

明治大学大学院博士課程講義  
「プロジェクトマネジメント」  
2020.1.22



# いまどきの博士課程修了者に 求められるものは何か 広い視野を持とう、研究開発動向を知ろう

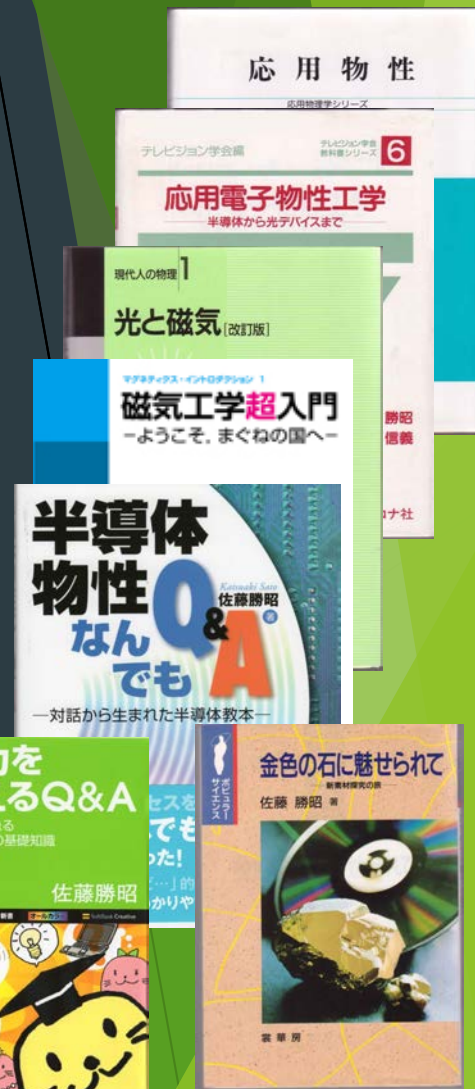
**佐藤勝昭**

東京農工大学名誉教授/リサーチアドバイザー  
(国研) 科学技術振興機構 研究開発戦略センター 特任フェロー  
文科省ナノテクノロジープラットフォーム プログラムディレクター



# 自己紹介

- ▶ 1966 京都大学工学研究科修士課程修了
- ▶ 1966～1984 日本放送協会に勤務
  - ・ 1966-1968 大阪放送局技術現業部
  - ・ 1968-1984 NHK技研で放送技術の基礎研究 (1978 NHK技研での研究成果により 京都大学から工学博士の学位授与)
- ▶ 1984～2007 東京農工大学に勤務
  - ・ 1984-1989 助教授(電子工学科)
  - ・ 1989-2005 教授(物理システム工学科)
  - ・ 2005-2007 理事・副学長(教育担当)
- ▶ 2007～現在 科学技術振興機構(JST)
  - ・ 2007-2013 さきがけ「次世代デバイス」総括
  - ・ 2008-2019 研究広報主監
  - ・ 2010-2018 研究開発センターフェロー
  - ・ 2019～ 同 特任フェロー
- ▶ 2017～現在 文部科学省  
ナノテクノロジープラットフォームPD
- ▶ 主な著書：  
応用物性、応用電子物性工学、光と磁気、  
磁気工学超入門、半導体物性なんでもQ&A  
理科力を鍛えるQ&A、太陽電池のキホン



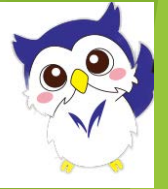
# この講義のねらい



- ▶ この講義は、博士課程の学生の皆さんが、自分の専門範囲を越えて、広い視野のもとに研究をすすめる、将来のキャリアディベロップメントにつながることを目的としています。
- ▶ 講義は、できるだけ対話型を進めます。



- ▶ はじめに、受講者の自己紹介（研究内容の簡単な紹介を含む）を5分程度で御願います。
- ▶ 広い視野に立って研究を進めることの重要性を「科学の未解決問題と計測」「SDG s と科学技術」を例にとって話します。
- ▶ さらに現在国レベルでどのような方向の研究開発が進められているかについて話題提供します。
- ▶ これらの話題を受講者が自分の問題として捉え、自らの今後の研究のあり方、将来の進路について、自分の言葉で話してもらいます。





## 受講者の自己紹介(5分程度)

- ▶ 半導体関連 3名
- ▶ 水素吸蔵合金（機械系） 1名
- ▶ 3Dプリンター（機械系） 1名
- ▶ 脳科学（電気系） 1名



# 気になる新聞記事、どうする？みなさん！

3045号

(朝45年3月9日第三種郵便物認可)

©日本経済新聞社 2019 (日刊)

## 日本経済新聞

日曜版

NIKKEI

2019年 12月8日 日  
(令和元年)

### チャートは語る

世界は新たな「学歴社会」に突入している。経営の第一線やデジタル分野では高度な知識や技能の証明が求められる。修士・博士号(3面きょうの1つ)の取得が加速する。主な国では過去10年で博士号の取得者が急増したのと対照的に、日本は1割以上減った。専門性よりも人柄を重視する雇用慣行を維持したままでは、世界の人材獲得競争に取り残されかねない。

「日本人だけでは定員を埋められない。経済学の修士課程は6割が留学生だ。データ分析を駆使したマイクロ経済学を研究する、東京大学の渡辺安虎教授は危機感を募らせる。今夏まで米アマゾン・ドットコム日本法人で経済学部門長を務めた経験から「社会的なニーズは必ずある」と断言するが、日本人の大学院への進学意欲は乏しい。

科学技術・学術政策研究所によると、米国や中国では2

## 「博士」生かせぬ日本企業

### 取得者10年で16%減 世界競争、出遅れも

016年度までの10年間に博士号取得者が2割超増えた。修士号でも傾向は同じ。企業などで上級ポストを射止めるには高い学位が必要になる。グローバルなど米IT大手に先端分野の技術者として入社するには、修士・博士号が求められる。トランプ政権が、ザ発給を厳格化するまで、中国からは年数千人が渡米して博士号を取得。民間企業の成長のけん引役になっていた。

一方、日本の博士号取得者は16年度に1万5000人と10年間で16%減った。少子化は関係ない。この間に4年制大学の入学者は一貫して増えている。学生が専門課程への進学をためらう、日本は世界の中で相対的に「低学歴化」に沈んでいるのが実情だ。

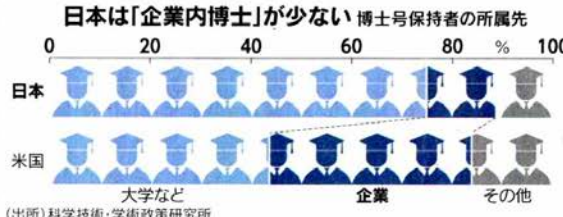
大学などの研究者の収入が不安定な面は否めないが、企業の機能不全も深刻だ。

博士課程で人工知能(AI)を専攻した大山純さん(仮名)は今、国内電機大手でインフラ分野の営業と開発に従事する。採用面接では専門知識はほぼ問われず、逆こう求められた。「学位取得より入社を優先してほしい」。結局、博士号は取らなかつた。

経団連は毎年、加盟各社が「選考時に重視した点」を調べている。上位を占めるのは「専門性」ではなく、「コミュニケーション能力」など入

米国では博士の4割が企業で働き、イノベーションの原動力になっている。高度人材の育成と確保は、国家の競争力も左右する。雇用慣行と教育現場。2つのアプローチで改革を急ぐ必要がある。

(北爪 匡、小河 愛実、生川 曉)



チャートにARアプリをかざすと解説動画が流れます  
アプリは下のQRコードからダウンロード。詳細は「日経AR」で検索





# ノーベル賞 天野先生の提言

## 大学院で海外大学に インターンシップを

最先端のイノベーションを担う日本の理料系大学院の博士課程存在意義を問われている。博士の採用に意欲的な企業は少なく、学歴に見合う高給も保証されない。日本の博士号取得者は先進国でほぼ唯一減り、技術開発で世界から後れをりかねない。社会に役立つ博士を育てる取り組みや課題を、ノーベル物理学賞受賞者の天野浩・名古屋大学教授に聞いた。

一減り、技術開発で世界から後れをりかねない。社会に役立つ博士を育てる取り組みや課題を、ノーベル物理学賞受賞者の天野浩・名古屋大学教授に聞いた。

### 理料系大学院の意義は

「理料系の博士にとって『愛護』の時代が続いています。」

「昔の大学院のうちに好きな研究に没頭するだけのために、社会のニーズに対応した研究・開発が必要で、もちろん企業にも問題があります。」

ある起業家は「社内に十分な研究・開発の予算を確保するのは、今以上に効く・痛止めに必要なことだ。リサーチは企業にとって重要な役割です。」

「工学系では特に企業からの研究論文の数が減ってきていて、中国などに水田をあげられているのが現状です。理料系は修士で就職する人が多く、博士課程後期の進捗率は下がっています。」

「その一方で、商品の開発や応用化に取り組んだ経験がある博士なら歓迎という声も多く、企業から聞かれます。ものづくりに必要な人材を育てたい、という声も聞かれます。」

「企業も今までは技術系の人材を、修士課程2年間の育成栽培で対応していたのですが、それがいよいよ立ち行かなくなっています。」

「博士号取得者数は、2006年度は16万人、2016年度は11.8万人と減少しています。これは、100万人あたりの博士号取得者数(16年度)と比較すると、約7割減です。」

「博士号取得者数は、2006年度は16万人、2016年度は11.8万人と減少しています。これは、100万人あたりの博士号取得者数(16年度)と比較すると、約7割減です。」

「博士号取得者数は、2006年度は16万人、2016年度は11.8万人と減少しています。これは、100万人あたりの博士号取得者数(16年度)と比較すると、約7割減です。」

「博士号取得者数は、2006年度は16万人、2016年度は11.8万人と減少しています。これは、100万人あたりの博士号取得者数(16年度)と比較すると、約7割減です。」

「博士号取得者数は、2006年度は16万人、2016年度は11.8万人と減少しています。これは、100万人あたりの博士号取得者数(16年度)と比較すると、約7割減です。」



名古屋大学教授  
天野 浩氏



あまの ひろし 1960年生まれ。名古屋工科大学卒業、89年工学博士号取得。名古屋大未来材料・システム研究所付属未来エレクトロニクス集積研究センター教授・センター長。2014年、青色LED発明の業績に対しノーベル物理学賞受賞。

## 博士、ビジネス感覚を

製造業には危機感が強い。異体何じのよう。プログラマーを実践して、イノベーションを主に...

「博士号取得者数は、2006年度は16万人、2016年度は11.8万人と減少しています。これは、100万人あたりの博士号取得者数(16年度)と比較すると、約7割減です。」

「博士号取得者数は、2006年度は16万人、2016年度は11.8万人と減少しています。これは、100万人あたりの博士号取得者数(16年度)と比較すると、約7割減です。」

「博士号取得者数は、2006年度は16万人、2016年度は11.8万人と減少しています。これは、100万人あたりの博士号取得者数(16年度)と比較すると、約7割減です。」

「博士号取得者数は、2006年度は16万人、2016年度は11.8万人と減少しています。これは、100万人あたりの博士号取得者数(16年度)と比較すると、約7割減です。」

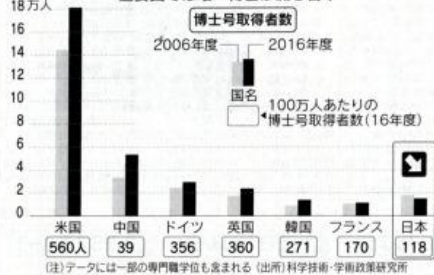
「博士号取得者数は、2006年度は16万人、2016年度は11.8万人と減少しています。これは、100万人あたりの博士号取得者数(16年度)と比較すると、約7割減です。」

「博士号取得者数は、2006年度は16万人、2016年度は11.8万人と減少しています。これは、100万人あたりの博士号取得者数(16年度)と比較すると、約7割減です。」

「博士号取得者数は、2006年度は16万人、2016年度は11.8万人と減少しています。これは、100万人あたりの博士号取得者数(16年度)と比較すると、約7割減です。」

「博士号取得者数は、2006年度は16万人、2016年度は11.8万人と減少しています。これは、100万人あたりの博士号取得者数(16年度)と比較すると、約7割減です。」

主要国では唯一博士が減る日本



### 修士2年で就職、一般的に

## 博士課程の改革 不可欠

学校教育の最高峰に位置する「博士」だが、我々が直面している問題は、野に強い「博士」を育てることにあり、それを「博士」にするには、高度な専門性を持つことが必要である。天野教授は「博士課程2年で就職、企業内研究者の道を歩むことが一般的である。博士課程2年での就職、企業内研究者の道を歩むことが一般的である。博士課程2年での就職、企業内研究者の道を歩むことが一般的である。」

