

量子コンピューティング技術と

AIの融合による最適化処理の高速化

田中宗、村松真由、関優也



研究室ウェブサイト

<http://shutanaka.appi.keio.ac.jp/>

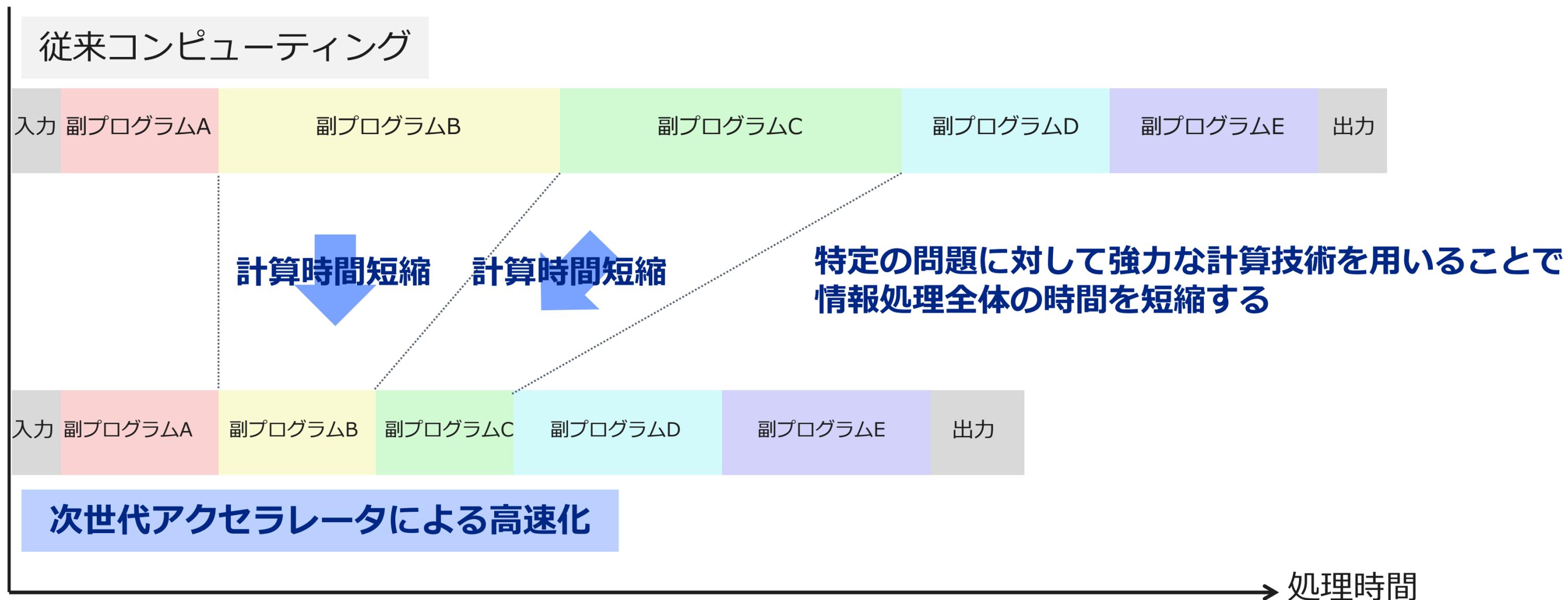


E-mail

shu.tanaka@appi.keio.ac.jp

目指すべき情報処理の高度化

- 次世代アクセラレータとして、イジングマシン、NISQ(Noisy Intermediate Scale Quantum)デバイス、誤り耐性あり量子コンピュータ等が注目を集めている。
- 本講演では、次世代アクセラレータの中でも特にイジングマシンについて議論する。



