



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

# モアレ模様から生まれる新しい物理学

A04班

物性開拓班 研究代表者  
(ハイブリッド・モアレ物質の物性理論と  
新機能開拓)

## 越野 幹人

大阪大学  
大学院理学研究科

先生は元々、何にご興味を持たれて物理学の分野に進まれましたか？

**越野** 東大の理科1類から理学部の物性物理学を、4年生の配属で選びました。なぜかと言うと、当時の理論の研究室は輪読とかがメインだったんですけど、まずその先生は「4年生諸君の知識でも立派にできる研究ってあるから」そう言ったんですね。これはいいなと思って。東大では4年生配属は半年毎に別れるんで、そこで半年やった地点で「今度はやっぱ実験だよなー」とか思って、実験系の研究室の見学会みたいなものに行つたんです。でも、段々と「こりゃあ自分にはちょっと無理やなー」と思い始めて、それで結局理論の研究室に。なので、割と消極的な感じで出したみたいになっちゃった形ですね(笑)。

そのままドクターまでいて、その後東工大で助手から助教までいました。2010年から東北大の准教授で、2016年からここ阪大で教授に就いたという感じです。

どのようなご研究を通じて、この分野に足を踏み入れられたのですか？

**越野** 大学院までは、2.5次元と直接的には関係ないことやってました。ただ僕が助手で行っていた研究室は、カーボンナノチューブの大家だったんです。そこに入っちゃうと一年半位経ったころに、グラフェンの発見があったんですよ。実は大学院までやっていた研究内容は、「この研究がすぐ役に立つ」とか、そういう観点ではやってない感じの、マニアックな研究だったんです。

グラフェンはそういうややこしい研究から比較すると、随分単純なものに見えました。実際、電気伝導度とか計算してみると、ぱッと答えが出る。でも当時の僕は「こう理論って言うのはもっと魑魅魍魎で、難解で」って(笑)。



研究室の学生さんとスペインにて

でも、考え方方が変わった、と？

**越野** そう。あの頃は、そうでなければならぬと思っていた。でもそこの研究室の考え方方は、全然違つてたんです。そこで僕は基本的な事って何なのか、っていうのを教わったんですよ。そこから段々と面白いなと思って研究していくうちに、後でも話が出てくるトポロジカル物質っていう研究分野に行きついで。それに手を付けだしたら、結局大学院までやってたことと繋がる部分が出てきたんですよ。だから、二次元物質の分野が大きくなるとともに、自分も成長したというような感じですね。

そこから2.5次元へと移行されたきっかけは？

**越野** 前回の松田さんの話にもあった、グラフェンのモアレ模様の話、あれは歴史的には2018年に発見されて大ブレイクするんですけど、最初に僕が初めて見たのは2007年だったんですね。当時は超マイナーな分野でグラフェン同士を重ねて変な模様を作つて、その上で電子構造計算するって面白い、ってやってる感じの人たちが数人いただけなんです。僕らは早い時期にそこに参入して、手探り状態で研究していました。色んな意外な結果が出て、それを見て少人数でキャッキャしていた感じかな。その頃は、「まだそんなのやってんの」って言う人もいました。

でもその大発見から、世界中の二次元物質関連の研究者たちがこの分野に大量に参入してきました。そこで僕らがやってたこととかも、併せてすごく注目してもらいました。ただ我々が砂遊びでちよこちよ遊んでいるようなものだったのに、今や建設会社がそこら中でビルを建て出したりみたいな感じ(笑)。なら、そろそろ他のことやりたいなーって気持ちがあつたり(笑)。

わかります(笑)。では、今はどういう研究をされていますか？

**越野** 最近やっていることとしては、準結晶というものがあります。簡単に説明すると絶対に同じ模様の繰り返し部分がないんだけれども、隙間なく永遠に続いているっていう物質ですね。それって普通は合金とかで見られるんですけど、グラフェン2枚重ねてもある意味準結晶になりまするんじゃないかなって。重ねて回転させたらモアレ模様ができるけど、これは見方を変えれば準結晶と言えるんじゃないかなと。

