

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

- ・生物規範工学から産業へ
平坂 雅男 (帝人株式会社) 7

2) 評価委員からのメッセージ

- ・異分野に通じた次世代研究者を育てよう
友国 雅章 (国立科学博物館名誉館員・名誉研究員) 10

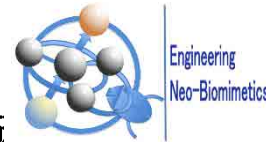
3) 研究紹介

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

- ・国際標準化 ISO/TC266 Biomimetics 第2回総会
Working Group 1 “Terminology and methodology”
関谷 瑞木 (独立行政法人 産業技術総合研究所) 15
- ・ISO Biomimetic TC266 国際委員会報告
Biomimetic Materials、 Structures and Components (WG2)
B01-3 班 細田 奈麻絵 (独立行政法人 物質・材料研究機構) 18
- ・WG3 Biomimetic Optimization の展開と今後の対応
C01 班 阿多 誠文 (独立行政法人 産業技術総合研究所) 21
- ・Knowledge Infrastructure for Biomimetics (WG4 提案)
A01 班 長谷山 美紀 (北海道大学大学院情報科学研究科) 26
- ・ビッグデータ時代の新たな価値創造
奥和田 久美 (独立行政法人 科学技術振興機構 北陸先端科学技術大学院学) 30
- ・異分野融合を支える知識情報基盤～シソーラスを用いた分野横断検索について～
恒松 直幸 (独立行政法人 科学技術振興機構) 36
- ・産業界との連携 –バイオミメティクス普及の鍵–
佐野 健三 (株式会社積水インテグレートリサーチ) 39
- ・バイオミメティクスの産業利用促進 –世界動向と日本の課題–
平坂 雅男 (帝人株式会社) 41

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

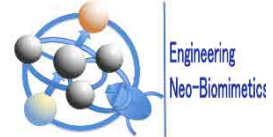


4)2013年7月1-2日 新学術領域「生物規範工学」全体会議・合同研

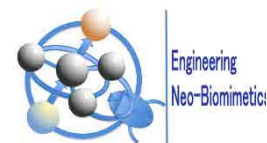
- ・ バイオミメティクスの社会インプリケーション
Societal Implication of Biomimetics
C01 班 阿多 誠文 (産業技術総合研究所ナノシステム研究部門) 4 7
- ・ 国際標準化 ISO/TC266 Biomimetics 第2回総会
ISO/TC266 Biomimetics Second General Assembly
C01 班 関谷 瑞木 (産業技術総合研究所) 4 9
- ・ 生物規範メカニクス・システム
Bioinspired Mechanical Systems
B01-5 班 劉 浩 (千葉大学) 5 1
- ・ 細胞の三次元運動を制御するナノ・マイクロファイバーゲルマトリックスの弾性分布設計
Mechanical Control of 3D Cell Movement in Elasticity-tunable Matrix of Nano/micro-fiber Gels
B01-5 班 木戸秋 悟 (九州大学 先端物質化学研究所) 5 3
- ・ ガルの嗅覚と聴覚: フェロモン組成比の認識機構と羽音を用いた寄生回避行動
Olfaction and Hearing in Moths: Detection Mechanism of Pheromone Component Ratio and Sound-mediated Avoidance Against Parasitoids
B01-4 班 森 直樹 (京都大学大学院 農学研究科 応用生命科学専攻) 5 5
- ・ 生体機能指向性エレクトリックノーズの作製
Development of Bio-Inspired Electric Nose
B01-4 班 岩佐 達郎 (室蘭工業大学) 5 7
- ・ B01-3 生物規範階層ダイナミクス班 平成24年度成果報告
Report of B01-3 group in 2012
B01-3 班 細田 奈麻絵 (独立行政法人 物質・材料研究機構) 5 9
- ・ 低温大気圧で実行可能な有機/無機材料のハイブリッド接合
Hybrid Bonding Technology at Low Temperature and Atmospheric Pressure
B01-3 班 重藤 暁津 (独立行政法人 物質・材料研究機構) 6 1
- ・ 生物の光学的表面構造の創製
Development of Optical Materials based on the Biological Surface
B01-2 班 針山 孝彦 (浜松医科大学) 6 3
- ・ 不規則に見える多層膜を利用したシジミチョウの構造色
Structural Color of a Lycaenid Butterfly Utilizing a Multilayer Structure That Looks Irregular
B01-2 班 吉岡 伸也 (大阪大学 生命機能研究科) 6 5
- ・ B01-1 班 H24 報告と H25 計画: やわらかい微細構造作製とそのトライボロジー評価
Fabrication of Soft Microstructures and Their Tribological Tests: FY24 (Reports) and FY25 (Targets)
B01-1 班 大園 拓哉 (独立行政法人 産業技術総合研究所) 6 7
- ・ 自己組織化表面微細構造を用いたフジツボに対する防汚微細構造表面の作製
Self-assembled antifouling microstructured surfaces against barnacles
B01-1 班 室崎 喬之 (東北大学原子分子材料科学高等研究機構) 6 9

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



- ・バイオミメティクス・データベースの構築を目指して
Aim to Construct a Biomimetics Database
A01班 野村 周平 (国立科学博物館 動物研究部) 7 1
- ・トキ *Nipponia nippon* の化粧行動
Cosmetic Behavior in the Crested Ibis *Nipponia nippon*
A01班 山崎 剛史 (公益財団法人 山階鳥類研究所) 7 3
- ・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) 7 5
- ・生物の信号・情報処理機構を模倣したスケーラブルな高分子デバイスの創製
Development of bio-inspired Scalable Polymer Devices
公募班 浅川 直紀 (群馬大学 理工学研究院 分子科学部門) 7 7
- ・飛翔生物を規範とした伸縮可能な微小シワ付きフィルム翼
Stretchable Film Wings with Micro Wrinkles Inspired from Flight Apparatus in Nature
公募班 田中 博人 (千葉大学) 7 9
- ・ホヤ類の被囊の微細構造および化学的性質を規範とする新規接着・防汚染物質の開発研究
Development of Novel Adhesive or Antifouling Substances Inspired from Tunic Surface of Ascidians
公募班 植木 龍也 (広島大学 理学研究科附属臨海実験所) 8 1
- ・ヤモリ模擬構造の材料力学的アプローチ
Mechanical Approaches for Development of Gecko-inspired Structures
公募班 山口 哲生 (九州大学大学院 工学研究院 機械工学部門) 8 3
- ・花粉表面の構造解析と自己組織化を利用した機能性マイクロ粒子のデザイン
Microparticle Design based on the Analysis of Surface Morphology of Pollen
公募班 オラフ・カートハウス (千歳科学技術大学) 8 5
- ・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) 8 7
- ・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) 8 9
- ・Knowledge Infrastructure for Biomimetics (WG4 提案)
A01班 長谷山 美紀 (北海道大学大学院 情報科学研究科) 9 1
- ・生物規範工学と海洋生物学—JAMSTEC との協働の可能性
白山 義久 (独立行政法人 海洋研究開発機構) 9 5
- ・形態と機能から見たサメ類の多様性
佐藤 圭一 (沖縄美ら島財団総合研究センター) 9 9



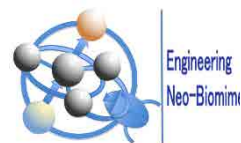
5) トピックス (PEN より)

- ・連載 生物規範工学 第九回 自己組織化の工業化を目指し、バイオミメティクスの適用へ
三菱レイヨン株式会社 横浜先端技術研究所 魚津 吉弘 103
- ・連載 生物規範工学 第十回 自然に学ぶ表面処理技術
～汎用元素によるはつ油性に優れた表面の創製～
産業技術総合研究所 サステナブルマテリアル研究部門 高耐久性材料研究グループ
浦田 千尋、Dalton F. Cheng、穂積 篤 112
- ・連載 生物規範工学 第十一回 昆虫の形態研究はバイオミメティクスに寄与するか？
国立科学博物館 動物研究部 野村 周平 117
- ・連載 生物規範工学 第十二回 フラクタル日除け –生物から学ぶもの–
京都大学大学院 人間・環境学研究科 酒井 敏 122

6) 国内外研究動向紹介

- ・「日本化学会第93回春季年会」を終えて
産学連携グループ：(株)LIXIL 井須 紀文、B01-3班 産業技術総合研究所 穂積 篤 130
- ・13-1 バイオミメティクス研究会レポート
産学連携グループ：宮内 昭浩 (株)日立製作所 日立研究所 133

- 7) 新聞・報道 136
- 8) アウトリーチ活動 139
- 9) 各種案内 141



巻頭言

生物規範工学から産業へ

平坂雅男（帝人株式会社）



本領域の評価グループの一員でもあり、また、高分子学会のバイオミメティクス研究会や国際標準化委員会などに関わることになり、産業化という視点でこの領域の将来に期待すると共に、産業への活用推進を模索している。

最近、バイオミメティクスの標準化の関連で海外の会議に出席することが多くなった。海外で印象に残るのは、産官学の連携だけでなく、この領域を先導する団体などの活動である。ドイツのBIOKON（Bionics Competence Network）は、象徴的な存在となっていることが、日本でもすでに知られている。また、フランスでは、パリから北に50kmのサンリス市にバイオミメティクス研究拠点構築が動き出している。日本では、新学術領域として“生物規範工学”がスタートし、学術領域のトップランナーとして成果が期待されている。しかし、このような学術領域の進展と比べ、産業界の動きは遅く産業化を促進するような組織も存在していない。産業化への方策面では、日本は欧米に比べ、周回以上の遅れをきたしているといえる。このような点から、生物規範工学の産業展開を推進するコンソーシアムの設立が一刻も早く必要だと実感している。

今までの日本のイノベーションは、技術至上主義が強く、技術シーズ起点型の知識創造サイクルが主体であった。経営学では、競争優位を「インクリメンタル・イノベーション（既存技術の改善）」と「ラディカル・イノベーション（既存技術体系からの脱却）」の分類軸で説明してきた。テクノロジープッシュ型からマーケットプル型へ研究開発のプロセスが移行すると共に、競争優位も「技術の革新性」と「市場の革新性」の軸で議論されるようになった。さらに、最近ではデザイン・ドリブン・イノベーションのように「製品やサービスの意味を革新し、新しい価値を生み出すこと」を前提とした価値創造型のイノベーションが必要といわれている。

