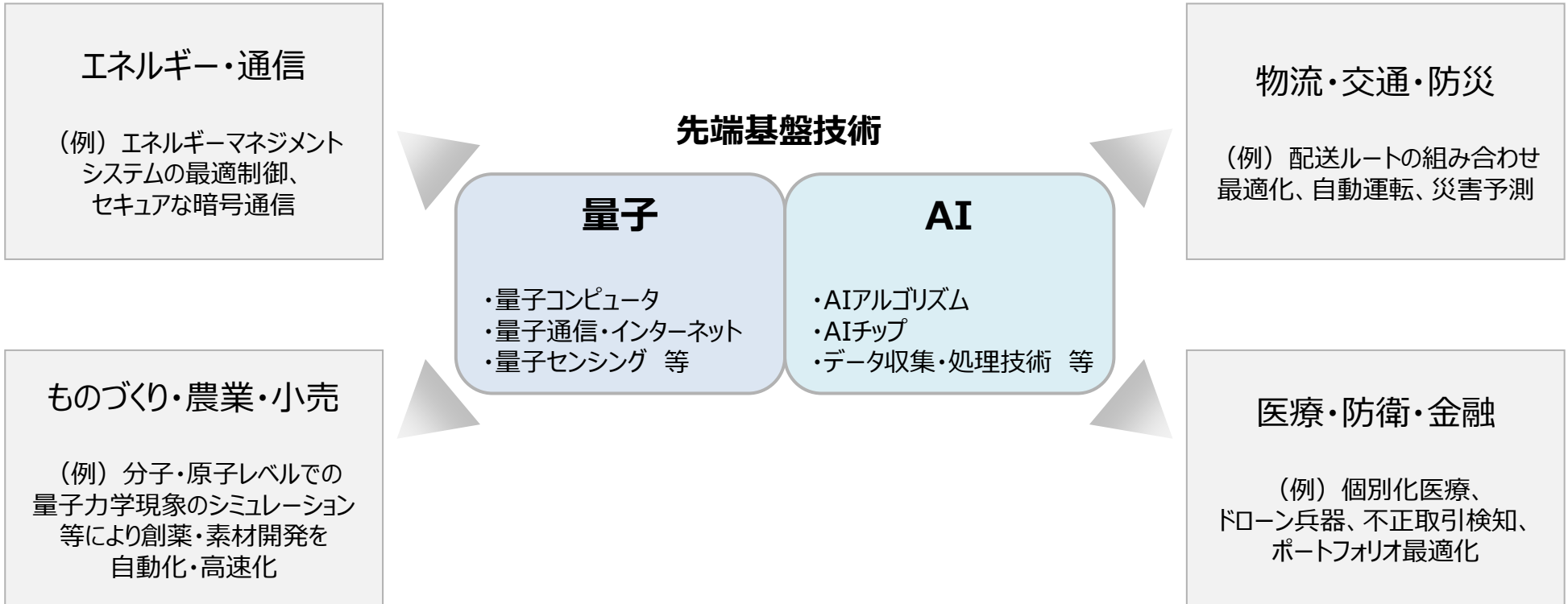


事務局説明資料 (イノベーション創出に向けた 先端基盤技術 (量子・AI) 戦略について)

経済産業政策局
産業技術環境局

現状と課題：先端基盤技術（量子・AI）の競争力強化の重要性

- 量子・AIは、計算能力の飛躍的向上やデータ利用の高度化等により、経済・社会全体の構造転換をもたらし、新たな産業創出、生産性の向上、カーボンニュートラル社会、安全・安心な国民生活等を実現する、DX・デジタル化の基盤技術。
- この基盤技術の開発から実装にかけて我が国企業が競争力をいかに確保できるかは、当該産業の競争力だけでなく、日本経済全体の競争力に関わる課題。
- 他方、過去は、半導体等で技術で勝って実装で負けるという状況があったことを踏まえて、いかに「勝ち筋」を見つけるかが課題。



対応の方向性：先端基盤技術（量子・AI）に関する官民戦略

- 特に国際的な状況変化が激しい量子・AI等の先端基盤技術については、競争状況を不断に分析して勝ち筋を見定め、実装段階まで視野にいたた官民戦略が必要。

これまでのイノベーション政策の限界 （旧機軸）

先端基盤技術のインテリジェンス低下
＜国・企業レベルで勝ち筋を見定めず＞

既存産業構造前提

漸進的な技術開発を志向

大企業中心のオールジャパン型

これからのイノベーション政策のあり方 （新機軸）

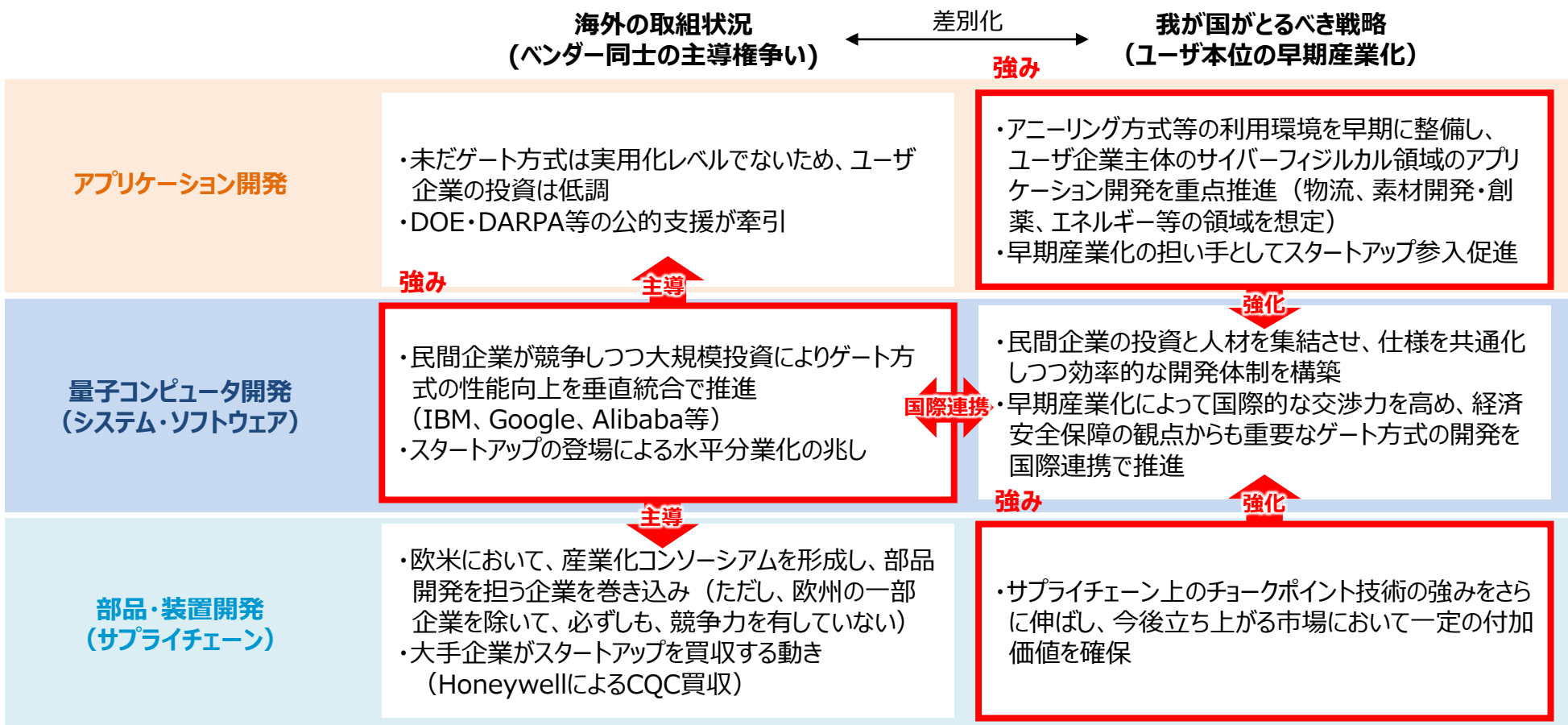
先端基盤技術のインテリジェンス強化
＜勝ち筋＝注力領域を特定、他国と差別化＞

ユーザーからサプライチェーンまで視野に入れた
アーキテクチャー発想の競争戦略・
非連続な技術開発を志向

グローバル連携前提
国内外からの民間投資・多様な主体の参画

対応の方向性：量子コンピュータに関する官民戦略

- 世界では、量子コンピュータの開発競争が激化しており、我が国としては、オールジャパン型ではなく、戦略的グローバル連携を前提とした、効率的な開発体制の構築が必要。
- さらに、注力領域を差別化し、日本が先行するアニーリング方式により、アプリケーション開発とサプライチェーン構築によって早期産業化を実現することで、国際的な交渉力を高め、経済安全保障上重要なゲート方式の国際共同研究を有利に進めてはどうか。



対応の方向性：量子コンピュータに関する官民戦略（具体的取り組み）

- 量子技術が社会実装され、民間投資で自律的に成長する市場を形成するためには、早い段階から、産業化を見据えた、アプリケーション開発やサプライチェーン構築、人材育成、標準策定等に着手することが必要。
- 不確実性の高い量子分野への民間投資を引き出すため、長期間にわたって技術・知見・ネットワーク等にアクセス可能となる産業化の核となるグローバル拠点が必要か。

