

# SPring-8の仕組みの高度化

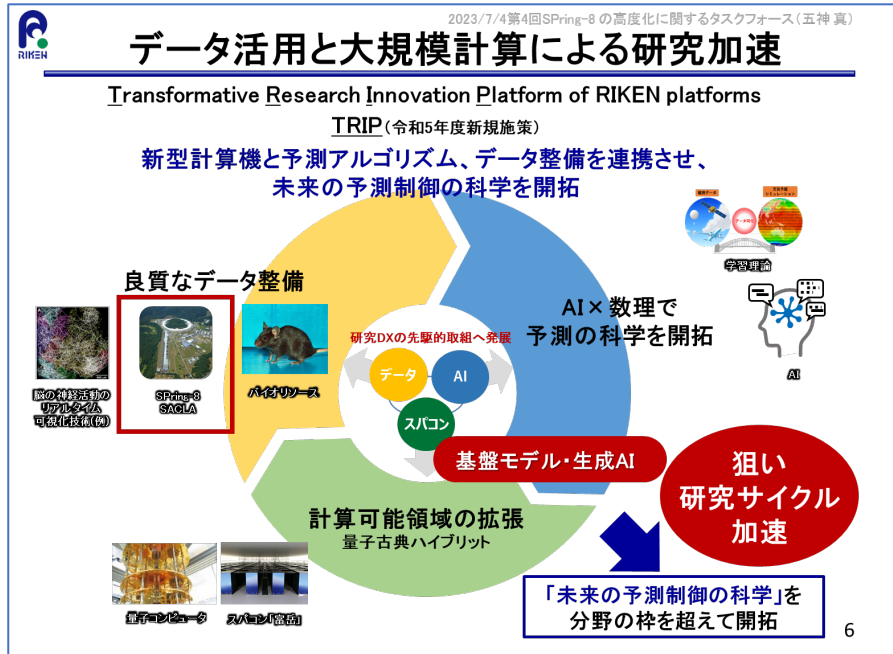
理化学研究所 放射光科学研究センター

矢橋 牧名

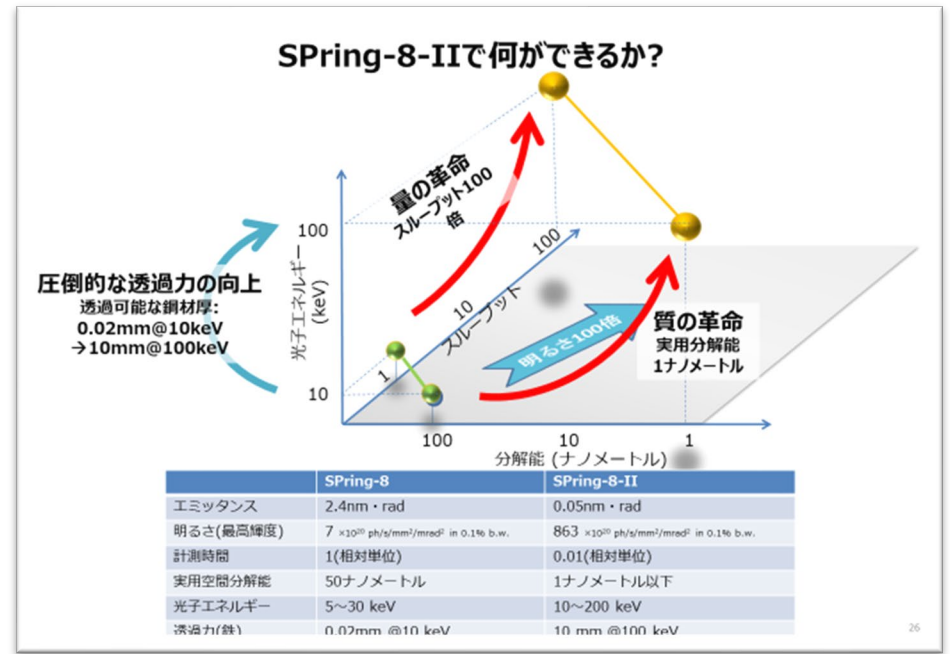
2023年10月19日

# SPring-8-IIが目指すもの

- 世界中の社会問題に対しては、先端科学知見の導入が不可欠。理研では、新型計算機と予測アルゴリズム、データ整備に関わる理研の研究知を連携させて、「**未来の予測制御の科学**」を分野の枠を超えて開拓するTRIP(Transfomative Research Innovation Platform of RIKEN platforms)構想を掲げて、世界中の諸課題に対し、社会的なインパクトを与えるべく研究活動を進めている。
- その中でSPring-8-IIは世界最高性能の放射光により、**大量かつ良質なフィジカルデータの創出**を通じて、様々な研究開発をリードする研究開発基盤施設となり、日本の国力の持続的発展に貢献する。また社会や国民のニーズに応え、学術のみならず産業、人々の暮らしを支える社会基盤としての役割を担っていく。



文科省TF 理研五神理事長資料



文科省TF 理研石川センター長資料

「未来の予測制御の科学」における  
大量かつ良質なフィジカルデータの創出

- SPring-8-IIを社会の中で、より有効に生かしていくためには施設性能の向上だけではなく、その性能に対応した**施設運営・仕組みの高度化**も考えていく必要がある。
- 先に文科省内で行われたSPring-8高度化TFでは、以下の4点について考えていく必要があるとまとめられている。

## 1. ユーザー利用環境

- (1) DX・オートメーション
- (2) SPring-8-IIに向けたデータ環境整備
- (3) DX・データセンターの持続的な運用に向けての提案

## 2. コンシェルジュ

- (1) DX・データセンターの持続的な運用に向けての提案
- (2) 「課題解決型利用」: Solution Finding Program(仮称)

