



先端科学技術基盤と経営学

石川, 哲也

(Citation)

神戸のSTS：スプリング8をめぐるサイエンス・ベースト・イノベーション研究と低線量被曝の歴史研究:38-47

(Issue Date)

2021-02

(Resource Type)

book part

(Version)

Version of Record

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/90007912>

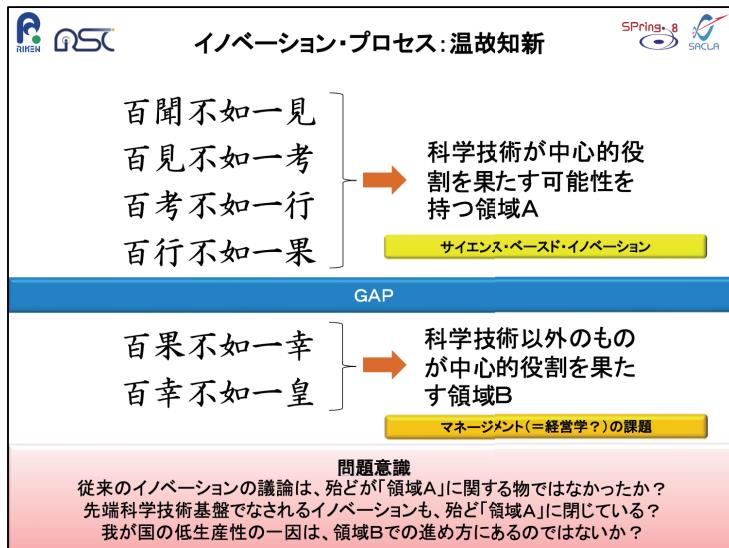


第二部 量子物理学者による経営実践

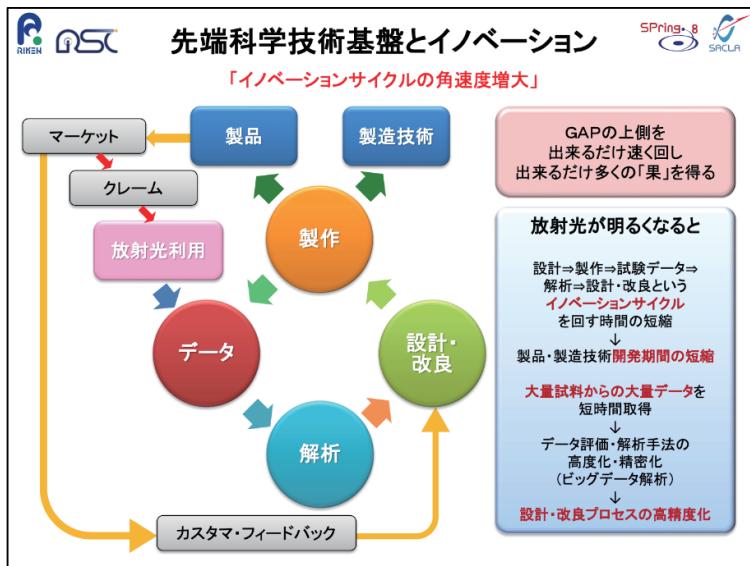
第二報告 先端科学技術基盤と経営学

石川哲也（理化学研究所）

石川：今日は「先端科学技術基盤と経営学」という題目でお話をします。最初に百聞不如一見からはじまり百見不如一考、百考不如一行、百行不如一果、百果不如一幸、百幸不如一皇と続く中国故事に則り、イノベーションプロセスを考えてみます。放射光施設というのは、光をつくる装置で、そこで出来る光というのは、X線です。X線とは波長が非常に短い光で、原子や分子のような細かいものを見ることができます。この放射光、日本で始まったのは1970年代からですが、初期には、それまで見えなかつたものが見えてしまうことから、まさに百聞不如一見でして、様々なことが明らかになりました。しかし、たくさん見ると何か新しい考えが浮かぶ。たくさんの考えが一つの行動になる。たくさんの行動が一つの成果になっていく。ここまでが、科学技術が中心的な役割を果たす可能性を持つ領域として、サイエンス・ベースト・イノベーションと言う場合には、中心になると考えています。この中に前のお話しで出てきた「魔の川」ですとか、「ダーウィンの海」とか、様々な議論はあるのですが、この先に一つギャップがございまして、ギャップの向こうに、「その成果が幸せを作る」というところがあります。これは、ある意味では個人の幸せですが、その個人の幸せを上手に集めるとみんなの幸せになるだろう、というところがあるわけです。このあたりになると、科学技術以外のものが中心的な役割を果たす領域です。私の問題意識は、従来のイノベーションの議論というのは、ギャップの前の「領域A」に限られて、いたのではないかという事です。



