【参考資料２】　量子①、②

量子技術イノベーションの促進

量子融合イノベーション領域の早期実行

官民研究開発投資拡大プログラム（PRISM）
「量子技術領域」
研究計画説明資料

令和２年10月

文部科学省

【1】全体概要

【1】資料1-1 「量子融合イノベーション領域」の位置づけ

○ 量子技術について諸外国の投資が急速に拡大する中、このままでは、**我が国は量子技術の発展において諸外国に大きな後れを取り、将来の国の成長や国民の安全・安心の基盤が脅かされかねない状況**。

○ 新たに策定した「量子技術イノベーション戦略」においては、**民間から投資を呼び込む形で大規模な産学連携研究開発プロジェクト等を実施する「量子融合イノベーション領域」を設定**。

社会実装

- セキュリティ: 量子セキュアクラウド、量子インターネット
- 情報処理: 量子機械学習、量子認証、組合せ最適化、高精度・大規模量子化学計算
- ライフサイエンス: 脳磁・心磁計測、バイオセンサー
- 計測・センシング: 超小型・超高感度MRI、量子標準、高精度加速度計
- 環境・エネルギー: 革新的触媒、エナジーハーベスト、省電力デバイス

量子融合イノベーション領域

PRISMにて支援

量子AI技術　量子生命技術　量子セキュリティ技術

技術領域

量子センシング

- ダイヤモンドNVセンタ（Q-LEAP）
  - 脳磁・心磁計測
  - パワーデバイスリアルタイムモニター
- もつれ光
  - 量子OCT
  - 赤外吸収分光
- 光格子時計（未来社会）
  - 重力ポテンシャルの精密計測
  - 相対論的時空間プローブ
  - 地殻変動観測
- 原子波干渉計
  - 高精度重力加速度計
  - 高感度ジャイロスコープ

量子通信・量子暗号

- 量子計算機科学・工学
  - 量子プロトコル
  - 量子認証、秘密分散
  - セキュアクラウド量子計算
  - 計算複雑性理論・アルゴリズム
  - プログラミング・コンパイラ
  - 計算機アーキテクチャ・誤り訂正
  - 実装・配線・制御
- 量子暗号鍵配送（SIP）
  - 超高速・高セキュリティ
  - 鍵管理アーキテクチャ
- 量子メモリ・量子中継（NICT）
  - 長距離量子通信

量子コンピュータ

- 光量子ビット
- 量子アニーリング（NEDO）
- ハイブリッド・分散システム
- 超伝導量子ビット（Q-LEAP）
- イオン・トラップ
- スピン量子ビット

量子シミュレーション

- 量子シミュレーション（Q-LEAP）
  - リュードベリ粒子系
  - 強相関電子系（固体電子・超伝導・超流動）
  - 量子スピン系、多体粒子系
- 量子コヒーレント制御
  - 分子化学反応制御
  - 分子の捕捉・操作
  - 超高速光スイッチ
- マクロ量子制御

【1】資料1-2　量子技術イノベーションに関する各省の施策

		コン・シミュ	計測・セ	暗・通	マテリアル	AI	生命	セキュ
SIP第2期	光･量子を活用したSociety5.0実現化技術	○		○				
Q-LEAP	【量子情報処理】【量子計測･ｾﾝｼﾝｸﾞ】【次世代ﾚｰｻﾞｰ】	◎	◎			△※	△※	
CREST	量子状態の高度な制御に基づく革新的量子技術基盤の創出	○	○	○	○			
	トポロジカル材料科学に基づく革新的機能を有する材料･デバイスの創出				◎			
さきがけ	量子の状態制御と機能化	○	○	○	○			
	量子技術を適用した生命科学基盤の創出	○	○				○	
	トポロジカル材料科学と革新的機能創出				◎			
	革新的な量子情報処理技術基盤の創出	◎						
ERATO	中村巨視的量子機械プロジェクト	◎						
未来社会創造事業（大規模ﾌﾟﾛｼﾞｪｸﾄ型）	冷却原子･イオンを用いた高性能ジャイロスコープの開発		◎					
	クラウド光格子時計による時空間情報基盤の構築		◎					
科研費新領域	ハイブリッド量子科学 ← R1年度終了				◎			
QST運営費交付金	量子生命科学研究拠点の形成						○	
AIﾁｯﾌﾟ・次世代ｺﾝﾋﾟｭｰﾃｨﾝｸﾞ技術の開発	超電導パラメトロン素子を用いた量子アニーリング技術の研究開発	◎						
	イジングマシン共通ソフトウェア基盤の研究開発	◎				○		
情報通信技術の研究開発	グローバル量子暗号通信網構築のための研究開発			△※				
	衛星通信における量子暗号技術の研究開発			◎				
	量子セキュリティ領域の産学官連携による国際的研究拠点の整備							△※

※令和2年度より開始予定

イノベーションにいち早くつながる「量子融合イノベーション領域」の強化が急務

【1】資料2　量子融合イノベーション領域について

○　我が国の強みを持つ技術領域を基盤に、イノベーションのスピードと確度を高めるため、量子技術と関連技術とを融合・連携させた新たな技術体系として、三つの**「量子融合イノベーション領域」**を設定
○　これらの領域で我が国が世界を先導・主導すべく、**国の最重点領域として戦略的取組**を強力に推進・展開

量子AI技術

量子技術×情報科学

- 機械学習やクラスタリング等のAI技術は、量子コンピュータのキラーアプリケーションの一つとして期待
- 我が国は量子ソフトウェア開発等で強みを保持しており、AI技術の一部を量子コンピュータに置換し、アクセラレータとして融合・活用する**「量子AI技術」**は極めて有望な技術領域

➡ **競争力の高い産業の創出や諸課題の解決**

量子生命技術

量子技術×生命科学

- 生命現象の機能解明や医療・健康分野等への量子センサの活用など、量子技術と生命・医療等とを融合した**「量子生命技術」**は、我が国の学問的開拓が始まった段階
- 高齢化の進展や医療費の高騰など、我が国が抱える課題を解決する上で、極めて大きな波及効果が期待

➡ **健康・長寿社会の実現や環境技術の革新**

量子セキュリティ技術

量子暗号×情報セキュリティ

- 量子コンピュータ技術の進展に伴い、現在の公開鍵暗号技術等が解読される可能性が生じる中、量子・古典技術を融合してネットワークセキュリティ高度化を図る**「量子セキュリティ技術」**は極めて重要な技術領域
- 我が国も先駆的な取組を進めており、これを確固たる基盤技術として発展させることが急務

➡ **永続的セキュリティを持ったサイバー空間の構築**

早期に高い確度で実用化・事業化等を実現し、我が国の産業・イノベーションに大きく寄与・貢献

具体的方策

Ø　関係府省等の連携・協力の下、中長期的観点から「融合領域ロードマップ」を策定
Ø　国直轄の大規模なプロジェクトやファンディング等を通じた**重点的な研究開発支援**とともに、これらを基に**民間から投資を呼び込み**、**産学連携・官民協働による幅広い取組**を推進・展開

【1】資料3-1 「量子融合イノベーション領域」における研究開発の加速

【総額：580百万円】

実施事由

「量子融合イノベーション領域」は、我が国が特に強み・競争力を保持し、かつ、可能な限り早期に高い確度で実用化・事業化等を実現することで、我が国の産業・イノベーションに大きな寄与・貢献が期待される技術領域を対象に設定。各領域について、中長期の視野に立ち、国をあげて最重点を置いた研究開発等を推進するとともに、既存（古典）技術と組み合わせることで、短中期に、関連・周辺技術への波及・展開（スピンアウト）も含めた実用化・事業化等を実現するための戦略的な取組の展開が必要。PRISMを始めとする研究開発ファンディング等を通じた重点的な研究開発支援等を行うことで、これらを基に民間から積極的に投資を呼び込み、産学連携・官民協働による研究開発や実用化等に向けた幅広い取組を推進・展開。なお、総務省・NICTによる「量子セキュリティ技術」については、補正予算等による実利用を想定した一定規模の検証環境の整備等を先ずは着実に推進。

民間投資誘発効果等

「量子融合イノベーション領域」として「量子AI技術」、「量子生命技術」、「量子セキュリティ技術」の３領域を設定。例えば、「量子AI技術」においては、量子ビットを制御・観測する装置類の整備により、量子ソフトウェア、ミドルウェア開発企業の参入を促進（機器導入による効果として、初期に数社が研究開発に参画し、約2,000万円／社が見込まれる。）。「量子生命技術」においては、超偏極MRI装置の機器の導入により、製薬企業における認知症治療のための創薬研究を喚起（承認薬１剤当たりの研究開発費は約2,500億円。）。

《 量子融合イノベーション領域（元施策） 》

PRISMにより加速

《 PRISM導入による民間投資誘発効果 》

量子AI技術(Q-LEAP)

- ü従来技術では困難な問題に対する機械学習のアルゴリズムを開発
- ü量子化学・量子物理における機械学習アプリケーションを開発。得られた新規物質を実験により検証

量子コンピュータのゲート操作イメージ

画像診断、材料開発、創薬等に応用可能な量子AI技術の実現へ

＜量子AI技術＞

①GPU、FPGAなどで量子コンピュータの動作を模擬するエミュレータを整備（ゲート型量子コンピュータエミュレータ）

②制御可能な複数の原子・電子の量子状態を模擬する実験装置（シミュレータ）整備

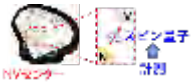
Q-LEAP（文科省）

○ 高速並列計算環境の整備による機械学習の加速により、セキュアな金融取引、量子化学等に関するソフト開発が加速。AIソフト市場のほか、材料、自動車、金融等の市場を拡大

○ 多数の原子を同時に制御する技術により、物質機能を探索。AIにより学習・推測した物質に出現する物性を検証。学習の強化・新規材料開発を加速

量子生命技術(QST, Q-LEAP)

- ü量子生命科学に関するオープン・プラットフォーム型の量子技術イノベーション拠点を整備
- ü社会実装を見据えた、量子技術を用いた超高感度センサを開発



ダイヤモンドNVセンタ（イメージ）

量子技術を医学・生命科学に適用し、疾患の早期発見等への活用へ

＜量子生命技術＞

①超偏極・多核種対応のヒト臨床用MRI装置の開発・整備

②ナノ量子センサ送達技術の開発加速のための多細胞計測イメージングシステムの導入

量子生命科学拠点（文科省(QST)）　Q-LEAP（文科省）

○ 臨床用MRI装置の導入により、早期の臨床試験を実現。多核種トレーサーの開発、AI診断技術の開発への投資を誘導。一新薬当たり治験にかかる投資額は、およそ25億円

○ 生体ナノ量子センサの研究開発の加速により、細胞システムの定量的な理解の促進や眼疾患・動脈硬化診断など医療・生命分野での実装を加速。バイオ機器、診断機器メーカー等からの投資を誘発

量子セキュリティ技術(NICT)

- ü量子ノード等の先端技術に係るイノベーション拠点を構築
- ü量子暗号通信の長距離化や広域ネットワーク化等のための要素技術に関する研究開発

量子セキュリティ拠点（イメージ）

産学官の国際的な協創による価値創造を推進するイノベーション拠点化へ
距離に依らない堅牢性の高いサイバー空間の実現へ

＜量子セキュリティ技術＞

量子暗号製品の耐タンパ性・実装安全性を検証するための計測・分析・解析環境の追加整備

統合イノベーション戦略の推進拠点の初期整備（総務省(NICT)）

グローバル量子暗号通信網構築のための研究開発（総務省委託研究）

○ 量子暗号技術については、理論的安全性が保障されたものではあるが、その検証は技術の提供側によってのみ行われており、安全性を確信できていない将来ユーザーも存在

○ 量子暗号技術の社会展開を加速するため、補正予算等を活用して実施中の実利用を想定した一定規模の検証環境の整備を先ずは着実に推進することとし、市場動向等を踏まえ、今後とも戦略的に取組の加速化を後押し

【1】資料3-2 「量子融合イノベーション領域」における研究開発の加速

PRISMで推進する理由

- 統合イノベーション戦略推進会議（令和2年1月21日）において、我が国の産学官の総力を結集して、研究開発から社会実装に至るまでの幅広い取組を強力に推進・展開するための「量子技術イノベーション戦略」を決定。関係各府省は、当該戦略に基づき、戦略的な技術開発、産学連携によるイノベーション拠点の形成、人材育成等の取組を推進する予定。
- 当該戦略では、民間から投資を呼び込む形で、大規模な産学連携研究開発プロジェクト等を実施する「量子融合イノベーション領域」を設定。**高いスピードと確度で実用化・事業化等を実現することを目指す当該領域において、PRISMにより、各府省が連携し一体となった取組を実施することで、早期に社会実装につながることが期待**できる。

元施策、SIP施策とPRISMとの関係

＜量子AI技術＞元施策：32億円(Q-LEAP)

【概要】 量子AIアルゴリズム理論の研究及び検証とともに、これに基づくアプリケーションの開発及び検証を実施

【PRISMによるアドオン】 量子超越のある量子AIアルゴリズムの検証に向け、**ゲート型量子コンピュータエミュレータの開発・実装を加速**し、量子化学計算の**検証を早期に手掛け、実用性の高いアルゴリズムでの量子超越を実現、量子化学計算結果を検証**

＜量子生命技術＞元施策：(R2) 2億円、(R1補正) 33億円(「量子生命科学拠点形成等」、QST)、32億円(Q-LEAP)

【概要】 QST：量子生命科学に関するオープン・プラットフォーム型の量子技術イノベーション拠点を整備

Q-LEAP：社会実装を見据えた、量子技術を用いた超高感度センサーの開発を実施

【PRISMによるアドオン】

QST：**超偏極・多核種対応の臨床用MRI装置を導入し、超偏極プローブ等のスムーズな社会実装を実現**

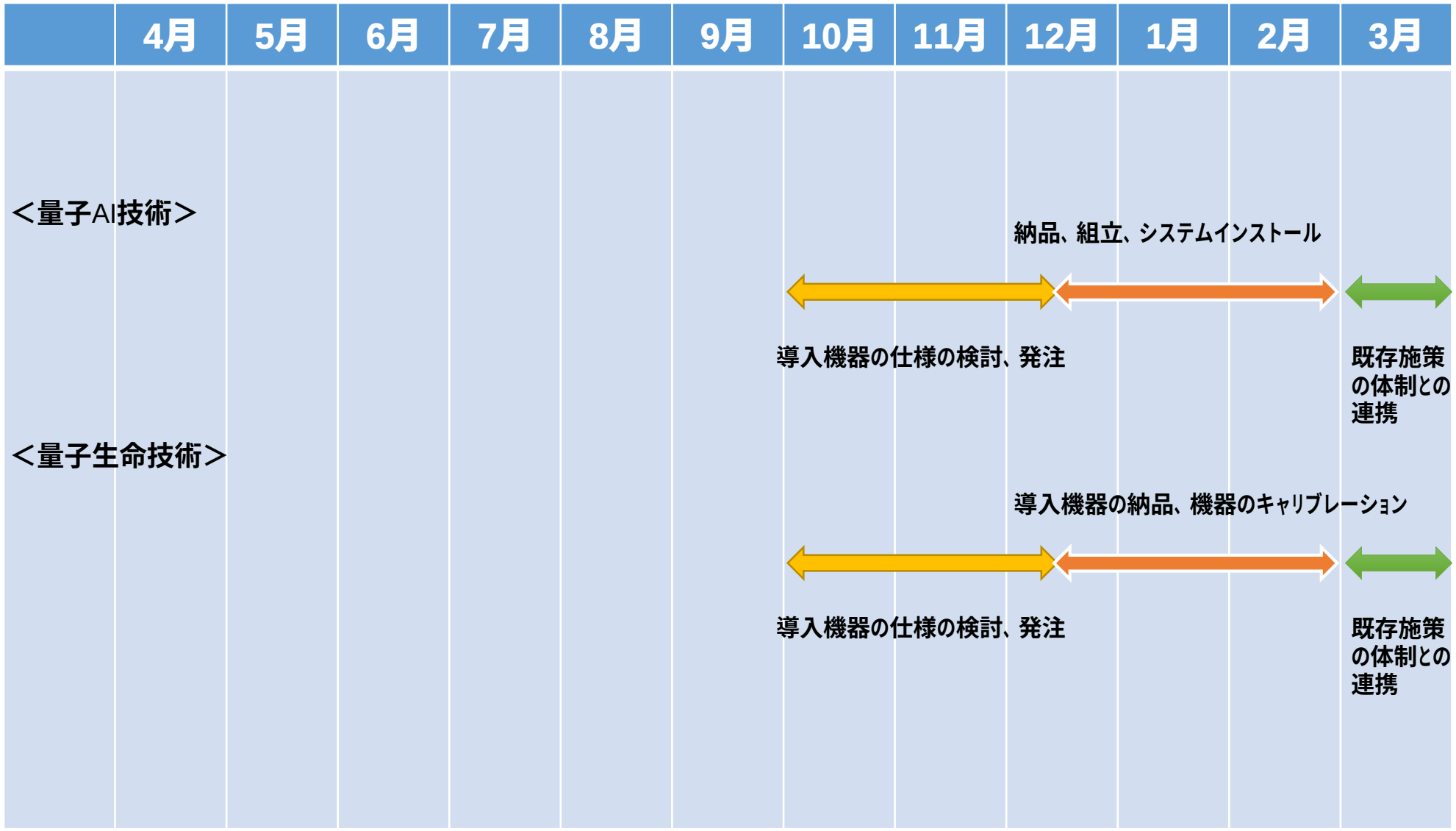
Q-LEAP：**量子センサ**（生体ナノ量子センサ）**の医療・生命分野での社会実装に向け、研究開発を加速**

