

NTT DATA

第4回量子ソフトウェア社会人講座

取り組み内容および ユースケースのご紹介

2023/09/13

株式会社NTTデータグループ 技術開発本部

磯部 太吾

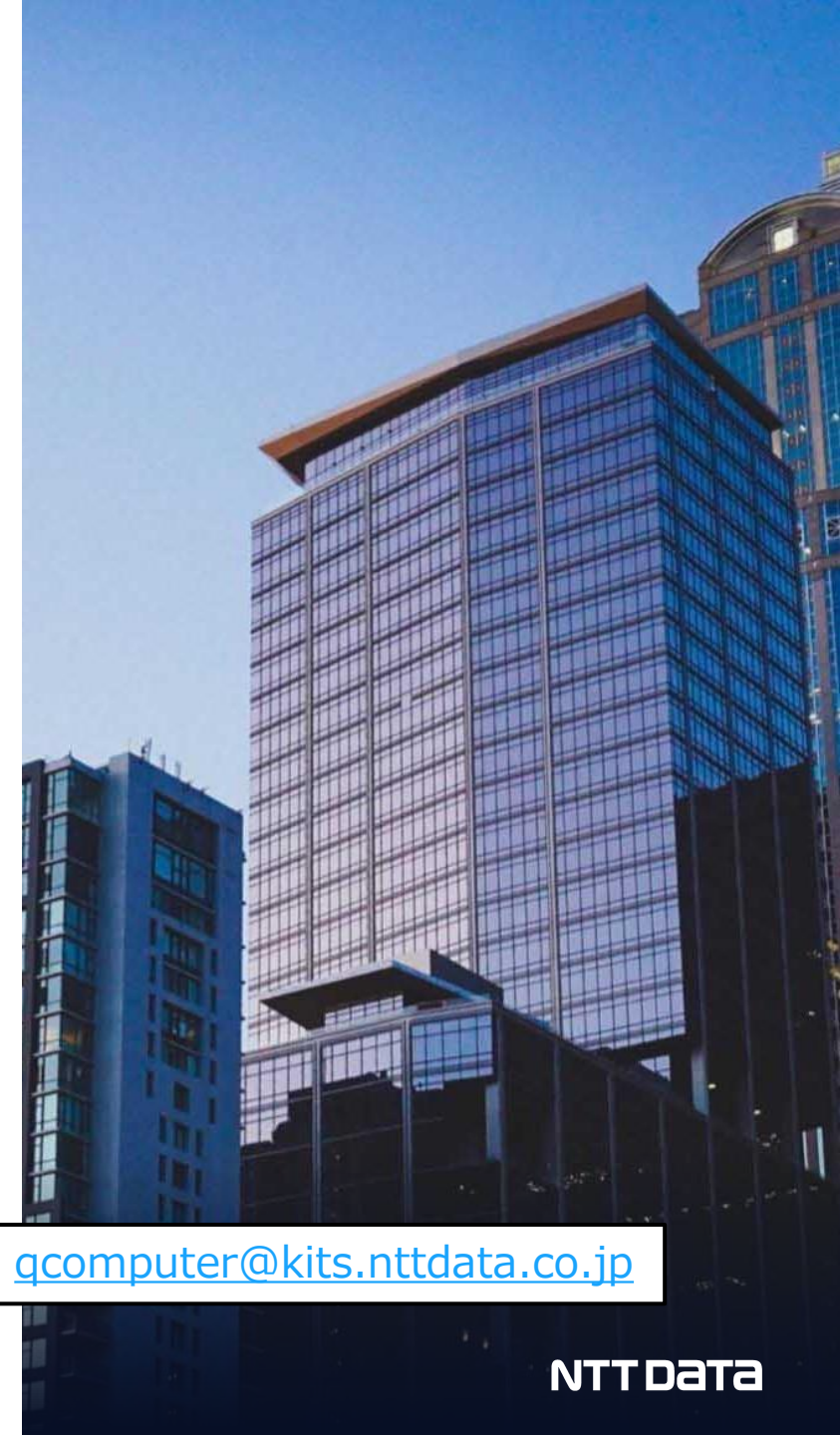
本日のアジェンダ

講演30分+ 質疑応答10分

1. 取り組み内容のご紹介（5分）
2. ユースケースのご紹介（20分）
 - ガラス加工の最適化
 - 「匂い」構築の最適化
 - プリント基板の穴開け工程の最適化
3. その他サービス等のご紹介（5分）
4. 質疑応答（10分）

※質問はWebexのチャットにて随時募集しています！※

Contact: qcomputer@kits.nttdata.co.jp



01



取り組み内容のご紹介

量子アニーリング・イジングマシンの現状

グローバル市場の盛り上がり

QUANTUM MARKET SIZE FORECAST



2030年には世界の量子コンピュータ市場は約20兆円の規模へ

出典: precedenceresearch.com
<https://www.precedenceresearch.com/quantum-computing-market>

キラーユースケースの不足



配送経路計画



AI・機械学習



人材のマッチング

金融工学
ポートフォリオ計算

and more...

実問題への適切な応用先や、それらを見つける人たちが今求められている

NTTデータのご紹介

SI事業を中心にNTTグループのグローバル領域全般を主担当

日本電信電話株式会社



グループ全体の経営戦略

NTTグループ

総資産 : 23兆8,622億円
売上高 : 12兆1,564億円
営業利益 : 1兆7,686億円
従業員数 : 333,850人

※2022年5月末時点

主要グループ事業・会社

総合ICT事業

- ・携帯電話
- ・光通信



地域通信事業

- ・国内通信



グローバルソリューション事業

- ・SI
- ・データセンタ
- ・クラウド



【R&D】技術開発本部

※海外事業会社NTT DATA, Inc.

その他事業

- ・不動産
- ・エネルギーなど



先進技術の人より先んじて事業価値に変える技術部隊

量子チームのご紹介

製造業

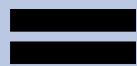
交通

AI

お客様ビジネス

金融工学

NTT DATA



マルチベンダー

= 技術・企業に捉われないサービスを提供

FUJITSU

D-WAVE
The Quantum Computing Company™

FIXSTARS®
Speed up your Business

TOSHIBA

NTT

HITACHI
Inspire the Next

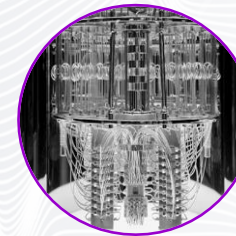
IBM

NEC

お客様の要望や段階に応じた
様々なサービスをワンストップでご提供



量子アニーリング
方式/イジングマ
シン活用検討



量子ゲート方式
活用検討



コンサルティング
サービス



PoC(実証実験)
の実施/技術支援



セミナー開催
/対外情報発信

→ お客様のビジネス
課題解決へ繋げる

マルチベンダーとしての強みを活かしたサービスをワンストップで提供し、
お客様と一緒に課題解決やキラーユースケース創出を目指す

02



ユースケースのご紹介

量子チームの「ワンストップ」なサービス提供フロー



お客様から詳細にヒアリングを行って要件を定義し、

- ① 最適なモデル構築
- ② 最適なソルバー（マシン）選定
- ③ 最適なアルゴリズムの実装・検証

を実施



実要件に沿ったサービスをご提供します！

ヒアリング・要件定義



1. 様々な経路を通じた
お客様からのお問い合わせ



業務**効率化**したいなあ
どこかで最適化とか量子
使えないかなあ

具体的な中身なくて大丈夫です！
ぜひお気軽にお問い合わせください！

Contact: qcomputer@kits.nttdata.co.jp



2. 業務内容を詳細にヒアリング。
最適化や量子技術で**効率化**
できそうな部分を検討し、
要件定義を行う。

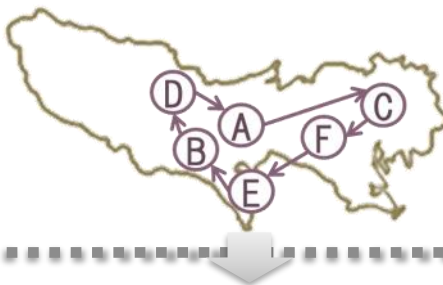
数理最適化や量子の専門性
には自信があります！

モデル構築



巡回セールスマン問題の例

分析要件



目的関数／
制約条件

目的関数

移動総距離 $H = \sum_{t,a,b} (d^{a,b} x_{t,a} x_{t+1,b})$

制約条件

同時に1地点 $\forall t: \sum_a x_{t,a} = 1$

1回しか通らない $\forall a: \sum_t x_{t,a} = 1$



定式化

数理最適化や量子の専門家が、要件を基に最適な数式モデルを構築

サーバー（マシン）選定



NEC
Vector Annealing
サービス



D-Wave Systems
D-Wave 2000Q



日立
CMOSアニーリングマシン



富士通
デジタルアニーラ
クラウドサービス



NTT
LASOLV



その他
(※古典サーバーも)

