

数学の実用的使用の発展

エリザベス朝英国における紳士、個人教師、そして職人

ステファン・アンドリュー・ジョンストン

セント・ジョンズ・カレッジ、ケンブリッジ

ケンブリッジ、哲学博士号のための提出学位論文

1994 年 5 月

抄訳：山田義裕（訳者蔵書：No.871）

MAKING MATHEMATICAL PRACTICE

Gentlemen, practitioners and artisans in Elizabethan England

Stephen Andrew Johnston

St John's College, Cambridge

A Dissertation submitted for

The Degree of Doctor of Philosophy

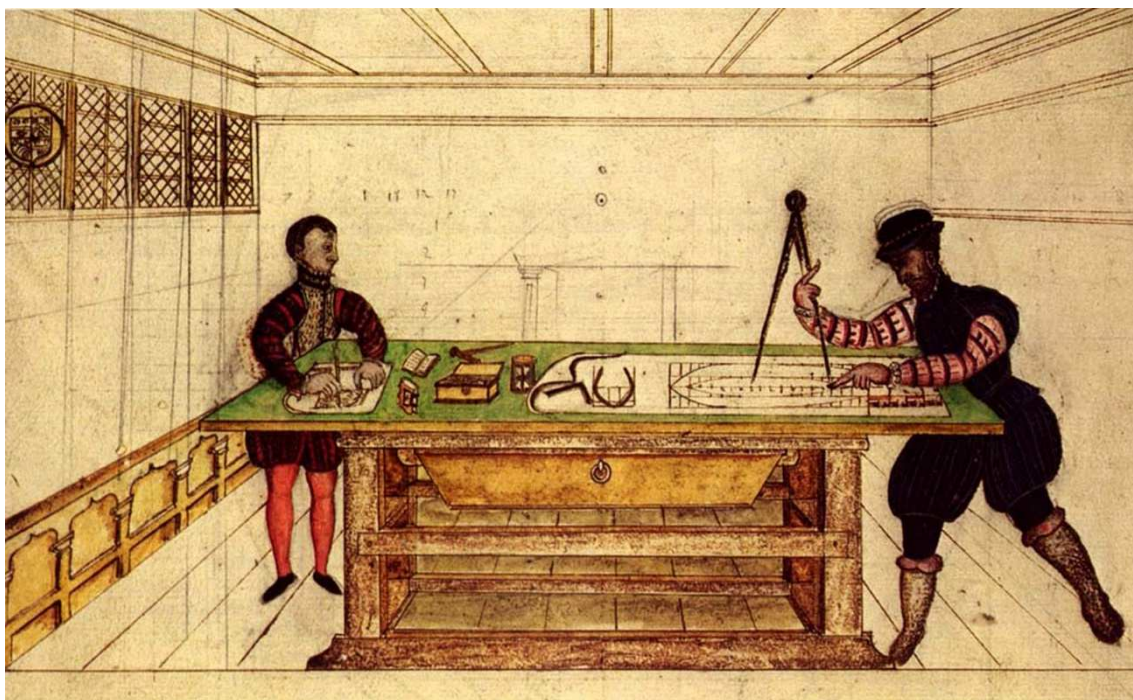
Cambridge, May 1994

第3章

マシュー・ベイカーと船大工の技芸

1. 「古い英国の船大工術の断片」

Figure 3.1 「断片 8 ページ」



110p

本研究の焦点の中央にあるのは、船そのものの材木よりも紙の方である。(3 媒介物としての紙の全般的な意味合いは Bruno Latour “Visualization and cognition: thinking with eyes and hands” *Knowledge and Society: Studies in the Sociology of Culture Past and Present*, 6 (1986), 1-40, を参照のこと。・・・)

最も重要なことは、ベイカーが数学と船の^{デザイン}設計を結びつけることが出来たのはまさしく紙上においてであったということである。幾何学上の問題と算数の計算を実行するのに用いた媒介物に船を描き、^{マニピュレート}いろいろ操作してみることによって、以前には関係のなかった領域を並置することが可能となった。紙の上では、船の^{デザイン}設計の問題と課された仕事を、新しい条件で持ち出すことが出来、手法を移転することが出来、探求することが出来、適合す

ることが出来た。さらには、紙は造船所の中で、またそこを超えても出回ることが出来、造船所の生活に直接の経験の無い人々に達して、その人達の言語で話がなされるようになった。紙は船大工と数学者が出会い、交流する、動く「場所」であった。もちろん、もし紙がなければ、ベイカーが数学及び彼の^{マセマティカル・プラクティショナー}数学の実用的使用者と接触するこがは難しかっただけではなく、理解し合うことが難しくて不可能なものであった。

114p

1578 年頃、ベイカーは王室の船大工頭の職に納まっていた。この年彼はギリingham水路 (Gillingham Water)(チャタム)に係留してある艦隊の通常のメンテナンスの指揮と、その船の状態の調査を始めた。多分この調査の結果であろう、その後4隻の船にかなりの修理が施された。材木が腐ったこれらの船がデットフォードに到着するに先立ち、ベイカーは乾船渠の建造と設備を備え付ける監督をしたが、「女王陛下の船をよりスピーディーに、乾船渠に入れ、修理されたならば外に出すために」彼とピーター・ペットがその大型船渠の先端に一對の新しい水門を設置したのもこの時であったと思われる。

船の修理そのもののために、ベイカーはデットフォードで船大工と槓肌詰工の実際の働き手達の先頭に立ち、勘定書きには9ページに渡ってそのことが書かれている。何か月か仕事をして、最後の船がほぼ完成した時、他の船は既に修理後の進水をしており、帆柱が取り付けられていたので、彼は居を移した。材木が腐った追加の船が帆柱を外すためにデットフォードに到着し、乾船渠に入れるため、連れて来られた。ベイカーは、ウールウィッチでの船殻の修理とデットフォードでの帆柱を新しく作る両方の指揮を執った。この仕事が終わると、彼はウールウィッチでの小規模なプロジェクトでその年を終えた。それは、古い船を解体し、その材木を大砲の運搬のためのバージの肋骨に使うために、6人の船大工のチームを率いるものであった。

ベイカーは明らかに広範な技術の専門知識を持ち、マネジメントにも通じていた。さらに、彼は王室の造船所の中で働いただけではない。新しい船が建造されることになった時には、船大工頭は森に行き、計画された船に形状とサイズが最も適した木に印を付けた。(° A.P. McGowan, The Jacobean Commissions of Enquiry of 1608 and 1618, Navy Records Society, 116, London, 1971, 71p and 31p for Baker's depositions to the 1608 Commission of Enquiry. Edward Stevens によって与えられた証拠にも注意:上掲書、51p and 53p, ベイカーは 1562 年に、「陛下のための船(複数)の竜骨のためにベッディントン:

Beddington で9本の大きな楡の木を伐採し、^{スクエアリング}角材とするため」(Bodl. Rawl. MS. A 200. F.19r)に、二人の船大工を伴ってこの種の旅に出かけた。

2. ^{デザイン}設計の場所

119p

ベイカーの断片はヴェネチアとイベリアの両文書とは異っており、彼の書物は実践的な船大工の作品であるだけでなく、例えば詳細で美しい出来栄の縮尺目盛の図のように、紙の革新的な使用を併せ持っている。実に、他のヨーロッパの情報源は往々にして、逆説的に言えば、紙の技術に考えを及ぼさせるより、^{デザイン}設計実務についてより考えさせられるものである。

それでは、紙が無くて、船はどのように^{デザイン}設計されたのであろうか。16世紀頃大型船のために単純だが有力なルールと技能の器具が開発された。船の^{デザイン}設計は比例に基づくルールとして覚えられ、その複雑なカーブは実物大の^{モールド}型板、即ちテンプレートによって作り出されて残された。技能的に進歩した船大工達は、紙ではなく木材を使った洗練された^{コンストラクティブ・ジオメトリー}建造における幾何学を用い、その作業は^{デザイン}設計事務所ではなくて造船所そのもので行われた。(16 私は「建造における幾何学〔constructive geometry〕」という用語を中世の石工

の^{デザイン}設計手順についての次の著作から借りている。Lon Shelby, " Mediaeval mason's templates ", journal of the Society of Architectural Historians, 30 (1971), 140-154p, その他省略)

16世紀後半には、英国の海軍艦船は、初期の地中海とイベリアの船と同じように、カーヴェル造りまたは^{スケルトン・ビルト}骨格造りであった。それは、竜骨が横たえられ、船首材と船尾材が立てられると、^{フランキン}板張りが付け加えられる前に、竜骨の長さに沿って、^{フレーム}肋骨即ちリブが据え付けられた。^{スケルトン・ビルト}骨格造りの^{フレーム}肋骨の形状がこのように船殻の^{フォーム}姿を決めた。(17 カーヴェルは英国には比較的後になって導入された。それに置き換わる前の北方ヨーロッパの伝統はクリンカー造りであった。・・・しかしながら、カーヴェルとクリンカーとの間の違いは歴史的に絶対的なものではない。多くのその二つのハイブリッドの技能があった。カーヴェル、クリンカー、そしてハイブリッド造りについては O. Hasslöf, "Carvel construction

technique: nature and origin” Folk-Liv, 21/22 (1957/58), 49-60p 以下省略)

しかし、カーヴェルは、材木を型板取りする問題の多くの解決に跨る広いカテゴリーのものであった(今でもそうである)。最も単純な形では、1 ないし 2 の全く同じ 主 肋骨が最大横断面に置かれ、フレキシブルなバツ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 姿^{フォーム}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う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 姿^{フォーム}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^{モールド}）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。中央横断面の 姿^{フォーム}から始まって、

テンプレートは船首と船尾に向かつての上昇^{ライジング}と狭まり^{ナロウイング}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、あるいは板^{ボード}の上に直接に印が付けられた目盛^{グラデュエーション}でコントロールされた。

ナロウイングの狭まりの場合は、この実物大の建造における幾何学^{コンストラクティブジオメトリ}の適当な例がある。ヴェネチアの情

報源で指摘したが、狭まりを作る手順は船大工の技を傍で観察した人達の一人、ポルトガル人フェルナンド・オリヴェイラによって、16世紀に最も明快に細述された。(19オリヴェイラ〔脚注15〕、177-83p、〔ファクシミリ版91-106p〕以下省略)

船大工は、中央横断面^{ミッドシップ}の肋骨と端部の肋骨^{テイル・フレーム}、即ち船殻の中央横断面における船首方向または船尾方向の最後の肋骨との間で、船の側面がどれほど狭まり^{ナロウイング}なければならないかを計算するのに大まかな比例のルールを用いた。そこで、狭まりの問題は、中央横断面と

端部の肋骨間の肋骨の間でこの寸法をスムーズに内に引き入れるために、同寸法を更に分割する問題に変わった。狭まりの寸法は最初、半径として取られ、半円を作るのに使われた。

四分円^{コードラント}毎に、船大工はそこに在る狭まりの肋骨と同数の同じ弧を、ディバイダーの脚^{ステップ・アウト}で作り出した。見合った点を結ぶことで一連の弦が出来る(Figure 3.3)。弦と半径の交線

はその後に船殻をスムーズに狭^{ナロウ}らせる目盛^{クワイ・ユー・ティット・スケール}の付いた縮尺目盛となった(Figure 3.4)。

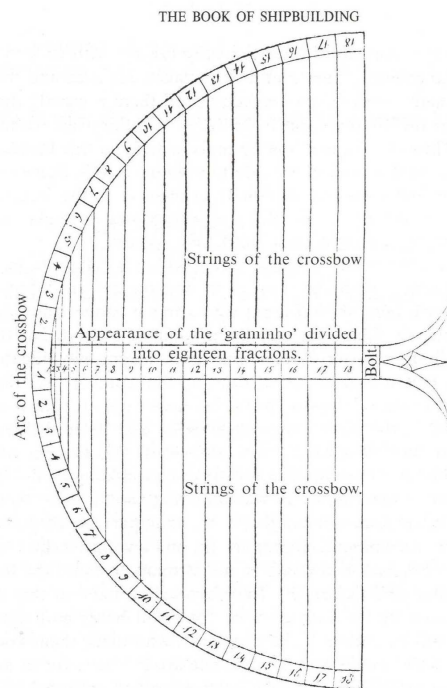
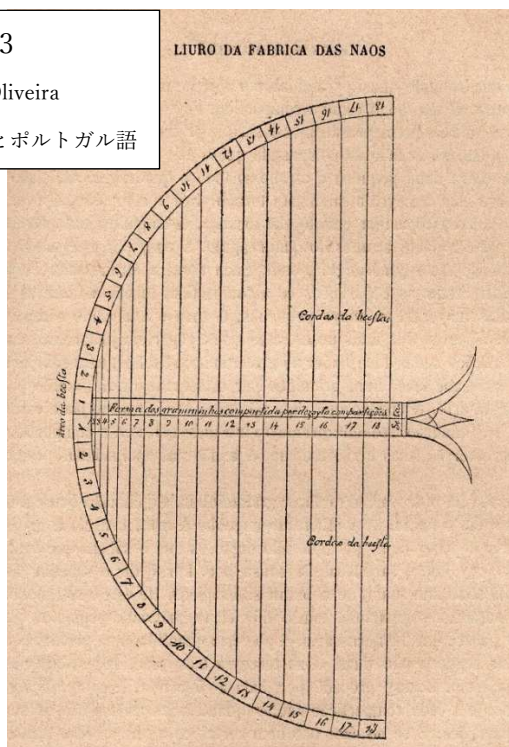
縮尺目盛^{スケール}上の各印は、船殻を狭^{ナロウ}らせるために、それによって連続する肋骨が

内に引き入れられて行くべき量の増加—最初は少しの量で、次第に増える量が増す—を示した(Figure 3.5)。

Figure 3.3

Fernando Oliveira

93p 英語とポルトガル語



This is what the scale obtained with the crossbow looks like:

