

物質・デバイス・システムクロスコネクト研究拠点：設計・創成・解析・実装および循環を結ぶネットワーク研究体の構築

① 計画の概要

21世紀を迎えた今日、新物質設計や機能予測は計算科学手法によりある程度可能となっているが、マクロスケール/社会インフラレベルまで統一的に解釈したマルチスケール計算予測や、製品寿命後まで見据えたライフサイクルデザインへの適用には大きな障壁が残されている。こうした経験的あるいは論理的な思考で見いだせない因子でも、近年のAI技術など情報科学により顕在化できる。但し、物質創成、材料設計やデバイス構築に関しては未だ研究の途についたばかりである。社会実装、さらには製品寿命後に原料へと回帰するまでを見越し Society 5.0の具現化に向けての研究には解決すべき課題が山積し、実践的研究を加速することが必須である。

本計画では、中核的機関である国立大学5附置研の研究アライアンスや共同研究拠点としての実績に基づき、理工学的な観点からの物質・デバイス・システムの設計/創成/計測/実装/ライフサイクルを「クロスコネクト」した新たな学理構築を目的とする。研究領域と地域性を鑑みて設定した複数の中核的研究コアを設定し、それぞれのコアにおける学術資源・先端装置・解析手法・研究成果およびヒューマンリソースを縦横に結ぶ「クロスコネクト」することでクラウドタイプの研究拠点を形成する。

即ち、本研究では、分散コア研究体内部での研究の環（リンク）が複数クロスコネクトしたマルチリンク型の研究体を構成することとなり、リンク内やリンク間におけるさまざまな要素が自在に往来することで、各機関における研究の強みを最大限に発揮させ、融合領域に跨った実践的研究を推進する。

② 学術的な意義

これまで日本は、材料・デバイス・ナノテクノロジー分野において国際的優位を保ってきたが、産業・社会構造変化とニーズの多様化、技術革新の加速化ならびにグローバル化による競争的環境へと変革するなか、持続可能な達成目標（SDGs）を見据え、多様な社会・産業構造を支援して豊かな社会を実現するための新たな物質・材料の創成とその循環のための設計・計測・予測システム開発と実装が必要である。本研究では、物質・デバイス・ビーム科学・情報（AI）を有機的に統合し、実践する「エンジン」となり得る物質・デバイスおよびシステムの設計・創成・解析・実装・ライフサイクル設計を結ぶネットワーク研究による新たな研究推進の「仕組み」を提起し、「環境と社会に調和した物質・材料・デバイスの創成・循環」を行い、AI駆動物質探索と革新的物質・デバイス創成法により、次世代型の多様なシステムなどを提供できる。

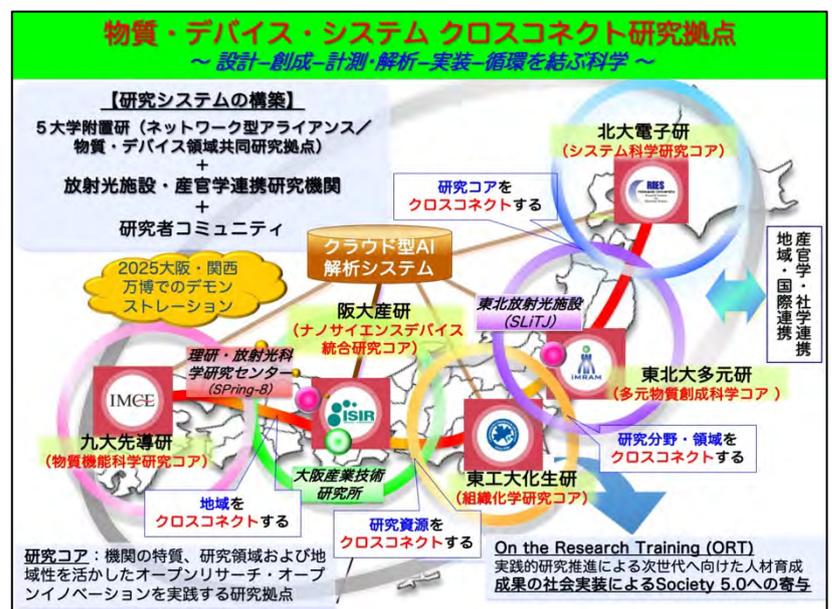
この新たな研究推進プロセスの実践は、物質・デバイス・システム創成からライフサイクルに関する極めて広範囲な研究領域をカバーしての学際研究の加速はもちろんのこと、研究推進のための環境とそのプロセスの提案をも包括しており、既存科学および技術研究開発の「常套手法」を覆しての真のイノベーション創出を行うためのモデルを与えると考えると同時に、オープンサイエンス・オープンイノベーションの実践拠点となる。

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

有機的連携による課題解決型研究推進は国内外でも存在するが、より実効的に進める「仕組み」、例えば多数の研究所・ユニットを横に結んで連携する融合研究実践例は少ない。本研究では分野融合研究を効率的に進めるための「仕組み」を整備することで、多彩な研究フェーズに展開が可能になる。たとえば、単分子センサ研究で、ナノデバイス創製とAI解析の融合で画期的バイオセンシングが実証され実装されようとしているように、多領域を横断的連携推進するメリットは計り知れない。本提案では各研究コアが多様なフェーズの研究を進め、更にネットワーク型共同研究拠点の実績とノウハウを駆使し、多くの研究データを集積統合させるプラットフォーム構築を実践できる点で、国際的にも独創的な「枠組み構築」および「物質・材料・デバイス研究の新展開」、さらには、「物質のライフサイクル設計」まで含んだ新領域の開拓が期待される。