ユーザー側

物流・輸送

創薬

素材開発

通信

エネルギー

最先端の量子技術等へのアクセスするための投資

産業化・社会実装に必要な機能をワンストップで提供できるプラットフォーム（グローバル拠点）が必要

量子デバイスの製造技術開発・評価

・デバイス製造技術
・パイロットライン構築

量子コンピュータのシステム設計・評価

・国産量子コンピュータのアーキテクチャ開発と評価設備の整備

量子コンピュータの利用環境構築

・古典コンピュータと組み合わせた研究開発用スパコン供用

性能評価等の国際標準化

・ISO・IEC、IEEEへの対応

産業人材育成・国際共同研究のハブ機能

・国内外の大学・企業等から研究人材を受け入れ

⇒ 産総研に、これらの機能を担う新センターを創設してはどうか

必要な技術・人材を国内外の大学・企業等から集約

ベンダー側

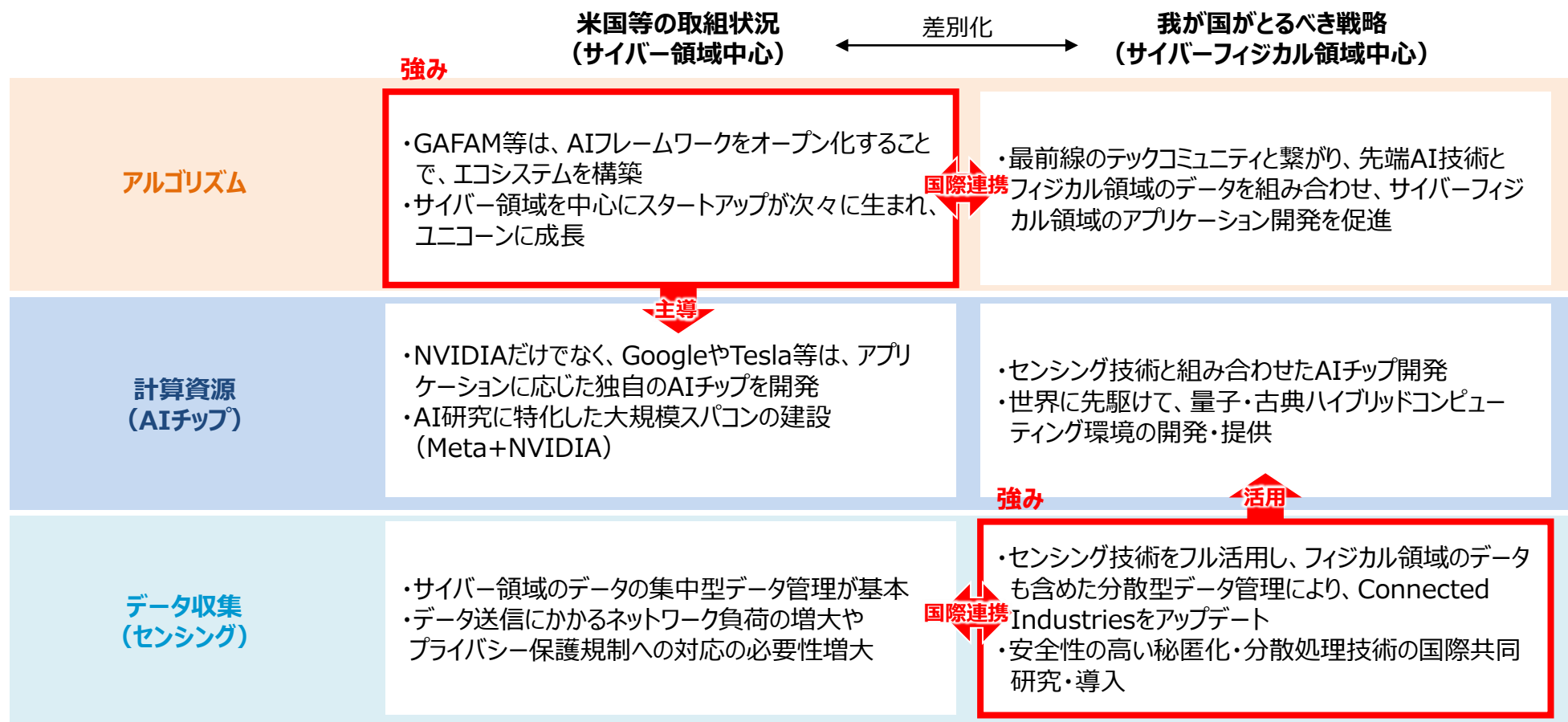
量子に関する基礎技術・基礎学理
（コヒーレント制御、光波制御、量子アルゴリズム、誤り訂正技術等）

量子分野を担う若手研究者・エンジニア

量子コンピュータの設計・製造・サービスを担う大企業・中小企業・スタートアップ

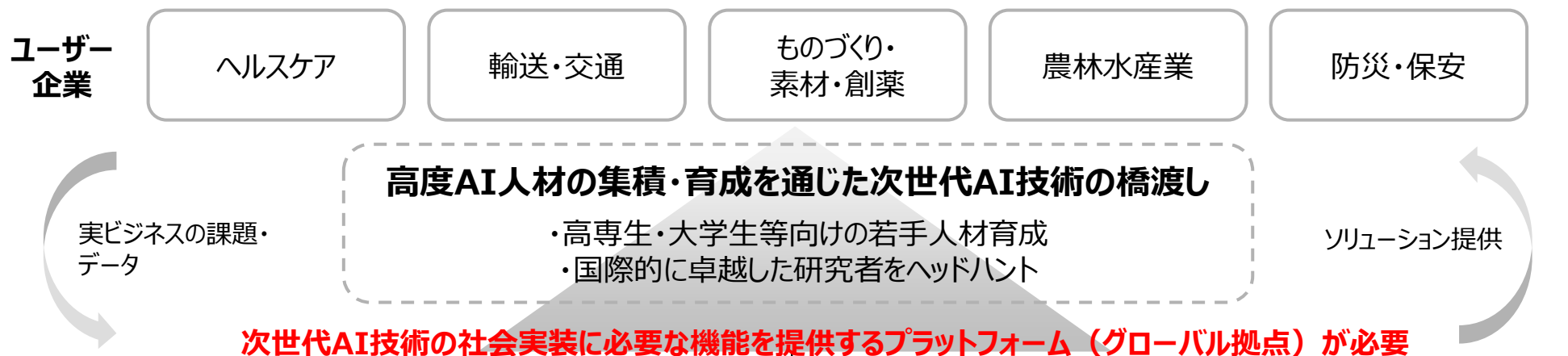
対応の方向性：次世代AI技術に関する官民戦略

- 世界では、AI技術の社会実装が進展し、自動走行や個別化医療等のアプリケーションの幅も拡大。今後、市場形成が本格化し、企業間の競争も激化すると見込まれる中、ものづくり等のサイバーフィジカル領域では、我が国も一定の競争力を確保できる可能性。
- 米国等と差別化し、センシング技術等の強みを生かしながら、最先端のAI技術・計算資源とフィジカル領域のデータを組み合わせたアプリケーション創出を後押しすべきではないか。



対応の方向性：次世代AI技術に関する官民戦略（具体的取り組み）

- サイバーフィジカル領域のアプリケーション開発には、日本のユーザ企業が、世界最高水準のアルゴリズム・計算資源・データ収集の3つの技術にアクセスできる環境が必要ではないか。
- 他方、様々な実ビジネスの現場にAIを実装するには、次世代AI技術の企業への橋渡しを担う研究人材が必要だが、不足している状況。こうした人材の育成も必要ではないか。



