量子コンピューティング ユースケース集

4層プリント回路基板における デカップリングコンデンサの最適化

富士通



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）

富士通： 4 層プリント回路基板におけるデカップリングコンデンサの最適化【2024/3】 1／2

検証

産業領域	製造・組立
プロセス	研究開発・製品設計
手法	組み合わせ最適化
技術分類	イジング*

取組の背景

- 富士通は独自技術を用いた第四世代のデジタルアニーラをリリースしている。**デジタルアニーラは量子現象に着想を得たコンピューティング技術で、一般的なコンピューターでは解くことが難しい組合せ最適化問題を短時間で解くことが可能**
  - ✓ 大規模アニーリングコアはマルチGPUに実装
- EMI（Electromagnetic Interference）とは「電磁障害」や「電波障害」のことで、電子機器や通信機器が発する電磁波が、他の機器やシステムに影響を与える現象を指し、**電子機器や通信機器はEMI規格に適合しなければ市販することができない**
- **本取組では、EMIを評価し放射電界がもっとも小さくなるコンデンサの組み合わせを特定**

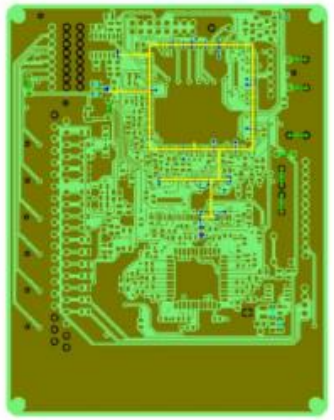
解決したい課題・モチベーション

- **ノイズ低減用デカップリングコンデンサの数と容量値の最適化には大規模な計算が必要。**例として、コンデンサが38個、コンデンサの容量はなし又は7段階としたとき、合計2.07×1034通りの組み合わせが発生する
- **ノイズ電解を抑えつつ、コンデンサ数を削減する**ことで**設計の最適化を実現**

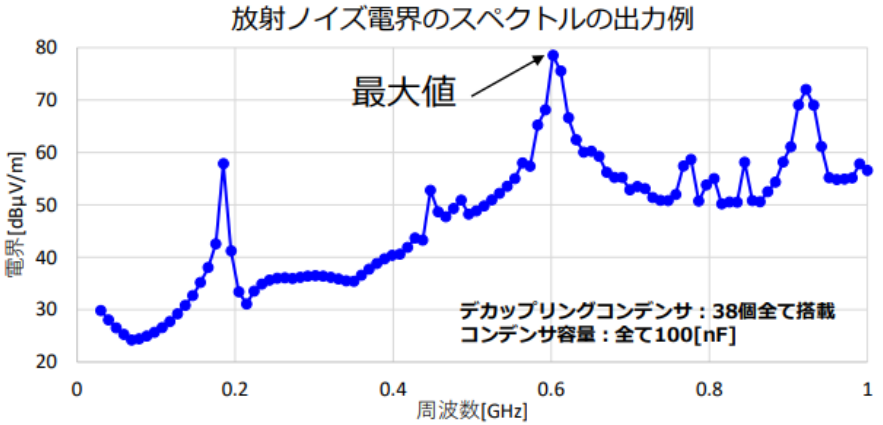
量子コンピューターとしての問題設定

- デジタルアニーラと機械学習を組み合わせた**FM-DAによる近似モデル上の高速探索とGA（遺伝的アルゴリズム*1）により大域的な探索**により電磁界解析を実施し設計を最適化。121 x 94 x 1[mm] の基板について、5040万格子で65万ステップを行い解析結果として10m法放射電界（30MHz～1GHz）の出力を得た
- デジタルアニーラに必要な**QUBO定式化*2を機械学習で自動生成**
- HWはスーパーコンピューターの富岳と富士通の独自技術である大規模アニーリングコアを活用

*1：遺伝的アルゴリズムとは、進化論の考え方に基づい近似解を探索するためのアルゴリズム
*2：QUBO定式化とは、量子アニーリングで実行可能なバイナリ変数の2次多項式として定式化することを指す



