

アカデミック側から見た量子コン ンコンピュータ社会実装におけ る課題について

藤井 啓祐

大阪大学基礎工学研究科 教授

量子情報・量子生命センター 副センター長

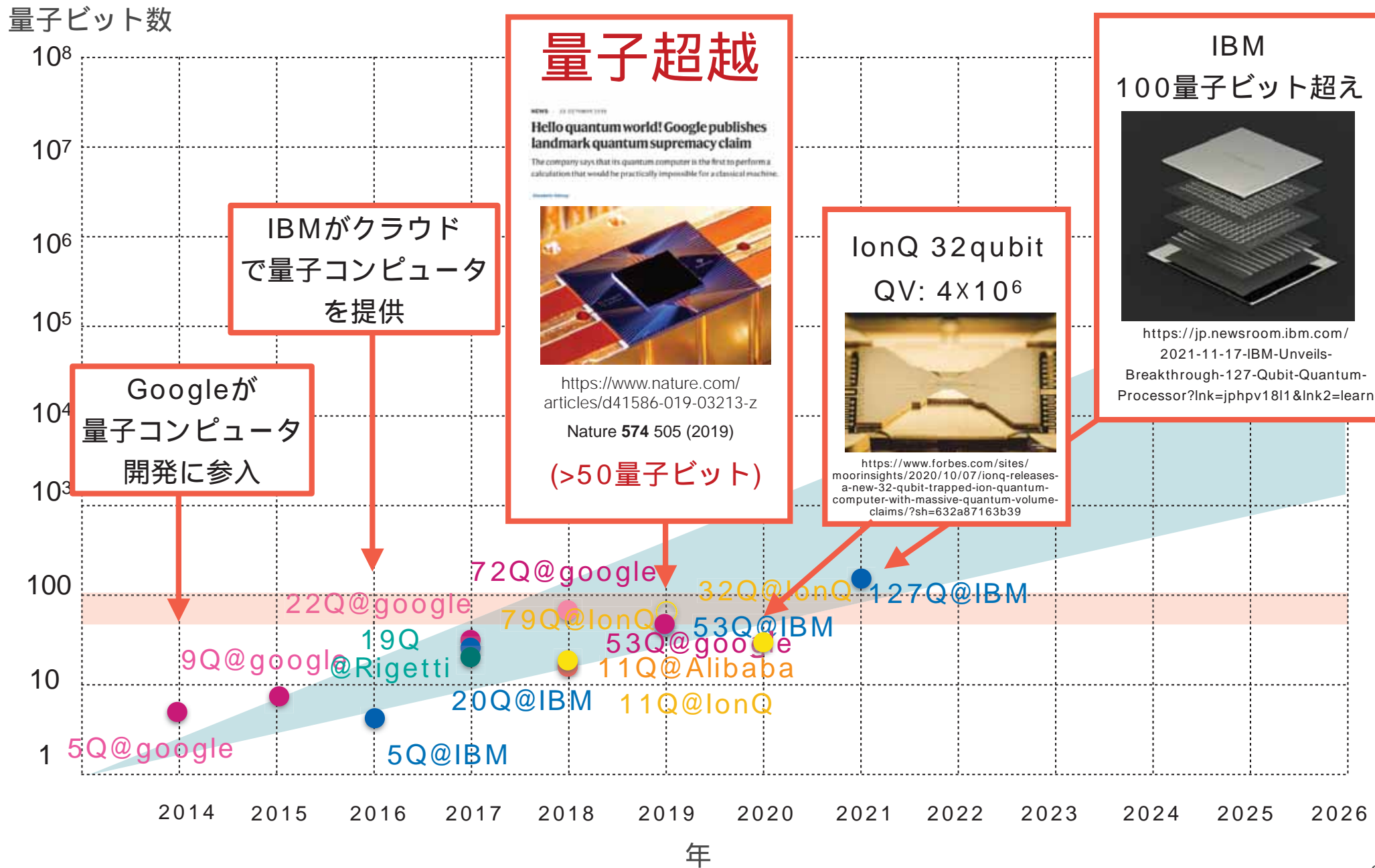


QIQB

大阪大学 世界最先端研究機構

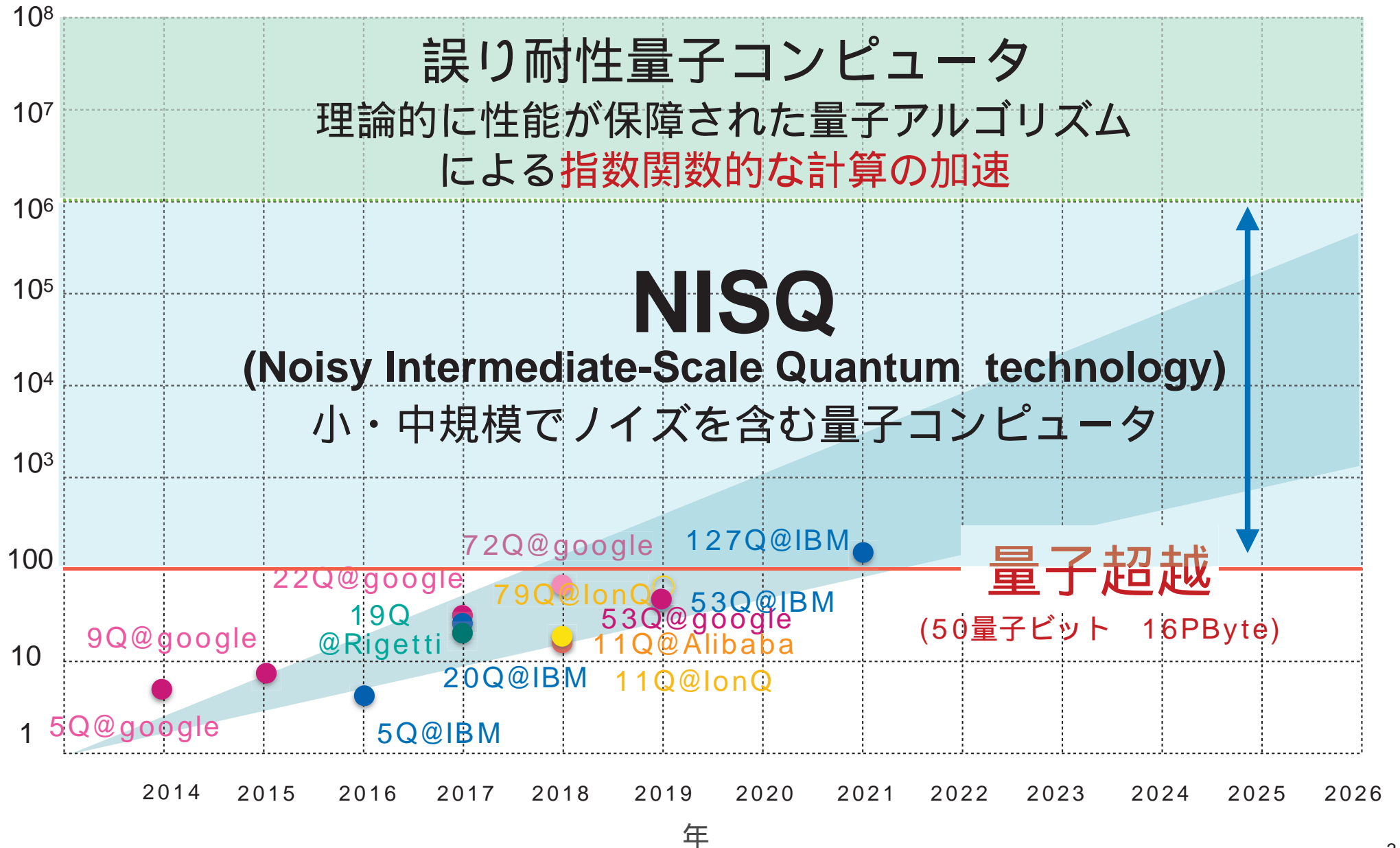
量子情報・量子生命研究センター

量子デバイスの進展



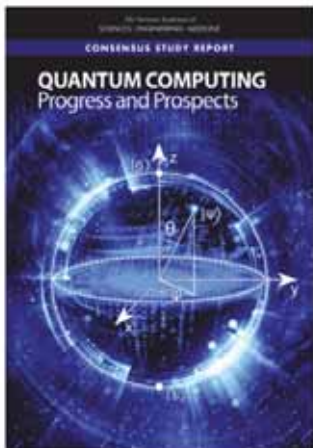
量子デバイスの進展

量子ビット数



NISQデバイスは出口を切り開くか？

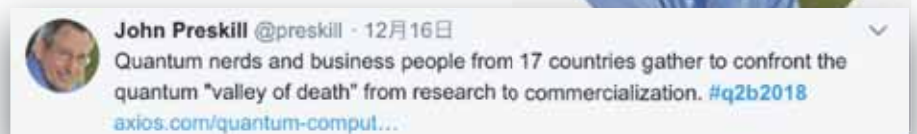
- NISQデバイスの一番の応用は、**量子コン分野への参入障壁を下げた**こと(若年層の教育, 他分野の研究者, 産業界).
- NISQデバイスをモデルケースとして、産業応用のパスを探索するのは良い実践(NISQだけでは実用の谷を越えれない懸念も).
- 依然として実機利用は10量子ビット未満がほとんど. >50量子ビットで**従来手法に対して優位性が得られるかは不確実**.
- NISQデバイスの応用研究はものすごく速いスピードで変化.この**変化の中で新しいアイデアを出すこと(それができる人材)**が重要.



MARK A. HOROWITZ,
Stanford University, Chair
ALAN ASPURU-GUZIK,
University of Toronto
DAVID D. ANSCHALOM,
