

船井情報科学振興財団 留学報告書

第7回：MIT に来てからあっという間に3年が経ち…。

2019年6月
Funai Overseas Scholarship 奨学生 吉永宏佑

1. はじめに

2016年9月から Massachusetts Institute of Technology (MIT) の Department of Chemistry に進学しました、吉永宏佑と申します。MIT に来てから早3年が経ってしまいました。第7回となる今回の報告は、この半年の研究状況を共有したいと思います。

2. 研究について

めでたいことに、この半年で共著の論文が2報出版されました！私の貢献度合いは微々たるものですが、重要な結果を支える役割を果たすことができ、大変光栄です。今回の報告書では、これらの論文について解説をしていきます。

• Dynamically Reconfigurable Complex Emulsions—Swager 研究室で行われていた先行研究について

皆さん、なぜ石けんで手を洗うか考えたことはありますか？ことわざにもあるように、水と油は混ざり合わないの、水だけで手を洗っても手に着いている油分の汚れは落ちず、効果は今ひとつです。石けんには界面活性剤が含まれており、これが油分を包み込み、エマルジョンを形成します。エマルジョンとは一般的に、互いに混ざり合わない2種の液体（たとえば水と油）が、どちらか一方の液体中で粒子状に分散しているものをさします。汚れが界面活性剤に包み込まれたエマルジョンが水に分散することで、手が綺麗になります。

エマルジョンの原理を応用したものにも様々な用途があるため、たとえばエマルジョンの粒径が均一になるような手法の開発や、より機能的あるいは複雑なエマルジョンの作製といった研究が盛んです。エマルジョンの形態や組成を外部から操作することは難しいですが、Swager 研では動的な複数成分系のエマルジョンの簡単な作製方法を開発しました。その方法は、層分離する hydrocarbon (以下、H層)、fluorocarbon (以下、F層) の2つの液体を混ぜるまで加熱し、適切な界面活性剤を加えるだけです。温度が下がると、H層とF層が層分離し、2成分系のエマルジョンが完成します。図1bにはこのエマルジョンの横からのイメージ図が示されています。H層はわかりやすく赤く塗られ、F層に包み込まれている、エマルジョンの中にエマルジ

オンがあるような状態を表しています。このエマルジョンの最大の特徴は、外部の環境に応じて、動的な挙動を示すことです。図1cでは、界面活性剤の割合を変えた際の形態変化を図で表しています。F層と相互作用する界面活性剤（白い棒で描かれている分子）の濃度を徐々に上げると、図の真ん中にあるヤヌスと呼ばれる二面性の形態を経て、図の右側にある、H層がF層に包み込まれている形態を取ります。この動的な挙動は、界面活性剤の濃度のみならず、pH や光などでも可逆的に制御できるため、多くの応用が見込まれる研究となりました。[実際の論文](#)には動画などもあるので、詳しくはそちらをご覧ください。

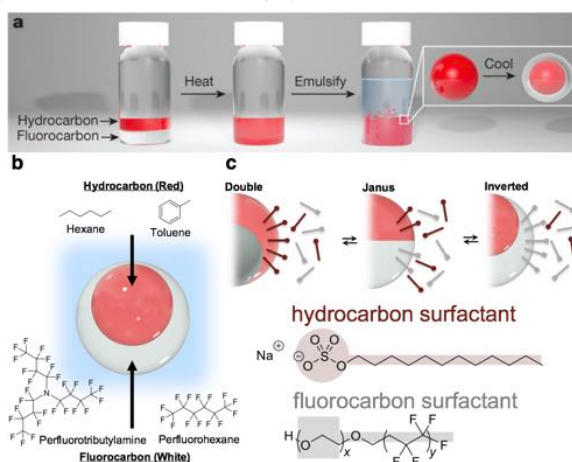


図1：先行研究で報告されたエマルジョン。(a) エマルジョンの作製方法の図。(b) エマルジョンの組成の例。(c) 界面活性剤の例とその濃度によって形態が変化できることを表すイラスト。

● エマルジョンをセンサーとして応用：サルモネラとジカウィルスの検出

このエマルジョンが有用である理由は、動的で外部刺激に応答することが出来るため、様々なセンサーを開発することが見込めるからです。この先行研究を踏まえ、感度の高い、たとえば光を利用したセンサーの開発を行う研究がいくつか発足しました。ここでは、最近発表された、全反射を利用したセンサーと、内部フィルター効果を利用したセンサーの原理を紹介いたします。

図 2a, b, c では全反射を利用したセンサーの図を表しています。H 層の屈折率が約 1.5、F 層の屈折率が約 1.3 であるため、H 層と F 層の界面で全反射が起こります。図 2a では、H 層と F 層が接する角度（つまりエマルジョンの形態）によって、照射した光が全反射で返ってくる光の強度が異なることを示しています。図 2c では、観測された光の強度とシミュレーションした光の強度を重ね合わせたグラフを図示しており、似た結果が得られることが伺えます。[今回の論文](#)¹では、サルモネラと特異的に相互作用する界面活性剤を合成し、それを用いてエマルジョンを作製することで、光の強度をサンプル内のサルモネラ濃度に変換することに成功しました。実際のセンサーのイメージは図 2b のようになります。

図 2d, e では内部フィルター効果を利用したセンサーの図を表しています。H 層に溶ける市販の蛍光色素と、私が合成した F 層に溶ける蛍光色素を利用し、2 つの蛍光強度の比を利用してセンサーが作れます。通常の状態では、光は H 層に吸収されて蛍光が出ますが、その蛍光がフィルターのように F 層に吸収されるため、実際には F 層に溶ける色素の蛍光が観測されます。このエネルギー移動を一般に内部フィルター効果と呼びます。ジカウィルスの存在下では、エマルジョンの H 層が凝集して傾くため、H 層から出た蛍光が F 層を通らずに観測される割合が高くなります。[今回の論文](#)²では、2 つの色素の蛍光強度の比をサンプル内のジカウィルスの濃度に変換することに成功しました。実際のセンサーのイメージは図 2d のようになります。