私共の先端科学技術基盤、SPRING-8 でなされるイノベーションも、ほとんどこの「領域A」の範疇ですが、巷間議論されている日本の生産性の低さなどは、科学技術だけでは及ばない問題であってギャップの先の「領域B」の進め方にあるのではないか、そして「領域B」の進め方というのは、まさに今日も



話題になっている経営学の課題ではないかと思うところです。

このような問題意識を絡めながら、SPRING-8 の話をさせていただくわけですが、まず先端科学技術基盤とイノベーションという所からはじめます。放射光を利用してデータを取り、それを解析して、結果を設計改良に活かし、

そしてものづくりに繋げる。すると製造技術と製品ができるのですが、製品ができると新しいデータが採れてというサイクルを回すことによってイノベーションが実現していく場合がある。もちろんサイクルを回っただけで潰れるものもあるわけですが。ここで見ているサイクルというのは、先ほどお示し致しました GAP の上側をできるだけ速く回して、できるだけ多くの「果」を得るためのものです。データを採るために放射光が明るくなりますと、この設計→製作→試験データを採る→解析するというイノベーションサイクルを回す時間は短くなる。すると、製品・製造技術の開発期間が短くなる。加えて大量試料からの大量データが採れるようになって、そのデータ評価・解析手法の高度化、精密化が起こる。特に、最近ではビッグデータ解析が進んできて、一昔前までは少数の試行から、最善のものを探すということが行われていましたが、最近はより多数の試行から最善手を見つけるという方向に変わってきました。

ここまで見てきて、再び最初のイノベーションプロセスに戻ります。ここでは、「似非定量化」と書いてみました。百聞不如一見の、「不如」というのは、及ばないということで、「百聞不如一見」というのは、100回聞くことは1回見ることに及ばない…というのが続くわけです。さらに百見不如一考、百考不如一行、百行不如一果と続いていきますが、真面目に進めいくと、膨大な数の試行錯誤によっ

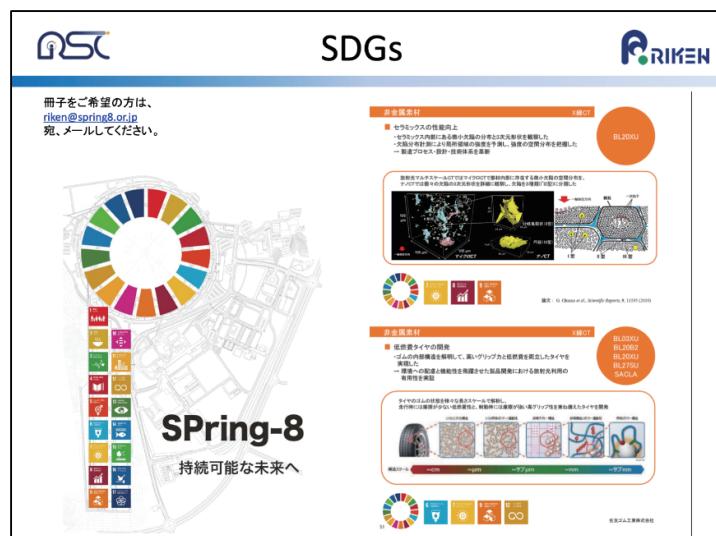
イノベーションプロセス: 似非定量化	
「不如」 = 「<」 または 「<<」	
百聞不如一見	$\Rightarrow 10^2$ 聞 << 見
百見不如一考	$\Rightarrow 10^2$ 見 << 考
百考不如一行	$\Rightarrow 10^2$ 考 << 行
百行不如一果	$\Rightarrow 10^2$ 行 << 果
GAP	
百果不如一幸	$\Rightarrow 10^2$ 果 << 幸
百幸不如一皇	$\Rightarrow 10^2$ 幸 << 皇
10^{12} 聞 << 皇 ($10^{12} =$ 一兆)	
これを進める方法論?	

