

レトログランド・サイエンス叢書

フック博士の天体観測

ASTRONOMICAL OBSERVATIONS

by DR ROBERT HOOKE

ロバート・フック 著

ROBERT HOOKE, 1635–1703

フュゼ

目次

『ミクログラフィア』より	5
望遠鏡でみるブレアデス（観察59）	7
月面のディテール（観察60）	10
カトラー講義『ヘリオスコープ』より	17
扉と引用句	19
ヘリオスコープの構造（抄）	21
これまでの経緯	21
あらまし	22
基本となる原理	23
光学材料の吟味と色消し	28
光路の設計	30
使いこなし	36
1675年ロンドン塔での月食観察	41
あとがき	45
『遺稿集』より	53
精密化する天体観測	55
新説へのスタンス	55
複合するアノーマリー	56
アプローチ法	60
天体観測と微小時間	65
微小時間と分解能	73

原文テキスト	79
ミクログラフィア：観察59	81
ミクログラフィア：観察60	83
ヘリオスコープの構造（全文）	91
付録：1675年ロンドン塔での月食観察	122
あとがき	125
遺稿集：精密化する天体観測	133
遺稿集：天体観測と微小時間	142
遺稿集：微小時間と分解能	146
参考資料	151
フック時代の時計（デールム）	153
フック略年表	163
主なカトラー講義と遺稿集の概要	170
参考文献	174
歴代のイギリス王室天文官	181
本文の補足	182
英仏君主の在位と和暦	188
基本単位等	190
『ヘリオスコープ』扉の引用句について	191
訳者あとがき	194
底本について	196

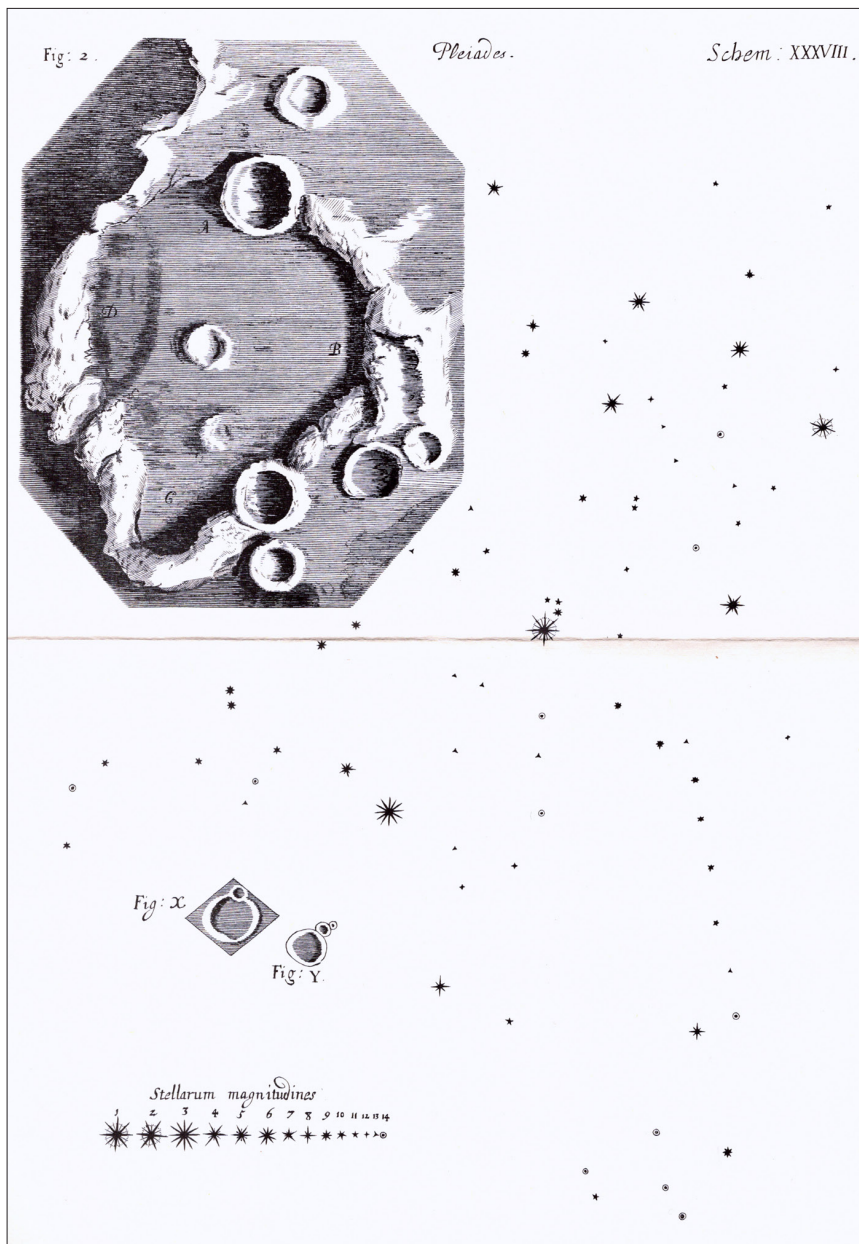
『ミクログラフィア』より

観察59：望遠鏡でみるプレアデス

観察60：月面のディテール

ロバート・フック

1665



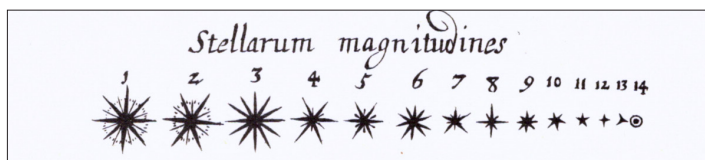
図版38：プレアデスの星々、左上隅は月面のようす（底本③より）

望遠鏡でみるプレアデス

ここまでは、媒体のなかにある何かを観察するという前提でしたが、天空にある物にも目を向けないといけませんね。ですから、ここからは天体そのものを見ていきましょう。選んだのは《プレアデス》という星座です。これは七つの星からなる《すばる》[脚注1]とも呼ばれています（ただ、近頃の夜空ですと、肉眼で見えるのは六つどまりでしょうか）。この星座を図鑑にした[脚注2]ことで有名なガリレオ先生を敬うなら、ずばりこれが一番です。ガリレオ望遠鏡では、せいぜい三十六個見ればいいほうでしょう。高性能な12フィート望遠鏡になりますと、図に入れたのは三十八個ですが、七十八個くらいは楽勝です。図の範囲に散らばる星を序列化して、どの星印がどの等級かも分かるようにしてあります。14等級あたりまで差別化できることも図に示しましたが、このいちばん大きな印は3等星より若干明るい星になります。実際、望遠鏡の力をかりると、ほかの3等星と比べて点はかなり大きいのです。肉眼でパッとみえるこの輝きも、隣りあう小さな星と一緒に三つ重なっているために、そう見えるのでしょう。望遠鏡だと、通常1等星から6等星としてあつかわれる星には、さらに大きさの違いがあることもあぶり出されます。ですから、いま六段

[訳注1] 日本での《すばる》は《昴星:ぼうせい》とか《六連星:むつらぼし》とも呼ばれ、《七つ星》だと北斗七星になる。ホメロスは6個、トレミーは7個とする。メシエM45散開星団。この中で最も明るい牡牛座 η （イータ）は2.9等星で《アルキオネ》と呼ばれる。

[訳注2] 『星界の報告』＝参考文献②38頁のガリレオの望遠鏡は対物レンズが凸で接眼レンズが凹になった形式（正立像のガリレオ式）。その14倍の焦点距離は1330mm、有効径は26mm、視野もわずか8分だったため、プレアデス星団全体を一目でみわたせる性能はなかったとされる。



