

令和3(2021)年度学術変革領域研究(A)

2.5次元物質科学：
社会変革に向けた物質科学のパラダイムシフト

公募班メンバー特別対談 9

A04班

物性開拓班 公募班

(2.5次元物質における光学応答効果と
光・電子機能設計の理論)

若林 克法

A05班

機能創出班 公募班

(カーボン系原子層物質の空間次元制御による
新規テラヘルツ・赤外機能素子・計測の創出)

河野 行雄

公募班にご応募された理由を教えてください。

若林 僕はグラフェンや二次元材料とかの理論計算をしているんですが、平成25年から5年間、学術領域研究「原子層科学」に参加していました。この領域研究はとて盛り上がり、成果もたくさん出たんです。色々な分野の人たちと交流できて、ネットワークも広がって、組織がフラットで居心地よくて、原子層科学がずっと続いて欲しいくらいでした。そんな風に思っていたところで、2.5次元が立ち上がりました。2.5次元は原子層とは異なるコンセプトになりますが、引き継いでいるところがいくつもあります。原子層科学が終わって残念でしたし、新しく立ち上がった2.5次元も自分の研究分野と重なっていましたので、応募につながりました。

河野 私も原子層からのつながりがあります。原子層では公募班で、1期と2期の両方とも参加しました。若林さんも仰っている通り、化学、物理、分析、理論と異分野間の垣根を越えて活動することができて、活動が終わるときには一抹の寂しさを感じていました。原子層での成果もあり、現在の自分の研究の強みを持って2.5次元領域に改めて参加し、さらに先を見てみたいと考え応募しました。

現在取り組まれている研究について教えてくださいませんか？

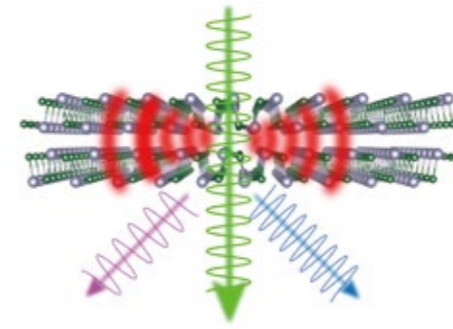
若林 理論計算や大規模数値計算によって、グラフェンや二次元材料などの電子物性の予測や設計を行っています。グラフェンのように原子1個分の厚みしかない物質や、原子10個分くらいのナノスケールの物質は、そうでない物質とは全く異なる電子物性を示します。表面、界面、エッジの影響が、ナノスケール物質の物性に大きく関

わってくるのです。例えば蜂の巣のように六角形が繋がった構造をしているグラフェンは、切り取ったときの角度により端の結晶構造が異なります。ジグザグとかアームチェアとか。それにより磁氣的性質や電氣的性質が大きく変化すると理論計算で予測していて、実際の実験でも観測できています。そこで僕の研究室では、グラフェンナノリボン*1のエッジだけでなく、回転積層グラフェンの電子状態、フォトニック結晶、これまでにない新しい組み合わせの材料、新奇物質について、それぞれで観測された現象の解析、電子物性等の理論提案を行っています。

河野 私の方は、電波と光の中間領域にあたるテラヘルツ光に注目し、赤外光やミリ波にも範囲を広げながら、基礎研究から応用まで様々なテーマで研究を進めています。主な取り組みは、インフラ検査や製品検査において、非破壊・非接触で素材を同定し、内部構造の可視化を行うことです。そこで基礎研究では近接場光をとらえて可視化する顕微鏡を使った解析などを、応用では薄くて軽いカーボンナノチューブを利用したカメラの開発、テラヘルツ波を用いた計測をより向上できるアンテナ開発などを進めています。

先生方がこれまで進めてこられた研究について伺いたいです。

若林 学生の時に遡ると、選んだ研究室は理論研究の藤田先生(筑波大学)のところでした。その頃、学生は自分しかなくて。ある日突然、先生が「ナノチューブを切って開いたら、どうなると思う？」って言うんですよ。なんだそれって思ったけど、理論計算してみたら面白い結果が出て、これが修士論文になりました。このあとグラフェンのエッジについて研究していましたが、当時周りはナノチューブが多く、自分はグラフェンのエッジやっ



2.5次元物質と光との相互作用による電子物性の制御(若林)

