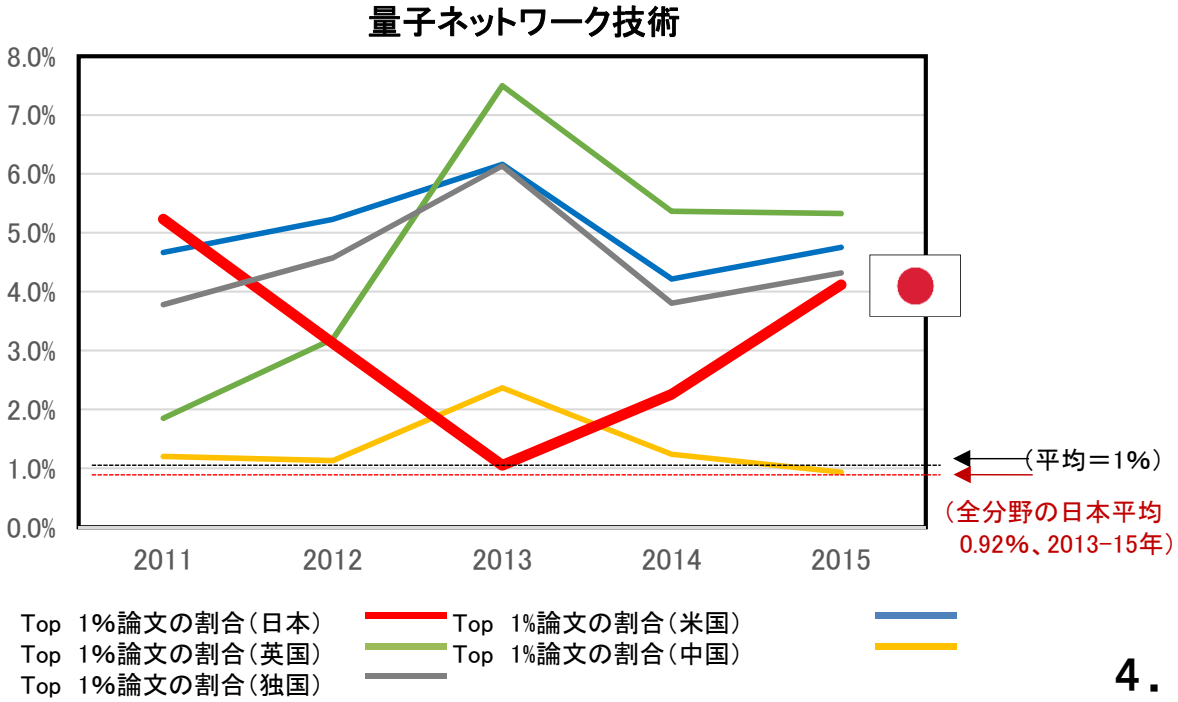
Society5.0の実現に向けた共通重要課題　③基盤技術研究開発～革新的ネットワーク技術～

～量子技術を活用した超高速･高セキュリティな情報ネットワークの構築～

海外の動向を踏まえた日本の立ち位置

1．日本の研究力比較（Top1%論文分析）



（出典）JSTがエルゼビア社Scopusより入手したデータを基に、
文部科学省･JST CRDSが分析･作成。

2．量子コンピューターの開発ベンチマーク

	量子ゲート型	量子アニーラ型	量子ニューラルネットワーク型
開発機関	IBM/Google/ Microsoft/Intel	D-WAVE/MIT	NTT/Stanford
ビット数	9～15 ビット	2,000 ビット	**2,000ビット**
ハードウェア	超伝導量子回路	超伝導量子回路	**光パラメトリック発振器**
動作温度	極低温（10 mK）	極低温（10 mK）	**室温（300 K）**
気圧	超高真空	超高真空	**常圧**
消費電力	–	25 kW	**1 kW**

3．量子暗号の開発ベンチマーク

開発機関	国内企業（NEC、東芝）	東芝欧州研究所	ID Quantique		MagiQ Technologies
			Cerberis	Clavis	
最大通信距離	~90km	~100km	~50km	~100km	~140km
鍵配送速度（一例）	0.3~1Mbps @50km	10Mbps @10km	~1kbps @20km	>3kbps @50km	~100bps @~140km

