

# ムーンショット型研究開発制度が目指す未来像 及びその実現に向けた野心的な目標について（案）

令和元年 7 月 3 1 日  
ビジョナリー会議





# ビジョナリー会議における検討状況

- ✓ ムーンショット型研究開発制度は、未来社会を展望し、困難だが実現すれば大きなインパクトが期待される社会課題等を対象として、国が野心的な目標を設定し、その実現に向けた様々な研究アイデアを国内外から募集することとしている。
- ✓ この野心的な目標の設定に当たり、ビジョナリー会議は、これまで4回の会合を重ね、産業界からの意見聴取、一般の方々(約1,800件)や関係府省からの提案の受付等を行い、本制度が目指すべき未来像及びその実現に向けた具体的な目標を検討してきたところ。

## ビジョナリー会議構成員

北野 宏明	ソニーコンピュータサイエンス研究所 代表取締役社長、所長
落合 陽一	メディアアーティスト 筑波大学 准教授
尾崎マリサ優美 (スプツニ子!)	アーティスト 東京大学 特任准教授
座長 小林 喜光	(株)三菱ケミカルホールディングス取締役会長
西口 尚宏	(一社)Japan Innovation Network 専務理事
藤井 太洋	SF作家
江田 麻季子	世界経済フォーラム 日本代表

## 検討状況・今後の予定

### 3月29日 第1回会合

- ムーンショット目標において考慮すべき視点等について審議

### 4月22日 第2回会合

- アカデミア・産業界代表からの要望聴取
- ムーンショット目標策定の考え方・基準等について審議

### 5月23日 第3回会合

- ムーンショット目標策定に向けた議論

### 6月14日 懇談会(非公開)

- ムーンショット目標例に関する議論

### 7月31日(予定) 第4回会合

# ムーンショット目標策定の考え方・基準

## Inspiring

- ✓ 目的や緊要性が明確に理解されるもの
- ✓ 困難だが、実現すれば将来の産業・社会に大きなインパクトが期待されるもの
- ✓ 多くの国民や海外と価値観を共有できるものであること（ 国民・世界 ）
- ✓ 我が国の国益や産業競争力の確保に向け、科学者の英知を結集して行うことができるもの（ 研究者・産業界 ）

## Imaginative

- ✓ 未来の社会システムの変革をも目指すものであること
- ✓ 多くの国民が、テクノロジーが切り拓く未来の可能性を明確にイメージできるもの

## Credible

- ✓ 野心的であるが、科学的に実現可能性を語り得るもの（ 実現可能性のある技術的なアイデアが複数存在すること ）
- ✓ 達成状況が検証可能なものであること
- ✓ 既存の関連する戦略や施策の方向性と整合的であり、それらの成果も統合的に活用できること

注：目標策定に当たっては、望ましい未来社会の実現を目指し、テクノロジーやサイエンスをどのように活用し、人々の幸福や豊かな生活を実現していくか、といった考え方（ヒューマン・セントリック）を基本とする。

# ムーンショット目標の粒度感

- 困難な社会課題の解決等に向け、原則、バックキャスト型でアプローチするため、チャレンジ(社会課題等)、ミッション(ムーンショット目標)、プログラムの3つのステージに分解して、目標の具体的な内容(粒度感)を議論してきたところ。

	分野 (重点領域)	チャレンジ (社会課題等)	ミッション (ムーンショット目標)	プログラム
EUの例	● 資源・環境	● 家庭ゴミゼロ	● 完全にリサイクル可能な包装技術	Horizon Europe
米国の例	● 軍事	● 米軍の技術優位性維持	● 兵士の回復力を加速させる	● 人体の神経系により義手を自在に操作する技術 DARPA 米国国防高等研究計画局
日本の例 (ムーンショット)	● 世界・未来の課題からバックキャスト ● 日本の産業・技術の「強み」		Inspiring, Imaginative, Credible	我が国の基礎研究の「強み」 を活かした挑戦的研究開発
	↓ ビジョナリー会議		↓ CSTI決定(予定)	↓ JST・NEDO

# ムーンショット目標設定の考え方

- ✓ 我が国の国益や将来の産業競争力の確保、海外との価値観の共有、テクノロジーが切り拓く未来の可能性等の視点から、以下の3つの領域を対象として、我が国が目指すべき未来像及びその実現に向けたミッション目標例(ムーンショット目標例)を特定。

## <ねらい>

困難な社会課題の解決に挑み、その中から革新的なソリューションを生み出すことによって、新たな価値づくりで世界をリードする。

発想力・想像力豊かな科学者のポテンシャルを引き出し、従来の研究制度では取り組み得ないような野心的な目標を掲げ、目標達成過程において多様な研究開発を誘発することにより、30年後の未来を切り拓く。

