

## 正答率のアニーリング時間依存性で診る 量子アニーリング的群知能

Quantum-annealing-inspired swarm intelligence inspected by  
annealing-time dependence of correct answer rate

産総研<sup>1</sup>, ◯吉澤 明男<sup>1</sup>

AIST<sup>1</sup>, ◯Akio Yoshizawa<sup>1</sup>

E-mail: yoshizawa-akio@aist.go.jp

組合せ最適化問題に関して我々は量子アニーリングの古典的表現である経路積分量子モンテカルロ法に内在する群知能性に注目する[1]。今回、正答率のアニーリング時間依存性を調べた。二種類のイジングモデル (J1、J2) で線形加重和  $kJ_1+(1-k)J_2$ ,  $0 \leq k \leq 1$  を用意する。各モデルは結合率 50%のランダムネットワーク (スピン 100 個) から成る最大カット問題である。両者とも単独であれば ( $k=0$  or  $1$ ) 基底探索は比較的容易である。冷却は  $r$ -fractional update protocol ( $r=0.2$ ) [2] で繰り返す。群れを構成するレプリカ数は 500、更新 (繰り返し) 回数をアニーリング時間とみなす。基底に到達したレプリカ数の割合を正答率として各  $k$  に対して 30 回の試行結果から平均値を得る (Table 1 & Fig. 1)。更新を継続すれば群れは成長し多数のレプリカが基底状態に到達するため正答率の改善が期待できる。但し、正答率が極端に低い場合もある (Fig. 1 上段図)。局所解にレプリカが集まり群れを形成、更新継続により周囲のレプリカが局所解に引き込まれることで群れが成長する。この場合、成長すればするほど正答率が低下する一方、各レプリカの初期状態はランダムであるから状態が散らばっている初期段階の正答率が高くなる。正答率を監視しながらアニーリング継続の可否を決定することが望ましい。参考文献: [1] 吉澤、第 80 回応用物理学会秋季予稿集, 21p-E207-1 (2019). [2] D. H. Ballard et al., TR 167, Comp. Sci. Dept., Univ. of Rochester (1986). 謝辞: 本研究の一部は Q-LEAP (文部科学省) の成果である。

**Table 1** Correct answer rate (%) calculated from 30 trials for each  $k$ .

k	renewal times	
	500	5000
0	36.92	78.66
0.01	26.46	72.18
0.1	23.79	69.77
0.2	3.49	1.50
0.3	31.17	73.13
0.4	5.70	21.86
0.5	5.63	66.25
0.6	0.88	33.12
0.7	0.45	0.22
0.8	5.69	66.4
0.9	1.00	0.04
0.99	3.52	1.92
1.0	21.82	80.34

### Swarm method

100 spins for each replica

500 replicas for each trial

30 trials for each  $k$

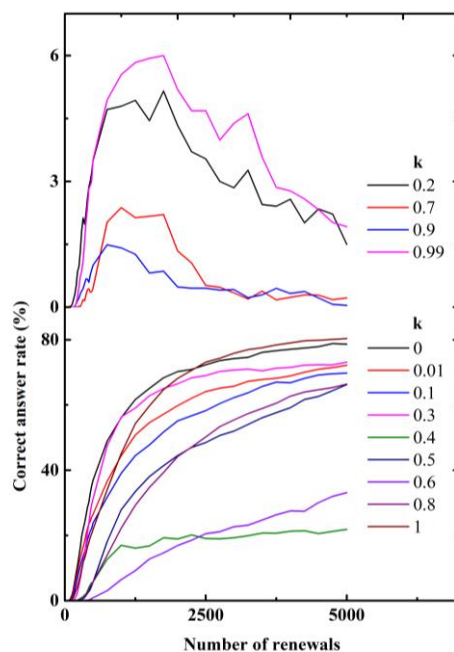


Fig. 1 Number of renewals vs. correct answer rate (%) for each  $k$ .