

異分野融合と光



随 筆

谷 田 純*

Interdisciplinary Fusion with Light

Key Words : Optics, Photonics, Cross boarder

はじめに

光は、技術の横糸と呼ばれ、さまざまな分野とのかかわりをもつ。そのため、光技術は異分野との融合によりその真価を発揮できる。筆者は本年3月末をもって定年退職を迎えた。これまでの研究生活を振り返ると、光とさまざまな分野との融合の歴史ともいえる。ここでは、それらを辿りながら、異分野融合という側面から光技術の可能性を明らかにしてみたい。

光との出会い

光との出会いは、大阪大学の募集要項に記載された工学部応用物理学科の説明文に遡る。当時の工学部では第5志望まで希望学科を出願することができ、高校で学んだ内容への興味から化学分野を志望していた。しかし、応用物理学科の、光、コンピュータ、物性という言葉に惹かれ、何かわからないけれども魅力を感じ、第一志望にしたところ、合格してしまった。入学後は、さまざまな物理関係の講義の中でも、やはり光学関連科目が面白く、応用光学をテーマとする鈴木達朗教授の研究室を希望し、運良く配属された。

卒業研究は、2次元格子を用いた Talbot 干渉計に関する基礎研究であった¹⁾。研究室には7人の学生が配属され、与えられた研究テーマから希望するも

のを選んだ。Talbot 干渉計という名前は初めて聞いたし、研究内容についてもわからない。しかし、光計測なら何でもいいたろうという気持ちで選択した。

Talbot 効果とは、レーザー光のように干渉性の高い光を格子物体に入射させたとき、その後方に周期的に物体像が形成される現象である。位相物体による格子の変形を、別の格子との重ね合わせによるモアレ縞として観察する。与えられた課題は、既存の格子を2次元格子に置き換え、検出用格子の移動による光信号の変化を取得して計測精度を上げるものであった。振り返ると、光計測のエッセンスが詰まった研究であり、光技術のおもしろさに魅了された。

情報科学と光

応用物理学科を志望した動機として、コンピュータという言葉にも魅力を感じていた。当時は PC-8001 というパーソナルコンピュータが出始めた頃で、BASIC によるプログラミングにもはまっていた。ある時、月刊 ASCII という雑誌に、光コンピュータに関する記事が紹介され、これだと直感した。光の情報処理能力を活かして、従来の計算機を凌駕する新しい情報システムを実現するという。国際的にも光コンピューティングという分野が確立され、光学における一大潮流が生まれた時期に自身の研究活動を始めることができたのは幸運であった。

光コンピューティングは、まさに情報科学と光の融合領域である。多くの研究者を惹きつけ、さまざまなアイデアが発表された。筆者は、投影光学系を用いた並列光論理演算法²⁾を考案し、光コンピュータアーキテクチャの OPALS や並列情報処理技術の光アレイロジックなどに発展させた^{3,4)}。残念ながら、当初目標としていた汎用光コンピュータの開発には至らなかったが、研究者としての基盤を築くことが

* Jun TANIDA

1958年6月生まれ
大阪大学大学院 工学研究科 応用物理学専攻博士後期課程 (1986年)
現在、大阪大学 名誉教授、大阪大学大学院 情報科学研究科 情報数理学専攻 特任教授 工学博士
専門/情報フォトンクス
E-mail : tanida.jun.ist@osaka-u.ac.jp



できた。現在も情報科学分野では、人工知能はもとより、ブロックチェーンやメタバースなどの新技術が次々に生み出されている。それらと光との連携は新たな展開につながるものと期待される。

生物学と光

1995年、工学部大学院重点化により、応用自然科学系に物質・生命工学専攻という専任専攻が設立された。これは、応用化学、応用生物、精密科学、応用物理学の基幹専攻とは別に、各専攻からの複数の研究室が一つの専攻を構成するもので、分野融合の推進を目的とした組織であった。設立当初は、専門用語や文化の違いに戸惑ったが、定期的なコロキウムを開催などにより、次第に相互理解が進み、多くのことを学ぶことができた。

一つの転機は、モアレ縞を利用したゲノム情報解析手法⁵⁾の発想によってもたらされた。分子生物学分野では、ゲノム情報解析が進められていたが、ゲノム配列情報から生成したバーコード状の符号化パターンを重ね合わせにより、ゲノム配列間の類似度をモアレ縞として可視化できることを見出した。この技術と同専攻の森川正章先生にお話したところ、大変興味をもっていただき、科研費特定領域「ゲノム」における公募研究をはじめ、その後の研究に発展させることができた。まさに、生物学と光の異分野融合を体感できた研究であった。

また、生物の形態や機能に倣うバイオミメティクスは科学技術における有効な問題解決法である。筆者らは、昆虫の複眼にヒントを得た複眼撮像システム TOMBO を開発した⁶⁾。イメージセンサ上にマイクロレンズアレイを配置し、超薄型撮像システムを構成するものである。装置形態だけでなく、演算処理との連携により、多様なイメージングを実現するためのプラットフォームとしての高い拡張性を特徴とする。

