

研究基盤を支える基盤技術について

平成 27 年 6 月

科学技術・学術審議会先端研究基盤部会
基盤技術作業部会

1. はじめに

現在、政府では、次期の科学技術基本計画について議論が活発に行われている。内閣府科学技術・イノベーション会議では、基本計画専門調査会が設置され、検討が進んでいる。文部科学省では、科学技術・学術審議会総合政策特別委員会において、次期科学技術基本計画に向けた議論を行い、去る 1 月に中間的なとりまとめを行ったところである。その中で基盤技術については、第 4 期科学技術基本計画に引き続き、政府が先導する分野の一つとしているが、その推進にあたっては、「研究開発手法、関連する人材育成などを含めた研究開発体制の検討を行い、基礎研究から応用研究、産業利用に至るまでの広範なユーザー層のニーズを十分考慮に入れた研究開発となるよう留意して進める」としている。本作業部会では、このような問題意識の下、基盤技術の振興について更なる検討を深めるため、(公財) 未来工学研究所において行われた委託調査の結果を基に、基盤技術の性質から振興方策まで議論を行い、まとめることができたので、ここに報告するものである。

2. 科学技術政策としての基盤技術

研究開発の基盤となる技術開発の振興については、科学技術政策上、これまでも様々な政策・取組がなされてきた。例えば、計測技術は、第 2 期科学技術基本計画（平成 13～17 年）及びその下で策定された知的基盤整備計画に基づき主に JST による支援が実施されてきた。研究分野毎の取組としては、第 2 期科学技術基本計画において推進 4 分野のうちの一つとして定められた「製造技術」分野について、第 3 期科学技術基本計画（平成 18 年～22 年）においては「ものづくり基盤技術」と名を改め、主に日本の優れた中小企業のものづくり技術の支援が行われてきた。第 4 期科学技術基本計画では、科学技術の共通基盤の充実、強化として、複数の領域に横断的に用いられる科学技術の研究開発を推進する必要があるとされている。具体例としては、ナノテクノロジー、光・量子科学技術、数理科学、システム科学などが挙げられている。ナノテクノロジー以外の 3 分野については、研究分野として科学技術基本計画に取り上げられたのは初めてのことである。これらの分野は、第 2 期科学技術基本計画で用いられた分野の重点化以降における新興領域として、第 2 期科学技術基本計画期間の安全・安心分野¹、第 3 期科学技術基本計画期間のサービス科学分野²などに続くものと見なすことができる。

第 5 期科学技術基本計画に向けては、様々な審議会等で議論されているところである。いずれも、広い範囲、共通・汎用性などを特徴として読み取ることができる。また、科学技術のみならず、社会基盤そのものを支える技術まで幅広く対象と考えられていることが読み取れる。

¹ 例えば、平成 15 年度より科学技術振興調整費新興分野人材養成「安全安心な社会を実現する科学技術人材養成」（実施機関：東京大学先端科学技術研究センター）、平成 16 年度より安全安心科学技術プロジェクトが開始。

² 例えば、平成 19 年度より「サービス・イノベーション人材育成推進プログラム」、平成 22 年度より「問題解決型サービス科学研究開発プログラム」（科学技術振興機構社会技術研究開発センター）が開始。