※　光ファイバーによる暗号通信のベンチマーク

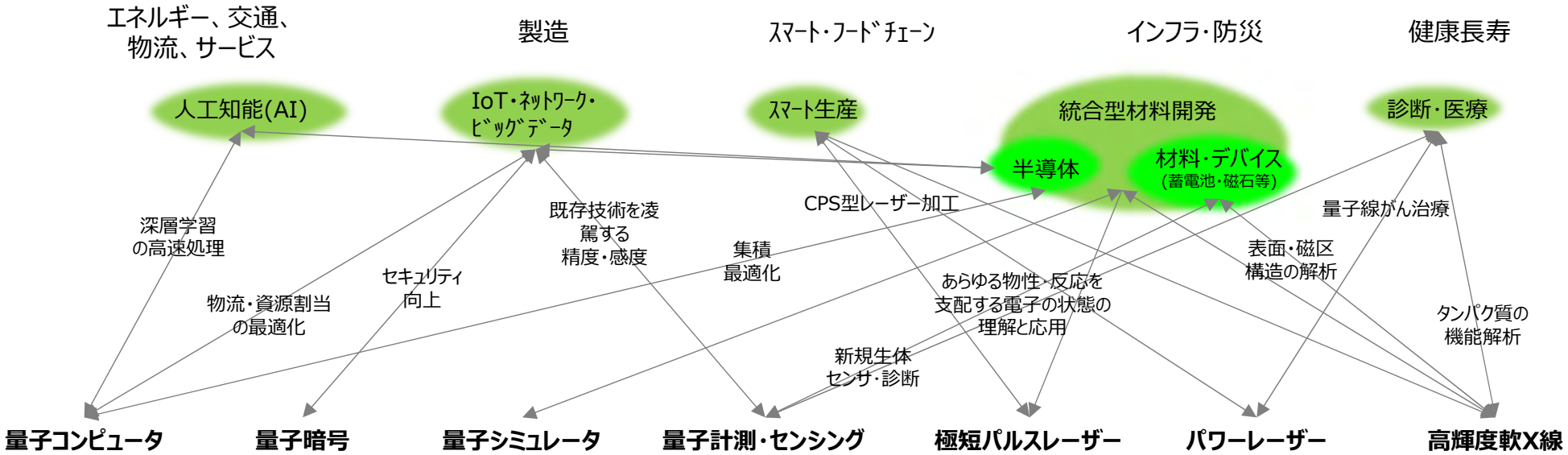
4．量子ネットワークサービスに向けた動向

開発機関、参画企業	NICT/NEC/東芝/学習院大（日本）	東芝Cambridge/ British Telecom/ ADVA（英国）	中国科学技術大学/企業(Quantum Ctek, QTEC, CAS Quantumnet)
システム	Tokyo QKD Network (2010~)	Quantum Communication Hub (構築中)	Quantum Backbone (2017~)
ﾈｯﾄﾜｰｸｶﾊﾞﾚｰｼﾞ範囲	100 km圏/6~8ノード	200 km圏/10ノード	2,000 km圏/32ノード
鍵配送速度	300 kbps/リンク	300 kbps/リンク	20 kbps/リンク
機能	安全な通信＋**安全なデータ保存**	安全な通信	安全な通信
特徴	**安全性の危殆化しないデータ分散バックアップ機能を試験運用中**	最新の光通信網制御(ネットワーク仮想化) 技術による量子暗号網を構築中	世界最大規(2,000km)の量子暗号ネットワークを構築

（参考）Society5.0実現に向けた量子科学技術（光・量子技術）の貢献

○量子科学技術は、Society5.0（サイバー・フィジカル空間の融合）関連技術を横断的に強化するとともに、従来技術の限界に対し、非連続的に課題を解決し得る重要な技術。

光・量子技術によってSociety5.0実現に必要な社会課題を解決



量子科学技術（光・量子技術）

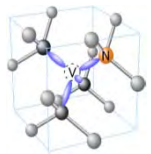
課題解決の例（量子計測・センシング）

社会・産業課題

- 電気自動車の運転中のバッテリーの異常検知をするためには、バッテリーのリーク電流（数十ピコテスラ）をモニタする磁気センサーが必要
（現状では、インバータからの、数十マイクロテスラレベルの磁気ノイズが混入するためモニタ不能）