「博士課程2年での就職、企業内研究者の道を歩むことが一般的である。博士課程2年での就職、企業内研究者の道を歩むことが一般的である。」

「博士課程2年での就職、企業内研究者の道を歩むことが一般的である。博士課程2年での就職、企業内研究者の道を歩むことが一般的である。」

「博士課程2年での就職、企業内研究者の道を歩むことが一般的である。博士課程2年での就職、企業内研究者の道を歩むことが一般的である。」

山田剛



# 広い視野に 立とう

- ・ 科学の未解決問題に対する計測ニーズの俯瞰
- ・ SDG s と科学技術
- ・ 国の研究開発動向

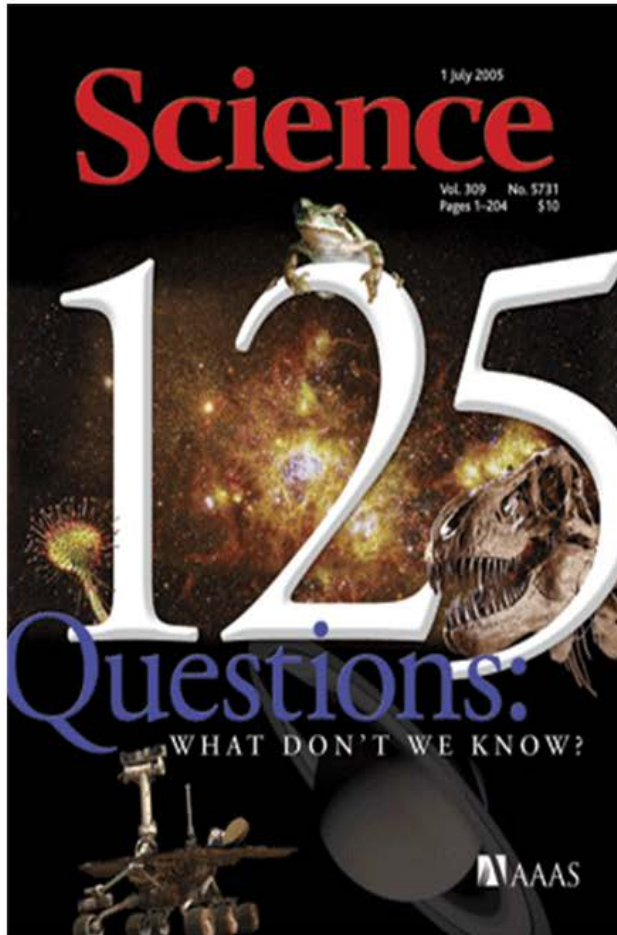


# 科学の未解決問題に対する 計測ニーズの俯瞰

2013. 3







科学の未解決のナゾ125を選出  
米サイエンス誌 創刊125周年

2005年

- 「意識」の生物学的な意味は何か？
  - 人間の寿命はどこまで延ばせるのか？
  - 記憶はどのように格納され検索されるのか？
  - 宇宙は何から作られているのか？
  - コンピューティングの限界は？
  - 地球温暖化によって世界はどこまで暑くなるのか？
  - 安い石油を代替可能なものは何か？
- など

What Don't We Know?

# 「生命」科学における計測ニーズ



科学における未解決問題	計測ニーズ
生体内における分子の構造変化をリアルタイムで観察したい	タンパク質-分子解析(糖鎖修飾などの計測・評価)、微量水溶液中の分子の原子レベルでの解析技術。
生体分子の体内動態を経時的に観察したい	生体分子のイメージング技術、分子の非ラベル化技術、微量タンパク質・ペプチド等の定量化技術
細胞に存在する無数の分子の相互作用を定量的に解析したい	細胞機能変化の定量化技術、細胞内タンパク質の可視化および微量計測技術、タンパク質ネットワーク解析技術、細胞内2原子分子の可視化技術
生体膜での分子反応を定量的に解析したい	膜タンパク質の解析技術、微量ペプチド等の定量化技術、膜タンパクおよび関連分子のリアルタイム計測技術
細胞の特性を器官毎に明らかにしたい	単一細胞での微量タンパク質計測技術
生体(微小)環境と幹細胞との相互作用を可視化したい	細胞間メディエーターの可視化技術、細胞分化の定量化およびモデル化技術
細胞が分化したり、器官等への誘導される仕組みを定量的に解明したい	器官発生に関与しているタンパク質の相互作用解析技術、細胞間メディエーターの可視化技術、組織表現型の定量化技術、発生機構のモデル化技術
細胞の生体内での動態をリアルタイムで知りたい	一細胞マーキング技術、細胞の持続的可視化技術、
脳の機能を化学的に理解したい	活動神経回路の可視化技術、脳内タンパク質の定量化技術
微生物が感染したり共生したりする仕組みを解明したい	難培養微生物の培養技術、ゲノム間相互作用の解析技術、タンパク質シーケンス技術



# 「ナノ・物質」科学における計測ニーズ

科学における未解決問題	計測ニーズ
触媒反応機構を解明し、希少元素を用いない触媒や超高効率触媒を開発したい	触媒の反応状態および反応部位のリアルタイム測定。活性金属と担体の位置的関係の明確化。大型放射光を用いた反応解析研究が進みつつあるが、さらに簡便な方法が求められる。
耐久性と高い物性値を兼ね備えた材料を創出したい	劣化の原因を解明する技術。研究現場でリアルタイム且つコンパクトに計測を行えるようにしたい。(グローブボックス内やパイロットプラント)に持ち込めるようなNMRなど、「小型機器」が求められる。
ナノ・マクロレベルの凝集体の機能を予測したい	原子・分子サイズと、ナノ・マクロレベルの凝集体の同時計測・可視化。現実の計測と共に、計算科学によるシミュレーション技術が解釈のためには必要。
薄膜デバイスの界面に機能性を持たせるような新素材開発、数nmオーダーの素子を開発をしたい	機能発現させる素材表面構造や、素子サイズが今後数nmになると、空間分解能・深さ分解能ともに原子レベルの分析手法が求められる。軽元素の拡散をナノレベルで解析する技術、定量化や元素同定。
使用環境下での動作状態を可視化したい	例：液体中における電気化学反応の高分解能観察、メモリデバイス(酸化還元系)の雰囲気下での計測。大気下で測定できるSIMS開発。
生体物質や環境成分(混合系・多成分系)を分離せず直接分析したい	10 μmスケールの3次元計測技術。界面・表面の効果が極めて大きい
ナノ構造体の材料特性を定量化したい	強度や熱物性の精密測定。弾性率、降伏強度、破壊強度、靱性、疲労特性の測定。親水性、疎水性計測。ナノマニピュレーション、微小引っ張り試験デバイス、熱伝導率測定デバイス。



## 「情報・通信」科学における計測ニーズ

科学における未解決問題	計測ニーズ
量子コンピュータを実現したい	電子、光子、イオン、原子等の量子状態(波動関数、密度行列)の精密、高速測定
爆弾など危険物の情報を非破壊に検出したい	中赤外線、テラヘルツ領域の計測技術
老人や子供など弱者を見守りたい	ユビキタス・センサー・ネットワーク(体温、脈拍センサ、RFタグ、スマートメータなど)
生体表面の情報から体内状態を推察したい	脳波、心電図、筋電図など総括して計測する技術
人工物が人間に与える影響を明らかにしたい	身の回りの電磁束の分布
道路、橋梁など建築物の寿命を計りたい	ユビキタス・センサ・ネットワーク(ファイバーセンサ、加速度センサ、運転ログ)
微小で複雑な回路の電流分布	数億オーダーの一括電圧計測、電流の可視化技術、LSIテスト
人間の活動を計りたい	センサネット、超小型化、超低電力化、超軽量化、超高感度、超高速化
社会、生物、文化遺産等の状態を計りたい	センサネット、超小型化、超低電力化、超軽量化、超高感度、超高速化

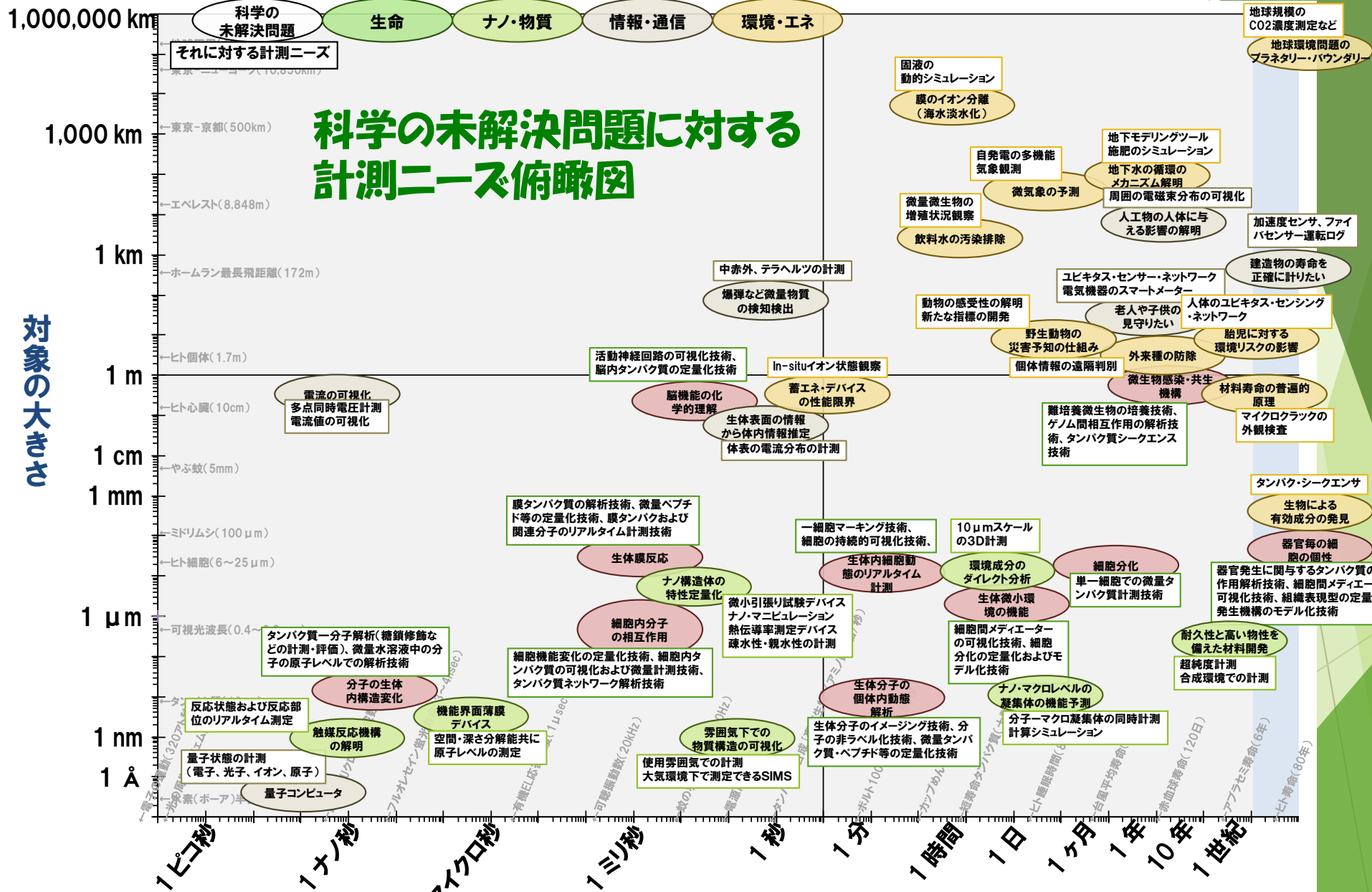


科学における未解決問題	計測ニーズ
未発見の「生物による有効成分」はどれ程あるか？	タンパク質を片っ端から機械的に分析できる技術(DNAシーケンサーのように)。
蓄エネデバイス(蓄電池等)の性能の限界はどこか？	In-situでイオンの状態と流れ、変化を計測する技術。Spring-8での計測ニーズは高くなっているが、プローブがないために用途が限られている。
材料の寿命を決める普遍的原理は開発できるか？	マイクロ・クラックの外観検査、破壊進行の理論・シミュレーション技術、蓄積型熱劣化センサ
地域における侵略的外来種は防除可能か？	DNA情報を遠隔から判別する技術
地震、津波等の災害に対して予知の仕組み解明できるか(野生動物など)？	環境変化に対する人体の感受性を解明する技術(指標開発)。脳の活性化や、自然免疫指標との相関
胎児、子どもに対する環境リスクは、大人になった時に影響を及ぼすだろうか？	人間の状況(行動、表情、変化など)をモニタリングして周囲環境を定量化。体に取り付けて常時計測するユビキタス・センシング技術。小児の曝露した環境を定量評価(活動環境、肺換気量、食物摂取量、化学物質等)。
飲料水の汚染被害をなくすことができるか？	環境水における微量な微生物の存在、また増殖状況を遠隔から計測。
微気象の予測精度はどこまで向上出来るか？	小さくて自発電で遠隔から多機能の気象を観測できる計測システム。
地下水の流れ・循環のメカニズムを可視化することは出来るか？	余分な肥料が地下水へ浸透するモデル構築とシミュレーション技術の開発。植物の施肥に対する変化の動的状態を直接観察したい。
膜がイオンを分離する微視的なメカニズムを知ることは出来るか？	逆浸透膜が塩を分離している動的状態を直接リアルタイムに観察する技術。
地球環境問題に対する惑星限界(プラネタリー・バウンダリー)を科学的に指標化できるか？	生物種の絶滅の予兆を測る技術、地球規模のCO2濃度を測る技術、窒素濃度を測る技術など。都市の環境リスク管理技術。



