

SOCIAL INNOVATION NEWS

TOPPAN

Vol.
08

〔特集〕

ゲノム編集とデジタル技術が拓く未来

最先端バイオテクノロジーの社会実装を加速する



[特集]

ゲノム編集と デジタル技術が拓く未来

最先端バイオテクノロジーの社会実装を加速する

生物の設計図ともいえる遺伝情報(ゲノム)を改変可能にする「ゲノム編集」。特定の遺伝子の機能をなくしたり、遺伝子を組み入れて新たな機能をもたせたりすることができます。このゲノム編集で、重要な役割を果たしているのがデジタル技術。膨大な情報量をもつゲノムを取り扱うのに、デジタル技術は欠かせません。バイオとデジタルを掛け合わせた、この最先端バイオテクノロジーは、従来の育種や遺伝子組換えに代わる新しい技術として大きく期待されています。

CONTENTS

4 Interview ゲノム編集技術のイノベーション

ゲノム編集が
人類の課題を解決する
～鍵となる確実性と効率化～

広島大学

山本 卓 氏



8 Interview ゲノム編集技術の産業化

産学連携を強化し
ゲノム編集の社会実装を
加速する

プラチナバイオ株式会社

奥原 啓輔 氏



12 Interview バイオ×デジタル

バイオとデジタルの融合
バイオインフォマティクス

広島大学

坊農 秀雅 氏



INTRODUCTION

「ゲノム編集」における 産学共創の取り組みへの期待

国立研究開発法人科学技術振興機構 (JST) の事業のひとつである「産学共創プラットフォーム共同研究推進プログラム (OPERA)」は、大学と産業界がコンソーシアムを形成して大型の共同研究を実施することで、民間資金を活用しつつ将来の社会課題の解決に資する産業の基盤となる基礎研究を実施するとともに、大学においてそのような大型共同研究をマネジメントするのに必要なプラットフォームを整備することを支援するものです。

OPERA コンソーシアムでは、複数の学問領域の研究者、異分野・異業種の企業が参画し、そこで得られる基盤的基礎研究の成果を共有できる「協調 (非競争) 領域」を設定して共同研究を進める点に特徴があります。またそのようなコンソーシアムを大学が形成・マネジメントするための体制・しくみづくりを進めています。社会実装を目指す「ゲノム編集」の産業利用と国産技術開発が並行して進められており、国内企業によるゲノム編集を用いた事業化を円滑に進めるためのシステムづくりにつながるものと考えています。プロジェクト期間終了後には研究成果をもとに、より社会実装に近い競争領域での研究開発に発展することを願っています。

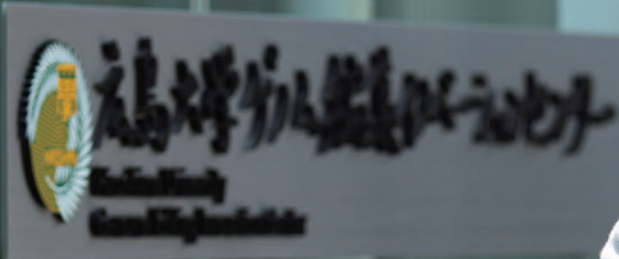
ゲノム編集ツールの開発においては海外が先行している状況にありますが、ツールの産業化適用において日本に強みのある分野は多いと理解しています。一方、海外発のゲノム編集ツールは権利関係が複雑であり、企業による産業利用の障壁になっているという状況があるなか、国産のゲノム編集ツールの開発は産業化の促進に重要な意味をもちます。本コンソーシアムの活動が、日本ゲノム編集学会を中心に、戦略的イノベーション創造プログラム (SIP)、NEDO プロジェクトなどとの連携をより強化したオールジャパン体制として、継続されることを期待しています。



国立研究開発法人科学技術振興機構 (JST)
イノベーション拠点推進部 共創グループ 調査役
伊藤 哲也 氏

Interview
+
ゲノム
編集技術
のイノベーション

ゲノム編集が 人類の課題を解決する ～鍵となる確実性と効率化～



 広島大学

広島大学 大学院統合生命科学研究科教授
ゲノム編集イノベーションセンター長

山本卓氏

博士(理学)。1992年熊本大学理学部助手、2002年広島大学大学院理学研究科講師、2003年同助教授、2004年同教授に就任。2019年より現職。2016年設立の日本ゲノム編集学会の会長を務めるなど、日本におけるゲノム編集の基盤技術開発研究をリードする。

遺伝子の特定の配列を狙いどおりに切断し、編集する——夢の技術・ゲノム編集はバイオエネルギーや創薬・医療といった暮らしに密着した分野におけるさまざまな課題解決に向け大きな期待がかかる分野であり、世界中で日々研究開発が競われています。

最先端のゲノム編集技術や今後の展望、また課題などについて、自らゲノム編集技術を開発し、産学連携による研究開発を推進する広島大学ゲノム編集イノベーションセンター長・山本卓氏に伺いました。

より確実に、より効率的に、進化するゲノム編集技術

品種改良の何倍もの速さで 新種が作れるゲノム編集

遺伝子内の特定の塩基配列に照準を合わせ、ピンポイントで遺伝子を改変する。それが私の研究する「ゲノム編集技術」です。

細胞にはもともと、DNAが切れた際にそれをつなぎなおして修復する機構が存在します。ゲノム編集ではその性質を巧みに使い、改変したい遺伝子内の塩基配列を専用ツールによって切断し、つなぎなおされる際に、目的の塩基配列を挿入するなどして、遺伝子を改変します。

遺伝子を改変して新たな種を作り出す試みは、「品種改良」として昔からおこなわれてきましたが、偶然に頼る部分も多く、狙った改良ができるまで10年以上かかることもありました。しかしゲノム

編集なら、遺伝子の狙った部位だけを切断して効率的に変異を起こすので、数年で有用な品種を作り出すことが可能です。現在、ゲノム編集に用いられる技術には「人工タンパク質ツール」と「RNA複合型ツール」があります。(下図)

人工タンパク質ツールは、DNA結合ドメインとはさみの役割を果たす切断ドメインで成り立っています。DNA結合ドメインにあるモジュールが塩基に特異的に結合するため、標的となる塩基配列に合わせてモジュールをつなぐとピンポイントに配列を切断します。なお、切断ドメインは2つ組み合わせることで初めて機能するため、人工タンパク質ツールは常に2つ対で使う必要があります。ツールとして有名なものは、ZFN(ジンク・フィンガー・ヌクレアーゼ)、TALENなどです。

RNA複合型ツールとして、現在世界

中で用いられているのがCRISPR-Cas9です。細菌由来のCas9タンパク質とRNAの複合体であり、細菌が外敵であるウイルスの遺伝子を切断して身を守るメカニズムをヒントに開発されました。

