

## 山田シンポジウム援助一覧表

| 組織委員長         | 集会  | 会期              | 開催地         |
|---------------|---|-----------------|-------------|
| 明治大学<br>山口 智彦 | 第6回山田シンポジウム<br>「生物のパターンおよび形態の多様性—包括的研究を目指して」<br>Diversity of Biological Patterns and Forms in Nature:<br><i>toward a Comprehensive Understanding</i> (PFN 2023) | 2023<br>8/1～8/3 | 東京都<br>千代田区 |

1件 援助金 4,020,000円

## 成果報告

第6回山田シンポジウム  
「生物のパターンおよび形態の多様性—包括的研究を目指して」  
Diversity of Biological Patterns and Forms in Nature:  
*toward a Comprehensive Understanding* (PFN 2023)

2023年8月1日～3日 明治大学グローバルフロント

明治大学特任教授・先端数理科学インスティテュート(MIMS) 山口 智彦

第6回山田シンポジウム「生物のパターンおよび形態の多様性—包括的研究を目指して」(Diversity of Biological Patterns and Forms in Nature: *toward a Comprehensive Understanding* (PFN 2023))が、2023年8月1日から3日までの3日間、東京駿河台の明治大学グローバルフロントにて開催されました。数学・数理科学に軸足を置く本シンポジウムは、自然界における生物学的パターンや形態の多様性の包括的な理解を目指すとともにその学術を世代を超えて継承することを目的とするもので、遺伝学、生物学、化学、物理学、数理科学など様々な分野の壁を軽々と越えて邁進する12名の招待講演者が一堂に会し、活発な議論が行われました。

学際的な研究は、これまで以上に重要になってきています。数学コミュニティには、科学・技術の発展や私たちの生活の質的向上のためのみならず、私たちを取り巻く日常のさまざまな問題に数学の光を照らしてその解決を目指す高度な姿勢が求められるようになりました。一方、私たちが現在抱えている問題は、進化の過程で生物がすでに解決済みであるのかもしれませんが。例えばバイオメティクス(生体模倣)はそのような事例を工学的に応用するもので、流線型デザインや超撥水性表面など、実用化されたものが数多く知られるようになりました。しかし当然ながら、バイオメティクスにも基礎研究の長い積み重ねがありました。いかなる分野においても、科学・技術の師である自然に改めて目を向け、生物の多様性に学ぶことが学術の開拓者には求められています。このような複合的視点から、明治大学先端数理科学インスティテュート(MIMS)は生物のパターンおよび形態の多様性を縦糸、数理科学を横糸として、包括的な議論を行う国際シンポジウムを企画しました。後述するように、極上の学術講演と議論をとおして新たな課題が浮かび上がりました。

シンポジウムは、俣野博議長(MIMS前所長)の開会宣言と現象数理学研究拠点MIMSの概要紹介で始まりました。続いて、西村-原いくこ・山田科学振興財団理事が登壇し、「自然科学の基礎科学を助成振興し、もって我が国の科学技術の向上発展と人類の福祉に寄与することが目的である」という山田科学振興財団の高邁な理念が高らかに示されました。西村理事のスピーチは出席者に深い感銘を与えました。

以下、招待講演の概要を時系列で紹介します。

・初日（午後スタート）は、国際的に著名なサイエンスライターで Nature の編集者でもある Philip Ball 博士が「対称性の破れ：物理学から生物学へ」という演題で基調講演を行いました。Ball 博士は化学に軸足を置いたライターですが、形やパターン形成に大変造詣が深く、シンポジウム全体を通して議論を楽しんでいる様子うかがえました。続いて Philip K. Maini・英オックスフォード大学教授が登壇し、「発生および疾病における細胞の集団的な挙動のモデリング」という演題で講演しました。転移するがん細胞には、移動速度の異なる 2 種類のタイプが存在する可能性を指摘し、それを数理科学的に説明しました。Maini 氏の講演は細胞集団、最終日の西森拓・MIMS 現所長の講演は社会を営むアリ集団中の分業で、階層的には大きな開きがあるものの、数理的なレベルでの関連性が強く示唆される両講演でした。

