

参考資料 1
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（第 1 回）
平成 27 年 4 月 22 日

平成 26 年度 文部科学省委託

我が国の研究開発に必要となる基盤技術に関する調査・分析 報告書

平成 27 年 2 月



目次

1. はじめに	1
2. 基盤技術に関するインタビュー調査	3
(1) インタビュー調査概要	3
(2) インタビュー調査結果 (概要)	4
3. 基盤技術に関する文献調査	7
(1) 「科学技術・イノベーション総合戦略 2014」における基盤技術	7
(2) 科学技術・学術審議会 総合政策特別委員会「中間とりまとめ (案)」における基盤技術	9
4. 総合分析	12
(1) 基盤技術の俯瞰	12
(2) 基盤技術の新たな概念整理	21

「我が国の研究開発に必要となる基盤技術に関する調査・分析」

公益財団法人未来工学研究所

1. はじめに

本調査では、幅広い技術を俯瞰し、分析することが可能な専門家により、第5期科学技術基本計画の策定に向けて基盤技術の候補となり得る「技術」（技術分野）の選定及び概念形成を行うことを目的として調査を実施する。

基盤技術の概念形成を巡っては、平成20年度（2008年度）の戦略目標で、「多様で大規模な情報から『知識』を生産・活用するための基盤技術の創出」を掲げ、「学術、医療、金融、防災、サービス分野等の多様なニーズに応じて、当該分野を高度化、効率化するための知的情報基盤の確立をめざし、様々な分野で生成・蓄積された多様で大規模な情報から『知識』を生産・活用するための基盤技術を創出する」とした。具体的な技術には、情報科学、統計数理科学、人文・社会科学等の融合が掲げられた¹。また、将来実現しうる成果の想定として、保健・医療分野では、創薬における分子構造の解明、診療記録から得られる診断・最適治療方法の予測、細胞中の遺伝子に関わる複数プロセスの解明による難病の治療方法の確立を、社会基盤分野では重要インフラの故障や異常の高精度予測、工場生産性向上のための効率的な指針の提示を、環境分野では局所気象情報や地震や竜巻の発生予測の精度向上を、製造・ものづくり分野では、熟練技術者の経験、勘、直感を知識として体系化し生産現場等に取り込む技術の確立等を挙げた。また、第4期科学技術基本計画では、

¹ 第3期科学技術基本計画の分野別推進戦略を踏まえ、平成18年（2006年）には「情報科学技術に関する研究開発の推進方策について」をとりまとめ、「データベースと融合したスーパーコンピューティングの実現に必要な高度計算科学技術の開発」、「半構造的、連続性を有するマルチメディアコンテンツを組織化し、高度な機能を有するデータベースとして蓄積・管理する技術。生成されたコンテンツを研究や教育に生かすための利用技術」を取り上げているが、当該時点において関連する研究は行われていない。一方で、基盤技術の必要性については、実世界・サイバー世界情報の活用とシミュレーションによる予測情報が両輪となり、未だかつてない超高精度で広範な予測技術が創出され、様々な分野に波及することが期待されるとし、計算機の処理能力の向上や情報技術の高度化以外にも、知識を必要とし活用する個人や組織等のニーズや特性を考慮しつつ研究開発を行うことが効率的であり、さらには複数の実問題への取組事例の中から得られた知見を蓄積し汎用的な理論を導くことが望まれるとしている。（文部科学省 科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会「平成20年度戦略目標」（第26回配布資料））。

それ以外に、公的研究開発機関では、個々に「基盤技術」の定義を行っている。例えば、航空・宇宙研究開発機構（JAXA）では、宇宙航空分野の共通的な基盤技術として、「航空基盤技術」、「LNG 推進系」、「小型衛星開発」、「スペースデブリ対策研究」、「有人宇宙活動技術研究」、「フロンティア技術（ナノ技術の応用、再生型燃料電池等）」、「エアロアシスト誘導技術」、「ロボティクス研究」、「高度ミッション研究（宇宙太陽光発電システム等）」等を挙げている。また、海洋研究開発機構（JAMSTEC）では、海洋に関する基盤技術として、「高強度構造材」、「高速通信システム」、「長期観測用電力源」、「現場環境計測システム」、「南大洋ブイの開発」、「自立昇降型定域観測ロボット」、「波力発電装置技術」、「海底変位計測システム」等があげられている。このように、研究分野により“基盤技術”の捉え方がそれぞれ異なる特徴がある。

本調査では、第5期科学技術基本計画の検討に向けた、新しい「基盤技術」の概念形成に向けた基礎調査であるが、検討にあたっては、基盤技術の対象・範囲等も併せて検討を行い、概念形成に向けた分析を行った。

2. 基盤技術に関するインタビュー調査

(1) インタビュー調査概要

①対象分野について

本調査では、幅広い技術を俯瞰し、分析することが可能な専門家により、第5期科学技術基本計画の策定に向けて基盤技術の候補となり得る「技術」（技術分野）の選定及び概念形成を行うことを目的にインタビュー調査を行い、インタビューの対象とする研究開発分野の関連性などの整理を行った。

有識者インタビューでは、大学、独立行政法人、公益財団法人、民間企業の研究機関等から有識者7名を対象とした。有識者は、「科学技術全般」、「ナノテクノロジー分野」、「情報分野」、「工学分野」、「システム分野」、「数学分野」、「基盤技術利用者」から各1名とした。

表 1 有識者インタビューリスト

分野	候補者	所属	備考
ナノテック	島津 博基	科学技術振興機構 研究開発戦略センター	ナノテクノロジー・材料
情報	高島洋典	科学技術振興機構 研究開発戦略センター	情報科学
工学	下村芳樹	首都大学東京 システムデザイン研究科 教授	サービス工学、PSS
システム	高橋真吾	早稲田大学大学院 理工学研究科 教授	システム論
科学技術全般	松本洋一郎	東京大学 理事(副学長)	流体工学、計算力学
基盤技術利用者	河田 恵昭	関西大学大学院 社会安全研究科 教授(社会安全研究センター)	防災・減災(土木工学)