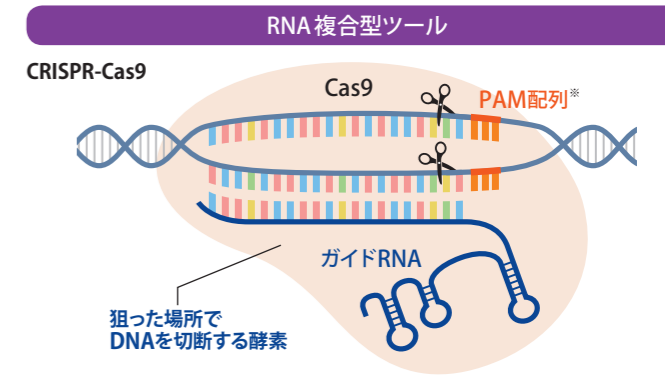
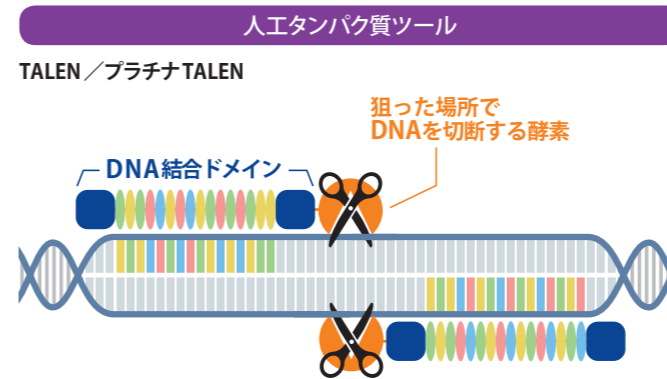
CRISPR-Cas9は、DNAを切断するヌクレアーゼ活性をもつCas9タンパク質と、標的と結合するガイドRNAから構成されています。ガイドRNAの塩基配列をさまざまな標的に合わせてデザインでき、比較的短時間、低コストでゲノム編集をおこなえます。

ゲノム編集における 遺伝子の改変方法

ゲノム編集における遺伝子の改変は、切断後に細胞内で起こる修復過程を利用しています。その過程の違いで非相同末端結合(NHEJ)と相同組換え(HR)の2つ

2種類のゲノム編集技術

CG動画による解説
ゲノム編集産業化
ネットワーク



「ZFN」や「TALEN」は、DNA二本鎖切断活性をもつ切断酵素にDNA結合ドメイン(DNA結合タンパク質)を合わせた一対の人工タンパク質を用い、狙った塩基配列にDNA二本鎖切断を導入する。

「CRISPR-Cas9」は、人工的に作製した「Cas9」酵素が「はさみ」の役割となる。「ガイドRNA」が「Cas9」を狙った場所に導き、標的となる遺伝子を見つけ、PAM配列があるとその部分を「Cas9」が切断する。

の経路に分けられます。(下図)

NHEJ経路では、特定の遺伝子を破壊(ノックアウト)しその発現を抑制します。筋肉細胞の増加や成長を抑制するミオスタチン遺伝子をノックアウトして筋肉量を増加させた鯛などが話題となりました。HR経路では、外来遺伝子の挿入(ノックイン)により元の遺伝子機能を変化させます。事例としては、さまざまな実験に適した疾患モデルのマウスを作製することなどが挙げられます。

ゲノム編集について語る際、必ずといっていいほど比較されるのが「遺伝子組換え」です。

簡単にいうと、ゲノム編集は遺伝子の

特定の位置に特定の変異を起こすことを目的とする技術で、その生物がもともと持っている遺伝子を書き換え、今ある特性を強化したり、弱くしたりします。遺伝子組換えは外来遺伝子を組み込むことで新たな特性を発現させる技術ですが、意図的に狙ったところに挿入して変更することができません。ゲノム編集におけるノックインについては、従来の遺伝子組換えと同じ技術を利用していることとなりますが、狙ったところにピンポイントで挿入できます。現在、実用化の研究開発で用いられているのは、ノックアウトの技術が中心となります。

また、遺伝子組換えは応用できる生物

に限りがありますが、ゲノム編集は微生物からヒトまであらゆる生物に有効であり、それこそがゲノム編集が革新的とされる理由です。その汎用性の高さからさまざまな分野で用いられ、今ではゲノム編集技術がなければライフサイエンスの研究は成り立たないほど重要な技術となっています。

有望な広島大学発の「プラチナTALEN」

私がゲノム編集の研究を始めたのは2008年で、ゲノム編集の第1世代のZFN、その後、第2世代であるTALENを使って研究を重ねてきました。第3世代であるCRISPR-Cas9が発表されたのは2012年のこと。これは科学界に衝撃を与える出来事で、瞬く間に世界を席巻しました。とにかく使い勝手がよく、現在応用研究ではCRISPR-Cas9を利用する方向に進んでいます。

ただし、CRISPR-Cas9には、特許利用料やターゲットとは違う遺伝子を改変してしまうオフターゲットが起こりやすいという問題があり、産業化に向けた課題として残っていました。

一方で、私が手がけていた研究でも成果があがり、2013年には従来のTALENのアミノ酸配列を改変することで、非常に高い切断活性と安全性を両立する「プラチナTALEN」を開発しました。現在、多くの生物の遺伝子ノックアウトに利用されています。プラチナTALENは、iPS細胞などの培養細胞や畜産動物においても効率的に働き、今後は医療から品種改良まで広範囲の研究で応用できるはずで

学と産業界の共同研究を推進するため、JSTの「産学共創プラットフォーム共同研究推進プログラム(OPERA)」の支援を受けて「ゲノム編集」産学共創コンソーシアムを構築し、基礎技術の開発を推し進めています。そのほかに、大学と産業界のつなぎ目となり、ゲノム編集の産学連携を後押しする企業としてプラチナバイオ社を設立しました。

こうして産業化への歩みを続けてきたのは、世界の未来を変えるゲノム編集技術の応用において、日本が世界からやや遅れをとっていることに危機感を抱いたからです。現在、特許申請ではアメリカが、応用技術の開発では中国が世界をリードしており、日本は「1周遅れ」といった様相です。ここから巻き返すには、産学が連携しオールジャパン体制で研究を進めなければなりません。ゲノム編集技術が生み出す市場は膨大ですから、まだまだチャンスはあります。

