

ラプラスの伝

山本一清

天文学者として、特に天体力学者として、フランスの誇るピエール・シモン・ラプラス侯爵は、今から約二〇〇年前、一七四九年の三月二八日、ノルマンディ州オージ谷のボーモン村に生れたが、父は小農であった。幼時から慧敏であったので、多くの人に愛せられ、村の顔役や、貴族たちの援助によって、教育の機会に恵まれた。最初、彼は神学上の論争などによって人々に認められた。そのうち、ボーモンの陸軍学校の科外生となり、すでに才能を知られて、その学校の数学の教師になった。

一八歳の時幾つかの紹介状を手にして、パリに行き、当時、盛名隆々として上つていた大学者ダランベールを訪ずね、何等かの地位を得ようと乞うた。ところが、これらの紹介状は何の役にも立たず、ダランベール先生はラプラスのことをほとんど気にも止めないようすであった。けれど、ラプラスは失望せず、改めて別の日に、彼は堂々と力学の原理についてこの先生に手紙を書き送ったところ、この手紙はたちまちダランベールの注意をひき、直ちに、引見して、

「いや、君は他人の紹介などは不要だ。君の自己紹介で充分だ。将来、君の力になつて上げよう」

ということになつた。それから、ダランベールは彼を、間もなく、パリの陸軍士官学校の数学教授に任命し、その後も、何くれとなく、彼の身分や研究上のことについて、熱心に斡旋した。

まだ二四歳の誕生日を迎えないこのラプラスは、数学上の一大発見に従事し、ついには、世間から「フランスのニュートン」という評判を得るにいたった。その最初の出発点は、一七六六〜一七六九年の頃、「積分学の研究」(Recherches sur le calcul integral) という一連の論文をイタリアのトリノ市の王立学会集誌(Mélanges de la Société Royale de Turin)に発表して、彼はその才能を発揮したのだったが、それから引き続いて、彼は天体力学中の未解決の諸問題へ、能力を集中することとなった。その内の最もハッキリした問題の一つは、木星と土星との間に行われる相互の摂動作用に関することであつて、もともとこれはオイラーやラグランジュの如き碩学が以前から競争的に研究に従事したにもかかわらず、理論を組み立てるに至らなかつたものであつた。これら諸先輩たちの研究に不一致の点があるのに気づいて、ラプラスはその根本の遊星摂動の理論の全部の再検討に没頭したのであつたが、彼のこの処女研究がいよいよ発展進歩して、彼自身の労作や、有名な競争の相手たるラグランジュの業績等によつて、到達した結果は、ついに、ニュートン以来の天体力学上における最も重要な進歩と学界で認められるに到つた発見となつて、報いられたのであつた。一七七三年二月一〇日の理学アカデミーの例会でラプラスは一論文を公表し、遊星の平均運動は離心率と軌道面傾斜角の三乗まで追及した限りにおいては不変であるという有名な結論を述べた。これは、太陽系の安定を確立するため、最初の最も重要な第一歩となつたものである。

それからは、ラグランジュとラプラスとが互いに競いつつ、また補足し合いつつ、深い研究を進めて行つて諸遊星の軌道要素の中の或るものの変動の限界を決定することになつたのであるが、この兩人の解析学の競演は、ついに、一七八七年に、ラプラスがアカデミーに、著名な諸発見の事項を一括して提出したことによつて、一応、終了したのである。実に、この一七八四、一七八五、一七八六の各年にわたり、アカデミー

の出版物において三部に分けて発表されたこれらの論文の輝やかしさは、理學上のあらゆる文献の中においても、比肩し得るものを捜し求めることが困難である。

木星と土星の大不規則運動 (Great Inequality) の原因について、學界において長年の間にわたり求められた解決は、この二つの遊星の平均速度が互いにほとんど通約し得ることに歸せられた。すなわち、この二大遊星の相互の引力は、その軌道の離心率と傾斜角とをひどく変えるものではなく、ただ、木星のみについてはいわゆる「ラプラスの法則」と呼ばれる独特な性質が認められることなどが二つの優れた論文によって示された。この二つの天体の理論は、一七八八年と一七八九年とにわたり、パリのアカデミーの *Memoirs* 中に彼が発表したことによつて一応完結し、それによつて作られたドランブルの表の優秀性は、實用天文学による研究上に大きい利益を齎した^{もたら}。一七八七年には、その上、一月一九日にラプラスが月の加速度について、それが地球の軌道の離心率の永年変化によるものであるという結論を発見したことの記念すべき年である。かくて、太陽系における不規則性や、不安定の最終の疑問が、全く消え去つたのであつた。