※「数学」分野の有識者については日程の都合が合わないことから、文献等の調査で情報の付加を行った。

②調査の視点・ポイント

インタビュー調査では、基盤技術の新たな概念形成に向けて、i) 研究開発分野で必要とされる技術(分野の特徴、研究開発の担い手、社会展開、実現すべきビジョン等)、ii) 研究開発分野で必要とされる基盤技術(基盤技術に求める性格(用途)、基盤技術に対する期待)、iii) 国際情勢(研究開発と基盤技術との関連、基盤技術の整備に向け

て)等についての調査を行った。調査結果の概要については、「(2) インタビュー調査結果」の通りである。また、各有識者から得られた意見等については、参考資料に添付した。

(2) インタビュー調査結果 (概要)

基盤技術に関する有識者インタビューの主な結果は、下記の通りである。科学技術分野の有識者からは、各分野の研究開発の観点から「基盤技術に対するニーズ」を、科学技術全般、基盤技術利用者からは、「基盤技術に対する要件」についての示唆をいただいた。

表 2 有識者インタビュー結果概要

分野	コメント
科学技術全般	<p>民間企業を含めた基盤技術の開発は、Pre-competitive な部分をオープンな環境で共同研究することは可能である。また、共同で研究することで、研究開発速度の進展も図られる。基盤技術を支えるオープン・イノベーションのプラットフォームが新しい学術の進展を促すのではないかと思う。ビッグデータ等の統計的処理に基づく知識や現場の知を活用した経験的な知識の活用も医工連携等では進みつつある。これらは日本が弱いところであり、知識の構造化、知識の体系化が必要である。</p> <p>知識基盤で生み出された“シーズ”をどのように社会に展開できるか、科学技術にどのように落としこむか等、社会環境側の検討が必要になる。この部分では、レギュラトリーサイエンスの適応先の拡大が期待される。</p>
ナノテクノロジー	<p>科学からデバイスを含む実装までをカバーしているのがナノ・物質材料領域の特徴である。基礎科学や中間のレイヤーにある技術の多くは他の分野の基盤として利用され、そこから遅れを伴って社会的な価値に転換される。説明責任の果たし方としては、過去にイノベーションにつながった成功事例を示していくということが考えられる。たとえば、東レの逆浸透膜を可能としたのは電子顕微鏡の技術であり、それ自体は直接的な利用のターゲットをもたないものがイノベーションと密接に関係している。一方、こうした技術は、直接的な成果が見えにくいために、批判にさらされることが多い。全体としてエコシステムを形成しており、イノベーションのためには基盤となる部分に圧倒的なボリュームと先端性が求められるが、それだけでは不十分である。すなわち、先鋭的なシーズを社会的期待の観点からシステム化、統合化し、活かしていくという視点が今後求められるだろう。</p>
情報科学	<p>基盤技術を「見る」、「知る」、「作る」は、ベーシックな枠組みであると思われる。「見る」では、IoT に代表されるように、物理以外の情報を把握することが重要で、センサ系技術は基盤技術と言える。また、「知る」ではビッグデータの解析が挙げられる。現時点のビッグデータは相関解析が中心であるが、今後、因果律までわかる段階になると、より賢いものに近づく。「作</p>

分野	コメント
	<p>る」は制御に相当するもので、工学的要素が高い。一方で、作るための理論があるかという点、設計のための技術が必要となる。IT ではネットワークアーキテクチャ等が相当するが、残念ながら、日本発のものがない状況である。IT で工学的なものを作る、アーキテクチャーを設計することを考えることができる人材の育成が望まれる。</p> <p>これまでは、実験しないとわからない時代であったが、In-silico、第一原理計算等、試行できる時代に入った。研究装置の共同利用も重要であり、今は同じ装置が各研究室に設置されている状況で、これらが共同利用で設置できれば、より高精度な装置を使えるようになる。オープンイノベーションの観点で基盤技術を捉えることが重要である。</p>
工学	<p>分野の特徴は、欧州を中心に、現在事例先行型で研究が進んでいる。一方、日本では、方法論が先行しているという特徴がある。こうしたこと背景には、「成功」したという結果に追随しがちな日本社会の性質を反映したところがあり、オン・ゴーイングの事例について着目されにくいという理由がある。また、日本では設計研究者を中心にツールや方法論開発が進んでおり、これが日本の強みと弱みになっている。</p>
システム	<p>可能性を可視化するシステム技術が今後求められるだろう。SPEEDI は予測しようとしたから失敗した。重要なのは、どういう対策が必要かを支援する、論理や経験の外にあるもの(想定外)をみせてくれる技術であり、外挿ではない、現在の延長線上にあるリニアな未来からはずれたところをみせてくれる技術が必要である。言い方を変えると、制約がみえないところを扱えるシステム技術であり、従来のシステム技術(ハードシステムズアプローチ)がシステムと外部環境とを区分する境界条件を所与としていることとは決定的に異なるものである。専門的には、「バウンダリー・クリティーク Boundary critique」という考えに基づくものであり、従来の科学が基本としていたオブザーベーション observation に加えて、観察者(研究者)自らがシステムや対象とする問題の一部として問題状況に自覚的に介入する「システムック・インターベンション systemic intervention」の方法論である。</p>
基盤技術利用者	<p>衛星を利用した防災研究に関するシンポジウムでは、現象の見える化が進み、これからはデータに基づく解析が必要となる。防災研究では、解析の対象は、社会そのものであり、社会がどのように変遷するかを把握することが重要である。これは、データ解析だけでは、すぐに社会に有用な形で活用することができないことを意味する。</p> <p>以前、緊急地震速報システムの構築に際しては、当初、社会実装をそれほど意識しない研究技術開発として進める方向であったが、社会実装の観点から重要であることから、利用委員会を研究開発プロジェクトに設置し、緊急地震速報を社会実装するための諸課題の検討等を行った。基盤技術の利用を考えるには、共同研究が必要となる。中でも防災研究では、社会科学とのリンクが重要である。</p>

なお、数学については、社会問題、社会変化に対応するため、諸現象の背後に潜む本質を捉え、従来の理論や方法論を越えた斬新なアプローチによる、新たな社会的価値や経済的価値の創出が求められている。この点からも、有識者インタビューでも見られるように、人文・社会科学研究との連携が必要とされる。

