ハリオットの造船と索具に関する手写本（1608～1610 頃）

ジョン・V.・ペッパー

海事科学の 500 年　1440～1900 年

1979 年 9 月 24～28 日、グリーンウィッチ、於：国立海事博物館

海事科学と水路学の歴史の第 3 回国際会議の議事録

デレク・ホースによる編集

国立海事博物館、航海及び天文学管理者

翻訳：山田義裕（訳者所蔵：no.1961）

HARRIOT'S MANUSCRIPT ON SHIPBUILDING AND RIGGING (ca.1608-1610)

JON V. PEPPER

FIVE HUNDRED YEARS OF NAUTICAL SCIENCE 1400-1900

Proceedings of the Third International Reunion for the History

of Nautical Science and Hydrography held

at the Greenwich

24-28 September 1979

Edited by Derek Howse

Keeper of Navigation and Astronomy,

National Maritime Museum

大型木造帆船の時代に、設計（デザイン）と建造は、変革が漸進的に過ぎず、長い期間に及んで確立された伝統を伴った手工業であった。きちんとした基盤も、認められた理論も何も無くては、これは避けがたいことであった。いったんなんらかの流儀または方法がそれなりに上手く行くことがわかるか、あるいは時間を掛ければ何とかなることがわかっていると、船は稼働中に様々な条件に遭遇するので、変革というものはどれも船を危険な目に合わせ、ひいては往々にして船そのものと積荷に投資した多額の金を失わせる可能性があると思われた。多くの方法が職業秘密であり、必要であっても誰でも手に入れられるものではなかった。英国では 16 世紀終わり頃に、大型となった冒険的事業の重要性が出てきて始めて一般的な関心が高まったように思える。ただ、これは、様々な種類の大西洋での航海がそれよりも早くから開始されたのではなかったと言いたいのではない。(*１)

しかしながら、職業の保守主義は、船の使用のされ方とその居る場所から生じる差異があったことを意味するものではない。積荷、揚陸（グラウンディング）（訳注：修理のため)、必要な吃水は重要な考慮項目であったが、安定性、横揺れ、そしてある程度は速度さえも重要であった。軍艦には頑丈さも確保されなければならなかった。これらの要件はどれ一つとして両立するものは無く、全てが手つかずのまま残され、コストを理由にカットされることになり、それがしばしばトラブルとなり後日の出費となった。たとえば、「船腹増大（ファーリング）(furring)」、即ち後になって「横倒しになり易い(crank) 」船体の肋材を建て増しする必要性は、ハリオット自身の文書と多分 1620 年代に書かれたものの、1644 年まで出版されなかったメインウェアリングの辞書（*２）の両方に登場する当時の英国船に共通な特徴であった。

ハリオットの造船に関する文書は、BL Add 6788, ff.2-48 (f.1 は後日のタイトルのページ)として現れる。それらは転記されており、直接の影響はないと思われるわずかな脱落を伴うが、タイプしたコピーが間もなく入手できる準備が為されている。(*３）それらの由来と目的については、ハリオットの残された書類の大部分と同様に、確実なことは言えず、推測の域を脱しないものである。しかし、1608 年から 1610 年という年代考証は、次の理由から合理的に思われる。文書内の証拠として、良く知られた船プリンス・ロイヤル号が 1610 年 9 月 25 日に進水したと正しく言及しており(f.2)、この日付は同船の建造家ピネアス・ペットの自伝の中で確認されているからである。これよりも日付の早い船が 1～2 隻挙げられているが、これより遅いものは全く挙げられていない。
プリンス号は 1608 年 10 月 20 日にその竜骨が据えられ、当時最大の船の 1 隻であった。そのデザイン、建造、そしてコストに真剣な議論が持ち上がり、1609 年に国王によって裁可されなければならなかった。この時彼は当時のペットと何人もの他の建造家達と助言者達の間で　－最も高名なマシュー・ベイカーも 79 歳で未だ矍鑠としていた－　裁定を下した。1604 年の the slight Jewell of Artes の著者ジョージ・ウェイマス（George Waymouth）もその一人であった。当時グレシャムの幾何学の教授であったヘンリー・ブリッグス(Henry

Briggs)は第三者の判定者として迎えられた。(*４)
ハリオットがプリンス号に係わっていたという確たる言及はないが、f.3 に帆柱の寸法に関する「これは 1608 年 2 月 28 日（＝木曜日）に草案を作り、船大工のベイカー氏(Mr. Baker)のために E マーロウ(E Marlow)に渡した。」という明確なノートが見つかっている。(*５)
ハリオットの以前の庇護者で、未だに友人であったローリー(Raleigh)はロンドン塔に(訳注：ウォーター・ローリーは監禁されて)居たが、造船の問題に関心を持っており、科学的な事柄に関心のあった国王の王位継承者であるヘンリー王子に接近しようとしていた。
ハリオットはトーマス・エルズベリー卿(sir Thomas Aylesbury)を友人と文通者の中に数えていた。同卿はそんなわけで彼の遺言執行人の一人となったが、1628 年に海軍の第一サーヴェイヤーに任命された。
年代と由緒についてはここまでとしよう。当然ながら誰もがハリオットの造船の文書の重要性がどんなものであるか、そしてその時代の他の似たような著作との関係を知りたいと思うであろう。事際のところは、情報源は貧弱と言っても過言ではなく、極めて多くのことがたとえ書き留められていたとしても、残っているものはほとんどない。多分、主たるものはベイカー、特に通常 1586 年頃のものとされている未出版の Fragments of Ancient English Shipwrightry を多く引合いに出している図や文章である。これは W.ソールズベリーと R.C.アンダーソンによって出版された作者不明の手写本によって補われる。(*６)今後ペットワース文書 the Petworth papers として言及するこれらの文書は、1620-1625 年頃のものと考えられ、元々はペットワース邸から出たものであった。このことは、ハリオットとなんらかのつながりを窺わせるものであるが、それは彼の庇護者のヘンリー・パーシー(Henry Percy)が 1621 年後半にロンドン塔から釈放された後、そこにあった彼の所有地に引退したからである。ただ、パーシーの息子、第 10 代伯爵（1602～1668 年）が同世紀後半にロード・ハイ・アドミラル(Lord High Admiral)であり、海軍に関心があったために、彼らがそこに居たこともあり得る。重要であるが、ほとんど気づかれていない著作は作者不明の手写本「造船のための最も優れた方法(A most excellent mannor for the building of shippes)」で、この文書は入門的な幾何学の教材、表、そしていくらか海事(sea-matters)に係わることを含む長大な著作である。(*７)ペリン(訳注：William Gordon Perrin, 注（*２）の作品のマンウェアリングとの共同編者)は、この作品は先進的なものであり、その素晴らしさは、何故彼が、その理論的な知識故に高い評価を受けたのかを説明するのに値すると述べ、この作品をウェイマス(訳注：George Waymouth、ca1585－ca1612,英国人、造船と数学を学ぶ。米国メイン州を探検。) の手に帰している。しかし、これほどスタイルと質が異なる作品が同じ著者のものとは信じ難い。

他の近い時代の出典源はメインウェアリングの辞書とスミスの辞書（*８）だけであるが、どちらも世に出たのは 20 年代である。ハリオットの文書は、ペットワースすなわち R.I.N.A.文書と同様に、多くの点で完了してはいないとはいえ、この重要で興味深いトピックスに

関する 3 ないし 4 冊の最も初期の詳細な英国の著作の中で特別に関心が持たれるものであり、我々が知る限り、唯一の著名な数学者によるものである。そうしてみると、彼の船の船体と索具の計算（後者については誰も彼より早い者はいない）は、そうした事項の珍しい計算例にすぎないかもしれないが、欄外の注に書かれたアイデアと円錐曲線の帆柱の寸法への適用は彼の時代の大雑把なやり方を超えるものであった。

ハリオットの線図の問題への　－現在ではそう呼ばれる－　アプローチは、時代が下ったペットワース手写本と、そしてこれも後のものであろう R.I.N.A.手写本と似ているが、細部において同じではない。彼は最初に最大横断面の寸法を考察する。これから全ての他の横断面（型板即ち横断面）)が派生するので、後で説明する長さ方向から取られた寸法と、もう一つ別の断面から取られた寸法と一緒になって、この最大横断面が後に続く計画図の基本的な出発点となる。線図のための主たる図形は失われてしまったが、最大横断面を正確に再現し、用いられた種々の選択出来る法則の大部分を取り戻すことが可能である。そこでハリオットは長さと深さの図面について述べる。ここで、言及された全ての点の正確な位置について少し不明確なところがあるものの、全般的な方法は明快である。次に長さと船幅の図面が来る。正確に言えば、これら二つは図面ではなく、ハリオットが、様々な他の船首及び船尾方向への型板を得るために、最大横断面型板をどのように適用するか

