

ナノテクノロジー・材料研究開発

～ 未来へ向かう方向性と課題 ～

2016年3月15日

文部科学省ナノテクノロジー・材料科学技術委員会

永野智己

ナノシステムが変革する将来情報社会

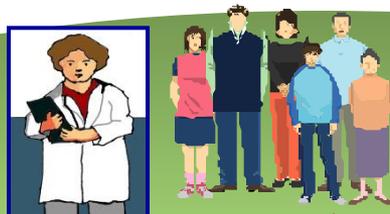
- ✓ 膨大な情報の処理, 伝送を可能にするナノエ、スピントロニクス、フォトニクス
- ✓ 周囲の情報を収集し, 必要な情報を配信するユビキタス・インターフェース

エコ、安全、快適な移動空間

- 自動走行による安全運転
- バッテリー、燃料電池、パワーエレクトロニクスでCO2フリー走行
- ナノ粒子触媒で排ガス浄化

健康・医療

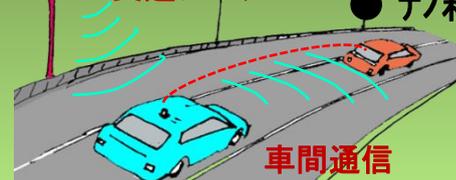
- 遠隔医療
- 情報ベースに個別医療サービス
- ウェアラブル/Lab on Chip健康モニター



遠隔診断

ウェアラブル健康モニター

ITS インテリジェント交通システム



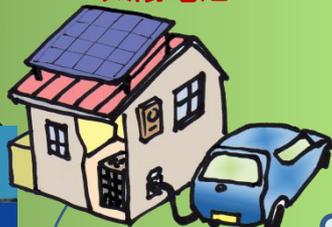
車間通信



太陽発電

BEMS 太陽電池

燃料電池



2次電池



モバイルテレワーク

センサーNW

データ×AI

- 廃熱利用



クラウド

センサーNW

センサーNW (IoT)

- IT機器の省エネ化

センサーNW

家庭



自然エネルギー



風力発電

疑似体験



スマートオフィス(省エネ、セキュリティ)

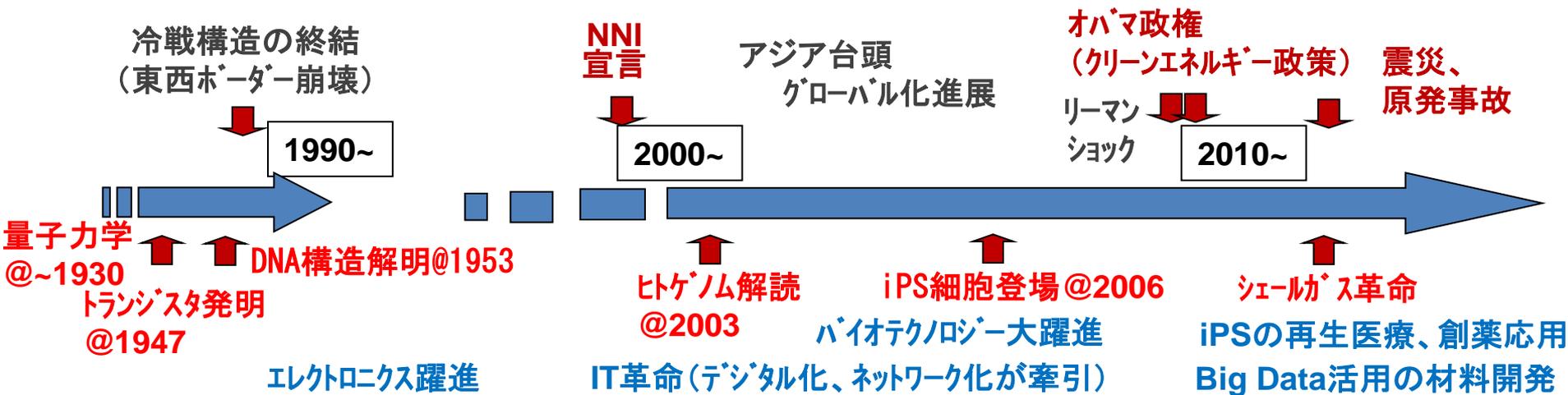
- BEMSによる省エネ化
- 分散電源によるマイクログリッド
- セキュアなテレコンファレンス
- モバイルテレワーク環境

家庭(団欒、見守り)

- 疑似体験(旅行、美術館など)“超臨場感通信”
- 遠隔地感じさせない家族との会話
- ロボット介護・弱者見守り



➡ ナノテク・材料 × ヒューマンインターフェースの設計が鍵



エレクトロニクスの先鋭化が技術を主導

- ・半導体の微細化がナノテクをドライブ
- ・ものづくり技術で日本が世界をリード(アナログ、摺合せ技術)
- ・アジア台頭 台湾、韓国、シンガポール、そして中国
- ・機能性材料、部品で日本が強み発揮

R&Dリニアモデル崩壊 オープンイノベーションへ

- ・半導体先端技術開発はグローバル拠点へ集約

ナノ・材料技術とICT, バイオとの融合進展

- ・Lab on Chipによるバイオ解析進展

社会の持続性が焦点に

- ・温暖化、エネルギー・環境、水、資源問題の顕在化
- ・希少元素/金属代替技術追及(元素戦略Pj)

課題解決へシステム化

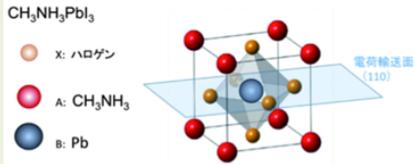
- ・再生可能エネルギー追及 (電池、人工光合成、水素社会)
- ・診断/治療機能DDS追及
- ・IoT、ウェアラブル健康モニター、スマートロボットへの期待



- ナノテクノロジー・材料は分野横断の共通基盤技術であると同時に、他分野の各最先端領域において競争力の源泉となる革新技术や新知見を提供する。この20年あまりでその役割と概念はグローバルで議論が構築・継続され、段階的に、着実に進化
- 米・欧・亜諸国は科学技術力・産業競争力の強化を図るため、国策上の明確な位置づけ、投資を維持・強化。特に、中韓を始めアジア諸国が世界全体の研究開発投資を牽引、科学技術力の急激な上昇
- 日本は世界有数のナノテク・材料の先進国といえるが、今後も現在の位置を維持できるかは予断を許さない状況
- その際、科学技術と工学、ビジネス・社会とのエコシステム形成が鍵となる。ICTのような未来の産業創造・社会変革の表舞台に立つものとは異なる分野であるが、しかし日本は高いポテンシャルを有するナノテク・材料の革新がなければ、世界に勝るコア技術をもって国際競争をリードすることは困難
- インフォマティクスを活用した、データ科学との連携・融合による新材料設計創出や、先端計測・微細加工・物質合成の先端設備共用、さらにスパコンに代表されるシミュレーション・計算インフラを連動させて活用することが、今後の世界の潮流であり、競争の決定打にもなる重要R&Dインフラ
- 研究開発の投資効率を最大化させるためには、多様な人材が集結可能な、最先端機器と知識インフラを、日本全体をカバーするプラットフォームとして整備し、持続的に発展させる仕組みを備えることは必須