図版38 下部の拡大:14等級にわけた印 (底本③より)

階ある等級も、各等級と明るさによってはっきり区別できるよう、等級の段階を少なくとも三倍にする。優秀な12フィート級レンズで25段くらいまでいけるように、です。長いレンズの望遠鏡になるほどうまく級数が区別できますし、12フィート望遠鏡では識別できない暗い星も見えてきますから、等級数というものはそこで打ち切りではない。かくして私は、優秀な36フィート級レンズを使いまして、今述べた以上にたくさんの星をプレアデスの中に見つけましたし、14等級以下の星よりさらに3から4段低い等級の星も見つけました。空が澄み切っていますと、この星座の広がりの中に瞬きする部分がもっと見えることから、焦点距離がもっと長くてもっと大きな口径のレンズであれば、もっと暗い、まだ見ぬ星々がみつかるかも、と思わずにいられません。経験上は、小さな星を探すなら、レンズは口径が大きいほど適しているようです。発光やギラギラがさらに強まる点がおそらくいくつか出てくるでしょうけれども、より多くの光線を一点に集めるという手段によって、絞ったらおそらく消えるこの輝点についても、たくさんの事がわかります。というわけで、恒星を見つかるにせよ木星の衛星を探すにせよ、夜明け前とか薄明時、自分は常にできるだけ対物レンズを絞らないようにして、かなり前から衛星を見つかることが出来ております。絞りを小さく絞っているときは、衛星を見つかるのに都合がよい。そうでないときは、小さい絞りだと霞んでしまうような暗い星を見るようにするわけです。

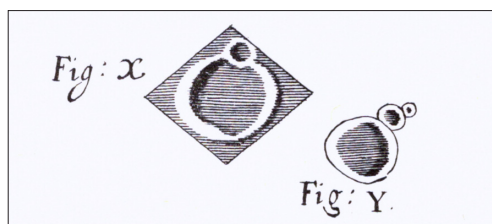
目立つ星座ということではオリオンの帯があります。ズリケムの賢人ホイヘンス氏は、そこにまとまった子星を三つ見つけただけでしたが、36フィート級レンズ（レンズ口径はおおよそ3.5インチ）をあやつる

わたくしは、絞りのない状態で星を五つ見つけました。またその狭いミルキーな雲のあちこちにも、さらに上下等級の星があることもわかりました。

いかがですか。顕微鏡を良くして地上に微細なものを見つける二番煎じで望遠鏡を改良したところで、もはや天空にそれほどの新発見があるはずもない、などと言えましょうか。望遠鏡であれ顕微鏡であれ、わたしたちには無限のテーマがあり、創造主の底知れぬ力に、ますます感動の念を深めることになるでしょう。

月面のディテール

ブレアデスの図面がぼっかり大きくあきましたので、これを埋めるべく、小さいながら月面のようなすを付け加えました。この図にあるごく小さなスポットに、先人科学者ふたりが目をとめられました。ヘヴェリウス先生が《オリンポス山》と名づけたのが図版38にある図X（山というより谷でしょうか）、リッチョーリ先生が《ヒッパルコス》と名づけたのが図Yになります。いずれもリアリティ感はいま一步、描いてみると図Zのような感じでしょうか（1664年10月、半月の直前、30フィート級レンズ使用）。いずれにせよ、読者のかたがこうした望遠鏡を使って、ご都合のよい時間帯にご自分の眼でじっくり観察なさるのに遠く及びませんし、60フィート級ならきっとさらに素晴らしいでし



図XとY拡大：ヘヴェリウスとリッチョーリのスケッチ（底本③より）

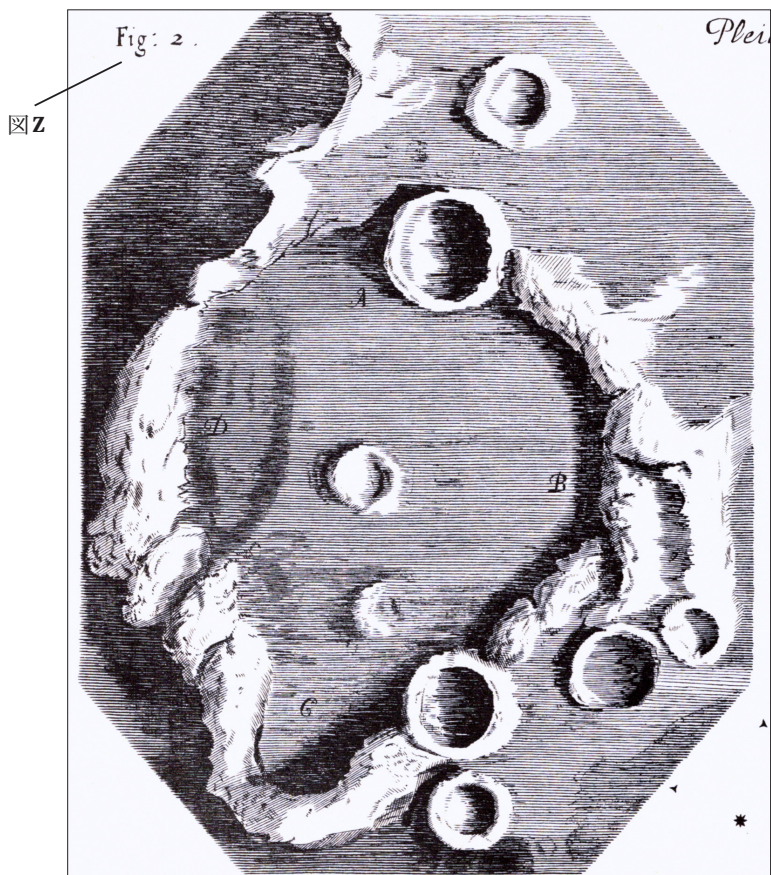
▷最初に月面を描いたスケッチは、ガリレイの1610年の『星界の報告』

▷ヘヴェリウスは1647年の『月面誌』にて月面の凸部を《山》、平坦で暗い部分を《海》とした。

▷スケッチYは1651年刊『新アルマゲスト』にあり、月の平原部をはじめて《海》と呼んだのはリッチョーリ。同書の作画は弟子の科学者グリマルディによる。

▷ヘヴェリウスがオリンポス山、リッチョーリがヒッパルコスとした月面中央に位置する差し渡し150kmのクレーター部は現在ではヒッパルコスとされ、オリンポス山といえば火星にある高さ27kmの山をさすことになっている。

よう。望遠鏡でみると、月面ではあまり高くも険しくもない小山が、尾根線をなしてぐるっと囲むこの谷間も広々とみえます。この谷間 **ABCD** は西洋なしそっくりの肥沃な土地らしく、表面はある種の植物で一面おおわれていそうです。光があたったところは概ねぐるりの峰よりずっと反射が弱く、ゴツゴツしたり白亜質だったり、がれ場だ



図Z 拡大: 30フィート望遠鏡で観たフックの月面スケッチ (底本③より)

ったりする山に比べてもいっそう暗い。というわけでこの谷間にあるものを、わたくしは地球という草原とか高低木の植物っぽいものにあたるのではと思わずにいられません。さらに、ぐるっと取り囲む山肌のほとんどは、ありふれた地球の丘のごとく、ソールズベリー平原の丘陵にひろがる羊の牧草地みたいに、植物がごくごくうっすら覆っているのでしょう。