戦略の位置付け等

- **「量子技術イノベーション戦略」は、統合イノベーション戦略に基づく各種戦略の必要な施策**として、AI、バイオに続いて、量子技術についても国家戦略を策定したもの。同戦略の施策は、令和元年６月に作成された中間報告に基づき、「統合イノベーション戦略2019」に反映されている。

【1】資料3-3　令和２年度の研究スケジュール

研究スケジュール



【2】量子AI

【2】資料1 「量子融合イノベーション領域」における研究開発の加速(量子AI技術)の全体像

課題と目標・出口戦略

p ゲート型量子コンピュータエミュレータ、量子シミュレータの開発により、開発環境を整備することで機械学習アルゴリズム開発・アルゴリズム検証・ライブラリ公開を目標とする。出口戦略として、実問題への適用 (学理・工学・医学・金融)を行い、社会実装を早期化する。

民間研究開発投資誘発効果等

p 量子コンピュータの市場規模は、国内だけで61億円（2020年）から4,860億円（2045年）に、量子シミュレータの市場場規は、26億円（2020年）から1,830億円（2045年）に拡大すると予想(出典：2019年版量子技術市場の現状と展望(矢野経済研究所))。

p 民間からのマッチングファンド見込み額1.52億円(量子ソフトウェア、ミドルウェア開発企業など)/3年間。

民間からの研究開発への寄与

p 新たな技術である量子AIについては、社会実装例が少なく市場推定は困難だが、従来技術におけるAIの市場規模は、2016年度159億円規模から毎年約74%の成長を示しており、インターネットなどのサービスにおけるICTの市場は、2015年度の2500億円から2022年度に3.2兆円に成長すると予想(出典：2018年版量子コンピュータの開発動向と市場予測に関する調査（(株)AQU先端テクノロジー総研））。

元施策の概要:光・量子飛躍フラッグシッププログラム（Q-LEAP）量子情報処理領域

p 新規Flagship（量子ＡＩ）：大規模データの複雑な解析を高速に行い、機械学習する**量子アルゴリズム等を開発**し、画像診断、材料開発、創薬に応用可能な**量子ＡＩ技術**を実現。

施策の全体像

Q-LEAP(量子情報処理領域)

Flagship

○超伝導量子ビットによる量子コンピュータの開発（H30年度～）

新規公募

○量子AI（R2年度～）

基礎基盤

○量子シミュレータ、イオントラップ研究開発(H30年度～)

※下線部がPRISM対象

社会実装に向けて、研究開発を加速／実装先を拡大

PRISM（量子AI）

アルゴリズム開発

量子超越のある50～100量子ビットの高速並列計算環境（**ゲート型量子コンピュータエミュレータ**）の整備

- 古典コンピュータ（GPU、FPGA等）で**量子コンピュータ動作を模擬するハードウェア（エミュレータ）**を整備
- 量子ビットの結合方式（**アーキテクチャ**）**やノイズ割合を模擬**

アプリケーション開発（検証）

多数の原子の同時制御技術を用いた物理検証用装置（**様々な物質の量子状態を模擬し、量子化学計算結果を実験する装置**）の整備

- 複数の原子・電子の**量子状態を制御する技術を開発**
- 量子コンピュータで算出した**量子物理・化学計算結果を実験により再現**。結果の**検証に活用**。

量子アルゴリズム理論研究：

○**ノイズ状況を模擬**しながら**量子超越のあるアルゴリズム開発**を加速

○量子優位性のある量子AIアルゴリズム理論研究に貢献

アーキテクチャ開発：

○ハードウェア実装方式を検討し、**実装可能なアーキテクチャ開発**を加速

○量子コンピュータへの実装に貢献

アプリケーション開発：

○量子AIアルゴリズムによる**アプリケーションを開発**。大量データの高速処理、パラメータ増による**AIの高精度化をいち早く実現**

○量子AIアプリケーションによる**量子化学・量子物理の検索・推定の実証**を前倒し

○幅広い社会的課題への適用を促進・拡大

【2】資料2-1　概要①光・量子飛躍フラッグシッププログラム(Q-LEAP)

文部科学省　アドオン：　180百万円
元施策Q-LEAP（量子情報処理）：1,122百万円

Q-LEAP：令和2年度予算額　：　3,194百万円
（前年度予算額）：　2,195百万円

背景・課題

- ü 量子技術は、**将来の経済・社会に大きな変革をもたらす源泉・革新技術**。そのため、米国、欧州、中国等を中心に、**諸外国においては「量子技術」を戦略的な重要技術として明確に設定し投資が大幅に拡大**。
- ü このままでは、我が国は、量子技術の発展において諸外国に大きな後れを取り、**将来の国の成長や国民の安全・安心の基盤が脅かされかねない状況**。
- ü 日本の優れた**量子技術をいち早くイノベーションにつなげることが必要**。

事業概要

事業の目的　ü **Q-LEAPは、経済・社会的な重要課題に対し、光・量子技術を駆使して、非連続的な解決（Quantum leap)を目指す研究開発プログラム**

技術領域１　量子情報処理（主に量子シミュレータ・量子コンピュータ）

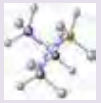
u **Flagshipプロジェクト**※1
- **汎用量子コンピュータ等のプロトタイプを開発**し、クラウドサービスによる提供等

u **基礎基盤研究**※2
- 量子シミュレータ、量子ソフトウエア等の研究

超伝導量子ビット

技術領域２　量子計測・センシング

u **Flagshipプロジェクト**
- **ダイヤモンドNVセンタを用いて脳磁場の計測システムを開発**し、室温で磁場等の高感度計測


ダイヤモンドNVセンタ

u **基礎基盤研究**
- 量子もつれ光センサ、量子原子磁力計、量子慣性センサ等の研究

技術領域３　次世代レーザー

1　量子情報処理（主に量子シミュレータ・量子コンピュータ）

u **新規Flagship（量子ＡＩ）**
- 大規模データの複雑な解析を高速に行い、機械学習する**量子アルゴリズム等を開発**し、画像診断、材料開発、創薬等に応用可能な**量子ＡＩ技術**を実現

u **既存Flagshipの拡充**
- 新たに、クラウドサービスを踏まえて、**実装の検証をするためのシステムを構築**

PRISM：
○ゲート型量子コンピュータエミュレータの開発
○検証用実験装置（シミュレータ）整備

2　量子計測・センシング

u **新規Flagship（量子生命）**
- **生命現象の機能解明や疾患の早期発見等への活用を見据えた、細胞内の多項目を同時計測する生体ナノ量子センサシステムの開発**　など

PRISM：
○ナノ量子センサ送達技術の開発加速のための多細胞計測イメージングシステムの導入

u **既存Flagshipの拡充**
- 新たに、**電力システムなどのインフラを非侵襲・非接触で安全に故障の予兆をとらえる計測技術を開発**

3　新規人材育成プログラムの開発

事業スキーム

- ü 事業規模：７～１９億円程度／技術領域・年
- ü 事業期間：**最大10年間**、ステージゲート評価を踏まえ研究開発を変更又は中止

国 → 委託 → Flagship 研究代表者グループ（大学、研究開発機関、企業等）
- 共同研究開発グループ（大学、研究開発機関、企業等）
- 基礎基盤研究（大学、研究開発機関、企業等）

※1：FlagshipプロジェクトはHQを設置し、事業期間を通じてTRL6(プロトタイプによる実証）まで実施　※2：基礎基盤研究はFlagshipプロジェクトと相補的かつ挑戦的な研究を実施　※3：サイバー・フィジカル・システムの略

【2】資料2-1　概要②（量子AI技術の研究開発）

文部科学省　アドオン：　180百万円
元施策Q-LEAP（量子情報処理）：1,122百万円

R1年度 / R2年度 / R3年度 / R4年度 / R5年度 / R6年度 / R7年度 / R8年度 / R9年度 / R10年度 / R11年度

Q-LEAP 量子情報処理領域

Q-LEAP　Flagshipプロジェクト

- 超伝導量子ビットによる量子コンピュータの開発（H30~R9）
- 量子AI（R2~R11）
- PRISM：量子超越のある機械学習の加速に向けた高速並列計算環境の整備

超伝導量子ビット開発、システム化

設計のAI化によるシステム化の加速

量子AIアルゴリズムの開発・検証

エミュレータによる検証の加速

アプリケーション開発

エミュレータによるアルゴリズム
アプリケーション開発の加速

PRISMによる加速
研究開発の前倒し

開発目標
・機械学習アルゴリズム開発
・アルゴリズム検証
・ライブラリ公開

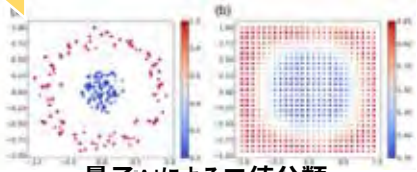
PRISMによる加速
研究開発の前倒し

開発目標
・実問題への適用
（学理・工学・医学・金融）

ゲート型量子コンピュータエミュレータの開発

整備　運用

PRISMによる加速
実問題の検証
(学理・工学など)



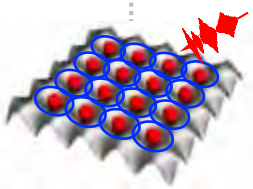
量子AIによる二値分類

Q-LEAP　基礎基盤研究課題

- 量子シミュレータ、イオントラップ研究開発（H30~R9）
- PRISM：多数の原子の同時制御技術を用いた物理検証用装置の整備

超高速量子シミュレータの開発、高機能量子シミュレータの開発、
多自由度量子シミュレータの実証

PRISMにより、**検証用装置を整備**
Q-LEAPの**開発速度を維持**



量子シミュレータ

整備　運用

PRISMによる強化

量子シミュレータの開発

量子化学、量子多体系現象の実験的検証

PRISMなし

量子シミュレータの開発

量子多体系現象の実験的検証

【2】資料2-2　令和2年度の研究計画（量子AI）

文部科学省　アドオン：　180百万円
元施策Q-LEAP（量子情報処理）：1,122百万円

令和２年度目標

・ 研究開発の施設設備を整備し、研究体制を構築することで、企業との共同研究・民間投資拡大を促し、研究開発成果の社会実装を加速させる。

対象施策の研究内容

量子AI技術は、機械学習やクラスタリングなどAI技術の一部を量子コンピュータに置換し、アクセラレータとして融合・活用するなど、量子技術とAI技術とを融合。量子技術を用いてAI技術を大幅に高性能化し、これを化学、材料開発、計測、生命科学、医療診断、創薬、経済・金融といった広範な産業分野に応用。持続的イノベーション創出と生産性向上に資する新たなサイバー技術基盤の確立を目指す。

- 量子コンピュータアルゴリズムを用いて、大規模かつ複雑なデータを高速に処理、精度を向上したAIを実現
- 学習用データを量子コンピュータや量子センサ、量子シミュレータで作成し、量子AIの性能を強化・高精度化

本事業では、大量のデータを高速に解析する量子コンピュータとAIとの融合を通じ、より多くのデータに基づくAIの高精度化や従来技術では解析困難な問題への対応が可能となるよう、研究開発に必要な機器の整備を早期に行うことで、社会実装を加速。実社会の課題解決に向けて、**産学連携・官民協働による研究開発や実用化等を推進・展開**。

社会実装に向けて、研究開発を加速／実装先を拡大

Q-LEAP(量子情報処理領域)

Flagship

○超伝導量子ビットによる量子コンピュータの開発（H30年度～）

新規公募

○量子AI（R2年度～）

基礎基盤

○量子シミュレータ、イオントラップ研究開発（H30年度～）

PRISM（量子AI）

アルゴリズム開発

量子超越のある50～100量子ビットの高速並列計算環境（ゲート型量子コンピュータエミュレータ）の整備

- 古典コンピュータ（GPU、FPGA等）で量子コンピュータ動作を模擬するハードウェア（エミュレータ）を整備
- 量子ビットの結合方式（アーキテクチャ）やノイズ割合を模擬

アプリケーション開発（検証）

多数の原子の同時制御技術を用いた物理検証用装置（様々な物質の量子状態を模擬し、量子化学計算結果を実験する装置）の整備

- 複数の原子・電子の量子状態を制御する技術を開発
- 量子コンピュータで算出した量子物理・化学計算結果を実験により再現。結果の検証に活用。

量子アルゴリズム理論研究：

○ノイズ状況を模擬しながら量子超越のあるアルゴリズム開発を加速

○量子優位性のある量子AIアルゴリズム理論研究に貢献

アーキテクチャ開発：

○ハードウェア実装方式を検討し、実装可能なアーキテクチャ開発を加速

○量子コンピュータへの実装に貢献

アプリケーション開発：

○量子AIアルゴリズムによるアプリケーションを開発。大量データの高速処理、パラメータ増によるAIの高精度化をいち早く実現

○量子AIアプリケーションによる量子化学・量子物理の検索・推定の実証を前倒し

○幅広い社会的課題への適用を促進・拡大

※下線部がPRISM対象

【2】資料3　PRISM実施に伴う事業効果等（量子AI技術）

PRISM施策を実施伴う事業効果等

「量子技術イノベーション戦略」における**量子融合イノベーション領域**は、**早期に高い精度で実用化・事業化等が期待**

PRISM（量子AI技術）

GPU、FPGAなどで量子コンピュータの動作を模擬するエミュレータを整備（ゲート型量子コンピュータエミュレータ）

制御可能な複数の原子・電子の量子状態を模擬する実験装置（シミュレータ）整備

○ノイズ状況を模擬しながら量子超越のある**アルゴリズム開発を加速**
○量子ビットの結合方式など検討し、実装可能な**アーキテクチャ開発を加速**
○量子AIアルゴリズムによるアプリケーションを開発。大量データの高速処理、パラメータ増によるAIの**高精度化をいち早く実現**

○物質の物理状態の模擬、新規物質の創造・構造の解釈を促進
○量子AIアプリケーション（マテリアルズインフォマティクス・ケモインフォマティクス）により推定された高分子の物質構造や化学反応の量子化学・量子物理の検索・推定の**実証を前倒し**

従来の**AI技術を加速**するとともに**困難な社会課題を克服し、社会実装の民間研究開発投資の誘発等に施策を誘導**することは、**PRISMの制度の目的に整合**

市場規模推移

p　量子コンピュータの市場規模は、国内だけで61億円（2020年）から4,860億円（2045年）に、量子シミュレータの市場場規は、26億円（2020年）から1,830億円（2045年）に拡大すると予想(出典：2019年版量子技術市場の現状と展望（矢野経済研究所））。

民間からの研究開発への寄与

p　新たな技術である量子AIについては、社会実装例が少なく市場推定は困難だが、従来技術におけるAIの市場規模は、2016年度159億円規模から毎年約74%の成長を示しており、インターネットなどのサービスにおけるICTの市場は、2015年度の2500億円から2022年度に3.2兆円に成長すると予想(出典：2018年版量子コンピュータの開発動向と市場予測に関する調査（(株)AQU先端テクノロジー総研））。
従来技術では困難なビックデータによるAIの高精度化、高分子などのAIによる予測による材料開発に対する期待に鑑みれば、量子AIは、AIやICT市場の成長に追随する大きな市場に成長する可能性が高い領域。

民間からのマッチングファンド見込み

p　量子ソフトウェア、ミドルウェア開発企業など、マッチングファンド見込み額　1.52億円/3年

【2】参考資料1　融合領域ロードマップ　量子AI技術

○ 将来的なニューラルネットや人類の学習メカニズムにおける量子力学的要素の解明、実証など、AIの可能性を最大化
○ 量子インフラ（量子通信・インターネット、量子センサ、量子コンピュータ）を組み合わせた量子AIシステムの創出
○ 機械学習（AI）と量子情報処理の融合による、量子機械学習の基礎学理の構築やマテリアルズ・インフォマティクスなど化学・材料・物性計算、量子シミュレーション、量子系の制御に量子AIの方法論を応用

経済・社会インパクト

- 機械学習の学習速度が加速、必要な学習を選択しながら必要な事項のみ学習(クラスタリング)
- AIにおける推論、情報処理などの大幅な性能向上と処理速度向上
- 科学技術フロンティアの拡大
  - 素粒子・物性物理学研究への展開
  - 量子生命現象への応用
- 新機能材料（学理解明）
  - 高温超伝導物質
  - 高効率触媒
  - 人工光合成
  - 光機能材料
  - 界面機能
  - 輸送現象
- 高度科学技術計算
  - 熱流体解析
  - 構造力学解析
  - 逆行列計算
  - 線形システムソルバ

領域の進展

アニーラ型ハード／ソフト

- イジングモデルの量子機械学習への適用
- 機械学習から量子AI機能の開発
- 量子ニューラルネットワークの計算可能性の解明
- 量子ボルツマンマシン学習理論の応用
- AIの加速に向けた計算手法の確立
- NP困難な問題に対峙した時の実際の計算性能
- 古典疑似不可能なダイナミクスの適用
- 量子AIの数理に関する学問的探求
- 自然界におけるガラスの機構の解明など複雑な現象への挑戦
- 人類の学習機構における量子力学的要素の解明

