

IT分野で日中の架け橋を目指す

Build a bridge between Japan and China in the IT world

**NOAH**  
Solutions for the Future

# 量子コンピューティングによる NOAH組合せ最適化 ソリューションのご紹介

## 参考出展

この資料は、第3回量子コンピューティングEXPO春・弊社ブースにおける参考出展として、現時点における最新の情報をご提供するものです。  
内容は随時更新されるため、ご利用の際は弊社までご確認下さい。

**NOAH SOLUTION**

**ノアソリューション株式会社**

紹介資料

【Web】<https://noahsi.com> 【Mail】[pr@noahsi.com](mailto:pr@noahsi.com)

©2023 Noah Solution Inc.

**信頼 調和 挑戦 創造**

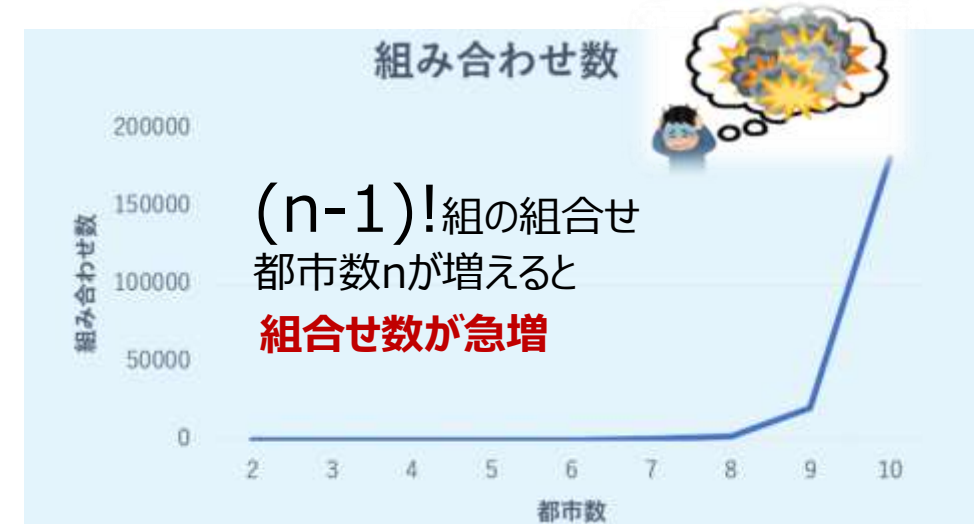
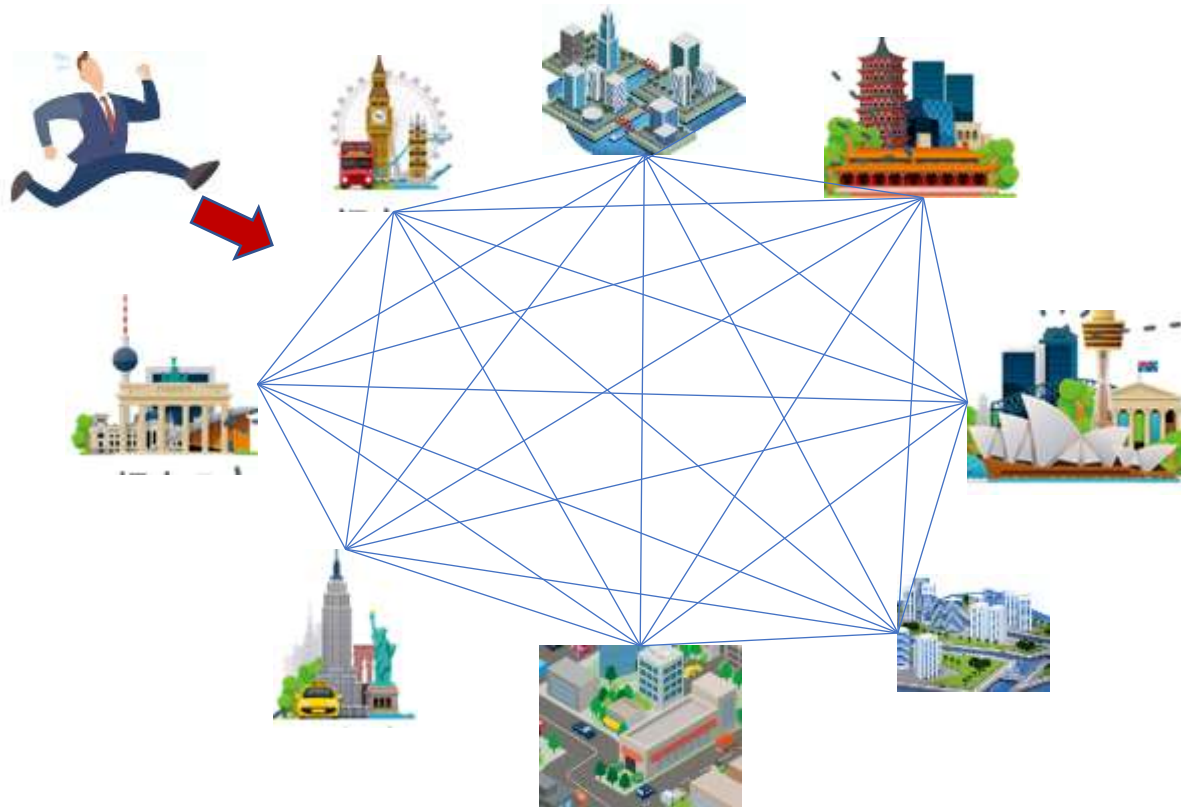
Trust, Harmony, Challenge, Creation



# 従来は難しかった組合せ最適化問題

## 膨大な組合せから最適な解を選ぶ技術

巡回セールスマン問題：n都市を効率よく巡るには？



総当たりで30都市の巡回セールスマン問題を解くと、  
スーパーコンピュータで8億年かかる (8.8e+30) (富岳で800万年)  
[https://japan.cnet.com/extra/fujitsu\\_201803/35115699/](https://japan.cnet.com/extra/fujitsu_201803/35115699/)

