

## 2016年度 原子衝突学会 若手の会

上智大学大学院 理工学研究科 理工学専攻 理工学領域  
電子物性研究室 博士前期課程2年 大富翔平

### ✚ 報告内容

2016年度原子衝突学会若手の会に参加した。

自らのポスター発表の様子や他の講演者の発表内容、他校の学生との交流に関して報告する。

### ✚ 若手の会について

- ◆ 日程 : 2016/10/14~2016/10/16
- ◆ 開催地 : 協同の杜 JA 研修所

### ✚ 報告

#### ◆ ポスター発表

##### ◇ 発表概要

当研究室では、従来から電子エネルギー損失分光法(EELS)により、様々な原子・分子の電子励起状態に関する研究を行ってきた。これまで、 $T_d$ 対称性に属する $XF_4$  ( $X = C, Si, Ge$ )分子を標的とした、最低励起状態である光学的許容遷移に対する励起積分断面積の定量測定結果と BEf-Scaling の有用性について報告してきた。そこで今回は、 $XF_4$ 分子の電子励起状態について行われた精密な量子化学計算と本研究で得られたエネルギー損失スペクトルを比較することで、各電子励起状態における振動子強度と帰属について考察を行ったので報告する。

##### ◇ 発表の様子、質疑応答

- 実際にどのくらい測定が難しいのか、装置に対する影響がどの程度なのか質問されることが多かった。また、ポスター発表の前に行われた北島さんによる講義と実験手法の話がかぶっていたため、基本的なことに関して質問されることが多かった。

◆ 講演者の発表内容

☆ “低エネルギー電子衝突実験と電子分光” 東工大 北島 准教授

電子衝突過程の基礎的な理論についての説明、また様々な電子分光法の実験手法や結果の紹介。

当研究室とほぼ同じ実験を行っているため、非常に良い復習になった。その中でも、自分自身は行っていないがよく論文で見るとような実験についての説明は非常に勉強になった。

☆ “低侵襲・高精度粒子線がん治療の研究

荷電粒子ビームによる腫瘍への照射実験についての説明や、粒子線治療装置の紹介。

放射線治療といった身近であるが、いまいち理解していなかった理論や仕組みなどをわかりやすく説明してもらった。

◆ 他校との交流

1年に一回の若手の会は、ポスター発表や、懇親会を通じて遠方から来る友人や先輩後輩との交流ができる貴重な機会である。今回の若手の会では、今年が最後の若手の会である同じ学年の学生と将来の話や研究の話を楽しみながら話すのがメインであった。また、新たな優秀な後輩達がとても増えていたので、自分たちと同じように多くの友人を作り、今後の若手の会を盛り上げて行って欲しいと思っている。

第37 原子衝突若手の会 秋の学校 報告書

上智大学 星野研究室

田中 敦也

1 日目：10 月 14 日（金）

1 日目は小田切先生の「現代物理の基礎」の授業 TA のため、18 時 30 分まで学校に残りそこから 19 時 16 分発の山形新幹線で若手の会の会場である「共同の杜」へ向かいました。

懇親会不参加のため、最初はあまり場に馴染めませんでしたが、お酒の力で何とかその場をくぐり抜けることができました。



2 日目：10 月 15 日（土）

講演は北島先生の「低エネルギー電子衝突実験と電子分光」を聴講しました。講演内容は星野研究室の研究内容と同じだったので、理解しやすかったです。北島先生も電子衝突をよくわからない人達に説明しようとしていたので、聞いていてわかりやすかったです。いつもの違う先生から聞く電子衝突の講演は実に興味深かったです。

午後はポスター発表を行いました。ポスターを貼られた位置が悪く、あんまり人が来ませんでした。その代わりに北島先生が自ら、私のポスターを見に来てくれました。最初は緊張して上手く話すことができませんでしたが、最後のほうは上手く話すようになったと思います。北島先生に聞かれたことは ICS の誤差が何をしたときの誤差で、DCS から 5% 増えるのは合っているのか、GOS をフィッティングする Vriens の式は合っているのかなど、細かく質問を受けました。この質問に対しては上手く返すことができなかったのですが、これから勉強をしていきたいと思っています。逆に、他の大学の人達には初歩的な質問をされました。例えば、微分断面積、積分断面積とは何なのか。また、多電子の電子状態を表す  $\Sigma$  軌道、 $\Pi$  軌道はどういうことなのかなど聞かれました。全体の感想として、発表をしたとき自分の話す内容が長すぎるのではと思い、急いで話してしまいましたが（発表が 15 分だったため）、しかし、他の人の発表を聞き、みんなゆっくりと丁寧に発表をしていて自分もそのように発表をすべきだったと反省しました。オーラル発表と違って、時間制限がないのでこれからはゆっくりと丁寧に発表をしようと思いました。