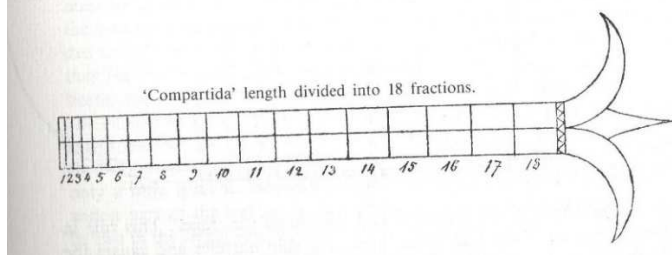
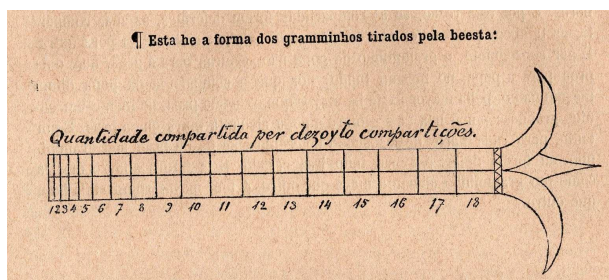


Figure 3.4

Fernando Oliveira 96p

英語とポルトガル語



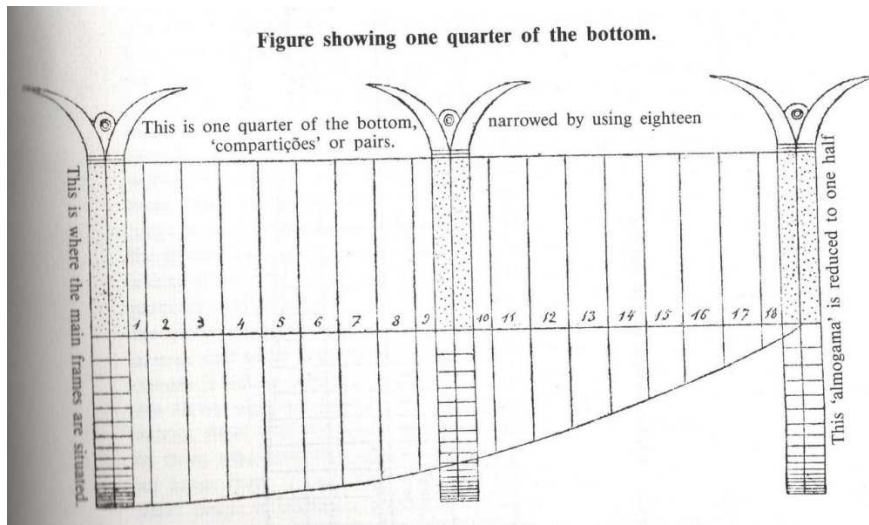
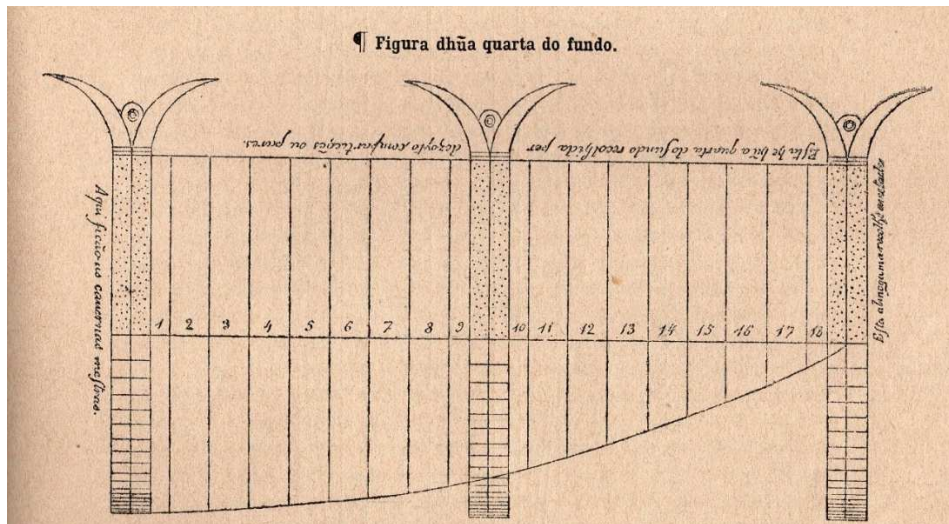


Figure 3.5

Fernando Oliveira 106p

英語とポルトガル語



オリヴェイラの説明は、全体の^{ナロウイング}の寸法と肋骨の数しか与えられていない^{ナロウイング}の
問題を船大工がどのように解決したかを見せている。しかしながら、オリヴェイラの文章
と図は、手順の各段階を示すことには役に立っているが、或る意味で、根本的にミスリー
ドするものであることに注意する必要がある。手写本の^{フォーム}姿の中でそれらが見えている様
子は、木材に依存している手順に紙上での作図を割り込ませてしまっているのである。実
際の作業においては、紙上で縮小されて表されたのではなくて、糸と板でもって実物大で
作られたのであった。

造船所の^{アプレ・ペーパー}紙以前の世界においては、肋骨は建造における^{コンストラクティブ・ジオメトリー}幾何学によって事前に明細が決

められていたものであり、^{デザイン}設計は建造と同じではなかった。しかし^{デザイン}設計と建造は明確に区別
されていなかったし、また出来ないことでもあった。その実物大の木製のテンプレートと

道具でもって、設計^{デザイン}は建造と同じ材料の媒介物(訳注：材木)を共有していたのである。どちらも造船所の中で行われたので、同じ仕事を共有した。さらに、全ての証拠からして、徒弟達は同じ仕事場におけるこれらの作業を目で見て、真似することによって技能^{クラフト}を学んだと思われる。指示は、仕事の上で従うべき命令や助言として、形式張らずに伝えられた。口頭での訓練^{カルチャー}と材料を介する訓練^{カルチャー}が縫い目なく結合していた。

ここで造船所の材木の世界から作図事務所における船大工のマシュー・ベイカーの姿^{イメージ}に戻ることが出来る。(Figure 3.1) 私は、イメージが巧妙に組み合わせられるようないくつかの要素を並べて見せることから始めた。しかしここまで来たので、今度は造船所での材木の仕事が、紙上の設計^{デザイン}ではどのように構築されていなければならなかったかを示してくれる。普通の、あるいは当たり前の活動というにはほど遠い、紙上での仕事の革新的な性格は明らかであろう。船を設計^{デザイン}する唯一のやり方を表しているのみならず、

図面^{プレ・プラン}の使用以前のテンプレートと目盛の付いた板^{ク・ラネ・ユエーティット・ボード}とは明確な対照を為している。我々は今や、木材の多忙な世界を離れているベイカーを見ている。設計^{デザイン}は実際の建造の作業とは全く異なった空間に居を構えるものとして描写される。さらに、居場所だけではなく、設計^{デザイン}の媒介物がまさしく一変してしまった。親方は、縮尺^{スケールド・ドロウイング}作図の技法を通して、狭まりの複雑な幾何学形状^{ジュオストリー}を、縮小した姿^{フォーム}に移し変え、船の平面図と断面図の上でディバイダーを使って仕事をする。ベイカーの姿^{イメージ}は、新しい材料と用具(訳注：紙とディバイダー)と共に、設計^{デザイン}が全く異なった新しい空間に居を構えていることを示し、新しい社会的な関係が出来ていることも示しているのである。

128p

ベイカーはヴェネチアの中央横断面型板^{ミッド・シ・フ・モデルド}の手順も文書に残しており、彼らの技能におけ

る歴史的な変化のまたとない証拠となっている。(11p) ベイカーがヴェネチアのやり方を知っていたことの情報源として可能性が高いのは、海軍の勘定書句報の中にベイカーの名前がアウグスチーノ・レヴェーロ(Augustino Levello)²⁵という一人の名前の真上に出て来ることである。レヴェーロは元々ヘンリー8世のためにガレー船を建造する目的で連れて来られたヴェネチアの船大工であったが、その後も英国に仕えるために40年以上も英国に残った。²⁶ ベイカーはヴェネチアの図表技能^{グラフィック}を学んでそれを適用したのみならず、彼らの専門用語も身に付けた。^(27 断片, 16p, 23p) ベイカーのヴェネチアの用語の綴り字法は、彼が書き物の情報源よりも会話の中で得たものであることを強く匂わせている。最もこれに見合った二つの例は、16pで、肋骨の上昇を「lastly」〔ヴェネチア語: la stella〕と言っていることと、肋骨の調整の一つを「linaramo del sesto」〔ヴェネチア語: legno in ramo 〈del sesto〉〕と言っていることである。) 断片の中で、それまでは並列されたことが無かったと思われる様々な設計^{デザイン}と技能を比較することが出来た。

129p

彼が、中央横断面型板^{ミッドシップモールド}の規範と言える姿^{フォーム}を定める時でさえ、彼の試みは止まらなかった。一つのページの中央横断面型板^{ミッドシップモールド}の下絵^{ドラフト}に対する明白で、見たところ最終的な指示があるにもかかわらず、付帯している図^{ドローイング}はそれらとは少しばかりかけ離れている。彼は上部フトック^{アッパーモールド} (型板の最頂部の断面) を描く時、文書中に置いた線を注意深く罫書き^{スクライブ}しているものの(訳注: 木や金属の細い棒状のもので紙面を圧して跡を残す書き方)に、それらにインクを使っていない。その代わり、一つの代案となる方向性があるものを書き、その上で最終的には第3の選択肢でもって落ち着かせた。(34-5p、Figure 3.6 参照)

Figure 3.6

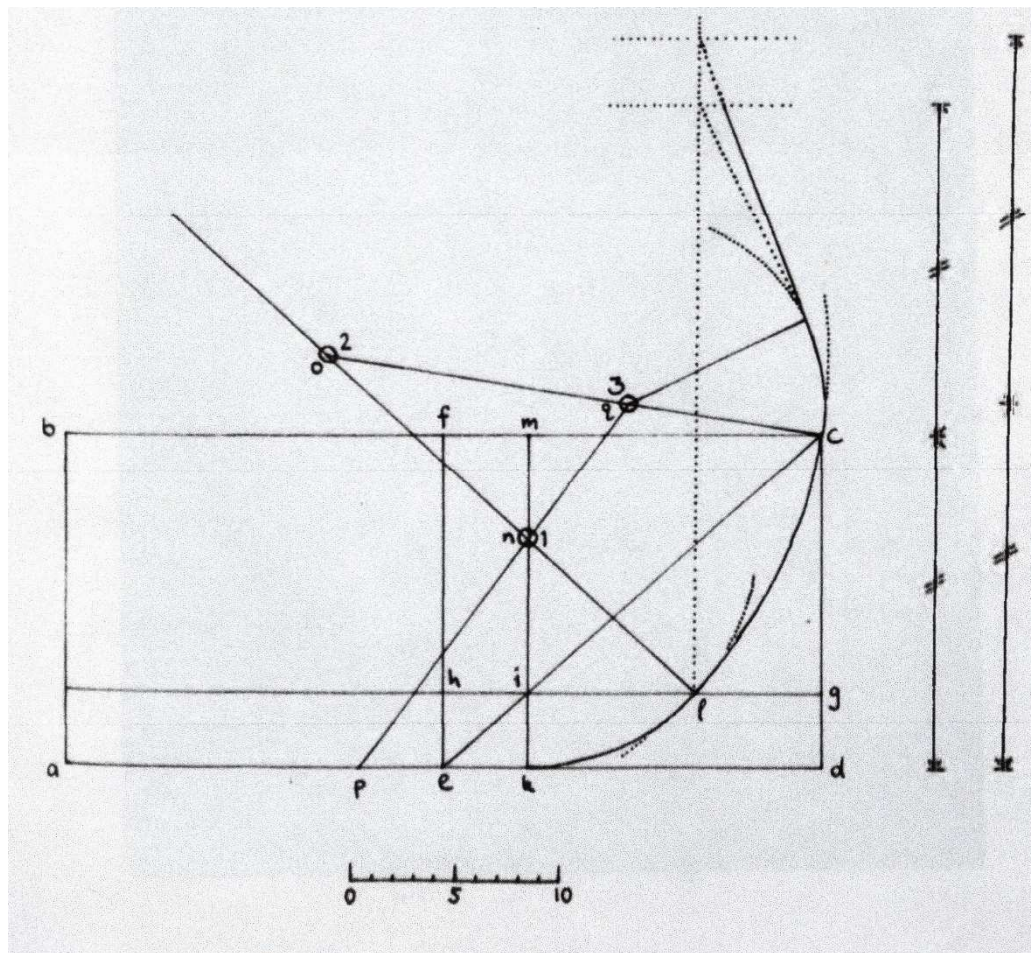
この図形^{ダイアグラム}はベイカーの図^{ドローイング}を単純化したもので、原典にはもっと多くのインクで書いたり、罫書き^{スクライブ}したりした線がある。面積の計算のための数字も同様である。

中央横断面型板^{ミッドシップモールド}を描くベイカーの手順のこの例において、船幅、そして深さはそれぞれ36フィートと16フィートが与えられている。 $dg=1/5ed$ 。 $eh=dg$ でもって、 gh を描く。そ

して gh を i で横切る ec を描く。 i を通り、 ed に垂直な mk を描くと、 ek がこの^{モールド}型板の半分の^{フロッアー}船底である。 $hl = 2/3 gh$ となるように gh 上に点 l を印す。最初の中心の n は mk 上にあり、 k と l を通るその弧を持つ。線 ln を、 n を超えて延長する。第2の中心 o は、この延長線上にあり、その弧は l から c への^フ曲線を^フ為す。第3の中心を見つけるために、最初に^{フロッアー}船底の他の半分に p の印をつける。第3の中心 q は oc と pn (延長した) の交点に在る。

