

領域略称名：生物規範工学  
領域番号：4402

平成26年度科学研究費補助金「新学術領域研究  
(研究領域提案型)」に係る中間評価報告書

「生物多様性を規範とする革新的材料技術」

(領域設定期間)

平成24年度～平成28年度

平成26年6月

領域代表者 (千歳科学技術大学・総合光科学部・教授・下村政嗣)

# 目 次

## 研究領域全体に係る事項

1. 研究領域の目的及び概要	2
2. 研究組織（公募研究を含む）と各研究項目の連携状況	4
3. 研究の進展状況	6
4. 若手研究者の育成に関する取組状況	9
5. 研究費の使用状況（設備の有効活用、研究費の効果的使用を含む）	10
6. 総括班評価者による評価	11
7. 主な研究成果（発明及び特許を含む）	14
8. 研究成果の公表の状況（主な論文等一覧、ホームページ、公開發表等）	18
9. 今後の研究領域の推進方策	24

# 研究領域全体に係る事項

## 1. 研究領域の目的及び概要（2ページ程度）

研究領域の研究目的及び全体構想について、応募時に記述した内容を簡潔に記述してください。どのような点が「我が国の学術水準の向上・強化につながる研究領域」であるか、研究の学術的背景（応募領域の着想に至った経緯、これまでの研究成果を進展させる場合にはその内容等）を中心に記述してください。

本領域の目的は、「生物多様性」すなわち「高炭素世界の完全リサイクル型技術」に学んで新しい技術規範（パラダイム）を体系化した「生物規範工学」を創生することにある。細胞内部や表面に形成される数百 nm～数ミクロンの「サブセラー・サイズ構造」が持つ機能の解明によって「生物の技術体系」を明らかにし、生物多様性と生物プロセスに学ぶ材料・デバイスの戦略的設計・製造を達成する。人類の自然認識体系として本来一体のものであるべき、自然史学、生物学、農学、材料科学、機械工学、情報学、環境政策学、社会学を再架橋して、オープン・イノベーションのプラットフォームたる「バイオミメティクス・データベース」を構築するとともに、生物学と工学に通じた人材を育成する。環境政策に基づくソシエタル・インプリケーション（社会的関与）の観点から、新たな「科学・技術体系」としての「生物規範工学」を確立し、「持続可能性社会」の実現に資する。

### ①どのような点が「我が国の学術水準の向上・強化につながる新たな研究領域」であるか。

生物は、長い進化の過程で様々な地球環境に適応し、多様性を獲得した。ほ乳類であるヒトは、さらに“進化”をして「人間」となり、自然に働きかけてモノやエネルギーを作り出す「技術体系」を構築した。産業革命やIT革命以来、「人間の技術体系」は、「化石資源や原子力をエネルギー源」とし、「鉄、アルミ、シリコン、そして希少元素」を原料として、「リソグラフィ」等の加工技術を駆使してモノを作り情報や価値を生み出してきた。一方、生物は、「太陽光や化学エネルギー」を用いて、「炭素を中心とする有機化合物」を、「分子集合や自己組織化」によって、「時間」をかけながらモノを作る、「生物の技術体系」と言うべき仕組みを持っている。「人間の技術体系」とは「違うプロセス」で作られ、「違う原理」で動き、「違う方法」で制御される技術システムである。例えば、蓮の葉は“テフロン”を使うことなく超撥水性を実現し、ヤモリは“ポストイット”なしで天井に張り付き歩きまわる。ヘビは化合物半導体を用いることなく赤外線を感知出来る。さらに昆虫や植物は、ヒトを頂点とするほ乳類の進化とは別の進化の極みだとも言われており、乾燥地、湿地帯、寒冷地、熱帯などの様々な環境（場合によっては「極限」とも言える環境）でも生命活動を維持することができる。生物は、「人間の技術体系」とは対極にある「生物の技術体系」によって、適応と機能の多様性を実現している。

本申請は、我が国が最も不得意とする異分野連携を組織的・体系的に行い、「生物の技術体系」の解明を通じて「生物模倣技術（Biomimetics）」ならびに「自然史学・生物学」研究の学術水準の強化と向上を図ることで、新たな学術領域・技術体系である「生物規範工学」を体系化する。これにより、「知」の資産を創出するとともに、我が国の科学・技術を文化として育むことに資するものである。また、「環境」「エネルギー」「資源」は、人間活動の現在と未来に関わる重大なキーワードであり、「低炭素社会」の実現は「持続可能性」にとって喫緊の課題であることに議論の余地はない。「生物の技術体系」は、「人間の現行の技術体系」とは違い、化石燃料を使わず、多量の希少元素を必要とせず、環境に適応できる技術体系である。「生物規範工学」は、「生物の技術体系」に「人間の叡智」を組み合わせることで、“「高炭素世界」の模倣がもたらす「持続可能性」＝「低炭素社会」”を実現する新たな技術体系である。

### ②研究の学術的背景

今世紀に入り欧米を中心に、「生物模倣技術」が改めて注目され始めている。1930~1940年代にナイロンや面状ファスナーが発明されるなか、1950年代後半に生物学者により「バイオミメティクス」の概念が提唱され、1970年代~1980年代にかけて第一世代とも言うべき Biomimetic Chemistry の勃興により「分子系バイオミメティクス」が体系化された。ロボティクスやセンサーの分野では比較的早くから「機械系バイオミメティ

クス」が注目されていた。そして、ここ十数年のナノテクノロジーの進展と相俟って、「材料系バイオミメティクス」とも言うべき新しい研究の潮流が展開されはじめた。生物細胞のサイズは約 10 ミクロンであるが、その表面や内部には、ナノからマイクロにわたる階層的な「サブセルラー・サイズ構造」がある。電子顕微鏡を駆使した自然史学者・生物学者は、生物の特異な機能の発現には特徴的な構造が対応することを見出していた。近年、類似のナノ・マイクロ構造を人工的に再現できるようになったナノ材料・ナノ加工研究者が、生物機能の発現機構の物理化学的解明と、材料やデバイスへの応用を図り始めている。この流れは、自然史学・生物学からの問題提起をナノテクノロジーによって解決し工学的に応用する点にあり、とりわけ欧米におけるバイオミメティクス研究中興の背景には、学術の融合を重んじる文化的風土と積極的に異分野連携を誘う科学技術政策がある。一方、我が国のバイオミメティクス研究は未だに縦割りの異分野連携が進んだとは言い難く、欧米のキャッチアップ的な展開に留まった「周回遅れ」的な現状にある。生物学と材料科学の両輪で「サブセルラー・サイズ効果」の学理を追求することで「サブセルラー・サイズ構造」がもたらす特異な機能を解明し応用展開を図ることは「周回遅れ」的な状況から抜け出すために不可欠な戦略である。

### ③研究期間内に何をどこまで明らかにしようとするのか。

自然史学・生物学と工学・農学・数理科学などの融合チームで構成される研究班体制のもとで、「サブセルラー・サイズ効果」の成り立ちを明らかにし、生物に学ぶ機能材料の戦略的設計と創製を実現する。これにより「持続可能性」にとって重要であるものの未だに系統的な研究が着手されていない、トライボロジー制御や省エネルギー型接合技術、センシングと制御の技術、低環境負荷型プロセス技術などに焦点をあて、融合研究の成功例を提示する。このため、博物館が収蔵する生物資源標本（インベントリー）を基盤に、融合研究の成果を「バイオミメティクス・データベース」として統合化し、産学共創オープン・イノベーションのプラットフォームを構築する。さらに「技術の社会関与（インプリケーション）」の観点から、「持続可能性」を追求する社会ニーズと技術シーズのマッチングを図ることで、材料技術やロボティクス、プロセス技術などに関わる個々の「生物模倣技術」を相互に関連付けた「生物規範工学」へと体系化する。

### ④どのような取り組みを通じて当該領域をどのように発展させるか。

自然史学・生物学や農学、数理科学との融合と、環境政策・技術ガバナンスによる総合的な体系化によって、学問分野の枠を超えた新興領域「生物規範工学」を創成し、産学共創基盤へと発展させる。「材料系バイオミメティクス」研究の特徴は、自然史学・生物学からの問題提起をナノテクノロジーによって解決し工学的に応用する点にあり、本領域では「工学（材料工学：構造・機能材料）」と「生物学（基礎生物学：生物多様性・分類）」の連携が不可欠である。具体的には、計画研究班の構成においては、二つ以上の研究分野の研究者の連携を積極的に図り、生物学領域へのナノテクノロジー等の先端技術の導入による学術水準の向上と、工学領域への生物学的新発想による技術革新が期待される学際融合的な研究班構成により、生物学と工学に通じた次世代の人材育成を行う。

### ⑤本領域の発展がどのように学術水準の向上・強化につながるか。

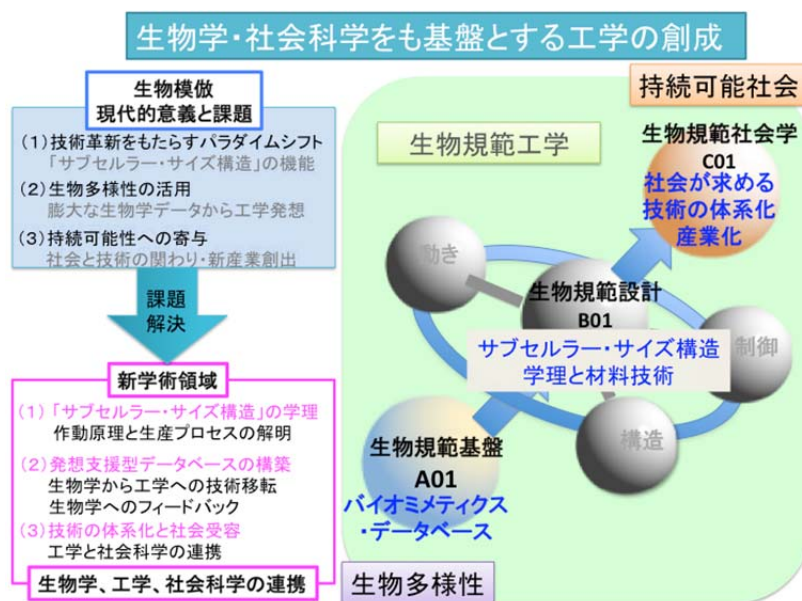
「生物の技術体系」を模倣するためには、生物を知る必要があり、自然史学・生物学と工学の対等な連携融合が進行する。ナノテクノロジーなどの先端技術を駆使して生物機能の発現や形成プロセスを明らかにすることは、生物学の飛躍的な進展とともに、工学や農学に技術革新と学術水準の向上をもたらす、産業強化の基盤となる。