ゲート型ハード／ソフト

- 量子回路学習・量子カーネル法・量子生成モデルなどの量子機械学習フレームワークの開発
- 指数加速が起こりうる高度な量子機械学習アルゴリズムの構築
- 実データや実問題への量子機械学習の適用
- 量子センシングとNISQマシンを組み合わせた量子機械学習の構築
- 量子センシングとNISQを組み合わせた量子機械学習の量子生命科学への応用
- 量子AIアプローチの量子制御への応用
- 量子機械学習や量子化学計算を用いた量子マテリアルズ・インフォマティクスや量子ケモインフォマティクス
- 量子AIアプローチの量子多体系（材料・化学）への応用
- NISQマシンを用いた量子機械学習の実装
- 量子機械学習アルゴリズムの性能評価
- 古典データと量子データのインターフェース・データ構造の構築
- 脱量子化、量子インスパイアードアルゴリズムの構築
- 量子AIの数理の学問的探求（量子モデルの構成、パラメータ空間の情報幾何、パラメータ調整方法の開発、量子特徴量空間の表現能力・分離能力の解析）

本領域を支える技術の進展

アニーラ型ハード／ソフト

- コヒーレンス性能が高く、拡張性に優れた100量子ビットの製造
- コヒーレンス性能が高く、拡張性に優れた2000量子ビットの製造
- 拡張性が高くコヒーレンス性能の高い大規模量子アニーリングマシンの実現
- アニーリング型コンピュータによる一部の組合せ最適化問題が解法可能に
- アニーリング型コンピュータによって、一部の実社会問題の解決に適用開始
- 線形計画問題・二次計画問題を解くソルバ・アルゴリズムと組み合わせ、アニーリングが最適化問題全般に行き渡るアクセラレータとしての存在に

アニーラ／ゲート共通

- 量子プログラミング言語とコンパイラの基礎の確立
- 大規模化へ向けたコンパイラの高速化・自動化が進展

ゲート型ハード／ソフト

- 物理量子ビット（50量子ビット程度）の任意の制御が可能に
- 物理量子ビット（100量子ビット程度）の任意の量子制御が可能に
- 500～1,000個の物理量子ビットを実装した量子コンピュータが出現
- 量子誤り訂正された論理ビット（10～50個）を実装した量子コンピュータが出現
- 量子古典ハイブリッドアルゴリズムの優位性の実証
- 量子誤り訂正アーキテクチャの設計と実機を用いた量子の優位性の実証
- プログラマブルな誤り訂正を可能にするアーキテクチャの登場
- 量子オープンソースウェアができ、量子技術を融合するアーキテクチャが可能に

現在（2019年度）　5年後（2024年度）　10年後（2029年度）　20年後（2039年度）

【2】参考資料2　技術ロードマップ　量子シミュレーション（冷却原子）

○新規物質相の解明を促す物性量子シミュレータと社会課題・産業課題の解決を加速させる最適化用量子シミュレータの2種類の開発を展開
○光の空間制御技術の開発、冷却原子特性の開拓を通じ、10年後、10^6以上の量子ビットを持つ量子シミュレータを実現
○ゲート型汎用量子コンピュータへの応用；高精度光制御技術を医療・生命科学、光微細加工へ展開

経済・社会インパクト

- 新規物質相（高温超伝導、量子磁性、トポロジカル物性、高エネルギー物理、非平衡ダイナミクス）の学理解明が可能に
- 量子シミュレータによる物質相の理解に基づく新規デバイスが開発される（低損失電力輸送が可能な高温超伝導体、量子磁性を活用した高機能メモリ等）
- 古典に対する量子の優位性の社会的認知
- 産業的に有意義な問題を解くことが可能に
- トラック配送、交通渋滞解消、予測健康管理などの社会的課題の解決。複雑な分子の量子化学計算。物質、創薬設計などの産業的問題解決の加速
- ゲート型汎用量子コンピュータへの応用
  高精度光制御技術を医療・生命科学、光微細加工へ展開

技術の進展

シミュレーション

- 多体基底状態および多体励起状態を実現し、新規物質相の発現メカニズムを探求
- 量子シミュレーションにより得られた知見を物質科学へフィードバックし、固体物質中での新規物質相の発現を実証
- 10～100量子ビットの量子シミュレーションを実現
  ・最適化問題を解く
  ・量子優位性を実証
- 1,000量子ビットの量子シミュレーションを実現
  ・小規模な量子化学問題を解く
  ・小規模な社会的課題を解決
- 10^6以上の量子ビットを持つ量子シミュレータの実装
- シミュレーション時間の短縮、パラメターの自動最適化による量子シミュレーションの高効率化

シミュレーション

- 多体基底状態への冷却と多体励起状態の生成および非平衡量子多体ダイナミクスの観測
- 量子気体顕微鏡の開発
- 新規物質相の観測手法の開発　(時間、空間、運動量、スピン等の相関の測定手法等)
- 物理・化学モデルの実装方法の開発
- 古典計算機とのハイブリッド化技術
- 物理量子ビットの全結合のスケーリング
- 量子誤り検出および訂正機構の実装
- 高い忠実度の量子ビットの開発
- 量子優位性を示す課題の探求
- 産業的問題を解決する量子優位性を有したアルゴリズムの開発

共通

- 単一原子光ピンセットの開発
- 量子シミュレーションの結果を検証する理論的手法の開発

本技術を支える周辺技術の進展

冷却原子系の基礎

- 冷却原子系における原子特性の探索
- 冷却原子系の新たな原子種や混合系の制御

光源・光学系技術

- 光の空間形状制御（任意の複数サイトへの配列技術、トラップ形状制御技術）の開発
- 全自動、コンピュータ制御、高速動作、位相・強度変調が可能な統合型光源システムの開発
- オンプレミス型量子シミュレータの実装

実装技術

- 問題をハードウエアに実装するユーザインターフェイスの構築
- 全統合型の冷却原子量子シミュレータの開発

現在（2019年度）　5年後（2024年度）　10年後（2029年度）　20年後（2039年度）

【3】量子生命

【3】資料1 「量子融合イノベーション領域」における研究開発の加速(量子生命技術)の全体像

課題と目標・出口戦略

- QST（量子生命科学）では、多核種・超偏極対応の臨床用MRI装置の開発・整備により、臨床MRIの実装・ヒトでのデータ取得を目的とする。出口戦略として革新的MRI診断技術について、早期の社会実装を目指す。
- 光・量子飛躍フラッグシッププログラム（Q-LEAP）量子計測・センシングでは、多数細胞計測イメージングシステムの導入により、全身レベルでのセンサの特異的送達技術を開発する。出口戦略として生体ナノ量子センサシステムの社会実装の早期化を目指す。

民間研究開発投資誘発効果等

- 量子計測・センシングの市場規模は、国内だけでも210億円（2020年）から6,360億円（2045年）に拡大すると予想され（出典：2019年版量子技術市場の現状と展望（矢野経済研究所））、量子生命技術において、共同研究など民間からの貢献は大いに期待される。
- 民間からのマッチングファンド見込み額2.3億円))/5年間。(製薬企業、MRI製造メーカー、測定装置メーカー、光学メーカーなど)

民間からの研究開発への寄与

- 例えば、MRIについては、ハードウェア製作も含めた機器開発やデータ解析ソフトウェア開発において、多核種MRI装置の開発実績を有する製造メーカーとの共同研究が想定される。当該共同研究により、3～5年後には多核種トレーサープローブの特許出願が可能となるほか、装置メーカーや製薬企業との連携も進み、5年で10億円、10年で100億円の投資が見込まれる。

元施策の概要:量子生命科学拠点によるイノベーションの加速、Q-LEAP（量子生命）

- QST（量子生命科学）:**最先端の量子技術の開発と社会実装を加速**するとともに、**国際感覚豊かな若手リーダーを育成**
- Q-LEAP新規Flagship (量子生命)：生命現象の機能解明や疾患の早期発見等への活用を見据えた、細胞内の多項目を同時計測する**生体ナノ量子センサシステムの開発**など

施策の全体像

QST（量子生命科学）

○量子生命科学拠点によるイノベーションの加速（R2年度）

・**革新的MRI診断技術開発**では超偏極多核種対応の**動物試験**による基礎データの収集を実施

Q-LEAP（量子計測・センシング）

Flagship 新規公募

○量子生命（R2年度～）

・細胞内の多項目を同時計測する**生体ナノ量子センサシステムの開発**等

※下線部がPRISM対象

社会実装に向け研究開発を加速／実装先を拡大

PRISM（量子生命技術）

革新的MRI診断技術開発の加速

超偏極・多核種対応のヒト臨床用MRI装置の開発・整備

・プロトン以外の核種対応の専用コイルを開発・MRI装置への導入

・超偏極多核種の測定のためのプログラム（パルスシーケンス）を開発

生体ナノ量子センサの機能化加速

ナノ量子センサ送達技術の開発加速のための多細胞計測イメージングシステムの導入

・ダイヤモンドの表面処理や加工により生体内の特定部位や腫瘍等へ送達する技術の開発を加速

○動物試験から臨床へのスムーズな移行を実現し、超偏極多核種プローブ等の開発が加速。創薬メーカー等民間からの投資を誘発し、早期の社会実装が期待。MRIの健康診断への導入や抗がん剤の早期効果判定等、医療・創薬に貢献

○生体ナノ量子センサの開発が加速。細胞システムの定量的な理解が進み、疾病の病理解明等、生命科学・医学研究に大きく貢献

【3】資料2-1　概要①-1 量子生命科学拠点によるイノベーションの加速(QST)

令和２年度予算額：208百万円
（令和元年度予算額）：150百万円
※運営費交付金中の推計額

文部科学省　アドオン：　400百万円
元施策(Q-LEAP量子計測･センシング)：1,159百万円
元施策(QST)：※208百万円
※運営費交付金中の推計額

背景･目的

･QSTが有する研究開発基盤を強化し、量子生命科学に関する **オープンプラットフォーム型の量子技術イノベーション拠点**を形成。
･国内外の大学･研究機関･企業等と連携して、基礎研究から技術実証、オープンイノベーション、知財管理、人材育成等を一元的に実施。
･**最先端の量子技術の開発と社会実装を加速するとともに、国際感覚豊かな若手リーダーを育成。**

○ 量子技術イノベーションによる革新的応用
- **健康長寿社会の実現**：生体ナノ量子センサ、量子もつれ光イメージング、超偏極MRI等による革新的な検査･診断･治療の実現 / 量子レベルの分子機能理解に立脚した創薬 / 量子デバイス内蔵細胞（スマート細胞）による治療　等
- **安全安心社会の実現**：人工光合成による新エネルギー技術の実現 / 磁気受容等を模倣した危険物探知　等

PRISM：
○超偏極･多核種対応のヒト臨床用MRI装置の開発･整備

○ 量子生命科学分野の若手リーダーの育成
- **量子生命科学分野におけるネイティブの育成**
- **国際感覚豊かな若手リーダーの育成**による**国際的イニシアティブの実現**

製品化や医療現場での実装の加速

国際的に研究開発を牽引できる若手リーダーを輩出

国内外の英知を集結

大学等

企業等

海外研究機関等

頭脳循環の推進

国内大学等

「量子生命科学会」の取りまとめとしてのネットワークを活用

連携大学院制度･クロスアポイントメント制度等を活用した優秀な若手人材の育成

海外研究機関

優秀な研究者の受入

若手研究者の派遣

オープンラボ

QST

イノベーション創出機能の拡充

イノベーションに向けて、外部連携戦略、知的財産戦略、国際戦略、人材育成戦略を一体的に実施

外部連携：企業や大学等との共同研究を実施し、応用化に向けた意識を醸成、アライアンス事業の実施

知的財産：シーズの周知とニーズの発掘及びシーズとニーズのマッチング･事業化、オープン･クローズド戦略、出資機能拡大を含むベンチャー化支援

国際：**合同国際シンポジウム**の開催、安全保障輸出管理の強化

人材育成：**研究者受入や派遣**による**頭脳循環（ブレインサーキュレーション）**の推進

魅力的なQSTの研究開発基盤（既存インフラと整備予定のインフラ）によりオープンプラットフォームを形成

生体内局所センシング技術基盤	生体高分子構造･動態解析技術基盤	生体量子機能解析技術基盤	量子イメージング技術基盤

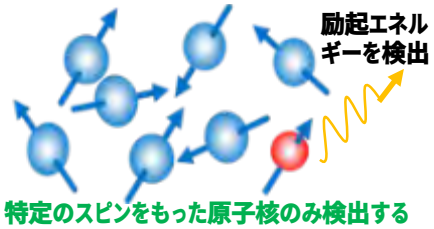
【3】資料2-1　概要①-2 従来のMRI測定法と超偏極MRI測定法の比較

文部科学省　アドオン：　400百万円
元施策(Q-LEAP量子計測・センシング)：1,159百万円
元施策(QST)：※208百万円
※運営費交付金中の推計額

既存のMRI測定法

原子核には、それぞれに特有の共鳴周波数がある。この共鳴周波数に対応する強い磁場を用いて、励起されたエネルギーが戻る際に発する信号を検出して画像を作る。

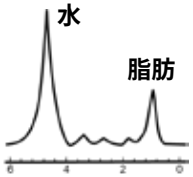
通常のMRI（熱平衡状態）



- 特定のスピンをもった原子核を検出
- 人間の大部分が水で出来ており水素原子のエネルギーを見ることで体内の構造情報を計測
- 全ての水素の原子核のスピンを検出できるわけではないので効果的な解像度を得るまでに時間がかかる

Ø　既存MRI装置の特徴

水素は生体内に一番多く存在する原子核であり、従来技術では最も感度良く測定できる。そのため、水素に特化して磁場を発生する回路やコイル、信号の検出器等が設計されている。測定に時間がかかるため、動的な情報を得ることが出来ず、静的な位置情報のみ観測可能。



測定イメージ

水素からの信号のみを画像化

超偏極MRI測定法

励起する際にはスピンがある一定の方向を向いている必要がある。分子スピンを一定の方向にそろえる超偏極技術を用いることにより、通常感度が低い粒子の励起エネルギーも捉えることが出来る。

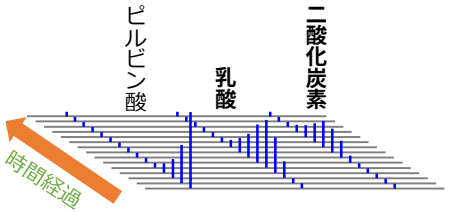
超偏極状態

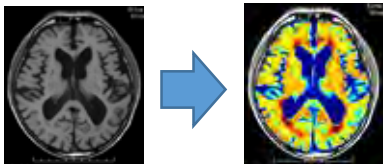
熱平衡状態よりも多くの粒子を励起させることが出来る

- スピンの向きをそろえる（超偏極）ことで、検出できる原子核の数を増やすことが出来る
- 水素原子以外の原子の挙動を見ることが出来る
- 同じ水素原子を用いた場合でも、検出できる原子核の数が多いので、測定時間の短縮が出来る

Ø　新たに導入するMRI装置の特徴

上記の超偏極粒子を用いれば、水素原子以外の原子核のスピンも捉えることが可能となるため、水素以外の原子を計測する回路やコイル、信号の検出器等を搭載する必要がある。また、多核種に対応した測定・解析ができるアプリケーション等を搭載予定。将来的には、短時間で測定でき、動きを伴う代謝情報等の取得も可能となる。





水素以外の信号もとらえ代謝の変化を画像化

超偏極技術の効果

Ø　多核種トレーサープローブの開発を可能にすることで、高感度かつ代謝情報を含んだ画像情報の取得を可能にし、量子技術イノベーション戦略や他の疾患プロジェクトで得られる医療関連データを有機的に結合して疾患別高精度画像データベースを構築。

Ø　AI解析と組合わせることで、早期診断、最適医療を実現。

Ø　革新的な量子画像診断バイオマーカーの創出を図り、健康・長寿社会の実現に貢献。

【3】資料2-1　概要①-3 光・量子飛躍フラッグシッププログラム(Q-LEAP)

Q-LEAP：令和2年度予算額　：　3,194百万円
（前年度予算額）　：　2,195百万円

文部科学省　アドオン：　400百万円
元施策(Q-LEAP量子計測・センシング)：1,159百万円
元施策(QST)：※208百万円
※運営費交付金中の推計額

背景・課題

- ü 量子技術は、**将来の経済・社会に大きな変革をもたらす源泉・革新技術**。そのため、米国、欧州、中国等を中心に、**諸外国においては「量子技術」を戦略的な重要技術として明確に設定し投資が大幅に拡大**。
- ü このままでは、我が国は、量子技術の発展において諸外国に大きな後れを取り、**将来の国の成長や国民の安全・安心の基盤が脅かされかねない状況**。
- ü 日本の優れた**量子技術をいち早くイノベーションにつなげることが必要**。

事業概要

事業の目的　ü **Q-LEAPは、経済・社会的な重要課題に対し、光・量子技術を駆使して、非連続的な解決（Quantum leap)を目指す研究開発プログラム**

技術領域１　量子情報処理（主に量子シミュレータ・量子コンピュータ）

u **Flagshipプロジェクト**※1
- **汎用量子コンピュータ等のプロトタイプを開発**し、クラウドサービスによる提供等

u **基礎基盤研究**※2
- 量子シミュレータ、量子ソフトウエア等の研究

超伝導量子ビット

技術領域２　量子計測・センシング

u **Flagshipプロジェクト**
- **ダイヤモンドNVセンタを用いて脳磁場の計測システムを開発**し、室温で磁場等の高感度計測

ダイヤモンドNVセンタ

u **基礎基盤研究**
- 量子もつれ光センサ、量子原子磁力計、量子慣性センサ等の研究

技術領域３　次世代レーザー

1　量子情報処理（主に量子シミュレータ・量子コンピュータ）

u **新規Flagship（量子ＡＩ）**
- 大規模データの複雑な解析を高速に行い、機械学習する**量子アルゴリズム等を開発**し、画像診断、材料開発、創薬等に応用可能な**量子ＡＩ技術**を実現

u **既存Flagshipの拡充**
- 新たに、クラウドサービスを踏まえて、**実装の検証をするためのシステムを構築**

PRISM：
○ゲート型量子コンピュータエミュレータの開発
○検証用実験装置（シミュレータ）整備

2　量子計測・センシング

u **新規Flagship（量子生命）**
- **生命現象の機能解明や疾患の早期発見等への活用を見据えた、細胞内の多項目を同時計測する生体ナノ量子センサシステムの開発**　など

