



ムーンショット型研究開発制度が目指すべき 「ムーンショット目標」について

令和2年1月23日

総合科学技術・イノベーション会議

「ムーンショット型研究開発制度の基本的考え方について」(平成 30 年 12 月 20 日 総合科学技術・イノベーション会議決定)¹に基づき、総合科学技術・イノベーション会議は、ムーンショット型研究開発制度が目指すべきムーンショット目標を次のとおり決定する。

¹ 令和元年度補正予算案(令和元年 12 月 13 日閣議決定)において、国立研究開発法人日本医療研究開発機構及び国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構生物系特定産業技術研究支援センターに新たに予算措置されることとなっており、これに対応して改正する予定。

[参考]

<関連するエリアとビジョン>

Area :「急進的イノベーションで少子高齢化時代を切り拓く」

Vision :「誰もが夢を追求できる社会」の実現、「100歳まで健康不安なく、人生を楽しめる社会」の実現」

<目標設定の背景>

- 少子高齢化の進展により、今後、我が国では生産年齢人口が減少するが、これは同様の人口動態をたどる先進国やアジア周辺国においても共通の課題となっており、日本は課題先進国としてこの問題の解決に取り組むべきである。
- さらに、人生 100 年時代において、様々な背景や価値観を持ったあらゆる年齢の人々が多様なライフスタイルを追求できる持続可能な社会(Society 5.0)の実現が求められている。
- 様々な背景や価値観を持つ人々によるライフスタイルに応じた社会参画を実現するために、身体的能力、時間や距離といった制約を、身体的能力、認知能力及び知覚能力を技術的に強化することによって解決する。

<ムーンショットが目指す社会>

- 人の能力拡張により、若者から高齢者までを含む様々な年齢や背景、価値観を持つ人々が多様なライフスタイルを追求できる社会を実現する。
- サイバネティック・アバターの活用によってネットワークを介した国際的なコラボレーションを可能にするためのプラットフォームを開発し、様々な企業、組織及び個人が参加した新しいビジネスを実現する。
- 空間と時間の制約を超えて、企業と労働者をつなぐ新しい産業を創出する。
- プラットフォームで収集された生活データに基づく新しい知識集約型産業やそれをベースとした新興企業を創出する。
- 人の能力拡張技術と AI ロボット技術の調和の取れた活用により、通信遅延等にも対応できる様々なサービス(宇宙空間での作業等)が創出される。

