

研究は、力學、電氣力學に於けるもの、他、地震學、航空學に關する。中村博士には早く液體擴散の研究等があり、其他の論文は多く光學、結晶學、音樂等一般實驗物理學に關する。寺田寅彦博士は地球物理學を専門とし、其方面に許多の研究があるが、又音響學等の純物理學的方面にも數多の研究があり、又ラウエの發見の直後にその寫眞に依る以外、燐光に依る肉眼的識別の方法を發見し、實にブラッグと獨立にその説明を見出された。この他明治三十年代には本間義次郎博士の空中電氣の研究、日下部四郎太博士が長岡博士の岩石彈性率の研究を繼承した特殊の研究、又佐野靜雄博士の熱力學の電磁現象に於ける應用の研究等があつた。四十年以後大正の初期に於いては、木下季吉博士の放射學の研究、アルファ線の寫眞作用に關する研究、西川正治博士のラウエ現象の研究、高嶺俊夫博士、吉田卯三郎博士のスタルク效果の研究、藤原咲平博士の音の異常傳播に關する並に大氣の渦動現象に關する研究、清水武雄教授のキルソンの裝置の改良、木村正路博士の分光の研究、石田義雄の電氣素量の研究、石原純博士の相對論及び量子論の研究、寺澤寛一博士の流體力學の研究、愛知敬一、玉城嘉十郎諸博士の數理物理學的研究、田邊尙雄の音樂の物理的研究、石谷傳市郎の溫泉の放射の研究、又物理學の工業的

應用等につき曾我部房吉、藤教篤、大橋重威、小幡重一、宗正路、田所芳秋諸博士の研究等がある。又大正初期以後に於いて磁氣學、分光學、ラウエ現象、陽極線、放射學、相對論、量子論、幾何光學等の諸問題について、曾禰武、大久保準三、木内政藏、杉浦義勝、高橋胖、田中務、福田光治、山田光雄、石野又吉、池内本、秋山峯三郎、岡谷辰治、遠藤美壽、三枝彦雄、山田幸五郎、江口元太郎、小林巖、西久光、池田芳郎、土井不曇、小野澄之助、鈴木清太郎、太田代唯六、小林辰男、酒井佐明、竹内時男、拔山大三、伊藤德之助等の諸氏、その研究を以て學位を受領し、又は一家を成されたるもあり、この他、以上の中には、既述の如く、地震學、氣象學等に關するは省きたるが、尙ほ既記日本數學物理學會は月次の例會の他に毎年四月初旬を期し年會を開き二三日間各自十分乃至二三十分を限つた研究結果の報告があるが、報告者常に數十に上り、上述は固より其研究者及び題目の凡てを盡し得てゐない。重要なる遺漏等のないことを期し得ないのである。明治の初年には中小學の程度の教育まで外國に於いて受けることを要したが、明治十年代になつて、國內で大學教育を受け得るに至つたが、而かも尙ほ周圍の文化及ばざるものあり、更に外國に於ける三年間の留學を普通とした。爾後、凡ての方面に

於ける我國の發達と共に、大正の初め頃より、從來留學生と名けたのを在外研究生と改め、期間も二年を普通とするに至つた。國內に於ける研究設備が整頓し來つたためであり、各大學各研究所等の研究報告は益々殷賑を加ふるに至つたのである。

次に物理學の教育其他について記すに、先づ上記の數物年會の如き會合と共に記憶せられるのは東京大學に於いて、其起源は明治十五六年頃にあるニュートン祭（又は會）と稱するものである。毎年十二月二十五日ニュートンの誕生日を期し、數、星、物の教授、學生及び同人が一堂に會し、ニュートンの肖像に林檎の供物を捧げ、講演、談話、展覽に一夜を學術的清遊に送るもの、強ひて類を求むれば獨逸大學のクナイベの如く、又他方英の皇立學會のコンヴェルザチオーネの如きもの、自ら會者に研究の精神を鼓吹する上に側面的効果がないとしない。

#### 第六章 物理學の普及と一般社會

物理學の普通教育に就いては、現在東京と廣島との高等師範學校が教員養成の二中心となつてゐる。其他に臨時教員養成所があるが、この外に教員養成に一大貢獻あるは私立の東京物理

學校であり、寺尾壽、中村精男、三守守等の諸家が創立者維持者となり四十餘年の歴史がある。普通教育用の書物としては明治十年代に川本清一（既記幸民の子）及び清野勉合譯の「スチュート」の物理學（プライマー）が出版され、其後二十五年頃までは、主に醫學生用の飯盛樵造の著、稍々遅れて木村駿吉の著があつた外には、教科用の邦語の物理書はなかつた。クワッケンボスの物理書、進んではデシヤネル、ガノー、ダニエルなどの英語のが用ひられてゐたが、明治三十年代に中村、田丸、本多諸博士の著が出るに及んで、我國の普通物理教育は其軌を一にするを得るに至つた。之れより先き明治二十一年に山川、村岡の諸博士等が編纂せられた物理學譯語字書は、一般に我國術語字書の嚆矢であり、術語に同音異義を避ける等の申合せがあつた。其補訂と看做すべきものは三十七年に前記中村、田丸、本多三博士によりて編纂せられた。

既記大學紀要、研究所報告、學會記事以外、學界の消息に就いて知り得るものに明治十年代に創刊された「東洋學藝雜誌」がある。邦文の物理學上の記事は從來多く此雜誌に現はれた。此他に「東京物理學校雜誌」がある。又通俗科學雜誌の流行は、戰後世界的一現象であるが、

我國にても其最も有力なものに「科學知識」其他少しとしない。

物理學と一般社會との交渉は通俗講演も其一である。早き頃東京大學で催された大學通俗講演會の講演筆記は前述「東洋學藝雜誌」の中に見出される。特に物理學には先進諸博士が特殊の趣味を導入せられたことは記さねばならない。此種の講演に於ける一の出來事といふべきは、大正十一年の晩秋、東京の改造社がアインスタイン教授を招いて、東京京都仙臺福岡等の各地に於いて通俗講演會を開いたことであつた。當時の世界の相對論熱に我國も其例外とならず、此問題に關する著譯の流行著しきものがあり、到る所同教授は稀なる歡迎を受けた。同教授は又各地の我が學者と交はり、極東の學術研究の旺盛に感動されてゐたやうであつた。

#### 第七章 物理器械製作の發達

物理器械の我國に於ける製作の發達は、往昔平賀源内以來、電氣機等に多少邦人の自製模製せるものもあつたが、多くは遊戯好奇の域を出でなかつた。東京大學設立の始めには用ひられたものゝ凡てが輸入品であつた。東大物理教室の所藏について見れば、初期のものは主として

佛國製又は英國製で、明治二十七八年頃から獨逸製品が入り、其後は極めて特殊のものゝ他は大抵獨逸品が主となつてゐる。この獨逸製品の壓倒的勢力は、戦後の英國がその普通教育用として尙ほ之れが供給に待たなければならぬのに英國自ら驚いてゐる程である。我國の物理器械製作は、先づ普通教育用に就いて、東京に教育品製造會社、京都に島津製作所などかなり古き歴史を有し、其中島津のみは今日に繼續し、普通用のものは大抵獨逸製と相若いて、進んで研究用のもの、又他方にレンチェン装置、蓄電池等の殆んど工業化せるものゝ製作に及んでゐる。又天秤、各種計量器、光學器械等の専門の我國の製造會社、今は其數十指に餘り、或者は全く外國品を要せざるに至り、更に精緻なる器械製作のために理化學研究所は特に其設備を有してゐる。

東京大學物理學科の創設せられた明治十年（一八七七年）は、歐洲の學界では十九世紀の後半、種々の大原則の發見された後であり、此頃からクルックスの陰極線の研究が始まつた。一八九五年（明治二十八年）の末、レンチェンの發見があり、直ちに我が學界に反響した。我國では當時教授であつた山川博士がその最初の實驗者であり、當初固よりレンチェン管の賣品は

なく(二十九年の末には輸入されたが)山川博士はスプレングル等により自製した。マルコニの發見は其翌年頃からであるが、明治三十年の「東洋學藝雜誌」に「電線を要せざる空間電信機」と題した長岡博士の論説があり、この實驗を田中館博士の指導の下に當時の東大物理の學生が試みたのが、記事及び實驗に於いて我國の無線電信の最初の記録と思はれる。この實驗は三十二年七月、東大卒業式に明治天皇が第一回臨幸の際に天覽に供せられた。以上は顯著なる二發見に關するだけに、略々其時代を照合すれば、かやうの事實にも、文化史的意義があるとなし得るであらう。

文化年間の司馬江漢の「春波樓筆記」に「支那及びわが日本に究理の學なし。日本開闢甚だ近く、人智淺し。地轉の説、今にして知る者僅かに二三輩、歐羅巴人に及ばざる所以なり」とある。又天保年間の帆足萬里の「窮理通」には「西人實測精なりと雖、自鳴鐘諸器を觀るに削鏤極めて拙、又測驗の及ばざる精微の域、其言往々支離乖謬」と云ひ、本邦人の巧緻にして又算術に長ずるを云つてある。皆其時代に於ける一種の觀察であるが、とにかく實際に明治の初めに我國には物理學といふものゝ傳統は殆んどなかつたのであるが、併しながら爾後直ちに、

古い歴史を有する西歐の學界と平行して進み來つたことは、本篇上來の簡略なる敘述もなほ之れを證し得ると思ふ。

(大正十五年七月、萬朝社版新日本史第三篇)

## ギリシヤに於ける物理的科學の發生

カッシーラーは其著「實體概念と函數概念」の中で、「近來の研究はギリシヤ人が科學的に實驗を利用しなかつたといふ偏見を去らしめた」と云つてゐる。實際、今日科學上に用ひる「元素」とか「原子」とかいふ重要な概念の多くがギリシヤに基いてゐるがギリシヤ人にはこれらに神話若くは哲學的詩以上の意味は與へてゐなかつたと從來推定されてゐた。マッハの力學史などでもアルキメデス以前に遡らないのは、夫より以前の記述はポシティブ・サイエンスでないとしてゐるからである。然しながらギリシヤの文獻に關する歴史的言語學的研究が進むと共に、ギリシヤ人がいかに科學的精神を以て問題を取扱つてゐたかを愈々詳細に知るに至つた。それらの文獻の現代語譯も近來益々其數を加へ、又それらの文獻を基とした科學思想の淵源に關する特殊の研究も其數少くない。こゝにはソクラテス前のギリシヤの哲學者と呼ばれて

ゐる人々によりていかに現代の物理的科學の基礎が拓かれたかに就て述べる。人名等の記し方は普通慣用のに従つたが長音の多くを略した。

考古學的言語學的研究も學術の發生をイオニヤのタレース以前には遡らせないやうである。タレース時代にはまだ學者といふ階級若くは境界もなく、賢人、發明家、技術家としてタレースは知られてゐたが、その「萬物の根源は水である」と云つたといふ事により、學術の祖と稱せられてゐる。近時の研究者もタレースあたりのは神話的とし又東洋思想の影響があるとし、アナクサゴラスに至つて初めて眞のギリシヤ精神が現れたといふもあり、又タレースの初めから東洋思想の實際的なとは無關係であるとする説もある。「萬物の根源」と云ふ、「根源」の字をこゝに用ひ得べきか、「水」といふ意義のいかん等の考説は茲に省いて、「根源」をアリストテレスのいふ「物質的原因」と解し、原始物質 *Urstoff* といふ考がタレースによりて發見されたと見ることを得るであらう。此考が十九世紀に入つて、ブラウトの水素となり、現在に於て電氣となつてゐる。又タレースが磁石の作用に基いて、ヒロゾイズムの考を得たといふ。中世に於てオツカルト・フォースとなり、ニュートンに引力となり、ライブニッツに活力とな

つて近代科學に受繼がれた。タレースに續いた、同じく技術者であつたアナクシマンドロスの「無限」は「水」に比し非經驗的であるが、やはり物質的であり、無限と云ひ、變化を量的に見たことに彼れの發見があるであらう。アナクシメネスの「空氣」は「水」の如く流動し（又滋育し）、不可視にして「無限」の量あることに前人の説を綜合した。アナクシマンドロスが變化の生因として物活論の他に冷熱乾濕の相反（對偶）性を發見したのに對し、アナクシメネスは既に空氣の疎密といふことを注意し、冷熱を之に配した。「氣」といふ漢字は三本の平行線を以て蒸發の形象に用ひたのに出でたと云ひ、アナクシメネスの空氣一元説は、宋儒の理氣説から出た伊藤仁齋（語孟字義）の一元氣論に、蓋をした匣中に「氣」の盈つるを云ひ、陰陽の對立に依りて現象を説明しようとするに相似があると云へよう（三浦梅園の一元氣の説の中にも水入れの器に二孔あるは器中に氣充てるためとある。なほ「氣」には精神的エネルギーのやうの義もあり、物活論的の力の意もある）。「理」はクセノファネスに至つて問題となり、「根源」として不變のプリンシプルを求め、實有の考に至り、現象界に「地」が「根源」となつた。

ヘラクレイトスに於ては、「根源」は運動夫自らであり、不斷に燃ゆる「火」が現象の「根源」を表はすとす。ヘラクレイトスが流轉の相ばかりを現實とするは、近世物理學がエーテルの中の渦環若くは歪の形姿其者に物質を認めようとする説にも似、或はなほ最近にエーテルもない場の相(所謂 Hier-so Relation)を考へるのに一層似てゐるとも云へよう。ヘラクレイトスに正反對でクセノファネスに系統を引いてゐるエレア派の所説、實體の概念、性質の不變、運動の不可能、真空の否定等を前者の流轉説に調和せしめたエンペドクレスには近世科學は「元素」の概念の創始を負うてゐる。ミレトス派の唯一原始物質に代ふるに四種の元素を以てし、それづくにエレア派のいふ性質不變、不生不滅の條件を保たしめ、各元素の混和によりて諸物を造るとした。混和せしめようとも各元素の運動不可能なるに依つて之を運動せしめる力の考を創始した。但し其表出は神話的に、愛によりて合し争によりて離れ、離合の間にヘラクレイトスの流轉があり、離合の兩極にエレアの不變があるとした。四個の元素の中の二個、水と空氣とはタレースとアナクシメネスとの原質であり、ヘラクレイトスの「火」は物質的よりも過程であつたが、エンペドクレスは「火」を四元素中の最上位に置き第四位にクセノファ

ネス並にエレア派の物理學にいふ「地」を置いた。アナクサゴラスはエンペドクレスの説を繼いで、ただ元素の數を無制限とした。機械的に分析して骨、肉、金屬など皆元素の列に入つてゐる。之等の元素の中に所謂ヌースがあり、目的論の魁をなした。又エーテルなる文字はエンペドクレスには空氣(エール)と同様に使はれたといふこと、却てアリストテレスの解釋に反して Burnet 等の主張する所であるが、アナクサゴラスに至つてエーテルを空氣と別に火と同意義に使つたといふ。アリストテレスはエンペドクレスのいふ四元素の外にエーテルを第五元素とし、天體は之によりて成るとした。印度で地水火風を四元行とすることウパニシャッド以來諸派に共通し、此外に「空」といふ實體を考へ、之を聲の主體としたといふは物理的には「空」は「風」と同一物であるが、第五の實體といふところでエーテルに相當する。天球運行の音楽といふことはピュタゴラスの宇宙論にもある。とにかくアナクサゴラスが元素として導いたエーテルが近世のエーテル對物質の二元論を導いた根元であり、又彼がヌースといふ稀薄物質で夫自身活らきあるものを導いたのが、後に光素たる微粒子、熱素たるカロリック、電氣磁氣の流動體を導入せしめた所以とも云ひ得るであらう。アナクサゴラスは又アナクシマンド

ロスが導いた「無限」の概念を分析し、分割の無限といふ事から「連續」といふ考を初めて精細にし、恰も當時流行の圓積問題に利用する所もあつた。

エンペドクレスの四元素説の發展としては、所謂四元素のみならずあらゆる物體の示す性質をみな本質的のものとするか、或はそれらの一切を本質的でないとするかを考へ得べく、前者がアナクサゴラスの、後者がロイキッポスに始まる原子論者の論據となつたのである。エレア派バルメニデスの言ふ實有は不生不滅、不變質、不可分の唯一體であつたが、之に生成の原理を與ふるために、原子論者はこの唯一體を無限個に分ち、夫々が不生不滅、不變質、而して不可分であるとして、之を「原子」と名づけた。無限個の原子はもと同一體的（考の上で）即ち性質はみな均一で地水火風等の別がない。これに運動の原理を與ふるためにエレア派に反して真空の現實を考へた。ピュタゴラス派で「空所」と云つたのは空氣の在る所であり、エレア派が真空を否定し、後にアリストテレスが之に従つた。神は真空を憎むといふ言葉さへある。所謂「トリチェリの真空」は當時原子論者の真空否定の實驗證明として意味があつたのである。エンペドクレスやアナクサゴラスは元素の離合を説明するに「力」の働き（愛と争又はヌ

ース）を要したが、原子論に於ては分離には他の力を要せず、又原子の相近づくを以て合一とした。ロイキッポスは運動の創生に何等説明を加へなかつたが、デモクリトスが原子に大きさと形との二性質を與へ、後にエピクロスが更に之に重量を附加したと云はれ、之について種々の考説はあるが、とにかく原子論者は色味香のやうなアナクサゴラスが本質的絶對的客觀的とする性質を主觀的として、これらの屬性のない原子の配列を本體とするのであるから本體は單に數量的に定まることとなる。印度勝論派の原子論では原子に四種の別があり、色味香觸の感覺的屬性を具して粗なるものと和合して「地」の元素をなし、色味觸を有して粘性あるものと和合して「水」を成し、色觸を有し熱あるもの「火」をなし、觸のみを有し壓あるもの「風」の元素を成すといふ。さながらエンペドクレスと原子論者との綜合の如きものである。アリストテレスがデモクリトスの原子論を卻け、近世にガリレイ、ガッセンディ、ホイゲンス等が原子論を復活せしめたのはライブニッツが反對した、それらの理由はみな前述アナクサゴラスの「連續」の説明に據つてゐる。このガリレイ等が復活した原子論は運動學的原子論で、原子に屬性の別がなかつたが、後にドルトンが始めた所謂化學的原子論は印度の原子論を更に發展せしめ



たやうなもので、化學的元素だけの種別のある屬性ある原子を考へたのである。クラウジウス、マクスエルの氣體論は彈性的反撥だけを運動の原理としたギリシャ直系の原子論であり、ボルツマンは之に運動の自由度といふ屬性を與へ、ファン・デル・ワールズ式を説明するためローレンツは之に引力といふ運動の原理を附加した。今日に於ては電子の集團を考ふるときのみ各個に屬性の別のないことを得る。

ロイキッポス、デモクリトスの原子論は色味香のやうな性質を主觀的としたが、本體たる原子にはなほ印度の原子論の「風」の原子のやうに「觸」といふ一屬性が残つてゐる。原子は固體であり、不可入性があるといふは觸覺に基いた屬性である。之も一の感覺であるから、之だけを主觀の取除けとする理由がない。即ち物體からこの所謂物體性を抽象するとすれば残るは唯だ單なる空間的幾何學的形象、即ち數學的の點、線、面などばかりである。ピユタゴラスはこの幾何學的形象のみを實體としたので、原子論者は幾何學を物理學とし、ピユタゴラスは物理學を幾何學としたとも云はれるのである。引力のはたらしきを空間の性狀の中に攝取したアイシシュタインの仕事にも後者のやうな評語がある。原子論者が不可分割の原子を考へたのに反

して、ピユタゴラスは分析を數學的點にまで及ぼし「單子」の概念に到達した。ボスコヴィッチに於て「力の中心」である。原子論者が初めて現象を數量的に表はすといふ考に至つたが、ピユタゴラスはもつと徹底的に「萬物は數である」といふに及んだ。今日重要な意義のある數學及物理學の姉妹科學の結合はこのときに始まつたのである。音の調和に於て數的關係の在ることを見出し、自然の現象の數量的關係に一定の法則あり、意義あることがピユタゴラスに依つて發見されたのである。

ソフィストの一人プロタゴラスが説いた人間認識の相對性は、新舊の相對性原理も畢竟するに是に出發したといふべきであるが、又世界像のブルラリティーを明かにし、エレア派とヘラクレイトスとの調和となり、プラトンに於て感覺の世界の外に觀念の世界を樹立せしめ、この後者に原子論の世界、力學の世界、理論物理學の世界の存在の理由を見出さしめたのである。

かやうにソクラテス前の時代に於て、原始物質といふ統一觀、其轉化生成の原因たる力や、恆常不變なるものゝ追求、元素や原子の發見など、自然に對するギリシャ人の特有の眞實さ（エジプト、バビロンに於けるとギリシャに於けるとの彫刻の差などにも見るといふ）を以て

展開され、恰も現代物理学の基礎を造り上げてゐたことを知る。それがギリシヤ時代に於てはプラトンを経てアリストテレスに至り大成したのであるが、アリストテレスの物理学は數量的よりも定性的、説明的よりは記述的、又機械論的よりも目的論的であつたので、オックスフォードのロッソ教授もアリストテレスは物理学よりは博物學に於て成功したと述べてゐる。ルネサンス以後説明的物理学が復活し、其方が効果が多かつたのである。プラトンのティメウスに基いた、プラトンの物理学の研究は E. O. v. Lippmann, *Abhandlungen und Vorträge zur Geschichte der Naturwissenschaften*, Bd. 2, 1913. に在る。

タレースが大地は大洋に浮んでゐるとした以後の宇宙論の發達についてモニユメンタルな著述に P. Duhem, *Le Système du Monde, Histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic* 五卷(遺稿を整理しなは續刊するといふ)がある。アナクシメネスの宇宙論は、星は天の穹窿に固定して之と共に旋ぐり、地の北方に高き所あり、其後方に隠るゝとき、夜となるとする。支那で包羲氏に出で周公殷に受け、周人は周髀と稱する蓋天の説といふもの、「天は蓋笠に似たり、地は覆槃に法とる、天地各中高く外下る、北極の下、天地の中たり、其

地最も高うして、滂沱として四に墮る、三光隠映して以て晝夜をなす云々」(周髀算經、晉書天文志等)といふと相似てゐる。クセノファネスは地は下方に無限に廣がり、不動であるとする。漢の虞喜の安天の論は、「天高けれども窮りなきに窮む、地深けれども測れざるに測る、天確乎として上に在り、常安の形あり、地魄焉として下に在り、靜なるに居るの體あり云々。」安天の説の依る宣夜の説といふは、「天つひに質なし、仰て之を見れば高遠極りなし、眼くらみ精絶ゆ、故に蒼々然たり、之を、遠道の黄山を望て皆青く、俯して千仞の深谷を察し窈黒なるに譬ふ。青も眞色に非ずして黒も體あるに非ざるなり。日月衆星自然に虚空の中に浮出す、其の行、其の止、皆氣を須つ云々。」葛洪聞いて之を譏て曰く、苟も辰宿、天に麗(つか)ずんば天無用たり、便ち無と言ふべし、何ぞ必しも復た之あつて動かすと云はんやと。虞聳、穹天論を立て云ふ。「天の形、穹窿として雞子幕の如し、其の際、四海の表に周接して元氣の上に浮ぶ。譬へば盃を覆へして以て水を抑るが如し、而かも没せざるは氣其の中に充る故なり、日、辰極を繞て西に没して東に還る、地中に入出せず、天の極ある、なほ蓋の斗あるが如し、天、北の方、地より下ること三十度、極の傾く地の卯酉の北に在ることまた三十度、人、卯酉の南

十餘萬里に在り、故に斗極の下、地の中たらず、まさに天地卯酉の位に對すべきのみ、日、黃道を行いて極を繞る、極、北のかた黃道を去ること百一十五度、南の方黃道を去ること六十七度、二至の舍る所、以て長短をなす。」吳の姚信の所天論に云ふ。「人は靈蟲たり、形最も天に似たり。今人の願前多く胸に臨んで項は背を覆ふこと能はず、近く諸身に取る、故に天の體、南低れて地に入り、北は則ち偏に高きことを知る、又冬至は極低れて天運南に近し、故に日、人を去ること遠くして、斗、人を去ること近し、北天の氣至る故に氷寒なり、夏至は極起て天運北に近し、斗、人を去ること遠く日人を去ること近し、南天の氣至る、故に蒸熱す、極の立つとき日、地中を行くこと淺し、故に夜短し、天、地を去ること高し、故に晝長し、極の低るとき日、地中を行くこと深く、故に夜長し、天、地下を去ること淺し、故に晝短し云々。」是等の説は奇を好み異を徇むるの説にして數を極めて天を談するの説に非ずとし、渾天の説、所謂璇機玉衡の説があり、漢の王仲任の駁論、桓君山の再駁、前者は日が地中を通るといふを駁し地下水ありとし、蓋天説を主張し、後者は日の出沒のとき更に大なるは唯だ遠きに行くが故に非ずと再駁せる、ともかく支那のこの時代にギリシヤの初期時代に髣髴たる宇宙論があつた

(計數的には支那の方が精密であつたやうである)。ピュタゴラスよりバルメニデスを経てプラトンの頃には大地の球狀をなすこと一般に承認されてゐた。渾天説の「天は雞子の如し、地は雞中黃の如し、地、天の内に居る、天大にして地小なり」といふに當る。日月諸星の何者なるかに就ては、日は陽にして火の精、月は陰にして水の精と支那では云つてゐたが、クセノフアネスは諸星を火の雲とし、エンペドクレスは天の形は雞子の様とする(これはオルフォイス的思想の名残りと言はれる)。所謂四元素が争に依りて別れたとき、空氣が世界を圍む最外側に在る、外側は氷結して水晶宮をなす。氷らせる力は火に在るとする。愛によりて運動を生じ、火がこの外側の空氣をつき破り、その空氣は少量の火を伴うて下降し斯くして世界を包む天球の、上半は全部火で、下半は空氣に少量の火を混じ、上半球は晝を、下半球は夜を支配する、天球が旋轉して晝夜の交替があるとする。蓋天説に、日朝に陽中に出で、暮に陰中に入る、陰氣暗冥なる故に没して見え、陽氣光明にして日と輝を同うすと云つてある。ギリシヤはアリストテレスに至つて、月、日、金、火、土、木、恆星の八重の天の説が造られたが、支那は明末に利瑪竇等の傳へたのが即ちこのアリストテレスの説で、天經或問等がテキストとなり日本

にも渡來した。八個の天の外に宗動天、常靜天など之に相當する名はアリストテレスの中にプリムム・モビレ等として見出される。

上述、二千數百年前に於ける物質論及び宇宙論の概觀を示したが、物質論と宇宙論とは恰も現今の物理學に於ても中心問題として量子論と相對論とによりてそれ／＼劃期的な變化をなしつつある。古き歴史の回顧も所謂 Errors の歴史であつても Folies の歴史でないといふ意味に於て興味がないともしないであらう。

以上の記述に關し不完全ではあるが若干の書目を挙げれば、科學史としては有名な Whewell の『前』に Adam Smith の未定稿 History of astronomy, History of ancient physics 等。ギリシヤの哲學に關し Bäumker, Burnet, Diels, Gomperz, Windelband, Zeller 等。數學に關し Cantor, Gow, Heath, Zeuthen 等は知られたオーソリティーであるが、又 E. Frank, Plato und Pythagoreer, 1923; A. E. Haas, Der Geist des Hellenentums in der modernen Physik, Antrittsvorlesung, Leipzig, 1914; O'Neill, Cosmology, the Greeks and the aristotelian schoolmen, 1923; Tannery, Oeuvres scientifiques 及びアリストテレスに關する比較的新しき Jaeger (1923), Ross (1923), Stocks (1922), Taylor の著譯等に負ふ所が多かつた。

(大正十五年一月、自然科學)

## アリストテレスとアルキメデス

### ——列傳體物理學史——

#### 序 言

こゝに私はギリシヤ以來各時代の代表的物理學者の傳記と學說との大體を敘述し、それによつて略ぼ古來の物理學の變遷を示さうと思ふ。然し乍ら、かういふ列傳體の歴史は歴史として、寧ろ古風のもので、學術史としてならば或る問題についての學說の發展を述べるとか、又は文化的に同時代の一般の知識、學術の水準、若くは社會狀態、經濟狀態を經緯として記載することが重要な問題となるが、個人個人に關する事實等は第二義とせられるのである。殊に自然科學のやうな客觀的な學問では、研究者の個性と研究の成果とは關係がなく、「物理學の發達は火星の住民に於ても吾々のと同じ順序で行はれるであらう」と嘗て現代の一大物理學者が云ひ、又「ガウスの坐標はガウスでなくとも誰かが考へ出すであらう、この點、詩や小説と異なる」と云つた人もある。但し一般に主觀的の藝術も亦みな環境(Milieu)

が之を造るとした有名な文學史家もある位であるから、個人よりも集團、個性よりも環境が凡て歴史的變遷の眞原因であり、又自然科学の發達の経路には必然的なものがあるから、個人は唯だ偶然的の働きしかしないものと見られないでもない。然し乍らバートランド・ラッセル (Bertrand Russell) が雑誌 *Scientia* 今年 (一九二九) 七月號中に「西洋文明とは何ぞや」(What is western civilisation?) と云ふ論文の中で、「一般に文明はそれより一層優等な外來の文明に接しなければ衰へる。さうでなくして自發的 (spontaneous) な文明の進歩のあつたのは古來唯だ稀な時代と稀な地方とに於てだけであつた。エジプト、バビロンに於ける農業や、字を書くことの發達、ギリシャの數世紀間、及びルネッサンス以後の西部ヨーロッパが之に相當するであらう。併しそれらの時代及び地方に於ても社會狀態、政治狀態が殊に他の時代、他の地方に比して異つてゐたとも認められない。違つてゐたのは唯だ少數の超越した個人たちがその時代を導いた結果に依るとしか考へられない。ケプレル、ガリレイ、ニュートンが若し幼少の間に死んだならば、吾等の住んでゐるこの世紀が十六世紀といくばくの相違があり得たであらうか」と、ラッセルはかやうに、文明の進歩の條件には環境も勿論必要であるが、それだけでは十分でない云ふのである。又、獨創的な研究は誰でも之を成就し得るといふものでないことを、上述の中で明かにラッセルは認めてゐる。その他、科學的研究の成果が民族性や、個性に支配されることもデュローエム (Duhem) 等によつて論ぜられてゐるのであるから、若干の巨人によりて物理學の歴史も引きま

はされてゐたと考へられ得るかも知れない。それ程でなくとも、ここに大なる名の人々を中心とした歴史の記述も引援を見出し、その人を知ることによつてその學說をより深く解することもできるであらうし、又その人、その生涯を知ることの教育的効果は贅言するまでもないのである。

### アリストテレス (Aristoteles, 384-322 B. C.)

#### アリストテレス以前

エジプト、バビロンに發達した數學、天文學、醫學等の科學的知識については、之に關するギリシャ、ローマの記録の今日に傳はつてゐるものよりは、十九世紀以後考古學の進歩によつて今は遙に詳細に知られるに至つたが、エジプト、バビロン時代にいかなる人々がそれらの知識を創造したか等に關しては全く知られてゐない (エジプトにアームスの算術書などいふものが僅に知られてゐる外には)。なほ又、それらの知識は單に生活の實用上から、若くは宗教の儀式の必要上から得られたもので未だ學術の體を成さず、學術は始めてギリシャに起つたと昔ヘロドトス (Herodotos) が云つた言葉は今なほ動かすことができないのである。

ギリシャの學術の起源については一般に、紀元前六世紀、小アジアに於けるギリシャの植民地ミレトスの人タレス (Thales) を始めとするといふことに異説がない。それより以後紀元前三二二年アリストテレスの死に至るまで凡そ三百年間が所謂純ギリシャの學術の精華の時代である。或は之を二期に、ソクラテス前と後とに分ければ、第二期はアテン (アテナイ、Athen, Athens) が文化の中心地であつた時代で、ソクラテス、プラトン、アリストテレスが相次いで之を率ゐてゐた。

ソクラテス前の學者たち (Vorsokratiker) のうち、タレスはアリストテレスが學問の創始者として記載し、その有名な「萬物の根源は水である」といふ言葉も、アリストテレスの記述によつて今日に傳はつたのである。タレスは當時、賢人と呼ばれ、天文數學に通じ、商業にも明かに、又その機智に富んだ逸話なども傳へられてゐる。その多くの知識はエジプトの僧侶より得たとも云はれるが、前記の彼の言葉で萬物の根源を求めたことが (根源の字義等はこゝに略すが) 従來の斷片的知識より一步を學的知識に進めたと云はれるのである。又彼は弟子を持つやうな後世の意味での學者ではなかつたが、おのづから彼を中心とするものもでき、従つて彼

によつて學も始まり、學者も始まつたとせられる。即ち彼に續いて出た學者たちは萬物の根源を或は空氣であるとし、又火であるとするものもあり、又南イタリアのギリシャ植民地では物と物との關係、數を萬物の基本とするピュタゴラス學派もあり、その他現象の變化を本質とするもの (ヘラクレイトス)、不變を本質とするもの (エレア學派) など、これらソクラテス前の時代は物質の問題、宇宙の構造等を主題としてゐたから自然哲學の時代といひ、自然科學と哲學とが未だ分派せざる時代であつたが、ソクラテスに至つて自然以外に人事、倫理を説き、アリストテレスは凡て是等前代の知識を集大成し、學術の一大系統を編成し、彼に至つて始めて物理學と哲學との區別をも立てた。彼の學術はその二千年の後に至るまで絶對の權威を保持し、學術史上比類なき位置を占めた。こゝには先づアリストテレスについて詳説することゝするが、その傳記の如きは諸書記する所區々一致しない。略ぼ典據と思はるゝものに従つた。又固有名詞はドイツ風の記し方に多く従つた。典據としては一般にギリシャ哲學には有名な Neller, Gomperz, Burnett, Diels, Diogenes Laertius など、又特にギリシャの自然科學については W. Heiberg, P. Tannery, G. Milhand, Zeuthen 等、アリストテレスに關しては W.