いま採り上げた地点には、上や下にポツポツと穴ぼこ的なものが見受けられます（月面を見渡しても至るところ大小さまざまに点在します）。だいたいがお盆形で、大小さまざま、深かったり浅かったりしますが、これは、土手がわか状に盛りあがった半球面の凹みに見えます。月の内側でなにかが活動しているような。地球でいう地震に通じるかもですね。地震によって噴火するとか、四方八方へ飛び散って周囲一帯よりも高いへり状になります。するとそこに凹んだ穴ができますが、中心ほど沈んで低くなる。ここイングランドの小山の天辺を自分の目で見たとき、一面そんな風景だったことを思い出しますと、これも宇宙が若かった時代におきた地震が原因だったのでしょうか。そう信じさせる一番のよりどころは、大小さまざまに広がるこの穴ぼこが月面のいたるところに散らばっている点。もう一つは、見た目がそうなった実験経験が二つある、からであります。

一つめの実験は、たいへん柔らかく練った水タバコ（タバコクレイ）を使った時です。鉄砲玉くらいの重さの物をドボンとこの中へ落してやりますと、まわりに混濁液が飛び散ります。するとちょっとの間だけ似たような形になって、どことなく月の穴ぼこに似ている。とはいっても、月面の環境や条件をつらつら考えれば、何らかの原因でこうした流れが出来たと想像するには無理があります。まずもって、どこからそんな物が飛んでくるのか、さっぱり想像できない。また月面の物質がそんなフカフカであるはずもなし。けれども、月の底でできた気泡が押し出されて弾けたとしたらどうでしょう。あるいは、沈んでいた小球なり何なりが引っこ抜け、練り物の表面にのこった^{あと}痕のごとき穴が月面そっくりに見える。で、実体のほうは瞬時にめり込んで跡かたもなく消えてしまう。ですが、これぞまさしくな二つ目の実験は、ポットに入れて沸騰させた雪花石膏^{せっか せっこう}を見たときなのです。どうい

うことかと言いますと、粉末をドロドロになるまでグツグツ煮込み、水気が飛んだらそっと火から遠ざけ、おどる石膏をしずめます〔脚注〕。すると全体が小さなブツブツだらけになりますが、最後にブクッとできた気泡が月面そっくり。広い部屋を暗くしてロウソクをともしれば、もうどこから見ても、太陽光に照らされた月面の穴ぼこそのものの。

こうした活動が月の内部にもあって、それが月の穴ぼこを作ったとする可能性のほうが高いのではないか。それが地球の地震に似たものだと仮定してみると、地震というものは雪花石膏がポットで沸騰するのと同じ理屈で生じる。地球の地底には、火種があり熱源があり、膨張した気体というかたちで大量の蒸気が生じている。ところが、今はもう跡かたもなく、その通り道はどこにも見当たらない。蒸気でできれば穴ぼこできる原理で穴ぼこの数はどんどん増え、蒸気は（自ら膨張して行き場を失くして）ギュウギュウ詰めになります。すると弾力を帯びてきますが、周囲の土が抑えつける限度を越えるやいなや、もち上がり、裂け、ついにはゴロンとでんぐり返って碎ける。結局被さったほうの土はゆるくなり、そのぶん盛り上がり、もとあった部分の土はあらかた運び去られます。その場の周囲は小高い盛り土となつてぶつぶつ切れ目ができるだけでなく、大部分は聳え立つ山岳形状をなします。海の底でそれが崩れれば、何度も繰り返されるうちに島々ができるわけです。地球上にちらばる火山を見れば、そうだということが首肯^{うなず}けますでしょうし、噴火口はたいてい周囲をとんでもなく高い山で囲まれており、頂上というのは大体がこんなかんじの穴ぼこですね。シチリア島のエトナ山、アイスランドのヘクラ山〔訳注：Hekla〕、カナリア諸島のテネリフェ島〔訳注：Pico del Teide〕、ゲージ將軍〔訳注：Thomas Gage, 1603-56〕描くところのニュースペインの火山などありますが、つい最近でもカナリア諸島の一つが噴火しております。どの例でも、火口まわりがたいへん高い山になっているだけでなく、月面ス

〔訳注〕硫酸カルシウムを主成分とする石膏は、半水石膏（焼石膏： $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ ）の状態では水を加えると常温で化学反応して固まって二水石膏（ $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ）となり、彫塑の型取りやギブスなどとして使える。この状態で160℃程度に熱して水分を飛ばすとふたたび半水石膏に戻る。水和結合した H_2O が沸点を越えて水蒸気となれば、素材中のあちこちから気泡となって浮いてくる。

ポット同様、その丘のてっぺんはお盆のような形です〔訳注：カルデラを指すと思われる。calderaはスペイン語で釜の意〕。もっといいますと、自然な流れを考えれば、そうでないほうが無理だし、それが至極もつとめでしょう。噴火なのか噴気なのかによらず、こうした爆発^{うずたか}ではいつも大量の土砂があがり、ゴロンと反対側へと落ちて堆^{うずたか}い山となるのです。

さて、造形と周囲の状況を考えあわせますと、この月の穴ぼこは、雪花石膏にできる穴とか、地球の火山とそっくり同じしくみで出来たかのようなのです。一つめの根拠としては、この月面の組成は地球とそっくり、ですから、表面の一部が土砂や岩石からできている可能性は否定できません。蒸気が爆発して激しく揺られ、埋められ、盛り上がった部分は、粉や塵となって吹き飛ばされ、自然と雪花石膏のごとき穴となったということでしょう。二つめの根拠は、そういった噴出を生じさせるような、地下熱源とか炎といったものが、月の内部のあちこちに広がっている可能性も否定できません。そもそも望遠鏡を覗いてみれば、太陽にそのでの爆発がたくさん起きるのを目の当たりにするではないですか。そして、それこそが最高位に座する天体の生身の姿ですから、この種の変容や崩壊といったものが、天のごく下座^{はべ}に侍る月で起ったとしても、騒ぎ立てるまでもないでしょう。月というものは、圧倒的に大きな地球という主に寄り添う衛星にすぎないのですから。三つめの根拠は、月面上に砂状物質とか崩壊物が見てとれ、内部に弾性（それを気体と呼ぶか噴気と呼ぶかどうかというのはありますが）も生じていると仮定するとき、地球と同じような重力の原則が月面においても働いているという仮定、その可能性は否定できないということをおたくしは申し上げたいのであります。その可能性に迫るなら、私としましては、月が丸い球体であることを論ずるに如くは無しだと明言したい。望遠鏡を使えば一目瞭然、月は（似たような山や谷がつくる些細^{ささい}な高低差を潰して、しかるべき月の中心を求めてやれば）完ぺきな球形です。このことは、月の輪郭はどこをとってみても（山や谷といった比較的小さなゴツゴツを均せば）中心から等しい距離にある線になっている、ということです。であるからして、最外周部は重力中心から等距離に位置している可能性もまた、極めて高いのであります。そ

カトラー講義『ヘリオスコープ』より

扉と引用句

ヘリオスコープの構造 (抄)

1675年ロンドン塔での月食観察

あとがき

ロバート・フック

1676

A
DESCRIPTION
OF
HELIOSCOPIES,
And some other
INSTRUMENTS
MADE BY
ROBERT HOOKE,
Fellow of the *Royal Society*.

Hos ego, &c.

Sic vos non vobis —.

