



## キーワード

- 量子多体系の一般的な性質の解明
- トポロジカル物性の開拓
- 測定誘起の相転移の研究

## 研究室のメンバー

### スタッフ、ポスドク

准教授：渡辺 悠樹 → 居室205でお待ちしています！

助教：藤 陽平

### 博士課程

博士3年：小林 弘和 (FoPMコース生)

博士2年：Changgeun Oh (Q-STEPコース生、韓国からの留学生)

博士2年：大島 久典 (MERITコース生)

博士1年：Hu Yaozong (中国からの留学生)

### 修士課程

修士2年：渡邊 瀨名 (MERITコース生)

修士1年：政岡 凜太郎

## 量子多体系の一般的な性質の解明

### 高次の電磁応答の定式化

線形応答で知られていたKohn公式や総和則を、高次の応答へと拡張することに成功した。

$$j_i^{(1)}(\omega) = \sum_j \sigma_i^j(\omega) E_j(\omega)$$

$$j_i^{(2)}(\omega) = \sum_{j,k} \int d\omega' \sigma_i^{j,k}(\omega', \omega - \omega') E_j(\omega') E_k(\omega - \omega')$$

渡辺, 押川, Generalized f-sum rules and Kohn formulas on nonlinear conductivities, Phys. Rev. B 102, 165137 (2020)