ラプラスの学術的な業績の第一期は、これらの輝やかなしい成果によつて終つたといつてよい。その後、彼の天体力學上における重要な発見が現われなくなつたと、世人はいうけれど、それは、むしろ彼の能力が下降したのではなくて、実は、もはや問題が種切れになつたというのが真相である。大宇宙の機構が今やすっかり曝露され、研究すべき問題に新しく没頭するためには、人智のさらに前進が必要であつたのである。そして、ここに過ぎ去つた七、八〇年にわたり、多くの有名な数學者たちによつて遂行された引力論の發展と應用による綜合の成果が單一の見地から纏められるべき時期が、いよいよ到来したのであつて、この大事業に対して、ラプラスは第二期の活躍を貢献したといつてよからう。そしてこの天文学の革命に獻げられた

数学的天才者の一大記念物として、彼の著した『天体力学』は、かのニュートンの『プリンキピア』に次ぐ人類の至宝であると学界では讃えられている。

宇宙の力学へ この大著『天体力学』の目的は、『ラプラス全集』第一巻第一頁に「著述の計画」として述べてある。それによれば、太陽系によって表現された大宇宙機構の完全な解決と、観測結果に最もよく合致する理論を組み上げ、天文暦表中には、もはや経験式などというものの存在する余地を残さないようにするということが、彼の目的なのであった。しかし、この高い理想から見ると、ラプラスの両方面にわたる成果にも、なお、多少の余地があつたというべきか？ この著述の最初の二巻（一七九九年出版）は諸天体の公転と自転の計算方法や、形状の算定法や、潮汐問題の解法をのせている。また、第三巻と第四巻（一八〇二年と一八〇五年とに出版）とは、特に天体暦法の改良のために献げ、諸公式の応用のために用いている。それから、第五巻には（一八二三〜一八二五年出版）、ラプラスの最終の結果と共に、彼のとり扱った主題（天体力学）の各部にわたる進歩発達の歴史を書いている。この中で、彼自身がなしたとげた業績の記述については、間違いを起していないことは勿論であるが、しかし、他の学者たちの業績に関する事項については多少の不公平や、判断の誤りを冒していることは、止むを得ないとはいえ、われわれも注意を必要とする。殊に、彼の先輩や同僚の名を、この著述の中に全く書き落しているのは、批難の的となり得る。多くの定理や公式を、他の学者の論文から、何の断り書きもなく流用し、一世紀にもわたる多くの人々の苦心の結晶を、あたかもただ自己一人の頭脳から生み出されたものであるかの如く世界に発表してある。

ラプラスの『天体力学』は、解析数学に熟達している人にとってさえ、決して読みやすい書物ではない。この書の印刷の際、校正を手伝ったビヨールのいうところによれば、この書の中の引例や解説を充分にするなら

ば、五巻のものを、八巻にも、一〇巻にも拡大しなければならぬほどである。彼が実際に見たところによれば、「一見して明白なる如く」と原著に書いてある部分がたくさんあるが、こんなところにも、時々書き落しがあつて、推理の跡をつけることが困難な場合があり、著者ラプラスでさえ、こうした場所に出会つて、一時間以上も考え抜くことが時々あつたということである。

