

## ユーザーからの小角 X 線散乱装置遠隔操作テスト報告 — 新型コロナウイルスを想定した新しい生活様式の実践を目指して —

### User report on remotely operate control trial for small angle X-ray scattering device with the aim of executing the New Normal style against COVID-19

相澤秀樹

摂南大学薬学部

〒573-0101 大阪府枚方市長尾峠町 45-1

Hideki Aizawa

Faculty of Pharmaceutical Sciences, Setsunan University,  
45-1 Nagaotougecho, Hirakata, Osaka 573-0101, Japan

#### 1 はじめに

2019 年末頃から始まった新型コロナウイルスの感染によって引き起こされる急性呼吸器疾患は世界中で蔓延している。世界中で感染者数・軽症者数・中等症者数・重症者数・死亡者数（以降、「感染者などの数」とする。）が爆発的に増加している。

2019 年末頃から 2020 年 4 月までの期間における日本においては、感染者などの数が増加して、感染症対策における行政措置が実施されると、感染者などの数が減少に転じて、ある程度の数まで抑えられる。横軸に日数、縦軸に感染者などの数をとると、まるで波のようなグラフになる。感染者などの数がある程度まで抑えられた成果をもって、この行政措置を緩和すると、再び感染者などの数が飛躍的に増加して、感染者などの数が前回の行政措置をとった時の波の高さの最大の値よりも、はるかに高い値となって、再び行政措置を実施しなくてはならない状況になるという最悪の悪循環が繰り返されている。2021 年 4 月 30 日時点では、4 つ目の波の最中であり、著者の居住地および勤務地である大阪では、新型コロナウイルスの感染者などの数の急増で受け入れ病床が満床になり、医療機関が新規患者を受け入れることができない、いわゆる医療崩壊している状況にある。

感染症対策における行政措置としては、海外ではロックダウン、夜間外出禁止などの措置がとられ、日本では、緊急事態宣言、まん延防止措置と言いが変わりながらも、不要不急の外出自粛、不要不急の都道府県の境をこえる移動自粛などの行動自粛、飲食店の休業・時短営業などが挙げられ、その他、マスク着用義務、体温 37℃ 以下であることの検温確認義務、ソーシャルディスタンス、飛沫感染防止措置、リモートワーク、リモート授業、クラブ活動自粛などが挙げられる。

世界中で新型コロナウイルスの流行当初から有効な手段であるワクチン開発合戦が繰り広げており、

ワクチン接種がイギリスで 2020 年 12 月末頃から実施されたことを皮切りに世界中で実施されており、世界中でワクチン争奪戦が繰り広げられている有様である。日本においても 2021 年 2 月中旬から医療従事者への接種が開始され、同年 4 月中旬以降高齢者、基礎疾患のある人、高齢者施設職員、同年夏以降に 16 歳以上の一般人へと順番に接種開始が予定されている。2021 年 5 月の時点において新型コロナウイルスの終息がいつなのかも予想できない状況にある。

2020 年 5 月から新型コロナウイルスを想定した with/after コロナ時代の新しい生活様式（New Normal）の実践が求められている。

高エネルギー加速器研究機構（KEK）物質構造科学研究所（IMSS）放射光実験施設（フォトンファクトリー：PF）（茨城県つくば市）の 2020 年第 1 期の運転は一旦中止となったが、2020 年 6 月 18 日から 30 日の期間についてだけテストビームタイムとして運転が行われた。急遽、この運転中止期間中に新型コロナウイルスを想定した with/after コロナ時代の新しい生活様式に対応すべく、KEK IMSS PF の小角 X 線散乱グループが、外部のクライアントコンピュータからホスト側の KEK IMSS PF の小角 X 線散乱ビームライン BL-10C 装置制御コンピュータへの遠隔操作をできるようにした。

テストビームタイム期間中の 2020 年 6 月 26 日に摂南大学薬学部（大阪府枚方市）にあるクライアントコンピュータからホスト側の KEK IMSS PF・BL-10C 装置制御コンピュータへの遠隔操作テストを実施した。その実施過程において、直鎖状の界面活性剤 Octaethylene glycol monododecyl ether (OEM) 水溶液を測定し、OEM ミセルの構造を決定した。

