

# The Future of Computing

テクノロジーが拓く未来

日本アイ・ビー・エム株式会社  
副社長執行役員 最高技術責任者  
森本 典繁

As leaders adopt AI, they need to consider three things:

組織のリーダーがAIの導入の際に考慮すべきポイント

1

競争力と差別化を図るためにはどうすべきか

→固有の知識やデータを組み込み、自ら管理、成長させる

---

2

ビジネスのあらゆる局面で活用するにはどうすべきか

→散在するデータを統合し、蓄積・管理できること

---

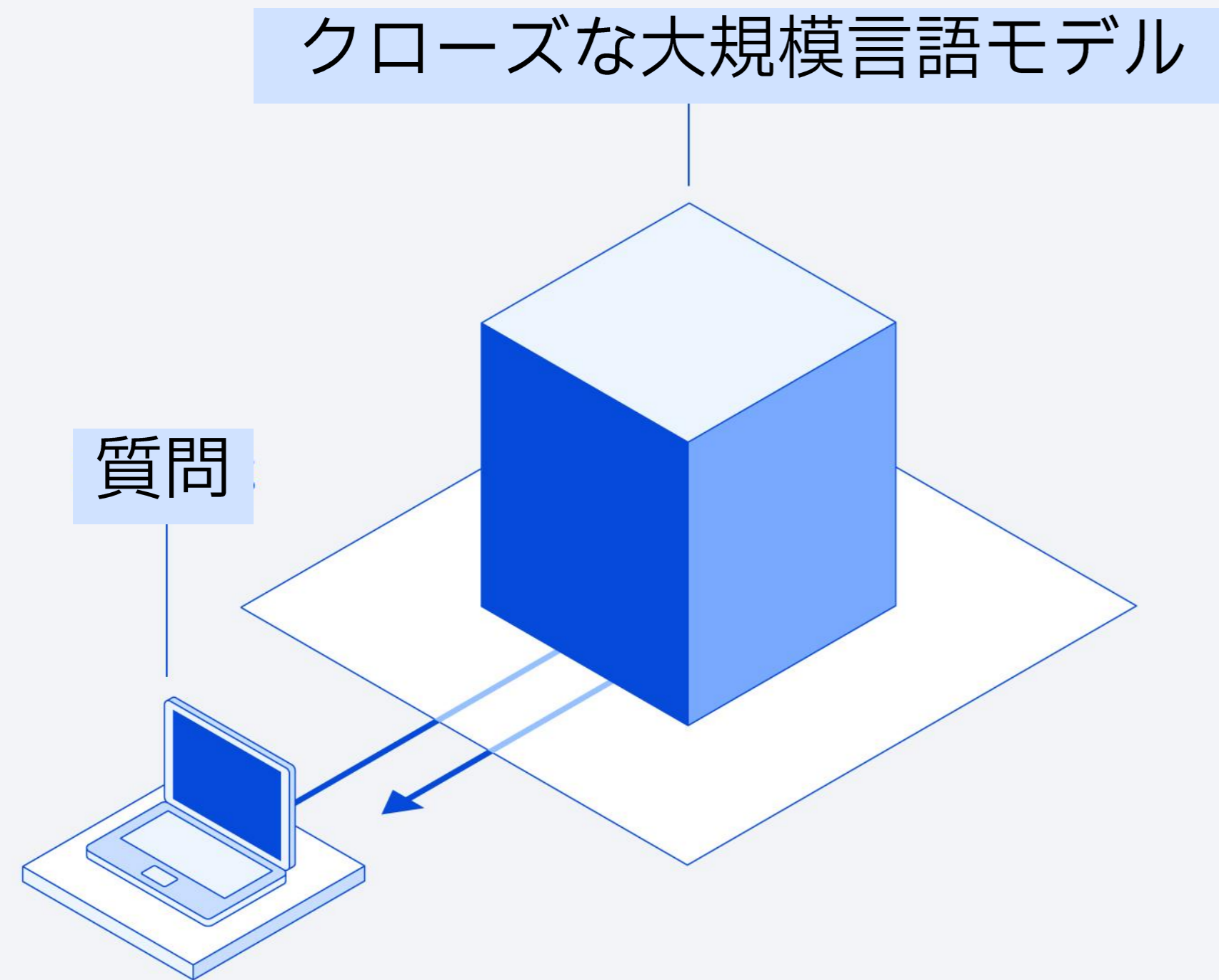
3

信頼できるAIとして発展させるためにはどうすべきか

→公平性、説明性、正確性、透明性を担保、確認できること

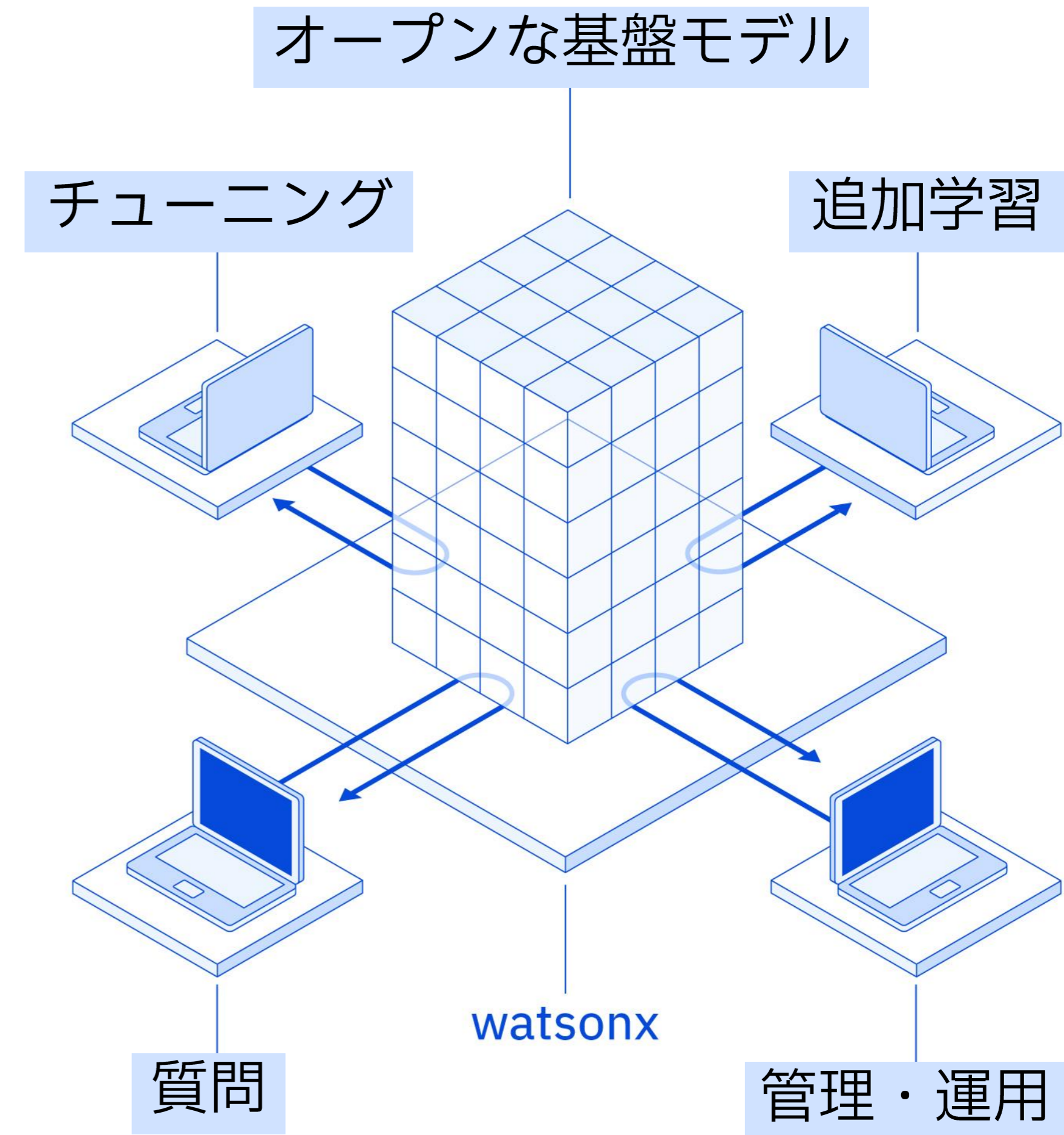