University of Chicago
BOB BRAKLEY,
Citigroup
DAN BONEH,
Stanford University
SUSAN N. COPPERSMITH,
University of Wisconsin, Madison
JUNGSANG KIM,
Duke University
JOHN M. MARTINS,
Google, Inc.
MARGARET MARTONOSI,
Princeton University
MICHELE MOSCA,
University of Waterloo
WILLIAM D. OLIVER,
Massachusetts Institute of Technology
KRISTA SVORE,
Microsoft Research
UMESH V. VAZIRANI,
University of California, Berkeley

“NISQ will not change the world by itself. Realistically, the goal for near-term quantum platforms should be to **pave the way for bigger payoffs using future devices.**”

<https://q2b2017.qcware.com>



2) If near-term quantum computers are not commercially successful, government funding may be essential to prevent a significant decline in quantum computing research.

実機(国産・海外)は量子ソフト研究において必須か?

もちろんyesだが、立場・目的・用途によって異なる

- 初学者・非量子専門家ユーザー・異分野の研究者(beginner)：実際に動いている実機の存在のインパクトは大きい。
- 量子コンピュータ開発者(experimentalist)：量子コンピュータは最先端科学技術のデパート。多くの技術的波及があり、これを失うことは日本が未来の科学技術を捨てることに等しい。
- 0から1を作る理論研究者(theorist)：目の前の実機よりも100Q、1000Q、1万Q、など先回りして応用、方法論を考えないといけない(理論・ソフトは実機開発を待たない)。
- 量子技術エンジニア・工学者(practitioner)：実機が抱える問題点の把握と実用的な解決方法の提案において**実機は必須**。また、実機はノイズのある量子コンピュータのシミュレーションが最も得意(ノイズの対処法)。中身をいじれると優位性が出る。
- 量子コンピュータ要素技術事業者：自分たちが開発した要素技術(ミドルウェア)を試せるテストベッドは必須。チップ、冷凍機意外にも周辺エレクトロニクスなどデファクトを戦略的にとるべき部分。
- 量子ソフトウェア開発企業：最もよい量子コンピュータ実機を広く利用。(勝ち馬に乗る必要)要素技術と連携することで競争優位性が出る(例：keysight & quantum benchmark)。

