

レオナルド・ダ・ヴィンチの力学、其他

桑木彥雄

レオナルド・ダ・ヴィンチは画家、建築家等であると共に大なる科学者であった。然しながらその科学的研究は、当時に殆ど発表されなかつたようであり、同時代にも又次の時代にも直接に何の影響をも与えなかつた。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画家であつたばかりでなく、数学や物理学に多くの研究をなして、その知識は実には一世紀を時代に先だつていたことが発見されたのである。一五一九年に彼が故国を遠く離れた仏国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帰られたものもあり、又其後戦乱の間に戦利品として転々したものもあつて、今はミラノ、パリ、ロンドン等の図書館や博物館にその何百枚かの草稿が分たれて蔵せられている。それらはCodex Atlanticus, Codex Arundel, Fogli A, B等の名で知られ、その価値が認められるに至つて、或ものは写真版に複製せられ、又或ものは仏、独、英等に翻訳された。併しそれらの草稿にはライブニツツのマニユスクリプトのように一枚一枚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いて読むを要する等（慣れた後は鏡の必要がないそうであるが。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・リザの背景に東洋画の影響がないかという説を聯想せしめるが）とにかく研究者の

困難とする所となっている。

併し^{しか}昨年十一月発行のイタリーの雑誌 *Scientia* 所載の R. Marcolongo 教授の「レオナルド・ダ・ヴィンチの力学」という一文に依れば、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、既にその若干が発行されたそうである。教授は又この文中に特にレオナルドが開発したと云われている力学の原理について、力の能率の原理、重心の若干の問題、仮仕事の原理、惰性の原理等について概略の説明を与えられている。併し^{しか}これらの力学の原理とレオナルドとの関係については従来諸種の説があり許多の著述があるが、マルコロongo 教授はそれらには深く論及されていないから、ここはその大体について記そうと思う。

先^まず最近に 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。著者はロンドン大学の、科学の歴史並に方法論研究室に属する人であるが、本書の価値については、科学史専門の雑誌として有各な *Isis* 編輯者ジョージ・サートン氏の評にては、レオナルドに関する研究の少き英国に於ける一文獻となすに足るに止まるという。独、仏等の類書に比すれば学究的価値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 *Enciclopedia* のイタリー数学史以後、数学、力学、物理学者としてのレオナルド・ダ・ヴィンチの研究、仏、独、伊等に其数少しとしない。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^{しか}既記サートン氏はこの書に対しても「勿論^{もちろん}デューエムの諸著は不注意な学生には treacherous である。それは明晰という外観の下に実は許多の曖昧や矛盾を匿^{かく}しているからである」と云っている。デューエムがレオナ

ルドに対して一個、姓名其他不詳の先駆者 (Précurseur) を仮設してあるなども論なきことを得ないのである。多くの歴史的研究に関して誤謬や不完全の点の、後より後よりと見出さること、今更に云うを要しないが、科学の歴史に於て、例え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われ、またモーリツ・カントルの有名な数学史にも何百という誤謬が数えられるということであるが、その中に在るや否、実際、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数年間、一のアカデミーの主長であつて多くの学生を率いていたとあるなどは全く誤謬であるらしい。マツハの力学史も史実に於ての誤謬の外、マツハが主強する発見の思想分析の如きも議論を免かれないもの少なく、そのダ・ヴィンチに関するは後に記すが、又マツハの熱学史に熱力学第二則を誤解してあるとはプラシクという所である。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実を今日分明になし得たものも固より多いが、例えばレオナルドの先駆者として既記デューエムの仮定せる姓名不詳のもの以前のものです、その名を Jordanus Nemoratus 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分明、デューエムには、enigmatique とあつたものが、近刊 E. Hoppe, Geschichte der Physik, 1926. に一三六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ろう。

ニュートンの三運動公理の第一のもの、惰性律について、ニュートンの先駆者として通常ガリレイを挙げらる。併し更に歴史的叙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いたことを記載する。レオナルドの Codex Atlanticus の中、衝突を論じたものの中に、「凡ての運動は

それ自ら持続しようとする」(“Ogni moto attende al suo mantenimento”) という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ように、振子が最低点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点愈々遠く、即ち水平線上には無限に遠く運動を持続し得るとした、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るに足らずとして、種々の異論あること、マッハも亦記している。近頃 A. Haas, Einführung in die theoretische Physik, 1923. には惰性律の発見者として、ニュートンの先駆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挙げている。ハース氏も科学史の専門家として一時ライプチヒ大学に在った人である。

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、第三の公理に就では雑誌「思想」カント記念号、拙稿「カントの最初の論文に就て」参照。)

惰性律の一部分の発見は却てアリストテレスにまで遡り得ると云うこともできる。アリストテレスの「フィジカ」第五巻に「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うことはある得ない、即ち運動は抵抗のない限り持続する」とある。併し抵抗のある空気の中では、押しつけられた空気が背後に廻りて之を新たに押すことなければ物体の運動の持続はできないとしているなど、その誤謬をガリレイに依りて Dialogo intorno ai due massimi sistemi mondo Tolomaico 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学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、重い物体は落下に大なる速さを得るとした事などに依る。

静力学に於て、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(即ち支点から重量及び力までの垂直距離)をその「草稿」の中に記載していたから、「力の能率」なる概念はダ・ヴィンチが発見したとマッハ、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。曲れる槓杆はりヤル(現実)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りヤル又はアクチュアルの存在に移ることという。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いられたためである。

