

28. 一次元 Heisenberg 型フラストレーション系量子状態の厳密解及び有限数値計算

千葉大 理

兼 淳一

中川 真一

浜田 健彦

夏目 雄平

一次元スピン系において、最隣接交換相互作用の他に、第二隣接交換相互作用を導入すると、この二種類の相互作用の競合によってフラストレーションを内包した量子系を作ることができる。特に、二つの相互作用の符号、大きさを色々変えることにより、量子状態は多彩な振舞いを示す。これにより、量子系本来のもつ性質と、フラストレーションによって発生する性質との関係を詳しく論ずることが可能になる。

例としてまず下図のようなモデル $s=1/2$ の Heisenberg 系を考えた。我々は $N \leq 16$ の系について、 (J, J') が符号も含めて、あらゆる大きさを取る場合の数値解を行列対角化の方法によって求めた。ここで $J > 0$ (強磁性的)、 $J' < 0$ (反強磁性的) の場合 $J' = -0.5J$ において基底状態は多重縮退を示す。この縮退は S^{total} に関してある規則を持っている。そして、その中の $S^{\text{total}} = 0$ の基底状態は厳密解として

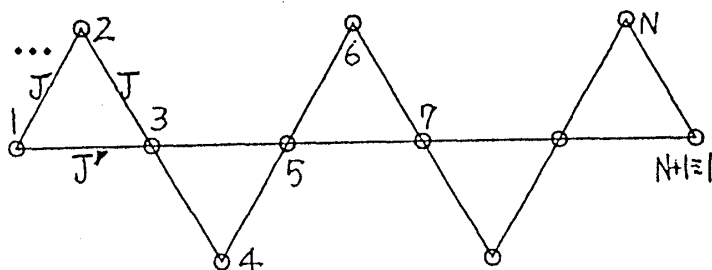
$$\Phi_0^{S=0} = \sum_{(i,j), (k,l), (m,n), \dots} [i, j] \cdot [k, l] \cdot [m, n] \cdots$$

$$(i < j, k < l, m < n, \dots)$$

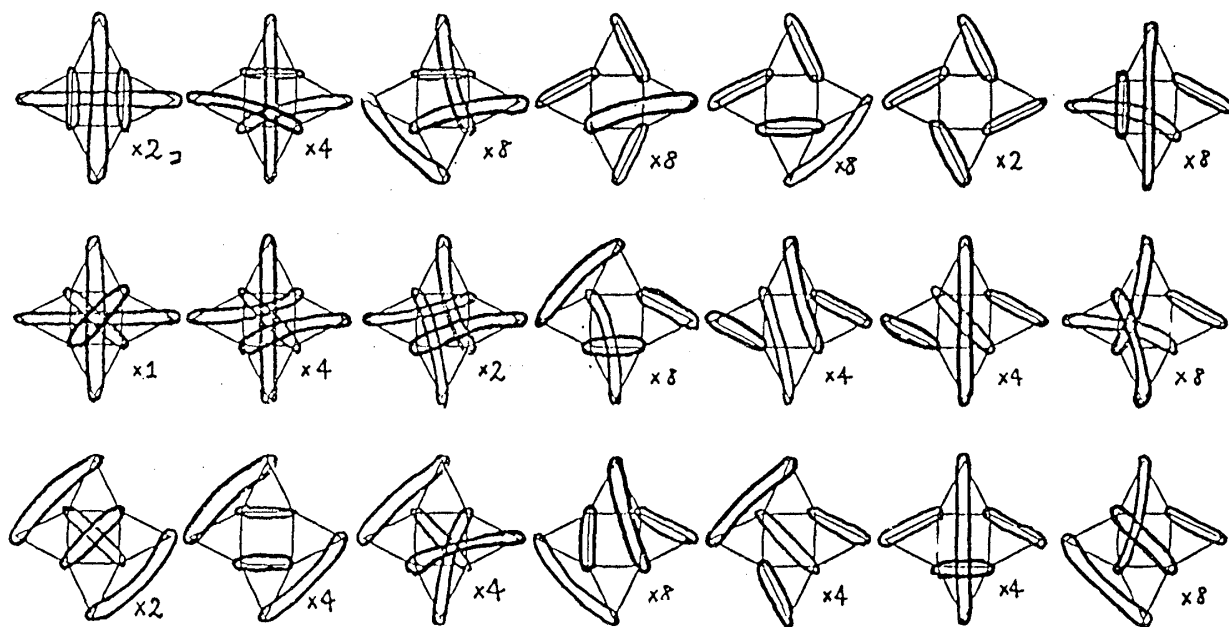
ただし、

$$[m, n] = \{\alpha_m \beta_n - \beta_m \alpha_n\} / \sqrt{2}$$

$$(\mathcal{H} = -2J \sum_{k=1}^N \vec{S}_k \cdot \vec{S}_{k+1} - 2J' \sum_{k=1}^{N/2} \vec{S}_{2k-1} \cdot \vec{S}_{2k+1})$$



と書ける。ここで、和はあらゆる格子間ペアに singlet pair を分配したもので、Uniformly Distributed Resonating Valence Bond (UDRVB) と呼ぶことにする。N=8 の場合を模式的に表すと次の図のようになる。



$N=8, J' = -0.5J, S^{\text{total}} = 0$ の基底状態 ($\bigcirc$ は singlet pair を示す。)

また、このモデルは、 J も J' も反強磁性的な場合は、 $J = J'$ において基底状態は dimer state ($S^{\text{total}} = 0$) となり、triplet state ($S^{\text{total}} = 1$) との間にエネルギー Gap を持っている。

我々はさらに一般化した鎖状 Heisenberg 型モデルを用いて系が UDRVb 及び dimer state を基底状態として持つ一般的条件を調べた。