本報告においては、ユーザーの立場から現状の BL-10C 装置制御コンピュータへの遠隔操作テストの実施状況について報告するとともに、今後の小角散乱ビームラインおよび KEK IMSS PF の施設運用のあり方についても提言したい。

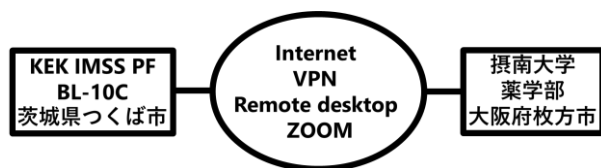


図1: 遠隔操作システム構成図

## 2 実験

### 2.1 試料調製

#### 2.1.1 リン酸緩衝液(pH 7, $I = 2.309$ mM)の調製

$\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ 、蒸留水はすべてナカライテスク株式会社製を用いた。pH 7、イオン強度  $I = 2.309$  mM のリン酸緩衝液は、 $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  0.6498 mmol と  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  0.5531 mmol の混合物を蒸留水 1 L に溶解することで作成した[1]。この緩衝溶液の条件では、OEM ミセルの周りの電気二重層の厚さ、つまりデバイ長が  $0.1945$  nm になる[2]。また、この緩衝溶液を X 線小角散乱測定におけるリファレンス試料として用いた。

#### 2.1.2 Octaethylene glycol monododecyl ether 溶液の調製

上記リン酸緩衝液を溶媒として 4% Octaethylene glycol monododecyl ether (OEM, 富士フィルム和光純薬株式会社製)溶液を調製した。

なお、OEM 溶液、緩衝溶液などの試料は事前に KEK IMSS PF に送付した。

### 2.2 小角 X 線散乱測定

#### 2.2.1 装置構成および測定方法

小角 X 線散乱測定は、KEK IMSS PF の小角 X 線散乱ビームライン BL-10C を用いた。ビームラインは、光源の蓄積リングから輝度の高い X 線ビーム (X 線の波長は  $1.5 \text{ \AA}$ ) を導いて通過させるための高真空管ライン、ビームサイズを調節するためのスリット (ビームサイズは高さ  $1 \text{ mm} \times 1 \text{ mm}$ )、入射 X 線の強度を測定するための厚さ  $33 \text{ mm}$  の透過型積分電離箱 (イオンチェンバ、応用光研工業株式会社製)、小角 X 線散乱ビームライン溶液測定用試料セル (溶液用セル、高さ  $3 \text{ mm} \times$  幅  $13.2 \text{ mm} \times$  光路長  $1.63 \text{ mm}$ 、ユニソフ株式会社製)用試料台 (溶液用セル用試料台)、試料によって散乱された角度毎の X 線を通させるための高真空ビームライン、試料によって散乱された角度毎の X 線の強度を測定するための長方形型検出器 (Dectris PILATUS3 2M、リガク株式会社製、検出器の大きさ:高さ  $1475 \text{ pixels} \times$  幅  $1679 \text{ pixels}$ 、1 ピクセルあたり大きさ:高さ  $172 \text{ \mu m} \times$  幅  $172 \text{ \mu m}$ ) で構成されている。試料台から長方形検出器までの距離 (カメラ長といわれる。)  $1030 \text{ mm}$  であり、この距離で  $q$  の範囲がおおよそ  $0.4 \text{ \AA}^{-1}$  までの小角

領域を測定できる。ここで、 $q = (4\pi/\lambda)\sin\theta$  であり、 $\pi$ ,  $\lambda$ , and  $2\theta$  は、円周率、X 線の波長、散乱角度を示す。

さらに長方形検出器の直前の高真空管ライン内部の末端で X 線ビームの末端 (ビームストップといわれる) に試料による X 線の吸収を測定するための  $5 \text{ mm}$   $\phi$  の silicon PIN フォトダイオード (浜ホトニクス株式会社製) を設置した。