現在の技術レベル

- ダイヤモンドNVセンタ技術により、ベンチトップサイズ（2×1m^2）で、0.9ピコテスラ（ピコ：10^{-12}）の微小な磁場を計測（実験室レベル）
- 小型化、制御の高度化が課題



固体量子センサ（ダイヤモンドNVセンタ）

課題解決に向けた研究開発

- 一般環境でも使用できるようなペンシルタイプ（2×2cm^2）、産業ニーズの高いナノテスラ～数十ピコテスラオーダー、の無機材料を対象とするプロトタイプセンサーを開発
- 産業ニーズの高い、室温で利用できる磁気センサー

Society5.0の実現に向けた共通重要課題　③基盤技術研究開発　～革新的コンピューティング～

～超低消費電力・超高性能AIプロセッサ～

必要性

○第4次産業革命のイノベーションを産業や社会等の現実世界に融合させるSociety5.0の実現には、多様なビッグデータを入手し、そのデータの分析や判断を高効率（高速かつ低消費電力）で行うAIなどの情報処理技術の高度化が必要。

○特にセンサによる情報収集やアクチュエータ等により作用するいわゆるエッジ側（自動車、ドローン、監視カメラ等）では、リアルタイム性が求められ、高速・超低消費電力で遅延の無いことが重要。

○データセンター等のクラウド側での処理だけでなく、エッジ側及び周辺に分散してビッグデータを処理することが必要であり、そのための革新的なコンピューティング技術の創出が喫緊の課題

テーマ概要

【目的・目標】

○新たなアーキテクチャ・演算方式による超低消費電力化のキーテクノロジーの開発により、タイムラグの少ないエッジ側で高効率（超高速かつ極低消費電力）に解析を行い、超スマート社会（完全自動運転の実現やドローンによるインフラ点検など）に必要不可欠なビッグデータのリアルタイム処理を実現

【取組概要】

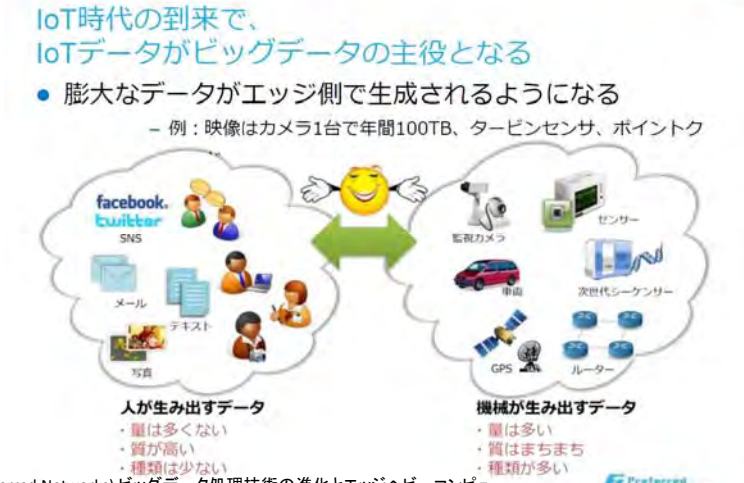
○新原理デバイスとソフトウェアとの融合による極低消費電力・高性能な専用ハードウェアの開発を、理化学研究所・計算科学研究機構（AICS）をはじめとする研究機関により実施。

○多くの企業の参画や出口側省庁との連携により応用分野の拡大や精度の向上を加速し、社会実装を目指す。

【出口戦略】

エッジ側での桁違いの電力性能の達成を目標とし、自動車、産業用ロボット、ドローン、監視カメラ、インフラ管理、工場の装置・プロセス管理、VR、ウェアラブル機器など幅広い産業応用を目指す。

取り扱うデータは膨大に→リアルタイム処理のための技術革新が必要



西川徹氏(Preferred Networks),ビッグデータ処理技術の進化とエッジヘビーコンピューティング, ICTイノベーションフォーラム2014 (2014/10/7) 講演資料

具体的な研究開発例

○新たなアーキテクチャ・演算方式により、桁違いの低消費電力化・高性能化を図る（プロセッサの大規模化に向けたアルゴリズム、プロセッサ間通信、プロセッサ動作制御方式等の開発がボトルネック）。