## <目標設定に向けた3つの領域>

急進的イノベーションで少子高齢化時代を切り拓く

地球環境を回復させながら都市文明を発展させる

サイエンスとテクノロジーでフロンティアを開拓する

## <効果>

多様性を内包した持続的社會を実現し、  
経済を持続的に成長

人類の共通課題に新たなソリューションを  
提供し、価値創造で世界をリード

壮大な構想を掲げ世界中から英知を結集し、  
イノベーションに適した国に

世界から尊敬・信頼される科学技術立国日本への復活

# 急進的イノベーションで少子高齢化時代を切り拓く

「誰もが夢を追求できる社会」  
の実現（インクルージョン・イノベーション）

「100歳まで健康不安なく、  
人生を楽しめる社会」の実現  
（Well Agingの実現）

完全無人化による産業革新

人間の能力拡張技術  
の実現

人間の能力補完技術  
の実現

無意識に健康を維持でき  
る技術の実現  
（Precision Healthcare）

Universal Medical  
Accessの実現

世界に先駆けた完全  
無人・自動化産業モ  
デルの創出

2050年まで  
にサイボーグ  
化技術の実現  
（人間拡張技  
術）

2040年まで  
に移動の完全  
ユビキタス化  
を実現  
（SDG11-2）

2040年まで  
にほぼ全ての  
人のほぼ全て  
の行為と体験  
をアバター経  
由で実現

2035年まで  
に高齢者の  
QoLを劇的改  
善

2040年まで  
に予防的措置、  
ウェルネスが  
主流となる生  
活の実現

2040年まで  
に「どこでも  
医療」アクセ  
スの実現

2040年まで  
に農林水産業  
の完全自動化  
を実現  
（SDG2-4）

2040年まで  
に建設工事の  
完全無人化を  
実現

注1：ミッション目標例については、今後専門家ヒアリングや国際シンポジウムにおける議論を踏まえ更に精査し、必要に応じ見直す。

注2：各ミッション目標の達成に向けた研究開発は、技術開発だけでなく、人文社会科学系の研究者を含め、社会実装を前提とした実証的な研究開発を積極的に推進する。

# 目指すべき未来像 「急進的イノベーションで少子高齢化時代を切り拓く」

少子高齢化の進展により、今後、我が国では、労働力不足の深刻化や、地方における過疎化・空洞化の進展、社会保障費の増大に伴う財政圧迫など様々な問題に直面することが予想されるが、こうした困難な状況は、科学技術イノベーションを創出する上で千載一遇のチャンスとも捉えることができる。潜在的な社会ニーズの存在こそが、イノベーションの促進力であり、そこから革新的なソリューションや急進的イノベーションが創出される。

また、少子高齢化・人口減少問題は、我が国と同様の人口動態をたどる多くの先進諸国やアジア周辺国においても共通の課題となることは必至であり、課題先進国たる日本が世界のフロントランナーとして、世界中から英知を結集して解決を図るべき重要な研究領域と言える。

については、本領域では、上記課題解決を念頭に、人間中心（ヒューマン・セントリック）の考え方、人々が幸福や豊かさを実感できる社会を前提として、以下の3つの未来像を掲げ、その実現に向けた具体的なミッション目標例（7～9頁）を特定した。

## （1）「誰もが夢を追求できる社会」の実現（インクルージョン・イノベーション）

高齢者、外国人、障がい者など多様な背景や価値観を持った人々が、自らのライフスタイルに応じ、年齢、文化、身体的な能力、時間・距離の制約を超えて世界とつながり、夢を追求する機会が最大化される社会の実現を目指す。

## （2）「100歳まで健康不安なく、人生を楽しめる社会」の実現（Well Agingの実現）

人生100年を前提として、いつまでも明るく健康であり続けることができる社会の実現を目指し、国民の多様な健康・医療ニーズに即した新たなソリューションを生み出し、世界の健康・医療にも貢献する。

## （3）完全無人化による産業革新

AI・ロボット等の導入による産業の自動化・無人化を徹底的に追求し、長年の経験や人手作業を必要とする農林水産業や建設業等の世界に産業革新をもたらし、事故ゼロ、無騒音、超高難度建築の実現など自動化システムで初めてもたらされる価値の創出に挑戦する。



ミッション目標例

具体的なミッション内容及び誘発される研究開発のイメージ

<p>① 2050年までにサイボーク化技術の実現（人間拡張技術）</p>	<p>年齢や文化、身体的な能力等の制約を超え、自らのライフスタイルに応じ、全ての人々が夢を追求・実現し得る人間拡張技術を確立する。例えば、ロボットと生体組織とを融合したサイボーク化技術を確立することにより、老化により低下する視聴覚機能や認知・運動能力等を補強する。これにより、誰もが必要とする能力をいつでも拡張できるようになり、自らの能力の限界を打破できることとなる。</p> <p><b>【誘発される研究開発のイメージ】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 生体融合が可能な義手・義足やアクチュエーターの開発による身体機能拡張</li> <li>・ デザインに基づいた組織を生体内で生成する技術</li> <li>・ 人間の認知・思考能力、感覚、運動能力を拡張するBMI/生体融合型コンピュータの開発</li> </ul>
<p>② 2040年までに移動の完全ユビキタス化を実現</p>	<p>鉄道やバスのような公共交通サービスだけでなく、自動車や自転車、車いす、パーソナルモビリティ、有人ドローン（空飛ぶタクシー）、船舶などのあらゆる交通サービスを自動化・統合化することにより、何時でもどこでも、誰もが最適な移動サービスをスマートフォン上等から選べる、「移動」のインクルージョンを実現する。これにより、都市の渋滞解消、高齢者が安全かつ安価に移動できるサービスの提供、離島・過疎地域における交通手段の確保、災害発生時における救急救命など、あらゆるニーズに対応した安全・快適な移動手段を実現する。</p> <p><b>【誘発される研究開発のイメージ】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ ドローンを含むあらゆるモビリティの自動走行化</li> <li>・ 全モビリティ統合システムの開発（Inclusive MaaSシステム）</li> <li>・ リアルタイムgoogleマップ（ダイナミック都市マッピング(4Dモデル)）の整備・活用とリアルワールド検索</li> </ul>
<p>③ 2040年までにほぼ全ての人のほぼ全ての行為と体験をアバター経由で実現</p>	<p>アバターやロボットを介し、時空や身体的な制約を超越して行動できるようにする。例えば、日本に居ながら、海外のアバターを介して世界中を旅することや、どこからでも不自由なく仕事をする、ALSなどの身体的制約を抱えた人であっても、身体的制約を感じずに社会参画を可能とする。また、世界中の人々と言語翻訳を通じていつでもどこでもつながり、実際に同じ空間にいるかのようなコミュニケーションを可能にする。</p> <p><b>【誘発される研究開発のイメージ】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 高度ロボティクス、センサー、人工筋肉など人間を超える感覚・運動能力を可能とする要素技術</li> <li>・ 高度な自律行動を可能とするEmbedded AIシステムとそれに連動した極めて自然なテレプレゼンス技術</li> <li>・ 世界中のあらゆる言語を瞬時に同時翻訳可能なシステム</li> <li>・ 触覚・味覚・嗅覚などの五感をリアルタイムに伝送する技術</li> <li>・ 大量のデータを分散処理するエッジ&amp;クラウド技術、遅延なく伝送するネットワーク技術</li> </ul>

