

アメリカ留学を目指すあなたへ ～ SLAC / スタンフォード大学滞在記～

放射光科学第一研究系 簀原誠人

私は 2011 年の夏から 2014 年の 3 月までの 3 年弱の間、アメリカ合衆国・カリフォルニア州にある SLAC 国立加速器研究所およびスタンフォード大学に、ポスドク研究員として赴任する機会を得ました。向こうでの生活、研究所／大学の様子や感想について、紹介させていただければと思います。

まず、私がなぜ SLAC / スタンフォード大にポスドクとして赴任することになったかについてですが、これはおそらくかなり稀なケースに分類されるかと思います。博士課程修了後、日本学術振興会の特別研究員としての採用期間が残っていたため、そのまま博士課程を過ごした研究室のポスドクとして 1 年間在籍していました。その後、任期満了が近づき、学生時代を含めると 4 年間同じ研究室に在籍しておりましたので、そろそろ外が見たいと考え、他の研究室に異動することにしました。これまで放射光を用いた計測と薄膜作製の両方を行っていたのですが、もう少し薄膜作製のスキルと物性評価技術を磨きたいと思い、異動先として、東京大学大学院新領域創成科学研究科に所属しておられた Harold Hwang 教授の研究室(当時)に決めました。意気揚々と着任した翌日に開かれた臨時グループミーティングで、「Hwang 教授がスタンフォード大学の教授として転出するので、研究室まるごと(=人も装置も)移動する。」という衝撃的なカミングアウトを受けました。戸惑いも多少はありましたが、以前から海外に対する漠然としたあこがれもありましたので、そこは即断即決、妻には帰ってから承諾を取ればいい、と勝手に判断し、Hwang 教授とともにスタンフォードに移動することになりました。帰宅後、嫌な顔一つせず快諾してくれた妻には感謝しています。

さて、いよいよ研究室の引っ越し+スタンフォード大での立ち上げということになるわけですが、当時の研究室には、成膜装置やレーザー、評価装置などを動かした経験があるメンバーは Hwang 先生以外にいませんでした(Hwang 先生はアメリカの Bell 研究所から新領域に異動された経歴があります)。一方私は、博士課程学生時代には主に高エネ研のフォトンファクトリーのビームラインで研究活動を行っておりましたので、装置の移設作業は手慣れており、柏からスタンフォードへの引っ越し(主に実動部隊)では、遺憾なくリーダシップを発揮できたと自負しています。2011 年 8 月初旬に交流訪問者用 J-1 Visa が発給され、そこから一週間も経たないうちに渡米しました。スタンフォード大学へ行くためには、サンフランシスコ国際空港から乗り合いバスに乗るか、鉄道を乗り継いで行くかの 2 つの方法があります。このとき私と妻は鉄道を選択しました。

Caltrain という鉄道の Palo Alto 駅に着くと、スタンフォード大学が運営している無料のシャトルバス (Marguerite) があります。広い大学内のいろいろな箇所にバス停があるため、非常に便利でした。

アメリカで生活を開始するためには、いわゆる納税者番号に相当する Social Security Number (SSN) と、連絡がとれる電話番号(携帯電話など)の取得から始まります。この 2 つが無いと、ありとあらゆる契約が滞ります。携帯電話の契約は基本的には SSN が無いとできないのですが、プリペイド型携帯ならば可能です。SSN が無くても契約できる日本の会社などもオススメです。アメリカに入国すると、2 週間程度で入国情報が Social Security Office に反映され、ようやく SSN の申請が可能となります。SSN さえ取得してしまえば、あとはいろいろな契約ができるようになります。

SSN を取らなければできないもう一つ重要なこととして、運転免許の取得があります。アメリカでは州によってルールが違いますが、私が生活していたカリフォルニア州では、“旅行者”は国際免許の期限(1 年間)に則って運転できますが、“滞在者”(アメリカで居を構える場合は、この国際免許はわずか 10 日間で失効します。つまり、日本で発行した国際免許を持っていても、国際免許失効後から SSN が発行されるまでの期間(SSN 申請可能日までの 2 週間と発行日までの 2 週間を合わせた約 1 ヶ月)は、車を運転できないということになってしまいます。万が一、この期間に運転してしまい、警察に捕まってしまうと、無免許運転となってしまうので注意が必要です。運転免許の申請および試験自体は簡単で、電話あるいは Department of Motor Vehicles (DMV, いわゆる陸運局)にて予約をした後、受験するだけです。この辺りは詳しいホームページなどがありますので、そちらを参考にされると良いでしょう。

