エネルギー関数の変形により局所最適解を回避する QUBO アルゴリズム

情報処理学会研究報告 IPSJ SIG Technical Report Vol.2021-QS-2 No.6 2021/3/29

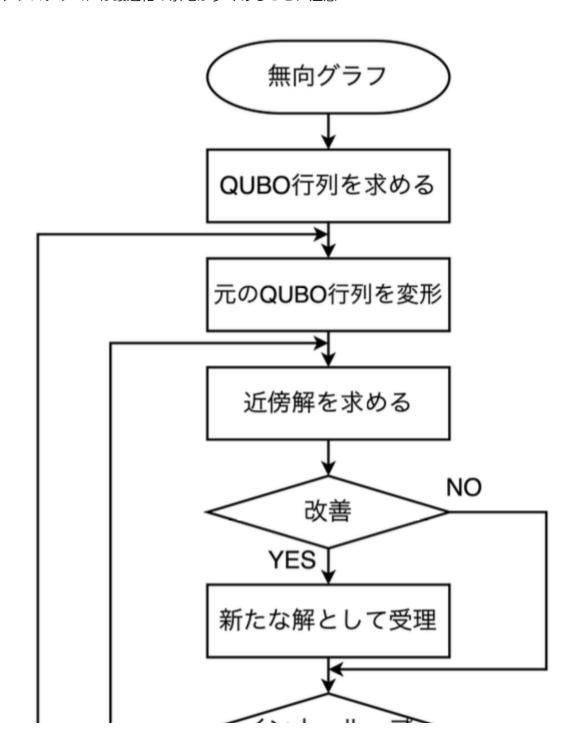
吉村 友和, 白井 達彦, 多和田 雅師, 戸川 望

今回やったこと

• この論文のプログラム作成

プログラム作成

このQUBOアルゴリズムのプログラムを作り、問題が解けることを確認した。 なお、プログラムには最適化の余地が多くあることに注意



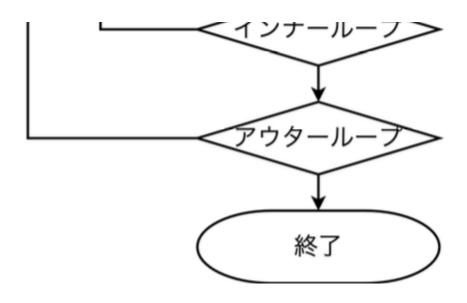


図 4 提案手法のフローチャート.

- 1. 無向グラフ
- 2. QUBO行列を求める
- 3. 元のQUBO行列を変形
 - 要素加算法
 - 解が[1, 1, 0, 1, ..., 0]の時QUBO行列の加算される部分が黒丸

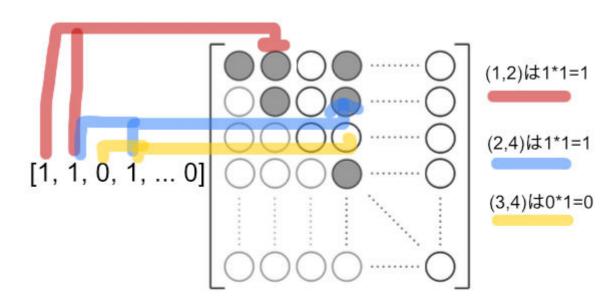
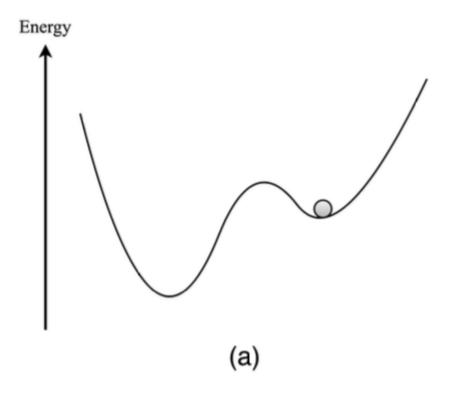


図 5 QUBO 行列の各要素に加算.

- 三角行列の下の部分は省略した
- 黒丸に定数 q_{element} を加算確率pで加算する。
- 4. 近傍解を求める
 - 1箇所だけ選んでflipを端っこから128回
 - 初期解が[0,0,1,0,...,0]だったとしたら
 - [1, 0, 1, 0, ..., 0]
 - [0, 1, 1, 0, ..., 0]
 - [0,0,0,0,...,0]

•

- [0,0,1,1,...,0]
- ...
- [0,0,1,0,...,1]
- これで128通りのエネルギーが求まる。128個のうち一番エネルギーが低いものが改善していた ら新しい解として受理される



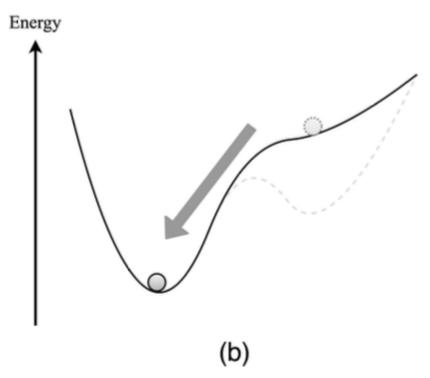


図 3 (a) 変形前. (b) 変形後.

