

16世紀末－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

日本海事史学会例会 2021年4月24日

山田義裕

目次

1. はじめに	2
2. 使用する文書	
1) スペイン	2
2) ポルトガル	3
3. 船体の設計と建造の基本的な状況	
1) 設計と現場で使われた図	3
2) 勅令で決められていた基本的な寸法	7
3) 船体の最初の設計と構築	8
(1) 竜骨、船首材、船尾材の据え付け	9
(2) 主肋根材及び船首と船尾の狭まり開始点の肋根材	11
4. 船側中央部の設計	
1) 単独の円弧による設計	14
2) 重要肋骨における <sup>ライジング</sup> 上昇と <sup>ナロウイング</sup> 狭まり	17
(1) <sup>ライジング</sup> 上昇のプハ	18
(2) <sup>ナロウイング</sup> 狭まりのグルア	20
(3) 17世紀初頭の改革、ホーバの導入	22
(4) 型板の各種の工夫	26
3) 船殻の <sup>エンボーナ</sup> 二重張り	30
5. Bibliography	32

## 1. はじめに

16 世紀のヨーロッパにおいて遠洋航海をする船の建造はスペインとポルトガル両国の独擅場であった。アメリカを発見したスペインは、その新世界の植民地としての開拓を行うために大西洋の横断を定期的に行うようになった。手頃な船の大きさは 100~300 トンであった。特に 200 トンくらいまでが好まれたが、その大きな理由の一つは、アメリカ航路のスペインでの基地が政治的な理由からグアダルキビル河を遡上したセビリヤであったことである。その河口にはサン・ルーカル・デ・バッラメーダという岩礁があり、ここで遭難が頻発した。そのために大型船が使われることがなかったのである。そしてアメリカとの航路が「インディアス航路」と呼ばれるようになり、毎年、英国等の海賊と私掠船対策のために重武装をした旗艦と副艦に守られた船団が組まれた。

それに反して、ポルトガルの「インド航路」では 500~800 トンの船が使われた。それは喜望峰を回る長くて危険な航路であり、小中型船の船団を組む方式は現実的ではなく、出来る限り大型の船が好まれた。

隣り合った両国でありながら、そのように 16 世紀の間、主要な航路で使われる船は発展を異にしたが、15 世紀から 16 世紀の初頭にかけては、どちらの国も地中海をベースにして発達した造船による小中型の船を使用していたのである。地中海ではガレー船が多く使われていたとはいえ、商船もラウンド・シップとしてイタリアで発達した。英国でも 16 世紀後半にヴェネチアから船大工を招聘しており、また当時の名高い船大工頭のマシュー・ベイカーもイタリアに行って造船を学んでいる。

そうした地中海の伝統に基づきながら、イベリア半島の両国は共通してその影響を強く受けたのみならず、1580 年にポルトガル王国はスペイン帝国に編入され、両国はお互いにさらに大きな影響を与えあった。

本稿は 16 世紀末から 17 世紀にかけてのスペインにおける造船の中心を占める船殻の設計と具体的な構築について発表するが、内容からして、図を使ったグラフィックな説明の方が分かりやすく、そのためにポルトガルの古文書を活用する。ただし部材の名称や設計の概念を原語で言及する場合は原則スペイン語とし、必要に応じてポルトガル語も用いる。

## 2. 使用する文書

使用する主な文書の著者名、文書名を片仮名表記と翻訳で下記する。Bib.no.を付すので、原語名は末尾の Bibliography を参照されたい。

### 1) スペイン

- (1) ディエゴ・ガルシア・デ・パラシオ、「航海指南書」1587 年、メキシコで出版。Bib.1. 第 1 部が航海術、第 2 部が造船を扱う。上級官僚による著作。400 トネラーダと 150 トネラーダのナウ船の寸法入りの図がある。小著「1587 年のスペインのナウ船」海事史研究第 70 号(2013 年 11 月)にて概要を紹介。第 2 部の翻訳は弊ホーム

ページ：YAMADA-MARITIME.COM.に在り。

- (2) トメ・カーノ、「造船の書」、1611年、スペインで出版。Bib.2.  
船主と船長の長年の経験者による対話形式の書。フアン・デ・ベアスの改革「新しい造船」を紹介している。小著「17世紀初頭のスペインにおける造船の改革」海事史研究第71号(2014年11月)にて概要を紹介。本書の主要部分の翻訳は弊ホームページ：YAMADA-MARITIME.COM.に在り。
- (3) 「造船に関する勅令」、1607年、1613年、1618年に発布。Bib.3. 国が定めた船の寸法と造船に関する規定集。造船の質の標準化と共に、民間の船を軍艦として傭船する場合の品質を担保することを目的とした。全翻訳が弊ホームページ：YAMADA-MARITIME.COM.に在り。
- (4) アントニオ・デ・ガスタニェータ、「王の艦船を造る技」1688年、手稿本、解説及び活字版付きファクシミリ版が出版された。Bib.4. ガスタニェータは船員、造船家で最後はインディアス船隊の提督となった。今回の発表の重要な情報源。

## 2) ポルトガル

- (1) フェルナンド・オリヴェイラ、「ナウ船建造の書」、1580年、手稿本。Bib.5.  
僧侶で、様々な経歴を経て(2006年海事史学会4月例会での弊発表「17世紀のポルトガルの奇才・冒険家フェルナンド・オリヴェイラ」)、弊ホームページ：YAMADA-MARITIME.COM.に在り。「海戦術」、「アルス・ナウチカ(ライデン大学が手稿本を所蔵、未公開)」を執筆している。
- (2) マノエル・フェルナンデス、「船大工用絵図の書」、1616年、手写本。Bib.6  
様々な種類の船それぞれについて200枚以上の彩色図と解説の書。
- (3) ジョアン・バプチスタ・ラバーニャ、「造船の第一の書」、1600年頃、手稿本。Bib.7  
数学者、宇宙形状学者、造船理論家。スペインの宮廷に当代随一の科学者として招聘された。

## 3. 船体の設計と建造の基本的な状況

### 1) 設計と現場で使われた図

本稿の対象であるイベリア半島での船の建造は所謂「フレーム・ファーストあるいはスケルトン・ファースト」方式で、オランダに残っていた「シェル・ファースト」ではない。

16世紀のほぼ全般に渡って、造船は材料になる木材と労働力の調達しやすい海岸や潮入川の砂浜で行われた。船大工親方が船幅を元にして、伝統的に経験によって築かれて言い慣らされた「アス・ドス・トレス」等のような簡単な比率によってその他の主要寸法である竜骨の長さや甲板の高さ等を決めた。これらの寸法から親方個々人の経験によって船殻の形が作られる。それらの形は、砂の上に置かれた厚さが数センチの主として松材の板に、墨汁を沁み込ませた羊毛の紐、石墨でもって、目盛りを付けた細い棒を使って作図され、手斧、ドリル、小刀、釘、ハンマー、内径コンパスを使って型板が作られた。

今回対象としている時代になって、寸法と船殻のスケッチが紙にメモされ、建造の現場

に渡されるようになった。従来このメモを作ったのは現場での建造の指揮者である船大工頭であったが、この頃になると設計を専門とする者が出始めた。特に大砲を少しでも多く搭載するために肋骨を強化する反面でスピードを維持したい軍艦と、商品の積載量を増やしたい商船が分化するようになって、軍艦の船体、即ち船殻を設計するには計算や作図を必要とする新しい考えが必要となった。

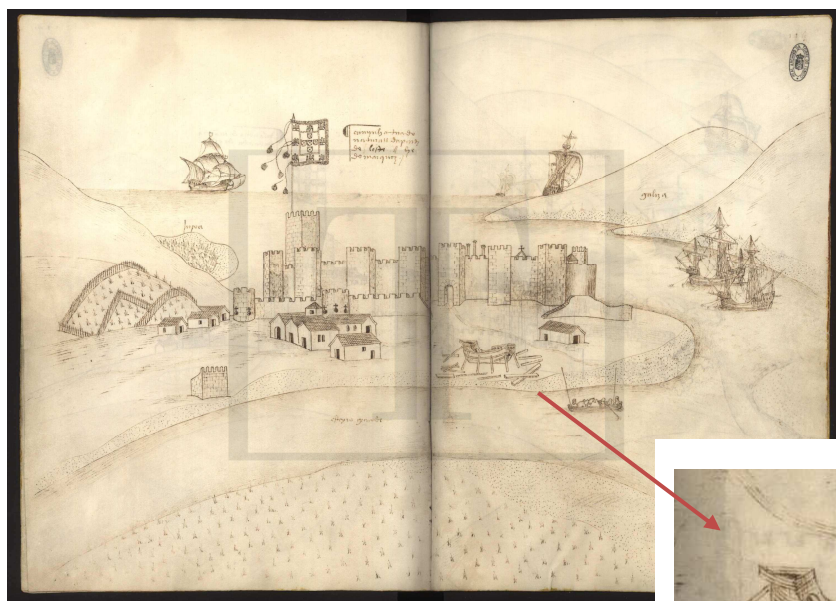
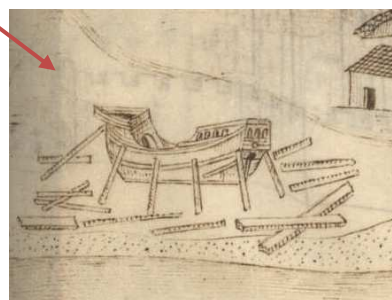


図1: ドゥアルテ・デ・アルマス、「城塞の書」

1510年、ポルトガル、Bib.8



今回「設計」という用語を使っているのはスペイン語(ポルトガル語も同)のディセーニョ(diseño)という単語の翻訳で、英語の design に当たる。設計を行う者達は事務所の中の机で、定規、コンパスを使い幾何学的な作図をし、算数計算を行った。メモには、現場で出来るだけ正確な型板が作られるようにピティペ (pitipe、フランス語が語源) がメモの図に付けられた。現代の我々が考える図面(スペイン語で“plano”)は全くなかった。

次に示す図3と図4は同じ時期の英国とスペインの図であるが、これらの図から細部の図が作られ、それによって型板が作られるものではない。

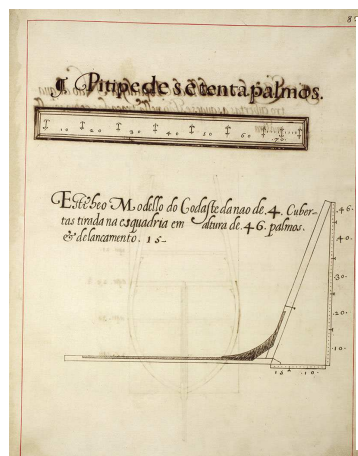


図2: マノエル・フェルナンデス、「船大工用絵図の書」(一六一六年) 船尾材とピティペ、Bib.6

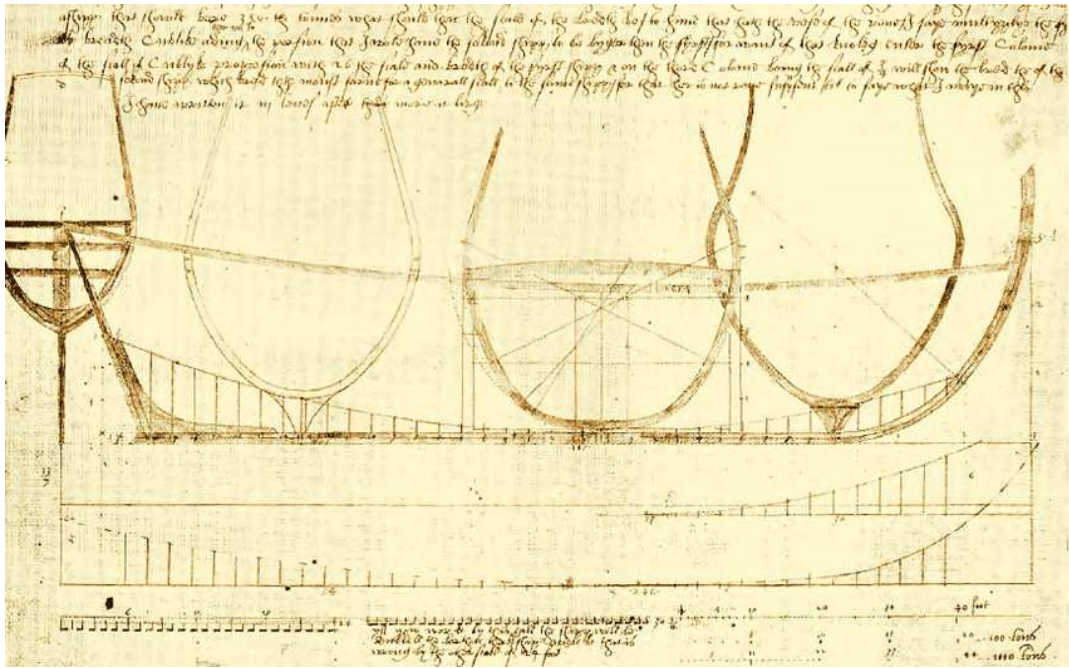


図3：マシュー・ベイカー「船大工術の断片」、1586年頃、英国、Bib.9

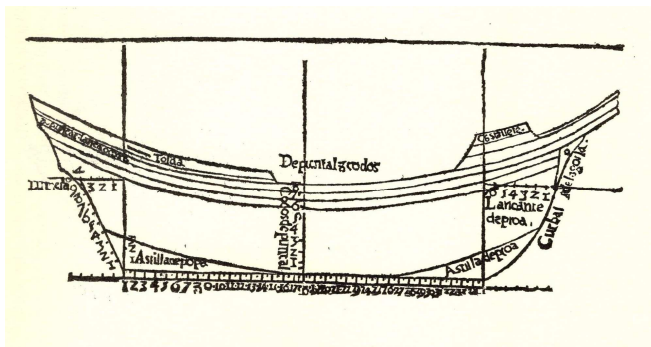
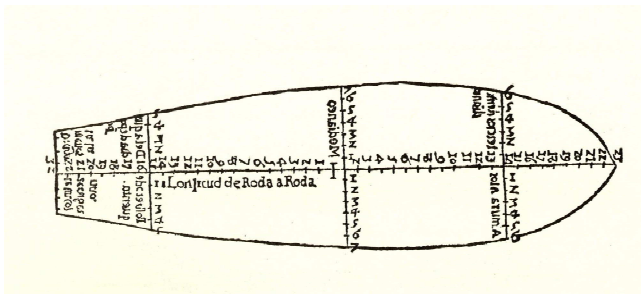
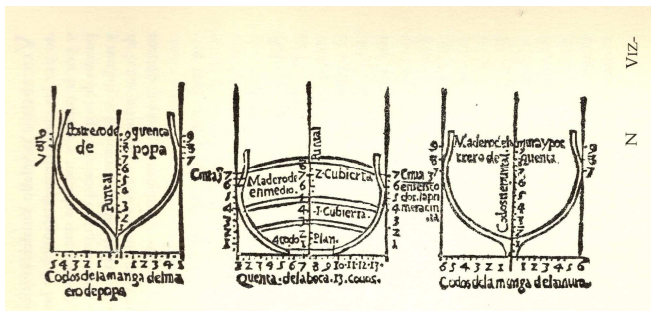


