

神戸市外国語大学 学術情報リポジトリ

江戸期における西洋物理学受容の一断面：
帆足万里「窮理通」にみる

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 神戸市外国語大学研究会 公開日: 1979-07-31 キーワード: 作成者: 佐藤, 通, Sato, Toru メールアドレス: 所属:
URL	https://kobe-cufs.repo.nii.ac.jp/records/2237

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 International License.



江戸期における西洋物理学受容の一断面

——帆船万里『窮理通』にみる——

佐藤 通

§ 1 Introduction

今日でこそ科学上の用語と概念は万国共通となっており、明快な定義を得て、誤解を生む余地はきわめて少ない。しかし諸地域における科学がまだその関心、対象、表現技術において、多分に地域的なかたよりを有したまま並存していた時期は、そう遠い昔ではない。そういう科学どおしが遭遇し、統合されより高次のものに一般化される過程は、科学史上の興味あるテーマである。異質な外見を持つものどおしの交流の過程の中から、普遍的なものが整理され抽出される作業は、生の新事実の発見におとらずすぐれて科学的な営為である。ある時代のある地域に発展をみた科学Aが、他の時代又は地域の科学Bと出会い、そこに何らかの融合過程が起こった結果、Cという科学が結実したとしよう； $A + B \rightarrow C$ 。たとえばインペトウス理論など中世のスコラ的運動学と、古代ギリシャのユークリッド、アルキメデスの数理的理論体系とがルネサンスにおいて遭遇し、ガリレオによる近代的力学の誕生を見た case は、生産的な融合の好例である。江戸末期の日本的科学思想(A)の土壌の上に西洋物理学(B)が移入された case はどうであろうか。AとBとの成熟度の相違によりCの内容はさまざまであり得る。明治以降の日本の科学の発展の仕方を見るかぎり、この出会いの結末は、流入してきた西洋物理

(1) 伊藤俊太郎著「近代科学の源流」中央公論社・自然選書。A. C. クロムビー著、渡辺・青木訳「中世から近代への科学史」コロナ社

学に無抵抗に席を譲りわたしただけの観を呈している； $A + B \rightarrow B$ 。しかし巨視的に見たこの「反応式」の左辺から右辺への推移に際して、さまざまな中間的段階があったことを見落してはならないだろう。そこには、みのりを見なかったものの伝統的な儒教的自然思想が西洋自然科学を批判的に摂取し、両者の長所をとり入れて融合せしめようとした、熱意と知的高揚の所産がかいま見られる。この作業自体を、歴史的制約下におけるひとつのすぐれた科学的営為と見なすことができるだろう。江戸末期における窮理学者の手になる諸著は、反応のことばになぞらえて言えば、いったん結合はしたものの、消滅する日本的窮理思想と生き残る西洋物理学とにやがては分解し去る、その一歩手前の「中間生成物」の諸例として扱うことができよう。本稿は、その中の代表的窮理学者、帆足万里の大著『窮理通』を材料として、「中間生成物」のいくつかの特徴を見ようとするものである。

歴史に「もし」という問いをさしはさむことは、それなりの興味ある設問を生む。「もし東洋の科学が西洋の影響なくそのまま発達したとすれば」——「単なる一つの臆測以上の何物でもないが」とことわった上で、中山茂氏は次のように述べている⁽²⁾——「それは原子よりも気の連続体を基本のサブスタンスとする物理学であったかもしれない。それは質点や固体よりも流体や場から出発する力学であったかもしれない。(中略)それは原因を局所に求めるものよりも、全宇宙の流動する相を全体として捉えようとするものであったかもしれない。それは論理の斉合をやかましくいう数学よりも、美的で遊びの要素を強調するものとなったかもしれない。(後略)」この興味ある空想は、東洋の科学思想を西洋科学の基準と問題意識のメガネを通して同質的にながめた場合のものである。同氏も強調するように両者における科学の概念はたがい異なるものであろう。「日本の科学の内的発展の結果、西洋からの影響がなくとも、自然にニュートン力学に達成できるはずである、という説をなす者があるとすれば、それはナンセンスに近い。」「東洋ではリングが下に落

(2) 中山茂著「日本人の科学観」創元社 p. 156~7.

ちるのはなぜか、という問題意識はついて出てこなかったろう。出てきたとしても、落ちるのは自然の理だ、と片付けられてしまったら⁽²⁾。」東西科学の葛藤や融合を考えると、科学概念における出発点からの異質性は思想や文化に広がりを持つ膨大な問題である。それは常に念頭に置かれねばならないことであるが、しかしそれを素通りして、上記の空想にみられるような、西洋科学と同質の観点で日本の科学思想をとらえる視点も、状況によっては大いに正当であろう。『窮理通』の中で儒教的な立場が強調されるのは主として窮理という学問の目的においてである。自然現象の合理的説明という場面になると帆足は、西洋科学の説明法に非常に接近して、それとの同質の次元に自説を翻訳しつつ叙述する、という論法が大勢を占めている。『窮理通』は西洋科学の座標平面内に日本の窮理思想が投影されちりばめられた著作であると言っても過大な表現ではないだろう。

