

E_6 Grand Unified Theory with 3 Generations from Heterotic String

森山翔文
名古屋大学KMI

arXiv:1012.1690

Collaborations with M.Ito, S.Kuwakino, N.Maekawa,
K.Takahashi, K.Takei, S.Teraguchi, T.Yamashita

超弦理論の目標

超弦理論

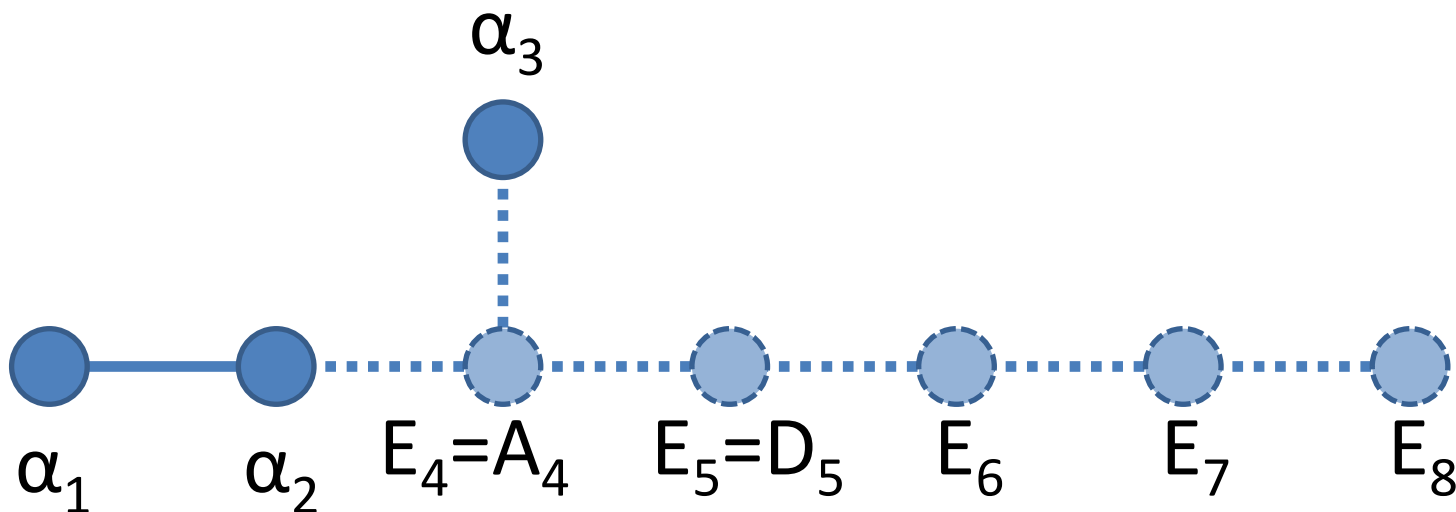


標準模型

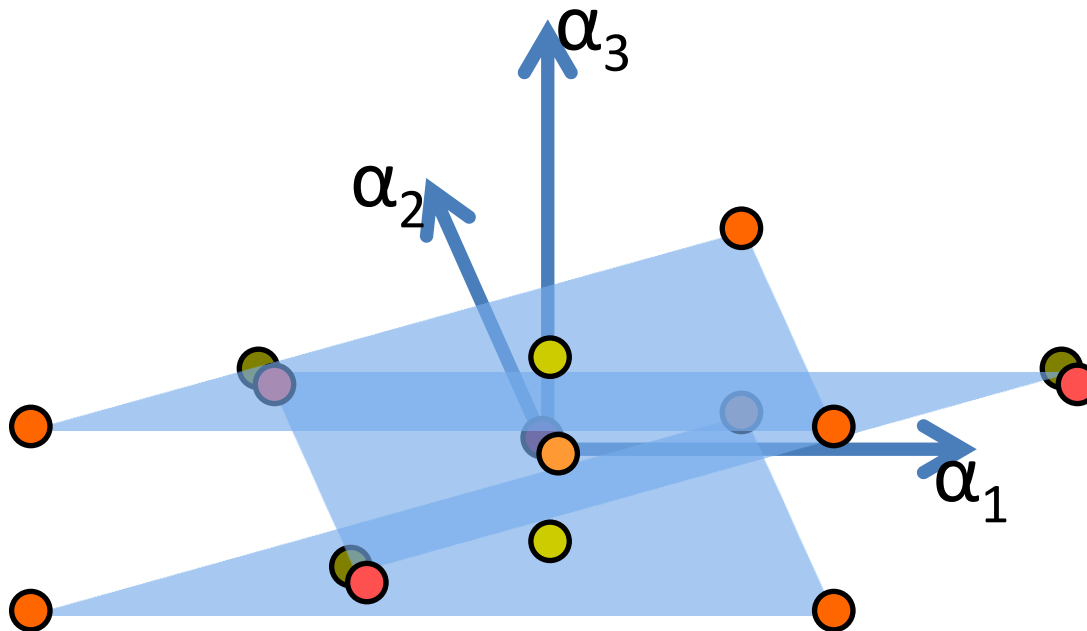
標準模型のゲージ群

ゲージ群 $SU(3)_C \times SU(2)_L \times U(1)_Y$
とかけて $E_3 \times U(1)$ と解く

そのココロは？



標準模型の物質



● q: $(3, 2)_{1/6}$

● u^c : $(3\text{bar}, 1)_{-2/3}$

