

デジタルアニーラ ご紹介資料

2020.1.30版

FUJITSU

shaping tomorrow with you

**FUJITSU Quantum-Inspired
Computing Digital Annealer**

富士通株式会社

関連技術を含め特許申請中

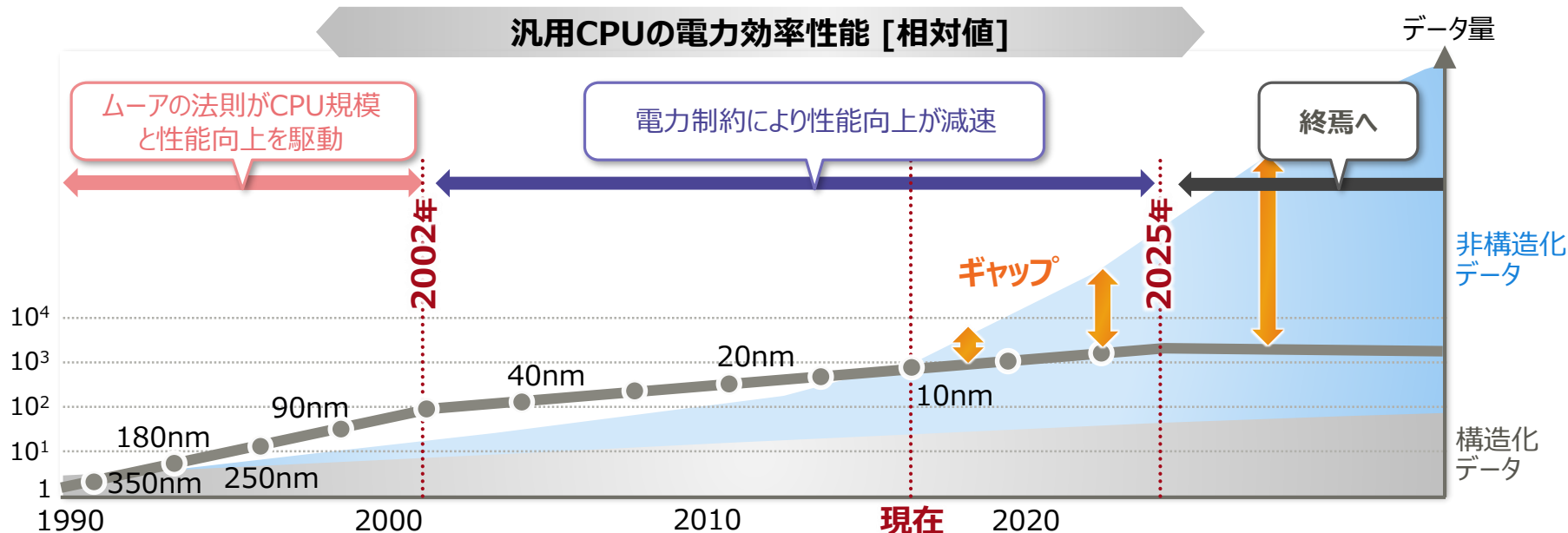
<http://www.fujitsu.com/jp/digitalannealer/>



従来コンピュータの限界

- 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」

デジタルアニーラ

FUJITSU

- 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」を高速に解く新アーキテクチャー



量子コンピュータ

まだまだ研究段階…

- 量子状態維持が困難
- 接続と拡張に制約



デジタルアニーラ

実問題適用が容易



- デジタル回路によって、安定動作、小型化が容易
- 全結合アーキテクチャーにより複雑な問題を簡単にマップ可能

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)
- 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

方式

開発組織

富士通調べ

量子コンピューティング技術

イジングマシン方式

相互作用のある磁石からなるモデルに問題をマッピングして、
解を探索する**組合せ最適化問題**に特化

量子ゲート方式

0と1の両方が同時に存在する「量子ビット」
を組み合わせた演算回路「量子ゲート」で
計算する

アニーリング方式

レーザー
ネットワーク方式

量子アニーリング方式

デジタル回路

光パラメトリック発振

超伝導回路

富士通
デジタルアニーラ

日立製作所
CMOSアニーリング
マシン

国立情報学研究所、NTT他
内閣府ImPACT
「量子ニューラルネットワーク」

NEC

D-Wave systems
D-Wave 2000Q

IBM
IBM Q

Google

Micro
soft

Intel

非量子コンピュータ

量子コンピュータ

常温で安定稼働
従来のラック / サーバ室でOK

極低温で稼働するも技術的にまだ不安定大型冷却装置必要

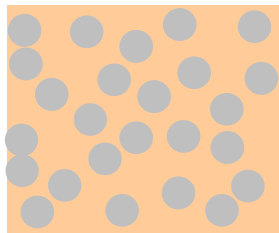
アニーリング方式とは

■ 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

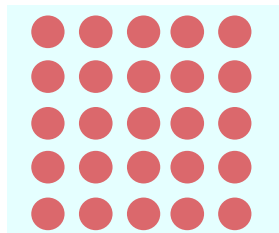
金属を高温にしてから、ゆっくり冷やしていくと構造が安定(=エネルギーが低い)する現象