## 2. 研究組織（公募研究を含む）と各研究項目の連携状況（2 ページ程度）

領域内の計画研究及び公募研究を含んだ研究組織と領域において設定している各研究項目との関係を記述し、研究組織間の連携状況について組織図や図表などを用いて具体的かつ明確に記述してください。

### ① 研究組織

本領域の目的は、自然史学・生物学と工学の融合により「生物の技術体系」の解明と模倣を行い、環境政策・技術ガバナンスの指針のもとに、異分野における産学連携と「持続可能性」に資する「生物規範工学」を体系化することを通じて、生物と工学に通じた次世代を担う人材育成を行うことにある。総括班と3つの計画研究班ならびに公募班を設け、班内ならびに班間の有機的な連携を図ることで目的を達成する。各計画研究班は原則として、生物系と工学系、数理系などの研究者が融合するように課題設定を行い、総括班においては研究協



力者として企業研究者の積極的な参画を図るとともに、公募班と計画研究班との連携を推進する。

### ② 計画研究班における研究項目

<研究項目 A01：生物規範基盤> 国立科学博物館などが収蔵する生物資源インベントリーを基盤とし、本研究の成果を追加・統合して「バイオミメティクス・データベース」を構築する。さらに、データマイニングやオントロジー、大容量画像データ検索の手法を使い本研究のプラットフォームとしての機能化を図る。計画班においては、国立科学博物館収蔵の「昆虫インベントリー」、「魚類インベントリー」、山階鳥類研究所所蔵の「鳥類インベントリー」を中心にデータベース化を進める。また、オントロジーによる知の構造化を行うとともに、「サブセルラー・サイズ構造」の一次データである走査型電子顕微鏡写真など大容量画像データを整理・検索する技術を確立する。ここで構築するデータベースは、B01 班に供されるのみならず、産学連携、異分野融合によるオープン・イノベーションのプラットフォームとして、我が国におけるライフサイエンス系データベースとの統合化を図る。また、工学系研究者、とりわけ若手研究者、学生に対して、電子顕微鏡観察を中心に生物試料取扱い実習プログラム、サマースクールなどを博物館等において開催する。

<研究項目 B01：生物規範設計>

生物の多様性は長年にわたる進化と適応の結果であり、その模倣は多様な機能を持った材料設計の良い手本となる。生物の「サブセルラー・サイズ構造」の生物学的機能と発生・形成プロセスを物理化学的手法を駆使して解明し、新たな機能材料の設計と作製に転用する。水中生物の付着機構、昆虫や植物の接着と撥水の仕組み、昆虫の翅や体表クチクラの光学特性、化学センシング、防御と環境適応、細胞移動のメカニクス、飛翔や遊泳、などの生物機能を「構造」、「動き」、「制御」の観点から解明し、自己組織化や自己集合を含む階層構造形成プロセスを用いて工学的な新規材料として創出する。これによって、リソグラフィなどの多量のエネルギーを消費するプロセスに頼ることなく、炭素や窒素などの汎用元素を主な原料とする「持続可能社会」の技術基盤を作り出す。すなわち、毒性の低い害虫駆除、リサイクル可能な接着剤、化合物半導体や稀少元素を使わない高感度センサー、低摩擦表面材料、防汚・抗菌塗料、多機能性細胞培養基材、小型飛翔ロボット、などを具体化する。最終的には、「エネルギー消費の少ない生産工程」、「効率的なエネルギー利用」、「汎用元素の利用」に支えられた「持続可能社会」の実現に向けた具体的な材料設計例を示す。

本班は、5つの計画研究グループで構成し、「サブセルラー・サイズ効果」を「構造」、「動き」、「制御」をキーワードとした融合研究の成功例を提示するとともに、A01 班へ成果をフィードバックすることでバイオミメティクス・データベースの作成に寄与する。さらに、異分野連携の成果を社会的マッチングによって技術体系化を図る C01 班との検証作業を通じて、研究成果の「持続可能性」社会の実現に向けた寄与を明確にする。

計画研究 B01-1 生物規範界面デザイン：生物と材料の界面の「動き」（接着、滑り）に及ぼす「サブセルラー・サイズ効果」を規範とした防汚・抵抗・物質生産の制御技術を開発する。

計画研究 B01-2 生物規範機能構造・形成プロセス：細胞分泌物による「サブセルラー・サイズ構造」の形態形成過程と多様な機能（撥水、光学）を明らかにし、自己組織化などによる製造プロセスを開発する。

計画研究 B01-3 生物規範階層ダイナミクス：「サブセルラー・サイズ構造」が有する階層性と動的な特性を規範として、可逆的接合技術、防汚／防錆材料、円偏光反射材料などを開発する。

計画研究 B01-4 生物規範環境応答・制御システム：植物の防御、昆虫の情報伝達、環境適応等における「制御」系の「サブセルラー・サイズ効果」を解明し、汎用要素を使った高感度センサー、低環境負荷型植物保護法、省エネルギー型長期保存法などを実現する。

計画研究 B01-5 生物規範メカニクス・システム：メカニクスとフルイディクスの観点から、「サブセルラー・サイズ構造」が生み出す「動き」の解明を細胞レベルから器官（昆虫の翅）にいたる階層において明らかにする。

<研究項目 C01：生物規範社会学>

「生物模倣技術」を「自然に学ぶモノづくり：ネイチャー・テクノロジー」の一環としてとらえ、環境政策・技術ガバナンスや工業、農業、医療など産業の観点から、B01 班で展開する個々の「生物規範技術」を総合化し「生物規範工学」として体系化する。計画研究である「生物規範工学の社会的インプリケーションシステム構築」では、上位概念であるネイチャー・テクノロジーの設計指針のもとに生物規範技術を総合的な工学として体系化する。社会受容の観点から材料やデバイス、システムの検証を行うとともに、BioTRIZ として知られている革新的問題解決法の検証を行う。

### ③ 公募班

3つの計画研究との関連課題や補完的課題を実現するために12件の公募研究を採択し、各計画班との連携を図りながら推進している。

### ④ 総括班の役割と班間で有機的連携を図るための具体的方法

前ページの図に各研究項目の関係を示したように、B01 班の成果は、A01 班の目的であるデータベース化に集約されオープン・イノベーションのプラットフォームを構築するとともに、C01 班によって総合的な技術体系として産業化等の社会実装がなされる。A01 班の計画研究グループはデータベースの構造の基本設計を行う。B01 班の計画研究グループ内においては「構造」、「動き」、「制御」をキーワードとして異分野融合を効果的に推進するために実験課題の具体的な設定を行うとともに、A01 班の計画研究グループが有する「生物インベントリー」から他の計画班との連携で使いそうな生物種の重点的な抽出を行う。

各研究項目、計画研究班の連携をより強固にするために、総括班は定期的な全体会議と分科会的なシンポジウムを開催し班間での共同研究を設定する。また、総括班の主導のもとに、計画班の研究課題を補完する新たな研究課題を抽出し、公募研究の課題設定を行った。総括班においては、班間連携と情報発信を兼ねた全体会議ならびに分科会、国際会議を定期開催する。「生物と工学の融合」を主題とする企業研究者のリカレントと大学院学生へのチュートリアルを兼ねた講習会などアウトリーチ活動を行う。また、バイオミメティクスの国際標準化に関する提言を行うことで、我が国の国際競争力強化に資することとする。

### 3. 研究の進展状況〔設定目的に照らし、研究項目又は計画研究毎に整理する〕（3ページ程度）

研究期間内に何をどこまで明らかにしようとし、現在どこまで研究が進展しているのか記述してください。また、応募時に研究領域として設定した研究の対象に照らして、どのように発展したかについて研究項目又は計画研究毎に記述してください。

#### 研究項目 A01：バイオミメティクス・データベース構築

本研究項目の目的は、新たな技術を開発しようとする工学研究者が、昆虫、鳥類、魚類などの生物の適応に関する生物学研究者の知識を検索し、技術革新の着想を得ることのできるデータベースシステムを構築することである。

国立科学博物館と山階鳥類研究所は、走査型電子顕微鏡、デジタルマイクロスコープシステム、X線CT等を用い、昆虫74種約8000件、魚類66種166個体の皮膚表面構造、1000点の鳥羽毛表面構造、約200種600点の鳥骨格画像を収集した。また、班間連携事業として、24年度に静岡県、25年度に高知県においてB班の工学系研究者とともに魚類試料の収集を含むワークショップを開催した。

バイオミメティクスのオントロジーを大規模化するために、(1) テキストマイニング（自然言語処理）によって、専門書の全文を対象としてオントロジーに追加するための「用語、および用語間の関係性」を自動抽出する技術と、(2) 既存のオープンなデータベースとして公開されている Linked Open Data (LOD) から関連する情報を自動抽出する技術を開発した。また、C01班との連携において、“2030年のライフスタイルからのバックキャスト法”をオントロジー技術（機能分解木）で分解することで、必要な技術要素の洗い出しをする方法としての有効性を確認した。

発想支援型検索に基づく「バイオミメティクスデータ検索基盤」の試作システムを昆虫・鳥類・魚類を含むデータベースに実装し、類似画像検索が可能であることを実証した。また、質問画像を用いた類似画像の検索も可能となった。また、材料系画像を質問画像として生物系データベースで検索を行ったところ、適切な類似画像を検索できることに成功した。これは、異質なデータベース間においても統合的に画像検索が出来る事を意味している。

#### 研究項目 B01-1：生物規範界面デザイン

生物の「動き」とその「制御」には、生物表面と環境の界面が重要である。その界面作用として、変形能を有する界面凹凸形状と液体に主に濡れた（ウェット）界面に着目し、やわらかく変形可能な生物界面に見られる、防汚機能、摩擦特性制御、吸着脱離機能のメカニズムを、人工系を構築することで解明する。その結果、新しい摩擦制御界面システムや吸着脱離システムを開発する。

