

添付の参考資料（研究現場におけるXR（クロスリアリティ）活用事例の紹介）は、2023年に電子情報通信学会 通信ソサイエティマガジンに掲載された解説論文である。これを熟読し、以下の問いに答えよ。

参考資料 井原 章之, 研究現場におけるXR（クロスリアリティ）活用事例の紹介, 電子情報通信学会, 通信ソサイエティマガジン, Vol.17, No.1, pp.18-23, 2023.

課題1 参考資料では、筆者がXR技術の活用事例を紹介している。筆者が紹介する事例から、XR技術を活用することのメリットを読み取り、あなたの言葉で整理して記述せよ。また、あなたが知っているXRに関する知識も加えつつ、XR技術のメリット・デメリットの両面について、あなたの意見を記述せよ。なお、回答に文字数の制限はなく、図表を用いても構わない。ただし、この用紙の表面のみ使用すること。

【回答欄】

得点

令和7年度 学校推薦型選抜Ⅱ 課題作文

受験番号
氏名

課題2 参考資料には、XR技術（拡張仮想）の活用事例として、「4.3 遠隔地の見学ツアー（ライブ）」と「4.4 遠隔地の見学ツアー（事前録画）」が紹介されている。この2つの事例のそれぞれの特徴と違いを記述せよ。また、2つの事例から1つを選択し、そのシステムがどのような場面で使用できるかについて、あなたが思いつく応用事例を記述せよ。

なお、回答に文字数の制限はなく、図表を用いても構わない。ただし、この用紙の表面のみ使用すること。

【回答欄】

得点

研究現場における XR(クロスリアリティ)活用事例の紹介

Introduction of Practical Use of XR (Cross Reality) for Research Field

井原章之 Toshiyuki Ihara[†]

様々な業種や分野においてDX(デジタルトランスフォーメーション)の推進が活発化する中、RX(リサーチトランスフォーメーション)が注目を集めている。RXとは「DX等を駆動力として研究開発活動を革新し、そのオペレーティングシステムをトランスフォームすること」である。DXやRXのために活用されるデジタルテクノロジーには5G、IoT、AIなどが挙げられるが、最近注目を集めているのが「XR(クロスリアリティ)技術」である。XRとは、現実世界と仮想世界を融合することにより、現実にはないものを知覚できる技術の総称である。本解説論文では、国立の研究機関に所属する筆者が、自身の研究開発活動のプロセスを刷新し、研究組織のDXやRXの可能性を探るために行っている「XR技術の活用事例」を紹介する。特に、現実世界のライブ映像を含む仮想空間の作成手法と、その手法を活用したプレゼンテーションや実験装置リモート操作、見学ツアーなどへの活用事例を詳しく説明する。

DX, RX, XR, 拡張仮想

昨今、多岐にわたる業種や分野においてDX(デジタルトランスフォーメーション)の推進が活発化している。経済産業省の定義するDXは「企業がビジネス環境の激しい変化に対応し、データとデジタル技術を活用して、顧客や社会のニーズを基に、製品やサービス、ビジネスモデルを変革するとともに、業務そのものや、組織、プロセス、企業文化・風土を変革し、競争上の優位性を確立すること」である⁽¹⁾。筆者は国立研究開発法人に所属する研究者であるため、ビジネスを前提とした上記の文章がそのまま当てはまる立場にない。そこで、この説明文をビジネス向けでなく、研究者に当てはまるよう短めに書き直してみる。すると「データとデジタル技術を活用して、研究のモデルを変革するとともに、研究活動そのものや、研究組織、研究プロセスを変革し、競争上の優位性を確立すること」となる。JST(国立研究開発法人科学技術振興機構)の機関が、このような「研究活動や研究プロセスの変革」の必要性を説くレポートを出している。研究開発戦略センター(CRDS)が出した「リサーチトランスフォーメーション(RX)」に関する

レポートである⁽²⁾。レポートの中では「DX等を駆動力として研究開発活動を革新し、そのオペレーティングシステムをトランスフォームすること」として、RX(リサーチトランスフォーメーション)という概念が提唱されており、様々なデジタル技術の活用例が紹介されている。

