

〔 連 載 〕

流量計測の歴史

< 3 . 科学ルネッサンスの開花 >

榎オーバル 小川 胖
Yutaka Ogawa

1 . 暗黒時代からルネッサンスへ

紀元410年8月24日から3日間にわたる西ゴート族（アラリック王）によるローマ市の略奪はローマ市民が自ら見た古代文化転落の第一歩であった。続いてゲルマンの傭兵長（オドアケル）による西ローマ帝国の滅亡、529年、東ローマ帝ユスチニアスによるアテネのアカデメイアの閉鎖、641年のサラセン人によるアレキサンドリアの陥落により、古代文化の拠点が炎と煙の中に消えてゆき、暗黒時代へと入っていった。しかし、文化が完全に途切れ急にルネッサンスで開花したかという、そうではなく、ヨーロッパ新秩序の中心勢力であった、ベネディクト教団による修道院制度や、東ローマ帝国の首都コンスタンチノーブルに流れていた、ビザンツ文化、アラビア人によるサラセン文化によって古代文化の知識を近代文化に引き継いできたとされている。特にサラセン人の建設したアラビア科学は「無意識のうちに、いわば一つの“冷蔵庫”となった古代科学の巨大な体躯を暗い中世期に保持し擁護した」だけでなく、数学、天文学、化学等の部門においては、創造的な流れを加え、世界科学史の主流を形成したとされている。アルカリやアルコールといった化学用語が、アラビア語であることから、その一端がうかがえる。また写真1に天文学の一例としてサラセンの測天儀を示す。



写真1 サラセンの測天儀

ヨーロッパでは第9世紀から13世紀にかけて、イタリアを中心にスコラ哲学があった。いかに教会の信仰が道理にかなっているかを論証、弁護する学問であり、それをギリシャ古典に求めたので「ギリシャ古典の復活」を最も重要な仕事としていた。ギリシャ古典をアラビア人がギリシャ語からヘブライ語又はシリア古語を通じてアラビア語に訳したものを、ラテン語に翻訳するというまわりくどい道を辿ったため、苦心極まるものであったという。後世の学者に言わせれば

「まさに滑稽以外の何ものでもなかった。」

第11世紀から13世紀にかけて「十字軍の大遠征」があり、先に述べたビザンツ文化とサラセン文化を発見し、ここに希・羅・回3大文明の大交流が行われた。十字軍の失敗による宗教教権の衰微、封建制度の没落により、スコラ的世界観の崩壊をもたらし、13世紀に始まるイタリア・ルネッサンスへと移っていく。

この暗黒時代において流体機械としては、12世紀初頭にフランスに風車が出現したことがあげられよう。

2 . ルネッサンスの意義

ルネッサンス時代を少しレビューしてみよう。

「農夫は牡牛とかわりはない。ただ、奴らには角がないだけだ」と中世ドイツの諺にある。そういう虐げられた農奴的農民が約90%を占めていた巨大な封建的中世社会から、新たに人間と世界を発見し、神の束縛から解放されて、人間的自由と権利とを謳歌する近世社会への過渡期が人間の再生を意味するルネッサンスであった。

ルネッサンスの最初の舞台は14世紀から16世紀にかけてのイタリアのフロレンスやヴェニスなどの国際都市であった。そのさきがけが、1318年頃のダンテの「神曲」と1352年のボッカチオの「デカメロン」の二つの曲により幕が開いたという。続いてレオナルド・ダ・ヴィンチの「モナ・リザ」「最後の晩餐」、ラファエルの「マドンナ」などの絵に、ミケランジェロの「ダビデ」「モーゼ」などの彫刻に復興が展開されたのである。

ここで科学技術の面からルネッサンス期を見てみると、コペルニクス（地動説）とヴェサリウス（人体の構造）によって幕が開かれガリレイ、ニュートンによって大成されるのであるが、近代自然科学の実験的方法と精神とは、13世紀の英国の僧侶ロジャー・ベーコンと15世紀の万能天才レオナルド・ダ・ヴィンチの先駆者があった。



写真2 ルーヴル美術館所蔵のモナ・リザ

ロジャー・ベーコン（英、1214～1285）は現代的意味における最初の科学者であった。というのは、観察と実験とに基礎を置いて、光学、天文学、地理学、機械学、化学、数学など広汎な分野で活躍していた。彼の著「オプス・マールクス」の中で次のように言っている。