今回の若手の会のポスター発表で指摘された点や反省点を踏まえて、12月の富山での原子衝突学会のポスター発表を頑張りたいと思います。

その夜の懇親会も前日と同様に夜中の3時まで飲みました。大富さんは話を振ってくれて、私が会話の中に入りやすくしてくれて大変嬉しかったです。知らない人達と飲むのはいい刺激になりました。これからも交流を深めていけたらいいなと思います。



3日目 10月16日(日)

3日目の講演は東北大学の寺川先生の「低侵襲・高精度粒子線がん治療の研究」でした。講演内容はなじみのない言葉がでてきて難しかったです。衝突の研究において、がん治療にも応用できるとは驚きました。若手の会というイベントを設けてもらうことによって、普段触れることがない内容も勉強することができてよかったです。

今回、ポスター賞は上智大学からは選出されませんでした。来年は自分が取れるように頑張りたいです。

2016年10月14 - 10月16日

## 2016年度第37回原子衝突若手の会 参加報告書

上智大学理工学専攻物理学領域

電子物性研究室 修士1年 菱山 直樹

私は10月14日から3日間、山形にて行われた原子衝突若手の会に参加し、2日目に『 $\text{PF}_3$ 分子の電子分光：弾性散乱過程』という題目でポスター発表を行った。

行きの宮城県のパーキングエリアでは宮城の名物である味噌おにぎりと玉こんにゃく串を食した。玉こんにゃく串が自分の想像を遥かに超える美味しさであった。会場に着き開会式が行われた後、斎藤先生による『ポジトロニウムとガンマ線の物理学』の講義を聞き、研究室紹介が終わったあと、近くの温泉へ行き山形を漫喫した。そのあとの懇親会では、小グループに分かれ『中学高校の文化祭』『ポケモンGO』『研究室の指導教員』などのお題で話し合いを行った。世間話から、研究の深い話まで多岐にわたる会話が繰り広げられた。そのあと、他大の方達と宴が続いた。

2日目の午前中は北島先生による『低エネルギー電子衝突実験と電子分光』の講義が行われた。自分の研究と密接に関係しているため、とても身になる講義となった。ポスター発表では他大の方達のレベルの高さに驚きを感じたと共に自分の向上心のモチベーションとなった。また、原子衝突という近い研究分野にも関わらずポスターを聞いてみて他分野かと思うほど難しく感じ自分の理解度の低さを痛感した。また、逆に自分のポスター発表では、自分が当たり前と思っていたことが他大の学生には伝わらない部分もあった。よりわかりやすく自分の研究をアピールすることが大切と考えた。

3日目には寺川先生による『低侵襲・高精度粒子線がん治療の研究』の講義を受け閉会式を行った。帰りには蔵王温泉大露天風呂 (URL:



<http://www.jupeer-zao.com/roten/>) の湯に浸かり疲れを癒した。硫黄の香りがしてシャワーも浴びる場所もなく温泉しかなく自然に囲まれていて趣深かった。日曜日ということもあつたのか、混雑していてロッカーが自由に使えず、静かではなかつた事を除けば、自然を感じることができ、昔ながらの温泉の風情もあり、とてもいいお湯だったので、ぜひお勧めしたい場所であつた。

原子衝突の他研究にも興味を持ち、知見を深めていく余裕が必要と感じることができた。更に、他研究の知見から自分の研究を客観的に考えることで原子衝突および物理の理解を深めることが理想であると考えた。そういった意味で大変意義深い会となつた。最後に、この会を開催してくださつた東北大の幹事の方達、東京・山形間を運転して頂いた方に感謝する。



## 2016 年度 若手の会 報告書

### 【10月14日（1日目）】

部屋割り

講義

懇親会

講義までの間、同室に泊まる方々と集まり自己紹介をした。和やかと言える雰囲気ではなかったが、様々な大学の様々な年代の方がいた為、ある意味日常にはない体験ができ良い経験となったと思う。

講義内容は、正直ほとんど理解することができなかった。しかし、わからないながらも度々知っている単語や理論があったので、特にその際は注意して聞きなんとなくではあるが創造できる場面もあり、理解する努力はできたと感じる。