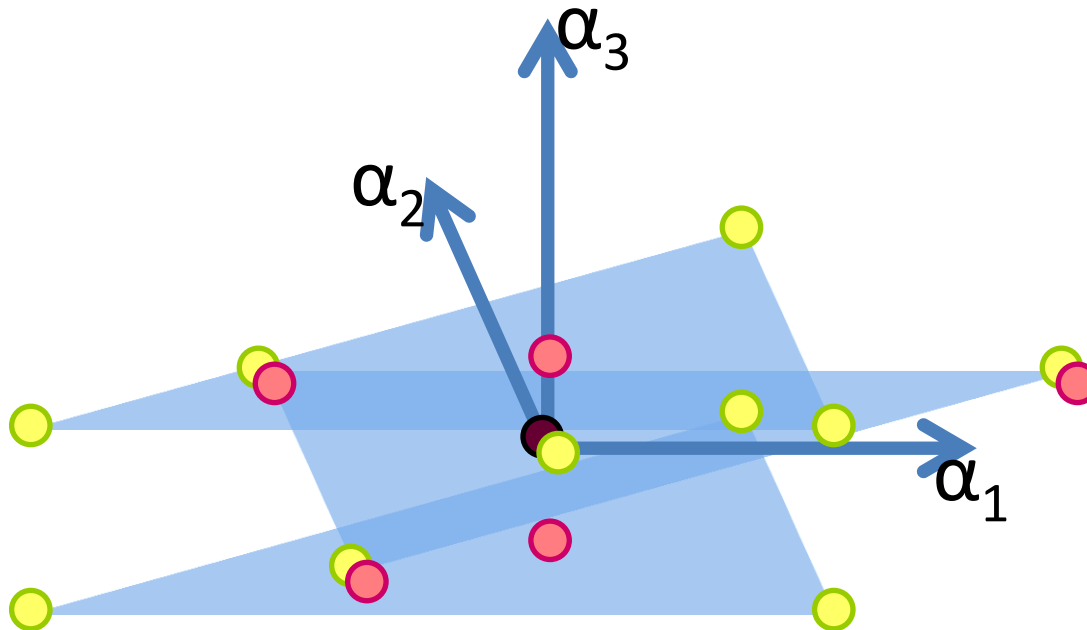
● d^c : $(3\text{bar}, 1)_{1/3}$

● v^c : $(1, 1)_0$

● e^c : $(1, 1)_1$

● l: $(1, 2)_{-1/2}$

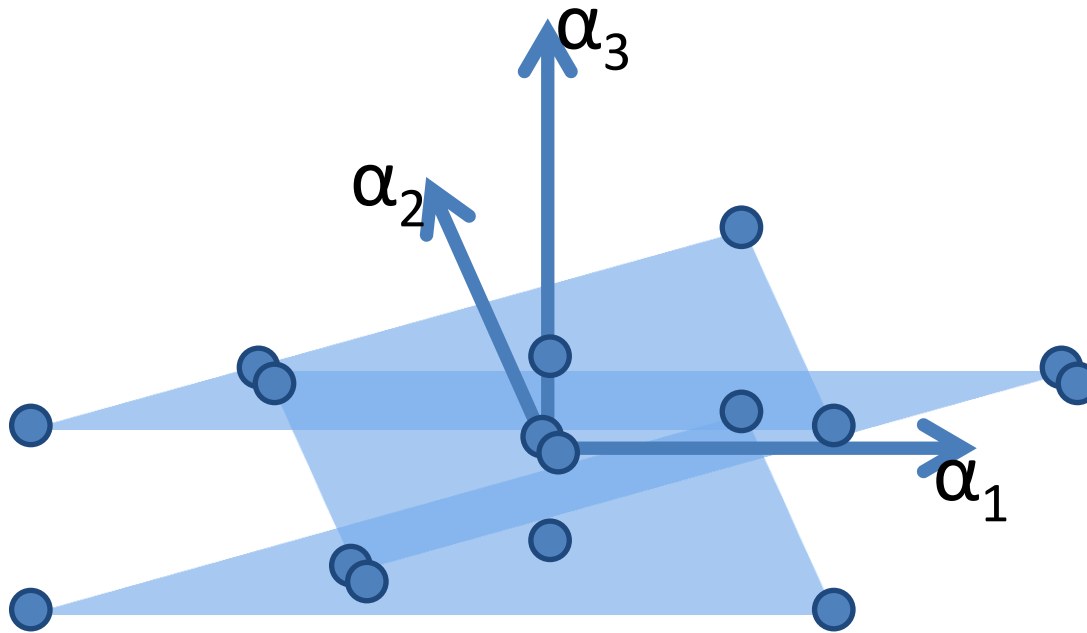
物質の統一 ($E_4=A_4$)



- 10 ● q: $(3,2)_{1/6}$ ● $v^c: (1,1)_0$ 1
- $u^c: (3bar,1)_{-2/3}$ ● $e^c: (1,1)_1$
- $d^c: (3bar,1)_{1/3}$ ● $l: (1,2)_{-1/2}$

5bar

物質の統一 ($E_5 = D_5$)



16

● q: $(3,2)_{1/6}$

● v^c : $(1,1)_0$

● u^c : $(3\text{bar},1)_{-2/3}$

● e^c : $(1,1)_1$

● d^c : $(3\text{bar},1)_{1/3}$