## 3. 地域との連携・産業振興

- (1) 公設試ネットワーク
- (2) 近隣自治体との協力
- (3) 産業振興

## 4. 広報・アウトリーチ

- (1) ターゲット別の進め方
- (2) 産業への貢献の可視化

### 3. 仕組みの高度化の必要性 (利用環境・人材交流)

✓ 例えば、コンシェルジュ機能やサンプル調整機能、協調領域におけるデータ共有機能など、ユーザーにとって使いやすい利用環境の充実が必要。

✓ 人材育成のための相互交流が必要であり、企業の人材を SPring-8 側で受け入れ、SPring-8 の人材を企業で受け入れるなどの取組が必要。

※コンシェルジュ機能とは、企業ユーザーがやりたいことに対して、どの施設でどのような測定を行えばよいかということをおアドバイスしてくれるような機能。また、データを蓄積する機能も含めて自動化される必要があるほか、測定に入る前のデータ処理に周辺設備の整備が必要となるため、附帯施設への配慮が必要。

3-1. SPring-8へ期待すること 仕組み	3-2. SPring-8へ期待すること 技術・ハード
<ul style="list-style-type: none"> <li>各種量子ビーム施設との連携の体制、全体最適化；産業として互いの施設であるからかかわりはない（中核子も同様も関係ない）国内でカバーする構造を脱却し一つの施設窓口で自動的、マルチチーム、マルチ施設を機能的に稼働できることが理想。放射光施設だけでなく、電子ビーム全体を考えた仕組み（放射光と中性子の垣根をなくする期望が強い）</li> <li>海外施設との連携；海外施設も含めたコンサル機能 国際的な人材交流、海外から学べる仕組み（これまでは、個人間のつながりが大きく、異動やチーム変更で関係継続が難しい）</li> <li>施設構築における産業界との連携；チーム融合や自動化に関しては、施設構築段階から産業界の巻き込み（エンゲージ：日産、日立パワーズ；産業機械業界）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>測定環境(評価環境)の整備；サンプル準備（フローホウの欠、FIBなど）企業や産業界に豊富な設備や測定後の解析が必要な場合が多い、企業内での収束調整が必要。</li> <li>自動計測(データ解析)の環境整備；計測の完全自動化（サンプルローディング条件変更・検出器・ステージ動作）大容量スレーブ外部からのアクセス、高速データ転送データの即時処理（データセンターの充実、データ処理ツールの共有、データ共有化）データサイエンティストの巻き込み</li> <li>施設能力の強弱点；産業応用には、広い視野での情報取得が必須チームも広げても高効率な維持、収束チームでも高速でメンテナンスできる技術・標準化マルチチームでクロスファンクショナルな連携（ソフト開発の必要）</li> </ul>
<h4>3-3. SPring-8へ期待すること …(人材育成・資金・その他)</h4> <ul style="list-style-type: none"> <li>人材育成のための人的交流；ある共通サンプルを通じて、各量子ビームの強みを生かした共同研究人が育つべく、流動していく仕組み（例えば、企業の人材をSPring-8側で受け入れ、SPring-8の人材を企業側で受け入れ）海外からの人材を受け入れる制度</li> <li>評価サービスの拡充；大量のデータ管理やコスト処理などの有償対応 測定チームの稼働サービス（組合員による、電子ビーム施設、放射光も含めた総合稼働）</li> <li>計画的・透明性のある資金計画</li> </ul>	

出典：第2回SPring-8の高度化に関するタスクフォース（令和5年6月16日）トヨタ自動車加古統括部長 講演資料より

# 1. ユーザー利用環境

- 超高輝度となるSPring-8-IIでは、試料の損傷やデータ量の大幅な増大が問題となりうる。
- 同種の問題は、SACLAの検討段階でも指摘されたが、「Diffract before destroy」というコンセプトに基づく新しい計測手法により、試料損傷前にデータ取得することにより解決をみた。
- SACLAの事例も参考にしながら、SPring-8-IIでは、**ルーチン計測を行なう「Measurement」のビームライン(production beamline)を中心に、利用環境の抜本的な変革を進める。**

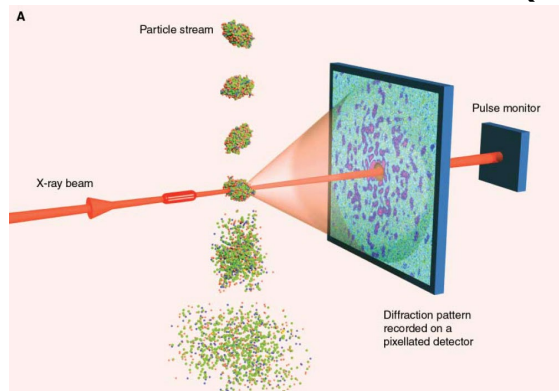
## SPring-8-II: 想定される利用者の反応

100倍明るくなっても  
試料が壊れるだけ!?

データが多すぎて  
持ち帰れない!?

