

PF 滞在記

BL-1A, BL-5A, BL-17A, AR-NE3A を利用した、昆虫特異的な蛋白質のX線結晶構造解析

筑波大学 生命環境科学研究科
博士後期課程 3年 稲葉和恵

私は現在、筑波大学 生命環境科学研究科で丹羽隆介教授のご指導を受けながら、昆虫特異的な蛋白質のX線結晶構造解析を行っております。昆虫は、脱皮や変態といった発生過程において、エクジステロイドという昆虫特異的なホルモンが必須になります。昆虫の生体内でエクジステロイドが正常に作られなければ、昆虫は成虫になることができません。私は、このエクジステロイド生合成を制御する酵素の1つである「Noppera-bo（ノッペラボー）」という蛋白質を標的として、殺虫剤開発を目指して研究に取り組んでいます。Noppera-bo という名前は、この蛋白質の機能欠損ショウジョウバエの表現系が由来です。正常個体の場合、胚期に幼虫の体節構造が見られますが、機能欠損個体では、体節構造が見られなくなり、「ツルツルの胚」になることから、顔がツルツルなことで知られている日本のお化けの「のっぺらぼう」から名付けられました。私たちは、この Noppera-bo を阻害する化合物を見出し、この阻害化合物が、どのように Noppera-bo に作用するのかを明らかにするために、X線結晶構造解析を行っております。

私は KEK 特別共同利用研究員として、構造生物学研究センター（受入教官：千田俊哉教授）にて共同研究を行っております。筑波大学から KEK までは車で約 10 分と近い距離にあり、共同研究の先生方と対面で頻りに話し合いができることや、実験を行うことができることなど、恵まれた環境で研究を行うことができます。直接実験をご指導いただける機会や、直接気軽に議論できる機会は、非常に貴重だと感じます。例えば、ちょっとした立ち話での雑談から生まれたアイデアが、実験成功の手がかりになったり、実験の進捗状況をこまめに共有したことで、問題点や課題点を早期に見出し、解決へと導くことができた経験があります。KEK に通い始めてから気付けばもう 4 年が経過しておりますが、共同研究の方々に加えて、構造生物学研究センターの皆様には日々大変お世話になっております。

私は KEK にて、蛋白質の発現・精製から結晶化、ビームラインでのX線回折実験、そして構造精密化の一連の流れを経験しました。蛋白質の構造解析において、特に苦労すると言われている蛋白質の結晶化には、特に多くの時間を費やしました。蛋白質を精製し、精製した蛋白質を用いて多くの結晶化条件を試した末に、初めて自分で結晶化の作製に成功した時のことは、今でもとても印象に残っており、共同研究の先生に記念写真を撮ってもらいました（図

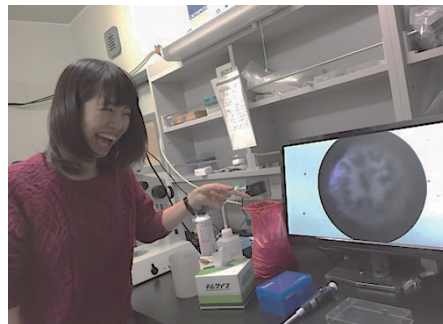


図1 結晶作製成功の記念写真

1 参照)。

Noppera-bo とその阻害剤がどのように相互作用するのか明らかにするために、X線回折実験を行い、Noppera-bo と阻害剤の複合体構造を明らかにしました。実験を始めたばかりの頃は、ビームラインにてデータセットを取得していました。ビームタイムはほとんどが夜から朝にかけてのシフトであり、長時間同じ場所に居続けて測定をすることはとても苦痛でした。そんな状況の中、全自動測定が取り入れられるようになりました。全自動測定は、測定をロボットが全自動で行うシステムです。これにより、自分自身が徹夜せずに、データの取得が可能となりました。全自動測定のおかげで、容易に大量のサンプルを測定することができるようになりました。また、測定時間が減った分、その後の解析の部分に注力でき、効率よく実験が進められるようになりました。最初の頃は測定に時間を要し、徹夜で疲労困憊していた分、現在の自動測定の有難さを強く感じました。

現在は、これまでの知見を元に、より阻害効果の大きい化合物を見出すことを目指しています。X線結晶構造解析による立体構造の解明は、阻害剤と Noppera-bo との相互作用様式を明らかにすることはできますが、その相互作用が、どの程度阻害効果に寄与するのかについては分かりません。そこで、立体構造を足がかりとして、生化学的解析や計算科学的解析などを行っています。重要だと予想される相互作用部位に変異を入れて、阻害効果に影響があるのか調べることで、重要な相互作用部位を特定し、より阻害効果の高い化合物をデザインしたいと考えています。さらに、Noppera-bo を阻害する化合物が、殺虫効果を発揮するのかどうかを調べるために、蚊の幼虫を用いた殺虫試験も行なっています。このように、X線結晶構造解析で得られた知見を出発点に、多面的な解析手法を用いてさらに次のステップへと研究を発展させることは、研究の中で特に面白さを感じる部分です。

新型コロナウイルスの影響で大変な状況ではありますが、現在の研究テーマの成果を今年度中には論文発表できるよう、日々研究に努めていきたいと思っております。

PF とともに歩んだ 40 年

ツジ電子株式会社 辻 信行

放射光科学の分野に 16 チャンネルステッピングモーターコントローラ PM16C シリーズなどを供給させていただいているツジ電子が PF とお付き合いを始めたのはちょうどこの放射光施設が初めて光を出すことに成功した 1982 (S57) 年 3 月の前年のことでした。当時、研究棟のエレベータには成功を喜ぶ先生方の新聞記事や、お祝いのメッセージなどが貼られていたことを思い出します。

KEK との出会い

ツジ電子は放射光施設が初めて光を出した時点から遡ること 5 年前の 1977 (S52) 年に、辻 (30 / 当時の年齢、以下同様) が特注電子装置の開発・設計・製造を目的とした個人企業として千代田町 (現かすみがうら市) に創業しました。当初は近隣の工場設備のメンテナンス、自動機械の制御盤やコントローラの開発・設計・製造などを引き受けていました。次第に仕事量が増えていき、1979 (S54) 年には初めての社員を迎え、自宅敷地の一角に小さな社屋を作りました。高エネルギー物理学研究所 (現高エネルギー加速器研究機構、以下 KEK) からの最初の仕事は 1980 年のことで電気部品を扱う商社を通してでした。たまたまその商社の担当者の方が持ってきてくれた KEK からの電子装置設計・製造の物件がうまくツジ電子の技術に合致して、見積もりした結果受注に至ったのでした。

やがて資金繰りや企業としての信用度などに個人企業の限界を感じて 1981 (S56) 年 5 月にツジ電子からツジ電子株式会社へと法人登記をしました。この登記も書類の体裁を整える上で役立ち、この年に KEK と晴れて直接取引ができるようになりました。前述のように翌年の 1982 年 3 月には放射光施設で初めて光が出たわけですから、実にタイミングの良いときに取引を開始できたことになります。まさに PF の歴史的な立ち上りの時期に遭遇していたのです。もとよりそのような大事な時期にあるという認識はありませんでした。ただひたすら先生方から次々にいただく要望に懸命にお応えすることで精一杯でした。特注品の開発・設計・製造を唯一の商品とする会社経営の最大の課題はいかにして特注品のご注文をいただくかということです。それが、あれはできないか？これはできないか？こんなものはどうか？等々、次々とご注文をいただけたのですから正に夢のような出来事でした。それらは PF がこれから放射光を発生させる直前の時期でしたからあとから考えると先生方も大変な忙しい時期を過ごされていた事が想像できます。

直接取引に先立って、試しの仕事を依頼されたのは法人登記直後の 1981 年の 6 月頃で、加速器の竹中たてる先生 (35) の依頼による電源室現場での配線作業が最初でした。うまくご依頼通りの仕事を完成し、初めての難しい書類手続きに何とか合格点をいただき 8 月頃に直接取引ができる

ようになると、その後 9 月から 12 月にかけての 4 ヶ月間で次々と注文が舞い込みました。

当時の受注件名を時系列で並べますと、光源棟の梶浦信孝先生、五十嵐務先生からはインタロック発信器 20 台、インタロック受信器 30 台、インタロック表示器と現場工事、インタロック受信器 20 台、マトリックスピンボードモジュール 10 台、NIM BIN 電源装置 8 台、入射器棟の大竹雄次先生 (24) から高周波信号切換器 20 台などのご注文を立て続けにいただきました。正に嬉しい悲鳴でした。同じ時期に研究棟の松下正先生 (36) からその後のツジ電子のモーターコントローラにつながるポジションカウンタ PMC-01 の開発・設計・製造の依頼をいただきました。

翌年の 1982 (S57) 年 3 月に放射光施設が光を出すことに成功すると今度はその光を使っただけの研究が始まりました。引き続き松下正先生から 2 チャンネルポジションカウンタ PMC-02 を 12 台、太田俊明先生 (39) から 4 チャンネルポジションカウンタ PMC-04 を 10 台のそれぞれ開発・設計・製造依頼をいただき更に現場配線工事のお手伝いもさせていただきました。柳下明先生 (32) からは電圧走査型直流電源、伊藤健二先生 (33) からは現在もその後継機が販売されている NIM タイプの 2 チャンネル VF コンバータの開発 (N2VF-01) と 14 台のご注文をいただきました。このような経過で従来のお客様の分に加えて急に仕事が増えたことで、たった 2 人では休日のもとより夜中まで働いても追いつかなくなり、その年の末までには 2 人増員して 4 人体制になりました。会社としては社員倍増で売上も倍増の勢いでした。このときの勢いが初期のツジ電子を会社らしく引き上げてくれました。

