

量子アニーリングマシンを教室に

Excel Solver を量子コンピュータによる最適化問題へのステップに

室谷 心

松本大学総合経営学部

muroya@t.matsu.ac.jp

量子コンピュータの 1 形態である量子アニーリングマシンが開発され、利用できるようになってきた。ネットを通じて試験的利用を提供するサイトも現れてきたので、最新の量子コンピュータを教室で体験することも可能である。ここでは、量子アニーリングマシンを教室で体験利用することを目指して、組合せ最適化問題の練習台として Excel Solver を活用する授業計画を提案する。

1. はじめに

量子コンピュータという単語が日常のニュースに現れる時代となった。学習者が最新の技術である量子コンピュータを使って問題を解く体験をすることは、情報化社会に対する興味や学習意欲を喚起するよい刺激となることが期待できる。

現在利用可能な量子コンピュータはほとんどが量子アニーリングマシンと呼ばれる形態のコンピュータであり、変域を 0, 1 のバイナリー変数に制限した QUBO 模型もしくは ± 1 (イジング変数) に制限したイジング模型での、組合せ最適化問題に特化したコンピュータである⁽¹⁾。このために、その利用のためには、プログラミング言語の習得のみならず、問題の定式化に対する理解が必要である。実際、量子コンピュータの体験利用の紹介をしている文献⁽²⁾では、イジング模型を用いた問題の定式化の説明に、多くのページを割いている。

本講演での提案は、この QUBO 模型もしくはイジング模型による定式化の段階は Excel の Solver を使って学習し、次の段階としてそれを Python で書きおろして、量子アニーリングマシンの利用を体験するという 2 段階での学習を提案するものである。

2. 量子アニーリングマシンの利用

フィクスターズが提供する Fixstars Amplify は、研究や商用利用前の開発目的であれば無料で使うことができる⁽²⁾。プログラミング言語は Python であり、Python の環境としては Google が提供する google colab⁽³⁾ を利用することが可能である。

量子アニーリングマシンで解く組合せ最適化問題は、「制約条件」の下で「目的関数」を最大化させるような「決定関数」の組を見つける問題であり、解決したい問題を「制約条件」「目的関数」「決定関数」を使って表現する必要がある。問題

ごとの変数である決定関数はダミー変数を使うことによって設定条件をバイナリー変数やイジング変数で表現することが可能となる。

3. マイクロソフト Excel Solver の利用

マイクロソフト社がビジネスソフトセット Office Suit 中の表計算ソフトとして提供している Excel には、Solver と呼ばれるアドインプログラムがあり、「what if」のゴールシーク関数と併せて、経営系の授業や商業高校の授業で問題解決ツールとして使われている⁽³⁾。



図 1. Excel Solver の設定ウィンドウ

図 1 の目的のセル、変数セル、制約条件がそれぞれ「目的関数」「決定関数」「制約条件」に対応し、制約条件にバイナリー変数を設定することによって、QUBO 模型と類似の状態となる。

4. Solver から量子アニーリングマシンへ

Excel Solver で整数計画法を解く手法は、教科書や解説があり、最短経路問題やナップザック問題、人員配置問題への応用が解説されている⁽⁴⁾⁽⁵⁾。

Excel Solver から量子アニーリングマシンへ

の発展を意識して、Excel では実行時に苦勞するようなサイズの問題を扱う。例えば(1)の例に従って数独を考えることにする。

ソルバーで解くために、Excel のスプレッドシート上に解決したい問題を表現する。例えば非自明な数独としては最も小さいサイズの 4×4 の表を用意する。マス目には 1 から 4 までの数字のいずれかが入るが、状態をバイナリーのダミー変数で現すことにする(図 2)。初期値のセル以外を決定関数として変化させるセルに指定して、ダミー変数がバイナリー変数であることを制約条件とし、数独のルールを満たした状態との差の二乗和を目的関数として最小値=0を求めさせれば、Solver で数独を解くことができる。

	A	B	C	D	E
1		数表			
2		1	2	3	4
3	1	3		1	
4	2			3	
5	3	2	3		
6	4		4		3
7					
8	初期値				
9		1	2	3	4
10	1	0	0	1	0
11	2	0	0	0	0
12	3	0	0	0	0
13	4	0	0	0	0
14	1	0	0	0	0
15	2	0	0	0	0
16	3	1	0	0	0
17	4	0	0	0	0
18	1	1	0	0	0
19	2	0	0	1	0
20	3	0	1	0	0
21	4	0	0	0	1
22	1	0	0	0	0
23	2	0	0	0	0
24	3	0	0	0	0
25	4	0	1	0	0

図 2 数独の表と対応するダミー変数

この設定は文献⁽²⁾での量子アニーリングマシンでの問題設定と全く同じものである。 4×4 の数独問題をエクセルのシート上で明示的に表現することは、量子アニーリングマシンが特化している組合せ最適化問題の設定に対する理解と、ダミー変数やバイナリー変数利用の優しい可視化となることが期待される。

4×4 の数独であっても実際に Solver で解を求めると数秒から数十秒かかり、大変な計算をしていることを実感する。量子アニーリングマシンでは一回り大きな 9×9 の数独が一瞬で終わってしまい計算速度の違いは明白である。

5. おわりに

量子アニーリングマシンは組合せ最適化問題に特化したシステムであるために、教材として使うためには、プログラミング言語の学習に加えて、“組合せ最適化問題”に対する理解が必要である。そのためのステップとして、表計算ソフトとして広く普及している Excel でアドインプログラムの Solver の利用を提案した。

参考文献

- (1) 西森秀稔, 大関真之: “量子アニーリングの基礎”, 共立出版 (2018).
- (2) 広田望, 松田佳希: “はじめての量子プログラミング体験”, Software Design, Jun. 2021, pp87-91 (2021).
- (3) Google colabatory 解説, <https://colab.research.google.com/notebooks/intro.ipynb?hl=ja> (2022. 5. 31 閲覧).
- (4) 室谷 心: “情報の授業にもっとソルバーを使いましょう”, 日本情報科学会第 13 回研究会報告書, pp9-12 (2019).
- (5) 荻田正雄, 上田太一郎, 中西元子: “最適化の実践らくらく読本”, p87, 同友館 (2006).
- (6) 後藤順哉: “Excel で始める数理最適化”, オペレーションズ・リサーチ, Vol. 57, No. 4, pp175-182 (2012).