マルチベンダーとしての強みを活かし、
モデルや制約に応じた最適なサーバー（マシン）を選定

サーバー（マシン）選定

選定フロー例：

One-Hot制約は実問題でも頻出！
(巡回セールスマン問題など)

現状の量子アニーリング
では解くのが難しい。。

古典サーバーやイジングマシンを選定。
量子の将来の成熟に備え、検証。

0	0	1	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	0

例：2次元の場合の**One-Hot制約**

NEC
Vector Annealing
サービス



アルゴリズムの実装・検証



目的関数／
制約条件

目的関数
移動総距離 $H = \sum_{t,a,b} (d^{a,b} x_{t,a} x_{t+1,b})$

制約条件
同時に1地点 $\forall t: \sum_a x_{t,a} = 1$
1回しか通らない $\forall a: \sum_t x_{t,a} = 1$
 $x_{t,a} \in \{0, 1\}$

巡回セールスマン問題の例

求解可能な形へ

ハミルトニアン ~ 量子力学におけるエネルギー関数
$$H = - \sum_{\langle i,j \rangle} J_{i,j} s_i s_j - \sum_i h_i s_i$$

 $s_i \in \{-1, 1\}$

変換

ソルバーに投入

ソルバーに投入し最適解を求める 

求解

量子や数理最適化の専門家がアルゴリズムを実装し、ソルバーに投入・検証

実要件に沿ったサービスへ



要件を満たすように設計しても、検証してみると実際には現場で使えないケースが多い。

改善のサイクルを回し、実要件に沿った
(=お客様の現場で使える) サービスとして、お客様と一緒に課題解決を目指す。

～現実とのギャップの解消～

- ・ モデルの再構築
- ・ 新たな制約条件の検討
- ・ アルゴリズムの改善 など

実要件に沿ったサービスへ

ヒアリング・
要件定義

モデル
構築

ソルバー
選定

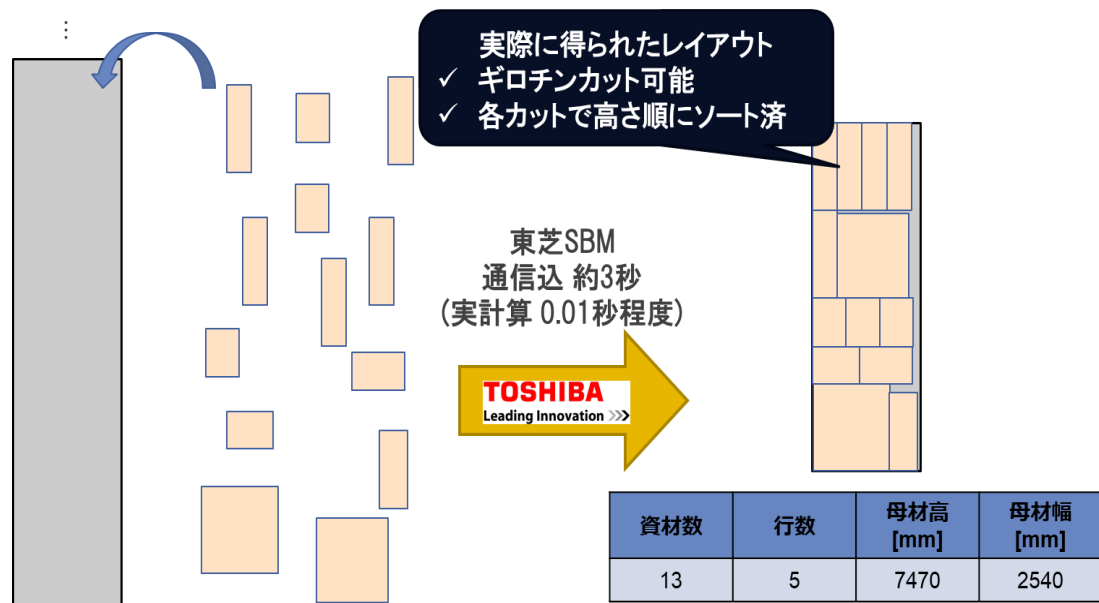
アルゴリズム
実装・検証

実要件に沿ったサービスにすることで、
将来量子コンピュータが成熟した時に**実社会で使われる**
キラーユースケースの創出をお客様と一緒に目指す！

(一)の各様の現場で使える) サービスへ

ユースケース1：ガラス加工の最適化

ー建築ガラス事業など AGC様ー



ガラス加工での
キラーユースケース創出を目指し、
複数のソルバーの比較検証を
AGC様と共同実施（2020年）

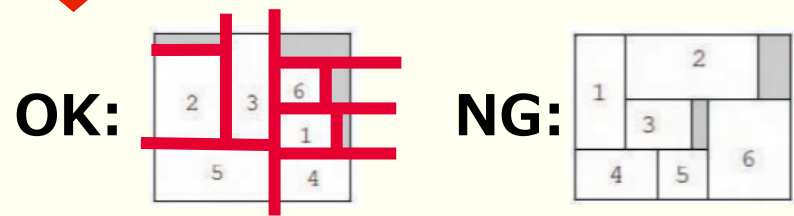
①ガラス母材の破損:

ガラスカット中のトラブルにより、ガラス母材が割れてしまうことがある

→**高速**にカット方法を再計算する必要あり

②ガラスの「板取問題」:

- ・大きな1枚のガラス母材から、複数のガラス資材をなるべく無駄のないように切り出す組合せ最適化問題 (NP困難)
- ・**ギロチンカット制約** (= 一直線切断) を考慮する必要あり



