

新規ペプチド性バイオスティミュラントCAPペプチドの応用展開

生命環境科学研究科・応用生命科学専攻

教授 佐藤 雅彦
准教授 平野 朋子

キーワード：虫こぶ形成因子、CAPペプチド、バイオスティミュラント、環境ストレス耐性付与剤

【概要】

研究代表者らは、虫こぶ形成昆虫の一種であるヌルデシロアブラムシの虫体破碎液に、植物細胞の分裂を促進する効果、植物細胞を初期化する効果、植物に様々なストレス耐性を付与する効果があることを明らかにし、虫体破碎液から、それらの効果を発揮する有効成分としてCysteine-Rich Secretory Protein, Antigen 5, and Pathogenesis-Related 1 (CAP) タンパク質を発見した。CAPタンパク質は、真核生物間で広く保存されているタンパク質ファミリーで、特にC末端に、高度に保存された領域を持つことから、研究代表者らは、この領域6残基のペプチド配列を化学合成して、モデル植物シロイヌナズナに処理し、発現する遺伝子をRNAseq解析によって解析した。その結果、乾燥やABA応答、病害応答、高温に対する耐性遺伝子や光合成関連遺伝子などの発現が顕著に上昇していることが明らかとなった。更に、10 nMという低濃度のCAPペプチドを処理することにより、細菌性の病原菌に対する耐性、塩耐性、浸透圧耐性等が顕著に上昇すると同時に、ミニトマトの野外栽培試験において、CAPペプチドの葉面散布により、実の重量が3割増加するという結果を得た。

【応用例・用途】

こぶ形成昆虫由来のバイオスティミュラント (BS) を、開発・販売することにより、農業および化成肥料の施用過多による環境破壊といった社会課題を解決し、緑の食料システム戦略の目標の一つである環境保護型の農業体系に寄与する。



【アピールポイント】

CAPペプチドは、アミノ酸6個で構成された単一ペプチドのみで濃度に応じて、様々な有効作用を及ぼすという特徴を有する、それゆえ、①科学的に安定で、保存方法が簡単である。②形質転換を伴わず、植物や園場への散布・塗布や種子の浸漬という非常に簡便な方法で、多種の植物に効果を発揮する。③濃度や処理の方法の違いで、カルス化・幹細胞化や、乾燥、凍結、塩、高浸透圧耐性、病害抵抗性、植物の鮮度保持・延命剤など、複数の問題を解決できる。④シロイヌナズナなどのモデル植物を用いて、その効果と作用機序の解析や安全性に関する調査を、比較的容易かつ詳細に行うことができる。⑤ペプチドに対する受容体が細胞表面にあるために、nM オーダーの非常に低濃度で効果を発揮することができる。という特徴を持つことから、競合する技術シーズに対して、優れた優位性を持つ。

【関連情報】

特許：出願番号PCT/JP2021/034176)「植物幹細胞誘導作用及び植物病害虫抵抗性誘導作用を有するペプチド」
研究室URL : <https://www.sato-hiranolab.com/>
リサーチマップ : <https://researchmap.jp/read0046947> (佐藤雅彦)
<https://researchmap.jp/tomokohirano> (平野朋子)

ハドロン間に作用する新しい核力の理論物理学的探究

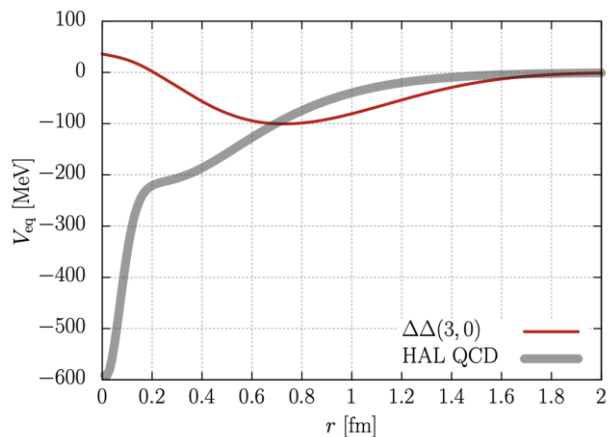
生命環境科学研究科・環境科学専攻
准教授 関原 隆泰

キーワード：基礎物理学、理論物理学、クォーク、ハドロン、核力、コンピュータによる数値計算、C++、Julia、Python

【研究概要】

我々の身の回りの物質を細かく砕いていくと、原子というミクロな物質に行き着きます。原子は更に分けられて、電子と原子核が得られます。電子はそれ以上分けられない素粒子ですが、原子核は素粒子ではありません。原子核は更に陽子と中性子に分けられ、そして陽子と中性子はそれぞれクォークという素粒子が3個集まってできています。陽子と中性子のように、複数のクォークがつくるミクロな粒子をハドロンとよびます。

