

ニュートン

桑木彥雄

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関する同時代及び後世諸学者の論著、学説の解釈、批評、其他伝記等総計四百十二種の書目を収め、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単行本及び雑誌上の論文につき集めたのであるから、ここ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ように諸所にて記念講演会などあり、英独米等の雑誌にその記事があり、又英国の数学協会、米国の科学史学会では夫々英米現在の諸学者のニュートンに関する小篇を集めた記念の冊子を発行し、英国発行のには又一の有益なる書史があり、米国のには記念会に陳列した古書、エッチング、メダル等の目録を添えてある。以下参考の文獻、書名等煩を避けて略記し、詳細をこれらの書史に譲る。

ニュートンの伝記の最も詳密なのは光学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伝の研究があり、その中、

一九一四年にジュール・デイ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伝を英雄崇拜に過ぐとする。なおド・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」という一書（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いる。ブルースター等より前の典拠にはフランスにフォンテネユ、ビオー等の著がある。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・バイオグラフィ等所載の伝記も固より依憑すべきものであるが、批評を交えない事実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、光学、代数学、其他古代史の年代学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断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ような全集は未だ出版されていない。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伝えられてあるが、その科学的とせらるる分はケンブリッジの図書館に移管せられ、その目録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、他に神学、年代学、鍊金術に関する手稿、その他家族的私的書簡等もあるが、それらはなお私蔵のままという。又「ネーチャー」に依れば昨年偶然某所からニュートン遺蔵の図書が一箱見出され、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発見せられたという。彼れの伝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・デイン氏の如きは最も熱心に唱道し、自ら志す所もあつたようであつたが不幸にして数年前歿せられた。

十七八世紀頃の学者の手紙には学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関する歴史的論文」（一八三八年）、同氏編「十七世紀理学者書簡集」（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・ボールの論文「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伝記等に、前記のポーツマス・コレクション及びロンドン・ローヤル・ソサイエティー所

蔵等に基いたものがある。又ニュートンがベントレーに与えた有名な四通の手紙は原物は今ケンブリッジに収められてあるが、それだけが一小冊子として一七五六年に出版された。

ニュートンの仕事が、数学、星学、物理学に何れも劃時代的であるだけに、これらの科学に関する Montucla(1758), Baily, Marie, Cantor, Heller, Rosenberger 等の夫々有名な歴史がニュートンに関する記述に力を傾けてある外、ヒューウエルの帰納科学史、科学思想史等もニュートンの章に於て特に価値があり、マツハの力学史もニュートンの絶対時間、絶対空間の批評に於て最も有力であると云える。

ニュートンと形而上学とに関しては、ロックと関聯し、カントと関聯し多く論せられるが、Léon Bloch, La Philosophie de Newton(1908), H. G. Steinmann, Ueber den Einfluss Newtons auf die Erkenntnistheorie seiner Zeit(1913) などの主要の文献である。

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(当時英国で用いた旧ジュリヤン暦に依る。このとき大陸で行われ、英国でも、一七五二年以後用いたグレゴリヤン暦に従え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ソープ村(ケンブリッジの北方五六十哩)の余り豊かならぬ農家の子として生れた。父はその数月前に結婚後数月というに死亡した。ニュートンは早産であり(七箇月という)、生時特に小さく弱々しく見えたという。亡父の名をそのまま Isaac とつけられた。数年の後、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、村の学校に通ったが、十二歳のときその地方の都会、グランサム町の学校に入りその町の或薬屋に寄寓した。初めは成績も悪しく級の最尾より二番目であったが、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負かした。その後彼はなお自ら発奮して遂に学業に於ても級の最上位