イノベーションには、技術が何らかの意味で関与している。しかし、既存の科学領域での進歩が産業に与えるインパクトが少なくなってきたことも事実である。例えば、新たな材料が見いだされたとしても、工業化におけるプロセスの複雑さ、原料コスト、環境適合などの様々な課題を克服しなければならず、事業性の観点から製品化につながるものが少なく

なっている。これは、産業化につながる技術シーズが、既存の技術領域から探し出すことが難しくなってきたためと考える。

生物規範工学は、研究開発におけるパラダイムシフトのひとつであり、新学術領域の進展と共に、企業において技術獲得のチャンスが広がる。そこで、生物規範工学の学術研究を産業化にむすびつけるためには、産業界と学術領域のリエゾンとなるインタープリターの役割が重要になる。インタープリターという言葉は、日本では、「自然を解説する人」というような意味で使われている。しかし、ここでのインタープリターは、企業の製品開発に対して異なる視点から研究している専門家を意味し、企業が気にも留めない要素を見つけ出すことができる人材である。企業は、このような人材を社内外から集めることで、イノベーションを起こす組織をつくりだすことができる。しかし、日本のものづくり企業の多くのエンジニアは工学系出身であり、また、生物規範工学を専門とする技術者は少ないため、企業は必然的に社外の専門家に目を向けなければならない。先進的な若手研究者は既成概念にとらわれることがないことから、インタープリターとしての可能性が高い。今、生物規範工学の将来を支える多くの若手研究者が、この役割を担うことになる。今後、生物規範工学からの産業創出において、活用推進コンソーシアムのような組織と共に、インタープリターが重要な役割を果たすことになる。そして、生物規範工学の学術領域の発展と共に、若手研究者が本領域の産業化とイノベーションに寄与する日も近い。

評価委員からのメッセージ

異分野に通じた次世代研究者を育てよう

友国雅章（国立科学博物館 名誉館員・名誉研究員）



評価委員からのメッセージとして相応しいかいささか疑問はあるが、良い機会なのでまず始めに国立科学博物館がこのプロジェクトに関わることになった経緯をご紹介したい。文科省の川上審議官のご紹介で、私が初めて下村先生の訪問をお受けしたのは2009年12月4日であった。バイオミメティクスプロジェクトに科博の研究者も参加しないかという提案がご訪問の目的であった。当時、動物研究部長として、部の研究活動に何か新機軸を打ち出せないかを模索していた私は、この有り難いお誘いに大いに興味を覚えた。興味は持ったが、大いに不安もあった。何しろ我々は、片手間に応用的な研究をすることはあっても、もっぱら分類学、系統学というきわめて基礎的な分野の研究の経験しかないといっても過言ではない。それがバイオミメティクスという実用化を見据えた研究プロジェクトに果たして貢献できるのだろうか、というのが最大の不安材料であった。それに対する下村先生のご見解は、「バイオミメティクスはさまざまな分野の研究者が連携しないと成功しない。欧米のバイオミメティクス先進国では博物館の研究者が積極的に関わって優れた成果を出している」ときわめて明快であった。先生のお言葉に勇気づけられた私は、館内の了解を取り付け、このプロジェクトに参加することにした。しかし、具体的な貢献の方法について有望なアイデアがあった訳ではない。「まあ何とかなるか」というのがその時の正直な気持ちであった。

言うまでもなく、このプロジェクトの最も重要なキーワードは「異分野連携」である。翌年6月にはバイオミメティクス研究会主催のジョイントシンポジウム「次世代バイオミメティクス材料の研究動向と異分野連携」を当館で開催し、連携のきっかけとした。学会などのシンポジウムの参加者には顔見知りも多いが、このジョイントシンポジウムに来られた方々とはほとんど初対面であり、これがまさしく「異分野連携」かと改めて実感した。性格も気心もまた研究内容すら知らないこれら多くの研究者と、一体どうやったらうまく連携していけるのか、以来このことが私の頭の中で重要なテーマとなった。

私が長年取り組んできた昆虫分類の最も基本的な手法は形態や構造の観察である。さまざまな標本をSEMで観察すれば、これまで知られていない微細構造を発見できるだろう。し

かし、そのような新発見があったとしても、それがバイオミメティクスの素材として使い物になるかどうかは分類研究者には分からない。一方、工学系や材料系の研究者が新しいバイオミメティック素材を得ようとしても、どのような生物のどのような部分を観察すれば良いのか容易には分からないだろう。ここに異分野連携の意義があるのだが、異分野の知識や経験の乏しい研究者が寄り集まっただけではうまくいくはずがなく、個々の研究者自身が異なる分野の双方に相当通じている必要があるのではないか。つまり、「真に意義のある異分野連携とは、異なる分野の研究者が協働するだけでなく、一人一人の研究者自らが異分野連携をしてしまうことだ」ということに思い至ったのである。とはいえ、長年縦割りの学問体系の下で鍛えられてきた(?) 現役の研究者にこれを求めるのはあまりにも非効率である。ではどうするか? 我々自身に荷が重いなら、本プロジェクトを通じてそのような次世代研究者を養成すれば良いではないか —— これがしばらく頭を悩ませて導き出した現時点での結論である。

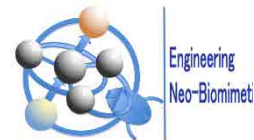
ニュースレター Vol.1 No.1 には、本領域の目的として「生物学と工学に通じた人材を育成すること」と謳われている。また、Vol.1 No.2 の評価委員からのメッセージでは、下澤先生が「クロスボーダー次世代を残せ」として、私とほぼ同趣旨のご意見を私よりはるかに格調高く述べておられる。本プロジェクトでバイオミメティクスの新しい技術体系を創出するのも重要だが、数十年先を見据えた次世代研究者の育成もそれに劣らぬ重いテーマだと私は考えている。



6月20日 講演会要旨

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



高分子学会バイオミメティクス研究会

日時：2013年 6月20日（木）13時～18時

会場：産業技術総合研究所 臨海副都心センター（定員100名）
（東京都江東区青海2-3-26）

主催：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
標準化国内審議委員会

協賛：文部科学省科学研究費新学術領域「生物規範工学」、
ネイチャーテクノロジー研究会

● プログラム

第一部：ISOBiomimetic TC266国際委員会報告

13:00～13:30 関谷 瑞木

産業技術総合研究所ナノシステム研究部門ナノテクノロジー戦略室
「Conception and strategy — Differences between bionic and
conventional methods/products (WG1)」

13:30～14:00 細田 奈麻絵

物質・材料研究機構 ハイブリッド材料センター
「Biomimetic materials、 structures and components (WG2)」

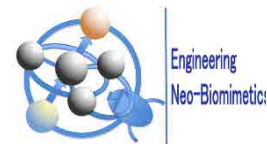
14:00～14:30 阿多 誠文

産業技術総合研究所ナノシステム研究部門ナノテクノロジー戦略室
「Biomimetic optimization (WG3)」

14:30～15:00 長谷山 美紀

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



15:00～15:20 コーヒー・ブレイク

第二部：知識基盤の構築と産学官連携にむけて

15:20～16:20 奥和田 久美

独立行政法人 科学技術振興機構 R I S T E X シニアフェロー

J A I S T 知識科学研究科客員教授

招待講演：「ビッグデータ時代の新たな価値創造」

16:20～16:50 恒松 直幸

独立行政法人 科学技術振興機構 情報企画部 事業戦略担当

「異分野融合を支える知識情報基盤～シソーラスを用いた分野横断検索について～」

16:50～17:20 佐野 健三

株式会社積水インテグレートドリサーチ

「産業界との連携」

17:20～17:50 平坂 雅男

帝人株式会社 知的財産室 知財戦略グループ

「バイオミメティクスの産業利用促進－世界動向と日本の課題－」

所属機関：独立行政法人 産業技術総合研究所
氏名：関谷 瑞木



国際標準化 ISO/TC266 Biomimetics 第 2 回総会 Working Group 1 “Terminology and methodology”

第 2 回総会までの経緯

ドイツ規格協会（DIN）が、2011 年 5 月 16 日に国際標準化機構（ISO）へ、バイオミメティクスの標準化のための新しい技術委員会（TC）を設立する提案を行い、ISO 加盟国への周知期間を経て ISO/TC266 Biomimetics が設置された。2012 年 10 月には DIN がホストを務め、第 1 回総会がドイツのベルリンで開催され、3 つのワーキンググループ（WG）の設置が決められた。2013 年 5 月 22、23 日に、フランス規格協会（AFNOL）がホストとなり、パリ郊外のサンドニ市にある AFNOL の会議室を会場に第 2 回総会が開催された。

日本は、正式にバイオミメティクスの国際標準化が始まる第 1 回総会に先立って、公益社団法人高分子学会に設置されたバイオミメティクス研究会を事務局とし、日本工業標準調査会（JISC）のバイオミメティクスに関する国内審議委員会を立ち上げた[1]。TC266 第 2 回総会には、この JISC の代表として、国内審議委員会の委員長である東北大学の下村政嗣氏を代表とする 9 名が出席した。

出席者は、今回のホスト国フランスの AFNOL から 7 名、議長国であるドイツは DIN から 7 名、そして韓国、チェコ、ベルギーからそれぞれ 1 名であった。さらに第 1 回総会の後に積極的な参加国 Participating Countries（P メンバー）としてイスラエルが参加を表明しており、2 名が出席していた。アドバイザーとして ISO の職員 1 名も出席した。また、議事への投票権を持たない Obseving Countries（O メンバー）のフィンランドからも 1 名が参加した。P メンバー登録を行っているものの中国、オランダは前回に続いて今回も出席しておらず、第 1 回総会には出席していた英国も今回は欠席であった。

本稿ではベルリンで開催された第1回総会で立ち上げが合意された3つのWGのひとつ、WG1 “Terminology and methodology”での議論、さらに総会ではTC全体に関わる議論も行われたので併せて紹介する。