懇親会初日、2時間4人グループを3回転し言葉を交わした。主催校の配慮で、話題が書かれた紙が一枚ずつ置かれていたが、「輪講で使っている教科書は何か。」というものだったので、同意の上趣味の話などに切り替えた。4年生で進学、という自分と同じ境遇の人間に一人も遭遇せず、様々な研究室での話や今何をしているかなど多くを話、楽しむ事が出来たと思う。

懇親会後も、先輩の知り合いの方や他大学の方と仲良くして頂き、遅くまで楽しむ事ができ、すぐに打ち解けることができた。

### 【10月15日（2日目）】

講義

ポスター発表

懇親会

北島教授の講義を受けたが、今まで学んできたことが大半であり理解できた。放射線がDNAの二重らせん構造に影響を与える場合、放射線が直接DNAを傷つけると考える立場

もあると聞いたが、漠然とだが水分子からの二次電子による影響の方が説得力があるように思えた。

ポスター発表では、北島研究室の奥村拓馬さんの発表を聞いたが同時に複数の散乱角の電子を測定する装置の開発をしており、興味深かった。原理を説明してもらい、難しかったが要は角度を決めたアナライザーをいくつも置くことに相当する、ということだ。現在、一回に散乱角一度分しか測定できないが、この電子分光器が開発できればかなり測定効率が上がるだろうと感じた。他のポスター発表でも、内容はとても難しかったがそれぞれ新たな発見があり興味を持てた。

最後の懇親会では、前の日に知り合った先輩方の席に混ぜて頂いた。

## 【10月16日（最終日）】

### 講義

#### ポスター発表受賞式

放射線が人体に与える影響についての講義を受けた。講義事態の難易度は高かったが、耳にしたことのある言葉が多く、ある意味で身近になった分野だった為大変興味深く講義自体も楽しむ事が出来たと思う。

ポスター発表後の投票における受賞式が行われたが、自分の最も興味深いと思った奥村拓馬さんが2位を受賞していた。ポスター自体も完成度は高かったが、発表時の話し方、熱の入り方、相手に伝えようとする姿勢なども加味されたからこそ、多くの人から投票されたのだと感じる。また、自分自身も学ばなければならないことだと、考えさせられた。

### ～若手の会を通して～

まず、同じ領域の研究を行っている多くの人に会い、共に講義を受け、発表を聞く中で、やはり自分自身も今回様々な刺激を受けたと感じる。自分とさほど変わらない年の学生が、講義中高度な質問、議論を教授と交わしていたこと、ポスター発表の際自身の研究を楽しそうに発表する人。学ぶことを楽しむ姿勢が強く感じられ、卒業する身だとしてもそれらを社会にでてから活用できるよう、私自身もさらに身に付けていくべきことであると思えた。

また、年代も出身も異なる知らない人の多い環境にさらされ、そのような環境においても学ぶべきことは多々あった。今後、より一層知らぬ人と会い、話すことが多くなるだろう

と思う。今回、若手の会に参加した上でこれからも続けていこうと思える点、改善しよう  
と思った点が得られたことは、大きな収穫だ。  
この機会を踏まえ、様々なことに活かせればと思う。

# 第 37 回原子衝突若手の会 秋の学校 報告書

A1376692 石塚雅典

## 講義内容：ポジトロニウムとガンマ線の物理学

齋藤晴雄先生

ポジトロニウムとは、陽電子と電子がクーロン力で束縛された原子である。スピンの平行なものをオルソポジトロニウム、反平行なものをパラポジトロニウムという。ポジトロニウムは他の原子より軽いため、珍しい原子の実験が可能となる。そのためエキゾチック原子と呼ばれることもある。

オルソポジトロニウム、パラポジトロニウムは、真空中でそれぞれ 2 本、3 本のガンマ線となり、前者は 0 keV から 511 keV のエネルギー範囲に分布し、後者のエネルギーは  $mc^2 = 511 \text{ keV}$  となる。

また、ポジトロニウムと Xe 原子の散乱において、オルソ-パラ転換反応が起こることを実証し、断面積を求めた。転換が起こる場合、磁場の有無で寿命に変化が見られたが、転換が起こらない場合には、磁場による寿命の変化が見られなかった。

