

## Supercomputing Japan 2026

# AI・量子コンピューティング技術の活用で 業務の最適化を加速

2026年2月2日

日本電気株式会社  
データドリブンDX統括部 最適化ソリューションコンサルティンググループ

# 講演者



NEC

データドリブンDX統括部

最適化ソリューションコンサルティンググループ

シニアプロフェッショナル

## 千嶋 博

2016年 内閣府総合科学技術・イノベーション会議に  
政策企画調査官として出向

量子コンピューティング技術の推進に携わる

2018年 NECシステムプラットフォーム研究所に復帰

量子アニーリングマシンのアプリケーション探索に従事

アニーリング手法のプラットフォームやソリューションの  
事業化を推進。自社工場の生産工程段取り最適化への量子  
アニーリング技術の適用検証を始め、数多くのお客様課題  
への量子アニーリング技術の適用を推進。

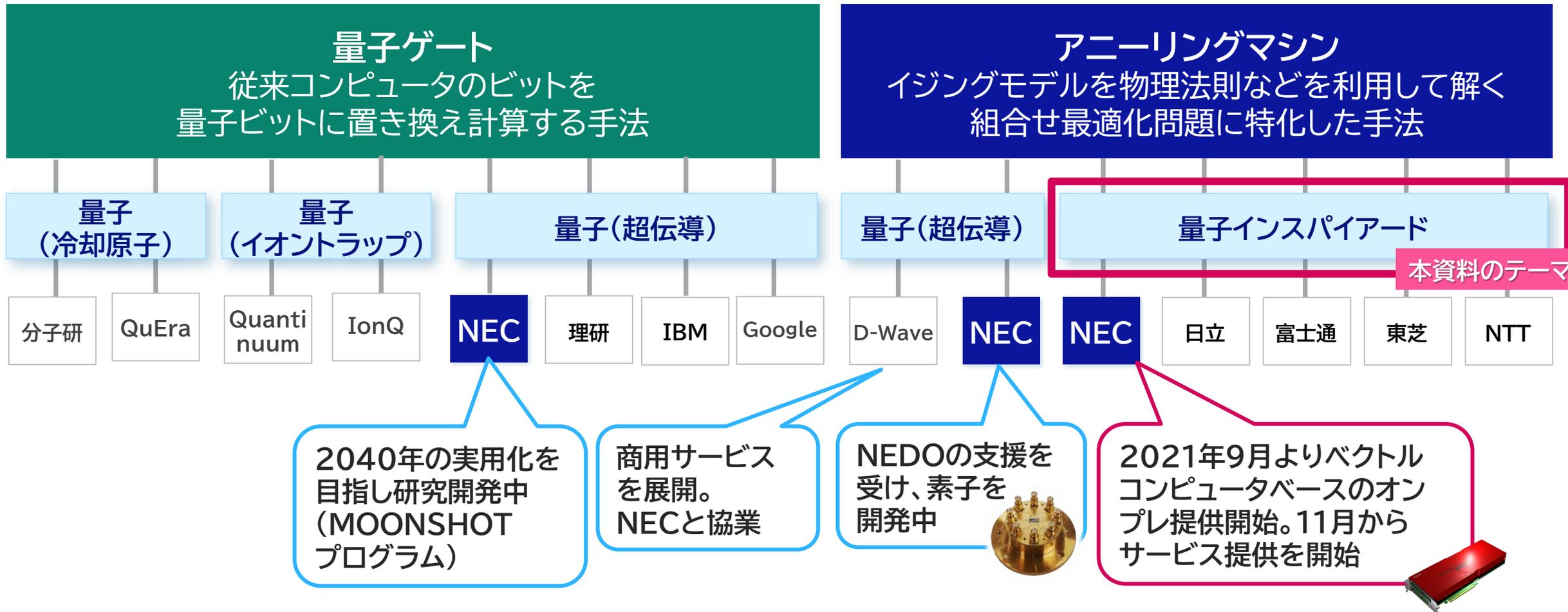
## 目次

- ◆ 量子コンピューティング技術の位置づけ
- ◆ 適用事例のご紹介(生産計画,配送計画)
- ◆ その他の適用事例類型
- ◆ 提供サービスのご紹介

# 量子コンピューティング 技術の位置づけ



## 量子コンピューティング (量子の振る舞いを取り入れたものを含む広義)



普通の計算アルゴリズムが苦手としている「組合せ最適化問題」を効率的に解く

## 「組合せ最適化問題」とは

膨大な選択肢の組合せから、制約条件を満たし  
評価関数を最小/最大化する組合せを見つけること

### ナップサック問題

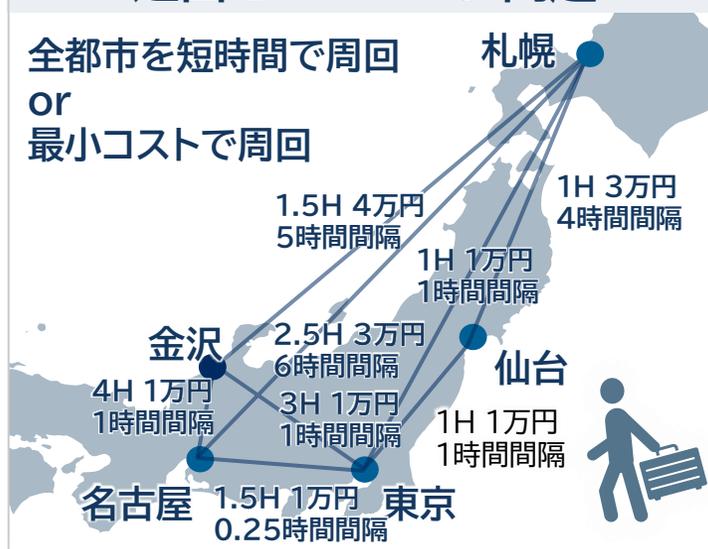
なるべく甘いお菓子を詰めるには？

①	②	③	④
甘さ 8	甘さ 10	甘さ 9	甘さ 9
110ml	150ml	120ml	120ml
⑤	⑥	⑦	⑧
甘さ 6	甘さ 7	甘さ 4	甘さ 3
100ml	90ml	40ml	30ml

300mlのバッグ

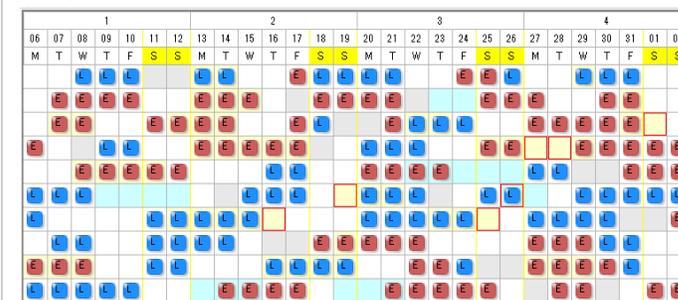
### 巡回セールスマン問題

全都市を短時間で周回  
or  
最小コストで周回



### 勤務シフト問題

労働条件、必要人数、勤務希望、  
相性、バランス等すべての条件を  
満たすパターンを求める

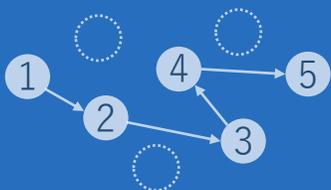


考慮する条件や選択肢が多く、最適な意思決定が難しい場面を支援

## ◆ 組合せ最適化問題の代表的なビジネスケース

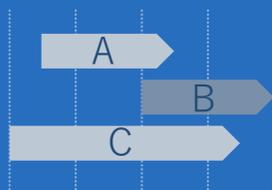
### 順番決め

- 配送計画



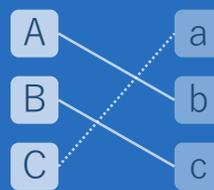
### スケジューリング

- 勤務シフト  
スケジューリング
- 生産計画
- メンテナンス最適化
- 鉄道ダイヤ修正



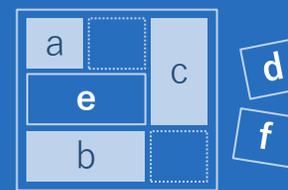
### マッチング

- 人材配置/人事異動
- 棚割案作成



### リソース配分

- 荷積計画
- キャンペーンの  
パーソナライズ配信
- 金融ポートフォリオ



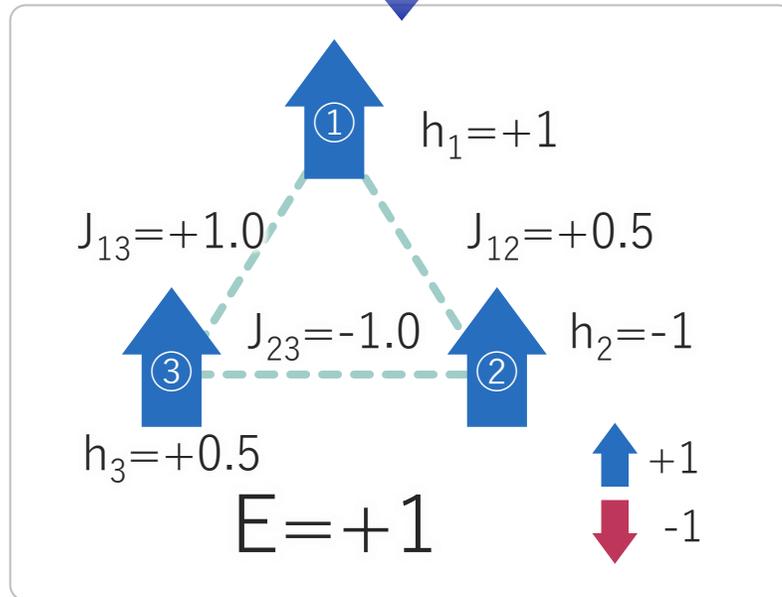
### その他

- コンテンツの  
レコメンド最適化
- マテリアルズイン  
フォマティクス

# 社会課題を量子アニーリングで解くということ

- ◆ 焼きなましプロセスで、物理現象を用いて最適化計算

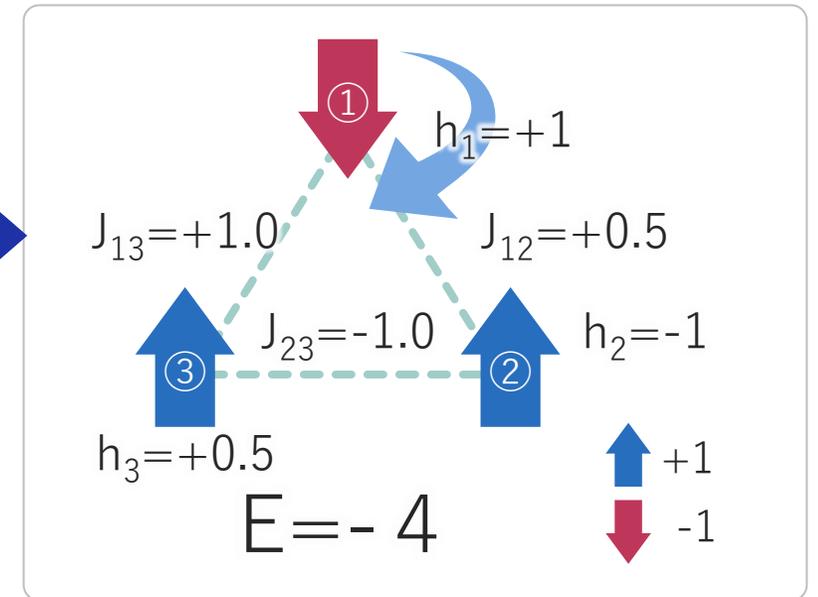
## 組合せ最適化問題



課題を **イジングモデル** で表現

## アニーリング

系全体のエネルギーが  
最小になるスピンの状態に変化



スピンの状態を読む

## 最適な解

## ■ アニーリング (annealing)

- [焼なまし](#) - [金属の熱処理](#)。
- simulated annealing ([焼きなまし法](#)) - [乱択アルゴリズム](#)の一種で、徐々に「温度」に相当するパラメータを小さくすることで、できれば最適な、そうでなくとも最適に近い極値が求まることを期待した手法。
  - [量子焼きなまし法](#) - 上の焼きなまし法を純粹に数値的な乱択ではなく、量子の性質を利用しておこなう量子計算の手法

(出展) <https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%A2%E3%83%8B%E3%83%BC%E3%83%AA%E3%83%B3%E3%82%B0>

## ■ 焼きなまし法

- **焼きなまし法** (やきなましほう、[英](#): Simulated Annealing、SAと略記、**疑似アニーリング法**、擬似焼きなまし法、シミュレーテッド・アニーリングともいう) は、大域的[最適化問題](#)への汎用の[乱択アルゴリズム](#)である。**広大な探索空間内の与えられた関数の大域的最適解に対して、よい近似を与える。** S. Kirkpatrick、C. D. Gelatt、M. P. Vecchiらが[1983年](#)に考案し<sup>[1]</sup>、1985年に V. Cerny が再発見した<sup>[2]</sup>。

(出展)

<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E9%87%8F%E5%AD%90%E7%84%BC%E3%81%8D%E3%81%AA%E3%81%BE%E3%81%97%E6%B3%95>

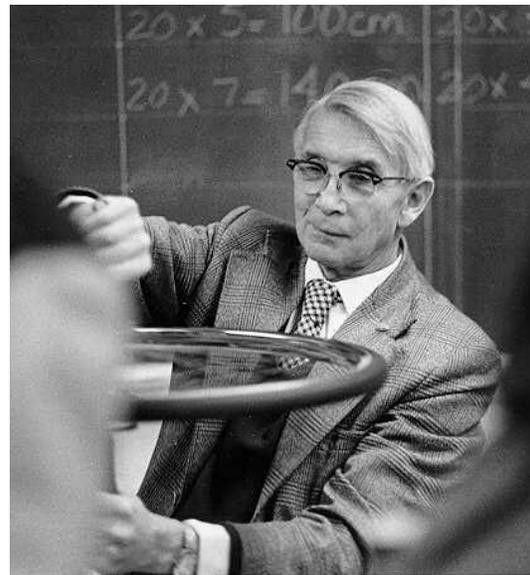
## 結晶を構成する原子の「スピン」の向きを計算する簡易的なモデル

### ● Ising (イジング) 模型

- 磁石の理論模型
- 模型全体のエネルギーを示す式(ハミルトニアン)

$$H = \sum_{i < j=1}^N J_{ij} \sigma_i \sigma_j + \sum_{i=1}^N h_i \sigma_i$$

- $\sigma_i = \pm 1$  : イジングスピン (小さい磁石)
- $J_{ij}$  : スピン  $i$  と  $j$  の相互作用係数  
(2つのスピンが同じ方向を向きたがるか反対方向を向きたがるか。)
- $h_i$  : スピン  $i$  にかかるバイアス (磁場、磁界)  
(そのスピンがどちらを向きたがるか。)