ミッション目標例

具体的なミッション内容及び誘発される研究開発のイメージ

④	2035年までに高齢者のQoLを劇的改善	Q o Lの低下に影響をもたらす様々な症候群の発生メカニズムの解明や、各種感染症の予防・制御技術の確立、身体機能拡張・補完技術の開発などにより、老化に伴うQ o Lの低下を劇的に改善させ、100歳まで明るく健康に過ごすことができるようにする。
⑤	2040年までに予防措置・ウェルネスが主流となる生活の実現	健康維持に向け、個々人の行動変容（運動や食事コントロール等）を期待するだけでなく、人々が意識せずに健康や疾病の予防に取り組める様々なソリューションを生み出す。例えば、圧倒的に美味しいダイエット食・メニューの提供、身体の不調やストレスを予知して個々人に寄り添って健康をサポートするA I・ロボットなどが実現する。
⑥	2040年までに「どこでも医療アクセス」実現	日本全国、世界中のどこにいても高度な医療サービスがいつでも誰でも受けられるようにする。例えば、地方において遠方の名医に診断してもらえ、世界中どこにいても処方された薬がいつでも届けられる、大規模災害時には、世界中から医師が協力してアバターを介して遠隔操作の救急手当等に当たるなどを可能とする。
⑦	2040年までに農林水産業の完全自動化を実現	<p>長年の経験や人手作業を要する農林水産現場にA I・ロボット等を完全導入することにより、ロボット農機があらゆる環境情報をセンシングしながら、周辺自然環境に即した最適な栽培方法等をロボットが自動判断し、農作業を精密に遂行する完全自動・無人化システムを構築する。これにより、就農経験を有しない若者や企業、ベンチャー等の多様な経営体が参入できる条件を整備し、生産性の飛躍的な向上や国内農林水産業の持続化、新たな農業ソリューションの海外展開を図る。</p> <p><b>【誘発される研究開発のイメージ】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・生育条件（環境変化）に応じた農林水産物の全応答モデルのデジタル化</li> <li>・あらゆる環境情報等をセンシングし、機械処理して最適な栽培方法等を選択できるロボット</li> <li>・複数の無人ロボット群の制御・協調技術</li> <li>・多品種混生栽培など複雑な状況での効率的栽培と収穫を可能とするロボットシステム</li> </ul>

ミッション目標例

具体的なミッション内容及び誘発される研究開発のイメージ

建設資材の調達状況や周辺環境（騒音問題）等に応じ、建設ロボットが最適な工事プロセスや工法を判断し、自動的に施工管理を行う完全無人型の建設施工システムを確立する。これにより、建設現場の労働力不足や危険作業をなくし、騒音問題から解放されたスマートな建設産業を創出するとともに、人工衛星や5Gを活用した遠隔制御システム等との融合により、日本の建設産業の海外展開を目指す。

【誘発される研究開発のイメージ】

- 3次元図面情報（BIM/CIM）に基づく、複数建設機械・3Dプリンター等の協調施工技術
- BIM/CIMから一連の生産工程（材料調達、加工、組み立て等）の協調技術
- 5GやVRを活用した遠隔操作と自動制御の協調による遠隔施工システム
- 騒音がでない工法や物質・材料の改良、建設機械の開発など自動化で可能となる建築技法の確立
- 産業が完全自動化した際の社会・経済システムのあり方

⑧ 2040年までに建設工事の完全無人化を実現

注：医療分野に係る目標例の「誘発される研究開発のイメージ」は、今後、専門家ヒアリング等を行い、具体的に例示することとする。

# 地球環境を回復させながら都市文明を発展させる

資源

都市

自然環境

資源要求の劇的削減

資源の完全循環

環境中立な都市の実現

自然との共存

現在の1/10の資源要求で、生活水準が維持・向上できる技術・体制の実現

環境中立な産業・生活サイクルの地球規模での実現

環境中立な食料需給サイクルの地球規模での実現

インフラ・フリー & 環境中立で最高水準の生活を実現

生物多様性の維持・創出

2050年までに、現在の1/100の資源ロスで現在の生活水準が維持可能な工業生産・利用の実現 (SDG8.2)

2040年までに、単位計算量当たりエネルギー消費を1/1000に

2060年までに持続可能なエネルギー独立の達成 (SDG7.3)

2050年までに完全資源・物質循環の達成 (SDG9.4, 8.4)

2050年までにフード・ロスをなくし、全ての人々に必要な食料を効率的に届ける (SDG12.3)

2050年までに地球上からの「ゴミ」の廃絶 (SDG2.4, 12.5)

2050年までに環境中立で最高水準の生活を実現可能な大都市の実現 (SDG11.3)

2050年までに生物多様性を増大させる農業を地球規模で実現

2050年までにテラ・フォーミング技術確立

目指すべき未来像(枠組み)

ミッション目標例 (MS目標例)

注1: UN、World Economic Forum、X Prize Foundation等との国際連携を積極的に行う。

注2: 環境中立とは、排出権を取引などを行わないで、環境負荷がゼロの状態。

注3: ミッション目標例については、今後専門家ヒアリングや国際シンポジウムにおける議論を踏まえ更に精査し、必要に応じ見直す。

注4: 各ミッション目標の達成に向けた研究開発は、技術開発だけでなく、人文社会科学系の研究者を含め、社会実装を前提とした実証的な研究開発を積極的に推進する。

# 目指すべき未来像 「地球環境を回復させながら都市文明を発展させる」

産業革命以降、人類は地球が46億年かけて蓄積してきた資源を使い、今日の豊かな物質文明を築いてきたが、その間、地球環境は悪化の一途を辿り、このままでは地球上に人類が存続し続けることさえ危ぶまれる状況にある（人新世時代への突入）。

