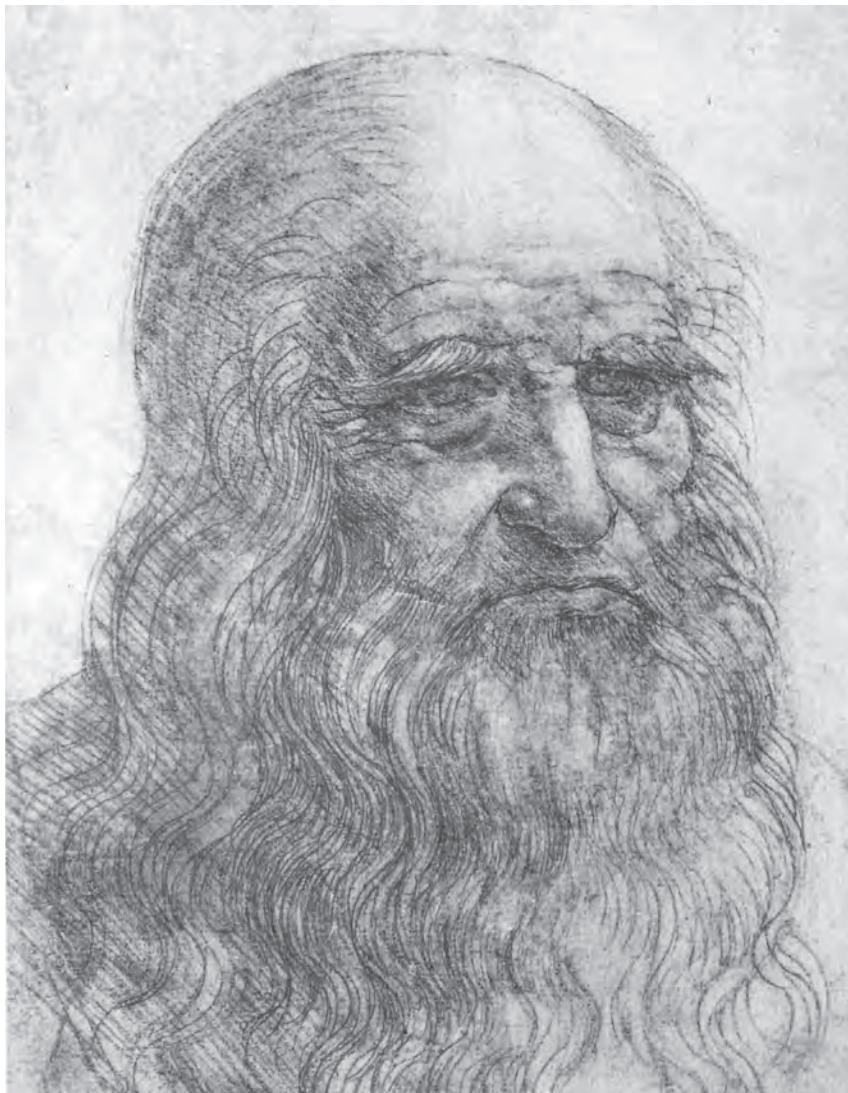


展示解説

特別展「レオナルド・ダ・ヴィンチ もう一つの遺産^{いさん} ーノートにのこした自由研究ー」

市川 真史・神谷 和秀



■レオナルド・ダ・ヴィンチの自画像^{じがぞう} (1512-15年頃 トリノ王立図書館)

レオナルド・ダ・ヴィンチが描いた肖像画^{しょうざうが}であることは確かであり、風貌は文献^{ぶんげん}などが示す彼のイメージとも一致^{いち}するため、直接的な証拠^{しやうこ}はないが自画像であるといわれている。この絵の下方には「かなりの年齢^{ねんれい}の、彼自身が描いたレオナルド・ヴィンチ (leonardus Vincius ritratto di se stesso assai vecchi)」と記されている。