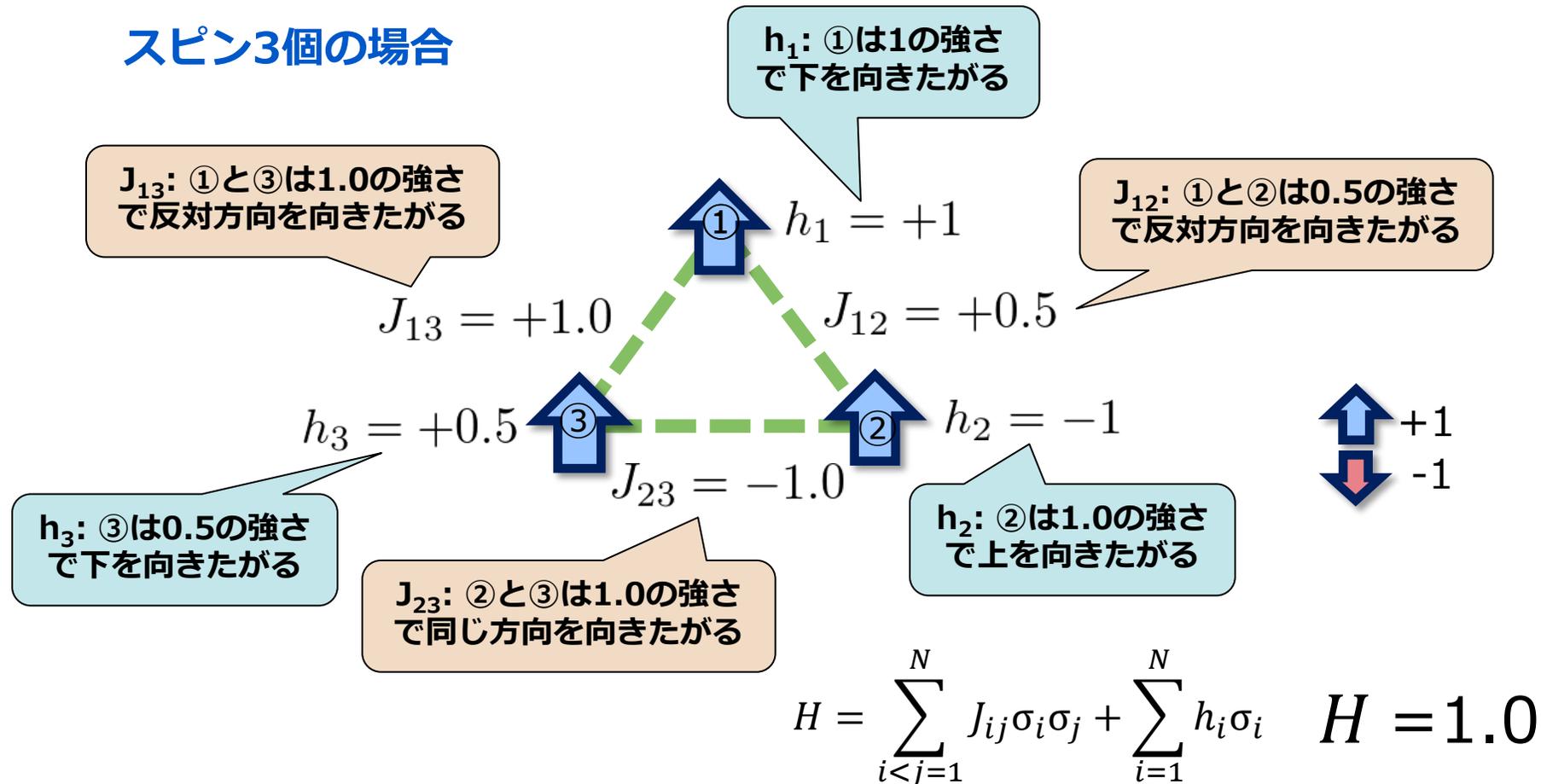
E. Ising 博士

(出展) <http://theor.jinr.ru/~kuzemsky/isingbio.html>

# イジングモデルとアニーリング

解きたい問題をイジングモデルの $J_{ij}$ と $h_i$ で表し、アニーリングで全体が最も安定する(エネルギー $H$ が低い状態になる)よう、スピンの向きを整える。

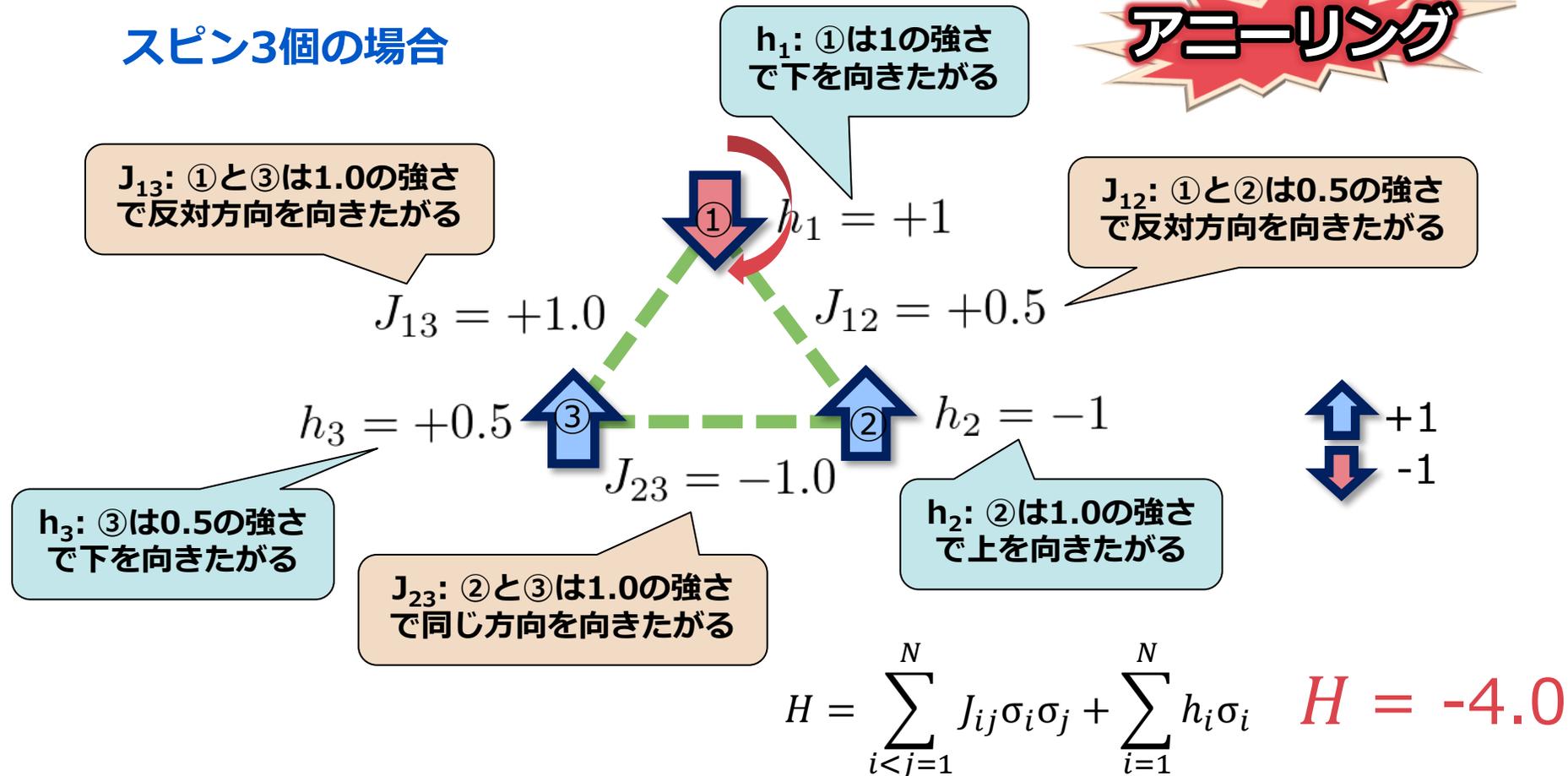
## スピン3個の場合



# イジングモデルとアニーリング

解きたい問題をイジングモデルの $J_{ij}$ と $h_i$ で表し、アニーリングで全体が最も安定する(エネルギー $H$ が低い状態になる)よう、スピンの向きを整える。

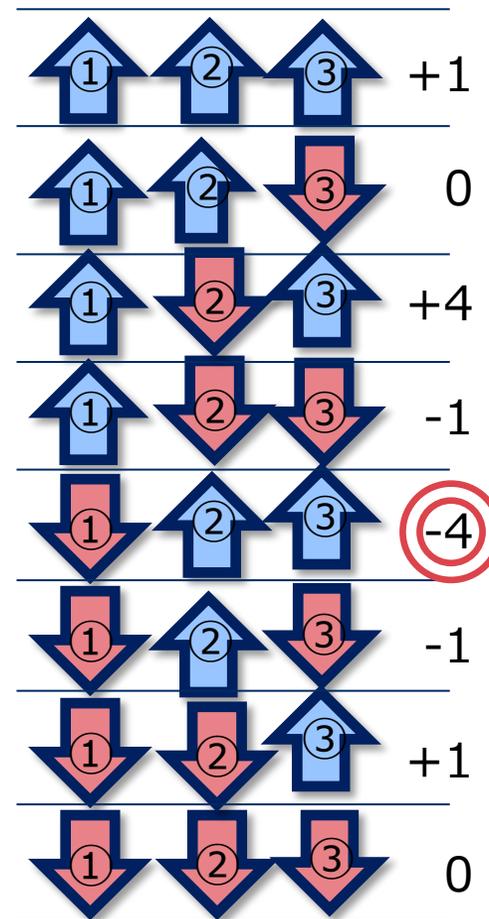
## スピン3個の場合



■ スピンが3個の場合、 $2 \times 2 \times 2 = 8$ 個の組み合わせから最適なものを一回の焼きなまし処理で求めたことになる。

- スピンが10個の場合  $2^{10} = 1024$
- スピンが20個の場合  $2^{20} \doteq 100$ 万
- スピンが30個の場合  $2^{30} \doteq 10$ 億
- スピンが1000個で、 $2^{1000} \doteq 1.071509 \times 10^{301}$

膨大な数の組み合わせの中から、  
よい組み合わせを求めることが  
できる！



■ 量子アニーリング動作をソフトウェアでシミュレーション実行する（ようなもの）

■ 多くの実装があるが、シミュレーテッドアニーリングアルゴリズムを進化させたものが多い

- SAと違い、問題を1/0のバイナリ変数で表現する必要がある
- バイナリ変数のみで表現されているイジングモデルの評価はコンピュータにとって計算しやすい
- コンピュータの進化で、時間内で計算できる量が多くなり、比較的大きな問題まで扱えるようになった

# 最適化ソルバの使い分け



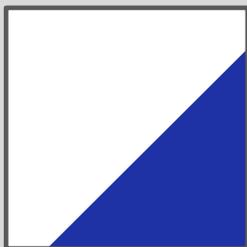
# 【ご参考】数理的アプローチとサンプリングアプローチ

コンピュータを使って問題を解く時、スマートかつエレガントに解く数理的アプローチとコンピューティングパワーを効かせたマッシブなサンプリングアプローチがあります

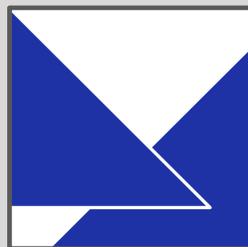
青い部分の面積を求める問題で例えると…

## 数理的 アプローチ

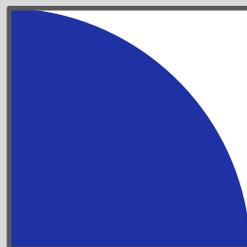
数学的に  
スマートに  
解く手法



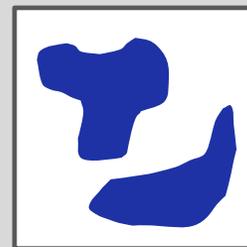
三角形  $8 \times 7 \div 2$   
面積 = 28



三角形2つで  $36 + 28 = 64$   
重なり部分が5  
面積 =  $64 - 5 = 59$



$100\pi \div 4$   
面積  $\div 78.5$

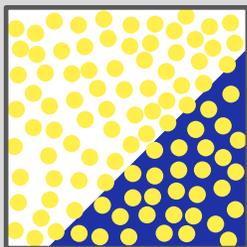


……… ?

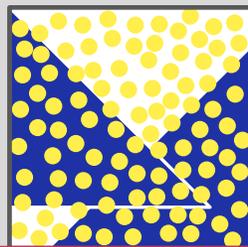
公式が見つけられている  
問題やその組み合わせで  
解ける問題は  
数理的アプローチで  
簡単に解ける

## サンプリング アプローチ

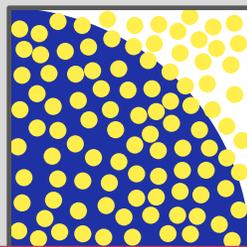
手数で  
マッシブに  
攻める手法



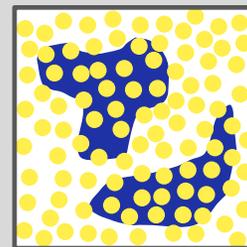
青い部分に点が  
100個中28個  
面積  $\div 28$



青い部分に点が  
100個中58個と半分  
面積  $\div 58.5$



青い部分に点が  
100個中79個  
面積  $\div 79$



青い部分に点が  
100個中32個と半分  
面積  $\div 32.5$

サンプリングアプローチは  
問題の複雑性によらず  
同じ手法で解けるが、  
精度に限界がある

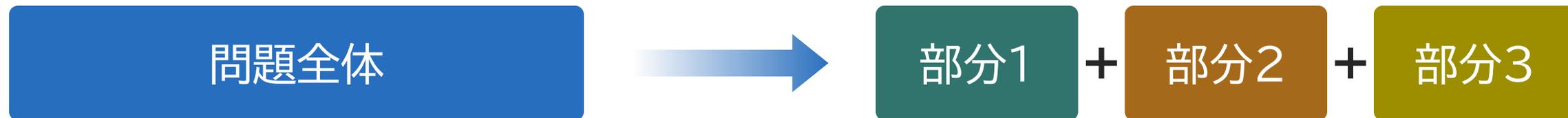
数理的アプローチが  
難しい複雑な問題を  
サンプリングアプローチは  
解決できる可能性がある

# 実社会課題にあたり顕在化する課題

AIや数理最適化技術など既存技術との使い分けが重要

## ◆ 多くの社会課題は複合的

### ■ 部分問題に切り分け



### ■ 切り分けた部分毎に最適なソルバを選択

- AI(機械学習) or 最適化ソルバ  
過去データの有無や要素の説明可否によって適材適所
- 数理最適化 or イジングマシン or その他のソルバ  
モデルを表す式のタイプによって適材適所



