

デジタルアニーラご紹介資料

FUJITSU Quantum-inspired Computing

Digital Annealer

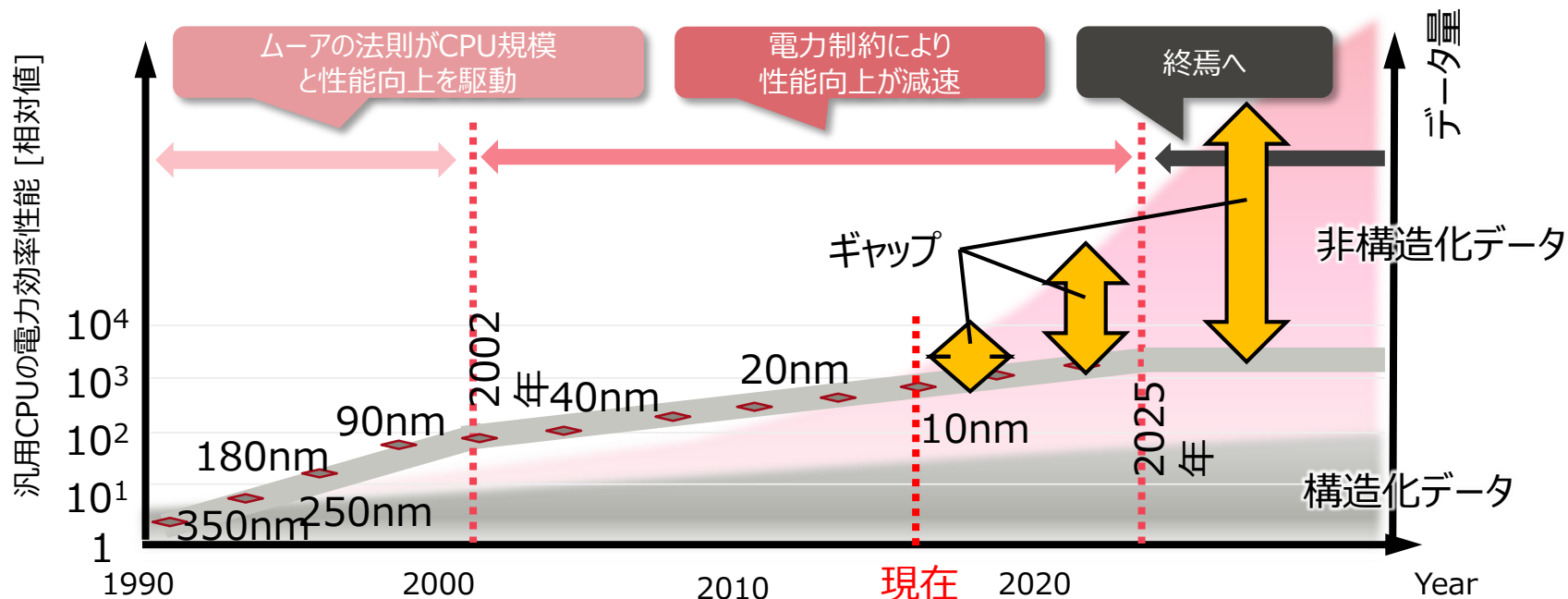
2018.6.21版

富士通株式会社

ムーアの法則の限界とコンピューティング需要

- 社会やビジネスのデジタル革新に伴い、より高度で複雑な大量データを高速に処理するコンピュータが重要だが、ムーアの法則(※)にあるような、コンピュータ性能の大幅向上はもはや限界。

(※)ムーアの法則：半導体業界において、1つの集積回路に実装される素子の数は18カ月ごとに倍増する、という経験則。



次世代コンピュータとしての有力候補のひとつは「量子コンピュータ」

「組合せ最適化問題」を解決する新アーキテクチャの開発

- 現実の量子コンピュータには課題が多く、実用規模問題への適用は困難
- 量子現象に着想を得たデジタル回路で「組合せ最適化問題」を高速に解く新型アーキテクチャ「デジタルアニーラ」を開発

従来コンピュータ



新アーキテクチャ
コンピュータ

デジタルアニーラ

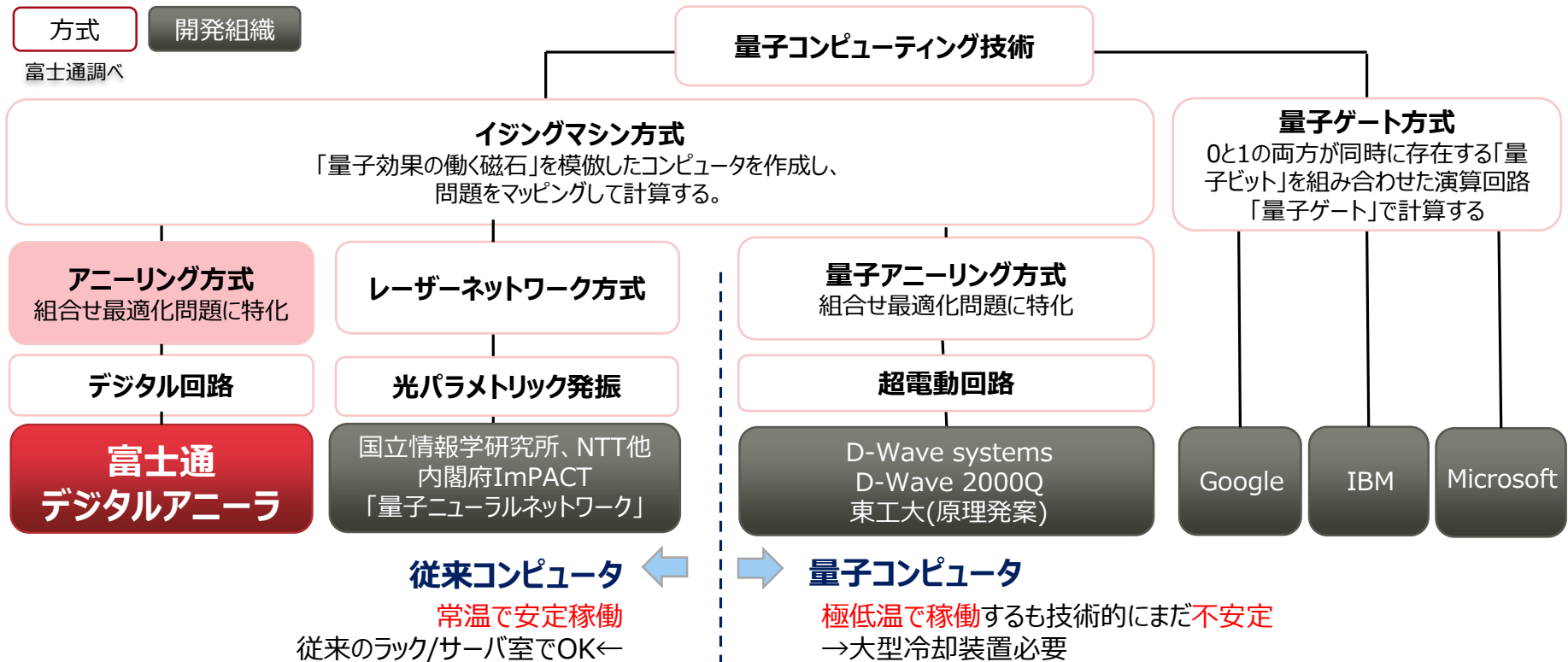
- 量子現象に着想を得たデジタル回路を開発
- **組合せ最適化問題**に能力を発揮