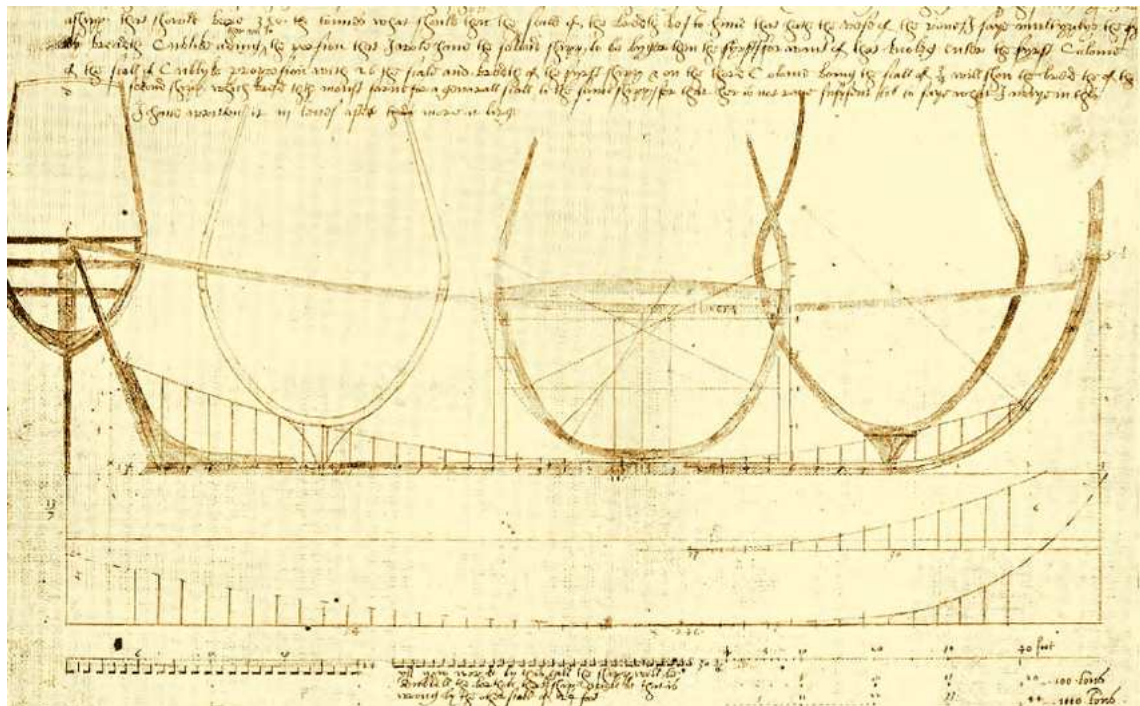
ベイカーはそれから三つの異なったやり方で上部の^{フッバ}フトックを描く。

Figure 3.6 断片、35p (原典より書き直したもの)



ベイカーは中央横断面型板の^{ミッドシップモールド}姿^{フォーム}だけでなく、それ以上のものをコントロールする新しいレベルのことを実行しようとしていた。最も洗練されたテンプレートのテクニックは船殻の中央横断面だけを扱うものであったにもかかわらず、ベイカーはそれ以上のことを目指し、彼の^{ライジング}上昇と^{ナロウイング}狭まりの線は船の全長をカバーしている（21p、Figure 3.7 参照）。

Figure 3.7 断片、21p



ベイカーは紙上での船殻の^{フォーム}姿の完全な仕様を表すことを試みようとしていた。

132p

脚注^{クラフト}28 技能の秘密についての教養人の証言としては、G.フルニエール(Fournier),

Hydrographie、パリ、1643 年、16p 参照：「400 から 500 人の船大工の中で、プロポーションの線を知っている者は 3 人か 4 人しか見つからない。何故ならば、親方達が自分の知識と技能を余りにも守ろうとする (*jaloux*) からである。」

137p

3. 数学による建造 (MATHEMATICAL CONSTRUCTIONS)

算数とその計算は何を置いても「ペンでもって；with the pen」行われるべきものであった。ベイカーのアラビア数字計算(pen-reckoning)は同時代人達の算数を暗黙裡に否定するものであった。「ペンでもって」(あるいはアラビア文字で)計算することはアラビア数字を使うことを意味した。別なやり方は計^{カウンティング・ボード}算板と計算チップ^{キャスティング・カウンター}を必要とし、通常はローマ数字で合計が記録される「計算チップでもって：with the counters」作業するものであった。(40 英語で最初に出版された算数の教科書の次の題名によって、その対比が明快である。作者不明「^{ウイズ・ザ・ペン}ペンでもって行うか、あるいは^{カウンタ}計算チップで行うかする計算を学ぶための入門書：An Introduction for to Lerne to Recken with the Pen or with the Counters (St. Albans, 1537)

訳者注：

① “Knowing Capitalism” by Nigel Thrift, 2005, SAGE Publications Ltd.

「Thus another important practice, one which allowed not only better calculation but also better recording, was imported from Arabic Spain. This was calculation using Arabic numerals. Even given the usefulness of these numerals it took some 300 years from their introduction in the twelfth century for the process of “pen reckoning”, as Arabic numerals were called, to become current throughout Western Europe, even though such numerals did not erase themselves as calculation occurred – and so could be checked – and allowed calculating and recording to be done with the same symbols.

Finally, there is the invention of double-entry book-keeping. Living in a blizzard of transactions, as they did, merchants and other business people had to have some sense of how to track each transaction, and this problem was solved by the evolution of a two-column system of debts and credits, probably originating in Venice at the end of thirteenth century. This system was then supplemented by the practice of entering each entry twice, keeping what was, in effect, a double account. In turn, the procedure spread across Europe, chiefly through manuals on book-keeping.

「もう一つの重要な実務の仕方は計算をより上手くすることだけでなく、記録をより上手くすることもできるようにしたもので、アラブ世界があったスペインから輸入された。これはアラビア数字を使った計算であった。そうした数字は、計算が行われた時に消えてしまうことがなく、検証することが出来、また同じ記号で計算して記録することが出来るという具合に、役に立つことが分かっている、「ペン・レコニング」－アラビア数字は

このように呼ばれた一のプロセスが12世紀に導入されてから西欧全体に行き渡るのに
ほぼ300年がかかった。(以下省略)」(訳注：それまでは計 算 板〔counting board〕と
賭け事のチップのような計 算 チ ッ プ〔casting counter、一般的にジェットン;jettonとい
う〕を使っており、計算過程が残らなかった)

② “Stories of Chaos – Reasons and its displacement in Early Modern English Narrative”,
Nick Davis, 1999, Ashgate Publishing

「ピタゴラスはアバカス(abacus、訳注：ギリシャ語の「板」の意。数字を書くために板の
上に砂を撒いた)の発明者と考えられた。彼は教育を目的としてアバカスを発明したので
あり、商業的に使うためではなかった。アバカスを用いた計算は大体のところ、一連のル
ールに則った機械的な手順であり、数学の原理でもって深く考える必要はなかった。計算
結果は近代初期のヨーロッパでは、通常ローマ数字で記録され、当時アバカスとローマ数
字の使用は実用上、確固とした関係を有していた。しかし、中世後期以降、「アバカス利
用(abacism)」の最大のライバルは「アルゴリズム(algorism、9世紀の数学者アル・フワリ
ズミ：al-Khwarizmiに因んでこの名称がつけられた。彼はインド数字：Hindu numerals

と呼んだものについての論文を書いた)」であり、これはまたペン書きとして知られたが、
近代の学校教育の手書きの算数と基本的に同じであった。ローマ数字はそうした目的には
極めて扱いにくく(MCMXIX 掛ける XLV をやっていただきたい)、当時広まったばかり
のインド・アラビア数字が使われた。

特に16世紀において、アバカス利用とペンでの演算法のそれぞれの利点が広く論議さ

れた。商 業 記 帳 にペンでの演算法を使うことへの抵抗は、純粹に社会の保守主義ある
いは伝統主義から沸き起こったのではなく、一部におけるものであった。(そうした抵抗
の1例：「新」数字は1685年まで、ロンドンの会計の表示には使われなかった。)

アバカス利用は単純なルールに従ってチップを動かし、続けて結果を記録するという、ル
ーチン化した二つのステップを通した手順で計算する。一方、ペン書きは、数学的思考形
態から出される指示だけを常に受けて、連続して数进行操作することを伴っている。それ
は、頭の中で対にしてあった数を素早く因数分解するような、明らかな「ショートカッ
ト」をしばしば含んでいる。これら両方の理由から、傍で見ながら、過程を追跡して監督

する人にとってはずっと大変なことである。アバカス計算の利点の一つは、東アジアで現在称賛されていることだが、その過程が極めて可視化されていて調べればよくわかることである。」

訳者挿入図 1 : Gregorius Reisch 著、1503 年初版、“*Margarita Philosophica*”

中央は算数を擬人化した女神。向かって右はアバカスの発明者と言われるピタゴラスが

計算版カウンター・ボードに向かって、チップカウンターを扱っている。向かって左は紀元 5-6 世紀のローマの哲学者ボエチウス。アラビア数字のヨーロッパ世界への導入者とされている。



訳者挿入図 2 : 1588 年のスペイン無敵艦隊の敗北を記念したジェットン(英国製?)



訳者挿入図3：オランダの17世紀ジェットンとそれを入れておく銀製の筒。



ベイカーが^{キャストリング}計算チップよりも^{サライフ}アラビア数字での計算の方を好んだのは、前者の方法に疎か
 ったからではなかった。彼が常日頃接していた造船所の所員達は明らかに^{ボード}計算版と^{カウンター}チップ
 で計算していた。海軍の勘定役達「^{キャストリング}計算チップの^{カウンター}計算者達(compters)」は商人達に対する
 文房用具の多くの支払い明細を作るのにローマ数字を使っている。(41 例えば、脚注⁸で示
 した海軍の会計中の「デットフォード通常分」にしばしば挙げられている支払いを参照さ
 れたし。「^{ウィズ・カウンター}チップでもって」の算数については F.P. Barnard, *The casting-counter and the*
casting-board, Oxford, 1916, reprinted 1981 参照のこと) しかしベイカーは算数を、造船
 所における管理の実務から学んだのではなく、書物から学んだ。彼が^{ルート}乗根を持ち出し、代
 数の記号でもって作業する時、会計に必要とされる初歩的な計算をかなり超えたロバー

ト・レコードの知恵の砒石(*Robert Recorde's Whetstone of Witte*) (1557 年) のようなテキストから記号を取っていた。(42 ベイカーは進んで記号を自分の著作に取り入れた。彼は

𐝑 を平方(2 乗)に使い ー(平方)根(もっと完全に書くと 𐝑 𐝑) ー そして 𐝒 を立方に、 または 𐝒 𐝑 を立方根に用いた。これらの記号はロバート・レコードの知恵の砒石(*Robert Recorde's Whetstone of Witte*) (1557 年)、sigs S1^v 及び L13^{rv})

訳者注：ギャレス・ロバーツ(Gareth Roberts)とフェニー・スミス(Fenny Smith)編「ロバート・レコード：チューダー朝数学者の生涯とその時代(*Robert Recorde's : The Life and Times of a Tudor Mathematician*)より。

Table 3. Recorde's description of the first six cossic numbers.

Sign	Recorde's description	
𐝑	Betokeneth number absolute: as if it had no signe	x^0
𐝑	Signifieth the roote of any number	x
𐝑	Representeth a square number	x^2
𐝒	Expresseth a Cubike number	x^3
𐝑𐝑	Is the signe of a square of squares, or Zenzizenzike	x^4
𐝑𐝑	Standeth for a Sursolide	x^5

Table 3. レコードの最初の 6 個の代数の数詞についての記述

記号	レコードの記述	
𐝑	完全な未知数：符号が無いが如し	x^0
𐝑	全ての数の根を意味する	x
𐝑	平方根の数を示す	x^2
𐝒	立方根の数を表す	x^3
𐝑𐝑	2 乗の 2 乗の符号である、即ち 4 乗(ゼンジゼンジック)	x^4
𐝑𐝑	5 乗を表す	x^5

断片の算数が^{ウイズ・ザ・ペン}でもって行われた場合、^{ミッド・シフツ}中央横断面の^{モールド}型板を作るのは、幾何学の原型的

な操作として、ディバイダーと直線定規^{リニア・エッジ}を使用して行った。ベイカーにとって、これらの

図^{ドローイング}のそれぞれは「幾何学的なデモンストレーション」(34p, 73p)であった。しかし、

ここで彼が言う「デモンストレーション」というのは「目に見えるようにすること (showing forth)」であり、その用語には証明という意味は持たせていなかった。厳密な証明というよりは、グラフィックなディスプレイとしてのベイカーのデモンストレーションの概念は、幾何学の造形の深い論文とは著しくことなっている。

(訳注：デモンストレーションには論証、証明の意味と実演説明、実地教授の意味、そして示威運動の意味がある。) それでも、彼の図^{ドローイング}はその場だけのスケッチではなかった。

「幾何学的なデモンストレーション」の装置の一部分は線形縮尺定規^{リニア・スケール}で、それは、紙上のミニチュアの船に、材木で建造しようとしている実物大のものに関連を持たせた。

比例尺定規^{スケール}による作業は、ベイカーの図面^{プラットフォーム}に、実際のものが描写されている感を与えた。

(⁴⁴ベイカーは彼自身のテンプレート^{リニア・スケール}を線形縮尺目盛の作成のために提供した。彼は全ての適切な線を、決めた数の等しい長さに分割出来るように、60本の等距離の並行線を有する器具を書き上げた。[55p] この方法は、例えば、ジョン・ブラグレイヴの「数学の宝石」; John Blagrave “*Mathematical Jewel*”, London, 1585, 4-5p)の中に記述されている。