金属の状態
● = 不安定 ● = 安定



高温

原子が不安定 = エネルギーが高い



低温

原子が安定 = エネルギーが低い

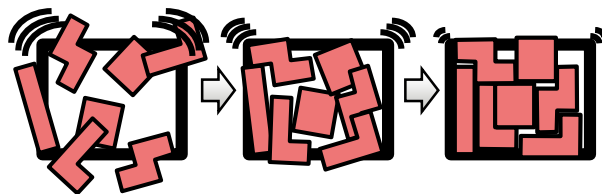
総当たり方式

順番につめてダメなら後戻り
全組み合わせを確認する



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。



最適解の探索において、
はじめは最適解から遠い解も含めて探索するが、
徐々に最適解に近い解を導いていく。

「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



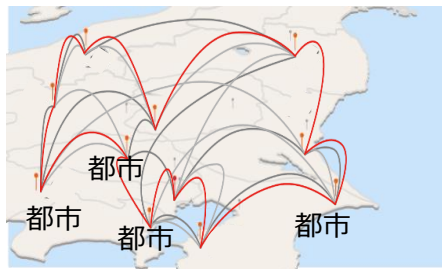
選択枝：都市の数

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**

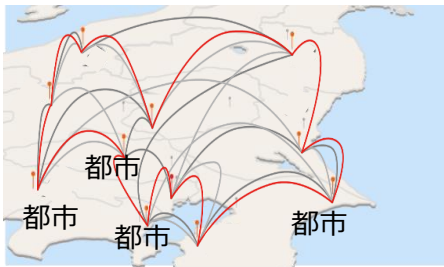
デジタルアニメーラで「組合せ最適化問題」を解く手順① FUJITSU

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

1. 解きたい問題の最適解(最適値)を定義する

一番総距離が短い経路



最適解(最適値)*: 最短経路

※何を最適解(最適値)とするか 巡回セールスマン問題においては、最短経路(=最小値)であるが、問題によっては最大値が最適解になることもある。

NEXT

最短経路を導くには何の情報と何の情報を
組合せれば求められるのか？

2. 変数/制約条件を定義する

最短経路を導くには、

訪問する
順番

訪問する
都市

・・・巡回セールスマン問題
における変数*

を組合せれば求められる。

※何を変数とするか 最適解を決めたい要素を変数とする。
巡回セールスマン問題においては、訪問する都市とその順番が変数となる。

各都市を必ず1回だけ通るという制約のもとで

この問題における制約条件

NEXT

最適解/変数・制約条件を定義した問題を
デジタルアニメーラで解けるようにするには？

デジタルアニーラで「組合せ最適化問題」を解く手順②

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

3. デジタルアニーラで解ける数式をつくる

数式をたてるために、イジングモデルをつくる

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

変数 訪問順(t)	訪問都市(i,j)				
	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
- ・デジタルアニーラ第二世代では8192ビットまで対応

訪問都市(i,j)	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)か「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。

4. デジタルアニーラで解く

デジタルアニーラに式を投入
→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 変数 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

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

制約条件 各都市を必ず1回だけ通る

「組合せ最適化問題」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)

デジタルアニーラ応用事例



化学・製薬

分子類似性検索

化合物全体の類似性を選定



データ分析

Big Data Visualization Toolkit

ビックデータをクラスタリングし可視化



物流

交通量最適化

複数ある出発地から各目的地に向かう
車両の重複しない分散経路を選定



金融

投資ポートフォリオ (QHRP)

