

コロナ禍とリモート測定

藤井純

CNR-IOM, Trieste, Italy

イタリアで最初の居住者の Covid-19 患者が発見されたのが 2020 年 2 月 20 日。私の担当するビームライン(APE beamline : VUV 光電子分光ビームライン)では 2 月いっぱいユーザービームタイムを予定通り行いましたが、国内感染者の急増のため 1 週間後の 3 月 1 日からのユーザーはイタリア入国を直前で断念し、インハウスのビームタイムに切り替えました。イタリア全土がロックダウンに入ったのはそのほぼ一週間後でした。ロックダウン中もイタリア国政府令は通勤のための外出を認めていましたが、私の所属する CNR (National Research Council) は研究のための通勤を禁じたため 3 月 12 日から私は在宅勤務に入りました。ロックダウンは約 2 か月におよび、APE では実質的にロックダウンが終わる 5 月 3 日までインハウスの実験を含めて全く実験は行えませんでした。この間 Elettra 放射光施設自体は Covid-19 治療に関する研究を行う重要施設に指定されたため、ロックダウン中にも関わらずカレンダー通りに運転を続けました。国全土がロックダウン中でしたから実施された測定はすべて mail-in (Elettra にユーザーから郵送されてきた試料に対する測定) で行われました。ロックダウン中に実験を行った Elettra の研究者はその経験から早くから mail-in などのリモート実験の考慮を他のビームライン担当者に勧めました。当初は多くのビームライン担当者から懐疑的な意見も出ていましたが、秋以降の第 2 波、第 3 波による実質的ロックダウンにより、ほとんどのビームラインにおいて、リモート実験を行わざるを得なくなりました。一言でリモート実験と言っても実際に誰が測定をするかによって大きく分けて 2 つのタイプがあります。タイプ 1 はユーザーとビームラインスタッフが連絡を取り合いながらビームラインスタッフが測定をするタイプ。タイプ 2 はユーザーが Elettra 外からビームラインの測定コンピューターにインターネット接続して測定をするタイプです。Elettra においては、どちらのタイプを選ぶかは、エンドステーションの装置の扱いやすさや、ユーザーの習熟度、更にビームラインの自動化の度合いに大きく依存するようです。場合によっては、日中はタイプ 1、夜間はタイプ 2 とするビームラインもありますし、タイプ 2 でも測定中は必ずビームラインスタッフがビームラインに滞在し、ビームラインスタッフ不在の夜間はリモートを中止するビームラインなど、ビームラインによって様々です。どちらのタイプにしても、ほぼ全てのビームラインにとっては新しい試みでしたが、現在はほぼ全てのビームタイムをリモート実験にしているビームラインもあります。そのために必要な機能を Elettra はユーザーのためのポータル VUO(Virtual Unified Office. Spring-8 の User Information My Page のようなもの。User ID と password で login します。)に組み込みました。ユーザーとビームラインスタッフの連絡は Zoom を使っています。Elettra を通して会議をスケジュールすれば、実験が始まった時、あるいは毎朝ビームラインのコンピュータで Zoom 会議を開始し、会議は開きっぱなしにしておいて、ユーザーや在宅勤務のビームラインスタッフは好きな時に会議に参加しビームラインの測定者と議論できるという方法が一般のようです。タイプ 2 実験のためのビームラインコンピュータへのリモートの接続もユーザーは VUO を通して web ブラウザを使って接続します。実験参加者に登録された人の VUO からは Elettra が許可した期間、許可したビームラインコンピ