1983 (S58) 年になると多用される 3 チャンネルモーターコントローラの標準化が図られ、松下正先生、産総研所属の大柳宏之先生 (32) から PM3C の開発と複数台のご注文をいただきました。DC サーボモーターも使われ、松下正先生、雨宮慶幸先生 (32) から 2 チャンネル DC サーボコントローラ 6 セットのご注文をいただきました。また、この年には PC との通信を使ったインテリジェント型ステッピングモーターコントローラを開発を野村昌治先生 (30) からご依頼いただきました。

このように、PF の立ち上り時期には若い先生方が次々と新しい装置の開発に力を注いでおられた様子が、特注電子装置のツジ電子から見てもよく分かります。ステッピングモーターコントローラは放射光科学にとって不可欠なものになっていきましたが、しばらくの間は用途に合わせていろいろなタイプのコントローラが設計・製造されました。そのような中で次第に、カタログ品としてのコントローラの要望が高まっていきました。カタログ品にはユーザーにとって価格の安さ、入手するための仕様書を必要としない、短納期で入手できるなど多くのメリットがあります。一方、提供する側にとっては果たして買ってもらえるのかという不安がありますので、売れるはずだという思い込みや、希望のみで開発をスタートすることはできません。また、量産効果による価格をおさえた販売ができるように開発・設

計も時間をかけることになりますので開発費負担のリスクがあります。加えて想定するユーザーの希望している仕様がうまく盛り込めるかなど不安があり、当時のツジ電子では自力で開発をスタートさせることはできませんでした。

PM16C シリーズ開発経過

1987 (S62) 年初夏の 6 月 20 日に野村昌治先生 (34) から 16 チャンネルステッピングモータコントローラの概略仕様と 1～2 台の見積り依頼を FAX でいただいたことが当時の資料の中に保存されています。希望納期は 8 月末でした。その後の打ち合わせなどを通じてカタログ品化や完成したら 3 台の購入見込みなど嬉しい内示をいただきました。しかも仕様について細かくご相談に乗っていただけました。価格は 1 台 50 万円を切ることがご希望でした。そこで、販売価格は 48 万円を目標としました。3% の消費税が導入されるのは 2 年後の 1989 年 4 月ですからそのときにはまだ税を考慮することはありませんでした。社内で開発作番がスタートしたのは 7 月 20 日でしたが希望納期の 8 月末にはとても間に合いそうもありません。それでもできるだけ早くということで開発は進められました。当時のデバイスは集積度も上がっていないため、IC だけでも約 80 個が使われるなど、回路規模も小さくはありませんでした。図面はすべて手書きでしたし、使われた 8 ビットマイコンのソフトウェア開発は機械語に最も近いアセンブラだったり、デバッグ環境も手作りしたりでしたが全く苦勞をした記憶がありません。好きな仕事を堪能させていただいた上に、その後の展開が予想を遥かに上回るものだったのです。初めての製品 1 号機をお届けできたのは、秋半ば、10 月になっていて、構想開始から 4 ヶ月、開発がスタートしてから 3 ヶ月が経過していました。3 台を無事にお届けしてまもなく松下正先生 (42) から 1 台ご注文をいただきました。そのときはすでに開発の済んでいるリピート品の製造がとても簡単にできることに驚きました。特注品の製造に慣れきっていた身にはとても新鮮だったのです。その年の年度末までに、河田洋先生 (33) や佐々木聡先生 (36)、PF で実験されていた計量研の中山貫先生などから次々とご注文をいただきました。開発コスト増を心配された野村昌治先生が PR をしてくださったのだと感謝しております。翌年度までに計 11 台の PM16C-01 が出荷されました。

16 台のモータを制御できるコントローラ PM16C-01 は、コストを抑えるため同時に動かせるモータは 1 台でした。2 台同時に動かせないかというご要望がすぐに出てきました。そこで野村昌治先生とご相談しながら今度は 2 台同時駆動が可能な PM16C-02 の開発を開始しました。1989 年 (H1) 10 月 19 日付の開発作番の記録が残っています。価格設定は 68 万円で、現在位置表示器は 2 つ、それぞれにはどのモータの表示であるかがわかるようにチャンネル表示もつけられました。コントローラから少し離れたメカ装置の近くでもモータが動かせるようにハンドボックスも盛り込まれました。野村昌治先生には 1 台目のご注文内示もいただき、さらに 12 月になってから張小威先

生 (30) から 2 台の予約も入って開発にはずみがつきました。PM16C-02 開発の情報が広まったせいで PM16C-01 の注文は 11 台で途絶え、以降は新しい機種に取って代わりました。新しい機種は多くの方に支持されて、1990 年 1 月に 1 号機が野村昌治先生宛に出荷され、2、3 号機が張小威先生に、4 号機が野村昌治先生、5 号機が中川敦史先生 (30)、6、7 号機が河田洋先生 (36)、8 号機が金属材料研究所の桜井健次先生 (30)、9 号機が渡辺信久先生 (30) へ納入されるなどこの 1 年に 9 台出荷されました。桜井健次先生向けの 8 号機は GP-IB 通信機能を備えた初めての機種で、GP-IB 通信ポートの開発にあたって桜井先生にはたくさんのご助言とご協力をいただきました。やがて、RS232C 通信ポートを持つ機種が追加され、PIO 通信ポートの PM16C-02、GP-IB 通信ポートを持つ PM16C-02GP、RS232C 通信ポートを持つ PM16C-02RS の 3 機種のラインナップになりました。当時 PM16C のご注文を頂いた先生方には上記の他にも当時の若手研究者であった亀卦川卓美先生、小出常晴先生、岩住俊明先生、塩屋達郎先生、田中雅彦先生などがおられました。たくさんの人々に支えられ、たくさんのご意見をいただきながら PM16C シリーズは発展していきました。

1993 年には通信ポート PIO、RS232C、GP-IB を備えた PM16C-02N (後に PM16C-02Z) がリリースされました。この機種は PF での実績が評価されて 1996 年に SPring-8 高輝度光科学研究センターに標準品として採用され、国内の放射光施設での地位を不動のものにしました。1999 年に 4 チャンネル同時駆動が可能で通信ポートに LAN を加えた PM16C-04 がリリースされました。2006 年には筐体のサイズを EIA3 から EIA2 に小さく軽量化しコストを抑えた PM16C-04XD、PM16C-04XDL がリリースされました。その後 2013 年には 16 チャンネル同時駆動可能な PM16C-16 が、2017 年に 2 つのネット接続コネクタを持ちそれぞれに独自の IP アドレスが設定できる PM16C-16HW と EtherCAT 通信に特化した PM16C-16EC がリリースされています。



図 1 初期型の PM16C-01 (上) と 2017 年開発の PM16C-16HW 型 (下)。

終わりに

会社を立ち上げてまもなくの頃、KEK と出会い PF にご縁ができて来年の 2021 年で 40 年になります。そのはじめの頃の記憶を手元に残る資料で思い出しながら当時の年齢も添えて記させていただきました。PF とのお付き合いの中からカタログ品になった製品のひとつである 16 チャンネルステッピングモータコントローラ PM16C シリーズが生まれた背景やその後の発展の過程も振り返ってみました。創業時からの特注品の図番はすでに 4000 番を超えています。その中で PM16C を冠する名称の図番は 37 件ありました。改良・改造・仕様変更などのたびに新しい図面を作ってきたことがわかります。これらもすべて研究者の方々のご要望に合わせて進化するために行われたコミュニケーションの歴史の記録です。それだけたくさん支持されてきたことを物語っています。

これからもツジ電子は PF の身近なサポーターとして研究者の皆様の成果に貢献できるよう精進してまいりますのでお気軽にお声がけください。そして是非新しい歴史を作っていく場にご一緒させてください。

(編集後記)

「ユーザーとスタッフの広場」では、毎回、海外放射光施設での滞在記や国際会議への参加記、PF における実験成果の受賞記事など、様々な記事を取り上げさせていただいております。

辻信行様は、電子制御装置の開発者として PF の歴史に多大な貢献をされてこられ、平成 29 年度 KEK 技術セミナー（2017 年 7 月 21 日開催）でご講演頂きました。その内容は大変興味深く、PF のユーザーおよびスタッフにも機会があれば紹介したいものでした。今回、PF ニュースへの御寄稿をお願いしたところ、ご快諾頂きました（PF ニュース編集部）。



技術セミナーでの辻信行氏（左上）と会場の様子（右下）。

PF トピックス一覧（2 月～ 4 月）

PF のホームページ（<https://www2.kek.jp/imss/pf/>）では、PF に関係する研究成果やイベント、トピックスなどを順次掲載しています。各トピックスの詳細は PF ホームページをご覧ください。

2020 年 2 月～ 4 月に紹介された PF トピックス一覧

- 2. 4 【トピックス】「第 19 回 nano tech 大賞 2020」で TIA が産学連携賞を受賞しました
- 2. 12 【物構研トピックス】チョコレート・サイエンス @ つくばエキスポセンターを開催
- 2. 13 【ニュースルーム】駐日インド大使が KEK と J-PARC を訪問
- 2. 20 【プレスリリース】乳癌における乳頭温存乳腺全摘術のリスク低減へ！～ CT で乳頭内乳管の可視化に成功～
- 3. 2 【物構研トピックス】研究系技術職員インターンシップ 2020 初春を開催
- 3. 5 【物構研トピックス】高エネルギー加速器科学研究奨励会 西川賞を物構研関係者がダブル受賞
- 3. 30 【トピックス】北海道大学－KEK 連携協力協定に基づく第 10 回連携協議会が開催されました
- 3. 31 【プレスリリース】混ぜると自ら伸びる超分子ポリマーの開発に成功 新しい材料設計に期待
- 4. 1 【物構研トピックス】物質構造科学研究所 新体制について
- 4. 3 【プレスリリース】低い温度で作動する固体酸化物燃料電池のための極薄電解質膜の開発～ 100℃ 以下での物理吸着した水による表面プロトン伝導性～
- 4. 23 【物構研トピックス】物構研ユーザーが科学技術分野の文部科学大臣表彰受賞者に選ばれました

