

工学者レオナルド・ダ・ヴィンチができるまで

The Blossoming of Leonardo da Vinci, Engineer

池上英洋*

Hidehiro Ikegami

1. はじめに

「私が学者ではないことから、私を無学の人と貶すことができるとおこがましくも考える者がいるのはわかっている。なんと愚かな！」—『アトランティコ手稿』より¹

これはレオナルド・ダ・ヴィンチが手稿に記した文だが、文中にある「無学の人 (omo senza lettere、現代イタリア語では uomo senza lettere)」は、当時の知識階級にとっての共通語にあたるラテン語を彼が解さなかったことを指している。ダンテやペトルルカのように、あえて俗語（イタリア語）でも詩や文を書いた者は多いが、まともな文化人とみなされるためにはやはりラテン語で執筆する必要があった。しかしこのラテン語にレオナルドは生涯にわたって苦しめられ、引用したやや攻撃的な文も、彼のコンプレックスを露呈している。

レオナルドは公証人という当時の知識階級の家に生まれたが、しかし両親がおそらく身分違いのために結婚しなかったせいで婚外子（私生児）となる。なんとも不条理なことに当時の公証人組合は私生児が継ぐことを認めていなかったため、彼は幼いころから家業を継がないことが決定していた。そうすると父親もドライなもので、ラテン語や算盤など当時の富裕層の子息がうける初等教育の機会をレオナルドは与えられることなく育つ。

レオナルドの手稿には所蔵している本の覚え書きが三度でてくるが、最初のトリヴルツィオ手稿では5冊の書名が記載されている。「ドナート、石について、プリニウス、算術書、モルガンテ (donato, lapidario, plinjo, abacho, morgante)」²。このうち、最初の「ドナート」はドナートゥスによるラテン語文法書を指す。大プリニウスの『博物誌』やルイジ・プルチの叙事詩『大モルガンテ』のなかにまじって、同文法書とアバコ（算盤の一種）の算術書があるのは興味深い。おそらく三十代の半ばになっているレオナルドが、必要にかられて学習したものと思われる。

このことが示しているように、「万能の天才」というレッテルから受ける、なんでも苦も無くできてしまうようなイ

メージは彼の実態に即していない。本稿では、そのようなスタートラインから、いかにして工学者としてのレオナルドができあがったのかを見てみたい。

2. レオナルドの「学び」

その後、二度記された蔵書リストをみると、加速度的に蔵書が増えたことがわかる。アトランティコ手稿では40冊、そして最後のマドリッド手稿では116冊もの蔵書の名が記されている。後者は1503～05年ごろなので、レオナルドはもう五十歳をすぎている。そこにはオウィディウスやプリニウス、アリストテレスやアウグスティヌスといった古典もあるが、多くはパルミエーリやブルキエッロ、アルベルティなど³、同時代の作家によって俗語で書かれたものだ。ラテン語のものが少ないのは前述した理由によるもので、イソップの寓話集などは俗語に翻訳された版を読んでいる。

それらは旅行に出かけるに際して残していく持ち物のリストと思われるので、この他に旅先へ持って行った本がある可能性がある。いずれにせよ、20年ほどでレオナルドの蔵書が飛躍的に増加したことがわかるが、なにしろ今のような印刷技術はなく、本は手で書き写すのが基本だ。人から借りて自分で写すと膨大な時間がかかり、できあがっている写本を買うとなると非常に高価である。最後の116という数字は、当時の五十歳前後の一個人が持つ本の数としては圧倒的なものだ。

彼が貪欲な読書家であることがわかるが、さらにレオナルドの特質のひとつといえるのが謙虚さである。古代ローマの時代に造られた名橋がヴェローナに残っていると耳にすれば、実際にその街まで行ってスケッチしている。そして彼の手稿には、これこれについては誰々が詳しいので聞きに行くこと、といった書き込みがいくつかある。その一例として、「Gian di Paris」なる人物に「セッコ技法による彩色法 (il modo de colorire a secco)」などを聞くように、との文がある⁴。この人物はジャン・ド・パリとも呼ばれていたフランスの宮廷画家ジャン・ペレアルのことで、実際

* 東京造形大学 教授

¹ Leonardo da Vinci, *il Codice Atlantico*, Biblioteca Ambrosiana, Milano, f. 327v.