主語によって、必要になる環境が異なるので多用な人材・実機(国内・海外)戦略が必要。

多様な人材が集まれる拠点が必要。

量子コン産学連携における課題

有益な投資のためにも量子技術人材の供給源、キャリアパス問題がボトルネック

- 各セクターにおいて人材不足が世界的に認識（ある種の人材育成競争）。
- 実機が存在や開発環境(qiskit, cirq, pennylane etc)の整備は間口を広げユーザー層(使える人)を増やすのに大きく貢献（例：IBM Quantum Challenge, Xanadu QHACK etc）
- 0から1の(中身の)アイデアを出せる人、そのような人を育てる人を今後増やさないといけない。(**大学で教育できる量子技術教員数・研究室数が圧倒的に少ない**)
自然と増える構造が必要
- 直近では、他分野からの参入、企業における研究開発者のトレーニング(大学は教育機関、人とエフォートをもっと出してもらえばwin-win)

野球にたとえると...

スポンサー

チームオーナー

監督 審判

コーチ

プロ野球選手 MBL

高校球児

ファン

サポーター・健全な批判者

PL、PM、AD

PI・教育者・企業研究開発者

若手研究者・開発者・実践者

インターン(実践)・他分野からの参入

学生(学部教育・研究室)

ビギナー

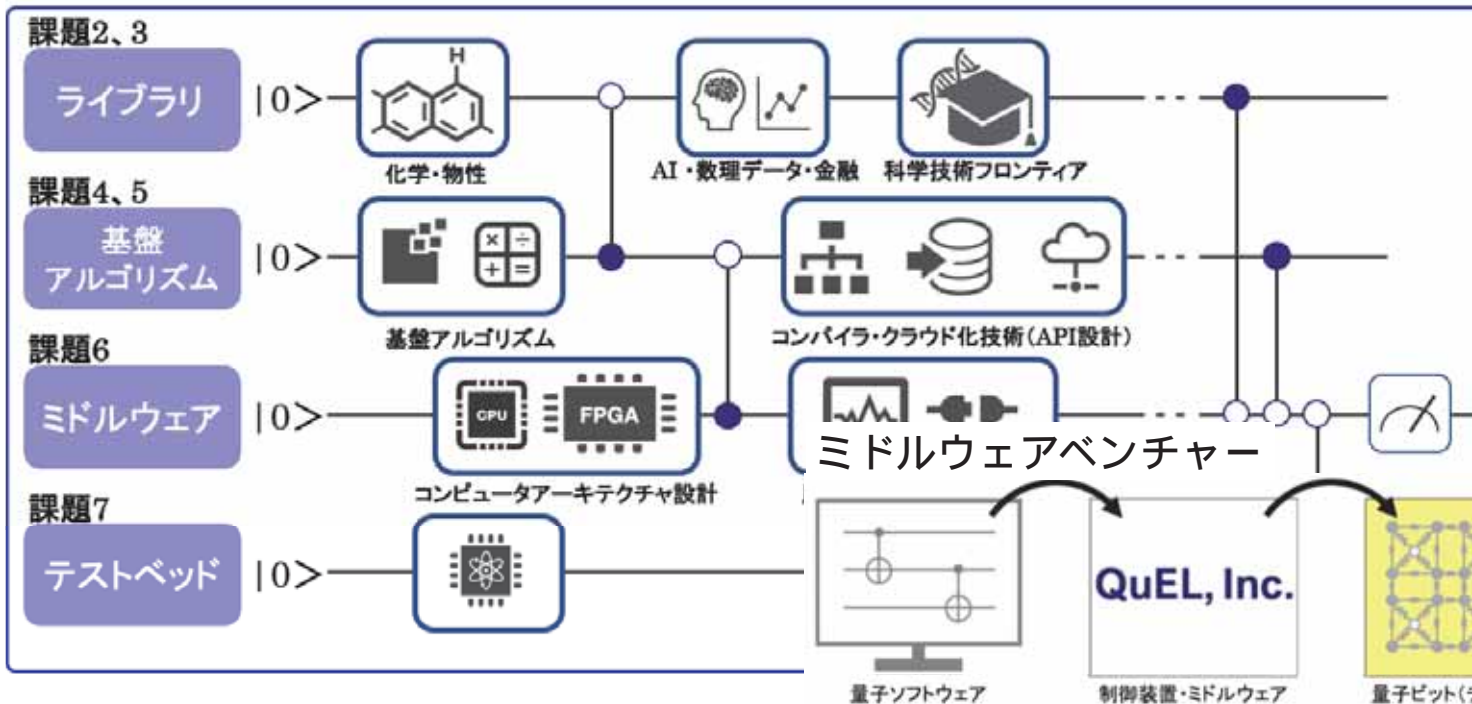
ここが手薄

ここを増やすことが最優先

ここは国際協調できる

JST共創の場形成支援プログラム

量子ソフトウェア研究拠点



参画機関(大学等)
大阪大学 (代表機関)
理化学研究所
金沢工業大学

参画機関(企業等)
豊田通商、QunaSys、AWS、CTC、JX-石油開発、エヌエフホールディングス、ブリヂストン、東ソー、日立製作所、豊田中央研究所、オージス総研、ディー・クルー・テクノロジーズ、岩谷産業、凸版印刷、Bacallan、日置電機、住友商事

量子ソフトウェア勉強会

- 前半は講義&ハンズオン、後半はグループワーク(GW).
- GWでは、教員・学生・企業が各テーマに取り組む(材料・科学はQPARCと連携)
