

# 4. 関連研究1: 低エネルギー状態の計算

## ■ 既存の量子アルゴリズムの問題点

**Worst-case complexity:** A. M. Childs, et al., PRX **11**, 011020 (2021)

全初期状態に対して精度よく計算できるように計算コストを設定

$$\max_{|\psi\rangle} (||U|\psi\rangle - e^{-iHt}|\psi\rangle||) \leq \varepsilon$$

→ 実際に計算したいターゲットに対しては計算コストを過大評価

## ■ Our work: 低エネルギー初期状態に対する Trotter 分解の高速化

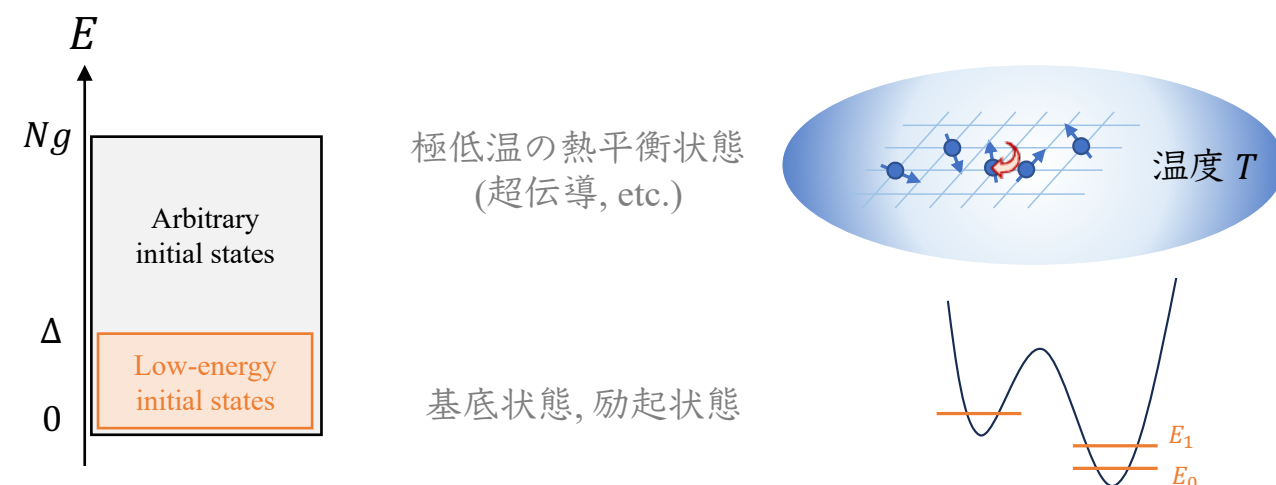
K. Mizuta, T. Kuwahara, Phys. Rev. Lett. 135, 130602 (2025)

### 低エネルギー初期状態:

$$|\psi_{\leq \Delta}\rangle = \sum_{n; E_n \leq \Delta} c_n |E_n\rangle$$

(初期状態エネルギー  $\Delta$ )  $\ll$  (全系のエネルギー  $Ng$ )

$g$ : 1 site の energy scale



極低温の熱平衡状態  
(超伝導, etc.)

基底状態, 励起状態

### Trotter分解の計算複雑性の改善:

全初期状態

A. M. Childs, et al.,  
PRX **11**, 011020 (2021)

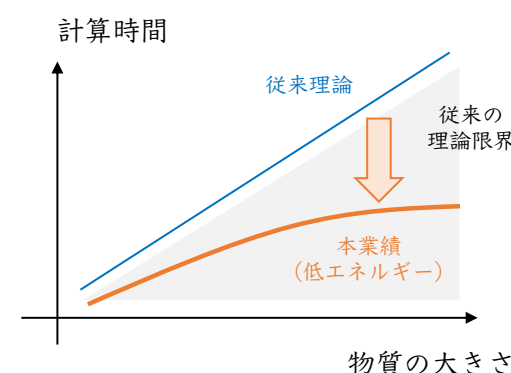
低エネルギー状態  
(Our work)

$$gt \left( \frac{Ng}{\varepsilon} \right)^{\frac{1}{p}} \quad \text{全エネルギー}$$
$$\Downarrow$$
$$gt \left( \frac{[\Delta + g \log(N/\varepsilon)]t}{\varepsilon} \right)^{\frac{1}{p}} \quad \text{初期状態エネルギー}$$

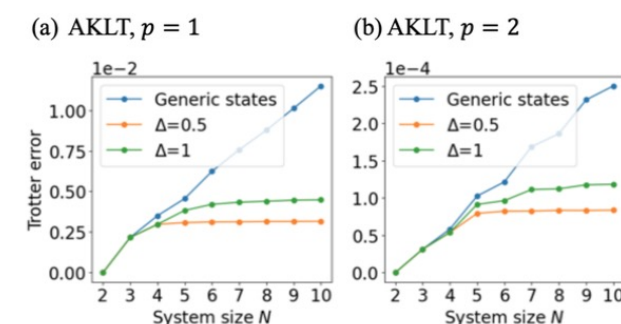
全状態に対しては  
理論上ベスト

Q. Zhao, et al.,  
Nat. Phys. **21**, 1338 (2025)

低エネルギー状態  
に対して  
理論上ベスト



AKLT模型における数値計算結果



初期状態の性質(低エネルギー性)を反映すると計算リソースの改善が期待できる