このエマルジョンセンサーは他と比べて、高い分析装置の利用を必要としない、屋外などで行う実地試験で使える可能性が高い、結果が迅速にわかる、などの利点が挙げられます。私の貢献により、F 層からも蛍光を読み取れ、複合的なデータの解析を可能にし、センサーの検出下限値の改善や感度が向上出来ました。これらの成果は、メンバー間・研究室間・学科間の共同研究の賜物です。現在、別のセンサーの開発のために、異なる物性を持つ新しい分子を設計し、その合成に励んでいます。

3. おわりに

以上、論文の解説、およびそれに関連した研究の近況を共有致しました。気のせいかもしれませんが、周りの人から最近よく「将来どうするの?」と聞かれる気がします。年を取った証拠でしょうか…? いずれにせよ変わらず今後も邁進していくので、引き続き応援して頂ければ幸いです。今回も最後まで読んで頂き、本当にありがとうございます。

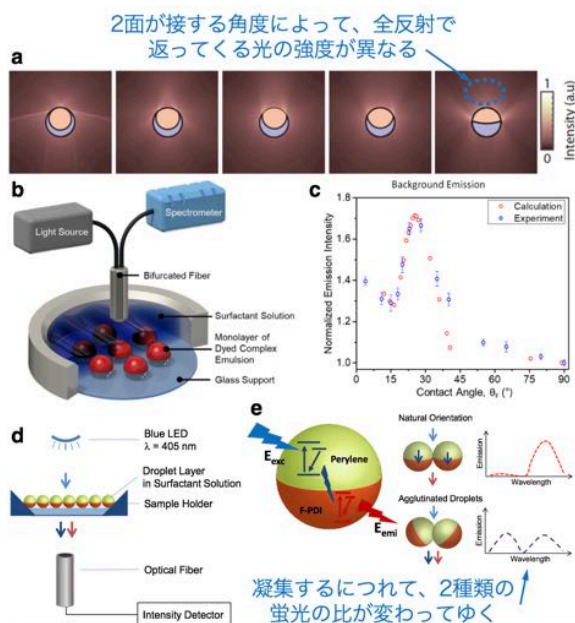


図 2：今回報告した 2 つのセンサーの仕組み。(a) Ray tracing (光線を追跡) シミュレーションの結果。(b) 全反射を利用したセンサーのイメージ図。(c) 接触角と観測される光の強度の実験と計算結果のグラフ。(d) 内部フィルター効果を利用したセンサーのイメージ図。(e) エマルジョンの凝集により 2 つの分子の蛍光の比が変わることを表しているイラスト。

4. おまけ

● 海外大学院留学説明会@東京大学

昨年 12 月に、東京大学で催された海外大学院留学説明会に登壇しました。この説明会は、東大では毎年夏と冬の 2 回行われており、私も何回か登壇したことがありましたが、講演を行うのは今回が初めてでした。私も大学生だった頃、この説明会に参加し、先輩からのアドバイスを聞いて大変有意義な会だったため、少しでも参加して頂いた方の参考になればよかったです。当日発表で使用した資料を参照されたい方は、ぜひ[こちら](#)からご覧ください。



図 3：講演の様子。後ろにいるお姉さんとリラックマの方が気になるかもしれない一枚。

● この半年での旅行の写真まとめ

アメリカに来てから休みをまとめて取るようになったことから、ON と OFF がはっきりになった気がします。アメリカと日本の往復券よりも、それに目的地を加えた周遊券の方が安いことを覚え、ついでに上海などにも行きました。もともと写真は好きで、昨年ついにカメラを買い、旅先で写真をさらに撮るようになりました。肉眼で見る光景には敵いませんが、カメラで撮った写真を見返すことにもはまっています。日本での滞在も、ほぼ東京で終わってしまうので、積極的に地方に旅行するようにしています。



図 4：京都旅行中、非常に天気がよく眩しすぎた金閣寺の写真。

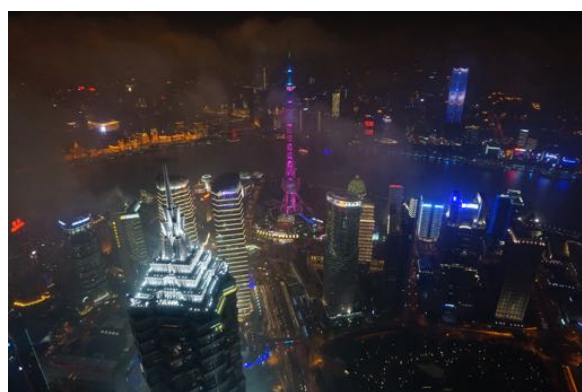


図 5：上海上空からの夜景。雲がかかっていることが景色に幻想性を持たせてよかった。



図 6：自由の女神像と NY の街並み。NY に行くのが初めてという友人と観光。

5. 引用文献など

- (1) L. Zeininger, S. Nagelberg, K. S. Harvey, S. Savagatrup, M. B. Herbert, K. Yoshinaga, J. A. Capobianco, M. Kolle, T. M. Swager, *ACS Cent. Sci.*, **2019**, *5*, 789.
- (2) Q. Zhang, L. Zeininger, K.-J. Sung, E. A. Miller, K. Yoshinaga, H. D. Sikes, T. M. Swager, *ACS Sens.*, **2019**, *4*, 180.