

# アニメーリングマシン入門者向け 体験学習型アプリケーションの開発

---

2020年度未踏ターゲット事業成果報告会 2021年2月11日

武笠 陽介（担当PM：田村 亮）

# 自己紹介

---

氏名：武笠 陽介 (Mukasa Yosuke)

所属：早稲田大学大学院 基幹理工学研究科 情報理工・情報通信専攻 修士1年

## 研究テーマ

- アニーリングマシンを用いた組合せ最適化問題の解法
- テレビCMの配置最適化、アミューズメントパークの経路最適化など

## 開発経験

- アニーリングマシン系 (Python/C++/D-Wave/Amplify/デジタルアニーラ)
- Web系 (Ruby/Python/React/TypeScript)

# アウトライン

---

1. プロジェクトの背景
2. プロジェクトの目的と構想
3. 開発したアプリケーションについて
4. デモンストレーション
5. アプリケーションの将来について

# プロジェクトの背景

組合せ最適化問題を効率的に解けるとしてアニーリングマシンが注目されている

様々な制約の下で、多数の組合せの中から最適な組合せを求める問題  
現実世界に多数存在し、それらを解くことは社会的課題の解決に繋がる



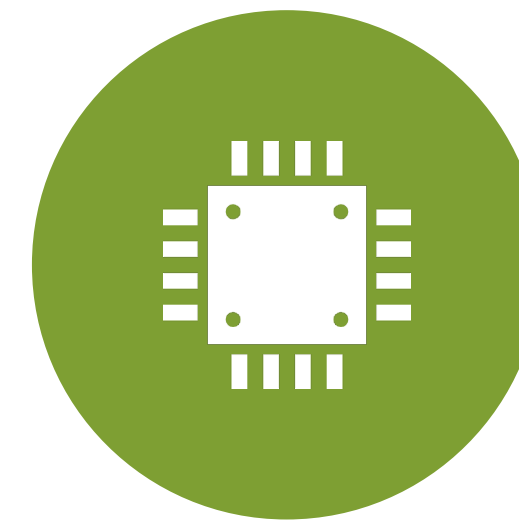
## 物流最適化

走行距離が最短となるような輸送経路を探す



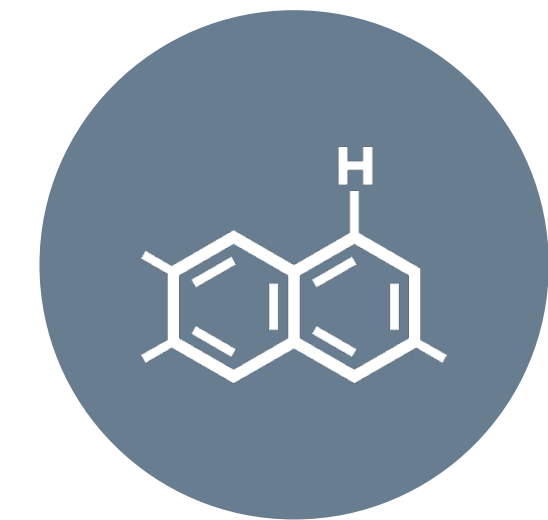
## ポートフォリオ最適化

低リスク・高収益となるような金融資産の組合せを求める



## 集積回路設計

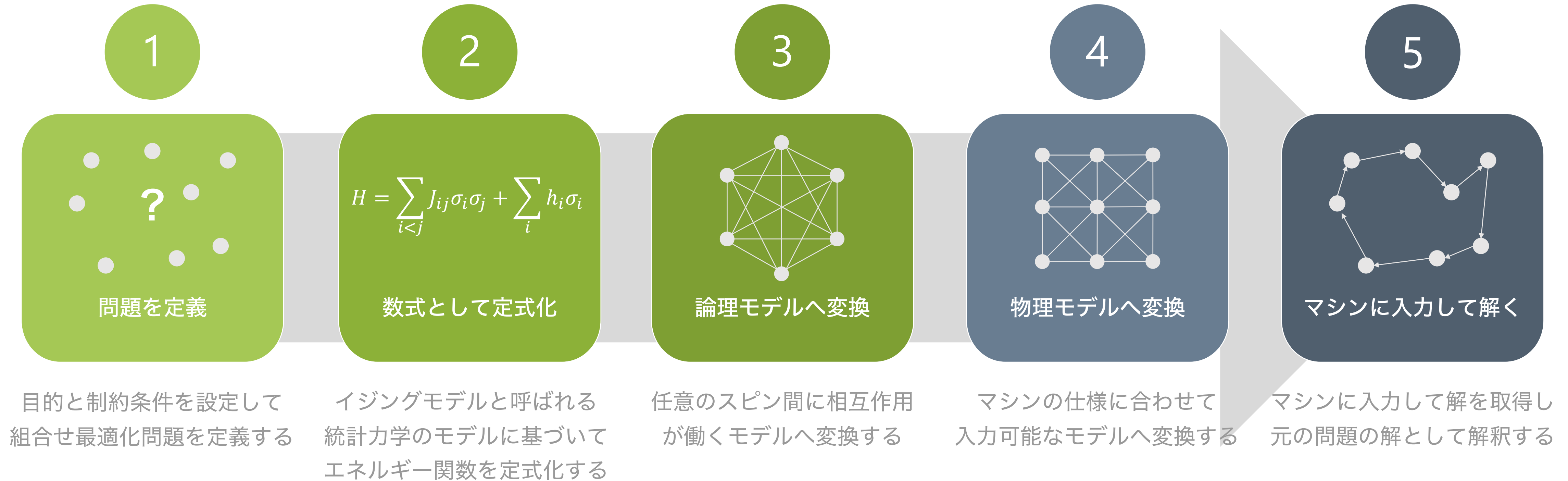
回路面積や動作速度、消費電力などの性能を最大化する配線や配置を求める



## 創薬の分子設計

効能が高くなるように薬を構成する分子の組合せを求める

# プロジェクトの背景



アニーリングマシンを利用して問題を解く流れ

専門的な知識と経験が必要であるが、それをサポートする周辺環境が発展途上

