

研究成果

行列模型に関連する物理

近年、AGT 予想[1]と呼ばれる、4次元 $N=2$ 超Yang-Mills 理論のInstantonの物理と二次元の共形場理論が対応しているという指摘がなされ、[2]で、 β -変形された行列模型の言葉に翻訳する辞書が作り出された。糸山と大田、米澤は[2]で得られた辞書を使い、質量のscaling-limit を計算し、AGT 対応との整合性を改めてチェックした[3]。さらに、糸山と米澤は[2]で提案された行列模型の位相展開を行い、gauge 理論のSeiberg-Witten pre-potential の補正項を計算した[4]。

また、XXX spin 鎖模型はgauge 理論に対応していることが知られているが、宗行と戴、吉岡、米澤は、XXX spin 鎖模型に対してある種の古典極限をとって得られるXXX Gaudin 模型とほかのgauge 理論が対応することを見出し、この二つのgauge理論間の対応関係について議論した[5]。

量子点状相互作用

δ -関数型ポテンシャルに代表される点状相互作用は、数学的には関数解析の自己共役拡大の理論によって理解することができる[6]。このような点状相互作用はデルタ関数以外にも様々なものがあり、各々が異なる性質を示すことが知られている[7]。

市川と筒井、米澤は、点状相互作用が系の熱的性質に与える影響を研究し、van der Waals力と同等の効果を状態方程式に与えることを明らかにした[8-9]。[9]では、デルタ関数相互作用を持つ一次元多体量子系であるLieb-Liniger模型[10]を対象とし、van der Waalsの状態方程式を得た。とりわけ、Lieb-Liniger 模型は近年光学格子を用いて実現されており[11]、我々の研究は一次元冷却原子系の相転移を予言している。

Lieb-Liniger 模型は、その結合定数が $+\infty$ の極限と $-\infty$ の極限(super-Tonks-Girardeau状態)が滑らかにつながることが理論と実験で確かめられている[12-13]。このことから、米澤と田中、全は結合定数を $+0$ から断熱的に増加させていき、 $+\infty$ の極限を経て $-\infty$ の極限を通過し、 -0 に至るというサイクルを考案した。最終的に結合状態は同一であるのにも拘わらず、元とは異なる状態に遷移することを明らかにした。同一の状態ではあるが、異なる位相が出現するというものとしてBerry位相がよく知られているが、これは状態自体も変化するという意味でより強い変化を示唆している。数学的にはLieb-Liniger模型のパラメーター空間の幾何的性質に起因するホロノミーであると解釈できる。

参考文献

- [1] L. Alday, D. Gaiotto, Y. Tachikawa, Lett. Math. Phys. **91** (2010) 167.
- [2] H. Itoyama, T Oota, Nuc. Phys. **B 838** (2010) 298.
- [3] H. Itoyama, T Oota, **N. Yonezawa**, Phys. Rev. **D 82** (2010) 085031.
- [4] H. Itoyama, **N. Yonezawa**, Int. J. Mod. Phys. **A 26** (2011) 3439-3467.
- [5] K. Muneyuki, T. S. Tai, **N. Yonezawa**, R. Yoshioka, JHEP**1109** (2011) 125.
- [6] M. Reed, B. Simon, “*Methods of Modern Mathematical Physics vol. 2: Fourier Analysis, Self-Adjointness,*” Academic Press (1975)
- [7] I. Tsutsui, T. Fülöp, Int. Journ. Quant. Inf. **1** (2003) 543.
- [8] **N. Yonezawa**, Prog. Theor. Phys. **123** (2010) 35.
- [9] T. Ichikawa, I. Tsutsui, **N. Yonezawa**, Phys. Rev. A **86** (2012) 015602.
- [10] E. H. Lieb, W. Liniger, Phys. Rev. **130** (1963) 1605.
- [11] T. Kinoshita, T. Wenger, D. S. Weiss, Science **305** (2004) 1125.
- [12] G. Astrakharchik, J. Boronat, J. Casulleras, S. Giorgini, *Physical Review Letters* **95** (2005) 190407.
- [13] E. Haller et. al., *Science* **325** (2009) 1224.