ハンブルクに滞在して

加速器第6研究系 阿達正浩

2019年5月から2020年3月にかけて、家族とともにドイツ連邦共和国で2番目に人口の多い都市ハンブルク市に渡り、お隣のシェネフェルト市にあるEuropean XFEL GmbH（以下EXFELと記す）[1]に研究滞在した。

ハンブルクにあるDeutsche Electron Synchrotron (DESY)を始点としシェネフェルトを終端とする、全長3.4 kmの自由電子レーザー (FEL) 施設が市街地の地下に掘削されたトンネル内に設置されている。施設全長の半分を占める超伝導加速空洞を備えた直線加速器によって、FEL施設としては世界最高エネルギーとなる17.5 GeVの電子ビームが作り出され、加速器から枝分かれするように掘削されたトンネル内で稼働するアンジュレータによって電子ビームからFELが作られ、FELのみが実験ハッチへ輸送される。

建設済みの5箇所の直線部トンネルのうち3箇所が、すでにアンジュレータが設置され、稼働している。SASE1, 2では波長0.05 nm (25 keV) から0.4 nm (3 keV)の硬X線を、SASE3では0.4 nm (3 keV) から4.6 nm (0.27 keV)の軟X線を作り出している。電子ビームは繰り返し周波数10 Hzで生成される電子パルス（バンチ）から成り、各バンチから2,700個のFELパルスが生成され、実験ハッチには最高で毎秒27,000個のFELパルスが供給される。

現在、加速器を含めた光源開発と、実験ハッチを含む利用ビームラインの開発を続けながら、挿入光源が未設置の残る2箇所の直線部SASE4, 5で展開するサイエンスと光源についての検討が進められている。高電子エネルギー特性を活かして、THzから100 keVに渡るFEL利用可能エネルギー域の驚異的な拡張でサイエンスをさらに拡げることが狙った案など、興味深い議論が続けられている。私はEXFEL光源グループの一つ、Simulation for Photon Field (SPF) グループに滞在し、将来光源開発に関する研究協力を行いながらFEL設計技術について学んだ。

さて、ドイツでの生活を通して多くの経験を積みさせていただいたので、この場を借りて紹介させていただきたい。これから渡航を検討されている方々の一助になれば幸いである。

90日間で日本国パスポートがドイツでの滞在許可証としての効果を失う。さらに長期滞在するには家族全員の滞在許可証が必要となる。そのためには、住居を探し、住民票を取り、子供の学校を決め、滞在許可証を申請するといった流れになる。しかし、家族構成や滞在期間はもとより、申請場所や担当者によっても（担当者のその日の気分にもよるとのアドバイスも頂いたが）必要書類が変わる。どうやらドイツでは担当者に大きな裁量があるようだった。そ

のような次第で、申請場所を変えるなど、申請が通るまで何度もトライするつもりで通った方がよいと考えるに至った。

私はほぼ全ての手続きをDESY International Office (DESY-IO) とHousing Office (DESY-HO), EXFEL HR Teamを中心に頼って進めたが、気づけば90日間の期限が間近に迫る中、不安を感じながら申請を終えることができた。この遅れはハンブルクの住居事情が大きな要因の一つで、近年大幅に増加している移住者によって空き物件数の不足が続いているとのことだった。渡航前に下見のスケジュール調整まで済ませた方がよいとの助言が、物件を探す間、度々思い起こされた。

さて、住居探しは、DESY-HOに希望を記した申請書を送り、希望に沿った物件リストを紹介してもらうことから始まる。その後、物件オーナーに依頼して下見をする。家賃に含まれる電気代や水道代の金額、インターネット環境の有無、郵便物の受け取り方、地下倉庫の有無、水やお湯がちゃんと出るかどうか、暖房などの付帯設備がきちんと動作するかどうかなどなど、私の入居当時は気づかなかった様々な点も含めて下見の時に確認したい。なお、家具無し物件では、流し台を含むキッチン一式も無いことが一般的とのことなので注意したい。

下見ののち、契約書を受け取り、DESY-HOのスタッフとともに契約内容を確認してから契約/入居となる。契約書は手書きを交えてドイツ語のみで書かれていることが一般的で、よほどドイツ語に堪能でなければDESYを介さない賃貸契約はハードルが高い。

渡航後2週間ほどで物件を決めたものの、入居は5月末になった。ドイツの集合住宅では、共同の洗濯機、共同の洗濯物干し部屋を使うことも多いようだ。しかし、1台の洗濯機を小さなノートでスケジュールを管理してシェアすることに不安を覚え、地下の暗い洗濯物干し部屋におののき、キッチンに洗濯機を入れてもらうことにした。しかし、設置工事はなかなか終わらず、入居日が延び、契約書の取得日が延びた。なお、入居時には前払いの家賃に加えて、家賃3ヶ月分ほどの敷金などが必要となるので、それなりの金額を準備しておく必要がある。

住民票の申請のため、研究所からの招聘状やドイツ国内の保険会社の医療保険加入証明書などといった各種証明書を携えて地区の役所を訪ねた。ここでまず驚かされたのはエレベーターである（図1）。扉の無い2人乗りほどの小さな箱の連なりが2系統、エスカレーターのように常に上下方向に動いており、タイミングを見計らって飛び乗り、目的の階で飛び降りる。子供にはちょっとしたアトラクションだ。乗ろうとした箱に人が乗っている場合もあるので要注意だが、とにかく沢山の箱が巡ってくるので慣れると使いやすい。



図1 エスカレーター風エレベーター

住民票を取得すると、学齢期の子供はハンブルクの教育システムに自動登録される。後日、学校を選んで入学許可証を取得するように教育機関から通知が届く。同僚からいろいろな助言を得つつ、DESY-IOを訪ねて教育機関に問い合わせてもらいながら近隣の学校を絞り込んでもらい、学校に電話で事情を伝えてもらい、受け入れのための面接を予約してもらった。その後、DESY-IOスタッフの通訳に助けられつつ面接を終え、晴れて入学許可を得た。幸い近所の学校に受け入れてもらえたが、年齢などの条件によっては電車を30分以上乗り継いでドイツ語を話せない子供向けの学校に行く必要があった。

息子が通った小学校は、4年生までが在籍するGrundschuleと呼ばれる公立小学校だった。日本の小学校との様々な違いに戸惑う日々だったが、1時間目の後からお昼までの休み時間に食べるお弁当（家でも朝食を食べる）、教室には自分の決まった席は無く毎日好きな席に座ることができること、そして毎週金曜日はぬいぐるみやレゴ、ポケモンカード、ベイブレードなどのおもちゃを持参することがOKなど、多くの事に驚かされた。ちなみに、教室には様々な席が用意され、窓の外を向いた席まであった（図2）。クラスメートの年齢は様々で、基本となる年齢に対して1-2歳前後して学年を選ぶことができるようだった。

必要書類が揃い、DESY-IOからハンブルク市庁舎の裏手にあるWelcome Centerの申請予約をしてもらい、当日家族揃って申請を終えた。なお、申請時には指紋情報を登録するので、家族全員で訪れる必要がある。

ようやくもらえた滞在許可証を手取得までの苦勞が思い起こされるとともに、日本滞在中に在東京ドイツ大使館で滞在許可証を取得しておけばよかったと後悔の念がよぎ



図2 黒板では無く外を望む席

った。

滞在中の生活で、あらためてそのありがたみに気付かされた事は多いが、銀行口座とハンブルクの公共交通機関は特にそう思う。銀行口座を作ると、家賃を手渡しや国際送金ではなく自動送金で支払うことができ、現地小学校の給食費、医療費の支払い、そしてEXFELのエスプレッソ代などもすべてオンラインで済ませられる。ハンブルクの公共交通機関は非常に発達していて、車の運転に気後れした私には、通勤をはじめとした生活の足になった。滞在期間が長く利用頻度が高ければHVVカードの利用がおすすめである。電車や地下鉄、バス、フェリーといった公共交通機関が、購入カテゴリーに応じた区域、時間帯で乗り放題となる。ちなみに私の場合は月90ユーロほどのカテゴリーを選び、ハンブルクからEXFELまでの移動もそれに頼った。渡航後しばらくはバス運転手から切符を購入していたが、お釣りが不足で硬貨を要求されることが多かった。HVVカードを入手してからは硬貨を用意しておかなければならない煩わしさから解放された。ただし、街中のトイレは有料が多く、結局のところ硬貨から完全に解放されることは無い。

1月末にドイツで最初の新型コロナウイルス感染例が報道された。そして、2月末にはハンブルクでも最初の感染例が確認された。3月からは急速に感染が拡大し、それとともに規制が強化されていった。そのような中、DESYやEXFELもキャンパスが閉鎖され、執行職員などごく少数の限られたスタッフ以外の立ち入りが禁止された。帰朝前の数週間は、市中のお店が次々に閉店となり、開店しているスーパーやドラッグストア、薬局では、長期保存食品や生活備品の陳列が減り、レジスタッフを感染から守るための透明プラスチック板が設置され、入店制限も始まった。普段は日本の通勤電車さながらに混雑する通勤バスは閑散とし、運転手側の入口は閉め切られたうえに、車内はロープで仕切られて運転手側には立ち入れなくなった（図3）。非常事態であることを十二分に感じさせられる中、帰朝のために数ヶ月前に購入した航空便は欠航となり、代わりに