を占むるに至ったといわれる。昨年ニュートン死後二百年の記念に、今もなお保存されている彼れの出生の家、並にこのグランサムの学校へ学者のピルグリゲージがあり（そのときの写真は昨年三月の週刊ロンドンタイムスに在る）、そのとき現在英国の著名の物理学者ジーンズがこのグランサムの学校に於て演説し、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、この有名な事実がなかっ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い、続いて、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わられていたと述べた。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帰郷し、暫くは家業を助け農事に携わつていたが、母方の叔父の勧めで、再びグランサムの学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・カレッジに入学した。このとき英国は恰もクロンウエ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労役学生として入学したのであつた。学校のため又は他の学友のため賤しき勤勞をなしつつ勉學するのであり、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学することは、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氏はそのド・モルガンの翻刻の註に記している。）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の光学であつたという。これは彼が早く光学の方面に多くの発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われる。彼れの数学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て顧みなかつたという。後に彼は之を悔いて人に語つたというが、当時彼れの傾向は後の彼を有名ならしめた数学者理論家という側よりは、却て他の実験家という側に在つたという。然しながら又元來彼は手わざに器用であつて、工作や実験を好み、又彼がグランサ

ムの薬屋に寄寓して以来、好んで化学の実験、当時の錬金術を試みるに至ったその習癖は終生彼に^{かわ}渝らなかつたという。彼れの本来は、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、同じく数学や力学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と異なつた道を歩ましめたと云える。

やがて彼は代数学や、新しきデカルトの幾何学を学び、一六六五年一月、二十二歳のとき、B・A・の学位を得、これと殆ど同時に代数学の二項法の定理を発見した。この発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発生した、史上に有名な黒死病の大流行はついにケンブリッジを襲い、大学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。ために彼は計画した光学の実験の中止を余儀なくされたというが、彼れの最も大きな三つの発見、光の分析の発見、万有引力の発見、微積分法の発見は、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われる。かの林檎の挿話もこの間の出来事である。

これらの発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帰り、上述の発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、彼れの有名なる発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、ロイヤル・ソサイエティーはその一見を乞い、彼がこのとき新たに自作した望遠鏡は今なお保存されてある。彼はこの場合にもこの新器械の原理の発明よりもその工作の技に於て誇があつたと伝えられている。一六六九年彼が二十六歳のとき、神学者並に数学者なるバーローの推薦により、バーローが従来担当していたルーカシアン教授の椅子を占むることとなつた。その義務は、毎年一学期間毎週一回（大抵半時間という）或る数学的題目について講義することと、毎週二時間学生の質問に応ずることとにあつた。彼はこの位置を得て漸く

生活に余裕を生じ、研究に主らなる時間を得るに至つたという。彼は一生を独身で暮らしたが、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の薬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語つたという。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対し好意を持し時々これを援助したという。併し^{しか}ニュートンがこの婦人のために独身で終つたと解するは証拠を超える。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学をその講義題目として選んだ。一六七二年ロイヤル・ソサイエティーの会員として選ばれ、ついで彼は光の分析の実験に関する論文をその学会へ送つた。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実験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した。然し^{しか}ながら光の分散が硝子の性質に関することにその当時誰も、ニュートンも気づかなかつたことが、この実験を繰返した人々にニュートンの実験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^{いわゆる}ニュートン環の發明について報告した。当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え、一六六五年イタリヤ人グリマルデイの発見した光の廻折現象も波動説によりて説明していたが、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、有名なフィットの仮説を導いた。これらの所説に反対した、即ち上記の論難者の随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対論に答えていたが遂にその煩に堪えず、此の如きは自分をフィロソフィーの奴隷となすものである、人は新しき事を発言しないか、又はその奴隷となるかの二つに一つを選ばなければならないであろうかと一六七六年十一月ロイヤル・ソサイエティーの幹事に書送つて、以後一切沈黙すると宣言したという（後條参照）。光の仮説に関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称せられる。

一六六五年ニュートンは二項法の発見に次いで無限級数の研究、続いて流るる數量、フリユエント、又フラクシヨンの発見に一六六六年に到達し、之に関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ったが発表せられなかった。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、両者の同一なることに気づいたが、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学及び重力の問題の研究期に入る。