古典的なコンピュータで解くには複雑すぎる問題を、量子力学の法則を利用して解くコンピュータ

## 古典Bit

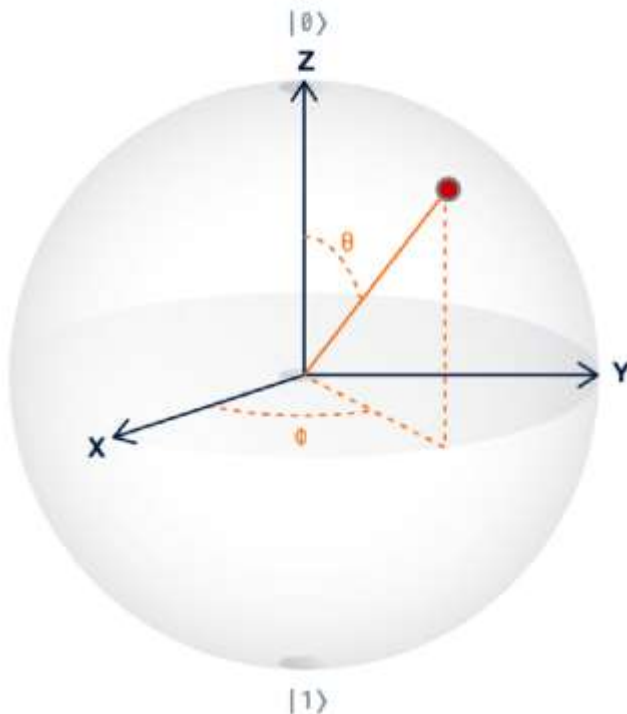
0か1

0    ●    ○

1    ○    ●

Bitは、0または1  
どちらかの状態を取る

## 量子Qubit



## 量子コンピュータ

### 量子アニーリング



### 量子ゲート



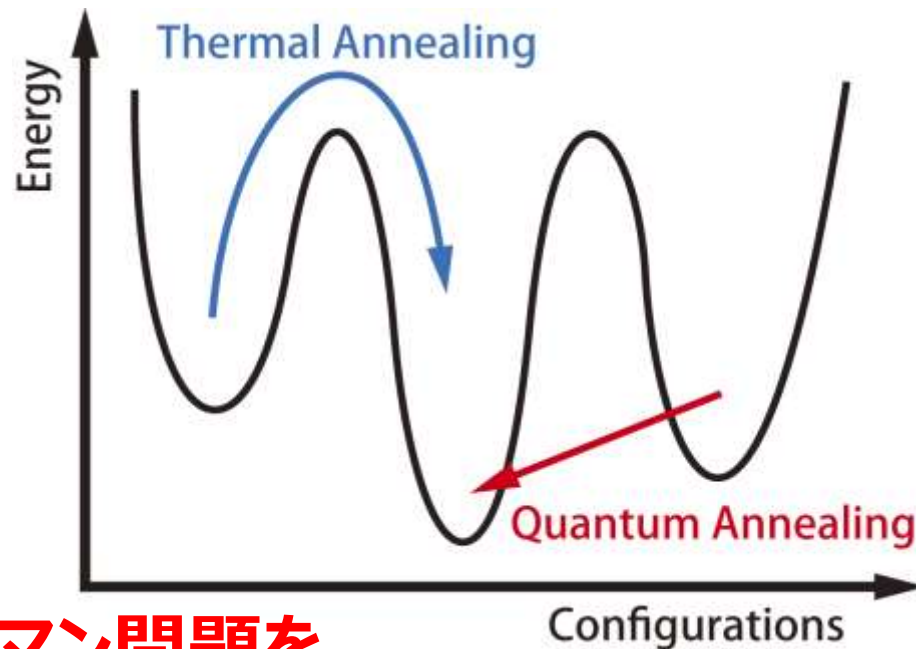
(IBM Q)

# アニーリングで組合せ最適化問題を効率良く解く

組合せ最適化問題(QUBO式) をQUBOソルバで解く

$$E(x) = \sum_i \sum_{j>i} J_{ij} x_i x_j + \sum_i h_i x_i + c$$

SA : シミュレーテッド・アニーリング  
(従来のコンピュータ)



量子アニーリング  
(量子コンピュータ)



**30都市の巡回セールスマン問題を  
1秒で解ける** (富士通 デジタルアニーラ)

[https://japan.cnet.com/extra/fujitsu\\_201803/35115699/](https://japan.cnet.com/extra/fujitsu_201803/35115699/)

## NQS-CPU版

## NQS-GPU版 シングル

## NQS-GPU版 マルチボード

**特徴①：より大規模な問題も解ける。**

**特徴②：より短時間で、より良い解を導出する。**

**特徴③：**

- ・NVIDIA製の汎用GPUで動作
- ・中～大規模問題でGPUの並列化効果を発揮

**動作環境：** Windows 10以降(64bit環境)/ Linux



# NQSは従来比 2 ～100倍のQUBO行列を処理できる

## ■ CPU版

| 検証環境 (AWS ec2: t2.2xlarge) |                                           |
|----------------------------|-------------------------------------------|
| CPU型番                      | Intel(R) Xeon(R) CPU E5-2676 v3 @ 2.40GHz |
| コア数                        | 8                                         |
| メモリ                        | 32G                                       |

## ■ GPU版 (A10G) シングルボード

| 検証環境 (AWS ec2: g5.4xlarge) |      |
|----------------------------|------|
| GPU型番                      | A10G |
| GPUメモリ                     | 24G  |
| メインメモリ                     | 64G  |
| CPUコア数                     | 16   |

## ■ GPU版 (A100) シングルボード

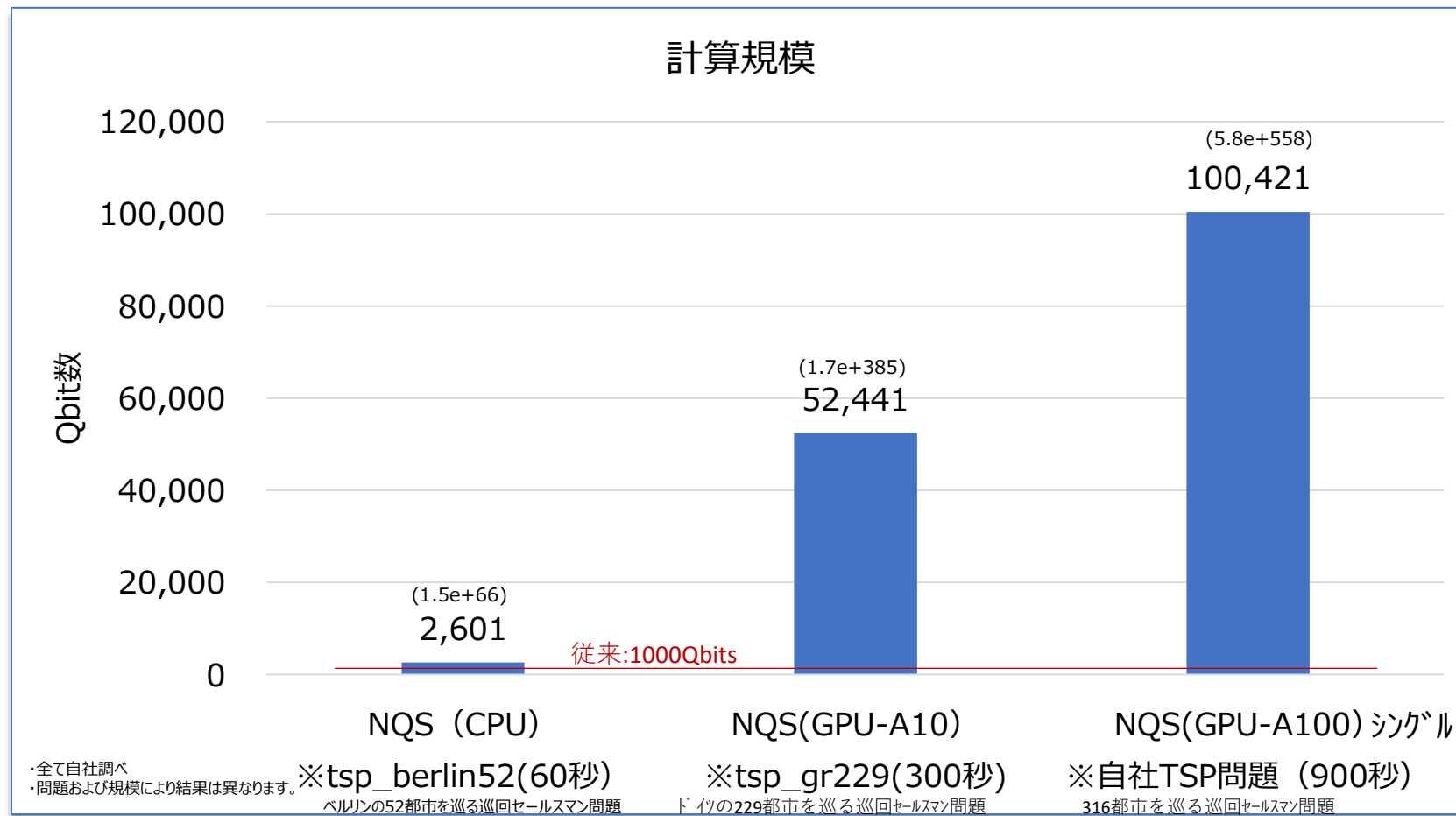
|        |                       |
|--------|-----------------------|
| GPU型番  | NVIDIA A100 80GB PCIe |
| GPUメモリ | 80G                   |
| メモリ    | 128G                  |
| CPUコア数 | 12                    |