WG1 “Terminology and methodology”では何が決められようとしているのか

WG1 “Terminology and methodology”は、バイオミメティクスに関連する定義を標準化することを目的に、バイオミメティクスを用いた技術、プロセス、製品が、既存の技術を用いた場合とどのように差別化されるのかを明確に定義することを目指す。WG1に関する議論は、総会初日の午前中に行われた。ドイツ技術者協会（VDI）が準備したワーキングドラフトを基に議論が進められた。コンビナーは、ワーキングドラフトのたたき台となるVDIガイドラインの作成から深く関わってきたドイツのバイオミメティクスの研究者 Heike Beismann 氏である。WG1 では、総会前にウェブミーティングを行っており、その際に日本から複数のコメント提出していたのだが、回答あるいは対応がされていなかった。未対応の部分については追加のコメントとして受け付けるとして WG1 の議論は終了した。時間の制約があったとはいえ、WG1 の議論は、VDI が準備したワーキングドラフトの細部を詰めてゆく作業となったため、言葉の使い方の修正や、英語あるいはフランス語の言い回しなどといった細かい文書作成上の技術的な内容にほぼ終始し、バイオミメティクスの国際標準化の本質に迫るような議論とはならなかった。

総会2日目には、TC266のビジネスプランを最終版とするための内容の検討が行われた。ビジネスプランの原案は、TC266の議長 Olaf Rehme 氏と各国から選任された Task Group のメンバーによる3回のウェブミーティングを経て作成された。日本からは関谷が対応した。各国のバイオミメティクス研究開発に関連する情報の共有と TC266 での標準化プロセスの予定をまとめたものである。内容について、国際標準化が影響を及ぼす範囲そして国際標準化の意義に関してかなり議論となった。最終的には多少の修正と情報の追加を行い、標準化のタイムスケジュールを確認して、採択された。議長は原案の内容を確認してすぐに終了すると考えていたようであったが、実際にはバイオミメティクスの標準化の意義について踏み込むような議論が行われた。

予定外に長引いたビジネスプランの議論は、環境、持続可能性、教育といった各国の文化的背景に踏み込むものであった。社会的責任についての国際標準「社会的責任ガイダンス規格；ISO26000」は、欧州的な文化を色濃く反映したものであった[2]。バイオミメティクスの国際標準化もまた、将来的には、研究手法や製品化などバイオミメティクスの様々なアプローチの非常に広範な影響を及ぼすと考えられる。技術的な議論が、各国の文化、思想、歴史までをも包含するものとなるのは確実である。バイオミメティクスの研究開発において、

研究の着想を得る対象を、人を取り巻く環境のすべてに広げようとするものであり、このようなドイツのアプローチは 2011 年に、標準化の取り組みの露払いとして開催された BLOKON おいてもはっきり見て取れると指摘されている[3]。

前回、戦略を持って総会に参加していたのは TC 設立の発案国のドイツ、事前に十分な準備を行った日本のみであったが、今総会では韓国も積極的な動きを見せた。韓国は、バイオミメティックな表面構造の濡れ性の計測手法の国際標準化を目指す新しい WG の立ち上げを提案した。次回第 3 回総会はチェコのプラハで今年 10 月に開催されることになったが、その際に韓国は新しいワーキングアイテムの提案の準備をしてくると思われる。

今後の日本の対応について

TC266 での議論の行方が将来のバイオミメティクス市場の趨勢を左右するのは疑う余地がない。ISO の認証ビジネスに一日の長があるドイツ、政府のバイオミメティクス研究開発への積極的支援が本格化するフランス、そして自国産業振興を明確な目標として新たに参加を表明したイスラエル、技術的な強みを持つ計測分野でのリードを目指す韓国と、TC266 参加各国の戦略的な動きが目立った第 2 回総会であった。

WG1 への日本の関与はいまだ手探り状態で、日本のバイオミメティクス研究開発を支援し、民間事業者のバイオミメティクスの産業化に有用なルールを形作る戦略的で、積極的な動きへは至っていないようであった。下村氏によると、日本におけるバイオミメティクス研究開発は本格的に始まったばかりだという。標準化もまた初めての試みであり、積極的な対応策をとることの難しさも垣間見られる。ナノテクノロジーの国際標準化は 2005 年から行われている。ナノテクノロジーと同じ新興の学際領域の科学技術として、本格的に研究開発が展開し始めたバイオミメティクスはナノテクノロジーの様々な経験から多くを学ぶことができると考えられる。

参考文献

- (1) 公益社団法人高分子学会バイオミメティクス研究会
<http://main.spsj.or.jp/c12/gyoji/biomimetics.php>
- (2) 阿多誠文, PEN, 2011, 2, No.2, p10-12
- (3) 西村聡, 穂積篤, 真原仁, PEN, 2011, 2, No.3, p16-21

所属班：B01-3 班

所属機関：独立行政法人 物質・材料研究機構

氏名：細田 奈麻絵



ISO Biomimetic TC266 国際委員会報告 Biomimetic materials、 structures and components (WG2)

ワーキンググループ（WG）2は、5月23日に議長（ベルギーのホルナート氏）とプロジェクトリーダー（筆者）が決定したばかりであり具体的な議論はこれから始まる。そのため、ここで紹介する内容はドイツが提出した WG2 提案書の原案を紹介するものであるが、今後議論の中で内容は変更されて行くだろう。

この WG にはエキスパートとして 11 名のメンバーが登録されている。その内訳は、イギリス（1名）、ドイツ（4名）、日本（2名）、ベルギー（2名）、チェコ（2名）である。

WG2 で議論する対象はバイオミメティクスの中でも材料・構造・構成要素に絞られている。提案書の内容は、1)対象範囲、2)用語と定義、3)基礎、4)生物材料、5)バイオミメティック材料・構成要素開発の方法、6)諸企業に於けるバイオミメティック手法の利用のための理由と機会、7)展望について書かれている。

WG2 提案の一番の特徴は、材料・構造・構成要素に関するバイオミメティクス製品の開発を如何にして行うべきかガイドライとして示そうとしている点である。このようなガイドラインはこれからバイオミメティクス製品を開発しようとする研究・開発者にとって大きな助けとなるだろう。

バイオミメティクス製品の開発は、大きく分けると①バイオロジープッシュと②テクニカルプルの2種類がある。バイオロジープッシュは生物学的な発見が新技術に結びつくもので、次のようなプロセスを経て開発される。

①バイオロジープッシュによるバイオミメティック開発の過程

- 1) 生物に関する分析
- 2) アナロジー（生物学的モデル）
- 3) 抽象化（原理の抽出・一般化）
- 4) プロジェクト／実験計画

- 5) 実験／計算
- 6) 最適化された原型構造／製造
- 7) 応用テスト
- 8) 総合評価
- 9) 発明

これに対し、テクニカルプルによるバイオミメティクス開発とは、既存技術あるいは既存製品の特定の問題に対する解決策を生物からヒントを得ようとするものである。テクニカルプルは次のようなプロセスを経て既存技術・製品の改善・改良が成される。

②テクニカルプルによるバイオミメティック開発の過程

- 1) 既存技術・製品の問題の抽出
- 2) アナロジー（生物学的モデルと技術対象系の類似性の検討）
- 3) 抽象化（原理の抽出・一般化）
- 4) プロジェクト／実験計画
- 5) 実験／計算
- 6) 最適化された原型構造／製造
- 7) 応用テスト
- 8) 総合評価
- 9) 発明

バイオロジープッシュとテクニカルプルにおいて特に重要なのはアナロジーと抽象化過程である。これらが開発の過程において存在しない場合は、バイオミメティクス開発とは認められないのである。

提案書ではこの他に生物材料の特徴について詳しく触れ、生物学的モデル分析・アナロジー・抽象化などの方法論について説明されている。また、生物学から技術への移行プロセスについては、バイオミメティック製造手法、材料、部品を例に取り、それに基づいて説明がされている。提案書の最後には、産業に対しバイオミメティック材料、構造、部品がもつ関連性について、情報を掲載している。

WG2ではこの提案書を元に議論されていくのであるが、原案ではドイツで行われた研究・開発が中心に取り上げられている。そのため今後は日本を始め世界中で行われている研究・開発の実例を取り込んで行く必要がある。

国際標準化ISO TC266国内審議委員会では、国内WG2委員会を作り4月より7名の委員が活動を開始している。ここでは、提案書の審議の他、日本国内で行われているバイオメテックス研究開発の現状調査を行っている。現状調査は、科学研究費助成事業などのデータベース、特許データベース、インターネットなどを利用しキーワード検索により行われているため、すべてを網羅的に調査することの困難に直面している。

最後に提案書の展望に書かれている一説を紹介し締めくくりたい。

将来、自己回復、適応性、リサイクル性、復元性など、成功する原理を目指したバイオメテック戦略が、特に重要となるだろう。現在の立案・製造法とは全く異なる、重要なパラダイムシフトを代表するような、多数の新アプローチが、部品・材料レベルで登場するであろう。

[国内WG2委員会からのお願い]

バイオメテックス研究あるいはバイオメテック製品開発例をご紹介下さい。

連絡先：細田奈麻絵, E-mail: Hosoda.Naoe@nims.go.jp

所属班：C01 班

所属機関：独立行政法人 産業技術総合研究所

氏名：阿多 誠文



WG3 Biomimetic Optimization の展開と今後の対応

1. WG3 の活動内容

生物模倣のアルゴリズムに基づく最適化には、生物の動きや集団の流れを模倣する最適化、生物の構造を模倣する最適化などがある。WG3 で議論されているのはこのうち、生物が進化の過程で獲得した順応的成長のアルゴリズムに基づく構造の最適化である。ワーキングドラフトのなかではその具体例の一つとして、メルセデス・ベンツ社がハコフグの構造を模倣し、ソフトキルオプション (SKO) という構造最適化アルゴリズムに基づいて制作した「バイオニックカー」を写真入りで紹介している。この WG3 が標準化のターゲットにしているのは、このような生物の順応的成長の模倣による工業製品のデザインルールである。実際どのような話が展開したのかは講演のなかで詳細に述べることにして、ここではこの標準化の活動をどう見ておかなければならないのか、まず重要な視点をキーワードごとに整理した後、環境規制の視点からこの国際標準化の行方を考察する。



Mercedes-Benz bionic car：熱帯魚のミナミハコフグに着想を得、流線型で低燃費&低エミッションを実現したコンセプトカー。外骨格を真似た六角形構造により、車体剛性の向上と軽量化も図られている。燃費は 23.3 km/l、90km/h 定速で 35.7km/l。