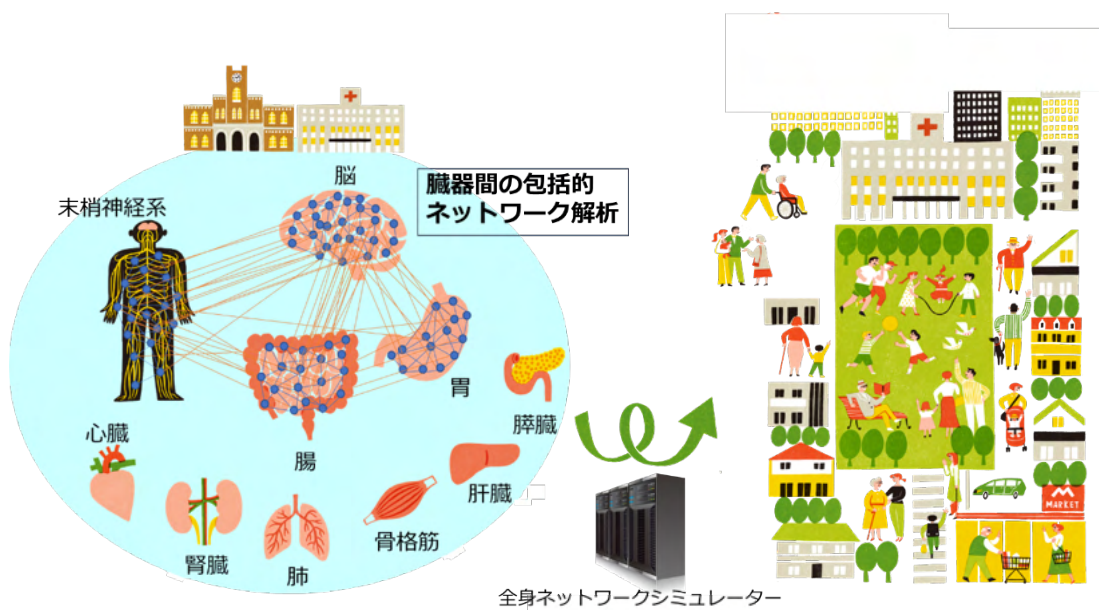
<ムーンショット目標2>

2050 年までに、超早期に疾患の予測・予防をすることができる社会を実現

<ターゲット>

- 2050 年までに、臓器間の包括的ネットワークの統合的解析を通じて疾患予測・未病評価システムを確立し、疾患の発症自体の抑制・予防を目指す。
- 2050 年までに、人の生涯にわたる個体機能の変化を臓器間の包括的ネットワークという観点で捉え、疾患として発症する前の「まだ後戻りできる状態」、すなわち「未病の状態」から健康な状態に引き戻すための方法を確立する。
- 2050 年までに、疾患を引き起こすネットワーク構造を同定し、新たな予測・予防等の方法を確立する。
- 2030 年までに、人の臓器間ネットワークを包括的に解明する。

-----[参考]-----



<関連するエリアとビジョン>

- Area : 「急進的イノベーションで少子高齢化時代を切り拓く」、「サイエンスとテクノロジーでフロンティアを開拓する」
- Vision : 「「100歳まで健康不安なく、人生を楽しめる社会」の実現」、「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）」

[参考]

<目標設定の背景>

- 高齢化等に起因する慢性疾患等(糖尿病、高血圧、動脈硬化、アレルギー、認知症、神経障害等)に係る社会問題は大きな課題となっており、慢性疾患等の予防が急務となっている。
- 慢性疾患等の発症メカニズムの解明はまだ不十分であり、根本的な予測・予防方法はまだ確立されていない。
- 各臓器が担う生体機能を相互依存的なネットワークとして捉え、その破綻によって病態が形成されるという考え方にに基づき、破綻を防ぎ、健康な状態を維持するという考えが重要であると認識されつつある。
- 例えば、パーキンソン病については腸内の異常タンパク質が、がんについては睡眠等の生活リズムが関係している可能性がある等、意外な臓器間のつながりにより疾患が発症することが示唆されている。
- 臓器間ネットワークに関連する知見を蓄積し利活用することにより、慢性疾患等の予測方法を確立でき、さらに将来的には新たな治療・緩和方法の開発につながる可能性がある。
- 臓器間ネットワークの包括的な解明に向けた取組は、Human Cell Atlas(米)、Brain Initiative(米)、Human Brain Project(欧)等の欧米の大型プロジェクトでも実施されていない先駆的な試みである。

<ムーンショットが目指す社会>

- 従来のアプローチで治療方法が見いだせていない疾患に対し、新しい発想の予測・予防方法を創出し、慢性疾患等を予防できる社会を実現する。
- 疾患を引き起こすネットワーク構造を解明することで、加齢による疾患の発症メカニズム等を明らかにし、関連する社会問題を解決する。
- 疾患の発症メカニズムの解明により、医薬品、医療機器等の、様々な医療技術を発展させ、我が国の健康・医療産業の競争力を強化する。

<ムーンショット目標3>

2050年までに、AIとロボットの共進化により、自ら学習・行動し人と共生するロボットを実現

<ターゲット>

- 2050年までに、人が違和感を持たない、人と同等以上の身体能力をもち、人生に寄り添って一緒に成長するAIロボットを開発する。
- 2030年までに、一定のルールの下で一緒に行動して90%以上の人が違和感を持たないAIロボットを開発する。
- 2050年までに、自然科学の領域において、自ら思考・行動し、自動的に科学的原理・解法の発見を目指すAIロボットシステムを開発する。
- 2030年までに、特定の問題に対して自動的に科学的原理・解法の発見を目指すAIロボットを開発する。
- 2050年までに、人が活動することが難しい環境で、自律的に判断し、自ら活動し成長するAIロボットを開発する。
- 2030年までに、特定の状況において人の監督の下で自律的に動作するAIロボットを開発する。