高効率組合せ最適化処理が期待される量子アニーリング・イジングマシン

膨大な選択肢から、制約条件を満たし、
ベストな選択肢を探索する問題

組合せ最適化問題

組合せ最適化問題のベターな解を得ると
期待されている。

最先端物理学における物理現象
を使った、新しいコンピュータ
物理×情報

量子アニーリング・ イジングマシン

アルゴリズム開発

アプリケーション探索

ソフトウェア開発

ハードウェア開発

ソフトウェア開発

アプリケーション探索

まだまだ未解明な課題が多く、学部4年生でも大活躍が可能な分野！

現在手掛けている共同研究例（一部抜粋）

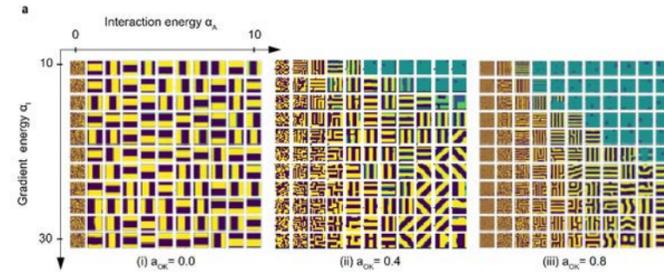
アプリケーション探索

フォトニック結晶レーザー設計最適化



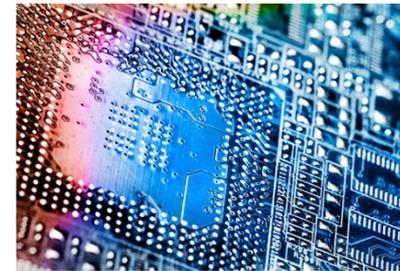
京都大学との共同研究（**研究員・関の研究**）

複合ポリマーの安定構造探索



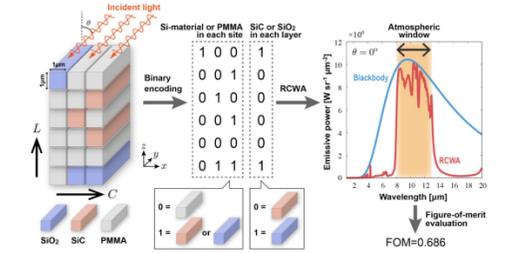
機械工学科・村松研究室との共同研究

集積回路設計最適化



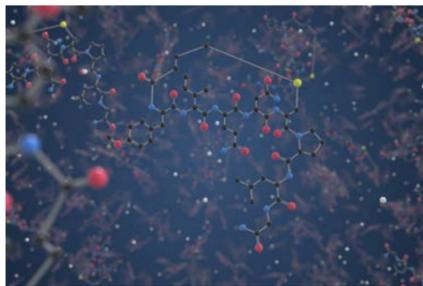
早稲田大学、日立製作所、富士通との共同研究

メタマテリアル設計最適化



東京大学、NIMSとの共同研究

量子マテリアル探索最適化



三菱ケミカル、IBM、慶應義塾大学量子コンピュータセンター、山本研究室との共同研究

ネットワーク分析



早稲田大学、NTTとの共同研究、デンソーとの共同研究（**B4・山下の研究**）

広告配信最適化



リクルートとの共同研究

Quantum Transformation (QX)



