

17世紀初頭の英国における造船の諸文書

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

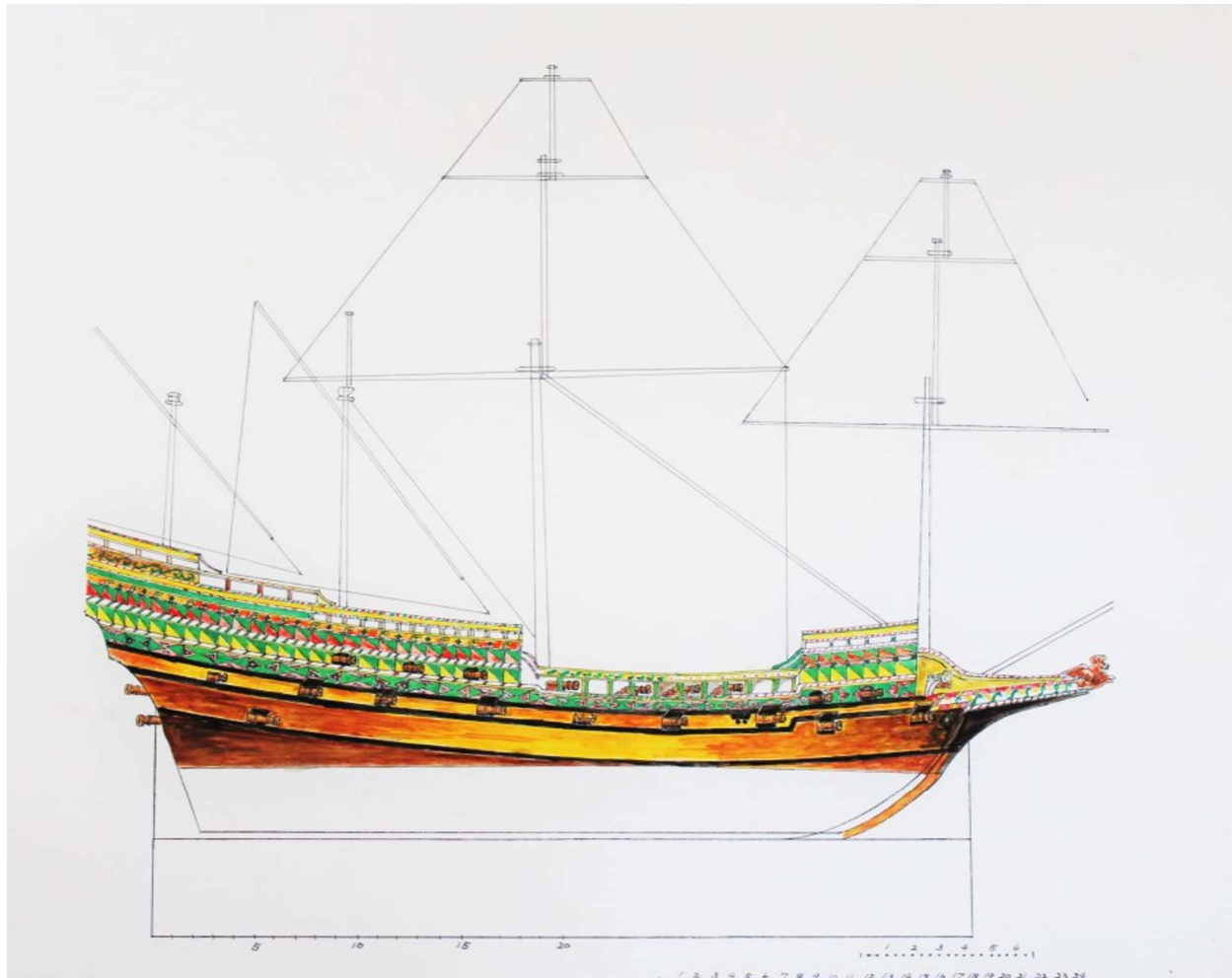
紹介する三つの手写本

- 1) マシュー・ベイカー著「古い英国の船大工術の断片」
- 2) 著者不明「ニュートン手写本」1600年頃
リチャード・バーカー編集
- 3) 著者不明「1620年頃に書かれた造船に関する論文」
ウィリアム・ソールズベリー編集

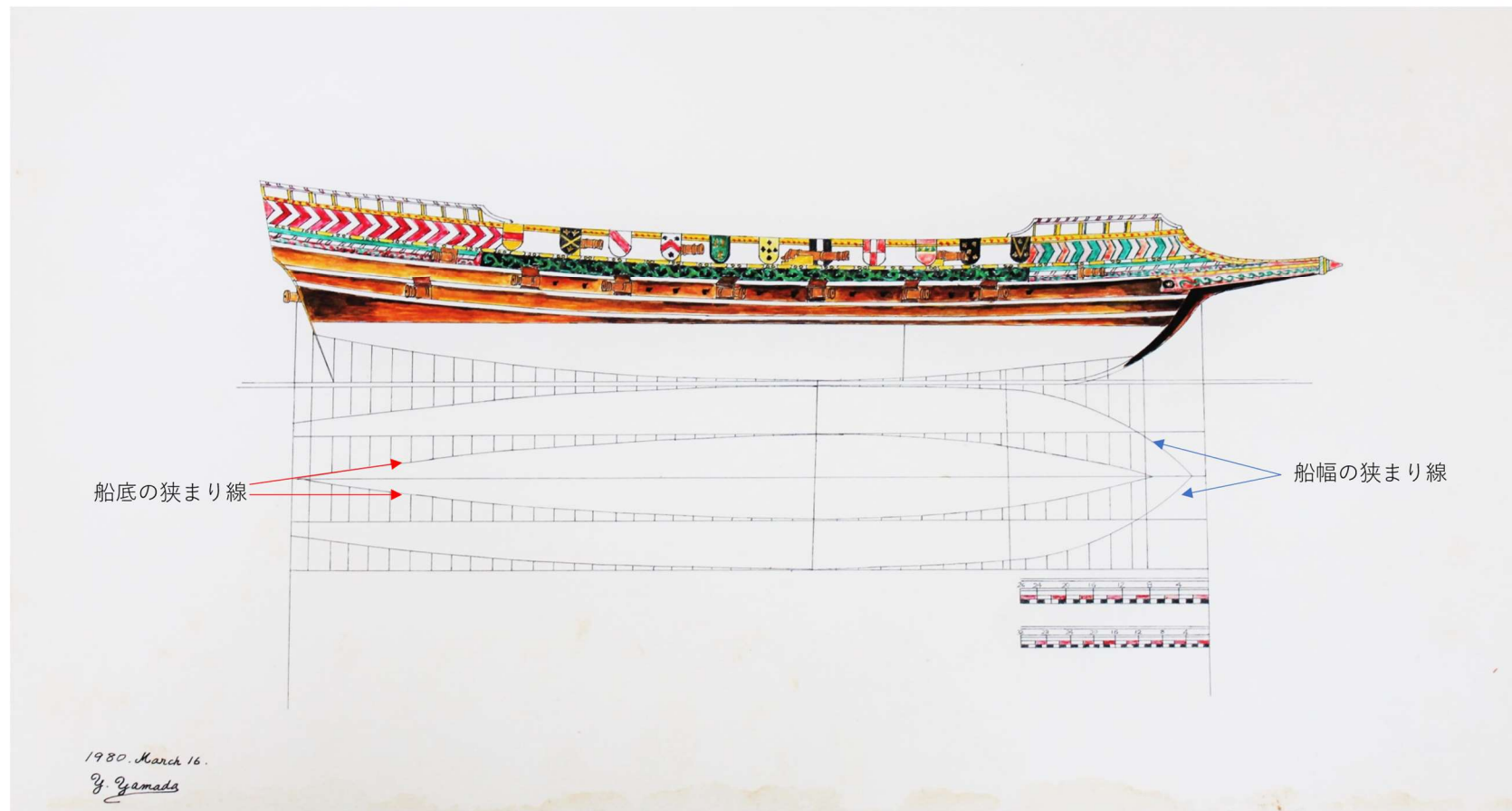
1. マシュー・ベイカー「古い英国の船大工術の断片」

- ・ マシュー・ベイカーが1586年頃までに大部分を著した絵を主体とした造船に関する160枚ほどの紙片の断片集。
- ・ 貴人、高官に献呈するために用意し始めたが完成しなかった。
- ・ ベイカーの弟子や関係者等の書いた紙片も含め、1630年頃までに蓄積された断片が、造船家のサミュエル・ピープスの所蔵するところとなり、彼によって綴じられた文書となり、現在ケンブリッジ大学、マグダーレン・カレッジにMS.2820として所蔵されている。纏まった形で、刊行されたことはない。

