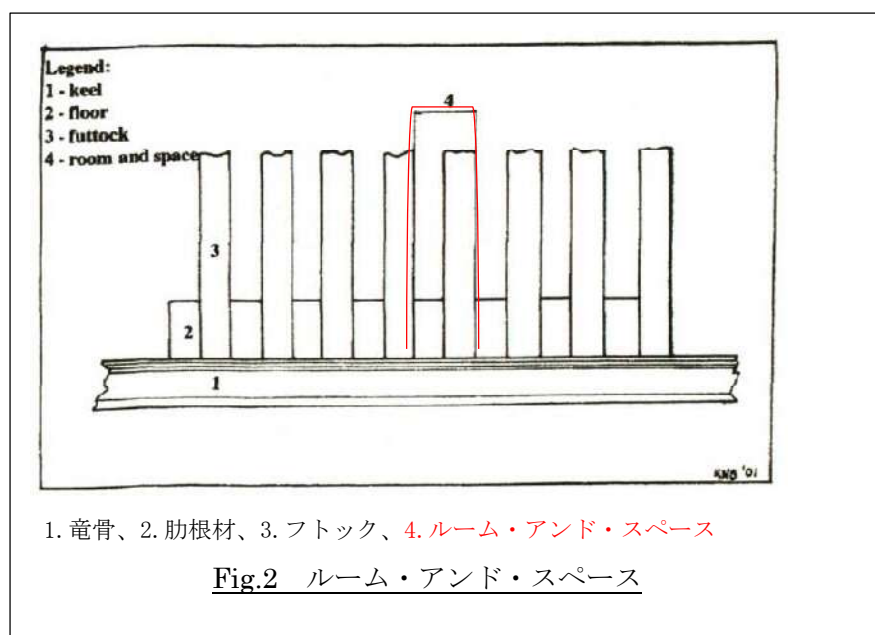
(36) Richard Endorsor, “The Midship Bend of Hampshire 1653”, 2005, The Mariner’s Mirror Vol. 91, no. 1. 同論文にエンザーによる次の挿絵がある。

註<sup>(36)</sup>図：Richard Endsor, "The Midship Bend of *Hampshire* 1653"の挿絵

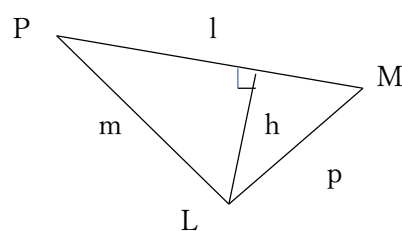


(37) Kroum Nickolaev Batchvarov, "The frame of 17<sup>th</sup>-century men-of-war in England and other northern European countries", 2002, Texas A & M University.

「船に取り付けられる肋骨の数は、ルーム・アンド・スペースの長さに拠っていた。ルーム・アンド・スペースとは、1本の肋材の端から次の同様な肋材の同じ端までの距離である。通常、これは肋根材の一つの端から次の肋根材の同じ端まで竜骨に沿って測られた。(Fig.2) ルームは肋材によって占められた部分であり、スペースは2本の肋材の間の何も無い部分である。ルーム・アンド・スペースは、1本の肋根材、1本のフトック、そして何らかの何も無い空間を含んでいた。当時の文書はこの用語の使用において、首尾一貫しているわけではない船の建造契約書のいくつかは「ルーム・アンド・スペース」として言及しており、別のものは「ルーム・オブ・チンバー・アンド・スペース」している。この二番目の言い方が正しいようであるが、本論文では大部分の原典の文書におけるのと同じように、「ルーム・アンド・スペース」の用語を用いる。」