量子コンピュータ

脳型コンピュータ

デジタルアニーラの位置づけ

- アニーリング方式(組合せ最適化問題に特化)に属している
- 量子コンピュータのように、極低温に冷やす必要がなく常温で安定稼働



アニーリング方式とは

■ 金属加工の焼きなまし(アニーリング)現象を借用したアルゴリズム

□ 焼きなまし(アニーリング)現象

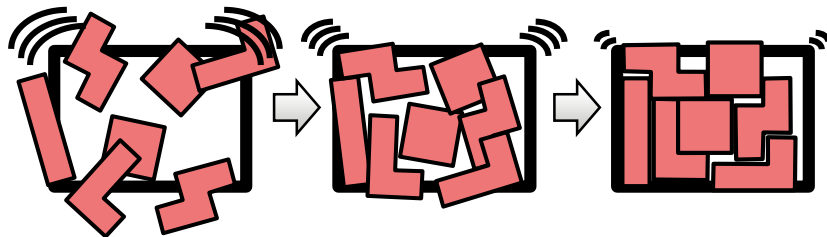
- 金属を高温にしてから、ゆっくり冷やしていくと構造が安定 (= エネルギーが低い) する現象



最も安定した状態であり、
エネルギーが最小の状態
⇒ 最小値がわかる

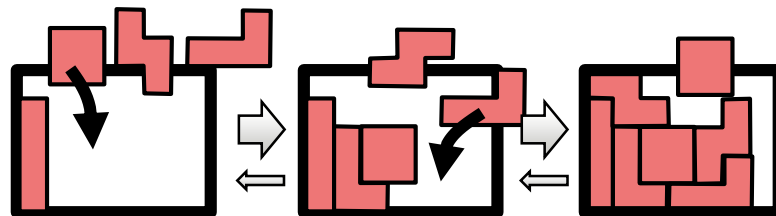
□ アニーリング方式

- 全体を大きく揺らして徐々に揺れを小さくしていくことで、短時間で納まる形を見つける。

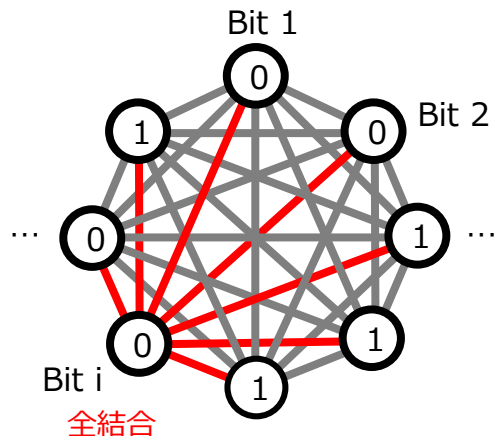


□ 従来方式

- 順番につめてダメなら後戻り
全組み合わせを確認する。



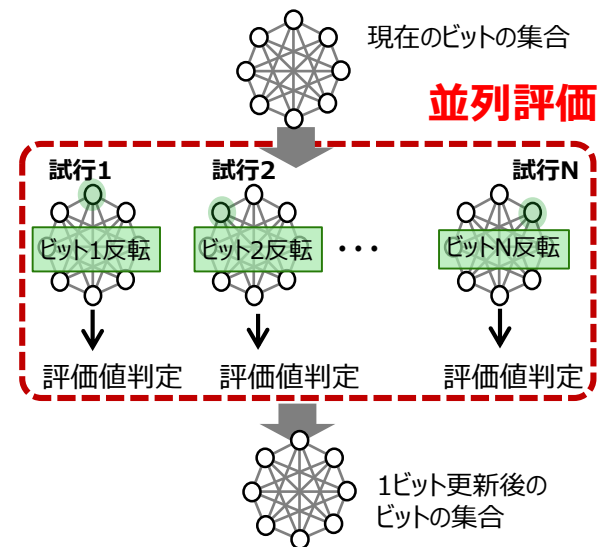
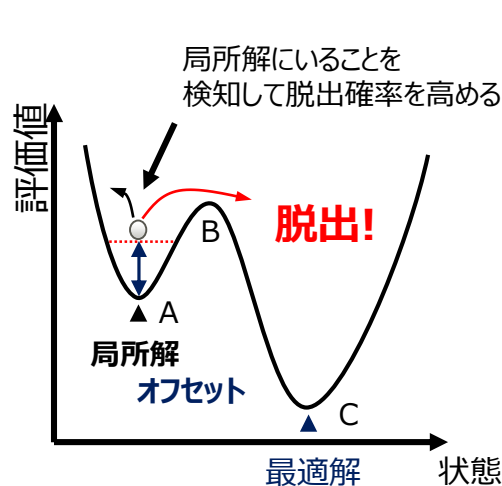
様々な業務課題へ対応



