

大見哲巨

属中<sup>5)</sup>での運動などの問題に応用されている。 $K$ の最も一般的な表式に関しては文献4)を参照。

### 参考文献

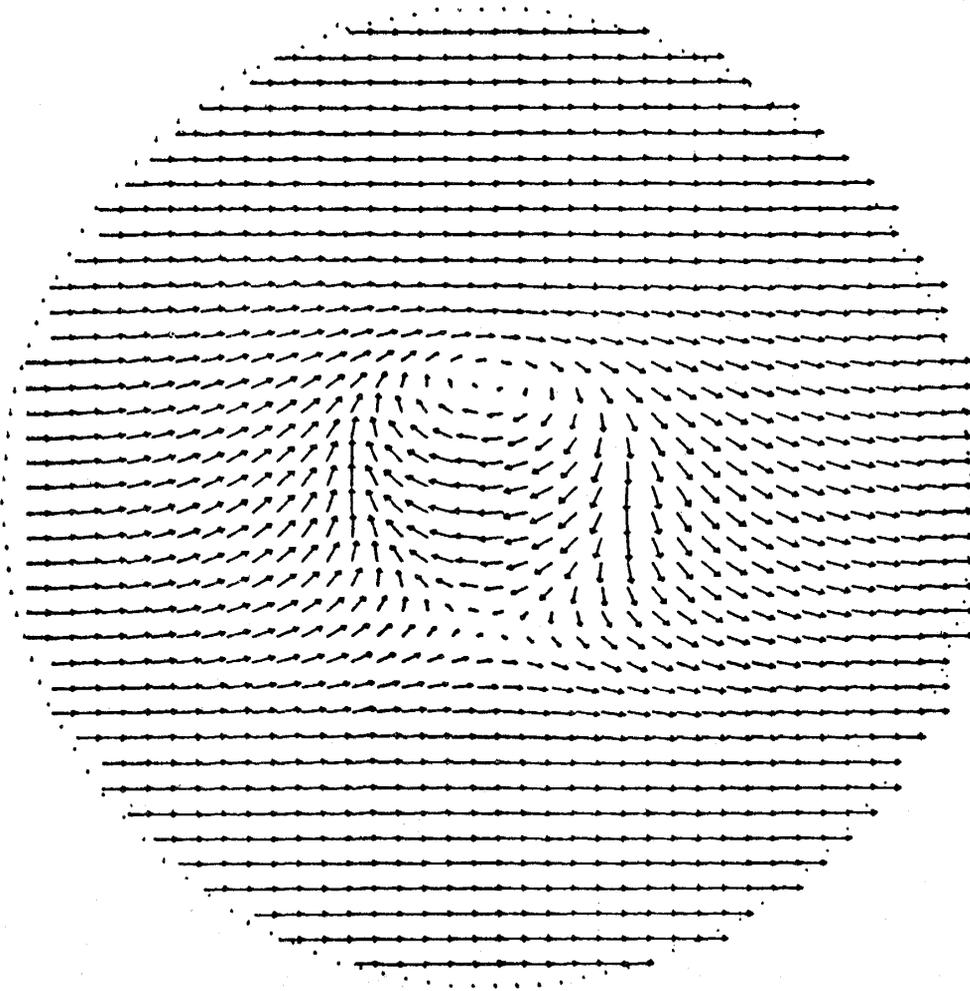
- 1) P. W. Anderson, Phys. Rev. Lett. **18** (1967), 1049. Phys. Rev. **164** (1967) 352.
- 2) P. Nozières and C. T. De Dominicis, Phys. Rev. **178** (1969) 1027.
- 3) 近藤淳,「磁性理論の進歩」守谷・金森編(裳華房), 213.
- 4) K. Yamada and K. Yosida, Prog. Theor. Phys. **18** (1982) 1504.
- 5) 「物性研究」 vol. 43, No.1, 38 (1984年10月号)

### texture (織目構造)

京大・理 大見哲巨

フェルミ粒子である ${}^3\text{He}$ の超流動状態は通常の超伝導の場合と同じようにクーパー対の凝縮によって起る。しかし, ${}^3\text{He}$ 粒子は互いに近づいた時,強い反発力が働くため,内部軌道角運動が0のS状態に凝縮することができずに量子数1のP状態に凝縮する。したがって,対のスピンは三重項状態になる。このため,凝縮後の状態を表わす巨視的波動関数は $3 \times 3 = 9$ の内部自由度を持っている。この内部自由度の空間変化の様子を織目構造(texture)と呼んでいる。