# 科学分野ごとの計測の水準・トレンド

分野	水準(特徴)	トレンド
生命	<p>生命現象の解明、人間の理解とそれを基本にした科学技術や社会システムの開発を目指した総合的な学問。未解決問題多い。</p> <p>物質の存在よりも物質間の関係から現象の意味を理解(関係計測)。</p>	<p>界面・内部、非侵襲、リアルタイム、標準化</p>
ナノ物質	<p>自然界の現象とその性質を、物質とその間に働く相互作用によって観測し、理解すること。物理計測と一体化。</p> <p>あらゆる原理・物理現象を応用して、極限までの物質の存在・現象の解明を追及(存在計測)。</p>	<p>多階層からの同時計測、多因子同時、リアルタイム、3次元化、オペランド計測</p>
情報・通信	<p>通信・計算・制御などの情報処理の科学</p> <p>数学を含めすべての学問のツール、データマイニングや複雑系といった計算科学との新たな融合と、人文・社会科学分野を含めて多面的展開を見せている。</p>	<p>高空間分解能、シミュレーション連動、小型簡便化、ネットワーク化、複雑系、AI利用</p>
環境・エネ	<p>①公害、地球環境問題などの課題解決、②その予防機能の向上、および③諸現象の環境の規定に関する総合的な学問。環境科学の課題は実用性を持つ。</p> <p>対象とする空間が大きく、また、ゆっくりと変化する現象を扱うため、計測データと数値計算シミュレーションとの統合(シミュレーション連動)によって理解。</p>	<p>遠隔・非接触計測、シミュレーション連動、小型化、ネットワーク化、省エネ駆動センサ、高空間分解能</p>





# 明らかになった計測ニーズの特徴

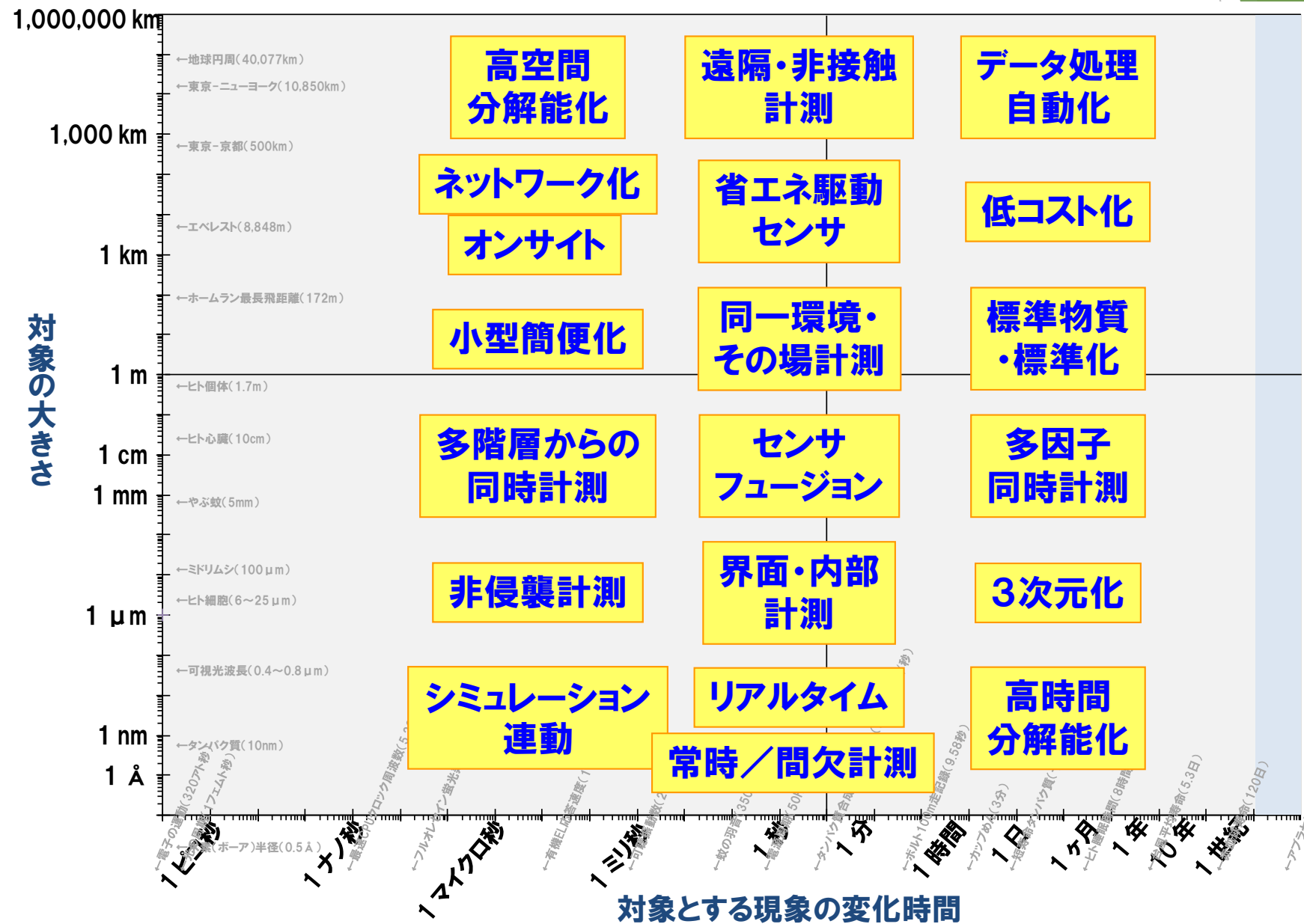
科学新聞2011.6.03

連載第6回「計測ニーズ調査からわかったこと、および今後の課題」

(佐藤勝昭)



# 計測ニーズ俯瞰から抽出されるトレンド・キーワード





# 計測ニーズの特徴（1）

## ニーズの60%が生命科学分野

- ▶ 「生命科学分野」の未解決問題・計測ニーズが最も多いことが分かった（約6割）。生命科学分野は、基本的な問題であっても未解決なことが多くあり、多くの資源投入を行うべきと考察できる。
- ▶ 生命科学分野の研究者は、これまで計測技術を利用するのみの立場であったが、新たな計測をクリエイトする視点が必要であろう。
- ▶ このため、「生命科学計測」という分野を確立し、生命科学分野の研究を戦略的に推進していくための体系づくりが必要と考える。確立に当たっては、計測技術研究者のコミュニティとのダイナミックな接近、連携協力が必要である。



## 計測ニーズの特徴（２）

# より複雑な課題へ取り組むニーズが多い

- ▶ 未解決問題の対象・現象は、「複雑化」する方向へ進んでいる。例えば、生命科学分野における「物質の特別な状態から生命機能の発現に至る現象」、情報・通信科学における「情報爆発による新たな社会的リスクの推定」、環境・エネルギー科学における「地球レベルの気候変動による生命リスクの推定」などであり、これらは社会から科学に期待されている課題でもある。
- ▶ したがって、計測にも「新たな視点やチャレンジ」が求められている。  
これらの複雑化した問題を解明し、解決していくためには、一人の優れた研究者のみに頼ることでは不十分、あるいは間に合わない。多様な研究者が連携して解決に向かうことが必要となる。特に数学分野、物理分野の研究者の参加はポイントであろう。また、研究情報を共有するためのしっかりしたデータベースも構築する必要がある。



## 計測ニーズの特徴（3）

### 現状を知り、将来を予測し、対策するための計測

- ▶ 現在科学は、未来を予想することで我々が今何をしなければならぬかを明らかにする必要がある。特に地球環境問題など、その社会的期待は顕著である。
- ▶ 従来の科学は、真理の追究によって、現象の背後にある共通原理を見出そうとしてきた。
- ▶ これに対して、「新しい科学」においては原理原則を見出すのみでは無意味で、現状を知り、将来を予測し、対策する方法を見出すことまでが必要である。
- ▶ このためには、計測機能のシミュレーション連動も必要となる。



## 計測ニーズの特徴（４） 現代計測に求められるもの

- ▶ 一つは、あらゆる事象に隠れている「予兆」を可視化する方法論の確立である。
- ▶ もう一つは、未知のリスクに対して「分析」するのではなく、積極的な負荷を掛けた際の反応を計測する「統合的計測」に基づいて理解していく方法論である。
- ▶ また、極短時間の計測、ダイナミックな変化の計測、リアルタイム計測など、時間変化を伴う計測技術のより一層の追及が求められる。
- ▶ 「分野を超越したメタ科学としての新たな計測学」の確立が必要であり、このような観点から新たな計測を担う人材の育成が急務になっている。



# Cyber-Physical Systemにおける計測技術

## 物理量計測→意味的計測→自律的計測

- ▶ 計測技術の発展におけるICTの貢献は、3タイプが考えられる。
- ▶ 第一の貢献タイプは「物理量計測の高性能化」である。
- ▶ 第二の貢献タイプは「計測の高次化」である。物理量計測を「狭義の計測」と呼ぶならば、ICTを活用することで、意味的計測・自律的計測といった、より高次の計測が可能になる。これを「広義の計測」とよぶ。
- ▶ 第三の貢献タイプは「社会計測」という新しい観点の計測である。計測対象は物理量に限らず、人々の意見・心情なども取り込み、計測量が広がり多面化する。
- ▶ 広義の計測では、物理量計測→意味的計測→自律的計測の3段階をとる。
- ▶ 物理量計測とは、センシングに相当する狭義の計測で、カメラ撮影画像、GPS位置情報、振動センサー情報等がその例である。
- ▶ 物理量計測にAI技術による分析を組み合わせたものを広義の計測として捉えるならば、意味的計測と考えることができる。計測した物理量に意味を与えるものであり、モノ認識・顔認識、交通渋滞把握、異常検知、不審行動検知等がその例である。
- ▶ 物理量を計測・分析し、次のアクションのプランニングまで行うのが自律的計測である。移動しながら見るべき所を決める適応的/自律的センシングや、実世界への作用とその結果の計測を繰り返すロボット・自動運転・運用自動化等がその例である。



# SDGs(持続可能な開発目標)と 科学技術





# SDGsってなに？

- ▶ SDGsは、Sustainable Development Goals(持続的開発目標)の略で、2015年に国連総会において全会一致で採択された17の目標と169のターゲットです。
- ▶ これらは、わが国を含む地球的・人類的課題を包摂して掲げた国際的な目標です。

「誰一人取り残さない(No one left behind)」  
持続可能で多様性と包摂性のある社会の実現のための2030年を年限とする17の国際目標です





## 169のターゲット ⑦ エネルギーを例として

### ⑦エネルギー



# すべての人々の、安価かつ信頼できる持続可能な近代的エネルギーへのアクセスを確保する

- 7.1 2030年までに、安価かつ信頼できる現代的エネルギーサービスへの普遍的アクセスを確保する。
- 7.2 2030年までに、世界のエネルギーミックスにおける再生可能エネルギーの割合を大幅に拡大させる。
- 7.3 2030年までに、世界全体のエネルギー効率の改善率を倍増させる。
- 7.a 2030年までに、再生可能エネルギー、エネルギー効率及び先進的かつ環境負荷の低い化石燃料技術などのクリーンエネルギーの研究及び技術へのアクセスを促進するための国際協力を強化し、エネルギー関連インフラとクリーンエネルギー技術への投資を促進する。
- 7.b 2030年までに、各々の支援プログラムに沿って開発途上国、特に後発開発途上国及び小島嶼開発途上国、内陸開発途上国のすべての人々に現代的で持続可能なエネルギーサービスを供給できるよう、インフラ拡大と技術向上を行う。





## 169のターゲット ⑬気候変動を例として

### ⑬気候変動





# 気候変動及びその影響を軽減するための緊急対策を講じる【国地気候:全般】

- 13.1 すべての国々において、**気候関連災害や自然災害に対する強靱性**（レジリエンス）及び**適応の能力**を強化する。
- 13.2 **気候変動対策**を国別の政策、戦略及び計画に盛り込む。
- 13.3 気候変動の**緩和、適応、影響軽減及び早期警戒**に関する教育、啓発、人的能力及び制度機能を改善する。
- 13.a 重要な緩和行動の実施とその実施における透明性確保に関する開発途上国のニーズに対応するため、**2020年までにあらゆる供給源から年間1,000億ドルを共同で動員するという、UNFCCCの先進締約国によるコミットメントを実施するとともに、可能な限り速やかに資本を投入して緑の気候基金を本格始動させる。**
- 13.b 後発開発途上国及び小島嶼開発途上国において、女性や青年、地方及び社会的に疎外されたコミュニティに焦点を当てることを含め、**気候変動関連の効果的な計画策定と管理**のための能力を向上するメカニズムを推進する。



