

東北大学 多元物質科学研究所・ハイブリッドナノ界面研究部

栗原和枝*

1. はじめに

東北大学の多元物質科学研究所は、仙台から徒歩15分余りの片平キャンパスにある。片平キャンパスには、大学の本部とともに、金属材料研究所・電気通信研究所など東北大学が誇る研究所が集まっている。また、街中にある利点を生かした法科大学院もあり、広い中庭には散歩に来る市民の方々も多く、さくらの頃は特ににぎやかである。しかし、通常はこれら研究所の研究室に配属された学生と教員が中心のキャンパスなので、比較的落ち着いた雰囲気である。

多元物質科学研究所(通称多元研)は、8年前に私の属していた反応化学研究所と科学計測研究所ならびに素材研究所が合併してできた研究所で、物質科学を扱う大学の附置研究所としては国内で最も大きな研究所である。化学・物理・生物の研究者が一同に会して研究している研究所で、そのことを反映した英語名は、“Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials(IMRAM)”である。

当研究室は多元研の中の新しい建物である材料・物性総合研究棟の中にある。この建物は、ワンフロアの片側が間仕切りのない一続きの部屋で、簡易的な仕切りで自由にデザインして実験室に使用するという新しいデザインの研究室である。共有スペースが広く、窓の多い明るい建物で、研究室一同、研究を楽しんでいる。

2. 研究室の概要

当研究室は、筆者が名古屋大学工学部から東北大学反応科学研究所(現・東北大学多元物質科学研究所)に平成9年に移動して独立した研究室である。名古屋大学から、博士課程の学生3名とともに移動してきた。今では講師1名(水上雅史博士)、(助手1名空席)、博士研究員2名、企業



写真-1 平成20年度の研究室メンバー

からの研究員1名、学生7名(博士1名、4年生からM2まで各2名)、秘書1名を加えた構成になり(写真-1)、来年度はもう少しメンバーが増える予定である。学生は、工学研究科の化学・バイオ系に属しており、研究所なので学生の配属数は少ないが、少数精鋭で新しい研究を展開したいと努力している。

研究の基本は、基礎から考えることと、自然を観察することだと考えているので、研究室では4年生も1人1テーマを持ち研究を進めている。また、できるだけ装置を作るか、試料を作るといった手作り感のある研究を経験してもらいたいと考えている。研究室の装置には自作のものも多く、多くの学生がCADを使った工作図面を書き、自分の研究にあった装置を作ったり、改良したりしている。また、必要に応じて試料の合成や、大腸菌によるタンパク質の大量発現の実験なども行っている(写真-2)。

表面力測定は、測定操作やデータの解釈が難しいので、研究室に配属になった学生は、実験の基本的な操作やデータの扱いを練習するための基礎実験と、テーマが決まった場合にはまたその基礎になる実験を習得してから、自分のテーマに取り掛かる。最終的には、世界で一つの研究を成

* Kazue KURIHARA
東北大学多元物質科学研究所・教授
宮城県仙台市青葉区片平2-1-1(〒980-8577)
E-mail: kurihara@tagen.tohoku.ac.jp
2008.9.28 受理

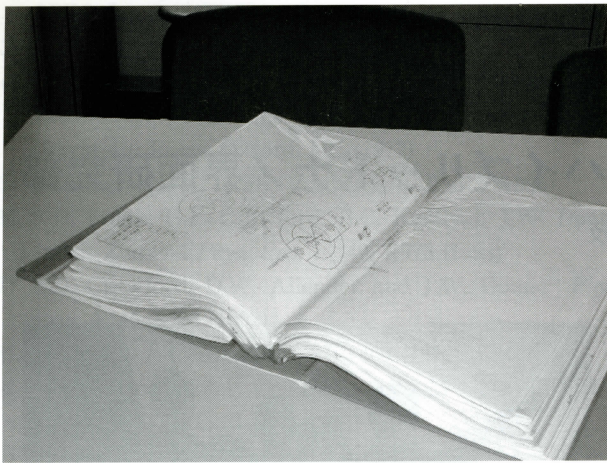


写真-2 研究室で作成した装置の設計図のファイル

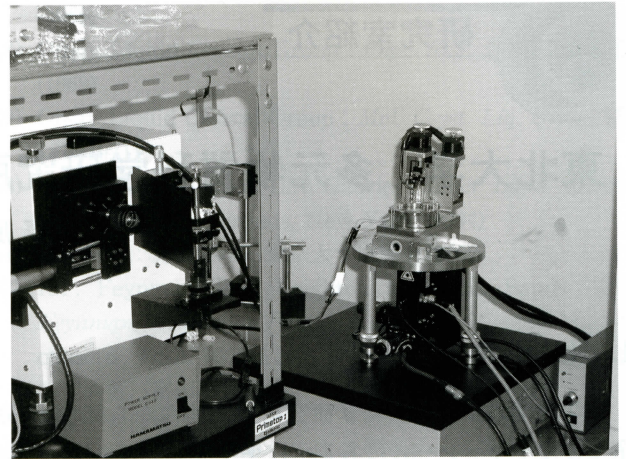


写真-3 新しく開発した不透明基板用の表面力装置(右)と、透明基板間の距離を測定するための分光器(左)

