

量子ウォークを用いた量子ランダムアクセスメモリ

Quantum random access memory via quantum walk

東理大理¹ ○(M2) 浅香 諒¹, 堺 和光¹, 矢萩 量子¹Tokyo Univ. Sci.¹, ○Ryo Asaka¹, Kazumitsu Sakai¹, Ryoko Yahagi¹

E-mail: 1219502@ed.tus.ac.jp

量子力学の基本原理を利用した情報処理, いわゆる量子情報処理がその高速性ゆえに注目を集めている. 例えば, 有名なグローバーのアルゴリズムを使用すれば膨大な数のデータの中から短時間で目的のデータを取得できるようになる. また, 最近我々が開発した量子高速フーリエ変換 (QFFT)[1]を使用すれば同時並列的にフーリエ変換を実行することが可能となる.

この情報探索や, QFFT, そして近年研究が加速している量子機械学習等, 大量のデータを扱うような量子アルゴリズムの高速性を担保するには, それらのデータを効率よく量子的に重ね合わせる必要がある (データエンコーディング). そこで提案されているのが量子ランダムアクセスメモリ (QRAM) と呼ばれる概念である. 今回我々は, “ある位置を走行する一方で, 別の位置をも走行する” という量子ウォークを利用した高速かつ堅牢的な QRAM を考案した [2].

QRAM はデータを格納するメモリと完全二分木, そしてデータを運搬するバケツによって構成される (図1). 我々はバケツの役割の担い手として量子ウォーカーを導入する. 図に示すように, 1つのバケツを複数のメモリセルへと量子ウォークによって同時に到達させ, データを汲み出し, そしてそれらを集約する. この一連の手続きによって, メモリに書き込まれている大量のデータを同時並列的に重ね合わせていくため, 極めて短い時間でエンコーディングが完了する.

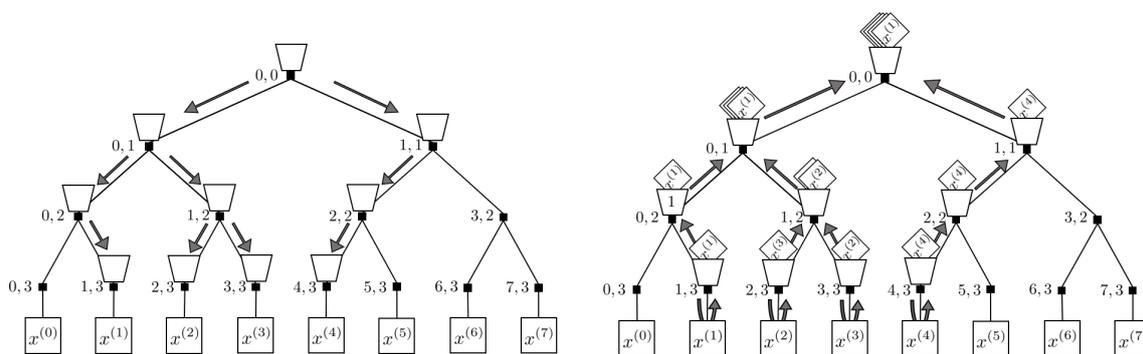


図1: QRAM の概念図. メモリへのアクセス (左図) 及びデータの汲み出し・集約 (右図).

我々の方法の主な利点は, (1) 量子的に完全に並列化されている. このため N 個のデータエンコーディングに必要な処理時間を $O(N)$ から $O(\log N)$ に短縮できる. その上で, (2) 単純な手続きでメモリセルからデータを汲み上げることができるため, シンプルな構造のメモリ設計が可能となる. (3) 実行に際して維持すべき量子状態の個数がメモリの規模・データ数に依存しないので, 外的な擾乱に対してより堅牢となる. の3点である.

参考文献

[1] R. Asaka, K. Sakai, R. Yahagi, Quant. Inf. Proc. **19**, 277 (2020).

[2] R. Asaka, K. Sakai, R. Yahagi, arXiv:2008.13365[quant-ph] (2020).