JST研究開発戦略センター(CRDS)

「研究開発の俯瞰報告書(2017年)」

~ Society 5.0 実現に向けて抽出された 日本の挑戦課題 ~

2017年7月6日



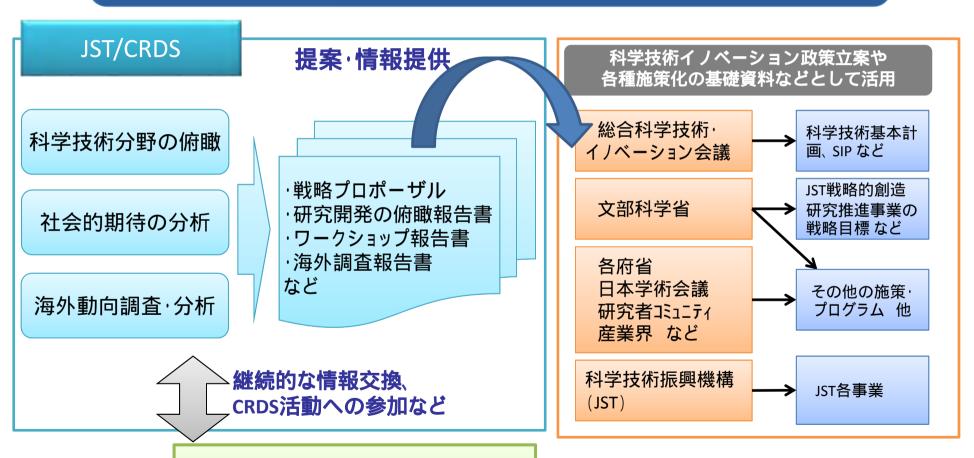


CRDSの活動の概要 「研究開発俯瞰報告書」とは



研究開発戦略センター(CRDS)の活動の概要

国内外の社会や科学技術イノベーションの動向および政策動向を 把握・俯瞰・分析することにより、科学技術イノベーション政策や 研究開発戦略を提言し、その実現に向けた取り組みを行う



研究者コミュニティ、政策立案者、 産業界、海外関連機関 など



俯瞰報告書の主な作成プロセス

作成方法・計画の策定

千 クショップ開催等各種調査、



俯瞰区分·研究開発領 域の設定



研究開発の状況把握と今後の方向性の検討



原稿執筆·報告書完成

主な活動

- 外部専門家との情報交換
- 情報収集(論文・参考資料、学 会参加など)
- 各種DBによるファクト分析
- CRDSメンバーによる議論

外部専門家の協力

- インタビュー: 延べ412人
- WS等開催:34回
- WS参加者:延べ422人
- 報告書作成協力者:延べ464人

(2017年版 5分野の合計)



研究開発の俯瞰報告書(2017年版)について

対象5分野

「エネルギー」分野、「環境」分野、「システム・情報科学技術」分野、「ナノテクノロジー・材料」分野、「ライフサイエンス・臨床医学」分野

報告書の主なコンテンツ

第1章 目的と構成

第2章 俯瞰対象分野の全体像(約100P/分野)

- ・俯瞰の構造と範囲・研究開発の歴史・変遷
- ・研究開発を取り巻く現状
- ・今後の展開と日本の研究開発戦略の方向性

第3章 俯瞰区分と研究開発領域(約500P/分野)

- <研究開発領域ごとに以下を詳述>
 - ・国内外の研究開発動向・・科学技術的・政策的課題
- ・日・米·欧·中·韓等の国際比較 (基礎研究/応用研究·開発フェーズごとの現状・トレンド)

その他、別冊「主要国の研究開発戦略」では主要国(日本、米国、欧州連合(EU)、英国、ドイツ、フランス、中国、韓国)における科学技術イノベーション政策や研究開発戦略の動向をとりまとめている



研究開発領域ごとの記載例

(7) 国際比較

3.3.2 機械学習技術

(1) 研究開発領域の簡潔な説明

機械学習 (Machine Learning) は、データの背後に潜む規則性や特異性を発見することにより、人間と同程度あるいはそれ以上の学習能力をコンピューターで実現しようとす

る技術である。これにより、事象や対象物について、その観測データに基づく平成 (7) 予測、異常検知等が可能になる。情報爆発・ビッグデータの時代と言われる今日 まな事象や対象物について大量の観測データが得られるようになり、機械学習打い分野に応用されている。例えば、画像認識、音声認識、医療診断、文書分類、フル検出、広告配信、商品推薦、囲碁・将棋等のゲームソフト、商品・電力等のは長、不正行為の検知、設備・部品の劣化診断、ロボット制御、車の自動運転、在の第3次人工知能(AI)ブームをけん引しているのは機械学習技術の進化だれる。

業界動向

機械学習技術の応用の広がり

画像認識、音声認識、医療診断、文書分類、 スパムメール検出、広告配信、商品推薦、 囲碁・将棋等のゲームソフト、商品・電力 等の需要予測、与信、不正行為の検知、設 備・部品の劣化診断、ロボット制御、車の 自動運転、等々

- 大規模データ&計算パワーを有する巨大IT企業が先導(Google、Facebo
 AI・深層学習の研究所設立、中核人材の争奪戦(GoogleによるDeepMin FacebookのAI研究所、Baiduの深層学習研究所、Toyota Research International Control of the Province AI (A)
- 機械学習のOSS普及(Torch、TensorFlow、Chainer等の深層学習フレ これを活用したスタートアップによる応用・ビジネスの拡大
- 非営利団体OpenAI:連携・オープン化、巨大IT企業支配への対抗も眼
 北米はすべての面で大きな強み、中国が上向き、欧州はGoogle DeepMな存在感、日本は各計組織強化・政策強化するも北米の投資規模とは隔

技術動向

1950年代 パーセプトロン 1980年代 バックプロパゲーション 1990年代 カーネル学習器(SVM) 1970年代後半 ネオコグニトロン 2006年 漢**層学習** Deep Learning (多層ニューラルネットワーク)

深層学習のインパクト

- 従来は人手で設計されていた特徴抽出まで自動化し、精度向上
- 2010年代 画像認識・ 音声認識のコンテスト で従来法を大幅に上回 る圧倒的性能を達成 ● 様々な分野で深層学習
- 様々な分野で深層学習 による従来法の置き換 えが進行

深層学習の課題

- ◆ 大規模データ&計算パイ
- ワーを必要とする
 ノウハウやヒューリス ティックスの積み上げ で使いこなしが難しいブラックボックスでモ
- デルの解釈や結果の理 由説明が困難
- 学習結果から意思決定 までにはギャップあり

機械学習技術の次のチャレンジ

①複雑化・深層化する構造に対する高効率・高速化

● 複雑化・深層化を効率よく扱うアルゴリズム● 深層学習・機械学習向きのプロセッサ、脳型計算

②分析プロセス設計の自動化

- 構造設計やパラメーター設定の自動化
- そのための理論、道具立ての整備

③学習結果の解釈性の確保

- 深層学習等のブラックボックス型機械学習の振る事項論の報告
- 高精度なホワイトボックス型機械学習(例:異種混合

④機械学習から意思決定まで通した解法の実現

- 大量事例に基づく深層強化学習(例:AlphaGo、PFI機械学習 ORパイプライン(例:異種混合学習によ
- 器生成に基づく予測型意思決定最適化) ● 自然言語処理・知識ベースと機械学習の融合(例:

図 3-3-3 領域俯瞰:機械学習技術

(2) 研究開発領域の詳細な説明と国内外の動向

「機械学習研究の発展概観】

機械学習の研究は、古くは人間の脳の学習機能をコンピューターで実現しよ

国・地域	フェーズ	現状	トレ ンド	各国の状況、評価の際に参考にした根拠など	
日本	基礎研究	0	1	電子情報通信学会 IBISML 研究会は 700 人を超え、人工知能学会は会員数 4000 人、全国大会参加者数 1500 人を超える等、AI・機械学習のコミュニティは育っている。しかし、国際トップ会議(ICML、NIPS、AAAI等)に採択される数は限られている。理化学研究所革新知能統合研究センターが機械学習の基礎研究強化を打ち出し、JST CREST、ERATO も含めて上向き。	
	応用研究・ 開発	0	1	NEC、富士通、日立、パナソニック、NTT、Yahoo Japan!、楽天、リクルート等が AI 分野に積極的な技術開発投資を行っている。特に深層学習に関しては、PFN がロボット制御で Amazon Picking Challenge 2016 に初出場して 2 位(1 位と同スコア)、トヨタやファナック等の大手との提携による事業強化、ライフサイエンス分野への AI 適用等も進めている。	
米国	基礎研究	0	1	大学、企業とも機械学習の研究を非常に盛んに行っており、規模、質ともに世界をリードしている。例えば、機械学習のトップレベル国際会議の一つ ICMLでは、2016 年の採択論文のうち半数近くが米国発の論文であった。	
	応用研究・ 開発	0	<i>†</i>	既に巨大 IT 企業となった Google、Facebook、Microsoft 等が AI・機械学習に 積極的投資をしていることに加えて、Airbnb、Uber 等 AI 技術を活用したベン チャー企業が次々と誕生し、国際的に成功を収めている。例えば、Google の収 益のほとんどを占める自動広告配信(年間売り上げ 6 兆円)は機械学習技術に よるものであり、戦略メッセージを Mobile First から AI First へと切り替えた。 DeepMind をはじめ AI・深層学習のベンチャー買収も積極的に実行している。 トヨタが AI 研究開発のために設立した TRI も 1000 億円規模の予算を投入する と発表された。	
欧州	基礎研究	0	\rightarrow	英国、ドイツ、フランス、スイス、イタリア、スペイン等の大学や研究機関に て機械学習の基礎研究が盛んに行われている。	
	応用研究・ 開発	0	1	ロンドンの Google DeepMind、ベルリンの Amazon Machine Learning 等、北 米の企業の欧州支社が中心となり、応用研究開発を行っている。特に DeepMind が基礎・応用の両面で存在感を増している。ICML や NIPS 等での 採択率もトップクラスである。	
中国	基礎研究	0	<i>†</i>	機械学習の主要な国際会議である ICML を 2014 年に北京でホストする等、当 該分野の研究者人口が爆発的に増加している。北米とのコラボレーションも活 発である。清華大学・MSRA (Microsoft Research Asia) 等を中心に、機械学 習の国際会議での中国からの採択数が伸びている (国別で米国に次ぐ)。	
	応用研究・ 開発	0	1	Baidu、Huawei Noah's Ark Lab、MSRA、Horizon Robotics 等、企業による応用研究開発が活発に進められている。	
韓国	基礎研究	Δ	\rightarrow	ソウル大学、KAIST、POSTECH 等の主要大学にて関連の研究は行われているが、国際的に顕著なものは多くない。	
	応用研究・ 開発	Δ	1	韓国の大企業が共同で出資して設立した民間の研究所である知能情報技術研究院 (AIRI) が 2016 年 10 月に始まり、応用研究のトレンドは上昇しつつある。また、Samsung 等も応用研究開発に力を入れている。	

(×168領域)



各分野の俯瞰の概要

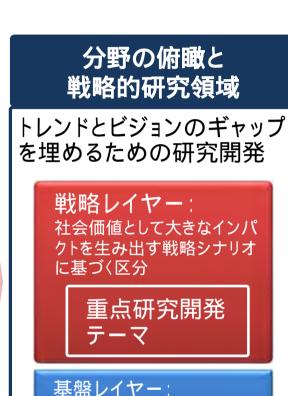
システム·情報科学技術 ナノテクノロジー·材料 環境·エネルギー ライフサイエンス·臨床医学

トレンド

世界の社会・経済のトレンド

日本固有のトレンド

- システム・情報科学技術 のトレンド ____
- ●社会に浸透するIoT、ビッグデータと人工知能
- ●システム化、複雑化する 世界
- ●ソフトウエア化、サービス 化する世界



基盤技術として世界に通用するも

のを生み出す区分



社会経済インパクトの広がり

主要国・地域の施策・取り組み

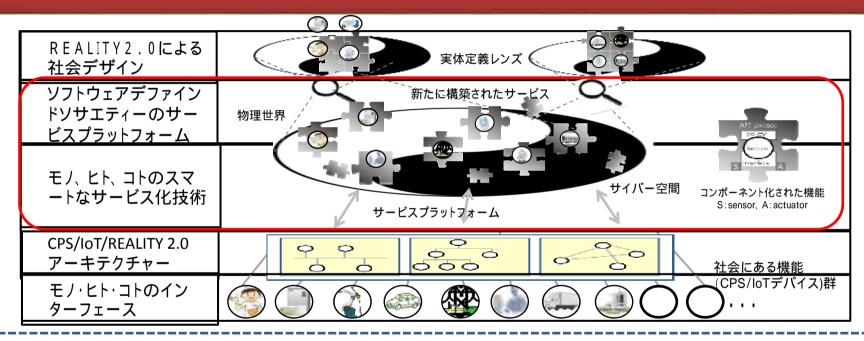


2017年俯瞰で見いだした重要戦略:

REALITY2.0、社会システムデザイン、ロボティクス

CPS/IoT/ REALITY 2.0

物理世界とサイバー空間が一体化した世界REALITY 2.0の世界に向け、社会にある機能をコンポーネント化・統合化、サービス創出を可能とするプラットフォームを構築し、社会・産業構造の変革を起こし、新たなビジネス創出や持続可能社会に貢献する



現状認識:求められていること

- サプライチェーンの高度化や顧客情報の利 活用による新たな価値の創出
- 透明性がありオープンなサービスプラット フォームの構築
- 労働のモジュール化と参加を促進するプラットフォームの構築等

見いだされる重要研究開発テーマ

- <u>社会全体をサービスとして利用・提供可能とするサービス化技術としては</u>、モノ、ヒト、コトのAPI化(ソフトウェア共有化)や管理設計技術、サービス仲介技術
- 社会システムを構築するためのサービスプラット フォーム構築技術としては、ユーザーの需要動向把 握、サービスのオーケストレーションや認証認可技術

ナノテクノロジー・材料分野の俯瞰図(2017年版)

ナル材料分野

社会実装

システム化 量産化 環境負荷 安全性 省エネ・省資源プロセス 高機能/コスト 信頼性 リサイクル

環境・エネルギー

太陽電池 デバイス 人工光合成、光触媒 燃料雷池 熱電変換 八部素材 蓄電デバイス(電池、キャパシタ) パワー半導体 グリーン触媒 分離材料:分離丁学 エネルギーキャリア

超電導送電、バイオマス

機能設計·制御

物質設計·制御

機能と物質の設計・制御

量子ドット

超分子

元素戦略

付加製造(積層造形)

バイオ・人工物界面

メタマテリアル

ライフ・ヘルスケア

生体材料(バイオマテリアル) 再牛医療材料 ナノ薬物送達システム(DDS) バイオ計測・診断デバイス 脳·神経計測 バイオイメージング

分子マシン

分子技術

社会インフラ

構造材料(金属、複合材料、マ ルチマテリアル) 非破壊検査 腐食試験法 劣化センシング技術 劣化予測・シミュレーション 接合・接着・コーティング

ナノトライボロジー

バイオミメティクス

トポロジカル絶縁体

ハイブリッド材料

ICT・エレクトロニクス

超低消費電力 IoT/AIチップ スピントロニクス 二次元機能性原子薄膜 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 エネルギーハーベスト 三次元へテロ集積 量子コンピューティング ロボット基盤技術

マイクロ・ナノフルイディクス

ナノカーボン

ナノ粒子・クラスター

金属有機構造体(MOF)

共通支援策

産学官連 携 際連携 才 グアバル戦略 ・ション方策

先端研究インフラPF

異分野融合の促進策

府省連携

共通基盤科学技術

基盤技術

物質

機能

製造·加工·合成

インクジェット

自己組織化 フォトリソグラフィ ナノインプリント 結晶成長 ビーム加丁 薄膜、コーティング 計測·解析·評価

低次元物質

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 モンテカルロ法 分子動力学法 フェーズ・フィールド法 分子軌道法 有限要素法

中長期の人材育成 ELSI 教育施策

規制戦略

ナノサイエンス

物質科学、量子科学、光科学、生命科学、情報科学、数理科学

ナノ熱制御

マテリアルズ・

インフォマティクス

ナノ界面・ナノ空間制御

知的財産

の蓄積

活用策

CRDS俯瞰報告書 ナ/テク・材料分野2017 / メインメッセージ



技術革新の世界的潮流	 ✓ 来たるIoT/AI時代に活躍するデバイスおよび構成素材は先端ナノテクノロジーの塊になる ✓ AIチップ、IoTセンサ、クラウド、自動車・輸送機器、ロボット、モバイル、エネ変換デバイス、診断・治療・計測デバイスなど、ハード側は先端ナノテクが競争を左右 ✓ 新コンピューティング / 新アーキテクチャへの挑戦 ✓ これらに使われる新素材は、データドリブンの材料設計(マテリアルズ・インフォマティクス)から生み出そうとする大きな流れ。しかし勝者はまだ不在 ✓ 過去15年間あまりで蓄積された個々のナノ要素技術が、融合し、製品・システム化され市場へ浸透していく ✓ ナノテクで実現された製品(nano enabled products)市場は1.6兆ドルに成長 (2012-14年で2倍, LuxResearch社2014年)
日本の位置づけ	 ✓ 元素戦略、分子(制御)技術、蓄電池材料、電子材料、パワー半導体、先端構造材料など、物質創製・材料設計技術に日本の歴史的特徴にもとづく強み ✓ そこで用いられる計測評価・分析・品質管理も強い ✓ これらが活きるかたちで省エネ・低環境負荷技術にアドバンテージ ✓ 一方、弱みは、計算・データ科学、ソフト・標準化・規制戦略、医療応用や、水平連携・産学連携、ナノテク特有のELSI・EHS、K-12教育・コミュニケーション、に大きな課題あり
挑戦課題	 ✓異分野融合/深みのある研究開発と水平・垂直連携の両立 ✓府省連携・産学連携/研究開発フェーズや時間ギャップの解消 先端研究開発と事業化トライアルのエコシステム形成 (ex,アジアのR&Dを吸引) ✓10の具体的挑戦課題(グランドチャレンジ/後述)