住友商事との共同研究

アルゴリズム・ソフトウェア開発の基礎

制約条件を満たす解のみを高効率探索

リクルートとの共同研究（**B4・伊藤の研究**）

巨大な問題を取り扱う手法開発

デンソーとの共同研究（**B4・服部の研究**）

イジングマシンの欠点を補う手法開発

早稲田大学との共同研究（**D1・菊池の研究**）

AIとイジングマシンの融合

東京大学、NIMSとの共同研究、フィックスターズとの共同研究（**研究員・関の研究**）

新原理ハード開発の基礎

新規量子アニーリングマシンの基礎

早稲田大学との共同研究（**B4・大坪の研究**）

様々な揺らぎ効果を導入する手法開発

富士通との共同研究（**B4・高橋の研究**）

新規量子揺らぎの研究

産業技術総合研究所との共同研究（**研究員・関の研究**）

多値変数を導入する手法開発

NIMSとの共同研究

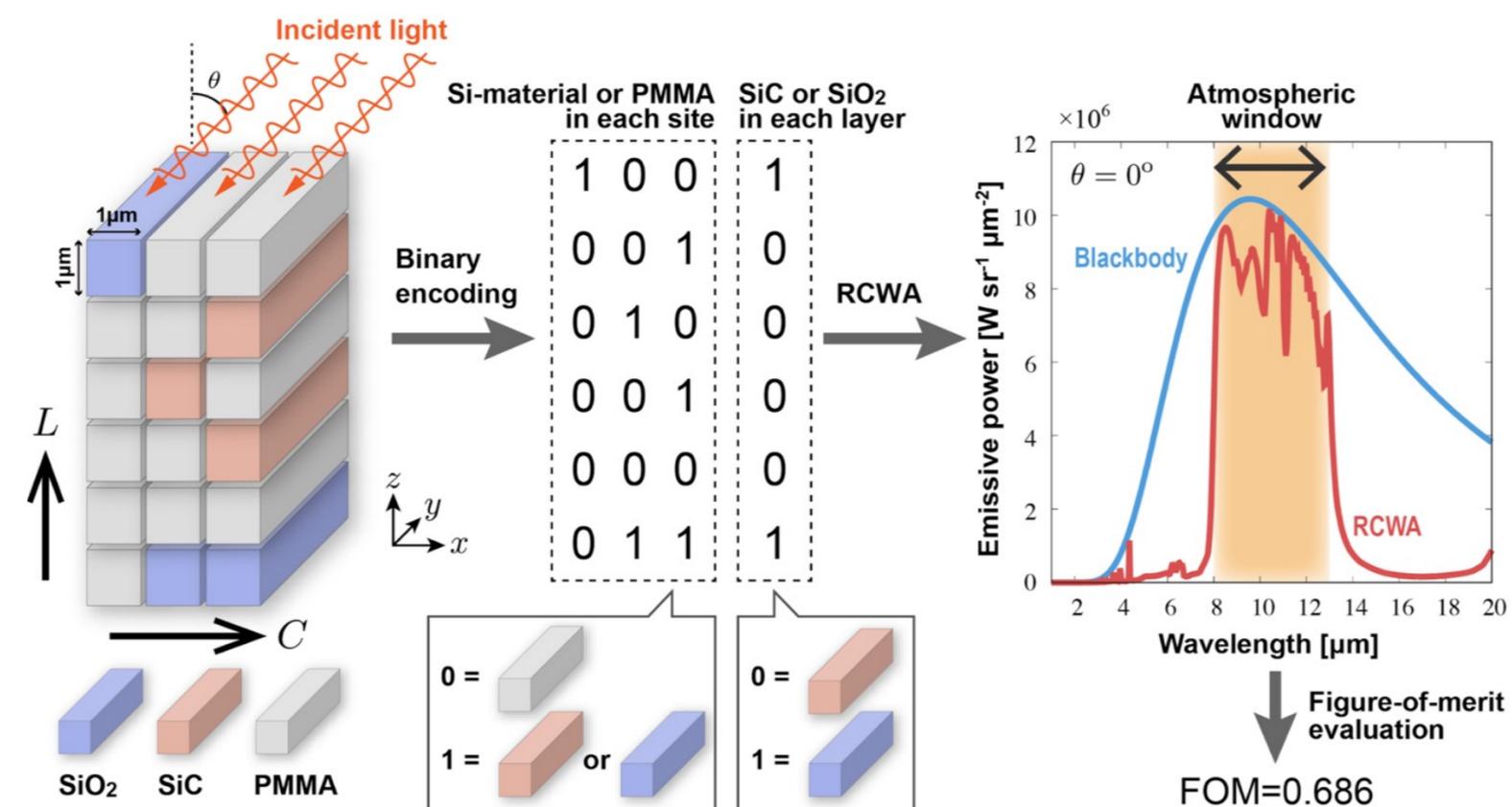
応用事例：ブラックボックス離散最適化 (東京大学、NIMSとの共同研究)

既存の課題

- 構造のパターンが膨大にある物質群の中から高性能な物質構造を探索する必要がある。
- 既存の物質シミュレータを用いて、全ての構造パターンに対して物性計算することは事実上不可能である。