相関関係において影響を受けない
投資ポートフォリオ銘柄の選定



ものづくり

人員計画の最適化

作業員の要望・能力・希望スケジュール、
勤怠条件等に応じた人員計画を作成

在庫割り当ての最適化

仕向先の要望に応じたに最適な部品・
製品の組合せを最適化

生産計画の最適化

順序関係のあるいくつかの作業を行う複数の機械の、
全体の稼働スケジュールを最適化

工場内動線最適化

工場内における最適な棚の配置場所/
ピッキングルートの選定



1. 創薬における分子類似性検索の高精度化

- 高精度に分子の類似性検索を実施。薬効の高い医薬品の開発に貢献

課題

- Finger Print (※) を使用する従来の手法において、原子団の有無は考慮するものの、分子の形状を考慮しないため、精度の高い検索が行えなかった。

(※) 構造のキーとなる原子団の有無を0/1で表現しブールベクトルとして分子を表現する手法

技術

原子団をノード、結合をエッジとしてグラフ類似性問題として扱う

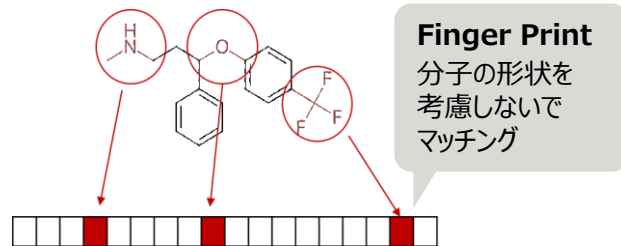
- 分子の形状を考慮することで精度が向上
- デジタルアニーラによる高速計算

効果

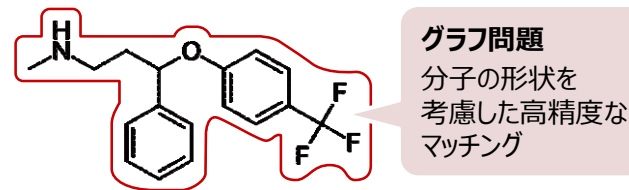
- 精度の高い類似分子検索が可能
- 薬効の高い医薬品開発の効率化が期待できる

活用シーン / イメージ

従来



デジタルアニーラの効果



原子団の組合せで計算が膨大 → **DAの適用で効率化**

2. ビッグデータ活用に向けた高速クラスタリング

■ 大規模データセットを可視化、より高精度の分析を実現

課題

- 近年、ビッグデータが着目されているが有効活用するには高速なデータ処理速度が必要

技術

- 高次元のデータを圧縮しクラスタリング可能なサイズに領域分割することで高精度かつ階層構造をもったクラスタリングを実施

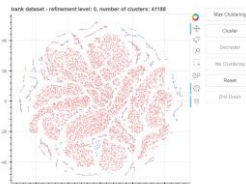
効果

- 従来手法で数時間かかるクラスタリングが数分で実施可能
- 大規模データセットを可視化・分析できる
- クラスタリングのレベルを変更して分析可能

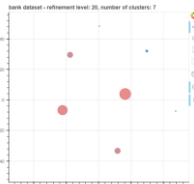
活用シーン / イメージ

デジタルアニーラによる高精度なクラスタリングを実現

Before
4万人分の
顧客データ

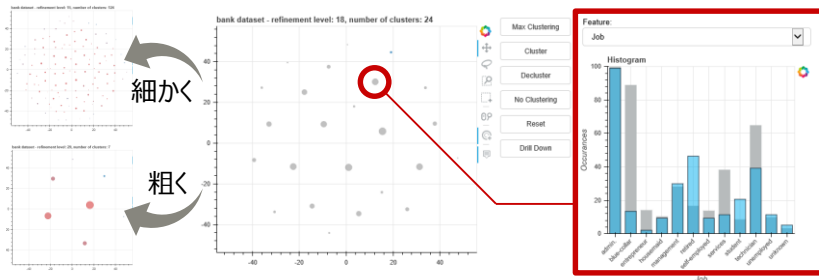


After
類似データ
ごとに
グループ化



クラスタリングのレベルを変更可能

職業や年齢など、属性ごとに参照可能



3. 渋滞回避のための経路選択最適化

- 都市全体、工場内全体の経路分散により全体の移動時間を削減

課題

- 従来のシステムでは最短距離ルートを通る傾向があり、交通が集中し渋滞が発生

技術

- 経路が重複しないように経路選択を最適化
- 候補経路には条件を付加でき優先順位付けをすることができる（条件：速度制限や車線数など）

効果

- 交通量の分散により渋滞を緩和。40%の短縮が可能
- 道路開発計画などで繰り返しシミュレーションを行う事例への適用
- 倉庫の集配管理やAGV(無人搬送車)、ネットワークトラフィックなどの問題にも応用可能

活用シーン / イメージ



4. 銘柄の相関性を活用したリスク分散投資

- 500銘柄の相関関係を瞬時にクラスタリングし、リスクに強いポートフォリオを組成

課題

- 一般的に使われる、最小分散ポートフォリオ (MV) 方式では市場の好不調の影響を受けやすい

技術

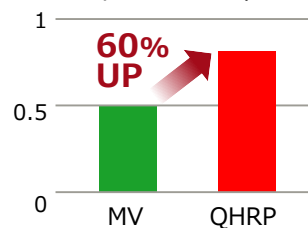
- 独自のQHRP方式によるポートフォリオ最適化
 - 銘柄をクラスタリングしてツリーを作成
 - 相関性の低い銘柄でポートフォリオを組成しリスク分散

効果

- 市場変動に強く、安定したリターンを継続して得ることができるポートフォリオを組成
- シャープレシオで比較し60%増加

活用シーン / イメージ

効果(シャープレシオの比較)
(リスク・リターン比)

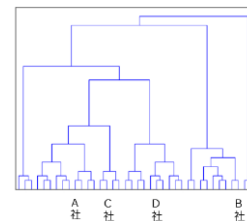


デジタルアニーラの技術

銘柄間の値動きの相関を行列で表現

	A 社	B 社	C 社	...
A 社	1	0.23	0.85	
B 社	0.23	1	0.64	
C 社	0.85	0.64	1	
...				...

値動きの相関関係銘柄をクラスタリング



5. 人員計画の最適化

■ 要員マネジメントに係る属人的な作業をなくし要員計画を最適化

課題

- 考慮すべき条件が増えて計画立案の工数確保が課題
- 計画立案に時間がかかるため急な条件変更への対応に苦慮
- 要員マネジメントに係るシフト計画作成作業の属人化

技術

- 8192bit規模/64bit階調の実行規模で細かい要件を設定可能
例えば、希望日、日を跨ぐ連続勤務、週休二日等を同時考慮
- 要員に急用発生などの条件変更にも速やかに再計算可能な高速処理

効果

- 従来は34人、最適化後は29人のシフト計画を立案
- 属人化作業が減り、シフト計画立案も短時間で完了
- 働き方改革の視点でも様々な業種で応用可能

活用シーン / イメージ

シフト計画立案例

		月				火				土				日				
予定仕事量		220				220				200				180				
要員 番号	1日の 仕事能力	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	各作業員の 稼働日数
0	(008):	×	×	×	×	×	×	◎	○	×	×	×	×	◎	×	×	×	4
8	(012):	×	×	×	○	×	×	○	○	○	○	×	×	○	×	○	○	0
24	(005):	×	×	×	○	○	○	×	×	×	○	○	○	×	○	○	○	0
25	(014):	○	○	○	×	○	×	×	×	×	○	○	×	○	×	○	○	0
32	(010):	◎	×	×	×	◎	○	×	×	×	○	◎	×	×	◎	×	×	5
33	(012):	-	◎	×	○	○	◎	×	×	◎	×	○	×	◎	×	◎	×	5
仕事量(予定との 差)		221(1)				222(2)				199(-1)				180(0)				作業員数 29名(-5)

◎: 決定のシフト日、○: 希望日、×: 非希望

Before

34人でシフト

After

29人でシフト

6.生産計画の最適化

■ 生産工程時間の低減、機械設備の効率的な利用

課題

- 多品種化で処理時間の違う工程が混在、機械(設備)の効率的運用と生産時間の低減が課題
- 人が考えて作業を割り当てているため時間がかかっている

技術

- 突然の機械故障、jobの変更があっても瞬時に最適化を可能とする高速処理
- 多くのjob数、異なる処理時間、工程の組み合わせ条件を満足させる8192bit規模/64bit階調の実行規模

効果

- 処理時間を30%低減させて設備を効率的に運用可能
- 属人化作業を排除、計画作成が短時間で完了
- 設備数の適正化等の検証にも応用可能
- 複数の工程を組んで進められる様々な作業にも応用可能

活用シーン / イメージ

【job工程表例】

	工程0		工程1		工程～	工程5		工程6	
	機械	処理時間	機械	処理時間		機械	処理時間	機械	処理時間
job0	4	2	6	2	～	1	3	2	3
job1	1	3	4	3		2	1	6	3
job2	3	2	5	2		1	2	2	3
～	～	～	～	～		～	～	～	～
job7	6	3	2	3		4	3	0	1
job8	1	2	5	2		6	2	3	3
job9	3	3	0	2		4	3	2	1

