

プログラム名：量子人工脳を量子ネットワークでつなぐ高度知識社会基盤の実現

PM名：山本 喜久

プロジェクト名：量子人工脳

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書 (成果)

平成29年度

研究開発課題名：

大規模時分割多重光パラメトリック発振器に基づく

コヒーレントイジングマシン

研究開発機関名：

日本電信電話株式会社

研究開発責任者

武居 弘樹

I 当該年度における計画と成果

1. 当該年度の担当研究開発課題の目標と計画

平成 29 年度は以下を課題として挙げていた。

課題 1 : CIM の計算機としての長期安定動作

課題 2 : 結合係数の多値化と磁場項の導入

2. 当該年度の担当研究開発課題の進捗状況と成果

2-1 進捗状況

課題 1 : CIM の光学系をコンパクトな筐体に収め、それを温度制御した防音ボックスに入れることで、外部の音響雑音や系の温度変化による不安定性を抑圧し、CIM による最大カット計算の長期安定化を実現した。実現した安定化 CIM を用いて、一般ユーザが CIM による最大カット計算を体験できる「QNN Cloud」を平成 29 年 11 月より開始した。

課題 2 : 512 個の DOPO 群に多値結合項(8 bit)と磁場項(16 bit)を導入することが可能な FPGA を開発した。

その他 : DOPO パルス発生のさらなる高効率化、高繰り返し化に向け、PPLN 導波路と石英導波路からなる異種材料集積導波路回路の作製、評価に着手した。

2-2 成果

課題 1

DOPO パルス数 2048, 結合係数 $\{-1,0,1\}$ の CIM の光学系部分を図 1(a)に示す 19 インチラックに収納可能なケースに収め、さらに同(b)に示す内部温度を 0.1°C の精度で安定化した防音箱に収容した。これに加え、従来から行ってきた Pound-Drever 法による光学系の位相安定化と、ポンプパルス繰り返し周波数の制御を行うことにより、CIM の安定性を飛躍的に向上した。また、DOPO パルス群の一部に 32 ノードのグラフ問題を備え、その最大カットの正負により共振器への注入光パルスの位相が正しいか否かを備える機構を実装した(以下、本機構を「位相フィルタ」と呼ぶ)。

図 2 に CIM の出力パワーの時間変動を示す。24 時間以上にわたり出力光強度の変動が $\pm 1\text{ dB}$ 以内の範囲に抑圧されることを確認した。本 CIM 装置を用いて、2000 ノード完全グラフの最大カット問題の解探索を長時間行ったところ、図 3 に示す結果を得た。精度保証のあるアルゴリズム(GW-SDP)を用いて得た解を上回る解を平均 42% の確率で 24 時間にわたり継続的に得ることができた。また、前述の位相フィルタに適合する計算結果のみを抽出した場合、平均 94.3% の確率で GW-SDP を上回る解を得た。

本 CIM を NII と東大が開発したウェブサーバに接続し、一般ユーザから CIM による最大カット問題計算を体験することができる「QNN Cloud」サービスを 2017 年 11 月より開始し、現在も継続中である。