てはじめて「一果」が得られるということになりかねません。このイノベーションを早く回していくには、今ではビッグデータ解析とか、計算機シミュレーションの助けとかが入ってきて、ギャップの上側のところはかなり早くなってきました。ギャップの下を進める方法論をどうするのか考える必要がありますが、単純に算数をすると「一つみんなが幸せになる何かを見つけるためには、10 の 12 乗回以上聞く」ということになります。つまり 1 兆回です。1 秒間に 1 回聞くことができるとしても、この計算だと 3170 年かかってしまいます。

この話は概念的なもので、定量化すること自体がバカバカしい（そこで似非定量化と言ったのですが）のですが、科学技術イノベーションを社会イノベーションに繋げていく場合の一面の真理を表しているのではないかでしょうか。これからどうしていこうか、という話を最後にしますが、その前に、科学技術イノベーションを進める道具としての、SPring-8 と SACL A の話をします。



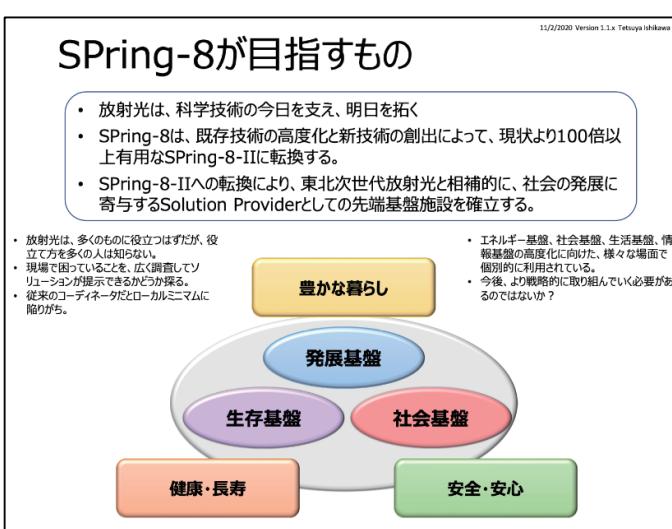
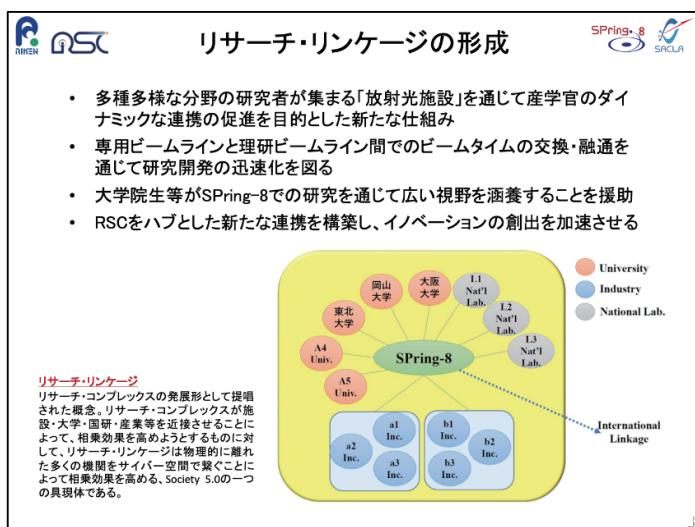
SPring-8 は兵庫県の山の中にあって、1周が 1500 メートルの電子加速器から出る放射光を使う施設です。SPring-8、元々 Super Photon ring 8 ギガエレクトロンボルトを省略してついた名前ですが、最近では、Solution Providing ring という言われ方もしています。1997 年に稼働を始め、今まで



23 年間動き続けていますが、その間の利用者が 30 万人になっています。2018 年度は年間では 1 万 7 千人が使っています。日本で最もよく使われている共用施設ということができます。

