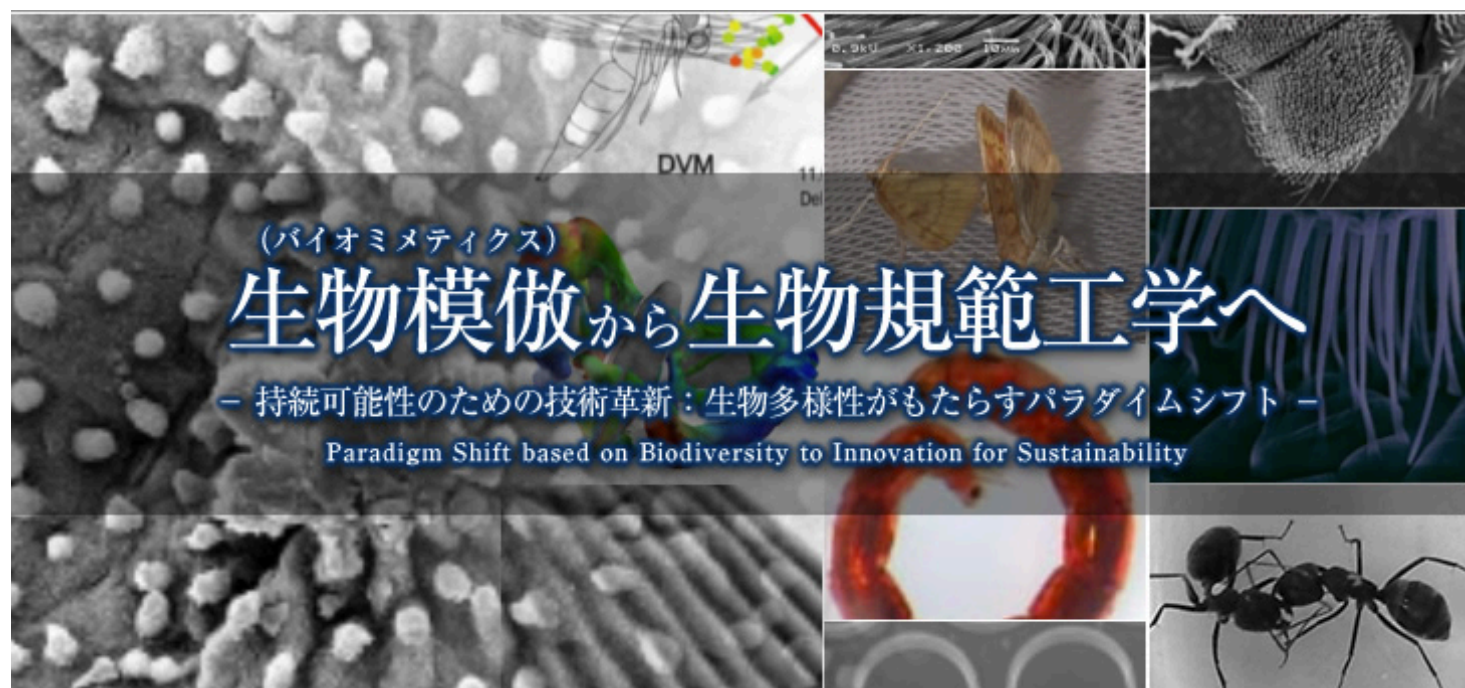


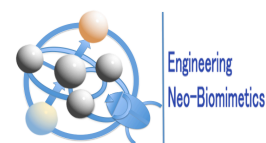
生物規範工学

Engineering Neo-Biomimetics



文部科学省 科学研究費 新学術領域

「生物多様性を規範とする革新的材料技術」



CONTENTS

文部科学省 科学研究費 新学術領域
「生物多様性を規範とする革新的材料技術」

(1) 巻頭言

- ・ 産業と社会を考える「生物隠喩実学」の提案

妹尾 堅一郎(NPO法人 産学連携推進機構 理事長)10

(2) 評価委員からのメッセージ

- ・ 「自然化社会」の実現に向けて

赤池学(ユニバーサルデザイン総合研究所所長)..... 14

(3) 研究紹介

2013 年 6 月 20 日 産業技術総合研究所 臨海副都心センター 高分子学会バイオ
ミメティクス研究会

- ・ バイオミメティクスのビジネス展開に関する新たな動きとデータベースへの期

平坂 雅男(高分子学会)..... 19

- ・ バイオミメティクス画像検討会から得られたもの

下澤 楯夫(北海道大学)..... 22

- ・ ビッグデータ時代の発想支援型検索とバイオミメティクス画像データ

長谷山 美紀(北海道大学大学院情報科学研究科) 24

- ・ バイオミメティクス・オントロジーの産業応用と国際標準化

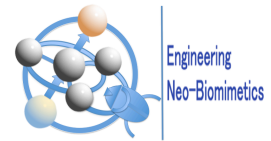
溝口 理一郎(北陸先端科学技術大学院大学)

古崎 晃司(大阪大学・産業科学研究所) 26

- ・ 地域の連携を中核とするバイオミメティクス日仏アライアンスに向けて

星野敬子(滋賀県立大学) 29

- ・ 自然模倣技術・システムの可能性～環境・生命文明社会への貢献～



(4) 2014 年7月31-8月1日 新学術領域「生物規範工学」全体会議・合同研究会

・自己組織化を利用した耐久性階層構造の作製

Preparation of Durable Hierarchical Structures by Self-organization

B01-1 班 平井 悠司 (千歳科学技術大学).....34

・カテコール化合物を利用した高分子材料の表面改質

Surface modification of polymeric materials by catechol derivatives

B01-1 班 小林 元康 (工学院大学 工学部 応用化学科).....36

・乱れた構造が創る頑強な機能について一尺度不干渉性の観点から

Robustness of functions arising from an irregular structure - from the view point of noninterference among scales

B01-2 班 久保 英夫 (北海道大学大学院理学研究院).....39

・自己組織化形成プロセスによるタマムシ模倣表面の創製

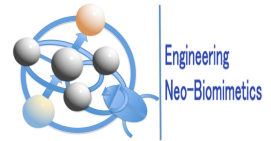
Development of Biomimetic Surfaces of a Jewel Beetle by a Self-Organization Process

B01-2 班 石井 大佑 (名古屋工業大学若手研究イノベータ養成センター).....42

・バイオミメティクス・データ検索基盤の実現と技術創出

Realization of Biomimetics Data Retrieval Platform and Technological Innovation

A01 班 長谷山 美紀 (北海道大学大学院情報科学研究科).....44



- ・ 昆虫、鳥類及び魚類の表面構造の画像を収録したデータベース構築

Progress Report on Building an Image Database of Surface Structures of
Insects, Birds and Fishes

A01 班 松浦 啓一 (国立科学博物館).....46

- ・ 持続可能な社会に求められるテクノロジー開発手法の創成に向けて

Development of the Technology for the Creation of Sustainable Society

C01 班 石田 秀輝 (地球村研究室).....49

- ・ 生物機能を工学技術に転用するための支援方法 ―バイオTRIZデータベース―

Design of new functional materials by bio-TRIZ data base

C01 班 山内 健 (新潟大学工学部).....51

- ・ スズメ蛾とハチドリの柔軟翼が同じ法則に従う変形で空気力学性能を向上するのか？

B01-5 班 劉 浩 (千葉大学工学研究).....54

- ・ 細胞運動における弾性境界曲率応答性の原理探究

Study on the curvature effect of elasticity boundary on cell motility

B01-5 班 木戸秋 悟 (九州大学先端物質化学研究所).....56

- ・ ガルの受容体によるフェロモンブレンドの検出機構の解明

Elucidation of detection mechanism of pheromone blend in moth

B01-4 班 光野 秀文 (東京大学先端科学技術研究センター).....58

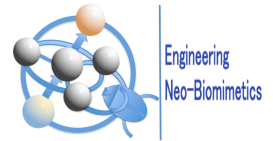
- ・ カミキリムシにおける振動情報の機能解明と害虫防除への応用

Vibration Signals in Cerambycid Beetles and their Application to Pest Control

B01-4 班 高梨 琢磨 (独立行政法人 森林総合研究所 森林昆虫研究領域).....60

生物多様性を規範とする革新的材料技術

Innovative Materials Engineering Based on Biological Diversity



・昆虫から学ぶ接着技術

Bonding technology learning from insects

B01-3 班 細田 奈麻絵 (独立行政法人 物質・材料研究機構).....62

・自己修復型防錆皮膜

Anti-Collosion Films With Self-Repairing Properties

B01-3 班 穂積 篤 (独立行政法人産業技術総合研究所).....64

・バイオミメティクス・データベースのオープンイノベーションプラットフォームへの展開

Biomimetics Database as a Platform for Open Innovation

公募 班 有村 博紀 (北海道大学大学院 情報科学研究科).....66

・自己組織化シワによる小型羽ばたき機用翼膜の剛性制御

Stiffness Control of Wing Membranes with Self-Organized Wrinkles for Micro Ornithopters

