

「超スマート社会の実現」領域

研究開発課題名：「人間中心の社会共創デザインを可能とするデジタル社会実験基盤技術の開発」

研究開発代表者：貝原 俊也（神戸大学 大学院システム情報学研究科 教授）



＜課題概要＞

社会・都市課題に対する政策の効果을 事前に評価するため、政府や自治体では多大なコストと長い期間をかけてリアルな社会実験を実施しています。しかし、政策評価の精度が低いために事業投資へのリスクが高く、また短期的視点の評価しかできないという課題がありました。さらに政策立案プロセスに関係するステークホルダーを積極的に関与させる技術が不十分であることから、納得感のある政策立案も困難でした。そのため、ある自治体で成功した施策を他の自治体に適用したい場合に、地域ごとの特性に対応した最適な政策に調整・設計することも容易ではありませんでした。これは、工学的な設計分野で進展しているデジタルエンジニアリングが、社会デザインでは未確立であることによります。

本研究開発課題では、リアルスケールの社会と住民のモデルを用いたデジタル社会実験基盤技術（SPD：Societal Prototyping Design）を開発し、産学官民が提案する政策案に対して、中長期的かつ多様な視点での可視化に基づいた高精度な事前評価を可能とすることを目指します。これにより、無関心層を含む多様な当事者が社会デザインに自分ごととして関われる、人間中心の社会共創デザイン手法を確立します。

探索研究では、AI技術を用いて模擬的な世帯構成員を日本全国に配置した合成人口データを作成し、エージェントベース社会シミュレーション（Agent-Based Social Simulation：ABSS）<sup>注</sup>手法によってCOVID-19流行の抑制を目標としたさまざまな国家政策の評価・分析を行いました。この結果は実際の政策・施策で活用され、デジタル社会実験とその主要技術の一部の有効性が立証されました。

本格研究では、全国116の市町村の首長が参加するSmart Wellness City首長研究会（SWC：健幸都市）と連携して、政策決定のためのSPD基盤のプロトタイプ構築に取り組み、都市政策や街づくりを対象とし具体的な社会課題の解決を目標とします。技術的には、ABSS手法を拡張してステークホルダーとの共創のプロセスを取り込んだSPD基盤技術の開発、および同基盤を用いたデジタル社会実験の有効性検証を行います。この手法の有効性が立証されれば、自治体だけでなく産業界を含めた施策における精度や投資効率が飛躍的に向上します。また、ある自治体で成功した政策例を地理的・経済的な条件や制約の異なる他の自治体にも迅速・安価に横展開することも容易になります。その結果大きな経済効果を生み出し、人間中心の未来社会の実現に貢献することが期待されます。

注）エージェントベース社会シミュレーション：社会を構成する個人やグループをエージェントという自律した単位としてモデル化して動作させることで、その行動と相互作用がシミュレーションデータに与える影響を評価し、社会現象の理解や予測を行うこと。