○最先端プロセスの集積回路へ実装（試作）するとともに、大規模データでの性能実証を行う。

Society5.0の実現に向けた共通重要課題　③基盤技術研究開発　～AI，IoT等研究～

ポイント

- AI、ビッグデータ、IoT、サイバーセキュリティに関する革新的な基盤技術の構築及び司令塔である内閣府をはじめ関係府省等との連携による研究開発から社会実装までの一体的推進
- **文科省においては、理研AIPセンターを拠点とした革新的な基盤技術の研究開発およびJST戦略事業による幅広い研究課題へのファンディングを一体的に実施**

研究開発の現状と課題

- 平成28年度より、理化学研究所に革新知能統合研究センターを設置し、科学技術振興機構によるファンディングと併せて、世界最先端の研究者を糾合した革新的な基盤技術の研究開発等を推進する体制を確保。
- 今後は、現在進んでいるソフトウェア側の基礎・基盤的研究の推進に合わせ、AI技術等の社会実装に不可欠なエッジコンピューティング等のハードウェア側の基礎・基盤研究の強化を図ることや、Society5.0の実現に向けた実証試験等の促進も必要。

【AIPプロジェクト（イメージ）】

革新知能統合研究センター（AIPセンター）
理化学研究所【拠点】

- **世界最先端の研究者を糾合**し、革新的な**基盤技術の研究開発**や我が国の強みである**ビッグデータを活用した研究開発**を推進。
- 具体的には以下の3つの領域で研究開発を実施。

汎用基盤　①**深層学習の原理の解明**、現在のAI技術では対応できない高度に**複雑・不完全なデータ等に適用可能な基盤技術**の実現　等

目的指向　②日本の強みを伸長：AI×**再生医療・モノづくり等**
社会課題の解決：AI×**高齢者ヘルスケア・防災・インフラ検査等**
（京大CiRA、東北メディカル・メガバンク、NIED　等との共同研究）

倫理社会　③AIと人間の関係としての**倫理の明確化**
AIを活かす**法制度の検討**　等

一体的に実施

戦略的創造研究推進事業（一部）
科学技術振興機構【ファンディング】

- AIやビッグデータ等における**若手研究者の独創的な発想**や、 新たなイノベーションを切り開く**挑戦的な研究課題**を支援。
- **「AIPネットワークラボ」としての一体的運営**により、課題選考から研究推進まで幅広いフェーズでの**研究領域間の連携**を促進。

JST　AIPネットワークラボ

CREST　さきがけ　ACT-I

チーム型研究　個人型研究　個人型研究（若手）

Society5.0の実現に向けた共通重要課題　③基盤技術研究開発　～革新的センサ・アクチュエータ技術～

ポイント

日本発の概念である「Society5.0」を世界に先駆けて実現するために、サイバー空間（仮想空間）とフィジカル空間（現実社会）の融合を図る「革新的センサ・アクチュエータ」の基礎・基盤研究を推進する。
本拠点においては、センサ・アクチュエータの「更なる高度化を目指す基礎・基盤的研究」や現在の技術を集結した「応用・出口を見据えたデバイス開発（MSS等）」、将来を見据えた「革新的・挑戦的な研究開発」に取り組む。

