

総合科学技術・イノベーション会議有識者議員懇談会 [公開議題]

議事概要

- 日 時 令和4年9月8日(木) 9:46~10:45
- 場 所 中央合同庁舎第8号館8階特別中会議室
- 出席者 上山議員、梶原議員(We b)、佐藤議員(We b)、篠原議員、波多野議員、藤井議員(We b)  
(事務局)  
森総理補佐官、奈須野統括官、渡邊事務局長補、坂本事務局長補、井上審議官、覺道審議官、高原審議官、次田参事官、赤池参事官、(東京大学理学系研究科化学専攻教授、東京工業大学物質理工学院特任教授)一杉太郎  
(オブザーバ)  
橋本内閣官房科学技術顧問
- 議題 ・先端研究等に関する報告：  
オープンサイエンスは“Laboratory as a Service”を生み出し、研究者を「自由」にする

○ 議事概要

午前9時46分 開会

○上山議員 それでは、定刻になりましたので、只今より総合科学技術・イノベーション会議有識者議員懇談会を始めます。

今日はオブザーバーとして、新しく任命されました科学技術顧問がいらしております。

○橋本内閣官房科学技術顧問 出戻りで来ましたが、どうぞよろしく願いいたします。

○上山議員 本日の公開議題は、先端研究等に関する報告です。選択研究に係る有識者から研究テーマを御紹介していただくとともに、政策課題に関する見解、問題意識について意見交換を行うことをずっと続けております。幅広く科学技術分野の最新動向の把握、専門的知見を獲得して、今後の議論に活用していきたいという思いからです。

今日は、東京大学の一杉太郎教授にお越しいただきまして、オープンサイエンスは“L a b

oratory as a Service”を生み出し、研究者を「自由」にするという題目でお話をいただきたいと思います。

まずは最初に、内閣府から簡単な説明です。

赤池参事官、どうぞ。

○赤池参事官 内閣府参事官の赤池です。

本日は一杉太郎先生にお話をいただきます。一杉先生は、今は東京大学で、前職は東工大で、その間、民間企業での御経験もあるということで、多様な立場で材料科学の御研究をされています。

今回、特にお呼びしたのは、私も一杉先生の御講演を学術会議、JOSS、オープンサイエンス・サミットの場でお聞きして、今、研究DX、マテリアルDXで、データオリエンテッドな研究を具体的にどう進めるかということについて、非常に大切なお話をされておられました。是非、CSTIの場でも、私どもとしても有り難いかなと思ひまして、お願いして来ていただきました。

それでは、よろしく願いいたします。

○一杉教授 本日はよろしく願いいたします。学生時代の先生や多くの知人に再会できて大変嬉しく思います。

本日はオープンサイエンス、単にデータを共有しましょうというだけではなく、実験室を大きく変え変える、産業も変えていくことについて、考えを述べます。行く末はもちろん「研究者を自由にして、そして強くする」ということです。そこにつながっていく話を、私の視点から見えている範囲でお話ししたいと思います。

今、ゲームチェンジが起きています。2020年に大きな変化が起きたと認識しています。産業競争力、あるいは研究競争力に直結する内容で、ラボがシステム化するという変革がおきています。ラボは実験装置の単なる「置き場」ではなく、今や装置同士がつながって「システム」になっていく。そこに大きな価値が生まれる時代になってきました。装置同士がつながってくると当然、理化学機器が標準化していくことが重要です。システム化が進むとデータが大量に出てくるので、今度はデータを活用しましょうという話になり、そのデータの解析を進めるソフトウェアプラットフォームが重要になります。オープンサイエンスは、単にデータを共有しましょうという動きではなく、それを実現するために、ラボのシステム化まで考えを及ぼさねばなりません。それが研究競争力の土台となります。

研究に専念できる時間という観点では、ラボのシステム化により、研究者の活動様式が大き

く変わっていくでしょう。研究者には、場所と時間の制約があります。ラボに行かねば実験はできないというのが従来の考えです。まず、それを取り払う。理論家と実験家の間にも壁があります。理論家がこんな物質が良いと提案しても、実験家がすぐに合成せず、実証されないの、なかなか前に進まない。それもラボがシステム化され、自動的・自律的に実験が進む時代になると、理論家と実験家の壁は壊されて、研究が前に進むスピードが増すでしょう。

そして重要なことは、研究者の新しいリテラシーとして、機械学習とロボット（以降、A I ロボット）について、全研究者が知らなければいけないと思います。A I ロボットの「可能性と限界」を知る。特に、A I ロボットから離れた研究を進めたい、自分独自の研究を展開したいと思う研究者は、A I ロボットは何ができるのか、何ができないのかを知らない、課題設定さえできない時代になるでしょう。したがって、研究者はリテラシーとして、A I ロボットの限界と可能性を知ることが必須だと認識しています。

私はマテリアル分野の研究者ですので、本日は、マテリアル分野をモチーフにして話をしていきます。しかし、今回の話はマテリアルだけではなく、量子、環境、ライフ、農業、漁業、宇宙、地球科学でも、どの分野でもあてはまります。

マテリアル分野では、現状、研究者は実験家と理論家に分けられます。今後、繰り返し実験、単なる最適化という実験についてはA I ロボットの導入がどんどん進み、「機械学習・ロボット・データを上手に活用する」ニュータイプの研究者が出てくるでしょう。そして、理論家と実験家と共存していく姿が見えます。この方向をはやく進めるには、政策やファンディングが非常に必要ですので、ここで皆さんと議論させていただきたいと思います。

重要なことは研究者が楽しく研究を進め、創造性が高い研究に取り組み、その姿をみて若い研究者や学生さんがどんどん仲間に加わっていき、そして産業もどんどん発展していく。そうした姿に持っていかねばなりません。

目指すところを述べます。質の高い研究を継続し、ノウハウとデータを蓄積した者が勝つという重要な例として、T S M C を挙げます。彼らはみなに頼られて依頼を受け、実験を行ってデータを貯め、それにより予測技術を構築し、さらに実験を進め再びデータを蓄積するという高速なサイクルができています。したがって、技術とノウハウとデータが自然に集まる正のスパイラルができています。