図3 運転手側への立ち入りが制限されたバス車内

急遽購入し直した航空便も欠航となり、さらに購入した便も搭乗前に急に欠航になるなど、非常事態故の苦労が絶えなかった。DESY, EXFEL, KEK, そして現地の友人からの励ましの言葉に支えられながらなんとかハンプルクを飛び立ち、乗り継ぎ空港までたどり着いた。そして、搭乗口近くの窓の外に駐機している機体に ANA のマークを目にした時は、涙が出る程嬉しく、安心した。

波乱万丈なドイツ滞在でしたが、かけがえの無いたくさんの経験を積むチャンス頂きました。この場を借りて、関係者の皆様に感謝申し上げます。

References

- [1] <https://www.xfel.eu/>
- [2] <https://www.desy.de/>
- [3] <https://www.hvv.de/en>

PF ユーザーが科学技術分野の文部科学大臣表彰受賞者に選ばれました

文部科学省から、令和2年度科学技術分野の文部科学大臣表彰受賞者の決定についての発表がありました。詳細は <https://www2.kek.jp/imss/news/2020/topics/0407MEXTAwards/> をご覧下さい。

令和2年度 科学技術分野の文部科学大臣表彰 科学技術賞 研究部門 百生 敦氏

東北大学 多元物質科学研究所の百生敦 教授は、令和2年度 科学技術分野の文部科学大臣表彰 科学技術賞に選ばれました。業績名は「X線位相イメージング法の開拓およびその応用に関する研究」です。

X線位相イメージングは、X線が波である性質を利用し

た手法で、医療でよく使われている吸収イメージング（いわゆる「レントゲン写真」）では見えにくいもの、特に軽元素から構成されている生体軟部組織を従来の数百倍程度の感度で見ることができます。百生教授は、株式会社 日立製作所 基礎研究所の研究員だった1990年ごろに、当時PFにあった日立製作所のビームラインで手法開発に取り組み、1990年代半ばに、世界で初めて放射光を利用したX線干渉計を用いた位相イメージングCTに成功しました。

この手法を実用的にするのに大きな役割を果たしたのが、フォトンファクトリー（PF）のBL-14に設置されている世界で唯一の「垂直ウィグラー」です。通常の放射光は横長のビームで波の振動方向は水平方向に揃っていますが（水平偏光）、垂直ウィグラーの放射光は縦長で垂直偏光した光のため、重力や床の振動の影響が小さい実験配置が可能になるからです。これを利用した大型分離型干渉計はBL-14Cに設置され、世界で唯一実用的な撮像が実現できています。

最近では、BL-14Cのもう一つの特徴である白色光を利用してX線回折格子位相イメージング法の開発と応用研究に取り組んでいます。この手法の最大の特徴は、実験室のX線源を用いた装置化が可能なこと、医療や非破壊検査等への応用が進んでいます。

令和2年度 科学技術分野の文部科学大臣表彰 科学技術賞 研究部門 加藤 昌子氏

北海道大学大学院 理学研究院 加藤 昌子 教授は、令和2年度 科学技術分野の文部科学大臣表彰 科学技術賞に選ばれました。業績名は「環境応用型クロミック金属錯体の開発と光機能に関する研究」です。

加藤教授は、外部環境に応じて発光する金属錯体を多数開発しています。PFおよびPF-ARにおいても放射光を用いたXAFS法やX線回折法を用いて、開発した材料の構造的な評価を行っています。平成29年度から開始した加藤教授が領域代表を務める新学術領域研究「ソフトクリスタル」では、自治医科大学の佐藤 文菜 講師を研究代表とする研究グループが、PF-ARのNW14Aを用いてX線分子動画像撮影法によるソフトクリスタルの外場応答過程の観測に取り組んでおり、物構研の福本 恵紀 特任准教授、足立 伸一 教授ら多くの物構研スタッフが研究に参加しています。

令和2年度 科学技術分野の文部科学大臣表彰 科学技術賞 研究部門 工藤 昭彦氏

東京理科大学 理学部 第一部応用化学科 工藤 昭彦 教授は、令和2年度 科学技術分野の文部科学大臣表彰 科学技術賞に選ばれました。業績名は「水素製造と二酸化炭素資源化のための人工光合成光触媒の研究」です。

工藤教授は、太陽光による水の分解反応を利用した人工光合成の構築について研究を進めており、光触媒材料開発の世界的な第一人者です。PFおよびPF-ARにおいても、主にXAFS法を用いて、開発した光触媒の構造的な評価を行っています。中でも、2003年に発表した高効率で水

を分解する光触媒の局所構造に関する論文は 1200 を超える高い被引用数（2019 年 6 月現在）を誇っています。平成 29 年度から開始した新学術領域研究「革新的光物質変換」では、物構研の野澤俊介准教授を研究代表とする研究グループと共同で、PF-AR の NW14A を利用し、時間分解 XAFS 法による光触媒反応の可視化に取り組んでいます。

令和 2 年度 科学技術分野の文部科学大臣表彰 若手科学者賞 飯村 壮史氏

東京工業大学 元素戦略研究センターの飯村 壮史 助教は、令和 2 年度 科学技術分野の文部科学大臣表彰 若手科学者賞に選ばれました。業績名は「鉄系高温超伝導体の電子相図に関する研究」です。

飯村助教は、鉄系高温超伝導体 $\text{LaFeAs}(\text{O}_{1-x}\text{H}_x)$ について、ランタン (La) と酸素 (O) が作る層において酸素を水素 (H) に置換し、電子濃度を上昇させることにより従来知られていなかった「第 2 の超伝導相」を発見しました。これが発端となって、この第 2 の超伝導相とその周りの電子相についての研究が急速に進展し、物構研との共同研究へと発展しました。共同研究では J-PARC MLF BL21 高強度全散乱装置 NOVA で水素を含む結晶構造・磁気構造の解析のほか、J-PARC MLF ミュオン D1 実験装置にてミュオンスピン緩和を利用した磁気相図決定も行うなど、物構研のマルチプローブを活用しています。尚、このマルチプローブ研究は、物構研 構造物性研究センター（2020 年 3 月に発展的改組）に置かれた元素戦略プロジェクト副拠点 電子材料研究グループ (PL: 村上 洋一 教授) において進められました。

令和 2 年度 科学技術分野の文部科学大臣表彰 若手科学者賞 本多 智氏

東京大学大学院 総合文化研究科 本多智 助教は、令和 2 年度 科学技術分野の文部科学大臣表彰 若手科学者賞に選ばれました。業績名は「高分子形状の組換えに基づく機能性材料の研究」です。

高分子形状を組換えする方法論の開発は国内外で盛んに行われてきました。しかし、高分子形状の違いを活かした実用的新素材の創出と、環境にやさしく生活環境でも簡便に利用可能な高分子形状操作法の開発が課題となっていました。本多助教は、高分子鎖を集団化して高分子形状の効果を増幅させることで、実用的に重要な機能を示す材料の開発を達成してきました。また最近では、いつでもどこでも誰でも生活環境で簡単に高分子形状を組換えられる高分子形状初期化法を考案・実現しました。また、高分子形状初期化法のコンセプトを検証する上で重要な役割を果たしたのが、物構研の高木 秀彰 助教らと共同で実施した放射光 X 線小角散乱法による分析でした。

PF トピックス一覧 (5 月～7 月)

PF のホームページ (<https://www2.kek.jp/imss/pf/>) では、PF に関係する研究成果やイベント、トピックスなどを順次掲載しています。各トピックスの詳細は PF ホームページをご覧ください。

2020 年 5 月～7 月に紹介された PF トピックス一覧

- 5.13 【プレスリリース】火星コア物質の音速測定に成功～火星コアの組成と火星の起源解明に向けて～
- 5.19 【プレスリリース】新機構が生み出す過去最小の磁気渦粒子を発見 - 超高密度な次世代情報担体としての活用に期待 -
- 5.21 【トピックス】私にスピンをわからせて！ ～第 6 回「電子以外のスピンって？」～陽子の巻 (上)
- 6.4 【プレスリリース】遷移元素を含む物質の「隠れた秩序」の観測に成功 - 重い元素の示す奇妙な振る舞いの理解に向けて -
- 6.5 【プレスリリース】結晶構造解析の自動化 ～ブラックボックス最適化により熟練者を上回る性能を達成～
- 6.9 【プレスリリース】原子サイズの凹みを持つ金属酸化物クラスターによる分極の誘発とアルカンの臭素化に対する反応性の制御に成功
- 6.16 【物構研トピックス】PF ユーザーの東京大学などの研究グループ、四極子による磁気異方性のメカニズムを解明
- 6.23 【プレスリリース】原子が振動しながら共有結合が形成されていく様子を直接観測～光化学反応において、初期の構造変化を 10 兆分の 1 秒単位で追跡～
- 7.2 【プレスリリース】スピンのねじれが起こす電子の変位を発見～マルチプローブが明らかにするマルチフェロイックの微視的発現機構～
- 7.13 【トピックス】総研大の大学院説明会をオンラインで開催
- 7.21 【プレスリリース】先端 X 線分析により原発事故由来の不溶性セシウム粒子の生成・放出過程を解明

DESY 滞在記 ～研究編～

放射光実験施設 石井晴乃

こんにちは。放射光実験施設の基盤技術部門の石井晴乃です。前回 (Vol.37 No.3) の DESY 滞在記～生活スタート編～に続き、今回は DESY での仕事や職場について書いていきたいと思います。