公募 班 田中 博人 (千葉大学).....69

・材料科学からアプローチするバイオクレプティックス

Biokleptics with Materials Science Approach

公募 班 出口 茂 (独立行政法人海洋研究開発機構).....71

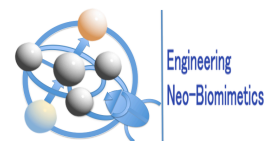
・微粒子由来凹凸構造を利用する気液分散体の安定化

Stabilization of Gas-Liquid Dispersed Systems Utilizing Rough Surface
Structure Formed by Particles

公募 班 藤井 秀司 (大阪工業大学).....73

生物多様性を規範とする革新的材料技術

Innovative Materials Engineering Based on Biological Diversity



・シュミットニールセンの「スケーリング：動物設計論」を翻訳して～下澤教授に教えられたこと

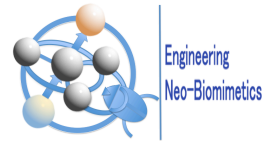
Japanese translation of "Scaling: Why is animal size so important" and What I've been taught by Professor T. Shimozawa

浦野 知 （株式会社ペコ I P Mパイロット）75

・マーク・デニー著「空気と水」について

On book "Air and Water" by Mark Denny

総括班 評価グループ 下澤 楯夫 （北海道大学）80



(5) トピックス (PENより)

・SMALL TALK -空気抵抗低減用のサメ肌模倣リブレット表面構造の“耐久性”が実際の旅客機の翼で試されている -バイオミメティクス研究開発の長期動向を垣間見る-

産総研ナノシステム研究部門ソフトメカニクス研究グループ 研究グループ長
大園 拓哉 85

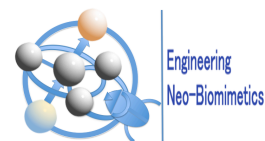
・SMALL TALK -人エトンボの飛ぶ時代-

産総研 生物プロセス研究部門 二橋 亮..... 87

・寄稿 -材料系バイオミメティクス研究の動向と今後の展開-

独立行政法人物質・材料研究機構 ハイブリッド材料ユニット 細田奈麻絵
株式会社 LIXIL 分析・評価センター 井須紀文
三菱レイヨン株式会社 横浜研究所 魚津吉弘
株式会社積水インテグレートリサーチ 佐野健三
独立行政法人森林総合研究所 森林昆虫研究領域 高梨琢磨
独立行政法人海洋研究開発機構 海洋生命理工学研究開発センター 椿玲未
独立行政法人物質・材料研究機構 ハイブリッド材料ユニット ノエマン ピーター ライ
オシュ
公益社団法人高分子学会 平坂雅男
学校法人千歳科学技術大学 バイオ・マテリアル学科 平井悠司
独立行政法人物質・材料研究機構 先端フォトニクス材料ユニット 不動寺浩
独立行政法人産業技術総合研究所 サステナブルマテリアル研究部門 穂積篤
国立大学法人京都大学大学院農学研究科農学部応用生命 森直樹

..... 89



（６）国内外研究動向紹介

・日本化学会第94回春季年会 ATPセッション 新材料開発最前線 「連携が支えるバイオミメティクス」に参加して	
産学連携グループ: 三菱レイヨン株式会社 横浜研究所 魚津吉弘	95
・日本化学会第94春季年会アドバンスト・テクノロジー・プログラム (ATP) 「連携が支えるバイオミメティクス」に参加して	
株式会社豊田中央研究所 先端研究センター 中野 充.....	97
・14-1バイオミメティクス研究会レポート	
滋賀県立大学 星野敬子.....	100
（７）新聞・報道	102
（８）アウトリーチ活動	106
（９）各種案内	108

(1) 巻頭言

産業と社会を考える「生物隠喩実学」の提案



2014/07/22

NPO 法人 産学連携推進機構 理事長
妹尾堅一郎（せのお けんいちろう）

「生物規範工学」あるいはバイオミメティクスの可能性と奥深さを下村先生にご教示いただいてから数年、この領域の産業的可能性は加速度的に拡大していると感じている。そのことについて、巻頭言で書かせていただく。

生物規範工学の可能性

「技術で勝るが、事業で勝てない」状況が陥った日本の産業が、どのようにして産業競争力の再生に向かえば良いか。俯瞰的な産業生態系の話やビジネスモデルと知財マネジメントの関係を研究している筆者にとって、その一つの起点として「生物規範工学」に大いに期待したい。その理由は、「生物規範工学」が、プロダクトイノベーションとプロセスイノベーションの双方の発想源泉になるからだ。

一方で、生物を規範として置くことによって、画期的な高機能構造の形態が生み出される可能性があることは言うまでもない。つまり、プロダクトイノベーションである。他方、その形態生成（多くは自己組織化）する場合、従来の工学では多大なエネルギーを使わざるをえないが、生物は省エネで行う。この生成メカニズムを規範とした生産手法が開発できれば、それは強大なプロセスイノベーションとなるだろう。

ユニバーサルな工学とユニークな自然観

ところで、生物規範工学を2つのU（Universality と Uniqueness）という観点からみてみよう。その技術・システムはユニバーサルなものであるが、他方、文化的にはユニークな自然観に関わる。生物規範工学は、実は、西洋的な自然観よりむしろ東アジア的な自然観に近いのではなかろうか。特に、八百万に神が宿るという我々日本人が持つ自然観や、あるいは日本的思考の古層の上

に根付いた「雑種文化」は生物規範工学と親和性があるように見えるのだ。

少々極端な話をしよう。たとえば、やなせたかし氏の名作「アンパンマン」には、「自己犠牲・他者貢献」と、バイキンマンを完全にはやっつけないという「生態学的共生」の 2 つのコンセプトが含まれており、それは日本人の食と農と自然観を体現しているのではないか。生物規範を深めていくと、技術・システムだけでなく、我々が持っている価値観や思想、文学的・詩的なものまでも含めた議論に展開できそうである。

生物の世界をメタファーとして人間社会を考え実践する「生物隠喩実学」

さらに、筆者は、自然の生態系をメタファーとして、産業の生態系、社会の生態系、思考の生態系など、いろいろな生態系を再検討できるのではないかと考えている。そのためには、個体と集合体や群体などの関係を整理し、また哲学的背景をしっかりと押さえておきたい。

個体の機能構造的形態だけでなく、生物の多様な個体行動・集合行動や社会形態と運営等に学び、そこから次世代の社会やビジネスのあり方へのヒントが得られそうである。つまり、生物の世界をシステムとしてとらえ、それを産業生態系と照らし合わせることによって、我々は多くのことに「気づき・学び・考える」ことができるのではないかと期待できるのである。

筆者も、従来から事業や産業について、生物学の概念を援用して議論を行ってきた。たとえば、成長 (growth)・発展 (development)・進化 (evolution) の概念をメタファーとしてイノベーション論を整理し、また「産業生態系」といったメタファーを使って産業俯瞰的なビジネスモデルのあり方を議論してきた。

こういった分野を、「生物規範工学」に対応して、「生物隠喩実学」と呼んでみてはどうだろうか。新たな学際的知見が得られそうである。まずその研究会を立ち上げてみたいものだ。

さて、この 6 月、生物規範工学を支援している科学技術ジャーナリスト・赤池学氏の新著『生物に学ぶイノベーション～進化 38 億年の超技術～』(NHK 出版新書) が上梓された。この新書は、分かり易く、かつポイントが明確に示されている優れた啓発書である。多くの人に「生物規範工学」の可能性を知ってもらうためには超お奨めである。また、白石拓編集『バイオミティクスの世界』

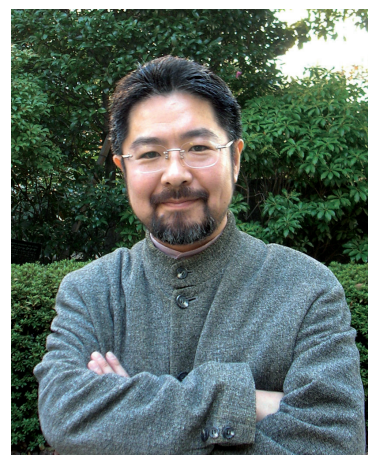
(別冊宝島 2199)も出版された。図解が豊富で読みやすい。これらの啓発書が切掛けになって、多くの人々がさまざまなヒントを得てくれることを期待したい。
(了)

