

—President's Message



Science, like the universe, has its “big bangs.”

Often, science and technology do not progress gradually, but evolve abruptly and in a nonlinear way. Science, like the universe, has its “big bangs.” A well-known example is Albert Einstein’s *annus mirabilis* of 1905, when, in a single year, the then-unknown scientist published three principles that rocked the physics world.

In optics, the laser’s emergence qualifies as a big bang; it upended the classical view of light, bringing radical change in its possibilities and uses for scientists and the public at large. Soon after the first demonstrations, seemingly in the blink of an eye, laser extended to a variety of materials and wavelengths. The history of technology also suggests big-bang periods—such as the age of Thomas Edison, and the wealth of electrical products invented by him and others during that time.

Life on Earth, too, has had its big bangs. Perhaps the biggest was the so-called Cambrian explosion in animal evolution. The fossil record reveals that at the beginning of the Cambrian Period, some 539 million years ago, life did not evolve gradually or linearly, but very suddenly, across an interval perhaps no more than 25 million years long. In the context of the nearly 4 billion year history of life on Earth, that, too, was the blink of eye.

This rapid change puzzled Charles Darwin. But it is not surprising, and quite reasonable, if one understands the mathematics of complex systems. The nonlinear interactions of multi-body systems can lead to vast and unexpected events—not only big bangs like the Cambrian explosion, but everything from earthquakes to extreme weather to stock market crashes.

Why did the Cambrian explosion occur? Paleontologists have advanced many possible explanations, and most believe that the event did not have only one cause. Yet one particular hypothesis has always impressed me—that the evolution of the eye, nature’s optical technology, may have helped to trigger this rapid, nonlinear and remarkable change in life’s story.

While light-sensitive organs previously existed among some animals, very early in the Cambrian a number of arthropod species—including the period’s ubiquitous trilobites and other taxa—rapidly developed compound eyes, some of which are strikingly similar to those of current insects. In his 2003 book *In the Blink of an Eye*, the zoologist Andrew Parker argued that once these natural imaging systems appeared (with accompanying neural networks in the brain), they led to an increase in predation and, among potential prey, the evolution of camouflage and other forms of protection, all of which caused a burst of biodiversity. (One thinks of the similar impact the development of artificial “eyes” today—smartphone cameras, CCDs, computers—has had on the “big bang” of internet services and social media.)

Whether the eye’s development caused the Cambrian explosion or not, the sudden evolution of this natural optical technology clearly coincided with a remarkable flowering of the diversity of life. Almost all current animal phyla evolved during the Cambrian explosion, and no new animal phylum has emerged since then. And more than 95% of animal species today have eyes of some sort. Optics—and eyes—are amazing.

I would welcome your thoughts on this message or other topics at ideas@optica.org.

—Satoshi Kawata,
Optica President

A Japanese translation of this message appears on the next page.

科学技術は日々少しずつ進歩していくものではなく、しばしば突然に非線形的に進化します。宇宙の進化と同様に、科学や技術にも「ビッグバン」があるのです。よく知られる例は、アインシュタインの「奇跡の一年 (Annus mirabilis)」です。当時無名の科学者であったアインシュタインが1905年のたった一年に発表した3つの論文が物理学の常識を覆してしまいました。

光科学の世界では、レーザーの出現が「ビッグバン」に相当するかもしれません。それまでの古典的な光についての考え方と扱い方を変えてしまい、科学者のみならず一般の人々にも、レーザーは大変大きな影響を与えました。最初のレーザー発振の実験後、瞬く間にさまざまな材料で様々な波長域でレーザー発振が行われました。技術の世界でのビッグバンはエジソンの時代でしょう。今使われる多くの電気製品は、彼とその時代の人達によって短い期間に発明されました。

地球の生命史においてもビッグバンがありました。動物の進化が突然に起こったいわゆるカンブリア爆発です。約5億3900万年前のカンブリア紀地層の中の化石を調べていくと、生物は徐々に線形的に進化したのではなく、約5億3900万年前のカンブリア紀の始まりに突然に進化したことが明らかになっています。その期間は2500万年よりも短いだろうと考えられています。40億年近い地球上の生命の歴史から見れば、まさに一瞬の出来事であったといってもよいでしょう。

この急激な進化の記録は、ダーウィンを困惑させました。しかし、複雑系の数学を理解できるひとなら、驚くべきことではなくむしろ合理的です。多体系の非線形な相互作用はカンブリア爆発やビッグバンだけではなく、大地震や異常気象、株式市場の暴落など、あらゆる予期せぬ異常現象や災害を引き起こします。

では、なぜカンブリア紀に生命に対して爆発が起こったのでしょうか？

生物学者たちはさまざまな説を唱えており、原因は1つだけではないだろうと考えているようです。その中の一つの仮説に、私は大変興味を持ちました。動物に「眼」(自然界の光学技術)が誕生したことが、この突然の驚くべき動物進化の引き金になったのだとの仮説です。

光に反応する器官はそれ以前から一部の動物に存在していたといわれていますが、カンブリア紀のごく初期に三葉虫をはじめとする非常に多くの節足動物が、急速に複眼を持ち始めたのです。その中には現在の昆虫の複眼と驚くほど似ています。動物学者のアンドリュー・パーカーは2003年に出版した著書 "In the Blink of an Eye" (翻訳書では『眼の誕生』)の中で、「眼」という自然のイメージングシステム(脳の神経ネットワークを伴う)が出現すると敵と餌を識別できるようになって捕食が容易になったと説明しています。そして、獲物とされる生物たちは自らを背景にカムフラージュして他から身を守るようになり、このような進化の結果として、生物多様性が急激に増加したと論じています(同じような突然の進化は、今日のスマートフォンに付けられた人工の眼であるカメラ(レンズとCCDとコンピューター)の登場が最近のSNSやインターネットサービスの「ビッグバン」に見られます)。

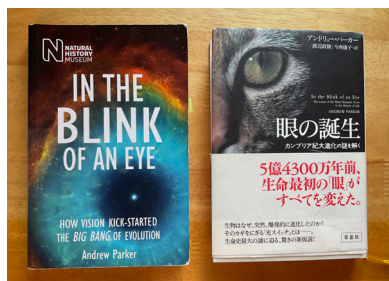
眼の誕生がカンブリア爆発を引き起こしたかどうかはともかくとして、この生物が持つ光学技術の突然の進化が、生物の多様性が目覚ましく開花した時期と一致していることは明らかです。現在のほぼすべての動物門はカンブリア紀に爆発的に進化し、それ以降は新しい動物門は出現していないのです。さらに、現在の動物種の95%以上が何らかの眼を持っています。

Optics—and eyes—are amazing.

このメッセージや他のトピックについて、皆さんのご意見をideas@optica.orgで歓迎します。

河田 聡

Optica 会長



S. Kawata



Asaphus expansus Trilobite / L. Hudgins / Getty Images



Multi-camera smartphone / G. Zazvorka / Getty Images