三 万有引力

コペルニクス、ガリレイ、ケプレルの先蹤せんそうによりて、地球其他の惑星が太陽のまわりに楕円軌道を描くこと、又其軌道がかよ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ないことは、スコラ学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いた。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、太陽のまわりを廻る、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わりを廻る等、流動体の渦動の中心に軽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やき一小物体を置き器を廻転すれば物体は廻轉の中心より遠ざかるが、急に器を止むれば、水はなお廻転を続けるがこのとき物体は却かえて中心に近づき、この現象を以て地球上の物体の重力の説明と見なした。然しかしながらこれらは皆なお臆説に過ぎず、なおケプレルの二法則に正しく適合するような精細な説明が求められていた。

一六六六年にイタリヤ人ボレリは惑星や衛星が軌道を描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

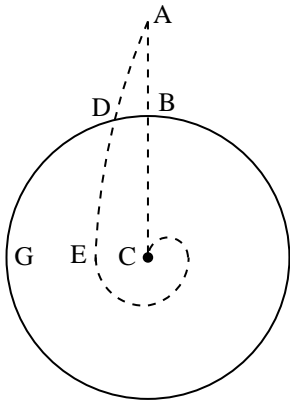
り廻わした場合に比べて、遠心、求心の力について稍明瞭なる觀念を示した。併し之を数量的に、速さの自乗を円の半径で除したもので表わし得たのは一六七二年ホイゲンスの論文ホロロギウム・オッシラトリウムを初めとする。又一六六六年に既記フック（弾性のフックの法則の）は地球表面から上又は下に遠ざかるに従い重力の減ずべきことを想像し（之より先、ギルバートが重力を磁力に比した説もあった）、セント・パウル寺院の尖塔に於てと地面に於てとの重量の比較を天秤に長き糸で吊るした皿を用いて実験したが結果を得なかつた。併しその差の測定の可能性を云い、又前記ボレリの所説を敷衍し、天井から吊るした振子に円錐運動を与え、錘の画く円又は楕円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体は互に相引き、それらの引力が夫々の運動を支配するのであると云つた。

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えている。この二つの手紙はケンブリッジの図書館に蔵せられてあり、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）は先ず、ローヤル・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断り、ニュートンに何等か近業の、ローヤル・ソサイエティーに提出せらるべきものなきかを問うている。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ように伝えられているのは全く中間二三子の誣言であり、学術上の意見の相違に何等かよふこの自分の自分に起り得べからざるを弁じ（前條参照）、次に、自分は天体運動の説明に、之を軌道上切線方向の直線運動と、軌道の中心へ向う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）の法則及び原因に関する自分の仮説について貴下の意見を示さるれば幸であるとして、次に、最近パリで唱えられた新説では、惑星や衛星の軌道が完全な円であり、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わりに円周軌道を画き、その週期は地球の公転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点が多いようであると附加えて、なおパリに於て最近ピカール、カッシニ等が諸所の経緯度の精密測定をなした報告があつたことを記し、垂線観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、なおロンドン学界の一二の近事を記し、最後に余りに長文の他を煩わしたであろうことを謝しつつ結んである。

このフックの慇懃なる手紙に、前記のようにニュートンは日附四日を隔ててケンブリッジから返事している。その手紙にいう。この半年リンコンシャーに在つて、主ら親族間の雑事を処理しつつあつて昨日当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うような学術的思考の違いもなかつた。その以前にもこの数年間は全く学問（フィロソフィー）から離れ他の研究（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えなかつた。そのため近頃ロンドンや外国の学者たちが何をしているかも知れない。御手紙によつて初めて貴下が天体運動について種々の意見を出されたことを知つた、学界では熟知のことであろうに。併しかし自分がかくフィロソフィーと離れ現在の他の仕事に奪われていることを、貴下及びローヤル・ソサイエティーに背いたた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い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お顧みる価値ありとせられ、種々の事柄に関し、端的に通報せられたことを心から謝すると。