図4：デイエゴ・ガルシア・デ・パラシオ、「航海指南書」、一五八七年、Bib.1

図4は出版する本のための木版画であり、読者の理解のために描かれたものである。図3も当初は書物として装丁されることを考えて綺麗に描かれた図の1枚である。

図の精度は次第に増していったが、この状況は18世紀になるまでほとんど変わらなかった。英国で学んだスエーデンの造船技術者フレデリック・ヘンリック・アフ・チャップマンが船体設計に流体動力学を取り入れた「Architectura Navalis Mercatoria」を1768年に出版している。彼と同じ頃、1771年にスペインでは海軍造船士官のホルヘ・フアン・サンタシーリャが「Examen Marítimo」を出版した。次の図5は同書所載の図である。彼は18世紀に英国とフランスに後れをとったスペインの造船を立て直すべく、英国の造船所に潜り込んで技術スパイを行い、何人かの技術者を引き抜いて、スペインで英国流の船を建造した。この頃になると、造船は詳細な図面によって設計され、それに基づいて建造が行われるようになった。

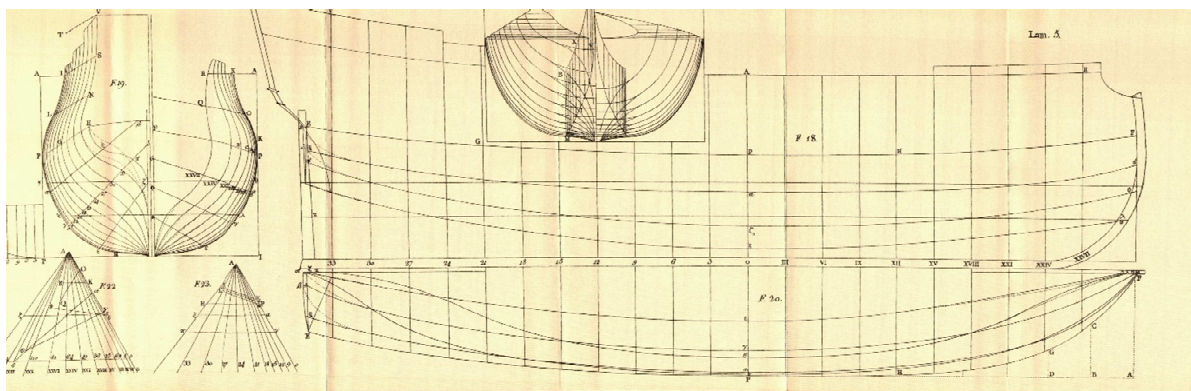


図5: J. フアン・サンタシーリャ、「Examen Marítimo」、1771年出版、マドリッド、Bib.10

しかし16世紀末から17世紀にかけて作図されたものは、上記したように、船の建造にあたって重要な寸法が指示されるメモ程度のものであり、1620-1625年頃に英国で書かれた作者不明の手写本「造船の論文、Bib.11」の一節は次のように述べている

「見取図<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<sup>アーティフィサー</sup>達は沢山いるとはいえ、彼等の造った物を彼らの見取図と比べてみると、ほとんど一致していないことが分かる。多くの場合、主な線図<sup>プロット</sup>が見取図を作図する中で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。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、彼等が小スケールに頼る時、多くの場合・・・10分の1を超えることがないからである。・・・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。193v」

このように、建造現場の親方は図2に描かれた図よりも荒っぽいメモの図を渡されて、自分達で実物大の寸法に直し、墨を含んだ繊維や石墨を使ってそれを2~4センチの厚さの板の上に描いて描線に沿って板を切って型板を造った。その型板を材木に当てて写し、建

造する部材に加工した。

浜辺に在る造船現場は、これから造る船の基本的な寸法と、簡単な図を渡されて、建造に入った。その時までには最初の部材である竜骨、船首材、そして船尾材と船尾盤<sup>パネル</sup>を据え付ける盤木が水際より遠い方を高くして造られていた。(図6参照)この時までには、進水で水に入るのが船首からなのか、船尾からなのかが決められていた。この盤木の上に竜骨、船首材、そして船尾材に船尾盤<sup>パネル</sup>が組み立てられた船尾の3部材が据えられ、一体に組立てられた。勅令は浜辺の砂の柔らかさによって建造中の船体を支える支柱の根元が埋まって、船の寸法に影響することに注意を喚起している。

図6：竜骨、船首材、船尾材の据付  
Bib.11 より



図7：オランダのリーシュタットで建造中のゼーヴァ  
ン・プロウインゲン号、1989年筆者撮影



## 2) 勅令で決められていた基本的な寸法

スペインでは国家が船の寸法と建造方法の重要な部分を勅令で定めており、実際に船体が完成すると、規定が守られているかどうかの検査が行われ、喫水線に金属のマークが打ち込まれた。場合によっては艀装しない船体が建造現場のビスケー湾からセビリヤまで曳航されて検査されることもあった。勅令は、若干の改定が施され17世紀に渡って有効であった。近代においてこのように国家が船の寸法や建造方法を規定した例は他国には無い。1618年の勅令に規定される最大の船の要目と寸法を下記に写す。

- 「 第14章 船幅が22コード(1コード=54.7cm)のナビオ船用:1,074.75トネラーダ
- ・フロア幅:11コード
  - ・甲板高(最も船幅が広いところで):10.5コード

- ・竜骨：53 コード（注：29m 相当）
- ・全長：68 コード（注：竜骨＋船首尾への両突き出し：<sup>ランサミエント</sup>53+10+5）
- ・船首への突き出し：<sup>ランサミエント</sup>10 コード
- ・船尾への突き出し：<sup>ランサミエント</sup>5 コード
- ・狭まりの高さは船尾において  $7\frac{1}{3}$  コード。船首はその  $\frac{1}{3}$
- ・船尾梁材(英語でトランザム)：11 コード
- ・重要肋根材は主肋根材を含めて 41 本。
- ・高さが増えない船底上がりは  $1\frac{3}{8}$  コードで、3 等分して、その二つ分は真中の肋根材にあり、一つ分は真中の第 2 肋根材から船尾及び船首へ向かって、帯びている重要肋根材の数と同じ数の部分に分割する。
- ・ホーバは  $1\frac{3}{8}$  コードで第 2 肋根材から船首へ有している肋根材の数と同じ数で等分され、このホーバの半分は第 11 肋根材から船尾まで有する肋根材の数で分割される。
- ・船尾の船尾肋材はヘノールの脚部のように丸くなければならない。  
(以下数項目省略。)

勅令の用語について、設計について論じる際に必要であるので、簡単に紹介する。

- ・フローア：スペイン語のプラン(plan)の英語訳(floor)である。フローアは船底を構成する肋骨である肋根材(バレンガとも言う。英語では floor timber)の船内部分の平らな部分を指し、その上に置かれる敷板の分は含まれない。また、スペイン語の「プラン」は「フローア幅」を意味してもいる。従って、日本語では「船底」と翻訳すると誤解を生じるので英語の「フローア」を訳語に用いる。
- ・甲板高：第一甲板（スペインでは英国と異なり、甲板の番号は船の下から上へ付ける）の下部からフローアまでの高さ。
- ・突き出し：<sup>ランサミエント</sup>船首材と船尾材が竜骨の両端から外へ出た先端が、平面上で竜骨の先端から突き出した長さ。竜骨の長さに両突き出しの長さを加えた長さが全長とされる。
- ・重要肋根材：1 本の肋根材の上方にヘノール（肋根材とヘノールだけの一体物をフィエールと呼ぶ）とその上の肋材(エスタメナーラと呼ぶ)が接合されたものを肋骨と言う。全肋根材の中で、船体のほぼ中央にあり、フローアが竜骨に平行で、船首側にも船尾側にも上昇して行かないもの（これを「高さが増えない船底上がり」と呼び 1 本の主肋根材、場合によってはその前後の 2 本の肋根材から成る）と、その前後にそれぞれほぼ同数で、船首及び船尾に行くほどフローアが上がって行く（この上昇を「<sup>アステイーリャ</sup>船底上がり」と呼ぶ）肋根材の総称を<sup>オレンガ・デ・クエンタ</sup>重要肋根材と呼ぶ。重要肋根材にヘノールとエスタメナーラが接合された肋骨を<sup>クアデルナ</sup>重要肋骨と称する。この<sup>クアデルナ・デ・クエンタ</sup>重要肋骨の概念はスペインとポルトガル両国だけの極めて重要な概念である。
- ・ヘノール：肋根材の上方に結合する肋材。第 1 フトックと英訳しているものがあるが、18 世紀になって、1 本の肋骨を構成する肋材(フトック)が増えた時に、ヘノールと第 1 フトックとが共存し、紛らわしいので、原文のままヘノールとする。ポルト



ガル語では「ブラッソ」と言う。

- ・**船尾肋材**：英語でファッション・ピース。船尾の盤の<sup>パネル</sup>の枠となる肋材。
- ・**船尾梁材**：英語でトランザム。船尾材の上部に据わる船尾盤の<sup>パネル</sup>最上部の梁で、舵孔の真下になる。
- ・**ホーバ**：スペインの船殻設計で17世紀初頭に導入された重要なテクニック。後で詳述する。

### 3) 船体の最初の設計と建造

#### (1) 竜骨、船首材、船尾材の設計と据え付け

設計は盤木に最初に据えられる竜骨とその両先端に接合されて立上る船首材と船尾材から始まった。図8のように竜骨の両端で船首と船尾のために4分円が描かれ、船首は円の中心を垂直に動かして直径を変えた。船尾は円周が竜骨から開く角度で決められたが、いずれも竜骨の端からの突き出しの<sup>ランサミエント</sup>長さが上記の勅令の第14章に定められていた。

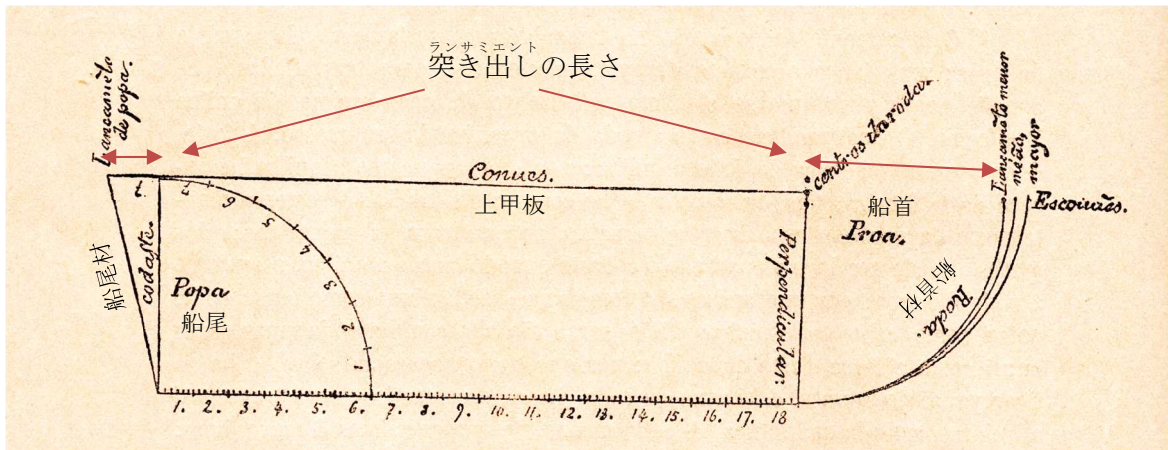


図8： F.オリヴェイラ、「ナウ船建造の書」、Bib.5.

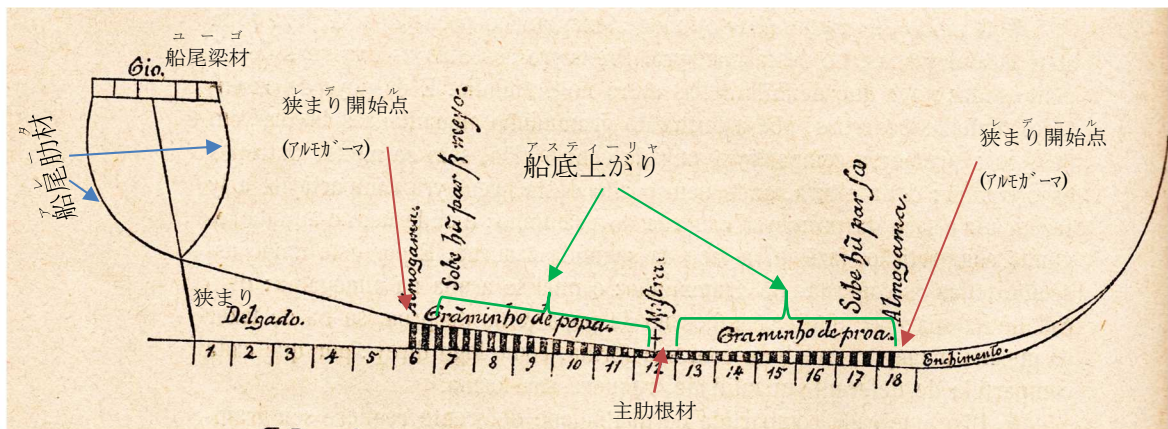


図9： F.オリヴェイラ、「ナウ船建造の書」、Bib.5.