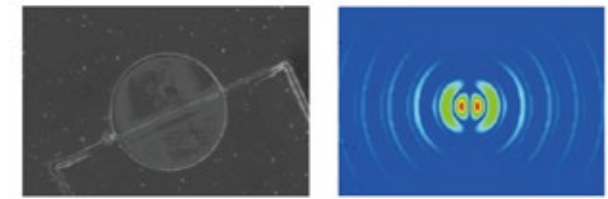
ている珍しい人って思われてましたね。大学からNIMSに移ると、実験との共同研究を積極的に行いプロジェクトを動かさなくちゃならなくて。他にも、これまで取り組んでこなかったラマン分光解析とかも、やらなくちゃならなくて。一時期グラフェンから離れて他の材料を扱っていたこともありましたが、2004年にグラフェンの発見がありグラフェン大ブームが！その時、自分と藤田先生の書いた約30年前の論文(1996年)が海外から“再発見”されたんです。何が起ころか分からないものだなって思いましたね。

河野 グラフェンの大発見、私は助手として基礎的な物理の研究を行っていた頃です。その研究をしていたのは院生から助手の時期で、半導体における量子ホール効果などに取り組んでいました。その後移った理化学研究所では、半導体ナノワイヤやカーボンナノチューブなどを扱う環境の中で、以前から計測手段として用いていたテラヘルツ波の研究を進めていきました。テラヘルツ光は電波と光の間の周波数帯域で、扱いにくいとされてきた領域です。研究を進めるにあたり、これまでの経験や得意を活かして半導体やカーボンナノ材料の微細加工を行い、電気伝導測定やイメージング測定を進めました。当時テラヘルツ光には、画像にすると解像度が低いことや室温で動作する検出器の性能が低いという課題がありました。そこで画像の解像度を上げるために、近接場光を発生し照射する仕組みを一体化した検出器を開発したのです。近接場光は、一例として、波長よりも小さい孔にテラヘルツ波を照射したとき発生する、極めて微量な光のことです。

理研から東工大に移ってからは、応用に関する期待があり、より実用的なものにシフトしました。これまで積み重ねてきたテラヘルツ光とミリ波等に関する研究、半導体やカーボンナノ材料を応用に活かして、カーボンナノ材料によるセンサアレイを用いた、室温で利用できる広帯域(ミリ波・テラヘルツ波・光)検出器に繋げていったのです。

若林 ミッションに込めているうちに技が増えて、経験値も増えるんですね。視野も広がり、見通しも立てられるようになって。

河野 視野・視点といえば、ある1つの分野においては、その分野に特化した研究者が多いので、他の分野にまたがった視点を持つ人は珍しいものです。私は基礎的な物理分野と応用に関わっているので、視点が変わっているとよく言われます。そんな視点を得られたのは、ご縁



プラズモニック構造結合グラフェン光センサ(河野)

があった先方で自分をアップデートできたからなのかなと。まるで船に乗って出発した先で、釣りができるようになったり、島を発見したり。今も航海途中と思うと、以前よく読んでいた湯川秀樹先生の著書「旅人」を思い起こします。きっとこれからも、学生の頃には想像しなかった体験があったり、見える世界が変化したりするのかなと思います。

領域内ではどのような活動を行っていますか？

若林 僕の方では、久木さん(A01)の持つ面白い構造のヘックスネットから着想を得て、久木さん、岡田さん(A01)、越野さん(A04)と共同研究を進めています。

河野 吾郷さん(A01)のグラフェンを利用した、デバイス化や計測応用に関する研究を進めています。山本さん(A05)との共同研究は、第4回領域会議(つくば)でお話してからスタートしたもので、二次元半導体と機能性酸化物(VO₂)に関する計測と解析を行っています。

2.5次元領域では、異分野とのマッチアップ、フラットな組織といった、原子層の良いところを引き継いでいると思います。

若林 領域がなかったら繋がるのがなかった点と点、小さなきっかけがチャンスの芽になるので、これからも領域活動で広がったネットワークや成果をみんなで繋いでいきたいですね。

用語説明

*1 グラフェンナノリボン:グラフェンを細いリボン状に切り取ったナノカーボン材料。その幅、エッジ形状により電氣的特性が異なる。

Interviewees



若林 克法

関西学院大学

工学部

教授



河野 行雄

中央大学

理工学部

教授

(活動班順、五十音順 敬称略)

ライター：柏田 百代(広報担当)

領域ホームページ <https://25d-materials.jp>

(ニュースレター公開日:2024年2月5日)