

ニュートンと心電図

2015/10/17

ローチェスター大学内科学名誉教授（心臓学）、浜松ユネスコ協会国際名誉顧問、
浜松市やらまいか大使、リノ交響楽団理事
秋山俊雄

心臓から血液が拍出される為には、まず天文学的な数の心臓細胞にほぼ同時に電氣的な信号が送り届けられなければならない。この収縮期とそれに続く拡張期の電氣的な信号が体表面に伝播されその電位が記録されたのが心電図である。その1つの波形であるST波を例にとると、ST波は健康人では0ミリボルトであることが多いが、急性心筋梗塞や狭心症の患者では0.1~1.5ミリボルトに上昇または下降し、それが診断に利用される。そのST波電位を理論的に算出することは可能だろうか。

その算出に必要な物理学理論は1687年に英国で発表された。その年、日本では5代将軍綱吉の下に鎖国令が厳しく布かれておりその翌々年に元禄時代が幕を開けた。この1687年に、ケンブリッジ大学数学科主任教授アイザック・ニュートン(Sir Isaac Newton)は「自然哲学の数学的諸原理」(単にプリンシピア Principia と呼ばれることが多い)を出版した。西洋では聖書について重要な書籍であるプリンシピアには、それまでの物理学とは全く異なったニュートン物理学と新しい数学である微分積分学が紹介されていた。しかしニュートンは錬金術にあまりにも多大な時間を費やした為、磁気源から離れた空間点での磁力強度を算出する為に編み出された理論は未完成のまま残された。この理論は19世紀の数学者・物理学者ガウスやマックスウエルによって完成され立体角理論 Solid Angle Theory と命名された。この理論を応用すると心電図波の電位が計算できることが予見されていた。私は1970年代中頃にシカゴ大学で偶然この理論に出会い、私の学究人生の航路が大幅に変えられてしまったので、それはセレンディピティ serendipity と呼んでもよいだろう。その航路の最終寄港地のようなものであるが、日本心電図学会誌に「秋山俊雄の心電図講義」シリーズが設けられ昨年までの4年間に亘って心電図学的な多くの重要な課題が立体角理論で解明できることを示した。このようにプリンシピアの刊行から3世紀以上の歳月が流れた今日依然として、医学の1分野である心電図学までに影響を与えているニュートンほどの様な人物であり、プリンシピアはどのような経緯で執筆されたのだろうか。

ニュートンは1642年に、ロンドンの約150キロ北のウールズソーペという農村の豊かな農家に父親が病死した3か月後に未熟児として出生した。母親は3歳のニュートンを年老いた両親に預けたまま裕福な神父の下に嫁いた。ニュートンが13歳のとき義父が亡くなり母親はウールズソーペの実家に戻り、ニュートンに農家を継がせようと努めたが、ニュートンは農業をひたすら拒否した。ニュートンにとって幸いであったのは、母親は気づいていなかったが叔父(母の弟でケンブリッジ大学卒業の神父)と隣り町のKing's Schoolの校長の両人はニュートンの頭脳が飛び抜けて優秀である事に気づいていた事である。授業

料の全額免除という校長からの申し出で遂に納得した母親より許しを得て、ニュートンは King's School に復学した。King's School を主席で卒業したニュートンは、1661 年にウールズソーペとロンドンの中に位置するケンブリッジ大学の名門校トリニティーカレッジに入学した。ニュートンの母親は裕福であったがニュートンのケンブリッジ大学の学費の援助を拒否したので、ニュートンは最初の 3 年間は教官や級友達の小間使いとして働き授業料を免除され、更に彼等が食べ残した食べ物で飢えをしのいだ。だが、4 年時には奨学金が授与され、はじめて勉学に専念することが出来た。信じられないことであるが、ニュートンはこの学生時代の後半に既に、物理学と数学の世界に革命を起こすことになった全く新しい物理学と数学の体系を独力で築き上げていた。だが、名誉欲や権力欲は何も持ち合わせていなかったこの時代の若いニュートンはそれらを公表するつもりは毛頭なかった。

1665 年に学位を授与され同大学の教官として留まったが、間もなくロンドンでペストが大流行した為ケンブリッジ大学は 1 時間閉鎖され、ニュートンはウールズソーペに帰省して大学の再開をまった。このウールズソーペの農園での 1 年半、ニュートンは誰からも邪魔されずに 1 人で思索を巡らす時間に恵まれ、学生時代に築き上げた以下のような多くの斬新な物理学と数学の概念を整理し完成することが出来た；万有引力の法則（地球のみならず宇宙での現象に応用できる法則）と運動方程式、惑星や太陽の天体運行についてのケプラーの惑星運動法則が正しいという数学的証明、ガラス製のプリズムを使用した実験で太陽光が多くは色彩より構成されていることの証明（光のスペクトル解析）、光の粒子説、全く新しい数学である微分積分学の確立とその物理学への応用（同時代のドイツのゴットフリート・ライプニッツも独立して微分積分学を編み出した）、理論を実験で実証する科学方法論の確立。また、ガラス製のプリズムを使用した実験の結果から高倍率の望遠鏡にガラスレンズは不適きであるという結論に達し、曲面の鏡を使用した望遠鏡を発明した（ニュートン反射望遠鏡）。ところが、依然としてニュートンはそのような多くの革命的とも云える概念をメモとして残したがそれらを公表する計画はなかった。