SPring-8 は、電子がバラバラと X 線を出す電球のようなものですが、SACLA は X 線のレーザーです。これは 2006 年から 2011 年の間につくりました。こちらも利用が始まっています SPring-8 や SACLA で行われている研究が、SDGs の 17 のゴールのどれに対応しているかを分類したブックレットを作ってみました。例として挙げたのは、1 年間にプレスリリースしたものを並べてありますが、ほぼ全部の SDGs 項目に当てはまるものがあるということです。もし皆様の中で、この本を欲しいという方がいましたら、メールをしていただければお送りします。

今年は COVID-19 で皆さん大変な目にあい、この学会もオンラインで行われていますが、SPring-8 にやってくるのも大変です。特に海外の利用者はほとんど来られない状況です。コロナでなくても、SPring-8 は、日本で一番地盤の良いところに作ろうということで、兵庫県の山奥に建設されたため、アクセスに難があります。このため、海外ではやりになっている、町中に設置した放射光施設をコアにリサーチコンプレックスをつくるというやり方とは違う形で大学や産業界との連携を考える必要があります。そこで、リサーチ・リンクという新しい仕組みを考えています。これは、遠く離れた皆さんが、あたかも一箇所に居るようになつて



何かをやる仕組みとして考えていきましたが、コロナになってみると、このやり方が非常に役に立ちました。例えば SPring-8 に今来られない海外の方たちが、今使われている zoom のようなもので海外とつながって、あたかも SPring-8 の実験室にみんなが集まっているような形で、一つの研究を進めることができます。SPring-8 がどう使われたかという話が前の講演者からありました

我々がこれから目指すものは、「科学技術の今日を支え、明日を拓く」放射光だと考えています。我々は今、既存技術の高度化と新技術によって、SPring-8 を今よりも 100 倍以上「有用な」、すなわち明るい SPring-8-II に換えることを計画しています。この SPring-8-IIへの転換によって、次の高田先生のお話にある、「東北の次世代放射光と相補的に、社会の発展に寄与する、Solution Provider としての先端基盤施設を確立していく」ということが、我々の目指すところです。放射光は所詮見るための光であり、見る対象はたくさんあります。だから多くのものに役立つはずですが、多くの方はその役立て方をご存知ではない。現場で困っていることを広く調査して、ソリューションが提示できるかを探ることを続けていく必要があります。そのように考えると、我々が欲しいもの、すなわち豊かな暮らし、健康・長寿、安全・安心等のもとになる社会基盤、発展基盤、生存基盤、のそれぞれに放射光が役立つ場所がありそうです。これらを真面目に考えていかなければなりません。

今年は COVID-19 がありまして、これが SPring-8 の役割を変えた感じがします。ニューノーマルとか様々なことが言われていますが、COVID-19 が要請した新しい生活様式は、社会の在り方も変えつつあります。その中で、SPring-8 と SACLA は多様な現象が「何故」起きるかという問題に対して、マクロからミクロのレベルまでのあらゆる階層での解を与えるものであるということが、新しい生活様式をつくり上げるための科学技術的基盤を与えるものになっています。また、この変革の一つの方向として「分散型社会」が言われているわけですが、それに並行して SPring-8、SACLA も遠隔利用を含む DX 化を進めていくことによって分散型社会に対応していきます。COVID-19 は、深刻な経済危機を作りつつありますが、そこから社会を復興していかなければなりません。この社会復興は、同時に SDGs の達成を意識したものであるべきです。SPring-8 と SACLA は、我が国の SDGs 達成に向けての活動にとってのキーデバイスであり、SDGs の達成のためには、ハイテク技術への応用とともに、プリベイリング・テクノロジーと呼ばれている既存の科学技術の両方をバランス良く進めいく活動が重要になります。