陽子と中性子の間には、クォークの量子力学に起因する核力が作用しています。核力は、湯川秀樹博士からずっと続く研究対象です。核力のおかげで陽子と中性子が引っ付き、原子核が形成されます。ところで、我々の宇宙には、さまざまな種類のクォークが存在しています。これらさまざまな種類のクォークがつくるハドロンたちの間には、陽子と中性子間に作用する核力とは違った --- しかし、同じクォークの量子力学に起因する --- 新しい核力が作用します。現在、実験装置やスーパーコンピュータの進展により、我々は新しい核力の世界をどんどん開拓しています。私はその一員として、新しい核力の性質、そしてその背後にあるクォークの量子力学の真の姿を数値計算により理論的に探究しています。



$\Delta\Delta(3,0)$
HAL QCD
 $\Delta\Delta(3,0)$ 相互作用ポテンシャル。細い実線が私の研究グループの計算結果、太い実線がHAL QCDグループの数値シミュレーション結果。論文 [T.Sekihara and T.Hashiguchi, Phys. Rev. C108 (2023) 065202] より引用。

【期待される効果・応用分野】

人類の知識の蓄積。知的好奇心への刺激。数値計算法の開発。

【アピールポイント】

我々の生活に直接的には役に立たない事を研究しています。それでも、将来にわたって役に立たないのか、は誰にも分かりません。また、研究室で指導した学生たちが物理的な考え方と数値計算技術を携えて社会に出ているので、私の研究は間接的には我々の生活に役に立つ事になるでしょう。

【関連情報】

個人URL : <https://eureka.kpu.ac.jp/~sekihara/index.php>

研究室URL: <https://eureka.kpu.ac.jp/~sekihara/lab/index.php>

植物のパターン形成に関する分子生物学と 数理生物学の融合研究

生命環境科学研究科・応用生命科学専攻
講師 爲重 才覚

キーワード：葉、形態、パターン形成、数理モデル、シロイヌナズナ、コムギ

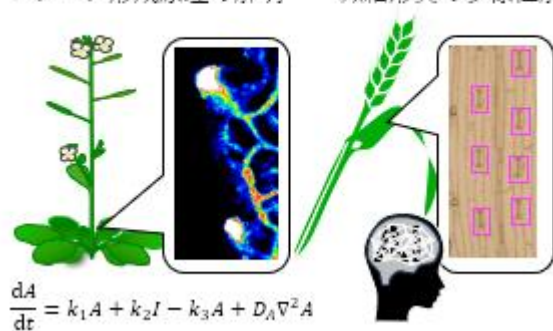
【研究概要】

植物の美しい形態、細胞分化パターン、花の咲く時期、といった植物の様々な側面を実験と数理解析を使って解明することを目指しています。特に画像、遺伝子発現情報、分子ネットワークといった複雑な対象はコンピューターを利用しなければ扱いにくいので、数理モデリングや情報科学の手法を利用しています。

最近特に葉の形態を決める仕組みを解明する研究を進めており、モデル植物のシロイヌナズナを用いて植物ホルモンや遺伝子発現等の動態を分子生物学実験と数理モデルのシミュレーションによって調べています。また、作物のコムギを使って、気孔などの細胞分化パターンの多様性に着目した研究も行っています。画像解析によって大規模データを収集しながら、細胞分化パターンの多様性の遺伝的基盤を解明するとともに、遺伝資源として育種利用を目指した研究に取り組んでいます。

