

まえがき

この本は、ナノカーボンという新しい炭素材料を紹介した本である。ナノカーボンとは、グラフェン、フラーレン、カーボンナノチューブという新物質をまとめて呼ぶ名前であり、いずれも新素材として注目を集めている。

グラフェンは、鉛筆の芯の材料であるグラファイトから1層の原子層をはがして作られた、究極に薄いシート状の物質である。グラファイトはトランプのカードのように、原子の層が積み重なってできた層状物質である。層と層の間の結合は比較的弱いので、カードのように横に滑らすこともできるし、1枚だけはがしたりすることができる。こうやって取り出したグラフェン上の電子は、従来の半導体の材料をはるかにしのぐ、驚くべき性質を示したのである。グラフェンの性質を説明するには、従来の固体物理学の教科書の記述を書き直すぐらい特殊な結果が得られた。これが、世界中の科学者を虜にした。どんな性質が現れたか、またその仕組みを説明したい。

グラフェンを円筒状または球状に丸めたのが、カーボンナノチューブとフラーレンである。カーボンナノチューブやフラーレンの直径はおよそ1ナノメートル ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$)、ナノチューブの長さはおおよそ1ミクロン ($1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$) で大変小さい。カーボンナノチューブの特徴として、丸め方を変えるだけで金属にも半導体にもなるという著しい物理的な性質がある。特にナノチューブ構造で半導体を作ることができることは重要で、従来の半導体であったシリコンにかわる、高温で動作可能でかつ柔軟な半導体材料ができることが期待されている。

グラフェン、フラーレン、カーボンナノチューブは同じ炭素の原子層からできているので共通の知識が多い。猫とライオンが似ているようなものである。共通のことを一冊の本で説明するのは、別々に説明するより役に立つことであろう。

この本の使命は、ナノカーボンの科学がどんなものであるかを物理学の研究者が紹介する本であり、必要な知識が詳細に書かれた教科書ではない。またいろいろな知識が整理されたハンドブックでもない。本書は異国の地（ナノカーボンの世界）へ案内する旅のガイドブックである。旅のガイドブックには、現地のお話集など少し難しい記述があるが、それをマスターする必要はまったくない。どこに何が書いてあったか覚える必要もない。ページをめくって、こんなことがあるのか、と事実には驚いていただければ幸いである。科学の1つの分野の話であるが、科学とは何か？ 研究とは何か？ を若い読者が感じ取っていただければ幸いである。また、境界領域の新しい研究テーマを探す大学院生にも、研究分野をひとつお見渡し、ホットなナノカーボンの話題を仕入れるにも役に立つことであろう。あらかた知っている中堅の研究者にも気楽に読める本を目指した。

本書は高校生から大学院生、研究者、一般へと幅広い読者を想定した、式のあまりない本である。他の分野の人も予備知識なしで理解できるように専門用語の説明を加えた。各章のレベルは★☆のマークで示した。☆の章には大学で使う数式や知識があることを、あらかじめご容赦いただきたい。数式は、読者の好きなように読み飛ばしても良いし、章全体を飛ばして読んでも構わない。ご自由に楽しんでいただければ幸いである。

ナノカーボンの分野は、今後も多くの研究者が参入して、非常に大きな発展が期待できる。どの世界にも共通することであるが、小さな糸口が突破口（ブレイクスルーと呼ばれる）になり大きな展開につながる。特に科学の場合、小さな発見は偶然によって引き起こされることが多い。偶然を生み出す力、偶然を発見！と気づく力こそが『科学力』といえる。そうなると、若い読者はどうやってその偶然→発見→幸運を得るかを知っておく必要がある。読者がこの本を読むことによって偶然の女神、幸福をもたらす隣人を得ることを願っている。

本書の執筆にあたり、著者らが現在進めているプロジェクトである、文部科学省の科学研究費・新学術領域研究『原子層科学』のメンバーである皆様、公益財団法人・新世代研究所（伊達宗行理事長）ナノカーボン研究会のメンバーの皆様、またフラーレン・ナノチューブ・グラフェン学会 (<http://fullerene-jp.org/>)

の会員の皆様から、図やコメントを多くいただいた。これなしには本書を完成することはできなかった。また、株式会社大林組から宇宙エレベータの図をご提供いただいた。身内ではあるが読者の想定年齢である大学2年の娘（杏実）から、難しい言葉や表現などの指摘をもらった。また編集者の須藤彰三先生、岡真先生や共立出版の島田誠氏からも有益な意見と励ましをいただいた。ここに深く感謝する。

2015年1月

仙台青葉山にて
齋藤理一郎

関連する Web ページ:

著者の東北大学の研究室:

Home Page: <http://flex.phys.tohoku.ac.jp>

文部科学省科学研究費新学術領域研究 原子層科学:

Home Page: <http://flex.phys.tohoku.ac.jp/gensisou/>

Facebook: 原子層科学

公益財団法人 新世代研究所: Home Page: <http://www.ati.or.jp/top.html>

フラーレン・ナノチューブ・グラフェン学会:

Home Page: <http://fullerene-jp.org/>

本書の読み方

難易度によって章と節に ★☆ マークがついています。

★☆の数によって以下のように分類します。

★: 中学・高校生，一般の読者

★★: 大学理系2年生まで，高専，大学文系

★★★: 大学理系4年生，技術者，小中高の理科の先生

☆: 大学物理学科4年生，理系の大学院生（修士）

☆☆: 物理系の大学院生，理系の大学院生（博士）

☆☆☆: 大学の博士研究員，教授クラス

★☆の数が多い方が，前提となる知識が必要です。難しい章は読まないで，将来の楽しみとしても良いし，インターネットなどで用語を調べてみて読破されても良いです。挑戦してみてください。

本の最後に参考図書・参考文献・索引があります。脚注は言葉の補足説明です。普通の本に比べ脚注が多いので，すべてに目を通す必要はありません。本文では以下の用に論文などを引用します。ナノカーボン関連の参考文献は年間2万件あり，すべてを把握できません。著者の論文を中心に紹介しますので，論文中の文献を孫引きしてみてください。

(図書2)： 参考図書の番号（順不同）。参考図書は分類し，番号がついています。

[1]： 参考文献の番号。英語の論文で，通常の読者は不要です。

脚注¹⁵⁾： 脚注の番号。余談の話や専門的すぎる脚注もあります。

(3.2)： 式の番号。

(図3.2)，(表3.3)： 図や表の番号。

(2章)，(2.2節)： 章や節の番号。