『窮理通』に至る和洋の自然科学の状況を素描しておこう。蘭学として日本にもたらされた西洋の物理学は、天文学とニュートンの力学理論が主たる内容であった。デカルト自然学の権威がニュートン力学のフランスへの受容を妨げている間、ヨーロッパ大陸で最も早くニュートン力学を評価しうけ入れたのはオランダである。18世紀前半、ニュートンとも親交のあったライデン大学の教官らによって、ニュートン理論の入門書や訳書が相ついで書かれ⁽³⁾、それが志筑忠雄や帆足らの物理学研究の原典となったのである。力学、光学のほかにも、ラヴォアジエによる酸素発見と元素概念の確立、フランクリンの電気の研究、リンネによる生物分類法など、やがて絢爛と花ひらく19世紀自然科学を準備する諸研究が、蘭書を通じて断片的にもたらされていた。一方、江戸時代における支配的イデオロギーとして君臨し、日本の科学思想の母体となったのは儒学とくに朱子学であった。⁽⁴⁾「窮理」という言葉はもともと、人間をも含めた万物の具有する「理」を、聖賢の書を典拠にしてきわめ

(3) 日本思想大系65「洋学(下)」岩波書店 p. 385, に素描がある。

(4) 体系日本史叢書19「科学史」杉本勲編、山川出版 第五、六、七章。辻哲夫著「日本の科学思想」中公新書

るという、朱子の説いた修養法をさす。彼は中国古来の自然哲学である陰陽五行説にもとづき、人間（道理）と自然（物理）に同一の原理が貫いているとする。この「窮理」の意味は、日本においては伊藤仁斎、荻生徂来ら古学派と呼ばれる一派により、儒学の本流である人倫あるいは政治学の領域に属さない、事物についての研究という“矮小化”をこうむる。更に、儒学の仕きたりを破り、自然界の事物こそを学問の対象とし、天地の普遍的法則の認識を自覚的にめざしたのが、三浦梅園（1723～89）であった。その代表的著作『玄語』（1775）は彼独特の論理「反観合一の法」にもとづく、形而上学的宇宙論、自然哲学の展開である。そこに論じられているのは、一つの大きな気の無限の変化による天地万物の生成発展と、その法則である。この頃から、『解体新書』の完成（1774）に端を発した西洋科学書の訳出が始まる⁽⁴⁾。たとえば地動説を初めて紹介した長崎の通詞、本木良永の『天地二球用法』（1774）、ニュートン力学を東洋に初めて紹介した、その門人志筑忠雄（1760～1806）の『曆象新書』（1798～1802）などがある。志筑のこの書はニュートンの『プリンキピア』の註解書であり、儒学的限界を持ちつつも自分の見解を盛り込んだ自然哲学書でもあった。また我国最初の西洋物理学の体系的紹介は、杉田玄白の門人、青地林宗『気海観瀾』（1827）によってなされた。この頃になると、「窮理」は蘭書を通して摂取された西洋自然科学をさす意味のことばとなる。帆足万里（1778～1852）の『窮理通』（1836）は儒学および梅園以来の科学思想の土壌の上に、18世紀までの西洋物理学の成果を摂取しようと試みた努力の一つの結実であった。

第2章では帆足と『窮理通』の大まかな特徴について、第3章では『窮理通』の叙述に即したやや立ち入った考察を、第4章でまとめを行なう。

§ 2 帆足万里と『窮理通』⁽⁵⁾

帆足万里は安永七年（1778）、豊後国日出藩2万5千石の家老の家に生ま

(5) この章は、人物叢書134「帆足万里」帆足図南次著、吉川弘文館、を主に参考としている。

れた。三浦梅園56才，志筑忠雄18才の時である。75才で没するまでの彼の生涯は，儒学・窮理・医学・算術と多方面にわたっての独学と，門弟相手の教育活動，および家老職につくなどの政治活動の多忙な日々であった。

