

CMOSアニーリング

大規模かつ複雑な組合せ最適化問題を高速に解く量子インスパイアード技術で、乗務員・車両運用計画を自動作成
熟練者への依存を軽減して計画期間を数カ月から約1週間へ短縮し、タイムリーなダイヤ改正を支援

適用分野(業種・業務)

鉄道／乗務員運用・車両運用計画の策定

お客さまの課題

- ダイヤ・労働条件など多様な制約を同時に満たす必要
- 計画は熟練者に依存し、改正時は業務負荷が集中

解決策・お客さまメリット

- 鉄道固有の制約を組合せ最適化問題としてモデル化
- CMOSアニーリングで制約を満たす候補を高速・高精度に探索
- 乗務員運用計画：数カ月 → 約1週間
車両運用計画：約20日 → 数日程度
- 評価指標で複数案を可視化し、熟練者の比較・最終判断を支援
- 条件変更時の再計算により、ダイヤ改正や突発時の再計画を迅速化
- 将来輸送・BCPダイヤへ拡張し、クラウド型で2027年度中の稼働開始をめざす

運用イメージ



図：CMOSアニーリングを活用した鉄道運用計画の自動作成・評価
出典：株式会社日立製作所 ニュースリリース(2026年7月14日)



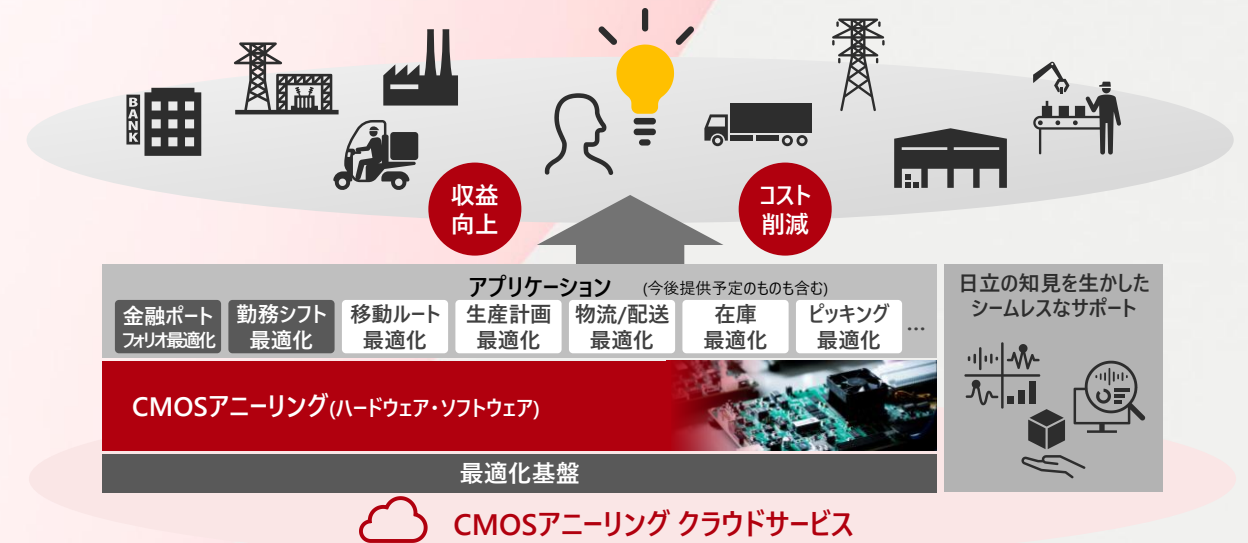
イジングマシンの枠を超えて広がる最適化技術

連続値とハード制約を含む現実課題まで扱えるように技術を拡張
アプリケーションをクラウドで提供し、迅速な導入を支援

ブレークスルー技術

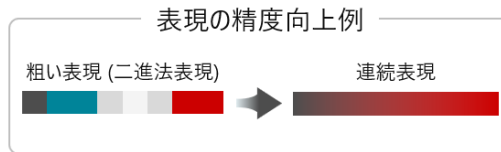
- 複数の専用半導体で構成された世界最大級225万ビットアニーリングシステム*
- GPUを活用した複雑な問題向けのモメンタムアニーリング(MA)
- さまざまな実問題に対応可能な自動チューニング技術

サービス提供形態



1 Mixed-binary QP へ拡張

- CMOS アニーリング (MA) をmixed-binary QP へ拡張
 - ✓ 各変数は $\{-1, +1\}$ または $[-1, +1]$ を動く
 - ✓ つまり、0-1変数 / 実数が混在する二次最適化問題を扱える
 - 変数を過度に増やすことなく対応できる問題クラスが広がる



- 補助変数を導入して相互作用をデカップリング、並列更新を維持



* 本成果の一部は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託業務(JPNP16007)の結果得られたものです。