半導体業界だけがこのような状態になっているのかというと、今後はそうではないでしょう。電池、触媒、ポリマー、鉄鋼業界でもこのようなことが起きてもおかしくありません。ヨーロッパの i m e c では、半導体開発から手を広げ、様々な材料に展開して、そうした仕組みが

構築されつつあります。

ですから、このような拠点を日本に幾つ作ることができるのかが問われています。電池材料、ポリマー材料、触媒材料でもいいです。世界はこの拠点到らざるを得ない、そこまで持っていかなければいけないと認識しています。ここでやはり鍵はデータで、そのデータを生み出す実験のところ、今、大きな変革があります。

その大きな変革の一例を紹介します。2020年にイギリスのグループが発表したものです。実験ロボットが実験室内を動き回って昼夜問わず実験をし続けます。なんと、8日間で688回も実験するのです！これは学生さんでは絶対にできないような実験回数です。つまり、これまでは論文やシミュレーションのデータやその数が勝負だったのですが、今や、「実験データの数」が勝負になるというゲームチェンジが起きました。ここに大きな変化があります。

この変革の原動力が「自動・自律実験」技術です。これが急速に立ち上がってきています。この自動・自律実験システムに、ある物性値を最大化するよう指示を出すと、機械学習アルゴリズムが合成条件を指示してロボットが合成し、別のロボットが物性測定して、データを報告する。すると、機械学習が次の予測をして、試作と評価のサイクルが進みます。人間の介入なくぐるぐるとこのサイクルが回り、よりよい特性、よりよい物質が見つかるというシステムができています。現在はその黎明期です。ここでは集めたデータが利活用され、次の予測に役立っています。

このシステムは、ラボがクラウド化していると言えます。インターネットからログインして、遠隔操作で実験をスタートして、どのような状態か遠隔でモニタリングする。我々のラボでも2019年に自動・自律実験に成功して、実際に運用しています。ですから場所と時間の壁は本当に壊れつつあります。

これら自動・自律実験システムのシェアリングが次の段階です。多くの研究者が使うことによって、どんどんデータが蓄積されます。先ほどのTSMCの例と全く同じです。

理論家が本システムを活用することによって、研究を加速することも見えます。今まで理論家の研究者は自分では物質を作ることができなかったのですが、このシステムにログインすれば自分で物質合成できるので、理論家と実験家の壁も壊すことでしょう。このようにマテリアル研究の進め方が変わっていく状況が見えています。

今なら、しっかり投資し、良い施策を行えば、この世界の動きについて日本が主導権を握ることができるでしょう。ラストチャンスです。機械学習とロボットを活用した論文の数は、2020年前後で急激に増えています。この流れに乗るために、思い切って投資しないと、日本

は周回遅れになるのではと非常に危惧しています。

特に、どこにチャンスがあるかと言いますと、固体材料の分野、固体が関わる分野は全く手つかずです。電池や触媒、ポリマーやカーボン材料、鉄鋼材料、半導体材料等です。まさに日本が強みとするマテリアル産業の部門です。固体は形があったり、固さがあったり、ハンドリングが難しいため固体材料の自動・自律実験が進まなかったと考えられます。

欧米では液体をベースとした自動・自律実験が発展してきています。医療・製薬産業が強いというのも背景にあるでしょう。ピペットで液体を吸って物質を移動させることや、液体の混合は容易ですので、ハンドリングが楽な分野からロボット化が進んでいきます。そのため、固体材料が手つかずです。本当に今がチャンスです。特に、日本はロボット産業と研究が強い上、マテリアルに関する勘・コツ・経験が蓄積しているので、それらを自動・自律実験システムに埋め込んでいくことが非常に重要だと考えています。

世界全体を見渡して、デジタル化の進展の度合いを整理します。一つ目のポイントとしては、人間が指定した探索空間内を自動的・自律的に探索して、短時間で最適な材料を見つけ出すことについては、Proof of Conceptが完了していると言って良いでしょう。2020年に様々なグループによって、自動・自律実験で研究が加速することは実証されています。

問題は、この技術や考え方の普及が遅れているという点です。その際、標準化が必要になってくる。さらに、この技術を使いこなす人材の育成が非常に重要になってきます。私も研究を進めれば進めるほど、自動・自律実験を運用するためのノウハウや、勘・コツ・経験の重要性を痛感します。機械学習のアルゴリズムも化学・マテリアルの実験に適すようチューニングしなければならないので、マテリアルの知識が極めて重要です。人材を育成し、自動・自律実験を運用するための新しい勘・コツ・経験を獲得していく重要性を身にしみて感じています。

これまでの話は「時短や効率化」に留まっています。ここで終わりではありません。それら二つ目のポイントです。今後、「人間が予測しなかった新しい物質や学理」を構築することに注力しなければなりません。最適化ではなく、全く新しい概念を創出することです。機械学習やロボット技術を活用してそれを実現するにはどうすれば良いのか、研究を進めています。セレンディピティを生むための方法論と言って良いでしょう。機械学習は「内挿」が得意です。それを、「外挿」にまで展開するという考えです。ここで重要なことは、単なる効率化ではなく、研究の「質の転換」であるということです。

この点はもう一回強調させてください。今までは実験を手作業で行っていました。これは手こぎボートで宝島に向かっていく状態です。機械学習とロボットの活用で効率化が進み、モーターボートで宝島に速く到達する。ここで、一番よくないのは、効率化が進んだので、研究者を減らしましょうと考えることです。そのような企業であったら、きつとつぶれるでしょう。また、そんなふうに政府が考えてしまったら、科学技術力が急速に衰退するでしょう。

そうではなくて、機械学習とロボットを活用して活用可能なデータを多数取得し、これをうまく使ってマテリアルを「俯瞰的」に見ることが重要だと思います。俯瞰的に見ることによって、質の転換を図り、学理を作っていく。俯瞰的に見ると、いままでベストだと考えていたことが必ずしもベストではなく、全く別のところにベストなところを見つけることができるでしょう。ですから、このように新しい概念を構築するところに機械学習やロボット技術をうまく活用することが望まれます。それを目指したシステム、仕組みを作っていかなければなりません。そしてこうした視座で政策を作り、運用していかなければいけないと思っています。