# 社会・経済・環境の三側面

## 社会の基盤をつくろう

<p>① 貧困</p> <p>1 貧困をなくそう</p> 	<p>② 飢餓</p> <p>2 飢餓をゼロに</p> 	<p>③ 保健</p> <p>3 すべての人に健康と福祉を</p> 	<p>④ 教育</p> <p>4 質の高い教育をみんなに</p> 	<p>⑤ ジェンダー</p> <p>5 ジェンダー平等を実現しよう</p> 	<p>⑥ 水・衛生</p> <p>6 安全な水とトイレを世界中に</p> 
--	---	--	--	---	--

## 経済の基盤をつくろう

<p>⑦ エネルギー</p> <p>7 エネルギーをみんなにそしてクリーンに</p> 	<p>⑧ 成長・雇用</p> <p>8 働きがいも経済成長も</p> 	<p>⑨ イノベーション</p> <p>9 産業と技術革新の基盤をつくろう</p> 	<p>⑩ 不平等</p> <p>10 人や国の不平等をなくそう</p> 	<p>⑪ 都市</p> <p>11 住み続けられるまちづくりを</p> 	<p>⑫ 生産・消費</p> <p>12 つくる責任 つかう責任</p> 
--	--	--	---	---	--

## 私たちを取り巻く環境を守ろう 一緒に協力しよう

<p>⑬ 気候変動</p> <p>13 気候変動に具体的な対策を</p> 	<p>⑭ 海洋資源</p> <p>14 海の豊かさを守ろう</p> 	<p>⑮ 陸上資源</p> <p>15 陸の豊かさを守ろう</p> 	<p>⑯ 平和</p> <p>16 平和と公正をすべての人に</p> 	<p>⑰ 実施手段</p> <p>17 パートナーシップで目標を達成しよう</p> 
--	---	--	--	---



## 普遍性 Universality

• 先進国も発展途上国も**全ての国に適用**

## 包摂性 Inclusiveness

• 脆弱な立場に置かれた人にも焦点をあて  
「**誰一人取り残さない**」

## 参画型 Participatory

• **あらゆるステークホルダー・当事者が参画**  
し行動

## 統合性 Integrity

• **経済・社会・環境の相互連関を認識し**  
**統合的に取り組む**

## 透明性 transparency

• **定期的にフォローアップし、評価・公表**  
**(比較・競争を推進力に)**



順位	国名	指標
1	Denmark	85.2
2	Sweden	85.0
3	Finland	82.8
4	France	81.5
5	Austria	81.1
6	Germany	81.1
7	Czech Republic	80.7
8	Norway	80.7
9	Netherlands	80.4
10	Estonia	80.2
11	New Zealand	79.5
12	Slovenia	79.4
13	United Kingdom	79.4
14	Iceland	79.2
15	Japan	78.9
16	Belgium	78.9
17	Switzerland	78.8
18	Korea, Rep.	78.3
19	Ireland	78.2
20	Canada	77.9

# SDGs指標



- ▶ SDGs指標：国連はグローバル指標として232の指標を設定していますが、各国等においても独自の指標を設定し、グローバル指標を補完するとしています。
- ▶ “SDG Index and Dashboards - Global Report”：独・ベルテルスマン財団と持続可能な開発ソリューション・ネットワーク（SDSN）を中心に、公開されている国連データや論文等を基に独自の指標も提案しつつ、各国の進捗状況を分析し、ランキングをつけています。2016年から毎年7月に発表しています。
- ▶ 上位はほとんどが欧州の国で、日本は15位にランクされています。



- 日本は、**5.ジェンダー**（女性国会議員数が少ない、男女間の収入差/Unpaid workの従事時間差が大きい）、**7.エネルギー**（再生エネルギー比率が低い）、**12.消費と生産**（電子機器廃棄物が多い、窒素排出量の多い食料・製品を輸入）、**13.気候変動**（CO2排出量が多い）、**14.海洋生態系**（過剰漁獲）、**15.陸上生態系**（絶滅危惧種の増加）、**17.パートナーシップ**（ODAが少ない、金融セクターにおける透明性が低い）の達成が難しいとされています。

インデックス* Trend & Gap	1 貧困をなくそう	2 気候をゼロに	3 すべての人に健康と福祉を	4 質の高い教育をみんなに	5 ジェンダー平等を實現しよう	6 安全な水とトイレを世界中に	7 エネルギーをみんなにそしてクリーンに	8 働きがいも経済成長も	9 産業と技術革新の基盤をつくろう	10 人や国の不平等をなくそう	11 住み続けられるまちづくりを	12 つくる責任 つかう責任	13 気候変動に具体的な対策を	14 海の豊かさを守ろう	15 陸の豊かさを守ろう	16 平和と公正をすべての人に	17 パートナーシップで目標を達成しよう
[2019] 15位	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
SDG Trend	↗	↗	↗	↑	→	↑	↗	↑	↑	↓	N/A	N/A	→	→	↗	↗	↗
Performance gap**	0.1%	1.2%	0.3%	0.2%	1.6%	0.8%	0.4%	0.9%	0.6%	0.8%	1.2%	4.1%	1.8%	1.5%	1.3%	0.4%	1.4%

\* : 緑色 : 概ね達成済み、黄色またはオレンジ : 危機的状況、赤色 : 達成までほど遠い状況を示す  
(<http://www.sdgindex.org/>)

\*\* : Absolute performance gaps for achieving the SDGs (2019年よりG20各国は17ゴールすべてに対して算出)  
例えばSDG13は中国と米国で世界全体の33%/SDG12は中国、EU、米国、インドに次いで日本は5番目



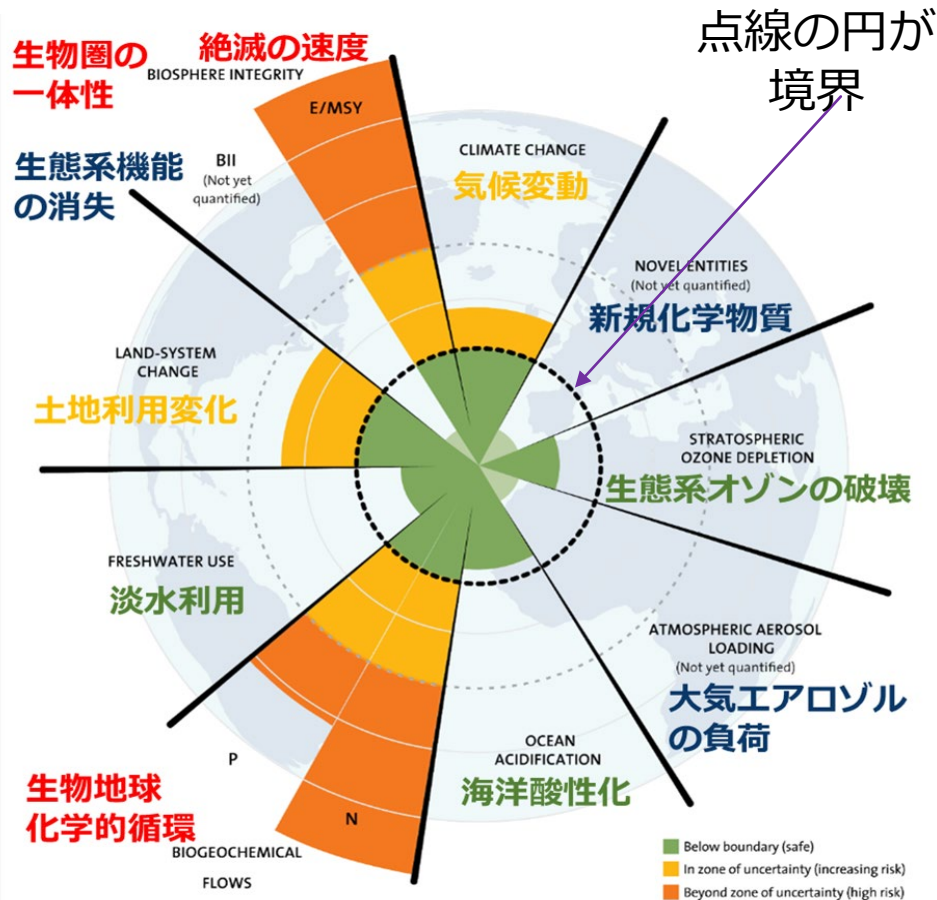
# なぜSDGsに取り組むか

---



# SDGsは誰の目標なのか（1）

## プラネタリー・バウンダリー「地球の限界」



- ▶ 「境界を越えると、急激な、あるいは取り返しのつかない環境変化が生じる可能性がある」境界のことです。
- ▶ 「気候変動」、「生物多様性の損失」、「急速な農地開拓といった土地利用の変化」、「窒素やリン循環」の領域では既に閾値を超えています。
- ▶ こういった問題に伴い、感染症、自然災害による住宅損壊、飢餓、水問題など、特に発展途上国や弱い立場の人たちの貧困状態に深刻な影響を及ぼしています。紛争やテロなど急速な社会の不安定化が起きています。
- ▶ 人口の爆発的増加（世界の人口が2050年には90億人に達すると言われていたり）や超高齢化社会に伴う急速な都市の変化などの問題もあります。
- ▶ **地球の環境や社会情勢は明らかに深刻化。**
- ▶ こういった問題に対し、あらゆるステークホルダーが主体的に具体的なアクションを行っていくことが極めて重要。

2009年に国際的に著名な28名の科学者グループによって、9つの境界の特定および測定結果についての論文が発表。



# SDGsは誰の目標なのか (2)



MILLIONS MORE ARE  
LIVING IN HUNGER

8億人強が  
栄養不足



**821 MILLION**  
WERE UNDERNOURISHED  
IN 2017

UP FROM

**784 MILLION**  
IN 2015



**785 MILLION**  
PEOPLE REMAIN  
WITHOUT EVEN

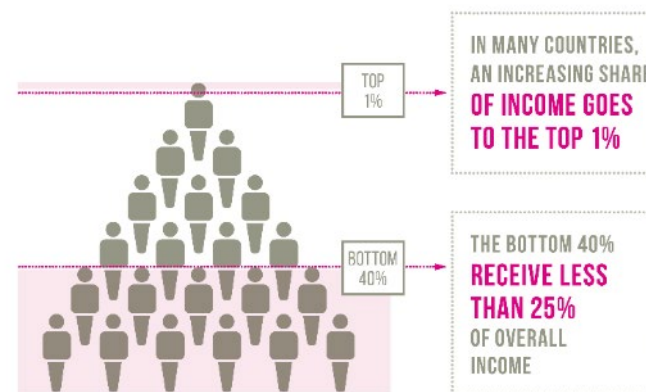
**BASIC  
DRINKING  
WATER**

SERVICES (2017)

8億人弱が  
飲料水への  
アクセスが  
限られている

IN MORE THAN HALF  
OF THE 92 COUNTRIES WITH DATA,  
**INCOME OF THE  
BOTTOM 40%  
OF THE POPULATION**

↑↑↑  
GREW FASTER THAN  
THE NATIONAL AVERAGE  
(2011-2016)

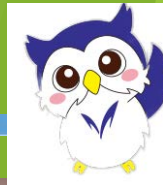


CLIMATE-RELATED AND GEOPHYSICAL DISASTERS  
CLAIMED AN ESTIMATED 1.3 MILLION LIVES  
BETWEEN 1998 AND 2017

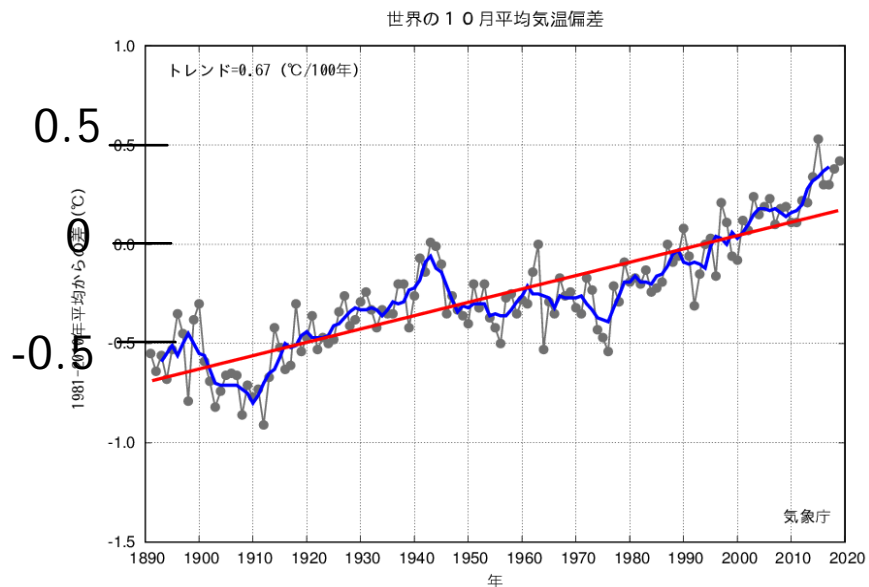


自然災害による死者数  
130万人(1998-2017, 累計・推定)