食生活は、基本的に不自由無く過ごせたと思います。学会などの短期の場合は、日本食のレストランがあるかな?といったような、外食に関して興味をもたれるかと思いますが、さすがにアメリカで生活をするとなると毎日外食という訳にもいきませんので、基本的には自炊(*しかし筆者は何もしていない)、ということになります。その意味では、どういった食材が手に入るのか?ということに興味は移るわけですが、野菜も肉も魚介類も、日本で食べているものとほとんど同じ物を手に入れることができます。日系のスーパーは高いのであまりオススメできませんが、中華系のスーパーや韓国系のスーパーは安く、日本と同じ食材・調味料を買うことができます。ただ、もちろんそういうお店に行くにはフリーウェイで 40 分～1 時間行かなくてはなりませんので、車が必須です。ただし、昨今の日本食ブームのためか、アメリカのスーパーマーケットでも Asian コーナーが設置されており、醤油やうどん、お米やカレーのルーなども手に入れることができます。こういっ

たものをアメリカのスーパーで購入すると、やや高いのが難点ですが、非常に便利でした（渡米直後のアメリカのスーパーで「おーいお茶」を発見した感動は忘れないでしょう。\$2.50 くらいしますが）。

さて、大学での研究環境や様子に関してですが、基本的には日本とあまり変わらず、周りの外国人ポスドク研究員を見回しても、研究者自身が装置の管理や実際の実験を行います。欧州では技官の方との明確な線引きがあるようですが、アメリカではそういったことはありませんでした。ただし、基本的に契約社会であるため、外部の業者に大型装置の移動や搬入などを依頼する際には、「どこまで」「どちら」の責任かをはっきりさせなくてはならず、例えばドア一枚超えた部屋の中までの作業なのか、それとも建物の外の納品所までなのか？など細かい指定が必要になります。“ついでにちょっと動かして”なんてお願いは聞き入れられません。

安全管理、特に電気・レーザー使用・化学薬品使用・地震対策に関しては非常に厳しく、細かいチェックリストや指導の徹底などが義務づけられます。例えば分電盤に直結された電気配線は、一度接続されてしまうとこちら側で簡単に外すことは許されません。電源ケーブルなども安全上の観点からユーザー自身が作製することは認められておらず、業者をお願いしなくてはなりません。さらに各実験室やビルへの入室においては、いくつかのトレーニングを受けた上で、その建物のマネージャーにIDカードをアクティベートしてもらう必要があります。このトレーニングは基本的にはオンラインで受講する講義+簡単な試験形式ですが、時間にして30分~1時間、各部屋に対して10項目程度あるので、相当時間が取られます。もちろん基本的なトレーニングは共通している部分もありますので、一部端折れるものもありますが、やはり大変です。はしご・脚立を使うためのトレーニングなんてものもあります。さすがに、はしご・脚立を使っている人に対して、「トレーニング受けたか？」なんてチェックしている光景は見ませんでしたが・・・。

一方、放射線管理に関しては（少なくともStanford Synchrotron Radiation Lightsource (SSRL) では)、日本の放射光施設に比べると「これでいいのかな」と思うほど実験ホール内への入・退出があまり厳しくなく、この点に驚愕しました。ビームラインでの飲食も問題ありませんし、とあるビームラインでは事務室に行く道すがら、キッチンや冷蔵庫、自販機が設置されたユーザー控え室があるような状況で、PFやSPring-8での経験しかなかった私にとっては驚きの連続でした。

SLAC /スタンフォード大に滞在している間、最も印象的だったことは、ある意味では当然のことですが、非常に多彩な国から来た研究者や学生さんが多いということです。写真は私の所属したHwang Groupの集合写真ですが、アメリカ人、イギリス人、中国人、韓国人、日本人から構成されるメンバーです。私が在籍していた頃はドイツから来たポスドクも一時的に在籍していました。文化が大きく