ニュースリリース:
https://www.agc.com/innovation/library/detailhtml/1201558_4283.html

ヒアリング・要件定義



AGC様

1. お客様のサーチチームが国内事業部やグループ会社を通じて、チームへ問い合わせ。

ガラス加工に量子使えるかもと聞いた！ぜひ色々なソルバー使って比較検証してみたい！

我々の**マルチベンダー**としての**知見**を活かせるかも

2. 業務内容を詳細にヒアリング

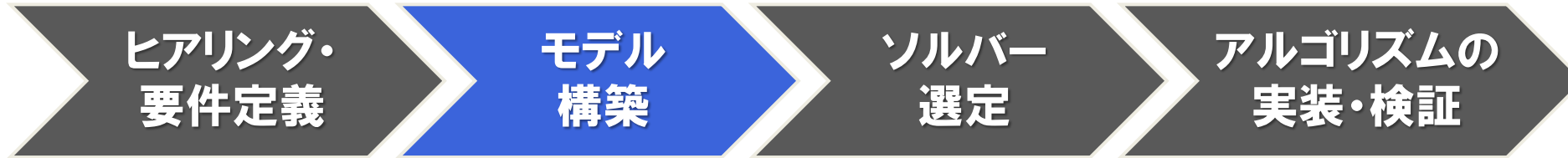


①ガラス母材の破損トラブルに備え、**高速**に計算したい

②ギロチンカット制約を考慮する必要あり
→切断マシンの制約上、なるべく**少ないギロチンカット回数**で解きたい

ぜひ複数のソルバーを使って比較検証してみようという流れへ

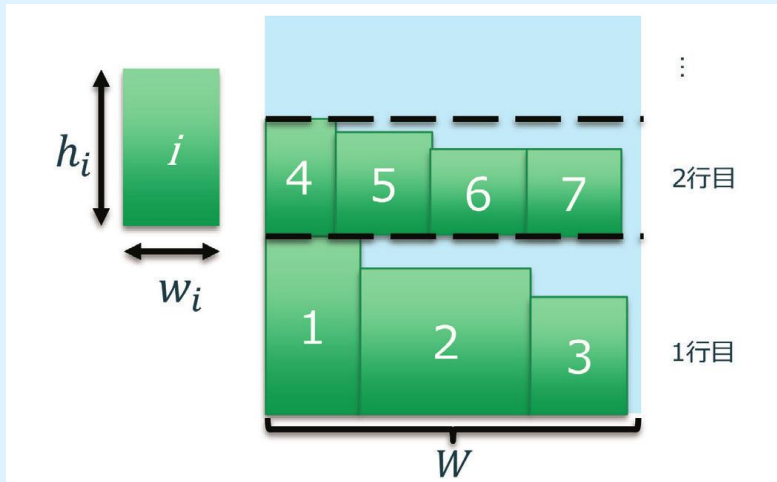
モデル構築



NFDH法：左下から順番にガラス資材を配置する手法。**ギロチンカット制約**を満たす。

- ①ヒューリスティック (=発見的) な手法であり、量子と相性が良さそう。
- ②少ないギロチンカット回数で解くのに向いている。

NFDH法を選定し、**定式化**



ガラス資材を置けない**無駄部分 (ロス)** を**最小化**するように定式化

目的関数

$$\operatorname{argmin}_x \sum_j \left\{ \sum_i \sum_{i'} x_{ij} x_{i'j} \max(0, h_{i'} - h_i) w_i \right. \\ \left. + \lambda_1 \left(\sum_i x_{ij} \right) \left(W - \sum_i x_{ij} w_i \right) \right\} \quad (2)$$

制約条件

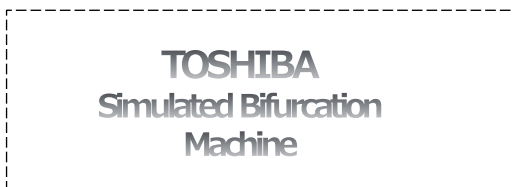
$$\sum_j x_{ij} = 1, \forall i \in I \quad (5)$$

$$\sum_i x_{ij} w_i \leq W, \forall j \in J \quad (6)$$

サーバー（マシン）選定



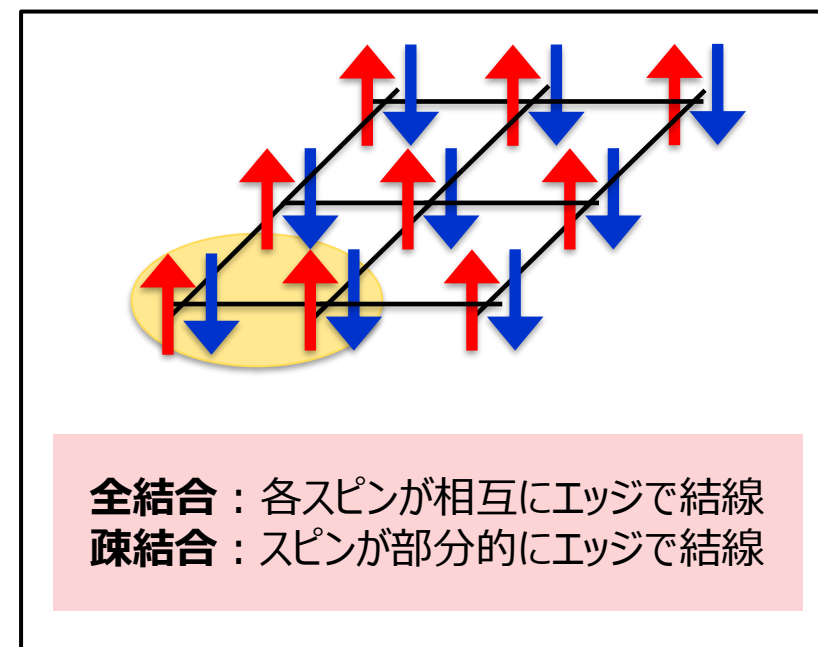
VS



量子アニーリング (QA) のD-Waveと
イジングマシンの東芝SBMを選定。



疎結合の**量子アニーリング**
VS
全結合の**イジングマシン**



当時まだ検証があまり進んでいない中（2020年）、マシンの性能をいち早く比較検証。

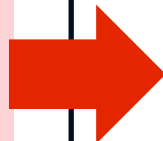
アルゴリズムの実装・検証



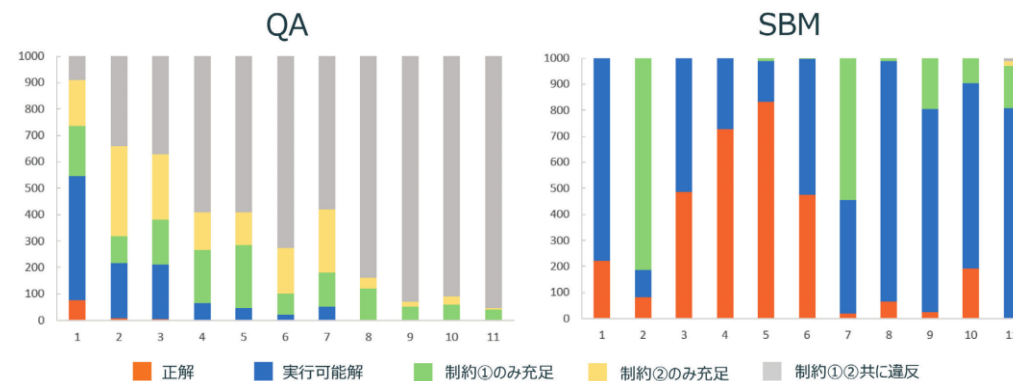
求解可能な形式 (QUBO) へ
変形し、ソルバーへ投入



ギロチンカット制約のある「板取問題」を
量子のモデルで解く手法を実装



検証結果



量子アニーリング(QA)のD-Waveに比べ、
イジングマシンのSBMの方が高精度な解を得られた
→ノイズの影響、全結合と疎結合の違いなど

ガラス加工を題材にした場合、
2020年の時点では東芝SBMの方が求解性能が良いという結果に

実要件に沿ったソリューションへ

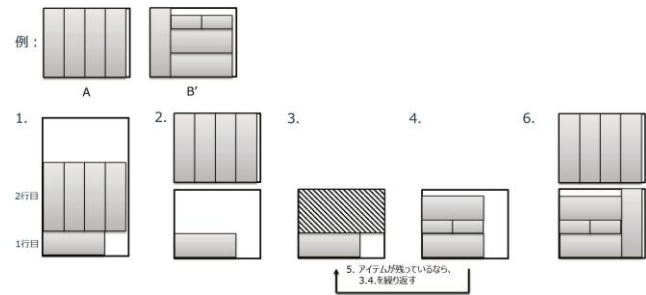


切断マシンの物理的な制約から、ギロチンカット回数が3回以下という条件の下で検証

古典と量子を組み合わせた**弊社独自のアルゴリズム**を開発。提案した定式化を利用し、ギロチンカット回数が4回以上でも対応可能に

※OR学会量子コンピュータと次世代計算機活用グループにて発表済

実際のガラス母材は複雑な配置構造をしており、**ギロチンカットの回数を増やした状態**にも対応できる必要がある



1. 全てのアイテムを探索手法で配置する。行方向に配置するアルゴリズムのため、配置できないアイテムが出てくる。
 2. 1で得られた解において、各行をひとつのブロックと考え、元の母材に詰め込みを行う。
 3. 全ての母材において、一番広い空白部分を探す。
 4. 3で見つけた空白部分に残っているアイテムを探索手法で配置する。
 5. 未配置のアイテムがあれば、3, 4を繰り返す。
 6. アイテムの配置をチェックする。
- 上記のstep.1と3でイジングモデルを使っており、その他の部分はCPUでの処理を行った、イジングモデルとCPUのハイブリッドアルゴリズムである。

