

# 量子コンピュータを用いたシフト割り当て最適化

大阪府立四條畷高等学校

## 1. abstract

These days, Quantum computers attract a lot of attention. However, because the word "Quantum Computer" sounds too difficult, many people avoid Quantum computers. This may prevent the development of study about Quantum computers. Our goal is to make people become interested in Quantum Computer by actually using them. We decided to try using Quantum Computers for the first time. Then we chose "making work shift" as our challenge.

## 2. 量子アニーリングとは

量子コンピュータは汎用的である「量子ゲート方式」と組み合わせ最適化に特化した「量子アニーリング方式」の二つに分類できる。私たちは既に実用化が進められている量子アニーリング方式を用いた。「量子アニーリング」とは、量子の性質を利用して主に組み合わせ最適化問題を解くためのアルゴリズムである。量子ビットにさまざまな条件を設定して、時間をかけて重ね合わせを解くと量子状態が確定し、やがて到達した状態が問題の解を表す。

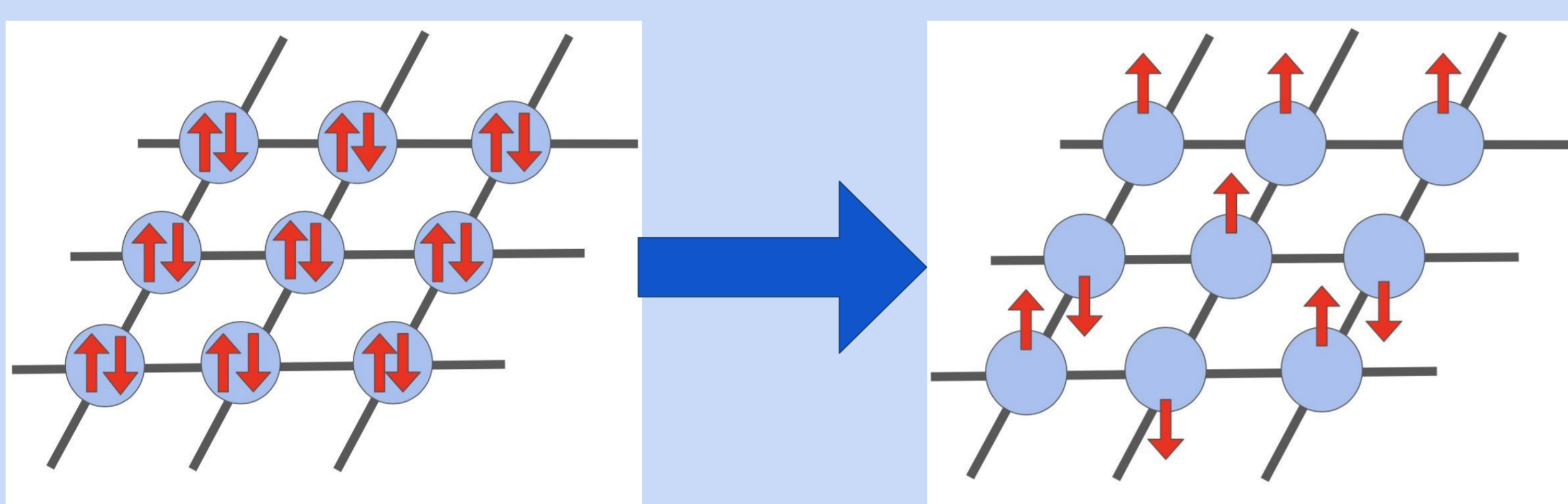


図1: 量子アニーリングのイメージ

量子アニーリングでは「トンネル効果」と呼ばれる量子の性質を利用する。解きたい問題をグラフで表した場合、グラフをすり抜けて効率的に最適解にたどり着くことができる。

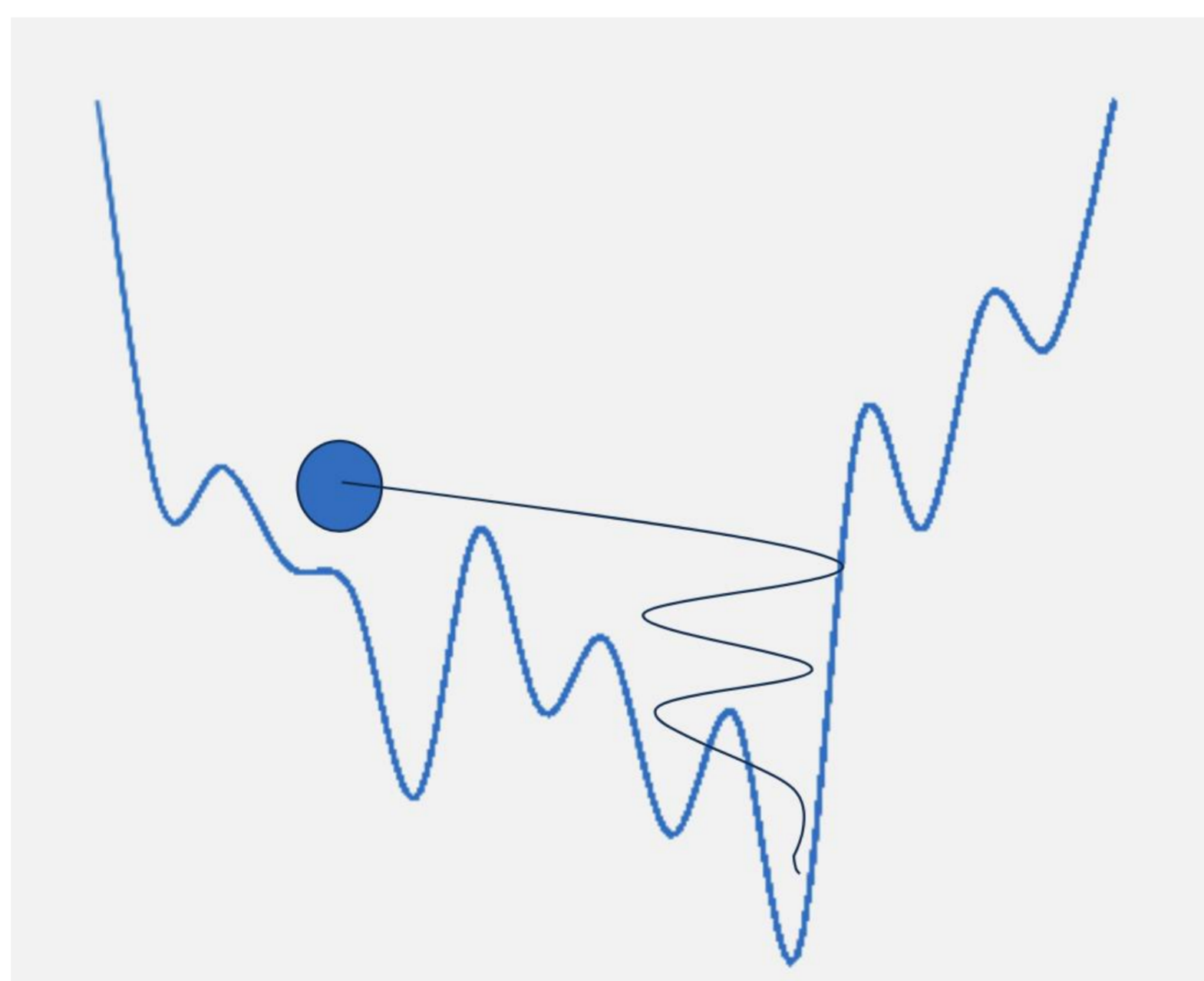


図2: トンネル効果の利用をグラフで表した

## 3. 最適の定義と制約

「最適」の定義

なるべくシフトに入る人を少なくする

制約

- ①シフトに入れない時間にシフトを入れない
- ②強制的に休みを定期的に入れる
- ③必要最低限以上の人数を確保する

変数の定義

$q_{i,j}$ : i日にjさんのシフトを表す2値変数

$w_{i,j}$ : i日にjさんの人のシフト希望を表す2値変数

## 4. 定式化

①の制約は目的関数として定式化する

$$H_1 = \sum_{(i,j) \in W} q_{i,j}$$

ただし  $W = \{w_{i,j} = 0 \text{ となる } (i,j) \text{ の組}\}$

② (週休二日以上という設定)

$$H_2 = \sum_j \left\{ \left( \sum_i q_{i,j} - \sum_{k=0}^5 k \cdot r_k \right)^2 + \left( 1 - \sum_{k=0}^5 r_k \right)^2 \right\}$$