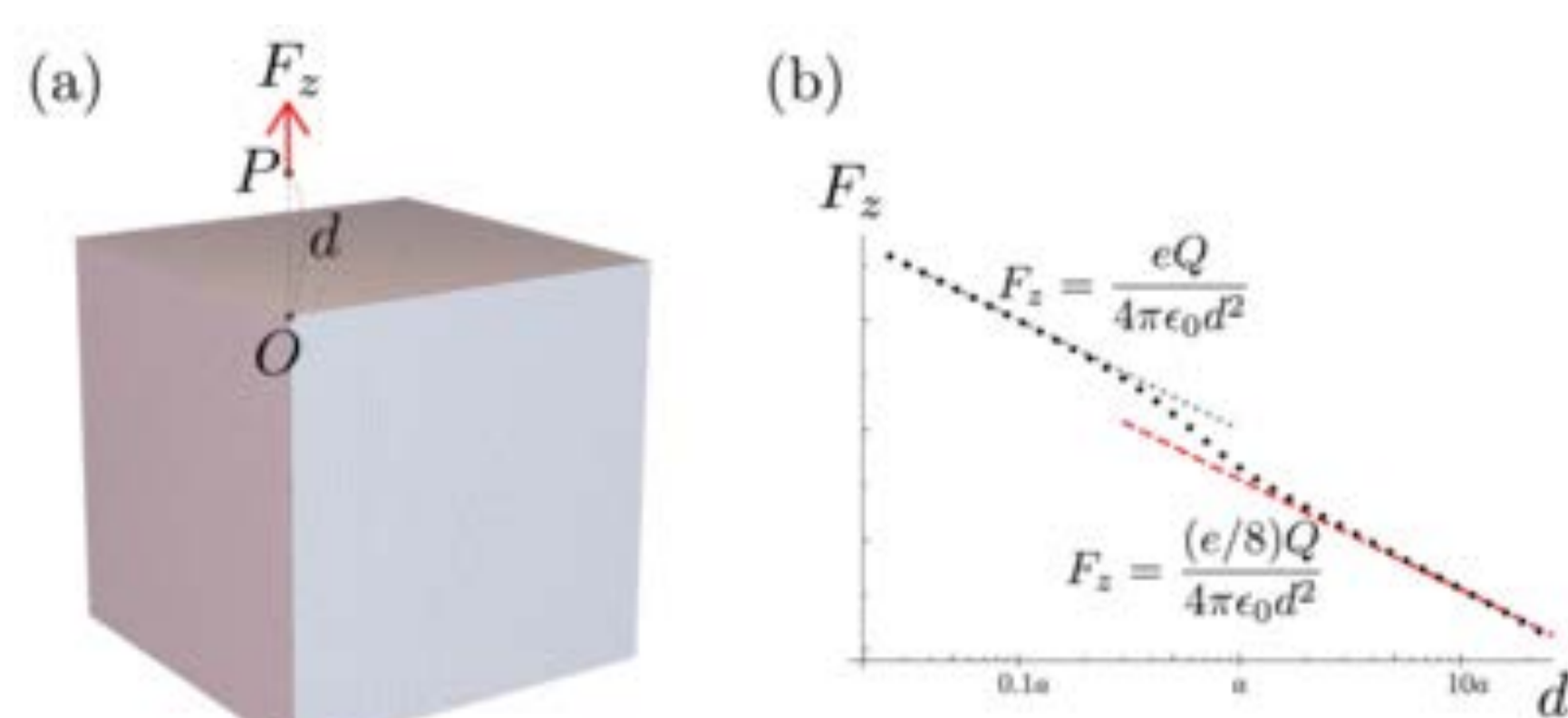
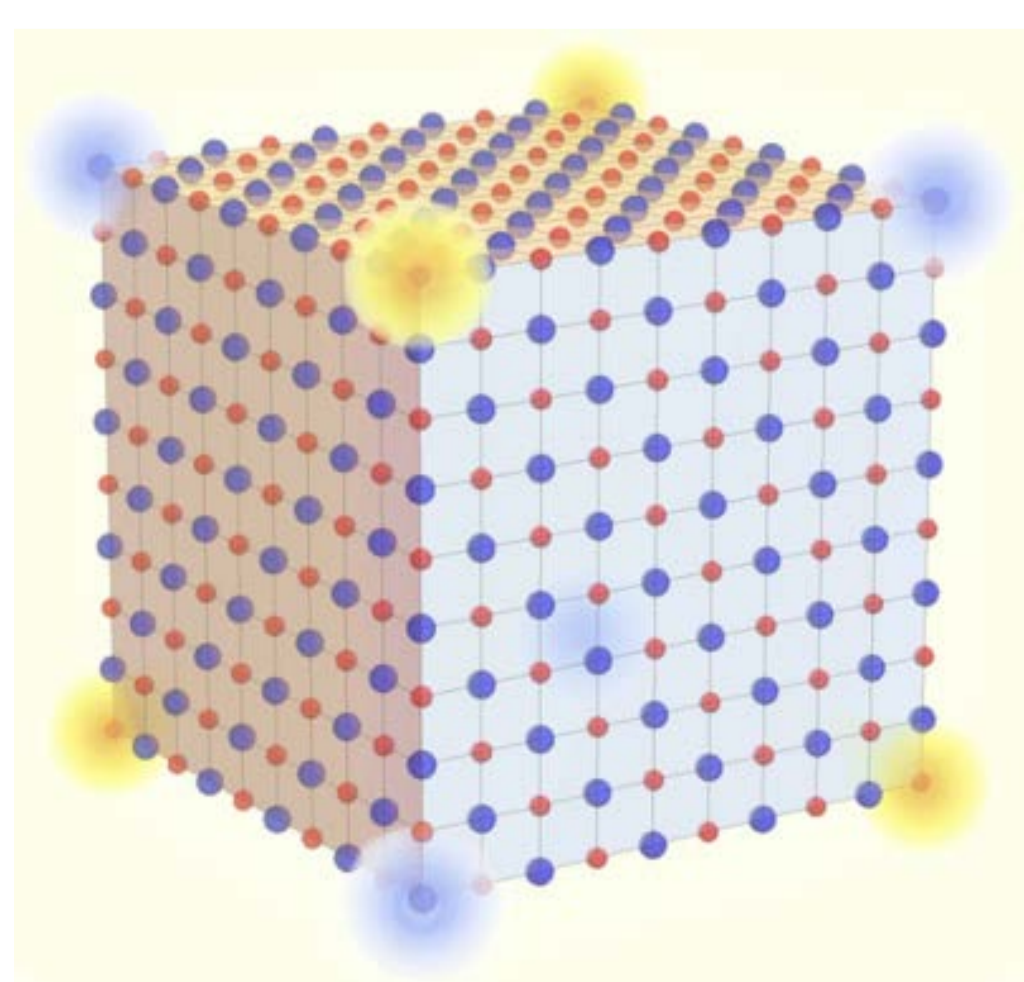
渡辺, Yankang Liu, 押川, On the General Properties of Non-linear Optical Conductivities, J Stat Phys (2020)