- 学部から博士課程までの合計58名の学生が参加.
- 希望者(課題提出)はインターンとしてGWに参加.
- 大学院フェロースhip(QLEAR:量子リーダー人材)とも連携.
- QMeGa(拠点独自の博士人材支援 300万/年~).

学生参加者の所属する大学と参加人数

所属大学	参加人数
大阪大学	21
東京大学	12
東北大学	3
北海道大学	3
京都大学	2
埼玉大学	2
東京工業大学	2
名古屋大学	2
会津大学	1
九州大学	1
慶応義塾大学	1
早稲田大学	1
大阪府立大学	1
帝京大学	1
東京都立大学	1
明治大学	1
立教大学	1
ジョージア工科大学	1
プリンストン大学(9月より)	1

37名は
阪大以外
の学生

#	タイトル	カテゴリ	講師(敬称略)
1	量子コンピュータの現状と展望 (6/4(金))	講義	藤井啓祐・野口裕信
		懇親会	野口裕信
2	量子計算の基礎(6/25(金))	講義	藤井啓祐
		ハンズオン	
3	量子アルゴリズムの基礎 (7/9(金))	講義	御手洗光祐
		ハンズオン	
4	量子コンピュータの物理的実現 方式(7/30(金))	講義	小川和久・大平龍太郎・ 藤田高史、松浦孝弥(東大)
5	量子機械学習の基礎 (8/6(金))	講義	御手洗光祐
		ハンズオン	
6	量子コンピュータとビジネス (8/23(月))	講義	町田尚子・藤田維明・森一憲(豊田 通商)
7	量子コンピュータと量子化学計 算の基礎 (9/3(金))	講義	水上渉
		ハンズオン	水上渉・吉田悠一郎
8	Amazon Braket を用いた実 機・シミュレータでの開発 (9/21(火))	講義	宇都宮聖子・針原佳貴 (AWS ジャパン)
		ハンズオン	
9	量子アルゴリズム各論	講義	藤井啓祐・高比良宗一
10	量子コンピュータと金融実務計 算(10/15(金))	講義	宮本幸一
		ハンズオン	

Science Firstの意味を読み解く

- 科学的根拠に基づいた量子技術戦略（根拠のない楽観も悲観もダメ, 実験における悲観は理論における楽観）
- “*We are still in discovery mode.*” 今ある材料だけで量子コンピュータを産業化できるわけではない.