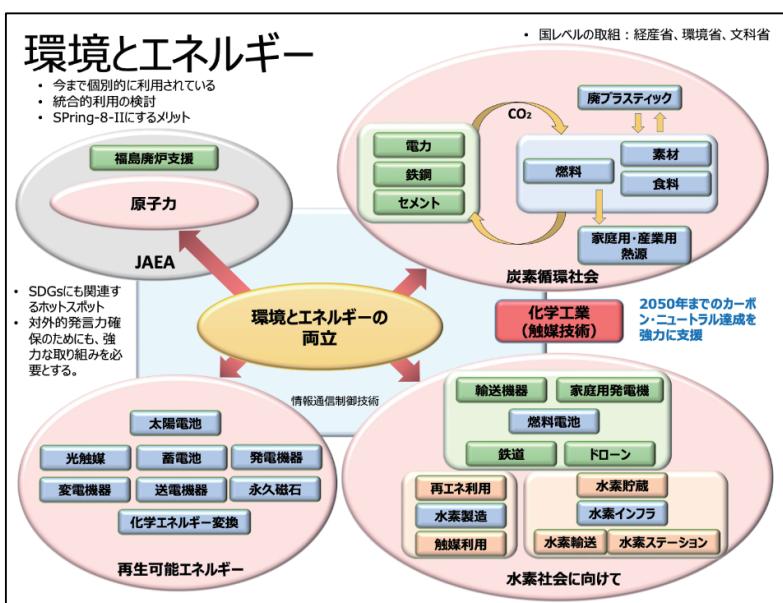
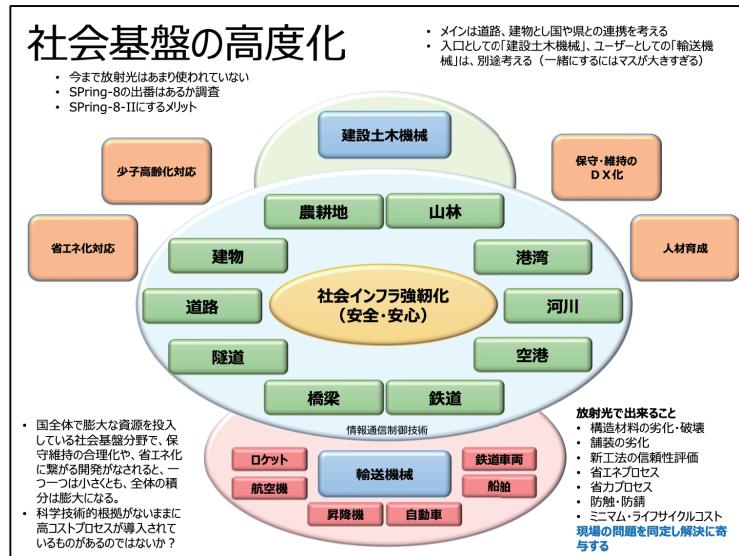
変化するSPring-8の役割

- COVID-19の要請した新しい生活様式は、社会の在り方に変革を求めている。
- SPring-8/SACLAは、様々な現象が「何故」生起するかという問題に対して、マクロからミクロのレベルまでのあらゆる階層での解を与える。これは、「新しい生活様式」を作り上げるための科学技術的基盤を与える。
- 変革の一方向としての「分散型社会」に向けて、SPring-8/SACLAの遠隔利用を含むDX化を推進する。
- COVID-19からの社会復興は、同時にSDGsの達成を意識したものであるべきであり、SPring-8/SACLAは我が国のSDGs達成に向けての活動にとってのキーデバイスである。
- このためには、新規科学技術と既存科学技術にバランスのとれた活動が重要になる。

ハイテクを指向した新規科学技術については、様々なところで議論されていますので、今日は特にプライベーリング・テクノロジーで何ができるかを中心に話してみたいと思います。今まで放射光があまり使われていない分野として、土木建築分野とがあります。例えば社会インフラの強靭化、安全・安心で、道路や建物など様々なものがあるわけですが、日本の国はこれからもこういうものに頼っていかなければいけません。

しかし、国自体として、少子高齢化が進行し、インフラ保守はどうするかを考えなければならないときに、保守や維持をDXにするとか、省エネ化ですか、人材育成ですか、多くの議論がある中で、それらも含めて土木建築の分野に

SPRING-8、SACLAをどのように役立てていくかという議論を始めています。土木建築を実行するための建設土木機械とか、利用者としての輸送機械もありますが、機械系はすでにかなりのSPRING-8利用が進んでいます。しかし中心の土木建設・建築への放射光応用はこれから課題です。