私はドイツのハンブルグにあるドイツ電子シンクロトン (DESY) の加速器制御を行っている Machine Control System (MCS) グループに 1 年間の長期海外派遣をさせていただきました。前回にも少し話しましたが、加速器グループ (M) は DESY の持つ複数の加速器に関する業務を行っており、その中でも制御グループ (CS) は加速器を制御するためのハードウェアとソフトウェアの開発と維持、そしてそれらの情報サービスの提供を行っています。私は KEK では放射光利用側のインターロックの開発や維持を主業務としており、加速器というさらに大きなシステムを取り扱うような機会はなかったため、規模の違いからくる仕事の取り組み方の違いなどを感じました。また、今回の滞りで組織や国の違いからくる働き方の違いも多くみられ、驚きの連続でした。

私の所属した MCS グループのオフィスは DESY 敷地のおよそ中央、加速器のコントロールルームもある 5 階建ての建屋にあります。私もその一室に相部屋を割り当ててもらい仕事をしていました。現在 DESY では建屋を建築する予算がハンブルグや国から多く割り当てていることや、企業や大学がそれぞれのオフィスを DESY 所内に持つ動きが活発で、所内に次々と新しいオフィスが建設されています。来年度には MCS グループのあるオフィスも新しい建物に移るらしく、年々夏の暑さが厳しくなっているドイツでは冷房の完備された建物は非常にありがたいようです。

海外の研究施設で働く人と話すと働き方の自由度が高いとよく聞いていましたが、実際に目にしてみると想像以上のものでした。DESY での働き方は本当に人それぞれで、朝早く 4 時頃から仕事をして午後すぐに帰る人や、お昼に来て夜帰宅する人もいます。時間をずらす理由も多種多様で、子供の送り迎えである人もいれば午後は気温が上がって仕事の効率が下がるからという人もいますし、昼間にスポーツをしたいからというような人もいます。同じグループで一緒に仕事をしているのに 3 時間ほどしか会わないというのは始めのうちはとても驚きましたし、どうやって仕事をうまく回しているのだろうと不思議でした。実際一緒に仕事をしてみると、仕事の分担をはっきりと分け、互いの仕事を共有する環境をしっかりと整えているからこそ、このような働き方が無理なくできているのだとわかりまし

た。もちろん、ソフトウェア関連の仕事が主だからこそこできることかもしれませんが、このような環境が働き方を自由にし、また、業務を効率化しているのだと感じました。

私は放射光実験施設では基盤技術部門でビームラインのインターロック・制御に携わっています。また、それらの技術を生かし、ビームラインの真空をモニタするシステムや実験ホールの環境測定システムなどの整備も行っています。これらのシステムはビームライン担当者や運転当番、ユーザーなど様々な人が利用します。そのため、利用しやすさまで意識したシステムづくりをすることは非常に重要です。また、開発の手が足りない昨今、開発のしやすさも非常に重要な意味を持つようになりました。今回の DESY 滞在の目的はそのような利用しやすいシステム開発を、開発負担を削減し行うような技術を学ぶためです。

以前より MCS グループとはグループ単位での交流があり、.NET Framework を利用した Advanced Component Oriented Programing (ACOP) と PF で利用されている制御ソフトウェア Simple Transmission and Retrieval System (STARS) を組み合わせ利用するための開発を行ってきました。

ACOP.NET は GUI 開発において、開発者がソースコードを書かずに STARS や TINE などの制御ソフトウェアと通信することのできるコンポーネント群を提供するもので、現在 DESY でも利用されています。私は滞在期間中、まず DESY の加速器制御ソフトウェア TINE で、TINE サーバーとクライアント間の簡単な通信プログラムなどを書きながら TINE の基礎を学びました。そのあと、ACOP.NET で GUI を作成しながら、ACOP.NET の開発とデバッ

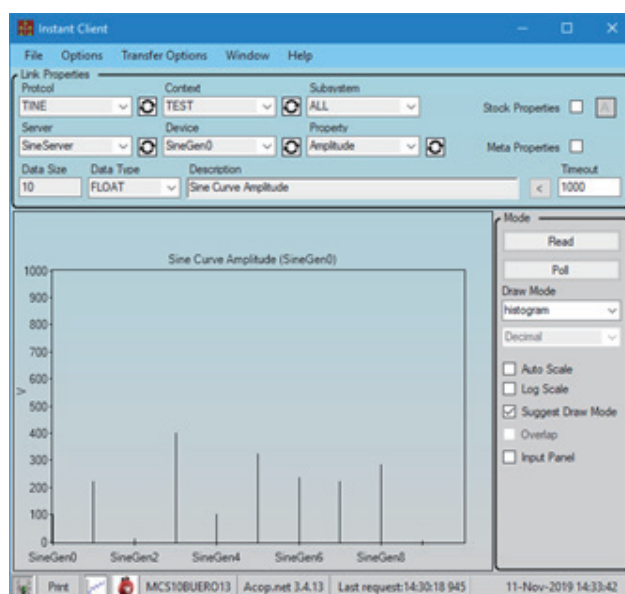


図1 ACOP.NET を用いて開発した GUI (instant client)

グを行いました。

図1は選択した制御サーバからデータを取得したり、送信したりするような制御システムとのコミュニケーションGUIです。STARSと違いTINEは取り扱うデータの形式も様々でACOP.NETのデバッグや機能の拡充は非常に大変でしたが、おかげでACOP.NETのような制御系に即した高機能なフレームワークの開発について詳しく学ぶことができました。今回作成したGUIなどはDESYで利用される制御ソフトウェアのパッケージに組み込まれ、所内で容易にインストールできるようになっています。このようにDESYでは作成したソフトウェアをDESYの技術者や利用者が使用しやすいように配布する仕組みも整えられています。PFでもより多くの人に我々が提供するソフトウェアなどを利用してもらえるようにマニュアルや環境を整え、利用のサポートをできるよう努力していく必要があると感じました。

今年はコロナの影響を受け、3月からDESYでも加速器のシャットダウンや在宅勤務が開始されるなど通常とは異なる生活を強いられました。DESYでは早期の対応をしたことで、最初の感染者以降私の滞在期間中に新たに感染した人は出ていません。

積極的な呼びかけと情報共有、注意喚起により帰国までの間比較的安心して過ごすことができました。DESYでホストしていただいたBacher氏やSzczeny氏、Duval氏をはじめMCSグループの皆様感謝いたします。

また、このような機会を与えてくださった物構研の皆様及び、諸手続きなど帰国までサポートくださった国際企画係の方々にこの場を借りてお礼申し上げます。DESYでの滞りで学んだことを今後のKEK、そして物構研で生かすこれからの施設へ貢献していきたいと思います。

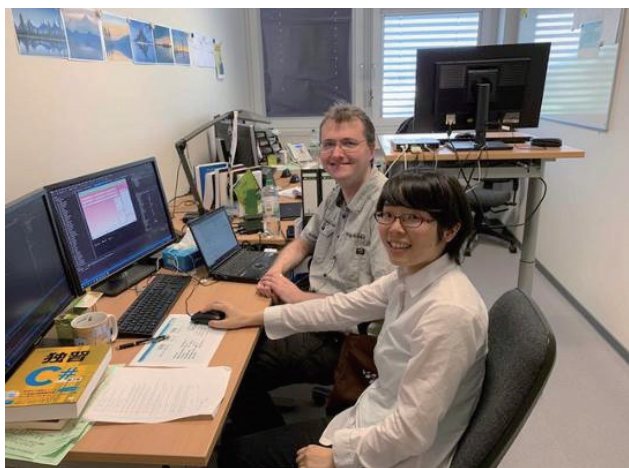


図2 DESYでの職場(手前 私, 奥 Jan Szczeny氏)

KEK オンライン一般公開 2020 が開催されました

一般公開実行委員会
放射光科学第二研究系 阿部 仁
放射光実験施設 山下翔平
加速器第六研究系 山本尚人

令和2年9月6日(日)に、毎年恒例となるKEK一般公開が開催されました。新型コロナウイルスの感染状況を鑑み、今年はオンラインという初の試みとなり、YouTube Liveとニコニコ生放送で同時に配信されました。

フォトンファクトリーからはいつもの一般公開では足を運べない、奥のビームラインまで紹介できればということで、11時15分より「今日のにゃんこ」と題してスタジオ(雨宮健太教授、鈴木真粧子客員准教授)からナビゲーター(宇佐美徳子講師)へ、続いて光電子分光のBL-2A(北村未歩助教)、軟X線顕微分光のBL-19A(小野寛太准教授)、タンパク質結晶構造解析のBL-17A(引田理英助教)の順番でリレー形式によっておよそ30分間に渡り生中継しました。遠方のため現地になかなか足を運べない方は勿論、スタジオゲスト(勝手につくば大使)や視聴者からの質問にその場で答えるといった生中継ならではの良さを取り入れながら、無事中継が行われました。フォトンファクトリーの中継時でのYouTube Live視聴者数はおよそ480人(全日累計はおよそ6000人)、ニコニコ生放送からは朝からの累計でおよそ4200人(全日累計はおよそ12400人)となり、例年以上に多くの方に参加いただきました。



図1 中継スタジオの様子(左からスタジオゲスト、鈴木真粧子客員准教授、雨宮健太教授)