D. Ross, Aristotle, 1923; W. Jaeger, Aristoteles, 1923 等 外に Heller, Rosenberger の物理学史、A. Reymond, Histoire des Sciences exactes et naturelles dans l'antiquité Gréco-Romaine, 1924; L. Robin, La Pensée grecque et les origines de l'esprit scientifique など。

## アリストテレスの生涯

彼は紀元前三八四年ギリシャ北方の植民地スタギラ (Stagira) に生れた。父も祖父も醫者であつた。父はマケドニア王アミュンタスの侍醫で、又友人であつた。この王の子がフィリップ二世で、フィリップの子が後のアレクサンデル大王である。アリストテレスは父に従つて王宮に入り、フィリップとも相識つてゐた。アリストテレスの父や祖父が醫者であつたことが、彼を自然科学、特に生物學に親しましめたとされてゐる。父は彼の十七歳のとき死し、その翌年彼は當時文化の中心たるアテン府に赴き、プラトン (Platon) の學校、アカデミーに入り、それより二十年間、即ち、プラトンの死に至るまでそこに止まつてゐた。アカデミーに入つたのは哲學に引きつけられたといふよりは、そこがギリシャの最高教育の場所であつたからである

とせられるが(彼は一の浪費兒であつたといはれてゐる)、併し固より彼はプラトンの哲學に彼の一生を通ずる大なる影響を見出したのである。プラトンは彼に四十五歳を長じた。アカデミーに在つて彼は非常に勉強したので、プラトンは彼を「讀書家」と呼び、又「他の人には拍車が必要だが、彼には手綱が必要だ」と云ひ、彼は鞭撻を要せず、寧ろ制御を要するとし(之をアリストテレスと後に記すクセノクラテスとの比較に用ひたとする書もある)、又プラトンは彼をアカデミーの「心」(ヌース)と稱したともいふ。併し又アリストテレスのやうな獨立性の心が他の教理に凡て追隨することもできがたいことであり、重要な點に於けるプラトンとの相違が次第に明かになつて來たが、プラトンの存生の間アリストテレスはアカデミーの忠實なる一員であつたといふ。このアカデミーの中で Speusippos, Xenokrates, Aristoteles の三人が最も頭角を現はしてゐた。スポイシッポスはプラトンの甥で、アテン人、快活な都會人であつた。クセノクラテスは之と反對な陰鬱なカルケドン人で、スタギラ人たるアリストテレスは三人中の最年少者であつた。プラトンとアリストテレスとの師弟の關係は、前述のやうに初めは甚だ親しかつたが、プラトンが屢々旅行した不在の間に彼は他の門下に對し師を凌がうとし

たといふことなど傳へられ兩者の關係は面白くなつた。プラトンは觀念論者で、著しく經驗を輕んじたのに反し、アリストテレスは經驗を重んじ、自然科學に精進し、プラトンがかやうにして二元的であるにアリストテレスは一元的である等の思想上の根本の相違もあつた。又アリストテレスはその生涯を通じて政治上にも學術上にも敵が多かつた。彼を陥れる種々の信ぜられないやうな非難も多く傳へられてゐる位である。プラトンが八十一歳で死するに當り、遺言して彼の甥スポイシッポスにアカデミーを繼續せしめた。アリストテレスは暫く止まつてプラトンの對話篇の編輯等に從事したが、やがてクセノクラテスと共にアテンを去つて、アカデミーの舊友で、始め奴隸であつたのが、今は Mysia に王となれる Hermias の招に應じ、そこにプラトン學派のための一小學園を立てた。併し三年許りの後、ミュシアがベルシヤに陥れられ、ヘルミアスが擒となり、つひに斬殺せられたので、彼は逃れて Mytilene 島に難を避けた。その時ヘルミアスの姪でその養女であつたのを同行し、後に之と結婚した。その女は一女を擧げた後死亡したが、その遺骨を彼の墓中に同葬してくれと乞はれ、彼之を諾して後年彼はその遺言狀中に之を記したといふ。彼がミュティレネに在る間に、マケドニア王フィリッブ

は禮を厚うして、此時十三四歳であつた王嗣アレクサンデルの師傅として彼を招いた。アレクサンデルは十七歳で王位を襲いだが、其後なほ三年許り彼はマケドニアに止まり、アレクサンデルの東方出陣と共に去つてアテンに赴いた。この古今に稀な王者と學者との師弟としての關係については種々の逸話もプルターク英雄傳その他に残されてゐるが、アレクサンデルはアリストテレスを尊敬すること父に同じと云ひ、「父は吾に生を與へ、師は吾に生を貴くすること教へた」と云つたことなど傳へられてゐる。アリストテレスがアレクサンデルに授けた教育は主として當時ギリシヤで主な教養とするホーマー、ソフォクレスなどの讀誦であつたであらうが、アレクサンデルの長ずると共に政治學にも及んだことは想像せられる。(アリストテレスがアレクサンデルのためにイリヤッドを新たに校訂したと前掲のオックスフォードの Ross 氏の著の中に在るが、Diog. Laert. の中には同時代の同姓異人者中にイリヤッドの校訂者を記してある。D. I. は古き典據であるが同じ逸話があちこちに在るもあり、Ross 氏にも固より據所あるのであらう。)アレクサンデルの東方遠征にはアリストテレスは賛成しなかつた。彼はギリシヤの文明を最上のものと信ずるが故に、之を他のより劣れるものと混ざる事を嫌つ



たのも其一因として、彼はマケドニアを去つたと云はれる。此ときアテンではスポイシッポス既に死し、クセノクラテスがアカデミーを主宰してゐた。併しアリストテレスはアテン市外東北の一地に建物を借り（アテン人でない故に買ふ事ができなかった）新たに學校（リュケイオン）を始めた。此とき彼は五十餘歳であつたが、この以後が彼の最も收穫多き時期であつた。彼は毎朝樹林の間を弟子たちと共に散歩しては難澁なる問題を論じ、午後又は夕刻には一層簡易なる題目を多數の聽衆の前で説いたといふ。アリストテレスの學派を *Peripatetiker* といひ、その意味は逍遙學派といふに在るは以上の理由による。（彼がマケドニアに在つたときも王城を離れた樹下石上でアレクサンデル及びその學友たちを教育したといはれてゐる。）午前と午後とに分けた講苑を、*acroamatic* と *exoteric*、前者に祕傳、奧義、後者に初歩、通俗の意もあるといふが、祕傳といふよりは唯だ抽象的な論理學、物理學、形而上學は一層深き研究を要するので少數者にのみ之を授け、又修辭學、雄辯術等はひろく一般に説明し得られるための區別であつたとせられる。

アレクサンデルは巨額の金をアリストテレスに與へたので、アリストテレスはこゝで數多の

書籍、マニユスクリプトを集めた。當時は凡て寫本であり、用紙も羊皮紙類であつたので書物を得ることは困難であつた。アリストテレスは又その講義用に、特に博物學のためにムゼウムを設けた。アリストテレスのこれらの研究を助くるために、アレクサンデルはマケドニア王國中に布令して、珍奇なる魚鳥獸類については凡てアリストテレスに報告せしめたといふ。アリストテレスは是等の便宜を得つゝ、この間に學問分科の大系を定めた。その分科は今日なほ略ぼそのまゝが踏襲されてゐる。

紀元前三二三年にアレクサンデル急死の後（これについて、アリストテレスが彼と不和を生じて毒を盛つたのであるとする風説も傳へられたといふ。固より無稽の誣説とせられる）、アテンにはマケドニアの拘束から逃れようとする感情漲り、アリストテレスもマケドニア方と見なされ、忌憚せられた。併し表面上は彼が嘗て友人ヘルミ阿斯を讚した辭の中に神を冒瀆したといふ點で非難したのである。アリストテレスは四圍の事情が自分に危険であるのを覺り、アテン人をして「哲學に對する罪を再びさせまい」（ソクラテスに對するものを數へて）と云つて、其學校を弟子テオフラストスに委ねて、故郷に近きカルキス（母の故郷）に退いたが、翌

年即ち紀元前三二二年病を得て逝いた。年六十三。先きに妻を失ひ、その後正式に結婚しなかつた女との間に男兒があり、ニコマコスと名けられた。ニコマキア倫理學の編輯者として知られる。アリストテレスは短身瘦軀眼小さく、話し聲小さく、皮肉家で、服装は整へてゐた。指輪をはめ、髪は常に梳つてゐたといふ。諸書に見ゆるその肖像はローマ等で見出された大理石像をもととするが有髻のと無髻のとある。

## アリストテレスの著書

アリストテレス自著のマニュスクリプト類及びその藏書類は、彼の死後、前記テオフラストスが譲受けたが、テオフラストスの死後、その弟子ネレウスが之を受けて、その郷里小アジア、トロヤに携へて行つた。そのベルガモスの王がアレクサンドリヤの圖書館に對抗して頻りに圖書を蒐集したが、ネレウス死後その家族は上記のマニュスクリプトを地下に埋匿し王に示さなかつたといふ。高價に賣らんとためであつたと解されてゐる。かくして一世紀半ばかりはその存在も忘れられて過ぎたが、その間にベルガモン王朝も亡び、アリストテレスの遺著も再び世に出づる機會を得、アテンのペリパテイク派の一富豪にして圖書蒐集家なる人が之を買受け

てアテンに持歸つた。蟲食ひ、濕氣などで散々に毀損してゐたといふ。これが Cicero の頃、紀元前一世紀の頃、ローマに持來され、整理され、寫され、漸次流布するに至つた。アレクサンドリヤ圖書館に在つたものは悉く失はれて、唯だアリストテレス著作目録だけが今日に傳はつた。

今日ギリシャ原文アリストテレス全集として典據とせられるのは、千八百三十年代にペルリン・アカデミーで出版したもので八つ折凡そ四千頁、その中四分一許りは疑はしきが他は嚴密にアリストテレス自著として考證されてあるといふ。併しそれがアリストテレスの著述の全部ではなく、キケロのときにもダイアログ的のものがなほ多く存在してゐたらしきが（キケロがこれを雄辯の模範としたといふにより）、今傳はつてゐるのは大部分、前述の所謂アクロアマティックのもので、講義のノートの如く乾燥で難解とせられる。

とにかくこれらの遺著によつて、紀元前四世紀に於ける學術の殆ど全部（數學に就ては甚だ不十分であるが）に就て百科全書的綜合を見ることが出来る。その組織、大系凡て彼の創意にかゝるが、總序として思考の科學を附してある。今所謂形式論理學で、當時之を Organon と

名けた。道具の謂である。思考法をかやうに組織立てたのには全然先蹤者がない（固よりソクラテスが定義を厳密にする等に胚胎はするが）。三段論法の演繹は固より、歸納法についても論及してゐた。この論理學が全集の七分一を占める。

アリストテレスは學術を理論的と實際的とに分けた。前者は物理學、生理學、及び形而上學を云ひ、後者は倫理學、政治學をいふ。その他に美學的の部分もある。理論的部分の物理、生理が全集の五分二を占め、形而上學は十分一許りに過ぎない。形而上學の *Metaphysics* の名は、*Physics* の次の書といふ意で後に附けられたが、アリストテレスは之を第一哲學、物理學（自然哲學）を第二哲學と呼んだ。

物理學の部門にはラテン名で *Physica* 八篇、*De Caelo* (*On the Heavens*) 四篇、*De Generatione et Corruptione* 二篇、*Meteorologica* 四篇、*Questiones Mechanicae* 一篇がある。大部分現代語譯が得られる。

アリストテレスがこれらの著書で示した自然觀を大體次に概括する。彼に従へば、空間は物質を以て連続的に充たされてゐる。その故に真空もなければ、不可分の物質微部分即ち原子といふものもない、とする。真空の中では位置がきめられない、位置の差も不可能である。運動は位置の差を意味するから真空の中では運動は考へられない、といふ。即ち彼はデモクリトスの原子説、原子が真空中に飛躍するといふ説に反對する。

物質の根本の性質は熱と冷、乾と濕とであるとする。デモクリトスは物質原子は幾何學的形體と運動との外に本來の性質をもたないとする。アリストテレスは以上の感覺に感ぜらるゝ性質を根本的とするのである。この熱と冷、乾と濕とは夫々相反するから、相反するものは同時に一物の性質であることはできない。従つてこの四つの互に獨立な二つづつを組合はせて四種の根本的物質を得る。熱と乾とを并有するのが火、熱と濕とを有するを空氣、冷と濕とを有するが水、冷と乾とを有するは土。即ち火、空氣、水、土の四者は凡ての物體の中に隱在的に又は顯在的に存在し、之等を取り出すことができるが、互に還元することができない。即ち之等を四元素と名ける。既述のソクラテス前の哲學者たち、タレスの水一元説以下、エンペドクレスに至り四元素説を生じ、プラトンも同様であつた。唯だ印度の地水火風四大説も全く之に同じきそのギリシャとの先後、及び傳承の有無等には諸説一様ならず、唯だ印度の原子説はギリ

シャより傳はつたとすること定説のやうで、又その原子説はデモクリトスの原子説とアリストテレスの性質論とを折衷した觀もある。(改造社、「自然科學」創刊號「ギリシャに於ける物理的科學の發生」及び東洋學藝雜誌中「物質論の變遷」の拙稿参照。)

アリストテレスは又如上の四元素には本質的に輕重の別があるとす。土は絶對に重く、火は絶對に軽く、水と空氣とは土に相對的に軽く、火に相對的には重い。凡ての地上の物體はその含む元素に従ひ、本來の重さ輕さをもつ。その故に凡ての物體は地の方にか、天の方にか動かうとする。他の物體が妨ぐるなくば、この何れかの方への運動をつゞける。この上又は下への運動が「自らなる運動」(natural motion)である。衝突其他による上下以外の方向の運動は「不自然(violent, gewaltsam)運動」である。重き又は輕き物體の自らなる直線運動は一樣でない(速さが)、又無限でない。故に完全でない。完全(perfect)なのは唯だ、一樣に永久に續き得る圓周運動ばかりである。この完全運動を實現するは、如上の地上の四元素以外の第五元素(quinta essentia)であり、天を形成するエーテル(ether)である。恆星の天球は本來永久に一樣に動く、それは純粹にエーテルから成立つてゐる。惑星は既に地上の元素を混じ

てゐる。故にその運動は嚴密な一樣さを缺いてゐる。

地は最も重い元素から成つてゐて、動くことができない。宇宙の中央に靜止してゐる。その形は球狀である。球狀であることは南方又は北方へ旅行すれば星の水平からの高さが異なるので知ることが出来る。又月蝕の際に見る地の影の圓形なることが何よりの證據であり、又地の形は自ら一の球でなければならぬ、何となれば凡ての物體は宇宙の中心として地の中點に向つて集まらなければならないからである。かくしてアリストテレスは地球の大きさを與へた、眞實のものゝ倍程のものであるが、その計算の根據は不明である。

自由に落下する物體が加速して落ちることは知つてゐたが、加速の法則は知らず、又落下の速さは物體の重量に比例するとした。即ち二千年の後ガリレイがピサの斜塔の實驗で覆へしたとするものである。アリストテレスは空氣の抵抗に就ては知つてゐたが、物體の質量、即ち惰性の量が重量と相應じて凡ての落下の速さを等うせしめることを未だ思はなかつた。アリストテレスは又そのいはゆる不自然運動について、抛げた物體が手を離れた後、なほ運動を續けることを説明して、物體が動けば背後に眞空を生じ、こゝに空氣が侵入する、それによつて物體

は新たなる衝撃を得て運動を続けるものとした。然らばいかにしてかやうの運動が速さを減少すべきか。彼は又摩擦による速度の減少は解しなかつた。

槓杆の理を彼が理解してゐたことは注意に値する。槓杆の長き腕は短き腕よりも大なる圓弧を畫くが故に、大なる重量を支へ得ると説明した、彼は假速度 (Virtual velocity) の原則を意識してゐたとせられるのである (後段参照)。

然しながら、四元素絶対輕重の説に禍ひせられて、例へば水は地より軽く、空氣は水より軽く、従つて水は地に、空氣は水に壓力を及ぼさないとし、吸上ポンプの作用を説明することができず、自然は眞空を嫌ふ Horror Vacui なる辭を設けるの已むを得なかつた。而かも彼は空氣の重さを知り、之を量らうとさへしたのである。二千年の後ガリレイの弟子トリチェリが實驗的に眞空の存在を示し、トリチェリの眞空の名を得た所以である。

音響の成因に關しては彼は發音體が空氣を (水中の場合には水を) 動かして傳播し、移動が止められるとき音を生ずる、耳の中には空氣が密閉されてゐる、之に依つて外界の空氣の運動の差異を鋭敏に感ずるとし、又反響は、空氣が壁によりてその傳播を止められたとき、恰も球

が壁にはねかへされるやうなとき、起るとした。アリストテレス以前には發音體が空氣を運動せしめると考へず、空氣に或る形を與へるとし、又エンペドクレスの頃には發音體から或る精微な流れが耳の中に入るとしてゐたのである。

視覺については、エンペドクレス並にプラトンが (後者はその對話篇ティマイオスに於て) 眼には火の性質があり、眼より光の出でて (物體よりも出で互に交錯して)、物の形や色をとると云つたのに反し、彼は (デモクリトスと同じく) 若し眼が光を發すること燈の如くば、何故に暗所に物を見得ないかと云ひ、眼は水の元素より成る、聽覺は空氣の元素より受け、臭覺は火の元素より、觸味の感覺は土より受くるとした。視覺は水の透明なるによつて得る、空氣も透明であるが、水がより良く光を捕へる。故に眼球の中に水があり、心 (神經) は眼の中に在るから眼球の透明が要である。或る火性のものが透明中に在つて光を生じ、然らざれば暗黒である。物體に光があるか、なきかで、白か黒かを生ずる。その中間の場合に、白と黒とを混じり諸々の色を生ずる。暗き霧を通したとき太陽が赤く見え、虹は日光が暗雲に依つて造るが故に凡ての色を現出すると。この色彩論はゲーテが色彩論史中に詳説し、ゲーテはアリストテレス

をピラミッドに、プラトンをオベリスクに譬へてゐる。前者は一石一石経験を積んで一のデザインに依る建築を成すのに、後者は直ちに尖端を以て天を指さすといふのである。

アリストテレスの物理学はとにかくやうに誤謬に充滿してゐたが、その生理学、生物学は、固より顕微鏡もない時代であつたが、前記のやうに諸方から集めた材料について孜孜として自ら研究し、例へば從來の見解に従はずして鯨を哺乳類としたなど、彼は物理學者としてよりは生物學者として一層成功したと云はれてゐる (W. D. Ross 其他)。

併しアリストテレスの物理学のかやうの不成功は何故であつたか。一般にギリシャ時代に數學や哲學に於ける發達に比して物理学が甚だ幼稚のものに止まつたのは何に因するか。フランシス・ベーコンはアリストテレスのオルガノンに代るために *Novum Organum* (新オルガノン) を著はしたが、その中で、アリストテレスは論理によつて自然哲學を墮落せしめた、世界を彼のカテゴリーから造らうとした、彼は経験を基としてゐない。経験を自己の論理に合はせるやうに之に曲げた、デモクリトス、ヘラクレイトス等の自然學者よりも一層経験に遠いと批評した。

十九世紀の半頃 W. Whewell は *Novum Organum Renovatum* (新々オルガノン) 'Philosophy of Discovery, History of Inductive Sciences, 3 vols.; History of Scientific Ideas, 2 vols. の著の凡ての中に、このギリシャの物理学の不成功について論じてゐるが、以上のベーコンの批評を苛酷とし、自然科学の研究法として、第一に事實を蒐集すること、第二に之を分類すること、第三に之から觀念 (Idea 概念又は理論とも云へる) を造ることの三段あることを述べ、アリストテレスはこれらの三段の何れにも留意があり、他のギリシャの自然哲學者よりも事實をより多く集め、分類してゐる、唯だその Idea が適切 (appropriate) でなく、明瞭 (distinct) でなかつたことに、その不成功の原因があつたと云ひ、アリストテレスが槓杆の理を殆ど理解しながら、却てアルキメデスにその功を譲らなければならなかつたのは、彼が Idea が適切でなく、運動の原因たる「力」を求むることをしないで、運動の空間的關係、端の點の畫く圓の關係にのみ拘泥したことなどをその一例としてゐる。哲學史家 Lewes はヒューウエルのこの批評を論じて、これは誤謬の原因を示すものでなく、唯だ誤謬の事實の有り餘を他の言葉で言ひ換へたばかりであるとし、Lewes はなほ、ギリシャ人は觀察もした、

実験もした、併しその実験が適切でなかつた、就中アリストテレスは數多の觀察をしたが、その事實、竝に之について自ら造つた觀念を確かめる實驗を缺いたことが彼の誤謬の眞原因であるとした。

然しながら物理學史家の Rosenberger は更に之を評して、いかにも觀察及び觀念を實驗によりて確かめることも必要であるが、たとへその意味で實驗を應用しても、それだけでアリストテレスが物理學に何等か寄與し得たかは疑はしい。今日の物理學は實驗を唯だ證明だけに用ひてはゐない、先入の觀念なく、唯だ都合よき條件の下に確實な測定を得るために實驗をなし、その結果で新しい觀念を構成しようとする、かやうの今日の物理學の研究法を缺いたのが、一般にギリシヤの物理學の誤謬の原因である、然らばアリストテレスの如き天才が何故に之に氣がつかなかつたかといふに、蓋し彼は所詮物理學者ではなくして哲學者であつた、哲學者は、自然を全體として觀察しようとする、併し彼は他の先蹤者たちと異り、現實的 (realistic) であり、經驗を重んじたとは云ひながら、然しながら彼も結局、自然哲學者として、概括に性急であり、實驗物理學者の謙虛と細心とを缺いたのであると云ふ。

又 Thomas Fowler 編輯 Bacon's Novum Organum の序論中にも文獻を引いてアリストテレスの生物學に於ける誤謬について述べ、その歸納も單なる枚擧であること等について記してある。又 F. A. Lange の有名な唯物論史に Eucken (1872) のアリストテレス研究の批評がある。オイケンがアリストテレスの誤謬を當時の觀測器械の不備の結果としてゐるに對し、ランゲは、コペルニクスは望遠鏡を持たず、近世科學者も最初は古代の人々と全く同様の状態に在つたと記してゐる。

アリストテレスの哲學はプラトンの觀念論に反して經驗論的で、デモクリトスの原子論に反して現象論的であつたが、その物理學は失敗に歸して、ガリレイ、ニュートンを以て始まれる。近世物理學はプラトン(又はピュタゴラス學派)の系統を引いて何よりも先づ數學的であり、又原子論的である故に運動と力とを物理學の根本概念として、アリストテレスのいふ性質的區別を第二義とする。デカルトの物理學は原子論的でなかつたがデモクリトスの唯物思想は繼承したのである。これらの近世の力學的物理學とアリストテレスの性質論 (Qualitätenlehre) とについては Wundt の一八六六年の著述中に在り、拙著「物理學と認識」中、「物理學と實

在」の篇中にも説いた。

アリストテリズムとプラトニズムとは前者が現実的で後者が空想的であると思はれるに、今日の物理学が前者よりも後者に親しみが有り、却て哲學の最近の傾向が後者よりは前者に同情があるといふことは寧ろ逆のやうであるが、今日の物理学にも究極の理論には現象論と原子論とが彷徨すると思はれるもあり、數學の發達、觀測の進歩等が比較を絶するが、アリストテリズムは全然意味を失つてゐるとは云ひ得ないのである。なほ後章に再説を期する。

アルキメデス (Archimedes 凡そ 287—212 B. C.)

#### ヘレニズム時代

アリストテレスを最後としてギリシャの自然哲學の最盛時、同時にギリシャ文化の黄金時代、所謂 Hellenic 時代は終る。この頃アテナ市が文化の中心地として榮えプラトンのアカデミー

\*ヘレンとはギリシャ人が自らその種族を稱した名で、ギリシャといふはローマ人の稱呼に基づくこと。

もアリストテレス Lyceum もこゝに建てられた。併し、アレクサンデルのマケドニア王國が建設され、ギリシャの都市國家が統一されたとき、アテナ市も獨立を失ひ、其後、アリストテレスの死の前年 (323 B.C.) アレクサンデルは死し、マケドニア王國は分裂し、アテナ市も再び獨立したが、その盛時は既に過ぎ、それより後は却て以前のマケドニア王國の中でギリシャ以外の地の、エジプトの Alexandria 市、小アジアの Pergannum 市などが榮え、特にアレクサンドリヤ市が學術の中心としてアテナに代つて榮ゆるに至つた。この時代にはかやうに文化は地方的にもギリシャに限られなくなり、又東方の文化も混交し來つたのであるが、主なる文化人の言葉としてはギリシャ語が話され書かれたのであるから、この時代を Hellenistic 即ちヘレニズムの、又はギリシャ風の時代と名ける。

Hellenic と Hellenistic との時代の分ち目、各時代の長さなどについては歴史家に種々の説があり、例へばこの分ち目をアリストテレスの死の 322 B. C. とするもあり、又はアテナがマケドニアに征服された 338 B. C. とするもあり、Hellenistic 時代の長さもアレクサンドリヤがアラビヤ人に占領された 630 A. D. までとするもあり、或はなほ早くローマ方の 100



tavianus がエジプト方の Antonius に勝つた 31 B. C. までとするもある。併し、近頃ローマ大學の數學教授 Federigo Enriques の興へた區分法は簡明で記憶にも便利である。先づギリシャの學術史を 600 B. C. から 600 A. D. までの二二〇〇年間にわたるとし、之を各三〇〇年づつの四期に分ける。最初の 600 B. C. から 300 B. C. までを Hellenic 時代、300 B. C. からクリスト誕生までを Hellenistic 時代、次の 300 A. D. までを Greco-Roman 時代、300 A. D. から 600 A. D. 迄を註釋家又は頽廢 (Kommentator od. Verfall) の時代とする。(F. Enriques, Ansichten tib. d. Entwicklung d. griechisch. Wissenschaft, Abh. a. d. mathem. Seminar d. hamburg. Universität, Bd. VII, 1929)° 之に依れば、是等の四期に夫々文化の特色があり、又その區切りは上掲の政治上の事變とも略ぼ一致する。紀元後一世紀ローマ帝國の確立と共にローマ、アテンの二地がアレクサンドリヤと共に學術保育の中心ともなつたのが、Greco-Roman 時代、四世紀に Constantinus 大帝立つて以後は宗教的政治的には革命があつたが學術は衰へた、所謂 decadence の時代であるが、P. Tannery (Science hellène, p. 7) がこれを註釋家の時代と稱したのも適切とせられる (A. Reynoud, Histoire

d. Sciences dans l'antiquité Gréco-Romaine)°。かくて東ローマの Justinianus I のアテンの學校の閉鎖 (529 A. D.) とアラビヤ人のアレクサンドリヤ占領 (640 A. D.) によつてギリシャ學術史は全く終結すると見られるのである。

アレクサンデルがエジプトにその名の Alexandria 市をひらいたのは 332 B. C. であつたが、アレクサンデルの死 (323 B. C.) 後、その部將 Ptolemaios がこの地を領し、後に彼自らこの地に王となつた。プトレマイオス家の初代二代三代の王が相續いて學術の保護發達のために力を盡し、ギリシャから多くの學者を招致し、250 B. C. の頃、その宮殿の傍らに有名な Museum を建した。Museum は Muses 即ち學藝の女神にさへげた殿堂の意で、アレクサンドリヤの Museum は今云ふ博物館よりは寧ろ大學であり、陳列室の外に講義室、研究室などがあり、文學、數學、天文學、醫學の四部門に分たれ、又その圖書は古代に在りし最大のもので、七十萬卷のパピュルスや羊皮紙の書冊を藏してゐたといはれる。(これらは既述ローマと並にアラビヤとの二回の兵火で殆ど悉皆失はれた。)

ヘレニック時代の學術史はタレスに始まりアリストテレスに終り、この時代には學術の分化

が未だ十分に行はれず、學者は皆同時に哲學者であつたが、アレクサンドリヤの時代には哲學と離れて、數學や天文學が攻究されるに至つたことは上記の *Museum* の部門の別もこれを示し、知識は前代より一層分析的 (analytic) になつた。ギリシャの學術史の研究者 Heiberg, Reynold, Gow 等は、アテンのやうな小共和國の政治的動搖の烈しい所では自然科學は起り得なかつたが、アレクサンドリヤの如き專制的ながら平和で、學術の保護された所で起り得たと云ひ、併しヘレニズム時代の植民地ではギリシャ文化はその少數者が保持したゞけであつたから國民的であるべき文學等は興隆しなかつた、唯だそれら少數の學者が各地に往來したることなどによりて知識がひろまり科學は發達した、特にエジプトがパピュルスのモノポリを持つてゐたことはアレクサンドリヤの文化的發達を助けたと云つてゐる。

ヘレニズム三〇〇年間の著しき學者としては Euclid, Aristarchos, Archimedes, Apollonius, Heron, Hipparchos 等がある。この中アルキメデスが物理學史上最も重要とせられる。それについて記す前にその先蹤者ユークリッドとアリストタルコスについて簡単に記す。

ユークリッド (オイクレイデス Euclides)

その年代不明であるが、プラトンの初期の弟子より後で、アルキメデスよりも前、略ぼ 300 B. C. 頃、プトレマイオス初代の朝に在つたであらうと考證されてゐる。有名な "Elements of Geometry" はそのアレクサンドリヤに於ける講義の底本と云はれる。此書に關しては Sir Thomas L. Heath, *The thirteen books of Euclid's Elements, translated from the text of Heiberg with introduction and commentary* (3 vols, Cambridge, 1908) が四五百頁のもの三冊、歴史的考證、補註等極めて詳密である。Heiberg とあるはコンマンハーゲンの有名なギリシャ學者 J. L. Heiberg をいふ。Heath の書の初めに De Morgan の言。

"There never has been, and till we see it we never shall believe that there can be, a system of geometry worthy of the name, which has any material departures (we do not speak of corrections or extensions or developments) from the plan laid down by Euclid."