² Leonardo da Vinci, *Ms. Trivulziano M 39*, Castello Sforzesco, Biblioteca Trivulziana, Milano, f. 2r.

³ Leonardo da Vinci, *il Codice Madrid*, Biblioteca Nacional de Madrid, Madrid, II, f. 2v.

⁴ Leonardo da Vinci, *il Codice Atlantico*, cit., f. 669r.

に従軍してミラノに来ていた。レオナルドがちょうど＜最後の晩餐＞をフレスコ技法を用いずに描いた直後であり、彼が最善の技法を模索していたことを思い起こさせる。芸術の中心地フィレンツェで修業したにもかかわらず、北方から来た油彩画についてもっと知りたいとの動機から、謙虚にフランスの画家に学ぶ姿勢をみせている。

そのように彼は同時代人からも多くを学んでおり、実際にミラノやフィレンツェで彼と直接の交流があったらしき学識人は少なくない。そのなかには地理学者トスカネリや航海者アメリゴ・ヴェスプッチ（アメリカの名付け親）、フィレンツェでギリシャ語の講義をしていたアルギュロプーロス、建築家のルカ・ファンチェッリとジョヴァンニ・アントニオ・アメデーオ、大砲技師ジャンニーノ、医師で数学者のジョヴァンニ・マルリアーノ、大学教授ファツィオ・カルダーノ、そして知識人バルダッサレ・カスティリ

オーネらがいた。ただし学者や知識人であれば誰でも良いわけではなく、ミラノ宮廷で重きをなしていたアンブロージオ・ダ・ヴァレーゼら占星術師たちのことは、あからさまに悪く書いている。

3. 師と工房での教育

家業を継がないことが明らかな息子を、父セル・ピエロは知人の工房へ送りこむ。アンドレア・ディ・ミケーレ・デ・チョーニ、通称アンドレア・デル・ヴェロッキオは1435年頃の生まれで、レオナルドの17歳ほど年長にあたる。はじめ金工師としてキャリアを積み、ほぼ同年代のポッライウォーロ兄弟の工房と並んで、当時のフィレンツェで一、二をあらそう規模の工房をかまえるにいたった。レオナルドが工房にいた頃には、いずれラファエッロの師になるべ



図1) アゴスティーノ・ヴェネツィアーノ（アゴスティーノ・デイ・ムージ）、＜パッチョ・バンディネッリのアカデミア＞、1531年、ニューヨーク、メトロポリタン美術館

ルジーノ（ピエトロ・ヴァンヌッチ）も在籍しており、また一時期ボッティチェリも共同作業のため工房に通っていた。つまりヴェロッキオは優れた芸術家であるのみならず良い教育者でもあったと言え、彼の弟子となったのはレオナルドにとって大いなる幸運となった。

ただ今日、私たちが「芸術家工房」と聞いて想像するものは、盛期ルネサンス以前には存在しない。そもそも「芸術家（アルティスタ）」なる名で呼ばれる職業がまだ無かった。もちろん、絵を描いたり像を彫る者、家を建てる者、あるいは金細工や絨毯のような工芸品を作る者たちはいた。しかし彼らの職業は、創造性や個性を求められることがあまり無い点において、当時のパン屋や皮革製品の製造業者らと異なることがなかった。

工房での修業生活は何年もかかる。最初は小さめの簡単なデッサンをするだけで、あとはほとんど掃除や使いっ走りの毎日が続く。次には顔料や石膏、漆喰などの材料の作り方を習得する。親方はひとつの作品を仕上げる度に何枚かの下絵や小型モデルを制作するので、弟子たちはそれらを教科書にして、ひたすら模写をして学ぶ。現代の美術学校のかわりとはいえ、講師が丁寧に教えるような方法ではないので、プロの仕事をひたすら模倣することが教育のほとんどすべてである。

そして数年たつうちに、親方の作品の下塗りなどを徐々にまかされるようになる。自分で主題を選んで、少し大きめのデッサンを描いて練習するころには、工房の弟子たちの中で誰が上手かははっきりとした序列ができ、それぞれの得意分野が固まっていく。そうなれば助手として、親方の作品の一部、たとえば楽器が得意なら楽器の描画をまかされるようになる。ちょうど今日の漫画家とアシスタントの役割