# デジタル社会実験による人間中心の社会共創デザイン

## SPD手法

- ・ 合成人口データ
- ・ 実スケール社会シミュレーション
- ・ゲーミング&コミュニケーション
- ・ デジタルツイン社会実験



医療レセプト

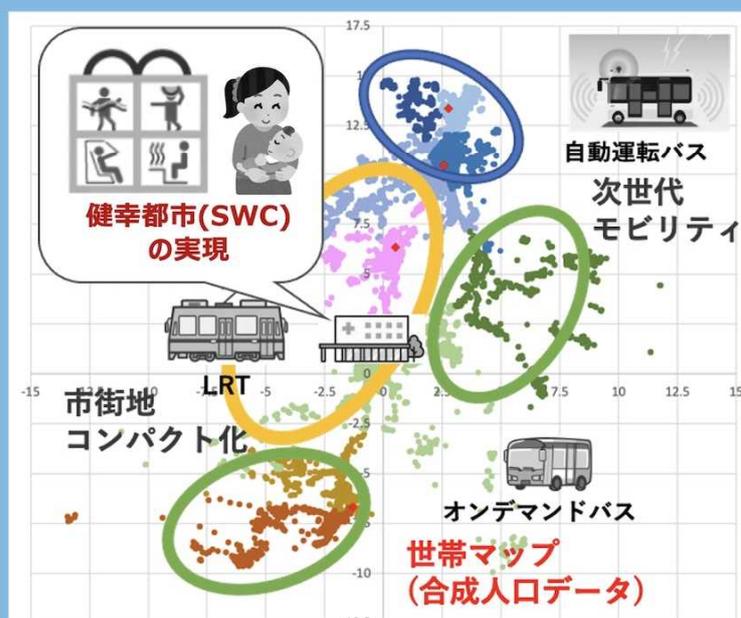
介護データ

健診データ

自治体健幸クラウド



住民参加



【いつまでも健康で幸せに暮らせるまちづくり】

図 本研究が目指すSPD手法を用いた人間中心の社会共創デザイン

研究開発課題名：「持続的な食糧生産を可能にする野生植物の新食糧資源化」

研究開発代表者：佐藤 豊（国立遺伝学研究所 教授）



### <課題概要>

世界的な人口増加に伴い、2050年には今の1.7倍の食糧が必要との報告があります。一方で、地球温暖化による環境変化は、想像以上のスピードで進行しており、各地で深刻な塩害や植物病害の発生を引き起こし、作物生産に大きな影響を及ぼしています。この環境変化は、食糧の生産・安定供給に対する最大のリスク要因であり、早急に対応を取らなければ、日本だけでなく地球規模で食糧安全保障体制が崩壊し、さらに大きな混乱に直面する可能性があります。野生植物（雑草）だったほとんどの栽培作物は、数千年から一万年以上前に、人為選抜により栽培に必要な形質（難脱粒<sup>注</sup>・穀粒肥大・収量増など）を付与されることにより、栽培植物に変化しました。この過程で、多くの栽培植物は遺伝的多様性を失い、環境変化やストレスに脆弱になりました。このため、新たな栽培作物を早急に開発する必要がありますが、栽培作物を用いた育種やゲノム編集では、この環境変化に耐えうる新たな作物を短期間で開発するのは難しいことが知られています。

本研究では、気候変動強耐性の野生植物（雑草）に独自の技術で新たに栽培形質を付与し、超短期間で新たな食糧資源へと改変する技術基盤を確立することを目指します。具体的には、国立遺伝学研究所が保有する世界的に貴重な野生イネ遺伝資源を活用し、茎頂ゲノム編集や顕微授精技術により栽培に必要な形質を付与、環境変化に耐えうる新たな作物を開発します（図）。

探索研究では、茎頂ゲノム編集を用いて多数の野生イネ系統への遺伝子導入に成功し、さらに、一部系統で有用形質（穀粒肥大など）の付与が可能であることを示しました。また、顕微授精技術を用い、野生イネと栽培イネの交雑体や異質倍数体を作成し、それぞれの優良形質をもつ雑種開発の可能性を示しました。

本格研究では、世界的に喫緊の対応が求められている耕作地の塩害問題を解決するために、耐塩性の野生イネに栽培形質を付与した新たな食糧資源の開発を目指します。加えて、他の有用形質をもつ野生イネやコムギ、トウモロコシに対しても形質の改変を行い、栽培化を可能にする汎用的な技術としての確立を目指します。これにより、今後、温暖化で変化する地球環境においても、持続的な食糧生産が可能となる、豊かな未来社会を実現します。

