

CRDSシンポジウム
平成26年11月7日(金)

科学技術イノベーションにおける統合化

(研究開発・ものづくりにおけるパラダイムシフト)

独立行政法人科学技術振興機構

理事長 中村 道治

日本国内の現状と課題

✓ 低い生産性

World ranking (2013)
 (Calculated from World Development Indicators database, World Bank)

GDP:

4,901 billion US \$

38,492 US \$ per capita

第3位

第23位 (国民一人当たり)

✓ エネルギー・食料の海外依存

エネルギー自給率

4%

食料自給率

40%

✓ 急激な少子高齢化の進展

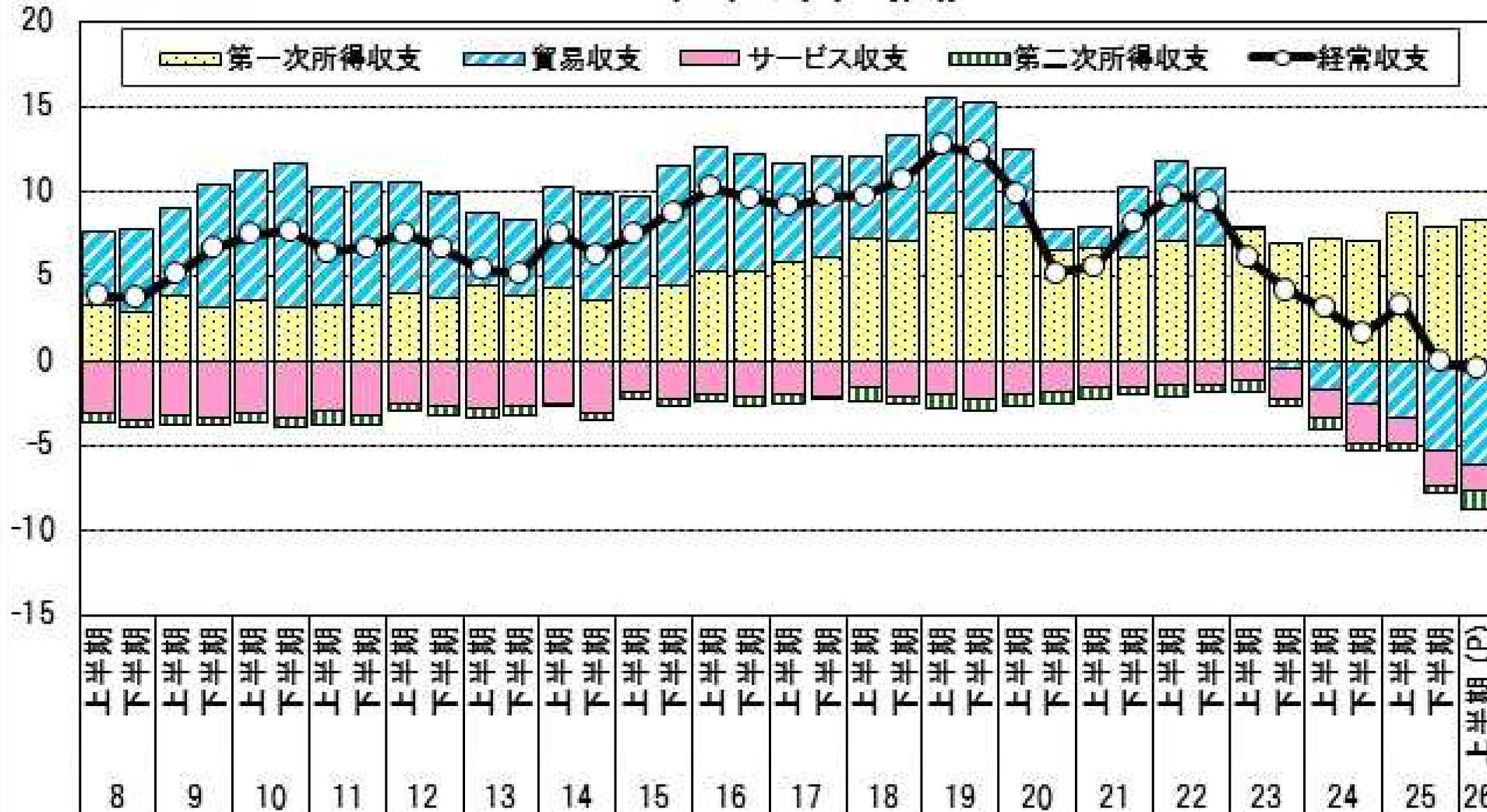
人口 1億2700万人

65歳以上 25% (2014年) 30% (2025年予想)

経常収支赤字時代の到来か

(単位:兆円)

