

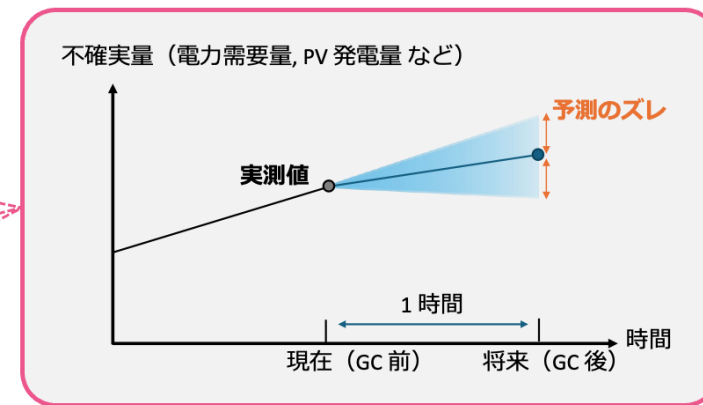
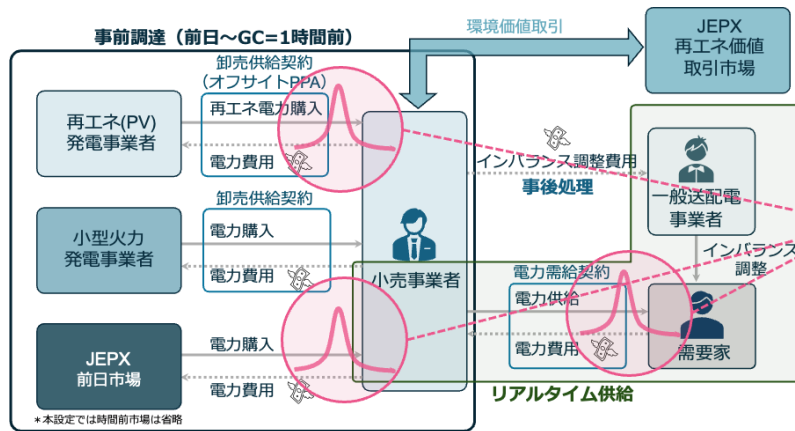
# Bayesian Factorization Machinesを用いた確率量子アニーリングによる分散型再生可能エネルギーシステムの最適化

## — 脱炭素社会に向けた再エネ不確実下の量子確率最適化手法の提案 —

伊藤 悠哉  
黒岩 太平

### ✓ 背景・目的

再エネ拡大で需給計画の不確実性対応が重要になる一方、確率計画法はシナリオ増加で計算量が増大する。そこで本プロジェクトでは、BFMQAにより計算負荷を抑えつつ、不確実性を考慮した需給計画を目指した。