表 2-1 科学技術基本計画等における基盤技術の位置付け

第1期科学技術基本計画 (H8-12)	知的基盤の整備
第2期科学技術基本計画 (H13-17)	知的基盤の整備 研究用材料（生物遺伝資源等）、計量標準、計測・分析・試験・評価方法及びそれらに係る 先端的機器 、並びにこれらに関連するデータベース等の戦略的・体系的な整備を促進する。
知的基盤整備計画 (H13.8, H19.9 科学技術・学術審議会技術・研究基盤部会決定)	知的基盤 ①生物遺伝資源等の研究用材料 ②計量標準（物理標準、標準物質を含む。以下同じ） ③計測・分析・試験・評価方法及びそれらに係る 先端的機器 ④計測データ等のデータベース等（①～③に関連するものも含む）
第3期科学技術基本計画 (H18-22)	知的基盤の整備 生物遺伝資源等の研究用材料、計量標準、計測・分析・試験・評価方法及びそれらに係る 先端的機器 、関連するデータベース 先端的機器 機器開発そのものが最先端の研究を先導する性格を持つことを踏まえ、重要な分野の研究に不可欠な機器や我が国が比較優位を持ちつつも諸外国に追い上げられている機器について、鍵となる要素技術やシステム統合技術を重点開発する。
第4期科学技術基本計画 (H23-27)	科学技術の共通基盤の充実、強化 我が国及び世界が直面する様々な課題への対応に向けて、科学技術に関する研究開発を効果的、効率的に推進していくためには、 複数の領域に横断的に用いられる科学技術の研究開発 を推進する必要がある 領域横断的な科学技術の強化 先端計測及び解析技術等の発展につながるナノテクノロジーや光・量子科学技術、シミュレーションやe-サイエンス等の高度情報通信技術、数理科学、システム科学技術など、複数領域に横断的に活用することが可能な科学技術や融合領域の科学技術に関する研究開発 を推進する。
科学技術・学術審議会 総合政策特別委員会 中間まとめ (H27.1)	共通基盤技術と研究機器の戦略的開発・利用 広範で多様な研究領域・応用分野を横断的に支える共通の・基盤的な技術（共通基盤技術） は、我が国の様々な科学技術の発展に貢献し、また、我が国の基幹産業を支える重要なものである。科学技術が複雑化する現代にあって、こうした共通基盤技術の機能あるいは技術の組合せによる研究施設・設備や研究機器の機能・性能が、新たな知識や価値の創出を決定付けることも多く、政府が、民間企業等が単独では実施できない取組を見極めた上で、研究開発と関連する人材育成を先導していく必要がある。 (共通基盤技術の戦略的強化) 共通基盤技術やそれを支える科学の発見は、最先端の研究施設・設備等の登場を可能とし、科学技術に飛躍的な進歩をもたらすなど、多種多様なブレークスルーを実現することから、共通基盤技術の研究開発について、持続的に強化を図っていく必要がある。 このため、政府は、 ナノテクノロジーや光・量子科学技術、情報通信技術などの共通基盤技術に関する研究開発、数理科学やシステム科学等の複数領域に横断的に活用可能な科学技術に関する研究開発 を推進する。なお、研究開発に当たっては、これらの分野の科学技術そのものの革新のための研究開発を実施することはもとより、研究開発手法、関連する人材育成などを含めた研究開発体制の検討を行い、基礎研究から応用研究、産業利用に至るまでの広範なユーザー層のニーズを十分考慮に入れた研究開発となるよう留意して進める。 (研究機器の開発、調達の促進) 高度な共通基盤技術の組合せで構成された 先端的な研究機器 は、我が国の科学技術の発展を支えるマザーツールであり、こうした機器を持続的に生み出していくことは、我が国が高度な科学技術イノベーション力を維持し続けていくことにつながる。（後略）
産業技術構造審議会産業 技術環境分科会研究開発・ 評価小委員会 (第3回 H27.3)	基盤戦略技術 幅広い分野での新産業の創造に展開可能性のある波及効果の大きい汎用型キーテクノロジー IT・新原理電子デバイス、新材料・ナノテック、AI、ロボティクス、新製造技術（レーザー、触媒、IoT、生物機能利用等）、先端計測
総合科学技術・イノベーション 会議基本計画専門 調査会(第9回 H27.5)	「超スマート社会」の実現に向けた共通基盤技術の強化 「超スマート社会」の実現に向けて、 センサー、ロボティクス、先端計測、光・量子技術、素材、ナノテクノロジー、バイオテクノロジー等、我が国が技術面で強みを有し、幅広いビジネス創出の可能性を秘める基盤的な技術 を更に強化するとともに、 統合的なシステムを支えるIoT、ビッグデータ解析、数理科学、AI、サイバーセキュリティ等の基盤的な技術 の強化を図る 知の基盤の涵養 未来の産業創造や社会変革を先取りし、経済・社会的な課題を解決していくためには、これらを 横断的に支える基盤的な科学技術 を強力に涵養していかななくてはならない。

