

## 研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名： 量子情報幾何に基づく、対称性・不可逆性・量子性の統一的理論の構築と応用

2. 個人研究者名

田島 裕康（電気通信大学大学院情報理工学研究科 助教（テニュアトラック））

3. 事後評価結果

本研究では、対称性・不可逆性・量子性の間にある普遍的なトレードオフ構造を予想し、実際にこの構造を明示する不等式を証明した。さらに、この方程式を誤り訂正符号、量子計算実装、測定過程、熱力学プロセス、ブラックホール物理をはじめとした多様な対象に適用し、新しい知見を得ている。この不等式は、任意の連続対称性を満たす全体系ダイナミクスで実現する任意の時間発展に適用でき、様々な不可逆性を包含しているため、普遍性が高い。研究の開始以前からある程度の見通しはあったが、不等式を確立し、適用範囲を拡張していくことで、当初の予想をはるかに超えた結果が得られたことを高く評価したい。

この不等式を具体的に適用することで、様々な過程における実現可能な限界の存在が明らかになっている。例えば量子熱力学機関において、コヒーレンスが熱流と散逸の効果を相殺し、古典熱機関に対してオーダーが異なる高い効率を示す可能性を明らかにしている。また、量子計算においても Eastin-Knill の定理の一般化などへの応用が示されている他、本不等式の導出に用いられる数理手法を応用することで、mitigation のサンプリングコストの下限値の導出も行われている。現在の不等式は連続的対称性と加算的な保存則について成立するが、今後これらの条件を外すことでより多くの現象へ適用を広げていくことを期待する。

今回の成果は普遍的であるが、その分社会実装には距離があることは否めない。性急に応用を追求することは本研究の性質からみて有益とは思えないが、一方で現実の条件下で適用できる理論を構築していくことも有効であろう。実験家との協力によりこれまで得られた原理的な結果を具現化することも期待したい。

本研究の成果は Physical Review Letters 4 件を含む 8 件の査読付き論文誌に掲載もしくはアクセプトされている。また、量子情報関係のトップコンファレンスである Quantum Information Processing に口頭発表している他、4 件の国際会議で招待講演を行うなど、国際的にも認知され、量子情報基礎の若手研究者として日本を代表する存在となっている。