ナノテク・材料分野の研究開発 10のグランドチャレンジ

ナル材料分野

社会実装

八部素材

物質

システムロ

持続性/安全安心/競争力

リサイクル

"分離丁学イノベーション" 物質分離の科学技術

生体 / 人工物間のナノレベ ルの相互作用を可視化・解析

ナノスケール動力学からの 機能材料創出

革新コンピューティング、ナノシ ステム・新アーキテクチャ

人工光合成

再生医療材料

スピントロニクス

デバイス

分離技術

"ガス分離、化学プロセス、水素 社会"、"浄化"、"医薬分離"

生体/人工物間相互作用 告|御八イオ材料・デハイス "生体·人工物界面制御、3次元組

織・細胞分析・制御デバイス"

"物質と力の関係から新材料を。 自己修復、アクチュエータ、接着

IoT/AIチップ革新 "センサシング、コンピューティング、 ネットワーク、新アーキテクチャ"

"ナノ·IT·メカ統合スマートロボット"

"トポロジカル量子制御" 畳子コンピューティング、スピントロニクス

'時空間分解スペクトロスコピー"

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、 トポロジカル量子"

オペランド計測 "実環境·超解像·時 空間分解"

データ駆動型 新材料設計

共通基盤科学技術

製造·加工·合成 フォトリソグラフィ

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/ELSI/EHS産学官国際戦略対応

自己組織化

世界の知を吸引するR&D拠点・プラットフォーム形成、 技術専門人材の長期確保

科学

基盤技術

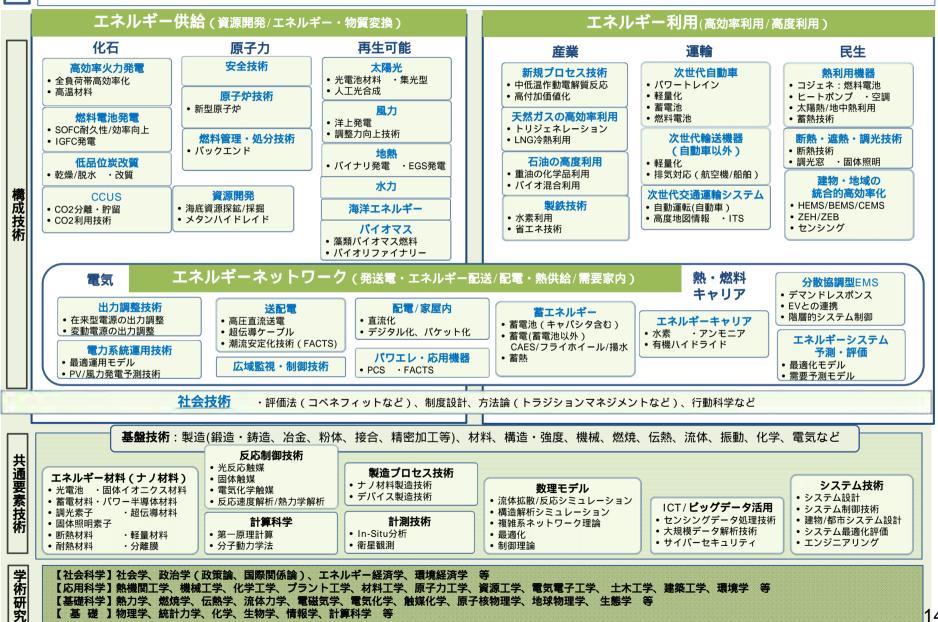
物質科学、量子科学、光科学、生命科学、情報科学、数理科学

的財産の蓄

進

定義

「安定供給」、「経済効率性の向上」による低コストでのエネルギー供給および需給バランス調整を実現し、同時に「環境への適合」 を図る、いわゆる「3 E+S」を同時に克服するための研究開発



日本の挑戦課題(グランドチャレンジ)

日本が優先的に取り組むべき挑戦課題とは?

- 再生可能エネルギー大量導入時代 (2040~2050年) を見据えた研究
- ロ 新しいエネルギーネットワーク

2030年頃を想定したこれまでの研究開発の"次"を考える。

一般家庭が消費者(需要)であり電力生産者(供給)になる社会のエネルギーネットワークをどう設計・構築するか? 人々のエネルギー消費行動はどう変わるか?

従来型の電力網でない、たとえばICTを利用した分散管理型の電力潮流制御方法とは?

ロ 高度炭素・水素循環利用(電力・基幹物質コプロダクション)のための 革新的反応・分離

2030年頃を想定したこれまでの研究開発の"次"を考える。

再生可能エネルギー由来の電気及び水素が今よりもっと導入されるようになった社会において、より高度な循環的利用の仕組みの構築に必要な技術とは?

水素に限らず、炭素の循環的利用と統合した「高度炭素・水素循環利用」の絵姿とは?

キーワード: CCUS、エネルギーキャリア、燃料電池、バイオマス、電解等

■ エネルギーの高効率利用(低炭素化)に資する先進製造基盤研究

日本のものづくりを支える工学系の研究基盤の弱体化にどう対応するか?

Industrie4.0をはじめ世界のものづくりが転換期を迎える中、エネルギー機器や輸送機器の設計・製造に係る技術で日本企業の国際競争力を高めるために必要なものとは?

低炭素化をはじめとした付加価値につながるエネルギー機器・輸送機器の設計・製造に必要な技術とは?

キーワード:デジタルツイン技術、劣化・摩擦・接合・燃焼等の現象解明・解析 等

・その他の挑戦課題:蓄電デバイス、パワーエレクトロニクス、構造材料(耐熱材料、 高強度軽量材料) 產

人が関わる空間および生態系を一つのシステムとして理解し、頭在化した事象への対処のみならず起こりうる事象を予測し対処することで、 人と自然の営みを維持・発展させるための研究開発分野

社会実装技術 人文社会技術 (法·規制·制度、社会受容、経済性·社会性評価) システム・設計・エンジニアリング 循環型社会 資源·牛産·消費管理 環境都市 農林水産業の環境研究 水循環 リサイクル、廃棄物処理 ライフサイクルアセスメント (LCA) 環境都市評価 水供給・汚水処理・再生水 部小鉱山 気候変動の影響把握・緩和・適応。 物質ノロー分析(MFA) ・プラスチックリサイクル * 水システム - 咨頭位理 物質ストック・フロ 分析 水文丁デル(全域・順域) 焼却烤酒賞館化。 牛物多様件 (MSFA) 気候変動 環境汚染・健康 生物多様性・生態系 335 健康・通信影響 通応義 緩和策 化学物質リスク管理 構成 吉 有害物質 水循環・自然災害 • 重1.本項入 生態系サービスの評価・管理 - 社会的要因 省工ネ 自然生能系 環境分析 技術 · 農林水産業 · COUS • 理論高性学 リードスのプロセス解明・定量評価 害性学・疫学 健康・都市生活等森林吸収等 大規模モブル開発、大規模核学 O 22済評価 管理技術 視 社会システム構築 大気汚染 気候変動影響予測・評価 水質污染 点 水循環 · 白然災害 報測、計測 · teal · #1/81 O • 自然生態系 - 農林学 • 予测·評価 予測・評価 生物多様性・生態系の把握・予測 · 健康 · 部市生活 ·福地 排出源対策 净化、修復 粪 λ ・観測・計測(リエートセンシング、トラッキ 物名循環・環境動態 土壤·地下水污染 包候空動予測 ング・ロギング、グノム情報等) ・データベース構築、データ解析 規測・計測 如測、計測 ・観測(リニートインシング・実訓) 予測・評価 下測,評価 予測・評価 モデルリング・シミュレーション ・炭素、窒素、汚染物質 浄化・峻値 観測・計測技術 予測·評価技術 対策技術 モアリング・タミュレーション 衛星・航空機関測(リモートセンシング)、船舶規則 装和·適応 観測網・Tニタリング ・センリ テータ同化・高精度化・精緻化 未然防止・浄化・修復 高解像度化・ダウンスケーリングモアル統合、モアル北較 定性分析・定量分析 網羅分析,一百分析 保全・管理 要系技術 形状、組成、状態、動態恐慢 。 同位体分析 資源回収・リサイクル ・ 影響評価・リスク評価 環境情報基盤 ・ デ タ統合・解析・利括川 デ タ収集・共有・管型 ネットリーク・インタフェース