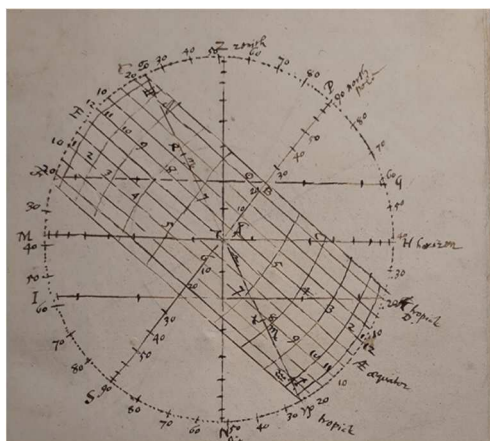
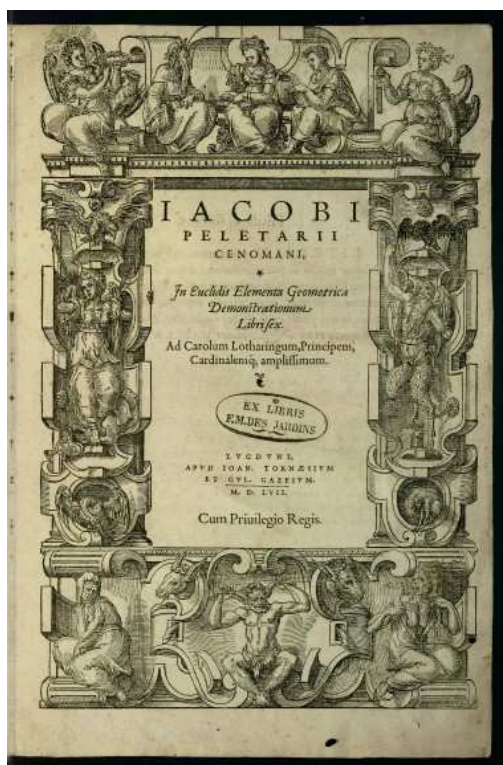
ベイカーは図での表現を重要視したが、ユークリッド学派の流儀を知らなかったわけではない。彼は実に2回もユークリッドの原論に明確に言及しており、その両方ともピタゴラスの定理(第I巻, 47)についてである。彼は最初、中央横断面^{ミッド・シフ・オブ・モールド}の型板^{グリッド}の格子網の中に直角三角形の斜辺を求めるために「第47命題」(直角三角形の直角の対辺の上の正方形は直角を挟む2辺の上の正方形の和に等しい)を用いた(34p)。二回目の場合は、この命題そのものではなく、フランスの数学者で詩人のジャック・プルティエ(Jacques Peletier)によって追加された一つの系について述べている「ペリタルスによって追加された最初の第47命題」である。⁽⁴⁵⁾ 断片73p、プルティエは、ピタゴラスの定理に四つの追加をした。それら全ては彼の *In Euclidis Elementa geometrica demonstrationum libri sex*, 1557 中のみならず、ビリングスレイ [Billingsley] のユークリッドの英語訳 [1570年、f58] 中でも見られる。)

訳者挿入図4 John Blagrave “*Mathematical Jewel*”



訳者挿入図 5

Jacques Peletier, *In Euclidis Elementa
geometrica demon-strationum
libri sex*



さらに、特徴的なことは、この後者のユークリッドの権威への帰依によって、ディバイダーと測定した大きさを用いての、純粹にグラフィックな手順が許されたのである。そしてさらに、ユークリッド幾何学の材料を適合させながら、ベイカーはいくつかの実用上使っている幾何学の基本的な問題を、紙を使う手段の形へと移し変えたことである。長方形と円、あるいは立方体と球の関係といった新味のないテキストがグラフィックなフォーマットに変換されたが(66-67p)、一方でベイカーは円柱と角柱の体積も議論している(32p)。

ベイカーにとって、算数と幾何学はペン、ディバイダー、縮尺目盛、そして直線定規の操作によって特徴付けられた。算数と幾何学はお互いを補い合ったが、両者は別ものであった。

両者が一緒になって「全ての^{アート}技の二つの支え合う柱」(34p)の役を果たした。従って、問題を解くのに、数字を使っても使わなくても、取り組むことが出来たのである(40p)。問題に対する幾何学的な解答は算数に照らしてチェックできた。

縮尺定規^{スケール}によって答を出した後で、バイカーはペンで試してみて、「幾何学的なデモンストレーションに合致する」(73p)数値に達したのであろう。

ペンとデモンストレーションはそれぞれ利点と欠点があった。似たような三角形の原理を具現している^{プロポーションアルスケール}比例定規(Figure 3.9 のようなもの)が僅かばかりの比率にではあったが使えたのに対し、算数は「一定のものと一般的なものと両方のルール」(65p)でもって同じ問題に対処した。このように、比例定規^{スケール}とそれが適用できる範囲には制限があった。しかし比例定規^{スケール}はバイカーの^{デザイン}設計のやり方にとっては、しばしばペンよりも適していた：

小さなものには、この定規はペンのように精確ではないが、定規が図面の^{スケール}「図」中の線に^{フラクショナル}真の比率を与えるのは、数字で与えるよりも良いのである(68p)

Figure 3.8

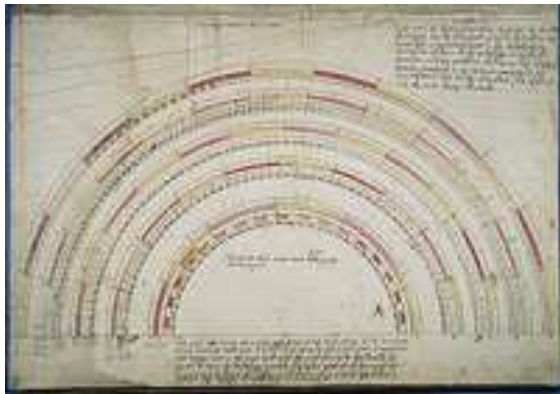
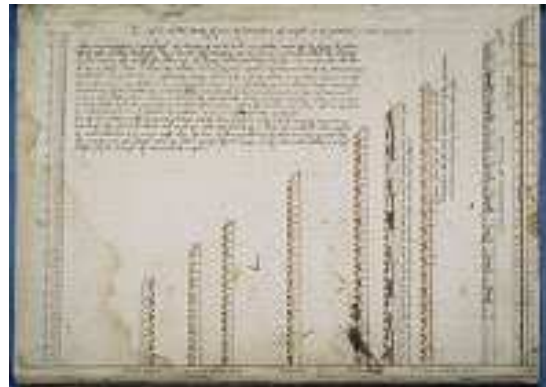


Figure 3.9



おまけに、アラビア数字^{アラビア数字}での計算で正確性を実現することは、バイカーがそれをしなくて幸せだった計算を必要としたのであった。彼がトン数を案出したルールはしばしば立方根を求める必要があった。完全な計算をやり遂げるよりは、バイカーは易しい近似値でもって許されるものを — 実際にそれが可能であったし — 示す方を好んだ。算数上の間違いが降り注ぐ一連の計算が終わったところで、彼は次のように言った：

これらの^{ルート}乗根^{乗根}が思うほど近似したものが求められないとしても、それでも十分の一以内である。私が望むところは、その正確性と同じことになるようなルールと道理を示すことである・・・。^{カーペンター}船大工の^{トレード}商売において育てられ、かつ^{ルート}乗根から引

き出す知識を有する者達にとって、これならば満足するであろうというものである。(153p)

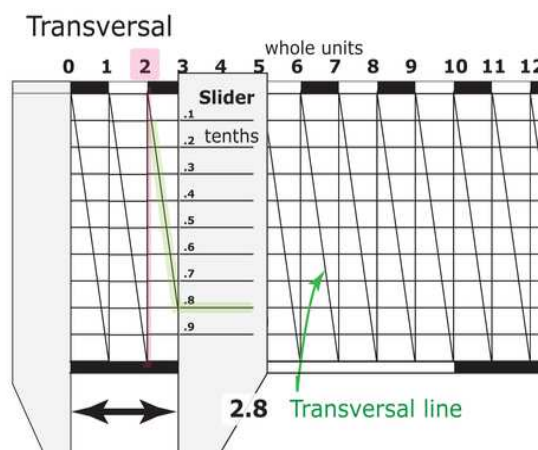
「^{カーペンター}船大工の^{トレード}商売において育成された」^{シップライト}船大工で、平方根と立方根を求めることが出来る者が多い筈がなかった。算数と幾何学による表現、そして具合的な数学上のテクニックの採用を通して、ベイカーは船大工の新しいあるべき姿を創り上げつつあった。技能の経験と新たに取り入れた数学の知識及び価値を結びつけて、船大工は今や数学の^{メカニシャン}機械工と考えられるようになっていた。

ベイカー自身のこの新しいあるべき姿へ至る道順は、数学のテキストに親しかったことだけではなく、個人的なコンタクトを通してでもあった。^{断片}中に出て来る材料から、創造上の不和の少なくとも一例があったものの、海軍と数学のコミュニティ内における協力関係が成功したことが伺われる。これらの例を吟味すると、ベイカーが個人的及び知的に、当時の数学の^{ブラクテイショナー}実用的使用者の小グループと融合していたことが浮かび上がる。

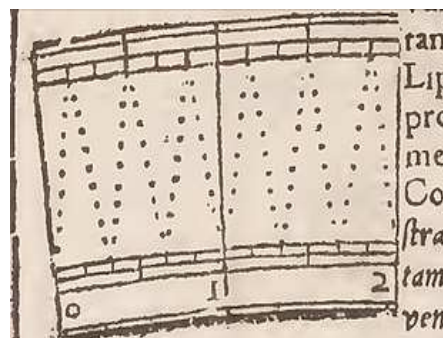
ベイカーの^{メジャリングスケール}計測定規は、間接的ではあるが、彼の交友関係の最初のヒントとなる。線形定規は^{スケール}断片中で繰り返し出て来る特徴であるが、ベイカーは時折、より精度を求めるものには^{トランスバーサルスケール}横断線形定規を使った。水平な線を横切って走る斜めの線を伴うこれらの長方形の

定規は^{スケール}1インチに対応する分割に目盛が付けられた(Figure 3.10)。

訳者挿入図 6 ^{トランスバーサルスケール}横断線形定規(transversalscale)



チコ・ブラーエの^{トランスバーサルスケール}横断線形定規

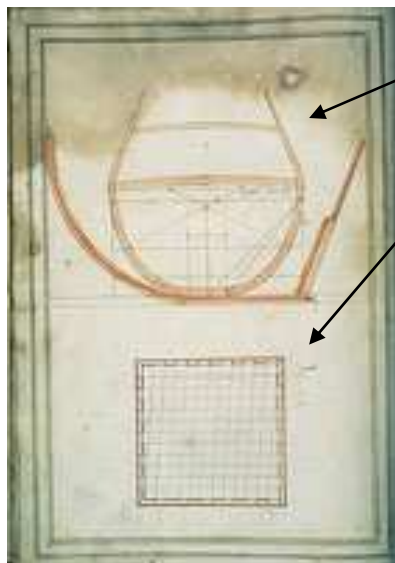


通常の線形定規^{スケール}でさえも当時、英国の地図と海図作成に導入されたばかりであり、

横断線形^{トランスバーサル}は天文用器具における新奇なものとみなされていた。(訳注：訳者挿入図6のチ

コ・ブラーエの横断線形定規^{トランスバーサルスケール}と訳者挿入図7 横断線形定規付四分儀^{トランスバーサルスケール}を参照)

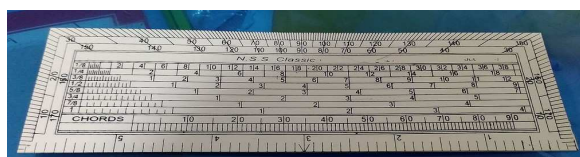
Figure 3.10



* ジュデス号 (Judeth)

* 対角線定規^{ディアゴナルスケール}

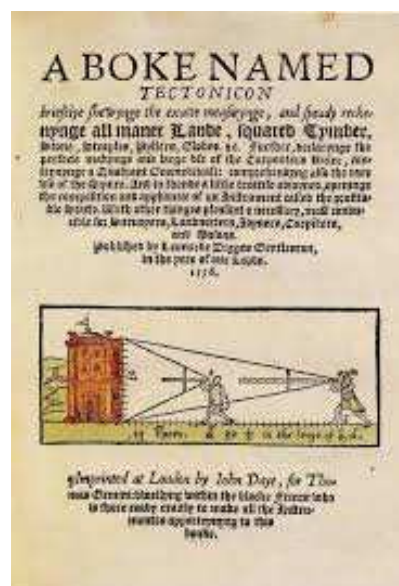
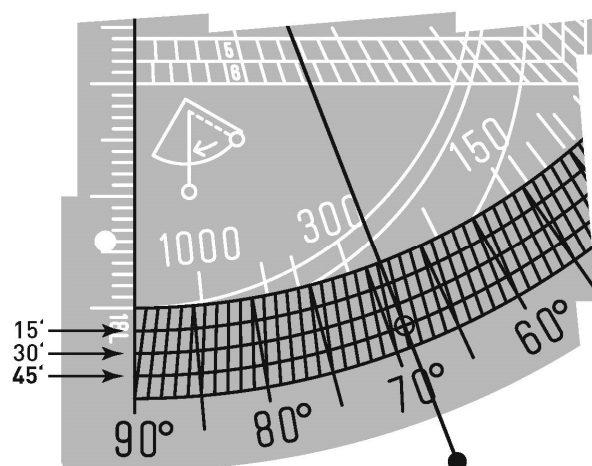
* 現代の対角線定規^{ディアゴナルスケール}(相似三角形の性質を用いて小さな長さを拡大して読み取り易くする定規)



