

## 半導体物性シミュレーションと若手研究者



若 者

田 中 一\*

Simulation in Semiconductor Physics and Young Researchers

Key Words : Simulation, Semiconductor, Young researchers

## はじめに

本コラムの執筆の機会を頂き、過去のコラム「若者」の内容を拝見しましたところ、その内容は、近頃の若者である著者が、どのような人であるか、どのような経験をしてきたか、どのような研究をしているか、どのような意見を持っているか、といった要素のうちの一つまたは複数を主体とするものが多いように感じました。私にとって、このような自由度の高い枠組みの中で文章を執筆する機会はありません。そのため、どのような内容を書けばよいか悩みましたが、上記の要素をできるだけ多く盛り込めば、各々の内容が面白みに欠けていたとしても、どこかには興味を持っていただけるのではないかと考え、そのような文章を書いてみようと思います。私が、過去の著者の方々の優れた文章を拝読するにつれて、執筆に対する気が重くなっていったことを考えれば、私が拙い文章を残すことは、将来の本コラムの著者を勇気づけることに繋がるであろう、という心持ちでキーボードを叩き始めましたので、そのような文章だと思って寛容な気持ちでご覧いただけますと幸いです。

ここで、遅れましたが、自己紹介をさせていただきます。私は、2017年に京都大学で博士号を取得後、京都大学および大阪大学でのポストドクター研究員、

京都大学での任期付き特定助教を経て、2020年10月より現職である大阪大学 大学院工学研究科 電気電子情報通信工学専攻の助教を勤めさせていただいております。「どのような人であるか」を、「どのような経験をしてきたか」を軸として伝えられるような文章を書ければと思うのですが、私は海外での長期滞在の経験もなく、あまり読者の方々に興味を持っていただけそうなエピソードは思い浮かびません。大学教員になるまでの経緯を振り返ってみますと、「高校生の時には技術者として企業で働くことを志望しており、電気電子工学の分野に進んだが、大学入学後に物理を学ぶことを面白いと感じ、博士課程へ、さらに学位取得後もアカデミアの研究者への道を進むことになった」といった形になりますが、このように書くと、読者の皆様はおそらく、特に珍しい、とお思いになるのではないかと思います。ただし、アカデミアへ進むという決断をするにあたって、「アカデミアへ進むことへの不安」より「民間企業で働くことへの不安」の方が大きい、というような考え方をしていた点は、特徴的なところかもしれません。このような考え方や、これまでの文章からも予想されるかもしれませんが、ポジティブかネガティブかで言うとネガティブの側に分類される性格を持ちます。それゆえ、「平均的な若者」と比べ、考え方に偏りもあるかと思しますので、そのような前提でお読みいただければと思います。



\* Hajime TANAKA

1990年7月生まれ  
京都大学 大学院工学研究科 電子工学  
専攻 博士後期課程 修了(2017年)  
現在、大阪大学 大学院工学研究科 電  
気電子情報通信工学専攻 集積エレクト  
ロニクス講座 森伸也研究室  
助教 博士(工学)  
専門/半導体物性  
TEL : 06-6879-4850  
FAX : 06-6879-7791  
E-mail : tanaka@si.eei.eng.osaka-u.ac.jp

## 半導体物性のシミュレーション

次に、「どのような研究をしているか」について述べたいと思います。私が行ってきた研究は、対象とする材料や構造は変遷していますが、学部生時代から一貫して半導体に関するシミュレーションの研究です。特に、半導体における電子状態や、キャリア（半導体中で電流を運ぶ粒子である電子と正孔の

総称)の輸送現象に関するシミュレーションを行ってきました。このような研究は、個人的には、電子工学系の学部で学ぶ、量子力学や統計力学、固体物理学の延長線上にある、ある意味で王道の研究分野の一つになりそうに思われるのですが、実際には、このような半導体に関するシミュレーション研究を行う研究者・特に学生はマイノリティと言える状況にあるようです。そこで、以降では、私が行ってきた研究について説明するとともに、私がシミュレーション研究の魅力だと感じている点もいくつか紹介したいと思います。