3. 基盤技術に関する文献調査

(1) 「科学技術・イノベーション総合戦略 2014」における基盤技術

①基盤技術の涵養・育成

サイエンス・イノベーションとビジネス・イノベーションの融合・強化に向けてのコア技術として、IT やナノテクノロジー等を基盤技術として捉えている。また、これらの基盤技術は、産業融合的な成果が期待されることから、涵養・育成が課題となっている。

■科学技術主導の経済成長

サイエンス・イノベーションとビジネス・イノベーションを融合させ強化していくために、科学技術シーズを見出す基礎研究力の強化と、それを産業化に向けて橋渡ししていく機能の強化が、政策の中で重要性を増してきている。なお、そのコア技術となる IT やナノテクノロジー等基盤技術は、単一の産業の発展に寄与するのではなく、産業融合的な成果が期待されることから、我が国としてこのような基盤技術をいかに涵養・育成していくかが課題となっている。

②基盤技術自体の深掘りの強化

総合戦略では、科学技術イノベーションが取り組むべき課題として、(a)融合問題等への取組（府省連携施策の先導とプログラム化）、(b)分野横断技術の深掘り、(c)2020年オリンピック・パラリンピック東京大会の機会活用が挙げられている。

このうち、(b)分野横断技術の深掘りでは、i) クリーンで経済的なエネルギーシステム、ii) 健康長寿社会、iii) 次世代インフラ、iv) 地域資源、v) 復興再生の総合戦略が掲げる政策課題に対して、ICT (情報セキュリティ、ビッグデータ解析、ロボット、制御システム技術)、ナノテクノロジー (デバイス・センサ、先進材料)、環境対策技術 (地球観測技術、資源循環) 等、日本が強みとしていた領域であり、日本独自のイノベーションを創造するための基盤技術とし、産業競争力強化にも資するとした。

■分野横断技術の深掘り

現在、総合戦略が取り組むべきとして掲げる 5 つの政策課題に資源配分を重点化しているが、情報セキュリティ・ビッグデータ解析・ロボット・制御システム技術等の ICT、デバイス・センサや新たな

機能を有する先進材料を開発するためのナノテクノロジー、地球観測技術や資源循環等のための環境対策技術など、各課題に共通基盤的に適用されていく分野横断技術の重要性については明言されていない。これらの分野横断技術は、これまで日本が強みとしていた領域であり、また 5 つの政策課題に対して日本独自のイノベーションを創造するための基盤技術であることから、産業競争力強化において将来的にも大きなアドバンテージを生み出す源泉となる。

③それ以外の“基盤技術”をキーワードとする記載項目

“基盤技術”をキーワードとする記載は、総合戦略が掲げる 5 つの政策課題のそれぞれに示されている。これらも「基盤技術」の具体的な技術範囲として捉えることができる。

- 新規エネルギーキャリアの基盤技術確立（「クリーンで経済的エネルギーシステム」革新的エネルギー変換・貯蔵・輸送技術の高度化：2030 年までの成果目標）
- システム化された高度なインフラマネジメントを実現するため緊密な府省連携による基盤技術とアセットマネジメント技術の研究開発の推進：SIP 課題「インフラの維持管理・更新・マネジメント技術」（「次世代インフラ」重点的に取り組むべき課題）
- 生産等に関わる技術開発（「地域資源」価値創成につながるものづくりシステムの最適化と地域ビジネスの振興）…例）三次元造形、複数作業に柔軟に対応できるロボットによる革新的な生産技術、加工・生産技術の開発、地場産業が継承してきた技術との複合化技術、サービス工学のノウハウ等を取り入れたものづくり・サービスシステムへの期待
- 迅速かつ的確に機能する強靱な物流体系の確保に資する基盤技術の確立：陸域観測技術衛星 2 号の高分解能観測データの活用システムの開発（「復興再生」災害にも強い次世代インフラ：2015 年実用化）
- ナノシミュレーションやデータベース、計測、解析、評価、加工技術、マテリアルズ・インフォマティクス等のナノテクノロジーを支える「基盤技術」の推進（「分野横断」新たな機能を実現する材料の開発）
- 地球環境情報基盤技術等の「地球環境モニタリング・気候変動予測技術」の推進：地球環境情報を高精度または超高解像度で測定・推計する基盤技術（「分野横断」持続可能な社会の実現に寄与するためのモニタリングとその利活用）

④科学技術イノベーションに適した環境創出面からの基盤技術の位置づけ

- 「「イノベーションの芽」を育む」の項目の中で、研究力・人材力の強化に向けた大学・研究開発法人の機能強化が掲げられているが、学術研究活動の規模や人材の質量は、産業政策における基盤技術と位置づけ、民間企業の研究ニーズ・雇用ニーズの明確化、産学官の対話の場の設置・活用等の推進を図るとした。

(2) 科学技術・学術審議会 総合政策特別委員会「中間とりまとめ(案)」における基盤技術

①基本認識(「社会経済の状況・変化」)における位置づけ(第1章)

《知識社会の本格化》

21世紀は、新しい知識・情報技術が社会のあらゆる領域で活動基盤として飛躍的に重要性を増す、いわゆる「知識基盤社会」の時代である。知識には国境がないことから、知識基盤社会では、グローバル化が一層進むとともに、知識は日進月歩であり、かつ、新しい知識は旧来のパラダイム転換を伴うことも多いことから、社会の変化のスピードが速くなる。

☞多種多様な人材の結集し、チームとして対応することが求められる

☞オープン・イノベーションの重要性がますます高くなっている

《超サイバー社会の到来》

最近では、ビッグデータを基盤としてデータ工学や機械学習等の高度な発展によりサイバー空間における知的な情報処理が実行され、アンビエトソースと言われる新たなサービスが発展しつつあり、新しいサービスや価値の創出にサイバー空間の果たす役割が増大している。

②イノベーション創出基盤の強化(研究開発活動を支える共通基盤技術、施設・設備、情報基盤の戦略的強化)(第3章)

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。
…（以下、略）

○共通基盤技術と研究機器の戦略的開発・利用

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。このため、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、ビッグデータ等の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研究開発を推進する。なお、研究開発に当たっては、そ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。

