

## 新たな数理モデルでAIを悪意から守る

社会との共存に向けた安全な開発・実装に貢献

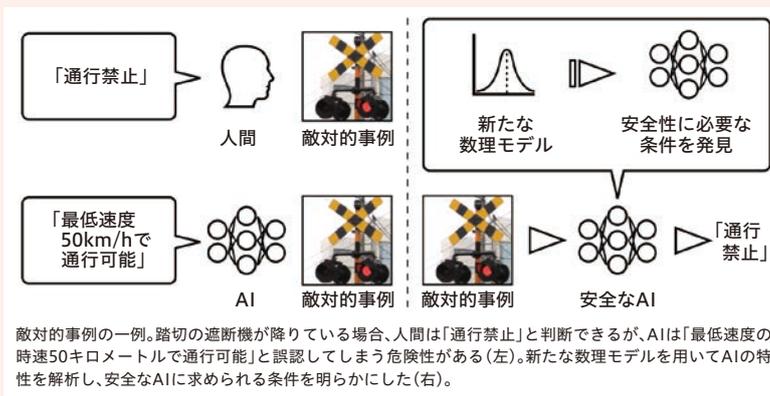
近年、画像診断やスマート農業など、人工知能(AI)の活用が広がり始めています。しかし、AI技術にはいくつかの課題があります。特に、悪意を持ってAIに誤った認識を引き起こさせる「敵対的事例」は、人命にも関わる大きな脅威です。例えば、自動運転車が遮断機の降りた踏切を「最低速度さえ守れば通行可能」と誤認識することで重大事故に至ってしまうかもしれません。敵対的事例への防御手法として、事例に対し正しい認識ができるようAIを訓練する「敵対的訓練」がありますが、そのメカニズムの理論的な理解は道半ばの状況でした。

東京大学大学院情報理工学系研究科の熊野創一郎大学院生、山崎俊彦教授らの研究グループは、AIの中核を担うニューラルネットワークの特性をマクロな視点で解析する「平均場理論」に着目。解析で見通せる範囲の制限をなくした新たな数理モデルを提案しました。これにより、ネットワーク全体の情報伝達が簡単な式で表現でき、敵対的訓練によるネットワークの変化が

解析可能となりました。

AI技術は、ニューラルネットワークの階層を増やした構造に基づく「深層学習」により、高い性能が発揮されます。一方で、新しい平均場理論を用いた解析の結果、敵対的訓練には、ネットワークの各層における「幅」を広くすることが重要であると見いだされました。

この研究で考案した平均場理論は、敵対的訓練の解析だけでなく、さまざまな深層学習手法の解析への応用が可能です。社会とAIの安全な共存に向けて、より進化したAI開発と実装への貢献が見込まれます。



## 話題

日本科学未来館

## ロボット、古い、地球環境 4つの新常設展示 社会問題を「自分ごと」として考える契機に

日本科学未来館は2023年11月22日にロボット、古い、地球環境をテーマに制作した、新しい常設展示を4つオープンしました。最新の科学的知見を通じて現在や未来の社会問題を体験でき、各展示の最後には他の来館者と意見を共有する機会を提供します。

「ハロー！ロボット」では、6つの最新ロボット研究の展示や未来館オリジナルパートナーロボット「ケバラン」など4種類のコミュニケーションロボットとのふれあいを通して、開発が進むロボットの現状を知ることができます。シナリオ体験型の「ナナイロクエストーロボットと生きる未来のものがたり」では、専用タブレットを使って、人とロボットが共に生活する未来のまち「ナナイロシティ」を探索し、ロボットとの共生について考えます。「古いパーク」では、目、耳、運動器、脳の老化を6つの体験型展示で疑似体験し、全ての人に訪れる「古い」とどのように付き合うかを探っていきます。

地球環境をテーマにした「プラネタリー・クライシス これからもこの地球でくらすために」では、気候変動の影響に直面するフィジー共和国の暮らしを体感

できる大型映像シアターや、各国の二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)排出量を実感できる展示があり、自分の暮らしを見つめ直すことができます。国産木材で制作した展示は簡単に組み替えられる構造で、展示終了後には再利用可能です。また、製作中に発生した木材の切れ端から、テーブルの脚やパネルを作成するなど、展示を行う上で環境に負荷をかけない趣向が凝らされています。

社会問題を「自分ごと」として捉えるのは難しいことですが、未来館では各体験を通して私たちにできることを考える「きっかけづくり」を提供します。新しくなった未来館にぜひ足を運んでみてください。

### 「プラネタリー・クライシス」の展示空間



輸送時のCO<sub>2</sub>の排出量を削減し環境負荷を抑えるために、木材の調達には鳥取県、加工・組み立ては関西地域で行われた。また、展示棚に設置されたミニパネルは、製造過程で発生した木材の切れ端で作成した(写真中央)。

未来館のYouTubeでは、この展示が完成するまでを記録した映像を公開しており、制作の過程を知ることができる。



<https://www.youtube.com/watch?v=Wfeywbe7A7g>

## 環境に優しいSF<sub>4</sub>アセチレン合成に成功

### PFAS代替品へ、農薬開発などに貢献

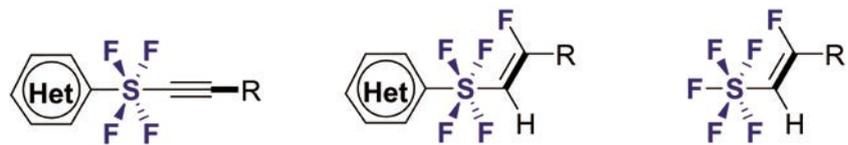
フッ素原子と炭素原子から構成される有機フッ素化合物「PFAS」は、耐薬品性、不燃性、防水性や撥油性などの特徴を持つことから、暮らしに関わる広範囲な製品で幅広く使用されています。しかし、高い安定性のため自然環境での分解が難しく、生物体内に蓄積されるなど環境や人体に有害な影響を及ぼすため、欧米を中心に製造・使用規制が進んでおり、PFASに代わる物質の需要が高まっています。

