

研究成果のまとめ

丸吉一暢

$\mathcal{N} = 2$ 超重力理論における超対称性の部分的破れ

超対称性を持つ場の理論は、標準模型を超えたエネルギースケールの物理を記述する理論の候補として、ここ数十年間盛んに研究されている。自発的な超対称性の部分的破れは、違う種類の超対称性を持つ理論の間を繋ぐ興味深い現象である。特に、超対称ゲージ理論においてゲージ群が $U(N)$ の場合に、 $\mathcal{N} = 2$ から $\mathcal{N} = 1$ への部分的破れが可能であることがわかっていたので、重力の相互作用を含めた超重力理論でも同様に部分的破れが可能であることが予想される。

超重力理論は重力場を含むので、くりこみ不可能である。よって、超重力理論は高エネルギーを記述する何らかの理論の低エネルギー有効理論として見なされるべきである。ところが、低エネルギー有効理論という立場で、超対称性の部分的破れの具体的な研究はなかったため、我々は実際に超対称性が部分的に破れることを示した。

低エネルギー有効理論としての $U(N)$ ゲージ対称性を持つ超重力理論を考える (ここで $U(N) = SU(N) \times U(1)$ である)。 $\mathcal{N} = 2$ 超対称性を持つ理論はプレポテンシャルと呼ばれるスカラー場の正則関数によって書き下される。ここではプレポテンシャルをシングルトレースと呼ばれるスカラー場の多項式としておいて、実際に超対称性が破れているかを見た。結果をまとめると、

- スカラーポテンシャルの極値を求めることにより、スカラー場の真空期待値を求めた。質量を計算した結果得られるスペクトラムが、 $\mathcal{N} = 1$ 超対称性の表現に従うことを示した。また、超対称変換則の真空での値を見ることにより、南部・ゴールドストーンフェルミオンが1つだけ現れており、超対称性は $\mathcal{N} = 2$ から $\mathcal{N} = 1$ へ自発的に破れたことがわかった。
- $U(N)$ ゲージボソンのうち $U(1)$ ゲージボソンが質量を得ており、ゲージ対称性は $U(N)$ から $SU(N)$ に破れることが確かめられた。
- 真空で新たにとり直したスカラー場を用いて、超対称性が $\mathcal{N} = 1$ に破れたラグランジアンを書き下した。
- このモデルを $U(1)$ ゲージ対称性の場合に考察すると、プレポテンシャルが全く任意の場合でも計算を進めることができ、超対称性を部分的に破ることがわかった。

以上により、 $U(N)$ ゲージ対称性を持つ $\mathcal{N} = 2$ 超重力理論において、プレポテンシャルが任意の多項式の場合に、超対称性が自発的に $\mathcal{N} = 1$ に破れることを示した。