図1 Hwang groupの集合写真。写真の一番左がHarold Hwang教授。筆者は後列右から3番目。筆者の居室のあった建物の真向かいの芝生広場にて撮影した集合写真。

違うため、物の見方や考え方の違いを目の当たりにしつつも、それに寛容なアメリカ（あるいはカリフォルニア特有？）の風土を感じられたことは、非常によかったです。

こまでは比較的楽しそうな話題について紹介させてもらいましたが、当然ながらアメリカ生活の大変さという側面もありますので、簡単に触れておきたいと思います。アメリカで、特にポスドクとして雇われる場合、大学ごとに大まかな給料が決まっています。スタンフォード大の場合は、最大で年間\$50,000くらいの給与をいただけます（地価やその地域の生活水準などによって決められています）。現在の為替レートで考えれば、学振PDの給与とだいたい同じくらいか、ちょっと多いくらいになると思います。そう考えると案外、それなりにゆとりのある生活できそうな気がするかもしれませんが、非常に高い税金や保険料がここにのしかかります。私の場合は妻が居ますので、家族までカバーする保険に入りますと、平均\$4,200/月の給料のうち、保険に\$500、税金や社会保障費に\$1,000くらい支払った額が手元に残ります。ここに家賃がかかってきます。スタンフォードの周りは非常に地価が高騰しており、\$3,000-4,000/月というところがほとんどですが、私は幸運にもSLACが管理している集合住宅に入れたため、\$1,200弱くらいの家賃で済みました（そういうわけでスタンフォードの周りでは、シェアハウスをしている学生さんも多いと聞きます）。さらに車の維持費、電気・ガス・水道などのユーティリティ、携帯電話代などがかかり、食費・雑費もだいたい月に\$800-1,000くらいは見ておく必要がありますので、どこかに旅行に行こうとかそういうゆとりはほとんど無いことがわかると思います。また、そもそも医療費が日本よりも非常に高いため、高い保険料を支払っていても、実際に支払う額はそれなりに高いものになります。そう考えると、怪我や病気はできないわけです。以前、どこかの紙面で「海外生活では体力と資金が重要」という体験記を目にした記憶がありますが、まさにその通りで、この二つが無ければ非常に大変な生活になると思います。その意味でも、体力があるうち（若い間）に、資金を獲得（海外留学助成金など。学生さん向けには結構あります。）して、海外生活にチャレンジする、というのが一番いいかと思います。そういった大変な面もありますが、吸収できることもたくさんあるので、ぜひチャレンジしてもらいたいと思います。

修士論文紹介コーナー

電子ドープ型銅酸化物超伝導体 Pr_{1.3-x}La_{0.7}Ce_xCuO₄の角度分解光電子分光による研究

東京大学大学院理学系研究科 堀尾真史

【修士号取得大学】

東京大学大学院理学系研究科(2014年3月)

【実験を行ったビームライン】

BL-28A

【論文趣旨】

銅酸化物高温超伝導体では、反強磁性絶縁体である母物質にホールや電子をドープすることで超伝導が発現すると考えられてきた。しかし、電子ドープ型の場合、不純物酸素が入りやすく反強磁性が安定化されてしまうため、キャリア・ドープに加えて、アニール処理によって不純物酸素を取り除くことが超伝導発現に必要な不可欠であった。最近、アニールの手法を工夫することで、電子ドープ型銅酸化物超伝導体 Pr_{1.3-x}La_{0.7}Ce_xCuO₄ の単結晶バルク試料について、非常に少ない電子ドープ量 ($x = 0.10$) で高い転移温度 (T_c) を持つ超伝導の実現に成功したという報告がなさ

