

平成 30 年 7 月 31 日

## 在外研究成果報告

大学院工学研究院 応用物理学部門 光物性工学研究室  
助教 土屋 聡

平成 29 年度若手教員在外研究助成により在外研究を行い、そこで得た研究成果を中心に渡航の準備や長期にわたる海外生活で得た体験、感じたことを簡単ではありますが下記の通りまとめましたのでご報告いたします。

### 記

1. 渡航期間： 2017 年 9 月 2 日 ～ 2018 年 6 月 30 日
2. 渡航先： スロベニア ヨゼフステファン研究所 (Jozef Stefan Institute: JSI)

JSI はスロベニアの首都リュブリャナ(図1)にありスロベニアを代表する研究機関である。日本の主要な研究所と比べると規模は小さい印象を受けるが、研究分野は基礎物理学、化学、生物学、情報科学など多岐に渡っている。今回筆者が滞在した先研究室は低温における光学実験に必要な測定装置、設備が充実している。特に3パルス-ポンププローブ分光測定(後述)のパイオニアであり、これまでに多くの先駆的な成果をあげている。また受入研究者の Tomaz Mertelj 准教授、Dragan Mihailovic 教授をはじめ、固体物理、光物性分野に精通した研究者が多く所属しており、新しい光学実験技術を習得するだけでなく、それに関連する物理を深く学ぶことができる。

3. 渡航(研究)目的:

筆者は長年に渡る物性研究者の夢であり、応用上極めて大きな進展をもたらすことが期待される高温超伝導発現機構の解明を目指し、擬ギャップの起源、超伝導との関連性を電子相関の観点から明らかにするための研究を行っている。これまでの研究で、キャリア数を変化させずに電子相関を制御できる有機超伝導体を用いて、近赤外域フェムト秒光パルス励起によるポンプ-プローブ分光を行い、擬ギャップ応答の発見、及び電子相関との新たな関係性を見出した。本渡航では主にこの擬ギャップ応答の起源を解明するため、3パルス-ポンププローブ分光測定を行った。

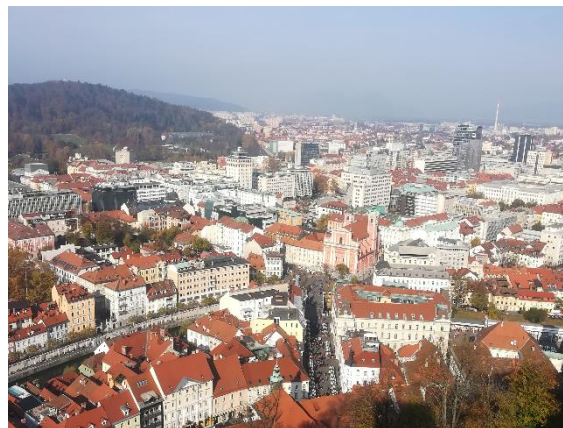


図 1. リュブリャナ城から見た市街地。

#### 4. 研究成果:

通常の物性観測に広く使われる超短光パルスレーザーを用いたポンププローブ分光は、ポンプ光により励起された過渡的な電子状態の変化(ダイナミクス)をプローブ光で観測する。この3パルス分光では(図2)、ポンプ光が照射される前に高強度のプレパルスを照射することで、電子系のエネルギーギャップを伴う秩序状態(擬ギャップ状態)を瞬時に破壊し、再形成される過程を通常のポンププローブ分光で観測する。このとき電子系に長距離秩序があるかないかによってダイナミクスの緩和時間の振る舞いが劇的に異なることがわかっている。本測定では電子相関の異なる3つの有機超伝導体を用いてその振る舞いを調べたところ、低強度のプレパルスを入射したときには緩和時間は長距離秩序がない振る舞いを示したのに対し、高強度の場合は緩和時間が長くなり長距離秩序があるかのような振る舞いになることを見出した。これは全ての有機超伝導体で系統的に観測され、似た系である銅酸化物超伝導体では観測されていない。よって現段階では有機分子特有の自由度が擬ギャップ状態形成に何等かの関連があると考え更なる考察を進めている。

また今回の滞在では当初の予定にはなかった白色コンテニュームパルスを用いたスペクトル分解ポンププローブ分光にも挑戦することができた。この測定では過渡的な電子状態のスペクトル変化を観測することができる。結果の詳細は省略するが、超伝導状態に関する新たな知見を得ることができた。

以上のように有機超伝導体に対し新たに2種類の分光測定を行い、擬ギャップ状態、超伝導状態に関する重要な知見を得ることに成功した。本測定により新しい物理を探求するだけでなく、幅広い測定技術も身に付けることができた。今後研究を進める上で非常に役立つ、大変貴重な経験だったと感じている。また同じ研究室の若手研究員やこれから活躍が期待される学生たちと研究に関する議論をすることが多く、とても良い刺激となった。今後も彼らとの縁を大切に、チャンスがあれば国際共同研究を行うなど関連研究分野を盛り上げられるようにこれからも努力し続けたいと考えている。