## SACLAで行った取り組み

- 試料損傷の回避: 新しい計測手法の導入  
“Diffract before destroy”(資料P.5参照)
- データセンター利用の標準化(資料P.9参照)



## ビームラインのカテゴリー

**Measurement** 定型のルーチン計測

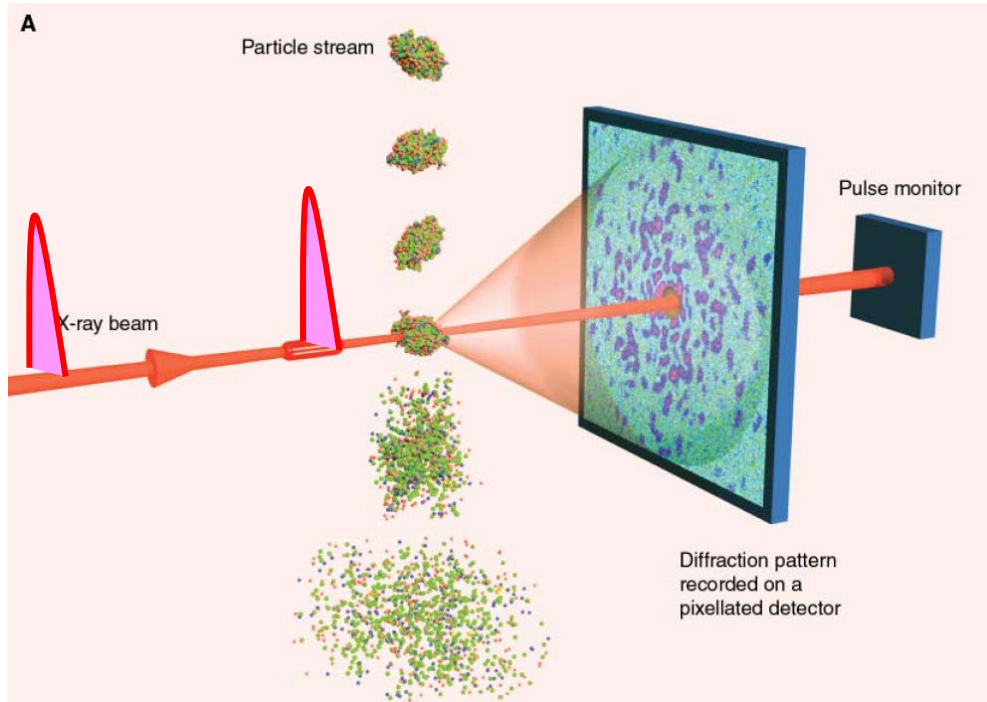
**Experiment** 非定型の実験

**Development** 開発

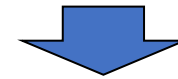
**SP8-II: 抜本的な変革**

- オペレーションの自動化: 人の関与は低下(スタッフ、ユーザーともに)
  - 高速試料導入、高速計測
  - データ環境整備(資料P.7参照)
- 「みんなの放射光」: 大量・良質のフィジカルデータの創出源として、放射光の専門家・非専門家を問わず、施設の成果を利用可能とする。

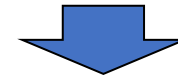
# “Diffract before destroy”



強力なXFELが試料を照射すると、試料は最終的にクーロン爆発によって破壊される。しかし…

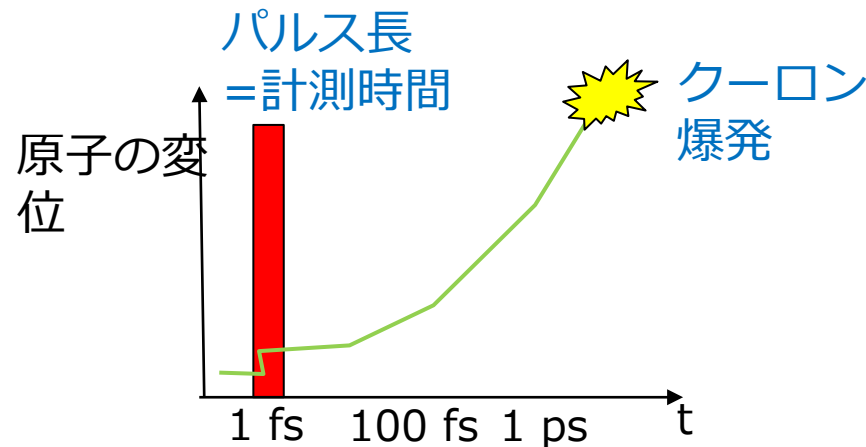


XFELのパルス幅 (~10 fs) は試料が壊れる時間 (>100 fs) に比べて格段に短い



破壊前のオリジナルの情報を、シングルショットで取得

Gaffney & Chapman, Science (2007)



試料インジェクタ



液体ジェット 高粘度媒体 ドロップレット

# 1. ユーザー利用環境

## (1) DX・オートメーション

- 放射光特有のルーチンワークである「**試料調整**」は、**自動化・ハイスループット化のボトルネック**となっている。
- 試料調整の自動化（以下の取組例参照）により、「家内制手工業」からユーザー+スタッフを解放し、大幅な省人化、データの均質化、ビッグデータ解析による新たな価値の創出を実現。

### 取組例①：試料準備の自動化－粉末回折実験－

- 放射光粉末回折：素材・材料研究の多くの利用者が使用
- X線計測の自動化は進んでいる
- 極細のガラス管への試料の充填が自動化のボトルネック**

#### 従来の試料準備の様子



- 人の手によりφ0.1mm程度の極細管（ガラスキャピラリー）に粉末試料を装填
- 100試料/日を準備することも  
→多大な労力と時間が必要であった（準備時間：10分以上/試料）