出典；Wikipedia「メルセデス・ベンツ バイオニック」

順応的成長

木や動物の骨が外から受ける外的ストレスに順応するように、荷重の大きいところを補強し、あるいは小さいところを軽量化することで、荷重を均一化するようにトポロジカルな形状を変化させながら成長すること。順応に対応する英語が Adaptive である。

デザイン

工業製品のデザインといったとき、それは単に形状に留まらず、製品の設計思想、製造手法、機能、リサイクルの容易さなど、製品の発想から廃棄までのライフサイクル全般にわたるあらゆる側面が含まれる。広義には経済的効果や社会的影響まで含められる概念であることに留意する必要がある。もう一つ忘れてはならない大事な点は、とりわけ欧州においては工業製品の「デザイン」が環境規制の対象となっている事実である。欧州のエコデザイン指令（ErP）はその良い例であり、すべてのエネルギー消費製品に対して、省エネルギー促進、環境配慮デザインが義務付けられている。

最適化アルゴリズム

通常は部材や商品のデザインに適用する、コンピュータの数値解析手法に基づく構造最適化（CAO）である。たとえば前述の SKO 法を用いた、エンジンシリンダーヘッドのカムの動きをバルブに伝えるロッカーアームの構造最適化が、事例として取り上げられている。より具体的には有限要素解析（FEA）による空間メッシュポイントの力の微分方程式の近似解をもとめ、そのデータに基づいてよりストレスのかかる部位の体積を増やし、逆に力のかからない部位の体積を減少させていく。このような手法により生物の骨の形成のような自己最適化を模倣し、力学的耐久性に優れ、かつ軽量化した部材や商品の製造が可能になる。実際に SKO 法は車の部品の構造最適化に用いられており、たとえば車のピラーに関する特許明細書には、「内部高圧成形などでも製造可能であるが、この方法では均一な肉厚しか得られず、生体工学的最適化の利点が採用される可能性がなくなる」などと製品のデザインに用いた SKO 法の利点が記述されている。

なお V 字型切れ込み部の構造最適化アルゴリズムである tensile triangles 法についても、構造部材の耐久性の面からの有用性が詳細に記述されている。2 次元構造であればコンピュータを用いることなく最適化が可能であるし、コンピュータを用いた樹脂の配向制御による内部構造の最適化も可能である。WG3 のワーキングドラフトは全てこのようなアルゴリズムの記述である。

ワーキングドラフト

ISO/TC266 Biomimetics のなかでの WG 設立へ向けた提案のたたき台となったのは、ドイツ技術者協会（VDI）が作成したガイドラインと呼ばれるドキュメント VDI Lichtlinien 6624、英語タイトルは "Biomimetic optimization Application of evolutionary algorithms" である。英語とドイツ語併記で、第 1 部 39 頁、第 2 部 24 頁にわたり、生物模

倣構造最適化のアルゴリズムの詳細が記述されている。昨年 10 月にドイツ規格協会 (DIN) で開催された第 1 回 ISO/TC266 Biomimetics の総会において WG3 が正式に発足し、Karlsruher Institut für Technologie の研究者である Dr. Iwiza Tesari がそのコンビナーに就任した。その後 TC266 事務局は VDI-6624 の内容を精査し、最適化アルゴリズムの手法に関する 17 頁の英語版のワーキングドラフトとしてまとめ直した。4 月 25 日の事前ウェブミーティングを経て、5 月 22、23 日フランス規格協会 (AFNOR) で開催された第 2 回 ISO/TC266 Biomimetics 総会では、このワーキングドラフトに基づいて議論が進められた。と言っても、実際には標準化の意義や効果に関する議論は無く、作業はドキュメントの校正のみであった。TC266 事務局はこのワーキングドラフトを基に、今後 2014 年秋には国際標準のドラフトの作成にまでこぎつけたいとの意向で、このことは TC266 のビジネスプランに記載された。

以上これまでの WG3 の流れを振り返ると、まずドイツ国内で VDI における工学者の議論の蓄積をベースに周到に標準化に向けたたき台が準備された。2011 年 3 月に VDI と BIONIK が共催した国際標準化へ向けた事前イベント「ISO BIONIK」では、WG3 に提案された最適化アルゴリズムの標準化の意義なども十分に検討されたものと思われる。その後ドイツの提案を受けて ISO/TC266 Biomimetics が発足し、新しいワーキングアイテムとして Biomimetic Optimization が提案された。それが承認され国際標準化のワーキングアイテムとなると、VDI は事務局に徹し、今度はバイオミメティクスの研究者がコンビナーとなって、学術的な視点で緻密にワーキングドラフトの校正作業が行われている。この段階に入ると標準化の意義や研究開発及び産業化への影響といった議論はなく、ISO の Directive に従って粛々と事務的な手続きが進められている。また、事前ミーティングの際に、ドラフトに記載された最適化アルゴリズムが知財として権利化されているのであればレファレンスに明記してほしいと依頼した。第 2 回本会議終了後にもメールでコンビナーと事務局に依頼したが、まだ記載はない。では日本はこのような状況にどう対応すればいいのだろうか。バイオミメティクスの豊富な基礎知識を以て、来年秋をめどに進められている国際標準のドラフトをよりよいものとすべく貢献すれば、それでいいのだろうか？

2. 環境規制と新興科学技術

環境規制との絡みでバイオミメティクスの標準化を議論することは、ありえないシナリオであって深読みの考えすぎと思われるかもしれない。しかし、2001 年から展開したナノテクノロジーの研究開発に対して環境規制が与えた影響を振り返ると、同じく学際として展開し始めたバイオミメティクスでもその影響を考える必要があるように思う。ここではあえて環境規制の視点からバイオミメティクスの国際標準化の現状と将来展開を考えてみたい。

第 6 次環境行動計画とナノテクノロジー

欧州の第 6 次環境行動計画 (6th EAP) が発出されたのは、2001 年の 1 月のことである。2001~2010 年までの EU の環境政策における主要な優先分野として、気候変動、自然と生物多様性、環境と健康と生活の質、自然資源と廃棄物などが挙げられている。そして早速その年の 10 月には、日本企業の製品がオランダの有害物質使用禁止指令に抵触し、200 億円近い損害を出すという事態が起きた。日本が環境規制への対応の重要性を思い知らされる事案だった。ナノテクノロジーはまさにその年、2001 年度から新興の学際領域として戦略的研究開発投資が行われるようになった。ではその当時、この 6th EAP が後にナノテクノロジーの研究開発と産業化に大きく影響してくることを予測できた人が日本にいたのだろうか？

6th EAP にはすでに欧州の新しい化学物質管理の規制枠組み REACH の方向性が示されている。2004 年には、ナノ材料の安全性に関する議論が高まるなかで、ナノ材料を 2008 年以降 REACH の枠組みのなかでナノサイズであるが故に新規物質として規制するという基本方針が示された。REACH の登録情報には安全性評価も含まれることから、2013 年 5 月末日の登録期限を前に各企業は対応に追われた。

一方、特定有害物質の使用制限に関する指令 (RoHS) の骨格は 2003 年に明らかにされ、2006 年 7 月 1 日以降、EU 市場に上市された電気電子製品に鉛、水銀、カドミウムなどの 6 物質を使用することが原則禁止され、それぞれの有害物質の最大許容濃度が設定された。この RoHS 指令は、廃電気電子機器指令 (WEEE) とセットで施行されている。電気電子製品へのナノ材料の応用の規制は、2010 年に行われた RoHS 指令の改定作業の過程でその修正案として浮上してきた。長い多層カーボンナノチューブと銀ナノ粒子の閾値なしの全面使用禁止案が、改定の修正案として提案され、半年に及ぶ欧州議会での議論とパブリックコメントの募集が行われた。結局この修正案は改定案から取り下げられたものの、改定 RoHS 指令には将来ナノ材料の評価データが出そろい有害性の解明がすすんだ時点で再度規制策の検討を開始することが明記された。将来ナノ材料が付属書 II 「制限物質リスト」に掲載され、他のナノ材料へもその適用が広がる可能性がある。

現在ナノ材料を製造あるいは取り扱う企業は、OECD におけるナノ材料の評価や ISO/TC229 Nanotechnologies におけるナノ材料の管理に関する標準化の作業の動向と、欧米で進むナノ材料の環境規制の動向をにらみながら、それに大きく左右されるビジネスの進め方を模索している。限られた紙面で言い尽くせないが、環境規制はビジネスルールそのものであるということを我々は再度認識しておく必要がある。

第7次環境行動計画とバイオミメティクス

2012年、日本では新学術領域研究「生物多様性を規範とする革新的材料技術」が活動を開始した。同年末、欧州委員会は2013～2020年の欧州の第7次環境行動計画（7th EAP）の素案を公表している。大枠でEUの中期成長戦略「EU 2020」との整合性をとりながら、自然保護と生態系の回復力の強化、持続可能かつ資源効率の高い低炭素成長の促進、環境に起因する健康に対する脅威への効果的な取り組みなどが具体的に記載されている。現在、欧州各国が取り組んでいる経済危機対策に必要な構造改革も、持続可能な社会実現を促す新たなチャンスと位置付けている。問題は6th EAPがナノテクノロジーの研究開発とその産業化に多大な影響を与えたようなことが、これからのバイオミメティクスの研究開発と産業化の過程で繰り返されるようなことはないのかどうかという点である。

今後の科学技術の研究開発は、持続可能な社会の実現という明確な目標設定と、すべての利害関係者への説明責任が不可欠である。すべての機関に一般化された社会的責任もすでにガイダンス規格 ISO26000 として2010年11月に発行している。いずれすべての技術が”Nature-Conscious”かどうかを問われるような時期が来ること、そういった視点のマネジメント規格や一層強まる環境規制を想定し、このバイオミメティクスに関する国際標準化に取り組んでおく必要を感じる。どういった思惑が動いているのか、10年後に何が起きるのか、少なくともこの点だけはきちんと認識を共有しておかなければならないのではないだろうか。

今後の対応

この国際標準化が日本のバイオミメティクスの研究開発と産業化に積極的な意義を持ち、よい影響を与えるものであってほしい。研究開発から産業界までを包括する枠組みのなかできちんとした戦略議論を行うことで、日本はこれからどういった対応を図るべきかが自ずと見えてくるように思う。

所属班：A01 班

所属機関：北海道大学大学院情報科学研究科

氏名：長谷山 美紀



Knowledge Infrastructure for Biomimetics (WG4 提案)

1. はじめに

2013年5月22、23日にパリで開かれたISO/TC266 Biomimetics 第2回総会で、日本国内審議委員会（代表 下村政嗣 東北大学教授）が、バイオミメティクスのデータベースに関する規格作業部会(ワーキンググループ、以降、WG)の設置を提案し、それが採択された。著者も、本提案に係わり、会議当日は、その内容について参加国に説明を行った。本稿では、WG設置の背景と規格、さらにその産業創出との関係について述べる。

2. ISO/TC266 WG4 が目指すもの

2.1 WG4 設置の目的

ISO/TC266 Biomimetics 第2回総会の資料(ISO/TC266/WG1 N11)に下の記載がある。

Today, the field of biomimetics is increasingly considered a scientific discipline that has generated numerous innovations in products and technologies. This highly interdisciplinary collaborative work, which brings together experts from the fields of biology, engineering sciences, and numerous other disciplines, possesses a particularly high potential for innovation.