シリコン表面に自己組織化によって形成されるマイクロメータサイズのリンクル構造をサメ肌や指紋などの生物の柔らかい凹凸構造のモデル系とみなし、その作製手法の確立、トライボロジー特性（ウェット、ドライ環境での摩擦試験）に注目した。その結果、リンクル上でのドライ摩擦を凹凸によって20%も変化することや、摩擦力の振動と構造変形の相関を明らかにした。

さらに、リンクル構造の可変性を利用した光拡散制御機能（ネオンテトラの構造変化による構造色制御に学ぶ）や、リンクルの溝に構造化された液晶による気体状キラル分子の高感度検出（嗅覚系の粘膜構造による気体分子捕集能に学ぶ）等の新規機能を派生的に見出した。（特許出願：大園拓哉，光拡散装置，産業技術総合研究所，特願 2013-023033 (2013.02.08)）

#### 研究項目 B01-2：生物規範機能構造・形成プロセス

数学・物理・生物・化学・工学の異分野連携研究チームが、生物の表面構造を規範として材料設計を具現化し、省エネルギー生産プロセスを開発する。昆虫複眼のモスアイ構造、深海魚のタペータム、タマムシ・蝶の構造色などに焦点を当て、生物表皮形成の自己組織化現象と光学機能発現メカニズムを明らかにする。昆虫や植物などの生物表面構造を規範とした高感度光センサーや高効率太陽電池の開発に結びつける。

ヤマトタマムシは、クチクラの表角皮がもつナノ構造の多層膜干渉によって発色しており、層の厚さの違い

により緑と赤を呈する部分がある。フォトニック結晶であるオパール粒子の層状集積構造を利用することで、タマムシの発色の仕組みを模倣した薄膜の作製に成功し、さらに、ホットエンボス加工によりフォトニック結晶薄膜に凹凸構造を導入することで混色効果を作り出すことに成功した。

遺伝子操作可能なキイロショウジョウバエを用いて、角膜レンズ表面の固有のニップル構造の形成機構を解析した。その結果、複眼表面ニップルの形成には細胞表層のアクチン繊維束が対応することがわかった。特定の遺伝子を変化させるとニップルパターンに大きな変化が現れた。今後は、光学測定による機能評価を行う事で、自己組織化によって形成された微細構造のロバストネスを実証するとともに、材料設計に反映する。

#### 研究項目 B01-3：生物規範階層ダイナミクス

生物のサブセルラー・サイズ構造の階層性に起因する動的特性（表面特性・界面特性・内部構造特性）を材料科学・分子科学の視点から解明し、生物の多様な機能（昆虫の足の可逆的接着性、クローバーの葉の自己治癒のしくみ、DNA の自己増幅・自己複製修復機能、等）を規範として、新しいエレクトロニクス実装（可逆的接合、セルフアライメント技術、防汚／防錆性付与による長寿命化、微細結線）などを目的とする。

ハムシは陸棲であるが、水中でも歩行できることを発見し、その歩行メカニズムは水中の「泡」を巧みに利用していることを明らかにした。表面ぬれ性の異なる板の上を空気中と水中で歩行させたところ、疎水性表面では歩行能力は変わらず、親水性表面では水中での歩行は困難であった。ハムシの足先には密集した撥水性の毛状構造があり、水中では泡を保持する。毛状接着機構を用いる事で、水中での配線技術である“セルフアライメント実装”が容易になる。

植物表面はプラントワックスを分泌することで、超撥水性やセルフクリーニング等の表面機能を維持している。植物の機能維持メカニズムを模倣し、機能性分子を持続的に徐放する機能をエレクトロニクス実装基板に導入し、耐久性・寿命の向上を図る。層状構造を有する透明ハイブリッド皮膜の層間に防錆剤 TTA を導入したところ、最表面層の剥離による表面機能の回復と、長期にわたる防錆機能が可能となり、優れた耐食性能を実現した。

#### 研究項目 B01-4：生物規範環境応答・制御システム

本項目では、農学の視点から重要な生物機能を工学分野からの解釈も加味する事で、環境・植物保護への生物規範工学の展開を図る。具体的には、昆虫ならびに植物の情報伝達に関する高感度性や識別能力の高さをサブセルラー・サイズの観点から解析し、新しいセンサー開発のアルゴリズムを提唱する。特に注目している点は、昆虫—昆虫間における複数成分化学シグナルの識別機構、昆虫—昆虫間での振動識別機構、昆虫—植物間における防御機構、極限環境での乾燥耐性機構であり、得られた知見は工学分野へ新たなアイデアを提供すると期待される。

2成分のフェロモンをブレンド比 9：1 で利用するヒメアトスカシバから、2つの性フェロモン受容体を同定し、これら受容体が同程度の閾値で各成分に特異的に応答することを明らかにした。また、生体触角においてこれら受容体の発現細胞の割合がフェロモンブレンドの組成比とほぼ一致することを示した。昆虫において、一定比率の複数フェロモン成分の受容機構を分子レベルで解明したことは、長年の謎を解いた画期的な成果である。複数成分からなる化学シグナルの識別機構を模倣することで、複数成分のガス検出器等の工学分野における化学センサー設計の新たな指針を提供するものである。

マツ類の害虫であるマツノマダラカミキリの肢に内在する振動受容器である弦音器官の微細構造を明らかにした（公募班・西野との共同研究）。マツノマダラカミキリとラミーカミキリにおいて、フリーズ反応や驚愕反応等の行動反応をひきおこす振動の特性（周波数・振幅等）に基づき、超磁歪素振子を用いた振動発生装置を試作し、マツノマダラカミキリの定着や摂食を阻害する行動制御効果を明らかにした。

#### 研究項目 B01-5：生物規範メカニクス・システム

生物運動メカニズムを統括する生物マルチスケール・メカニクス・システムの理論的体系化を行う。具体的



には、「サブセルラー・細胞スケール」と「生物飛行の外部力学・内部神経骨格系の個体スケール」の統合を目的として、非定常性と波動性に基づいた「生物流動波」というコンセプトを導入する。生物運動と周囲環境の相互作用（力学場）を整理することで、生物の「動き」のサイズ依存性を含めた統合的な「生物規範運動マルチスケール・メカニクス・システム」の学理を創出する。

細胞は、種々の静的ないし動的な機械力学的環境（力学場）を感知して自らの機能を調節する。光硬化性スチレン化ゼラチンゲル表面に接着タンパクであるラミニンを化学固定した弾性率可変細胞培養基材を作製し、iPS細胞の培養を行ったところ、既存の培養系を遥かに上回る増殖率を達成できた（特願 2014-039524）。また、新たな弾性率可変細胞培養基材として、電界紡糸と光リソグラフィーハイドロゲル弾性パターンニングを組み合わせた三次元パターンニングゲルの作製技術を開発し、細胞の機械的接触走性（メカノタクシス）を二次元的および三次元的に制御するメカニカルパターンニング材料を開発した。

高速度ビデオ撮影及び風洞実験により、蛾やハチドリは精巧な構造により柔軟翼の受動的な変形（曲げ、ねじり及びキャンパー）が効率的に空気力を発生させることを明らかにした。このような生物柔軟翼の受動的変形機能を規範とすることで、制御可能な柔軟伸縮皺フィルム人工翼の開発に成功し、羽ばたき飛行ロボット作製への道を拓いた。さらに、飛翔生物翼の優れた空気力学特性（マイクロ渦の発生・制御、柔軟構造）や静音構造（マイクロ構造による渦制御や騒音抑制）を回転型流体機械（右図：生物規範翼をもつ垂直軸風車、フクロウ翼静音機構）に応用した、次世代風力発電用ロータを含む革新的な生物規範型流体機械の研究開発を実施している。

#### 研究項目 C01：生物規範社会学

低環境負荷・環境調和型テクノロジーの迅速で効果的な社会展開を図るために、人文－社会－自然科学的視点から、生物規範工学を社会へ波及・浸透させる。人文科学的アプローチとしては、地球環境制約下での心豊かなライフスタイルをデザインすることでニーズ探索し、それに必要なテクノロジー要素の抽出を行ってシーズとのマッチングを図る。社会化学的アプローチとしては、10年間におよぶ検討が続けられているナノテクノロジー創出手法を基盤に、新技術体系が社会に与えるインプリケーションをフィードバックできるシステムを構築する。自然科学的アプローチとしては、得られたシーズをさらに高次化し、シーズの多様性を図る。具体的には、革新的問題解決法（TRIZ法）を利用する。

社会受容性の高いライフスタイルのニーズから求められるテクノロジーを抽出するための手法として、コンセプト化手法やオントロジー工学を初めて導入し、人工物だけでなく、ライフスタイルの行為分解木を作成できることを明らかにした。これにより、ライフスタイルが構造化（行為と方法）され、データ化可能となり、コンピュータ処理による機能、技術、課題ワードによる検索が可能となった。これは生物界がどのような方法で目標を達成しているかというオントロジーさえ描くことができれば、人間界の暮らし方の中で障害を乗り越える解決策を生物界の生き方の中の解決策から学ぶことができる可能性が高まったことを意味している。一方、ライフスタイルをさらに細部に分解した技術要素レベルのマッチングに関しては、技術要素を具体的なテクノロジーに展開するために Bio-TRIZ 手法の可能性を検討し、プロトタイプデータベースにより、具体的にテクノロジー抽出が出来ることを明らかにした。

生物規範工学のテクノロジーガバナンスのツールとして位置付けて発行している情報誌 PEN を活用し、生物規範工学に対する社会の理解を深めた。また、ドイツ技術者協会(VDI)との折衝をおこない、国際標準化機構 ISO のなかでの ISO/TC266 Biomimetics 設立へ向けた日本の対応を進めた。国際標準化に日本から新しいワーキングアイテムの提案を行うと共に、これと連動して民間企業を含めた成果普及と産業化促進の枠組みづくりを開始した。

#### 4. 若手研究者の育成に係る取組状況（1ページ程度）

領域内の若手研究者の育成に係る取組状況について記述してください。

本研究領域は、異分野の連携融合を第一義とするものであり、研究分野は多岐にわたるので、生物学と工学、アカデミアと産業界、理系と文系、の間のコミュニケーションを図り、「持続可能性社会」実現にむけた共通認識と、スピード感をもった共同研究の推進が不可欠である。かかる複合的な新学術領域においては、連携融合にバリア感を持たない次世代研究者の育成が必須となる。計画研究においては以下の研究グループ構成になるように配慮した。