Fig.1　ハリオットの最大横断面の型板即ち横断面（f.48）（復元）

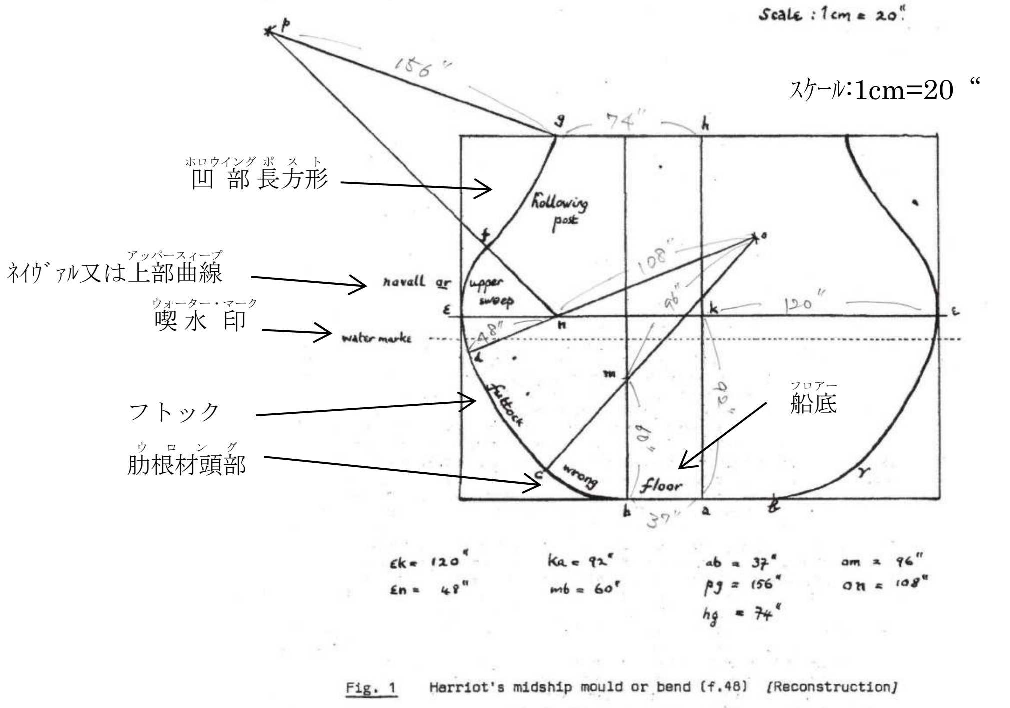


Fig. 1　Harriot's midship mould or bend (f.48) [Reconstruction]

を示している、次の横断面で使われる上昇線上に狭まりを加えることによって、そこから派生図が求められる、即ち計算される図形である。横断面はファッション・ピース、すなわち、船尾方向トランソンの横断面の計算書で終わるが、このトランソンの横断面は図面の中で、他の型板の垂直面に幾分斜めになっている。

Fig1 を拡大したもの。図内の書込みの数値は訳者による

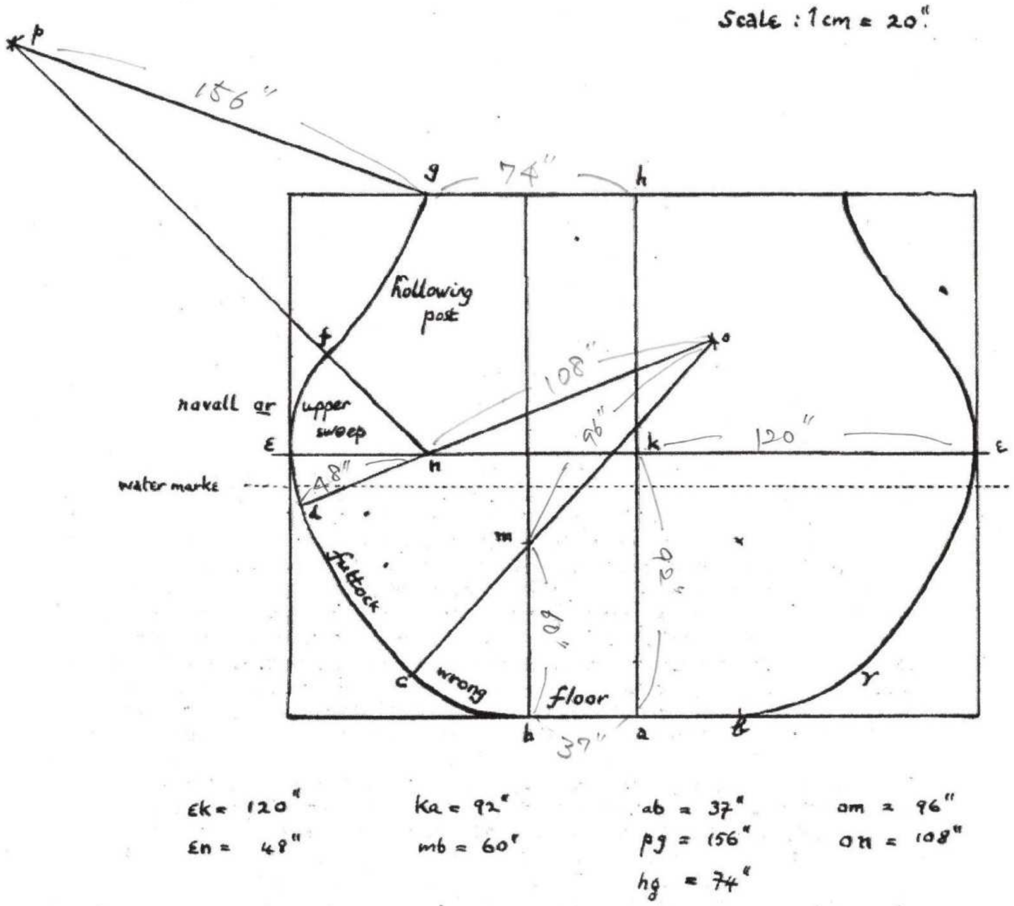


Fig. 1 Harriot's midship mould or bend (f.48) [Reconstruction]

ハリオットは最大横断面型板を f.48 と f.44 の 2 カ所で考察している。その名称にも係わらず、型板は正確に最大横断面のものではない。Fig.1 から、此処では型板は主に一つの長方形内に在ると理解される。*ka* は深さ、*ke* は船幅の半分で、これらには *2ka*<*2ke*<*3ka* の不等式関係がある。ここで *ke* は手写本で見られる 102 ではなく、*ke*=120 である。これは f.48

に現れているものによって確認され、もし ke=102 であれば、そこで船底(フロアー)に関して述べられている式、即ち$2ab=\frac{1}{2}(2ke-ka)$ が *2ab*－102－46＝56、即ち *ab*=28 となり、37（訳注：ペッパーの論文は 27 となっているが、明らかに誤り）と明瞭に示されていることに異なってしまう。*2ab*=120－46＝74(訳注：ペッパーの論文は *2ab*－120－46＝74 としているが間違い)、即ち *ab*=37 となり、船底(フロアー)は正しいものとなる。(*９）深さと船幅の差の半分の半分の式はペピシアン及びペットワースの手写本中(16p)でも使われている。*ke* 、*ka*、それによる *ab* が与えられると、計算の手順は、(i) *mb*、これは此処では *ke* の 6/12 と 7/12 の間(訳注：60"と 70"の間となる)となり、此処では 60" ; (ii) *en*、これは此処では *ke* の 2/5(訳注：48"となる) ; (iii) *oc*、これは *mc*＋3 *en* または *ke* の 17/10（訳注：204)、しかしそうはなっておらず（訳注：156)（後に、ペットワース文書は 2*ke* という全船幅(フルブレドゥス)を使っている)。*oc* の長さが *om*、また *on* も決定し、*m* と *n* が分かっているので、*o* 及びフトックの曲線(スイープ)*cd* が分かる。同じように *f* が見つかり、そこで *pf*＝*oc* である。

