

これまでの研究成果のまとめ

吉田豊 (東京大学 カブリ数物連携宇宙研究機構)

3次元 $\mathcal{N} = 4$ 超対称ゲージ理論における量子化されたクーロンブランチの研究

初めに、クーロンブランチの研究の背景について述べる。3次元 $\mathcal{N} = 4$ 超対称ゲージ理論の真空のモジュライ空間は2つあり、それらはハイパー多重項のスカラー場の期待値で定義されるヒッグスブランチのモジュライ空間及びベクトル多重項のスカラー場とモノポール演算子の期待値で定義されるクーロンブランチのモジュライ空間である。ヒッグスブランチには量子補正がないが、一方クーロンブランチのモジュライ空間には(非摂動的な)量子補正が存在するため、モジュライ空間の構造を決定することが困難であった。

2015-2016年に超対称ゲージ理論側では Bullimore–Dimofte–Gaiotto (BDG)、数学側では Braverman–Finkelberg–中島 (BFN) によるクーロンブランチとその変形量子化である量子化されたクーロンブランチの理解に大きな進展がなされた。BFNでは、ゲージ群とその表現に付随するモジュライ空間の Borel–Moore ホモロジーを用いて量子化されたクーロンブランチを定義しているが、Borel–Moore ホモロジーの代わりに K 理論を考えることにより量子化された K 理論的クーロンブランチと呼ばれる新たな幾何学的対象も定義されている。一方、BDGでは量子化されたクーロンブランチの構造をゲージ群の極大トーラスへの制限と3次元ミラー対称性を組み合わせて決定した。これらの2つの構成は一般に一致すると考えられている。

BDGはミラー対称性を使っているため、直接、量子化されたクーロンブランチを決定した訳ではない。ミラー対称性に頼らない量子化されたクーロンブランチの直接的な導出を目的とし、[1]ではオメガ背景上の3次元超対称ゲージ理論を構成した。さらに超対称局所化¹を定式化し、経路積分を実行することによりスカラー場、モノポール演算子の相関関数を決定した。その結果オメガ背景上のスカラー場、モノポール演算子の演算子積展開が量子化されたクーロンブランチを実現する事を明らかにした。この時、オメガ背景パラメータが変形量子化のプランク定数になることが分かった。

References

- [1] Takuya Okuda and Yutaka Yoshida, “SUSY localization for Coulomb branch operators in omega-deformed 3d $\mathcal{N}=4$ gauge theories,” arXiv:1910.01802 [hep-th].

¹超対称局所化とは超対称場の量子論の経路積分を実行する方法である。局所化が適用できる場合、近似なしで経路積分を実行できる。