を引いてある。Elements は實に二千年來初等幾何學教科書として基準たる位置を失はなかつた。

Elements が東洋に傳はつたのは支那の明朝の末、萬曆年間有名な利瑪竇 (Matteo Ricci 1552—1610) が口譯し、これ亦有名な徐光啓 (一五六二—一六三四) が筆録した「幾何原本」(一六〇七年北京にて出版) を始めとする。光啓の序中に、

幾何原本者、度数之宗、所以窮方圓平直之情、盡規矩準繩之用也。利先生從少年時、留心藝學。其師丁氏絕代名家、以故極精其說、而與不佞遊久。講譚餘晷時々及之。因請其象數諸書、更以華文、獨謂此書未譯、則他書俱不可得論。遂共翻其要約六卷

とある。清朝乾隆年間に所謂四庫の中に收められた。この譯が六卷だけであつたので咸豐七年(一八五七) イギリス人偉烈、亞力 (Alexander Wylie) と李善蘭との協力で全部を譯した。李の序に、

泰西歐几里得誤幾何原本十三卷後人續增二卷共十五卷明徐利二公所譯其前六卷也未譯者九卷……

とあり、同書跋の中に、

徐題語亦云績成大業未知何日未知何人今偉烈氏亞力既續譯其後九卷海甯李氏善蘭爲之筆受

而幾何原本原書遂全夫徐利俱精天算家言李偉烈亦俱精天算家言徐居吳淞李亦寓吳淞利生於歐羅巴而游於中土偉烈亦生於歐羅巴而游於中土利信奉耶蘇偉烈亦信奉耶蘇……

とある。我が寛永七年(一六三〇)長崎船載支那書中天主教義に係るものを禁止す、之を御禁書といふとして、大概如電翁の新撰洋學年表(昭和二年刊行)の中に通計二十九種の禁書目録あり、その中、天學初函十八種中に幾何原本がある。上記の利徐二人の譯であること言を俟たぬ。又同年表、享保五年(一七二〇)長崎奉行へ御禁書の中西洋說なりとも耶蘇教化の記事にあらざる書物は自今御構無之と令せらるるとある。皆支那重譯の算術書測量書など十一種その中に幾何原本もあり、徳川吉宗のこの解禁は中根文右衛門の訴願に依る。併しその後の和算家に於けるユークリッドの影響は明かでないやうである。

アリスタルコス (Aristarchos 又 Aristarchus)

文獻として Sir T. L. Heath, Aristarchus of Samos, the ancient Copernicus. A History of Greek astronomy to Aristarchus, together with Aristarchus's Treatise on the sizes and distances of the sun and moon. A new Greek text, with translation

and notes, Oxford, 1913 を最とする。280 B. C. の頃にアレクサンドリヤに在つた天文学者、地球の自轉を説き、又太陽を宇宙の中心とする Heliocentric 説、言ひ換へれば地動説を唱へ、コペルニクスの先蹤者であつた。當時行はれてゐたアリストテレスの説は地球を中心とする Geocentric 説、即ち天動説である。地球は靜止してゐないといふ説はビュタゴラスやプラトンも述べたがアリストタルコスに比して漠然たるものであつた。アリストテレスが地動説に反對した理由の最も有力なのは、地球が若し動けるならば恆星に就て所謂視差 (Parallax) を見出さなければならぬと云ふのに在つたが (この差は極めて小なるため十九世紀に至つて初めて發見し得た)、アリストタルコスは恆星が太陽、月、地球その他の五星から非常に遠いといふ事で、即ちアリストテレス等の考へた宇宙よりも、眞の宇宙は遙に大きいといふことで正しく説明した。アリストタルコスは又始めて地球と月及び太陽との距離を測つた。その結果はなほ過小であつたが、その方法は科學的であつた。アリストタルコスの地動説は後出のアルキメデスの Sand Reckoner の篇中に記されてある。

アルキメデス

アルキメデスに關する文獻目錄は上來記載したアリストテレス、ユークリッド等に於けると同様に George Sarton, Introduction to the History of Science, vol. I, from Homer to Omar Khayyam, 1927 の中に在るもの最も詳密である。著作全集は古くフランス譯及びドイツ譯の出版されたものがあるが、ギリシヤ本文の校訂等、最も信憑すべきものとしては J. L. Heiberg, Archimedes Opera Omnia (Leipzig, 1880—81) 及び Quaestiones Archimedese (Copenhagen, 1879) があり、之に基いたイギリス譯 Sir J. L. Heath, The Works of Archimedes, edited in modern notation (Cambridge, 1897) がある。又 Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften Nr. 201, 202, 203, 210, 213 に Heiberg の版に基ついた新しきドイツ譯がある。又一九〇六年に Heiberg がコンスタンティノーブルで新たにアルキメデス著の「方法」(力學問題に關する)と題したギリシヤ文の一篇を見出したのは學界に近來珍らしき發見であり、多くの學者の注意を引いた。Heiberg は上記全集の再版三卷を一九一〇—一五年に發行し、Heath も全集補遺を一九二二年に出版した。

アルキメデスの傳記は同時代の人の書いたものがあつたことが知られてゐるが、そのものは

アリストテレスとアルキメデス

今傳はつてゐない。上記の全集に收められてゐる論文は彼の著として確かめられてゐるが、その著述の年代等は凡て不明とされてゐる。王冠に關する、又ローマの攻撃軍に關する有名な彼の逸話等は紀元前十四五年頃のローマの大建築家であつた Vitruvius の著 De Architectura、ならびに有名なプルターク英雄傳中の Marcellus 傳に記載のものなどに依つて傳へられたのである。

アルキメデスはイタリヤの南シ、リイ島のシラクス (Syracus, Syracuse) 市に生れた。當時シラクスは一小王國をなし、カルタゴとローマとの二勢力の間に介在し、初めローマと親善であつた時代には國內も靜穩であつたが、後にカルタゴと通じたためローマの名將 Marcellus に攻め寄せられ、そのとき七十餘歳のアルキメデスがシラクスのために種々兵器の機械的工夫をなし攻撃軍を悩ましたこと、又遂に彼がローマ軍の兵士のために無慘の死を遂げ、而かもその最期の狀について三通りの説が傳へられてゐることなど既記プルタークの中に記されてある。アルキメデスの父は天文學者、彼はシラクス王 Hieron 父子と親しく、學業はアレクサンドリヤで受け、シクラスへ歸つて後は數學の研究にのみ没頭してゐたといふ。上記のやうに元來、

器械の發明工夫に長じてゐたが、プルタークの中にも、彼は「人間日常の用に供する機械學に心を用ひるなどは之を陋劣の業なりとし専ら純理の講究に思を潛めたのであつた」(國民文庫本、邦譯プルターク英雄傳、第二卷四〇四頁)とある。プラトンが天文學の研究は幾何學に關する限り貴く、曆其他日常の用に役立てるはその墮落であるとしたのと同轍である。又彼について傳へられる種々の逸話も皆一面彼の放心と偏僻とのギリシャの古哲らしき面影を語るものゝみである。

#### アルキメデスの著述

上記の全集中に收められてゐる彼の論文は、一 球と圓錐とに就て、二 圓の計量、三 Conoids 及び Spheroids とに就て、四 Spirals に就て、五 諸平面の釣合に就て、六 砂の數 (Sand-Reckoner)、七 拋物線の Quadrature、八 浮べる物體に就て、他になほ二三の小篇がある。

五の論文は「諸平面の釣合に就て、又諸平面の重心に就て」とあり、後半には平行四邊形、三角形、其他拋物線分で境した平面形の重心を求めてあり、前半の中に直線狀槓杆の原理につ

いて述べてある。この論文と八の浮體の釣合について述べたものが力学に關するが、後者はラテン譯のものゝみか傳はつて居り、ギリシヤ原文は失はれた。比重のこと、又流體静力学に關する所謂アルキメデスの原理について述べてある。

力学の歴史は既述アリストテレスの又はアリストテレスに近き頃の Peripathetiker の著つたれてゐる *Mechanica Problemata* と、之に次いでアルキメデスの上記の論文 *De aequi-ponderantibus* とを以て始められるが、前者が寧ろ單に辨證的、哲學的であるのに、後者が著しく數學的、計算的であることはアテンとアレクサンドリヤとの學風の相違を示し、後者に於て初めて自然科学的研究法が異つて來たことを示すとせられる。アルキメデスの導いた槓杆の原理の研究がいかに中世に於ける静力学の研究の中心をなしてゐたかは P. Duhem. *Les Origines de la statique*, Paris, 1905 に詳述してある。

*De aequiponderantibus* には初めに公理 (公準又は假定 *axioms, postulates, Voraussetzungen*) を置き、次に定理 (*propositions, Sätze*) を擧げてあること、ユークリッドの組織と同様である。公理 (一) 支點から左右に等距離に在る二つの等しき重量は釣合ふ。(二) 支點

から左右に等距離に在る二つの異つた重量の大なる方をつるした腕が下る。(三) 等しき重量を有つた長き腕の方が下る等、七つばかりの公理がある。定理第一には、等距離に在る二重量が釣合に在れば兩者は互に等しいといふ如きもので、定理第六には直線的槓杆の兩腕の長さに反比例する大きさを有つ二つの重量の、その比の盡數 (*commensurable*) なるものは互に釣合ふ。定理第七、互に不盡數 (*incommensurable*) なるものも釣合ふ。この二つの定理が直線的槓杆の一般原理を示すものとして有名なのである。その證明法を普通マッハ (後出) 等の多くの書物に記してある形で次に掲げる。

圖のやうに AB を直線的槓杆とし、C を支點とし、AC, CB の長さが例へば 3 と 2 との比



に在り、A と B とに於ける重量が 2 と 3 との比に在るとすれば、それらの二重量が互に釣合ふ

ことを云ひ（腕には重量がないとする）之を證明するため、先づ CA, CB の兩腕の長さを  $a$  及び  $j$  まで延長し、Ca, Cj を等しくし、等間隔の  $a b c d e f g h i j$  の十個の點へ夫々  $\frac{1}{2}$  の重量を吊したものを考ふれば、これら十個の重量は C の左右に對稱的であるから公理第一に依つて皆互に釣合に在る。然るに  $a b c d e$  に於ける  $\frac{1}{2}$  づつの重量、 $e f g h i j$  の六個の  $\frac{1}{2}$  づつの重量は、夫々 A と B とを重心とし、A と B との 2 と 3 との重量に等しいから、C からの距離の比 3 と 2 とに等しき A と B とに在る 2 と 3 との比に等しき二個の重量は互に釣合はねばならぬ。

一般に比が盡數なる場合は以上と同様にして證明せられ、不盡數なる場合は所謂 *method of exhaustion* を用ひて證明した。

アルキメデスの一見この巧みなる證明に於ける難點は彼がこの中に最初の公理の中にない重心の公理を用ひたこと、竝に A 及び B に在る重量を分ちて考ふる場合に、例へば B に於けるものを分ちて支點 C を越えた  $e$  點にまで及ぼしたことに在る。これらに就て訂正を試みた人々は古來二三に止まらない。Lagrange, Mécanique analytique, 1788 (拙譯ラグランジュ解析力

學抄二一九頁)に之に關する Stevin, Galilei, Huygens 竝に Lagrange 自身の説について述べである。これらは又有名な Mach, Die Mechanik in ihrer Entwicklung historisch-kritisch angestellt (初版一八三三) の中にも詳述してある。

ラグランジュは先づガリレイの説を擧げた後に、それはアルキメデスの以上の方法よりは見易いが、アルキメデスも亦用ひた方法である事を云ひ、「併し他の學者はこれらの證明には缺點があるとして種々の方法で一層嚴密にしようとしたが實はそれで證明の簡單さを失つたゞけで嚴密さに於ては何等得る所がなかつた」と云ひ、Huygens が一六九三年に *Demonstratis aequilibrii bilancis* の中に述べた證明を擧げ之も亦完全ならぬとしてある。

公理第一、直線狀且つ水平なる槓杆が其兩端に於て等しき重量を荷ひ、且つ支點が槓杆の中心に在るものが釣合に在ることを、ラグランジュは夫自身にて明瞭なる眞理である、何となれば支點の兩側に於て凡てが相等しきときは等重量の一が他と異りて釣合を損ずべき何等の理由もないからであると云ひ、併し支點に於ける荷重が二重量の和に等しいといふ假定(重心の理)は此の如く明瞭でない、一物體の重さは唯だその全質量にのみ關係して、その分配の形に

は関係しないといふことを日常の経験の結果として假定してゐるやうであるが、この事柄を明瞭にしなければならぬとしてある。

マッハは上記の如く所謂自明の理とするは即ち充足理由の原則 (Satz des zureichenden Grundes) に依るものであるが、天秤の釣合といふ現象について、之を定める要素として重量の大きさと腕の長さだけを抽出し、その他の腕の物質や周囲の状態などを考に入れないといふことが既に幾多の経験蓄積の結果であるとし、又單に等しき距離に在る等しき重量の釣合といふやうな假定から、重量と反比例の律の如きものを如何にして誘導し得るであらうかと疑ふ。天秤の釣合が重量と腕の長さだけに關係するといふ簡単な事實をもアプリオリに理論づけ得ず (nicht aus uns herausphilosophieren konnten)、即ち経験を待たなければならぬのに、いかにして兩者の關係の形式即ち反比例律を假想的に (auf spekulativem Weg) 見出すことができるであらうかといふ。マッハは、 $P$ の力が支點から $L$ の距離に在るとき、これが槓杆の釣合に影響するやうに働く作用は  $PL$  なる積、即ち所謂静力學的能率 (Statical moment) で測られるといふことは経験の結果として得られるもので、理論的に證明 (beweisen) し得ら

れるものでない、できるだけ經驗的要素を暴露させる説明法であるといふ點でガリレイのはアルキメデスに勝り、ホイゲンスやラグランジュのも同様であるが、認識論的には皆その企圖に於て皆同じ誤謬に陥つてゐる、アルキメデスが證明の途中に挟み、他の人々が最初に假定する重心の理の中には既に槓杆の理そのものが含まれてゐる、即ちアルキメデスが證明し得たとするのは錯覺 (Täuschung) であり、ギリシヤ風の證明癖 (griechische Beweissucht) を示したのに過ぎないとする。

マッハのこの批評について O. Hölder, Denken und Anschauung in der Geometrie (1900) 及び G. Vallati, La dimostrazione dei principis della leva data da Archimede (1904) に異論あること及びマッハのその辯駁、マッハの力學書第四版以後各版に加へてあるが、Hölder は又その近著 Die mathematische Methode, logisch-erkenntnistheoretische Untersuchungen im Gebiete der Mathematik, Mechanik und Physik, 1924 (S. 39—45 及び S. 318) の中にも之について詳述してある。ヘールダーは、アルキメデスが、二つの等しき重量が直接槓杆の二點に於て吊されたものはその中央點に於ける二倍の重量に置き換へら



れるといふことをその二點の間の任意の場所に支點がある場合にも假定したことが非難せられるのを、二つの等質量の中央に支點のある場合には支點に於ける反作用は二重量の和に等しきことを直観し得られるとして、この場合から出立して *superposition* の原則を用ひて結局何所に支點のある場合にも上記の定理の可能なことを示し、この假定の下には、槓杆の原理が一般に證明せられ、即ちそれが演繹的に導かれ得ることをいふ。即ちマッハが簡単な公理から複雑な反比例律を導き出すことを怪むのを、幾何學の一般演繹法と同様で驚くに足らず、力の大きさも腕の長さも、兩者の積も、みな *synthetic* な概念であるといふ。マッハは自然に於ける性狀 (*Eigenschaften der Natur*) を自明の假定からでつち上げる (*aus der Fingern saugen*) ことはできない、經驗から取出す (*entnehmen*) ことを要するといふ。マッハは力學や物理學の根本原理と稱するものについて凡て同様の議論をなし、悉くアプリアリなるものを認めない。力の平行四邊形の定理の如きもこれを定理として演繹しようとした試みは十九世紀初め頃までの多くの數學者によつてなされたが、マッハは凡て之を排し、そのままアポステリオのもの、證明すべからざるものとするが、ヘールダーはなほその證明を見棄てない。根本に於て兩者の

議論には *Kritizismus* か *Empirismus* かの相違があるのである。

Federigo Enriques の有名な *Problemi della Scienza* (1906) V, § 25 にもアルキメデスの證明並に之に對するマッハの批評について記してあるが、重心の原理を假定する方が、能率の原理よりも簡單であり、直観し易い、前者を假定して巧妙に後者を導いたアルキメデスの演繹を無視することはできないとして、マッハの批評には賛成しない。併し元來エンリケスは所謂科學的理論の *synthetic, objective* の方面を強調し、その點所謂ポジティヴィズムと一致せず、マッハの「記載論」とも異なるが、形而上學的、トランスセンデンタル、絶對の方面を極力排するはマッハ等と同様であり、他面にマッハに賛成してゐることはその *Stevinus* の評に於ても知られる。

上記 *Vaiati* は幾何學の公理の研究等に於て知られてゐるがアルキメデスの公理の中に重心の概念が含まれてゐることを證し、マッハとヘールダーとの議論について所謂問題を迂らしたとせられる。又 Charles Singer, *Studies in the History and Method of Science*, vol. II, 1921 の中に J. M. Child, *Archimedes' principle of the balance, and some criticisms*

upon it なる一篇があり、"In fact Mach misrepresents Archimedes in every possible way" と極言し、マッハがアルキメデスを非難するのは彼が本文を曲解したのに依るとする。Child 氏は、アルキメデスが重心とするは Centroid といふ如き幾何學のもので、平行力の中心といふやうな力學のものではなく、能率 (statical moment) の概念は全然前提中に無く、槓杆の原理も重量と腕長との反比例をいふだけで、積そのものを考慮してゐないとし、マッハが滑車や分銅を用ひてアルキメデスの証明を表示したのを改め新解釋を與へてある。その解釋の方が原文に近く、アルキメデスが力學を幾何學の單な擴張とし、又力學の方法 (天秤や槓杆の) を用ひて幾何學の定理 (抛物線分の重心等) を見出すのに用ひたことは、既記「方法」と題する Heiberg に依つて見分されたものに依りても知られる。併しかくすれば定理第六第七が槓杆の一般原理を示す力學的の定理であるとする理由は稀薄とならざるを得ない。Edmund Hoppe の物理學史には、アルキメデスは De aequiponderantibus より以前の論文で槓杆の原理を既に詳述したのであらうと推し、その著の中に「われに立つ所を與ふれば世界を動かしてみせるであらう」といふ言葉が記されてあつたのであるとし、その論文が傳はらなかつたと

する。その論文の名は古代の他の書にも記されてあつた。又上掲のアルキメデスの言葉は「われに立つ所」と「われに行く所」との二つの云ひ方が傳はつてゐること Cantor の數學史に在る。往々われに支點を與へよとも傳へられてゐる。

Montucla の古き數學史にはアルキメデスが重心の概念の發見者であるやうに記してあるが、上記のやうに失はれた彼の論文があるとすればとにかく、De aequiponderantibus には「重心」の字の定義なしに用ひてゐるから、當時他の人も用ひた既知のものであつたらうとせられぬ。A. E. Haas, Grundgleichungen der Mechanik, 1914 及び Marcolongo, Theoretische Mechanik (Timerding 譯) など参照。

アルキメデスの De aequiponderantibus は數學を力學に擴張した最初の論文として、學術の發達史の上から、又認識論的にも重要なものとせられ、Auguste Comte, Cours de philosophie positive, tome 1 及 W. Wundt, Logik II, Logik der exakten Wissenschaften S. 306 の中にも論及してある。Wundt は「一般自然科学的研究法に於ける (一) 歸納的準備 inductive Vorbereitung, 定性的又は近似定量的な觀察 (一) 假想的完成 (Spekulative

Bearbeitung, 以上の観察から一般的假定を造り、それから定量的法則等を導出する)、(三) 實驗的證明 (experimentelle Prüfung, 自然現象の定量的關係が以上の假定と一致することの證明) の三段があることを云ひ、然るにアルキメデス等古代の學者に於ては第一段と第三段とが閑却されて第二段のみが注意されてゐるから力學が純數學と殆ど區別されない、後者に於けるやうに前者も客觀的知覺に依るところは極めて少數で、又その結果は實驗的證明を要しない程それ自身明確なものであり、その他アルキメデスのいふ「諸平面」が等質なる剛體を假定すること等も幾何學の假定が空間に於ける現實の物體と同様であり、力學が益々瞑想的數學的特性を示すとする。Wundt は、力學はガリレイに至つて始めて獨立性を有し來り、數學と別の分野を領することとなり上記の所謂第一段、第三段の研究が自ら顯著になつたのである。アルキメデス以後 Leonardo da Vinci (1452—1519) が初めて直線槓杆以外に曲れる槓杆について論じ、支點から力の方向への垂直距離を腕の長さとし、反比例律を一般化したとマッハは記す。併し既記 Duhem はダ・ヴィンチの先驅者として Jordanus Nemorarius (一二三三—三六年死) を挙げ、又 Hoppe はアレクサンドリヤの Heron が既にこの垂直距離について記

載してゐることをその物理學史中に述べてゐる。Heron の年代については紀元後とするあり紀元前とするもあるが、Hoppe は 150—100 B. C. の頃と斷じてゐる。ダ・ヴィンチの槓杆の説等については東洋學藝雜誌昭和二年二月號「レオナルド・ダ・ヴィンチの力學其他」と題した拙稿参照。

アルキメデスの力學的論文は既述のやうに槓杆の原理に關するものゝ外、浮體に關するものがあり、流體靜力學發達の基礎をなしたものである。流體の中に在る物體に働く浮力即ち物體の重量の減少について論じた。この原理の發見に關し既記 Vitruvius, De Architectura Lib. 9 にアルキメデスの有名な挿話、シラクス王 Hieron の金冠に關するものが語られてゐる。Heller の物理學史には Vitruvius の全文を引照してある。論文は既記のやうにラテン譯のみが傳はり、完全とされていないが先づ流體の性質に關する若干の假定を挙げ、上述の定理が導かれ、又種々の形の物體の流體中に於ける釣合について述べてある。

「砂の數」と題した彼の論文には、初めに Hieron 王の子 Gelon に呼びかけた言葉があり、世界中の砂の數を無限とするや否と云ひ、その數を計算して六十三位の數字で示し得るとして

ある。そのいふ世界即ち宇宙の廣さはアリストタルコスの與ふるのに従ひ、アリストタルコスの太陽中心の宇宙論を述べてある。

ヘレニズム時代上掲ユークリッド、アリストタルコス、アルキメデスのほかに著名なるには、Apollonius (c. 262 B. C. 生) が圓錐線の研究に於て、又惑星運動の説明に Epicycles を導入し、既記 Heron (150 B. C. 頃) が機械學、工學の應用方面を多く開拓したるなどあり、又 Hipparchos (160—125 B. C.) の天文學の實測の精細なるは後世驚異の標となつてゐるが、ヒッパルコスが、アリストタルコスに反對に、地球中心の宇宙論を保持したことは逆轉であり、G. Sartou は之を彼の極端の保守主義及び怯懦の故とする。或は當時、直觀的 (anschaulich) な説に従ひ、天文學を空想から避けしめた事が却て學の確實の進歩を促がした所以であつたと Rosenberger の物理學史の記述にも眞理もあるであらうが、とにかくヒッパルコス及び主に彼を宗とした Claudios Ptolemaios (161. A. D. 死) の權威のために地球中心説が永く榮え太陽中心説が抑壓せられてゐたことは事實であつた。

(共立社、物理化學講義)

## 文化と科學

復興期に於て近世科學は生れた。爾後五世紀、最初歐洲の一部に於て發生したそれが今日では世界の何れの場所にでも共通なものとなつた。然しながら近世科學の生れる前、古代、希臘に數學及び自然科學の盛時があり、又支那印度等にも固有の科學の發達があつた。科學其者の發生は人類の發生と共に古く、萌芽は何れの民族にも存在した。茲には歐洲に於ける科學の發達に就て文化的な一考察を試みる。

考古學人種學史學等の知識は、原始人類が食物を探し、住場所を求めなどする間に於ける自らなる科學的知識の蓄積の中から科學が發生し、又人類の思惟の他の方面の發生した状態を知らしめる。最初に普通の經驗、例へば物の重さ、摩擦などの經驗、把持しなければ物は落ち、力を與へなければ物は動かないなどの個々の經驗の反覆から、自然現象の一様性、原因結果の

法則を意識する。最初には其經驗の範圍は極めて狹隘であつたであらう。然しながら後に敘述する二つに比し、一層、客觀的で、又普遍的であることからそれがポジティブ・サイエンスの根源となつたのである。

次に、原因結果の認識は又所謂アニミズムを發生せしめた。幼稚なるものが心的と物的とを區別し得ないやうに、先きの所謂普通の經驗を超えた自然界の變化を、人間と同じ意志感情を有する或者の作用の結果とする。病氣とか、暴風雨とか人間の蒙る災難を自然の自由意志の結果とする。客觀的な科學の傾向と異なり、かやうな意識は宗教の起源となる。

又太古に於ても早くマジックが行はれた。咒文其他の方法に依つて外界を人間の意志に従はしめようとする。普通の經驗上の法則と矛盾する經驗を意識するのである。發生の根源は科學と同じくあつても、傾向は反科學的である。

上述のやうな三つの傾向は現在の蠻人の中にも見出され、上代の文明の中にも多くの證據があり、天文學に並び占星術があり、又方術が畏れられた。古代に多く僧侶が是等の知識の行使者であつた。科學は、其結果から見れば是等の反科學的傾向に依りて間接に引出された場合も

あるが、多くの場合にそれらのために發達を阻害されてゐた。思想的に異なる他の二者とは闘争なしに其發達をなし得なかつたのである。

この闘争の最も著しかつたのは歐洲中世紀、所謂暗黒時代から近世科學の生れた復興期に至る間に於けるものであつた。第五世紀の半ばより第十五世紀の半ばに至る千年間、史家は屢々此中世紀を文化史上の大きな穴に比し、基督教國民は此時期の間、穴の底でスコラスティシズムと神學との薄暗い光の下で生活してゐたと形容する。特に其最初の三百年は最も暗黒の時代とせられる。ユスティニアヌスがアテネの學校を閉鎖した後、第八世紀にチャーレマンが教育を勧め學校を起すに至つたまでの間である。信仰の外に知識の價値が認められなかつた。聖書に適合しない知識は凡て排斥せられ、例へば大地の球狀説はピタゴラス以來希臘人に定説となつたが、此時代には大地は一の丘をなし太陽は一日に之を廻る、又大地は大洋の上に浮ぶなど、支那ならば周牌算經、又希臘には紀元前八世紀ヘシオッドの説いたものなどに後戻りした説にオーソリティーがあつた。チャーレマンの後、僧侶の知識が進み、アラビヤ譯に依り希臘の書物に接し遂に事實の知識に降服して、アリストテレスの學問を入れ、例へば多神教的な其説明

を一神教的に改めたことなどはあつたが、天文學、物理學等、聖書の限界外はアリストテレスの説くところを絶対の眞理とし、之に違ふ言説を禁じた。其後は是等の信條の煩瑣な註釋をなす外には學者の研究の餘地がなかつた。然しながら此の如き數世紀の中に、希臘語の知識も導入され、希臘の文化を尙一層理解すると共に、ヘレニズムの復古派、フマニストの群を生じた。又アルマゲストなどの外、古きアリストタルコスの天文説を知つて、教權たる天動説に反した地動説が唱へられなどし十五、六世紀に所謂ルネッサンス期に入つた。是に至る長い間、科學は全く宗教に壓迫せられて居り、其解放のために多くの犠牲が拂はれたのであつた。

その最初の犠牲とすべきはロージャー・ベーコンである。復興期に先だつ二世紀、第十三世紀に其著 *Opus Majus* の中で大膽にスコラステイシズムに反対し、教權に依るべからずして事實に依るべく、事實の研究には實驗的方法と數學的方法とを基礎とすべきことなどを力説した。眞の科學的精神を傳へ、却て三世紀の後、復興期の曉鐘となつた同名のフランシス・ベーコンがノウム・オルガヌムに實驗的方法のみを強調して數學的方法の價値を解しなかつたのに比して歩を進めてゐた。然しながら是等のアップレシエーションは後世の事に屬し（一九一四