## ■ GPU版 (A100) × 8 ボード (評価中)

|        |                       |
|--------|-----------------------|
| GPU型番  | NVIDIA A100 80GB PCIe |
| 相互接続方式 | PCIe P2P              |
| メモリ領域幅 | 50G                   |
| メモリ    | 128G                  |
| CPUコア数 | 12                    |

汎用CPU版で2600QbitのQUBO行列を処理可能

汎用GPU (A10~A100) で10,000~100,000QbitのQUBO行列を処理可能

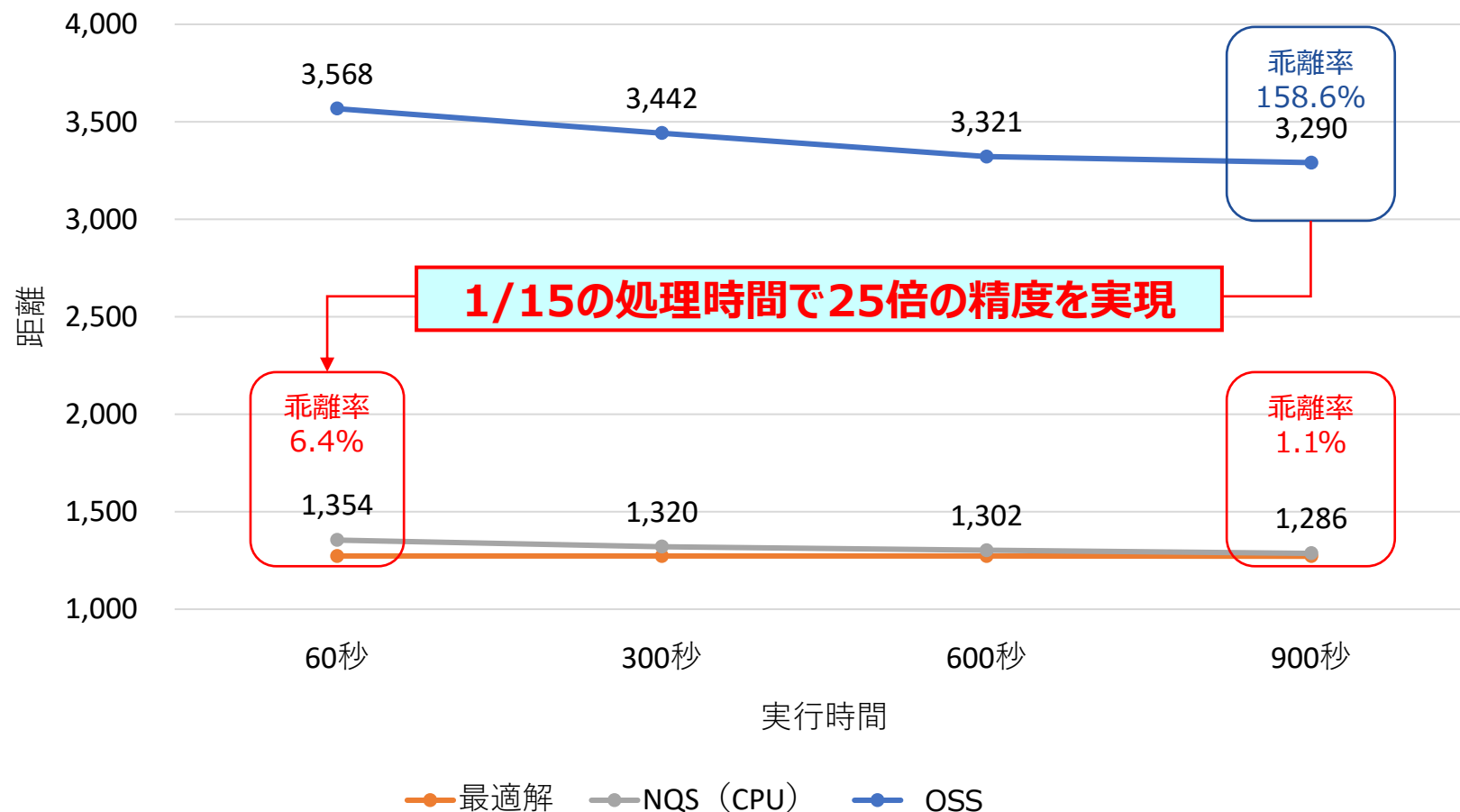


※汎用GPUの並列化により更なる大規模問題に向けて検証中 (目標 1,000,000Qbit)

# NQSは従来より短時間で、より良い解を導出

TSP\_GR24 評価結果 (Qbit数 : 529) (2.5e+22)

※最適解 : 1272



・全て自社調べ  
・問題および規模により結果は異なります。

| 検証環境 (AWS ec2: t2.2xlarge) |                                           |
|----------------------------|-------------------------------------------|
| CPU型番                      | Intel(R) Xeon(R) CPU E5-2676 v3 @ 2.40GHz |
| コア数                        | 8                                         |
| メモリ                        | 32G                                       |

