


## 【提言3】の補足資料 海外ユーザ企業のコメント



4年ほど前から実機研究を始め、VQEの改良などを行った。今年から量子の研究は止めて、技術watchingフェーズに入った（良心的にマネジメント層を説得続けられなかった）。

ただし、まだwatchingの方法は模索中。なので、自分たちにとって興味近い指標があれば、それを追ったりするだけで研究マネジメントが楽で良さそう。VQEの改良を行った経験から、どの辺のブレイクスルーが来たら自社の研究を再開すべきかの感覚はある。

【参考】10月～11月にかけて、QPARC参加企業についても個別インタビューを実施（30社以上）。インタビューでも、将来技術と向き合っていく上で、どのタイミングで本格研究を進めるかを見極める指標は有効との声が多く聞かれた。

# 【提言3】の補足資料 アルゴリズムプラットフォームの位置づけ

量子未来社会ビジョンにおける量子ソフトウェア領域の取組  
「量子コンピュータの利用環境の整備」「ソフトウェア研究開発の抜本的な強化」

量子未来社会ビジョンを踏まえたテーマ提案  
(Google論文を踏まえた産業化に向けたアルゴリズム研究の重要性)

## 提案：『アルゴリズムプラットフォーム』機能を備えた実機利用拠点の構築

- 世界中の研究者が多様かつ革新的なアルゴリズム研究を切磋琢磨できる拠点  
⇒産業化に向けて、アルゴリズム研究を抜本的に強化する
- 産業ユーザが最先端のアルゴリズムを活用し事業アイデアを試せる拠点  
⇒産業化に向けて、産学連携とオープンイノベーションを支える
- 将来の量子人材が、研究者や産業ユーザの事例を踏まえて学べる拠点  
⇒産業化に向けて、量子ネイティブの裾野を増やす
- 多様なユーザが様々な実機を活用しつつ、上記の活動を加速できる拠点

# 【提言3】の補足資料 アルゴリズムプラットフォーム構築に向けた研究課題



## 1. 産業ベンチマークの開発

機械学習やロボット研究は、統一的なデータセットやチャレンジを定義し、世界中の研究者たちが同じ課題を追いかけ競う形で発展してきた。一方、量子ソフトウェア領域のベンチマークはBMW社等の個社の限定的な指標に留まっている。産業コンソーシアム参加企業50社を巻き込みながら量子コンピュータを使うことが有用な問題群を定義し、**量子コンピュータの有用な計算問題群と根本的ボトルネックを同定し、実用化研究を加速するための産業ベンチマークを開発**する。

## 2. 革新的アルゴリズムの開発

提案者らが開発してきた化学計算・最適化領域におけるアルゴリズムも1のベンチマークで再評価し、実用化を阻む問題を根本的に解決する改善を進める。加えて、化学計算領域では**NISQ・Pre-FTQC・FTQCと実機発展の段階に応じたアルゴリズム研究や、構造設計領域へのFTQCを見据えたアルゴリズム研究、最適化領域ではアニーリングとゲート型を併用したアルゴリズム開発**など多様な応用を見据えたアルゴリズム研究を推進する。