年ロージャー・ベーコン誕生七百年記念論文集をオックスフォードより出版）當時絶対の教權を誹議したロージャーは投獄せられ、十五年許りの後赦されたが幾許もなく逝いたと云はれてゐる。彼は又オックスフォードに在つて實驗室を有してゐたため、魔術者の疑を受けて教授を禁ぜられたこともあつた。

中世は魔術者、マジックの歴史にも豊富であつた。「マクベス」や「ファウスト」にも見るウィッチ（ヘクゼン）の類が跳梁した。鍊金術者と云ふものも其類が多かつた。然しながら皆邪教者として正教者及び良民からは排斥せられた。其結果無辜の者もウィッチの疑で刑戮されたものも少くなかつた。パンベルク・マヌスクリプトなど之を語つてゐる（シンガー科學史論文集の中、ウィッチマニヤ等）。

近世科學の創造は多く歐洲北方の種族によりてなされたが（ウィッチにも北方種族が多くあつたといふ）、古代、科學の榮えたのは希臘に於てであつた。ヘロドトスが埃及人と希臘人とを比較し、ニイル河の汎濫は毎年夏至に始まつて百日間續き、次で減水し、冬期には水量甚だ少い、この著しい年々の出來事に埃及人は何等の理論を有せず又之を探究するの必要を感じて

わなひ。併し希臘人には夫はできない、必ず原因を求めなければやまないと云つて、風、雪解けの説などを記して之を批評し、夏と冬とに太陽が北に移り南に行くとき、太陽は之に近き下流又は上流の河水を「引く」と云ひてニイルの洪水を説明してゐる。「引く」は蒸發の意に解されないことはないので、とにかく科學的説明の試みがあつた。(ヒューウェル歸納科學史ゴンベルツ希臘思想家等)。「幾何學を知らずば門内に入るな」とプラトンが門標に書いたといふなど、時人も數學を知らないことを恥とする風があり、民族の特性もあつたであらうし、又社會組織の結果もあつたであらうが、希臘に於ては理論的學術が進歩した。

然るに希臘に次で文化の榮えた羅馬には、二千年後の今日にも残れる所謂羅馬廢墟に依りて其盛時を想はしめるほど、軍事、政治の外に建築術なども進んでゐたが、科學に於ては何等獨創的な進歩がなく寧ろ退歩したと云はれてゐる。キケロは誇稱して「希臘人の中では幾何學に最高の名譽が與へられ、數學ほど貴いものはないとせられた。併し吾人は之を實用的な測量術と計算術とに制限した」と云つたといふ。羅馬人は餘りに實際的で、科學に眞の興味を見出し得なかつたとせられるのである。

近世、科學は工業と相伴つて發達し、ヘレニズムの自由と羅馬人の功利と共存して、人生の福利は常に増加せられるやうに見られる。文化の進化と云ふことは疑ないやうに見える。然しかういふ思想は餘り古いものでもない。東西の宗教は皆、太初に理想境を置き、人類を夫より追はれたものとし、或は今を末世とし、又は澆季とした。之と反對に、過去の時代に比し現在が進歩してゐるとし、黄金世界が將來に在るとする思想は羅馬の詩人ルークレチウスの詩に初めて見るとせられる。工業的進歩を讚美せる其記載に依れば或は當時に於て所謂物質文明が急激に進歩しつゝあつた反映であつたであらう。復興期以後、この黄金世界に益々近づくやうにも見えるが、他方には産業革命の起れるなど、生活の安易を失はしめた一面がある。是によれば或は原始生活を理想境と見なさしめ、物質文明の嫌忌、引いて科學の咒詛、近代に於てはトルストイなど其派の代表とせられる。中世紀に於ける靈と物質との争、復興期以後に於けるフマニストとレアリストとの不一致など根源を共通にする。之に關しラスキンが「科學の進歩はノーブル・ライフを殺し又は墮落せしめる器械の發明を外にしては記録されない」と云つたとなども記憶せられる。

科學の眞理をプラグマティックに考ふるとし、眞理の發見に何等かの目的があるとしても、其應用の途の選擇には自由があり、一面の應用と科學其者とは同罪にはならない。科學は人類共通の一文化財であり、性質上、普遍的で、ヒューマニスティックで國際的である。唯だ時代により民族により盛衰もあり消長もあつたことを歴史が傳へるのである。

(大正十二年、東京商科大學復興叢書)

### レオナルド・ダ・ヴィンチの力學、其他

レオナルド・ダ・ヴィンチは畫家、建築家等であると共に大なる科學者であつた。然しながらその科學的研究は、當時に殆ど發表されなかつたやうであり、同時代にも又次の時代にも直接に何の影響をも與へなかつた。唯だその残した自筆の草稿から、彼の死後二百五十年、十八世紀の末に至り初めて彼が大なる畫家であつたばかりでなく、數學や物理學に多くの研究をなしてゐて、その知識は實に一世紀を時代に先だつてゐたことが發見されたのである。一五一九年に彼が故國を遠く離れた佛國サンクルーの城で死んだ後、それらの草稿の中にはミラノに持歸られたものもあり、又其後戰亂の間に戦利品として轉々したものもあつて、今はミラノ、パリ、ロンドン等の圖書館や博物館にその何百枚かの草稿が分たれて藏せられてゐる。それらは Codex Atlanticus, Codex Arundel, Fogli A, B 等の名で知られ、その價値が認められるに



至つて、或ものは寫眞版に複製せられ、又或ものは佛、獨、英等に翻譯された。併しそれらの草稿にはライブニッツのマニユスクリプトのやうに一枚々年月日の記載があるでもなく、又その凡てが右から左へ左文字で書いてあるので鏡を用ひて讀むを要する等（慣れた後は鏡の必要がないさうであるが。又この左行の書方を東洋の影響かと記したものがあり、有名なモナ・リザの背景に東洋畫の影響がないかといふ説を聯想せしめるが）とにかく研究者の困難とする所となつてゐる。

併し昨年十一月發行のイタリーの雜誌 *Scientia* 所載の R. Marcolongo 教授の「レオナルド・ダ・ヴィンチの力學」といふ一文に依れば、今度イタリーでは官版としてダ・ヴィンチの草稿の既刊、未刊の全部を新たに編輯出版することとなり、既にその若干が發行されたさうである。教授は又この文中に特にレオナルドが開發したと云はれてゐる力學の原理について、力の能率の原理、重心の若干の問題、假仕事の原理、惰性の原則等について概略の説明を與へられてゐる。併しこれらの力學の原理とレオナルドとの關係については從來諸種の説があり許多の著述があるが、マルコロンゴ教授はそれらには深く論及されてゐないから、こゝにその大體

について記さうと思ふ。

先づ最近に I. B. Hart. *The mechanical investigation of Leonardo da Vinci*, London, 1925. なる三百頁許りの著述がある。著者はロンドン大學の、科學の歴史並に方法論研究室に屬する人であるが、本書の價值については、科學史専門の雜誌として有名な *Isis* 編輯者ジョージ・サートン氏の評にては、レオナルドに關する研究の少き英國に於ける一文獻となすに足るに止まるといふ。獨、佛等の類書に比すれば學究的價值少しとするのである。一七九七年の Venturi, *Essai sur les ouvrages physico-mathématique de Léonardo da Vinci* 並に一八三〇年代の Libri のイタリー數學史以後、數學、力學、物理學者としてのレオナルド・ダ・ヴィンチの研究、佛、獨、伊等に其數少しとしない。其中 Duhem の研究（一九〇四年より一三年に至る）最も大部のものである。併し既記サートン氏はこの書に對しても「勿論デュエムの諸著は不注意な學生には treacherous である。それは明晰といふ外觀の下に實は許多の曖昧や矛盾を匿してゐるからである」と云つてゐる。デュエムがレオナルドに對して一個、姓名其他不詳の先驅者 (Précurseur) を假設してあるなども論なきことを得ないのであらう。

多くの歴史的研究に關して誤謬や不完全の點の、後より／＼と見出さるゝこと、今更に云ふを要しないが、科學の歴史に於て、例へば古き書物にて有名な *Whewell* の著もそのギリシヤの部分などは殆ど全部書直すを要すと云はれ、またモーリツ・カントールの有名な數學史にも何百といふ誤謬が數へられるといふことであるが、その中に在るや否、實際、同書第二卷（一九〇〇年再版）に、レオナルド・ダ・ヴィンチがミラノに於て十數年間、一のアカデミーの主席であつて多くの學生を率ゐてゐたとあるなどは全く誤謬であるらしい。マッハの力學史も史實に於ての誤謬の外、マッハが主張する発見の思想分析の如きも議論を免かれないもの少くない、そのダ・ヴィンチに關するは後に記すが、又マッハの熱學史に熱力學第二則を誤解してあるとはブランクのいふ所である。かくして又歴史的研究の進歩が十年、二十年前に全く不明とせられた事實を今日分明になし得たものも固より多いが、例へばレオナルドの先驅者として既記デューエムの假定せる姓名不詳のもの以前のもので、その名を *Jordanus Nemorarius* として、ダ・ヴィンチの草稿中に屢々記載せられ、然かもその詳細の時代不明、デューエムには、*enigmatique* とあつたものが、近刊 *E. Hoppe, Geschichte der Physik, 1926.* には一二三

六と歿年を入れてあるなども一の例である。今年イタリー政府でレオナルド・ダ・ヴィンチ全集の出版を成就したならば一般に研究者を裨益すること多大であらう。

ニュートンの三運動公理の第一のもの、惰性律について、ニュートンの先驅者として通常ガリレイを擧げる。併し更に歴史的敘述に詳しきものはガリレイの前、レオナルド・ダ・ヴィンチに依りてそれが既に発見されてゐたことを記載する。レオナルドの *Codex Atlanticus* の中、衝突を論じたものゝ中に、「凡ての運動はそれ自ら持續しようとする」(“*Ogni moto attende al suo mantenimento*”)といふ言葉が見出されるからである。

ガリレイが惰性律を発見したとせられるは、マッハの中にもあるやうに、振子が最低點からその今まで下りたるだけの高さを上り得る如く、凡て物は下りたるだけの高さ、斜面を上り得る、その斜面愈々水平に近ければ物の到達し得る點愈々遠く、即ち水平線上には無限に遠く運動を持續し得るとした、それに依るのである。併しこれだけでは水平の場合の認識に止まるから運動の一般の原則としての認識とすに足らずとして、種々の異論あること、マッハも亦記してゐる。近頃 *A. Haas, Einführung in die theoretische Physik, 1923.* には惰性律の発見

者として、ニュートンの先驅者をガリレイとせず、ダ・ヴィンチともせず、却てそれらに遅れたデカルトを擧げてゐる。ハース氏も科學史の専門家として一時ライプチヒ大學に在つた人である。

氏はデカルトがニュートンに先だつてその「プリンシピア」の著の中に運動三公理を導いたが、その第一公理が惰性律であり、ダ・ヴィンチよりも、デカルトに於て始めてこの原則の一般的意義が明瞭になつたとするのである。(デカルトの力の定義、及び第二、第三の公理に就ては雑誌「思想」カント記念號、拙稿「カントの最初の論文に就て」参照。)

惰性律の一部分の發見は却てアリストテレスにまで遡り得ると云ふこともできる。アリストテレスの「フィジカ」第五卷に「一度運動せしめられたものは、甲の所に於て、乙の所に於てよりも、止まるといふ理由をより多く持つといふことはあり得ない、即ち運動は抵抗のない限り持續する」とある。併し抵抗のある空氣の中では、押しつけられた空氣が背後に廻りて之を新たに押すことなければ物體の運動の持續はできないとしてゐるなど、その誤謬をガリレイに依りて *Dialogo intorno ai due massimi sistemi del mondo Tolemaico e Copernicano*,

*Giornada seconda* の中で痛撃されたのである。ダ・ヴィンチも特に動力學に於てはペリパテティックを脱し得なかつたとせられるは、重い物體は落下に大なる速さを得るとした事などに依る。

靜力學に於て、槓杆(直線的)の理はアルキメデスに始まり、又ダ・ヴィンチは曲槓杆の場合に於て、その腕の計り方(即ち支點から重量及び力までの垂直距離)をその「草稿」の中に記載してゐたから、「力の能率」なる概念はダ・ヴィンチが發見したとマッハ、デューエム、マルコロンゴ等の記す所である。ダ・ヴィンチはこの垂直距離をポテンシャル腕又はポテンシャル槓杆と名づけた。曲れる槓杆はリヤル(現實)の槓杆又は腕なのである。アリストテレスは運動とはポテンシャルの存在がリヤル又はアクチュアルの存在に移ることといふ。これ等はペリパテティックの用語であり、十九世紀にエネルギー二種の命名にも用ひられたのである。

然しながらこの曲槓杆をダ・ヴィンチの創見とすることには反對があり、既に夙くアレキサンドリアのヘロンが之を記載して居り、そのアラビヤ譯をダ・ヴィンチが知つてゐたとすべく、少くもネモラリウス(前出)が之を用ひてゐたのを知つてゐなければならぬといふ。アルキメ

デス、ヘロン等のギリシャ時代の科學者についてはコペンハーゲンの Heiberg 教授、英の Sir T. L. Heath 其他佛、獨等に數多の研究者があり、全集等、編輯せられてゐる。ヘロンとダ・ヴィンチとの關係については Bibliotheca Mathematica, 1902. にシュミット氏の研究がある。又マッハの力学史には既記のやうに、発見者が発見に至れる思想の徑路の分析を試み、即ち認識論的研究を試みてある。ダ・ヴィンチの草稿には簡単にポテンシャル槓杆を圖解してあるだけでその證明もなく、又いかにして之に想到したかの記載もないので、マッハは之を分析して、先づ對稱の理を自明とし、次に不用の部分を除くといふ思考法（思考の經濟の一）でポテンシャル腕に達し得るとする。然しながら既記ハート氏はダ・ヴィンチのマニエスクリプトを引いて、ダ・ヴィンチが天秤の桿の斜になりし場合に依りてポテンシャル腕の考へに至つたとなし得べきことを述べて居り、この方が證據もあり、自然な行き方と思はれぬでもない。又ポテンシャル腕の発見は、ダ・ヴィンチをして力と腕との積、即ち力の能率の概念を見出さしめたとするマッハ、デュエムに反對してハート氏は、ダ・ヴィンチは唯だ力と腕との比率の記載をなしたばかりで、積については何も記載してゐないといふ。「モーメント」の名は十七世

紀のカブリエリに基くといふ。併し「積」を一物理的量として認めるや否は力学に於ける數學應用の程度に關係するので、ダ・ヴィンチは比率の法則を言ひ表はして足れりとしてゐたので、之を能率の概念に達したとするは多くの異論ないやうである。

アルキメデスの *De aequiponderantibus* はヒースのアルキメデス集に英譯があり本文研究も容易であるが、之に關しマッハの力学史第一章に詳細論じてある。アルキメデスは先づ等しい腕、等しい重量の場合の天秤の釣合を公準とし、それから等しからざる一般の場合を演繹してあるが、マッハはこの公準だけに依りて、腕（直線的）と重量との積、即ち能率の考へに至ることは不可能であるとして、別に重心の考へを利用して思想の發展の順序を考察してある。マッハのこの考察に關しては Otto Hölder, *Die mathematische Methode*, 1924. の中に批評があり、Charles Singer, *History and Method of Science*, Vol. II, 1921. の中、J. M. Child 氏の之に關する論文がある。然しながら又ホッペに依れば、アルキメデスは上記の論文で始めて直槓杆の能率の考へを不用意に云ひ出したのではなく、以前に既に「槓杆について」といふ論文があつた（有名な「吾に支點を與へよ、世界を動かし見む」などある）。併しその

論文が失はれて傳はつてゐないのであるといふ。ハイベルク、ヒース等の研究にてそれが證せられてゐるやうである。

又槓杆の理はアルキメデスの前、アリストテレスに既に知られてゐたと云ひ得られる。オックスフォード *Knowl.* 教授監修、英譯アリストテレス全集第六卷「メカニカ」八五〇に、「何故に槓杆は小さな力で大きな重量を上げ得るか」と問ひ、又その前篇に天秤の事を記して、奸商が天秤を吊す點及び桿に不正を用ひることについて記してある。アリストテレスは之等を説明して、大きな半径は大きな圓弧を畫くので小さな重量が大きな半径の端に在るものは、大きな重量が小さな半径の端に在るものと釣合ふといふ。恰も假仕事の原理をアンティシペートしてゐるのである。「メカニカ」はアリストテレスの自作でないとするも、早い頃のペリパテティック學徒の造つたものとせられ、又力の平行四邊形等について記載してある。

レオナルド・ダ・ヴィンチの力學的研究としてはなほ重心を見出すのに微積分の考へを用ひてゐたこと、永久運動を否定してゐたこと、滑車輪軸等の利用、鳥の飛行の研究（既記ハート氏の著にはその草稿の全英譯がある）、靜水學、パスカル原則の豫知等、又「太陽が不動である」

と記し、コペルニクスに先立つたこと、「力學は數學のバラディソである」と云つたこと等、屢々引用せられる。ダ・ヴィンチは畫家、建築家としてその研究は應用より入つて幾何學、力學の理論に入つたのである。

既記のやうに、槓杆の理論の證明はアリストテレスより更に古くは多く廻ることができないであらうが、その實際上の利用（槌子）は、考古學的には實に人文の開け始めた、いつの昔までも廻ることが出来るやうである。秤及び分銅なども殆ど同様のやうである。

帆足萬里の「窮理通」に

漢人古用<sup>二</sup>天秤<sup>一</sup>、唐宋以來用<sup>二</sup>今衡<sup>一</sup>、西洋羅馬人用<sup>レ</sup>衡、近世用<sup>二</sup>天秤<sup>一</sup>

とあるが、Feldhaus, Die Technik der Vorzeit, der geschichtl. Zeit und der Naturvolker, 1914. に依れば、分銅の存在は紀元前二六五〇年、南方バビロンまで廻ることができ、等腕長の天秤はエジプトで用ひられてゐたが、又所謂羅馬秤、即ち「さほばかり」も紀元前千四百年エジプトで用ひられてゐたことが實證せられるといふことである。

因みに、支那古代、律度量衡の四者が一の黃鐘で結びつけられてゐたことに種々の文獻があ

るが、衡及び天秤に關する和漢三才圖會（正徳二年、一七一二年）の記す所は、

秤（はかり）、稱（はかり）、權衡（からはかり）、釐等子（俗に「れいてんぐ」といふ。唐音「るいてんつう」）權は稱（はかり）の錘。横木を衡（さを）といふ。衡はもと牛の觸るゝ横の大木。故に角と大ととに造る。俗に魚に造るは非。唯だ等子といふべきを分釐を正す故に釐字を加ふ。云々。

英語のバランスは、ラテン及び佛のピランスに出で、ピは二、ランスは皿であるが、之に相當するを三才圖會に

天平。てんひん、唐音てんびん。天秤の字を用ひるは俗。俗に分銅と稱するは法馬

とある。それらの使用法を最上徳内の度量衡説統（文化元年）に記して、

後世權衡制、有二様、天平等子是也、天平制者、横梁真中有垂準、以針頭相親、爲水平也、等子制者、其提繫在偏進退、一小權而計之、毫釐之數、不設法馬、而可得也、但水平以目力究之、故所計亦人人自異矣。我邦俗以此制爲最便、中根氏云明法、圖南氏云明秤、非宅物而所計得自異、是水平以目力究之失也、不然則同時官制、何不合乎。

末段は中根元圭「律原發揮」（元祿五年）、山田圖南「權量撥亂」（天明三年）の所記について述べてあるのである。

蘭學入つて後の我國最初の物理書「氣海觀瀾」（文政十年）、「窮理通」（天保七年）、「理學提要」（安政二年）の三書について槓杆の理の説明如何を見るに、「氣海觀瀾」には槓杆の記載を全く缺き、「窮理通」には、直桿、曲桿等、その記載詳密に、又力と腕長との關係について數量的に説明してあるが、能率に相當する文字は用ひられてない。廣瀬元恭の「理學提要」には由下載力二點相二距支點二之長短上所二増減二之力謂二之力勢

と記し、力勢なる字で略ぼ之を示した。

（昭和二年二月、東洋學藝雜誌）

## ガリレイに就て 附、海潮古説

昨年の夏頃ドイツのフォック書店に、ガリレイ（一五六四年—一六四二年）に関する文献のコレクションの賣り物のあることを、その東京支社が廣告してゐた。コレクションの中には、一五五〇年代のイタリー出版の天文地理書二三十種、ガリレイ著書の原版及び複製三四十種、ガリレイの傳記及仕事に関する文献及研究論文等、十七世紀年代のもの十五種、十八世紀及十九世紀のもの百六十餘種、其他肖像等を含み、千百餘弗といふ代價は決して高價のものとは思はれなかつたが、遂に何所の有となつたかを知らぬ。又その出所をも知らぬが、昨年一九二六年、エミール・ウォールウィル氏の遺著ガリレイ傳の第二卷、結尾の卷が出版されたことから、或は同氏の遺藏でなかつたかとも思はれないでもない。

Emil Wohlwill, Galilei und sein Kampf für die copernicanische Lehre の第一卷六百

五十頁許りは一九〇九年著者七十四歳のときに出版されたが、著者はその三年後に逝き、第二卷をなすべき原稿の多くは「未完成」といふ注意書を附せられたまゝに遺された。それを多くの學者の盡力によつて整理し四百三十餘頁の一冊子として、第一卷出版より十七年目の昨年出版せられたのである。ウォールウィル氏が一九〇九年にガリレイ傳第一卷を出版したまでには四十年以上の準備があつたといふ。一八七〇年にガリレイのディスコルシに關する未出版の一講演をなしたる以來、一生の仕事としてガリレイ研究に身を投じ、根本史料を研究するに従ひ益々眞理のためのガリレイの奮闘に感激し、然も徒らに眩惑されずに歴史家の正確さを以て行實を傳へ、屢々イタリーに旅行して史料を探つたといふ。このウォールウィル著二卷を紹介し、且つそれに基づいてガリレイの一生をフォン・ラウエ教授が敘述したものが昨年末の *Naturwissenschaften* に在る。

ガリレイ研究者としては又、イタリー、パドワ大學 Antonio Favaro 教授（一八四七年生）はガリレイ全集のイタリー・ナショナル・エディション大冊廿卷の編輯者として有名である。Singer, *Studies in the History and Method of Science*, vol II, 1921, p. 206-284 2 J.

J. Fahie 氏のこの全集に基いた一論文がある。それに依れば、ファヴロ教授は一八七一年二十五歳でパドワ大學の圖式力學の教授となり、一八七七年以後ガリレイ研究に心を傾け、フィレンツェの圖書館に在る三百三冊のガリレイ・マニユスクリプトを研究し、氏の力説の結果、イタリー政府は國費にてガリレイ全集を出版することとなり、氏はその編輯主任となり、一八九〇年に第一巻を、一九〇九年に第二十最終の巻を出版したといふことである。

ガリレオ・ガリレイを略稱してイギリスではガリレオとし、ドイツ其他ではガリレイと記す。ホッヂの *Pioneers of Science* に、ガリレオと同様にクリスチャン・ネームでイギリス人に知られるイタリー人に、ラファエル・サンチオ、ダンテ・アリギエリ、ミケランジェロ、ブオナロチの如きがあるといふ。併しレオナルド・ダ・ヴィンチはイギリスでは多くダ・ヴィンチで通り、伊佛獨では普通にレオナルドと稱する。ダ・ヴィンチは單にヴィンチと記すことデカルトのデを略し、フォン・ヘルムホルツのフォンを略するなど、何れも一般の規則はない。

本誌(東洋學藝雜誌)二月號にレオナルド・ダ・ヴィンチの力學について記した中に、マルコロンゴ教授が雑誌シエンチャに載せたものについて記したが、同教授は又 *Acta Mathematica*

*tica*, 1926: 49, 1-2 の中に *quelque remarques sur la publication d'un nouveau Manuscrit de Leonardo da Vinci* といふ一層詳細な論文を載せられた。その終りに *Duhem, Études sur L. d. Vinci* の中に、ガリレイが *Cardan, Benedetti* 等の著述を通じてダ・ヴィンチについていくらかを知つてゐたであらうと云つてあるのに關して、これに従へばカルダン等(前記フォックのガリレイ・コレクションの中にもその二三があつた)がヴィンチについて知つてゐたことが確實のやうであるが、マルコロンゴ教授は、それもデューム氏のいふ程確かでないとし、ガリレイがヴィンチについていくらか知つてゐたらうといふ、その「いくらか」*quelque chose* が問題である云々。マルコロンゴ教授の他ウォールウィル氏も、ファヴロ氏も、ガリレイはダ・ヴィンチの力學について何等知る所なかつたとするのである。

既記 Fahie 氏の論文中に潮汐の理論とガリレイとに關しファヴロ氏編輯、全集第五巻を基とした興味ある記事がある。

Fahie 氏は、潮汐の理論が昔から「人間好奇心の墓」といふ稱があるやうに、その原因につ



いて種々の想像説（地下熱其他）があつたことを述べ、ローマ時代の科學者プリニウスが既に月と潮との關係を記載し、ギルバートに至つて、月が海潮に働くは熱に非ず、光に非ず、磁石の鐵を引くと似たものであらうとし、ケプレルは（一六〇九年 *Astronomia Nova*）石と地球との間に於けるやうに、月と地球との間にも、或る働き（アニマルファカルティ）があるとし、ニュートンの引力説に先驅したが（ケプレルはその十年後 *Harmonice Mundi* の中でこの説を捨て、地球を生命ある動物の如きものとし、その鯨の如き呼吸が潮の干満を起すとしたといふ。後節参照）併し、ガリレイはケプレルの云へる地球と月との「働き」を中世學者の隱在力的考へであるとして之を排して、潮こそコペルニクスの地動説の一實證であり、地球の自轉の結果を示すものであるとしたといふ。併しそれは一六二〇年頃のこと、一六三〇年頃のガリレイの手紙には、この説を變じて月の作用に潮の原因を歸せしめてあるといふことである。

G. H. Darwin, *The Tides*, Chap. IV. に、潮汐に關する理論の歴史があり、支那、アラビヤ、アイスランドに行はれた諸説を、夫々言語學者の研究を基として記載し、又ローマの學者ポシドニウスの記事の反譯を掲げてある。アイスランド人等の理論のいかに矛盾多く、之に比して、又地中海には潮汐の現象著しからぬため、ギリシヤ人は初め之に注意を引かなかつたが、その注意した後のギリシヤ人の知力のいかに秀でてゐたか等について記載してある。マッハの「力學」にも亦、海潮の現象を初めて經驗して驚異を感じた實例として、歴山大王の將卒が印度の海に於て狼狽したることのかなり長い記事を載せてある。海潮に關する故事には、吾にも、鹽盈珠、鹽乾珠、藤戸の渡、稻村ヶ崎など聯想せられる。

ダーウィンの引用した支那の海潮説は支那學者 *Ch'ing* 教授の所説に基いてゐるが、そこに擧げられた外に尙ほ許多の文獻がある。

山海經には、鱈魚長さ數千里、海底に穴居す、魚、穴に入るときは潮上り、出れば潮退く、出入、節あり、故に潮水、期ありといふ。神龍の變化、天河の激湧、鯨魚の吐納、海獸の出入などの諸説、ケプレルにも亦、地球を生物としたなど、所謂閎誕迂誇も人知の或る階段に於て東西相通ずるを見るのである。

唐廬肇の海潮賦には、潮の生ずるは日に因れり、その盈虛は月に繫れりと。皇極經世書には、海潮は地の喘息なり、月に應ずる所以はその類に従ふなり、月の消長に隨ひ、早を潮、晚を汐

といふとある。性理大全第二十七卷、地理、附潮汐に程子、邵子、朱子の説を掲ぐる。朱子は陰陽説を基とし、月子午に加はるときは潮長しと云ひ、その引用せる金襄公安道の海潮圖説には、晝潮夜潮、四季に於ける變化について述べてある。明末耶蘇會士入つて後の遊子六の天經或問には、月の水に於けるは磁の鍼を吸ひ、珀の芥を拾ふが如し、月は地を遠て行く、潮亦地を遠て行く、天地の内、地として潮せざるなく、刻として潮せざるなし、唯だ潮に遅速大小漸暴あるは月輪と土地との分のみと云ひ、次に之を説明してある。

我國に於ける海潮説は先づ彼の澤野忠庵の乾坤辨説（一六六〇年代）に、第十八、海潮の缺満の亶といふ條があり、夫れ海潮の缺満は月の所爲なり。その故は月は水氣濕潤の氣を主り、水を吸引するなり云々（天經或問も同様に説く）、月は望朔のとき逆道の最上に在るが故に自己の對向の本性强剛なれば吸引の性も勇悍なり、故に前後五六日の間は海潮の缺満も深甚なり云々。向井元升の辨説には、一日一夜に潮の二満二缺することを云ひ、月の正下には潮水吸引せずと云ひ、月は上陰、水は下陰、月の正下には水恐れて退くと云つて、所謂「南蠻學士」の説を反駁してある。

貝原益軒自娛集（正徳二年一七一二年出版）の中に海潮説がある。曰く、或は地の呼吸となし、或は日出れば水涸れ、月出れば水復生ずとなし、或は月に應ずるはその類に従ふなりとする。之等の説、吾れ愚にして適従する所を知らず、窃に思ふ、大地肺腸あつて氣息出入、人畜の類の如きものに非ず、呼吸あるべからず、日出で水涸る云々最も曉るべからず、何となれば、水の地中に生ずるや、その初め甚だ微なり、云々。潮汐の進退、海水半日進めば忽大に漲り、半日退けば忽大に減ず、其生涸此の如く大にして速なるべからずと云ひ、又東方に出で、潮西海に生じ、月西方に入つて潮東海に漲る、其類に従ふとすべからずとする。近ごろ海潮論を見る。大地、氣に隨て出入上下す、地下則滄海の水、江に入る。之を潮といふ。地上江河の水、滄海に歸す、之を汐といふと。この大地上下の論、端的、理あるを覺ゆ、地勢寧靜、動かずといへども、天氣の運行に隨て微しく升降せざる能はず、故に毎日二次上下して息まず、その定限あつて大に升降せざる所以は、地形もと擬定、只だ天運に隨て微しく上下するのみ云々。即ち益軒は一日二潮の原因を大地一日二次上下に歸してゐるが、とにかく物理的な原因を求めたのである。