- 各jobは工程番号順に進める
- jobの処理時間は機械・工程で異なる
- 機械は同時に一つのjobのみ処理可能

job割り振り最適化

処理時間	1	2	3	4	5	27	28	29
機械0					job9		job7	
機械1	job8			job1		job5		
機械2		job5				job2		
機械3	job5	job9			job6	job3		
機械4				job0			job6	
機械5	job4							
機械6	job7						job4	

41Hを
29Hに
3割減

7.在庫割り当ての最適化

■ 製品モデルへの部品の割り当てを最適化し在庫管理を改善

課題

- 多製品化で部品在庫からの選択条件は複雑化。その条件を満足する組み合わせ作成に膨大な時間を要している。
- 条件の複雑化で人手作業では最適化が困難

技術

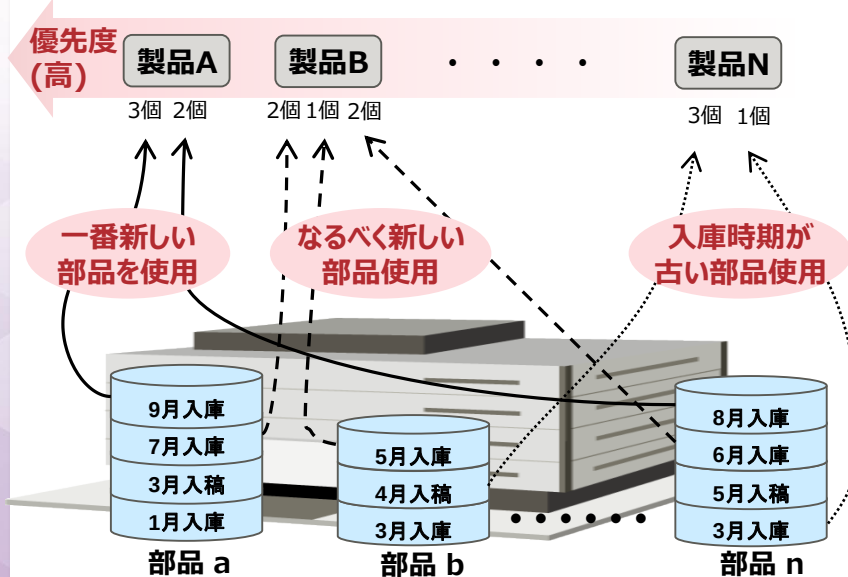
- 多種の製品、部品、多くの選択条件を考慮可能とする8192bit 規模/64bit階調の実行規模
- デジタルアニーラによる高速計算でリアルタイムな割り当てが可能

効果

- 条件に合う部品をリアルタイムに認識でき、在庫と品質の管理を効率化
- 属人化作業の排除
- 小売り、流通などの倉庫へも応用可能

活用シーン / イメージ

- 単価、利益が大きい製品を優先し割り当て
- オーダーがたくさん入っている製品を優先し割り当て



8. 生産性向上のための工場内動線最適化

- 倉庫内のピッキング作業における移動距離を最大45%短縮（事例：富士通ITプロダクツの実践）

課題

- ・多品種少量生産における、都度異なる大量の部品ピッキングに対してかかる時間と労力が作業者の経験レベルに依存
- ・各ピッキングについて、それぞれの作業効率が検証されていない

技術

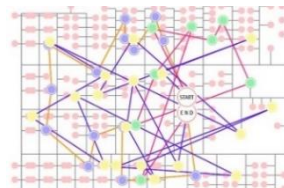
- ・棚を回る順序を、組合せ最適化問題として移動距離を最小化
- ・同時に通る頻度の高い棚の相関の洗い出し