有機無機ペロブスカイト太陽電池

有機-無機複合物質による太陽電池の新しい可能性に期待。



臓器チップ

複数の臓器チップを組み合わせ創薬、病態解析に向けた「**Body-on-a-Chip**」の実現も期待される。

トリリオンセンサ

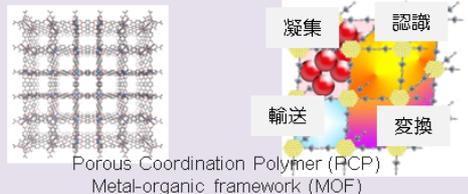
IoT社会(社会インフラからヘルスケアまで)の多様な革新的センサデバイスの開発が期待される。

量子コンピュータ

量子アニーリングに基づく量子コンピュータが実用化。今後最適化問題等で劇的な高速化の期待も。

多孔性材料(金属有機構造体)

構造に高い空隙率を有し、ポラス性と電子伝導・イオン伝導特性を両立した革新的な機能材料が期待される。



二次元原子薄膜材料(グラフェン等)

電子の高移動度等からポストシリコンとして、精力的な研究対象となったグラフェンから、h-BN、MoS2などの機能性原子薄膜とグラフェンとのヘテロ接合による、いわゆるポストグラフェン研究へ。

トポロジカル絶縁体

三次元物質の表面に中身(絶縁体)と異なる二次元電子状態が自発的に現れる。グラフェンと同様な電子が示す高移動度だけでなく、スピン方向の揃った流れを発生でき、**beyondグラフェン**として期待される。

ナノテク・材料分野の俯瞰図 (2015年版)



豊かな持続性社会

地球規模の課題解決

国際的な産業競争力

生活の質の向上

システム化 量産化 高機能 コスト 信頼性 環境負荷 安全 省エネ リサイクル

エネルギー

太陽電池
人工光合成
バイオマス
燃料電池
熱電変換
二次電池・キャパシタ
エネルギーキャリアス

パワーデバイス
エネルギーハーベスト

環境

環境浄化膜
排ガス浄化触媒
環境モニター (デバイス)

健康・医療

生体適合性材料
再生医療材料
人工組織・人工臓器
診断・治療デバイス
DDS (薬物送達システム)
分子イメージング

社会インフラ (水・電力・交通・通信)

超電導線材
超軽量・高強度材料
断熱材料・耐熱材料
水処理膜
モータ・高保磁力磁石
センサネットワーク

情報通信・エレクトロニクス

極限CMOS
記録媒体
光インターコネクト
スマートインターフェース
(センサ、ロボット、ウェアラブル)
固体照明・ディスプレイ
量子コンピュータ・通信

新興・融合領域

スピントロニクス フラスモニクス シリコンフォトニクス トポロジカル絶縁体 有機エレクトロニクス

フォトニック結晶 メタマテリアル 量子ドット MEMS マイクロ・ナノフルイティクス 分子ロボティクス

ナノ粒子・クラスター ナノチューブ/CNT ナノワイヤ・ファイバ グラフェン/ナノシート/二次元薄膜 多孔性配位高分子 (PCP) / 金属有機構造体 (MOF) 超分子

基盤領域

高温超伝導材料 強相関電子材料 金属ガラス 複合材料 イオン液体 機能性ゲル

金属材料 磁性材料 半導体材料 酸化物材料 分子・有機材料 生物材料

設計・制御

分子技術 ナノ界面・ナノ空間制御 マイクロ・ナノトライボロジー ナノ熱制御 バイオ・人工物界面 バイオミメティクス マテリアルス・インフォマティクス
元素戦略

製造・加工・合成

フォトリソグラフィ ナノインプリント ビーム加工 インクジェット
自己組織化 結晶成長 薄膜、コーティング 付加製造 (積層造形)

計測・解析・評価

電子顕微鏡 走査型プローブ顕微鏡 X線・放射光計測 中性子線計測

理論・計算

第一原理計算 分子動力学法 分子軌道法
モンテカルロ法 フェース・フィールド法 有限要素法

ナノサイエンス

物質科学、光科学、生命科学、情報科学、数理科学

共通支援策
【システム化
促進策】

教育
人材育成
研究インフラ
異分野融合
国際連携
知的財産
標準化
EHS・ELSI
産学連携
府省連携

社会実装

デバイス・部材

物質・材料

共通基盤

科学

CRDSが掲げる主要な研究開発領域（俯瞰報告書2017年版へ向け／未確定）

俯瞰区分	研究開発領域
環境・エネルギー	太陽電池
	人工光合成
	燃料電池
	熱電変換
	蓄電デバイス
	パワー半導体
	グリーン触媒
ライフ・ヘルスケア	生体材料(バイオマテリアル)
	再生医療材料
	薬物送達システム(DDS)
	計測・診断デバイス
	バイオイメージング
生体イメージング	

俯瞰区分	研究開発領域
ICT・エレクトロニクス	超低消費電力(ナノエレクトロニクスデバイス)
	スピントロニクス
	二次元原子薄膜
	フォトニクス
	有機エレクトロニクス
	MEMS・センシングデバイス
	異種機能三次元集積チップ
	量子デバイス・量子コンピュータ
社会インフラ	ロボット要素・基盤
	構造材料(金属)
	構造材料(複合材料)
	非破壊検査・劣化予測
	接合・接着
	分離材料・分離工学

俯瞰区分	研究開発領域
機能設計・制御	空間空隙設計制御
	バイオインスパイアード
	分子技術
	ソフトマテリアルデザイン
	元素戦略・希少元素代替
	マテリアルズ・インフォマティクス
	フォノンエンジニアリング
	トポロジー制御

俯瞰区分	研究開発領域	
共通基盤科学技術	加工・プロセス	トップダウン型プロセス(超微細加工) ボトムアップ型プロセス(自己組織化)
	計測	オペランド計測技術 (SPM、TEM、放射光・X線、分光、etc)
	理論・計算	物質・材料シミュレーション
	ELSI・EHS	リスク評価・リスク管理・リスクコミュニケーション・標準化・計量計測

(参考) 産業動向 (主要製品の市場規模予測)

