

デジタルアニーラご紹介

Fujitsu Quantum-Inspired Computing

Digital Annealer

【概要編】

富士通株式会社

増え続ける データ

世界のデータ量 *1DC

2020
59 ZB

>

2025
175 ZB

複雑化する リスク要因

環境、経済、政治、地理など
あらゆるリスク要因が複雑化

短くなる 意思決定の時間

急激な変化に対応するため
意思決定の時間は益々減少

「意思決定」が難しくなっている



物流

輸送計画作成は長時間必要、
かつ熟練者の勘に頼りがち

拠点/工場の停止で
代替配送先への計画変更・
見直し頻度が上がる

状況変化で常に見直し



製造

そもそも生産計画は時間が
かかり計画変更が煩雑

資材調達の遅延や要員変更
により、急な生産変動への
対応が必要に

短時間で結論



金融

ポートフォリオ生成は計算量が
多く、近似的もしくは条件を
狭めて実施

急激な変化により、高精度
かつ頻繁な組み換えが必要に

複数の判断材料

「組合せ最適化問題」を解くことがビジネスにとって重要

「組合せ最適化問題」とは

■与えられた「組合せ」の中から、指定された条件を満たす「一番良い組合せ」を選び出す問題

例) 巡回セールスマン問題

各都市を必ず1回だけ通るという制約のもとで、
距離が最小となる巡回ルート（最短経路）を見つける問題

N個の都市



選択肢：都市の数

経路の組合せ



評価項目：都市間の移動距離
制約条件：1都市に1回

一番総距離が短い経路

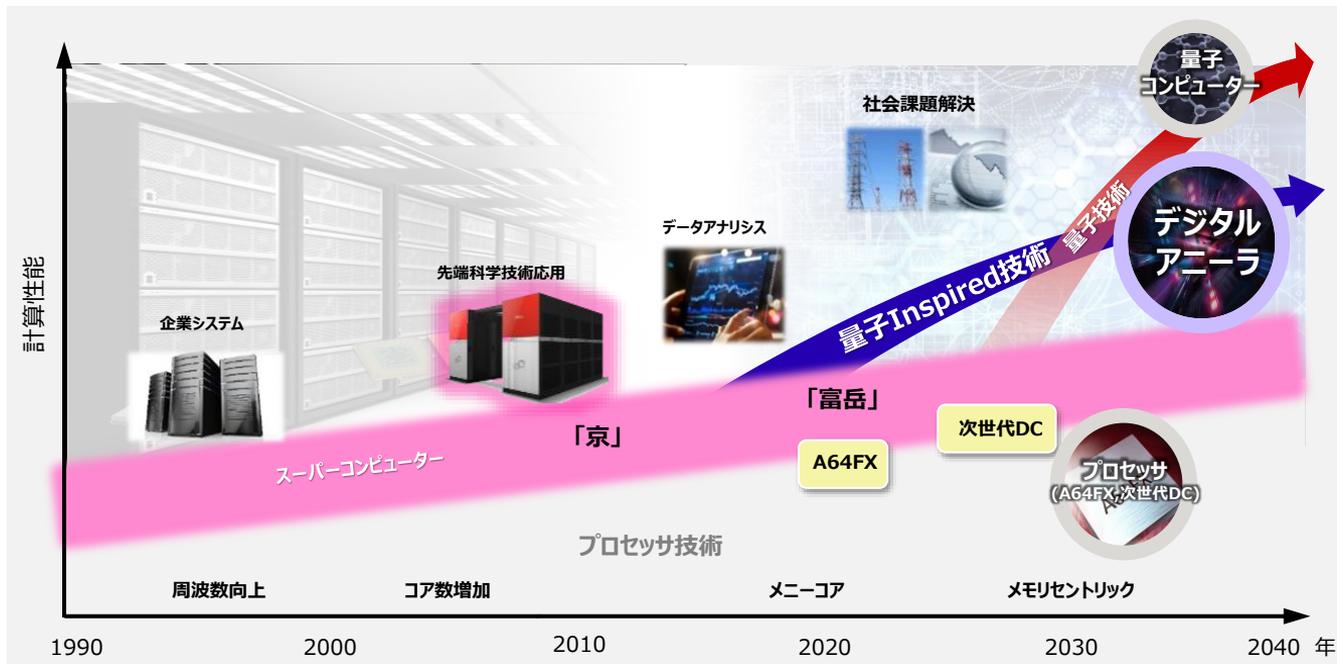


最適解(最適値)：最短経路

5都市なら120通り → 32都市 2630京×1京通り **組合せ数は指数関数的に増加**

デジタルアニーラとは

- 量子現象に着想を得たデジタル回路で、現在の汎用コンピュータでは解くことが難しい「組合せ最適化問題」を高速で解く新しい技術です。



巡回セールスマン問題

各都市を必ず1回だけ通るという制約のもとで、距離が最小となる巡回ルート（最短経路）を見つける問題

デジタルアニーラで解けるモデルをつくる

数式をたてるために、イジングモデル (QUBO)をつくる

イジングモデル(QUBO)：変数の「なし」「あり」を「0」「1」で表現できるようにしたモデル

訪問都市 (i,j)