船尾の盤は<sup>パネル</sup>地上でアッセンブルされてから、立ち上げられたので、この盤を設計しなければ

ばならない。

勅令はこの設計に関する規定を第 23 章で次のように定めている。

「第 23 章 船尾肋材は船尾梁材において船幅の半分に 1/4 コードを加えた幅があり、船尾梁材の 2 ないし 2.5 コード下では、船尾梁材におけるよりも 1/4 コード広い幅がなければならない。それは、船が横傾斜する時に船尾がより丸くなっていて、より持ち堪えることが出来るようにするためである。」

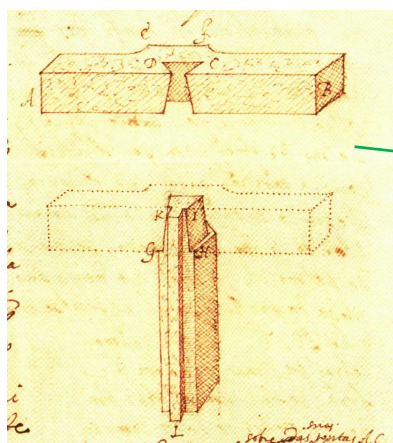
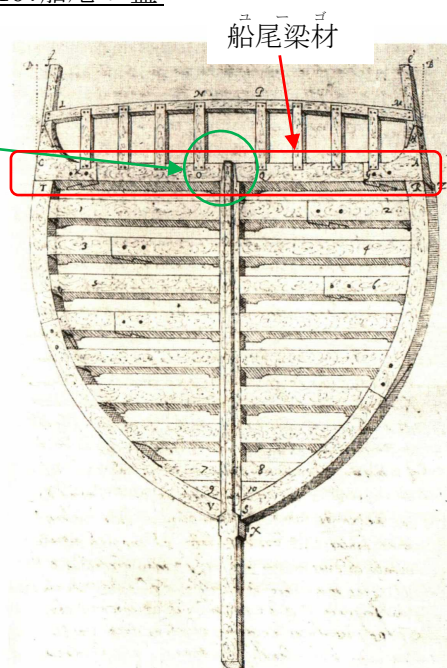


図 11：船尾材と船尾梁材のホゾ接合

図 10: 船尾の盤



タ  
オ

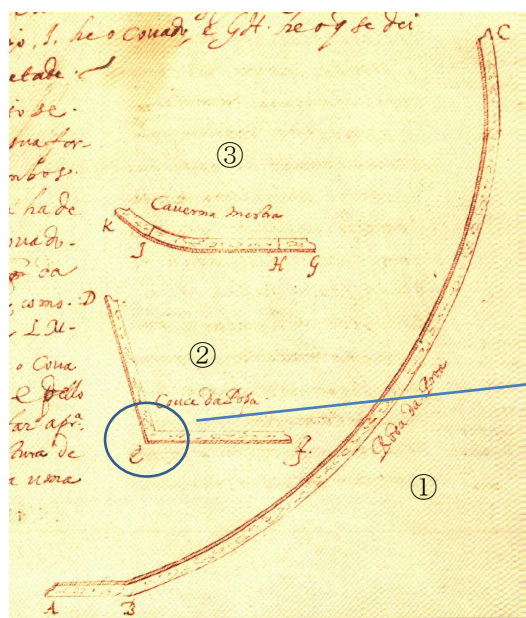


図 12： 三つの重要な部材の型板：①船首材、②船尾材下部、③主肋根材

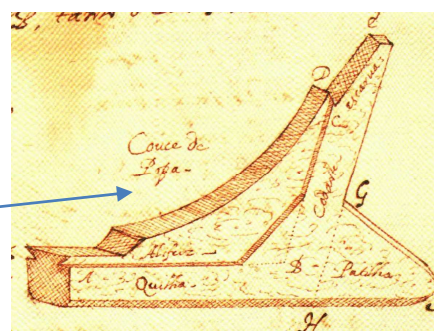


図 13： 竜骨と接合する船尾材の付根

図 10～13： J.B. ラバーニャ  
「造船の第一の書」、Bib.7

## (2)主肋根材及び船首と船尾の狭まり開始点の肋根材

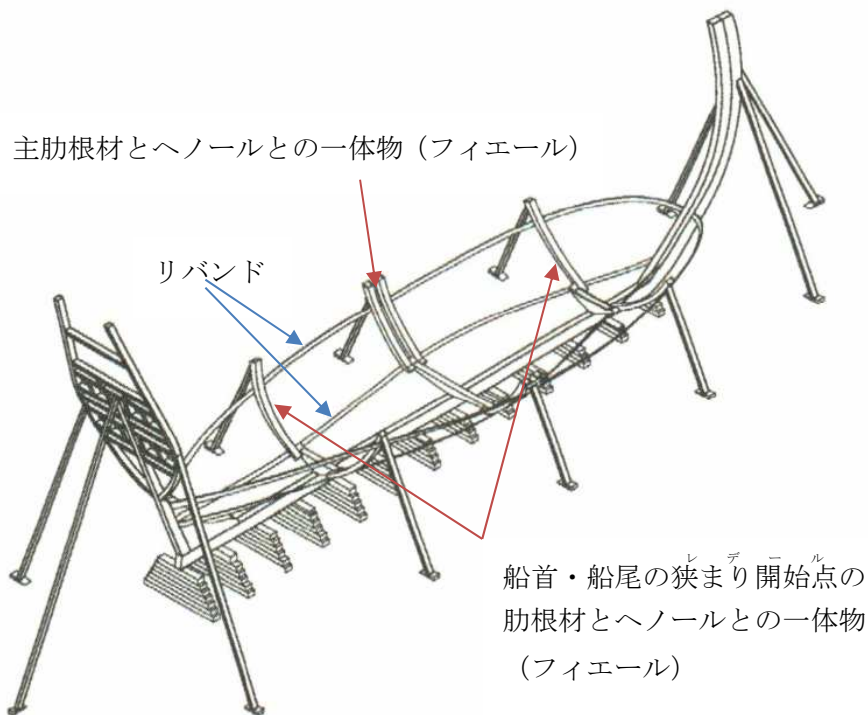


図 14 : 主肋根材、船首・船尾の狭まり開始点の肋根材とヘノールとの一体物の据え付け  
AAMMB Bib.12 による

竜骨の上に船首と船尾を立てることと、その次に肋根材とヘノールとの一体物 3 本の据え付けについて、勅令は次のように定めている。

「第 20 章 先端に結合部を帯びた竜骨を置いたら、船首材と船尾材を立て、船首と船尾に支柱を立て、仕立てる船の全長の長さの紐を 1 本測り、それを真中で折って二重にし(注：全長の 4 分の 1)、それを船首材の突き出しに置き、それが竜骨の上で届いた所から船首方向に 1 コード分の所に最終肋根材を置く (注：これが船首の狭まり開始点である)。同様にして全長の 4 分の 1 分を船尾材の突き出しに置き、それが竜骨の上に落ちた所から船首方向に 2 コード分の所に別の最終肋根材を置き (注：これが船尾の狭まり開始点である)、一つの最終肋根材から他の最終肋根材までである距離の中で、重要肋根材が分配される。・・・」

これらの 3 本の肋骨が竜骨に据えられると、その 3 材の外側で、ビルジの屈曲点を通り、船首材、船尾材に至る細い板帯のリバンド (これは英語、スペイン語では「バグラ」と言う) が渡される。ラバーニャによれば幅が 13 cm 位で厚さが 7~8 cm ほどである。生木または火で炙って柔らかくする。1 本の木材で作ることはなく、7m ほどの長さの物の端が肋骨毎で釘付けされて継ぎ足される。リバンドの一番の役割は、船首と船尾の狭まり部の長さ方向での曲線を得ることである。肋骨がヘノールから上に上部の肋材が継ぎ足される時に、

最大船幅において取付けられ、さらに甲板の高さでも取り付けられ、通常は船体の高さに応じて3本以上がある。勅令にはリバンドについて定めがなく本数は決まっていない。

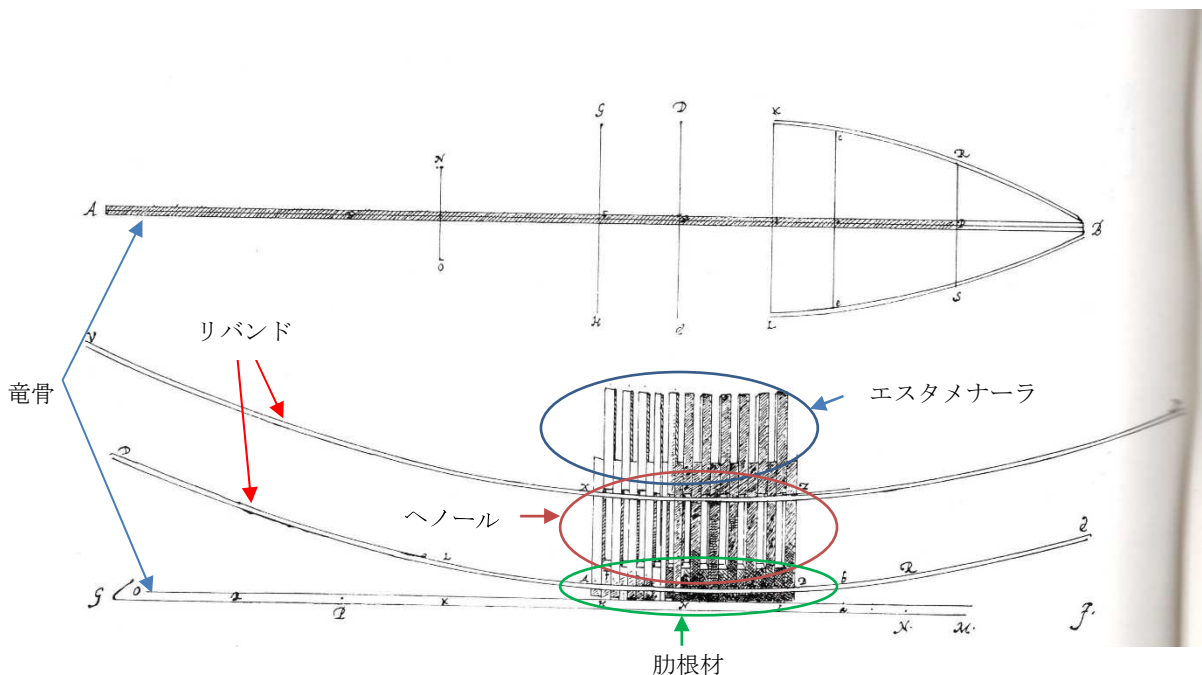
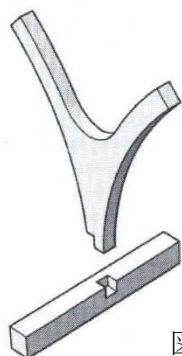


図 15 : J.B.ラバーニャ「造船の第一の書」、Bib.7

最初に 3 本の肋骨が竜骨に据え付けられる理由は、船首と船尾の両狭まり開始点の間の重要肋根材は主肋根材をベースにして、図によって設計されるが、船首と船尾の両狭まり（瘦せたと言う意味の「デルガード」とも呼ぶ）の間の肋骨は、リバンドの曲線をベースとして、船大工親方の経験と裁量で形作られるからである。すなわち、重要肋根材をどのように設計するかの方法は決まっていたが、狭まりの間の肋骨はその設計の仕方は決まっていなかったのである。そしてこの狭まりの肋骨は Y 字形をしており、「ピケ」と呼ばれ、材木の枝分かれした部分選ばれた。入手出来ない時は 2 片の材木を組み合わせた。



アルバオーラ造船所の材木置場  
2017 年筆者撮影

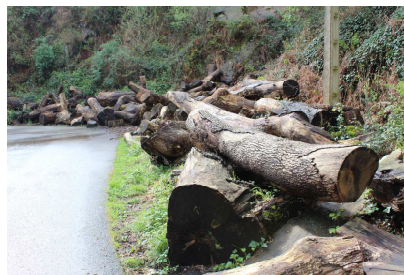


図 16 : Y 字材  
AAMMB Bib. 11 による

重要肋根材とよばれた船殻の中央部分の肋根材で作られた底部の外側が為す線は、16世紀の末まで曲線ではなく直線であった。17世紀初頭にファン・デ・ベアスの改革が行われて曲線となった。トメ・カーノは「船側に波が来た時に、ナオ船は簡単に動かされて横倒しになるのは、その大部分が、フローが四角形のものであるからで・・・王室造船所の首席親方で、カピタンであるファン・デ・ベアスが新たに作った良い設計図を用いて、欠点が直され・・・Bib.2」と述べ、楕円になったとしている。これをオリヴェイラの図で見よう。

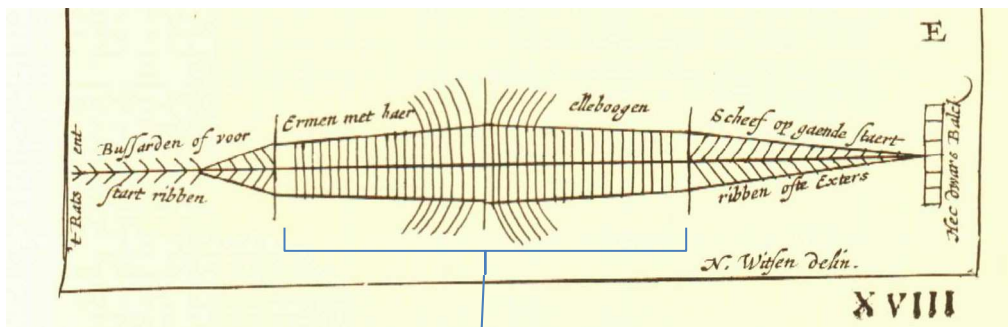
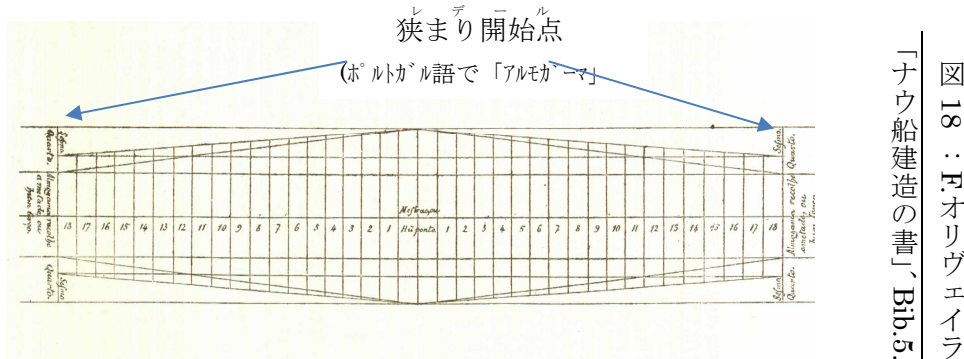


