Fuzzy BIon

大阪大学大学院理学研究科　百武慶文
E-mail: hyaku@het.phys.sci.osaka-u.ac.jp

M 理論は IIA 型超弦理論の強結合領域での理論として定義される興味深い研究対象であり、BFSS(Banks,Fischler,Shenker,Susskind) らによってこの理論は行列模型を用いて記述できると提唱された。行列模型は本質的には D0-brane の多体系を記述する理論であり、今回の私の研究の焦点は D0-brane の自由度だけで IIA 型超弦理論を記述できるかという点である。(ただし D0-brane の自由度が全く存在しない場合は除く。) 今回は fuzzy BIon という解を構成して、その解が string や D2-brane の電荷を持つことを確認する。

IIA 型超弦理論には 1/4 超対称性を残す配位として BIon 解が存在する。これは D2-D0-F1 の束縛状態で、D2-D0 のなす 2 次元平面に F1 が垂直に突き刺さったような配位をしている。D0-brane は無限個必要である。F1 の端点は D2-D0 上では電荷として理解でき、このため正確には D2-D0 は平面を成していない。しかしそれでも 1/4 超対称性を残す安定な配位である。話はそれるがこの系は M 理論では一枚の M2-brane だけで記述でき、D0 と F1 の電荷は M2-brane の 11 方向への運動量と巻き付き数にそれぞれ対応している。

では BIon 解を行列模型で構成してみよう。この解は点状である D0-brane がぼやけて広がりを持った解であると予想されるので、fuzzy BIon と名付けることにする。構成法としてはまず (x^1, x^2) 平面に広がる D2-D0 を行列模型で構成する。それは行列値のスカラー場 X^1 と X^2 を

$$(X^1)_{mn} = \frac{1}{2}\sqrt{2am}\delta_{m+1,n} + \frac{1}{2}\sqrt{2a(m-1)}\delta_{m,n+1}, \tag{1}$$

$$(X^2)_{mn} = \frac{i}{2}\sqrt{2am}\delta_{m+1,n} - \frac{i}{2}\sqrt{2a(m-1)}\delta_{m,n+1}, \tag{2}$$

のように与えることで実現される。次にこの解に x^3 方向に伸びた F1 をくっつけよう。それにはスカラー場 X^3 とゲージ場 A_0 を

$$(X^3)_{mn} = (2\pi\ell_s^2)(A_0)_{mn} = \text{const.} + \frac{L}{2}\sum_{i=1}^{m-1}\frac{1}{i}\delta_{m,n}, \tag{3}$$

のよう与えればよい。以上が fuzzy BIon 解である。これが行列模型の古典解であり、かつ 1/4 超対称性を残すことは文献 [1] を参照してほしい。この解を調べて言えることは、string や D2-brane の電荷は D0-brane のみの古典的配位として記述可能である、ということである。

では最後に fuzzy BIon 解のまわりの微少揺らぎを考えてみよう。すると得られる作用は BIon の場合に同様にして得られる作用と類似しているが、次の 2 点で決定的に異なる。1.BIon の場合には場に x^3 軸まわりの角度依存性があるが、fuzzy BIon には現れない。2. 角度依存を無視したとして両者が一致するのは D0-brane 1 個当たりの占める面積が $(2\pi\ell_s^2)$ となるときだけである。これは一般に D2-D0-F1 束縛状態を D0-brane から古典的な配位として構成できたとしても、揺らぎまで含めると D2-brane から構成したものとは異なる状態であると考えられる。このあたりはもう少し掘り下げて理解する必要がありそうである。

[1] Y. Hyakutake, *"Fuzzy BIon"*, Phys. Rev. **D 68** (2003) 046003; hep-th/0305019.