

# 局所差分プライバシーと その量子拡張における最適化入門

吉田 裕哉 \*

2026 年 9 月

## 講演概要

プライバシー保護の数学的枠組みとして有名なものに、局所差分プライバシー (local differential privacy, LDP) がある。これは条件付き確率分布  $q(y|x)$  に対する条件であり、有限個の線型不等式によって表現される。LDP の典型的な研究の 1 つとして、次の最適化問題がある:  $q$  が LDP を満たすとき、実数値関数  $\Phi(q)$  を最大化せよ。ただし、 $\Phi$  は保護すべき私的データをどの程度有効活用できるかを表す関数であり、**有用性関数 (utility function)** と呼ばれる。<sup>\*1</sup> 本講演の前半は、このような最適化問題に関する一般論を扱った Kairouz らの研究 [1] を簡単に紹介し、上の最適化問題の量子拡張の 1 つ [6] を紹介する。後半は、Kairouz らの一般論を量子的に拡張する際の課題を挙げ、この観点から最近の研究 [2–5] を整理する。

## 前提知識

( $\mathbb{R}^d$  と  $\mathbb{C}^d$  に関する) 線型代数。

## すうがく徒のみなさまへ

本講演で扱う研究分野は比較的若く、開拓の余地が大きく残されています。応用上の研究背景はひとまず脇に置き、純粋に数学的な問題として認識できる部分に限っても、魅力的な問題が未解決のまま残っています。しかし、こうした問題はおそらくほとんど知られていないため、純粋数学における長年の未解決問題と比べれば、創意工夫で突破できる可能性があります。数学に強い方々の挑戦を待っています。抽象的すぎず具体的すぎない、ちょうどよい対象が好きな方にはおすすめです。

---

\* yyoshida9130@gmail.com

<sup>\*1</sup> 有用性関数として何を採用するかは問題設定に依存するが、本講演では可能な限り一般的な関数を扱う。

## 参考文献

- [1] P. Kairouz, S. Oh, and P. Viswanath. Extremal mechanisms for local differential privacy. *J. Mach. Learn. Res.*, 17:Paper No. 17, 51, 2016.
- [2] S.-H. Nam, H.-Y. Park, and S.-H. Lee. Optimal privacy-utility trade-offs in LDP functional and geometric perspectives. Preprint, available at <https://arxiv.org/abs/2605.02319>, 2026.
- [3] S.-H. Nam, H.-Y. Park, S.-H. Lee, and J. Bae. Quantum advantage in locally differentially private hypothesis testing. *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, 44:5253–5266, 2026.
- [4] Y. Yoshida. Mathematical comparison of classical and quantum mechanisms in optimization under local differential privacy. *J. Phys. A*, 58(3):035301, 2025.
- [5] Y. Yoshida. Optimal quantum locally differentially private mechanisms in the high-privacy regime. Preprint, available at <https://arxiv.org/abs/2605.27278>, 2026.
- [6] Y. Yoshida and M. Hayashi. Classical mechanism is optimal in classical-quantum differentially private mechanisms. In *2020 IEEE International Symposium on Information Theory (ISIT)*, pages 1973–1977, 2020.