④ 実施機関と実施体制

大学附置研究所間アライアンス事業を実施し、ネットワーク型「物質・デバイス領域共同研究拠点」としてもアクティブな研究を実践する5大学附置研（北海道大学電子科学研究所、東北大学多元物質化学研究所（拠点事業本部）、東京工業大学化学生命科学研究所、大阪大学産業科学研究所（アライアンス事業本部）、九州大学先導物質化学研究所）が中心となり、各研



保有の研究資源・実績や専門領域の強み、地域性を活かした研究コアとして機能することで、多様な参加機関や研究コミュニティの研究者を結び、本ネットワークを経由した研究資源・知見の流通ハブとして相互がクロスコネクして研究を実施する。

加えて、物質・材料/デバイス研究・先端解析に必須な放射光施設等との連携や、各地域での産官学連携による研究資源の社会実装を進める。具体的には、統合コアの役割を果たす阪大産研は、理化学研究所 放射光科学研究センター (Spring-8)、地域研究開発の拠点である大阪産業技術研究所と連携し、東北大多元研は東北放射光施設 (SLiT-J) との連携を推進する。さらに、中心となる物質・デバイス領域共同研究拠点と他のネットワーク型共同利用・共同研究拠点と連携を拡充することで、分野融合共同研究による物質材料・デバイス創成・循環・実装をクロスコネクした研究体制を構築する。

⑤ 所要経費

(1) 装置設備費：104 億円 既存設備の有効活用に最大限配慮し、各研究コア・参加機関に成果創出に必要な不可欠な装置設備を拡充する (内訳：オペラント超高速 3D イメージングシステム、超臨界ナノハイブリッド材料製造装置、循環型物質合成システム、情報支援型分子合成ロボット、ビーム支援ナノ/マイクロハイブリッドデバイス製造システム、クラウド型 AI 統合解析システム、AI 支援 IoT 材料デバイス製造システム、クラウド型材料物性機能解析システム)。

(2) クロスコネク・ネットワーク整備費：28 億円 各コア内装置群およびコア間、参加機関を結び、クラウド型 AI 解析システムと連動した統合設備ネットワーク構築のためのデータ収集・解析・コミュニケーションシステム環境 (内訳：統合クラウド情報システム、大規模データ記録装置) を整える。

(3) 人件費等：78 億円 (13 億円/年×6年) 各研究コアに、情報ネットワーク室、材料・デバイス創製室を併設し、解析、情報共有及び材料・デバイス創成・実装支援研究・技術者を配置する (教員 15 名、技術職員 18 名、職員 7 名)。

⑥ 年次計画

1～2年目：既存設備・分野・地域性を考慮しつつ各研究コアの装置、統合クラウド情報システムの構築、蓄積されるデータを効率的に収集する装置整備を図る。物質・材料創製設備を中心に、超臨界ナノハイブリッド材料製造装置、循環型物質合成システム (一部)、ネットワーク型材料創製ラインを整備する。これら装置群と統合クラウド情報システムとを結び、遠隔システムによる物質・材料創製コア間でのシームレスな環境を構築する。各コア (5 コア 2 拠点) に教員 15 名、技術職員 18 名、職員 7 名を配置して研究推進と事業サポートを拡充する。さらに実践的な On the Research Training により人材育成を図る。

3～4年目：オペラント超高速 3D イメージングシステム、クラウド型 AI 統合解析システム (一部) 等の整備、前期導入システムの完備を行う。集積した物質合成・デバイス機能データを AI 援用により解析し、機能発現のための物質設計や合成にフィードバックし、実データと理論予測との整合を図る。統合クラウド情報システムを経由したリモート計測・評価解析プロトコルを整備する。これらを通じ多様な新物質・高機能材料に関する学術情報と材料設計情報の集積を進める。

5～6年目：導入システム補完に加え、AI 支援 IoT 材料デバイス製造システムを整備し、収集データを用いた情報科学支援による材料デバイス製造、オペラント型材料創成解析、多様なセンサデバイス、環境・バイタルセンシングシステム等の創製、ライフサイクル検証などを行うことで、学理を体系化する。更に 2025 年開催の大阪・完済万博で成果公表・デモンストレーション (自立駆動型 3D フレキシブルバイタルセンシング・AI 診断システム等) を行い、成果を広く公知する。

⑦ 社会的価値

従来のもの作りの踏襲では時間とエネルギーのみを消費し、急速な社会構造変革に遅れをとる。さらにグローバル化による産業構造・経済状況の変化は、これまで以上に厳しくなりつつある。本計画では、極めて効率的な「もの作り」を実現するためのモデルとして、物質材料、デバイス、システムまでの創成と循環の科学に、先端情報科学の知見を逐次重畳させることで、効率化のための新たな手法を提案・実証する。

こうした研究推進には、これまで参加中核機関となる大学 5 附置研で 10 年以上にわたり実施してきたアライアンス研究、物質・デバイス領域共同研究拠点による豊富な資源と知見、多様な共同研究の運用ノウハウが活かされる。本取組を進めることで、シームレスな物質・デバイス創成を通じた新たな研究開発スタイルのモデル提案ができ、我が国が持っているもの作りの強みを新たな次元で次のステージへと変革でき、幅広い分野を融合した学問体系 (融合理工学) が提供できると考える。

⑧ 本計画に関する連絡先

関野 徹 (大阪大学・産業科学研究所)