正徳年間長崎西川如見の兩儀集説卷之七、天文精要卷七にも潮汐について宋儒其他の説を擧げ、前者に、今來の説として記してあるは即ち天經或問を和譯したものである。又鎮江浙江廣東の潮より阿波鳴門、肥前高來彼杆の潮について記し、又西極の國に厄勤祭亞(ゲレジャ)といふあり、一日に七潮、歐羅巴の西北に諸厄利亞(エンゲレス、インギリヤ)といふ國あり、海潮の満干なし等の記事あるは流石といふべきである。

對馬の儒者雨森芳洲(寶永五、一七〇八年歿)の「たはれぐさ」に潮の満干はいかなる故ぞやと問ひし人あり、氣昇り地沈めば水溢れて潮となり、氣降つて地浮べば水縮まりて汐となると昔の人の云置きし、さもあるべし、されど、かゝる事は暫くさしおき、只管日用の事に心を用ひ給ふべし。知るべからざることは知るべしとせざること大知とは云へ、云々。

三州田原、兒島不求の乗燭或問珍(元文二年、一七三七年大阪出版、六冊)は天變地異の解説書なるが、第三卷に潮の説あり、曰く、潮の説古來紛々として一ならず、案ずるに潮は天地の呼吸の氣息なり云々、潮のいつも東よりさすは、百川の水は皆東に流るを以てその本に歸るなりといふ。

明和六年(一七六九年)中根元圭の三正俗解の中、潮汐時刻の辨に、潮汐は偏に月の出沒に生ず、月の出るときと入るときと盈滿し、天心に在るときと地下に在るときは虚涸す、故に月の出る時刻を知れば潮汐の時刻を知るなりとし、其表を掲げてある。西村遠里の天學指要(寛政五年、一七九三年出版、四冊)卷之貞に、潮汐の條があり、中根元圭俗人の爲に三正俗解の後に附するもの大略のみ、月出沒の眞刻には非ず、月は大陰にて水氣の主たれば、潮汐の盈虚古説の如く月に係るなるべし、然れども愚數十年之を各方の海人或は舵師等の人に試み問ふに東西南北の潮汐月の出沒に合するもの鮮し、云々。月に應ずるの説も亦理學の想像のみ、その實論は天地の呼吸に似て思議すべからずとして止むるは勝らじ、後人萬國海邊の潮汐をその各方の人に試み問て之を熟得すべし云々。青井晒我の訓蒙天地辨(寛政三年、一七九一年、江戸、三冊)中卷に、天經或問を祖述した潮汐の條があり、潮の毎日移ること三刻七十二分世俗四分おくれの緯は眞刻の數に非ず云々。

以上は皆蘭學以前のものであるが、蘭學入つて後、青地林宗の氣海觀瀾(文政十年、一八二七年、江戸)の末尾に潮汐の條があり、太陰の潮を引く六尺、太陽の潮を引く二尺云々。春秋二

分の朔望、漲落特に甚し云々。太陰我天頂に躡し、合附の海共に潮を起すは何ぞと云ひ、略ぼニュートン運動第三則を引いてある。帆足萬里、窮理通卷三にも日月引力の合成等の説明があり、次に三浦梅園の櫻島及雲仙岳噴火皆朔望前後に在りとする説を引いてその間の關係を求めてあるが、月の正下に潮満たざるの故を以て月の引力説に満足せず、地球虎魄力（電氣力）の作用であらうとし、所謂正攝反攝、對衡の地に干満を同うすることを、受電體の二極を生ずることを以て説明する。萬里の弟子、岡松甕谷が明治初年、この説をフルベッキと語れる「西客問答」については嘗て記した事があるから茲には省く。

（昭和二年四月、東洋學藝雜誌）

## フランシス・ベーコンに就て

去る十月五日、ケンブリッジ大學でフランシス・ベーコン三百年記念の式典があり、ベーコンの著書の初版の陳列等があつたといふ。その日催されたガーデン・パーティーの寫眞が同十四日のロンドン・タイムス週刊に在る。ベーコンは一六二六年四月九日に逝いたのである。十五六歳のときにケンブリッジ・トリニティ・コレヂを出で、法律を學び、エリザ朝を経てジェームス一世の治下にロード・チャンセラーとなつたが、一朝失脚の後は専ら文筆に親んだ。その *Novum Organum, Advancement of Learning, New Atlantis, Essays* 等の著に哲學者、思想家として一世を風靡したのである。その死は雪の一日、ロンドン郊外に馬車を驅つて、卒然、雪が防腐の用をなさぬかを思ひ、馬車を下つて一民家に鶏を買求め、それを雪漬けにした。そのときに烈しい悪感を感じたのが原因となつたといふことである。年六十六。彼を経験哲學

の祖、歸納法の創唱者、實驗科學の鼓吹者とすると共に冷蔵法のパトロンに數ふるものある所以である。因みに記すが、ベーコンの逝きし年の翌年、一六二七年にロバート・ボイルが生れ、又一七二七年にニュートン死し、一八二七年にラブラースが歿してゐるから、大正十六年はボイル誕生三百年、ニュートン死後二百年、ラブラース死後百年に相當することとなる。

今度ベーコン三百年に、十月の「ネーチュアール」にはブロード氏の「フランシス・ベーコン及び科學的方法」といふ一篇を載せてゐる。ブロード氏には Perception, Physics, and Reality, 1914. 及び Scientific Method, 1923. 等の著があり、科學の哲學に關して「バートランド・ラッセルの影響を受けてゐるが、マッハとは別な見方をしてゐる人で、「ネーチュアール」の小篇には、ベーコンが打破しようとした科學研究法上の有名な四種の偶像等に就て簡潔に敘述してある。又去る五月の「ディスクヴァリー」にも、記念の意味でボラード氏（史家）は「ベーコン及び彼のかたみ（レガシー）」と題して、ベーコンが彼のニュー・アトランティスに描いた理想國を一の結社に於て實現に努めたことを記し、それがロバート・ボイルによつて一六四五年に始められた Invisible College となり、次いで、一六六二年にチャールズ一世に依つて、

今日のロイヤル・ソサイエティーとなつたことを述べてある。

ベーコンに關する古來の文獻は固より枚舉に堪へないが、然もそれらがベーコンの人、及び仕事に對し、その評價を餘りに區々にしてゐるにも亦驚かしめられる。ヴォルテールが彼を *père de la philosophie expérimentale* と呼びたる外、近世文明の先驅者、指導者を以て彼を目するもの、マコーレーのベーコン論がひろく知らるゝ以外、頗る多いが、同時に又他方には、彼を單なる空言家、シャラタンとし、何等のオリヂナリティーなく、又毫も復興期の自然科學を解する能はざりしものとするものも少くないのである。かの化學者リービヒは後者の最も激烈な一人とせられる。文明史家のドレーパーも亦ベーコンを頗る低く評價した。併しクローノー・フィッシャーはその近世哲學史中の一卷をベーコン及びその學派の敘述に當て、ベーコンの位置を重視し、又リービヒの評言に就てもベーコンの爲に之を辯じてゐる。又ベーコン文獻として重要な一八八九年再版オックスフォード・クラレンドン版ノブム・オルガヌムのファウラーの序論及び註には、是等の兩様の見方に就て詳細に論じてある。その他エチ・オー、テイラー氏の「十六世紀思想史」（一九二二年）のベーコンに關する章の如きは、ドレーパー

の「歐洲知的發達史」等に比し、史料も豊富に、今はベーコンの史的位置もこれらの諸著によりて適當に定められ、とにかく、リービヒ、ドレーパー、ランゲ（唯物論史）等の記載はベーコンに關しては餘り偏してゐると一般に看做されるに至つた。「ノブム・オルガヌム」と題するは、云ふまでもなく、アリストテレスの「オルガノン」（思考の道具）に對して、「新たなるオルガノン」の意、即ち、アリストテレスの演繹論理以外に、ベーコンが歸納法なる眞理探究の新しい方法を説き、二千年來のアリストテレスの權威に對して新旗幟を樹てたのである。併し又他に *Novum Organum Renovatum* 「新々オルガノン」と題せる書物もある。一八五〇年代に「歸納科學史」「科學思想史」等の著者ヒューウェルに依つて著はされたもので、固よりオルガノン、新オルガノンの如き勢力とはならなかつたが、ヒューウェルは獨逸哲學の影響を受けてベーコンの經驗論に満足しなかつたのである。又同時代のジョン・ハーシエルにも科學研究法の著があり、ハーシエル、ヒューウェルのこれらの研究が、スチュワルト・ミルに影響して、その「歸納論理學」を大成せしめた。

方法論、即ち科學研究法の研究なるものは、哲學者の間にさへカントの先驗的方法を、「唯

だ小刀を研いでゐるもの」といふ評もあり、新事實を知るに急なる自然科學者には、方法論の研究は一般に興味を惹かない。この意味でベーコンが何等新しきものを生み出さなかつたとし、謗らるゝならば怪むに足りないが、リービヒがベーコンを痛罵するは、彼が方法論に同情しなかつたことではなかつたのは、彼がミルの論理學の價値を大にアンエルケンネンしてゐたといふ（E. Wentscher, *Das Problem Empirismus, dargestellt an John Stuart Mill, Bonn, 1922.*）にも知られる。却てベーコンの方が焦躁に、眞理の獲得は經驗に依り、唯だ實驗にのみよりて得られる、とにかく實驗によりて新事實を數多く積集しなければならぬと云ひ、かやうにして彼は中世以降のスコラ學派の空想的瞑想的な研究法と闘はなければならぬとしたのである。この意圖に不合理はなく、リービヒの非難はこれらの方法論に向けられたのではなく、是等の言をベーコンが自分のオリヂナルの考であるかのやうに云つたことが世を欺くものであるといふ、即ちベーコンの人となりに對する非難であつた。實驗的、歸納的研究法の如きはベーコン以前既に久しく行はれてゐて、スコラ學派は夙に潰えてゐた。ベーコンの宣戰は恰も風車に挑戰する騎士の如きものであるといふ。（この譬喩はベーコン、沙翁同一人といふ史傳の

外にドン・キホーテの作者サーバンテスも彼の變名であるとする説を思ひ合はせしめる。スコラスティックの堅岩はベーコンより一世紀前に既に打碎かれ、イタリーのダ・ヴィンチ、ドイツのパラツェルズは彼より半世紀前に、又彼と同時に英國にハーヴェー及びギルバートが實驗科學を開いてゐたといふのである。然しながらこのときスコラ派が果して滅亡してゐたか、ダ・ヴィンチ、パラツェルズがいかほどベーコンに知られてゐたか、前記の諸書にその考證もあるが、とにかく、ベーコンが歸納法を自然科學のみならず、新しい哲學の一方法としたことに意味があり、リービヒのこの非難は當らないのである。唯だベーコンはノブム・オルガヌに概括的な方法論の外に、その傍證として博く同時代の科學に涉り、ギルバート (De Mag-net 著者) をもハーヴェー (血の循環の發見者) をも記載するが、特殊科學の眞髓を捕捉し得なかつたことは隨所にその記載の不精密、誤謬が見出されるに知られる。ハーヴェーは戯れに He writes philosophy like a Lord Chancellor と云つたと傳へられてゐる。

ベーコンは原子論に左祖してゐた。經驗論者として奇とすべきが、ベーコンは更に物體の熱状態を以て物質原子の動搖に歸したので、熱の動力説の初めを彼に歸する人もある (Tyndall,

Heat as a mode of motion)。併し彼が熱の本質を十分に理解せず化學作用と熱作用とを混同したこと、ハーシェルの既記の書中に在る。彼が又物質を貫通して偏在するエーテル乃至力の場を考へたこと、一面中世思想を傳へたところでもあり、物理學上エーテル概念發達史の一節をなすべきものである。

然しながら、これらの外に後世の科學者 (例へばドレーパーの如き) をして彼を非難せしめる隨一は、彼が最後までコペルニクスの地動説を解し得なかつたといふに在る。科學の革命者を以て自任する彼で、科學の最大革命と看做されるこの學説をその唱道後八十年にしてなほ之を認容することを拒んだことは不思議といふべきであるが、これ亦その時代を解すれば、この一事を以て凡てベーコンの價値を没し去ることの不當なることが知られる。

十六世紀に於て、コペルニクスを眞に理解したもの、ガリレイ、ケプレル以下に幾人を數ふべきか。ドランプルの天文學史等之等を記して詳細であるが、ティコ・ブラーエが既に、地球は宇宙の中心に靜止するとし、唯だ月の他の凡ての惑星が太陽を廻はり、太陽自身は是等の惑星を從へて地球を廻はるとしたのである。(かのアダム・スミスの未定稿の天文學史にはブラ

イエが強ひて異説を立て、世に阿つたとある。プラーイエ研究者には、Dreyer があり、全集刊行中である。又磁氣學のガリレイと呼ばれるギルバートは地球の自轉だけを承認したといふ。ベーコンは、

「コペルニクスのシステムには數多の且つ重大な困難がある。地球が幾重もの運動をなすと云ひ、又太陽を之と多くの類似ある他の惑星と故らに差別し、且つ太陽其他無數の輝ける星を皆不動なるものとし、然も月は地球の周りにエピサイクルの一種をなすと云ふ等、等、其他種々の假定は、唯ださうであるとすれば彼の計算が都合よく運ぶといふだけの意味で、自然へ一種のフィクションを導いたのに過ぎない」

と云つて、地動説を全然承認しなかつたのである。コペルニクスの De Revolutionibus の著は一五四三年に世に出たが、この中に彼は、「若し」太陽が宇宙の不動の中心であり、地球が自轉公轉をなすとすれば、太陽の「見かけ」の現象は、トレミーのシステムに於けるよりも遙かに簡単な「數學的」説明を與へると云つたといふ。ド・モルガン (Budget of Paradoxes) は、コペルニクスは果して所謂コペルニカンであつたらうかと疑つてゐる。コペルニ

クスは多くの場合に數學的理論として之を説いただけで、物理的事實として之を強要してゐない。一箇所そこまで進んだ所では、自轉は公轉よりも確からしいとしてゐるに止まつてゐるといふのである。地動説が事實として一般に認められるに至つたのは一六〇九年にガリレイが木星の衛星を發見し、之を太陽系の小模型として世に示したのをエポックとする。ティコ・ブラーエは一六〇一年に死し、この實證を見るを得なかつた。ベーコンはガリレイの望遠鏡發明を推稱しながら遂に最後まで地動説を拒絶したのである。ベーコンは又數學を理解しなかつたことが難ぜられてゐる (三世紀前のロージャー・ベーコンが却て數學と實驗との二研究法を理解したと云はれる。東京商科大學復興叢書所載拙稿参照)。數學的研究法はガリレイ、ニュートンに依りて始めて確立せられ、その確實性がカントの方法論を呼起したといふべく、或はベーコンとデカルトとの二潮流がカント以後の方法論を導いたとすべく、とにかくベーコンには數學的でない他の半面にその領分があつたのである。彼は又天體研究が數學者の手に落ちたのを惜んだといふ。プラートーも亦同様のことを云つたが、そこには一種の神祕論があつた。ベーコンは單に幾何學的ばかりでない天體の實質に關する知識を求めたので、言ひ換へれば、天體力



學ばかりでない天體物理學を求めたと解することもできる。

ベーコンには當時の英國の風潮であつたといふ巧智的、實利的なる傾向が多分にあつたであらう。又特殊科學に關してはディレッタントに止まつたであらう。併し、これらのために彼の價値を全部没し去ることはできない。唯だマコーレーが *moved the intellects which have moved the world* と云つた讚辭は文字通りには解されぬこととなる。

(昭和二年一月、東洋學藝雜誌)

## ニュートン

### 一文 獻

ニュートン書史としてはG・J・グレー氏編輯の八十頁のもの(一九〇七年増補再版)があり、ニュートンの著書、全集の各エディション並にニュートンに關する同時代及び後世諸學者の論著、學說の解釋、批評、其他傳記等總計四百十二種の書目を收め、ニュートン研究に必須の指針であるが、文獻中には主としてその表題にニュートンの名を冠せるものを單行本及び雜誌上の論文につき集めたのであるから、こゝに漏れた中にも學術史等でニュートン論をその一章とせるものなどにも重要な文獻が存在する。又この書史自ら既に二十年前のもので今は稀書ともなつた。昨一九二七年はニュートン死後二百年にあたり後條にも記すやうに諸所にて記念講演會などあり、英獨米等の雜誌にその記事があり、又英國の數學協會、米國の科學史學會で

は夫々英米現在の諸學者のニュートンに關する小篇を集めた記念の冊子を發行し、英國發行のには又一の有益なる書史があり、米國のには記念會に陳列した古書、エッチング、メダル等の目錄を添へてある。以下參考の文獻、書名等煩を避けて略記し、詳細をこれらの書史に譲る。

ニュートンの傳記の最も詳密なのは光學者として有名なサー・デビッド・ブルースターの一八五五年の著である。又シンボリカル・ロジックの研究等に有名なオーガスタス・ド・モルガンにもニュートン傳の研究があり、その中、一九一四年にジュールディン氏の編輯で翻刻せられたものもあるが、ド・モルガンはブルースターのニュートン傳を英雄崇拜に過ぐとする。なほド・モルガンの遺著で同夫人が編輯出版した「ニュートン、彼れの友、及び彼れの姪」といふ一書（一八八五年版）があり、ニュートンの性格についてかなり厳しき批評を下してゐる。ブルースター等より前の典據にはフランスにフォンテネユ、ピオー等の著がある。この他ドイツにローゼンベルガーの著（一八九五年）、又ブリタニカ及びナショナル・バイオグラフィイ等所載の傳記も固より依憑すべきものであるが、批評を交へない事實の記述にも諸書時として一致を缺くことがある。

ニュートンの全集は一七七九年にS・ホースレーの編輯で、プリンシピア、光學、代數學、其他古代史の年代學等の著述を集めた五冊のものが出版されたが、その外完全に彼れの斷片的原稿までを集めた、他のガリレイ、ライブニッツ、ホイゲンス等に見るやうな全集は未だ出版されてゐない。ニュートンの遺稿や往復の手紙等を彼れの姪婿が保管したものは、今ポーツマス・コレクションとして傳へられてあるが、その科學的とせらるゝ分はケンブリッジの圖書館に移管せられ、その目錄は一八八八年出版された。然しながらこのコレクションの中には、他に神學、年代學、鍊金術に關する手稿、その他家族的私的書簡等もあるが、それらはなほ私藏のまゝといふ。又「ネーチュアール」に依れば昨年偶然某所からニュートン遺藏の圖書が一箱見出され、その中にはニュートンの書入れと見なさるべきものも許多發見せられたといふ。彼れの傳記及び全集について新研究の必要であることは既に前記のジュールディン氏の如きは最も熱心に唱道し、自ら志す所もあつたやうであつたが不幸にして數年前歿せられた。

十七八世紀頃の學者の手紙には學術的意義あるもの多きが、ニュートンの手紙は、リゴードの「プリンシピア初版出版に關する歴史的論文」（一八三八年）、同氏編「十七世紀理學者書簡

集」(一八四一年)、エーデルストーン編「ニュートン、コーツ往復書簡集」(一八五五年)、ラウス・ポールの論文「プリンシピアに就て」(一八九三年) 其他既記ブルースター著の傳記等に、前記のポーツマス・コレクション及びロンドン・ロイヤル・ソサイエティ所藏等に基いたものがある。又ニュートンがベントレーに與へた有名な四通の手紙は原物は今ケンブリッジに收められてあるが、それだけが一小冊子として一七五六年に出版された。

ニュートンの仕事は、數學、星學、物理學に何れも劃時代的であるだけに、これらの科學に關する Montucla (1758), Bailly, Marie, Cantor, Heller, Rosenberger 等の夫々有名な歴史がニュートンに關する記述に力を傾けてある外、ヒューウェルの歸納科學史、科學思想史等もニュートンの章に於て特に價值があり、マッハの力學史もニュートンの絶對時間、絶對空間の批評に於て最も有力であると云へる。

ニュートンと形而上學とに關しては、ロツクと關聯し、カントと關聯し多く論ぜられるが、Léon Bloch, La Philosophie de Newton (1908), H. G. Steinmann, Ueber den Einfluss Newtons auf die Erkenntnistheorie seiner Zeit (1913) などその主要の文獻である。

## 二 ニュートンの生涯

ニュートンは一六四二年十二月二十五日(當時英國で用ひた舊ジュリヤン曆に依る。このとき大陸で行はれ、英國でも、一七五二年以後用ひたグレゴリヤン曆に従へば一六四三年一月五日) 午前一時から二時の間に、リンコーンシャーのウールズソープ村(ケンブリッジの北方五十哩)の餘り豊かならぬ農家の子として生れた。父はその數月前に結婚後數月といふに死亡した。ニュートンは早産であり(七箇月といふ)、生時特に小さく弱々しく見えたといふ。亡父の名をそのまゝ Isaac とつけられた。數年の後、母は隣村の一牧師に再嫁し、ニュートンは母方の祖母に育てられ、村の學校に通つたが、十二歳のときその地方の都會、グランサム町の學校に入りその町の或藥屋に寄寓した。初めは成績も悪しく級の最尾より二番目であつたが、或日彼よりも上席の一少年に辱しめられ蹴られ彼も黙せずして遂に彼よりも強きその相手を打ち負かした。その後彼はなほ自ら發奮して遂に學業に於ても級の最上位を占むるに至つたといはれる。昨年ニュートン死後二百年の記念に、今もなほ保存されてゐる彼れの出生の家、並にこ

のグランサムGranthamの學校へ學者のビルグリメージWilliam Brounckerがあり（そのときの寫眞は昨年三月の週刊ロンドンタイムスに在る）、そのとき現在英國の著名の物理學者ジーンズJohn LubbockがこのグランサムGranthamの學校に於て演説し、この室でニュートンが相手の鼻を壁にこすりつけたと語り、この有名な事實がなかつたならば彼れの一生に、従つて學術の歴史に變化があつたであらうかと云ひ、續いて、否大した變化もなかつたであらうと打消し、彼れの初期の成績不良は彼が風車や日時計などの製作工夫に熱中し課業を缺いたためであり、その穎才は夙く既に著はれてゐたと述べた。ニュートンがグランサムに在つた間に彼れの母は又もその再縁の夫と死別し、ウールズソープWoolsthorpeの故家へ二女一男の連子と共に復歸した。ニュートンもやがて歸郷し、暫くは家業を助け農事に携はつてゐたが、母方の叔父の勧めで、再びグランサムGranthamの學校で準備教育の後一六六一年六月彼れの十九歳のときケンブリッジ・トリニティー・カレッジに入學した。このとき英國は恰もクロンウェル死しチャールズ二世即位二三年のときであつた。

ニュートンはケンブリッジへ一の勞役學生として入學したのであつた。學校のため又は他の學友のため賤しき勤勞をなしつゝ、勉學するのであり、往時貧書生のためこの制度を設けてあつ

た。（今この制度なく唯だ紳士のみが入學することは、ニュートンの例に見て果して改良なりやと既記ジュールディンJurgen Dinn氏はそのド・モルガンの譯刻の註に記してゐる。）ニュートンがトリニティーに入つて教師に勧められて最初に讀んだ書物はケプレルKeplerの光學であつたといふ。これは彼が早く光學の方面に多くの發見をなした理由を示すが、彼はケンブリッジに入つて後初めてユークリッドを知つたといはれる。彼れの數學の素養は級友に比し低かつたのである。然かも彼はユークリッド中の二三の定理を讀んで直に之を自明の理を説いてあるつまらぬ書物と見て打捨て、顧みなかつたといふ。後に彼は之を悔いて人に語つたといふが、當時彼れの傾向は後の彼を有名ならしめた數學者理論家といふ側よりは、却て他の實驗家といふ側に在つたといふ。然しながら又元來彼は手わざに器用であつて、工作や實驗を好み、又彼がグランサムGranthamの藥屋に寄寓して以來、好んで化學の實驗、當時の鍊金術を試みるに至つたその習癖は終生彼に渝らなかつたといふ。彼れの本來は、夢みる空想家よりは精密に思慮する實際家に在り、彼れのこの性質は、同じく數學や力學に劃紀元的な仕事をなしながら、彼をして、他の寧ろ瞑想的なデカルトやライブニッツLeibnizと異なつた道を歩ましめたと云へる。

やがて彼は代数学や、新しきデカルトの幾何學を學び、一六六五年一月、二十二歳のとき、B・A・の學位を得、これと殆ど同時に代数学の二項法の定理を發見した。この發見のみを以てしても一人の名を不朽になさしめ得るものである。この前年の暮にロンドンに發生した、史上に有名な黒死病の大流行はつひにケンブリッジを襲ひ、大學は一時閉鎖の已むなきに至り、ニュートンも一六六五年の七八月頃から一六六七年の一月頃までケンブリッジを去つてウールズソープに在つた。ために彼は計畫した光學の實驗の中止を餘儀なくされたといふが、彼れの最も大きな三つの發見、光の分析の發見、萬有引力の發見、微積分法の發見は、皆このウールズソープに於ける約二年の家居の間にその萌芽を得たと云はれる。かの林檎の挿話もこの間の出來事である。

これらの發見の内容について語る前に、一通り彼れのその後の生活について述べれば、一六六七年に入りて早くケンブリッジに歸り、上述の發見については何等人に語らなかつたが、既にその材は認められてトリニティー・カレッジのフェローに推された。一六六八年の終に、彼れの有名なる發見の一なる反射望遠鏡の創製があつた。その風評はロンドンに聞えて、ローヤ

ル・ソサイエティーはその一見を乞ひ、彼がこのとき新たに自作した望遠鏡は今なほ保存されてある。彼はこの場合にもこの新器械の原理の發明よりもその工作の技に於て誇があつたと傳へられてゐる。一六六九年彼が二十六歳のとき、神學者並に數學者なるバーローの推薦により、バーローが從來擔當してゐたルーカシアン教授の椅子を占むることゝなつた。その義務は、毎年一學期間毎週一回（大抵半時間といふ）或る數學的題目について講義することゝ、毎週二時間學生の質問に應ずることゝにあつた。彼はこの位置を得て漸く生活に餘裕を生じ、研究に主らなる時間を得るに至つたといふ。彼は一生を獨身で暮らしたが、彼が八十五歳で死んだとき、八十二歳の一老婦人、もと既記グランサムGransamの藥屋の親戚の娘であつたのが、昔ニュートンがこの家に寄寓したとき相知り相思の間となつたが、彼がフェローであつたとき、雙方の貧困は遂に彼等に結婚の望を絶たしめたと言つたといふ。女はその後に二度結婚したが、ニュートンは一生その婦人に對し好意を持し時々これを援助したといふ。併しニュートンがこの婦人のために獨身で終つたと解するは證據を超える。特に彼れのその後の研究に専心の風に見れば、と（ド・モルガン）。

彼はルーカシアン教授として光學をその講義題目として選んだ。一六七二年ロイヤル・ソサイエティの會員として選ばれ、ついで彼は光の分析の實驗に關する論文をこの學會へ送つた。彼が疫病を避けてウールズソープに在つた間に一のプリズムを得て實驗した結果とせられる。又この光の性質により屈折望遠鏡よりは反射望遠鏡に將來があると見た。然しながら光の分散が硝子の性質に關することにその當時誰も、ニュートンも氣づかなかつたことが、この實驗を繰返した人々にニュートンの實驗結果に疑惑を起さしめ論難を生じた。一六七五年に透明物質の薄膜の生ずる色彩、所謂ニュートン環の發明について報告した。當時ホイゲンスやイギリスのロバート・フックは光の波動説を唱へ、一六六五年イタリヤ人グリマルディの發見した光の廻折現象も波動説によりて説明してゐたが、ニュートンは光の微分子説を構成し、光の分析も廻折もニュートン環も之によりて説明し、有名なフィットの假説を導いた。これらの所説に反對した、即ち上記の論難者の隨一人にフックもあつた。ニュートンは初め一々丁寧にこれらの反對論に答へてゐたが遂にその煩に堪へず、此の如きは自分をフィロソフィーの奴隸となすものである、人は新しき事を發言しないか、又はその奴隸となるかの二つに一つを選ばなければ

ならないであらうかと一六七六年十一月ロイヤル・ソサイエティの幹事に書送つて、以後一切沈黙すると宣言したといふ（後條参照）。光の假説に關しては後にニュートンの權威が一世紀間波動説を封じたことを遺憾ともするが、そのフィットの説は近頃アインスタインの輻射の確率として復活したとも稱せられる。

一六六五年ニュートンは二項法の發見に次いで無限級數の研究、續いて流るゝ數量、フリュエント、又フラクシヨンの發見に一六六六年に到達し、之に關する論文は一六六九年と一六七二年との二回に書かれたのであつたが發表せられなかつた。一六七六年にライブニッツにフラクシヨン法について文通し、ライブニッツからその發明せる微分法についての答を得、兩者の同一なることに氣づいたが、この頃から彼れの注意は他に向けられ、一六七九年以後彼れの有名なる天文學及び重力の問題の研究期に入る。

### 三 萬有引力

コペルニクス、ガリレイ、ケプレルの先蹤によりて、地球其他の惑星が太陽のまはりに楕圓

軌道を畫くこと、又其軌道がかやうに曲線なるためには何等か機械的原因に其説明を求めなければならぬことは、スコラ學派から解放された十六七世紀には自ら一般の問題となつてゐた。その中、十七世紀の中葉に最も勢力のあつたのはデカルトの渦動説であつた。宇宙はエーテルを以て充滿し、それが旋轉し渦動をなす、渦動の中心に太陽が在り、諸惑星はこの渦動によりて太陽の方に引かれ、太陽のまはりを廻る、又地球を中心とする渦動があり、之によりて月が地球のまはりを廻る等、流動體の渦動の中心に輕物質の集まるに類推して説明した。ホイゲンスは之を敷衍して、水を容れた器の底に水より稍重き一小物體を置き器を廻轉すれば物體は廻轉の中心より遠ざかるが、急に器を止むれば、水はなほ廻轉を續けるがこのとき物體は却て中心に近づく、この現象を以て地球上の物體の重力の説明と見なした。然しながらこれらは皆なほ臆説に過ぎず、なほケプレルの二法則に正しく適合するやうな精細な説明が求められてゐた。一六六六年にイタリア人ボレリは惑星や衛星が軌道を畫くことを糸の先きに石を結びつけ糸の他端を手に持しふり廻はした場合に比べて、遠心、求心の力について稍明瞭なる觀念を示した。併し之を數量的に、速さの自乗を圓周の半徑で除したもので表はし得たのは一六七二年ホ