次に、実際にデータの流れを考えます。今、各装置に接続されているパソコンからの出力を一次のデータとします。この一次データはクラウド上に保存されます。ここを今、仮にデータレイクという言葉で呼びます。

このデータレイクに情報をアップロードするためのデータ形式にM a i M L形式があり、CSTIの議事録を見ると、2023年にJIS化を目指すとあります。実際に我々もJ A I M A (日本分析機器工業会)の方々と議論をして、いち早く実証することを目指しています。機械学習とロボットを活用した自動・自律システムから、利用可能な膨大な数のデータがここに保存されることになるでしょう。データ形式の標準化を進め、データレイクに情報を蓄積し、利活用する仕組みのデモンストレーションを急いでいます。これを世界に提示して、日本から発信した規格・仕組みでデファクトスタンダードを獲りにいかねばならないと強く思います。

今、欠けているのは、データと人間をインタラクトさせる部分です。つまり、データレイクのデータを人間が容易にハンドリングし、わかりやすい形に可視化する、あるいは分析することを進めるソフトウェアプラットフォーム(データ解析プラットフォーム)です。これは今、世界中で開発競争が進んでいます。先端のアルゴリズムや機械学習を活用して、人間を刺激するようになるでしょう。そこから人間がインスパイアされる姿が理想です。

これまで話をしてきたことは、ラボがクラウド化して皆でデータを活用ようになる、つまり、L a b o r a t o r y a s a S e r v i c eと云って良いです。モビリティの業

界では、自動車を皆が一台ずつ所有する社会から、モビリティ全体をサービスとしてみなす Mobility as a Service が議論されています。まさに、ラボを研究者が一つずつ所有するのではなく、研究全体を皆で見て、そしてサービスとして捉えていく。そうした考え方が生まれてくるのだと思います。その上で、「人間しかできない研究」に我々が注力することが重要です。

これは ARIM の方向性、進んでいく道と一致しています。

では、データ解析プラットフォームを誰が握るのか、ここを握るためには我々何をすべきか、そこを考えなければなりません。先ほども言いましたが、標準化ということがここでは鍵になってくると思います。

一口でデータといっても、「本当に使えるデータ」を集めることが必要です。データさえ集めれば良いということではなくて、「素性が分かっている、再現性が高いデータ」を集めなければなりません。つまり、信頼性が高いデータです。さらに、ベストだけではなく、低い特性に関するデータも機械学習には必要です。

こうしたデータを人間が手入力するには、限界があります。プロセス条件も全部入っていないと、素性が分かっているデータとなりません。今、この実験データ取得に大きな変革があるわけです。自動・自律実験です。これによってあらゆるデータがデジタル化される。

例えば温度を 500 度で合成したとノートに書いてあったとしても、100℃/分で温度を上げるのか、10℃/分で温度を上げるのかで、結果がまったく変わってきます。しかし、そのような詳細なプロセスがノートに残されていない場合があります。すると実験の再現ができず、使えないデータになってしまいます。しかし、デジタル化されていると、何時何分に何度だったという情報が全部記録されていて、あとでこれをプロセスインフォマティクスとして有効活用することができます。そして、得られたデータの信頼性が増します。ですから、「本当に使えるデータ」を集めていくというのが非常に重要です。

なぜマテリアル DX が進まないのか、研究を加速するために必要なことを三つ議論します。

第一に、やはり意識改革です。人材育成は非常に重要です。思い切って人に投資するべきです。世界一多く、デジタルとマテリアルの二刀流、大谷選手を輩出する。強い覚悟を決めて、どんどん投資して育成するべきだと思います。

今、大学院レベルでは人材育成は少しずつ進んできています。例えば東工大の物質・情報卓越教育院が一例です。学会レベルでも進んできています。しかし、まだまだ十分ではありません。さらに、「学部」レベルでの教育を、日本全国の大学で進めなければならないと強く主張

したいと思います。若い学生さんらに「機械学習とロボットを活用する」という意識を涵養することが重要だと思います。高校生でもいいと思います。

今、大学の問題点は学科や専攻ごとの縦割りになっていて、デジタル・情報科学に関する教育が進めづらい状況です。学科や専攻内に情報科学を教えられる先生がいないと、教育が進められない。そうした縦割りは非常に良くないと考えています。オンライン教育を活用し、学科・専攻の壁を越えて、さらには、大学の壁を越えて、幅広く教育を進めるべきだと思います。

それから、デジタルに対するリテラシーが高く、アンテナが高い若い研究者が、機械学習・ロボット・データを使って研究を進める仕組みにはやく触れる機会をぜひ作りたい。JSTさきがけのようなプロジェクトを起こすべきと思っています。若い研究者をどんどん巻き込んでいく施策が肝要だと思います。

二つ目が理化学機器メーカーの変革を支援するべきという点です。自分たちがデジタル化を進めたくても理化学機器が対応していない。だから、デジタル化できないという壁に当たってしまいます。多くの方が感じる壁で、私自身もそれに直面しています。

したがって、理化学機器メーカーのDXを支援するとともに、支援するとしたらデファクトスタンダードを必ず狙っていくような、そうした形の支援が必要だと思います。

グローバル市場における日本企業のシェアを検討します。CRDSの資料では、ライフサイエンス分野では日本の理化学機器メーカーは1%しかシェアを持っていません。つまり、100の投資をしたら1しか日本企業に戻らないということです。これではなかなか研究は進まないと思います。なぜなら、外国製品を購入するということで、高額な費用がかかってしまいます。これは研究費の削減と同じ効果です。また、研究者がアイデアを埋め込みたいと思っても、外国製品では小回りが利かないので研究の進捗が遅れてしまいます。海外メーカーは要望を簡単には聞いてくれません。日本メーカーだと共同開発のような形で研究を迅速に進められます。

