

アニーリングマシン向け開発支援用 GUI アプリケーションの開発 —アニーリングマシン体験学習型アプリ「ANCAR」—

1. 背景

現実世界には、膨大な選択肢の中から最適な選択をする必要がある問題が多数存在する。これらの問題は組合せ最適化問題と呼ばれ、例として物流業界における配送計画問題や製造業における集積回路設計問題などが挙げられる。組合せ最適化問題は問題の規模が大きくなるほど計算時間が爆発的に増加してしまうため、従来の古典コンピュータでは現実的な時間で最適解を求めるのが困難となる。そこで、組合せ最適化問題の高精度な解を効率的に求められる計算技術としてアニーリングマシンが近年注目されている。アニーリングマシンで組合せ最適化問題を解く場合、図 1 のように、ユーザーは解きたい問題を数式として定式化し、さらにアニーリングマシン向けの専門的なモデルに変換する必要がある。



図 1: アニーリングマシンを利用して問題を解く流れ

これらの専門的な知識と経験が必要となり、複雑でユーザーのミスも発生しやすいため、開発の敷居が高くなっていると言える。しかし、アニーリングマシンは登場してからまだ歴史が浅く、ユーザーをサポートして利用を促進させるような周辺環境は発展途上である。その結果、アニーリングマシンの参入障壁が高く、ユーザーがまだまだ少ないという課題が生じている。

2. 目的

本プロジェクトでは、アニーリングマシンに関することを学べる開発支援用 GUI アプリケーションの開発を目的とする。プログラミング等の専門的な知識を必要とせず、アニーリングマシンでできることや使い方を直感的な操作で体験できるインターフェースを提供することで、認知度向上を狙う。また、アニーリングマシンの性能を十分に引き出すための知見等を体験しながら学べる機能や、GUI での操作で任意の問題を解くことができる機能を実装することで、初学者がレベルアップできる環境を提供する。最終的にアニーリングマシンの参入障壁が高いという課題を解消し、アニーリングマシンのユーザー拡大に貢献することを目指す。

3. ソフトウェア開発内容

本プロジェクトでは、実際にシミュレーション等を試しながらアニーリングマシンについての知見を学べる体験学習型アプリケーション「ANCAR」を開発した。アニーリングマシンのユーザー拡大と、アニーリングマシン入門者から中級者のユーザーのレベルアップを図ることを最終目的とし、ユーザーの理解度に応じた以下の3つの主要機能を実装した。

(A) デモアプリケーション

数式や理論的な説明は省き、「アニーリングマシンを使うとどんなことができるのか」を直感的に体験できる機能。まだアニーリングマシンを知らない人や興味がある程度の人に、認知してもらうこと・より興味を持ってもらうことを目的としている。

(B) 典型問題・対応マシンに関するチュートリアル

代表的な組合せ最適化問題をいくつかピックアップし、詳細な定式化の説明とシミュレーションによってパラメータ調整の知見などを学べる機能。加えて、アプリケーションが対応するアニーリングマシンの仕様や主要なパラメータを理解することができる機能となっている。アニーリングマシンに興味を持った人が具体的にどのようにすれば問題を解けるのか、精度の高い結果を得るにはどうすればよいのか、複数種類あるアニーリングマシンはそれぞれどのような特徴があるのか、といった疑問を抱いた際に参考になることを目的としている。以下の4種類のアニーリングマシンに対応している。

(C) アドバンスドモード(任意のモデルをアニーリングマシンで実行可能な機能)

ソフトウェアキーボードを用いてユーザーが任意のモデルを数式で入力し、無料で利用可能なCPUによるシミュレーション、またはユーザーが契約していて利用可能なアニーリングマシン実機上で実行することができる機能となっている。定式化等を理解した段階のユーザーに対して、手軽に独自の問題を試せる機会を提供することを目的としている。

上記の3つの主要機能は、ユーザーの理解度が低い順から(A)~(C)に対応しており、それぞれの機能で段階的に学べる構成となっている。また、ANCARは以下の4種類のアニーリングマシンに対応している。

- ・D-Wave 2000Q / Advantage (D-Wave Systems, Inc.)
- ・CMOS アニーリングマシン (株式会社日立製作所)
- ・デジタルアニーラ (富士通株式会社)
- ・Amplify Annealing Engine (株式会社フィックスターズ)

本プロジェクトでは、図 2 の①～③から構成されるアプリケーションについて Web 版とデスクトップ版の 2 種類を開発し、Web 版 (<https://ancar.app/>) を先行公開した。今後デスクトップ版とソースコードを公開する予定となっている。

① アプリケーションのユーザーインターフェース

ユーザーが閲覧及び入力するインターフェースを Web 版とデスクトップ版の 2 種類開発した。デスクトップ版も Web サイトを構築する技術である HTML / CSS / JavaScript による実装であるため、大部分は共通のソースコードとなっており移植性が高いものとなっている。

