卒業研究

磁化トーラス上にコンパクト化した超対称模型におけるモジュライ固定

安倍研究室 B4

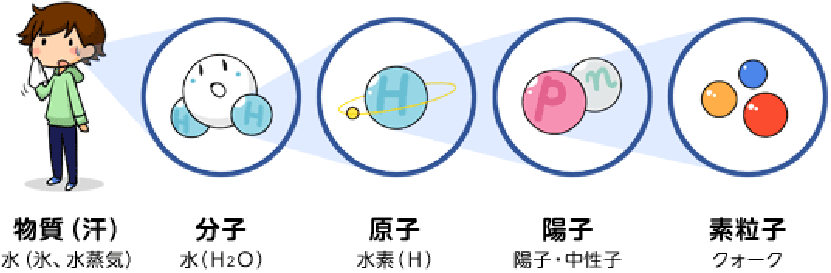
宮根 一樹

2024 年 3 月 1 日 (金)

イントロダクション

世の中の物質は細かく見ていくことが可能。

実験的には「素粒子」が今のところ最小の構成要素。



[ILC PROJECT]

実験で観測されているのはこの 17 個の素粒子。

(2012 年にヒッグス粒子が発見)

[Wikipedia]

この標準模型には、まだ未解決な問題が多数ある。

そもそもどうしてこのような構造をしているのか？

- なぜ、物質は 3 世代存在するのか。
- なぜ、世代が上がるごとに質量が大きく変わるのか。

[Wikipedia]

この標準模型には、まだ未解決な問題が多数ある。

そもそもどうしてこのような構造をしているのか？

- なぜ、物質は 3 世代存在するのか。
- なぜ、世代が上がるごとに質量が大きく変わるのか。

標準模型では説明することができない現象がある。

- 重力の相互作用
- ダークマターなどの未知の粒子

(こちらの修論のイントロが参考になります。)

これらの問題点を解決する模型として高次元時空モデルが提案される。

今回の研究では、特に

$$10\,\text{次元} = 4\,\underset{\sim\sim\sim\sim\sim\sim\sim\sim\sim\sim}{\text{次元ミンコフスキー時空}} + 6\,\underset{\sim\sim\sim\sim\sim\sim\sim}{\text{次元余剰空間}}$$

を考える。

これらの問題点を解決する模型として高次元時空モデルが提案される。

今回の研究では、特に

$$10\text{次元} = 4\text{次元ミンコフスキー時空} + 6\text{次元余剰空間}$$

を考える。

私たちから見える時空 $\boldsymbol{x^0, x^1, x^2, x^3}$

見えないほど小さな空間 $\boldsymbol{y^4, \cdots, y^9}$

(コンパクト空間)

理論は作用 $\boldsymbol{S}$ によって決定される。

4 次元の場合 (e.g. スカラー場)

$$\boldsymbol{S = \int \mathrm{d}^4x\, \mathcal{L} = \int \mathrm{d}^4x\, \left(\frac{1}{2}(\partial_\mu\phi)(\partial^\mu\phi) + \frac{1}{2}m^2\phi^2 + \frac{\lambda}{4!}\phi^4\right)}$$

$\boldsymbol{m}$ は質量、$\boldsymbol{\lambda}$ は結合定数（粒子の相互作用の強さ）

理論は作用 S によって決定される。

4 次元の場合 (e.g. スカラー場)

$$S = \int \mathrm{d}^4x\, \mathcal{L} = \int \mathrm{d}^4x \left(\frac{1}{2}(\partial_\mu \phi)(\partial^\mu \phi) + \frac{1}{2} m^2 \phi^2 + \frac{\lambda}{4!}\phi^4 \right)$$

m は質量、λ は結合定数（粒子の相互作用の強さ）

10 次元の場合

$$S = \int \mathrm{d}^4x\, \mathrm{d}^6y \left(\frac{1}{2}(\partial_\mu \phi)(\partial^\mu \phi) + \frac{1}{2} m^2 \phi(x,y)^2 + \frac{\lambda}{4!}\phi(x,y)^4 \right)$$

$$\xrightarrow{y\text{方向で積分}} \int \mathrm{d}^4x \left(\frac{1}{2}(\partial_\mu \phi)(\partial^\mu \phi) + \frac{1}{2} M^2 \phi(x)^2 + \frac{\Lambda}{4!}\phi(x)^4 \right)$$

理論は作用 S によって決定される。

4 次元の場合 (e.g. スカラー場)

$$S = \int \mathrm{d}^4x\, \mathcal{L} = \int \mathrm{d}^4x \left(\frac{1}{2}(\partial_\mu \phi)(\partial^\mu \phi) + \frac{1}{2}m^2\phi^2 + \frac{\lambda}{4!}\phi^4 \right)$$

m は質量、λ は結合定数（粒子の相互作用の強さ）

10 次元の場合

$$S = \int \mathrm{d}^4x\, \mathrm{d}^6y \left(\frac{1}{2}(\partial_\mu \phi)(\partial^\mu \phi) + \frac{1}{2}m^2\phi(x,y)^2 + \frac{\lambda}{4!}\phi(x,y)^4 \right)$$

$$\xrightarrow{y\text{方向で積分}} \int \mathrm{d}^4x \left(\frac{1}{2}(\partial_\mu \phi)(\partial^\mu \phi) + \frac{1}{2}M^2\phi(x)^2 + \frac{\Lambda}{4!}\phi(x)^4 \right)$$

4 次元の M や Λ の値が余剰空間の幾何 (大きさ、形など) で決定される。