

バイオハイブリッドシステム研究開発拠点

① 計画の概要

生体をもつユニークな機能が組み込まれた工業製品である「バイオハイブリッドシステム」を生み出す新たな研究分野や新たな市場を創出することが、本研究拠点のミッションである。

人類は、社会のニーズに合わせてさまざまなシステムや技術を開発してきた。ヒューマノイドやスマートフォン、自動運転などを良い例である。その一方で、生物に見られるような特異的な機能を工業的に利用する段階には至っていない。たとえば、分子レベルで認識可能な超高感度、高選択性を持つイヌの鼻のようなセンサ、自己増殖や自己修復を繰り返す細胞のようなリアクタ、エネルギー効率の高い動きや情報処理を行なう筋肉や脳などの機能の実現には至っていない。それらの実現が現状の技術で難しいのであれば、自然界に存在している生物のパーツそのものを、人工物と融合し、実社会に応用することを目指すアプローチを展開すべきである。これは、本拠点が実現を目指すバイオハイブリッドシステムである。

バイオハイブリッド (BH) システムの要素技術は以下の四つに分かれる。(1) BH センサ、(2) BH リアクタ (3) BH アクチュエータ、(4) BH プロセッサ。センサは、タンパク質や細胞を使い、一分子レベルで高感度に物質を検出することができるため、呼吸での体調診断や爆発物からの匂いを高感度で検出することができる。リアクタは生体反応を模倣することができるため、創薬や医療に応用可能なデバイスを提供する。アクチュエータは、高効率なロボットアクチュエータの他、家畜に頼らない培養肉の生産研究へ貢献する。プロセッサは脳型処理を実現する超高効率な論理演算素子として機能する。本拠点では、これらのデバイス要素技術を組み合わせて、統合したシステム (BH ロボットや BH システム) を創出するための学問体系を構築する。

② 学術的な意義

生物の利用できるパーツとして有効なものは細胞や組織である。現在、産業の中で細胞組織を活用しているのは医・薬・基礎生物学の研究ツールにとどまる。より広範な工業用品に展開できない理由は、細胞や組織の「扱いにくさ」にある。製造業で用いられる人工物とは異なり、液中での培養が必要であり、人為的に制御した構造体を作製する技術もなく、半導体やマイクロデバイスといった人工物との接続を自在に作ることもできない。本研究拠点では、生物の機能を効果的に利用できる BH 製品の製造可能性を実証する。

たとえば、高感度かつ特異的な分子検出や、生体特有の組織応答の検出が可能な BH 細胞センサの開発を例に挙げる。組織とデバイスの融合により達成される BH 細胞センサは、気中および液中の標的分子を高感度・高選択性にて検出可能な携帯型システムとなる。加えて BH 細胞センサは、使用目的を標的分子の検出とするか標的分子に対する生体組織の応答の検出とするかによって、「匂いや化学物質を標的・特異的に検出するセンサ (化学物質センサ)」または「標的不明あるいは混合物に対する生体応答を計測するセンサ (生体応答センサ)」として扱うことができ、様々な用途への応用可能性を有している。これが実現されれば、例えば災害現場で人の汗の匂いを感知して自動的に飛んで行くドローン、空港等で微量の麻薬成分を検知してアラートを出す荷物検査システム、新規の加工食品成分の安全性や機能性情報を表示する検査システムなど、従来は生物個体を利用しないと実現が不可能であった様々な機能を自動化・ロボット化できるようになると予想される。工学に加え、生物、医学、薬学、理学など様々な分野融合をなしでは実現しないテーマであり、本拠点を通じて、異分野が融合した新たな学術領域が形成できる意義は大きい。

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

上記のようにバイオハイブリッド研究を4つのグループ (センサ、リアクタ、アクチュエータ、プロセッサ) に分けたときに、すべてのデバイスに関して総合的に取り組んでいるグループは世界的には東京大学のみである。ただし、各デバイスにおいては、各地で盛んにおこなわれているが、全てをまとめて一つのシステムを創出したり、学術研究として体系化を図るようなプロジェクトはこれまでに類はなく、世界に先駆けて推進する意義はある。