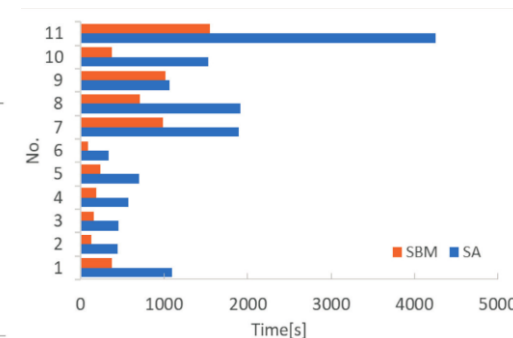
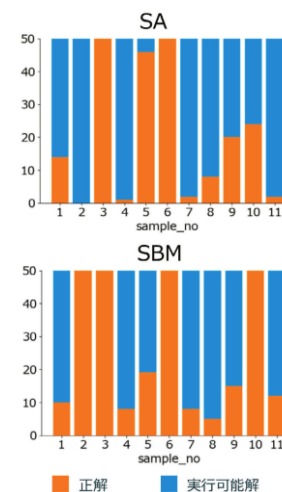
実要件に沿ったソリューションへ



シミュレータのSA法と実機の東芝SBMを使い比較検証

検証結果

SA法に比べて、**東芝SBMの方が高速・高精度に求解可能**という結果に



今後は耳や泡の制約などを考慮した、より実要件に沿った手法を検討予定

ユースケース2：「匂い」構築の最適化

—匂いを数値化する会社 香味醗酵様—



香味醗酵様は大量の匂いデータを基に
匂いを再構成する技術を持つ会社

→ メタバース、ヘルスケア、人材育成など
様々な用途に期待

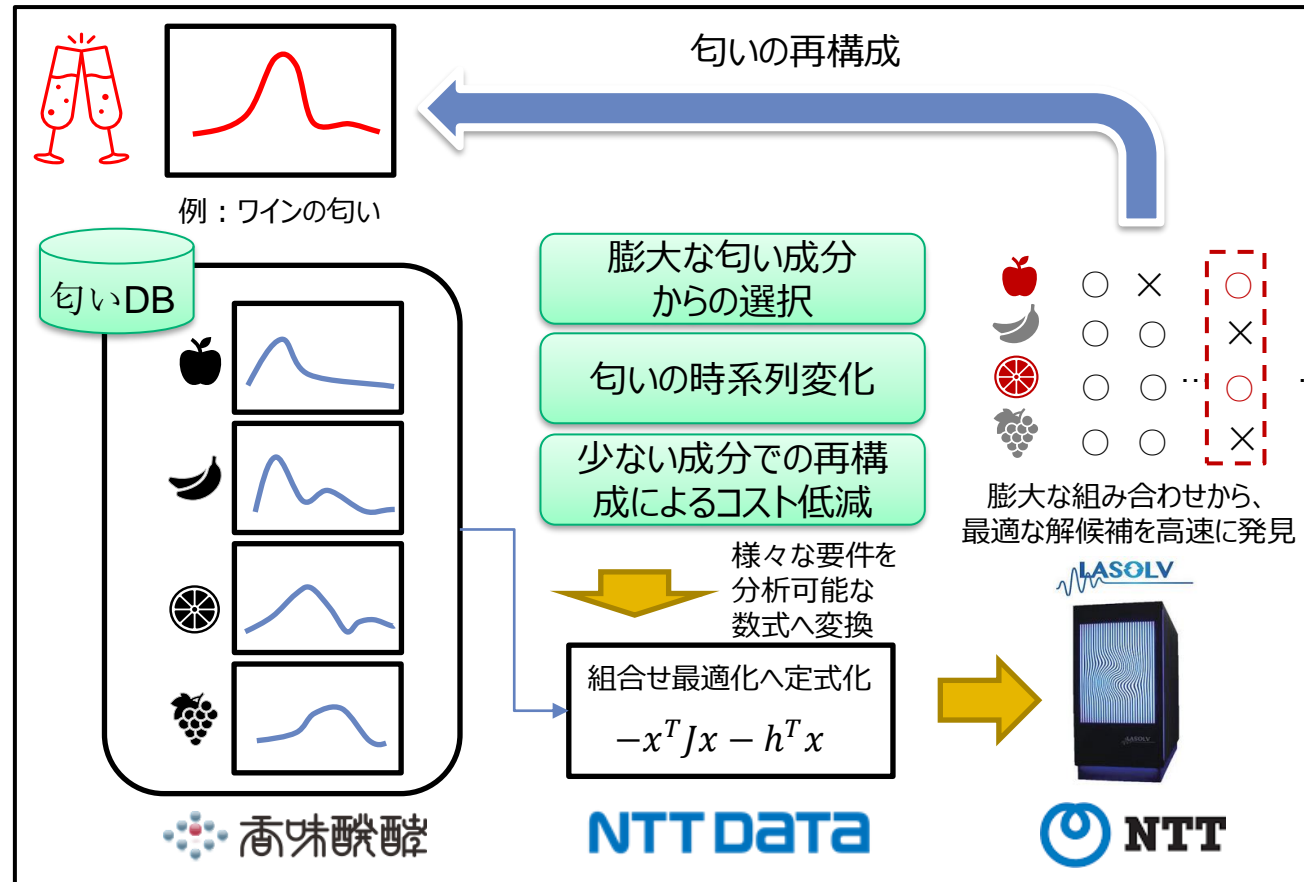


香味醗酵様：大量の匂いデータ、**匂いの再構成**技術

NTTデータ：数理最適化や量子の**専門性**

NTT：大規模な問題と相性のいいマシン (**LASOLV**)

→ 3社共同で実証実験を実施 (2022年)



求める匂いの再構成を目指し、3社で共同実験を実施

ニュースリリース (2022) :
<https://www.nttdata.com/jp/ja/news/release/2022/110200/>

ヒアリング・要件定義



 香味醜醇

①現在使ってる古典ソルバー：
約1000種類の匂いデータからしか匂いを再構成できない
→ 実要件を満たすためには**約8000種類**必要！
→ ソルバーに投入できる匂いデータを増やしたい！