近藤滋・大阪大学教授は、「生物はどのようにして 2D パターンを 3D 形状に変換するのか」という講演で、カプトムシの角ができる過程を論じました。皺構造として畳み込まれている擬 2D 構造から 3D 構造が生まれる過程を驚くべき実験の動画で示すとともに、活発な意見交換が行われました。

・2 日目午前は、蝶の文様に関する大変興味深いセッションでした。藤原晴彦・東京大学教授は、メスに限定されたアゲハ（蝶）の擬態のメカニズムとその進化について講演し、関村利朗・中部大学名誉教授は、数学的解析およびコンピュータシミュレーションによる蝶のパターン形成モデルと擬態アゲハの個体群動態について講演を行いました。予定時間を超過する熱のこもったセッションになりました。健康上の理由であいにくのビデオ参加となった H. Frederik Nijhout（ナイハウ）・米デューク大学教授は、蝶の羽のパターンの進化を数理モデルに基づいて丁寧に探索し、6 本縞が最も始原的なパターンであることを突き止めました。数理モデルには 2 次元反応拡散系が使われましたが、近藤氏によれば「羽の模様を作る色は鱗粉由来のほかには翅脈の中のインク状色素が関与するものもあり、それは数理モデルの適用外」とのことでした（ポスター発表）。

・2 日目の午後は、黒田玲子・中部大学特任教授（東京大学名誉教授）の「巻貝の巻き型 - CRISPR ゲノム編集で、単一遺伝子が決めていることを明らかに」という講演で始まりました。すべてが遺伝子で決められるのかと思いきや、「実はそうではない」という驚くべき（かつ疑う余地のない）実験結果が示されました。自然界の右と左にまつわる研究を長く続けている黒田氏は、巻貝の受精卵の 3 回目の卵割に現れる 4 つの小型細胞の配置によって右巻き・左巻きが決まること、それは遺伝子で決まること、しかし小型細胞の配置を力学的にずらすと遺伝子支配から離れ、巻貝の左右性が逆転するというのです。「この実験を黒田研で提案したところ手を挙げる人がいなかったのので、自分でやりました」というエピソードも披露されました。続く Sylvain Gerber・フランス国立自然史博物館助教は、モルフォスペース（多次元の機能形態空間）の幾何学から恐竜などの生物進化を考察する数理的なアプローチを丁寧に紹介しました。生形貴男・京都大学教授は、化石などに見られる貝殻の形態と進化をモルフォスペース上で具体的に解析する手法と研究成果を論じました。両講演には、進化の過程を遡ることの純粋な面白さがあり、収蔵標本を潤沢に研究できる博物館・大学の研究者ならではの内容でした。

・最終日は、はじめに島弘幸・山梨大学教授が「植物の構造に潜む力学的最適性」について講演し、中空植物である竹や藨の力学特性やメロンの模様について数理科学的な考察を行いました。植物関連の講演は島氏のみでしたが、本シンポジウムの学際性にふさわしい大変聞き応えのある発表でした。物理化学が専門の Oliver Steinbock・米フロリダ州立大学教授は、生物の起源にも関わる問題に立ち返り、「化学の世界に現れるらせんパターンやケミカルガーデンなどの様々な形態」について講演し

ました。後日、この講演に触発された P. Ball 博士は「生物と非生物の間には信頼に足る形態学的区別があるのだろうか?」という重要な問題提起を web 上で行いました (<https://www.chemistryworld.com/opinion/shape-is-not-enough-to-distinguish-life-from-abiotic-systems/4017874.article>)。