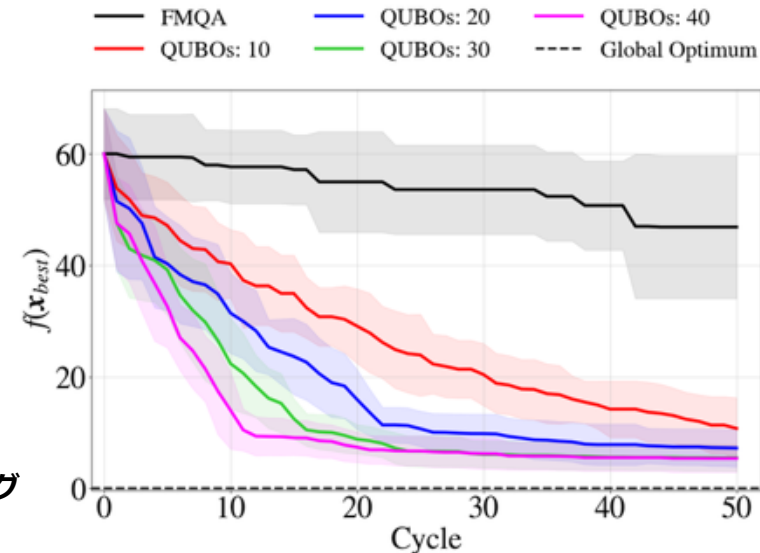
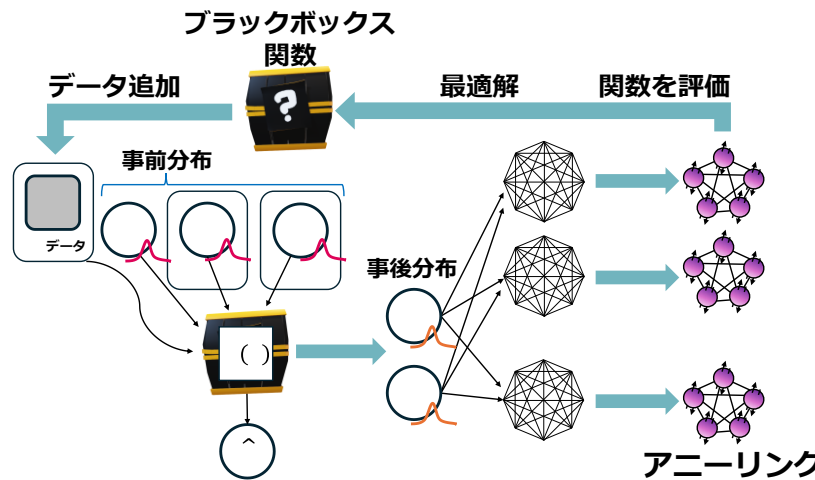


### ✓ 開発内容と成果

FMQAをベイズ拡張したBFMQAを開発し、BFMの**事後分布から複数QUBOを生成・並列探索する**手法を実装した。これにより探索の多様性を確保し、局所解への停滞を抑制した。