帆足の生涯と学問観を見ると，注目されるのは次の諸点である。第一は，「江戸を中心として官学化した儒学のどの流派とも全く交渉がなく，隔絶された豊後の僻地で，ただ独りわが道をゆく独学者に過ぎなかつた⁽⁶⁾」ことである。同時代の研究者との学派を形成しなかつたことは，一方では問題の共有と分担という学問スタイルの不在を意味するが，他方では，かえって諸学問の総合化と体系化への視点の育成を可能としたとも言い得よう。第二は，これと対照的に，三浦梅園や志筑忠雄ら日本的科学思想の伝統を批判的に継承したことである。彼が最大限に尊敬した梅園については『窮理通』の自序で「夙に象数を覃思し著書数十万言。陰陽の運，幽明の故明晰ならざるはなく，宋明の言に勝れたること遠甚なり」と称揚する一方，「立言微なりといえども瑕疵無きこと能はず」と批判の眼をも忘れていない。第三に注目されるのは，「文辞の学」に対する「日用の学」すなわち実学の強調である。67才のときの政治論集『東潜夫論』（1844年）で，清国がアヘン戦争に破れた敗因についてふれて次のように言っている。「唐は千年以来，詩文を作りて立身する悪しき国法立ちしゆえ，唐の学問は何の用にも立たず。」彼の重視した日用の学には，算数，経済，医学，窮理学などが幅広く含まれている。第四に，数学の効用を折にふれて強調し，また彼自身，和算の学習と研究にかなりの精力を注いでいたことである。『窮理通』自序では，「夫れ天文，地理を学ばんには，宜しく算数を道むべし。しからざれば耕すに耒耜無く，闘ふに兵甲無きが如し」と，その学問への必要性が強調され，また本文の随所で和算による数値の吟味が試みられている。このように，ほとんど没交渉であった窮理学と和算とが結びつく必要のあるものとして意識されたことは，自然現象の定性的論述の枠を越えることのなかつた窮理学が，和算の助けをかり

(6) Ref. 5. p. 60.

て数理的な説明体系への歩みを進めたかもしれない、その萌芽が見られる点できわめて注目に値する。最後に、西洋の学問に対する、自信にあふれた是是非非の態度を指摘することができる。『窮理通』末尾で、彼の採長補短の姿勢が簡潔に表現されている。「東人は聡悟にして其の学、簡要を尚ぶ。西人は強力にして其の学、詳密を尚ぶ。学問の道は務めて其の足らざる所を修めて始めて得るなり」。

さて現存の『窮理通』は天保七年⁽⁷⁾（1836年）、帆足万里59才のとき完成されたものである。オランダ語の知識のないまま、『暦象新書』等の2、3の訳書のみを通して新興の西洋科学の一端にふれ刺激された若い時期に、彼は一度『窮理通』初稿（1810年）を書き上げている。これは帆足自身が後に反省するように「西人の陋（ろう）を笑って」書いたもので、誤謬の多いことを自覚したのち、自分の手で破棄している。その後、40才を過ぎてからオランダ語を独学で修得し、渉猟した原典からじかに西洋科学を学習するようになる。これは、自らの拠って立つ梅園以来の窮理思想を、ヨーロッパ自然科学の成果の具体的知識によって批判的に検討する一方、西洋科学を自らの窮理観によって相対化し、位置づけるという立場の確立につながる。それは帆足の中で両者が「採長補短」という形の融合をなしとげる過程であった。あるいは、「何故に」を問題として、結局中国哲学流に解決しようとした「条理学」から、合理主義的態度で受け入れた自然科学の知識を基礎として、「何故に」ばかりでなく、「いかに」をも重視した「窮理学」への思想の展開を際立たせ⁽⁸⁾る過程でもあった。

帆足が参考としたオランダ語原典は、物理学、地球物理学、天文学、化学、本草学、医学、地理学、それに旅行記のようなものにまでわたっている。ただし数学書は欠けている。これらの中、物理学書は、ライデンびんの発明で有名なオランダの物理学者ミュッセンブルーク（1692～1761）の著書であり、

(7) 三枝博音編「復刻・日本科学古典全書」第一巻、朝日新聞社、に収録されている。

(8) Ref. 5. p. 110.

表1 「窮理通」の構成

巻	題名	主な内容	P	H	H/P
一	原 暦	暦の起源と発達。プトレマイオスからケプラーまでの天文学の略史。地動説。	11	3	0.27
	大 界	恒星の数、距離、生成消滅、運動など。	5	3	0.60
	小 界	太陽系惑星（水、金、地、火、木、土、天王）および衛星、彗星について。	25	8	0.32
二	地球上	地球の形。気候。山岳の地質的分類、粘土、石灰、石炭、化石。	57	12	0.21
三	〃 下	鉱物の成分。海洋。潮流、潮汐の説明。水の成分について。	39	14	0.36
四	引力上	前半はニュートンの引力則、ケプラーの第三法則、落下の法則、振子、力の合成。後半は磁石、静電気、雷、火薬。	57	22	0.39
五	〃 中	反射、屈折の幾何光学。レンズ、プリズム。顕微鏡、望遠鏡、眼球のしくみ。	72	9	0.13
六	〃 下	静水力学。てこ、滑車、輪軸。物体どおしの衝突。	75	6	0.08
七	大 気	大気の高さ、圧力、密度。ボイルの法則。大気と元素（酸素、窒素、炭素、水素）。元素の化学的、生物学的性質。音の伝播。	56	12	0.21
八	発 気	気象について。風、雨、雲、露、虹など。	16	2	0.13
	諸 生	前半は分子が物体を構成する仕組について。後半は人類の起源、人種のちがい、中国と日本の古代史、東西民族の比較、言語の起源など。	19	8	0.42
計			445	99	0.22

(9) その目次によると、ニュートン力学の初等的教科書であると同時に、静電気、幾何光学、流体および気象学にわたる物理学入門書といったものである。この本は英訳され、自然科学の入門書として本場イギリスでも人気を集めた。帆足が西洋自然科学の諸分野にわたって、スタンダードな著作を原典としていたことの一例である。