経常収支の推移



(備考)Pは速報値をあらわす。

【財務省国際局為替市場課】

研究開発・ものづくりの 新しいパラダイム

- 知の統合
- 情報科学技術の活用
- 人材育成

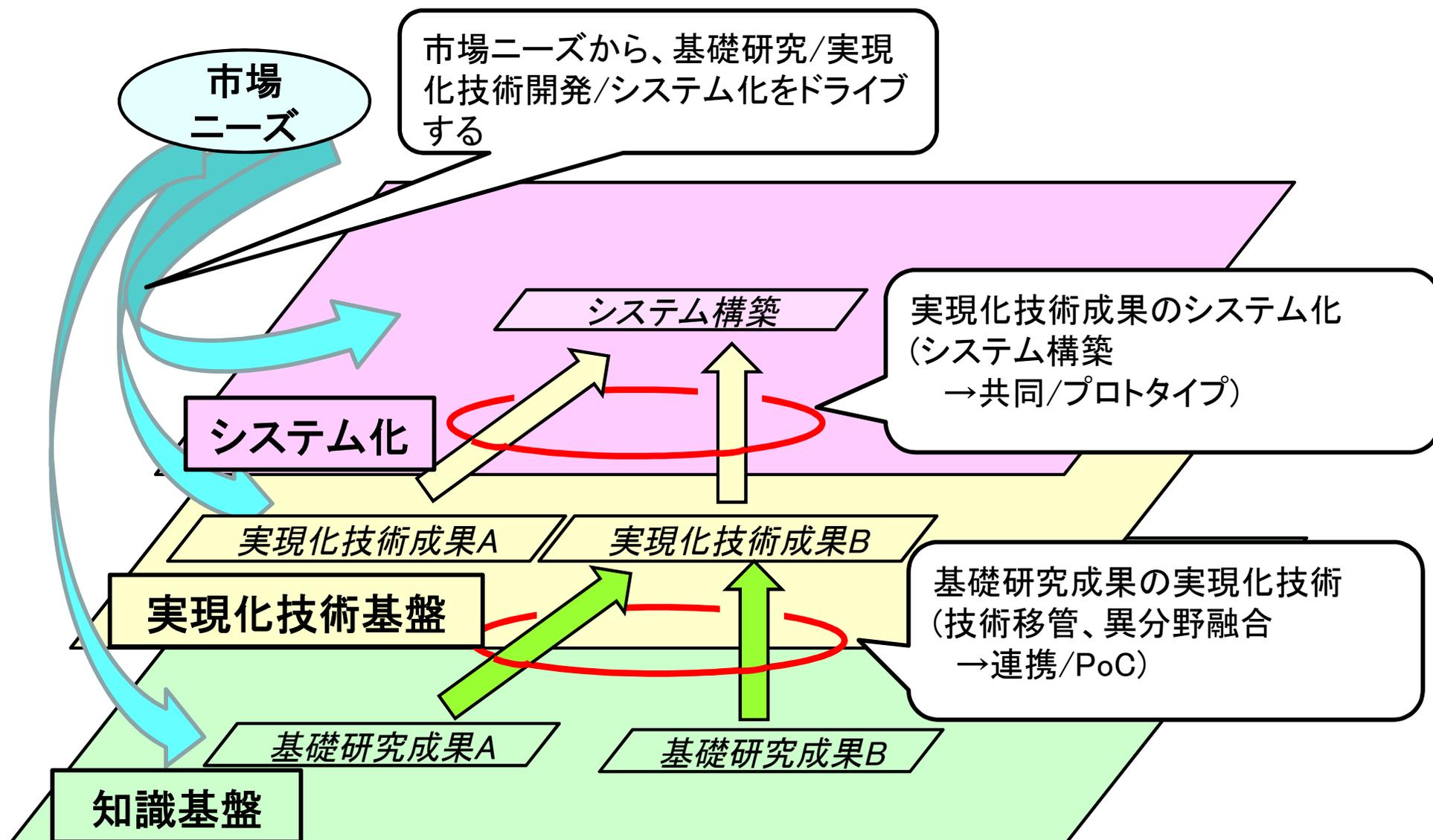
知の統合

- ✓ 「認識科学」と「設計科学」における知の統合と連携
提言：知の統合 -社会のための科学に向けて- 日本学会提言(2007)
- ✓ 第二種基礎研究
特定の経済的社会的な必要性（ニーズ）のために、既に確立された複数の理論（法則、原理、定理など）を組み合わせ、観察、実験、理論計算を繰り返し、その手法と結果に規則性や普遍性のある知見および目的を実現する具体的道筋を導き出す研究（産総研 吉川弘之）
- ✓ 「知の統合」の課題設定モデル
社会的期待と科学技術の「邂逅」による領域統合、役割り連携を含み、イノベーションにつながる研究課題の構成（JST研究開発戦略センター 吉川弘之）
- ✓ 「知の統合」の道具としての横幹科学技術
シミュレーション、制御、モデル化、設計論、最適化、統計科学、計算科学、マネジメント（横断型基幹科学技術研究団体連合 木村英紀）