● l: $(1,2)_{-1/2}$

物質の統一 (E_6)

• $E_6 \rightarrow D_5$

$$27 = 16 + 10 + 1$$

• $D_5 \rightarrow A_4$

$$16 = 10 + 5\text{bar} + 1$$

$$10 = 5 + 5\text{bar}$$

} massive

$$1 = 1$$

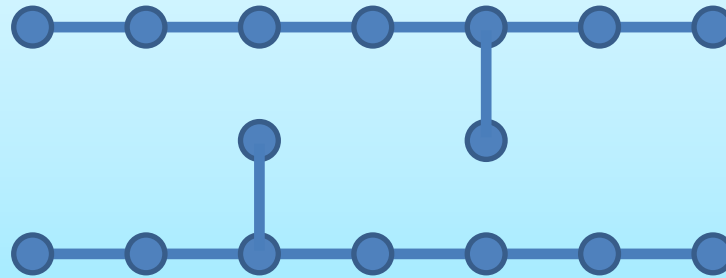
massive場を使って、

hierarchy構造を説明する

超弦理論から標準模型へ

超弦理論

ヘテロ型弦理論



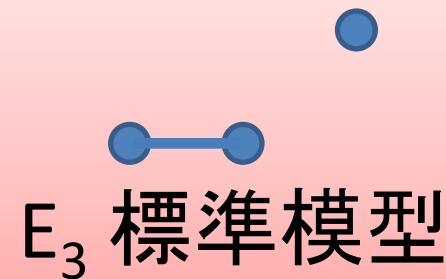
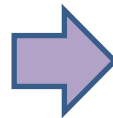
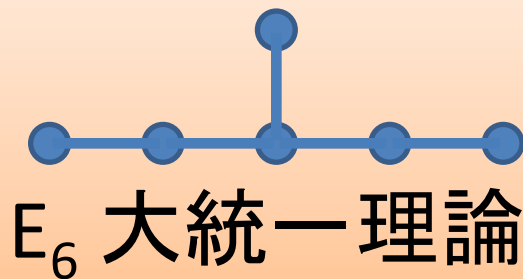
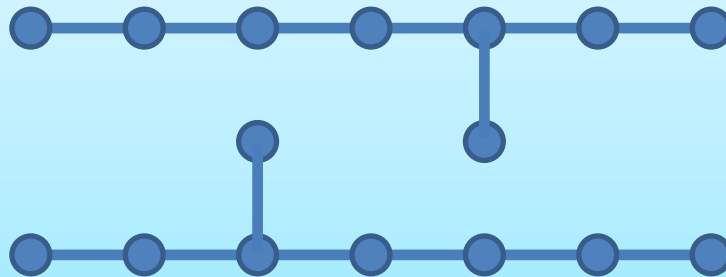
標準模型