(38) 訳注：筆者による、計算内容の検証：



辺 LM=p  
 辺 MP=l  
 辺 LP=m とする。

$$p+l+m=101.8+171+147=419.8=q \text{ とすると、 } s=\frac{1}{2}q=209.9$$

$$\text{第 1 の差異} = s - p = 108.1$$

$$\text{第 2 の差異} = s - l = 38.9$$

$$\text{第 3 の差異} = s - m = 62.9$$

△PLM の面積を S とする。

ヘロンの定理：

$$S = \sqrt{s(s-l)(s-p)(s-m)}$$

$$s = \frac{(l+m+p)}{2}$$

$$l \geq m, p \text{ なので } h = \frac{2S}{l}, \angle LPM = \sin^{-1} \frac{h}{m}, \angle LMP = \sin^{-1} \frac{h}{p}$$

$$\text{従って } \angle LPM = \sin^{-1} \frac{h}{m} = \sin^{-1} \frac{2S}{l \cdot m}$$

$$S = \sqrt{s(s-l)(s-p)(s-m)} = \sqrt{209.9(108.1)(38.9)(62.9)} = 7451$$

$$\angle LPM = \sin^{-1} \frac{2S}{l \cdot m} = \sin^{-1} (7451 \times 2 \div 147 \div 171) = 0.5928$$

三角関数表から

$$36^\circ = 0.5878 \quad \rightarrow \quad 0.5928 - 0.5878 = 0.005$$

$$37^\circ = 0.6018 \quad \rightarrow \quad 0.6018 - 0.5878 = 0.014$$

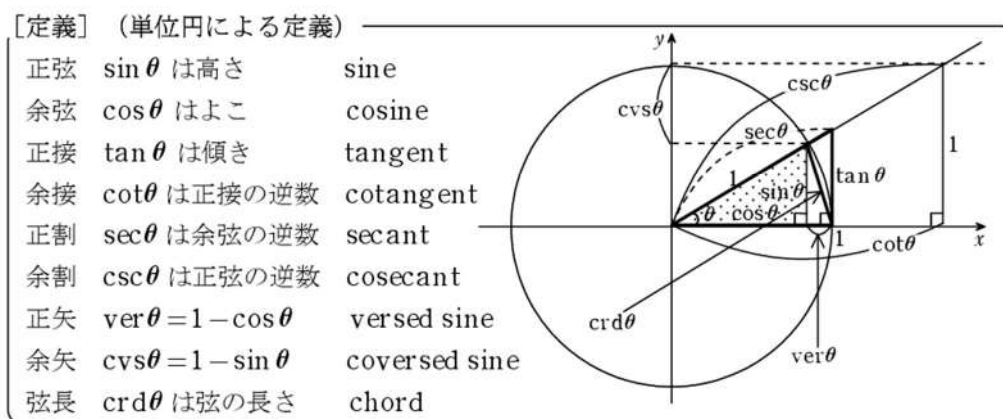
$$0.005 \div 0.014 = 0.36^\circ = 21.6' \doteq 22'$$

従って  $\angle LPM = 36^\circ 22'$

なお、対数はどこから採ったものなのか不明。

(39) 訳注：単位円による三角比の定義と相互関係の図形的証明(web site より)

## 単位円による三角比の定義と相互関係の図形的証明



(40) 下部狭まり線後部の本文書の記述：

(下部狭まり線 後部) 船尾方向へ下部狭まり線は、楕円と呼ばれる円錐曲線の一つで作られ、この場合楕円は常に船幅の $\frac{1}{2}$ である最短の直径の交点への垂線を超えて続いていなければならない。それ故に、スケグから外側に船幅の $\frac{1}{2}$ が付け足され、34 個の横断面を作り上げる。楕円は多くの方法で計算できるが、中でも最も簡単なものは、このやり方に従った通常正弦表によるものである。半径 100000 を横断面の数 34 で割る。そこに比例する 4 乗の数字、4 乗の 2941 が来るが、通常正弦は 2 倍、3 倍、4 倍、等々となるので、この数字から残りのものが得られる。第 24、20、16、12、8、そして 4 の横断面、等々の線を求めてみよう。一つの単位に 2941 を掛けて、各数字を増加させると、24 に対しては、73525<sup>δ</sup>—67773<sup>δ</sup>—12.20<sup>ρ</sup>、20 に対しては、61761—78640<sup>δ</sup>—14.16<sup>ρ</sup>、16 に対しては、49997—86603<sup>δ</sup>—15.59<sup>ρ</sup>、12 に対しては、38233—92399<sup>δ</sup>—16.63<sup>ρ</sup>、8 に対しては、26469—96433<sup>δ</sup>—17.80<sup>ρ</sup>、4 に対しては、14705—98914<sup>δ</sup>—17.80<sup>ρ</sup>、これら全ては通常正弦で、その余弦（<sup>δ</sup>マーク）に船幅の半分の 18 を掛けるとその数値（<sup>ρ</sup>マーク）を内に得、それらを船幅の半分の 18 から引いて、24 に対して 5.80、20 に 3.84、16 に 2.41、12 に 1.37、8 に 0.64、4 に 0.20 を得る。各線のそれらの長さを平行線上に点を付