差別化 ポイント

- ・1024bit規模の問題に対応
- ・ビット間結合精度(相互作用) 65536階調
- ・ビット間全結合による使いやすさ

局所解脱出と並列探索による高速化



- ・評価値にオフセット値を与えることで局所解からの脱出を促し、最適解を導く。

- ・次の反転候補となるビットを並列的に探索
- ・1bit更新処理により、間違った方向への変化を避けつつビット値を更新

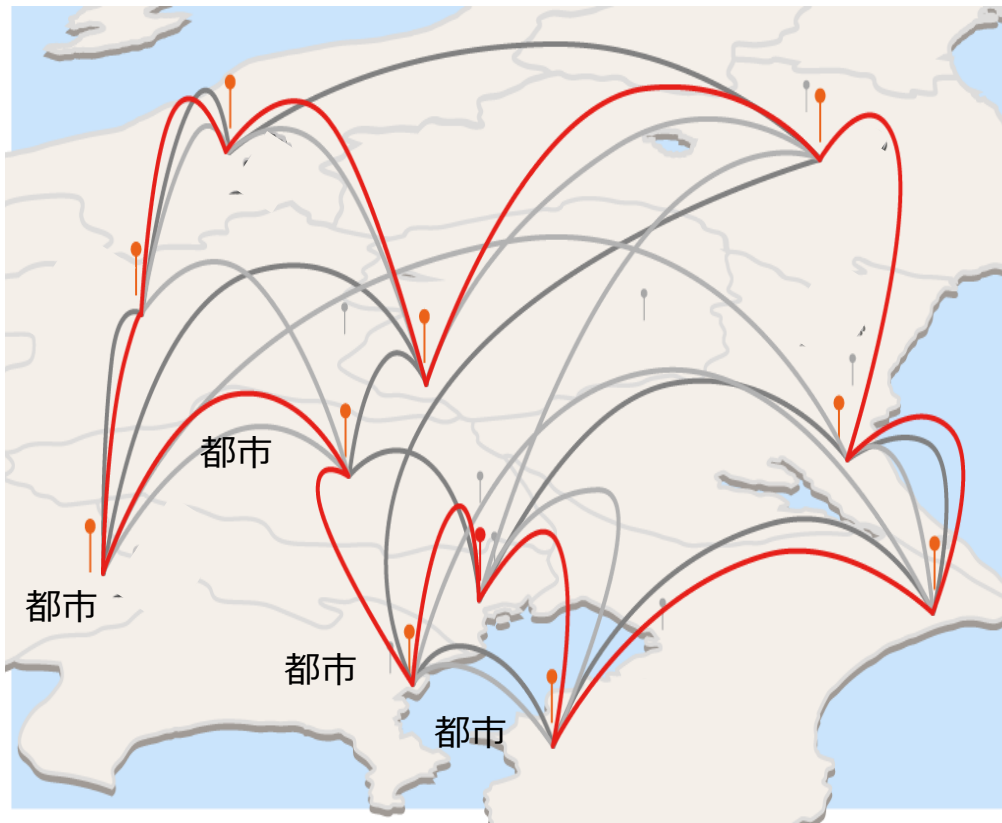
デジタルアニーラの実用性比較

■ 規模・結合数・精度のバランスと安定動作で、現実社会の問題に適用可

	デジタルアニーラ (第一世代)	A社	B社
実装技術	デジタル回路 (既存技術と同じ)	超伝導回路 (極低温冷却が必要)	非線形光学 (1kmの環状装置)
ビット数	1024	2048	2048
結合数	全結合	部分結合 6 (64bit全結合相当)	全結合
評価精度	65536階調	32階調	3階調

「組合せ最適化問題」とは

■ 典型例：巡回セールスマン問題



全ての都市を巡回

- ① 選択肢 : どの都市を何番目に
- ② 複数選ぶ : 都市の数だけ
- ③ 制約条件 : 一箇所には一度だけ
- ④ 評価 : 移動距離
- ⑤ 最適値 : 最短の巡回経路

組み合わせ数は指数関数的に増加

5都市 120通り

32都市 2630京×1京通り

「組合せ最適化問題」はあらゆる業種・業務に存在する

新たな領域への適用



高度医療



自動運転



新素材開発

既存の組合せ最適化問題への適用 (精度向上、時間短縮)



送電ルート
配電計画



施設
Utility管理



需要予測



原料・化合物
配合



ネットワークの
構成管理



調達物流



宿泊予約管理



創薬



ポートフォリオ
マネージメント



マーケティング
ミックス

適用領域（例）

デジタルアニーラはこの組合せ最適化問題の解決に能力を発揮

製造・流通 - 倉庫作業 -



部品の配置・部品棚の最適化により
移動距離45%短縮

金融 - 投資ポートフォリオ -



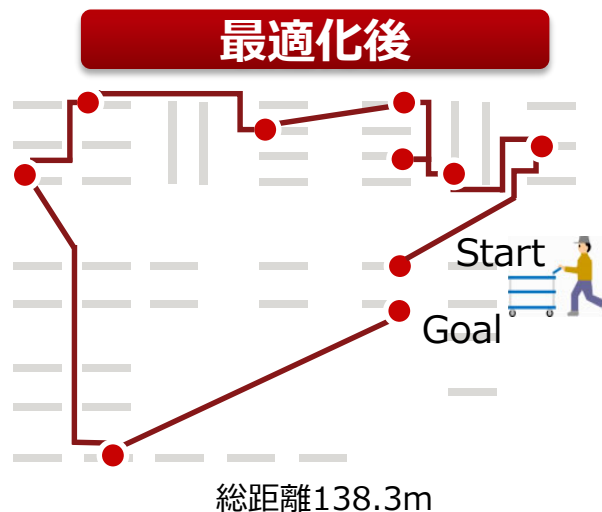
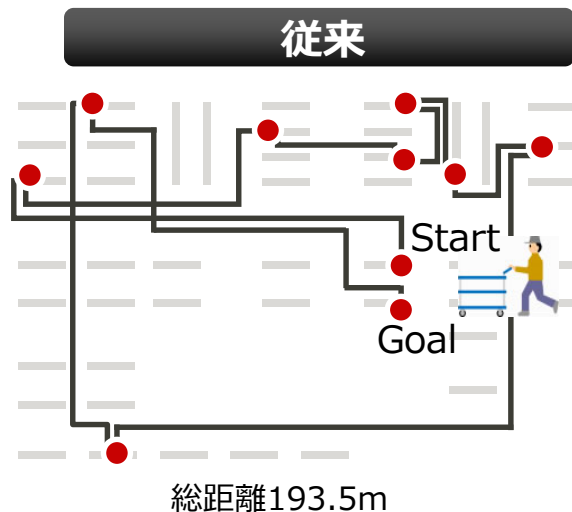
500銘柄の相関関係を
瞬時にクラスタリング