量子アニーリングによる課題解決

- マテリアルズインフォマティクス(材料×AI)に対し、量子アニーリングを利用できる方法を新しく提案。
- 量子アニーリングマシン最新機種D-Wave 2000Qを用いた概念実証を実施。
- 最適構造を発見するために必要な計算時間が圧倒的に短縮された。
- すでに利用している物性シミュレータをそのまま利用できるため、導入コストは非常に低い。



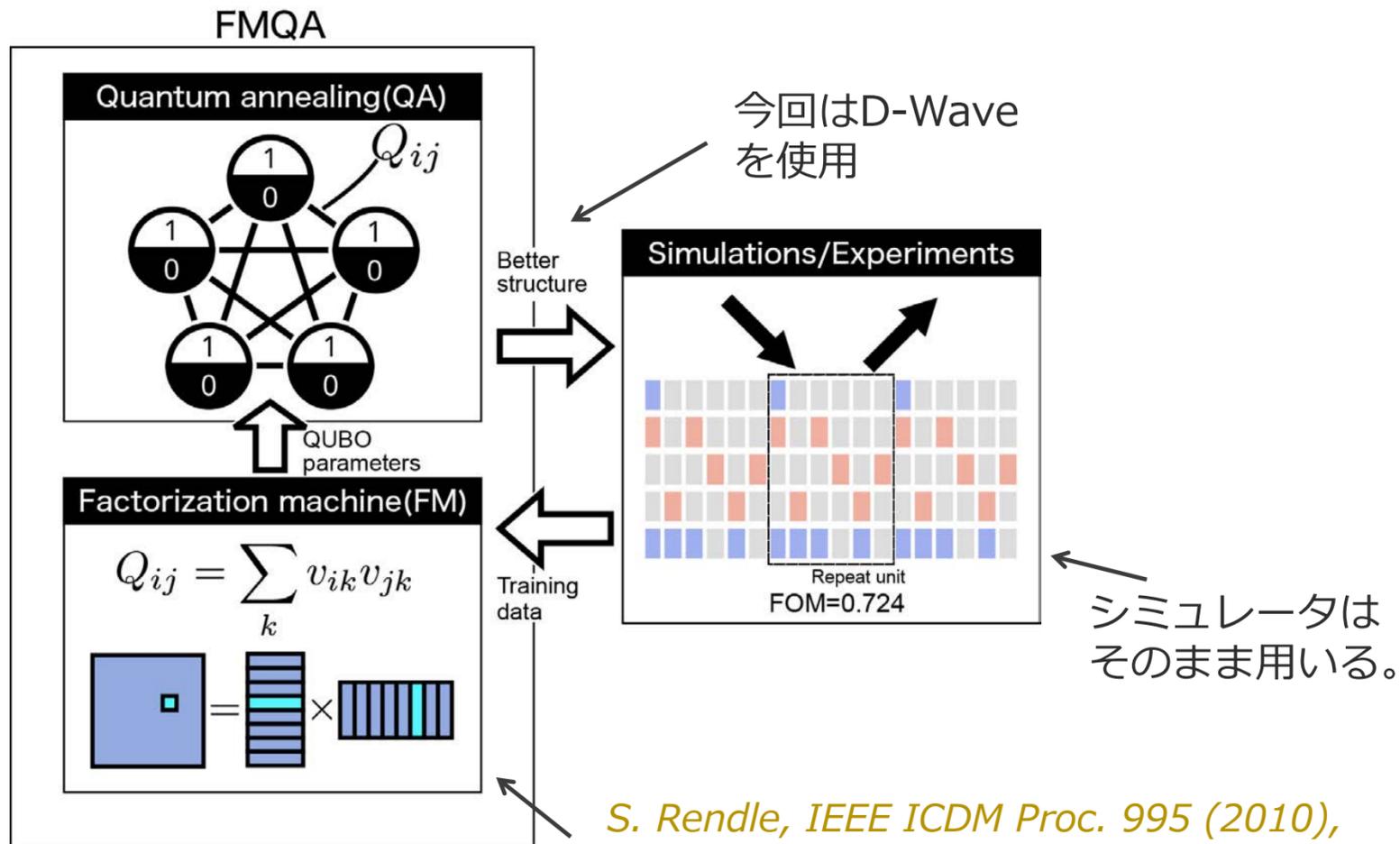
K. Kitai, J. Guo, S. Ju, S. Tanaka, K. Tsuda, J. Shiomi, R. Tamura, Phys. Rev. Res. 2, 013319 (2020).