（1） 代表者と分担者、研究協力者、連携研究者の分野、業種の混在化：生物学者を代表とするグループでは、別の機関に所属する数理系や工学系の研究者を分担者とするチーム構成を基本とした。十数名の企業研究者を研究協力者としてグループに加え、応用化を意識した研究を展開することとした。

（2） 女性ならびに若手研究者の積極的な起用：ディシプリンの垣根を乗り越えるためには、柔軟な発想と積極的な異分野連携が求められる。若手研究者ならびに女性研究者を積極的に計画研究の研究代表者に起用した。特に、計画研究 B01-1 生物規範界面デザインにおいては、分担者にも若手起用を意識した班構成にした。

（3） 連携融合研究へのインセンティブ付与：計画班、公募班に限らず、研究課題間での融合研究に対しては、総括班から支援を行うこととした。具体的には、班間における異分野融合を効果的に推進するために、クロスボーダー・ポスドク制度を策定した。初年度は、B01-3 班と B01-4 の共同研究課題を実施するクロスボーダー・ポスドクを支援した。また、若手研究者を中心に班間連携融合研究の企画を募集し、A01 班と B01-2 班の魚類サンプル収集のためのフィールドワーク等を実施した。

（4） 教科書編集：バイオミメティクスの啓蒙、人材育成を強化するために、教科書、啓蒙書、ビジネス書、ハンドブック等の出版を行う。とりわけ、「生物と工学の融合」を主題とする大学院・学部学生への講義や、企業研究者へのリカレントなどの実践的な活動を通じて、教科書編集を行う。若手研究者を中心に、外部の研究者も含む異分野、産学からのメンバーによる教科書編集委員会を設置した。

## 5. 研究費の使用状況（設備の有効活用、研究費の効果的使用を含む）（1 ページ程度）

領域研究を行う上で設備等（研究領域内で共有する設備・装置の購入・開発・運用・実験資料・資材の提供など）の活用状況や研究費の効果的使用について総括班研究課題の活動状況と併せて記述してください。

（1）研究項目 A01 で購入した超深度マイクロレンズならびにデジタルマイクロスコープは、「バイオミメティクス・データベース」の中核となる生物画像撮影を効率的に行う必須設備であり、A01 班と B01-2 班の魚類サンプル収集のためのフィールドワーク等、班間での利用にも供している。また、総括班では博物館機能を利用した啓蒙やリカレントなどのアウトリーチ活動を企画しており、上記設備を含む画像撮影設備を有効に利用する。

（2）B01-5 班では、高速度カメラ(FASTCAM SA3, フォトロン)を導入し、羽ばたき飛翔生物（ハチドリとスズメガ）や羽ばたき機の飛行運動解析や翼運動解析が可能となった。さらに回流式超低速風洞と時系列PIV(粒子画像流速計測)システムを導入し、羽ばたき翼周りの非定常流れ場の可視化と流速計測が可能となった。この風洞は、本領域で対象としている飛翔生物に対応できる測定部サイズ(測定断面 1x1m、長さ 2m)と低速性能(安定風速下限 0.5m/s)を持つ独特なものであり、今後、A01 班（山階鳥類研究所）との共同利用も検討している。

（3）班間における異分野融合や若手支援を効果的に推進するために、総括班は、A01 班と B01-2 班の魚類サンプル収集のためのフィールドワークや、B01-3 班と B01-4 の共同研究課題を実施するクロスボーダー・ポストドクの経費などを支援した。

（4）バイオミメティクス国際標準化国際委員会 Biomimetics ISO TC266 に関しては、総括班の指揮のもと A01 班、C01 班ならびに総括班産学連携 G からなる作業 G を組織し、多様なデータベースを知識基盤として活用化するための国際標準化提案を行うとともに、国際会議への出席等に関する旅費の支援を行った。

（5）本領域の研究成果や国内外の研究動向を発信するホームページを総括班で一括運用し、各班の負担を軽減している。

## 6. 総括班評価者による評価（2ページ程度）

総括班評価者による評価体制や研究領域に対する評価コメントを記述してください。

6-1. 総括班評価グループの構成：国武豊喜（九州大学名誉教授、(財)北九州産業学術振興機構理事長）、下澤楯夫（北海道大学名誉教授）、藤崎憲治（京都大学名誉教授）、曾我部正博（名古屋大学特任教授）、友国雅章（国立科学博物館名誉館員）、妹尾堅一郎（NPO 法人産学連携推進機構理事長）、平坂雅男（高分子学会事務局長）、赤池学（(株)ユニバーサルデザイン総合研究所代表取締役所長）、亀井信一（(株)三菱総合研究所人間・生活研究本部長）

### 6-2. 評価活動履歴：

2012年10月2日、国立科学博物館に於ける領域キックオフ全体会議に関する講評を口頭で伝達。

2012年12月10日、神戸大学および神戸国際会議場での全体会議に関する講評を口頭で伝達。

2013年1月22日、ニュースレターVol.1 No.2に国武と下澤が評価委員としてのコメント（期待と要望＝評価基準）を掲載して、領域内に周知。

2013年2月28日、ニュースレターVol.1 No.3上に藤崎と平坂が評価委員としてのコメントを掲載。

2013年3月1日、北海道大学に於ける全体会議に関する講評を口頭で伝達。

2013年6月28日、ニュースレターVol.2 No.1上に平坂と友国が評価委員としてのコメントを掲載。

2013年7月1日、沖縄に於けるJAMSTECと合同の全体会議で講評を口頭で伝達。

2013年10月、領域キックオフ後1年間の進捗状況を各班長が書面で提出。それに対する評価委員からのコメントを、事前内部評価として集約。

2013年10月25日、ニュースレターVol.2 No.2に曾我部と亀井が評価委員としてのコメントを掲載。

2013年10月25日、東北大学に於ける全体会議で、事前内部評価のコメントを領域内に書面で周知。

2014年2月12日、北海道大学に於ける全体会議および日韓国際集会に関する講評を口頭で伝達。

2014年4月4日、ニュースレターVol.2 No.3に、評価グループとしての事前内部評価結果を掲載して領域内に周知。同時に、班長会議を招集して計画研究班長からの進捗状況ヒアリングを行った。

2014年5月9日、上記ヒアリングに対する評価委員からのコメントを集約し班長会議へフィードバック。

### 6-3. 領域の研究体制全般に関わる評価グループとしてのコメント：

生物の構造や機能にヒントを得て、工学的諸問題の解決策を見出そうとするバイオミメティクスへの関心は高い。しかし我が国の工学研究者の多くは、5億年に及ぶ進化(変異と淘汰:工学用語の試作と評価に対応)の歴史を持つ生物に学ぶ勇気を持てずに躊躇している。この”断絶”は根深く、回避不可能にさえ見えるが、持続可能社会への移行にはその解消が急務である。本領域発足後の2年間で生物学と工学の殻を破る作業は進みつつあるものの、新学術領域として実のある成果を上げるには、班内・班間連携による一層の異分野間相互作用の積み重ね、研究者の意識改革、次世代の育成が必要である。

本領域採択時には、「研究対象が広いため総花的で具体性に欠けることから、中心となる到達点が明らかでなく、融合研究の結果どのような成果が出るのか分りにくい。また、個々の技術シーズが非常に多様であり、極めて多岐にわたる分野の研究者から構成されるため、研究に求心力が生まれにくい可能性が危惧される。」との審査結果コメントが付言された。総括班評価グループはこの審査結果コメントを常に意識しており、領域内において工学と生物学の相互作用の実を上げるべく、厳しい評価意見を付けて研究担当者の意識改革を促してきた。研究班によって程度の差はあるものの、生物学研究者と工学研究者の相互作用は発足当初に比べて格段に進み、今後2年で更なる相互作用の進展・異分野融合・次世代の育成を見込めるところまでは来ている。しかし残念ながら、旧来の学問的枠組みから殆んど脱却できていない研究班もあることは、認めざるを得ない。本領域の構成員には、領域の目的は「生物の生きる技術を我々ヒトの技術に転化すること」にあり、目的達成のための意識改革と異分野連携、時には計画研究班の構成の見直しをも示唆している。

一方で、生物多様性すなわち生物が有する多様な形態や機能から、革新的技術基盤を創出することを目指す本領域は、生物学的探索という基礎研究的性格も強い。基礎研究は、謎解きに集中した方が独創的で後で本当に役立つ成果につながる。出口を意識し過ぎるとその自由を失い、結果的に小さな成果の羅列に終わることが多い。生物多様性に対する探索活動は、物理・化学・数学のみを規範とする旧来の工学的価値観からは総花的に見えるかも知れないが、工学の基本としての自然（生物）の探索を通して生物学をも基盤に持つ健全な工学の創出を目指して、領域内での班内・班間異分野連携を更に強化させたい。

一般社会に向けたバイオミメティクスのアウトリーチ活動は、各班とも極めて活発である。

#### 6-4：個別の計画研究班に関わるコメント：

A01 班（バイオミメティクス・データベース構築）：生物学的画像データの集積だけに止まらず、類似画像検索技術およびオントロジー工学といった情報科学と博物館機能の融合に成功しつつある。集積した生物学的画像データからの類似画像抽出に限らず、人工繊維の画像に類似した生物構造を画像検索するだけで、甲虫の肢先端に位置して歩行の際に可逆的に着脱する接着毛を探し出せることにも成功しており、生物学へのフィードバック貢献も含めて工学との間の殻を打破しつつある。しかし鳥類などデータ集積が遅れている生物群もあり、今後課題を残している。鳥類については、B01-5 班の飛翔の力学と班間連携して新たな相互作用を生み出すなど、より一層の積極性が必要である。

B01-1 班（生物規範界面デザインに関する研究）：摩擦を初めとするユニークな生物機能を模倣しようとする本班のテーマは生物規範工学の花形であり、生物の特徴である一見複雑な構造がメタマテリアル特性などどのような関係を持つのかなどを明らかにすることは、工学的な意義が大きい。生物体表に頻繁に見られるシワ構造に着目した研究は活発であるが、現在までの成果は、トライボロジーや光学的散乱などについての、物理的・工学的な特性の計測に偏っている感が強い。実際の生物の柔らかい構造の諸特性を工学的に計測するなど、より広く工学と生物学に亘る領域の開拓に積極的に取り組み、意外性の高い成果を上げる努力が必要である。