PRISM：
○ナノ量子センサ送達技術の開発加速のための多細胞計測イメージングシステムの導入

u **既存Flagshipの拡充**
- 新たに、**電力システムなどのインフラを非侵襲・非接触で安全に故障の予兆をとらえる計測技術を開発**

3　新規人材育成プログラムの開発

事業スキーム

- ü 事業規模：７～１９億円程度／技術領域・年
- ü 事業期間：**最大10年間**、ステージゲート評価を踏まえ研究開発を変更又は中止

国 → 委託 → Flagship 研究代表者グループ（大学、研究開発機関、企業等）
- 共同研究開発グループ（大学、研究開発機関、企業等）
- 基礎基盤研究（大学、研究開発機関、企業等）

※1：FlagshipプロジェクトはHQを設置し、事業期間を通じてTRL6(プロトタイプによる実証）まで実施　※2：基礎基盤研究はFlagshipプロジェクトと相補的かつ挑戦的な研究を実施　※3：サイバー・フィジカル・システムの略

【3】資料2-1　概要②　（量子生命技術の研究開発）

文部科学省　アドオン：　400百万円
元施策(Q-LEAP量子計測･センシング)：1,159百万円
元施策(QST)：※208百万円
※運営費交付金中の推計額

R1年度 | R2年度 | R3年度 | R4年度 | R5年度 | R6年度 | R7年度 | R8年度 | R9年度 | R10年度 | R11年度

QST 量子生命科学拠点
R2年度予算
R元年度補正

- 革新的MRI診断技術開発と利用
- 多核種･超偏極対応の臨床用MRI装置の開発･整備（PRISM）
  - 長寿命･超偏極･多核種造影剤の開発、動物試験
  - PRISMによる加速 研究開発の前倒し
  - 臨床MRIへの実装･ヒトでのデータ取得
  - 整備

Q-LEAP 量子計測･センシング領域

- 量子生命（R2~R11）
  生体ナノ量子センサシステムの開発　等
  （Q-LEAP　Flagshipプロジェクト）
  - 温度･硬さ･地場やpH、生理的に重要な特定物質量等計測項目の拡充、同時計測手法の開発
  - 細胞内の特定部位（核やミトコンドリアの膜上等）に送達する技術を開発
  - PRISMによる加速 研究開発の前倒し
  - 腫瘍や特定の臓器など、全身レベルでのセンサの特異的送達技術を開発
  - 整備
- 多数細胞計測イメージングシステムの導入（PRISM）

【3】資料2-2　令和2年度の研究計画（量子生命技術）

令和２年度目標

・研究開発の施設設備を整備し、研究体制を構築することで、企業との共同研究・民間投資拡大を促し、研究開発成果の社会実装を加速させる。

対象施策の研究内容

量子生命技術は、生命現象の細胞レベルでの機能解明や医療・健康分野等への固体量子センサの活用など、量子技術と生命・医療等とを融合した技術。高齢化の進展や医療費の高騰など我が国が抱える課題を解決し、健康・長寿社会を実現する上で、極めて大きな波及効果が期待されるものである。

- 細胞内局所の複数の情報を一括計測可能な生体ナノ量子センサ技術の実現により、幹細胞の生着率の向上、認知症の病態解明、がんの早期診断が実現
- 量子技術を利用し従来のMRIを遥かに上回る超高感度化を実現し、MRIの健康診断への導入、抗がん剤等の早期効果判定による創薬技術の加速が実現

本事業では量子技術の中で医療・生命分野への社会実装の早期実現が期待される研究開発課題に対して重点的な研究開発支援を行うことで、これらを基に**民間から積極的に投資を呼び込み、産学連携・官民協働による研究開発や実用化等を推進・展開**。

社会実装に向け研究開発を加速／実装先を拡大

QST（量子生命科学）

○量子生命科学拠点によるイノベーションの加速（R2年度）

・**革新的MRI診断技術開発**では超偏極多核種対応の**動物試験**による基礎データの収集を実施

Q-LEAP（量子計測）

Flagship　新規公募

○量子生命（R2年度～）

・細胞内の多項目を同時計測する**生体ナノ量子センサシステムの開発**等

PRISM（量子生命技術）

革新的MRI診断技術開発の加速

超偏極・多核種対応のヒト臨床用MRI装置の開発・整備

・プロトン以外の核種対応の専用コイルを開発・MRI装置への導入

・超偏極多核種の測定のためのプログラム（パルスシーケンス）を開発

生体ナノ量子センサの機能化加速

ナノ量子センサ送達技術の開発加速のための多細胞計測イメージングシステムの導入

・ダイヤモンドの表面処理や加工により生体内の特定部位や腫瘍等へ送達する技術の開発を加速

※下線部がPRISM対象

○動物試験から臨床へのスムーズな移行を実現し、超偏極多核種プローブ等の開発が加速。創薬メーカー等民間からの投資を誘発し、早期の社会実装が期待。MRIの健康診断への導入や抗がん剤の早期効果判定等、医療・創薬に貢献

○生体ナノ量子センサの開発が加速。細胞システムの定量的な理解が進み、疾病の病理解明等、生命科学・医学研究に大きく貢献

【3】資料3　PRISM実施に伴う事業効果等（量子生命技術）

PRISM施策を実施することで得られる成果

「量子技術イノベーション戦略」における**量子融合イノベーション領域**は、**早期に高い精度で実用化・事業化等が期待**

PRISM（量子生命技術）

<革新的MRI診断技術>
超偏極・多核種対応のヒト臨床用MRI装置の開発・整備

<生体ナノ量子センサ>
多数の細胞の数・位置を定量計測するイメージングシステムの導入

○動物実験から臨床試験へのスムーズな移行が実現。超偏極多核種プローブ等の革新的MRI診断技術開発が加速。
○MRI造影剤メーカー等の創薬企業からの投資を誘導。
○MRIの健康診断への導入や抗がん剤の早期効果判定等、医療・創薬に貢献

○生体ナノ量子センサの特定の臓器や腫瘍への送達技術開発が加速
○疾病の病理解明等、生命・医学研究に貢献

研究開発の加速や早期の社会実装を図り、民間研究開発投資の誘発等に施策を誘導することは、**PRISMの制度の目的に整合**

市場規模推移

p　量子計測・センシングの市場規模は、国内だけでも210億円（2020年）から6,360億円（2045年）に拡大すると予想され（出典：2019年版量子技術市場の現状と展望（矢野経済研究所））、特に医学・バイオの分野での実用化が進展。このため、量子生命技術において、共同研究など民間からの貢献は大いに期待される。

民間からの研究開発への寄与

p　例えば、MRIについては、ハードウェア制作も含めた機器開発やデータ解析ソフトウェア開発において、多核種MRI装置の開発実績を有する製造メーカーとの共同研究が想定される。当該共同研究により、3～5年後には多核種トレーサープローブの特許出願が可能となるほか、装置メーカーや製薬企業との連携も進み、5年で10億円、10年で100億円の投資が見込まれる。

民間からのマッチングファンド見込み

p　量子生命科学拠点【超偏極・多核種対応臨床用MRI装置開発・整備】
製薬企業、MRI製造メーカーなど　マッチングファンド見込み額　2億円/5年

p　量子計測・センシング（量子生命他）【多細胞一括計測イメージングシステム開発】
測定装置メーカー、光学メーカーなど　マッチングファンド見込み額　0.3億円/5年

【3】参考資料1　融合領域ロードマップ　量子生命科学(量子技術を用いた超高感度MRI/NMR)

○ 薬剤スクリーニングによる新薬開発への貢献、代謝イメージングによる深部がん治療効果判定や難病診断、早期発見等が期待
○ 5年後、室温超偏極による薬剤スクリーニングや長時間代謝過程可視化が実現。10年後、医療診断が実現、臨床治験が開始
○ 超偏極化、量子符号化、ナノセンサ造影技術等の開発により、超高感度化を進める。また、多種分子の超偏極化技術も開発

経済・社会インパクト

- 分子構造情報に基づく高速薬剤スクリーニングが生化学、薬学系研究室・創薬メーカーに普及し、新薬開発に大きく貢献
- 代謝イメージングが生命医科学系研究室に普及し、生命現象・病理の解明に大きく貢献
- 膵臓、前立腺、腎臓等の人体深部のがんの治療効果を直後に判定。循環器・脳疾患診断等の難病診断も可能に
- 安全かつ環境に優しいナノ造影技術が、造影剤として実用化
- 超偏極、ナノ造影、およびAI技術によるMRIを利用した手軽でエビデンスに基づいた診断により、未病段階での早期発見や重症化・再発の予防等を切れ目なく行う社会システムを実現

領域の進展

室温超偏極技術

- 室温超偏極生体分子構造解析
- 室温超偏極薬剤スクリーニング
- 量子符号化による長時間代謝プロセス可視化の実現
- 室温超偏極薬効薬理・動態試験
- 大型動物での室温超偏極代謝イメージングの実現
- 様々な分子で大規模量子もつれを利用した生体分子解析・生体内分析の実現
- 室温超偏極プローブによる抗がん剤治療効果判定の臨床試験の実施

低温超偏極技術

- 高偏極率低温超偏極による長寿命プローブの代謝イメージングが実現
- 低価格化に資する偏極技術開発による生体代謝イメージングの実用化
- 多種分子の超偏極プローブ／センサによる高速疾患診断技術の臨床試験の実施
- 多種分子の超偏極プローブ／センサの臨床応用

複合技術

- ナノセンサ造影材と超偏極技術により従来手法では困難な1 mm以下の初期がんや身体深部の膵臓がん等の明瞭な観測を実現
- 超偏極化したナノセンサ造影材を用いた多変量計測とAI解析により、がんの生検不要なその場病理診断や発症予測の技術を確立

本領域を支える技術の進展

超偏極プローブ

- 少量試料10,000倍高感度化 大容量試料1,000倍高感度化
- 大容量試料10,000倍高感度化
- 大容量多種分子10,000倍高感度化
- 抗がん剤効果判定用ピルビン酸の室温超偏極化
- 多種分子の超偏極化技術の開発
- 高偏極率・長寿命分子プローブ開発
- より長寿命なプローブの実用化
- 量子符号化センサ技術の開発
- 量子符号化もつれセンサ技術の開発
- 量子コンピューティングによる大規模な量子化学計算と量子AIの活用による、より高度な量子符号化センサの開発

超偏極装置

- 小容量室温超偏極装置の開発
- 超偏極と小型磁石と組合せた高感度磁気共鳴装置の開発
- 高偏極率・低価格低温超偏極装置の開発
- 社会実装に向けた装置の大容量化、偏極効率の向上、低価格化、GMP準拠などの改良

ナノセンサ造影技術

- ナノ粒子による病巣への送達や造影技術を高度化し、ナノセンサ造影剤を複数開発
- ナノ造影技術の臨床応用開発

アルゴリズムとデータベース

- 多変量計測による病理推定アルゴリズムを開発
- がんや脳疾患等の病理推定の自動化を目的とするデータベースを構築
- 多変量計測、ナノ造影技術とAIによる病理推定技術を実現
- 大容量・多変量画像解析による「MRI病理診断」を可能とする情報技術の確立

現在(2019年度) → 5年後(2024年度) → 10年後(2029年度) → 20年後(2039年度)

【3】参考資料2　融合領域ロードマップ　量子生命科学（生体ナノ量子センサ）

○特定の性質･能力を持つ細胞のスクリーニングが可能となり、バイオ医薬品の効率的生産や再生医療の効率化等が期待
○５年後は個々の細胞レベル、１０年後は生物個体レベルの計測範囲を実現し、生命現象の予測･再構築のメソッドを構築する
○計測可能項目の拡充や細胞内の特定部位への送達技術、広範囲観察、生体深部観察技術の開発を進める

経済･社会インパクト

- 生体ナノ量子センサを用いた細胞のスクリーニングと細胞の品質管理により、バイオ医薬品の効率的生産や再生医療の効率化を実現
- AI診断、ウェアラブルデバイス、「量子スマート小胞／量子スマートセル」による各種疾患の早期発見、未病段階のセルフケア、重症化や再発の予防の実現
- 生体ナノ量子センサによる計測が、基礎･応用を問わず、あらゆるバイオ関連産業における細胞測定･分析の標準計測技術に
- バイオデータ基盤を元にした「物質がいかにして生命になるのか」の理解によって、原子･分子からの生命の構築や、生命の振る舞いの予測、生命進化の理解が可能に

領域の進展

生体ナノ量子センサ

- 多種多様な細胞種･生理条件･計測項目から得た情報をビッグデータ化し、データ解釈の統一化･国際標準化･AI診断技術の確立･基礎生物学発展のためのオープンデータベースを構築（バイオとデジタルの融合）
- 網羅的研究により、生きた細胞内で起きている分子過程を物理的に完全解明
- 温度、pHなど計測用途に応じた一般研究用センサキットとして商品化
- 全身･生体深部が対象のセンサ･読取システムの商品化。がん細胞の増殖や転移等の研究を推進
- 特定の性質･能力を持つ細胞の効率的なスクリーニング技術を実現

本領域を支える技術の進展

計測項目

- 温度･硬さ･磁場やpH、生理的に重要な特定の物質量等計測項目の拡充
- 同時計測項目３種類以上
- 広範囲から多数の計測項目データを一括で読み取り、時間変化を追跡するシステムの構築
- 定量する項目を自律的に学習しながら目的（生命現象や病態）に応じて適切な計測情報を返す生体ナノ量子センサの開発

送達技術

- 細胞内の特定部位（核やミトコンドリアの膜上等）に送達する技術を開発
- 腫瘍や特定の臓器など、全身レベルでのセンサの特異的送達技術を開発

高感度化･計測範囲

- 雑音の機構解明、低雑音化信号検出方式、高効率スピン制御方式の実証
- 細胞数：5,000-10,000個程度
- 多数の細胞を一括計測可能な超広視野･光検出磁気共鳴顕微鏡を開発
- 単一細胞レベルの全脳イメージング技術およびWhole-body計測技術の開発
- ナノメーター領域レベルでナノテスラオーダーの磁場感度を達成
- ナノメーター領域レベルでサブナノテスラの磁場感度を達成
- 光学系と高周波照射技術の高度化及び環境スピンノイズデカップリングの実現
- 13C濃縮や表面機能化付与などによる生体ナノ量子センサの多機能化技術の開発
- 超偏極MRI/NMRとの融合による統合した診断･治療技術の開発と世界展開
- 高効率･高制御電子/イオンビーム照射技術の開発
- 2 mm程度の生体深部の観察を実現
- 10 mm程度の深部の全身計測を実現
- 赤外域の発光を持つセンサ材料開発
- 磁場、音波等、蛍光に依らない読取法を確立
- ・10mm以上の深部観察実現に向けた量子操作技術、量子計測の学理と技術の深化
- ・「量子スマート小胞／量子スマートセル」のセルフケア･医療応用へ

細胞機能人為操作

- 遺伝子発現をon-off操作するナノシステム/量子ナノセンサの細胞導入技術を開発
- 細胞機能の人為的制御を可能にする「量子スマート小胞／量子スマートセル」の基盤技術を開発

現在（2019年度）　5年後（2024年度）　10年後（2029年度）　20年後（2039年度）

物質･材料分野の基盤的共用研究設備の遠隔化、自動化（バイオ戦略）

官民研究開発投資拡大プログラム（PRISM）
「バイオ領域」
PRISM審査会説明資料

2020年10月
文部科学省

資料1「物質・材料分野の基盤的共用研究設備の遠隔化、自動化（バイオ戦略）」の全体像

課題と目標・出口戦略

【課題】

- 新型コロナウイルス感染症の発生・拡大に伴い、人・モノの移動などが強く制限され、さらには3密を回避した環境下での実験などを行う必要がある。物質・材料研究機構（NIMS）においても、３密回避のために外部研究者による共用研究設備の利用にあたっては入構を制限せざるを得ない状況にあり、これら設備を活用した全国の研究活動が大きく停滞し、緊急事態宣言下において民間等の外部共用利用率は0%となった。このような状況を回避するための施策を講じ、研究停滞を防ぐことが課題である。

【目標・出口戦略】

- 研究者から共用設備としても特にニーズの高い溶液サンプル専用NMR、LC-MS/MS、レーザーラマン顕微鏡について、遠隔利用や実験の自動化を行うための機能を追加することで、新型コロナウイルス感染症の脅威がある中でも、遠方の民間企業、大学等の研究者による利用が可能となる環境を整備し、これら設備を利用した研究開発の深刻な遅延を防ぎ、民間等の外部共用利用率を従来比100%以上に回復することにより、我が国における物質・材料分野の継続的なイノベーションの創出に資する（民間利用についてはR1年度実績の20%増を目指す）。