# NQSは複雑な問題でも短時間で、より良い解を導出

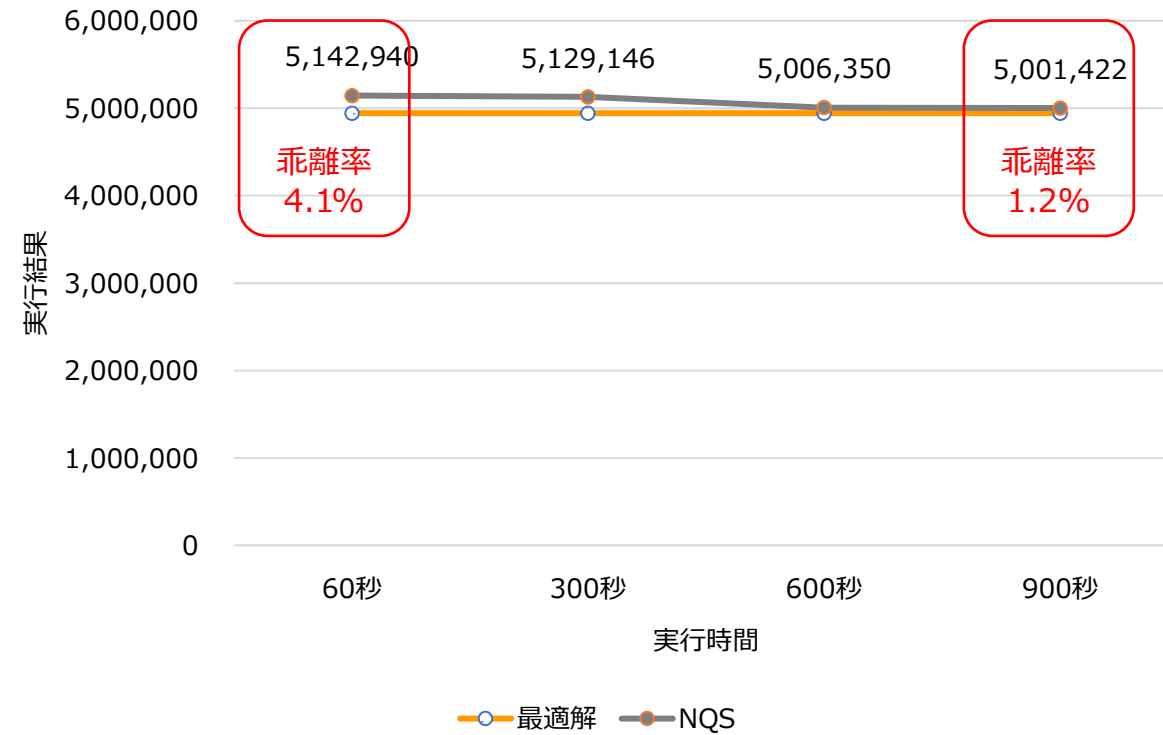
Maxcut\_k2000 (Qbit数 : 2,000) 2000個の頂点を持つmaxcut問題

※最適解 : -33,337



QAP\_tai50a (Qbit数 : 2500) 50箇所に施設を配置するQAP問題

※最適解 : 4,941,410

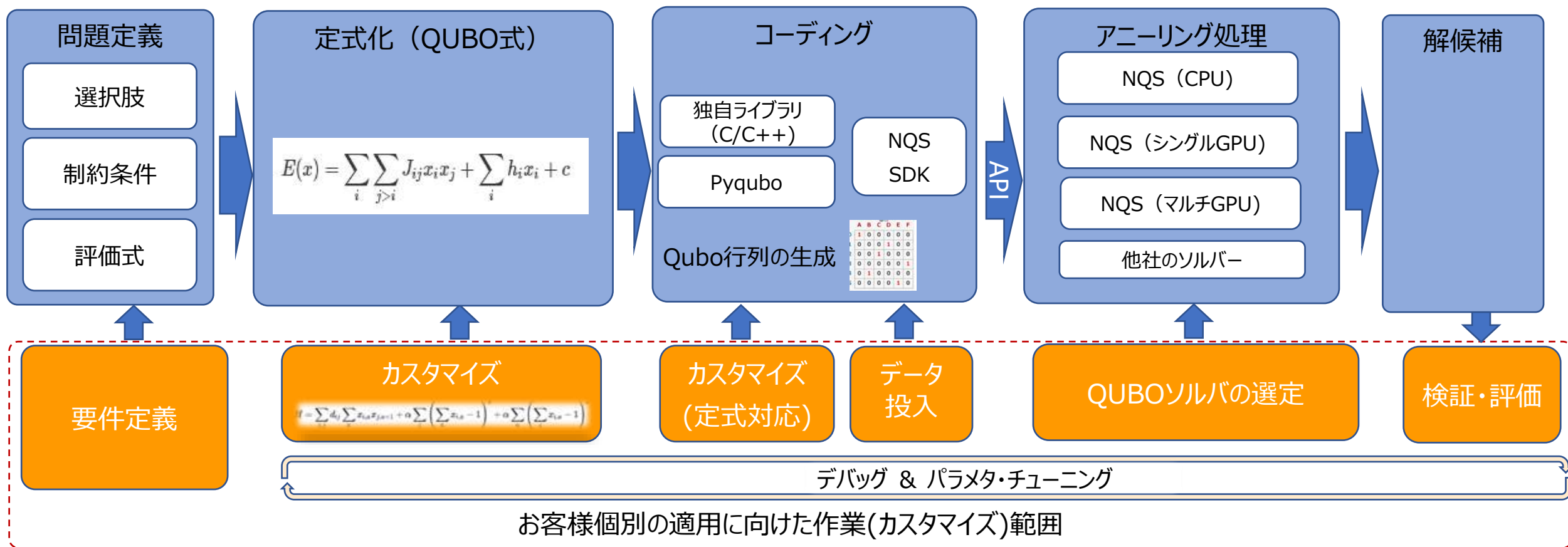


## 検証環境 (AWS ec2: t2.2xlarge)

|       |                                           |
|-------|-------------------------------------------|
| CPU型番 | Intel(R) Xeon(R) CPU E5-2676 v3 @ 2.40GHz |
| コア数   | 8                                         |
| メモリ   | 32G                                       |



ワンストップで組合せ最適化問題を解決するテンプレートを提供  
問題解決に適したQUBOソルバを選択できる。



## 適用領域毎のテンプレートを提供

| 種別                   | 実績                                            | 解説                                                                                        |
|----------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| ルート最適化<br>(最短経路)     | タクシー相乗り実証実験                                   | 自治体コミュニティバスに代えて、タクシーを相乗りで利用する。<br>-同じ目的地や出発地の場合の送迎計画を最適化<br>-自由乗降顧客向けに配車計画や乗車プランを最適化      |
| 配車計画最適化<br>(費用削減)    | 基幹物流会社向け、配車・求貨求車<br>サービス設計・実証・評価              | 複数拠点、複数トラック／船便を対象に配送計画を最適化すると同時に、特定のトラックに対して配車計画や特定貨物に対して配送計画も最適化する。<br>総合的に判断し、費用対効果を最大化 |
| 作業計画最適化<br>(作業時間平準化) | 物流会社乗務員の作業管理システム<br>の作業計画最適化エンジンを設計・実<br>証・評価 | 複数運送コース（定期）、複数乗務員を対象に乗務員の作業計画を最適化する。<br>各乗務員の作業時間平均化、残業時間を最小化                             |

# 相乗りタクシーの最適配車ソリューション

複数のお客様の要求を満たす効率的な相乗りタクシーの自動配車計画を量子コンピュータ技術で実現します。

特徴：

- (1) 組合せ最適化問題(QUBO)として量子コンピュータ技術(アニーリング)で解き、短時間で高精度な最適解を提供
- (2) OpenStreetMapで安価な地図サービスを提供
- (3) QUBO式のカスタマイズ等により個別の利用領域にも対応

効果：

- ① 最適な配車計画により効率的な運用を実現します。
- ② お客様のニーズに合った運行により顧客満足が向上します。



OpenStreetMap

自由な地図をみんなの手で

低コスト運用を実現

- 地図・ルートを描画
- 2地点間の経路距離/時間
- 緯度経度変換

全ての  
候補地点間  
の距離等を  
事前に導出

## アニーリングによる組合せ最適化

### 選択肢

- ☐ 複数のタクシーと複数の顧客要求のマッチングを行い、相乗り計画を作成する。
- ・ 予め計画されたタクシー台数で、複数の顧客要求に示された場所をまわって順次お客様を乗車/降車する。