効果

- ・経験の浅い作業員でも効率的なピッキングを実現
- ・移動距離は順序と棚の最適化により月あたり45%まで減少可能
- ・他工場、倉庫管理業務などにも展開可能

活用シーン / イメージ

作業員が部品をピッキングする際の非常に複雑なルート



倉庫面積：1,000㎡
部品点数：3,000点

タブレットに表示された最適なピッキングルート





ものづくり

8. 富士通ITプロダクツの実践

FUJITSU

会社概要

会社名

株式会社富士通ITプロダクツ

所在地

石川県かほく市笠島ト1番地1

資本金

1億円（全額富士通株式会社出資）

設立

2002年4月1日 従業員 455人

事業内容

サーバ、スーパーコンピュータ、ストレージシステム
およびソフトウェア等の製造

導入事例

倉庫内の部品集約作業における移動距離を
最大45%短縮



導入スケジュール

2017年 9月～
検討開始

2017年10月～
実証検証開始

2018年 2月～
本運用開始



■ 従来の運用に、棚位置DBを新規に作成し、デジタルアニーラと連携することで、最適ルートを算出



デジタル アニーラの サービス概要

FUJITSU

shaping tomorrow with you

デジタルアニーラの特長

■ 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

規模

8192bit規模で課題に対応

結合数

ビット間全結合による使いやすさ

精度

64bit階調の高精度

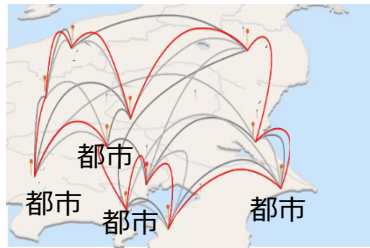
安定性

デジタル回路により常温で安定動作

「規模・結合数・精度」とは

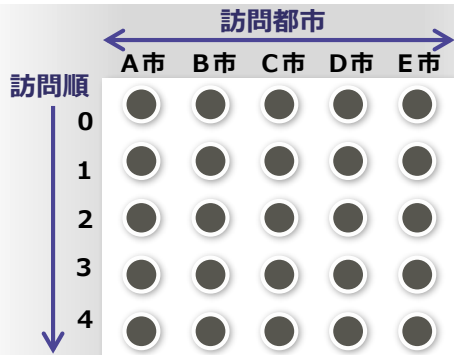
■ 巡回セールスマン問題の場合

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



規模

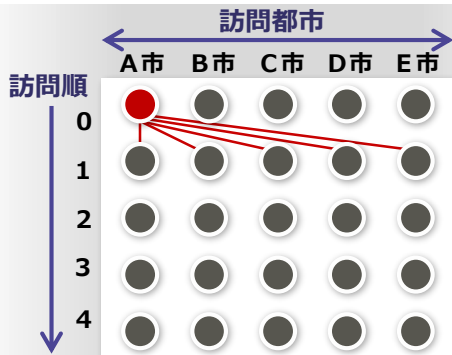
8192bit



扱える
訪問都市の数

結合数

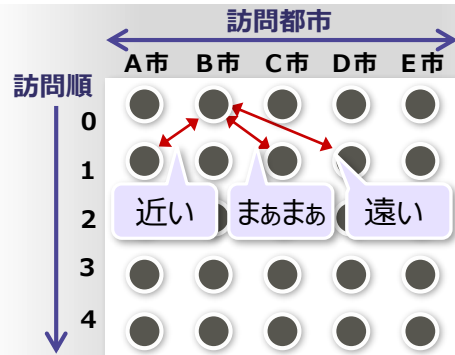
全結合



すべての都市間の距離が
定義可能

精度

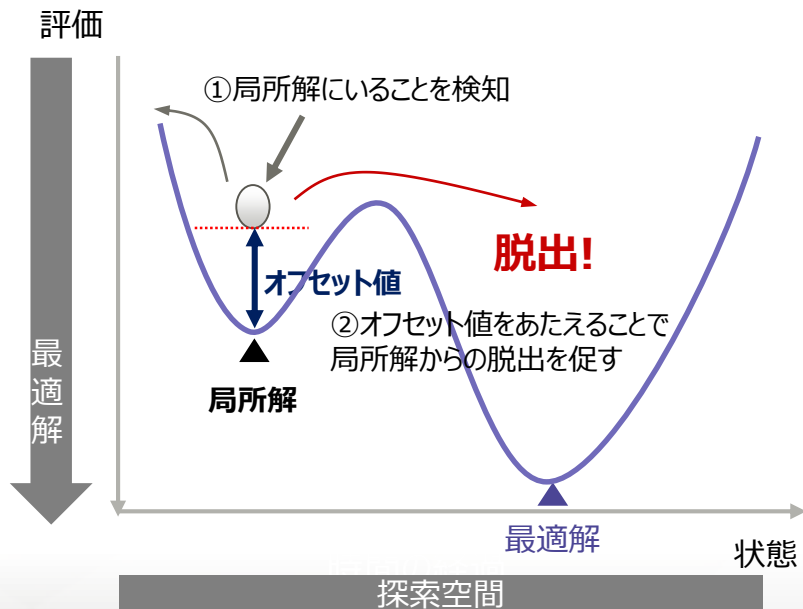
64bit階調



EX, 3階調であった場合、
「遠い」「近い」「まあまあ」と表現可能
階調＝都市間の距離の精度

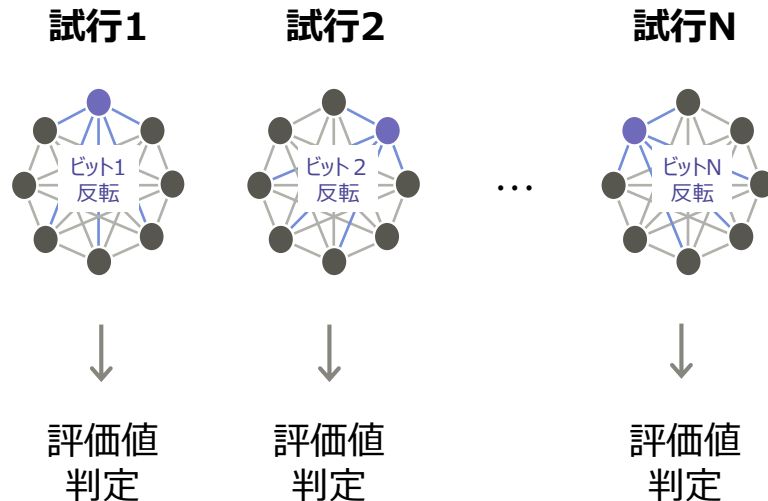
独自技術による「最適解」の精度向上

最適解に導く確率を高める



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。

並列評価により高速に最適解を求める



並列的に反転させるビットを評価をすることで
高速に最適解を導く。

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 (第二世代)	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	8192	2048	2048
結合数	全結合	部分結合 6 (64bit全結合相当)	全結合
精度	1845京階調	16～32階調	3階調

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
- 2019年2月 オンプレミス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

クラウドサービス



FUJITSU Quantum-Inspired
Computing Digital Annealer
オンプレミスサービス

オンプレミスサービス



Digital Annealer
テクニカルサービス

テクニカルサービス

お客様のデジタルアニーラ
活用を支援する



実ビジネスには様々な組合せ最適化問題が存在



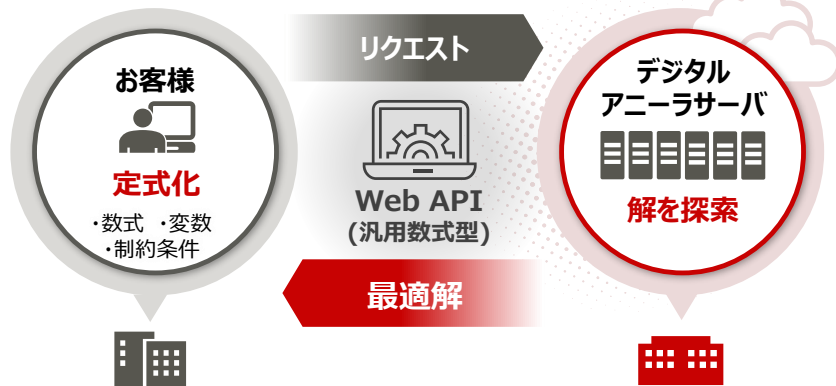
汎用数式型

(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

富士通データセンター



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

富士通データセンター





最適化ソリューションAPI

倉庫内ピッキングAPI (Warehouse Pickup Optimization API)