-----[参考]-----



<関連するエリアとビジョン>

- Area :「急進的イノベーションで少子高齢化時代を切り拓く」、「サイエンスとテクノロジーでフロンティアを開拓する」
- Vision :「完全無人化による産業革新」、「サイエンスの自動化(AI)」、「宇宙への定常的進出(宇宙)」

[参考]

<目標設定の背景>

- ・ 少子高齢化の進展により、今後、我が国では生産年齢人口が減少するが、これは同様の人口動態をたどる先進国やアジア周辺国においても共通の課題であり、日本は課題先進国としてこの課題の解決に取り組むべき。
- ・ また、人類の活動領域を現在よりも飛躍的に拡大するためには、人に代わって自律的に活動するロボットが必要になる。
- ・ こうした観点から、人のように自律的に判断し行動することができ、さらには、自律的に動くのみならず、学習も人のように自律的に行い、かつ学習を自ら発展させることができる AI ロボットの開発が必須である。
- ・ そのためには、ディープラーニングが持つ限界(未知事象への対応が困難、機械学習に要する膨大なコスト・労力等)を打破し、自ら学習し成長する AI の開発、ロボットの消費電力の飛躍的な低減化、及び AI ロボットの最適なアーキテクチャの検討が急務である。

<ムーンショットが目指す社会>

- ・ ゆりかごから墓場まで、人の感性、倫理観を共有し、人と一緒に成長するパートナーAI ロボットを開発し、豊かな暮らしを実現する。
- ・ 実験結果のビックデータから新たな仮説を生成し、仮説の検証、実験を自動的に行い、新たな発見を行う AI ロボットを開発することによって、これらにより開発された医薬品や、技術等による、豊かな暮らしを実現する。
- ・ 月面、小惑星等に存在する地球外資源の自律的な探索、採掘を実現する。
- ・ 農林水産業、土木工事等における効率化、労働力の確保、労働災害ゼロを実現する。
- ・ 災害時の人命救助から復旧までを自律的に行う AI ロボットシステムを構築し、人が快適に暮らせる環境をいつでも迅速に取り戻すことができる社会を実現する。
- ・ AI ロボット技術と人の能力拡張技術の調和の取れた活用により、AI ロボットが得た情報等を人にフィードバックし、新しい知識の獲得や追体験等を通じた様々なサービスが創出される。

