

ドイツ IPHT 訪問記

氏名： 日野 翔午

班名： [C02] メゾヒエラルキー構造の光物性/力学物性の解析・利用
山本グループ

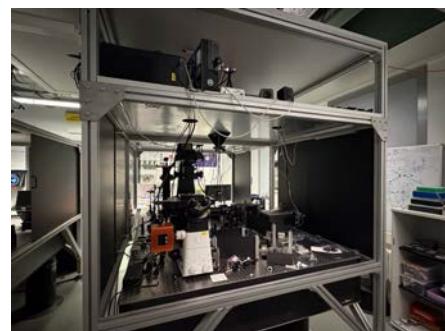
所属・学年： 筑波大学 理工学群応用理工学類 学群4年

留学期間： 2025年11月19日-12月4日

訪問先： ドイツ Leibniz Institute of Photonic Technology

このたび、ドイツの Jena(イエーナ)にある、Leibniz Institute of Photonic Technology の Jer-Shing Hwang 氏のグループに、実験のために訪問させていただきました。以下に、実験や留学中の生活、経験談等を報告させていただきます。

私の研究は、“光物質強結合”に関する研究です。光物質強結合とは、光と物質の量子的な重ね合わせ状態です。共振器構造に光を閉じ込めると分子の励起子と光子のエネルギー交換が高速になり、結合強度がエネルギー散逸よりも大きくなることで新しい2つの遷移状態が形成されます。私はマイクロ球体光共振器を用いた光物質強結合を達成すべく、研究を行ってきました。実際にこれまで、スペクトルシュミレーションなどを用いることで分子設計からマイクロ球体作製まで開発を行ってきました。散乱光を用いた実験では光物質強結合に特徴的なポラリトンのピークを観測することに成功しました。しかし、強結合を示すためにはマイクロ球体の吸収スペクトル測定が必要ですが、その球体という形状から光の吸収を測定することは容易ではなく、その方法を模索していました。そのような中、2025年4月に、私たちの研究室と以前から交流のあるライプニッツ光技術研究所 (IPTH) の Jer-shing Huang 博士とのディスカッションを通してマイクロ球体の吸収スペクトル測定を可能にするアイデアの着想に至りました。具体的には Huang 博士らが得意とする光干渉を用いた分光法を顕微分光に導入して測定系を構築し、干渉させた白色レーザーを励起光として色素マイクロ球体の EEM (励起-蛍光マトリックス) を測定するというアイデアでした。励起スペクトルは吸収スペクトルのアナロジーであるため、マイクロ球体の吸収を観察できるのではないかと思い至り、訪問させていただくことになりました。



実際に使用した光学系の写真

マイクロ球体のサンプルは日本で準備しました。私が準備している間、私の指導教員の鷲田創助教は先にドイツへ向かい、光学系のセットアップを構築していただきました。

実験1~2日目は実験系の説明や操作方法を教えていただき、実際に手を動かして覚えました。3

日目からは自分で測定を始めました。実験を行うにつれ、様々な問題点が見えてきました。まず、励起光のスポットが大きすぎることです。WGM 発光を励起するには球体のエッジを励起するのが良いのですが、スポットサイズが大きく、全体が励起されてしまいます。そこで、励起強度は下がりますが、励起光スポットの端を球体のエッジにうまく合わせることで、WGM の励起を試みました。すると、新たな問題が見つかりました。励起波長を掃引すると、スポット位置が少しずつずれるため、ある波長での励起スポットエッジと球体エッジを合わせる方法を用いると、他の波長になった時に球体から励起光が離れてしまい、励起できないという問題です。

さらに、分光器に届く発光が弱く、スペクトルの S/N 比が悪かったり、そもそも WGM が見えているのかわからなかったりする問題もありました。(私たちの研究室の顕微システムで WGM 発光は見えることは確認済み。)

そこで、スポットのずれと発光強度の問題を解決するために、球体全体に励起光をあて、分光器側のスリットを狭め、位置を球体のエッジに合わせることで WGM の発光を取ることを試しました。その結果、初めよりも強い発光で、WGM ピークも観測されるようになりました。さらに積算時間と平均化回数を増やして時間をかけて計測することで、より明瞭なスペクトルを取れるようになりました。ただ、全体励起なので、光と結合していない分子からの発光も見える可能性があることは注意が必要です。