さらに、光の回折限界を超えた高密度な情報処理を実現する手法として、DNA を機能分子として利用するフォトニック DNA コンピューティングを提案した⁷⁾。分子レベルでの生体のメカニズムの多様性や巧妙さを知るほどに、それらを光情報処理に活用できないかと考えるようになった。そして、一つのアイデアとして、DNA 分子の自律反応を光信号によって空間局所的に制御する一連の手法を着想し

た。この技術により、外部からの制御光により動作するナノサイズの論理ゲートやオートマトンを構成することができた。

数理学と光

2002年に情報科学研究科が設立され、情報数理学専攻において新しく研究室を持つことになった。光コンピューティングの研究を進める上で、情報科学を専門とする組織への配属は願ってもないチャンスである。とりわけ、情報数理学専攻は、数理学と応用物理学、情報科学の融合による教育研究をめざした専攻であり、これ以上ない研究環境に恵まれた。

以前より開発を進めてきた複眼撮像システム TOMBO は、数理学との融合により、新たな可能性が拓けた。複眼撮像システムが取得する物体情報を数理的に処理することで、高機能・高性能なイメージングが実現できることが米国の研究者らによって示された。米国国防総省 DARPA のプロジェクトにおいて、TOMBO が注目され、計算イメージングという研究分野が立ち上がった。撮像システムは数理モデルとして記述でき、イメージングは逆問題として定式化できる。光学系による物体情報取得を光学的符号化に拡張し、復号演算によってさまざまな物体情報を再構成するという枠組みである。これにより、TOMBO に限らず、信号理論における圧縮センシングや機械学習を活用することで、多様なイメージング手法が開発された⁸⁾。計算イメージングにおける光学的符号化は、光コンピューティングの現実的な形態とみなすことができ、技術は繰り返すという典型的な事例の一つといえる。

情報数理学専攻では、科研費特設分野「多次元光センサー群によるネットワーク構造物の診断と強化」(代表：森田浩) が採択され、数理学と光技術を結びつけた研究を進めることができた。さらに、CREST「光ニューラルネットワークの時空間ダイナミクスに基づく計算基盤技術」(代表：鈴木秀幸) では、数理モデルとその光学的実装によるニューロモルフィックコンピューティングの開発を行った。量子ドット間のエネルギー遷移を利用するリザーバコンピューティングと演算光学系によるイメージングマシンにより、新たな光コンピューティング技術の発展性を示すことができた⁹⁾。

医学と光

少し遡るが、2000年初頭、高齢社会の到来に向けて、光学による貢献をめざした有志が集まり、ライフフォトンクスという研究分野の立ち上げを検討した¹⁰⁾。具体的には、カード型TOMBO情報端末による人間と情報環境との円滑な情報伝達に基づいた情報インフラ構築などのアイデアを提示したが、発展には至らなかった。正直なところ、プロジェクトに向けた寄り合い世帯的な組織であり、発展性に欠けていたと反省している。真に異分野融合といえる組織にはなっておらず、一部の研究を除き、単発的なものに終わった。

しかし、光技術と医学分野の相性は非常によく、医用光学分野は、現在でもさまざまな研究が進められている。TOMBOについて言えば、コンパクトな筐体を活かして、狭帯域スペクトル計測や3次元形状計測などの機能を付加した多機能内視鏡への検討を行った¹¹⁾。また、歯デンタルミラー型TOMBOシステムによる、歯・歯肉の形状計測や組成推定などへの応用も進めてきた。

人文学と光

2020年8月に情報科学研究科内に、臨床医工情報学コンソーシアム関西とのスマートコントラクト活用共同研究講座が設置された。ブロックチェーン技術の応用に基づくスマートコントラクトの教育研究を目的とする講座である。そこでの研究課題の一つとして、人文情報活用システムの開発に取り組んだ。スマートコントラクトが実現する非集権的な情報共有システムを利用して、人文学分野における資料活用をめざすものである¹²⁾。

この研究の開始にはいくつかの要因が重なった。通常、理工学系と人文学系の研究者には接点はほとんどない。たまたま参加した同窓会が人文学分野における課題を知るきっかけになった。自身の現役生活の残り年数を意識するようになり、従来とは違う研究をしたいという想いも生まれた。さらに、スマートコントラクト活用共同研究講座における技術的支援も後押しになった。ただし、現時点では、光技術との直接的な融合には至っていない。それでも、人文学という広大な世界への足がかりを得た意義は非常に大きい。

老年学と光

人文学とは少し異なるが、SOMPO福祉財団による研究助成公募をきっかけに、老年学(ジェロントロジー)¹³⁾の存在を知った。ノーベル生理学・医学賞を受賞したイリア・メチニコフにより創られた学際領域であり、医療や介護、社会保障をはじめとして、高齢者の心と体、生活、地域づくりに必要な知識を学ぶ学問である。高齢化社会において今後重要になる学問分野といえる。そして、光の特徴である可視性、低侵襲性は人にやさしいことから、光は老年学における諸問題の解決に適した技術を提供できるのでは、と思いついた。