(2) 評価委員からのメッセージ

評価委員からのメッセージ

「自然化社会」の実現に向けて

赤池学(ユニバーサルデザイン総合研究所所長)



近代以降信奉されてきた無限に続く右肩上がりのモデルは、物質的な豊かさを自動制御的に供給する「自動化社会」を定着させ、その一方で環境破壊に象徴される負の遺産を蓄積してきた。こうした反省を踏まえ先進国は、エネルギーのベストミックスに象徴される「最適化社会」を模索していた。「東日本東大震災」は、まさにこうした最中に起こった。

放射能被害に関わる統制的報道が流れるなか、人々はFACE BOOKの情報やYou Tubeの映像で、真実の放射能汚染の実態を知った。そこにおいて多くの人は、そもそも中央依存の「最適」が、信ずるに足らないものであることを確信したように思える。

こうした虚の中央報道と、実を伝える情報技術の成熟は、妄想としての最適化社会幻想を打ち砕き、これから我々を「自律化社会」へと導くだろう。情報技術が普遍化し、個人や企業が学習能力を大きく高めることで、より正しい個人的な判断を行なうことが可能になる。人々は、自分や地域に合った価値基準により、自ら計画し、行動し、地域の地政学や、個々人の経験や関係性のなかで、能動的な自律化を目指していくことは確実である。

さらに、それぞれの自律的な行動を通じて、新たな秩序を形成してゆくことが可能であることに気づけば、科学や技術、経済や社会のなかに、生態系サービスや自然のメカニズムを組み入れ、人間を自然な存在に改めて回帰させることが可能なのだという認識が共有化された「自然化社会」へとさらなる移行を果たすように思える。「生物規範工学」の活動は、こうした社会形成の観点からも、これから熱い注目を浴びるものと確信している。

しかし、そこには課題もある。

第一は、生物模倣工学の多くの成果が、X線構造解析やナノテクノロジーなどの先端科学技術の進展を通じてもたらされたものであることは言うまでもないが、研究領域を「先端」に求めるだけでなく、ローテク技術や伝統技術の再考や革新を、その視野に入れて欲しいということだ。

例えば、ステンレス表面の酸化膜の膜厚をメッキの技術で制御すると、光の屈折干渉が起きて、化学塗料を用いない様々な発色が形になる。リサイクルすれば、ムクのステンレスに戻ってしまうこの「酸化発色」の原理は、積層構造がもたらす構造色である。環境負荷のないステンレスメッキは、決して真新しいものではないが、溶媒、溶剤双方の環境影響が問題視されている、例えば自動車のボディ塗装など、広範な産業領域に拡大する可能性を秘めている。

また、屈折干渉による発色技術は、例えば伝統的な漆器にも用いることが可能である。漆の塗膜表面にレーザーやイオンを照射すれば、同様の干渉色を発する構造色漆器が誕生する。生物を規範とするノウハウを是非、伝統産業の復興にも援用して欲しいと思う。

第二は、バイオテクノロジーとの境界を取り払って欲しいということだ。新しい学術領域である生物規範工学は、「生物模倣」に基づく材料開発に主眼が置かれ、生物そのものを活用する研究開発は、従来のバイオテクノロジーの範疇に位置づけられている。

しかし、UV-A を遮断する家蚕、UV-A、B の双方を遮断する野蚕のシルクが、紫外線によるシミや皮膚癌予防、繊維芽細胞を活性するシルク化粧品や、シルクタンパクが持つ中性脂肪の代謝促進効果による脂肪肝や糖尿病予防の機能性食品としてすでに様々な商品化が進んでいるように、シルクタンパクの微細構造や化学組成を解析し、高分子の人工設計に応用するだけでなく、シルクそのものを使うこと、その合理的な生産技術を開拓することを含めて、生物規範工学を発展させて欲しいと考えている。

同様のことは、抗癌性が認められているモズクなどの海藻や、鶏卵、昆虫卵の卵黄に含まれるフコイダンなどの機能性多糖類についても言えることである。生物が生産する機能性高分子の解析は今後、新しい医薬開発の重要な研究領域として注目されることは確実である。さらに、白樺の木のスベスベの皮も、ベチュリンという高分子が作った自然のプラスチックだ。植物が分泌するプラスチックも、生物規範工学で捉え直すと、生分解性プラスチックに留まらない、様々な可能性が生まれてくるはずである。

生物規範工学が、生物模倣と生物利用の相補的な研究を戦略的に行えば、素材ビジネスは大きな飛躍を遂げるだろう。貝類が生産する水中接着剤、それらによる生物付着に導電性ポリマーを活用する試み、磁性材料や凍結材料を生産する微生物など、模倣工学者がこうした生物素材の世界に目を向ければ、そこ

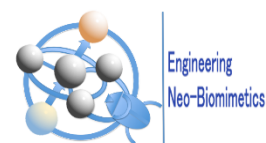
から新しい生物模倣型の機能性素材を無尽蔵に設計開発することが可能になるように思える。こうした研究は、高圧下や有機溶媒の中など、人工条件下で働く機能性酵素の人工合成などにも将来的には結実していくことだろう。「生物に学び、生物を活かす」という二眼レフの研究活動を是非、期待したいと思う。

こうした生物規範工学の研究と実用化を推進していくためには、生物学者を中心とする基礎科学者との連携が言うまでもなく不可欠である。そのためには、応用工学者のみを優遇してきたこれまでの対応を改め、理学部の研究者層を厚くしていく政策が求められる。また、こうした基礎研究の高度化を図るためには、生物規範工学の実用化を目覚めた企業とともに進める、国家的な研究クラスターを早急に立ち上げるべきである。

昆虫や藻類など、ヒト以外の生物の生理、生態、品種、遺伝子の研究知見は、地道ながら日本には豊富な蓄積がある。あるいは、昆虫に代表される未利用の生物資源も、日本を中心としたアジアの固有資源でもある。この部分でデファクトスタンダードを取るという戦略には、アジア諸国の科学者たちや企業も賛意を示すはずである。

石油資源と水資源の危機が叫ばれる 21 世紀において、再生可能な生物資源の知的活用を促す生物規範工学は、「自然化社会」の最もわかりやすいシンボルとなり、社会周知の観点からも、生活者に対して大きなメッセージやインパクト

を与えるはずである。地球社会システムを持続させるためにも、生物模倣と生物活用を両輪で進めていく技術開発は、日本がそのリーダーとなるべき戦略領域だと確信している。



(3) 研究紹介

14-1 バイオミメティクス研究会

バイオミメティクス推進協議会－発想支援型知識インフラを 基盤とするオープンイノベーション・プラットフォーム－

＜趣旨＞ 日本におけるバイオミメティクスの産業化を進める産学官連携プラットフォームとして、特定非営利活動法人「バイオミメティクス推進協議会」を設立する運びとなりました。バイオミメティクス研究の知見を活用し、国際標準化、国際連携、地域連携、博物館連携を利用した教育啓発事業などを通じて、持続可能性に向けたパラダイムシフトとイノベーションに基づく新ビジネス創出を目指します。バイオミメティクスは生物多様性を原資としており、その有効利用がパラダイムシフトの成否を握っています。生物学のデータベースは、画像もテキストもある、いわば“メガデータ”であり、膨大な生物学データからエンジニアリングへのリエゾンによってもたらされる発想支援がキーポイントになります。今回の研究会は、「バイオミメティクス推進協議会」の役割と「情報科学による工学と生物学の融合」、「バイオミメティクスが橋渡す環境地域国際連携」を主題にいたします。

主 催 高分子学会 バイオミメティクス研究会 ISO/TC266 バイオミメティクス国内審議委員会
共 催 科学研究費新学術領域「生物規範工学」
協 賛 アスクネイチャー・ジャパン モノづくり日本会議ネイチャー・テクノロジー研究会
日 時 平成 26 年 6 月 30 日(月) 13:00～17:50
会 場 産業技術総合研究所 臨海副都心センター 別館 11 階会議室
(東京都江東区青海二丁目 4 番 7 号 4-2-2 電話：03-3599-8001)
交 通 新交通ゆりかもめ「船の科学館駅」「テレコムセンター駅」下車徒歩約 4 分
東京臨海高速鉄道りんかい線「東京テレポート駅」下車徒歩約 15 分
(<http://unit.aist.go.jp/waterfront/>)