自動化

粉末

キャピラリー

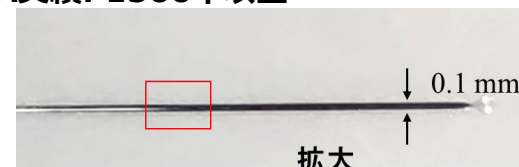
#### 粉末試料自動装填装置



#### 粉末自動装填装置

- 試料の郵送だけで試料準備が可能
- 5分以下/試料
- 人力では不可能な極細管にも装填可&24時間稼働
- 2023A実績：1500本以上

系統的な大量分析→新たな価値

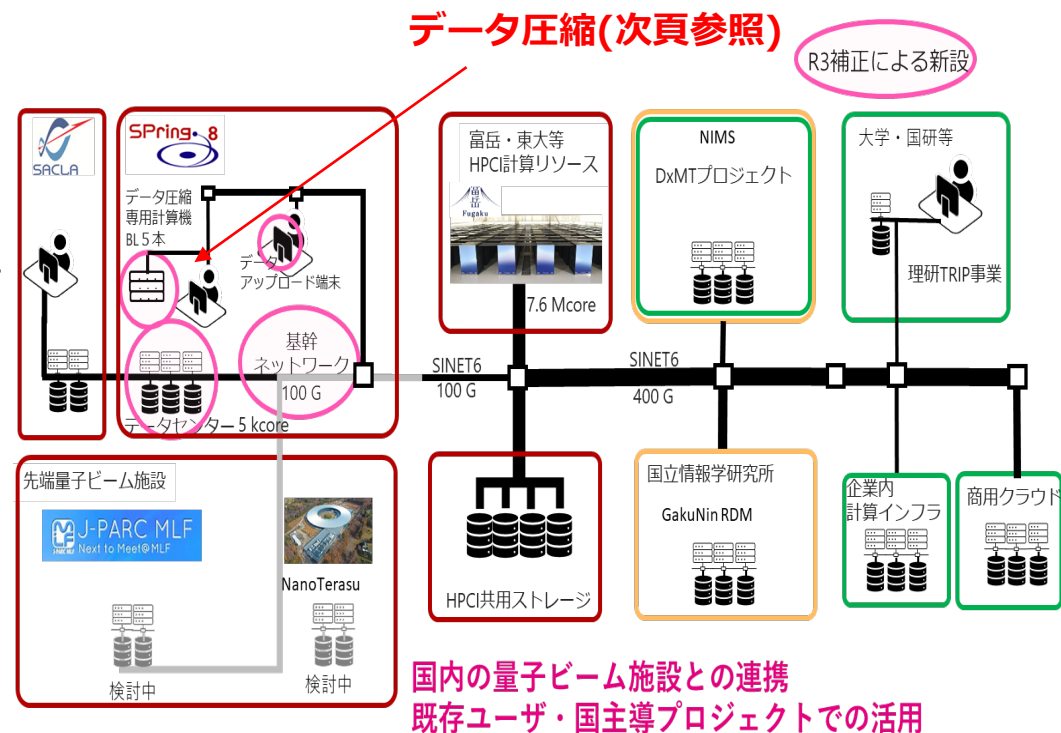


# 1. ユーザー利用環境

## (2) SPring-8-IIに向けたデータ環境整備

- SPring-8-IIでは、ビームラインのオペレーションはユーザーから隠蔽される方向にいくが、データをユーザーが直接さわることに変わりがない (むしろ比重が増す)。
- したがって、インターフェースを含めて、**使い勝手の充実が非常に重要**となる。
- データ圧縮(次頁)、データセンター等、ハードウェアの整備は進行中であるが、課題の棚卸しをしながら、整備を進めていく必要がある。

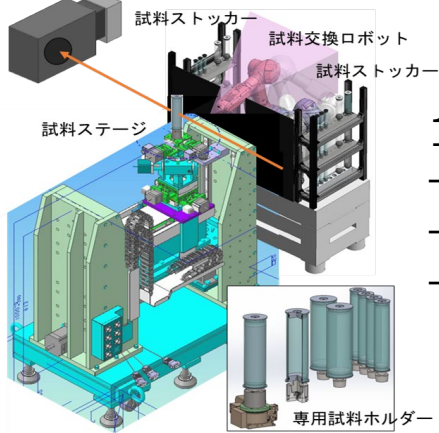
- データセンターを介したデータサイエンティストとの協働・富岳との連携
- ユーザーの「使い勝手」
  - ユーザーの解析環境との接続・互換性
- データフォーマット
  - メタデータの付与
  - 互換性 (※フォーマットの「完全統一」は目指すべきではない)
- オープン・クローズ戦略
  - 「解析ツール」の共通資産化
  - 経済安全保障の観点



# 取組例：データ圧縮

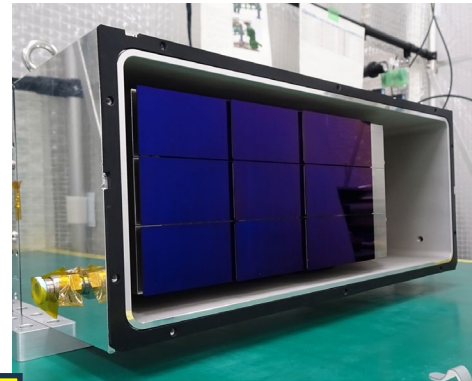
## DIFFRAS検出器 (CT・イメージング)

