

Off-shell construction of N=3 superconformal Chern-Simons theories

Czech Technical University in Prague (チェコ工科大学) Masato Arai

E-mail: masato.arai@utef.cvut.cz

3次元の Chern-Simons 理論は condensed matter physics や particle physics における重要性から盛んに研究されてきた。近年では、複数枚の M2 ブレーンの有効理論が Chern-Simons 理論を用いて記述されることが明らかにされ、その重要性はますます増してきている。M2 ブレーンの有効理論は、3-algebra と呼ばれるゲージ群を含む 3次元の N=8 超対称コンフォーマル理論で記述される BLG 模型 [Bagger, Lambert, Phys. Rev. D 75 (2007) 045020; Phys. Rev. D 77 (2008) 065008; JHEP 0802 (2008) 105, Gustavsson, Nucl. Phys. B 811 (2009) 66] や N=6 の超対称性を持つ $U(N) \times U(N)$ ゲージ理論である ABJM 模型 [Aharony, Bergman, Jafferis, Maldacena, JHEP 0810 (2008) 091] などが知られている。これらの理論は、高い超対称性を持つにもかかわらず、コンポーネント場か N=1 超場、もしくは N=2 の超場で記述されているのみであった。これらの理論の拡張やループ計算を行うためには、できるだけ高い超対称性が明白になっていた方が便利である。実際、N=3 harmonic superspace と呼ばれる超空間上の超場を用いて、ABJM 模型が記述され、そのループ計算が行われている [Buchbinder, Ivanov, Lechtenfeld, Pletnev, Samsonov, Zupnik, JHEP 0903 (2009) 096; JHEP 0910 (2009) 075]。もともと harmonic superspace formalism は 4次元で N=2 の超対称性理論を off-shell で記述するために導入されたフォーマリズムであるが、この理論を off-shell で記述するもう一つのフォーマリズムとして projective superspace formalism (PSF) [Karlhede, Lindstrom, Rocek, Phys. Lett. B147 (1984) 297, Lindstrom, Rocek, Commun. Math. Phys. 128 (1990) 191; Commun. Math. Phys. 115 (1988) 21] も知られている。このフォーマリズムを次元簡約して、3次元の projective superspace を導入し、その枠組みで N=4 の超対称性を明白にした Chern-Simons 項を記述することが可能である。本研究では、3次元の PSF を用いてアーベル群の Chern-Simons 理論を構築することに成功した [M.A., S. Sasaki, 現在準備中]。

3次元の projective superspace は $(z, \zeta) = (x^\mu, \theta_i, \bar{\theta}^i, \zeta)$ で定義される。ここで $\mu = 0, \dots, 2$ は 3次元ミンコフスキー空間の添え字を表し、 $i = 1, 2$ は $SU(2)_R$ の内部対称性の添え字を表す。 ζ は projective coordinate と呼ばれ、 $SU(2)_R/U(1)$ の空間をパラメトライズする。PSF における超場は、上記の projective superspace 上で定義されるのではなく、その部分空間で定義をされる。部分空間で定義される多重項には幾つかあるが、Chern-Simons 項を記述する上で特に重要なものはトロピカル多重項や $O(2)$ 多重項と呼ばれるものである。トロピカル多重項は N=4 ベクトル多重項を表すもので、 $O(2)$ 多重項は N=4 ベクトル多重項で書き直すことができる。結果として Chern-Simons 項は N=4 ベクトル多重項のみで記述される。本研究では、非アーベル群への拡張とその問題点についても論じた。