プログラム

＜13:00～13:05＞

1. 開会挨拶 (高分子学会バイオミメティクス研究会運営委員長) 下村 政嗣

＜13:05～13:50＞

2. バイオミメティクスのビジネス展開に関する新たな動きとデータベースへの期待
(高分子学会) 平坂 雅男 1

＜13:50～14:35＞

3. バイオミメティクス画像検討会から得られたもの
(北海道大学名誉教授) 下澤 楯夫 3

＜14:35～15:20＞

4. ビッグデータ時代の発想支援型検索とバイオミメティクス画像データ
(北海道大学情報科学研究科) 長谷山美紀 5

＜15:20～15:30＞ 休 憩

＜15:30～16:15＞

5. バイオミメティクス・オントロジーの産業応用と国際標準化
(北陸先端科学技術大学院大学) 溝口理一郎 7

＜16:15～17:00＞

6. 地域の連携を中核とするバイオミメティクス日仏アライアンスに向けて
(滋賀県立大学) 星野 敬子 9

＜17:00～17:45＞

7. 自然模倣技術・システムの可能性～環境・生命文明社会への貢献～
環境省「平成25年度自然模倣技術・システムによる環境技術開発推進検討業務」より
(富士通総研) 長谷川 誠 11

バイオミメティクスのビジネス展開に関する新たな動きと データベースへの期待

(高分子学会) 平坂 雅男

E-mail:m.hirasaka@spsj.or.jp

1. はじめに

バイオミメティクスに関する投稿論文や学術会議は 2000 年初めから急激に増加し、2011 年には、年間で 2800 を超える論文、本、会議報告などが公表されている[1]。そして、高分子学会にバイオミメティクス研究会が 2012 年に設立されて 2 年が経過し、学術研究のみならず産業界からも大きな関心がたれるようになった。

一方、2012 年にはドイツが ISO（国際標準化機構）にバイオミメティクスの国際標準化を提案し、TC266 (TC: Technical Committee) Biomimetics としてタートした。そして、2013 年には、標準化の骨子が明らかになったことから、「ドイツの国際標準化の動きが日本に与える打撃について」の新聞報道も行われている[2]。さらに、欧米での産業界の動きが活発化している。ドイツのルフトハンザ航空は機内誌で同社のバイオミメティクスの応用事例を紹介し、また、米国では、モーターショーでバイオミメティクスのデザインショーまで開催されている。このような現状をみると、日本は周回遅れといわざるを得ない。

日本において、バイオミメティクスの産業展開が遅れている大きな理由には、国内のバイオミメティクスに関する情報の一元化と産業応用を支援する仕組みづくりがないことがあげられる。また、企業では、バイオミメティクス関連の製品の短期的な収益を重視しすぎ、本来のバイオミメティクスが引き起こす研究開発のパラダイムシフトへの気づきが遅れている。このような課題を克服するためには、BIOKON¹のような日本型のコンソーシアムが必要であると感じている。

今、バイオミメティクスの分野で生物学と工学の知識融合が進行している段階で、新たな研究開発プラットフォームの構築は、企業にとって競争優位を築くひとつのチャンスである。この研究開発プラットフォームの構築は、工学のみならず生物学の知識融合が必要であり、企業が今までに経験したことのない領域での取り組みでもあり、このような観点からもコンソーシアムの設立とその役割が期待されている。

2. 期待される研究課題と産業界の期待

(1) 画像データベース

新学術領域「生物多様性を規範とする革新的材料技術」の研究で生物規範工学の体系化の一環として、生物学と材料工学とを融合するための画像データベースの構築と検索エンジンの開

¹ <http://www.biokon.de/>

発が行われており、この取り組みに対する企業の関心が非常に高い。しかしながら、このシステムを企業で活用してもらい、また、製品化に結びつけるためには、俗に言う「人、モノ、金」が十分でない状況であり、現在は、すべての企業ニーズに対応できない。

また、画像データベースの拡充については、博物館や研究機関からのデータ収集と共に、最近では、高分子学会と日本顕微鏡学会との連携など新たな動きが始まった。

(2) 構造模倣からプロセス模倣へ

「バイオミメティクス＝構造模倣」の概念から脱却し、生物の動的機能や行動形態からヒントを得て新技術の開発することは、限られた専門知識によって技術開発する既存の研究開発のプラットフォームからの脱却であり、新たなプラットフォームでの研究開発となる。このプラットフォームの構築には、生物学・工学の研究者の連携ばかりでなく、企業の研究者や企画担当が参画した三者の連携が必須と考えている。また、技術の成長および展開が期待されるバイオミメティクスのプロセス技術の開発に対して、政府の研究助成などの施策が期待される。例えば、高分子科学領域では、自己発現型機能（自己組織、自己修復、自己洗浄などの Self-X Technology）などに対しての期待が高い。

(3) ナノスーツからの計測機器への展開

生物の電子顕微鏡観察は、凍結乾燥や組織固定などの特有の前処理によって生物の構造を観察することが常識であった。しかしながら、浜松医科大学の針山孝彦教授らによって非常識と思える「生きたままの生物の構造を観察するナノスーツ法」が開発された[3]。この電子顕微鏡観察手法は、従来の観察手法によるアーティファクトを回避することができ、バイオミメティクス領域の研究に留まらず、医薬・医療分野での革新的な発展につながると考えられている。産業界へこの技術を普及させるために、文部科学省のナノテクプラットフォームの電子顕微鏡の活用などが考えられる。

3. ビジネス展開

バイオミメティクスに関する日本型コンソーシアムが無いことから、ビジネス展開を推進するための組織が必要とされている。また、新学術領域としての生物規範工学の体系化により生物学と工学の連携研究が加速し、これによって形成された知識基盤を産業界に結びつける仕組みづくりも必要となる。このような新たな産業プラットフォームに構築は、産業界からの要望も高く、また、各企業の具体的なニーズに対応することができるようになる。そこで、特定非営利活動法人バイオミメティクス推進協議会が発足し、その役割を担おうとしている。

バイオミメティクス推進協議会は、前述した画像データベースの活用やナノスーツの技術指導に加え、企業に対する戦略および技術コンサルティングを提供する予定である。また、標準化に伴うバイオミメティクス認定制度、さらには、バイオミメティクスの産業化推進策などの検討を行う共に、政府への政策提案も予定している。今後、このバイオミメティクス推進協議会が、グローバル連携を含めて、この分野で日本を先導する組織となることを期待する。

参考資料

- [1] N.F Leporal, *et al.*, “ The state of the art in biomimetics.” ,Bioinspir. Biomim. 8 (2013) 013001.
- [2] 日刊工業新聞 (2013 年 12 月 18 日)
<http://www.nikkan.co.jp/news/nkx0520131218cbaf.html>
- [3] I. Ohta, *et al.* “ Dressing living organisms in a thin polymer membrane, the NanoSuit, for high-vacuum FE-SEM observation.” Microscopy (2014): dfu015.

バイオミメティクス画像検討会から得られたもの

北海道大学 名誉教授 下澤 楯夫

電話 011-898-2553

E-mail tsmz@es.hokudai.ac.jp

生物は、少数のありきたりな元素（CHOPiNS）のみから成るにもかかわらず、実に多様な「生きる仕組み」を実現している。例えば、コガネムシは金属原子を1個も使うことなく黄金色を作り出しており、アメンボはフッ素原子を1個も使うことなくほぼ完璧な撥水性を実現している。その秘密は、物質のバルクの特性に頼るのではなく、微細な構造によって機能（生きる仕組み）を作り出していることにある。生物の生きる仕組みを解明する生理学では、構造の無い機能は幽霊であり、機能の無い構造は死体である。

ある特定の構造の機能は一つとは限らない。機能とは、構造と環境の相互作用の別名だから、対象や状況によって表出の度合いは異なる。単一の構造も複数の機能を持つ、と考えるべきである。ある特定の機能を果たすべく人為的に作り出された構造や製品も、他の用途・機能に転用し得る。生物の進化は、実はこのような転用の歴史であり、生物の構造が果たす機能の多重性は、進化に本質的に関わっている。バイオミメティクスは工学であると同時に、生物学そのものの強化をもたらす。走査電子顕微鏡による生物体表の画像データの検討から見た機能の多重性と、その意外な効用の例を紹介する。