名古屋工業大学大学院工学研究科の柴田哲男教授らの研究グループは、6価の硫黄原子に4つのフッ素原子が結合したテトラフルオロスルファニル(SF<sub>4</sub>)化合物がPFASに代わる環境負荷の低い有機フッ素化合物になりうると考えました。強力な電子求引性と高い脂溶性を持つSF<sub>4</sub>部位は、有機化合物に組み込むことでPFASに類似した特性を示します。また炭素フッ素結合を持たず、分解が容易であることから、環境に優しいPFAS代替品として機能する可能性があります。これまで

SF<sub>4</sub>化合物の合成手法には限りがありましたが、銅触媒と芳香族ジアゾニウム塩を組み合わせたクロスカップリング反応を応用することで、50種類超のSF<sub>4</sub>アセチレン物質の合成に成功しました。反応に要する時間はわずか30分で、得られた化合物はより複雑なSF<sub>4</sub>化合物群への分子変換も可能です。

さらに柴田教授らは、この手法を基にSF<sub>4</sub>アセチレンからSF<sub>4</sub>-とSF<sub>5</sub>-フッ化ビニルの合成にも成功しています。PFASの規制に該当せず、フッ素高分子として幅広い用途が期待される一連の成果は、環境に優しい高分子材料や農薬の開発に貢献できます。今後は産業界との共同研究による革新的な製品の創出と、持続可能な社会の実現を目指していきます。

この手法で合成できるSF<sub>4</sub>アセチレン(左)、SF<sub>4</sub>-フッ化ビニル(中央)、SF<sub>5</sub>-フッ化ビニル(右)



SF<sub>4</sub>化合物およびSF<sub>5</sub>化合物は、PFASの定義である「完全にフッ素化されたメチル基、あるいはメチレン基」を持たない。環境に優しい代替品として期待できる。

## リチウムイオン移動速度を可視化・定量化

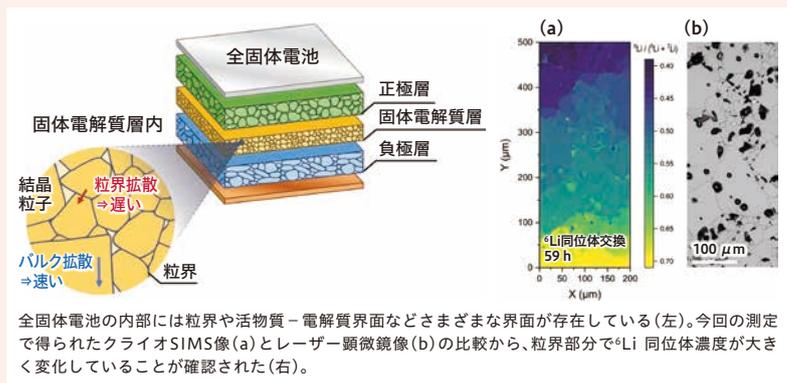
### エネルギー密度低下の要因を特定、全固体電池の高性能化に道

スマートフォンや電気自動車など、さまざまな電子機器の稼働を支える蓄電池は、私たちの暮らしには欠かせない存在です。その中で、電解液の代わりに固体の電解質を用いる「全固体電池」は、より安全かつ高いエネルギー密度を実現できる次世代蓄電池として注目されています。全固体電池は、リチウム(Li)イオンが固体電解質を通して正極・負極間を移動することで電気の流れが生まれます。しかし、電解質内の粒子同士の界面(粒界)でLiイオン移動により生じる抵抗がエネルギー密度低下の一因となっているため、ボトルネックとなるイオン移動障壁の界面を特定する手法の開発が求められていました。

物質・材料研究機構エネルギー・環境材料研究センターの桑田直明主幹研究員らの研究グループは、クライオSIMS法を用いて、固体電解質内の粒界におけるLiイオン移動を可視化しました。同法はイオンを入射した試料の温度をマイナス100度以下まで冷却し、イオンの動きを凍結させたまま定性・定量を行う手法です。研究ではリチウムランタンチタン酸化物の多

結晶をモデル試料とし、試料端へ<sup>6</sup>Li同位体をイオン交換により導入。全体のLi濃度(<sup>6</sup>Li+<sup>7</sup>Li)に対する<sup>6</sup>Li同位体濃度を測定しました。その結果、粒界部分で<sup>6</sup>Li濃度が大きく変化している、つまり粒界部分でLiイオンの抵抗が生じていることがわかり、Liイオン移動を妨げている粒界を特定することができました。

この手法により、固体電解質内のLiイオンの移動速度の可視化・定量化に世界で初めて成功しました。他の電池材料の界面測定やイオン移動を妨げない界面の設計にも応用が可能で、将来的な全固体電池の高性能化への貢献が期待されます。



全固体電池の内部には粒界や活物質-電解質界面などさまざまな界面が存在している(左)。今回の測定で得られたクライオSIMS像(a)とレーザー顕微鏡像(b)の比較から、粒界部分で<sup>6</sup>Li同位体濃度が大きく変化していることが確認された(右)。