新たな議論を生む倫理問題

一方で、産業化に取り組むなかで、慎重を期さなければならないのが、倫理問

題です。中国の研究グループが、ヒトの受精卵を使ったゲノム編集にかかわる臨床研究をおこなったと発表し、国際社会から非難されました。ヒトの受精卵に対するゲノム編集は可能であり、遺伝疾患をあらかじめ取り除くことなどもできますが、思いどおりの特性をもったヒトを作ることもでき、それがデザイナーベビーにつながりかねません。現在、ヒトの胚を使った実験は全面的に禁じられているわけではなく、基礎研究は申請することで認められています。倫理面に配慮しつつ、生殖補助医療や遺伝性疾患の治療につながる研究は積極的に進める必要があると思います。

AIとの組み合わせでさらなる進化の可能性

今後の社会は、ゲノム編集技術によりさらに新たな領域に入ると私は考えています。

たとえば食糧問題は、ゲノム編集による品種改良が進んでいけばいずれ解決できるでしょう。畜産では、前述した筋肉量の多い鯛のほかに、アレルギーの原因となるアレルゲンが少ない卵を産む鶏な

ども開発されています。

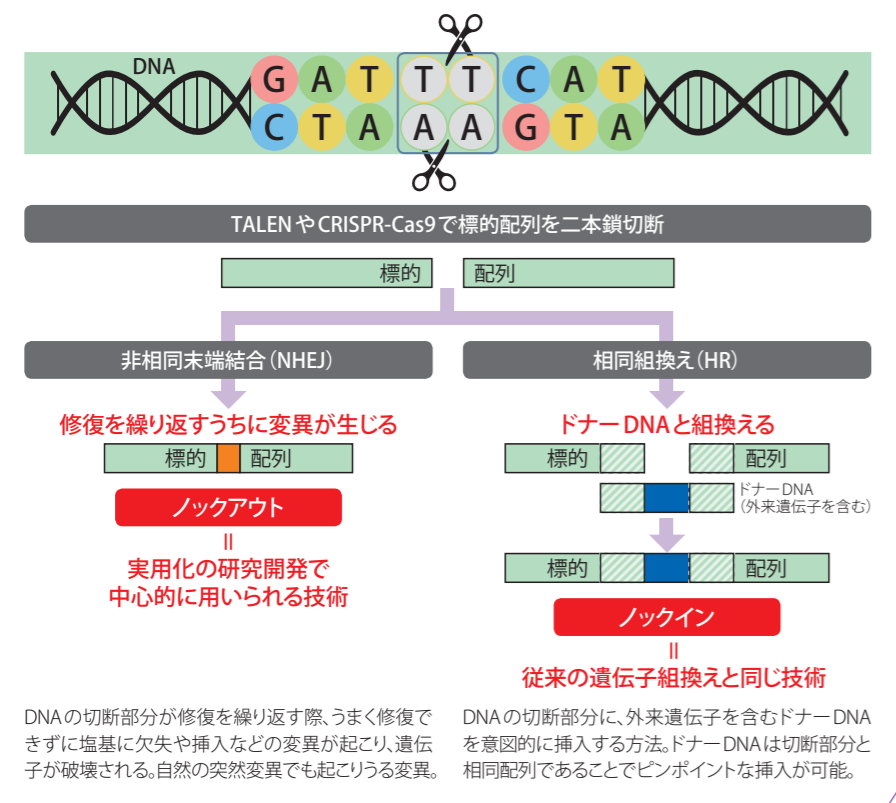
エネルギー問題も、ゲノム編集で効率よくオイルを生産する微生物を作り出すことで、光が見えてきます。実際に自動車メーカーのマツダさんと共同で、効率よくバイオ燃料を生み出す微生物を開発し、成果があがっています。

医療分野では、創薬や再生医療において、ゲノム編集による治療法が確立されつつあり、特定の疾患を引き起こす遺伝子の改変により発病を抑えるといった治療や臨床実験が始まっています。

また、今回のコロナ禍にあたり、アメリカではCRISPR-Cas9を使ったウイルス検出キットが開発されましたが、そうした応用範囲の広さも、期待が高まる理由です。

今後、遺伝子のビッグデータやAIによる改変シミュレーションなど、最新技術と組み合わせることで、ゲノム編集をさらに効率化できる可能性があります。データ基盤やAIの分野で一日の長があるトッパンさんとは、共同研究を進めており、手を取り合うことでさらなるシナジーが生まれると期待しています。

ゲノム編集における遺伝子改変経路



ゲノム編集技術の産業化と今後の課題

オールジャパンで産業化推進の必要あり

研究とともに取り組んできたのが、ゲノム編集技術の社会実装です。

ゲノム編集技術は急速に発展し、すでに多くの研究者が商業利用を見据えた研究をおこなっています。そうした研究者の情報交換の場や新しい技術を開発するためのプラットフォームとして、2016

年に日本ゲノム編集学会を設立しました。学会では、ゲノム編集の最新情報や技術を共有し、日本におけるゲノム編集技術の産業化を後押ししています。

また、優れたゲノム編集技術をもつ大

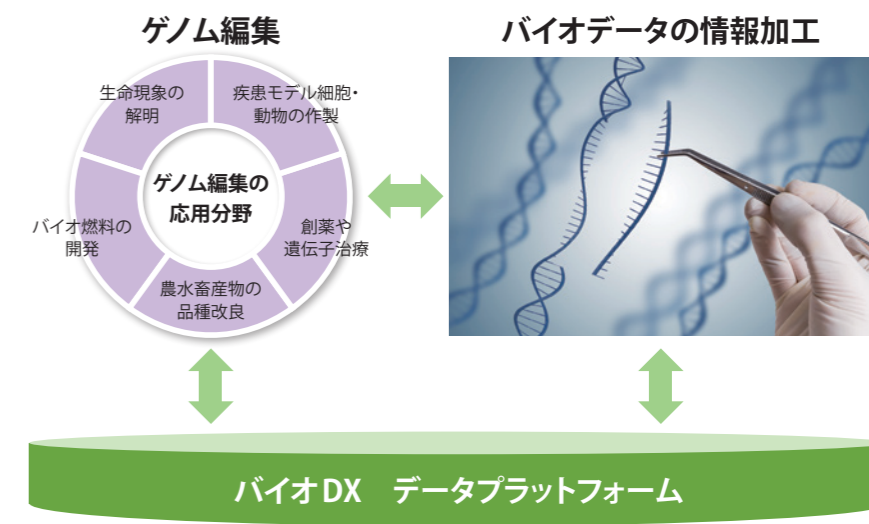
広島大学とトッパンの共同研究

バイオ研究機関のためのAIを活用したゲノム編集DBの研究開発

広島大学、プラチナバイオ社およびトッパンは共同で、国内外のゲノム編集研究の発展をサポートする情報基盤の構築事業を開始しています。

トッパンは、革新的テクノロジーであるゲノム編集技術とバイオデータの情報加工技術を組み合わせ、データプラットフォームを核にしたバイオDX事業を創出、ゲノム編集の社会実装を加速させていきます。