これらの曲線(スイープ)を同世紀遅くにアンソニー・ディーン卿が進歩させたものと比べてみると興味深い。(*10）ハリオットの文書中の船底の反り(キャンバー)は船幅の半分１フィートに対して１インチ (f.36）であり、此処では 10"である。これまでのところ与えられた種々の寸法は型板木材(モールドチンバー)の外側のためのものであるので、使われた種々の木材(チンバー)の深さを用いて、短い曲線(スイープ)（必ずしも正確に同心円ではない）は木材(チンバー)の内側のために使われなければならない。板張りが加えられるが、それは与えられた寸法には含まれていない。しかし、一旦板張りがされると、元々の型板(モールド)を計測することは難しいので、仕上がった船にとって、与えられた寸法は、板張りの外側のものとなり、そのために、与えられた寸法から個々の船体(ヴェッセル)を同定しようとすると、問題が起きかねないのである。

f.44 において、ハリオットは弧 *bcd* を得る二つのやり方を考えている。一つは楕円の圧縮円(コンプレスドサークル)の定義（訳注：flattening とも言う円を一つの軸の両側から圧縮して楕円にする方法）を使うやり方と他は四次函数(quartic)（四次方程式,biquadratic）の曲線として *bcd* を計算するやり方である。ハリオットはこれらのやり方は、名前が前述され、ベイカーによって認められたマルロウによって使用されたやり方であるとコメントしている。ベイカー(1530－1613 年)はもちろん良く知られ、ヘンリー7 世の船大工頭の息子であるが、マルロウについてはほとんど知られておらず、f.39 に「キャプテン・エドムンド・マルロウ、彼の本の題名はアルス･ナウペジカ､即ち造船の技（Captayne Edmund Marloe, his book entitled：Ars Naupegica, or the art of shipbuilding"）と更に言及されているだけである。この書物は HMC 3rd report (London, 1872) p230a　に、ケントのペンシャースト宮(Penshurst Place)の 9 ページの手写本として挙げられている。(*11）パーチャス(Purchas)の Hakluytus Postmus (1625 年)の中に、マルロウは 1612－1615 年の東インドへの旅行のキャプテン・ジェームス(Captain of the James)として見出される。(*12、訳注：本文で抜けている)

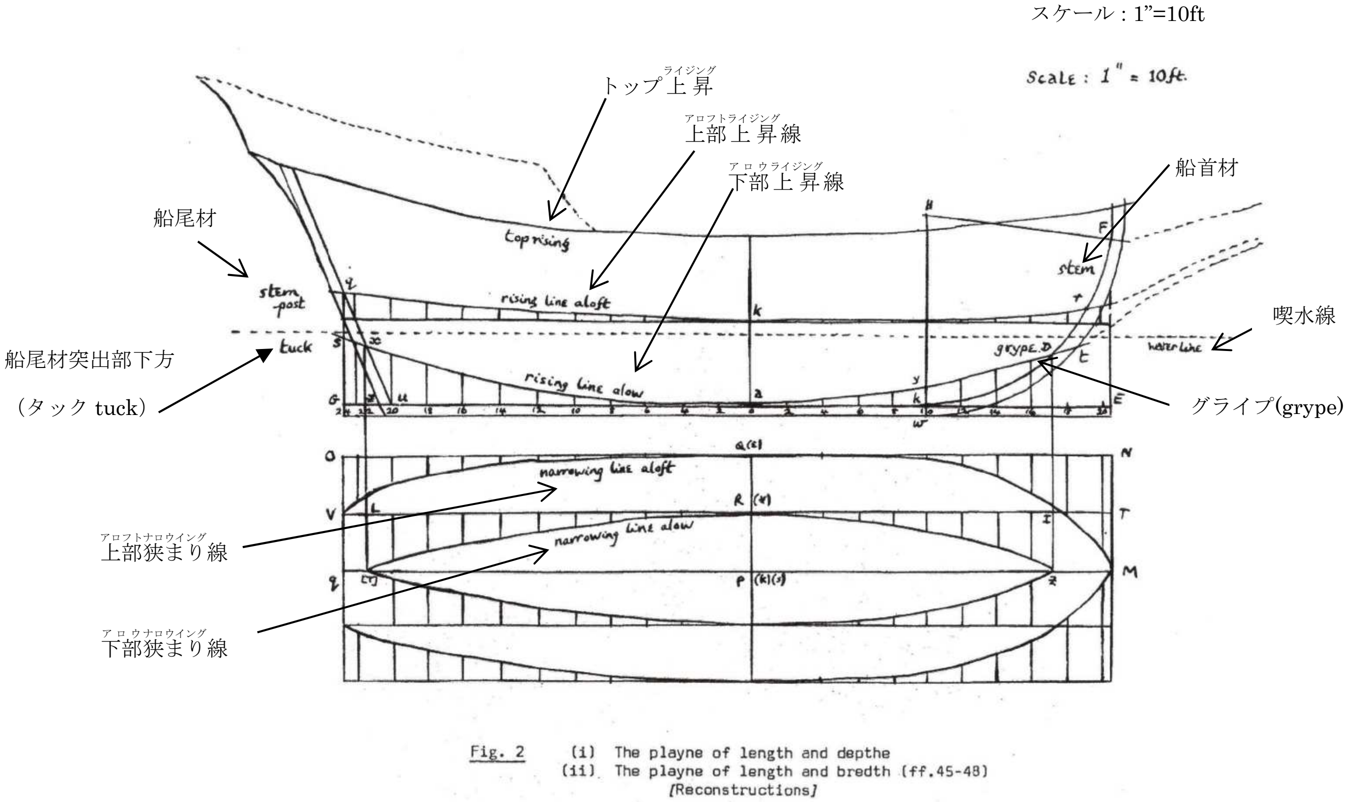


Fig.2 (i)長さと深さの図面（プレイン）
(ii)長さと船幅（ブレドウス）の図面（プレイン）(ff.45-48)
（復元）

彼は帰途、1615 年の可能性が高いが、死亡し、ジョン・デイヴィー(John Davy)（＝ライムハウス〔Limehouse〕のジョン・デイヴィス〔John Davis〕、訳注：北極海の探検で名高い）が航海記の中で「航海術と全ての数学において卓越した人物」と述べており、正に彼（訳注：マルロウ）そのものと思われる。

長さと深さの主な点（Fig.2）は、竜骨が、最大横断面（ミッドシップ）における船幅の 2〜3 倍であるということである。船首材は船幅と深さの間の大きさの円弧で(f.45)、限界に近い幅（ワイド）があると言えよう。船尾材は約 $\tan^{-1}(12/13)$(訳注：タンジェントの逆関数のアークタンジェント,8 ページの訳者の挿入説明を参照されたい)、即ち、$22\frac{1}{2}$°で後方へ斜出（レイク）しており、これはベイカーの手写本(Cf.23)の 70°と良く合っている。船倉の幅と船底を決める上方と下方への上昇（ライジング）線は 3 次曲線である。下方へのものの位置はタック（tuck、訳注：船尾突出部下方）とグライプ（gripe、訳注：竜骨での船首材取付け部）の在る場所によって決まる。タックは（メインウェアリングの言葉では）「水面下で船の船尾部（コーター）が目立って上方へ集まっている所（ギャザリング・アップ）」であるが、私としては、正確にはファッション・ピースの下（即ち後部（リアー）トランソンの境界、訳

注：わざわざ「後部（リアー）」と言っているが、船尾にあるトランソン全般を指すと考える）と捉える。ハリオットはこの高さを ka の 9/18 と 10/18 の間と計算している。これで船尾方（アフト）向の必要なパラメーターが与えられ、深さの 2/3 あるいは 11/14 が使われているペットワースの手写本のものよりも低くなる。これは船首材に於けるのではないと思う者がいるかもしれないが、それと同じように、この先で彼は、それが w の上で ka の 1/9 として、グライプを用いている。この数値は、ペットワース手写本(p23)の中で「誰かが認めている」ように「船首材の垂直に対する上昇（ライジング）のためのタックの垂線の 1/5」に対応している。