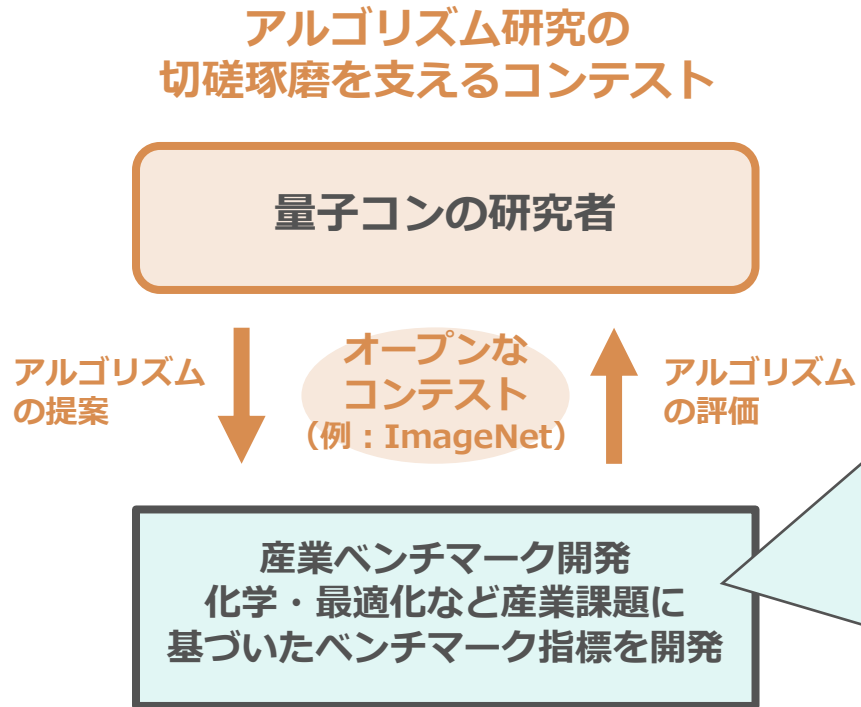
## 3. 最適な実機オペレーティングシステムの開発

2の開発を、シミュレータ上で有効なアルゴリズムだけではなく、**実機へ実装すべく、実機を利用する際のオペレーティングシステムを設計するとともに、実機開発PJ（ムーンショット、Q-LEAP等）で開発される実機と連携することで、オペレーティングシステム全体の最適化を推し進める。**

## 4. 国際標準化

取組内容を基に量子人材教育プログラムを提供する海外団体や機関を巻き込んだ**コンテスト型研究やグランドチャレンジを実施し、1や3の国際標準化を進めると同時に実用アイデアを発掘する仕組みを構築**する。

# 【提言 3】の補足資料 ベンチマークとコンテストのイメージ



## ベンチマークの例: Quantaggle

さまざまな量子アルゴリズムの組み合わせを比較検証し  
その結果をまとめたベンチマークサイト  
(共通のベンチマーク指標と結果一覧)

### Dataset

LiH, BeH2, H2O etc...

### Evaluation Index

$$I = \frac{1}{N} \sum_m \left( \frac{1}{N_m} \sum_{i=1}^{N_m} \frac{|E_{QC}^m(R_i^m) - \delta_m| - E_{FCT}^m(R_i^m)}{|E_{FCT}^m(R_i^m) - E_{FCT, min}^m|} \right)$$

$$\delta_m = E_{QC}^m(R_{min}^m) - E_{FCT, min}^m$$

### Current result

Case 1: Expectation value

Rank	Author	Method	Score
1	QunaSys	UCCSD, BFGS, jordan-wigner	0.010024
2	QunaSys	UCCSD, Powell, jordan-wigner	0.136484
3	QunaSys	UCCSD, BFGS, bravyi-kitaev	0.415436
4	QunaSys	UCCSD, SMO, bravyi-kitaev	0.419400
5	QunaSys	UCCSD, Powell, bravyi-kitaev	0.423440

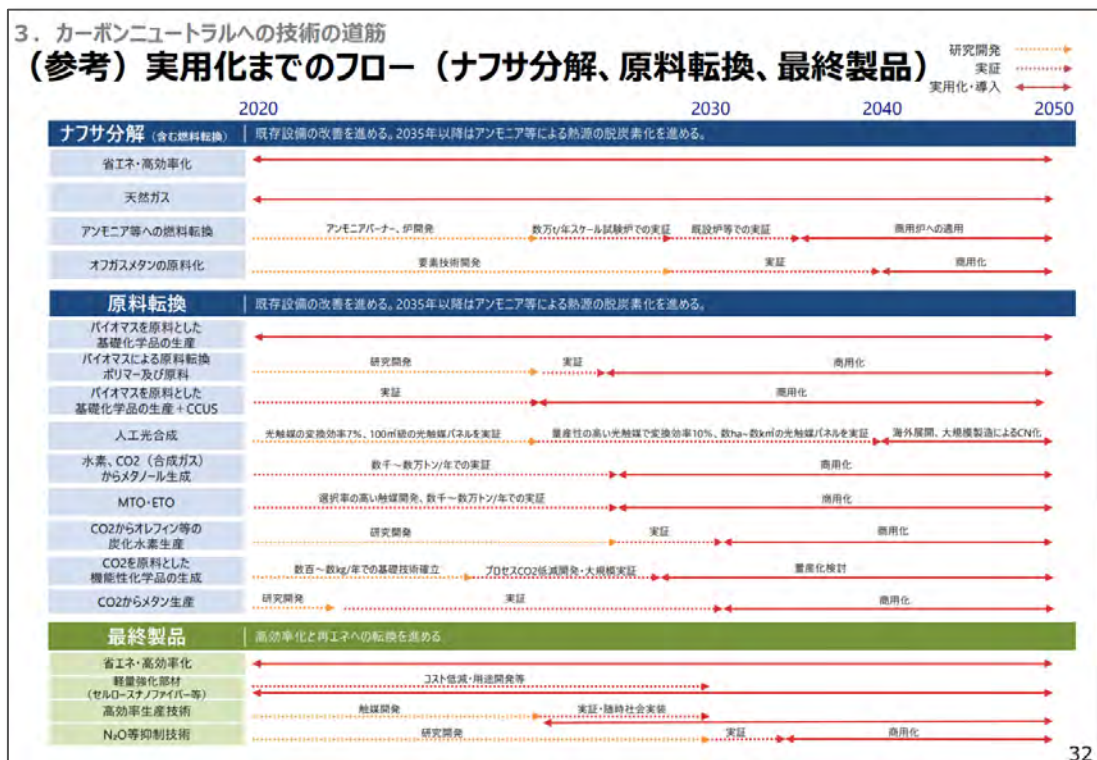
機械学習やロボット開発の歴史では、統一的なデータセットやチャレンジを定義し、それを研究者が競う形で発展してきた。それら他分野の事例を踏まえ、共通のアルゴリズムベンチマークと産業課題を基に、産業化に向けたアルゴリズム研究を加速させる。