3. 基盤技術

3. 1. 基盤技術の概念

本報告書では、基盤技術の定義を「広範で多様な研究領域・応用分野を横断的に支える共通的・基盤的な科学技術」とする。例をあげると、計測技術、ナノテクノロジー、光・量子科学技術、情報通信技術、数理科学、システム科学など分野を横断的に支える科学技術である。電子顕微鏡、NMR（核磁気共鳴）装置など計測装置やスーパーコンピュータといった計算・解析装置など装置（ハードウェア）そのものではなく、これらの装置を活用した、「観る（観察・計測）」「知る（解析）」「作る（設計・開発・制御）」という多くの研究に共通する手段が基盤技術と言えよう。

具体的に、光科学分野を例にあげると、光学顕微鏡や放射光などによる物質や生体内部の観察（「観る」）、レーザーによる材料の加工・溶接（「作る」）、加速器により発生させたX線によるがん治療（「治す」）、様々な波長領域の望遠鏡を用いた天体観測・宇宙の謎の解明手法などが基盤技術と言える。

また、計測装置・施設を高度化するような技術、計測手法の高度化など利用に関する技術、研究試料に関する技術（例えば、実験用マウスの育成技術）、研究データの管理や高度利用に関する技術、計測データの持つ意味を知りデータを活用するのに不可欠な数理科学、設計方法論といった方法論なども基盤技術に含まれると考えられる。ICTなど研究開発と社会での実用が近い分野では、実社会における新たな技術開発が研究分野に応用され、研究開発を支える新たな基盤技術となる例も多くみられる。

表 3-1 技術の概念

技術に関する説明	出典
1. 物事を取り扱ったり処理したりする際の方法や手段。また、それを行うわざ。「一を磨く」「高度な表現」 2. 科学の研究成果を生かして人間生活に役立たせる方法。	デジタル大辞泉
ものづくりなどの実践的・体験的な学習活動を通して、材料と加工，エネルギー変換，生物育成及び情報に関する基礎的・基本的な知識及び技術を習得するとともに、技術と社会や環境とのかわりについて理解を深め、技術を適切に評価し活用する能力と態度を育てる。	中学校学習指導要領 （（技術・家庭科）における技術分野の目標）
技術とは、人々がよりよく生きるための技（わざ）	「科学技術の智プロジェクト」技術専門部会報告書（科学技術振興調整費 2006～2007 年度）

図 3-2 研究基盤の例

※基盤技術は、施設、装置、研究試料そのものではなく、広範で多様な研究領域・応用分野を横断的に支える科学技術で、理論、方法論を含む。

(大型装置、施設)



大型放射光施設 (SPring-8)



X線自由電子レーザー施設 (SACLA)



大強度陽子加速器施設 (J-PARC)



特定高速電子計算機施設
(スーパーコンピュータ「京」)

図 3-2 研究基盤の例 (続き)

※基盤技術は、施設、装置、研究試料そのものではなく、広範で多様な研究領域・応用分野を横断的に支える科学技術で、理論、方法論を含む。

(大型装置、施設) (続き)



電子顕微鏡
(名古屋大学超高压電子顕微鏡施設)



電子顕微鏡
(日立中央研究所)



NMR
(大阪大学蛋白質研究所)



質量顕微鏡
(iMScope 島津製作所)

図 3-2 研究基盤の例 (続き)

※基盤技術は、施設、装置、研究試料そのものではなく、広範で多様な研究領域・応用分野を横断的に支える科学技術で、理論、方法論を含む。

(研究試料)



(データベース)