⇒ 産総研の機能強化とともに、企業との共同研究を行う人材の育成機能等を付与すべきではないか

①アルゴリズムへのアクセス

世界最先端のAIテックコミュニティへの接続・モジュール開放

- ・国内外研究機関連携ネットワークの活性化・共同研究開発促進
- ・信頼性等の国際標準策定 等

②計算資源へのアクセス

量子コンピュータと古典コンピュータを組み合わせたハイブリッドコンピューティング利用環境

- ・AI研究用スパコンの強化・外部化 等

③データへのアクセス

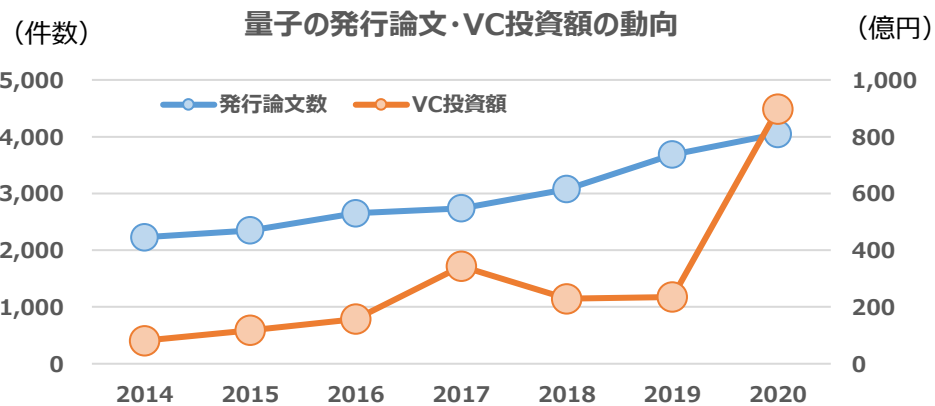
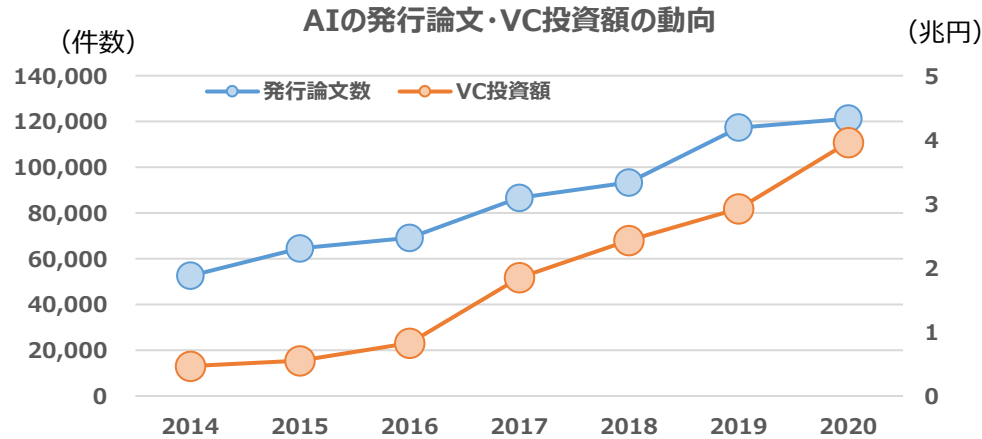
企業等から集めたリアルビジネスの豊富なセンシングデータ等

- ・秘匿化・分散処理技術開発・公共調達
- ・データ利用ルール整備 等

参考

先端基盤技術（量子・AI）への官民の投資動向

- 量子・AIの先端基盤技術は、社会実装段階へ入り、基礎研究のみならず、産業化に向けた投資が活発化。
- 近年、海外政府も大規模な支援策を打ち出しているが、我が国としても、戦略的な投資により、一定の優位性を確保した上で産業応用を進められる可能性。



各国の動向



- 国家量子イニシアティブ法（2018）により、政府は、6年間で約1,400億円の支援プログラムを開始（2022年の量子関連予算要求額は約1,000億円）
- IBM・Googleは2030年頃までに3,000億円を超える量子関連投資を行うと発表
- 量子の産業コンソーシアム（QED-C）が設立（2018）
- 国家AIイニシアティブ法（2020）により、国立AI研究所設立



- 次世代人工知能発展計画（2017）により、重点領域ごとのリード企業（Alibaba等）を選定し、集中的に支援
- 科学技術イノベーション第14次5ヶ年計画（2021）で量子情報分野を重要分野と位置づけ
- 中国科学技術大学は合肥市に1兆円規模を投じて量子関連の研究開発拠点を整備

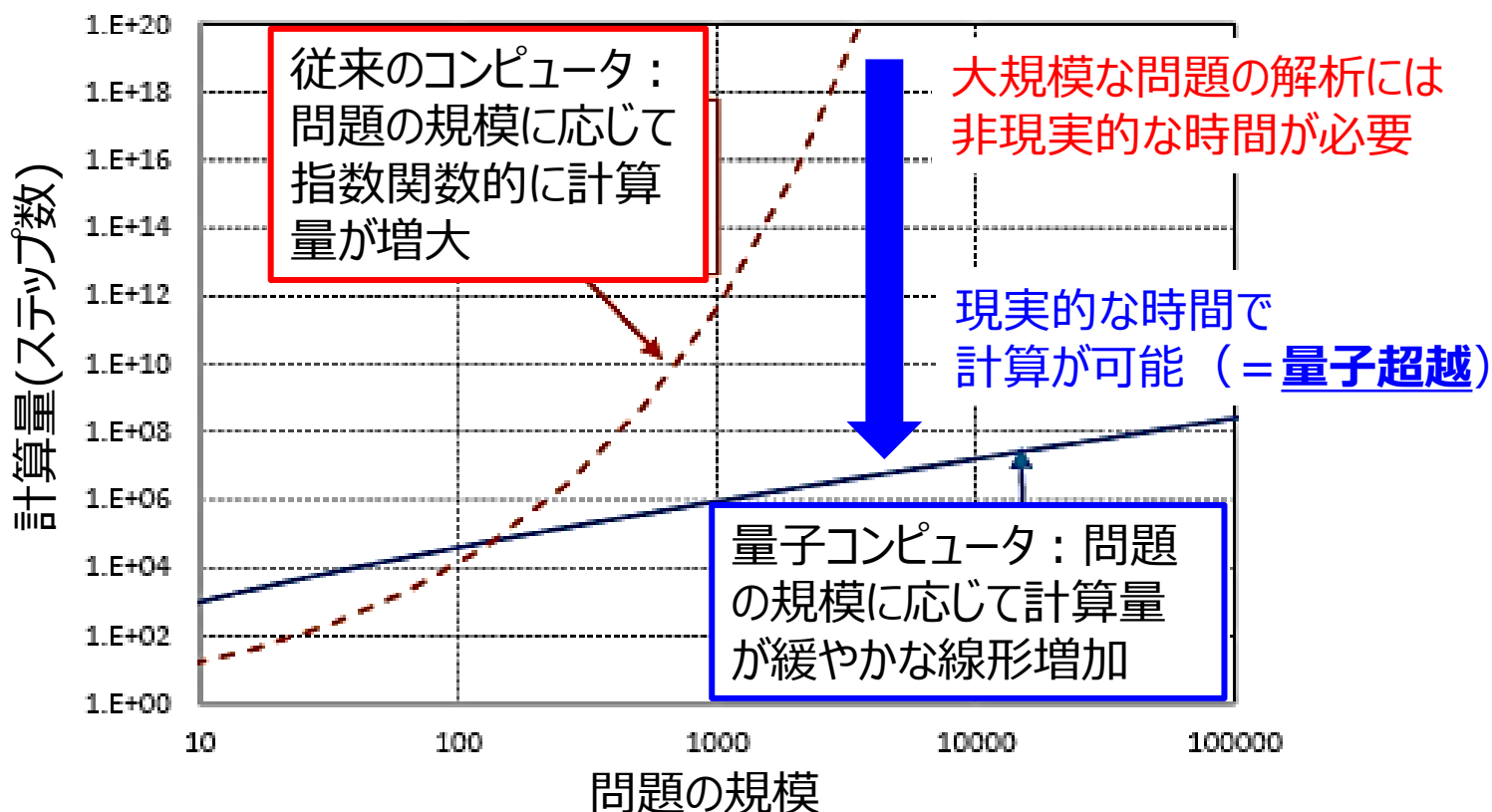


- 2021年度の量子関連予算を800億円規模まで増額したが、基礎研究中心、2020年度のAI関連予算は3,895億円
- 量子技術イノベーション戦略(2020)を策定（社会実装に向けた出口戦略を中心に、見直し作業中）
- AI戦略（2021）にて重点領域等を設定（見直し作業中）
- 量子の産業コンソーシアム（Q-STAR）が設立（2021）

量子コンピュータの必要性

- 量子コンピュータは計算処理速度を劇的に高速化できるため、従来のコンピュータでは事実上計算ができない問題に対しても高速に計算できる。
- 特に、①金融・交通分野等における組み合わせ最適化、②創薬・素材開発等における量子化学計算、③暗号解読等における素因数分解等の計算での活用が期待される。

素因数分解の問題の規模と計算量の関係性(例)



量子コンピュータの代表的な技術方式とプレイヤー

- 量子コンピュータは、ゲート方式とアニーリング方式に大別され、このうち、日本企業は、アニーリング方式に注力しつつ、より長期の視点で、ゲート方式の開発も並行。
- **ゲート方式**：通常のコンピュータと同様に、あらゆる計算を実行可能な汎用型。
- **アニーリング方式**：膨大な組合せから最適な組合せを見つける「組合せ最適化問題」に特化。ゲート方式に比べ、集積化が容易であり、現時点で利用できる計算能力が高い。
 - **量子アニーリング**：量子ビットを用いて解析する方式（ゲート方式と比べ、回路がシンプルなため集積化が容易）
 - **シミュレーテッドアニーリング**（擬似量子）：スーパーコンピュータで量子状態を擬似的に再現する方式（精度はやや低い）

| 方式 | ゲート方式 | アニーリング方式 | |
|------------|--|---|--|
| | | 量子アニーリング | シミュレーテッドアニーリング (擬似量子) |
| 対象の問題 | 従来のコンピュータと同じ | 組合せ最適化問題 | |
| 素子 | 量子ビット (複数の技術方式あり) | 量子ビット (超電導のみ) | ビット (古典コンピュータ) |
| 動作温度 | 超低温（≒絶対零度）～室温 | 超低温（≒絶対零度） | 常温 |
| 現時点の最大ビット数 | 127ビット (IBM) | 5,000ビット (D-Wave) | 1,000,000ビット (富士通) |
| 開発企業 | IBM 、Google、Intel、Microsoft、 IonQ 、PsiQuantum、 富士通 、NTT、NEC 等 (California大学、MIT、Meryland大学、 中国科学技術大学 等) | D-Wave 、 NEC 等 (MIT、東京工業大学、 産総研 等) | 富士通 、 NEC 、 東芝 、 日立 |