### 多極子と角電荷の関係

1次元絶縁体のmodern theory: Berry位相 = 分極 = 端の分数電荷

この関係を高次元の絶縁体に一般化できないか？

今回の結果：結晶の角に局在する分数電荷は、物質の「八極子」で与えられる。例として、塩の立方体結晶の角には $e/8$ の電荷が局在することを予言した。ある意味で最も身近なトポロジカル結晶絶縁体の例。



渡辺, 小野, Corner charge and bulk multipole moment in periodic systems, Phys. Rev. B 102, 165120 (2020)

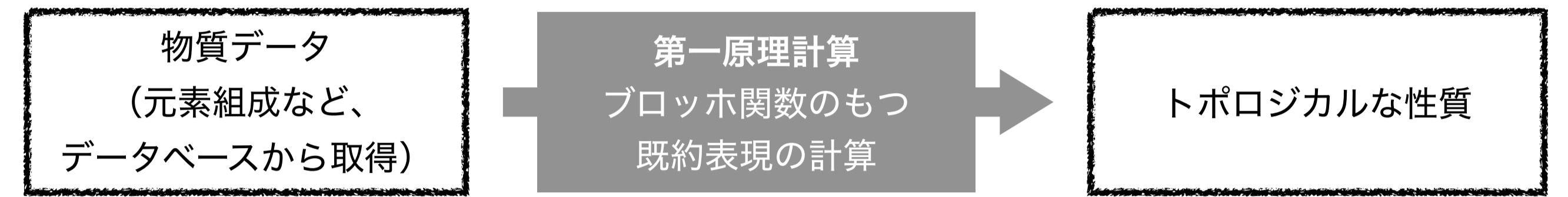
渡辺, Hoi Chun Po, Fractional Corner Charge of Sodium Chloride, Phys. Rev. X 11, 041064 (2021)