図2 PFのビームラインからの中継の様子

総研大 物構専攻の亀沢 知夏さんが SOKENDAI 賞を受賞

物構研トピックス
2020 年 10 月 7 日

国立大学法人 総合研究大学院大学（総研大）高エネルギー加速器科学研究科 物質構造科学専攻の亀沢 知夏（かめざわ ちか）さんが、第5回 SOKENDAI 賞を受賞しました。SOKENDAI 賞は、総研大の理念と目的に照らして特段に顕彰するに相応しい研究活動を行い、その成果を優れた学位論文にまとめて課程を修了し学位を取得する学生を表彰するものです。学位論文「動的X線エラストグラフィによる弾性率の可視化」の内容はもちろんのこと、総研大の特別研究派遣制度による東北大学 多元物質科学研究所での研究や、全学事業である SOKENDAI 研究派遣プログラムを使って滞在したハーバード大での研究など、総研大の教育プログラムを十分に活用して研究成果をあげたことが、総研大の理念である高い専門性・広い視野・国際的通用性という面で優れていると評価されました。

亀沢さんは、2018 年、2019 年の KEK スチューデントで連続して機構長賞を受賞するなど、KEK 内でも優秀な成績が認められていました。

SOKENDAI 賞は通例では総研大の学長から授与されるものですが、今回は COVID-19 対策のため 9 月 28 日に KEK つくばキャンパスで行われた学位記授与式の後、高エネルギー加速器科学研究科の磯 暁 研究科長より賞状が授与されました。

受賞後のスピーチで亀沢さんは、「総研大では指導教員の兵藤先生をはじめ、多くの先生方の指導を受けました。総研大はプロの研究者が身近にいることと、同じキャンパス内に素粒子原子核や加速器を含めて広い分野の研究者がいる環境がとてもよかったと思います」と話し、さらなる研究への意欲を見せました。

亀沢さんは、10 月からはフォトンファクトリーの博士研究員として研究を続けています。



磯 研究科長から亀沢さんへ学位記の授与

PF トピックス一覧（8 月～ 10 月）

PF のホームページ（<https://www2.kek.jp/imss/pf/>）では、PF に関する研究成果やイベント、トピックスなどを順次掲載しています。各トピックスの詳細は PF ホームページをご覧ください。

2020 年 8 月～ 10 月に紹介された PF トピックス一覧

- 8. 11 【プレスリリース】世界初！「マランゴニ対流」による分子のリズミカルな運動を観測 ～ 生命活動をつかさどるリズムの起源に迫る～
- 8. 25 【プレスリリース】金属イオン間の電子の授受で極性構造を制御 ―強誘電体・圧電体材料や負熱膨張材料の開発に新しい知見―
- 9. 3 【物構研ハイライト】物構研 4 つのプロープの歴史放射光編
- 9. 7 【プレスリリース】隕石衝突の規模を鉱物から探る ―高強度レーザーで再現した隕石衝突の瞬間を超高速度 X 線撮影―
- 9. 17 【プレスリリース】酸化物ナノ構造に現れる新しい電子相の発見～二酸化バナジウムを用いたモットトランジスタ開発に新しい知見～
- 10. 7 【物構研トピックス】総研大 物構専攻の亀沢 知夏さんが SOKENDAI 賞を受賞
- 10. 8 【トピックス】技術職員の海外研修報告会を開催
【プレスリリース】新奇な磁性トポロジカル絶縁体ヘテロ構造の作成に成功―磁性とトポロジカル物性の協奏現象に新たな知見―
- 10. 9 【物構研トピックス】物質構造科学研究所 諮問委員会の開催報告
- 10. 21 【物構研トピックス】第 3 回文理融合シンポジウム「量子ビームで歴史を探る」を開催
- 10. 23 【物構研トピックス】PF ユーザーの東京大学などの研究グループが TLR7/ 新規阻害剤の複合体構造を高分解能で解明
- 10. 27 【物構研トピックス】第 37 回 PF シンポジウムをオンラインで開催

コロナ禍での測定感想文

新型コロナウイルス感染拡大に伴い、PF でもリモート測定が行われるようになりました。そこで、コロナ禍での測定について、ユーザーの皆さんやスタッフの感想文を集めてみました。今後の参考になれば幸いです。

BL-3A での測定

埼玉大学 研究機構 科学分析支援センター
理工学研究科 物理機能系専攻 物理コース 道村真司

我々は、水平 2 軸回折計に液体ヘリウム超伝導マグネットを搭載して実験している。この実験は、回折計が大きくモーター数が多い上に強度も然程弱くないため、常に軸が稼動している。そのため、普段ケーブルの巻込みや機器同士の衝突などの異常に常に注意を払う必要がある。今回、リモート測定を行う上で、まずは異常に対する違和感を捉えられないのではないかと不安であった。特に音は異常を察知する上で有用な感覚だが、リモートでは音情報を得ることができなかった。現在ハッチ内 Web カメラの音声入力に対応して頂いている。

また、教育面からお願いしたいのが、来訪人数の制限である。学生への説明などは Web ではなく対面で行うことが望ましく、BL で 2 名に制限されても宿舎で複数人で対面の説明や議論をする。そのため、BL での 2 名制限の効力は限定的である。制限を 4 名あるいは 6 名程度に緩和することにより、学生にとって貴重な実験経験の場を確保させて頂ければ助かります。

(編集部注釈) 2020 年 6 月の実験時は BL ごとに人数制限をかけておりましたが、2020 年 10 月からは「必要最低限」に変更になりました。ただし、今後の流行状況により変更する可能性がありますので、最新情報にご留意ください。

BL-3A, 4C でのリモート測定

放射光科学第一研究系 中尾裕則

BL-3A, 4C では、多軸回折計上の試料の温度・磁場・電場等の外場条件を変えながら、逆格子空間の一部を高分解能・高精度で測定し、物性の発現機構を探る研究が行われている。このような実験の性質上、ユーザーが来所して試料を設置・調整後は、制御 PC を通じての実験が主であり、これまでも数日間のリモート測定は可能であった。しかしながら、今回ユーザーによるリモート測定を推進しようとしたところ、リモート測定に必要となる無線 LAN の tsubaki-III や VPN をユーザーが利用するための手続きが、

とても煩雑であった。また、リモート測定があちこちで行われる状況下では、制御にタイムラグを感じることも発生した(これまで、そんなことなかったのに...)。現在 PF では、これらの問題が解決される新しいネットワーク・リモート制御システムの構築が進められており、今後より快適で安全なリモート測定ができるものと期待している。また今回のことを通じて、「リモート」ユーザーサポートの重要性を感じた。今後、ネットワークカメラ、テレビ会議システム等によるユーザーサポートを試みていく予定である。

BL-5A での測定

広島大学大学院統合生命科学研究科 片柳克夫

昨年 4 月に新型コロナウイルスの非常事態宣言がされて県またぎの移動が禁止された時は、これから 1 年はデータ収集が無理かなと絶望しました。しかし、PF の方々のご尽力で何と早くも 6 月下旬にはリモート測定ができるようになりました。おまけに私のような広島からの訪問実験では、行きと帰りを合わせて 2 日間が移動日でしたが、これがリモート測定でゼロになり非常に効率的になりました。リモート測定には結晶交換ロボットが必須ですが、今回初めて使ってみてとても完成度が高く、まるで自分の研究室の一室に装置があるような身近な感覚を実感できました。自動測定はもちろん、マニュアル測定に関しても、設定条件の変更から結晶の操作までほとんど PF の実験ハッチの前で行うのと同じ感覚でできます。これには YouTube に公開されている過去数回分の PF-UA 主催「蛋白質構造解析ビームライン中級者講習会」も大変参考になりました。しかしこれらの便利さも結晶の送受からセットアップ、片付けまで BL スタッフの皆様の多大なサポートで成り立っていることも忘れてはなりません。私も Sakabe Camera の頃から、タンパクビームラインのユーザーとして代々の BL 担当者の方々にお世話になってきました。実験で訪問するたびに毎回何かが新しくなっており、実験開始前のご説明時にはいつもワクワク感がありました。そういったスタッフの方々の長年の努力の積み重ねがあって初めて、今回のコロナ禍に対応したリモート測定がいち早く可能になったものと深く感謝している次第です。

タンパク質結晶構造解析ビームラインでの全自動測定、リモート測定

放射光科学第二研究系 山田悠介

タンパク質結晶構造解析 (MX) ビームラインにおける

リモート測定はコロナ禍以前から世界的にはごく一般的なものでしたが、現場スタッフ運用の問題から PF の MX ビームラインでは利用を企業や特定のプロジェクトに限定していました。ところがコロナ禍により多くのユーザーが来所実験が出来なくなったことをきっかけにリモート測定を一般ビームタイムでも利用可能とするよう舵を切りました。もともと 2020 年度より一般公開を予定していた全自動測定と合わせて、来所を必要としない測定（全自動測定＋リモート測定）が全体の 75 % を占めるようになりました。

全自動測定はユーザーから送られてくる試料をビームラインスタッフが測定装置にセットし測定開始をすると、結晶交換、センタリング、回折能評価、データ測定が全ての試料に対して無人で行われます。一方、リモート測定では、ビームラインスタッフが試料をセットしたあとに、ユーザーがインターネット越しに測定装置操作 PC にリモートデスクトップ接続して、測定を行います。

これらの測定では、試料のセットと片付けはビームラインスタッフが行います。PF に 5 本ある MX ビームラインでは最短 4 時間単位でビームタイム配分を行っていることから、ユーザーからの試料やデータ保存用の HDD が毎日大量に届くことになります（図 1）。実験データの取り違えは致命的ですから、この大量の荷物の取り扱いには細心の注意を払う必要があります。2020 年 6 月は PF のみの運転で 2 週間と期間も短かったことから現場スタッフが気合で乗り切りましたが、それ以降は AR も同時に 1～2 ヶ月運転が続くため、しっかりとした体制が必要です。そのため 2020 年夏の停止期間中に急遽試料流通管理のシステムを立ち上げ、ユーザーには送付する荷物にシステムが発行する QR コードを貼ってもらうよう協力をお願いしました。その結果、2020 年 10-12 月期には G 型課題だけで 148 回の試料輸送がありましたが、大きなトラブルなく受け取り、測定、返送を行う事が出来ました。システム作りからビームラインでの現場作業まで実作業を担当していただいた MX ビームライン運用スタッフの皆さんにこの場を借りて感謝申し上げます。

