

2024年度未踏ターゲット事業（量子コンピューティング技術を活用したソフトウェア開発分野）

機械学習を用いた次元圧縮&QUBO構築による アニーリングマシン向け計算補助ミドルウェアの開発 — オートエンコーダを用いたアニーリングマシンの高効率化 —

山下 将司（株式会社リクルート）・阿部 哲郎（慶應義塾大学大学院）

背景 アニーリングマシンにおける課題

アニーリングマシンで組合せ最適化問題を解く手順

STEP 01



組合せ最適化問題の抽出

STEP 02



QUBOでの定式化

STEP 03



マシンへの入力

STEP 04



最適解の獲得

アニーリングマシンを用いて組合せ最適化問題を求解するには、問題をQUBO (Quadratic Unconstrained Binary Optimization) に定式化する必要がある。その際、元の問題の変数を0, 1で表現されるバイナリ変数へと変換する必要がある。この変換において、

- ・ビット数が増大する
- ・制約非充足解の発生

といった課題が発生してしまう。これらの課題は、アニーリングマシンの性能を最大限発揮する上で、大きな障壁となっている。

目的 オートエンコーダを用いた新たなエンコーディング手法の提案

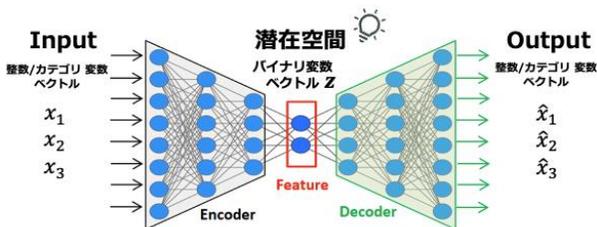
本プロジェクトでは、オートエンコーダを用いることで元の問題の情報を適切に保持しながらビット数の少ないバイナリ変数を生成することを目指した。さらに、オートエンコーダの学習過程で制約充足解のみを利用することで、変換後のバイナリ変数空間(潜在空間)において制約非充足解の発生を抑制することを目指した。

実施内容 オートエンコーダを利用したアニーリングマシンによる最適化手順の概要

下記の①～③の操作を繰り返し実施することで、少ないビット数かつ制約非充足解の少ないバイナリ変数空間内でQUBOを構築しながらアニーリングマシンを用いて最適化を行う。

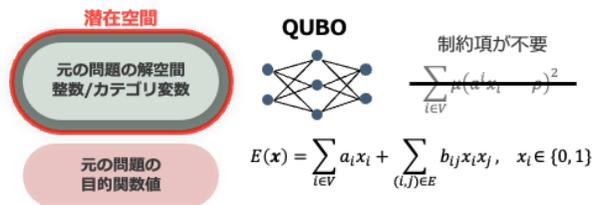
①

オートエンコーダを利用したエンコーディング



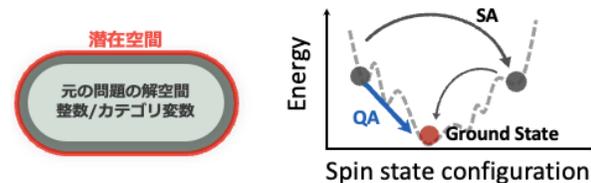
②

オートエンコーダで変換されたバイナリ変数空間(潜在空間)内でQUBOを構築



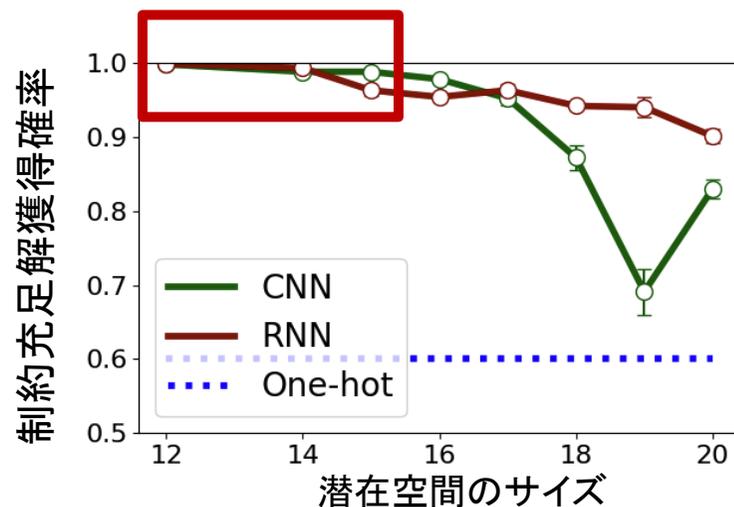
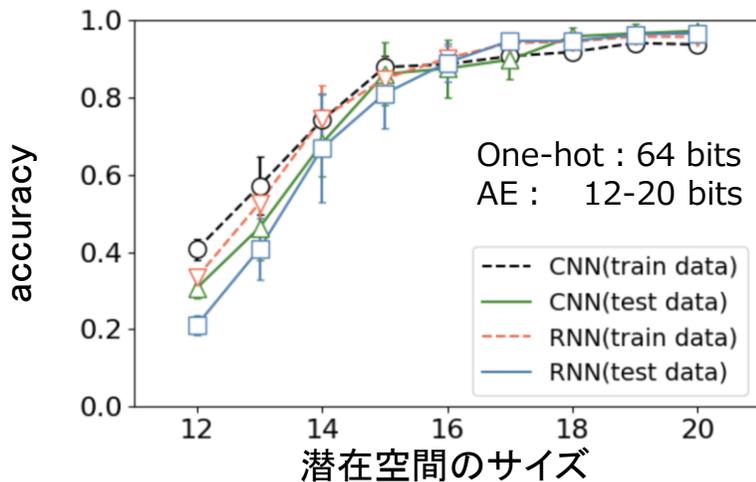
③

構築されたQUBOを利用して潜在空間内をアニーリングマシンで探索



成果 オートエンコーダによるビット数削減と制約充足解獲得確率の向上

- ✓ オートエンコーダを用いて、ビット数の少ないバイナリ変数空間を作成することができた。
- ✓ 制約項を明示的に定義しなくても、高確率で制約充足解を得ることができた。



アニーリングマシンをより広い分野で活用するためには、限られたリソースを最大限に活かす「効率的な問題定式化」が重要となる。本手法は、問題の定式化に必要なバイナリ変数の数を減らし、マシンが扱える問題規模を拡大する効果が期待できる。