民間研究開発投資誘発効果等

【民間企業からの貢献】 5年間で総額約15,700千円相当

○共用設備・機器としての民間利用（約15,700千円相当）

- 生体活性分子等の分子構造の推定
- 医療、食品分野のたんぱく質の同定
- 組織サンプル等中の薬剤の分布状態および存在状態の解析

元施策

国立研究開発法人物質・材料研究機構運営費交付金 うち、研究設備・共用環境等関連事業 (2,083,939千円(推計額))

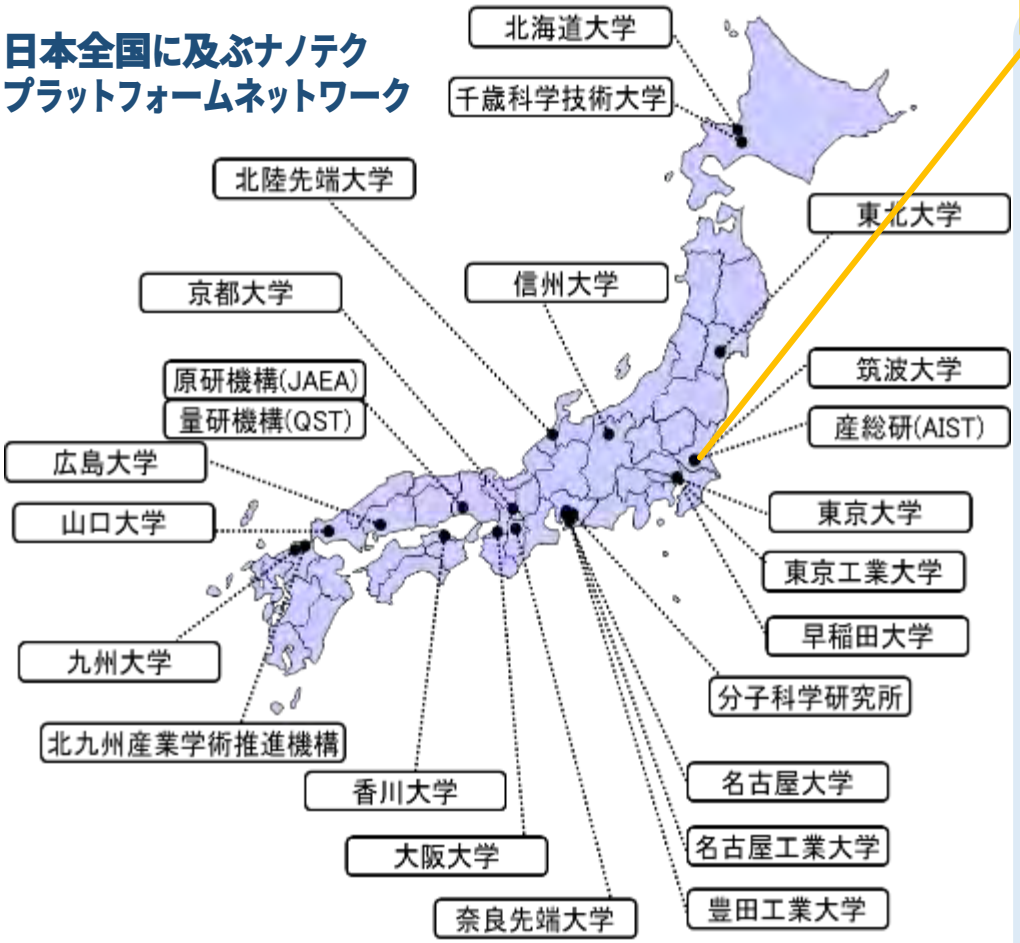
- 物質・材料研究の中核的機関として、260台に及ぶ共用装置の維持管理、外部利用支援及び基盤技術開発を実施
- バイオ領域では、施設内に５つのエリア（生体分子調製エリア、細胞培養エリア、バイオイメージングエリア、有機・高分子材料創製エリア、機器分析エリア）を整備してバイオテクノロジーとナノテクノロジーの融合研究を支援

資料2-1 概要①

（文部科学省　アドオン額：13,000千円）

- 共用研究設備の外部利用を推進すべくスクールの実施、利用申し込みのオンライン化などを実施してきた。
- バイオ領域では、バイオテクノロジーとナノテクノロジーの融合研究を支援すべく細胞の取り扱いから化合物の分析まで1か所でできる施設を用意。分析・観察の中心となってきている装置（NMR、LC-MS/MS、ラマン顕微鏡）を遠隔化することでより広い地域から容易に利用できるようになり、融合的研究の進展が加速されると期待できる。

日本全国に及ぶナノテクプラットフォームネットワーク



- 大学、民間を問わず多種多様な利用者
- 最先端研究設備とそれを支える高い技術力

物質・材料研究機構（ＮＩＭＳ）

センター機関 ※センター機関として日本全国のナノプラネットワーク、及び２６０台にも及ぶ共用設備の運用実績

特にニーズや重要度の高い装置(３台)へ、遠隔化の機能を追加

資料2-2　概要②サイバー攻撃対策

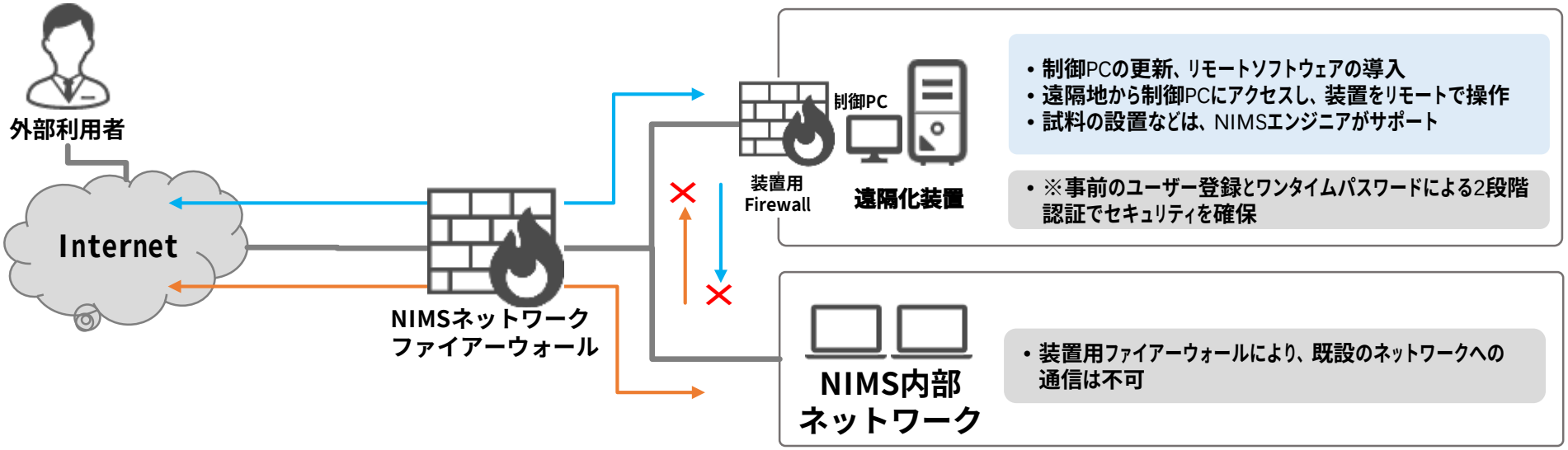
（文部科学省　アドオン額：13,000千円）

遠隔化に伴うサイバー攻撃のリスクと対策

○制御系の遠隔化に伴うサイバー攻撃対策

- 各研究装置は自動化･遠隔化の機能追加のため外部ネットワークとの接続が必要となるが、サイバー攻撃対策を目的として既設のネットワークとは論理的に独立したネットワーク環境を構築のうえ、接続する。
- 外部からの利用者に対するユーザー認証については、事前に承認された外部利用者を事前登録し（利用期間は限定）、アクセスする際にはワンタイムパスワードなどの二段階認証によりネットワーク上にあるVPNにアクセスして認証された者のみが利用できるようにするなど強固なセキュアな環境を構築する。
- 仮に、悪意のあるユーザーに攻撃を受け内部に侵入された場合であっても、既設のネットワークから独立した環境であるために他の業務などに利用しているサーバーや研究装置などには影響がない。

遠隔化構築イメージ



資料3　PRISM実施に伴う事業効果等

民間

〇支出額：13,000千円

〇民間研究開発投資誘発効果：15,700千円/5年間　←※投資金額以上の誘発効果が見込める

金額：単位千円

装置名	2019年度						今後5年間（2020年～2024年度）		民間企業利用における想定メーカー
	国研・大学等		民間企業		合計		民間企業 カッコ内5年平均		
	件数	金額	件数	金額	件数	金額	件数	金額	
溶液サンプル専用NMR	15	44	41	**167**	**56**	**211**	250（50）	**1,000（200）**	化学、発酵、医薬ベンチャー
LC-MS/MS	52	907	24	**1,101**	**76**	**2,008**	150（30）	**6,600(1,320)**	製粉、環境、医薬ベンチャー、食品
レーザーラマン顕微鏡	29	182	38	**1,345**	**67**	**1,527**	225（45）	**8,100(1,620)**	化学、化粧品、油脂
合計	**96**	**1,133**	**103**	**2,613**	**199**	**3,746**	**625(125)**	**15,700(3,140)**	

※遠隔化により、20%増（5年間平均）を見込む

大学等

〇国研･大学における研究への寄与度

- 今回遠隔化を図る予定の3装置については民間と同程度の件数があり、地方の大学からの利用もある。
- ナノテクノロジープラットフォームでの旅費補助を利用して遠隔地からの施設利用もあることから遠隔化が図れればより気軽に大学院生･ポスドクなどの利用も増加すると期待できる。

〇遠隔化･自動化を行う施設の現行の民間利用比率（時間ベース）

- 遠隔化･自動化を行う施設の現行の民間利用比率はNMR　55%、LC-MS/MS　33%、ラマン　57%となっている。

資料4 令和2年度　実施計画（具体的施策）

溶液サンプル専用NMRの遠隔化

（金額：2,000千円）

●既存装置の主な機能

- 核磁気共鳴スペクトルを測定し、分子の構造を測定することが可能。ナノバイオ研究には不可欠な装置
- 既に、**オートサンプラーを装備し、自動による試料の交換が可能**
- 特に薬剤メーカーでは原料の成分に対して分析をおこない、薬剤の新規開発の指標として活用
- 利用想定事業者：化学、発酵、医薬ベンチャー等

2019年度民間企業利用実績
利用回数　41件、利用料収入167千円

オートサンプラーを装備済
遠隔化により、機構外からの自動化が可能

LC-MS/MSの遠隔化

（金額：6,000千円）

●既存装置の主な機能

- 主としてタンパク質の同定を行う装置で医療、食品関連を含むバイオ分野の研究には欠かせない装置
- 特に食品、化学メーカー等では、食品素材に対して分析をおこない、食品の新商品開発や製品管理に活用
- 利用想定事業者：製粉、環境、医薬ベンチャー、食品等

2019年度民間企業利用実績
利用回数　24件、利用料収入1,101千円

レーザーラマン顕微鏡の遠隔化

（金額：5,000千円）

●既存装置の主な機能

- 種々の試料の多様なラマンスペクトルをマッピングできるバイオ分野・材料分野ともに用途の広い重要な装置で今後のナノバイオ分野に必須
- 特定の構造を持った「生体物質・化合物」などの試料（生体組織や食品、化粧品）中での分布、存在状態を観察し、化粧品や食品の新商品開発に利用
- 利用想定事業者：化学、化粧品、油脂等

2019年度民間企業利用実績
利用回数　38件、利用料収入1,345千円

【追加する機能】

インターネットを介した、遠隔地からのリモートアクセス・リモートコントロール

【効果やメリット】

活動自粛時でも遠隔利用により研究継続可能

遠隔地からのリアルタイムなデータ取得と解析

学生や若手研究者等の技術力発展に寄与

バイオ②

「SPring-8の自動化・遠隔操作装置整備」

官民研究開発投資拡大プログラム（PRISM）
「バイオ領域」
施策説明資料

2020年10月
文部科学省

資料１　「SPring-8の自動化・遠隔操作装置整備」の全体像

課題と目標・出口戦略

【課題】　大型放射光施設SPring-8では、産学官の施設利用によって、創薬イノベーションの基盤となるタンパク質構造解析をはじめとする様々なバイオ研究が実施されているが、新型コロナウイルスの影響で人の往来が制限されたため利用研究が停滞。製薬企業をはじめとする様々な企業・学官から、自動化・遠隔化を強力に推進するよう要請されている。新型コロナウイルス感染症の治療薬開発をはじめとする創薬研究において、多くの候補物質の中から有用物質を選抜するための研究サイクルを加速させる。さらに、イメージングや分光分析等、バイオ研究や医療機器開発を多角的に推進する上で不可欠な分析手法においても、自動化・遠隔操作のニーズが極めて高くなっている。

【目標・出口戦略】　大型研究共用施設であるSPring-8の自動化・遠隔操作整備を推進することで、新型コロナウイルス感染症における創薬研究などの社会課題解決や共用施設としての今後の利用者拡大による研究開発の加速等、バイオ関連研究におけるイノベーション創出のための研究開発継続への貢献を目指す。

民間研究開発投資誘発効果等

【民間企業からの貢献】　5年間で総額約119,700千円相当

○共用設備・機器としての民間利用（約4,000千円／年相当）

・施設全体の自動化に伴う運転効率化により、民間企業の利用のうち、バイオ関連企業約20社、年間利用課題約30課題、年間利用料収入約40百万の5%にあたる約2課題／年、2,000千円／年の増が見込まれる。

・遠隔操作が施設に派遣する人員コスト削減につながり、企業による放射光利用のハードルが下がる。また、自動化によって放射光利用に慣れていない新規企業の参入が見込まれるため、バイオ関連企業による利用（上記同）の5%にあたる約2課題／年、2,000千円／年の増が見込まれる。

○SPring-8で行われる民間との共同研究（約19,940千円／年相当）

・遠隔操作の実現により、離れた多地点から共同でSPring-8の実験装置にアクセスすることが可能となり、SPring-8をハブとした新しい産学連携共同研究の形態を作ることが期待される。（2,500千円／年・企業×5社）

・自動化・遠隔操作により、年間2課題程度、3,720千円／年・課題の民間企業から他大学等への共同実験による投資効果が見込まれる。

元施策：「大型放射光施設（SPring-8）の整備・共用」の一部　（508,170千円）

SPring-8について、安定的な運転の確保及び利用環境の充実を行い、産学の広範な分野の研究者等の利用に供することで、世界を先導する利用成果の創出等を促進し、我が国の国際競争力の強化につなげる。

施策の全体像

本施策によるSPring-8の自動化・遠隔操作整備を行うことで、バイオ関連研究活動を中心とした産学官の社会課題解決やイノベーション創出のための研究開発の支援体制を構築する。

資料２　「SPring-8の自動化・遠隔操作装置整備」の概要①

（文部科学省　アドオン：1億円/元施策：83億円）

背景･現状

大型放射光施設SPring-8は、創薬イノベーションの基盤となるタンパク質構造解析では世界有数の解析能力を誇り、その他のバイオ関連研究･医療機器開発（例:人工心肺装置(ECMO)のチューブの素材開発）においても産官学による施設利用が普及しているが、新型コロナウイルスの影響で人の往来が制限された影響で利用研究が停滞。製薬企業においては、新型コロナウイルス感染症の治療薬開発をはじめとする創薬研究において、多くの候補物質の中から有用物質を選抜するための研究サイクルを加速させる必要があり、計測装置のさらなる自動化･遠隔操作対応が求められている。

2009ノーベル化学賞

『細胞内のリボソームの立体構造と機能を解明 』

※放射光施設の長期ユーザーとして年間1,200時間程度の利用により達成

SPring-8における研究成果事例

『GPCR型 膜タンパク質の構造解析に成功』

※GPCR：G-タンパク質共役受容体　*Science*（2000/8/4）

- Scienceの表紙を飾り引用回数は4,500回以上
- GPCRは種々ホルモン、神経伝達物質などの受容体であるため、機序の解明や医薬品の開発に貢献

→　大型放射光施設はノーベル賞級成果を支える研究基盤

【新型コロナウイルス感染症による影響】

- 外部からの利用者の来所停止期間：2020年4月6日から2020年6月16日
- 当該期間においても、加速器を含む施設運転は実施できており、新型コロナウイルス感染症（COVID-19）対策研究において、ユーザーの来所を伴わない形での測定実験は受け入れていた
- しかしながら、現状では大半の実験はユーザーが来所しないと実施できず、当該期間中に実施できなかった利用課題数は、540課題にも上った（うち、産業界による未実施課題数：66課題）

自動化･遠隔対応により、バイオ分野の研究サイクルを大きく加速

資料２　「SPring-8の自動化・遠隔操作装置整備」の概要②

（文部科学省　アドオン：1億円/元施策：83億円）

施策の全体像

【SPring-8の特徴】

①世界最高性能の施設

- 同等性能の大型放射光施設を有するのは日米欧のみ
- 日本におけるフロントランナーとして、20年以上にわたり施設の安定運用を実施

②外部共用の実績

- 年間約16,000人、累計総利用者数約27万人が利用
- 産業界における利用も活発（課題数ベースで約20%）
- 日本国内におけるバイオ研究の放射光利用を牽引

③立地

- 人口密集地から離れており、ユーザーアクセスには難あり
- 一方で、今回の緊急事態宣言下においても、立地地域における影響は極めて軽微であり、施設運転も問題なく実施できた
- 立地地盤も強固であり、天災にも強い