試料の温度は体温である  $37^\circ\text{C}$  一定に保つのにチラーを使用した。試料溶液を溶液用セルに流入し、溶液用セル用試料台に装着して、X 線照射時間は 3 分で測定した[3,4]。

なお、測定装置セッティング、溶液用試料セルへの試料溶液の充填、溶液用試料セルの試料台へのセッティング、X 線の照射、試料溶液の交換は、KEK IMSS PF の小角 X 線散乱グループスタッフが行った。

#### 2.2.2 小角 X 線散乱の遠隔操作技術

この小角散乱装置の遠隔操作技術は、KEK が提供するインターネットに跨ってプライベートネットワークを拡張する技術 Virtual Private Network (VPN) と Microsoft 社が提供するコンピュータ同士をネットワークで接続することで遠隔操作を可能としたリモートデスクトップ機能を利用した技術である。この技術を用いて摂南大学薬学部 (大阪府枚方市) にあるクライアントコンピュータからホスト側の KEK IMSS PF・BL-10C の装置制御コンピュータに遠隔操作した。

#### 2.2.3 クライアント・ホスト間のコミュニケーション

クライアント側摂南大学薬学部とホスト側の KEK IMSS PF・BL-10C ビームライン間で連絡は、Zoom ビデオコミュニケーションズ社が提供する Web 上でのコミュニケーションソフトウェア「Zoom」を使用した。「Zoom」は、ビデオ会議、オンライン会議、チャット、モバイルコラボレーションを組み合わせた Web 上でのコミュニケーションソフトウェアである。

#### 2.2.4 データ解析

小角 X 線散乱測定終了後、小角 X 線散乱測定データは、KEK IMSS PF・SAXS 測定データサーバーからインターネットを通じてダウンロードした。長方形型検出器の画像データを  $q$  値と X 線の強度の数字で示されたデータへの変換は、KEK IMSS PF の小角 X 線散乱グループが提供する SAngher software version 2.1.45 を用いた[5]。 $q$  値毎の X 線の強度および X 線の透過度から、溶質の  $q$  値毎の体積あたりの散乱断面積の差 (differential scattering cross-section per unit volume, DSCS( $q$ )) を自作のソフトウェアで計算した[6]。さらに、溶質 OEM ミセルの  $q$  値毎の体積あたりの散乱断面積の差の曲

線に対して、幾何学モデルに基づいた式を非線形最小二乗法でフィッティングすることにより溶質 OEM ミセルの形と大きさ求めた。

### 3 結果および考察

#### 3.1 通信およびソフトウェア動作上の障害

遠隔操作テスト実施前の 2020 年 6 月 25 日に遠隔操作接続テストを行って、クライアントコンピュータからホスト側の KEK IMSS PF・BL-10C 装置制御コンピュータの接続確認および遠隔操作の手順について講習を受けていたことから、ソフトウェア動作およびその手順について問題は発生しなかった。遠隔操作テストは、通信およびソフトウェア上ならトラブルを発生することなく成功裡に終了した。

また、クライアントコンピュータとホスト側の KEK IMSS PF・BL-10C 装置制御コンピュータ間は、有線 LAN ケーブルおよび光ファイバー通信回線で接続されているので、通信障害などは発生しなかった。もしクライアント側が無線 LAN で接続していた場合は、無線通信環境によって障害が発生する可能性が大いにあるので、有線 LAN での接続を強くお勧めする。

#### 3.2 データダウンロードおよびデータ解析

SAXS 測定データは KEK IMSS PF・SAXS 測定データサーバーからネットワークを通じてクライアントコンピュータに問題なくダウンロードができた。その後即座に解析をした結果、OEM 溶液は、円柱状ミセルを示した (図 2)。OEM は、直鎖状 (棒のような) の界面活性剤なので、OEM 分子がいくつかの棒になるように会合して、全体として円柱状ミセルを形成したことが推察される。SAXS 測定終了→測定データダウンロード・測定データ解析の一連の解析プロセスはなんらトラブルもなく成功裡に終了した。