B01-2 班（生物規範設計：生物規範機構構造・形成プロセス）：セミの翅の無反射構造やタマムシの翅の構造色といった生物構造を糸口にして、その物理学的解析を生物学者と工学者および数学者が良く連携して進めている。これらの生物構造は揺らぎ（いい加減さ）を含みながらも機能的には十分な性能を示す、工学的ロバストネスを持つことを明らかにした。更にこのような機能的構造を常温常圧で作上げる生物の自己組織化的製造技術を解明するため、遺伝学的手段を駆使できるショウジョウバエの個眼表面でのナノニップル構造の形成過程の解析も進めている。特に、生きたままで電子顕微鏡観察できるナノスーツ法の開発は、生物規範工学が生物学へ広汎な影響を及ぼし得る成果として、高く評価できる。今後も、多様で柔軟な形態形成過程を工学的ロバストネスの上位概念として位置付けるような、概念の拡張をも含む研究を展開して欲しい。

B01-3 班（生物規範階層ダイナミクスに関する研究）：本班は、サブセルラーサイズ構造の階層性と動的特性の関係を明らかにすることを目的としている。しかし、実施されている研究内容と生物構造の階層性とは、大きなギャップがある。甲虫の肢の水中での可逆的接着機構の解明など優れた研究成果はあるものの、班内および班間連携による相互作用は殆んど見ることが出来ず、研究班として機能（目標の共有と達成に向けた班内・班間相互作用）が疑われる。特に、導電性官能基を導入した人工 DNA による分子結線の開発を謳っているものの、DNA という現在ではあまねく知られた物質群の分子修飾・改変という単なる化学に過ぎず、工学的な意義はあるにしても、生物規範工学とは見做せない。研究班としての機能を発揮して目的を達成するためには、班構成の見直しと整理が必要である。

B01-4 班（生物規範環境応答・制御システムに関する研究）：農学へのバイオミメティクスの適用は始まったばかりである。従って工学的展開は容易ではないであろうが、当面は農学に於いて重要となる様々な生物機

能（例えば農業害虫の食草選択に於ける葉表面の物理的特徴など）を新たに工学の立場から解釈し、意義付ける作業の進展を期待している。その意味では、一定比率のフェロモンブレンドの受容機構を分子レベルで解明した成果やアリの巣仲間認識の分子機構の解明は高く評価できる。しかしその成果を以て直ぐに人工センサ系を構築できるわけではないので、B01-3 班と連携した数理的・工学的モデル化を進め、昆虫の化学感覚系の仕組みに学んだ全く新規の多成分化学分析センサの提案となるように強く期待している。化学物質による植物－昆虫相互作用のみに偏ることなく、振動による樹木害虫防除やネムリユスリカの乾燥耐性の機構解明など、農学的視点をバランス良く含んでおり、他班との連携にも積極的である。今後は、生物に生産させた物質の利用を目的とするバイオテクノロジーとの区別を明確に意識しつつ、生物の生きる技術を人の技術へ転化する作業への一層の努力を期待している。

**B01-5 班（生物規範メカニクス・システム）**：細胞レベルのマイクロメカニクスの研究も昆虫飛行レベルマクロメカニクスも、両方とも非常に多くの優れた研究成果を上げており、今後更なる新知見の蓄積を期待できる。しかし、本班が目的とする「ナノサイズの分子やタンパク質からミクロンサイズの細胞やバクテリア、ミリサイズの昆虫や魚類、そしてメータサイズのイルカやクジラまで、実に 11 桁もの広大なスケールに亘る生物」の運動性能を、「生物流動波（Biofluid-wave）」概念で統合的に取り扱う「マルチスケール・メカニクス・システムの学理の創出」にはまだ遠い。そこに至るためには、先ず班内の「細胞マイクロメカニクス」小班と「飛行マクロメカニクス」小班の連携と相互理解から始めて、統合的理解の糸口を探索すべきであろう。また A01、B01-1、B01-2、B01-5 との活発な班間連携から多くの生物学的知見と刺激を得ているようであるが、それらを意外性の高い成果へ結びつける更なる工夫を期待する。

**C01 班（社会的インプリケーションによる生物規範工学体系）**：持続可能な社会に於けるテクノロジー創出のために必要な、従来とは異なるニーズオリエンテッドな手法を開発することを目的にしている。環境制約に起因するライフスタイルデザインを、A01 班と連携したオントロジー工学によって、行為分解木に展開表現できたことは大きな成果である。また、相反する行為要求を Bio-TRIZ で個別のシーズに対応させる道筋を見出したことも、環境制約下での持続可能社会のテクノロジーが、バイオミメティクスに依存せざるを得ないことに説得力を与えている。しかし、利用可能なテクノロジーシーズがどのようなものなのか明確ではない。特に、生物規範工学としてのシーズを探索している B01 班との関係が殆んど見えないことは問題である。領域としての社会インプリケーションは、A01 班や B01 班の研究活動と対応している必要がある。

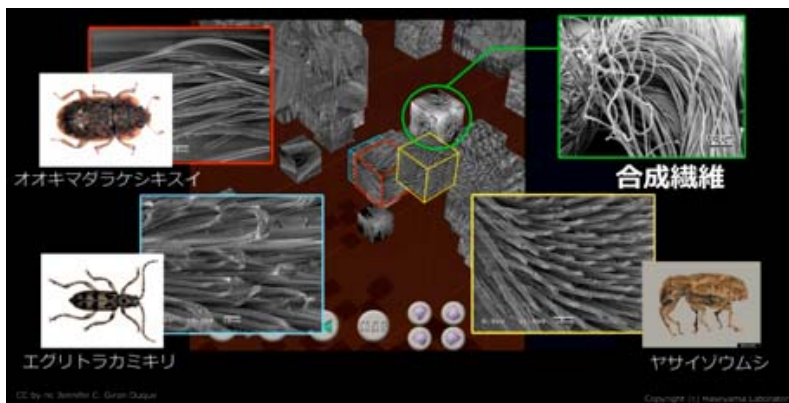
ISO を初めとする国際標準化に関する活動は、社会的にも関心の高いユニークな課題である。これまでの工学分野の標準化は、化学や物理など人類共通の原理に基づいていた。これに対し、人間が環境や生物とどう折り合うかは、気候風土や歴史・文化と深く関わるので、生物規範工学の標準化は自然に対する見方に大きく左右される。科学は世界共通の要素が大きいですが、工学の適用は地域によって様々である。そのような違いを包含できる標準化を目指すべきで、単に西欧文化の立場からの標準化に巻き込まれぬよう注意すべきである。

## 7. 主な研究成果（発明及び特許を含む）[研究項目毎に計画研究・公募研究の順に整理する]

（3 ページ程度）

現在実施している新学術領域研究（公募研究含む）の研究課題を元に発表した研究成果（発明及び特許を含む）について、現在から順に発表年次をさかのぼり、図表などを用いて研究項目毎に計画研究・公募研究の順に整理し、具体的に記述してください。なお、領域内の共同研究等による研究成果についてはその旨を記述してください。

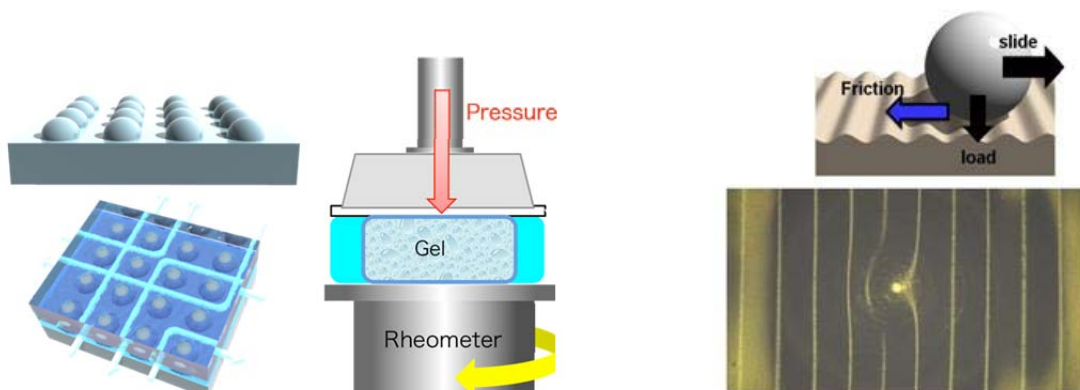
### 研究項目 A01：バイオミメティクス・データベース構築



「バイオミメティクスデータ検索基盤」試作システムによる昆虫および材料 SEM 画像への適用結果。数種の昆虫の脚接地面微細構造と衣料素材である合成繊維との類似性が見出された。このように本システムにより、生物と材料というまったく異なる分野であっても表面構造の類似性に基づく検索を可能にした。

高橋 昌弘, 小川 貴弘, 長谷山 美紀, “昆虫の走査型電子顕微鏡像による科の分類に関する検討 ～ 画像特徴を用いた階層型クラスタリングによる高精度化 ～,” 映像情報メディア学会技術報告、札幌（2014.02.17）

### 研究項目 B01-1：生物規範界面デザイン



微細表面パターンで PVA ハイドロゲルのウェット摩擦制御 → 構造の重要性を再確認  
 （関連：黒川、グン等、*Soft Matter* 10, 3192-3199 (2014) 等）

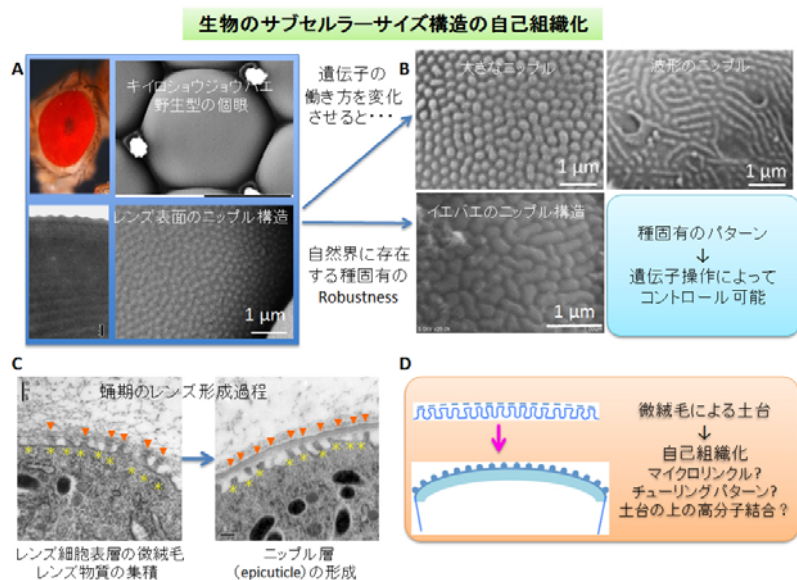
構造可変リンクル上で摩擦力の20%を可逆に変化できることを確認  
 （鈴木、平井、大園、*ACS Appl. Mater. Interface* (2014) released-on-line, **Editor's choice**としてハイライト: 若手PDの成果)