注) 脱粒：種子が成熟に伴い穂や莢（さや）から自然に離れ落ちること。

**本提案** ストレスに強い野生植物(雑草)を  
短期間で食糧資源に転換



変動する地球環境での持続的食糧生産へ

図 野生種を用いた新奇食糧資源開発

## 「地球規模課題である低炭素社会の実現」領域

研究開発課題名：「超高エネルギー密度・高安全性全固体電池の開発」

研究開発代表者：内本 喜晴（京都大学 大学院人間・環境学研究科 教授）



### ＜課題概要＞

世界の電池市場規模は急激に拡大しており、2050年には100兆円に達すると試算されています。その要因のひとつに、二次電池を搭載した電動車両の普及が挙げられます。地球温暖化問題の原因である温室効果ガス、特に二酸化炭素の排出を抑制し「低炭素社会」を構築するねらいの下、電動車両の普及が世界的に進んでいます。

しかし、現行の二次電池は、リチウムやコバルト、銅といった希少資源を必要とするコスト上の課題や、繰り返し使用に伴う変形や破損といった安全性の課題が挙げられています。また、現行の車載用リチウムイオン電池では、航続距離が十分ではなく、電動車両普及の障壁となっています。そのため、安全性や体積エネルギー密度が高く、かつ資源リスクのない電池の開発が急務となっています。

そこで、本研究開発課題では、次世代車載用電池として「全固体フッ化物イオン電池」の可能性を検討しました。これまでは、適合する電極材料や固体電解質材料がなかったことや、両者を組み合わせる際の問題も明らかでなかったため、本電池の作製技術は全く手つかずの状態でした。研究開発代表者らは、それらの問題にひとつずつ取り組み、ついに車載用電池としての全固体フッ化物イオン電池の可能性を見いだしました。

具体的には、超高容量なフッ化物イオンが挿入脱離する正極材料を発見しました。これにより、正極の容量は、現行リチウムイオン電池、およびアドバンスドリチウム電池と比べて、2～3倍増加しました（図）。また、界面反応の活性化エネルギーが小さい理想的な界面を形成し、電池動作に問題がないことを確認しました。さらには、高いイオン電導性を示すイオン伝導パスを見いだすことに成功し、固体電解質の新たな設計指針を確立しました。

本格研究では、車載用電池としてのポテンシャルを確認した全固体フッ化物イオン電池の形成技術の確立に重点的に取り組みます。例えば、正極探索では、窒化物イオンの酸化還元反応を活用し、鉄系材料で1.5倍の高容量化を試みます。また、探索研究から蓄積している複合アニオン化合物の教師データを用いて固体電解質の材料探索を加速することを計画しています。電池試作により新たに生じる課題を解決し、固体電池形成技術の確立とセル（電池の最小構成単位）による技術検証を目指します。

最終的には、現行の車載用リチウムイオン電池の3.5倍以上の体積エネルギー密度を持つ安全性の高い全固体フッ化物イオン電池の構成要件を明確にし、従来にはない全く新しい電池の実現を目指します。性能・安全性・資源リスクといったさまざまな面において、現行電池の性能を大幅に上回る電池システムの概念実証を行い、広く普及させることで、低炭素社会への実現に貢献します。

