

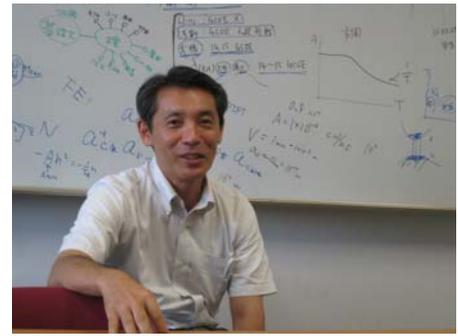
## 小川哲生教授インタビュー

日時：2008.08.12(火)13:00-14:40

訪問先：大阪大学豊中キャンパス (H棟 626号室)

インタビューア：中川正広、佐藤勝昭

研究課題：電子-格子-光子結合系での非平衡相転移の研究



Q: 領域終了後 5 年が経ち、フォローアップのために参りました。2月に総括、アドバイザーに集まっていたいただき、インタビューをする対象として 6 名の方を指名していただきました。伊藤先生は 1 期生の代表としてアサインされました。追跡評価では、さきがけ期間中にどのような研究の進捗があったのか、終了後にその研究がどのように進展したか、さきがけでの総括・アドバイザとの関わりや他の研究者とのインタラクションがどのように現在の研究に結びついているのかを、インタビューで浮かび上がらせようとしています。

A: さきがけは私にとって、非常に大きな意味をもつもので、今でもさきがけのパネルを研究室に貼っています。私は、東大工学部の物理工学科で学んだのですが、国府田先生は、学生時代に量子力学などを教えていただいたこともあって、極めてつよい親近感を持っていました。

Q: 東大での研究室は？

A: 私は、花村栄一先生のもとで光物性の理論をやりました。大学院・助手時代を通して、光に興味をもって研究してきました。花村研では非線形光学をやっていたのですが、光の現象というより物質の現象なのです。レーザの研究にも興味をもっていました。光をあやつるには舞台となる物質を扱わないと・・・ということで物性物理の方に傾斜していきました。光物性という分野はかなり確立していて、その実験的研究の中心にいるのが国府田研究室だったわけです。

Q: さきがけに応募するにあたってどういうきっかけがあったのですか。

A: 当時いろんな情報が飛び交っていて、国府田先生が総括をされ、テーマが状態と変革だから、小川、絶対に応募しろという周りからの強い勧めがあったのです。これまでの光物性は、光を使って物質を調べるというアナリティカルなアプローチが主でしたが、さきがけのテーマでは、光を使って物質を変えようというシンセティックなテーマで、面白いと思いました。

Q: さきがけへの応募は初めてだったのですか。

A: 私は、科研費はもらっていましたが、大きなお金のファンディングに応募したのははじめてでした。

Q: さきがけではどのような役割を期待されていたのですか。

A: 採択されて初めての会合で、1 期 10 名のうち理論は私一人だから他の 9 名の実験家の面倒を見ろと言われました。この 9 名というのが多士多才でありまして、いずれも強烈な個性の持ち主でした。3 年のうちに多くの方が昇格していきましたから、すごい人たちだったと思います。

Q: さきがけの研究費はどんなふうに使ったのですか。

A: 理論は、紙と鉛筆さえあればできるので、何千万もあっても使い切れません。当時、私は東北大にいたのですが、大変民主的で、助手も、助教授も、教授も対等で、研究費も同じでした。講座で研究するというのではなく、1 人でやるのが当たり前でしたから、さきがけにはピッタリでした。理論家は、考えた理論を人と話してみる、人の意見を聞くというのが大切なのです。だから、しょっちゅう他の研究者のところに行ってディスカッションをしました。このための旅費が潤沢にあったのが嬉し

かったですね。

Q: アドバイザはどのような役割でしたか？

A: アドバイザもいわば業界の先輩で、まだ、自分で研究をしたい方々でしたから、特に1年目は、研究者と一緒に研究するという感じでした。三谷先生は、何にでも首を突っ込んでおられました。アドバイザに2人も理論のかたがおられて、理論は私一人(2年目から2人)だったので、可愛がっていただきました。「理論のための理論」にはするな、実験屋が使える理論をやれとやかましく言われました。このアドバイスはいまも私の研究のガイディングプリンシプルになっています。

Q: 一般に、理論のための理論になりがちですね。

A: 実験屋が使える理論をと口では言われているのですが、なかなか実践する場がないのです。わたしは、まともな理論は実験があつてこそだと思っています。しかし、どんな実験家と組んでもよいと言うことはなくて、モデルビルディングに役立つ優秀な実験家と対話しなくてはダメです。よい実験家には独特の物理的カンが働くのです。その点でさきがけの実験屋さん、優れていました。もちろん、両者の歩み寄りが必要ですが。