「我々が知識を得るには、2つの様式がある。即ち論証と経験と。論証は問題を打ち切り、また我々にも問題を打ち切らしめる。しかし、それは、その真理なることが、経験によって見出されない以上、何らの証拠も与えることなく、また疑問を氷解せしめ、心をして真理の意識の把握に安んぜしむることもない。」

スコラ的な思弁の学風に反して経験を尊重し、権威に対する仮借のない批判を行ったため前後20年を獄舎に暮らし、宗教迫害の犠牲者の人名簿の最初の一人となった。

ルネッサンス期の技術を代表するものは、遠洋航海術、火薬及び印刷術の3大発明である。遠洋航海術の進歩により、1492年にコロンブスが新大陸を発見した。火薬はまさに中世から近世への大転換の大きな信号であった。事実東ローマ帝国の滅亡（1453）は新興トルコ軍マホメット2世の青銅製巨砲による圧倒的攻撃によるものであった。グーテンベルクによる印刷機の発明は中世の知識の保存と伝達機関の欠如を解消し、世界の知的生活力を旺盛にしたのである。

3. レオナルド・ダ・ヴィンチ

科学のルネッサンスは16世紀中頃に始まり、17世紀に開花する。16世紀前半にはめぼしい科学者はほとんど見当たらないが、科学技術史を考察するにあたって必ずふれなければならないのは、唯一、あの有名なほほえむ美女「モナ・リザ」（写真2参照）を描いたレオナルド・ダ・ヴィンチ（伊、1452～1519）である。彼は高貴な思想と、大胆な思弁と見事な実践とを持つ芸術家、哲学者、技術者、そして科学者であった。数千頁に及ぶノートに驚嘆すべき業績を書き残したが、それが発見されたのは死後250年後の18世紀末であった。このため科学的進歩にはほとんど貢献しなかったのである。彼が近代技術及び科学の先駆者である所以は、「これを試みよ」という言葉がノートの端々に何度も出てくることである。また実験と経験の尊重は次の言葉の中にはっきりと示されている。

「自然の不可思議の通訳者は経験である。経験は決して欺（あざむ）かない。ただ吾人の解釈のみが、往々にして自らを欺くのである。吾人は種々の場合や種々の状況の下で、経験に相談しつつ、そこから始めて一般的規則を引出すことができる。自然は原因をもって始まり、実験をもって終わるが、吾人はその反対の道を取らねばならない。即ち吾人は実験をもって始まり、実験をもって原因を探求しなければならない。」

筆者としては「実験」を「現象」と置き換えてみる

と彼の言わんとすることが良く判る。即ち技術者及び科学者としてあるべき姿勢を示唆する明言であると思う。

15世紀のフィレンツェでは、多くの画家たちが風景や花や樹木に強い関心を抱いていた。レオナルド・ダ・ヴィンチもその影響を受けているが、彼の観察力は過去の誰よりも科学的であったので、ノートに残したスケッチにも驚くほどの生命力を示している。例えば水に関する膨大なノートが1490年頃に描かれている。渦巻く水の素描が多く残されており、写真3では上部には流れを遮る物体から放出される渦巻く水の習作があり、その下には放流された水の落下点における水の巻き込み現象を象徴的に渦の花模様状に描いている。これは彼の科学者としての秀でた洞察力と芸術家としての秀でた創作力のなせる技と見るべきであろう。この流れを遮る物体から放出される渦現象はのちにカルマンが解析的に解明したので、カルマン渦と称されているが、レオナルドはこの渦現象を数多く残している。



写真3 渦巻く水のデッサン(29A)

そのうちでも写真4は興味のあるデッサンであり、左側に老人の絵、右側にはカルマン渦状のデッサンが見られる。なぜ彼がこのように人物と物理現象を並列にして残しているのかについて、カルロ・ベドレッティは「レオナルドは大地を人体に似た有機体と考えていた。



写真4 岩棚に腰をかけ右を向いた老人の横顔；水の習作ノート(32A)

また彼の水の研究は、人体解剖学の血液の運動と関連づける観念なのである。従ってこのデッサンのように、人間の姿と水の渦とが並んで出てきているのは当然のことなのである。」と記している。それにしてもカルマン渦の描写が写真3よりも精緻になってきているのには驚く。老人の姿は、しばしば理想化した自画像であるとみなされている。

さて最後に掲げる写真5は最も興味ある写真である。障碍から放出される渦現象もさることながら、そのすぐ下には何やら色々な障碍(ブラッフ・ボディ)の形状が記されており、さらに下段には流線のようなものが記されている。このノートの説明書きには一体何が書いてあるのだろうか興味津々である。