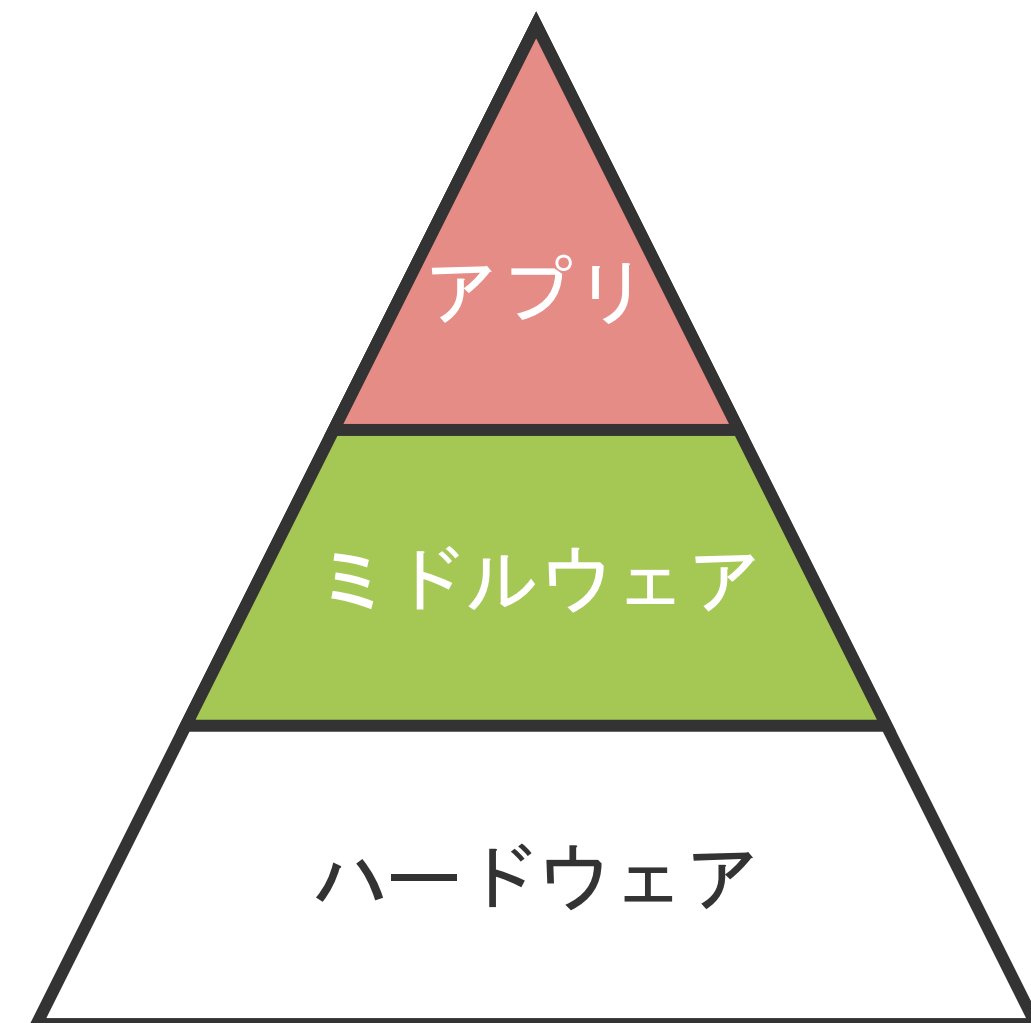


参入障壁が高く、アニーリングマシンのプレイヤーはまだまだ少ないのが現状

# プロジェクトの背景

アニーリングマシンの利用をサポートする代表的な周辺ツール

- PyQUBO<sup>\*1</sup> (アニーリングマシンに入力するモデルの構築)
- OpenJij<sup>\*2</sup> (アニーリングマシンのシミュレータ)
- Amplify<sup>\*3</sup> (モデルの構築 + 各マシンに対応した共通ドライバ)



下記を利用してビジネスに応用し、社会課題解決の役割を担う

PyQUBO, OpenJij, Amplify, etc.

各社が提供するアニーリングマシン

\*1: <https://github.com/recruit-communications/pyqubo>

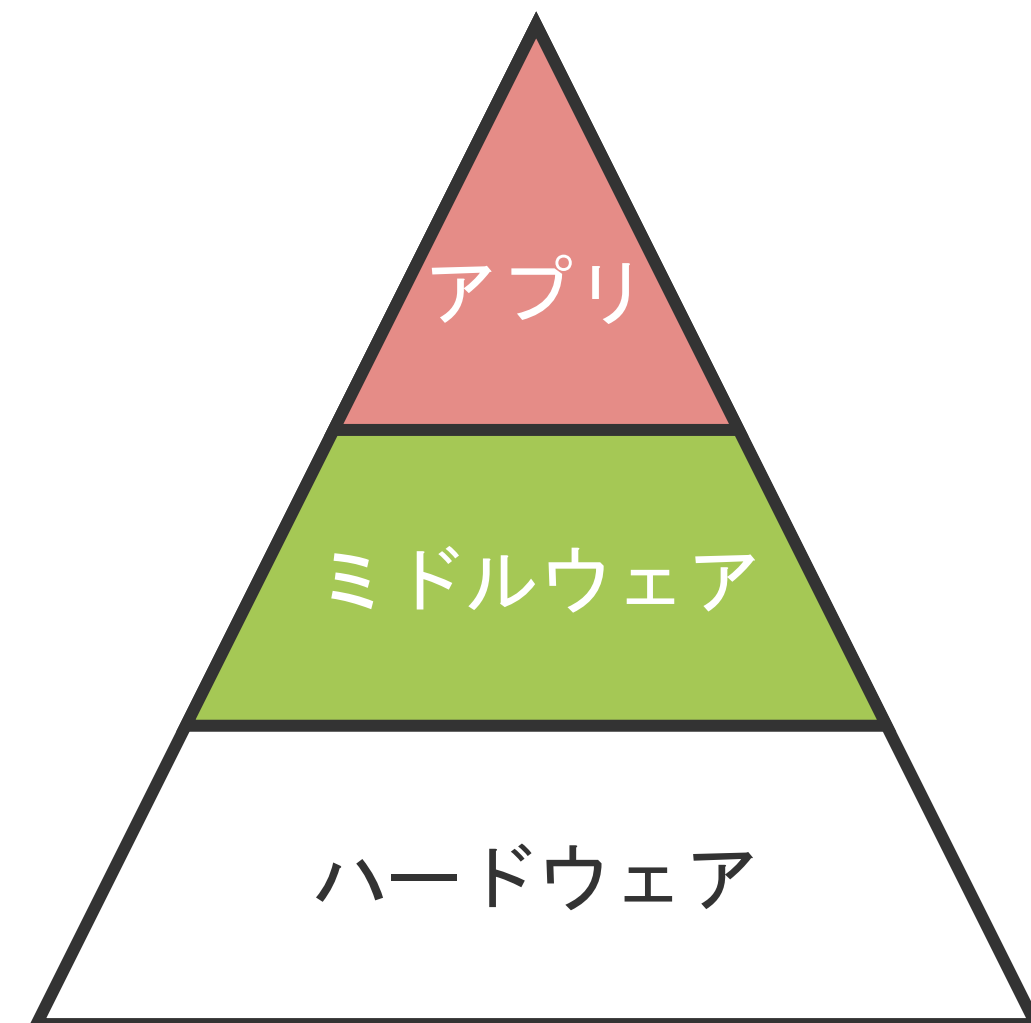
\*2: <https://github.com/OpenJij/OpenJij>