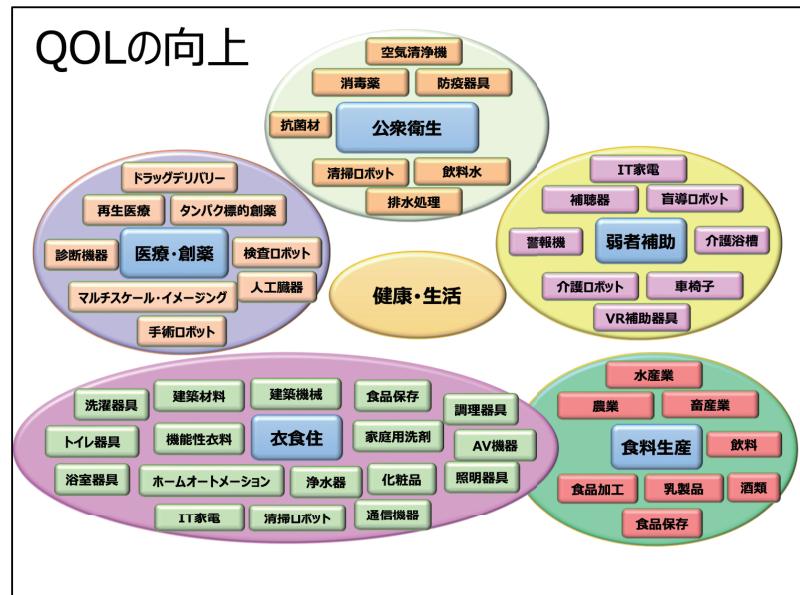


発展基盤の一部である環境エネルギー分野は、目下非常に放射光利用が進んでいる分野ですが、2050年までのカーボン・ニュートラルを考慮すると、例えば触媒技術などが、今後精力的に進めしていくべき課題です。この環境とエネルギーの両立ということを十分考えていかなければいけないわ

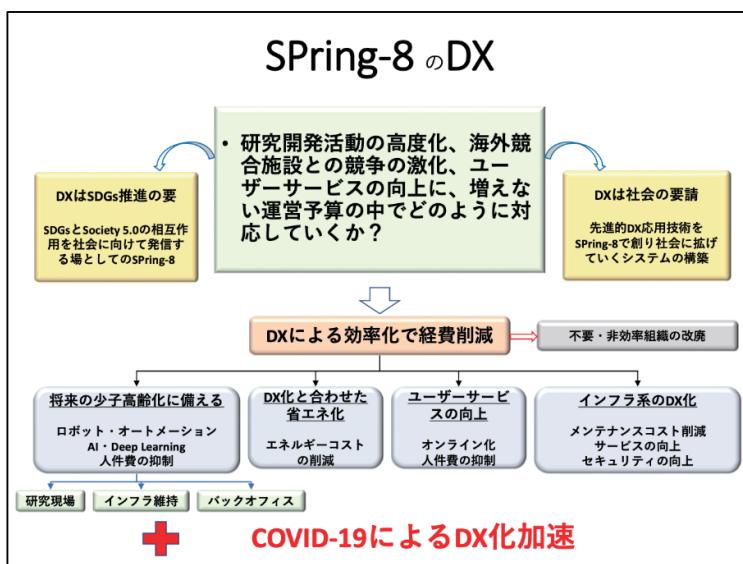
けです。エネルギーとしての原子力に注目した研究自体は JAEA の担当ですが、SPring-8 では福島廃炉の支援のための研究開発に協力していきます。この件は SPring-8 サイトにいる JAEA のグループがかなり中心的になって始めているのですが、将来の一般的な廃炉に向けても有用な知見が得られることを期待しています。

The diagram illustrates the various sectors contributing to QOL improvement, categorized into three main areas:

- QOLの向上 (QOL Improvement)**
- 健康・生活 (Health & Life)**
 - 医療・創薬 (Medical Care): Diagnostic equipment, Surgery robot, Multi-scale imaging, Hand robot, Regenerative medicine, Protein-based therapy
 - 公衆衛生 (Public Health): Air purifier, Disinfectant, Preventive equipment, Antiseptic, Cleaning robot, Drinking water, Drainage treatment
 - 弱者補助 (Assistance for Vulnerable Groups): IT home appliance, Guide robot, Alert device, VR assist equipment, Care robot, Wheelchair
 - 衣食住 (Clothing, Food, Housing): Laundry equipment, Building materials, Construction machinery, Food storage, Kitchen equipment, AV equipment, Household cleaning agents, Lighting equipment, Functional clothing, Home automation, Water purifier, Cosmetics, Communication equipment, IT home appliance, Cleaning robot
 - 水産業 (Agriculture, Forestry, Fisheries, Food Production, Beverage, Food Processing, Dairy Products, Alcohol, Food Storage)

