

# 非エルミート接合系におけるトポロジカル相



HWANG, Geonhwi

北海道大学 大学院 工学院

固体物理学研究室



## 未来社会のあるべきかたち

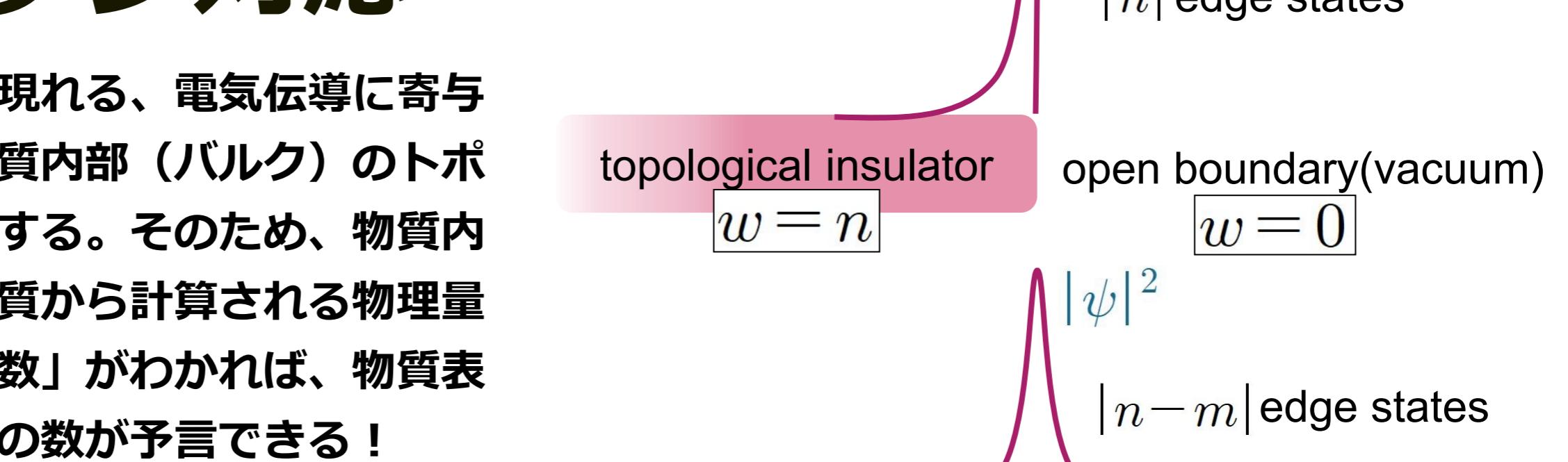
◆ 基礎科学研究が、次世代技術の土台となり、産業と社会の持続的な発展を支える社会