大変ありがたいことに、マテリアル分野は様々な装置のシェアを日本メーカーがいまだ有しています。しかし、海外勢による標準化が進み、日本企業の発言力が低下して徐々にビジネスを失っていくと、研究現場の外国依存が大きくなって、先ほどの問題が出てきます。したがって、国内の理化学機器企業も含めたDXが必要だと強く感じております。理化学機器企業や若い研究者を考慮した、広い裾野での科学技術政策が必要だと思います。

海外でも、デファクトスタンダードはまだできていません。今なら世界をリードできるので、日本が引っ張っていくチャンスです。実際に、異なる理化学機器メーカーと共に、実験装置を

つないでいく取り組みをしています。物質合成後に、ロボットが様々な実験装置にその試料を運んでデータを出していく仕組みを作っています。人間ドックでは、人間が様々なチャンバーに入って評価され、多くのデータが出てきます。そのマテリアル版です。

ここでは物理的に試料を受け渡す機構や、接続するためのプロトコルを公開しています。ゆくゆくはプラグアンドプレイ、つまり、接続したらすぐにシステムとして動くような仕組みを目指しています。

このような標準化を進めることによって個別対応が減り、全体のコストも下がっていき、普及が進むでしょう。そして、世界に提案していった、強いデファクトスタンダードを取っていくというのが非常に重要だと思います。世界では標準化への動きが加速しています。とても心配しています。

それから、世界ではベンチャー企業が台頭してきています。論文を見ているとベンチャー企業の製品を使う例が増えていて、それがデファクトスタンダードになるのではと、非常に心配しているところです。

今後、ラボラトリーは先ほども言いましたように、サービスのようになっていく。システム全体のシェアリング、個別な実験装置のシェアリング、それからそこで出てきたデータをシェアリングする時代になってくる。さらに進んでいくと、基本的なマテリアルに関してはAmazonで本を買うときのように、リコメンドされる、そんな状況になってくると思います。そうすると我々研究者は何をすすめるべきかという問い、これがとても重要です。我々研究者は、もっと革新的で創造的な研究に注力する。その認識が重要だと思います。

先に述べたように、我々人間しかできない研究を進めるには、機械学習とロボットは何ができて何ができないのかをしっかりと理解しなければなりません。研究者の新しいリテラシーと言えます。その教育というのはますます必要になってくると考えています。

それから、三つ目には、この試みを進めていくと、挑戦的な研究ができるようになってくるという実感があります。私自身、ロボットを活用したら、今までは探索できなかった領域が探索できるようになっている感覚があります。過去に、学生さんをお願いしなければ狙った実験条件で実験を進められなかったことがあります。しかし、幅広い実験をもっと試せるようになりました。つまり、探索空間が拡大している。「自分に羽がついて、色々なところに飛んでいけるような感覚」があります。つまり、「研究者が自由になって、強くなっていく」という思いを強くしています。

これから大きな方向性としては、次のようなサイクルが重要です。機械学習・ロボット・データを上手に活用して、研究者が楽しみながら、かつ、一生懸命、研究活動に取り組む。そして創造性が高い仕事を行う。そこから生まれた暗黙知を機械学習・ロボット・データシステムに埋め込んで、再び人間は新しいチャレンジをしていく。このようなサイクルの構築が非常に重要だと思います。

最後に、技術とノウハウ、データが自然に集まるところを作っていくということが重要と強調して終わります。ただそれは今すぐにはできなくて、二刀流の人材を世界一多く育成していくというのが基盤となります。それから、裾野は広くて、理化学機器メーカーも含めてデファクトスタンダードを取るという動きを進めていく。そして、重要なことは理化学機器メーカーが「ラボのシステムインテグレーター」となり、世界中のラボを建設するという点です。今、システム化されたラボを作ってくださいとお願いしようとしても、誰も作ってくれません。ラボのシステムインテグレーターとなる企業が生まれると、その企業が世界中のラボ建設を担うことができます。そうすると、そこで生まれるデータに最初に触れることができます。研究者よりも先にラボシステムインテグレーターがデータに触れることになります。それにより、データ解析プラットフォームへの影響力も大きくなり、データもしっかりと押さえることができる。そうしたふうになっていくと思います。ラボシステムインテグレーションを海外に頼ることになった場合、データ解析プラットフォームも海外頼みになり、コストだけではなく、データセキュリティの観点からも非常に懸念すべき状況になります。

最終的に、このデータのデータ解析プラットフォーム、そうしたソフトウェアを日本からきちんと出せるか否かというところが勝負所です。当然、GoogleなどのIT企業が狙ってくると思います。研究者に支持されるプラットフォーム、この構築が今後のデータ活用戦略に大きな影響を与えることが確実です。とにかく裾野を広く、様々な関連産業と強く連携して、世界に頼られる存在になっていくという仕組みづくりが、オープンサイエンスを進める上で非常に重要だと思っています。

以上で、話を終わりたいと思います。ありがとうございます。

○上山議員 一杉先生、本当に面白い話をありがとうございました。

これから10分から15分ぐらい掛けて自由に御意見、あるいは御質問等を受けたいと思いますが、議員の先生方からまずどうぞ、どなたでも結構ですが、お手をお挙げくださればと思います。

藤井議員、どうぞ。

○藤井議員 一杉先生、大変興味深いお話、ありがとうございます。

データをきちんとハンドリングし、物質探索のプラットフォームをオープンにしていこうというお話だったと思います。います。C S T I の場でもコアファシリティの議論をするときに、こうしたプラットフォームを作っていって、研究者、あるいは企業の皆さんにもオープンにしていくと、そこにデータやノウハウ、さらにはニーズなどがどんどん集積していき、先生がおっしゃるようにこの拠点がないと色々なことができないとなり、デファクト的なものを押さえることができるようになっていくのだろうとっております。

この方向性は非常に重要で、これをオープンでやっていくときに、人材育成が重要だということはよく理解できたのですが、どういうサポートがこうした動きをプロモートするのに最も重要か、何かお考えがあればお聞かせいただきたく思います。