\*3: <https://amplify.fixstars.com/docs/quickstart.html>

# プロジェクトの背景

アニーリングマシンの利用をサポートする代表的な周辺ツール

- PyQUBO<sup>\*1</sup> (アニーリングマシンに入力するモデルの構築)
- OpenJij<sup>\*2</sup> (アニーリングマシンのシミュレータ)
- Amplify<sup>\*3</sup> (モデルの構築 + 各マシンに対応した共通ドライバ)



下記を利用してビジネスに応用し、社会課題解決の役割を担う  
+ ユーザー支援の役割をもったアプリも価値があるのでは？

PyQUBO, OpenJij, Amplify, etc.

各社が提供するアニーリングマシン

\*1: <https://github.com/recruit-communications/pyqubo>

\*2: <https://github.com/OpenJij/OpenJij>

\*3: <https://amplify.fixstars.com/docs/quickstart.html>

# プロジェクトの目的と構想

## アニーリングマシンについての体験学習型アプリケーションを開発する

メインターゲット： 実際に最適化問題を抱えていて最適化手法を模索している人  
アニーリングマシンに興味があるけど使ったことはない or 使い始めたばかり



最終的に自分でアニーリングマシンを使いこなせるようになってもらうのが目的

理解度に応じた  
3つの主要機能



① デモアプリケーション

② 典型問題・対応マシンに関するチュートリアル

③ 入力を自由にカスタマイズして実行可能な環境



# 主な機能①（デモアプリケーション）

シフト調整ツール | ANCAR

localhost:3000/trial/demo/shift\_schedule/

シークレット

WEB版

Home / 体験版 / デモアプリケーション / シフト調整ツール

## シフト調整ツール

企業Aのある部署では、雑務を担当する日直制度があります。以下の条件で日直の担当日を割り当てなければなりません。

- 日直の担当は毎日1人。
- 各社員の希望（○、△、×）を聞き、なるべく希望に沿って決める。
- 各社員の月間の担当日数がなるべく均等になるように決める。

実際に今月分の担当を5名の社員に割り当てること想定してシミュレーションしてみましょう。

	2/1	2/2	2/3	2/4	2/5	2/6	2/7	2/8
佐藤	× ▾	○ ▾	△ ▾	○ ▾	○ ▾	△ ▾	△ ▾	× ▾
鈴木	△ ▾	× ▾	○ ▾	○ ▾	× ▾	× ▾	○ ▾	△ ▾
高橋	○ ▾	× ▾	○ ▾	× ▾	× ▾	× ▾	× ▾	○ ▾
田中	○ ▾	△ ▾	○ ▾	○ ▾	○ ▾	× ▾	○ ▾	○ ▾
伊藤	○ ▾	△ ▾	○ ▾	○ ▾	○ ▾	△ ▾	○ ▾	○ ▾

