

革新的な量子情報処理技術基盤の創出  
2021 年度採択研究者

|                  |
|------------------|
| 2021 年度<br>年次報告書 |
|------------------|

本多 正純

京都大学 基礎物理学研究所  
助教

初期宇宙解明に向けた量子アルゴリズム開発基盤の創成

## § 1. 研究成果の概要

2021年度は、主にシュウィンガー模型と呼ばれる1次元の量子電磁気学の量子シミュレーションを行った。特にこの模型でトポロジカルな相互作用が大きい状況を考えて、物理量が豊富な構造を持つことが期待されているが、そのような状況では素粒子理論分野において通常使われてきた数値計算の手法が適用困難であることが知られている。これはモンテカルロ法の符号問題と呼ばれる問題によるもので、このような問題により様々な場の量子論において従来の数値シミュレーションが適用困難になっている。

そこで、我々は量子アルゴリズムを用いた従来とは異なる方法でシュウィンガー模型の数値シミュレーションを行った<sup>1),2)</sup>。具体的には、シミュレータを用いて断熱状態準備法により互いに反対の電荷を持つ2つの重い粒子の間のポテンシャルを計算し、その定性的な振る舞いが状況に応じて3つのパターンに分かれることを見た：

- ① 弱い引力が働き、お互いに遠くへ離れることができる(スクリーニング)。
- ② 強い引力が働き、お互いに遠くへ離れることができない(閉じ込め)。
- ③ 負の張力を持つ弦でつながれているかのような斥力が働く。

特に③のような振る舞いは一見常識とは異なる非常に特殊な振る舞いで、まだほとんど研究がされていない状況であった。論文<sup>1)</sup>は①と②の振る舞いに焦点をあてたものであり、座国際学術誌 Physical Review D に掲載された。論文<sup>2)</sup>は③の振る舞いに焦点をあてて調べたものであり、結果が評価されたことにより国際学術誌 Progress of Theoretical and Experimental Physics の Editor's Suggestion に選ばれると共に、様々な報道媒体において紹介が行われた。

### 【代表的な原著論文情報】

1) M. Honda, E. Itou, Y. Kikuchi, L. Nagano and T. Okuda,  
“Classically emulated digital quantum simulation for screening and confinement in the Schwinger model with a topological term,”  
Physical Review D105 (2022) no.1, 014504 pp.1-18  
doi:10.1103/PhysRevD.105.014504

2) M. Honda, E. Itou, Y. Kikuchi and Y. Tanizaki,  
“Negative string tension of a higher-charge Schwinger model via digital quantum simulation,”  
Progress of Theoretical and Experimental Physics 2022 (2022) no.3, 033B01 pp.1-30  
doi:10.1093/ptep/ptac007