※**太字企業**は商用化済、**赤字企業**は日本企業

量子コンピュータのアプリケーション例とプレイヤー

- アニール方式を用いた組み合わせ最適化等において、日本企業は従来のスパコンでは解けないような実問題を解決するアプリケーション開発で先行。

【①組み合わせ最適化】

ゲート方式
アニール方式

膨大な組み合わせの中から最適解を探す問題の対応

(例1：無人搬送車ルート最適化)

工場内の複数の無人搬送車（AGV）が互いに交差しないよう経路を最適化し、待ち時間を減らして稼働率を向上（80%→95%）【デンソー】

(例2：ポートフォリオ最適化)

最適な金融商品の組み合わせを高速に計算し、高速に売買することで高利益の取引を実現【東芝、ダルマキャピタル】

(例3：AIモデルの高精度化)

金融取引の不正を検知するAIモデルの学習量を増やすことが可能になり、予測精度を向上（正答率を最大15%向上）【NEC、SMBC、日本総研】

(例4：中分子医薬品の候補探索)

低分子にしか出来なかった候補物質の探索を中分子医薬品でも現実的な計算時間で可能に（1年→半日）【富士通、ペプチドリーム】

【②量子化学計算】

ゲート方式

分子・原子レベルでの量子力学現象のシミュレーション等により、薬や素材の設計を高速化

(例：リチウム硫黄電池の性能低下要因解析)

リチウムイオンの挙動をシミュレーションすることで、性能低下する原因を解明【IBM、ダイムラー】

【③暗号解読】

ゲート方式

非現実的な計算時間がかかる素因数分解等でセキュリティを確保していた暗号技術が無効化（安全保障上の課題）

(例：乱数生成)

暗号技術の鍵となる乱数生成を高速に実現（1万年かかる計算を200秒に）【Google】

日本における量子コンピュータ関連スタートアップ

- 国内の量子関連スタートアップは、ソフトウェア・アプリケーション開発を中心に発展。アニーリング方式を開発した東工大・西森研や門下生の東北大・大関研の出身者等。
- Sigma-i、Jij、QunaSysは、D-Wave、Amazon、Microsoft等の海外主要プレイヤーと組んで、サービスを展開。

| 企業名 | Fixstars | Jij | Sigma-i | QunaSys | Blueqat (旧社名：MDR) |
|--------|---|--|---|--|---|
| 主要メンバ | 2002年 東証一部 三木 聡 CEO (早大出身) | 2018年11月 東工大・西森研の 山城氏がCEO | 2019年4月 東北大・大関教授 がCEO | 2018年2月 阪大・藤井教授が アドバイザー | 2008年12月 湊 CEO (総務省・異能vation 事業に採択) |
| 事業概要 | <ul style="list-style-type: none"> ・マルチコアプロセッサ関連事業を展開し、量子コンピュータ事業に参入 ・早大・田中准教授と協業 | <ul style="list-style-type: none"> ・アニーリングマシンを使った実業向けアプリケーション開発 | <ul style="list-style-type: none"> ・量子アニーリングマシンの活用・コンサル ・D-Waveマシンの導入技術指導 | <ul style="list-style-type: none"> ・量子コンピュータを用いたソフトウェア開発、コンサルティング業務 | <ul style="list-style-type: none"> ・量子コンピュータ向けミドルウェア (Blueqat) を提供 ・ハードウェア開発にも参入 ・東大・理研と協業 |
| 資金調達状況 | 社員:176名 資本金:5.5億円 (2019年3月末) | ANRIより数千万円規模を資金調達 (2019年1月) | スパークス・グループより約4億円を調達 (2019年12月) | グローバル・ブレイン、新生企業投資、ANRIより2.8億円を資金調達 (2019年12月) | SBIインベストメントより約2億円を資金調達 (2018年10月) |

量子コンピュータのサプライチェーン構成とプレイヤー

- 量子コンピュータの産業化には、極低温冷凍技術等、古典コンピュータとは全く異なる部品技術が必要となり、サプライチェーンの構造転換が必要。
- 日本に強みのあるハードウェア技術が数多く存在し、海外企業・研究機関も注目。

①低温動作低雑音増幅器 (アンプ)

10K以下の低温環境で
高周波信号を増幅する部品

Low Noise Factory(スウェーデン)[写真]



②高周波コネクタ

量子ビットの制御、出力信号を伝達する
信号線を繋ぐ部品

川島製作所 (日本) [写真]



③希釈冷凍機

ヘリウムガスとその気化熱で絶対零度
付近の極低温まで冷却する装置

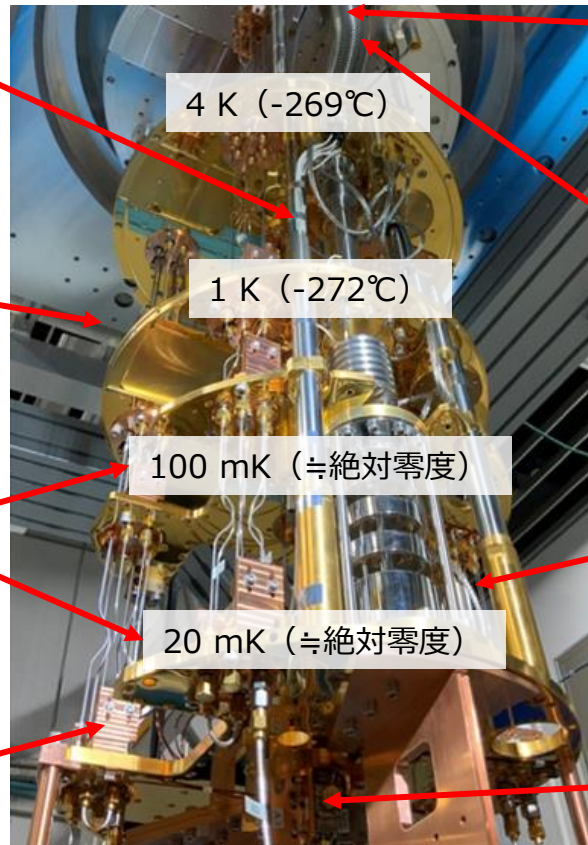
Bluefors (フィンランド)、Oxford
Instruments (UK)

④低温高周波部品

大規模化の際に必要な低温環境
下で量子ビット制御のための高周波信号
を生成・検出するための部品

Semiwise (UK)

超電導回路のサプライチェーン



※赤字は、日本企業

写真：産業技術総合研究所 提供

⑤制御装置・ソフトウェア

量子ビットを制御する
ソフトとその情報に基づいた
命令を送信する制御装置

Keysight Tech(アメリカ)[写真]、QuEL (日本)



⑥高周波入力線

量子ビットの制御、信号読み取りを行う
マイクロ波を伝える信号線

KEYCOM (日本)
潤工社(日本)[写真]



⑦超電導同軸ケーブル

極低温下でマイクロ波
の信号を伝える信号線

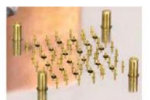
コアックス (日本) [写真]



⑧チップ実装用ソケット

量子チップの配線と信号線を低温環境下
でも良好に接続する部品

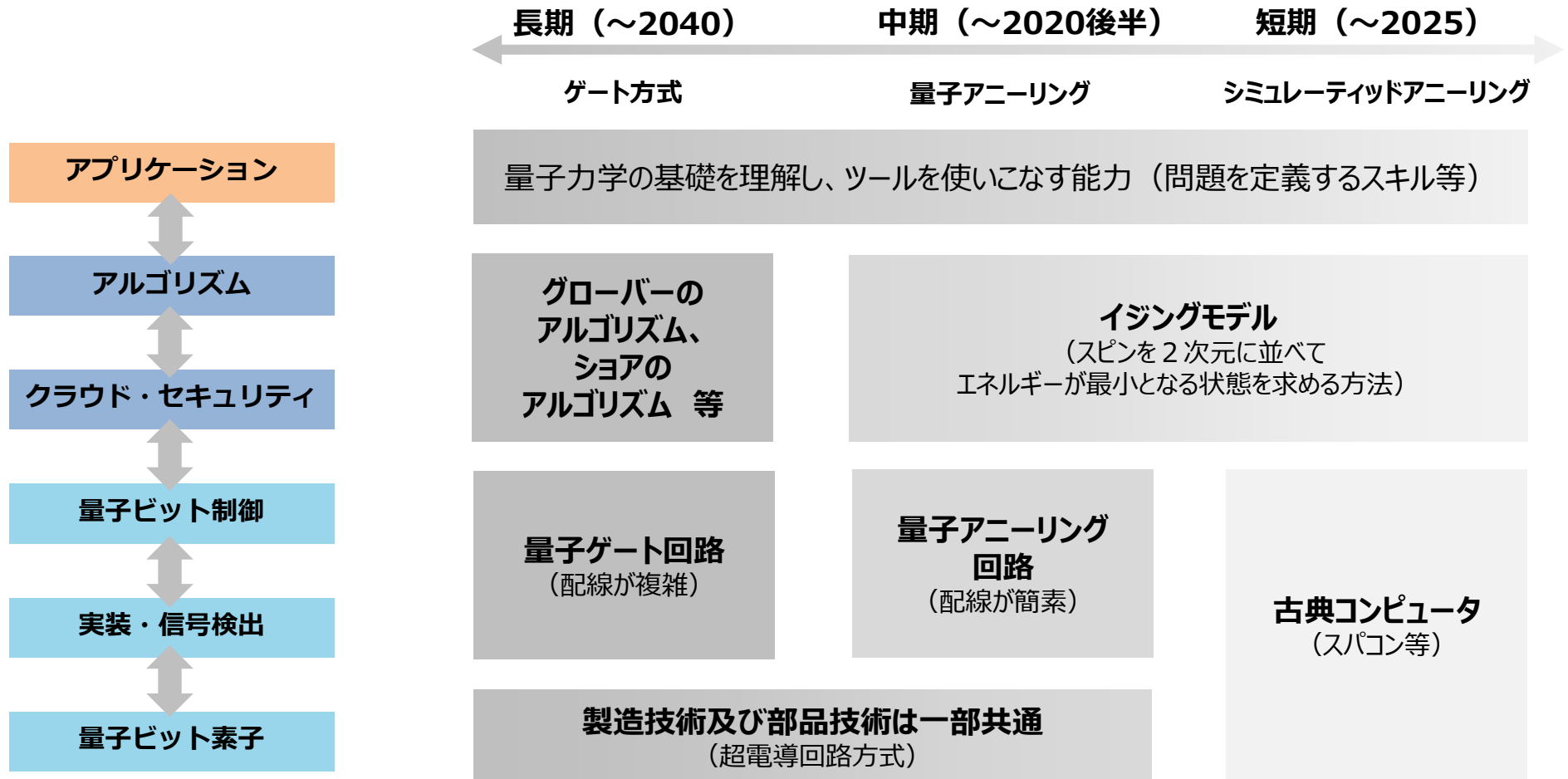
精研 (日本) [写真]