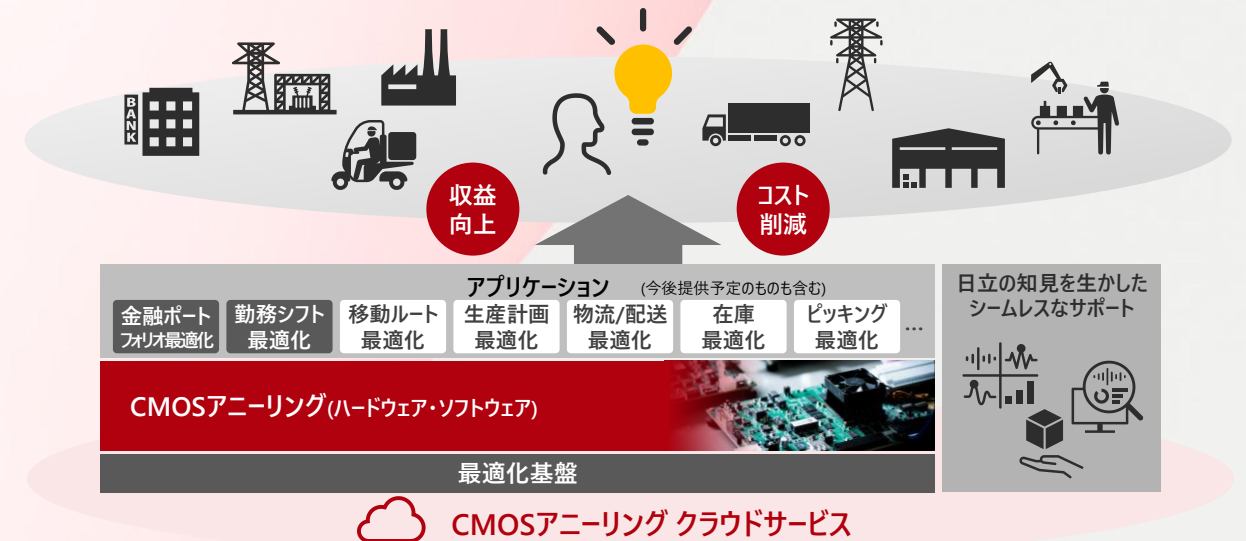
イジングマシンの枠を超えて広がる最適化技術

連続値とハード制約を含む現実課題まで扱えるように技術を拡張
アプリケーションをクラウドで提供し、迅速な導入を支援

ブレイクスルー技術

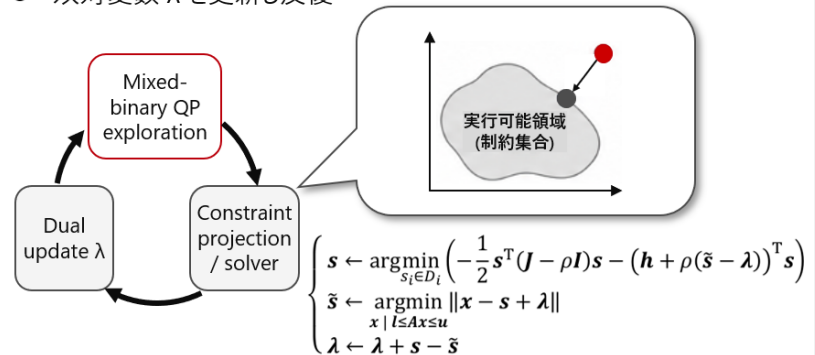
- 複数の専用半導体で構成された世界最大級225万ビットアニーリングシステム*
- GPUを活用した複雑な問題向けのモメンタムアニーリング(MA)
- さまざまな実問題に対応可能な自動チューニング技術

サービス提供形態



2 ADMM によるハード制約対応

- 問題を分割して、各サブ問題をそれぞれ得意とするソルバに任せる
 - ✓ 非凸二次最適化(mixed-binary QP)はCMOSアニーリング
 - ✓ 制約最適化は射影アルゴリズム、最適化ソルバで解く
- 双対変数 λ を更新し反復



* 本成果の一部は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託業務(JPNP16007)の結果得られたものです。

アプリケーション

鉄道に限らず、金融・産業・物流・化学・エネルギーの計画・運用を最適化
各分野の複雑な制約条件をアプリケーションに落とし込み、意思決定を支援

支援物資配送

複数拠点から避難所へ、
距離と公平性を同時に
最適化



81避難所+10台 / 距離21%短縮

材料探索

QUBO決定木で特徴量
組み合わせを探索し、
予測モデルを改善



広大な候補空間を効率探索

再保険最適化

連続値を含むMBQPで、
期待収益とリスク制御を
両立



2.6年 → 5.5日 / 174倍

交通・輸送

退勤時刻を分散し、
周辺道路の交通流を
平準化



約1,700台 / 6分以内に計画

勤務シフト

希望、人数、設備、出社
制約を統合し、週間シフト
を生成



300人規模 / 約1時間で作成

AI連携

小規模問題の解をGNN
へ知識注入し、大規模グ
ラフへ拡張



15万ノード / 損失約34%改善