# AI user

単一entityによって構成された大規模モデルに基づくAIを決められた手順とI/Fで利用するアプリケーション



# AI value creator with watsonx

最新のアルゴリズムと自前のデータや管理ルールを組み込み学習できるオープンなプラットフォーム



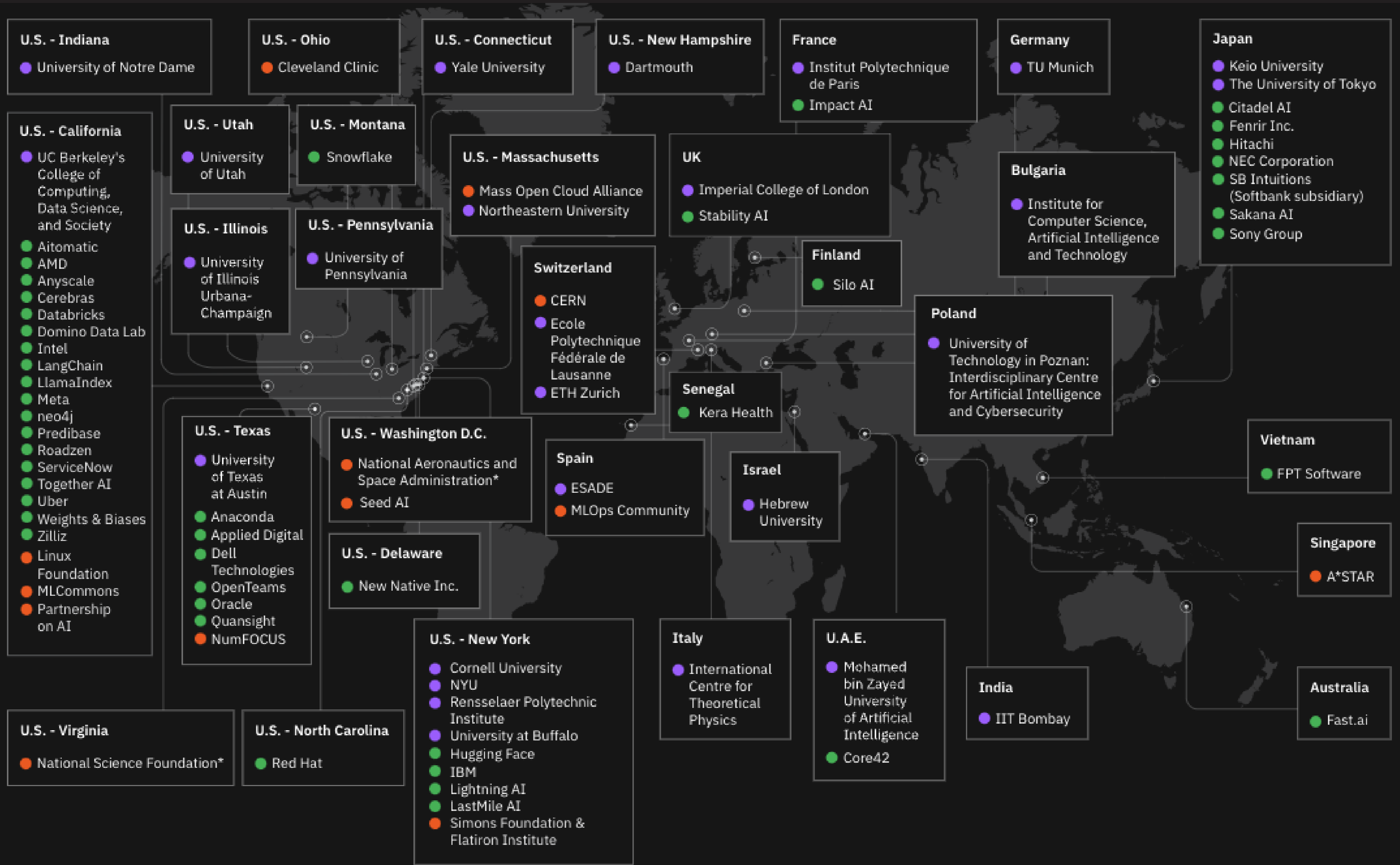
**watsonx**

# The AI Alliance

AIの健全でオープンな発展のため世界の80社以上の企業が結集しました

A community of technology creators, developers and adopters collaborating to advance safe, responsible AI rooted in open innovation.