ニュートンは続いて、フックの伝えたパリの新宇宙説について、それは真理ではないであろうが、併しかし若しそれが現象に適合したら、簡單という理由で甚だ価値があるであろう。併しかし、如何にして水星其他凡ての惑星の軌道がかように同心円に歸し得べきかを疑う。その真否は先ず、例え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しゅくけいである、と云い、又、この大学で天文観測を好んで為すような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、併しかし多分この冬は現在よりは暇を得て、貴下が申出されたようなケンブ



リッチとロンドンとの緯度の差を測ることができるとであろう。

之に次いでこの手紙の学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来書の意に答えて、地球の自転を発見し得べき自分の空想について報告しようといひ、先ず地球の公転の結果は小なる故之を省き、図のB D Gが地球で日々西から東へB D Gの順序に廻るとし、重さある物体が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旧来の運動を減じはしない。AはBよりもCから遠いからAに於ける物体が、落ちる前に有していた西から東への運動は、Bのそれよりも大きいであろう。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A E Cを画いて地心Cに達するであろう。是は通俗にAから物体を落したとき、その間に地球が西から東へ転ずる故、Bの西方に落ちるであろうと考えるのと正反対である。一三十ヤードの高さを落したのでは余り微小の偏りであろうが、十分適當の方法によればその結果を見出し得るであろうといひ、次に詳しく実験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実験もしたのではないといひ、最後に、自分がフィロソフィーから遠ざかっているが、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伝えようと結んである。

ニュートンが所謂フィロソフィーから遠ざかつて携わってい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、彼れの伝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うは理論的アカデミツクの学問の意らしく、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学的実験の工作的仕事又は化学的実験に彼れの嗜好の赴く所に従っていたかとも思われる。

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ーヤル・ソサイエ

テイに報告した。ニュートンのこの地球自転の実証の提議は満場の賛成を得、このときサー・クリスファー・レン並にフラムステイドが之について意見を述べている。フックは十二月九日に更にニュートンに返事した。その手紙は失われたが、内容は同月十一日のローヤル・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う螺線らせん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う純東方偏避は赤道のみに於て起り、なお南方にふれる（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われ、ニュートンのこれに対する返事の記録はないが、大要を承認し、螺線らせんといえるは倒立円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え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仮定していると云い、又ニュートンの提示した実験は進行中と附加え、一月十七日附でフックは更にその実験の成功を報じ、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、若しこの問題を考うる時間があつたならば、一二言を之に与えらるれば、フックも又ローヤル・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与えた他の用事の手紙の末に、自分が思いついた実験をソサイエティーが実行したことを謝する旨が書いてあつたというだけで他の記録がない。

ついで一六八四年一月ローヤル・ソサイエティーで、レン及びフックにエドモンド・ハリー（一六五六—一七四二、天文学者、ハリー彗星の計算者）が加わつて天体運動について会談した。ケプレル第三法則（週期と平均半径に関する）とホイグンスの見出した求心力の値（速度と半径とに關する）との両者の結合から、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ようであつたがハリーの追問に答うる所がなかつた。その年の八月、ハリー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

るる物体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円なるべきを答えた。ハリーは自分の予想と合せるを喜びつつ、如何にして之を知ったかを再問した。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え、然かもそのときその計算の旧稿を見出し得ず、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、楕円軌道の場合に焦点に於ける力の法則、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の軌道の計算等、ハリーの質問に応ずるものの外、なおこの問題の研究を続けて、その年十月に始まる学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体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来てニュートンに遇った。十二月十日のローヤル・ソサイエティーの会合で、ハリーは、ケンブリッジでニュートンに会し *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当学会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* と題するものをローヤル・ソサイエティーに送った。前者との小異等は既記ボールの論文に詳かである。

ニュートンはこれらの小篇の拡張を企て、「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ーヤル・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関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、同月二十八日の会合で、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、学会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担する所となり、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った。