### 評価

- ☐ 最短距離
- ☐ 乗車時間の最小化
- ☐ 顧客運賃の最小化
- ☐ 車両遊び時間の最小化

### 機能拡張

- ☐ 自由乗降への対応
- ☐ 貨物配達との併用

### 制約

- 顧客要求に沿う
  - ・ 乗車場所(x)
  - ・ 乗車時間
  - ・ 降車場所(x)
  - ・ 降車時間
  - ・ 乗車人数(y)
- 運行予定に沿う(定期便)
  - ・ 目的地
  - ・ 行き便
    - ・ 到着予定時間
  - ・ 出発地
  - ・ 帰り便
    - ・ 出発時間
- タクシーのキャパシティ
  - ・ 運行台数：1台
  - ・ 予約状況
  - ・ 運行時間
  - ・ 定員(a)：1~4人

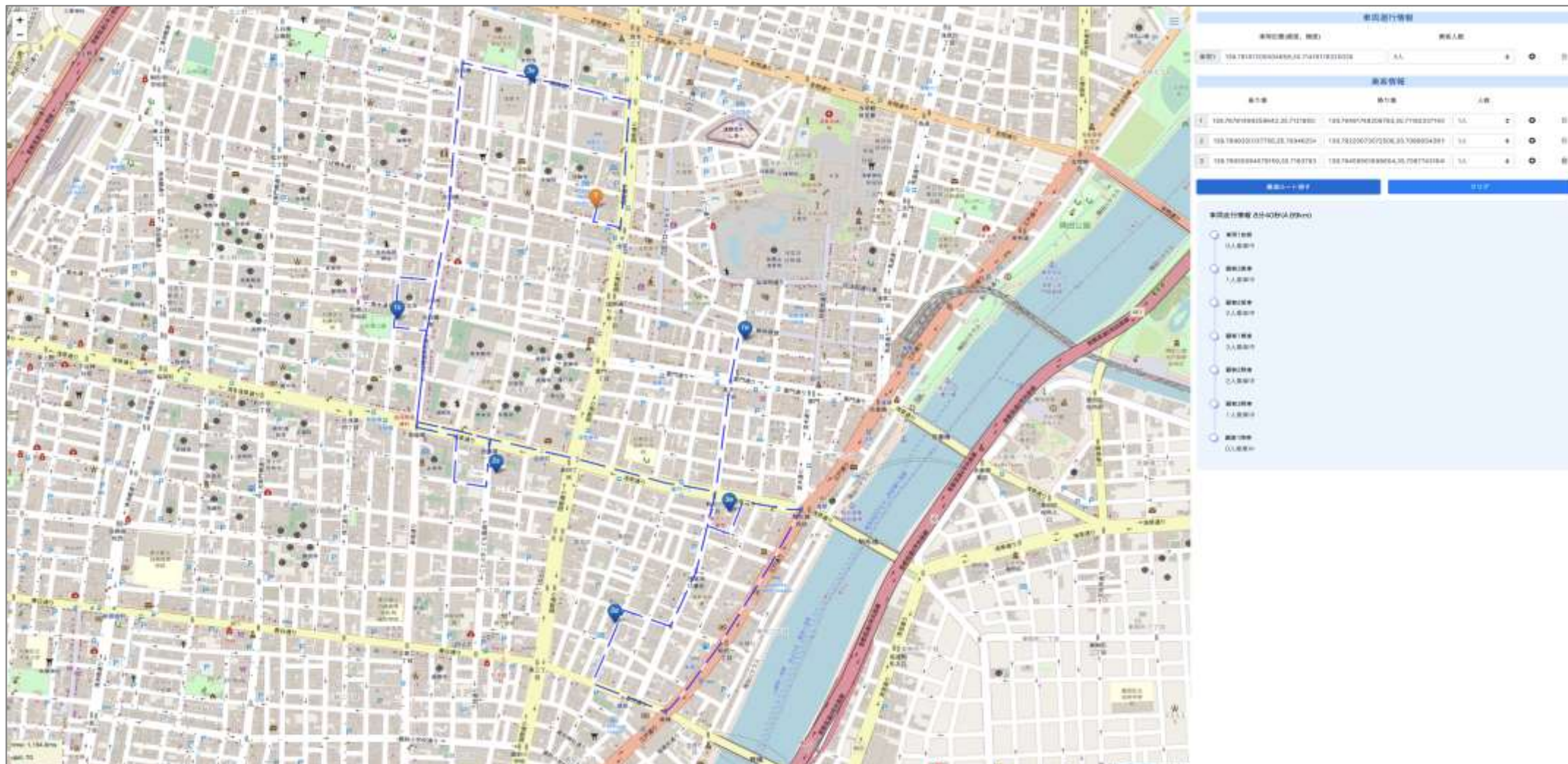
QUBO式

$$E(x) = \sum_i \sum_j J_{ij} x_i x_j + \sum_i h_i x_i + c$$



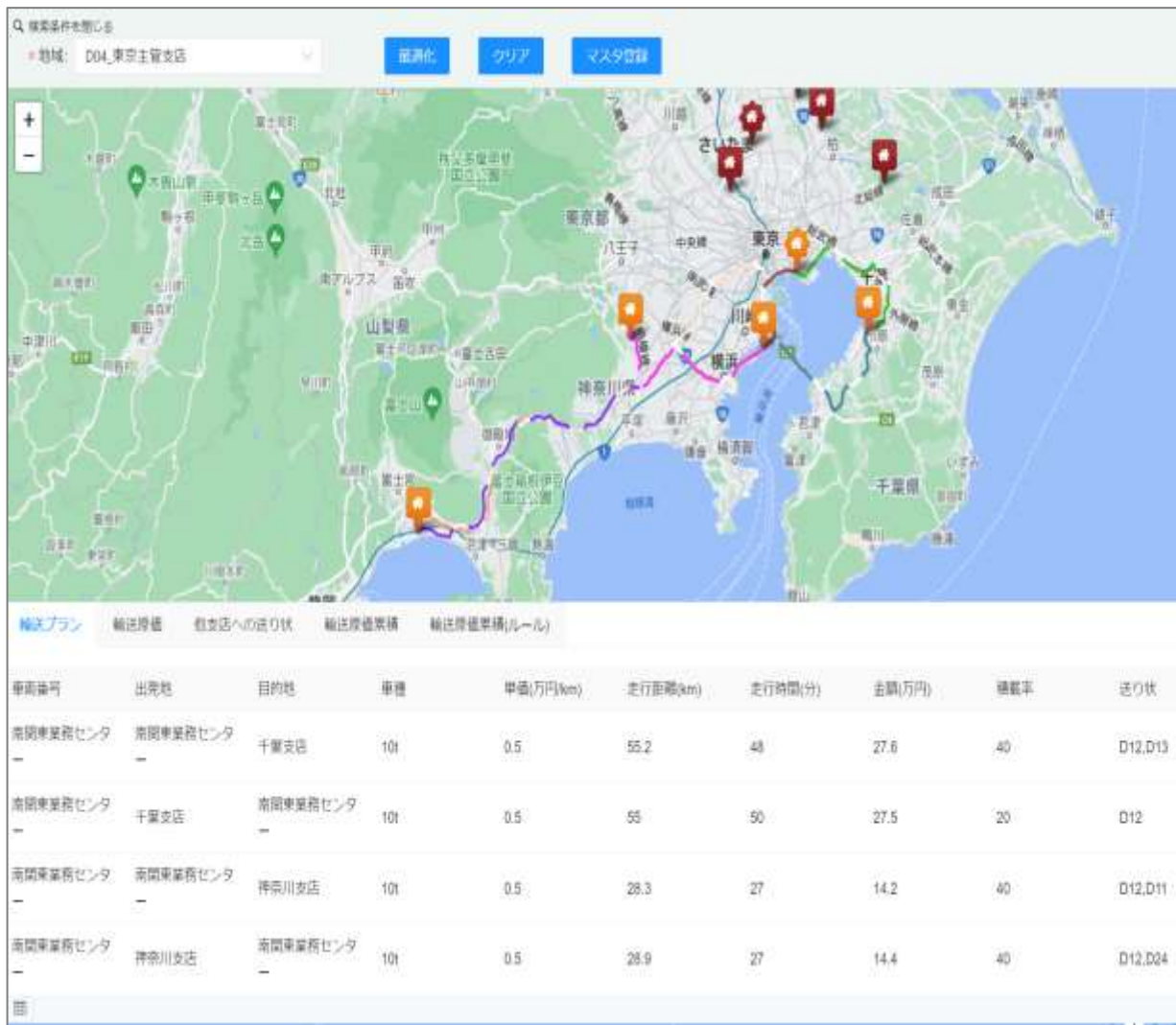
# 相乗りタクシーの最適配車ソリューション【デモ】

相乗りタクシー配車（自由乗降） 自由に乗降できるタクシーに複数の乗客要求を最適にマッチングして配車



# 貨物の最適配送計画ソリューション

貨物の送り状と、輸送手段(トラック等)のマッチングを行い、制約を守りながら最適な配送計画を作成



## アニーリングによる組合せ最適化

### 選択肢

- ・支店管内の最適配送  
→他の支店管内宛の貨物はHub倉庫に集約
- ・支店間の最適配送

### 評価

総配送コストの最小化

$$\Sigma \text{トラック毎のコスト単金} \times \text{走行距離} \\ + \text{倉庫保管コスト} + \text{積替えコスト}$$