実際のバルクの平衡状態では9つの内部自由度すべてが縮退している状態になっているのではない。凝縮エネルギーを最小にするように9つの自由度の内いくつかの縮退が解け,温度と圧力に依存してA相, B相の二つの相が存在する。Aはエネルギー・ギャップがフェルミ面の南極と北極で零という非等方的な状態で,二つの零点を結んだ方向を表わす $|\hat{l}|=1$ の $\hat{l}$ -ベクトルと,そしてスピン状態を表わす $|\hat{a}|=1$ の $\hat{a}$ -ベクトル,二つのベクトルの回転に対する内部自由度の縮退が解けずに残っている。したがって, A相では $\hat{l}$ と $\hat{a}$ のtextureが考えられる。ここまできると内部自由度の空間変化をtextureと呼ぶ理由がお解りいただけたと思う。ベクトル $\hat{l}$ または $\hat{a}$ の変化の様子を紙の上を書いてみると織目模様の様に見えるであろう。図に例として回転 ${}^3\text{He-A}$ で強い磁場がかかった時の渦の芯の構造を表わす $\hat{l}$  textureをあげておく<sup>1)</sup>

磁場が強い時の渦の芯の  $\hat{l}$  texture

B相においても texture が考えられる。クーパー対の持つ、軌道とスピンの角運動量を合せた全角運動量  $J = 0$  という等方的な状態が B 状態の一つであるが、この状態からスピン状態を軌道状態に対して回転しても凝縮エネルギーは変化しない。通常この回転の行列を回転軸  $\hat{n}$  の周りの角度  $\theta$  の回転という具合に  $\hat{n}$  と  $\theta$  を用いて表わすが、この内  $\theta$  は磁気双極子相互作用を最小にするように約  $140^\circ$  にとり、残った  $\hat{n}$  の texture を考える。A 相における  $\hat{l}$  と  $\hat{a}$  そして B 相における  $\hat{n}$  の状態は外場、流れ、境界などに依存し、これらの条件を変化させれば様々な texture が得られる。安定な texture とその singularity の分類はトポロジー応用の格好の舞台であり、詳しく調べられている。

次に、texture の具体例をいくつかあげよう。B 相においても平行平板間とか、回転系におけるとか、色々興味深い texture が調べられているが、ここではさらに豊富な A 相の texture について述べる。まず一次元的に変化している texture としてソリトンが考えられる。境界条件、磁場の方向、強さを変化させると色々のソリトンが得られるがその内いくつかは NMR を

大見哲巨

用いて観測されている<sup>2)</sup> 一次元的 texture として見落せないのは, helical texture である。超流動の流れが存在すると  $\hat{l}$  は流れの方向にそろろう。これに磁場を  $\hat{l}$  と平行な方向にかけると, 磁場の強さと流れの速さに依存し,  $\hat{l}$  が流れの方向から傾いてある周期でらせん状に変化する構造へと転移する。この helical texture への転移が最近超音波減衰の実験により見付けられた<sup>3)</sup>

二次元 texture の代表は, 回転系での渦の texture である。超流体を回転させると量子化された渦が出現するが, A相における渦には  $\hat{l}$  を空間変化させることにより得られる中心に特異点を持たないものがある。この渦の texture も回転速度, 磁場の強さなどにより様々に変化する。この内磁場が強い時に現われる texture はすでに図に示したが, この渦で渦の中心付近に局在するスピン波がNMRにより観測され大変話題になった<sup>1)</sup>

最後に, 三次元的な texture の例にも簡単にふれる。三次元的 texture の中で興味深いのは, 周りが一様な  $l$  の中に埋込まれた局在したトポロジカルな励起で, それはちょうど二重渦輪<sup>4)</sup> と呼べるような形の texture をしているが, 残念ながらまだ観測されていない。

## References

- 1) H. K. Seppälä, P. J. Hakonen, M. Krusius, T. Ohmi, M. M. Salumea, J. T. Simola and G. E. Volovik, Phys. Rev. Lett. **52** 1802 (1984).
- 2) G. E. Goued, T. J. Bartolac and H. M. Bozler, J. Low Temp. Phys. **39** 291 (1980).
- 3) D. M. Bates, S. N. Ytterboe, C. M. Gould and H. M. Bozler, Phys. Rev. Lett. **53** 1574 (1984).
- 4) T. Fujita, T. Ohmi and T. Tsuneto, Prog. Theor. Phys. **60** 661 (1978).