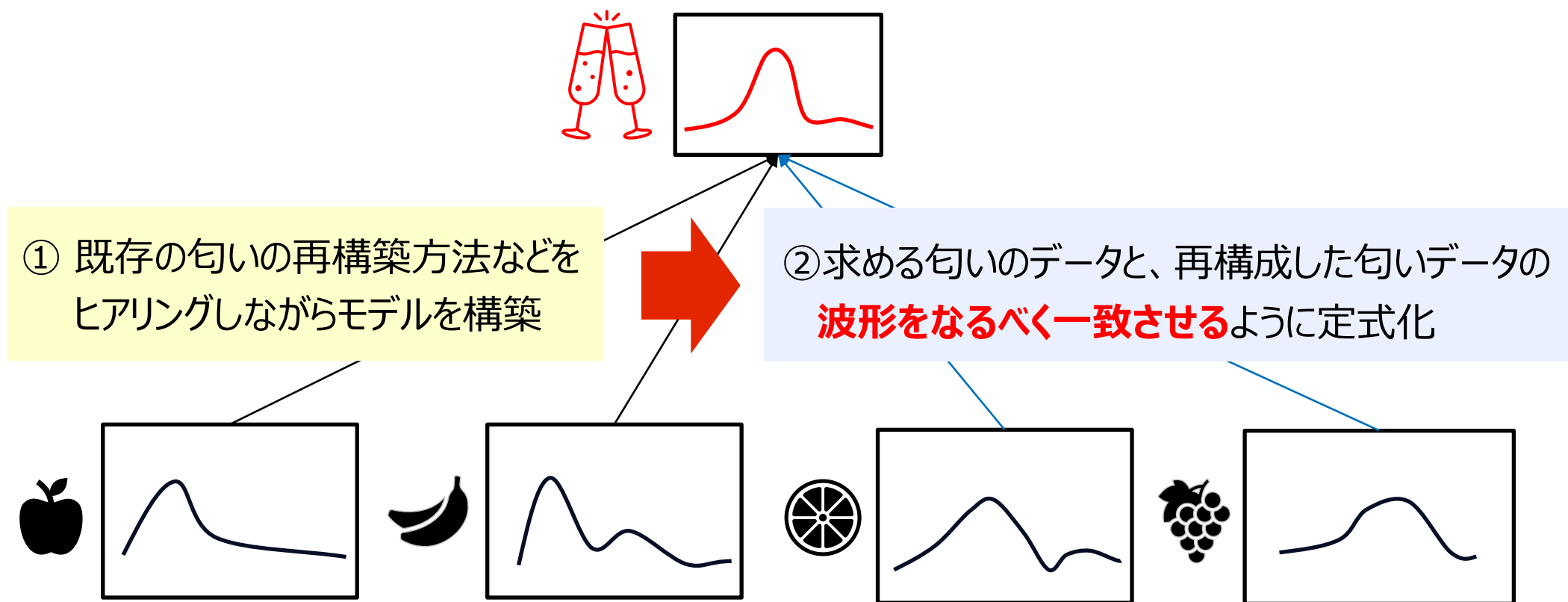
②複数の匂いデータの組み合わせの相互作用による
特殊な匂い成分を考慮する必要あり
→ **2次的な項まで**考えて解けると将来的に嬉しい



$$\min_{\mathbf{x} \in \{-1, 1\}^N} \mathbf{x}^T \mathbf{J} \mathbf{x} + \mathbf{h}^T \mathbf{x}$$

「匂い」という未知の領域で量子・最適化使えそうという流れへ

モデル構築



サーバー（マシン）選定



光イジングマシンのLASOLVで実験

NTT
LASOLV



- ① **大規模な問題**が解きやすい（**5万量子ビット**）
→ ソルバーに投入する匂いデータを増やせそう！
- ② **2次的な相互作用**の問題を解きやすくなる期待がある（**全結合**）
→ 複数の匂いデータの組み合わせの相互作用による
特殊な匂い成分を考慮して計算できそう！

アルゴリズムの実装・検証

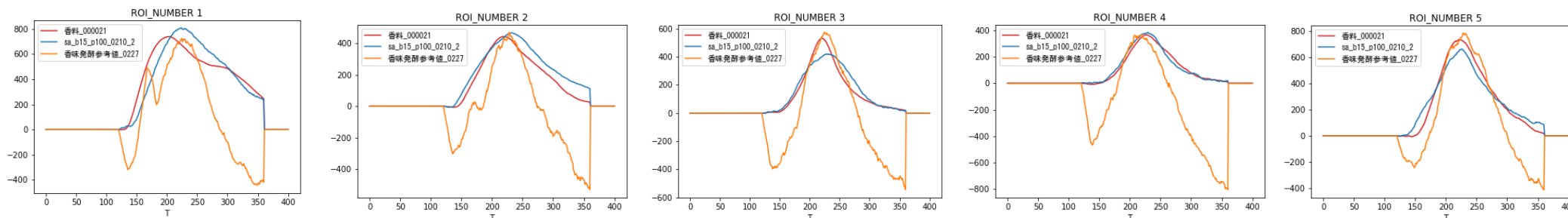
ヒアリング・
要件定義

モデル
構築

ソルバー
選定

アルゴリズムの
実装・検証

実験結果



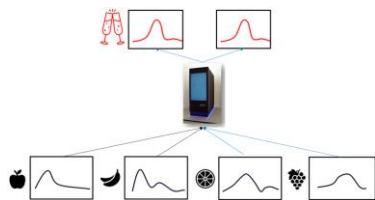
既存の計算手法では到達できなかった、**8000種類の大規模な再構成の計算に成功**。
目的関数の値は、従来のソルバーで計算した値に比べて小さくなった。

実要件に沿った大規模な匂いデータの再構成の計算に成功

実要件に沿ったソリューションへ



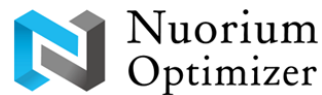
①投入する匂いデータの増加だけでなく、
排出される**匂い候補データ減少**も重要



②2次的な項に基づく特殊な匂い成分
よりも、各匂いデータの濃度に着目

1. モデルの見直し、
匂い候補データ減少へ

2. 新たに古典ソルバーの
Nuorium Optimizerを使用し、
濃度を考慮

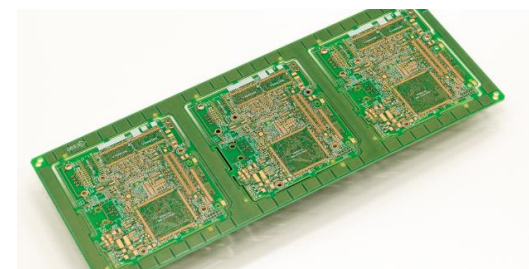


配合比率を
計算可能！

2023年4月より香味醱酵様と
パートナーシップを締結。
現在も共同実験中。

プリント基板は電子部品を設置し、接続するための重要な基材

→ 電子部品設置用の大量の穴が必要(数万点以上)
予め**決められた訪問順序に従って**、ドリルを移動させて穴を開ける



生産効率向上のために、ドリルの移動時間の短縮が必要

→ ドリルの**移動距離を最小化**する組合せ最適化問題に帰着
(巡回セールスマン問題の応用)

穴開け工程の効率化を目指し、弊社、伸光製作所様、広島大学様の
3社共同で独自アルゴリズムを開発し、製造ラインへ適用



2023年8月にニュースリリース:

<https://www.nttdata.com/global/ja/news/topics/2023/080100/>

ヒアリング・要件定義



1. お客様が広島大学様（**産学連携**）を通じて、チームへ問い合わせ。



2. 業務内容を詳細にヒアリング

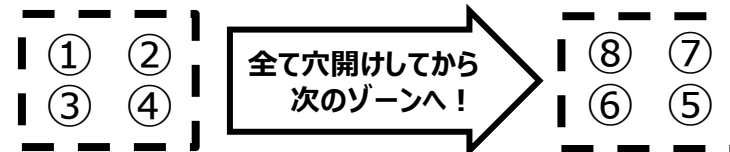


伸光製作所様

加工プロセスをもっと効率化したい！
巡回セールスマン問題という似たような問題が量子コンピュータで解けるらしいと聞いた！



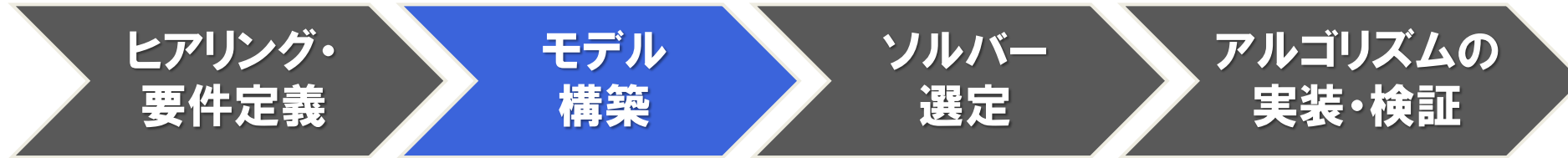
① **ゾーンという独自の制約**があることを確認



② **加工機由来の独特な制約**があることを確認
→x方向、y方向の2つのモーターを同時に動かして斜め方向のドリルの移動を実現

巡回セールスマン問題を応用すれば
解けそうという流れへ

モデル構築

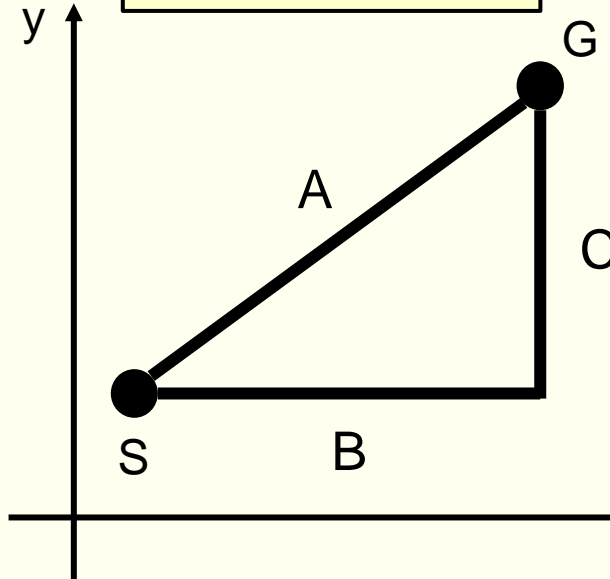


x方向、y方向の2つのモーターを同時に動かして斜め方向のドリルの移動を実現



ユークリッド距離ではなく
チェビシェフ距離を
最小化するように定式化

チェビシェフ距離とは



ユークリッド距離 : A
チェビシェフ距離 : B or C (長い方)



ドリルの移動距離は
チェビシェフ距離に依存する！

詳細なヒアリングを基に、適切なモデルを入念に検討し、定式化

サーバー（マシン）選定



通常のデスクトップPC上で動く
完全古典の手法を選定

OS : Windows 10 Pro Workstations用
CPU : Intel Xeon W-2223 (4コア8スレッド、3.6GHz)
メモリ : 32GB

①現場で作業員の方が**手軽に**動かしたいという要望あり

②**One-Hot制約**のある問題は量子アニーリングで解くのは苦手

手元のPCでワンクリックで**即計算実行**できる形へ！

条件によっては完全古典の手法を選択することもある

アルゴリズムの実装・検証



ゾーンの制約などを加味し、
ヒューリスティック法を基にした
独自アルゴリズムを開発。



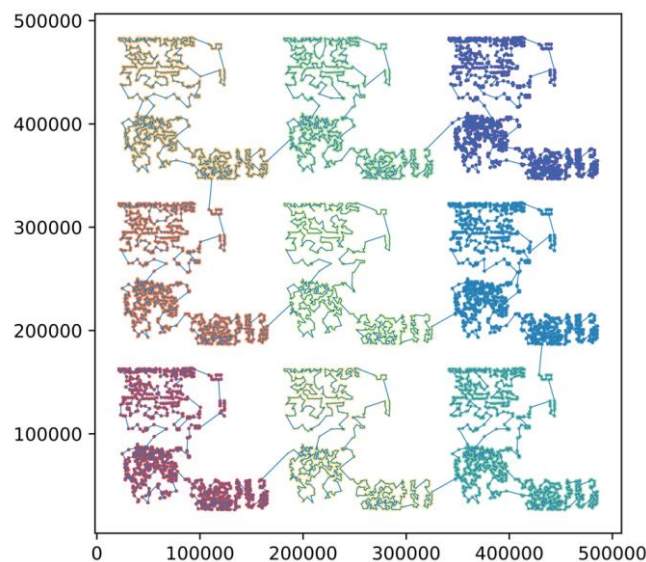
C++で実装。



詳細解説：

<https://www.nttdata.com/jp/ja/data-insight/2023/0912/>

検証結果



観点	従来	最適化後
ドリルを移動させる時間	3,142秒 (約52分)	2,830秒 (約47分)
チェビシェフ距離	29,371,816 [μm]	14,717,600 [μm]
総加工時間	9,101秒 (約152分)	8,788秒 (約146分)

23,554点の穴開けについて検証を実行。
ドリルの移動時間を**約9.6%**、
穴開け時間含む総加工時間を**約3.9%削減!**

←10,000点の穴開けの検証例

実際の現場での業務プロセス改善を確認

実要件に沿ったソリューションへ



約4ヶ月間の検証を経て、当初想定通りの製造効率化や安定運用を確認。



実際の製造ラインにて**現在使用中!**



他のユースケースへの応用や、将来の量子の成熟に伴うさらなる効率化へ

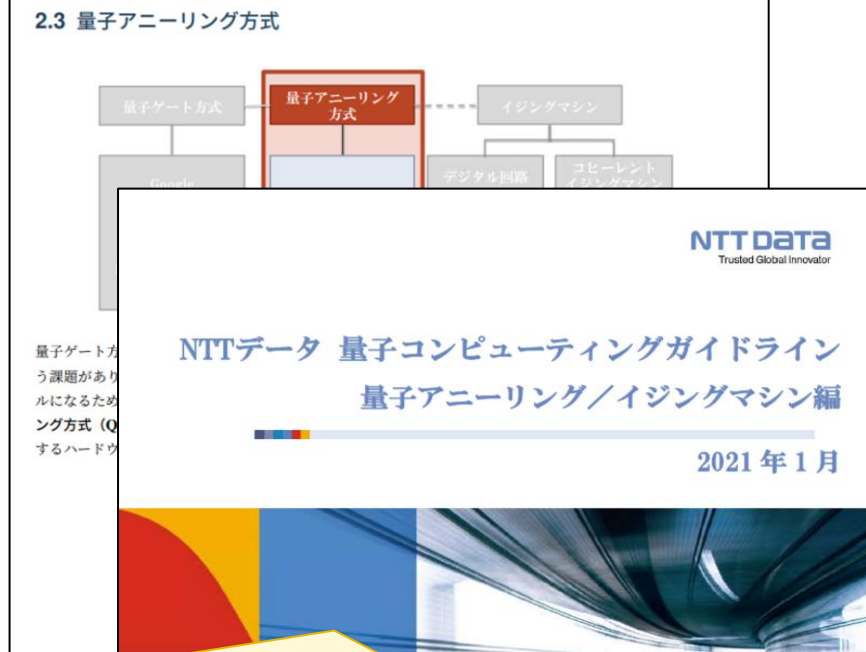
03



その他サービス等のご紹介

①NTTデータ 量子コンピューティングガイドラインを公開（2021年）

「量子アニーリング／イジングマシン編」 を2021年に公開



“量子” “組合せ最適化”は気になるけれど、
技術を学ぶにはハードルが・・・
という方にこそ、オススメです。

ビジネスと「組合せ最適化」の関係性、 量子アニーリング／イジングマシンが果たす役割を解説

量子コンピュータとは

量子アニーリングと
ゲートとの違い

次々と登場する
ハードウェアの整理

組合せ最適化とは

組合せ最適化の
意味と特徴

QUBOと
イジングモデル

量子アニーリングの
仕組みと利用シーン

既存のソフトウェアや
アルゴリズム

ハードウェアの
「疎結合」とは？

D-Wave Leapによる
プログラミング例

巡回セールスマン
問題の例題

etc.