# 数理最適化ソルバとの使い分け(1/2)

## モデル化について

	数理最適化ソルバ	イジングマシン
次数	基本1次	基本2次※1
式の形	等式、不等式	等式（不等式は補助変数を用いるなどして対応）
決定変数	連続値、離散値	離散値（連続値は離散化して対応）
制約条件の扱い	制約条件を利用して解を絞り込む（制約条件式が多いと計算時間がかかる）	制約条件は目的項の一つとして取扱う（罰金法）※2

※1 次数については、一般に補助変数を用いた次数下げテクニックを用いて、高次の式に対応することが可能だが、イジングマシンの方が高次の問題に比較的強い。また、数理最適化ソルバでも凸型であれば2次式を効率的に扱うことができるものがある。

※2 イジングマシンによっては、制約条件を最適化プロセスで用いることで、求解効率を上げているものもある。

# 数理最適化ソルバとの使い分け(2/2)

解の性質、精度、品質、速度等について

	数理最適化ソルバ	イジングマシン
再現性	毎回同じ解が得られる	解くたびに異なる解が得られる。※3式に含まれる重みパラメータを調整することで、解の傾向を調整することも可能
品質保証	解ける問題では厳密解が得られる	絶対的な解の品質保証はできない。ただし、解の検算や比較は容易に実装可
解が無い場合	「解無し」になる。この場合、モデルを見直し、制約条件を緩めて次善の解を求めることが多い。	なるべく制約や目的を満たす次善の解を出力
最適化処理時間	問題の規模による。制約条件の数が大きくなると計算時間が長くなる。計算時間を指定して打ち切って途中の解を得ることは可能。	問題の規模による。制約条件の数には影響されにくい。計算時間を指定することができるものもある。

※3 イジングマシンの解の再現性について、どちらが好適かはアプリケーションによる。

# イジングマシンと従来ソルバ どちらでも解ける場合の使い分け

## ◆ 要件によって使い分ける例1（解のバリエーション）

- 数学的ソルバ: 100点の解が必要な場合
- イジングマシン: 100点の解周辺の複数の解が必要な場合

## ◆ 要件によって使い分ける例2（解が無い場合の振る舞い）

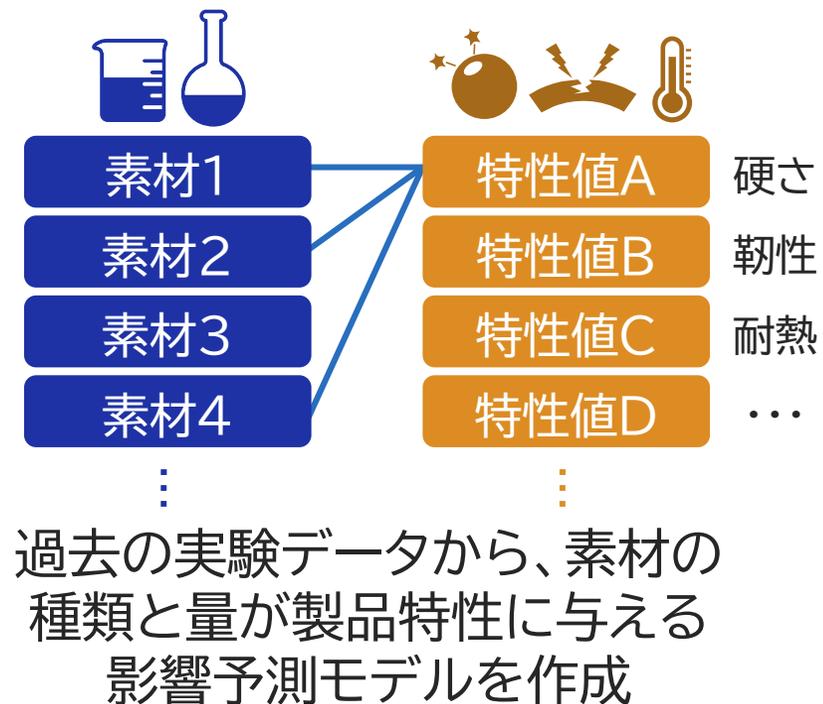
- 数学的ソルバ: 入力データに不備があることを直ちに知りたい場合
- イジングマシン: 入力データに不備があっても次善の解が得たい場合

## ◆ 制約条件の変化によって使い分ける例

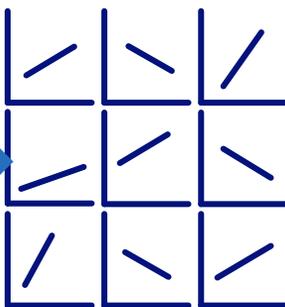
- 制約条件の質の変化
- 制約条件の量の変化

# 要件によって使い分ける例1 (解のバリエーション) 新材料レシピ提案

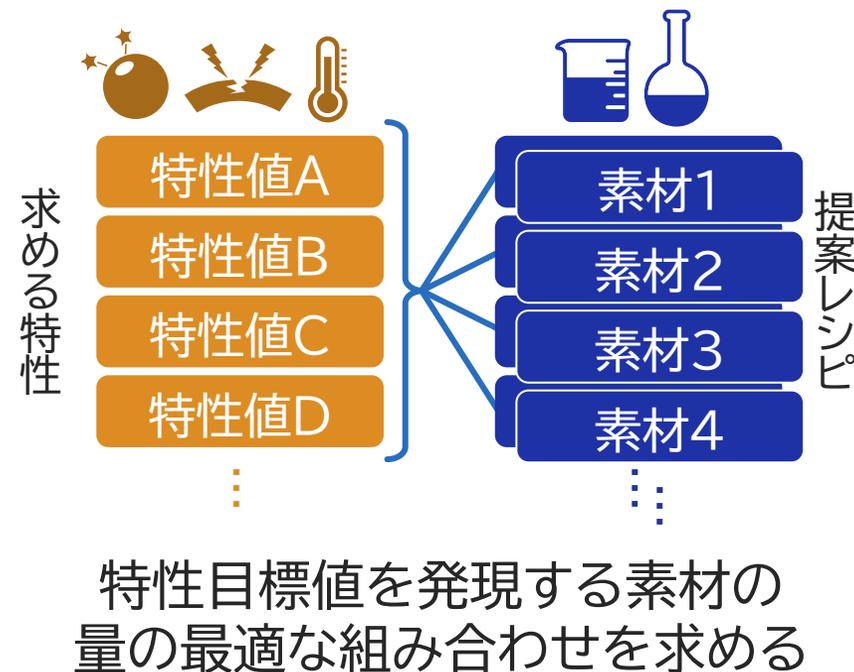
## ①AIで予測モデル作成



予測モデル = 目的関数



## ②最適化ソルバで逆問題



数理最適化ソルバ: 100点の解が必要な場合

イジングマシン: 複数の100点、周辺の複数の解が必要な場合

# 要件によって使い分ける例1 (解のバリエーション) 解が無い場合の振る舞い

- ◆ 実社会課題は、問題設定に誤りが混入する場合もある。必ず制約条件を全て満たす解が存在するとは限らない。
  - 入力データの誤りや、想定外の入力パターンにより、制約条件が満たせないとき、

- 解が存在しないことを証明することで、データ誤りを示唆し、直ちに再入力を促すようなケースは数理最適化ソルバがよい
  - パズルの例だと、ヒントの数を一つ変更(=入力エラー)する。  
⇒ **解が存在しなくなったことが直ちにわかる**

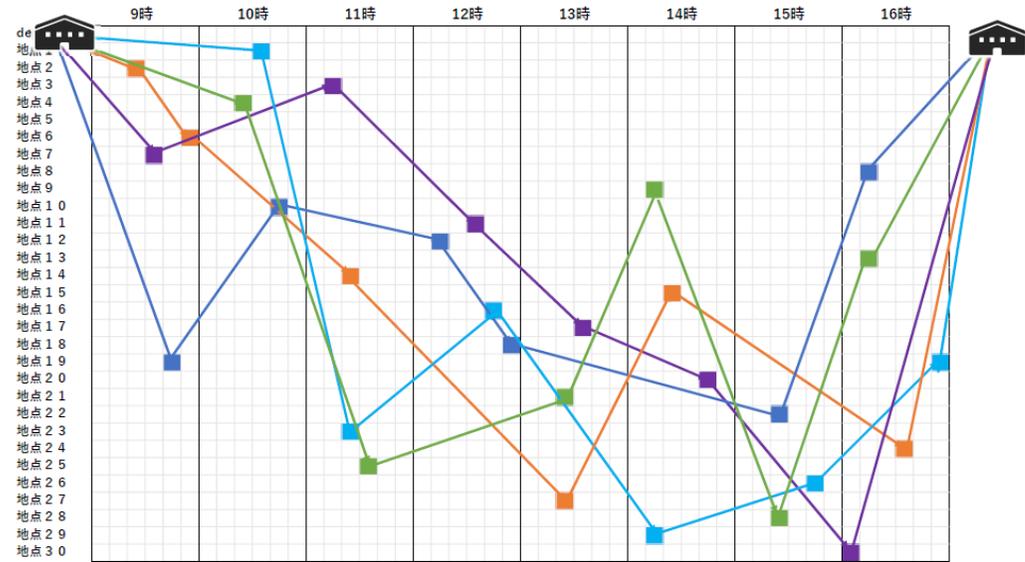
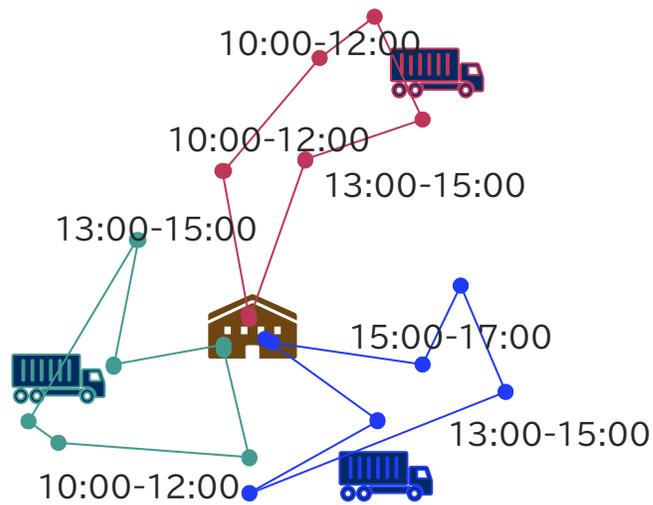
```
Solver:  
- Status: warning  
Return code: 0  
Message: Model was proven to be infeasible.
```

- 制約条件を全て満たさなくとも、次善の解でもよいから、なんらかの解が必要な場合はイジングマシンがよい
  - パズルの例だと、何か所か正しくない解になっているが、  
**なんの絵が描かれているのはわかる**



# 制約条件の変化によって使い分ける例 時間枠指定付き配送計画問題

◆ 配達時間指定のある荷物を複数台のトラックで手分けして効率よく配達したい



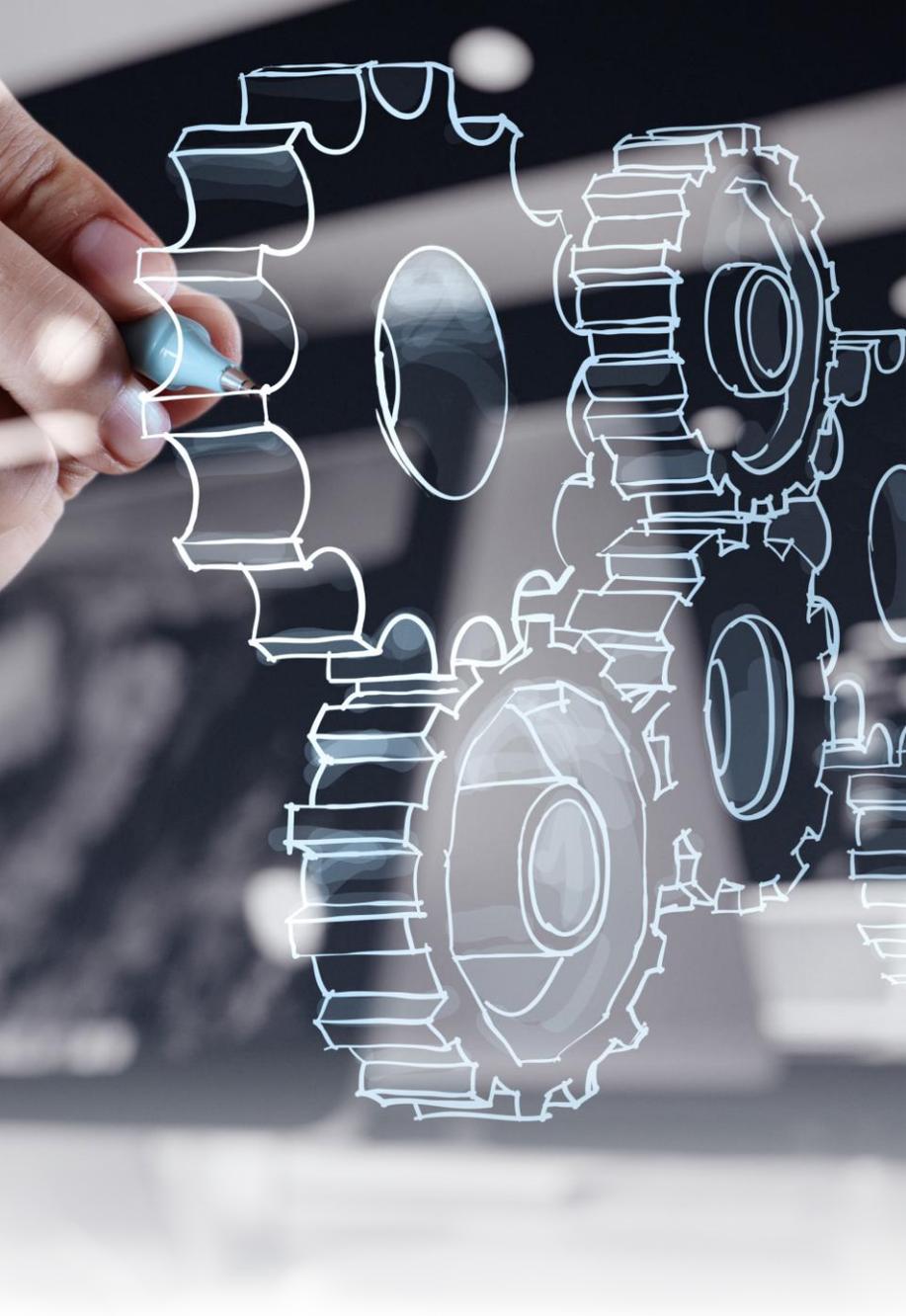
	イジングマシン	数理最適化ソルバ
16地点、2台、24時分割 768変数、制約条件数:4万個	1.2秒	0.8秒
50地点、4台、48時分割 9600変数、制約条件数:318万個	17秒	6分10秒
200地点、14台、48時分割 134400変数、制約条件数:193M個	12分33秒	-