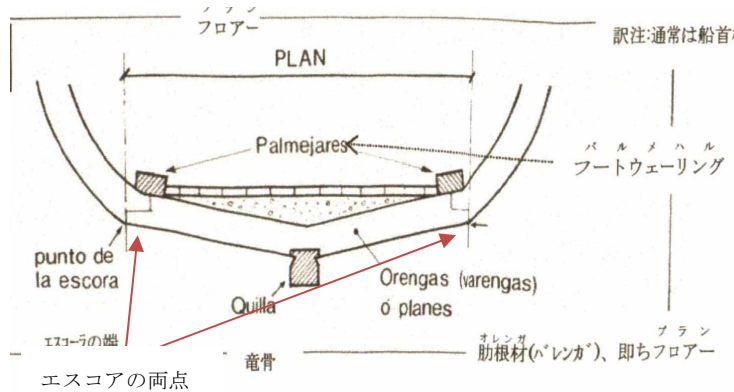
図 17: F.オリヴェイラ「アルス・ナウチカ」、本書は未公開であるが、オランダのニコラス・ウィツェンが1671年出版の「Scheeps Bouw en Bestir」の中に写している。

Bib.13



「ナウ船建造の書」 Bib.5.  
 図 18: F.オリヴェイラ

図 19: ホセ・ルイス・ルビオ・セラノ、 Bib.14



この問題は図 19 と図 20 に示されているヘノールに肋根材が接続する部分である肋根材のビルジの屈曲（「エスコア」または「エスコアラ」と呼んだ）の外側が曲線に整形されな  
いために起こった。しかし、それは曲線に整形するかどうかという単純な問題ではなく、  
船殻の形成にとって一番重要な重要肋骨(肋根材とヘノールの一体物（フィエール））の設計  
の仕方と関係しているからである。

#### 4. 船側中央部の設計

##### 1) 単独の円弧による設計

この頃のスペインとポルト  
ガルの船の中央部の船側、  
即ち重要肋骨で構成される  
船殻の横断面（スペイン語  
で「ガリボ」と呼び、英語  
では「ミッドシップ・ベンド」  
と呼ぶ）は(ただ一つの半径で  
ただ一つの円周で描かれた。

船幅を大きくしたり、小さく  
したりするためには、図 21 の  
オリヴェイラの図に示されてい  
るように、船幅の真中を通る垂  
直線上で円の中心を上下させた。

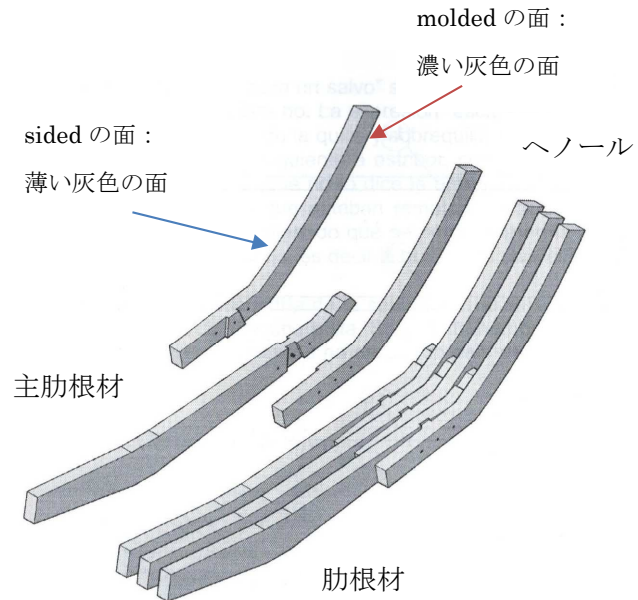


図 20 : フィエールの構築 AAMMB Bib11.

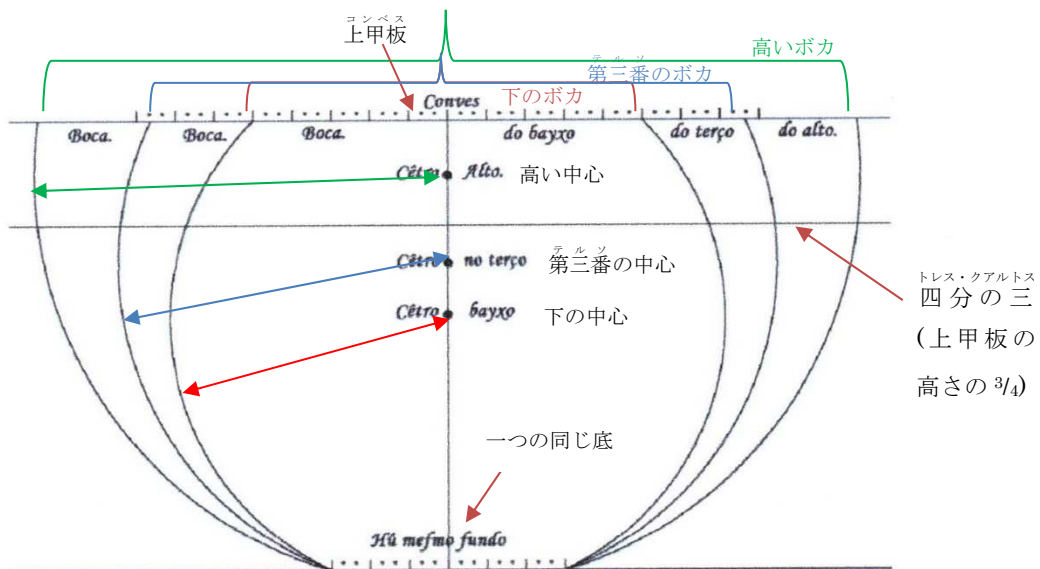


図 21 : F.オリヴェイラ、Bib.5

16 コードのデッキの船幅

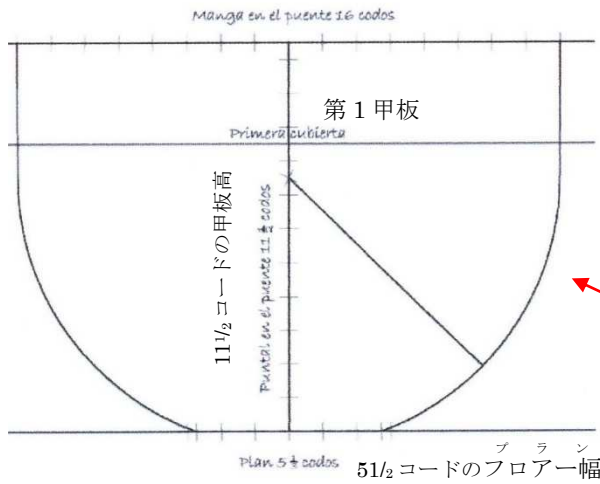


図 22 : G.パラシオ、Bib.1

400 トネラーダのナウ船

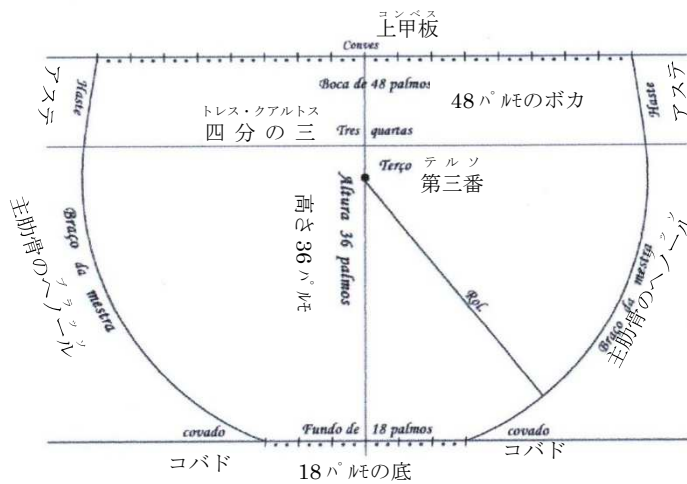
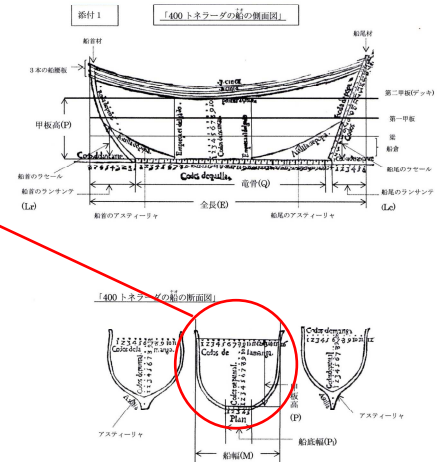


図 23 : F.オリヴェイラ、Bib.5

では、スペインとポルトガルでは単独の円弧による設計だけであったのであろうか。スペインでは、例外が水中考古学によって提起された。それは 1565 年にバスクで建造され、1978 年にカナダのレッド・ベイで発見された捕鯨船サン・ファン号である。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周による設計ではなく、同時代の英国のマシュー・ベイカーの「断片集 Bib.9」の図やメリー・ローズ号と同じ三つ以上の異なった弧によって作られていることが分かった。当時の英国はフランスのボルドー近辺に領土を長らく所有しており、またバスクと英国の間では交易が盛んであったことから、あり得ることとして研究者の間で認められている。ポルトガルの場合、インド航路の大型ナウ船(4 層)の場合が幾つかの異なった半径の弧を使用しているが、特に正当化する理由を提案している研究者は見当たらない。逆に、いくつもの弧を使う複雑な設計が行われた理由は未だに不明である。速度や復元性などの有利性を検証する研究もあるが、文書は見つからない(デイヴィッドK. ブラウン、Bib.30 及び、フィリペ・ヴィエイラ・カストロ、Bib.22)。コンパス材を見つける手間とコストに関わったという報告も見当たらない。

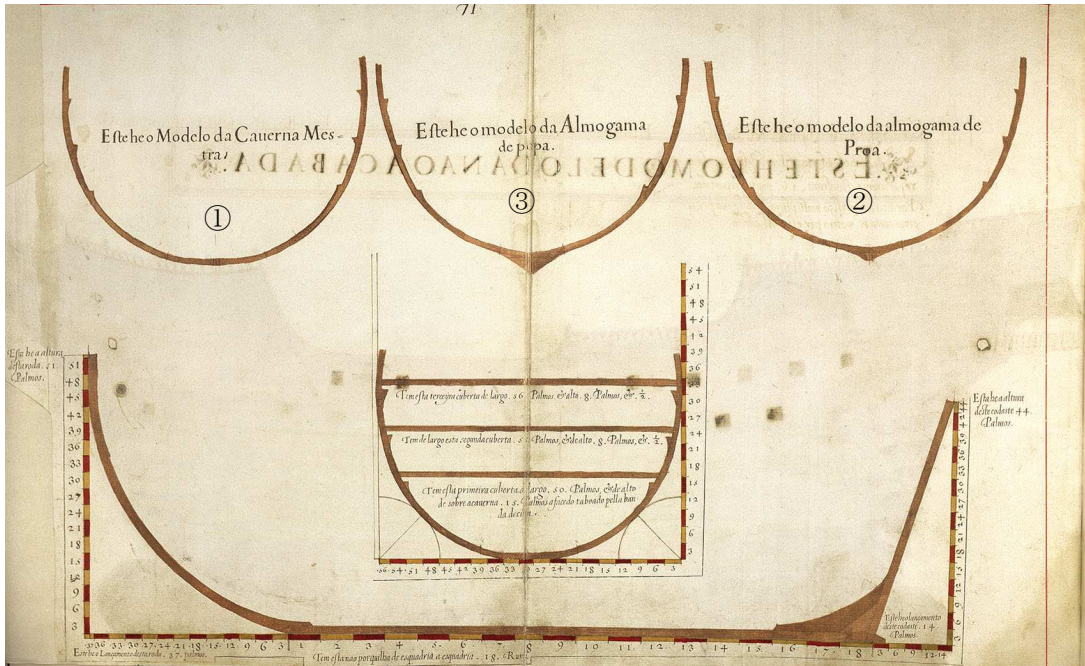


図 24：マノエル・フェルナンデス「船大工用絵図の書」、3層甲板船、Bib.6

①主肋骨、②船首の狭まり開始点の肋骨、③船尾の狭まり開始点の肋骨

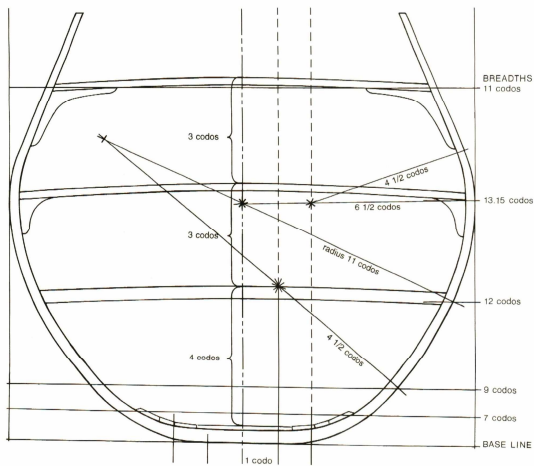


図 25：サン・フアン号、主肋骨断面図、  
「レッド・ベイの水中考古学」III、Bib.13



図 26：サン・フアン号、2018年、筆者撮影



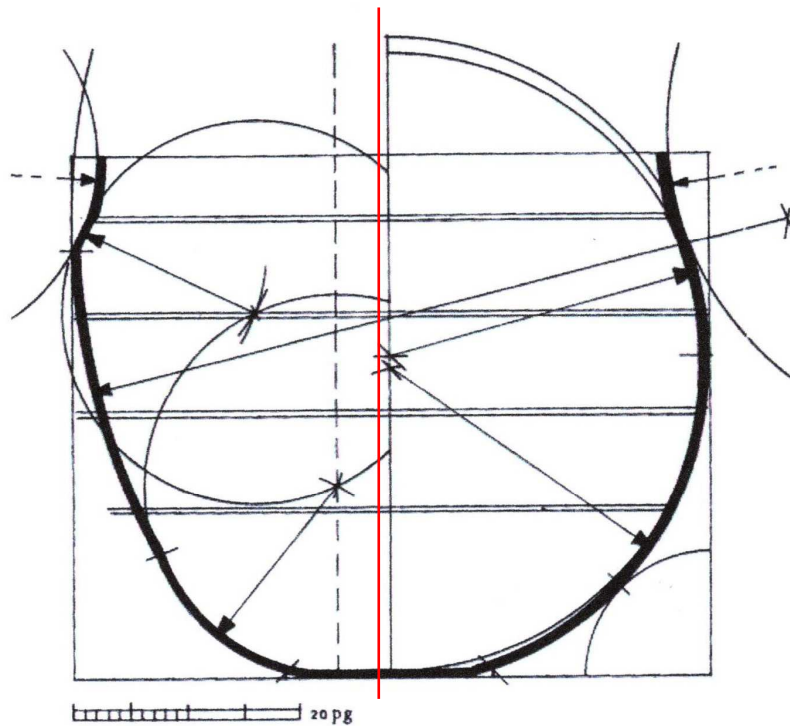


図 27 : ピメンテル・バラータ「造船考古学の研究」,II, Bib.15

ポルトガルのインド航路の4層のナオ船：左半分が三つの異なる弧による作図と右半分が一つの弧による作図の比較（内向きの弧は数に含まず）

単一の弧で、中央のフロアーの幅を変えずに、船殻断面輪郭<sup>ガリボ</sup>を変えるには、円の半径の長さを変えた（当然ながら円の中心も移る）。(図 28)