私が学部生・大学院生であった期間には、半導体のナノワイヤ(断面サイズがナノメートルオーダーの細線)における電子状態やキャリア輸送のシミュレーションを行っていました。具体的には、シリコンやゲルマニウムのナノワイヤについて、キャリアの動きやすさを表す移動度を計算したり、これらを用いたトランジスタの特性を予測する、といった研究です。ナノワイヤでは、キャリアの量子力学的な波長と同程度までワイヤの断面サイズを小さくすることで、キャリアの振る舞いが、大きな半導体結晶中に存在する場合とは変化します。さらに、ワイヤの向きを結晶構造に対してどのような向きにとり、断面の縦横比をどのように設定するか、などにもキャリアの輸送特性は強く依存します。そこで、この性質を利用して、「どのような構造を作ったら望ましい特性を示すのか」を予測することを目的として、シミュレーションを行っていました。このような研究の場合、現時点での技術では実際に作製するのが困難な物であったとしても、そのような制約を気にせず多様な構造などを試すことができる点が、シミュレーション研究の魅力の一つと言えると思います。

一方、博士学位の取得後には、ワイドギャップ半導体と呼ばれる、高電圧・大電力を扱う素子に適した性質を持つ半導体材料についてのキャリア輸送シミュレーションを主に行ってきました。その一例として、炭化ケイ素(SiC)トランジスタにおける電子移動度のモデリングが挙げられます。SiCは、ワイドギャップ半導体の一つであり、SiCを用いたトランジスタは、現在、電気自動車や新幹線などで実用化が進んでいます。しかし、その電流スイッチング機能を司るチャンネル部分での移動度が低い、とい

う課題を抱えています。そこで、このチャンネル移動度が低くなるメカニズムについて、理論的にアプローチしよう、といった研究です。こちらについては、「ある実験をすると、こんな結果が得られたが、そのような特性が得られるメカニズムがわからない」という状況に対して、「どのような理論モデルを考えれば実験結果が説明できるか」という形のシミュレーションが主となっています。このような研究では、実験結果を説明できるモデルのアイデアを考える部分については、実験研究を行っている人々が考察をする際と同様に行うこととなりますが、シミュレーション無しでは定性的にしか議論できない複雑な現象でも、定量的に議論できる点がシミュレーションを行う利点と言えます。もちろん、考えた理論モデルが実験結果をよく再現していたとしても、別のモデルでも実験結果を再現できる可能性を排除できるわけではなく、自分の考えたモデルが現象を正しく記述しているのかの判断は難しい面があります(科学の理論一般について言えることだと思います)。それでも、まじめに数値計算を行った結果として、仮定したモデルから直観的に予想される結果とは反するような結果が得られ、それが実験結果を再現する、といった場合には、「シミュレーションを行ってこそその理解を提示できた」と言え、重要な研究になるのではないかと考えています。既存の実験結果を説明できる理論モデルが完成すれば、それを用いた、新たな予測へと展開していくことができます。また、シミュレーションを行うことで、非平衡状態での電子の分布の仕方など、直接測定することが困難な対象も「見る」ことができ、それに基づいた新たな工夫を提案することもできます。

上で述べた、「予測型」のシミュレーションであっても、「説明型」のシミュレーションであっても、物理に基づいて様々なモデルや計算方法を考えたり、プログラミング面で工夫をしたりする部分は、シミュレーション研究の醍醐味と言えるでしょう。さらに、私がシミュレーションを好きな点として、気軽に「変なこと」を試してみることができる、という点も挙げられます。実験であれば、アイデアを試すためには、たとえ十分な装置・予算・試料作製技術があったとしても、最低限の制約として、装置が故障・汚損しないか、事故を起こさないか、といった点に注意を払う必要がありますが、シミュレーショ

ンであれば、そのようなことを恐れず、より自由・気軽にアイデアが試せる、という所に個人的に魅力を感じています。これは、言い換えると、「失敗しても大丈夫」と確信を持てる状況があると言えるかもしれません。とはいえ、複雑な現象のシミュレーションには、それに応じたシミュレーション手法が必要であり、特に学生時代には、試してみたいアイデアはありつつも当時の自分の能力では扱いきれない、ということも多々ありました。今後は、より多くの計算手法を身に着け、新たな原理で動作するデバイスの提案に繋がるようなシミュレーション研究にも挑戦していきたいと考えています。