## トポロジカル物性の開拓

- トポロジカル絶縁体・超伝導体に対する対称性指標の方法

対称性指標：トポロジカル絶縁体となる物質を網羅的に探すための手法。元素組成などの物質データに基づいて、その物質のトポロジカルな性質を簡便に予言する。

今回の結果：この手法をトポロジカル超伝導体へと拡張することに成功。



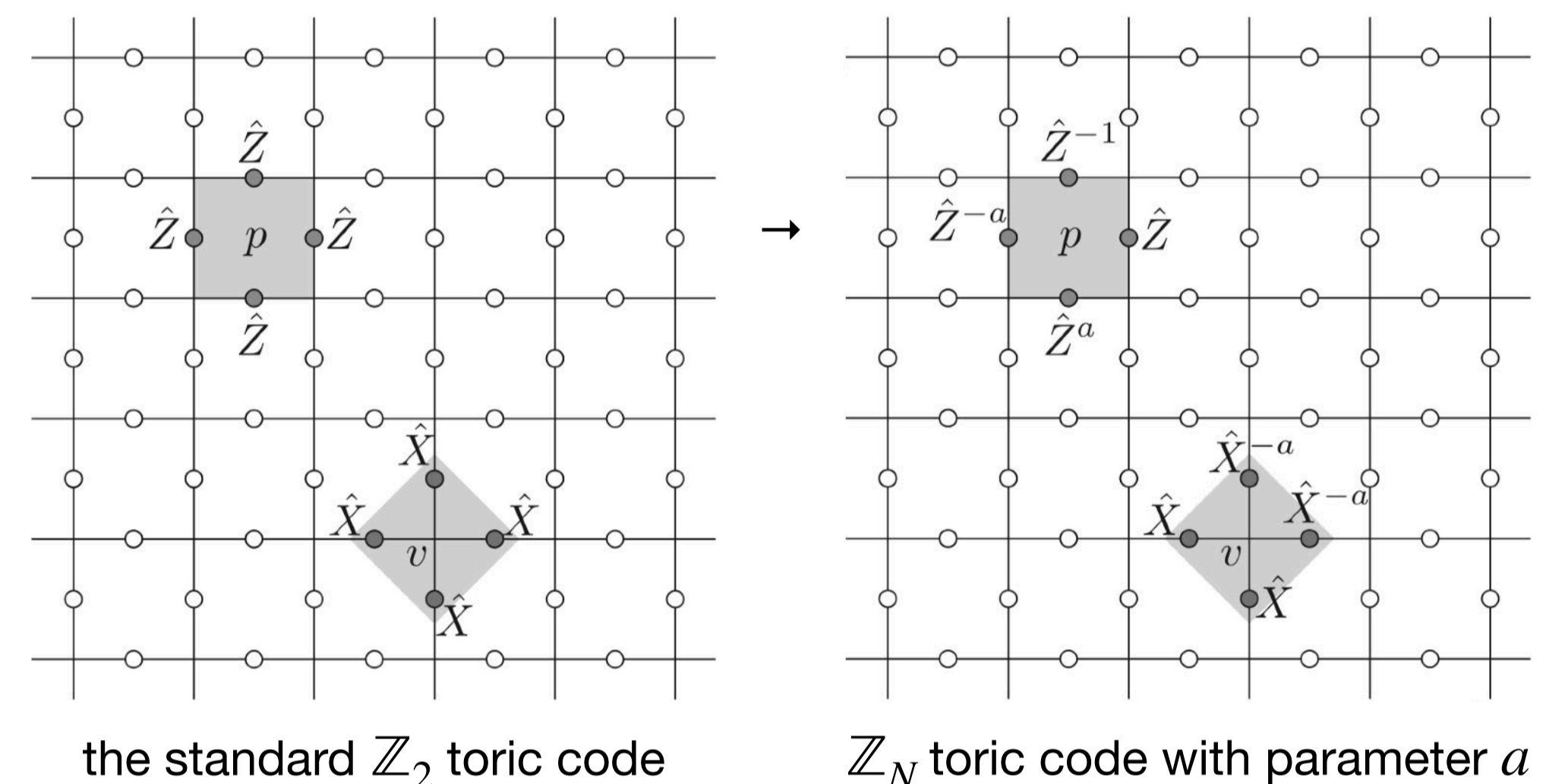
小野, Hoi Chun Po, 渡辺, Refined symmetry indicators for topological superconductors in all space groups. Sci. Adv. 6, eaaz8367 (2020)など。小野 清志郎さんはこれらの研究業績に対し、博士課程終了時に「工学系研究科長賞」を受賞されました。

- トポロジカル秩序相の一般的な性質

これまでの常識：トポロジカル秩序相では周期境界条件の下で基底状態が縮退する。自発的対称性の破れに起因しない縮退はトポロジカル秩序相の一つの定義となる。

今回の結果：トポロジカル秩序相なのに基底状態が唯一である例を発見。

$$N_{\text{deg}} = [\text{gcd}(a^{L_1} - 1, a^{L_2} - 1, N)]^2$$



渡辺, Meng Cheng, 藤, Ground state degeneracy on torus in a family of ZN toric code, arXiv:2211.00299.