#### 3.3 遠隔操作を実現したことによる派生効果

時間の制約もなく世界中からアクセス可能であることから、KEK IMSS PF・BL-10C の装置制御およびデータ解析のために、茨城県つくば市 KEK IMSS PF に出張しなくても良い点が最大のメリットである。本報告では、KEK IMSS PF スタッフが行った測定装置セッティング→溶液用試料セルへの試料溶液の充填→溶液用試料セルの試料台へのセッティング→X 線の照射→試料溶液の交換の一連の作業のうち、測定装置セッティング以外の一連の作業 (以降、「それ以外の一連の作業」とする。) するための必要最小限の要員を確保すればよいので、KEK IMSS PF・BL-10C ステーションでの密閉、密集、密接の 3 密を避けることができる

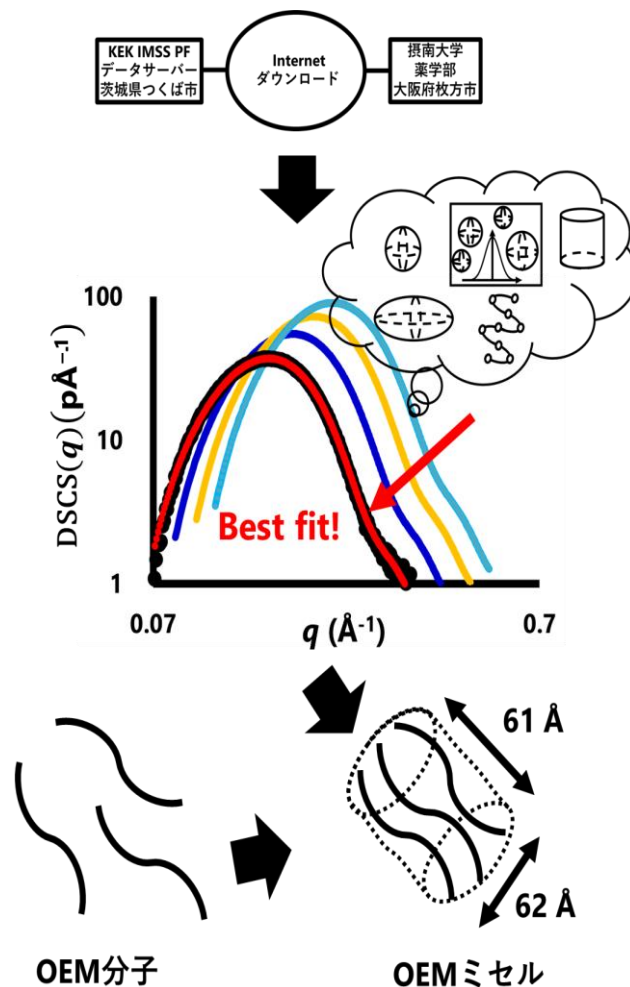


図 2: データダウンロードおよびデータ解析プロセスと Octaethylene glycol monododecyl ether (OEM) ミセルの形成プロセス

ばかりか、交通費・宿泊費など経費を必要最小限にとどめることができる。

さらに、所属機関もしくは自宅からアクセスできることから、現地に出張しない学生を SAXS 測定実験に参加させることができるので、運用の仕方によっては、遠隔操作とデータ解析が同時並行できるようになり、SAXS 測定およびデータ解析作業の効率化が格段に図れる。また KEK IMSS PF への移動の際の感染リスクを避けることができるとともに、交通費・宿泊費など経費がかからない点で優れている。

また自宅からアクセスすれば、真夜中から朝方にかけて実験作業しても、実験終了後即座に睡眠をとることができ、睡眠不足による居眠り運転などの交通事故を引き起こすことがない点で優れている。

日本が夜であっても、時差によって昼間のブラジルなどの国からアクセスして KEK IMSS PF・BL-10C の装置制御およびデータ解析すれば、そ

のためだけの徹夜という苛酷な作業する人員を減らせることができる。またブラジルなどの国で装置制御およびデータ解析要員を雇用したとしても、時間外労働手当を支給しなくてよい点が優れている。