自動CT測定システム  
X線画像検出器



102 Mpixel 10 Hz 12 bit  
→ 1.5 GB/s  
→ 445 TB/day @30%  
→ 0.112 M\$/year

## CITIUS検出器 (回折・散乱・タイコグラフィ等)

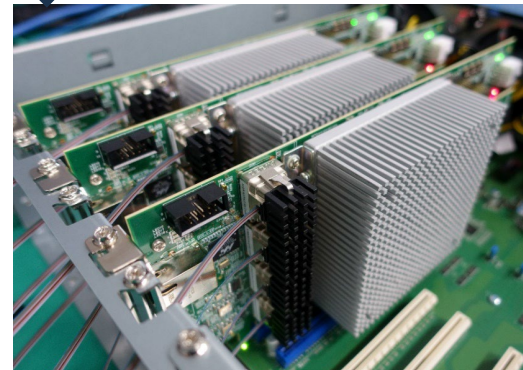


5 Mpixel 8.6 kHz 32 bit  
→ 173 GB/s  
→ 51 PB/day @30%  
→ 12.7 M\$/year

ネットワーク転送前にデータ圧縮



AIによるデータ予測  
※理研R-CCSとの共同研究



FPGAによる演算加速:  
200-7000倍の圧縮を  
実現



# 1. ユーザー利用環境

## (3) DX・データセンターの持続的な運用に向けての提案

- SACLAデータセンターの反省
  - 「無償運用」により「フリーライダー」が出現 → 全体の運用を圧迫



- **大口利用者からみても、課金の仕組みがあった方が使いやすいのではないか**
  - 例: 「薄く広い」定額課金と、大口利用者に対する従量制課金の2階建て（以下イメージ）
  - 大量・良質なフィジカルデータの創出に寄与

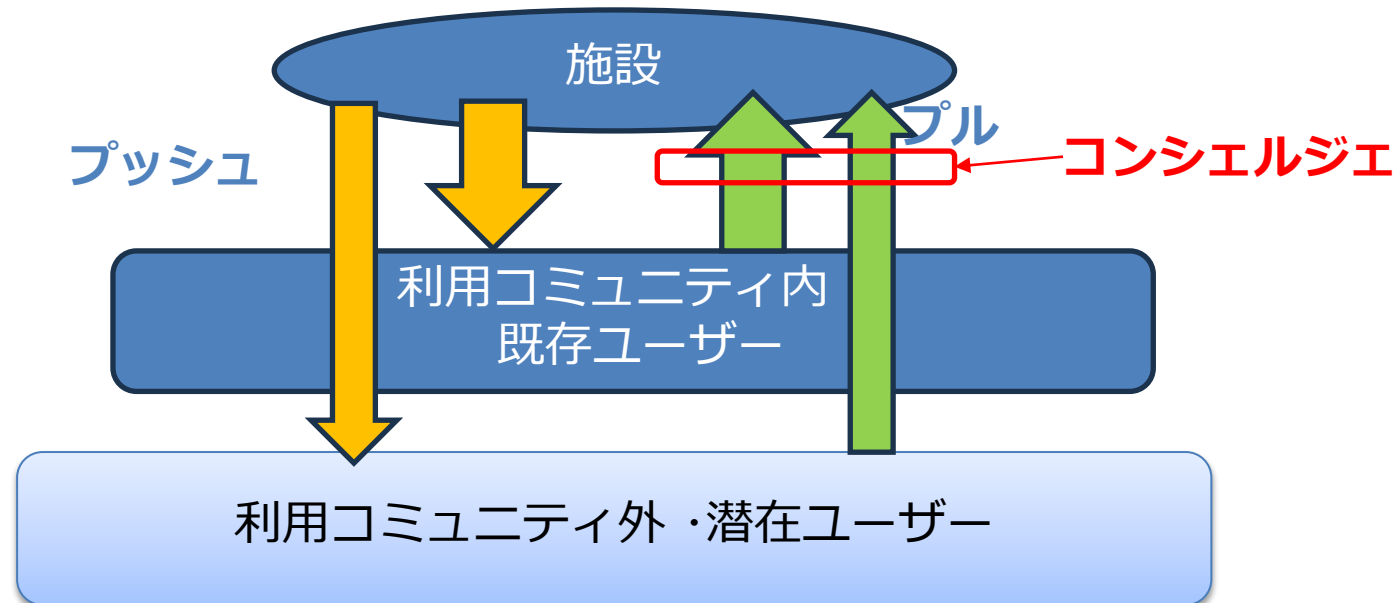


## 2. コンシェルジュ

### (1) 利用者開拓におけるプッシュ型とプル型

- 利用者開拓について、施設からの視点ではプッシュ型とプル型に分類できる。
- **コンシェルジュとは**、プル型における利用者と施設をつなぐ結節点という位置づけ。

- プッシュ型: 施設から利用者に向けて発信
  - 実地研修会 年24回 181人
  - 研究会・ワークショップ 年12回 1,122人
  - コミュニティ内には有効だが、コミュニティ外には届きにくい
- プル型: 施設が利用者のニーズ(課題)を受信
  - コンシェルジュ: ニーズの同定・翻訳と振り分け
    - 熟練ユーザー: 量子ビーム施設・計測手法の選択のアドバイス
    - 潜在ユーザー: そもそも課題解決に役立つかどうかも含めた相談