さて『窮理通』は、物理学を中心に、化学、天文学、地質学、気象学、若

(9) Ref. 7. の三枝氏による解説の箇所に記載されている。

(10) 三枝博音編「復刻・日本科学古典全書」第六巻、朝日新聞社

表2 青地林宗「気海観瀾」(1827年)の目次

1	体	性	12	窒	気	23	気	融	34	虹
2	引	力	13	清	気	24	気	化	35	暈
3	気	孔	14	燃	気	25		雲	36	水
4	温	質	15	水	質	26		雨	37	稱
5	霧	困	16	硬	気	27	電	雷	38	凝
6	気	性	17	吸	気	28	霧	颯	39	流
7	気	重	18		寒	29		露	40	験
8	気	張	19		光	30		雪	41	潮
9	排	気	20		色	31		霜		
10	衰	気	21		音	32		冰		
11	気	種	22		風	33	浮	気		

干の生物学・医学それに人類学のようなものにまで言及して全八巻の構成となっている。各巻の概容は表1にまとめてある。また比較のために、青地林宗による物理学書『気海観瀾』(1827年)⁽¹⁰⁾の目次を表2に示した。ここで「気海」とは林宗によれば“至大至広、涯際を極むべからざる”ところのもので、そこには日月星曜が懸って居り、そして“稀微の天気”が充ちている。さういふ世界全体⁽¹¹⁾をさす。後者の、きわめて羅列的な編成と対比したとき、『窮理通』の対象の範囲と配列に仕方に、帆足の問題意識の積極性がうかがわれよう。もちろん、少数の基礎的法則から出発して多くの現象を再現する、といった公理論的な構成は望むべくもない。彼の行なったのは、個別的に撰取した西洋自然科学の各論を、世界観的な立場から体系化し序列づけるという試みである。銀河系宇宙から始めて太陽系へ、地球へ、地球上での諸レベルの現象の物理学・化学・生物学へ、そしてさらに人類の起源、日本の古代史、東西の民族や言語の比較などにまで及んで全巻を結ぶ。物質的世界全体の空間的階層づけにとどまらず、人間社会をも含めた歴史的発展過程までもが壮大に展望されていることが読みとれる。⁽¹²⁾まずグローバルな枠組において、

(11) 「パラダイム、またはパラダイム候補のない所では、ある専門の発展に役立ち得るすべての事実は同じように大切であるように見える。その結果、学問の発展が一定のコースに乗った所と違って、まだ初歩的な事実を無茶苦茶に集める活動が行なわれる」。(トマス・クーン著、中山茂訳「科学革命の構造」みすず書房 p. 18)

(12) この点でオーギュスト・コントを想起する論者もいる。Ref. 5, p. 139

彼が西洋科学をこのように“料理”し体系化したことに注目しておこう。

ところで、本稿の主題は『窮理通』の中にあられた、西洋科学に対する日本の窮理思想の response を見ることである。この著作は西欧の原典の単なる翻訳ではなく帆足なりに取捨選択し咀嚼し編成して書かれたものである。しかしその叙述の中に、帆足自身の自然科学思想がどれだけの比重を占めて関与しているかは、必ずしも見やすいことではない。そこで着目されるのは、帆足がこの著作で、『暦象新書』の志筑同様、面白い形式を挿入してくれていることである。文のあい間の「帆足子曰く」の文句ではじまる評論や感想の短文がそれである。その内容は、たとえば「西人の学は実測、精なりといえども窮理未だ至らず」のような西洋科学の批判とか、本文の説明にあきたらないところを彼の言葉で別の説明を試みたり、数値を和算で計算しなおしてみたり等々である。そこには三浦梅園、貝原益軒、麻田剛立、志筑柳圃（忠雄）などの所説の引用も顔を出す。前出の表1の中に、各巻の頁数（P）と「帆足子曰く」の短文の個数（H）を書き入れてある。全巻で約100個ほどであり、巻ごとにかなり頻度（ H/P ）の差が見られる。これは本文の叙述内容に対する帆足の共鳴もしくは反発といった、反応の強度の反映でもあろうか。もちろんこれらの短文の中に彼が独自の思想を系統的に盛り込もうと意図した訳ではないだろうが、“反応現象”を見ようとするとき、この短文は格好の材料と言えるだろう。

§ 3 『窮理通』にあられた西洋物理学

『窮理通』は自然科学から社会科学まで含む百科全書的性格の著作であるが、その中心は量的にも質的にも今日でいう物理科学である。この章では、「帆足子曰く」の文章に注目しながら、西洋物理学に所する帆足の対応ぶりを、項目ごとに見ることにしよう。まず眼をひくのは「西人の学」に対する帆足の全般的評価である。

「西人の学、固より精なり、然れども其の人、椎魯にして、且つ算数に於

て、或は未だ究めざる有り。故に測驗の及ばざる所、精微の域、其の言往々晦にして明ならず、鬱として発せず」(自序)