展示解説

特別展「レオナルド・ダ・ヴィンチ もう一つの遺産 —ノートにのこした自由研究—」

市川真史（富山市科学博物館 物理担当）

神谷和秀（富山県立大学 准教授）

平成25年7月20日（土）～9月8日（日）の期間、富山市科学博物館では特別展「レオナルド・ダ・ヴィンチ もう一つの遺産 —ノートにのこした自由研究—」を開催します。レオナルド・ダ・ヴィンチといえば画家というイメージをもつ人が多いと思いますが、科学の方面でもすばらしい活躍をしました。この特別展では、彼が遺した研究ノート、「手稿」のファクシミリ版※と、それに基づいて再現された模型などをあわせて展示し、科学を研究するレオナルド・ダ・ヴィンチの姿に迫ります。

■レオナルド・ダ・ヴィンチの研究ノート

モナリザを描いた画家として有名なレオナルド・ダ・ヴィンチ（1452年－1519年）は、イタリアのトスカーナ地方、ヴィンチ村で生まれました。「ダ・ヴィンチ」という名字は「ヴィンチ村出身の」という意味です。レオナルド・ダ・ヴィンチは14歳頃まで自然豊かなヴィンチ村で過ごし、その後、大都会だったフィレンツェにあるヴェロッキオ工房に弟子入りしました。当時の芸術家の工房は、絵画や彫刻だけでなく、家具を修理したり楽器を作ったり、さまざまなことをする職人集団でした。

レオナルド・ダ・ヴィンチは絵画の修行のかたわら、もの作りでも多様な経験を積みしました。20歳の時に一人前の画家として親方となりましたが、助手としてしばらくは工房にとどまりその後独立、30歳の頃にミラノへ移住しまし

た。その頃から、見聞きしたことや実験したこと、思いついたことを自作のノートに書き記すようになりました。これがレオナルド・ダ・ヴィンチの研究ノート「手稿」です。

これらの手稿は今日まで現存し、紆余曲折を経て半分以上が失われたものの、現在ではほとんどが公的な図書館や博物館に収められており、アトランティコ手稿、パリ手稿、マドリッド手稿などと呼ばれています。唯一、レスター手稿のみ個人が所有しており、現在の所有者は、マイクロソフト社のビル・ゲイツ会長です。

自作のノートは、通常60cm × 40cmほどの紙を折り重ねて裁断してページを作っていたので、おおむね30cm × 20cm、20cm × 15cm、15cm × 10cm、10cm × 7.5cmというようなサイズのノートができます。フランス学士院所蔵のパリ手稿H1-3やK1-3などは一番小さいサイズのノートで、おおむね100ページほどの分量です。こうしたポケットに入るくらいの大きさの手製のノートを常に携えて歩き、見たもの考えたことをメモしていたようです。

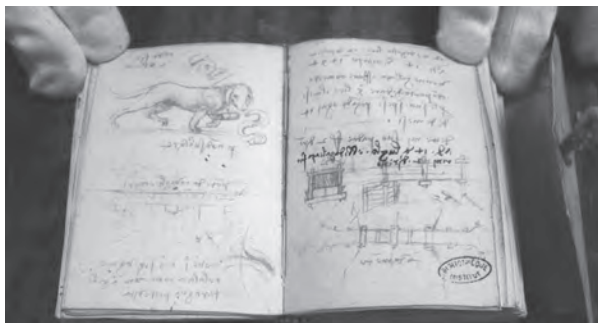


図1 パリ手稿Hの外観

※ファクシミリ版：原本から紙や製本、印刷技術まですべて模倣し、精巧に作られた複写版。これの登場により、レオナルド・ダ・ヴィンチについての研究が飛躍的に進みました。

ノートには、スケッチや文章が入り交じったページがあり、図を用いて解説したり、ほかのページを参照せよといった記述も見られます。現代では分かりやすく解説する場合に用いられる一般的な書き方ですが、当時はこういった書き方はアカデミックではないとされていたそうです。にもかかわらず、レオナルド・ダ・ヴィンチはこの手法を取り入れ、画期的な紙面を作りました。

一方で、そこに書かれている文字は、奇妙な形をしています。書かれている言葉はイタリア語ですが、文字は裏返されて左右が逆になり、流れも右から左に向かい、通常とは反対になっています。いわゆる鏡文字です。「自分の研究の秘密を守るためにあえて使った暗号」ともいわれますが、実のところは、左利きだったレオナルド・ダ・ヴィンチが、右利きの人にとって書きやすい正常な文字は左利きには書きにくいという不便さを解消するために選んだ解決方法でした。もちろん必要であれば、契約書にサインする場合など、普通の文字も書きましたが、手稿の中では生涯にわたって鏡文字を使っていました。基本的には、人に見せることを前提に書いていたわけではないことがわかります。

