

2025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）

量子アニーラーへの埋め込みに優れたQUBO定式化手法の開発 －疎結合QUBOによる大規模・高精度量子アニーリングの実現－

須田 浩平（東京大学）

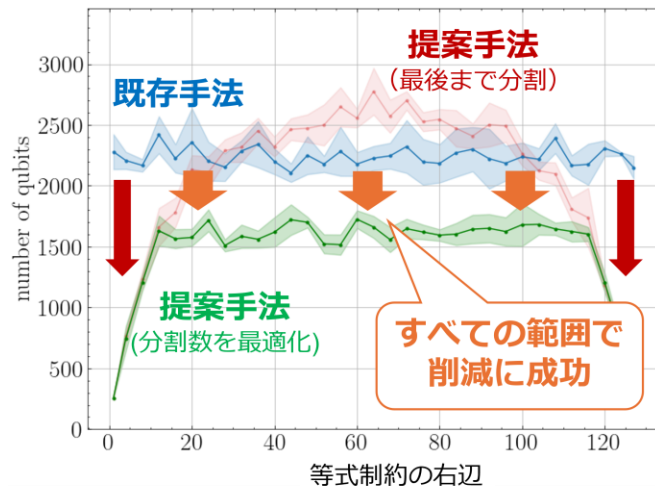
背景・目的

- 量子アニーリングでは最適化問題をQUBO（二次制約なし二値最適化）形式で表現
- QUBOと物理qubitを対応づける埋め込みで、密結合QUBOは必要なqubit数の増加や精度低下が発生
- 等式・不等式制約条件のQUBOの結合数を削減し、より大規模な問題を高精度に解けるようにする

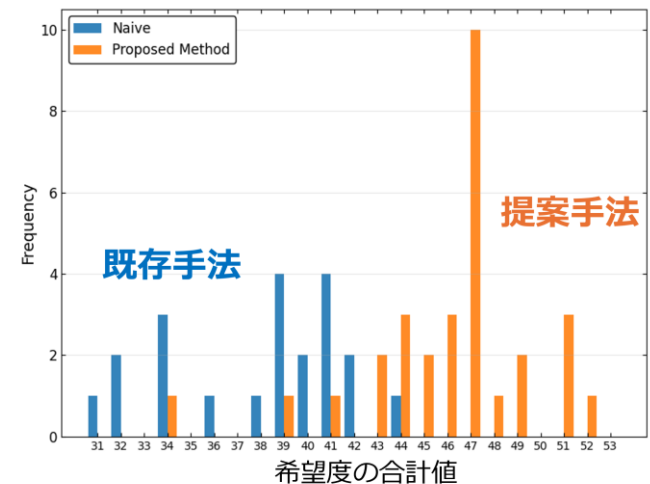
手法・優位性

- 制約条件を効率的に分解するアルゴリズムの開発
→ **埋め込みqubit数の削減**やより**安定・高品質な求解**が可能に！

様々な右辺値の128変数での埋め込みqubit数



シフトスケジューリング問題の解の分布



OSSライブラリ sparse-quboの開発

- 本手法をOSSライブラリとして実装・公開
- 実機への接続を念頭に設計されたD-Wave社のdimodとFixstars Amplify社のAmplify SDKに対応
- ユーザーの既存コードをなるべく変更させずに済む設計による導入コストの最小化
- ユーザーのアルゴリズム設計を手助けするビジュアルライザ機能

社会へのインパクト

制約条件を効率的に分解するアルゴリズムの開発

→ **埋め込みqubit数の削減**やより**安定・高品質な求解**が可能に！

```
variables = dimod.variables.Variables(  
    ... [f"X_{i}_{j}" for i in range(N) for j in range(N)]  
)  
bqm = dimod.BinaryQuadraticModel(dimod.BINARY)  
for row in range(N):  
    row_vars = variables[row * N : (row + 1) * N]  
    bqm += create_constraint_dwave(row_vars, ConstraintType.EQUAL_TO, c1=c)  
for col in range(N):  
    col_vars = variables[col::N]  
    bqm += create_constraint_dwave(col_vars, ConstraintType.EQUAL_TO, c1=c)
```

この行を書き換えるだけでOK