イゲンスの論文ホロ、ギウム・オツシラトリウムを初めとする。又一六六六年に既記フック(彈性のフックの法則の)は地球表面から上又は下に遠ざかるに従ひ重力の減すべきことを想像し(之より先、ギルバートが重力を磁力に比した説もあつた)、セント・パウル寺院の尖塔に於てと地面に於てとの重量の比較を天秤に長き糸で吊るした皿を用ひて實驗したが結果を得なかつた。併しその差の測定が可能なるべきを云ひ、又前記ボレリの所説を敷衍し、天井から吊るした振子に圓錐運動を與へ、錘の畫く圓又は楕圓の軌道などにて惑星衛星の軌道を類推せしめ、一六七四年には凡ての天體は互に相引き、それらの引力が夫々の運動を支配するのであらうと云つた。

一六七九年十一月二十四日附でフックはロンドンからケンブリッジへ、ニュートンに手紙を送り、同二十八日附でニュートンは之に答へてゐる。この二つの手紙はケンブリッジの圖書館に藏せられてあり、その全文が既記のボールの論文に掲載されてある。ニュートンが如何様にして引力問題に入つたかを知る好材料であり、これらの文通の大要を記せば、フック(一六三五—一七〇三)は先づ、ロトヤル・ソサイエティーの依頼によりてこの手紙を認めたことを斷

り、ニュートンに何等か近業の、ロイヤル・ソサイエティーに提出せらるべきものなきかを問うてゐる。之が主用であるが、次に、彼がニュートンとの間に感情の疎隔あるやうに傳へられてゐるのは全く中間二三子の誣言であり、學術上の意見の相違に何等かやうの自分の自分に起り得べからざるを辯じ(前條参照)、次に、自分は天體運動の説明に、之を軌道上切線方向の直線運動と、軌道の中心へ向ふ引力に依る運動との合成結果となすことに就て、又これらの力(スプリングネス)の法則及び原因に關する自分の假説について貴下の意見を示さるれば幸であると述べ、次に、最近パリで囑へられた新説では、惑星や衛星の軌道が完全な圓であり、太陽は諸惑星の軌道の中心に在るが、太陽自身は他の渦動の中心のまはりに圓周軌道を畫き、その週期は地球の公轉週期の殆ど二分一で、太陽の軌道面と黄道面との傾きが歳差を造るといふ。之については議すべき點が多いやうであると附加して、なほパリに於て最近ピカール、カッシニ等が諸所の經緯度の精密測定をなした報告があつたことを記し、垂線觀測によりロンドンとケンブリッジとの緯度の差の測定をなすことを望み、なほロンドン學界の一二の近事を記し、最後に餘りに長文の他を煩はしたであらうことを謝しつゝ結んである。

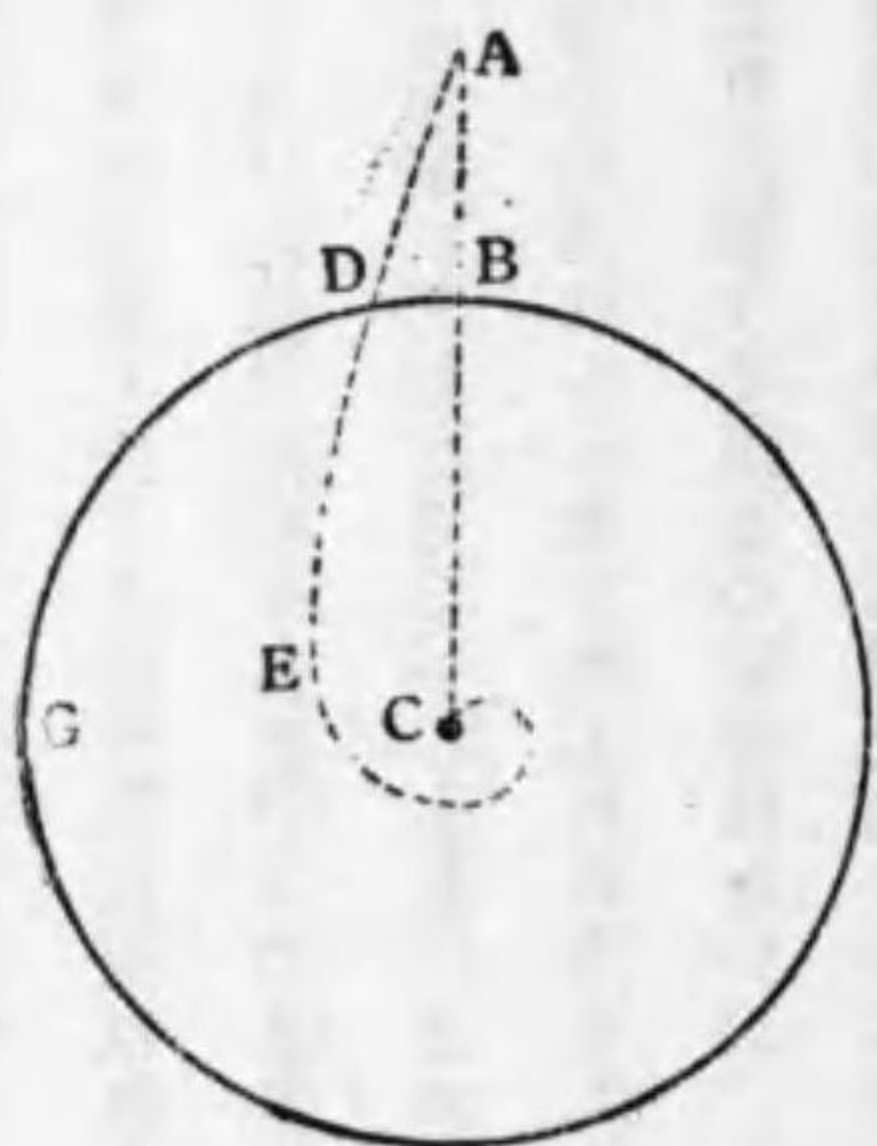
このフックの慇懃なる手紙に、前記のやうにニュートンは日附四日を隔て、ケンブリッジから返事してゐる。その手紙にいふ。この半年リンコンシャーに在つて、主ら親族間の雜事を處理しつゝあつて昨日當地に歸つたばかりである。歸郷中には何等貴下の希望に添ふやうな學術的思考の追もなかつた。その以前にもこの數年間には全く學問(フィロソフィー)から離れ他研究(スタディー)に移り、そのひまにでもなければフィロソフィーは考へなかつた。そのため近頃ロンドンや外國の學者たちが何をしてゐるかも殆ど全く知らない。御手紙によつて初めて貴下が天體運動について種々の意見を出されたことを知つた、學界では熟知のことであらうに。併し自分がかくフィロソフィーと離れ現在の仕事に奪はれてゐることを、貴下及びロイヤル・ソサイエティーに背いたゝめと解されないことを望む。尤も、先きにソサイエティーの前幹事が自分を論争に引入れようと強ひたのには他の理由で拒んだのであつた。自分は貴下が自分をなほ顧みる價值ありとせられ、種々の事柄に關し、端的に通報せられたことを心から謝すると。

ニュートンは續いて、フックの傳へたパリの新宇宙説について、それは眞理ではないであら



うが、併し若しそれが現象に適合したら、簡單といふ理由で甚だ價值があるであらう。併し、如何にして水星其他凡ての惑星の軌道がかやうに同心圓に歸し得べきかを疑ふ。その眞否は先づ、例へばよく知られた火星及び地球の如き二惑星について吟味するが捷徑である、と云ひ、又、この大學で天文觀測を好んで爲すやうの人は自分は知らない、自分自身は近視であり強健でもなく不適當であるが、併し多分この冬は現在よりは暇を得て、貴下が申出されたやうなケンブリッジとロンドンとの緯度の差を測ることができであらうと。

之に次いでこの手紙の學術史的に最も重要な部分が来る。即ち、ニュートンはフックの來書の意に答へて、地球の自轉を發見し得べき自分の空想について報告しようと思ひ、先づ地球の公轉の結果は小なる故之を省き、圖のBDGが地球で日々西から東へBDGの順序に廻るとし、重さある物體がBの垂線上Aに在りて地球と共に廻る。併しAから之を落下せしむればその重量は之に地球の中心の方への新しき運動を起す、併し之により西から東への舊來の運動を減じはしない。AはBよりもCから遠いからAに於ける物體が、落ちる前に有してゐた西から東への運動は、Bのそれよりも大きいであらう。故にAより落ちてBには至らずその東方Dを過ぎ



一、の螺旋線AECを畫いて地心Cに達するであらう。是は通俗にAから物體を落したとき、その間に地球が西から東へ轉ずる故、Bの西方に落ちるであらうと考へると正反對である。二、三、十ヤードの高さを落したのでは餘り微小の偏りであらうが、十分適當の方法によればその結果を見出し得るであらうと云ひ、次に詳しく實驗の方法を示してあり、唯だ之は自分の空想であり嘗て計算もし實驗もしたのではないと云ひ、最後に、自分がフィロソフィーから遠ざかつてゐるが、自分に何事か人類に役立つことが出来たならば手紙でそれを貴下に傳へようと結んである。

ニュートンが所謂フィロソフィーから遠ざかつて携はつてゐた仕事は何であつたかは、一六七六年から七八年までの彼れの消息については、彼の傳記者が何も記す所がないので不明であるが、彼がフィロソフィーといふは理論的アカデミックの學問の意らしく、とにかくこの間彼は自ら多忙に暮らしたのであるから或は光學的實

験の工作的仕事又は化學的實驗に彼れの嗜好の赴く所に従つてゐたかとも思はれる。

フックは以上のニュートンの手紙を受取つて十二月四日のロイヤル・ソサイエティーに報告した。ニュートンのこの地球自轉の實證の提議は滿場の賛成を得、このときサー・クリスファ・レン並にフラムステイドが之について意見を述べてゐる。フックは十二月九日に更にニュートンに返事した。その手紙は失はれたが、内容は同月十一日のロイヤル・ソサイエティーの報告及び記録で推察せられ、このときフックはニュートンのいふ螺旋線は誤りで一のエリプソイド(詳細は不明)なるべしとし、またニュートンのいふ純東方偏離は赤道のみに於て起り、なほ南方にふれる(南方のふれの方を大とした)とニュートンに通信したと思はれ、ニュートンのこれに對する返事の記録はないが、大要を承認し、螺旋線といへるは倒立圓錐の内面を一樣なる重力の下に落下する場合について考へたのであるとしたらしく、越えて一六八〇年一月六日附で、フックは又、彼が、引力(重力と同じく)は距離の自乗に逆比例すると假定してゐると云ひ、又ニュートンの提示した實驗は進行中と附加へ、一月十七日附でフックは更にその實驗の成功を報じ、復た、中心引力の下に於ける運動の問題に歸りて、ニュートンに、若しこの問

題を考ふる時間があつたならば、一二言を之に與へらるれば、フックも又ロイヤル・ソサイエティーにも、そこではこの問題が論ぜられたのであるから、一同に幸であると記した。この手紙の後の消息としてはこの年の十二月にニュートンがフックに與へた他の用事の手紙の末に、自分が思ひついた實驗をソサイエティーが實行したことを謝する旨が書いてあつたといふだけで他の記録がない。

ついで一六八四年一月ロイヤル・ソサイエティーで、レン及びフックにエドマンド・ハリイ(一六五六—一七四二、天文學者、ハリイ彗星の計算者)が加はつて天體運動について會談した。ケプレル第三法則(週期と平均半徑に關する)とホイゲンスの見出した求心力の値(速度と半徑とに關する)との兩者の結合から、中心力は距離の自乗に逆比例すべきを知り得たがそれらがケプレルの第一、第二の法則と如何に關係するかについては三人寄るも全く望洋の嘆あるのみであつた。フックは稍詳しく知れるやうであつたがハリイの追問に答ふる所がなかつた。その年の八月、ハリイは自ら進んでケンブリッジにニュートンを訪ひ、卒然として、距離の自乗に逆比例する中心力に働かるゝ物體の軌道の何なるべきかを尋ねた。ニュートンは言下にそ

れが楕圓なるべきを答へた。ハリーは自分の豫想と合せるを喜びつゝ、如何にして之を知つたかを再問した。ニュートンは無造作に、否既に一六七九年に之を計算によりて見出したと答へ、然かもそのときその計算の舊稿を見出し得ず、新たに解をつくりて送るべきを約し、三箇月の後、同年十一月にその約を果した。ニュートンはハリーの訪問後、中心力の下に於ける面積保存律、楕圓軌道の場合に焦點に於ける力の法則、その逆として距離の自乗に逆比する中心力に働かれるものゝ軌道の計算等、ハリーの質問に應ずるものゝ外、なほこの問題の研究を續けて、その年十月に始まる學期に於てケンブリッジで之に就て講義した。講義は *De Motu Corporum* と題され、その手稿は既記ポーツマス・コレクションの中に見出された。運動の法則を論じ、定義、レンマ、命題等を全くユークリッドの體裁に列叙したものである。十一月ニュートンの通信を得たハリーは再びケンブリッジに來つてニュートンに遇つた。十二月十日のロイヤル・ソサイエティーの會合で、ハリーは、ケンブリッジでニュートンに會し *De Motu* なる彼れの不思議の著述を見たと報告し、ハリーの希望によりこの著述は當學會に送られて記録に載せしめらるべきことを約束したと述べた。翌一六八五年二月ニュートンは一小冊子 *Propositiones*

*De Motu* と題するものをロイヤル・ソサイエティーに送つた。前者との小異等は既記ポールの論文に詳かである。

ニュートンはこれらの小篇の擴張を企て、「十七八箇月」の後之を成就した。一六八六年四月二十一日ハリーはロイヤル・ソサイエティーで、今やわれわれの貴き（ウォーシー）同胞、アイザック・ニュートン君は運動に關する比類なき一著述を殆ど印刷に附し得るばかりに完成したと報告し、同月二十八日の會合で、その手稿を受領したことが記録されてある。*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* と題する。このとき提出されたのはその第一部であり、學會では直にその印刷すべきことを決議したが、費用は一切ハリーが負擔する所となり、六月より印刷が始められた。第二部は同年の夏、第三部は翌月の春完成し、同年、一六八七年七月プリンシピア全部の印刷が終つた。

前述のやうにプリンシピア第一部の完成にニュートンは十七八箇月を要した。この著述に着手した最初、何等分量の豫想がなく、唯だ講義の小篇を稍擴張する位のつもりにてかゝり自ら思はず時を要したとも記したといふ。（この小篇はプリンシピア第一部にも足らず。）一六八五

年はこの著述に最も力を盡した時期であつたが、ニュートンは必ずしも全注意を之に與へず、却てこの間多くの時間を化學實驗室で送りつゝあつたことが彼れのノートによりて知られるといふ。

プリンシピアの第一部には初めに力學の一般原理を述べ、物體が既知の軌道に於て、又は既知の力の下に、又は物體相互の引力の下に運動する場合について論じ、特に運動を攪亂する力の影響について論じた。又、引力の法則を一般化し、宇宙間の各部分は他の部分をそれらの質量の積に正比例し、距離の自乗に逆比例する力を以て相引くと言ひ表はし、球層の引力の法則を計算した。第二部には抵抗あるメヂウムの中の運動、流動體の靜止及び運動、並に波動、潮汐、音響等について論じ、終りにデカルトの渦動説が事實と矛盾し、運動の法則と容れないことを述べた。第三部には第一部の結果を太陽系内諸惑星諸衛星の運動に應用し、諸星の質量や距離を定め、又月の運動を論じ、潮汐に就て更に詳論し、歳差について論じ、彗星の理論を研究し、彗星が太陽系に屬すること、その軌道を定め得べきこと等について示してある。プリンシピアの諸命題の證明は凡てユークリッド幾何學を用ひてあり、この方法はこの場合に迂遠で

あり却て困難であり、ニュートン自ら始めフラククション法で解いて後に之をユークリッド風の解に直したと、彼れの草稿によりて知られるといふ。フラククション法は當時未だ流布してゐなかつたため之を書中に用ひなかつたのであらうとせられるが、なほその敘述の簡潔であり、又圖を省略し、分析的より綜合的であること等が大抵の讀者に難解であり、この書の内容が一通り正解せられて流布したまでに英國に於て十年、大陸に於て二十年かゝつたと稱せられる。大陸の中にも、フランスに於てはデカルトの權威容易に墜ちず、凡そ半世紀の後、一七三八年ヴォルテヤが之を通俗化したことによつて初めてニュートンの説も一般に認められるに至つたといふ。

然しながら少數の學者の間に於てはニュートンの仕事の偉大なる價値は直に認められたがそれと共に異論も多く生じた。プリンシピア一巻に收められた新しき著しき結果の餘りに許多なるため、一人の力で之を成し遂げたニュートン其人は又常人の如く食ひ且つ睡るかと怪んだロビタールがあり、ハリー其他がニュートンを神に最も近き人、神の默示を啓き得た第一の人と讃ふる等あるが、オランダのホイゲンスはニュートンの價値を最も早く認めた一人であつたが、

ニュートンのいふ引力の概念について、之をその信ずるデカルト風の連続説によりて疑を挟んだ。ニュートンのいふ引力は中間物に依らざる直接作用であるから、自然現象を純器械的に説明しようとする傾向に反するもので、中世スコラ學派のいふ物質内在の力（オッカルト・フォース）の概念を復活するものであるといふ非難である。ニュートンの有名な「假説を吾は造らず」といふモットーは渦動説や波動説に對峙したものであつたが、既記ベントレーに與へた手紙の中には、引力の説明にエーテルの如きものゝ假定の必要を述べてある。ニュートンはニュートニヤンに非ずとも云はれる。この直接作用間接作用論の現代物理學に於ける意義等についてはこゝに之を省く。

ライブニッツはデカルトの渦動説を信ぜず、稍オッカルト・フォースに近き考へをも述べた。併しニュートンの運動の概念について攻撃し、ニュートンが絶対時間絶対空間を神の機關とする如きには神學から之に反對した。これらの問題につきライブニッツとサミュエル・クラークとの往復の書簡は一七一五年代にロンドンとアムステルダムとの兩方から出版されてゐる。

ニュートンがプリンシピアを完成したのは一六八七年、四十六歳のときである。彼れの學術

的仕事はこの時を以て終つたとせられる。その後なほ四十年許りの生を保ち、その間に光學等の書物の出版、月の運動の研究其他神學の著述等もあつたが著しき研究と稱せられるものはない。一六九六年貨幣局に聘せられロンドンに移り、九九年その長官となつた。一七〇一年ケンブリッジの教授の職を辭し、一七〇三年ロイヤル・ソサイエティーの長に選ばれ、一七二七年三月二十日（ジュリヤン曆）八十五歳で死したまでその位置に在つた。死後ウェストミンスター寺院に葬らる。ケンブリッジに在つた間に、一六八九年ニュートンはケンブリッジを代表した議員の一人となり議會に出席し、時の問題であつた大學の獨立について論議した。（初めにはニュートンも主となつて働いたが議會に出席してからニュートンが沈黙を破つたのは唯一回、守衛にあのドアをしめて下さいと云つただけであつたといふ。）彼がワリスに與へてフラクシヨンの方法について説明した有名な手紙は一六九二年に書かれ翌年出版された。九二年の暮頃から暫く病床に在つたらしいがその期間及び病氣の程度につきイギリスの諸書にも記す所區々であり、一書には二箇年、他書には數月とある。この事實につき初めイギリスの傳記者は知らず、ホイゲンスの手記にニュートンが發狂したとの噂を聞いたことを記してあり、之に

就てホイゲンスとライブニッツと痛惜して往復した手紙も見出され、それらがフランスの光學者ビオーの書いたニュートン傳(一八二〇年頃)に記され、イギリス側では喫驚して史料を調査したるも、ニュートン自らが不眠症を訴へたものがある位で、九三年頃にはベントレーに與へた有名の手紙も書いたことさへあり、發狂といふことには反證も擧げられてゐる。又この異狀の原因として、九二年の暮頃、ニュートンが禮拜堂へ行き不在の間に机上の燭臺が倒れ彼れの化學實驗室と二十年間の實驗記録とを燒盡した。彼は歸りて之を見て茫然自失一箇月餘快復しなかつたといふ聞書もありとせられるが、彼がこれらの出來事で失心するとは信ぜられぬとする著者もある。又この點火のまゝに残せし燭臺を倒したのを愛犬ダイヤモンドとすること、この愛犬の過失に對し彼れの寛大であつたことなども傳へられてゐるが、又彼は嘗て家畜を飼つたことがなかつたといふ話も傳へられてゐるさうである。

彼が貨幣局に聘せられたことについては、當時英國の貨幣に對する一般の信用を失したため、貨幣の質を改め、且つニュートンの名によりてその信用を回復しようとしたのにあるともいふが、既記ド・モルガンの書には之等に關し他の裏面的消息を記してある。この他ニュートンが

ロンドンに移りて後は從來の學究生活を棄てたため之を惜むの餘りにかこの貨幣局入りを苛評する傳者も少くない。然しながら又之はそのときのイギリスがかくしてその有する偉人に報いたのであり年俸一五〇〇磅であつたとも云はれる。

ニュートンの仕事は四十五六歳で終つたが、ガリレイの仕事は四十五歳から始まつたと云はれる。然しながら寧ろこの短かき間にニュートンは普通の第一流の學者の數世にしてなほ企及し難き仕事を成就したのであり、その仕事の三つの頂點は光學と數學と力學とに在り、光學については先きに略ぼ述べた。數學については固よりフラクシオン法、即ち今云ふ微積分法の發見をいふのであるが、その發見の歴史、ライブニッツとの優先權の争ひなど、既記 Montucla, Cantor 等の數學史に詳密である。最近には Mahanke 氏ベルリン・アカデミー二百五十年祭の論文集(一九二五年)に、從來のゲルハルト編ライブニッツ遺稿集に漏れたる材料によりてこの問題を論じたのもある。又ニュートンの記號法、及び之に含まるゝ概念を不適當とするあり(微分に非ざるにより)、却て嚴密とするあり(極限の概念によりゲー・コワレフスキー等)、又十九世紀の初頭、イギリスに從來保守的にニュートンの附點記號法に従ひたるため、却て大

陸に於ける發達に遅れたるを遺憾とし、ハーシェル、ヒューウエル等が附點記號法廢止協會を起したるなど後の歴史もあれど、ニュートンの當時、この新數學を應用し得たるは發明者たるニュートンとライブニッツとの外にはスイスのベルヌーキ等二三を數ふるに止まり、就中ニュートンが特殊問題を解くことに敏なりしこと種々の挿話も傳へられる。又この技倆あるによりてニュートンの大を加へたのであるとアインスタインのニュートン評に在る。(昨年の *Naturwissenschaften* に在り、併しその中にニュートンが偏微分をも知りしやうに記したるについてはホッペ氏は「數學、自然科學、及び工學の歴史のアルヒーフ」の中で難じてゐる。)

ニュートンの力學に關する仕事は凡てプリンシピアの中に收めてある。この書の表題は、自然哲學の數學的原理と譯すべきが、自然哲學はこゝに單に自然學、又は物理學の意なること贅言を要しない。併しこの書は物理學の全般についてともなく本來は一の力學教科書又は力學全書ともいふべきが、自然現象の器械觀が理想である限り、この書を以て全自然學の原理といふこともできる。力學書としてはガリレイの對話篇以後、ホイゲンス、ベルヌーキ等の同時代者の諸著に比して、その分量に於てもその組織に於ても類を絶し、根本原理より始めて極めて複

雜なる問題にまで及ぼせる最初の書物であり、その方法に見て、ニュートンを數學的物理学の父とし、プリンシピアを最初の數學的物理学書といふべきである。プリンシピアに對する同時代のデカルト派の非難等はやがて終熄し(地球の形狀の測定等が一のエピソードとして)、プリンシピア世に出でてより二百年の間にその所説の大意に於て變改せられる所なく(ラブライスが音響の速度の理論を改めたこと等はあるが)後世の力學は凡てプリンシピアを動かぬ基礎として築き上げられた。最初にその敘述に嚴密な批評を試みたのはエルンスト・マッハであり、就中その絶對運動の概念に關して批評したのである。(是等に關しては嘗て余は「絶對運動論」といふ稿中に述べた。)それらが現時の相對論に導いたことは茲に贅しない。

又プリンシピアの冒頭に在る定義第一は、質量の定義である。マッハは、質量を重量から明瞭に區別したのをニュートンの功績であるとしたが、併しこのプリンシピア冒頭の定義に於て、ニュートンが、物體の質量は密度と容積の積であると云ひ、次に密度は單位容積の質量であるとせるは拙なき循環であると云ひ、マッハが自ら提示した有名な質量の定義は作用反作用の法則を用ひたものである。然しながら之に就ては P. Volkmann の密度と壓縮性との對比の説も

あるが（同氏理論物理学序論）、最近 E. Hoppe は前記の科学史アルヒーフ（一九二八年）の中にニュートンを原子論者として、密度とあるは單位容積中の原子（元子）の數の意であることを考證してある。質量は、キルヒホッフに於ては一常數であり、ヘルツに於ては質點の數であり、とにかくニュートン力学の定義の中に於ける一難點であつたが、相對論はこれに關しても一轉回を與へたのである。

時間空間質量に關する定義を除けば、プリンシピアの最も原理的な部分は、運動の法則と萬有引力の法則とである。前者はニュートンの三運動法則と名けられ、その第一と第二とはガリレイ又はダ・ヴィンチ或はデカルトをその發見者とすべきが、デカルトも亦そのプリンシピアに運動の三法則を擧げた。その第一と第二とは略ぼニュートンのと同様で、第三が衝突に關するものであるが、第三のはその提言は精密を缺いてゐた。ニュートンの作用反作用律は適當に言ひ表はされたがその内容は當時既知のものであつたこと諸家の既に説いた所である。即ち所謂ニュートンの三運動法則はニュートンの發見でなく、ニュートンが既知の原則を適當に言ひ表はしたといふべきである。（ヒューウエルもその歸納科学史中に然かいふ。）

萬有引力の發見はニュートンの名を最も流布せしめた。然しながら之に關しては既述のやうにフックは距離の自乗に逆比例する力を地球重力として又諸星間の引力として假定してゐたと一六七九年乃至八〇年のそのニュートンに與へた手紙の中にも記してゐたほどであり、ニュートンの名が引力法則發見者として高まると共に、その優先權を主張した。ハリーはこの間に處して非常に苦心したやうで、これに關しニュートン、ハリーの往復の手紙は許多残つてゐ、ニュートンはフックに對しては甚しく不滿に感じたらしきが、この引力の法則は彼は實に一六六六年黒死病の流行を避けてウールズソープに在つたときに發見したのであると一六八六年初めてハリーに謂つた。之によつて又彼が此の如き大發見を何故に凡そ二十年間秘してゐたであらうかは一の疑問となり、從來その史的研究は十分になされてゐるが、ショーペンハワーのバレルガの中にそれについて當時知られ得た限りの材料を擧げてあるのも一奇である。その結論として、フックの發見した自然力をニュートニヤン引力と稱するはコロンブスの發見した大陸を追隨者の名をとりてアメリカと名けたやうなものであるとしてある。（ショーペンハワーは他にファルベンレーレでニュートンの説に反對した。カントがニュートンを貴び、ヘーゲルが



ニュートンを活字拾ひとして軽んじたるなど對照される。)

ニュートンのウールスソープに於ける引力の發見には林檎の傳説が伴ふ。これらに就て記して此篇を終るべきが、この傳説はヴォルチャの *Lettres sur les Anglais* (1731) の中に記されたのが世に傳へられた初めであり、ヴォルチャが一七二六年より二九年まで三年間イギリスに在り、ニュートンには遇はなかつたが、彼れの二七年に死したる後、彼れの家事を掌つてゐた彼れの姪からこの話を聞いたといふのである。ニュートンがウールスソープの自家の庭に在つて考へに耽つてゐたとき林檎の實の落つるを見て、俄かに、林檎に働いた重力はなほ遙に高く遂に月にまで及ぼさないであらうかとの考へを得るに至つたとするこの逸話をマッハも其儘用ひて思考の連續の原理の好例としてゐる。實際にウールスソープの家に一八二〇年頃まで一つの林檎の樹があり遂に枯れて倒されたが、その木で記念の腰掛が造られてあるといふ。以上の話にヴォルチャには時の記載がないがブルースター等は之を一六六五年の秋か一六六六年のこと、推定してゐる。併しニュートンの直接の弟子ペンバートン等が當時引力の法則を通俗に記したるものなどのイギリス側の記録がこれほど著しき挿話について何等傳へてゐないので話

の眞偽が疑はれてゐるのである。

とにかく一六六六年に距離の自乗に逆比例する萬有引力に想到したといふことはニュートン自身のハリーに與へた手紙の中に在り、唯だ何故にその發表を二十年も延ばしたかゞ疑問となるが、是れ又種々に解釋されてゐる。先づ距離の自乗に逆比例する力(乃至加速度)の法則を、ケプレル第三法則と求心力の法則とから求め得たとするが、然れば求心力の法則は既記一六七二年のホイゲンスに先だつてニュートンが計算したのであり、又可能とすべきであるが、かやうにして地球面上の加速度から月の加速度を計算し、それにより月の週期を計算したが、其値が實測上のと著しく差があるため、假定が誤りであるか或は不十分である(渦動説を捨て得ぬかなど)と思つて打捨てたといふ。この計算は、基礎となる地球上緯度一度の隔たりのデータに當時の不精密なる値を用ひたゝめに結果を過まつたが、その後に一層精密なる測定がパリでなされて居り、ニュートンがそれを聞かない筈なく、聞いて計算をやり直さなかつた筈がないとも云はれ、又實際一六七二年頃計算してその兩方の測定の吻合したゝめ、昂奮して自ら計算をつゞけることができなくなり、之を友人に依頼したといふ話も傳へられてゐるが、その友人

の誰なるかも全く不明であり、この話の價值疑はしく、とにかく一六六六年から一六七九年まではニュートンは重力問題には全く注意しなかつたとするに衆説傾いてゐる。

ニュートンが一六六六年に距離の自乗に逆比例する力に想到しながら直に此考へを發展せしめなかつたことに就ては、その原因を前記のやうに緯度の隔たりの誤算とする他に現在最も有力なる説は、前記のやうな力の法則は點と點との間のそれであるから、彼は之を點の群である物體と物體とについて總和すれば如何なる値となるかといふ問題を考究し然かも之を解き得ず、遂に球層（シェル）が外の一點に及ぼす引力は球の中心に集中して働いたとすると同じといふ解を一六八四年に得て、茲に初めて解決の鍵を得て、月と地球との引力の問題にも進むことを得、即ち世に發表するに至つたといふのである。かくして地球が眞球であらぬため、合力が地球の中心を過ぎず、即ち歳差運動を生ずるといふことにまで發展した。これらに比すればフックの発見はなほ程度低く、又フックより以前にも同様の法則に思ひついたブイヨール（一六四五年）もあること知られ、それらは、球面積が半径の自乗に正比例することから引力の強さは距離の自乗に逆比例するであらうといふ推量を生んだものとも解せられる。又たとへニュートン