DXやRXは組織で推進すべきミッションであるが、そこで利用されるデジタル技術は、個々の研究者の研究開発活動を飛躍的に効率化させる力を持ち合わせている。そのため、研究組織のDX・RXを推進することと、個々の研究者がデジタルテクノロジーを駆使して研究開発活動プロセスを再構築することとの間には相乗効果が大いに期待できる。本解説論文では、筆者が所属する研究組織である情報通信研究機構未来ICT研究所が進めるDXの一例と、筆者自身がデジタル技術を駆使しながら開発を進めている独自のソフトウェアや手法を説明し、その活用事例をいくつか紹介する。

本解説論文において、DX・RXに向けて活用するデジタルテクノロジーは「XR技術」である。XRとは、Extended RealityまたはCross Realityの略語であり、現実世界と仮想世界を融合することで、現実にはないものを知覚できる技術の総称である。仮想現実(Virtual Reality)、拡張現実(Augmented Reality)、複合現実(Mixed Reality)、拡張仮想(Augmented Virtuality)などがXR技術に含まれる。それらのプラットフォームには通常のパソコンの

[†] 情報通信研究機構未来ICT研究所, 神戸市
Advanced ICT Research Institute, National
Institute of Information and Communication
Technology, Kobe-shi, 651-2492 Japan

ほか、タブレット、スマートフォン、ゴーグル形デバイスが使われる。XR技術はゲームやエンターテインメント用途で使われるイメージが強いが、近年では商品プロモーション、製造、教育、デジタルアーカイブなどの用途でも使われ始めている。研究現場においても、一般向けのオープンハウスなどの場面で仮想現実を活用するケースが増えており、XR技術の利用場面は今後ますます広がってゆくと予想される。



筆者が所属している NICT（情報通信研究機構）未来 ICT 研究所における DX 推進の一例として、2021 年 7 月及び 2022 年 7 月に実施した一般公開 ONLINE 企画における XR 活用事例を紹介する。図 1（左）に示した図が、2022 年度に開催した一般公開 ONLINE 企画のポスターの一部である^{(3)・(4)}。中央に白いシャツを着たヒト型のモデルが立っており、その奥に幾つかの建築物が描画されている。この映像は、筆者を含む未来 ICT 研究所の研究者が内製で開発したバーチャル空間サイトのスクリーンショットである。このサイトにオンラインでアクセスした来場者は、中央に立っているヒト型モデルをアバタとして操作しながら、内部に設置した展示コンテンツを自由に楽しむことができる。図 1（右）が展示ルーム内部の様子であり、研究室の担当者が用意した展示コンテンツが壁に並んでいる。訪問者がアバタをパネルの前に移動させると、動画像やポスターなどの展示コンテンツにアクセスできる仕組みになっている。図 1（左）に描かれた「神戸・吹田・小金井」と書かれた建物は、未来 ICT 研究所の拠点に建設されている実在する建築物である。実際には関東と関西という遠く離れた拠点に点在して

いるわけであるが、バーチャル空間では隣に建っているかのように並んでいる。各研究室が管理した展示ルームは現実には存在しない空間であるため、その数を容易に増やすことができる。現実世界でリアル開催する際に発生する「距離やスペースの制約」から解放されることは、仮想空間を活用することの一つのメリットである。

図 1（右）の右端に、青い球体が浮かんでいる。この球体は、筆者が「全天球ドーム」と呼んでいる映像表示用のスクリーンである。全天球ドームには、全天球カメラで撮影した映像を描画する。全天球カメラとは、上下左右全方位の 360 度パノラマ写真、及び 360 度動画像を撮影できる装置である。360 度カメラ、全方位カメラ、VR カメラとも呼ばれる。全天球カメラを使って撮影した映像を全天球ドームの内側に描画した上で、アバタを空中に浮遊させてから、ドームの内部に移動させる。この状態でアバタを操作して方向を変えると、ドームの内側に投影された映像を視線変更しながら眺めることができる。その結果、あたかもアバタを通じてその映像の中に入り込んだような体験が得られる。