学術研究

[人文社会科学] 法学、経済学、社会学、欧治学、国際関係、行政学、哲学、教育学、倫理・迫徳 等 [自然科学] 土木工学、建築学、統計学、材料工学、化学工学、生態学、農養化学、保健・衛生、情報学、システム科学、防災学、 物理学、化学、生物学、地球惑星科学、工学、農学、医学、数学 等

の変化

世界の技術革新の潮流 日本の 挑戦課題 環境分野研究の現状 新たな観点・アプ 統合化 ローチの強化 統合的な 統合的観点から 研究開発の実施 大規模化 の研究の不足 (例:Food-Energy-Water など複数の対象を同時に扱う) 高度化 気候変動関連 既存の研究開発 研究での日本の の強化 一定の存在感 地球システムモデル・ 可視化 気候変動影響予測 モデルの開発と応用 脆弱な モニタリング基盤・ ネットワーク化 研究基盤の強化 データ基盤 ·共有化 観測や評価の 低コスト化・省力化 研究スタイル

ライフサイエンス・臨床医学分野の俯瞰図

ライフ・臨床分野

治療·介入 機能解析 形態 ・權浩 情報 植物 共生 規制 解析 Wet Drv Wet Drv 臨床 区分3 区分2 区分5 区分4 区分3 区分2 生体計測 食料・バイオ 医薬品 医療機器 健康·医療· 創薬基盤技術 応用 農業計-9科学 リファイナリー 分析技術 診断機器 高分子医薬 治療機器· 予防: 食品原料 医療資源配分 ·技術 *抗体 個別化医療 技術 *核酚 持続型農業 *手術支援 *人工臟器 臨床検査 農業データ オミクス 細胞治療 機器·技術 高機能·高付加 解析技術 価値作物 介護福祉 医療データ活用 遺伝子治療 健康·予防 モデル動物 リハヒ'リテーショ 基盤技術 技 医 医学関連 技術 ソ機器・技術 中分子医薬 療 機器·技術 作物增産技術 術 AI医療応用 技 ゲル編集 創薬· 術 技術 育薬技術 健康·医療·介 評 リン・レアメタル回収 護デ'-タ 生体イメージン 価 生体再現 グ機器・技術 微 技術 生命科学 ハ'イオリファイナリー 横造解 生 *臓器チップ テ'ータヘ'ース * オルガノイド 析技術 物 生体分子計 *Wet 測技術 疫学・コホート * Drv Ļ, テ' - タ プロファイリング 連 解析技術 グリーンバイオ関連 技 基礎科学技術 術 基礎 数理科学

学 術

区分1

生命・健康・疾患科学

生体分子の科学

免疫科学(免疫疾患)

微生物学(感染症)/微生物叢の科学

生体機能の科学

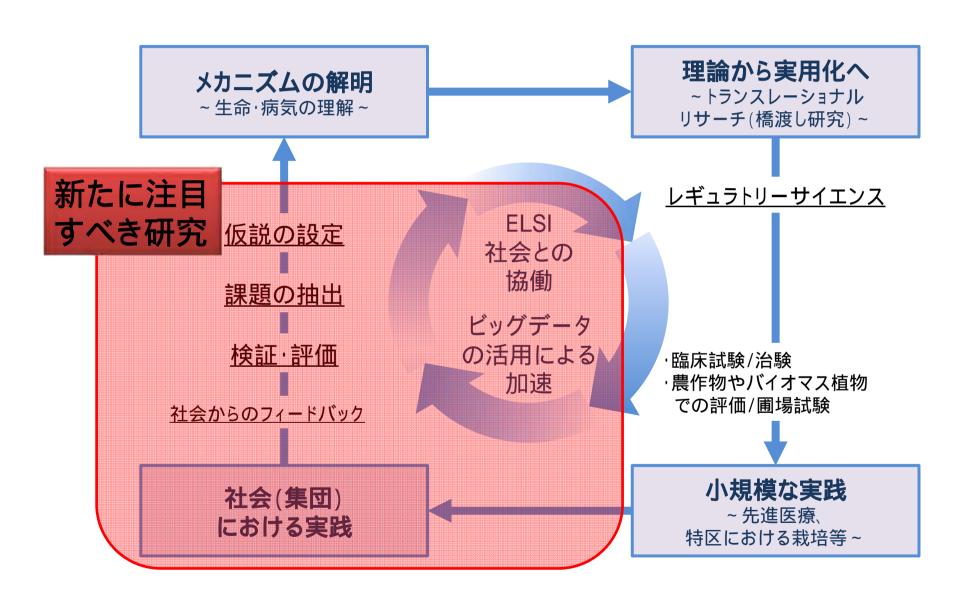
老化科学

脳・神経科学(精神・神経疾患)

生活習慣病の科学

規制科学

研究開発の流れ(循環構造)



今後わが国で推進すべき方向性

【社会ニーズ】

(健康・医療)治療から疾病管理へ/個別化・層別化/在宅ケア/医療費最適化 (グリーン)食料自給率の向上/環境変化への対応/農業担い手の不足への対応

【技術革新の潮流と方向性】

)精緻化·先鋭化/)多様化·複雑化/)統合化·システム化 生命の「理解」にとどまらず、「<u>予測」と「予測に基づく制御」</u>が可能に

【研究開発戦略の方向性】

- ✓ 精緻かつ膨大な実験データの取得、ビッグデータ解析、実験系における検証の 一連のサイクルの構築、加速を通じた、高精度な理解と予測
 - ▶ 【生命科学】多様な生命現象の<u>理解と予測</u>
 - ▶ 【健康医療】疾患の発症・重症化・発作の理解と予測
 - > 【食料生産】最適な農水畜産物の作出(質と量)の**理解と予測**
- ✓ 予測に応じて、<u>適切な介入</u>を行い事象を制御
- ✓ 推進にあたっての研究基盤整備(設備/情報/人材/規制等)

方向性:データ統合生命・医科学(IoBMT)による個別予見医療

方向性:デジタル統合アグリバイオ技術(loAT)による超スマート生産



俯瞰から抽出された挑戦課題



俯瞰から抽出された本年度検討を開始する 戦略プロポーザルテーマ

(第5期科学技術基本計画の4本柱との対応)

)未来の産業創造と社会変革

- 革新的コンピューティング ~ Society 5.0を支えるコア 技術~
- 革新的デジタルツイン~先進設計・製造基盤技術~
- 社会システムデザインのための研究開発(テーマ化検討中)
- 「データ統合生命・医学(IoBMT)による個別予見医療 (Precision Medicine)」の実現に向けた重要研究開発課 題及び基盤整備
- デジタル統合アグリバイオ生産(loAT)による超スマート 生産

)経済・社会的な課題への対応

- 高度炭素・水素循環に資する革新的反応・分離のためのCxHyOz制御科学
- ナノスケール界面の動力学制御による超複合材料研究開発
- 生体との相互作用を自在制御するバイオ材料の開発

)基盤的な力の強化

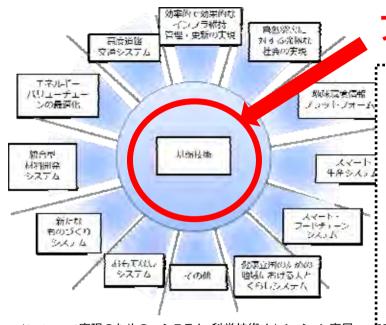
• 研究開発基盤に関する政策提言

)人材、知、資金の好循環システムの構築

• 自然科学と人文·社会科学との連携方策に関する提案 ~ 研究開発プログラムの新たな設計·運営方法を中心に~

Society 5.0実現に向けた重要テーマ(1)





(Society 5.0実現のための11システム; 科学技術イノベーション官民 投資拡大推進費 ターゲット領域検討委員会 資料を基に作成)