Founding Members and Collaborators\*



- Universities
- Startups & Enterprises
- Science Organizations & Non-profits

Total annual R&D funding represented

>\$80B

Students supported by these academic institutions

>400,000

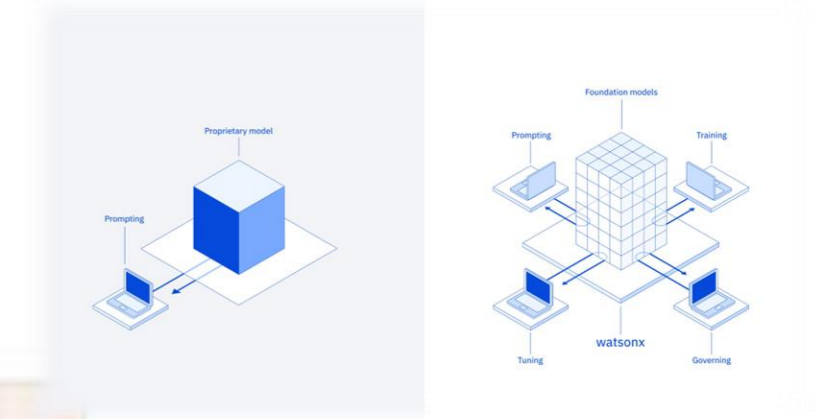
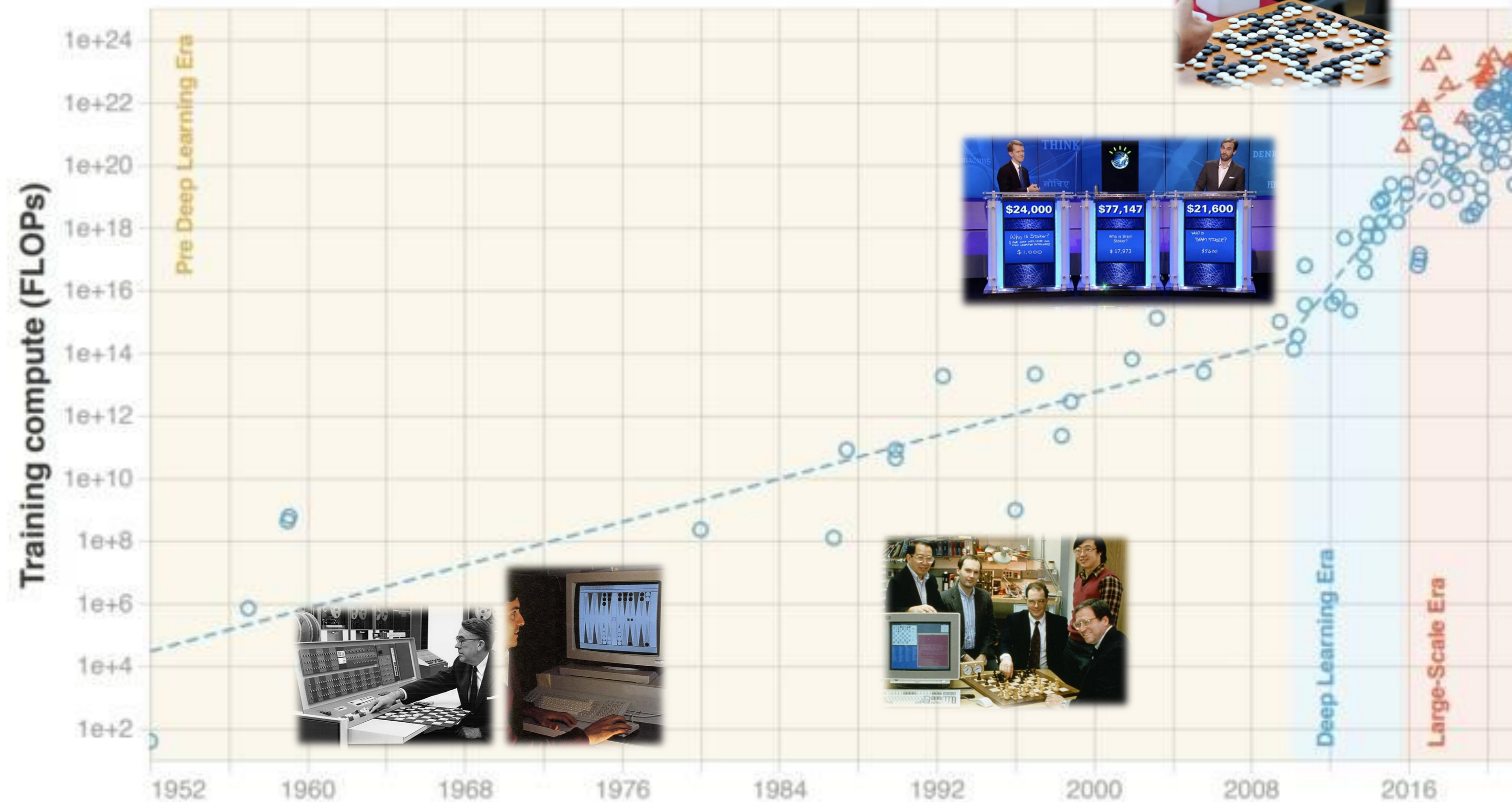
Total staff members

>1,000,000

<Projection only, Do not copy>

# AI の能力は利用できる計算資源の増大と共に進化し、その需要は指数関数的な速度で加速している

Training compute (FLOPs) of milestone Machine Learning systems over time  
n = 121