し遂げた(あるいは一部を担った)という自信をもって研究室を巣立ってほしいと思っている。

3. 研究内容

当研究室では、表面力測定を中心手段として、分子・表面間相互作用を明らかにするとともに、“力”を観察量として従来取り扱いきれなかった複雑な現象(界面や複雑系)に光を当てる新しい研究分野を確立したいと考えて研究を行っている。

表面力測定とは、二つの表面間の相互作用力の距離依存性をバネばかりの原理で精密に(分解能、距離 0.1 nm, 力 10 nN)測定するもので、相互作用の起源や、表面の特性の解明に有力な手段である。特に、相互作用の距離依存性(表面力曲線)には、固-液界面の特性の界面からの距離依存性に対する情報が含まれており、界面の評価法としてユニークなものである。似た情報を他の測定から得ようとすると、X線反射や中性子線反射などで大きな装置やデータの解釈のためのモデルが必要である。表面力測定を用いると、より直接的に生のデータを用いて情報を得ることができる。表面は円柱を直交する配置になっており、表面間の距離の精度がよい、接触するときの接触面の直径が約 30 μm と大きな表面を対象とすることにも特色がある(写真-3)。

未来技術として、さまざまな領域でナノ工学の研究が活発に行われている。そのような微細・精密な材料や化学プロセスの創製・設計には、分子間・表面間の相互作用や界面の特性の理解・制御が必要である。また、相互作用の理解は基礎科学としても重要である。それにより、初めて物質の特性を究極まで生かした材料創製や、微小空間での最適なプロセス設計が可能となる。また、構造と相互作用の解明は一般に物理・化学の基礎の課題の一つでもある。当研究室では、従来粒子の分散特性の評価に主に利用されて

いた表面力測定を、材料設計や生命科学に重要な対象に適用する新しい展開をめざしている。

相互作用を直接測定できるメリットを生かして、核酸塩基やタンパク質などの生体の分子認識にかかわる相互作用の検出と機構の解明、そして高分子電解質・ポリペプチドブラシを用い、溶液中で高分子のとり長さ(広がり)や固さ(圧縮弾性率)などの基礎物性値を1分子層レベルで直接測り、構造を決定する因子を特に分子の集合の観点から検討する研究も行っている。以下には、本紙の読者により関連が深いと考えられる、固-液界面ならびに固体表面間の微細空間に閉じ込められた液体の研究について紹介する。

固-液界面の液体の性質がバルクとは異なることはよく知られているが、その特性がどのような距離でどう変わるかはよくわかっていなかった。当研究室では、表面力を中心手段として、これらの現象を解明したいと研究を行っている。FT-IRなどの相補的な測定法を併用し、分子レベルでの評価を行っていることが特徴である。

3.1 固-液界面の液体の構造形成：界面分子マクロクラスター

非極性溶媒(シクロヘキサンなど)からアルコールなどの水素結合性の液体がシリカ表面に吸着するとき、アルコールが水素結合により表面のシラノール基から 10 nm 以上に及ぶ直鎖状のマクロクラスターを形成していることを見いだした。そのとき、表面間には長距離引力が作用する。長距離引力の新しい機構を提示し、また固-液界面の液体の構造を分子論的に解明した先駆的な成果である。

3.2 ナノ共振ずり測定

表面力装置は、二つの表面間の距離をサブナノメートルレベルで制御する機構を持つ。この機構を利用し、表面間

の液体の厚みを変えながら表面を平行にずり振動させ、そのときの応答を測定するずり測定が、微細空間に閉じ込められた液体のレオロジーやトライボロジー挙動を研究するために開発されてきた。われわれは独自の手法として、共振法を取り入れ、振動強度の周波数依存性(共振スペクトル)を測定することにより、液体のナノ構造化を評価する新規手法を開発した。ナノ共振ずり測定と呼ぶ手法で、共振周波数ならびに共振強度が変化し、物理モデルに基づいた解析が可能である。二つの表面の間の液膜の厚みを0.1 nmの精度で変えて、液体の粘性、配向構造化やナノトライボロジー(潤滑や摩擦)特性、分子の表面へのアンカリング強度などを評価でき、またノイズに強く、安定した測定が可能という特色がある。

3.3 新規表面力装置

従来の表面力(垂直力)装置は、二つの表面間の距離(D)を測定するのに透過型の干渉法(FECO法)を利用していたため、基板や試料に透明であることが要求され、現実的

には雲母およびその修飾基板に限定されていた。そのため、今までいくつかの装置が不透明基板用に開発されてきたが、測定の安定性が悪い、操作性が限定されるなどの問題があり、汎用性の高い装置はなかった。

当研究室では、下部表面の裏側でレーザー光を反射させ、参照光との位相差を用い、表面の変位を検出するツインプス型表面力測定装置を開発した。距離測定の分解能は1 nm以上であり、作動範囲は5 μm である。雲母間の表面力測定に、FECO法と同等の結果を得ている。今後、金属、セラミックスや樹脂など、さまざまな基板の相互作用測定に威力を発揮するものと期待している。

4. おわりに

表面力測定を物性研究の普通の道具として使いこなしたいと思い研究をしてきた。幸い、測定の可能性を示すことができてきたが、まだまだ未知の領域が広くあり、仲間が増えることを期待している。