この事業は、国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の2019年度「Connected Industries 推進のための協調領域データ共有・AIシステム開発促進事業」にも採択されています。



Interview
+
ゲノム編集技術
の産業化

産学連携を強化し
ゲノム編集の社会実装を
加速する



PtBio

プラチナバイオ株式会社
代表取締役 CEO
奥原 啓輔氏

国立研究開発法人科学技術振興機構(JST)、内閣官房知的財産戦略推進事務局、東広島市を経て広島大学へ。山本卓教授とともにJST-OPERA「ゲノム編集」産学共創コンソーシアムを構築、運営する。現在、プラチナバイオ社の代表取締役CEOを務める。

ゲノム編集の産業利用を促進する産学連携。JST-OPERA「ゲノム編集」産学共創コンソーシアムでは、企業と研究機関が一体となり、さまざまな研究が進められています。コンソーシアム運営に携わる傍ら、ゲノム編集の社会実装を目指す広島大学発ベンチャー・プラチナバイオ社のCEOも務める奥原啓輔氏に、産学連携の取り組みや、その中で生まれた製品の製品化・事業化に向けた動き、課題について伺いました。

産学連携の動きを促進する“国家プロジェクト”

ゲノム編集における
産学連携の取り組み

広島大学大学院でバイオ分野の研究を経験した後、「国立研究開発法人科学技術振興機構(JST)」に入り、産学連携を促す部署に配属されたのが私のキャリアの始まりです。ここで全国の研究者からプロジェクトを公募し、審査・面接を経て採択したプロジェクトと併走しながら支援する業務に就きました。その後、内閣官房の「知的財産戦略推進事務局」に出向し国の知財戦略策定に携わったほか、「バイオサイエンスデータベースセンター(NBDC)」の立ち上げに参加し、バイオインフォマティクスの専門家と親交を深めたことも私のキャリアの大きな財産と

なっています。

転機となったのは、転身して東広島市の職員となり、産学官連携を促進するため広島大学に出向したことです。ここで、日本ゲノム編集学会の会長でゲノム編集研究のトップランナーである山本卓教授と出会ったのです。ちょうどその頃、JSTが新たな基幹産業の育成などを目指す「産学共創プラットフォーム共同研究推進プログラム(OPERA)」を開始しました。私は元JSTの経歴を買われ、山本教授の研究をテーマにプロジェクト提案を担当することになりました。これが採択となり、2016年に「ゲノム編集」産学共創コンソーシアムを山本教授とともに立ち上げることになったのです。コンソーシアムでは、ゲノム編集技術の産業利用

や基盤技術の開発を目的に、民間企業と大学などの研究機関が連携しながら、エネルギー、動植物の品種改良、健康・医療などの分野で、革新的なプロダクトを作り出しています。

参画機関には作りたいプロダクトがあり、当然それを製品化、事業化したいという思いがあります。しかしゲノム編集技術を提供するだけでは実現しません。たとえば国の規制の問題があります。技術を使うための知財の問題もあります。さらに消費者ニーズをどう調整・把握していくかも課題となってきます。コンソーシアムではこうした課題について考える取り組みもいち早く始め、ゲノム編集技術の産業利用を加速させています。

産学連携の先へ プラチナバイオ社が目指すもの

企業の製品開発に
“併走”する存在

「ゲノム編集」産学共創コンソーシアムは今年度が最終年度となります。すでに

いくつかの成果が出ていて、事業化、製品化が見込めるプロダクトもあります。しかし大学などの研究機関は、本来のミッションである教育・研究活動があるため、企業の製品開発に併走し続けるわ

けにはいきません。そこで大学の手を離れ、企業に併走する“受け皿”として山本教授と私が立ち上げたのが、広島大学発ベンチャー・プラチナバイオ社です。

プラチナバイオ社では「共創」「社会

「ゲノム編集」産学共創コンソーシアム

プロジェクト概要

バイオ産業、動植物の品種改良、健康・安全、生命科学研究などの分野で革新的な価値創造が見込まれているゲノム編集技術を対象として、基礎研究と応用研究を連続的につなぐゲノム編集開発プラットフォームの創成を目指す。

研究領域

ゲノム編集による革新的な有用細胞・生物作成技術の創出



幹事機関	広島大学
参画機関 (民間企業 24社)	マツダ、キューピー、日本ハム、エディットフォース、長瀬産業、大日本住友製薬、三菱商事ライフサイエンス、特殊免疫研究所、フェニックスバイオ、ファスマック、東レ、磐田化学工業、出光興産、大塚製薬工場、癸巳化成、富士フィルム、日本フィルター、バイオパレット、セツロテック、中国電力、花王、ポーラ化成工業、プラチナバイオ、凸版印刷
参画機関 (大学等 10機関)	広島大学、東京大学、九州大学、東京工業大学、徳島大学、神戸大学、甲南大学、理化学研究所、農業・食品産業技術総合研究機構、酒類総合研究所

(順不同)

実装」 「バイオ×デジタル」の3つのキーワードを事業の軸に据えています。一般的に大学の仕事は、研究成果を知財、特許といったかたちで権利化するところまでです。プラチナバイオ社は、広島大学における知財を引き受け、使いやすいかたちにしたうえで、顧客企業との共同開発をおこなっています。これが「共創」です。

「共創」では主に、山本教授の研究成果であるゲノム編集ツール「プラチナTALEN」を使った共同開発を進めています。今世界中の研究者の多くが使うツールは「CRISPR-Cas9」です。しかしこれは狙っていない部分を切断し変更してしまうオフターゲットの可能性が大きく、知財紛争中であるうえ、規制の問題もあります。このため企業が製品化、事業化に使いにくいという問題に直面しています。一方プラチナTALENはオフターゲットが小さく、知財ホルダーが明確、かつタンパク性のツールであるため規制対象外となります。つまり産業利用に最適なツールなのです。

ただし我々はCRISPR-Cas9をリプレイスすることを狙っているのではなく、むしろ基礎研究を効率的に進めるためにはCRISPR-Cas9は不可欠だと考えています。基礎研究の成果として、どの遺伝子のどこを切れば目的とする効果が得られるのかがわかれば、次の製品化、事業化の段階では「はさみ」を持ち替え、プラチナTALENで切りなおしてもらいます。こういったかたちで安心して製品開発を進