にこの法則発見のオリジナリティーを否定するとも、當時の渦動説が既記のやうに不明瞭であり、フック等が假定以上に出でなかつたのを精密なる數學的物理学の問題と化したことに他の何人にも企及し得なかつたオリジナリティーを示し、是によりて初めて最近科學思潮を喚起するに至つたといふことは誰も疑はない。

（昭和三年十一月、岩波講座世界思潮）

## プリンシピア英譯書の翻刻其他

ニュートンのプリンシピアは當時の學術用語たるラテン語で書かれたが、その近代語譯は、一七二九年、即ちニュートン死後二年に出版された Andrew Motte の英譯を初めとし、一七五九年には Madame la Marquise du Chastelet の佛譯、一八七二年には Prof. J. Ph. Wolfers の獨譯が出版された。この獨譯書は、去る一九三二年ライプツヒ、ケーラー書肆から寫真版で翻刻出版されたが、又モットの英譯は、昨年一九三四年カリフォルニア大學出版部から Florian Cajori の校註で出版された。

モット以後にも Thorpe, Carr, Wright, Evans, Cooke, Frost 等に依るプリンシピアの一部分の英譯、並に註が出版されてゐるが、全部の英譯は今までにこのモットのを唯一とする。プリンシピア原本第三版（一七二六年）の編輯者であつた Pemberton が英譯を企て、一七

二七年ニュートン死去直後に之を豫告してゐたが、二九年モットの全譯が出版されたので、ペンバートンはその計畫を抛棄したとのことである。このモットについては Dictionary of National Biography, Oxford, vol. XIII に略傳があり、當時相當に著名の數學者であり、ロンドンに居住し、上記英譯出版の翌年に歿したといふ。この書の出版者 Benjamin Motte は譯者の兄で、同人は又、「ガリバー旅行記」等、當時スウィフトの諸著の最初の出版者であつた。モット死後、その譯書重版し、一八〇三年には新たに校訂版ができ、續いてそのアメリカ版もできたが、今は何れも稀書で、時價三ポンド以上である。この一八〇三年版のに依つた和譯は岡邦雄氏が昭和五年に出版した。今度、加州大學出版の翻刻書は、上記稀書同様の高價であるが、製本印刷、十八世紀時代のプリンシピア原本の體裁に倣つた美本である。

この翻刻書に就ては既に Bulletin of the American Mathematical Society, Nov. 1934. に D. E. Smith の詳細なる紹介があるが、この書の校註者カジョーリー氏は、この書の印刷を見るに至らず、稿本を残したまゝで、一九三〇年歿せられたのである。その爲であらうが、本書校註の由來などの記述を期待すべき序文等を缺いてゐるのは、本書を開いて稍物足りなく

感ぜられる。然し、本文六二六頁に對して、カジョーリー氏の筆に成れる附録の註は五十四頁を占め、それも従來の英譯書獨譯書の註が唯だ數式の説明の如きに止まつてゐるのと異り、プリンシピアの中の特に重要な基礎的概念の敘述、並に之に關する文獻を集録したものであることは、本書の價値を大ならしめるものである。

プリンシピアの初版出版一六八七年以來四十餘年、ニュートン死後數年を経たる後、ニュートンの盛名既に學界に久しきに拘らず、なほ當時ケンブリッジに於てさへ、ニュートンの引力説は一般に教へられず、舊説たるデカルトの渦動説が授けられてゐたといふことなど、從來諸書に傳へられてゐたが、之に關しカジョーリー氏の註の中に一層詳細な文獻を擧げてあるのなども一讀の興味がある。即ち、當時、フランスで出版され、フランス語で書かれた *Rohault* の「物理學」といふデカルト物理學の解説書を、イギリスで新たにラテン譯したものが、ケンブリッジの教科書であり、ニュートンの説は、初めにこのデカルト説教科書の脚註として、後にその改版のに漸く附録として記載されて、僅に學生に傳へられてゐたものであつたといふことなどである。渦動説が直觀的で分り易く引力説が抽象的で入りにくかつたといふのであり、

歴史は常に繰返すことを示すが、そのデカルト説がアリストテレスの説に代つた一時代前の歴史に關してはこの頃一九三四年出版の *P. Morry, Le développement de la physique cartésienne (1646-1712) au 5<sup>e</sup> et l'Acad. d. Sc. mor. et pol.* から表彰された一著述もある。

プリンシピアに含まれてゐる重要概念の何であるかに就ては、マッハの「力學」並に一九二七年のアインシュタインの「ニュートンの力學、並にそれが爾後の理論物理學に與へた影響」と題した小篇中にも掲げてあるやうに、時間空間論、直接作用論、物質の本性、質量の定義等その主なるものであるが、前記カジョーリー氏の註は之等の諸題目に分ちて敘述したもので、マッハがニュートンの質量の定義を循環論法であるとして非難したものなど當時有名であつたが、その後この非難に對する駁論も少からず、カジョーリー氏その文獻を略ぼ盡してある。又、ニュートンが偏微分を用ひたかといふこと、ニュートンが最小抵抗物體の問題に變分法を用ひてゐたといふことなどに就てはカジョーリー氏の新研究がこの書中に記されてある。この翻刻出版に依りて、不朽の古典が讀み易き言葉に於て普及し得られることゝなつたのはまことに慶すべきである。

因みに、ニュートンの *Optics* のドイツ譯はオストワルド・クラシーカー中に收めてあるが、その英文の原本は、アインシュタインの序文と E. T. Whittaker の稍長き序論とを附加して一九三一年に翻刻出版された。

(昭和十年四月、輻射)

## カントの最初の論文に就て

カントの最初の論文として知らるゝは、

「活力の眞の計量に就ての考察、及びヘル・フォン・ライブニツ並に他の力學者がこの論争に用ひた證明の判斷、附一般に物體の力に關する序論」

と題し、論文の初めにデディケーションの言葉があり、其日附に一七四七年四月二十二日とある。クローネー・フィッシャーに従へば、「彼は之に依りて同時に彼れの第二十四回の誕生日を記念せしめた」のである。カントがこの前年父を失ひ、大學生生活を去つて此年家庭教師の職を求めたこと、此論文が一七四六年にケーニヒスベルク大學哲學科のデカンへ提出したアルバイトであつたこと、論文の印刷費のことなど多くの彼れの傳記に詳しい。(K. Vorländer, S. 29-30. E. Cassirer, S. 24.) 然しながら、四六年に提出したものとこの論文とが内容に於て

カントの最初の論文に就て

かなりの相違があるであらうことは、論文の一〇七節に

die vom Herrn Professor Gottscheden übersetzte Grundlehren der Naturwissenschaft  
des Herrn Peters von Muschenbroek, die in der Ostermesse dieses 1747 sten Jahres  
an das Licht getreten sind.

なる書物を彼が得たことを記し、このミュッセンブロエクの書物が論文中諸所に引用してあるので明かで、又一七四七年復活祭の市に此書の獨譯が初めて現はれたとあるに依れば、此論文は既記デイケーションの日附の頃初めて完成せられたと見ることを得るやうである。

運動せる物體に於ける力の計量に關し、之を速度に比例すとするデカルトの説と、速度の自乗に比例すとするライブニツの説とが對立し、十七世紀末以來、殆ど半世紀に涉つて歐洲の數多の有名な學者が兩學派に分れて之に就て論争したことは學術史上著名な事實である。この問題に就て、若きカントが所謂「意氣軒昂」この論文に於て、之が解決を圖つたのである。紙數「十五ボーゲン以上」、文獻該博、又實に其題目の故でこの論文は當時の獨逸の學會に廣く注意せられた。當時同じく若かりしレッツィングの嘲弄的エビグラム、

「彼（カント）は活力を量つた、

唯だ彼は彼れの力を量らなかつた。」

(Meyers Kl. Ausg., Lessings Werke, Bd. I. S. 111)

といふのも傳へられてゐる。

然しながら、カントの論文發表に先ち、一七四三年ダランベールは其 *Traité de dynamique* の中で、この力の計量の論争を、無用な形而上學的議論、又は無價値な言葉の争に過ぎないと裁斷したので、爾後問題も終熄したとせられてゐる。カントもかなりフランスの文獻を擧げてあるが、ダランベールのを知らず、又四一年に出た、價値はとにかく、ヴォルテールがこの問題に就て書いたものも知らなかつたやうに見える。カントの論文については、マッハの力學史には全く記載がなく、デューリングのには僅に「カントのくだしき處女作」(Kants weitschweifige Erstlingschrift)として記載してあるに止まつてゐる。カントの論文は六葛十菊と云ふよりも寧ろダランベールが既に無用の辭と斷じた種類に屬すべきもので、力學的部分にも誤謬もあり、當時に於ても有力な論文と稱するを得なかつたであらうが、カッシイラー

等も云ふやうに、ザッヘよりもメトードに於て、インハルトよりもトーンに於て、カントの生涯の仕事を解する上に於ても重要な著作とすることを妨げないやうである。又ダランベールの裁斷が問題の真相を逸してゐることも定評があり、この論文に於けるカントの考察の大體を辿ることも無用とせられないであらう。

クローノー・フィッシャーの分類に依れば、この論文はカントの批評前の時代の中、ハビリタチオン前の時期の初頭に位し、此小時期に彼はこの論文の外、かの星雲説の論文に至る四篇の自然科学的乃至自然哲學的論文を書いた。其頃彼はニュートンの科學、ワルフの哲學に最も多く影響されてゐたといふ。ハビリタチオンのは羅甸文であるが、以上の四篇は獨逸文である。

この論文は序文十三節、本文三部百六十三節より成る。序文に、ニュートンやライブニツの如き權威に對し異説を敢てすることに就て、眞理の前に權威のないことを辯明してある。スコラステックの時代を去ること遠くもなく、又學派の争に直面してゐるのであるから、是等の言にも意味がある。又この研究を以て自ら選んだ生涯の第一歩とし、この途に勇往すべきことを述べてある。又デカルトとライブニツとのやうな有力な理論が對立してゐる場合には恐らく

其中間に眞理が存在するであらうといふ。單なる折衷でなく、眞理を反對説の根柢からの調和に求めるといふこと、カントの生涯の仕事に通じた傾向で、例へばこの論文がデカルトとライブニツとを調和し、「天體の自然史」にニュートンの機械觀とライブニツの目的觀とを調和し、ハビリタチオンの論文にワルフとクルジウスとを調和したのなど數へられる。

デカルトとライブニツとの力の計量の相違といふこと、今日の用語で表せば、デカルトは、力は質量と速度との積、即ち運動量で量られ、世界に於ける其總和は不變であると云ひ、ライブニツは、力は質量と速度の自乗との積で量られ、世界に於けるこの積の總和が不變であるといふ。ニュートンの力學では力は質量と加速度との積で量られる。ニュートンのいふ力に時間に乗ずればデカルトの力を得、距離に乗ずればライブニツの力を得る。總和の不變といふこと、デカルトのいふ力の保存は、彈性體衝擊の場合には、若干の條件で任意方向に於ける成分に就て考ふれば眞であり、ライブニツのいふ力の保存は、力學の範圍に於ける仕事の保存、エネルギーの保存を云つたものであり、何れも部分的に眞理を現はし、特に力の計量の争といふ如きは單なる用語の問題と解せられるのである。然しながら、何を力と名くるか、力とは何である

かと問ふとき、動もすれば形而上學に入る。

カントは論文の第一部「一般に物體の力に就て」と題する中で、

「運動せる物體は力を有すといふ。抵抗に打勝ち、ばねを張り、物を動かす故である。この力は全然外部から與へられるもので、物體は静止してゐれば何等の力をも有しないと、かやうにライプニツ前の世界の學者は凡て信じてゐた。唯だアリストテレスだけは取除けであつた。アリストテレスはエンテレキイといふ不明なものを物體の作用の上に置いて解けない謎とした。其後に於てライプニツが初めて、物體には或る本質的な力が内在するとしたのである。」

と云つてある。ライプニツの云ふ活力を、アリストテレスのエンテレキイ、中世の學者のオツカルト・フォースに類推せしめてゐたのでカントは形而上學に入るを免れなかつたのである。然しながらカント自身は後の轉期に於ては固より、この論文に於ても形而上學に入ることを戒めて實驗に問ひ經驗に求めてゐる用意は隨所に見出される。當時に於ても形而上學と科學との背馳は明かであつた。

カントは一〇六節の標題に *Wir haben noch keine Dynamik* と記してある。ニュートン、ホイゲンズ、オイラー、ダランベールの既に在つた當時に此言は穩當でないとも云へるが、靜力學はアルキメデス以後中世に於ても數學的に論ぜられ、假速度の原則など確實な知識となつたこと、デューエム等の歴史に記載がある。然しながら運動に關する力學はアルキメデスの靜力學に比し極めて幼稚なアリストテレスの説いたものが中世に傳はり、ガリレイ以後未だ日が淺かつたのである。アリストテレスは運動を自然的と強制的との二種に別ち、前者は物體の本性の輕重に従ひ或は上昇し或は下降する如きもの、後者は他方より強制した運動、抛物體、衝撃などの運動を云ふとし、又天體は上空エーテルの中で一樣な圓運動をなすとし、之を完全運動と名けた。ガリレイの「ディスコルシ」の中にも是等の名があるが、このアリストテレスの物理說に基き、中世の物理學で、物體本性の輕重に基く力といふやうなオツカルト・フォースを導いたのを、ダ・ヴィンチ、ガリレイの惰性律では、物體はそれ自身を動かす力を有しないことを示し、上掲の運動の分類の多くの意味のないことを明かにした。惰性と云ふこと、オツカルトの性質でなく、消極的な意味と解すべく、物體が單に受働的であることを示したのであ



る。

デカルトのプリンシピアの運動法則の第一則にもこの惰性律を掲げてある。デカルトは、物質の本性は廣がりだけで、空間は物質を以て充ち、其相互の衝撃によつて運動が起されるとした。運動を傳へるプリンシプルが力であり、それは起された運動の量に依つて量る。運動量の概念はガリレイも用ひた。之を速度と質量との積と云ふべきであるが、當時ガリレイにもデカルトにも質量と重量との區別分明せず、速度と重量との積は假速度の原則に力の平衡を云ふとき用ひられ、力の計量としては等の概念が用ひられた。故に所謂デカルト派の力の計量と云ふはデカルトに始まらず、ガリレイも用ひ、中世の力學にも萌芽があつた。ニュートンの用ひたのは少しく異なるが、同じ系統を追ひ、唯だ質量の概念を明確にし、運動量は力を量らず、後世の所謂インバルスを量る。デカルトは、物質は他の衝撃に依りて初めて運動を生ずるが、自身では動き始めることができないとしたのであるから、運動の始原は物體に在ることができない、即ち凡ての運動の最後の原因は神であり、神は常に同じであるべきが故に、世界に存在する運動の量は常に同じでなければならぬと云ひ、又メルセンヌに與へた手紙に、ガリレイ

はかやうな第一原因について尋ねず、特殊の原因結果のみを求めてゐるから基礎のない空中樓閣を造つてゐたと云つてゐるが、又力即運動量の保存を衝撃の例に實證を求め、その運動の第一法則に七つの場合を擧げてあるが、彈性體非彈性體の衝撃を混同する等多くの誤謬があつた。デカルトのプリンシピアの出版は一六四四年である。

振子の研究で略ぼ活力の保存の原則に達したホイゲンスと巴里で會談した後、力學に興味を保持したライブニツは「一六八六年に *Brevis demonstratis erroris memorabilis Cartesii et aliorum*……「神が常に同じ運動の量を保存するといふ自然法則に關してデカルト及び其他が陥つた著しい誤謬の短い證明」といふ論文で、重量四の者を距離一上げる力は重量一の者を距離四上げる力に等しいといふことを、永久運動否定を前提として容るし、力の保存を云ひ、然るにガリレイは、距離は速度の自乗に比例すとせるが故に、力は速度の自乗に比例しなければならぬと論じた。

デカルト派は之に答へて、いかにも力は打勝つた抵抗に依つて量るであらうが、前述、距離一上げると、距離四上げるとでは、之に要する時間が相違する、同じ時間で打勝つた抵抗で力

を量るとしなければならぬ、然ればデカルトの力の計量の外のものを得ないと云ふ。デカルト派の繰返しライブニツを攻撃してゐるのは多くこの點であつた。

カントの論文の第二部は「活力に關するライブニツ派の諸定理の研究」と題し、ライブニツ、ヘルマン、ベルヌイ、マルキーズ・ド・シャトレー、ラルフなどの議論を掲げて、數學的議論からは必ずデカルト派の計量に従はなければならぬことを論じてある。「活力」といふこと、「數學的議論」といふことは後に述べるが、カントの非難も主としてライブニツが時間を考量してゐないことに向けられてゐる。ライブニツの云ふ力は今の用語で仕事であり、エネルギーであり、力でもインゲルスでもないのであるからカントの非難は正當である。併しカントの論述にはかなり誤りが多い。例へば一三節の附加に *Noch ein Beweis gegen die lebendige Kräfte* といふ題に、

「働かれた作用の計量は、ばねの數でなくて（ばねの數は打勝つた抵抗の長さにあたる）時間であるといふことの證明はもはや十分であるが、尙ほ一つを加へる。斜めに抛げた物體はパラボラを畫いて落ちる。之と同じだけの高さを、垂直に落した物體が經過したのと比較す

れば、落下の終りに於て前者は後者よりも大なる速度と力を得ることにならなければならぬ。何となれば、曲線を畫けば落下の終りまでに、垂直に落下したものよりも長い距離を經過することとなるからである。距離長ければ短き直線のよりは、必然に重力の多くのばね（抵抗）に遇はなければならぬ。何となれば壓縮しにくい物質が凡ての方向に等しく廣がつてゐるからである。故にライブニツの計量に従へば、曲線を經過したものが、垂直線を経過したものよりも、同じ高さ、同じ垂直距離に於て、より多くの力と速度とを得なければならぬことになる。然るにそれは不合理である。」

と。最後の「不合理」といふに間違ひはないが、唯だカントが重力場に於ける物體の運動並にライブニツの計量法に就ての誤解に基いた辯證の結果であつた。

時間を計算に入れなければならぬといふ反對論に會して、一六九五年ライブニツは *Specimen dynamicum* の論文で初めて、死力 *vires mortuae* と活力 *vires vivae* の區別を導き、假速度の原則に表はれるやうな平衡の場合、壓力の場合などは死力が働き、其大さは速度に比例し、運動の場合には、速度の自乗に比例する活力が働く、活力は死力の無限の和から成るとした。

是等は皆力學上有用な概念であるが、又非弾性體の衝擊の場合には活力の保存が力學的に成立たないため、ライブニツは其差を物體內分子の振動に歸し、熱の力學説の如きをも論ずるに近づいたが、デカルト派の人は之も敵手の弱點とした。

ライブニツの説の賛成者にはヨハン・ベルヌイを初め、ヘルマン、グラヴサンデ、ヨルフ、ミュッシェンプロエクなど、反對者にはババン、メイラン、クラーク、マクローリンなど有名な人々で、この論争は一七二四年巴里科學學士院で衝擊に關する懸賞問題が出で、從來のデカルト以外ライブニツの方法が問題となつて以來特に榮え、當時に著名であつた婦人、マルキーズ・ド・シャトレーは初めカルテ派で後にライブニツ派となり、其居城はライブニツの中心となり、ヴォルテールはこの問題にはカルテ派で終始した等の話も傳へらる。以上の諸家の論文は主にベータールスブルグやバリの學士院の刊行物の中などで發表された。著しい人は全集等、又 *Philos. Bibliothek* などの中に在るが、又カントのこの論文の中にも多くが採録してある。歴史としては *Montucla* の數學史第三卷（ラ、ンド増補、一八〇二年版）の中に詳しい記載がある。

前にも記した和蘭のファン・ミュッシェンプロエクの物理学の書物は早く日本に渡來し、天保年間豊後の儒者帆足萬里の著はした「窮理通」の主な参考書となつた。其の第四卷、引力上第五の中に、

「至利武泥杜私、以英敏之資精思、立死活二力、死力即壓力下行、由其物重量及下行時刻合成、活力即空中下行、由其物重量及下行時刻合成、是雖創新、亦不免憤々也。」

とある。利武泥杜私はリブニツス即ライブニツ、此文の少しく前に、其物重量及其行速力相乗云々、デカルトの計量法を記し、落下體に於て實驗と合はざることを以て、上記の死活二力の別を導く所以とし、然も之を憤々として、波意玄斯の名で落下行程と時間との普通に知らるゝ所謂主梁の形が記載してある。萬里が力の計量論に就て稍解してゐたことが知られる。

學派の別は殆ど國の別となり、當時英及び佛（シャトレー夫人等を除いた）はデカルト派、獨、蘭、瑞はライブニツ派、特に英と獨と各ファナティッシュと云はれてゐたときに、カントは恐るゝ所なくライブニツを批判した。同時にライブニツの説の用ひらるゝ範圍のあることを述べて調和説としてゐる。即ち論文第三部は「自然の眞の力の計量としての活力の新しい算定」

と題する。

然しながらこの第三部に於てカントは愈々形而上學の迷路に入り、力學に於て用を見出し難き理論を述べた。一二四節に「力の新しい計量」と題して、

「物體が自由な運動に於て、無限にまで、又減速されずに其速度を保ち得るときは、活力、即ち速度の自乗で量らるゝ力を有する」

といふ。運動にフライエとウンフライエとを別ち、自由でない運動とは力の作用が止めば同時に運動が止むやうなものを云ひ、それは死力に依りて起されるといふ。又上記の自由運動の條件として、

「一、物體が抵抗のない空間で其運動を一樣に、自由に且つ不斷に保つには *in sich* に根據を持たなければならない。

二、此力（活力）は之を運動せしめようとする外部の原因から起つたのではない、外の刺激に依つて物體自身の内部の自然力から生じたのである。

三、此力は物體に於て有限の時間に於て生じた」

といふ。一と二とは先にも記したやうに、活力を一のオツカルト・フォースと見たやうな解釋であり、自由運動はアリストテレスの自然運動の如く、又後年彼れの倫理説にいふ「自由」を髣髴せしめるやうにも見える。三にいふ時間の無限小なるとき死力を得る。カントは又連続性の前提から死力と活力との中間、即ち未だ十分に活力化しない中間の存在を假定した。銃丸を標的から數歩離れた所から射撃したのと、數寸離れて射撃したのとでは、前者の方がより多く標的を貫通すると云ひ（一三〇節）、即ち十分に動體の力を活力化するまでに若干の空間、若干の時間を要するとし、之を以て力の *Vivification* なる彼れの新説の證としてゐる。彈着數寸ではこの活力化に十分でない、併し距離長きに過ぐればそれは衰ふるといふ。活力の内在といふことに囚はれ觀察をも過まつたと見られる。

デカルトは、物質には空間的ひろがりだけがあるとし、ライブニツは物質と力とを不可離とする。前者は數學的抽象的、後者は力學的現象的である。カントが兩者を調和したとするは、論文の第二部に、數學的物體にはデカルトの計量法のみが適用し、之は必然に確實であるとし、第三部に於て、然しながら自然の物體には既記の條件の下にライブニツの計量が相當すとし、

之を経験的偶然とした。數學的物體とは廣がりだけで活力の宿らない物體の意である。然しながら等しく物體で、等しく經驗的な力學的事實を一に必然的とし、他に偶然とするは解し難いが、この幾年か後に伯林の學士院で「力學の原則は必然的眞理か偶然的眞理か」といふ問題が出された。ダランペールは既記其力學書の第二版の中に、此問題に意味をあらしめようとならば、物質をそれ自身に放置したときの其鈞合及び運動の法則が自然に於て吾人が觀察するものと同じきか否かを問ふことゝしなければならぬと云つてある。異れば放置したものに神の自由がある云々、惰性法則等の必然性を云つてゐる。カントが批評期に入つての著、「自然科學の形而上學的原理」(一七八六年)は、力學を自然科學の根據として、力學の中から偶然でない必然なアプリアリの部分を抽出しようとしたものであり、此間にカントの思想に大なる發展があつたであらうが、企圖に於ては前記彼れの最初の論文の完成とも見ることが出来る。然しながら經驗に獨立な部分として、四個のカテゴリーに別けて、引力とか斥力とかをアプリアリの概念とすること、ダランペールの説などと共に今日に於ては疑問としなければならぬ。八六年の既記カントの著は當時の科學に就てカントが試みたアキシオマティックと解する外ないであらう。

運動量を以て力、實はインプルスimpulsusの計量とするデカルト、ニュートンの方法は機械論的、又は現象の原因結果の關係をのみ見出さうとする科學的方法で、原子論者の用ひる方法である。ライブニツの活力の保存をいふ如きは、アリストテレスの最終原理のやうな、目的論的で形而上學的に解される。活力と云ひモナッドといふをニュートンやクラークは中世のズブスタント觀念の復活、非科學的としたが、ニュートンのいふ引力をライブニツは暗黒なオツカルティズムに比した。デカルトの旋渦説はより機械的であるが、假説的であることでニュートンは反對した。

然しながら活力の保存を目的論的といふことも、之を力學の原理とすれば、單に現象の外的關係、經驗的な部分を表はしたのに止まり、内在的な何者もない。却て機械論的因果論的といふものゝ、第一原因など云ふに至つて所謂形而上學に入るを免れない。ヒュームが既に之を明かにして、運動力、運動の原因など云ふとき、現象以外の意味、偶然や蓋然性の外の必然性を取去らしたのである。ニュートンの引力も運動の原因を表はさず、運動の相關を表はしたも

のとすべく、デカルトの旋渦と何れがより機械的なるかと云ふよりは、唯だ現象を論理的に數學的に概括する上に何れに優劣があるかゞ問はれるのである。

以上述べたやうに、カントが彼れの二十餘歳のときのこの論文で、デカルトとライブニツとの力の計量の矛盾を調和しようとした試みは成功しなかつたのである。計量の相違は概念の相違に基き、然かも夫等の概念は同一種類の経験の概括に用ひられたもので、兩者の異なるは概括の着眼點を異にしてゐるためであり、自らなる調和は之等をひきくるめた経験科學、力學の系統で可能であること既述の如くである。然るにカントは、一を數學的必然確實とし、他を形而上學的として、共に經驗に獨立なるが如くにして然かも之等を經驗で立證しようとしたのであるから、そこに混雜もあり獨斷もあつた。後のカントの口吻を藉りて云へば、經驗に確實性を求めようとするならば、經驗とは何であるかを、又獨斷的形而上學は科學にいかんの用あるかを、見極めてかゝらなければならなかつたのである。然しながらカントが、この青年時の論文に於ても既に早く研究のメトードといふことに多くの注意を拂つてゐたことも論文の隨所に認められる。繰返しともなるが例へば五〇節に、

「抽象的な觀察でも、物體の力の本質に於ても、之を數學的に考へれば到底、ライブニツの計量は容されぬ。然しながら其故で活力を全然拋棄すべきでもない。この論文の第三部に於て、自然には實際に、速度の自乗で量られるやうな力が見出されることを示すであらう。唯だこゝに條件がある。從來人々が試みたやうな方法では決して之を見出すことができないこと。この觀察法（即ち數學的）ではそれは永久に吾人に匿されてゐるであらうこと。並に或る形而上學的研究、又は經驗の或る特種な種類を外にしては何ものでも之を吾人に知らしめ得ないことである。即ち吾人がこゝに争ふのは本來、事柄（ザツヘ）自身についてではない、却て *modus cognoscendi* に就てである。」

といふ。これらの文字に見るも、亦實にザツヘはとにかく、カントに常にかやうの用意があつたため、遂に後年彼自身の *modus cognoscendi* に大廻轉が行はれたのであらうと思はれる。

（大正十三年四月、思想、カント記念號）

## 力學の原則に就て (一)

力學は運動現象の學問としてガリレイ、ニュートンに依つて初めて構成せられたと云ふべきである。併しギリシャ時代アルキメデスに依つて槓杆の理、重心の理等は詳細に論述せられ、之を宗として所謂靜力學は中世時代に於ても相當に研究せられてゐた。唯だ運動に關する研究はギリシャ時代に於けるものは單に空想的で、ガリレイ以後初めて實驗的となり數學的となり精密となつたとせられるのである。アリストテレスのフィジカの大部分は運動靜止に關する論述でツエノの運動否定の詭辯を駁したものがあり、その力學は中世時代に正統派の學術として信奉せられてゐたが、十五六世紀以後に於てはアリストテレスの宇宙論(天動説)、連續説(反デモクリトス原子説)、目的論、性質論は凡て否定せられ、之等と對蹠的な地動説、原子論、機械論、數量觀が新興の自然科學の基調となり、従つて是等の自然觀の論理的基礎となるべき

力學も一變して新にガリレイ、ニュートンに依つて構成せられた力學がアリストテレスのに代ることゝなつたのである。アリストテレスは運動を性質的に三分し、完全運動、自然運動、反自然運動の三種とし、天體の運動が完全運動であり、不斷の圓周運動をなし、又地上の物體が夫々輕重の性質に従ふ自然運動をなせば或は上方へ或は下方への速度遞増の運動をなし、又其他の、抛物體等の上下以外の運動は反自然的人爲的の強制に依るものとする。このアリストテレスの力學の影響を受けてゐた中世時代の Tartaglia, Benedetti 等の力學では、抛物體の運動は初めは強制運動だけの斜めの直線運動をなし、次に鉛直下方への自然的直線運動に移るものとし、或は是等の相次ぐ二直線路の連絡を連續的に一部分曲線的とした時代もあつた。併しガリレイ以後、物體の運動に關して、天地上等について性質的區別がないものであるとし、凡てに同様の運動法則を律すべきものとなつて、其根柢に物體の惰性なる性質を考ふことゝなつた。即ちニュートン三運動法則の第一に置かれてゐるものである。この惰性の法則又原則をガリレイが発見したと云ひ、或は之より先きレオナルド・ダ・ヴィンチが見出したと云ひ、又それにはなほ先人があるとし、又或は既にデモクリトスの原子運動說中にこの惰性律を暗示

してゐるともいふ。併しガリレイの記載したのは特殊の場合に止まり、又球を摩擦なき水平面上に轉がした場合の運動保続性を論じたのはアリストテレスの完全圓運動の説を交へたものもあり、所謂物質惰性の一般的意味の把握はデカルトに始まるとも云はれる。ニュートンに先だち、恐らくニュートンも模範としたと思はれる、デカルトの三運動原則の第一のものがやはり物質惰性の原則である。惰性の原則の本質が先験的であるか經驗的であるかは從來屢々論ぜられた問題であるが、之を純先験的、演繹的とするには其發見が人類の歴史として遲きに過ぎ、ギリシャ先哲の論理的解析能力を無視した嫌があると云ひ得べく、又固より純歸納的、經驗的とも云ひ難く、自ら一の假定として導かれ、法則といふよりは寧ろ、Boutroux の所謂法則の「型」であり、同一性、恆存在性を運動状態に認識したものと見るべきであり、其認識がデカルト、ニュートンに至つて確保されたと見るのが妥當のやうである。併しデカルトやライブニッツの相對的空間論と異り、ニュートンに於ては絕對空間絕對時間論が根柢となつた。絕對空間に於ける絕對廻轉の結果として地球の形狀は扁平楕圓體であらねばならぬとするが、デカルト派が當時之を延長楕圓體とするとの相違があり、モーベルチェイ、クレイローは北邊に緯度