規模が小さいうちは数理最適化ソルバ優位  
制約条件が100万個を超えたあたりでイジングマシン優位へ

# 適用事例のご紹介

生産計画





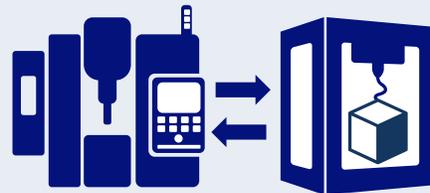
# 生産計画

多品種少量生産時代には、複雑化する生産計画立案への対応が競争力に

## 量子アニーリング

3Dプリンタ/レーザー加工装置/表面実装装置など、  
様々な製品を加工できる汎用加工装置の進化

組合せ  
最適化問題



- どの順番で製品を加工すべきか？
- いつ、どのような手順で作るか？
- 設備、人員等 をどう配備するか？
- 加工する製品の切り替えにかかる時間（段取り替えロス）の最小化が課題
- どの製品からどの製品に切り替えるかによって、ロス時間が異なる

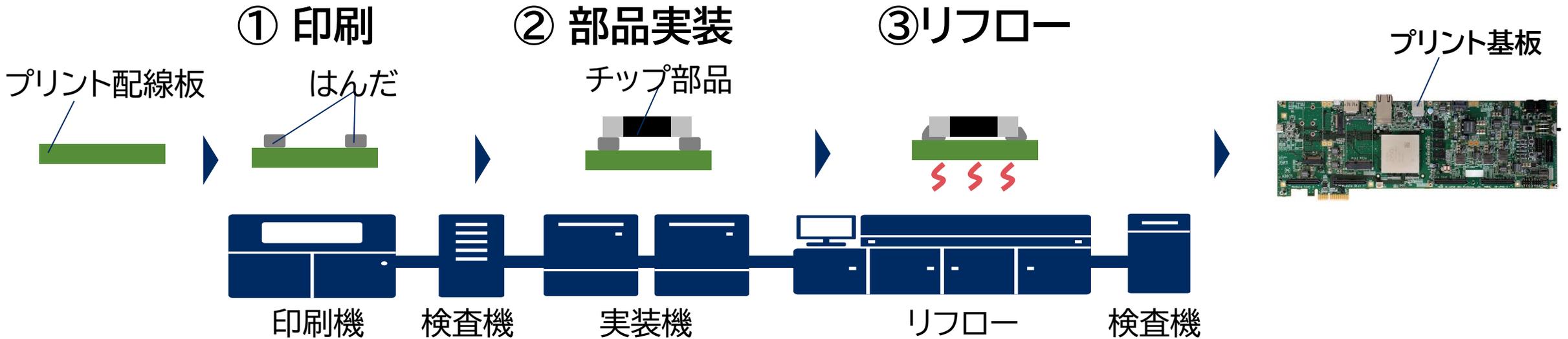
# NECプラットフォームズの事業分野・提供技術

ICT領域の幅広い技術力を活かし、皆様の仕事や暮らしを明るく元気にする製品・ソリューションを提供します



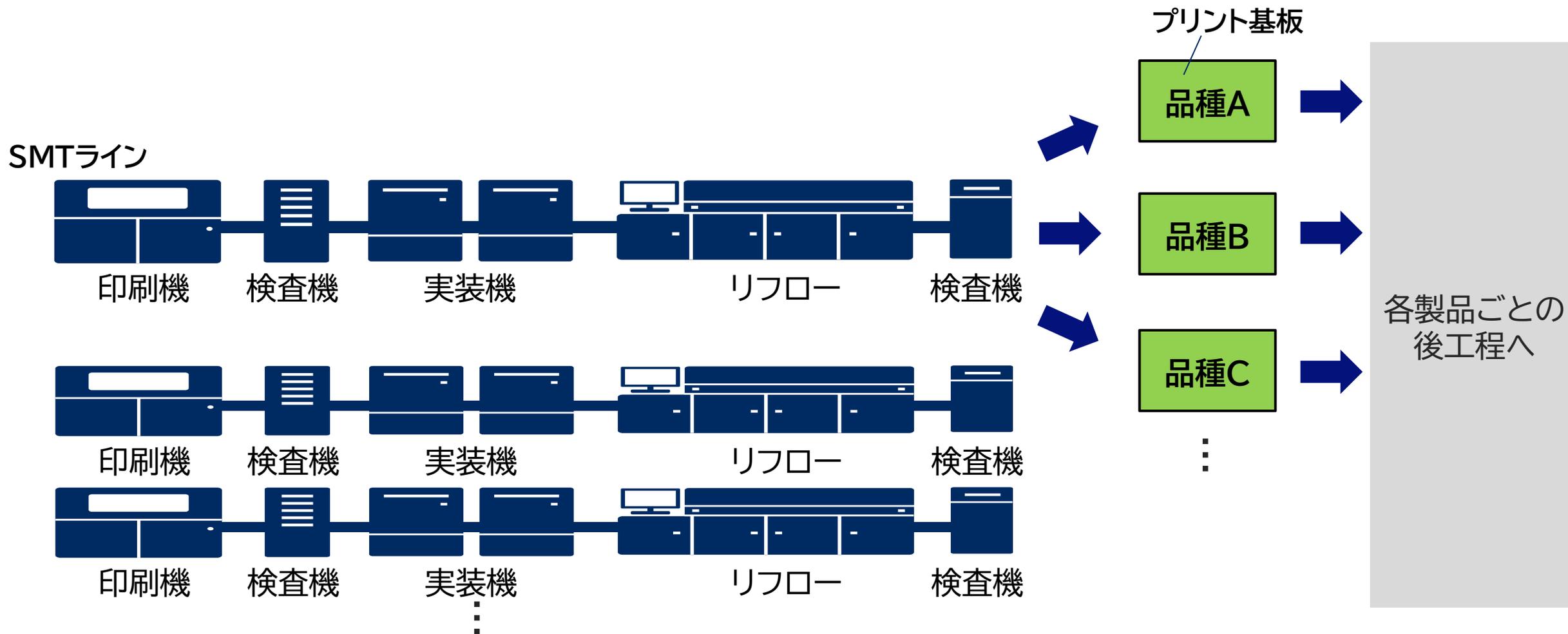
# SMT(Surface Mount Technology)とは

表面実装とも呼ばれ、プリント配線板表面に電子部品を実装・接合する工法  
印刷・部品実装・リフローの3工程を全自動ラインで実現する



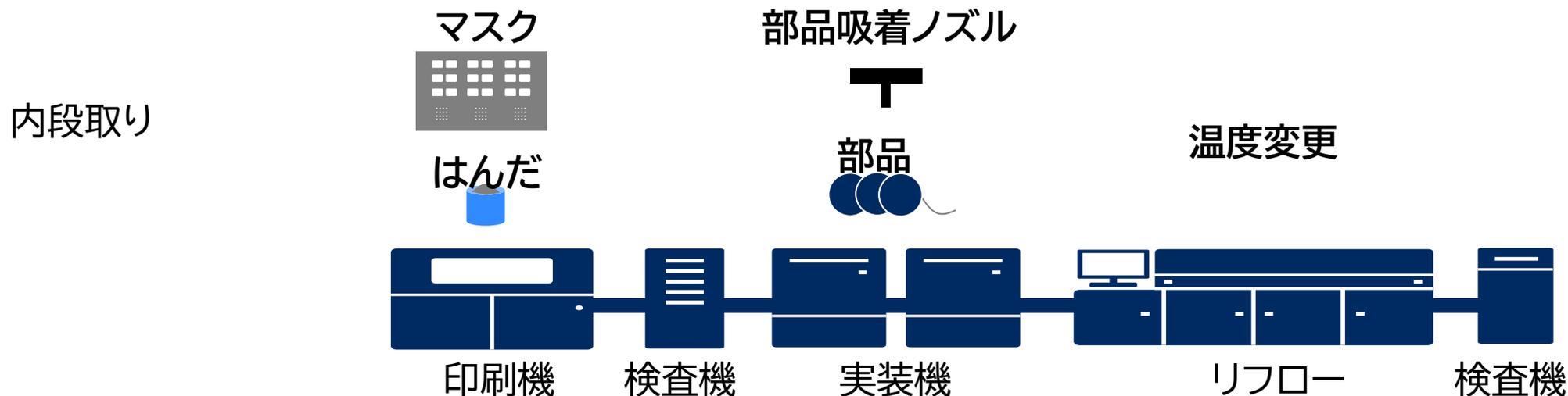
# SMTラインと混流生産

- ・SMTラインはプリント基板を製造する共通工程となり生産品種数が多い
- ・1ラインで複数の品種を生産する混流生産を行っている



# SMTラインにおける段取り

- ・生產品種を変更するために部品や治工具、設備設定などを変更する段取りが必要
- ・ラインを停止して行うため、本作業が長くなると稼働率が低下する



外段取り  
(ライン外)

数百種類の部品を準備



実装機

リール状電子部品

# 生産計画立案に関わる制約条件

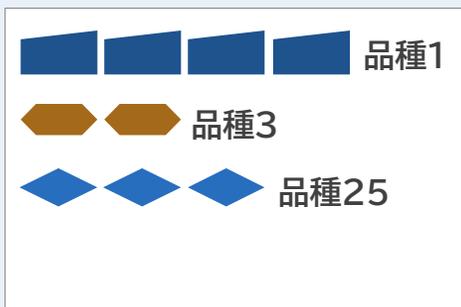
## SMTラインにおける最適化の課題

### 例: 締め切り日が異なる数百品種のオーダーに対して 当日の最適な生産計画(製造順)を立案

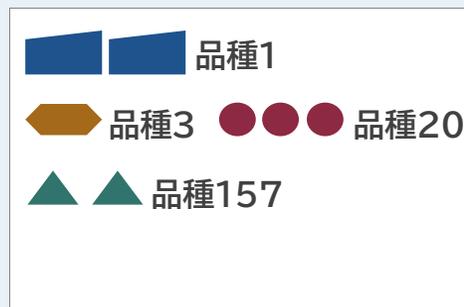
- 生産する品種が切り替わるたびに発生する「段取り時間」を最小化したい
- 品種はいくつかのグループに分類されており、同じグループの品種を連続的に生産すると効率が良い
- 当日締め切りのオーダーは必ず生産する

#### ■ オーダの例

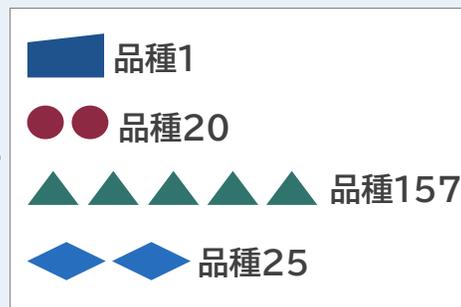
##### 当日締め切り



##### 翌日締め切り



##### n日後締め切り



生産計画立案

#### ■ 極端な生産計画例

同一品種オーダーを作り続ける

**×** 品種25が締め切り遅れ



締め切り順に生産

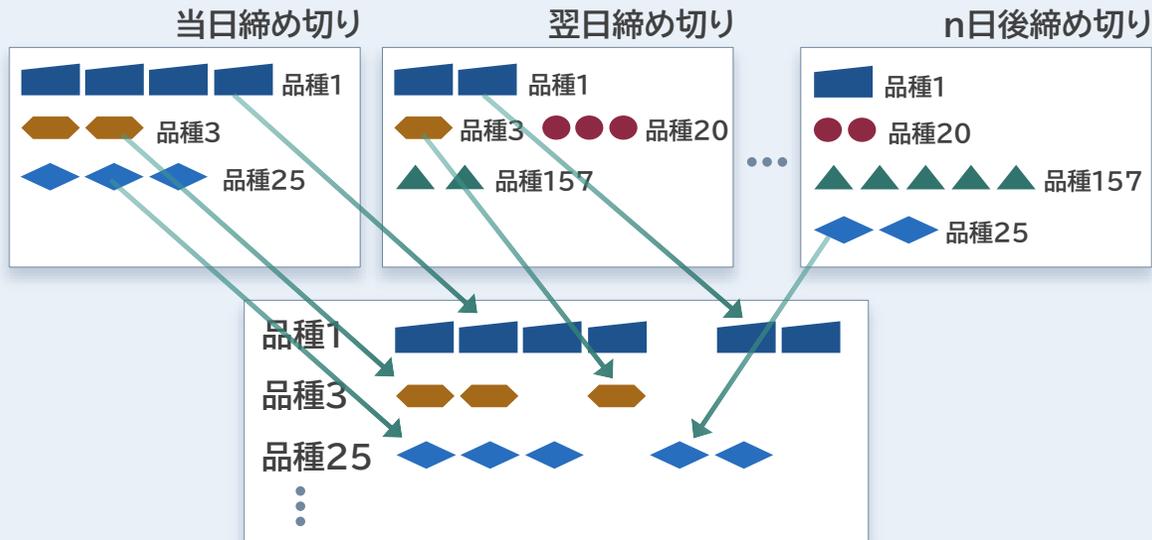
**×** 段取り時間増え稼働低下



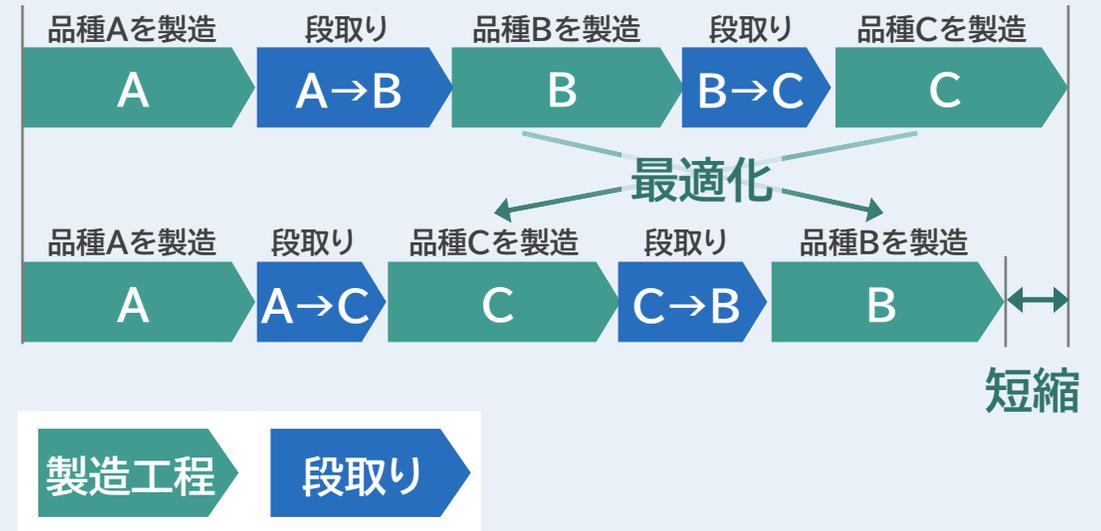
## 匠の技のデジタル化

[https://jpn.nec.com/press/202003/20200317\\_01.html](https://jpn.nec.com/press/202003/20200317_01.html)