訳者挿入説明１：

アークタンジェント（逆正接関数）

アークタンジェントはタンジェント（ $\tan x$ ）の逆関数のことで，

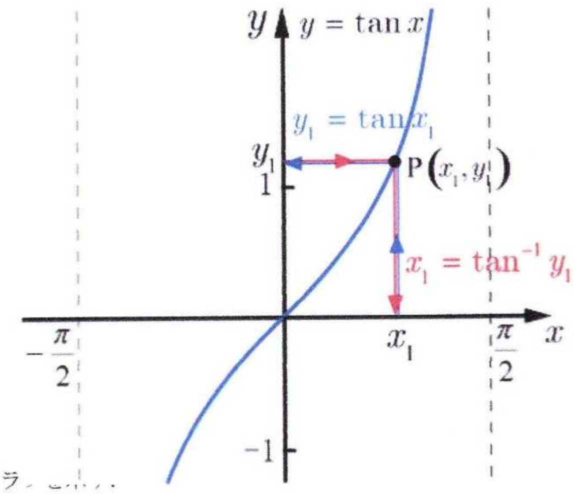
$\tan^{-1} x$ ，あるいは， $\arctan x$

と表す．

$y_1 = \tan x_1$ の関係をアークタンジェントを用いて表すと，

$x_1 = \tan^{-1} y_1$

となる（右図参照）．



$y = \tan x$ において逆関数が存在するためには， と が1対1の対応関係でなければならない．xよって，

$-\frac{\pi}{2} < x < \frac{\pi}{2}$

の範囲で $y = \tan x$ の逆関数が定義される．

下図に $y = \tan x$ のグラフと $y = \tan^{-1} x$ のグラ…

$y = \tan x$ のグラフと $y = \tan^{-1} x$ のグラフは $y = x$ の直線に関して対称である．

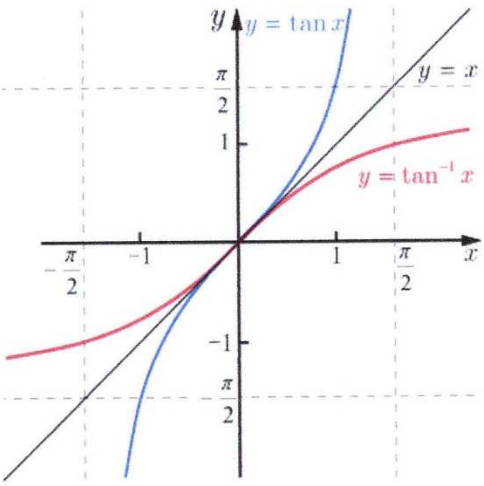


Fig.2 の拡大図

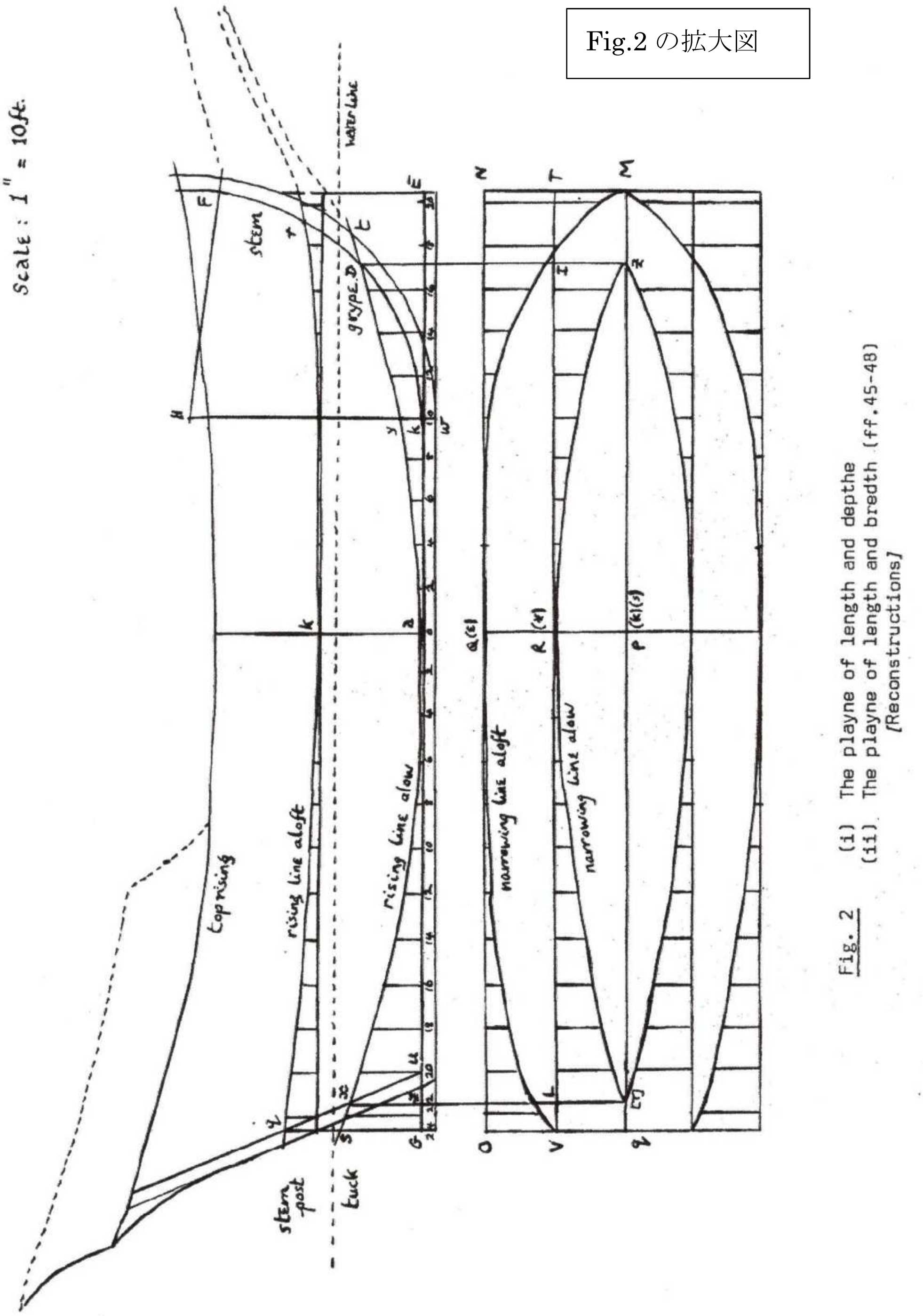


Fig. 2 (i) The playne of length and depthe
(ii) The playne of length and bredth (ff.45-48)
[Reconstructions]

メインウェアリングのグライプの定義は「水面下、特に下部に向かっている船首材のコンパス形状（即ち丸い部分）と急カーブ（シャープネス）」としているが、円または弓形（ボウ）としての下部上昇線（ビロウライジング）の古い近似方法（アプロキシメーション）ではこれらの数値（フィギュア）が確認される。すなわち、R をその円の半径とすると、その上を横切る弦は zx：wy = au^2：aw^2 = 4：1 であるが、実際は zx = 48、 wy = 12.75 で

ある。（訳注：ペッパーの原文の式は $zx : wy - au^2 : aw^2 = 4 : 1$ となっているが、これでは意味不明なので訂正した。なお Fig.2 において z は竜骨の上方に書かれているが、w と同様に竜骨の下方に書かれ、zx は wy と同様に竜骨の高さを含むべきと考える。横断面数、即ち同図の目盛から au:aw=20:10 なので、$au^2 : aw^2 = 4 : 1$ となる）、このことは、与えられた円に接するように、与えられた 2 点を通る円を描くという f.8 の問題に関係している。

上部上昇線については、各型板での梁の線であるが、ハリオットの文章は不明瞭である。ペットワース手写本は、船尾材での高さを最大横断面における深さの 4/3、船首材での高さを 9/8 としている。この種の対になった比率は、当時の全ての船の船首材を下げる傾向の要因となった。ハリオットはトップ・チンバーのための第 3 の上昇線に言及していないが、これは単純に梁線から深さの 2 倍の所であることが確立されていたからであろう。

訳注：上昇線について、上部のものを、rising line above、下部のものを rising line below と称し、Fig.2 中ではそれぞれを rising line aloft、rising line alow と称しているが、どちらも同じ「上部上昇線」、そして「下部上昇線」の意味と考える。なお、W.ソールズベリーが転記し、The Society for Nautical Research Occasional Publications No.6, 1958 で出版された著者不明の 1620-1625 年の造船に関する手写本 Ms.9 では、upper rising line、lower rising line と呼称している。以上は狭まり線でも同様である。