量子コンピュータ初学者向けに、弊社の持つ様々な知見やノウハウを公開

①NTTデータ 量子コンピューティングガイドラインを公開（2021年）

数式を理解しながら
D-Wave Leapの
プログラミング例を
動せる

D-Wave Leap でのプログラミング例

5

最適化を解くためには、組合せ最適化問題の定式化を行った後に、イジングモデルへの変形が必要でした。しかし、変形方法は若干専門的なテクニックも含まれるため、まずはイジングモデルへの変形が既に済んでいて、D-Wave システムへの入力を行う直前の段階を前提として考えます。

(5.1) の数式のようなイジングモデルを解きたいとします。

$$\text{minimize}_{(x_0, x_1) \in \{-1, 1\}^2} -x_0x_0 + 2x_0x_1 - x_1x_1 - x_0 \quad (5.1)$$

動作確認を兼ねて、以下のようなコードを実行し、response が取得できることを確認してください。

```
1 import dwave.system
2 import dimod
3
4 ENDPOINT = 'https://cloud.dwavesys.com/sapi/' # 5.1.1 で取得した ENDPOINT を記載する
5 SOLVER = '***' # 5.1.1 で取得した SOLVER を記載する
6 TOKEN = '***' # 5.1.1 で取得した TOKEN を記載する
7
8 sampler = dwave.system.composites.EmbeddingComposite(
9     dwave.system.samplers.DWaveSampler(
10         endpoint=ENDPOINT,
```

5.1 動作環境について

6.2.2 ペナルティ関数の考え方

本節では、制約条件付き組合せ最適化問題の制約条件付き組合せ最適化問題 (6.2) と導出方法は後述しますが、元々の問題が与与されています。

制約条件の取り込み方など
「応用に一步踏み込む」際に
躓きポイントとなる知識を丁寧に解説

$$\text{minimize}_{x \in \{-1, 1\}^3} x_1 + \lambda(x_1 + x_2 + x_3 - 1)^2 \quad (6.3)$$

ここで、 λ は十分に大きな正の数を設定します。例えば、 $\lambda = 100$ としましょう。

3.4.1 最適化用のソフトウェアとアルゴリズム

ここまでの説明では、最適化された解を具体的に得られない観点は多数あるため、この節では、最小化問題へのアプローチを紹介します。

ユーザ目線で、
既存の最適化技法が有効な場面など
真に使える情報を提示

アプローチ	特徴	メリット	デメリット
最適化ソルバーの適用	定式化を行い、数式を記述すると、解を自動で計算	最適化の観点で汎用的 専門性・工数を要さず、 手軽に検証できる	計算が遅いこともある ソルバーの対象や特性を 考慮した独特な定式化
業務に特化したパッケージの適用	業務によっては、既存のパッケージ商品やソフトウェアが存在する	専門性・工数を要さず、 計算速度・機能などが 作り込まれ、費用対効果 に優れることが多い	業務によっては 世に無いことがある 自力でロジックの変更が できず、柔軟性に乏しい
問題に応じたアルゴリズムの開発	最適化・アルゴリズムの専門家が独自にプログラミングする	業務要件に合致した システムを開発可能	既存の解法があるケース を除き、求められる 専門性・工数が大きい

https://www.nttdata.com/jp/ja/-/media/nttdatajapan/files/news/services_info/2021/012800/012800-01.pdf

ぜひ読んでみてください！

②グループ内外との密な連携 ～グループ内連携（国内）～

体制図
(2023年9月現在)

②国内事業部
(公共・金融・法人分野等)

③NTTデータ数理システム
(Nuorium Optimizer)



NTT

NTTデータグループ
(持株会社)

①NTT研究所
(LASOLV)



NTTデータ
(国内事業会社)

NTT DATA, Inc.
(海外事業会社)

国内グループ会社

海外グループ会社

NTT Ltd.

など

グループ内の密な連携により、マルチベンダーの中でも質の高いサービスをご提供

②グループ内外との密な連携 ～グローバル連携/産学連携～

NTT DATA Innovation Center

North America

Spain

Germany

Italy

India

China

Japan

密に連携

世界6か国に活動拠点を展開

量子チームでは特にドイツやイタリアのグループ会社と密に連携。技術蓄積やPoC事例を軸に海外顧客との共創提案を開始。

活動例

- (2019～) 量子コンピュータ/次世代アーキテクチャ・ラボサービスの展開
- (2020～) NTT DATA EMEALへの情報提供
- (2021) BMW Group Quantum Computing Challenge **優勝** など

広島大学 × NTT DATA

中野教授
GPUを用いた並列分散処理、機械学習や数理最適化の高速演算の第一人者

2020年に「Adaptive Bulk Search」が国際学会ICPPに採択

GPUを用いた効率的な最適化計算手法

Host (CPU) 解の管理とGAを担当

Devices (GPUs) 探索を

target buffer

solution buffer

CUDA block

(GPU × 4)

初期解は x_0 (エネルギーは $A(x_0)$)

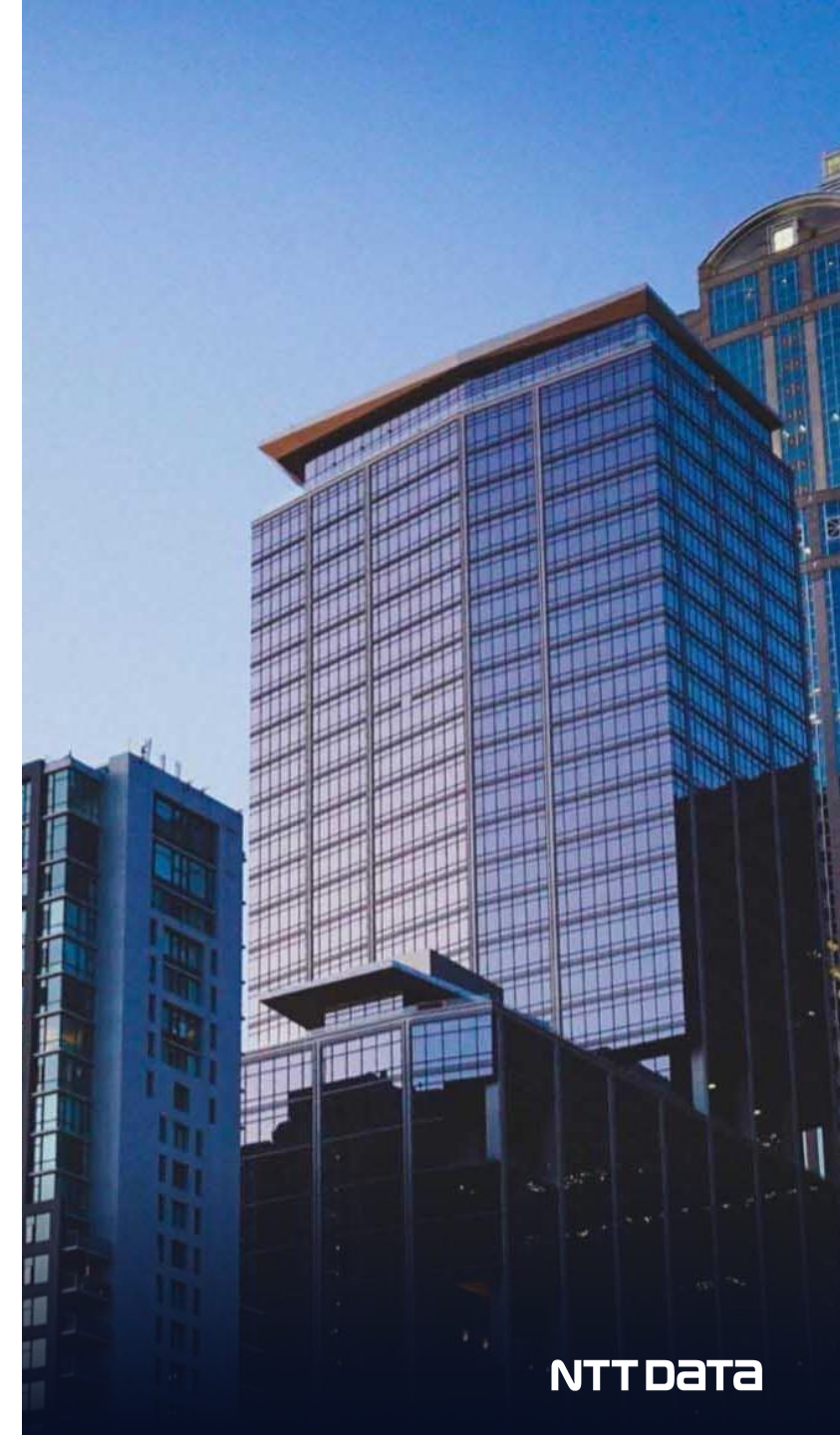
Adaptive Bulk Search: Solving Quadratic Unconstrained Binary Optimization Problems on Multiple GPUs