上の記載は、バイオミメティクスが異なる学術及び技術分野の連携によって、イノベーションを起こすポテンシャルを備えていることを表現している。

バイオミメティクスは、異分野連携によるイノベーションを創出するあたらしい学術分野である。深い知識を持ち合わせた異なる分野の研究者が、相互の学術領域を連携し、新しい科学を創出するためには、知識を共有する必要がある。知識の共有を加速するためには、互いの理解を容易にする用語の対応を知る必要がある。WG4では、その対応を決めるルールを参加国の合意により決め、具体的対応表の初版を早期に作り上げ、その運用ルールを規格と

して作成することを目指している。もちろん、この規格の先に産業イノベーション創出の加速を目指している事は言うまでもない。

2.2 WG4 が実現する異分野連携

2.1 で述べた用語の対応について説明する前に、用語の対応の必要性について説明する。下に、異なる分野で使用された「Adhesion」の例を示す。

生物学

One micro liter of the sundew's adhesive is capable of covering a 25 mm².

医学

Adhesions are fibrous bands that form between tissues and organs, often as a result of injury during surgery.

ロボット工学

Quadruped robot climbs smooth surfaces using directional adhesive.

環境科学

Bacterial adhesion is an important initial step in biofilm formation.

上は、TC266 国内審議委員会で議論されたものであり、2013 年 5 月に行われた ISO/TC266 Biomimetics 第 2 回総会で、筆者が行ったプレゼンテーションでも示した。本稿の読者の中には意見がある方もおられるかと思うが、上の Adhesion に見られる、上位の概念では同一となるが異なる分野でその使用に差異が存在する用語があることは、共通の認識であろう。

上のような差異が存在すれば、連携する分野の知識が深ければ深いほど、知識の連携は困難となる。連携のためには、各分野で用いられる単語の対応を記した辞書が有用である。このような対応を記した辞書の一つにシソーラスがある。データベース化されたシソーラスは木構造や表形式で成り立っているものが多い。WG4 では、バイオミメティクスにおける異分野連携を支援する、データベース化されたシソーラスを作成について検討し規格を作成する。

このような大きな役割を果たす WG4 の設置を提案するためには、提案者に規格作成の経験が備わっていることが要求される。ISO の規格作成には、厳しいルールがあり、確実に規格作成が行われることが参加国に理解されなければ、新しい WG の設置は認められない。設置が認められた背景には、JST（独立行政法人 科学技術振興機構）が作成している科学技術用語のシソーラスの存在がある。JST は、科学技術用語辞書の上位語・下位語、関連語、共出現語を整備し、それを可視化した「JST シソーラス map」(<http://thesaurus-map.jst.go.jp/>) (Fig.1) を公開している。筆者は、WG4 の設置を求めるプレゼンテーションで、このシソーラスマップを紹介している。

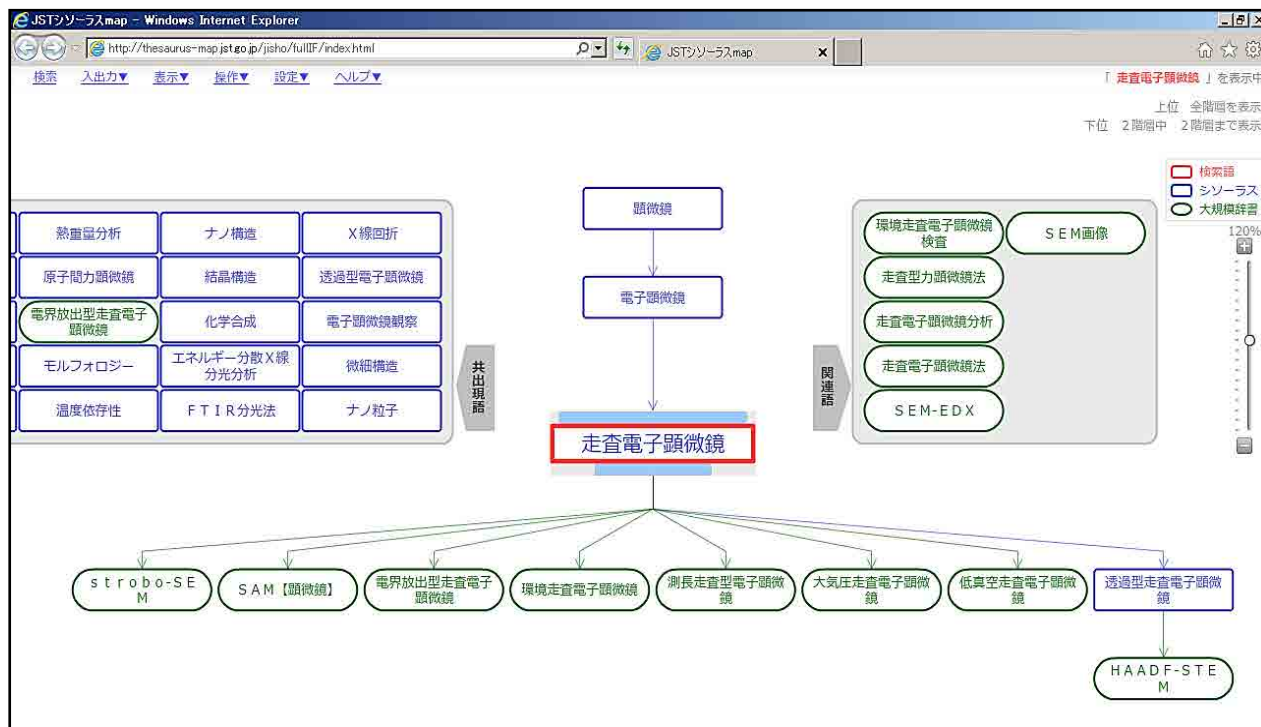


Fig.1 JST シソーラス map

3. バイオミメティクス・データベースの産業貢献への展開

ISO/TC266 において対応が進められる中、それと並行して対応しなければならない重要な課題が存在する。提案する規格が早期に産業貢献する仕組み作りである。

『生物多様性を規範とする革新的材料技術』（平成 24 年度科学研究費補助金 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））のメンバーである筆者は、広く画像処理について研究を行い発想支援型の画像検索手法を提案してきた⁽¹⁾、⁽²⁾。画像や映像などの非構造化データの特徴を分析し、異なる分野に蓄積された異なる種類のデータを有機的に連携することで、検索者に気づきを与え発想を支援する理論体系の構築を目指している⁽³⁾。この理論に基づき、バイオミメティクスの異分野連携を支援する発想支援型画像検索基盤『バイオミメティクス・データベース』を実現する試みが、先に述べたプロジェクトで進められている。バイオミメティクス・データベースは、今まで昆虫や鳥類、魚類などの分類ごとに個別につくられた博物学データベースの情報を統合するだけでなく、異なる研究分野の研究者の利用を可能とし、さらには、産学問わず広く工学系研究開発者が望む情報を検索可能な環境を提供する。筆者が先行する他プロジェクトで実装を試みた昆虫画像検索エンジンのインタフェースを Fig.2 に示す。

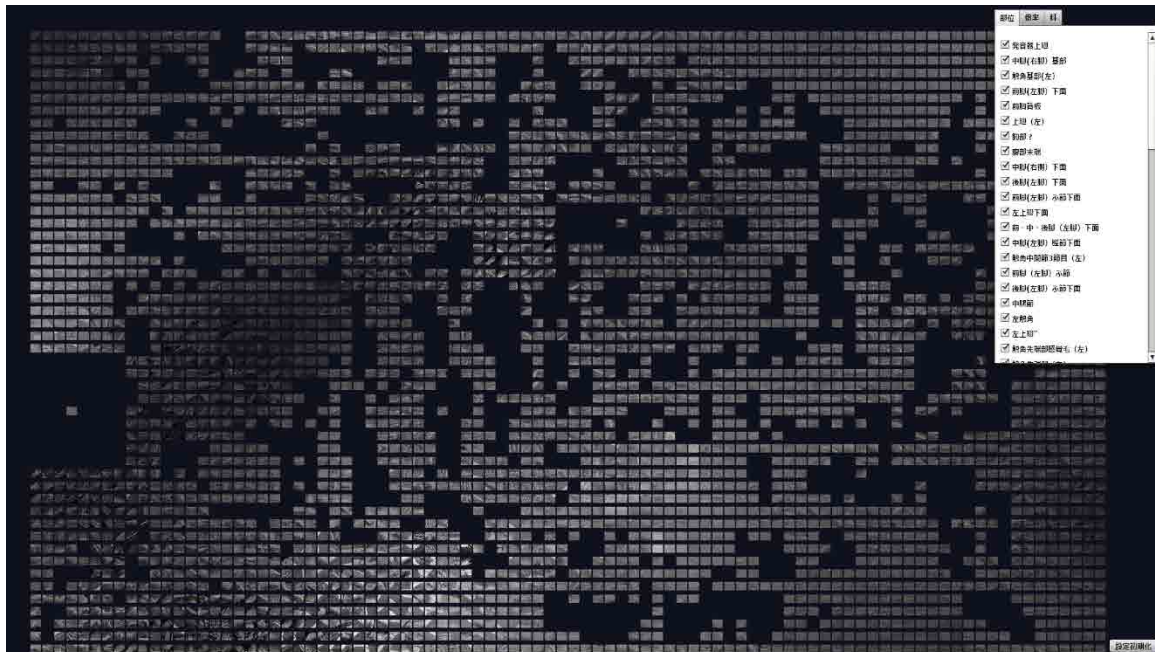


Fig.2 画像検索インタフェース

4. まとめ

沢山の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。ISO/TC266 が、規格作成のための TC とならずに、社会基盤を担う産業創出と言う当初の役割を果たすよう、著者も国内審議委員の一人として微力ながら尽力したいと思う。

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, **2010**, 2293, 9, 764-769
- (2) Miki Haseyama, Takahiro Ogawa, Nobuyuki Yagi: " A Review of Video Retrieval Based on Image and Video Semantic Understanding, " *ITE Transactions on Media Technology and Applications*, **2013**, 1, 1, 2-9.
- (3) Miki Haseyama, Takahiro Ogawa: "Trial Realization of Human-Centered Multimedia Navigation for Video Retrieval, " *International Journal of Human-Computer Interaction*, **2013**, 29, 2, 96-109.