### ■ 当日製造する品種の選択イメージ



### ■ 生産順序最適化イメージ



### 人による計画立案

熟練工でも1~2時間

- 熟練工の不足、後継者育成問題
- システム化・アルゴリズム化が困難

改善

### 量子コンピューティングによる計画立案

最適化にかかる時間は数秒※

- 熟練工より、無駄の少ない計画立案が可能であることを検証

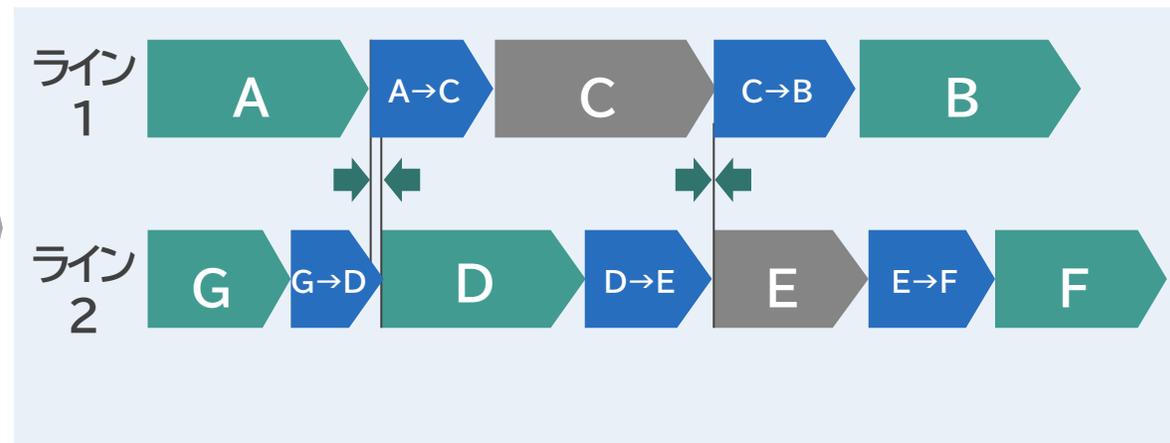
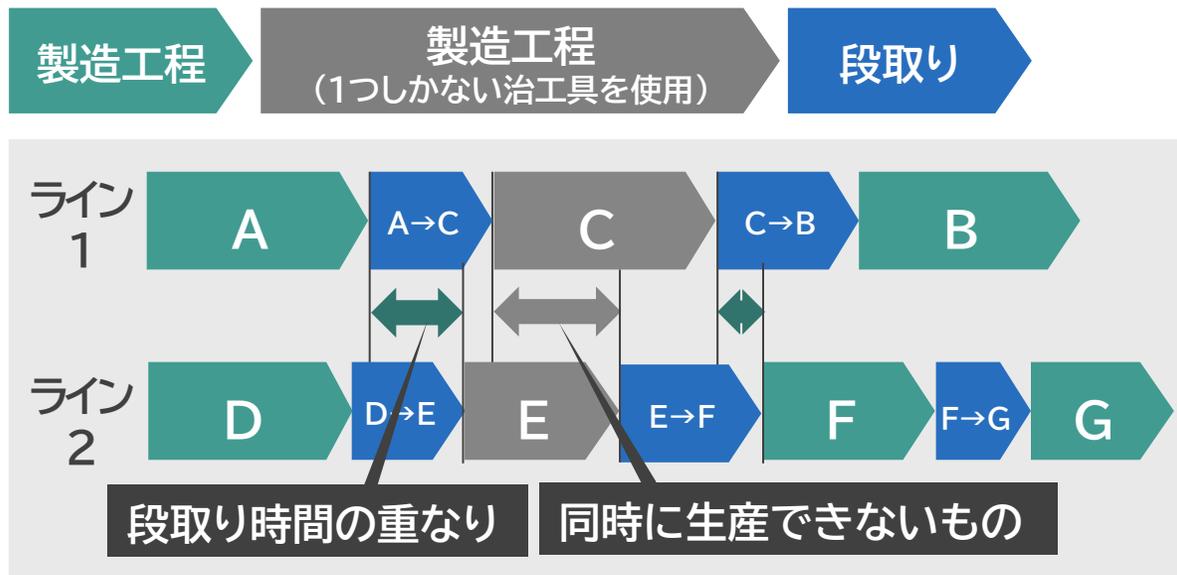
# スコープ拡大による更なる効果

## 匠の技を超える最適化

### 複数ライン最適化に発展

1ラインの最適化に加えて、ライン同士の状態を考慮

- ・ 段取り作業時間の重なりを最小化(段取り作業員の削減)
- ・ 治工具の重なり時間を最小化(生産中断時間の削減)



最適化の範囲を広げていくほど全体コスト削減につながる

# 生産計画最適化の取り組み

## 複雑な生産計画立案の自動化に成功

### 生産条件

- 部品
- 設備設定
- 納期
- さまざまな制約条件
- 1ラインで1日

30品種の生産計画

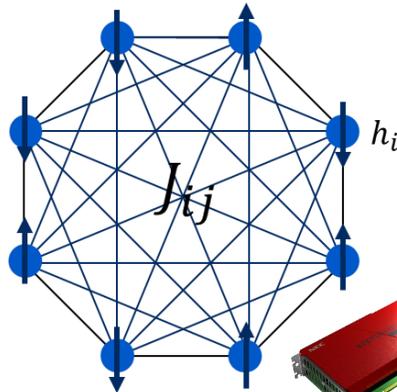
多品種少量生産

組合せ多数

属人化

入力

### 量子アニーリング

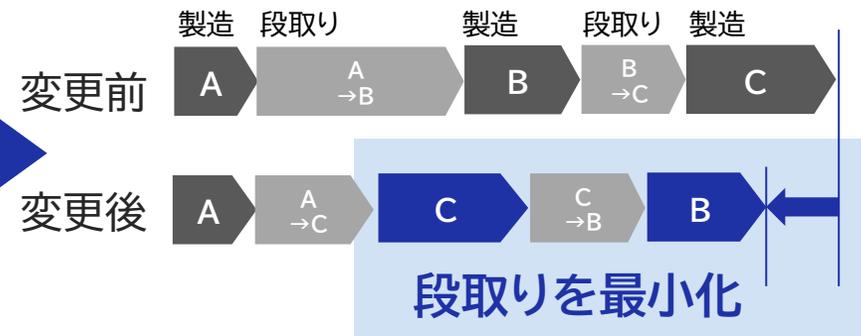


出力

アニーリングマシン  
NEC Vector Annealingサービス

$4 \times 10^{30}$ 通りの  
膨大な組合せを解決

### 生産順をナビ

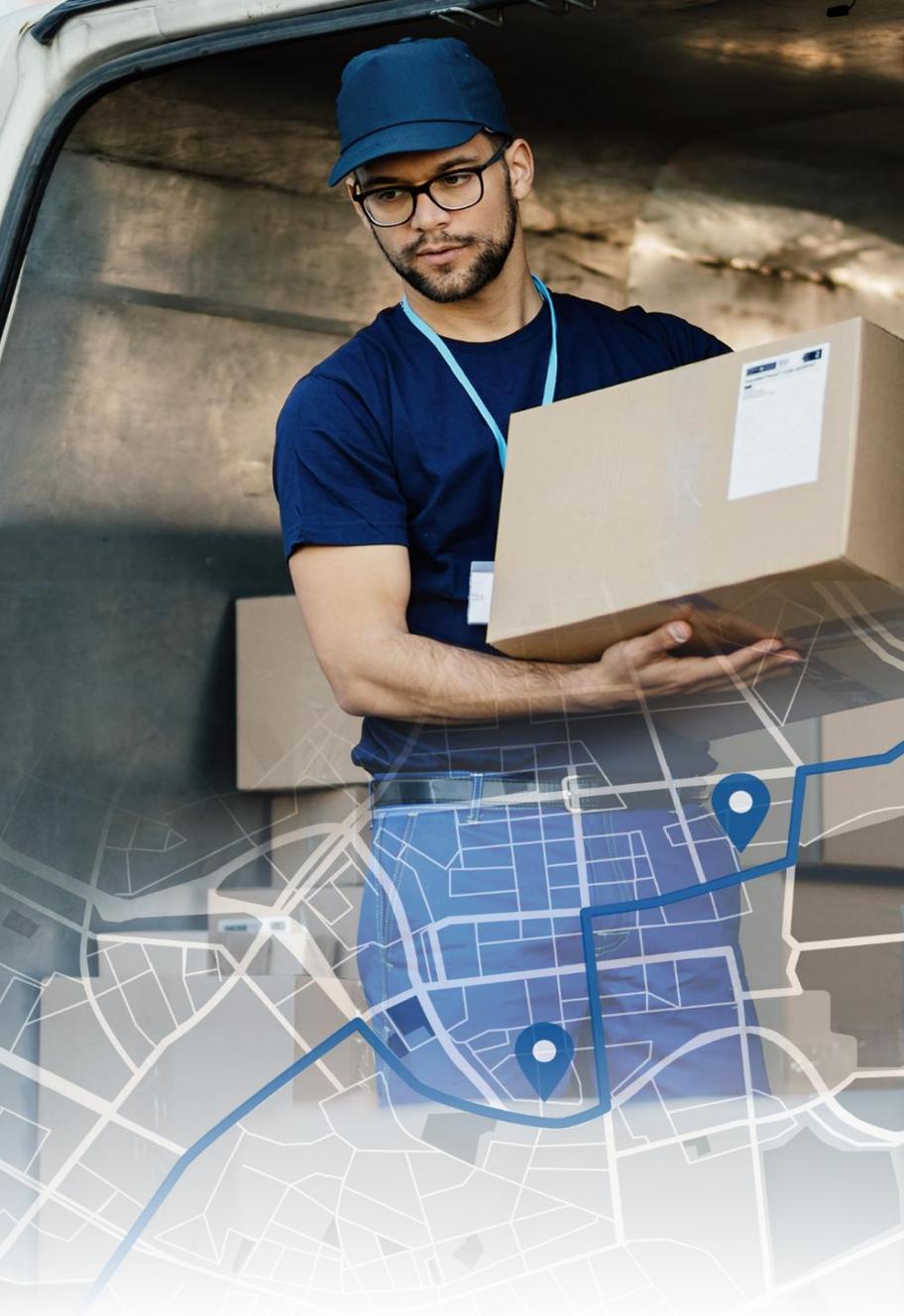


段取り工数 50%削減

設備稼働率 15%向上

立案工数 90%削減

2025年3月より本格導入



# 物流現場の実用事例

NECフィールドディング  
2022年10月稼働  
配送計画最適化事例

2022年9月9日 プレスリリース  
[https://jpn.nec.com/press/202209/20220909\\_03.html](https://jpn.nec.com/press/202209/20220909_03.html)

# NECフィールドディング ハードウェア保守サービス概要

法人向けICT・非ICT機器、ネットワーク機器、各種システムに関する  
保守・修理サービスを提供



ICT機器



病院ファシリティ機器  
医療機器



分析装置



ロボット



業務用洗濯機・乾燥機



業務用冷凍冷蔵庫

# 量子コンピューティングを活用した事例概要

東京パーツセンター



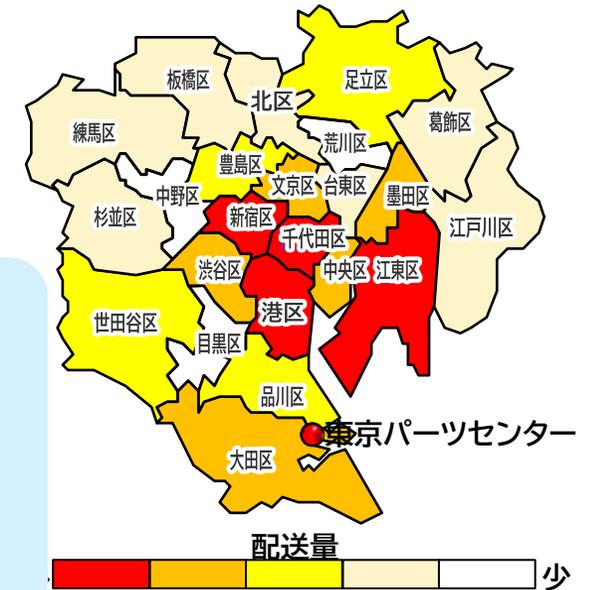
## ◆東京パーツセンター概要

- ・都内南部に約1,800坪の倉庫を構え、約15万点の保守部品在庫を保有
- ・東京23区のお客さまへ**1日数百箇所、約40台の車両で配送**

管轄エリア： 東京23区内  
体制： 24時間365日運用  
配送車両： 軽車両30台/バイク8台  
従業員： 43名

## ◆適用業務内容

- ・首都圏(東京/大阪)のCEは公共交通機関でお客さまからお客さまへ移動
- ・CEがお客さま先に到着するタイミングで部品を届ける必要あり
- ・保守部品の配送は、コストを最少にするため複数の案件をまとめて配送
- ・配送時間/場所/手段/量の組合せパターンが膨大で人手に頼った配送を計画



部品配送要求

配送計画

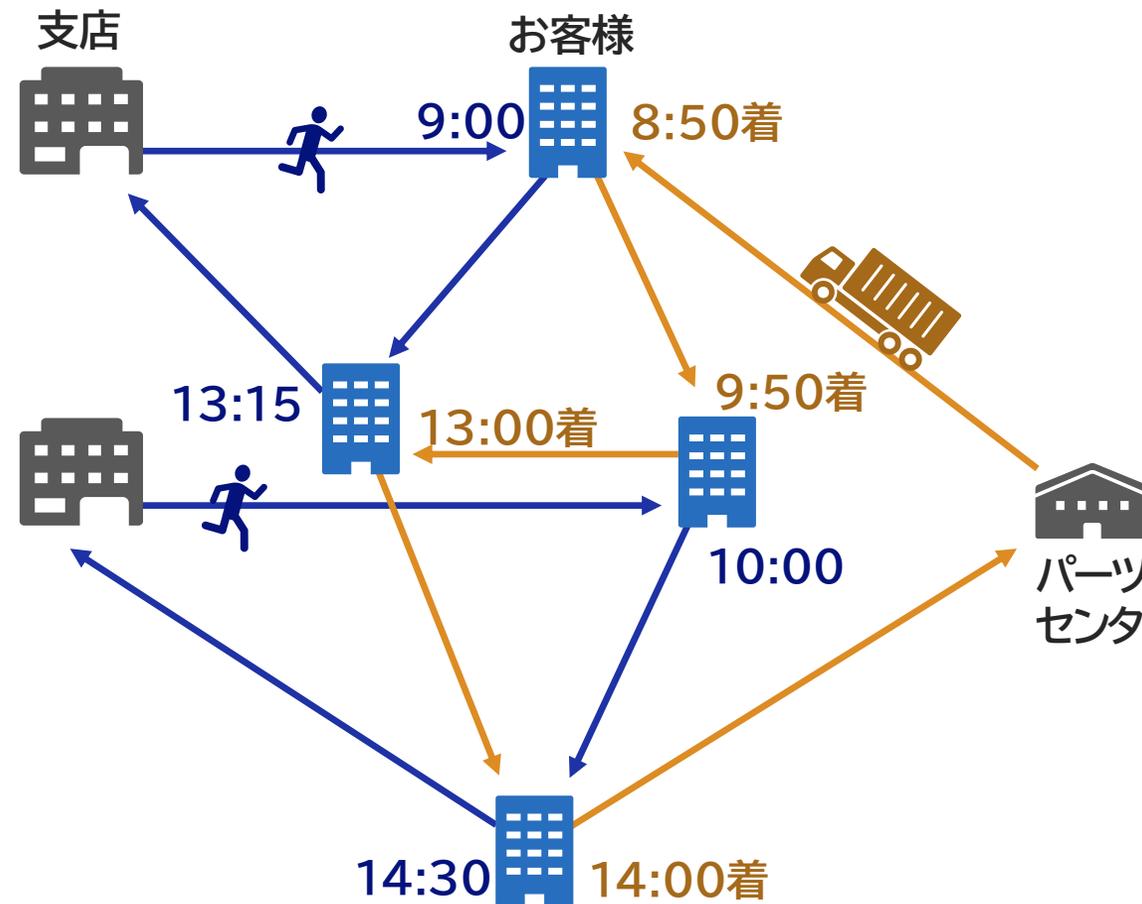
配送地域、配送時間、配送手段、配送量の  
組合せを**ベテラン作業**者が振分け

