



量子と古典の境界をまたぐ新しい計算原理を実現します

概要

コヒーレントイジングマシンは、光パラメトリック発振器から構成されるニューラルネットワークであり、発振しきい値を境に量子系から古典系へと姿を変える新しい計算原理で動作します。組合せ最適化や深層機械学習における計算リソース（計算時間とエネルギー）を大幅に低減できると期待されています。

特徴

- 線形重ね合わせ状態を用いた量子並列探索
- OPO発振現象に伴う最適解の指数増幅と非最適解の指数減衰を計算の高速化に利用

利用シーン

- 離散量および連続量最適化問題
- 人工ニューラルネットワークの深層学習

今後の展開

- 脳における高度な情報処理機能（意識、認証、意思決定など）のモデル化とコヒーレントイジングマシンへの実装を通して、より革新的な計算原理を探索します。

コラボレーションパートナー

- スタンフォード大学、カリフォルニア工科大学、MIT、ハーバード大学、コーネル大学、ミシガン大学、スインバーン工科大学、ノートルダム大学、ウォータールー大学、シカゴ大学、東京工業大学、東京大学、NASA Ames、1QBit

出展社

NTT Research, Inc.

Quantum principle of CIM CIMの量子性

●A single photon-pair consisting of two photons occupies N OPO pulses as its partial waves (non-local coherence).

●単一光子ペアが N 個の部分波としてOPO発振パルスを占有する。

$$|2\rangle = \frac{1}{\sqrt{2^N}} (|2, 0, 0, \dots, 0\rangle + |0, 2, 0, \dots, 0\rangle + |0, 0, 2, \dots, 0\rangle + \dots)$$

partial wave 1 partial wave 2 partial wave 3

●The two photon state $|2\rangle$ coexists with a vacuum state $|0\rangle$ without a photon $|0\rangle = |0, 0, 0, \dots, 0\rangle$, so that two spin states ($|\uparrow\rangle$ and $|\downarrow\rangle$) are simultaneously represented (linear superposition).

●上記線形重ね合わせ状態により二つのスピンの同時存在が可能。

$$c_0|0\rangle + c_2|2\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} (|\uparrow\rangle + |\downarrow\rangle)_1 \otimes \frac{1}{\sqrt{2}} (|\uparrow\rangle + |\downarrow\rangle)_2 \otimes \dots$$

up-spin down-spin

●A success probability is increased by two orders of magnitude even with a single photon-pair per entire machine (quantum parallel search).

●マシン全体に単一光子ペアしか存在しない場合でも、成功確率は2桁増加する (量子並列探索)。

Time-to-solution (TTS) by quantum computer (QC) and CIM Max-Cut problem (SK spin glass model) 量子コンピュータ (QC) とコヒーレントイジングマシン (CIM) の計算時間 Max-Cut問題 (SKスピングラスモデル)

| | Grover search (Exact solver) | DAQC (Heuristic) | CIM (Heuristic) |
|------------|---|----------------------------|---------------------------------|
| TTS (μsec) | $\sim 17 \times (1.41)^n n^2 \log \log n$ | $\sim 4.6 \times (1.17)^n$ | $4.32 \times (1.34)^{\sqrt{n}}$ |

●Grover algorithm and discrete adiabatic quantum computing (DAQC) algorithm implemented in ideal QC have TTS $\sim \exp(cN)$.

●CIM has TTS $\sim \exp(c'\sqrt{N})$.

●グローバールゴリズムと離散断熱量子計算 (DAQC) アルゴリズムではTTSが N の指数関数で増加、一方でCIMは \sqrt{N} の指数関数で増加。

●The difference originates from that the probability amplitude of a solution is amplified only linearly in QC but exponentially in CIM.

●この違いは、正解の確率振幅がQCでは線形にしか増幅されないが、CIMでは指数関数的に増幅されることに起因する。

問い合わせ先: info@ntt-research.com