<ムーンショット目標4>

2050年までに、地球環境再生に向けた持続可能な資源循環を実現

<ターゲット>

地球環境再生のために、持続可能な資源循環の実現による、地球温暖化問題の解決(Cool Earth)と環境汚染問題の解決(Clean Earth)を目指す。

Cool Earth & Clean Earth

- 2050年までに、資源循環技術の商業規模のプラントや製品を世界的に普及させる。

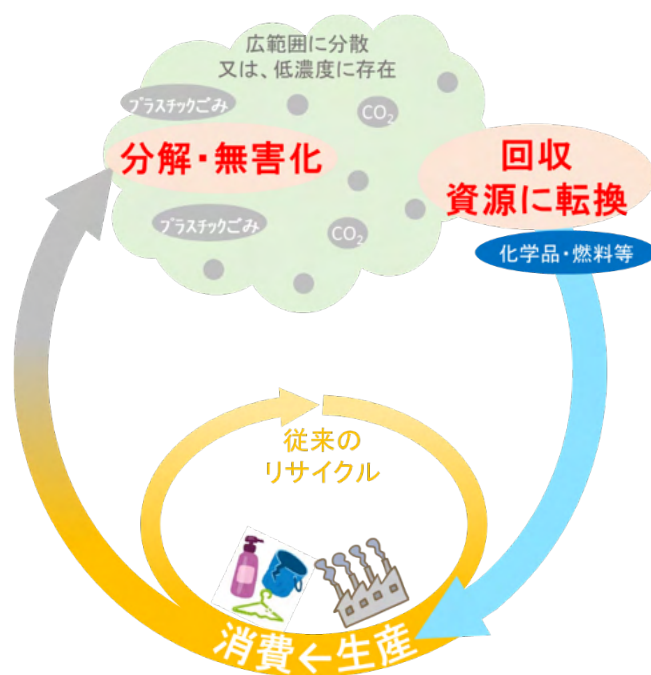
Cool Earth

- 2030年までに、温室効果ガスに対する循環技術を開発し、ライフサイクルアセスメント(LCA)の観点からも有効であることをパイロット規模で確認する。

Clean Earth

- 2030年までに、環境汚染物質を有益な資源に変換もしくは無害化する技術を開発し、パイロット規模または試作品レベルで有効であることを確認する。

-----[参考]-----



新たに実現する資源循環の例

<関連するエリアとビジョン>

Area :「地球環境を回復させながら都市文明を発展させる」
Vision :「資源の完全循環」、「資源要求の劇的削減」

[参考]

<目標設定の背景>

- ・ 温室効果ガス削減が急務だが、パリ協定で掲げられた 2°C 目標と各国の約束草案に基づく見直しには、2030 年で 130 億 t-CO₂ ものギャップがあるとの予測がある。従来の排出源対策に加え、ネガティブエミッション技術等の新たな温室効果ガス対策が不可欠となる。
- ・ プラネタリーバウンダリー(人間社会が発展と繁栄を続けられるための地球の限界値。これを超えると人間が依存する自然資源に対して回復不可能な変化が引き起こされる。)において、窒素等が限界値を超えたハイリスクな状態にあるとの報告がある。
- ・ 海洋プラスチックごみ問題については、海の生態系に影響を与えており、食物連鎖を通じた人類への影響も懸念される。
- ・ これらのような、環境中に排出され悪影響を及ぼしている物質については、排出削減の努力に加えて、排出される物質を循環させる方策が必要となる。



地球環境問題と Cool Earth、Clean Earth

<ムーンショットが目指す社会>

- ・ 温室効果ガスや環境汚染物質を削減する新たな資源循環の実現により、人間の生産や消費活動を継続しつつ、現在進行している地球温暖化問題と環境汚染問題を解決し、地球環境を再生する。

<ムーンショット目標5>

2050年までに、未利用の生物機能等のフル活用により、地球規模でムリ・ムダのない持続的な食料供給産業を創出

<ターゲット>

- 2050年までに、微生物や昆虫等の生物機能をフル活用し、完全資源循環型の食料生産システムを開発する。
- 2050年までに、食料のムダを無くし、健康・環境に配慮した合理的な食料消費を促す解決法を開発する。
- 2030年までに、上記システムのプロトタイプを開発・実証するとともに、倫理的・法的・社会的(ELSI)な議論を並行的に進めることにより、2050年までにグローバルに普及させる。

-----[参考]-----



<関連するエリアとビジョン>

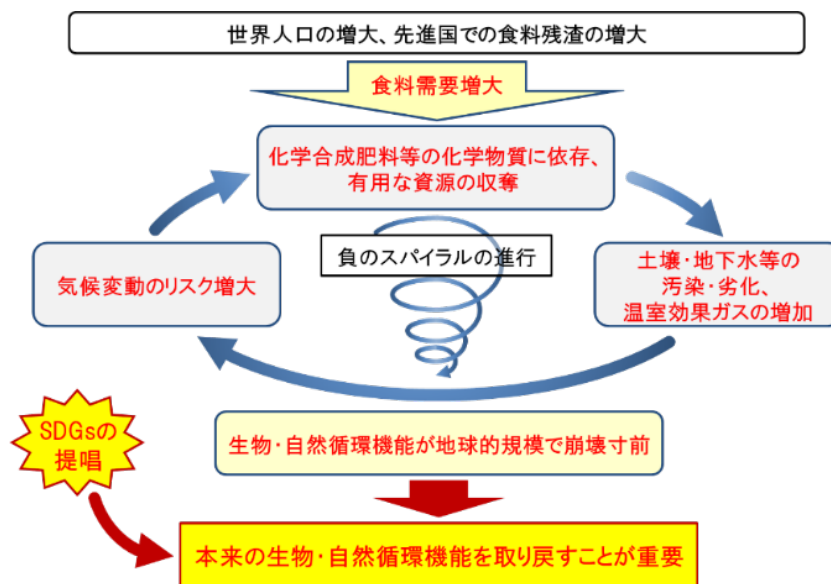
Area :「地球環境を回復させながら都市文明を発展させる」

Vision :「資源の完全循環」、「自然との共存」

[参考]

