

量子アプリケーションの研究開発の現状や課題、今後の取組等について

山本直樹（慶應義塾大学）

量子アプリケーション／量子アルゴリズム／量子基盤ソフトウェアの研究開発や課題、今後の在り方について(KPIや国際比較も含む)

ここ数年、NISQ向け量子アルゴリズムの開発が世界中で盛んに行われてきた。代表例は変分アルゴリズム。理論保証があるもの、ないもの様々。理論保証がなくても、例えば前処理(データロード)などで有用となる場面があると考える。ただし、変分回路の学習は難しい。

理論保証があるNISQ向け量子アルゴリズムとして、並列型振幅推定アルゴリズムを提案した。

必要CNOTゲート数を激減。変分法ではない。ただし、実機ノイズ下では性能は頭打ち。実用レベルにするには相当のノイズ低減が必要(実験で見積り)。とくにいわゆるGrover演算はノイズが乗りやすい。かなりの工夫が必要。そもそも、実時間で有用性が出せるか要検討。最近、理論(保証)研究への回帰が見られる(世界レベル)。本質的な研究も多く良い傾向。日本においても、この方向の研究を強化する必要がある。

応用先についてはそれなりに知見が蓄積されてきた。しかし、シミュレーションでも数十 qubit 程度の規模(変分法の場合、学習が困難)。ハード負担を劇的に軽減するアルゴリズムが必要。これについても、最近世界レベルで良い提案が出始めている。熾烈な競争状態。

ロボットセンサによる物体認識 : arxiv 2107.05808

画像データベース探索 : arXiv 2108.10854

量子古典深層学習の数理 : arxiv 2109.03786

経済指標の高速計算 : arXiv 2103.13211

グラフデータ(分子構造)分類 : arXiv 2103.10693

量子演算のパルス設計法 : arXiv 2102.06117

高速モンテカルロとリスク計算 : Q Info Proc 19-75

半教師ありGANの量子強化 : Sci Rep 11-19649

量子ニューラルネットワークの表現力 : Quant 5-434

リチウム水素の分子計算 : J Phys Chem 125-9

TADFの分子状態計算 : npj Comp Mater 7-70

離散データの埋め込みと分類 : IEEE Q Eng 2-1 etc.

量子アプリケーションの開発環境／量子コンピュータの利用環境づくりの現状や課題（産学連携によるアプリケーションづくり、幅広いユーザが容易に量子コンピュータ（疑似的な環境も含む）にアクセスして、アプリケーションを開発できる環境づくり、新たなアイデアの発掘の仕組み等）

慶應量子センターでは、参画企業の研究者による同床研究（各社の研究者が大学に常駐して課題に取り組む）を実施。異なる所属の研究員同士の交流は極めて重要。

「幅広いユーザが量子計算機にアクセス&アプリ開発」については、IBM Qiskit 環境が参考になる。シミュレータ&実機を動かせる環境は魅力的。ただし、「アプリ」については、現状は研究よりのものがほとんど。たとえば「ゲームアプリ」などとは程遠く、量子計算機でできることを拡充する必要がある。研究よりのものにしても、潜在的ユーザが多いと考えられる分野で、実装の敷居が低いキラーアプリを開発する必要がある。

受け手となる産業界との連携状況や課題、産業界への技術移転戦略、今後出口となる産業界に期待すること（あるべきビジネスモデルなど）

実装の敷居が低い量子計算機キラーアプリを発見しない限り、こういった議論はできないと考える。

研究開発、社会実装などの取組を後押しするための今後の政策・施策に期待すること (あるべき政策・施策、産学官の連携や役割分担、既存施策の加速・充実の必要性等)

QLEAPは良い施策。ただし、人材不足は深刻。また、QLEAP専属の時限付き研究員の方々のキャリアを、可能であれば産学官レベルでサポートできる仕組みが欲しい。海外の場合、Big company がひとつの受け皿となっているように感じる。

寡聞で恐縮ですが、ソフトウェア方面で「研究開発・社会実装を後押しする政策・施策」の例(とくに成功例)を教示頂きたく。この観点では、情報処理推進機構「未踏ターゲット」の取り組みはうまくいっていると思う。新たな人材発掘にも繋がっている。論文化しにくいアプリ開発研究も可能。ただし、基本的に個人プロジェクトであるため、何らかの形での組織的サポートが必要。