シミュレーション

数式や理論的な説明は省いて  
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

# 主な機能② (典型問題のチュートリアル)

代表的な問題をピックアップして  
定式化の流れや、実行するときの  
パラメータ調整を学べる機能

The screenshot shows a web browser window with the URL `localhost:3000/trial/problems/maxcut/`. The page title is "最大カット問題 | ANCAR". The main content area is titled "最大カット問題" and includes a "概要" (Summary) section. The summary text states: "最大カット問題 (MAX-CUT) は、あるグラフのノードを二つのグループに分ける場合に、エッジを切る数 (エッジに重みがある場合は切るエッジの重みの総和) が最大となる分け方を求めるという問題です。グラフに関する典型的な最適化問題で画像処理や通信網・交通網などのネットワーク計画などに応用されます。" Below the text are two graph diagrams: "A: 最大カット" and "B: 最小カット". Diagram A shows a graph with 6 nodes and 7 edges, with 5 edges highlighted in red. Diagram B shows the same graph with 2 edges highlighted in red. A "Wikipedia" link is present below the diagrams. The "定式化" (Formulation) section begins with the text: "グラフ  $G = (V, E)$  において、各エッジ  $(i, j) \in E$  に重み  $w_{i,j} (> 0)$  があるとする。このとき、".

# 主な機能②（各種マシンのチュートリアル）

The screenshot shows the ANCAR web application interface. The browser address bar indicates the URL is localhost:3000/trial/machines/dwave/. The page title is "D-Wave". The left sidebar contains a navigation menu with categories like "デモアプリケーション", "典型問題", "アニーリングマシン", and "アドバンス". The "アニーリングマシン" category is expanded, showing "D-Wave" as the selected item. The main content area is titled "D-Wave" and "マシン仕様". It features a table comparing two machine models: 2000Q and Advantage. Below the table, there is a "パラメータ" section with a note that ANCAR specifies parameters and a table with columns for parameter name, minimum value, maximum value, default value, and summary.

	2000Q	Advantage
実装形式	量子回路	量子回路
結合グラフ	キメラグラフ	ペガサスグラフ
係数精度	アナログ (5bit程度)	アナログ (5bit程度)
最大ビット数	2,048	5,760
全結合換算ビット数	64	124

パラメータ	最小値	最大値	デフォルト値	概要
-------	-----	-----	--------	----

対応しているマシンについて  
それぞれの仕様やパラメータ設定のコツなどを体験できる機能

# 主な機能④ (任意のモデルを入力して実行できる機能)

ソフトウェアキーボードで  
任意のモデル(数式)を入力して  
マシン実機で実行できる機能

The screenshot shows the ANCAR Advanced web interface. The browser address bar indicates the URL is localhost:3000/trial/advanced/. The page title is ANCAR. The main content area is titled "Home / 体験版 / アドバンス" and displays a configuration for a "巡回セールスマン問題" (Traveling Salesman Problem). The problem type is set to "binary".

User-defined variables:  $x_{i,j} (1 \leq i \leq 4, 1 \leq j \leq 4)$   
User-defined constants:  $N, d_{i,j} (1 \leq i \leq 4, 1 \leq j \leq 4)$

Navigation tabs: 変数, 定数, 目的項, 制約項, ソルバー

ラベル	数式	スケール		
距離コスト	$\sum_{k=1}^{N-1} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N d_{i,j} x_{k,i} x_{k+1,j}$	1	チェック	🗑️

