

特集にあたって

大輪 拓也 (九州工業大学)

2011年にカナダのスタートアップ企業である D-Wave Systems 社によって開発された量子アニーラと呼ばれるイジングマシンの一種が、2013年に Google と NASA によって設立された量子人工知能研究所 (Quantum Artificial Intelligence Lab) に導入された。このことは多くのメディアで報道され、イジングマシンが世に広く知られるきっかけとなった。イジングマシンとは、イジングモデルと呼ばれる最適化問題、つまり制約なしの二値変数二次計画問題 (Unconstrained Binary Quadratic Programming もしくは Quadratic Unconstrained Binary Optimization) の求解に特化した専用計算機の総称である。2015年以降には、日本のいくつかの IT 企業が異なる実装方式のイジングマシンを開発・発表したこともあり、イジングマシンの活用方法の検討も盛んに行われるようになった。本特集では、それらイジングマシンの活用事例および実装技術について紹介する。

以下、本特集に寄稿された六つの記事についてそれぞれ簡単に紹介する。

東京工業大学の倉又迪哉氏らによる「量子アニーリングと組合せ最適化」では、量子アニーリングと呼ばれるアルゴリズムの解説と、量子アニーラで組合せ最適化問題を解く際の手順について解説していただく。また、実際に組合せ最適化問題を解いたときの性能についても紹介していただく。たとえば、MDRRT と呼ばれるトーナメント形式のスケジューリングに関する問題では、整数計画ソルバーよりも量子アニーラのほうが良い結果が得られることが示される。

富士通株式会社の山口純平氏らによる「イジング計算を用いた暗号解析について」では、イジングマシンを用いた暗号解析についての事例を紹介していただく。暗号の安全性は解読に必要な計算資源量が膨大であるという事実を支えられている場合が多く、イジングマシンを含むさまざまな計算機の発展は暗号の安全性を脅かす可能性があるため、適用方法の提案や実機を用いた検証は重要である。公開鍵暗号の安全性を保証する数学問題である素因数分解問題については、汎用計算機を用いた解法をイジングマシンに適用するための

定式化手法を紹介していただく。また、多変数多項式の逆像問題、格子最短ベクトル問題の求解事例、および共通鍵暗号 AES の攪拌関数 (S-BOX) の解析事例についても紹介していただく。

早稲田大学の吉田彬氏らによる「電力市場取引のための需要家側エネルギーリソース運用制御手法」では、分散型エネルギー源 (太陽光パネルや蓄電池などの小型発電源) を制御する仮想発電所に対するイジングマシンの適用事例を紹介していただく。最初に仮想発電所 (バーチャルパワープラント: VPP) を概観し、そこで課題となる電力プロファイルの集約という組合せ最適化問題に対しイジングマシンの適用方法を解説していただく。

早稲田大学の畠山歆氏らによる「機能性有機材料の探索のための機械学習とデジタルアニーラの活用事例」では、マテリアルズ・インフォマティクスにおけるイジングマシンの活用方法について紹介していただく。必要な材料構造の探索における探索空間は天文学的に広く、昨今の機械学習や並列計算を用いたアプローチを鑑みても、さらなる計算手法や計算機の向上への期待は大きい。本記事では、機械学習手法を併用したイジングマシンの適用方法とその事例を紹介していただく。また、シミュレーターとしてのイジングマシンの適用方法の提案や、イジングマシンを含むマテリアルズ・インフォマティクスのアプローチに関する課題や将来展望についても紹介していただく。

富士通株式会社の宮澤俊之氏らによる「第三世代デジタルアニーラーハイブリッドソルバ技術とその性能」は、実用的な規模・制約条件を有する組合せ最適化問題の求解に必須となるイジングハードによる高速解探索と柔軟なソフトウェア制御の両者を実現するハイブリッドシステムである第三世代デジタルアニーラの機能・性能について紹介していただく。

株式会社 DXR 研究所の田村泰孝氏らによる「デジタルアニーラのアーキテクチャと将来展望」では、スケジューリング終焉後のコンピューティングの視点から、組合せ最適化に特化したハードで高速性を目指す Digital Annealing Unit のアーキテクチャと将来の拡張性に

ついて解説をしていただく。

最後になりましたが、本特集への執筆にご快諾いただいた日本オペレーションズ・リサーチ学会「量子コ

ンピュータと次世代計算機活用」研究グループの関係各位に、心よりお礼を申し上げます。