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対があり、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、そのアラビヤ訳をダ・ヴィンチが知っていたとすべく、少くもネモラリウス(前出)が之を用いていたのを知っていなければならぬという。アルキメデス、ヘロン等のギリシャ時代の科学者についてはコペンハーゲンの Heiberg 教授、英の Sir T. L. Heath 其他仏、独等に数多の研究者があり、全集等、編輯せられている。ヘロンとダ・ヴィンチとの関係については 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ように、発見者が発見に至れる思想の径路の分析を試み、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図解してあるだけでその証明もなく、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^まず対称の理を自明とし、次に不用の部分を除くという思考法（思考の経済の一）でポテンシャル腕に達し得るとする。然^{しか}しながら既記ハート氏はダ・ヴィンチのマニユ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えに至つたとなし得べきことを述べて居り、この方が証拠もあり、自然な行き方と思われぬでもない。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、デューエムに反対してハート氏は、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いないという。「モーメント」の名は十七世紀のカバリエリに基くという。併^{しか}し「積」を一物理的量として認めるや否は力学に於ける数学応用の程度に関係するので、ダ・ヴィンチは比率の法則を言い表わして足れりとしていたので、之を能率の概念に達したとするは多くの異論ないようである。

アルキメデスの *De aequiponderantibus* はヒースのアルキメデス集に英訳があり本文研究も容易であるが、之に関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^まず等しい腕、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、即ち能率の考えに至ることは不可能であるとして、別に重心の考えを利用して思想の発展の順序を考察してある。マッハのこの考察に関しては、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^に J. M. Child 氏の之に関する論文がある。然^{しか}しながら又ホッペに依れば、アルキメデスば上記の論文で始めて直^{ちう}横^{ごう}杆^{かん}の能率の考えを不用意に云い出したのではなく、以前に既に「横^{ちう}杆^{ごう}について」という論文があった（有名な「吾に支点を

与えよ、世界を動かし見む」などある)。併しその論文が失われて伝わっていないのであるという。ハイベルク、ヒース等の研究にてそれが証せられているようである。

又槓杆こうかん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いたと云い得られる。オックスフォードRog.教授監修、英訳アリストテレス全集第六卷「メカニカ」八五〇に、「何故に槓杆こうかんは小さな力で大きな重量を上げ得るか」と問い、又その前篇に天秤の事を記して、奸商が天秤を吊す点及び桿かんに不正を用い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円弧を画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うという。恰あたかも仮仕事の原理をアンティシペートしているのである。「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学徒の造つたものとせられ、又力の平行四辺形等について記載してある。

レオナルド・ダ・ヴィンチの力学的研究としてはなお重心を見出すのに微積分の考えを用いていたこと、永久運動を否定していたこと、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訳がある）、静水学。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、「力学は数学のパラディソである」と云つたこと等、屢々引用せられる。ダ・ヴィンチは画家、建築家としてその研究は応用より入つて幾何学、力学の理論に入つたのである。

既記のように、槓杆こうかんの理論の証明はアリストテレスより更に古くは多く遡ることができないであろうが、その実際上の利用（挺子てこ）は、考古学的には実に人文の開け始めた、いつの昔まででも遡ることができるようである。秤及び分銅ぶんどうなども殆ど同様のようである。

帆足萬里の「窮理通」に

漢人古用^三天秤、唐宋以來用^二今衡、西洋羅馬人用^レ衡、近世用^三天秤^一

とあるが、Feldhaus, Die Technik der Vorzeit, der geschichtl. Zeit und der Naturvölker, 1914. に依れば、分銅の存在は紀元前二六五〇年、南方バビロンまで遡ることができ、等腕長の天秤はエジプトで用いられていたが、又所謂羅馬秤、即ち「さぼばかり」も紀元前千四百年エジプトで用いられていたことが実証せられるということである。

因みに、支那古代、律度量衡の四者が一の黄鐘で結びつけられていたことに種々の文献があるが、衡及び天秤に関する和漢三才図会（正徳二年、一七二二年）の記す所は、

秤（はかり）、糲（はかり）、権衡（からはかり）、釐等子（俗に「れいてんぐ」という。唐音「るいてんつう」）権は糲（はかり）の錘。横木を衡（さを）といふ。衡はもと牛の触る横の大木。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、ラテン及び仏のビランスに出で、ビは二、ランスは皿であるが、之に相当するを三才図会に

天平。てんぴん、唐音てんびん。天秤の字を用ひるは俗。俗に分銅と称するは法馬とある。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、

後世権衡制、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、為水平也、等子制者、其提繫在偏進退、一小権而計之、毫釐之数、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。我邦俗以此制為最便、中根氏云明法、凶南氏云明秤、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」（元禄五年）、山田凶南「權量撥乱」（天明三年）の所記について述べてあるのである。

蘭学入つて後の我国最初の物理書「氣海觀瀾」（文政十年）、「窮理通」（天保七年）、「理学提要」（安政二年）の三書について槓杆こうかんの理の説明如何を見るに、「氣海觀瀾」には槓杆こうかんの記載を全く缺き、「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数量的に説明してあるが、能率に相当する文字は用いられてない。廣瀬元恭の「理学提要」には

由下載力二点相二距支点之長短上所二増減一之力謂之二力勢一
と記し、力勢なる字で略ほぼ之を示した。

（昭和二年二月、東洋学芸雑誌）

-
- 桑木或雄著『科学史考』（河出書房、昭和一九年）所収。
 - 読みやすさのために、旧漢字は新漢字に、旧かなは新かなに変更し、適宜振り仮名をつけた。ただし、「餘」、「缺」などの一部の漢字は旧漢字のままにした。
 - PDF化にはL^AT_EX_{2 ϵ} でタイプセッティングを行い、dvipdfmx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。