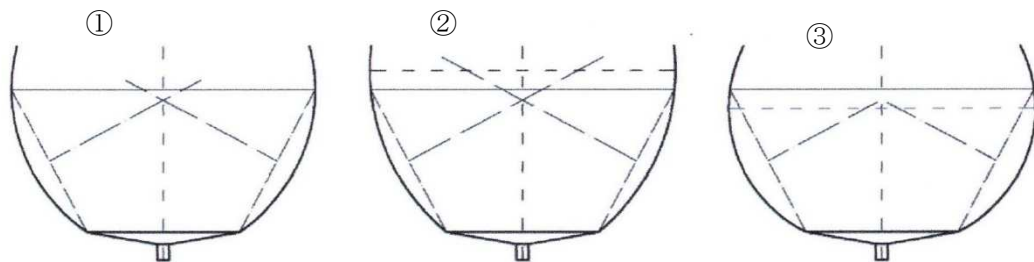


図 28 : AAMMB, Bib.16 より

- ① : 1613 年の勅令による商船。半径は船幅の半分よりも長い。弧の中心はほぼ甲板の高さ。
- ② : 半径が長く幅狭な断面。弧の中心は甲板より高い。
- ③ : 1613 年の勅令による軍艦、そして 1618 年の勅令による全ての船用。

## 2) 重要肋骨における<sup>ライジング</sup>上昇と<sup>ナロウイング</sup>狭まり

主肋骨が単独の円弧で設計されると、次に残りの重要肋骨が設計される。重要肋骨の数は、船の大きさによるが、一般的に、主肋骨の船首方向と船尾方向へそれぞれ 15 本から 20 本であり、主肋骨はその数に入れない。これらの肋骨は図 9 に見られるように、少しずつ

上昇して行き(英語で rising)、図 18 で見られるように先に行くに従って狭まって行く(英語で narrowing)。重要肋骨の両端は上記したように狭まり開始点で、ここに置かれる 2 本の肋骨(肋根材とヘノールの一体物)が別々に、主肋骨と同じ様に設計される。こうして設計された 3 本の肋骨は型板用の板(厚さ 2~3 cm)に形が描かれて裁断され型板となり、その型板を材木に当てて(この型板が当てられた材木の面を英語でモールドド;molded と呼ぶ。それに対して船側に来る面をサイディッド;sided と呼び、一般的に 27~28 cm の厚さがある)材木が裁断される。そして肋根材とヘノールが大釘やネジ無しボルトで一体物にアッセンブルされて、図 14 のように竜骨上に据えられ、リバンドが周りに渡される。次にこの 3 本の肋骨の間に重要肋骨が置かれる片側の 7~9 本の肋骨が設計される。これらは漸次形が変わるが、船大工頭がそれをフリーハンドで設計するわけではない。その設計の方法は地中海で開発され、イタリアで使われた方法が、スペインとポルトガルに伝わったものである。それには漸次進展する<sup>ライジング</sup>上昇と<sup>オロウイング</sup>狭まりを設計するためのシンプルな補助ゲージが使われた。

(1) <sup>ライジング</sup>上昇のプハ

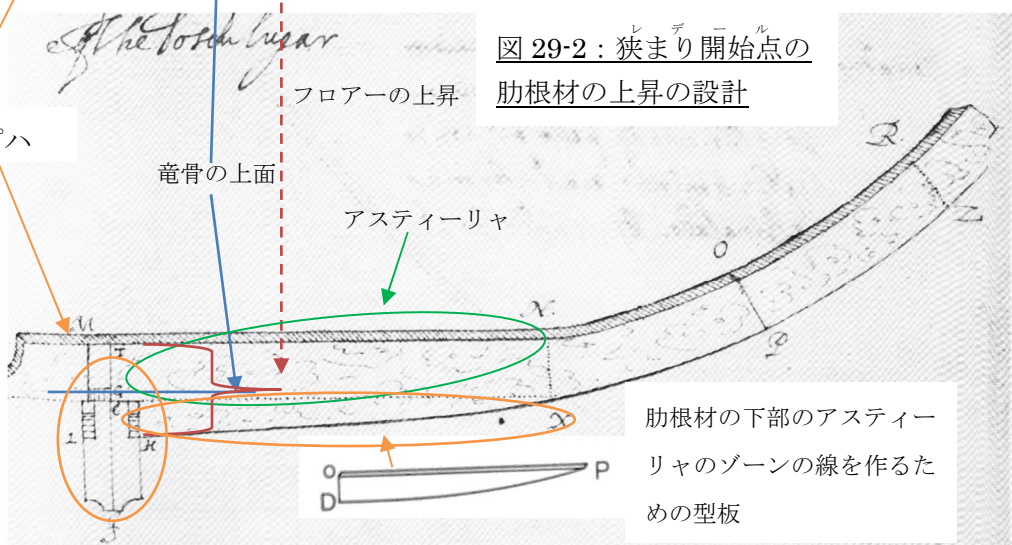
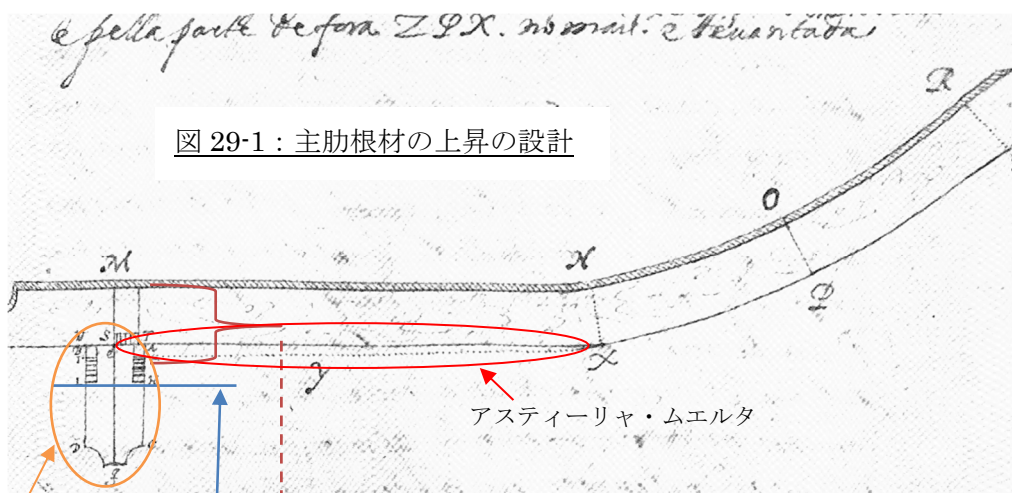


図 29 : ラバーニヤの「造船の第一の書」Bib.7より

船底の上昇を設計するプハ(ポルトガル語でグラミーニョ)の使用



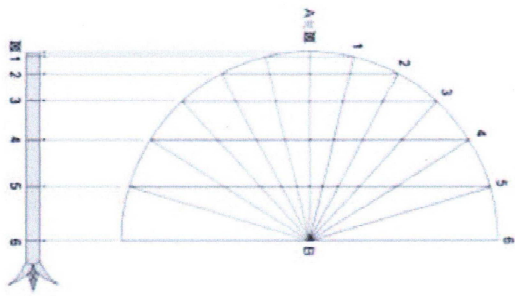


図 33 : 円弧の 10° 毎の分割

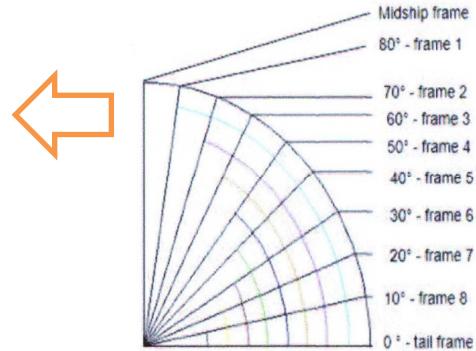


図 34 : 図 32、図 33 よりプハを作成。

この図のプハはポルトガル語で「ラーボ・デ・エスパルダ」という呼称を持つ。Bib.19

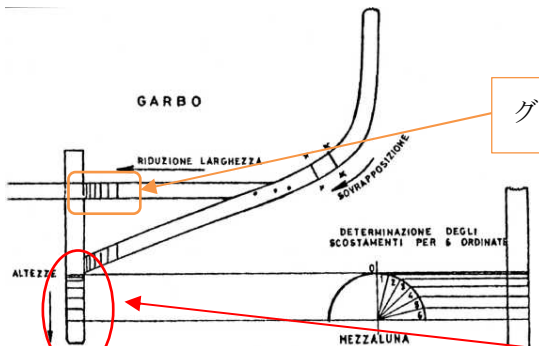


Fig. 5 : Le "garbo" du charpentier de marine sarde Pas-

図 35 : 肋根材の上昇 (即ちアスティエーリャ) のイタリアの例、Bib.20

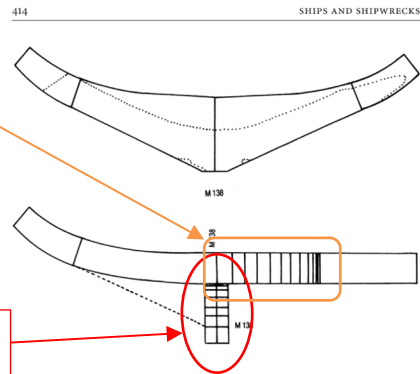


図 36 : 肋根材の上昇 (即ちアスティエーリャ) を反映した肋根材のイタリアの例、Bib.20

上昇の全体の長さは、即ちプハのゲージの大きさは、船大工頭達の経験による裁量に任されていた。それはこれから述べるグルアでも同じであった。

## (2) <sup>ナロウイング</sup> 狭まりのグルア

肋根材の上昇の設計と同時に同材の狭まりが設計される。これにもメツアルーナが

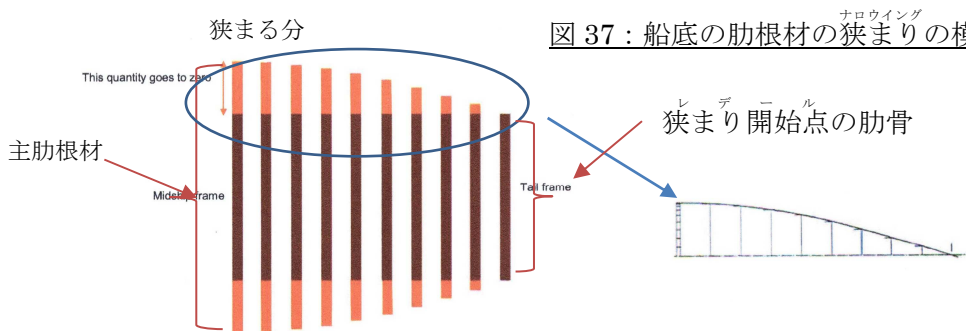


図 37 : 船底の肋根材の狭まりの模式図、Bib.19

使われるが、ゲージが印される肋骨が並べられる主肋根材と狭まり開始点の肋骨との間で狭まる距離は何十センチメートルにも及び、上昇用のプハのように小さい板の上でそのゲ

ージは作れなかった。その代わりに肋骨の形をした型板が使われたが、それは肋根材に限らず、ヘノール等の肋材にも使われ、グルア(*grua*)と呼ばれた。肋根材のものは特にバレングエと呼ばれた。アントニオ・デ・ガスタニェータは「王の艦船を造る技」(1688年、Bib.4.)の中で長さが約37cmのバレングエの図を示している。(図39参照)

図38：船底の狭まり<sup>ナロウイング</sup>へのメツァルーナの使用、Bib.19

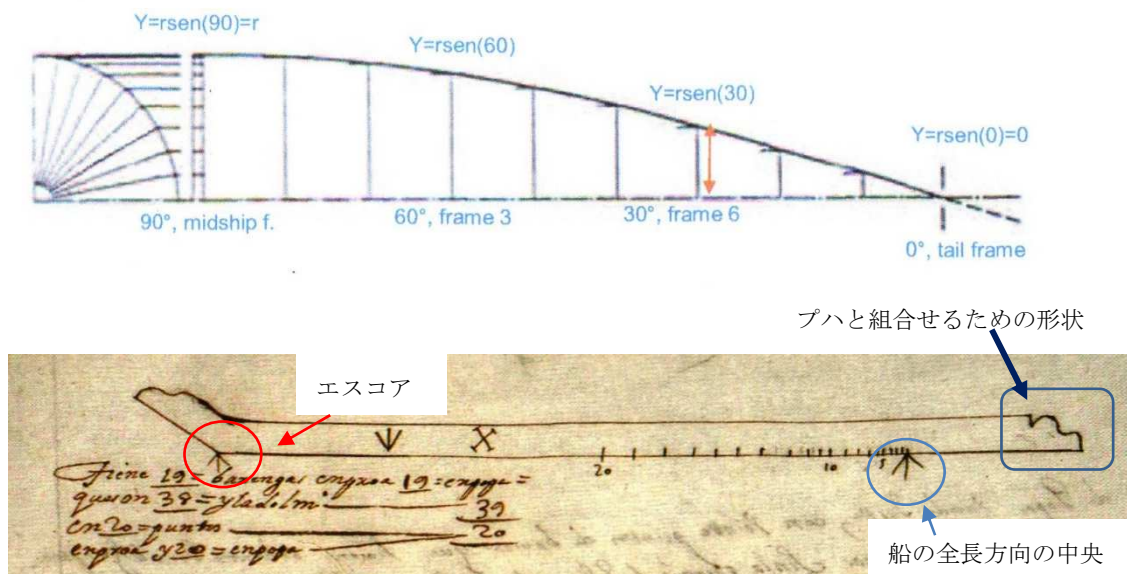


図39：肋根材のグルア、即ちバレングエ。1本の主肋根材と前後に各19本の肋根材を有する旗艦なので、肋根材はトータルで39本、従って、漸進目盛の数を20としている。アントニオ・デ・ガスタニェータ「王の艦船を造る技」、1688年、Bib.4.より。