ペストの流行が収まった 1669 年に再開されたケンブリッジ大学に戻ったニュートンは、発明したばかりの反射望遠鏡を友人達に誇示したが、その時に彼は既に改良されたデザインの反射望遠鏡の制作中であった。ニュートンの反射望遠鏡の噂に接した王立協会

（Royal Society は科学の発展を奨励する目的で 1660 年にチャールズ II 世国王によって創設された）からの要請で、改良された反射望遠鏡が王立協会に届けられた。その反射望遠鏡は現在でも王立協会の至宝として大切に保存されている。1672 年 2 月の定例会でニュートンの反射望遠鏡を試した学会員たちは例外なく彼の反射望遠鏡に驚愕し、彼はその場で直ちに名誉ある学会員に選出された。王立協会からこのように暖かく迎えられたニュートンは、王立協会からの依頼でウールズソーペの農園で認めた光学論文の第一部を王立協会に提出しその論文はただちに発行された。1675 年には、ニュートンの光学論文の第二部も発行された。また、1669 年に再開されたケンブリッジ大学でニュートンは全く予期

していなかった提案に直面した。ニュートンが学生であった時代以来、彼の天才的な数学能力に深く感銘を受けていた数学の恩師バロー数学科主任教授はケンブリッジ大学の数学科の主任教授のポストを若年のニュートンに譲るという驚くべき提案をした。ニュートンは熟考の後、遂にこの提案を受け入れた。その後、彼はケンブリッジ大学の数学科主任教授として活躍し彼の名は学者の間ばかりでなく一般人にも広く知れ渡った。

この時代、“コロンブスの交易”の一端として、それはグローバルゼーションの始まりであったが、コーヒーは北アフリカ、中近東、インド、南米から英国へ新しい嗜好品として輸入された。フランスのパリに匹敵する国際大都市に変貌したロンドンではコーヒー喫茶店(coffeehouse)で、コーヒーを飲みながら議論をし時を過ごすのが流行になった。ニュートンの数学科主任教授就任から15年の歳月が過ぎた1684年に、ロンドンのコーヒー喫茶店で3人の高名な学者の間で科学の針路を大きく変えるきっかけになった議論が持たれた。その3人は、後にハレー彗星と命名された彗星の軌道をニュートンの理論を応用して正確に予測したオックスフォード大学教授エドモンド・ハレー、1666年のロンドン大火の後ロンドンの52の総ての教会を設計し建築を監督したオックスフォード大学教授クリストファー・レン、高名なニュートンを生涯に亘って嫉妬し間断なく議論を挑んだことで有名になった物理学者ロバート・フーキであった。

議論の対象になったのは、惑星は太陽の周りを楕円軌道で運行するというドイツの天文学者ケプラーの法則であった。3人の碩学はどうして楕円軌道になるのかを数学的に説明出来なかったが、ニュートンならばその答えを知っているに違いないと合意し、早速ハレーがケンブリッジ大学のニュートンを訪れた。惑星は太陽の周りをどのような軌道で運行するのかと問われたニュートンは躊躇することなく楕円軌道であると返答した。ハレーの説得に屈してニュートンは楕円軌道になる根拠を数学的に説明した論文(ウールズソーペの農園で書き留めたメモの1部分)を王立協会に送付しこの論文は間もなく発行された。全く新しい物理学と数学の概念を駆使したこの論文に驚天動地した多くの学者は、ニュートンがこれまで独力で考え付いた概念の総てを纏めて出版すべきだと薦めた。ハレーからの絶え間ない励ましと出版費用の全額負担のお蔭で、遂に1687年にプリンシピアの刊行に至った。因みに歴史上、聖書に次いで価値があると見做されているこのプリンシピアの執筆に対して王立協会よりニュートンに原稿料が何も支払われなかったことは興味深い。もしロンドンのコーヒー喫茶店で3人の碩学がこの議論を持たなかったら、プリンシピアに紹介された概念の殆どはニュートンの死と共にロンドンのウエストミンスター大修道院に埋葬されてしまい、その為に科学の進歩は大幅に遅れ、人類の月面到着も1世紀ほど遅れたと私は想像している。

このような関連した諸事①～④はまるで神の企てであったかのようにも思える——①人類史上で最も頭脳明晰なニュートンの誕生、②ニュートンは農夫にならずに学者の道を選べたこと、③ペストの大流行の為にニュートンは1年半に亘ってウールズソーペの農園に引

きこもり 1人で思索にふける機会に恵まれたこと、④3人の碩学がロンドンのコーヒー喫茶店で議論をもったこと。この 21世紀では次のニュートンが英国ではなく日本に誕生して全く新しい学問の体系を築きあげ日本発の新しい学問の体系が世界の隅々まで行き渡る日が到来するよう私はひたすら祈っている。

文献

1. Sir Isaac Newton. *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*. 1687. The Royal Society, London, UK. (The Principia, 英語翻訳版 by Cohen, LB, Whitman A. 1999. University of California Press, Berkley, California, US)
2. Richeson JF, Akiyama T, Schenck E. A solid angle analysis of the TQ-ST deflection in the pig: A theoretical and experimental study. *Circulation Research*. 1978; 43: 879-888.
3. 秋山俊雄 “秋山俊雄心電図講義” I～V. 立体角理論シリーズ; I～X. 予後シリーズ. 心電図 2010～2014, volume 30～33. (日本心電図学会のホームページは非会員でもアクセス可であり、ホームページで「秋山俊雄の心電図講義」をクリックするとこれらの論文の PDF コピーを見れます)