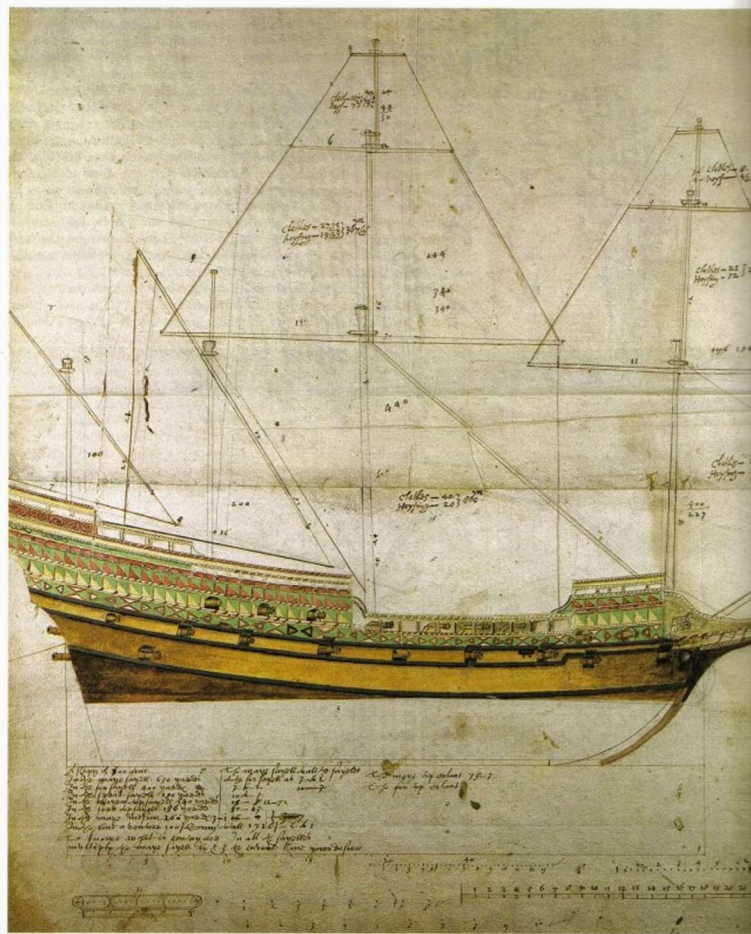
船大工術の断片よりの筆者の模写



船大工術の断片よりの模写



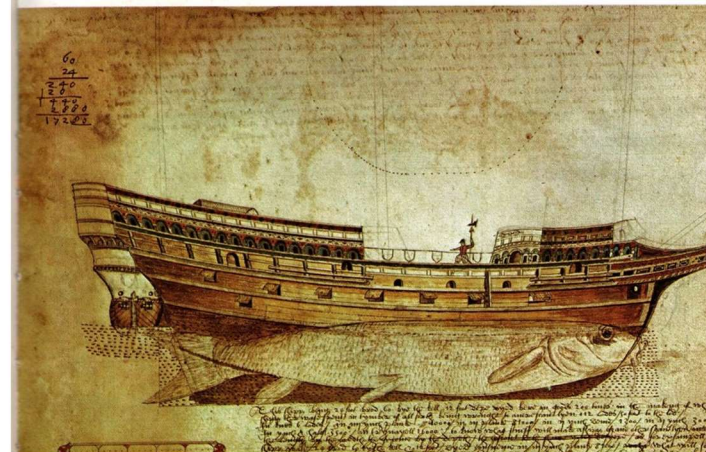
船大工術の断片



帆装はマシュー・ベイカーの描いたものではない。

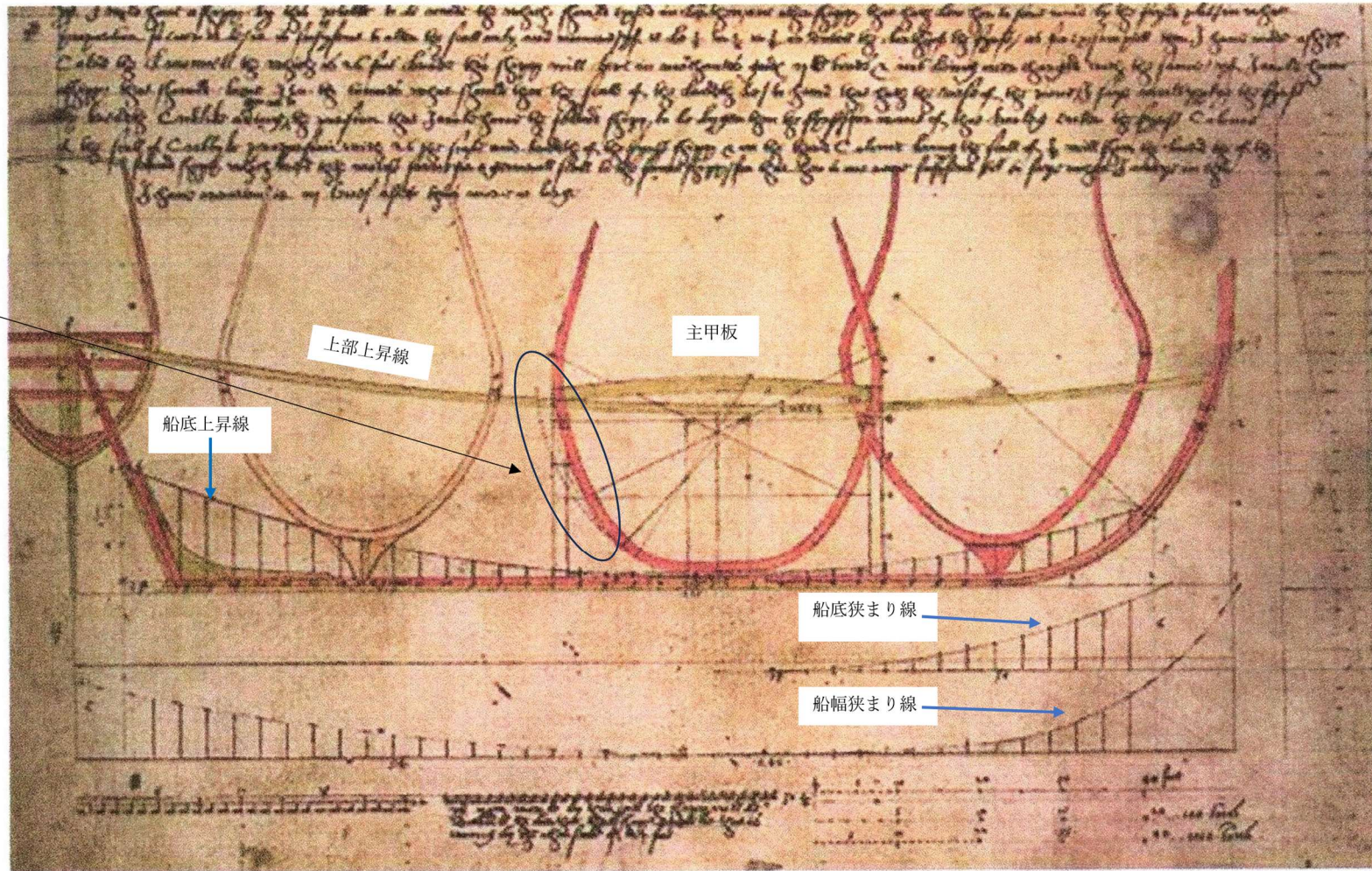


マシュー・ベイカーの自画像と思われる



魚の体に模して、誰にでも分かり易くした表現

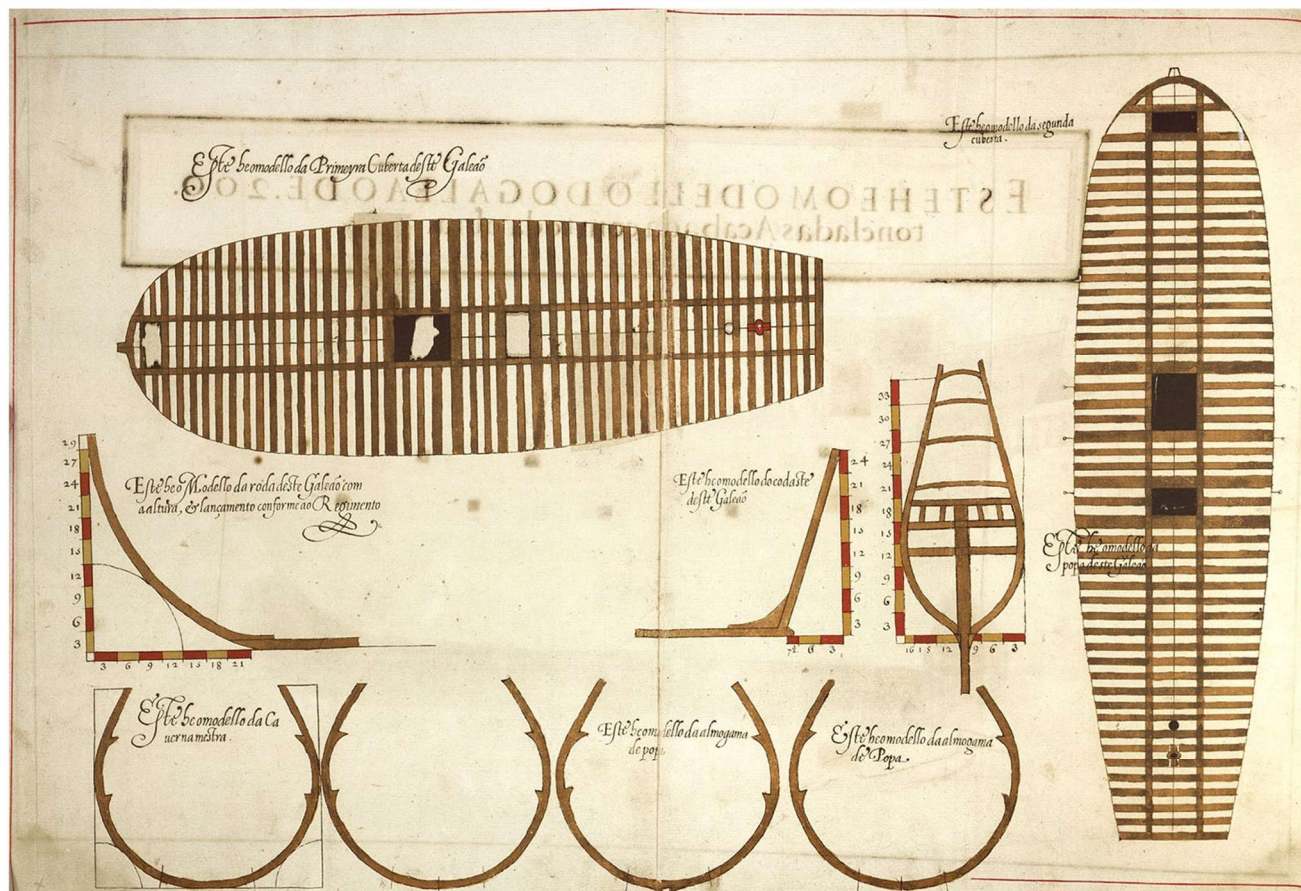
船殻の三面図



フットクの曲線（スweep）の回転
と思われる

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

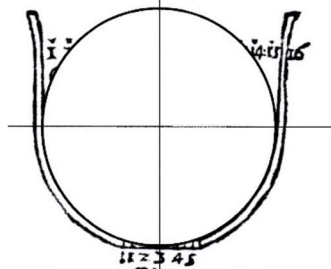
二〇〇トネラーダのガレオン船



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

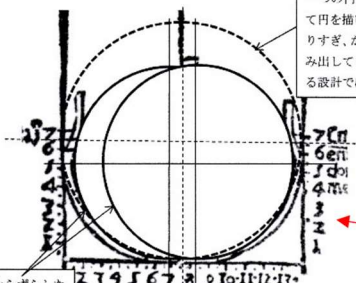
400トネラーダの
ナオ船
一つの円弧による
最大横断面の作図

添付5 400トネラーダと150トネラーダの両船の船殻断面輪郭の比較



400トネラーダの船の中央断面

150トネラーダの
ナオ船
二つの円弧による
最大横断面の作図



150トネラーダの船の中央断面

中心点を中心軸からずらした
二つの円弧を推定

一つの円弧による設計を想定して円を描いたが、中心点が高くなりすぎ、かつ弧が船側の上部ではみ出してしまい、一つの半円による設計ではないと考える。

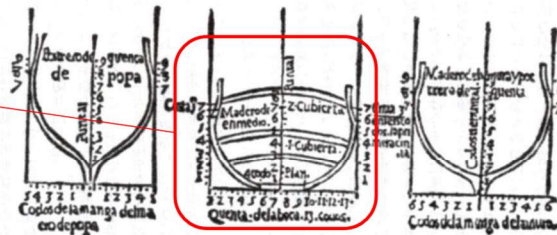
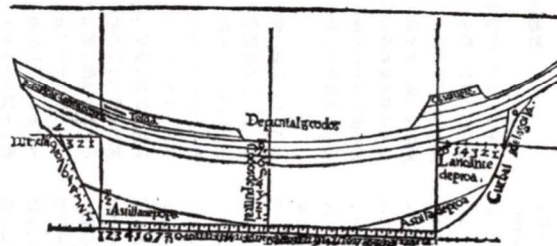
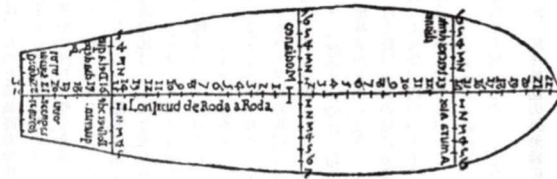
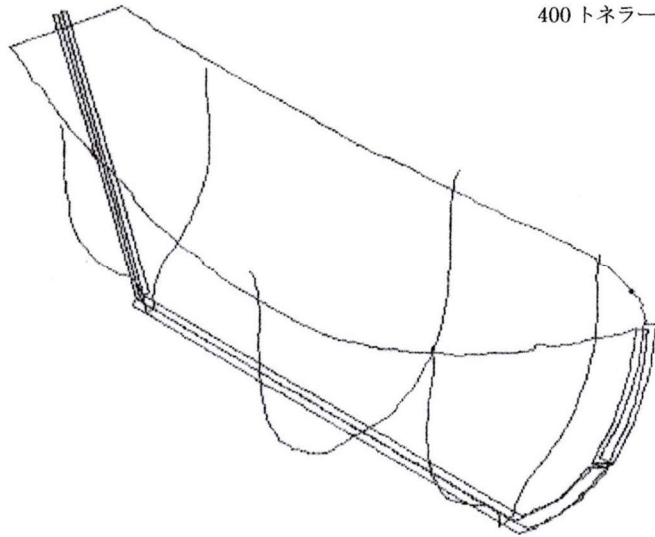


図2 150トネラーダ船

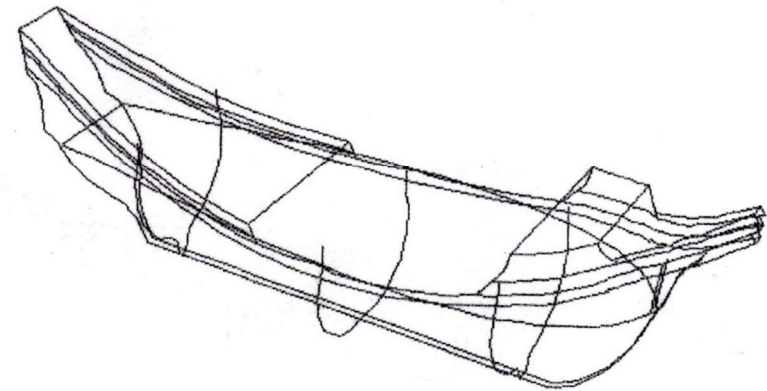
一五〇トネラーダのナオ船(ガレオン船)

パラシオの図を筆者がワイヤー・フレーム法で3DCG化

ガルシア・デ・パラシオの400トネラーダの船と
150トネラーダの船3D-CG化図像（筆者作成）



400トネラーダの船



150トネラーダの船

日本海事史学会1997年例会

マシュー・ベイカーのトン数計算

1570年以前に王立造船所で使われていた

「ベイカー氏の古い規則」

「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、載荷重量のトン、そしてトン数が幾らであるかを判断する」

船幅B:24f(7.3m)、船幅から船倉までの深さD:12f(3.7m)、竜骨の長さK:54f(16.46m)のアッセンション・オブ・ロンドン号は160トンの油又はワインを160トン(樽)積載する。(ただし除数0.97に触れられていない。)

$$B \times D \times K (=15552) \div 0.97 = 16033$$

(さらに調整代としてこれに $\frac{1}{3}$ が加えられた)

船大工術の断片中に収められた最大横断面

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 1p
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
頃を取
って代わ
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
ー号

断片 例
35p
多くの例
示
ベイカー
1580年頃
?

Fournier 1643 "Old Method"

Venetian ca 1550 FCLane MM Vol 20

Greek -Fragments pl2

Galliasses: Bull Har Tiger Greyhound. pl3

Fragments p6 -Judith Borough

Fragments p10 -Emanuel (1571-5?)

Fragments -eg p35 numerous examples Baker. ca 1580?

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

FIG. 3. SELECTED MIDSHIP MOULDS CA 1500-1625 (sketches)

ギリ
シャ
断片
12p

ガリア
ッセ船
ブル、
ハート
、タイ
グ
レイ
ハンド
13p

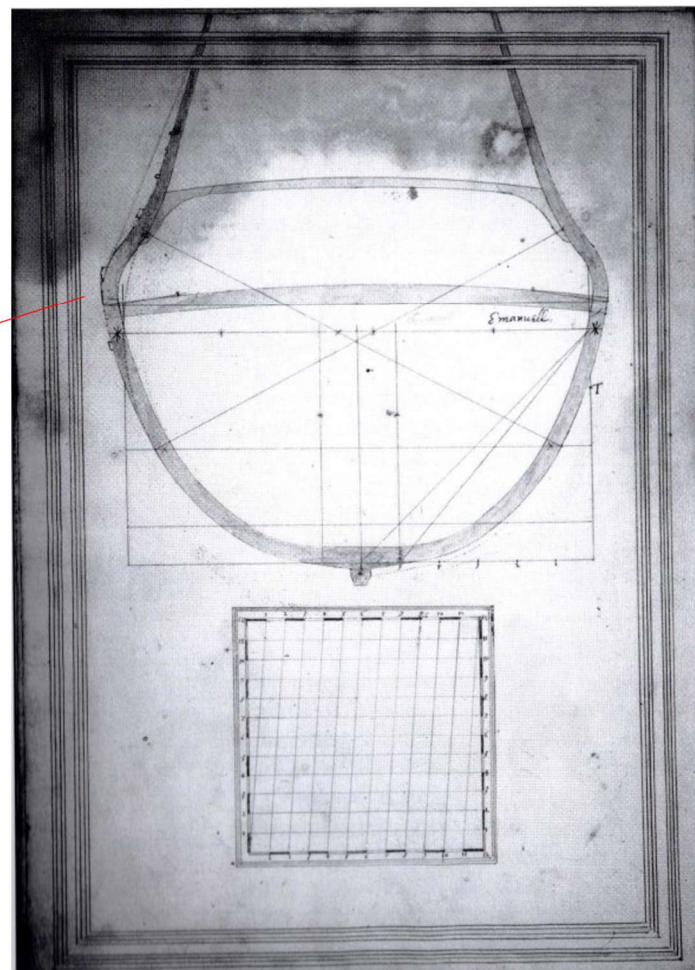
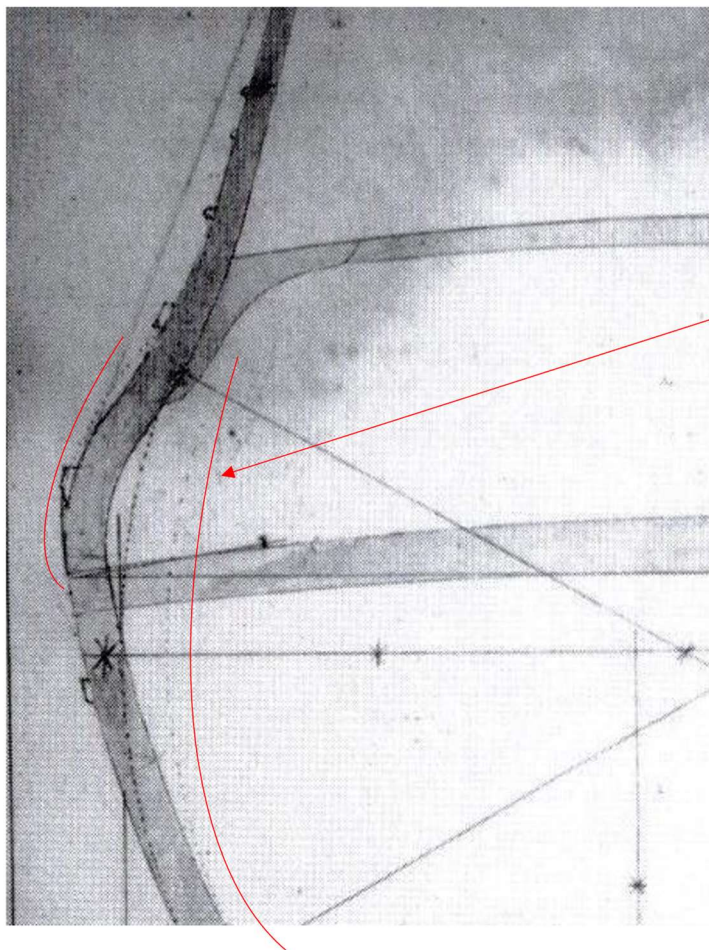
下絵に
薄くペ
ン書き
された
弧が2
個の代
案断片
Up
エマヌ
エル号
(1571-
5年?)

船腹増大(ファ
ーリング)の案
か?

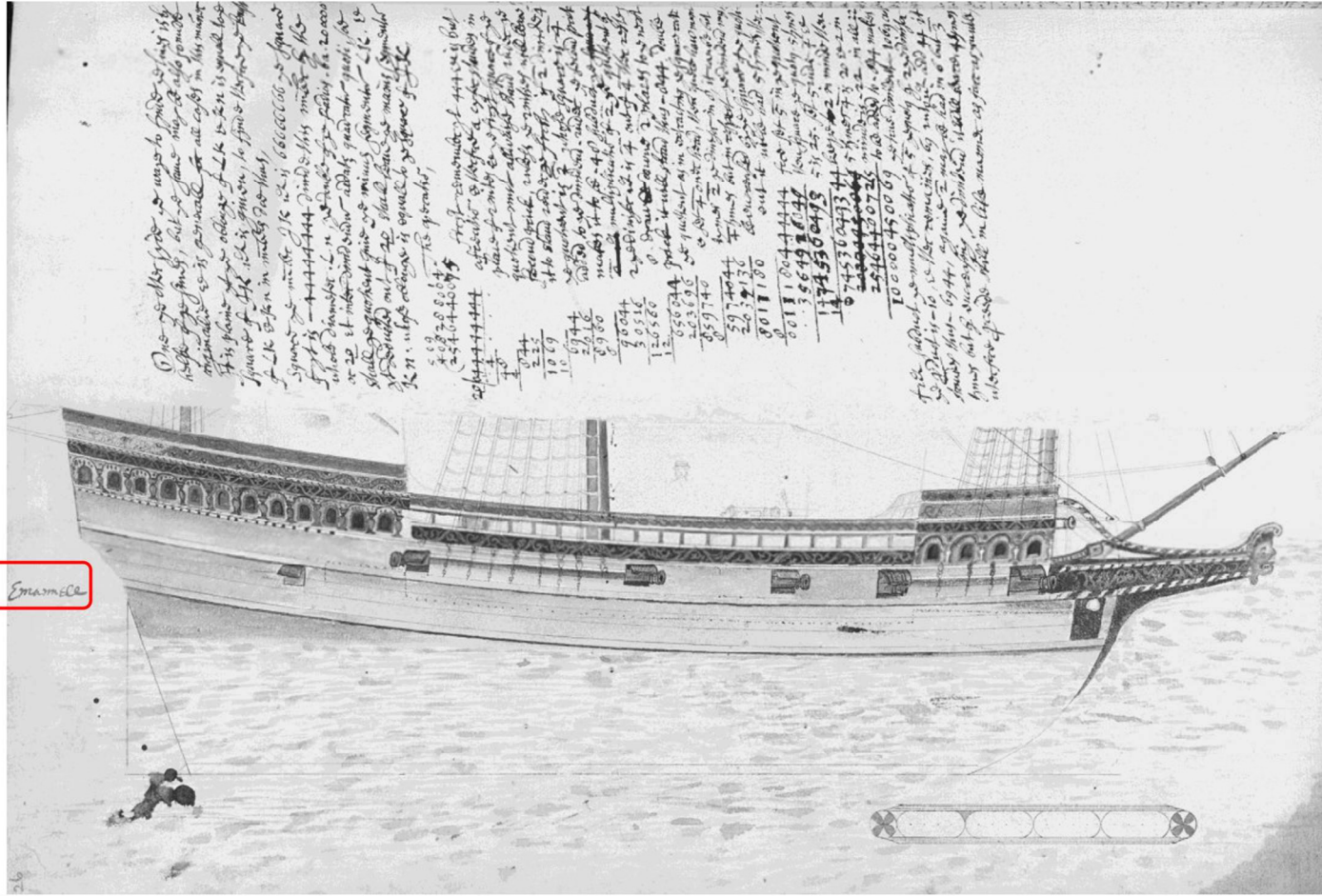
ウェル
ズ断片
91p
(またス
コット
MS、
ハリ
オット
、1625
年論
文、及
びデー
ン
(1670
年)