かの有名な星霧〔星雲〕説を書いた『宇宙系論』(Exposition du systeme du monde)は、アラゴーが、数学の御飾りを抜きにした天体力学だ」と讃めたものである。これはただ、単に一つの結論を書いただけのもではなくて、それに到達した方法も述べてあつて、実に解析論の力強さを示すと共に、一方においては、また、通俗書としての魅力をもっている。書き方は鮮やかで手法は練達であり、終りを結ぶ天文学の歴史の一節も、実にフランス文の一傑作と考えてよい。こうして文章の立派なことのためにも、ラプラスは、一八一六年に、ついにアカデミーの会長に推されたのであつた。彼の有名な「星霧〔星雲〕説」は、このSysteme de mondeの中に初めて公表したものであつて、実際の天体観測や、数理計算の結果として得たものでないとはいへ、ラプラスとしては、この臆説に深い興味をもっていたことが明らかである。遊星の起原について、こうした考えを出発点とし、思想の進路を定めたのは、それが真理の確証というよりも、要するに、むしろ、その仮説が単純で、また、その中に含まれている力学的な原理が明白なのによるのであろう。ラプラスが、その先輩たるビュッフォンの説を真価以上に買いかぶつていながら、もつと以前に、カントが一七五五年出版の『天界の一般自然誌と理論』の中にすでに一種の星霧〔星雲〕的宇宙開闢かいびやくを述べているのを知らなかったのは、不思議といふべきである。

幸福の人生 ラプラスの一生涯は、ほとんど連続的な立身出世道であつた。一七七三年には理学アカデミー

の会友となり、一七八五年にはその会員となった。なおその前年（一七八四年）にはベズーの後を継いで、フランス砲術検査官となった。かのフランスの大革命の時には、或る嫌疑を受けて、度量衡の委員を免ぜられたが、この不運は、間もなく、新しい榮譽によって、打ち消された。彼は、経度局の創設当初からの会員であり、後にはその長官にもなった。この一七九六年に創立されたアンスチチエート（L'Institut de France、フランス学院）においては、重要な地位を占め、師範学院では解析数学を講じ、また、彼はメートル法の組織に参画した。なお天体力学の公表によって、彼は世界的の名をあげ、その名は、英独露を始め、欧州各国の主要な理学会の会員名簿の中に見られるに至った。

ナポレオンが笑う　しかしながら、理學上に盛名を得たことは、決してラプラスの本望を充分に満足せしめたものではなかった。彼は政治界にも野望をもち、位階や勲章のために、あたら天才を墮落せしめた。共和主義の原則にあこがれて、革命暦の第二月一八日から、彼はナポレオンに忠誠をつくし、まもなく内務大臣の地位に上った。しかしながら、彼は政務に不適任なことが明白となって、六週間の後、その地位をリュシアン・ボナパルトに譲った。

「ラプラス君は政治に微積分學の精神を移入した」といつて、ナポレオンが笑ったのは、この時である。ラプラスのこの失敗は、彼が元老院の議員となり、一八〇三年九月にその議長となったことによって、名譽を回復した。同時に、彼はレジオン・ド・ヌール大勲章を授けられ、また一八一三年にも、新制度下において同様の榮譽を得た。ナポレオンの帝國が創設されると共に、彼はさらに伯爵となった。ところが一八一四年、彼のパトロンたるナポレオン帝が退位するようになった時に、それに賛成演説をしたので、まことに時代に順応の精神をもっているというわけか、彼は貴族院に席を与えられ、その後、一八一七年には侯爵の位を得

た。こうした変節ぶりは、彼自身の著作の中にも、永久の記録となつて、残されている。すなわち、*Systeme de monde*の第一版は、『五百人議會』に献本されたし、また、*Méchanique céleste*の第三卷（一八〇二年）には、『この書に含まれたあらゆる真理のうち、著者に最も貴重なものは、わが欧州の平和保護者閣下（ナポレオン）に対する祝賀と忠誠の表現である』と、彼は堂々と緒言の中に書いている。ところが、その後、『*Theorie des probabilités*（公算論〔確率論〕）の出版に當つて、この皇帝への献本辞は取り除かれている。

