



5年間の総括

総括班 太田 隆夫、好村 滋行

このニュースレターが私たちの活動の最後の発信になると思いますので、総括班の太田と好村で少し長く書くことにしました。第5回領域研究会とソフトマターコミュニティの今後に関する部分は主として好村が担当し、それ以外のところは、最近、太田の頭の中にあるいろいろな思いを述べています。最終成果報告書は皆さんから提出していただく資料、情報を基にして作成しますが、そこにも以下の考えが反映されるかもしれません。間違っただけの思い込みもあるかと思いますが、メンバーの方々からのコメントを歓迎します。

1. 5年間を振り返って

本特定領域研究「非平衡ソフトマター物理学の創成：メソスコピック系の構造とダイナミクス」は2006年度に発足しました。それ以前の関係するプロジェクトとして、重点領域研究「複雑液体における協力現象」(1995年度～1997年度、代表：米沢富美子氏)、特定領域研究「強相関ソフトマテリアルの動的制御」(2000年度～2003年度、代表：西敏夫氏)があります。それぞれのプロジェクトの間に2、3年の空白期間はありますが、15年間ソフトマター関係の協同的研究活動が続いているわけです。

ソフトマター物理学を学問としてしっかり根付かせるためには、大学での教育に組み込むことが必要です。最近では、ソフトマターの名前を冠した研究室があちこちにでき、学部教育においてもソフトマター関係の授業が行われるようになりました。上記のプロジェクトに関わった方々が、学術論文の執筆だけでなく、一般科学雑誌、学会誌などに積極的に解説を書き、さらには教科書、訳書やモノグラフを出版しています。地道なこれらの活動が若手研究者育成に貢献していることを私たち自身、知っておく必要があります。

ソフトマター関係のプロジェクトでしばしば耳にする批判に「いろいろな寄せ集めではないか」があります。これに対しては、量子力学の完成によって固体の様々な性質が解明された1950年頃に、金属、磁性体、誘電体、半導体などを統合した固体物理学の研究教育が組織的に始まり、教科書が書かれたことと事情が似ている、という説明が可能だろうと思います。このことは過去に起こったことのマネをしているわけではありません。ナノ・メソスケールでの実験技術、物質合成、そして理論的方法論の進歩によって、それまで個別に研究されてきた高分子、液晶、コロイド、界面活性剤、ゲルなどに対して共通する、あるいは、相互に関連する性質が明らかになり、それらを統合的に研究するフェイズになったのだと理解しています。ソフトマターは非線形・非平衡現象の宝庫ですから、非平衡ソフトマター物理学の創成に向かうのは必然です。また、そこから非線形・非平衡系物理学の発展も促されるはずです。

2. 第5回領域研究会を振り返って

本特定領域研究の最終の全体行事として、第5回領域研究会が2011年1月6～8日に東京大学・弥生講堂で開催されました。基本的にはクローズドな集まりでしたが、3日間の参加者総数は111名に及びました。この最終の領域研究会では、本特定領域研究における5年間(公募研究の場合は2年

間)の研究成果の把握とまとめを行うことを主な目的としました。そのため、全ての計画研究および公募研究の研究代表者およびその他のメンバーに15分+5分の講演をしていただきました。講演総数は全部で48件でした。なお、話題が発散しないことや、各参加者が領域全体の活動を把握できることを目的として、ポスター発表は敢えて実施しませんでした。

もちろん、5年間の研究成果の全てを15分に詰め込むことは無理であり、それを考慮して事前に領域代表から、的を絞った分かりやすい講演をしていただくように依頼がありました。そのため、気合の入ったハイレベルの発表が数多くなされました。好村は海外でのソフトマターの国際会議や研究会に参加することが時々ありますが、それらと比較して現在の日本のソフトマターの研究レベルはかなり高いですし、研究者の層も厚くなってきているという印象を持っています。今回の領域研究会でも、まずそのことを強く感じました。少なくとも世界のソフトマターは、日本からの寄与なくしては語れない状況になっています。これは、本特定領域研究を含めた過去のプロジェクトや個々の研究者の地道な積み重ねの結果だと思いますが、大切なことは我々自身がその事実を奢ることなく冷静かつ客観的に把握することです。今後も日本から積極的に新しい研究を発信し、日本がリードする形で海外との研究交流をさらに一層押し進めていく必要があると思います。そうすることで、日本のこの分野における国際的地位もさらに高まるでしょうし、そのような機は十分に熟しています。