リチャード・バーカー
「ペピシアン図書館の断片」より

10P エマヌエル号の図面の写真



船大工術の断片 P126 エマヌエル号 側面図



船大工術の断片35Pの最大横断面

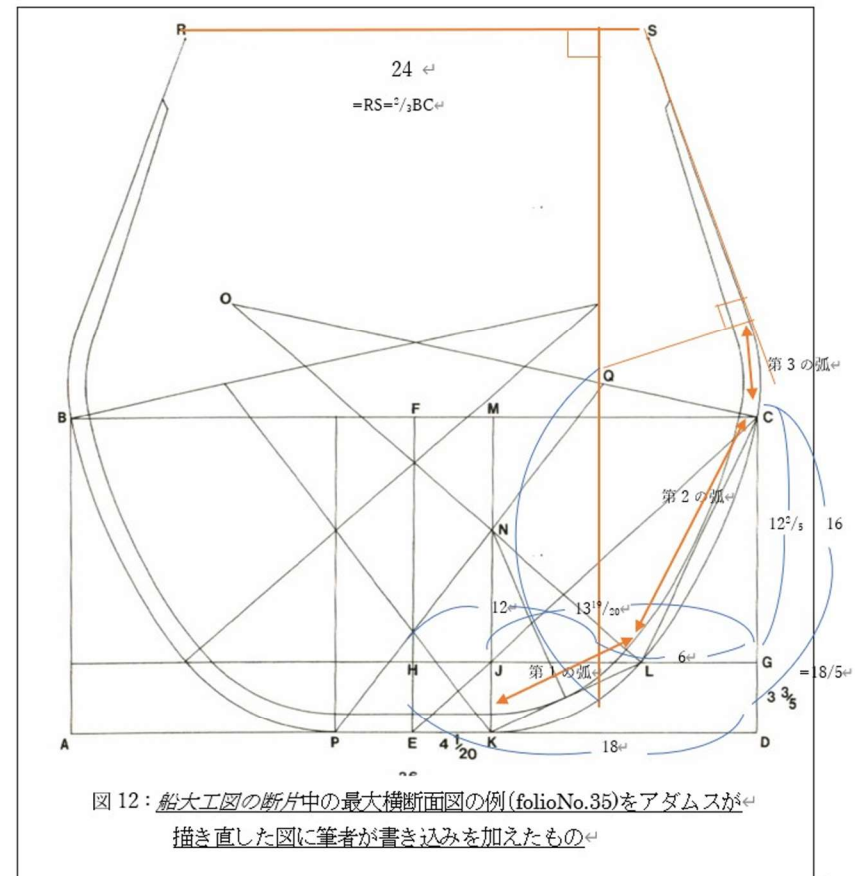
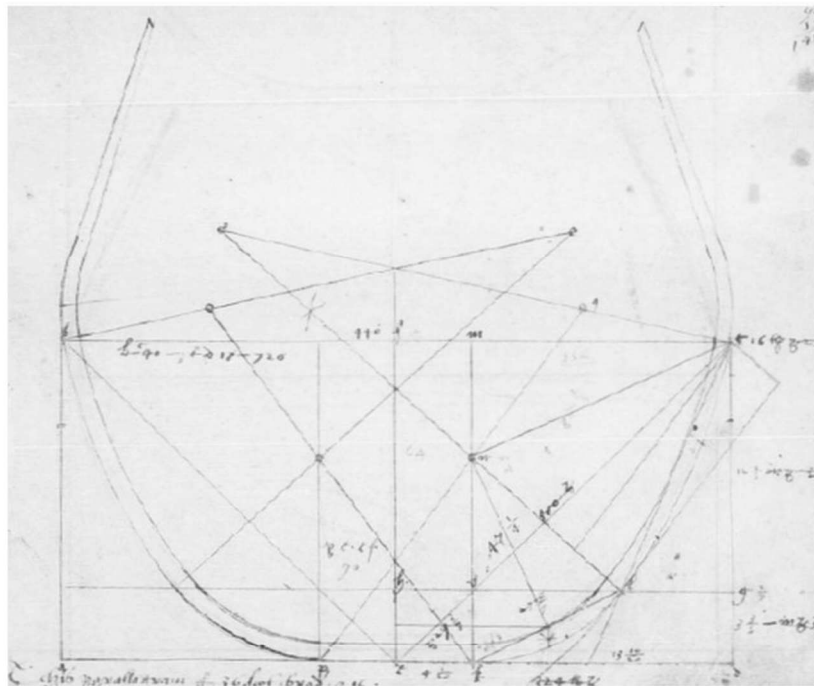
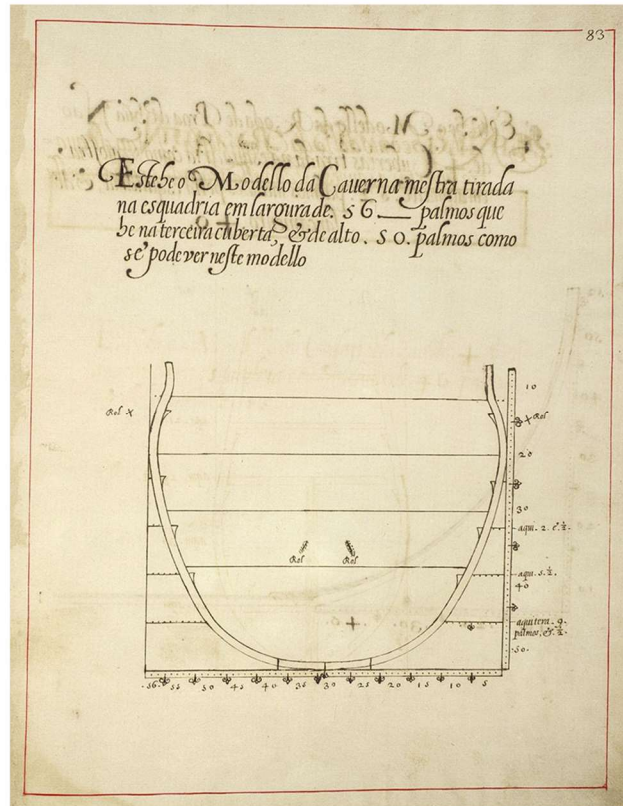


図 12: 船大工図の断片中の最大横断面図の例 (folio No. 35) をアダムスが描き直した図に筆者が書き込みを加えたもの

35Pの作図

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十分である
長方形ABCDが作られなければならない。私は船幅を36フット、
深さを16と仮定し、この比率で、次のページに長方形を作って、
その半分に、此処で船の平らな部分、即ち船底を得るために使い、
私はEDの $\frac{1}{5}$ を取り(訳注： $3\frac{3}{5}$)、それがDCから減じられねばならない。
線DC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GDは $3\frac{3}{5}$ である。DEからCへ線HGをJで切る1本の線を描き、
1本の垂線がDEからFCへ、点Jを切って立てられなければならない。
これはEFとの平行線で、線ED上の点、即ち点はKである。
さてここで、EK間のスペースが船底の半分で、これが、
私が知りたかったことで、その計算は下記のごとくである。
DEがDCと為す同じ比率をJGがGCと為す。(訳注：これは正確には違う。
何故ならば、 $DE : DC = 18 : 16 = 36 : 32$ であるが、
 $JG : GC = 14\frac{2}{5} : 12\frac{2}{5} = 7\frac{2}{5} : 6\frac{2}{5} = 72 : 62 = 36 : 31$ だからである)
線DEは18、線DC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GCで、比例1のルールにより、線JGは13と $\frac{9}{20}$ で、これを18から
減じると線EKに4と $\frac{1}{20}$ が残り、これが船の船底の半分である。
線HLは常にDEの $\frac{2}{3}$ であるので、18の $\frac{2}{3}$ は12である

マノエル・フェルナンデスの 船大工術の図面の書の 4層甲板の船の横断面図



ピメンテル・バラータが作図法を推定した図

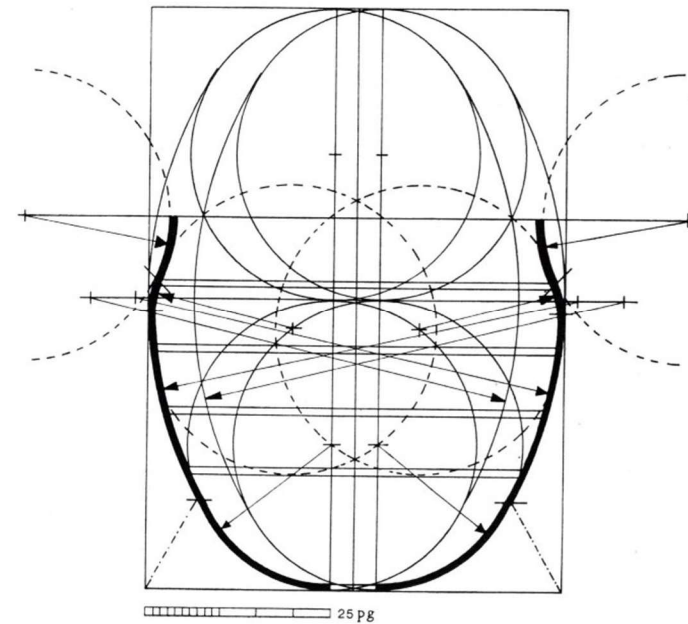
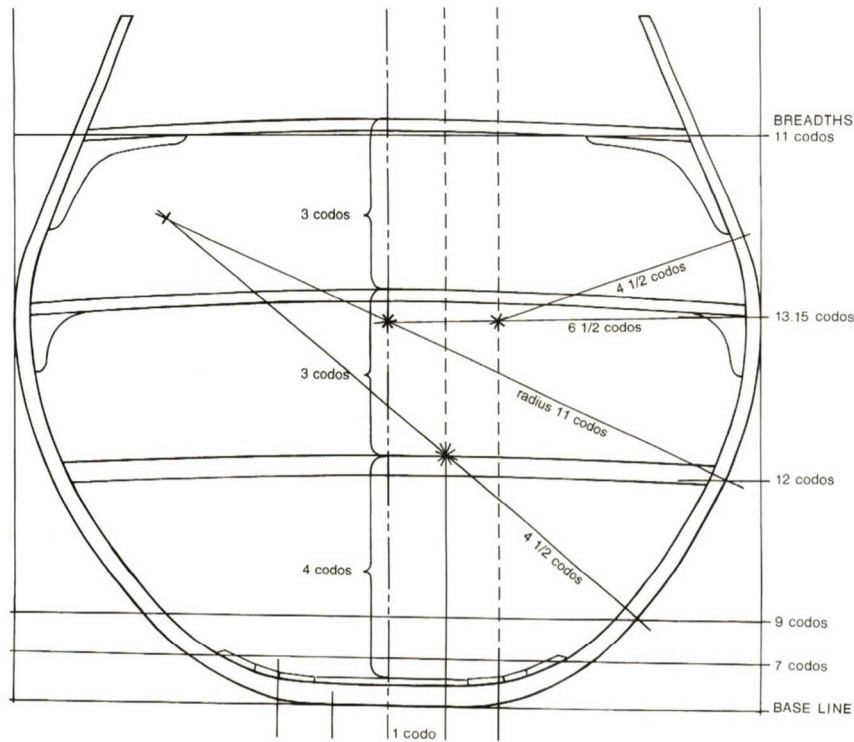


Fig. 9 — Cauerna mestra da nau de quatro cobertas (traçado oval) (*Livro de Traças*, 1616)

レッド・ベイで発掘されたサン・ファン号(1565年)の最大横断面図

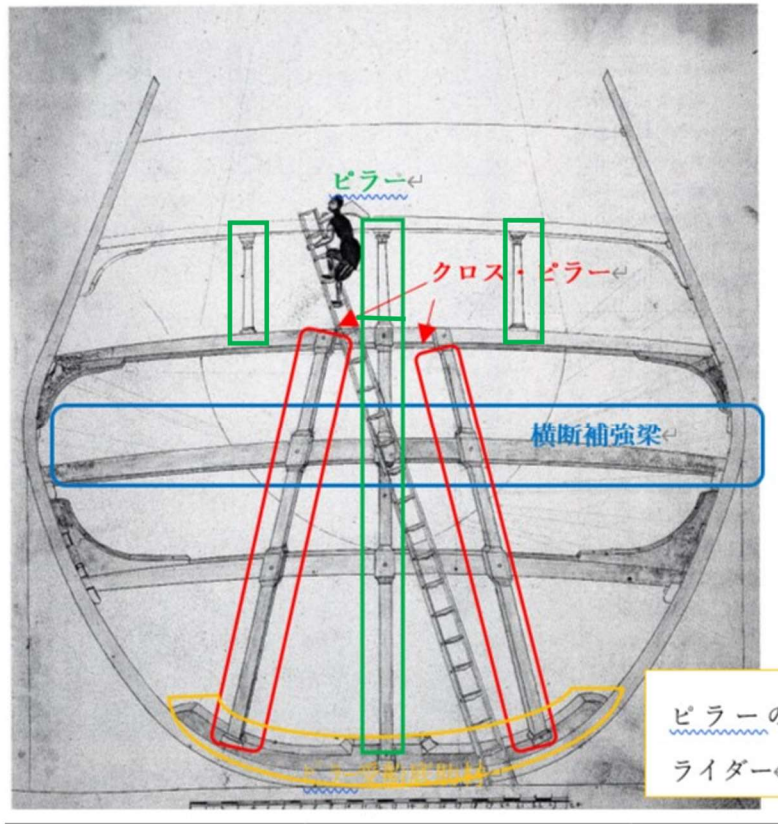


サン・ファン号のレプリカの二〇一八年の
建造状況(筆者撮影)

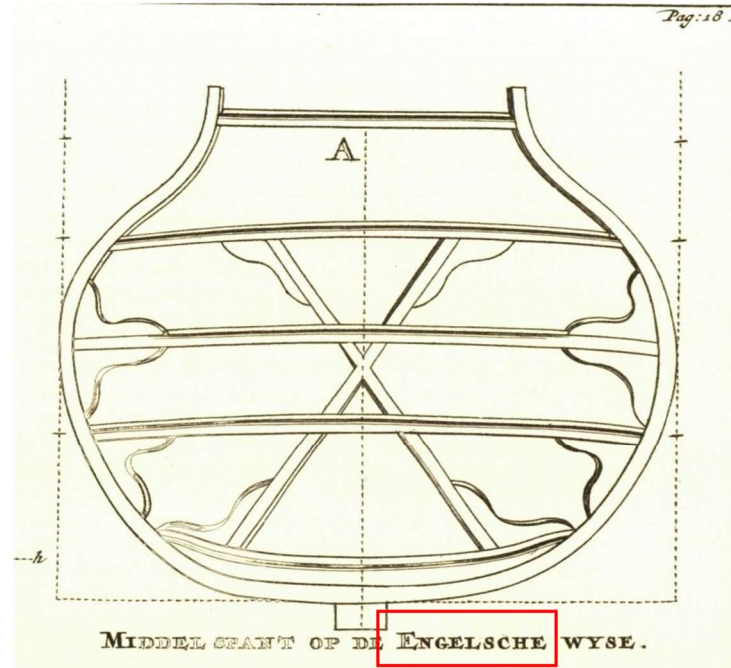
サン・ファン号の肋骨の引上げ



船大工術の断片中の船大工が肘材(ニー)を担いで
梯子を上がっている姿のある横断面

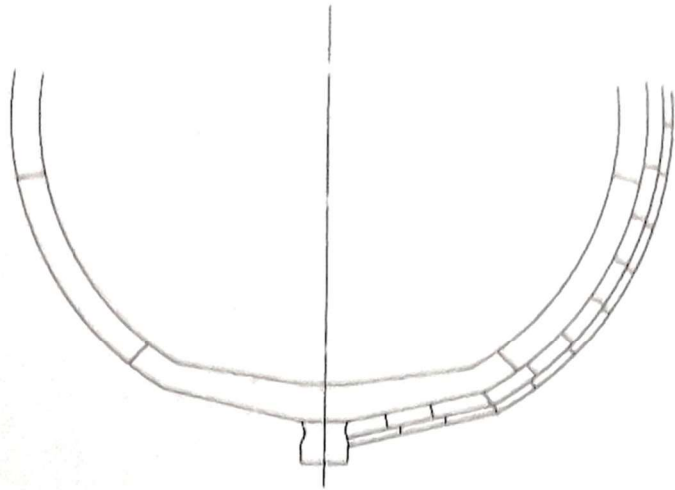


ピラーの底部
ライダ

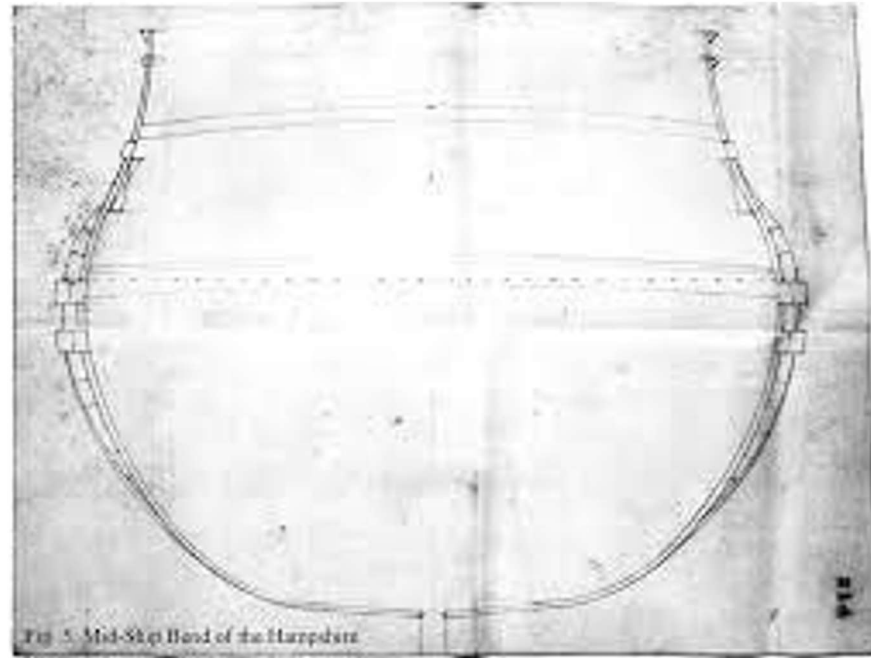


オランダのコレネリス・ヴァン・イックが英国船の特徴を紹介する図

2種類の船腹増大法



二重板張り
(スペインでエンポーナと呼ぶ)



HMSハンプシャー号(1653年)
のファーリングの検討図

フーリング法：グレシヤム船からの復元想定図

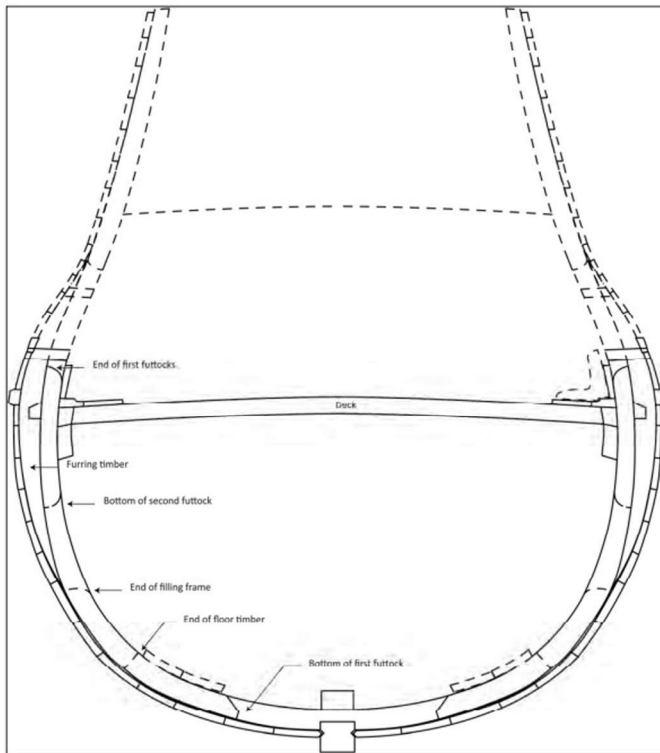


Figure 3-12: Reconstructed midships section showing the layout of framing timber (M. Ditta)

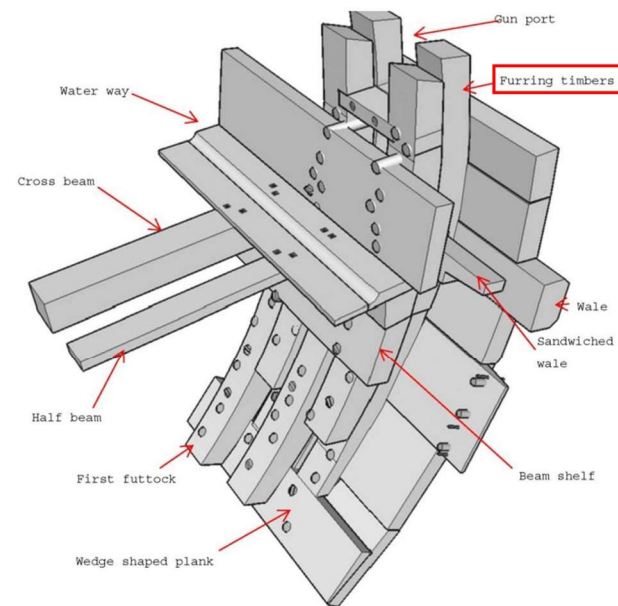
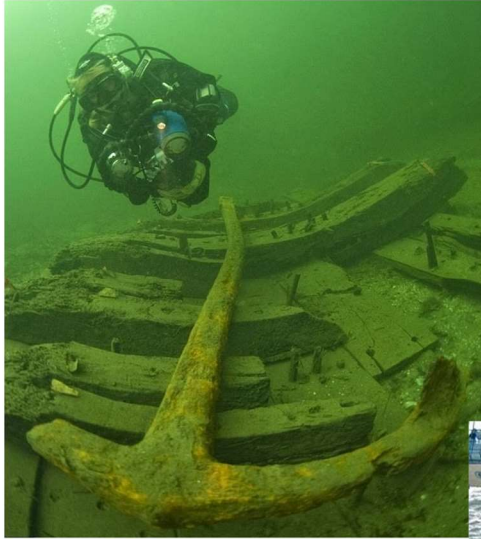


Figure 3-11: illustration of the deck construction.