化学 - 創薬 -



膨大な数の分子構造を比較し、
類似した構造分子を瞬時に検索

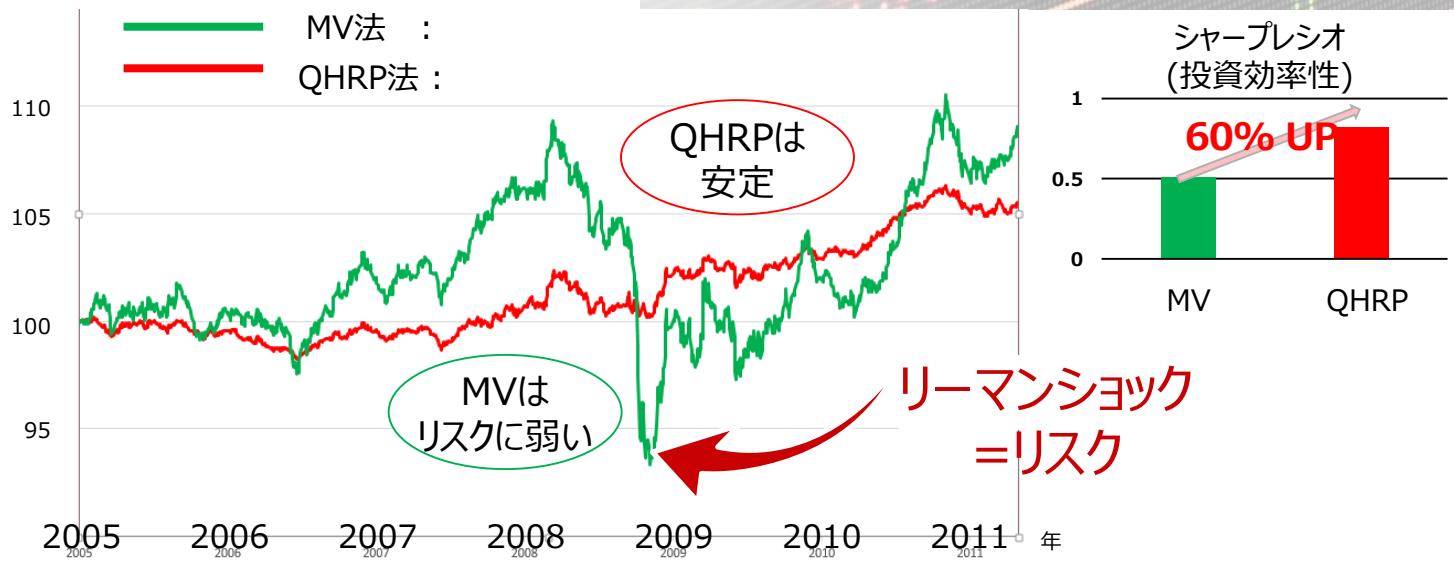
- 部品ピックアップ手順の最適化により移動距離を短縮
- 相関によって部品棚を再配置することで移動距離をさらに短縮



最大で
移動距離
45%短縮

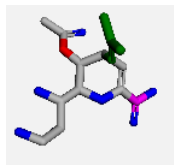
- QHRP法の膨大な計算量を瞬時に計算。従来のMV法よりも、リスクに強く、リターンを最大化する分散投資が可能。

◆ MV法とQHRP法株価の変動の違い



- 分子の部分的特徴ではなく構造特徴としての検索が可能になり、創薬の効率性を飛躍的に高める。

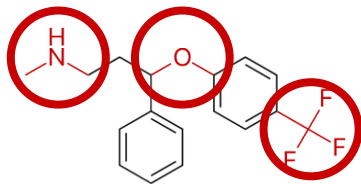
検索対象
(確認したい分子構造)



検索データベース

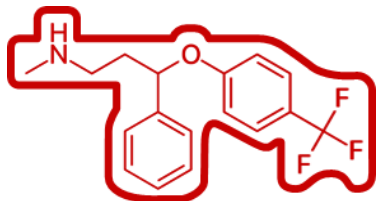


従来：分子の部分的特徴を抽出し検索



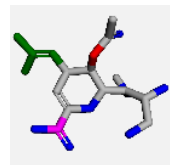
部分的に確認
→精度低い

デジタルアニーラ：分子全体を検索



全体で確認
→精度高い

結果



検索対象に類似した分子
構造を瞬時に確認可能

デジタルアニーラのサービス概要

デジタルアニーラのサービス概要

■ 2018年5月 クラウドサービス・テクニカルサービスを提供開始

- 組合せ最適化問題の高速処理を実現する

「FUJITSU Quantum-inspired Computing Digital Annealer」(以下、デジタルアニーラ クラウドサービス)

- お客様のデジタルアニーラ活用を支援する

「Digital Annealerテクニカルサービス」(以下、デジタルアニーラ テクニカルサービス)



実ビジネスには様々な組合せ最適化問題が存在



クラウドサービス



テクニカルサービス

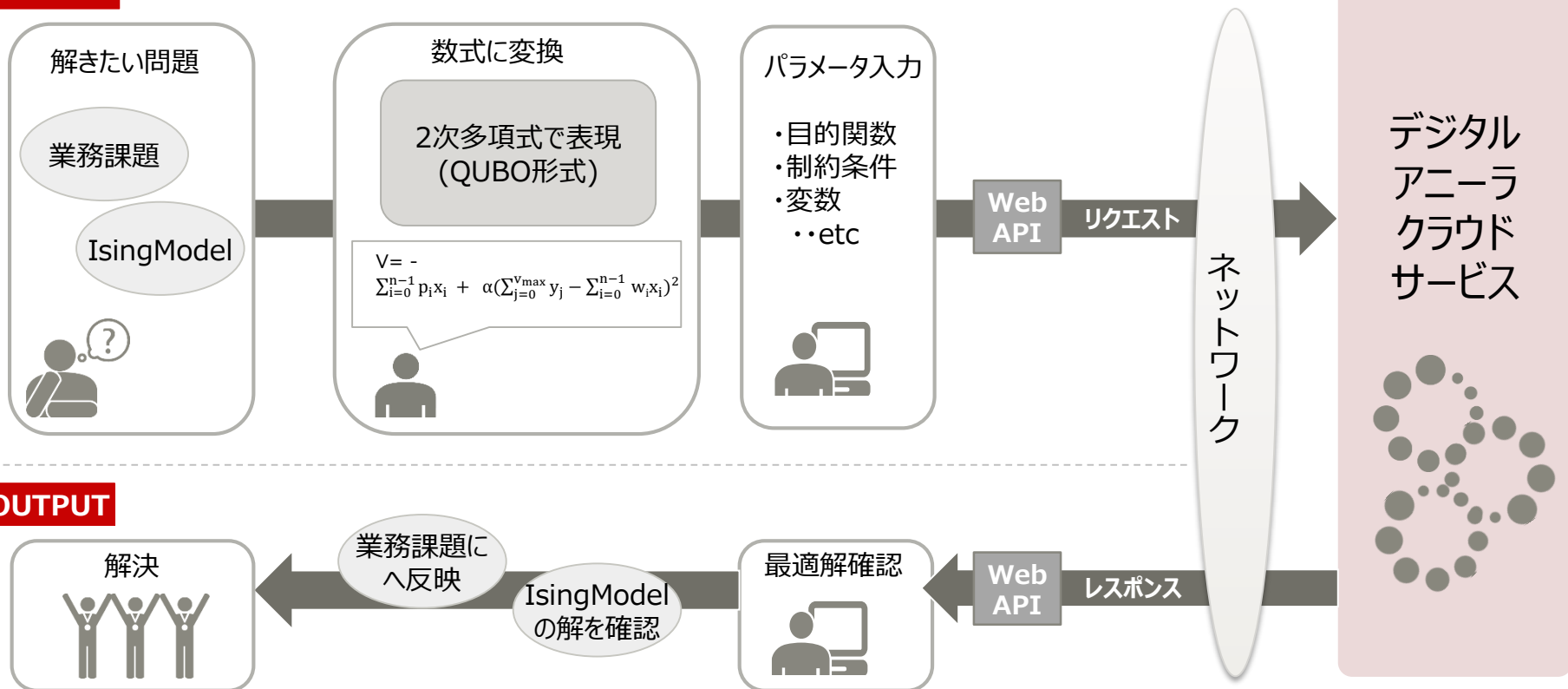


オンプレミス
(提供予定)