MX ビームラインではコロナ禍を機に運用方針の大きな転換を行い世界標準に近づく事が出来ました。また、全自動測定やリモート測定を経験し、その実用性からもう以前の来所実験に戻れなくなってしまったユーザーの方々も多いのではないかと想像します。今後もユーザーの皆様と対



図 1 PF に送られてくる測定試料（左）と HDD（右）

話を続けながら、MX ビームラインのあるべき姿を考えて行きたいと思います。

BL-7A での測定

東京大学物性研究所 坂本祥哉

6 月 28、29 日に BL-7A にて雨宮健太教授のご助力のもと X 線磁気円二色性のリモート測定を行いました。コロナ禍で放射光実験などできないだろうと思っていたところに、リモート測定の話をいただいたので、たいへん嬉しく思いました。まず、実験に先立って、KEK のネットワークへの VPN 接続や測定用 PC へのリモートデスクトップ接続ができる環境を整えました。当初は測定がうまくいか不安でしたが、BL-7A ではほぼ全ての測定機器が PC から制御できるため、大学や自宅から円滑に測定を進めることができました。リモートでの対応が難しかったのは、ビームダンプ後の BBS の開閉と磁場の向きの手動反転です。深夜に発生したビームダンプの際には、他のビームラインで実験していた方に BBS を開けてもらいました。磁場の向きは雨宮教授に 12 時間おきに手動で反転してもらう必要がありました。このように、改善すべき困難はいくつかありましたが、今回の測定ではとても良いデータを取ることができ、リモート実験の将来性を感じることができました。今後ますます、現場の負担を増やさないような形で、リモート測定が発展していくと良いと思いました。

BL-7A、16A でのリモート測定の準備

放射光科学第一研究系 雨宮健太

私のリモート測定への挑戦は緊急事態宣言真ただ中の 4 月 22 日に仁谷さんに送った一通のメール、「測定用の PC を機構外から操作するにはどうしたらいいですか？」から始まりました。PF の運転中止が決まっていたのになぜ、とも思いますが、虫が知らせたのでしょうか。それから 1 か月余り、ユーザーがリモートで操作しやすいようにソフトを改良する日々が続きました。のんびり朝ドラを見た後、寝室にこもってリラックスした姿勢でノート PC をビームラインにつなぎ、大画面 TV に映し出してソフト開発にいそしみつつ、時おり妻と一緒に犬の散歩にでかけるとい、絵にかいたような在宅勤務です。私の担当する BL-16A の XMCD 装置は、ほとんどの操作が PC からできるのでソフトの改良で済みましたが、BL-7A の XAFS 装置は完全手動でしたので、急遽モーターを買って板を工作して Z ステージに無理やり取り付け、即席の「試料交換機構（上下に移動するだけ）」にしました。仕上げに 3 千円の Web カメラを何台か買って準備完了です。さて実際にリモート測定をしてみると、これはもう快適の一言でした。ユーザーの実験でも自分の実験でも、どこにいても図 2 の

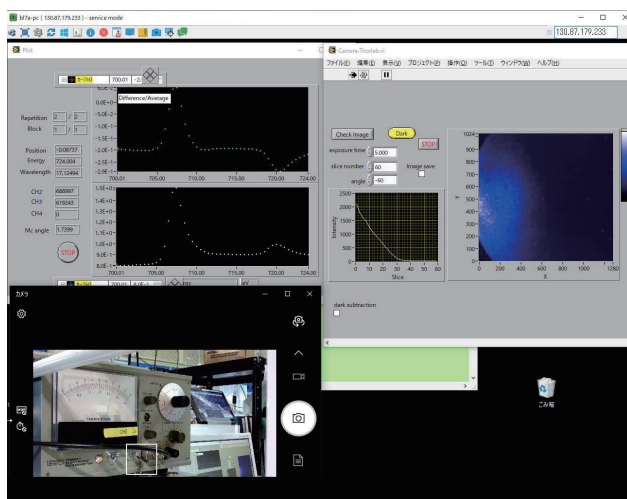


図2 BL-7Aでのリモート測定の様子(アナログとの華麗な融合)

ような画面が見られて、そのまま操作ができるなんて、まさに夢のようです(ピコアンで光強度が見られるのもポイントです)。家で「光を見失いました」と連絡を受けても、5分で復活です(以前なら何時間かかったことか…)。この快適さは一度体験したらやめられません。

硬X線 XAFS メールインサービスの利用

山口大学大学院創成科学研究科
恒川舜, 坂井ありす, 吉田真明

私たちの研究室は硬X線・軟X線による XAFS 測定に取り組んでおり、普段は PF の BL-7A, 9A, 16A を利用させていただいています。しかし、6月の実験では新型コロナウイルスの影響で大学から出張を控えるように指示され、配分されたビームタイムをキャンセルすることになりました。そんな中、硬X線 XAFS ビームラインにおいてメールインサービスでのリモート測定をご対応いただき、おかげさまでコロナ禍にも関わらず研究を継続することができました。この測定では、PF から送られてきたサンプルホルダー(図3)に試料を固定して返送すると、PF で自動測定を行い、測定データをオンラインで送付していただけるというものでした。そのため、長距離移動することなく



図3 PFから送付されたケースとサンプルホルダー

実験でき、新型コロナウイルスの感染を心配せずに済みました。今後は、また現地で測定を行えるようになることを期待するとともに、標準的な測定法の試料についてはメールインサービスでの測定も利用させていただければと思っています。最後に、ご支援くださいました XAFS ビームライン担当者の仁谷様に心より感謝申し上げます。

硬X線 XAFS でのメールイン代行測定サービス

放射光実験施設 仁谷浩明

硬X線 XAFS ビームラインでは以前よりメールイン代行測定サービス(ユーザーは来所せずに試料のみ PF に送付する代行測定方式)の準備を行ってきました。特に産業利用課題においては2018年から正式に利用制度がスタートしていましたが、これまでの利用はわずか数件で開店休業状態でした。緊急事態宣言を受けて2020年6月からは制度をG型課題にも広げたところ出張困難等の理由で多くの利用希望をいただき、本格的な運用がようやく始まりました。実際に作業に取りかかると見落としていた点などが分かり、当初はバタバタしましたが、11月の運転ではそれらも改善されて比較的スムーズに実施できるようになったと思います。次の2月の運転では海外からの利用希望もあり(これも想定から漏れていましたが)、徐々にサービスとして認知され始めている状況です。今後は測定部分のリモート化を進めて、“代行測定”ではないメールインリモート測定サービスに発展させたいと考えています。

東京大学の十倉 好紀 特別栄誉教授が文化功労者として表彰されました

物構研トピックス
2020 年 11 月 12 日

物構研の量子ビームを利用して長年にわたり物性物理学分野の多くの研究成果を出している東京大学工学部物理工学科の十倉 好紀（とくら よしのり）特別栄誉教授が、今年度の文化功労者として表彰されました。十倉教授は、理化学研究所 創発物性科学研究センター長であり、東京大学 国際高等研究所東京カレッジの卓越教授でもあります。今回の選考では物質中の電子集団の特殊な振る舞いを解明したことが高く評価されました。

物構研では十倉教授のグループと強誘電体や磁気スクリミオンに関する多くの共同研究を行っています。

このたび十倉教授から「KEK 物構研の先生方とは、長い間、多くの共同研究をさせていただき、いずれも研究成果を出す上で重要な協働でありました。これらは現在もまた進行中です。」とのメッセージをいただいております。



第3回物構研シンポジウムにて講演中の十倉教授（2010年12月）

物構研の協力研究員 野田幸男氏が日本中性子科学会の功績賞を受賞

物構研トピックス
2020 年 11 月 19 日

日本中性子科学会が広く日本の中性子科学の発展に顕著な功績のあった者に対して授与する功績賞受賞者に、東北大学名誉教授の野田 幸男 氏が選ばれ、オンライン開催の中性子科学会年会にて授与式が行われました。受賞テーマは「中性子構造解析装置の発展および日本の中性子科学コミュニティ発展に対する貢献」です。

野田幸男氏は、これまで一貫して中性子とX線を用いた構造物性研究を行い、合金の相転移・マルテンサイト変態・水素のダイナミクス・水素結合系強誘電体・マルチフェロイック物質・酸化物強誘電体など多くの物質において顕著



功績賞受賞講演をする野田幸男氏（ご提供：東北大学 山本孟氏）

な研究成果をあげてきました。受賞理由には「構造物性研究並びに国内外の数多くの中性子構造解析装置の開発・高度化という科学的功績のみならず、中性子科学の黎明期から日本の中性子科学分野の発展のために尽力し、今日の日 本中性子科学会および中性子科学分野の礎を築いた功績は極めて大きい」と評されています。