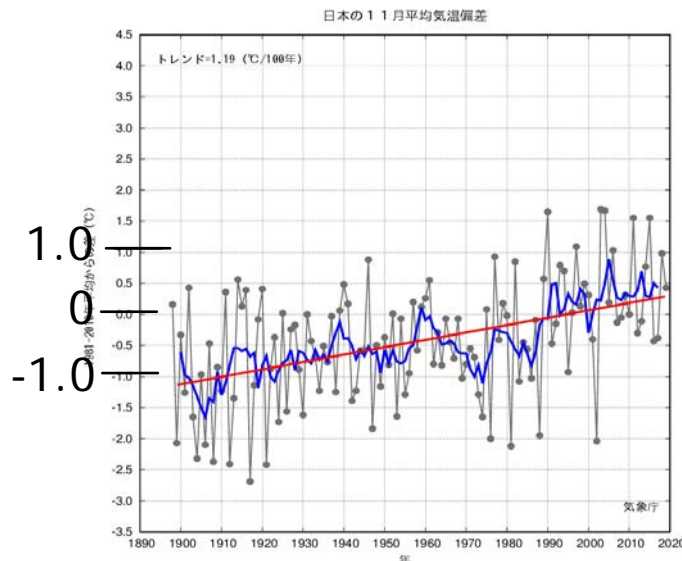
格差の拡大



## 世界の10月の平均気温偏差

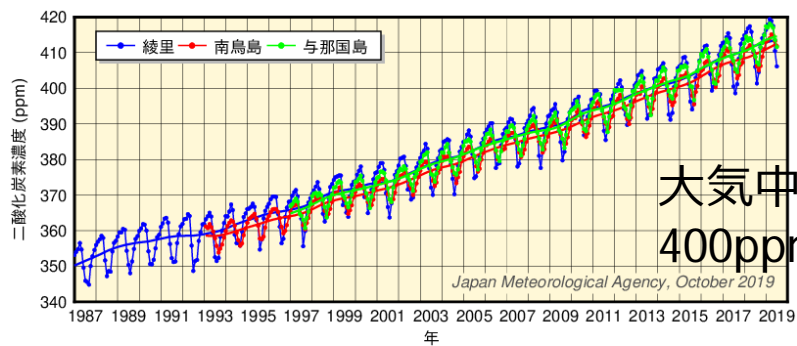


## 日本の11月の平均気温偏差

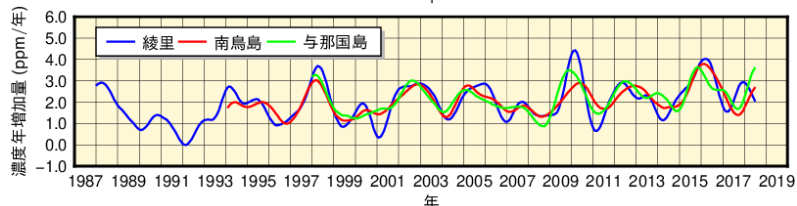


16歳の少女による、  
気候変動対応への鬼気迫る  
訴えが、世界中の若者の共感呼び  
起こしている

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Greta\\_Thunberg\\_4.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Greta_Thunberg_4.jpg)



大気中のCO2濃度が2015年に  
400ppmを超えました



# COP25会期中環境NGOから 日本は「化石賞」を受賞

NHK NEWS WEB

2019.12.3

- ▶ 3日、梶山経済産業大臣が「石炭火力発電所は選択肢として残していきたい」と述べたのを受けて、スペインで開かれている「COP25」の会場では、国際NGOが、温暖化対策に消極的な国に贈る「化石賞」に日本を選びました。
- ▶ 「化石賞」は、国際的な環境NGOのグループがCOPの会期中、温暖化対策に消極的だと判断した国や地域を毎日選び、皮肉をこめて贈っています。
- ▶ 3日の「化石賞」には、日本とオーストラリア、ブラジルが選ばれました。
- ▶ このうち日本について担当者は、国連のグテーレス事務総長が、COPの開幕にあたって温暖化対策の強化と石炭火力発電の利用をやめるよう各国に求めた翌日に、梶山経済産業大臣が「石炭火力発電など化石燃料の発電所は選択肢として残していきたい」と述べたことを理由にあげています



日本に「化石賞」 温暖化対策に消極的な国  
に贈る



# SDGsによる社会変革と 科学技術に求められる変革

---





## 科学(Science)が変わる

- 社会における科学、社会のための科学
- 自然科学と人文・社会科学の総力結集
- アカデミックサイロを超える

## 企業(Business)が変わる

- 企業は社会変革のパートナー
- CSRからCSVへ
- ESG投資

## 社会(Society)づくりのステークホルダーのかかわりが変わる

- NPO/NGO、アカデミア、産業界、自治体、政府、国際機関等のつながり
- LocalizationとGeneralization
- パートナーとしての課題の共有、それぞれの機能の発揮

## 政策(Policy)が変わる

- 諸政策の包括的、一体的な運営・推進
- 新しいイノベーション・エコシステムの構築、ルールづくり
- P P A P (Public-Private Action for Partnership)の促進



## 社会における科学・ 社会のための科学

- 未来予測、兆候調査
- バックキャストिंग
- 課題解決型イノベーション
- 科学技術によるリスク低減、倫理

## データ駆動科学技術

- 計算機技術、AI技術の進展による知能増幅技術の深化
- データの収集、蓄積、活用のためのシステム構築とルールづくり
- 人材育成・情報リテラシー向上

## 科学と 社会の 近接

### 共創

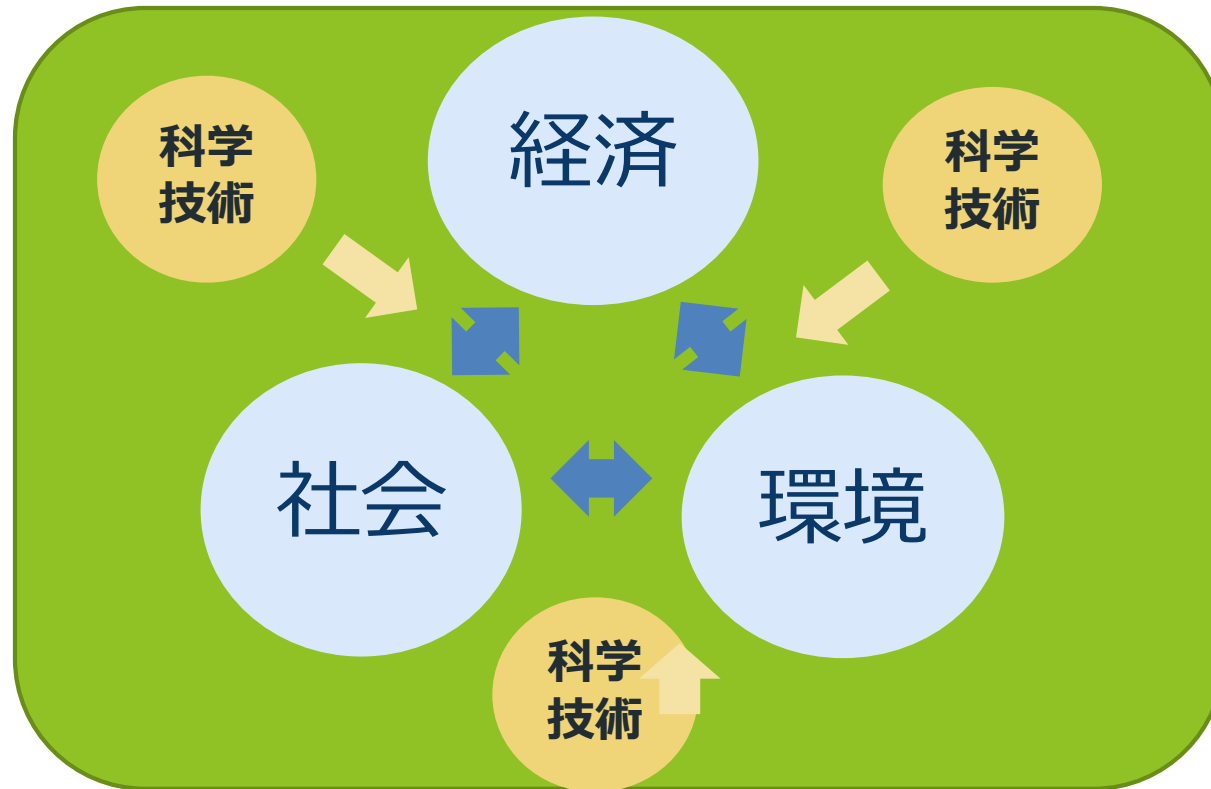
- ヒト、モノ、カネ、チエの共有
- 人文学、社会科学、自然科学の融合  
(Trans-disciplinary research)
- オープンサイエンス
- 大学、国研の共創ハブ機能

### 多様性

- 歴史、文化にもとづく多様な価値観
- ジェンダー、多世代、市民参加
- 大学発ベンチャー起業
- 国際連携、頭脳循環
- 多様な資金源



統合的発展において生じる“ボトルネック”、“トレードオフ”の解消のため、**科学技術には重要な役割**が期待されます





**② 飢餓**

2 飢餓をゼロに

**⑥ 水・衛生**

6 安全な水とトイレを世界中に

TARGETS	KEY INTERACTIONS	SCORE
2.4 → 6.3	Sustainable agriculture enables the improvement of water quality by reducing pollution	+1
2.4 → 6.6	Sustainable agriculture, improving land and soil quality reinforces the protection/restoration of water-related ecosystems	+2
2.2, 2.1 ← 6.1, 6.2	Safe and affordable drinking water and adequate and equitable sanitation are essential to address undernutrition	+2
2.3 → 6.1, 6.2, 6.4	Competition over water can result in trade-offs. Intensive conventional agriculture can constrain and in some cases counteract access to safe drinking water, proper sanitation, and the fight against water scarcity	-1/ -2
2.3 → 6.3, 6.6	Pollution due to unsustainable agriculture can constrain or even counteract the reduction of water pollution and the protection / restoration of water and related ecosystems	-1/ -2

**持続可能な農業**  
→ 水質の向上、水を含む生態系の保護

**安全な水や適切な衛生施設** → 栄養不足の解決

**旧来の集約型農業による増産**  
→ 水不足や衛生悪化  
→ 水質汚染、生態系への悪影響

これからどう折り合うか？

これまで

**シナジー(相乗効果)とトレードオフ(折り合い)を踏まえた包括的な実施が不可欠**





▶ 国の研究開発動向を  
知ろう



# 知っていますか？ 科学技術基本計画

- ▶ 平成7年に制定された「**科学技術基本法**」により、政府は「科学技術基本計画」（以下基本計画という。）を策定し、長期的視野に立って体系的かつ一貫した科学技術政策を実行することとなりました。
- ▶ これまで、第1期（平成8～12年度）、第2期（平成13～17年度）、第3期（平成18～22年度）、第4期（平成23～27年度）の基本計画を策定し、これらに沿って科学技術政策を推進してきました。
- ▶ 平成28年1月22日、平成28～32（令和2）年度の**第5期基本計画**が閣議決定されました。総合科学技術・イノベーション会議は、この基本計画の策定と実行に責任を有しています。
- ▶ 現在令和3～7年度の**第6期基本計画**に向けて、総合科学技術・イノベーション会議のもと議論が進められています。

第1期	第2期	第3期	第4期	第5期	第6期
1996-2000	2001-2005	2006-2010	2011-2015	2016-2020	2021-2025

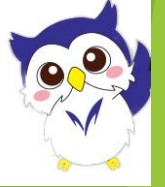


## 第5期科学技術基本計画にみる研究開発動向

- ▶ 平成28年1月に閣議決定されたわが国の**第5期科学技術基本計画**(平成28～32年度)第2章では、新たな価値創出の取組として、
  - (1) 未来に果敢に挑戦する研究開発と人材の強化
  - (2) 世界に先駆けた**「超スマート社会」**の実現(Society 5.0)
  - (3) **「超スマート社会」**における競争力向上と基盤技術の戦略的強化
 を掲げており、特に(2)では、**サイバー空間とフィジカル空間(現実社会)が高度に融合**した**「超スマート社会」**を未来の姿として共有し、その実現に向けた一連の取組を「Society 5.0」とし、更に深化させつつ強力に推進するとしています。



この基本計画の(2)(3)は、(国研)科学技術振興機構(JST)の研究開発戦略センター(CRDS)が行ったワークショップ「IoTが開く超サイバー社会のデザイン-Reality2.0-」(平成27年9月27日～28日)、および、それを受けて開催されたワークショップ「IoTが開く超スマート社会のデザイン」(平成27年11月5日)がベースになっています。超スマート社会では、フィジカル空間の機能がコンポーネント化され、サイバー空間を通じて利用可能になるとともに、実体定義レンズを通じて社会の機能にフィードバックされるとしています。



# 超スマート社会のイメージ

個別のシステムが更に高度化し、分野や地域を越えて結びつき、必要なもの・サービスを必要な人に対し、必要な時に、必要なだけ提供でき、社会の様々なニーズに対し、きめ細やかに、かつ、効率よく対応できる社会