④ 実施機関と実施体制

東京大学 (中心機関) : 全体拠点のとりまとめを行なう。本郷または駒場キャンパス内に、Under one roof の研究棟を建設し、各研究科から関連分野のトップを走る研究者を集結させ、バイオハイブリッド研究の世界的拠点を構築する。

また国内ネットワークも充実させ、東北大学、弘前大学、信州大学、北陸先端科学技術大学院、名古屋大学、京都大学、大阪大学、理化学研究所などにも参加を呼びかけ、BH センサ、BH リアクタ、BH アクチュエータ、BH プロセッサの研究推進を上記拠点との連携を図りながら、オールジャパン体制で行う。さらに、それらの関連分野の社会受容性、倫理性などに関する調査研究を行う。

加えて、関連企業群およびスタートアップ企業群から若手の研究員を集結させ、拠点で構築された基盤技術の迅速な導出を測る。知財プロデューサーをおき、黎明期であるバイオハイブリッド研究開発分野における、知財を戦略的に獲得していく。

⑤ 所要経費

1. 研究拠点形成費 35 億円。

東大の研究拠点において、プロジェクトの計画、実施等を機動的に行うために既存施設を改修し、セミナールーム、研究員室

を新たに設置する（12億円）とともに、国内外の研究者が滞在するための施設を設置する（23億円）ための費用として計上した。

2. 研究員雇用費 30億円（10年分）

オープンな環境で最先端のBH研究に専念させる研究人材を国際的に公募し、10年間分の雇用人件費として、常勤研究員20名分の20億円と支援スタッフ40名分の10億円を計上した。

3. プロジェクト研究経費 30億円（10年分）

研究拠点では、BHセンサ、BHリアクタ、BHアクチュエータ、BHプロセッサ分野について、国際的に著名な研究者との連携を図りつつプロジェクトを実施するが、分野毎に年間1億円、10年分で30億円を計上した。

4. 集中講座ならびに国際シンポジウム開催経費 5億円（10年分）

国際的に著名なBH研究者を招聘して連続講義を開催することにより産官学及び若手の育成を組織的、継続的に実施するための費用と国際シンポジウム開催費用として5億円を計上した。

合計 100億円

⑥ 年次計画

(1) 第1年度

東大の研究拠点を形成する。本拠点を中核として国内外の研究者ネットワーク体制を構築する。

(2) 第2～4年度

BHセンサ、BHリアクタ、BHアクチュエータ、BHプロセッサの4分野について国際公募等により国内外からの研究者を招聘し、プロジェクトを実施する。また、海外から著名な研究者を招聘し、プロジェクト推進の助言・指導を求めるとともに集中講座を開講する。

(3) 第5年度 国際シンポジウムの開催

(4) 第6年度以降 国際評価委員会による中間評価を実施する。評価結果を踏まえて実施体制の見直しを行い、事業を継続する。

⑦ 社会的価値

人類は様々な動物を社会の中で活用してきた。現代では、イヌの嗅覚を麻薬や爆発物の探索センサとして、マウス等が示すヒトとの類似性を薬剤評価等の実験モデルとして利用している。それらの機能の実体である細胞組織を工業的に生産、利用可能になれば、既存の社会にはない製品群・市場が生まれることは想像に難くない。たとえば、BHセンサにおいては、麻薬や爆発物の検知（セキュリティ産業）、人の検知や災害における化学物質の検知（防災産業）、大気や水質などの環境汚染の検知（環境測定産業）、農薬の検知（農業産業）といった、人の健康的な生活環境を確保するために必須となる領域ではニーズも高く、事業化への見通しは明るく、今後も更なる拡大が見込まれる産業領域への展開が想定される。

⑧ 本計画に関する連絡先

竹内 昌治（東京大学生産技術研究所）、大島 まり（東京大学大学院情報学環/生産技術研究所）