にも似て、主人公だけを親方が描いて、風景を助手が描くといった分担もよくおこなわれていた。ヴェロッキオの工房から優秀な弟子が数多く育ったのも、彼が弟子や協働者たちに適度に仕事を分担させていたおかげでもある。

レオナルドからは少し時代が下るが、彫刻家バッチョ・バンディネリ（ミケランジェロのライヴァルでもあった）が、自らの工房をアカデミアと名付けて、弟子たちに美術教育を施している場面を描いた版画がある（版画制作はアゴスティーノ・ヴェネツィアーノによる、図1）。「アカデミア」とあるのは、古代ギリシャのプラトンの学堂（アカデミア・プラトニカ）をルネサンスにおいて再興しようとしたもので、今日のアカデミーの原型といえる。実際に、1530年代にはローマで、次いで1540年代後半にはフィレンツェで、いずれもバンディネリが私的なアカデミアを始めている。版画では、部屋に集まった若者たち



図2) ミラノの逸名版画家、レオナルド・ダ・ヴィンチのデザインに基づく、＜アカデミア・ディ・ヴィンチのエンブレム＞三種、1497-1500年、銅版画、ミラノ、アンブロジーアーナ絵画館

が、蠟燭の明かりのもと、ヴィーナスの小像を手にしたバンディネッリのまわりで、思い思いにスケッチをしている様子が描かれている。部屋の棚の上にはさまざまなポーズをした小像や壺などが並べられており、日々こうした修練の機会が設けられていたことがわかる。おそらく、これと似たような実践的な教育が、ヴェロッキオ工房でもなされていたことだろう。

レオナルドもまた、アカデミアを再興しようとしたひとりである。40歳代後半になってからのことだが、彼は自らの学校のエンブレムを作ろうとしたのだろうか、彼の原画に基づいて作られて「アカデミア・ディ・ヴィンチ」と銘打たれた6種類ものエンブレムが残っている(図2)。ひと筆書きによる複雑な紐状紋様であり、彼がかなり熱心にエンブレムに取り組んだことが想像される。しかし、閉鎖的な彼の性格が災いしてか、学校を開くことはついになかった。あるいは、ミラノ時代に5～6人の弟子を抱えていた彼の小規模な工房を、自らアカデミアと呼んでいたのかもしれない。

4. 工学分野における直接的な師

修業時代に、後のレオナルドの工学的素養となった重要な事例がある。フィレンツェのシンボルであるサンタ・マリア・デル・フィオーレ大聖堂のクーポラ(図3)は、ルネサンス初期の大建築家フィリッポ・ブルネッレスキによる記念碑的な大作だが、彼が世を去った時、塔頂部に青銅球を載せる作業だけが未完のままとになっていた。この事業を請け負ったのがヴェロッキオ工房であり、2トン以上もある重量物を、約100メートルの高さまで持ち上げるという前代未聞の大事業だった。ただ、塔頂部にランタン(採光塔)を設置するためのクレーンを、当のブルネッレスキ本人がすでに考案しており、その設計図を何人かが写している。レオナルドもそのひとりである(図4)。

1468年頃に受注されたこの工事を、ヴェロッキオ工房は3年ほどで成功させている。この時、工房にいたレオナルドは18歳前後。20歳で親方資格を取る少し前のことであり、師の右腕のような立場にあったと推測される。後のレオナルドの工学分野での目覚ましい活躍を考えれば、この事業が彼に多くの工学的素養を培ったことは間違いないだろう。

彼が学んだ工学分野の先人たちのなかでも、シエナ生まれのフランチェスコ・ディ・ジョルジョ・マルティーニはとりわけ大きな存在である。フランチェスコ自身も軍事技師として諸国

で活躍しており、また同時に建築家や画家、彫刻家であり、おまけに著述家でもあった。その点で、おそらく歴史上最もレオナルドに似た万能人と言える。レオナルドがミラノ宮廷に来た時、それまでウルビーノやナポリで活躍していた13歳年長のフランチェスコはすでにその名を広く知られる存在だった。

彼らは意気投合し、パヴィアに残っていた古代騎馬像<レジソーレ>を連れだって見学に行ったり、フランチェスコの手稿をレオナルドがゆずりうけて学んでもいる。フィレンツェのラウレンツィアーナ図書館に残る『建築論』こそは、レオナルドが所有していたことが明らかな唯一の書であり、余白にレオナルドのものとなる鏡文字によるメモ書きがな