#### ①ブラックボックス最適化

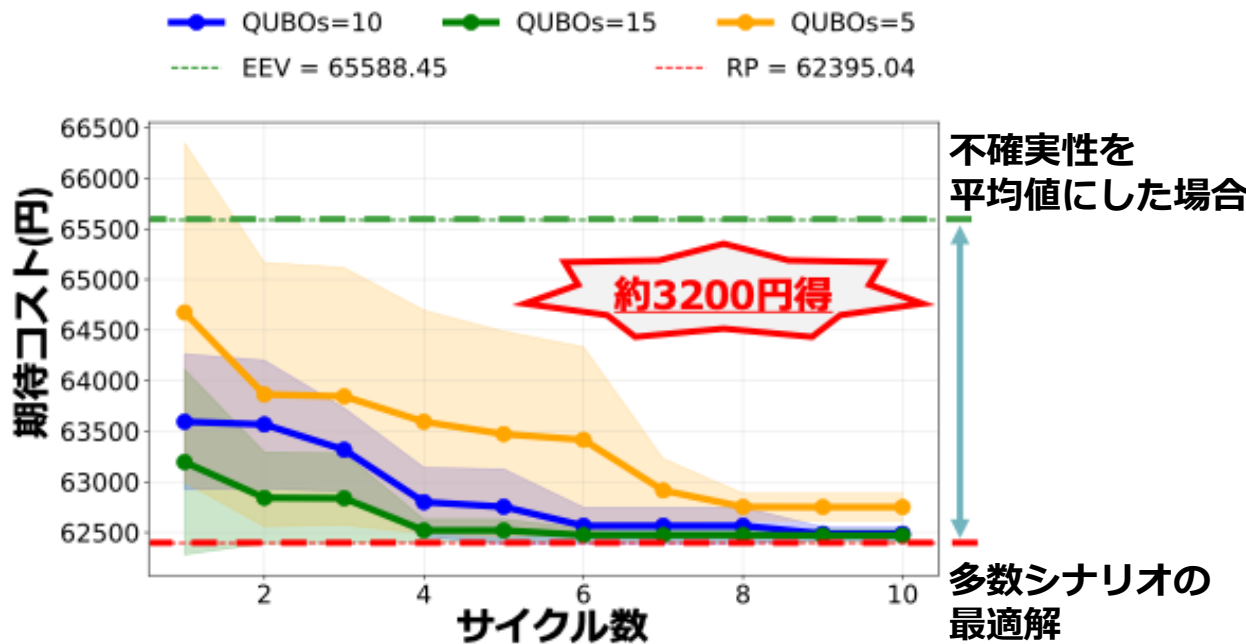
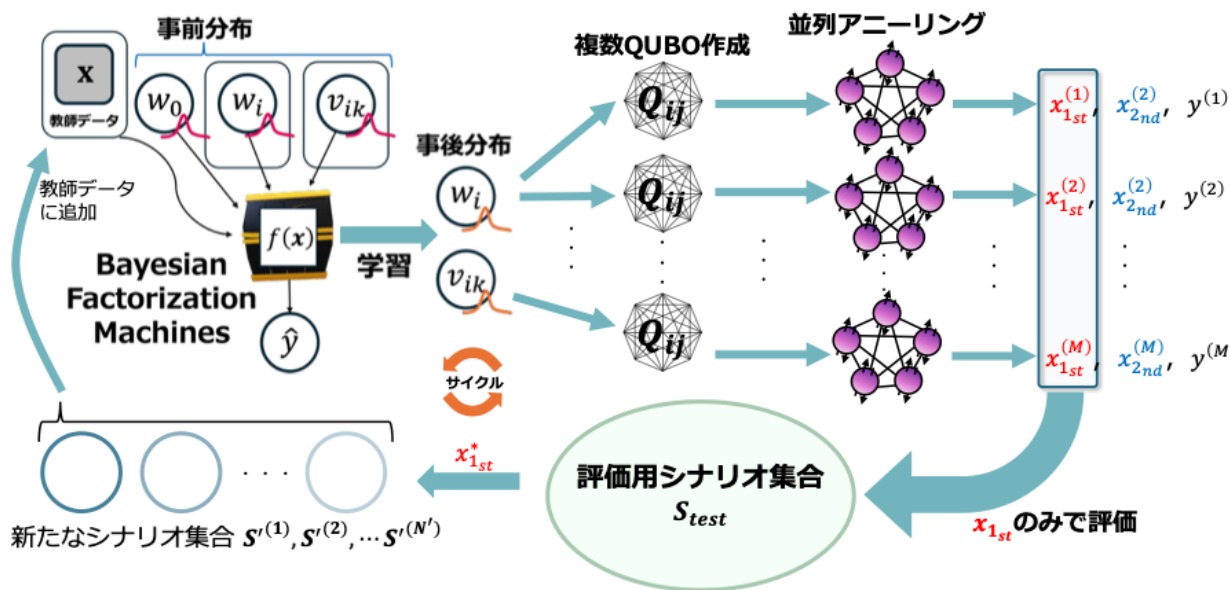
ベンチマーク評価では、特に多峰性問題でFMQAより安定した探索傾向を示し、**QUBO数の増加により収束の安定化・早期化**が確認された。(右図の結果は5変数Rastrigin関数)



## ②分散型再生可能エネルギーシステムの最適化

分散型再生可能エネルギーシステム（新電力の需給計画）を二段階確率計画問題として定式化し、BFMQAを適用した。多数シナリオを直接最適化する代わりに、**少数シナリオで学習し多数シナリオで評価する反復フローを実装**することで、計算負荷を抑えつつ高品質な解を探索した。評価の結果、**BFMQAは期待コストを多数シナリオの最適解に段階的に近づけ、不確実性の大きい再エネ需給計画への有効性を示した。**

（右図の結果は天候が雨でPV発電が不安定での条件下）



## ✓ 社会へのインパクト

再エネ導入拡大に伴って増大する需給運用の不確実性に対し、**計画精度の向上と調整コスト（インバランス費用）の抑制に寄与**することが期待される。これにより、**電力事業者の運用安定化や再エネ活用の促進につながり、脱炭素社会の実現に貢献**する。さらに、本手法の枠組みは、**物流・生産計画など不確実性を伴う他分野の最適化問題への展開も期待**できる。