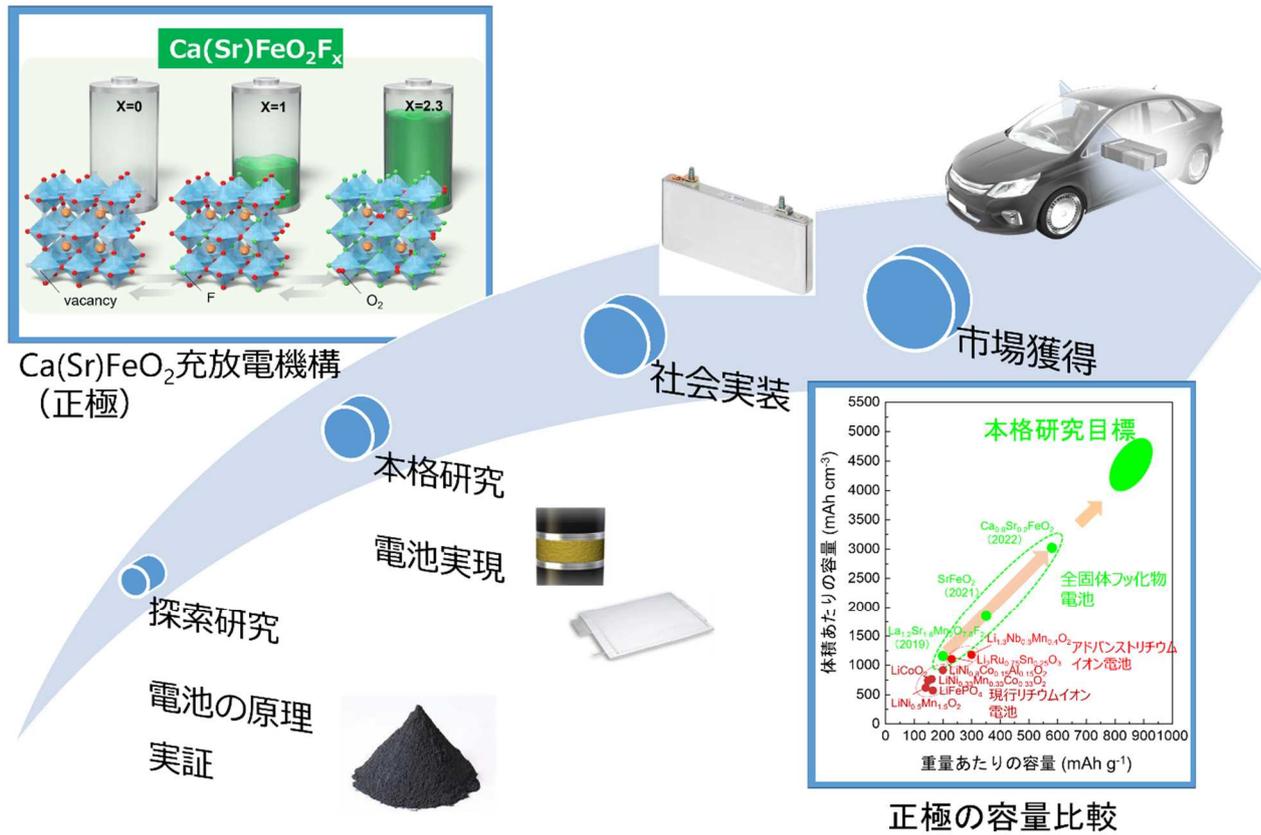


図 本研究課題がひろく電気自動車の本格普及

## 「共通基盤」領域

研究開発課題名：「カスタマイズ可能な光学センシングの確立と社会・生活に  
新たな価値をもたらす光情報の高度利用創出」

研究開発代表者：河野 行雄（中央大学 理工学部 教授）



### <課題概要>

あらゆる物の表層から内部までを計測し可視化することは、対象物の状態を把握する上で必要不可欠です。例えばトンネルなどのインフラ点検においては、外観の目視や打音といった検査が行われ、内部まで含めた状態の推定が行われています。より正確に内部状態を計測するためには、X線CTなどが用いられますが、装置が高価かつ大型のものであるため、現場でのその場観察は現実的ではありません。また、食品の詳細な成分分析などでは、対象物を切断、破碎、抽出してサンプル分析を行う必要があるため、非破壊で「あるがまま」の状態での分析は、現状では困難です。

探索研究においては、①カーボンナノチューブを受光素子とした印刷型作製法による簡便で安価なセンサーアレイ化の原理実証、②計測・解析融合画像再構成技術、超広波長域（テラヘルツ～可視光）統合技術により非侵襲での断層観察・成分分離を実現しました。