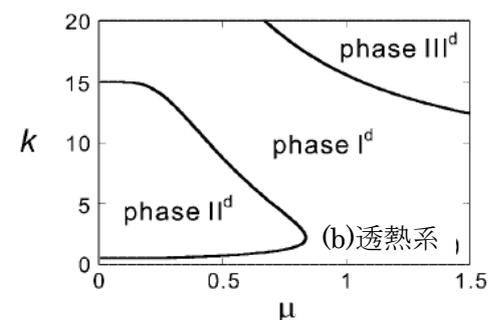
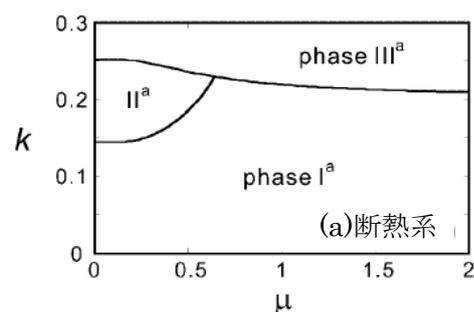
### 光誘起ドミノ倒し

Q: 先生の解説によると、光誘起ドミノ倒しに関して、先行する実験があつたということですが、どんな実験だったのでですか？

A: 1985-1988年頃だつたと思いますが、国府田研で、ポリジアセチレン結晶に光を当てると色が変わる、さらに波長の違う光を当てるとともに戻ると言う実験をやっていました。光の吸収はある原子のところで局所的に起き、それが全体に伝搬するのです。わたしは、局所的励起と平均的な構造変化をつなぎたかつたのです。

Q: 表面科学に書かれた解説を読ませていただいたのですが、パラメータの組合せの狭い範囲でのみドミノ倒しのおきる phase II が実現するということでしたよね。ドミノはポリジアセチレン結晶で本当に起きているのですか。

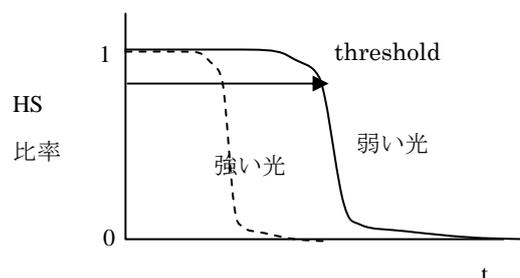
A: まだ、それを見た実験はまだありません。最近になって、放射光を用いて X 線解析の時間分解が出来ようになってきました。この計画は腰原さん(東工大)が中心となって進めていますので、これから明らかになるでしょう。



### クロスオーバー錯体

Q: 事後評価によると、クロスオーバー錯体(2価鉄ピコリルアミン錯体)での光誘起スピン状態転移が平均場理論で説明できたと書いておられますが、具体的にはどのような現象が説明できたのですか。

A: この錯体は、HS(高スピン)で赤、LS(低スピン)が黄色ですが、赤から黄色に連続的に変化しますが、よく見ると HS と LS が空間的に別々に分離しています。光照射後の HS の比率をとると、図のようにある閾値ま



での潜伏期間があつて、それを超えると急速に LS が増大します。この振る舞いは、LS のまわりの環境の変化を平均場の近似で考慮することで説明できてしまいました。

Q: 平均場という点では、磁性体の Weiss 理論と同じようなものですね。

A: その通りです。ただし、Weiss 理論では時間展開を考えていません。むしろ kinetic Ising model というべきでしょう。私は、これで実験が説明できたので、これ以上は進めませんでした。他の方が、空間依存とかをもっと細かくやったり、分子動力学などを使って精密化したりしていますが、本質的なところは、平均場でよいのではないかと思っています。

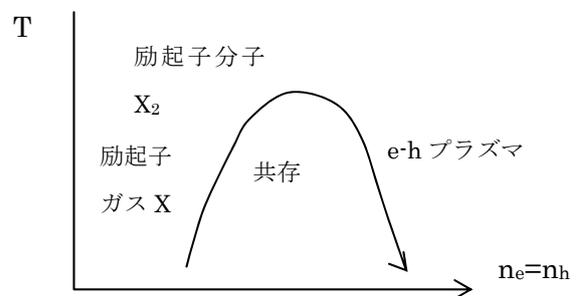
Q: HS-LS のクロスオーバーというのは、生体系の問題にも関係するのでしょうか？