統合化システム研究

- ✓ システム、サービス指向の研究開発の方法論
 - 分野俯瞰/ビジネス検討/システム要件から出発
 - 技術の統合化をベースとして、システム研究、実現化技術研究、基礎研究の包括的取り組み
 - 異なる学問領域、専門分野を超えた知の統合
- ✓ 大学・研究機関を中核としたイノベーションハブ
 - 産学官の研究者、市民に開かれたオープンイノベーションハブ
 - ハブ拠点として、革新技術、基盤技術を蓄積
 - 世界に開放
- ✓ 人材育成
 - Multidisciplinary/Transdisciplinary人材の育成
 - プロジェクトマネージャ(PM)、起業人材の育成
 - システム化/実現化技術を担う研究者の育成

システム・サービス指向研究開発



1970-1990年代の大型プロジェクト (通商産業省)

- キャッチアップからフロントランナーへ
- 新しい国家基幹産業の創出
- 産官集中研究所方式（一部）、企業内分散研
- 同業企業が垣根を越えて参画

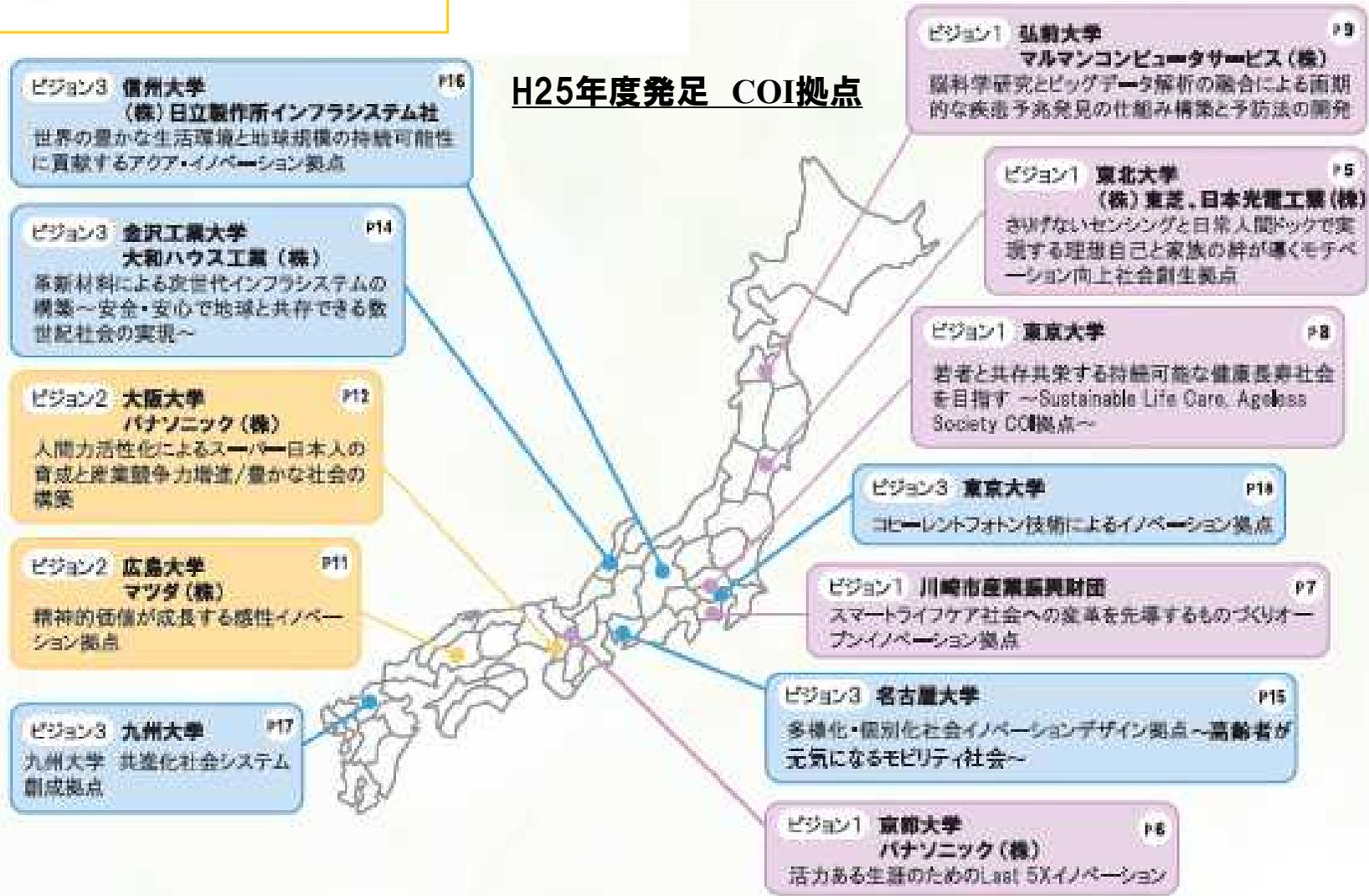
集中研究所実施例：

- 超LSI技術研究組合（超LSI共同研究所）(1970-1980)
- 光技術応用システム技術研究組合 (1979-1985)
- 太陽光発電技術研究組合 (1980-2000)
- ファインセラミックス技術研究組合 (1981-1992)
- 技術研究組合オングストローム研究機構 (1992-2001)

センター・オブ・イノベーション(COI)プログラム

10年後の社会ビジョン

- 人が変わる **ビジョン1** 少子高齢化先進国としての持続性確保 Smart Life Care, Ageless Society Society
- 社会が変わる **ビジョン2** 豊かな生活環境の構築 (繁栄し、尊敬される国へ) Smart Japan
- 社会が変わる **ビジョン3** 活気ある持続可能な(Active Sustainability)社会の構築



各国の取り組み

No	項目	NSF/ERC (米国)	IfM /IMRC (英国ケンブリッジ大学)	Global Systems Science (EU Horizon 2020)	COI (日本)
1	設立	1985年	1998年	2013年	2013年
2	目標	<ul style="list-style-type: none"> アメリカ企業の国際競争力向上 産業界、製造業へイノベーションを与えられる学生数増大 成果に基づく人材育成 	<ul style="list-style-type: none"> ものづくりのイノベーションを指向 	<ul style="list-style-type: none"> 巨大な社会システム(グローバル都市システム等)の構築 	<ul style="list-style-type: none"> 国が設定したビジョンに資するイノベーション創出 社会実装が前面