本格研究では、探索研究における成果を基に、光ダメージを受けやすい対象物に対しては微量の光照射で精度よく計測するためのセンサーの高感度化を行うとともに、ダメージレス計測を可能とする低照射下での画像鮮明化や、非破壊・非侵襲での内部構造識別を可能とする内部再構成技術などの基盤技術開発を進めます。応用研究としては従来、非破壊での内部計測が困難であった、①食品の成分・構造・状態の同時計測と美味しさ、食感、安全性の定量的評価、②肌内部状態の可視化と予防保全に向けた審美性や傷の定量的評価、③美術品の非破壊断層解析による制作過程・作者の表現解明、作品評価などを対象に、ポータブルなセンサーデバイスを開発して、その有効性を検証します。

新完全印刷型センサーアレイのプロセス技術として、従来のCMOSなどタイル状に受光素子を配置した画像センサーとは異なる任意パターンのセンサーアレイ印刷技術を開発し、多様な対象物の形状・波長域、画像処理に最適化されたカスタム撮像デバイスを創出します。

これらの技術により対象物ごとに計測方法を最適化することで、例えば、美術品の素材解析では、照射空間パターンや波長を変えて計測することにより、絵画の下地から表層までを層ごとに網羅的に解析し、これまで不明瞭であった下地デッサンから完成形に至るまでの製作工程や巨匠の技の解明を非破壊・ダメージレスで実現していきます。さらに、劣化状態や修復履歴なども可視化することができるようになり、文化財の修復保護という観点でも、非常に大きな価値をもたらす検査技術となることが期待されます。

このように本技術は、大型の装置やサンプル採取などの分析では不可能であった非破壊・ダメージレスでの計測を可能にするだけでなく、ポータブルなセンサーデバイスにより、現場で「いつでも・どこでも、表層から内部まで、構造・状態が見える化」できる普段使いのセンシング技術として広く普及し、人々のQOL向上、安心・安全社会の実現、新たな価値創造など、研究開発現場に限らない、さまざまな社会的課題の解決に貢献します。