### 特徴

- ①刻々と変化する状況に即応する随時再計画機能
- ②時分割配送計画による高いスケール性
- ③フェリーなど、トラック以外の輸送手段も考慮可能

### 制約

#### ■ 貨物の送り状

- ・発送地
- ・宛先
- ・発送日時
- ・到着期限
- ・サイズ/重量

#### ■ トラック

- ・所在地
- ・重量制限
- ・荷室サイズ
- ・輸送単金
- ・既存貨物

#### ■ 倉庫

- ・倉庫種別
- ・所在地
- ・保管庫サイズ
- ・保管コスト

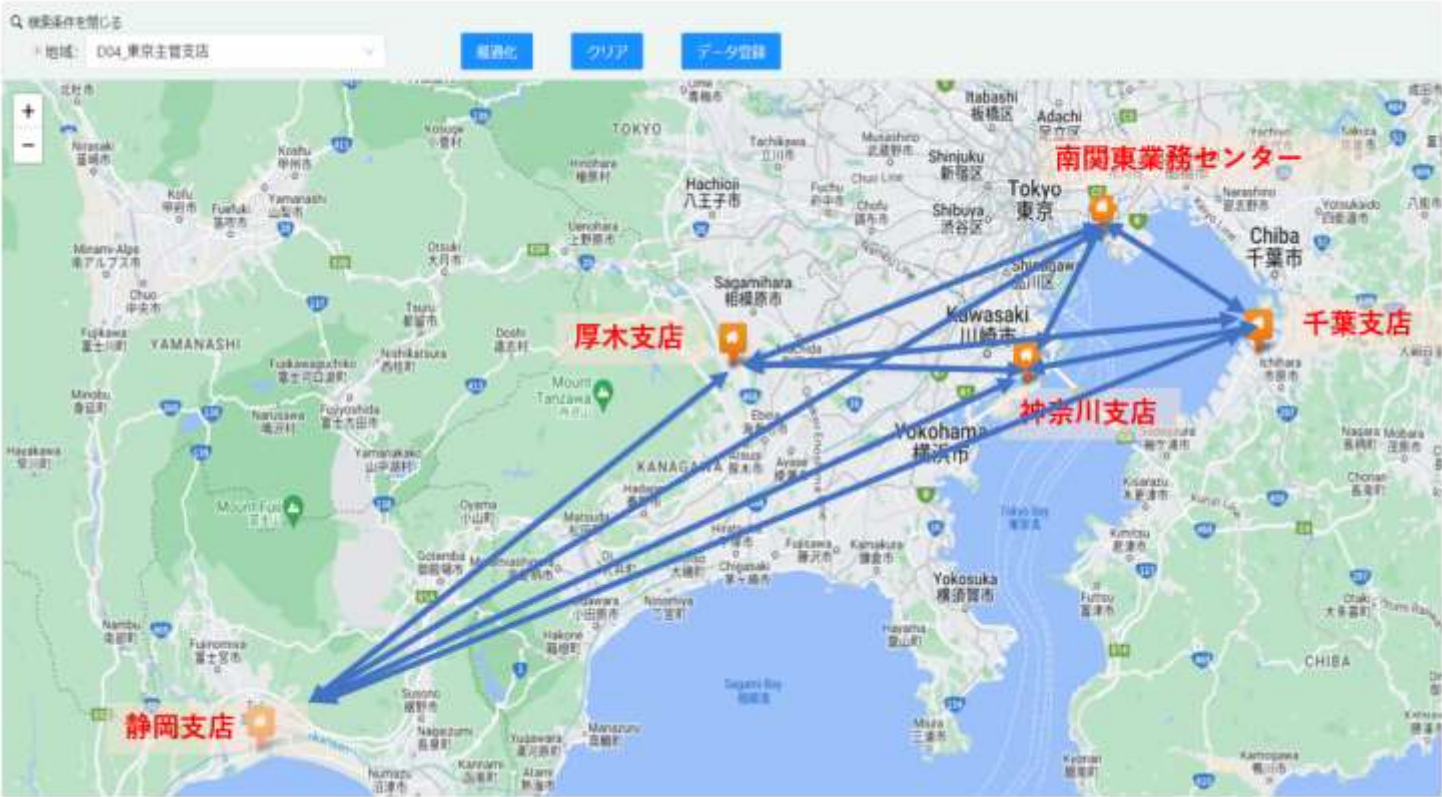
QUBO式

$$F(x) = \sum_i \sum_j J_{ij} x_i x_j + \sum_i h_i x_i + c$$



# 貨物の最適配送計画ソリューション（適用前）

- 支店間で計20本の定期便が走っています
- 10tトラックを利用して、コスト：0.5万円/KM

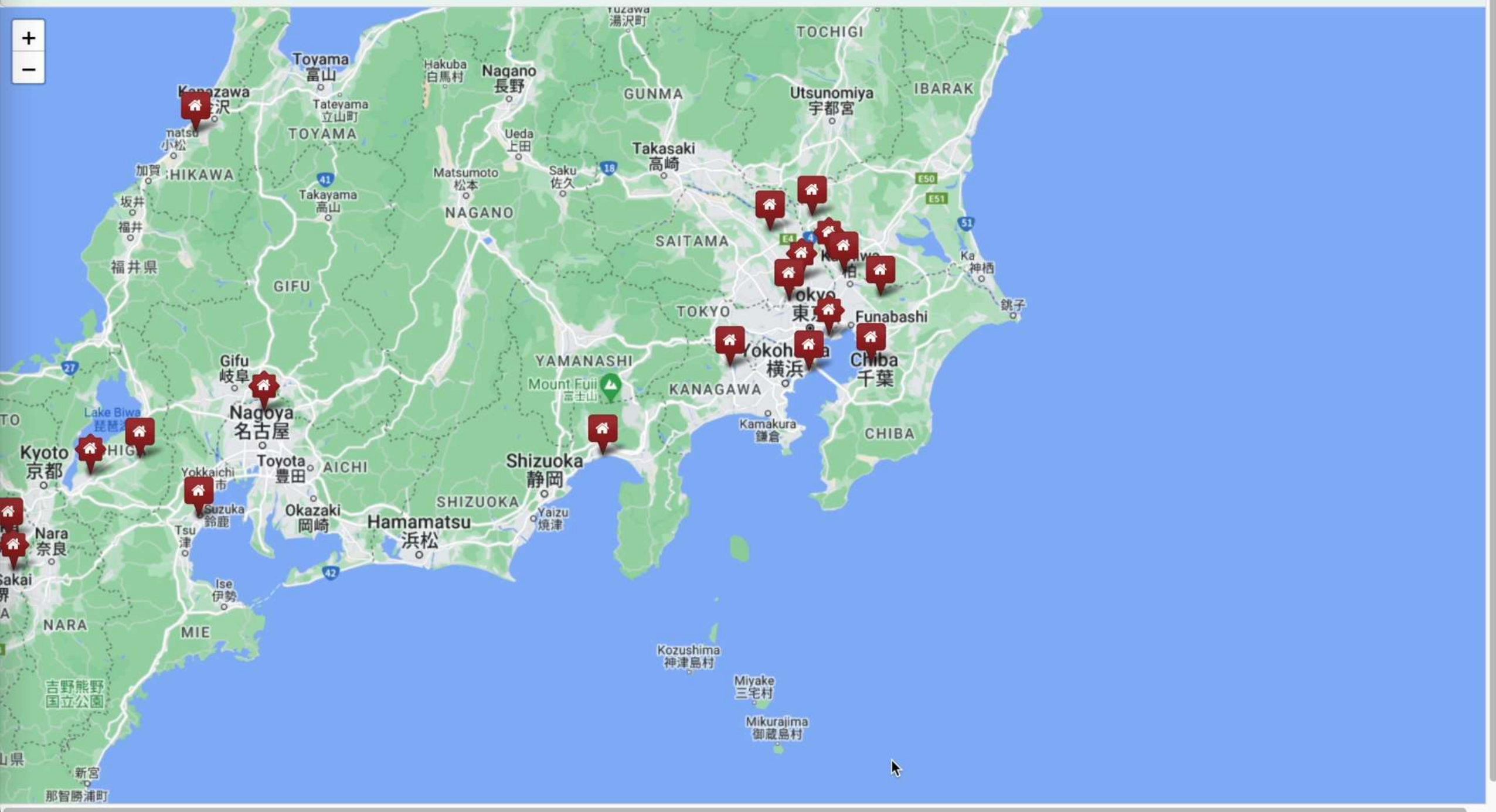


## 送り状

| 送り状(南関東業務センター) |            |       |                   |
|----------------|------------|-------|-------------------|
| 送り状ID          | 送り元支店      | 宛先支店  | 貨物重量              |
| A0             | 送り状(神奈川支店) |       |                   |
| A0             | 送り状ID      | 送り元支店 | 宛先支店 貨物重量         |
| A0             | 送り状(厚木支店)  |       |                   |
| A0             | 送り状ID      | 送り元支店 | 宛先支店 貨物重量         |
| B0             | 送り状(千葉支店)  |       |                   |
| B0             | 送り状ID      | 送り元支店 | 宛先支店 貨物重量         |
| B0             | 送り状(静岡支店)  |       |                   |
| C0             | 送り状ID      | 送り元支店 | 宛先支店 貨物重量         |
| C0             | D0         | E01   | 静岡支店 南関東業務センター 2t |
| C0             | D0         | E02   | 静岡支店 神奈川支店 4t     |
| C0             | D0         | E03   | 静岡支店 厚木支店 6t      |