倉庫内にある複数の棚などから指定された商品を取り出す（ピッキング）ときに、移動距離が最短となるルートを求めるWeb APIサービス

- ・ピッキングする棚の一覧が入力となり、最適なピッキング順序が出力される
- ・優先度が1つの場合、最大32カ所まで対応
- ・倉庫内のマップファイル（座標データ）は予めクラウド上に登録





クラウドサービスメニュー

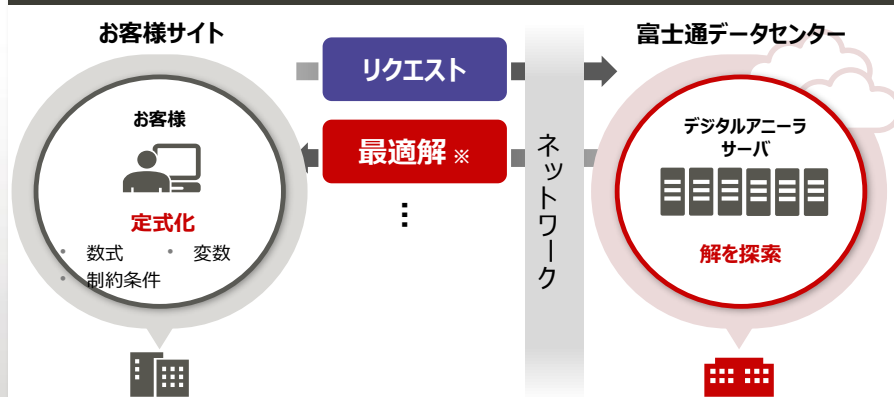
サービスタイプ	料金	備考
汎用数式型 (QUBO API)	プレミアム 月額固定	利用形態：専有型
	スタンダード 月額固定 or 従量制	利用形態：共有型
ソリューション特化型 (最適化ソリューション API)	倉庫内 ピッキングAPI 個別見積り	



クラウドサービスが提供するWeb API

- 同期Web API(基本)、非同期Web API(オプション)を提供しております。
- 3分を超える計算時間を要するリクエストはエラーとなるため、非同期オプションの選択が必須となります。

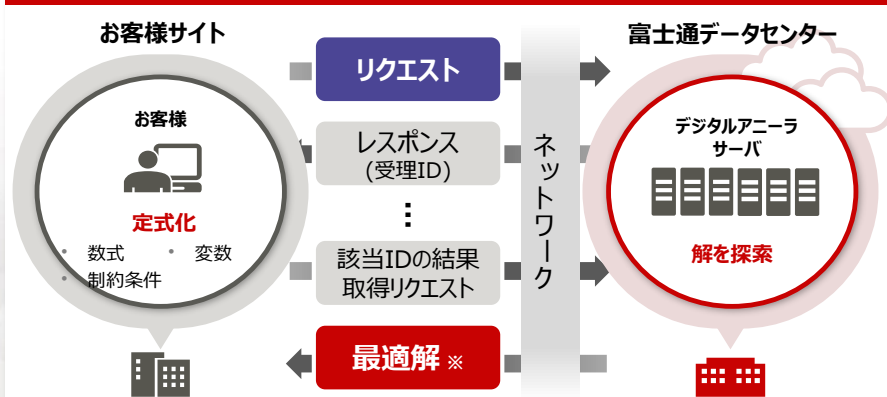
同期Web API



計算結果の取得を同期的に行うAPIです。
計算処理がすべて完了した時点でAPIが復帰します。

問題をリアルタイムに処理することが可能

非同期Web API



計算を行うリクエストを発行した後、結果取得リクエスト
を発行して計算結果を取得します。

大規模な問題を複数リクエストすることが可能に

※ 問題によっては、必ずしも最適解が出るとは限りません。

Copyright 2020 FUJITSU LIMITED



ヘルプデスクサービス

■ 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

問合せ対応時間帯		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	対応言語	日本語
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		メンテナンス通知	
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	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	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
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	



デジタルアニーラ オンプレミスサービス

- お客様サイトにデジタルアニーラサーバを設置し、月額固定の利用料金をお支払い頂くことで利用可能なサービスです。
- 最大実行規模8192bitでご提供。解きたい問題の規模/精度に応じて、最適なパーティション構築が可能です。

お客様サイト（お客様ご指定のサーバ室/データセンター）





デジタルアニーラ テクニカルサービス(概要)

- 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



アプリケーション
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 テクニカルサービス(詳細)



定式化検証

お客様の課題が組合せ最適化問題に変換可能か、またその解がデジタルアニーラによって求めることができるかを検証します。



導入支援

お客様のデジタルアニーラ活用の実証検証(PoC)の企画立案、数理モデルの構築から効果評価までを実施、およびデジタルアニーラ導入に向けたお客様の要件定義を支援します。



構築

お客様のデジタルアニーラ導入において、デジタルアニーラ活用アプリケーション(お客様システム上に構築し、デジタルアニーラと連携する、入出力情報の加工や結果出力の後処理を行うアプリケーション)の開発・導入などの作業を行います。