- 解きたい問題を数式に変換し、パラメータを設定することで、最適解を得ることが可能。

INPUT





サービスメニュー

■ デジタルアーキクラウドサービスで提供しているサービスメニュー

メニュー名	料金形態	提供形態	備考
プレミアム	利用料：月額固定	専有型	
スタンダード	基本利用料：月額固定 従量利用料：月額変動	共有型（※）	
トライアル	基本利用料：月額固定 従量利用料：月額変動	共有型（※）	5カ月間限定
アカデミック	利用料：月額固定	共有型	対象：大学/大学院 (教育/研究用途に限る)

（※）利用量に応じて変動。利用量は、1秒単位で計算されます。キューでの待ち時間は含まれません。

全てのメニューにおいて、ヘルプデスクサービスの利用は必須になります。



■ デジタルアニーラクラウドサービスご契約者様に提供しているサポート内容

		デジタルアニーラヘルプデスクサービス
問い合わせ対応時間帯		平日9:00～17:00（JST）※年末年始等当社の休業日は除く
問い合わせ対応窓口		メール
受け付ける質問の内容		・本サービスの仕様、設定方法および利用方法に関する質問 ・本サービスが正常に動作しない場合における原因調査・回避措置に関する質問・相談
トラブル通知	内容	本サービスでトラブルが生じた場合、トラブル発生時刻、影響範囲などを通知
	方法	ポータル/メール通知
メンテナンス通知	内容	本サービスの計画メンテナンスまたは緊急メンテナンスに関するメンテナンス時間、影響範囲などを通知
	方法	ポータル/メール通知
サービス内容更新の案内	内容	本サービスで新機能の提供開始、または機能向上を実施した際に当該機能の概要を通知
	方法	ポータル/メール通知
対応言語		日本語
留意事項		・時間外の問い合わせは、翌営業日9:00以降の対応となります。 - 以下に関する問い合わせは対象外とします。 ・処理速度チューニング(顧客アプリケーションの設計・構築・運用などに起因する性能評価) ・コンサルティング(数理モデルの作成・設計・構築・運用に関するアドバイス) ・当社サービス環境に関する情報およびログの開示 ・計算結果の正確性
利用料金		Web-API提供サービスの利用料金の5%に相当する金額



- クラウドサービスは日本国内を皮切りに各地域に展開
- テクニカルサービスはグローバルに展開中

EMEIA

- ・クラウドサービス (予定)
- ・テクニカルサービス
個別提供中

Americas

- ・クラウドサービス (予定)
- ・テクニカルサービス
個別提供中

Japan

- ・クラウドサービス
- ・テクニカルサービス
5月正式提供開始

APAC / Oceania

- ・クラウドサービス(予定)
- ・テクニカルサービス
個別提供中



■ 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

導入フェーズ

運用フェーズ



お客様課題を
数式に変換



お客様業務へ
の適用検討



アプリケー
ション構築



保守、
サポート

定式化検証

何を決めたいのか？

モデル化 変数: $\forall x_i \in \{0, 1\}$
目的関数: $\sum_i p_i x_i$

実証検証支援

企画立案 トライアル 効果検証

定式化

$$\max \sum_i p_i x_i \quad (s.t. \sum_i v_i x_i \leq v_{max})$$

入力形式への変換

$$V = - \sum_{i=0}^{n-1} p_i x_i + \alpha (\sum_{j=0}^{v_{max}} y_j - \sum_{i=0}^{n-1} w_i x_i)^2$$