演劇研究者と意見交換をする機会があり、高齢者の社会活動寿命の進展において、演劇活動への参加が有効であることを知り、その支援に光応用技術が活用できるのではないかと提案した。そして、高齢役者のセリフ記憶の負担を減らすため、空中ディスプレイを活用した空中字幕装置を開発し、実験演劇により、その有効性を示した¹⁴⁾。

正直なところ、筆者がジェロントロジーと光の融合研究に取り組む動機は、自身が携わってきた光技術による高齢社会への貢献に他ならない。ジェロントロジーは、人間がポジティブに歳をとることを大切にするとされる¹⁵⁾。光技術の適用により具体的な課題の解決をめざすことで、自らを含む高齢者の活動を支援し、これまでの研究成果の社会還元を果たしたいと考えている。

異分野融合とは

以上、筆者自身の異分野融合の歴史をまとめてきたが、そもそも異分野融合とはどういうことだろうか？ Diversity and Inclusionが謳われる現在において、新たな発展には多様性が不可欠であることは論を待たない。一般社団法人日本光学会では、光学分野の新たな発展を促す指針として、2023年と2024年の年間テーマに「異分野融合」を掲げており、学会レベルでもその推進をめざしている¹⁶⁾。

異分野融合では、個と個がぶつかり合い、それによって、新たな価値が生み出されることが期待されている。化学反応とのアナロジーより、反応の開始には安定状態から脱するためのエネルギーが必要であり、触媒がその障壁を下げる働きをする。科学技術における異分野融合も同様で、意図的に融合を進

めるための触媒として組織改編や場の提供などさまざまな取り組みがなされている。今にして思えば、著者もまんまとその策に乗せられ、多くの異分野融合を行ってきた。

ただ、物質と違って人は意志をもつため、簡単にいかないことも多い。共通の困りごとの有無は重要であり、相性のよし悪しも存在する。うまくいく場合もあるし、そうでない場合もある。それらを柔軟に考え、少しでも成果が得られれば良しとするような、無駄を許容する寛容な姿勢が必要である。少なくとも、そのような余裕がないところには新たな価値創造は達成されないと考える。

おわりに

自身の研究経歴を辿りながら、光とさまざまな分野と融合について紹介してきた。私自身、フットワークが軽いわけではなく、むしろ引っ込み思案な方である。そんな人間が自らの分野だけでなく、異分野の方々と交流できたことは、光がそれだけのポテンシャルを秘めている証しと言える。その結果、40余年にわたって多彩な研究生活を送ることができた。このような幸せに感謝するとともに、皆様にもぜひ同様の楽しみを知っていただきたいと願っている。

参考文献

- 1) 谷田純：2次元格子を用いた Talbot 干渉系に関する基礎研究, 大阪大学 卒業研究 (1981)
- 2) 谷田純：並列光論理演算, 光学, 15, 382-389 (1986)
- 3) 谷田純：並列デジタル光演算技術, 応用物理, 58, 1604-1609 (1989)
- 4) 谷田純：光コンピューター開発研究の現状, 光学, 20, 632-641 (1991)
- 5) 谷田純：空間符号化並列演算技術とその応用, 生産と技術, 53 (1), 15-20 (2001)
- 6) 谷田純：複眼撮像システムとその応用, 生産と技術, 65 (3), 49-53 (2013)
- 7) 小倉裕介：フォトニック DNA 情報技術：光と DNA で分子情報をその場で操作する, 生産と技術, 73 (4), 72-74 (2021)
- 8) 谷田純：概論：コンピューターショナルイメージング, 光技術コンタクト, 56 (6), 4-8 (2018)
- 9) H. Suzuki, J. Tanida, M. Hashimoto (eds.): Photonic Neural Networks with Spatiotemporal Dynamics, Springer Nature (2023)
- 10) 谷田純：光技術と高齢社会ー情報光学からのアプローチ, OPTRONICS, 21 (5), 126-130 (2002)
- 11) 谷田純, 山田憲嗣, 香川景一郎：複眼撮像システム TOMBO の医療応用, OPTRONICS, 30 (10), 105-108 (2011)
- 12) 磨有祐実 他：ブロックチェーン技術に基づく資料流通システム, 人文科学とコンピュータシンポジウム 2023 論文集, pp.125-130 (2023)
- 13) 日本応用老年学会検定委員会編：すぐわかる！ジェロントロジー, 社会保険出版社 (2021)
- 14) 谷田純, 中山文：高齢者に生きがいをもたらす光技術により演劇支援：空中ディスプレイを活用した実験演劇による実践的評価, 第18回日本応用老年学会大会 大会抄録集, 0-1-2 (2023)
- 15) SAM:いつまでも動ける。 , インプレス (2022)
- 16) 日本光学会 <http://myosj.or.jp/about/activities/>