基盤技術に対する概念等

※ 科学技術・学術審議会 総合政策特別委員会「中間とりまとめ(案)」より

【第1章】基本認識→「1. 社会経済の状況・変化」

《知識社会の本格化》

21世紀は、新しい知識・情報技術が社会のあらゆる領域で活動基盤として飛躍的に重要性を増す、いわゆる「**知識基盤社会**」の時代である。知識には国境がないことから、知識基盤社会では、グローバル化が一層進むとともに、知識は日進月歩であり、かつ、新しい知識は旧来のパラダイム転換を伴うことも多いことから、社会の変化のスピードが速くなる。

- ☞ 多種多様な人材の結集し、チームとして対応することが求められる
- ☞ オープンイノベーションの重要性がますます高くなっている

《超サイバー社会の到来》

最近では、ビッグデータを**基盤**としてデータ工学や機械学習等の高度な発展によりサイバ空間における知的な情報処理が実行され、アンビエトソースと言われる新たなサービスが発展しつあり、新しいサービスや価値の創出にサイバー空間の果たす役割が増大している。

【第3章】イノベーション創出基盤の強化→(3) 研究開発活動を支える共通基盤技術、施設・設備、情報基盤の戦略的強化

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おいて、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。…(以下、略)

① 共通基盤技術と研究機器の戦略的開発・利用 → i) 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。このため、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、ビッグデータ等の情報通信技術などの共通基盤技術に関する研究開発、数理学やシステム科学等の複数領域に横断的に活用可能な研究開発**を推進する。なお、研究開発に当たっては、そ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。

図 1 基盤技術に対する概念

4. 総合分析

(1) 基盤技術の俯瞰

①俯瞰マップの作成に向けた検討プロセス

これまでの調査項目を踏まえ、科学技術基本計画や科学技術イノベーション総合戦略で掲げられている従来の「基盤技術」と、新たに候補として挙げられた「基盤技術」を俯瞰し文献等も参考に、概念形成を行った。

総合的な分析にあたっては、基盤技術に関連した研究開発動向に精通する有識者等からなる「基盤技術の俯瞰図作成のためのワークショップ」(表 3)を開催し、基盤技術の枠組み、整理方針等についての検討を行った。

表 3 ワークショップ参加者

氏名	所属
中山智弘	(独)科学技術振興機構 研究開発戦略センター 企画運営室長
島津博基	(独)科学技術振興機構 研究開発戦略センター フェロー
高島洋典	(独)科学技術振興機構 研究開発戦略センター フェロー
矢倉信之	(独)科学技術振興機構 研究開発戦略センター フェロー
鈴木 至	(独)科学技術振興機構 研究開発戦略センター フェロー
岡山純子	(独)科学技術振興機構 研究開発戦略センター フェロー

ワークショップは、2時間かけて実施し、i) 基盤技術の俯瞰(40分程度)、ii) 俯瞰図のプロトタイピング(45分程度)を作成した。俯瞰図のプロトタイピングは、3名程度からなるグループ別に検討²を行い、これらの検討結果として全体共有と議論(30分程度)を行った。以下、ワークショップでの検討結果を示す。

②基盤技術の俯瞰

基盤技術を構成する要件については、研究開発分野内の基盤を醸成させる基盤技術から、幅広い分野や社会的課題に対応するための共通・領域横断型の基盤技術の2つに大別された。研究開発分野内の基盤を醸成させる基盤技術とは、分野内の研究を成立させる技術であり、ゲノム解析等があげられる。これらの基盤技術については、ナノテクノロジー、量子、ICT、数学の範囲を狭めないようにすることが必要とされた。また、共

² グループ別の検討は、参加者の専門分野別のグループ編成は行わず、ランダムな構成とした。

通・領域横断型の基盤技術では、シミュレーション技術のように、上流（環境・エネルギー、健康医療、社会基盤等）の複数分野で共通に必要な技術、様々な現象から本質的な部分を抽出することができる技術、可視化技術、他の技術と融合して付加価値をもたらす技術が基盤技術に求められるとした。

基盤技術の技術的要素については、情報科学関連技術、ナノテクノロジー・材料・量子関連技術、データ科学関連の技術があげられた。データ科学関連した技術は、社会的課題解決に寄与する基盤技術でもあり、有識者ヒアリングからは社会科学との融合が技術的に期待されている。

基盤技術の出口については、ビッグデータ、スーパーコンピュータ、ロボティクス、バイオテクノロジー、環境・エネルギー等があげられた。それ以外では、ELSI（倫理的、法的、社会的問題）や EHS（環境・安全・健康）への対応や防災分野への寄与があげられた。これらの課題にも寄与する基盤技術が期待されている。

上記以外で、基盤技術の特徴として、「共同して利用する」、共同研究利用施設のイメージも強く、大規模放射光施設やつくばイノベーションアリーナの産総研スーパークリーンルーム等があげられた。