図3) サンタ・マリア・デル・フィオーレ大聖堂のクーポラ、フィレンツェ

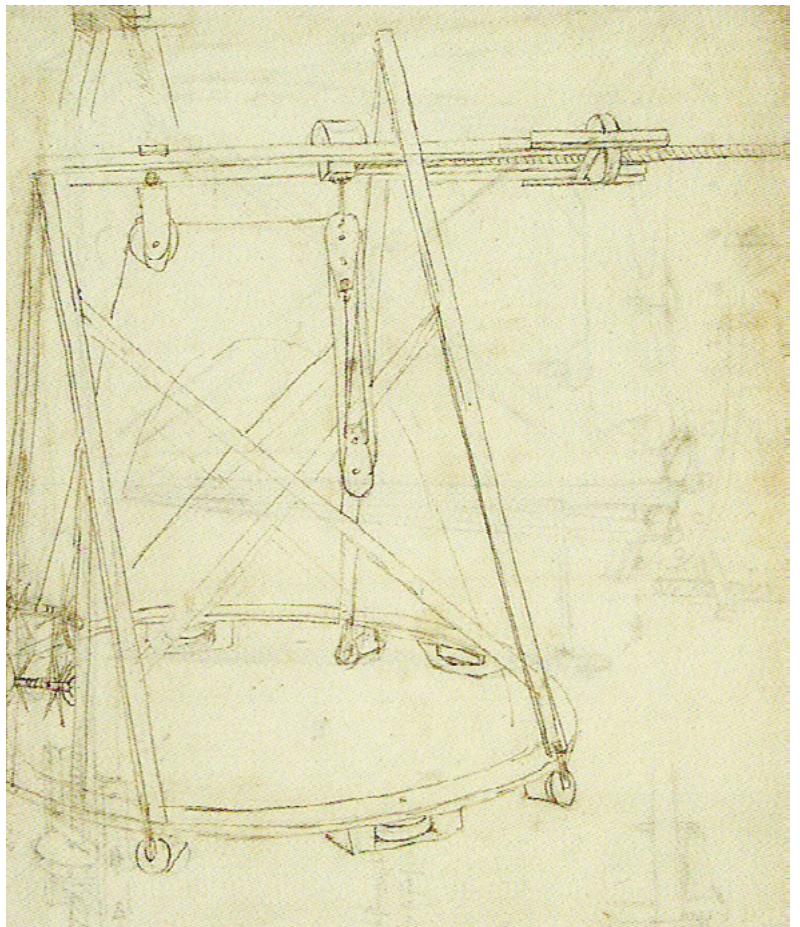


図4) レオナルド・ダ・ヴィンチ、起重機のスケッチ、1478-80年頃、『アトランティコ手稿』、f. 808r.

れている(図5)。図で示しては解説文を加えていく記述スタイルも、この先人に多くを負っていることがわかる。レオナルドは彼から工学の多くを学んでおり、かつてはレオナルドの発明とされていた有名な自走車なども、その構造のほとんどをフランチェスコに負っていたことが現在では明らかとなっている。

レオナルドは建築分野においてもミラノで活動している。幸運なことに当時ミラノには、盛期ルネサンスを代表する建築家ドナート・ブラマンテも滞在しており、それまで建築についてほとんど学ぶ機会がなかったレオナルドにとって、得難い師となったはずだ。その成果はほどなくあらわれ、レオナルドがミラノに移住してから5年ほど経った1487年、ミラノ大聖堂交差部天井の改修案のコンペティションが開かれる。手を挙げた5人の中から、審査員のブラマンテが選んだのがレオナルドで、以降、このタスクに対するレオナルドへの三度の支払い記録がある。