3	理念	<ul style="list-style-type: none"> 戦略計画に基づき、基礎研究、実現化技術を互いに融合しながら推進 産学連携による研究開発が前提 	<ul style="list-style-type: none"> 研究と教育の統合的な推進 産業界との密なコミュニケーション/連携 	<ul style="list-style-type: none"> システム構築、データ/モデル/社会戦略の統合を重要視。 複雑系科学、ネットワーク科学等を活用。 	<ul style="list-style-type: none"> ビジョン主導型のチャレンジングな研究開発を産学連携
4	統合化手法	<ul style="list-style-type: none"> システム化/実現化/基礎研究の3層構造が柱 システムからのトップダウンで開始。 各層における障害を事前に明確化。 	<ul style="list-style-type: none"> IMRCは、各技術分野を横断的に連携するセンター 経営/科学技術/政策の知見を融合 	<ul style="list-style-type: none"> ICTのツールの活用 研究者とステイクホルダとの緊密な連携 	<ul style="list-style-type: none"> ロードマップを使い、社会実装のイメージ(統合化)実現を目指し、包括的に研究テーマを検討

実現化された科学技術の例

- 青色発光ダイオード (赤崎勇、天野浩、中村修二)
- 垂直磁気記録方式 (岩崎俊一)
- リチウムイオン電池 (吉野彰)
- レーザーイオン化質量分析技術 (田中耕一)
- 不斉合成反応 (野依良治)
- クロスカップリング反応 (根岸英一、鈴木章)
- Erドープファイバー増幅器 (中沢正隆)
- TMR(MgO) (宮崎照宣、湯浅新治)
- ネオジム磁石 (佐川真人)
- ロボットスーツ (山海嘉之)
- 透明酸化物半導体 IGZO (細野秀雄)
- iPS細胞 (山中伸弥)
- 肺ガン治療薬 (間野博行)

元素戦略

- 我が国発のコンセプト：現在は世界の共通言語に
- 2004年 東京大学 中村栄一教授が命名（CRDS箱根WS）
 - 「戦略」：なぜ国としてこれを行うのか？
 - 「研究者が結集して新しい社会をつくろう」

中村栄一：化学と工業（2012年1月）より

- 結集 → 異分野融合や連携
- ビジョン（歴史観・世界観・社会観、あるいは物質観）、研究開発システム（拠点&ネットワークによるエコシステム）、グローバル化が調和する好事例
- 政策主導で、学会や研究者コミュニティが呼応
- 政策は研究者の手に渡った、実行（研究成果）あるのみ
- 卓越した成果は、新しい政策を生み出す：PDCAサイクル