<目標設定の背景>

- ・ 世界的な人口増加により、2050 年には穀物需要量が現行の 1.7 倍にも達すると予想され、食料需給のひっ迫が必至の状況にある。
- ・ 温暖化に伴う異常気象の頻発や、肥料や灌漑用地下水の枯渇等も進行する。
- ・ 食料の元となる有機物は、農作物、食品、排出物、土壌物質等として循環しているが、その循環の破綻が、気候変動、食料供給の持続性への障害等、地球環境に悪影響を及ぼす。
- ・ 有限な鉱物資源を原料とした化学肥料や農薬等の多投は、自然循環に悪影響を及ぼす。
- ・ 今後は、本来の自然や生物機能を最大限に活用した、ムリ・ムダのない社会経済活動を生み出すことが益々重要になる。
- ・ 昆虫、土壌微生物、人体内微生物等にあつては、未利用な機能が多数存在しているものと推測され、これらの機能を活用した新たな社会経済活動のシステム化を図ることが必要である。



<ムーンショットが目指す社会>

- ・ 地球規模でムリのない食料生産システムを構築し、有限な地球資源の循環利用や自然循環的な炭素隔離・貯留を図ることにより、世界的な人口増加に対応するとともに地球環境の保全に貢献する。
- ・ 食品ロスをなくし、ムダのない食料消費社会を実現する。
- ・ 人工的物質に依存しない、地球本来の生物・自然循環が円滑に機能する社会を実現する。

