

Bose-Fermi 混合系の絶縁状態と相互作用の役割

森弘之¹, 正木晶子², 余越翔¹

¹ 首都大物理; ² 東大物性研

[キーワード] 混合系, モット状態, アンダーソン局在

Bose-Fermi 混合系の絶縁状態に対する相互作用の役割について議論する。代表的絶縁状態として1次元光学格子系のモット状態とアンダーソン局在状態に注目し、シミュレーションによりこれらの状態を再現して成立条件および諸性質について解析を行った。

混合系のモット状態には、単一種（たとえばボゾン）で形成されたものと、二種（ボゾン+フェルミオン）で形成されたものがある。それぞれの成立条件は異なり、ここでは後者を取り上げる。ボゾンとフェルミオンが混合したままモット状態を形成するには、粒子数に対する条件の他にボゾン-フェルミオン間相互作用に一定の条件が必要となる。とくにこの相互作用が大きすぎると、相分離を引き起こしモット状態を破壊するなどの影響が発生する。これらの効果を加味して、モット状態の存在する相領域を相互作用パラメータ空間で示す。

この混合系のモット状態は、内部構造にも特徴がある。ボゾンとフェルミオンが乱雑に混ざったままモット状態を形成するのではなく、ボゾンとフェルミオンが規則正しく配列して秩序構造を形成する。閉じ込めポテンシャル中ではポテンシャルが局所的化学ポテンシャルの役割をするので、モット状態を形成する粒子数条件が局所的に満たされることから、局所的モット状態が現れる。その状態の内部構造においても、ボゾンとフェルミオンの粒子数比が簡単な整数比となって配列する。

一方、ランダムネスが存在する場合の局在状態での相互作用の役割も、混合系においては特徴的なものとなる。局在しているボゾン系はフェルミオンの存在により状況に応じて非局在化の兆候を示す。ボゾン-フェルミオン間相互作用が比較的強い斥力領域では、フェルミオンの存在が有効的なランダムポテンシャルの深さを小さくするため、非局在化が進むが、逆に引力領域では、フェルミオンの存在がポテンシャルを実効的に深くするために局在化が進む。ただし特定の条件下では、引力領域でも非局在化が生じることがあり、その可能性についても指摘したい。