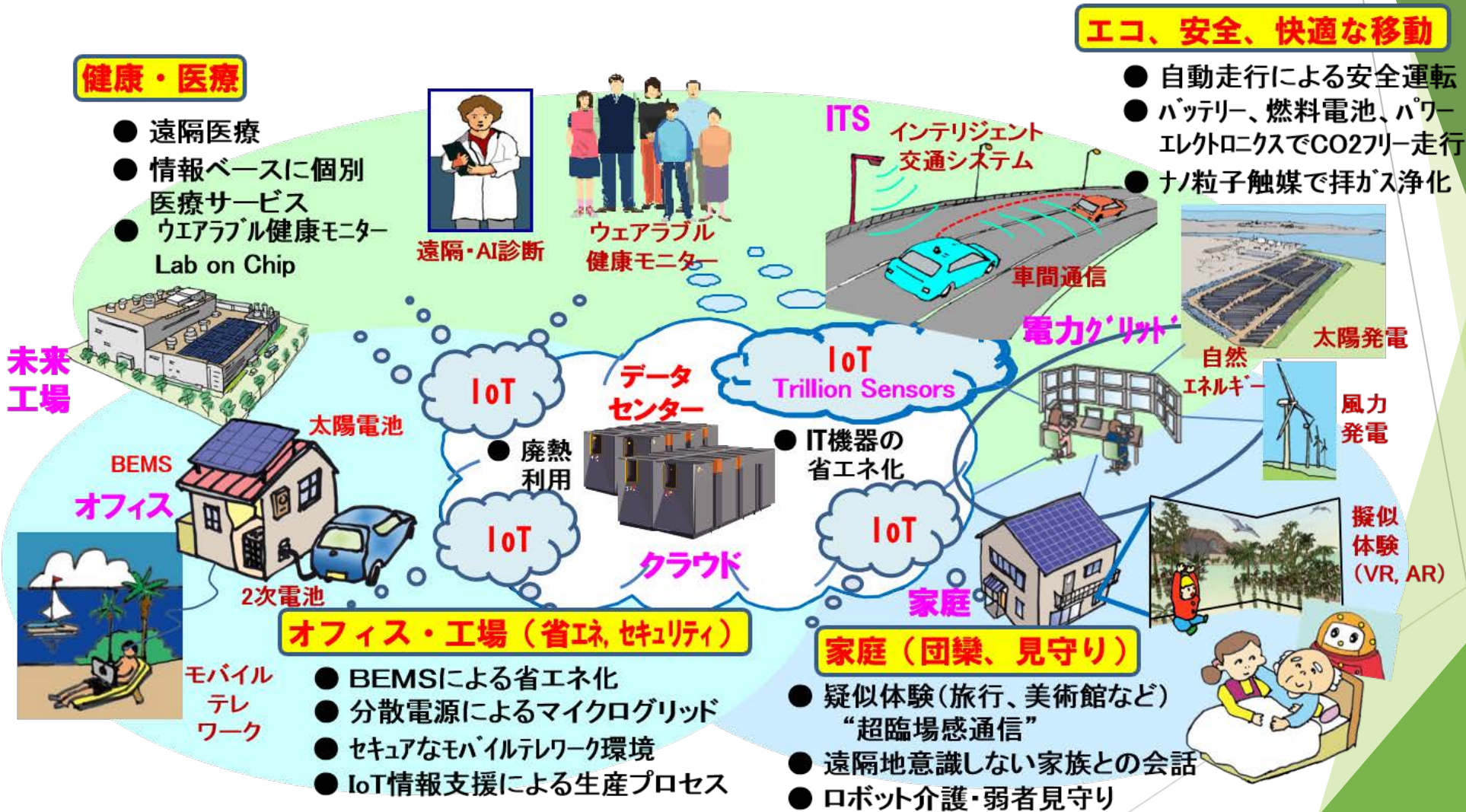


第一回 基盤技術の推進の在り方に関する検討会より

岩野和生：内閣府「基盤技術の推進の在り方検討会」資料  
2015.9.16



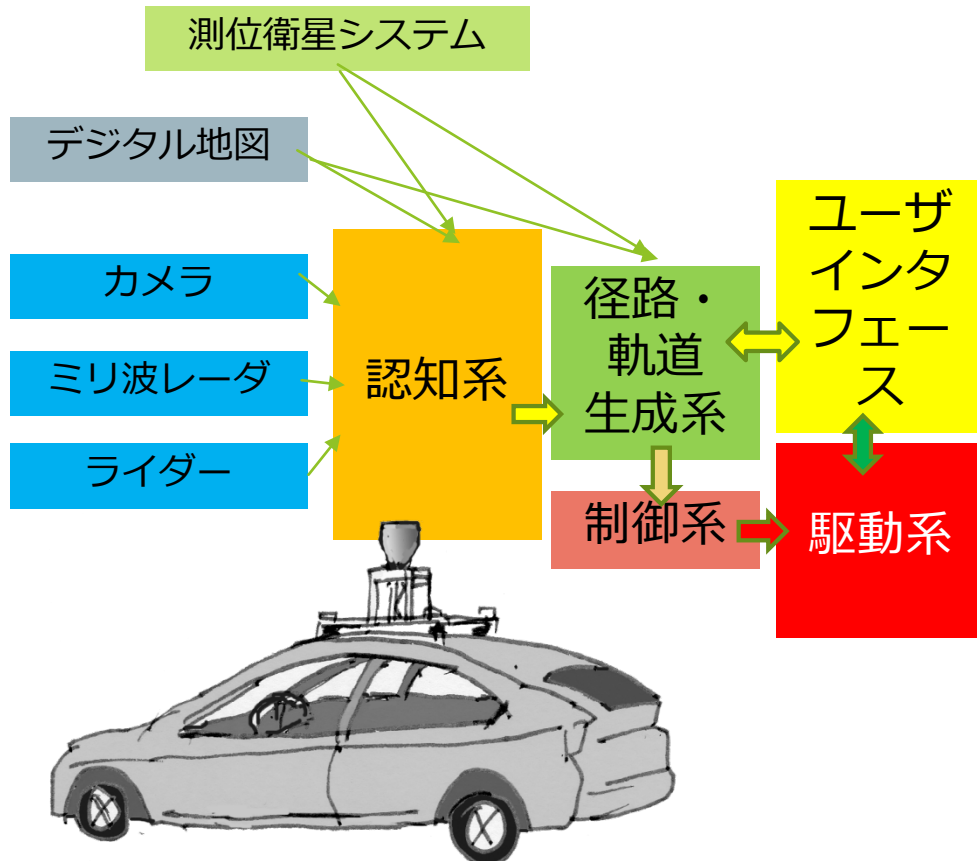
# 超スマート社会のイメージ





# フィジカル空間技術の重要性

## 車の自動運転を例に



- ▶ 車の自動運転を例にとると、周囲の状況を検知するセンサーを通して、歩行者、対向車、道路標識の指示、信号などの情報を画像解析と光や超音波などの反射波の測定などで確認します。
- ▶ また、GPSによる位置情報、道路地図や、交通渋滞などの刻々と変化する情報がインターネットを通して獲得されます。
- ▶ 検知したデータとインターネットからの情報は車載コンピュータに送信され、高速で分析が行われます。
- ▶ 分析したデータを駆動機構のハードウェアに伝えることで、ステアリング、ブレーキ、車線変更などの基本的な運転操作が行われます。
- ▶ このように、多くの情報をセンサーやネットワーク機器などのハードウェアから得て、コンピュータというハードウェア上で処理し駆動機構に伝えるので、フィジカル空間の研究開発は、ますます重要になります。





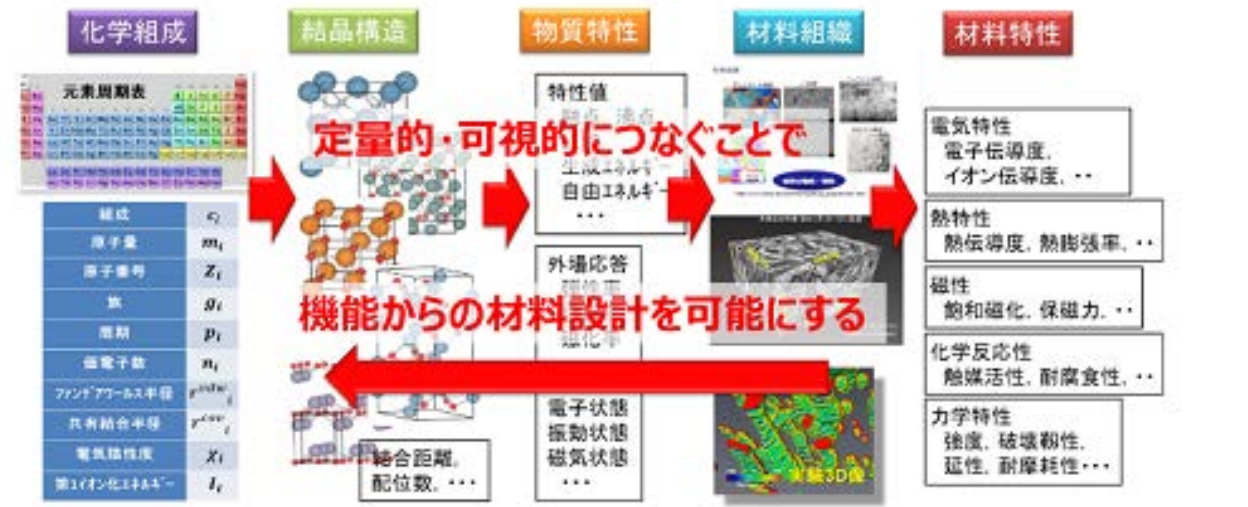
# Cyber-Physical Systemを先導する材料開発 データ駆動型物質・材料開発(Materials Informatics)

- ▶ 「マテリアルズ・インフォマティクス」とは、物質・材料に関わる研究に計算機、特に第3の科学と言われる「計算科学」、さらには新しい視点として第4の科学と言われる「データ科学（機械学習）」を使う研究手法の総称で、「データ駆動型物質材料研究」とも言われます。
- ▶ 計算科学とデータ科学の組合せによって新しい研究の潮流が出てきています。材料開発を得意としてきた多くの日本企業が関心をもっていて、実際に自社に取り入れる企業も増えてきています。今後さらに多くの研究者がこのような手法を取り入れて、新しい発見が出てくること、また研究室での新発見から材料として実用化されるまでの時間やコストが大幅に削減されることが期待されます。

## データ駆動型物質・材料研究（マテリアルズ・インフォマティクス）とは

$$F(x_1, x_2, x_3, \dots) \Rightarrow \text{Functionality}$$

注目する物性や機能（functionality）を支配する法則が分からない場合に、それらと、記述子( $x_1, x_2, x_3, \dots$ ) の間の関係を機械学習などデータ科学的手法によって見出すこと、また、適切な記述子を見つけること。







# わが国が強みを持つフィジカル空間技術の強化を

- ▶ 既存のハードウェア技術にサイバー技術を持ち込んでも超スマート社会は実現しません。
- ▶ CPSが求める新しいエッジ側でのデバイス開発、特に省資源・省エネルギーの新原理デバイスの実用化・基盤技術の開発が求められます。この分野はわが国が競争力をもつ分野です。
- ▶ 我が国が強みを有する材料分野においても、マテリアルズインフォマティクス(MI)を活かし、革新的な高信頼性材料の開発が求められます。
- ▶ フィジカル空間の技術者には、MIなど「サイバー」技術を貪欲に取り込みながら、サイバー・フィジカル時代を先導する新しい材料・デバイスの開発に邁進されることを期待します。



# 社会課題の解決にむけたサイバー空間の基盤技術とは？

- ▶ 「ヒューマン・インタラクション基盤技術」  
介護、教育、接客等人とAIの協働が効果的と考えられる分野における実証実験を通して有効性検証を行う必要があります。
- ▶ 「分野間データ連携基盤」  
産官学でバラバラに保有するデータを連携し、AIにより活用可能なビッグデータとして供給するプラットフォームを整備する必要があります。
- ▶ 「AI間連携基盤技術」  
複数のAIが連携して自動的に条件を調整しあう技術を開発する必要があります。



## 2期SIPに見るサイバー及び フィジカル空間の技術

- ▶ 内閣府でも、サイバー空間に加えてフィジカル空間の重要性を意識し始めています。
- ▶ 2期SIPにおいて「フィジカル空間基盤技術・フィジカル領域デジタルデータ処理基盤技術」「材料開発基盤統合型材料開発システムによるマテリアル革命」「光・量子技術基盤光・量子を活用したSociety 5.0 実現化技術」などが対応します。



## 2期SIPに見るサイバー及びフィジカル空間の技術

- ▶ 内閣府でも、サイバー空間に加えてフィジカル空間の重要性を意識し始めています。
- ▶ 2期SIPにおいて「フィジカル空間基盤技術・フィジカル領域デジタルデータ処理基盤技術」「材料開発基盤統合型材料開発システムによるマテリアル革命」「光・量子技術基盤光・量子を活用したSociety 5.0 実現化技術」などが対応します。

