

超スマート社会の実現に向けて重要となるナノテクノロジー・材料

情報の流れ	分野	技術領域・個別技術	必要となる理由・創出される価値等
センサ等からの大量の情報の収集・発信	収集	・超低消費電力ナノエレクトロニクスデバイス	・大面積・薄膜のセンサによる広範囲の2次元情報の収集
		・バイオセンサー、生体イメージング	・体内の分子レベルから細胞レベルの活動状況や生物学的プロセスの可視化による医療、創薬、診断、予防への的確な情報収集
		・超小型・高感度・高選択性(バイオ・MEMS)センサ	・環境モニター、ヘルスクエア、危険物検出。
		・室温量子センシング	・ダイヤモンドやSiCなどのワイドギャップ半導体を適用した室温で動作する高感度な磁気、温度、歪、電界、センサ、蛋白質の機能解析に必要なナノメータ、細胞計測に対応したサブミクロン、医用・食品、農業、構造物・自動車の非侵襲計測に必要なミクロン以上の領域まで、空間分解能に対してスケラブルな応用が期待
		・有機エレクトロニクス	・高感度・小型・低価格センサの提供と、配置での的確な情報収集
		・物体への情報ナノインプリントと読み出し	・IoT実現に向け、部品・部材へのタグ付け、生産・廃棄・リサイクルの一括管理
		・セルフサステイナブル・バイオセンサ	・長期間故障無しに大量の情報を収集できるバイオセンサ
	処理	・苛酷環境モニタリング材料	・高温燃焼等の苛酷環境下でのセンシングを可能にする材料技術とIoTやAIを組み合わせて省エネ、CO2排出量削減、廃熱の有効利用に必要。温度のセンシングなどはコーティング技術と組み合わせることも可能。
		・異種機能三次元集積チップ	・多様なセンサの機能集積、データの前処理・圧縮
		・センシングの知能化	・センシングの高速化・高精度化・大容量化に加え、判断する部分やフィードバック制御のデータ解析が重要 ・センシングに人工知能化を融合させた新領域に期待
その他	・セキュリティ材料&ソフトウェアを含めたシステム	・犯罪防止、不正防止、偽造防止。 どの技術融合も視野	
	・生体、医療、バイオに関係するナノテク、材料技術の開発		
高速伝送	伝送	・超小型光伝送・受光素子	・センサーとのデータ授受のための光通信
		・フォトニクス	・大容量のデータの高速伝送(通信網、コンピュータ配線)
		・高効率無線デバイス	・センサ情報の高速・省電力の送受信
情報蓄積・処理	蓄積	・スピントロニクス	・大容量で高速なメモリ/ストレージの提供
		・高密度メモリ材料	・大容量データストレージ
	処理	・量子コンピュータ基盤材料	・超小型、高速情報処理実現。物質・材料のフローやライフサイクルの可視化
		・超低消費電力ナノエレクトロニクスデバイス、二次元物質等による、超高速ディープラーニングを実現する新コンピューティング	・超高速で効率的な情報処理・分析の実現。ディープラーニングの進展には計算能力・機構・スピードがボトルネックとなり、新アーキテクチャ・新コンピューティングのハードウェアが解決する
		・異種機能三次元集積チップ	・CPU/メモリ間の短縮による情報処理の高速化
	その他	・3Dディスプレイ、仮想空間技術用材料	・遠隔地での工業製品開発、診療、診断等
・セキュリティ		・情報処理自体の階層構造化とセキュリティ対策(後付け・上書きの繰り返しでは脆弱化)	
アクチュエータ等を介して現実世界に作用	制御・操作	・MEMS、スマートロボティクス、バイオインスパイアード設計・制御技術	・マイクロミラーなど超小型の運動機能の提供、ロボット等での効率的な運動制御方法の提供
		・ナノマイクロアクチュエータ	・マイクロローリアクターの駆動源として利用 ・超小型遠隔外科ツールの製作、非侵襲性医療や遠隔医療に寄与 ・積層化により滑らかに強力な動力源を製作。人工筋肉や新しい動力源として多目的用途に利用
		・アクチュエータ・センサ融合デバイス(ナノロボット)	・疾患診断センサと治療機能の融合や環境有害物センサと有害物無毒化機能の融合などを実現
		・環境適応アクチュエータ	・外場影響に伴って、機能を可変・適応するアクチュエータが必要
		・ソフトロボティクス、ソフトアクチュエータ	・医療介護、生活支援などのサービス分野で人に寄り添って安全に使えるロボットの提供
		・バイオアクチュエータ	・生物の本来の動きに近いソフトな動きを可能とする
		・生体適合界面形成デバイス、ソフトマテリアルデザイン	・人(生体)とデバイス(人工物)間のインターフェースを制御することで、物理的・情報的な双方向やりとりを実現
	その他	・マイクロリアクター	・工業分野では化学製品の高効率フロー生産、医用分野では個人用にカスタマイズされた医薬品を、遠隔で必要量だけ合成・調合
		・有機エレクトロニクス	・高効率・小型ディスプレイによる情報の可視化、大画面による仮想現実の提供
		・マイクロ3Dプリンター(樹脂・金属)技術	・データ転送による遠隔地での部品・部材生産。遠隔による医療部材
共通基盤技術	電源	・太陽電池・燃料電池・蓄電デバイス・熱電変換	・受発信可能なアクティブセンサの電源問題に対応、安定的に供給
		・MEMS、センシングデバイス・システム	・大量に配置されるセンサーの個別電源として活用
		・超小型燃料電池・熱電素子	・ヘルスクエア用人体センサーへの給電、糖などの安全な燃料、温度差などをエネルギー源に使用
		・熱電変換素子	・ウェアラブルセンサー用の微弱電源、様々な排熱を利用したローカルな電源などに活用
	材料	・マテリアルズインテグレーション(マテリアルズインフォマティクスを駆使した材料設計・制御技術)	・材料開発期間の短縮により、超スマート社会の実現を加速 ・材料開発期間の短縮により、超スマート社会の実現を加速 ・実用材料を超える高機能マテリアル創生に向けての武器 ・現象の可視化 反応予測 高機能 高信頼性 不具合未然防止など、出口は多様。 ・材料探索 + プロセス設計の両輪を回すことに期待 ・第一原理計による算術元素のユビキタス元素への置換、代替材料開発の加速
		・元素戦略・希少元素代替技術	・資源制約からの解放、上記の各テクノロジーの多くは希少元素がキーとなっている
		・高性能光電変換材料	・量子ドットやタンデム型の高効率太陽電池の実現、光通信用の高速検出器
		・電磁波空間制御材料	・インターネット技術をワイヤレスで利用するために電波の使用が増加することに対応した、電波を吸収したり反射することの出来る材料、インターネット技術を安心に利用するために必要。
	加工・計測	・加工プロセス、計測	・微細加工、その場観察による信頼性の高い新たな材料・デバイス開発の促進
		・3Dナノ加工技術(各加工法の進化)	・マイクロ3Dプリンタ開発につながる
・物質・物体への微細な情報埋め込み技術		・IoT用タグ	
安全	・ナノELSI/EHS、責任ある研究開発	・社会とのコミュニケーション・コンセンサス形成を経ながら、新物質・新材料、新技術の利活用を、未来に対し責任を持って進める	
	・ナノ安全の評価法とデータ蓄積	・環境省、厚労省も一緒に検討を進める必要が有り、内閣府が指導すべき課題	
AI, IoT	AIやIoTに関するアルゴリズム・ソフト技術開発	今までも材料技術開発に付随するアルゴリズム開発はあったが、それらを活用するためのシステム開発(数理学や情報処理システム)に特化した技術開発がなかなかできなかった。産業界のニーズと研究開発シーズの乖離が大きくなっているのではないかと	