研究開発領域	現在(2012,2013)	将来	出典
太陽電池(※モジュール)	3兆1,300億円	5兆1,270億円(2030)	富士経済
燃料電池	-	5兆1,843億円(2025)	富士経済
蓄電デバイス	5兆円程度	20兆円(2020)	経済産業省
	6兆4564億円	7兆5616億円(2018)	富士経済
パワー半導体	143億1,300万ドル	294億5,000万ドル(2020)	矢野経済
	1兆6797億円	2兆7907億円(2020)	富士経済
触媒	-	195億ドル規模(2016)	フリードニア・グループ社
半導体	3450億米ドル	3,553億ドル(2016)	世界半導体市場統計(WSTS)
半導体材料	3兆0,707億円	3兆7,013億円(2017)	富士経済
ディスプレイ	11兆7,091億円	13兆9,129億円(2019)	富士キメラ総研
プリントド、有機、フレキシブルエレクトロニクス	298億ドル	736億9,000万ドル(2025)	グローバルインフォメーション
センサデバイス	3兆2,669億円	4兆5,293億円(2020)	富士キメラ総研
バイオマテリアル	440億米ドル	884億米ドル(2017)	グローバルインフォメーション
再生医療	1,000億円	1,0兆円(2020)	経済産業省
再生医療周辺産業	2,400億円	1,1兆円(2020)	
生体イメージング装置	2,408億円	2,751億円規模(2018)	シード・プランニング
炭素繊維	1,500億円程度	4,500億円(2020)	経済産業省
高機能分離膜	1,122億円	1,823億9,000万円(2020)	矢野経済
	4,842億円	5,988億円(2020)	富士経済

(参考) 日本の主な研究開発施策 ※ナノテク・材料関連を抜粋

主にAction Plan 対象施策を中心にCRDSが抜粋(H28年度開始事業も含む)

内閣府	SIP「次世代パワーエレクトロニクス」
	SIP「革新的構造材料」
文部科学省	元素戦略プロジェクト(電子材料、磁性材料、電池・触媒材料、構造材料)
	東北発素材技術先導プロジェクト(復興)
	ナノテクノロジーを活用した環境技術開発
	ナノテクノロジープラットフォーム
	情報統合型物質・材料開発の推進
	効率的エネルギー利用に向けた革新的構造材料の開発
	低燃費・低環境負荷に係る高効率航空機の技術開発 ホワイトバイオテクノロジーによる次世代化成品創出プロジェクト
経済産業省	次世代パワーエレクトロニクス技術開発プロジェクト
	次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術開発
	革新的新構造材料等技術開発
	革新的触媒による化学品製造プロセス技術開発
	超先端材料超高速開発基盤技術プロジェクト
	IoT推進のための横断技術開発プロジェクト
	非可食性植物由来原料による高効率化学品製造プロセス技術開発
	高機能リグノセルロースナノファイバーの一貫製造プロセスと部材化技術開発 バイオ燃料技術研究開発
環境省	セルロースファイバー(CNF)等の次世代素材活用推進事業
	未来のあるべき社会・ライフスタイルを創造する技術イノベーション事業
農林水産省	革新的技術創造促進事業

(参考) JST戦略的創造研究推進事業 (CREST領域変遷)

※ナノテク・材料関連を抜粋

20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34		
■ プロセスインテグレーションによる機能発現ナノシステムの創製 研究総括: 曾根 純一 (物質・材料研究機構)																
■ プロセスインテグレーションに向けた高機能ナノ構造体の創出 研究総括: 入江 正浩 (立教大学)																
■ 先端光源を駆使した光科学・光技術の融合展開 研究総括: 伊藤 正 (大阪大学)																
■ 太陽光を利用した独創的グリーンエネルギー生成技術の創出 研究総括: 山口 真史 (豊田工業大学)																
■ 元素戦略を基軸とする物質・材料の革新的機能の創出 研究総括: 玉尾 皓平 (理化学研究所)																
■ エネルギー高効率利用のための相界面科学 研究総括: 花村 克悟 (東京工業大学) 前研究総括: 笠木伸英																
■ 新機能創出を目指した分子技術の構築 研究総括: 山本 尚 (シカゴ大学・中部大学)																
■ 超空間制御(空間空隙構造制御)に基づく高度な特性を有する革新的機能素材等の創製 研究総括: 瀬戸山 亨 (三菱化学)																
■ 素材・デバイス・デバイス融合による革新的ナノエレクトロニクス 研究総括: 桜井 貴康 (東京大学)																
■ 二次元機能性原子・分子薄膜の創製と利用に資する基盤技術の創出 研究総括: 黒部 篤(東芝)																
■ 統合1細胞解析のための革新的技術基盤 研究総括: 菅野 純夫(東京大学)																
■ 新たな光機能や光物性の発現・利活用を基軸とする次世代フォトリソグラフィの基盤技術 研究総括: 北山 研一 (大阪大学)																
■ 多様な天然炭素資源の活用を基軸とする革新的触媒と創出技術 研究総括: 上田 渉 (神奈川大学)																

(参考) NEDOの主な研究開発プロジェクト ※ナノテク・材料関連を抜粋

領域	名称	期間	領域	名称	期間
太陽光発電	太陽エネルギー技術研究開発	20-26	エレクトロニクス	低炭素社会を実現する超低電圧ナノエレクトロニクスプロジェクト	21-26
	太陽光発電システム効率向上・維持管理技術開発プロジェクト	26-30		ノーマリーオフコンピューティング基盤技術開発	23-27
	太陽光発電リサイクル技術開発プロジェクト	26-30		次世代プリンテッドエレクトロニクス材料・プロセス基盤技術開発	22-30
燃料電池・水素	固体高分子形燃料電池実用化推進技術開発	22-26		革新的低消費電力型インタラクティブシートディスプレイ技術開発	25-29
	固体酸化物形燃料電池等実用化推進技術開発	25-29		超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発	25-29
	水素利用技術研究開発事業	25-29		次世代半導体微細加工・評価基盤技術の開発	22-27
	水素利用等先導研究開発事業	26-29	健康・医療	再生医療の産業化に向けた細胞製造・加工システムの開発	26-30
蓄電池	革新型蓄電池先端科学基礎研究事業	21-27		体液中マイクロRNA測定技術基盤開発	26-30
	次世代蓄電池材料評価技術開発	22-26		がん超早期診断・治療機器の総合研究開発	22-26
	リチウムイオン電池応用・実用化先端技術開発事業	24-28		材料	革新的新構造材料等研究開発
	先進・革新蓄電池材料評価技術開発	25-29	低炭素社会を実現するナノ炭素材料実用化プロジェクト		22-28
パワーエレ	低炭素社会を実現する次世代パワーエレクトロニクスプロジェクト	21-31	次世代材料評価基盤技術開発		22-29
	触媒	グリーン・サステイナブルケミカルプロセス基盤技術開発	21-27		希少金属代替省エネ材料開発プロジェクト
二酸化炭素原料化基幹化学品製造プロセス技術開発		26-33	次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術開発		26-33
有機ケイ素機能性化学品製造プロセス技術開発		26-33	次世代素材等レーザー加工技術開発プロジェクト		22-26