運用

導入したデジタルアニーラ活用アプリケーションに対し、質疑対応、問題解決支援を行います。



教育

デジタルアニーラの講師派遣型教育を提供します。

基礎編：デジタルアニーラの特徴や仕組みについて学びます。

実習編：デジタルアニーラの実機を用いて組合せ最適化問題の解き方を学びます。

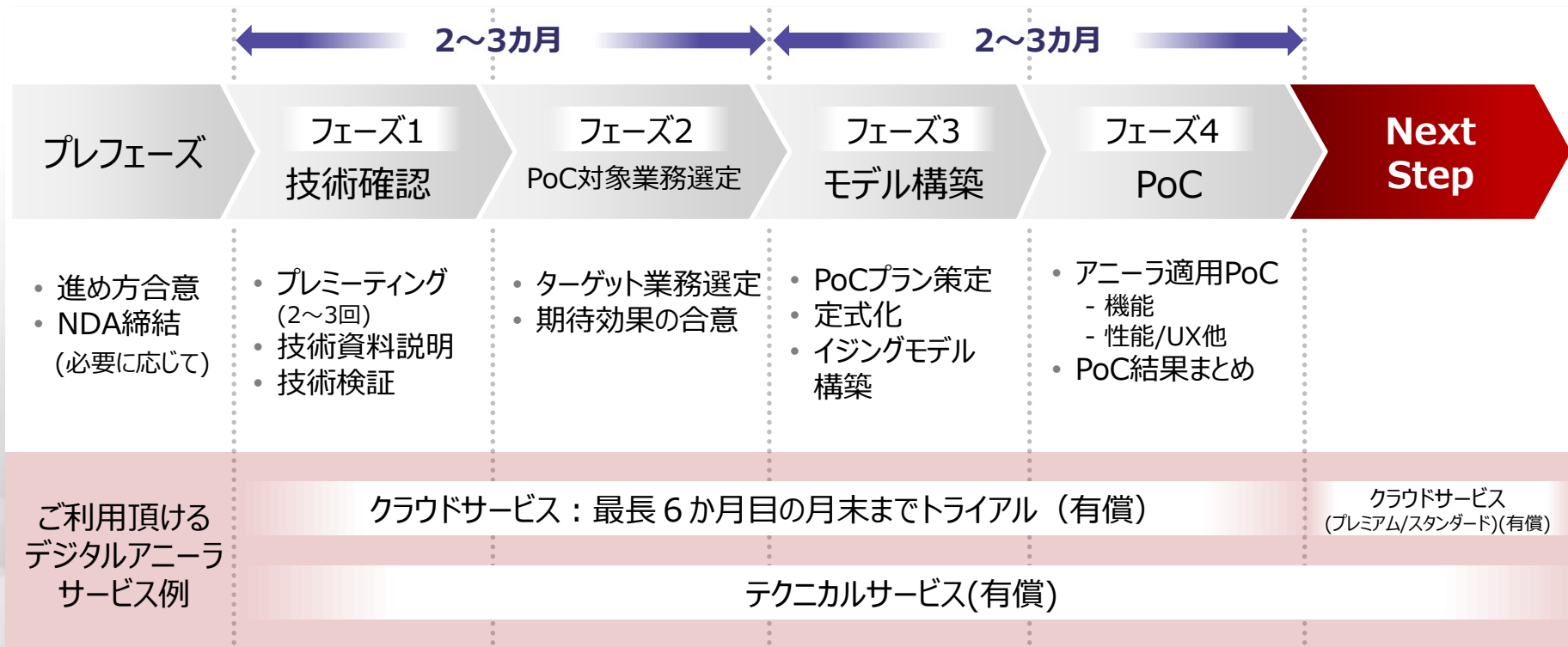


チューニング支援

デジタルアニーラクラウドサービスを利用しているお客様に対し、パラメータチューニングに関する問題解決支援を行います。

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。



導入事例

FUJITSU

株式会社
フィックスターズ様

量子コンピューティング領域の
新たなサービスとして
活用中

東北大学様

組合せ最適化問題の定式化
無人搬送車への
制御への応用

経済産業省様 / IPA様
未踏事業への参画

若手人材・ベンチャー企業
発掘に向けてデジタル
アニーラを活用

株式会社三菱UFJトラスト
投資工学研究所様

資産運用における
ポートフォリオ最適化に
向けた技術検証

株式会社リクルート
コミュニケーションズ様

実際のビジネスで活用可能な
新たなマーケティング・テクノロジーの
実現に向けた研究開発

富士フイルム
株式会社様

生産工場における多品種少量の
製品モデルに対する生産ライン
最適化の技術検証

ロードマップ°

FUJITSU

shaping tomorrow with you

サービスデリバリーロードマップ

2018

2019

FUJITSU



テクニカルサービス

第1世代 クラウド 5月 >> 第2世代 クラウド 12月 オンプレミスサービス 2月 ソリューション特化型 7月 次世代

規模 : **1024bit**

精度 : **16bit** 65536階調



規模 (最大) : **8192bit**

精度 (最大) : **64bit** 1845京 階調

Digital
Annealing Unit



大規模並列処理
~100万bit規模

技術検証から実ビジネスの運用システムへ適用範囲を拡大

デジタルアニーラ グローバル展開

- グローバルに各サービスの提供を開始
- 2019年よりオンプレミスサービスの提供を開始（グローバルに順次展開予定）

EMEIA

- クラウドサービス
 - テクニカルサービス
- 2019年度から
順次提供開始※

APAC / Oceania

- クラウドサービス
 - テクニカルサービス
- 2019年度から
順次提供開始※

Japan

- クラウドサービス
 - オンプレミスサービス
 - テクニカルサービス
- 提供中

Americas

- クラウドサービス
 - テクニカルサービス
- 提供中

※ 各国の開始時期については
弊社に問い合わせください

パートナーシップ

FUJITSU

shaping tomorrow with you



パートナーシップによる適用領域の広がり



UNIVERSITY OF
TORONTO

先端領域への共同研究



新たな社会課題への
適用



WASEDA University
早稲田大学

実社会の課題を解決する
組合せ最適化問題への
適用を促進

1QBit

デジタルアニーラへの
1QBitミドルウェアの実装



適用業務領域の
拡大

FUJITSU

デジタルアニーラ

1QBit社とのパートナーシップ



- 1QB Information Technologies Inc. (本社:カナダ バンクーバー市)
- 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

プレスリリース

富士通と1QBit、量子コンピュータ技術に応用したAIクラウドで協業を開始



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



ハードウェア

高速かつ高精度に
問題を解く処理を実施



トロント大学とのパートナーシップ



UNIVERSITY OF
TORONTO

FUJITSU

- 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
- 2017年11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

