

研究課題別 事後評価結果

1. 研究課題名: 液晶ナノシステム

2. 研究代表者(平成 16 年 10 月 1 日～平成 20 年 4 月 17 日):

横山 浩(産業技術総合研究所ナノテクノロジー研究部門 主幹研究員)

研究代表者代行(平成 20 年 4 月 18 日～同年 7 月 31 日)ならびに

保全活動責任者(平成 20 年 8 月 1 日～平成 21 年 3 月 31 日):

米谷 慎(産業技術総合研究所ナノテクノロジー研究部門 グループ長)

3. 研究概要:

本研究課題は、ナノ構造液晶を基本的な構成要素として、分子秩序に基づいて動的機能を果たす分子ナノシステムの実現を目指すものであった。実用化(メモリー効果液晶デバイスの開発等)を意識した表面配向マイクロパターン研究から、自己組織的分子ナノシステムの構築、ナノシステムの理論・シミュレーション技術の確立といった基礎的なものまでを包含し、学際的な体制を構築することで研究を推進した。本研究課題では上記研究理念のもと、3つの研究テーマ(「表面配向マイクロパターン」、「液晶コロイド」、「分子ダイナミカルシステム」)が遂行されたが、以下これらの研究概要について述べる。

「表面配向マイクロパターン」では、ERATO プロジェクトで実証された液晶のメモリー効果について、実用デバイスのプロトタイプを実現することを目標とし、光配向技術とナノインプリント技術によるマイクロパターンング等のサブテーマに取り組んだ。金属クロム膜のフォトマスクを用い紫外直線偏光を照射する方法で、最大 40mm 四方の領域に表面配向マイクロパターンを作成することを可能にした。また、提唱から 30 年以上経過している Berreman の理論(アンカリングと表面形状の関連を弾性論により考察)に根本的な誤りが含まれていること、アンカリングのエネルギーの方位角依存性も Berreman が導いたものとは異なることを明らかにし、新たな理論モデルの構築および展開へと繋げた。

「液晶コロイド」では、液晶場と粒子との相互作用により規則的な構造を創成することを目的としてきた。理論グループと実験グループが相互に連携して研究を進め、気泡をベースとした新しい液晶コロイドの提案を行った。具体的には、気泡の注入や光応答性を付与したコロイド粒子/液晶混合系において、規則的な配列構造が構成されることを実験的に明らかにし、これらを理論的に検討するとともに、構成過程の動画像観察、液晶コロイドのテラヘルツ分光、THG (Third Harmonics Generation)スペクトロスコピー等による物性測定を推進した。また、スメクチック液晶に気泡を注入し、規則正しい格子構造をとらせることも可能にした。

「分子ダイナミカルシステム」では、キラル液晶単分子膜に見られる集団運動について実験と理論の両面で現象の考察が進められ、液晶分子の回転運動の直接観察、集団運動との相関等の検討が進められた。ナノ秒オーダーで起こる初期的分子回転と分オーダーで起こるマクロな回転

との階層的なつながりに関する実験的評価については、種々の技術的困難のために、必ずしも当初の目的を達することができなかった。しかしこれと並行して、キラルスメクチック液晶の自立膜および生体膜に類似した水中膜について、水以外の種々の膜透過分子による輸送と分子回転との関係を調べ、化学構造に由来する挙動が見出された。さらに分子動力学シミュレーションを実行し、液晶分子モーターから古典的レーマン回転現象にいたるまで、分子のキラリティーと非対称回転の関係についての知見の集積が進められた。

4. 事後評価結果

4-1. 外部発表(論文、口頭発表等)、特許、研究を通じての新たな知見の取得等の研究成果の状況

まず、研究期間および保全活動期間中の外部発表、特許等の実績を示す。

発表論文：(邦文) 3件／(英文) 49件

口頭発表：(国内) 95件／(海外) 56件

特許出願：(国内) 5件／(海外) 4件

このように外部発表は適切に行われており、また研究員が受賞をする等目に見える形で研究活動等が評価されている。ただし、特許出願数については、本課題が ERATO の発展研究であるというフェーズを考慮すると、必ずしも十分ではない。

