

長岡氏の批判に答えて

高野文彦(東京教育大)

(2月17日受理)

私たちの論文への御批判拝見しました。私たちにも分らないことばかりで閉口していますが、一応感じていることなどを書いて答とさせていただきます。

私たちの出発点は、長岡さんの論文を読んで、self consistent equation の解き方がいかにも鮮やかで、一体どうしてこのような solution を見つけたのだろうかという所にあります。それならばもつと簡単な方法はないかということになり、Hartree-forck の解の安定性ということにも関連してあのような方法を試してみたのでした。ところが少くとも $J < 0$ のときは、長岡さんのと本質的に同じ結果が得られたので、しめたというわけで発表したわけです。ところがいろいろな方々から批判やら異論が出て、また以下にも書きますように、私たちにも不安になつて来た点もあり、本当に Kondo effect と関係があるのか、よく分らなくなつて来ました。しかし、こういう方法で解けば、こういう結果になるという意味はあるだろうと思つています。

長岡さんは、私たちの結果では

a) $J > 0$ でも本質的に同じような異常性がある

b) $T = T_0$ で sharp な transition がある

という2点で、長岡さんの結果とちがつていて、したがつて私たちの方法と長岡さんの方法とは本質的にちがうのだと言われているようです。私たちも、こうでなければならぬとは主張しません。こういう結果が得られたが、何らかの意味はあるかもしれないと思つているだけです。

始めは私たちの方法は長岡さんのと本質的に同じものであるという気がしていました。そこでお手紙を頂いてから、とくに $J > 0$ で長岡さんの方程式の解に私たちと同じような解がないかと調べてみたのですが、予期に反してどうもありそうにないことが分りました。また以下に書さますように他にもちがつて

高野文彦

いる所があることが分りまして、やはりちがう方法かもしれないと思い始めたところです。それならば $J < 0$ のとき非常によく似た結果が得られたのは単なる偶然かといわれますと、必ずしもそうでないと思うのです。他にも帯磁率の表式が Yosida-Okijima と同じようになることもあり、このような一致は何か意味がありそうな気がしています。

以上で長岡さんの御批判に対する直接のお答えとするわけですが、これでは簡単すぎると思いますので、最近になつて分つた不利な点をあげてそれに対する考え方をかいておきたいと思います。

1° 私たちの方法では interaction に $s^+\sigma^-$, $s^-\sigma^+$ という spin flip の項がなくても同じような答が得られます。このことは最近 de Gennes から彼の所の学生が指摘したという手紙が来ましたが、明らかに Kondo effect の dynamical な性質とはちがうもののようになっています。

2° impurity spin が $\frac{1}{2}$ でなく、一般の S のときは、私たちの計算では J に必ず S がついて来てしまうようです。これも Kondo effect とは別ものという感じを与えます。

以上の2点はかなり致命的かもしれませんが、 $s^+\sigma^-$, $s^-\sigma^+$ がいないときにはよくない近似でも、入っているときには案外よい近似かもしれないという気がしますし、2° については何らかの方法で近似をよくすれば S はなくなるであろうという気がします。やはり上に述べたように結果が他の計算と合っているのは、何らかの理由がある気がするわけです。

この点に関連して芳田さんが次のようなこともあると指摘されました。

Fermi 球の外に電子を1個余計にもつて来た系の基底状態を考えてみます。この余分の電子は不純物スピンとの相互作用でいろいろと状態を変えますが、Fermi 球の内部にはいつも完全につまづいているとすると、外側の状態だけをとることになり、bound state が Fermi 面のすぐ下にできます。その結合エネルギーは

$$E_0 = D e^{-\frac{N}{\rho|J|X}}$$

で与えられ、 $s = \frac{1}{2}$ のときは

$$\left. \begin{aligned} x &= \frac{3}{4}, & J < 0 \\ & & \vdots \\ &= \frac{1}{4}, & J > 0 \end{aligned} \right\}$$

になります。このような状態は私たちの考えたものと非常によく似て居り、やはり上にあげた $1^\circ, 2^\circ$ の欠点をもつており、実際にはフェルミ面はくずれているでしょうから、上のような議論はそのままは成立せず、近似をあげて行けば $1^\circ, 2^\circ$ の欠点はなくなつて行くだろうというのが芳田さんの推測です。どうも推測ばかりで恐縮なんですが、私も基底状態の picture としては割合真実に近いものという気がしているわけです。

甚だ雑なことばかりですが、これで一応のお答とさせていただきます。