NO	課題候補	課題名
1	サイバー空間基盤技術	ビッグデータ・AIを活用したサイバー空間基盤技術
2	フィジカル空間基盤技術	フィジカル空間デジタルデータ処理基盤
3	セキュリティ（サイバー・フィジカル・セキュリティ）	IoT社会に対応したサイバー・フィジカル・セキュリティ
4	自動走行	自動運転（システムとサービスの拡張）
5	材料開発基盤	統合型材料開発システムによるマテリアル革命
6	光・量子技術基盤	光・量子を活用したSociety 5.0実現化技術
7	バイオ	スマートバイオ産業・農業基盤技術
8	エネルギー・環境	脱炭素社会実現のためのエネルギーシステム
9	防災・減災	国家レジリエンス（防災・減災）の強化
10	健康・医療	AIホスピタルによる高度診断・治療システム
11	物流（陸上・海上）	スマート物流サービス
12	海洋	革新的深海資源調査技術

# 2期SIP 課題01 「ビッグデータ・AIを活用したサイバー空間基盤技術」

## ビッグデータ・AI

- ▶ ここでは、
- ▶ Society 5.0を具現化するためにはサイバー空間とフィジカル空間とが**相互に連携したシステム作り**が不可欠であり、未ださまざまな開発要素・課題がある。
- ▶ 本課題では「サイバー空間基盤技術」の中で特に、
  - ▶ 「ヒューマン・インタラクション基盤技術」
  - ▶ 「分野間データ連携基盤」
  - ▶ 「AI間連携基盤技術」

を確立し、ビッグデータ・AIを活用したサイバー・フィジカル・システムを社会実装するとしています。

### 01. ビッグデータ・AIを活用したサイバー空間基盤技術

#### 目指す姿

##### 概要

Society 5.0を具現化するためにはサイバー空間とフィジカル空間とが相互に連携したシステム作りが不可欠であり、未ださまざまな開発要素・課題がある。本課題では、「サイバー空間基盤技術」の中で特に、人とAIの協働に資する高度に洗練された「ヒューマン・インタラクション基盤技術」と、「分野間データ連携基盤」、「AI間連携基盤技術」を確立し、ビッグデータ・AIを活用したサイバー・フィジカル・システムを社会実装する。

##### 目標

- 以下の基盤技術を確立し、生産性(作業時間・習熟速度等)を10%以上向上させる実用化例を20以上創出
- ▶ 人とAIの高度な協調を可能とする「ヒューマン・インタラクション基盤技術」を開発し、人とAIの協働が効果的と考えられる分野(例えば介護、教育、接客等)における実証実験を通じた有効性検証と実用化例を創出
  - ▶ 産官学でバラバラに保有するデータを連携し、AIにより活用可能なビッグデータとして供給するプラットフォームである「分野間データ連携基盤」を、3年以内に整備し、5年以内に本格稼働させ、実用化例を創出
  - ▶ 複数のAIが連携して自動的にWin-Winの条件等を調整する「AI間連携基盤技術」を開発し、実証実験を通じた有効性検証と実用化例を創出

##### 出口戦略

各分野(介護、教育、接客等)の出口となるユーザー(企業を含む)が開発の初期段階から参画し、開発実施者と多様なユーザーが基盤技術を活用した実証実験を実施することで、新たなビジネスモデルの創出を促進

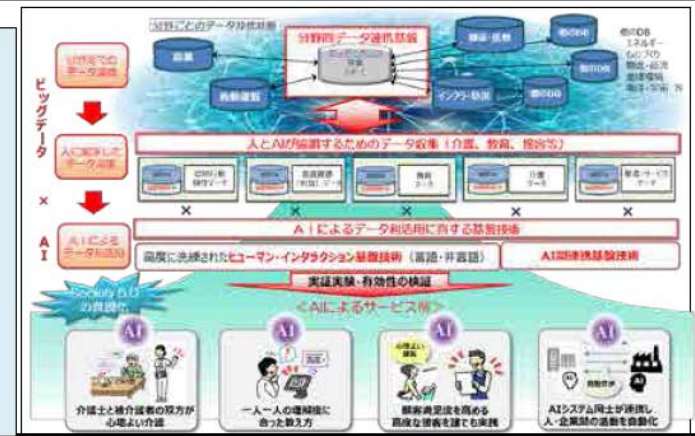
##### 社会経済インパクト

我が国の生産性の目標(2020年まで年2%向上)の達成、介護士不足(2025年で約37万人不足、離職率約17%(2015年))の改善、増加する社会保障費(2025年で約20兆円)抑制等に寄与

#### 達成に向けて

##### 研究開発内容

- (1) ヒューマン・インタラクション基盤技術：
  - ▶ 人とAIの高度な協調を実現するための人の行動・認知に関わる非言語データを収集・構造化し、状況判断やコミュニケーションを個人に合わせて支援する高度なインタラクション技術の開発
  - ▶ 人とAIが協働するためのマルチモーダルな記憶・統合・認知・判断を可能とする高度対話処理の技術開発
  - ▶ 各分野(介護、教育、接客等)でのプロトタイプングと有効性検証
- (2) 分野間データ連携基盤：
  - ▶ 分野を越えたデータ共有と利活用のための技術開発とプラットフォーム整備
- (3) AI間連携基盤技術
  - ▶ 複数のAIによる自動的な協調・連携(例：複数企業間での取引条件の自動調整等)のための通信プロトコルや語彙、アルゴリズム等の技術開発
  - ▶ AI間の自動連携が効果的な分野でのプロトタイプングと有効性検証



関係府省：IT戦略室、総務省、文部科学省、経済産業省  
 ※本研究開発計画については、現在プログラムディレクターにおいて検討中のものです。

# 2期SIP 課題02 「フィジカル空間 データ処理基盤」

▶ ここでは、

「次世代のデジタルデータ処理基盤として、日本が競争力を有するエッジ側でのデバイス開発・システム化に戦略的に取り組むため、**日本が強みを持つ新材料・新原理デバイスの実用化・基盤技術の開発**、さらに爆発的普及を促すために各府省の関連する成果と統合した超高効率ハイブリッド型モジュールを開発する」

としています。

## デバイス × データ処理

### 02. フィジカル空間デジタルデータ処理基盤

**目指す姿**

**概要**

Society 5.0実現の要である高度なサイバーフィジカルシステム(CPS)では、あらゆる現実空間を計算機に把握させ、意味のある時間内で最適化処理してフィードバックすることが求められる。これには、センサ近傍の圧倒的に少ない計算リソースで高度な分析を行いながら要求された時間内でフィジカル空間を制御する技術、電力消費量を大幅に削減する超低消費電力技術、従来取得できなかった情報を利用可能にする革新的センサ技術、CPS構築に必要な社会実装技術等が重要である。本課題では、これらの技術課題の解決を行うとともに、専門的なIT人材でなくても容易に高度なIoTソリューションを創出できるプラットフォームを構築し、我が国の社会課題の解決や新たな産業の創出によるSociety 5.0の実現を目指す。

**目標**

- ・ Society 5.0の中核基盤技術として、従来と比較してIoTソリューションの開発期間または開発費用を1/10以下に削減するプラットフォームを他国に先駆けて開発する。
- ・ 超低消費電力IoTチップと革新的なセンサ技術を実現し、センサ近傍処理に必要な電力を1/5以下に削減するなど、従来設置できなかった環境での計測を可能にする為の技術開発を行う。
- ・ 上記プラットフォームおよびIoTチップ・革新的センサ技術の有効性を生産分野などで実証するとともに、複数の実用化例を創出し、社会実装の目途をつける。

**出口戦略**

産業界にフィジカル空間の課題解決の具体例を示すとともに、関連企業のコンソーシアム等によりプラットフォームを自律的に維持更新できる仕組みを構築し、普及促進を図る。

**社会経済インパクト**

- ・ 2025年までに企業のIoTソリューション導入率を90%以上に引き上げる。(現状の調査における2025年までの導入見込み…日本65%、他の主要国90%程度<sup>\*1</sup>)
- ・ 2030年にはIoT市場規模を273兆円増(1,495兆円)に引き上げる<sup>\*2</sup>ことに大きく貢献。

**達成に向けて**

**研究開発内容**

**I. IoTソリューション開発のための共通プラットフォーム技術**  
フィジカル空間の多様かつ莫大な情報をセンサ制御しながら収集し学習型分散マルチモーダル分析にてICT利活用のためのデジタル化を行う技術、サイバー空間からの要求に基づいて現場のアクチュエータを確実に接続・制御し連携する技術、システム構築や運用を簡易化する技術を開発し、プラットフォームとして提供する。

**II. 超低消費電力IoTチップ・革新的センサ技術**  
これまで収集できなかったデータを発掘できる、小型・低コストで実装可能な革新的センサ技術や、低消費電力でデータ処理を行う超低消費電力IoTチップの開発・実用化を行う（Iのプラットフォームで活用することも想定）。

**III. Society 5.0実現のための社会実装技術**  
Society 5.0実現に向け、クラウドシステムベースでは実現不可能なリアルタイム処理・フィジカル空間の制御管理等、CPS構築に必要な社会実装技術の開発を行う。  
※ I、II、IIIが有機的に連携した研究開発を推進する。

関係府省：文部科学省、農林水産省、経済産業省、国土交通省

※本研究開発計画については、現在プログラムディレクターにおいて検討中のものです。

※本研究開発計画については、現在プログラムディレクターにおいて検討中のものです。

# 2期SIP 課題05

## 「統合型材料開発システムによるマテリアル革命」

▶ 提言では、

「我が国が強みを有する材料分野において、AIを駆使した材料開発手法の刷新に向けた投資が欧米等で行われており、喫緊の対応が必要。産学官が連携して取り組んできたマテリアルズインテグレーション(MI)の素地を活かし、次期SIPでは、欲しい性能から実際の材料・プロセスをデザインする「逆問題」に対応したMIを、世界に先駆けて開発する。さらに、MIを先端材料・プロセスに展開し、材料メーカー・重工メーカー等と一体的な開発体制のもと革新的な高信頼性材料を開発する」

としています。

# IT×マテリアル

## 05. 統合型材料開発システムによるマテリアル革命

### 目指す姿

概要

- 日本が強みを有し、質の高いデータをもつ材料分野において、AIを駆使した材料開発に欧米中国等が集中投資しており、我が国として対応が急務。
- 産学官で取り組んできたマテリアルズインテグレーション(MI)を活かし、材料工学と情報工学の融合で材料開発手法を刷新。世界に先駆けて、欲しい性能から材料・プロセスをデザインする「逆問題MI」を開発。
- 逆問題MIを先端材料・プロセスに展開して、社会実装を加速する。

目標

- 材料開発コストを50%以下、材料開発期間を50%以下に低減するとともに、材料の新しい機能を引き出す逆問題MIを開発し、その有効性を実証するとともに、民間企業や研究機関等に広く活用される体制を構築する。
- 逆問題MIを活用しつつ、設計自由度の高い複合材料や耐熱合金の最先端プロセスの開発を行い、発電プラント等の環境・エネルギー産業や航空機産業、健康・医療産業等で実部材として活用される目途をつける。

出口戦略

- 逆問題に対応する次世代MIシステムの実装・産業界による利用
- MIの適用例として産業用発電プラントや航空機機体・エンジン等の最先端材料・プロセスを想定し、材料/重工メーカーと連携して成果を実装

社会経済インパクト

- MIの実装により素材メーカー等の材料開発を加速し、産業競争力を強化。  
〔※金属、化学、繊維・皮革、窯業・紙、容器・包装、その他素材加工品等大手10社の研究開発費は1.5兆円。この下で行われる新材料開発を大幅に加速し、売上高63兆円を拡大〕
- 更新需要が増える中小型航空機の飛躍的な軽量化・エンジン効率化 等

材料工学 4要素

パフォーマンス  
(時間依存特性)

設計 → 計算

プロセス ← 特性

構造

マテリアルズインテグレーション  
計算機上で材料工学4要素を  
連関させるシステム

### 達成に向けて

研究開発内容

- 逆問題MI基盤技術
  - ・逆問題解析技術
  - ・様々な材料プロセスをデザインする技術
  - ・原子から構造体をデザインする技術
  - ・構造材料特有のデータベース構築技術
  - ・逆問題MIの基盤となる統合システム技術
- 逆問題MIを展開していく適用例
  - 最先端構造材料【究極の軽く、強い材料】
    - ・多機能(難燃)高分子複合材料の開発
    - ・次世代超高張力鋼・超々ジュラルミンの開発 等
  - 最先端プロセス【究極の自在な造形】
    - ・耐熱合金(Ni基、TiAl等)の3D積層造形技術の確立
    - ・超耐熱複合材料の成形・評価技術の確立 等