数理モデルによる
パターン形成原理の解明

機械学習を利用した
微細形質の多様性解明



植物科学×数理

【期待される効果・応用分野】

作物や野菜、花卉等の、新規形態、乾燥耐性の改変などの新規形質の開発に有用な知見や技術の創出が期待されます。

【アピールポイント】

現在の生命科学では、分子生物学と情報科学の両方が発達し、生命現象やデータを数理モデルで表現しながら解明することが重要になってきています。当研究室では、多様な数理的アプローチによって植物の形質の表現、予測、改変する方法を探っています。

【関連情報】

リサーチマップ：https://researchmap.jp/tame_t

研究室URL：<https://sites.google.com/view/tameshigelab/home>

視線情報を含んだ非侵襲生体情報を用いた機械学習による 内在状態推定とその利用

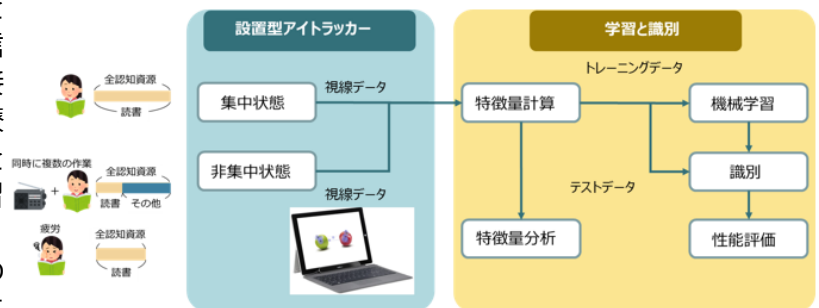
生命環境科学研究科・環境科学専攻
准教授 辻 愛里

キーワード：HCI、視線情報、機械学習、人工知能、福祉工学

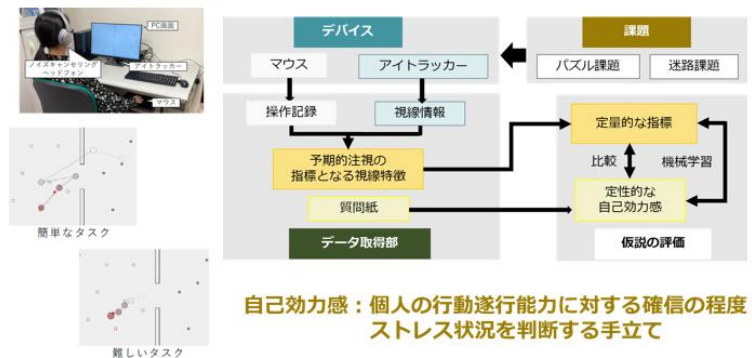
【研究概要】

視線・動作・行動データなどを
もとに人の集中度・緊張・自信
といった「内在的状态」を非接
触で推定し、生活・教育・医療
分野での支援に応用する研究を
行っています。AIや機械学習
を用いた人間行動の可視化や、
支援タイミングの最適化技術の
開発等、たとえば、高齢者の生
活支援やリハビリ中の自己効力
感（「できそう」という感覚）
の定量化、学習支援などに取り
組んできました。今後は地域の
健康支援や教育現場との連携も
視野に、感性情報技術を通じた
社会実装を推進します。数学理
論や他分野への応用の面から、
まだ知られていない面白いもの
を日々研究中です。

集中度推定



自己効力感推定



自己効力感：個人の行動遂行能力に対する確信の程度
ストレス状況を判断する手立て

【期待される効果・応用分野】

本研究の成果により、人の内在的状态（集中度、緊張、自己効力感など）を可視化・推定することで、個々に最適化された支援が可能となります。教育現場では学習者の理解度に応じたフィードバック、医療・福祉分野ではリハビリや高齢者ケアにおける心理的負担の軽減、産業分野では作業者のストレス管理や安全確保に応用できます。また、UX設計やHCI開発においても、ユーザーの状態に基づくインタラクション設計が期待されます。

【アピールポイント】

本研究のアピールポイントは、視線や動作といった自然な行動データから、人の内面的な状態を非接触・リアルタイムに推定できる点です。機械学習を活用した柔軟なモデルにより、多様な環境や対象者に適応可能であり、また、得られた知見を独自でデバイス化するだけでなく既存のシステムに組み込みやすいのも特長です。

