

# Perturbative check of the construction of 4D $\mathcal{N} = 4$ SYM from 2D lattice

岡山光量子科学研究所 杉野 文彦

E-mail: fumihiko\_sugino@pref.okayama.lg.jp

昨年、花田政範氏、松浦壮氏と、2次元  $\mathcal{N} = (8, 8)$   $U(N)$  super Yang-Mills (SYM) 理論の質量パラメータ  $M$  による変形を考えた。この変形は2個の超対称電荷を保つ。この理論の格子定式化として2個の超対称電荷を保つものを構成し、その格子理論から4次元  $\mathcal{N} = 4$   $U(k)$  SYM 理論を fine-tuning なしに構成する方法を提案した (arXiv:1004.5513[hep-lat])。

出発点の2次元理論の格子作用では、質量変形によりスカラー場の平坦方向が安定化し、作用の最小値は離散的な(ファジー球面を表す)配位で与えられる。自明な古典解の表す真空の下では、2次元の連続理論(質量変形された  $\mathcal{N} = (8, 8)$   $U(k)$  SYM) が fine-tuning なしに得られる。質量変形はソフトなので、連続極限の後に  $M \rightarrow 0$  とすることで、変形されない2次元  $\mathcal{N} = (8, 8)$   $U(N)$  SYM (Dijkgraaf-Verlinde-Verlinde の IIA matrix string theory) が非摂動的に得られる。

また、格子作用の古典解として、 $k$  枚の重なったファジー球面を表すものがあり、2個の超対称性を保つ。その真空の下で2次元格子理論の連続極限をとると、 $\mathbf{R}^2 \times (\text{Fuzzy } S^2)$  上の4次元理論で2個の超対称電荷を持つものが得られる。ファジー球面上に取りうる自由度の数  $n$  は  $N = nk$  を満たす。 $M^2 n$  を固定する  $M \rightarrow 0$  極限はファジー球面を decompactify することと等価で、 $\mathbf{R}^2 \times \mathbf{R}_\Theta^2$  ( $\mathbf{R}_\Theta^2$  は非可換性  $\Theta$  の非可換平面) 上の4次元理論が得られ超対称性は最大の16個に拡大すると考えられる。非可換パラメータは  $\Theta = \frac{18}{M^2 n}$  で与えられる。最後に、 $\Theta \rightarrow 0$  極限をとることで、 $\mathbf{R}^4$  上の  $\mathcal{N} = 4$   $U(k)$  SYM 理論が得られる。(  $\mathcal{N} = 4$  SYM の UV finiteness から、この極限はスムーズと信じられている。 )

上の4次元理論を得るシナリオは量子補正を含めたとしてもうまく機能すると期待されるが、質量パラメータ  $M$  が作用の質量項のみならずファジー球面の幾何にも影響を与えるため、4次元理論においては  $M$  がソフトかどうか? は必ずしも明らかではない。具体的なチェックのひとつとしてスカラー場の運動項に対する摂動の planar 1-loop の量子補正を計算した。適切な波動関数繰り込みの後、4次元回転について不変な non-local 項が結果として得られた<sup>1</sup>。4次元回転対称性の回復は特に非自明だが、fine-tuning なしに回復することがこの結果から伺える。これは、超対称性もすべて連続極限で回復することを示唆している。さらに、non-planar な loop 補正についても planar の場合と同様の結果が得られた。これは上の非可換性をゼロにする極限がスムーズであることを支持している。

このトークは、花田政範氏、松浦壮氏、鈴木博氏との共同研究(現在、論文準備中)に基づく。

<sup>1</sup>4次元  $\mathcal{N} = 4$  SYM は UV finite と言われるが、波動関数繰り込みに関する発散はゲージ固定の仕方に依存する。実際、UV 発散は (modified) light-cone gauge では現れないが、Feynman gauge では現れる。ポイントは、発散が現れたとしても、それは波動関数繰り込みに関するものに限られることである。その寄与は場の rescaling により吸収され、物理的な観測量には効かない。一方、4次元回転不変な non-local 項はオペレーターの異常次元に寄与し、物理的意味を持つ。