觀測を行ひニュートン力學の優勝を認め、又ダランベールはデカルト派、ライブニッツ派の計量の論争を裁斷して、ニュートンの力學體系を正統のものと決定せしめた。

力學の原則、詳言せば質點及質點系の力學の原則としては本來ニュートンの三運動法則より誘導せられるが、或は數學的或は物理的或は形而上學的の意味からニュートンのよりは他の原則を演繹の前提とすることが適當とせられて多くの原則が生れた。ダランベールの原則は動力學の問題を靜力學の問題に化するといふこと、ヴィス・ヴィヴァの原則はライブニッツが導いた重要なるこの物理的量の關することに於て夫々特殊の意味を有する。又ベルヌイ等が數學に導いた等周圍 (Isoperimetric) の問題から出發してモーベルチェイ、オイラーの最小作用原則が造られ、その自然の意識を示すものゝ如き最初の神學的意义の如きは漸次没却せられたが力學の重要なる一原則たるは失はれない。又かやうな極大極小の問題を解くに適する變分法をラグランジュが發見し、假速度の原則、ダランベールの原則、最小作用の原則等の相互の數學的關係も容易に示され、ラグランジュは又普遍座標に依る運動方程式を造つた。ハミルトンはヴィス・ヴィヴァ並に力函數の外に尙一層力學問題に便宜なる特殊函數を見出すことを幾何光



學に於けるフェルマー定理から類推したる研究をなし、其結果、先きには天體力學論に、今はボーア以後の原子論に必須となつたハミルトン、ヤコービの方程式を導いた。

十九世紀の半ばに、恰もヴィス・ヴィヴァの原則を擴張したと見るべきエネルギー原則が見られ、種々多様の物理的現象に於ける統一が見出され、その結果、所謂現象に即すといふ現象論の一派を生じ、エネルギー實在論をも造つたのであるが、又他方に機械論の徹底にも根據を與へ、凡ての物理現象が終局に於て運動の現象であるとし、或は力學的模型に依りて、或はラグランジュの普遍的運動方程式を基礎として、電磁現象、熱現象等を演繹することが試みられた。

又エネルギー原則の重要性が認められると共に、此原則を生んだ力學の諸原則の意義の再吟味の必要を生じて來たが、一八六九年ゲッチンゲン大學で力學の諸原則の歴史的批評的研究に關し懸賞論文を募つたのは、恰もこの時期に應じた計畫であり、Dühringの力學史、H. Kleinの力學史が入賞の論文であつたが、此年又、Carl Neumann が、ライプチヒ大學就職演説でニュートンの惰性律の批評を述べた。ニュートンの絶対空間論の批評であり、歴史的には既

にライプニッツ、ホイゲンス以後オイラーも亦論じた問題であるが、ノイマンの此演説(所謂アルファ體を云爲せる)は再び學界の注意を喚起し、Steinitz, Lange 等の研究を生み、マッハが有名なる力學史を著すに至つた動機も之に刺戟せられたものであること、その自序中に記してある。マッハの歴史的批評的研究に就ては他の科學史家の側から、また認識論者の側から異説もあるが、兎に角彼れの研究は力學の原則、物理學の理論の敘述に一時期を劃し、特にニュートンの運動の法則に就て痛切なる批評を加へ、就中、その絶対空間絶対時間の説を排し、實證論的相對論を主張したことは學界に影響を與ふること少くなかつた。

十九世紀の末、物理學に於て光學、電磁氣學を通じて中間物(Medium)の存在が定説となつたとき、H. Hertz はこの不可視の中間物に於ける運動を假定し、その可視物體(質點)の運動との連結を基礎とし、「連結」の觀念を以て「力」の觀念に代へ、從來の力學を論理的に完全ならしめようとしたが、不可視運動の假説、連結の説、共に其後の發展なく、唯だ、惰性の原則を擴張し、ガウスの最小束縛の原則に似た最直軌道の原則、又連結條件のホロノーム、非ホロノーム等の名などがヘルツ後力學者の慣用する所となつた。

二十世紀に入つてからは電子論の發達により、從來の力學觀即ち機械觀を物理の根本概念とする事に變革を生じ、電磁の法則を一層根本的のものと考へしめ、又其後相對性原理の確立と共にニュートン以來の絶對空間絶對時間説は棄てられ、惰性律もマッハ所説の如きものとなり、質量の絶對性を失はしめたのである。

又デモクリトスの原子運動説が十九世紀の氣體動力説に發展し統計力學を造り量子論を生んだのであるが、それより出でた量子力學は從來の凡ての物理的理論が決定論を基とするに反し因果關係の不決定を基本としたことに劃期的意義がある。

相對論が現はれて後、ガリレイ、ニュートンの力學は古典力學と呼ばれるやうになり、量子力學の出でて後、位置、運動量等を表はす數量に不交換といふ特異性を見出すやうになり、力學の諸原則は一變を餘儀なくされたが、形式的にはハミルトンの積分や微分方程式が相對論にも量子力學にも出發點をなし、プランクの所謂「一般力學」の形に於て全物理學の基礎を成してゐるのである。

以上の敘述に關しては改造社出版拙著「物理學と認識」中、「力の觀念の歴史的發達」、「絶對運動論」、「ダランベールの力學」、岩波書店發行「思想」大正十三年カント記念號中拙稿「カントの最初の論文に就て」(本書三三九頁)、共立社出版物理化學講義中「物理學史」(桑木及矢島理學士)(本書二〇九頁)等参考せられるを得ば幸である。

トイブネル數學百科全書中、Voss, Prinzipien der Mechanik には力學原則の物理學的、數學的、哲學的論述に就て多くの文獻を擧げてある。併しそれは一九〇一年の出版であるから相對論、量子論以後の變動については求めることができない。メルリン、スプリンガー出版の物理學ハンドブック第五卷(一九二七年)「力學の基礎」の初め三章、特に第一章は Hamel 氏が力學の「公理化」を記したものである。力學の公理化は嘗て米國の Huntington 氏が數學の「連續觀念」の公理化を試みた後、力學に就ても之を試みたが、「力」と「質量」とを何れを先きにするか等、教育的効果等の外には餘り結果がなかつた。今日に於ては相對論量子論等を参照した上で初めて公理化も意味を有するのである。

又

A. E. Haas, Die Grundgleichungen der Mechanik, dargestellt auf Grund der geschichtlichen Entwicklung, 1914.

は力學史を學ぶに Mach, Dühring 等のよりは簡明である。

力學の原則に就て(一)

Clemens Schaefer, Die Prinzipien der Dynamik, 1919.  
 は各原則の數學的意義を明かにする適當の書物である。以上二著夫々講習會の講義録を基にしたものである。

又最小作用原則の發達に就ては古き A. Mayer, Helmholtz 以後の

P. E. Jourdain, The Principle of Least Action, 1913.

A. Kneser, Das Prinzip der Kleinsten Wirkung von Leibniz bis zur Gegenwart, 1928  
 がある。

又 E. Meyerson に就て余は昨年十二月の東京物理學校雜誌に記したが(本書三九九頁)、氏の Identité et Réalité 以來、最近の Cheminement de la Pensée, 1931. に至る諸著が力學原則の歴史的批評的研究に Mach と異なるイデオロギーを興へる。

(岩波講座物理學及化學)

## 力學の原則に就て (二)

力學の原則の發達に就て批評的に敘述したる諸種の文獻の概觀に就て述ぶ。

Lagrange の Mécanique Analytique の第一部靜力學、第二部動力學に夫々序論があり、力學の原理の發達に就て記してある。其中に比較的輕視してあるエネルギー原則や最小作用原則が後には最も重要なものとなつたなどの相違もあるが、ギリシヤ以來當時即ち十八世紀の末までの力學の發達の概觀を敘述したるものとして有名である。其後には一八七三年に Göttingen 大學で力學の發達史の著述を懸賞で募り、その受賞したるに Eugen Dühring のと Hermann Klein のとがある。丁度同じ年に Carl Neumann が Leipzig 大學の就職演説の中でニュートンの惰性律を批評した。これはニュートンの絶對空間論の批評であり、ノイマンに續いて Streintz, Lange 等の研究を生み、マッハが一八八三年に有名な力學史を著はすに至つたのも

ノイマンの研究に刺戟されたものであることはマッハの自序の中に記してある。然かもマッハの此著述は周知の如く力學の歴史の研究のみならず力學の原理の批評的研究、換言せばその哲學的研究に一時期を劃した。併し Hamel が近頃 Handbuch der Physik Bd. IV 「力學の基礎」の章の中に記してゐるのは、ノイマン、マッハによりて力學は初めて批評期 (Kritische Periode) に入つたが、その公理化 (Axiomatisierung) は初めて二十世紀に入り Hamel 等によりて試みられたといふのである。然しながらその公理化といふは今日の量子力學等から所謂 classical とされてゐる力學に關するものであるから、力學の批評、公理化をして今日の進歩に適せしめるためには尙一層深く物質、力其他に關する概念の分析を舊來のもの及び現在のものに就て施さなければならぬのである。

前記のラグランジュ、マッハその他の力學史は皆ギリシヤ後期の Archimedes に始まつてゐるが、哲學的研究としては固よりアリストテレス並にソクラテス以前に遡らなければならぬ。實際其中で初めて宇宙論の發生、並にそれに伴つて力の觀念、物質の觀念の發達が分るが、茲には其細説を略し、やはりアルキメデスから始めれば、アルキメデスの論じたのは主と

して物體の釣合、即ち重心や、水に浮べた場合の釣合、即ち浮力の中心の問題などであつた。其後千數百年を経てダ・ヴィンチ、ガリレイの時代に至り連結された物質の釣合や弾性が論ぜられ、又運動に關する研究が實驗的研究と數學的研究とを併用して方法論的に一新時期を劃した。之に就ては哲學者 Alois Riehl の詳細な研究がある。Descartes は學說の體系としてはガリレイよりも一層包括する所ひろく、力學の原則として惰性律其他三つの原則を基として立てた。宇宙論 (地動説) の説明を有名な渦動説に求めたが定性的に止まつたのである。こゝにニュートンがデカルトの力學の三原則に等しく惰性律其他、唯だ第三の原則のデカルトの不分なる衝突の運動量保存の原則に代へるに反作用律を以てし、是等の三原則を基として萬有引力の假定の下に宇宙論の體系を全く定量的に説明した Principia なる大著を一六七八年に完成した。その中の空間や時間の絶對的であること、萬有引力が所謂 action at distance であることの非難は同時代の Leibniz 並にデカルトの系統に屬する Huyghens が攻撃しニュートンの弟子 Cotes が答へ、其往復の書簡集は古く出版されてゐる。一七二七年ニュートンの死後 Voltaire 等に依り、漸次ニュートンの説が佛國に入つた歴史に關して今年フランスから

新研究の書が出版されたが、又十八世紀に於てニュートン力學以外のデカルトの力學とライブニッツの力學との勝敗について學派の執拗なる争があつたが、D'Alembertの力學が著はされるに至つてこの争が解決されニュートン力學に依つて凡てが統一された。このグランベールの書の序文が當時の所謂啓蒙學派から見た力學の原理を説いたものとして注意すべきものである。グランベールに數年を遅れて Immanuel Kant がドクトル論文としての「デカルト派とライブニッツ派との力の計量について」といふ處女論文がある。無論カントの批評期以前の著述であるが、後の「自然哲學の形而上學的根據」と題する彼れの力學體系の前驅として興味がある。有名なるグランベールの原理はニュートン三公理よりのみは誘導せられずそこに假定がある。其他ニュートンの公理に代へるに、極大極小の觀念を基とする最小作用原理が Maupertuis, Euler によりて見出された。ラグランジュ、Laplace, Hamilton 等により力學の數學的方面が非常に發達したが十九世紀の中葉エネルギー原則が力學方面から又實驗物理の方面から發見されてから物理學を凡てこの原則を基として説くやうになり、力學系統にも變革を生じ、かの Thomson-Tait の名に知られる物理の書物も之を意圖とし計畫されたものであつた。電氣力學

上のウェーバーの原則などもニュートン力學には必しも牴觸しないがエネルギー原則の上から非難されたといふやうにエネルギー原則が一の標準となつた。然しながら Faraday-Maxwell 以後 action at distance に medium action を以てするといふことが主題となつたが、重力だけは容易に medium action とならなかつたので、ニュートン力學を宗とする力學に於ては尙冥々の中に action at distance を假定するの已むを得なかつた。之は固より運動の三公理の中に假定されてゐるのではないがニュートンの天體力學の説明の型が一般物理學中に浸潤してゐるためである。Hertz の力學がこの中間作用の力學に應ずべく案出されたが其後の發展なく Lorentz の電子論に於ては medium action を基礎としたが medium は絶對靜止としてゐるためニュートン三公理の中第三公理の反作用律についてエーテルと物質との相互作用に關し異論あるに止まり、未だニュートン力學の範圍内に在るとすることができたが、Einstein の相對論の特殊のと一般的とが空間時間の相對性の原則、並に非ユークリッド空間の設定によりて初めてニュートン力學を超越した。Planck と Bohr との量子に關する不連續性の假定は初めは原子物理學に於ける隨意な假定であつたが、Louis de Broglie, Schrödinger, Heisen-

berg, Dirac 等によりて波動力學又は量子力學なる一の組織ある力學體系を造るに至つて、其原理の哲學的研究も問題となる。新物理學に於ては舊物理學と異つて直觀的 (anschaulich) といふことを全然問題としないこと、原因結果の原則と異なる所謂不決定の原則といふ新原則を唱出したことなどが問題となつた。併し前者は既述の Heitz 等の以後の所謂數理現象論から特に怪まれず、後者も所謂マッハ等の實證論 (Positivism) の立場からは多く問題とならない。併し自然科学の哲學的立場としては實證論に反する立場があり、物理學者中ではプランクが特に之を主張するが、フランスの Meyerson などが自然科学の歴史的及哲學的研究からこれを支持してゐる。唯物論者の主張の之に合するものもあるのも注意すべき點である。相對論は初めマッハの實證論を基としたやうであつたがメイエルソンは全く之を非實證論的に組織したので當面の問題は一見實證論的である量子力學を如何に非實證論的に組織し得るかに在つて、量子力學と一般相對論、場の物理學と完全に融合せしめる純物理學的問題と共に現在最も意義あるものとしなければならぬ。

(昭和七年三月、日本學術協會報告)

### ファラデー及びマクスウェルに依る物理學の變革

——昭和十六年九月十九日ファラデー・マックスウェル記念會に於ける講演——

Faraday の Experimental Researches in Electricity と題する三冊の書は、彼が一八三一年から一八五二年までにロンドン Royal Society の Philosophical Transactions に此書と同じ表題の下に唯だそれに發表順に First Series, Second Series 等の番號を附して掲載した論文三十篇と、其他、以上に先だつ一八二一年以來 Annals of Philosophy, Philosophical Magazine, Proceedings of the Royal Institution 等の雜誌に掲載した電氣學上の論文とを集めたものである。此書第三冊の出版が一八五五年で、彼は一八六七年に七十七歳で歿したのであるから、此書の出版以後に Phil. Mag. 等に掲載したものもあり、又晩年の講演や書簡並に談話等の重要視せられるものもあるが、一八三一年の電磁感應を初めとする彼れの著名なる

電氣學上の發見は凡て上記の書中 Transactions より轉載のもの、中に見出される。既記のやうに是等の論文の各篇が番號を追うてゐるが、又各篇中の各パラグラフにも第一篇以下凡てに通じた番號があり、最終三三六二に及んでゐる。一パラグラフの長さは二三行のもあり、一頁位のもあるが、W. Ostwald はその著 Grosse Männer (5. Aufl., 1919) の中に、ファラデーが一八三一年から一八五〇年頃、即ちその四十歳から六十歳頃までに年々幾何パラグラフを書いたかを計算し、初めの十年間には毎年平均二三百パラグラフを書いてゐたが、五十代の初めに數年の休養期があり、其後一八五五年五十五歳で所謂第二の研究大時期に入り、磁氣と光との相關の發見等があるが、其後は發表の分量漸次減少し質的にも空想的部分多きこと等を述べてゐる。誰も知るやうに、ファラデーの論文は、Royal Institution の實驗室に於ける彼れの研究實驗の有の儘の記録と云はれ、實驗結果の有無を問はず發表せられてある。後には無結果の報告は Transactions に掲載を止めたと云はれるが、一八五〇年 Transactions に出した、第二十四篇「重力と電氣との可能の關係に就て」と題せる論文など、先づ實驗の準備、裝置、精密度等を詳細に記述し、初めに實驗を良導體に試み、次に不良導體に、更に絶縁體に試みて、

結局斯様の方法では何等問題の關係を見出し得なかつたと記載して一篇を成してゐる如きものもある。是等に依つて或はファラデーの論文は單に日記體に雜然と書下されたものである如き感も興へられるが、Maxwell の評に、ファラデーは電磁感應の發見の場合にも、磁氣と光との關係の發見のときにも、最初の發見から發表されるまでに夫々三箇月を費し、その發表の結果は全く後人の補正の餘地なきまでに完成されてゐると云つてある。ファラデーの細心の用意を見るべく、又無結果の實驗の記載の場合、例へば上記の電氣と重力との關係を求むる實驗に於ても、結論に於て、實驗は不成功であつたが、上記の關係の實在については疑はないことを記してあるやうに、凡ての論文に於て研究の意圖、過程が詳記してあるから、彼が發見に導かれた経路が明らかであり、從來多くの實驗的發見の中には偶然の發見と稱せられるものも少なくないが、ファラデーの場合には前述の理由により然か稱することが常に殆ど不可能で、凡てが或る理想から必然的に導出されたと見られる。例へば、彼れの電磁感應の發見は一八二〇年の Oersted の發見（偶然的と稱せられる）に次いで其逆に、「磁氣より電氣を造る」といふこと、又靜電感應に類推した電流感應の有無を試みたことによりて自ら導かれた如き其一證である。

然しながらファラデーには常に意識せられつゝあつた尙一層抽象的な理想があつて、それを實證しようとして次々に試みた結果に或は成功したものもあり又不成功に終つたものもあつたが、彼れの實驗記録の全部はこれらの理想實現のための所謂「惡戰苦闘」のドキュメントであつたと見られないでもないやうである。

Bence Jones の *Life and Letters of M. Faraday* にファラデーが二十代の時分に物質並に力に關し或る空想を述べてゐることが記されてあるが、其後の *Exp. Res.* 三冊、又晩年の *Juvenile Lectures* の *Sir W. Crookes* が編纂したものなどを通じて、ファラデーが物質や力に關する根本的の考に終始一貫したものがあつたことが容易に知られ、その考が彼れの一生の研究を支配したと見られるのである。即ち夫等は第一に自然界の凡ての力は皆一元的であるといふこと、即ち電気力、磁氣力、重力、分子力、その他、熱、光に關する物理的な力は皆相互に關係があり、甲の力より乙の力へ轉換も出來、互に *identical* であり *common origin* であるといふこと、第二にはこれらの力が一物體から他物體へ傳達するのは中間物を媒介とし、直接作用でないといふことであり、以上の二つが自ら *conviction* となり、彼に避け得られな

い考となつたといふことは *Exp. Res.* の隨所に見出されるのである。

又以上と關聯した彼れの物質觀があつた。物質と力との概念は二元的であるか、又は一元的ならば物質が主か力が主かといふ稍形而上學的な問題に、ファラデーは力一元説をとり、物質原子についても之を一の球狀體と考ふる如き當時普通の説に贊同せず、*Posevitch* と同様に、原子を力の中心と見、然かも夫等の力は中間作用に依る、所謂力線に依るものとするのであるから、ボスコヴィッチが直接作用の中心とする説に於て、廣がりなき中心點の惰性(質量)を如何にするか等の問題を生ずることを避け得、二つの原子が重なり合ひ、又は隣り合ふことを、二つの波の重なり合ふことに比喩した場所さへある。

十八世紀時代には物質を *substance* とする外に熱に *caloric*、光に *corpuscle*、電氣磁氣にも夫々 *substance* たる流動體を考へてゐたが、十九世紀に入り、波動說エネルギー論が *corpusele* 及び *caloric* の説に代はり、電氣氣流動說に代はつてファラデーの力線説出でたが、一八八一年今より恰も五十年前に *Helmholtz* がロンドンでファラデー記念演説をなした中に、ファラデーの電氣分解の法則は、物質原子の荷ふ電氣量に陰陽二種の最小量があることを示す



から寧ろ電氣を二元的な substance と考へ陰陽二種の電氣原子から成ると考へた方が適切であると述べた。この考は二十世紀初頭に於ける電子論の根本概念と一致するから、ヘルムホルツは電子論の魁をなしたと云はれる。併しこゝに電氣を實質的に見た考方は、中間作用説を徹底せしむれば不用となるが、ヘルムホルツは極微距離に於ける直接作用を肯定してゐたのである。現在の理論で、電子等は場の特異位置となり又は波動となるのであるから、ファラデーの考が今に生きてゐると云へるであらう。

ファラデーが力に關する根本的な考方の二つの中第一の、自然界の種々の力は結局同一源であるといふ考に就ては一八四五年の有名な「光線のマグネつけと磁力線の輝き」の論文の初頭にも記してあるが、一八三一年の電磁感應の發見が電氣力と磁氣力との同一源であることの豫想より出發し、又之に續いて靜電氣、ヴォルタ電氣、動物電氣の同一なることを示す實驗、磁性の普遍なることの實驗、又既記重力と電氣との相關の實驗、又一八六二年彼れの最後の研究と云はれるスペクトルと磁氣の相關の實驗等皆同様の conviction より出でたことを待たない。又自然界の力は結局一元的で相互に轉換も出来るが、其場合に力の創造も消滅もあり得ない。

いと云つてある。ファラデーは force or power と稱する。當時 Volta 電池の起電力に就て單なる接觸作用とする説と化學作用に依るとする説と二説が並び主張されたが、ファラデーは化學作用説を贊し、若し單なる接觸によるもので化學作用の如き何等かの消耗によつて電氣を生ずるのでないならば、それによつて不斷運動を生ずるから其説は不合理であると論じた。それが一八四〇年であるから Joule, Mayer 及びヘルムホルツに數年を先じてエネルギー不滅則の考に到達したと云はれてゐる。周知のやうに此原則は初め「力の不滅則」と稱せられファラデーも後に屢々之に就て述べたが、Exp. Res. 第三卷の On some points of magnetic philosophy の中に、並に Phil. Mag. 1857 に載せた彼れの On the conservation of force と題した論文の中に、重力が距離の自乗に逆比例して増減するならば、力が不生不滅であるとする此原則に背くと述べてある。ファラデーの此説には誰も諒解に苦しむべく、Phil. Mag. 1858 にウィーンの Prof. Brücke の駁論があるが、ファラデーが之に對するマクスウェルの注意に答へて自分のいふ力は the source or sources of all possible actions of the particles or materials of the universe であると用語の相違を辯じてある。

自然界の力が凡て同一根元に基くといふことには、實驗的證據もあり、又之により演繹した「力の不生不滅」の概念は物質不滅の概念と共に當時の學者に自ら共通の考とも解され、ファラデーの如上の考は容易に學界に受入れられたが、他の、力の傳達は中間作用に依るといふ考方は當時に於て全くファラデーにのみ獨自であつた考方であり、マクスウェルが一八五五年に *On Faraday's lines of force* の論文を書いたまではファラデーの此說の積極的支持者は學界に一人もなかつた。或は電磁感應其他のファラデーの發見は偶然的にでも他の人によりて發見せられることもあり得たであらうが、中間作用の說はファラデーに依らなければ起り得なかつたであらうとも云ひ得べきことは當時の學界の趨勢が之を示すのである。

ギリシヤの分子論者が眞空と分子とを考へたのに對し、アリストテレスは眞空を否定し、物質の連續説を主張し、近世デカルトも眞空の否定に於てはアリストテレスと同じく、空間に充滿する稀薄物質の假定によりて天體運動を説明し、同様の中間物は Huygens に依りて光の説に用ひられたが、ニュートンの萬有引力論が當時デカルト派より機械論から中世スコラ派の性質論に逆轉するものとして非難されたに拘らず、やがて引力論を基とする數學の應用の發達

と共に引力といふ眞空空間を透す直接作用説が眞なるものと認められ、少くもそれ以上の假説が不用とせられた。琥珀が塵を吸ひ、磁石が鐵を吸ふ現象は夙く觀察せられ、中世時代の記述には之等を混同するものもあつたが、Gilbert 以後之等を *electricity, magnetism* として別種の現象とし、デカルト時代此の如き作用を夫等の物體の特殊の雰圍氣に依るものとも見たが、やがて十八世紀後半に、電氣磁氣に夫々二種又は一種の流動體を假想する説あり、クーロンの法則見出されるに至つて萬有引力論に應用された數學の結果は殆ど其儘電氣にも引用された。一八二〇年のエールステッドの發見した現象は從來の引斥の作用以外の廻轉作用であつたために、却て前述の「雰圍氣」説の復活を思ふものもあつたが、一八三一年のアンペヤの研究により、微小電流の直接作用によりて凡てが説明され、之に基いた Weber, Gauss, Riemann, Clausius, Neumann 等の研究は一八五〇年代まで續いてゐた。一八三五年の Hamilton の有名な力學論文の初めには凡ての自然力は結局ニュートン流義の中心力に歸すべきことを述べてある。

かやうの學界の趨勢の中に在つてファラデーは一八三一年の電磁感應發見の論文に於て既に

magnetic lines of force の概念を導き、續いて electric lines of force を導入し、力の傳達はこれらの曲線に沿ふとし、質的にも量的にも空間に描かれた力線に依つて電磁の諸現象を説明し、その力線の振動が光の輻射に相當することを述ぶるに至つた。今日等の論文を読むことは必しも至難でなく、ファラデーの種々の洞察に愉快を感じるが、一八五〇年代には J. B. Airy の如き卓れた學者がファラデーの實驗の天才に敬意を表しつゝも、ファラデーの力線論が如何に迂遠で且つ誤謬に富み、之に反して直接作用論が如何に簡單であり明瞭であるかを云ひ、又ヘルムホルツは、前記のファラデー講演に於て、往時屢々力線説の理解につとめて然かも遂に絶望したと述べてあり、一般に學界の所謂正統派では、ファラデーが當時の通説に反し晦澁なる理論を編んだのは、ファラデー自身が正當なる教育を受けなかつたのに原因すると解釋せられ、其説は顧みられなかつた。

かやうな時代に突如一八五五年に當時ケンブリッジを出たばかりの二十五歳の青年學者 J. Clerk Maxwell が Exp. Res. の諸論文を耽讀し、又 Tait の注意で一八四二年の W. Thomson (Lord Kelvin) の熱の流動と引力論との公式間の類推に關する論文にヒントを得て、

On Faraday's lines of force なる論文を草し、初めてファラデーの力線を數學的力學的に表出した。ファラデーは自己の考が數學化されたことを意外の喜としたと云ふが、續いてマクスウェルは一八六一年に On physical lines of force を發表し、其中に初めて所謂電磁場のマクスウェル方程式を導出し、一八六四年に A dynamical theory of electromagnetic field の論文に於て光の電磁論を唱へ、この論文に依つて初めて英のみならず、獨佛の學者の注意を引き、一八七四年マクスウェルは有名なる Treatise を書き、一八七九年四十九歳で死んだが、一八八八年 Hertz の實驗により、これらの理論が一般に認められるに至つた。上記のマクスウェルの三論文の初めの二つは Ostwald's Klassiker の中へ Boltzmann の譯並に註がある。其中にマクスウェルが既に一八五五年に、一八七〇年以後 Mach 及び Kirchhoff によつて物理学界に導入された認識論的見解を明らかに敘述してあると強調した一節もある。其他マクスウェルの三論文及び Treatise に關する Kommentar の文獻の數は極めて多い。今夫等に就て詳述し得ないが、ファラデーの磁氣並に電氣の力線の考、マクスウェルの導いた種々の力學的説明等は後に或は變更され又は抛棄されたが、ファラデーとマクスウェルとの自らなる協力

によつて此の如き理論の創成が物理学史に一大時期を劃し、物理学理論の構成に一大變革を與へた諸般の意義の根本的なものとしては、既述のやうに、凡ての自然力は一元的であるといふこと、並に力の傳達は中間作用に依るといふことがかなり廣汎の程度に於て實證せられたといふに在ると云ひ得べく、就中理論の特異性は後者、中間作用説に在り、ファラデー、マクスウェルが與へた是等の根本的な考方の轉向に依つて初めて物理学の其後の發達、電子論、相對論、統一的場の理論を導き得たことは多言を要しないのである。マクスウェルには又物理学に確率論の應用を導入したといふ大きな仕事があるが茲にはその詳説を省略する。Einsteinのベルリン市内の住居はアバートの五階に在り、その書齋は所謂 Dachstube 屋根裏で、何等の裝飾なく書棚もなく、傍らに助手の机があるばかり位であるが、壁間に三個の額があり、ファラデーとマクスウェルと Schopenhauer との肖像であるといふ。物理學者としてファラデーとマクスウェルとを選んでは恐らく二人の特に獨創的であつたことに依つたのであらうと思はれる。

(日本數學物理学會誌第五卷第三號)

## マッハの世界觀

エルンスト・マッハはオーストリアの人、一八三八年二月十八日に生れ、一九一六年二月十九日七十八歳を以て逝いた。十九世紀の最後の四半世紀に於ける、その物理学、生理學、心理学に跨れる諸種の研究、物理学中、力学、熱學、光學、音響學、電氣學等の歴史的批評的研究の著書及論文に於て其名を成した。父が教育家であつたためでもあるか、教育に興味あり、各種の學校用の物理教科書の編纂數種あり、又ボスケと共に物理及化學教育の雜誌を創刊した。マッハの妹も教育家であり、「一女流教育家の思出」といふ著書があつて、それに依ると、マッハの父は朝は四時から晩は十時まで絶えず仕事をしてゐたといひ、田園生活で種々の試みをしてゐた中、一八六二年(文久二年)初めて日本から歐洲へやままゆが齎らされ、パリのジャルダン・デ・プランテで試育したのは失敗に歸したが、マッハの父は刻苦してその數年後に種紙