めていただければと考えています。

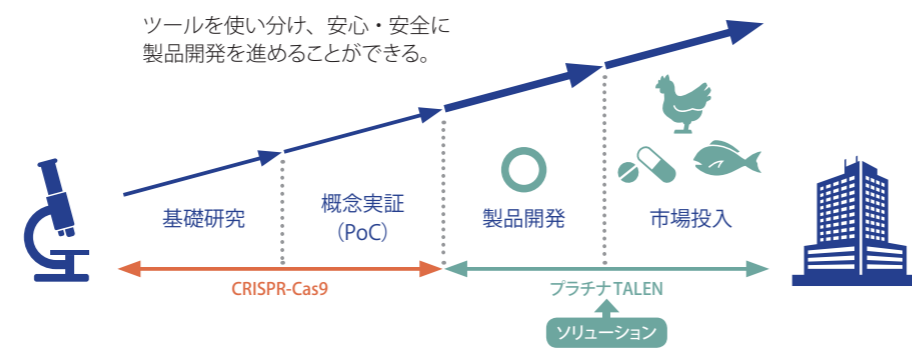
「社会実装」では、ゲノム編集の安全性評価のほか、知財戦略、規制、倫理の問題などについての情報を収集し、これをもとにゲノム編集を使う企業にコンサルティングサービスを提供しています。

もうひとつの「バイオ×デジタル」は、バイオエコノミー社会の実現に向け、ゲノム編集データ基盤の開発と「バイオ×デジタル」人材を育成する取り組みです。このうちゲノム編集データ基盤の開発については、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の事業として、トッパンさんと今まさに共同開発中です。

■プラチナバイオ社の取り組み

共創	産業利用に最適なゲノム編集技術を提供し、事業パートナーとともに革新的な製品・サービスを開発する。(共同R&D)
社会実装	ゲノム編集の社会実装に必要な安全性評価のほか、知財戦略・規制・ELSI [®] に関するコンサルティングを提供する。
バイオ×デジタル	バイオエコノミー社会の実現に向け、ゲノム編集データ基盤の開発とバイオ×デジタル人材を育成する。

※倫理的・法的・社会的な課題



ゲノム編集ツール産業利用の取り組みと課題

加速する社会実装の動き

ゲノム編集技術(プラチナTALEN)の活用事例として、食・農畜産の分野では、卵アレルギーの人でも食べられる卵を作る研究が進められています。ゲノムの中にはアレルギー(アレルギーの原因物質)

をコードしている遺伝子があります。ゲノム編集でこの遺伝子を働かなくすることで、卵アレルギーの人でも食べられる卵を作ろうとしています。卵は食品としてだけでなく、ワクチンを作る際にも使われていますから、実用化されれば、卵アレルギーの人にも安心して投与できるワクチンの開発にもつながります。

ゲノム編集ツールを使う際、どの遺伝子のどこを切るべきかをあらかじめ予測できると効率的に研究開発を進めることができます。しかし実際には、ウェット系の研究者は、ドライ解析(バイオインフォマティクス)についてのスキルや知識を十分にもっていない人も多いのが現状です。そういった人たちに向け、ドライ解析の手順のガイダンスなどを提供するプラットフォームを開発できればと考えています。まずはこの基盤を活用していただき、遺伝子のどこを切るべきかわかった人にはプラチナTALENを提供する。この両輪でバイオ産業の発展を支えていければと考えています。

用化を目指したプロジェクトとして、日本初のゲノム細胞創薬技術の開発を、国立研究開発法人日本医療研究開発機構(AMED)の事業として進めています。

エネルギー分野では、マツダさんと広島大学で、藻類にゲノム編集を施しバイオ燃料を高効率に作る取り組みが進められています。バイオ燃料は持続可能なエネルギー資源として期待されていますが、化石燃料と比べると製造コストが大きいことが課題となっています。そこで油脂生産性の高い藻類を作ることで、バイオ燃料の生産効率化を図ろうとしています。

ゲノム編集の産業利用への課題

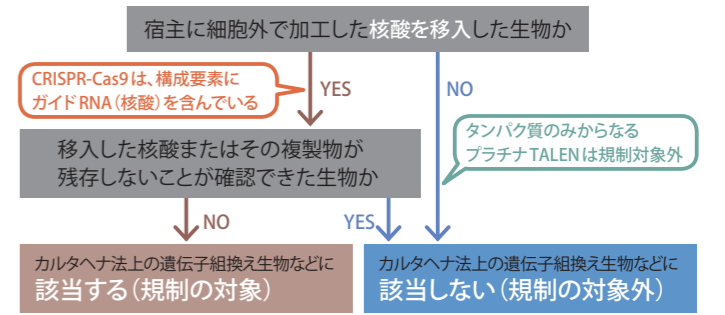
さまざまな分野での活用が進むゲノム編集技術ですが、産業利用するためには越えなければならない課題もあります。そのひとつがカルタヘナ法の規制への対

応です。日本では、環境省により方針が明らかになっており、ゲノム編集の際に、細胞外で加工した「核酸を移入したかどうか」が、規制対象の重要な分岐点に

なります。実はCRISPR-Cas9は構成要素にガイドRNA(核酸)を含んでおり、これを使ったゲノム編集は「核酸を移入した」と判断されます。このため規制への対応が非常に難しく、社会実装を妨げる要因のひとつになっているのです。しかしプラチナTALENは核酸を含まないため規制の対象外となります。この点でも産業利用しやすいツールとなっているのです。

このほか社会受容性の課題もあります。ゲノム編集技術がどのようなものを消費

■ゲノム編集に対する規制



者に正確に伝え、安全であることを理解してもらわないといけません。そのためにも消費者にゲノム編集がもたらす価値をしっかりと伝えるコミュニケーションの必要性を強く感じています。またプロダクトを作る側も、消費者にとって真に価値あるものを作り出すことが大事です。そのためにも社会のニーズを見極め、作り手に伝えることもプラチナバイオ社が担う重要な役割のひとつだと考えています。

ゲノム編集技術の産業利用

藻類を利用したバイオ燃料の共同研究開発 マツダ株式会社

マツダは、自動車などの内燃機関を搭載した移動体のエネルギー源については、将来(2040年頃)においてもエネルギー貯蔵密度が高い液体燃料が効率的かつ実用的な手段であると考えています。水素やバッテリーと比較してエネルギー貯蔵密度が高いバイオ燃料は、同じ質量でも長い距離を走ることができます。

藻類は食糧と競合せず、軽油などの現在の液体燃料とほぼ同じ油脂成分を多く含んでいることから、ほかの手段よりも少ないエネルギーで、実用的に使用可能な液体燃料を効率よく得ることができます。従って、CO₂削減にとって大変有望な次世代バイオ燃料といえます。

藻類バイオ液体燃料の課題は、燃料生産性向上とコスト低減などです。この課題解決のために着目したのが、広島大学さんが保有している「ゲノム編集技術」と「植物生理学研究」でした。特に、「ゲノム編集技術」を藻類バイオ研究にうまく適用することで、課題解決のブレークスルーを目指せると考えました。