プラットフォームを支える基盤技術との関連

俯瞰から抽出された日本の挑戦課題

ナノテク・材料分野

春

CMOS集積回路は微細化の限界に直面。IoT/AI時代のコンピューティングに向けたデバイス、アーキテクチャ、ソフトに跨る新たな技術開発が重要課題

システム・情報科学技術分野 【戦略レイヤー】ビッグデータ



実社会・実世界に大規模分散 するビッグデータを低消費電力 で高速・高効率に扱う新たな計 算原理が重要課題

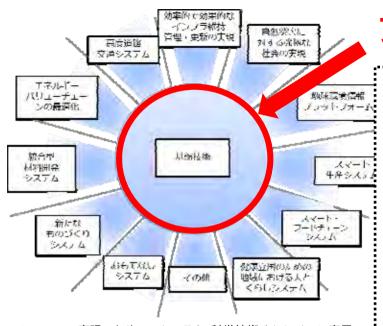
重要テーマ

革新的コンピューティング技術の開発

- クラウド上でソフト的に行われている高度な情報処理を新原理デバイス等との融合により極低消費電力·高性能な専用ハードウェア化
- ドメイン指向アーキテクチャの確立によるエッジコンピュー ティングへの適用
- 新計算原理システムの構築によるクラウドサーバーの低消費電力化・高性能化

Society 5.0実現に向けた重要テーマ(2)





(Society 5.0実現のための11システム; 科学技術イノベーション官民 投資拡大推進費 ターゲット領域検討委員会 資料を基に作成)

プラットフォームを支える基盤技術との関連

俯瞰から抽出された日本の挑戦課題

システム・情報科学技術分野 【戦略レイヤー】社会システムデザイン

$\overline{\Delta}$

- 社会インフラの安全・安心で継続可能なオペレーションに関する技術
- 公平性・効率性・合理性・秩序・社会受容性・ELSIの考慮・ 社会実装時の負の影響考慮が求められるルールやプロセ スのデザイン
- 社会サービスを社会システムとして設計・実装・運用するためのサービスプラットフォームに関する技術

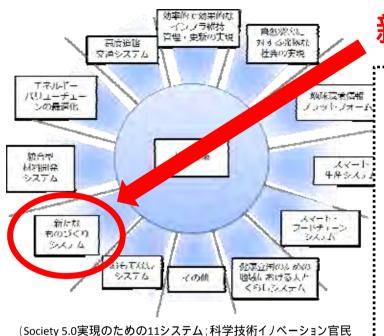
重要テーマ

社会システムデザインのための研究開発

- 社会システムをデザインするための研究開発(ITを 駆使した社会システム計測、分析・評価、アーキテク チャーの設計等)
- 社会システムの設計、構築、運用のための研究(法・制度、ビジネスプロセス、バリューチェーンの設計等の研究)

Society 5.0実現に向けた重要テーマ(3)





投資拡大推進費 ターゲット領域検討委員会 資料を基に作成)

新たなものづくリシステムとの関連

俯瞰から抽出された日本の挑戦課題

環境・エネルギー分野

个

- ものづくり産業の設計・製造現場で用いられる解析技術について、日本の産業界は個別の要素解析技術で世界レベルにあるものの、全体解析技術(ソフトウェア、数理モデル、検証データ蓄積)では欧米に大幅なリードを許す。
- 一方で全体解析技術は発展途上にあり、複合的な物理・化学現象に係る現象解明・数理モデル開発・検証データ蓄積等を進めれば世界をリードできる可能性がある。

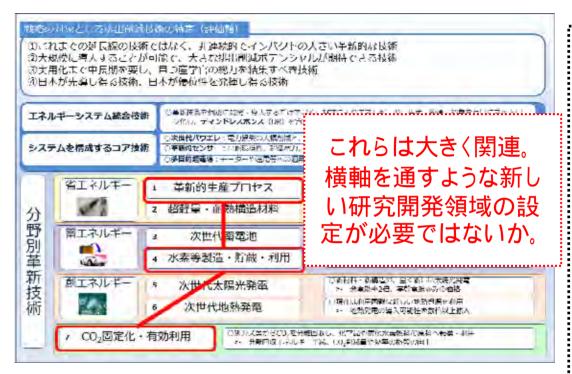
重要テーマ

革新的デジタルツイン~先進設計・製造基盤技術~

環境・エネルギー機器、輸送機器の設計や寿命予測を行う際に必要となるデジタルツイン(仮想空間であらゆる想定が可能な革新的シミュレーション技術)の開発および活用を通じ、それらを支えるモデリングに重要な日本の先進設計・製造基盤技術の強化、及びものづくり産業における国際競争力強化を可能にする仕組み構築を目指す必要がある。そのためには「デジタルツイン」やモデルの開発およびその検証及びそれらを支える基盤技術や基礎科学に関する研究開発の推進が必要。

エネルギー·環境イノベーション戦略(NESTI2050)対応





(エネルギー・環境イノベーション戦略(NESTI2050)より抜粋)

俯瞰から抽出された日本の挑戦課題

環境・エネルギー分野

♦

- •2050年超、再生可能エネルギー由来の電気及び水素が今より大量に導入された社会では、 炭素源が必要な化学品生産も含めて、高度かつ循環的に利用できるかが持続可能社会の実現において重要になる。
- •2050年に向けた研究開発は、従来の研究開発 領域を横断的に捉えた領域設計により、新た な科学的知見や革新的技術の発掘を行うこと が必要。

重要テーマ

高度な炭素・水素循環利用に資する革新的 反応・分離のためのCxHyOz制御科学

- 革新的生産プロセス
- 水素等製造:貯蔵:利用
- CO2固定化・有効利用 + システム統合技術



今後の展開

- CRDSでは、「研究開発の俯瞰報告書(2017)」でとりまとめた各分野の研究開発や主要国の研究開発動向などの知見を、国内外に積極的に発信する。
- 日本の挑戦課題として浮かび上がってきた項目については、関係ステークホルダーを早期に巻き込み、深掘検討を進め、政策提言「戦略プロポーザル」としてとりまとめる。
- CRDSは、産学官と連携して、「戦略プロポーザル」の実現 (施策化)に向けた積極的な取り組みを行う。
- 次回の「俯瞰報告書」作成に向けては、社会ニーズの取り込み等、俯瞰活動の方法論をより進化させていく。



参考



「研究開発の俯瞰報告書」とは

● わが国の科学技術振興とイノベーション創出に向けた研究開発戦略立案の基礎として、科学技術分野における研究開発の現状の全体像を把握し、今後の方向性を展望する俯瞰活動の結果をとりまとめたもの



CRDSでは俯瞰の結果浮かび上がった課題等を、戦略プロポーザル等のテーマとしてさらに検討し、政策提言を行う

● 研究開発戦略立案の基礎資料・根拠資料として、国および関係機関の研究開発戦略の施策化のための基礎資料等として内外で活用

(活用事例)

- □ CSTI本会議資料として採用、各種政策文書(NEDOナノテクノロジー・材料分野技術ロードマップ、環境エネルギー技術革新計画等)に反映
- □ 各種施策(文科省「省エネルギー社会の次世代半導体研究開発」等) に反映
- ロ メディア(日経新聞等)、特許動向調査、各種文献等で引用



研究開発領域ごとの国際比較について

評価方法

一つの研究開発領域あたり2~3名程度の専門家の評価に加え、 CRDSでの調査結果を踏まえて総合的に評価。各国の状況や評価 の際に参考した根拠などは、各分野別の俯瞰報告書に記載。

評価項目

● フェーズ

基礎研究:大学・国研などでの基礎研究のレベル 応用研究・開発:技術開発(プロトタイプの開発含む)のレベル

● 現状

特に顕著な活動·成果が見えている 〇顕著な活動·成果が見えている 顕著な活動·成果が見えていない ×活動·成果がほとんど見えていない

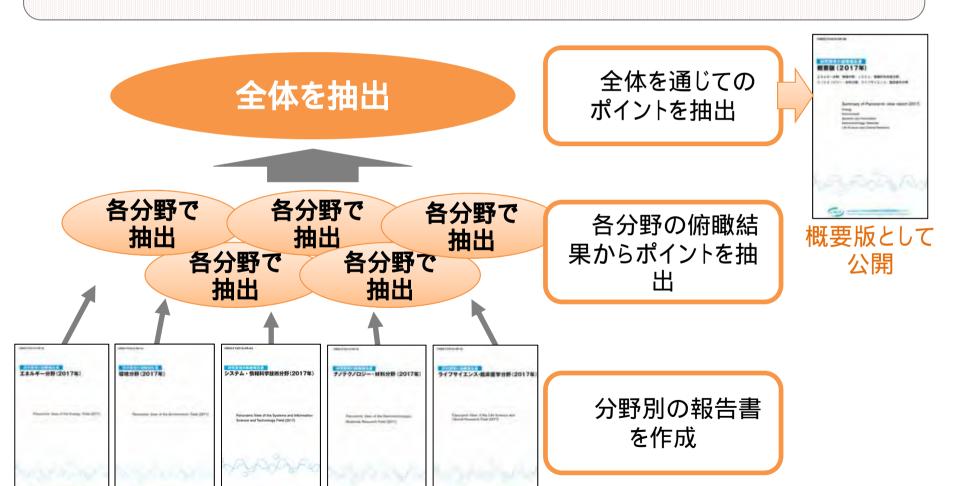
● トレンド(近年の各国の研究開発水準の変化)