訪問順 (t)

| | A市 0 | B市 1 | C市 2 | D市 3 | E市 4 |
|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 0 | X ₀₀ | X ₀₁ | X ₀₂ | X ₀₃ | X ₀₄ |
| 1 | X ₁₀ | X ₁₁ | X ₁₂ | X ₁₃ | X ₁₄ |
| 2 | X ₂₀ | X ₂₁ | X ₂₂ | X ₂₃ | X ₂₄ |
| 3 | X ₃₀ | X ₃₁ | X ₃₂ | X ₃₃ | X ₃₄ |
| 4 | X ₄₀ | X ₄₁ | X ₄₂ | X ₄₃ | X ₄₄ |

制約条件 複数の都市に同時に滞在できない
各都市を必ず1回だけ通る
→各行/各列1つのみ選択可能

・黒い丸が1ビットを表す

| | A市 0 | B市 1 | C市 2 | D市 3 | E市 4 |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |

①は、1番目にB市を訪問
2番目にA市を訪問
を意味する。

・1ビットは「0」(なし)が「1」(あり)になることができる
・何番目にどの都市を訪問するか (= 最適解) を①で表せる。
→デジタルアニーラで解ける問題になっている。

デジタルアニーラで解く

モデルを定式化

→最適解(最適値)を確認

目的関数 E=エネルギーを最小化/最大化する関数

$$E = \sum_{t,i,j} d_{ij} x_{ti} x_{(t+1)j} +$$

t, i, j : 訪問する都市
 t : 訪問順

制約項 $\alpha \sum_t \left(\sum_i x_{ti} - 1 \right)^2 +$

制約条件 複数の都市に同時に滞在できない

制約条件 $\beta \sum_i \left(\sum_t x_{ti} - 1 \right)^2$

制約条件 各都市を必ず1回だけ通る

組合せ最適化問題の高速処理を実現する

お客様のデジタルアニーラ
活用を支援する



クラウドサービス



Digital
Annealing Unit



オンプレミスサービス



テクニカルサービス

一般的なご利用向け

お客様指定センターに設置
(※個別対応)

定式化支援、チューニング支援など
技術サポート

実ビジネスの様々な利用形態にあわせてご提供

汎用数式型

(QUBO API)

イジングモデル、数式と制約条件等をWeb APIで
入力すると探索した解を出力するサービス

お客様サイト



リクエスト



Web API
(汎用数式型)

最適解

データセンター



ソリューション特化型

(最適化ソリューション API)

ソリューションに応じた解を出力するサービス

お客様サイト



リクエスト



Web API
(ソリューション特化型)

最適解

データセンター



- 小規模から大規模問題に対応したモデル
- ソフトウェア技術とハードウェア技術のHybridシステムが、高速求解を実現
- 大規模問題の求解性能向上によりビジネス適用範囲が拡大

| サービス名 | Trial-3 | Standard-3 |
|---------|-----------|------------|
| 課金形態 | 月額固定 | 従量制／月額固定 |
| 契約期間の上限 | あり（3～6か月） | なし |