ハイドロゲル上でのウェット摩擦における凹凸構造の影響や、リンクル上でのドライ摩擦を凹凸によって20%可変出来る事や、摩擦力振動現象と構造変形の相関が明らかにした。

Shintaro Yashima, Natsuko Takase, Takayuki Kurokawa, Jian Ping Gong\*, Friction of Hydrogels with Controlled Surface Roughness on Solid Flat Substrates, *Soft Matter*, **10**, 3192-3199 (2014)

Kosuke Suzuki\*, Yuji Hirai, and Takuya Ohzono\*, Oscillating Friction on Shape-Tunable Wrinkles, *ACS Applied Materials & Interfaces*, **1**, 1 (2014)

研究項目 B01-2 : 生物規範機能構造・形成プロセス



遺伝子操作可能なキイロショウジョウバエを用いて、角膜レンズ表面の固有のニップル構造の形成機構を解析した。その結果、特定の遺伝子を変化させるとニップルパターンに大きな変化が現れることを明らかに、複眼表面ニップルの形成には細胞表層のアクチン繊維束が対応することを見出した。

木村賢一、南竜之介、佐藤千晶、山濱由美、針山孝彦、“昆虫複眼レンズ表面の nipple 構造形成機構”、日本化学会 第 94 春季年会 ,名古屋 (2014.03.27)

研究項目 B01-3 : 生物規範階層ダイナミクス

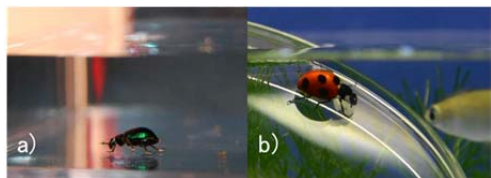


図 1 (a) ハムシが水中を歩けることを発見した。(b) テントウムシでも水中歩行が観察された。

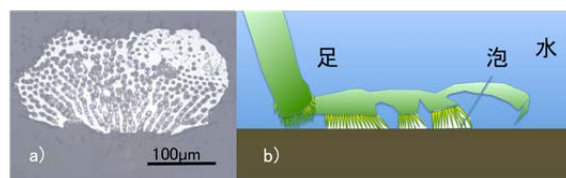


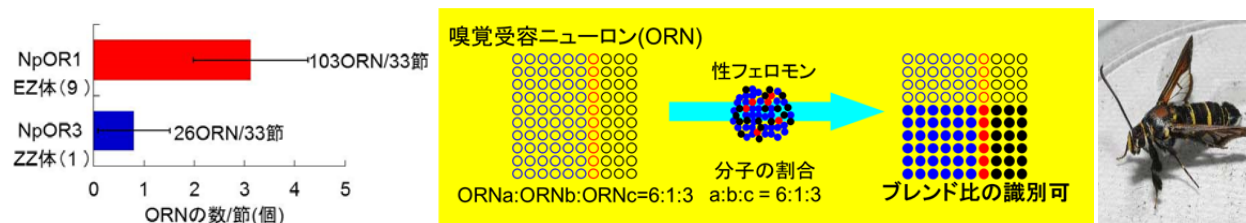
図 2 (a) 水中固定しているハムシの足裏写真(裏側から撮影)。黒色はハムシの足(接着性剛毛)、白色は泡。(b) 泡を利用して足裏を水中固定する機構の模式図。

ハムシは陸棲であるが、水中でも歩行できることを発見し、その歩行メカニズムは水中の「泡」を巧みに利用していることを明らかにした。



Naoe Hosoda\* and Stanislav N.Gorb, “Underwater locomotion in a terrestrial beetle: combination of surface de-wetting and capillary forces”, Proceedings of the Royal Society of London B, 279, 1745, 4236-4242 (2012)  
 N.Hosoda and S.N.Gorb, “The mechanisms of underwater adhesion of a leaf beetle as environmentally friendly design tools”, The 13th International Symposium on Biomimetic Materials Processes, 岐阜(2013.01.24)

研究項目 B01-4 : 生物規範環境応答・制御システム



2成分のフェロモンをブレンド比 9 : 1 で利用するヒメアトスカシバから、2つの性フェロモン受容体を同定し、これら受容体が同程度の閾値で各成分に特異的に応答すること、また、生体触角においてこれら受容体の発現細胞の割合がフェロモンブレンドの組成比とほぼ一致することを明らかにした。

森直樹, “ガ類の嗅覚と聴覚：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”、新学術領域「生物規範工学」全体会議・合同研究会、沖縄 (2013.07.01)

研究項目 B01-5 : 生物規範メカニクス・システム



高速度ビデオ撮影及び風洞実験ならびに計算機シミュレーションにより、蛾やハチドリのホバリング機構を解明した。この結果、柔軟翼の受動的な変形（曲げ、ねじり及びキャンバー）が効率的に空気力を発生させることを明らかにした。

T. Nakata and H. Liu\*, “Aerodynamic performance of a hovering hawkmoth with flexible wings: a computational approach”, Proc. R. Soc. B, 279, 1729, 722-731 (2012)

H. Tanaka, H. Suzuki, I. Kitamura, M. Maeda and H. Liu, “Lift Generation of Hummingbird WIng Models with Flexible Loosened Membranes”, 2013 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS) , 999 , 0 , 3777-3783 (2013.11)

## 研究項目 C01：生物規範社会学

ネイチャー・テクノロジーとは、2030年の厳しい地球環境制約の中で心豊かに暮らせるライフスタイルを考え、そのライフスタイルから必要なテクノロジーを抽出し、その解を自然の中に見つけるテクノロジー創出システムのことである。環境問題にしっかりと目を向けてビジネスを考えてこそ、新規事業創出が達成される。本書では、ネイチャー・テクノロジーの考え方や具体例を紹介し、多くの企業が目指す新規事業創出にネイチャー・テクノロジーがいかに有効かを説く。

石田 秀輝, 古川 柳蔵, “2030年のライフスタイルが教えてくれる「心豊かな」ビジネス-自然と未来に学ぶネイチャー・テクノロジー” B&T ブックス、日刊工業新聞社 (2013.11.26)



## 8. 研究成果の公表の状況（主な論文等一覧、ホームページ、公開発表等）（5ページ程度）

現在実施している新学術領域研究（公募研究含む）の研究課題を元に発表した研究成果（主な論文、書籍、ホームページ、主催シンポジウム等の状況）について具体的に記述してください。論文の場合、現在から順に発表年次をさかのぼり、計画研究・公募研究毎に順に記載し、研究代表者には二重下線、研究分担者には一重下線、連携研究者には点線の下線を付し、corresponding author には左に\*印を付してください。また、一般向けのアウトリーチ活動を行った場合はその内容についても記述してください。

※掲載数が多いため重要な発表のみを記載した。詳細は領域ホームページ (<http://biomimetics.es.hokudai.ac.jp>) を参照してください。

### 【論文】

#### 研究班：A01

1. Nomura, Shuhei\* and Takashi Komatsu, Two new subspecies of Diartiger fossulatus Sharp (Coleoptera, Staphylinidae, Pselaphinae) from Japan, *Esakia*, 52, 9-15 (2012)
2. Yin, Ziwei, Shuhei Nomura and Lizhen Li\*, Redescription of *Ceroderma asperata* Raffray, and description of *Cerochusa cilioes* gen. et sp. n. from Hainan, South China (Coleoptera, Staphylinidae, Pselaphinae), *Zootaxa*, 3355, 62-63 (2012)
3. Soh Yoshida, Hiroshi Okada, Takahiro Ogawa and Miki Haseyama\*, A Method for Improving SVM-based Image Classification Performance Based on a Target Object Detection Scheme, *ITE Transactions on Media Technology and Applications*, 1, 3, 237-243 (2013)
4. Nakae M.\*, K. Sasaki, G. Shinohara, T. Okada and K. Matsuura, Muscular System in the Pacific Bluefin Tuna *Thunnus orientalis* (Teleostei: Scombridae), *JOURNAL OF MORPHOLOGY*, 275, 217-229 (2014)
5. 野村周平\*・亀澤洋, 東京都品川区におけるクロヒメトゲムシ (ヒメトゲムシ科) の採集記録と走査型電子顕微鏡による形態観察, さやばねニューシリーズ, 13, 21-25 (2014.3)

#### 研究班：B01-1

1. 大園拓哉\*, 可変な微小なシワの溝における毛細管現象の制御, *表面技術*, 64, 34-37 (2013)
2. Takuya Ohzono\*, Kosuke Suzuki, Tomohiko Yamaguchi, Nobuko Fukuda, Tunable Optical Diffuser Based on Deformable Wrinkles, *Advanced Optical Materials*, 1, 5, 374-380 (2013)
3. 平井 悠司\*, 藪 浩, 海道 昌孝, 鈴木 厚, 下村 政嗣, 自己組織化を利用した銀メッキマイクロディンプル表面の作製と摩擦挙動, *高分子論文集*, 70, 5, 193-198 (2013)
4. Shintaro Yashima, Natsuko Takase, Takayuki Kurokawa, Jian Ping Gong\*, Friction of Hydrogels with Controlled Surface Roughness on Solid Flat Substrates, *Soft Matter*, 10, 3192-3199 (2014)
5. Kosuke Suzuki\*, Yuji Hirai, and Takuya Ohzono\*, Oscillating Friction on Shape-Tunable Wrinkles, *ACS Applied Materials & Interfaces*, 1, 1 (2014)