:上昇傾向、: 現状維持、:下降傾向



2017年版における新たな試み

各分野の俯瞰結果から、科学技術分野全体の 世界の技術革新の潮流、日本の位置付け、日本の挑戦課題 を抽出





科学技術と関係の深い政治・経済・社会等の動き

世界	項目					
	世界経済成長は年2-3%と低成長、需要拡大の妙手なし、中国経済変動の影響大 民主主義の揺らぎ(ポピュリズムの台頭)					
	米·EUの相対的地位低下					
	地球規模ないし一国内での格差問題の提起、SDGsニーズの市場化					
	市場主義の揺らぎ、特に金融市場主義への反発					
	中国・ロシア・イスラム世界など地政学リスク高水準、テロ増加					
	温暖化、地球環境リスク、自然災害リスクの増加					
	IoT(Internet of Things) · AI · ビックデータ等による産業構造、労働構造、人間行動の変化、意志決定システムの変化					
	先進国、新興国の消費・サービス構造の変化					
	少子高齢化(役割担い手の減少)					
日本	経済低成長と財政の行き詰り					
	社会・インフラ老巧化					
	原発の位置づけとエネルギー問題					
	自然災害の脅威					
	地方創生への期待					
	社会保障費の増大、介護・教育・安全安心への期待					
	働き方の変革、一億総活躍					
47 274 1 + 78=	科学技術の急激な進展と歓迎と拒否の二極化、デュアルユース					
科学技術・ その他	人工知能·生命科学と人間尊厳、ELSI					
C 07 B	技術を持つ者と持たざる者					
	国家・国際機関の相対的予算不足					
	パワーの根源としての科学技術の争奪・伝播(国・企業・組織)					

戦略レイヤーの変遷と考え方

社会価値へのインパクトが大きい重要戦略の流れ(戦略レイヤーの変遷)

2013年:知のコンピューティング、サイバーフィジカルシステム(CPS)、ビッグデータ

2015年:知のコンピューティング、CPS/IoT、ビッグデータ、セキュリティー

2017年:知のコンピューティング、CPS/IoT/REALITY 2.0、社会システムデザイン、

ビッグデータ、ロボティクス、セキュリティー

赤字は追加した区分

2015年 2017年での新たな重要戦略(追加された戦略レイヤーの背景)

REALITY 2.0

社会にあるモノ、ヒト、コトを、サイバー空間を通じて利用可能とし、それらを組み合わせることで、新たなサービスや社会システムの構築を可能とするために必要。

• 社会システムデザイン

複雑化する社会システムの安定的な挙動の実現を目指す。社会システムの大規模化・複合化・複雑化が高度に進展する中、システムにITを取り込んだ社会システムデザインの必要性が増してきている。

ロボティクス

高い自律性を持つ機械や機械と人間の緊密な相互作用の実現による安心安全でQoLの高い生活の実現を見すえた研究開発が必要。ソフトロボティクスなど新たな動きも活発化。

社会システムデザイン

複雑化する社会システムの安定的な挙動のための設計、構成、監視、運用、制御、可視化、模擬および適切な制度設計の実現による社会インフラの安寧化

観察・評価
 設計・実装・運用
 村ービスサイエンス
 社会計測
 社会インフラオペレーション
 分析・評価モデル
 サービスプラットフォーム
 制度設計
 社会システムアーキテクチャー
 社会システム基礎理論

現状認識·課題

- 社会のスマート化による効率化、省エネルギー化。
- 人間行動の理解と適切な介入の仕方、労働のモジュール化と参加を促進するプラットフォームの構築
- 多様性・個別性に対応した質の高い教育・再 教育・学習の提供

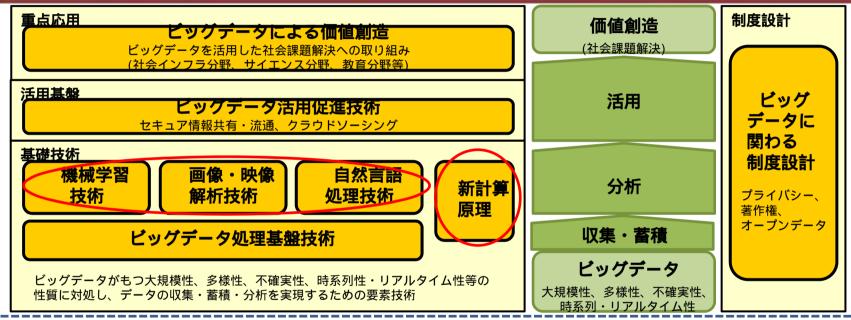


重要研究開発テーマ

- 社会インフラの安全·安心で継続可能な オペレーションに関する技術
- 公平性・効率性・合理性・秩序・社会受容性・ELSIの考慮・社会実装時の負の影響考慮が求められるルールやプロセスのデザイン
- 社会サービスを社会システムとして設計・ 実装・運用するためのサービスプラット フォームに関する技術

ビッグデータ

- 膨大なデータの収集・解析、実世界現象の精緻でリアルタイムな把握・予測により、様々な社会課題を解決し、安心安全で生産性の高い社会を実現 人間の手に負えない大規模複雑な社会課題が深刻化し、その解決手段として
- ビッグデータに大きな期待



現状認識·課題

- 実社会・実世界の課題解決にフォーカスした技 術開発が重要であり、人工知能技術をいっそう 強化する必要。
- 画像認識技術、ロボット制御等で先行する深層 強化学習技術・転移学習技術、機械学習に基づ 〈意思決定問題の解法等、日本が保有する強み を足がかりに世界に通用する技術の育成・確立 が求められる。

重要研究開発テーマ



- 迅速かつシャープに性能を出す機械学習、 画像・映像解析、自然言語処理等の強化
- 実社会・実世界に大規模分散するビッグ データを低消費電力で高速・高効率に扱 う新たな計算原理

ナノテク・材料の3つの技術世代の進化



先鋭化 💳	融合化	システム化
要素技術のナノスケールの 極限性能追求・実現	極限まで先鋭化された要素技術同士 の学際的な研究を通じ異分野融合を 惹起。他技術と結合して新機能を有す る新しい融合ナノテクに進化	課題解決に資する高度な機能を提供する部品・装置・システム。先鋭化した 諸々の要素技術が融合して新しく生まれた融合ナノ・材料技術を、価値創出システムへと統合構成する
ex. 計測技術 対象がマクロスケールのバルク結晶から、原子・分子 個々の分解能の走査型プローブ顕微鏡や収差補正電 子顕微鏡、単分子分光技術 等へ進化。これらにより初めて明らかになった構造は、新しい材料設計アイデアの創出へつながる	ex. 環境・エネルギー応用 キーデバイスとしての太陽電池、燃料電池、蓄電池、さらには人工光合成、ガス分離などへの期待。特に素材のイノベーションが要求され、デバイスを構成する電極・電解質材料など個々の材料の性能追求ではなく、デバイス全体としての性能向上に向けた構成要素材料群の最適化が必要であり、融合化技術が不可欠	ex. ライフ・ヘルスケア応用 生命科学の膨大な知の集積と最先端半 導体技術、電子・光技術との融合から生 まれるイノベーション。マイクロ流路など 人エナノデバイス上でDNAや単一細 胞・分子の検出・同定を行う。ナノ粒子を DDSの輸送物質として活用したり、足場 材料を導入する事でiPS細胞を固定し所 望の組織に分化誘導するなど、診断・治 療の革新を目指す
ex. 微細加工	ex. エレクトロニクス応用	ex. エレクトロニクス応用

10nm 以下の領域へ突入す る素子の微細化技術、リソグ ラフィを始め、製造に関わる 全ての要素技術の革新が求 められている。先鋭化の過程 は新しい概念も登場させなが ら、不断の研究開発が必須

微細化に伴い、ゲート絶縁膜の薄膜 化が要求、既存のSiO2 膜では素子性 能の向上は期待できず、高誘電体材 料の開発、新規ゲート電極材料の開 発が不可欠。微細化技術の追求とそ れに伴う新材料の導入・開発を合体さ せた融合化技術の登場が、LSIの性 能向上には必須条件

メモリ、演算、通信、センシング、イメー ジング、エネルギー供給といった多様な 機能を複数チップで実現、それらを3次 元的にヘテロ集積した一体化システム を実現する期待が高まっている。小型の AIを搭載したロボットや、生活を支援し てくれるナビゲータのようなシステムが 可能になる

