

量子力学を利用したアルゴリズムの1つで  
組み合わせ最適化問題を解くことに特化した手法

## 量子アニーリング入門

山城 悠

● 量子アニーリング・マシンや量子コンピュータ  
がクラウドで利用できるようになった

量子アニーリングという単語を一般向けのウェブ記事や専門書以外でも見るようになって数年が経ちました。1998年に東京工業大学の西森 秀稔 教授と当時大学院生だった門脇 正史 氏によって提案された量子アニーリングという理論的なアルゴリズム<sup>(1)</sup>が、実際の量子効果を使ったデバイスとして実装され現在のようになるとは当時は考えられていなかったようです。

量子アニーリング・マシンはD-Wave<sup>(2)</sup>によって初めてクラウド・サービスとして公開されました。実際の量子デバイスを手元のPCからPython言語を使って制御できるようになったのは革命的な出来事でした。D-Waveによるクラウド・サービスの後、量子コンピューティング技術が注目を浴びました。現代では量子コンピューティング技術の本丸である量子ゲート方式での量子デバイスを誰もがクラウドを通して制御できるようになり、量子技術を操作できるのが当たり前になりました。次はその量子技術をどう使いこなすかを考える人材は「量子ネイティブ人材」という言葉まで誕生しています。

● 量子アニーリングは組み合わせ最適化問題を  
解くアルゴリズム

新しい技術が出てくる際にはありがちですが、量子コンピューティング技術においてもバズワードとして量子コンピュータという単語を使った記事による間違った理解や過剰な期待が持たれています。

その中でも量子アニーリングは「量子」という単語が付いているため量子コンピュータ（ここでは量子ゲート方式を指す）と混同されることが多いです。量子アニーリングはあくまで組み合わせ最適化問題を解くための1つのアルゴリズムです。また、量子アニーリングにインスパイアされて、通常のコンピュータを使い、組み合わせ最適化問題を量子アニーリングで行っているように解く専用の計算機が開発されました。それらはイジング・マシンと呼ばれています。

## 量子アニーリングの目的

量子アニーリングについて知る前に最適化、特に組み合わせ最適化計算について簡単に紹介します。

組み合わせ最適化とは、さまざまな組み合わせからある指標に従ってベストな組み合わせを探す最適化問題です。有名な問題としては、巡回路の距離を最小化するための巡回セールスマン問題があります。

## ● 選択肢が多くなると最適化が難しくなる

組み合わせ最適化問題はちまたにあふれているのですが、多くの組み合わせ最適化問題は変数の数が少し増えるだけで、可能となる選択肢が膨大となり最適化を行うことが難しくなります。

このような変数が増えることで組み合わせが指数的に増えることを組み合わせ爆発と言います。組み合わせ爆発のイメージを伝える有名な動画<sup>(3)</sup>（通称、「組み合わせ爆発お姉さん」）があるのでぜひ見てみてください。

全ての組み合わせ最適化問題において、指数爆発する選択肢全てを探さないといけないわけではありませんが、多くの組み合わせ最適化問題はこの選択肢が指数的に増えるという状況を回避できません。

## ● 近似解を求めるアルゴリズムの1つ

組み合わせ最適化問題を解く際に必ずしも厳密な最適解を得る必要はありません。比較的良い解を得るためのアプローチとしてヒューリスティクス（発見的解法）と呼ばれる手法があります。

ヒューリスティクスは経験的にうまくいくアルゴリズムの総称です。その中でもメタヒューリスティクス（Metaheuristics）と呼ばれる多くの問題構造で適応可能な汎用的なアルゴリズムが存在します。メタヒューリスティクスとして有名な方法は例えば次のようなものがあります。

- 遺伝的アルゴリズム…進化のプロセスに着想を得たアルゴリズム