○一杉教授 人材育成のところはもう重要性が明確でそこは省くと、やはり裾野のところ、一つは理化学機器メーカーの強化だと思えます。理化学機器メーカーのD Xを支援すると共に、世界での標準化を支援することでしょう。前者については、実際にD X機器の試作を進め、世界マーケットの中で鍛えていくための足腰作りを支援する。標準化については、J I S規格として、さらに、世界の標準化活動を強めていく。

そして、機器と機器をつなぎましょうという動きを政策で誘導していくことも重要です。今は企業ごとに独立して進んでいます。政府で声をかけ、企業間で協調して実験装置間を物理的につなぐ仕組みを後押しする。ファンディングして試作と実証を進めていき、世界にさきがけてD Xを実現することが非常に重要だと思えます。

○藤井議員 要するに、理化学機器同士がシステムを構成しようとしたときに、インテグレーションを想定されたような形になっていない。

○一杉教授 今はそうになってないですね。

○藤井議員 なっていないし、インテグレーションは難しいので、それをもっと後押しするような政策を考える必要があるというイメージでしょうか。

○一杉教授 はい、そうです。インテグレーションを後押しする必要があります。それから、出てきたデータを蓄積し、それをどう処理するのかという、そのソフトウェアプラットフォームの構築を後押しすることも重要です。オペレーティングシステム(O S)のような感じです。W i n d o w sとかA p p l eのO Sのようなものです。実際にデータが蓄積されたら、次にそれらデータを「どう処理するのか」という点の価値が高まります。そうしたソフトウェア争いになってくるでしょう。やはり使いやすいソフトを作った者が勝つと思うのです。このまま

では欧米のプラットフォームを使うことになってしまいます。世界標準をとるためにソフトウェアプラットフォーム作りを科学技術政策で支援して、そうした基盤を作っていくのが重要と  
思っています。

○藤井議員 ありがとうございます。

○上山議員 次は佐藤議員ですか。

○佐藤議員 一杉先生、どうもありがとうございます。

エキサイティングな御報告で、わくわくするような話でした。

特に、今ならば主導権を握ることができるという、こうした見方というのは非常に勇気付けられる見方だと思います。一方で、研究分野ごとに拠点を形成していくという考え方ですが、具体的にどのような形でこの拠点を作っていくのかということがもう少し具体的に分かりやすいように御説明していただければ有り難いと思いました。それに関係して、データの活用の話は今までC S T Iでもやってきましたが、産業界にあるデータは中々取りにくいので、とりあえずアカデミアの中にあるデータだけで考えていこうという考え方で分析が進んでいるようにも思えるのですが、実際に、グローバルな視座で見ると、産業界のデータとアカデミアのデータが有機的に融合しているところが優位な立ち位置になってくるのではないかと、という危惧を個人的には感じているのですが、拠点を作るときにその産業界のデータというものをどう取り込んでいくのかということについて、先生の具体的なイメージがあれば教えていただきたいのです。

○一杉教授 研究拠点について、マテリアルD Xプロジェクトが始まりました。そのようなトップダウン型の拠点を最初から構築するという形は大変良いと思います。それに加えて、ボトムアップ型の小さな拠点形成が必要だと思っています。高い意識を持った研究者が、全国でぼこぼこ出てきて、そのうち有力なところに自然に集約していった拠点ができるようなイメージを持っています。したがって、やはり裾野の種まきが必要で、JSTさきがけのような額と制度で良いので、より広いところに対して、意識が高い研究者にファンディングすることが重要だと考えています。

○佐藤議員 そうすると、ある種各研究分野で自然発生的に出てくる小さな研究家集団を自発的に粒のように作りながら、それをまとめていくというイメージですか。

○一杉教授 私自身はそうしたイメージを持っております。もちろんマテリアルD Xプロジェクトの拠点も重要で、両方の形が必要だと思っています。特に、さきほど述べたボトムアップ型(広い方)というのは、若い研究者を中心に進めていくのが非常に重要と思っています。

二つ目のアカデミアと産業のデータのところですが、両者を融合させるのは難しいと私自身も痛感しています。まずできることは、データを共有しやすいアカデミアでデータを蓄積していくのがとても重要だと思います。そのデータに価値があれば、企業の研究者もそのデータを使いたいということになってくるでしょう。そうすると融合が進むと期待します。データの共有に対するハードルが下がり、企業のデータも共有するという動きが進むことを願います。それが協調領域になると思います。ただ、企業はセキュリティ確保が非常に重要なので、そこをしっかりと担保したシステムの構築が必要です。最初からアカデミアのデータ管理システムを作るにしても、セキュリティのところは考えながらやっていかなければいけないと思っています。

○佐藤議員 最終的には実装化というところにつなげる以上、どこかで産業界との関係は重要になってくる訳ですが、今の先生の立てつけですと、技術的にはアカデミアの方が優位だろうということが前提になっているような気もしますが、産業界の方が進んでいる分野というのも結構あると思います。その点はいかがですか。

○一杉教授 今の、アカデミアの方が進んでいるというのは、僕はそうは思っていません。多くの方々と議論をさせていただくと、こうしたデジタル化の動きは産業界の方が圧倒的に意識が高く、進んでいます。

例えば、我々のラボを訪問する研究者数の比率を考えると、企業の方が10だとしたら、大学の方は1いかないと思います。圧倒的に企業の研究者の訪問が多いです。ですから、デジタル化への強い意識を持つ研究者は企業に多いので、データの蓄積・利活用は、企業の方がさらに進んでいくと思います。ただ、企業だとデータをオープンにできないので、そこでたこつぼ化してしまっているところが問題になってくるのが見えます。

アカデミアでは機械学習とロボットを活用しようという動きが、それほどうねりになっていません。企業に比べると関心は非常に低いです。しかし、「アカデミアはデータを共有しやすい」という傾向があるので。アカデミア主導でデータを蓄積する活動をしっかりと進めるべきだと思っています。そのためにも、アカデミアの研究者のデジタル化への意識をもっと高めなければいけないという認識をしています。

○佐藤議員 分かりました。ありがとうございます。

○上山議員 波多野議員お願いします。

○波多野議員 一杉先生、ありがとうございます。私、内容を存じ上げているのですが、今後の展開も含めて、大変興味深く拝聴しました。先ほど佐藤議員がおっしゃったように、3ペ