同じような事例としては、インドの ICT 関連企業とアメリカの ICT 関連企業と提携してソフトウェア開発していることが挙げられる。インドとアメリカ西海岸は、およそ半日の時差があり、インドの会社が夜で休んでいるときアメリカの会社が昼に仕事をしており、反対にインドの会社が昼で仕事をしておりアメリカの会社が夜で休んでいる。こうして、24 時間無駄なくソフトウェアの開発がしていることを真似すればよいだけである。

### 3.4 現状の遠隔操作システムの問題点

急遽作成したことによるシステムの設定・ソフトウェア上の不具合などの技術的に解決できる細かな問題、そして現地での「それ以外の一連の作業」の様子をカメラ撮影してないので、クライアント側ではわからないなどの新規に機材等を導入すれば解決できる問題については、この紙面でとりあげる重要性はないので差し控えさせていただきたい。

この紙面で取り上げるべき現状の遠隔操作システムの問題点は、本報告では、KEK IMSS PF スタッフが行った「それ以外の一連の作業」は人の手で行う必要があることである。現行の制度下では、「それ以外の一連の作業」は、KEK IMSS PF ユーザーで行われなければならない、そのための要員を確保して、KEK IMSS PF に出張させなければならない点である。その要員に関しての KEK IMSS PF への移動の際の感染リスクを避けられないばかりか、交通費・宿泊費など経費が必要になる。

### 3.5 ロボットによる作業自動化した場合の問題点

「それ以外の一連の作業」をロボットによる作業自動化すればよいと思われるが、小角 X 線散乱の場合において、現実問題として可能なのが問題となる。

タンパク質結晶構造解析の場合は、試料がタンパク質結晶で、装置システム構成もほぼ同じであるから、ロボットによる作業自動化は実現されている。

しかし小角 X 線散乱で取り扱う試料は、タンパク質のように結晶だけでなく、固体、液体ばかりでなく、粘性の高い液体、臨界流体、ゴムなど様々な状態の試料を取り扱い、測定する対象物質によって、装置システム構成が異なり、多岐にわたる。

そればかりか表 1 に示すとおり、どんな状態の試料を観測したいのかによっても装置システム構成が異なり、多岐にわたる。

表 1: 小角 X 線散乱装置に組み合わせる装置と目的

装置	目的
−190°C から 400°C まで昇温・冷却装置	試料の熱変化時での小角 X 線散乱測定する
示差走査熱量計	試料の熱変化による吸熱もしくは発熱反応時での小角 X 線散乱測定する
斜入射（微小角入射）するための試料台 (GISAXS)	平らな固体の表面状態を小角 X 線散乱測定する
高速液体クロマトグラフィと多角度静的光散乱	様々な分子量もしくは大きさが異なる多分散状態の溶液の溶質（タンパク質、ミセル、粒子など）を分子量もしくは大きさに分離してから小角 X 線散乱測定する
引張試験機	ゴムなどの材料を引っ張った状態での小角 X 線散乱測定する
動的粘弾性測定装置	動的粘弾性測定時での小角 X 線散乱測定する
高圧用サンプルセル	高圧下における超臨界液体を小角 X 線散乱測定する

これらの点が、小角 X 線散乱を様々な分野に応用できる結晶構造解析にはない多様性をもっており、あらゆる分野の学問・科学技術・産業を進展させる可能性を秘めていることが小角 X 線散乱の強みである。

しかし、この小角 X 線散乱の多様性こそが、「それ以外の一連の作業」をロボットによる作業自動化するに際して致命的な妨げとなっている。

小角 X 線散乱測定が多岐にわたるすべてのケースに対応してロボットによる作業自動化することは、限られた予算・人的資源、あるいは装置の構成上無理である。

しかし「それ以外の一連の作業」は、基本的な作業方法を習熟してしまえば、誰でもできる単純作業である。なお、物性などの性質上取り扱いが困難な試料もあると思うが、そのケースについては別途個別に対応すればよいだけである。

結局のところ「それ以外の一連の作業」のためのスタッフを KEK IMSS PF で現地採用をするしかない。こうすれば、KEK IMSS PF に出張させずに済み、KEK IMSS PF への移動の際の感染リスクを避けることができるとともに、ビームラインに滞在する人数・健康管理しやすいからである。