エゾハルゼミ翅表面は、直径 100 nm、高さ 250 nm 程のナノパイルで覆われている（図 1）。この翅は光学的に非常に透明で反射も少ないところから（図 2）、このナノパイル構造は蛾の眼の表面（モスアイ）の機能として知られる無反射性にあると想定された。

しかしその後、浜松医大の針山孝彦氏や国立科学博物館の野村周平氏によって、アブラゼミなどの不透明着色翅面にも同様のナノパイル構造が確認され、無反射性はともかく、光学的透明性の生物学的意義は疑問となった。

微細な突起構造は素材の撥水性を強調する（水表面を激しく凹凸させるには大きな表面エネルギーを要する）ことが知られている。エゾハルゼミ翅表面での水の接触角を測定したところ、160 度以上の超撥水性を示した。羽化の際に夜露に濡れる危険の多いセミにとって、体表の超撥水性は窒息と翅の伸展不良を防ぐ、生存に必須の機能であろう。

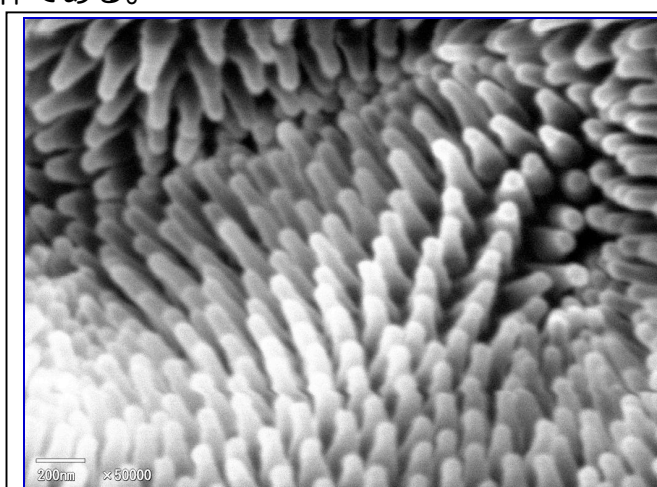


図 1. エゾハルゼミ前翅背面のナノパイル構造、

Scale bar=200nm



図 2 エゾハルゼミ翅の透明性

一方、セミの仲間（カメムシ、ウンカなど）は後胸飛翔筋が退化しており、飛翔の際は後翅を前翅に「引っ掛け」て駆動する。エゾハルゼミの引っ掛け（ヒッチ）装置は、後翅前縁の鉤（フック）が前翅後縁の長い溝（キャッチ）を受ける構造

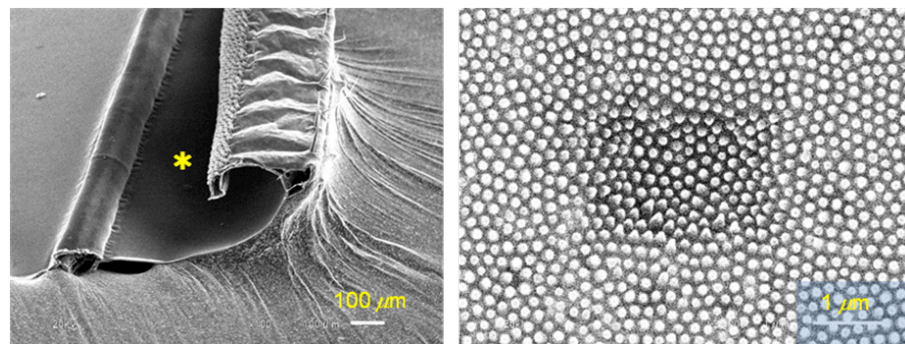


図 3. エゾハルゼミ前翅後縁キャッチ溝内面（*印）のナノパイル

造をしている。前翅の回転中心（関節）と後翅のそれは前後に数 mm 離れており、飛翔中に翅が往復運動すると、フックがキャッチ溝を数 mm にわたって摺動する。その摺動部内面はナノパイルで覆われており（図 3）、フックとキャッチの実効接触面積を小さくして摩擦（または摩耗）を減らす効果を想像させる。前出の針山氏は、垂直な OHP シート面上を歩行できるアリでも、アブラゼミのナノパイル翅面を歩くことは出来ず、低摩擦面として生物学的な捕食防止効果を確認した。

この様に、セミの翅のナノパイル構造は 1.無反射性、2.超撥水性、3. 低摩擦性の少なくとも三重の機能を持っている。さらに針山氏は、生物体表のナノパイル構造がこれら三重機能を持つのなら、人工のナノパイル構造も多重機能を持つ筈だと予見した。モスアイ型無反射フィルムの大面積加工技術確立した三菱レイヨン魚津吉弘氏の協力を得て、各種昆虫のモスアイ型無反射フィルム上での歩行能力を調べたところ、アリやカメムシ、ナナホシテントウを初め実験に用いた害虫(16 目 31 種)全てに対して、優れた「滑落フィルム」として転用できることを見出した。

多くの昆虫の肢には微細な接着毛があり（図 4）、毛管接着力やファンデルワールス力によって、ガラスの下向き面を逆さ釣りでも歩き回れることが知られている。殺虫剤を使わずに農業害虫を捕殺する方法として、従来から光で誘引した害虫を水盤に落とし込む「誘蛾灯」が用いられている。しかし平滑面を逆さ釣りでも垂直でも歩ける接着毛を

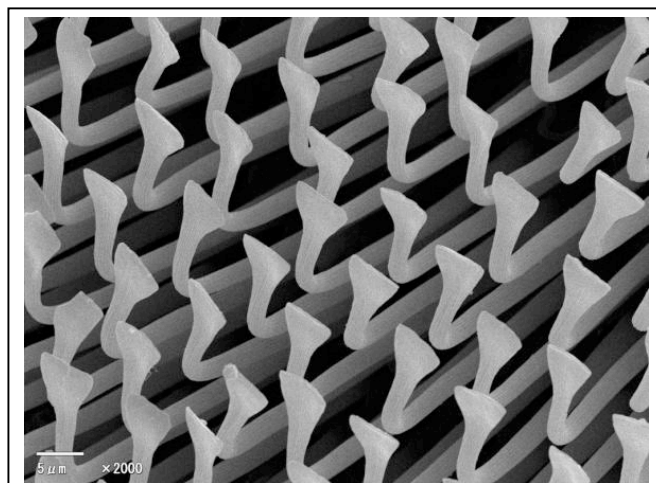


図 4. ハムシ肢表面の接着毛。Scale Bar=5μm

持っているのだから、害虫の多くが水盤に落ちること無しに誘蛾灯のガラス面を「歩いて出て」来てしまう難点があった。モスアイ型無反射フィルムを転用した「滑落フィルム」で光源面を覆うことで、水盤への転落効率を格段に上げた「誘蛾灯」や「発生予察灯」の実用化が進んでいる（参考文献 1）。

参考文献 1：針山孝彦、魚津吉弘、向井裕美、山濱由美、弘中満太郎、高久康春、石井大佑、大原昌宏、野村周平、長谷山美紀、原滋郎、下澤楯夫、下村政嗣、「エントモミメティクスと害虫制御」、日本応用動物昆虫学会誌、2014、印刷中

ビッグデータ時代の発想支援型検索とバイオミメティクス

画像データ

(北海道大学大学院情報科学研究科) 長谷山 美紀

電話 011-706-6077 FAX 011-706-6077

E-mail miki@ist.hokudai.ac.jp

URL <http://www-lmd.ist.hokudai.ac.jp/>

はじめに

バイオミメティクスは、生物の構造や機能から着想を得て、新しい技術を開発する科学技術である。膨大な生物学データから工学へ繋げる発想支援が重要な役割を担うとされ、新しい画像検索基盤の実現が開始された。生物データベースには大量の画像が含まれており、これを活用することによって、テキスト情報による検索の限界を超えた『バイオミメティクス検索基盤』を実現する試みである。バイオミメティクスデータ検索基盤は、今まで昆虫や鳥類、魚類など個別のデータベースに蓄積されたデータを統合し、材料科学や機械工学など広く工学研究者や産業界の利用を可能とする。本文では、バイオミメティクスデータ検索基盤の試作システムを紹介し、具体的に検索結果を示すことで、生み出される工学的発想について議論する。