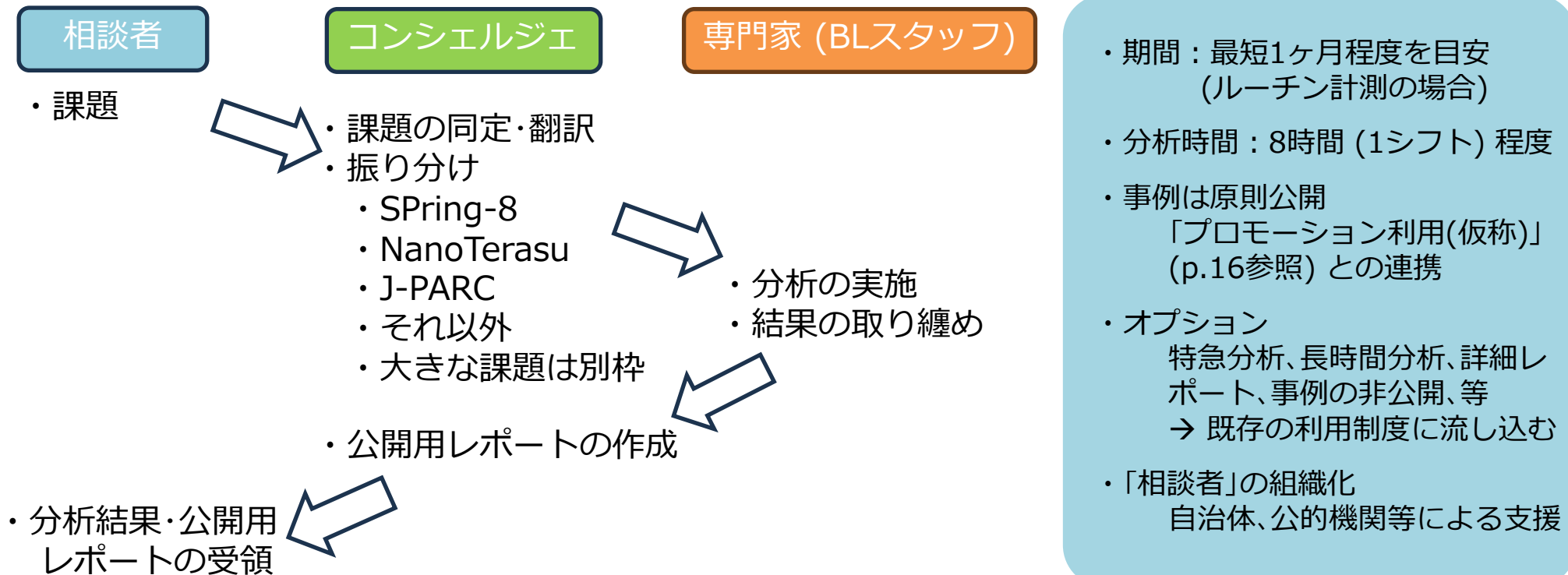


## 2. コンシェルジュ

### (2) 「課題解決型利用」: Solution Finding Program(仮称)

- 施設間のシームレスな連携が必要。3施設（SPRING-8、J-PARC、NanoTerasu）全ての連携は難しく、各施設から人材を持ち寄ることが考えられるが、機動性を損なう恐れがあるため、まずはFSを実施して規模感をつかむことが重要。
- 潜在ユーザーにはその先も含めた対応が必要であることから、スタートアップ企業、テック系ベンチャー企業も対象の「課題解決型利用」: Solution Finding Program(仮称) の創設を検討。

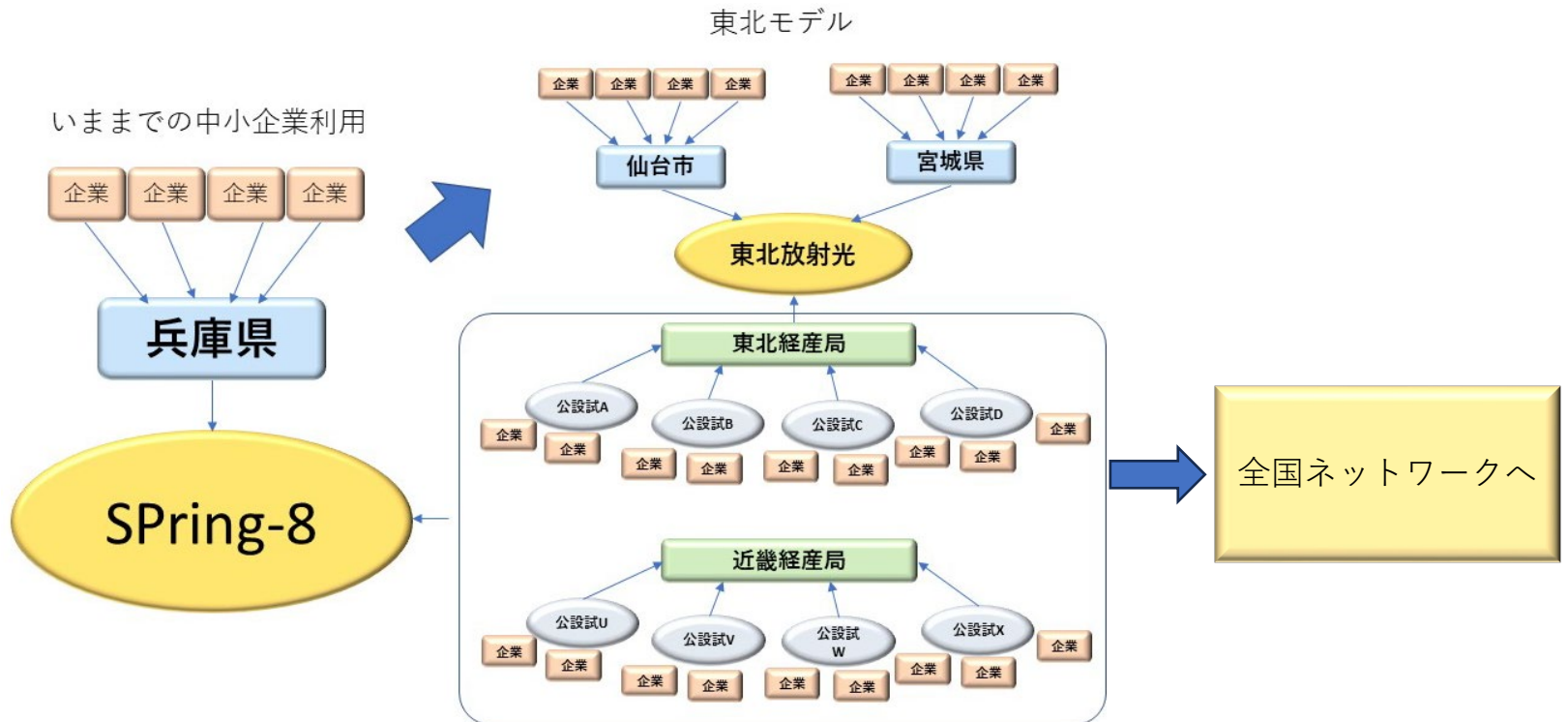
#### 「課題解決型利用」: Solution Finding Program(仮称) のイメージ