# 未来社会：いつでも・どこでも 表層から内部まで構造・状態を見える化

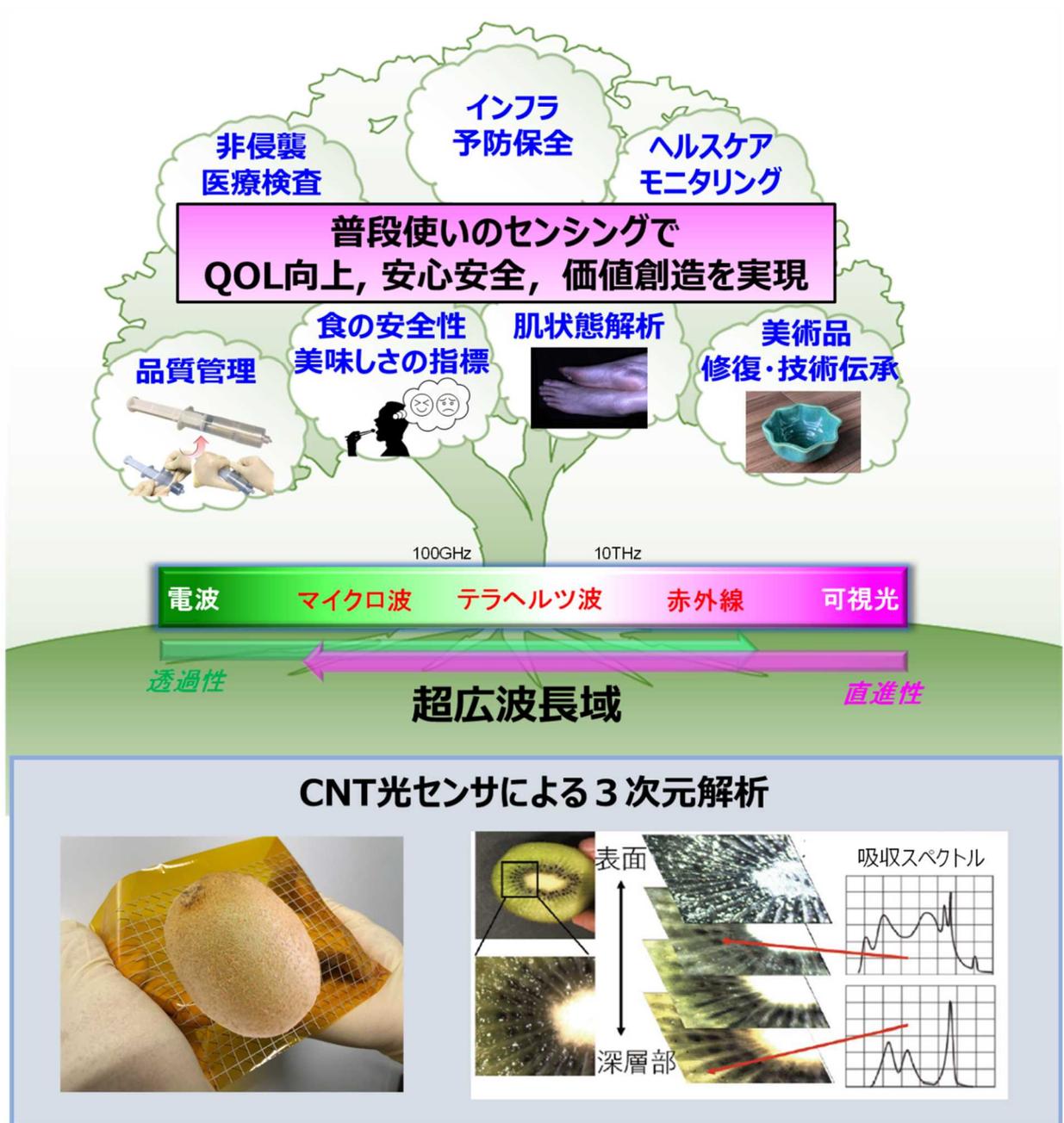


図 本格研究が目指すセンシング技術と未来社会

研究開発課題名：「超原子座標構造の可視化による創薬の革新」



研究開発代表者：米倉 功治（理化学研究所 放射光科学研究センター  
グループディレクター/東北大学 多元物質科学研究所  
教授）

### <課題概要>

現在、医薬品は世界で180兆円規模の市場となっており、今後さらに拡大すると予想されています。希少疾患は約7,000種類にも及び推定患者数は世界で3億5,000万人いるとされますが、このうち治療薬のない疾患は95パーセントにも上ります。また、国内においても指定難病に罹患している患者が100万人以上いると言われてい

ます。このような現状において、難病や新規感染症の患者に治療薬を一刻も早く届けることが急務となっています。しかし、現状の創薬プロセスでは、基礎研究の開始から新薬として承認を得るまで13～17年ほどかかるほか、患者数が少なく開発投資に対してリターンが期待できないため、治療薬の開発が進まないことがあるといった課題があります。

研究開発代表者らは、探索研究において、有機半導体やポリペプチド、たんぱく質などの構造解析のため、①クライオ電子顕微鏡の単粒子解析と電子回折のデータ取得に機械学習を適用することで、効率と生産性を大きく向上させました。また、②最小原子である水素に加え電荷を単粒子解析によって可視化に成功、③クライオ電子顕微鏡とX線自由電子レーザーとを相補的に利用した計測・解析を行う技術を開発し、従来の原子座標だけでなく、水素の極性、電子の分布に関する情報を取得できる可能性を見いだしました。

本研究開発課題では、探索研究の成果をさらに発展させ、原子座標のみならず、電荷分布や水素結合、高速な電子の変位といった情報を含む「超原子座標構造」の迅速な取得を可能にする計測・解析技術の開発を進めます。これにより、見えなかった物性や現象の可視化の実現を目標とします。さらに、日本電子株式会社と協力し、これらの技術を取り込んだ次世代クライオ電子顕微鏡システムへつなげます。