一丁目にありますように、IMEC、TSMC、IBMのAlbany、さらには量子コンピュータのIBM-Qもそうだと思いますが、そこにはグローバルなノウハウとデータが集結・蓄積されており、研究をうまくビジネスにしており、さらに世界的な潮流を生み出していると思います。産業界のデータはセキュリティも高く中々難しく、しかしそこまで連携しないと世界スタンダードにならないと思います。ところが先週、分析機器と理化学機器の業界団体の展示会JASISのシンポジウムで私も参加し、先ほどご紹介の4社の社長さんとも議論したのですが、一杉先生の先駆的な研究のおかげさまで、キーワードはDXで横につなぐ協創が必要とおっしゃっていました。他社の機器同士がつながっていく、そうではないとグローバルに勝てないと。この1、2年で急激に変化していると感じました。したがってデータの扱いさえきちんとし、やり方さえ工夫すれば、場合によっては理化学機器のお客さんのデータも集められるのではないかというふうに私は少し期待していました。

さらに今後は、マテリアルの上下とのつながりが必要になってくると思っております。

○一杉教授 上下というのは産業の川上(原材料を供給する)、川下(製品の設計・組み立て)、と認識しました。

○波多野議員 両方ですね。例えば私は半導体の方なので、半導体ですとマテリアルとデバイス、回路・システム設計データともうつながっているという、そうした縦の戦略のつながりというのがとても重要になってくると思うのですが、その辺の御意見を伺えればと思います。

○一杉教授 まず、一つ目がデータの扱いのところ、半導体の分野では、特許で全部おさえてしまうということでしょうか。

○波多野議員 その辺が吸い取られている訳ですよ。

○一杉教授 半導体のところではもうモデルができています。ですから半導体でうまく成功しているところは、マテリアルでも取り組むことが重要だと思います。半導体産業に学ぶべきところが多々あります。

○波多野議員 それでいち早く標準化をする。

○一杉教授 そうですね。それが重要だと思います。

二つ目の点が、理化学機器からデータが出てきて、それをうまく蓄積する仕組みの整備が必要だという話だったと思います。その点については、データをどう蓄積するのか、企業間で全く話がされてないところです。

今回、我々が4社をつないで、Ma i ML形式でデータを蓄積するテストを始めています。そうした取り組みをいち早く進め、実際に世界に提案して立ち上げていくというところが実

現できていければ、標準化が進むのではないかと思います。

○波多野議員 それ縦でつながるのがキーポイントだと。

○一杉教授 そうですね。使えるデータが蓄積されていって、それを川上、川下の企業が皆で見ることができる。今までは川上のみ、川下のみと分かれていたのが、両方から見えるようになってくると、もっとつながってくるのではないかと考えています。

○波多野議員 そうした協創拠点というのが皆さん必要だとおっしゃるのですが、どこに作ればいいと思われませんか。大学、それとも国研、企業間？

○一杉教授 これはアカデミア、国研、国ベースでやっていかなければならないと認識しています。ある程度、公共という精神がないと世界中の皆さんがついてきません。ある企業のために、となってしまうと、周囲の協力が得られません。したがって、国、アカデミア、NIMS、産総研、そうしたところが拠点を作り、さらに協調も進めて、周りの人を巻き込んでいくのがよいのではないかと考えています。

○上山議員 梶原議員が挙げていたと思います。その後で、篠原議員、お願いします。

○梶原議員 一杉先生、ありがとうございました。

二刀流という表現がありましたが、AIを使って自律的に実験を行い人間は人間にしかできないということに集中できる、集中していくということは正にDXの基本的なところだと思いますので、加速していくといいなと思います。

Laboratory as a Serviceを進める上で、理化学機器側、あるいは産業界側で標準化が必要、あるいは複数社の機器をインテグレートしなければいけないとのことでしたがこうした考え方に対しての産業界の認識はどのような状況なのでしょう。4社の企業と連携しながら始められているということでしたが、それを加速して、Laboratory as a Serviceを実現しようとするときに、具体的に標準化に対するサポートということなのか、何かもっとダイレクトにやることなのか、何が必要なのでしょう。また、また、企業側で標準化に向けて、実際に今動いているというところはあるのでしょうか。

○一杉教授 はい。幾つか質問があったと思いますが、まず一つ目に、企業の認識のところについて説明します。先の4社のところで、今、経営陣はDXしようという認識が確かにあると思います。

ただ、それが開発現場に行くと、そのDXは具体的にどうやればいいのか？誰と話せばいいのか？と進むべき道が不明瞭になり、前に進まなくなります。したがって、様々な企業の担当者が一堂に会して話し合う仕組みから作らなければなりません。それが実情です。ですから、現

場とトップの意識はとても乖離があると感じています。

なぜ乖離があるかということ、やはり教育(人材育成)に尽きると思います。デジタル×マテリアルの二刀流人材が少ないから、現場で動ける人がいません。人材育成が非常に重要になってくると思います。

標準化が進んでいるかという観点では、世界でも標準化をしようという動きがあります。今、JAIMAで進めている動きは、それより一步進んでいるという認識を持っています。MaiML形式はよりよい規格になっていると思います。今の世界の標準化は、「装置をただつないでデータを蓄積しましょう」という段階に留まっています。しかし、MaiML形式では、セキュリティを担保して、データを改ざんされないことまで考えられており、より先進的な規格になっています。その点が高く評価できます。そうすると企業も使いやすいですし、研究インテグリティの観点でも安心です。ですから、そのような利点を世界に打ち出していくことが非常に重要だと思います。「装置をつなぐ、データを蓄積する」ことに関しては、まだまだ世界でも試行錯誤が続いていると認識しています。

○梶原議員 こうしたことをSIPなどのプログラムの中でできるといいなと思って、聞いておりました。ありがとうございました。

○上山議員 篠原議員、どうぞ。

○篠原議員 時間も随分過ぎているので、簡単にお答えいただければ結構ですが、2点質問です。一番初めのところで、固体材料が狙い目だとお話があったので、理化学機器メーカーだけではなく、いわゆる試料を作ったりするときの産業用ロボットの様な、その辺についてアプローチされているのかと思ったのですが、その辺の言及がなかったのですが、そうしたところはないのでしょうか。というのが1点です。