現在の制度、1日24時間でユーザーグループごとに、ビームタイムを与えているけれども、ユーザーグループによっては、朝の3時ごろには体力が尽きて睡眠にいてしまい、その時間だけなにもしていないのにビームがでているだけの状態になっており、無駄にしているケースも見受けられる。

深夜には夜に強い若者、早朝には朝方に強いシニアを活用して合理的な効率化を図るべきである。そればかりでなく、日本政府は「働き方改革」を推進しており、この改革の柱の一つの「シニアの活用」に寄与することができる。現在のところ、課題一つあたり一人旅費を支給しているので、それを人件費に回せば、1日8時間として3人雇える計算になる。24時間交代制にして測定サンプル数でビームタイムを与えれば、ビームタイムの無駄も解消し、さらには評点が低くてビームタイムを与えていない課題も実質的に実施できる。

結局のところ数多くの試料を測定すれば、その中からすばらしい研究成果が生まれ、学術および科学研究の発達につながるのである。

### 3.6 教育上の問題点

「それ以外の一連の作業」に限らず、すべてをロボットによる作業自動化して、つまるところ制御および解析ソフト上のパソコン画面をクリックすれば、結果がすべてでてくるようにしてしまった場合、あるいは他人に測定してもらって、その結果も解析してもらった場合は、教育という観点から問題が生じるのではないかと懸念がある。要するに、大学・大学院・大学共同利用機関（以降、「大学等の機関」とする。）は研究・専門教育を担ってはすなわち、そのようなことをすれば大事な専門教育をおろそかにしてしまうのではないかと懸念である。

「大学等の機関」の研究に限らず一般的に研究は、①課題設定②課題解決手段を模索して実施③結果のまとめおよび検証④成果発表というプロセスで行われるのである。

①の課題を設定する上で、何を主眼において研究するのかについては、「大学等の機関」、実際のところは指導者（実験課題責任者）が決めて研究・教育すればよいだけのことである。「大学等の機関」それぞれには、教育・研究目標があり、それを達成するために、それぞれの機関で教育・研究がなされているはずだからである。ユーザーに所属する大学院生だからといって、KEK IMSS PFの加速器・シンクロトロン・測定装置（以降、「加速器等装置」とする。）のすべてにわたる詳細な知識を身につける必要がなく、必要に応じて概略的な知識で十分であると思われる。教育上、KEK IMSS PFでの測定体験が必要と判断したら

らば、年一回程度2泊3日程度で十分ではないかと思われる。

これは、普通の人が車の運転方法を知っているが、車・エンジンの構造、そしてどのような原理でエンジンを制御しているのかなどは全く知らなくても良いことと変わらないのではないかと？

### 3.7 KEK IMSS PFの組織運営上の課題

今まで述べてきた考え方は、あくまでも「加速器等装置」のユーザーつまり使用者として利用する場合に限って適用すべきである。

KEK IMSS PFは研究開発機関としての側面と共同利用機関としての2つの側面がある。

KEK IMSS PFは「加速器等装置」の開発研究機関の一面を担っており、「加速器等装置」の研究開発活動を継続するためには、どうしても現地での作業が必要となり、ロボットによる作業自動化するわけにはいかない。「加速器等装置」の研究開発機関として、科学的知見もしくは経験に基づいた試行錯誤からなる運用で腰を据えてじっくり研究開発が推進できる体制にし、新規な「加速器等装置」を開発して、学術および科学研究の発達につなげるように努力すべきである。

一方、共同利用機関としては、ビームラインの実情に応じて、確立された科学的知見に基づいたある決まったルールに基づいた方法に基づいてロボットによる作業自動化してひたすら効率化を求める体制にし、実質的に試料の数を多く測定できるようにし、その研究成果もって学術および科学研究の発達につなげるように努力すべきである。