| C0             | D0         | E04   | 静岡支店 千葉支店 1t      |

## 配送計画

| 車台数 | 平均積載率 | 総走行距離(km) | 輸送原価（万円） |
|-----|-------|-----------|----------|
| 20台 | 31%   | 1959.3    | 979.6    |





# 貨物の最適配送計画ソリューション（適用後）

輸送原価を  
75%に削減



| 車台数      | 平均積載率       | 総走行距離(km)       | 輸送原価（万円）    |
|----------|-------------|-----------------|-------------|
| 20台 → 7台 | 31% → 41.6% | 1959.3 → 1462.5 | 979.6 → 731 |

# 作業計画最適化ソリューション（物流業務への適用例）

コース情報

乗務員スキル表

配送予定表（ダイヤ）

休日予定（個人）

組合せ最適化エンジン



シフト表  
（乗務員、コース）

## アニーリングによる組合せ最適化

### 組合せ

□ 配送予定表に乗務員を割り付けて、シフト表を作成する。

### 制約

- 配車予定
  - ・ルートを洩れなく配車
  - ・始点、終点、距離、時間など
- コース情報
  - ・ルートの専任者指定
  - ・特定日のルート設定
- 乗務員スキル
  - ・免許種別
  - ・乗務員の乗車可能ルート
  - ・1日の複数乗車可否
- 作業時間
  - ・月間の労働293時間以内
  - ・翌日乗車迄に8時間以上休憩
  - ・最大の連続勤務が7日以内
- 休日
  - ・希望休日が最大限守られる
  - ・休日は1週間で2日間の取得

### 評価

- 各コースに適切な乗務員をアサインする。
- 乗務員の作業を平準化する。  
乗務員の作業負担、難易度、スキルを加味して労力を均一化する。

### 特徴（従来のAI方式との比較）

- ① 結果の品質改善
  - ・制約条件の満足率向上
- ② 処理時間を大幅に短縮
  - ・数時間→10分以内



# ニュースリリース (2023年4月17日)

NQSがblueqat様の  
アニーリングサービスに  
QUBOソルバとして  
採用されました。

2023 年 4 月 17 日  
blueqat 株式会社  
ノアソリューション株式会社

## 「量子コンピュータ（シミュレーテッド・アニーリング）サービス提供開始のお知らせ」

このたび、blueqat 株式会社は、量子コンピュータ技術（シミュレーテッド・アニーリング）を用いた組合せ最適化問題の解決に向けたサービスの開始を発表いたします。このサービスには、ノアソリューション株式会社より提供されたソルバー「Noah QUBO Solver (NQS)」を採用しております。