所属機関：独立行政法人 科学技術振興機構

北陸先端科学技術大学院大学

氏名：奥和田 久美



ビッグデータ時代の新たな価値創造

1.はじめに

最近、ビッグデータという言葉をあちこちで聞くようになったが、皆さんはどの程度、意識しておられるだろうか？ ビッグデータに明確な定義はないが、巨大なデジタルデータの総称であるとともに、単にデータ量が大きくなるという以上のことが起こりつつあることを指している。インターネットの登場が我々の生活環境や産業構造を大きく変えたように、「暮らし」の情報にはさらに革命的な変化がもたらされつつあり、同時に「科学」にも「研究」にも大きな変化の波がやってきている。産業界が注目するのは当然であるが、ここでは主に「科学」や「研究」において起こりつつある変化やその背景から、ビッグデータのもたらす意味をあらためて考えてみたい。

2.すでに起きつつある変化

2.1 「暮らし」が変わる

天気予報は、かつては気象庁や気象予報士だけが教えてくれるものであったが、現在では各地のごく一般の人からの情報提供だけで、日本全国の天気を知ることができる。また、今どこで風邪が流行りつつあるのかは、リアルタイムのつぶやき表示で知ることができ、個人個人の予防行動にも風邪薬の出荷情報にも役立っている。世界中の感染症の流行・自然災害情報・事故現場の様子などは、メディア報道や政府公式発表よりもずっと早く地図上に現われ、その場のリアルタイム画像も送られてくる。地震国の日本では、東日本大震災の際に発信された個々情報の統合データが、次の震災の備えとして準備されつつある。ビッグデータは産業やビジネスだけでなく、公共サービスなど社会生活への影響力が大きい。

2.2 「研究」が変わる

世界中で研究成果の電子化が進み、特に生物医学系ではオープンアクセス化率がすでに50%を超えたとされている。世界の図書館所蔵書誌データベース WorldCat の整備は、10

億件までは34年もかかったが、20億件に達するには7年8か月しかかからなかった。もうじき図書館という建物は、古文書を現物で研究する人のみが行くところになるのかもしれない。2010年から計画されたDigital Public Library of Americaの構想はより壮大であり、そこでは図書館と博物館の境もなく、デジタル化できるものがすべてオンライン資源として検索できる。論文には文字・図・写真だけでなく動画掲載も可能になり、実験の様子を動画掲載するジャーナルも登場している。Mendeleyでは世界中の研究者が先行研究の書誌情報をアップすることで、自動的に世界最大級の書誌データベースができあがった。また、オープンアクセス化の進展とともに登場した、即時に論文のインパクトが評価できるAltmetricsは、専門家によるピアレビューの意味や必要性をあらためて問いかけている。米国では、主に基礎研究を支援する米国科学財団(NSF)が研究評価基準を改訂し、「知的メリット」と「より幅広いインパクト」を等しく評価することとし、研究の成果物を論文や特許以外にもデータセット・ソフトウェア・著作権などまで拡大した。

2.3 「科学」が変わる

「科学」の世界に、「データ集約による科学的発見」という第4のパラダイムが生じつつあるとの認識がある。第1のパラダイムは観察、第2は解明、第3はシミュレーションであったとされるが、近年はさらに、宇宙・地球・生命などありとあらゆる科学の領域で、膨大なデータの集約処理から、桁違いの知識が、しかもかなりのスピード感をもって得られるようになった。この結果、知の世界がこれまでとは全く違うフェーズに入った。科学において、研究という行為がある1点の凝視から、線・面・空間のような俯瞰性をもったメタ的あるいはシステム的なものに変容しつつあり、そこから新たな発見が生まれるようになった。1990年代に、情報のノーベル賞とも言われるチューリング賞受賞者のJim Grayは、「ビッグデータのチャレンジは市場からではなく、科学の世界からやってくる」と述べ、今日の科学の大きな変化を予想した。

3. ビッグデータの背景と特徴

このような変化の背景には、情報量の爆発的増大がある。有史以来、種々の技術の発展によって情報量は拡大傾向が続いてきたが、1900年代後半から情報量拡大のスピードが増し、2000年以降はさらに加速して情報量が爆発的に増大するようになった。

現在の我々は、多くの技術向上の恩恵を受けている。情報処理能力は、30年前のスーパーコンピュータ以上の能力のスマートフォンを個人所有することができる。記録コストは10年前の0.25%程度まで低減したが、クラウドや仮想化技術によって、データの個別保存や記録所有の必要性自体が喪失しつつある。得られる情報は多様であり、自動収集されて、We

b上にリアルタイムで公開されていく。通信速度向上と情報のオープン化が進み、定額の通信料だけで多くの動画・音楽や報道情報が入手できるようになった。Wolfram、Siri などの利用は、好きな時に最速のスーパーコンピュータを対話という形で使用していることになる。大学の講義も無料で提供され始め、世界中の高校生が有名大学の講義を受けられるようになり、オープンアクセス化によって研究者でなくとも多くの論文を自由に読める。科学の知識は特定の国や組織のものではなくなり、オープンサイエンス時代が始まるとの期待もある。データ所有の既得権は失われ、むしろデータ所有はセキュリティコストを生じるマイナス要因となりつつある。我々はデータを利用すると同時に、位置情報や嗜好などの情報を無意識のうちに提供もしているが、性善説に立つならば、これを情報の民主化と考えることもできる。

ビッグデータの特徴は、データの Volume、Velocity、Variety の「3 V」にあると言われている。

Volume は従来とは桁違いの「多量性」を、Velocity は発生頻度・更新頻度の高さリアルタイム性を、Variety は既存概念を超える「多種性」を備えていることを、それぞれ指している。

4. アカデミアによる注目のきっかけ

世界中のアカデミアがビッグデータを注目したきっかけは、2012年3月の米国政府による「ビッグデータ研究開発イニシアティブ」の発表ではなかっただろうか。米国の喫緊の課題解決に役立てることを目的に、大規模で複雑なデジタルデータから知識や洞察を引き出す能力を高める、という研究開発の推進である。このイニシアティブは、オバマ政権の科学技術イノベーション政策の5つの柱のひとつであり、ここでは、ビッグデータはインターネットと同等のインパクトを世界にもたらしうると見なされている。具体的目標は、①大量なデータの収集・蓄積・保存・管理・分析・共有のために必要となる最先端の革新的技術を前進させる、②それらの技術を科学と工学における発見の速さの加速・国家安全保障の強化・教育と学習の変容のために利用する、③ビッグデータ技術の開発とその使用に必要とされる労働力を増強する、ということである。米国の各省庁やファイディング機関は、各研究分野において、このイニシアティブに対応する施策へのファンディング方針を発表し、米国内の多くの学協会もそれぞれの分野で対応する研究開発を模索している。

この動きは、EUプロジェクトをはじめ、世界のIT戦略や科学技術イノベーション政策に影響を与えている。例えば、米国科学財団(NSF)は、日本の文部科学省に対して、災害に対する堅牢性(ロバストネス)および回復力(レジリアンス)の強化に関して、ビッグデータを活用した幅広い分野の日米研究協力を提案してきている。

なお、米国では 2013 年 5 月に政府関連データ公開を義務付ける指令が大統領署名され、Open Data Policy に基づく各施策も開始されたところである。このなかには公的投資による研究成果のオープンアクセス化推進も盛り込まれていることもあり、米国のアカデミアにはビッグデータとオープンデータの推進は一体的に受け取られているようである。最近の日本の IT 戦略でも、ビッグデータやオープンデータという言葉が出てくるようになったが、具体性についてはまだこれからというところである。

5. データ構造の変化

データは構造でみると「構造化データ」と「非構造化データ」に大別でき、ビッグデータではこの両データが増大していく。

構造化データとは、データベースのような一定の形式で格納されて処理されるデータを指し、このようなデータはシステムティックに拡大する。例えば、ゲノム解析技術は 2000 年代にシーケンサの向上で飛躍的に向上した。第 1 世代のシーケンサによるデータ蓄積スピードとコスト低減は集積回路におけるムーアの法則程度の向上であったが、2008 年頃からの第 2 世代に入ると別次元の向上となり、単位時間あたりのデータ蓄積量は 5 年で 1 万倍以上になった。コストは 10 年間で 10 億分の 1 程度まで低下し、特定種のゲノム解析といった基礎的な解析研究は、個々人の遺伝子情報を提供できるサービスへと変容しつつある。

一方、非構造化データとは、文書・画像・センサー信号など、形式も格納場所も様々であるデータである。コンピュータの利用範囲が広がるにつれて、特に非構造化データがカスケード的に急増し、将来は非構造化データがデータの大半を占める構造になっていく。特定の視点だけから見れば、非構造化データは、価値密度の極めて低い、ごみデータの山である。従来の統計学はデータベースを中心とする構造化データが分析対象であったが、これからのデータ・サイエンティストは非構造化データから新たな価値を見出すことが仕事になるだろう。