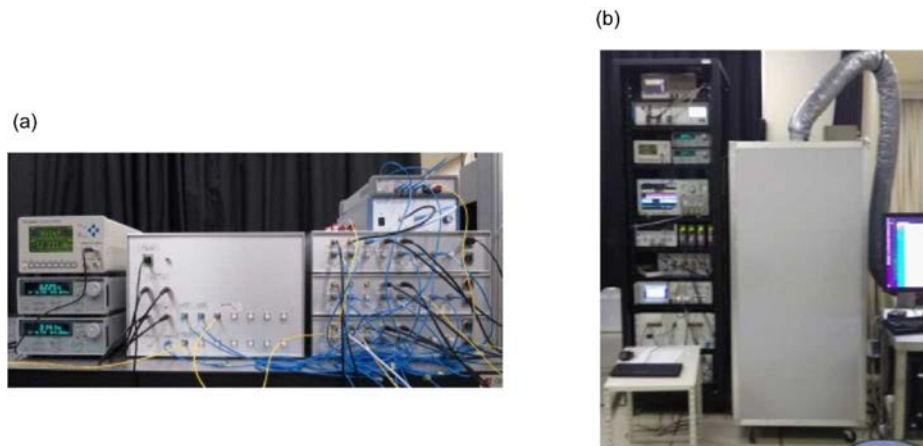


図 1: 安定化 CIM 装置の外観 (a) コンパクト筐体へ収納した光学系 (b) 安定化した CIM 装置

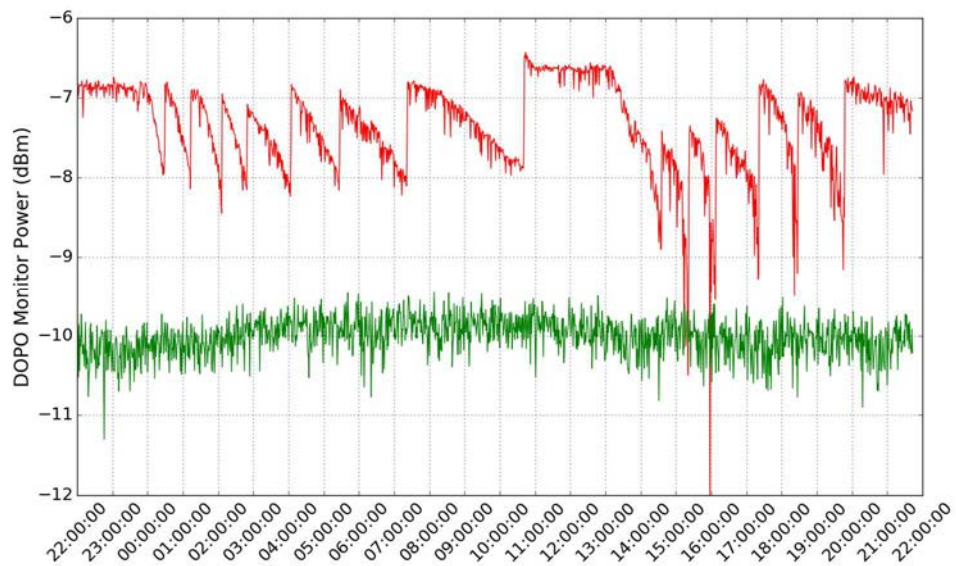


図 2: DOPO 出力パワーの時間変動。赤：光学系の温度制御なし、緑：温度制御あり。

課題 2

これまでの CIM は 2048 のスピン数を有するものの、スピン間の結合項は離散値 $\{-1, 0, 1\}$ に限られており、また各スピンへの磁場項に相当する機能は実装されていなかった。今回、スピン数を 512 に制限することで、FPGA のメモリ・リソースを結合項の多値化に割り振った。その結果、512 のスピン間に 8bit 結合項と 16 ビット磁場項を導入可能となった。現在、本 FPGA と接続するために CIM の光学系を構築中である。

その他

高繰り返し DOP0 パルス群の発生に必要となる 2 次高調波発生回路の高効率化に向けて、PPLN 導波路と石英導波路からなる異種材料集積導波路回路を作製し、2.8 dB 程度の効率改善が得られること確認した。

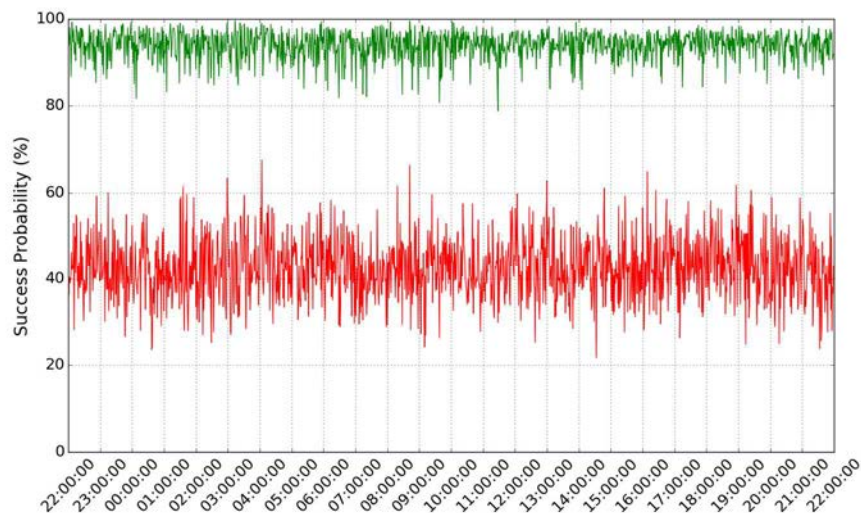


図 3: 測定・フィードバックに基づくコヒーレントイジングマシン

2-3 新たな課題など

- CIM と他のイジング型計算機との性能比較実験を行い、CIM の優位性の有無を検証する。
- 課題 2 で開発した 8bit 結合項、16 ビット磁場項を有する FPGA と、現在開発中の光学系を結合して、磁場項、多値結合項を実装した CIM 装置を開発する。さらに、開発した CIM 装置を地図塗り分け問題等、磁場項が必要な問題を用いて性能評価する。
- これまでの測定・フィードバック型 CIM の研究開発の知見を活かして、CIM のさらなる大規模化を行う。H30 年度は、スピン数 10 万、離散結合項の CIM を構築し、その動作を確認する。

3. アウトリーチ活動報告

無し