なお、公共性の観点から、こちらの考え方で日本国政府に強く主張したほうが予算を獲得しやすいはずである。

この二つの考え方は、本質的には別の考え方であり、この二つの考え方をひっくり返して一つの考え方で統一して運用していこうとする考え方をとるべきではないと思う。KEK IMSS PFには、この2つの全く違う考え方を柔軟に使い分けて、ユーザーが使用しやすい新規な「加速器等装置」を開発して提供し、ユーザーが実験しやすい環境を提供してほしいと切に願うばかりである。

#### 4 まとめ

摂南大学薬学部（大阪府枚方市）にあるクライアントコンピュータからホスト側の KEK IMSS PF・BL-10C 装置制御コンピュータへの遠隔操作テストは成功した。これにより、KEK IMSS PF に出張しない学生を SAXS 測定実験に参加させることができるばかりでなく、海外からもアクセスできるので、運用の仕方によっては、遠隔操作とデータ解析が同時並行でき、SAXS 測定およびデータ解析作業の効率化が格段に図れるようになった。現在においてもなお、測定装置セッティング→溶液用試料セルへの試料溶液の充填→溶液用試料セルの試料台へのセッティング→X 線の照射→試料溶液の交換の一連の作業については、人の手でやらざる負えないので、ロボットによる作業自動化する必要がある。

しかし、小角 X 線散乱は、試料の物理的性質およびどんな状態の試料を観測したいのかによっても装置システム構成が異なり多岐にわたるので、それらすべてに対応してロボットによる作業自動化することは、限られた予算・人的資源、あるいは装置の構成上不可能であると思われる。

結局のところ、人の手でやったほうが、コストがかからず導入しやすいと思われる。深夜には夜に強い若者、早朝には朝方に強いシニアを活用して合理的な効率化を図ったほうがよいと考えられる。

KEK IMSS PF は研究開発機関としての側面と共同利用機関としての全く違う機関としての側面があり、この 2 つの全く違う機関としての考え方を柔軟に使いわけて、ユーザーが使用しやすい新規な「加速器等装置」を開発して提供し、ユーザーが実験しやすい環境を提供してほしいと切に願うばかりである。

#### 謝辞

新型コロナウイルスの世界的パルデミックという異常な時代なので、FD などの教育活動を目的とした集会や学会での研究報告は、オンラインあるいはリモート授業に関するトピックでもちきりであった。

それとは全く違った観点での小角 X 線散乱装置の遠隔操作テストに参加して、アクティビティレポートに報告して記録として後世に残せるといふ貴重な機会を与えてくださったことに感謝いたします。

さらには、遠隔操作テストの際、KEK IMSS PF の作業をしてくださった清水伸隆氏および五十嵐教之氏をはじめとする KEK IMSS PF の小角 X 線散乱グループスタッフに感謝いたします。

#### 参考文献

[1] M. Yamamoto, Most Frequently Used Buffers (in Japanese) Website, [http://www.chem.konan-u.ac.jp/PCSI/web\\_material/Pchem/Web/buffer\\_solution.pdf](http://www.chem.konan-u.ac.jp/PCSI/web_material/Pchem/Web/buffer_solution.pdf) (2020).

- [2] T. Handa, Physics pharmacy (in Japanese), 235 (2005).
- [3] Beamline administration team for small angle X-ray scattering beamlines in Photon Factory, BL-10C beamline station for measuring small angle X-ray scattering, <http://pfwww.kek.jp/saxs/beamline/bl10c.html> (2021).
- [4] N. Shimizu, T. Mori, Y. Nagatani, H. Ohta, S. Saijo, H. Takagi, M. Takahashi, K. Yatabe, T. Kosuge, and N. Igarashi, *AIP Conference Proceedings*, 060041 (2019).
- [5] Beamline administration team for small angle X-ray scattering beamlines in Photon Factory, SAngler - A software for SAXS image data processing, <http://pfwww.kek.jp/saxs/SAngler.html> (2021).
- [6] H. Aizawa, S. Ichikawa, E. Kotake-Nara, and A. Nagao, *J. Dispers. Sci. Technol.*, 39, 1003 (2017).

\*dr.aizawa.hideki@gmail.com