実験や観測においては精緻であるが、その背後にある「理」を明らかにすることにおいては未熟きわまる——これが帆足のみた西洋の学問である。そして次のような窮理学上の大問題に関しては、西人の説は「おおむね皆支離乖繆、正さざる可からざるなり」(自序)という。それは「大魂の生ずる所以」(a)、「星行の側円を成す所以」(b)、「地球の広狭」(c)、「海の二潮」(d)、「磁石の指南」(e)、「大気二質の用」(f)、「火の生焰」(g)、および「人の氣息」(h)といった諸問題である。以下にみるように、これらの解答に彼は範を示している。

(1) 天文学関係

彼が参考とした天文関係の蘭書はラランデ⁽¹³⁾『天文志』(1773年版)で、実地天文学、暦学のテクニカルな専門書であるが、『窮理通』では、理論も含めた天文学全般に関する均整のとれた簡潔なレビューに編成し直されている。記述はおおむね事実関係の紹介に終始している。その中でも惑星の逆行運動や月食日食の説明に積極的に図を使い、月食の可能性を自分で数値的にたしかめたり、また誤解にもとづくものではあるがホイヘンスが土星の自転周期を定めた方法に対して異議をとなえたりする等、意欲の一端がうかがわれる。淡淡とした記述のあい間に挿入されている「曰く」という形の自説の披露は、西洋物理学のカテゴリーを一定の不理解に基づいて使っていることが一つの特徴である。たとえば、星の位置が変化することを星どうしの引力と結びつけて、

「星位の変は衆星の引力に由る。満天の星辰常に相牽引し、その力均適するを以って止まる。もし一星の引力稍衰すれば、必ず強力の引く所となり、移動無き能はず」(p. 23)⁽¹⁴⁾

(13) Ref. 3. に高橋至時による蘭語からの抄訳(1803年)が収録されている。

(14) 引用のページは、Ref. 7. の「窮理通」の部分だけに附与されたページである。

と述べているのは、力の均適イコール静止、という力学の一面的理解にもとづく。また西人が望遠鏡で月に大気も河もないと判断したことに対して、彼によれば大気存在こそが光の反射の条件である：

「知らず気水は是れ土質の析出する所、月すでに土を以て形を立つ、あに気水無きを得んや。夫れ大気はなほ硝鏡のごとく、土はなほ鏡背に藉く所の墨紙のごとし。月球もし大気無くんば、あに反射して光を成すを得んや」(p. 46)

ここでは、天体レベルでの光の現象が日常的な鏡のしくみと同一次元で類推されているところが面白い。土星の輪に関する志筑忠雄の説が西人説にひけをとらないものとして紹介されているのも、もう一つの特徴である：

「志筑柳圃以為へらく、土星輪は其の属星、月の如き者、相接して成す所。蓋し輪旋の勢に由りて扁平を成す、輪もまた当に旋転有るべし。人未だ測出せざるのみ」(p. 38)

(2) 地球、海洋、気象関係

この内容も測地学的、博物的な事実を整理して記述するという、現象論的な性格のものである。帆足の「曰く」も、雑多な諸事項に対する感想的な補足が多い。その中から三つほど特徴を指摘することができる。一つは、混み入った現象に、比較的単純な構成の理屈を立てて独自の説明を試みるといった姿勢が認められることである。一例として、地球誕生時の山岳と海の形成を、地球自転、重力および分子間引力といったカテゴリーに結びつけて解釈し、西人説を批判している箇所がある：

「山脈は多く東西に連互す。……是れ水土初めて凝る、地球自転の勢のなす所」(p. 93)

「地球初めて成り、海水の淹す所となり、諸分子互に相牽引するに及びて、剛なるものは突起して山岳を成し、柔なるものは陥下して瀛海を成す」
(p. 94)

もちろん科学的説明としての資格には欠けるであろう。ただ、志筑忠雄に

よって造語された「重力」「引力」といった言葉が、帆足にあっては諸事象に対する説明原理の構成要素として、機能し続けていることが見られるのである。二つめに、西洋物理学と同じ用語を採用するにしても、その力学的な奥行きを見抜くことができないため、西人説を一方的に排斥している箇所に何度か行きあることである。その例として、この章の冒頭にあげた「問題 d」つまり潮汐の理由を説明したところを見よう。「潮汐は日月引力の合成に由る」(p.134)のであるが、簡単のため月の引力だけを考えてよい。月は図1の点C、Dの付近の海水を一方では引いて点Aに集めると同時に、他方では「弾して却行して」点Bに集める。帆足は、引力が斥力を生むというこの説明を納得しない：

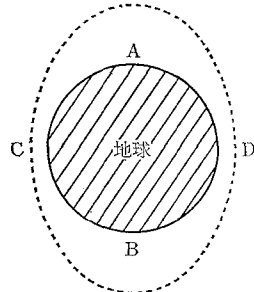


図 1

「日月、潮水を弾却するが如きは、定めて妄縁に属す。之れを要するに、西人未だ潮汐の理に達せず」(p.136)