長さと深さの図面(Fig.2)には上部と下部の 2 本の狭まりの線がある。前者は梁の横断面の線を成し、後者は竜骨の上の船倉における船底の横断面に至っている。すでに指摘したように、狭まりのこの線は計画図ではない。船底最大横断面の幅は、図形に表されていることとは違って、そこの船幅の半分ではない。（訳注：ペッパー、あるいは手写本は「幅」あるいは「船幅」に対して width と breadth の両方を用いている。）我々が目にしているのは、狭まりを得るグラフィックな方法である。ハリオットが行っているケースにおけるこの効果は、船底が船尾方向への第 20 番の横断面のあたりで消えて無くなることである。

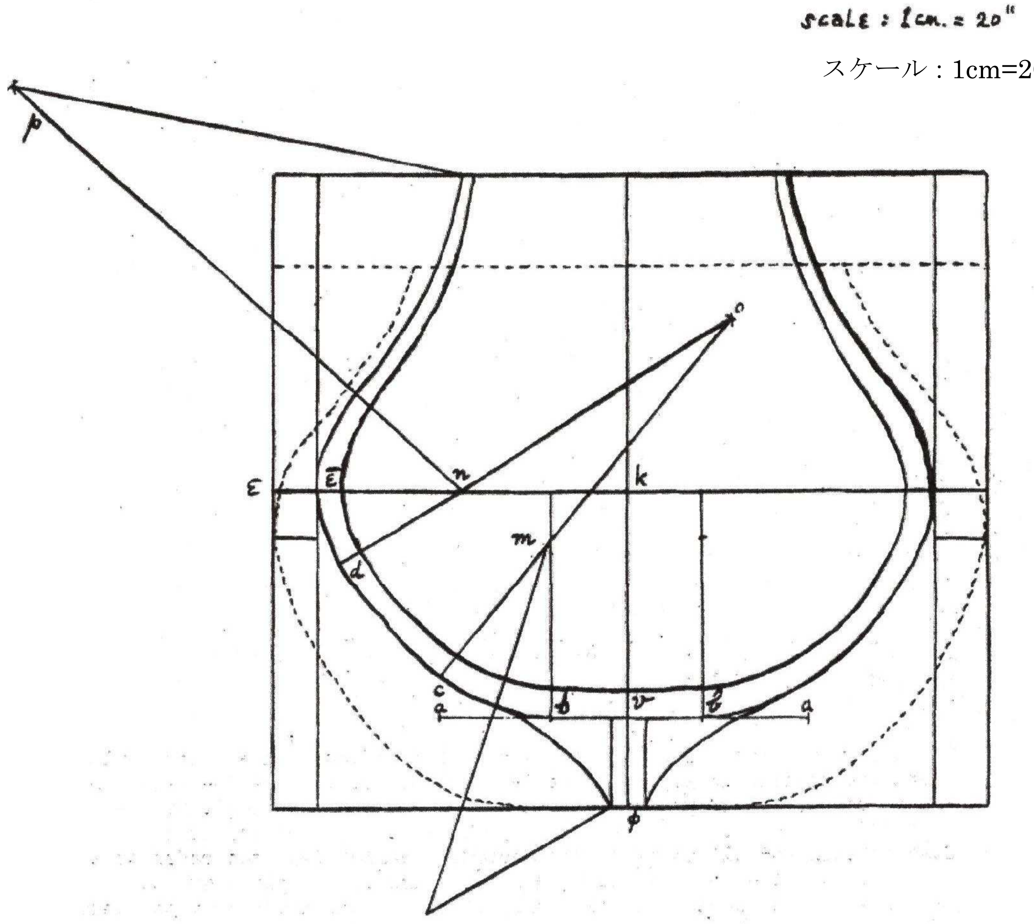
船尾方向の線では、3 次曲線が使われている。前方へは、前方への最初の四つの横断面（訳注：Fig.2 の 2、4、6、8）には狭まりが無く、それから船首へは 4 次曲線が使われている。これは船の船首をあまりにもずんぐりさせてしまうが、3 次曲線の前方への使用は船体をあまりにも鋭くすると考えられている。狭まりの楕円線を作る円の四分円部分を伸ばすベイカーの方法への言及が為されているが、そうした方法はペトワース文書(p30)に出てくる。

その他のいずれの型板の寸法(Fig.3)は既存の図形から得ることが出来る。梁から竜骨までは、上部上昇線によって与えられ、梁自体は上部狭まりからである。

Fig.3　船尾方向第 16 番目横断面(f.43)（点線は最大横断面）

（復元）

（型板内の肋材の 幅 も示している）



スケール：1cm=20 “

Fig. 3　The 16th bend abaft (f.43) (midship bend dotted)
(Reconstruction)
(Also showing the breadth of timber in the mould)

著作のこの部分のほとんどをマルロウの著作に基づかせているように思えるハリオットは、種々の曲線は最大横断面のものと同じであると言っているが、形 は異なることになり、寸法によって中心点 o と p の位置関係が異なって来ることを指摘しておくべきであった。船底の下側に、肋根材の半径と同じ半径の下を「流 線 形 化」するために裏返しの型板（訳注：船内から見て凹型のもの）が必要である。ファッション・ピースは他の型板、船尾材とさえも、平行になっておらず(f.42) 他の型板とそのまま同じものではない。（ここでは紙数が限られているので 図 形 は省く。）文章は、「soothmarkes」にちょっと当惑させられると述

べているが、当時の語彙集及び現代の OED（訳注：Oxford English Dictionary）はこの語について何も述べていない。多分、肋根材頭部のフトックへの嵌め込みの上端部を示す、ペットワースの手写本(p29,36)のサインマーク即ちサーマークであろう。

種々の派生品（訳注：最大横断面の型板から他の横断面へ派生した型板）を計算するために使われたか、あるいは提案された方法はこのように大変複雑かつ巧妙なもので、グレシャム・カレッジの設立（訳注：1597 年にロンドンに、天文学、航海術等を教えるために設立された。）や当時様々な数学の講師職の存在の背景となり、数学の素地のある適材な人々を養成する時にしばしば叫ばれた必要性を示している。それぞれの方法は後裔が今日にもおり、私はハリオットの 3 次と 4 次曲線の使用は、伝統の一部として、現代のデザインの（コンピューター・プログラムによる）3 次スプライン曲線の使用に繋がって行ったと考えたくなる。

トン数は、異なった目的のために使われ、また異なったやり方で計算されたちょっと不思議な事項である。ボルドーのワイン商売に起源があり、60 立方フィートを占めると見積もられた 252 ガロン（訳注：英国で 1 ガロンは約 4,546 リットル、imperial gallon と称し、米国の U.S. gallon とは異なる）の 2 樽のワインの大樽を指していた。ここで言うガロンは 231 立方インチであり、ワインそのものは僅か 33 立方フィートを占めるにすぎなかったが、実際の樽とその形状からして疑いなくその他のものを数に入れていた。(*14) ベイカーのルールは、竜骨、船幅、そして深さでの長さをフィートで計測し、100 で割った結果とするものであった。もちろん、これら計測の正確な位置、そして、傭船料率、建造代価、また異なった種類の貨物のためのトン数の使用という問題がある。ハリオットはベイカーのルールに言及し、「私には、立方体(parallelepiped,平行六面体)は船の容積に対しては 3 に対する 1 かそれに近いと思われる」と言っている。(f.41)　これをベースにすると、10’ 掛ける 20’ 掛ける 50’の竜骨の船は 3333 立方フィートの容積を有し、これは水の重量で 3333×64/2240＝2240 ポンドで 95.3 トン、あるいは 2000 ポンドで 106.7 トンである。

訳注：

１英トン(long ton)＝2240 ポンド、１米トン(short ton)＝2000 ポンド、

海水 35 立方フィートが 1 英トン、2240/64=35、64/2240=0.028571428 であり、

本文の数式は正確には 3333×64/2240＝95.229 である。なお 1f^3=0.0283168m^3 である）

ハリオットはベイカーの 100 トンという数値をこれら二つの平均値と見なしているが、幾何学による船の真の容積にはかなりの仕事が必要であると言い添えている。「トン数」とは違って、「トンとトン数」は、船倉の貨物に加えて帆柱、帆、帆桁の荷重も含んでいる。