このように実験と観察を重視した彼は水の運動については渦、落水、開水路の流れなど数多くの観察実験を行って、質量保存則である「流体連続の原理」や「パスカルの原理」として知られる水圧プレスの力の原理を示唆する観測ノートを残している。さらに空気抵抗を減らすことのできる尻すぼみの流線形のスケッチまでも残した。空を飛ぶ夢も抱いており、螺旋状翼をもつヘリコプターや羽ばたき機を考案している。また湿度計や風力計も彼の発明とされている。

以上述べたように近代技術及び科学の先駆者であったが、このカルマン渦に対する鋭い観察からして当然流体力学の先駆者でもあり、アルキメデスやヘロンと並び称されるのである。

4. 科学ルネッサンスの開花

16世紀後半になると、コペルニクス、ヴェサリウス、ティコ・ブラーエ、ガリレイ、ケプラー、ギルバ



写真5 一枚の障碍の板によってさえぎられている水の習作とノート(29B)

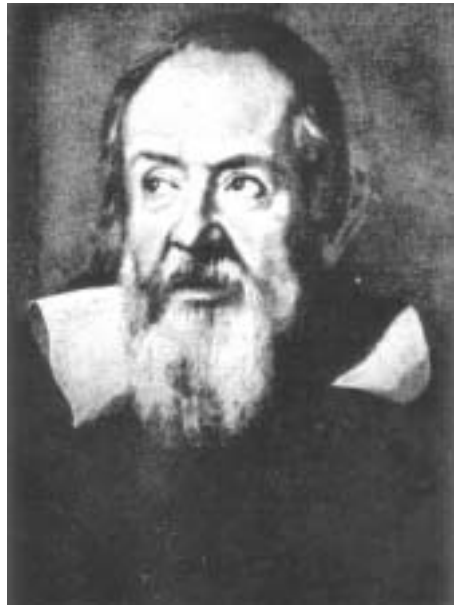


写真6 ガリレオ・ガリレイ

「流れ」という一つのテーマに固執すると、鴨長明が1212年にこの世の無常を河の流れによせて綴ったかの有名な名文が方丈記にある。

「ゆく河の流れは絶えずして、しかも、もとの水にあらず。淀みに浮かぶうたかたは、かつ消えかつ結びて、久しくとどまりたる例(ためし)なし。世の中にある、人と栖(すみか)と、またかくのごとし。」

レオナルド・ダ・ヴィンチの科学的観察に比べると何と情緒的であろうか。

<参考文献>

- (1) 平田 寛：「技術の歴史(4),(5)」, 筑摩書房
- (2) カルロ・ベドレッティ：「レオナルド・ダ・ヴィンチの素描/自然の研究」, 岩波書店
- (3) 湯浅光朝：「科学文化史年表」, 中央口論社
- (4) 細川 豊：「教養 流れの科学(上)」, 東京電機大学出版局
- (5) Louvre文化部「ルーヴル見学ガイド」

ートなど近世科学者列伝の冒頭を飾る輝かしい面々が現れる。ダ・ヴィンチと並んでイタリア・ルネッサンス時代を代表するもう一人の天才ガリレオ・ガリレイ(伊、1564～1642)はご存知のように、彼の運動学としての思いが流体の運動よりも、天体の運動にむけられたので、流体に関する研究の成果はほとんどないが、ポンプは吸込み高さが約9m以上になると吸い上げられないことを述べ、またアリストテレスにより「自然は真空を嫌う」として以降、誰もが否定的であった真空の存在を暗に肯定している。さてこのようにして時は、科学ルネッサンスの黎明期から百花繚乱の最盛期へと流れていく。

日本に話を移すと、ちょうど中世最暗黒時代の7世紀646年に聖徳太子による「大化の改新」があり「開けゆく日本」を演出した。この時期には「古事記」「風土記」「万葉集」が編纂され、さらに11世紀には紫式部の「源氏物語」、13世紀の鴨長明の「方丈記」など優れた文学作品が現れている。日本はレオナルド・ダ・ヴィンチが活躍した16世紀初頭からは戦国時代へと突入し、長い戦乱の世と移りかわってゆく。

【筆者紹介】

小川 胖
 (株)オーバル 技術顧問
 〒236-8645 横浜市金沢区福浦1-9-5
 TEL : 045-785-7259