# 3. 地域との連携・産業振興

## (1) 公設試ネットワーク

- 課題解決型利用の効果的な運用に向けて、「**相談者の組織化**」が重要。
- 中小企業からのアクセスの容易化を図るために、従来の兵庫県を窓口とした地元企業利用をさらに強化しながら、**公設試経由での広域利用**を目指す。
- NanoTerasuでは、東北経産局が東北版公設試ネットワークを組織したが、この近畿版をつくり、東北・近畿を一体としてSPring-8-II、NanoTerasuに中小企業ユーザーを振り分け、将来的には、全国的な公設試ネットワークに発展させていく。



# 3. 地域との連携・産業振興

## (2) 近隣自治体との協力

- 近隣自治体とともに、「**地方創成協議会(仮称)**」を創設し、地域への支援と地域からの支援の双方向の関係を強化することについて協議中。
- SPring-8を看板にした地域の活性化 & SPring-8高度化への様々なサポート (企業版ふるさと納税等)や、自治体による地元企業に対する課題解決利用のサポート (利用料の補助等)など、自治体と連携した様々な施策を検討中。



地域創成協議会(仮称)

### 企業版ふるさと納税(イメージ)



### 利用料の補助(イメージ)



# 3. 地域との連携・産業振興

## (3) 産業振興

- **既確立、現世代、新世代産業**のそれぞれに対して、最先端支援を実施
- SPring-8-IIが実現することにより、100倍の輝度が実現することで、これまで捉えることのできなかった現象が明らかになる。
- これにより、既存産業では生産現場等における品質向上が、半導体や国土強靱化など社会課題対応型の戦略分野では国家プロジェクトへの貢献が、新産業分野ではベンチャー企業等による利用により経済活性化に貢献。

### 既確立産業の再活性化



鋳造



鍛造



溶接

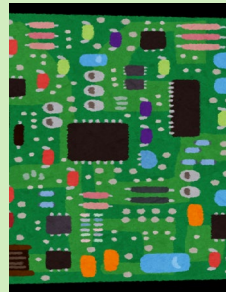


機械加工

既に確立された産業分野においても、非破壊ナノ分析によって、生産現場における品質・歩留まりの大幅な向上が期待できる。

SPring-8-IIによる品質向上、歩留まり向上

### 国家戦略と連携した成長モデルの創成



半導体評価  
プラットフォーム



国土強靱化：インフラ物性工学

SPring-8-IIの高度かつ多角的な分析手法を組み合わせることにより、重要な国家プロジェクト群が掲げる厳しい到達目標の迅速な達成に大きく貢献し、成長モデルを創成する。

SPring-8-IIによる唯一無二の技術

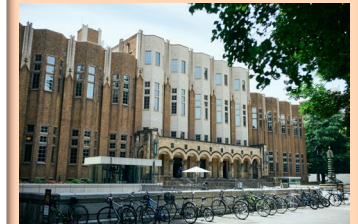


### 経済安全保障



カーボンニュートラル

### 新世代産業支援



スタートアップ支援

テック系ベンチャー支援

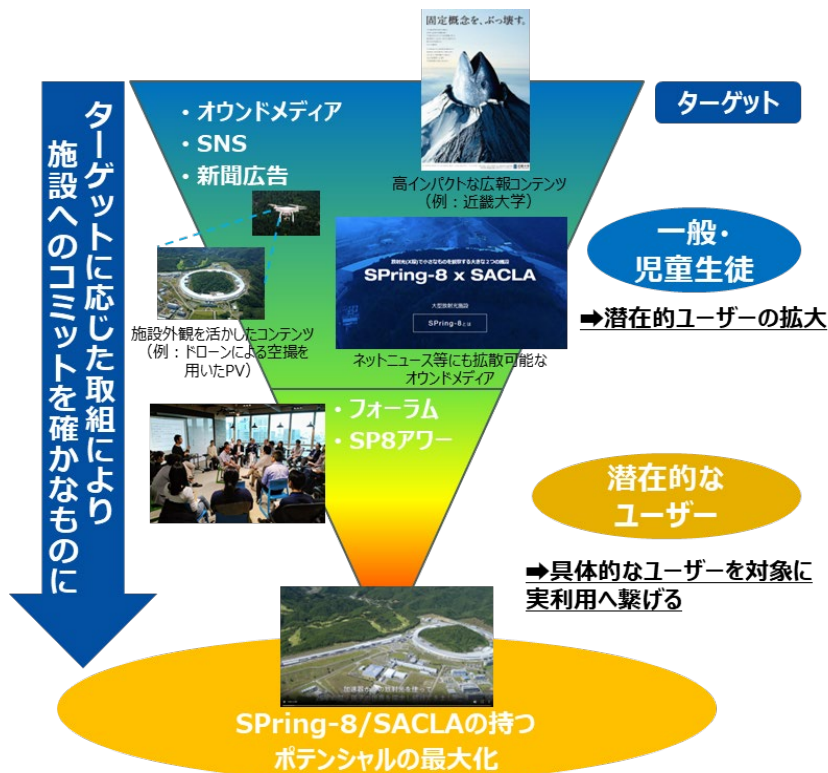
コンシエルジ機能を強化しながら、スタートアップ・テック系ベンチャー企業による活用を支援する。