A: そうです。HS-LS の間でエネルギーがどう伝わるかという観点も重要で、光合成にまで関係してくるのです。

### スピノーダル分解

Q: 多粒子系のスピノーダル分解という話を書かれていましたが、よく理解できませんでした。

A: 図のように横軸に電子またはホール密度をとり、縦軸に温度をとって相図を描くと、低密度では励起子ガス状態、高密度では電子とホールがバラバラになった e-h プラズマになりますが、中間的な密度で両者が空間的に共存する領域があります。これをスピノーダル分解と言ったのです。



スピノーダル分解というのは、合金において相分離がおきる場合を言うのですが、その場合、各相の寿命は考えないわけです。しかし、励起子状態のように寿命がある場合に拡張したのがわたしの理論です。スピノーダルで別れるのにかかる時間と、寿命の競合で状態が決まります。統計力学の基本問題です。本来なら量子的に取り扱わなければなりません。古典粒子として扱ったのが私の理論です。

Q: 実験的にどんな系が当てはまるのですか。

A: 励起子ではありませんが、高分子の系でこのような状態が実現しているようです。

Q: その後、量子的な系に進めたのですか。

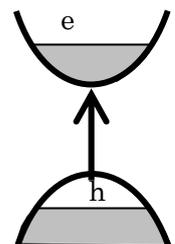
A: 量子力学板の大規模計算をしましたが、計算時間がかかりすぎて、分解がおきるころまでいきませんでした。計算をシンプルファイする工夫の必要があると思います。

### 光と高密度に励起した電子系

Q: その後の展開として CREST で量子細線レーザの理論などをやっておられますが、光誘起ドミノ倒しとつながっているのですか。

A: ドミノ倒しの話では、光によって起きる構造変化の問題を扱ったのですが、その後の展開としては、光があたったときの電子の問題が重要になるのです。

図のように、電子が励起されてホールが価電子帯に残る系を考えると、この励起したままの状態は、非平衡状態です。これはまさに半導体レーザにおける反転分布状態です。これを理論的にきちんと扱うことが難しいのです。パルス的に光をあてて電子とホールを作ると、光を止めたあと電子とホールはナノ秒程度で緩和しますが、



緩和時間以内（例えばフェムト秒）においては、励起子がボース凝縮していると考えられているのですが、このあたりのところを説明するための「実験家が納得する理論」が無いのです。

Q: 通常、ハバードモデルが使われますね。

A: ハバードモデルは、格子モデルと組み合わせて使われるのですが、モデルが単純すぎて実験を表していないという批判があるのです。格子モデルでは、電子が空間的に局在しているとしているのですが、量子細線レーザの中では、もっとべたっと**広がっている**。

Q: 電子とホールと格子の相互作用によるボース凝縮という点では、超伝導のBCS理論と似ていますね。

A: そうです。超伝導では電子対ですが、励起子系では電子-ホールなので、電子・ホール BCS 状態とすることがあります。これとボース凝縮状態がどう違うのかも議論されています。

## CRESTそして、ふたたび基礎回帰

Q: さきがけの後、CRESTに分担者として加わっておられましたね。この間科研費はもらっておられなかったのですか。

A: 川路領域の山中先生が代表をされている課題に加わり、ついで、ナノテクバーチャルラボの榊領域の秋山先生の課題に加わりました。CRESTに全力投球したので科研費は申請もしませんでした。これらが終了したので、科研費基盤Sを申請して、今年採択されました。

Q: イノベーションの次のステージではなく、基礎に回帰されたのですね。

A: さきがけ3年、CRESTを5年やって、わかったことが1に対して、わからないことが10に増えました。根元に帰ってやらないと新しいものは出てこないのです。私は、目的論的にはやりたくないのです。JSTもそのような基礎的なアプローチの大切さを認識していただきたいです。

## さきがけが研究の原点

Q: 先生のご研究はずっとつながっているのですね。

A: そうです。発進のきっかけはさきがけ研究でした。実験家との付き合い方を学びました。私にとっても新鮮でしたし、実験屋にとっても、基礎理論の裏付けがあつてこそ、進められるのです。

## インタビューを終えて

・小川先生が一貫して進めておられる研究の流れが把握できました。また、光誘起相転移国際会議(PIPT)の中心となって進めてこられるなど、**新分野を開拓しこの分野を力強く先導されている様子が窺えました**。多数の基調講演や招待講演を行っておられ、**自信をもって基礎研究を進めておられました**。理論の面白さの一端に触れた気がしました。