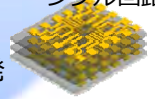
人間社会との融合するウェアラブルな革新的センサ・アクチュエータの研究開発

○基礎・基盤的研究

原子スイッチ

フレキシブル３D実装技術の開発

室温プリンテッドエレクトロニクスによる次世代スマート製造技術の開発


3次元フレキシブル回路

分子性化学センサ・アクチュエータ材料開発

etc

形状記憶合金薄膜アクチュエータ

指定国立大学法人等との連携（クロアポ等）

優秀かつ国際的若手研究人材

○革新・挑戦的研究

超高感度ウエアラブル生体磁気センサの開発

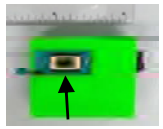
レティーナイメージング※による拡張現実ディスプレイの実現

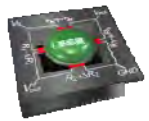
五感とセンサシグナルの客観評価

etc

○応用・出口研究

小型センシングデバイス


センサチップ


MSSセンサ

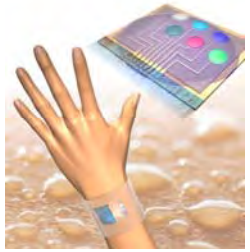
MSS※デバイスの開発

・プリンタブル無電源ケミカルセンサ・スマートネットワークの形成

・高精度生体ガス診断技術の確立

・フレキシブル化、超小型高性能化位置情報等IoT関連技術の高度化　etc

例）スマートセンサ・アクチュエータの実現
（消費電力0の化学センサ等）



【応用例】

例えば、ウェルネスセンサ（未病、病後の診断）により、人々が快適で活力に満ちた質の高い生活を実現など

フィジカル空間とサイバー空間の接点の構築

- フィジカル空間化技術
- **ヒューマンインタラクション技術**
- フィジカル空間データ処理技術
- サイバー・フィジカル界面層技術

Society5.0社会の実現へ

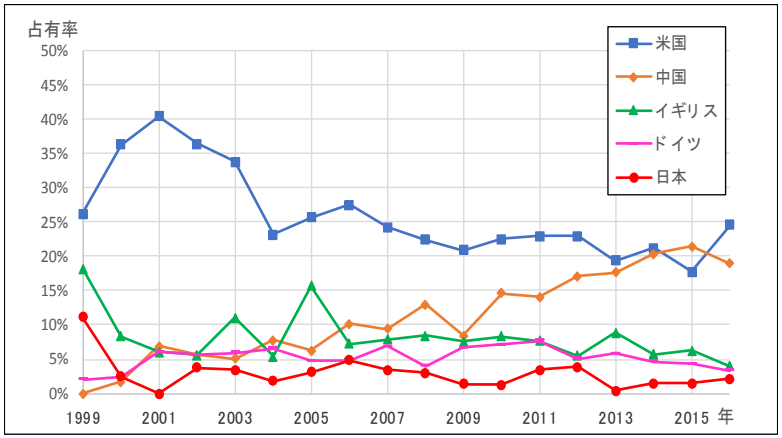
※MSS…従来の100倍以上の感度を有するNIMS開発のセンサデバイス
※レティーナイメージング…コンピュータ画面を網膜に直接投影する技術

Society5.0の実現に向けた共通重要課題　③基盤技術研究開発　～AI，IoT等研究～

海外の動向を踏まえた日本の立ち位置

- 機械学習・画像処理・自然言語処理など、広い意味での「人工知能」に関係する国際会議において日本の存在感は薄い。
  国際会議での論文占有率は数%程度。
  ICML[*1]2017：日本11件（うちAIPセンター 9件）／全433件
  NIPS[*2]2017：日本19件（うちAIPセンター 13件）／ 全678件
- 論文占有率は米国一強であるが、中国・韓国は、欧米の大学・企業に所属している学生・研究者が多数いるため、国際的なコミュニティでも存在感が強い。

※1：ICML=International Conference on Machine Learning
※2：NIPS=Neural Information Processing Systems