ただし  $r$  は2値変数

③ (毎日最低二人は必要という設定)

$$H_3 = \sum_i \left\{ \left( \sum_j 1 - q_{i,j} - \sum_{k=0}^{n-2} k \cdot s_k \right)^2 + \left( 1 - \sum_{k=0}^{n-2} s_k \right)^2 \right\}$$

ただし  $s$  は2値変数

これらをまとめて

$$\text{minimize}\{E = H_1 + H_2 + H_3\}$$

## 5. 結果

	月	火	水	木	金	土	日	出勤回数
A	0	0	0	0	1	1	1	3
B	0	1	0	0	1	0	1	3
C	0	1	0	1	0	1	0	3
D	1	1	1	1	1	1	1	7
E	1	1	1	1	1	1	1	7
F	1	0	0	1	0	0	1	3
G	1	1	1	1	1	1	0	6
H	1	1	1	1	1	1	1	7
I	0	0	0	1	0	0	1	2
出勤者数	5	6	4	7	6	6	7	41

	月	火	水	木	金	土	日	出勤回数
A	0	0	0	0	1	0	1	2
B	0	1	0	0	1	0	1	3
C	0	1	0	1	0	1	0	3
D	1	0	1	0	1	1	1	5
E	1	1	0	0	1	1	1	5
F	0	0	0	1	0	0	1	2
G	1	0	1	0	1	0	0	3
H	0	0	0	1	1	0	1	3
I	0	0	0	0	0	0	1	1
出勤者数	3	3	2	3	6	3	7	27

図3: シフト希望表(左)と改善後のシフト表(右)

シフト希望(左)と最適化結果(右)

41枠から27枠に改善された  
すべての制約を満たしている

## 6. 考察/展望

10秒間のランタイムで最適化を行ったが、解が一つしか得られなかった。始めは使用した仮想マシンの処理能力の問題だけだと思っていたが、プログラムにも問題があると思われる。プログラムを改善し、ランタイムを伸ばすことで、解をより多く得られるのか試していきたい。また、それに伴いランタイムエラーの対処や、アニーリングマシンの特徴ともいえる相互作用を生かした制約の実施を行っていきたい。

## 7. 参考文献

- [1]大関 真之, 西森 秀稔「量子アニーリング (解説)」
- [2]大関真之「量子アニーリングによる組合せ最適化」
- [3]Dwave, D-Wave Technical Report 14-1046A-A Choosing good problems for quantum annealing
- [4] F. Arute, et al., Quantum supremacy using a programmable superconducting processor. Nature 574, 505-510(2019)
- [5]田中 宗, 松田 佳希「量子アニーリングの動作原理と応用探索」
- [6] FIXSTARS Amplify 「量子アニーリング方式」  
<https://amplify.fixstars.com/ja/techresources/annealing-method/>