元素戦略における分野間連携

減量戦略 代替戦略
循環戦略 規制戦略

元素戦略（**国家**として取り組む価値）

資源・エネルギー戦略
知財戦略 外交戦略



「元素戦略」で促進する拠点&ネットワーク

元素戦略運営統括会議（ガバニングボード） 関連する学会・産業界を代表する有識者

◆文科省 元素戦略プロジェクト<研究拠点形成型>



磁石材料
拠点設置機関：NIMS
代表者： 広沢哲



電子材料
拠点設置機関：東京工業大学
代表者： 細野秀雄



触媒・電池材料
拠点設置機関：京都大学
代表者： 田中庸裕



構造材料
拠点設置機関：京都大学
代表者： 田中功

◆経産省 関係プロジェクト

- ・ジスプロシウム等のレアアースを使用しない高性能モーター
- ・二酸化炭素を原料化する基幹化学品製造プロセス

等

◆科学技術振興機構



CREST (チーム型)
PO：玉尾皓平

さきがけ (個人型)
PO：細野秀雄

産学共創 (金属ヘテロ構造制御)
PO：加藤雅治

産学共創 (高性能磁石)
PO：福永博俊

日本-EU共同 (希少元素代替材)
PO：黒田一幸



◆文科省 東北発 素材技術先導プロジェクト

◆最先端 共用施設



J-PARC
中性子・ミュオン



SPring-8/SACLA
X線自由電子レーザー



KEK-PF

文科省 ナノテクノロジープラットフォーム



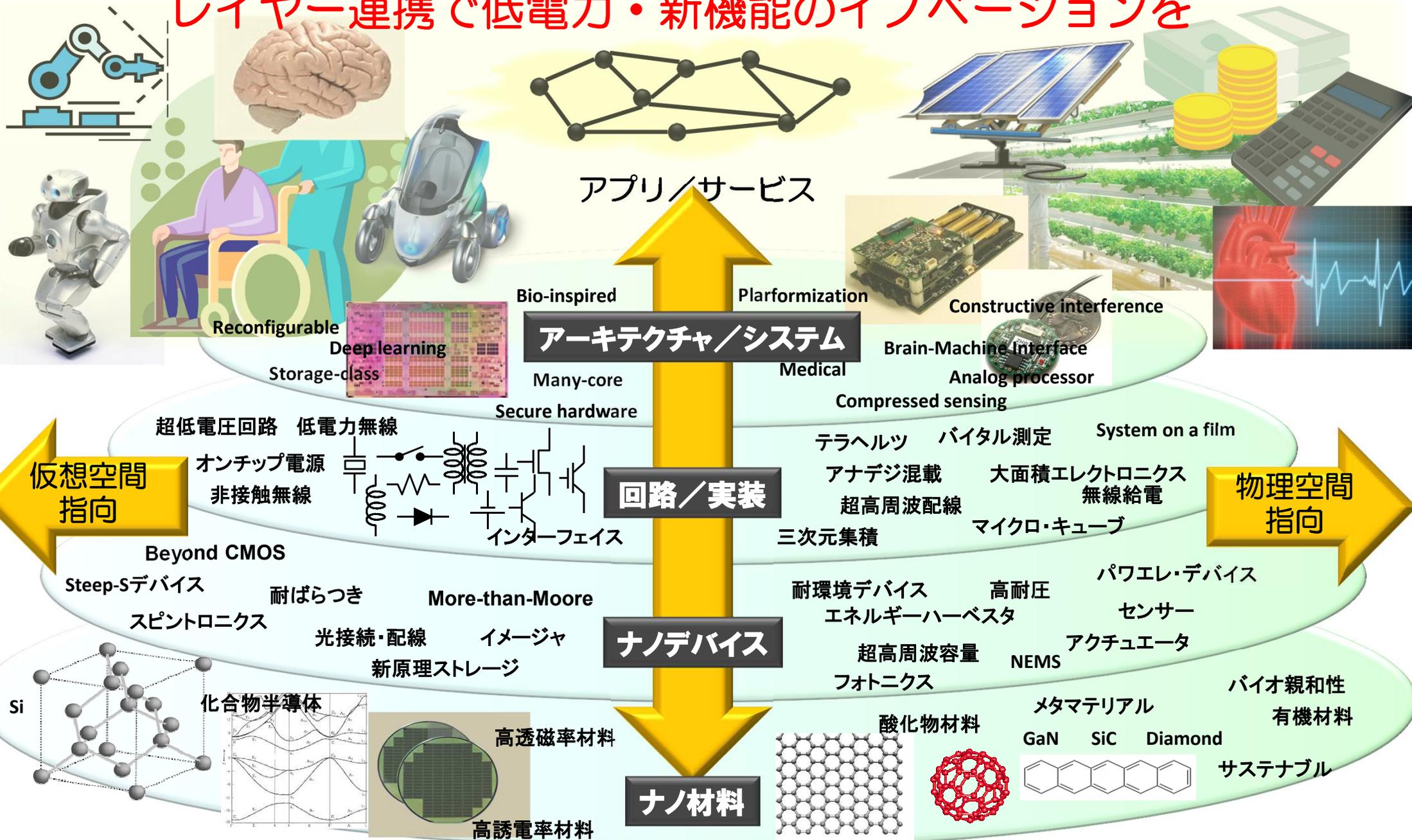
京スパコン



計算物質科学イニシアティブ

ナノ・エレクトロニクス (CREST・さきがけ)