2017年に広島大学さんと「次世代自動車技術共同研究講座 藻類エネルギー創成研究室」を開

設し、共同研究をおこなっています。広島大学さんの役割は、微細藻類に適したゲノム編集技術の確立と高性能藻類のポテンシャルを最大限に引き出し、油脂生産を最大化する培養条件の確立です。マツダは、その研究をもとに、高性能藻類から得られる油脂成分の自動車用燃料としての特性評価とCO₂削減効果の技術評価をしています。

この3年間で、藻類に適合可能なゲノム編集技術を確立したほか、微細藻類(ナンノクロロプシス)が、優れた油脂生成特性および軽油に適した炭素数分布を有していることがわかり、この油脂から軽油およびガソリン留分を選択的に精製できること、これらのバイオ燃料の内燃機関に適合できる可能性を確認しました。また、藻類の脂質蓄積を強化する最適培養条件に関する知見が得られており、培養条件のスケールアップとともに、生産性向上の取り組みが着実に進められています。

今後も引き続き、ゲノム編集技術と培養条件の検討をおこない、藻類の脂質の生産量向上に向けた取り組みを継続していきたいと思っています。



藻類(ナンノクロロプシス)の細胞内に蓄積した油脂



マツダ株式会社 技術研究所 技監(工学博士) 高見 明秀氏

Interview
+
バイオ×
デジタル

バイオとデジタルの融合 バイオインフォマティクス



 広島大学

広島大学 大学院統合生命科学
研究科 特任教授
情報・システム研究機構
ライフサイエンス
統合データベースセンター
(DBCLS) 客員教授

坊農 秀雅氏

博士(理学)。2000年に京都大学
大学院理学研究科 生物科学専攻
博士後期課程単位取得退学。理
化学研究所、埼玉医科大学を
経たのち、2007年からDBCLS特
任教授に。2020年から広島大学
卓越大学院プログラム「ゲノム編
集先端人材育成プログラム」の特
任教授として、バイオインフォ
マティクス教育に取り組む。

生命から得たデジタルデータをコンピューターで解析する「バイオインフォマティクス」の技術。ゲノム編集解析技術と掛け合わせることで、さらなる進歩につながると期待されています。バイオインフォマティクスが今後どのような役割を果たし、どのような効果を生んでいくのか。ライフサイエンス統合データベースセンター(DBCLS)で長年その技術開発に携わってきた坊農秀雅氏に伺いました。

生命科学と情報学をつなぐ「バイオインフォマティクス」

ゲノム解析に必須の デジタル技術

「バイオインフォマティクス」とは、「バイオ(生命科学)」と「インフォマティクス(情報学)」が合わさった言葉で、端的にいうと、コンピューターを使って生命から得られたデジタルデータを解析することです。

言葉自体が使われ始めたのは約20年前。この頃からゲノム配列が解読できるようになり、DNA(ゲノム配列)を構成する4種の塩基(A、T、G、C)の並びの中から、「この生物はこういうタンパク質を作り、それがこういう酵素になるのか」といった生命情報が読み取られるようになりました。このときにA、T、G、Cの並びをデジタルデータとしてコンピューターに取り込み、解析することが盛んにおこなわれ、その中からバイオインフォマティクスという学問が発達してきたのです。

現在では各個人(生物)のゲノム配列を決定できるようになっただけでなく、デ

ジタル化したゲノム配列をコンピューターで解析したうえで、ゲノム編集までおこなえる時代になりました。このゲノム配列のみならず、さまざまな種類の生物情報を解析するツールとして、バイオインフォマティクスは今や必須のものとなったと認識しています。

私自身は、バイオインフォマティクスを専門分野としてキャリアを積んできました。始まりは京都大学大学院時代。ゲノム配列が決定された生物の代謝経路について、どの遺伝子がどのタンパク質を作り、どのような酵素になるのかを調べることから始めました。そのときのデータは、大学院時代の恩師である金久實先生が作られたデータベース「KEGG(Kyoto Encyclopedia of Genes and Genomes)」に収められています。

大学院を出たあとは理化学研究所に移り、マウスの全遺伝子の全機能を予測し、どのような遺伝子をもっているのかを決める「FANTOM」プロジェクトの創設メンバーとなりました。

転機となったのは2006年、文部科学

省の「統合データベースプロジェクト」への参画です。当時はヒトゲノムの全容解析が終わったこともあり、生命科学関連のデータがあちこちで急増していました。しかし、データが整理されていなかったため、分散型データベースとして、研究者が利用しやすいかたちに整える統合データベースプロジェクトが始まったのです。その中核機関として誕生したのが「ライフサイエンス統合データベースセンター(DBCLS)」で、2007年に同センターの特任准教授に着任し、今も客員教授として関わっています。

DBCLSで実施したことは多数あるのですが、そのひとつがYouTubeを使った「統合TV」の開設です。これはさまざまな生命科学ウェブツールの使い方を動画で解説したもの。どこにどのようなデータベースがあり、どう使うとよいかを説明したほか、データの使用例を示すなどしながら、生命学者が発表したデータの利用促進に務めてきました。

バイオインフォマティクス×ゲノム編集がもたらすこと

重要なのは ゲノム編集の「前段部分」

バイオインフォマティクスは、ゲノム編集にどのように関わってくるのでしょうか。まず知ってほしいのが、ゲノム編集ツールを多様な植物や動物、昆虫、微生物に活用していくためには、ゲノム編集をその幅広い生物に活用できるよう準備をしなければならないということ。つまり、ゲノム解析など、ゲノム編集に至るまでの前段階の作業をおこなわなければならないわけです。この前段階で必要となるのがバイオインフォマティクスの技術なのです。

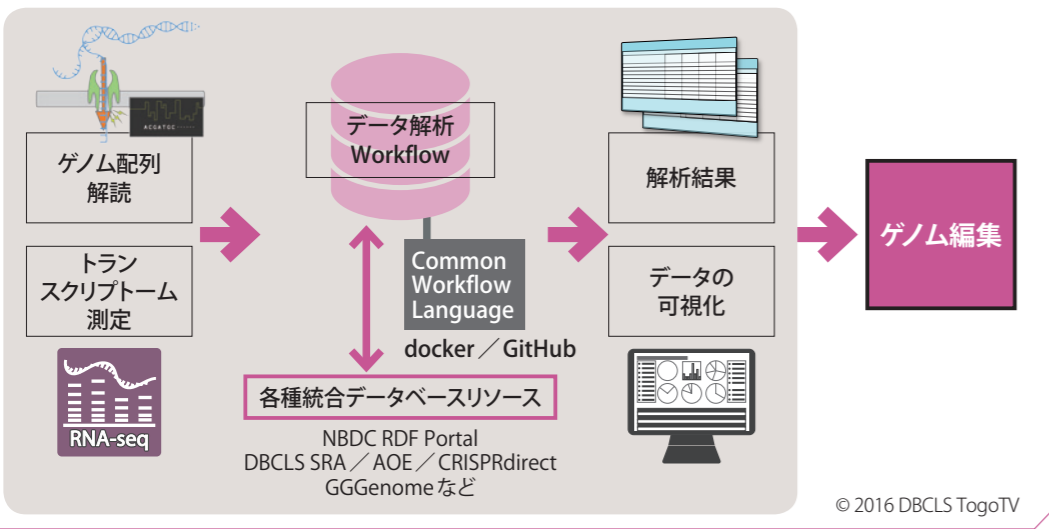
14ページの図は、私がこれから広島大学でおこなおうとしている研究の全体イメージで、前段部分の流れをまとめたものです。「ゲノム編集」に至るまでの全プロセスがバイオインフォマティクスの領域ということになります。