#### 研究班：B01-2

1. S. Yoshioka\*, S. Kinoshita, H. Iida, and T. Hariyama, Elucidation and reproduction of the iridescence of

- a jewel beetle, Proceedings of SPIE, 8480, 848005-0 (2012)
2. Doekele G. Stavenga\*, Hein L. Leertouwer, Takahiko Hariyama, Hans A. De Raedt, Bodo D. Wilts, Sexual dichromatism of the Damselfly Calopteryx japonica caused by a melanin-chitin multilayer in the male wing veins., PLOS ONE, 7, 11, 49743 (2012)
  3. Daisuke Ishii\*, Masatsugu Shimomura, Invisible Gates for Moving Water Droplets: Adhesive Force Gradients on a Superhydrophobic Surface, Chemistry of materials, 25, 3, 509-513 (2013)
  4. Takeoka, Y.\*, Yoshioka, S., Takano, A., Arai, S., Nueangnoraj, K., Nishihara, H., Teshima, M., Ohtsuka, Y. and Seki, T., Production of Colored Pigments with Amorphous Arrays of Black and White Colloidal Particles, Angewandte Chemie International Edition, 52, 28, 7261-7265 (2013)
  5. Yasuharu Takaku, Hiroshi Suzuki, Isao Ohta, Daisuke Ishii, Yoshinori Muranaka, Masatsugu Shimomura, and Takahiko Hariyama\*, A thin polymer membrane, nano-suit, enhancing survival across the continuum between air and high vacuum, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 110, 19, 7631-7635 (2013)

### 研究班 : B01-3

1. Chihiro Urata, Benjamin Masheder, Dalton F. Cheng, Atsushi Hozumi\*, How To Reduce Resistance to Movement of Alkane Liquid Drops Across Tilted Surfaces Without Relying on Surface Roughening and Perfluorination, Langmuir, 28, 51, 17681-17689 (2012)
2. Naoe Hosoda\* and Stanislav N.Gorb, Underwater locomotion in a terrestrial beetle: combination of surface de-wetting and capillary forces, Proceedings of the Royal Society of London B, 279, 1745, 4236-4242 (2012)
3. K. Niikura\*, N. Sugimura, Y. Musashi, S. Mikuni, Y. Matsuo, S. Kobayashi, K. Nagakawa, S. Takahara, C. Takeuchi, H. Sawa, M. Kinjo, K. Ijro, Virus-Like Particles with Removable Cyclodextrins Enable Glutathione-Triggered Drug Release in Cells, Mol. BioSyst., 9, 501-507 (2013)
4. 穂積 篤\*, 八木橋 信, 有機単分子膜によるアルミニウムの表面改質, 防錆管理, 57, 4, 127-132 (2013)
5. Chihiro Urata, Benjamin Masheder, Dalton F. Cheng, and Atsushi Hozumi\*, Unusual Dynamic Dewetting Behavior of Smooth Perfluorinated Hybrid Films: Potential Advantages Over Conventional Textured and Liquid-infused Perfluorinated Surfaces, Langmuir, 29, 40, 12472-12482 (2013)

### 研究班 : B01-4

1. Maruno G, Mori N\*, Kuwahara Y., Chemical ecology of astigmatid mites LXXXVII. S-(+)-Isopiperitenone: Re-identification of the alarm pheromone as the female sex pheromone in Tyrophagus similis (Acari: Acaridae)., Journal of Chemical Ecology, 38, 1, 36-41 (2012)
2. Kojima, W.\*, Ishikawa, Y., Takanashi, T., Deceptive vibratory communication: pupae of a beetle exploit the freeze response of larvae to protect themselves, Biology Letters, 8, 5, 717-720 (2012)
3. Mine, A.\*, Hyodo, K., Tajima, Y., Kusumanegara, K., Taniguchi, T., Kaido, M., Mise, K., Taniguchi, H., and Okuno, T., Differential roles of Hsp70 and Hsp90 in the assembly of the replicase complex of a positive-strand RNA plant virus, Journal of Virology, 86, 22, 12091-12104 (2012)
4. S. Nambu, T. Matsui, C. W. Goulding, S. Takahashi, and M. Ikeda-Saito\*, A new way to degrade heme:

The Mycobacterium tuberculosis enzyme MhuD catalyzes heme degradation without generating CO, The Journal of Biological Chemistry, 288, 14, 10101-10109 (2013)

5. Aboshi T, Shimizu N, Nakajima Y, Honda Y, Kuwahara Y, Amano H, Mori, N\*, “Biosynthesis of linoleic acid in Tyrophagus mites (Acarina: Acaridae)”, Insect Biochem. Mol. Biol., 43, 991-996 (2013)

## 研究班：B01-5

1. T. Nakata and H. Liu\*, A fluid-structure interaction model of insect flight with flexible wings, Journal of Computational Physics, 231, 4, 1822-1847 (2012)
2. T. Nakata and H. Liu\*, Aerodynamic performance of a hovering hawkmoth with flexible wings: a computational approach. Proc. R. Soc. B, 279, 1729, 722-731 (2012)
3. Gen Li, Ulrike Muller, Johan van Leeuwen, and H. Liu\*, Body dynamics and hydrodynamics of swimming fish larvae: a computational study, Journal of Experimental Biology, 215, 4015-4033 (2012.0)
4. H. Tanaka, H. Suzuki, I. Kitamura, M. Maeda and H. Liu\*, Lift Generation of Hummingbird Wing Models with Flexible Loosened Membranes, 2013 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), 999, 3777-3783 (2013)

## 【書籍および解説】

1. 下村政嗣, バイオミメティクスと表面技術, 表面技術, 64, 1, 2-8 (2013)
2. 下村政嗣, ハニカム構造フィルムを用いたバイオミメティクス材料, マテリアルステージ, 1, 2, 6-10
3. 下村政嗣, 「ムシは、世界を救う? From Prometheus to Nausicaa」, OHM, 100, 11, 86 (2013)  
※2013年10月より連載中
4. 下村政嗣, バイオミメティクスが拓く技術革新と産業展開 (Biomimetics: Paradigm Shift Based on Biodiversity to Innovation for Sustainability), 日本機械学会誌, 117, 1143, 2-5 (2014)
5. 下村政嗣, バイオミメティックは“似て非なるもの”? (nature & technology will work as one?), OHM, 101, 5, 34-0 (2014)
6. 大園拓哉, 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 - PEN Public Engagement with Nanobased NEWSLETTER, 4, 2, 34-35 (2013.4)
7. 不動寺浩, 科学EYES 第54巻1号, 特集バイオミメテクィス (生物模倣), 生物の構造色の色変化と新材料への応用, 8-14 (2012.11)
8. Hiroshi Fudouzi, Tsutomu Sawada, Biomimetics in Photonics (Ed by Olaf Karthaus), 5.1 Tunable structural color in colloidal photonic crystal, 141-155 (2012.11)
9. 針山孝彦, 美術手帖増刊 デザゲン動物大百科 光る動物の不思議, 62-65 (2013.1)
10. 下村政嗣, 「技術シーズを活用した研究開発テーマの発掘」第九章第七節 バイオミメティクスを活用した研究開発テーマの発掘, 391-397 (2013.7)
11. S. Yoshioka, Pattern Formation and Oscillatory Phenomena Chapter 6 Structural Color in Nature: Basic Observation and Analysis, 199-251 (2013.7)
12. 光野秀文, 神崎亮平, ナショナルバイオリソースプロジェクト「カイコ」情報誌 “おかいこさま”

## 【ホームページ】

- 2013年01月21日 ニュースレター Vol.1 No.1 公開  
2013年01月22日 ニュースレター Vol.1 No.2 公開  
2013年02月08日 ニュースレター Vol.1 No.2 公開  
2013年02月28日 バイオミメティクス国際標準化ニュースレター 公開  
2013年06月28日 ニュースレター Vol.2 No.1 公開  
2013年10月25日 ニュースレター Vol.2 No.2 公開  
2014年04月04日 ニュースレター Vol.2 No.3 公開

## 【主催シンポジウム】

1. Joint Symposium of International Symposium on “Engineering Neo-Biomimetics IV” and Satellite Meeting of the 9th SPSJ International Polymer Conference (IPC2012)  
会期：平成24年12月10日（木）～12月11日（金）  
会場：神戸大学瀧川記念学術交流会館2階大会議室、神戸国際会議場  
主催：JST ERATO and CREST, Frontier Research Center, Tokyo Institute of Technology, Scientific Research on Innovative Areas “Engineering Neo-Biomimetics”  
共催：The Society of Polymer Science, Nature Technology Research Consortium
2. “生物模倣技術（バイオミメティクス）がもたらす技術革新と博物館の役割”  
日時：平成25年3月16日（土） 13時～17時  
会場：お台場 日本科学未来館 7階 イノベーションホール  
主催：JST(CREST、ERATO、日本科学未来館)、文部科学省科学研究費「生物規範工学」、  
北海道大学総合博物館  
協賛：高分子学会バイオミメティクス研究会、ネイチャーテクノロジー研究会、アスクネイチャー・  
ジャパン
3. Joint international symposium on “Nature-inspired Technology (ISNIT) 2014” and “Engineering Neo-biomimetics V”  
日時：平成26年2月12日（水）～2月15日（土）  
会場：北海道大学学術交流会館  
主催：Japan Science and Technology Agency (JST, Japan), Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT, Japan), Pohang University of Science and Technology (POSTECH, Korea), Korea Institute of Machinery and Materials (KIMM, Korea), Bio-engineering Division, The Korea’s Society of Mechanical Engineers (KSME, Korea), Shiga Committee for Economic Development (Japan)  
協賛：The Society of Polymer Science, Japan (Japan), Research Group on Biomimetics of The Society of Polymer Science, Japan (Japan), Hokkaido Branch, The Society of Polymer Science, Japan (Japan), Ask Nature Japan (Japan)
4. 「生物模倣技術（バイオミメティクス）がもたらす技術革新と博物館の役割」  
→海外の最新動向から見る我が国の課題：プロセスイノベーションとバイオミメティクス知識基盤  
日時：平成26年3月31日（月） 13時00分～16時40分（入館は16時まで）

会場：日本科学技術振興財団・科学技術館地下2階サイエンスホール

主催：(独)科学技術振興機構戦略的創造研究推進事業、文部科学省科学研究費新科学領域「生物規範工学」

協賛：高分子学会バイオミメティクス研究会、(株) エヌ・ティー・エス

## 【アウトリーチ活動】

### 1. バイオミメティクス・市民セミナー

会場：北海道大学総合博物館 知の交流コーナー

主催：北海道大学総合博物館、共催：文部科学省科学研究費新科学領域「生物規範工学」

協賛：高分子学会バイオミメティクス研究会・高分子学会北海道支部

※現在までに16回の講演会を開催、今年度は残り8回開催予定

### 2. 科学と社会をつなぐ祭典“サイエンスアゴラ”への出展

2013年11月9日(土)、10日(日)に科学技術振興機構(JST) 科学コミュニケーションセンター主催で東京お台場の科学未来館を中心とした会場で開催された国内最大のサイエンスのイベントであるサイエンスアゴラ (<http://www.jst.go.jp/csc/scienceagora/>) に新科学領域として展示すると共に、公開ワークショップを行った。