産官学による利用の拡大

自動化の推進

試料準備からデータ解析に至る一連のプロセスにおいて人の介在をできるだけ小さくする

遠隔実験の推進

自動化されたシステムに対して、所外からリモートでアクセス。ユーザーは来所せずとも実験可能に

【期待される効果】

- 各プロセスを一気通貫で自動化（プロセス間の自動化）することにより、ボトルネックのない効率化・自動化を実現
- 自動化されたシステムに対して、ユーザーは所外からリモートでアクセスし、来所せずとも実験可能に
- 民間企業の放射光計測の参入障壁を下げながら、SPring-8をハブとした新たな産業連携の構築
- 新型コロナウイルスによって停滞した生命科学系学術研究の支援としての役割（特に大学院生や若手研究者）
- 今後、人の往来が再び制限された場合にも、研究開発を止めない仕組みを確立し、我が国のイノベーションを着実に推進

（情報セキュリティ対策）

SPring-8における情報セキュリティを担保するために、SPring-8の実験ホール内に、ファイアウォールで守られた独立ネットワークを構築している。

また、関係機関により「SPring-8/SACLA データ・ネットワーク委員会」を設立し、SPring-8で創出されたユーザーデータのデータポリシーや、ネットワークの運用ルール等を制定しながら、利便性と安全性の両立を図っている。

資料３　PRISM実施に伴う事業効果等

■民間研究開発投資誘発効果（利用料収入や民間企業との共同研究による民間資金獲得額の増加）

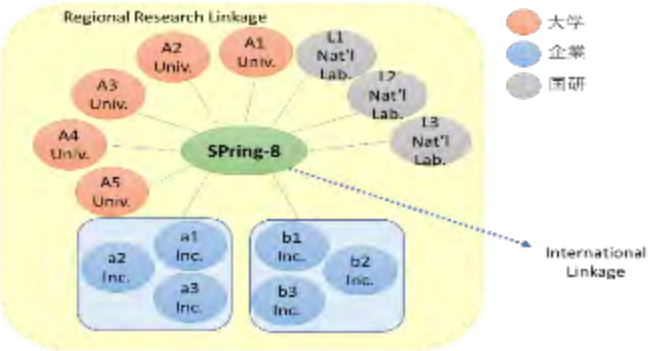
共用設備・機器としての民間利用（4百万円/年）

SPring-8では既に多くの産業界利用が実施されている。
※民間企業の利用（2019年度実績）：バイオ関連企業において、約20社、約30課題、利用料収入約40百万円
※2019年度のSPring-8利用企業：第一三共、大日本住友製薬、武田薬品工業、富士フィルム、味の素など

今回の「SPring-8の自動化・遠隔操作装置整備」の実施により、
① 装置自動化による運転効率化による実施課題可能数の実質的な増
② 装置自動化及び遠隔操作での利用環境整備による施設全体の利便性向上による潜在的ユーザー開拓により、全体の10%程度の産業利用増が見込まれる。
(バイオ関連企業において年間約2社、約4課題、利用料収入約4,000千円の増)

SPring-8で行われる民間との共同研究（19.9百万円/年）

③ SPring-8をハブとした新たな産学連携共同体の形成（12.5百万円／年）
遠隔操作の実現により、離れた多地点から共同でSPring-8の実験装置にアクセスすることが可能となり、SPring-8をハブとした新しい産学連携体制の構築が期待される。（2,500千円／年・企業×5社）



SPring-8をハブとした新しい産学連携体制

④ SPring-8における共同課題の増による研究活動活性化（7.4百万円／年）
SPring-8では、産学官の共同研究活動の場として、日常的に産学官の共同実験が実施されている。生命科学系の共同実験は年間約10件程度であり、今回の自動化及び遠隔操作によって2件程度の増加が見込まれる。1課題当たりの実験時間は約7.8シフト（約62時間）であることから、共同実験による民間企業からの投資効果として年間約3,720千円/課題×2件の効果があると考えられる。

利用料収入のみならず、SPring-8を核とした新しい産学連携の形成、国内大学と民間企業との共同研究機会を創出し、民間資金を呼び込む。
５年間で約1.2億円の収入を見込む

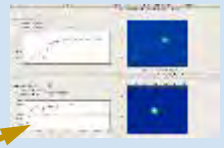
資料４　令和２年度の研究計画（具体的施策）

ビームライン自動化･遠隔操作の概要　SPring-8の自動化･遠隔操作整備を行い、産学官の研究開発支援体制を強化

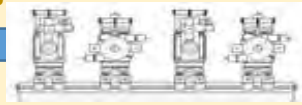
（実験施設内）

SPring-8

ビーム位置自動制御システム
（対象手法：タンパク質結晶構造解析BL）
電子ビームの照射位置や光学系の自動調整システム



ビームライン基幹部

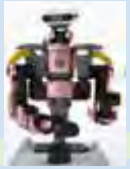


放射光

実験ハッチ

オートサンプルチェンジャー
（対象手法：小角散乱BL、イメージングBL）
測定試料の自動交換システム

実験データ



ロボティクス計測装置
（対象手法：小角散乱BL、イメージングBL）
自動化が進んでいる各要素間をつなぐロボットシステム

遠隔操作

自動試料調製システム
（対象手法：小角散乱BL、イメージングBL）
研究者が手工業的に行なっている試料の自動調製化装置

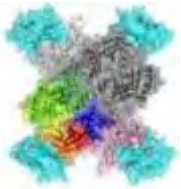
リモートアクセス対応実験システム
リモートによる施設へのアクセスによって施設に来ずとも実験操作可能となるリモートツールの導入

工場･研究所

- SPring-8の共用BL（26本）のうち、バイオ領域への高い貢献が見込める6本のビームライン（タンパク結晶構造解析BL、バイオ小角散乱BL、バイオイメージングBL）を対象に、自動化･遠隔化の整備を進める。
- バイオ小角散乱BL及びバイオイメージングBLのうち、プロセス内の自動化が進んでいない2本のBLについては、「自動試料調製システム」および「オートサンプルチェンジャー」を優先的に整備。既にプロセス内自動化が進んでいる2本のBLについては、プロセス間をつなぐ「ロボティクス計測装置」を整備。
- タンパク結晶構造解析BLは試料調製･試料測定等のプロセス内自動化が進んでおり、プロセス間をつなぐ「ビーム位置自動制御システム」を整備。

創薬開発につながる研究成果創出

インフルエンザウイルスRNAポリメラーゼの構造解明



受容体と結合した麻疹ウイルスの構造解明

医療機器材料の分析

体外式膜型人工肺(ECMO)におけるチューブの材料分析

波及効果

- 量子ビーム研究のより一層の加速･利便性向上
- 収入増大及び共同研究の促進

○研究開発サイクルの加速･人材育成
○イノベーション創出

バイオ③

スマートセル構築を加速するバイオファウンドリ設備の遠隔化・完全自動化

官民研究開発投資拡大プログラム（PRISM）
「バイオ領域」

経済産業省

「ｽﾏｰﾄｾﾙ構築を加速するﾊﾞｲｵﾌｧｳﾝﾄﾞﾘ設備の遠隔化・完全自動化」の全体像

○課題と目標・出口戦略

バイオ技術領域においては、世界的に遠隔化・自動化による無人ラボ化への流れは加速している一方で、日本におけるバイオ産業の自動化・遠隔化は遅れており、その対応は急務である。本事業では、バイオエコノミーを加速する中核技術としてのバイオファウンドリ設備の遠隔化・完全自動化を実現することで、バイオ製品の高速研究開発期間を短縮することを目指す。これにより、新型コロナウィルス等の感染症に対する診断・治療薬の研究開発の促進や、遠隔操作による感染拡大予防にも貢献できる。

○民間研究開発投資誘発効果等

バイオファウンドリ設備の遠隔化・完全自動化が標準的な微生物開発技術となれば、バイオ技術領域における遠隔化・自動化に関連した新産業分野の市場の拡大が期待される。

○元施策の概要・施策の全体像

バイオエコノミー市場の拡大に向け、元施策NEDO「植物等の生物を用いた高機能品生産技術の開発（スマートセルプロジェクト）」において、スマートセル（微生物細胞がもつ物質生産能を最大限引き出した細胞）の開発基盤技術を開発し、技術を集約したバイオファウンドリの構築を進めている。本事業では、その完全自動化・遠隔化に取り組み、スマートセル開発期間の大幅な短縮を図る。スマートセル事業で開発された技術はSIP「スマートバイオ産業・農業基盤技術」でも活用されている。

① Build設備の自動化・遠隔化

ワークフローに基づく遺伝子多重発現強化、多重破壊のコンビナトリアルライブラリの自動構築と自動高速評価を行うとともに、一部遠隔管理・監視システムでの候補微生物株を選定する。

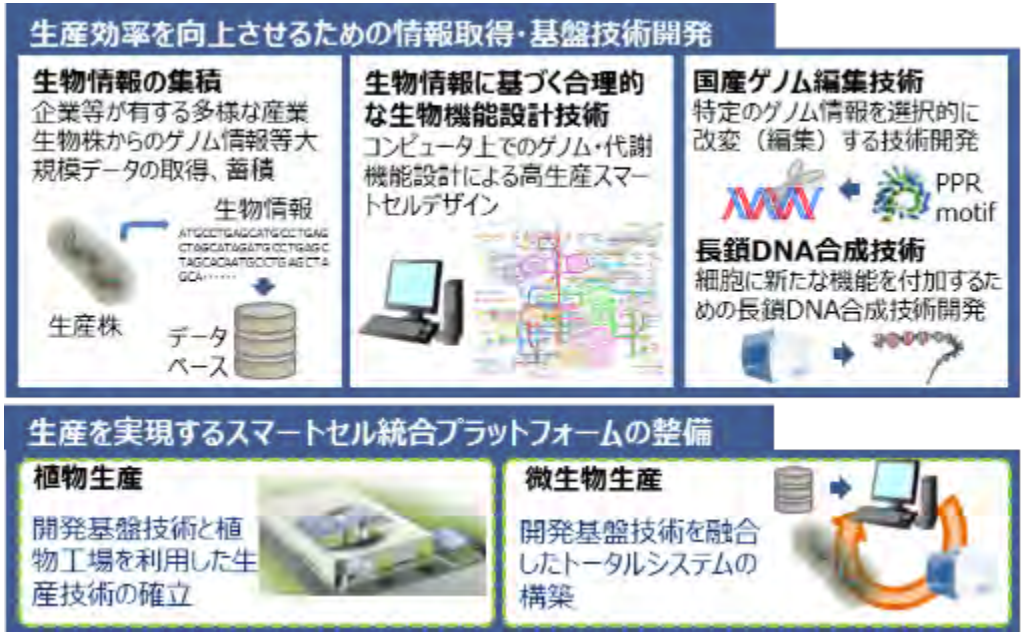
② 遠隔操作可能な一気通貫のデータ統合システム

自動取得した多次元（DBTL）バイオデータの遠隔地での統合化と、統合データに基づくスマセル再設計システム

- スマートセル開発をPRISM事業で自動化・遠隔化
- バイオものづくりの研究開発をスピードアップ
- 遠隔操作実装による感染症対策

スマートセル構築の概要

植物等の生物を用いた高機能品生産技術の開発（スマートセルプロジェクト）2016-2020年度



・各要素技術については、10社を超えるPJ参画企業テーマで共同研究を実施している。週1（8時間）技術利用をしている企業がいると仮定して、32時間／月＝384時間／年。
・DBTLワークフローを集約したエリアを現在構築中。コロナ等の影響により工期が遅れているが今夏～秋完成見込み。

＜ロードマップ＞（イメージ）

元施策

実施事項
・合理的な生物機能設計システム
・長鎖DNA合成技術
・HTP微生物構築　等

PRISM実施期間

元施策の基盤技術をPRISMで自動化・遠隔化

実施事項
・人手を要していた重要なモジュールを機械化
・自動取得した多次元（DBTL）バイオデータの遠隔地での統合化

PRISM成果の融合により、元施策技術利用による産業課題解決の高速化

「ｽﾏｰﾄｾﾙ構築を加速するﾊﾞｲｵﾌｧｳﾝﾄﾞﾘ設備の遠隔化・完全自動化」の実施概要

① Build設備の自動化・遠隔化

Ø 微生物ライブラリーの構築（Build）と評価（Test）

スマートセル開発期間短縮と省人化のために、膨大なサイズの微生物ライブラリーの構築・評価工程の一部自動化/遠隔化を行う。

② 遠隔操作可能な一気通貫のデータ統合システム

Ø 神戸大学統合データ管理システム（KIDS）の高度化

自動化・遠隔操作プロセスにおける作業効率化を図るために、スマートセル構築に必要十分なデータを抽出し、DBTLデータとして標準化する。

- 全自動微生物コロニーピッキングシステム

形質転換体の播種からコロニーピッキングまで

- 全自動電気泳動システム

ゲル電気泳動の自動化・高感度化

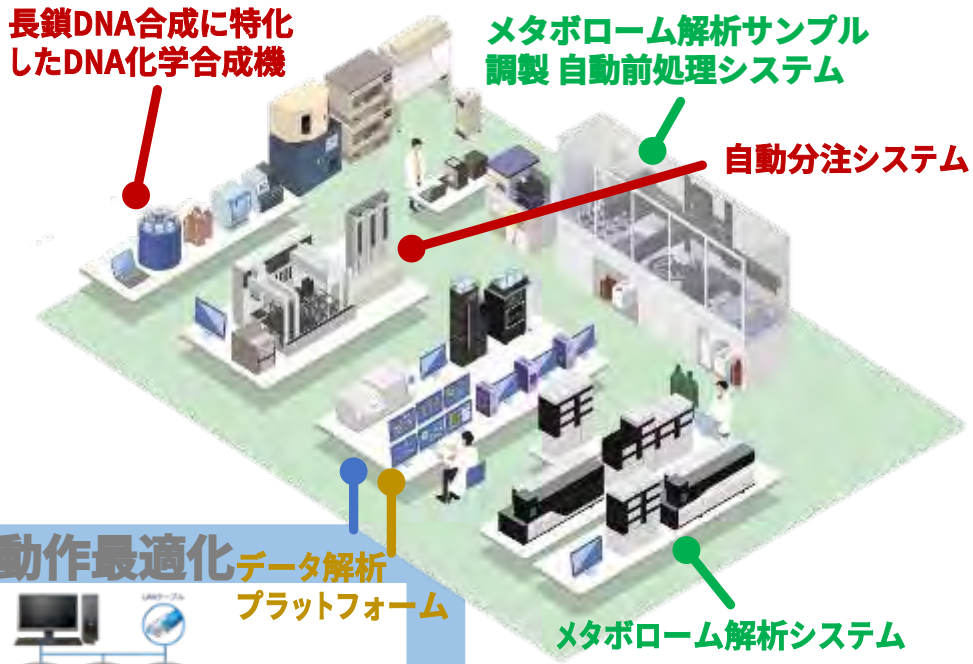
- 液体クロマトグラフ質量分析計ネットワーク

ユーザー管理やデータ管理の一元化

- クラウド

ワークフローに基づくデータの集積、AIの学習に活用

超高速微生物育種プラットフォームへの実装



動作最適化

全自動装置類の遠隔監視

自動化・遠隔化のアウトプットイメージ

- 再現性の高いデータの集積
- 任意の変数（導入酵素名、導入遺伝子配列、発現コンストラクト、破壊遺伝子名など）と目的物質生産性を紐付けた統合データの整理

- スマセル最適化に資するDBTLデータセットのKIDSへの自動格納

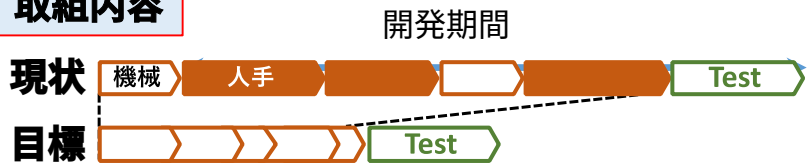
「ｽﾏｰﾄｾﾙ構築を加速するﾊﾞｲｵﾌｧｳﾝﾄﾞﾘ設備の遠隔化・完全自動化」の波及効果

■元施策の加速、PRISMで推進する理由･戦略等の位置づけ、情報セキュリティ等

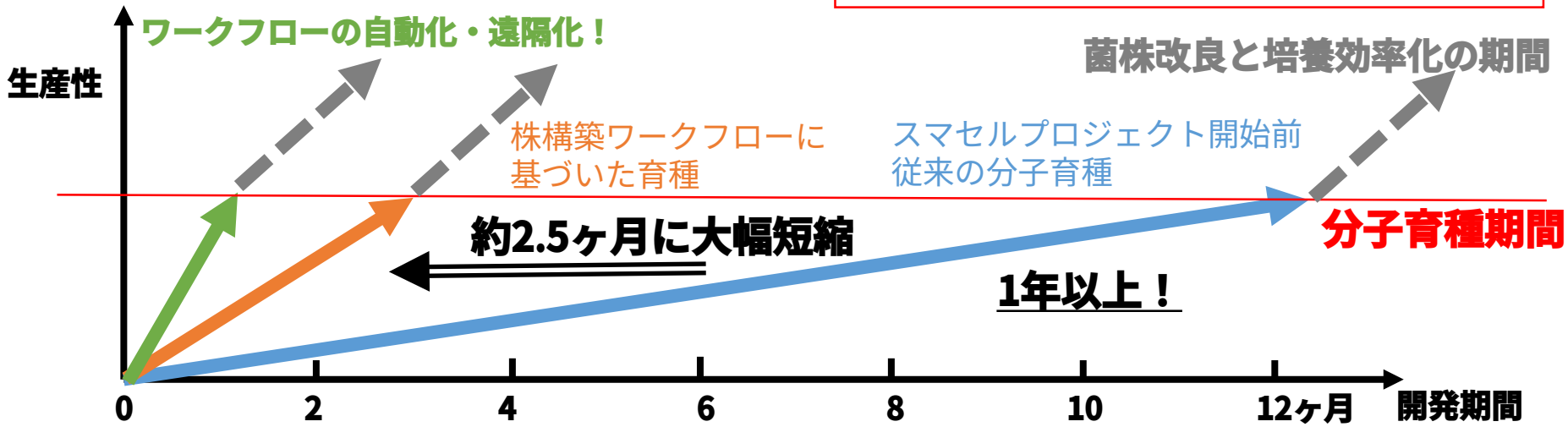
- Ø 遠隔化･完全自動化による株開発期間の圧倒的な短縮化
- Ø SIP等のバイオエコノミーに関するバイオ戦略の取組やデータ駆動型のバイオ産業展開に貢献
- Ø DBTLデータ情報の機密性･完全性･可用性（CIA）を維持することで、ワークフローの国際優位性を確保できる。