『ヘリオスコープ』の扉にある引用
(ウェルギリウス伝より、本書 191 頁参照)

ヘリオスコープの構造

これまでの経緯^{いきさつ}

先の自著『ヘヴェリウス天文機械批判』をどうしても急ぎ発行せんがための諸事情から〔脚注1〕、いっしょにまとめようと企んでいた案件はあきらめ、第十一シート〔脚注2〕のような形にとどまった次第であります。しかし、かねてより申し上げた事柄をはっきり図と言葉の両方で説明する余力がもどりましたので、これが三度目の正直といえます。

まず第一に、観察者の眼をまったく害することなく太陽本体を観察するための望遠鏡《ヘリオスコープ》についてであります。その次に反射式および屈折式の望遠鏡を短くする方法について述べます。三番目は、どんな焦点距離のレンズでも鏡胴^{きょうどう}を動かさずに使う方法について。四番目は、太陽・月・惑星といったものの直径や5～10度程度の距離を精度1秒で測るための装置についてです。最初の二つについては『ヘヴェリウス天文機械批判』末尾の七十八ページ〔訳注：底本② Vol.VIII, 114頁〕でわたくしがお約束したことであり、三番と四番はその延長線上にあたります。

五番目は、正射影を使ったどんな種類の文字盤でも描くことので

〔訳注1〕 ヘヴェリウス論争の経緯については参考文献⑩ 54~62頁に詳しい説明がある。

〔訳注2〕 文脈ではシート Sheet が具体的になにを指すかはっきりしない。参考文献⑭ 56頁では初版は製本せずに新聞等のように折った《パンフレット》だとする。

きる道具〔訳注：フック発明の自在継手＝ユニバーサルジョイント〕、六番目に述べますところの、その道具の使いみちを書き下してみますと、

1. 機械式時計の針を、地軸と並行な日時計の針（晷針^{きしん}）に合わせて動かす
2. （1は）ある方位角にある一天体の垂直面、あるいは任意の角度に傾けた任意の平面への影を意味する
3. 機械式時計の指針の動きを近似差^{きんじさ}〔脚注〕に対して正確にあわせこむ
4. フォスター氏の手法〔訳注：参考文献③〕にみる、楕円で描画される文字盤を作るための万能な手段となる
5. 円周運動をガタ無く、屈曲させて伝える

これぞまさに万能なる道具、ではありませんか。

あらまし

まず最初に《ヘリオスコープ》と申しますのは、私たちの眼などひとたまりもない太陽光線をやわらげ、いついかなる時にも一切の支障なく快適に覗けるような望遠鏡のこと、であります。わたくしの工夫では、たいへん精度よく平面に磨きあげた黒ガラスを使います。そして、ガラスの表面で何度か反射させることによって光線を次々と弱めてやります。こうすると、最終的にはたそがれ時の月面と同じくらいまで弱くかすかな光になるという寸法です。他人を出し抜いて、運良くひょっこり黒点や白斑^{はくはん}が出現したのを見つけたさい、太陽の相や黒点を観察できますので、だれでも簡単かつたいへんワクワクしながら

〔訳注〕 振子・テンプ・クォーツ・原子式といった時計のリズムは一定で、傾いた軸で自転しつつ太陽を焦点として楕円でまわる地球に置いた日時計の影とは常に何かしらのズレを生じる。南中する時刻のずれを《近似差》と呼ぶ。毎日の近似差が分らないと機械で動く時計の正しさすら確認できない。

ら、観察したり検証したり記録したりできるわけです〔脚注〕。どうしてもそんなことが出来るのか、それは反射ごとにガクンと光線が失われるさまを考えればすぐわかります。はね返るごとに、最初の損失が二倍三倍四倍五倍……と増していくからです。

基本となる原理

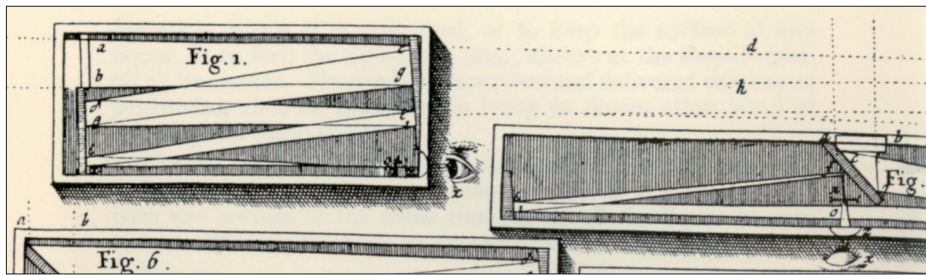
いま、対物レンズ一枚と接眼レンズ一枚、それに反射用の板ガラス四枚を使ったヘリオスコープが一台あるとしましょう。最初の反射で直射日光が $3/4$ 減じれば、最終的には太陽からの直接光が $1/256$ にまで減って眼に飛び込んできます。これは、一回の反射で $3/4$ 失われて $1/4$ だけはね返ると、次に入射する光の $1/4$ がさらに $3/4$ を失って、全体では $1/16$ だけ残ることになり、またその $1/16$ から $3/4$ 失われるとやはり $1/4$ だけはね返りますので、都合 $1/64$ だけが残ることになります。さらにもう一度反射させますと、この光線は当初の $1/256$ の光量になるというわけです。

みなさんもう当たり前のこの物理を、このように応用しようという考えはまだ見当たらないようです。観測する方はたいてい、透明度が高く分厚い赤・青・緑・紫などの色ガラスを眼の直前に入れようとします。ランプの緻密なスズでガラスを厚く覆ってしまうとか、白い紙の上に投影した像を反射させてから眼で見る、光を収束させずに小さな孔で絞こんで入射する光量を減らす、あるいは接眼レンズの力でもって太陽像の直径を10倍や20倍、100倍へと広げる方もおられます。しかしながら、こうした方法のどれをとっても、これから説明しますような3回ないし4回あるいはそれ以上の反射をつかう方法に遠く及ばないことは、やってみればどなたにもすぐ分かります。

〔訳注〕 太陽活動の大きな停滞期である《マウンダー極小期》の1645年から1715年にかけては、フックが研究活動した時期とみごとに重なっているため、フックが自分の眼で黒点を観察するチャンスは皮肉にも相当低かったと想像される。太陽活動については参考文献②に詳しい説明がある。

まず第一に、着色ガラスというものは光線がにぎって忠実な色味を損いますので、色再現の観点からしてまったく論外です。おまけに曇ったりボケたりして、シャープでくっきりとした像にはならないのです。程度こそ弱いものの、ホイヘンス^ス氏のようにランプの煤を使ったところで、やはりおなじ不都合が生じます。平滑な白い紙のうえだと十分に拡大できませんし、暗部になるとつぶれてもうお手上げです。とはいえ、表面をたいへん滑らかにしたうえで、太陽像を手持ちルーペで拡大するのはかなりいけます。最悪なのは開口部を絞ってしまうことですが、これは、光学の本を書く人がまだ気付いていない光の特性によって像の周辺部が崩れてしまうからなのです。これについては拙著『ヘヴェリウス天文機械批判』の35ページ[脚注]でも少し^{ほの}仄めかしておきましたが、光学の基礎すべてにからんでくるこの性質については、このあとすぐに詳しく述べていきます。

太陽像を拡大するのに接眼レンズを使うという方法が自分としては最適だとは思いますが、像がやや崩れがちで多少の色にじみが出るとはいえ、明暗の違いはビシッと出ますし、色の再現がよくて、曇ったりボケたりもしません。