グレシャム船(1574年頃)の発掘



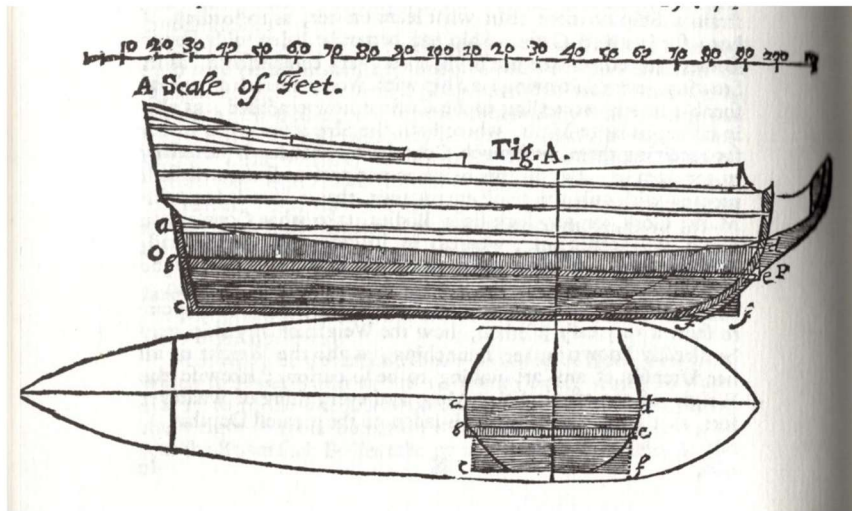
2007年



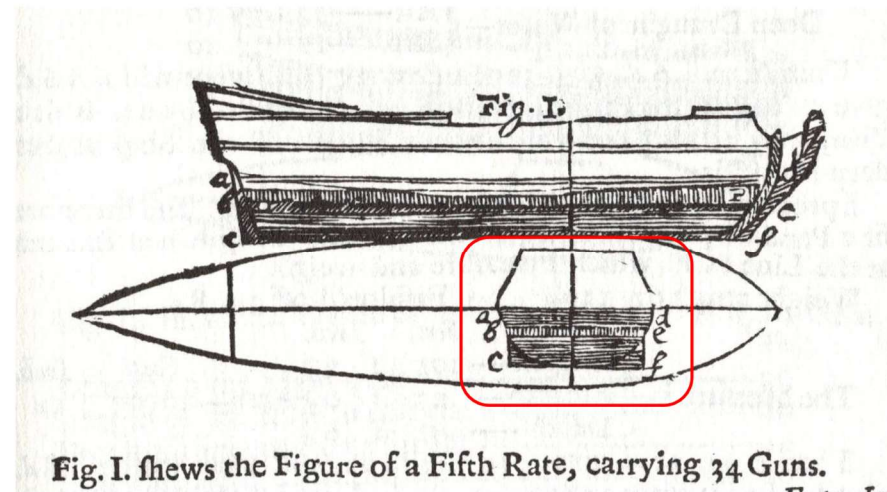
2012年

サザーランドの「造船家の助手」

100門砲搭載 第1級艦



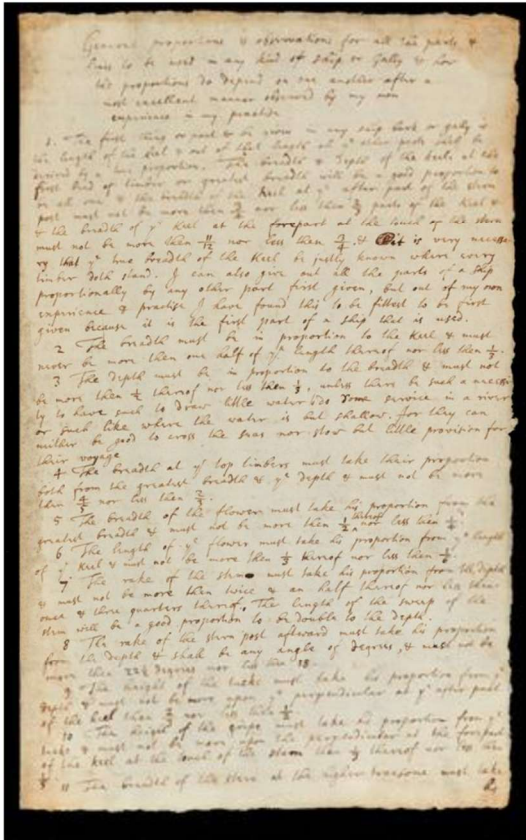
34門砲搭載 第5級艦



搭載する大砲が大きくなっており小型船ほど横断面がスリムではない

2. 1600年頃の造船の手写本： ニュートンによるコピー

パート十二
第一ページ



1600年頃
ケンブリッジ大学図書館所蔵 MSS Add. 4005 part 12



インフォーマルな
ニュートンの肖像画



鬘を被ったフォーマルな
ニュートンの肖像画

何故ニュートンは造船書をコピーしたのか？


- 英国は大洋での航海術においてポルトガルとスペインに後れをとっており、16世紀の終わりに初めてスペイン語の航海術の書物が英語に翻訳された。
- 航海術に必要な天文諸表の作成には膨大な計算が必要であり、ネイピアの対数はそれに大きく寄与した。
- 数学者と航海者との結びつきが強くなり、数学者は造船にも関心を持った。ニュートンもその一人であった。

特色のある構成

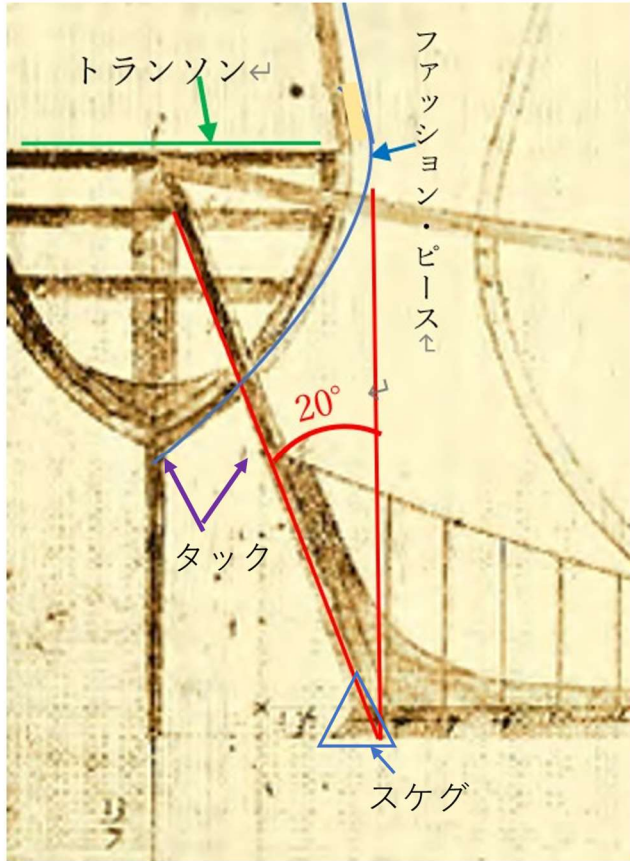
- 66個の命題(プロポジション) よりなる。
- 部材などの用語の説明は無く、船大工親方、その監督者クラス、あるいは補佐クラスを対象に書かれたと思われる。
- 船の主要寸法の三つの表：
 - 1. 表題無し(一般的な英国近海で使用される軍艦と考える)
 - 2. 長い航海用の軍艦
 - 3. 商船として最良のもの
- 二つの横断面の図が付いている。

ニュートン・コピーの冒頭

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。

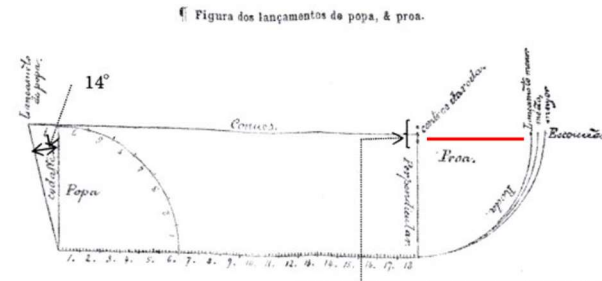
1. 全てのバーク船あるいはガレー船において、最初に与えられるべきもの、即ち部分は竜骨の長さであり、その他の部分は、正しい比率によって、その竜骨の長さから導き出される。肋材の最初の横断面、即ち最大船幅での竜骨の幅と深さは、全て一つあるのが良い比率であり、・・・他のいずれかの部分によって、船の全ての部分を比例的に与えることも出来るが、私自身の経験とやり方からして、**竜骨が最初に与えられる**のが最も適当である。なんとすれば、それが、用いられる船の最初の部分だからである。  **スペイン船は船幅から始める。**
2. 船幅は、竜骨に比例していなければならず、その半分よりおおくてはならず、1/3より少なくてもいけない。
3. 深さは船幅に比例していいなければならず、その半分よりおおくてはならず、1/3より少なくてもいけない。

船尾材の竜骨と為す角度 ファッション・ピースとトランソン



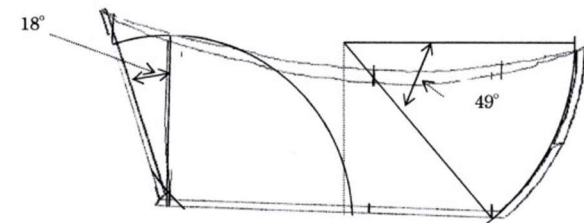
マシユー・ベイカーの船大工術の断片

フェルナンド・オリヴェイラによる船首と船尾の円弧による設計



3個の円の中心：上の点からランサメントの大中小、
即ち、外から内へ3円弧に対応

ガルシア・デ・バラシオの400トネラーダの船の船首と船尾に円弧を適応



主要寸法の第1表 (長い航海をしない軍艦用と考える)

図 28 : 主要寸法の第 1 表 (Tab.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 曲線の長さ、	命題 16
e	フトックの曲線の長さ、	命題 18
f	肋根材頭部の曲線の長さ、	命題 19
g	ファッション・ピースにおけ る高い方の曲線の長さ、	命題 17

曲線(スィープ) の長さを規定している

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		

後で 3 表を比較してみる

a	b	c	d	e	f	g
63	21	7	3½	13	4½	10½

斜角(ベヴェリング)の規定

図 29 : 肋材の斜角^{ベヴェリング} ←

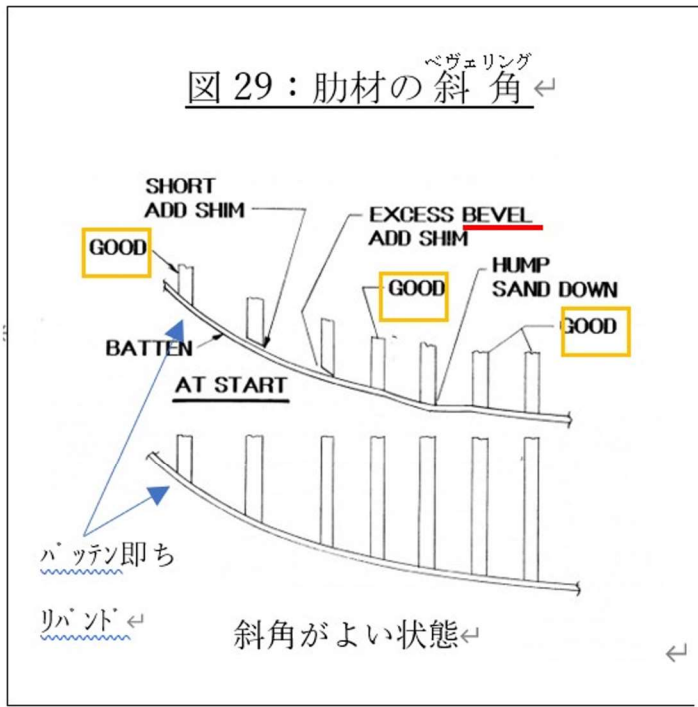
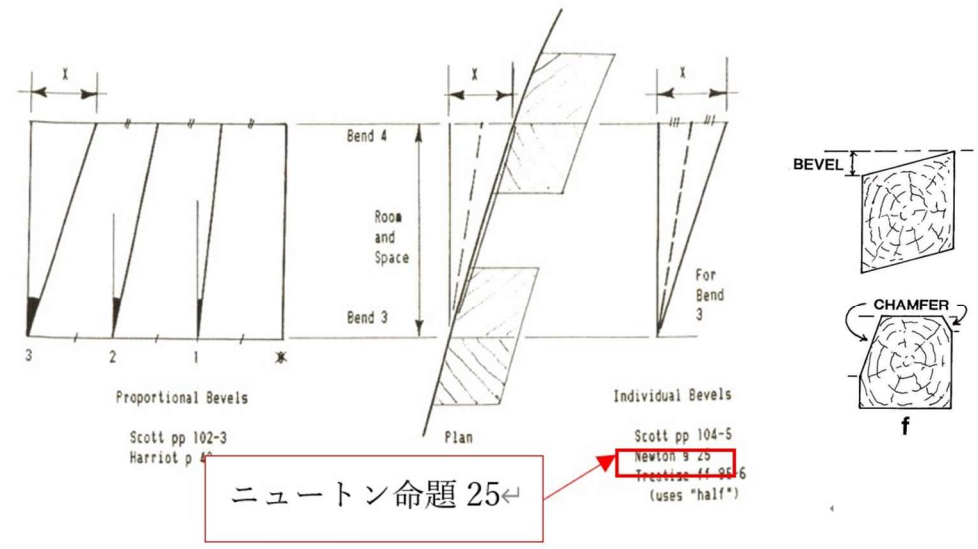
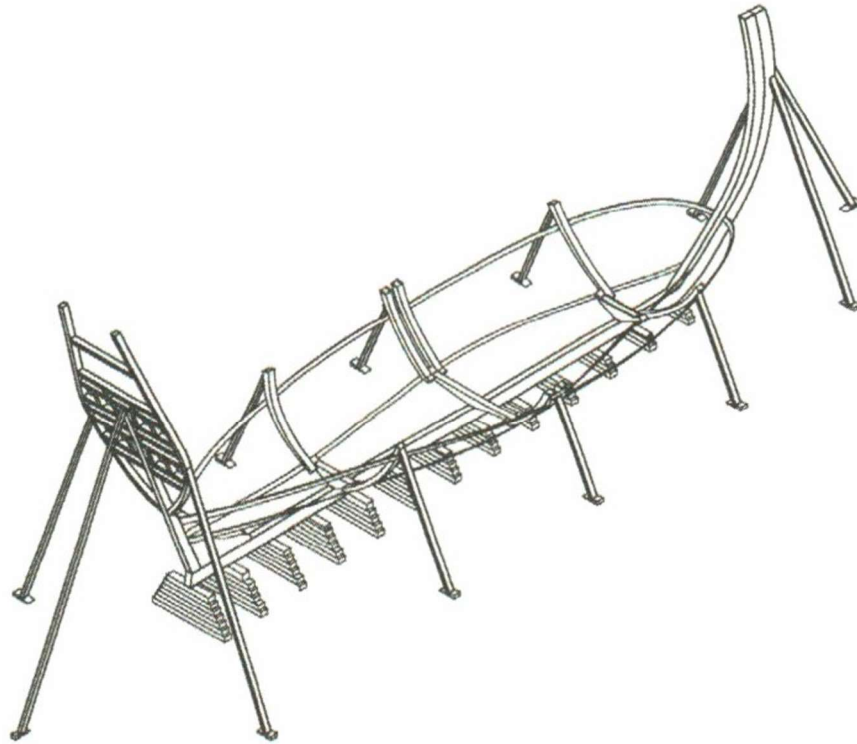


図 30 : R.バーカーによる斜角^{ベヴェリング}の取り方の説明図(26) ←



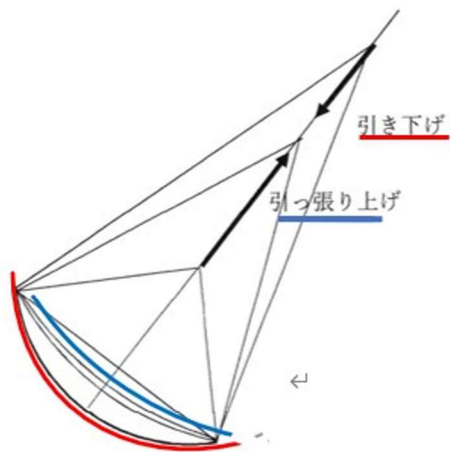
リバンドによる肋材の形状取得法



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その周囲にリバンドと呼ばれる船殻の側面の2~3箇所を回して、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