ナノテク・材料分野の研究開発 8のグランドチャレンジ



豊かな持続性社会

地球規模の課題解決

国際的な産業競

の質の向上

システム化 量産化 高機能 コスト 信頼性 環境負

社会実装

デバイス・部素材

物質・材料

共通基盤

科学

“分離工学イノベーション”
物質分離の科学技術

インタラクティブ・バイオ界面

“劣化・寿命予測・修復”
計測・評価、マルチスケールシ
ミュレーション・モデリング

“IoT時代のナノエレクトロニクス”
ナノシステム・新アーキテクチャ

分離技術
“ガス分離、化学プロセス、水素
社会”、“浄化”、“医薬分離”

Bio-Nano、Chem-Bio
“半導体、 μ 流路”
“生体物質・DNA・細胞・神経、
再生医療”

インフラ材料科学
“劣化機構解明・予測診断・
長寿命化”

Internet of Things
“センサー、NW、エナジー
ハーベスト、Wearable”

“ナノ・IT・メカ統合スマートロボット”

“新しい量子秩序状態の制御”
革新コンピューティング

“時空間分解スペクトロスコーピー”
オペラント計測

Nano-Manufacturing
“Smart Robotics、
Bio Inspired 設計製造”

量子系の統合設計・制御
“電子、光子、スピン、フォノン統合”

オペラント計測
“実環境・超解像・
時空間分解”

**データ駆動型
材料設計**

“生物機能情報活用設計・プ
ロセス”

ナノスケール熱制御によるデバ
イス革新

マテリアルズ・インフォマティクス

ナノサイエンス

物質科学、光科学、生命科学、情報科学、数理科学

社会の期待や産業的要請の観点に加え、R&Dの世界動向における新しい展開・科学的発見・イノベーティブな新技術の可能性(芽)が見えつつあるホット領域を抽出

分離技術(分離工学イノベーション)
“温暖化ガス分離、化学プロセス、水素社会”、“浄化”、“医薬物質分離”

化学プロセス分離工程の省エネ化、環境汚染物質除去、来たる水素社会に向けたガス分離・吸蔵、鉱物資源分離、医療など広範な分野における分離・吸着機能材料・システムの研究開発。近年の新材料・ナノ構造制御技術や、計測・シミュレーションの進展を最大限活用し、実現へ向かう

Bio-Nano、Chem-Bio
“半導体、 μ 流路”
“生体物質・再生・神経細胞”

半導体チップ、マイクロ流路上に細胞、タンパク質、DNAを搭載、分子レベルの相互作用を制御、診断・創薬スクリーニングに応用。デバイスと生体物質の相互作用を可能にするインタラクティブ・バイオ界面を実現。日本が蓄積してきた先端半導体微細加工技術やイメージング技術を、ヘルスケア領域のニーズへ展開

インフラ材料科学
“劣化機構・予測診断・長寿命化”

複雑な劣化機構のモデリング、劣化状態の計測・評価、劣化予測・寿命予測、修復、劣化し難い新材料、超寿命の接合・接着技術、耐蝕性の高いコーティング、ナノ・マイクロからマクロ領域までの空間や数桁時間スケールを統合的に扱えるマルチスケール・シミュレーションに期待

Internet of Things (IoT)
“センサー、ネットワーク、エナジーハーベスト、ウェアラブル、新アーキテクチャデバイス”

センシング、ネットワーク、エネルギーハーベスト等の機能を、超小型・低コスト半導体チップに集積し、安全・安心・福祉領域や健康管理・心身機能強化、新サービスの可能性を拓げるウェアラブル・インプラントデバイスへと発展させる。近年のナノシステムデバイス研究が鍵となる

ナノ-IT-功統合 Manufacturing
“Bio-Inspired 製造・プロセス、Smart Robotics ”

生物が低エネルギーで実現している構造や機能、プロセス・駆動機構に学び、人工的に再構築。3Dプリンティングなどを使ったバイオ・インスパイアード技術や、小型・軽量・高出力の自律・協調動作ロボットを実現する。生物機構のモデリング技術や新ソフト材料が登場し、世界的な注目領域になりつつある

量子系の統合設計・制御技術
“電子、光子、スピン、フォノン統合”

・電子、光子、スピンのに加え、熱の起源「フォノン」を量子力学的に統合した統合制御技術を構築。ICTの進歩に伴い避けられなくなってきた発熱問題を、熱の起源から制御。
・量子状態を人為的に制御する新技術・新材料の登場で、量子コンピューターの実現が期待

オペランド計測
“実環境・超解像・時空間分解”

物質から生物にわたる広範囲の対象に対し、先端計測技術を用いたオペランド(実動作下)観測を適用し、解析することによって、新物質の探索、電池・触媒・デバイス等の開発、生物現象の解明を図る。新材料創成や医薬品・生物生産向上におけるイノベーションへの期待。

データ駆動型新材料設計
Materials Informatics

発見から実用化までに30年かかるとされる材料開発のコストと時間を短縮する。データ科学を徹底活用した新材料探索・設計アプローチ。より複雑化・多元化する高機能材料への期待を、データ科学、人工知能(AI)、機械学習と連携した新アプローチによって克服する