[93r]

けて解答とし、それらの点によって、角度は無しに(訳注：「対応するそれぞれの直角三角形を描くことなく」と考える)の、最大横断面から中央の線までの垂線との交点に一つの円の全体の線を描く。そして貴君は船尾方向への下っている狭まりの一つの楕円の線を得る。

#### 訳注：第 24 横断面の計算手順

h を求める：  $2941 \times (24+1) = 73525$ 、

$73525 \div 100000 = 0.73525$

$\therefore h = 0.73525$ 、 $b = 1$

$\therefore \theta = \sin^{-1}(\sin 0.73525)$

三角関数表の正弦表より  $\theta = 47.33^\circ$

三角関数表の余弦表より

$\cos 47.33^\circ = 0.67773$

$\frac{1}{2}$  船幅 = 18 フィートなので

最大横断面の最も外側で接する、

船体の長さ方向の中心線との平行線から

下部狭まり線までの距離は  $0.67773 \times 18 = 12.20$  フィート

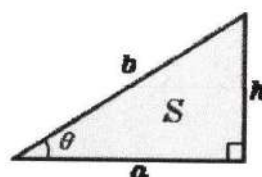
従って船体の長さ方向の中心線から下部狭まり線までの距離は

$18 - 12.20 = 5.80$  フィートとなる。

#### 直角三角形の定理：

与えられた高さを h、斜辺を b とし

求める角度を  $\theta$  とする



$$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{h}{b}\right) \quad a = \frac{h}{\tan \theta} \quad S = \frac{1}{2} ah$$

#### (41) 三つの型板による他の型板の作製方法：

肋根材型板

第 1 のものは肋根材型板と呼ばれ、船底の平らな部分全て及び肋根材頭部の弧全てを含み、ホゾ嵌め込みのために肋根材頭部に作られたサーマーク上部の第 2 と 3 のフトックの弧の部分を含む。

フトック・

チンバー型板

第 2 のものはフトック・チンバー型板で、それはフトックの弧全て、船幅の弧、及び肋根材頭部の弧の部分を含み、そしてこれと船底の型板とを正しく一緒に保持するために 2 個のサーマークを有する。一つは肋根材頭部に他は第 2 と第 3 の曲線の交点に於いてである。もし、それが取扱うのに長すぎたならば、真中で下を切って、そこに別のサーマークを付けなければならない。

[95r]

トップ・

チンバー

型板

第 3 のものはトップ・チンバー型板で、それは最も長いポストの長さ全体及び船幅の弧全体を含み、フトック型板の或る部分も含む。そしてこれとフトック型板を正しく保持するために 2 個のサーマークを有する。一つは第 2 と第 4 の曲線の交点に、他は、それによってトップ・チンバーを導く最大横断面の深さの 2 倍の所である。

船底の型板に

段階を付ける

船底の型板は 3 本の垂線を有する。1 本は深さの真中の線のために、他の 2 本は平坦部\*の両端のためである。平坦部\*の外側から船尾方向に、その上に上昇を置くことが出来る 1 本の直線を引く。(訳注：\*平坦部, flats はフローア・フラット



floor flats、即ち船底の床板を張るために、竜骨とフット・ウェールを跨ぐ木材とも考えられる。)