ユーザーのみに接続できる仕組みです。測定データや電子ログブックもユーザーは VUO を通してダウンロードします。Elettra には Elettra 運営のビームラインと CNR のような外部機関運営のビームラインがあります。Elettra 運営のビームラインはほぼ VUO を通したリモート測定をしています。CNR 運営ビームラインの対応は様々です。我々 APE では Covid 以前からビームラインスタッフや学生が夜間の実験を自宅から行えるように光電子分光測定をある程度リモートで行えるような環境は整えてありました。APE では外部からの接続には Apache Guacamole (The Apache software foundation) というリモートデスクトップソフトを使っています。以前は VPN を利用していましたが、外部ユーザーの使用も念頭に安全性の高いソフトとして選びました。ユーザーにパスワード付のアカウントを与えて、ビームタイムの終了とともに無効にします。CNR 運営のビームラインの実験データは CNR-IOM の datashare と名付けられたサーバに保存されています。ユーザーには datashare サーバ内に当該ビームタイム用に作成されたディレクトリへのリンクを実験開始時に伝えます。ユーザーは web ブラウザを使ってそのディレクトリへアクセスしデータをいつでもダウンロードすることが可能になっています。

Elettra から正式な統計は受け取っていませんが、各ビームライン担当者に聞いたところでは最近は少なくとも半分以上のビームタイムがリモートで行われているようです。ビームラインスタッフの感想は様々です。例えば XRD の場合は、一度試料をセットしてしまえば測定自体は全自動で、あとはコンピュータ画面を見ながら測定範囲を指定していただくということで、試料 mail-in でもユーザー on-site でも測定結果は変わらないとのこと。二つある XRD ビームラインのうち XRD1 ではタイプ 1 しかおこなっていないため、ビームラインスタッフの仕事量が増えてビームラインスタッフからは不評のようです。新しいビームラインの XRD2 はタイプ 2 も取り入れていてうまくいっているようです。一方測定が非常に難しい光電子顕微鏡ビームラインの場合、もともと測定から解析まで全てビームラインスタッフが行っているため、こちらの実験としては変わりはないはずだそうです。リモートの方がビームラインスタッフにとっては時間に余裕ができると好意的でした。タイプ 1 のみでタイプ 2 は今のところ考えていないそうです。28 ある Elettra のビームラインのうち半分にあたる 14 ビームラインは VUV/SX の電子分光ビームラインです。それ以外のいくつかのビームラインでも in-situ での試料作製が必要になるビームタイムがあります。Elettra 運営のビームラインではビームラインスタッフでも作製可能と判断すれば、ユーザーと連絡を取りながらビームラインスタッフが試料作製もしています。試料導入後あるいは試料作製後測定マニピュレータに試料を移動する過程はどのビームラインでもビームラインスタッフが行います。一方 APE では in-situ での試料作製を必要とするビームタイムに関してはリモート実験は行っていません。劈開で表面出しをする試料に限り行っていきます。さぼっているように思われるかもしれませんが、Elettra 運営のビームラインは基本的に一つの挿入光源を二つのビームラインで使用しているため、ビームタイムは半々に分け合い交互にビームタイムを割り振ります。試料作製あるいはその練習を光のないビームタイム直前の週に行うことができます。一方我々は Elettra のビームタイムは全て利用しているため、ユーザー実験の試料作製準備にさく時間が Elettra 運営のビームラインほどありません。APE ではタイプ 2 の実験も行っていきますが、ビームラインが完全コンピュータ化されていないため、夜間のビームラインスタッフ不在時は測定がいくらか制限されます。

この 1 年で Elettra の多くのビームラインでリモートでの測定が始まりました。さらにビームラインの完全コンピュータ化も進められています。つまり手動で動かしていたものをモーター駆動にしたり、コンピュータに接続されていなかった機器をコンピュー