	~2005年 ナノテク政策の発進期	2006年~2010年 要素技術の融合・複合化の時代	2011年~ ナノテクのシステム化·社会実装へ
米国	1st NNI戦略プラン (2001) - NNI予算 \$465 M/y, 20省庁が連携, 7 つのPCAでNNCOが予算配分を管理 - ナノ要素技術・先鋭化技術の創出 - NRI(ナノエレリサ・チィニシアティブ) 21州35大学が参画 - NNINによる研究インフラの強化 13拠点、EHSと合わせ NNI全予算の20%	2 nd NNI戦略プラン (2006) - \$1.4 B/y, ナノテクの複合化・融合化研究に 焦点。ナノバイオの研究開発投資を強化 - さらにオバマ政権のグリーンニューディールと 連携し、DOEが 全米に46の Energy Frontier Research Center (EFRC)を採択(内8 割がナノテク)、 ARPA-Eを設置しバイリス ク・バイリターンのPJを開始、さらに 8つの Energy Innovation Hubsを創設	6 th NNI戦略プラン(2016) - \$1.5 B/y, 省庁横断テーマNSIを更新。National Strategic Computing Initiative やBRAIN Initiative と連携し新コンピューティング開発に着手。 - NNINの後継としてNNCI開始、5年間で81Mドル。16 拠点27機関が参画 MGI(2011) - データ科学を活用して材料研究の発見から実用 化までの期間を半分にする
欧尔州	【EU】FP6(2001) 【EC】Towards a European Strategy for Nanotechnology(2004) - ナノテクの重点化を開始、1,429 M€/5y - ナノテク・ナノサイエンス、 知識 ベースの多機能材料開発、 新製造 プロセス・新デバイス - 欧州全体で142のEU Nanotech & Infrastructure Network	【EU】FP7 (2007) - FP6の約2倍の予算投入, 各国投資を合わせれば米国の投資を上回る - IMEC (ベルギー), MINATEC (仏)が世界の産学人材を吸引する拠点に成長 - EU NanoSafety Cluster を構築し、域内でELSI/EHS研究の一大コミュニティ形成 【独】Nano Initiative action plan(2010) - エクセレンスイニシアティブ・により拠点を強化 【英】UK Nanotechnologies Strategy(2010) UK COMPOSITES STRATEGY(2009) - 国立複合材料センターを設立(Bristol大学)	【EU】Horizon2020(2014) - 6つのキー技術(KETs)の内4つがナノ・材関係(ナノテク、先端材料、マイクロ・ナノエレ、フォトニクス)。 ナノテクと先端材料の合計で €29億/アy - グラフェンフラッグシップ開始(€10億 / 10y) - NanoSafety Cluster 継続 【独】Action Plan Nanotechnology 2020 (2016) - 新八イテク戦略の一環。BMBFを中心に7省が連携し材料からのイノベーションを掲げる 【英】「国立グラフェン研究所」設立(2013) - ノーベル賞を受賞したグラフェンの実用化開発
その他	【中国】863計画、973計画 - 6分野の一つに新材料技術 - ナノテク・材料、ナノ構造材料研究 - 国立ナノ科学技術センター設立(2003) 【韓国】ナノテク総合発展計画(2001-) - 研究開発、教育・人材育成、研究インフラ整備の3本柱、NSFC5拠点を開始	【中国】国家中長期科学技術発展計画綱要(2006-2020) - 先端8分野の1つに「新材料」 - 重点化学計画4分野の1つに「ナノ研究」 【韓国】第2期ナノテ総合発展計画(2006-) - ナノテク、材料ともに世界Top3の競争力を目す。「World Premier Materials」を開始	【韓国】第3期(2011-2015)、第4期ナノテク総合発展計画(2016-2025) - Nano Convergence Foundation を創設(第3期) - 倫理・社会的責任を備えたナノテク開発(第3期)、5省庁横断の Nano Safety Management Master Plan \$83M/5y (2012-) - 製造業のリーディング技術開発、ナノテク産業でグローバルリーダーとなることを目指す(第4期)
日本	2 nd 科学技術基本計画(2001) - <i>重点推進4分野の1つ</i> - ナノテクノロジー総合支援プロジェクト	3 rd 科学技術基本計画(2006) - 重点推進4分野の1つ - 元素戦略 < 産学官連携型 > - ナノテクノロジーネットワーク	4 th 科学技術基本計画(2011) - 分野横断的な基盤技術, SIP, ImPACT 5 th 科学技術基本計画(2016) - Society5.0を実現する新たな価値創出のコアとなる強みを有する技術 - 元素戦略 < 拠点形成型 > 、ナノテクフ・ラットフォーム 37

低炭素化(エネ高効率化・省エネ化)への対応 再生可能エネルギーの大量導入時(負荷変動、分散、直流など)への対応 エネルギー資源変遷への対応 天然ガス、バイオマス資源、再生可能 E 由来電力) (石炭、石油 原子力の安全性や廃炉などへの対応

国内外での様々な社会的状況

発送電分離(国内)

再生可能エネルギー導入拡大

COP21での「2 目標」合意と 世界全体での抜本的な排出削減 📜 エネルギーシフト

現在

10s 3E+S(安全性)の重視(11:東日本大震災)

00s 3E同時達成志向の高まり(資源価格の高騰)

90s 温暖化対策の要請の高まり(92:地球サミット、97:京都議定書)

70・80s 脱石油機運の高まり(73・79:石油危機)

*科学技術政策や研究開発動向から判断

世界のエネルギー分野の研究開発の特徴は "all of the above" (可能性のある全ての資源の活用・高効率化)。 日本も2030年までを見越した研究開発に一通り取組んでいる。

低炭素化(エネ高効率化・省エネ化)への対応

- 火力、CCS(二酸化炭素の回収・貯蔵)
- 原子力、核融合
- 太陽光、風力、地熱
- 熱再牛利用、蓄熱、断熱・遮熱
- 燃焼、トライボロジー
- 耐熱材料、高強度軽量材料
- BEMS/HEMS. ZEB/ZEH

再生可能エネルギーの大量導入時(負荷変動、分散、直流など)への対応

- 調整力付火力
- 分散型EMS
- 直流送電(超電導含む)
- エネルギー貯蔵、パワーエレクトロニクス、磁石

エネルギー資源変遷への対応

(石炭、石油 天然ガス、バイオマス資源、再生可能 E 由来電力)

- エネルギーキャリア、燃料電池
- CCU(二酸化炭素の有効活用)、バイオマス、触媒

原子力の安全性や廃炉などへの対応

世界の技術革新の潮流(マクロなトレンド)

環境・エネルギー分野

統合化

大規模化

ネットワーク化 ・共有化

可視化

高度化

研究スタイル の変化

科学的助言を行う国際的な専門家集団: IPCC(気候変動)やIPBES(生物多様性) 衛星による観測技術の進展

データの共有・比較・統合

70s-80s

<u>90s</u>

<u> 10s</u>

現在

環境問題の種類: 公害問題

環境問題 の変質 地球温暖化

気候変動·異常気象

大規模地震

環境問題の特徴: 局地的

散発的

地球規模·長期的

不確実·不連続的

環境対策: 事後対応的

事後対応的(自然災害)

早期対応/未然防止的

(地球温暖化:緩和:適応)

■ 統合化

- 個々に進んだ気候変動、汚染、生態系、資源利用 等の科学的知見を統合化する研究が進展
- 持続可能な社会の実現を目指した新概念Food-Energy-Water Nexus (食料・エネルギー・水の 統合的な理解)が国際的に普及
- 地球システムモデルの開発は各種要素を統合化する方向へ(例:窒素循環過程の組み込み)

■大規模化

- 衛星観測の飛躍的向上によるデータの質・量・ 種類の増大
- ビッグデータ解析に基づく人間活動と環境関連事象の関係性解明(例:大気汚染の若年死亡率への寄与の地球規模解析)
- 各種環境要因の生涯暴露影響の解析(エクスポソーム)実施

■ 高度化

- 画像認識の活用等による選別技術の高度化(リ サイクル)
- 生体内の代謝経路の理解や分析技術の進展を背景とした、生体に対するより詳細な化学物質暴露影響過程(Adverse Outcome Pathway)の解明
- 複数種の安定同位体の活用による環境中の物質 循環過程の解明

■可視化

- 地球システムモデルのダウンスケーリング(地域レベルの評価・予測の見える化)等
- 生態系サービスの見える化(定量化)
- リサイクル技術のDB構築とDB連携、物質フローの可視化
- 環境的側面に加え社会的側面のインパクト評価 技術の開発と応用