肋根材頭部に  
段階を付ける

真中の線から別の 2 本の直線を引き、それらの上に船首と船尾の両方向に、どちらも表で計算されたように、狭まりを置く。他の側に垂線も引き、外側の垂線からは上昇を船首方向に置き、船尾方向にしたように、真中の線からは狭まりを船首方向に、上部と下部の両方向に置く。

肋根材頭部の弧の上に、その弦用の直線を 1 本引き、その上に肋根材頭部の上へのフトックの下部部分の引き下げを定める。

フトックに  
段階を付ける

フトックの下部部分の上に、真中の断面から肋根材頭部のサーマークまで直線を 1 本引き、その上にフトックの引き下げを置く。そこからサーマークまで引いたもう 1 本の直線の上に、フトックの押し上げを定める。

トップ・  
チンバーに  
段階を付ける

トップ・チンバー型板の上に、下部サーマーク上方と、下方へ 2 本の直線を引く。そこに、サーマークから上方へ引き下げを置き、サーマークから下方へ押し上げを置く。そうして型板を、段階を付けて作ることを為し終える。

これら段階を付けて作ったものの使用法は、全ての部分を一緒にし、貴君が望むいかなる横断面であれ、見取り図上の種々別々の線に見合ったその横断面の肋骨と形状の印を肋材上に付けるために適用することである。この例は次のようになる。

〔後部、第 20  
横断面型板  
写し〕

後方の肋材の第 20 横断面 (図 37、Fig.2) の型板を写してみよう。

〔95v〕

第 1. 肋材の脚部上に地上線を引き、深さのための真中の線と直角に交わらせる。

第 2. その横断面の上昇を船底型板上に印が付けられた長さで地上線から始める。

第 3. 上昇線から始まるその横断面の深さを求め、船幅用に地上線に平行線を引く。

第 4. 上部の狭まりを最大船幅から取り、その船幅で真中の線と平行な線を引く。

第 5. 肋材の真中の線上に下部の狭まりを置き、型板の肋骨の内側と外側の両方へ、型板によって刻み目を付ける。

第 6. フトックの下部のサーマークを肋根材頭部の上の引き下げへ下げて、フトックのその部分に刻み目を付ける。

第 7. 上部フトックの下端を、下部の上に印が付けられた引き下げへ下げて、フトックの上部部分に刻み目を付ける。

第 8. 押し上げの印に従って、フトックの頭部上にトップ・チンバーを揚げ、その船幅を上部のサーマークに合わせ、それによってトップ・チンバーに刻み目を付ける。そうすると、横断面全体が、全ての横断面の部分と共に真に型板が写される。

そして、これが片側で為されると、型板は引っくり返され、横断面の他の半分側のために、肋材の他の側に同じものが描かれねばならない。同じようなことを、

貴君は型板を写す肋材の全ての横断面のために為さなければならない。

型板によって肋材に印が付けられると、それらの線によって、肋材は均整がとれるように切られるが、完全な四角形にするのではなく、横断面の斜角に従う。

斜角付けとは  
何か  
横断面の斜角付けは、肋材の全ての部分を見取り図の上昇線及び狭まり線に合わせるために、肋材に絡むようにする、即ち余計な部分を切り取ることに他ならない。

どのように見  
出すか  
船全体の容積は最大横断面肋材から船首と船尾の両方向に段々と小さくなって行き、また小さくなるのに従って次第に上昇するので、各肋材には、全てが一緒に  
な斜角即ち曲<sup>バールグ</sup>り込み<sup>ワインディング</sup>が有る。したがって、これらの線から肋材の斜角を描くことが最も適切であるが、これらに全て番号が与えられていると、これを行った後で見つけ易いであろう。