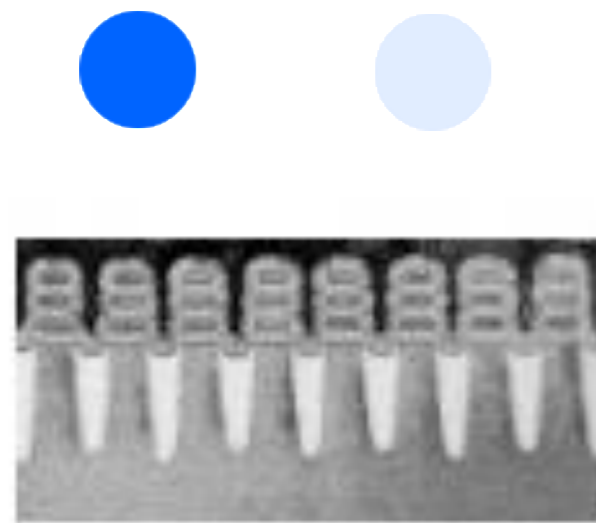
出典: Parameter, Compute and Data Trends in Machine Learning by Jaime Sevilla, Pablo Villalobos, Juan Felipe Cerón, Matthew Burtell, Lennart Heim, Amogh B. Nanjajjar, Anson Ho, Tamay Besiroglu and Marius Hobbhahn; 2021. <https://arxiv.org/pdf/2202.05924.pdf> (2023/9)を基にIBM作成

<Projection only, Do not copy>

# IBM Vision of Future of Computing

## 半導体技術の研究の継続

Mathematics + Information

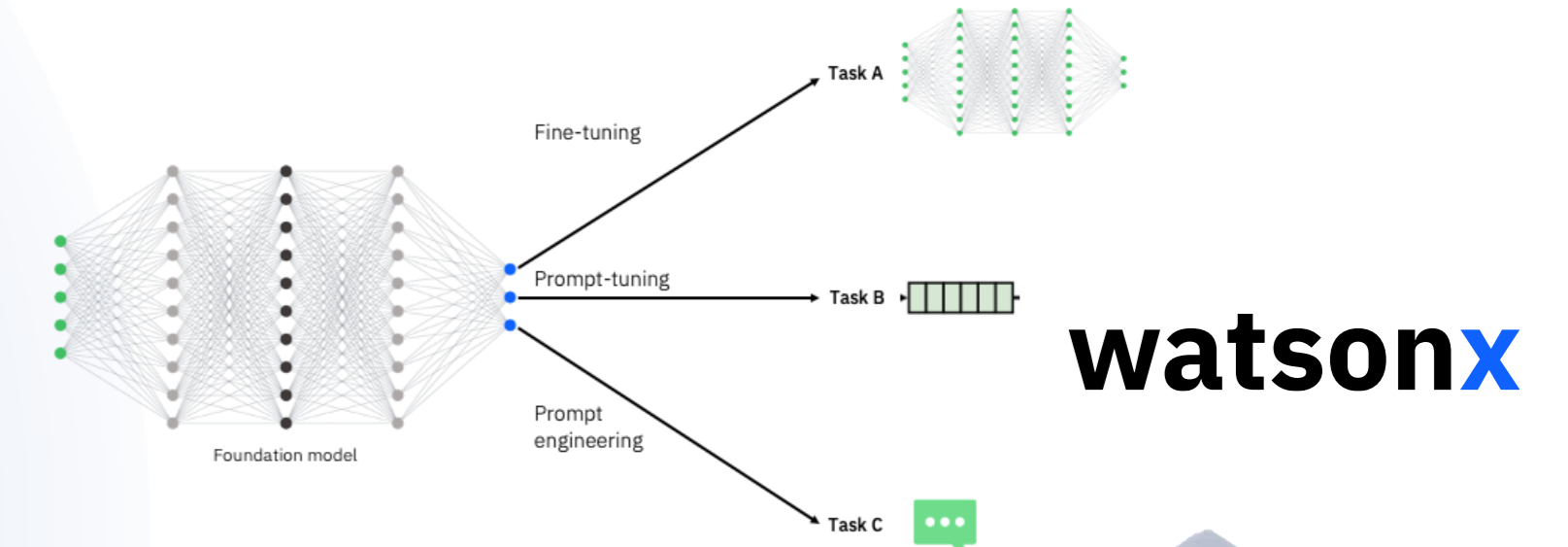


2nm GAA nanosheet

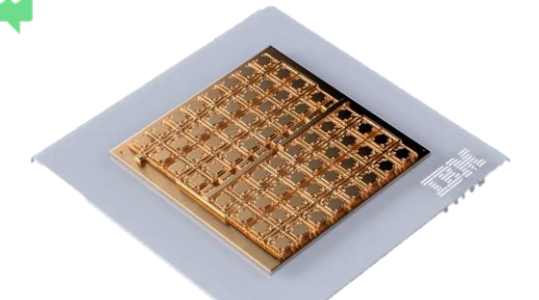
IBM **Semiconductors**

## 脳にヒントを得た新設計

Biology + Information



AI Processor (AIU)



