



連載

ビブリオ・トーク
—私のオススメ—

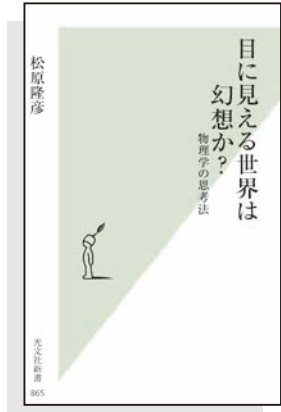
…大山恵弘 (筑波大学)

目に見える世界は幻想か？

物理学の思考法

松原隆彦 著

光文社 (2017), 280p., 780 円+税, ISBN : 978-4-334-03968-4



物理学の紆余曲折を追体験

天動説から現代物理学に至る発展の紆余曲折を数時間で楽しく学べる本である。いかに物理学が過去の常識を次々と打ち破って自己を変形させてきたかが分かる。物理学の巨人たちが、謎とどう向き合い、不可解な事実はどう折り合いをつけてきたのかを追体験できる。著者は名古屋大学で教養教育として物理学の入門講義を行ってこられた方である。その経験によるものが大きいと推測するが、この本は物理学に詳しくない人にとっても読みやすいと思う。物理学の本なのに、なんと数式も図も表も1個も出てこない。本来難解な内容をここまで平易かつエキサイティングに伝えることは簡単ではないと思う。著者の理解の深さや表現力の高さを感じる。巧妙な語り口によって、分かったような気に私がさせられているだけかもしれないが……。詳しくない人でも分野の魅力を気軽にかつ存分に味わえる書籍が、情報の分野においても、もっともっと出てくるといいなと思う。

この本で説明される物理学のさまざまな概念と、コンピュータにおけるさまざまな概念、たとえばプログラム、OS、CPU、クロック、通信、仮想化、並行実行、デバッグ、プロファイラとの対応を考えながら読むと、コンピュータの技術者には特に興味深いと思う。私も実際、物理学が自分の研究にアイデアやヒントを提示してくれるという不思議な感覚を抱きながら読んだ。元々、分子レベルの世界での操作により情報をエネルギーに変えるマクスウェルの悪魔などの話を通じて、極限の物理世界に情報の概念が出てくる点に興味を引かれていた。情報の分野の人間の心をくすぐるテーマが物理学にはたくさん転がっているかもしれない。

速度以外の何を信じられるか？

タイトルの「目に見える世界は幻想か？」という問いが胸に響く。常識では考えられない事実が次々と提示される。粒子が光速に近い速度で移動すると、時間も空間もゆがむ。光速のみが不変であって、この世界には基準となる時間も空間も存在しない。また、ある時点での物理的状態を完全に知っていても、その後の状態は確率的にしか予言できない。複数の可能性の1つが選ばれるが、そこに原因などない。観測行為によって状態を1つに定めても、その行為自体が状態を変えている。粒子の位置と速度の両方を正確に把握することはできず、ぼんやりとした値しか得られない。これらは学校で学んではいるのだが、数十年後の今、再び同じ内容を読んでも新鮮なロマンを感じる。時間や空間自体が人の作った幻想であるという考え方もあるようだ。

重力ははるか遠くの物体に一瞬のうちに作用を及ぼすように思えるが、重力ですら光速を超えられず、光速を超えて情報は伝達できない。重力の正体は時空間のゆがみであり、それは空間を波として伝わる。「量子もつれを使っても、光の速さを超えて情報を伝達することはできないのだ。そこに矛盾はない。自然界はとことん巧妙にできている」という言葉には思わずうなってしまった。確率が支配するよう見える世界ではあるが、実は人類が発見していない隠れた変数があり、世界は確率抜きに動いているという説(隠れた変数理論)に対しては否定的な実験結果ばかりという説明も印象深い。

私は最近ではコンピュータセキュリティ、特にマルウェア解析を研究しているが、いかにマルウェアに仮想世界を現実世界のように見せるかというテーマと日々格闘している。マルウェア解析ではしばしば、