書かれている内容の整理状況から見て、手稿は二つのタイプに分けることができます。一つはまったくの雑記帳で、もう一つはいくぶん整理され清書された手稿です。手稿の中には、雑記帳に書かれたメモが、整理された形で重複して別の手稿に清書されている場合があります。たとえば、パリ A 手稿や C 手稿、マドリッド手稿Ⅰなどは、きわめて整然とした体裁を持つものに対して、マドリッド手稿Ⅱでは広範囲な内容のメモが記されており、雑記帳のように使われたことが伺えます。アトランティコ手稿では、二つのタイプが混在しています。

書かれている内容は、絵画や彫刻など芸術に

関するものだけでなく、機械、土木、科学、天文、自然、人体など科学に関することも数多く含まれ、レオナルド・ダ・ヴィンチが幅広い分野を研究対象にしていたことがわかります。その量は膨大で、現存するものだけでも8,000ページに及ぶといわれています。

これらすべてを紹介することはできませんが、今回の特別展に関連するものをいくつか紹介しましょう。

■飛行機とヘリコプター

たくさんの発明の中でも、レオナルド・ダ・ヴィンチが時に心惹かれたのは空を飛ぶことでした。鳥のように空を飛んでみたいと夢見た人はもっと昔からいたかもしれませんが、その夢を実現する具体的な考えを形に残したのは、彼が最初でした。飛ぶ鳥の姿を詳しく観察し、羽根の構造の研究などをすすめて、鳥のように羽ばたく機械を考えました。



図2 はばたき飛行機の模型

一方で、らせん形とうずまき形を調べているうちに、スクリュー型のプロペラを考え出しました。ヘリコプターの原型だといわれていますが、原文では「空圧ネジ」と呼んでおり、木ネジが板の中を進んでいくように、らせんのプロペラが空気中をネジのように上がっていくと想像したのでしょう。しかし、当時は材料として木材や布などしか利用できず、軽くて丈夫な機体を作ることはできなかったため、また動力としては人間の筋力しか利用で



図3 ヘリコプター（空圧ネジ）（パリ手稿B）

きず、機体と乗組員の重さを浮上^{あが}させるほどのエネルギーは得られなかったため、飛ぶことは無かったと思われます。

■水路や運河^{うんが}

当時、活気のある新興都市^{しんこう}だったミラノには、レオナルド・ダ・ヴィンチが移り住む以前より運河が発達していました。ミラノ移住後に彼はこれらの運河を克明^{くくめい}に研究し、水利工事に詳しくなりました。そのころ伝染病^{でんせん}のペストがヨーロッパで流行しミラノでも多くの住民が命を失いました。そこでレオナルド・ダ・ヴィンチは病気の蔓延^{まんえん}が不衛生な水にあると考え、飲み水に使う上水道と、使った水を流す下水道を分けて整備^{せいび}することを考えます。さらにこの水の利用に当たって、ミラノ政府^{せいふ}はこれまで水道料金を取水口^{くわく}の大きさに応じて決めていましたが、レオナルド・ダ・ヴィンチは、使った水量^{せい}を正確^{かく}に知るには取水口を流れる水の速度^{はか}を測らなければならないとして、新たに流速計を発明しました。

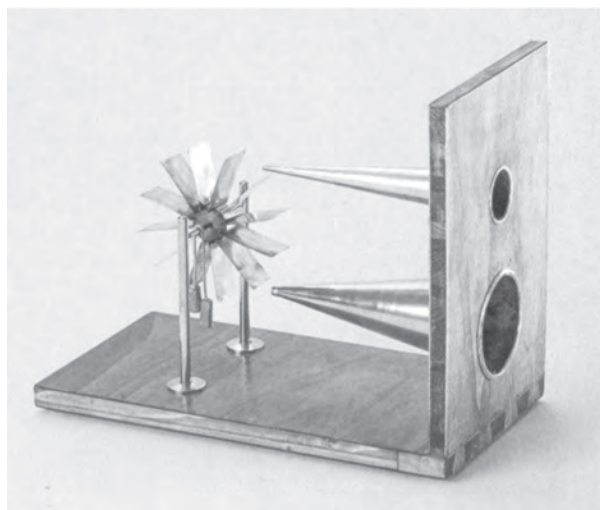


図4 流速計の模型

フィレンツェ^{もど}に戻ってからは、上流の山に大雨^ふが降ると洪水^{こうずい}になるアルノ川を改修し、さらにフィレンツェから海まで続くアルノ川運河を作る計画を立てます。運河計画では、水位を調節するための水門^{こうもん}（閘門）を発案しました。