Analog AI Chip

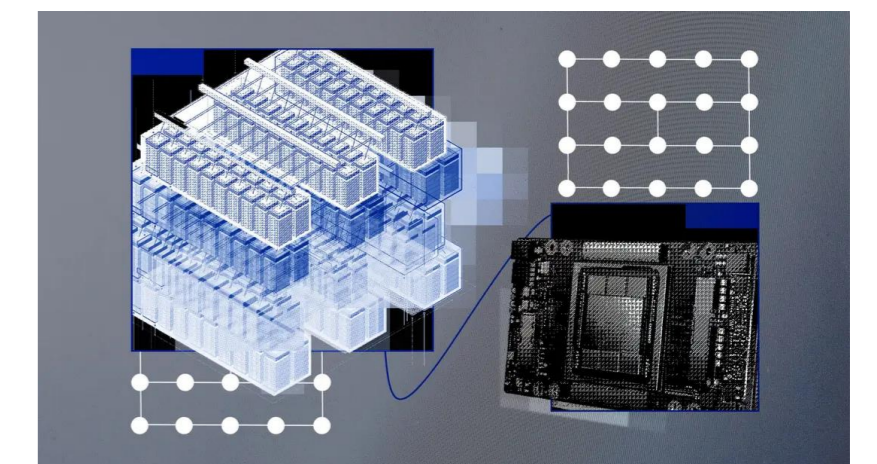
## 量子コンピューター

Physics + Information

IBM **Quantum**



Quantum Computer (System Two)



AI Supercomputer (Vela)