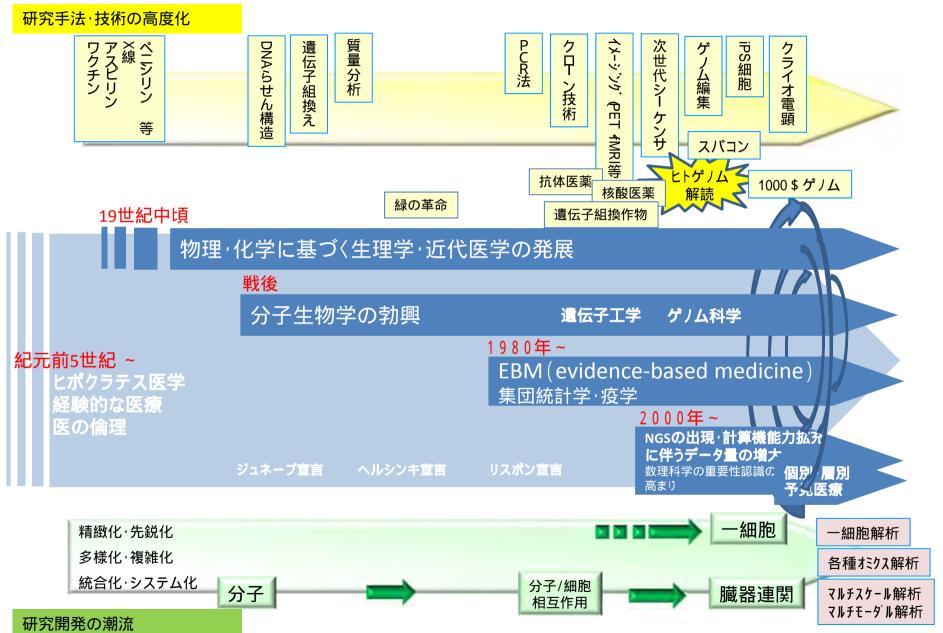
■ ネットワーク化・共有化

衛星や地上局等の観測ネットワーク構築と得られたデータの共有

■ 研究スタイルの変化

従来の自前主義的なモデル開発研究から個々の モデルを相互比較する研究へ(オープンサイエ ンス化)

【俯瞰図】ライフサイエンス・臨床研究開発の変遷



近年の技術革新の潮流

-) 精緻化・先鋭化: 生命の時空間観察および操作 / 創成
-) <u>多様化・複雑化</u>: 研究対象の拡大および複雑系の解析へ
-) **統合化・システム化**: 統合ビッグデータに基づ〈個別化 / 予測へ

	観察	解析	制御
) 精緻化 先鋭化	◆ クライオ電子顕微鏡 技術(単粒子解析)◆ 個体透明化技術◆ ライブイメージング技術 超解像技術 8Kイメージング技術	◆ 一細胞解析技術◆ シミュレーション技術分子シミュレーション 細胞シミュレーション 個体シミュレーション◆ 実験のロボット化	◆ ゲノム編集技術◆ オプトジェネティクス技術◆ 人工分子・人工生命技術
) 多様化 複雑化	◆ Lhin vitro実験技術 オルガノイド技術 臓器チップ技術◆ 微生物培養技術	◆ 微生物叢解析技術(メタケ・ノム、メタトランスクリプトーム等)◆ アグリフィールド解析技術◆ オミクス解析技術(ケ・ノム等)	◆ 非モデル生物 の改変技術 作物·家畜 ヒト
) 統合化 システム化	 ◆ 多階層オミクス/臨床情報解析技術 ◆ マルチスケール解析技術(分子~個体) ◆ マルチモダリティ解析技術 ◆ モニタリング・ウェアラブル技術 ◆ 植え込み型医療機器技術 ◆ ビッグデータ解析技術(人工知能含む) 		

主要な海外動向(まとめ)

玉	概要		
米国	・ライフサイエンス臨床医学分野において、 <u>巨額の投資(例:NIH(33.1B))</u> ・大型イニシアチブ: 「 <u>Precision Medicine Initiative」</u> 」 「 <u>Cancer Moonshot」</u> 」 「 <u>BRAIN</u> <u>Initiative</u> 」 ・2014年に「 <u>Accelerating Medicines Partnership」</u> が発足し、産官学連携が加速		
欧尔	・Horizon2020, Social Challengesの1つとして「 <u>Personalized Medicine</u> 」、Excellent Scienceの一環で「 <u>Human Brain Project</u> 」を推進・2014年に「 <u>Innovative Medicine Initiative 2</u> 」が発足し、産学官連携が加速		
中国	・「科学技術イノベーション第 13 次五カ年計画(2016~2020 年)」、「科学技術イノベーション 2030」の一環として、ライフ臨床分野系では「脳科学と類脳研究」「育種技術」「健康福祉技術(精密医療など)」が推進・2016年に「精密医療」の開始。15年間で600億元(中央財政から200億元、企業と地方財政から400億元)(年間約650億円)とも。・クライオEM、次世代シークエンサー等、最先端の大型機器が大量に導入・米国等より帰国した研究者が世界トップレベルの研究成果を発表		
韓国	・第2次バイオテクノロジー育成基本計画(BIO-Vision 2016)の一環として、国内の臨床試験の活性化、オープンイノベーションの支援等に対し投資・遺伝子治療・幹細胞治療関連研究、医療機器開発、精密医療・再生医療関連産業の国家産業化に向けた支援が実施		



CRDSにおける俯瞰・抽出・提言

俯瞰

(国際比較含む)

アウトプット

俯瞰報告書

ユニット活動 (継続的業務)

- ●調査(論文、学会参加、 各種DB分析など)
- •インタビュー
- •ワークショップ

抽出

(俯瞰から抽出された挑 戦課題等をもとに戦略プロポーザルテーマを決 定)

提言

(深掘検討により、今後、 国として重点的に取り組 むべき研究開発戦略や、 科学技術イノベーション 政策上の重要課題を提 案)

アウトプット

戦略プロポーザル

CRDS全体

- ●主として年度末に次年 度取り組むテーマを決 定(年5~10件程度)
- CRDSセンター長を委員 長とする戦略スコープ策 定委員会を開催

チーム活動

(ユニット横断的なメンバーによる時限的活動)

- ●調査(論文、学会参加、 各種DB分析など)
- •インタビュー
- •ワークショップ



俯瞰~テーマ抽出の主なプロセス

分野の研究開発の俯瞰活動を通じて把握した情報を総合的に勘案して抽出された日本の挑戦課題をベースに戦略プロポーザルテーマ(戦略スコープ)を作成

社会課題·経済動向の 把握

- WEB調査
- フェロー会議等を通じた勉強会
- 産業界との議論

国内外の科学技術 トピックスの把握

- 学会調査
- フェローの研究者ネットワーク
- ワークショップ 俯瞰報告書(有識者による情 報提供)



テーマ(戦略スコープ) を抽出

国際的な研究開発

- ・政策動向の把握
- WEB調査、学会調査
- ワークショップ
- 俯瞰報告書(有識者による情報提供)
- データ分析(論文動向)



日本における施策の (推移)把握

- WEB調査
- 国の審議会参加

運営体制

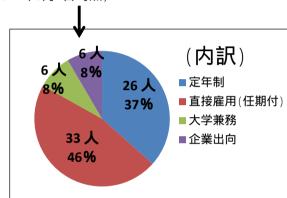




2003年7月設立

人員71名(常勤、非常勤)

(2017年5月1日時点)



センター長代理 倉持 隆雄

上席フェロー 岩瀬 忠篤

上席フェロー 黒田 昌裕

・ 上席フェロー **・ 中原 徹**

上席フェロー

上席フェロー

林 幸秀

藤山 知彦

企画 運営室

室長

中山 智弘



環境・ エネルギー ユニット

上席フェロー

佐藤 順一



フェロー

システム・ 情報科学技術 ユニット

上席フェロー 木村 康則



フェロー

ナノテク ノロジー・ 材料ユニット

上席フェロー **曽根 純一**

フェロー

ライフ サイエンス・ 臨床医学 ユニット

上席フェロー **永井 良三**



フェロー

科学技術 イノベーション 政策ユニット

上席フェロー **有本 建男**



フェロー

海外動向ユニット

上席フェロー

倉持 隆雄(兼)



フェロー

横断グループ



CRDSの活動の基本

CRDSのあるべき姿

CRDSは我が国社会経済の持続的発展のため、科学技術イノベーション 創出の先導役となるシンクタンクを目指します。

CRDSの任務

- 1. CRDSは国内外の社会や科学技術イノベーションの動向及びそれらに関する政策動向を把握し、俯瞰し、分析します。
- 2. これに基づき、CRDSは課題を抽出し、科学技術イノベーション政策や研究開発戦略を提言し、その実現に向けた取組を行います。

任務の実行にあたって

CRDSは我が国産学官の関係者、社会のステークホルダー、更には外国関係機関と積極的に連携、情報・意見交換を行います。

そして、得られた成果については、外部に積極的に発信します。