■ 持続性社会を目指す上で混合物分離はキー

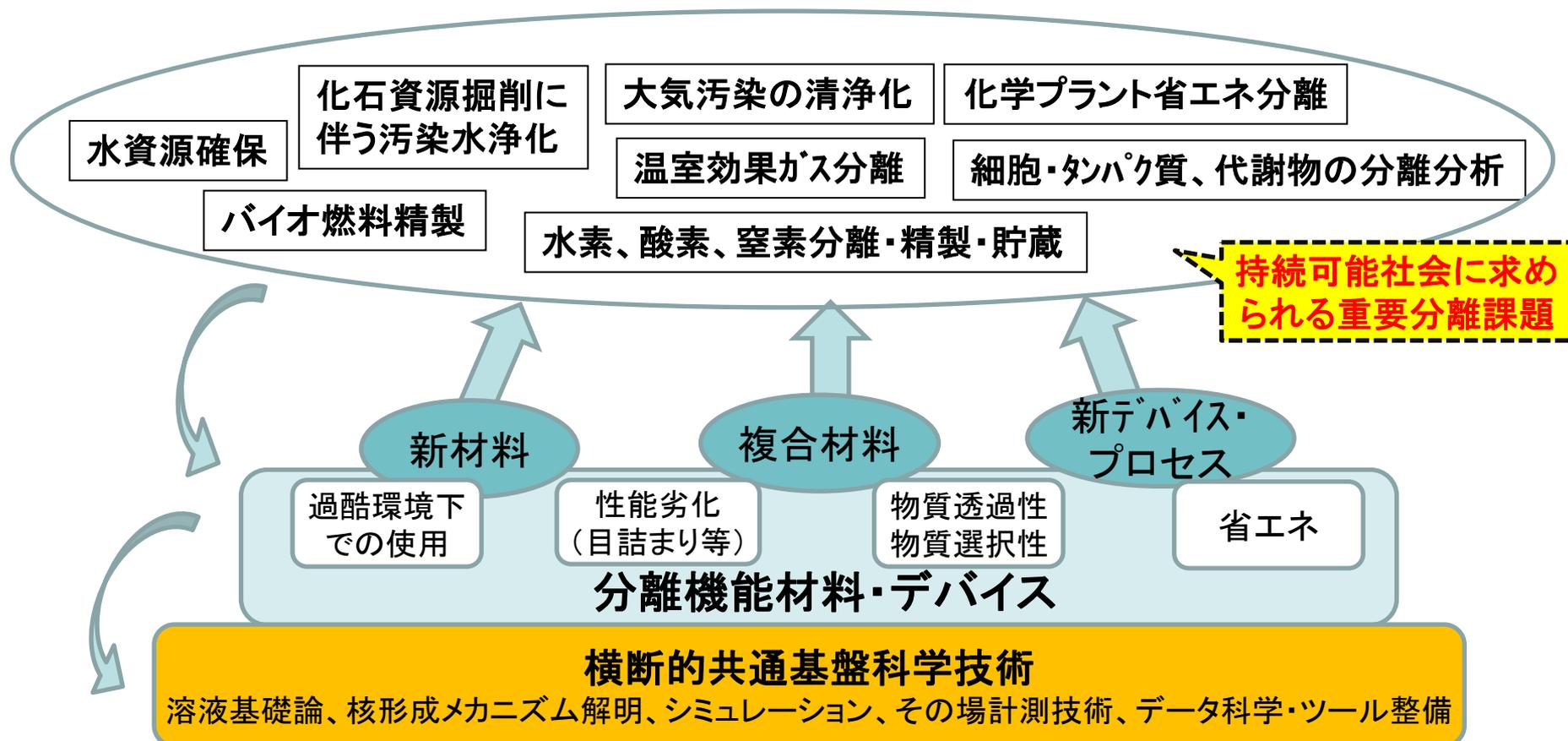
- 生体系含め、自然界は混合物で構成され、多くの反応が同時進行
- 持続可能社会実現には混合物から目的物を取り出す、または不要物を除く、分離プロセスがキー “特に環境・エネルギー、健康医療分野”
- 化学産業ではエネルギー多消費のプロセスに代わる省エネプロセスを希求

■ マクロからナノスケールまで分離技術革新へ多くの社会的期待

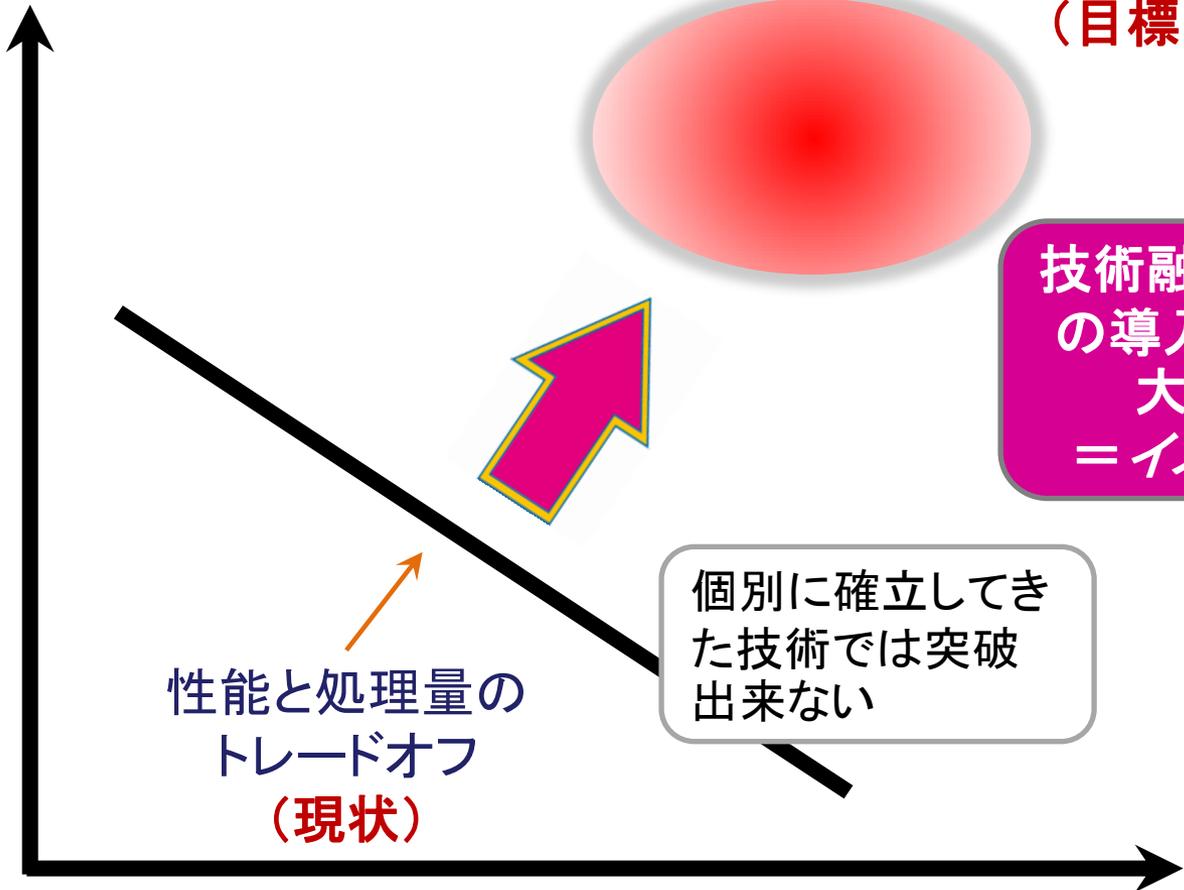
- **水に代表される液体成分の分離技術は世界スケールの課題**
飲料可能な**水資源不足**、2025年には世界人口の30%が水ストレス下に
シェールガス、サンドオイル採掘で生ずる大量の随伴水・汚染水
福島原発事故で発生した大量の放射性物質汚染水
含水率の高いバイオ燃料の分離濃縮
- **固体物質・特定元素の分離**
低品位化する鉱物資源からの元素抽出、使用後製品からの有用元素分離
- **大気汚染、温室効果ガスへの対応**
効率的な**CO₂や、大気中有害物質の分離・回収**への必要性
- **水素社会到来への期待(燃料電池)**
高純度の**水素**分離・生成・吸蔵技術の必要性
- **疾病の早期診断・治療、疾患患者への治療負荷低減**
目的組織・細胞・タンパク質・DNAの高精細な分離分析、高速透析・濾過

分離工学のイノベーションが求められる領域

- ✓ 分離技術に革新が求められる各領域
- ✓ 求められる材料・デバイス技術・プロセス・システムを構築
- ✓ アカデミアと産業界、人材需給ギャップ、基礎研究・基盤技術の危機



分離性能



(目標)

技術融合や新材料の導入・複合化で大きく凌駕 = イノベーション

性能と処理量の
トレードオフ
(現状)

個別に確立してきた技術では突破出来ない

分離対象物の
処理量 / E

混合状態のものから、目的とする物質だけを取り出す／または不要物を除く等の分離操作を、従来に比して格段に低エネルギー且つ高精度におこなうことを目指す

分離ニーズ 3つの大きな方向性

- プロセス最適化／技術の
組合せ・複合化・融合化
- 膜分離
- 吸収・吸着・拡散
- 抽出・晶析・相平衡
- ...