晩年のラプラス　ラプラスの晩年には、セーヌ州のアルクイユ町に住み、そこで、ベルトレイという化学者と閑居を共にした。この二人が主になつて、アルクイユ会というものを作り、時々その会報に文を寄書したりした。こうした静かな退隱生活の中にも、ラプラスは相変らず熱心に好きな研究を行いつつ、世界各地から訪れてくる著名な来客たちを、分けへだてなく、懇懃いんげんにもてなした。ここで、彼は、マジヤンディという医師と、ブビールという計算助手とに見守られながら、一八二七年三月五日に臨終の息を引きとつたのであった。彼の最後の言葉は、『吾々の知つてゐることはほんの少しばかりで、知らないことは多い』（*Ce que nous connaissons est peu de chose, ce que nous ignorons est immense*）であつた。

宗教上において、ラプラスは、無神論的な意見を抱いていたと、一般には信ぜられているが、個人的にやりとりした手紙の中には、必ずしもそうでない言葉がある。彼の性格は、ずいぶんうぬぼれと高慢とで、人に誤解されているが、実際は、人なつつくく、愛嬌たつぷりの一面が彼にはあつた。例えば、若い理学者などを、彼は、非常によく世話した。こうした『学問上の弟子』たちと彼との関係は、單純と親愛の情に満ちあふれ、後輩たちの知的進歩や生活上の問題は、自分のことのように気にかけた。その代りに、彼等の研究に對しては、ただもう一凶に勉強を怠らぬようにくれぐれも注意した。ビヨールの語るところによれば、彼自身

が学界に身を投じた最初の頃、ラプラスは、ビヨールが混合差の方程式 (equations of mixed differences) を発明したことを説明するために、フランス学士院にそれを紹介の労をとったが、その後、或る日、極秘の中に、もはや黄色く変色してしまっていた一論文の原稿をとり出して、ビヨールに見せ、ラプラス自身がすでにずっと以前にこれと同じ結果を見つけたことがあることを話して聞かせたという。この一逸話は、ラプラスの平常の態度から見ると、珍しい例外であるという大切な記録の一つである。ラプラスとルジャンドルとの間には、普通「ひややかな」という言葉だけではない特別な感情が横たわっていた。これは、ラプラスがルジャンドルの業績をほとんど無断で自己の論文の中に流用したことに発するものである。トーマス・ヤングもまた、ラプラスにその名誉を侵害された (真疑の程は明らかでないが) と考えている人々のうちの一人であった。ところが、これに反して、ラグランジュとラプラスとは、互いに最上の誼みをもって交わった友人同志であった。ラプラスはシャルルと呼ぶ一子 (一七八九—一八七四) を残したが、彼は家名を継いで、砲兵大将の地位にまで上った。

天空の開拓者 ともあれ、ラプラスは、創造的な頭脳をもった当時一流の大数学者であり、負けずきらいの情熱に駆りたてられた宇宙真理の発見者であったことに、間違いはない。宇宙の研究には、最初から最後に至るまで、彼が熱心に当ったことは、年若くして発表した初めての論文の中にも、また、最後の病床における譚語の中にも伺われる。この熱心によって、彼の異常な解析能力が、宇宙研究のために駆使されたのであった。この高い知性に加うるに、類推を直感することや公式の中にかくれている新しい真理を見抜くことや、一旦問題を捕えた以上は、それをしつかりと放たずに握りしめ、年々その研究を押し進めて、ついに解決を獲得するまでねばり貫くという強情さを、彼はもっていた。こんなわけで、天体力学のあらゆる方面に

において、ラプラスの残した潔い業績を見ることが出来る。フーリエ男爵がいつた言葉に、「彼（ラプラス）は、天空の物理学を完成した」とあるのももつともなことである。

数々の研究 上記のほか、ラプラスの業績中、著名なものを拾って見ると、まず土星の輪の安定の条件を研究したことである。彼は、この輪が安定しているためには、一〇時間三三分という周期で回転していなければならぬと結論したが、この値はハーシエルの観測による結果と合致している。

また、太陽系には「不変平面」と呼ばれるものがあって、各遊星の質量と動径の画く面積の相乗積を、その平面上に投射した数量の総和が最大になるような関係にあるということ、ラプラスは発見した。