上述したような、全天球ドームに全天球カメラの映像を描画する手法は「拡張仮想」の一種である。拡張仮想とは、仮想空間の中に、実在する映像などのリアルな情報を持ち込む形態の XR 技術である。未来 ICT 研究所には「リアルに存在する実験装置」を扱う研究者・技術者が多くおり、筆者自身も量子 ICT 技術を活用した独自の計測装置の開発を進めている。そのため、DX・RX を目指して XR を活用してゆく際に、その技術が「リアルな空間や実験装置」を扱えるようになっていく必要がある。この事情は産業界において XR 技術を活用する際も同じである。本解説論文で紹介する手法を、民間企業が DX 推進を検討する際の参考にして頂ければ幸いである。

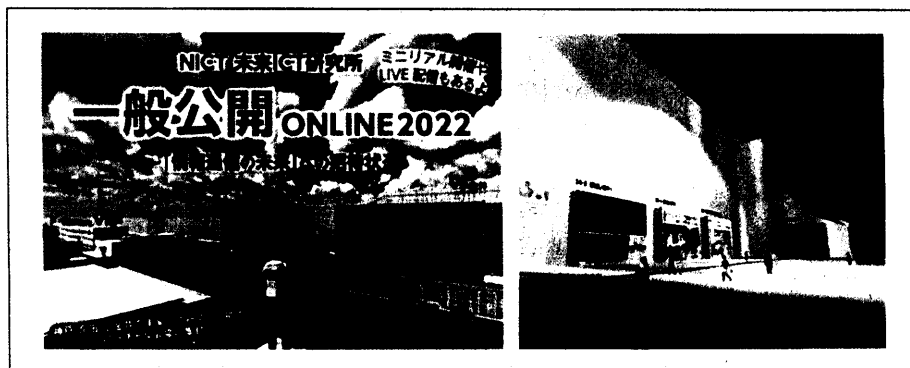


図 1 NICT 未来 ICT 研究所一般公開 ONLINE2022 企画のポスターと展示ルームの様子



全天球カメラを Web カメラのようにライブモードで動作させて、遅延の少ないリアルタイムの映像を全天球ドームに描画することを考える。全天球カメラの中にはこの機能を持っている機種があり、YouTube ライブ配信などに利用されている。全天球ドームに描画する場合、ドーム内のアバタを操作することで全方位の映像をリアルタイムで見られることになる。

上記に加えて更に図 2 に示したような、全天球ドームの中に「平面形パネル」を一つ配置し、ドームの中にアバタを立たせる場面を考える。平面形パネルは仮想空間に配置した 1 枚の板であるが、ここにはパソコンに接続した映像キャプチャデバイスから取得したスライド等の外部映像をリアルタイムに描画できる設定にしておく。すると、全天球ドームと平面形パネルの両方に「2 種類のライブ映像」が描画され、それらの映像をアバタが見ている状況になる。この状況でアバタを操作すれば、全天球ドームの映像を見回すことができるし、パネルに近寄って拡大して眺めることもできる。このような拡張仮想をうまく使えば、視聴者が実際に発表者の近



図 2 内部に平面形パネルを配置した全天球ドームを眺めるアバタ

くに立って説明を聞いているような、リアルに近い感覚を与えることができる。



「現実世界のライブ映像を含む拡張仮想の作成手法」の活用事例を四つ紹介する。まず一つ目に、統合開発環境及びゲームエンジンを使って筆者が独自に開発した拡張仮想の XR システム（以後「XR システム」と呼ぶ）を使って、筆者自身が行ったプレゼンテーションの事例を紹介する。