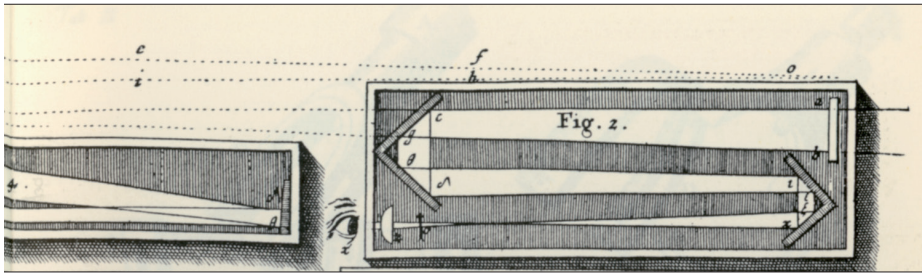


〔訳注〕 この35頁は底本②71頁の下部『Of which, and several other very strange properties of Light, I shall hereafter say more on another Subject』をさすと思われる。

このヘリオスコープ用のレンズは、球面の屈折タイプでも反射タイプでも作れます。大きな角度で光を取り込むのに一番よい方法は、対物レンズと接眼レンズを両方とも屈折タイプにすることです。しかしながら、ごく一部の光を取り込んでボケや崩れがなく、色再現をよくするという点では、光線の一部あるいは全行程を反射させるのが最善であります。すなわち、対物レンズだけ反射、接眼レンズだけ反射、あるいは対物と接眼の両方とも反射レンズにして屈折を無くす、の三択です。この目的にそってレンズ数枚を配置する設計を十通りほど図にしておきます[訳注：26~27頁見開き図の上半分参照。番号は14までであるがこの図では8種類]。

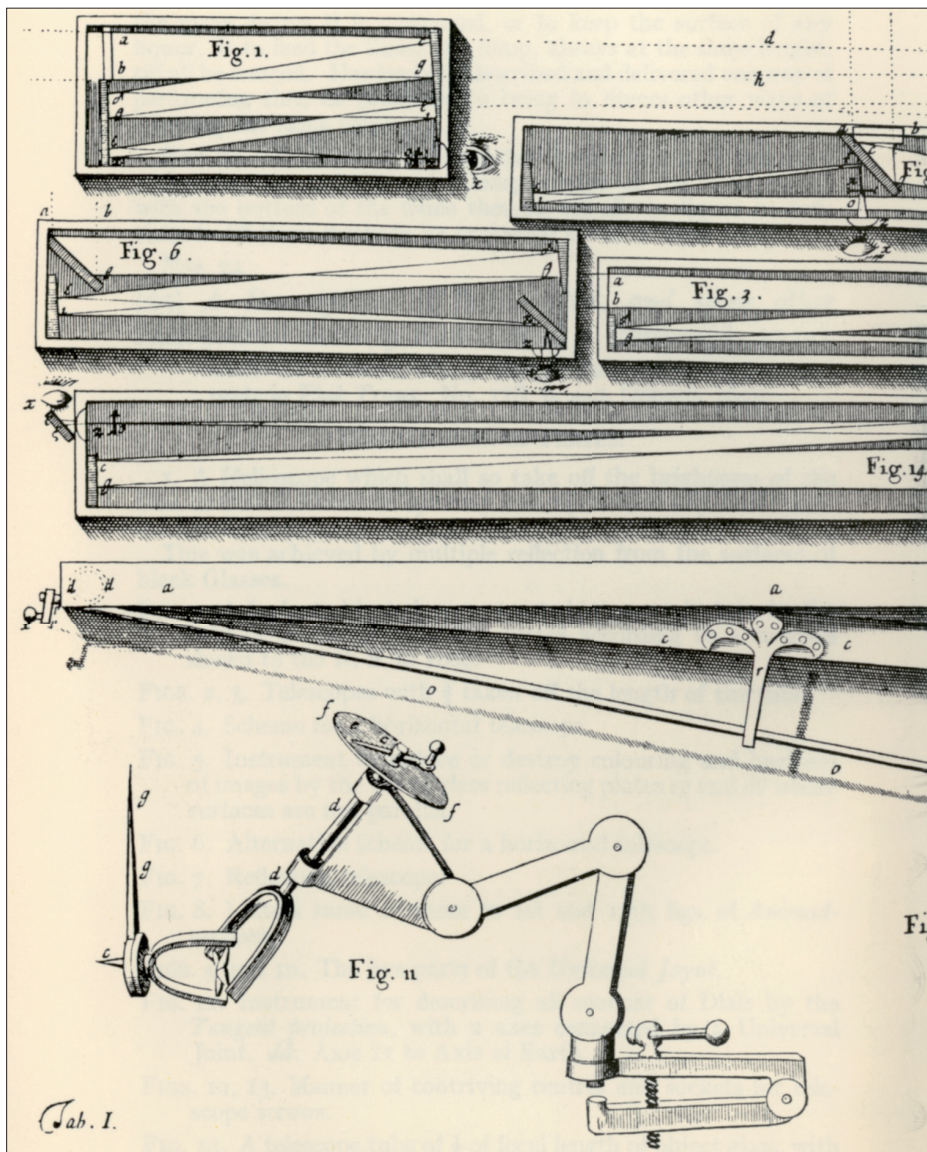
まず最初に第一図で示しましたのは、焦点距離60フィートの対物レンズを使ったもので、対物と接眼レンズのあいだに反射板を4枚ほど入れて、12フィートの筒に収める方法になります。これについては、一六六八年のアルンデルハウスでの公開講座等々において、自分で作ったものを王立協会で見せた公式な記録もございます。

(その実験の際に示しました) この望遠鏡は、たいへん強くかつ全面で反射する良い素材が見つかりさえすれば、どんな構造の光学機器や望遠鏡にもまして性能抜群です。また、金属製の反射鏡だとどれにも