解析モデル



解析結果
（10m法放射電界（30MHz～1GHz））

参考：富士通株式会社「ここまできたHPC✕電磁界解析」（https://www.hpci-office.jp/documents/workshop/cae-ws.240308_Kochibe.pdf）
*イジング = 主に量子アニーラやイジングモデル専用シミュレータを想定し、問題をイジングモデルで表現してから計算を行う方式。特に、膨大な選択肢の中から最適な組合せを探す問題と親和性が高い。

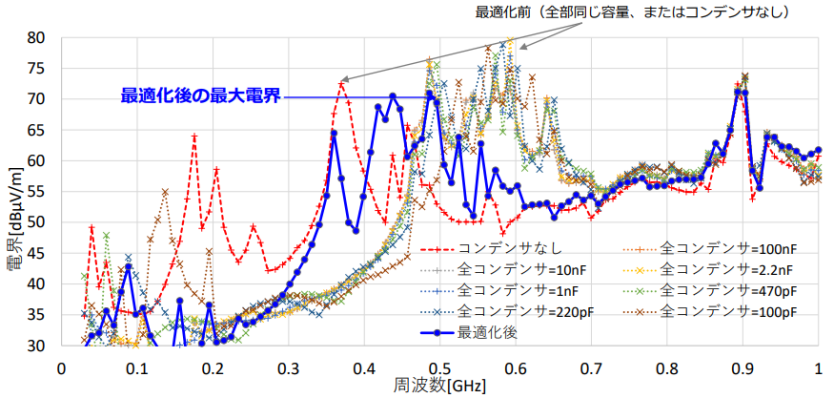
富士通： 4 層プリント回路基板におけるデカップリングコンデンサの最適化【2024/3】 2／2

検証

産業領域	製造・組立
プロセス	研究開発・製品設計
手法	組み合わせ最適化
技術分類	イジング*

期待されるビジネス効果

- 4 層プロント回路基板にて、最適化前にコンデンサを38個で最大電界値72.52～79.55[dBμV/m]だったところを、**コンデンサ20個71.18[dBμV/m]へノイズ電界を抑えつつコンデンサ数を約半分へ削減**



FMDA＋GAによる最適化結果

C9000	C9001	C9002	C9004	C9005	C9006	C9009	C9011	C9014	C9016	C9017	C9019	C9021	C9022	C9023	C9024	C9027	C9028	C9029
なし	10nF	1nF	100nF	なし	1nF	なし	1nF	100pF	なし	1nF	100pF	1nF	なし	なし	なし	470pF	なし	なし
C9030	C9035	C9036	C9043	C9044	C9047	C9048	C9057	C9058	C9069	C9070	C9071	C9072	C9073	C9074	C9075	C9076	C9077	C9078
なし	なし	100pF	10nF	100pF	1nF	なし	なし	なし	2.2nF	なし	2.2nF	なし	2.2nF	なし	なし	220pF	220pF	470pF

コンデンサの有無・容量値の最適化結果

参考：富士通株式会社「ここまできたHPC×電磁界解析」（https://www.hpci-office.jp/documents/workshop/cae-ws.240308_Kochibe.pdf）
*イジング = 主に量子アニーラやイジングモデル専用シミュレータを想定し、問題をイジングモデルで表現してから計算を行う方式。特に、膨大な選択肢の中から最適な組合せを探す問題と親和性が高い。

WEBサイトにて、その他の事例も公開しています。ぜひご覧ください。
https://www.quantum-computing-use-cases.nedo.go.jp

他の事例を見る

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）
AI・ロボット部（e-mail：quantum_ai@ml.nedo.go.jp）

本ユースケース集は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術開発機構（NEDO）の委託業務「量子・古典ハイブリッド技術のサイバー・フィジカル開発事業／量子技術に関するユースケース事例調査」および「ポスト５Ｇ情報通信システム基盤強化研究開発事業（量子産業化）／量子コンピュータの産業化促進に向けた包括的調査」の成果として、得られたものです。