アニーリング方式からゲート方式への移行と必要な技術・能力

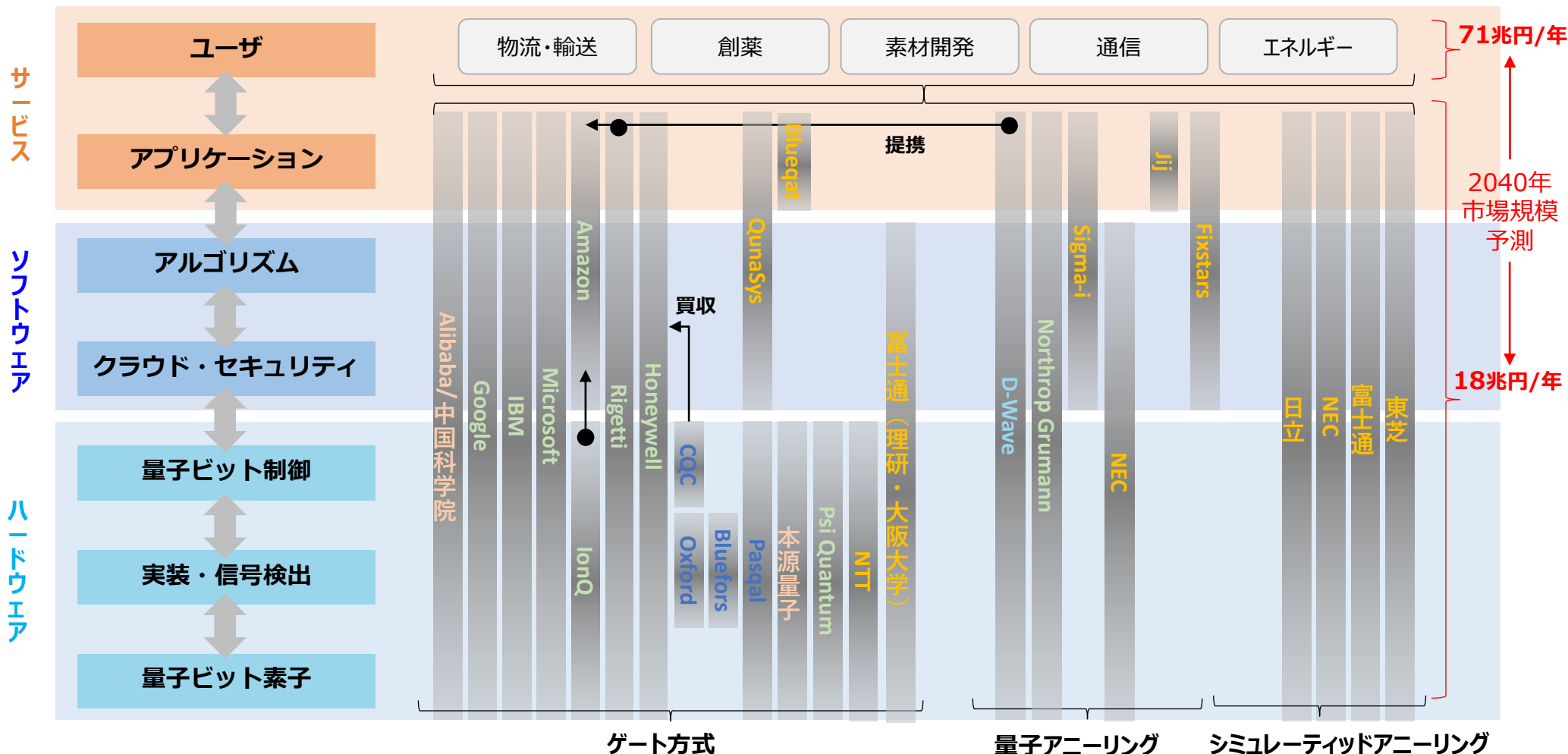
- ゲート方式とアニーリング方式は、アルゴリズムが全く異なるが、部品技術やアプリケーションの開発スキル等については一定程度共通の部分もあるため、アニーリング方式の早期社会実装は、長期視点で見ればゲート方式の社会実装にも寄与する可能性。

サービス
ソフトウェア
ハードウェア



量子コンピュータとユーザの産業構造と主要プレイヤーマップ

- 主要企業は、全てのレイヤーを担う「垂直統合型（フルスタック）」の事業展開を進めているが、IonQ等の専門スタートアップも現れ、水平分業化が進展する可能性。
- 量子コンピュータ自身の市場のみならず、利用により大規模なユーザ市場が創出される見込み。

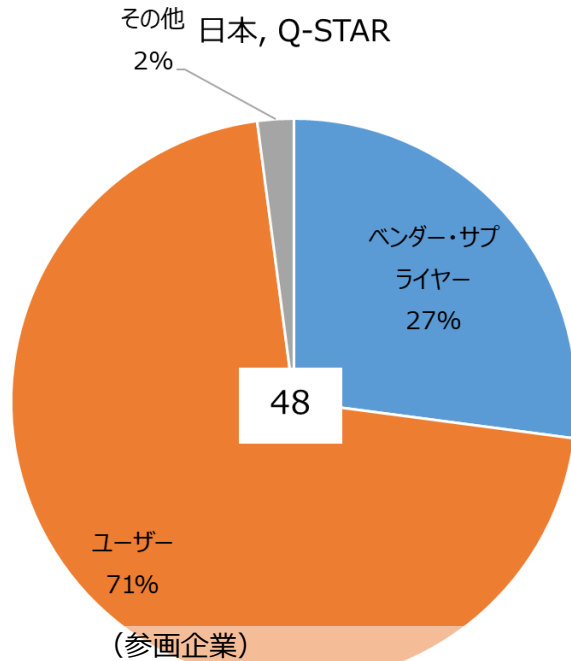


(出所) 各社HP、BCG調査レポート等を参考に経済産業省作成
(市場規模予測は最大値)

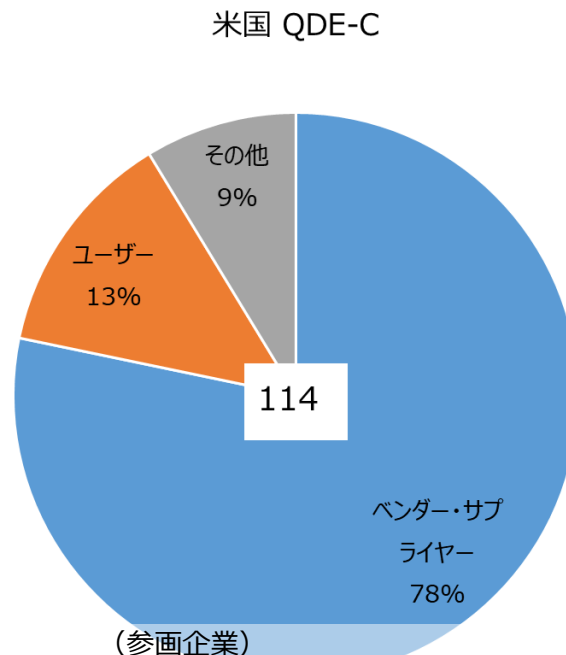
赤字：中国企業、緑字：米国企業、黄字：日本企業、水字：カナダ企業、青字：欧州企業