#### 5. 渡航の準備:

渡航に際して最も重要な準備の1つは、長期滞在許可証(ビザ)の取得である。筆者の場合、約4カ月前から在日日本スロベニア大使館と連絡を取り、必要書類を揃え、東京にある大使館に出向き申請を行った。自分では早めに動き出したつもりであったが、途中書類の不備や、スロベニアのバカンス(6-7月)の時期には手続きが進まないこともあり、結果的にビザカ

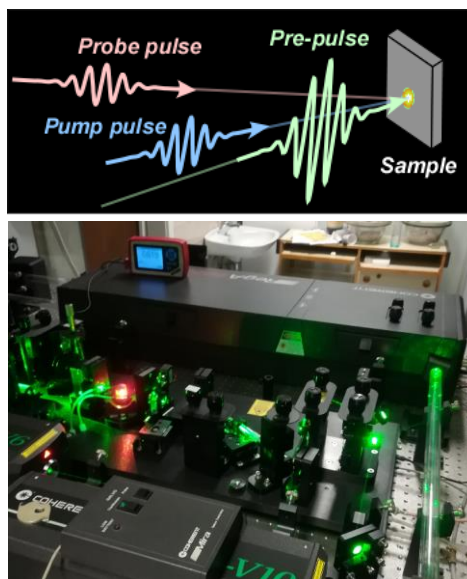


図2. 3パルスポンププローブ分光測定の概略図(上)と測定に用いたレーザー発振器(下)。

ードを入手できたのは出発ぎりぎりの8月後半であった。また今回の渡航では妻と子供(2歳)も同伴したのだが、家族分のビザ申請は筆者の分が発行された後に可能になるため、申請書類の一部を東京の大使館で提出し、残りの手続きは現地で行うことになった。しかし東京の大使館で一部申請がされたことを理由に、ビザカードは東京に送付されてしまい現地で受け取ることができなかった。結局東京近郊在住の友人に受け取り及び郵送してもらい事なきを得たが、大使館と現地役所のスタッフの言っていることが違うなどかなり混乱した。後に在スロベニア日本大使館のスタッフに聞いたところ、そのような場合もスロベニアで受け取り可能だそうだが、現場のスタッフにはそのこと理解していない方がいるため今回のようなことが起こるのだそうで、色々大変ではあったが今となってはよい経験になったと感じている。

#### 6. 海外生活の感想:

初めての長期海外生活は毎日が非常に刺激的であり、スロベニアの文化、人々の特徴など多くの発見があった。またそれは同時に普段意識していない日本(国、人)の再発見でもあったと思う。働き方、学生の自主性、店員さんの対応など日本と異なる点を挙げればきりがなが、最も印象的だったのは子供への対応である。ベビーカーを押してバスに乗降や階段の昇降の際には、近くにいる人が手を貸してくれ、バス車内で子供が騒いだとしてもいやな顔をする人は特にいなかった。それどころか子供が少しくらいうるさいのは当たり前のように、笑顔で子供に話しかけてくれたりする方が多かったと思う。またショッピングモールやデパートにある子供用の遊び場では、基本的に親は隣接するカフェでコーヒーを飲みながら見守っているだけで、子供が遊んでいるところに介入することは少ない。おかげで遊び場では様々な年齢の子が伸び伸びと遊んでおり、たまに年上の子どもがまだ滑り台を一人で滑れない我が子の手を引いて一緒に滑ってくれたりしてくれていて大変感銘を受けた。日本では親は子供の傍らにいて、他人に迷惑をかける(例えば他人が使っているおもちゃを取るなど)ような兆候があればすぐに介入し、トラブルにならぬよう配慮するので親は常に疲弊し、子供は自由に遊べないので互いにストレスがたまるが多かったので、このような環境は非常にありがたかった。誤解を恐れずに言えば社会全体が子供中心であり、周りの大人達はそれを見守り、支える雰囲気があると感じた。筆者よりも子供と一緒にいる時間が長かった妻も同様の感想を述べていたので、子育てのストレスは日本にいる時よりも少なかったようである。

#### 7. 謝辞:

今回の長期在外研究に対して多大な支援を頂いた北海道大学大学院工学研究院、また多くのご配慮、支援していただいた光物性工学研究室の戸田教授、研究支援室の田口さん、及び応用物理学部門の皆さま、そしてビザカードを郵送してくれた坪田氏(学習院大)、年末年始休みに日本食を差し入れしてくれた時実氏(理研)に深く感謝致します。

以上