言うまでもなく、この“弾却する力”は月からの引力が地球上の各点で等しくないことに起因し、引力の総和は地球全体の運動となっ平均化されるのであるが、その平均からの過不足が地球上で見ると、点A方向への引力と点B方向への斥力となって現われるのに他ならない。潮汐力と呼ばれるこの力は、定量的な運動法則が介在して初めて理解される。定性的説明ではあるが、引力と斥力とを同時に導入するために、帆足はここで電気力、彼の用語でいう「虎魄力」を説明用具として使う。それ自体としては悪くない着想である。⁽¹⁵⁾以下の文中の「硝質」「硫質」はそれぞれプラス、マイナスの電気をさす。

「蓋し地球の虎魄力は硫質、月の引く所となりて湧出し、潮水を排して以

(15) ガリレイが、引力説に反発して地球の自転と公転の合成によると、となえたことが想起される。

て升る。其の硝質分析し、集まりて後面に在る者、また水を排して以て上る。二力まさに同じ。是れ海に二潮有る所以なり。すべからく虎魄力の條下に在りて辨析すべきなり」(p.136)

三つめに指摘できるのは、数量的な記述に対する関心の高さである。その例として、冒頭の「問題c」つまり地球の形が回転楕円体であるという西人説の吟味の仕方がある。本文には地球の形状に関する20数頁にわたる長い表が出てくる。地球が球体であるとした場合と、扁平な回転楕円体であるとした場合のそれぞれの、各緯度ごとの面積要素の値である。帆足はこれを合計することにより全表面積を出した上で、地球の長径の数値との対比が矛盾をきたすことから、表に疑義をとなえ、

「西人、小方井を求むる、定めて妄術のみ。後表の矮立円球（注、回転楕円体のこと）上の小方井の如きは、恐らく西人の能く算する所に非ず」
(p.65)

と不信を表明している。そして、当時出版された和算書『古今算鑑』にある「矮立円頂寛積を求むる法」によって、独自に数値をすべて算定しなおしてみた旨が述べられてある。言うところの正否はともあれ、表の数値のようなものに至るまで自分の様式でチェックする熱意はひととおりのものではない。ニュートン力学を筆頭とする西洋物理学はすぐれて定量的な状格のものである。帆足の数量的関心は、その高度の論理における定量性にまでは到達せず、平明な断片的事実における数量性に限られたようであることも、同時に指摘しておこう。

(3) 引力およびニュートン力学

この箇所については、この分野の先達である志筑が『曆象新書』で扱ったニュートン力学に比べて、非常に焦点が移動していることが顕著である。それは、ニュートン力学の基本的概念についての立ち入った咀嚼、という傾向が影をひそめ、代わって「引力」という言葉をさまざまな意味に拡張して広汎な自然現象の説明に応用しようとする態度、および複雑なてこ、滑車

や各種の運動の具体的な問題を熱心に follow し詳細に紹介しようとする傾向があらわになっていることである。これらの事情について少し考えてみよう。

今日の我々が『窮理通』のニュートン力学の項を見てまず意外の念にうたれるのは、運動方程式を含むニュートンの三法則に一言も言及していないことである。運動方程式は、ニュートン力学全体がそこに凝縮されている礎石であることは言うまでもない。すでに『暦象新書』においては、志筑流の表現によってであれ、ニュートン力学の基礎概念である慣性法則や、力と加速度の⁽¹⁶⁾関係などが論述されている。西洋物理学を批判的に摂取しようとする帆足が、その拠って立つ基本的概念に少しも注目していないということは不可解である。しかし、これは、ニュートン力学の理解のレベルの歴史的段階に思いあたると納得できることである。ニュートン力学において何が基本的で何が従属的なものであるかという論理的構造が、その数学的整備を伴って明確にされ始めたのは、18世紀中ごろ、オイラー等フランスの数理物理学者の手によってであった。⁽¹⁷⁾帆足の参照したオランダの教科書は、理論体系としての力学を明確に自覚する以前の時代の産物である。それを素材として帆足にそれ以上の洞察の期待するのは問題外であろう。また、基礎概念に注目した志筑の慧眼の方を多とすべきであろう。しかし、『窮理通』全体の構成に見せた、帆足のあの体系化への意欲はどこにはけ口を求めたのであろうか。

それは、狭義の物理学に相当する巻の題名が「引力」となっていることから推察されるように思われる。つまり、運動方程式を、ではなく、引力概念を物理現象の説明原理の中心にすえ、それを構成の出発点にしようとする意図がうかがわれるのである。志筑は「引力」という言葉の中に、重力すなわち万有引力だけでなく、弾力、吸力、求心力、粘力、さらに分子間の牽引一般を押し込めた。ユニヴァーサルな通用性を与える意図の先走りであろうか、

(16) 日本物理学会編「日本の物理学史(下)資料編」東海大学出版会 p. 7.