量子技術の産業コンソーシアムの参加企業構成割合

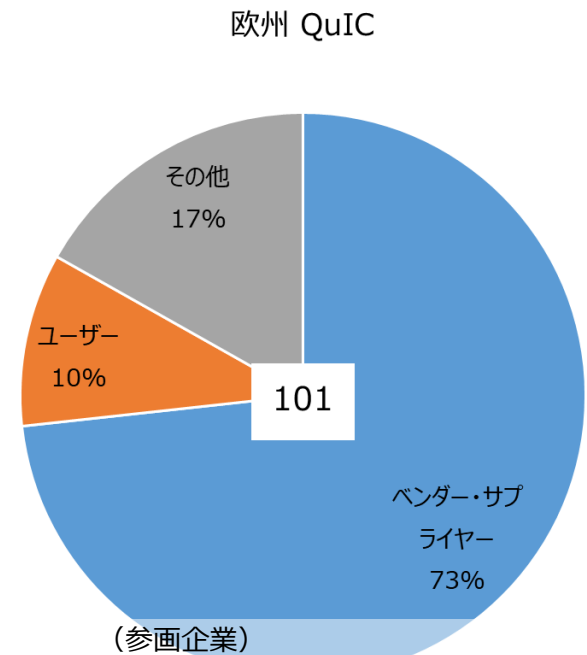
- 量子技術の産業化に向けて、米国では2018年に量子技術コンソーシアムQDE-Cが設立、欧州は2021年4月にQuIC、日本も9月に「量子技術による新産業創出協議会(Q-STAR)」が発足。
- 会員構成は、QDE-C(米国)・QuIC(欧州)の7~8割はベンダー・サプライヤーであるのに対し、Q-STAR(日本)は7割以上がユーザーであり、ユーザーの関心が高い。



東芝、NEC、NTT、日立、富士通、三菱ケミカル、トヨタ、みずほ、JSR、第一生命、東京海上HD 等



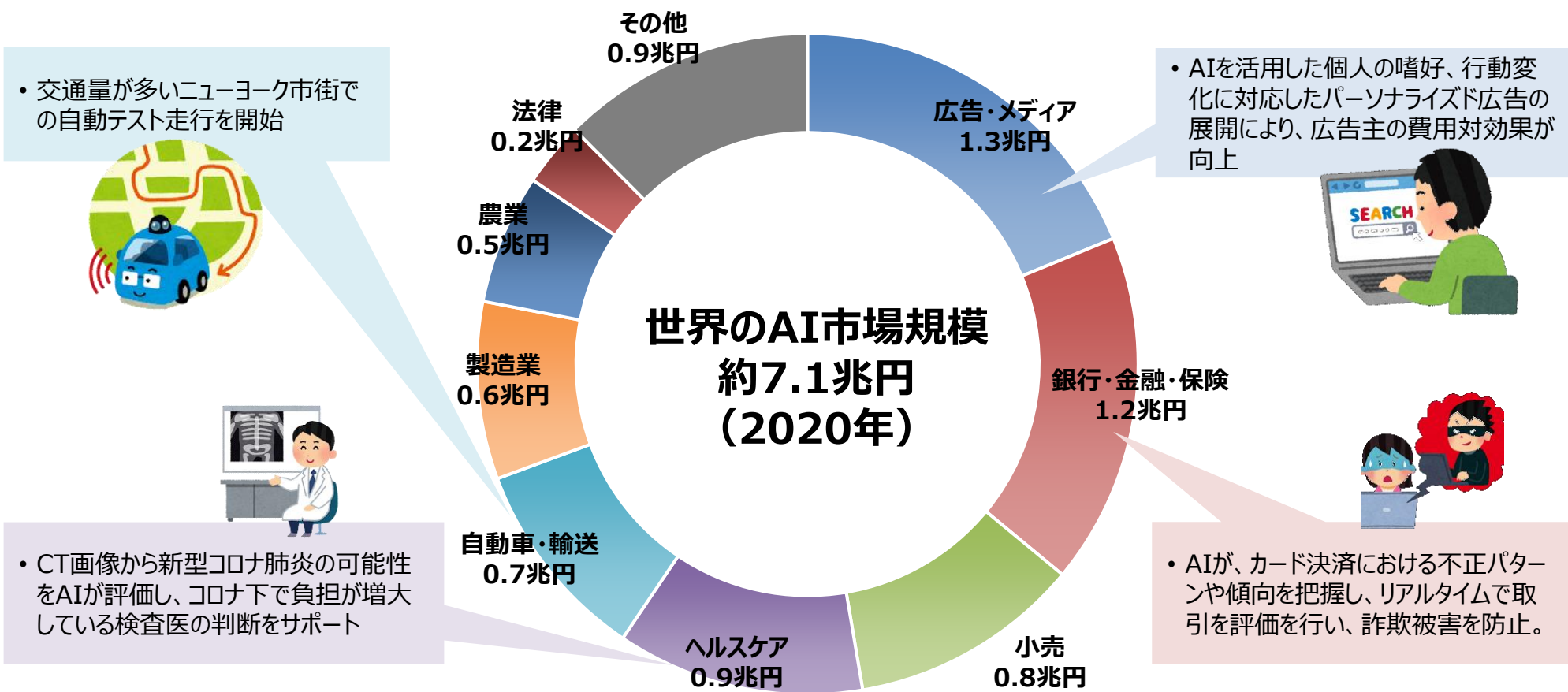
SRI, Boeing, Cold Quanta, QC Ware, Zapata Computing, IBM, Google, Qubitekk 等



Accenture, Airbus, AQT, aQuantum, BASF, Beyond Semiconductor, CQC, Deloitte, Equal1, E.ON, IQM, SAP 等

人工知能（AI）活用領域の広がり

- Artificial Intelligence（AI）は、「知的とされる機能を実現しているシステム（AI戦略2021）」とされ、デジタル化する社会においてデータ利活用を高度化する基盤技術
- あらゆる産業のデジタル化に伴い、製造・医療・小売等の幅広い領域で活用が進展。



■ 広告・メディア ■ 銀行・金融・保険 ■ 小売 ■ ヘルスケア ■ 自動車・輸送 ■ 製造業 ■ 農業 ■ 法律 ■ その他

(出典) Grand View Research「Artificial Intelligence Market Analysis & Segment Forecast to 2028」の市場規模情報、その他各種公表情報等を基に経済産業省作成。

AI技術の進化（第3世代AIから第4世代AIへ）

- 初めてAIという概念が提唱された1956年以降、①アルゴリズム、②計算資源、③データの3つの技術的ブレイクスルーが起り、AI活用のブームを形成してきた。
- 現在は、「第3世代」のAIの普及が進展。深層学習の登場等により、画像認識等の特定能力で人を凌駕している一方で、意味理解（文脈把握、常識等）の欠落等が課題。こうした課題を解決できる「第4世代」のAIの研究開発が、世界で活発化している。

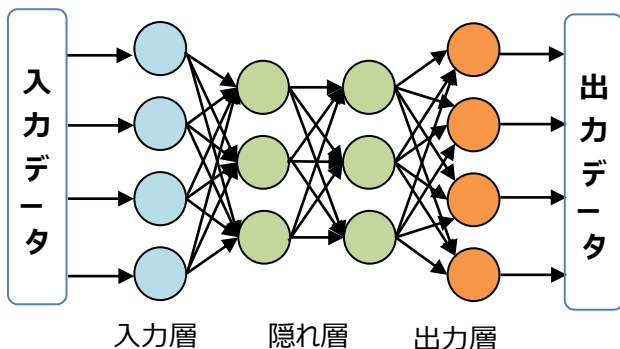
| | 第1世代AI (1956～60年代頃) | 第2世代AI (1980年代頃) | 第3世代AI (2010年代～現在) | 第4世代AI (2030年頃～) |
|---------|--|---|---|--|
| 技術的特徴 | <ul style="list-style-type: none"> 迷路やパズルなどの探索・推論 | <ul style="list-style-type: none"> 問診データからの処方薬提示など、特定の問題解決 | <ul style="list-style-type: none"> 大量データの中からコンピュータが自ら特徴量を抽出 | <ul style="list-style-type: none"> 意味を理解できるようになり、人間がより知的活動に専念できるように |
| ①アルゴリズム | <ul style="list-style-type: none"> スタートとゴールが決まっている問題が解ける「探索木」 | <ul style="list-style-type: none"> 経験からの学習により自動で改善する「機械学習」 専門家の模倣で特定問題を解決する「エキスパートシステム」 | <ul style="list-style-type: none"> 「深層学習（ディープラーニング）」（画像認識、音声認識等に強み） | <ul style="list-style-type: none"> 意味を理解し、マルチタスクに対応した汎用AI |
| ②計算資源 | <ul style="list-style-type: none"> 初歩的な問題を解く能力 | <ul style="list-style-type: none"> 一定の問題を解く計算能力を獲得 | <ul style="list-style-type: none"> GPU（画像処理向けチップ）の使用等により、計算資源の能力が飛躍的に向上 | <ul style="list-style-type: none"> ヘテロジニアス（異種）コンピューティング 量子コンピュータ |
| ③データ | <ul style="list-style-type: none"> 計算資源の制約に伴う少量データ（紙媒体） | <ul style="list-style-type: none"> 研究開発機関でのネットワークが形成され、データ量が増加（一部が電子データ化） | <ul style="list-style-type: none"> インターネットの普及により、ビッグデータが爆発的に増加（クラウド処理） | <ul style="list-style-type: none"> リアルタイムデータが更に増加（クラウド処理に加え、エッジ側での処理） |
| 技術的限界 | <ul style="list-style-type: none"> 初歩的な問題を解くに留まり産業応用できず | <ul style="list-style-type: none"> 専門家の知識をコンピュータに教え込む膨大な作業、例外処理の煩雑さが壁となり頓挫 | <ul style="list-style-type: none"> データから特徴量は抽出できても、意味は理解せず | |
| トピック | <ul style="list-style-type: none"> AIの概念がダートマス会議で誕生（1956年） | <ul style="list-style-type: none"> カメラ画像を活用した自動運転技術が開始（1989年） | <ul style="list-style-type: none"> ヒントン教授が開発した深層学習AIモデルが画像認識コンテストで圧勝（2012年） アルファ碁がトップ棋士に勝利（2016年） | |

