

量子乱流から放出される量子渦環と常流体との相互摩擦

矢野 英雄

大阪市立大学大学院理学研究科

渦環は渦芯まわりの循環流によって飛行する。量子渦の循環流は循環量子 κ に従い、渦環はその半径 R_0 にほぼ反比例する速度 $v = \kappa \Lambda / (4\pi R_0)$ で、減衰することなく超流動中を飛行する。しかし常流体成分が現れると、量子渦と常流体との相互摩擦のために渦環は減衰し、その飛行距離は $x = R_0 / \alpha$ に制限され、飛行時間すなわち渦環の寿命は $\tau = 2\pi R_0^2 / (\alpha \kappa \Lambda)$ と予想される。ここで α は相互摩擦係数で、常流体が現れる 0.7 K 以上で指数的に増大する。

量子渦環の直接観測には固体微粒子を渦芯に付着させ可視化する方法が有効だが、付着粒子は渦の運動を妨げるために、渦飛行の観測には向かない。我々は、残留渦を除去した振動ワイヤが渦環の検出器になる[1]ことを利用して、付着粒子を用いずに、量子乱流から放出される渦環の飛行を調べている。実験には乱流（渦環）生成器と検出器に振動ワイヤを使用し、1.13 mm 離して平行に配置した。温度 1.2 K において測定したところ、渦環生成から検出器に届くまでの飛行時間は分布した。時間 t までに渦環を検出する確率を求めたところ、確率はポアソン分布に従い、二つの特徴的な時間 $t_0 = 25$ s と $t_1 = 79$ s を見いだした。時間 t_0 までは渦環が検出されず、それ以後では時間 t_1 に一回の平均頻度で検出されることを示している。

これらの時間は、常流体のない低温（50 mK）での量子渦環の飛行と比べ、3 桁以上遅い。すなわち速く飛行する小さなサイズの渦環は、検出器に届く前に減衰し、消滅することを示している。したがって時間 t_0 は、この温度で消滅せずに検出器まで届く、最速の渦環の飛行時間と考えられる。我々は温度を変えて最速の渦環の飛行時間 t_0 を測定し、1 K 以下では、 t_0 が相互摩擦係数 α に比例することを見出した。この関係は前述の予想と一致する。このように我々は、量子渦環が常流体との相互摩擦によって減衰・消滅し、その飛行距離は相互摩擦係数と関係することを、実験的に初めて明らかにした。

[1] R. Goto, *et al*, *Phys. Rev. Lett.* **100**, 045301 (2008).