また、ラプラスは、天文屈折の理論に著しい進歩を齎し、なお、気圧計を用いて高さを決定するための立派な公式を案出した。

次に、ラプラスは、さきにニュートンが定めた音波の速度と実際の観測値との間に横たわる大きい差異をとり除くため、空気の圧縮熱による弾力性の増加量をその理由にとり入れることに成功した。

彼は、また、分子物理学に興味をもち、一八二四年に至って、この問題を別の著述の中にとり扱う意向のあることを公表した。

それから、かの有名なラボアジエと協同して、一七八二〜一七八四年の頃、比熱に関する重要な実験をいろいろとくり返し、その結果として、氷熱量計を發明したことがあり、この二人は連名して、蒸発による電気の発生に関する一論文を、一七八一年にアカデミーの *Memoirs* に寄稿したことがある。

そのほか、ラプラスは、毛細管現象の完全の解析を試みた最初の一人であつて、これには「きわめて近距離においてのみ作用する」一種の力があるという仮説を用いた。彼はまた、光の現象を同様な原理で解説し

ようと試みたが、これは成功しなかった。彼は化学的結合力と毛細管現象とが結局は同一の法則によって説明し得るだろうという考えに執着し、こうした総合的観念に強くとらわれていたために、光の波動説にはいつまでも魅力を感じなかったようである。

回転する液体の平衡形態の研究は、ラプラスが絶えず関心を怠らなかつた問題であつて、一七七三年、すなわち、彼がまだ二四歳の時に、この問題に関する最初の論文を公表し、また、これに関する最終の論文は、一八一七年、すなわち、六八歳の時に発表した。この問題に関して、彼が出した多くの論文の結果は、(宇宙における最も興味の深い問題であると自ら呼んでいたが、) まとめて *Mécanique céleste* の中に含まれており、彼の数学解析の能力を最もよく發揮したものと見られるものである。ラプラス以前にも、この問題はマクロリン、ルジャンドル・ダランベール等が、部分的な解法を得たのであつたが、これらの人々の研究はみな、平衡の条件に合致するような可能性のある形態をとり扱つたものであつた。ラプラスはこの問題を、物質量の漸進的な集積と冷却の進行という見地から考察し、このような物体が最後にとり得る形は回転楕円体であり、その赤道面は、最大面積の基本平面によって決定されるということを、彼は証明した。

偏球の引力という問題も、ラプラスが著しくその進歩に貢献したことの一つであつた。かのルジャンドルが、一七八三年に、マクロリンの定理を一步進めて、回転楕円体の、ただ赤道部のみならず、それ以外のいかなる部分でもが外部から引力を受けた場合の研究を行つたのだったが、ラプラスはさらにこの探求を任意の同焦楕円体 (*confocal ellipsoids*) にまで拡張し、ルジャンドルの考えを一般化し、諸遊星の運動及び楕円形の理論 *Théorie du mouvement et de la figure elliptique des planètes* と題して、一七八四年に発表した。なお、その翌一七八五年には *偏球の引力及び遊星の形に関する理論* *Théorie des attractions des sphéroïdes et*

de la figure des Planètes を一七八二年のアカデミーの Memoire に発表した。これは、全く任意の形の偏球がその表面または外部に及ぼす引力の一般問題を徹底的にとり扱った有名なものである。

ラプラスのこうした研究において特に重要なことは、彼が物理学的な諸問題をとり扱うにあたって、いわゆる “ラプラス係数” 及びポテンシャル函数という二つの解析方法を初めて使用したことである。この新手法により、或る質量が一質点に及ぼす引力は、単一の函数をただ直接に微分すればよいことになり、ここにラプラスは、熱学、電気学、磁気学等の数理に基礎を与えたわけである。ラプラス係数は、上記の一七八五年の論文にハッキリと公表されたもので、地球の形状や、引力理論や、電気磁気学などにおいて、この有力な数学的方法是重要な役割りを占めるものである。例えば、ガウスはこの方法を用いて地球の磁気ポテンシャルの計算を行い、また、マックスウェルは球面の極に関する調和函数の解説に当って、この方法により新しい光明を見出した。