神戸大学に整備した超高速微生物育種プラットフォーム

取組内容



- 人手を要していた重要なモジュールを機械化
- モジュールの連結・統合による遠隔化・自動化プラットフォームの創出



バイオ④

創農薬・動物医薬品研究等の革新に向けた共用設備の遠隔化・自動化

官民研究開発投資拡大プログラム（PRISM）
「バイオ技術領域」

2020年10月
農林水産省

資料１　「創農薬・動物医薬品研究等の革新に向けた共用設備の遠隔化・自動化」の全体像

課題と目標･出口戦略

【課題】

- 近年、温暖化の進行に伴う新規病害虫の発生や薬剤耐性の発達などが問題化しており、それら問題に対処するための新規農薬の開発が急がれる状況にある。一般的に、新規農薬等の開発は、ターゲット化合物の探索から新薬の承認までに１０年以上の歳月とリスク評価のために数百億円ものコストを要すると言われ、開発期間の短縮と開発コストを大幅な削減が課題となっている。
- こうした中で、農研機構高度解析センターでは、NMRを用いて昆虫やヒトの生体タンパク質と各種化合物（農薬等）との相同性を比較分析し、化合物の薬効や毒性を予測するシステムを独自開発し、農薬メーカー等との共同研究、受託解析に力を入れている。
- しかしながら、今般の新型コロナ感染症の発生により、民間等の外部来構者の受け入れを制限せざるを得ず（本年2月以降の来構者はゼロ）、これら民間企業との共同研究又は受託分析に係る分析業務を機構職員が代行する形で緊急避難的な対応を行っているところ（表１参照）。
- 今後も新型コロナ感染症の第２波、第３波が予想され、来構制限を継続せざるを得ない情勢に鑑み、現行の緊急避難的な対応は限界に達しており、機構自らが行う分析業務（分析業務全体の8割相当）の遅れを取り戻すには、これら共同研究･受託分析の中止又は大幅な縮小を行わざるをえず、
  ① 農薬メーカー等による新薬開発に重大な悪影響が生じ、国際的な開発競争の遅れが懸念される。
  ② また、食品中の栄養･機能性成分の分析等を委託する食品企業等への影響も必至である。

表１　農研機構（NARO）高度解析センターNMRの利用状況（時間）

	分析実施者	令和元年（年間）	令和２年（１～６月）	
			計画	実績
共同研究分	NARO研究者	―	―	約3,500時間
	民間研究者	約8,000時間＊	約5,000時間（100%）	０時間
依頼分析分	民間研究者			
NARO独自分析分	NARO研究者	約29,000時間	約14,000時間（100%）	約8,500時間（61%）

＊　NMR等の共用設備の使い方等をNARO研究者が指導（ハンズオン支援）し、民間研究者が自前で分析することを原則としている。

【目標･出口戦略】

- 最近、民間企業の利用ニーズが集中しているNMRに関し、新たに遠隔化･自動化･セキュリティを図ることにより、コロナ禍においても企業側から在所利用できるようにし、外部共用利用率を従来比100%以上に回復する。

民間研究開発投資誘発効果等

Ø　遠隔化･自動化機能の追加により5年間で総額2億円以上の民間投資を見込む。

【参考：これまでの実績】
- R1年度　　：14百万円（うち依頼分析3,466千円、共同研究11,490千円）
- R2年度（既契約分）：23百万円（うち依頼分析2,024千円、共同研究21,080千円）

注：R2年度は、高度解析センター職員が分析業務を代行し、既契約分を最優先に行っているため、追加の依頼分析12件をお断りしている状況。

元施策の概要

Ø 農研機構高度解析センターでは、共同研究を希望する民間企業や都道府県、大学等の研究者に対し、保有する高度分析機器等の外部利用、分析･鑑定依頼等を受託している。

Ø また、農業情報研究センターでは、内閣府SIPで開発したデータ連携基盤WAGRIを介し、農業･食品関連情報の提供サービスを行っている。

施策の全体像

Ø 最近、民間企業の利用ニーズが集中しているNMRに関し、新たに遠隔化･自動化･セキュリティを図ることにより、コロナ禍においても企業側から在所利用できるようにし、外部共用利用率を従来比100%以上に回復する。

Ø 合わせて、農業情報研究センターのWAGRIを介する形で、NMRデータのAI高度解析サービス（元施策により実施）を付加し、新規農薬等の開発期間を４年程度に短縮することを目指す。

資料２　「創農薬・動物医薬品研究等の革新に向けた共用設備の遠隔化・自動化」の概要

（農林水産省　アドオン：100,000千円/元施策：654百万円）

背景･現状

- 近年、新規農薬等の開発は、ヒトへの毒性試験のほか、様々な野生生物等への影響試験（薬効･毒性を評価するための生物試験等）がもとめられており、このための動物実験等に膨大な時間とコストを要する現状にある。このため、一般的にターゲット化合物の探索から新薬の承認までに１０年以上の歳月とリスク評価のために数百億円ものコストを要すると言われている。

- こうした中で、近年、農薬等の候補化合物（農薬等）と標的タンパク質（生物の生体物質）のそれぞれの物理構造の関係性から、候補化合物の薬効や毒性を予測し、探索時間の短縮や研究開発プロセスを簡素化しようとする取り組みが始まりつつあり、農薬メーカー等から注目されている。

- しかしながら、今般の新型コロナウイルス感染症の発生により、これら解析業務に関し、民間企業職員等の来所自粛等を行わざるを得ない状況あり、現在、大幅な業務（既契約済みの業務）の遅延を招いている。また、今後予想される第２波、第３波による更なる影響が懸念される中で、これら共同研究･受託分析の中止又は大幅な縮小を検討せざるをえない状況にある。

実施内容

- 本プロジェクトでは、コロナ禍においても農薬開発等に携わる民間企業が在所からNMRを遠隔利用できるよう、高度解析センターが保有するNMR（800MHz機）の遠隔化･自動化及びセキュリティ対策を講じる。

- また、別途、元施策（農研機構運営費交付金）により、農業情報研究センターのWAGRIを介する形で、NMRデータのAI高度解析サービス（元施策により実施）を付加することにより、農薬等の候補化合物の探索解析を在所状態で可能とする全国初のAI解析システムを提供する。

研究開発目標・出口戦略

Ø 最近、民間企業の**利用ニーズが集中しているNMRに関し、**新たに遠隔化・自動化・セキュリティを図ることにより、コロナ禍においても企業側から在所利用できるようにし、**外部共用利用率を従来比100%以上に回復**する。

Ø 合わせて、元施策（農研機構運営費交付金）において、農業情報研究センターのWAGRIを介する形で、NMRデータのAI解析サービスを付加することにより、**新規農薬等の開発期間を４年程度に短縮**することを目指す。

Ø さらに、将来的には、これらシステムを農作物のメタボローム解析等にも広げることにより、高度な実験設備や専門家を有しないバイオ・ベンチャーや異分野事業者がバイテク分野に参入しやすい環境を整備することとする。

PRISMで推進する理由・元施策がどのように加速されるか・戦略の位置づけ

Ø 「統合イノベーション戦略2020」に示された、

〇 新型コロナ感染症対策（第Ⅱ部）としての「停滞する科学技術・イノベーション活動への支援（研究設備の遠隔化・自動化の推進）」

〇 戦略的に取り組むべき基盤技術（第Ⅲ部）の

・ 第５章「バイオテクノロジー」分野における「市場領域の取組」、「バイオとデジタルの融合（データ基盤の構築）」

・ 第６章「食料・農林水産業」分野における「ターゲットの明確化とグローバル展開を見据えた技術開発・社会実装の推進」

に貢献するものである。

情報セキュリティおよび制御系セキュリティ対策

民間企業、公設試、大学等

第１段　農林水産省ネットワーク上のファイアーウォール（外部の不正アクセスを監視･防御）

第２段　農研機構ネットワーク上のファイアーウォール（特定拠点のみからアクセスを許可）

第３段 NMR制御用計算機における**複合的多層的防御対策**

核磁気共鳴分光装置NMR　　NMR制御用計算機

ü 農林水産省及び農研機構の既存ネットワーク（第１、第２段階）のセキュリティ･システムを活用しつつ、**新たにNMR装置制御用計算機に複数のセキュリティ対策ツールを複合的多層的に組み合わせる**こと（農研機構独自開発）により、堅牢な情報システムを構築

資料３　PRISM実施に伴う事業効果等

【民間研究開発投資誘発効果、財政支出の効率化】

Ø **農薬の世界市場規模は、2010～2015年の5年間で34%伸長し、2015年時点で51.21$m。国内市場は、直近10年間で3,500億円程度。**

Ø **海外市場の拡大により、日本からの農薬の輸出金額は、2000年(約700億円)から2016年(約1,550億円)にかけて2倍以上増加。**

Ø **今般のNMR装置の遠隔化・自動化により、農薬メーカー等の利用が加速化することが見込まれるため、年間10成分程度の新規農薬登録件数が倍増し、１剤（成分）当たり約20億円の成分探索コストが見込まれると仮定し、約200億円／年（追加開発の10成分×20億円）の研究開発投資の誘発効果が想定。**

【マッチングファンドの目標】

Ø　**5年間で総額200,000千円以上の民間投資を見込む。**

【共同研究件数・受入金額：これまでの実績】

・ R1**年度は**11.5**百万円（**4**件）**　・R2**年度は**21**百万円（既契約分**5**件）**

【依頼分析件数・受入金額：これまでの実績】

・ R1**年度は**3.5**百万円（**7**件）**　・R2**年度は**2**百万円（既契約分**2**件）**

【出口企業】

Ø 共同研究先実績：農薬メーカー2**社、試薬メーカー**1**社、製薬メーカー**1**社、バイオベンチャー**1**社**

Ø 依頼分析実績：**化学メーカー１社、食品メーカー**4**社、受託分析機関**1**社**

【政策転換】

Ø **公的研究部門におけるデジタル・トランスフォーメーション（**DX**）が進展することにより、産学共同研究の推進が効率化する。**

【国研・大学における研究への寄与度】

Ø 共同研究先実績：国立大学４校、私立大学３校、国立研究開発法人1**法人**

資料４　令和２年度の研究計画（具体的施策）

遠隔化･自動化の内容

Ø 高磁場NMR（800MHz）に遠隔操作･自動化機能を付加することにより、民間企業等のラボから在所でアクセス可能とする。

Ø また、自動前処理装置とオートサンプラーの導入によって実験プロセスを自動化し、機器の操作経験のない測定者（民間企業関係者等）であっても一定の研修さえ受ければ、分析機器の高度な操作等を可能とする。

セキュリティ対策

Ø ３段階におけるセキュリティ対策により、堅牢なシステムを構築し、研究資源の流出を防止（参考資料１参照）

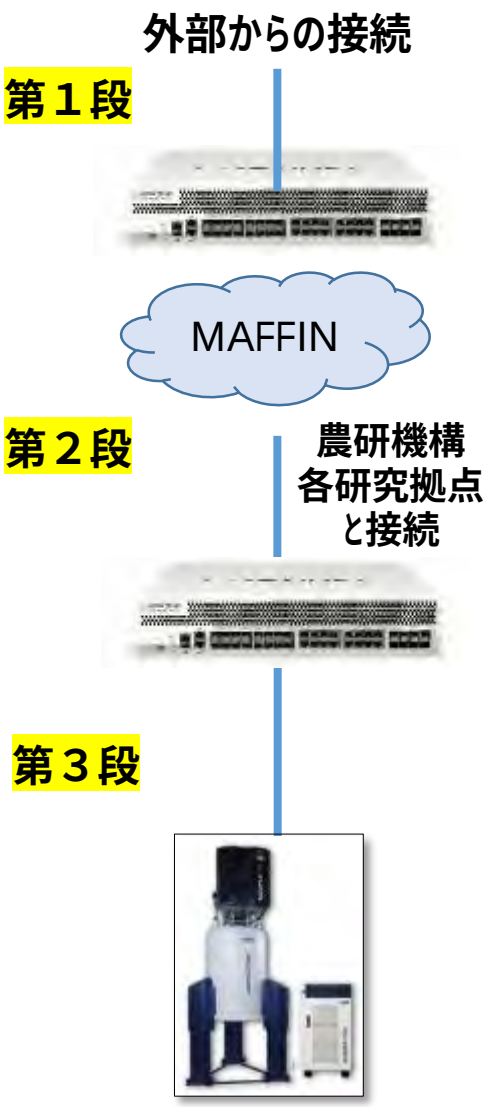
第１段　農林水産省研究ネットワーク（MAFFIN）のファイアーウォールで外部からの不正アクセスを監視･防御

第２段　農研機構 農業情報研究センターのファイアーウォールで特定拠点のみからアクセスを許可

第３段　NMR装置制御用計算機に複数のセキュリティ対策ツールを複合的多層的に組み合わせた機構独自のセキュリティ対策を実施

参考資料１　３段階のセキュリティ対策による堅牢なシステム①

３段階のセキュリティ対策で堅牢なシステムを構築



第１段　農林水産省研究ネットワーク（MAFFIN）
ファイアーウォール

- 複数の機器で多重に保護
- MAFFIN全体（農研機構を含む）への外部からの不正アクセスを監視･防御

第２段　農研機構ファイアーウォール

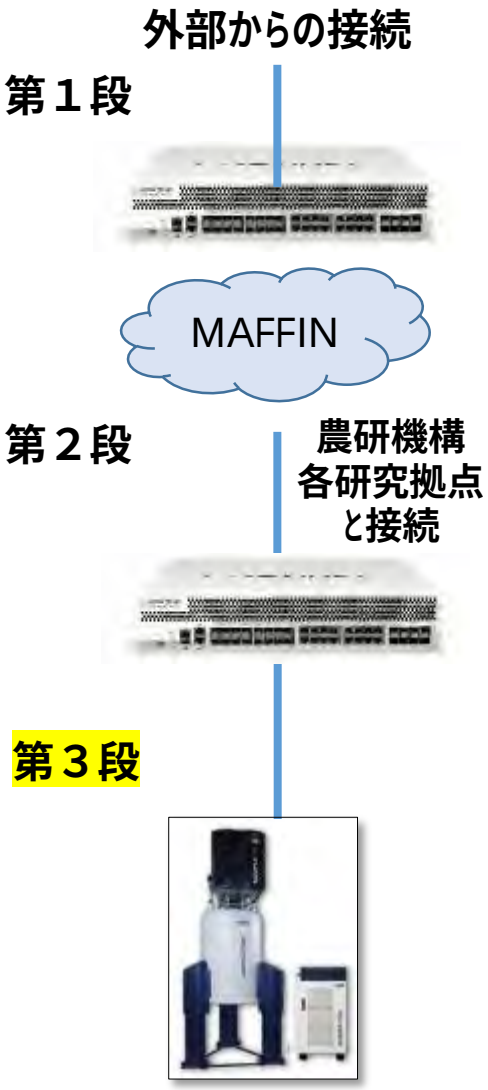
- 利用者がいる研究拠点からのみアクセスを許可
- 外部だけでなく機構内部からの不正アクセスを監視･防御

第３段　NMR装置制御用計算機におけるセキュリティ対策

- 機構独自技術に基づく**複合的多層的防御対策を実施**
- 特定のPCだけをアクセス許可（強固な公開鍵認証方式）
- 管理者へ常時通知機能
- 利用者がいる研究拠点からのみアクセスを許可（二重設定）

参考資料１　PRISMによる具体的なセキュリティ対策（3段階目の対策内容）②

第３段 セキュリティ対策の詳細



第３段

機構独自の複合的多層的防御対策の実施

- Ø 不正アクセス検知ツール
- Ø 不正侵入検知ツール
- Ø 不正操作検知ツール
- Ø 操作ログの監査ツール
- Ø セキュリティ診断ツール
- Ø ファームウェア改ざん検知ツール

上記を複合的多層的に組み合わせた機構独自のセキュリティ対策を実施

公開鍵認証方式

- 秘密鍵を利用者のPC、公開鍵をスパコンに登録、該ペア以外のアクセスをブロック
- 上記鍵を利用してスパコンにログインする際、さらに専用のパスコード入力を要求

管理者による常時監視･通知機能

- 利用者は管理者権限が必要とするコマンド操作を行った場合
- システム設定ファイルの変更があった場合
- ログに不審なアクセスを記録した場合

その他全般

- 運用期間中にセキュリティの脆弱性対策等を追加･変更した際、セキュリティ監査ツールを使用して、ネットワーク上でのセキュリティ診断を実施
- システム運用期間の全てのログを保存