非構造化データの規模が膨大になっていく理由には、Web 上のデータ発信と収集が容易になったこと、モバイル機器からのデータ収集や種々のデバイスからのデータ収集が容易になったこと、そして大量データを扱える蓄積・処理技術が進展したことなどが挙げられる。Web 上の文書や画像などを周期的に取得し、自動的にデータベースに収集する crawler という回収プログラムにより、検索という概念が発達した。Facebook や Twitter などの SNS の拡大に加え、大容量の映像データのサイトへの投稿が、日々、ネット上で急増している。GPS や監視カメラの整備により、位置情報を含む画像データが利便性と社会の見守りのために自動的に蓄積されている。また、あらゆる「モノ」を Web につなぎネットワーク化するという考え方である「モノのインターネット」(Internet of Things : IoT) の具体化と進展があり、生活環境に存在する多くの機器から信号データが常時集まる状況に進みつつある。一

方、非構造化データの処理を進展させるためには、巨大なデータセットが様々なコンピュータ上に分散して格納されている状況下でデータ処理を並列的に行なうことが有効であり、世界規模の開発貢献者コミュニティによって Hadoop プロジェクトが進められている。データの構造変化に追随する処理技術はこれからも進展していくことだろう。その結果、形式の異なるデータが関係性をもちはじめ、予想外の相関が次々と発見されていくに違いない。また、ビッグデータの研究開発の推進によって、過去・現在の知見が将来予測へとつながっていくはずである。

6. ビッグデータからの価値創造

データ・サイエンティストや情報ビジネス関係者以外のほとんどの人にとって、関心を寄せるべきは、データ処理技術そのものではなく、ビッグデータから得られる価値にあるだろう。

ただし、その前提として、まずは判断する立場の者、すなわち、組織を管理する者、戦略を立てる者、研究開発を進める者などに、データインテンシブ、データドリブンのマインドがあるかどうかポイントである。残念ながら、データによって判断し、次の戦略を立てるという習慣は、少なくとも日本ではさほど根付いていない。

また、個々の科学者・技術者は、データを可視化して、新たな知という価値を創出できるかがポイントになる。従来の科学研究は、ややもすると観察や実験によってデータを作成することのみに力点が置かれる傾向があった。しかし、世界的な知の競争時代である現在では、データの多くは「すでにある」あるいは「常に生まれていく」状態であり、さらには極めて早く公開されるようになってきていることにも目を向けるべきである。

また、ビッグデータの利活用推進が可能かどうかは、おそらく多くの専門分野にとって、情報技術との融合的な取り組みができるかどうかにかかっている。日本では過度の規制により、サービス業・農林水産業などにおける ICT 技術導入の遅れ、医療データの未活用、政府の電子化の遅れなどが問題視されている。また、科学においても、バイオインフォマティクスなど融合的な研究がなかなか進まなかった過去の例がある。オープンアクセス化が進む時代にもかかわらず、論文の電子化すら進んでいない研究分野も散見され、発展性が懸念される。

構造化データにしる、非構造化データにしる、それらから価値を抽出できるデータ・サイエンティストの需要は一層増していくことになる。データ・サイエンティストの役割は、非構造化データを構造化データに変え、価値を抽出しやすくすることにあると言ってもよいであろう。一方、多くの分野の研究者・技術者も、個々の専門性に関らず、なんらかのデータ処理スキルの向上が求められるようになっていくだろう。ビッグデータを活用できるかどうか

かは、これからの研究開発の成果に決定的な差をつけることになる。

世界の知の競争時代に乗り遅れないために、専門領域にかかわらず、我々は、ビッグデータからの価値創造の十分な恩恵を受けられるように、一刻も早く準備をはじめないといけない。

7. まとめ

ビッグデータに明確な定義はないが、巨大なデジタルデータの総称であるとともに、単にデータ量が大きくなるという以上のことが起こることを指している。すでに存在し、Web上に蓄積されているのに活用されなかった膨大なデータの中から、有意な情報を抽出し、新たな価値の創出を図ろうとする世界の研究開発の動きがあり、この動きこそ、ビッグデータが大きな関心を集める理由である。ここでは「データのもつ価値が分かる」「価値を引き出すデータ処理ができる」ことが意味をもち、それらから得られる新たな知に対して「次の行動が引き起こされる」ことにこそ最大の意味がある。

個々の情報に着目するならば、情報セキュリティやプライバシーの保護など、情報自体に関する種々の問題は依然として存在し、法整備や規制緩和は追い付いていない。しかし、ビッグデータの利活用は、個々情報のやりとりとは別次元のものと捉えられるであろう。少なくとも科学や教育においては、世界は確実にオープンサイエンス・オープンエデュケーションの方向へ向かっている。

爆発的に増大するビッグデータを統計的に扱うことで、マクロにもミクロにも意味ある価値を見出だそうとするデータ集約の技術は、世界中で間違いなく加速的に進展していく。それは、我々の社会生活や研究スタイルをさらに変化させ、21世紀の知の世界を大きく変えていくに違いない。

参考文献

- (1) 野村稔, 奥和田久美, “ビッグデータの研究開発推進の注目点”, 研究技術・計画学会, 第27回年次学術大会, 2012
- (2) 野村稔, 米国政府のビッグデータへの取り組み, 科学技術動向”, 2012, 9・10月号
- (3) 樋口知之, “データ・サイエンティストがビッグデータで私たちの未来を創る”, 情報管理, 2013, 56 (1)
- (4) 城田真琴, “ビッグデータの衝撃 巨大なデータが戦略を決める”, 東洋経済新聞社, 2012
- (5) Tony Hey, Stewart Tansley, Kristin Tolle, “The Fourth Paradigm: Data-Intensive Scientific Discovery”, *Microsoft Research*, 2009.

所属機関：独立行政法人 科学技術振興機構

氏名：恒松 直幸



異分野融合を支える知識情報基盤 ～シソーラスを用いた分野横断検索について～

シソーラス検索とは何か～Google は万能ではない～

科学技術のどの分野でも、先行研究を参照することは重要である。これにより、少なくとも、無駄な努力を回避できる。また、先行研究を系統的、網羅的に把握できれば、いわゆる Research Frontier を可視化し、研究開発活動を戦略的に計画することができる。

先行研究を参照する事のこのようなメリットを念頭に、独立行政法人科学技術振興機構（以下、JST: Japan Science and Technology Agency）は、科学技術論文およびその書誌情報を収集し、電子的に検索できる情報提供事業を日本の高度経済成長の初期から提供してきており、日本の科学技術の発展に寄与してきたと自負している。

先行研究を参照するためには、先行研究が蓄積されたデータベースを検索する必要がある。検索といえば、Google。こう言い切っても過言ではない程、Google は広く利用されている。しかし、Google のようにキーワードを用いる検索は、様々な検索の中の一つに過ぎない。たとえば、大型書店では、書棚にジャンル名を表示することで、顧客が書籍を見つけやすくしている。図書館では、図書十進分類法にしたがって書架配列を行っている。名簿は、氏名五十音順に並べることで検索が容易になっている。このように、検索には様々な手法がありキーワード検索はその一つに過ぎない。どの検索が適しているかは、検索の目的と検索されるデータの性質によって決まる。

検索についても、他のサービスと同様に、品質を定義することができる。例えば、検索速度は、検索品質の一つである。では、先行研究を参照するための検索に要求される品質とはどんなものであろうか。

網羅性、つまり必要とする情報をすべて拾上げることは、重要な品質である。また、この裏返しで必要としない情報が自動的に捨て去られることも重要な品質である。このような検索の品質を向上させる工夫の一つにシソーラス（Thesaurus）がある。

シソーラスがカタカナ表記されるのは適切な和訳が見つからないからであるが、あえて和訳すると「同意語検索付き専門用語電子辞書」とでもするしかないであろう。

シソーラスは、あらかじめ検索に用いる単語を制限しており、通常は分野別の専門用語だけが登録される。これは、その専門用語を理解できる利用者が、専門用語が使われている論文などの情報を検索することを想定していることに因る。つまり、シソーラスはプロ仕様の検索手法である。専門用語は、日常言語と比較して、曖昧性が低い。よって、専門用語をキーワードとして、専門用語が使われている情報を検索すれば、不必要な情報が拾われてしまう可能性が低い。

シソーラスの重要な働きの一つは、表記の揺れ、語形変化、同意語を吸収できることである。例えば、“program”と“programme”は米語と英語の違いであるが、シソーラスでは、通常、同一の単語とみなす。また、“adhesion”、“adhesive”、“adhesiveness”は語形変化であり、これらも同一の単語とみなす。更に、“water repellent”と“hydrophobic”は同意語として取り扱うことができる。

このように、シソーラスは専門用語だけから成る電子辞書であり、専門用語間に検索目的のためには同意語とみなせるという関係が埋め込まれている。このシソーラスを用いて検索すれば、単純なキーワード検索に比べて、検索結果の網羅性が飛躍的に向上する。JST 情報提供事業では、JST が維持管理し続けて来ているシソーラスを提供しており、研究成果の網羅的、系統的参照に威力を発揮している。

分野横断検索のためのシソーラス

バイオミメティクスとは何か、どのような特徴をもった開発手法か。答えは自明ではない。実際、先般パリで開催された ISO/TC266 会合においても、バイオミメティクスの定義をめぐって半日に及ぶ議論が戦わされた。この結論はいずれ公開されるが、ここでは、とりあえず、生物の優れた能力に学び、その機構を明らかにし、工学的な課題解決に応用する開発手法と定義しておく。この定義を読めば、生物の機構を明らかにした成果が工学者に利用可能な形で整理されていることがバイオミメティクスにとって必須であることが分かる。

JST 情報提供事業にとって、これは大きな挑戦である。バイオミメティクスでは、成果は生物学者によって創られ、公表される。ところが、この成果の利用者は生物学の知識をほとんど持たない工学者であり、二つのディシプリンでは専門用語がまったく異なる。つまり、工学の専門用語から構成されたシソーラスを用いて、生物学の専門用語を用いた論文を検索しても良い検索結果が得られない可能性がある。

JST 情報提供事業では、限定的ではあるが、分野横断的なシソーラスをすでに提供してきている。例えば、「軽量化」というキーワードで工学の中の複数の分野を横断的に検索できる

仕組みを提供している。この JST シソーラスは、工学分野の専門用語を「何かを軽量化する」という課題に対する関連性によって整理することで分野横断的な検索ができるように工夫している。