E_3 ゲージ理論

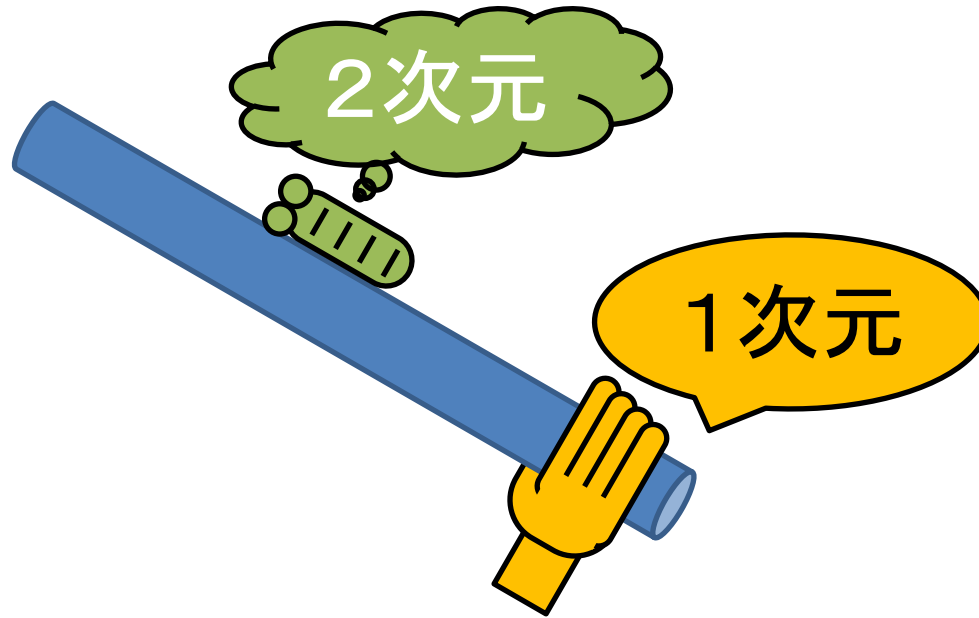
...の代わりに、

超弦理論から大統一理論へ

へテロ型弦理論



余分な空間を「コンパクト化」



E_6 対称性を実現させる

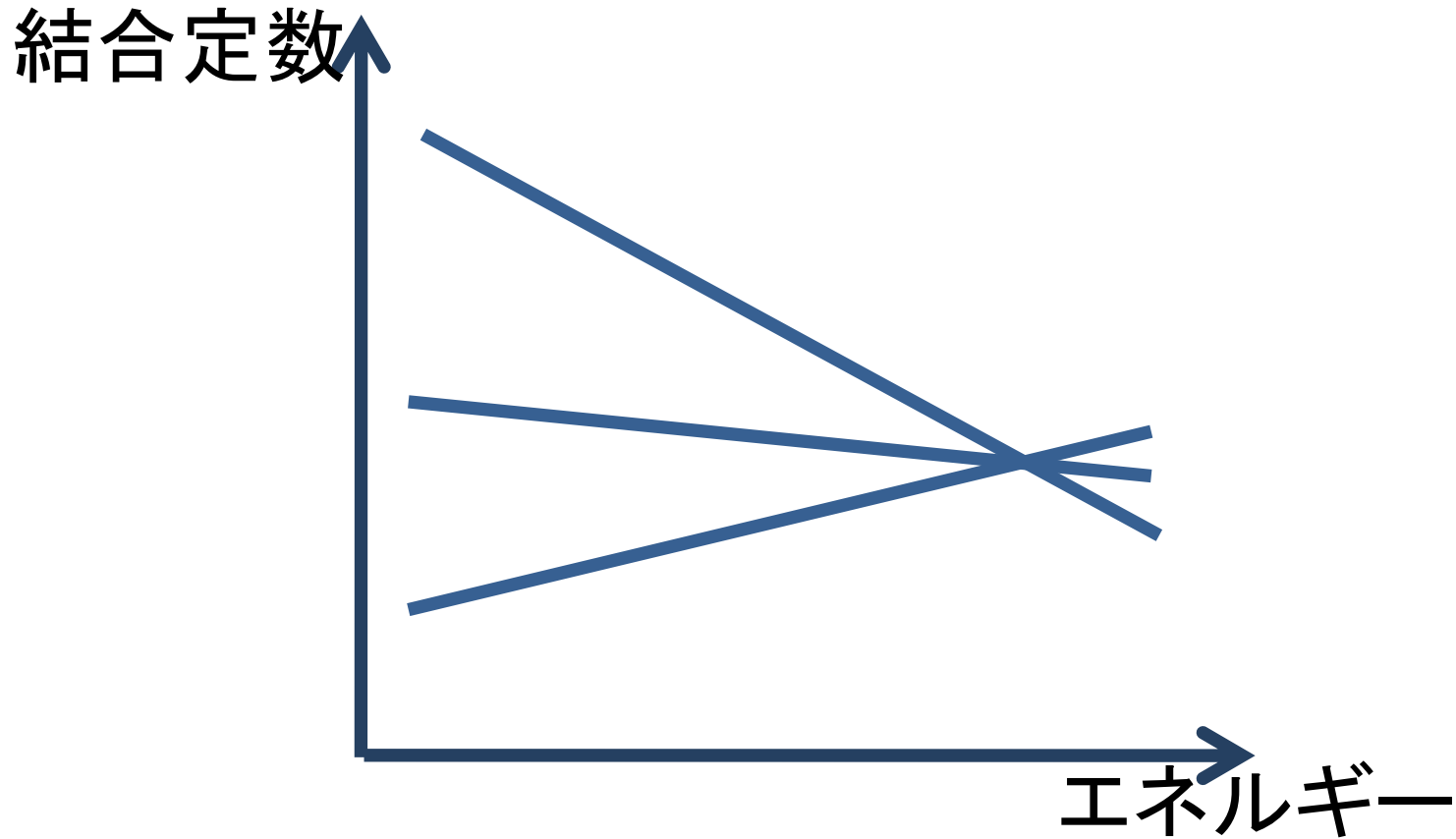
要請：随伴表現ヒッグズ場

自発的対称性の破れ



要請: 超対称性

結合定数の統一



物理的な要請

- E_6 ゲージ対称性
- 随伴表現ヒッグズ場
- 三世代
- $N=1$ 超対称性

これらの物理的な要請を
弦理論のセットアップに
読み替える。

E_6 ゲージ対称性

- ヘテロ弦のコンパクト化
- 運動量: 量子化されて格子を形成
(left , right) - Narain Lattice
- left-moving 格子: ゲージ対称性に寄与



Lattice Engineering Technique
(E_6 を含む格子の構成)

随伴表現ヒッグズ場

随伴表現ヒッグズ場

↑ [Lewellen]

Kac-Moody レベル k を上げる

↑

Diagonal Embedding with Shift Action
(k 個の E_6 を同一視する)

↑

Lattice Engineering Technique
(k 個の E_6 を含む格子の構成)

三世代

予想 [Kakushadze-Tye]

世代数は Kac-Moody レベル k の倍数である？
(でも系統的な解析は不明)



取りあえず $k=3$ で解析

$N=1$ 超対称性

- $N=4$ から $N=1$ へ:スピノル場を一部消去
- $N=1$ 超対称性条件を満たすように、right-moving 6次元を回転
- E_6 格子に対して、 Z_{12} コクセター一元を作用

戦略

1. $(E_6)^3$ を含む格子を Lattice Engineering Technique で構築。
2. E_6 格子の Diagonal Embedding や超対称性回転を含むオービフォールド作用。
3. 世代数を計算する。

結果

- 枠組みに三世代 E_6 模型が三つある。
 - これまでの「分類論」によれば一つのみ。
 - 一つはこれまでの模型と同じスペクトラム。
 - 二つは新しい三世代 E_6 模型。
-
- 系統的な手法を確立。
 - Horizontal SymmetryやAnomalous U(1)ゲージ対称性を含んだ、本当に現象論的に望ましい模型の探索はこれから。

長時間トークの予定

Asymmetric Orbifold
Narain Lattice
Lattice Engineering Technique
Diagonal Embedding with Shift Action

「**分配関数**」を使って理解する

In Preparation