引き下げと引っ張り上げ

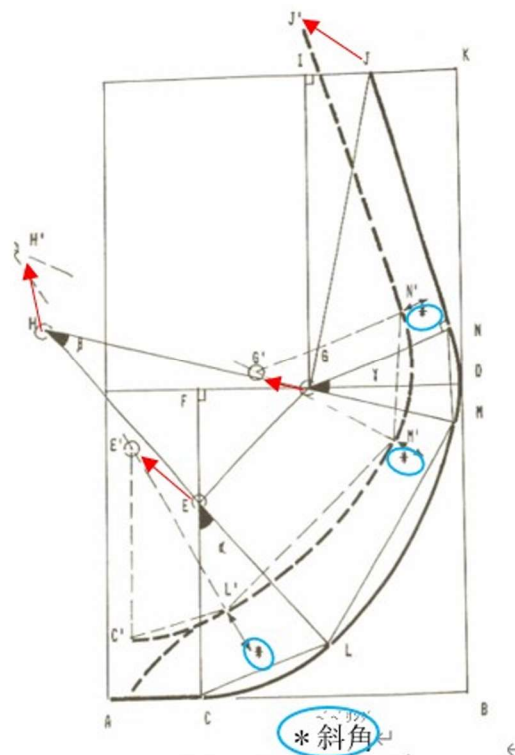
図 33 : 引き下げと引っ張り上げの概念



引っ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。

ホール・モールドイングの手法のひとつと言えよう

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っ張り上げの説明図

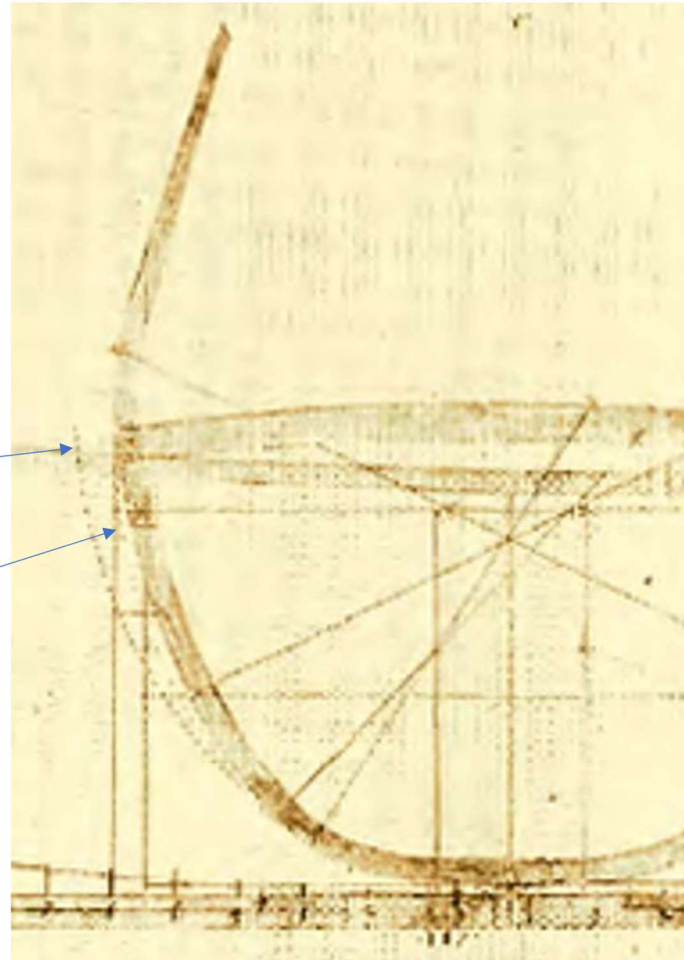


船大工術の断片における地中海方式の痕跡

引き下げや引っ張り上げではなく、
回転させたもの(従来の地中海方式)
のようである

外側点線：船尾部肋骨用？

内側点線：船首部肋骨用？



ニュートン・コピーの横断面図

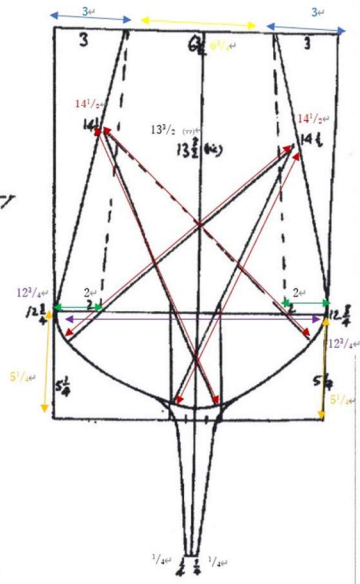
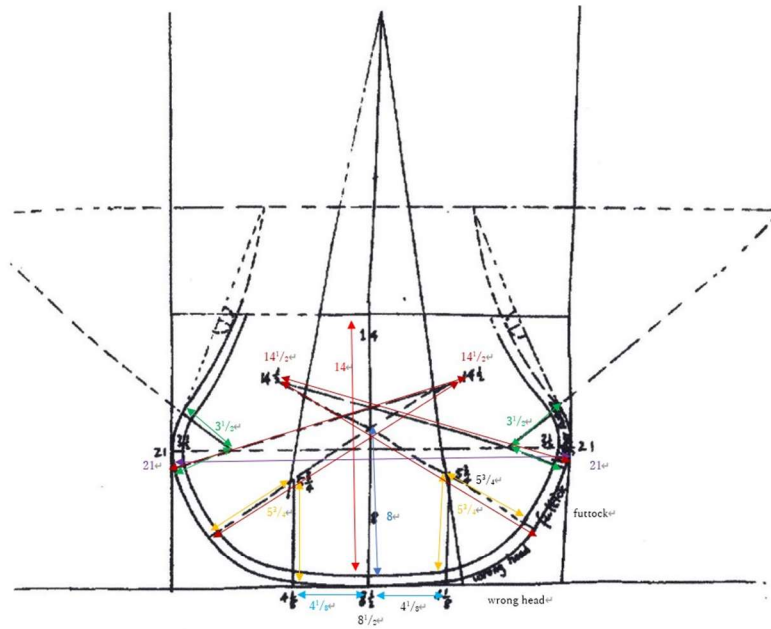
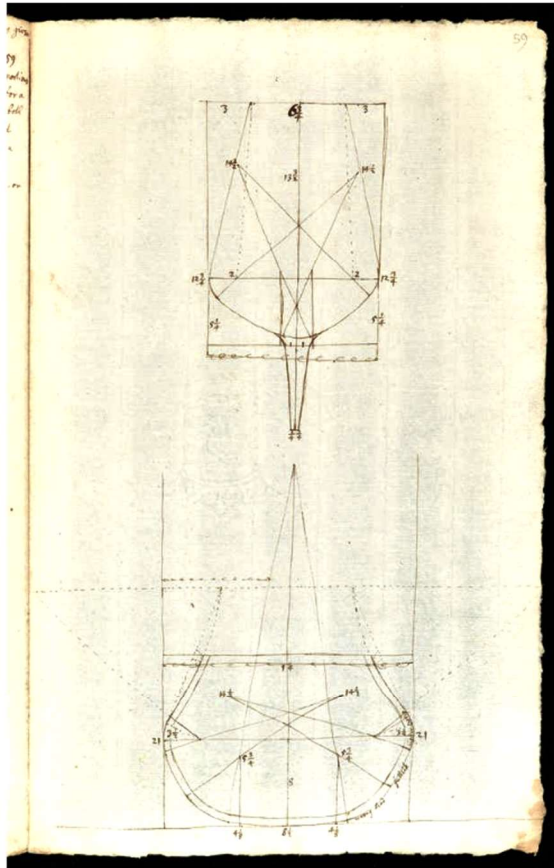
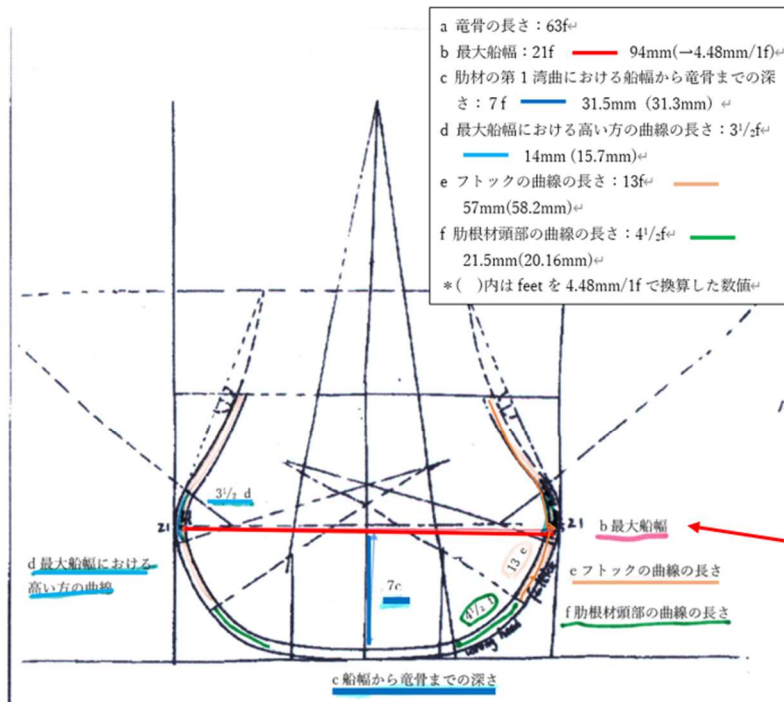


図36：第1表の最大幅21fの船による各曲線(スweep)の長さの検証



深さc — 31.5/31.3 → 1%大

フトックの曲線長e — 57/58.2 → 2%小

最大船幅曲線長d — 14/15.7 → 10%小

肋根材頭部曲線長f — 21.5/20.16 → 7%大

曲線(スweep)長さの解釈はこれでほぼ間違いないと考える。

a	b	c	d	e	f	g
63	21	7	$3\frac{1}{2}$	13	$4\frac{1}{2}$	$10\frac{1}{2}$

第2表(Tab.2)

第2表(Tab.2) 長い航海用の軍艦

a b c d e f g

		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(バンド)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曲線(スィープ)の長さ、
- e フトックの曲線(スィープ)の長さ、
- f 肋根材頭部の曲線(スィープ)の長さ、
- g ファッション・ピースにおける高い方の曲線(スィープ)の長さ。

第3表(Tab.2)

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

<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>h</i>
		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					
		1					

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

Tab.1(指定無し)、Tab.2(長航海用軍艦)、Tab.3(商船)の比較

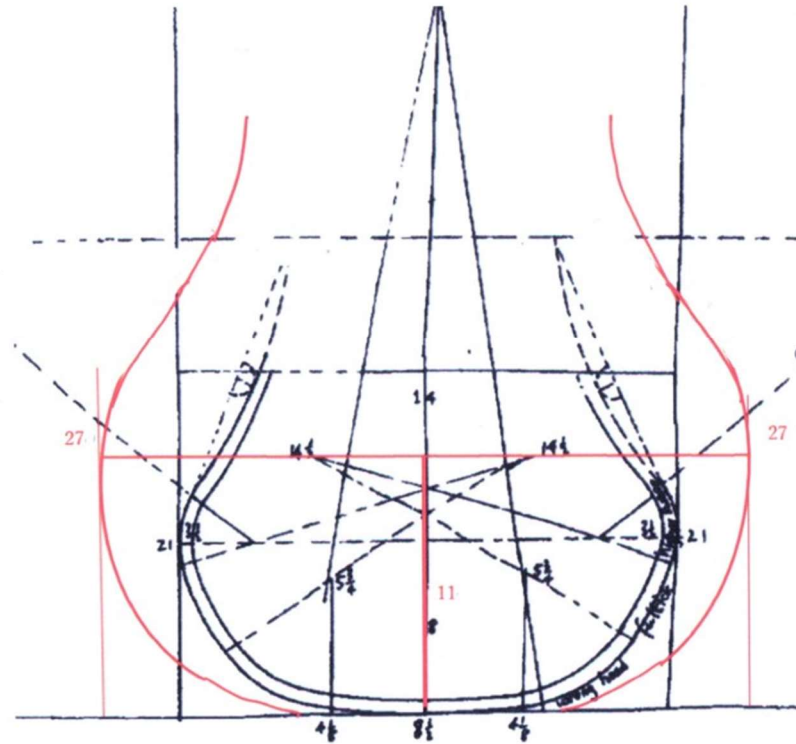
	a	b	c	d	e	f	g
Tab.1	72	24	8	4	15	5	12
Tab.2 軍艦	72	24	9	4 ^{1/2}	16	5 ^{1/2}	13 ^{1/2}
Tab.3 商船	72	27	11	6	21	6	16 ^{1/2}

Tab.3/Tab.1 1.0 1.125 1.222 1.5 1.4 1.2 1.375

*用途が指定されていない船は、長い航海には使われない軍艦と考える。

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(命題16):最大船幅における高い方の曲線(スィープ)の長さ、e(命題18):フトックの曲線
(スィープ)の長さ、f(命題19):肋根材頭部の曲線(スィープ)の長さ、g(命題17):ファッション・ピースにおける高い方の曲線(スィープ)の長さ。

筆者による最大幅が27フィートの商船の
横断面の想定図



竜骨長72f(22m)は同じ、
船幅が6f(1.8m)増加

算数(二乗根、平方根)を用いた引き下げと引っ張り上げ

命題60.

肋材の第1横断面を描く時、算数を用いて引き下げと引っ張り上げをすることを意図するならば、肋根材頭部の中心は、上の方の曲線(スィープ)の中心が立つ点において最大船幅の線を横切ることにはならない。ただ、算数を用いて引き下げと引っ張り上げを見出すことは極めて面倒であるので、(しかし幾何学を用いてであれば、他のやり方よりも容易に見出される)・・・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。

命題62.

軍艦は450～600トンが望ましいと主張。フィニアス・ペットの建造した1200トンのプリンス・ロイヤル号を暗に批判。

1610年に進水した1200トンのプリンス・ロイヤル号



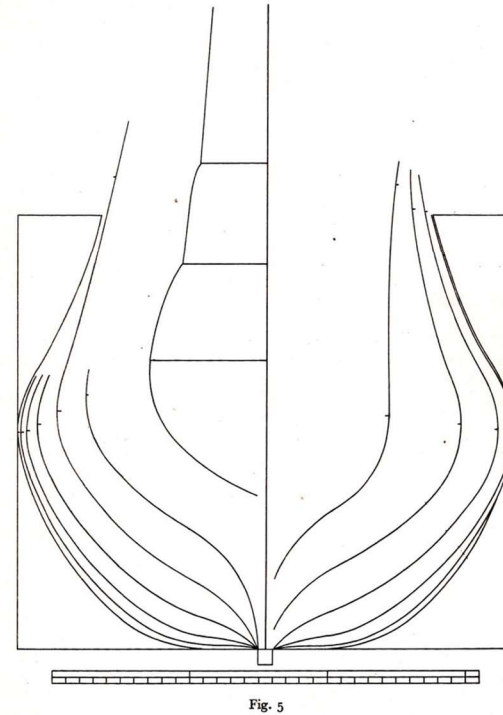
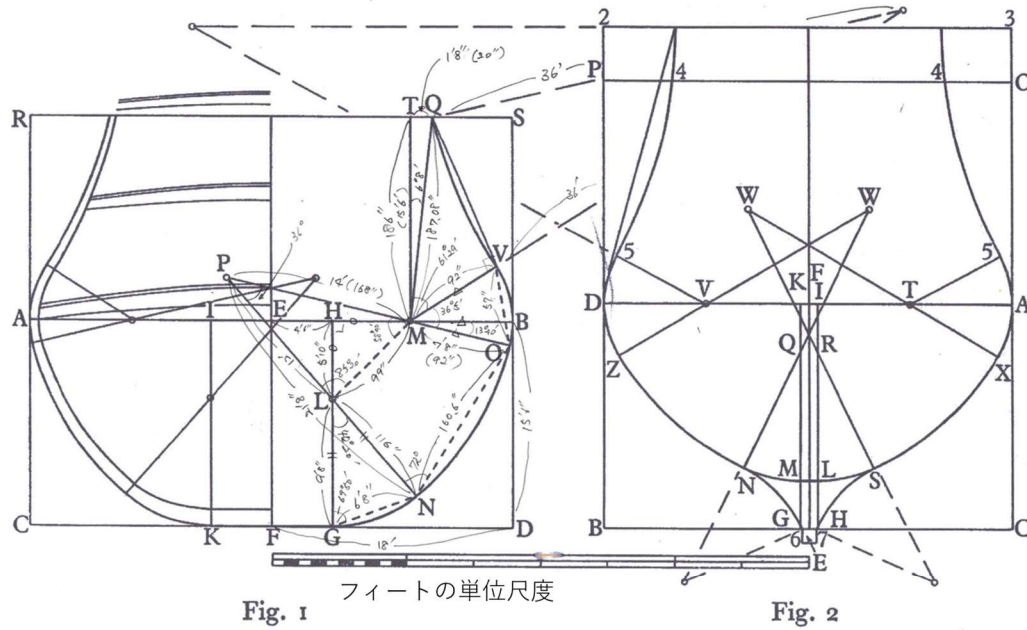
フィニアス・ペットが建造。オランダのフリシンゲンに到着の図

1620年頃に書かれた造船に関する論文

海軍本部図書館 Ms. 9: Orders and Instructions of the Duke of York, 1660”に含まれるウィリアム・ソールズベリーによって The Mariner’s Mirror occasional publications No.6として刊行された。 手写本は36枚のフォリオより成る(未公開)。

- ・ 著者について、ソールズベリーはマシュー・ベイカーとも仕事をしたことのあるデッドフォード造船所の倉庫管理官ジョン・ウェルズと想定している。
- ・ 付随していたと思われる図面は失われているが、文章の記述に基づいてソールズベリーが断面図と側面図を再現している。
- ・ 第1部とも言うべき部分は船の部分名と部材名を紹介。
- ・ 第2部の部分は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。船大工親方に読まれることを意識して書かれた。
- ・ 累乗の曲線と対数が使用され、幾何学の正矢の数値が使われる等、大幅に数学が取り入れられている。