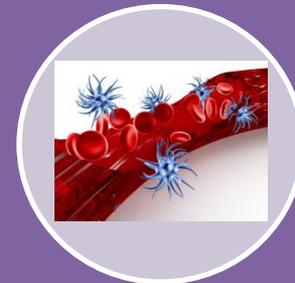
気体・液体の 分離

課題: CO₂やH₂、O₂、N₂等気体、脱水操作や特定化学物質の分離の高いニーズ。省エネ且つ低コストの要請から、エネルギー利得の高い化学反応系での分離や、新材料の導入が期待



鉱物資源・固 体の分離

課題: 鉱物資源制約、低品位資源中の高純度元素分離ニーズ、ヒ素等の影響物質除去対策。低エネルギーでの製錬、資源開発・回収再利用のトータルサイクル



バイオ・医薬 食農系の分離

課題: 健康・予防・診断ニーズ、少量でも高い要請のある対象物質(ex. エクソソーム、循環がん細胞、医薬成分・機能性食品成分など)を、特定したうえで集中して技術開発。基礎データの充実も必要

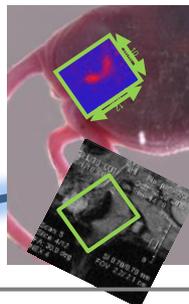
横断的共通基盤科学技術: 溶液基礎論、核形成メカニズム解明、相平衡・輸送物性、シミュレーション、その場計測技術、データ科学・ツール整備、etc

細胞の動態解析制御を可能にするバイオデバイス基盤技術

～ インタラクティブバイオ界面の創製 ～

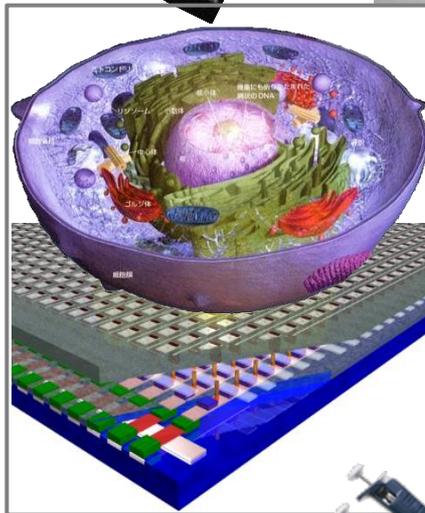


異常細胞/
癌診断

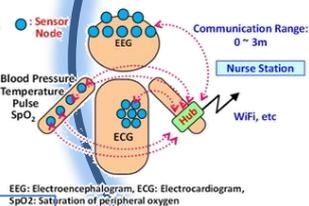
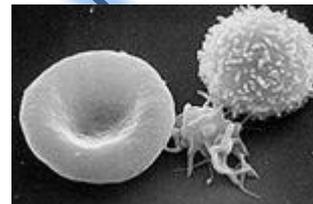