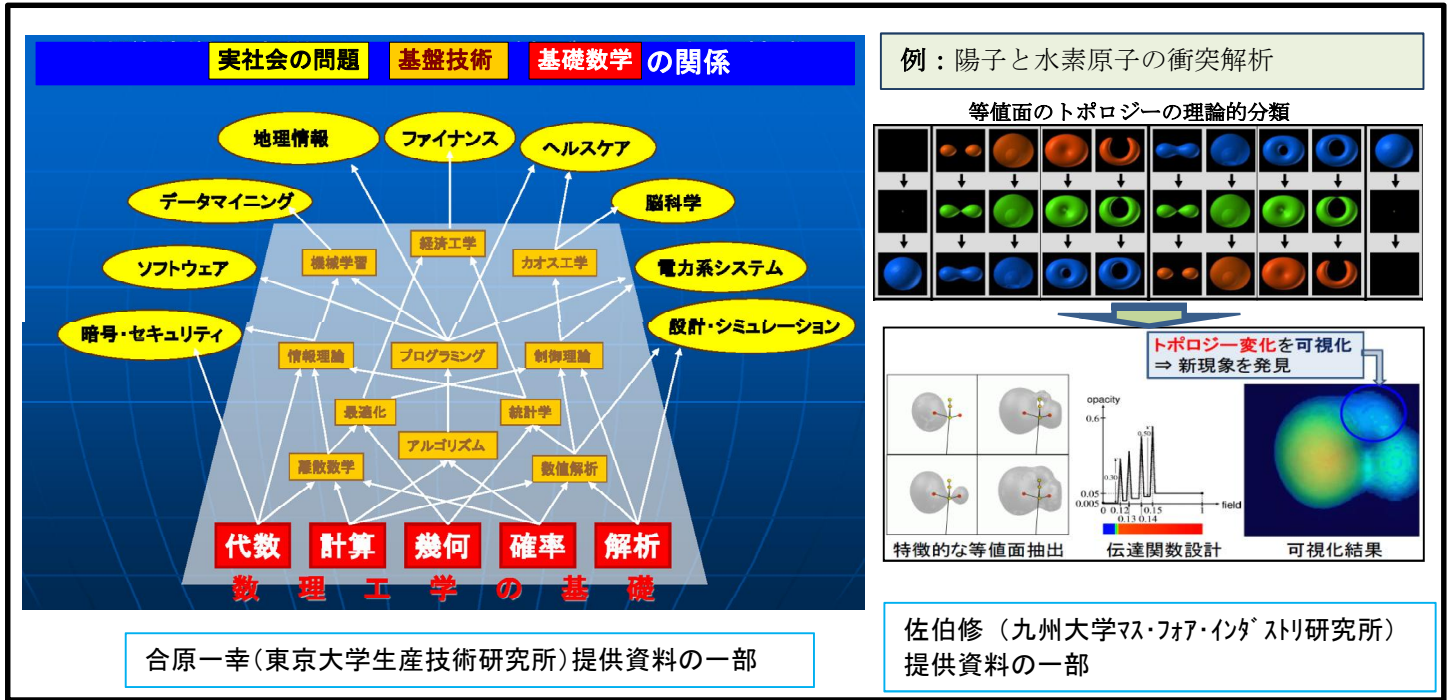


NBDC (ナショナルバイオサイエンスデータベースセンター)

図 3-2 研究基盤の例 (続き)

※基盤技術は、施設、装置、研究試料そのものではなく、広範で多様な研究領域・応用分野を横断的に支える科学技術で、理論、方法論を含む。

(数理学)



(システム科学・設計方法論)



横断型基幹科学技術研究団体連合
シンボルマーク



Design シンポジウム 2014

3. 2. 基盤技術の性質

基盤技術は、その定義から、以下のような性質を有するものである。ただし、すべての性質を持つわけではない。

必要性：利用頻度が高く、多くの研究者等が使用する、基盤技術としての一歩重要な性質。以下のような性質を含む。

信頼性：多くの研究者等に使われることから、信頼性が確立した技術でなくてはならない。

汎用性：多くの研究者等に使われることから、一定の汎用性を有する技術である。しかし、機能は限定されていても、唯一の測定方法である場合など、基盤技術となり得る。

波及性：多くの研究者等に使われることから、波及性がある技術である。特に、広範な分野で使われることから、分野を超えた波及性は重要な性質である。

利用性：多くの研究者等に使われることから、使いやすい技術である。いわゆる、ユーザーフレンドリーな技術。

持続性：長期にわたって利用が可能な技術である。データの継続性など将来にわたって（過去に遡って）利用できることが重要な性質である。なお、継続性は保ちながらも、変化の速い ICT などに関しては、最新技術へのアップデートも不可欠である。