ソールズベリーによる横断面の復元



数値は記述より筆者が記入

ソールズベリーによる側面図の復元

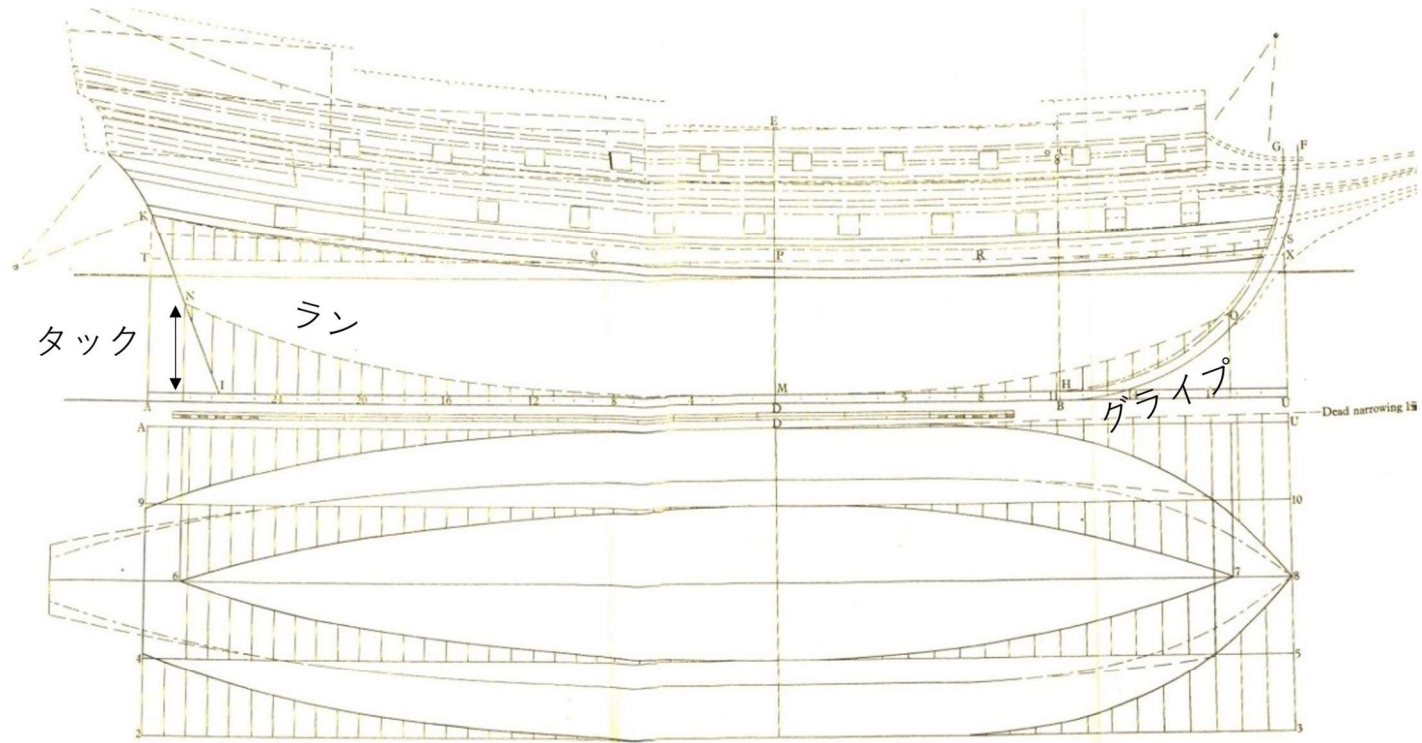


Fig. 3

船の寸法と材料

- 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(モールド)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。
- 立方体として、三つの寸法を掛け合わせた結果を100(1.00)で除する。(即ち、「ベイカー氏の古い規則」のように97(0.97)の除数ではない。)
- 材料：材木、板、鉄製品。
- 材木：真直ぐなもの、屈曲したもの、肘型のもの。
- 板：厚さが4、3、2、 $1\frac{1}{2}$ インチ (10cm~3.8cm)
- 木釘：3、 $2\frac{1}{2}$ 、2、 $1\frac{1}{2}$ 、1フィート(91cm~30.5cm)
- 鉄製品：釘

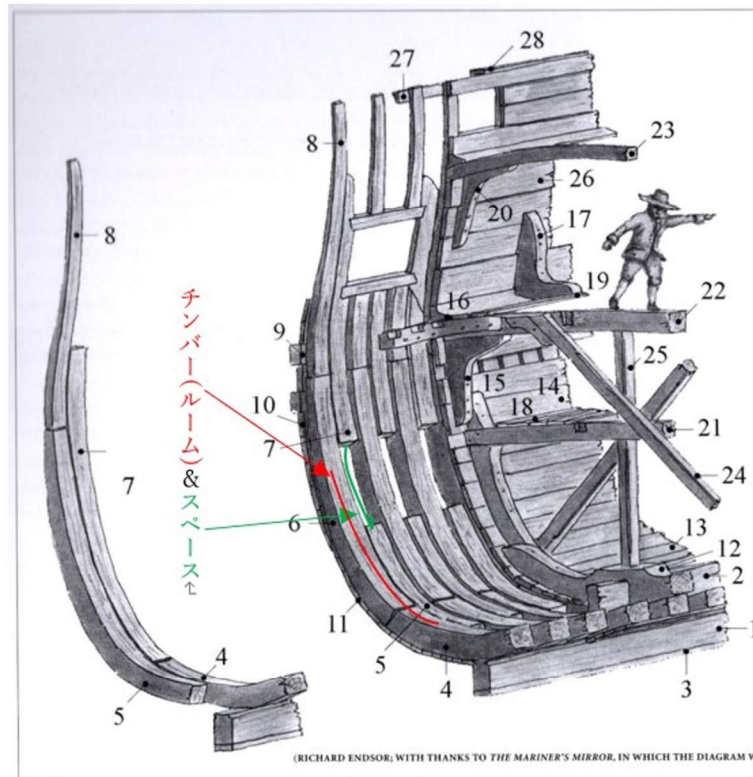
部材の幾つかの記述

- ・ 舵：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。
- ・ 梁柱(ピラー)：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(ライダー)に下部でボルト付けされている(クロス・ピラー)
- ・ ネイバル・チンバー：正確には別個に肋骨が作られことはほとんどなく、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一部である。
- ・ 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(タンブルホーム)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。



部材の名称 (リチャード・エンザーの図)

註⁽³⁶⁾図 : Richard Endors, "The Midship Bend of *Hampshire* 1653" の挿絵



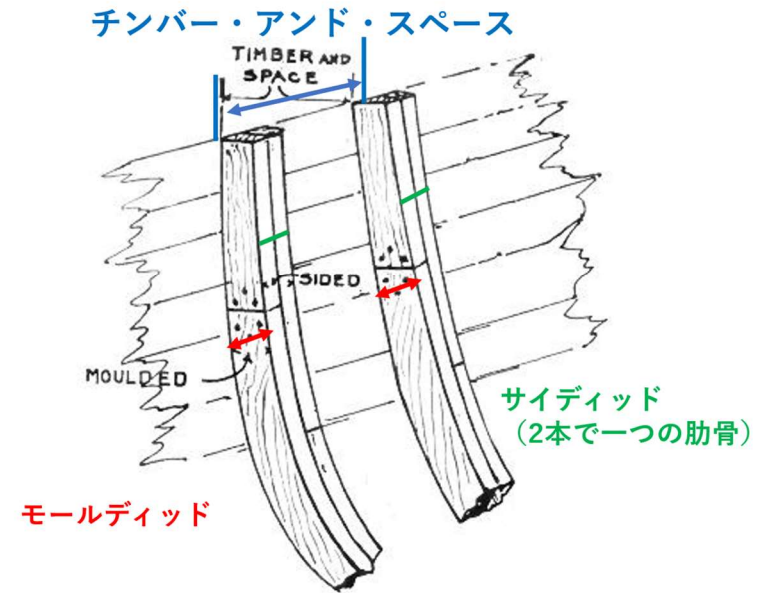
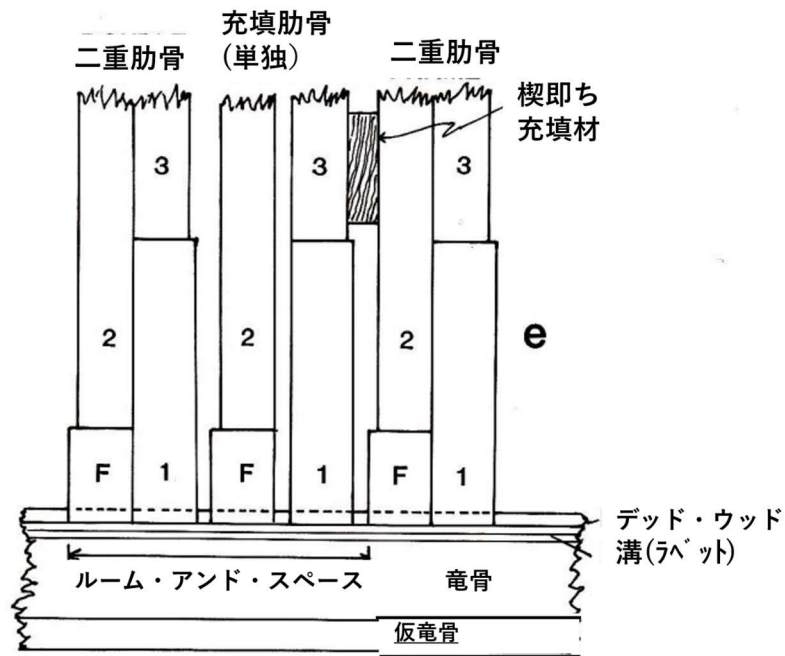
1. 竜骨 キールソフ 2. 副竜骨、7851 3. 仮竜骨、
4. 肋根材、フロアー・ナンバー
5. 下部フトック、ミドル 6. 中部フトック、アッパー 7. 上部フトック、8. トップ・チンバー、
9. 外部腰板、
10. ガートリング (ファリング)、11. 外板張り、
12. 底部ライダ (中央ビラー)、13. 底部腰板、
14. 内部板張り、15. ガンデッキ堅梁曲材、 16. ガンデッキ横梁曲材、17. 堅梁曲材、
18. 船倉内の基台、
19. ガンデッキ、
20. 上部甲板曲材、
21. オルロップの梁、22. ガンデッキの梁、
23. 上部甲板梁、
24. クロスビラー、25. ビラー、
26. 副梁受材、28. 舷縁材

チンバー(ルーム) : 中部フトック

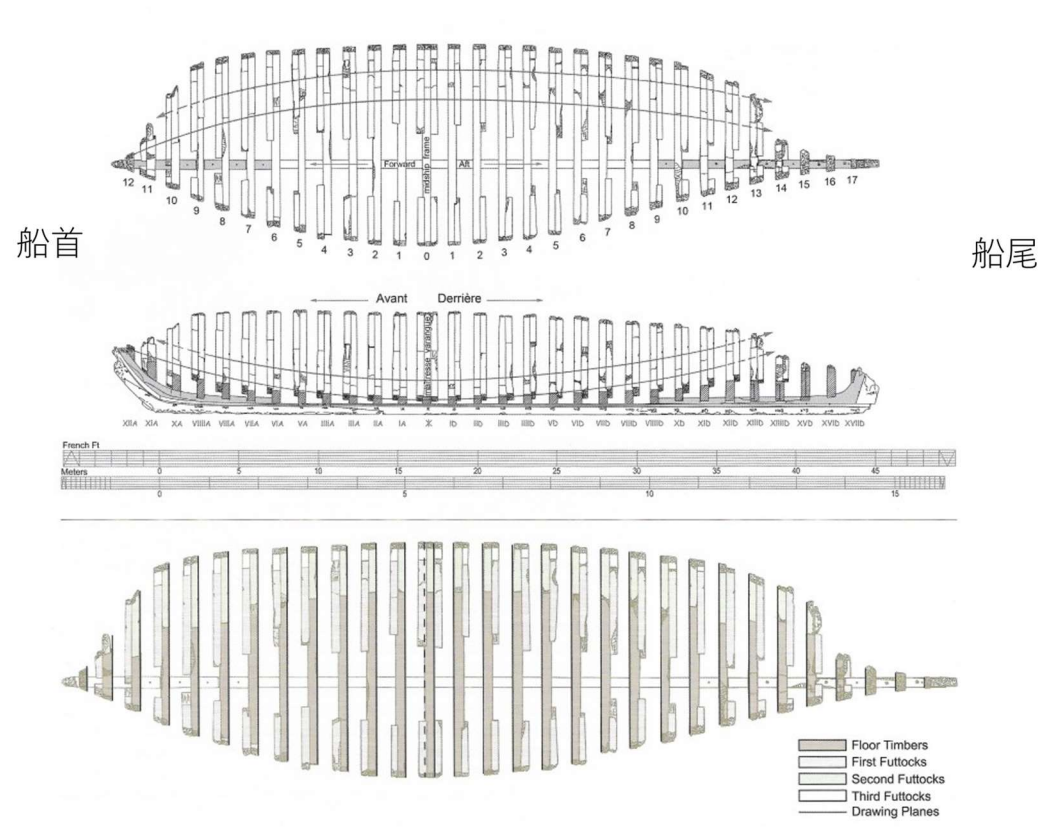
スペース : 下部フトックと上部フトックとの間の空間

肋骨の型板取りとチンバー(ルーム)&スペース

ブラウン大学絵入り海事辞典
 ルーム (チンバー) アンド・スペースの
 模式図



1686年頃にメキシコ湾で沈んだフランス船 ラ・ベル号の肋骨と隙間取り (スペーシング)



550トンの軍艦(ワースパイト号)による作図

ソールズベリーがホール・モールディング法と考える記述：

• 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ョ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)

“The Tudor Navy”の著者、アーサー・ネルソンも16世紀の英国船はホール・モールディング法で設計されたと考えている。

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(パースペクティブ) [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。

船腹増大(ファーリング) と曲線(スィープ)

船腹増大：

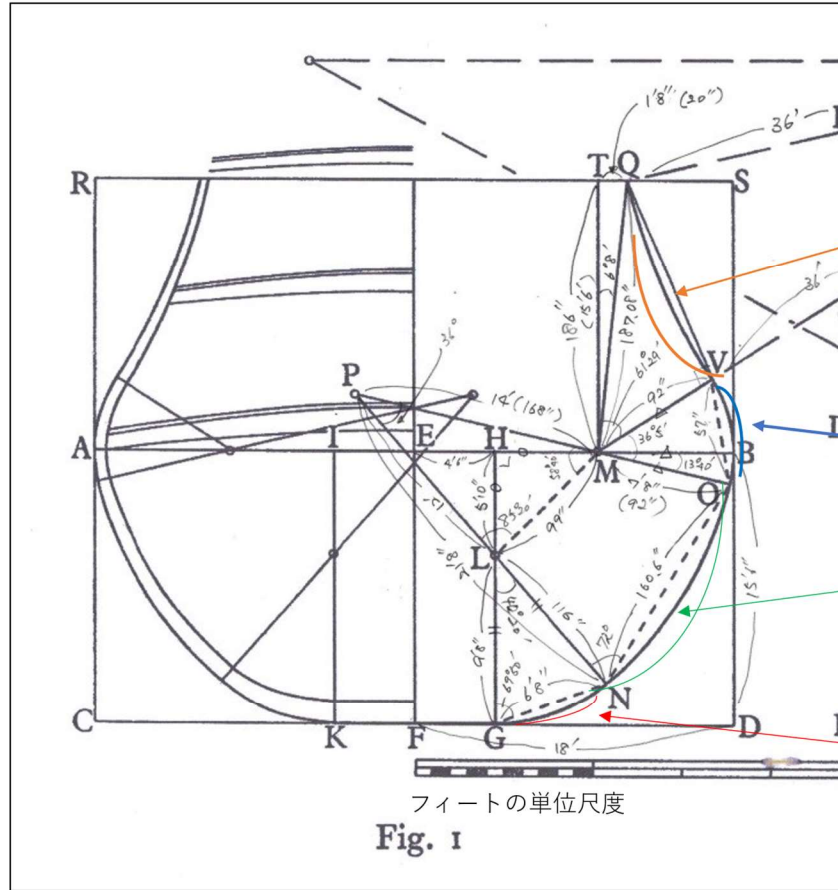
商人達は、積込みスペースを得るために大きな船底をやたら欲しがりますが、そのために、大部分の船が、船側が華奢になっていても、後で船腹増大(ファーリング)をするように建造されるために、軸を台無しにしてしまう（下線は筆者による）。良い軍艦では、船底は船幅の $\frac{1}{3}$ 以上となっても $\frac{1}{4}$ 以下となってもいけなく、プリンス号はこの比率であった。しかし、もっと具体的には、全ての種類の船に、幅と深さの差は $\frac{1}{2}$ 、即ち半分が考えられよう。

曲線 (スィープ)：

どの横断面も3本の曲線(スィープ)から成り立っており、**凹んだ(ホロウイング)部位 (タンブルホーム)**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ない。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13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、その中心が常に船幅あるいは、船幅の線上になければならない**ネイヴァル・チンバーの曲線**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。

最大横断面図 Fig.1の拡大

弧を描く順番・・・
 ① ↓
 ② ↓
 ③ ↓
 ④ ↓



- ④ QV ホロウイング曲線
- ② 第3: \widehat{OBV} 船幅曲線 (トップ・チンバー型板)
- ③ \widehat{NO} フトック曲線 (フトック・チンバー型板)
- ① 第1: \widehat{GN} 肋根材頭部の曲線 (肋根材型板)

最大横断面の作図の仕方の詳細な説明

それでは最初に、幅と深さの長方形ABCD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(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 \widehat{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2123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(接点Bを持つのは第3曲線 \widehat{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、凹んだ(ホロウィング)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。

弧の弦(サブスタンス)の数学による計算

3辺の知られた非直角(オブリク)三角形LPMで、角度を見付ける。LNはLGと等しく、これを21フィート8インチのPNから取ると、12フィートのPLが残る。またMOはMBと等しく、これをPNと等しいPOから取ると、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。