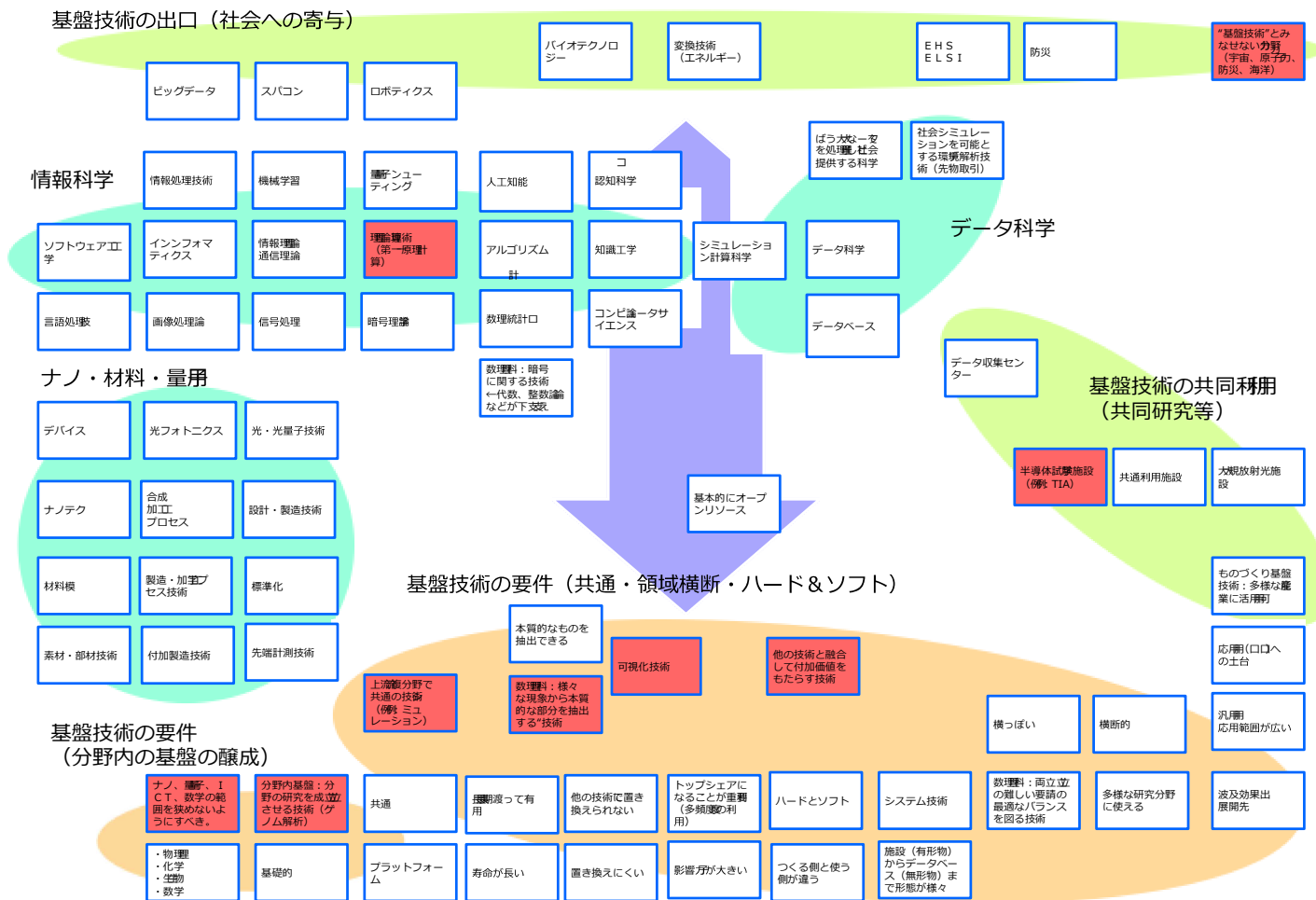


図 2 基盤技術の俯瞰

②基盤技術の姿

前述の基盤技術の特徴に関する議論から、基盤技術に求める姿（技術概念）として、複数の分野で利活用される基盤的な技術、基礎的な研究を加速させる基盤としての技術等の高い適応性、他の技術で置き換えることができない技術等の非代替性等をあげることができる。

基盤技術の整備の方向性については、トップシェアを確保し、利用頻度を高めること（もしくは利用頻度の高くなる基盤技術の開発）が重要であるとした。例えば、基盤技術の一つに、スーパーコンピューター（以下、スパコン）がある。個々の研究者が自身の研究目的の達成に向けて、どこの国、どこの施設のスパコンを利用すべきかを検討した場合、スパコンの利用状況（シェア）が重要な点となる。研究基盤施設としてトップシェアを獲得することは、スパコン等の基盤技術の標準化にもつながることから、研究基盤施設に密接に関連する基盤技術には、高い利用率（シェア）を獲得できる設計が求められる。

また、基盤技術の性格として、“本質的なもの”を抽出する技術（データを活かしきる技術）が期待される。計測技術自体は進歩し、様々なものを把握できるようになりつつあるが、計測技術の高度化により得られたデータが十分に活かしきれていない状況が懸念される。これら計測技術からの情報量の拡大する社会においては、数理的な発想で有用と有用でないデータを判別し、データを活かしきる技術が基盤技術として必要である。例えば、ビッグデータを活用したイノベーションが期待されているものの、ビッグデータ自体は生成された後、「流通、蓄積、分析可能化といった過程を経て、実際に分析・活用されているデータは、生成されたデータの中のごく一部に過ぎない」とされる（図 3）³。ビッグデータに限らず、基盤技術がさらに活用されるには、基盤技術へのインプット情報の未活用を防ぐことが求められる⁴。

³ 総務省『平成 26 年版情報通信白書』、

<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h26/html/nc131140.html>

⁴ 有識者インタビュー（基盤技術利用者）では、基盤技術が社会的課題の解決に寄与していくには、データ等の取得が容易な定量的なもの以外に、定性的なものを取り込み、分析できる枠組みが必要との意見があげられた。

表 4 基盤技術の概念

基盤技術の概念	主な内容
基盤技術の姿	複数分野での利活用可能／基礎的研究を加速させる技術／長期耐用型／他の技術に置き換えできない
基盤技術の整備	利用度の高い基盤技術となるため研究の基盤技術としてのトップシェアの重要性
基盤技術に求められる性格	データを活かす技術(有用／有用でないデータの判別、基盤技術へのインプット情報の未活用を防ぐ)