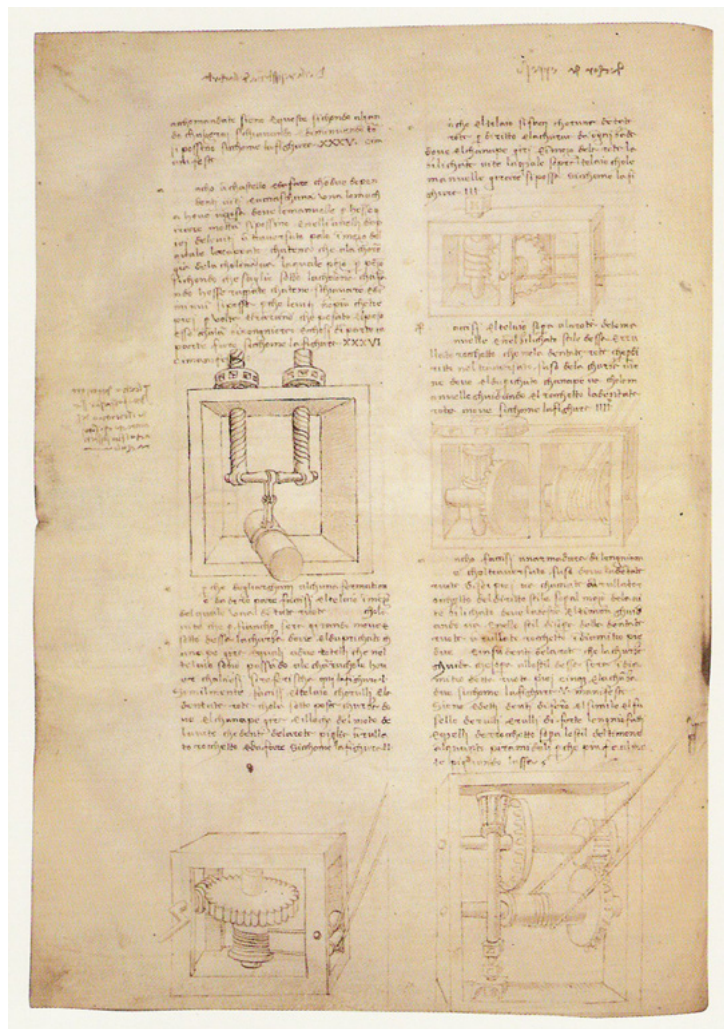


図5) フランチェスコ・ディ・ジョルジョ・マルティーニ、『建築論』(旧レオナルド蔵書)、フィレンツェ、ラウレンツィアーナ図書館、f. 44v.

5. 工学上の発展

レオナルドによる工業デザインの描画における最大の工夫が、「分解説明図」である。これは、全体の外観を示す図と、部品ごとに分解してその組み合わせ方を説明する図を同時に示す手法である(図6)。この装置によれば、操作する者が装置の横にあるレバーを前後に動かすことで、二枚の回転盤が逆方向にまわり、バーが回転して荷物を上げることができる。ギアを切り替えれば、回転盤は先ほどとはそれぞれ逆方向に回転し、結果的に今度は荷物を降ろすことができる。つまり水平方向の前後運動を、鉛直方向の上下運動へと変換する装置である⁵。画面左には全体図が、そしてその右には部品ごとに少しずつ距離をあけて描いた分解図が示されている。この方法の優れた点は、隠れて見えない部品の形状などが明確になるだけでなく、用いられる全ての部品の大きさや形状、配置が容易に伝達されう点にある。

機械部品の分解説明図の導入には、おそらくレオナルド特有の「機械要素 (elementi macchinali)」の概念が影響している。彼はバネや歯車といった多くの部品を用いるが、彼以前の工学の世界には、機能による分類や規格の統一といった概念は存在しなかった。そこで彼は、「機械要素」なる概念を持ちこんで、たとえばバネならバネだけを、さまざまなタイプ別に一覧にして図解するなどしている⁶。おそらくは実際に、部品や用具を機能や規格別にあらかじめ作ってストックを用意し、さまざまな装置を考案する際に、必要な機能をその都度選択するだけで事足りるよう工夫したのだろう。

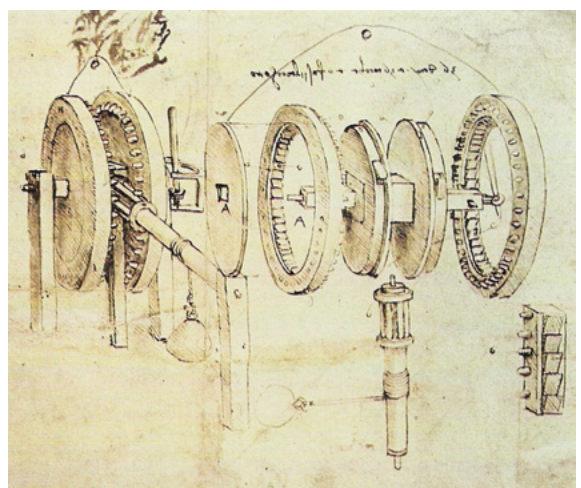


図6) レオナルド・ダ・ヴィンチ、往復運動から回転運動への変換器、『アトランティコ手稿』、f. 30v.