適応性：技術には利用者がいて³成立することから、利用に応じた変化は当然である。多くの研究者等に使われるためには、柔軟に需要に応じられることは重要である。また、最新の科学的知見を取り入れ、高度化に対応できることも重要である。

公共性：広く使われるという点で公共性を有する。技術そのものは使用することで消費されるものではなく、誰でも使える一種の公共財⁴と見なすことができる。ただし、特許等で守られた技術、計測装置の利用料など必ずしも無償が前提ではない。

3. 3. 研究基盤を支える基盤技術の振興方策

(1) 人材育成

技術は人が担うものであり、基盤技術の振興と人材育成は不可分である。特に、新たな原理・手法から基盤技術が開発される場合、技術開発そのものを実行する人材だけでなく、その技術を使う人材も合わせて育成されなくてはならない。現在、大学等における技術サ

³ 「科学技術の智プロジェクト」技術専門部会報告書（科学技術振興調整費 2006～2007 年度）

⁴ 「国費により整備された研究基盤は「公共財」である」（引用：「科学技術イノベーションを牽引する研究基盤戦略について」（先端研究基盤部会（H24.8））

ポートの専門職員、一部の先端大型装置運転・保守職員の不足など問題が顕在化し始めており、日本の研究基盤の維持の観点からも早急な対策が求められる。

また、科学技術の進展に伴う新興分野や融合分野への対応に関しては、異分野の研究者等が交流する場の設定や異分野の研究者と連携できる研究者等の育成などが必要である。

(2) 維持・高度化

基盤技術は多数かつ長期にわたり利用される必要性がある。そのため、基盤技術や関連する機器・設備の維持・更新・高度化は不可欠である。ICTのような技術進歩が速い分野においては陳腐化を避けるべく更新が重要となる。さらに、研究基盤として国際競争力を維持する点からも高度化は重要である。一方、基盤維持にも効率性が求められることから、技術・装置の新陳代謝、人材の再教育などの観点も重要である。

また、データの有効活用の観点からは、数理学を活用した数理的手法や技術の高度化も重要であり、基礎数学研究との連携が不可欠である⁵

(3) 国際環境・産学官連携等

付加価値のある利用度の高い基盤技術としては国際的な評価は不可欠である。ある技術が共同研究を通じて広がり、基盤技術となることも考えられる。社会実装も見据えたオープンイノベーションプラットフォーム、産学官連携、人文社会科学やレギュラトリサイエンスとの連携なども重要である。

(4) 評価

基盤技術は、その定義からも、幅広く、かつ、中長期的な視点での評価（例えば、Broader Impact 評価、Multi-component Strategy 評価等⁶）が求められる。そもそもの技術開発の目的に沿ってのみ評価するのではなく、幅広く研究開発の現場や社会での利用に応じた評価も含むこととなる。技術が完成した瞬間だけでなく、波及していく過程、技術が使われ、標準化されていく過程も考慮していく必要があり、また、評価が技術開発や利用へフィードバックされるような仕組みや契機となることも重要である。

⁵ 例えば、21世紀のデータ解析技術に大きなイノベーションをもたらした圧縮センシング、トポロジカルデータ解析は、いずれもその開発に純粋数学者が大きな役割を果たしている。

⁶ Broader Impact 評価：NSF（全米科学財団）によるプロジェクト評価の方針。研究成果の直接・間接の影響のみならず、理数教育、少数グループへの配慮、理解増進、研究基盤、経済社会的効果など幅広く評価。

