

「数理科学」は語る

30年前から現代へのメッセージ

江口 徹

1982年6月号

30年ほど前に「ゲージ理論」の特集に書かせていただいた記事「格子ゲージ理論の進展」は Creutz による格子ゲージ理論のシミュレーションの重要な結果¹⁾が発表された直後にこれを紹介したものである。Creutz は格子理論が弱結合領域において繰り込み群で予言されるスケーリング則に従い、また Wilson loop 振幅が面積則を持つことを示して、QCD においてクォークの閉じ込めが実現されることを強く示唆する結果を得た。

この仕事以降、クォークの閉じ込めに関する QCD の研究は格子ゲージ理論を用いるものが主流となって今日に至っている。格子ゲージ理論の結果は数値計算にすぎず証明ではないが、多くの研究者によって閉じ込めの問題を実質上解決したとみなされている。

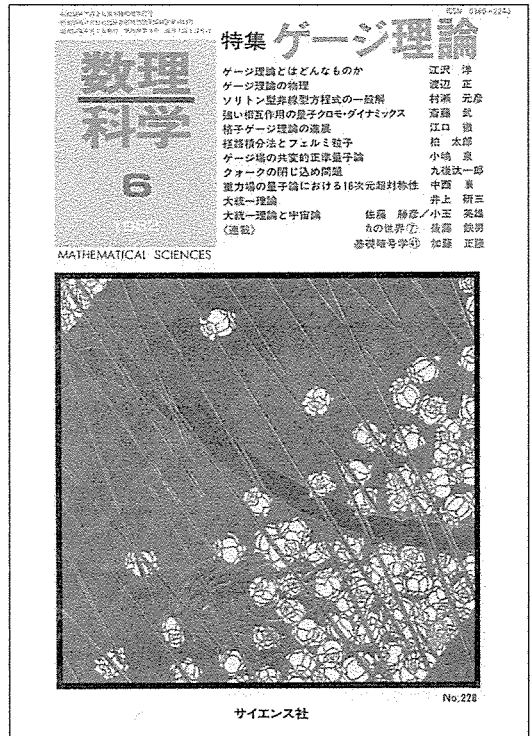
一方、QCD にフェルミオンを加えて超対称性を持つようにしたゲージ理論に関しては、十数年前に理論の双対性を用いる新しい手法が導入されその力学の理解が著しく進んだ。特に、2種類の超対称性を持つ4次元の非可換ゲージ理論に関しては、その低エネルギー有効理論を厳密に決定する手法が開発され²⁾、ゲージ理論の強結合領域での振る舞いが初めて明らかにされた。強結合領域では、理論に現れるソリトンであるモノポールの場が主要な役割を果たす。

超対称ゲージ理論の厳密解の研究には、最近になってさらに局所化 (localization) と呼ばれる手法を用いることによって大きな進展があり、理論の分配関数を行列積分の形に表すことができるようになってきた³⁾。

こうした、超対称ゲージ理論における解析的な取扱いの進展は、QCD においても閉じ込めの問題に解析的な手法が使えないか、新たな希望の光を投げかけているようである。

超対称ゲージ理論を行列積分で表す手法は、我々が以前に考えた Large N reduction (ゲージ対称性が大きな極限の QCD を行列積分で表す)⁴⁾を思い起こさせる。

Large N 極限で QCD が最も簡単になることはよく



知られており QCD が解析的に解けるとすればこの場合に限られるであろう。QCD を解くことは我々の時代の研究者の青春の夢であった。次の 30 年を待たず QCD は解けるだろうか？

参考文献

- 1) M. Creutz, *Phys. Rev. D* **21**, 2303 (1980).
- 2) N. Seiberg and E. Witten, *Nucl. Phys.* **B431**, 484 (1994).
- 3) N. Nekrasov, *Adv. Theor. Math. Phys.* **7**, 831 (2004).
- 4) T. Eguchi and H. Kawai, *Phys. Rev. Lett.* **48**, 1063 (1982).

(えぐち・とおる, 立教大学理学部)