マルウェアを仮想マシンで動かして挙動を観測する。1つの仮想マシンを数十個に複製して実行したり、仮想マシンの状態を過去に戻したり未来に進めたり、複数の世界線とタイムリープを駆使して、マルウェアに隠された挙動を短時間で捉える。マルウェアが隠そうとするバッドエンドのルートを通るための条件をあぶり出す。賢いマルウェアは仮想世界の何かがおかしいことを検知すると、それ以上解析されないように実行を停止する。周囲の環境や時間の流れが不自然だとか、自分自身に何か埋め込まれているとか。よって、マルウェア解析用の仮想マシンは、仮想マシンを実マシンであるとマルウェアに誤解させるために手を尽くす。仮想世界を改ざんして、つじつまを合わせる。仮想マシンで観測される処理速度からもおかしさを悟らせない。処理速度が妥当であるとマルウェアに思わせるにはどうするか？ 時間や距離（処理量）の情報をゆがませる。物理学のような話がマルウェア解析にも出現する。

仮想マシンは複製できるし、それらを並行に実行できるが、物理学にも並行な世界がたくさんあるという多世界解釈なる概念があるらしい。この本にも「死んだ猫を見る友人と生きている猫を見る友人が、ウィグナーの知らないところで同時進行している」などの味わい深い記述がある。

真の姿はどうしても知り得ない

コンピュータの世界にはハイゼンバグという言葉がある。それは調べようとするとその行為自体の影響によって消えたり挙動を変えたりするバグであり、不確定性原理で有名な物理学者のハイゼンベルク (Werner Karl Heisenberg) にちなんで命名されている。バグがあつて動かないプログラムに print 文を入れて変数の値を表示させると、なぜか正常に動いたりする。少し経験のある開発者ならば誰でも記憶にあることだろう。ハイゼンバグに対してはデバッグなどの強力なツールも役に立たなくなることがある。粒子の位置と速度の両方を正確に把握できないように、プログラムの挙動を外部から観測する者はプログラムの状態のすべてを正確に把握できない。状態を知るための処理を入れれば状態は確定する

が、プログラムや状態は別物に変わってしまう。マルウェア解析でも、解析行為自体がマルウェアの挙動を変えてしまう。元の実行での速度、制御の流れ、データの値などの情報をすべて得ようとしても、あやふやな情報しか得られない。複雑な並列分散システムや OS の状態となると、もう、わけが分からない。

そして、常識はずれのコンピュータへ

この本では、量子力学の量子コンピュータや量子暗号への応用にも触れている。D-Wave 社の D-Wave 2X への言及もあり、「同じ計算を従来型の古典コンピュータで行った場合に比べて、約 1 億倍も高速になったと発表した」「量子力学の常識はずれの奇妙な性質は、常識はずれの技術の開発を可能にする」などの記述がある。物理学の常識はずれの成果が、常識はずれのコンピュータにつながる。夢は広がる。

最後に著者は地味な分野の研究の重要性を語る。専門分野の違いを忘れるほど、非常に共感した。「流行りの分野を大勢で追究することも悪いことではないが、それと同時に地味な分野にも研究者は必要だ。いま注目されている分野はいずれ廃れる。未来に伸びる分野は、いまは注目されていない地味な分野である。それが何なのかは前もってわからない」と著者は言う。

本を読み終えて考える。私自身もマルウェアと同じく、光速のみが不変であるという設定の仮想マシンで動いているプログラムにすぎないのかもしれない。1日に何度もページフォルトをしながら生きているのかもしれない。それにしても、この世界はすごい。バグや未実装事項は1つも見つかっていないし、アベイラビリティは常に 100% で、障害による停止も一度もない。いや、裏では無数の障害検出、ロールバック、パッチ当て、再起動が行われてきたが、それを知覚できていないだけか。もしこの世界が情報システムならば、それを運用している Sler は相当優秀に違いない。

(2018年5月30日受付)

大山恵弘 (正会員) oyama@cc.tsukuba.ac.jp

2001年東京大学大学院理学系研究科情報科学専攻修士。科学技術振興事業団研究員、東京大学大学院情報理工学系研究科助手、電気通信大学大学院情報理工学系研究科准教授を経て、2016年より筑波大学システム情報系准教授。博士(理学)。システムソフトウェア、ソフトウェアセキュリティに関する研究に従事。