## 講義内容：低エネルギー電子衝突実験と電子分光

北島昌史先生

北島先生の講義は、自分たちの研究と関連性が高い内容だったので、貴重なお話を聞くことが出来て、大変為になった

まず、超低エネルギー電子衝突実験の特徴として、電子の速度が遅いため標的との相互作用の時間が長くなり、Ramusauer 効果などが起こる。熱フィラメントから放出される電子では超低エネルギー電子を作ることはできない。そこで、光電離過程によって放出される電子をビームとして利用している。

### 実験装置

1. 光電離セルにて Ar に  $h\nu = 15.76 \text{ eV}$  の放射光を照射する。
2. 放出された電子を 1st、2nd レンズに引き込み衝突セルに導く。
3. 散乱されなかった電子は 3rd レンズを通り検出器へ

これにより 5 meV ~ 20 eV の電子ビームを作成可能に

### 測定結果

- He、Ne の TCS は理論計算とおおかた一致していた。
- Kr、Xe はかなりの違いがあった。

⇒相対論効果の影響の可能性、重元素の理論計算を考え直す必要がある。

CO<sub>2</sub>の超低エネルギー側の TCS が理論計算より大きくなった。

↳virtual state という状態が超低エネルギー側で存在するのでは...

$\delta_0(k) = (2l + 1) \frac{4\pi}{R^2} |1 - S_c(k)|$  で表すことが出来る。ここで  $k$  は  $k = k_1 - ik_2$  であるが、 $k_1 = 0$ 、 $k_2 > 0$  の場合を virtual state と考えている。

また低エネルギーの衝突実験では、断面積が極小値を取ることがある。十分低エネルギーでは、 $ICS \cong \frac{4\pi}{R^2} \sin^2 \delta_0$  となり、もし  $\delta_0 = n\pi$  なら、ICS は 0 となり、電子が衝突したにも関わらず、衝突確率が 0 となる。これを Ramusauer 効果という。

まとめとして、超低エネルギー電子衝突実験では、He、Ne の TCS は理論計算と一致していたが、Ar、Kr はずれていた。また virtual state や Ramusauer 効果などの現象が観測された。

## 講義内容：低侵襲・高精度粒子線がん治療の研究

### 寺川貴樹先生

粒子線がん治療とは、言葉の通り、体の外部から粒子線をがん腫瘍に照射することで、がん治療を行う方法である。生物学的な影響として、間接作用と直接作用がある。間接作用は放射線照射による水の電離・励起によりラジカルが発生し、これが DNA に作用する ( $H_2O^* \rightarrow H^* + OH^*$ )。直接作用は直接 DNA に作用して励起が起こる。粒子線がん治療施設は日本とヨーロッパに多く、主に炭素線を用いている。アメリカは陽子線を用いた粒子線治療を初めて行った。

東北大学 CYRIC の粒子線治療装置のあるサイクロトロン施設では、最大 90 MeV の陽子線（水中飛程約 6 cm）を用いている。細胞レベルの放射線生物学実験から、マウス・ラットによる陽子線治療の基礎研究が可能である。この装置の粒子線の照射技術は、ワブラー法とペンシルビームスキヤニング法の 2 つがある。照射時のビーム走査を偏向電磁石によって行っている。このビーム走査の制御方法を変えることにより、2 つの方法を選択できる。前者が腫瘍全体を同時に照射するのに対し、後者は標的を 3 次元形状に一致させて、積算的に線量付与する。

以下に今後の目標として、問題点と課題を挙げる。

#### 問題点

- 腫瘍内部には、十分に酸素や栄養素が供給されていない領域があり、低酸素状態の細胞が存在している。⇒X 線や陽子線に対して抵抗性をもつ。
- 炭素線は低酸素細胞の殺傷効果が高いが、大型加速器が必要である。

#### 課題

- 低酸素細胞を腫瘍血管標的薬剤と陽子線治療とを組み合わせ、効果的に壊死に追い込む。
- 陽子線の線量を低く抑える。⇒マウス固形腫瘍モデルでの基礎研究。

## ポスター発表

今回若手の会で初めてポスター発表を体験しました。数ある発表の中でも特に印象的だったのが、最優秀ポスターに輝いた東工大の鳥塚さんの発表でした。まずポスターの完成度の高さに驚きました。目的から方法、結果、考察が一目で分かるようになっていました。鳥塚さんは話の中で因果関係がしっかりとしており、論理的に説明していたので、非常に分かり易かったです。また個人的には、東工大の奥村さんの発表内容が興味深かったです。当研究室の装置には、測定する角度を1つにしなければならないのに対し、開発している装置では全角度を同時に測定することが出来るため、測定時間を大幅に短縮できるという点が衝撃的でした。