(17) 広重徹著「物理学史I」培風館 第五章

帆足はその意味を更に広げ、明確な意味がほとんどとれないところまで拡散させてしまった観がある。下の文中で「発気」とは物質が揮発して気体状態になったもの又はそうなることを意味する。また「暖質」は熱素（フロギストン）に相当する用語と思われる。帆足によれば、ニュートンでさえ「引力」の何であるかを理解していない：

「ケプラー始めて地球五星の遠近一周時刻の比例を作る。然れども徒に算式に就きて求索し、その引力妙理あるを知らず。ホイヘンス能く地球重力一秒時下行の長さを明らかにす。また重力すなわち引力たることを知らず。ニュートンに至りて始めて引力の用を知る。二家の説を合して小界立形の故を明らかにす。而して引力は百物の発気をなし、日星の光及び地球上の磁石・虎魄の二力すなわち是の物たることを知らざるなり。是れ西人、小界の用に於て未だ明晰なること能わず」(p.151~2)

「日光引力の見る可き者は、暖質肌膚の覚る所、是れ引力の性なり。……西人、光もまた重力有るを疑ふ。また光と暖質と二をなすを以て、皆光の引力たるを知らざるに由りて誤るなり」(p.211)

「地上の万物、みな硫硝二質を夾み、その中に隠伏して暖質を保ちて、以て其の形を立つ。引力はすなわち暖質の外に見はるる者なり。虎魄力もまた暖質にして、多く磨措火炎により以て発す」(p.197)

これによれば、彼の「引力」は磁力や電気力をも含めた物体間の各種の引きあう作用というにとどまらず、「百物の発気」であり、光であり、「暖質の外に見はるるもの」でもある。すなわち、機能であるとともに、あらゆる物体にその作用を伝達する媒質という実体の呼称でもあるようである。梅園や志筑のいう、天地を満たす「一元氣」がそのイメージの原型としてあるのではないだろうか。この「引力」は頻繁に使われるわりには、それを以て彼の説明の対象となる現象は当然ながら、具体的なものはほとんどない。その説明はむしろ、ひるがえって「引力」の説明でしかない。本来の万有引力の意味での「引力」によって、惑星軌道が楕円であることのわけを説明した彼

独自の論法を紹介しよう（「問題 b」）。例を地球にとり、それが誕生した
「渾然たる一球」であったころ、

「重力互ひに相牽引するに及びて、山海始めて分る。重力、円心に在るもの、是れが為めに旁に移る。其の太陽と相引くや、映ずる所に随ひて強弱同じからず。行道側円、及び南北交角、是れに由りて以て生ずるなり」

(p. 153)

すなわち、重力によって山海など地球の質量分布の不均一性が生まれ、従って地球のどの部分が太陽の方向を向いているかによって太陽との間の万有引力に強弱が出来、そのため軌道は正円ではあり得ない、という論法である。もちろん誤りであるが、定性的にはある程度の説得性が感じられないでもない。「問題 a」は、太陽とその惑星全体が初期の回転する混沌からいかに生まれるか、の説明であり、志筑忠雄の独創的な宇宙進化論を援用し、西人説を嘲笑したものである。

この「引力」理論のようなスコラ学のみまわしと対照的なのは、力学問題の具体的事例の熱心な収集ということである。それらは複雑なてこや滑車を組合わせた力の合成・変形の問題、サイクロイドなどの曲面上を落下する運動の問題、物体間の各種の衝突の問題等である。ここでも、具体的数値などがきわめてたんねんにチェックされていることがよくわかる。また例えば同じ衝突の問題でも、エネルギーの観点から見たり、運動量保存則に相当する図解的な解法を紹介したり、多彩な扱いをしている。ただし2つの点を指摘しておく必要がある。1つは、これらの具体的事例は、基本法則からの導出という形式をとって出て来るのではなく、個々の独立な“how to”の事例のよせ集めであること。もう1つは、たとえば運動量を「動」「動力」「力」など一貫しない呼び方をし、またこの「力」は本来の意味の力だったりエネルギーだったりするなど、用語上の⁽¹⁸⁾（従って概念上の）混乱がめだつことである。ニュートン力学の基礎概念の理解においてはまだまだ未熟なのである。

(18) 板倉聖宣氏によればアリストテレスの力学概念のあらわれである。辻哲夫責任編集「物ノ

(4) 光学, 静電磁気学関係

ここで光学は、ニュートンによる粒子説にもとづいた幾何光学である。その大部分は、平面鏡、球面鏡、凹凸レンズ、プリズム等の組合わせによる結像の諸例の図解と説明である。その基礎になる初等幾何学については理解が不十分と思われる箇所があるが、そういう限界を持ちつつも、幾何光学の具体例を約100個の図を付して、根気よく follow している熱心さは評価されよう。しかし一方ではこれらの事象の根底にある「理」を解きあかすことについては、西人の優位を認めようとしなない。たとえば、光線の屈折の度合がガラスや水など物質によって異なることにふれ、それが（ニュートン理論では）光に対する引力の度合の相違によるとするものの、物質の密度の大小と引力の大小との対応関係が常識とは逆の例があることを述べたあと、自説を一言披露している：