訳者挿入図7 横断線形定規付四分儀^{トランスバーサルスケール} ^{コードランド}

訳者挿入図8 ディグスの測量用

クロス・スタッフの図



トーマス・ディグス(Thomas Digges)は 1573 年に、彼の天文用クロス・スタッフへのそれらの使用を推奨し、その目盛付けの方法の改良を、航海者で器具製作者でもある「極めて技能が高く賢明な数学の達人」であるリチャード・チャンセラー(Richard Chancellor, 1556 年没)に帰している。⁽⁴⁶⁾ *Alae seu Scalae Mathematicae*, London, 1573, sig.K3。ディグス、チャンセラー、^{トランスバースル}横断線形の初期の歴史については本書第 2 章、第 2 節を参照のこと。訳注：ディグスはコペルニクスの天動説を初めて英国に紹介した。彼は 10 フィートの長大なクロス・スタッフを天体観測に使用した。) したがって、ベイカーが 1551 年に地中海へ旅行した時に、リチャード・チャンセラーも乗組員の中に居たことが偶然であったことはほぼなかろう。⁽⁴⁷⁾ ハクルート [脚注 24]、V,76p)

ベイカーの^{ディアゴナルスケール}対角線定規の一つと同じページに、彼の数学での提携者達との更なる手掛かりを与えてくれる圧縮した船の^{ドラフト}図がある。この短縮した^{フラッツ}図面は、「ジュデス号(マ)ーボロウ (Judeth – Borowgh) とラベルが付けられた小型船の船首材、船尾材、そして中央横断面の型板^{ミッドシップモールド}を見せている (6p、Figure 3.10 参照)。1573 年にステファン(Stephen)とウィリアム・ボロウ(William Borowgh)はジュデイス号(*Judith*)を建造する政府の奨励金を受け取った。ベイカーに建造が委託されたのは間違いなかろう。⁽⁴⁸⁾ PRO HCA/1, part2。この文書はページが付けられていない一束になったものである。ジュデイス号の公式な積載量は 110 トンである [PRO SP 12/107/68 でもって確認] にもかかわらず、ボロウは後に 75 トンと記述している [SP 12/129/11]。この食い違いはトン数の計算のシステムの違いで説明される。軍艦はデッドウェイト [トンとトン数] で、商船は商品の積載^{キャパシティー}能力 (トン数) である。トン数についてはウィリアム・ソールズベリー [William Salisbury]、 「英国における初期のトン数測定 [Early tonnage measurement in England]」, M.M. 52, 1966, 41-51p。ただし、ベイカーの計算書は全部が揃っているものではない。) ウィリアム・ボロウは後に海軍の常任士官となり、海軍の運営に関する内部政策においても、またドーバー港のような他のプロジェクトにおいてもベイカーの盟友であった。⁽⁴⁹⁾ 1585 年にボロウはベイカーを支持し、彼よりも年輩の同僚であるピーター・ペットよりも^{スキルフル}腕が立つと称賛している：BL Lansdowne MS 43/33。ボロウについては、本書のこの後の第 4 章を、ドーバー港については第 5 章を参照されたい。) ジュデイス号の証拠は、1580 年代の彼らの海軍での協力関係以前に、ボロウは既にベイカーの賞賛者であったことを示している。

ボロウとベイカーが接触した一つの小さな思い出として残っているのは、ベイカーは彼

の船の^{ドラフト}図の中に、ボロウは彼の海図の中に描き入れた装飾の有る同じ^{フォーム}姿の線形定規の^{スケール}使用であった⁽⁵⁰⁾ ベイカー：断片、24p、29p、126p。ボロウ：Hatfield House, CPM, I, 69 [North Atlantic chart for Frobisher], National Maritime Museum, N51-4/G. 215:1/5 MS [passage from England to the Gulf of Finland]) しかし彼らには共通のもっと本質的な関心事があった。ボロウは数学による航海と磁力への関心とは別に、造船の問題も扱った。具体的には、商船と軍艦の様々なタイプの船のプロポーショナルを定めたのみならず、トン数を決めるという難問に取り組むための方法をも提案した覚書をまとめたのである。⁽⁵¹⁾ PRO SP12/243/110。また SP12/152/19、同じトン数の方法を示しているボロウの手

によるが署名が無い一通の海軍文書;f.49^r。一見したところ事務管理文書に見えるが、ロープと索具のための規定への注目すべき付属書を含んでおり、それには円の比率と円の面積の計算を示すために与えられた幾何学的な図形についてユークリッドが引用されている。f.51^r) さほど驚くことではないが、ベイカーは異なったクラスの船に必要な品質も論じている(eg 40p)。さらに、断片は、ボロウによって提出された算数のテクニックに見合ったやり方でトン数に取り組む努力を記録している(65p,153-4p)。

これらの職業上の重なった関心事を超えて、ベイカーとボロウは同じ数学上の検討課題を掲げていた。ベイカーが算数と幾何学の一義的な役割に重きを置いていたことは、ボロウの羅針儀の偏差についての論説(*Discours of the Variation of the Cumpas*)(1581年)中にも見出される。そのテキストの序文の中で、ボロウは算数と幾何学を「全ての科学と然る

べき技の基礎」として描いており、次のような^{メカニカルプラクティショナー}機械の実用的使用者達を推奨することにスペースを割いている：

これらの技を熱心に稽古し練習することによって、滅多にない特別な知識に到達した者達。建築においては、ローマ人のヴィトウルヴィウス(Vitruvius)、絵画においてはあの有名なドイツ人のアルベルツス・デュレルス(Albertus durerus)(訳注：アルブレヒト・デューラーのこと)そして造船では、我が国人マシュー・ベイカー。⁽⁵²⁾ W.

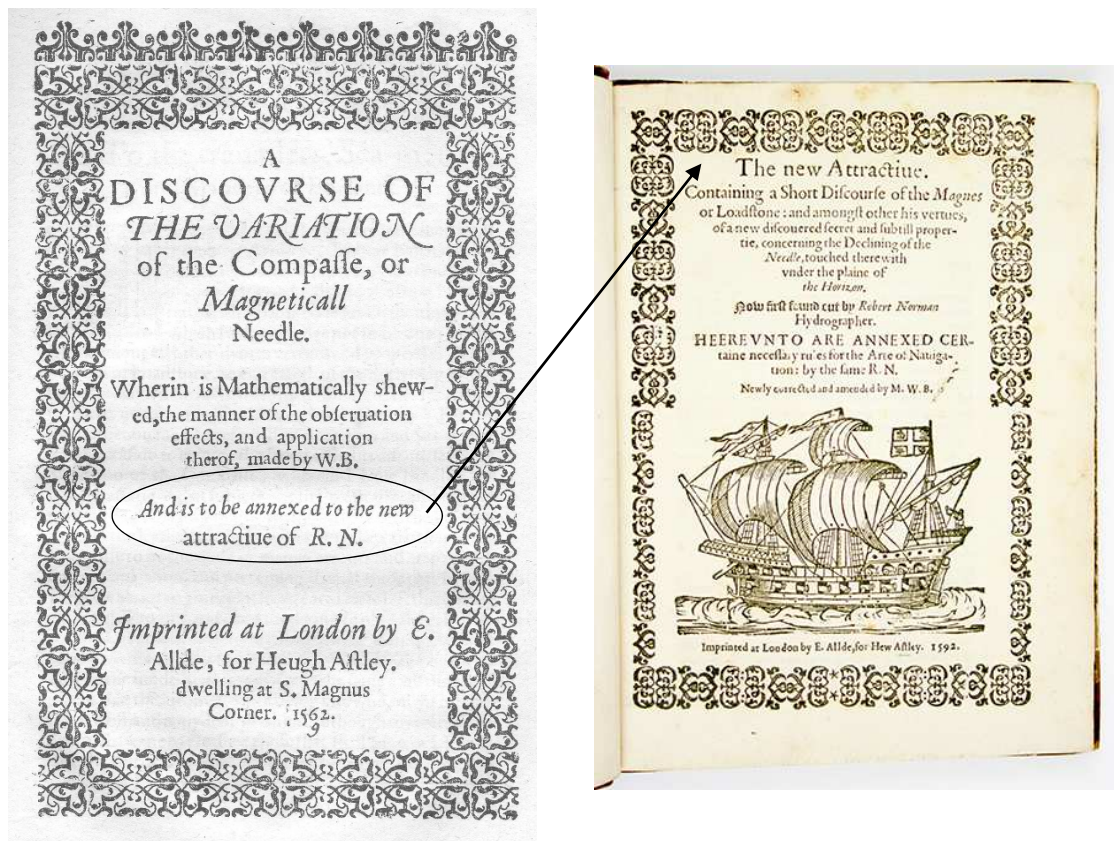
Borough, *Discours of the Variation of the Cumpas*, London, 1581, sig. *3^v)

このようにりっぱな人達と一緒にされるのは、大変な賞賛を受けていることであった。このことは、ベイカーとボロウが身近で一緒に仕事をし、考えを交わし合い、テクニックを分かち合っていたことを意味する。

ベイカーは彼の職業生活の早い時期にチャンセラー(1556年没)とコンタクトしていた。ボロウ(1598年没)はベイカーの円熟期の一番の盟友であった。しかしベイカーは、晩年になってさえも、数学者の新しいジェネレーションと実りあるコンタクトをしていた証言がある。最も顕著なものは、多分17世紀初めの数学科学の英国人で最も卓越した

ブラクティシヨナー
実用的使用者であるトーマス・ハリオットとの関係の証拠である。

訳者挿入図9 W. Borough, *Discours of the Variation of the Cumpas*



ハリオットのおびただしい手写本の中に、船の設計に関する、短い重要な一連の文書が残っている。(53 この後の関連内容は次にに基づく。Jon V. Pepper “Harriot’s manuscript on shipbuilding and rigging, ca. 1608-1610, Derek Howse (ed), five Hundred Years of Nautical Science, 1400-1900, Proceedings of the Third International reunion for the History of Nautical Science and Hydrography, Greenwich, 1981, 204-216p 及び John Shirley, Thomas Harriot: A Biography, Oxford, 1983, 97-103p.) 彼の貢献はかなり進歩した数学に精通していたことに負っている。彼は肋骨の弧を表す楕円形のために円錐曲線のレパートリーに分け入り、微妙な船の上昇線と狭まり線を得るのに3次曲線と4次曲線を用いた。そうした数学の情報源を探し求めることを、ハリオットは16世紀終わりと17世紀初めの英国の数学の最先端の領域で行っていた。それでも彼はそれを孤立してやっているではなかった。比率に従って建造された船のための帆柱の寸法を求めるのに、新しい双曲線のテクニックを披露しながら、自分のためのメモを「1608年2月28日にこれを考え出

し、船大工のベイカー氏のために E.マアロウに渡した」と書きつけた。

ベイカーに新しいものを提供しながらも、結果の移転は一方通行ではなかった。代わり

に、ハリオットはトン数と狭まりの船大工頭のルールを学んだ。数学者と船大工との間の

この協力の前提となったのは紙上での活動としての設計^{デザイン}の創造であった。船を小型化した

持ち運び出来る画像として研究することが可能となって初めて、船大工の仕事が、進歩した数学という武器庫を頼りに出来るようになったのである。ハリオットの 1608 年の覚書はベイカーとやり取りする紙の役割を上手く示唆している。ハリオットとベイカーは出会っていると思われるが、彼らが面と向かって実際に会うことは関係を連続させるために不可欠なものではなかった。離れていてもコミュニケーションは可能で、新しい結果を、仲介者を通して上手く送ることができたであろう。

しかしベイカーのチャンセラー、ボロウ、そしてハリオットのような人物達との提携関係があったからといって、全てのそうした同時代人達と馬が合ったわけではなかった。断

片は少なくとも一人の数学の^{ブラクティシヨナー}実用的使用者との率直な意見の不一致を記録している。その議論と批判から、ベイカーにとっての数学の価値はもっと肯定的な共同作業を求めるものであることを良く分らせてくれる。

比^{プロポーションナル・スケール}例定規の最初の厚紙のページに、ベイカーは下手な詩を作った(57p)。最後の行は「他人の著作と継ぎはぎをし、そして今や売るために彼の無学なペンでそれを描く」或る「^{パッチング・ボーン}継ぎはぎする馬の骨(patching bourne)」を標的としている。(訳注：この詩については、Richard Barker “Fragments From The Pepysian Library, 1985, Separata da Revista da Universidade de Coimbra, Vol.XXXII 中に引用されている) ここで言う「^{ボーン}馬の骨

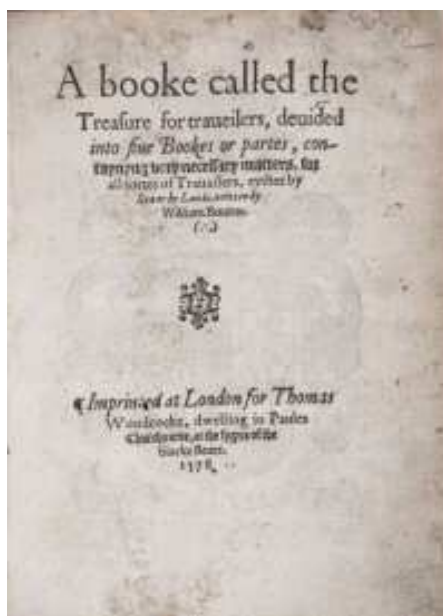
(bourne)」は著作家のウィリアム・ボーン(William Bourne)(1535 年頃生—1582 年)のことで、彼には 1570 年代と 80 年代の様々な数学と^{ブラクティカル}実用的使用のテキストがあるが、その中で^{旅行者の宝}*(Treasure for Travellers)*(1578)において造船についてのいくつかの事柄を出版していた。(54 ボーンについては、E.G.R. Taylor 編 *a regiment for the Sea and other Writings on Navigation by William Bourne*, Hakluyt Society, 2nd series, 121, Cambridge, 1963 を参照のこと)