活用アプリケーション
設計支援

活用アプリケーション
構築

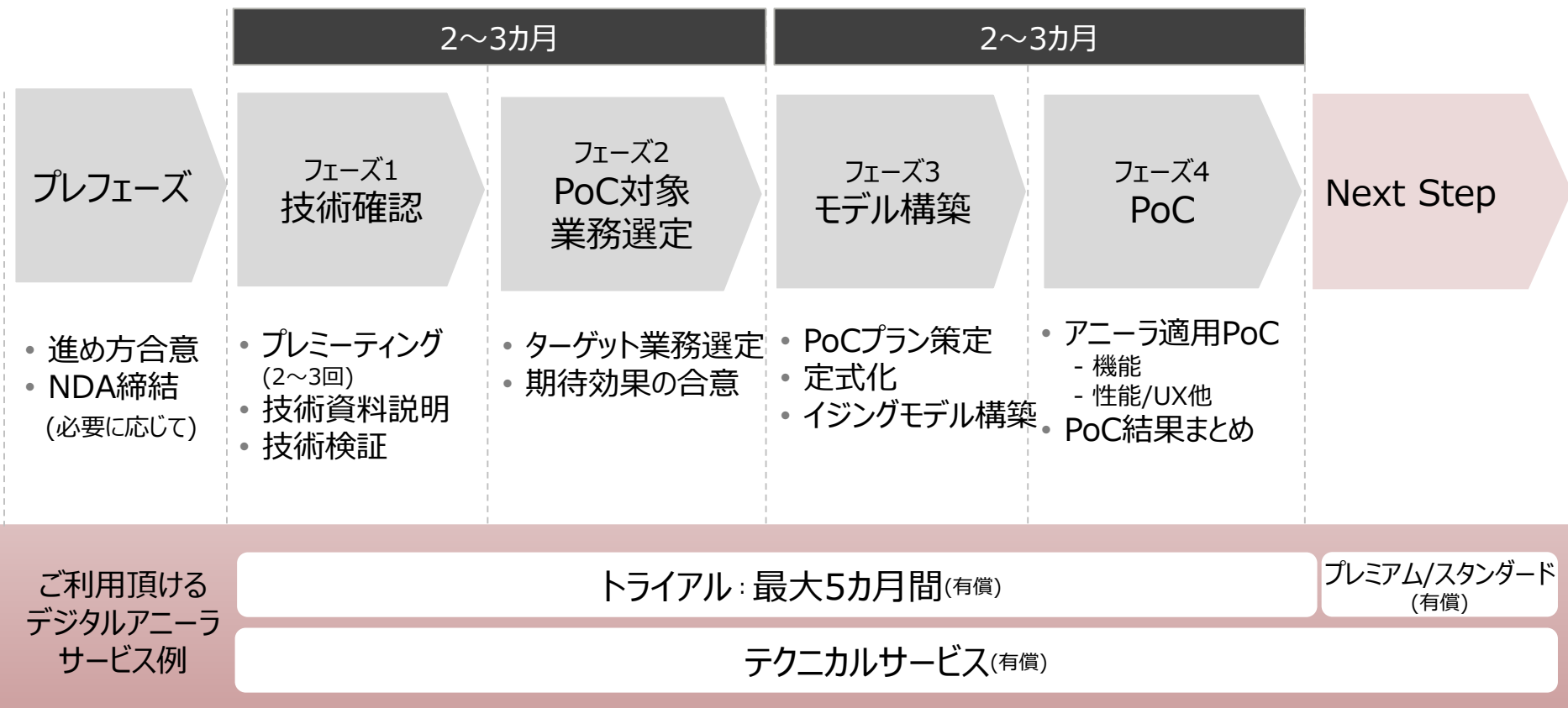
QA対応

デジタルアニーラ テクニカルサービス

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トータルに支援

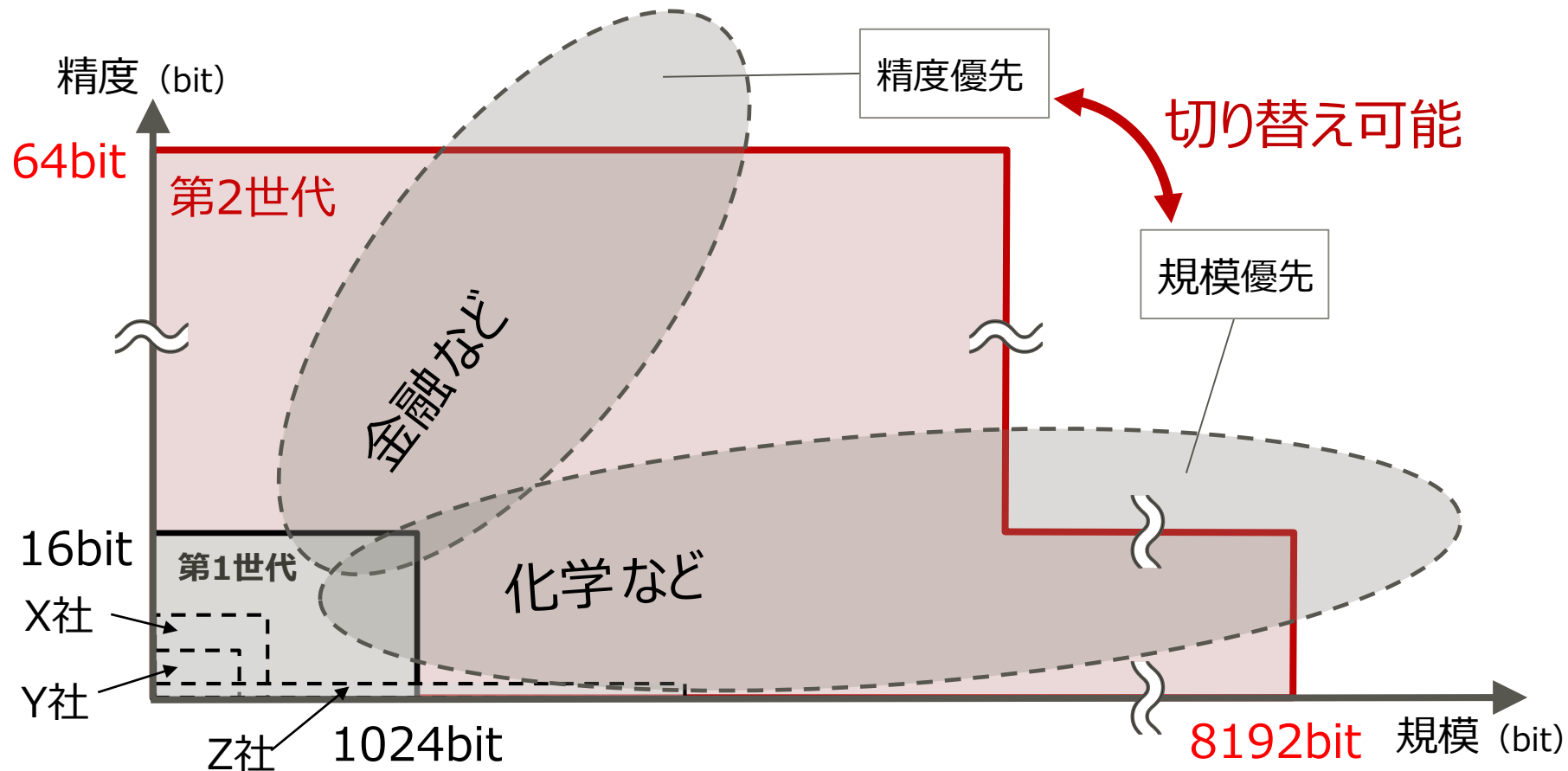
プロジェクトの進め方例

■ 4～6カ月程度のプロジェクトを想定しております。



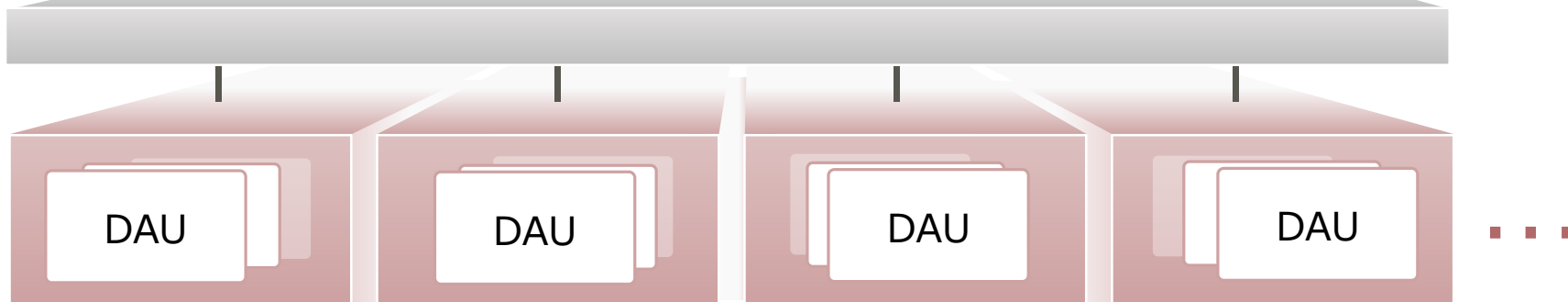
デジタルアニーラのロードマップ

他社を凌駕する適用領域（第2世代）



- ハード・ソフトの連携により、デジタルアニーラで解ける問題を100万ビット規模まで拡大（2019年度）

ソフト：大規模問題を分割する方式を開発中



ハード：マルチDAUで大規模並列実行する技術を開発中

パートナーシップ

1QBit社とのパートナーシップ

- 量子コンピュータ向けソフトウェアのトップベンダー
- グローバルにビジネス協業を実施
1QBit社のクラウドサービスからデジタルアニーラが利用可能予定（2018年度）

