

2次元におけるヘリウム3の自己凝縮現象

佐藤 大輔、成瀬 公暁、松井 朋裕、福山 寛
 東京大学大学院理学系研究科物理学専攻

従来、 ^3He の 2 次元系は、低次元性、大きな零点エネルギー、そしてフェルミ統計性のために基底状態で自己凝縮しない、すなわち気液の臨界点が存在しない唯一の系と考えられてきた。ところが、グラファイト上に吸着した ^3He の第 2 から第 4 原子層について、縮退温度域 ($2 \leq T \leq 80 \text{ mK}$) で熱容量 (C) の温度および密度依存性を詳細に測定したところ、これら 3 種類の 2 次元 ^3He 系は $0.6 \sim 0.8 \text{ nm}^{-2}$ という非常に希薄な液体相 (自己凝縮相) を形成することが判った。下図は、測定された熱容量の γ 係数 ($C = \gamma T : \gamma = (m^*/m)\pi k_B 2m A / (3\hbar^2)$) を全 ^3He 面密度 (ρ) に対してプロットしたもので、左から第 2、第 3 そして第 3+第 4 原子層の γ 係数である。ここで、 m と m^* は ^3He の原子質量と有効質量、 A はグラファイト基板の表面積で、第 1 層目には ^4He を吸着させてある。いずれも、一様流体相である高密度域の振る舞いを $\rho \rightarrow 0$ に外挿すると、 $m^*/m = 1$ のとき期待される γ 値 ($\gamma_0 = \pi k_B 2m A / (3\hbar^2)$) に漸近するように見えるが、ある密度以下で、ゼロに向かって線形に減少する領域が見出された (気相-液相の一次転移)。この実験結果を説明するには、従来の理論計算では無視されてきた下地を介した ^3He 原子間の間接相互作用を考慮する必要があるかも知れない。

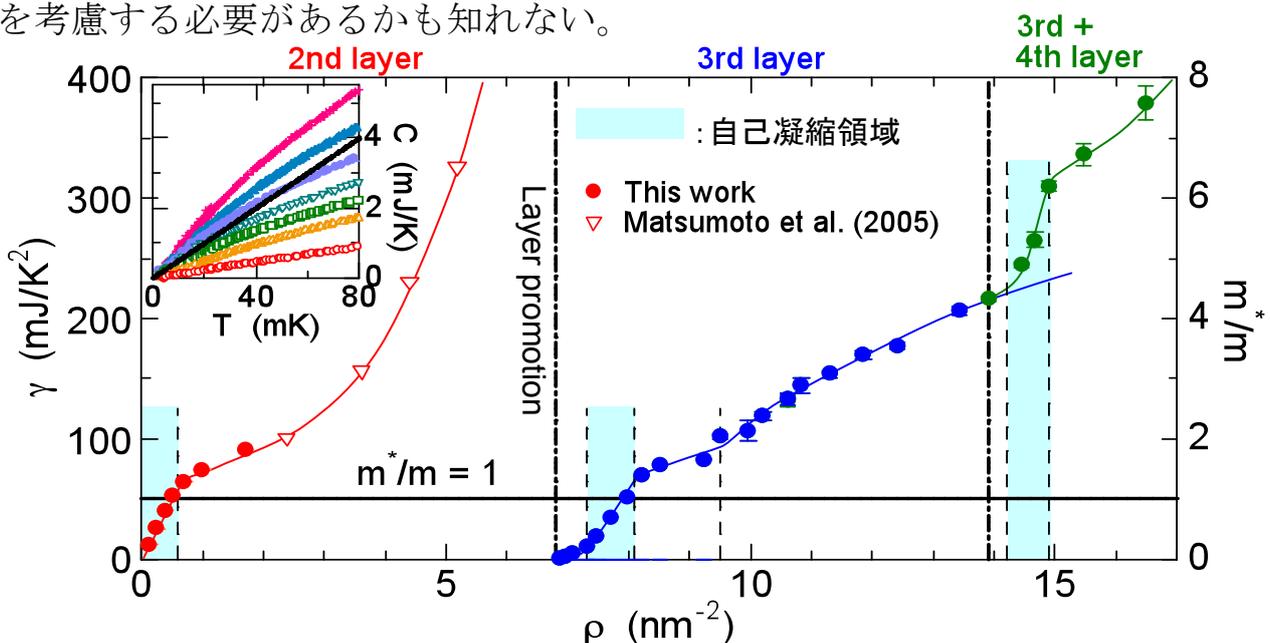


図. グラファイト上に吸着した ^3He の第 2~4 原子層で測定された熱容量の γ 係数の密度依存性。挿入図は第 2 層の熱容量の温度依存性 ($0.125 \leq \rho \leq 1.7 \text{ nm}^{-2}$)。