また、こうした懸念は、SDGsやパリ協定などの形で国際的な合意が進みつつあり、地球環境を回復させながら都市文明を持続的に発展させる新たなソリューションの開発や社会・経済の仕組みづくりが求められている。

資源に乏しい我が国は、これまで科学技術を駆使して世界最高の省エネ・省資源技術を確立し、幾度かの危機を乗り越えてきた経験を有し、また、自然と調和・共生しながら生きるという文化的な背景も持ち合わせることから、SDGsやパリ合意にみられる国際情勢の変化が、今こそ我が国が世界に打って出るべき絶好のチャンスと言える。

については、本領域では、上記地球規模課題の解決を先導する「地球再生産業」の創出を目指し、以下の4つの未来像を掲げてその実現に向けた具体的なミッション目標例（13～15頁）を特定した。

## （1）資源要求の劇的削減

限りある資源を人類が公平かつ効率的に利用するため、ものづくり分野における資源要求量を、現行水準の1/10以下に削減することを目指す。

## （2）資源完全循環の達成

資源の持続的な利用を図るため、廃棄物や汚染物質の徹底した再資源化に取り組み、「ゴミ」の概念が消滅した完全資源循環型の経済システムの確立を目指す。また、増大する計算資源ニーズに対して、維持可能なレベルでの電力消費で提供可能な技術の実現を目指す。

## （3）環境中立な都市の実現

今後、大都市への人口集中が見込まれる新興国等を想定し、インフラ整備に頼りすぎることなく、自然環境に調和しながら快適に暮らすことのできるインフラソリューションを確立、完全に環境中立的な都市モデルの創出を目指す。

## (4) 自然との共存

地球温暖化に伴う海面上昇などにより、今後、生物多様性のさらなる損失や、生活圏が失われる地域の発生が予測される中、失われた自然環境の回復技術等を確立することによって新たな生活圏の開拓を目指す。



ミッション目標例

具体的なミッション内容及び誘発される研究開発のイメージ

<p>⑨ 2050年までに、現在の1/100の資源ロスで現在の生活水準が維持可能な工業生産・利用の実現</p>	<p>我々の身の回りにあふれる工業製品は、小型化・軽量化される一方で、それら製品を製造する工場のスケールや素材・部品のサプライチェーンは益々巨大化しており、今日、投入資源の多くが製品になる前に破棄される現状にある。</p> <p>このため、工業生産プロセスを抜本的に変革する革新的テクノロジーを開発し、これら資源ロス（製品に使われない資源投入）を1 / 100以下に削減する。例えば、水素還元活用型の製鉄プロセスにおいて11トンの鉄を生産するために0.5トンの石炭が投入されている現状をほぼゼロにする。</p> <p><b>【誘発される研究開発のイメージ】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ コークス等の化石資源を投入しない素材プロセス</li> <li>・ 材料削出や金型製作することなく、あらゆる立体形状の部材を直接造形でき採算性の高い3次元成形技術</li> <li>・ 部材を使った試作を経ずに、あらかじめ製造プロセスをデジタル空間で検討できるデジタルツイン技術</li> <li>・ 大口径ウエハを使わず、電子機器にちょうど必要なサイズ・個数の半導体を製造するミニマル・ファブ</li> </ul>
<p>⑩ 2040年までに、単位計算量当たりエネルギー消費を1/1000に</p>	<p>これまでの計算（情報通信データ処理）能力の指数関数的向上を支えてきた「ムーアの法則（微細化による性能向上）」が限界を迎える中、今後も「2年で倍 = 20年で1000倍」といったペースで大規模なデータ処理性能を実現していくため、スピントロニクスを用いたロジックの不揮発化など新たなパラダイムを確立する。例えば、スピントロニクス集積回路による不揮発マイコンが開発できれば、従来比2倍以上の演算性能や2桁以下の低消費電力化が可能となる。</p> <p><b>【誘発される研究開発のイメージ】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 電子に頼らない大規模データ蓄積・伝送技術 スピントロニクス(磁気)不揮発メモリ、光チップ・光インターコネクト・光ネットワーク</li> <li>・ 逐次処理（ノイマン型）ではないデータ処理技術 ニューロモルフィック、量子・光コンピュータ、その他新規計算手法</li> </ul>
<p>⑪ 2060年までに持続可能なエネルギー独立の達成</p>	<p>これまで十分に活用しきれていない太陽光エネルギー等の自然エネルギーを最大活用するため、太陽光全波長域を活用した新たな太陽光発電システムや、微生物が有する発電能力の活用など革新的発電技術、並びにそれを蓄積・融通させる分散グリッド技術を確認し、実際に社会に大規模実装することでエネルギーの完全自給体制を確立する。</p> <p><b>【誘発される研究開発のイメージ】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 太陽光の全波長を利用する太陽光発電などの未利用の再生可能エネルギー発電技術</li> <li>・ 微生物の発電能力など、非従来型のメカニズムを活用した発電などの新エネルギー技術</li> <li>・ グラフェンなどの新素材による革新型蓄電池等の新たなエネルギー貯蔵技術</li> <li>・ 現状の10倍～100倍の蓄電容量コスト比を達成した安全でコンパクトな蓄電技術</li> </ul>