左上の「ゲノム配列解読」から見ていきましょう。ゲノム編集をおこなうには、まずターゲットとなる生物のゲノム配列を解読しなければいけません。20年前にヒトゲノムを解読したときには100億円ほどかかりましたが、今は1人あたり10万円ほどでできます。当然人間以外の生物も安価におこなえるようになっていきます。

この解読技術とあわせて必要なのが、ゲノム内にコードされた遺伝子を見つけ発現量を測定する技術。ここでは「トランスクリプトーム測定」と書いていますが、この測定法の場合は、ひとつのサンプルのデータ量は数ギガバイトにもなります。

次にこの膨大なデータを巨大なコンピューターで解析していきます。その際、データ解析が確実に再現できる必要があります。そこで最近では「docker」などのオープンプラットフォームを使い仮想環境上で実行することが多くなっています。それらのプログラムは、「Common Workflow Language(CWL)」

デジタル×ゲノム編集のイメージ



というワークフロー言語を使うことで、オンライン環境であっても多様なクラウド環境であっても同じ結果が得られるよう、プログラムが実行できるようにします。こうして出てきた結果をグラフなどで可視化し、最終的にゲノム編集につなぐのです。

バイオ×デジタル技術を伝えていく重要性

こうしたことはすべて自動でできるのではと考える人もいるかもしれませんが、

各工程で人による検討や考察は欠かせません。そのために重要なのが「バイオ×デジタル」技術の教育・普及です。若い研究者にプログラムの動かし方やワークフローの組み合わせ方などを教え、自在に研究開発できる知識と技術を伝える必要があります。

今後は、前段部分がスムーズに進められるよう技術開発やワークフローの整備をしっかりとおこなっていくことが大事になります。そして何より注力しなければ

ならないのは教育活動です。

ゲノム編集の活用は今後さまざまな生物に波及していくわけですから、これからの若い研究者や開発者は、一部分だけでなく、プロセス全体の知見と技術をもつ専門家にならないといけません。植物や動物、昆虫、微生物などの専門分野をもった人たちが、ゲノム編集とそれに付随したバイオインフォマティクスの技術を持ち、それぞれの専門

分野で次々と成果をあげていく。これからの生命科学やゲノム産業はそういう世界になっていかなければならないと思います。また、決まり切ったワークフローだけでなく、どの公共データベースを活用するかといった組み合わせ方なども含め、自分の研究テーマに合わせて自在にワークフローをデザインしていく力も求められます。そういう意味でも、「バイオ×デジタル」技術の教育・普及に注力することが重要だと考えています。

ゲノム編集・データ解析の進化を支える研究開発

人材育成、共同研究、企業連携

私は今年、卓越大学院プログラム「ゲノム編集先端人材育成プログラム」の一環としてバイオインフォマティクス教育をおこなうために、広島大学の特任教授に着任しました。研究室「bonohulab」では、先ほどお話しした前段部分をスムーズに進めるための「ゲノム編集データ解析基盤技術」を開発するほか、今までおこなってきた共同研究をさらに発展させたいと考えています。どちらもまだ始まったばかりですが、これから大学院生などを研究室のメンバーとして募集し、

人材を育てながら進めていく予定です。

また現在、広島大学の山本卓教授、プラチナバイオ社さん、トッパンさんが共同で、ゲノム編集の成功率を予測する「AIシステム」やバイオ研究者を支援する「業界横断型データ管理基盤」の開発(新エネルギー・産業技術総合開発機構の補助事業)に取り組んでいます。その研究開発においても、デジタルツールや公共データベースの知見などを共有しながら、連携、連動していければと考えています。

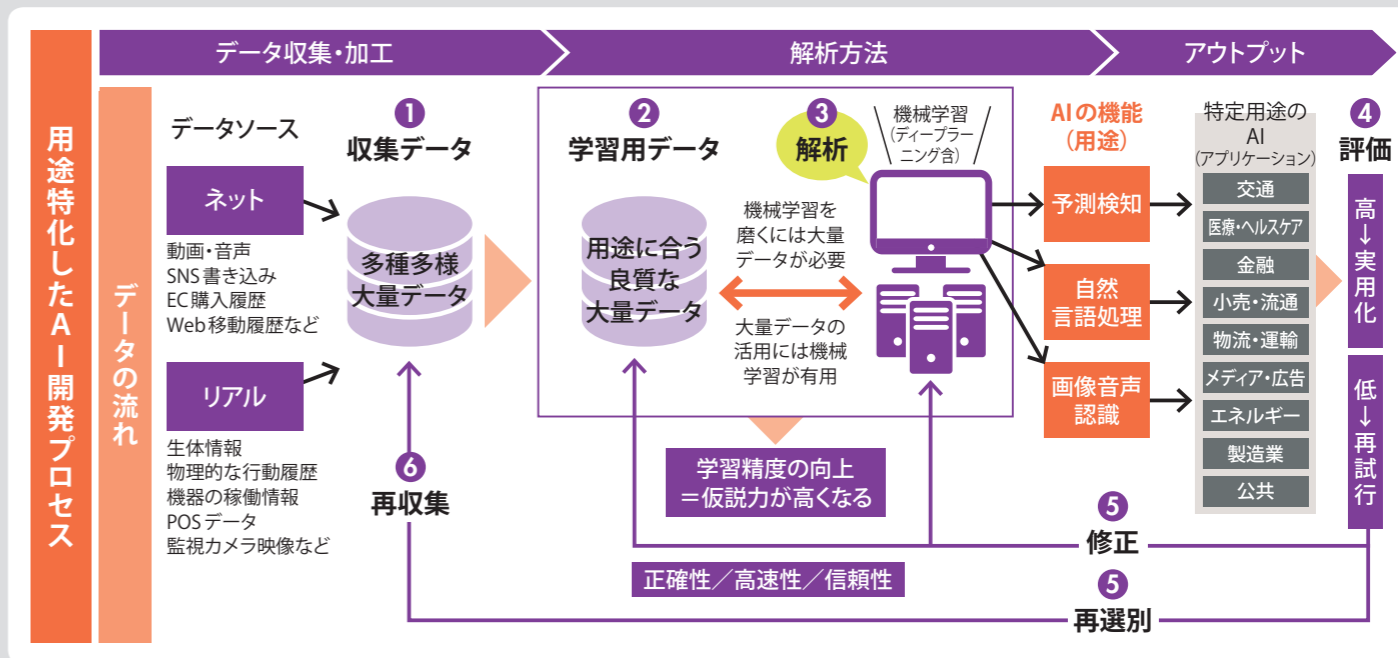
私は、バイオ分野におけるデータ解析の書籍を多数手がけています。これらは生命科学分野の大学院生や学部生に向けて書いたものですが、同時に社会で活躍