⁵ 同装置は当時の技術と材料でも製作可能なので、レオナルドの工学上の発明のうち、実現した可能性があるもののひとつである。同装置の作動説明については以下の書を参照されたい： ドメニコ・リーニ、裾分一弘、長尾重武ほか監修、『知られざる科学技術者 レオナルド・ダ・ヴィンチ』展カタログ、NHK きんきメディアプラン、1998年。あるいは： ドメニコ・ロレンツァほか、『ダ・ヴィンチ 天才の仕事』、松井貴子訳、二見書房、2007年。

⁶ 機械要素というレオナルドの特殊な概念については、下記の書を参照されたい： 田畑伸悟、『レオナルドと工学』、池上英洋編、『レオナルド・ダ・ヴィンチの世界』、東京堂出版、2007年。ほかに： Marco Cianchi, *Leonardo da Vinci's Machines*, Firenze (publication year unknown); *La mente di Leonardo*, a cura di Paolo Galluzzi, Firenze 2006.

道具や部品のほとんどを自作する必要があった時代に、レオナルドら工学者たちが抱えていた苦勞を想像するのは、現代に生きる私たちにとって容易ではない。発明や機械製作の前に、まず必要となる工作道具を、レオナルドはなんとか効率よく入手しようとしている(図7)。ここでは、錘の重みで軸が回転し、徐々にもちあげられるハンマーが時折振り下ろされ、鉄の板に凹みを刻む。その台自体も軸の回転によって少しずつ近づくようにできており、ハンマーが叩く位置を自動的にずらしていくのだ。

全体の作業量を減らすために、このような自動化を進めることはレオナルドにとって切実だった。そのため太古の時代から利用されてきた水流だけでなく、先の機械のように錘が落下する位置エネルギーや、大きなバネが戻ろうとする反発力などを利用したアイデアが紙葉にはしばしば登場する。面白いところでは、肉を回転させながらローストするためにずっとハンドルを回し続けるのは辛い作業なので、ローストする熱によって発生する上昇気流を利用しようとする(図8)。レオナルドは上が狭くなった煙突状構造の上部にファンを設け、上昇気流によってファンを回し、その回転によってロースト用の軸棒を自動的に回そうとしている。なんだかものぐさで微笑ましいが、プリミティブながらこれはれっきとした蒸気機関の原型と呼べるものだ。

レオナルドによる工学上のアイデアがすべて自前で創られたものわけではないことは既に述べた。古臭い考え方ももちろん随所にある。慣性の法則を説明するための「インペトゥス」説などはその例だ。また動力を与え続けなくとも永久に運動が持続する「永久機関」を実現すべく、回転によって先に錘をつけたバーが振り下ろされ、その反動で

輪が回転し続けるような仕組みをレオナルドも考えている(図9)。周知のとおり永久機関は不可能なので、レオナルドもそのことに気が付き、永久機関を可能だと言う錬金術師たちを否定する。

