



研究項目 A01：計画研究ウ

「構造共鳴を利用したマイクロ波の偏光及び伝播制御」

研究分担者 玉山 泰宏（長岡技術科学大学）

2013年度より、計画研究ウの「構造共鳴を利用したマイクロ波の偏光及び伝播制御」の研究分担者を務めさせていただくことになりました、玉山泰宏と申します。これまでに行ってきた研究について振り返りながら自己紹介をいたしたいと存じます。ただ、研究内容そのものにつきましては、北野正雄先生と中西俊博先生の研究紹介に書かれてある内容と重複しますので、違った視点、すなわち私の主観による振り返りを行います。

2003年、学部4回生の時に、京都大学工学部電気電子工学科の北野正雄教授の研究室に配属されることから研究生活がスタートしました。当時、量子光学やレーザーを使った実験に興味をもっており、これらに関わる研究に取り組みたいと考えて北野研究室を志望いたしました。ところが、結果的には、メタマテリアルに関する研究に取り組むことになりました。量子光学ではなく古典光学、実験ではなく数値計算からスタート、後に行うことになる実験ではレーザーではなくマイクロ波を扱う、ということで、当初の希望からすると大きな隔たりがあるものでした。しかし、メタマテリアルを用いると負の屈折現象という奇妙な現象が実現できるということを教えていただき、「もしかしたら面白いのかもしれないな。まあいいか。」くらいの気持ちで、メタマテリアルに関する研究に取り組むことになりました。非常に消極的なスタートで、当時は、これほど長くメタマテリアルに関わることになるとは微塵も思っていませんでした。

このようにして、メタマテリアルに関する研究を始めることになりました。学部4回生から修士課程の間に取り組んだテーマは、ブリュースター無反射現象に対する北野先生の疑問を解消するお手伝いでした。当時、研究室にはメタマテリアルや電磁界シミュレーション、マイクロ波測定に携わっていた学生は一人もいなかったため、何もかもが手探りだったように記憶しています。そんな中でも、北野先生や中西先生が様々な資料を提供してくださったおかげで、メタマテリアルの媒質パラメータ計算のためのFDTDシミュレーションコードの開発やマイクロ波測定系の作製ができ、TE波に対するブリュースター現象の観測に成功するに至りました。ここでの、1から研究を立ち上げた経験は非常に貴重なものであったと考えています。

修士課程修了後はコニカミノルタセンシング株式会社（現、コニカミノルタオプティクス株式会社）に就職し、測色・測光計の開発等に携わりました。測色・測光技術は可視光制御に関する技術ですが、ご存じの通り、可視光の波長



はマイクロ波の波長に比べて非常に短いです。そのため、再現性の良い実験をするための実験系の位置決めには工夫が必要になります。ここでの工夫における考え方は、後の実験に非常に役立つものとなりました。また、光の色の計測に関わる際には、人間の目の仕組みについても学んでおく必要があります。人間の目には、光計測のための、ハードウェア的・ソフトウェア的な様々な工夫が備わっています。人間の目について学んだことも、今後の光・電磁波制御に役立つのではないかと考えています。

2年間会社に勤めた後、再び北野先生のお世話になることになりました。期間は、博士後期課程学生として3年間、ポスドクとして2年間の計5年間です。ここで行った研究内容につきましては、前述のとおり、北野先生や中西先生の研究紹介の内容と重複しますので、印象に残っている研究について述べたいと思います。

2008年頃、すなわち私が博士後期課程の1回生だった頃ですが、量子光学における電磁誘起透明化現象をメタマテリアルで模擬するという論文が発表され始めました。中西先生に、関係する論文を紹介していただいて、その原理について色々と勉強していました。ある日、こういう原理で動いているのだということが理解できたのですが、次の瞬間、「この実験、やったことある。」ということに気付きました。

修士課程のとき、スプリットリング共振器で構成されたメタマテリアルを用いて TE 波に対するブリュースター無反射現象の観測実験を行っていたわけですが、スプリットリング共振器の並べ方を変えた場合にメタマテリアルの特性がどのように変わるのかという実験を遊びで行っていました。その遊びで行った実験の中に、電磁誘起透明化現象を模擬するスプリットリング共振器の配置があったのです。実験ノートを見返してみると、2005年8月17日にその実験を行った痕跡が残っていました。ただ、遊びで行っていた実験でしたので、数値データを真面目に取ってはおらず、透過スペクトルがこんな形になるという手書きのスペクトル形状がメモしてあるのみでした。実験を行った当時は、そのスペクトル形状の意味するところは全く分からなかったのですが、そのよくわからない現象を完全に消す手法についてはわかっていたので、ブリュースター現象の観測には支障がないとしてほったらかしにしていました。それが実は、メタマテリアルで電磁誘起透明化現象を模擬した実験だったのです。

非常に悔しい思いをしましたが、このことから、たとえ目標達成とは関係のなさそうな現象でも、その原理についてしっかりと明らかにしないといけないということを学びました。大げさな例えをしますと、当時の実験ノートは私にとっての徳川家康三方ヶ原戦役画像のようなものといったところでしょうか。

その後のある日、マイクロ波領域での非線形メタマテリアルに使用するダイ



オードの検討に関する実験を行っていましたところ、メタマテリアルの透過スペクトルが、予想とは異なった形になるという現象が観測されました。ダイオードの検討が終わった後に、予想外の透過スペクトルの原因について調べたところ、電磁誘起透明化現象を模擬した現象が生じていることがわかりました。しかも、メタマテリアル中での群速度が入射波の電場勾配に依存するという新しい機能が実現できていることを発見しました。上述の失敗に対してリベンジとまではいかないまでも、一矢報いる程度のことはできたのではないかなと考えています。

2013年度からは、長岡技術科学大学工学部電気系に所属し、研究・教育活動に取り組んでいます。今後は、自作の FDTD シミュレーションコードを使った、結合共振メタマテリアルや非線形メタマテリアルの電磁波に対する応答の数値計算や、その検証実験を中心として研究を行っていく予定です。ここでも、狙った現象の発現だけに注目するのではなく、何か少しでも予想外のことが起これば、その原理について徹底的に調べるということを忘れずに研究していきます。このようなスタンスにより、メタマテリアルを用いた光・電磁波制御技術の高度な発展に貢献していこうと考えています。