◆ 最先端の科学知識が、大学だけでなく地域社会にも広く共有され、誰もが学び続けられる社会

◆ 国際的な研究協力を通じて、人類共通の課題に取り組む、開かれた科学コミュニティ

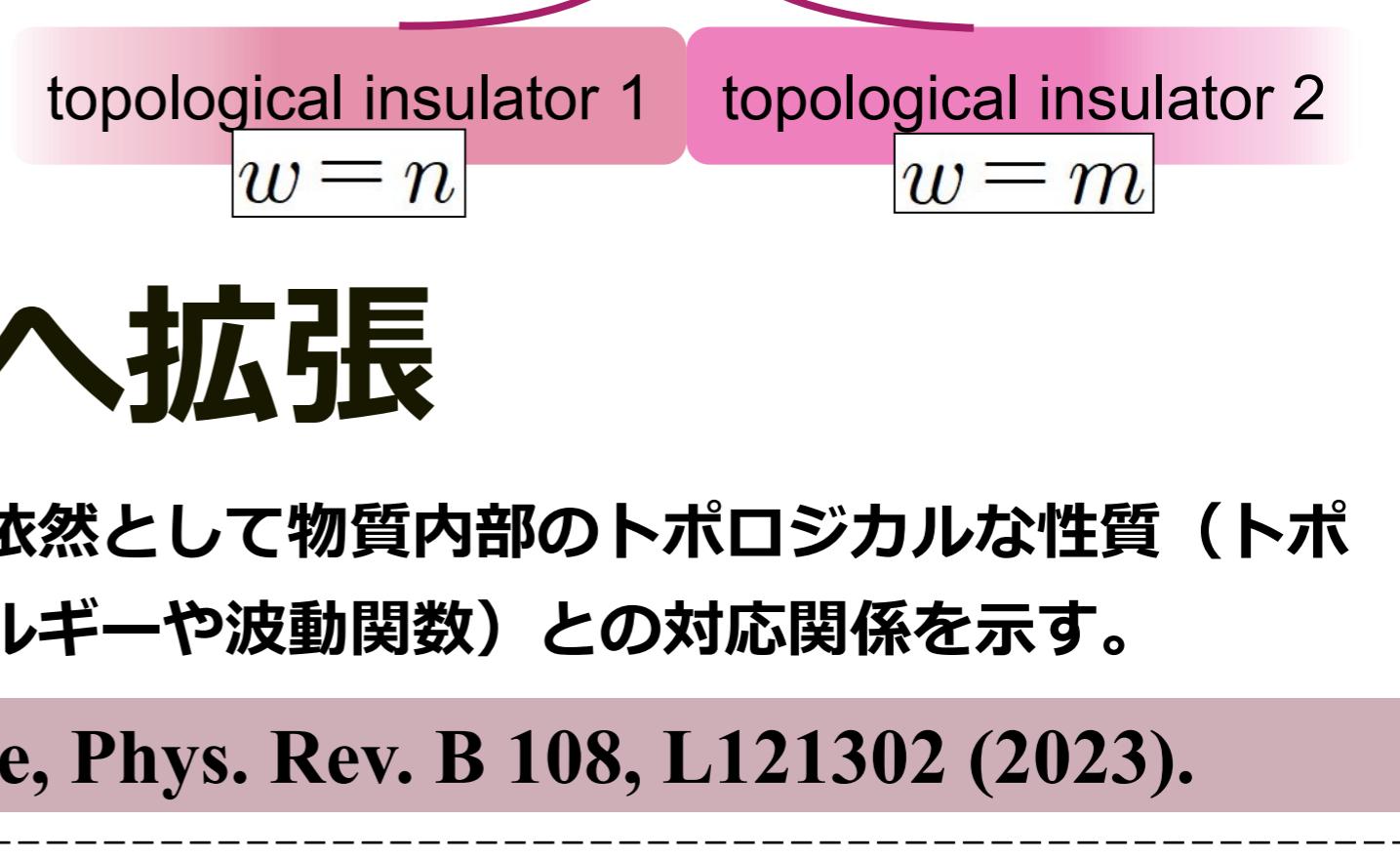
## トポロジカル絶縁体

2005年、金属でも絶縁体でもない新しい物質状態「トポロジカル絶縁体 (topological insulator)」の存在が理論的に予測されました！  
Kane, Mele, PRL 95, 226801 (2005).  
Kane, Mele, PRL 95, 146802 (2005).



## バルクエッジ対応

物質表面（エッジ）に現れる、電気伝導に寄与するエッジ状態は、物質内部（バルク）のトポロジカルな性質に起因する。そのため、物質内部のトポロジカルな性質から計算される物理量である「トポロジカル数」がわかれば、物質表面に現れるエッジ状態の数が予言できる！  
この対応関係をバルクエッジ対応という。



## バルクエッジ対応：非エルミート接合系へ拡張

通常（エルミート系）のそれとは異なるものの、依然として物質内部のトポロジカルな性質（トポロジカル数）と物質表面に対する情報（固有エネルギーや波動関数）との対応関係を示す。

Geonhwi Hwang and Hideaki Obuse, Phys. Rev. B 108, L121302 (2023).

Hamiltonian for the whole system:  $H := H_1 + H_2$ .

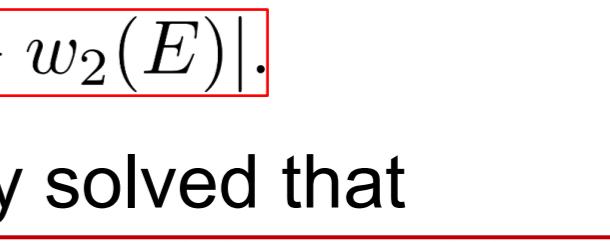
Hamiltonian for each subsystem:

$$H_{j=1,2} := \sum_n \left( t_j^+ c_{n+1}^\dagger c_n + t_j^- c_n^\dagger c_{n+1} + \epsilon_j c_n^\dagger c_n \right).$$

$$t_j^\pm := t_j e^{\pm i \gamma_j}, t_j, \gamma_j, \epsilon_j \in \mathbb{R}.$$

$$\text{O} : \sigma_{\text{PBC}}^{\text{junc}} \quad \text{Parameters:} \quad t_1 = t_2 = 1, \quad \gamma_1 = 0.6, \quad \gamma_2 = 0.8, \quad \epsilon_1 = -\epsilon_2, \quad \epsilon_2 = 2.0$$

$$\text{---} : \sigma_{\text{PBC}}^{(1)} \quad \text{---} : \sigma_{\text{PBC}}^{(2)} \quad \text{---} : \{E | \Delta w(E) \neq 0\} \quad N_1 = N_2 = 500.$$



Spectrum for each single subsystem with PBC:

$$\sigma_{\text{PBC}}^{(j=1,2)} = \{2t_j \cos(k_j - i\gamma_j) + \epsilon_j | k_j \in [0, 2\pi]\}.$$

For winding number in each subsystem  $w_{j=1,2}(E)$ ,

$$\Delta w(E) := |w_1(E) - w_2(E)|.$$

For this model, we analytically solved that

$$\sigma_{\text{PBC}}^{\text{junc}} \subset \{E | \Delta w(E) \neq 0 \text{ or } E \in (\sigma_{\text{PBC}}^{(1)} \cup \sigma_{\text{PBC}}^{(2)})\}$$

which gives BEC in junction systems.

## 本研究と目指すこと：社会実装とSDGS

9 産業と技術革新の基盤

トポロジカル物質の理論 → 将来の量子デバイスや新材料の設計に応用期待



4 質の高い教育をみんなに

大学院生として後輩を指導 / 地域社会での科学講演・ボランティア活動



17 パートナーシップで目標を達成しよう

国際共同研究を通じた知見の共有 / 科学コミュニティ全体の発展に貢献