れた[1]。そこで我々は、このような単結晶試料について角度分解光電子分光 (ARPES) の測定を行い、新しいアニール方法による電子状態の劇的な変化を見出した。

図1に、測定した試料の ARPES スペクトルを示す。as-grown ($T_c = 0$ K) 及び弱アニール試料 (650°C, 24h アニール, $T_c = 0$ K) では、先行研究 [2] で見られるように、反強磁性によるバンドの折り畳みの効果から cut2 の近傍でギャップが開くのが観測された。これに対して、十分アニールされたアニール試料 (800°C, 24h アニール, $T_c = 27$ K) では反強磁性由来のギャップが閉じ、フェルミ面全域にわたって鋭い準粒子ピークが見られた。これはアニールによって過剰酸素が取り除かれたことで、反強磁性相関が抑制されるとともに不純物散乱が抑えられたためだと考えられる。本研究で観測された、反強磁性相関が強く抑制された超伝導状態は従来の電子ドープ型超伝導体に比べても高い T_c を示し、薄膜や粉末の電子ドープ型銅酸化物高温超伝導体で近年報告されているアニールによる母物質での超伝導発現 [3,4] にも繋がる可能性がある。母物質での超伝導発現の可能性を議論するために、より低ドープ量の単結晶試料を用いた ARPES 測定が今後必要である。

[1] T. Adachi *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **82**, 063713 (2013).

[2] H. Matsui *et al.*, Phys. Rev. B **75**, 224514 (2007).

[3] A. Tsukada *et al.*, Solid State Commun. **133**, 427 (2005).

[4] S. Asai *et al.*, Physica C **471**, 682 (2011).

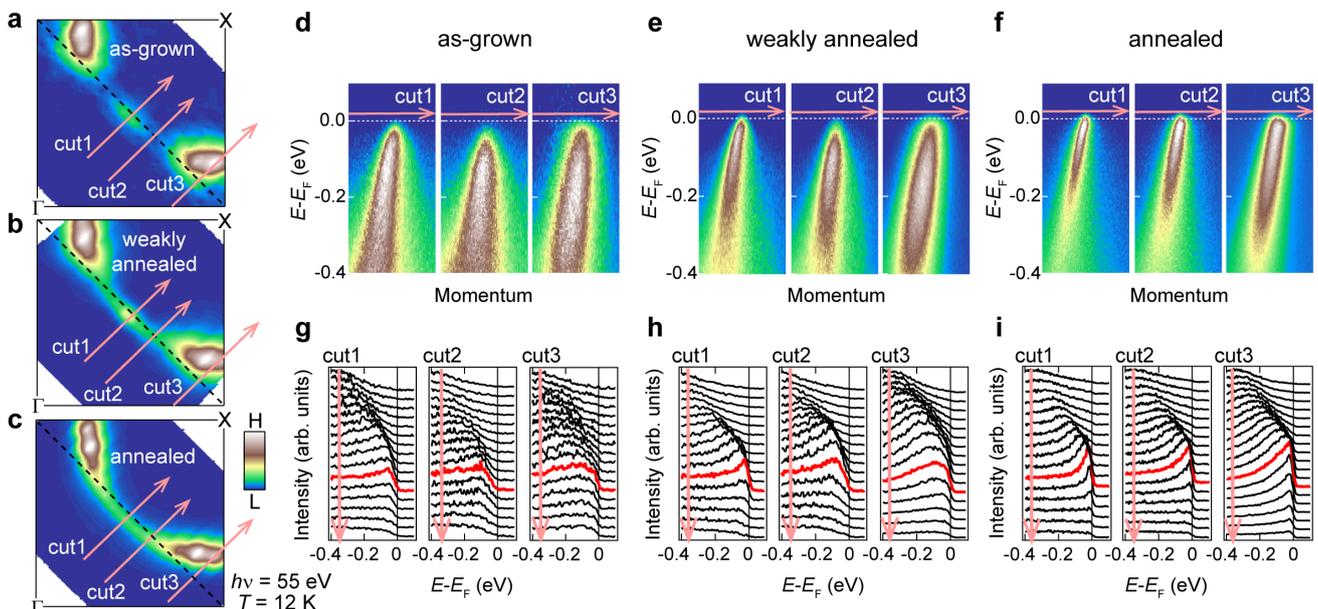


図1 Pr_{1.3-x}La_{0.7}Ce_xCuO₄($x = 0.10$)のARPESスペクトル。(a-c) as-grown, 弱アニール, アニール試料のフェルミ面マッピング。(d-f) a-cに示された各cutにおけるバンド分散のプロット。(g-i)各cutにおける光電子スペクトル。

PF トピックス一覧 (5月～7月)