# 【提言3】の補足資料 トランジション・ファイナンス



## 提示されている技術ロードマップの事例

## 採択されたモデル事業の事例



【参考】トランジション・ファイナンス モデル事業採択事例一覧

● モデル事業では2022年3月時点、12件の事業をモデル事例として採択

#	資金調達者	手法	金額	年限	時期	ポイント
1	日本郵船	トランジション・ボンド (資金使途特定)	100億円 100億円	5年 7年	2021年7月	✓ 船舶ポートフォリオで事業の脱炭素化への移行の道筋あり ✓ 資金使途は重油からLNG燃料船へのリプレイス、将来的にはゼロエミッション船導入により、カーボンニュートラルに繋がる
2	高船三井	トランジション・ローン (資金使途特定)	262億円	-	2021年9月	✓ 総合海運会社として最初に2050年CNを宣言する等、先進的に野心的度の高い目標及び戦略を構築 ✓ 内航LNG船が対象であり、国内のCO2排出削減にも貢献
3	川崎汽船	トランジション・リンク・ローン (資金使途不特定)	1,100億円	-	2021年9月	✓ 目標の前倒し・見直し等、気候変動対応に戦略的に取組 ✓ 特に、代替燃料技術や船上CO2回収技術等、新技術の開発、投資にも積極的に取組むなど具体的な戦略あり
4	JFEホールディングス	トランジション・ボンド (資金使途特定)	300億円	未定	2022年6月 (予定)	✓ 技術的に最大限の低炭素化を考慮し、鉄鋼ロードマップとも整合した2050年CNに向けた戦略、目標を設定 ✓ 資金使途には革新的技術開発も含まれ、戦略とも合致
5	日本航空	トランジション・ボンド (資金使途特定)	100億円 100億円	5年 10年	2022年3月 2022年4月以降	✓ 長期目標は野心的、中期目標は引上げも推奨されるが、国際的なシナリオと遜色ない水準。国土省の工程表とも整合 ✓ 資金使途の機材はSAFを活用でき、ロックイン懸念少ない
6	住友化学	トランジション・ローン (資金使途特定)	180億円	-	2022年3月以降	✓ 戦略、目標は化学ロードマップに整合、SBTI取得 ✓ 資金使途のLNG火力への転換は、水素等への将来的な転換を視野に入れた設備であり、ロックイン懸念も少ない

※今後調達予定の事例は市況等に応じて、金額、年限、調達時期は変更の可能性あり。

10

<https://www.jsda.or.jp/sdgs/files/roadmap1material.pdf>

[https://www.meti.go.jp/policy/energy\\_environment/global\\_warming/transition/transition\\_finance\\_case\\_study\\_ihi\\_jpn.pdf](https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/transition/transition_finance_case_study_ihi_jpn.pdf)

技術ロードマップは7分野（化学・紙パルプ・石油・ガス・鉄鋼・電力・セメント）で2050年まで作成されている。それらの具体的な研究課題に対して、量子コンピュータの貢献可能性を整理し発信していくことで、産業界一体となって量子コンピュータの研究を加速させていくことが重要ではないか。