レイヤー連携で低電力・新機能のイノベーションを



データ駆動型研究開発に向けた国際動向

データ駆動型科学では、従来の計算シミュレーションで法則を見いだす方法から、ビッグデータを連携・高度解析・意味抽出することにより新たな知の発見を促すことを可能にする

【政策的な動き】

- G8サミット オープンデータ憲章 2013年6月
- G8科学大臣・アカデミー会長会合共同声明（研究データのオープン化）2013年6月
- ファンディング機関長会合（研究データのシェアリングを議論）2014年10月
- OECDグローバルフォーラム（データ駆動型イノベーションについて議論）2014年10月

【研究コミュニティの動き】

- Research Data Alliance 研究者によるボトムアップでデータ共有を議論する場
- ICSU-WDSやCODATA 研究データのオープン化、シェアリング方法を模索

- ✓ ビッグデータ時代に対して、欧米諸国ではデータを最大限活用し、研究開発効率化・新産業創出促進などの動きが活発化
- ✓ 日本ではまだデータ駆動型科学の意識が低く、欧米諸国の動きに追従しないしていると、研究開発活動及び産業振興における国際競争において不利益を被る可能性がある

データ駆動科学

医療・創薬

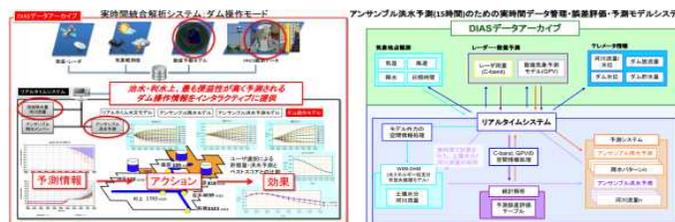


【目的】 疾病発現機構の解明、個別化予防・医療
 【対象】 次世代シーケンサー等から産出されるデータ、ゲノムコホート研究のような大規模プロジェクトから出てくるパーソナルゲノム、代謝物等の生化学情報、MRI やX線CT 等による画像データなど

- 創薬等支援技術基盤プラットフォーム(文部科学省)
- 東北メディカル・メガバンク(文部科学省)
- バイオサイエンスデータベースセンター(NBDC)

地球環境(気候、水循環等)

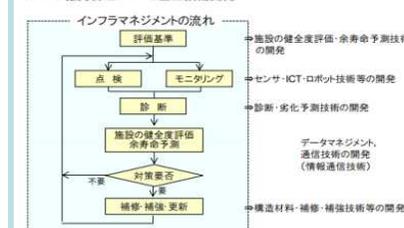
【目的】 灌漑、洪水や浸水・氾濫等の予測
 【対象】 気候、水循環等に関する大量で、多種・多様なデータ



・ DIAS・地球環境情報統融合プログラム

社会インフラ(防災・減災)

インフラ維持管理フローと基礎技術開発

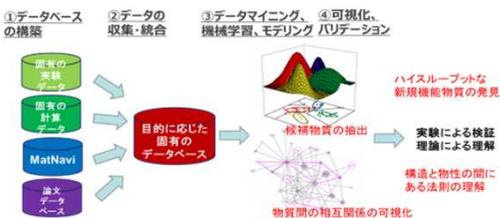


【目的】 事故予防。保全によるインフラのライフサイクルコストの最小化
 【対象】 路面・橋梁・地下構造物などの大規模センシングデータ

- インフラ維持管理・更新・マネジメント技術(内閣府SIP)
- レジリエントな防災・減災機能の強化(リアルタイムな災害情報の共有と利活用)(内閣府SIP)

材料

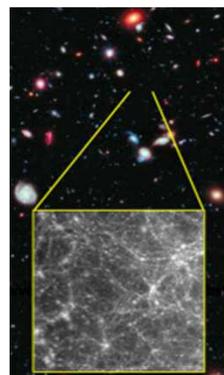
【目的】 物質・材料の高効率な探索(予測)と機能の発現機構の解明
 【対象】 化学組成、結晶構造、物性値、組織構造など



- MatNavi (NIMS)