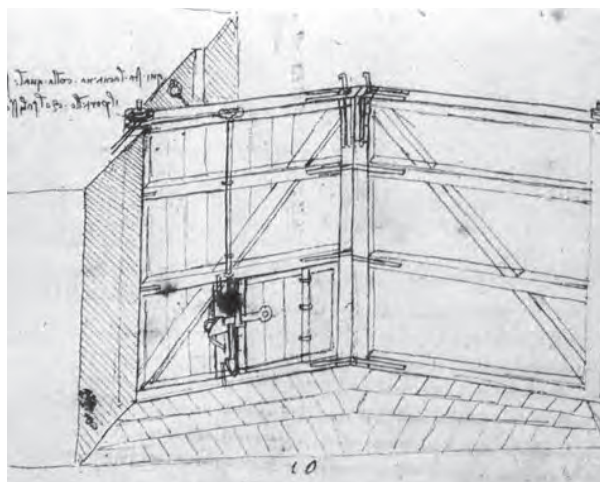


図5 閘門式運河（アトランティコ手稿）

水門の形としては、小さな力でも水門が開けられるように堤防上^{ていぼう}から操作^{そうさ}できる小さな扉を本体の門に取り付け、これにより水位を下げてから、本体の扉^{とびら}を左右に開くように改良しました。それまでは、水をせき止めていた板を上^{うへ}に引き上げるだけだったので、門を通過できる船の高さに制限^{せいげん}があったのですが、この制限が解消されました。同じ形の閘門は、パナマ運河でも採用^{さいよう}されており、富山市の富



図6 中島閘門の上流側扉体（上が上流側）

岩運河にある中島閘門や牛島閘門も同じ方式です。

また、水路の立体交差も考え、船による交通網として整備する計画だったようです。そして、大工事に当たって運河掘削機も改良しました。従来型は掘削が終わった後に次の掘削場所に移動する際、分解して再び組立て直す必要がありましたが、レオナルド・ダ・ヴィンチが考えた掘削機は、掘削機自体が移動できるような構造となっていました。このような掘削機を始めとする自分の考案した新しい土木機械を使えば、工事費がどれほど節約できるかまで計算していたそうです。結局は計画が壮大すぎて運河は実現には至りませんでした。水門や掘削機は別のところで実用化されました。

