

目 次

1. 超伝導の基礎	1
1.1 超伝導とはいかなる現象か——従来超伝導体の基本的性質	1
1.2 基本的モデル (自由電子模型, 電子間相互作用)	15
1.3 電子-格子相互作用	20
1.4 クーパー対	22
1.5 BCS 理論	28
1.5.1 基本的仮定	28
1.5.2 有限温度の BCS 超伝導状態	34
1.6 コヒーレンス因子と超伝導体の外部からの摂動に対する応答	37
1.6.1 マイスナー効果	37
1.6.2 コヒーレンス因子	44
1.6.3 超音波吸収	46
1.6.4 核磁気緩和	47
1.7 ギンズブルグ-ランダウ (GL) 理論	49
1.7.1 ランダウの 2 次相転移の理論	50
1.7.2 GL 方程式	52
1.7.3 磁束の量子化	56
1.7.4 第 I 種超伝導体と第 II 種超伝導体	57
1.8 トンネル効果とジョセフソン効果	59
1.8.1 トンネル効果	59
1.8.2 ジョセフソン効果	64
1.9 対波動関数と秩序パラメタの対称性	71

2. 高温超伝導体の化学	77
2.1 結晶構造	77
2.1.1 $L_{2-x}M_xCuO_{4+\delta}$	78
2.1.2 $LBa_2Cu_3O_{6+\delta}$	80
2.1.3 $Bi_2Sr_2Ca_{n-1}Cu_nO_{4+2n+\delta}$, $Tl_2Ba_2Ca_{n-1}Cu_nO_{4+2n+\delta}$	82
2.1.4 $TlBa_2Ca_{n-1}Cu_nO_{3+2n+\delta}$, $HgBa_2Ba_3Ca_{n-1}Cu_nO_{2+2n+\delta}$	84
2.1.5 $MCuO_2$ ($M=Sr, Ca$) を母物質とする超伝導体	84
2.1.6 その他の高温超伝導体	85
2.2 高温超伝導体のバンド計算	88
2.2.1 CuO_2 面の電子状態	89
2.2.2 いくつかの銅酸化物のバンド計算	91
2.2.3 高温超伝導体のマードルングエネルギー計算	94
2.3 酸素イオンと構造	96
2.3.1 斜方晶-正方晶転移	96
2.3.2 酸素量の制御と測定	99
2.4 局所構造の観察	102
2.5 試料作製法	104
2.5.1 多結晶試料の作製	104
2.5.2 単結晶成長	106
2.5.3 高温超伝導体薄膜	110
3. 高温超伝導体の常伝導状態	119
3.1 輸送現象	120
3.1.1 直流抵抗率のキャリア濃度依存性	120
3.1.2 直流抵抗率の温度依存性	123
3.1.3 直流抵抗率の異方性	127
3.1.4 ホール係数	129
3.1.5 その他の輸送現象	136
3.2 磁氣的性質	137
3.2.1 直流帯磁率	140
3.2.2 磁気共鳴	143
3.2.3 中性子散乱	146
3.2.4 μSR	147

3.3	光物性と電子分光	148
3.3.1	スペクトルのキャリア濃度依存性	149
3.3.2	バンド計算との比較	155
3.3.3	高エネルギー励起スペクトル	157
3.3.4	その他の光学物性	161
3.4	元素置換効果	163
3.4.1	YBa ₂ Cu ₃ O _{6+δ} の Y サイト置換効果	165
3.4.2	CuO ₂ 面の Cu サイト置換効果	166
3.4.3	インターカレーション	168
3.5	その他の物性	168
3.5.1	比 熱	169
3.5.2	圧力効果	171
3.6	ま と め	173
4.	高温超伝導体の超伝導状態 I	
	——超伝導ギャップをめぐる研究の現状——	179
4.1	電子対形成はあるか	180
4.2	電子対の性質	180
4.2.1	スピン一重項か三重項か	180
4.2.2	高温超伝導体の電子対の対称性に関する実験の現状	181
4.2.3	π接合の実験—秩序パラメタの位相を見る—	204
4.2.4	ま と め	208
4.3	超伝導の次元性	211
4.4	引力の起源は何か—今後の展望—	211
5.	高温超伝導体の超伝導状態 II	
	——混合状態をめぐる研究——	217
5.1	高温超伝導体の磁束渦糸	217
5.2	不可逆線と巨大フラックスリープ	218
5.3	Resistive Broadeningと巨大抵抗ゆらぎ	220
5.4	磁束格子の相転移	224
5.5	磁束格子の相転移を示唆する実験	226
5.6	磁束の動力学 (ダイナミクス)	234

5.6.1	ピン止め特性	237
5.6.2	渦糸コア中の準粒子の振る舞い	237
5.7	その他の話題	239
5.8	ま と め	240
6.	高温超伝導の理論	243
6.1	フェルミ流体と電子間相互作用	243
6.2	フェルミ流体か非フェルミ流体か	246
6.3	拡張された BCS 理論	248
6.4	RVB 状態と t - J モデル	249
6.4.1	RVB 状態	249
6.4.2	ホロンとスピノン	252
6.4.3	t - J モデル	254
6.4.4	ゲージ場	256
6.4.5	一様な RVB 状態における計算された物理量	258
6.5	d - p モデル (多バンドハバードモデル)	261
6.6	マージナルフェルミ流体	263
6.7	反強磁性ゆらぎをもつ金属	265
6.8	その他の理論	267
6.9	おわりに	269
付録 A	超伝導体の混合状態	273
A.1	磁束渦糸	273
A.2	ピン止めと臨界電流	275
A.3	渦糸格子の運動—磁束フロー	276
A.4	ピン止め	278
A.4.1	強いピン止めと弱いピン止め	278
A.4.2	臨界状態モデル	279
A.4.3	磁束クリープ	281
A.4.4	アンダーソン-キムの理論	281
A.4.5	量子クリープと巨視的量子トンネル	283
付録 B	超伝導体の交流電磁場に対する応答	285

目 次	xi
付録 C 異方的超伝導	290
付録 D SQUID	295
付録 E さまざまな超伝導物質	300
付録 F 銅を含まない高温超伝導体	301
F.1 $\text{BaBi}_{1-x}\text{Pb}_x\text{O}_3$ と $\text{Ba}_{1-x}\text{K}_x\text{BiO}_3$	301
F.2 $A_3\text{C}_{60}$ ($A=\text{K}, \text{Rb}, \text{Cs}$)	304
F.3 LM_2B_2C ($L=\text{Y}, \text{La}, \text{Ce}, \dots$; $M=\text{Ni}, \text{Pd}, \text{Pt}$)	305
索 引	307