

## 疑問を通して、インターネットの理解を深め、 新たな興味に出会いましょう

コーディネーター 尾家祐二

今日、インターネットは私たちの暮らしにおいて、それなしでは暮らせないほど身近なものになりました。ネットワークにつながっていない単体のコンピュータを想像するだけでも難しいものです。『〈インターネット〉の次に来るもの：未来を決める12の法則』（ケヴィン・ケリー著、NHK出版、2016年）によると、

今振り返ってみると、コンピュータの時代は、それが電話につながれるまで、本格的に始まっていなかったのだ

と述べられており、この言葉にはコンピュータのネットワーク化がもたらした影響の大きさが表れています。「電話につながれる」というところにネットワーク技術の黎明が感じられます。今後、車や家など、さまざまなモノがネットワークにつながっていること（IoT: Internet of Things）が当たり前となり、ネットワークにつながっていないのが不思議にすら思えるような環境になっていくことでしょう。

今では、あって当たり前の存在にすら思われてしまうインターネットですが、著者の大崎博之さんは本書であらためてインターネットを取り上げて、「工学的な観点」から「7つの疑問に答える」という形で解説していきます。読者の皆さんがふだん何気なく使っているインターネットについて、どこかで感じているだろう疑問を呼び起こし、丁寧に答えていきます。そこには身近なモノに対して疑

間を持つ楽しさや、新たな考え方に会おう楽しさを読者と共有したいという著者の思いが見られます。

ところで上で述べた「工学的な観点」とは何なのでしょう？ 米国工学アカデミーでは「工学」を「制約条件の下でのデザイン」と簡潔に定義しています。現実の世界では常に、守らなければならない条件や前提としている条件、つまり「制約」があり、その下で「最も良い」解を得るために知恵を出して、設計していきます。この「最も良い」というのも見方によって変わってきます。コストを下げることなのか、性能を良くすることなのか、そもそも最も良くしたい性能とは何なのか等、まずは視点を定める必要があります。そして設計にあたっては、対象とするものをモデル化し、数理的なアプローチで解析し、特性を明らかにする必要があります。

大崎さんは、大学院生の頃から 20 年以上にわたってネットワークの研究を続けています。とくに、本書の疑問 5 や疑問 6 に関連する、トランスポートプロトコルの性能の数理的解析や疑問 7 で取り上げている複雑ネットワークに関する研究を精力的に行われています。また、大崎さんは日頃よく使用するソフトウェアを、自分の感性に合わせて自作したりもします。メーラーやエディター、作図ソフト、シミュレータのほか、フォントまでも自作されたことがあります。本書に掲載している図についても、自作の作図ソフトで描かれたものです。このような大崎さんのネットワークの軽さと独自の視点も、本書の要所に活かされていることが感じられることと思います。

本書では、著者の専門的な知識と感性を活かして、インターネットに関する疑問を提示し、「工学的な観点」から回答していきます。いきなり正解が与えられるよりも、まずは良い疑問を持つほうが良い理解につながるものです。たとえば『イノベーションの DNA—

疑問を通して、インターネットの理解を深め、新たな興味に出会いましょう 139

破壊的イノベータの5つのスキル』(クレイトン・クリステンセン  
ほか著, 翔泳社, 2012年)によると,

質問は、創造的な洞察を生み出す可能性を秘めている。アインシュタインはとうの昔にこのことに気づいていた。『正しい質問さえあれば……正しい質問さえあれば』と、いつも繰り返していたのだから

と紹介されています。このように疑問を持つことや想像力を働かせることは、とても大切なことです。

本書における「工学的な観点」とは、インターネットについて、ある視点からは良いところが見え、別の視点からは悪いところが見える、というような、柔軟で複眼的な見方を指しています。設計されて実際に使用されるモノは、いつ、どのような条件下でも、また、どのような指標についても、最も優れている、ということはほとんどありえません。

本書では、インターネットをネットワークシステムとして捉え、その仕組みやそこで使用される通信プロトコルに着目し、数理的手法を用いて7つの疑問に答えていきます。直観的には理解しづらいことも、数学を用いたモデルとして表現・分析されると、その特性が明確に説明できるようになります。この過程を通して、さまざまな仕組みの面白さや数理的手法の有効性について、著者は読者の皆さんと共有したいのでしょう。

以下では本書の概要について各章ごとに紹介していきます。

まず序章では、以降の章の準備段階として、前提となる知識やインターネットの工学的な捉え方を解説します。それ以降の各章では7つの疑問を章ごとに1つずつ取り上げていきます。

1章と2章では、インターネットの良いところや弱いところとい

った話題を取り上げています。先に述べたように、多くのモノを「工学的な観点」から見ると、良いところも弱いところも見えてきます。そのような複眼的な視点から物事を見てほしいという著者の思いが感じられます。ここではインターネットにおける情報伝達の基本的な方式に着目し、回線交換方式とパケット交換方式を取り上げます。インターネットで採用されているパケット交換方式のほうが優れていることを解説しますが、合わせて、パケット交換方式が抱える弱点についても取り上げます。

3章以降では、インターネットの各種特性について数理的手法による解析を用いて解説していきます。まず3章では、インターネットが高速な理由として、パケット交換方式の特性について待ち行列理論を用いて説明します。多少の数式も出てきますが、待ち行列理論の威力と、そこから導き出せるパケット交換方式の特性を感じてみてください。

4章では、インターネットをさらに高速化する方法として、待ち行列理論におけるリトルの法則を用いて解説します。リトルの法則は簡単な式で示されるのですが、柔軟に発想することで、リトルの法則によってさまざまな事象が理解できることを紹介します。

5章では、インターネットの混雑によって、情報の送受信に時間がかかるようになる理由を解説します。これはインターネットの特性というよりも、そこで用いられている通信プロトコルであるTCPの性質によるのですが、このことを数理的方法を用いて丁寧に解説します。TCPのスループット特性を示す数式はかなり専門的ですが、数式で表せると、その特性も容易に理解できるようになります。

6章では、海外など遠方との長距離通信における特性について取り上げます。ここでもTCPの性質から、長距離通信では情報の送

疑問を通して, インターネットの理解を深め, 新たな興味に出会いましょう 141

受信に時間がかかることを解説し, 本章末の Box では, 長距離通信における対策や, さまざまな種類の TCP が開発され続けていることを紹介します.

最後の 7 章は, 前章までとかなり異なる内容です. 世界規模の大規模なネットワークであるインターネットでは, パケット交換方式が用いられています. パケットは, 中継されるスイッチで度々蓄積・転送されるにもかかわらず, ストレスなく通信することが可能です. 本章では「インターネットは世界を小さくしたのか?」という疑問を通して, 「インターネットは特殊なつながり方をすることで, 少ない転送回数でも通信可能になっている」ということを紹介します.

本書を通して, 読者の皆さんがインターネットについて「工学的な観点」から眺め, さらに数理的手法という観点の面白さを味わっていただくと幸いです. 工学は明日を創造する学問です. その過程でさまざまな技術が生み出されます. 豊かな想像力と柔軟な視点で, インターネットがさらに活用されることを祈って, 結びの言葉といたします.