宇宙・天文

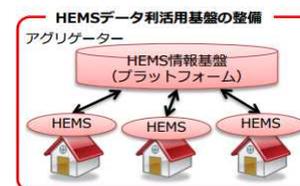
【目的】 あらたな天文学上の発見
 【対象】 世界中の天文データをひとつの巨大な仮想データベースとしてアクセス可能にする、ヴァーチャル天文台国際プロジェクトを2002年より開始。



ダークマター分布

エネルギー

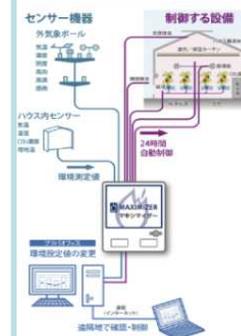
【目的】 全体として省エネ・ピークカットを実現。ピークをずらす、ピークを抑える等の制御を、需要家ごとのニーズに応じて無理なく実施。
 【対象】 HEMSデータ



大規模HEMS情報基盤整備事業(経済産業省)

食糧(農業・水産業)

【目的】 生産量や品質・安全性を向上。適切な生産管理(最適な施肥量や作業時期)・食卓までのトレーサビリティの実現。
 【対象】 気温、日射量、土壌水分、施肥量など環境データと収量データ



(出典) 総務省「ICTの進化がもたらす社会へのインパクトに関する調査研究」(2014)

データ利活用(収集・統合・分析)のモデル構築、ルール整備

知の共有のための情報基盤(クラウドコンピューティング・クラウドソーシング・DB)

データサイエンティスト、インフォマティシヤンの育成とキャリアパスの整備

マテリアルズ・インフォマティクス

目的

- 発見：特定の機能をもつ物質・材料の高効率な探索（予測）
- 理解：組成／構造／組織および物性／特性の相関から機能発現の指導原理の解明
- 設計：無機・金属、有機・高分子など分野の縦割りでない、機能に基づく材料設計

背景

- 扱う物質・材料の種類（元素の種類や組合せ）、パラメータなどが複雑化
- 科学技術のグローバル化によって、研究開発のスピードが加速
- 計算機（計算科学、データ科学）の短期間での大幅な進展
- 有機、無機、金属などの分野でなく、機能に基づく材料開発への要求が増大