プロセスから構造、損傷・亀裂発生等を予測する技術を素地に、逆問題解析

最先端材料・プロセス

#### 逆問題MI基盤技術

プロセス
構造
特性
パフォーマンス

条件

組成

部材形状

材料工学 × 情報工学

構造材料データベース

寿命

損傷箇所

逆問題MIは世界で勝つ鍵技術

実材料は因子が多く、組み合わせが爆発。

材料工学と情報工学の融合で材料開発を刷新

先端材料・プロセスへ展開・開発効率化を実証

【日本を代表する材料メーカー・重工メーカー各社の参画を想定】

我が国が強みを有する最先端構造材料・プロセスに適用

関係府省：内閣府、文部科学省、経済産業省

※本研究開発計画については、現在プログラムディレクターにおいて検討中のものです。

# 2期SIP 課題06

## 「光・量子技術基盤

## 光・量子を活用し

## Society5.0実現化技術」

▶ 現在、IoT/AIからスマート製造へと投資が開始されているが、**社会・産業界共通の投資を阻むボトルネックが存在する。**

▶ 我が国が強みを有す**光・量子技術**を活用し、これらのボトルネックを解消可能な加工、情報処理、通信の重要技術を厳選・開発を行い、『レーザー加工市場シェア奪還のための日本発コア技術等の製品化』『ものづくり設計・生産工程の最適化』『高秘匿クラウドサービスの開始』等を達成し、Society5.0実現を加速度的に進展させる。

# 光/量子

## 光・量子を活用したSociety 5.0 実現化技術

別紙

<b>目指す姿</b> <b>概要</b> Society 5.0 実現には、 <b>サイバー空間とフィジカル空間を高度に融合させるサイバーフィジカルシステム(CPS)の構築が鍵</b> 。現在、IoT/AIからスマート製造へと投資が開始されているが、 <b>社会・産業界共通の投資を阻むボトルネックが存在</b> 。我が国が強みを有す <b>光・量子技術を活用し</b> 、これらの <b>ボトルネックを解消可能な加工、情報処理、通信の重要技術を厳選・開発</b> を行い、「 <b>レーザー加工市場シェア奪還のための日本発コア技術等の製品化</b> 」「 <b>ものづくり設計・生産工程の最適化</b> 」「 <b>高秘匿クラウドサービスの開始</b> 」等を達成し、 <b>Society5.0実現を加速度的に進展</b> させる。	
<b>出口戦略</b> 下記に示すような技術・サービスの社会実装を行う。 ・最適加工条件を提案・実行する <b>CPS型レーザー加工機の実現</b> ・高品質なレーザー加工を実現する <b>非熱レーザー加工装置の実用化</b> ・ <b>組合せ最適化問題の高度処理に関するサービスの提供</b> ・絶対に破られない <b>量子暗号を用いた通信サービスの提供</b> 等	<b>社会経済インパクト</b> 左記の社会実装を通じて、下記のような社会経済インパクトを実現する。 ・日本発コア技術等の製品化による <b>レーザー加工市場シェアの奪還</b> ・ものづくり設計・生産工程の最適化による <b>スマート製造の実現</b> ・高秘匿情報の安全な流通等による、 <b>医療・製造分野の生産性向上</b>

<b>達成に向けて</b> <b>研究開発内容</b> <b>I. レーザー加工</b> ① <b>サイバー（シミュレータ）とフィジカル（レーザー加工）の高度な融合</b> によるスマート生産の実現（特定用途のCPS（サイバーフィジカルシステム）型レーザー加工機の開発） ② <b>日本が有するコア技術「空間光変調技術」の開発</b> によるスマート生産の実現（高耐光・高精度空間光変調技術の開発） ③ <b>日本発フォトニック結晶レーザーの高出力化の実現</b> <b>II. 光電子情報処理</b> ○ <b>光電子情報処理のソフトウェア、ミドルウェア開発</b> によるものづくり設計・生産工程の最適化 <small>※ImPACT, Q-LEAP, NEDOプロ等の状況を踏まえ、今後検討</small> <b>III. 光・量子通信</b> ○ <b>絶対に破られない量子暗号を用いたクラウドサービスの開発</b> （量子セキュアクラウド技術の開発）		
--	--	--

※本資料は、課題選定時に関係省庁間で検討した内容を示したものです。選任されたプログラムディレクターは、この内容を踏まつつも、この内容には必ずしも限定されない研究開発計画案を作成し、SIPガバナリングボード、プログラム統括、事務局との間の意見交換等（いわゆる「作り込み」）を経て、最終的な研究開発計画が策定されることとなります。





### 科学技術基本計画の変遷

科学技術基本法(1995年制定)

- 第1期 (96~2000年度)**
  - 政府研究開発投資の目標額を設定(17兆円)
  - 競争的研究資金制度の拡充
  - ポストドクター(博士号取得者)1万人計画
- 第2期 (01~05年度)**
  - 重点4分野の設定(ライフサイエンス、情報通信、環境、ナノテクノロジー)
  - 基礎的な分野として推進する4分野も設定(エネルギー、製造技術、社会基盤、フロンティア)
- 第3期 (06~10年度)**
  - 国家基幹技術を設定(スーパーコンピューター、ロケットなど)
  - イノベーションの創出を目指す
- 第4期 (11~15年度)**
  - 科学技術とイノベーションの政策を一体的に推進
  - 分野別の重点化から、課題達成型の重点化に転換
- 第5期 (16~20年度)**
  - 「超スマート社会」を実現する「ソサエティ5.0」を提唱
  - 被引用回数が多い論文の数など、計画進捗を把握するための目標値を設定
- 第6期 (21~25年度)**



ノーベル化学賞の受賞が決まった吉野彰氏(左から2人目)を招いて開かれたCSTI(11月11日午前、首相官邸)

## 研究力低下 どう立て直す？

96年度からの第1期では、政府の研究開発投資の目標値を示したことが実際の投資拡大につながったという評価がある。21世紀初頭に政府の研究開発投資を欧米主要国並みの対国内総生産(GDP)比1%の規模に増やすことを目標に掲げ、第1期総額で約17兆円という数字を設けた。

政府の投資規模の目標値は第2期以降も設定された。第2期で24兆円、第3期と第4期では25兆円を掲げたが、第1期以外は達成できていない。第5期の26兆円も困難な見通しだ。厳しい財政事情の重みで、1期のような積極投資を望みにくい状況にある。

第2期(01~05年度)は「選択と集中」の方針を強く打ち出した。研究資金などを優先的に配分する「重点4分野」としてライフサイエンス、情報通信、環境、ナノテクノロジーの4つを選んだ。エネルギー、製造技術、社会基盤、フロンティアの4分野も重要として基盤的な分野として推進することにした。

第3期(06~10年度)はロケット、スーパーコンピュー

## 政策乱立、役割・現状整理を

基本計画は科学技術の振興を主目的として始まったが、策定を重ねるたびにイノベーション政策の比重が高まった。乱立気味な政策の役割と現状を整理し、効果的なあり方を考える必要がある。

引用される回数が多い研究論文数などのデータを見れば、日本の研究力は相対的に低下している。若手研究者の育成や支援、基礎研究の強化など長く指摘されながら抜本的に改善できていない課題も多い。危機感を感じ、課題も多岐にわたる。これまでの反省を生かした第6期の策定が求められる。(越川智瑛)

ターなどを国家的なプロジェクトとして集中的に投資すべき「国家基幹技術」に位置づけた。ここから、社会に大きな変化をもたらすイノベーションの創出を目指すことが盛り込まれるようになった。

第4期(11~15年度)は科学技術とイノベーションの一体的な推進を描いた。分野別に重点対象を決めるのではなく、国として取り組むべき課題を設けるように転換した。課題達成型にして研究分野の縦割りを避ける狙いもあるが、出口志向の応用研究を助長するという批判もある。

現在の第5期では、日本が世界に先駆けた「超スマート社会」を実現する「ソサエティ5.0」を提唱した。狩猟社会や農耕社会、工業社会、情報社会の4つに続く新たな社会を目指すとした独自の概念を打ち出した。官民で日本の未来社会の姿を共有し、一体で取り組むことを目指しているが、この概念が浸透しているとはいえない。

CSTI議員の三菱ケミカルホールディングス会長の小林喜光さんは「温暖化ガスやプラスチックごみなど環境や社会の問題がますます重要な時代だ。ソサエティ5.0を再定義し、第5期で描いた概念がどこまで進んだのか把握しなければならぬ」と指摘する。

科学技術基本計画は今後10年程度の将来を見通し、科学技術政策の5年間の方針をまとめたものだ。5年ごとに策定し、現在は16年度から20年度までの第5期にある。策定は95年成立の科学技術基本法に基づいて始まった。

策定するのは、政府の科学技術政策の司令塔である総合科学技術・イノベーション会議(CSTI)だ。その下に基本計画を議論する専門調査会を8月に設け、第6期の検討会を始めた。これまでの見直しから始めており、11月の関連会合では、基本法を改正してイノベーションの創出の概念を加えるなどの方向性を議論した。

## 科学技術計画「第6期」策定へ

国の科学技術政策の方針を示す新しい「科学技術基本計画」の検討が始まった。国際競争や経済成長のために科学技術の振興に力を入れようとする96年から計画は始まったが、激しい国際競争の中、退潮傾向にある日本の研究力などをどう立て直すかが問われている。これまでの問題をきちんと点検し、2021年度から始まる第6期の計画を生かすことが重要だ。



### 科学技術基本法

### キーワード

科学技術政策の基本的な枠組みや理念を定めた法律で、1995年に議員立法で成立した。当時の日本は戦後の復興と高度経済成長で欧米の先進国に追いつく一方、バブル崩壊で不況に陥り、科学技術の政策転換が必要だと考えられていた。

科学技術の振興を総合的に進めるため、政府に科学技術基本計画の策定を義務付けている。政府は基本計画に必要な資金の確保に努める。制定から約四半世紀がたち、科学技術とイノベーション創出の関係が盛り込まれていないなど現在の政策とのズレも大きくなった。政府は抜本的な改正を検討している。

### 政府、科学技術基本法改正へ

#### AI・ゲノム念頭 法学や哲学重視

研究助成に反映

19年度科学研究費の配分割合

分野	割合
人文・社会科学	38.9%
理学	11.7%
工学	7.0%
化学	8.1%
生物学	9.4%
数理学科	25.9%

【注】新規の直接経費

出せるようになった。半導体やAIの分野は、政府の政策が効果を発揮している。一方で、基礎研究の分野では、政府の政策が効果を発揮していない。政府は、基礎研究の分野に力を入れたい。政府は、基礎研究の分野に力を入れたい。政府は、基礎研究の分野に力を入れたい。



## 第6期科学技術基本計画に向けて

### 第5期科学技術基本計画期間中に顕著になった課題

#### 「研究基盤の共用」を阻むボトルネック

- ✓ 「組織」の理解…共用は組織の恒常的支援が不可欠。組織の基幹的機能として位置付けが必要。
- ✓ 「利用者」の理解…「すべて自分で持つ」との考えを転換し、限りあるリソース（予算、設備、人材）の有効活用を促す意識改革が必要。

#### 「研究基盤の整備・更新」を阻むボトルネック

- ✓ 大学・研究機関において、設備整備・更新に充てられる予算は近年大幅に減少。老朽化も進行。
- ✓ 特に、国内有数の設備（数億～十数億円規模）を共用する現場では、自助努力にも限界。

#### 「技術職員の育成・確保」を阻むボトルネック

- ✓ 技術職員は、研究者とともに課題解決を担うパートナーとして成果創出に必須の存在だが、キャリアパスが明確でない等、人材確保が困難に。
- ✓ 組織化や適切な評価、組織の枠を越えた人材育成が急務。

### 第6期科学技術基本計画に向けて目指すべき方向性／特に取り組むべき事項

#### 目指すべき方向性

- 全ての研究者に開かれた研究設備・機器等により、より自由に研究に打ち込める環境を実現
- 研究基盤＝ハード（機器）＋ソフト（人材・システム）と捉え、組織・分野で最適な基盤を構築
- 長期的ビジョンに立ち、我が国の研究基盤の全体像を俯瞰



#### 大学・研究機関の「基幹的機能」として研究基盤を整備・共用（「ラボから組織へ」）

- トップマネジメントにより、研究機関全体として戦略的に機器の整備・共用を推進
- 基盤整備を研究機関の「基幹的機能」として明確化し、取組を積極的に評価
- 共用化のためのガイドライン作成、設備導入時のレンタル活用等、好事例を展開
- 機器の共用化に協力する研究者への明確なインセンティブを提供

#### 国内有数の先端的な研究設備を中長期的な計画に基づき整備・更新

- 国全体の研究設備を俯瞰し、中長期的視点から全体最適化した整備
- 設備・人材・システム等全体の戦略的配置、機関連携による地域協調的な整備
- 民間企業との共同設置等、一層の産学官連携を促進

#### 研究基盤の運営の要である技術職員の活躍を促進

- 専門性を活かしつつチームとして機能し、キャリアアップを実現できるよう、組織化
- 研究者のパートナーとして課題解決に取り組む高度な専門性を身に付け、多様なキャリアパスを実現するため、組織や分野を越えた高度な技術職員を育成・確保

#### 世界をリードする戦える新技术を開発

- 研究開発の初期段階から製品化段階までをバランス良く支援
- 測定されるデータの統合・解析等、IT技術との連携
- 研究開発の生産性向上に繋がる基盤技術を開発



# 今日の講義 どう受け止めましたか？ 自分の言葉で表現しましょう

今進めている研究に対して  
将来の進路に関して  
社会への貢献について