私たちの身の回りには、車の経路探索、電車の乗換え案内、お店や倉庫の棚割、レストランにおけるメニュー選択など、たくさんの組合せ最適化問題が存在しており、スーパーコンピュータによる計算でも膨大な処理時間を必要とする問題も少なくありません。今回提供を開始するサービスでは、このような組合せ最適化問題を、汎用サーバのような従来のコンピュータを用いたシミュレーテッド・アニーリング（SA）によって効率よく解くことができ、現実的な時間でより最適な答えを導き出し、お客様の課題解決を実現します。

当サービスでは、要件定義から設計・開発・検証評価までをカバーするソリューションテンプレートを提供しており、お客様の目的に合わせてカスタマイズすることで、短期間で効率良いシステム構築を実現します。TYTAN SDK をサポートし、汎用サーバを使用することで低コスト・低リスクで着手でき、問題の規模に応じて CPU、GPU、専用機へとスケールアウトが可能です。また、独自開発のアニーリング・エンジン NQS の活用により、高スペックなマシンではなくても低コストで問題解決が可能です。

本発表の内容は、2023 年 5 月 10 日～12 日に東京ビッグサイトで開催されます「第 3 回 量子コンピューティング EXPO【春】」に出展致します。

今後、blueqat 株式会社とノアソリューション株式会社は、お客様が持つさまざまな組合せ最適化問題の解決に向けてより一層のサービス改善と提供をおこなって参ります。

### 【blueqat 会社概要】

社 名: blueqat 株式会社  
所在地: 東京都渋谷区渋谷 2-24-12-39F  
設立 : 2008 年  
資本金: 1 億 9,250 万円  
URL : <https://blueqat.com>

### 【ノアソリューション 会社概要】

社 名: ノアソリューション株式会社 (Noah Solution Inc.)  
所在地: 東京都品川区南大井 6-21-12 大森プライムビル 8F  
設立日: 2001 年  
資本金: 4000 万円  
URL : <https://noahsi.com/>



会社名 **ノアソリューション株式会社**  
所在地 東京都品川区南大井6-21-12  
設立日 2001年02月15日  
資本金 4,000万円  
役員 代表取締役 白 光一 (九州大学 情報卒 工学博士)  
取締役 金 泰勇 (九州大学 情報卒 工学博士)  
取締役 朱 志民 (中国清華大学 情報卒)  
監査役 永海 隆俊

主要取引先 富士通株式会社 富士通グループ各社  
株式会社デンソーテン  
株式会社NTTデータ  
株式会社日立ハイテクソリューションズ  
株式会社日立産業制御ソリューションズ  
株式会社JVCケンウッド  
富士フイルムイメージングシステムズ株式会社  
グローリー株式会社  
伊藤忠丸紅鉄鋼株式会社 他  
取引銀行 みずほ銀行(新橋支店)、横浜銀行(大森支店)  
拠点 関西事務所  
関連会社 方舟信息技術(蘇州)有限公司

セキュリティ  
認証 2017年9月 情報セキュリティ基準  
[ISO/IEC 27001:2013] 認証取得 (登録番号:IA170257)



詳細は弊社ホームページへ  
<https://noahsi.com>

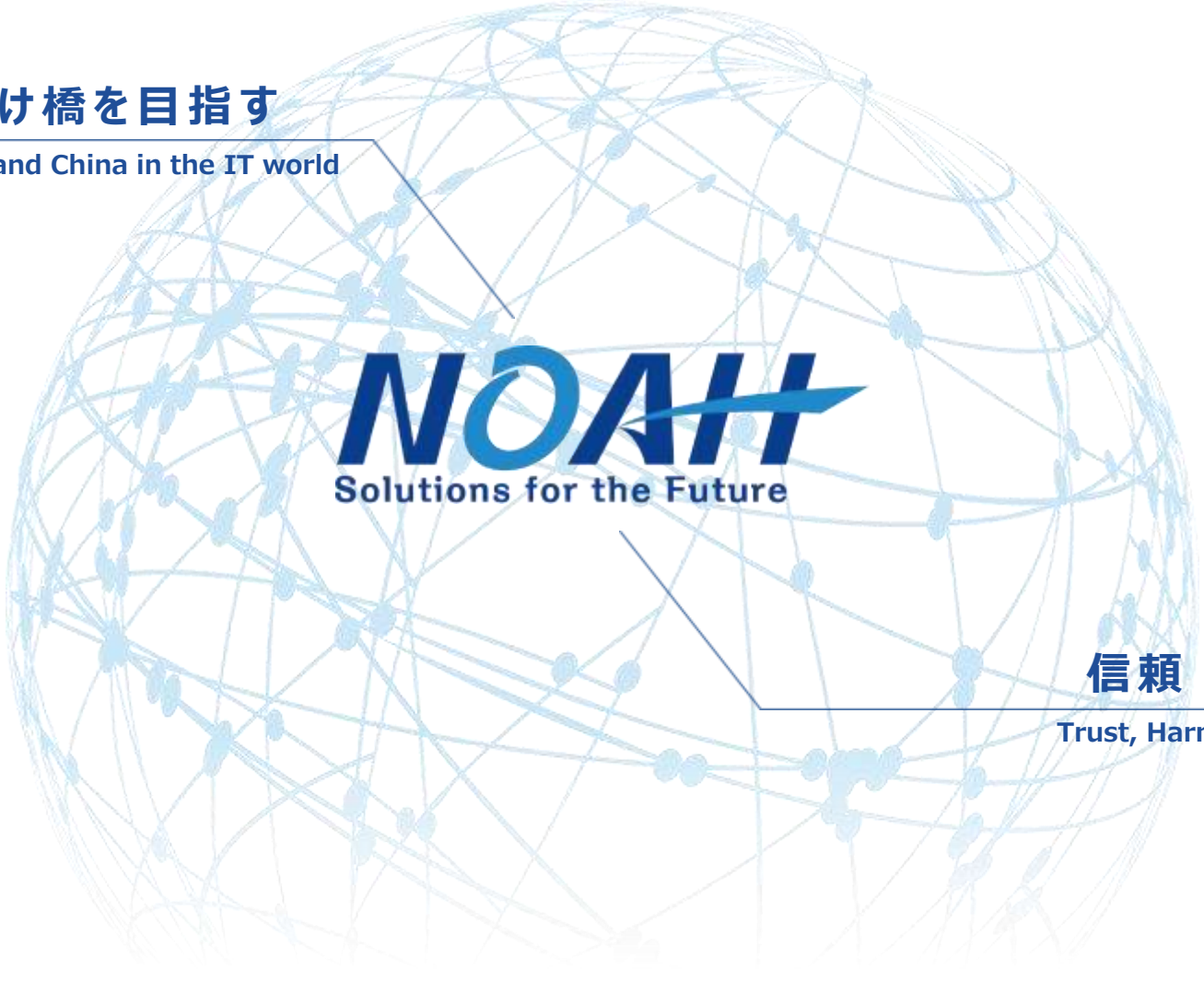
本社  
**ノアソリューション株式会社**

関西事務所

方舟信息技術(蘇州)有限公司

## IT分野で日中の架け橋を目指す

Build a bridge between Japan and China in the IT world



**NOAH**  
Solutions for the Future

信頼 調和 挑戦 創造

Trust, Harmony, Challenge, Creation