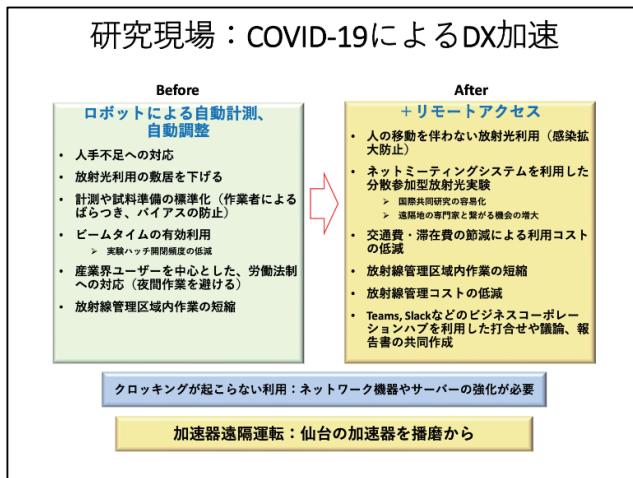


け改善するのに、放射光を使うという方向性があり、これは今までやっているようでやっていなかった使い方なのですが、世の中に広がっているだけに、ほんの少しの改善が積分すると非常に大きな効果になることがあります。



次に SPring-8 で DX をどう考えるかという話を簡単になります。研究開発活動の高度化、海外競合施設との競争の激化、ユーザーサービスの向上などに、増えない予算の中でどう対応していくかは大きな問題です。その対応にために DX を進めていくというのが、一つのやり方です。「DX による効率化で経費を減らして

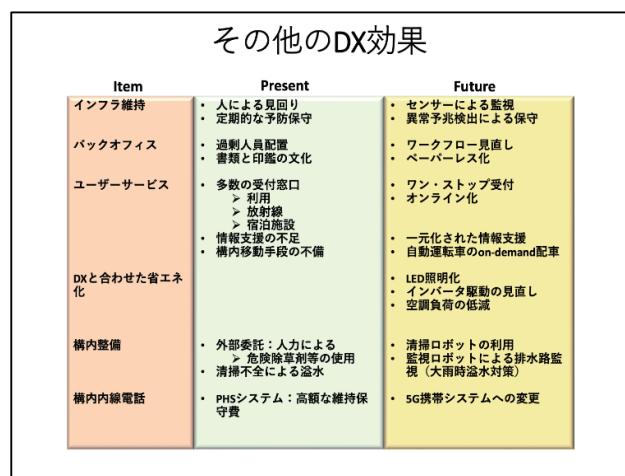
いく」ということを言ってきましたのですが、COVID-19 で、DX が加速しています。COVID とは無関係に、将来の少子高齢化に備えて、ロボットとかオートメーションを入れることを進めていましたが、COVID 対応でかなり進みました。研究現場だけでなく、例えばインフラの維持とかバックオフィスの効率化でも、DX は非常に重要です。



研究現場では、COVID-19 以前は、ロボットによる自動計測や自動調整を考えていて、人手不足への対応を始めとする様々な効果を予想していました。COVID-19 の後では、加えて、SPring-8 に来なくても SPring-8 を使えるようリモートアクセスにかなり重点を置いた開発が行われています。これは、データの詰まりが起こらない利用を担保するための、ネットワーク機器やサーバーの強化が必要

要になってきますが、その辺りも含めて対応を進めています。

時間がなくなってきたので、研究現場の外側への DX の効果の説明はとばして、再びイノベーションプロセスの進め方に話を戻します。膨大な数の試行錯誤をどのように実行するのか？イノベーションサイクルをどのように早く回すのか？その結果、出てくるビックデータをどう解析するのか？それには計算機シミュレーションのたすけが必要だろうと実際に様々な課題がありますが、実はこのプロセスの最大の問題点は、結論が出る前に環境が変わってしまう可能性が高いところです。ここを真面目に進めるにはすごいことをしなければいけないように思えますが、私たちは真面目かどうかはともかく、この作業に大昔から使われているものを知っています。ヒトの脳です。今、アジアの放射光科学の研究者で集まって、人間の脳のシナプス回路の 3 次元のマップを作ろうという計画を進めています。認識や決定を私たちは脳を使って行っていますが、その原理が解明されている訳ではありません。脳科学や認識・決定の量子モデルからは、認識・決定のプロセスにも究極的には「量子的」な効果が出てくることが予想されます。すなわち、



