概要

近年，量子計算と量子アニーラに関連する技術の発展やその研究が注目されている．量子アニーラを利用して問題を解決するのに問題自身がQUBO（**Quadratic Unconstrained Binary Optimization**）の形に変更することが必要である．その中，ペナルティー係数の選択が非常に重要であり，小さい過ぎるペナルティー係数では全域的最小値が問題自身の最適解にならなくて，大き過ぎるペナルティー係数ではQUBOソルバーに悪影響を与えることが分かった．本研究では，tsp（traveling sales man problem）問題を注目してボロノイー図とその双対ドロネー三角分割に基づいて二つペナルティー係数の選択法を提案した．実験結果としてインスタンスのサイズが小さい時，提案された方法で得られたペナルティー係数でソルバーは実行可能解が得られた．かつ，通常使われている町間の最大距離より小さいことが確かめた．

1. はじめに

組み合わせ最適化問題は様々な制約条件の下で数多くの選択肢からある評価関数を最大または最小にする選択肢を選ぶ問題であり，その問題自身がNP困難問題でもある。問題に含まれる変数の個数が多くなるに連れて，問題の解空間が爆発的に拡大していて非常に困難な問題になってしまう．なので，コンピューターの計算性能は成功に問題を解けないかと繋がっている．残念ながら，現在のコンピューターは組み合わせ最適化問題を解くには大量の時間がかかって数年，数十年もかかる場合もある．通常の場合，近似アルゴリズムが多数考案されてい，その中メタヒューリスティックアルゴリズムは一番使われる手法としている．遺伝的アルゴリズム，蟻コロニー最適化アルゴリズム，タブーサーチ，焼きなまし法等は有名なメタメタヒューリスティックアルゴリズムとして知られている．ところがメタヒューリスティックアルゴリズムを用いても得られた解は必ず最適解ということを保証してもらえなくて，なるべく最適解に近い解を手に入れたいという目標で機能している．なお，一般的なメタヒューリスティックアルゴリズムは特定の問題に限らず汎用的に様々な問題が解けるのが，より精度が良い解を得るためにアルゴリズムに関連するパラメータを問題の事前知識で調整する必要がある．

近年，高速発展する量子計算と量子アニーラは組み合わせ最適化問題を解くためのもう一つも手法として注目されている．その中，量子アニーラは量子ビットの性質を利用して短時間で最小エネルギーを持つ解は導出してくれる．そのため，今量子アニーラと関連する研究も多くなっていく．

組み合わせ問題を量子アニーラで最適化するために問題自身がQUBO又はIsingの形に変換することが必要である．本研究ではQUBOモデルを注目している．

1. 関連研究（QUBOモデル，tspモデルの導出、ドロネー、ボロノイー図）

QUBO（**Quadratic Unconstrained Binary Optimization**）モデルとは二次形式の制約なし二値変数最適化問題であり，一般の数学式は：

**QUBOモデル**

ｘはバイナリ変数でその値は０又は１，Ｑiiは一次項の係数，Qijは二次項の係数，はペナルティー係数である．

1. 提案手法
2. 実験結果
3. まとめ