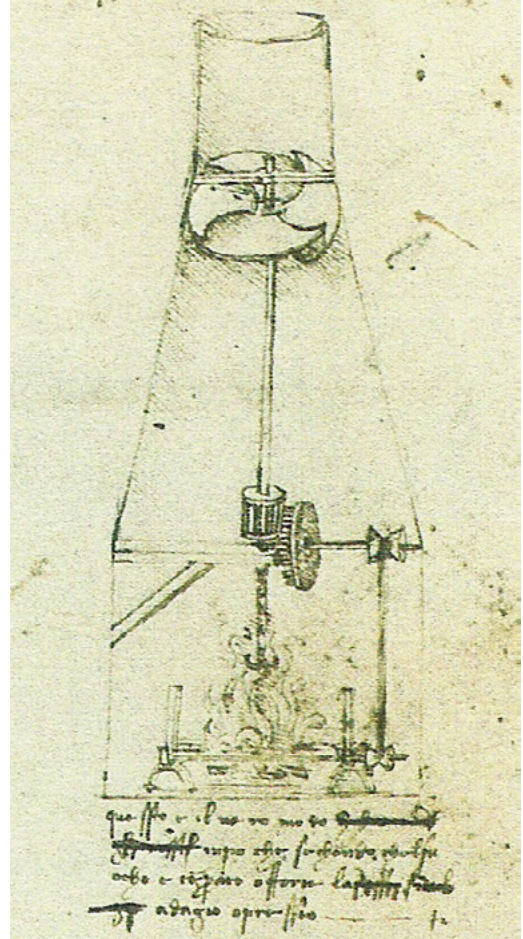


図8) レオナルド・ダ・ヴィンチ、自動ローストの仕組み、『アトランティコ手稿』、f. 21r.

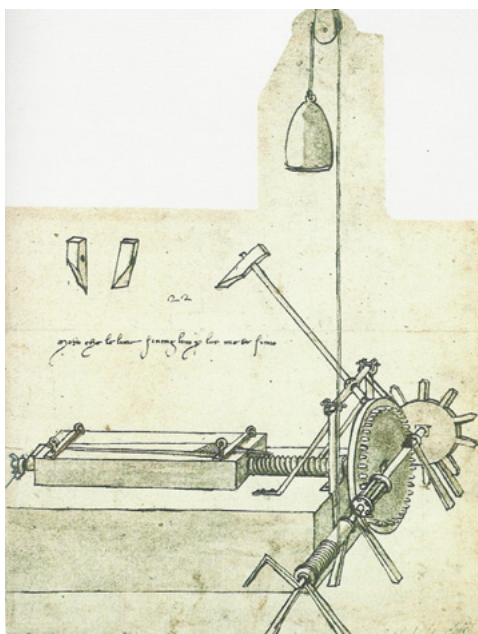


図7) レオナルド・ダ・ヴィンチ、やすりの自動製造機、『アトランティコ手稿』、f. 24r.

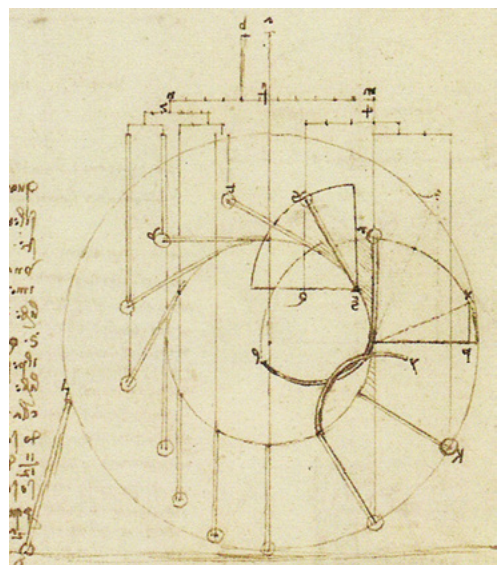


図9) レオナルド・ダ・ヴィンチ、永久機関、『マドリッド手稿I』、f. 145r.

ここからがレオナルドのレオナルドたる所以であって、彼は「出来なかった」という結果だけでは終わらず、なぜ永久機関ができないのかとの疑問につなげ、摩擦によるエネルギーの損失の検証をおこなっている(図10)。そこではさまざまな形状や材質のものに錘を付けて、摩擦の程度の違いを見ている。

さらに彼はそこから一步進んで、摩擦熱の発生を極小化するためのさまざまな工夫を試みている(図11)。そこでは、回転で失われるエネルギーを減らすため、球を三つ入れたくぼみを軸受にしている。これは明らかに現代のスラスト・ベアリングの原型と言える。

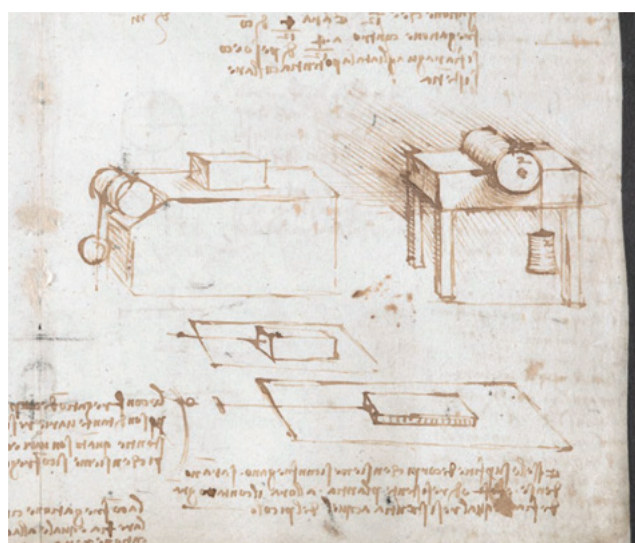


図10) レオナルド・ダ・ヴィンチ、摩擦実験、『アランデル手稿』、f. 41r.