4.1 プレゼンテーション

図 3 (左) がプレゼンテーションを行った際のスクリーンショットである。画面中央に立っている黒服の人物が発表中の筆者であり、画面の全体に描画されている背景が、発表者の正面に設置した全天球カメラのライブ映像である。画面中央下に立っている青色服のアバタの視線を発表者が操作し、その視点の映像を視聴者全員に共有する。仮想空間の中で映像を作り出すためのカメラは青色服のアバタの背後に貼り付いており、発表者がアバタを操作することによって部屋全体を見せることができる。アバタをパネルの前に移動させるとパネルが拡大表示され、スライド全体を高い解像度で描画することもできる。実際のプレゼンテーションの際に、発表者の全身がライブ描画され、身振り手振りが見える点が好評であった。また、スライドを正面から固定で見るだけでなく立体的なパネルとして描画されるため、平面形パネルが実在するような感覚が生じることが分かった。画面共有された映像を見る際、パソコン画面よりも小さいエリアにスライドが表示されている（＝見にくくなっている）にもかかわらず、「何となく巨大なパネルを使っていたような映像が記憶に残った」という意見もあった。一方、アバタを動か



図 3 筆者が開発した XR システムを使って筆者自身が行ったプレゼンテーションの様子

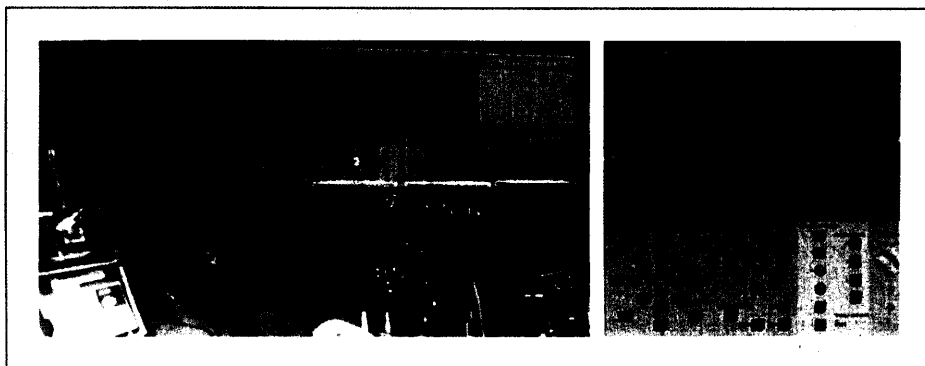


図4 拡張仮想空間の中で実験装置をリモート操作する実演デモの様子

し過ぎると視聴者に「3D 酔い」の症状を発生させてしまうため、注意が必要なことも明らかになった。

全天球ドームと平面形パネルの映像をライブで見せるだけであっても、効果的なプレゼンテーションを実施できる。しかし、せっかくの仮想空間をこのような「パワーポイントで発表をするだけの従来型に似た形式」で使ってしまうのはもったいない話である。そこで筆者は、XRの強みは「アバタを操作すればバーチャル空間の中のどこにでも移動できる」部分にあると考え、その要素をプレゼンテーションに組み入れてみた。図3(右)にその様子を示した。発表者が描画されていた全天球ドームの中からアバタを移動させ、多くの視聴者になじみのある建物内部の映像が投影された別のドームに向かって歩かせている映像である。発表者は筆者一人なのだが、アバタにボタンタッチしてプレゼンテーションを続けるような効果があり、発表にアクセントを生じさせることができた。

4.2 実験装置リモート操作のデモ実演

二つ目の事例は、XRシステムを使って筆者が実施した、実験装置リモート操作のデモ実演である。図4(左)に、筆者が開発を進めてきた顕微光量子計測装置^{(5)・(6)}を描画したドームの中にアバタが入っていく様子を示した。画面右上の平面形パネルには、顕微光量子計測装置の操作ボードと計測データの表示ウィンドウが描画されている。平面形パネルの一部を拡大して表示したのが図4(右)である。上部の映像は、「コロイド量子ドット」と呼ばれる発光ナノ材料をガラス基板の上に低密度に分散させ、その発光を高感度カメラで撮影した様子である。下部に並んでいるボタンは実験装置の操作ボードであり、顕微鏡ステージ操作や、量子ドットに照射するレーザー強度を変化させる機能を持たせてある。なお、これらのボタンは平面形パネルの中に