■ 高度な数学知識やデータ分析能力を持つ技術者が課題解決をサポート

Digital Annealer テクニカルサービス

導入フェーズ

運用フェーズ

定式化検証



お客様課題の
定式化可否検証

導入支援



お客様業務への
適用検討

構築



WebAPI、
連携I/F構築

運用



保守、サポート

教育



技術者向け教育

チューニング支援

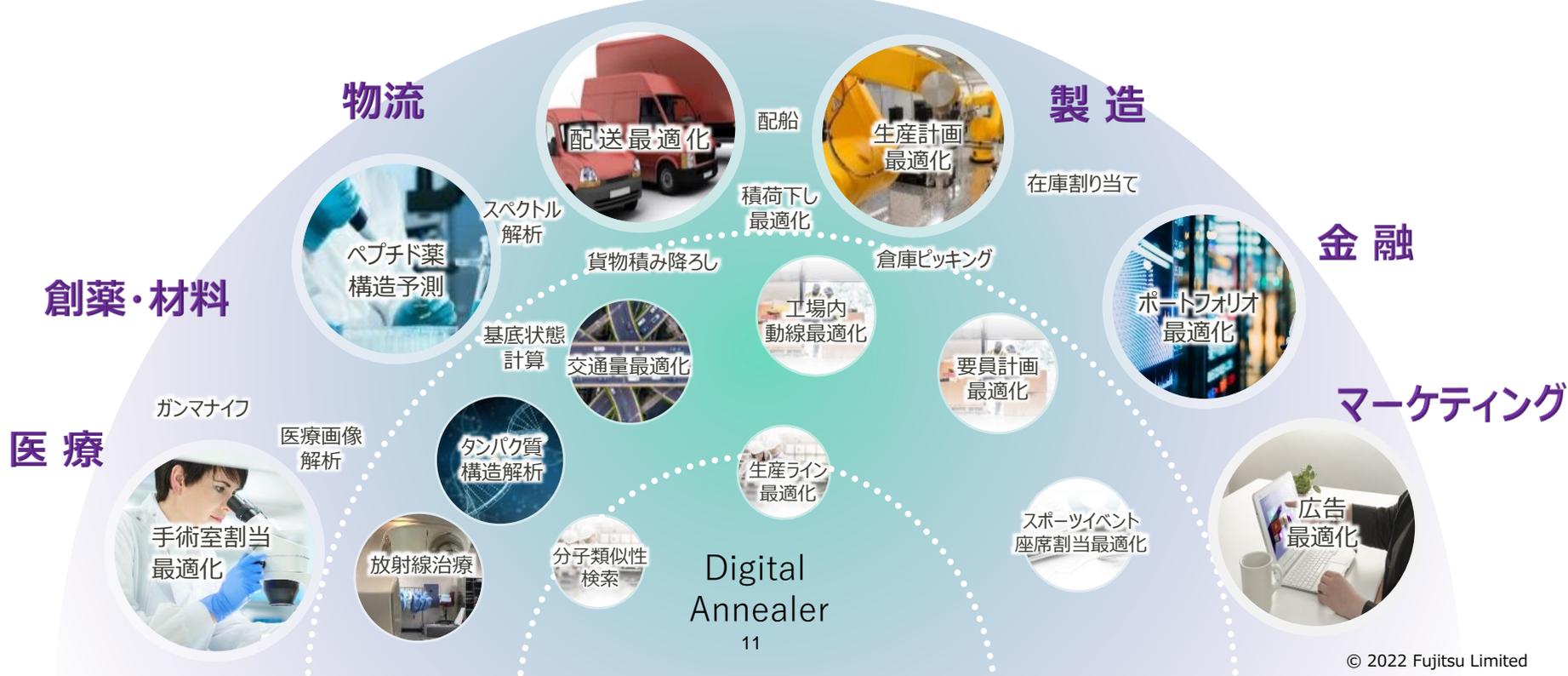


チューニングサポートサービス

お客様業務へのデジタルアニーラ活用を導入から運用までをサポート

デジタルアニーラ適用分野

■ 人手不足などの課題を抱える物流、新しい価値を商品を提供したい金融、創薬・材料等の分野で新しいICT技術による業務改革への取り組みが進展

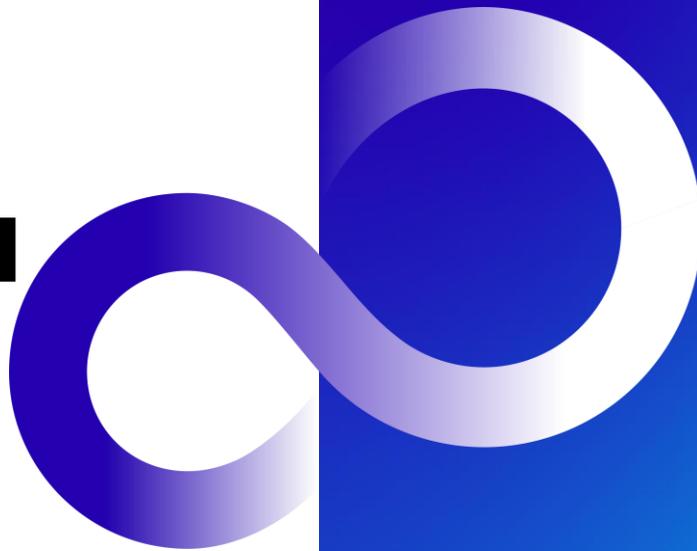


実運用に向けた開発スケジュール例



| | プレ検証 | 技術検証 | 構築 | 運用 |
|-------------|---|---|---|--|
| 目的 (ゴール) | 簡易的なデータを用いて技術適用の簡易診断を行う | 問題の定式化・DAでの求解ができることを確認する | 実務レベルで適用できることを確認する 導入・実務利用に向けた構築を行う | 実業務で運用 |
| 実施概要 | <ul style="list-style-type: none"> ・ヒアリング ・簡易診断 | <ul style="list-style-type: none"> ・要件定義 ・定式化 ・DAによる検証 | <ul style="list-style-type: none"> ・技術検証のフィードバック検証 ・複数の問題でのDA検証 ・WebAPI/連携I/F構築(開発・検証) ・機能の配置 | <ul style="list-style-type: none"> ・WebAPIを用いたサービスの提供 ・運用サポートサービスの提供 |

Thank you



デジタルアニーラ公開サイト

<https://www.fujitsu.com/jp/digitalannealer/>