### 若手研究者の挑戦と安定

前節の話を受けて、無理やりながら、「どのような意見を持っているか」に繋げさせていただきます。多くの年長の方が、若者には挑戦をしてほしい、といったことをおっしゃります。その言葉自体は、若者にとってありがたいとは思いますが、実際に多くの若者（ポジティブな若者だけでなく、ネガティブな若者にも）に挑戦を促すためには、挑戦して失敗しても大丈夫だと若者が確信できる環境が重要なはずで、近年、大学の若手研究者は、任期が限られた職に就くことが多くなっていますが、それにより「任期切れまでに次の職を見つけられなければ失業する」という状況に置かれれば、次の職探しに向けて業績を積むために、少なくとも主力の研究テーマとしては、短期間で確実に論文化できそうな研究テーマを選ばざるを得なくなります。そのような状況は、「本当に興味のある研究課題に挑戦するよりも、論文数を稼ぐための研究をしてください」というメッセージを若手研究者に送っている状態と言えるでしょう。他方で、任期の定めのない職に就いている人からは、運営業務や事務作業に忙殺され研究時間の確保が難しい、といった不満が聞かれます（念のため申し上げます、現在の自分自身は任期無しの立場ですが、幸運にも周囲の方に恵まれ、そのような状況にはならず済んでいます）。これらの問題は、大学に安定したポスト（とそれに伴う人員）を増やすことができれば解決できるものであり、大学の外部にいらっしゃる方におかれましては、大学における安定したポストを増やすこと（そのために税金を投入すること）に賛同していただける方が一

人でも増えていただければ大変嬉しく存じます。

一方、大学の内部では、安定した雇用の必要性については以前から様々なところで議論されているかと思えますし、その上で、大学にとっての安定財源である運営費交付金が削減された結果、用意できる任期の定めのないポストの数は限られる、といった事情もあるかとは思います。しかし、そのような制約下でも、安定財源で任期無し教員を雇用し、不安定財源では任期付き教員を雇用、といった枠組みではなく、両者を組み合わせて安定したポストを増やすことはできないでしょうか。例えば、「任期無し雇用の教員4人と任期付き雇用の教員1人」のポストの代わりに、「週4日分は任期無し雇用、週1日分は任期付き雇用、という形の教員5人」のポストを用意する、といったイメージです。任期付き雇用分がなくなった場合の「週4日の任期無し雇用」は、中途半端に感じられるかもしれませんが、残る週1日分の時間について、自ら獲得した研究費による研究員（「PI人件費」制度と類似）、他機関や民間企業との兼業による共同研究（「クロスアポイントメント」制度と類似）、無給とし自己研鑽や育児に充てる、など様々な使い方が選択できれば、安定と同時に多様な働き方を実現できる魅力的なポストにもなりうると思えます。既存の任期無し教員にも、このような働き方への移行を呼びかければ、ある程度の希望者が名乗り出て、より多くの安定財源の確保につながるのではないのでしょうか。少なくとも私個人としては、任期無し教員の増員に繋がるのであれば、自身の給料が単純に減少するのだとしても、自らの任期無し雇用を週4日制に移行しても良いと感じます。また、任期制の導入の際には、教員の流動性を高めて教育研究を活性化するという目的が掲げられていた<sup>2)</sup>ようですが、上記のような「週4日制」による兼業の促進により、雇い止めといったネガティブな意味での流動性ではなく、外部と交流し、より自らに合った環境を見つけての異動など、ポジティブな意味での流動性の促進が期待できないのでしょうか。

### おわりに

本稿では、私がどのような人であるか、どのような研究をしているか、どのような意見を持っているか、について、無理やりながらひとまとめにした形

で自由に書かせていただきました。あくまでも私の個人的な考えであり、また私の未熟さ・不勉強により、的外れなことや、「そんなことは百も承知だ」と思われるようなことを偉そうに書いてしまったかもしれませんが、読んでいただいた方が何らかの新しい思考に至るきっかけとなれば幸甚に存じます。最後に、本稿の執筆の機会を下さった、大阪大学レーザー科学研究所の斗内政吉教授、および大阪大学

院工学研究科の森伸也教授に深く感謝申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 文部科学省科学技術・学術政策研究所：大学の研究力の現状と課題（2021）
- 2) 大学審議会：大学教員の任期制について（答申）（1996）