ベイカーの剽窃行為に対する言外の非難は個人的な軋轢によって悪化していたのかもしれない。確かにお互いが接触する機会は多くあり、1574 年にボーンがギリンガム水域に停泊した艦隊を守るために建てられた城であるアップナー(Upnor)の砲手長に任命された時、

彼は海軍の給料支払い簿上に現れた。(55 ボーンについて挙げていることは、Bodl.Rawl. MS A 202,f.40^r) 彼らがどのような日常の影響関係にあったのか今となっては分からないが、ベイカーの不信感は一人的な好き嫌いを超えていた。彼は、ボーンが船大工に提案した数学的な手順を拒否し、ボーンの著作が暗示している技のイメージに過ぎないものにさえも意義を唱えた。

旅行者の宝の中で、ボーンは船をいかにして比率通りに建造することが出来るかを示そうと探求した。(56 W. Bourne, *A Booke called the Treasure for Travellers*, London, 1578, III, f.14^r) いち早く当時の基本的な話題となったこのプロセスの目的は、成功した船の品質を複製することであった。(57 船を比率通りに建造することに関する外部の人間による当時のコメントが多かっただけでなく、話題は船体の建造を委託することに責任のある人々に関してもあった。例えば、1588 年に合意された最大の船〔脚注 35〕はそれ以前のレヴェンジ号同様の型板が作られなければならなかったが、200 トン重かった。

作者挿入図 10 W. Bourne, *A Booke called the Treasure for Travellers*, London, 1578



積載量が b_1 の 1 隻の船が在る時、課題は積載量が $b_2=kb_1$ の別のもう 1 隻を建造するというものであった。2 隻目の船の各寸法が d_2 であるものに対するボーンのルールを要約した式は次であった：

$$d_2 = \sqrt[3]{kd_1^3}$$

ここで、 d_2 は最初の船の寸法 d_1 に当たる。従って、100 トンの船が 20ft の船幅を持っているならば、同じ比率で建造される 125 トンの船は次の船幅を持たねばならない：

$$\sqrt[3]{\left(\frac{125}{100}\right)20^3}$$

しかし、ボーンは「大部分の人にとって、その類の算数は極めて厳しく、学ぶことは容易でないので、立方根を求めることは出来ない」ことが分かっていた。(58 ボーン〔脚注 56〕、III, f.15^v) そこで彼は、標準的な比率用の一連の近似値を与えた。例えば、最初の船よりも 4 分の 1 大きな 2 番目の船を建造する際に、最初の船の主だった寸法を測定して、それらを四等分し、2 番目の船の、それらに対応する寸法を $4\frac{1}{3}$ とした。(訳注： $4^3=64$ 、 $4.33^3 \div 81$ 、 $(81-64) \div 64=0.265 \div 0.25$) 同プロセスに匹敵するボーンが推奨する

代案は、最初の船の 12 インチ分の長さを、全てについて、2 番目の船のこれに対応する寸法を 13 インチとすることであった。(訳注： $(13^3 - 12^3) \div 12^3 \doteq 0.271 \doteq 0.25$) 同様に、「合理的に十分と言えるほど正確」な近似値が、所与の船の 8 倍大きい船に至るまで、与えられた。⁽⁵⁹⁾ ボーン〔脚注 56〕、III, f.16^v)

ボーンのペンでもっての算数作業に対して、ベイカーは図表による猛反撃を繰り出した。ベイカーはボーンと同じように、比率での船の建造用に近似値を提供したが、彼はそれを、^{プロポーションナル・スケール}比 例 定 規を媒介にして行った。厚紙のページ中の 1 ページに、ベイカーは「1

隻の船が他の船に対して有している比率を見せる」ための^{スケール}縮尺目盛を書き上げた。(65p, Figure 3.11 参照) これは共通比例因数(common proportional factors)の立方根に従って間隔を置いた 5 本の垂直な列柱から寸法を読み取る指標を使ったものであった。

Figure 3.11 断片 65p、

「この^{スケール}縮尺目盛は 1 隻の船が他の船に対して有している比率を見せる」



この^{スケール}縮尺目盛の中では、ベイカーの比率の範囲はボーンのものよりも控えめであった。それは、所与の船の積載量の 2 倍までの船に対応した寸法が求められるように作られていた。しかしベイカーはもっと広い範囲でも操作できる^{スケール}縮尺目盛を避けたわけではなかつ

た。厚紙の別の1ページに、同じタイプの縮尺目盛を描いたが、これは10を因数として比率が変わる船をカバーしようとしたもので、「これらは10トンから100トン、そして100から1000に使える比率の3乗の縮尺目盛である」と述べている。ベイカーの熱意は、その後の注意書きに「この縮尺目盛の使用、そして大きな目的に使えることは驚くべきである。この縮尺目盛によって解答が得られる質問は無限である」(77p)とあり、明らかである。

似たような利点は、ロープと長方形の比率のために意図されたことがコメントされている半円の縮尺目盛からも得ることが出来た。ベイカーは次のように付言している：

この縮尺目盛は、ボーンがロープの比率について作っているみみっちいもの
(brabble)とは違う。彼のものはつまらないだけでなく、全般に渡って使うことは出来ず、彼が限定してしまっている僅かな数にしか使えない(76p)

算数による近似値を様々な ^{プロポショナル・スケール} 比 例 定 規 によって置き換えているのと同時に、ベイカーは、比例関係にある諸寸法を求めるボーンのそれよりも正確かつ一般的な方法に、明らかに真正面から挑んだのであった。ボーンは、船大工が全ての関係する寸法を3乗し、それぞれの3乗した値に比率の係数を掛け合わせ、その積の3乗根の値を得ることを求めた。ベイカーは、それをするには「^{エクストラクション}得る結果の数ほど、私は何度も何度も掛け算をしなくてはならないので、疲れてしまう」と抗議した(26p)。そんなに多いアラビア数字での計算は、特にベイカーの「幾何学的なデモンストレーション」が、算数計算において省力が出来る道筋を提案している以上、魅力的ではなかった。

さらには、3乗根の知識が無くても、そのプロセスをやり遂げることは出来た。算数を知らない「^{メカニカル・ワークマン}機械の作業者」の利益のために、ベイカーは「アルバルツス・デュレリ(Albartus Dureri, 訳注：アルブレヒト・デューラーのラテン語表記)が彼の幾何学の本の中で使^{デモンストレート}って見せているのを私がみつけた或る縮尺目盛」を使った(26p)。ベイカーは作図事務室で彼が船大工の仕事をしているイメージを描く時にデューラーを用い、自分をウィ

リアム・ボロウによるデューラーと同等に位置づけしていた。しかし、此処でベイカーはデューラーの幾何学的なテクニックを詳細に借りるために、図像と文章表現の領域を超えつつあった。

ベイカーの情報源はデューラーの「*技芸の知的性質：Underweysung der Messung, Intellectual Nature of Art*, 1525 年」であった。この書のテーマの一つは、一つの立方体がある時、その容積の 2 倍のもう一つのものをどのように作るかという古典的な問題であった。デューラーは、全ての望むプロポーションで立方体を作る手段を提供する立方体を 2 倍にする問題への一般解を出した。言い換えれば、一つの立方体の側面が与えられた時、デューラーは、容積が 2 倍の大きさ、あるいはいかなる大きさでも、他の比率の別の立方体の側面を得たのであった。それは、直線定規とコンパスだけでのユークリッド流そのもののやり方で求められたのではなかったが、正確に出来ていた。(60 ベイカーが「アルバルツス・デュレリ」と言及していることからして、彼が原典のドイツ語テキストではなく、ラテン語訳にアクセスしていたことが伺われる。デューラーの立方体の問題について述べているのは *Albertus Dureus...exacte Quatuor his suarum Institutionum Geometricarum libris, lineas, superficies & solida corpora tractavit*, Paris, 1532, 158-61p またはアルブレヒト・デューラーの英語訳 *The Painter's Manual*, trans. W.L. Strauss, New York, 1977, 346-353p を参照。デューラーの方法の究極の情報源はパプス〔Pappus〕の *Mathematical Collection* で、これはアルキメデスの *De Spahaera et Cylyndro* についてのエウトシウス〔Eutocius〕のコメントを通して受け継がれたものである。デューラーは答えの証明をしていない。パプスの証明は、P. Ver Eecke〔編と翻訳〕*Pappus, La Collection Mathématique*, 2vols, Paris, 1933, I, 47-50p または T. Heath, *A History of Greek Mathematics*, 2vols, Oxford, 1921, I, 266-8p 参照)

Figure 3.12 断片、26-7p (原典を書直したもの)