これまで、創薬研究においては計算機シミュレーションと実験による検証を繰り返して薬剤開発候補化合物の絞り込み、最適化が行われてきましたが、ターゲットたんぱく質と候補化合物の構造（原子座標）のみの情報で結合を予測するのは不十分です。また、新規感染症や多様化しているターゲットに対しては、創薬研究開始から前臨床試験に到達するまでに3～5年の年月を要するのが一般的です。本研究開発の成果を用いて、多様なターゲットを迅速に解析し、電荷分布、水素結合の強度などの情報を取得することにより、精密構造に基づく定量的な結合評価から計算機探索の確度向上と、実験検証の高速化を目指します。これにより、候補化合物の最適化までの期間を50～90パーセント短縮することが期待されます。

本技術を搭載した国産クライオ電子顕微鏡システムの市販と普及により、欧米に遅れをとったシェアを取り戻し、創薬分野の課題を解決するだけでなく、新材料開発を始めとする材料分野のほか、エネルギー、環境、生命科学など幅広い分野への応用が促進されます。以上から、共通基盤技術として研究開発現場の生産性向上に貢献します。

## 薬を患者に早く届ける

**現状** 希少疾患、難病、新規感染症の治療薬が存在しない

指定難病：333種、100万人以上が罹患（令和2年）

新型コロナ感染累計（全世界）：600万人（死者）、6億人（感染者）

**創薬ターゲットの拡大、候補化合物最適化の効率2~10倍へ**

### 医薬品の研究開発



\* 赤字の工程を繰り返すこともある

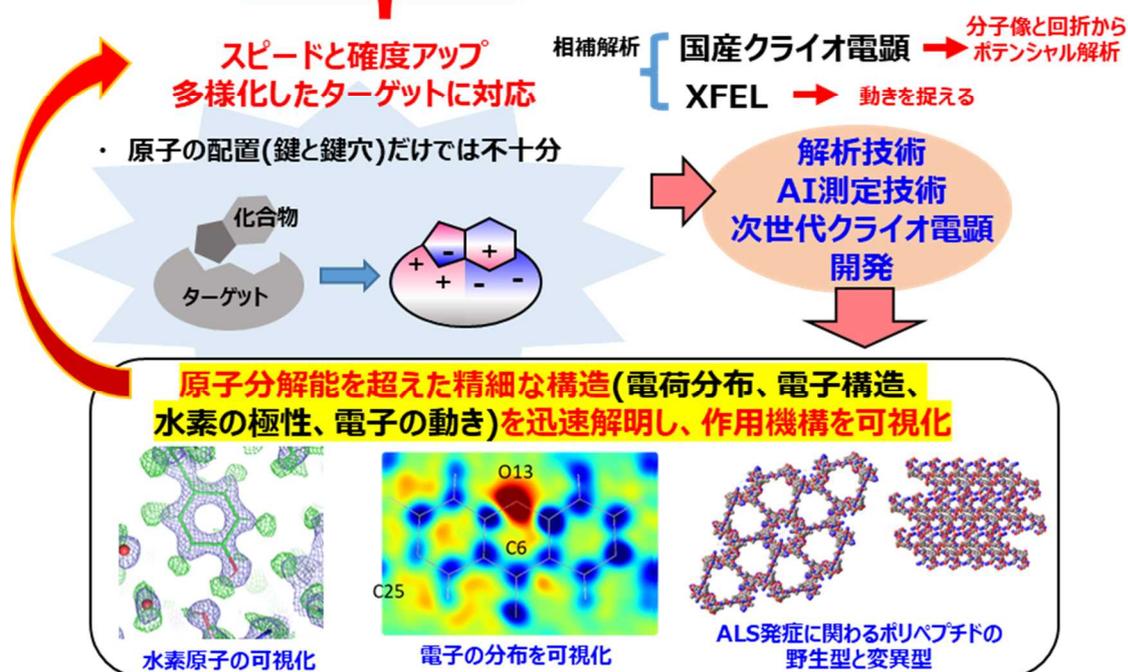


図 本格研究が目指す原子分解能を超えた精細な構造解析による創薬の革新