ミッション目標例

具体的なミッション内容及び誘発される研究開発のイメージ

<p>⑫ 2050年までに完全資源・物質循環の達成</p>	<p>廃棄物や汚染物質、大気中等に存在する微量な有用資源（金属、窒素化合物、リン化合物、CO<sub>2</sub>等）、生活ゴミなどをCO<sub>2</sub>の排出を伴わない形で再資源化できるシステムを確立する。これにより、「ゴミ」の概念が消滅した完全資源循環型の経済システムを確立を目指す。</p> <p><b>【誘発される研究開発のイメージ】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・排気、廃水中から窒素化合物、リン化合物を回収し、アンモニアや肥料原料等の有用物質に変換する技術</li> <li>・大気中のCO<sub>2</sub>やメタン等を資源として、燃料や有用化学品などを製造する技術（人工光合成等）</li> <li>・高精度な素材の判別・分離・純化技術、素材トレーサビリティ（生産履歴追跡）技術</li> </ul>
<p>⑬ 2050年までにフード・ロスをなくし、全ての人々に必要な食料を効率的に届ける</p>	<p>生産から流通、加工、販売・輸出に至るフード・チェーン全体における在庫状況や流通販売動向等をリアルタイムに把握し、ダイナミック・プライシング・システム（AIを活用して農産物の需給や生産地から輸送距離等に応じて適正に価格を変動させる仕組み）等を活用して、必要な人々に無駄なく必要な量の食品が届けられるようにする。また、適時適量生産が可能なスーパー品種の開発、食品残渣や農林水産副産物の飼料・肥料・エネルギーとしての100%活用システムの確立などフード・ロス・ゼロ社会の実現に向けてトータル・ソリューションを生み出す。</p> <p><b>【誘発される研究開発のイメージ】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・余剰食品や廃棄農産物を激減させるダイナミック・プライシング・システム</li> <li>・食品の常温長期貯蔵技術</li> <li>・食品残渣等の減容化処理及び燃料・飼肥料への変換・活用技術</li> <li>・市場ニーズに即した新品種を短期間にオーダーメイド育成する育種AI技術</li> <li>・食品残渣（飼料）を活用した洋上生け簀養殖等（魚農共生型洋上ファーム）</li> </ul>
<p>⑭ 2050年までに地球上からの「ゴミ」の廃絶</p>	<p>プラスチック代替素材の開発などによりプラスチックごみを地球上から根絶するとともに、既に海洋や地表に投棄されてしまったプラスチックごみの自動回収システムや資源化技術等を、国内外の民間企業等から募る国際的なコンペティションを主導することにより、世界のゴミ問題から新産業を創出する。</p> <p><b>【誘発される研究開発のイメージ】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・分解時間等をコントロールできるスイッチ機能を持つ海洋生分解性プラスチック技術</li> <li>・新規海洋生分解性ポリマー開発及びあらゆるプラスチックの分解に関する微生物の探索・応用</li> <li>・AI及び水中ドローン、群・協調制御で長期間活動する自律型AUV等による海洋プラスチックごみ自動回収技術</li> <li>・Swarm型群ロボットで地上のあらゆるゴミを回収するシステム</li> </ul>



ミッション目標例

具体的なミッション内容及び誘発される研究開発のイメージ

<p>⑮ 2050年までに環境中立で最高水準の生活を可能とする大都市の実現</p>	<p>大都市への人口集中が見込まれる途上国等を想定し、インフラ整備に頼りすぎることなく、自然環境に調和しながら快適に暮らすことができる新たなインフラ・ソリューションを確立し、完全に環境中立的な都市モデルの創出を目指す。また、こうしたソリューション開発によって、我が国の老朽インフラの更新問題や過疎化が進む地方のインフラ問題に対処する。</p> <p><b>【誘発される研究開発のイメージ】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 公共上下水道等のインフラ・フリーな完全自立型住宅システム</li> <li>・ 天然の風や海洋冷熱、植物の蒸散能力を最大活用した都市設計</li> <li>・ 地下都市・地中居住技術</li> <li>・ 超巨大災害や極限環境下での都市建設に耐える超高強度建設素材などのマテリアル開発</li> <li>・ 災害に強いロバストかつレジリエントな通信ネットワーク</li> </ul>
<p>⑯ 2050年までに生物多様性を増大させる農業を地球規模で実現</p>	<p>単一作物のみを効率生産するモノカルチャーを脱し、地域の気候・風土に応じ、自然環境に対する負荷が最も少なく、肥料や農薬に頼らない究極の持続農法を確立し、途上国を始めとした全世界に普及を図ることにより、農業生産活動と生物多様性の維持・増大との両立を目指す。</p> <p><b>【誘発される研究開発のイメージ】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 多品種混栽農法や協生農法の高度化</li> <li>・ AIを活用した気候変動に対応したサイバネティクス育種デザイン技術（不良環境耐性品種、無肥料・無農薬で生産性を確保できる品種等、大規模・高度化実験圃場の世界展開）</li> <li>・ 単位面積当たりのバイオマス生産量倍増技術</li> <li>・ 土壌中の有用微生物フル活用による、過酷条件下での生産性維持技術、生物多様性増大技術</li> </ul>
<p>⑰ 2050年までにテラ・フォーミング技術を確立</p>	<p>温暖化に伴う砂漠化や海面上昇等により、今後、生活圏が失われる地域の発生が予想される中、自然環境の復元技術等を確立することにより、新たな生活圏の開拓を目指す。</p> <p><b>【誘発される研究開発のイメージ】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 砂漠や高塩濃度土壌等の過酷環境下でも生育する植物メカニズムの解明及びスーパー植物の創出</li> <li>・ 汚染土壌の浄化・復元技術</li> <li>・ シェルター型都市（宇宙開拓）の実現に向けた局所気候制御技術</li> <li>・ 都市の気候制御技術</li> <li>・ 光学迷彩技術や音響制御技術を応用した都市における人工快適化環境形成</li> </ul>

# サイエンスとテクノロジーでフロンティアを開拓する

目指すべき未来像(枠組み)

サイエンスの自動化 (AI)