キャプチャ画像として描画されているものではなく、パネルの外(仮想空間側)に設置した。そのため、仮想空間内のアバタを操作しているユーザであれば、これらのボタンに直接アクセスできる仕組みになっている。ボタンを押した際には装置が動作し、その内容に応じて平面形パネルに描画される映像が変化するため、実際に実験装置を操作している様子をリアルタイムで見せることができる。

デモ実演の際に、主催者が計測装置をリモート操作する様子を見せるだけであれば、上記の仕組みを使うだけで済む。一方、主催者ではない別の参加者が遠隔地から装置をリモート操作する際には、上記の仕組みに加えて「遠隔地から仮想空間の画面を見て、その画面内をリモート操作する仕組み」が必要になる。今回開発したXRシステムにそのような機能は持たせていないが、ZoomやWebexなどのオンライン会議アプリを使えば画面共有を容易に実現でき、更に「リモート操作」の機能を使えば遠隔地の画面を操作することも可能である。このようにオンライン会議アプリと組み合わせることによって、遠く離れた拠点からでも映像を見ながら装置をリモート操作できるのが、筆者の開発したXRシステムの特徴の一つである。

4.3 遠隔地の見学ツアー(ライブ)

三つ目の事例は、遠隔地の見学ツアーである。4.2の実験装置リモート操作のデモ実演においても、見学ツアーの要素が含まれているが、本事例では更に「XRシステムが構築されている拠点と、見学ツアーを実施する拠点が遠くに離れている」という状況でXRシステムを運用することに挑戦した。図5(左)にシステム全体の構成図を示した。XRシステムは、筆者がNICT(神戸)に設置したものをそのまま活用した。全天球カメラは阪大の実験室に設置してあり、ライブ映像をNICT側で受信し

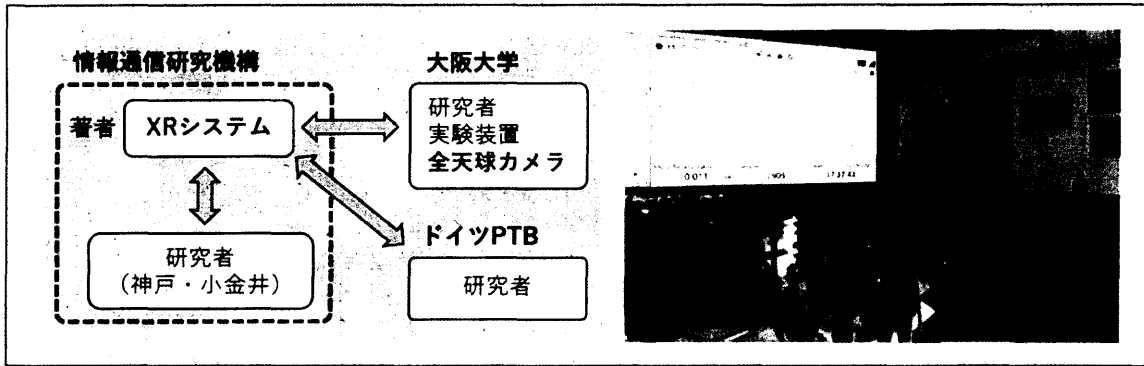


図5 遠隔地に設置した全天球カメラのライブ映像を使って見学ツアーを実施した際のシステム概要と実際の映像

全天球ドームに描画した、仮想空間にログインさせた3体のアバタをNICT・阪大・ドイツPTB（国立理工学研究所）の研究者が操作した。3体のアバタは位置情報を同期しているのので、それぞれがどの位置でどこを見ているのか把握できる。その状況下で、それぞれの視点で阪大にある実験室の装置を見学しながら、研究内容について議論する企画を行った。図5（右）が見学ツアーのスクリーンショットである⁽⁷⁾。オンライン会議ツールをブラウザ上で起動した場合にリモート操作が使えなくなる障害が発生したが、それ以外には大きなトラブルなく企画を完了することができた。