結果

グラフ分割問題を解いた。0307 ワイガヤミーティング

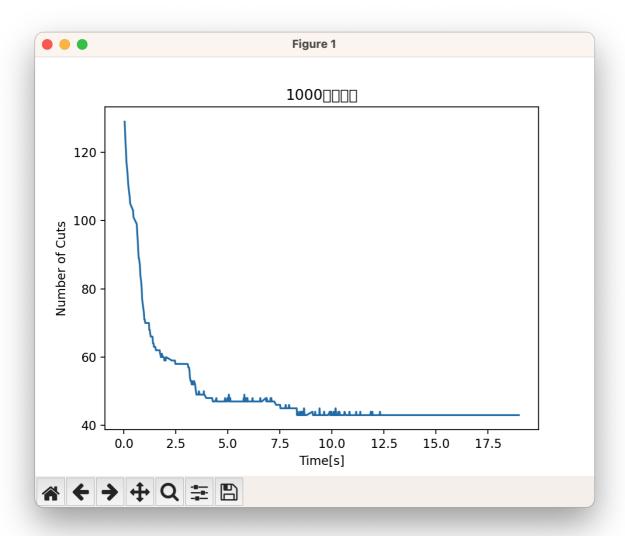
カット数はエネルギーとは厳密には違うものの、今回は概ね同じものと考えてよい。

最終的にカット数は43に収束した。同じ問題をGurobi, Fixstars Amplify AEで解いたところカット数は39であったため、これには一歩及ばなかった。

また、時間については19秒かかった。これは手元のM1 Macで計算を行い、並列化やメモリなどの最適化を**全く**していないプログラムの結果である。

この手法でグラフ分割問題の解が求められることがわかった。またこのアルゴリズムをちゃんと理解することができた。

この時のカット数の変化をグラフにした。



追加実験として、元の論文で与えられていたパラメータを変えて実験してみることにした。他の問題を この手法で解く場合を考えて、さまざまなパラメーターの影響の具合を知ることを目的とする。

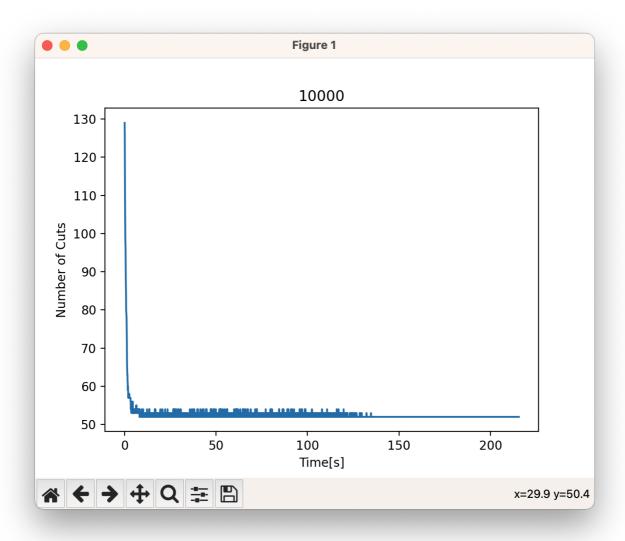
下の表に元の論文のパラメータを示す

表 4 各パラメータの値.

パラメータ	<u>值</u>		
インナーループ	128		
制約項のパラメータ α	8		
初期温度	100		
終端温度	0.1		
初期加算確率	0.5		
終端加算確率	0		
各要素への加算定数	$q_{ m element}=0.2$		
各行への加算定数	$q_{ m raw}=0.1$		

を変更した。その結果、 $q_{\rm element}=0.1$ や、 $q_{\rm element}=0.3$ では最終的なカット数が増加し、下位の質としては悪化した。他の問題を解く上でも $q_{\rm element}$ の適切な設定は難しい課題となる可能性がある。

さらに、計算時間を10分の1の1.9秒、10倍の190秒に変更する実験も行った。その結果1.9秒ではカット数が56になり、下位の質は悪化した。これは予想した通りだったが、190秒においてはカット数が52と、こちらも悪化した。190秒の時の様子を図に示す。



最初の10秒で解がほとんど収束してからその後ほとんど変化がない様子がわかった。

参考

Fixstar Amplify AEでカット数39になるのにかかる時間は0.1秒

考えること

このアルゴリズムでCloudletの問題を解くことはできるか? パラメーターの調節はどのようにする?

SAと組み合わせることはできるのか?

SAのプログラムを(自分で頑張って書いて)組み込むことはできそう

SAの専用マシン(Fixstars Amplify AE, Qalmo)と組み合わせることはできるか?