参考資料２　高度解析センターが保有する主な設備及び研究成果

∅ 農研機構高度解析センターは、国内における先端的NMR (核磁気共鳴分光装置)拠点のひとつとして産業界等に広く認知されており、特に、**構造生命科学分野**では、**阪大蛋白研、理研に並ぶ最先端の研究所**であるとの評価を得ている。

核磁気共鳴分光装置(800MHz型)

分子化合物ライブラリ
(約1,000点の化合物保有)

農薬等の化合物と標的タンパク質（生体成分）との結合状態を構造的に解析し、**化合物の薬効等を推定するノウハウを保有（強み）**

TENOR

イネ遺伝子発現DB

大規模情報解析サービス(Galaxy/NAAC)

3DMET

生体内低分子化合物ライブラリ立体構造DB
(3DMET)

蛋白質サブユニット間インターフェース解析システム
(ASVCalculator)

【最近の主な研究成果】 原著論文 37報 (IF合計 161)、総説等 10報、NARO RESEARCH PRIZE 2017

知財

特許許諾 4件

- 乳酸菌検出プライマー 特願2019-57364
- 幼若ホルモンセンサー 特許6535483
- 酵素の活性測定法 特許6270237
- ワカメの生育改易判別法 特許6455834 特許6459495

特許出願 4件

- 乳酸菌検出プライマー 特願2019-57364
- 黒糖の製造方法 特願2020-081602
- 絹繭のMS判別法 特願2020-098849
- 硝化抑制効果を持つ新規化合物 特願2020-117949

プレスリリース 8件

- 植物ホルモン「アブシジン酸」が働くための新たな仕組み発見 2018/6/6
- コムギのゲノム配列解読を達成 2018/8/17
- 高緯度北極の海鳥営巣崖下の斜面は窒素循環のホットスポット 2018/12/6
- ミカンゲノムデータベース(MiGD)の公開 2019/8/6
- マメ科植物と根粒菌の共生に関わる重要な遺伝子を発見 2020/3/2
- 世界のイネコアコレクションの高精度ゲノム情報公開 2020/6/11
- 日本産高級マスクメロンの全ゲノム情報を解読 2020/8/19
- 世界初、根の改良により塩害に強いイネを開発 2020/8/20

参考資料３　高度解析センター及び農業情報研究センターの体制図

民間企業、公設試、大学等

農業AI研究

AI研究専門家

外部より一流の研究者を招聘(11名)

農研機構研究者

農業知識を熟知した研究者(42名)

ビックデータ

農研機構統合データベース

3P Byte (機構全データの３倍相当)：
農研機構内の全研究データを格納

AI研究スパコン「紫峰」

1P Flops(62T Flops x 16 ノード)：
100人同時に深層学習可能

農業情報研究基盤
サポート体制：10名（SE含む）

高度解析センター

農業情報センター

バイオ⑤

研究設備の遠隔化・自動化

木材活用大型建築物の普及促進に資する研究設備の遠隔化・自動化

官民研究開発投資拡大プログラム（PRISM）
「バイオ技術領域」

2020年10月
国立研究開発法人 建築研究所

資料1 「木材活用大型建築物の普及促進に資する研究設備の遠隔化･自動化」 全体像

課題と研究開発目標, 出口戦略

○課題： 高層による大規模木造建築物の実現・普及は，昨今の地球環境問題等を背景とした木材利用の拡大に貢献する上で重要。このため，H30年の建築基準法改正により，大規模木造建築物に求める性能基準を一定程度合理化し，現在，官民が連携して，改正建築基準を反映した汎用可能な設計例の開発により，実際の建物を普及するための技術開発に取組んでいるところ。

当該実験施設においては，高層木造建築物の汎用可能な設計技術を開発するため，ハウスメーカーや木質系建材メーカー等が交流研究員として社員を建築研究所に派遣する等官民が連携して研究活動を行っているが， 技術開発に際しては，実大試験体での実験が必要であり，試験機操作や試験体の設置・移動等を多数の外部からの人力に依拠しているため，緊急事態宣言下においては入所制限等により作業が制約されたほか，感染症予防対策のための密の解消が困難となっている。

○目標：試験作業の遠隔化・自動化を図る新たな実験システムを導入し，外部研究協力者等を含む研究活動の安定的な実施環境を整備する。

○出口戦略：本施策により，当該実験施設の利用者の研究活動の安定が図られる。企業が派遣した社員がミッションを果たして自社技術開発に貢献し，高層木造建築物の普及に必要なより経済性・実効性のある設計技術の開発が推進され，木材活用大型建築物の早期普及に寄与する。連携先企業等との新たな共同研究や施設利用への展開が期待される。

民間投資誘発効果等

○ 民間からの貢献額：計 42,000千円相当※/年 × 5年＝210,000千円相当 （実施中の課題との重複なし）

※人件費： 200人・日程度，交流研究員の受入：3名/年，機材等の提供：効率的な調達への貢献

○ 民間研究開発投資誘発：10,000,000千円程度（今後10年，高層＋中層大規模建築物の建設5棟程度）

元施策の概要

○ 運営交付金で実施中の木造・木質系建築物の推進に係る研究 6課題

○「新しい木質材料を活用した混構造建築物の設計･施工技術の開発」（国土交通省 国土技術政策総合研究所）

施策の全体像

○ 施策の概要：高層木造用の実大要素実験における遠隔制御・自動計測型大容量加力試験装置の導入

① 構造実験における試験機制御等の遠隔化（50,600千円）

② 試験体変位の計測システムの自動化 （13,200千円）

⇒ ・高層による大規模木造建築物の実現に必要な実験設備において，試験作業等の遠隔化・自動化を図る。

・実績に基づく外部研究協力者の利用見込み：６回/年（6箇月）程度

・総額：63,800千円

○ ターゲット分野：木材活用大型建築物の普及促進

元施策において，中高層木造建築物における構造要素の性能評価等を実施。

⇒ PRISM：当該実験施設の利用者の研究活動の安定に必要な実験の自動化・遠隔化のための装置整備をアドオン。

○ 関連施策：PRISM（バイオ技術領域）「木材需要拡大のための高層木造建築物の汎用型設計技術の開発」

国土交通省 建築基準整備促進事業「中高層木造建築物の外皮の耐久性能に関する検討」と共同研究

資料２-１ 「木材活用大型建築物の普及促進に資する研究設備の遠隔化･自動化」 概要①

（国土交通省　アドオン：63,800千円）

課題と目標

○ 昨今の地球環境問題等を背景に，木材利用の拡大と普及促進のため，現在，民間企業が建研に社員を派遣する等により官民が連携し，改正建築基準を反映した汎用可能な設計例の開発により，木材を大量活用する高層木造建築物を実現・普及するための技術開発に取組んでいるところ。その際，中高層木造建築物において想定される荷重下での構造実験による性能検証や，求められる耐久性能を有した外装材の開発が不可欠。

○ 木質構造では実大試験体での構造実験が不可欠なため，試験体・装置とも大型化の傾向にあり，試験体製作・設置のほか，膨大な数のセンサ設置試験機操作などのため，実験室内で多数の作業員に依拠しているところ。

○ 緊急事態宣言下においては，移動・入室制限により，実験の延期や規模の縮小を余儀なくされ，活動に支障を来したほか，感染症予防対策のための密の解消が困難であるため，試験作業の遠隔化・自動化を図る新たな実験システムを導入し，研究活動を安定的に実施する環境の整備を目指すもの。

＜代表的な実験の場合＞
○ 密になる作業（センサの設置準備，設置，ケーブル配線，計測精度確認等）は年間100日程度、１日あたりの作業時間は，8時間程度である。作業に要する人数は実験規模によって異なるが，平均５名が密になり作業を行っている。

＜現　状＞ 年間 100 日程度 × ８時間／日 × 平均 5 人 ➡ ＜導入後＞ 年間 50 日程度 × ８時間／日 × １，２ 人

実施内容

【高層木造用の実大要素実験における遠隔制御・自動計測型大容量加力試験装置の導入】

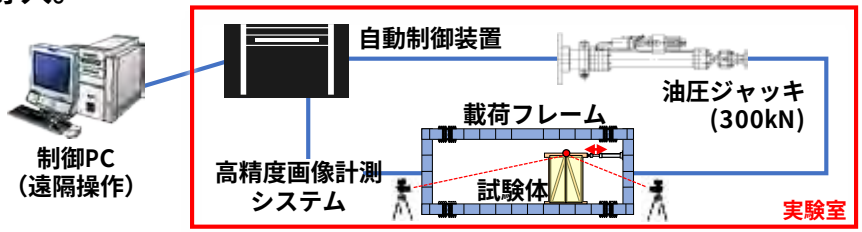
○ アドオン（遠隔化・自動化）の内容：

① 構造実験における試験機制御等の遠隔化（50,600千円）
- 実大要素の構造実験において、大地震動を想定した繰り返し載荷挙動について、建築研究所のサーバー等を介したの遠隔制御を可能にする。
- 水平載荷時に刻々と変化する鉛直荷重を自動的に検知し、実際の建築物内と同様に一定となるような自動制御を可能にする。

② 試験体変位等の計測システムの自動化（13,200千円）
- 従来の接触型変位センサに代えて，高精度画像計測システムを導入。

○ 期待される効果：
1試験体あたり数時間～数日を要する加力試験について，実験室への作業員の出入りを最低限にし，加力試験の安定的な実施を確保する。

○ 総額：63,800千円



資料2-2 「木材活用大型建築物の普及促進に資する研究設備の遠隔化･自動化」 概要②

（国土交通省　アドオン：63,800千円）

研究開発目標，出口戦略

○目標：木材需要拡大に資する大型木造建築物普及のための技術開発において，**試験作業の遠隔化・自動化を図る新たな実験システムを導入し，新型コロナ感染症対策を踏まえた「新しい生活様式」下において，外部研究協力者等を含む研究活動の安定的な実施環境を整備する。**

○出口戦略：本施策により当該実験施設の利用者の研究活動の安定が図られる。**企業が派遣した社員がミッションを果たして自社技術開発に貢献し，高層木造建築物の普及に必要なより経済性・実効性のある設計技術の開発が推進され，木材活用大型建築物の早期普及に寄与する。連携先企業等との新たな共同研究や施設利用への展開が期待される。**

PRISMで推進する理由

○ **大型木造建築等に関する建築基準による規制は既に緩和され，法令による足下の環境が一定程度整ったことを受け，官民が連携して改正建築基準を反映した汎用可能な設計例を開発し，高層木造建築物の市場への普及を加速化させるために必要な，安定的な活動環境を整備するため，PRISMで実施する。**

元施策がどのように加速されるか

○**高層木造用の実大要素実験において，**

・密を伴う作業の解消：
＜現状＞ 年間100日程度 × 8時間/日 × 平均5人 ⇒ ＜導入後＞ 年間50日程度 × 8時間/日 × 1，2人

・**センサの設置・撤去，**ケーブル配線等の作業の効率化：
実験期間の全体日数が，おおむね3/4（1.3倍加速）

戦略の位置付け等

○ **「バイオ戦略2019」(令和元年6月11日統合イノベーション戦略推進会議決定)における「木材活用大型建築・スマート林業」市場領域に位置づけられた，木材活用大型建築の普及に寄与するもの。**

○ **木材活用大型建築の普及により，民間投資誘発効果が期待されるもの。**

情報セキュリティ及び制御系セキュリティに関する配慮事項等

○ **重量物を取り扱う構造実験，及び重量物の移動を伴う実験のため，試験時は遠隔操作とは別にオペレータ1名を実験室に常駐させ，非常停止等のマニュアル制御も併用する。**

○ **当該研究所における情報セキュリティに関する規則を遵守するだけでなく、遠隔制御の権限を所内に限定するなど、近年の他機関等における事故事例等を参考に類似事故の発生を未然に防ぐ。**

資料3　PRISM実施に伴う事業効果等

PRISMによる成果

○ 大きな木材需要にもかかわらず，現状普及していない木材活用大型建築について，当該実験施設を活用して官民が連携して取組む，改正建築基準を設計レベルで一般化するための研究活動が，安定的に実施できるようになる。

⇒ **民間企業が建築研究所に社員を派遣し，当該実験施設を活用して行う研究活動や，民間企業が参画する共同研究が推進。**

○「バイオ戦略2019」(令和元年6月11日統合イノベーション戦略推進会議決定)において，社会課題の克服，及び内外からの投資呼び込み効果を踏まえて設定された「木材活用大型建築・スマート林業」市場領域において，「木材活用大型建築・スマート林業ワーキングチーム（WT）」と林野庁・国土交通省（住宅局）が連携して，KPIを含むロードマップを作成。

⇒ **木材活用大型建築の市場普及を加速化させ，民間投資を誘発する。**
当該実験施設における研究活動は，ロードマップにおける具体的な取組（元施策）を深化・加速化させるもの。

○ 木材活用大型建築の推進は，
・世界的課題としての温室効果ガスの削減
・我が国が抱える本格的高齢化・労働人口減少の社会課題に対する，農林水産業の成長産業化
に積極的に貢献するための世界的潮流の一つである，循環型社会の形成に寄与するもの。

⇒ **これは，持続的な経済成長と社会的な課題解決の両立を求める，パリ協定，SDGsと整合。**

民間投資誘発効果

合計 10,000,000千円程度

○ 本施策により得られる，元施策及び実施中のPRISM課題の成果を活用した，木材活用大型建築物の建設：10,000,000千円程度（10年・5棟程度）

令和2年度の民間貢献額（見込み）

合計 210,000千円相当（42,000千円相当×5年）（実施中の課題との重複なし）

人件費：200人・日程度，交流研究員の受入：3名/年，機材等の提供：効率的な調達への貢献

国研・大学等と民間企業との共同研究件数・受入金額（単位：千円）等

・(一社)日本CLT協会：CLTパネルの特性をいかした実験棟建設とその性能検証（H27～R7年度）
・(一社)日本ツーバイフォー建築協会：枠組壁工法による中層木造建築物等の設計法の開発（H26～R7年度）
・(株)アルセッド建築研究所（R2年度、最大R4年度まで延長予定）

資料4　令和2年度の研究計画（具体的施策）

令和2年度目標

高層木造の実大要素実験について，

○ 遠隔制御型大容量加力試験装置及び試験体変位等の自動計測システムを導入し，これを活用して，民間企業が交流研究員として社員を建築研究所に派遣して行う研究活動や共同研究を安定的に実施する環境を整備する。

令和2年度の研究内容

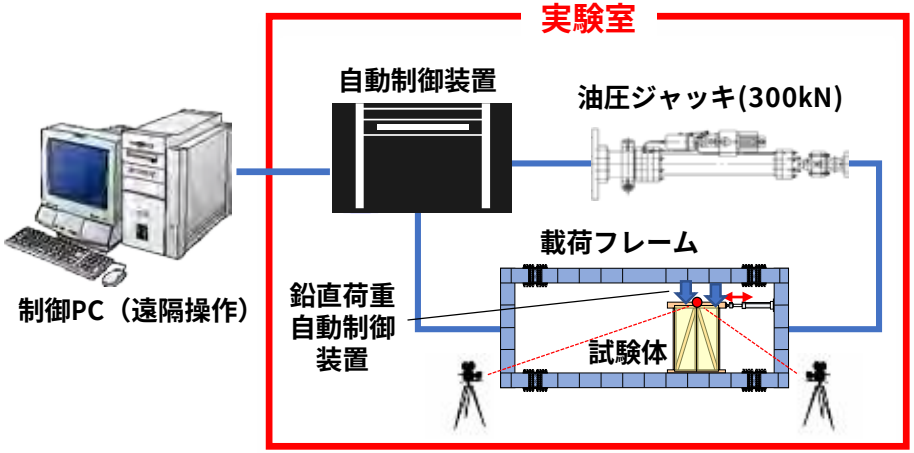
【高層木造用の実大要素実験における遠隔制御・自動計測型大容量加力試験装置の導入】

①構造実験における試験機制御等の遠隔化

○ 実大要素の構造実験において、試験体を設置した後、大地震動を想定した繰り返し載荷挙動について、建築研究所のサーバー等を介したを遠隔制御にて実施するシステムを導入する。水平載荷時に刻々と変化する鉛直荷重を自動的に検知し、実際の建築物内と同様に一定となるような自動制御システムも同時に導入する。

○ これにより、試験体製作・設置など不可欠な作業員のみが実験室に出入りし、その他の計測・試験機制御に関わる技術職員との接触をせずに、加力試験を実施することができる。1体あたり数時間～数日かかっていた加力試験最中の人の接触はほぼゼロになり、人の移動を極力なくし3密を避けた実験が可能になる。

②試験体変位等の計測システムの自動化

○ 実大要素の構造実験において、試験体各部や接合，部材の変位等を計測するために必要な自動計測システムを導入する。試験体各部等に設置したターゲットの移動量を自動画像解析システムを用いて自動的にデータを収録し，建築研究所のサーバー等を介した遠隔操作も可能とする。

○ これにより、試験体各部等に設置することが必要不可欠で、試験体1体あたり数人×数時間～数日かかっていたセンサ設置作業は、1人で設置できるターゲットの貼り付け作業のみとなり、センサ設置作業に関する人の接触はほぼゼロになり、人の接触を極力無くし3密を避けた実験が可能になる。