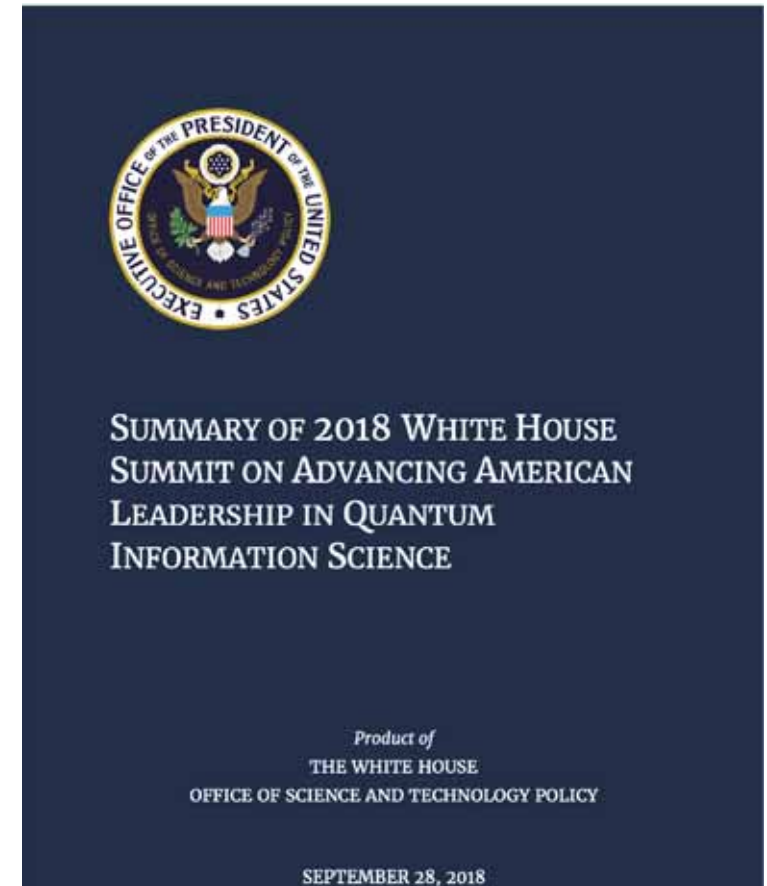
Jake Taylor:

“I want to be clear, most quantum computing startups will not be around in 10 years”

“We are still in discovery mode,..., There is a lot of science that’s yet to be done ”



https://www.osa-opn.org/home/articles/volume_30/january_2019/departments/setting_america_s_quantum_course/



Q2B 2018 Governmental panel

まとめ

- 量子コンピュータは最先端技術のデパート、国産量子コンピュータは、未来の科学技術の芽を摘まなためにも必須.
- 理論・ソフトウェアは実機と連携しつつも、先回りして研究開発をしないといけない.
- “*We are still in discovery mode.*” 今ある要素技術だけで量子コンピュータを産業化できるわけではない. 0から1を作りだせるクリエイティブ(研究者)な人材が必要.
- 不確実性が高い量子コンピュータ社会実装を乗り越えるための量子人材育成と構造化が必須 (優秀な人を輩出できるコミュニティ、研究室、指導者を増やさないといけない) .
- 量子技術エンジニアのキャリアパスが描けるように産業界からの支援も必要. 量子情報人材は情報・物理、基礎・応用・実践ができる優秀な人材.
- 量子コンピュータの産業化は育てていくフェイズ (ゼロサムではなくサムを拡大しないといけない) . オープンイノベーションで互いの利益を最大化すべき.