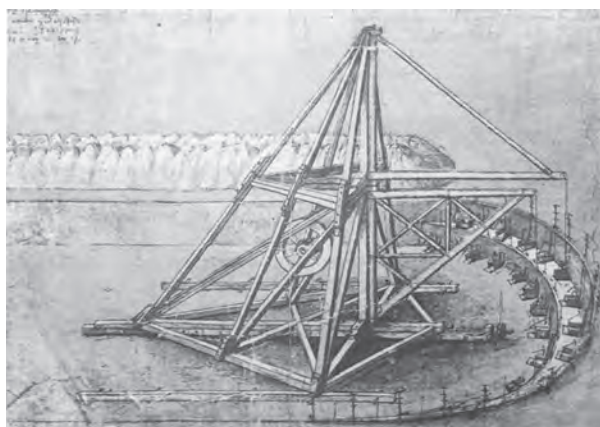


図7 運河掘削機（アトランティコ手稿）

■光

レオナルド・ダ・ヴィンチは光に関する研究も行いました。凸レンズや凹レンズなどの性質は、めがねや望遠鏡を作るために研究していま

した。凹面（球面）に入射した平行光がどのように反射するかを描いた図を残しています。

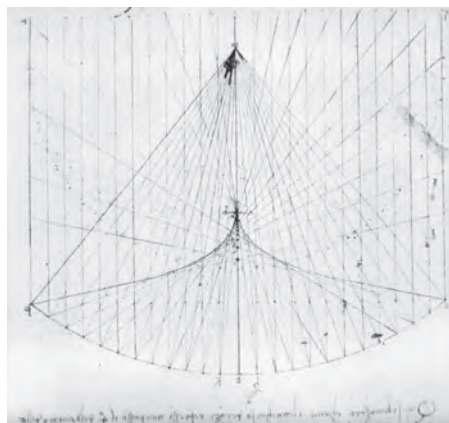


図8 凹面鏡での反射光（アランデル手稿）

凹面鏡は、海上に浮かぶ敵戦艦に光を集め焼き打ちする武器として研究していたともいわれています。反射面で反射する光線を分離して観察するための実験方法についても記しています。「分離された光線を見ようと望むならば、鏡を半環の形にして内側から平らにしなければならぬ。ついで卵を水で薄めて刷毛で一度か二度塗り、乾いたなら木のナイフで鏡面に掻き傷をつけないように卵を除去する。そうすれば、卵の膜が分離されるにつれて、鏡面のa、b、cに分離された光線を見ることができよう。」また、レオナルド・ダ・ヴィンチは、光を効率良く集めるためには、放物面を用いれば良いことに気が付いていたようで、放物線を描くためのコンパスも考案していました。

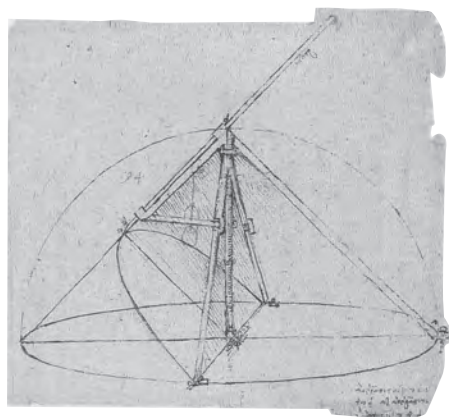


図9 放物線描画用のコンパス（アトランティコ手稿）

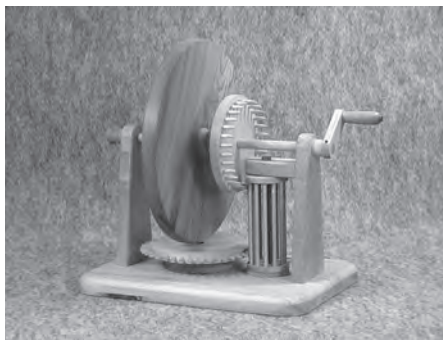


図 10 凹面鏡製造装置（回転砥石型）模型

凹面鏡を作る機械も考えています。一つは回転砥石型です。この装置は、ハンドルを回すと垂直の大きな円盤が回転します。この円盤の外周部分が砥石となっており、円盤の下にセットされた材料が削られます。ただし、このままでは材料に溝が掘られるだけなので、砥石の回転と同時に、ハンドルに取り付けられたピン歯車がかご歯車を回転させ、さらに、ステージと一体となったピン歯車へと動力を伝達して、ステージが回転します。その結果、砥石の回転とステージの回転の相乗効果で、凹面が加工できます。

図10は、筆者の一人、神谷らが復元した模型です。レオナルド・ダ・ヴィンチの手稿に描かれているものですが、当時、このタイプの装置は、フィレンツェのあらゆる工房で使われていました。天才という色眼鏡で見えてしまうと、手稿に描かれた全てを彼一人が発想したように思いがちですが、彼のほかにも様々な人がいたことを忘れてはいけません。

もう一つは砥石固定型です。同じく復元した模型が、図11です。この装置は、レンズを置くための回転テーブル、テーブルとベルトで連結された回転ハンドル、それに、レンズを削るための砥石で構成されています。上の装置は砥石を回転させて加工を行っていたのに対して、この装置は整形された砥石を固定し、材料を回転させて加工します。したがって、レンズを削るための砥石の形を、作りたい凹レンズの形にあらかじめ成形しておくことで、さまざまな形のレンズを作ることができます。ただし、砥石中央部分では、材料との相対速度が小さくなるこ