コンシエルジ機能強化

# 4. 広報・アウトリーチ

## (1) ターゲット別の進め方

- 理研放射光センターにおける広報活動については、現在、日常的な一般見学者対応、未利用産業分野の開拓、産業利用の組織化と国プロ化等を推進している。
- SPring-8-IIにむけては、広報ターゲットを明確に設定し、それぞれに対応した取り組みを推進していく。**



### 国民一般向けの広報

- IIへの改修の必要性を広く国民一般に知ってもらう
- SNS、X、YouTubeなどの活用
- HPの充実
- 新聞、雑誌媒体

### 産業界ユーザーによる間接広報

- 現SPring-8が社会の役にたっていること、さらにIIへの改修が必要であることを、産業界にアピール頂く
- 個別的には既に始まっているが組織化されていない
- シンポジウム等の開催
- 学協会等からの声明
- 経団連、関経連などの経済団体
- 「プロモーション利用」による間接広報の促進

### IIへの改修に向けた、産業界からのサポート

- 企業版ふるさと納税、民間版基金の創設、等
- 上記への資金拠出に向けての広報活動を展開する

# 4. 広報・アウトリーチ

## (2) 産業への貢献の可視化

- SPring-8の産業利用のアウトカム・有用性は、必ずしも社会に広く認知されていない。
- 企業ユーザーに間接的な広報を担って頂くための新たな制度「**プロモーション利用(仮称)**」を検討中。

- 現制度の問題点
  - 企業ユーザーが「成果専有利用」を使うと、アウトカムを発信するインセンティブを喪失
  - 成果公開利用による「論文公開」は選択可能だが、社会に対するアピール材料としては弱い
- 企業ユーザーに間接的な広報を担ってもらえると、非常に効果的
  - 例: 「SPring-8を使って製品開発している」ということを、SNS、メディア、広告等で宣伝してもらう



### 「プロモーション利用(仮称)」

- 施設と連携しながら、**企業ユーザーに一般向け・業界向けのアピールをしてもらうための利用枠**
- 料金設定の工夫等により、**企業ユーザーにインセンティブを付与**

### 文科省TF資料: SPring-8を利用した製品開発の例

4. 終わりに (SPring-8施設利用による製品開発の例①)

✓ SPring-8は、私たちに身近な製品の実用化や安全安心な国民生活に貢献している他、アカデミアの革新的な研究開発を支えている。SPring-8の高度化により、今まで以上に出来ることや、未知なる領域への挑戦の機会が増え、より豊かな社会が実現できる。

企業名・製品名	放射光分析の用途
トヨタ自動車株式会社 燃料電池車「MIRAI」	燃料電池では、発電に伴い発生した水がスムーズに移動し排水する必要があるので、水の移動や分布を可視化して把握することが必要。 放射光分析により水の挙動を高速かつ定量的に可視化する技術を構築。供給した空気が濡らした水を押し出して水の排出を促進し、触媒への空気の供給が増えることで発電性能が向上することを明らかに。MIRAIの燃料電池セルに応用。
株式会社メコン コンタクトレンズ「Premio」	親水性や酸素透過性の面で課題のあった従来素材に代わり、透明度・酸素透過性に優れた親水性素材シリコーンハイドロゲルが期待。他方で、当該素材は白濁発生が課題。 遠隔状態での観測が可能な放射光分析によりシリコーンハイドロゲルの白濁の原因を突き止め、これら課題を克服した材料を用いたコンタクトレンズを実現化。
花王株式会社 ヘアケア製品「セグレイトシリーズ」	年齢とともに髪のリコシ・ポリウムがなくなる現象は毛髪が細くなるのが原因と分かっていたが、「髪のリコシ」が失われる原因は研究できなかった。 放射光分析により、髪の構造(キラーチン、コラーゲン、ケラチン)のうち、コラーゲンの細胞分布の幅がリコシが失われる原因と明らかになり、コラーゲンのつらさを改善する成分を含んだヘアケア製品を実用化。
三菱電機株式会社 冷蔵庫「切れちゃ瞬間冷凍」シリーズ	従来の計測方法では区別が困難だった食材中の水分分布について、放射光分析により、過冷却現象(0℃以下で氷結しなくても凍結を維持する状態)を応用した冷凍方法を用いた食材が組織構造への影響が少なく、冷凍しても食感やおいしさが維持されることを立証。 上記冷却機能を搭載した冷蔵庫をシリーズ化。

出典：文部科学省において高輝度光科学研究センター(JASRI)の協力を得て作成。



# 提案のまとめ

## • ユーザー利用環境

- “Measurement”ビームラインの利用環境の転換（自動化、省人化）
- DX・データセンターのフル利用のための課金

## • コンシェルジュ

- 潜在ユーザー向け「課題解決型利用（SPF）（仮称）」の創設

## • 地域との連携

- 「相談者の組織化」へのサポート：公設試、自治体等
- 高度化へのサポート：企業版ふるさと納税等

## • 広報・アウトリーチ

- ターゲット別の広報戦略を推進
- 「プロモーション利用（仮称）」制度を創設し、ユーザー企業による間接広報を促進