再生医療用細胞の
制御・評価

発症前診断

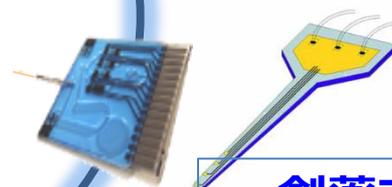


非標識
バイオチップ

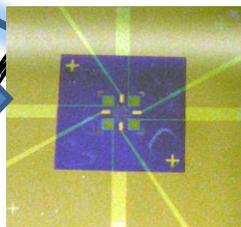


日常的健康
モニタリング

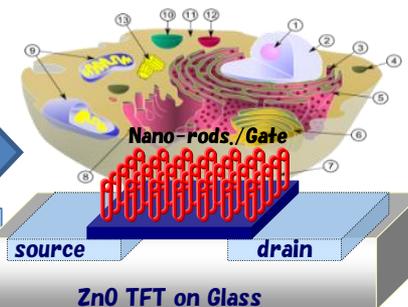
創薬支援



臓器チップ
動物実験代替技術



薬理効果判定

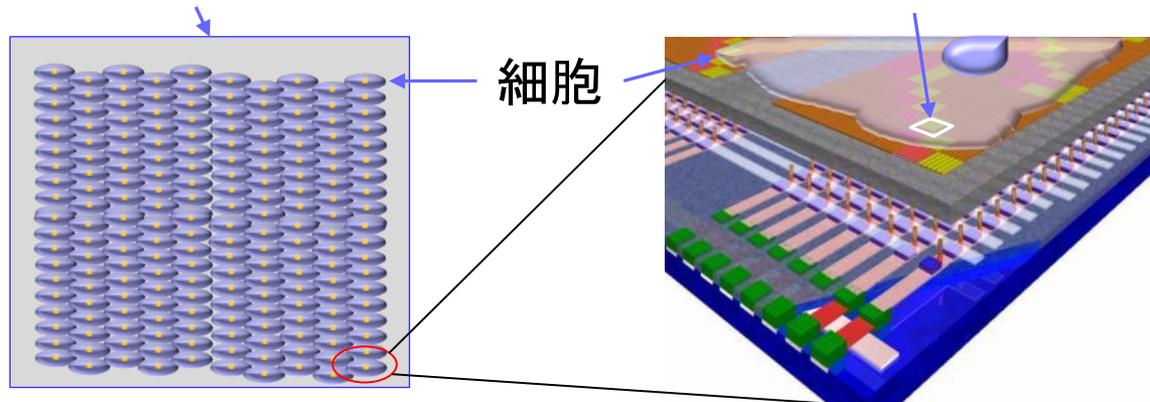


細胞の動態解析制御を可能にするバイオデバイス基盤技術

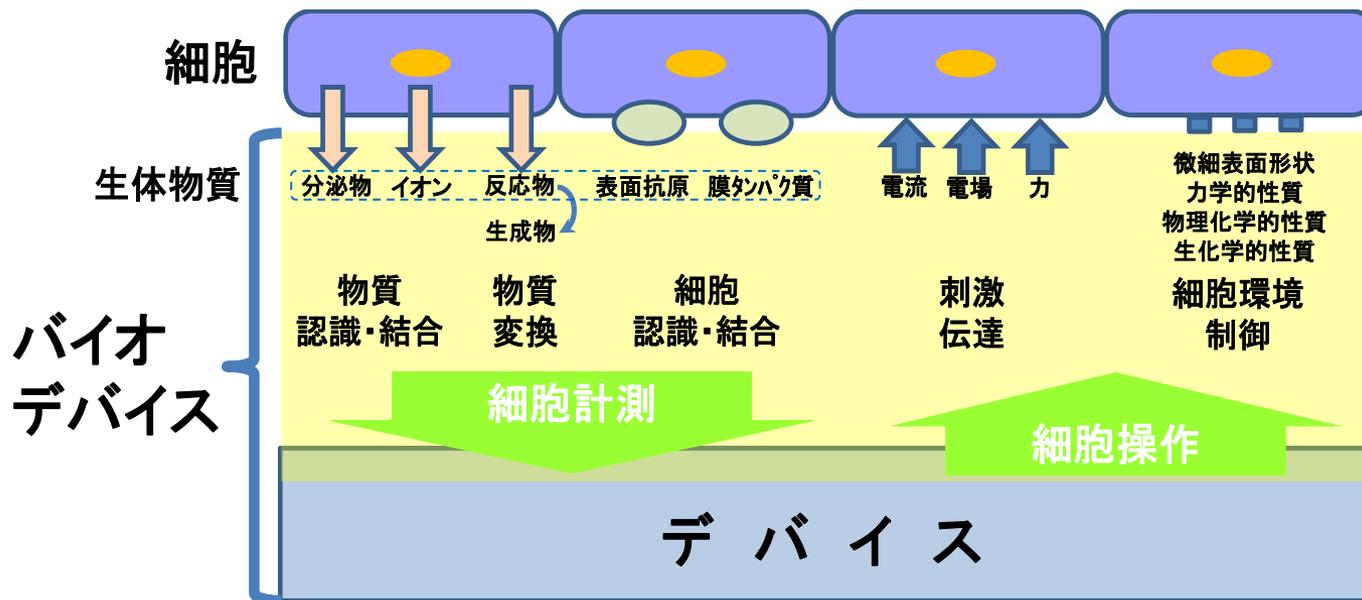
～ インタラクティブバイオ界面の創製 ～

バイオデバイス(チップ)

センシング機能単位



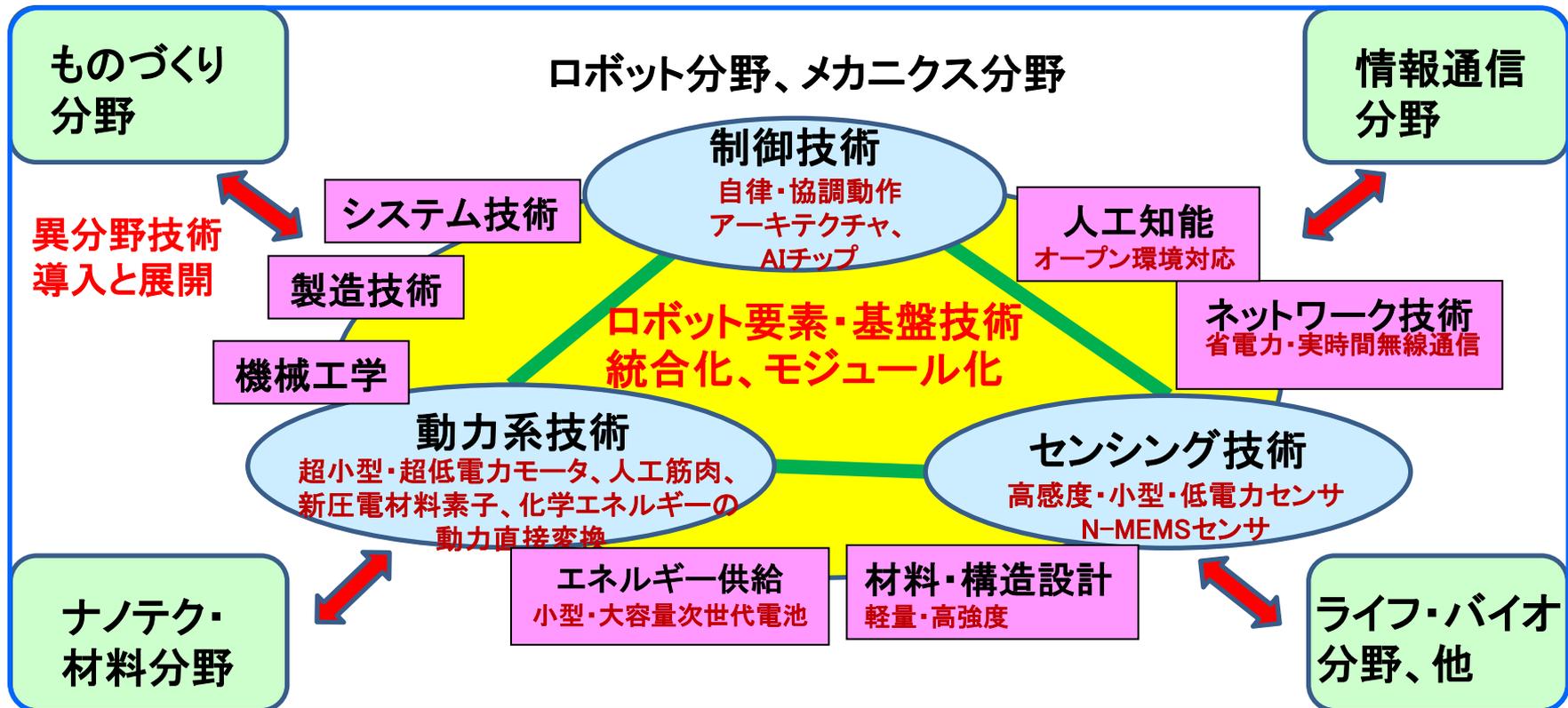
※ここでいうインタラクティブバイオ界面とは、「細胞・生体物質を認識しデバイス側で検出する機能」と、「デバイスからの信号を細胞に伝達する機能」とを備えた、デバイス表面とその上に形成された物質層から成る構造体であると定義



インタラクティブ
バイオ界面

高機能で、信頼性・安全性に優れ、低価格で実現できる革新的な要素技術・基盤技術の開発

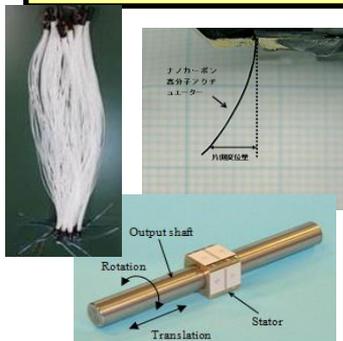
- ・ロボット分野だけでなく、材料・デバイス、情報通信、メカニクスなど異分野の研究者・技術者が参加し、具体的なサービス、ロボットの姿(ロボット化技術)を共有して一体となった研究開発を推進。
- ・開発された要素技術・基盤技術は他の分野へ展開。



◆ スマートロボットに要求される「柔らかい素材(非剛体)の利用」、 「予測できない環境変化」などに対応する要素技術・基盤技術

○アクチュエータの課題

- ・高効率／高出力化／小型軽量化
- ・電磁モーターの小型軽量化
- ・シンプルな構造の油圧アクチュエータ
- ・圧電/静電モーターの高出力化
- ・ソフトアクチュエータ(空気圧)の高出力化、新材料、新制御手法の導入