基本的生命過程の制御技術 (バイオ)

脳神経メカニズムの全解明 (脳・神経系)

未踏空間の可視化 (量子から地球まで)

宇宙への定常的進出 (宇宙)

ミレニアム・チャレンジ (ビジョン公募枠)

ミッション目標例 (MS目標例)

2050年までにノーベル賞級の発見を自律的に行うAI&ロボットシステムの開発

2050年までに生命現象をデジタルモデル化し、その制御を実現

2050年までに人工冬眠技術を確立

2050年までに全神経回路網とその関連組織を完全デジタルコピー/モデル化

2050年までに汎用型量子コンピュータネットワークを実現

2050年までに海洋・地下を網羅的・高精度に測定し可視化・監視

2050年までに太陽系内全天体等の定常的観測網とサンプルリターン体制の構築による宇宙状況監視の実現

2035年までに、宇宙空間で稼働する高機能・多自由度ロボット・人工衛星群の開発

注1：ミッション目標例については、今後専門家ヒアリングや国際シンポジウムにおける議論を踏まえ更に精査し、必要に応じ見直す。  
注2：各ミッション目標の達成に向けた研究開発は、技術開発だけでなく、人文社会科学系の研究者を含め、社会実装を前提とした実証的な研究開発を積極的に推進する。

# 目指すべき未来像「サイエンスとテクノロジーでフロンティアを開拓する」

デジタル化の進展やAI、ロボティクス、量子技術、ゲノム編集などの技術革新により、基礎研究のアイデアがイノベーションにつながるスピードが想像を超えるスピードで加速しており、世界各国が基礎研究への投資を拡大している。こうした技術覇権に向けた世界の動きなどにも留意しつつ、我が国の基礎研究の強みを引き出し、未来の産業・社会変革に向けたフロンティアの開拓が重要となっている。また、こうしたテクノロジー・ドリブンのアプローチは、その過程において、様々なスピナウトや新たなサイエンスの誘発が期待される。

加えて、我が国には、例えば、攻殻機動隊、ガンダムなどのマンガ・アニメーションのような、クリエイターの創造力・妄想力が豊富に存在し、世界からも注目されている中、日本発の新たな価値観に基づく未来をつくりあげるチャンスが到来している。

については、本領域では、日本の科学・技術及び産業分野の「強み」を活かしつつ、我が国ならではの妄想力・発想力とサイエンス・テクノロジーとを融合した未来のフロンティアを切り拓くため、以下の6つの未来像を掲げ、その実現に向けた具体的なミッション目標例（19～21頁）を特定した。

## （1）サイエンスの自動化（AI）

仮説の生成・検証を繰り返しながら見いだされる科学的発見を完全自動化することにより、科学・技術分野におけるシンギュラリティの誘発を目指す。

## （2）基本的生命過程の制御（バイオ）

生命の発生過程や老化メカニズム、恒常性維持機構等の基本的生命過程を正確に理解し、バイオテクノロジー分野に新たなブレークスルーを生み出すための基盤技術（人工冬眠技術等）の獲得に挑戦する。

## （3）脳・神経メカニズムの全解明（脳・神経系）

脳や末梢神経系を含めた全身神経回路とその関連組織の完全デジタル化に挑戦し、認知症等の神経系疾患の発症メカニズムの解明等に貢献する。また、現状では測定困難な神経系やそれに連携する免疫系や腸管組織などの網羅的な測定を実現する。

## (4) 未踏空間の可視化 (量子から地球まで)

海洋・地下など未踏空間におけるビッグデータを網羅的に獲得することにより、地震予測技術の高度化や海洋における未探索資源の開拓などを旨とする。

## (5) 宇宙への定常的進出 (宇宙)

太陽系空間の定常的な観測網の確立や、人工衛星を宇宙空間上で組み立て・補修等を行うプラットフォームづくりに取り組むことにより、宇宙空間の利用拡大を目指す。

## (6) ミレニアム・チャレンジ (ビジョン公募枠)

科学・技術によって未来を切り拓く熱意 (ビジョン) とそれをやり抜く志しを持った研究者集団を発掘・育成し、30年後の未来社会を創造する。

ミッション目標例

具体的なミッション内容及び誘発される研究開発のイメージ

⑱	<p>2050年までにノーベル賞級の発見を自律的に行うAI&amp;ロボットシステムの開発</p>	<p>仮説の設定や検証実験等を繰り返すバイオ研究等の分野にAI・ロボット技術を駆使することによって、AIが膨大な実験データ等の中から自律的に仮説を構築し、実験作業等をロボットに自動化させることにより、人知を超えた科学的な大発見（ノーベル賞級の発見）が次々と生み出される自動化システムを構築する。これにより、生命科学や医学分野において、次世代実験機器・医療機器開発に向けた基盤づくりや大規模な生命科学データ基盤の構築も可能となる。</p> <p><b>【誘発される研究開発のイメージ】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 匠の技を持つ研究者を上回る精度と再現性の高い実験を行うロボット（双腕型も含む多様なロボット群）</li> <li>・ 能動的な学習・推論手法の開発/仮説の自動生成、シミュレーションモデルの自動構築</li> <li>・ 大量の自然言語や画像等から、論理的に一貫性のある仮説の自動生成などの推定を行う技術</li> <li>・ 解くべき問題の同定、仮説生成、高精度実験、データ解析、仮説検証等のサイクルを統合的に行える技術</li> </ul>
⑲	<p>2050年までに生命現象をデジタルモデル化し、その制御を実現</p>	<p>ヒトを含む生物の生殖・発生過程の網羅的測定と実験を行い、デジタルモデルとして再現するとともに、その制御技術を確立する。これにより、モデル動物で生殖サイクルを体外化してその過程の詳細な理解と制御技術を確立し、絶滅動植物等の復活技術を確立する。また、ヒトの遺伝子疾患の診断薬等の開発、不妊治療の奏効率向上等に貢献する。</p> <p><b>【誘発される研究開発のイメージ】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 主要モデル動物の全細胞レベルの生殖・発生過程の網羅的測定技術の開発とモデル構築</li> <li>・ モデル動物の全生殖サイクルの体外化、可視化</li> <li>・ 絶滅種の復元</li> </ul>
⑳	<p>2050年までに人工冬眠技術を確立</p>	<p>動物の冬眠時における代謝や恒常性、睡眠等に関する制御機構を解明し、人工冬眠技術及び恒常性制御技術を確立する。これにより、光年単位での宇宙航行における生物学的寿命の延伸等が可能となる。</p> <p><b>【誘発される研究開発のイメージ】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 代謝や恒常性の制御技術</li> <li>・ ポータブルかつ屋外で使用可能な低体温・低代謝化技術</li> <li>・ 定期的な冬眠の導入により、健康な活動時間を延ばす長寿化技術</li> </ul>