今回の領域研究会では、敢えて全講演をビデオに録画しました。それは、現時点の日本のソフトマター研究がある種のピークを形成しており、それを記録しておきたいと考えたからです。このビデオを10年後や20年後に見るときには、今回とは異なる新しいピークが形成されていることを期待したいと思います。今後の日本におけるソフトマター研究の展開や発展が大いに楽しみです。

このニュースレターで領域研究会の一つひとつの講演について言及することはできませんが、好村にとっては早稲田大学の多辺先生が話された「液晶バブルの非平衡ダイナミクス」が印象に残りました。サーモトロピック液晶で作られたスメクチックバブルは、外場に応じて柔軟に形状を変化させるという特徴があり、今回は特に直流電場印加下でバブルが振動するという新しい現象を報告されました。また、それ以外にも、バブル表面上のレイリー・テイラー不安定性、ケルビン・ヘルムホルツ不安定性、プラトー・レイリー不安定性などの各種の不安定性が観察されたそうです。私は現象の面白さに素朴に心を打たれました。多辺先生は講演の最後で「バブルの研究などは牧歌的と思われるかもしれないが、サイエンスとして面白いことも結構ある」とコメントされました。確かにバブルの研究は、すぐに目に見える形で役立つという性質のものではないかもしれませんが(あるいは役立つのかもしれませんが)、現象を見て純粋に美しいと感動したり、不思議だと感じたりすることは、やはり自然科学の根本的な出発点ではないかと思います。今の時代の科学には常に具体的なアウトプットや応用が求められがちですが、我々のような基礎研究に携わる研究グループが、サイエンスの美の側面を敢えて積極的にアピールしていくことも必要ではないか考えます。

本特定領域研究の申請段階で、その計画を議論していたときにでた話題の一つに「生体系では一分子の実時間実空間計測技術の発展が目覚ましいが、この技術をソフトマターに使えるはずだ」というものがありました。公募研究メンバーの宮田さん(京都工繊大)も興味をもっておられて、関係する最新の情報を知らせて下さっていました。そのため、今回、青木さん(京大)と田中敬二さん(九大)のお二人がエバネッセント励起蛍光法で高分子薄膜での分子の運動を発表されたのは特別に感慨深いもの

がありました。5年間で着実に研究が進展していることを実感いたしました。

本プロジェクトの特色の一つとして実験研究と理論研究の間で自然な形で多くの連携・共同研究が活発に行われ、確実に成果を挙げていることを強調しておきます。たとえば、瀬戸・小貫のイオン性分子溶液のマイクロ相分離現象、瀧口・梅田の脂質分子膜の形態転移に関する共同研究の見事さは出席していた方々に強い印象を与えたはずですが、今回の発表に限らなければ、すでに報告書等に記載していますように、今井・谷口らの二成分ベシクルの形態転移、菅原・佐藤勝彦のチューブ状ベシクルの磁場下での形態転移、高野・出口の環状高分子の統計などもあります。

多忙にもかかわらず、ほとんどの方々が可能な限り研究会に出席して下さったことを大変ありがたく思います。また、いくつかの研究グループでは研究室の学生ほとんど全員を参加させていました。このことは広い観点と問題意識をもった次世代若手研究者の育成を強く意識されている現れであり、将来実を結ぶだろうと期待しています。

3. 非平衡ソフトマター物理学の将来

将来の展望は研究者一人ひとりがお持ちだと思います。ここでは個人的な思いを述べさせていただきます。「非平衡ソフトマター」という言葉は学問分野を表す言葉としては適切だと思いますが、イメージがとりにくいのが少し難点でした。しかし、この特定領域研究活動を通じて、研究の内容を表す以下のような概念やイメージが明らかになったと考えています。

