目　次

まえがき

1　超流動現象——目に見える量子力学 ・・・・・・・・・・・ 1
1.1　超流動発見前夜　1
1.2　噴水効果　6
1.3　フィルムフロー　9

2　超流動の理論 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 12
2.1　ランダウの 2 流体モデル　12
2.2　ランダウ臨界速度　17
2.3　素励起　19
2.4　ファインマン理論　22
2.5　素励起と 2 流体力学方程式　26

3　ヘリウムの音波 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 31
3.1　第 1 音波と第 2 音波　31
3.2　第 4 音波　33

4　巨視的量子現象 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 37
4.1　巨視的波動関数　37
4.2　渦の量子化　40
4.3　量子渦の観測　43
4.4　量子渦生成による流れの減衰　45
4.5　位相スリップ　49

5　超伝導の発見 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 55
5.1　手がかりとなる実験結果　55
5.2　巨視的波動関数　62

6 現象論的にみた超伝導 · · · · · · · · · · · · · · · · 66
6.1 ギンツブルグ-ランダウ方程式 66
6.2 超伝導に特徴的なスケール 70
6.3 第 I 種，第 II 種超伝導体 72
6.4 渦糸の相互作用 78

7 電子対の「凝縮」 · · · · · · · · · · · · · · · · · · · 80
7.1 金属の常伝導状態 81
7.2 ボース粒子系，フェルミ粒子系の波動関数 83
7.3 電子間引力とクーパー対 85
7.4 フォノン引力によるクーパー対 88
7.5 クーパー対の広がり 90
7.6 BCS 状態 92
7.7 エネルギーギャップ 96
7.8 準粒子の「質量」 97

8 超伝導と巨視的量子現象 · · · · · · · · · · · · · · 100
8.1 BCS 理論と GL 理論 100
8.2 超伝導電流 102
8.3 「抵抗ゼロ」が失われるとき 104
8.4 ジョセフソン効果 105
8.5 巨視的量子トンネル，
巨視的量子コヒーレンス 112

9 超流動・超伝導，真空，物質，宇宙 · · · · · · 118
9.1 超伝導状態の準粒子とディラック粒子 118
9.2 超流動 ^{3}He の巨視的波動関数と
エネルギーギャップ 123
9.3 超流動 ^{3}He の対称性の破れと
秩序パラメータ 125
9.4 超流動・超伝導と宇宙 133

参考文献 137
索 引 139