

# MERIT 長期海外派遣報告書

新領域創成科学研究科 物質系専攻 博士課程1年  
岡本貴田研究室 木下 雄斗

## 1. 概要

平成28年1月3日より3月11日までの間、エストニアのタリンにある、National Institute of Chemical Physics and Biophysics の Toomas Rõõm教授、Urmaz Nagel教授のグループ (THzlab)の元に滞在し、研究活動を行った。

## 2. 研究内容

近年、磁性体において普遍的に強誘電性が発現することが見出され、磁化の電場による制御、分極の磁場による制御の観点から活発に研究されている。磁性強誘電体では、スピン軌道動相互作用などの機構を通じスピン秩序に由来して強誘電性を発現することが知られており、磁性と強誘電性の間に強い相関が存在する。この相関を示す現象として、エレクトロマグノンと呼ばれる、光の電場成分によって駆動されるスピン素励起の存在が知られている。エレクトロマグノンは主にテラヘルツ帯の共鳴振動数を有する。磁性強誘電体に特有なモードであるエレクトロマグノンを共鳴励起することで、通常の磁性体や強誘電体では不可能な磁化・分極の超高速制御が実現できる可能性があり、非常に興味深い物質である。受け入れ先のTHzlabでは、最大17 Tの磁場下で0.06 ~ 8 THzのマイクロ波~遠赤外領域を高分解能で分光できる装置を有し、種々の磁性強誘電体を対象として世界トップレベルの分光学的研究を行っている。

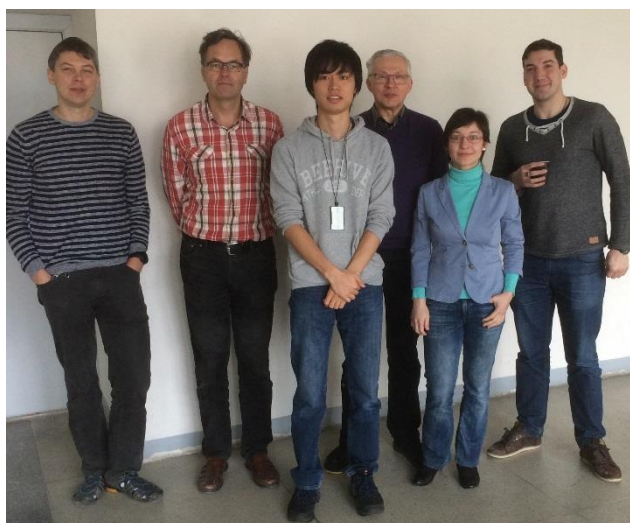
今回の派遣で、私はTHzlabで運用されているテラヘルツ分光の習得、および磁性体BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub>を対象としたエレクトロマグノンの分光学的研究を行うことを目的とした。メインで用いられていた装置は、クライオスタットに最大17 Tの磁場が印加可能な超電導マグネットを導入したものである。クライオスタット内を液体ヘリウムで満たすことで、サンプルおよびマグネットを冷却する。外部磁場はファラデー配置ならびにフォークト配置の両方の配置で印加可能である。光源はHgランプ、分光にはMartin-Puplett干渉計を用いており、検出されるインターフェログラムをフーリエ変換することで試料を透過した光のスペクトルが得られる。検出器は300 mKまで冷却したSiボロメータを用いていた。滞在当初、装置のSN比が極端に悪いという問題が生じており、初めの1か月は、装置のSN比改善作業を手伝わせていただいた。具体的には配線不良箇所の修繕や、プリアンプ・デジタイザ等を金属製の箱に入れることで外部から来る電磁ノイズを遮断するなどの対策を行い、SN比を向上させた。

SN比の改善作業終了後、磁性体BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub>において測定を行った。BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub>は室温で結晶構造が六方晶であり、点群6/mmmに属する。3価のFeは高スピンのスピン量子数

5/2を有し、6配位の八面体構造、4配位の四面体構造、5配位のバイピラミッド構造の内部に位置する。723 K以下でFeスピンの整列することでフェリ磁性を示す。また、5配位のバイピラミッド構造を成すFeイオンは、中心からc軸正あるいは負の方向に変位しており、局所的な分極を有する。分極間には反強誘電性的な相互作用が働いているが、分極の原因となる5配位のFeイオンはc面内で三角格子を成しており、フラストレーションが存在する。このことに起因して、 $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ は局所的な分極を有するものの、極低温においても分極間に長距離秩序が生じず、量子常誘電性を示す。すなわち、 $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ はフェリ磁性と同時に量子常誘電性を発現する特異な物質となっている。仮に、局所的な分極と磁化間に何らかの相互作用が存在した場合、低温下において磁場などの外場を印加することで、電気分極間の相互作用と格子由来のフラストレーションの均衡が破れ、電気分極の長距離秩序が生まれるなどの相転移が生じる可能性がある。この時、磁性強誘電体特有の素励起であるエレクトロマグノンの共鳴励起などの観測が期待できる。そこで、4 Kの低温において外部磁場をフォークト配置ならびに、ファラデー配置のそれぞれで印加し、透過分光測定を行った。残念ながら磁性体において通常観測される磁気共鳴以外の吸収を観測することはできなかった。原因としては、分極と磁化間の相互作用が小さく、本実験で印加した外部磁場では相転移あるいはそれに準じる変化を生じさせるまでに至らなかったことが考えられる。もしくは、相転移を生じさせるには測定温度(4 K)が高すぎたことも考えられる。実際、比熱の温度依存性を測定した先行研究[S.-P. Shen *et al.*, *Nat. Commun.* **7**, 10569 (2016).]では～数百mKの領域で異常が観測されている。

### 3. 現地での生活

滞在先のタリンはバルト三国の一つ、エストニアの首都であり、人口40万人程度の小さな都市である。公用語はエストニア語であるが、大体の人は英語も堪能であり日常生活において言葉の面で困ることはあまりなかった。食事はソーセージや肉類が中心で、バルト海に面している割に魚介類が有名というわけではないようだった。派遣前は口に合わないのではと心配したが、大抵のものはとても美味しく不自由は感じなかった。休日は世界遺産となっているタリンの旧市街を初め、フェリーや長距離バスを使って、バルト三国のリトビア、リトアニア、さらに北欧のフィンランドやスウェーデ



研究室のメンバーと

ンを観光した。まとまった期間、一人で海外生活するというのは初めての経験だったので非常に不安であったが、特に大きなトラブルもなく無事に過ごすことができ満足している。ただ、自分の英語力が拙いために意思疎通がうまくできないことが多々あり、英語力向上の必要性を痛感した2カ月であった。

#### 4. 謝辞

最後に、今回の渡航に関し受け入れてくださったRööm教授、 Nagel教授および研究室の方々、また渡航を支援していただいたMERITプログラム、ならびに指導教員の貴田徳明准教授、岡本博教授、副指導教員の有馬孝尚教授に厚く御礼申し上げます。