デジタルアニーラ

ミドルウェア

演算させるための数式化やアルゴリズム

1QBit

ハードウェア

高速かつ高精度に問題を解く処理を実施



- 量子コンピュータやAIの分野で世界トップクラスの研究大学
- 3月に新しい共同研究拠点を開設
 - 拠点名称：Fujitsu Co-Creation Research Laboratory at the University of Toronto
- スマート交通、ネットワーク、金融、医療分野で共同研究を開始



社会課題への適用例

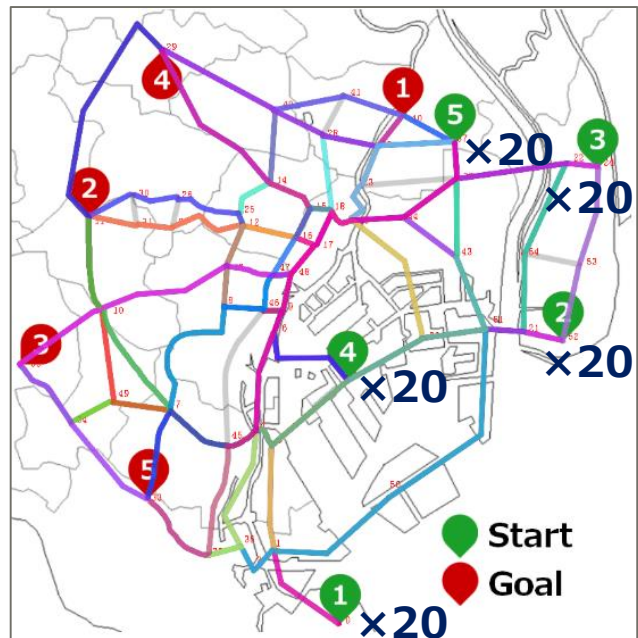
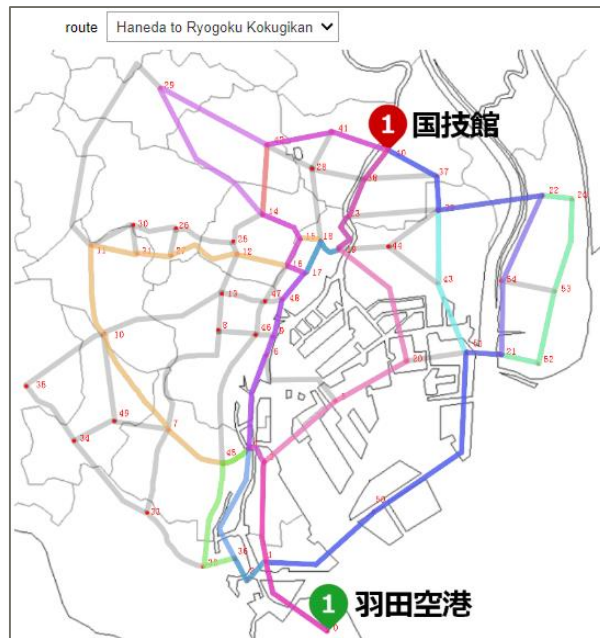
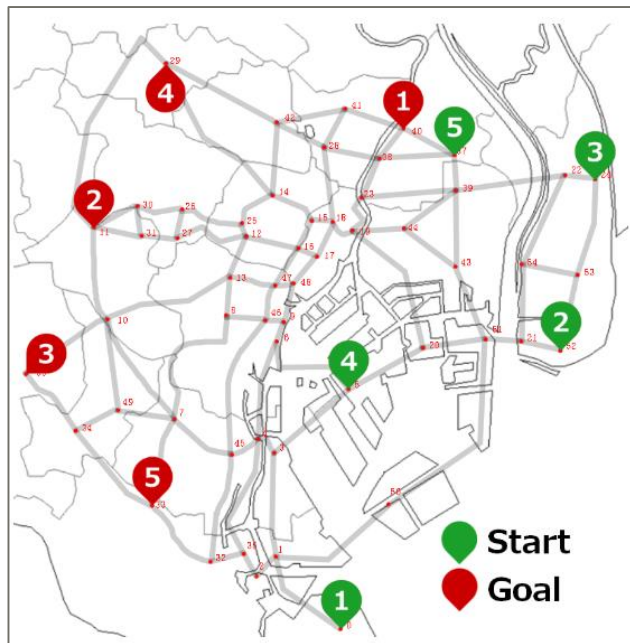
デジタルアニメーション適用例 交通量最適化(条件設定)

対象：東京の道路網を移動する交通流

■ 出発地—目的地数 5組

■ 経路候補数 10通り/ユニット

■ ユニット数 20ユニット/(出発地—目的地)