タに接続する改良をしています。ただし、26 インチを超えるモニターを複数並べて実験をすることが当然になってきた現在、自宅から 13 インチのラップトップを使って測定をするとストレスが溜まります。全てを一度に見ようとすれば、一つ一つが小さすぎて重要な文字は読めず、見える大きさにズームインすると、何倍もの面積のあるビームラインモニターの中を行ったり来たり大変になります。ユーザーが全体を見ずに測定ソフト部だけ表示しては、ビームライン設定変更をし忘れたことに気づかず、延々と意味のない測定を続けることになりかねません。タイプ 2 の実験を行うユーザーにはラップトップのモニターでは測定は無理だと伝えていました。リモート接続の必要性は、施設内の人数制限や、ビームラインの立ち入り人数制限も関わっています。ロックダウン後も研究所内の人数を出来るだけ少数に抑える措置が未だに採られています。安全面上各ビームライン最低 2 人以上での滞在が求められているので、ロックダウン直後はビームライン立ち入り人数は同時に 2 人と決められていました。現在は最高 3 人までです。国家間、国内間の移動制限も on-site ユーザー実験の大きな障害でしたが、ビームライン内人数制限も無視できない問題だと分かりました。

APE に限らず多くのビームラインでロックダウン中に全く実験ができなくなった一番の原因は、試料を測定位置までコンピューター制御で輸送するシステムが構築されていないことでした。in-situ での試料作製を必要とするビームタイムに関しては難しいですが、そうでなければコンピューター制御された測定用マニピュレータ自体に多数の試料が装填できるようにするか、試料バンクにビームタイムに必要な全ての試料を挿入しておき、リモートで試料を選んで測定用マニピュレータに輸送して測定ができれば、2 か月は無理としても 1 ビームタイムにつき 1 回のビームラインへのアクセスで済むこととなります。このような輸送システム構築には少なくとも一人のエンジニアを雇うことになるので、一つのビームラインのプロジェクトとしては無理で、Elettra 全体のプロジェクトとして採用されることが必要です。

イタリア全土が Covid-19 のパンデミックのためにロックダウンに入ったのが今年の 3 月 9 日。それから 1 年が過ぎました。その間にヨーロッパ以外の国からの入国は原則認められませんでした。外国（ヨーロッパ）からのユーザーが比較的制約なく、つまり双方の国ともに検疫隔離なく、イタリアと行き来できたのは 8 月、9 月、10 月の 3 か月間くらいでした。その対象国も感染状況により目まぐるしく変更されました。しかも検疫隔離開始の判断は 2 日前などと突然発表されます。全員に検疫隔離が課されない国でもイタリア入国に際して Covid-19 陰性証明を持参するか空港到着時のウイルス検査で陰性が確認された場合に限られる国もありました。今のように陰性証明の発行は一般的でなく、ユーザーにとってはイタリア到着時に入国が可能かどうか判断されるというリスクのある入国でした。またすんなりイタリアに入国できてもビームタイム中に自国への帰国時の 2 週間の検疫隔離義務が突然発生してしまうこともあり、ユーザーにとっては on-site で実験をする決断はとても難しいことだったと思います。そのような状況でしたので Elettra のビームラインの中には外国からのユーザーを一切受け入れず、全てリモート実験にしたビームラインもありました。APE ではユーザーが Elettra に来れないと判断されたユーザービームタイムは mail-in で実験が遂行されたか、次の半期へ延期されました。延期は次の半期の新たな採択課題数を減らすことになるため、再々延期はせず、mail-in 実験かキャンセルかをユーザーに選択してもらいました。現在ワクチン接種が進んでいるためこの夏以降は人々の往来の自由は劇的に改善されるでしょうから、ビームタイムの延期はほぼ無くなると思われませんが、ユーザーがリモート実験か on-site 実験かを選択することはまだ当分続くと思われれます。共同利用施設の利用者の裾野を広げるた

めにリモート実験の重要性が以前から指摘されてきました。パンデミックのためとはいえ、Elettra 全体としてリモート測定導入に積極的に動いたことは意義のある改革だったと思います。时期的にも走り始めた Elettra2.0 アップグレードでのリモート実験の指針を定めるよい経験になったのではないかと思います。気になることはユーザー側の真剣度が感じられなかったリモート実験もあったこと。これからもユーザーのリモート実験を積極的に行うかどうかは、この期間になされたリモート実験の論文発表の傾向を見ないと判断できないでしょう。