プレスリリース

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



スマート交通



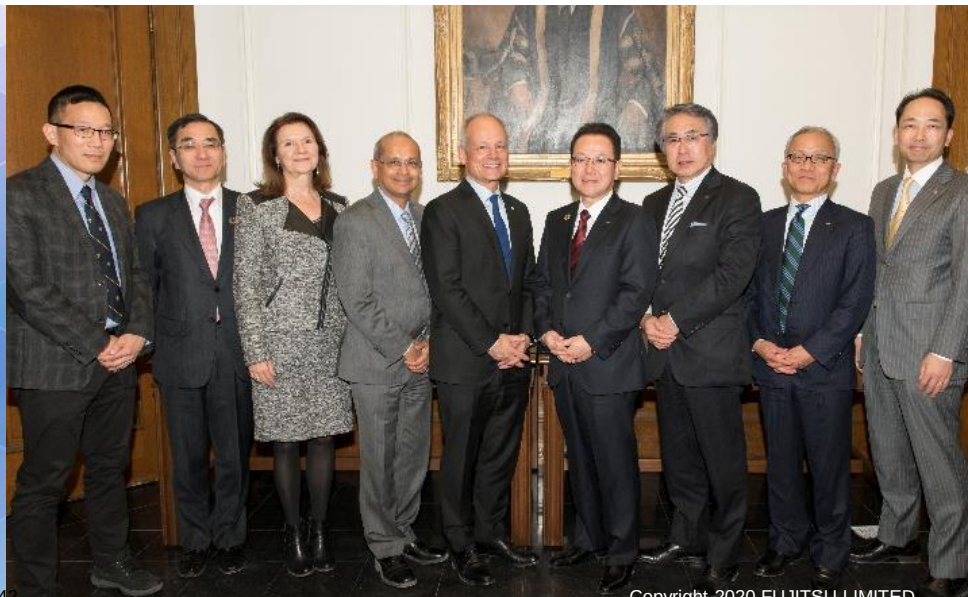
ネットワーク



金融



医療



トロント大学との共同研究

(がん放射線治療)



UNIVERSITY OF
TORONTO

FUJITSU

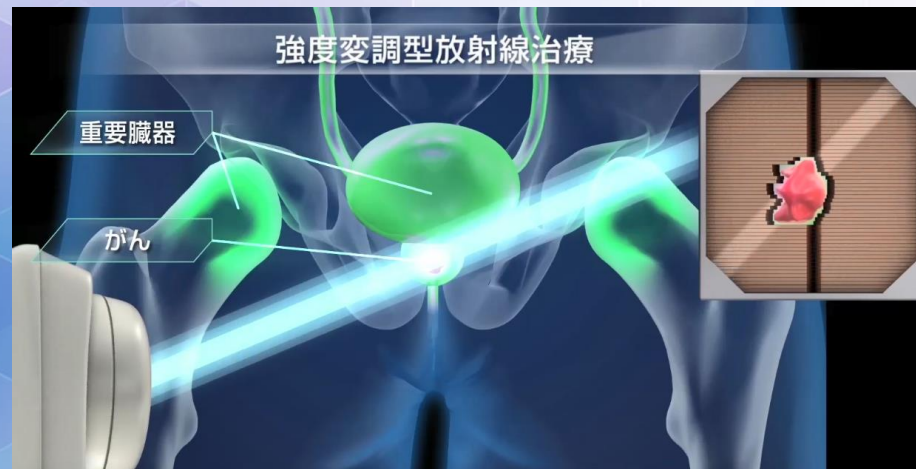
- 治療計画には膨大な計算量のコンピュータシミュレーションが必要
- 数時間から数日かかるような複雑な最適化計算を数分へ
※共同研究

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



早稲田大学とのパートナーシップ

(包括的連携活動協定締結)

- 実社会の組合せ最適化問題をデジタルアニーラで解決する
共同研究を2019年4月より実施中 ※研究テーマによっては民間企業も契約可能
- 早稲田大学の全研究を対象に、研究テーマを広く募集
- 共同研究拠点を開設 ■ 拠点名称 : Fujitsu Co-Creation Research Laboratory at Waseda University

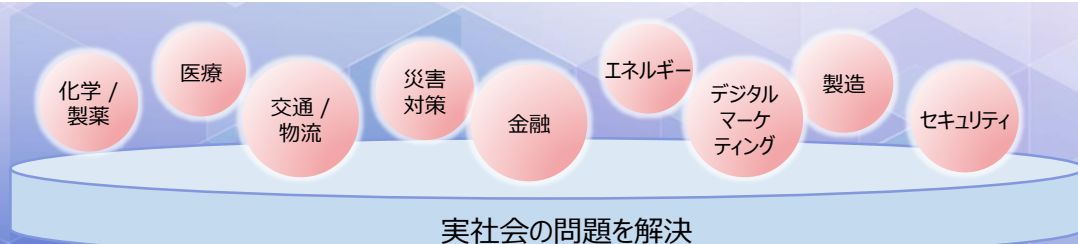


WASEDA University
早稲田大学

FUJITSU

プレスリリース

富士通研究所と早稲田大学、「デジタルアニーラ」
に関する包括的連携活動協定を締結



組合せ最適化問題をデジタルアニーラで解く共同研究



研究
テーマがある
研究室

FUJITSU

民間企業

取組テーマ候補

金融

株価の変動予測

デジタル
マーケ
ティング

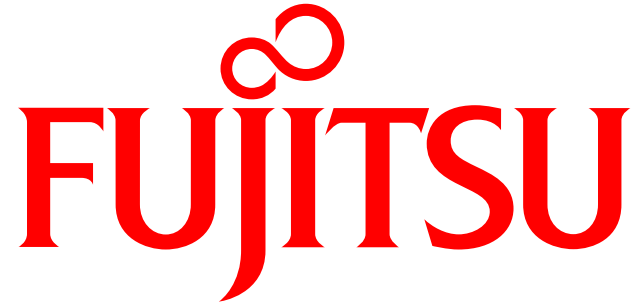
データ分析

交通 /
物流

配送最適化

FUJITSU Digital Annealer

The world's first
Quantum-Inspired technology



shaping tomorrow with you