【関連情報】

リサーチマップ：<https://researchmap.jp/atsuji>

ファジィ・セルオートマトンの漸近挙動解析

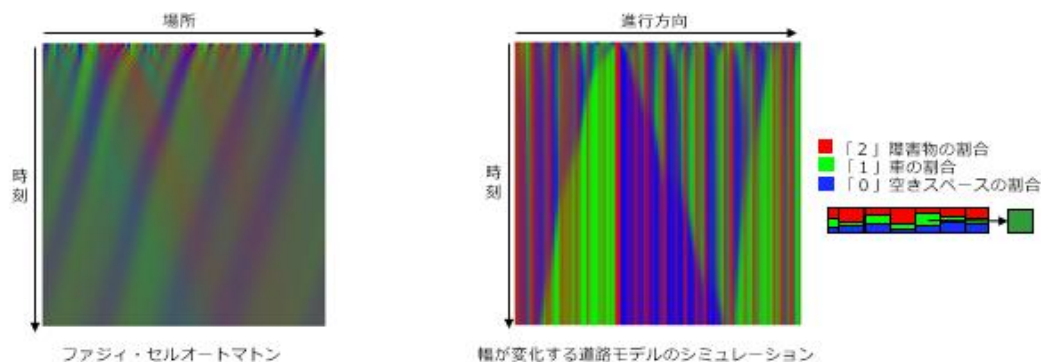
生命環境科学研究科・環境科学専攻

講師 西田 優樹

キーワード：セルオートマトン、ファジィ化、交通流モデル

【研究概要】

セルオートマトンとは、区切られたマス目の中に与えられた「0」や「1」などの数字がある規則に従って時間とともに変化するような数理モデルです。例えば、一直線の道路がマス目に区切られているとして、そのマスに車があるときに「1」、そうでないときに「0」と表すことにすると、この道路上で車が動く様子をセルオートマトンでシミュレートすることができます。しかし、いろいろな特性の車が混在していたり、道路の状況が場所によって変化したりすると、「0」と「1」以外の数字も用いて状態を表現する必要がでてきます。私を含む研究グループは、この表現方法の1つとしてベクトル値ファジィ・セルオートマトンという数理モデルを開発しました。「ファジィ」というのは「あいまいな」という意味で、「0」と「1」の間にあるあいまいな状態をセルオートマトンに取り入れることを指しています。このような新しい数理モデルに対しては、その数学的性質を明らかにすることが重要です。例えばこれまでは、漸近挙動解析といって、十分長い時間が経過した後にはどのような状態に収束するのかということを理論的に証明しました。とはいえ、ファジィ・セルオートマトンには何兆ものバリエーションがあり、研究されているものはごく一部です。数学理論や他分野への応用の面から、まだ知られていない面白いものを日々研究中です。



【期待される効果・応用分野】

これまでは、ファジィ・セルオートマトンを用いて幅が場所によって様々に変化する道路モデルでの交通流のシミュレーションを行いました。交通流のような社会現象だけでなく、体の模様の形成といった生命現象もまたセルオートマトンが得意とする分野です。

【アピールポイント】

一口にセルオートマトンといっても、状態の種類や時間変化の規則をどう決めるかにはかなり自由度があり、どんな現象をシミュレートしたいかに合わせてカスタマイズできます。また私の研究室では、シミュレーションの結果だけでなく、代数学などを駆使した理論的な裏付けも大切にしています。

【関連情報】

論文：Y. Nishida, S. Watanabe, A. Fukuda, D. Yanagisawa (2022) Fuzzy cellular automata with complete number-conserving rule as traffic-flow models with bottleneck, *JSIAM Letters*, **14**, 143-146.

Y. Nishida, K. Yamasaki, S. Watanabe, A. Fukuda, Y. Watanabe (2023) Convergence of vector-valued fuzzy cellular automata with weighted-averaging rules, *Lecture Notes in Computer Science*, **14152**, 48-59.

