Title	強磁場下のアンダーソン局在(二次元)(強い相関をもつゆらぎの統計物理学,科研費研究会報告)
Author(s)	小野, 嘉之
Citation	物性研究 (1983), 40(5): 14-15
Issue Date	1983-08-20
URL	http://hdl.handle.net/2433/91118
Right	
Type	Departmental Bulletin Paper
Textversion	publisher

強磁場下のアンダーソン局在（二次元）

東大・理　小野嘉之

不純物ポテンシャルによる電子のアンダーソン局在の問題は、見掛け上、一体問題であるが、ポテンシャルの揺らぎに関する平均を取ると、拡散モードの間の相互作用が生じ、本質的には多体問題を扱うことになる。　ポテンシャルの揺らぎを一定にしたまま、電子の濃度を変えていくと、Fermi エネルギーが変化し、あるエネルギーを境に、局在－非局在の転移が起こる。　これは、通常の相転移に類似のものである。

ここでは、二次元系のアンダーソン局在を論じるが、これに関しては、系が時間反転対称性を持つ場合、エネルギーに関らず状態は局在するということが、Abrahams ら四人組によって示され、その後の実験の解析もそれを裏づけた。　磁場は時間反転対称性を破り、局在を弱めるという指摘は、永上らによってなされ、Si-MOSFET などの系で、負の磁気抵抗として観測された。　しかし、吉岡らは、ダイアグラムを用いた自己無撞着な、動的拡散係数の計算によって、強磁場領域では、局在は弱められる（即ち、局在の長さが伸びる）だけで、完全に壊されることはないという結論を得た。　これは、非線型σモデルによる繰込み群の理論の結論とも矛盾しない。　一方、強磁場下では、現在、量子化ホール効果の問題が脚光を浴びている。　ホール伝導度が零でないためには、非局在化した状態が存在しなければならないことは、青木と安藤によって議論され、現実に量子化ホール伝導度が観測されている事実は、強い磁場によって局在が壊されていることを示唆する。それでは、局在の壊され方は、どのようなものであろうか？　これが、ここで論じたい問題である。　紙面の都合で、途中の詳しい計算は省き、大まかな方針と、得られる結論の概略を以下に述べる。

方法は、Vollhardt ら，あるいは吉岡らによって用いられたものと本質的に同系統に属するものであり、動的拡散係数 $D(\omega,E)$ ［ E は Fermi エネルギー，温度は T ＝ 0 に限ることにする］を自己無撞着に決定する。　D は密度緩和関数 $\phi(q,\omega)$ の長波長（$q\to 0$）極限での拡散極の形で定義する，［ $N(E)$ は E での状態密度］

$$\phi(q,\omega) = -N(E)/[\omega + iD(\omega,E)q^2] \quad .$$

ϕ はダイアグラムで分解することによって、一体のグリーン関数で表わせる。　その際、既約バーテックス補正と $D(\omega,E)$ を結びつける方程式が得られる。　次に、既約バーテックス補正を、拡散過程を含むような適当な近似で計算することによって、D に対する自己無撞着な方程式が得られる。　この近似の精神は、異なるポテンシャル中心による散乱の間の相関を、途中の運動が、有効拡散媒質（D で既定される）中の拡散過程になるということで取入れようというものである。　具体的計算は、Landau サブバンド巾(＝Γ) ≪ $\hbar\omega_c$（サブバンド間隔，ω_c はサイクロトロン周波数）　の場合に限って行った。　得られた自己無撞着方程式は、対数特異性を与える積分を含むが、その前に $[G^R(E)+G^A(E)]^2$ という因子が掛かるため、$\mathrm{Re}\,G^R(E)=0$ となる E では対数特異性が現われない［ここで、$G^R(E)$,

$G^A(E)$ はFermiエネルギーが存在しているサブバンドに対する遅延及び先進グリーン関数である。] この対数特異性は、低周波でのDの振舞いを決めるのに本質的な役割りを果し、$\mathrm{Re}\,G^R(E) \neq 0$ のときは、$\omega \to 0$ で

$$D(\omega, E) = -i\omega A_1(E) + \omega^2 A_2(E) + \cdots$$

の形の解しかないことが判る。即ち、$D(0, E) = 0$ の意味で状態は局在する。$E \to \pm\infty$ での $\mathrm{Re}\,G^R(E)$ の振舞いから、$\mathrm{Re}\,G^R(E) = 0$ となるEが少くとも1つはあることが判る（一般には1つだけである）。このエネルギーE_N（EはN番目のサブバンド内にあるとする）を、サブバンドの"中央"と定義すれば、サブバンドの中央では、状態は非局在化しており、その状態が量子化ホール効果を与えると予想される。密度緩和関数のq-依存性から、局在の長さを決めることができるが、$E \to E_N$ のとき、この局在の長さξは、

$$\xi \sim \exp[c\Gamma^2/(E-E_N)^2]$$

のように強く発散する。ここでcは1のオーダーの定数である。

不純物ポテンシャルをとめておいて、電子濃度を変えていくと、Fermiエネルギーがサブバンドの"中央"を通過するたびに、局在の長さが発散するという結論が得られる。これは、最近の安藤による計算機シミュレーションの結果とも定性的に一致する。

[参考文献]

1) E.Abrahams, P.W.Anderson, D.C.Licciardello and T.V.Ramakrishnan: Phys.Rev.Lett. 42(1979)672
2) S.Hikami, A.I.Larkin and Y.Nagaoka: Prog.Theor.Phys. 63(1980)707
3) D.Yoshioka, Y.Ono and H.Fukuyama: J.Phys.Soc.Jpn. 50(1981)3419
Y.Ono , D.Yoshioka and H.Fukuyama: J.Phys.Soc.Jpn. 50(1981)2143
4) D.Vollhardt and P.Wölfle: Phys.Rev.Lett.45(1980)842, Phys.Rev. B22(1980)4666
5) H.Aoki and T.Ando: Solid State Commun. 38(1981)1097
6) Y.Ono: J.Phys.Soc.Jpn. 51(1982)2055,3544
7) T.Ando: in "Recent Topics from the Progress of Semiconductor Physics", ed. H.Kamimura and Y.Toyozawa, World Scientific Publication, 1983