あともう一つはデータガバナンスポリシーです。色々な意味合いがあるのですが、これはデータがどんどんたまっていた場合に、どこかで例えば一次処理して、少し簡単に圧縮するか、若しくは捨てるのか、色々な話をしていかないと、これは果てしないと思うのですが、その辺どうするのかということと、あとこれは資料を拝見していて、一番びっくりしたのが、ラボSIは最初にデータに触れることができるとあります。ラボのデータを握るということは、そうしたガバナンスポリシーでやるということなのですか。

○一杉教授 質問の1つ目は、固体材料のロボットについての進展という点だったと思います。

固体材料は形状や柔らかさなど認識しなければならず、液体材料に比べて、極めて実験が難しいです。二種類の材料を混合するとしても、混合というのもさまざまな概念があるので、そ

れをも考えたロボットが必要です。均一に混合するのが良いのか、多少遍在させながら混合するのかで、特性が大きく変わってきます。したがって、ロボット技術の進歩が不可欠です。ロボットが単純にぐるぐる混ぜているだけでは駄目で、「臨機応変に状況に対応するロボット」がますます重要になってくる。機械学習とロボットの分野としても非常に新しく、状態に応じて対応を変えるロボット技術の導入が不可欠です。そうしないと、固体材料がうまくハンドリングできません。ですから、ロボット業界と一緒に研究を進めることが非常に重要だと思っています。日本はロボット技術で進んでいるので、そのアドバンテージを最大限活用したいところです。

それから、二つ目のガバナンスポリシーのところなのですが、まずデータの量が大きくなっていて、コントロールしなければならないという話があったのですが、そのところは私自身も専門ではないので、わかりません。圧縮だとか取捨選択というのは、いつかは必要になってくると思います。データ量は増える一方ですので。

こうしたところは専門外なので、情報科学の専門家と組んでやっていかなければいけないなと思うところです。

○篠原議員 技術的な問題ではなくて、結局そのデータの圧縮とか捨てることを誰が判断できるのか。データのオーナーシップの話とも絡んでくるのですが、多分シェアということでオーナーシップはないのかもしれませんが、結局、ディジションメーカーはやはり必要ですよ。

○一杉教授 ディジションメーカー、オーナーシップ、捨てていいかと誰が判断するかというところですね。それはマテリアルをよく知っている人が判断しなければなりません。まさに、人間しかできないことだと思います。

○篠原議員 始まる時はいいのですが、今日、オブザーバーでいらっしゃっている橋本先生のNIMSも、もうサーバーのお金が大変になってきたといつもぼやいていましたが、これだけのものが広がっていくと、やはりそこはしっかり考えておかないと、始めるときはいいのですが、どうそれを本当に運用していくのかについては大きなポイントになって。

○一杉教授 非常に重要なご指摘、ありがとうございます。私はまだ確固たる考えを持っていません。そのところは、橋本先生にお任せしましょう。期待しています。

○上山議員 後で、橋本先生にも振りますが、私の質問を少し。

この10ページに書いてある本当に使えるデータ、データの標準化の話はよく分からないなと思っていて、使えるデータの形式なのか、あるいはデータそのものの特質なのか、あるいは集めているデータの信頼性に関する標準化のプロセスなのか、imecも昔何度か行って、面

白いなと思ったのは、完全に知財マネジメントなのです。知財で完全に囲っている。

ただ恐らくデータになってくると知財で囲えないものも含めたノウハウのデータもあると思います。その標準化のプロセスというのは、単に幾つかの企業が集まって4社でやってという形ではないもう少し根源的な恐らく方向性があるのではないかというのがよく分からないのが1点。

こうしたたぐいのオープンサイエンス、ラボのオープン化をやっていくと、一方でこうした科学技術政策をやっている立場からすると、ナショナルバウンダリーはどうなるのだろうかということなのです。

○一杉教授 ナショナルバウンダリーとはどのような意味でしょうか。

○上山議員 つまり国家が基本的に投資する訳ですね。国家が投資をして、それが当然ながらその国の国民に対する便益としてその国家がお金を投資する。そうするとそこから出てきたものは必ず国民に返さなければいけないというのがある訳です。

一方で、これがオープン化されていけばいくほど、どこの形でも使えるようになるので、その壁が低くなればなるほど、ナショナルインベストメントはどういう理屈でやっていくのだろうかというのが出てくると思います。これが少し現場の人たちがどう考えているのか。政策的には恐らく重要になってくる話だと思います。バウンダリーがなくなってきますから、どんどん。

もう一つは、一杉さんがおっしゃった中で、学部レベルを変えなければいけないとおっしゃったところです。これは学部でやるべき仕事というのが何かというのは、大学改革にとっては結構重要な問題で、早くから専門家を押し進めた方がいいのか。そうではない、何かもう少しこのたぐいの新しい科学と進展とイノベーションの進展に合わせた、共通の学部教育という形があるのか。いわゆるリベラルアーツではない、あるいはリベラルアーツの進化系なのかもしれないですけど。そうした先端研究大学における学部教育の在り方みたいなものは、単純に早くから大谷翔平を作るためにがんがんやればいいのかというだけではないと思いますが、それは一杉さんはどういうふうに。

○一杉教授 まず一つ目の質問が、「使えるデータとは何ぞや」という点ですね。データの形式ではありません。そのデータがどのように生まれたのか、という「履歴」と言えます。例えば試料合成でしたら、その試料が合成された温度やガス雰囲気など、実験プロセス条件も合わせてデータベースに入っているかということです。「信頼性」のあるデータなのかを判断するのに極めて重要です。それから、データが改ざんされていなくて信頼できる。そうした意味で

