

プログラム名：量子人工脳を量子ネットワークでつなぐ高度知識社会基盤の実現

PM名：山本 喜久

プロジェクト名：量子人工脳

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書 (成 果)

平成 29 年度

研究開発課題名：

量子アニーリングの性能向上に関する理論研究

研究開発機関名：

東京工業大学

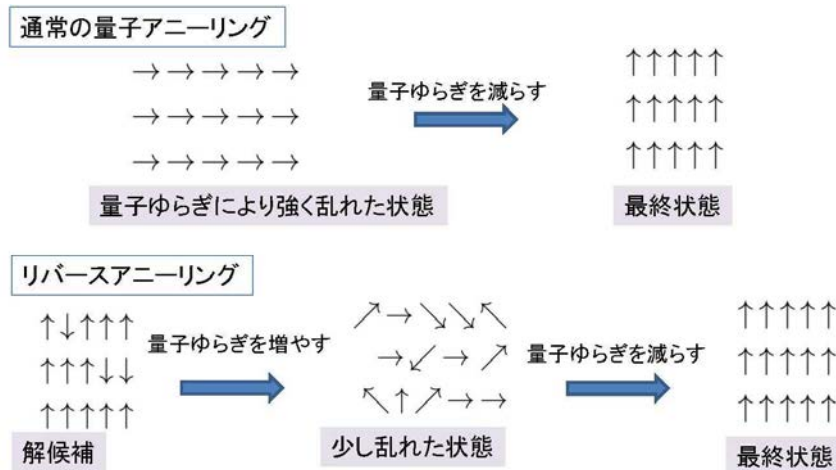
研究開発責任者

西森 秀稔

I 当該年度における計画と成果

1. 当該年度の担当研究開発課題の目標と計画

量子アニーリングは、量子力学的な重ね合わせを用いてパラメータの適切な時間制御により、最適解を高速あるいはより高い精度で求める手法である。従来の量子アニーリングにおいては、横磁場だけの基底状態、すなわちすべての解候補を同じ重みで量子力学的に重ね合わせた状態から開始して、相互作用を次第に入れていくことによって解に到達することを目指していた。しかし、解について何らかの事前知識があり近似的な解が手元にある場合には、それを出発点にして探索するほうが効率が良いと思われる。これは、リバースアニーリングと呼ばれる考え方である。リバースアニーリングでは、近似解から出発して、一度量子ゆらぎを強くしてからもう一度弱めて最後に読み出す。リバースアニーリングについては、数値計算や D-Wave マシン上での実験データはあるが、理論的な解析はなかった。今年度、われわれはリバースアニーリングの機能を理論的に解析することを目標とした。具体的には、平均場的な可解模型についてリバースアニーリングを解析するのである。



2. 当該年度の担当研究開発課題の進捗状況と成果

2-1 進捗状況

平均場的な全結合を持つ p スピン模型の厳密解を解析した。鈴木トロッタ分解により古典イジング模型に変換し、静的近似を用いて自由エネルギーを計算した。

2-2 成果

得られた解の解析により，下図のような相図が求められた。

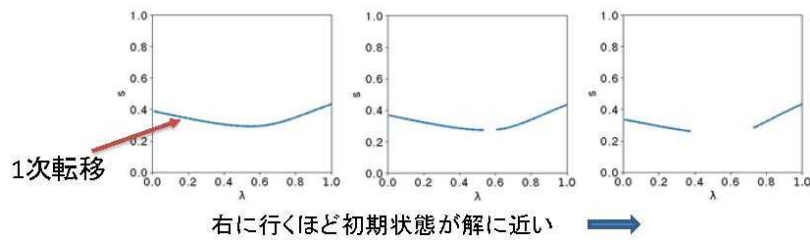
$$H = sH_0 + (1 - \lambda)(1 - s)H_{\text{init}} + (1 - s)\lambda H_{\text{TF}}$$

$$H_{\text{init}} = - \sum_{i=1}^N \epsilon_i \sigma_i^z \quad (\epsilon_i = 1 \text{ or } -1)$$

古典状態(解候補)から出発する。

$$s = \lambda = 0 \rightarrow s = \lambda = 1$$

$$H_0 = -N \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sigma_i^z \right)^p - \sum_{i=1}^N h_i \sigma_i^z$$



通常の方法に比べて指数関数的な高速化

初期条件として採用する近似解が厳密解に近いと，1次転移の線が途中で消失して，初期条件から最終解まで転移に遭遇することなく到達することが出来る。これは，通常の量子アニーリングに比べて指数関数的な高速化を意味する。

2-3 新たな課題など

得られた結果がどのくらい一般的に成立するのか，他の色々な模型について検証することが必要である。

3. アウトリーチ活動報告

該当なし