# IBM Quantum System の現在



## 25台以上

Cloud上から利用可能な  
IBM量子コンピューターの数  
機種は継続更新

## 50万人以上

IBM Quantum Experience の登録ユーザー数  
現在も増加中

## 2兆回以上

(1日あたり40億回以上)  
IBM Quantum上で実行された量子演算の数

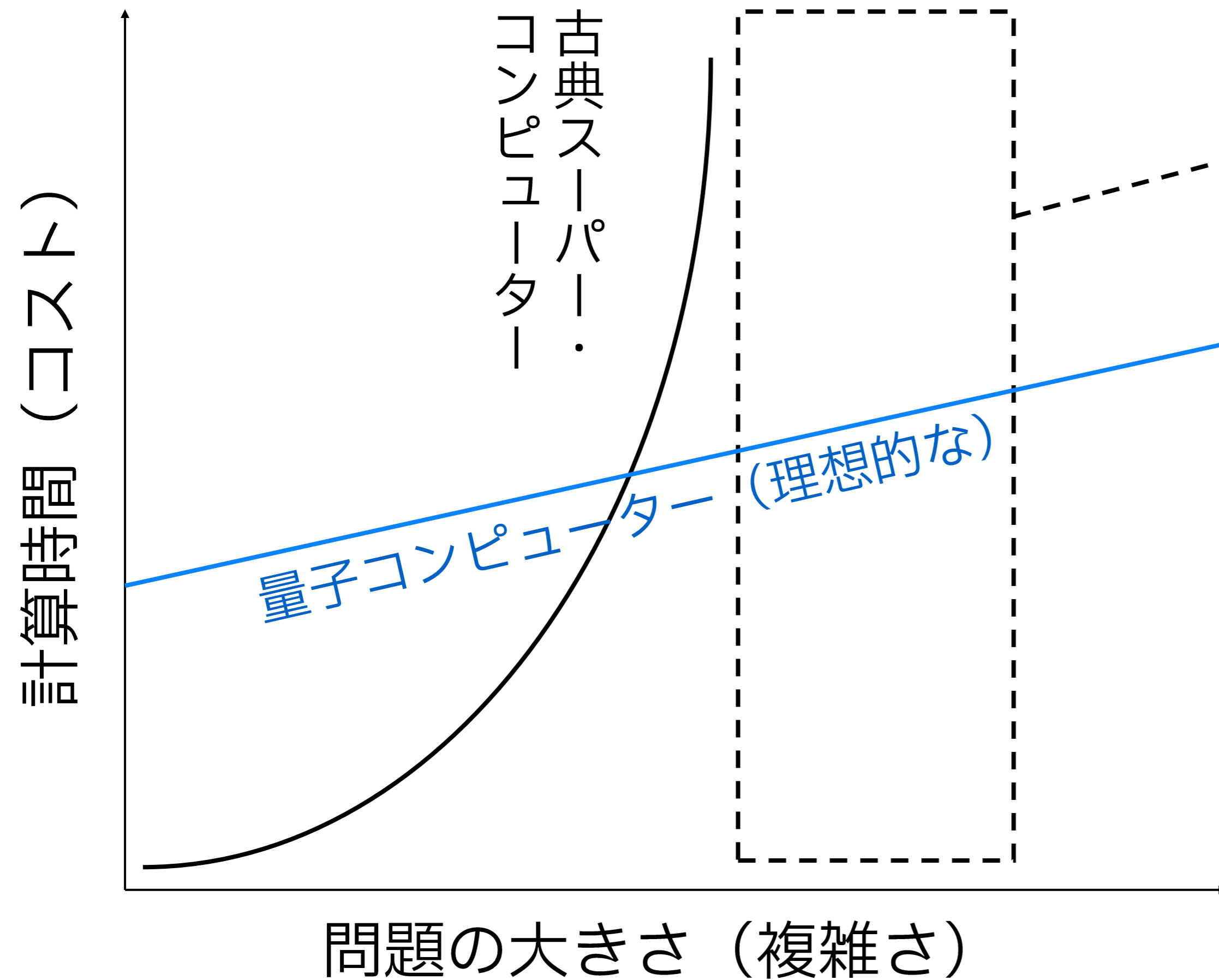
## 2,190本以上

科学技術論文等の出版物

## 280社以上

IBM Quantum Networkパートナー数

# 量子コンピューターがもたらす潜在力

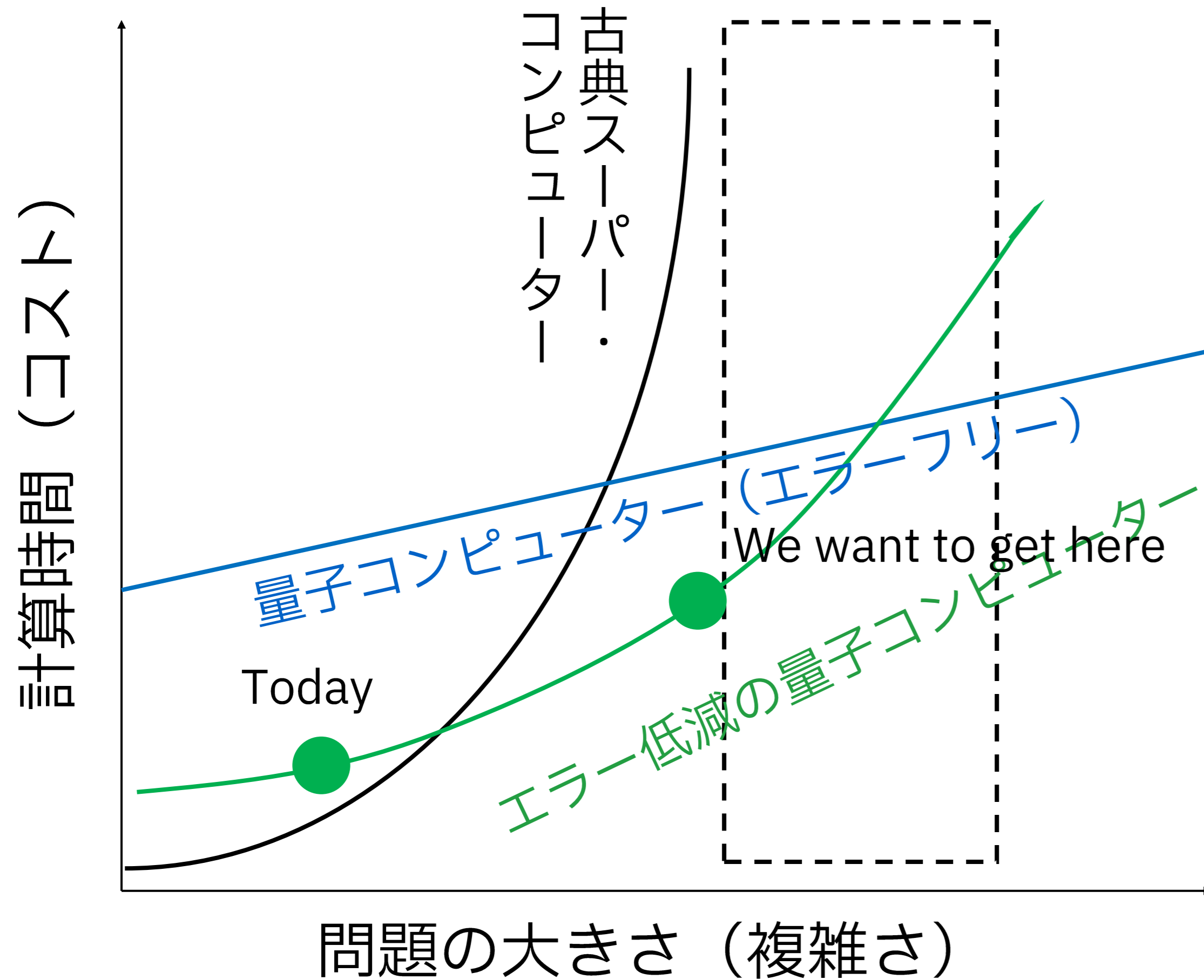


問題が極度に大きくなると、最新のスーパー・コンピューターでも「事実上解けない」領域があった

理想的な量子コンピューターでは計算の複雑度による計算時間の増大が大きく抑えられるため、問題によってはこの計算不能領域に到達できる可能性がある



# 量子コンピューターがもたらす潜在力



## 「今後解決可能となる」領域の例

- 大規模な化学反応のシミュレーション
- 桁数の大きい素数を用いた素因数分解
- 大規模な最適化問題の解決
- 多くの不確定要素を持つリスク解析

# IBM Quantum Development and Innovation Roadmap

	2016–2019 ✓	2020 ✓	2021 ✓	2022 ✓	2023 ✓	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2033+
	Run quantum circuits on the IBM Quantum Platform	Release multi-dimensional roadmap publicly with initial aim focused on scaling	Enhancing quantum execution speed by 100x with Qiskit Runtime	Bring dynamic circuits to unlock more computations	Enhancing quantum execution speed by 5x with quantum serverless and Execution modes	Improving quantum circuit quality and speed to allow 5K gates with parametric circuits	Enhancing quantum execution speed and parallelization with partitioning and quantum modularity	Improving quantum circuit quality to allow 7.5K gates	Improving quantum circuit quality to allow 10K gates	Improving quantum circuit quality to allow 15K gates	Improving quantum circuit quality to allow 100M gates	Beyond 2033, quantum-centric supercomputers will include 1000's of logical qubits unlocking the full power of quantum computing