使えるデータとなります。ですから、最終結果だけではなく、実験プロセスも含んでいるというところが重要だと思っています。

○上山議員 その信頼性を判断するマーケットがないです。つまり標準化に持っていくために、あそこでやっているデータは信頼できると誰かが格付する訳ではないので、そこが標準化をやっていくときには、何らかの政策的などと言っていいかもしれないですけど、介入が必要になってくる。それを国際標準に持っていくためには。

昔は知財みたいなものが一番やりやすかったのですが、多分それでは賄いきれないような標準化のプロセスがあるだろうと思います。

○一杉教授 今、大きな変化が起きているのは、実験自体がロボット化されるので、データは全て確認することができます。どのような条件で作られたのかすべてデジタル化されています。今までは人間が合成していたので、格付しなければなりませんでした。あの人は実験がうまい、あの人は下手だという格付をしなければなりません。しかし、自動・自律実験ではロボット化されているので、そこでの全てのプロセス、どの装置を使って、何時何分にこの状態というのは、データとして確認可能です。すると、格付のステップがなくなるのだという認識をしています。ロボット化の実験というのはそうした御利益があると思っています。

二つ目のナショナルバウンダリーの点、オープン化していったら日本にどのようにしてお金が返ってくるかということですね。

これは先ほどもあったように、標準化を握り、それから世界中に頼られる拠点が形成できた場合、まず、様々な情報が日本に集まってきます。最新情報を得ることが次へ動きを早めることができます。また、理化学機器産業が力を持てば、世界中のマテリアル産業の基盤を握ることができます。また、日本のマテリアル産業のDXも進み、技術発展が進むので、日本にお金が返ってくるでしょう。ラボのシステムインテグレーターが日本から多数生まれれば、世界中のラボ建設に携わって実験システムを作って、さらにデータも握ることができるでしょう。研究者よりもさきにデータに触れられるのですから。そのデータは必ず日本に蓄積されていく。ノウハウも含めて蓄積されていて、頼られる存在になっていくというので、色々な意味で、経済的にも返ってくると考えているところです。

あと三つ目の学部教育ですが、おっしゃるように専門教育と情報教育のバランスでせめぎ合いがあります。専門教育を重視するという意見が強い場合が多いのが実情で、学部教育に情報教育がなかなか入っていきません。ただ、もう時代としてはオンラインの時代です。1限、2限、3限にどの講義をやりましょうと決める時代ではなくなっています。

ですから、マテリアルと情報科学に興味がある学生さんは、自由にオンラインでそれを受講する形になっていって、よりフレキシブルになっていくようなイメージを持っています。教育自体がフレキシブルになっていくわけです。今までの教室で講義をするという概念よりも、オンライン上で大学名に関係なく受講できるようになれば良いと思っています。そこでマテリアル×デジタルに触れ、もっと興味がある人はその道に入っていく。そんなように教育機会の多様化が重要だと思っています。オンラインでの教育が併用される時代になっていけば、さきほどの専門教育をとにかく重視するという硬直化したカリキュラムになるのではなく、「学生の興味に合わせた」教育体制にシフトしていくのではないかと考えています。

○上山議員 今日の話、とても面白い話なので、時間を取ってしまって申し訳ないですが、NIMSはこれを世界拠点としてやってこられて、橋本先生に振るのは越権行為かもしれませんが、NIMSのやっていることが、ここが世界の標準化の拠点になりつつあるという意識を橋本先生は持っておられますか。

○橋本内閣官房科学技術顧問 簡単に言いますが、今日、皆さんに知っていただきたいのは、今日、一杉さんの話、こうしたふうに頑張っている、大変頑張っているのですね。こうした頑張っている人が日本にまだいるのだぞということをまず理解していただきたいと。

マテリアルは各論なので、だからこうしたことの重要性は6年前から具体的なプロジェクトとしてNIMSで始めて、坂本さんが文部科学省の審議官としてそのプロジェクトの一つを受けてくれました。まず、データを集めるのは2年前から始まっています。それで拠点を作って、全国のところから集めてくるという話。

それから、重要分野、これは公募するのですが、今年から本格的に始まった、先ほどARIMという言葉が出てきましたが、それは分野を決めて、その分野について自動化も含め、研究を行うそうしたシステムを作るというプロジェクトが今始まっているというところです。

そうした中で、標準化の話であったり、あるいは産業界との連携の話、これは全部各論になります。各論になりますけど、全体的にどうあるべきかということで議論しながら、今、進めている。

ですから、マテリアルは現場から見るとまだまだ投入が足りないとか、それから遅々として進まないという不満は当然あると思いますが、政府レベルで言うと、我が国において最もこのデータ科学のことに對して、投資もし、先端を走っている分野なのです。ですので、一杉さんのように頑張っている方が是非そうしたところに、彼も知っているはずなのだけど、今日は言わなかった、そうした話。言わないのは多分不安だから、まだこれでは不十分だと思うから言

わなかったのだと思うのですけど。

ということなので、政策として見たときには、何をやるかというのはある程度見えていて、それに対する投資も国としてはしてきている。でも、それでは不十分ですよという話が今日あったのかなというふうに思います。

○一杉教授 危機感を感じています。このままだったら本当に産業もやられてしまうという、すごい危機感を感じます。

○橋本内閣官房科学技術顧問 産業界との話についても、私なども産業界ともこの話はやっています。しかし、そんな私たちの言うとおりに産業界は動く訳ではありませんので、産業界の中にも仲間を作り、産業界の中で今チームを作ってもらって、でも分野で決まる訳です。

例えば、彼のやっている固体電池の電解質などというのは、トヨタを中心として産業界のチームを作るべく、やっているのですね、私たちも一緒にやっています。なので、中々、それは各論になるのです、結局は。ただ、大きな話としての方向性は国としては出している。これはマテリアル戦略の中で出しています。

○上山議員 よろしいですか。反論はありますか、一杉先生。

○一杉教授 いや、大丈夫です。今日は色々議論させていただいて大変参考になりまして、是非御支援をお願いしたいところです。

○上山議員 私は素人ですけど、大変面白く拝聴させていただきました。ありがとうございました。

それではこれで公開の部分を終えたいと思います。

○一杉教授 ありがとうございます。

午前10時45分 閉会