Buttons: + 追加, 実行

Bottom section: 計算結果

# 対応マシン



**D:wave**  
The Quantum Computing Company™

D-Wave 2000Q



**FUJITSU**

デジタルアニーラ



**HITACHI**  
Inspire the Next

CMOSアニーリングマシン



**FIXSTARS**  
*Speed up your Business*

Amplify Annealing Engine



Web版、本日先行リリース

<https://ancar.app>

# 開発したアプリケーションについて

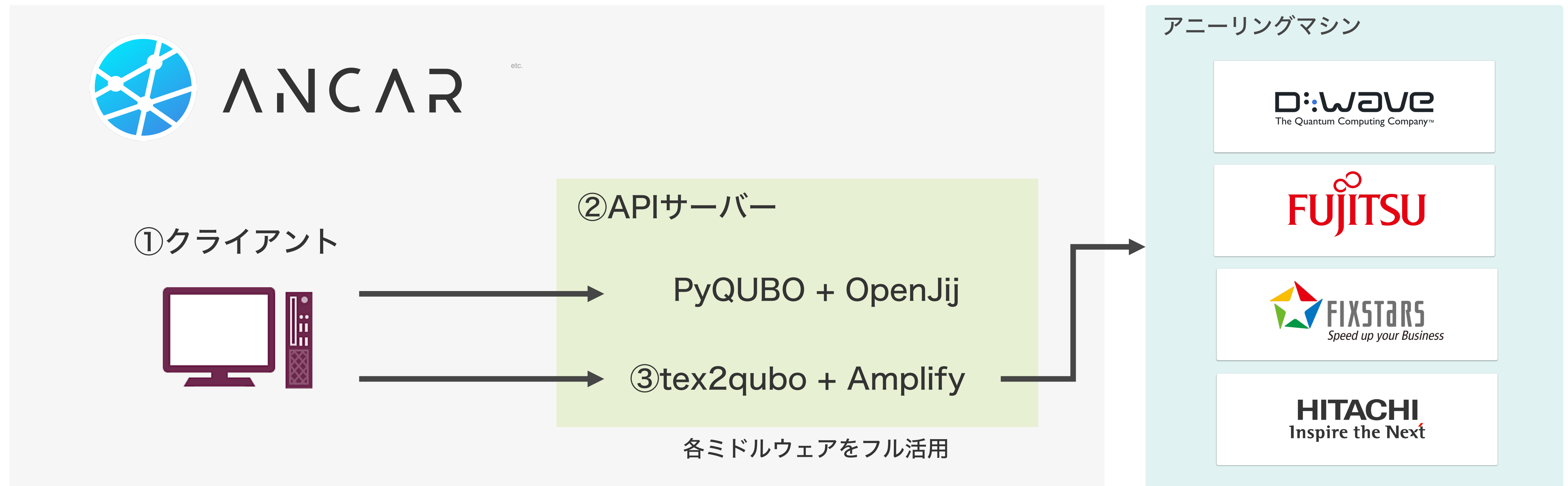
---



ANCAR

- Webアプリ & デスクトップアプリとして公開
- デスクトップアプリは Windows, macOS, Linux対応で  
問題データやトークン等の設定をローカルに保存可能（3月公開予定）
- デスクトップアプリの公開と同時にGitHubでオープンソースとして公開予定

# 開発したアプリケーションについて



- ① Webアプリ/デスクトップアプリのUI
- ② モデルの生成・アニーリングを実行して結果を返すAPIサーバー
- ③ 数式 (TeXフォーマット) からモデルへ変換するパーサー



# アプリケーションの将来について

---

## 機能面

- ユーザー認証機能を付けることWeb上でも設定の保存や共有を可能にしてWeb一本化
- コンテンツの追加および第三者が追加できる機能をつけてアプリとして成長させる

## 運営面

- 現時点ではOSSとしてソースを公開しつつ個人で運営予定
- サーバー等のランニングコスト次第では別案も検討（マネタイズ/買収/譲渡など）

ANCARによってアニーリングのコミュニティをより活性化させ  
知名度向上・プレイヤー数増加に貢献したい

ご意見・ご要望などのお問い合わせは [support@ancar.app](mailto:support@ancar.app) へお願いします。