野田氏は、長年フォトンファクトリー（PF）と KEK 中性子散乱実験施設（KENS）のユーザーであり、多くの実験装置の立ち上げに貢献されました。PF では、1980 年代、PF 初期の BL-4C の立ち上げに始まり、近年では BL-14A の 4 軸回折計を用いた精密結晶構造解析を手がけています。また、PF に関しては 1996 年より PF 懇談会の共同利用担当幹事や運営委員を 8 期、放射光共同利用実験審査委員会（PAC）委員を 2007 年度から 3 期 6 年、KENS では 1999 年から 2009 年まで中性子実験審査委員会委員や日英中性子散乱研究協力事業研究計画委員会の委員を務められました。その後、KEK の客員教授、ダイヤモンドフェローを務められ、2008 年からは現在に至るまで PF の協力研究員となっています。J-PARC 物質・生命科学実験施設（MLF）稼働後も、物構研と多くの共同研究を行ったことはもちろん、MLF 中性子課題審査の部会長を長く務められ、S 型課題 S05 の初期の代表者でもありました。もっとも最近の共同研究は、マルチプローブ利用によるマルチフェロイック物質の強誘電性に関する研究で、その成果は 2020 年 7 月に KEK と東北大学 多元物質科学研究所からプレスリリースされました。

さらに、野田氏は PF ユーザーアソシエーションの構造物性ユーザーグループの世話人も任されていました。国内の量子ビーム施設の装置立ち上げに携わった野田氏は、ユーザーグループも「PF のユーザー」に限定せず、「本グループは、SPring-8 を中心的に利用する研究グループや、原子炉 JRR-3 や J-PARC MLF の中性子やミュオンを利用する研究グループとも協力することにより、幅広い観点から研究を推進し、構造物性研究の中核的存在となることを目指す」といった目標を掲げていたそうです。この理念は、後任の有馬 孝尚氏にも引き継がれました。当時のユーザーミーティングの記録がウェブ上に残されています。

放射光実験施設の間瀬一彦准教授が日本表面真空学会 功績賞および会誌賞を受賞

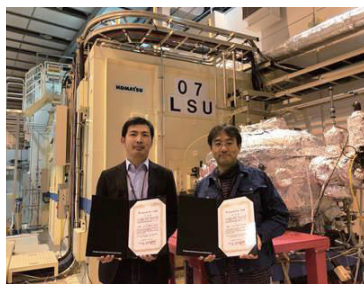
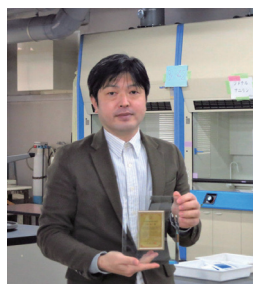
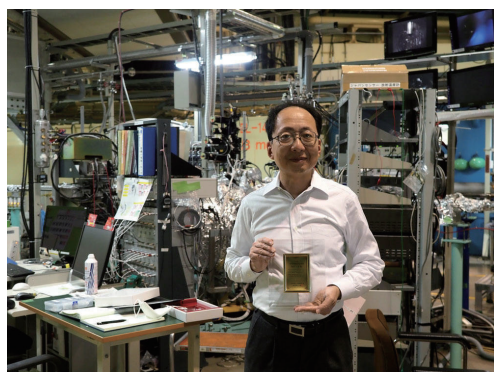
物構研トピックス
2020 年 11 月 20 日

物構研 放射光実験施設 基盤技術部門の間瀬一彦（ませかずひこ）准教授が、今年度の日本表面真空学会の功績賞および会誌賞を受賞しました。

日本表面真空学会功績賞は、永年にわたり日本表面真空学会の発展に特に功績があったと認められる個人会員に与えられる賞です。間瀬准教授は、学会の教育事業などでの功績が認められ、受賞となりました。

また、日本表面真空学会会誌賞は、過去 2 年間に学会誌「表面と真空」または学会発行の e-Journal of Surface Science and Nanotechnology へ掲載された原著論文以外の記事が、日本表面真空学会会員の啓蒙に特に大きく貢献したと認められる個人会員に与えられる賞で、2020 年度は東京工業大学 理学院の小澤 健一（おざわ けんいち）助教、東京大学 物性研究所の山本 達（やまもと すすむ）助教（研究当時、現在は東北大学 国際放射光イノベーション・スマート研究センター（多元物質科学研究所 兼務）准教授）、東京大学 物性研究所の松田 巖（まつだ いわお）准教授との共同受賞となりました。

受賞対象となった論文は、
“A Surface Science Approach to Unveiling the TiO₂ Photocatalytic Mechanism: Correlation between Photo-catalytic Activity and Carrier Lifetime”, Kenichi Ozawa, Susumu Yamamoto, Kazuhiko Mase, Iwao Matsuda, e-J. Surf. Sci.



（上）間瀬一彦氏（BL-13B にて）、（左下）小澤 健一 氏（東工大にて）
（右下）左から山本 達氏、松田 巖氏（SPRING-8 BL07LSU にて）

Nanotechnol. 17, 130-147 (2019). です。

この共同研究では、SPRING-8 の東京大学放射光アウトステーション物質科学ビームライン BL07LSU と、フォトンファクトリーの BL-13B において実験が行われました。

フォトンファクトリーユーザーの西川恵子氏が日本結晶学会西川賞を受賞

物構研トピックス
2020 年 12 月 1 日

フォトンファクトリー（PF）のユーザーである豊田理化学研究所フェロー・千葉大学名誉教授の西川恵子氏が、日本結晶学会の西川賞を受賞しました。西川賞とは、長年に亘って結晶学に対する貢献が特に優れた研究者に対して授与されるもので、11 月 27 日にオンラインで開催された日本結晶学会年会にて授賞式及び受賞講演が行われました。受賞テーマは「複雑凝集系を対象としたゆらぎの構造科学」です。

西川氏は、長年 PF において小角 X 線散乱法を中心に種々の手法を相補的に使い、物質科学におけるメゾスケールの『ゆらぎ』現象を対象に、独創的な研究を進めてきました。ゆらぎは平均からのズレを表す概念であり、空間的な分子分布のズレ（静的ゆらぎ）や時間的変動（動的ゆらぎ）は、対象とする系の構造・物性を決め、その後の時間発展の駆動力となる物理量です。しかし、非常に微視的な現象のため、その観測は困難を極めました。西川氏は、小角 X 線散乱法を巧みに駆使して観測の困難さを打ち破り、物質科学でゆらぎが顕在化する種々の現象を調べ、静的ゆらぎを定量化する観測方法を確立することに成功しました。また、イオン液体と呼ばれる物質群が、相変化の動的ゆらぎを実験的に追跡できる系であることを見出し、その現象の観測に世界で初めて成功しました。これらの成果は学問的に高く評価されているのみならず、その後のゆらぎをプローブとした複雑凝集系の構造物性研究の広がりにおいても重要な役割を果たしています。



日本結晶学会年会における授賞式の様子（右上が西川氏、左上は山縣ゆり子学会長、下が賞状と記念品の箱）

さらに、西川氏は各学会誌に多くの解説記事を書かれており、また科研費特定領域研究の領域代表や研究会世話人なども務め、小角X線散乱法やイオン液体研究の存在感を大いに広め、新しい見地に立った構造科学を創成したことが高く評価されています。また、PFにおいても、研究成果を出すだけでなく、小角散乱ビームラインの運営や研究会などへの協力において多大な貢献をされています。

- 1.15 【プレスリリース】量子液晶と関係した新しい超伝導状態を発見
- 1.21 【物構研トピックス】CIQuS キックオフ研究会をオンライン開催しました
- 1.26 【トピックス】「茨城大学 -KEK Day ~ 最先端加速器による量子線科学のツアー」を開催しました
- 1.29 【物構研トピックス】研究系技術職員 1day 仕事体験を開催しました

PF トピックス一覧 (11 月 ~ 1 月)

PF のホームページ (<https://www2.kek.jp/imss/pf/>) では、PF に関係する研究成果やイベント、トピックスなどを順次掲載しています。各トピックスの詳細は PF ホームページをご覧ください。

2020 年 11 月 ~ 2021 年 1 月に紹介された PF トピックス一覧

- 11.12 【プレスリリース】微小な磁気渦の内部変形が引き起こす渦の配列変化
- 11.12 【物構研トピックス】東京大学の十倉 好紀 特別栄誉教授が文化功労者として表彰されました
- 11.19 【物構研トピックス】物構研の協力研究員 野田 幸男 氏が日本中性子科学会の功績賞を受賞
- 11.20 【物構研トピックス】放射光実験施設の間瀬 一彦 准教授が日本表面真空学会 功績賞および会誌賞を受賞
- 12.1 【物構研トピックス】フォトンファクトリーユーザーの西川恵子氏が日本結晶学会西川賞を受賞
- 12.2 【トピックス】小柴昌俊先生ご逝去の報に寄せて
- 12.11 【プレスリリース】X線回折パターンからの対称性予測における知識発見 - 熟練者の勘・コツの定式化に成功 -
- 12.14 【物構研トピックス】最適化について - どこがもっとも類似度が高いのか -
- 12.14 【物構研トピックス】画像処理屋が KEK で単粒子解析をやるとのこと
- 12.14 【物構研ハイライト】タンパク質の単粒子解析ってどうやるの? ~ 二次元の画像データから 三次元の情報 that 得られるのはなぜ? ~
- 12.23 【物構研トピックス】物構研の量子ビームを利用した高インパクト論文の著者が、2020 年の高被引用論文著者に選ばれました
- 12.25 【プレスリリース】軟X線渦ビームのらせん波面の観測に成功 - 磁性体中のトポロジカル欠陥構造に対する新たな観測手法 -
- 1.13 【KEK エッセイ #37】協奏的な量子ビーム利用で物性発現機構を探る
- 1.15 【プレスリリース】副作用原因タンパク質 hERG チャネルと薬剤の複合体構造を明らかにすることに成功 - 重篤な副作用の回避にもクライオ電子顕微鏡解析が役立つ -