図46参照。

竜骨に据え付ける前に地上で肋根材と一体化されたヘノールを設計するためにヘノール用のグルアがあった。

英語でヘイリング・ダウン(*haling down*)、またはホーリング・ダウン(*hauling down*)と言われた「引張り下げ」の目盛が付いている。各目盛りは順番の数字に対応した肋根材の頭部の終端の印を付けている。

上記のプハやグルアのゲージを作った漸進的な目盛りは半円あるいは4分円で造られたものであったが、この他にもいくつかの作り方があった。それらの内の代表的な2例の「ブルスカ」と

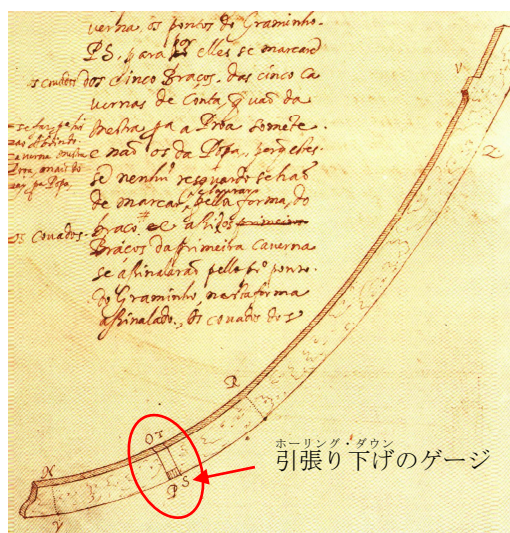


図40：ヘノールのグルア。ラバーニャの「造船第一の書」Bib.7より

「ラーボ・デ・エスパーダ」を下記に紹介する。

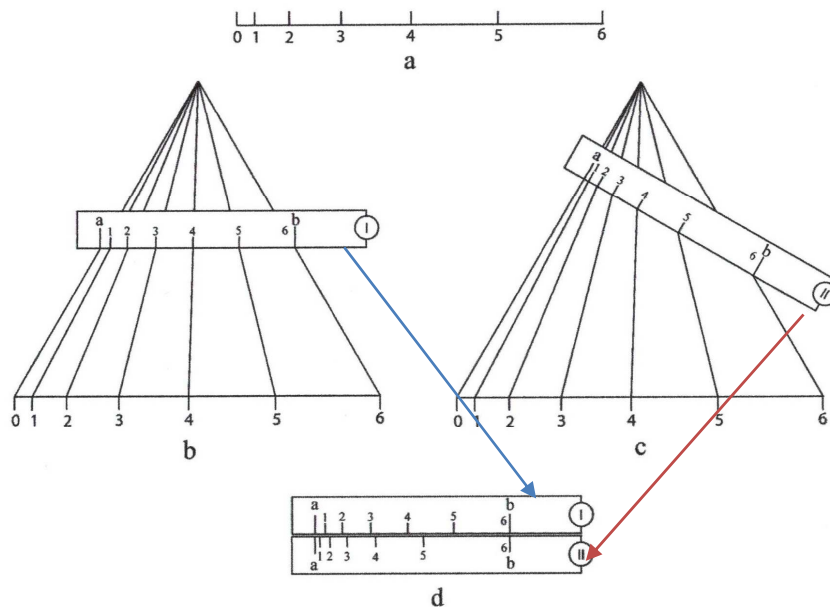


Figura 4: Procedimiento de elaboración de las regletas graduadas.

図 41：二等辺三角形を用いたブルスカの作成の例 Bib.20

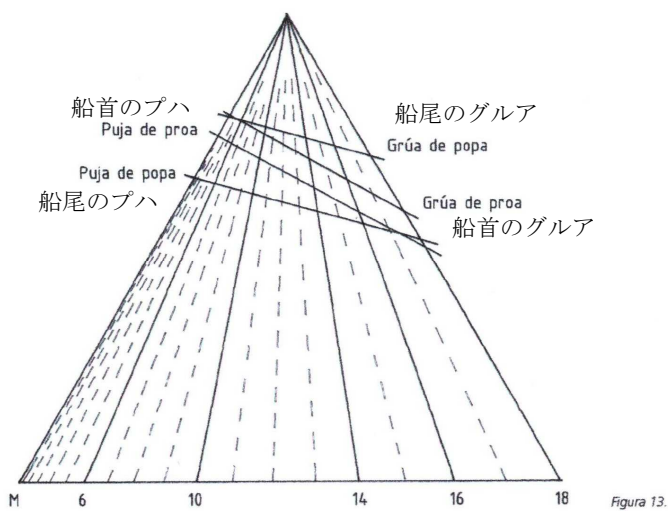


図 42: 一つの二等辺三角形でもって船体の異なる部分の曲線のために異なる漸進のゲージを得るやり方。 Bib.20

J. フアン・サンタシーリャ、「Examen Marítimo」(1771年)の図 5 の左隅を見られたい。

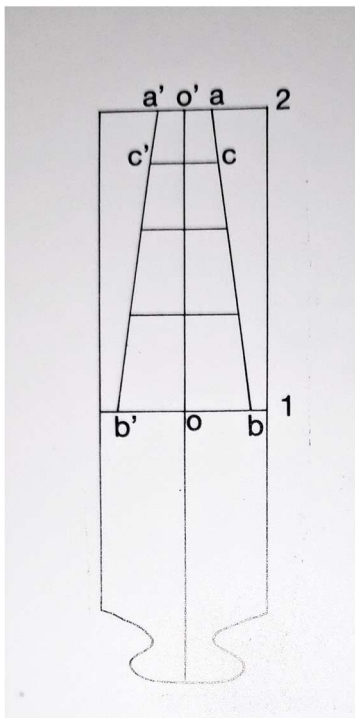


図 43 : 「ラーボ・デ・エスパルダ」のプハ Bib.4

oo':分配(コンパルティータダ)、  $bb'=3aa'$

このラーボ・デ・エスパルダのプハは目分量によるもの。事前に  $aa'$  を選び分配(コンパルティータダと呼ぶ)  $oo'$  の一つの端を置き、別の端にこの寸法の 3 倍  $bb'$  が置かれる。これら二つの部分の間で次の短縮が得られる：

$a'$  と  $b'$  及び  $a$  と  $b$  を結ぶ。 $aa'$  の長さを点  $o'$  からコンパルティータダに置き、 $c$  と  $c'$  の間に直線  $a'b'$  と  $ab$  と交わるコンパルティータダに垂直な線を立てる。このプロセスを  $cc'$  の寸法で持って繰り返し、これを続ける。最後の部分は  $bb'$  に一致し、そこからは目分量の気の長いプロセスでもってやらなければならなかった。

以上の重要肋骨における<sup>ライジング</sup>上昇と<sup>ナロウイング</sup>狭まりは同時に組み合わせて設計が行われたことを説明したのであるが、これをグラフィック的に表すと次のフィリップ・カストロによる図 44 となる。彼は「ホール・モーディング・システム」を使った設計方法としているが、ホール・モーディングは英国でボートなど小型船舶の設計で古くから使われていた設計方法の呼称であり、敢えてこの呼称を何故使用するのかという問題は残ると考える。

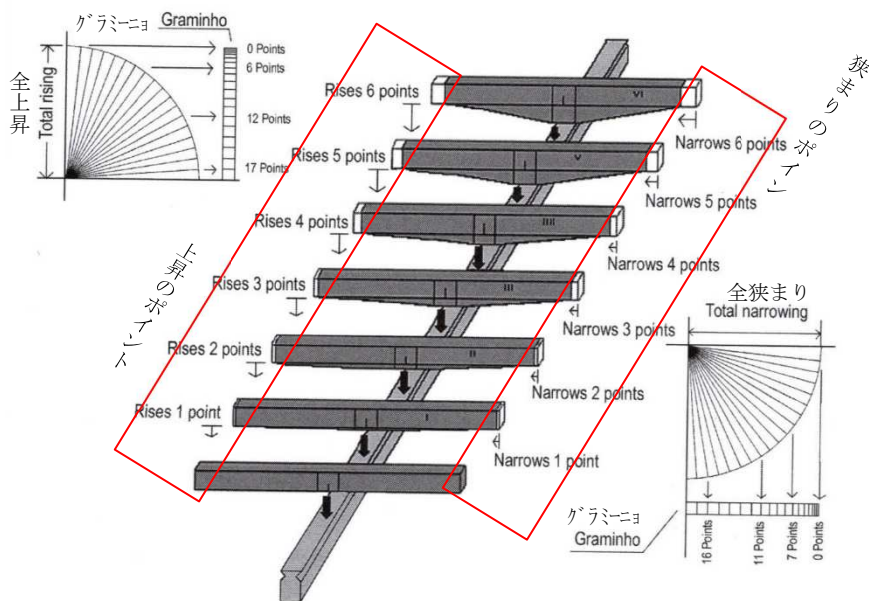


図 44 : ホール・モーディング・システムを使った船底の上昇と狭まりの概念図 Bib.22





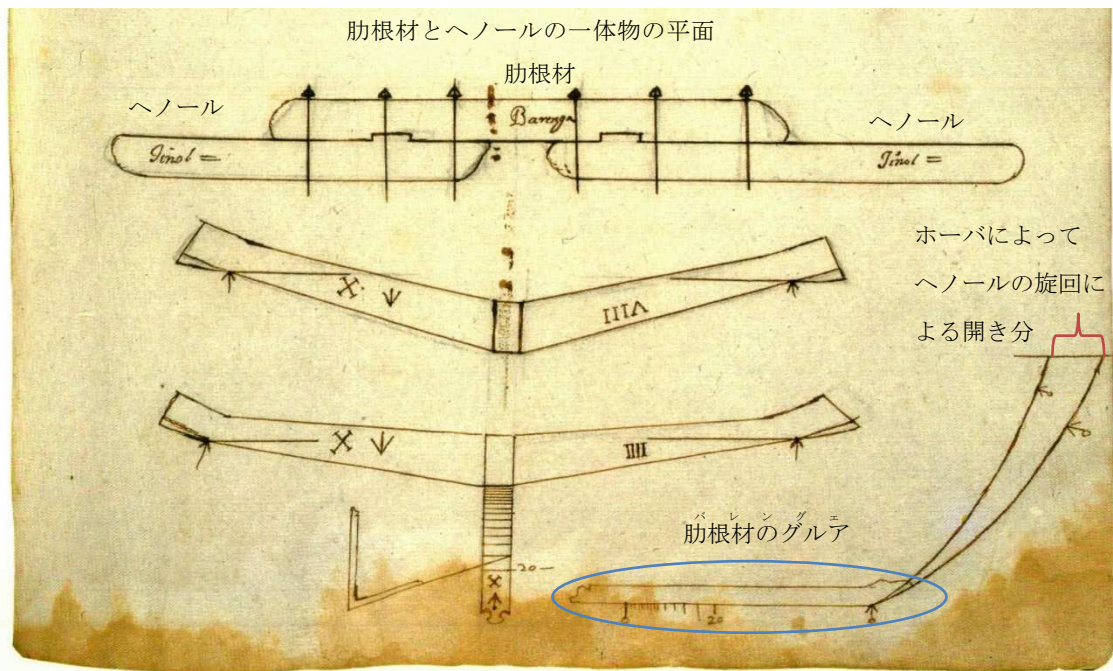


図 46 : ホーバによるヘノールの設計、A.ガスタニエータ「王の艦船を造る技」Bib.4

肋骨の上部で幅を広げる方法は、ヘノールの型板の脚部の下端が船底に合わせて平らになる屈曲部を肋根材の型板のエスコア、即ちビルジの屈曲部に当たる部分を中心として外側に旋回させるものである。1685年のセビリヤ総文書館に残された船体断面図(図 30)はホーバを使用して作図されたものである。

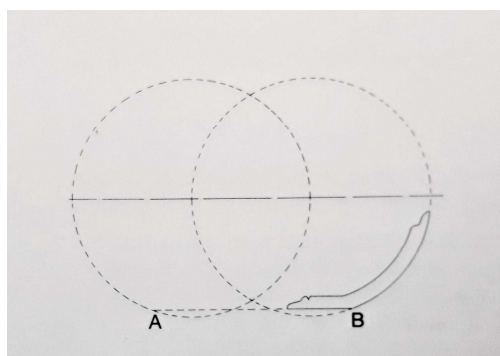


図 46 : 円弧によるヘノールの設計  
Bib.4

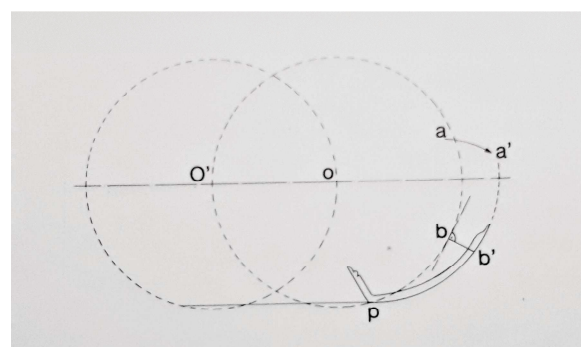


図 47 : ヘノールの円弧の旋回  
Bib.4

図 46 のように、同じ円弧のヘノールの型板を船首と船尾の両狭まり開始点の両肋骨（主肋骨と共に最初に設計されて竜骨に据え付けられている）に合わせて型板を作り、図 47 のように点 p を中心に外側へ旋回させて、一つの肋根材毎に各ヘノールを描いて行く。