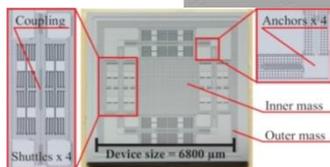
導入と展

機

動力系技術

超小型・超低電力モーター、人工筋肉、
新圧電材料素子、化学エネルギーの
動力直接変換

ナノテク・
材料分野



○制御の課題

- ・自分の状態／環境の的確な認識、
リアルタイムの姿勢制御／運動制御
- ・予測不能な環境変化への対応(人工知能、陰的制御)
- ・エレクトロニクスの高性能化／低消費電力化
- ・リアルタイム通信の開発

ロボット分野、メカニクス分

制御技術

自律・協調動作
アーキテクチャ、
AIチップ

ロボット要素・基盤技術
統合化、モジュール化

省電力・実時間無線通信

センシング技術

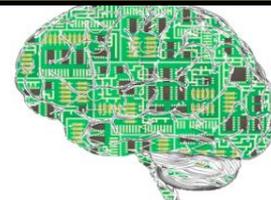
高感度・小型・低電力センサ
N-MEMSセンサ

エネルギー供給

小型・大容量次世代電池

材料・構造設計

軽量・高強度



○センサの課題

- ・小型化／低価格化
- ・広いダイナミックレンジ／高解像度のイメージセンサ
- ・レーザーレーダ／レーザーレンジファインダの低価格化(数桁)
- ・高精度ジャイロの低価格化(一桁以上)
- ・実装を考慮した2次元触覚センサ

- ・現状のロボット開発は機能実証や制御システム(ソフトウェア)が中心。既存の材料・部品(ハードウェア)の組み合わせで構成。
- ・サービス分野でのロボットは人に寄り添っての使用やスマート化が重要になり、これに対応する新たな技術が必要。
- ・将来はモジュール化が進展し、サービスと材料・部品が大きな価値を生む。
⇒ 部品・材料・デバイスの競争力強化が重要
- ・2000年頃に比べ、ネットワーク技術、マイクロチップ技術(制御技術)は大きく進展。一方で、産業用ロボットでは動力系技術、センシング技術の進歩は遅い。
- ・ナノテク・材料、情報通信分野の新技术を、ロボットの基盤技術として統合することが重要。
集積MEMSセンサ、レアメタルフリー高強度磁石、カーボンナノチューブ高分子アクチュエータ、軽量・高強度材料、AIチップ、3Dプリンタなど
- ・欧米のロボット技術開発では、生物の持つ機能や構造に学ぶ基盤技術の開発、ソフトロボティクス開発の新たな動き。

⇒ロボット技術開発の大きな技術トレンドの中で、スマート化、高性能化・低価格化・小型軽量化・安全性向上に対する基盤技術・要素技術の長期的な取組が必要。

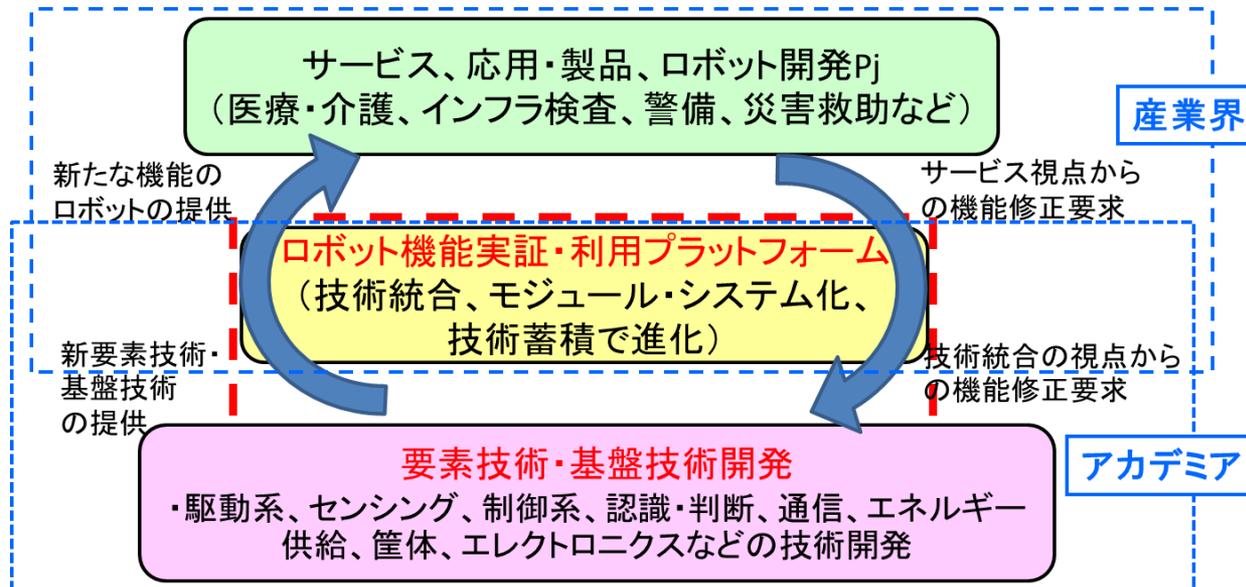
ナノ・IT・メカ統合による技術革新

-スマートロボット基盤技術-



プラットフォーム拠点の形成が重要

- ・各種の要素技術・基盤技術開発とロボット機能実証・利用プラットフォームを活用する **オープンな研究開発拠点**
- ・ロボット(機械)技術、情報通信、ナノテク・材料など **異分野の人が場所と情報を共有し、一体的な研究開発**を実施
- ・ハードウェアとソフトウェアを協調して研究開発し、使い易い技術を開発
- ・産学連携による技術開発とともに、**人材を育成し、知識とスキルを蓄積**
- ・**新市場・ビジネス、安全性・ELSI、規制、国際標準化への戦略的対応(人文社会連携)**



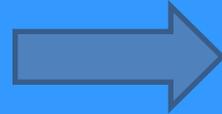
オープンな研究開発拠点
(産学連携、人材育成、知識の蓄積)

生物の機能



生物の構造、
機構、プロセス

原理の解明



モデル

応用



人工物

例)

- 細胞
- 微生物
- 植物
- 昆虫
- 動物
- 人間(の器官)

例)

- 構造材料
- 触媒
- デバイス(センサ)
- 機械(ロボット、乗物)

[構造] 植物、昆虫、動物などの組織や器官の構造

革新材料、人工臓器

[機構] 微生物、細胞、動物の作動原理



革新的センサ・ロボット
人工知能・脳型デバイスなど
低消費エネルギープロセス
(人工光合成、燃料電池等の
化学プロセス) など

[プロセス] 微生物や植物のバイオプロセス

－ バイオインスパイアード工学 －

生物を生命科学の視点だけでなく、物理、工学の視点から理解して、応用へのヒントを得る