Data Scientist						Platform						
						Code assistant	Functions	Mapping Collection	Specific Libraries			General purpose QC libraries
Researchers						Middleware						
						Quantum Serverless ✓	Transpiler Service	Resource Management	Circuit Knitting x P	Intelligent Orchestration		Circuit libraries
Quantum Physicist			Qiskit Runtime									
	IBM Quantum Experience ✓		QASM3 ✓	Dynamic circuits ✓	Execution Modes ✓	Heron (5K) ⚙️	Flamingo (5K)	Flamingo (7.5K)	Flamingo (10K)	Flamingo (15K)	Starling (100M)	Blue Jay (1B)
	Early ✓	Falcon ✓		Eagle ✓		Error Mitigation	Error Mitigation	Error Mitigation	Error Mitigation	Error Mitigation	Error correction	Error correction
	Canary 5 qubits Albatross 16 qubits Penguin 20 qubits Prototype 53 qubits	Benchmarking 27 qubits		Benchmarking 127 qubits		5k gates 133 qubits Classical modular 133x3 = 399 qubits	5k gates 156 qubits Quantum modular 156x7 = 1092 qubits	7.5k gates 156 qubits Quantum modular 156x7 = 1092 qubits	10k gates 156 qubits Quantum modular 156x7 = 1092 qubits	15k gates 156 qubits Quantum modular 156x7 = 1092 qubits	100M gates 200 qubits Error corrected modularity	1B gates 2000 qubits Error corrected modularity