天才の数学 ラプラスがその天才の偉力を最も明白に發揮したのは、公算論〔確率論〕においてであった。かつて、パスカルやフェルマー等が発明したこの数理を、ラプラスはほとんど完全の域にまで押し進めた。しかしながら、この説明が大変こみ入っているし、推理の途中に省略も多いので、この数理を述べたラプラスの原著『解析論』（一八一二年出版）は最も優秀な数学者でもこれを読むのに骨を折るものである。この公算〔確率〕理論を、ラプラス自身は “常識を、数学的にいい表わしたものだ” といっているが、これは物理学や天文学のために重要なものだから、特に彼の注意を要求したものであって、彼はこの理論を、ただ “チャンス”（偶然性）の計算に応用したばかりでなく、いろいろな天然現象の原因の探求や、生物の統計や、未来の予言等にも応用した。

多くの未知数を、若干の条件の下において合理的に決定する方法として、「最小二乗法」というものがある。ガウスやルジャンドルはこれを種々の便利な公式として用いたが、ラプラスはこれをまず公算論〔確率論〕の問題としてとり扱い、複雑で難解な推理法によって、要素の決定に当り誤差の公算の平均が極小になるようにするのが最も有利であることを立証した。

ラプラスは、一七七九年に、公算論〔確率論〕の基礎的な理論を公表した。Théorie analytique の第一部はこの原理を述べているのであって、それは、任意の函数の種々な値を異種の変数をもつ別の函数の展開式の係数として、最も簡単に表わすのであるが、この後者を前者の「発生函数」と呼ぶ。すなわち、ここで、発生函数から係数を決定する算法を直接算法といい、これと反対に、係数から発生函数を求め逆算法という。前者は、すなわち一種の補間法であり、後者は有限差にある一函数の解法の道程である。しかし、こうした方法は、近年、操作算法が進んだ結果ほとんど用いられなくなった。

ラプラスの著述と論文 ラプラスの著述は、一八四二年頃にほとんど絶版になってしまったので、再版するため、彼の未亡人は所有地の一部を売って、出版費を作ろうとしたところ、幸いにルイ・フィリップ王の政府の資金が四〇、〇〇〇フラン与えられることになり『ラプラス全集』として一八四三〜一八四七年に七巻のものが出版された。このうち、Mécanique céleste が（付録が四つ付いている）最初の五巻を占め、第六巻は *Système du monde* を含み、第七巻は *Théorie des probabilités* と哲学論集 *Essai philosophique* とが含まれている。四つの付録は一八一六〜一八二五年中にラプラスが付加したものだが、彼の言によれば、最終の問題はラプラスの息子が書いたものであるという。

ラプラスの論文は、総数が約一〇〇種あるが、中には、彼の主要著作中にも含まれているものもあって、重

複している。『公算論』〔確率論〕は一八二二年に初版が出て、『哲学論集』は一八一四年に出たが、これらと共に、『宇宙論』は何回も重版として、印刷された。『哲学論集』の英訳は一九〇二年に米国ニューヨークで出た。ラプラスの『諸遊星の運動及び楕円形の理論』（一七八四年）はBochard de Saronの出資による。また、一八二二年に出た『天文史要』は、『宇宙論』の第五版の第五冊となっている。『天体力学』の最初の四巻の英訳は、どつさり解説文を付けて、N. Bowdichが一八二九〜一八三九年中にボストン市から出版した。また、この著の一部分の要領だけを記したものは、Somerville夫人が一八三一年に出した。また、この巻のドイツ訳は、Burckhardtが一八〇一年にベルリンで出版した。J. PondとH. H. Harteはラプラスの『宇宙論』の英訳を一八〇九年に出版したが、さらに一八三〇年に第二版が出た。

- 『四十八人の天文学家』（一九五九年六月号、恒星社厚生閣）所収。
- 収録にあたり旧字は新字に、旧かなは新かなに改めたが、一部の漢字は旧漢字のままにした。
- 読みやすさのために、適宜振り仮名をつけた。
- カタカナ書きの人名・地名については、通行の表記にあらためた。
- 「」は編者の註である。
- PDF化にはL^AT_EX_{2 ϵ} でタイプセッティングを行い、dvi₂pdfx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。