ハリオットの双曲線の漸近する特性の使用は、帆柱の寸法という主題への独創的な貢献であるように見える。主要な文章は ff.2-4 と ff.17-19 である。F.3 において、主帆柱が立上っている竜骨からの主帆柱の高さの主たる計算が見つかる。原理は簡単で、主帆柱と船幅（ブレドゥス）は双曲線の縦座標と横軸のような関係にあるということである。双曲線、そしてそこからその他の船幅（ブレドゥス）の船の主帆柱の長さを決めることになる二対の観測値のベースが選ばれる。使われている円錐の特性はとりわけ難しいものではなく、アポロニウス（訳注：紀元前 2〜3 世紀のアレクサンドリアの数学者、天文学者、円錐曲線、双曲線の研究をした）の初期の円錐で、古代からあるものとはいえ、16 世紀中頃にやっと、1566 年にボローニャで出版された、パップス(Pappus)の補題（レンマ）(lemma)とエウトシウス（Eutocius）の注釈を伴うコマンディヌス(Commandinus)の翻訳のような版によって、もっと広く知られるようになったというべきであろう。事実、ハリオットの f.4（訳注：ペッパーは f.3 としている）の図形（ダイアグラム）はコマンディヌスの fol.19-19v にあるものとほとんど同じような字体（レタッリング）を有している。後に円錐を「大衆化した」のはケプラーとニュートンであった。

含まれている実際の計算は、素直なもので、下記のように要約されている。

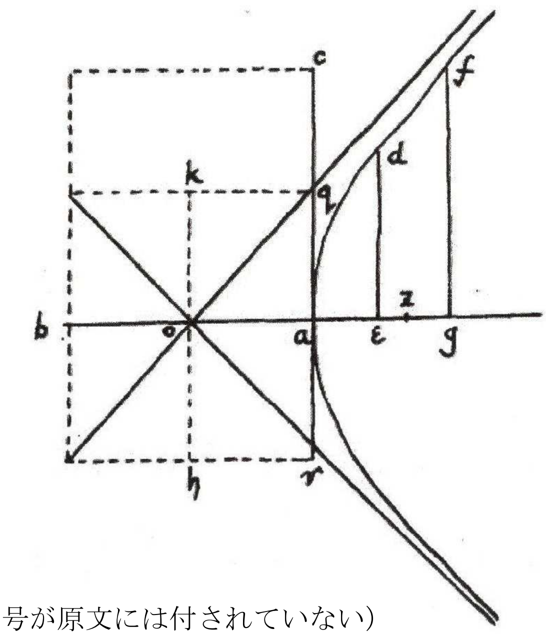


Fig.4（Fig.番号が原文には付されていない）

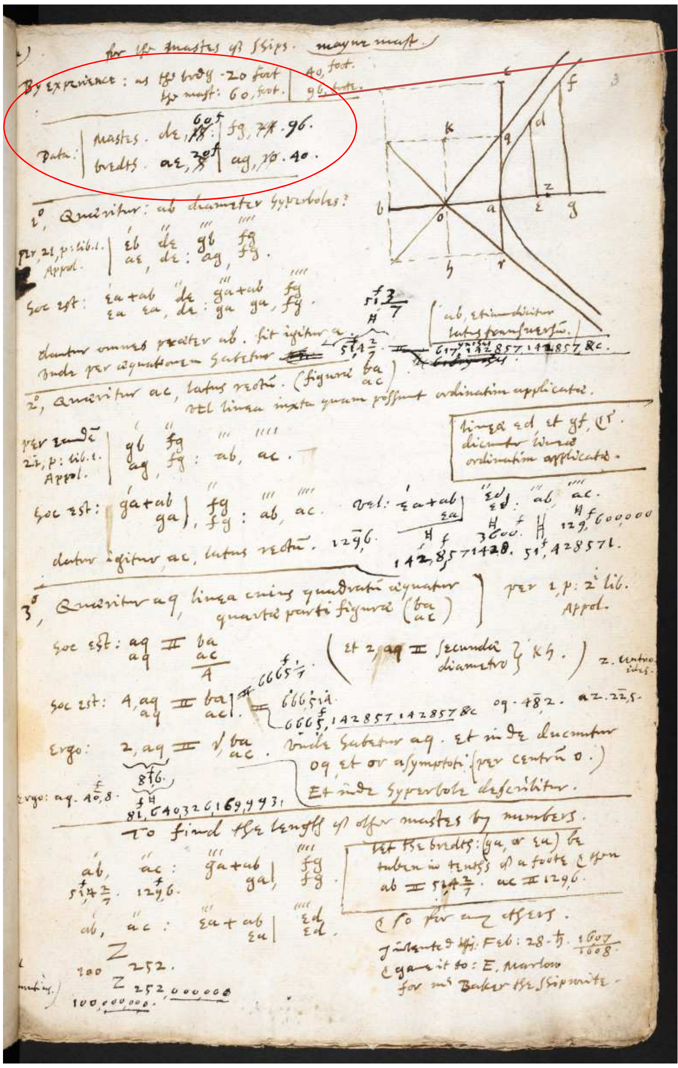
ハリオットの表記法は現在では馴染みがないが、一度説明を聞けばシンプルなものである。例えば、彼の(f.3)

$$\frac{\overset{'}{eb}}{ae}\quad\frac{\overset{''}{de}}{de}\quad\frac{\overset{'''}{gb}}{ag}\quad\frac{\overset{''''}{fg}}{fg}$$

は分かりやすく、現代の表記法にすると、$eb\cdot ae : (de)^2 = gb\cdot ag : (fg)^2$。これから ab＝360/7＝51 3/7 で、双曲線の直径 ab が得られる。次にハリオットは通経（ラツス・レクツム）(latus rectum)、ac を得る。現代風に書くと、$gb\cdot ag : (fg)^2 = ab : ac$、故に、$ac$＝129.6*となる。そしてアポロニウス第 II、1 から　$(aq)^2 = ba\cdot\frac{1}{4}ac = \frac{360}{7}\cdot\frac{129.6}{4}$　となり、

$4(aq)^2$=6665 1/7**、そして aq=40.820 を得る。(訳注：双曲線の有心円錐曲線（セントラル・コーニックス）としての特性。次ページ参照)

<u>訳者挿入：ハリオット手写本 f.3</u>



「経験により：データ
マスト　de 60 フィート　fg 96 フィート
船幅　　ae 20 フィート　ag40 フィート」

訳注：ペッパーは

* ac を ao としているが誤字。

**$4(aq)^2$=6665 1/7 を $A(aq)^2$ =665 1/7 としているが誤字と脱字による。

これらの誤字、脱字はハリオットの左に転載した手写本原本で確認できる。

なお、

$(aq)^2 = ba\cdot\frac{1}{4}ac = \frac{360}{7}\cdot\frac{129.6}{4} = \frac{11664}{7}$ =1666 2/7=1666.285714285･･･

6665 1/7= 6665.142857142857・・・、

ab＝360/7＝51 3/7=51.428571

等が手写本中で計算されている。

次に$(oq)^2 = (oa)^2 + (aq)^2 = (180/7)^2 + (40.8...)^2$＝2327.51、故に oq＝48.24...。ハリオットは az を求めるが、z は近代の焦点である。アポロニウスは、よく知られているように、焦点とい

う特性を定義も使いもしなかったが、有心円錐曲線（セントラル・コーニックス）の場合に、$az\cdot zb$ と $az'\cdot z'b$ が$\frac{1}{4}ac\cdot ba$ または$(aq)^2$に等しい点z及びz'を含むという特性を与えている。(参照:アポロニウスのConics III, 45-52）従って、$(aq)^2=az\cdot zb=(oz-oa)(oz+ob)=(oz)^2-(oa)^2$、$oa=ob$ 故、
従って、$(oz)^2=(oa)^2+(aq)^2=(oq)^2$。（訳注：ペッパーは$(aq)^2=az\cdot zb-(oz-oa)(oz-ob)\cdots$としているが、誤字）
$oz=oq$、そして $\underline{az=oq-oa}$ 故に(訳注：ペッパーは、$\underline{az=pq-oa}$ としているが誤字。訳者挿入ハリオット手写本 f.3r にて確認出来る。なお $az=oz-oa$ である）、az=48.24...－25 5/7=22.52999068。(訳注：oa=1/2ab=1/2×51 3/7=25 5/7)
この最後の結果は、ab と ae が知られていれば不要であるので、ハリオットは次のように示している。$(ea+ab)ea:(ed)^2=ab:ac$=100：252（訳注：ペッパーは $ab:ae$ としているが誤字と考える)。故に$(ed)^2=(7ea+360)\times 36/100$ の式は船幅 ea からの帆柱の長さ ed を与え、単に諸表をチェックするだけでハリオットの数値を確認できる。