一番単純なシソーラスは、専門用語の集合に「同意」という関係だけを定義したものであるが、これに加えて、「同意」以外に「反意」や「階層的な上下関係」を定義することもできる。上述の JST シソーラスでは、「軽量化」という目的に対して、手段となりうる専門用語を結びつけることで、「目的=手段関係」を定義している。このように、シソーラスは設計指針を反映する余地がある。

では、バイオミメティクスに適したシソーラスの設計指針とはどのようなものだろうか。たとえば、ハスの葉の表面も、アザラシの対表面も撥水性を備えているが、所与の環境で生き延びるとい生物が直面する課題との関連で考えると、二つの撥水性はまったく異なる。アザラシの撥水性は、極寒の海で体温を維持するという目的に対して備えている複数の手段の一つであるが、ハスの葉の表面の撥水性は、体温の維持とまったく関係ない。つまり、二つの撥水性は同意語ではないと考えることもできる。

「生物の優れた能力に学ぶ」というバイオミメティクスの基本的発想に素直に従うならば、その優れた能力を環境との関連で理解することが必要であり、その結果を反映する形でシソーラスを編成するのが素直な設計指針ではないだろうか。

所属機関：株式会社積水インテグレートリサーチ
氏名：佐野 健三



産業界との連携 ーバイオミメティクス普及の鍵ー

「積水化学 自然に学ぶものづくり研究助成プログラム」は今年で12回目を迎えます。これまで総計154件の研究助成をおこなっています。「ものづくり」と称しているわけですから数々の応用製品が出てきてもおかしくないのに、いまだ大化けのものはありません。何故なのか、どこにそれを阻む原因があるのかを探ります。

1（積水の取り組み）

自然に学ぶものづくりという言葉はたいへん魅力的な響きがありますが、どのようなしくみで定常化させるかは難しい課題です。いち早く標榜してきたわが社ですから自然に学んだ製品をより多く世に出すよう、経営陣から日々要請されています。積水では自分たちの使用する原材料を石油依存からの脱却を目指しています。

2（大学での研究と企業での製品開発の違い）

研究助成を始めて12年目を迎えるにあたり、各方面から早く「ものづくり」を実現してほしいとか、早く「ものづくり」を実践する仕組みを構築してほしいということを要望されております。ところが、大学と企業ではもともとその使命が異なるため、連携するにはいくつかの課題があります。

大学	企業
・論文優先 ・試験管での検証 ・基礎研究も大きな使命で製品から遠い ・学際連携は掛け声のみ	・世界初 ・研究費困窮 ・技術競争力 ・M&A
・利潤追求 ・50年先の実現には興味なし ・開発資金と回収計画	・実現可能性の検証 ・興味なし ・社会的責任

3 (企業のジレンマ)

- ・魅力ある新製品が出ない
- ・従来の成長戦略と同じでは打破できない
- ・自然に学ぶ=バイオミメティクスに対する期待は大きい
- ・環境貢献製品を意識しているがほんとに貢献しているのか？
実は環境破壊しているのでは？
- ・結局、化学のすべては石油に依存している現状
- ・カンパニー制（当該事業領域は執行役員に任せる）の多用で本社R&D機能の衰退
- ・上市条件 売り上げ規模、利益率、市場占有率……看板（評判）狙い

4 (バイオミメティクス推進協議会（仮称）) に求められる機能

- ・コーディネイト

全体を俯瞰できる人材が圧倒的に不足しています。技術の本質を理解し、組み合わせを考え、フィージビリティスタディし、開発の工程を組み、製造方法がイメージでき、ロジスティクスまで見通せる人材です。(図1参照)

これがすべて一人でできるものではないので、複数人のチームが必要と思われる。

時としては自治体や国の支援を受けられるような調整機能も求められる。

- ・コンサル、教育

アカデミアの持つシーズを発信し、企業の持ち込むニーズに対応できること。

各種講習会、実用化過程の発表会などもおこなう。

- ・ISO認証

ISO/TC266で現在討議されているが、まだ認証要件とか認証機関は定まっていません。少なくとも委員会メンバーはバイオミメティクス研究会の会員がこれにあたっているので、今後の動向や認証に向けての準備、指導は可能である。

5 (ネイチャーテクノロジー研究会の試み)

2030年の環境制約のなかでワクワクドキドキするような心豊かな暮らしのかたち(ライフスタイル)を描き(バックキャスト手法)、それに必要なテクノロジーを自然の中を探し、「持続可能」というフィルターを通じてリデザインされたテクノロジーを創り出す試みである。具体的な事例で紹介する。

所属機関：帝人株式会社

氏名：平坂 雅男



バイオミメティクスの産業利用促進 －世界動向と日本の課題－

1. はじめに

バイオミメティクスは、自然や生物からその構造、機能、プロセスなどから着想を得て、新しい技術の開発やものづくりを行う科学技術を意味している。日本国内では、バイオミメティクスを活用した製品がいくつか市販されているが、バイオミメティクス技術の体系化がなされていないために、多くの場合には試行錯誤で研究開発が行われている。しかし、バイオミメティクスという融合領域での研究が、最近になって日本国内で活発化している。例えば、高分子学会に「バイオミメティクス研究会」が2012年に発足し、また、文部科学省科学研究費新学術領域として「生物規範工学」（代表 東北大学下村政嗣教授）が2012年度に採択され研究がスタートしている。一方、経済産業省から高分子学会が委託を受け、ISO（国際標準化機構）による標準化の活動が、TC266（TC: Technical Committee）Biomimeticsとしてスタートした。

このような日本国内の動きに比べ、海外の動きは速い。本発表では、海外のバイオミメティクスの動向を紹介し、また、日本の課題について述べる。

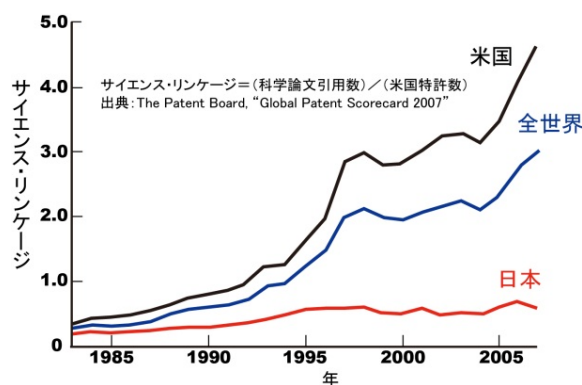


図1 サイエンス・リンケージの推移

2. 新産業創造の期待

特許出願において先行技術として引用する学術論文数を指標とするサイエンス・リンケージの推移は、米国特許出願では図1に示すような状況である。技術の権利化とも呼べる特許出願はサイエンスとの関係が深く、サイエンス・リンケージは近年増加している。すなわち、産業化に結びつく技術開発には、サイエンスの基盤に基づくものが多く、逆の意味では、新たな学術領域の発展は、産業における技術革新のチャンスとなると考えられる。すなわち、新たなサイエンス領域で先駆的な企業が、この分野の将来産業をリードする立役者となる可能性が高い。バイオミメティクスの学術論文数が、年々増加していることから、産業への応用展開が活発化することは時間の問題であり、今こそ、日本企業がバイオミメティクス研究に本腰を入れるべきである。

3. 米国の動向

米国科学アカデミーは、2008年に「Inspired by biology: from Molecules to Materials to Machines」と題する提案を行い、DOE、NIH、NSFなどの機関における学際的プログラムの推進を指摘している。さらに、2010年にサンディエゴ動物園から報告された「Global Biomimicry Efforts: An Economic Game Changer」では、15年以内に年間3,000億ドルの国内生産の可能性が示されている。また、2009年までの“biomimicry”という単語が含まれる特許出願は、米国特許商標庁のデータベース検索で900以上あることが報告されている。一方、Janine Benyusが設立者の一人であるBiomimicry 3.8というNPOが「B Corporation 認証」を受け、Ask Nature.orgのサイトを運営している。

4. 欧州の動き

(1) ドイツ

2012年10月に開催されたハノーバーメッセでは、バイオミメティック製品を開発する企業が製品展示を行っていた。大きな話題は、Festo社のトンボの飛行を真似たロボット“BionicOpter”である。翼を広げた幅は63cm、重量が175gのBionicOpterは、空中に静止、滑空、ホバリングするなどあらゆる方向に動くことができる。実際、メッセの会場では、BionicOpterのデモンストレーション飛行が行われていた。

一方、ルフトハンザの機内誌でも紹介されているが、エアバスA340-300にサメ肌コーティングのテストが実施されている。サメ肌コーティングにより空力抵抗を低減させ、エネルギー消費を削減する目的で、実用化研究が行われている。フラウンホーファーで開発された最先端のワニスガ、サメ肌を模倣する構造を作りだしている。

(2) フランス

フランス上院から「持続可能に寄与する科学技術-生物多様性は打撃か、チャンスか？」と題した報告書が2007年に発表され、また、エコロジー・持続可能開発・国土整備省(CGDD)は、「グリーンエコノミクス実現のためのバイオミメティクスの役割に関する調査報告」を2012年に公表している。この政府政策と連携した形で、パリから北へ50kmのサンリス(Senlis)市にヨーロッパのバイオミメティクス研究拠点の構築がスタートした。サンリス市のバイオミメティクス研究拠点は、研究開発のみならず、産官学連携のインキュベーションセンターとしての役割も担っている。

一方、投資ファンドを有する研究支援組織も活発化している。“Biomimetic”やパリ地域イノベーションセンターなどがその例である。さらに、生物多様性に基づく戦略をコンサルティングする“Institut INSPIRE”も、研究開発支援に力を入れている。

5. 日本における産業発展の課題

日本での動きは、新学術領域「生物規範工学」に関わる研究メンバーが研究開発の先陣を務めているが、バイオミメティクス関連の政府政策や提言もなく、また、産業界においても学際的な連携体制が構築されていない問題がある。

特に、従来のものでづくり型の研究開発や材料開発プロセスにパラダイムシフトを起こすためには、生物学者との会話を活発化させ、バイオミメティクスの原点となる“新たなきづき”の機会を得るための方策が必要である。この観点からも、産業分野の技術者や企画スタッフがバイオミメティクスの研究者と連携できるコンソーシアムの構築が必須である。さらに、真のバイオミメティクスの推進のために標準化が戦略の一つとして活用できることも考慮し、世界の動きに追従する体制づくりが必要である。