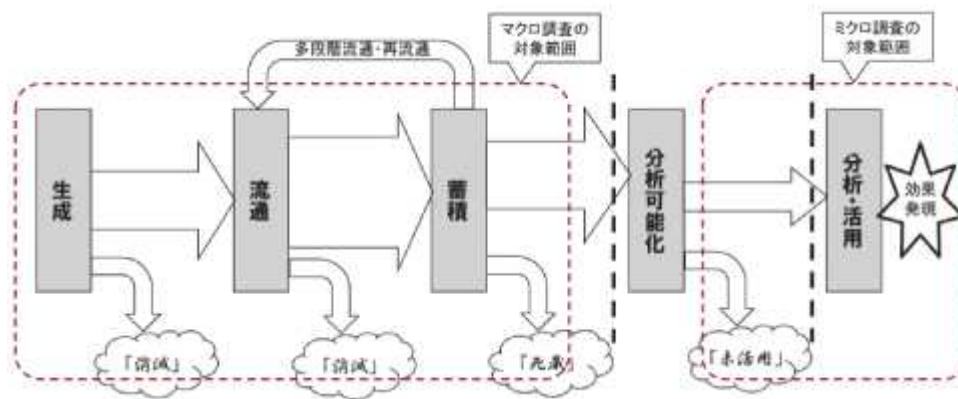


図 3 【参考】ビッグデータ分析のスキーム

出典：総務省「ICT 分野の革新が我が国社会経済システムに及ぼすインパクトに関する調査研究」（平成 25 年）

表 5 基盤技術の概念

新たな基盤技術の概念		研究開発分野別の基盤技術				
		情報	ライフサイエンス・臨床医学	ナノテクノロジー・材料	環境・エネルギー	次世代ものづくり
基盤技術の姿	複数分野での利活用可能／基礎的研究を加速させる技術／長期耐用型／他の技術に置き換えできない	[基盤レイヤー] ○基礎理論 ○ソフトウェア ○デバイス・ハードウェア ○IT アーキテクチャー ○IT メディアとデータマネジメント	[次世代基盤技術] *創薬、臨床研究目的 * 個体、器官、細胞、分子、インシリコの軸で各技術を整理 ○計測技術 ○データベース、ビッグデータ	[共通基盤] ○製造・加工・合成 ・フォトリソグラフィ、ナノインプリント、自己組織化、薄膜、積層造形等 ○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、	[共通要素技術] ○変換技術 ○貯蔵技術 ○輸送技術 ○利用・環境適合技術 ○システム技術	[基盤技術] ○次世代ものづくり支援 ・ロボット、3D スキャナシミュレーション等 ○情報ネットワーク基盤 ・クラウド、Big Data、IoT ○プロダクト設計 ・機械学習、デザインブレインマッピング ○サービス企画 ・アジャイル開発手法、リーンスタートアップ ○柔軟な製造 ・工作機械の知能化、自律化 ○製造プロセスの効率化 ・OT/IT 融合領域におけるインテグレーション
基盤技術の整備	利用度の高い基盤技術となるため研究の基盤技術としてのトップシェアの重要性	○通信とネットワーク ○インタラクション ○ビジョン・言語処理 ○人工知能	○臨床予測性向上技術 ○新規分子等創出技術 ○生命工学 ○物質精算技術			
基盤技術に求められる性格	データを活かしきる技術（有用／有用でないデータの判別）					

注) 研究開発分野別の基盤技術については、JST/CRDS 俯瞰報告書及び関連資料から、基盤技術と位置付けられている個別技術を抽出した。

②基盤技術の整理軸

基盤技術の整理軸として、基盤技術の用途別、基盤技術の拡張性別等の機能性に着目した整理の仕方のほか、基盤技術の研究開発への関わり（例えば、基盤技術開発のための集積度〈単独研究開発、共同研究開発、大多数の関与者との共同研究開発等〉）を軸とした整理軸等が考えられる。それ以外では、基盤技術を活用した研究開発の出口の多様性等があげられる（前述の基盤技術の拡張性は、基盤技術自体の拡張性に重きを置いた軸であるが、こちらは、基盤技術を活用した研究開発の多様性に重きを置いた軸である）。

このように多様な軸が考えうる背景には、「基盤技術」に対する複層性があげられる。これは、基盤技術の上下に位置する個々の技術が、基盤技術となり得るためである⁵。ワークショップでは、「基盤技術」の粒度をどのように設定していくかにより、整理軸が大きく変わる可能性を有するとされた。

表 6 は、ワークショップのグループ討議で議論された整理軸をまとめたものである。ワークショップでは、各グループとも縦軸と横軸の枠組みについての討議が行われたものの、基盤技術を対象とした場合に明確な軸を見出すことが困難であった。表 6 は、いずれも縦軸にも、横軸にもなり得る整理軸であるが、分類軸として用途別（観る・知る・作る）は、各グループから支持された。また、基盤技術の整理軸設定の難しさとして、基盤技術を使う側と、作る側で異なる要素があること等が指摘された。

⁵ 基盤技術の俯瞰図を考える際に、要素技術（技術の粒度）と波及・展開先の技術レイヤー（深度）を考える必要がある。基盤技術の概念には複層性が、技術の粒度についての認識を共有することを困難にしてきた。具体例として、基盤技術である「レーザー技術」を構成する技術として、「精密測定・計測技術」、「高度イメージング技術」、「レーザー微細加工技術」があり、さらにこれらを構成する技術として、「高効率・高速計算」、「高セキュリティ情報処理」、「生体内化学反応のリアルタイム観察」、「顕微鏡技術の高度化」等があり、これらはいずれも基盤技術と位置付けることができる。これらの基盤技術により、高効率創薬や高機能材料創成等が果たされ、将来のあるべき社会像を実現する科学技術といった構造になっている。（ワークショップ参加者：文部科学省）

表 6 基盤技術の整理軸の例

軸	用途別	拡張性別	基盤技術の研究開発成果の多様性	基盤技術の使用先・適用先	集積度	物理的広がり
軸の粒度・段階	観る[観察] 情報の入手	使われる(小)	個別技術	研究段階	単独研究開発	素粒子 原子 細胞
	知る[解析] 反応メカニズム	使われる(中)	領域技術	産学連携段階	共同研究開発	ヒト・個体 社会
	作る[制御] 分子構造 デザイン	使われる(大)	分野全般	産業応用段階	共同研究開発(多数)	地球 宇宙
軸の設定理由等	基盤技術の用途を動詞で表現した軸である。観る[観察]、知る[解析]は、科学の原点であり、それを活用する、作る[制御]で、科学技術としての基盤技術を整理したものである。	整理軸として、出口の多様性を示すことができないか。例えば、走査顕微鏡から〇〇学、環境、医療等。ただし、「科学」のための技術といった軸を設定した場合、使う側、作る側で異なる。 また、基盤技術の研究開発成果の多様性という点では、基盤技術の粒度が重要視される。		基盤技術の研究開発段階における使用先・適用先の軸である。左記の拡張別、研究開発成果の多様性等の出口の軸に類似した軸であるが、本軸は研究開発の関与者との関係に重きを置いた軸である。	用途別に対して、学の集積度の軸がある。共通性・汎用性が高い基盤技術を検討する場合に、学の集積度で整理することにより、国際共同研究を含めた大型共同研究で求められる基盤技術を検討することができる。	用途別に対して、基盤技術の物理的な広がり(適用)として整理した軸である。用途に対して、素粒子・原子・細胞レベルの基盤技術、ヒト・社会レベルの基盤技術、地球・宇宙規模の基盤技術となる。出口の多様性にも類似した軸である。