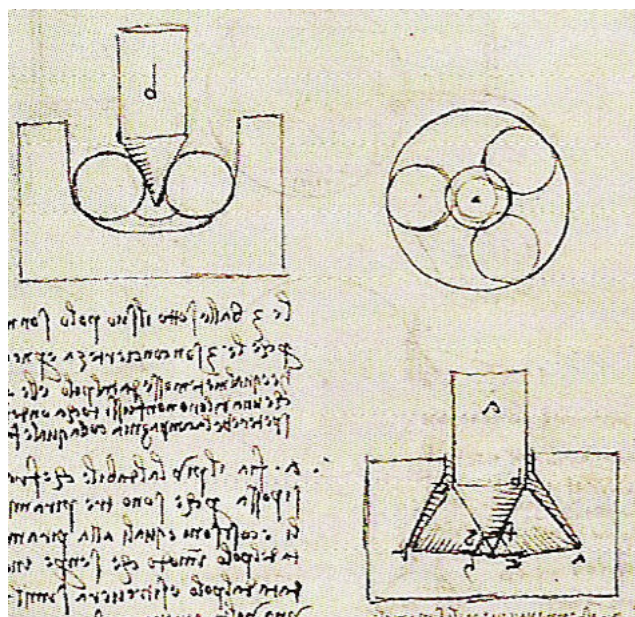


図11) レオナルド・ダ・ヴィンチ、スラスト・ベアリングの実験、『マドリッド手稿II』、f. 101v.

6. おわりに

しかし、現代につながるアイデアを幾つも記していたにもかかわらず、彼が後の工学史に与えた影響はさほど大きくない。なにより彼の最大の失敗は、アイデアを本にして出版しなかったことにある。彼にそのつもりがなかったというわけではない。かつては彼の鏡文字と結び付けられて、あまりに急進的な内容であるためにわざわざ刊行しなかったのだとする、行き過ぎた解釈すらあった。実際には、彼には出版への意欲とそのための明確な構想さえあった。『レスター手稿』などは明らかに出版を意図した下書きの体裁をとっており、また長年の水流に関する考察を『水に関する書』と題して刊行するための章立てのリストまで残っている。同様の章立て構想は、完全なるフィクションである東方への旅行記などに関しても残されている。

もし彼の出版計画が実現していたなら、科学の発展にもっと大きな影響を与えていただろう。しかし、レオナルドはついに出版を実現することなく世を去った。若くして師の思考の遺産を託されたフランチェスコ・メルツィは、その長い残りの生涯を通じて、なんとか絵画に関するメモだけを整理して、『絵画論』として一冊にまとめただけで終わった。

その後、よく知られているように、レオナルドの膨大な思考の集積は、かなりの部分が失われてしまった。もちろん、ペドレッティが指摘するように⁷、たとえ現在は失われてしまったものでも、後世の技術者になんらかの影響を残したと思われるレオナルドのアイデアもあっただろう。あるいは、彼がいくつか実現させた装置を、同時代か後世に見た技術者たちがいたことも確かだろう。

実際に、レオナルドによって手稿に残された「伸縮ばね構造」とまったく同じものが、17世紀のジョヴァンニ・アルフォンソ・ボレッリの著作に登場することなどが、ロスハイムによって報告されている⁸。これは、後世にあまり影響を与えなかったと考えられているレオナルド工学の、科学史への貢献を示す証拠のひとつとなっている。

■著者■



池上英洋

⁷ カルロ・ペドレッティ、『レオナルド・ダ・ヴィンチ 藝術と発明【機械篇】』、田中久美子・小倉康之・森田学訳、東洋書林、2008年、pp. 102-113.

⁸ Mark Elling Rosheim, "L'automa programmabile di Leonardo", in: *Lettura Vinciana*, XL, 2000.