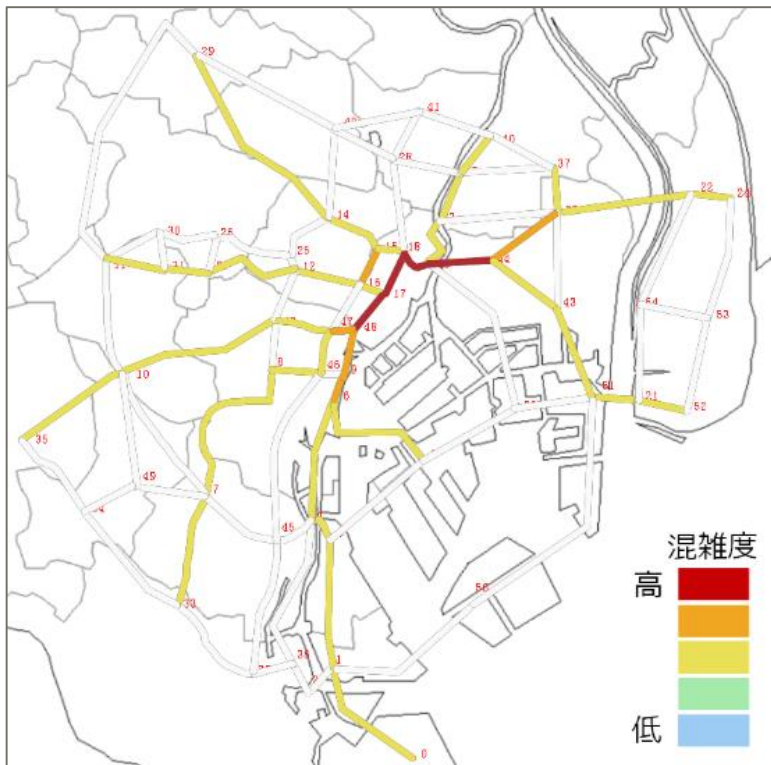
経路候補 10通り×5組=50経路 50経路×20ユニット=1000経路

⇒ 経路重複の少ない最適経路を提案

※ユニット...経路候補を提示する車の単位
バス・タクシー・一般車など、一定のまとまりをもつ車群

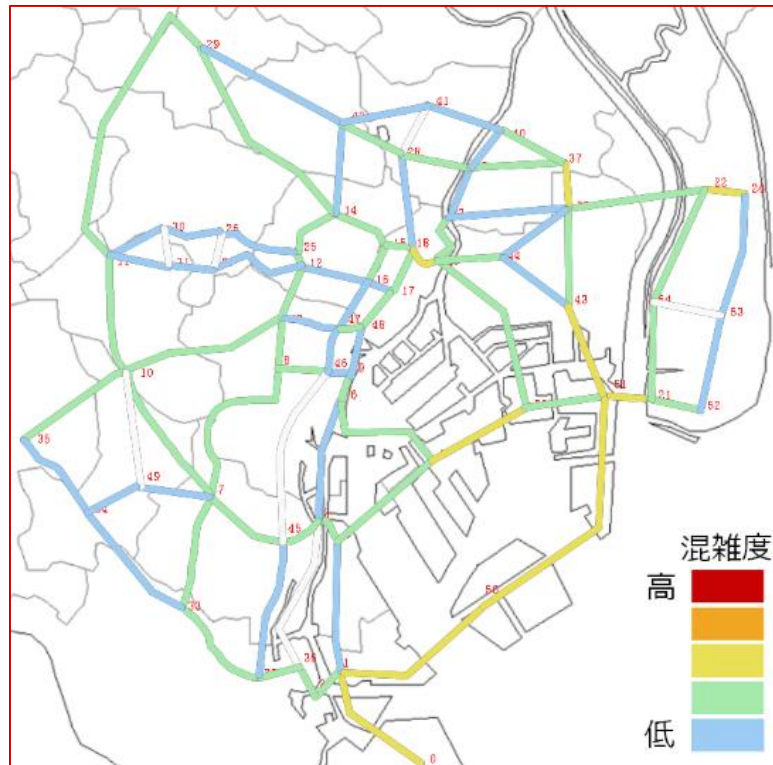
デジタルアニーラ適用例 交通量最適化(結果)

従来：最短経路を選択



中央に混雑が発生

デジタルアニーラ：重複の少ない経路を選択



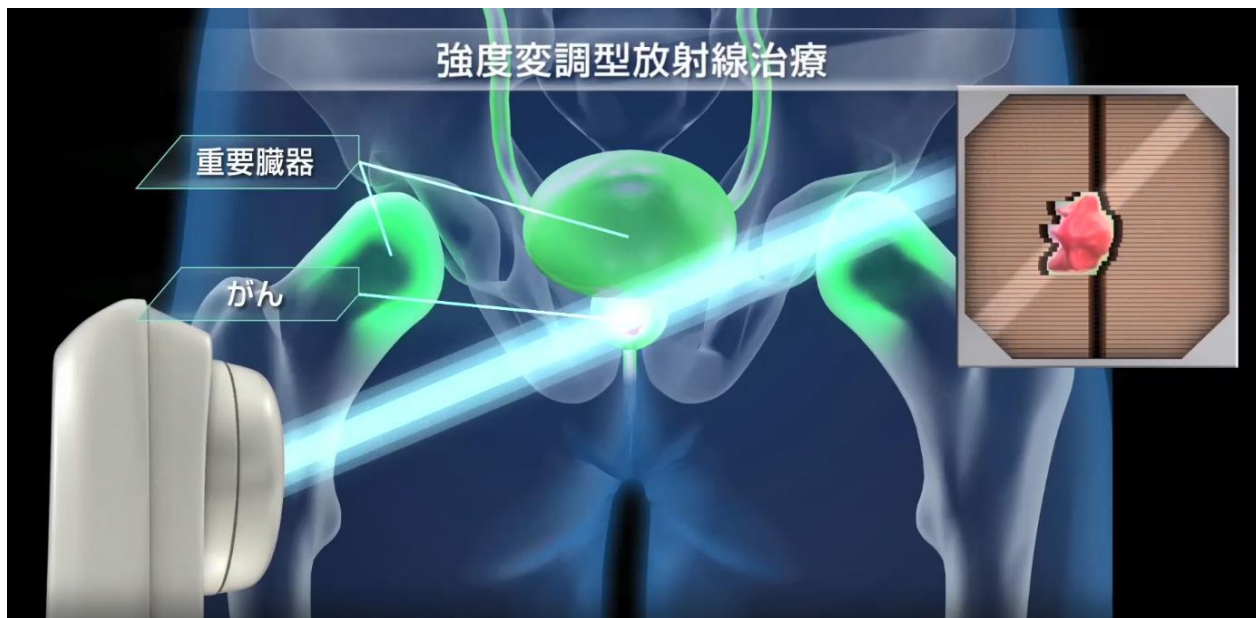
都市全体での経路最適化により渋滞を起こさない

移動時間
4割削減

条件変更時
瞬時に
再計算!!

デジタルアニーラ適用例 医療(がん放射線治療)

- デジタルアニーラ治療計画には膨大な計算量のコンピュータシミュレーションが必要
- 数時間から数日かかるような複雑な最適化計算を数分へ ※共同研究



照射の範囲、方向、強度等
を変数とする照射パターン
(組み合わせ数) が膨大

一方向からのビームの
組み合わせだけでも **10¹⁵⁰** 通り

※1方向から、32階調の強度で、1 cm²の腫瘍に
対して1mm²の精度で照射しようとした場合

■ デジタルアニーラご紹介サイト

日本語版

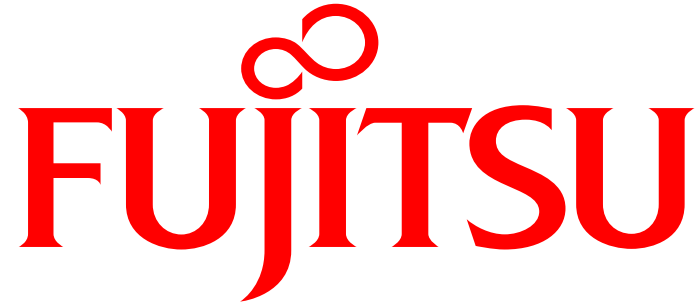
<http://www.fujitsu.com/jp/digitalannealer/>

英語版

<http://www.fujitsu.com/global/digitalannealer/>

■ プレス・リリース情報

[2018年5月15日量子現象に着想を得た、組合せ最適化問題を高速に解く「デジタルアニーラ クラウドサービス」を提供開始](#)
[2018年1月29日株式会社リクルートコミュニケーションズと「デジタルアニーラ」を活用したマーケティングテクノロジーの共同研究を開始](#)
[2017年9月27日「CEATEC JAPAN 2017」に出展](#)
[2017年9月20日組合せ最適化手法の実問題適用を容易にする技術を開発](#)
[2017年9月20日富士通研究所とトロント大学、戦略的パートナーシップを締結](#)
[2017年5月16日富士通と1QBit、量子コンピュータ技術を応用したAIクラウドで協業を開始](#)
[2016年10月20日量子コンピュータを実用性で超える新アーキテクチャーを開発](#)



shaping tomorrow with you