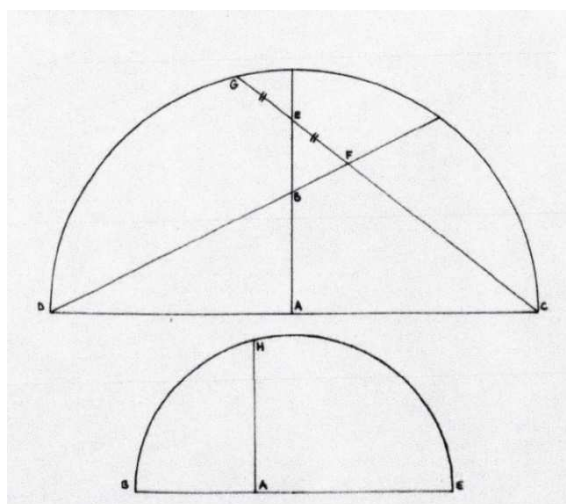


Figure3.2 *Underweysung der Messung, Intellectual Nature of Art*, 1525 年

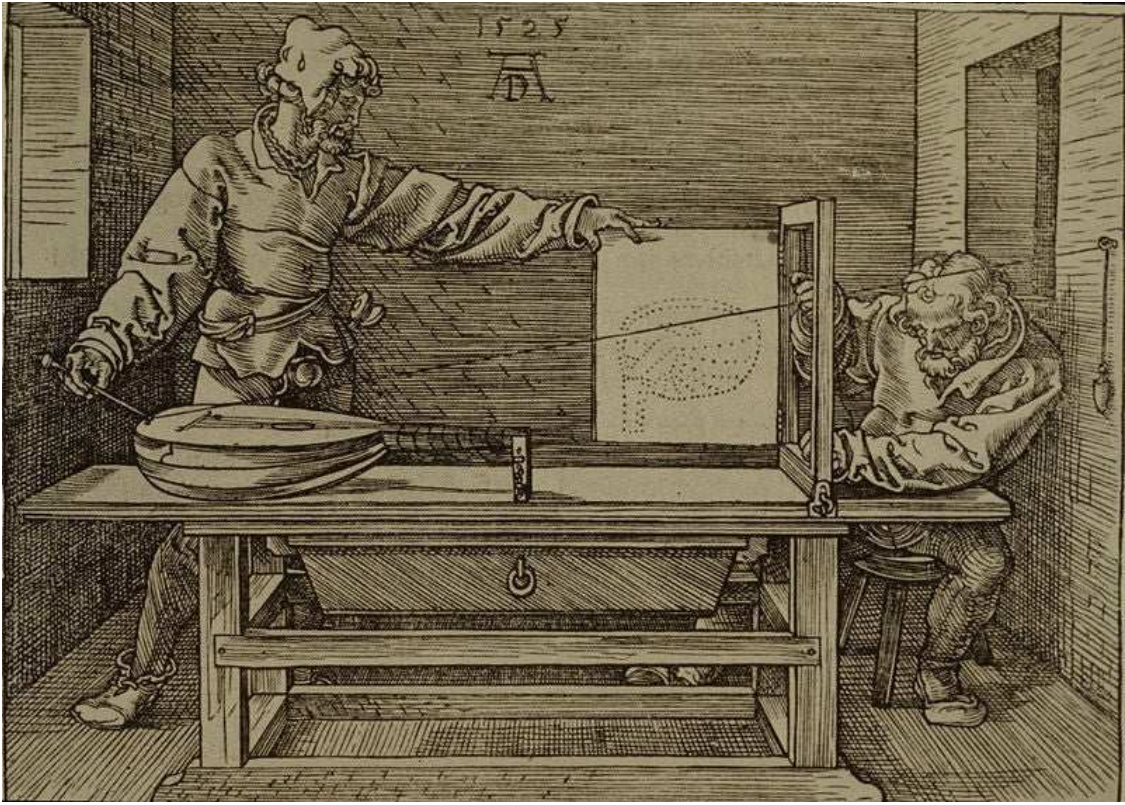
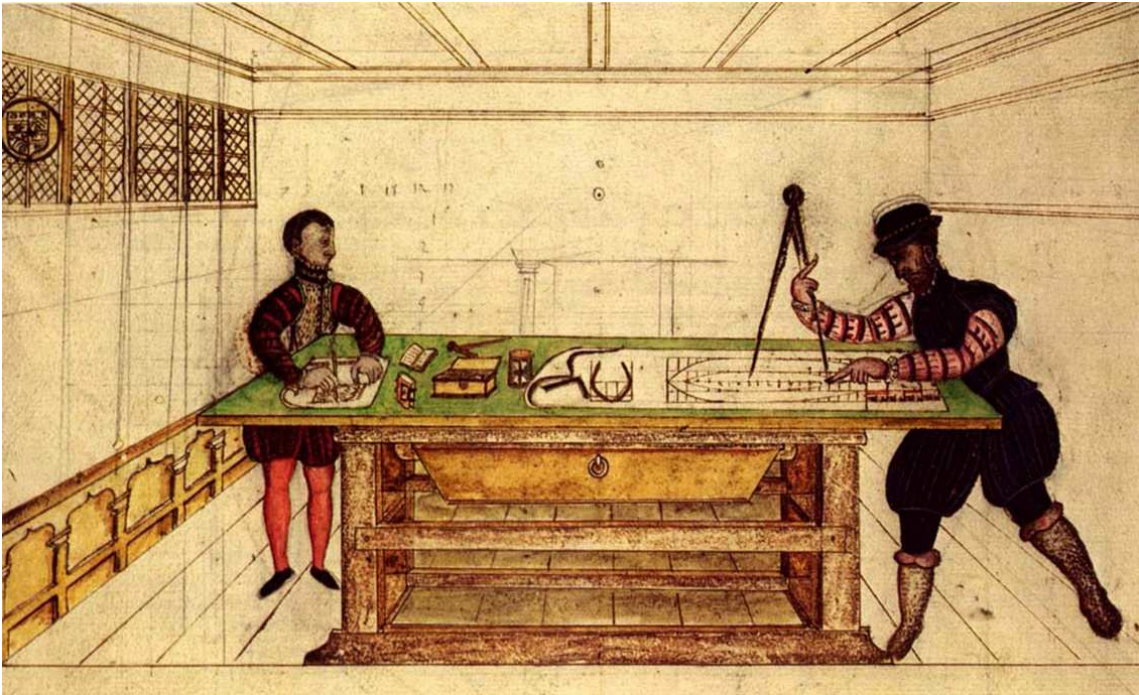
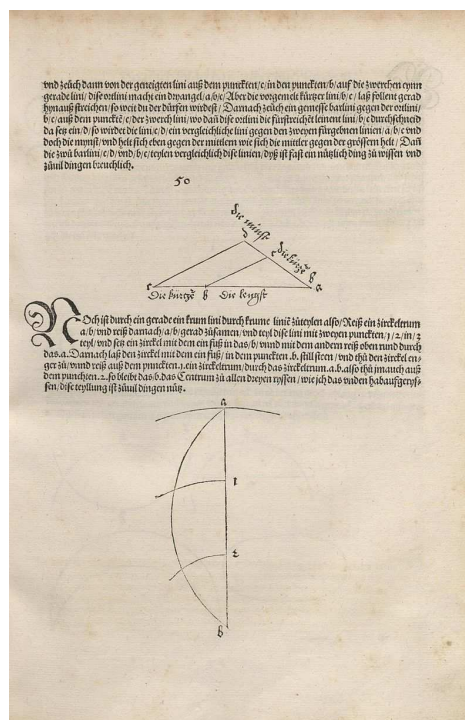
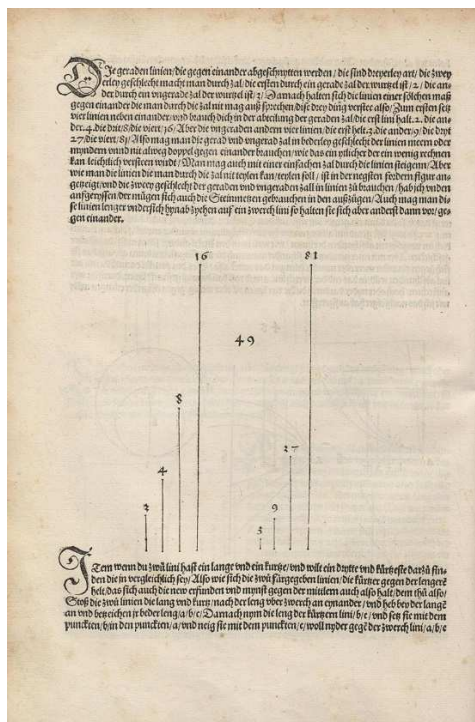
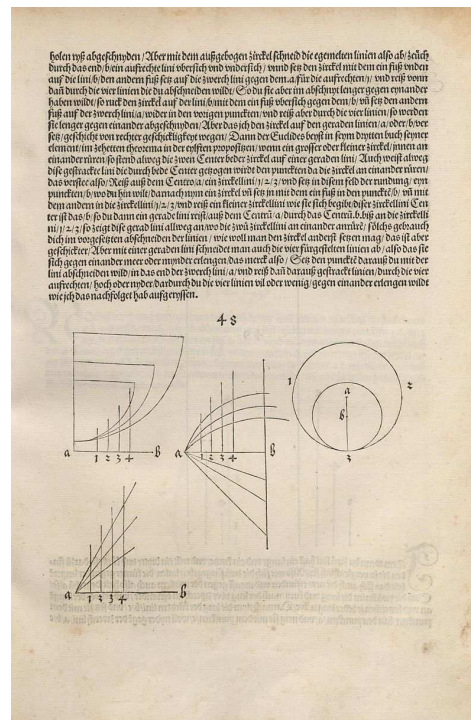
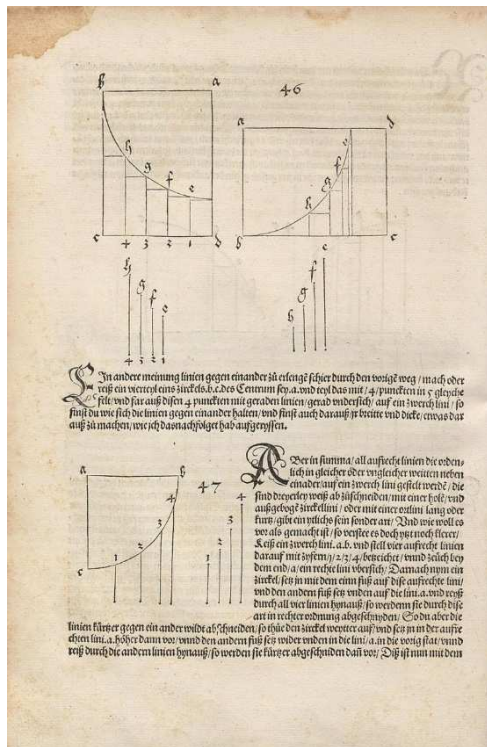


Figure 3.1 デューラーの上図を意識したベイカーの断片中の図

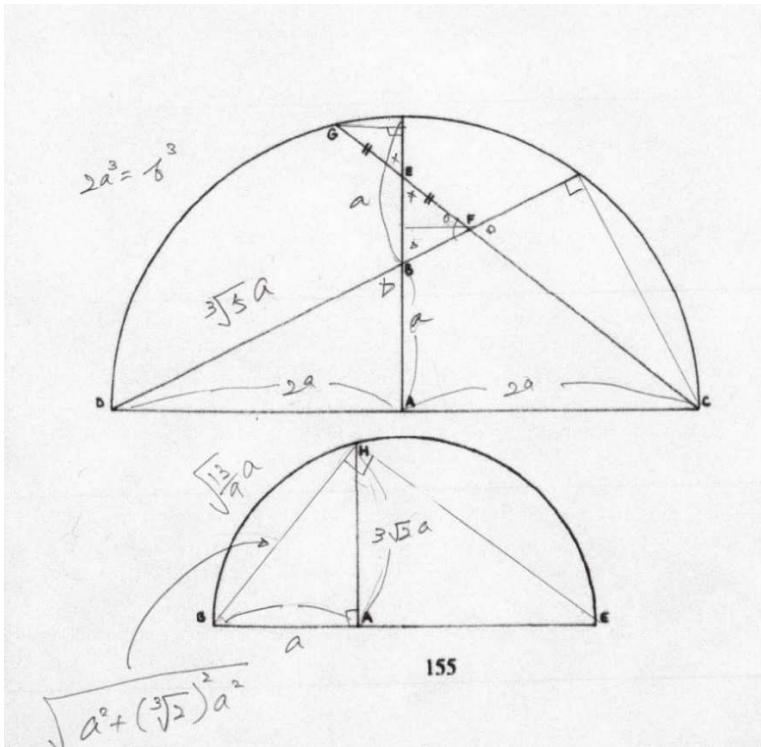


訳者挿入図 11

デューラー; *Underweysung der Messung, Intellectual Nature of Art* の 46~50 図



訳者挿入図 11 (Figure 3.12 に訳者が寸法等を加筆したもの)



ベーカーはデューラーの方法を、船の彼自身の^{ドラフト}下絵の縮尺を変換する目的で取り入れた。

彼は立方体の側面の使用の代わりに、船の寸法を対象にした。例えば、すでに描かれた船の深さを表す線から初めて、ベイカーは対応する比率の船の深さを表す第2の線に至った。第2の線の長さから、最初の船の線が分割されるべき部分の数が得られた。再分割した後で、最初の線は、第2の船の全ての記された寸法が読みとれる縮尺目盛の役割をした

ベーカーは元の船よりも 4 分の 1 大きい船のための図面の大きさを改めるためにデューラーのグラフイカルフィギュアを用いている。図像をより鮮明にするために、私は最初の船の 2 倍の大きさである 2 番目の船のケースを採った。(Figure 3.12 参照)。

AB は最初の船から取った寸法である。2番目の船は2倍の大きさなので、 $AC=2AB$ を描き、それを半円 CGD の半径に取る。 DB を結んで延長し、 AB を延長する。 C で固定した定規を旋回させる。そして $AE+AB$ を第2の半円 BHE の直径に取る。 A で垂直線を立てると、線 AH は2番目の船の寸法に当たる。そこで AH を元の縮尺目盛に対して測ると、その長さは AB がそれでもって印が付けられる分割の数である。こうして分割して

ABは元の図面^{フラッツ}と共に、今や2番目の船に使うことが出来る。(訳注：訳者挿入図11において、 $AB=a$ とすると、 $AH=\sqrt[3]{2}a$ なので、この $AH=\sqrt[3]{2}a$ の長さを、最初の船の $AB=a$ としている2番目の船の部分の長さに当てはめると最初の船の容積の2倍の船となる。 $\sqrt[3]{2}\approx 1.259921$ なので、1.259921の3乗は1.99999976・・・、即ち2倍となるからである。)

ベイカーにとって、デューラーの幾何学のテクニックは、ボーンのうんざりするような掛け算とその結果をまた掛け算する方法に対抗する図表^{グラフィカル}による情報源を提供したのであった。しかし、それはまた、ボーンの造船の論文がかなり不正確であることも暴いた。ボーンは旅行者の宝を世に出したことで非難されたが、それは次の理由からであった。

乗根^{ルート}計算をして答えを出すことに僅かな理解しかない作業^{ワークマン}者達に対する不信感がある

のに、船を造る全ての知識はそのこと(訳注：乗根^{ルート}計算)だけから成り立っていると世の中に信じさせる(26p)。

ベイカーは、船大工の技は算数の乗根^{ルート}計算で答えを出すことだけに在るのではなく、その能力を必要とせずとも発揮出来ることを示すことが出来た。ベイカー自身は「ペンでもって」作業することが出来たので、デューラーから取り入れた図表^{グラフィカル}による方法に固執はしなかった。彼のデューラーのことを挙げた主たる点は、ボーンの言い放ったことの中に見出した的外れな主張を上手く回避し、反駁することであった。

それに、両者共に比率^{イン・プロポーション}に合った船を建造するという同じ問題に取り組んでいるのであり、ボーンとの意見の相違は、ベイカーの同時代の数学の実用的な使用との結びつきを傷つけるものではなく、むしろそれを明確に示すことに役立っている。この意見の相違は、算数を駆使することに関して生じたのではなく、算数で作業することに必要な補完としてのベイカーの幾何学の概念から来たのであった。算数と幾何学の両方ともに、ベイカーの図面^{フラッツ}及び縮尺目盛^{スケール}の紙^{ペーパー・ワーク}での作業の「二つの支^{サポーター}援科学」として不可欠であった。

このようにベイカーの船の設計^{デザイン}の仕方を復元してみると及び船大工頭の役割を論じるにあたって、数学は極めて重要な点であった。彼は、自分がそれ以前の船大工達と違うこ

とを示すために、^{レトリカル・リソース}様々な言葉を利用した。幾何学は^{ドラフト}下絵の作成であると見做され、一方算数は、長さ、面積、そして容積を計算するのに使われた。当時の数学の^{ブラクティショナー}実用的使用者の象徴であった道具は、理論と経験の両方によって証明されたプロポーションを具現化する広く行き渡った^{ペーパー・デヴァイス}製図用具として登場した。さらには、ベイカーは自分の^{デザイン}設計の仕事は数学の御旗の下に置くにあたって、船大工の技能の伝統的な領域を超えたところから説得力と実用的な助力を取り込むために、^{マセマチカルブラクティショナー}数学の実用的使用者の専門的知識を使った。

どの程度数学の教養がベイカーの自己理解に決定的なものであったかの最後の実例は、彼が船大工の伝統的な実物大での仕事の方に従事した期間の方が長かったという事実からのみ得られるものである。ベイカーは、紙の上だけでなくその外、即ち造船所において、^{ボード}ロープと^{ナロウイング}板を使って、^{ライジング}狭まりと上昇のカーブを定めたり変化させたりする新しいやり方を開発していた。彼のテクニックは、算数の^{アラビア文字}アラビア文字での計算、あるいは^{ブラッツ}図面上でのコンパスの使用による半径の決定の代替となった。それは次のように言われた：

算数と幾何学を学んでいない大工のために、マシュー・ベイカーによって考案さ

れ、即ち初めて発明された^{メカニカル}機械的なデモンストレーションで、これにより、船、ガ

レオン船、ガレー船、あるいはどのような船でも、造るのに必要な全ての^{サーキュラー}円形

^{ディヴィジョン}分割が見つかる(33p、Figure 3.13 参照)。

ベイカーの柔軟かつ汎用的に使える工夫は、^{メカニカル}機械的に作ったもの、そしてデューラーが提案した様々な^{カーブ}曲線に似ていた。(61 デューラーの様々な螺旋形、そして具体的には塔のために使われる^{カーブ}曲線と比較されたい。デューラー：ストラウスの翻訳〔脚注⁶⁰〕47-51p、85-7p、239-40p、453-5p、訳注：47-51p については訳者挿入図 11 の原典のコピー参照) ベイカーのテクニックの具体的な利点は、作業者に「なんら^{フークマン}見取り図無しに、また算数の計算もせずに」寸法を決定することを可能にした点である。ここでは、ベイカーは自らに