経済・社会の多様なニーズおよび課題に対応するナノテクノロジー・材料

エネルギー	・人工光合成技術	・太陽光、水、二酸化炭素から化学物質、化学エネルギーを作り出し、持続可能なエネルギーシステムを構築
	・高温超伝導技術	・電力ロスの少ない送電網の構築
	・触媒材料技術	・化学合成プロセスの簡略化・効率化、安定で確実な排ガス処理
	・熱の制御、フォノンエンジニアリング	・長期的に見ての課題設定であるが、熱に関する学理の追求と、合わせて今後ますます増大する熱ロスの回収を目指したゼーベック素子の研究開発
	・エネルギー・マネジメント	・LCAを考慮した「モノづくり」とリサイクル技術(システム)
	エネルギー技術の包括的開発	米国は軍事技術をベースに新技術、破壊的技術を開発してきた。日本はエネルギー技術をベースに破壊的技術を開発すべき。エネルギー特会では、近視眼的な開発となるため、一般会計でも長期的な開発との連携が必要
インフラ	・社会インフラの材料、接合・接着、コーティング技術、腐食・劣化モデル、シミュレーション技術	・社会インフラの劣化機構解明、劣化予防・長寿命化、高精度の余寿命予測により精緻なインフラ管理システムを構築
	・損傷検査技術システム(センシングと評価までを同時に行うという意味でシステムとしての研究開発が必要で、)	・高度な製品の信頼性・安全性を確保するための技術で、情報社会の仕組みを利用して検査と判断が同時に出来ることを目指したシステム、今後の損傷許容性構造材料の使用量の増加に対応するために必要。
健康・医療	・生体臓器チップ	・疾患診断・創薬スクリーニング加速、再生医療加速による、医療費の削減が達成
	・生体材料(バイオマテリアル)、再生医療材料、ナノ薬物送達システム(ナノDDS)	・生体の正常な活動の維持、健康状態の維持
	・生体、医療、バイオに関係するナノテク、材料技術の開発	Amedが設立され、医療バイオ技術が移行された。しかし、Amedだけで技術開発が進められるわけではなく、ナノテク材料技術との融合は不可欠
次世代対応するための人材育成・教育システム	ナノテク材料技術をイノベーションにつなげるための仕組み	新しく創出されるナノテク材料をどうやって社会実装するかを考えると、イノベーション創出につながらない。そのために何をすべきかを提言的なことも必要ではないかと考える?? ・IoT、ビッグデータ等の利用を取り込んだ材料学分野・教育システムの構築