「不如」 = 「<」 または 「<<」

百聞不如一見 $\Rightarrow 10^2$ 聞 << 見
 百見不如一考 $\Rightarrow 10^2$ 見 << 考
 百考不如一行 $\Rightarrow 10^2$ 考 << 行
 百行不如一果 $\Rightarrow 10^2$ 行 << 果

- 膨大な数の試行錯誤
- イノベーションサイクルを早く回す
- ビッグデータ解析
- 計算機シミュレーションの掛け

GAP

百果不如一幸 $\Rightarrow 10^2$ 果 << 幸
 百幸不如一皇 $\Rightarrow 10^2$ 幸 << 皇
 10^{12} 聞 << 皇 ($10^{12} =$ 一兆)

- これを進める方法論?
- 膨大な数の試行錯誤
 - イノベーションサイクルを早く回す
 - ビッグデータ解析
 - 計算機シミュレーションの掛け

結論が出る前に環境
が変わる

多くの不確定な変数を同時にMultiple Qubitのような形で使い、Quantum Computing的なプロセスを認識や決定に使っているのではないかと推測されます。これが正しければ、最初に「経営学の問題?」と言ったところが Quantum Process と結びついてきます。

これをしっかりと考えていくと、その先には Quantum Management、量子経営学みたいなものが出来上がるのではないかと夢想しています。この点にもう少し踏み込んだかったのですが、力及ばずでして、今日の話はここまでと致します。

「不如」 = 「<」 または 「<<」

百聞不如一見 $\Rightarrow 10^2$ 聞 << 見
 百見不如一考 $\Rightarrow 10^2$ 見 << 考
 百考不如一行 $\Rightarrow 10^2$ 考 << 行
 百行不如一果 $\Rightarrow 10^2$ 行 << 果

- 膨大な数の試行錯誤
- イノベーションサイクルを早く回す
- ビッグデータ解析
- 計算機シミュレーションの掛け

GAP

百果不如一幸 $\Rightarrow 10^2$ 果 << 幸
 百幸不如一皇 $\Rightarrow 10^2$ 幸 << 皇
 10^{12} 聞 << 皇 ($10^{12} =$ 一兆)



最後に纏めますと、本日は先端科学技術基盤とサイエンス・ベースト・イノベーション(SBI)との関わりを議論しましたが、SPring-8 等々を利用して、SBIを促進する余地は、まだまだ大いにあります。しか

し、SBIを社会全体のイノベーションに繋げるには、科学技術以外の要素が重要になり、そこが、イノベーションの隘路になっている可能性が高いのではないかと思います。そこは、先ほどお見せしました GAP の下側でして、経営学の分野に関係すると思われます。この部分に新しいサイエンスを持ち込んで、隘路の解消を図ることはできないのか? そのときの

一つの可能性として、人間の脳が判断や決定を行う仕組みを使うことができないのか？ここにはニュートン的決定論では解決不可能な Quantum なものが絡んでいるはずであり、やっていることは Quantum Computing に近いことなのではないかと考えています。これをどうやって経営学での認識や判断のプロセスに応用していくのかというのが目下の興味で、様々な考察を進めているところです。以上で私の話を終わりにします。ご静聴ありがとうございました。



おわりに



1. 先端科学技術基盤とサイエンス・ベイスト・イノベーション(SBI)との関わりを議論した。
2. また先端科学技術基盤を利用して、SBIを更に促進する余地は大きいにありそうだ。
3. しかし、SBIを社会全体のイノベーションに繋げるには科学技術以外の要素が重要になり、この部分こそイノベーションの隘路になっている可能性が高い。
4. 3. は一般には「経営学」の分野に属するように思われるが、この部分に新しいサイエンスを持ち込み、隘路の解消を図る試みを進めるべきであろう。