最後に

山形はとても空気がきれいで夜景がきれいでした。



2016年10月21日

## 第37回 原子衝突若手の会 報告書

上智大学理工学部物質生命理工学科 4年

A1376696 山崎義基

期間：2016年 10月14日（金）～10月16日（日）

場所：協同の杜 JA 研修所（山形市）

### ○講義

10月14日：東京大学大学院・総合文化研究科・斎藤晴雄先生

講義は「ポジトロニウムとガンマ線の物理学」というタイトルであり、内容は以下の様なものでした。

「陽電子は正の電荷をもっており、負の電荷をもつ電子とは逆の反粒子である。この陽電子と電子がクーロン力で束縛された原子をポジトロニウムと呼ぶ。ポジトロニウムは他の原子より軽く、このポジトロニウムと Xe 原子の散乱において、オルソとパラのスピン転換反応が起こることが予言されており、これを実証し反応レートを求めた。この結果とさらに、エネルギー依存性を求める実験を行い、この結果を利用することでポジトロニウムのエネルギーの直接測定が可能になった。」

斎藤先生の講義では主にポジトロニウムについてのお話でした。初めて聞く内容ばかりであり、理論的にも難しいとされる実験の内容も聞くことができ、大変勉強になりました。

10月15日：東京工業大学理学院化学系・北島先生

講義は「低エネルギー電子衝突実験と電子分光」というタイトルであり、自分の研究内容に深く関係のあるものでした。内容は以下の様なものでした。

「超低エネルギー電子は電子の速度が遅いため、原子分子との相互時間が長くなり、さまざまな事象（virtual state、Ramsauer 効果など）が起こる。低エネルギー電子衝突実験の中でもオーソドックスな手法であるのが交差ビーム法である。他にも断面積測定などに透過減衰法などがあり、電子分光方法は他にもさまざまなものがある。交差ビーム法では角度を変えて測定を行うが、新型の分光器では別の角度を同時に計測できるものもある。測定した原子は He, Ne, Ar, Kr であり、He, Ne の TCS は理論計算と一致し、Ar と Kr はずれる結果となった。」

北島先生の講義内容は研究内容にとっても近いものであったので、自身の研究と照らし合せながら理解する事ができました。中には知らない分光法などの紹介もあり、より知識を深めることができました。

10月16日：東北大学工学研究科量子エネルギー工学専攻・寺川貴樹先生

講義は「低侵襲・高精度粒子線がん治療の研究」というタイトルであり、内容は以下の様なものでした。

「粒子線がん治療とは、粒子線を外部からがん腫瘍に照射し、DNAを破壊することで治療を行うことである。日本とヨーロッパに治療施設が多いが、陽子線を用いた粒子線治療を行ったのはアメリカが初である。今は山形大学が炭素線の治療の装置を新たに開発しており、照射技術としてワブラー法とペンシルビームスキヤニング法がある。多く使われているのはワブラー法であり、標的全体を一斉に照射する技術である。今後の問題点・課題としては、X線や陽子線に対し抵抗性を持つ腫瘍内部にある低酸素状態の細胞への対処、また炭素線を用いるにあたっての大型加速器の用意などがある。」

衝突物理学が医療分野に応用されているイメージが今まであまりなかったもので、寺川先生の講義を受けて「がんの治療」という具体的な内容を踏まえながら理解をすることができました。自分もこれからの研究に対してそういった応用へのイメージを膨らませながら研究を続けていきたいと感じました。

#### ○懇親会

1日目と2日目の夜には参加者全員での懇親会が行われました。内容としては参加者を4人ずつのグループに分け、机にあるお題に沿いながら話をして盛り上がりとうのものでした。初めてお会いする方ばかりでしたが、それぞれの大学での雰囲気や研究の内容、先生方のお話などを聞くことができ、大変楽しい時間を過ごすことができました。また、学部4年生の方が思っていたよりも多く、同じ学年として進路の話などもする事ができ、大変貴重な時間であったと感じました。

#### ○全体の感想

今回の若手の会を通して、普段は学べない衝突物理分野においての基礎や応用について学ぶことができました。また研究面以外でも、他の大学の学生、また同じ研究室の同期や先輩方から普段聞けない貴重なお話を聞くことができました。3日間という短い期間でしたが、その中で得たものをしっかりと自分のものにし、研究そして発表の場などで活かしていきたいと思っています。



ポスター賞授賞式の様子