研究室URL : <https://eureka.kpu.ac.jp/~y-nishida/labo/laboratory.html>

リサーチマップ : https://researchmap.jp/yuki_nishida

イオンビームを用いた全固体リチウムイオン二次電池分析によるリチウムイオン動態の解明

生命環境科学研究科・環境科学専攻
准教授 安田 啓介

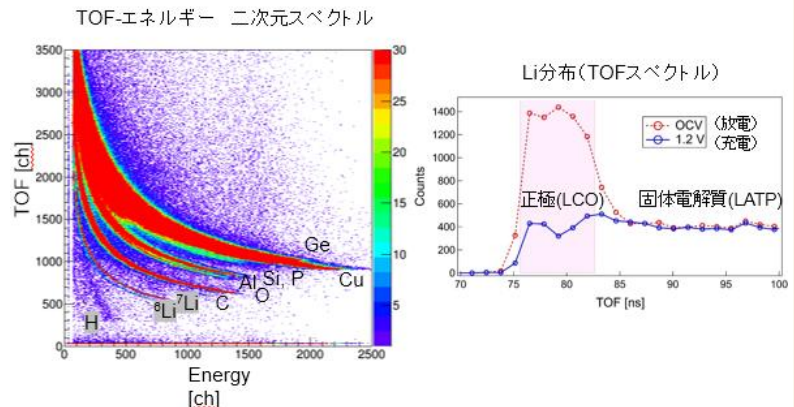
キーワード：イオンビーム、飛行時間測定弾性反跳粒子検出法（TOF-ERDA）、
全固体リチウムイオン二次電池

【研究概要】

全固体リチウムイオン二次電池は、次世代の二次電池として大きく期待されている電池の一つである。現在のリチウムイオン二次電池では電解質に有機物を含む液体が使われているが、固体電解質を用いることで、安全性、寿命、充放電回数、エネルギー密度などにおいてその性能が大きく向上することが見込まれている。全固体リチウムイオン二次電池の実用化においては、電極活物質と固体電解質の界面におけるイオン輸送抵抗の制御が重要な課題である。イオン輸送抵抗の制御には界面近傍のリチウム等の元素分布をナノメートルレベルで計測することが重要となるが、これを実現する計測手法は限られている。

本研究ではイオンビーム分析法の一つである飛行時間測定弾性反跳粒子検出（TOF-ERDA）法を用いた全固体リチウムイオン二次電池のオペランド測定が可能な装置を開発した。TOF-ERDA法ではMeVエネルギーのイオンビームを試料の照射した際に反跳される試料内原子のエネルギーと飛行時間（速度に逆比例）を測定し、元素分離して試料内元素深さ分布を計測する。リチウムや水素等の軽元素の測定に適しており、表面近傍ではナノメートルレベルの深さ分解能での測定が可能である。

これまでの研究において、充放電時における電極と固体電解質界面のリチウムイオンの動態を10ナノメートルオーダーの深さ分解能で計測し、正極内のリチウム濃度およびその分布が充電、放電に対応して変化することを示した。



【期待される効果・応用分野】

本研究成果によって、薄膜全固体リチウムイオン二次電池における元素動態の解明、およびこの知見に基づく電池の高性能化が期待される。また、電池材料だけでなく、広く薄膜試料全般の軽元素分析が可能であり、近年微細化が進む半導体材料の分析にも適用が可能であると考えられる。

【アピールポイント】

TOF-ERDA法は軽元素の測定に適しており、特に水素やリチウムは他の元素との分離が良好なため信号雑音比（S/N）の良い測定が可能である。これはX線を用いた計測など他の手法にはない大きな特徴である。また、表面から数十ナノメートルの範囲においてはナノから10ナノメートルレベルと優れた深さ分解能での測定が可能である。

【関連情報】

論文： 1. T. Majima, K. Yasuda et al., "High-resolution Li depth profiling in a thin-film all-solid-state battery using TOF-ERDA", Appl. Phys. Lett. 125, 033902 (2024). <https://doi.org/10.1063/5.0210929>
2. 安田啓介, 鈴木耕拓, "軽元素深さ分析のためのTOF-ERDA測定装置の開発と応用", 応用物理, 2021 年 90 巻 4 号 p. 234-238. https://doi.org/10.11470/oubutsu.90.4_234

研究室URL : https://www2.kpu.ac.jp/life_envIRON/radiation_meas/index.html

リサーチマップ : <https://researchmap.jp/KeisukeYasuda>