「引力の強弱の発気の多少に由るは、知り難しとなさず。西洋の名家相継ぎて考察して、其の理を明にすること能はざるも、また怪しむ可きなり」
(p. 224)

そしてこういう「理」というものは「蓋し物質の自性に出でて、技巧の能く測る所に非ざるなり」(p. 234) という。

電気、磁気については、磁石、静電誘導、雷などに関するかんたんな紹介である。ここでも、これらの現象は「引力」「暖質」などの働きによるものとして、他の力学現象と同次元の範疇で把握する姿勢が見られる。

「西人、別に磁石力を立つ。然れども磁石力もまた引力なり、但磁石もつとも引力あらはる。故に別に名を得るのみ」(p. 179)

従って「問題 e」の、磁針が北をさすことの説明も

「地球、北半は陸多く、南半は海多く、偏重を免れず。……地球の重力は偏して北辺に在り。磁石は地球の引くところと為り、其の尖力弱く北を指すなり」(p. 179)

／ 理学史研究・その一断面」東海大学出版会, p. 100.

となる。

(5) 大気、燃焼、元素など

まず彼の大気観が眼につく、

「大気中は尽く金石、草木、禽獣の発気を雑ふ。就中、水気もっとも多し」(p. 363)

「大気は終古、常に存す。水及び諸発気の暖質を得て騰上する者は、暖質脱すれば則ち故に復す。是れ二者の異なり」(p. 361)

すなわち、大気は空気のみならず地上万物の発気が充滿しているところとされ、大気内に生起する現象は、大気の「弾力」や水銀柱の上昇や物体の燃焼も含めて、この「暖質」や「発気」という単位的エレメントのメカニカルな結合離散のしわざとされる。その説明は、燃焼における「酸質」(酸素)の役割を述べた次の例(「問題g」, なお, f, hも同類の問題である)に見られるように、定性的ではあるが非常に具体的である。ある物が存在ときには、必ず他の物を排除した自らの空間を伴っている、と言ったあと、

「火の物をなす、空隙もっとも多し。故に其の質軟弱にして、大気を排して自立すること能わず。……故に火の焰を生ずる、必ず酸質の小毬の破裂を待ちて、其の空虚を得て以て自立す」(p. 201)

と説明する。ここで小毬は分子が円球であると考えていることによる。また、西人が水銀柱の昇降を大気の下圧によると述べていることについて、うまい説明とは言えないという。何故なら大気の下圧からそれと同じ大きさの側面方向(旁窄)や上向き(上填)の力が生ずる理由がまだ述べられていないから、と彼はいい、次のような自説をたてる：

「蓋し大気の小毬は上層重力の圧する所となり、矮立円(注、楕円のこと)の形をなす。扁形ますます甚だしければ、則ち弾力益々大なり。故に圧下の力は上填旁窄と大異有ることなし」(p. 369)

これ自体、正しい説明ではないが、力学的な力の発生が、分子の形のゆがみに帰着される論法の視覚的な具体性は、注意されてよい。

この辺で各巻の survey は終ろう。

§ 4 ま と め

帆足の「採長補短」という結合原理は、どう結実したのであるか。まず第一に、西洋科学の諸成果は何よりも「厚生利用の道」（自序）に生かし得る、個別的な知識の集積であった。それらは内部においては、生きた体系として又はその萌芽として、論理的関連の連鎖をなしているのであるが、帆足はさしあたり個々バラバラの“how to”の集まりとしてそれらを摂取している。第二にこれらの素材は、世界観という視点から整理され、自然哲学的に体系化され配列されている。これは『窮理通』各巻の内容の配列の仕方にもみられる、物質の世界から人間社会までもを包括した有機的な階層づけと総合化の試みである。そして第三にこれらの素材の内包する論理的関連に基づいた諸事項の系統づけという点では、彼は次のような“寄与”をなすのである。すなわち、「引力」、「暖質」等を中心とする実体的概念による諸事象の解釈の試みである。第三章でみたようにこれは定性的説明に終始するものであったが、彼によれば西洋科学の欠陥を立派に補う「理」であった。自然現象をになう実体が想定されやがて実証される実りあるプロセスは、何度となく近代科学が体験してきたところである。しかし帆足の試みは、必然性のない実体論であり、明確な規定を持たないが故にあいまいな機能しか果たし得ぬ redundant な実体概念のもてあそびであった。

日本を含めた東洋の科学思想は、§ 1 で引用した中山氏の“臆測”を生むような一定の独自性を元来もっていた。『窮理通』の中に読みとれるのは、西洋科学と遭遇しそれとの一定の緊張関係を保ちつつ自らの独自性によってそれを補完しようとする熱意である。そして結局それが果たせず安易なプラグマティズムと、総合的観照とで満足せざるをえなかった、“独自性”の未成熟とひ弱さの事実なのである。