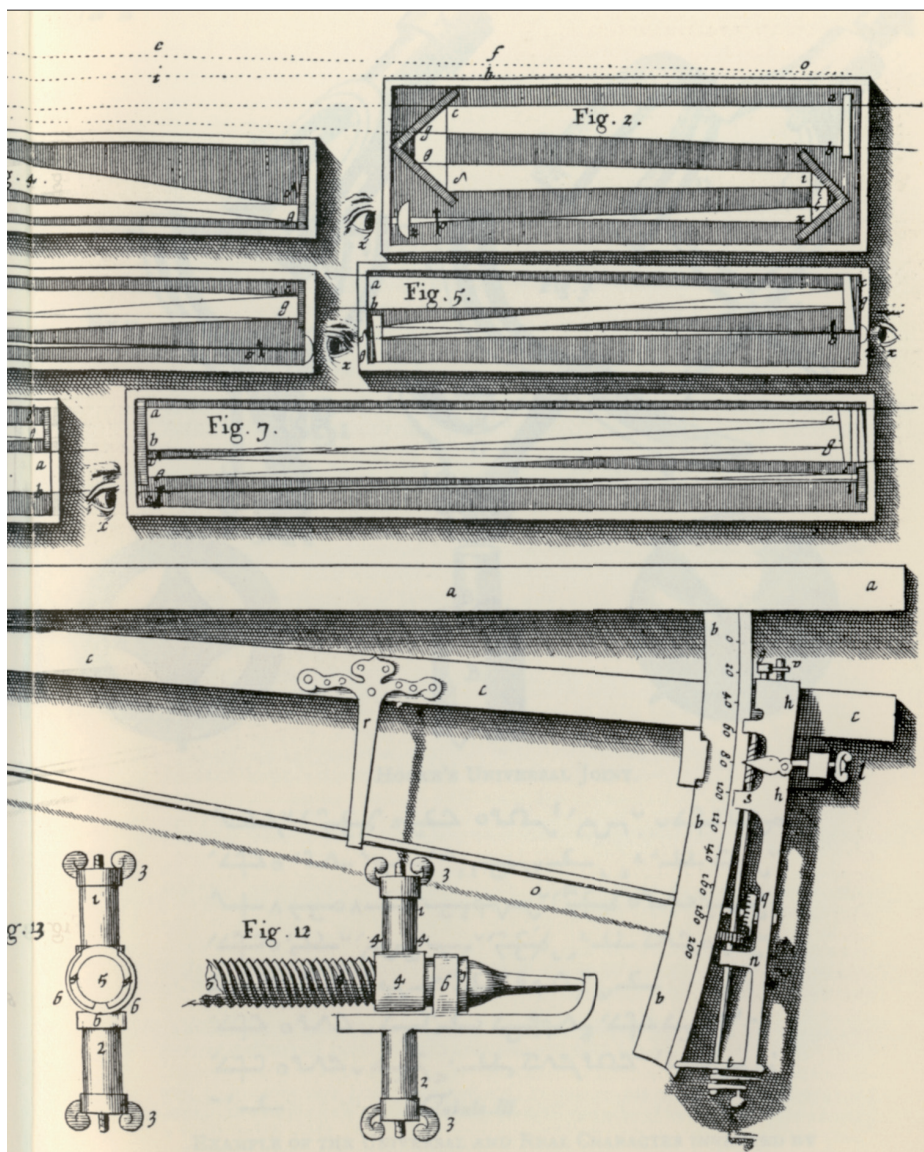


左端の第一図：基本原理の説明（底本②Vol.VIIよりFig.1）

Fig.1の中で右へ左へと折りたたまれた光の束は、もともとは大きく右側に点線で示したような長い円錐状の光であることを示したものの。この箱の左上から入って来た太陽光線は最初にabで示される焦点距離の長い凸レンズで屈折され、左右に4回折りたたまれて右下にある焦点で結ばれたあと、箱の枠の部分に嵌め込まれた二枚目の平凸レンズを経ることで結像する。



全体図:太陽望遠鏡《ヘリオスコープ》(上半分。底本② Vol.VII より)

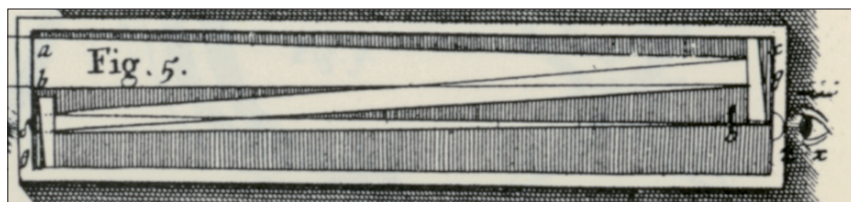


つきまとう像の抜けがありません。ですから、焦点距離がうんと長いレンズも一気にたたみ込めて、取り回しがたいへん楽ちんですね。

光学材料の吟味と色消し

光学材料としましては、錫、銅、鉄、アンチモン、ヒ素を混ぜた金属系をいろいろ試してみましたが、この種の合金はたいいどれも海綿みたいにスカスカで、仕上げの研磨を施してみると一見ピカピカですが、ある種のボケがいっぱい混じっていて像はボロボロです。今の目的にそわせるには、私の認識では、ピカピカに上げるためのパテ粉は厳禁。ギザギザした傷がどうしてもダレてしまって、像がくもったり、崩れたりするからです。

水銀でガラスに膜をつけると反射がずば抜けてよくなりますが、厄介なことに、膜がない裏からの反射光と重ねあわさって光量が大きく失われるという欠点がわかりました。最初の反射光とはガラスに入らずに反射した光ですが、光量が減るのみならず、裏表が並行ですと、裏から来た反射光と混じってある種のボケや色の滲みができる。並行でなくても、もう一枚ガラスを入れて補いあうように屈折させないかぎり、へんな色がのってしまいう。第五図のパターンがそれで、対物レ



第五図部分：基本原理の説明（底本② Vol.VII より Fig.5）

図の左から入射した太陽光線はab面にある凸レンズを経て、右端と左端にある楔形（あるいは細長いプリズムともいえる）の黒ガラス板により二回反射され、右下にある焦点を経たあと、枠にはめ込まれた平凸レンズにより結像する。

『遺稿集』より

王立協会での講義録 1687年

5月25日— 6月25日— 6月29日

ロバート・フック

1687

精密化する天体観測

1687年5月25日の講義

新説へのスタンス

自然現象を明らかにすべく新たに立てた仮説^{うそ}が嘘^{うそ}っぱちだとされたり、少なくとも誤解され誤用されるその顛末^{てんまつ}を目の当たりにすれば、平気でいられようはさすがにありません。一つの仮説として、理性と実験と観察によってさらに吟味すべき問いかけに過ぎぬものを、絶対正しいと主張した、と言い張られた当初は、嘘^{うそ}という意味に過ぎませんでした。次の段階になると、その仮説は、自分でしたこともなければ出来もしない確認を完遂したように言われる。まるでノアの洪水、地球全体がすっかり水で覆われて再び干上がっていることを何度も繰り返しているようだ、とでも言わんばかりに。誤解とは、自分の出した議論がまともに取り合ってもらえなかった時のこと、問題について議論した内容が、吟味した先方には通じずに正反対に受け取られたのです。たとえば、地球のかたちが縦長の球体なのか横長の球体、あるいはそのどちらでもないのかという議論がそうです〔脚注〕。誤用だと申しあげたのは、限定的にしか通用しない仮説を全然見当違いなことにもりやり適用された時のことであります。たとえば、観測地点の正

〔訳注〕 1669年にピカールが地球の直径を真円という仮定のもと精密測定した後（参考文献⑤）、回転楕円体として縦長なのか（カッシーニ、デカルト）横太りなのか（フラムスティード、ニュートン）の二説があった。なお、太陽視差・地球半径・天文単位とのからみについては参考文献② 220~234頁に詳しい解説がある。

しい緯度や正しい子^{しご}午^{せん}線というものに変位が生じないのかどうか見定めるという、その目的のためだけの天体観測の精度が、十分かつ正確かを疑ったために、人にも神にも^{もと}悖る前代未聞の不始末だと吊るし上げられてしまいました〔訳注1〕。論敵の挑発からこうなることを予測しておくべきだったのでしょうか、風が吹くとどうして桶屋が儲かるのか、私には不可解です。とはいえ、ゆくゆくは、最も敵対視された方々であっても、使って役にたつことをはっきりさせれば、そのての理不尽な扱いをうけた汚名をはらせる、それも疑ったりしません。また、私が別なる推測を提起していくことを阻むわけでもありません。つまりわたくしとしましては、提起のしかたの善し悪しにかかわらず、これまでどおり、実験と観察をかさねていく所存でございます。わたくしの望むのはすべから^{まった}く全きトライアル。摂理そのものに^{ため}試してもらいさえすれば、事実というものはひっくり返されたりせず、ねじくられたりもしないのです〔訳注2〕。