バイオミメティクスデータ検索基盤と工学的発想の支援

バイオミメティクスデータ検索基盤は、利用者の発想を支援する発想支援型の検索理論に基づき実現されている¹⁻⁵⁾。この理論は、大量の画像データをその類似性に基づき自動で配置し、データベース全体を俯瞰可能とする。バイオミメティクスデータ検索基盤の試作システムの様子を図に示す。図中システムの検索対象データは、国立科学博物館から提供された昆虫微細構造の SEM 画像 1229 枚である。システムには、画像を質問とした検索機能が備えられており、画像による画像の検索が可能である。この機能を用いることで、生物についての知識が少なく適切なキーワードを見つけられない場合でも、自身が持つ画像を質問として生物の情報を入手することができる。また、質問画像をデータベースへ登録することを要求しないことから、産業界に存在する開示困難な画像データを質問として、生物情報を検索することが可能であり、企業のデータ運用の実際に合わせた検索基盤の利用が可能である。例えば、図では、材料系研究者が生物の情報を検索することを想定し、昆虫画像データベースに材料画像を質問とした検索結果を示している。図 (a)は、オオタバコガのモスアイ構造、エゾハルゼミの翅、リュキュウアブラゼミの前翅膜面の SEM 画像の近傍に、材料として poly(dimethylsiloxane) (PDMS, シリコーンゲル)を利用し、ハニカムフィルムと微粒子を鋳型にして作られたマイクロレンズアレイ(モスアイ型 PDMS マイクロレンズアレイ)⁶⁾の画像が存在している。また、図 (b)では、エゾハルゼミの翅の断面画像の近傍にハニカムフィルムの上層を使ってシリコンをエッチングすることで作成されたシリコン突起構造アレイ(silicon nanospike-array)⁶⁾の画像が存在している。これらは、画像の特徴から互いが近傍に配置されたものであり、生物や材料など異なる分野の情報であっても、互いに表面構造が類似する画像であれば、検索が可能となることが理解できる。

以上のように、バイオミメティクスデータ検索基盤を用いることで、異なる分野の情報が画像の類似性によって関連付けられ、生物多様性を背景とした形態の類似性が可視化されることで新たな価値の創出が期待できる。

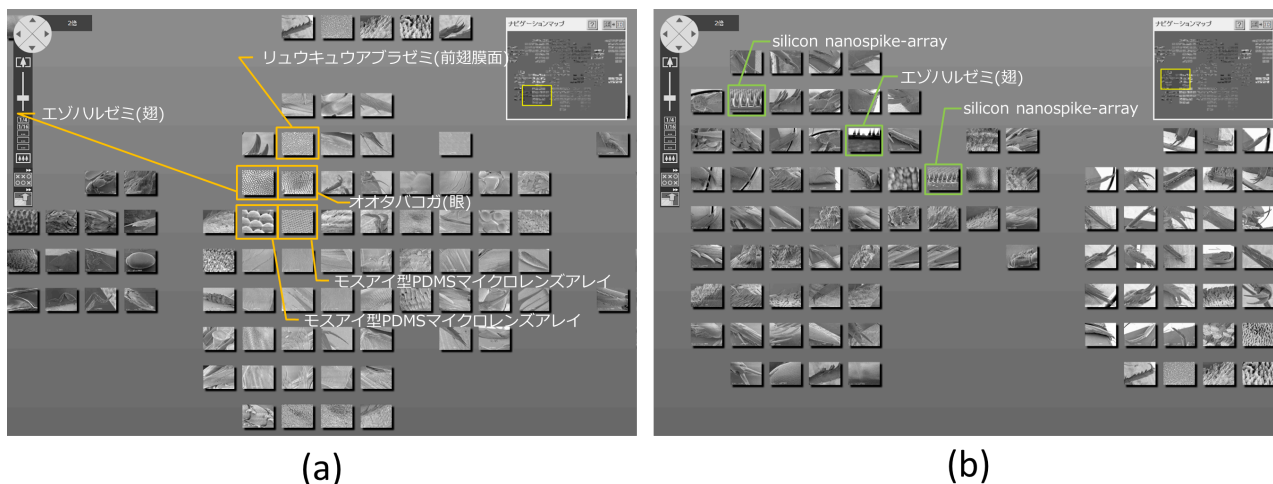


図 バイオミメティクスデータ検索基盤による検索結果の例

おわりに

異なる研究分野に蓄積された大量のデータの背景には、分野に固有の貴重な知識が存在する。貴重な知識には、言語化されにくいものも多く、他者が利用するのは容易ではない。社会が解決を望む問題は複雑さを増し、問題の所在さえ見え難い現状で、個別の研究分野の研究者に知識が留まっていたのでは、解決の方策を見出すには限界がある。バイオミメティクスは、現在の社会が抱える問題を解決する試みと捉えることができる。知識の蓄積としての異分野データベースの連携により産業創出を支援するために、産学連携プラットフォームの実現を推進する必要があると考える。

謝辞

本研究の一部は、『生物多様性を規範とする革新的材料技術』（科学研究費補助金 新学術領域研究（研究領域提案型）、代表 下村政嗣（東北大学・教授））および JSPS 科研費（課題番号：25280036）により行われた。

参考文献

- 1) 長谷山 美紀, “画像・映像意味理解の現状と検索インタフェース,” 電子情報通信学会誌, vol. 93, no. 9, pp. 764-769, 2010.
- 2) M. Haseyama and T. Ogawa, N. Yagi, “A review of video retrieval based on image and video semantic understanding,” ITE Transactions on Media Technology and Applications, vol. 1, no. 1, pp. 2-9, 2013.
- 3) M. Haseyama and T. Ogawa, “Trial realization of human-centered multimedia navigation for video retrieval,” International Journal of Human-Computer Interaction, vol. 29, no. 2, pp. 96-109, 2013.
- 4) M. Haseyama, T. Murata and H. Ukawa, “A new image retrieval interface and its practical use in View Search Hokkaido,” The 13th IEEE International Symposium on Consumer Electronics, pp.851-852, 2009.
- 5) <http://imagecruiser.jp/light/demo.html>
- 6) Y. Hirai, H. Yabu, Y. Matsuo, K. Ijiri and M. Shimomura, “Biomimetic bi-functional silicon nanopike-array structures prepared by using self-organized honeycomb templates and reactive ion etching,” J. Mater. Chem., vol. 20, pp. 10804-10808, 2010.

バイオミメティクス・オントロジーの産業応用と国際標準化

(北陸先端科学技術大学院大学) 溝口 理一郎

(大阪大学・産業科学研究所) 古崎 晃司

電話 0761-51-1787 FAX 0761-51-1767

E-mail mizo@jaist.ac.jp

URL http://www.jaist.ac.jp/profiles/info_e.php?profile_id=614

1. バイオミメティクスと情報検索

バイオミメティクスでは工学と生物の交流が本質的である。工学は新しい機能を実現することをその使命としている。一方、生物はその進化の過程を通して様々な機能を実現している。その実現方式を参考にして、これまでにない新しい、あるいはより優れた機能を工学的に実現できる可能性がある。そのためには、そのような機能の実装方法とその機能を発見すること自体が問題となるが、本稿では後者に焦点を当てる。

技術者が解決したい問題、あるいは実現したい機能があるとき、まず欲しいものはヒントになる情報である。別の見方、新しい考えなどを知ることは思考の活性化に大きく貢献するが、ここで役に立つのがデータベース (DB) や WWW を用いた情報検索である。そこで重要な役割を担うのが Keyword であり、得られる情報の有用性は入力した Keyword に大きく依存する。有用な情報を見つけるためには、如何に適切な Keyword を入力するかが最も重要であると言っても過言ではない。しかし、適切な Keyword が見つかったとしても検索がうまくいく保証はない。言葉の「揺れ」の問題が控えているからである

2. シソーラスとオントロジー

情報検索における言葉の揺れの問題を Systematic な方法で解消するものがシソーラスである。シソーラスは類似した意味や関連する事柄を表す単語を組織的に整理したものであり、一つの Keyword で検索する代わりに、その Keyword と類似した概念を表す複数の Keyword と併せて検索することによって、より多くの関連情報を検索することができる。優れたシソーラスの具体例として、JST が長年かけて作り上げてきたシソーラスがある[1]。JST のシソーラスは強力であるが、バイオミメティクスの技術者が求めている情報を生物 DB から見つけるのは容易ではない。工学と生物の世界がかけ離れているからであり、その距離を埋める何かが必要となる。

異なるドメイン(概念世界)の橋渡しをするものとして、オントロジーが注目されている[2]。オントロジーとは、世界に存在する物事の本質的な構造を高い抽象レベルで表現したものであり、工学と生物のような異なるドメインの上位に位置して、両者をつなぐ役割を果たす可能性があるからである。オントロジーで補強されたシソーラスがあれば、適切な Keyword を見つけることをサポートするシステムの開発が可能になると期待される。