第3世代AIを実現する技術構成要素

- 第3世代AIは、①深層学習、②AI専用チップ（GPU等）、③IoT/クラウド（センシング、データセンタ等）の技術発展により、実用化レベルまで精度が向上。
- 第2世代AIでは、人がルールを記載しないと機能しなかったが、第3世代AIは、データを用いて自ら特徴を自動抽出し、高精度な予測・判定が可能に。

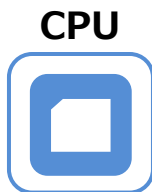
【①アルゴリズム：深層学習】

- 深層学習（ディープラーニング）は、対象の全体像から細部までの各々の粒度の概念を階層構造として関連させて学習する機械学習の方法
- 特徴量（隠れ層のパラメータ）抽出を自動で行うことが可能に



【②計算資源：AI専用チップ】

- GPU (Graphics Processing Unit) は、コンピュータゲーム等のリアルタイム画像処理に特化した演算装置で、AIのトレーニングにおける単純な並列演算処理と相性が良い
- GPUを用いたAI専用チップによる高速計算が可能に



(数コア～数十コア)

➢ 複雑・高性能なコアで汎用的・逐次的処理を実施

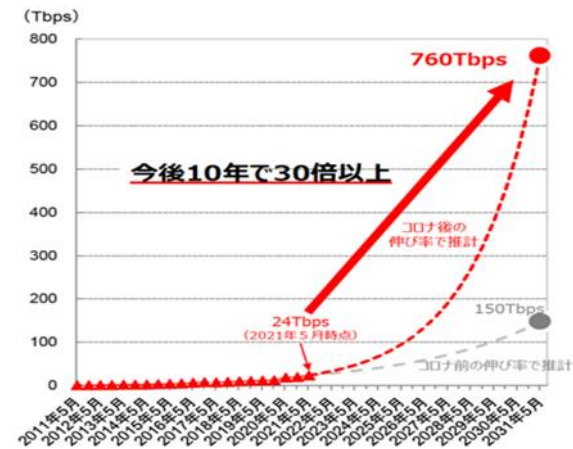


(数千コア)

➢ 大量のコアで特定・定型の並列計算を実施

【③データ：IoT/クラウド】

- デジタル情報のみならず、センサ等を通じて、様々な実空間情報のデータが取得・蓄積が可能に (IoT:Internet of Things)
- インターネット・高速通信網の整備により、データのスケラブルな集約・分散処理が可能に (クラウドコンピューティング)



(出典)「我が国のインターネットにおけるトラフィックの集計・試算」を元に総務省作成

第3世代AIの克服すべき課題

- 第3世代AIは、既に幅広く社会実装が進んでいるが、与えられたデータに依存しており、意味が理解できないという技術課題に起因して、応用範囲の限界が見えつつある。

脆さ 交通標識の誤認

学習データと異なる傾向のデータに弱く、その原理を理解した上で意図的に誤判定を起こすことが起こり得る。



アメリカの速度制限35マイル表示の3の表記を一部改編した標識をテスラ車のAIは85マイルと誤認識した。

<https://www.mcafee.com/blogs/other-blogs/mcafee-labs/model-hacking-adas-to-pave-safer-roads-for-autonomous-vehicles/>

不確かさ 交通事故の例

AIモデルが高い確度の予測をしたとして、実際にその予測が正しいとは限らない。また、確率に依存している為、低確率の誤判定は存在。



テスラモデル3のオートパイロットで走行していた際、横転したトレーラーの屋根を道路と誤認して衝突した。

<https://news.ltn.com.tw/news/society/breakingnews/3183411>

バイアス 不適切な採用提示

データの特徴を抽出して学習するので、データにバイアスが入っていた場合、そのままバイアスが反映される。

Amazonは採用AIツールを開発したが、女性を差別した判定を出す事が判明したので利用を中止した。

<https://jp.reuters.com/article/amazon-jobs-ai-analysis-idJPKCN1ML0DN>

常識 AI兵器

人が持つような常識や理論的思考は現状実現できていないため、人では起こし得ない間違いや行為が起こりえる。



STM社の軍事ドローンKARGU既に実践投入されたと言われているが、民間人に使用される懸念もある。

<http://prc77.livedoor.blog/archives/9074173.html>

課題解決の方向性①：アルゴリズムの進化

- 文脈・常識を踏まえ、想定外な事案にも対応できるようにするためには、データだけでなく、理論や知識を組み込んだAI技術の開発が必要。
- これにより、マルチタスクに対応した、より人間らしい汎用AIの実現が可能に。

- 全体最適化に対する要求水準が高まり、必要なデータの組み合わせが膨大になり、全ての取得が困難になる。
- 既知の知識体系を演算プロセスに適時適切に挿入し、限られた情報から答えを導き出す手法確立が必要。
- 知識体系をどのように切り、かけ合わせていくのかの基盤整備が必要。