実は今までずっと物性物理の歴史っていうのは、「周期系をどう扱うか」っていう観点からなんですよ。ほとんどの物質は結晶なので。準結晶ってのは1985年ぐらいに発見されたけど、これを理論的に記述するのが未だになかなか難しい。でも二次元物質を組み合わせることで準結晶的なものが簡単にできて、しかもその周期も自在に制御可能。これは新しいishっていう風に一生懸命言つてるんですよ。ただ、今の物性計算や理論とかは周期系の理論だから、当然そのままだと計算できないんですね。でもそれを工夫して非周期系でできるようにするための、基礎フレームワークを一生懸命、ここ何年か作つてるという段階です。

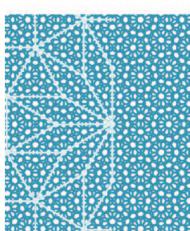
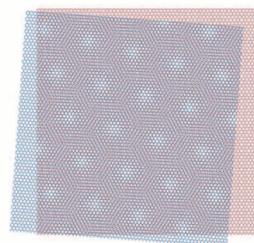
また周期系の話になるんですが、トポロジカル物質っていうのがまた別に、すごく大きな分野であります。

先ほど、話題に挙げていただいた物質ですね。

**越野** 本来連続なものを、とびとびの数で分類できるのが、トポロジーですよね。このトポロジー的な数字が物質には沢山埋め込まれてて、それがいろんなところに、物性として顔を出す。例えばバンドギャップとか量子ホール効果とか。これをどうやって周期のない、理論のない世界に展開するかってのも一つのテーマです。コロナ禍で外に行くことができないから、こんな自由研究みたいなノリで学生さんと2人でやってたんです。それが意外といろんなところで話すと、興味持つてもらえる(笑)。だから今後は実験の人もいっぱいいるんで、是非巻き込んで行きたいですね。

他の方ということで、先生が班長のA04班の、領域での位置を教えていただけますか？

**越野** 僕は先ほども言いましたが、理論などで作るわけじゃなくて、計算して色々な物性量を出しましよう、と。でも、笹川さんはトポロジカル絶縁体とか超伝導体とかの「単純じゃない物質」を綺麗に作る合成のプロですし、高村さんはシリセンやゲルマネンとかの「炭素と周期表上では近いけど、合成するのが難しい」そんな二次元物質を作つてAFMとかで測定する。蒲さんがMoS<sub>2</sub>などの遷移金属ダイカルゴナイトに対して、光をうまく使って実験する。各先生方が、皆さんそれぞれ違う研究内容をやられてるんです。



モアレグラフェンと準結晶(模式図)

実は理論は理論、合成は合成でって単純に分けちゃうと、インタラクションが無いんです。集まって会議しましょうといったところで、全然話題に広がりもないし。

よくある問題点ですよね、それは。

**越野** 他の班でも実はそうやってあえて混ぜているんですが、このA04班が分かれなかったことが一番頭著なグループかもです(笑)。なので、4人で足並みそろえて何かやろうって感じじゃなくて、皆さんでそれぞれやっていたもので共同研究をやる感じですかね。

最後に、今後の領域および先生のご研究の展望についてコメントをお願いします。

**越野** 「今までの物質科学系にはなかった考え方から新しい学理を作つていただきたい」というのが、この領域のある種の至上命題で、自分もモアレや準結晶とかの理論計算でその一翼を担っています。また、そもそも理論自体、例えばある二次元物質を作つてそれを色々組み合わせた時に、「じゃあどういう面白い現象が出来ますか?」っていうのを予言するのが役割の一つ。また実験で見つかった面白い現象を、「じゃあ何でそんなことが起つたの?」を説明するっていう役割がもう一つ。なので、その両方の役目を果たしていきたいと思っています。

直近は準結晶のバンド理論が確立したこと、いろんな物性を作る土台となったと思っていて、是非領域の方と一緒に具体的な話をていきたいですね。

Interviewee



越野 幹人

大阪大学  
大学院理学研究科  
教授

領域ホームページ <https://25d-materials.jp>  
(ニュースレター公開日:2022年9月22日)