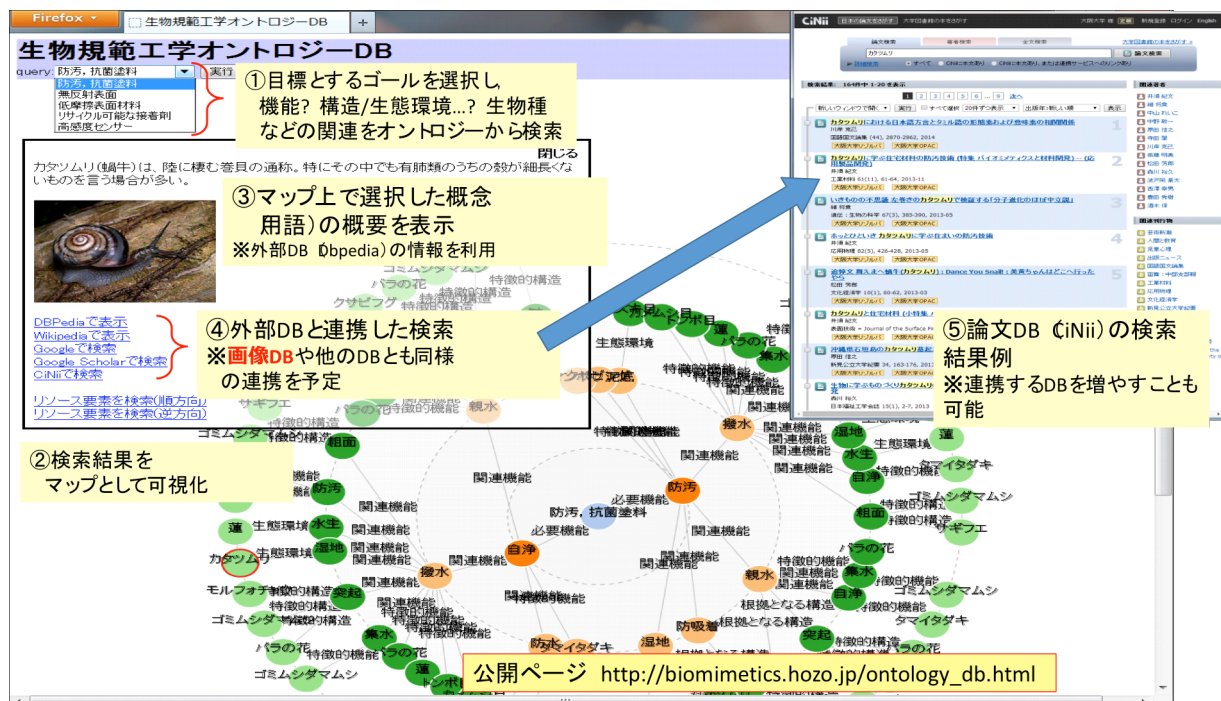
3. 具体例

現在実装されている 400 概念程度の小さなオントロジーを用いて、何ができるかを説明する[3]。言葉の揺れの問題は置いておき、技術者が「防汚」という機能を入力して、その実現に関係しそうな生物を探している状況を想定する。オントロジーとそれを用いた推論プログラムが、防汚機能を実現している可能性がある生物を数え上げた結果をグラフィカルに可視化したもの

が図1である。外周にはそれらの候補となる生物が並んでいる。現在注目されている蓮やカタツムリが現れているのは当然であるが、それ以外の多少怪しい生物も現れており、そこに思わぬ発見がある可能性がある。図には現れていないが、興味ある例として、例えば、防汚=>自浄=>親水=>集水=>砂漠=>サンドフィッシュという連鎖を経て、防汚からサンドフィッシュが候補の一つに挙げられた。この例が示すように、オントロジーには機能や属性、そしてそれらの間の関係が高い抽象度レベルでの関係としてかかれており、それを媒介として技術者の要求から、それに関連する生物を見つけ出している。図示された生物はあくまでも可能性があるというだけであって、本格的な調査に値するかどうかは定かではない。そこで、興味ある生物をクリックすると、インターネットを通してアクセス可能な情報源から少し詳しい情報を得ることができる。そして、そのようにして得られた情報から、より適切な Keyword 群を思いつくことができる。そして、シソーラスの助けを借りて本格的な情報検索を行うことによって、有用な情報を得る可能性が大きく膨らむ。

4. ISO における標準化

さて、上述の様なオントロジーで補強されたシソーラスは分野を横断するような検索をする上で有効な武器になりそうであるが、それをどのようにして構築すれば良いかを明らかにすることはバイオミメティクス研究開発にとって重要であると思われる。そこで、現在、千歳科学技術大学の下村（科学研究費：生物規範工学領域代表）等を中心として、ISO TC266 のWG4においてその構築過程の標準化の話が進んでいる。コンビナーはJSTの恒松氏で、筆者はProject leaderをつとめている。標準化を進めると同時にその実例として、JSTのシソーラスを核としたオントロジーで補強されたシソーラス、そしてその利用環境を構築する予定である。



< 参考文献 > [1] 國岡, 他: JSTシソーラ

図1 Keyword 探索支援の具体例

ス map, 情報管理, Vol.55, No.9, pp.662-669, 2012.

[2] 溝口理一郎: 役に立つオントロジー工学, PEN, ISSN 2185-3231, Vol.4, No.6, pp.3-13, 2013.

[3] 古崎晃司：バイオミメティック・オントロジーの試作と利用，日本化学会第 94 春季年会，1_F5_32，2014 年 3 月 27 日.

地域の連携を中核とする バイオミメティクス日仏アライアンスに向けて

滋賀県立大学 星野敬子

電話 0749-28-9851 FAX 0749-28-0220

E-mail hoshino.k@office.usp.ac.jp

滋賀県は、琵琶湖水系が育む豊かな自然に恵まれており、近畿地方の中核部に位置しながら土地の約 8 割が森林・耕地・湖という、里山や自然の風景が今も色鮮やかに残る地域である。2011 年 10 月この地を舞台に、自然の知恵をものづくり・まちづくりにつなげる推進団体、NPO 法人アスクネイチャー・ジャパン (ANJ) [1]が設立された。同月、近江八幡市の関係機関 (ANJ、近江八幡市、近江八幡商工会議所、滋賀職業能力開発短期大学校) らが連携協力に関する協定を結び、活動をスタートした。以来、バイオミメティクスの製品開発に関わるコーディネートや、教育普及活動に取り組んでいる。

2013 年 4 月、ANJ アドバイザーの下村政嗣氏 (千歳科学技術大学) らが、フランスのサンリス (Senlis) 市を訪問し、欧州初のバイオミメティクス研究開発拠点 CEEBIOS (Centre Européen d' Excellence en Biomimétisme de Senlis) [2]構築計画を聞く機会を得た。現在、同市のフランス陸軍訓練所跡地 (100,000m²) に、研究センター、ビジネスセンター、会議・展示場、教育トレーニングセンター等の施設整備が進められている。

国際的なネットワークづくりに関心を持つサンリス市は、日本の活動事例として ANJ に注目し、下村氏を通じて交流を行うことになった。ANJ は、近江八幡市、近江八幡商工会議所、滋賀県に対して、地方自治体がバイオミメティクスに取り組む事例として CEEBIOS を紹介した。そして同年 10 月、プラハで開催された第 3 回 ISO Biomimetics TC266 国際委員会の機会に 8 名の委員がサンリス市役所を訪問した際、近江八幡市長、近江八幡商工会議所会頭、滋賀県



図 1 サンリス市における会議

知事の親書をサンリス市長に手渡した。親書を通じて、サンリス市と ANJ の連携に対する期待等が伝えられた。同日設けた会議には、サンリス市長の他、サンリス副市長、CEEBIOS に参画する企業経営者、Biomimicry Europa メンバー、オワーズ (Oise) 商工会議所関係者らが参加した (図 1)。サンリス市からは CEEBIOS の最新のトピックスが、日本からは産官学連携によるバイオミメティクス推進協議会構想や、滋賀における地域の活動事例が紹介された。

更なる連携を求めて、2014 年 2 月サンリス副市長 Francis Pruche 氏が来日した機会に、ANJ が Pruche 氏を近江八幡市に招待し交流の機会を設けた。Pruche 氏からサンリス市長及びオワーズ商工会議所会頭の親書が、近江八幡市と近江八幡商工会議所に手渡され、今後の交流・連携に対する期待が伝えられた。会議には、近江八幡市、近江八幡商工会議所、滋賀県等、滋賀の関係機関から 18 名と、下村氏を代表とする ISO/TC266 Biomimetics 国内審議委員会委員 3 名が参加した (図 2)。

