



者

シリコン・フラクタル・カオス

吉 信 達 夫*

Silicon, Fractal and Chaos

Key Words : silicon, fractal, chaos, quantum molecular device

私が大阪大学産業科学研究所に助手として勤務しはじめたのは4年前のことになります。当時の私にとっては大阪大学も研究所も新しい環境でしたし、また、それまでの学生という立場から職員という立場になったこと、新しいテーマの研究を開始したことなど、新しいことばかりでした。しかし何よりも、私が新鮮な気分で研究に取り組むことができた背景には、研究室の活動方針の一つとして、これまでの表面物性をベースに、後で述べるように、あまり他でやられていない事をやろうという目標を掲げてきたことがあると思われます。また、研究室そのものがスタートしてまだ間がなく、立ち上げ段階ならではの自由度の大きさもありました。まだまだ昔語りをするような年数ではありませんが、その頃始めたテーマのいくつかはようやく一段落して次の段階へ進もうとしており、また別の新しいテーマを模索し始めている節目でもありますので、私自身の限られた経験からではありますが、この4年間を振り返って感じたことなども書いてみたいと思います。

私の所属する岩崎研究室の名称は1年ほど前

* Tatsuo YOSHINOBU
1964年11月4日生
1992年京都大学大学院工学研究
科電気工学第二専攻博士後期課程
単位取得退学
現在、大阪大学産業科学研究所量
子分子デバイス研究分野、助手、
博士(工学)、量子分子デバイス
TEL 06-879-8404
FAX 06-879-8404
E-Mail nov@sanken.
osaka-u.ac.jp



にそれまでの「表面電子物性部門」から「量子分子デバイス研究分野」へと替わりました。「量子分子デバイス」という「もの」はいまのところ存在していませんので、この名称はこれから研究室が目指していこうとしている「もの」のイメージを示していることになります。「量子分子デバイス」=「量子」+「分子デバイス」と考えた方がわかりやすいかもしれません。「量子」というまでもなく量子効果を利用するという意味であり、量子効果が発現する最もありふれた場所は半導体などの固体中ということになります。では「分子デバイス」は何かというと、これまた現状ではこれだというのは難しいですが、分子やその集団が持つ機能(分子認識、超並列性、etc.)を活かしたデバイスと言えらると思います。半導体エレクトロニクスをベースに従来とは異なる原理のデバイス、究極的には分子コンピュータのようなものが遠い将来の夢です。なお、研究室では応用物理専攻の大学院生と一緒に研究しています。

さて、この4年間に私自身は「半導体化学イメージセンサの開発」と「材料表面ラフネスのフラクタル解析」という二つのテーマに並行して関わってきました。一見何の関係もなさそうな二つのテーマと私たちがこれから目指しているものとの間にいったいどんな関連があるのか書いてみたいと思います。

半導体化学イメージセンサは、溶液やゲル状試料中のpH値や特定の分子・イオン濃度、酸化還元電位などの2次元的な分布を画像化することを目的とした半導体センサです。このセン

サを用いれば、化学反応の空間的な伝搬や生体中における物質の移動といった化学的情報を視覚的に表示させることができるようになるかと期待されます。また、このデバイスでは試料中の化学的情報が半導体中の空乏層幅の分布へとマッピングされるので、見方をかえれば化学反応システムと半導体エレクトロニクスとの2次元的なインターフェイスを構成することになり、これは量子分子デバイスの一つの要素になるのではないかと考えています。

もう一つのテーマは材料表面ラフネスのフラクタル解析に関するものです。薄膜堆積プロセスなどによって作られる材料の表面には多かれ少なかれラフネスが発生します。電子デバイスの微細化にともない表面/界面ラフネスの制御はますます重要になっていますが、量子効果デバイスでは特にそうです。表面/界面の成長にともなうラフネスの増加(カイネティック・ラフニング)は、小さなスケールで発生したゆらぎが積み重なってより大きなスケールのゆらぎへと発展する統計的なプロセスです。それを調べるには各スケールでラフネスがどのように観測されるかを知る必要がありますが、この異なるスケール間の関係を記述するのがフラクタルです。私たちは実際にさまざまな材料の表面について走査型トンネル顕微鏡(STM)・原子間力顕微鏡(AFM)・光散乱などの手法を用いてナノスケールから10ミクロンを越えるマクロなスケールまで幅広い範囲でラフネスを測定しフラクタル解析を行なっています。それによってラフネスがどのように発展したか、成長条件がラフネスの構造にどのように影響するかなどを調べることができるわけです。また、コンピュータ・シミュレーションによってさまざまな条件でラフネスを生成し、現実の表面と比較したりしています。

この二つの研究テーマの直接のオーバーラップといえば、センサ表面のラフネスが問題になることや、どちらも画像データを取り扱うということぐらいですが、そのほかにも意外なところで関連があったりします。例えば、私たちは半導体化学イメージセンサを生菌の検出に応用

する研究を行なっています。これは微生物の代謝によって周囲が酸性化されることを利用したもので、大腸菌などのコロニーを短時間で検出できるようになってきました。ところが面白いことに、フラクタル成長モデルの一つであるEdenモデルはもともとこのような生物の増殖に伴う形態形成を説明するために作られたもので、今でもフラクタル成長の研究にバクテリアコロニーが使われたりしています。また、私たちは半導体化学イメージセンサをBZ(ペローゾフ=ジャポチンスキー)反応のような化学反応系におけるパターン形成現象の観察に応用する研究を行なっていますが、パターン形成現象とフラクタル成長現象との間には非常に密接な関係があります。こうしてみると、化学イメージセンサの研究とフラクタルの研究は、別の入り口から入っていったら実は奥で繋がっていた、という感じです。

ところで、パターン形成や分子コンピューティングにも関係がありますが、最近「単純な系の複雑な振る舞い」ということが注目されています。そういうところではフラクタルやカオスの概念がひんぱんに顔を出してきます。私自身はもともと電気系学科の出身で、6年間もっぱら半導体結晶成長の研究をしていましたので、こういった話にはほとんどなじみがありませんでした。電気系学科の授業で教わる科目というのは電磁気が始まって回路、機器、制御、物性、情報までたいへん幅が広く(いまでも昔の講義ノートが役に立つことがあります)、敢えて他分野に踏み出すこともないと思っていたのですが、この4年間で少し考えが変わってきました。意外に多くの分野がどこかで繋がりをもっていると感じるようになったからです。フラクタル科学や非線形ダイナミクス関連のほか、化学や生物の比較的新しい分野の教科書や文献を読みました。まだ体系化されていない分野、あるいは現在進行形で体系化されつつある分野には、ユニークで示唆に豊む教科書が多いような気がします。あちこち噛みただけ、ということにならないよう心がけつつ、いま少し視野を拡げてみたいと思います。