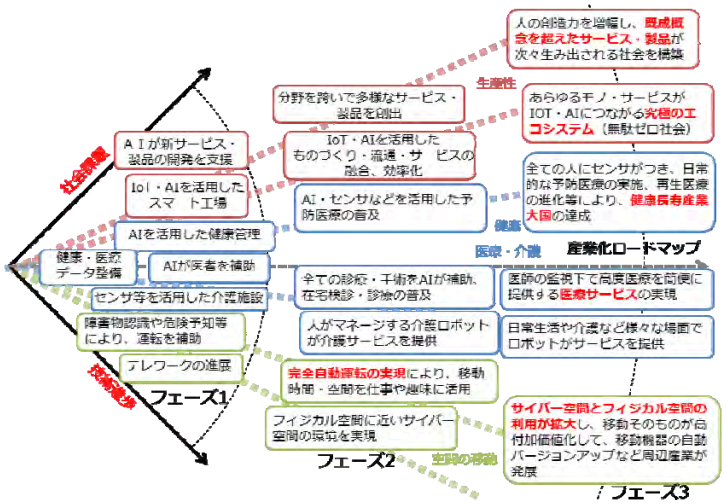
【参考】AI関連分野のTop1%論文占有率の推移

（出典）JSTがエルゼビア社Scopusより入手したデータを基に、
文部科学省・JST CRDSが分析・作成。

今後の取り組み

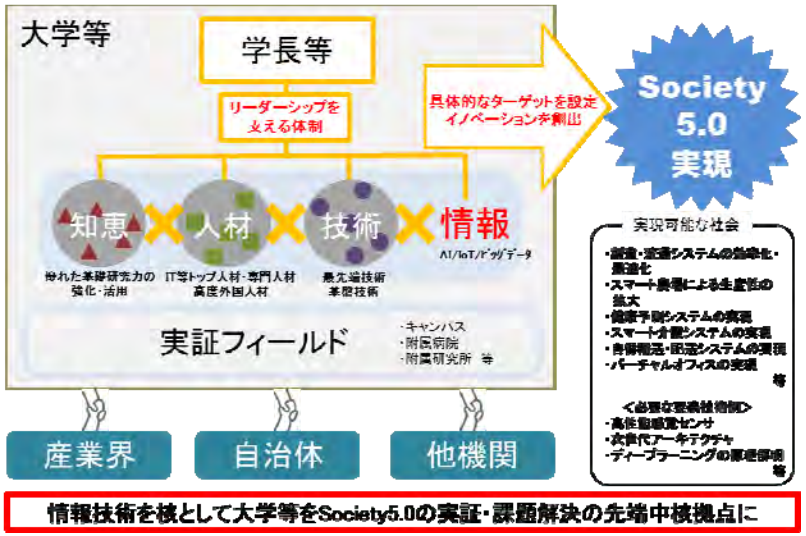
- 人工知能技術戦略会議が取りまとめた研究計画、産業化ロードマップを踏まえ、引き続き基盤技術等の研究開発を推進する。特に各省連携については、PRISM・サイバー空間技術等を活用しながら研究開発の協力体制を強化する。また、OJT形式で高度な研究開発人材を育成し、国際学会等における日本の存在感を強める。
- 加えて、Society5.0実現に向け、情報科学技術を核とする大学等の先端中核研究拠点を支援し、人に関する大規模データの収集等を含め街規模のCPS（Cyber Physical System）の実現を図る。

【参考】人工知能の研究開発目標と産業化のロードマップ（抜粋）



人工知能技術戦略会議とりまとめ

【参考】Society5.0実現化研究拠点支援事業の概要

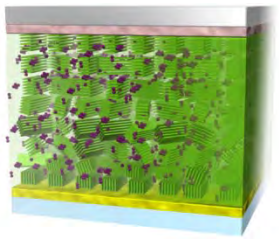


Society5.0の実現に向けた共通重要課題　③基盤技術研究開発　～先端的な研究施設・設備～

○ 大型放射光施設や中性子線施設、スーパーコンピューター「京」をはじめとする最先端の研究施設・設備は、あらゆる科学技術イノベーション活動を支える重要なインフラであり、我が国の競争力を根底から支えている。

高変換効率な有機薄膜太陽電池の解析

- SPring-8のX線構造解析により、有機薄膜太陽電池内の半導体ポリマーの分布等がエネルギー変換効率の鍵であることを解明。
- 太陽電池の実用化の目安である、エネルギー変換効率15%に向けた研究の加速に期待。



SPring-8により半導体ポリマー分子の分布状態を解明

J-PARC

SPring-8

SACLA

「京」／ポスト「京」

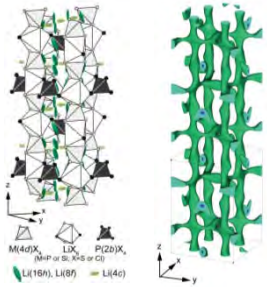
科学技術イノベーション活動を支える先端的な研究施設・設備

高輝度軟X線向け放射光施設

極短パルス・高出力レーザー

全固体セラミックス電池の開発

- 中性子線による電池材料の詳細解明により、高出力・高容量、安全な全固体セラミックス電池が実現。
- トヨタ自動車は2022年に全固体セラミックス電池を搭載した電気自動車を日本国内で発売する方針。



中性子線実験により明らかになったリチウムイオンの電導経路