

Heterotic–F Theory Duality Revisited

東大理、IPMU 渡利泰山; based on arXiv:0805.1057 [hep-th]

with 林博貴 (東大理)、Radu Tatar(Liverpool), 戸田幸伸 (東大 IPMU)、山崎雅人 (東大理)

E-mail:

8月1日の基研研究会の講演では、上記論文の背景や動機の説明、そして論文内で得られた主要な結果を紹介した。小文の内容には、林および渡利 (講演者) が文責を負う。

超弦理論のコンパクト化によって4次元の低エネルギー有効理論を得るには、まず最初に有効理論の自由度が何であるかをコンパクト化の幾何の情報で同定しなければならない。有効理論の自由度がどのような相互作用を持つかということは、その後に来る問題である。自由度を同定することはさほどに重要な問題であるから、超弦理論のいろいろな定式化のコンパクト化において、この問題はすでに解かれている。たとえば、Heterotic 理論や Type I 理論で、カラビヤウ多様体 Z の上にベクトル束 V を入れてコンパクト化する場合、低エネルギーの $\mathcal{N} = 1$ 超対称性をもつ有効理論の自由度として、ベクトル束に値を持つコホモロジー群、

$$H^1(Z; \rho(V)) \quad (1)$$

に同定されるカイラル多重項が現れる。 $\rho(V)$ は、ベクトル束 V のある表現 ρ をあらわす。具体的には、 $\rho(V) = V, V^\times, \wedge^2 V, \wedge^2 V^\times$ などを思い浮かべればよい。Type IIB 超弦理論のオリエンティフォールドコンパクト化で、D7-ブレーンと O7-ブレーンを入れた場合にも、D7-ブレーンがまきつけられた正則4-サイクルを、 Σ_a ($a = 1, 2$)、その上の“線束”を E_a としたとき、2つの4-サイクルの交差で得られる複素曲線上に局在化した開弦からは、低エネルギーの自由度として

$$H^0(\Sigma_1 \cdot \Sigma_2; T^*(\Sigma_1 \cdot \Sigma_2)^{\frac{1}{2}} \otimes E_1 \otimes E_2^*) \quad (2)$$

に同定されるカイラル多重項が現れることが知られている。それでは、 (p, q) 7-ブレーンを含む Type IIB 理論 (つまり F-理論) のコンパクト化を考えたときには、低エネルギーの自由度は、幾何の言葉でどのようなものに同定されるか。これは、これまで未解決の問題であり、上記論文ではこの問題に解決を与えた。 (p, q) 7-ブレーンを含むコンパクト化は、SU(5) 統一理論の湯川結合をすてべ出すことができる、という点において、現象論的には、D7-ブレーンおよび O7-ブレーンのみを含むコンパクト化よりも興味深い対象である。

上記論文では F-理論における上記未解決問題を Heterotic 超弦理論と F-理論の双対性を用いて解いた。これまで、Heterotic-F 双対性からは、F-理論のカイラル多重項が一般の層係数コホモロジーに同定されることが知られていたが、我々は、局所自由層 (線束) 係数コホモロジーで表せることを発見した。この線束は、7-ブレーン交叉の複素曲線の特異点を解消して得られる被覆曲線上に定義され、この被覆曲線は、F/M-理論の幾何ではメンブレーションの通り道としての実体を持つ。また、F-理論をコンパクト化する複素四次元のカラビヤウ多様体の複素構造と、F-理論に存在する4形式場とを用いて、線束を具体的に書き表すことに成功した。この具体的な記述は湯川結合定数の計算に必要な大切なステップである。より詳細な解析は本論文を参照してもらいたい。