

## 【特別推進研究】

### 理工系



## 研究課題名 時間領域多重 2次元大規模連続量クラスター状態生成とその応用に関する研究

東京大学・大学院工学系研究科・教授  
ふるさわ あきら  
古澤 明

研究課題番号：18H05207 研究者番号：90332569

キーワード：クラスター状態、量子もつれ、量子コンピューター

### 【研究の背景・目的】

本研究代表者らが世界で初めて成功させ今や世界標準となった連続量量子テレポーテーションを大規模量子計算に応用するとき、その量子もつれリソースとして 2次元大規模連続量クラスター状態が必要となる。本研究ではこの 2次元大規模連続量クラスター状態を、本研究代表者らが世界で初めて実現に成功した時間領域多重の手法を 2次元に拡張することで生成する。さらに、本研究代表者らが発明したアダプティブヘテロダイン測定とこのクラスター状態を組み合わせたユニバーサル量子計算法を開発する。これらが実現すれば、大規模量子コンピューター実現に向けた大きな一歩となる。

### 【研究の方法】

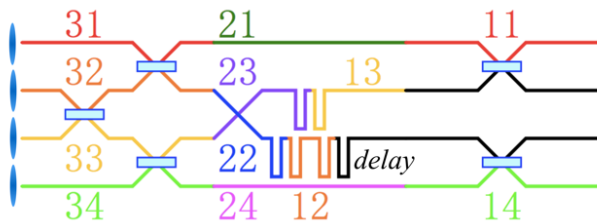


図1 4つのスクイーズド光（楕円で表示）とビームスプリッターおよび光学遅延により時間無制限 2次元大規模連続量クラスター状態を生成。

原理的には、どんなに大規模な 2次元連続量クラスター状態でも、図1のように、4つのスクイーズド光と 5つのビームスプリッターおよび 2つの光学遅延により生成できる(R. Ukai, Springer Theses (2014))。このように時間領域多重には驚異的な拡張性がある。これを検証するのが本研究の最も大きな目的の1つである。一般に、縦  $N$  ノード、横ノード無制限の 2次元大規模連続量クラスター状態を生成するためには図1の 3列目の時間遅延を光パルスの時間幅の  $(N-1)$  倍にする必要がある。光パルスの時間幅はスクイーズド光の帯域幅の逆数程度であり、レーザーの線幅の逆数程度がコヒーレンス時間となるので、たとえばスクイーズド光の帯域を 100MHz、つまり光パルスの時間幅 10ns、レーザーの線幅を 1kHz、つまりコヒーレンス時間 1ms とすると、 $1\text{ms}/10\text{ns}=10^5$  程度まで縦ノード数を増やすことが

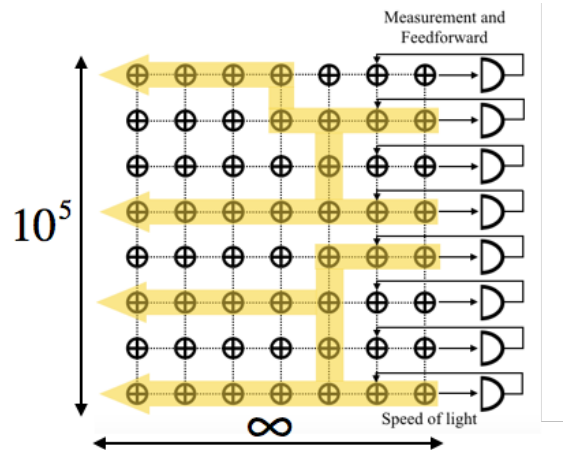


図2 縦  $10^5$  ノード×横ノード無制限の 2次元大規模連続量クラスター状態を用いた  $10^5$  量子ビット並列、時間無制限の量子計算。

できる。つまり、スクイーズド光の帯域が 100MHz でレーザーの線幅が 1kHz であれば、図1のセットアップを用いて、原理的には図2に示すように、縦  $10^5$  ノード×横ノード無制限の 2次元大規模連続量クラスター状態を生成することができる。これを用いれば、 $10^5$  量子ビット並列、時間無制限で量子計算をし続けられることになる。

### 【期待される成果と意義】

この方式は日本で生まれた日本独自の大規模量子コンピューター実現法である。欧米追従ではない、この日本方式の量子コンピューターを実現に近づくことは極めて意義のあることだと思われる。

### 【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- A. Furusawa et al., Science **282**, 706 (1998)
- N. Lee et al., Science **332**, 330 (2011)
- H. Yonezawa et al., Science **337**, 1514 (2012)
- S. Yokoyama et al., Nature Photonics **7**, 982 (2013)
- S. Takeda et al., Nature **500**, 315 (2013)

### 【研究期間と研究経費】

平成 30 年度－34 年度 489,200 千円

### 【ホームページ等】

<http://alice.t.u-tokyo.ac.jp>