配送

# 訪問する順番(ルート)を最適化する問題

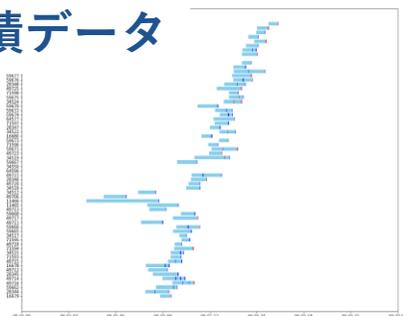
## 例:エンジニアの派遣と部品配送の複合問題

- エンジニアのアサインはスキルマッチングが必要
- エンジニアは電車移動、部品はトラックで移動
- エンジニアと部品はなるべく同じ時間に到着

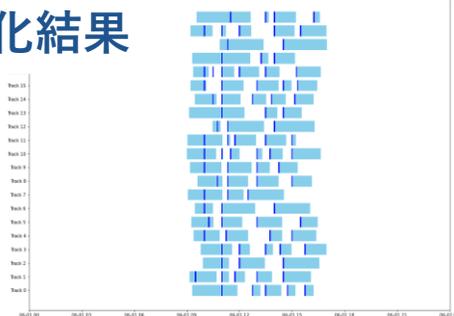


### ルート最適化による配送トラックの効率改善

実績データ



最適化結果



**効果** 配送コストの低減。属人性の排除。

適用業務概要とその特性、課題

前日までに受け付けた依頼の配送計画に加え、数十件におよぶ当日発生した緊急性の高い依頼まで適用範囲を拡大。配送計画の再立案を迅速に行うことで、配送業務の更なる効率化を実現。

2022年導入済み

前日迄に受け付けた配送依頼

数百件/日

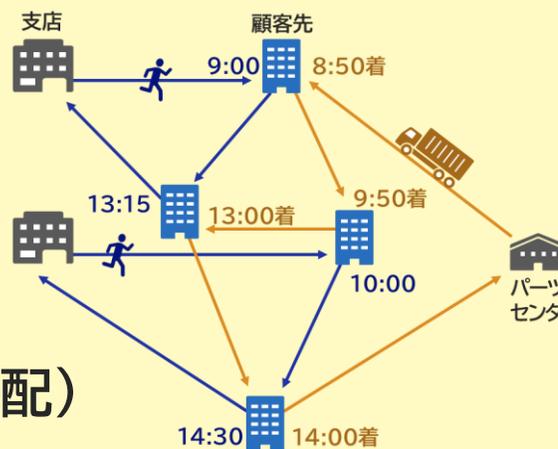
2023年5月導入

当日受付  
緊急配送依頼

● 配送計画  
複雑な条件の配送要求を  
人手で組合せて計画  
★ベテラン作業者の裁量により計画



- ・ 配送時間
- ・ 道路の混雑状況
- ・ 配送エリア
- ・ 部品点数
- ・ 部品重量
- ・ 配送手段 (車/バイク/宅配)



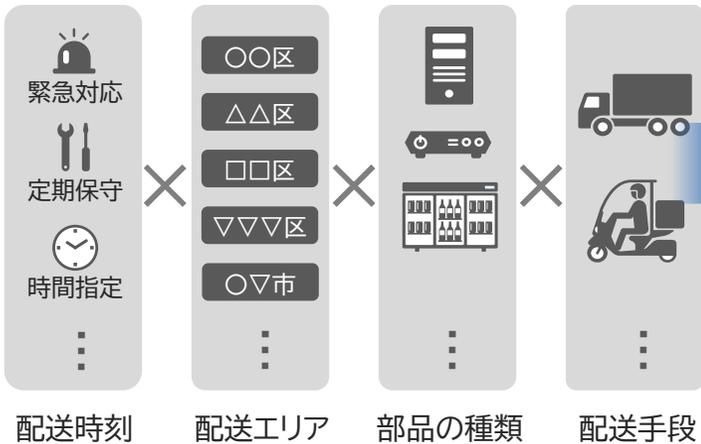
お客さま先での保守対応



# 保守部品の配送効率最適化の取り組み

配送時刻やエリア、手段など膨大な組合せから、最適な配送計画を自動で立案

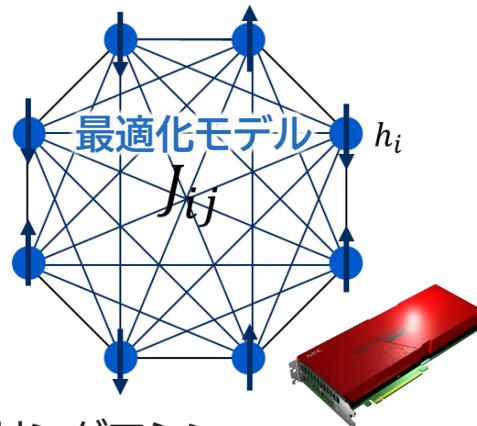
## 背景・課題



首都圏の保守作業は一日に数百件

効率的な配送計画を立案可能な人材が限定的

## 量子アニーリング



アニーリングマシン  
NEC Vector Annealingサービス

10<sup>753</sup>通りの膨大な組合せを解決

## 最適な配送計画を自動で立案

配送効率を  
約 **20%向上**



CO<sub>2</sub>削減や配送計画立案の  
**属人化解消**

# その他の適用事例類型



# 最適化技術を活用した製造業の最適化ユースケース

製造現場の計画業務における「品質向上」「業務時間の削減」「変化に強い仕組みの実現」「属人性の解消」などの課題に対し、最適化ソリューションをご提供いたします

## A) 生産の投入順序計画

- 段取り時間最小化
- 中間在庫適正化
- 工程間整流化

## B) 装置・作業員の割り当て計画

- 装置・作業員負荷平準化
- 生産効率最大化

## C) 製造工程計画（歩留まり）

- ガラスカット
- 材料二次割当て問題

## D) 荷積み・配送計画

- 荷積み効率最大化
- 配送距離最小化

## E) 輸送の割り当て計画

- 需要予測と連動した配送計画
- 作業者と部品配送

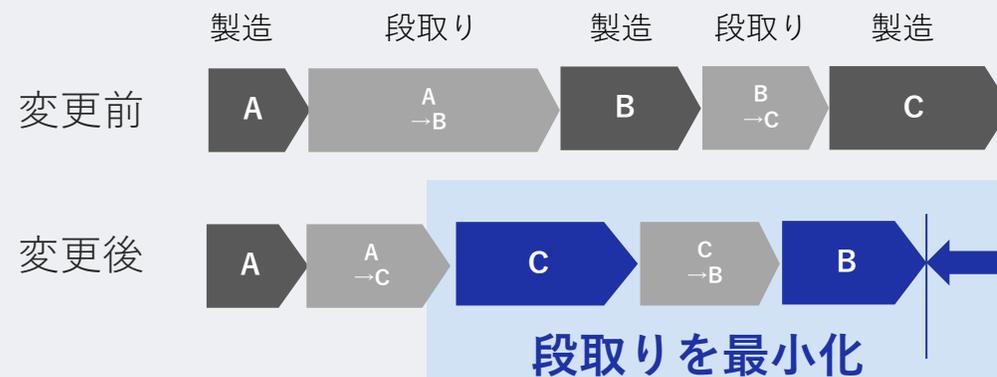
## A) 生産の投入順序計画 | 段取り時間最小化

### 【ポイント】

- 少量多品種生産になり、同一装置で複数の品種を段替えしながら生産する工程
- 切り替える品種によって、段替え時間が異なる
- 生産する順番を最適化することで、段替え時間を最小化する

### 【最低限必要なデータ】

- 品種毎の生産時間
- 加工装置の能力データ
- 段替え時間(from, to すべての品種分必要)



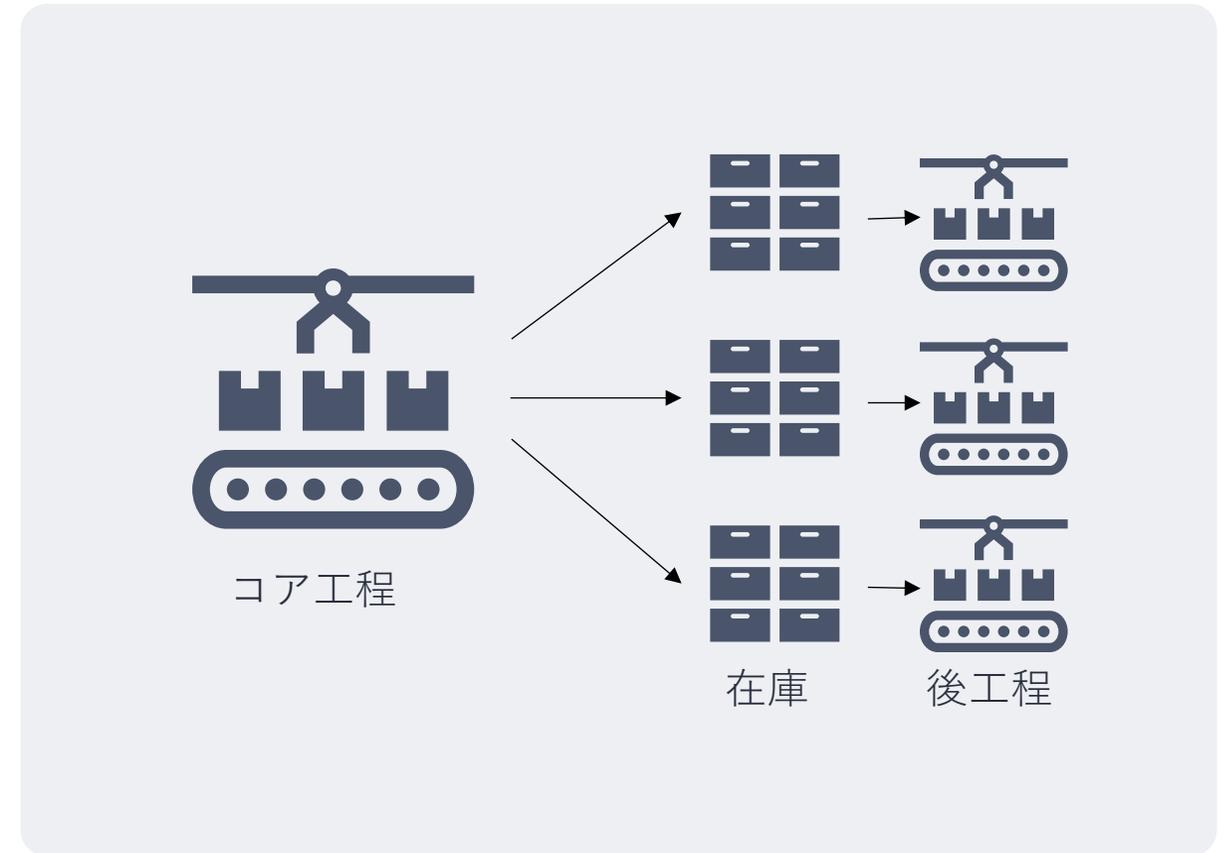
# A) 生産の投入順序計画 | 中間在庫適正化

## 【ポイント】

- 高い生産効率を目指しながらも、後工程の引き具合を加味して、中間在庫量を適正に保つような生産計画を求める。

## 【最低限必要なデータ】

- 後工程ライン毎の在庫使用頻度データや計画データ
- コア工程の生産計画最適化に必要なデータ(前頁参照)



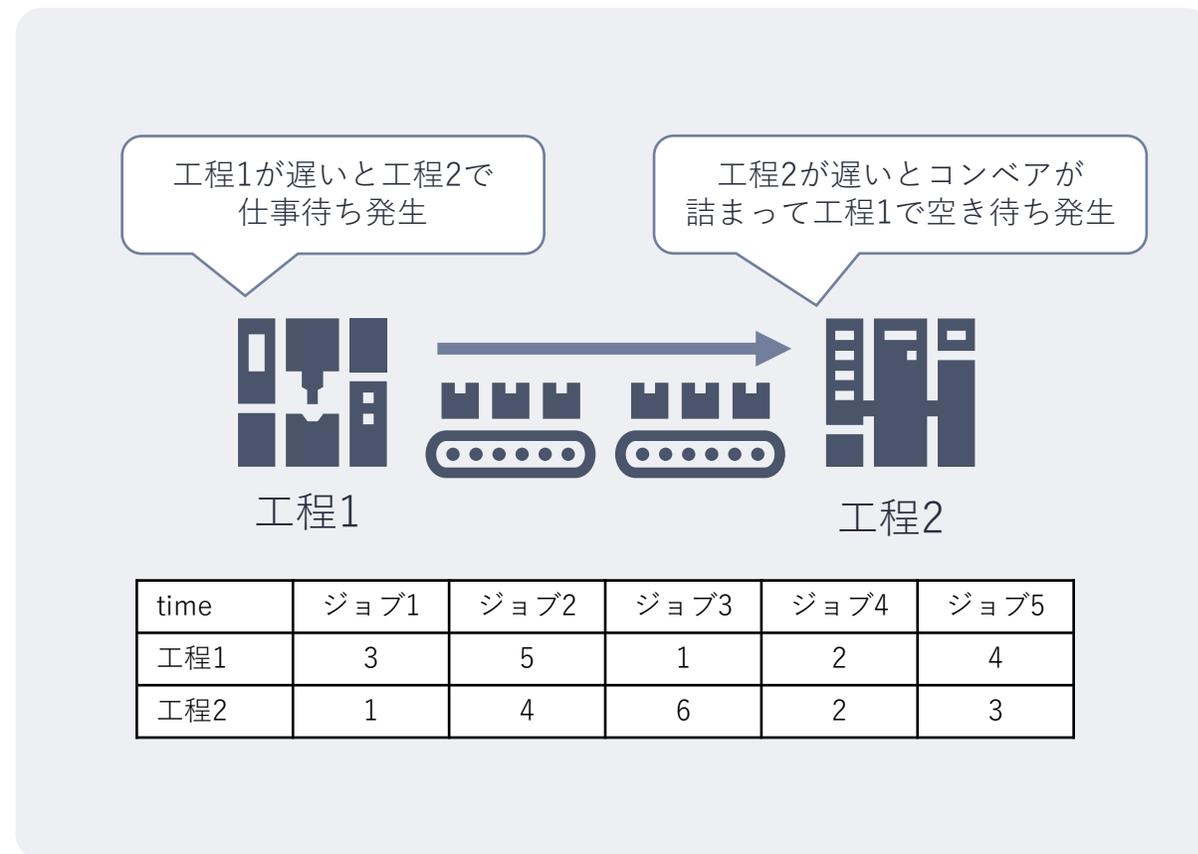
# A) 生産の投入順序計画 | 工程間整流化

## 【ポイント】

- 複数の工程からなる現場が対象
- 品種によって、工程毎にかかる時間が異なる (前工程<後工程, 前工程>後工程等)
- 生産順を最適化することで、後工程が詰まることで前工程に待ちが発生したり(ブロッキング)、前工程が遅いことで、後工程で製品待ちが発生するような無駄を削減し、工程全体のスループットを最大化する。

