

のかそれとも Charge Density Wave かとときかれて、どちらか分らないが、今は Charge DW の方に傾いている。と答えました。

(原文のまま)

その 3

近藤 淳から長岡 洋介へ

1. 研究会報告お送り下さり大変有難うございました。大変興味深く拝見しました。2, 3 気のついたことがありますのでのべてみたいと思います。

まず n.d. の項におこる $\log T$ ですが、これは容易には信じ難い気がします。これは Yoshida-Miwa の結果と矛盾するのではないのでしょうか。なぜならエネルギーシフトは

$$\Delta E = -4 \sum_k \int d\omega \, \omega f(\omega) \operatorname{Im} \Delta G_{kk}(\omega)$$

のように書けますが ΔG_{kk} は本質的に $\Sigma''(\omega)$ ですから Σ'' の中に $\log T$ があれば ΔE は発散してしまいます。

それから Suhl 理論の批判の中に、彼が $T > T_c$ で identical に 0 で $T < T_c$ で 0 でないような函数を導入したから $T = T_c$ で非解析性がいっているという所がありますが、その函数にかけられる函数がもともと非解析的なのでそれをうちけすように別の非解析函数をかけたわけで Suhl の解は $T = T_c$ で解析的になめらかだと思います。それですから $T < T_c$ で単純な摂動でえられない解が求まったというのはおかしいと思います。Suhl のやったことは $T > T_c$ であらゆる $\log$ 項を (exact ではないにしても) よせ集め。その級数を $T < T_c$ に解析接続したら pole は生じなかった (解析接続をしなかったら pole が生じたが) ということだと思えます。

それから私の理論について、excitation に gap があるように考えておられるようですが、そうではないと思います。私の方法で excited state 求めるのはやさしく、N コの電子の外に一口電子 (又はホール) を考えてその系

について同じことをやると、エネルギーは (ground state のエネルギー) + (余分の電子の kinetic energy) となります。従って excitation energy は 0 から始まるわけです。もしこの余分の電子が bound されるようなことがおこれば excitation energy にその binding energy が必要になるかもしれませんが、そういうことはないということを示したわけです。これが芳田批判の出発点でした。

それから芳田先生の波動函数がスピン density という本質的な量についてよくとりいれてあるからエネルギーによい値をえたという解釈には賛成しかねます。それは前にも云いましたように、芳田先生の方法では $J < 0$ のときに triplet という、スピン density について全く物理的でないような波動函数を使っても binding energy が出て来てしまうということがあるからです。このことは binding energy をうるのに spin density が本質的ではないということを示すものといえましょう。では何が本質的なのかといわれると私にも確かな返事は出来ませんが、やはり fluctuation が大切なのではないかと思います。つまり triplet でも α と β の linear combination になっているのですからそのことがきいているように思われます。すこし我田引水ですが長岡さんと三輪さんの異方性もこの考えで説明できないでしょうか。つまり、 $J > 0$ で等方的な場合と Ising model は spin の fluctuation がないように一つの configuration で spin 函数を現わすことが出来るが、その他の場合は一つの configuration で現わすことが出来ないから、fluctuation が必然となり singularity がおこる。

それから我々や芳田先生の結果の意味するところがもうすこし議論されればという気がしました。そもそも complex pole が現われたとき 2 つの考えがあって、その一つは低温では摂動展開と解析的に異った解があるという長岡さんの考えで、もう一つは摂動計算を refine して (n.d. も second n.d. もとりいれて) 低温に解析接続すれば pole はなくなるだろうというもので Suhl はこの方向に努力し、実際 pole がなくなることを示したわけです。更に最近の Hamann¹⁾ の仕事は帯磁率にも T_c 以下で不合理がおこらないことを示した。ですからこれをもって人々が問題の解決と思ったのも (アメリカでは殆んど皆そう思っているようです。) 無理からぬことです。しかしそれでもなおそう簡

単に信用できないのは我々の結果があるからで、なぜかという、我々の得た binding energy は高温では 0 になるだろうと思われそうですが、その 0 になり方が問題です。一つの可能性はある温度で exact に 0 になることです。その時はその温度で不連続がおこります。もう一つの可能性は高温になるにつれていくらでも小さくなるが決して exact には 0 にならない。このときは不連続はおこらないが、摂動展開はあらゆる温度でよくないということになります。従って高温で摂動展開に一致し、そのまゝ不連続をおこすことなく低温にもって行って我々の低い方の解に到達するということは不可能なわけで、Suhl の解は低温では安定な解ではないということがいえます。私は最近 Hamann の積分方程式に 2 つ解があることをみつけ、それぞれ我々の低い方の解と高い方の解に対応するということを見出しました。高い方の解に対応するのは Hamann の解で低い方の解に対応するのは長岡さんの解（を refine したもの）です。そしてある温度で 2 つの間に transition がおきるようです。