一つはソフトマター複合系(soft matter complexity)です。この言葉は高分子学会誌の特集号(2010年7月)のテーマに使われています。液晶・コロイド混合系、液晶・高分子混合系、液晶エラストマー、高分子や液晶を閉じ込めた脂質膜小胞、荷電界面活性剤とイオンとの混合系、異なる脂質分子から形成された小胞、さらには多成分共重合体もこれに含めてよいと思われます。熱平衡状態においてさえ、これらの系がもつ構造は汲み尽くされていません。さらに、今後はソフトマターだけの複合系ではなく、液晶・カーボンナノチューブや量子ドットの埋め込まれた脂質膜など、ソフトマターとハードマターの複合系の研究も盛んになると予想できます。

二つ目はアクティブソフトマター(active soft matter)です。アクティブマターという言葉は生体細胞や群れなどのように自律的に動く物質(あるいは生物)集団を表し、この10年間ヨーロッパで盛んに研究されてきました。アクティブソフトマターは(他でも独立に使い始めた人がいるかもしれませんが、本特定領域研究の活動から出てきた言葉です)、もう少し定義を広げて、自己推進する対象のみならず、光刺激や化学反応などで形態を変化させたり自己複製を起こす脂質膜小胞を指している概念としても適切であると考えられます。

三番目は駆動されるソフトマター(driven soft matter)です。剪断流や応力、電場などによって非平衡状態にあるソフトマターを表す言葉です。特に、粉体のダイナミクスでは外からエネルギーを注入することが不可欠ですから、粉体をソフトマターとみなすときには、この範疇に入ると思います。また、コロイドガラスなどの性質解明にも剪断流に対する応答などが重要なので、駆動されるソフトマターの側面もっています。異なる外力、たとえば、流動と電場の両方に対する応力のクロスカップリング応答などはマイクロな構造の情報をより詳しく得られると同時に非平衡統計力学の発展にも寄与すると期待できます。

これら三つのテーマ、ソフトマター複合系、アクティブソフトマター、駆動されるソフトマターは独立ではありません。ソフトマターのもう一つの側面を表す概念である構造、輸送(マクロには流動)、機能の観点に立つと相互が強く相関していることが鮮明になります。さらに、この分類から「非平衡ソフトマター」では見えなかったものが明確化されます。すなわち、複合系をアクティブにしたらどうなるか、あるいは、アクティブソフトマターをさらに外から駆動したらどうなるかなどのように、テーマ自体を複合化することにより、今後の研究方向が浮かび上がります。それらのいくつかについてはすでに研究が着手されているようです。もちろん、現在の研究の延長ではない、不連続的発展がしばしば起こることも頭に入れて置く必要はあります。

4. ソフトマターコミュニティの今後について

本特定領域研究は平成22年度をもって終了します。この5年間に様々な新しい共同研究が生まれ、多くの画期的な研究成果も得られました。また、共同研究まではいかなくても、100名を超えるメンバーの間で様々な交流や情報交換の機会があったと思います。特に、それぞれのメンバーが所属している既存の学会の枠を超えた交流が有意義でした。このような研究者間のネットワークの形成も、本特定領域研究の大きな成果の一つであったと考えられます。しかしながら、せっかく築き上げたネットワークが、特定領域研究の終了とともに消失してしまうのはやや残念なことであります。

そこで、総括班で話し合った結果、平成22年度内に「ソフトマター研究会」という組織を立ち上げて、「ソフトマター研究会」のホームページの運営と、年1回の研究会の開催を計画しています。基本的に予算的な基盤を持たない組織ですが、ソフトマターに関心のある研究者であればどなたでも参加できるフラットなコミュニティ作りを目指しています。将来的には企業の研究者も含めて、広く全国から参加者を募る予定です。このような趣旨に賛同していただける方は、今後のソフトマター研究会の活動にご協力をよろしく願いいたします。今後の具体的な情報は、ホームページやメーリングリストなどを通じてお知らせします。

5. 終わりに

この特定領域研究が開始されてからこれまで、幸いにも、重大な事故や不祥事を起こすことなく研究活動を進めることができました。これはメンバー一人ひとりのご協力と同時に、評価の先生方や歴代の学術調査官の方々からのアドバイスのおかげです。ここに厚くお礼申し上げます。

(以下は野口博司氏による脂質ベシクルのシミュレーション)



太田隆夫(京都大学・大学院理学研究科・教授)
好村滋行(首都大学東京・大学院理工学研究科・准教授)