注) 基盤技術の枠組みとして、「用途別」×「拡張別」、「研究開発成果の多様性」、「集積度」、「基盤技術の使用先」、「物理的広がり」が考えられる。これらの枠組みの設定においては、基盤技術の粒度に大きく依存する。

ワークショップのグループ検討では、基盤技術の整理軸と関連の基盤技術について、下図のような整理も行われた。上段は、用途別に対して、物理的な拡がりを示したものであり、下段は、用途別に対して、基盤技術の粒度と出口の関係を検討したものである。

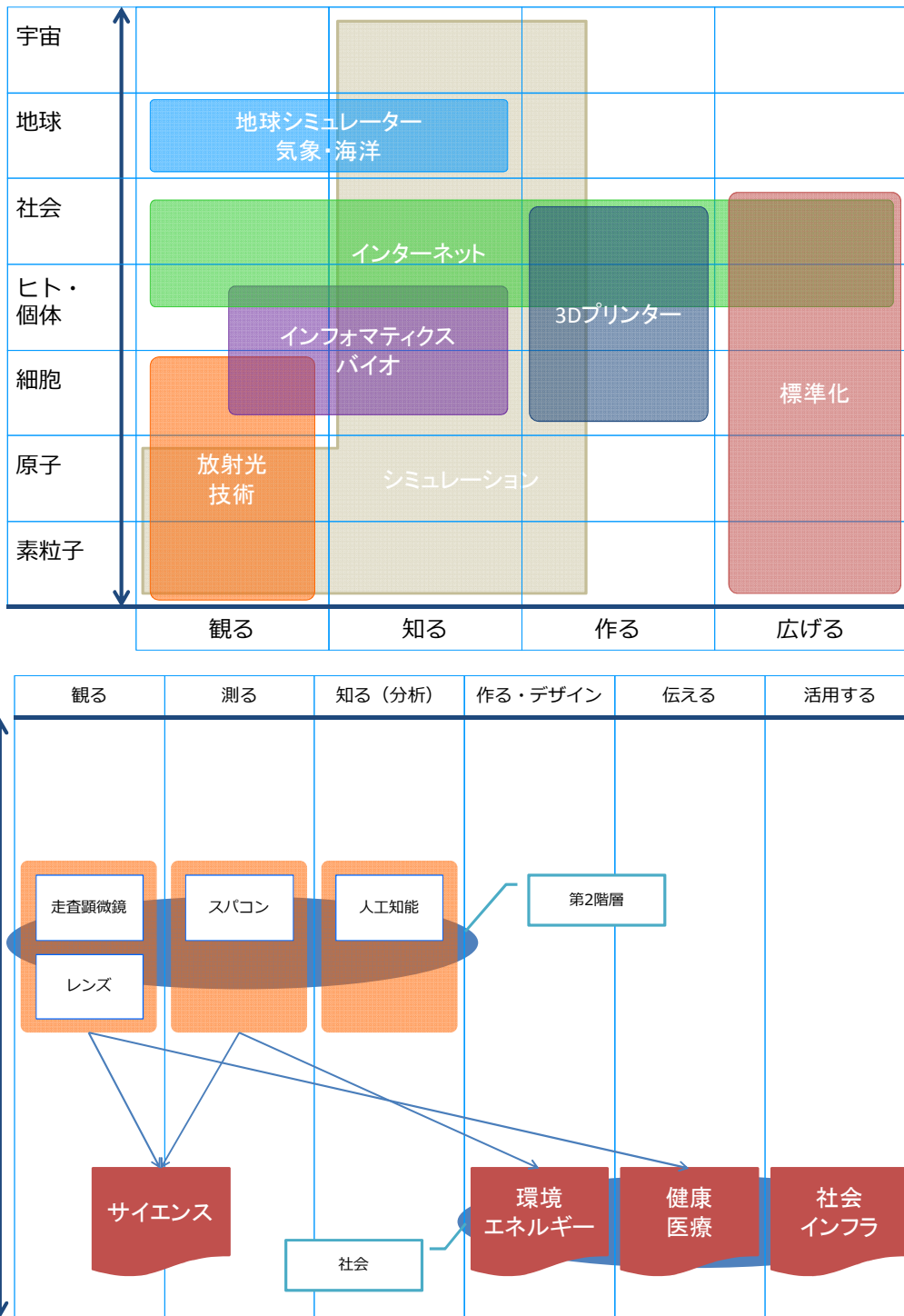


図 4 基盤技術の整理軸と関連技術のマッピング (グループ検討)

(2) 基盤技術の新たな概念整理

これまでのワークショップ、有識者ヒアリング調査を踏まえ、基盤技術の新たな概念整理にあたっては、下記の軸での整理が考えられる。

横軸として、研究（シーズ先導型）と社会での応用（ニーズ先導型）に分類した場合、これまでの基盤技術は、シーズ先導型として「観る」、「知る」、「作る」として大別することができるものの、社会的課題の解決のための知識・技術としてニーズ先導型で見た場合、これらの区分では“課題解決”に資する知識の提供には至らない可能性がある。有識者ヒアリングにおいても、キャッチアップ型とは異なる科学技術振興（課題解決型）に向けて、基盤技術には人文・社会科学も含めた分野融合の視点の重要性が指摘された。これらに対応するには、シーズ先導型においても、「観る」、「知る」、「作る」の境界領域の融合等が必要とされる。ただし、社会での応用に資する基盤技術とした場合、研究開発はノンリニアな形態で展開となることから、基盤技術の整備等に向けては、従来型の科学技術の成果創出に至る時間軸とは異なるアプローチの検討があわせて必要となる。