## 【最低限必要なデータ】

- 品種毎に各工程の生産時間
- 工程間のバッファ情報



## B) 装置・作業員の割り当て計画 | 装置・作業員負荷平準化・生産効率最大化

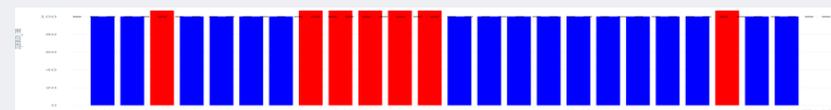
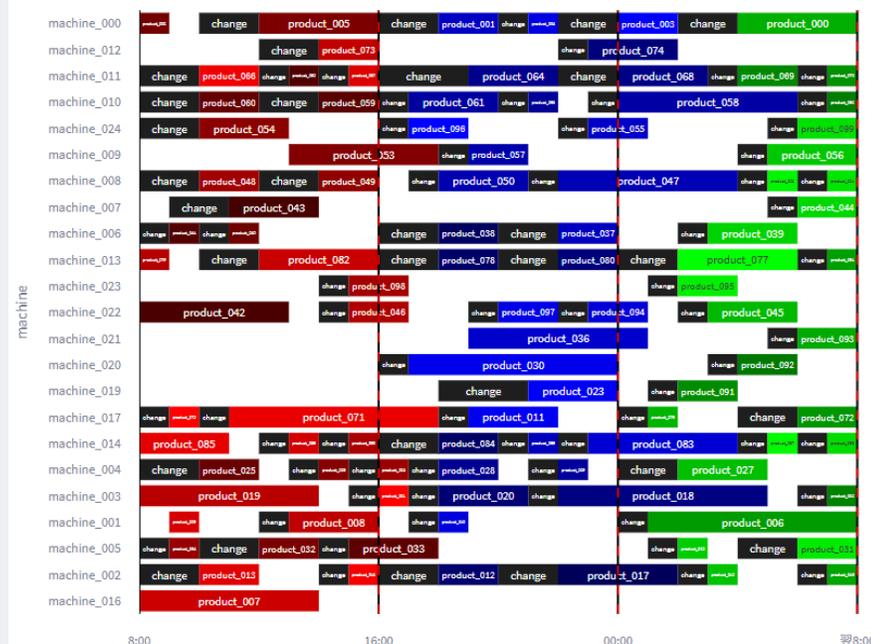
### 【ポイント】

- どの装置でいつ誰が生産するか、オーダーを割り振る問題
- 加工装置毎のパフォーマンスの違い、作業員のスキルを考慮
- 効率優先 / 加工装置や作業員の負荷の平準化優先のバランス調整

### 【最低限必要なデータ】

- 加工装置の製造品種別能力データ
- 加工装置の段替えにかかる時間
- 作業員のスキル情報
- 作業員の勤務予定データ

スケジュール表



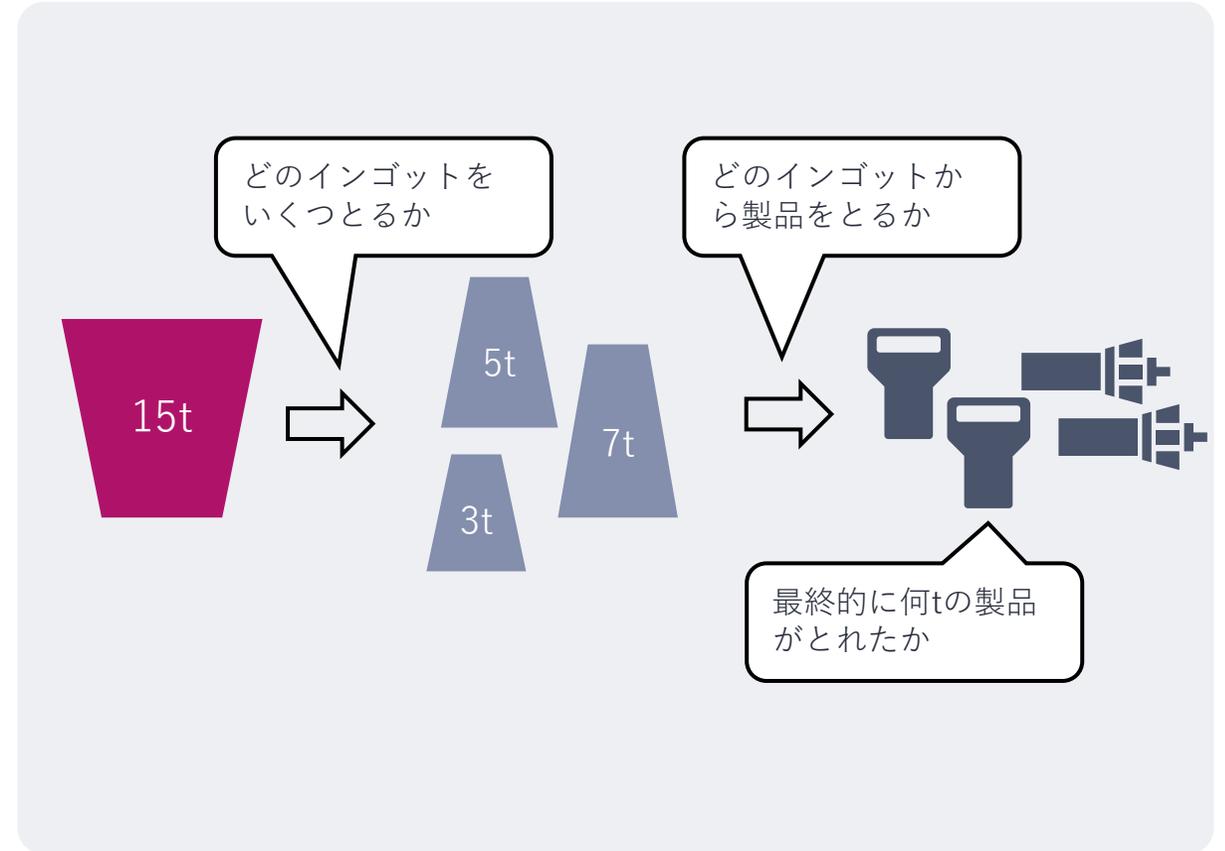
## C) 製造工程計画 | 材料二次割当て問題

### 【ポイント】

- 例えば、鉄の加工品の場合、溶解炉からインゴットへの割り当てと、インゴットから製品オーダーの割り当ての二重の割り当てを行い、歩留まり(製品重量/溶解重量)を最大化する

### 【最低限必要なデータ】

- 元リソース量(溶解量等)、一時割当て条件(インゴットサイズ等)、二次割当て条件(製品重量、サイズ等)



# D) 荷積み・配送計画 | 荷積み効率最大化

## 【ポイント】

- 荷積みの制約を守りながら、なるべく高い積載率を計画
- コストや容量などの条件の異なるトラックに最適に割り当てる計画

## 【最低限必要なデータ】

- トラックの情報(積載量、コスト(タリフ表)、荷台の幅、長さ)
- 荷物の情報(重量、宛先、幅、長さ)
- 積載に際しての制約条件(隣接不可、同梱不可、積載位置指定等)



## E) 輸送の割り当て計画 | 時間指定の配達効率化

### 【ポイント】

- 配達時間指定を守りながら複数個所巡るルートを探し、すべての箇所を最小台数のトラックで配達する計画を求める

### 【最低限必要なデータ】

- トラックの情報(最大台数、積載制限)
- 道路環境情報 (平均車速)
- 荷物の情報(宛先、指定時間)



## E) 輸送の割り当て計画 | 需要予測と連動した配送計画

### 【ポイント】

- ・時々刻々と消費されるモノの補給計画
- ・時間が経つほど補給量は増える
- ・枯渇しないように補給する

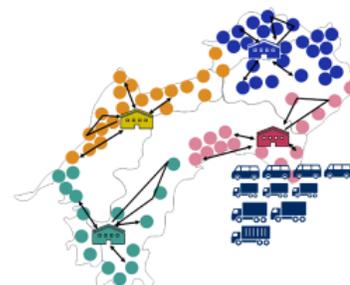
### 【最低限必要なデータ】

- ・各配達先の残量、消費予測データ
- ・トラックの情報（積載量、台数）

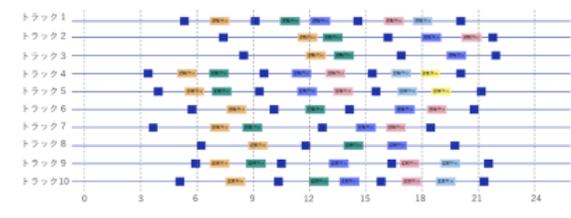
### AI需要予測+スケジュール最適化問題

いつ何をどのくらい配送するかを最適化する問題

- ・一度の配送は1~2ヶ所だが、複数回配送するケース
- ・配送先により受け入れ可能時間や車両が異なる
- ・消費量に応じた補給を行うケースでは、消費予測システムとの連動が必要



### 求めたスケジュール(ガントチャート)



**効果** 配送コストの低減。属人性と配送漏れの排除。

4 © NEC Corporation 2022

Orchestrating a brighter world **NEC**

# 最適化業務のデジタル化がもたらす効果とは

# 現場業務デジタル化から経営判断支援へ

- ◆ リアルの状況変化に追従して最適アクションを選択することで、現場の負担軽減
- ◆ 経営リソース配分の仮説検証が可能になることで、経営支援としての新たな価値へ



## 繋がるデジタルツインでリアルタイムな最適化

事故渋滞、緊急オーダー等、リアルな状況変化にも最適なアクション選択→属人性の排除、スキルフリー化

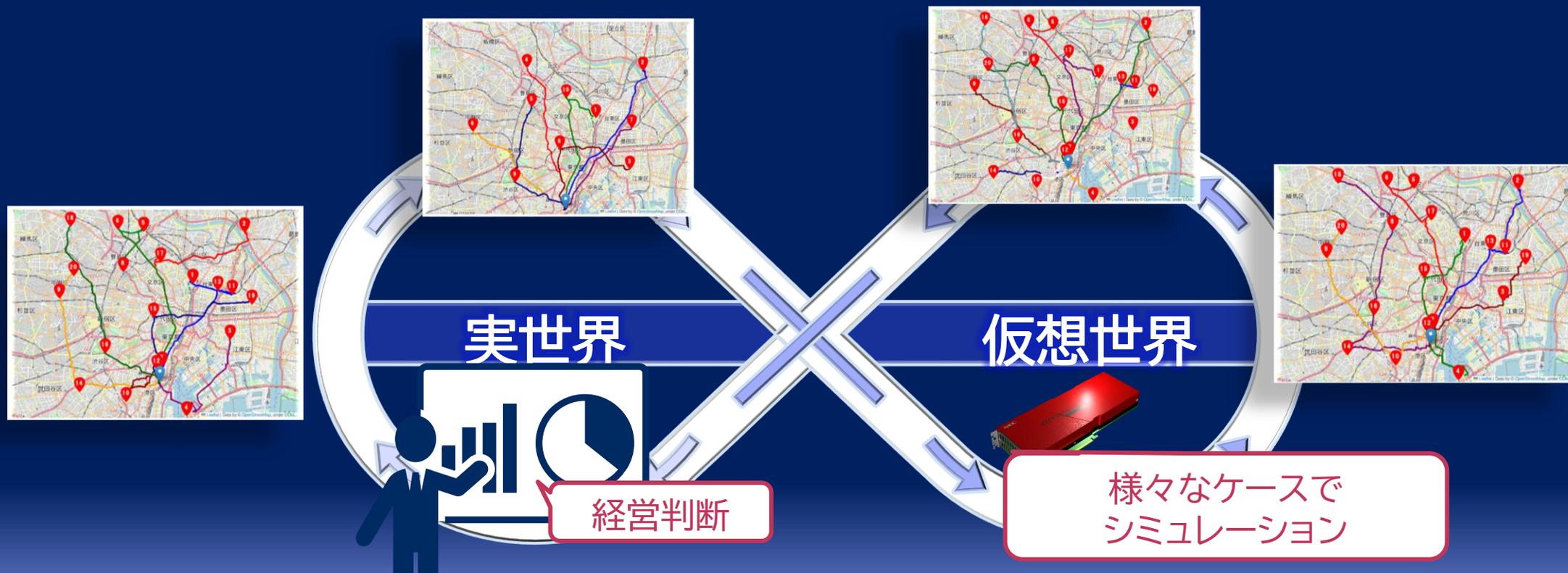


## 経営判断支援

荷量が増えたら？トラック業者を変えても大丈夫？  
ヒトモノカネ、経営リソース配分の仮説検証が可能に

# よりよいデジタルツインが生み出す新たな価値

case: 配送業者の見直し。振興業者はどう？トラック数は適切？荷量が増えたら？  
例えば1年間/3年間のシミュレーションが一晩で可能に



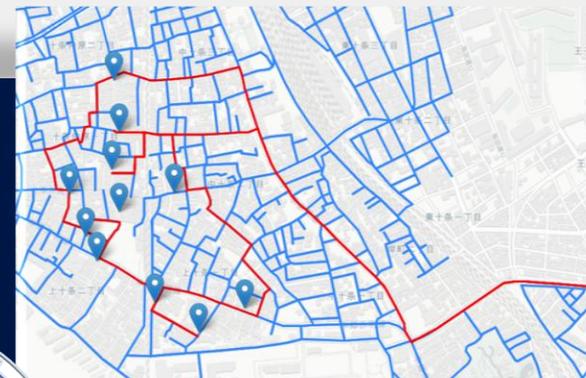
ヒトモノカネ 経営リソースの見直しを精緻なシミュレーション  
結果をもとに検討できる経営ツールとしての価値