② 各種計算処理を実行して結果を返す API サーバー

デモアプリケーションとチュートリアルシミュレーション機能及びアドバンスドモードでのモデル生成・アニーリングマシンへのリクエストなどを実行する Web API を開発した。Python による実装で、AWS EC2 上で動作させている。シミュレーション機能では PyQUBO と OpenJij、アドバンスドモードでは Amplify を利用している。

③ 数式をモデルに変換するパーサー(tex2qubo)

TeX フォーマットの文字列を、アニーリングマシンに入力する形式である QUBO 行列に変換して出力する Python のパッケージを開発した。内部的には Python の構文解析ライブラリ PLY とフィックスターズのミドルウェア Amplify を用いている。②の API サーバー上で利用しており、ユーザーが入力したハミルトニアン数式を QUBO 行列に変換する部分を担っている。

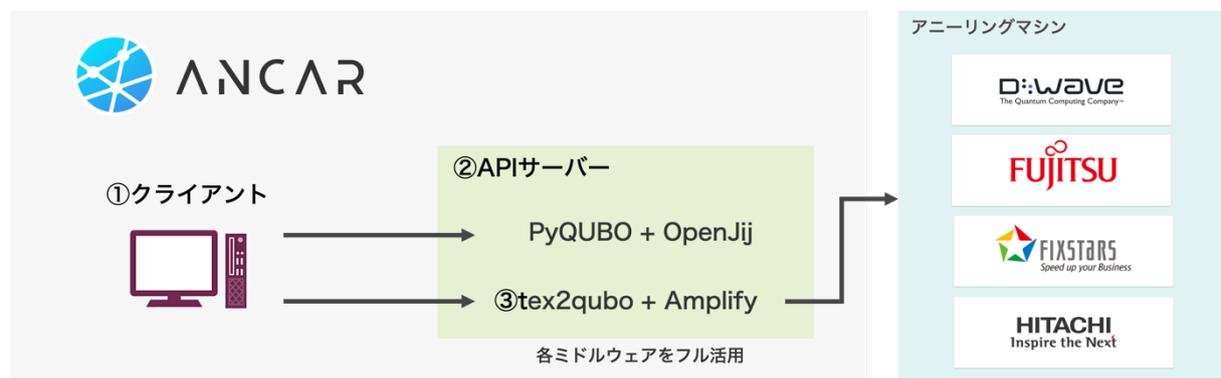


図 2: ANCAR のシステム構成

4. 新規性・優位性

アニーリングマシンの周辺環境が発展途上であると述べたが、現時点でもいくつかの周辺ツールが登場している。以下の表 1 に代表的な 3 つを挙げる。

表 1: 代表的なアニーリングマシンの周辺ツール

| | 主な機能 | 公開年 | 備考 |
|---------|--------------------------------------|--------|---------|
| PyQUBO | マシンに入力するモデルの構築補助 アニーリングマシンのシミュレータ | 2018 年 | オープンソース |
| OpenJij | アニーリングマシンのシミュレータ 複数マシンに対応した共通ドライバ | 2019 年 | オープンソース |
| Amplify | マシンに入力するモデルの構築補助 複数マシンに対応した共通ドライバ | 2020 年 | 無料で利用可能 |

3 つのツールはすべてここ数年で登場したものであり、現在も継続的にメンテナンスがされており、アニーリングマシンのユーザー増加に貢献している。ただし、これらはユーザーがアニーリングマシンを利用するプログラムを書く前提で、それをサポートするライブラリとなっている。ライブラリは必要不可欠な要素であるが、リーチできるユーザー層が限定されてしまう。直感的にアニーリングマシンを体験できるアプリケーションも加われば、より多くの人に認知してもらえらる。しかし、現時点ではそのようなアプリケーションは非常に少ないため、本プロジェクトで開発した ANCAR には十分価値があるといえる。さらに、ユーザーが定義した任意のモデルを使って実行できる機能は ANCAR 独自の機能であり、新規性があるといえる。

5. 期待されるユーザー価値と社会へのインパクト

本プロジェクトで開発した ANCAR によって、ユーザーは「アニーリングマシンではどのようなことができるのか」や「アニーリングマシンを使って問題を解く際の知見」について具体例を使いながら把握することができる。さらに、これらを理解した上で、GUI による手軽な操作で独自に用意した問題をマシン実機上で解くことができる。一連の流れを通して、最終的にアニーリングマシンのビギナーユーザーがレベルアップすることが期待される。また、アニーリングマシンの開発者や既に利用しているユーザーも、アニーリングマシンを紹介する場面などで ANCAR を活用することができ、認知度向上に繋がれると考えられる。これらの効果によって、アニーリングマシンの参入障壁を下げ、結果的にアニーリングマシンの活用事例増加に貢献することが期待される。

6. 氏名(所属)

武笠 陽介(早稲田大学 大学院基幹理工学研究科)

(参考)関連 URL

- Web アプリケーション: <https://ancar.app>