第3世代AI

教師なし学習

データの背後に存在する本質的な構造を抽出

模倣学習

理想的とみなした行動を観察・模倣し行動形成

教師あり学習

例題をガイドに学習し思い通りの出力を再現

転移学習

既知の知識を転移し仮説を効率的に見出す

自己教師あり学習

学習データのラベルを学習データに基づいて生成

強化学習

教師データなく試行錯誤により成果最大化

「**深層学習**」をベースとした
パターン処理が主流

第4世代AI

意味を理解するAI

汎用AI

説明できるAI

外挿できるAI

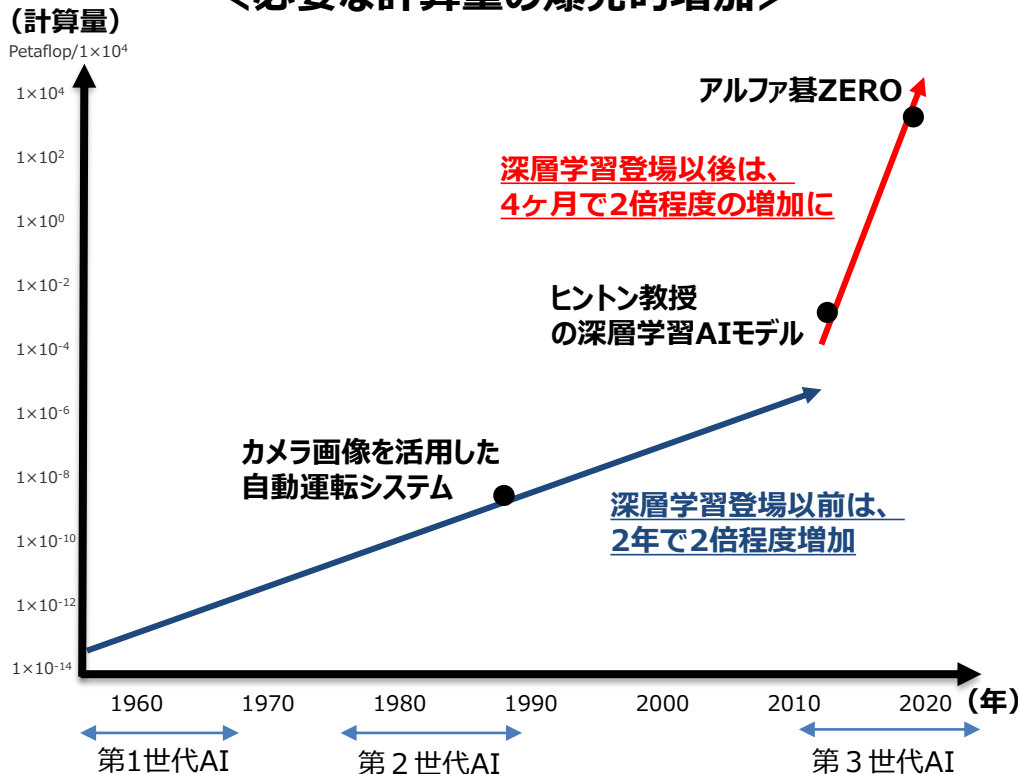
知識組み込みAI

「**深層学習**」への
既知の理論や知識の組み合わせ

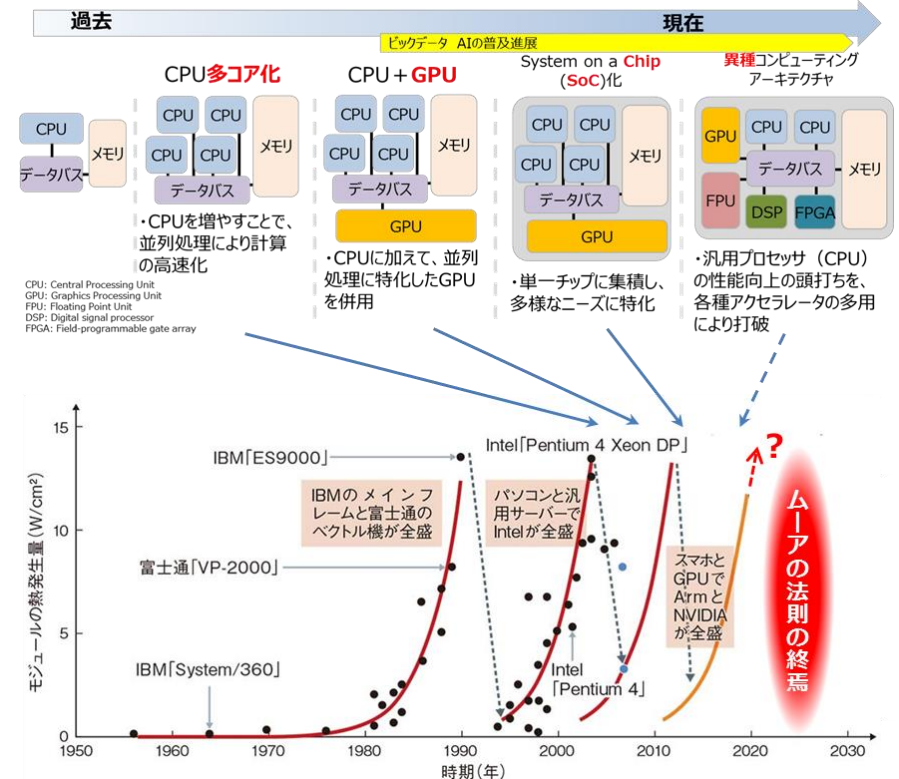
課題解決の方向性②：次世代コンピューティング技術

- 爆発的に増加する計算量に対応するためには、CPUやGPU等の様々な演算リソースを組み合わせ、AIの学習特性に合わせて性能向上と消費電力の抑制を図る「ヘテロジニアスコンピューティング」の開発が必要。
- 中長期的には、量子コンピュータ等、非連続なアプローチで計算能力を高める方策も有望。

<必要な計算量の爆発的増加>



<アーキテクチャの変遷と消費電力量>



(出典) <https://openai.com/blog/ai-and-compute/>を参考に経済産業省作成

(参考) 「クラウドコンピューティング」と「エッジコンピューティング」の重要性

- 大量のデータを処理するためには、巨大なデータセンタで処理するクラウドコンピューティングが引き続き重要であるが、多様な計算ニーズや、量子コンピュータも含めた多様な計算資源に統合的に対応するための制御ソフトウェアの開発が必要。
- 同時に、情報伝送の負荷を最小化するため、増加するセンサデータを端末側で処理する「エッジコンピューティング」の重要性が増大し、センサと組み合わせた用途別のAIチップ開発が必要。

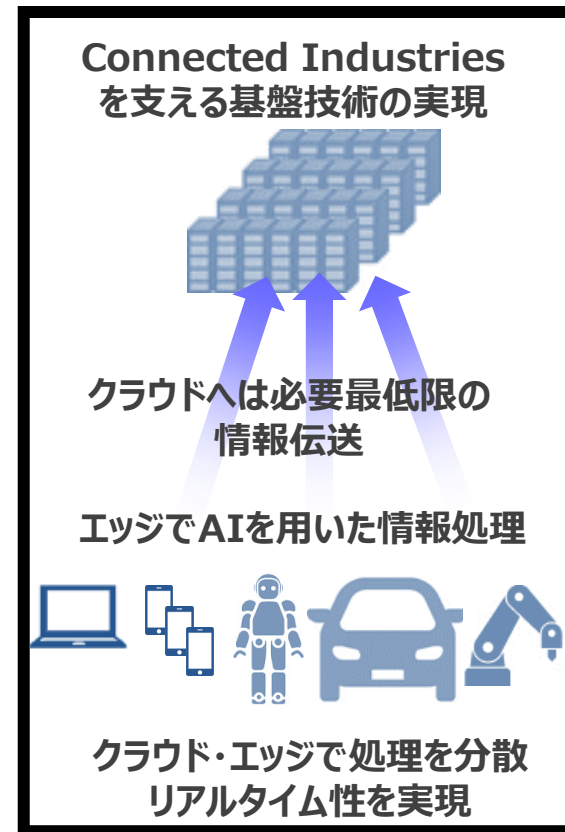
クラウドコンピューティング



+

←→

用途に応じて
使い分け



エッジコンピューティング

(参考) 次世代の古典／量子ハイブリッドコンピューティング (イメージ)

- 次世代の計算需要を満たすためには、古典コンピューティングにおけるソフトウェア、ハードウェアの技術の高度化に加え、量子コンピューティングの実用化・高度化が重要。
- 新方式に適合した半導体をはじめとするハードウェアとともに、計算基盤全体として最適に制御するためのソフトウェアの開発が必要。

【ユーザー】



超高速・大容量光ネットワーク

【クラウド】



【計算基盤】



【古典：汎用、AI、科学技術など】



【量子：組み合わせ最適化問題など】

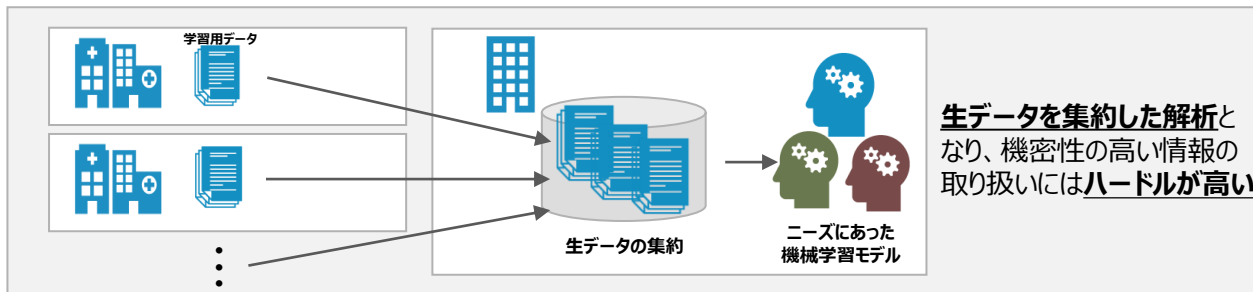
...

課題解決の方向性③：データの秘匿化・分散処理

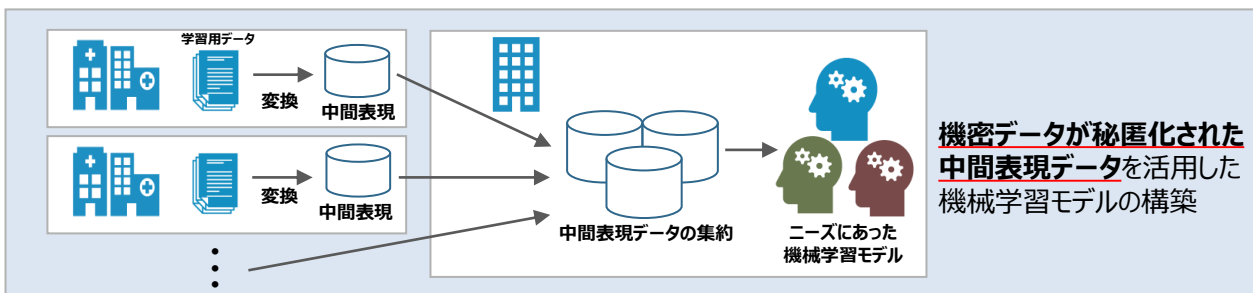
- 我が国が強みを有する現場のデータを生かすには、組織の垣根を越えて分散するデータの共有を進めることが重要。その障害となる複製・改ざん防止技術に加え、プライバシーや営業機密を保護しながら大規模データの活用を可能にする「秘匿化・分散処理技術」により、データ共有の取組が飛躍的に進展する可能性。
- こうした技術は、地域的な情報管理ルール強化やデジタル覇権主義などに対抗した、国際的な自由なデータ流通（Data Free Flow with Trust）にも貢献するもの。

「秘匿化・分散処理技術」によるプライバシーを保護した機械学習のイメージ

機械学習（従来）



秘匿化・分散処理技術



例) データコラボレーション解析を用いた秘匿化・分散処理

情報複製・改ざん防止技術 その他プライバシー保護技術

ブロックチェーン

取引履歴を暗号技術によって過去から一本の鎖のようにつなげ、正確な取引履歴を維持しようとする分散型台帳技術。データの破壊・改ざんが極めて困難に。

NFT
(Non Fungible Token)

代替不可能なトークン。ブロックチェーン技術を応用し、誰が権利を保有しているのかを改ざん不可能な形で保存する。

匿名加工技術

個人情報を削除、変更し、統計や機械学習に必要な特徴量を残したデータに加工する技術。匿名性と特徴量はトレードオフ。

AI分野の産業構造と主要プレイヤーマップ

- AIのアルゴリズムについてはオープン化が進み、GAFAM等が提供するフレームワークを用いて、スタートアップ等によるアプリケーション開発が活発化。サイバーフィジカル領域やAIチップ開発での参入・買収が増加し、競争が激化。
- 日本は、センシング等のハードウェア領域に強みを有し、リアル世界のデータ活用に活路。