# デジタルツインでさらなる価値を

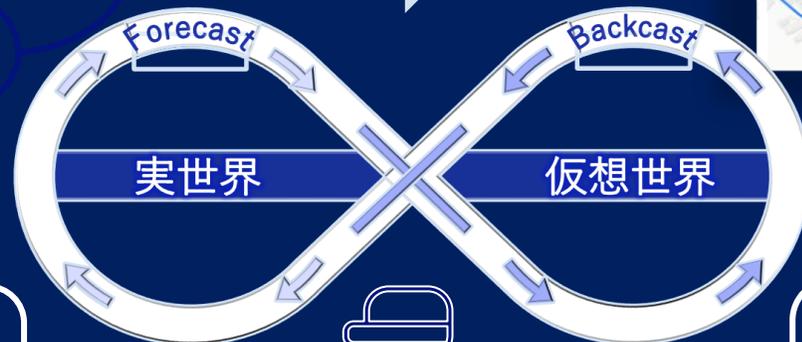
case: 配送の平準化



無駄



平準化と午後分の  
の売上増も  
見込める！



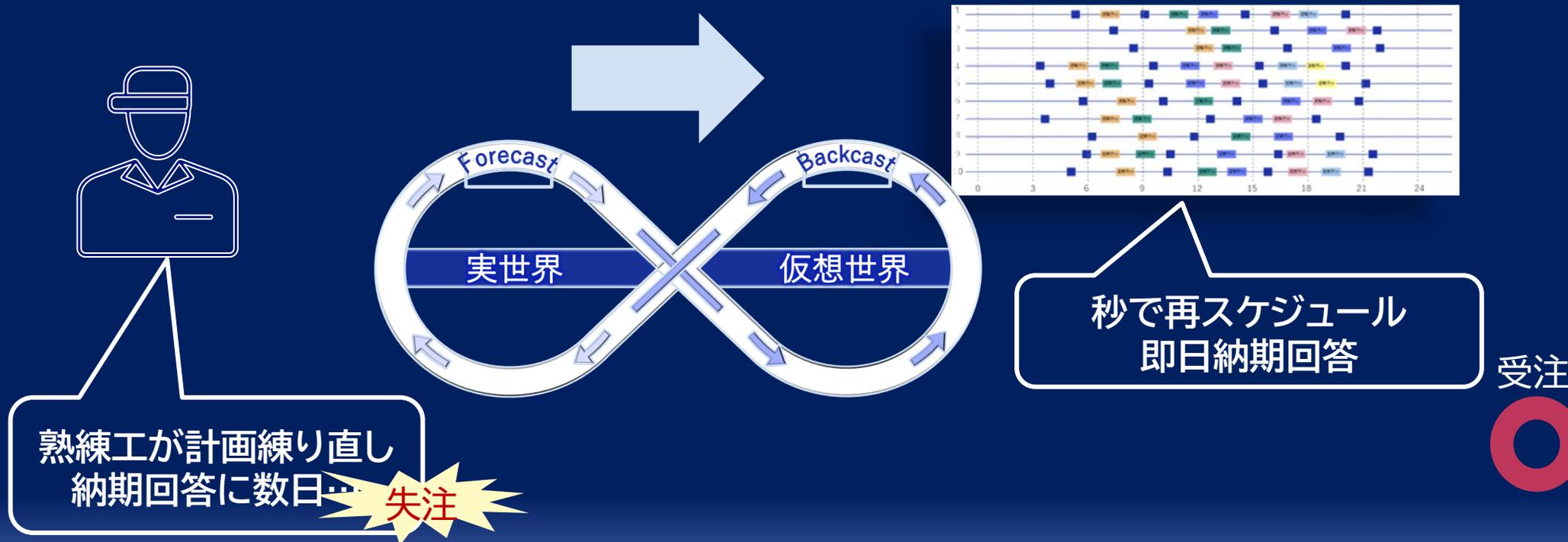
午前中に配送が  
集中して午後トラック  
余ってるなあ

午前配送を午後に回すとコス  
トがxx%減らせる！  
→午後配送料を下げよう！

現状の無駄を減らしコストダウンを図るだけでなく、  
新しい配送料金体系をシミュレーションで検証し事業拡大！

# よりよいデジタルツインが生み出す新たな価値

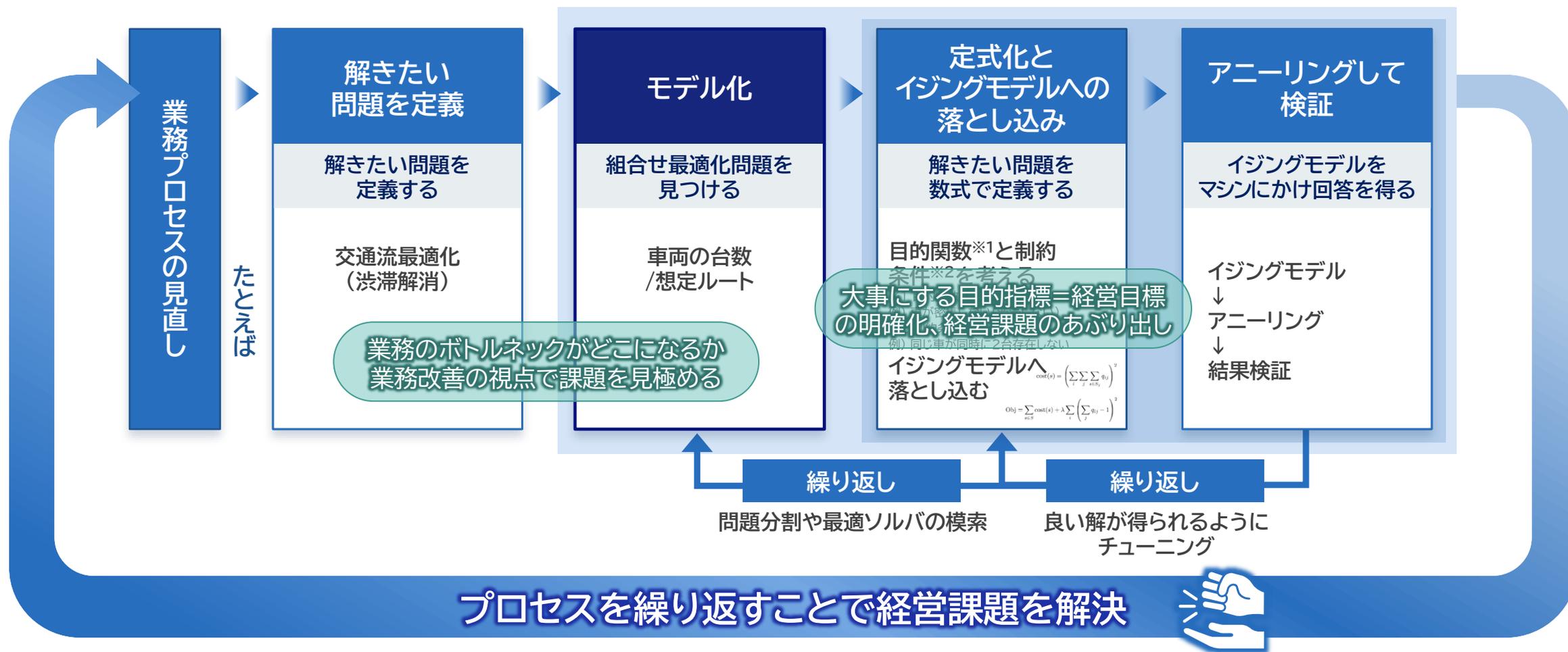
case:工場に急ぎのオーダー依頼が入った



熟練工の人件費削減(cost cut)のみならず、  
機会損失の削減 (make money)という価値を生み出す

# 業務最適化への取り組みがもたらす副産物

以下プロセスを繰り返すことで現場課題の解決から経営課題の解決へと繋げていく



(参考) [1708.01625] Traffic flow optimization using a quantum annealer : <https://arxiv.org/abs/1708.01625>

# NECが提供しているサービス

お客様の「現場のお困りごと」をヒアリングする段階からお客様の課題解決をトータルにサポートします。

オンプレミス

クラウドサービス

## NEC Vector Annealing

NECの独自アニーリングアルゴリズムにより  
大規模アニーリング/最適化の高速処理を実現

2025.11 4.0リリース  
\*オンプレミス環境のみ

## Gurobi Optimizer

Gurobi社※1の  
Gurobi Optimizerを、  
NECによる  
日本語サポート含めて提供※2

※1 Gurobi社の正式名は、Gurobi Optimization, LLC です。  
※2 Gurobi Optimizerは、製品単品での提供はございません。  
量子コンピューティング適用サービスとセットでの提供となります。  
※3 D-Wave社の正式名は、D-Wave Systems, Inc. です。

## Leap Quantum Cloud Service

D-Wave社※3の  
Leap Quantum Cloud  
Serviceを、NECによる  
日本語サポート含めて提供

## 量子コンピューティング 適用サービス

お客様の経営課題、業務課題に対して  
技術検証などトータルにサポート

経営・業務最適化  
コンサルティングサービス

SCMアセスメント  
課題の見える化・分析

構想策定支援  
ありたい姿・対策の明確化

業務課題抽出  
テーマ検討

最適化方式検討  
仮説設定

定式化・机上検証  
プロトタイプ開発

現場適用検証  
チューンアップ

## 量子コンピューティング 教育サービス

DX化やAI活用を加速する  
量子コンピューティング  
人材育成を支援

エグゼクティブ向け  
DX経営テック研修

企画構想策定  
ワークショップ

量子コンピューティング  
導入OJT支援

量子コンピューティング研修  
基礎編

量子コンピューティング研修  
実践編

NECの独自アニーリングアルゴリズムにより大規模アニーリング/最適化の高速処理を実現しています

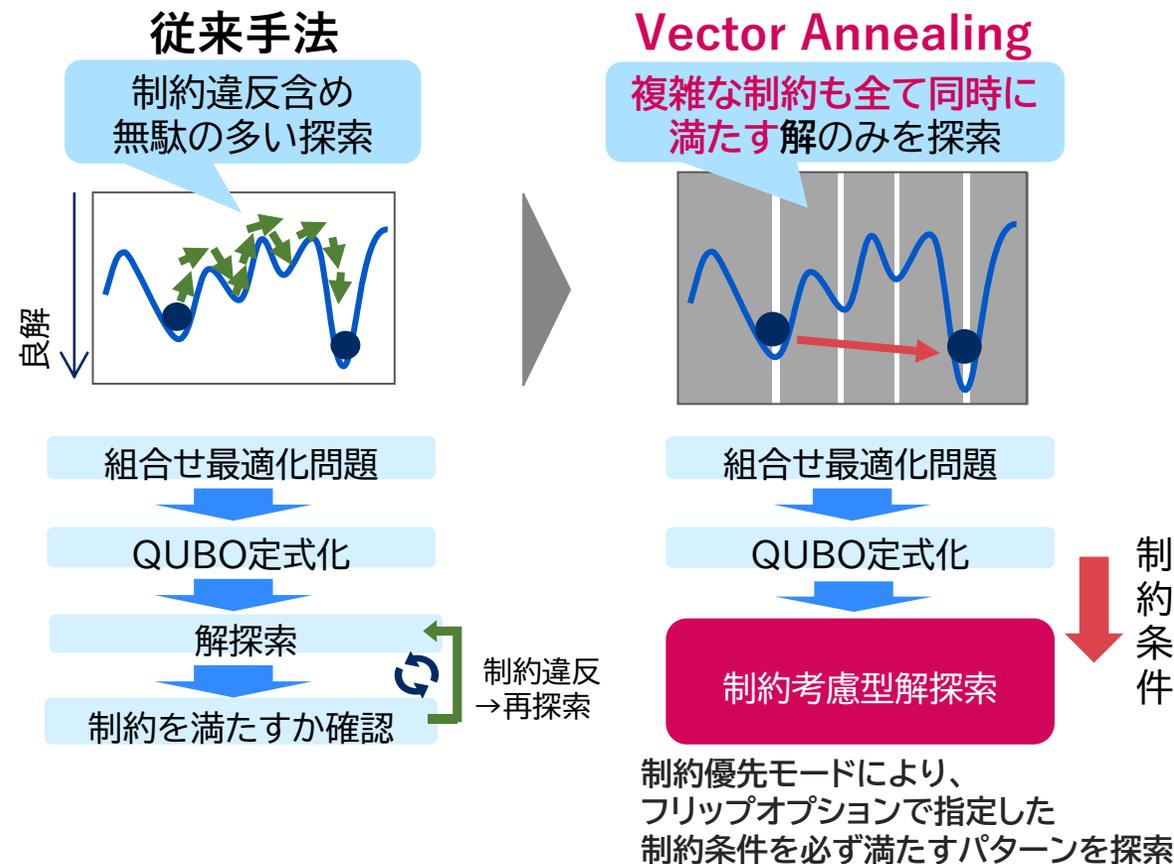
### 様々な問題に柔軟に対応可能

- ◇ハードウェア構成により、最大対応ビット数を可変  
例) Xeon64コア、メモリ128GBで、10万ビット相当
- ◇高次項対応  
モデル構築が3次式以上となる高次項に対応。  
2次式に落とし込んだケースと比較して、**最大1/15の時間での求解を確認。**
- ◇指定可能な制約条件の拡充  
不等式制約(ナップサック問題)に対応。  
制約条件を有効化するための条件設定が可能。

### インフラ環境実用性強化/利便性向上

- ◇仮想化対応/クラウド環境の利用が可能
  - ・x86アーキテクチャ対応で、**仮想化環境を利用可能。**
  - ・AWS、Azureなどの**クラウド環境が利用可能。**
- ◇オートチューニング機能
  - ・制約条件の重みや温度を自動でチューニング。
  - ※**利用者のチューニングする手間を解消。**
- ◇CPUコアのリソース管理機能
  - 複数のジョブの同時実行**が可能。(ジョブ追加ライセンス)

### フリップオプション(制約考慮型探索アルゴリズム) 見込みのない探索を省いて効率化したアルゴリズム



# おわりに

- ・組合せ最適化問題は、日常生活な様々な場面にあります。
- ・これらの問題解決に数理最適化ソルバや量子コンピューティング技術が使われだしています。
- ・さらに詳しく知りたい方、検討については、NECまでぜひご相談ください。

ご相談・お問い合わせ先

[optimization@aiqc.jp.nec.com](mailto:optimization@aiqc.jp.nec.com)

※量子コンピューティングに関するNECの取り組みについてこちらでご紹介しています  
[https://jpn.nec.com/quantum\\_annealing/index.html](https://jpn.nec.com/quantum_annealing/index.html)

# BluStellar

未来へ導く、光となる。