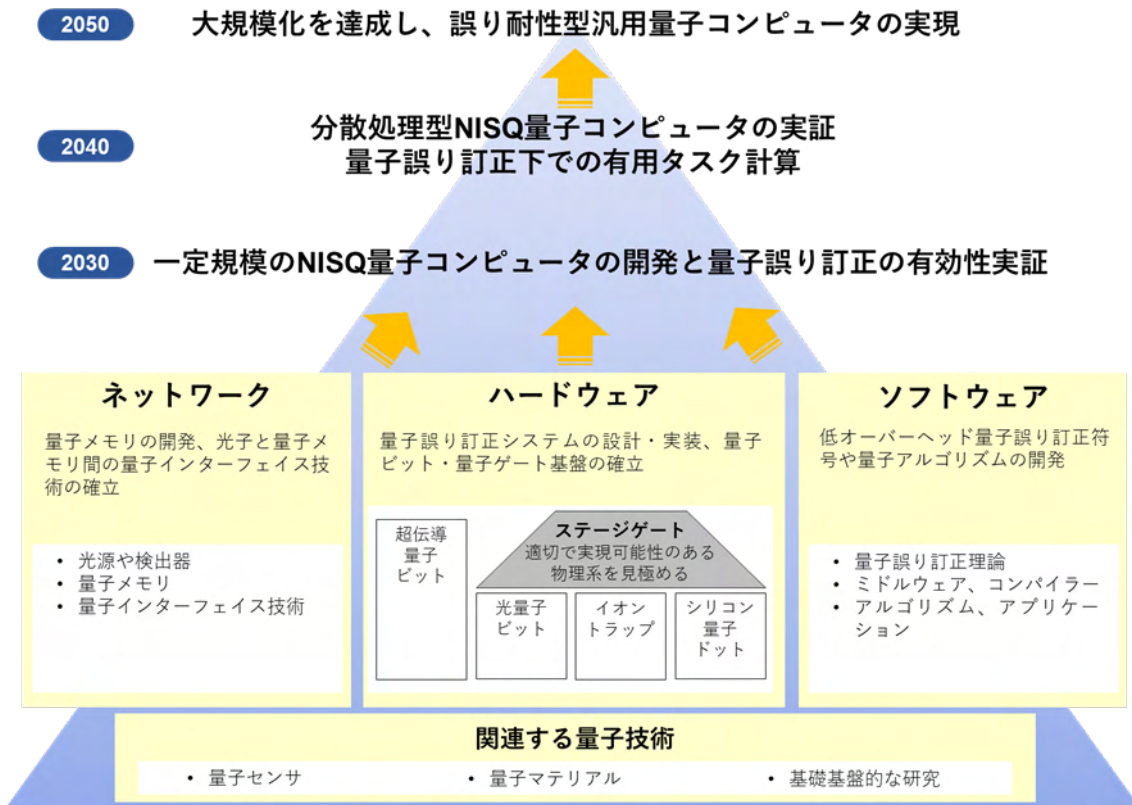
＜ムーンショット目標6＞

2050年までに、経済・産業・安全保障を飛躍的に発展させる誤り耐性型汎用量子コンピュータを実現

＜ターゲット＞

- 2050年頃までに、大規模化を達成し、誤り耐性型汎用量子コンピュータ³を実現する。
- 2030年までに、一定規模のNISQ量子コンピュータ⁴を開発するとともに実効的な量子誤り訂正を実証する。

-----[参考]-----



＜関連するエリアとビジョン＞

Area :「サイエンスとテクノロジーでフロンティアを開拓する」

Vision :「未踏空間の可視化(量子から地球まで)」

³誤り耐性型汎用量子コンピュータは、大規模な集積化を実現しつつ、様々な用途に応用する上で十分な精度を保証できる量子コンピュータ。

⁴NISQ(Noisy-Intermediate Scale Quantum)量子コンピュータは、小中規模で誤りを訂正する機能を持たない量子コンピュータ。

[参考]

<目標設定の背景>

- ・ Society 5.0 の実現に向けて、コンピュータ、ディープラーニング及び組み合わせ最適化手法の需要が爆発的に増加する。
- ・ コンピュータの性能は、半世紀以上にわたって進歩してきたが、ムーアの法則と呼ばれる従来のコンピュータの進歩には限界がある。
- ・ 現在のスーパーコンピュータが、現在と同じ速度で進歩し続けると仮定しても、多くの重要な計算タスクは、スーパーコンピュータでの処理が困難、または現実的な時間で解くことが不可能である。
- ・ 量子計算は、従来のコンピュータとはまったく異なる原理に基づいており、現実的な時間で重要な計算タスクを実行可能であることは世界の共通認識になっている。
- ・ しかし、今日の小規模な量子コンピュータ(NISQ)はノイズの影響を受けており、実行できるアプリケーションは限定的である。
- ・ 最近の研究で、このような困難なタスクの一部は、大規模な「誤り耐性型汎用量子コンピュータ」を使用して効率的に計算できることが理論的に証明されている。
- ・ 量子コンピュータ、量子センサー、量子通信・暗号等の量子技術と、従来の情報技術との組み合わせ、量子技術によるまったく新しい社会の到来が期待される。

<ムーンショットが目指す社会>

- ・ 量子コンピュータを含む量子技術を応用し、様々な分野で革新を生み出し、知識集約型社会へのパラダイムシフトや既存の社会システムを変革する。
- ・ 目標の達成とその過程においてスピン・オフ、スピン・アウトする量子技術により、産業競争力の強化、革新的な医療と健康管理、デジタル情報時代の安全とセキュリティを確保する。
- ・ 材料開発では、詳細な機能分析により、既存材料の性能を最大化するとともに、新しい性能を持つ材料の開発を加速する。
- ・ エネルギー分野では、高精度量子化学計算による窒素固定法や高効率人工光合成法の原理を解明するとともに、工学的応用手法を開発する。
- ・ 創薬分野では、より大きな分子系における量子化学シミュレーションにより新薬の発見を促進し、合理化されたワークフローによってコストを削減する。
- ・ 経済分野では、迅速でエネルギー消費の少ない逐次大規模計算により、短期的ポートフォリオの最適化と長期的リスク分析に対応する。
- ・ 輸送、交通等の物流分野では、巡回セールスマン問題等の最適化問題を解き、サプライチェーンとスケジューリングの合理化による交通渋滞を緩和する。
- ・ 大規模シミュレーションとAIによる天気予報の精度の向上、災害の早期警報、企業価値の高精度予測及び金融商品の取引戦略の強化を実現する。