新たな基盤技術の概念形成について（有識者ヒアリング結果①）

※紫字は、METIの基盤戦略技術であ
げられた技術項目

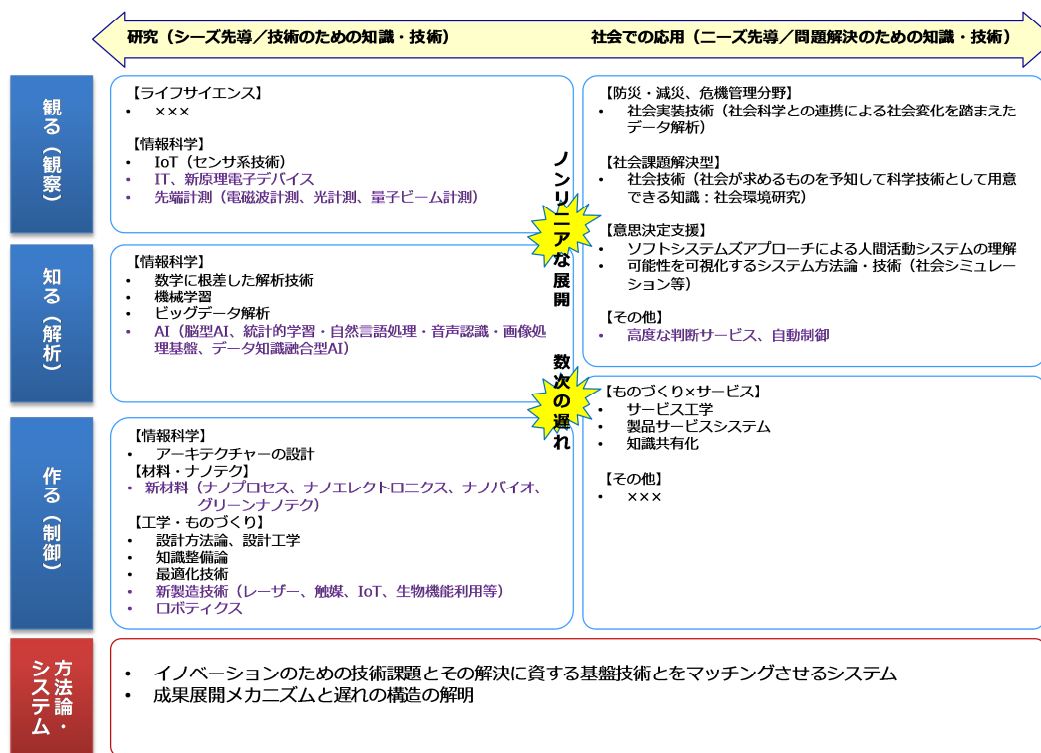


図 5 基盤技術の概念形成（基盤技術の整理フレーム）

また、新たな基盤技術の概念形成に向けて、周辺の課題を図 6 に示した。人材育成の面では、基盤技術に限らない課題であるが、少子高齢化が進展する中で、若手の人材をいかに基盤技術に係る分野でも確保していくかが課題となる。また、基盤技術のさらなる振興に向けては、オープン・イノベーションのプラットフォームの形成が求められている。また、基盤技術では定量的なものをより把握する方向に向かいがちであるが、定性的な事象も把握・評価することができる必要があること、社会実装の視点から他分野との共同研究、人文・社会科学との連携した研究活動にも活用できる幅広さが求められた。また、国際的なレピュテーションの向上に向けて、国際共同研究等を積極的に展開できることが、基盤技術の要件として期待された。

新たな基盤技術の概念形成にかかる周辺課題（有識者ヒアリング結果②）

高度専門人材育成	基盤技術の振興・連携	国際環境
<ul style="list-style-type: none"> 18歳人口の減少により、キャッチアップ型ではない、シーズを作り出すことのできる博士人材の母集団の薄弱化 海外の大学・研究機関等との共同研究の低下により、国際的な研究コミュニティにおけるレピュテーションの低下（Hyper connected societyへの対応力の低下） 	<ul style="list-style-type: none"> オープンイノベーションのプラットフォーム形成が新たな基盤技術を生み出す。 定量的なもの以外の定性的な事象を把握・評価するための基盤技術の必要性（人文・社会科学等との連携） 他分野との共同研究を前提とした、基盤技術の振興（社会実装の視点の付与） 産学官の共同研究を展開しやすい環境（資金配分、施設整備）の必要性 	<ul style="list-style-type: none"> 国際的なレピュテーションの向上にも資する、基盤技術における国際共同研究の展開 基盤技術・施設の国際的な連携 <ul style="list-style-type: none"> 海外の災害予測情報の活用等、国内の基盤技術・施設の研究成果のグローバルな連携

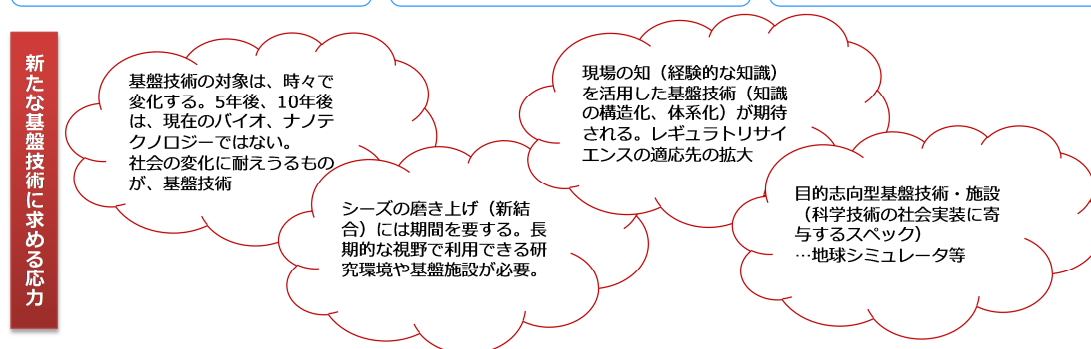


図 6 基盤技術の概念形成（基盤技術を支える周辺課題及びニーズ等）