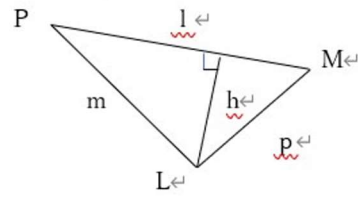
LMが	101.8インチ (訳注：正しくは99)		
MPが	171* (訳注：108・1+62・9) (*訳注：正しくは14×12=168)		
LPが	147** (訳注：108・1+38・9) (**訳注：正しくは12×12=144)		
合計	419.8		
合計の $\frac{1}{2}$	209.9	・・・	7677.9875
第1の差異	108.1 (209.9 – 101.8)	・・・	7966.1743
第2の差異	38.9 (209.9 – 171)	・・・	1589.9496
第3の差異	62.9 (209.9 – 147)	・・・	1789.6506
			19032.7620 (訳注：正しくは19023.7620)

この $\frac{1}{2}$ は18^d11'の角度Pの半分の対数・・・9516.3810なので、全角度は36^d22'である。
 訳注：この計算は註⁽³⁸⁾のヘロンの定理を用いている。

ヘロンの定理

←

(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。←
 ←

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

第 1 の差異 = $s-p=108.1$ ←

第 2 の差異 = $s-l=38.9$ ←

第 3 の差異 = $s-m=62.9$ ←

△PLM の面積を S とする。←

ヘロンの定理：←

$S=\sqrt{s(s-l)(s-p)(s-m)}$ ←

$s=\frac{(l+m+p)}{2}$ ←

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

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

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

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

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

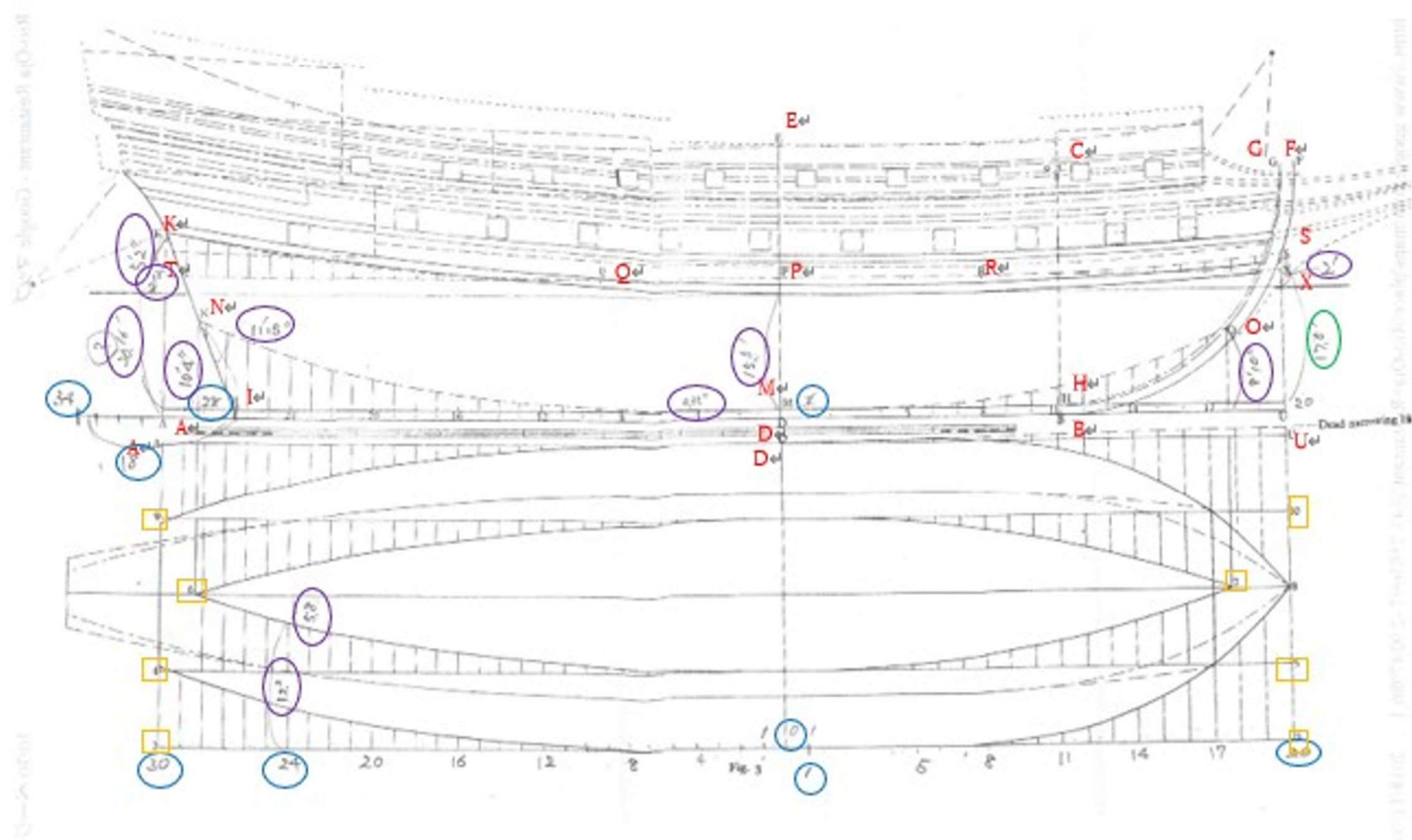


図 44 : Fig.3 を拡大したもの

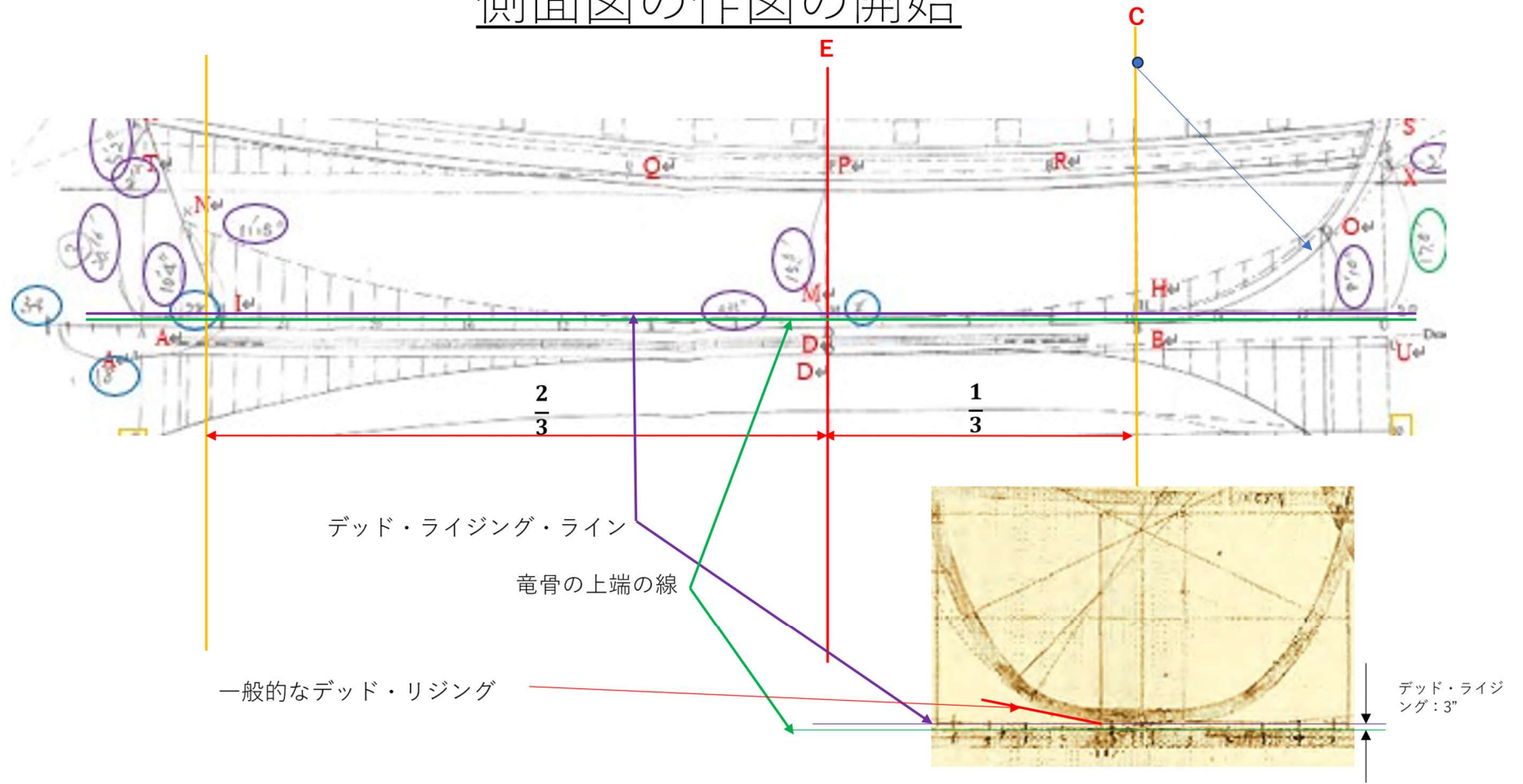
次の9点を考察する

1. 竜骨の設置。
2. 船尾材の長さを伴う船首と船尾の勾配(レイク)。
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. 船腰板の上がり(ハンギング)と下がり(ドロウイング)。
7. 長さとの区割り(パーティション)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。

竜骨の設置

- 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。
- 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。
- デッド・ライジン・ラインと呼ばれるもう1本平行線を3または4インチ離れて、塗水孔(リンバー・ホール)のために引いてもよい。
- 船尾材IKの勾配は天頂から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。この角度で船尾材用の直線IKを描く。

側面図の作図の開始

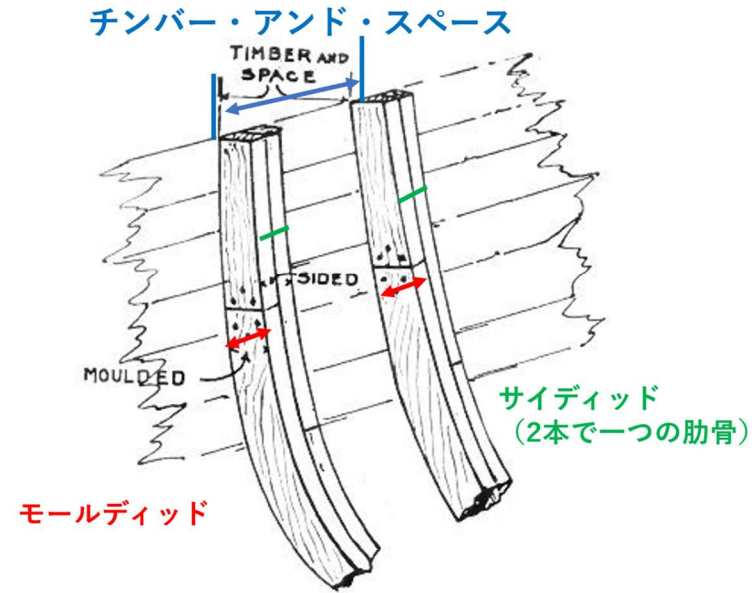
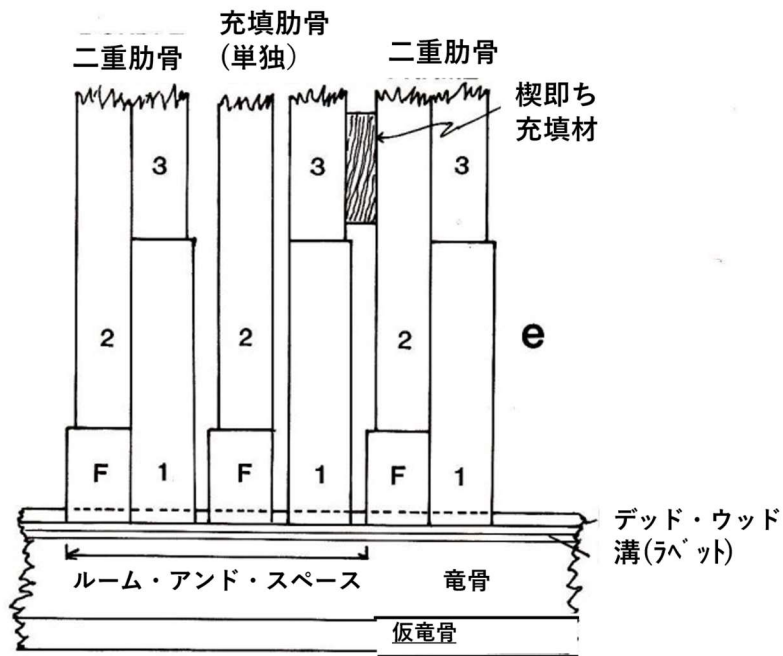


肋骨の配置(チンバー・アンド・スペース)：
隙間取り(スペーシング)

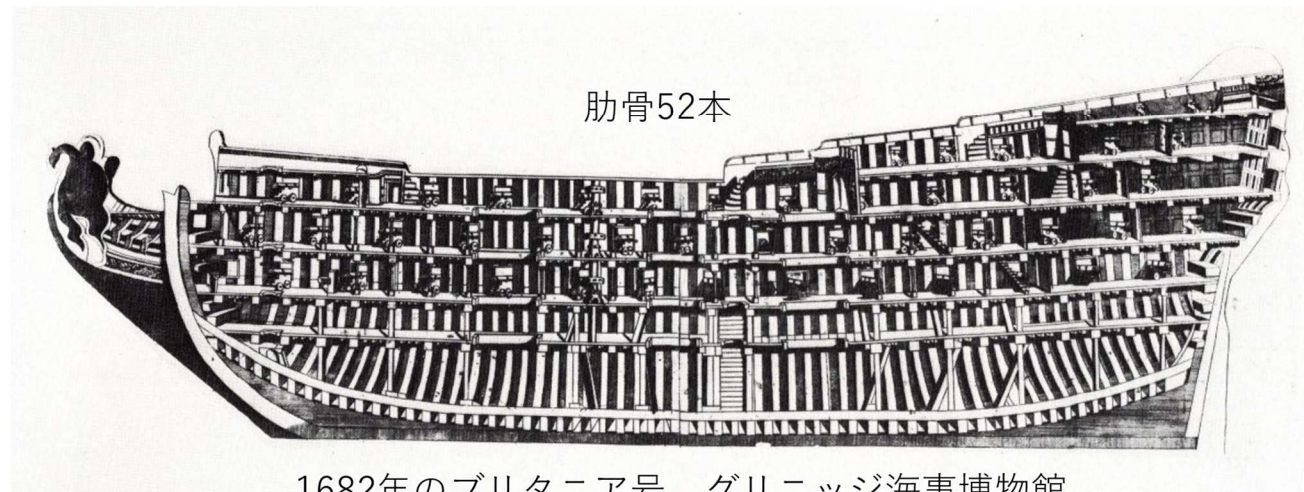
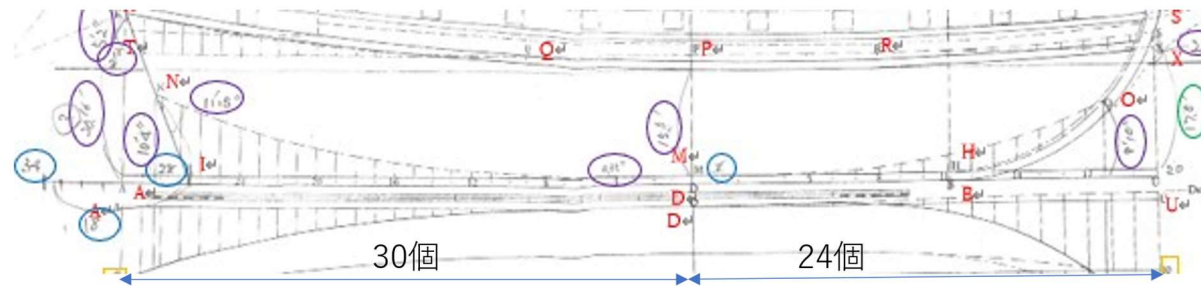
- 竜骨の $\frac{2}{3}$ である66フィート8インチに船尾材の8フィート4インチを加えて、75フィートを有する後部方向の長さを得る。それを2フィート6インチ(76.2cm)で割ると、この容積の船に適切な船尾方向への横断面の数30を得る。竜骨の $\frac{1}{3}$ である33フィート4インチに、船首材の勾配の26フィート8インチ加えると、60フィートを得、これを2フィート6インチで割ると、船首方向の横断面の数24を得る。(合計54の隙間取り)
- *実際の肋材の幅は20～25cmくらい。
- もし、横断面の数を少なくしたいならば、肋材とスペースを増し、2 $\frac{1}{2}$ フィートの代わりに3フィート(91.4cm)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。(合計50の隙間取り)

