

歴史から紐解く光コンピューティングの可能性と方向性

A Historical Perspective on Optical Computing: Possibilities and Roads Ahead

宇都宮大 CORE ○武田 光夫

Mitsuo Takeda, CORE, Utsunomiya University

E-mail: takeda@opt.utsunomiya-u.ac.jp

「技術はある周期をもってスパイラル状に進化する」という。本シンポジウム「光 AI の最新動向」の予稿を書くために1周期前の時代を思い起こしながら、今その思いを新たにしている。

1980年代の興隆期の光コンピューティング研究には2つの流れがあった。「並列論理演算」を基礎に光コンピュータの実現を目指すデジタル光コンピューティングの研究と、ニューラルネットのように「並列分散処理」に基礎をおくアナログ光コンピューティングの研究である。当時は「光技術」と「電子技術」を対立的にとらえていたので、理想の光コンピュータは電子技術を凌駕する全光 (all optical) システムだと考えられていた。しかし、光論理素子の最小サイズは光波長に制約される。シリコン VLSI のゲート長が 100nm を切る時代になると全光デジタル計算機の構想に修正の必要が生じた。現在では「論理演算」は電子で行い「配線」を光で行う光電融合型光インターコネクション技術が現実解と考えられており、その実現手段として、シリコンフォトニクスへの期待が高まっている。この方向の研究の特徴は、光実装技術の革新性にもかかわらず、計算原理そのものは従来の「電子計算機」の延長線上にある点である。「物理実装」の変化に影響されない「計算原理」の独立性を理想とする device independence 的な思想を受け継いでいる。

一方、アナログ志向の「並列分散処理」では、ニューラルネットのシナプシス結合やイジングモデルの相互作用係数に見られるように、各素子間の多数のネットワークを介した複雑な相互作用の非線形ダイナミクスを通じて解を探索する。「計算原理」が「物理現象」そのものであるため、「物理実装」と「計算原理」の親和性が高く、光を配線に用いて非線形光増幅機能と組み合わせることによる光波の空間並列性のメリットを生かしやすい。当時は Haken の Synergetics, Hopfield のエネルギー最小化原理, Kohonen の自己組織化などの「自然法則にプログラムを埋め込み、時空間発展する物理現象の協同作用により問題を解く」という思想が提唱されていて、「物の科学 (物理)」と「事の科学 (情報)」が融合した計算原理を光波動場で実現することに筆者は強く魅かれた。本シンポジウムにもそのような計算思想を受け継ぎ、さらに発展させた講演が含まれている。

スパイラル状に進化する技術を螺旋軸の方向からみると、周回して同じ位置にいる技術の進化が見えない。例えば、最近話題となっているニューラルネットの Deep Learning はその性能において確かな進化を遂げている。だが、その基本原理が 80 年代の Back Propagation による多層ニューラルネットの学習と本質的にどう違うのか不勉強な筆者にはわからない。螺旋軸方向から見ているからかもしれない。しかし、本シンポジウムの他の講演を聴いて技術の最前線を学んだのちにはきっと確かな進化とその要因を感じ取ることができるような気がする。80 年代に無くて今あるものは何か？それは量子情報に基づく計算原理とテクノロジーの進歩ではなからうか。それをヒントに螺旋階段を側方から見れば一周して登った高さがわかるかもしれない。本講演では、そのような岡目八目的な視点から光コンピューティングの史的展望を試みたい。