単なる「^{メカニカル}機械的な作業者」のニーズに応える数学者の役割を振り当てている。数学者的な役作りをするにおいて、自分自身の業績を高めるために、彼は古典的な幾何学の伝説に拠り所を求めた。ベイカーは新しい「^{メカニカル}機械的なデモンストレーション」の発明を書き記す時、自分自身を説明する材料を見つけるためにユークリッド集大成中の逸話を探った：

ピタゴラスが、斜線によって方形を2倍にする方法を見出して嬉しくなって、彼の見知らぬ神に雄牛の犠牲を奉げたのであれば、私は、無学な同国人に必要な、二つの我々の^{サポーター}支援科学におけるこの発明のために生計を立て、また知っている神に感謝する良い理由があると言えましょう(33p)

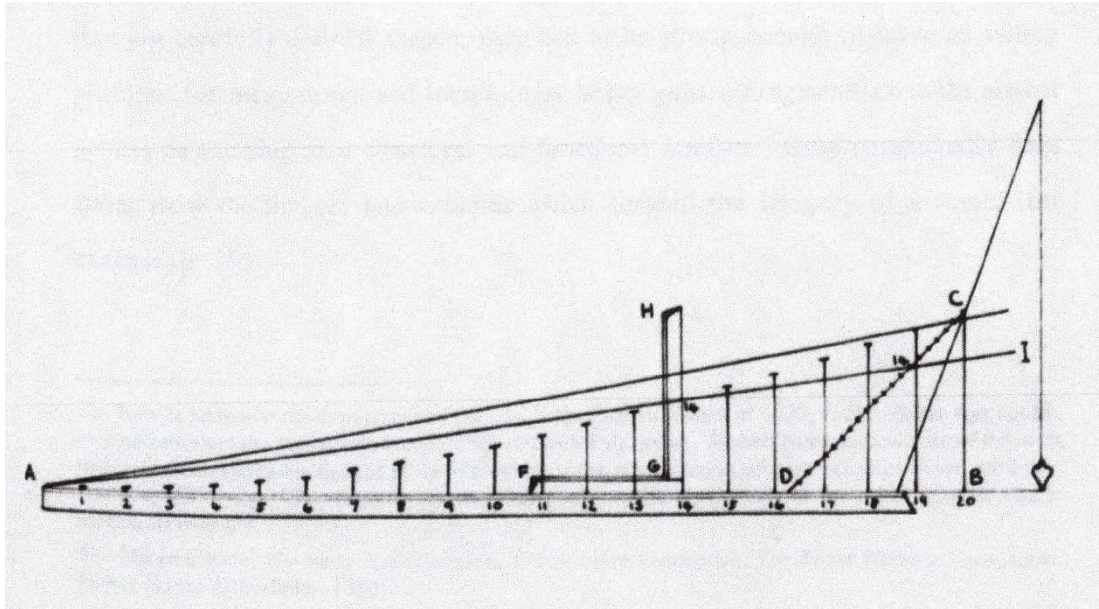
ベイカーは、ピタゴラスの犠牲の儀式で馴染みの物語をヴィトリヴィウスのような古典の情報源のみならず、ベイカーの時代のユークリッドを編集して潤色した版の部分からさえも見出すことが出来た。⁶²具体的には英語のユークリッドの1570年、f.58中に物語が現れている。自分をピタゴラスと比較している^{マセマチック・メカニシアン}数学の機械技師はベイカーではなかつ

た。ロバート・ノーマン〔Robert Norman〕は、^{マグネチック・ディップ}磁気傾斜(訳注：地球の磁力が水平線と為す角度)の現象の発見が嬉しかったことを書いた時に、同じような手法を使った：*New Attractive*, London, 1581, sig.A2^v。なんと、裸のアルキメデスが嬉しさを表した「ユーレイカ！」の話も使った。)ピタゴラスを役割のモデルとして、ベイカーは自分を普通の同僚と区別していた。数学はベイカーの^{デザイン}設計実務を改めて明確にするためだけでなく、彼がまさしく船大工頭にふさわしい証明のために動員されたのであった。

Figure 3.13

断片 33p (原典を書直したもの)

Figure 3.13



「^{サーキュラー}円形の」線用の実物大テクニック。一般的に使われることを意図しているにもかかわらず、ベイカーは彼の器具を、船底の船尾方向への^{ライジング}上昇という僅か一つの例で説明しているだけである。他の適用については、「造船における優れたことは、これによって書けたであろう故に、産業での^{メカニカル}機械的なことは具体的に書かずに置く。」と述べている。

図中の A は船底の船尾方向への^{ライジング}上昇の始まりである。この船には A と C (タック、訳注；船尾突出部) の間に 20 本の肋骨がある。各肋骨での船底の高さを見つけるために、 $BD=BC$ となる CD を定める。そして CD はそこに在る肋骨の数と同じ数の部分に分割される。いかなる肋骨 N であっても、A で固定した線 AI でもって、 CD 上の N 番目の点を通るまで AI を調整して、その高さが見出される。この高さを「^{スクエア}曲尺」 FGH 上に印をつける。

ベイカーの主張とは反対に、得られた^{カーブ}曲線は^{サーキュラー}円形ではなくて、 $y=x^2/(x+k)$ で表される等式の双曲線の一部である。ここで、 $k=(AB/AC)(AB-AC)$ で、A は x - y ^{カルティアン・コーディネート}直線直交座標系の

原点に取られる。(訳注：^{カルテシアン・コординネート}直線直交座標系は考案者デカルトの名をとってデカルト座標系あるいはカルテシアン座標系とも言われる。後者は Descartes の名前から”Des”を除いて名付けたもの) ^{カーブ}曲線の形状をわずかに変えるには、ベイカーは $BD < BC$ となるように CD をもっと真直ぐに立てることをリコmendしている。放物線になる D が B と一緒になる極端なケースを除き、^{カーブ}曲線は双曲線のままである。

159p

4. 数学の実用的使用と造船 (MATHEMATICAL PRACTICE AND NAVAL ARCHITECTURE)

マシュー・ベイカーの^{ペーパー・デザイン}紙上による設計は、新しい優先順位と価値によって、^{アート}技法を実用的に使用することの内側に深く入り込ませた、船殻の^{アドバンス・スペシフィケーション}事前の仕様の決定及び彼の^{シップビルディング}造船の^{マセマチック・リコンストラクション}数学による「改造」に向けられていた。この変身において、幾何学による形状の決定と寸法の算数計算が船大工頭の主たる業務として現れた。なお、英国のメアリー・ローズ号やスウェーデンのヴァサ号のような、当時の生き残っている船を調べると、^{ヴェッセル}船体の肋骨はほとんど見えない。(63 Margaret Rule, *The Mary Rose*, London, 1982; Björn Landstöm, *The Warship Vasa*, trans. Jeremy Franks, Stockholm, 1988) 外側からは外部板張り板の皮が見えるが、内側には^{キールソール}内竜骨、^{ライダー}副内竜骨(訳注：内竜骨の補強材)、^{ニール}肘材、そして内部^{ウェール}腰板といった補強材及び追加板張り板がある。船は、単に注意深く決められた形状だけではない、それ以上のものなのである。船は人、貯蔵品、おまけに重い大砲を載せて帆走するプラットフォームとなるように頑強でなければならなかった。^{断片}断片には構造及び機能性を有する手作り品はほとんど含まれていない。ベイカーは^{ヴェッセル}船体の全体性を確保している肋骨と柱をたまたま示しているにすぎない。(例えば、19p)

そういう意味で、^{断片}断片は部分的な文書である。材木での造船の技能を系統的に紹介しているものではなく、数学と紙上での^{デザイン}設計によって扉を開けられた可能性の探求なので

ある。幾何学と算数を通して、形状とプロポーションの問題は^{アート}技芸の他のことから切り離されていた。断片が体现している発達の極めて具体的な方向は、他の伝統からの情報源とは驚くほど明快に対比を為している。

当時、造船について紹介している最も歯切れのよいものの一つは、ポルトガル人の作者ジョアン・バプチスタ・ラヴァーニャによって、彼の完成していない造船の第一の書 (*Livro Primeiro da Architectura Naval*)の中で提示されているものである。(64 省略)

162p

ベイカーの断片は船殻の^{フォーム}姿の算数と幾何学を主に扱った造船の書物の英国における伝統の模範となった。我々はベイカーの著作が海軍の造船所そのものの中でどのように使われたかについてはほとんど知らないが、造船は英国において、数学の^{アート}技芸の一つとして確固として確立されるようになった。その過程の1ステージは断片そのものが明かしている。大部分がベイカーの手によるが、別のもう一人の手による何節かがある。これらの追加は、日時計と数学器具から磁気と造船に渡って及んでおり、これはベイカーが断片と他の文書を遺言で贈ったジョン・ウェルズによって補充されたものである。(70 省略) (省略)

ウェルズは他の数学の活動の中で、ネイピアが1614年最初に対数表を出版した翌年に対数表の構築でブリッグスを補助した。(72 ジョン・ウェルズからヘンリー・ブリッグズ、1621年1月9日、S.J. Rigaud, *Correspondence of Scientific Men of the Seventeenth Century*, 2 vols., Oxford, 1841, I 5-6p の中、それより早い言及は cf.断片、99-100p) 船の^{デザイン}設計の数学的な性質とその数学の^{アート}技芸の体系における位置についてのウェルズの認識は、対数を造船問題へ吸収させたことで察せられる(e.g. 91p) 対数は主として、天文学に必要な長い計算のための助けとみられていた。しかし、数字の上ではるかな正確性を可能にし
ながら、計算での疲労は付け加らなかったのも、ウェルズは船の^{デザイン}設計についての覚書に対数を用い始めた。ウェルズにとって17世紀初め頃には、数学と造船技術は数学の実用的使用として、固く一緒に結びついていた。

ウェルズが断片の続きを書いた後にも、17世紀初めの数学の実用的使用者のコミュニティーにおいて造船が極めて活発な関心の的であったことを示す手写本がある。トーマス・ハリ奥特(Thomas Harriot)の造船の諸紙片は既に注釈がなされ、その洗練されたレベルはいくつもの他の残っているテキストと同じであった。(73 特に"Scot MS"〔王立造船者家

協会, Scott MS 798] は関係したテキストと同様にリチャード・バーカーが“A manuscript on shipbuilding, circa 1600, copied by Newton”, M.M. 80, 1994, 16-29p. として印刷。またジョン・ウェルズに帰属する造船についての作者不明の論文が W.ソルズベリーによって Society for Nautical Research, Occasional Publications, 6, London, 1958 として出版されているのに注目されたい)

ベイカーの作品は彼の数学の同僚と後輩によって追及されたプログラムを具現化した。

材料と構造についての内容は、船殻の^{デザイン}設計の数学ほど卓越したものではなかった。対数とレベルの高い曲線は、ベイカー自身が身に付けることが出来た方策を補い、これらの次第に洗練されていった数学のテクニックは、よりシステムチックな論文の中に現れた。^{断片}の紙による幾何学と算数の発達に英国の造船をヨーロッパの全ての国の中で最も数学的に進歩したものにした。

数学の^{アート}技能としての船の^{デザイン}設計の創造はベイカーにも、また造船の問題に取り組んだ

^{マセマチックアル・プラクティショナー}数学の実用的使用者にも両方に利益をもたらした。明確な数学のテクニックの取込の成功

は、^{プラクティショナー}実用的使用者達に対する見返りとして、彼らの実利とステータスの要求を支持した。

彼らは、この戦略的に重要な産業における数学の^{ブラク・チス}実用的な使用の明らかな有効性から利益を享受した。

しかし、ベイカーは、エリートの^{メカニシヤン}機械技師として、利得に固執した。数学の^{メカニシヤン}機械技師と

しての彼のステータスは、彼を並みの船大工と労働者のランクの上に、そしてこの^{トレード}商売の過去の習慣を超えたところに置いた。ベイカーの評判は、造船所の地方の領域を飛び越えて、印刷文化の広い世界へと移されたのであった。ウィリアム・ボロウは 1581 年にベイカーを、ヴィトリヴィウスとデューラーと同列に見做して褒め讃えたが、航海者ジョン・デイヴィスは 1595 年の^{海員の秘密}(*Seaman's Secrets*)の中で、ベイカーに更に強く賞賛を与えている。デイヴィスは「我々の国が第一級の人物を生む数学の^{アート}技芸から派生した

^{メカニカル・プラクティス}機械の実用的使用」を挙げて：

M.エメリー・モリヌー(M. Emery Molyneux) は地球儀を精巧に作ることで、そして M.ニコラス・ヒリアード(M. Nicholas Hilliard)は傑出した肖像画によって、M.ベイカーは全ての目的のために役立つ船の建造の技巧と卓越した基礎知

識によって、彼に匹敵する者は他国にはいない。

デイヴィスはベイカーを知っていた可能性が高く、ボロウは確かに彼を知っていた。しかし、ひとたび彼の名前が世間に知れると、ベイカーは、彼に会ったこともないコメンテーターの言及の的になった。ガブリエル・ハーヴェイ(Gabriel Harvey)の *Pierces Supplication* (1593 年)中のしばしば引き合いに出される文章では「ディッグス、ハリオット、あるいはディーのように、どんなに尊敬すべき深い学識のある数学者なのか、これから生まれ出る数学者なのか」と問いかけており、ベイカーを次のような他の「専門家職人達」と十羽一絡げにした。

マセマチカルメカニシヤン
数学の機械技師のハンフリー・コール(Humphrey Cole)、建築家のジョン・シュー
ツ(John Shute)、航海者のロバート・ノーマン(Robert Norman)、砲手のウィリア
ム・ボーン、化学者のジョン・ヘスター(John Hester)⁽⁷⁵⁾ A.B. Grosart 編、The
Works of Gabriel Harvey, 3Vols., London, 1884-5, II, 289-90p)

(以下省略)

完