## Bibliography

- Nelson, Arthur, "The Tudor Navy, 1485-1603", 2001, London. 1989, England.
- Abell, Wescott, "The Ship Wright's Trade, Part II", 1981(2<sup>nd</sup> ed.), Conway Maritime.
- Adams, Jonatham, "A Maritime Archaeology of Ships -Innovation and Social Change in Medieval and Early Modern Europe", 2013, Oxford, UK.
- Atwell, Bill, "A History of the Attwell Family, 1280-1650", 2014, Lulu Com. USA.
- Auer, Jens, edited, "Gresham Ship Project -A 16<sup>th</sup> century merchantman wrecked in the Princess Channel vol. I", 2014, National Archaeology Society, UK.
- Baker, Mathew, "Fragments of Ancient English Shipwrightry", 1580-1630, Magdalene College, Pepys Library, Cambridge,
- Barker, Richard, "Fragments From The Pepysian Library", 1985, Separata da Revista da Universidade de Coimbra, Vol.XXXII, Coimbra.
- Barker, Richard, "A Manuscript on shipbuilding, circa 1600, copied by Newton", 1994, The Marinor's Mirror Vol.80.
- Barker, Richard, "Design in the Dockyards, about 1600", 1988, Carvel Construction Technique, 5<sup>th</sup> International Symposium on Boat and Ship Archaeology, Amsterdam.
- Cano, Thome, "Arte para Fabricar y Apareiar Naos de Guerra y Merchante, 1611, facsimile edition, 1964, Canarias,Spain.
- Davies, J.D., "Pepys's Navy, Ships, Men & Warfare, 1649-1689", 2008, Great Britain.
- Endsor, R., W. Benbow & P. Quinn, "A drawing of the midship bend of The *Hampshire* 1653", 2005, The Marinor's Mirror Vol.91, Notes.
- Fernandez, Manoel, "Livro de Traças de Carpintaria", 1616, manuscripto, Portugal, facsimile edition, 1989, Academia de Marina, Lisboa.
- Gastañeta Yturribalzaga, Don Antonio de, "Arte de Fabricar Reales, Edición comentada

- del manuscrito original”, 2012, Madrid.
- Grenier, Robert & others edited, “The Underwater Archaeology of Red Bay -Basque shipbuilding and whaling in the 16<sup>th</sup> century”, 2007, Parks Canada.
- Johnston, Stephen Andrew, “Making Mathematical Practice, Gentlemen, practitioners, and artisans in Elizabethan England”, 1994, Cambridge.
- Lavery, Brian, “Deane’s Doctrine of Naval Architecture, 1670”, 1981, Conway Maritime Press.
- Manwayring, Henry, “The Seaman’s Dictionary”, 1644, London, facsimile edition, 1972, Menston, England.
- Palacio, Diego Garcia de, “Instrucción Náutica para Navegar”, 1587, México, facsimil edition, 1944, Madrid.
- Pimentel Barata, João da Gama, “Estudios de Arqueologia Naval volume I”, 1972, Lisboa.
- Salisbury, William, “A Treatise on Shipbuilding, c.1620, from a manuscript in the Admiralty Library”, 1953, The Society for Nautical Research occasional publications No.6, London.
- Salisbury, William, “Early Tonnage Measurement in England”, 1966, The Mariner’s Mirror, Vol. 52, No.1.
- Serrano, José Luis Rubio, “Arquitectura de las Naos y Galeones de las Flotas de Indias (1492-1590), 1991, Malaga.
- Sutherland, William, “The Ship-builders Assistant”, 1711, London, facsimile edition, YK, Cornelis van, “De Nederlandsche Scheps-Bouw-Konst open gestalt”, 1697, Amsterdam, facsimile edition, 1981, Netherland.
- 山田義裕、「1587年のスペインのガレオン及びナオの3D-CGによる復元」、日本海事史学会 1997年6月例会。
- 山田義裕「16世紀末のスペイン船の設計基準とトネラーダ、そしてポルトガル」、日本海事史学会 2013年7月例会。
- 山田義裕、「一五八七年のスペインのナオ船」、2013年、海事史研究 第70号。
- 山田義裕、「16世紀末-17世紀初頭の英国の造船における数学の導入」、2019年12月21日、日本海事史学会例会。
- 山田義裕、「16-17世紀初頭のスペインとポルトガルにおける船殻の設計と建造」、日本海事史学会 2021年4月例会。
- 以上の山田義裕分は、山田ホームページ：<http://www.yamada-maritime.com>に掲載。

完