肋骨の型板取りとチンバー(ルーム)&スペース

ブラウン大学絵入り海事辞典
 ルーム (チンバー) アンド・スペースの
 模式図



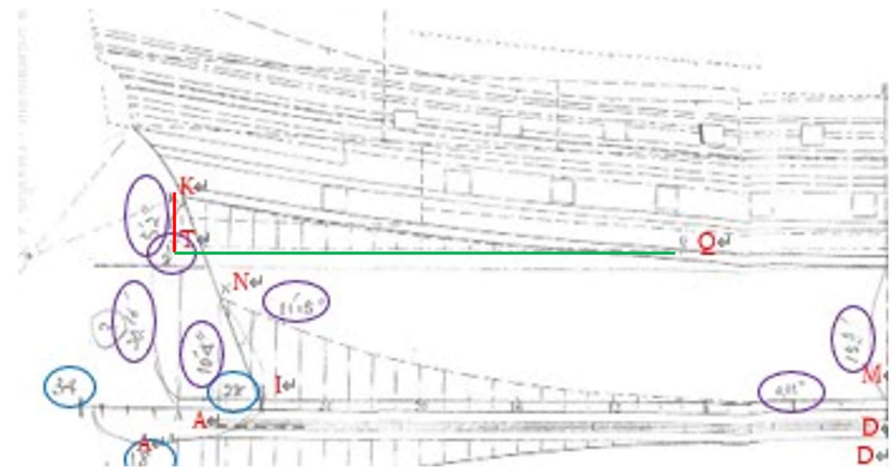
隙間取り(スペーシング)と実際の肋骨の配置



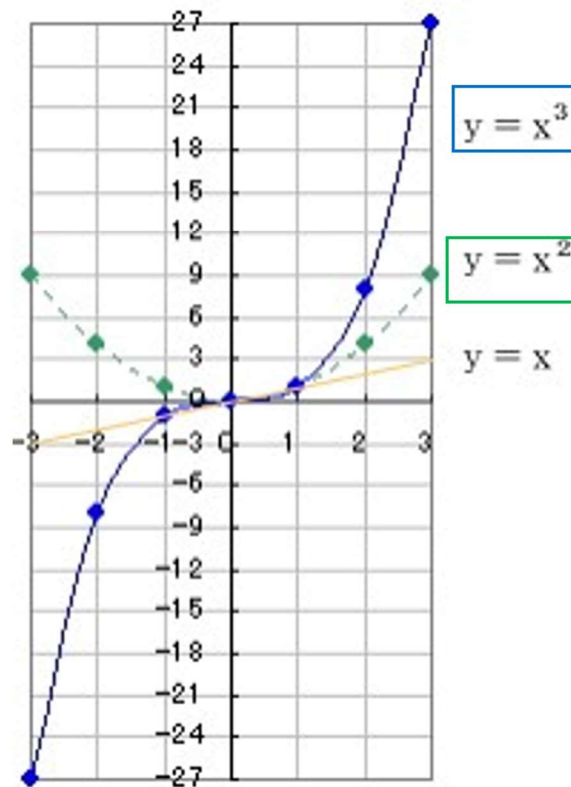
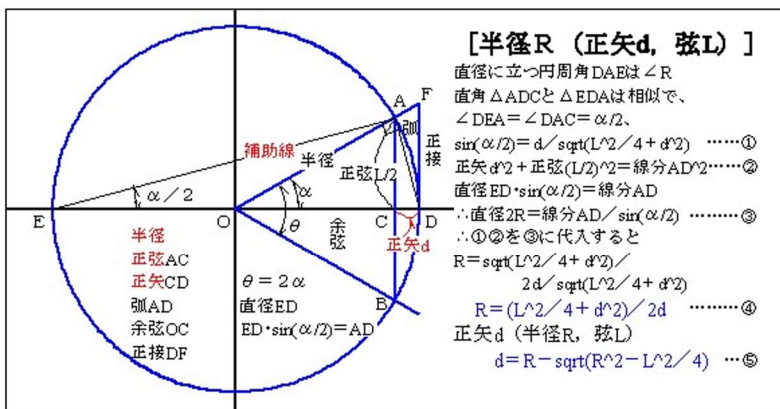
1682年のブリタニア号 グリニッジ海事博物館

三角関数の正矢による弦の数値の求め方

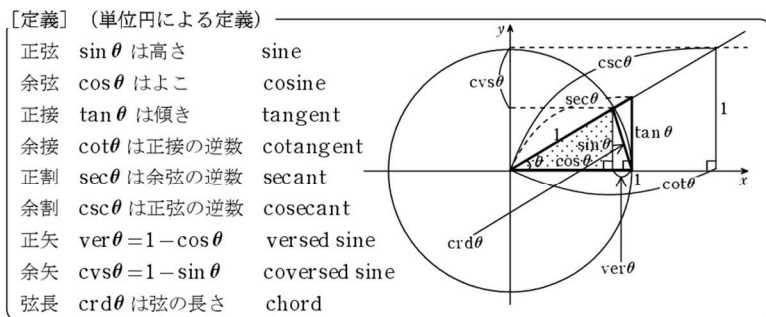
- 円によって作られた上部上昇線の諸部分は同じようなやり方で求めることが出来るであろうが、2点が与えられているだけなので、いかなる円であっても、そこを精確に通る円を描くためには、貴君は**第3の点を必要**とする。最大上昇の20.66フィートから深さの15フィート6インチを取ると5フィート2インチ、即ち62インチが、その弧の**正矢(せいし)** (versed sine) に等しい**TK(タック)**に残る。そして**TQ**は21個の横断面となり、全横断面が各々30インチを有するので、線全体で、その弧の**正弦**に等しい**630インチ**がある。
- これによって、二つの数値がインチを正弦に換算する 630インチの平方を62インチで割ると6401.6が得られ、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： 10^5 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。即ち正矢 $ver\theta$ と余弦 $cos\theta$ を加えると半径となる。)



数学の使用：幾何学の正矢と累乗根の曲線の使用



単位円による三角比の定義と相互関係の図形的証明



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(モールド)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	下部の上昇 (ライジング・アロウ)		上部の上昇 (ライジング・アロフト)		下部の狭まり (ナロウイング・アロウ)		上部の狭まり (ナロウイング・アロフト)	
	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

最大横断面から全ての横断面の作製

- 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。

船尾方向へ										
横断面	下部の上昇 (ライジング・アロウ)		上部の上昇 (ライジング・アロフト)		下部の狭まり (ナロウイング・アロウ)				上部の狭まり (ナロウイング・アロフト)	
	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

例として後方の第20番横断面(図39のFig.2)を描く①

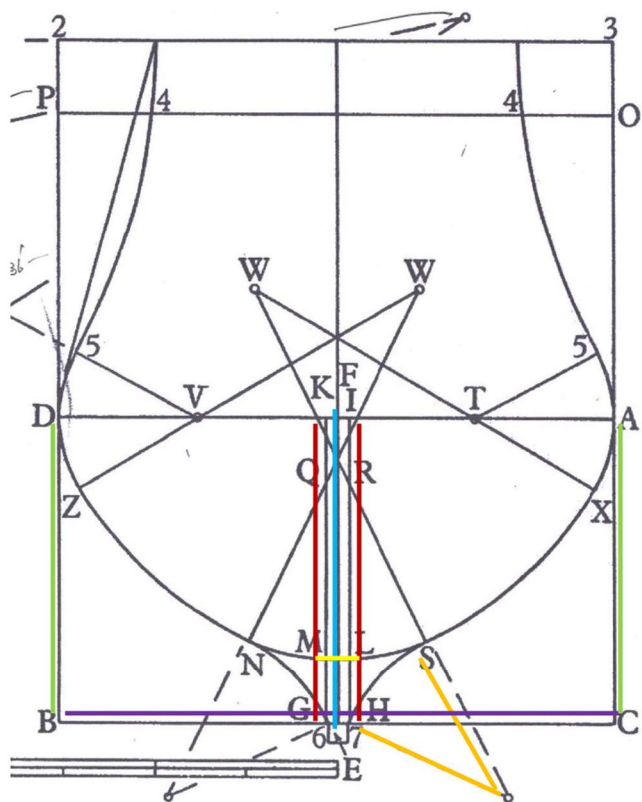
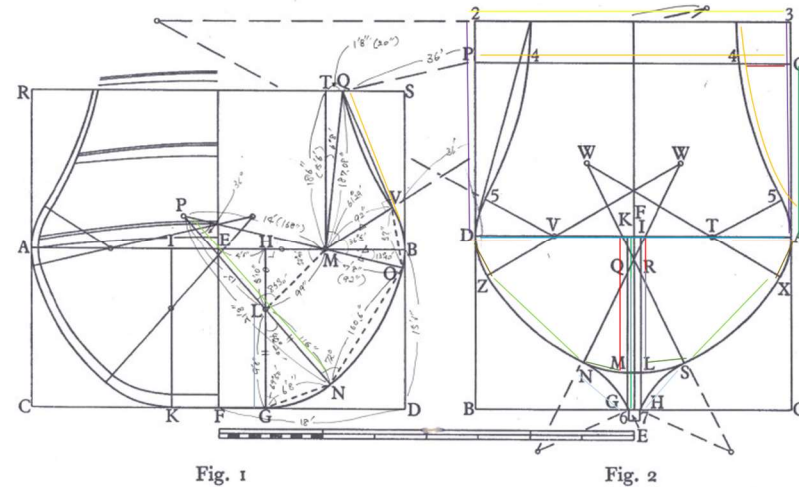


Fig. 2

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。
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。
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。
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。

例として後方の第20横断面(図39のFig.2)を描く②

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。
6. Fig.1の第1の曲線の半径GLを取り、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、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に他の脚で弧NZとSXを描く。それから、Fig.1のトップ・チンバーの曲線QV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(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る。

もっと速いやり方①

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。

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。

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。

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。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、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。

もっと速いやり方②

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方法は、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ろう。

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。

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、船幅用に地上線へ平行線を引く。・・・・

もっと速いやり方③

(第4.～第7.省略)

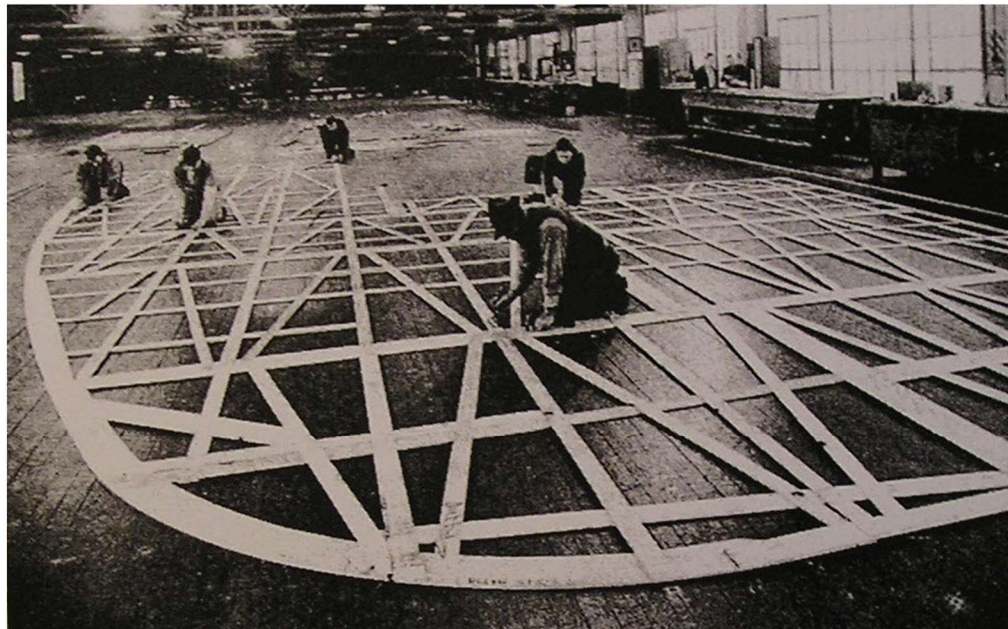
第8.押し上げの印に従って、フトックの頭部上にトップ・チンバーを揚げ、その船幅を上部のサーマークに合わせ、それによってトップ・チンバーに刻み目を付ける。そうすると、横断面全体が、全ての横断面の部分と共に真に型板が写される。

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**。

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。船全体の容積(バルク)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、全てが一緒になって見取り図上に描かれた線に合わせるために、それぞれが有すべき適切な斜角、即ち曲がり込み(ワインディング)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。

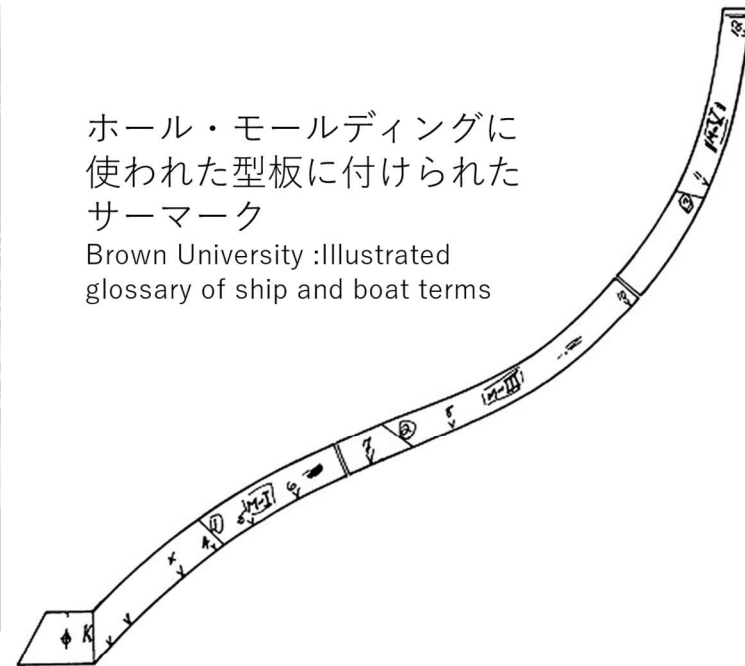
モールド・ロフトでの型板作りとサーマーク



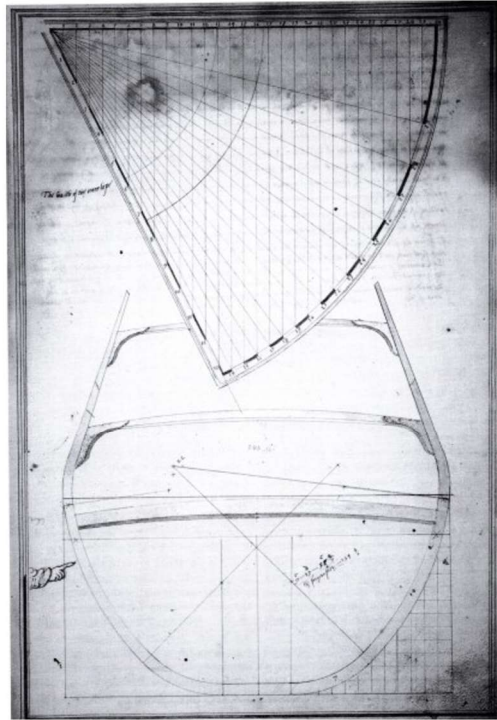
英国の造船所のモールド・ロフト、20世紀初頭？

ホール・モールドイングに使われた型板に付けられたサーマーク

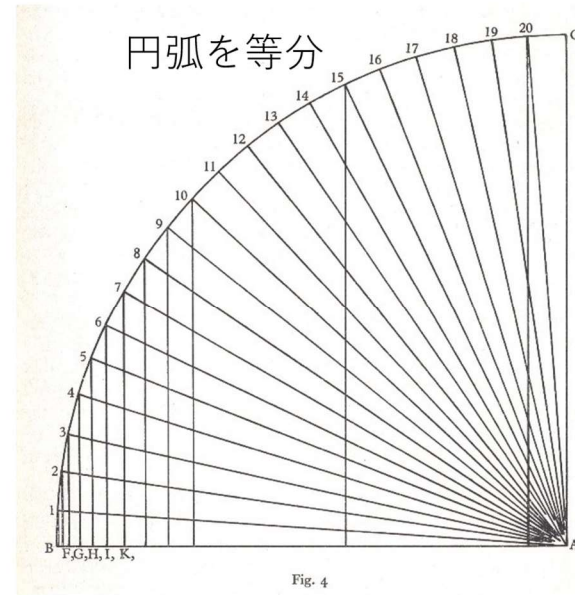
Brown University : Illustrated glossary of ship and boat terms



正矢を漸減させるの四分円を紹介して文書は終わる

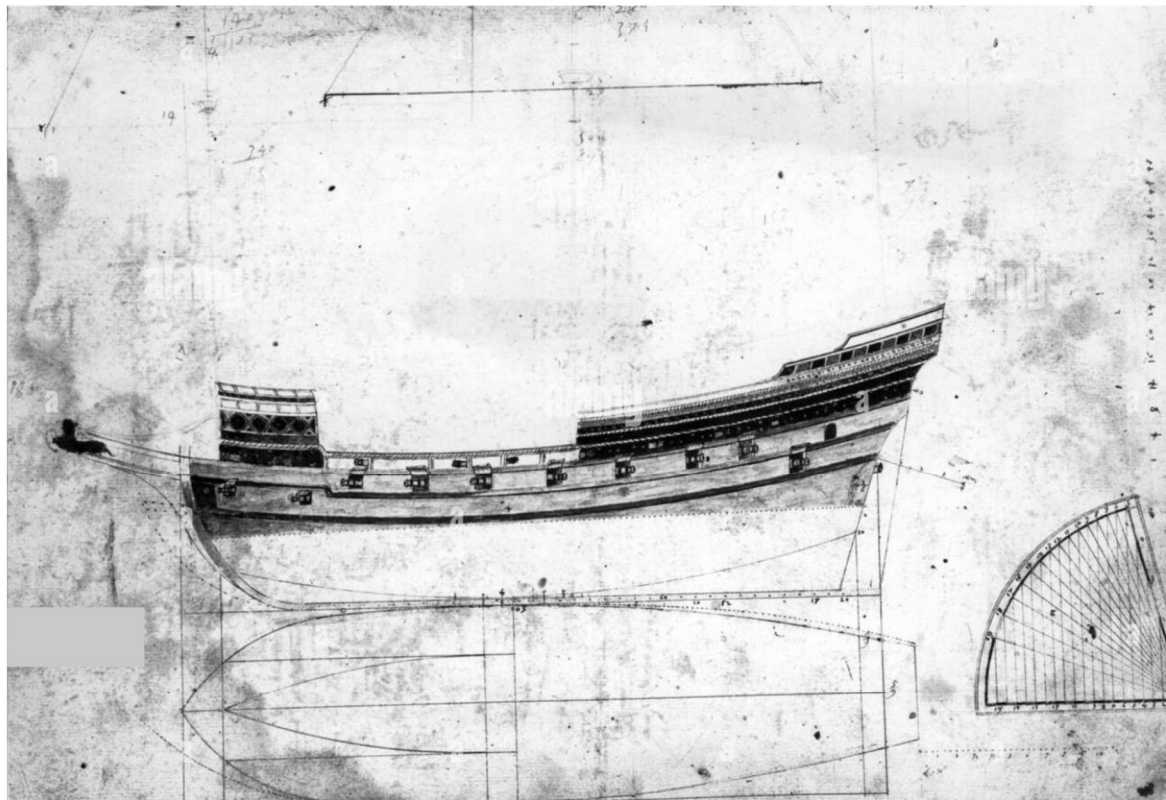


半径を等分



ベイカーの船大工術の断片の漸減スケールのある図 P15

正矢を漸減させるの四分円を紹介して文書は終わる



半径を等分

終わり

ベイカーの船大工術の断片の漸減スケールのある図(ページno.不明)