・続いて、共同議長である西森拓・MIMS 現所長が「アリの採餌における自律的な労働量調節の機構」という演題で講演し、ノーベル化学賞受賞者の I. Prigogine が残した「宿題」への取り組みとその進捗について紹介しました。この講演は Maini 氏による初日の講演といわば対をなして、シンポジウム全体を完結させるものでした。講演に続く閉会の辞で、西森議長は「(本シンポジウムの基軸である) 数理科学は、西村理事が紹介された山田科学財団の理念にまさしく呼応する基礎科学の一つである」というコメントを添えて、シンポジウムの閉会を宣言しました。

本シンポジウムは、規模的にはコンパクトながら内容は盛沢山でした。がん細胞の転移、甲虫の角の形成(カブトムシ)、蝶の擬態と文様の進化、多次元形態空間を用いる進化の可視化(恐竜・貝類)、巻貝の右/左巻ききの決定因子、植物の構造力学、生物と非生物の形、アリ・コロニーにおける分業など、いずれの講演も大変魅力的でした。講演全体を通して「進化」が補助線として強く働いていたことも印象的でした。多様性は、例外の出現が大前提である進化の当然の帰結です。さらには、数理科学的の新しい方向性も浮かび上がりました。「パターンと形態」は主として一個体を対象として検討されてきたテーマですが、細胞/社会集団については今後、パターン・ダイナミクスからの展開が期待できるでしょう。また、生命起源と生物/非生物の形態も、宇宙開発の進展とともに重要視される可能性を秘めています。数理科学のフロンティアのますますの広がりを予感させる、大変意義あるシンポジウムでした。

シンポジウム参加者は 67 名(のべ 148 名)でした。女性は 17 名(のべ 36 名)、国外からは 10 名(のべ 22 名)で、その内訳は、英国、米国、韓国から各 2 名、フランス、ベルギー、中国、インドネシアから各 1 名でした。

最後になりましたが、本シンポジウムを開催する機会を与えてくださるとともに多大なご支援を賜りました山田科学振興財団ならびに関係者の皆様に、運営委員会を代表して心より御礼を申し上げます。

## Opening Address



西村理事

Good afternoon, everyone. On behalf of the Yamada Science Foundation, I would like to express my cordial welcome to all participants of 6th Yamada Symposium on Diversity of Biological Patterns and Forms in Nature: toward a Comprehensive Understanding". This meeting is supported by the Yamada Science Foundation as its series of the international symposium. Let me briefly describe the Yamada Science Foundation, by summarizing our message given in the homepage. It says that "The truth will set us free". I think, it means that the pure scientific truth will set you free. The purpose of the Yamada Science Foundation is to support and promote basic research in the natural sciences, thereby contributing to the improvement and development of scientific research in Japan and the welfare of mankind.

The Yamada Science Foundation was established in 1977 by the late Kiro Yamada, the first president of Rohto Pharmaceutical Co., Rohto Seiyaku, with his personal fortune of 3 billion yen. He said “We must develop and enhance each basic research field that has been neglected in the past and strive to further develop collaborations between different basic research fields to promote original research.” The Yamada Science Foundation puts emphasis on (i) original and pure science based on intrinsic motivation, and (ii) curiosity-driven research in ALL fields of natural sciences, including physics, chemistry and life sciences. During the last 45 years, we have funded: 744 Individual researchers, 80 YAMADA conferences and symposia and 2,466 multi-institutional global research activities.

The series of Yamada Symposium aims at presentations and discussions of recent studies of basic science frontiers in international atmosphere. The 6th Yamada symposium aims for active discussion on biological patterns and forms in nature from the viewpoints of genetics, biology, chemistry, physics, and mathematical sciences. This aims and scope of this symposium are just what The Yamada Science Foundation would like to appreciate and encourage.

After tough time due to COVID-19, I hope you all enjoy the face-to-face conference and foster friendship. All the best wishes for the wonderful YAMADA symposium, which will surely enlighten the future science of “diversity of biological patterns and forms”.

Thank you for your attention.

Ikuko Hara-Nishimura  
Director of the Yamada Science Foundation,  
Director of Nara National Institute of Higher Education and Research,  
Professor Emeritus of Kyoto University