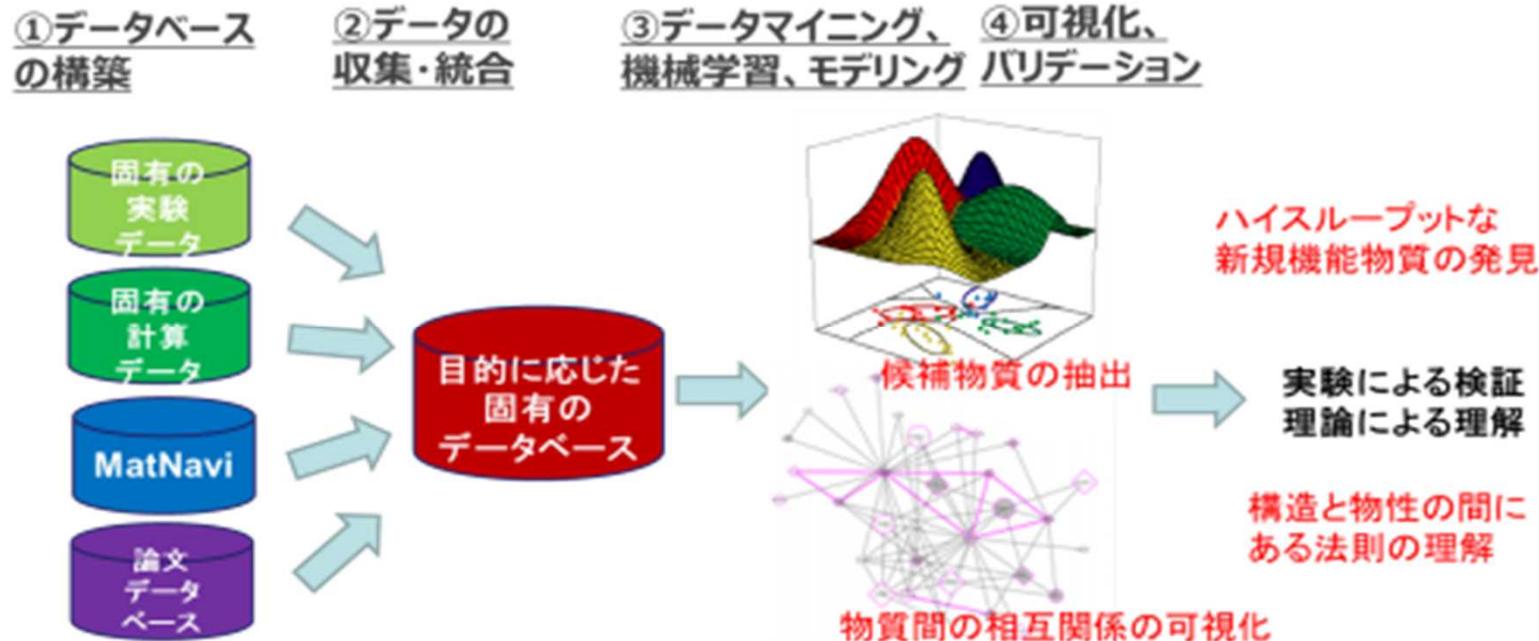
推進策

材料合成、先端計測、理論・計算、データ解析の4手法をフル活用した研究開発

適用例

**膨大な元素の種類・組合せから
高機能物質を発見！**

正極材料 LiFePO_4 の3種類の陽イオンを他の元素で置換した2000の計算を実施。サイクル寿命の記述子として、結晶の体積変化に着目し、スクリーニング。新たに発見・開発した $\text{Li}(\text{Fe}_{1-x}\text{Zr}_x)(\text{P}_{1-2x}\text{Si}_{2x})\text{O}_4$ は、従来品に比べておよそ6倍のサイクル寿命。（京大、A社）



マテリアルズ・インフォマティクス 海外動向

➤ 米国：Material Genome Initiative

-2011年に提唱、材料開発の短期化・低コスト化に向けデータの重要性に着目

➤ 欧州：Computational Materials Engineering

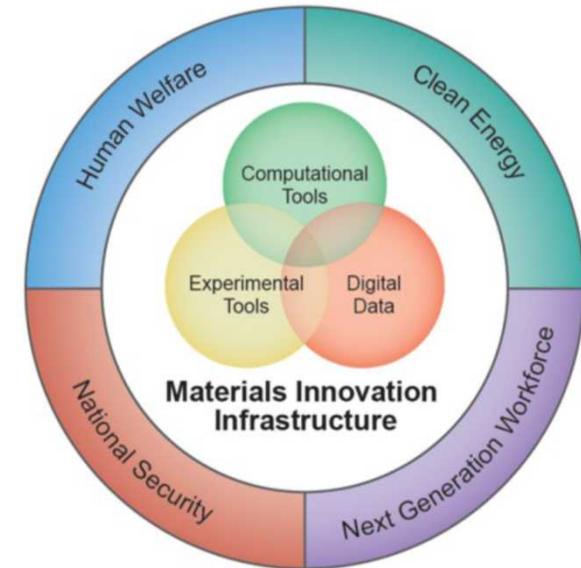
-マルチスケール計算材料科学の確立（シミュレーションに特化）

➤ 中国：China MGI（中国版Material Genome Initiative）

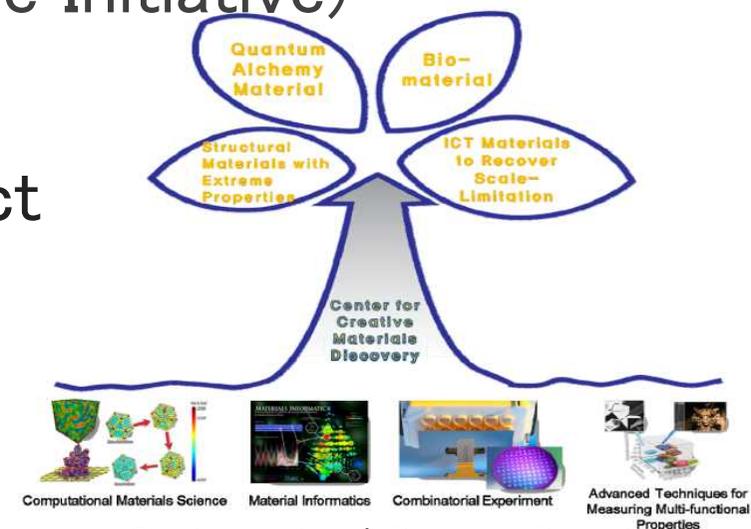
-中国科学院・中国工学院が連携して着手

➤ 韓国：Creative Materials Discovery Project

-2015年からを10年計画で立上げ予定



Material Genome Initiative



Creative Materials Discovery Project

研究開発・ものづくりの 新しいパラダイム

➤ 知の統合

- 統合型研究開発、3階層モデル
- 研究者の協働、科学と社会/市民の共創
- オープンハブ

➤ 情報科学技術

- モデリング&シミュレーション、データ駆動型科学
- 実社会とサイバー空間の統合
- 情報基盤（DB、知のコンピューティング、IoT）

➤ 人材育成

- Multidisciplinary/Transdisciplinary人材の育成
- プログラム・マネジメント人材、起業人材の育成
- システム化/実現化技術を担う研究者の実践的育成

ご清聴ありがとうございました

中村 道治

独立行政法人科学技術振興機構 理事長