訳注：$(ed)^2=(7ea+360)\times 36/100$ の式の検証

$ab=360/7$,　$(ea+ab)ea:(ed)^2=ab:ac=100:252$,　$ac=129.6$ 129.6/360=36/100

$\therefore\ (ed)^2\times ab=(ea+ab)\times ea\times ac$

$(ed)^2=\{(ea+ab)\times ea\times ac\}\div ab=(ea/ab+1)\times ea\times ac=(ea\div 360/7+1)\times ea\times ac$

$=(7ea+360)\times ea\times ac\div 360=(7ea+360)\times ea\times ac/360=(7ea+360)\times ea\times 129.6/360$

$=(7ea+360)\times ea\times 36/100$

$$\therefore\ ed=\sqrt{(7ea+360)\times ea\times 36/100}=\frac{6}{10}\sqrt{(7ea+360)\times ea}$$

ここで、ハリオットの原本にある ae= 20 フィートを入れると、

$$ed=\frac{6}{10}\sqrt{(7\times 20+360)\times 20}=\frac{3}{5}\sqrt{(7\times 20+18\times 20)\times 20}=\frac{3\times 20}{5}\sqrt{(7+18)}$$

=60　となり、ハリオットがマストの長さとしている 60 フィートとなる。

ハリオットは得られた結果を f.2 の表の中に、更なるものを f.17 に入れており、その中で、追加事項として、檣孔板（パートナー）における帆柱の直径が見られる（即ち、帆柱が主甲板を通って来る所で　一各甲板に檣孔板（パートナー）〔訳注：mast partner とも言う〕がある。）数値は次の、観察によって選好した一対の数値に基づいている。

船幅	20’	40’
直径	15”	38”

ここから、双曲線の媒介変数（パラメーター） ab = 272/11、そして ac = 16.60 が分かり、
$(ed)^2=(ea+24.73)\ ea\ (0.67)$ が導かれ、これもまた単純な一連のチェックによって確認さ

れる。（訳注：$ab = 272/11 = 24.73$、 $ac/ab = 16.60/24.73 = 0.67$）

明らかに、最初の観察による選択が、これらの計算において重要である。当時よく行われていたやり方と比べるとどうであろうか。
帆柱の高さは：

船幅	20’	40’
帆柱	60’	96’

R.C.アンダーソンは(*15)それは「大型英国船の梁の丁度 $2\frac{1}{2}$倍より小さく、小型船の 3 倍と同じくらいであろう」と言っているが、後者の方が近い。メインウェアリングは梁の 2.4 倍であると言及されており、これが多分、最も狙っていたであろう大きいサイズに丁度見合い、ジョン・スミスが言うように(*16)「最も使われた」比率である。

f.19 でハリオットは肋材（チンバー）及び肋材（チンバー）と空間（スペース）、即ち、型板（モールド）（あるいは肋骨（リブ））の肋材（チンバー）と隙間を空ける（スペーシング）幅（ウィドス）の数値を与えている。彼の基礎的な数値は：

船幅	20’	40’
肋材（チンバー）と空間（スペース）	18.00”	28.00”
肋材（チンバー）	8.0(3)”	12.0(5)” (訳注：ペッパーは「’」としているが、誤字と考える)

これらから、肋材（チンバー）と空間（スペース）に使われる下記の双曲線の媒介変数（パラメーター）が導かれる：
ab ＝ 1280/7 = 75.29 そして ac = 28.112/245(訳注：ペッパーは ac ‐ 28.112/245 としているが誤字と考える)。そこで、次を得る

$$(ea)^2 = \frac{833}{4900} ea\,(ea + 75.29)$$

肋材（チンバー）だけには、ab ＝ 140 そして ac=1/50、故に

$$(ea)^2 = \frac{1}{50} ea\,(ea + 140)$$

基礎的な媒介変数（パラメーター）が f.19 の表に現れると、僅かな齟齬、多分手直しによる間違いがある。
帆柱の太さについて、アンダーソンは「大型船での長さ 1 ヤードに対する 1 インチ、そして多分小型船での$\frac{3}{4}$インチの比率が、かなり全般的に見られる」と言っている(9p)。ただしそれには、異なった構造とタイプの肋材（チンバー）の使用による理由の可能性が高い差異の変化があ

る。長さ対船幅の比率を$2\frac{1}{2}$対１と推定すると、ハリオットの大型船では 33 インチとなり、小型船では$12\frac{1}{2}$と$16\frac{2}{3}$の間となるようなので、私はハリオットが見せている正確性はちょっと信頼しかねると思う。

ハリオットは主帆柱を竜骨の真ん中で、副竜骨（キールソン）上の檣座（ステップ）に置いている（f.33)。(訳注：ペッパーは Cf.33）としているが誤字と考える） この場所は、アンダーソンにとっては「真実から遠くはない」(p.1)のではあるが、彼は、同世紀後半の大部分の模型（モデル）と平面図（プラン）においては、これはちょっと後ろ過ぎると言っている。

ハリオットは(f.34) 主 帆桁（メイン・ヤード）は竜骨と同じ長さを持ち、前檣主帆桁（フォアヤード）はその$\frac{3}{4}$、スプリトスルの帆桁にも$\frac{3}{4}$を与えている。トップスルの諸帆桁は、それらの下の帆桁の$\frac{1}{3}$であると彼は言い、現代でいくつか再 現（リコンストラクト）されたもの(訳注：模型や図面)のかなりの部分が間違っているケースはまさに、これに基づいているように思える。アンダーソンによれば (p.28)これらの数値は、大体のところ同世紀の始まりの頃のものである。少し後になると、前檣主帆桁（フォアヤード）は主（メイン）の 0.85 の大きさであったようである。

ハリオットの船の幹 部（オフィサー）に関する覚え書き(Notes of the officers of the ship (f.21)はスミスの文典（グラマー）（訳注："A Sea Grammar" Captain John Smith Original published in London, 1627、訳者保有書：Kermit Goell 編集版、1970 年、ロンドン）の第 XV 章の最初の 2 ページ(72p と 83p、後者は 73p の印刷の誤り)と肩を並べるべきものである。リストアップされた様々な幹 部（オフィサー）は大体のところ同じであるが、いくつかのケースで分け前（シェアー）（訳注：スミスの文典（グラマー）をみると、軍艦での捕獲船の分け前である)。

ロープについての文章は、ロープそのものについて多くを語っているが、注意書きはほとんどされておらず、ここでもう一度アンダーソンを引き合いに出すことにする。滑車装置と索具についてのスミスの第 V 章が本件の概要を述べている。あの頃であっても、海に慣れていない水夫には海員の言葉は悩みの種でありえた。ハリオットは海員ではなかったが、船は熟知しており、20 歳代半ばには英国とヴァージニアとの間の海で何か月かを過ごした。その後に長期の航海をしたかどうかは知られていないが、1590 年の前と後の年に、何回かアイルランドとの間を行き来している。そしてローリーのために働いた時、レヴェンジ号最後の戦闘の時に居たウィッドン(Whiddon)のような多くの海の生字引（シーマスター）や船長達と一緒の時間を過ごした。彼はこれらの事柄について学究の徒の域を超えていた。

文書から１～2 点を挙げておこう。f.28 でハリオットは「全てのトップマストが・・・固 定（スタンディング）バックステイを有する」と述べている。アンダーソンは、このことは 1640 年に手が届くか