前述のよ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、何等分量の予想がなく、唯だ講義の小篇を稍拡張する位のつもりにてかかり自ら思はず時を要したとも記したという。(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ったが、ニュートンは必ずしも全注意を之に与えず、却てこの間多くの時間を化学実験室で送りつつあったことが彼れのノートによりて知られるという。

プリンシピアの第一部には初めに力学の一般原理を述べ、物体が既知の軌道に於て、又は既知の力の下に、又は物体相互の引力の下に運動する場合について論じ、特に運動を攪乱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わし、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、流動体の静止及び運動、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実と矛盾し、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応用し、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、彗星が太陽系に属すること、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証明は凡てユークリッド幾何学を用いてあり、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シオ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う。フラクシオン法は当時未だ流布していなかったため之を書中に用いなかったのであるかとせられるが、なおその叙述の簡潔であり、又凶を省略し、分析的より総合的であること等が大抵の読者に難解であり、この書の内容が一通り正解せられて流布したまでに英国に於て十年、大陸に於て二十年かかったと称せられる。大陸の中にも、フランスに於てはデカルトの権威容易に墜ちず、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

いう。

然しながら少数の学者の間に於てはニュートンの仕事の偉大なる価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収められた新しき著しき結果の余りに許多なるため、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い且つ睡るかと思はれた。ロピタールがあり、ハリー其他がニュートンを神に最も近き人、神の黙示を啓き得た第一の人と讃うる等あるが、オランダのホイゲンスはニュートンの価値を最も早く認め一人であつたが、ニュートンのいう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。ニュートンのいう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、中世スコラ学派のいう物質内在の力（オッカルト・フォース）の概念を復活するものであるという非難である。ニュートンの有名な「仮説を吾は造らず」というモットーは渦動説や波動説に対峙したものであつたが、既記ベントレーに与えた手紙の中には、引力の説明にエーテルの如きものの仮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われる。この直接作用間接作用論の現代物理学に於ける意義等についてはここに之を省く。

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・フォースに近き考えをも述べた。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関とする如きには神学から之に反対した。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阿姆斯特ダムとの両方から出版されている。

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。彼れの学術的工作はこの時を以て終つたとせられる。その後なお四十年許りの生を保ち、その間に光学等の書物の出版、月の運動の研究其他神学の著述等もあつたが著しき研究と称せられるものはなかつた。一六九六年貨幣局に聘せられロンドンに移り、九九

年その長官となった。一七〇一年ケンブリッジの教授の職を辞し、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（ジュリヤン暦）八十五歳で死したまでその位置に在った。死後ウエストミンスター寺院に葬らる。ケンブリッジに在った間に、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会に出席し、時の問題であった大学の独立について論議した。（初めにはニュートンも主となって働いたが議会に出席してからニュートンが沈黙を破ったのは唯一回、守衛にあのドアをしめて下さいと云っただけであったという。）彼がワリスに与えてフラクショ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ったらしいがその期間及び病気の程度につきイギリスの諸書にも記す所区々であり、一書には二箇年、他書には数月とある。この事実につき初のイギリスの伝記者は知らず、ホイゲンスの手記にニュートンが発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プ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学者ビオーの書いたニュートン伝（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えたものがある位で、九三年頃にはベントレーに与えた有名の手紙も書いたことさえあり、発狂ということには反証も挙げられている。又この異状の原因として、九二年の暮頃、ニュートンが礼拝堂へ行き不在の間に机上の燭台が倒れ彼れの化学実験室と二十年間の実験記録とを焼盡した。彼は帰りて之を見て忙然自失一箇月余快復しなかつたという聞書もありとせられるが、彼がこれらの出来事で失心するとは信ぜられぬとする著者もある。又この点火のままに残せし燭台を倒したのを愛犬ダイヤモンドとすること、この愛犬の過失に対し彼れの寛大であったことなども伝えられているが、又彼は嘗て家畜を飼ったことがなかつたという話も伝えられているそうである。