KEKでは2002年より「トピックス」、「ハイライト」、「プレスリリース」と題して最新の研究成果やプレスリリースなどを紹介していますが、PFのホームページ (<http://pfwww.kek.jp/indexj.html>)でも、それらの中から、またはPF独自に記事を作成して掲載しています。各トピックスの詳細は「これまでのトピックス」(<http://pfwww.kek.jp/topics/index.html>)をご覧ください。

2014年5月～7月に紹介されたPF トピックス一覧

- 5.1 【連載科学マンガ】カソクキッズ セカンドシーズン第19話「J-PARCを見学しよう！（物質・生命科学実験施設編）」が公開されました。
- 5.2 4月3-4日開催 理系女子キャンプ2014 レポート
- 5.7 新構造の酸化物イオン伝導体を発見 中性子と放射光で構造決定・イオンの流れを可視化－燃料電池やセンサー、電子材料などの高性能化に威力－
- 5.13 KEKの研究を動画で紹介「KEK channel」公開
- 5.20 PF ニュース Vo.32 No.1 がウェブに掲載されました。
- 5.23 「うるおい」をもたらす酵素のかたちと仕組みを解明
- 5.27 つるつるなカーボンナノチューブ内で「クルクル」回転する分子
- 6.2 【連載科学マンガ】カソクキッズ セカンドシーズン第20話「カソクキッズ大総集編（前編）」が公開されました。
- 6.6 ヘルペス感染のしくみを解明
- 6.9 「観る」ということ
- 6.9 総合研究大学院大学高エネルギー加速科学研究科物質構造科学専攻では5年一貫性および3年次編入博士課程の学生を募集しています。オープンキャンパスも開催されます。
- 6.11 KEKと多摩六都科学館が相互協力協定を締結 - 多摩六都科学館で開催されたKEKキャラバン「分光器を作ってみよう」
- 6.19 KEK 公開講座「陽電子科学の最前線」開催される
- 6.19 光で溶ける結晶
- 6.25 動画「フォトンファクトリーで解明 正常な細胞分裂を司るタンパク質」を公開しました。
- 7.1 【連載科学マンガ】カソクキッズ セカンドシーズン第21話「カソクキッズ大総集編（後編）」が公開されました。
- 7.3 X線がひも解く、微生物の食事
- 7.18 KEKキャラバン、6月は岩手、千葉、東京、岡山に派遣
- 7.29 KEKつくばキャンパス一般公開「宇宙・物質・生命」は9/13（土）開催です。
- 7.31 物質構造科学専攻学生がEテレ「すイエんサー」内「明日のすイエんサー」コーナーに出演します。

放送日は8月12日（火）午後7時25分～7時50分の間（1-2分程度）です。

- 7.31 高橋 隆氏, 佐藤 宇史氏, Highly Cited Researchers に選出

新しく博士課程に進級された学生さんへ PF ニュースであなたの修士論文を紹介しませんか？ 博士論文も歓迎します！

PF ニュースでは、新しく博士課程に進級された学生さんの修士論文の研究内容を紹介するコーナーを設けております。PFで頑張って実験されている博士課程の学生さん自身の紹介、また、その研究内容をアピール出来る場です。我こそはという博士課程の学生さんは、ぜひ下記のフォーマットに従い、あなたの修士論文の研究を紹介して下さい。また今年、修士課程から博士課程へと進学する学生さんが所属される研究室の指導教員の方は、積極的に学生さんにPFニュースへの投稿を勧めて頂ければ幸いです。

【投稿資格】PF/PF-ARのビームラインを利用した研究に関する修士論文を執筆し、修士を取得した方。

【投稿フォーマット】

1. 修士論文タイトル
2. 現所属、氏名、顔写真
3. 連絡先メールアドレス（希望者のみで可）
4. 修士号取得大学、取得年月
5. 実験を行ったビームライン
6. 論文要旨（本文1000文字以内）
7. 図1枚

【原稿量】

図とテキストで刷り上り1ページ（2カラム）。

【提出物・提出方法】

文字データと図表データをメール添付でPFニュース編集委員会事務局・高橋良美 (pf-news@pfqst.kek.jp) までお送り下さい。