仮想空間の中で実在する実験室の見学ツアーを行いながら、研究内容を議論した企画はおおむね好評であった。しかし、特定の分野のプロフェッショナルな研究者同士が実験装置の細部を見ながら共同作業をする際に使うツールとしては、まだまだ機能が不十分であり、アップグレードすべき点があることも明らかになった。企画を通して明らかになった課題を参考にしながらシステムをアップグレードしてゆくことにより、DX・RX実現への道筋が明らかになると考えられる。

なお、遠隔地の見学ツアーと同様の企画として、NICTの監事の方々に御協力頂いて「XR技術を活用したリモート監査」のテストも行った。詳しい説明は割愛させて頂くが、監事の土井美和子氏がリモート監査の様子を紹介する講演を行った際の映像がYouTubeで公開されているので、御興味がある方には是非、御視聴頂きたい⁽⁸⁾。

4.4 遠隔地の見学ツアー（事前録画）

XRシステムを活用して遠隔地の見学ツアーをライブで実施すると、説明者が訪問者の質問に答えながら、現地の様子を身振り手振りで説明することができる。カメラの撮影場所を途中で変えたり、画面

を切り換えたりすることもできるため、かなり自由度の高いインタラクティブなライブツアーを開催することができる。しかし、このようなツアーを開催するためには図5（左）に示したシステム全体が安定に動いている必要があり、複数の拠点をつないで動作させるための事前準備が必須になってくる。特に通信環境は非常に重要で、全天球カメラ映像を送受信し続けられる安定した通信環境が求められる。通信環境が悪く映像のフレームレートが小さくなってしまいう状況では、かなりストレスを感じる見学ツアーになってしまう。

システムを簡略化し、簡単に見学ツアーを実施できるようにする方法の一つとして、「全天球カメラのライブ映像を使うのではなく、事前に録画した映像で置き換えてしまう」というものがある。事前録画になるので、データを事前に編集した上で、サーバにアップロードしておくことができる。情報発信が一方通行になっても問題が生じない場合においては、ライブでツアーを実施するよりもメリットがある。

未来ICT研究所では、このような「全天球カメラ映像を事前録画して、その映像をアバタで楽しんでもらう」という企画を「一般公開 ONLINE2022」で実施した。図6（左）が、システムの概要図である。複数の拠点の実験室を全天球カメラで撮影し、そのデータをXRシステムにアップロードした上で、ブラウザからアクセスできるようにした。図6（右）に、一般公開用バーチャル空間サイトの展示ルームの内部に設置した全天球ドームで、実験室の装置を研究員が説明する動画を再生したスクリーンショットを示した。事前録画であるため説明員と訪問者の間でコミュニケーションを取ることはできないが、研究所の活動を知ってもらうための一般公開イベントでは、十分にその役割を果たすことができた。