どうかの頃のこととしている。(p63)　固定（スタンディング）バックステイが言及されたのは（何処とは言っていないが）1618 年であった。F.25 でハリオットは、マーチネット（帆等を閉めるために使われた帆のリーチ〔訳注：帆の縦縁〕の足に付けられ、トップマストの頭部で滑車を通して結びつけられた細い紐（ライン））を考察する際に、大したことではなったが、アンダーソンを悩ませた(89p)問題を明快に説明している。即ち、二つのデッドアイがあって、そのクローズ・フィート（crow's feet、訳注：甲板の天幕などの吊り索で、ロープの先端が数本に分けられているもの）の 2 本共が同じ側にあるのか、あるいは 1 本は船首側で 1 本は船尾側なのかという問題である。アンダーソンは疑いながらも後者であろうと思っていたが、ハリオットは明確に後者であると言っている。またハリオットは、アンダーソンの 1 本シヴー（訳注：滑車の心車の溝）ではなく（彼の Fig.156）、各側に 1 個ずつの二重シヴァーを通ってデッドアイへゆく 1 本のロープを示している。

注：

（*１）D. B. Quinn, England and the discovery of America 1481-1620 (London, 1974), 93p,130p

（*２）Mainwaring and Perrin, The life and works of Sir henry Mainwaring (London, 1922) 2 vols. The Seaman's Dictionary is at Vol. 2, 67p-260p

（*３）トーマス・ハリオットの未出版の数学と科学の手写本のいくつかの拙論をみていただきたい。(London,　PhD、1978)

（*４）17 世紀後半のペットの自叙伝は Harley 6279。ブリッグスへの言及は f.43. ペリンズ（Perrins）が the Navy Record Society (Vol. 51, 1917)のための版を印刷した。また M.オッペンハイムの A history of the administration of the Royal Navy and of of merchant shipping in relation to the Navy 1509-1640 (London and New York, 1896), 204p

（*５）MS PL 2820, Magdalene College, Cambridge。何人かの手によるこの巻には、そのカタログの題名が示すよりもずっと多くのものがある。例えば、ブリッグスとガンターGunter(訳注：Edmund Gunter,1581-1626)の著作への言及がされている。(ff. 99, 101）

（*６）Society for Nautical Research Occasional Publication 6 (Greenwich, 1958) また 1640 年の帆柱と帆桁の長さについて、同シリーズ No.3　(Greenwich, 1931)。

（*７）R.I.N.A. Scott Collection 798。(Royal Institution of Naval Architect）　訳注：1999 年にクリスティーズで競売にかけられ、個人の所蔵となった。

（*８）J. Smith, A sea grammar (London, 1627)、K. Goell (編)によって再出版された。(London, 1970)

（*９）*ke* と *ab* の数値は、ベイカーの手写本（f.41）に描かれている型板（モールド）のそれらと全く同じであるが、肋根材頭部（ウロング）の曲線（スイープ）は 60”ではなく、53"となっている。

（*10）MS PL 2820, Magdalene College, Cambridge, 65, 66. 1670 年にペピス自身のために作られた良く書かれた贈呈用のコピー。此処ではスペースが足りないので詳細は省略する。G.P.B. Naish が述べているように（A history of technology, C. Singer 編、Oxford, 1957）,iii, 488、造船に関する最初の包括的な教科書は 17 世紀末に出版され始めた。

（*11）この言及については J.W. Shirley 博士に感謝するものである。この件については近々追跡調査をしたいと思っている。

（*12）S.Purchas, His Pilgrimes, 20vol. reprint (Glasgow, 1905-07), Vol. iv, 77, 88, 167. The Probate copy of Marlow’s will is at 79 and 104 Rudd (1615) at the P.R.O. (Chancery Lane building) from the Prerogative Court of Canterbury.

（*13）言及されているアポロニウス版は Commandius’（Bologna, 1566）である。

（*14）オッペンハイム、上掲書、30。

（*15）17 世紀の索具　（Hemel Hempstead, 1955）, 2

（*16）Sea Grammar, 15。

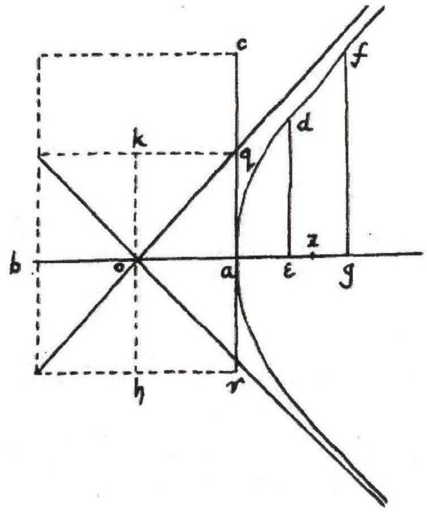
謝意

故海軍少佐　G P B　Naish,　RNR との会話に謝意を表す。

Harriot　Mss. 6788 f.3r の転写（ラテン語は英語に翻訳）

By experience：as the bredth　・20feet　40feet
The mast　：60feet　96feet

Data	masts	de 60f	fg 96
	Bredths	ae 20f	ag 40



1º There is sought ab, the diameter of a hyperbola?

By Proposition I. 21 of Apollonius | eb ae　de de：gb ag　fg fg .

That is： ea + ab ea　ea de：de ga + ab ga　ga, fg fg .

ab is also said to be the latus transversum

There are given all besides ab, therefore let there be a
Whence by the equation are had 51f4²/₇ = 51f³/₇

617,142857.　142857　&

2º There is sought ac, the latus rectum (ab, ac in the figure)
or adjacent lines which can be applied ordinates.

By the same Proposition I. 21 of Apollonius | gb ag　fg fg：ab ac

the lines ed and gf etc. are said to be the applied

That is: ga+ab ga ,　fg fg：ab ac　is: ea+ab ea　ed ed.　ab ac

Therefore there is given ac, the latus rectum. 129,6

1428f,571428.　3600f　51f,428571　129f600,000

訳注：eb×ae=(ea+ab)×ea=(20+51³/₇)×20=1428,571428,　51f³/₇

3 ° There is sought aq, the line whose square
equals a fourth prt of the figure. ba
ac

By the same Proposition II. 1 of Apollonius

That is: aq = ba
aq ac
4 666f51/7

and 2, aq = second diameter kh

z. center ????

That is: 4, aq = ba = 666514
ac 6665f,142857142857&c

訳注：ba×ac＝51f3/7×129.6=6665,142857

Therefore: 2, aq = √ba
ac .

訳注：2 乗根

81f,6
||
81f, 640,326,169,993

Therefore: aq. 40f,8

Whence is had aq, and hence there may be drawn *oq and or, the asymptotes (by the center o),* and hence the hyperbola is described.

To find the lengths of other mastes by numbers.

'	"	"'	"'"
ab	ac :	ga+ab	fg
51f,42/7	129f,6	ga,	fg
'	"	"'	"'"
ab,	ac :	ga+ab	ed
		eu	ed

100 252
252,000,000
100,000,000.

Let the bredth: (ga or ea) be taken in lengths of a foote & then ab= 51,42/7 , ac=129,6

& so for any others.
Invented this : Feb: 28th 1607
& gave it to E. Marlow 1608
for Mr Baker the shipwrite.

山田検証

前提：ae=20, eg=20, ag=40, de=60, fg=96

eb×ae : de² = bg×ag : fg²

(20+ab)×20 : 60² = (40+ab)×40 : 96²

(20+ab): 10² = (40+ab)×2 : 16²

100 (40+ab) = 128(20+ab)

25×40 + 25ab = 32×20 + 32ab

360 = 7ab

∴ ab = 360/7 = 513/7

$gb \times ag : fg^2 = ab : ac$

$(ga + ab) \times ga : fg^2 = ab : ac$

$(40 + ab) \times 40 : 96^2 = ab : ac$

$ac = (96^2 \times 360/7) \div \{(40+360/7) \times 40\} = (96^2 \times 360) \div (40 \times 640)$

$= 1296/10$

$\therefore \quad \underline{ac = 129.6}$

翻訳後記

ハリオットの MS6788 の手写本は、欠落は無いものの、本来的にメモにすぎず、また計算過程のメモも多く、全文を翻訳しても、一文を成すものではない。本ペッパーによる論文はその中で意味の通る部分を選んで、コメント形式で紹介したものであり、大きな意義がある。ただ、インターネットに掲載するために転記が行われたようで、誤字が多い。今回気が付いたものは訳注でその旨を記し、訂正を行った。本手写本は ECHO によるファクシミリがインターネット上で公開されており、それには文章の部分が活字に転記されているものが載せられているので、誤字の確認のための突合せに便利であった。数学者であるハリオットはアポロニウスの双曲線論を活用し、その計算過程を示しているが、アポロニウスの定理から派生した定理が使われているようなものについては、訳者が確認出来ていないものがある。

以上