Multi-component Strategy 評価：NIST（米・国立標準技術研究所）のATP（先端技術プログラム）において採用された評価方法。「評価結果を短期に必要とする緊急な要請と、経験的に長期にわたるプログラムのアウトカムを認識し価値づけするという忍耐を要する現実とを適合させるために、ATPはこの戦略を採用したと言われている。」（引用：「海外政府系研究開発機関における研究開発評価システムに関する調査・分析」調査報告書平成23年3月財団法人未来工学研究所）

リアルタイムTA：NNI（米・国家ナノテクノロジーイニシアティブ）においてアリゾナ州立大学が開発。期待される社会的成果や懸念についての先見的评价を行いつつ、研究開発動向、開発者・社会の価値観、評価活動自身のモニタリングを並行して行う。

DARPA システム：DARPA（米・国防高等研究計画局）のファンディングシステム。将来のニーズに対応するための革新的研究を支援し実用化を加速することが目標。権限を付与されたPM（プログラママネージャー）による課題設定・評価。

（参照：「米国 DARPA（国防高等研究計画局）の概要（ver.2）」（2014.7 CRDS/JST））

Pathways to Impact 評価：英・リサーチカウンシルによるプロジェクト評価の方針。インパクトへの様々な道筋（ロジックモデル）を考慮。

4. 今後の展開

基盤技術はその性質より、多様な研究領域・産業分野で使われ、まさに、研究開発等の基盤となるものである。素材や製品などと違い技術そのものは、一度使うと消滅するものではなく、いわゆる経済学でいうところの公共財とみなすこともできる。広く公開して使われることを前提に、公的な支援により基盤技術を伸張させることは公共政策の観点からも適当であると考えられる。その際、技術や装置等の新陳代謝、人材の再教育にも留意し、効率的・効果的に行う必要があることは言うまでもない。評価についても、前述の基盤技術の性質などを踏まえ、高度な評価方法の導入が不可欠である。また、技術開発や普及に時間を有する点などから、継続的な投資の担保や調達との組み合わせによる市場導入など時間的、経済的な視点も重要である。技術開発そのものは分野の特性、人材や国際的な環境など、様々な要因があるため、それぞれの分野別の研究開発戦略の下、当該基盤技術の中長期的な波及まで踏まえて、実施されることが望ましい。

本作業部会での議論では、個別の基盤技術の精緻な選別、投資効果等については分析に至っていない。また、研究基盤の維持・高度化に繋がるような基盤技術のライフサイクル、基盤技術が新たな基盤技術や新しい価値を生み出すような基盤技術開発の好循環モデルなど基盤技術振興の次の課題もある。今後、それぞれの分野別の研究戦略の中での検討が期待される。戦略の策定にあたっては、本報告書における基盤技術の性質や振興方策を参考とされたい。

(参考) 基盤技術と構成要素の関係イメージ図

基盤技術：システム科学

		基 盤 技 術 の 利 用 / 応 用 の 場 面	
		研究基盤	産業基盤
基 盤 技 術 の 種 類	観る (観察・計測)	可視化	
	知る (解析)	情報理論	コンピュータ ビッグデータ データマイニング
	作る (設計・開発・制御)	制御理論 最適化理論	ソフトウェア オペレーションズリサーチ 制御 設計
	広げる (方法論 (考え方、進め方、扱い方))	システム論 設計方法論 ネットワーク論 情報理論	標準化 システムソフトウェア

構成要素（理論、技術、装置）の配置は技術等の当初の目的・機能に沿った位置づけとしている。例えば、オペレーションズリサーチは、当初、軍事力の分析手法として開発されたが、その後、応用範囲が広がり、システム論等に影響を与えている。システム論は、システムについてのメタ原理として、システム研究を支える理論の側面があることから研究基盤に配置。

数理統計、代数・整数論、計算科学、データ科学、情報処理、機械学習、シミュレーション技術（理論計算技術、第一原理）などもともと学問として始まり、科学研究や産業応用においても利用されるものについては、右にも、左にも位置し得ることから、別階層として円の中に表現。コンピュータのような学問ではなく、ツール・手法（技法）として基盤技術の構成要素として位置づけられることから中間に配置。