最終的には、データ数は多くはないですが、球体でないフィルムからの発光と、色素濃度の異なる球体からの励起発光スペクトルを取り、比較することができました。その結果、強結合による分子吸収の分裂と思われる挙動を観測することができました。

また、Huang 博士と櫛田助教との議論で新たなアイデアも生まれ、日本でも似た実験ができる可能性があることが分かり、様々な収穫を得ることができました。

ドイツへは羽田からフランクフルトへの直行便で 14 時間かけて移動しました。フランクフルトからイエーナへは少し遠く、初日は夜に着いたこともあって、フランクフルトの東横インに宿泊しました。翌日、イエーナに向けて朝出発しました。ドイツの電車はよく遅延するため、30 分以上遅延したり、乗り換えがうまくいかなかったり、到着予定期刻よりも 2 時間遅れて IPHT に着きました。途中、気温 0°C の中 1 時間待つこともありました。

イエーナについてからは、基本、朝 9 時から夜 18 時で、研究室で研究をしていました。日によっては 20 時~22 時まで残って実験や解析を行うものもありました。現地の方は 9 時から 10 時の間に研究室に来て、17 時にはほとんどの人が帰っていて、日本とのギャップを感じました。昼は Zeiss 社の Mensa でご飯を食べることが多かったです。昼ごはんの後はコーヒーを一杯飲んで午後の実験を始めるというルーティーンを繰り返していました。日本とは違って、ドイツの少しゆったりとしたペースで無理せず研究を進められました。たまにはこういうのも良いなと思いつつ、



休日に訪れたエッフェル塔

日本に戻った後、やることが溜まってないか、みんなより遅れてないか不安でした。

初週末には、D1でイギリスに博士課程に行った加藤雅都先輩、2025年春から夏にインターンとして私たちの研究室に来ていたフランス人と再会するため、フランスのパリに行きました。おいしい料理も食べましたし、ルーブル美術館、エッフェル塔や凱旋門など有名なスポットも回れてとても良い旅になりました。

また、11/25からドイツ各地でクリスマスマーケットが開催されていたので、夜に研究室のメンバーとクリスマスマーケットへ行き、Glühwein（ホットワイン）やBratwurst（ホットドック系）を楽しみました。クリスマス関連の雑貨もたくさん売られていて、見ているだけでとても楽しかったです。帰りは、ライトの1日前にフランクフルトに移動して、行きと同様、東横インに一泊してから帰国しました。

帰国後は時差ボケとの戦いがとても大変でしたが、持ち帰った結果を櫛田助教に見せたところ、「おもしろい！」といつていただきましたし、Huang博士とのミーティングでも興味を持っていただけたため、ドイツで頑張ってよかったです。行く前は、成果が出なかったらどうしようと不安でしたので、ほっとしました。

今後は日本でもう少し光学系を改良して実験および解析をし、論文にまとめたいと思います。今回の訪問で、海外での研究や生活はどのような感じなのか肌で感じることができましたし、他国の研究室との共同研究の雰囲気を掴めたので、海外への精神的ハードルが下がりました。海外で研究できる機会があったらどんどん挑戦していきたいと思います。一方で、専門知識や英語力がもっとあればと感じた場面に何度か直面しましたので、その反省も踏まえ、これからも研鑽を積んできたいと思います。そして、短い期間ではありますが、海外で生活したことで、日本という国のインフラの高い質と食事の美味しさを改めて認識し、感謝しながら日々を過ごそうという気持ちになりました。

最後になりますが、本研究留学は学術変革研究(A)「メゾヒエラルキーの物質科学」のご支援のもとで実施されました。このような貴重な機会を与えてくださった関係者の皆様に深く感謝いたします。また、改めて受け入れてくださったライプニッツ光技術研究所のJer-Shing Houn博士に感謝申し上げます。



Jena のクリスマスマーケットでのホット白ワイン