海外グループ会社の活動を牽引

弊社独自の最適化手法を開発

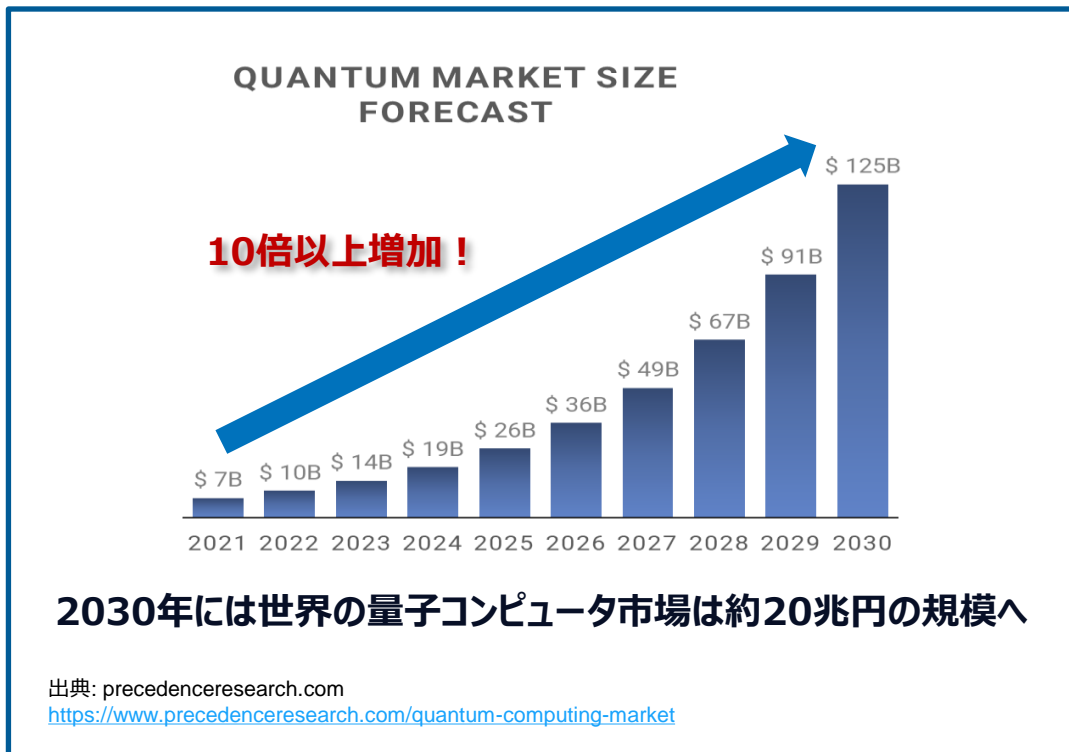
まとめ

- NTTデータの量子チームでは**マルチベンダー**としての強みを活かし、技術・企業に捉われない様々なサービスをワンストップで提供している。
- 量子チームでは現実とのギャップの解消に務め、実要件に沿ったサービスの提供により、お客様と一緒に**課題解決**や**キラーユースケース創出**を目指す。
- 量子チームでは
 - ① ガラス加工の最適化
 - ② 「匂い」構築の最適化
 - ③ プリント基板の穴開け工程の最適化など、**様々なユースケース**が存在する。

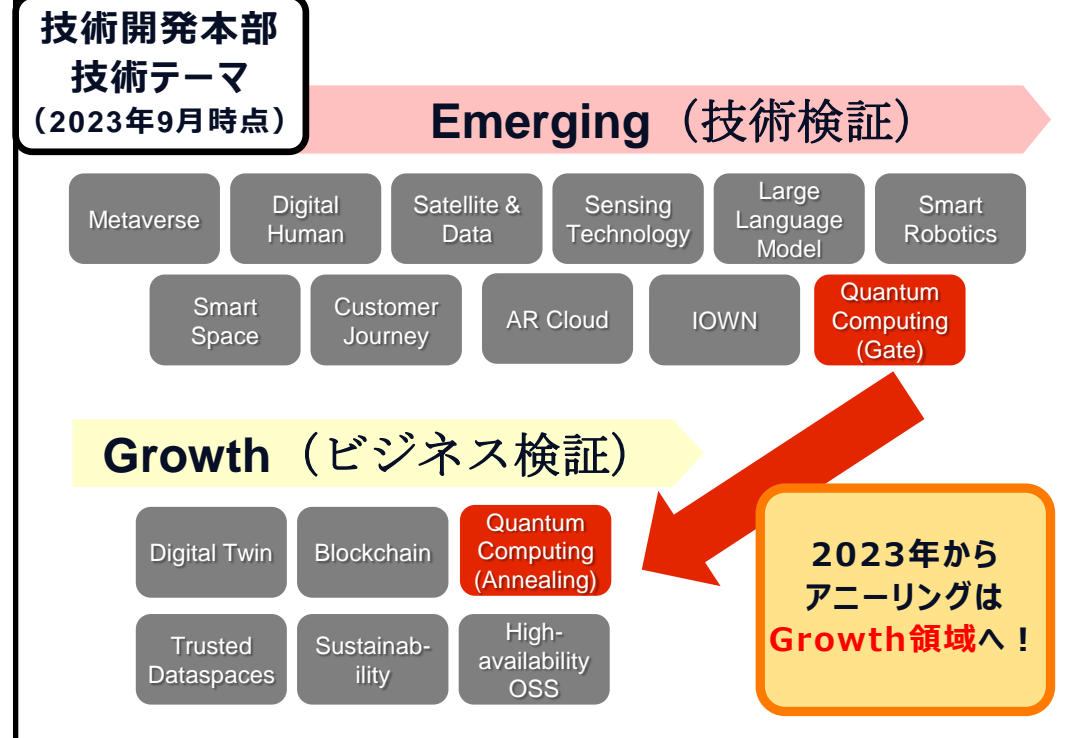


最後に

グローバル市場の盛り上がり（再掲）



NTTデータでは量子アニーリングは次の成長フェーズへと移行



将来の量子コンピュータの成熟に備え、
我々と一緒にキラーユースケース創出を目指しましょう！

質疑応答

Contact: qcomputer@kits.nttdata.co.jp

The image features a low-angle shot of several modern skyscrapers against a clear blue sky. The buildings are primarily white and grey with dark window patterns. The NTT DATA logo is prominently displayed in the center of the image, overlaid on the buildings. The logo consists of the letters 'NTT' in a bold, white, sans-serif font, followed by 'DATA' in a similar font but with a lowercase 'a'.

NTT DATA

本資料に記載の会社名、商品名、又はサービス名は、各社の登録商標又は商標です。