図 11 凹面鏡製造装置（砥石固定型）模型

とから、加工条件が場所によって異なり、良好な面を得ることは困難だったと思われます。

■天体

レスター手稿では、地球から月が見える原理を太陽の光の反射であると考察しています。図12は、月と太陽、そして観察者の目を描いた手稿です。レオナルド・ダ・ヴィンチは、月は自ら発光せず、宇宙に浮かぶ球体の反射物体で、なおかつ、当時一般に信じられていた通りに滑らかな表面を持つ場合、観察者には月のごく一部分からの反射光しか届かないことになってしまふ、という問題点に気づいていました。そこで、月の表面が液体で覆われており、波立っている状態であれば、波の各点からの反射が生じることで、月の全面から反射光が観察者の目に届くと説明しています。しかしまた、別のページには、月に液体があれば、地球に落ちてくるだろうとも書いています。

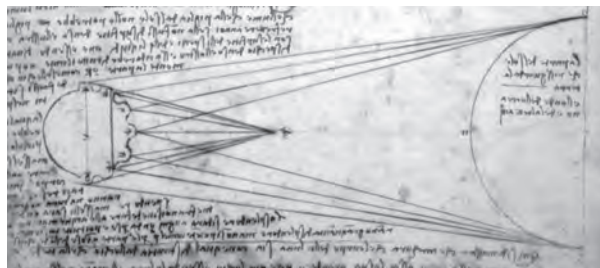


図 12 太陽と月と観察者（レスター手稿）

手稿には、たまに矛盾すること書き込まれていますが、これはレオナルド・ダ・ヴィンチの思考のスタイルです。自らに問いかけ、それに答えることで、発想を整理し、自然の摂理

を追いかけていました。いずれにしてもこれらの研究は、ガリレオが望遠鏡で月面に凹凸を発見するより百年も前のことです。

■人体

レオナルド・ダ・ヴィンチは、ペロッキオの工房で美術解剖学も学びました。はじめは、人体を精密に描くために皮膚の表面だけでなく、その中の構造を理解する必要があるとの教えから解剖に取り組んでいました。しかし、経験を重ねることで、美術のためだけでなく、人体の構造そのものへと興味の対象が移っていきました。

老若男女30体以上を解剖したと彼自身が記しており、非常に精密な解剖図を描き、盲腸を観察した記録を初めて残したり、死因としての心筋梗塞を発見したりしています。



図13 心臓と肺（解剖手稿）

人体の中でも、レオナルド・ダ・ヴィンチは、眼球に特別の関心を持っていたようです。ウィンザー手稿には、眼球が他の器官とどのようにつながっているかを記したスケッチが残っています。また、パリ手稿（図14）では、眼の中で光がどのようにふるまうかを説明しています。2つのレンズによって像が2重に反転していることが示されています。

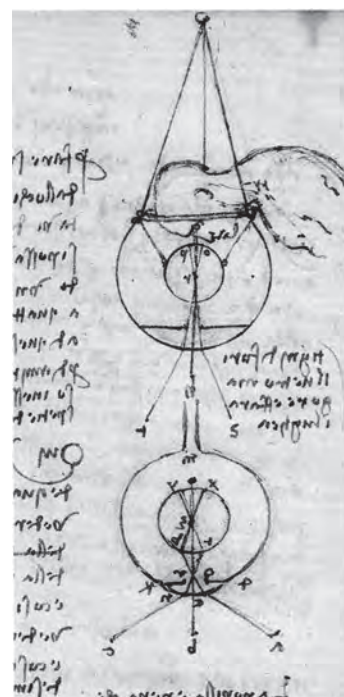


図14 目の中の光線（パリ手稿D）

光のふるまいを調べるために、光線を見る方法として「ふるいにかけて小麦粉」を利用することが、パリ手稿に描かれています。現在は、これと同じ目的でタバコの煙を利用することがありますが、ヨーロッパにタバコが伝わったのは、レオナルド・ダ・ヴィンチの死後11年たってからです。