以上勝手なことを書いたことをお許し下さい。また何かお気付の点があったらお知らせ下されば幸いです。

近 藤 淳

4 月 10 日

II. お便り有難うございました。2)

- 1) Suhl は T を complex にはしていないと思います。彼は $T > T_c$ で色々な量を T の函数として計算しておいて、その函数形をそのまゝ $T < T_c$ に用いているのではないのでしょうか。彼の計算をみるとそうなっているように思います。それを解析接続といっば言葉が悪いのでしょうか。
- 2) W-B 的でない分母もあるのではないかとのご意見のようですが、私の示したのはすべての分母を W-B 的にしたような解が存在するということです。それが解りにくいといわれればそれまでですが。
- 3) $\log T$ が τ に現われるとのこと。 t に現われなければたしかによいのですが、その点はどうなのでしょう。 t と τ とは全然無関係ではないようにも思います。 $\text{Im} t = |t|^2 + S(S+1)|\tau|^2$ はその形からみて一般にも成立ちそうな気もするのですが。実際に計算した人にきけばすぐ

判ることでしょうが。

- 4) たしかに1ケの不純物で不連続が起るのは serious なことです。しかし、もう一つの可能性、 Δ がどんな高温でも0ではないというのも同じくらい serious に思えます。結局この二つのうちのどちらかをえらばねばならぬと思います。しかし長岡さんの方式に関する限り結着がついたらしいのです。それは人からきいたのですが、Hamann の式の exact solution をペンシルバニア大のブルムフィールドという人が見出したのだそうです。そしてその解は Hamann のに非常に近いのだそうです。もしそうだとすれば長岡さんの解は長岡さんの方程式とは関係ないことになります。私のやり方も結局 iteration がよくないということでしょう³⁾しかし私の考えとしては長岡さんの解は最終的には正しい(例えば truncation は悪かったにしても)と思うのですが。つまり T_c より下ではすべて T/T_c で展開できるというのはしごくもっともに思えるからです。

そこで私も長岡さんの方程式をやめて、私の ground state の解をとりそれを $T \ll T_c$ に拡張(展開)することを試みています。⁴⁾私の波動関数では $\langle S_z \rangle$ を計算すると二つの量の打消しになっていて、私は0になるであろうと想像したのですが、同じようにして spin-flip の確率を計算すると、これは決して0ではないのです。というより、いわゆる unitarity limit になっていて大きいのです。これはスピンの縮退が私のはじめに想像したように trivial ではないということを意味すると思われます。そこで $\langle S_z \rangle$ の T 依存性をみると、 $-(T/T_c)^2 S_z$ となって、 $-(T/T_c)^2$ を reduction factor とみて $x = (\mu\beta^2/T) \{-(T/T_c)^2\} = -\mu\beta^2 T/T_c^2$ となり、これに Van Vleck の $x = \mu n^2/T_c$ を加えると $x = \mu n^2/(T+T_c)$ となってもっともらしいのです。それで私はスピンの縮退が $0^\circ K$ まで残っていることを信じるようになりました。 $\langle S_z \rangle$ は $0^\circ K$ では0になると想像するのは前とかわりません。

註1) 最近の Hamann の preprint をさしている。この論文で Hamann は、

長岡の出した decoupled equation を書き直し，それを一つの見通しのよい積分方程式 (non-linear) にまとめた。さらに若干の近似を導入してそれを解いているが，その解は長岡の出した低温の近似解とは質的にちがっている。

- 2) I の手紙への返信として要旨つぎのような手紙を長岡から近藤氏あてにした。II の手紙はさらにその返信としておくってきたものである。

長岡から近藤氏あての手紙 (要旨)

- (1) n.d. 項の $\log T$ に self-energy の表式にはあらわれなくても， T -matrix の spin flip の項 (Suhl の notation でいって τ (w)) にはあらわれるのではないか？
- (2) Suhl の理論では温度が real のままだから， $T > T_c$ から $T < T_c$ に “解析接続” するということは理解しがたい。
- (3) Impurity 1 個の問題で transition がおきることは理解しがたい。

- 3) exact solution が得られたとしても，それは±での近藤さんの考えがまちがいであるかどうかとは一応別のことと思えるのだが。

- 4) この計算を近藤さんは最近 preprint としてまとめられた。

J. Kondo, Low-Temperature Resistivity, Specific Heat and Susceptibility due to a Localized Spin in Metals.