それでは勅令に規定されている「ホーバは  $1\frac{3}{8}$  コード(76.6cm)」という距離は何処で測定

したものであろうか。勅令にも、他のどの文書にも見当たらない。カイェターノ・オルメチャ(Bib.17)は、誰もが分かり切っている場所なので、わざわざ規定されていないと言う理由でもって、「甲板の高さの真中、即ち通常へノールが届く所である船倉の梁の高さ」で水平に測ったと考えている。

このようにへノールの形の設計がホーバの使用によって改善されたのであるが、建造の現場では実際にはどのように使われていたのでしょうか。

#### (4) 型板の各種の工夫

ホーバが使われる以前にも実際にグルアとプハは図 29 で見る如く組み合わせて使われており、この二つを組合せる工夫が図 34 の肋根材のグルア (バレンゲ)の端の形状として描かれているが、次の図 48 のように紐で縛り合わせて使ったと考えられている(Bib.4)。

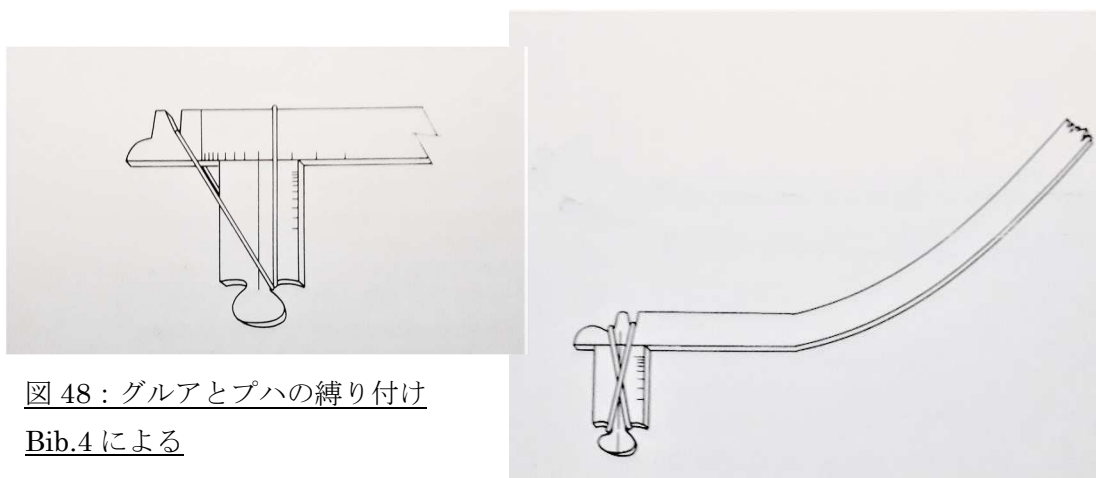


図 48 : グルアとプハの縛り付け  
Bib.4 による

「王の艦船を造る技」：へノールのグルアとホーバは次のように縛りつけた。

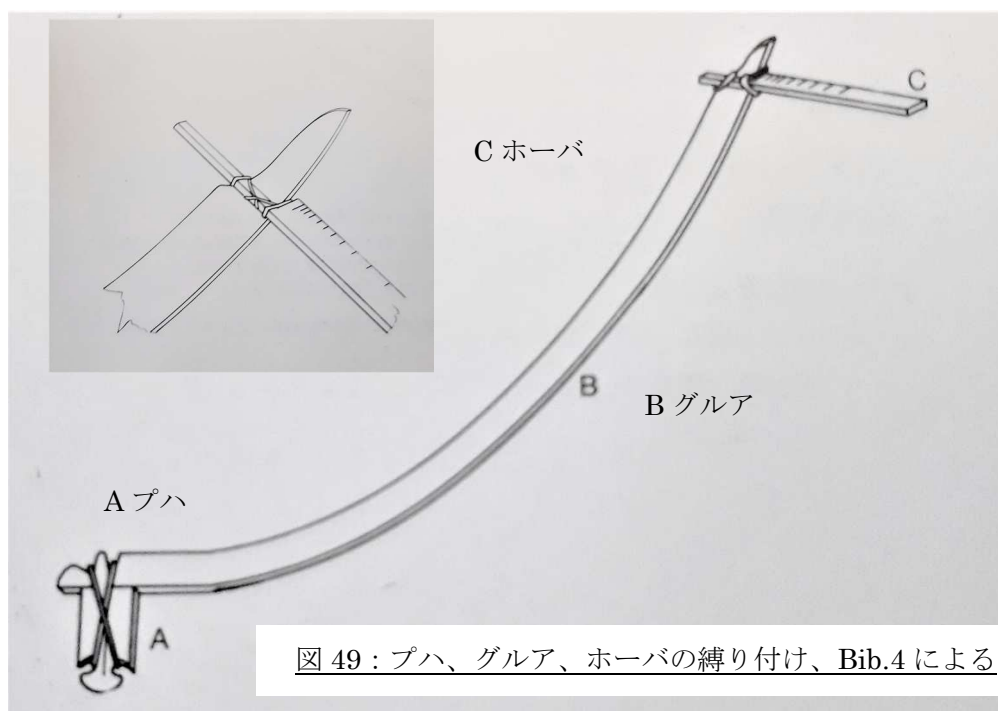


図 49 : プハ、グルア、ホーバの縛り付け、Bib.4 による

上記の図 48 と 49 の縛り付け方は「王の艦船を造る技」のファクシミリ版の監修者達の考えである。

各ヘノールは適正な形状を持つようになったが、地面において肋根材とヘノールを組立てる時に問題があった。それは肋根材のビルジの屈曲部となっている頭部と、これに重なってボルトや大釘で接合されるヘノールの脚部のビルジの屈曲部が合わないことである。肋根材は、ヘノールが上記のようにホーバで設計されて裁断される以前に、既に一つのバレングエに従って裁断されていた。ヘノールの型板は両狭まり開始点の両肋骨に合わせて作られたものが、エスコアを支点として外側へ旋回させて作ったので、次の図 50 のように両材が重なるゾーンで、肋根材のモールデッドの側面（型取りした面）がヘノールよりも幅狭になって強度が低下する恐れがあった。

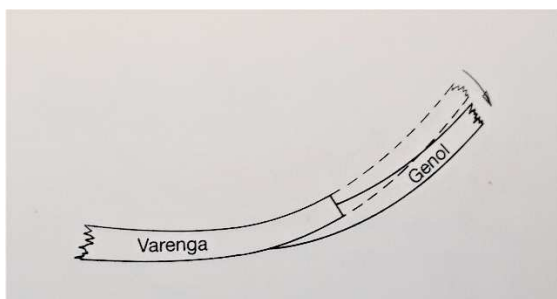


図 50：旋回により肋根材とヘノールがきちんと重ならない問題、Bib.4

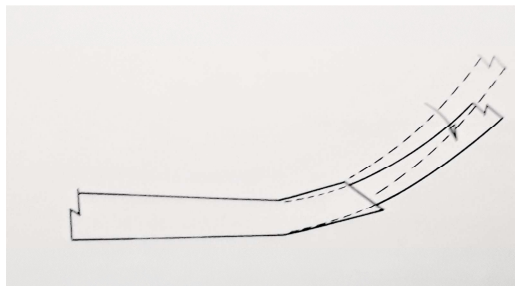


図 51：肋根材を大き目で作り余分な分を削り取る方法、Bib.4

この問題を解決するために図 51 のように肋根材のモールデッドの側面の頭部を大きめに作りハッチングの余分な部分を図 52 のように削り取った。

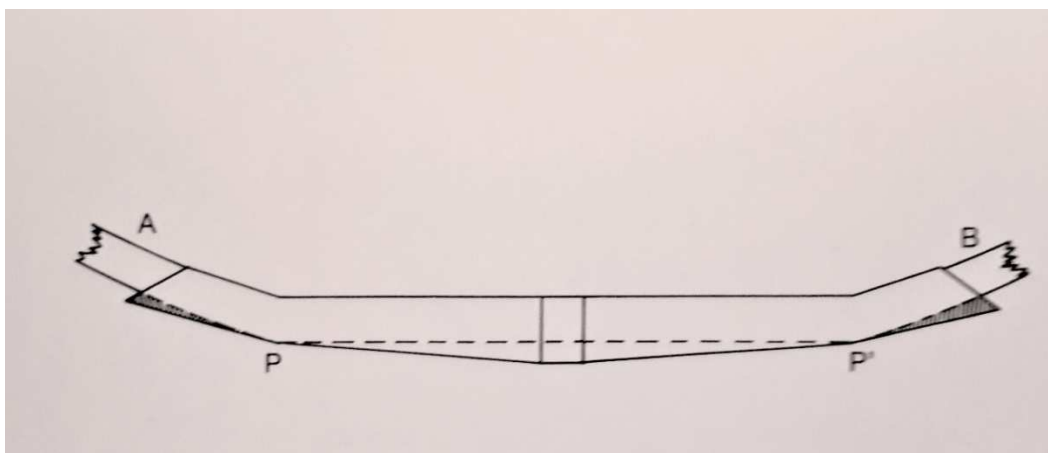


図 52：裾除き (desfaldar) と呼ぶ作業。ファルダは「裾」、現代では「スカート」の意味、Bib.4 より、ポルトガル語ではカンコモ (cancomo) と呼ぶ。

グルアの型板は、扱い易く軽くするために、実際の肋材のモールデッドの面よりも幅狭に、即ち細く作られていた。それを肋材にする木材の上に乗せ、実際のモールデッドの面の幅を作るために図 53 のような「エンショーナ」と呼ばれる三角の板片を用いた。

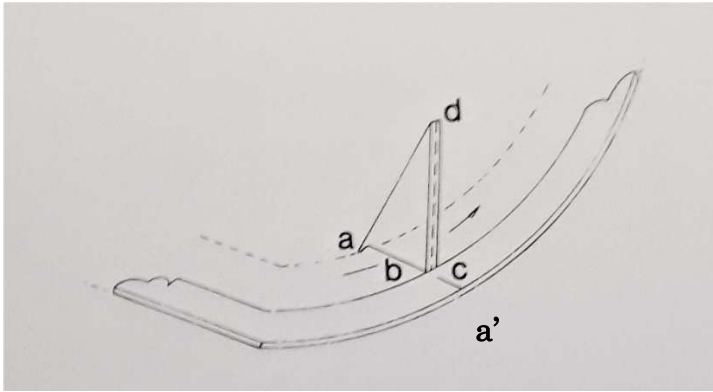


図 53 : ヘノールのグルアとエンショーナを使って裁断する木材に墨入れをする。Bib.4 より

- a : ヘノールの内側を決める線
- a' : ヘノールの外側を決める線
- aa' : ヘノールの幅
- bc : グルアの幅
- ab : aa' - bc エンショーナの下辺の幅

エンショーナの先端 a (図 54 では B) には墨が付けられていて、グルアの内側 c の面に沿ってエンショーナの直角の角 b (図 54 では A) が動くとき、ヘノールの内側の線 a が描かれる。

以上のようにヘノールが作られて、肋根材と結合され、<sup>デスファルダール</sup>裾除きが為されてスムーズな肋根材とヘノールの一体物(フィエール)が出来る。

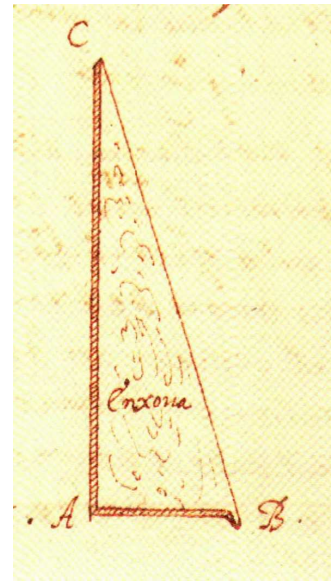


図 54 : エンショーナ (enxona), ラバーニャの「造船第一の書」Bib.7 より

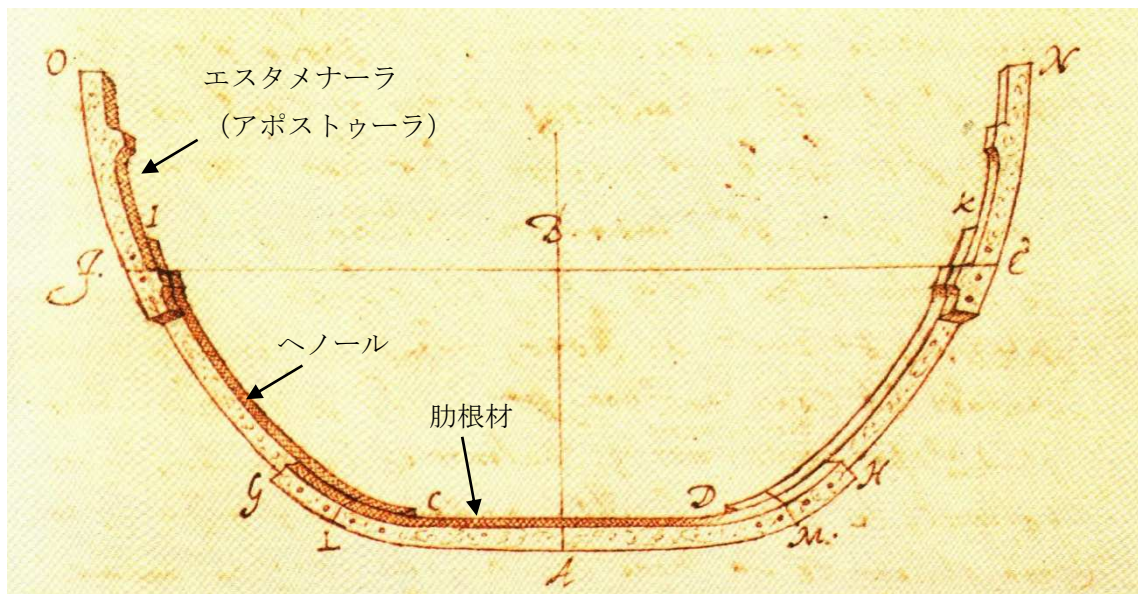


図 55 : 肋根材とヘノールの一体物に更に上部肋材 (アポストウーラ) を結合した肋骨。竜骨の上に図 56 のように据付けられる。ラバーニャの「造船第一の書」Bib.7 より

