

## 量子アニーラ (D-wave) を用いた 多変量標準正規分布に従う乱数生成に向けた検証

### Validation for generation of random numbers following multivariate standard normal distribution using quantum annealer (D-wave)

東工大<sup>1</sup>, デンソー<sup>2</sup> °太田 俊輔<sup>1</sup>, 濱田 龍之介<sup>2</sup>, 門脇 正史<sup>2</sup>, 西森 秀稔<sup>1</sup>, 小寺 哲夫<sup>1</sup>,  
Tokyo Tech.<sup>1</sup>, DENSO CORP.<sup>2</sup>, °Shunsuke Ota<sup>1</sup>, Ryunosuke Hamada<sup>2</sup>, Tadashi Kadowaki<sup>2</sup>,  
Hidetoshi Nishimori<sup>1</sup>, Tetsuo Kodera<sup>1</sup>  
E-mail: ota.s.ab@m.titech.ac.jp

モンテカルロシミュレーションや社会調査のサンプリングにおいて、多変量正規分布に従う乱数の生成は重要な技術である。しかし、次元の大きな正規分布の生成には計算コストがかかるため、それを回避するアルゴリズム開発が行われている。我々はその手段として量子アニーラを用いることに着目した。量子アニーラは量子揺らぎを導入することでイジングモデルの基底状態を探索できる実験装置である。物理現象の観測という形で解を得られるため計算コストを大幅に抑えることが期待される。本研究では、D-wave 社の量子アニーラ(D-wave)を用いた多変量標準正規分布に従う乱数生成に向けた検証及び D-wave の実験装置としての特性評価を行った。

単一スピンを $n$ 回観測した時にアップスピンの出力される回数( $n_{\uparrow}$ 回)とダウンスピンの観測される回数( $n_{\downarrow}$ 回)から出力 $X = (+1 \times n_{\uparrow}) + (-1 \times n_{\downarrow})$ を得る試行を考える(図 1)。各観測がベルヌーイ試行かつ独立した事象であるとすればこの試行の出力の分布は二項分布に従う。すると試行回数を十分大きくしたとき、中心極限定理からこの分布は正規分布に近似される。この手法を相関のある多スピンの系に適用することで多変量正規分布を近似することが出来る。生成される分布の相関はスピン間の相互作用に対応しており、2 スピン系から生成した 2 次元正規分布(図 2)からもスピン間の相互作用 $j$ が小さくなるにしたがって相関がなくなっていく様子がわかる。また、生成した多変量正規分布の共分散と相互作用 $j$ の関係について実験値と分配関数から求めた理論値での比較を行い、ノイズやクロストークなどに起因する有効温度の上昇を確認することが出来た。

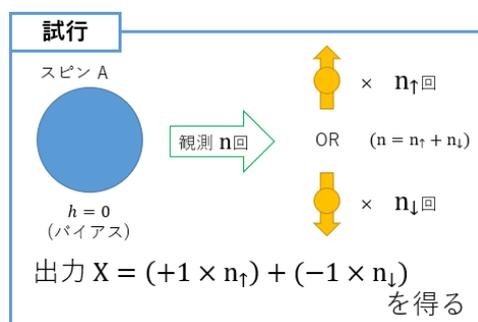


図1 単一スピンの系において二項分布に従った出力を得るための試行

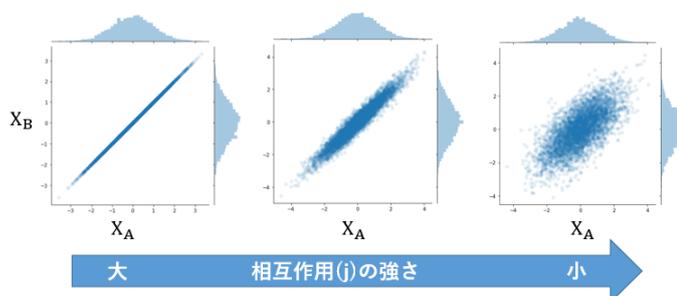


図2 2 スピン系からの出力 $[X_A, X_B]$ の散布図