## Innovation Roadmap

Software Innovation	IBM Quantum Experience ✓	Qiskit ✓ Circuit and operator API with compilation to multiple targets	Application modules ✓ Modules for domain specific application and algorithm workflows	Qiskit Runtime ✓ Performance and abstract through Primitives	Serverless ✓ Demonstrate concepts of quantum centric-supercomputing	AI enhanced quantum ✓ Prototype demonstrations of AI enhanced circuit transpilation	Resource management ⚙️ System partitioning to enable parallel execution	Scalable circuit knitting Circuit partitioning with classical reconstruction at HPC scale	Error correction decoder Demonstration of a quantum system with real-time error correction decoder				
Hardware Innovation	Early ✓ Canary 5 qubits Albatross 16 qubits Penguin 20 qubits Prototype 53 qubits	Falcon ✓ Demonstrate scaling with I/O routing with Bump bonds	Hummingbird ✓ Demonstrate scaling with multiplexing readout	Eagle ✓ Demonstrate scaling with MLW and TSV	Osprey ✓ Enabling scaling with high density signal delivery	Condor ✓ Single system scaling and fridge capacity	Flamingo ⚙️ Demonstrate scaling with modular connectors	Kookaburra Demonstrate scaling with nonlocal c-coupler	Cockatoo Demonstrate path to improved quality with logical communication	Starling Demonstrate path to improved quality with logical gates			
						Heron ✓ Architecture based on tunable-couplers	Crossbill ⚙️ m-coupler						

✓ Executed by IBM

⚙️ On target

# 古典コンピューターと量子コンピューターの対象領域

古典コンピューターでは「計算困難」な問題

古典コンピューターで「計算可能」な問題

量子コンピューター

指数関数的に計算量が増える問題  
最適化問題  
分子科学シミュレーション  
新材料、新素材開発  
創薬、遺伝子工学 等

大規模な繰り返し演算  
(素因数分解 等)

量子力学的シミュレーション  
核融合、光合成、触媒、化学反応  
メカニズム、、、??

to be continued