肋根材とヘノール为一体物(フィエール)は竜骨の上に据え付けられた。

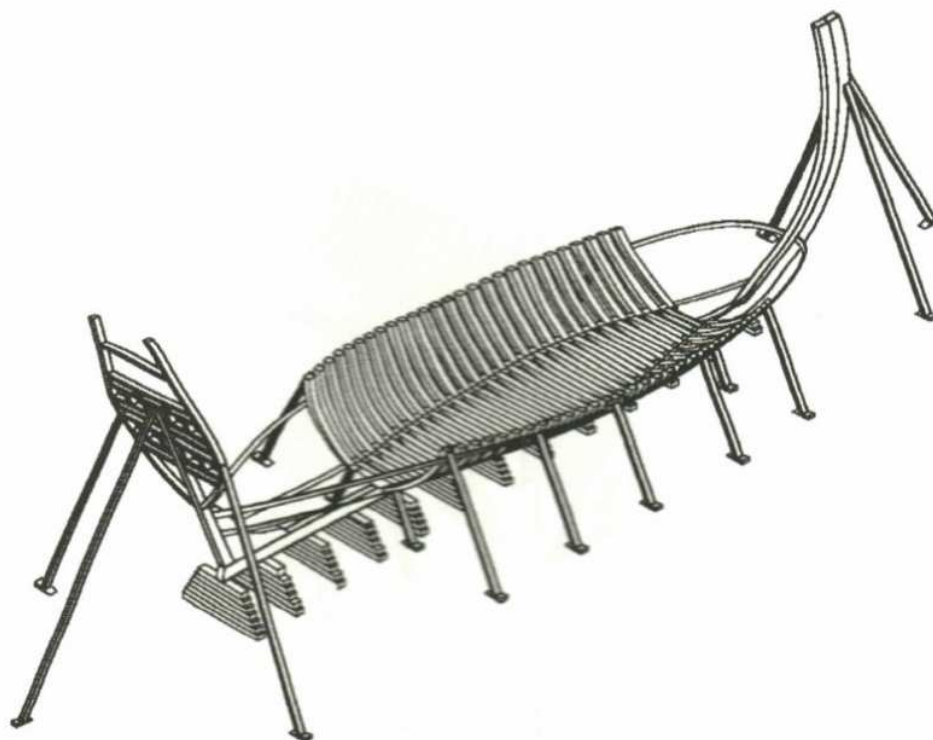


図 56 : 竜骨の上に据え付けられた肋根材とフィエール、Bib.11 より

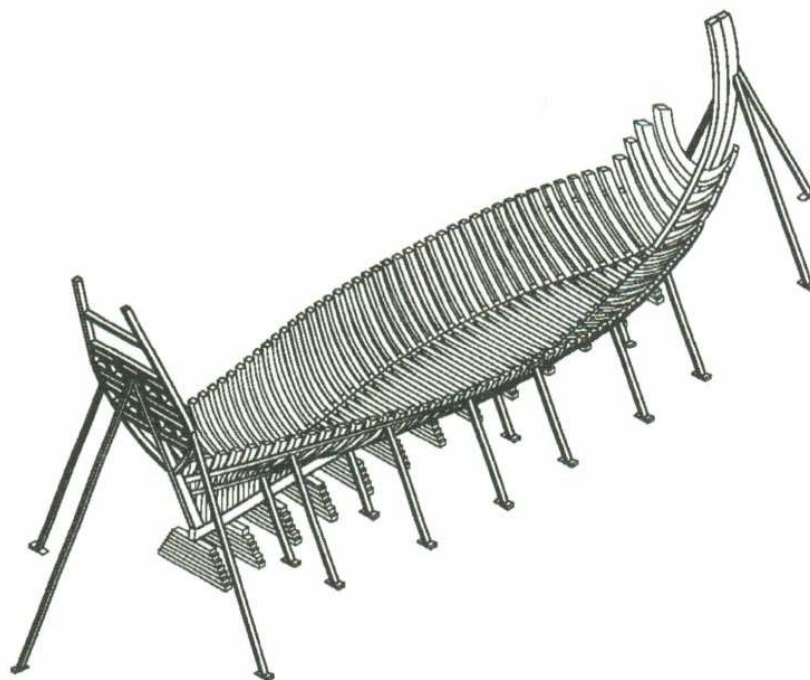


図 57 : 竜骨の上に船首と船尾の狭まり部に Y 字形材が据え付けられる Bib.11 より



図 58： サン・ファン号のレプリカのフィエールの据付

### 3) 船殻の<sup>エンボーナ</sup>二重張り

ホーバの導入は上記したように、「目で見て」設計する船大工頭の経験に頼ったやり方を改善することであった。その古い方法では船殻が狭くなり、復元力を損なう欠点が生じる可能性が一番の問題であった。図 28 によって勅令による 3 タイプの船殻断面輪郭を設計する概念が見られる。1613 年の勅令で①は商船用、③は軍艦用で、1618 年の勅令では商船も軍艦もすべて③に統一され、船殻断面輪郭が横に孕んだ形となり、復元力が改善されることが、メタセンターなど復元力に関する理論は当時知られていなかったとはいえ、経験から分かっていたのである。

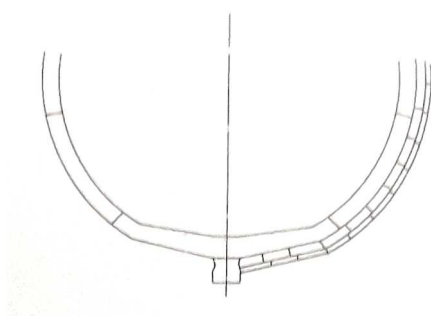


図 59： 船側の<sup>エンボーナ</sup>板の二重張りの模式図、  
Bib.4

16 世紀にこの問題が頻発したようで、これを改善するために既存の船側の板張りの上にさらに重ねて板を張る

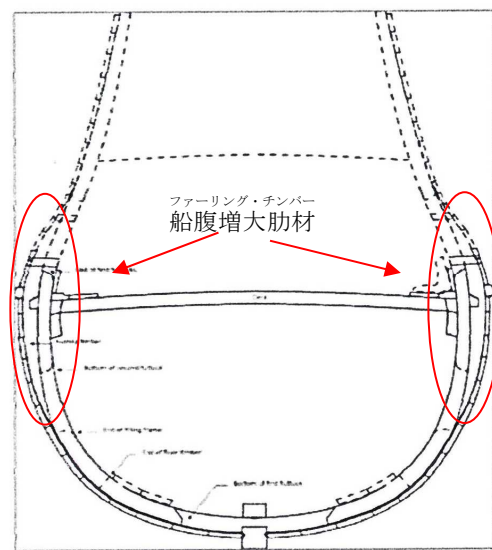


図 60 英国の肋骨の<sup>ファースト</sup>船腹増大の図、Bib.23

「エンボーナ(embona)」という対策が取られた。この対策は船側全面に対して行わなければならない、その結果、船を重くして喫水を下げた。また国が船を徴用して備船する際に、古い船を新しく見せるために、意図的にエンボーナをする者が現れた。このエンボーナは1613年の勅令の第104条で次のように禁止された。「・・・常習となっているような、船首楼と後部甲板を貫通させること、エンボーナやコントラコスタード（エンボーナと同義語で「船側の補強」という意味）をすること、舵孔を上に来させることは許されず、各船は造船所から出てきた恰好のままであることとする。」

この問題は一つの円弧で船側を設計していたこととは関係がなく、通常三つの異なった円弧で船側を設計していた英国でも生じていた。2004年にテムズ河で発掘された16世紀の船の船殻で(Princess Channel Wreck または Gresham Ship と呼ばれる)その明確な補修の跡が見つかったが、スペインのエンボーナとは異なり図60のように、最大船幅のフトックの上に木材を重ねたが、その木材の形状は下の部分の肋材とスムーズに繋がるように整形されており、最大船幅を膨らませ、その上に板張りが二重とはならず1枚のまま行われた。これはファーリング(furring)と呼ばれる。

しかし、エンボーナは英国にも存在し、ヘンリー・メインウェアリングはエンボーナとファーリングの両方を1644年の「海員の辞書」(Bib.24)の中で次のように解説している、「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、板張り板の上の板張り(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。その他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を何枚か置くものである。このようなことをするのは船が幅狭過ぎ、その負荷受け部分(bearing)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、または負荷受け部分をもっと上に置かしなければならぬ。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又は3条程の板と、水面上で同じだけの板を付け加える(furr)。私が思うに、世界中でイングランド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ぬ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。何故ならば船主にとって際限のない損失であり、そのような扱いをされる全ての船にとって全く台無しで、不面目だからである。」

メインウェアリングはスペインの1613年の勅令が船腹増大を禁止したことを知っていてこのような不満を漏らしたのであろう。しかし、スペインのトメ・カーノはその著書の「造船の書(Bib.2)」中で、英国のメインウェアリング以上に自国の造船の状況に危機感を訴えている。改革が行われている技術の現状に対しては賞賛を与えながら、貧しさを増しているスペイン国家の造船に対する政策に対して危機感を表明しているのである。

終わり

## Bibliography

1. Diego Garcia de Palacio, "Instrucción Nautica", 1587, México, Edición facsimile, 1944, Madrid
2. Tome Cano, "Arte para Fabricar y Apareiar Naos de Guerra y Merchante", 1611, Edición facsimile, 1993, La Laguna
3. "Ordenanzas expedidas por el Rey en Madrid a 21 de Diciembre de 1607", "Real Ordenanza de 6 de Julio de 1613", "Real Ordenanza de 16 de Junio de 1618", "Recopilación de Leyes de los Reynos de las Indias, Tomo IV, La edición de Julian de Padres de 1681", "Reproducción de facsimil, 1973, Madrid
4. Antonio de Gastañeta Yturribalzaga, "Arte de Fabricar Reales", 1688, Francisco Fernández González, Cruz apestegui Cardenal, y Fernando Miguélez García, "Edición comentada de manuscrito original de Don Antonio de Gastañeta Yturribalzaga", 1992, España
5. Fernando Oliveira, "Liuro da Fábrica das Naos", 1580, manuscrito, Edición de Academia de Marinha, 1991, Lisboa
6. Manoel Fernandez, "Livro de Traças de Carpintaria", 1616, manuscrito, "Reproducción de facsimil, 1989, Lisboa, "Transcrição e tradução em Inglês" de Academia de Marinha, 1995, Lisboa
7. João Baptista Lavanha, "Livro Primero da Architectura Naval", ca1600, manuscrito, "Reproducción de facsimil" de Academia de Marinha, 1996, Lisboa
8. Duarte de Armas, "Livro das fortalezas", 1510, Portugal, "Reproducción de facsimil" de Academia Portuguesa da História, 2006, Lisboa
9. Mathew Baker, "Fragments of Ancient English Shipwrightry", 1570-1630, manuscript, London, (Richard Barker, "Fragments from The Pepysian Library", 1985, Coimbra)
10. Jorge Juan y Santacilia, "Examen Marítimo", 1771, Madrid, Edición facsimile de Instituto de España, 1968, Madrid
11. Anonym, "A treatise on shipbuilding and a treatise on rigging written about 1620-1625", Edited version of W. Salisbury and R.C. Anderson, The Society for Nautical Research, 1985, London
12. Cayetano Hormaechea, Isidro Rivera, Manuel Derqui, "Los Galeones Españoles del siglo XVII", 2012, Associació d'Amics del Museu Marítim de Barcelona (AAMMB)



13. Nicolaes Witsen, "SCHEEPS-BOUW en BESTIER", 1671, Amsterdam, "Facsimile Reproduction", 1979, Rijn
14. Robert Grenier, Marc-André Bernier & Willis Stevens, "The Underwater Archaeology of Red Bay", 2007, Parks Canada
15. José Luis Rubio Serrano, "Arquitectura de las Naos y Galeones de las Flotas de Indias, 1492-1590", 1991, Malaga
16. João da Gama Pimentel Barata, "estudos de Arqueologia Naval", 1989, Imprensa Nacional-Casa da Moeda, Lisboa
17. Cayetano Hormaechea, Isidro Rivera, Manuel Derqui, "Los barcos oceánicos del Atlántico Ibérico en los siglos XVI y XVII", 2018, Website
18. Bartolomeo Crescentio Romano, "Nautica mediterranea", 1607, Roma
19. Beatrice Fabretti, "Treatise and Technical Texts on Shipbuilding: 04 the partison", 2020, NADL (Texas A & M University), U.S.A.
20. Éric Rieth, "Mediterranean shipdesign in the Middle Ages", 2011, Oxford handbook of maritime archaeology Chapter 18, U.K.
21. Juan Pablo Olaberria, Iñaki Olaizola, "Método de diseño en el astillero Mutiozabal de Orío en el siglo XIX y su relación co métodos non-gráficos de diseño de cascos del siglo XV", 2012, ITSAS, País Vasco
22. Filipe Viera de Castro, "The Pepper Wreck", 2005, Texas A & M University, U.S.A.
23. Massimiliano Ditta, Jens Auer, Thijs Maarleveld, "Albrecht Dürer and Early Merchant Ships, 2014, Italy
24. Henry Manwayring, "The Seaman's Dictionary", 1644, London
25. Richard Barker, "Many may peruse us; ribands, moulds and dodles in the dockyards", 1988, Lisboa
26. Richard Barker, "Design in the dockyards, about 1600", 1991, Oxbow Monograph 12, U.K.
27. Brad Lowen, "The structures of Atlantic shipbuilding in the 16<sup>th</sup> century", 2001, Proceedings of International Symposium on Archaeology of Medieval and Modern Ships of Iberian-Atlantic Tradition, Lisboa
28. Filipe Castro, "Rising and Narrowing: 16<sup>th</sup> century geometric algorithms used to design the bottom of ships in Portugal", 2007, The International Journal of Nautical Archaeology, U.K.
29. Éric Rieth, "Le Maître-Gabaritç La tablette et le trebuchet", 1996, Paris
30. David K. Brown, "The form and speed of sailing warships", 1998, The Mariner's Mirror, Vo.84