### 3. 魚類のバイオミメティクスについてのギャラリートーク

日時：2014年3月9日、12:00-12:30、14:00-14:30、国立科学博物館で小学校高学年以上を対象に、篠原現人研究主幹が「深海魚のからだ」というテーマで、さまざまな深海魚を紹介するとともに、国立科学博物館に保管される深海魚標本の利用法のひとつとして、バイオミメティクスがあることを一般参加者に紹介した。

### 4. 科学技術館 平成25年度特別企画展「4億年、昆虫との手紙展。バイオミメティクス～いきものに学ぶイノベーション～」

平成26年3月20日(木)～4月6日(日)まで、科学技術館2階イベントホール特別企画展を開催した。

主催は(公財)日本科学技術振興財団・科学技術館で、共催は高分子学会バイオミメティクス研究会、医学生物学電子顕微鏡技術学会、文部科学省科学研究費新科学領域「生物規範工学」、(独)科学技術振興機構戦略的創造研究推進事業。監修は下村 政嗣(東北大学原子分子材料科学高等研究機構・教授)および宮澤七郎(医学生物学電子顕微鏡技術学会名誉理事長・最高顧問)。

## 【受賞】

1. 下村 政嗣, 平成25年度高分子学会賞, ハニカムフィルムの生産技術とその応用, 高分子学会 (2014.5.29)
2. 大園 拓哉, 第34回本多記念研究奨励賞, マイクロリンクルの構造の開拓・制御・応用, 公益財団法人本多記念会 (2013.05.31)
3. Aki Sato, Yuji Hirai, Takuya Ohzono, Mitsuyoshi Matsunaga, Masatsugu Shimomura, Poster Award, Fabrications of the hierarchical polymer structures inspired by a shark skin surface, Nature-Inspired Technology 2014 and Engineering Neo-Biomimetics V (2014.2.13)
4. 石井 大佑, Young Investigator Award, World Congress on Biomimetics, Artificial Muscles and Nano-Bio (2013.8.30)
5. Akitsu Shigetou and Ajayan Mano, Best poster conference paper, UV/Vapor-Assisted Hybrid Bonding

as a Tool for Future, Nanopackaging IEEE (2012.8.22)

6. 伊與 直希、新倉 謙一、松尾 保孝、三友 秀之、島本 直伸、居城 邦治, 第 47 回高分子学会北海道支部研究発表会 優秀ポスター賞 光応答性金ナノ粒子ベシクルによる薬剤放出, 高分子学会北海道支部 (2013.1.29)
7. 穂積 篤, 第 2 回ネイチャー・インダストリー・アワード 特別賞, 大阪科学技術センター主催 (2013.11.20)
8. 浦田 千尋, 日本ゾル-ゲル学会第 11 回討論会 ベストポスター賞, アルキルシランを用いた有機・無機ハイブリッド膜の動的はつ油性, 日本ゾル-ゲル学会 (2013.8.2)
9. 對馬 佑介、高梨 琢磨、今井 利宏、西東 力、田上 陽介, 第 57 回日本応用動物昆虫学会大会ポスター賞 クロメンガタスズメ幼虫の大腮による発音と音響解析, 日本応用動物昆虫学会 (2013.3.29)
10. 齋藤 正男, The Journal of Biological Chemistry top 22, A New Way to Degrade Heme. The Mycobacterium tuberculosis Enzyme MhuD Catalyzes Heme Degradation without Generating CO, The Journal of Biological Chemistry (2013.04.5)
11. 石田 秀輝, 第 3 回生物多様性日本アワード, 公益法人イオン公共財団 (2013.10.29)
12. 石田 秀輝、古川柳蔵, 2013 年グッドデザイン賞, lotus project (2013.10.01)
13. 藤井 秀司, 日本化学会コロイドおよび界面化学部会 科学奨励賞, 「微粒子の界面吸着現象を利用した液液、気液分散系の安定化」, 日本化学会コロイドおよび界面化学部会 (2013.9.19)



## 9. 今後の研究領域の推進方策（2ページ程度）

今後どのように領域研究を推進していく予定であるか、研究領域の推進方策について記述してください。また、領域研究を推進する上での問題点がある場合は、その問題点と今後の対応策についても記述してください。また、目標達成に向け、不足していると考えているスキルを有する研究者の公募班での重点的な補充や国内外の研究者との連携による組織の強化についても記述してください。

本領域は、進化適応の結果である多様な“生物の生き残り技術”に学び、人間の叡智としての“総合的エンジニアリング”である「生物規範工学」を確立するものである。生物多様性を軌範とする持続可能性へのパラダイムシフトを獲得するためのブレークスルーとして、博物学と工学を情報科学によって連携融合する戦略を選択した。分類学、生物学、農学、物理、化学、ナノテクノロジー、機械工学、環境科学、等、多岐にわたる異分野連携と産学連携を“総花的”ではなく“総合的”になるように強い求心力をもって領域を運営することとし、下記の項目について総括班を中心に推進する。

(1) 情報発信量の増大に対応すべく、領域のホームページの充実を行い、迅速性、集約性を高める。国際会議のホームページを充実するとともに、国内外の動向についても収集発信機能を賦与し、「バイオミメティック・データベース」を基盤として、生物学と工学に通じた人材育成と、産学連携の促進に資する「生物規範工学」プラットフォームの原型を設計する。総括班に計上した管理・人件費を当て、必要に応じて増額する。

(2) A01 班が開発した類似画像検索とオントロジーに基づく検索システムは、膨大な生物学の画像データの工学利用を可能とする発想支援型検索システムであり、生物と材料のナノ・マイクロ構造画像をマッチングさせることで、生物機能をもとに材料が持ちうる機能を推定可能にした。計画研究班間における異分野融合を効果的に推進するために、これまでに蓄積した「バイオミメティクス・データベース」に基づく画像検討会を定期的に開催し、計画班の研究を補完する研究課題や新規課題を抽出する。

(3) 針山孝彦教授（B01-2 班班長、総括班実施グループ）が領域代表の CREST 研究課題において新規に開発した、生きた状態で高解像度電子顕微鏡観察を可能とする「ナノスーツ法」（バイオミメティック・バイオフィルム）の普及を図るとともに、「バイオミメティクス・データベース」への画像データ集積を行う。「ナノスーツ」はバイオフィルムのバイオミメティクスであり、分子レベルの自己集合技術とプラズマ重合がコアとなった極めて高い保護能を有するナノフィルムである。このフィルムを用いれば高真空下でも生物試料から水の蒸発を防ぐことが可能となり、従来は不可能であった「生きた」状態で生物のナノ・マイクロ構造を高分解能電子顕微鏡観察することに世界で初めて成功した。従前の電子顕微鏡観察では、乾燥して変形した微細構造を観察しており、生きた状態で観察することで、構造と機能の正しい相関を導き出すことが可能となる。

(4) 総括班内に設置した産官学連携委員会を強化する。バイオミメティクス推進協議会の設立にむけた活動をはじめめる。バイオミメティクス国際標準化の国内審議機関である高分子学会や顕微鏡学会、応用動物昆虫学会など、関連の学協会、産業界との密な連携のもとに、異分野連携、産学連携に関する定期的な情報発信を行う。平成26年10月に“ポートメッセなごや”で開催予定の Tech Biz Expo 2014（次世代ものづくり基盤技術産業展）等の企業向け展示会にも積極的に出展する。

(5) 海外の研究開発動向を収集分析するとともに、国際連携の可能性をはかる。具体的には、平成26年6月にフランスの CEEBIOS（Centre Européen d'Excellence en Biomimétisme de Senlis）を訪問し連携にむけた会議を開催する。また、フランスの CEEBIOS、滋賀県経済同友会、近江八幡商工会議所、アスクネイチャージャパンとの国際連携等を促進し、産学連携、地域連携の具体的な研究課題を抽出する。

(6) 平成26年10月にベルギーで開催される国際標準化の会議に出席するとともに、ヨーロッパ主要メンバー国の協力を得ながら、バイオミメティクス知的基盤構築の標準化提案の実現に向けた活動を行なう。

(7) 公募班と計画班との連携を深めるために、国際会議および全体会議を開催する。毎年、“International Symposium on Engineering Neo-Biomimetics”を定期開催する。引き続き、高分子学会、応用動物昆虫学会などにおいて、研究会シンポジウム等を企画する。博物館や研究機関が有する生物資源を効率的にデータベー

ス化するため、関連の学協会との連携を図りながら、データベースの統合化に向けた博物館・研究機関ネットワーク形成を継続して行う。

(8) バイオミメティクスの啓蒙、推進、人材育成を強化するために、教科書、啓蒙書、ビジネス書、ハンドブック等の出版を行う。とりわけ、「生物と工学の融合」を主題とする大学院・学部学生への講義や、企業研究者へのリカレントなどの実践的な活動を通じて、教科書編集を行う。若手研究者を中心に、外部の研究者も含む異分野、産学からのメンバーによる教科書編集委員会を設置する。

(9) 博物館を活用したアウトリーチ活動を継続的に行う。博物館機能を利用して、市民講座や定期刊行物等による市民向け情報発信を図り、サイエンスコミュニケーションの観点から我が国の科学・技術を文化として育むことに資する。「ネイチャーテクノロジーとライフスタイル展」の地方展開や、新規展示会の企画を行う。平成26年10月には、千葉県立現代産業科学館における企画展を計画しており、顕微鏡学会、高分子学会との連携により、顕微鏡観察の実際やナノスーツ法の普及等も行う。出版社とも連携し、総合的な視点に基づく啓蒙書、ムック等の編集作成を企画し、バイオミメティクスの一般的な普及ならびに次世代人材育成に寄与する。

(10) 総括班内部評価者からの意見を真摯に受けとめ、各計画研究の進捗状況に応じて、柔軟な研究体制の見直しを心掛ける。