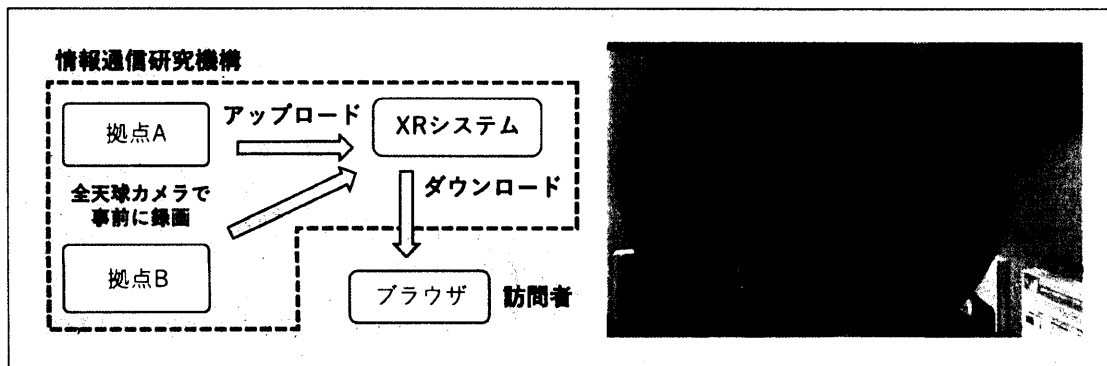


図6 事前に録画した全天球カメラ映像を使って実験室の見学ツアーをする際のシステム概要と実際の映像

今後に向けて

本解説論文では、NICT 未来 ICT 研究所が行った一般公開 ONLINE 企画の内容や、現実世界のライブ映像を含む拡張仮想空間の作成手法を説明し、プレゼンテーション、実験装置リモート操作のデモ実演、遠隔地の見学ツアー等の場面で XR を活用した事例を幾つか紹介した。アバタ、全天球ドーム、平面形パネル、2種類のライブ映像を合成する手法等を使うだけで、視聴者の印象に残る効果的な映像を容易に作成できることを説明した。

もしかしたら今回紹介した活用事例だけでは、研究現場の DX や RX を目指す上での「XR 技術」の持つポテンシャルを十分に伝えられなかったかもしれない。しかし、XR 技術の活用方法はまだまだバリエーションが豊富であり、産業界からも新しい活用事例が次々と報告されている。筆者の周囲でも、レクチャーやオンライン講習会など、今回紹介しきれなかった形態で活用する場面が増えてきている⁽⁹⁾。もちろん、誰もが独自の XR システムを開発できるわけではないので、Web 上で公開されているメタバースのようなプラットフォームを活用する方法もある。本論文で紹介した自作の XR システムも、将来的には Web 上で公開し、多くのユーザーに気軽に利用して頂けるようにする考えである。このような XR 技術を代表としたデジタルテクノロジーを活用する場面を今後の研究の中で増やしてゆくことにより、「DX を駆動力とする RX」を多くの研究現場で実現するきっかけを生むことができるかもしれない。今後の活動に期待して頂きたい。

文献

(1) 経済産業省 Web サイト, <https://www.meti.go.jp/>

policy/it_policy/dx/dx.html

(2) JST 研究開発戦略センター (CRDS), “戦略提案・報告書「リサーチトランスフォーメーション (RX) ポスト /with コロナ時代, これからの研究開発の姿へ向けて」,” <https://www.jst.go.jp/crds/report/CRDS-FY2020-RR-06.html>

(3) NICT 未来 ICT 研究所, “一般公開 ONLINE2022 Web サイト,” https://www2.nict.go.jp/advanced_ict/ippankoukai/2022/

(4) NICT 未来 ICT 研究所, “一般公開 ONLINE2022 YouTube ライブ配信 (ダイジェスト版),” <https://www.youtube.com/watch?v=AiS42JBK6VM>

(5) 井原章之, 古田健也, 横田悠右, 新井健太, 三木茂人, 寺井弘高, “単一ドット顕微光量子計測への遠隔操作と拡張仮想空間の活用,” 応用物理学会春季学術講演会, 24a-D316-4, March 2022.

(6) T. Ihara, S. Miki, T. Yamada, T. Kaji, A. Otomo, I. Hosako, and H. Terai, “Superior properties in room-temperature colloidal-dot quantum emitters revealed by ultralow-dark-count detections of temporally-purified single photons,” Scientific Reports, vol. 9, no. 1, 15941, Nov. 2019.

(7) 阪大田中歌子グループ Web サイト, “バーチャルラボターの開催報告,” <http://www.qm.ee.es.osaka-u.ac.jp/posts/news36.html>

(8) 土井美和子 “監査のみの DX にあらず〜組織全体の DX あってこそ〜,” 第 33 回公会計監査機関意見交換会議 (2022). <https://www.youtube.com/watch?v=iXFoIRDR6cU&t=2490s>

(9) 井原章之, “XR が拓く RX (リサーチトランスフォーメーション),” 情報処理学会デジタルプラクティス誌, 招待論文 (出版準備中)。

(2022 年 10 月 31 日受付, 2022 年 12 月 28 日再受付)

井原章之

情報通信研究機構未来 ICT 研究所, 東大・理・物理卒, 同大学院博士課程了, 博士(理学), 東大生産技術研究所助教, 京大化学研究所助教を経て, 2017 情報通信研究機構未来 ICT 研究所入所。XR 技術を活用した量子 ICT 実験システムの研究開発に従事。