また、眼は切りにくい臓器として知られていますが、レオナルド・ダ・ヴィンチは眼を卵白で固定して切る方法を考案しています。

■教訓や言葉

レオナルド・ダ・ヴィンチは、手稿に様々な教訓や思いを残しています。最初は、この言葉を紹介します。

経験の弟子レオナルド・ダ・ヴィンチ（アトランティコ手稿）

ルネッサンス時代までは、多くの哲学者が行うように、まずはじめに理論を説き、その後、経験や観察された事実を説明するという手法が用いられていました。この言葉は、それと対極をいく方法であり、経験を重視するというのは、

当時は異端^{いたん}な方法でした。

自然の中には理法なき結果は何ひとつ存在しない。理法を理解せよ、そうすればおまえの経験は必要でない。(アトランティコ手稿)

ここで、理法とは理論のことです。先に述べた言葉「経験の弟子」と矛盾するようですが、経験を踏まえた理論が分かれば、後は実験せずとも理論を基にしたシミュレーションでわかる、ということを述べており、これは極めて現代的な考え方です。関連して、次の言葉を紹介します。

まず科学を研究せよ、しかるのちその科学から生まれた実際問題を追及せよ。(ウルビーノ稿本)

ここで、科学とは理論のことですが、現場で起きている個々の問題をその場しのぎで解決しても、その裏に潜^{ひそ}む理論がわかっていなければ、ほんの少しの条件が変わることで、すぐに次の問題が生じることを良く言い表しています。理論を研究しなければ、いつまでも、その場しのぎが続くのです。こうして、理論(=法^{ほう}則^{そく})を明らかにするために、実験が必要ということになるのですが、それについて、次のような言葉があります。

この問題について一般的な法則を立てるまえに、二度三度それを試験してその試験が同一結果を生ずるか否^{いな}かを観察せよ。(パリ手稿)

たった一度の実験結果で大発明をした気になってしまう「そそっかしい人」がいるものです。レオナルド・ダ・ヴィンチは、自分への戒^{いまし}めとしても、この言葉を刻んだのでしょうか。

他にもたくさんの言葉が手稿に残されていますが、最後にこの言葉を紹介して終わります。

可^か哀^{わい}想^{そう}に、レオナルドよ、なぜおまえはこんなに苦心^{くしん}するのか。(アトランティコ手稿)

レオナルド・ダ・ヴィンチは、凡人^{ぼんじん}ではなかったかもしれませんが、我々^{われわれ}と同じ人間であり、苦勞^{くろう}せずに何でもできるスーパーマンではないことが感じられる言葉です。

レオナルド・ダ・ヴィンチの科学研究は、その時代において二百年から三百年も時代を先取りしていました。当時においてこれらの研究成果が広く世の中に伝わっていれば、工学や医学などの進歩は少なくとも百年は早まっていたろうといわれています。しかしこの独創^{どくそう}的な研究は、読み解^うきにくい鏡文字で書かれた手稿に19世紀末まで埋もれていました。ファクシミリ版が出され世間一般に知れ渡^{わた}り、素晴らしいものだと分かったときには、世の中の科学は既に先に進んでしまっていました。このため科学的研究の成果自体は本来の価値を発揮^{かち はつき}できませんでした。これらの研究を一人で成^とし遂げたというレオナルド・ダ・ヴィンチの限らない好奇心とその追求方法の正しさと想像力の豊かさは、今でも、真理を追究しようとする人たちに熱い共感と大きな刺^し激^{げき}を与えてくれるものだと思います。



平成25年度特別展

「レオナルド・ダ・ヴィンチ もう一つの遺^い産^{さん}
－ノートにのこした自由研究－」

開催期間：7月20日(土)～9月8日(日)

場 所：富山市科学博物館 2階特別展示室
※入館料のほか、高校生以上は特別展観覧料(200円)が必要です。

主 催：富山市科学博物館

協 力：栃木市、富山県立大学工学部知能デザイン工学科、工房メカニズモ、ANA

企画協力：イデア教育文化研究所

とやまと自然 第36巻第2号(夏の号)(通算142号)平成25年7月1日発行
発行所 富山市科学博物館 〒939-8084 富山市西中野町一丁目8-31
TEL 076-491-2125 FAX 076-421-5950 URL <http://www.tsm.toyama.toyama.jp/>
発行責任者 南部久男 印刷所 中央印刷株式会社 TEL 076-432-6572
付属施設 富山市天文台 富山市三熊49番地4 TEL 076-434-9098