複合するアノーマリー

いまこの場で提起しますのは、地球の動きを証明しようとした試み〔脚注3〕にあったヒントについてであります。27ページの31から32行目あたり〔脚注4〕のそれに先立つ観測について述べた文中で、おそらく今まで考えもしなかったであろう、地球そのものの新種の挙動を見つけていたと仄めかしておいたものです。その一つをこれからお話ししていくわけですが、その原因が本論またはなにかしかに帰結するかについて、私は強く主張したりはいたしません。より精密なト

〔訳注1〕 ヘヴェリウス論争をさすと思われる。参考文献③54-62頁参照。

〔訳注2〕 最後の一文はウォラーによるフック伝の最後の文脈に通底するようにもみえる。参考文献③92頁参照

〔訳注3＝原注〕 この試みとは、地球の日周運動における不斉のこと

〔訳注4〕 カトラー講義『観測による地動説の論証』をさす。該当部は『And shall only for the present hint that I have in some of my foregoing observation discovered some new Motions even in the Earth it self,』底本②1-28頁。

ライアル、最初にそれだと決めつけてしまったりせず、巧みなトライアルにかけていこうではありませんか。私の主張は、吟味するための問いとして試験すべきだとするに過ぎませんでした。それを観察したのはかれこれ十八年前のことで、用いた時計も三年のあいだに一度だけ巻けばよい最新型〔脚注1〕で、振子の錘も、それだけの長期間うごかせる動力用錘に匹敵する重いものです。不齊の元はこの時計か、それとも地球なのか、はたまたもっと別の見えざる条件によるものなのか、いまの段階でわたくしは強く主張したりしません。ですが、その時できる範囲において、思い付くかぎりを配慮し、また、地球の動きの何らかの不齊の元にできうるものすべて、考えうることのすべてを考慮しました。しかし断じることについては、今後のトライアルにまかせたいのであります。

地球の日周運動というものは、地球が太陽近くでは速く遠ざかっては遅いというケプラー氏の仮定のごとき素朴な公転とは違って、自転がバラついている、と当時の私は考えました。つまり、自転する途中途中で速かったり遅かったりしている。これが、太陽の力のせいなのか、月の力か、はたまた両方なのかについては、先々の検証にまかせることになります。地球の日周運動に影響を及ぼしている原因は、月と太陽のどちらにもあり得ましょう。ですから問題提起の内容とは、地球の重力だけに注目したとき、等速な自転を考えれば回転軸にしっかりバランスしつつ座っていながら、太陽と月が及ぼす重力からみるとアンバランスとなって軸の一方にズレている、そんな部分があるのかどうかということです。

太陽と月の重力が地球での力と厳密におなじなら、わたくしの提起するこの問いかけ〔脚注2〕は拠りどころをなくすことは承知してお

〔訳注1〕 1676年にグリニッジ天文台に設置されたフラムスティードの大時計をさすと思われる（参考文献⑩166~178頁、同⑩85頁、同⑩229頁）。この時計の製作者はトンビオンで、リチャード・タウンリーの脱進機とロンドンでの緯度に校正された39.25インチのRoyal振子を使った、連続二年動く時計。

〔訳注2＝原注〕 この問いかけとは、異なる物体には異なる重力が働いているのではないか、という内容。（訳注：この講義は『プリンキピア』が出る7月の直前。万有引力のあり方にはデリケートな時期だということに注意が必要）

ります。自説の重力理論で証明しますように、どちらの重力も大局的にみれば一致するようですが、各々の重力に固有差なるものがあるかもしれない。ここでの提起はそういった種類のものでありまして、月の秤動〔訳注：《不齊》とも言う〕とか、地球にたいしてお月さまはつねに同じ顔を向けて回っている、等からわかるかも知れない。月が太陽に対しては足並み揃えて公転しつつ、地球からみて合〔脚注〕にシンクロして自転するという説なんて、白眉です。けれども、そうしたバラツキの物理的な理由を見つけるとなると、月内部の作りに何らかの原因があると仮定しまして、回っているうちに月の一部がほかよりも強く地球の中心に向けて引っぱられる、とでもしない限りかなり難しいでしょう。そして、もしそうなら（それに反対するはっきりした理由がまだ私には見えませんが）、非等速な月の動きは、ある種の振動乃至秤動、あるいはそれ由来の振子運動をまちがいなく引き起こします。一定だと思ったものが、地球の中心を向く振子運動と混じった合成運動になるわけです。

その原因を月本体にある何かに決めうちしたいわけではございません。月の本体は、地球をむいた表側では高密度でガチガチしているのにその裏側は多孔質でスカスカなのかどうか、言い換えますと地球上の各部に比べて月の片側は空間的にみれば他よりも重い物体からできていて土・石・岩・鉱物が多く、水や海や空気といったものが反対側に多いのか、ということでもあります。もしそうなら見た目にもそうなはず。なかには、心当たりがあって、計画的な思考や実践によってもっと深く示してくれる方がおられるかも知れません。しかし全体としては、ここで認識された現象を解決するため、こうした仮説が必要だとわたくしには思われます。ほかにもまた別の機会に述べるつもりですが、もっといろいろな現象を解決するためにもう一つ仮説をたてる必要があるかも知れません。

〔訳注〕太陽Sと二つの星ABがSABの順に一直線に並ぶとき、Aから見たBは《合》の位置、BからみてAは《衝》の位置にあるといい、またこれと90度を《矩》という。月が合の位置にくる新月は《朔》、衝では満月の《望》となる。なお、月の同じ面がつねに地球側を向いている現象は、現代では《潮汐ロック》とか《潮汐固定》と呼ばれる仕組みで説明される。

満月や新月〔前頁の脚注〕にみる輪郭^{りんかく}とか日食をもって、地球からみた月は球体だといいますが、地球に正対する向き以外ではどの方向にも長いかも知れません。すなわち、楕円体の長軸が地球を向いているだけかもしれない。そうすると、重力の中心はその回転軸上にあるけれども、ど真ん中ではなく、地球側に寄っているかもしれませんね。さて、地球からみた月の内側をそんなふうに片寄らせる何か〔脚注〕があったとしても、太陽からみた地球は自転してるからそうはならないよ、なんてあり得ますか？ いま地球が自転軸のところでぶら下がっていて、太陽方向への重力からみて一部が反対側より重くなっている（地球との重力に関しては片寄りがない）としましょう。いついかなる時も、重い部分がどこへ回り込んでいっても、太陽の中心へと寄っていきこうとします。その傾向とは（ここにぶら下げました）地球に引かれる単振子のアナロジーそのものです。ですから、回転運動が、いちばん底となる直下^{ふりかく}へすすむ時にはその力が動きを加速させ、そこを通り過ぎると力が振角に依^よりて弱まる。それがゆえに振動する振子というものは、垂線へむかうときは速まり、垂線から離れていくと遅くなるわけです。そして、これが等角速度な円運動と混ざりますと、回転するある部分では速度が上がり、べつの部分では速度が落ちることになります。一部分だけ適当に重くした歯車をもってきて、その軸を水平に構えて回す、そんな実験をパパッとしてみせればもっと分りやすいでしょうか。いまここで推測し問いかけるのは、太陽にはたらくのに類した原理が働いているのか、ですから、さらにもう一步進んで、月にはそういう不齊がないのかという問い。月と地球をながめれば、地球と太陽よりはるかに親近感がわきますね。そしておそらく、汐や流れが変わる海洋現象や、風や対流がおこす大気現象についても、発見したものの一つが影響していたのだ、とわかる日がくるかもしれません。

厳密に検証した実験にもとづく事象ならば、物理としてお墨付きをいただいた真実ということになりますから、どんな事象であれそれが受け入れられない事はない、それが私の考えでなのです。さらに、最初のとっかかりとなった事象を試す、それ以外のやり方があろうは