応用事例2：ブラックボックス離散最適化 (東京大学、NIMSとの共同研究)

既存の課題

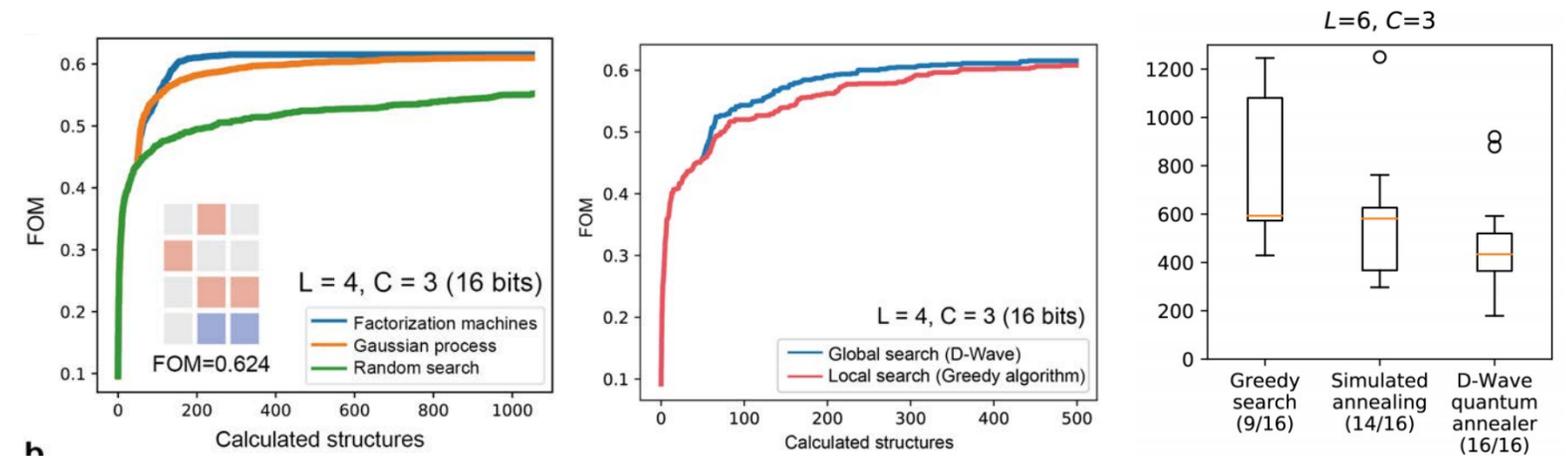
- 構造のパターンが膨大にある物質群の中から高性能な物質構造を探索する必要がある。
- 既存の物質シミュレータを用いて、全ての構造パターンに対して物性計算することは事実上不可能である。

「置き換え型」ではなく「アドオン型」



S. Rendle, *IEEE ICDM Proc.* 995 (2010),
ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology, 3, 57 (2012).

従来手法より優位性あり



Bits	Quantum-classical hybrid			Only classical		
	Selection	Learning	Simulation	Selection	Learning	Simulation
9	361 [sec]	54.9 [sec]	2920 [sec]	236 [sec]	50.0 [sec]	2830 [sec]
12	385 [sec]	53.0 [sec]	3620 [sec]	1730 [sec]	50.4 [sec]	2630 [sec]
15	423 [sec]	51.1 [sec]	3390 [sec]	12500 [sec]	45.0 [sec]	2920 [sec]
18	374 [sec]	52.2 [sec]	3140 [sec]	110000 [sec]	50.3 [sec]	3170 [sec]

K. Kitai, J. Guo, S. Ju, S. Tanaka, K. Tsuda, J. Shiomi, R. Tamura, *Phys. Rev. Res.* 2, 013319 (2020).