彼が貨幣局に聘せられたことについては、当時英国の貨幣に対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うが、既記ド・モルガンの書には之等に関

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従来の学究生活を棄てたために之を惜むの余りにかこの貨幣局入りを苛評する伝者も少くない。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ポンドであったとも云われる。

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われる。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学者の数世にしてなお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点は光学と数学と力学とに在り、光学については先きに略ぼ述べた。数学については固よりフラクシオン法、即ち今云う微積分法の発見をいうのであるが、その発見の歴史、ライブニッツとの優先権の争いなど、既記 Montucla, Cantor 等の数学史に詳密である。最近には Mankke 氏ベルリン・アカデミー二百五十年祭の論文集（二九二五年）に、従来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。又ニュートンの記号法、及び之に含まるる概念を不適當とするあり（微分に非ざるにより）、却て厳密とするあり（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、イギリスに従来保守的にニュートンの附点記号法に従いたるため、却て大陸に於ける発達に遅れたるを遺憾とし、ハーシエル、ヒューウエル等が附点記号法廃止協会を起したるなど後の歴史もあれど、ニュートンの当時、この新数学を応用し得たるは発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エ等二三を数うるに止まり、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伝えられる。又この技倆あるによりてニュートンの大を加え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 *Naturewissenschaften* に在り、併しその中にニュートンが偏微分をも知りしように記したるについてはホッペ氏は「数学、自然科学、及び工学の歴史のアルヒーフ」の中で難じている。）

ニュートンの力学に関する仕事は凡てプリンシピアの中に収めてある。この書の表題は、自然哲学の数学的原理と訳すべきが、自然哲学はここに単に自然学、又は物理学の意なること贅言を要しない。併しこの書は物理学の全

般についてでもなく本来は一の力学教科書又は力学全書ともいうべきが、自然現象の器械観が理想である限り、この書を以て全自然学の原理ということもできる。力学書としてはガリレイの対話篇以後、ホイゲンス、ベルヌーイ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雑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、ニュートンを数学的物理学の父とし、プリンシピアを最初の数学的物理学書というべきである。プリンシピアに対する同時代のデカルト派の非難等はやがて終熄し（地球の形状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変改せられる所なく（ラプラスが音響の速度の理論を改めたこと等はあるが）後世の力学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。最初にその叙述に厳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関して批評したのである。（是等に関しては嘗て余は「絶對運動論」という稿中に述べた。）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、物体の質量は密度と容積の積であると云い、次に密度は単位容積の質量であるとせるは拙なき循環であると云い、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いたものである。然しながら之に就てはP. Volkmannの密度と圧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、密度とあるは単位容積中の原子（元子）の数の意であることを考証してある。質量は、キルヒホッフに於ては一常数であり、ヘルツに於ては質点の数であり、とにかくニュートン力学の定義の中に於ける一難点であったが、相對論はこれに關しても一転回を与えたのである。

時間空間質量に関する定義を除けば、プリンシピアの最も原理的な部分は、運動の法則と万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発見者とすべきが、デカルトも亦そのプリンシピアに運動の三法則を挙げた。その第一と第二とは略ぼニュートンのと同様で、第三が衝突に関するものであるが、第三のはその提言は精密を缺いていた。ニュートンの作用反作用律は適当に言い表わされたがその内容は当時既知のものであっ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発見でなく、ニュートンが既知の原則を適当に言い表わしたというべきである。(ヒューウェルもその帰納科学史中に然かいう。)