次に、液晶研究開発における基礎科学的側面全体から、本発展研究課題の果たした意義等を眺めてみる。ERATO より着目してきた「液晶微界面の科学(メソスコピック液晶科学)」は、独自性のあるものであるといえる。液晶研究において、世界の多くが生産技術等の応用研究に移行している中で、ERATO からの研究ポテンシャルを活かし、現象の定量的かつ理論的理解に努めたことは、ある一定の評価をすることが出来る。

「表面配向マイクロパターン」における、ナノインプリントによる配向制御そのものは必ずしも新しいものではないが、それを双安定あるいは多安定配向制御に用いたこと、およびその理論モデルを構築した点は評価出来る。ただし、単純な数値パラメータ展開では再現できない結果を示す場合の、モデルの確証や定量的測定等さらなる実験の積み重ねが今後必要である。なお本研究テーマの今後については、本グループの先見性やアドバンテージが、他グループに対してどれだけ維持されるかといった視点も重要となるであろう。

このような「アドバンテージ」といった視点を持つことは、「液晶コロイド」のテーマにも該当することである。例えば、見出されたスメクチック液晶に関する成果は、新素材としての可能性があるのかという点において、今後基礎データの蓄積を十分に行う必要があるといえる。

「分子ダイナミカルシステム」については、全体としては、まだ萌芽的段階にあるといえる。ERATO から本発展研究課題に移行してからは、シミュレーション技術の開発に関する幾つかの成果を上げた一方で、実験面での際だった進展はさほど明確ではない。なおこのシミュレーション技術は他の研究テーマも支えるものであり、それぞれのテーマに対し、理論的サポートを行える成果を出した。

4-2. 成果の科学技術への貢献

ここでは、本発展研究課題ならびに得られた研究成果を、本来の全体目標であるメモリー効果液晶デバイスの実用化への取組みを含め、応用的側面から眺めてみる。もっとも端的に言えば、研究課題が終了した現時点において、本課題の成果はあくまでも原理の提案に留まっており、したがって、実用化への見通しは必ずしも明確ではないと判断せざるを得ない。これには後項でも記載の通り、本発展研究課題が、本来の研究期間を大幅に(1年半あまり)前倒ししての研究終了を余儀なくされたことが大きく関連すると思料する。中間評価(平成19年度上半期実施)においても、「応用面での具体的展望、科学的成果の技術への展開」が当時の評価者より提言され、グループとしても、それを踏まえた研究計画を練っていたかも知れないが、前項のとおり、「液晶コロイド」「分子ダイナミカルシステム」については、応用展開や実用化を検討していく上での「これからの取組み」が重要なフェーズにあるため、そうした観点からの評価を行うには、判断要素が十分にあり状態ではない。

また残る「表面配向マイクロパターン」に関しても、上記のような理由が関連し、メモリー効果液晶デバイスのプロトタイプ構築という大きな目標の実現には至らなかった。しかしながら、本発展研究課題は終了すれども、研究とは本来永続的に進められるものであり、今後においては、既出の自己組織化パターンニングの優位性をも含めて考慮しつつ、実用化へ向けた研究を加速してもらいたい。

4-3. その他の特記事項

本発展研究課題は、本来であれば平成22年3月31日までの期間で行われるはずであった。しかしながら、研究代表者である横山浩氏が、本務先の(独)産業技術総合研究所における事情等に伴い、平成20年4月17日を以て、急遽代表者職を辞することとなった。これを踏まえてJSTとしては、同年7月31日までを本課題の研究期間、ならびに翌8月1日より平成21年3月31日までを保全活動期間とすることとし、研究代表者代行ならびに保全活動責任者を米谷慎氏とすることとした。

本課題が、上記事由により本来の研究期間を待たずして終了することとなったことは大変遺憾であると同時に、終了まであと1年半あまりという大事な時期に研究を進展させることができず、当初予定していた成果が得られていない点が多いことは誠に残念である。