

書 評

SYNC なぜ自然はシンクロしたがるのか

スティーヴン・ストロガッツ 著，蔵本 由紀 監修，長尾 力 訳
早川書房，2005 年（文庫版 2014 年）

九州大学マス・フォア・インダストリ研究所
千葉 逸人

著者のスティーヴン・ストロガッツ氏は応用数学者であり，特に力学系理論とその生命現象への応用に関して多くの業績がある．著作物も多岐にわたる．いわゆる教科書だけでなく，一般向けの啓蒙書やエッセイも多くあり，教育熱心であることでもよく知られる．氏の語り口は（数学の論文の中でさえも！）いつも軽快かつ巧みで，非常に“読ませる”文章を書くのがうまい．私自身のことであるが，昔，ある数学の論文を投稿してレフェリーのコメントが返ってきたとき，文章の軽快さや言葉の選び方から，このレフェリーはストロガッツだ，と分かってしまったことがある．

本書「SYNC」は，物理，工学や生物学において見られる様々な“同期現象”について，歴史的背景や研究者の面白いエピソードをふんだんに盛り込みながら紹介した一般向けの本である．比較的高度な話題を扱っているにもかかわらず，物理や数学の専門的な知識を必要とせず，それでいて上っ面の話に留まらずに正確に現象を説明できている筆力はさすがである．同期現象に関わる歴史や人物のエピソードも読ませるものが多く，間違いなく“同期現象”というキーワードに興味がなくても面白く読める．以下は蔵本由紀先生による日本語版のまえがきからの抜粋である．

『サイエンス関連の出版物が（中略）読者を落胆させるのはしばしば見かけるところである．しかし，本書にはそのような難解さやおざなりさはみじんもなく，相当に高度な内容を，その正確さをいささかも損なうことなく，巧みな比喻をふんだんにまじえつつ，実に平明に読者に提供している．（中略）一読してさわやかな心地よさをおぼえるいまひとつの要因は，そこに登場するもろもろの科学者たちに対する著者の深い人間的共感によるものではなかろうか．』

さて，もっとも有名な同期現象は，ホタルの明滅であろう．1匹1匹のホタルは周期的に点滅するが，無数のホタルが1か所に集まったとき，ホタルたちはシンクロし，同じタイミングで点滅するようになる．このようにして大きな光を作り出し，異性を呼び込んでいるものと考えられる．ご存知ない方は，検索すれば web 上で動画が見つかるので是非ご覧になって欲しい．本書では，我々の身の回りに起こる

様々な同期現象と、研究者がその数理的なメカニズムに迫る様子が鮮やかに書かれている。キーワードだけ列挙すると、ニューロンの発火の同期、心筋細胞の膨張収縮の同期、振り子時計、人間の概日リズム、ジョセフソン接合系の同期、レーザーの仕組、超電導の仕組、橋の崩壊などなど・・・いくつか、この中で私が特に面白いと思った話題を詳しく紹介したい。

同期現象が初めて科学的な対象として世に現れたのは、1665年、ホイヘンス (Christiaan Huygens, 1629-1695) による振り子時計の同期の発見だと言われている。光の屈折に関するホイヘンスの原理で有名なホイヘンスであるが、振り子時計の研究で業績があることを知っている方は少ないのではなかろうか。大航海時代、海の上で船の位置を知るには、正確な時計が必要だった。緯度は北極星の位置から分かるが、経度を知るには、基準点(出発地)における時刻と現在地の時刻の差を用いる。したがって、長い航海でも狂わない正確な時計の開発は国家事業であった。そういった背景で、ホイヘンスは振り子時計の研究を行っていた。ある日、病のため床に臥していたホイヘンスは、壁に掛けていた2つの時計の振り子が逆位相で完全に同期しているのに気が付いた。一方が「チック」と右に振れるタイミングで、もう一方は「タック」と左に振れ、まるで鏡に映った1つの時計を見ているかのように、対称な運動を維持していた。不思議に思ったホイヘンスは片方の振り子の位相を少しずらしてみたが、しばらく待っていると、2つの時計が申し合せているかのように徐々に対称な運動に戻っていった。壁に掛けた時計の振り子が揺れるとわずかに壁が振動する。その壁の振動がもう一方の時計の振り子に影響を及ぼす。壁の微小な振動を通して、2つの振り子は互いに相互作用を及ぼし合っていたのである。ホイヘンスは原因を調べるためにいくつかの実験を行い、簡単な論説を書いている。このとき、はじめて同期現象が学界に現れたのである。ホイヘンスが見たものを再現するのは意外に難しいらしい。壁の微妙な振動を制御できないためだと思われる。今日では、メトロノームを使ったずっと簡単な実験で振り子の同期を観察できる。これも、「メトロノーム 同期」といったキーワードで検索して、是非動画をご覧になって欲しい。

今日では、様々な同期現象が知られている。特に、人体は同期現象の宝庫である。1つ1つのニューロンは弱い信号(電流)しか発することができないが、ある集団のニューロン群が同期して一斉に発火することで、大きな信号を作り出すことができる。心筋細胞は膨張と収縮をリズムカルに繰り返すが、細胞たちが同期して同じタイミングで膨張・収縮することで、心臓の拍動が生まれる。

もう一つ、本書の中から、人間の概日リズム(サーカディアン・リズム)について紹介しよう。

人間は24時間周期で生活している。おおむね、決まった時間に寝て、決まった時間に起きる(学生や数学者の中には例外が多いだらうが)。こうした人間のリズム

ムを司るニューロン群は脳の視床下部と呼ばれるところにある。個々のニューロンの電位は24時間周期で変動するのだが、さらにニューロンたちが化学物質を介して相互作用することで同期し、各々の臓器の24時間周期(ある時間は活発になり、ある時間は休むなど)を統率する。これがいわゆるサーカディアン・クロック、体内時計である。しかし、ニューロンの電位変動の本来の周期は、24時間よりもやや長く26時間程度らしい。実は日光を浴びることで、その周期が強制的に自転の周期である24時間に調節されるというのだ(これを周期の引き込みという。簡単な力学系理論で説明できる)。1972年、睡眠の研究者であるシッフルは、この事実を実証するために日光の届かない洞窟に時計を持ち込まずに半年間生活した。本書ではこの過酷で気の狂いそうな実験の様子が面白おかしく描写してある。時計がないので、気の向くままに寝て起きるのだが、その周期はおおよそ26時間であった。その後の(ストロガッツ自身の結果も含む)研究で、我々の活動のリズムは体温の変動で説明できることが分かった。1日のうちに体温は1.5度程度変動する。日光を浴びていれば24時間、浴びていなければ26時間周期である。眠くなる時間や脳が活性化する時間は、体温が特定の状況にあるときにやってくる。体温の変動に着目すれば、様々な生理現象のタイミングも説明がうまくいくらしい。ストロガッツ自身が専門家であるため、このあたりの研究の進歩の様子は本書が最も詳しいのではなかろうか。この書評を読んでいるのはほとんど数学者だろうが、海外出張の折に時差ボケに悩まされる方も多であろう。是非、本書の睡眠周期に関する章をお読みになってはどうだろうか。