万有引力の発見はニュートンの名を最も流布せしめた。然しながら之に関しては既述のよ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仮定していたこと一六七九年乃至八〇年のそのニュートンに与えた手紙の中にも記していたほどであり、ニュートンの名が引力法則発見者として高まると共に、その優先権を主張した。ハリーはこの間に処して非常に苦心したようで、これに関しニュートン、ハリーの往復の手紙は許多残つてい、ニュートンはフックに対しては甚しく不満に感じたらしきが、この引力の法則は彼は実に一六六六年黒死病の流行を避けてウールスソープに在ったときに発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発見を何故に凡そ二十年間秘していたであらうかは一の疑問となり、従来その史的研究は十分になされているが、ショーペンハワーのparallelガの中にそれについて当時知られ得た限りの材料を挙げてあるのも一奇である。その結論として、フックの発見した自然力をニュートニヤン引力と称するはコロンブスの発見した大陸を追隨者の名をとりてアメリカと名けたよ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ーンレーでニュートンの説に反対した。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いとして軽んじたるなど対照される。)

ニュートンのウールスソープに於ける引力の発見には林檎の伝説が伴う。これらに就て記して此篇を終るべきが、

この伝説はヴォルテヤの *Letters sur les Anglais* (1731) の中に記されたのが世に伝えられた初めであり、ヴォルテヤが一七二六年より二九年まで三年間イギリスに在り、ニュートンには遇わなかったが、彼れの二七年に死したる後、彼れの家事を掌っていた彼れの姪からこの話を聞いたというのである。ニュートンがウールスソープの自家の庭に在って考えに耽っていたとき林檎の実に落つるを見て、俄かに、林檎に働いた重力はなお遙に高く遂に月にまで及ぼさないであろうかとの考えを得るに至ったとするこの逸話をマッハも其儘用いて思考の連続の原理の好例としてゐる。実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う。以上の話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と推定している。併し^{しか}ニュートンの直接の弟子ペンバートン等が当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伝えていないので話の真偽が疑われているのである。

とにかく一六六六年に距離の自乗に逆比例する万有引力に想到したということはニュートン自身のハリーに与えた手紙の中に在り、唯^ただ何故にその発表を二十年も延ばしたかが疑問となるが、是れ又種々に解釈されている。先ず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、かよ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、其値が実測上のと著しく差があるため、仮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う。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当時の不精密なる値を用いたた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われ、又実際一六七二年頃計算してその両方の測定の吻合したため、昂奮して自

ら計算をつづけることができなくなり、之を友人に依頼したという話も伝えられているが、その友人の誰なるかも全く不明であり、この話の価値疑わしく、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ったとするに衆説傾いている。

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えを發展せしめなかったことに就ては、その原因を前記のよ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、前記のような力の法則は点と点との間のそれであるから、彼は之を点の群である物体と物体とについて総和すれば如何なる値となるかという問題を考究し然かも之を解き得ず、遂に球層（シェル）が外の一点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う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、即ち世に発表するに至ったというのである。かくして地球が真球であらぬため、合力が地球の中心を過ぎず、即ち歳差運動を生ずるという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お程度低く、又フックより以前にも同様の法則に思いついたブイヨー（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ろうという推量を生んだものとも解せられる。又たとえニュートンにこの法則発見のオリヂナリティーを否定するとも、当時の渦動説が既記のように不明瞭であり、フック等が仮定以上に出でなかったのを精密なる数学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ヂナリティーを示し、是によりて初めて最近科学思潮を喚起するに至ったということは誰も疑わない。

（昭和三年十一月、岩波講座世界思潮）

- 桑木或雄著『科学史考』（河出書房、昭和一九年）所収。
- PDF化するにあたり、旧漢字は新漢字に、旧仮名遣いは新仮名遣いに改めた。
- 読みやすさのために、適宜振り仮名をつけた。
- PDF化には $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}_{2\epsilon}$ でタイプセッティングを行い、 $\text{d}^{\text{v}}\text{i}^{\text{p}}\text{d}^{\text{f}}\text{m}^{\text{x}}$ を使用した。

科学の古典文献の電子図書館「科学図書館」

<http://www.cam.hi-ho.ne.jp/munehiro/sciencelib.html>

「科学図書館」に新しく収録した文献の案内、その他「科学図書館」に関する意見などは、「科学図書館掲示板」

<http://6325.teacup.com/munehiroumeda/bbs>

を御覧いただくか、書き込みください。