

# 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:

全初期状態に対して精度よく計算できるよう計算コストを設定

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

→ 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

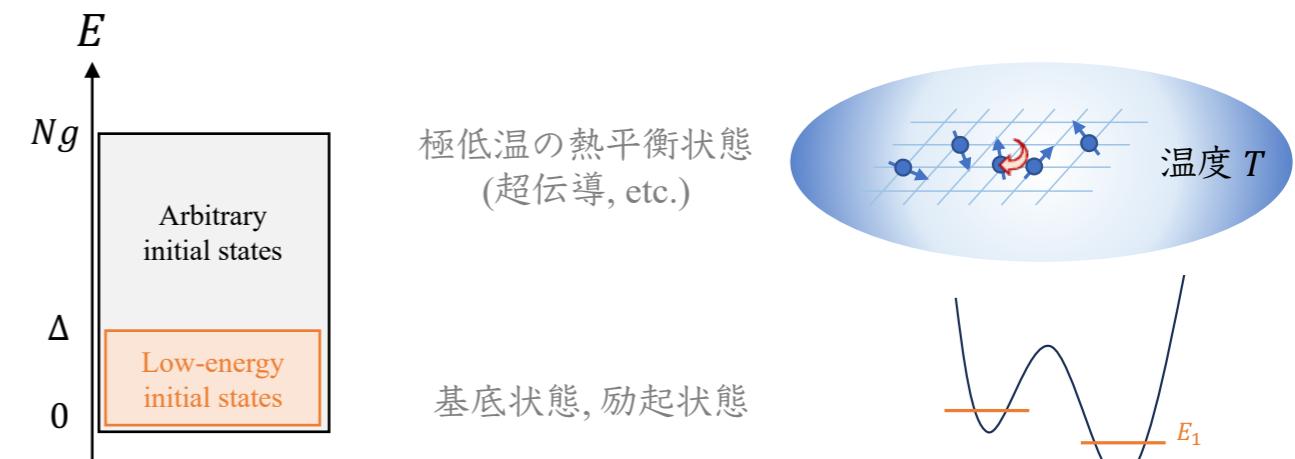
## ■ Our work: 低エネルギー初期状態に対する Trotter 分解の高速化

### 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



### 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)

$$gt \left( \frac{Ng t}{\varepsilon} \right)^{\frac{1}{p}}$$

全エネルギー

全状態に対しては  
理論上ベスト

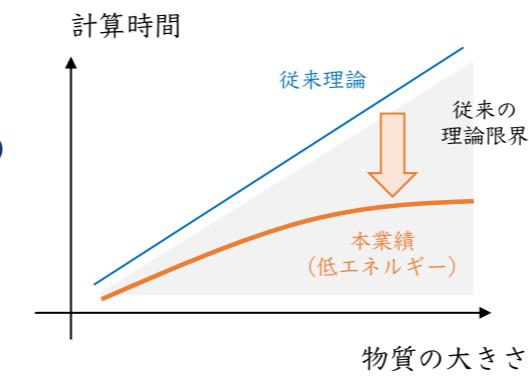
Q. Zhao, et al.,  
Nat. Phys. 21, 1338 (2025)

低エネルギー状態  
(Our work)

$$gt \left( \frac{[\Delta + g \log(N/\varepsilon)]t}{\varepsilon} \right)^{\frac{1}{p}}$$

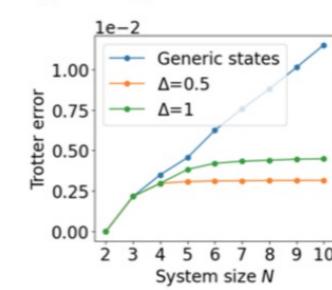
初期状態エネルギー

低エネルギー状態  
に対して  
理論上ベスト

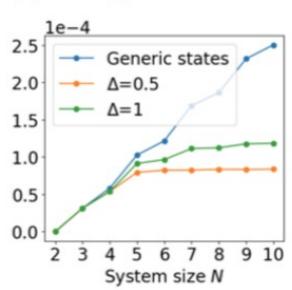


AKLT模型における数値計算結果

(a) AKLT,  $p=1$



(b) AKLT,  $p=2$



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