

Dynamics of Quantized Vortex in Superfluid ^4He

東北大流体研 坪田 誠

近年の計算機の発達にともない、量子渦の3次元運動の直接シミュレーションが可能になった。¹⁾ ここではそれに関連して、量子渦のピンニング、および再結合 (reconnection) に関する話題を報告する。

芯の半径が原子サイズという非常に細い量子渦にとって、通常、いかなる固体壁面も平滑ではありえない。Thermal counter flow などの管内流や回転超流動などでも壁面粗さの効果は必ず問題になるが、ピンニング・サイト近傍での量子渦の運動はほとんど知られていない。そこで、相互作用する複数の渦の、平面上に置かれた半球状突起によるピンニングのシミュレーションを行った。^{2), 3)} 渦が2本の場合、両者の渦度が平行な場合と反平行な場合がある。反平行な2本の渦は、ピンニング・サイト上またはその近傍でトポロジカルに異なる様々な再結合を起こしうるが、いずれにしろピンニング・サイトからは離脱してしまう。一方、平行な2本の渦は、ピンニング・サイト上で相互作用による回転運動を行うも、やがては相互摩擦力により減衰し、平衡状態に至る。この挙動は、平行な渦の数が3本、4本、5本と増えても定性的には変わらない。ところが、渦の数が6本になると、そのうちの1本はピンニング・サイトからはじき出されてしまう。すなわち、半球状突起のピンニング容量は5本以下である。この容量は、突起のサイズが渦芯のそれに比べて十分大きい限り、突起のサイズに依存しない。

渦の再結合は、粘性流体において理論的・実験的に詳しく調べられており、渦度の粘性拡散が重要な役割をはたしていることが知られている。超流動中での量子渦の再結合は、超流動乱流におけるvortex tangleのシミュレーションに関連してSchwarzにより導入されたが、その理論的裏付けはいまだ不十分であった。ところが、近年、巨視的波動関数に対する非線形シュレディンガー方程式（もちろんエネルギー保存系である）の直接計算が行われ、量子渦の再結合が起こることが示された。⁴⁾ この話題をめぐる議論について紹介した。

References

- ¹⁾ K. W. Schwarz, Phys. Rev. B31, 5782(1985); *ibid.* B38, 2398(1988).
- ²⁾ M. Tsubota and S. Maekawa, Phys. Rev. B47, 12040(1993).
- ³⁾ M. Tsubota, Phys. Rev. B (in press).
- ⁴⁾ J. Koplik and H. Levine, Phys. Rev. Lett 71, 1375(1993).