<p>②1 2050年までに全神経回路網とその関連組織を完全デジタルコピー／モデル化</p>	<p>ヒトも含む複数の生物種の脳及び末梢神経系全体の神経回路網並びに関連組織（腸管組織、リンパ管などの免疫系も含む）の完全デジタル化を達成する。その過程で生み出される網羅的な高精度計測技術は、様々な学術研究分野への応用が可能となるほか、これら計測データに基づき、脳と腸との相関関係や免疫メカニズムに及ぼす神経支配の状況解明、腸管を経由した神経系物質輸送による認知症・うつ病などへの影響解明等が期待される。</p> <p><b>【誘発される研究開発のイメージ】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・線虫、ゼブラフィッシュ、タコ、マウス、ヒトなどの全神経系と関連組織のデジタルモデル化</li> <li>・神経系の構造と動態の精密計測・センサー技術、可視化・動態解析技術、シミュレーション技術</li> <li>・脳・神経系、消化管・共生微生物、並びに免疫系の機能相関、物質連関の網羅的マッピングと制御技術の開発</li> <li>・BMI技術と連携し、神経系・計算系の高度連携や神経系リプログラミングの基盤技術</li> </ul>
<p>②2 2050年までに汎用型量子コンピュータネットワークを実現</p>	<p>汎用型量子コンピュータ及び量子ソフトウェア・新規アルゴリズムを開発し、現行のノイマン型コンピュータでは現実的な時間で解くことが困難な計算を可能とする。これにより、精密な量子化学計算に基づく機能性材料や有益な高分子化合物等の探索・開発、AIの飛躍的な高度化・高精度化を実現する。</p> <p><b>【誘発される研究開発のイメージ】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・誤り訂正機能付大規模汎用型量子コンピュータ及び量子ソフトウェア開発・実用化（実現に必要な周辺技術等の集積化・小型化を含む）</li> <li>・量子デバイスと既存情報処理インフラ間及び量子デバイス間のネットワークの開発・高度化</li> <li>・物質等の評価・検証を精緻化する量子計測・センシング技術の開発・利用</li> <li>・精密な量子化学計算による高機能性物質・有益な高分子化合物の探索・開発</li> <li>・新規アルゴリズムを活用した次世代機械学習（量子AI）の開発・高度化</li> </ul>
<p>②3 2050年までに海洋・地下を網羅的・高精度に測定し可視化・監視</p>	<p>海洋・地下の高精度・網羅的な透視技術を確立することにより、海洋・地下の位置情報や地盤情報、地殻・断層の状態を把握できるようにする。これにより、高度な地盤情報を活用した地下の高度利用ビジネスを誘発する。また、地震や津波の早期警戒、水産資源の把握なども可能となる。</p> <p><b>【誘発される研究開発のイメージ】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・地中レーダ、表面波、電気抵抗、音波等を用いた地中探査技術研究</li> <li>・地殻変動の即時把握が可能な光センシング及び誤差の少ない量子ジャイロスコープを搭載した自立型AUV開発</li> <li>・光ファイバーのノイズ変化を利用した地殻・海底探査研究</li> <li>・海中で自機の位置を完全に把握し、群制御できる超電導磁気、量子計測・センシング技術及び量子ナビゲーション</li> </ul>

ミッション目標例

具体的なミッション内容及び誘発される研究開発のイメージ

②④	<p>2050年までに太陽系内全天体等の定常的観測網とサンプルリターン体制の構築による宇宙状況監視の実現</p>	<p>太陽系内の天体や小惑星等の状況を常時観測可能な宇宙状況認識（SSA）システムとサンプルリターン体制を確立し、宇宙空間の利用拡大に向けたインフラ基盤を確立する。これにより、宇宙空間における交通管理（STM）や宇宙天気予報、太陽系外縁部を含めた深宇宙探査、太陽系内惑星等の詳細な探査活動、将来の惑星移住等が可能となる。</p> <p><b>【誘発される研究開発のイメージ】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・重力天体から宇宙空間への大量・超高速輸送を実現する推進技術及び大容量・高効率・超長寿命蓄電池</li> <li>・太陽系外縁への超長距離を編隊で往還可能な宇宙機の運用を実現する推進技術、群制御・協調制御技術</li> <li>・深宇宙の探査において従来よりも多様かつ正確に情報を収集する量子センシング技術</li> <li>・ニュートリノ通信等による通信範囲の大幅拡大</li> <li>・人類未到の深宇宙への探査機の到達による新発見及び宇宙に関する諸理論・仮説の実証研究の発展</li> </ul>
②⑤	<p>2035年までに、宇宙空間で稼働する高機能・多自由度ロボット・人工衛星群の開発</p>	<p>宇宙プラットフォーム周辺を自由に移動し、人工衛星の組み立て作業等を自動的に行うことが可能な高機能・多自由度ロボットを開発し、地上からの打ち上げを要しない衛星システムを確立する。これにより、寿命が近づいた人工衛星の宇宙空間上での補修・部品交換や燃料補給等が可能となり、宇宙ゴミ化することを防ぐ。また、軌道上での大規模構造物の構築が可能となる。さらに、打ち上げコストが大幅に削減されることにより、宇宙ビジネスの拡大に貢献する。</p> <p><b>【誘発される研究開発のイメージ】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・軌道上でより自在に移動が可能な長寿命・大電力プラズマ推進技術</li> <li>・長時間宇宙空間でも稼働可能な姿勢制御慣性ジャイロ・アクチュエーター（駆動系）技術</li> <li>・宇宙空間での大容量発電システム、宇宙空間における充電・燃料補給サービスステーション</li> <li>・複数で協力してスペースプラットフォームを構築する宇宙ロボット群自律制御技術</li> </ul>