〔訳注＝原注〕 何かとは、地球の日周運動における不齊の原因となるもの。

底本について

- 底本① *Micrographia: on some physiological Descriptions of Minute Bodies made by magnifying glasses. With Observations and Inquires thereupon.*
- 著者 Robert Hooke ロバート・フック(1635-1703)
- 発行所 Impression Anastaltique Culture et Civilisation (ブリュッセル)
- 発行年 1966年 印影復刻版
- 原本 1665年発行
- Jo. Martyn and Ja. Allestry, printers for Royal Society (ロンドン)
- 頁構成 18(ノンプル無) + 244 + 目次11 + エラータ1、別途図版35葉挿入
- 訳出頁 242～246頁
-
- 底本② *Early Science in Oxford by R. T. Gunther*
- 編者 Robert Theodore Gunther
- ロバート・テオドール・ガンサー (1869-1940)
- 発行年 Vol.II=1923年、Vol.VI/VII=1930年、Vol.VIII=1931年、
Vol.X=1935年、Oxford (私家版、全14巻)
- 訳出頁 Vol.VIII本文テキスト121～129頁、142～146頁
- 備考 Vol.VIII, 141頁に乱丁有り
-
- 底本③ *The Posthumous Works of Robert Hooke*
- 版 *Second Edition*
- 副題 *Containing His Cutlerian Lectures, and other Discourses,
Read at the Meetings of the Illustrious Royal Society*
- 著者 Robert Hooke ロバート・フック (1635-1703)
- 編者 Richard Waller リチャード・ウォラー (-1715)
- 発行所 Frank Cass and Company Limited (ロンドン)

発行年 1971年ISBN 0-7146-1600-1
原本 1705年刊オリジナル第一版に、Theodore. M. Brownの序文(冒頭
13頁)を付けて第二版とした印影版
頁構成 13 + xxviii(=28) + 572 + 図版6葉 + 索引12
但しノンブル201～210は乱丁、211～276部分は初版から欠落、
194と379は重複している(内容は完備)
訳出頁 本文テキスト545～550頁

底本④ *The Artificial Clock-Maker*
副題 *A Treatise of Watch and Clock-work*
著者 William Derham ウィリアム・デーラム (1657-1735)
初版 1696年、James Knapton. (ロンドン)
復刻版 1962年、The Thames Facsimile Company (イギリス)
訳出頁 初版第7～8章 (93-105頁)
備考 第4版は1734年発行

※備考:複製したイラストはすべて訳者蔵書から訳者がスキャン・レタッチしたものである。

————— フェゼの既刊書より —————
『アンティーク時計学』シリーズ（第一期六巻）

I 『時計発達史 一校訂版』

1924年 高林兵衛 著

ソフトカバー271頁、A5判(21×15×1.5cm)、旧字旧仮名

世界的に知られた、国内初となる本格的な和時計解説書の復刻。

初版発行 2015年6月:ISBN978-4-9906922-6-1

II 『漏刻とルモントワール』

1820年 アブラハム・リース 著

ソフトカバー195頁、A5判(21×15×1cm)

リースの『百科全書』から水時計とルモントワール、及び脱進機を精選。

初版発行 2016年3月:ISBN978-4-9906922-9-2

III 『ブレゲの生涯』

1921年 デイヴィッド・L・サロモンズ 著

ソフトカバー290頁、A5判(21×15×1.5cm)

ブレゲ研究必携、記念的私家版の基礎資料。テキスト及びその抄訳。

初版発行 2016年4月:ISBN978-4-908795-00-8

IV 『マッジのタイムキーパー』

1763年 トーマス・マッジ 他著

ソフトカバー184頁、A5判(21×15×1cm)

経度法懸賞金にかけた幻のタイムキーパーの全貌を多角的に見る試み。

初版発行 2016年10月:ISBN978-4-908795-01-5

V 『フック博士と時計学』

1696年 ウィリアム・デアラム 他著

ソフトカバー140頁、A5判(21×15×1cm)

懐中時計用の調速子や脱進機発展に貢献したフックの時計学を俯瞰。

初版発行 2017年12月:ISBN978-4-908795-03-9

VI 『リピーターの歴史としくみ』

1820年 アブラハム・リース 著

ソフトカバー142頁、A5判(21×15×1cm)

複雑機構の代名詞リピーターの歴史と初期のメカニズムを詳細に解説。

初版発行 2018年4月:ISBN978-4-908795-04-6

『レトログランド・サイエンス』シリーズ

I 『フック博士の生涯』

1705年 リチャード・ウォラー 著

ソフトカバー197頁、A5判(21×15×1cm)、原文付き

英国のレオナルド〈ロバート・フック〉の全貌に迫る伝記の初邦訳。

改訂版発行 2021年3月:ISBN978-4-908795-09-1

—— プチ文藝 ——

I 『ヴィーナスとアドーニス』

1892年 ウィリアム・シェイクスピア 作 坪内逍遙訳

ソフトカバー183頁、B6判(18×13×1cm)、旧字旧仮名・縦長判・総ルビ

新修シェークスピア全集第三十八巻『詩篇其一』から判型改め復刻。

第三版発行 2020年12月:ISBN978-908795-08-4

II 『大鴉から抒情的散文へ』

2015年 松下健治 訳著

ソフトカバー223頁、A5判(21×15×1cm)、英仏文対訳

ドビュッシーの歌曲「抒情的散文」に至る英仏文学作品をさぐる試み。

巻末に『Serres Chaudes』と『Pierrot Lunaire』のテキストを収録。

初版発行 2015年5月:ISBN978-4-9906922-5-4

III 『ペレアスとメリザンド』

1892年 モーリス・メーテルリンク 作 島村抱月訳

ソフトカバー198頁、A5判(21×15×1.5cm)、新字新仮名、横組

ローレンス・アルマ・タデマの英訳との三対訳による比較研究資料。

改訂版発行 2020年10月:ISBN978-908795-07-7

IV 『楽聖ドビュッシー』

1938年 小松耕輔 著

ソフトカバー200頁、A5判(21×15×1cm)、新字新仮名、横組

ドビュッシーの全生涯から、人となりとその作品を網羅して詳解。

改訂版発行 2020年9月:ISBN978-4-908795-06-0

※訳者略歴：1964年三重県生れ。1988年名古屋大学理学部物理学課卒業、1990年同理学部修士課程修了。専門は高エネルギー物理学(トリスタン実験プロジェクト)。民間企業にてデジタル通信機器のプログラマを経てテクニカルライティングに従事。2012年末から《フュゼ》の名称で出版活動を開始。理工学書の翻訳等。浜松市在住。

レトログラード・サイエンス叢書

フック博士の天体観測

は か せ てんたいかんそく

ASTRONOMICAL OBSERVATIONS BY DR ROBERT HOOKE

発行日	2021年12月16日 オンデマンド初版	First Revision
発行者	フュゼ	FUSÉE
発行所	434-0031 浜松市浜北区小林450-1	Hamamatsu
著者	ロバート・フック	Robert Hooke
訳者	松下 健治	MATSUSHITA Kenji
印刷製本	株式会社ブックフロント	
	176-0012 東京都練馬区豊玉北6-13-3 上野ビル4F	

FUSÉE

<http://www.cam.hi-ho.ne.jp/kenjim2/>

©2021 MATSUSHITA Kenji, All rights reserved. Printed in Japan.

ISBN 978-4-908795-10-7 C0340

Print on Demand