Hu, 渡辺, Spontaneous symmetry breaking without ground state degeneracy in generalized N-state clock model, arXiv:2302.01207

## 測定誘起の相転移の研究

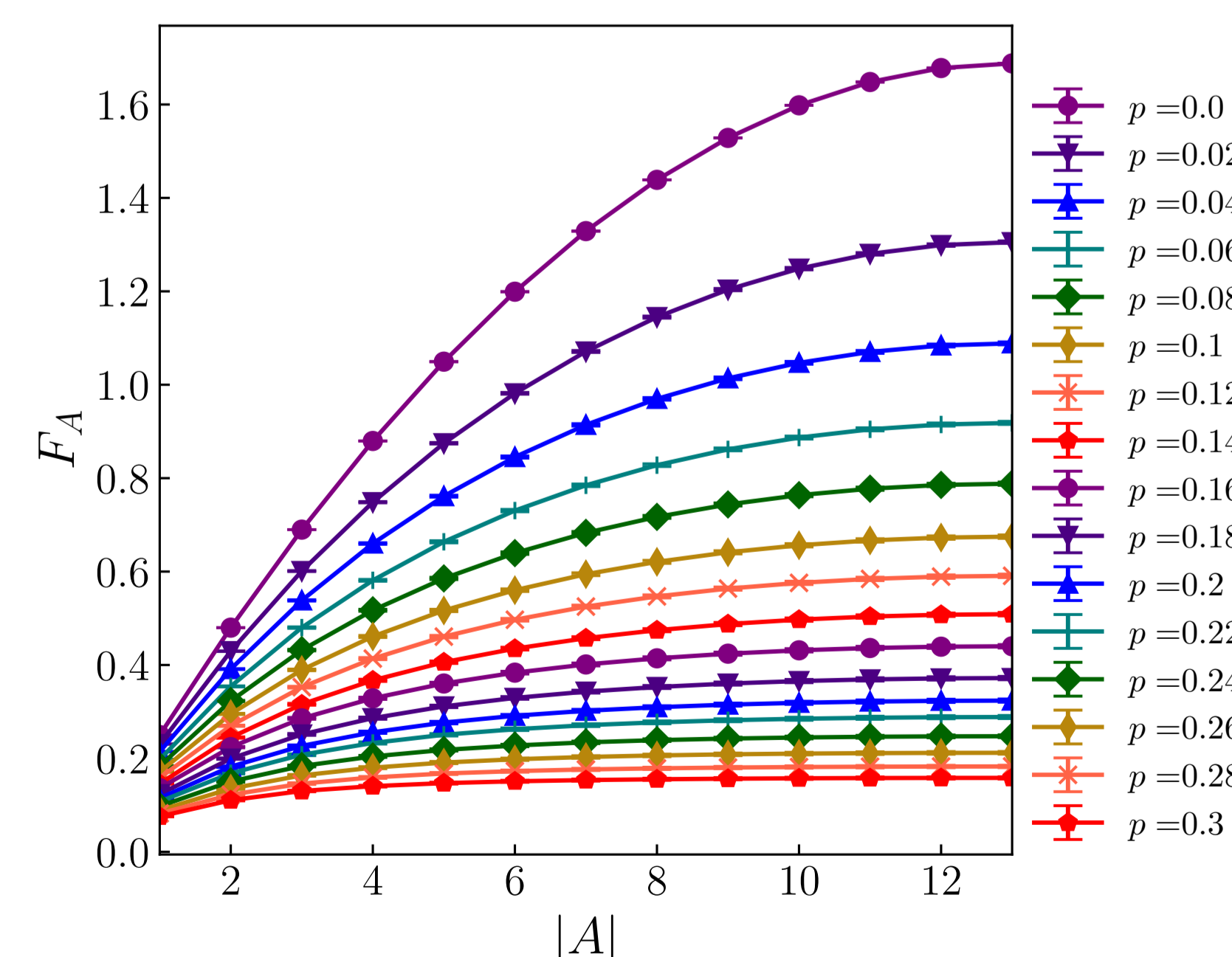
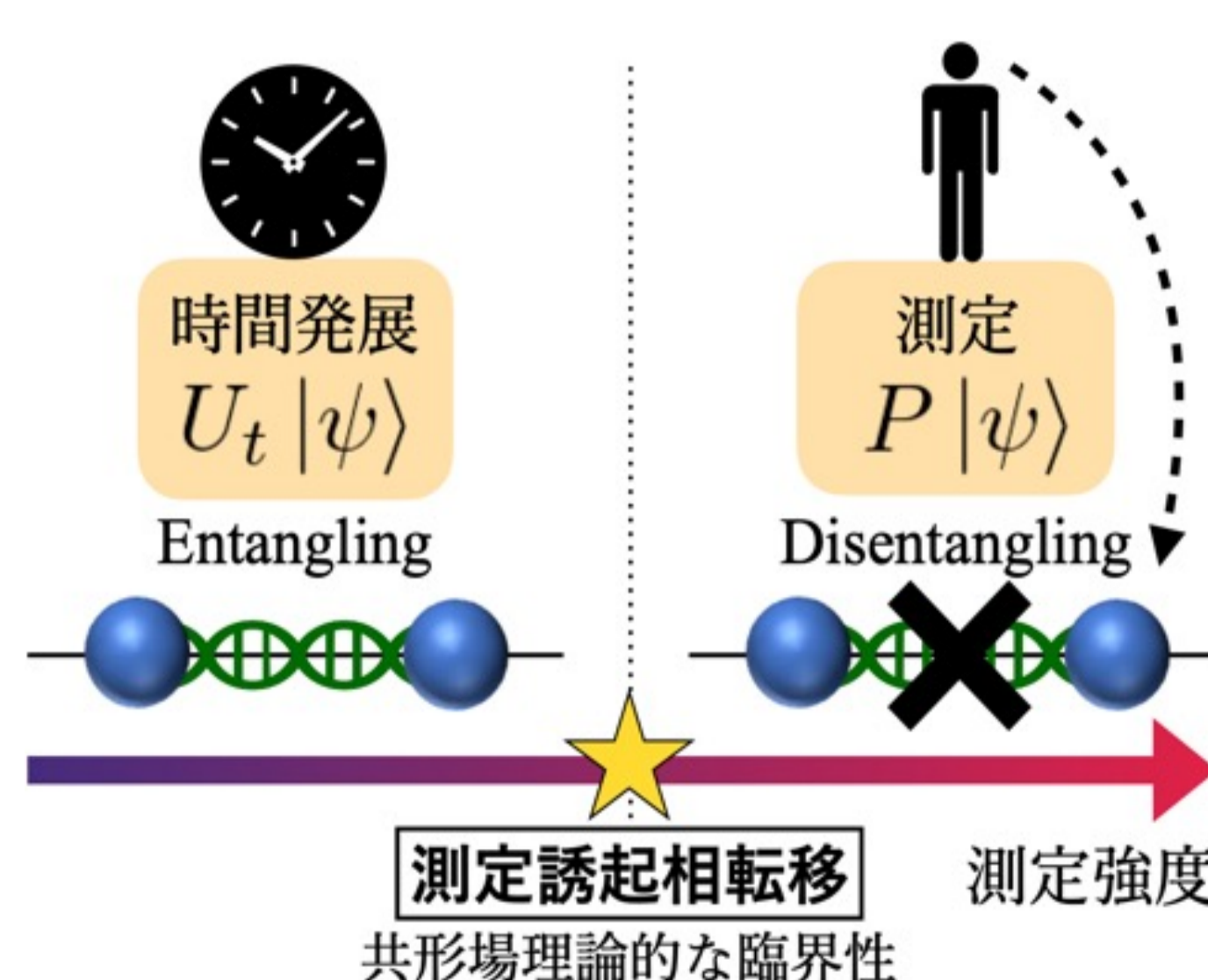
測定誘起相転移：ユニタリダイナミクスと測定が競合する系で起きる、部分系間のエンタングルメントで特徴づけられる非平衡相転移。

普遍性クラスを一般的に分類できる可能性が示唆されている。

系に対称性を課した場合に何が起きるか？

今回の結果：総粒子数が保存する対称性がある場合「部分系の保存量の揺らぎ」で特徴づけられる新奇な測定誘起相転移が生じることを発見。

さらに、その相転移の属する普遍性クラスを明らかにした。



大島, 藤, Charge fluctuation and charge-resolved entanglement in a monitored quantum circuit with U(1) symmetry, Phys. Rev. B 107, 014308 (2023)