近江八幡市は滋賀県中央部の平野に位置し、面積 177km²人口約 8 万人、16 世紀の安土桃山時代に織田信長、豊臣秀次が築いた城下町を基礎として栄えた商業のまちである。いわゆる近江商人の発祥の地であり、その町並みが主要な観光資源となっている。市域の北東部に広がる西の湖は、ヨシ原特有の湿地生態系を示し、国の重要文化的景観に選定されたことでも知られている。



図 2 近江八幡市における会議の集合写真

一方サンリス市は、パリから北に約 50km

離れた平野に位置し、面積 24km²人口約 1 万 6 千人、12 世紀から 13 世紀に商業で栄えたまちで、現在ではその中世の街並みや歴史的建造物が観光地となっている。南にエルムノンヴィル (Ermenonville) の森、北にアラット (Alta) の森が広がる自然豊かな土地で、森の面積は総面積のおよそ半分を占める。

このような両市の歴史的・文化的背景、自然環境、さらにバイオミメティクスの推進活動等の類似点が挙げられ、産業技術や教育普及における日仏連携の可能性が討議された。

その後 2014 年 6 月、ISO/TC266 Biomimetics 国内審議委員会委員とともに、ANJ、近江八幡商工会議所、近江兄弟社高校、滋賀県立大学の関係者ら 12 名がサンリス市を訪問した。まず、CEEBIOS の拠点を視察し、施設活用計画や改装工事の進捗について説明を受けた（図 3）。最新の活動としては、フランス国内におけるバイオミメティクス従事者へのインターネット調査、企業や学生を対象にしたセミナー開催、国際連携の推進等が紹介された。この他、CEEBIOS との連携でバイオミメティクスを教育に導入している市内のアミュール・ダンビラ (Amyot D'inille) 高校（職業訓練校）を視察した。そして最後に、サンリス市と近江八幡市の関係機関（近江八幡市、近江八幡商工会議所、株式会社まっせ、滋賀職業能力開発短期大学校、ANJ）が調印した連携協力に関する協定書が作成された。

両市の具体的な連携内容についての議論はこれからである 3 度に渡る交流により、教育、観光、産業技術等における地連携の可能性が見出された。世界的にみて、地方自治体におけるバイオミメティクスの取組み事例はまだ少ない。両市が国的な連携を通じて、バイオミメティクスによる地域振興を更推進することが期待される。



が、
域
け
際
に

References

- [1] NPO 法人アスクネイチャー・ジャパン
<http://www.asknature.jp>
- [2] CEEBIOS (Centre Européen d' Excellence en Biomimétisme de Senlis)
<http://ceebios.com>

図 3 CEEBIOS 拠点の視察

自然模倣技術・システムの可能性～環境・生命文明社会への貢献～

(環境省「平成 25 年度自然模倣技術・システムによる環境技術開発推進検討業務」より)

株式会社富士通総研 第一コンサルティング本部 社会調査室

シニアコンサルタント 長谷川 誠

電話：03-5401-8403

E-mail：hasegawa.mak-05@jp.fujitsu.com

1. はじめに

環境省では、持続可能な社会を実現するための手段として、効率的なエネルギーの利用や資源の循環を実現している自然に学ぶ「自然模倣技術・システム」に注目している。2015 年度からの次期「環境研究・環境技術開発の推進戦略」へこれを反映させ、実社会への応用を図るために、現在、検討を進めているところである。株式会社富士通総研では、昨年度、環境省より「平成 25 年度自然模倣技術・システムによる環境技術開発推進検討業務」を受託、有識者検討会を設置し、既存の自然模倣技術・システムの事例収集やその体系とデータベースの作成、新規事例の創出に向けた検討のほか、実社会への応用手法の検討を実施してきた。本講演では、その成果と今後の展望について発表する。

2. なぜ、今、自然模倣技術・システムか

2012 年 4 月に閣議決定された第四次環境基本計画では、目指すべき持続可能な社会を、「人の健康や生態系に対するリスクが十分に低減され、『安全』が確保されることを前提に、『低炭素』・『循環』・『自然共生』の各分野が、各主体の参加の下で統合的に達成され、健全で恵み豊かな環境が地球規模から身近な地域にわたって保全される社会」としている。

さらに、2013 年 4 月に環境省は、今後の環境政策の基本概念として「環境・生命文明社会」を掲げている。「環境・生命文明社会」は、「低炭素」、「循環」、「自然共生」を包括したコンセプトであり、その背景には、地球の環境容量の限界、すなわち、従来の大量生産・大量消費型の社会が限界に達しているという問題意識がある。環境制約の中で、いかに持続可能な社会づくりのシナリオを描くのか、我々は今、人類の歴史の中で新たな生き方を選択すべき岐路に立っているとの認識の下、自然模倣技術・システムに一つの解を見出そうとしている。

「環境・生命文明社会」は、もちろん自然模倣技術・システムだけで実現できるものではない。しかし、従来の工学のみのアプローチでは越えられなかった壁を打ち破る方策として、自然模倣技術・システムに大きな期待が寄せられている。

3. 自然模倣技術・システムの応用範囲の広がり

自然模倣技術・システムの事例としては、ロータス効果を利用した撥水性材料やゲッコーテープ等が挙げられるが、その多くは構造を模倣したものである。しかし、その応用範囲は、それに留まるものではない。自己組織化等を活用した生物の構造形成のプロセスに学ぶことで、省エネ・省資源なものづくりを創出できる可能性を秘めている。さらに、自然模倣技術・システムの応用先は、材料のみではない。例えば、生物の行動に着想を得た協調型ロボットや生物学の知見を応用した ICT インフラ、生態系にヒントを得た都市デザイン等、生物個体や生物の社会をシステムとして捉え、その社会応用を目指す研究が行われている。まずは、研究が進んでいる構造の模倣をベースに、学ぶ対象を生命現象やその背景にある原理へと広げていけば、

そのインパクトは計り知れない。

4. 実社会へ応用していくために

本事業では、実社会への応用を推進するための施策を検討するにあたり、有識者や企業の研究者へのヒアリング調査を実施している。企業の研究者からは実用化に向けた問題として、従来製品にとって代わるほどの機能性の向上や新たな市場の創出に成功した事例が少ないことや、生物の機能を応用したくともその発現メカニズムの多くが解明されていないこと等が指摘されている。また、そのような問題を解決し、自然模倣技術・システムを社会に浸透させていくための方策として、生物学と工学等の異分野との共創を促すテーマ設定、地域での実証をモデルとした展開、産学だけでなく利用者参加型の研究開発、それらを支える仕組みとしてのデータ解析基盤や人的ネットワークの構築、バイオミメティクスの次世代イメージの形成（例えば、3D 関連技術との融合）、日本人の自然観の取り込み等が挙げられている。

5. まとめ～活用の方向性と施策～

調査検討結果を踏まえて、本事業では、自然模倣技術・システムの活用の方向性として以下の5つを提示している。

- ①構造からプロセス、システムの模倣へ
- ②生物の多様性と人間の叡智を組み合わせる
- ③技術に自然観を取り込む
- ④ライフスタイルを転換する
- ⑤国際的な知的プラットフォームを構築する

また、取り組むべき施策について、短中期的な取り組みとして、①プラットフォームとしてのデータ解析基盤の整備、②地域での実証事業による成功事例の創出、③自然模倣技術・システムの研究の推進と体制構築を、長期的な取り組みとして、①需要サイド（利用者）への普及・啓発、②供給サイド（大学、企業）への普及・啓発、③自然模倣技術・システムの対象範囲・対象領域の拡大を提言している。

6. 今後に向けて

工学の論理とは異なる生命の論理、言わば「生命の知」は、産業と社会に広くパラダイムシフトをもたらすものとなるだろう。「環境・生命文明社会」と自然模倣技術・システムを世界に発信していくために、今後は、前述した施策を実行に移し、自然模倣技術・システムがいかに関「環境・生命文明社会」の実現に寄与できるのか、具体的なモデルをもって示していく必要がある。微力ではあるが、引き続き、その推進に貢献していきたい。本事業をきっかけに1人でも多くの企業の研究者の方々が、研究開発テーマの一つの選択肢として、自然模倣技術・システムを取り入れていただければ幸いである。