注：医療分野に係る目標例の「誘発される研究開発のイメージ」は、今後、専門家ヒアリング等を行い、具体的に例示することとする。

# 今後の進め方

- ✓ 今後、JST・NEDOの協力を得て専門家ヒアリングを行い、実現可能性等を検証しつつ、着手可能なミッション目標を特定。
- ✓ 年末を目途に、国際シンポジウムを開催し、それら議論を踏まえ、着手可能なミッション目標を決定(CSTI本会議)。その後、速やかにプログラム(PM)の公募を開始。

7月31日

目指すべき未来像・ミッション目標例の提示(ビジョナリー会議)

専門家ヒアリング

- ✓ 国際シンポジウムに関する準備
- ✓ 着手可能なミッション目標の特定



年末

国際シンポジウム



着手可能なミッション目標の決定(CSTI本会議)



プログラム公募(JST、NEDO)



# (参考1) 国際シンポジウムのイメージ

- ✓ 年末を目途に国際シンポジウムを開催。
- ✓ 国内外の著名なPDや科学者等を集め(300名程度)、人類が目指すべき未来像やその実現に向けたテクノロジーの発展方向を議論。

## 国際シンポジウムの概要

- 時期 令和元年12月中旬頃を想定(調整中)
- 場所 東京
- 規模 国内外から科学者等300名程度

## 1日目:全体セッション

- 目指すべき未来の姿やその実現に向けたテクノロジーの発展方向などに関し、海外の著名なPDや国内のトップ研究者がプレゼン・アピール



「ImPACT Newsletter Vol.12」より引用

## 2日目:分野別セッション

- 分野毎に専門家が集まり、構想の具体化に向けた大胆なアイデアなどを提案してもらい、プロジェクト形成に向けた科学的知見を世界中から集める



# (参考2) EUにおけるミッション志向型研究プログラムのミッション策定に向けた動き

- ✓ EUの次期研究開発枠組みプログラム「Horizon Europe」は三本の柱からなり、欧州委員会は941億ユーロ(約12兆2,330億円)/7年の予算を提案
- ✓ 第二の柱「グローバルチャレンジ・欧州の産業競争力」の予算のうち、最大10%をミッション志向型研究プログラムに配分
- ✓ 6つの社会的課題群(クラスター)を横断する形で、ミッションの元となる5つの対象領域(ミッションエリア)が定められている
- ✓ 各ミッションエリアで有識者最大15名からなるミッションボードを設置。ボードの提案に基づき、年末までに1~複数のミッションが策定される予定

## Horizon Europe概要 (2021年-2027年)

金額単位：ユーロ

第一の柱 (フロンティア研究支援) 「卓越した科学」	258億	第二の柱 (社会的課題の解決) 「グローバルチャレンジ・欧州の産業競争力」	527億	第三の柱 (市場創出の支援) 「イノベティブ・ヨーロッパ」	135億
European Research Council (欧州研究会議)	166億	<div style="border: 2px solid red; padding: 5px;">                     6つの社会的課題群(クラスター)                      ・健康                      ・文化、創造性、包摂的な社会                      ・社会のための市民の安全                      ・デジタル、産業、宇宙                      ・気候、エネルギー、モビリティ                      ・食料、生物経済、資源、農業、環境                 </div>	505億	European Innovation Council (欧州イノベーション会議)	100億
マリーキュリアクション	68億			欧州イノベーション・エコシステム	5億
研究インフラ	24億			European Institute for Innovation and Technology (欧州イノベーション・技術機構)	30億
参加拡大と欧州研究圏(ERA)強化					21億
<b>合計</b>					<b>941億</b>

MISSION志向型研究  
約50億ユーロ

・各ミッションエリアは分野横断的に複数のクラスターに関係する

### MISSIONエリアとMISSIONボードチェア

### MISSION策定スケジュール

MISSIONエリア		MISSIONボードチェア	年	月日	内容
1	Adapting to Climate Change, including Societal Transformation	Ms. Connie Hedegaard 前気候変動担当欧州委員(大臣相当)	2019	5月13日~6月11日	MISSIONボードメンバー公募(応募:約2,100)
2	Cancer	Prof. Harald zur Hausen ノーベル生理学・医学賞受賞者		7月4日	欧州理事会競争力会議(於:ヘルシンキ)でMISSIONボードチェア発表
3	Healthy Oceans, Seas, Coastal and Inland Waters	Mr. Pascal Lamy 元貿易担当欧州委員(大臣相当)		~7月末	全MISSIONボードのメンバー決定
4	Climate-Neutral and Smart Cities	Prof. Hanna Gronkiewicz-Waltz 前ワルシャワ市長		9月上旬	第一回MISSIONボード会合
5	Soil Health and Food	Mr. Cees Veerman 元オランダ農業大臣		9月24日~26日	R&I Daysイベント(Horizon Europeの大規模広報イベント)開催 MISSIONについてステークホルダー間で議論
			~年末		<b>MISSION策定</b>