するコンピューター技術者に向けたものでもあります。バイオ分野では、研究者が考えることを実装してくれるエンジニアが不足しています。書籍によって「バイオの世界はおもしろい」と積極的に伝えることで、敷居を下げられればという気持ちが強くあります。

これからバイオの世界は飛躍する可能性が高く、これまで以上に情報科学の知見、技術をもった人が必要になります。それは多くの人たちにとってチャンスでもあると思うのです。たくさんのエンジニアが生命科学のデータ解析やシステム作りに興味をもち、生命科学の世界に入ってきてくれることを願っています。

トッパンのAIに関わる取り組み

トッパンでは解決したい課題に合わせ、用途特化したAIソリューションを武器にさまざまな業種・業界のお客さまの課題解決に取り組んでいます。



トッパンのAIに関わる強み

1. 印刷で培った情報加工技術

AIの導入には、高品質な大量の学習データを準備する必要があります。トッパンでは、これまで培ってきた画像処理ノウハウやデータ編集力といった情報加工技術を武器にご支援いたします。

2. 安全・安心で、より効果的な運用

トッパンでは個人情報や機密情報にも対応したセキュアな環境でデータ運用することができます。また、AIツールを効果的に活用し、継続的に運用していくための分析ツールや分析環境もご用意しています。

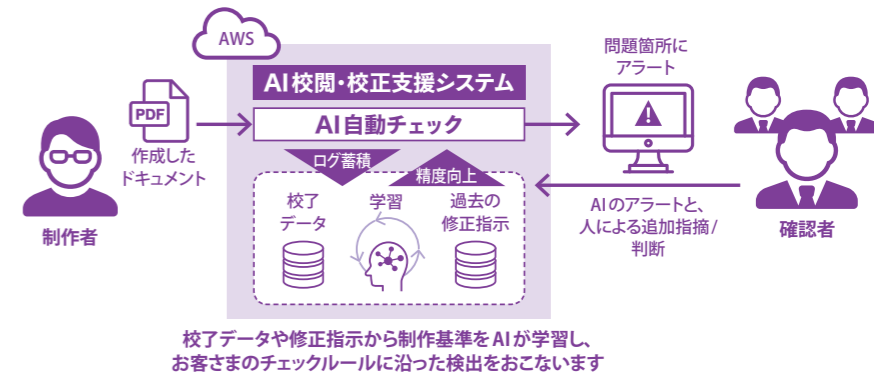
3. 幅広いソリューションと組み合わせた最適な施策実行

施策実行にあたりAIだけでなく、業務効率化やマーケティング、店頭プロモーションやデジタルメディアのコンテンツ制作などトッパンのソリューションと組み合わせることでより効果の高い施策をご提供できます。

トッパンが提供する用途特化したAIソリューションの一部をご紹介します

●金融向けAI校閲・校正サービス

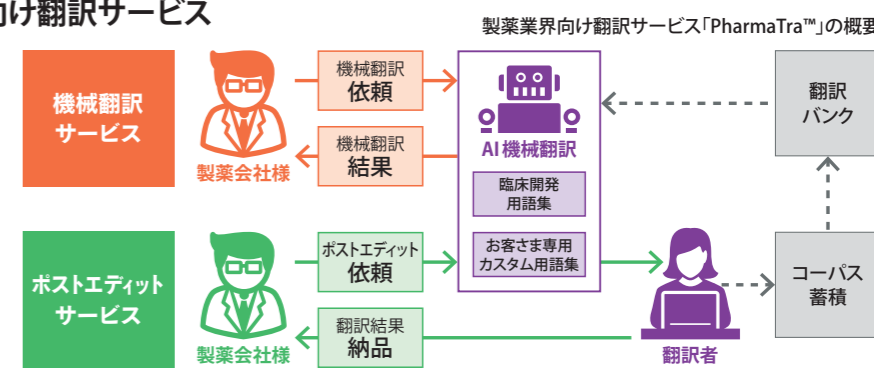
情報発信のための印刷物・デジタル媒体などの制作物が増加傾向にあり、金融機関の制作物は、特に難解な専門用語も多く、確認者が2重3重のチェックを実施するなど、校閲・校正の負担が高まっています。これらの中で長年培ってきた言語処理技術とAI技術を活用した文章校閲・校正技術開発への取り組みを強化・継続し、本システムの開発に至りました。



校了データや修正指示から制作基準をAIが学習し、お客さまのチェックルールに沿った検出をおこないます

●AI機械翻訳を実装した製薬業界向け翻訳サービス

製薬業界において、複数の国が共同で治験を実施する「国際共同治験」や新薬承認申請を欧米と同じ資料をベースに実施する「世界同時申請」が主流となり、高品質・高速・低コストな翻訳へのニーズが高まっています。トッパンは、製薬業界向け翻訳サービス「PharmaTra™ (ファーマトラ)」の本格提供を2020年10月から予定。新薬開発関連文書を中心とした製薬業界に特化した翻訳サービスにより、翻訳時間の短縮を実現します。



地域と移住希望者の「理想の暮らし」のマッチング支援

2020年秋、「移住マッチングWEBサービス」をリリース

人口減少に悩む自治体と、コロナ禍の影響で一層ニーズが高まる移住希望者の効率的なマッチング支援を目的に、認定NPO法人ふるさと回帰支援センターとWEBサービスを共同開発しました。移住希望者が画像を使った診断機能で、「理想の暮らし」を言語化し、情報を登録。自治体はその情報を用い、移住希望者の理想の暮らしの条件に応じたPRが可能。移住希望者には、登録された情報に基づいた情報が届き、自治体と個別のコミュニケーションができます。トッパンは、移住のアンマッチの解消にオンラインの技術を用いて寄与します。



詳細はこちら

企業向けeラーニング教材で従業員のメンタルヘルスカを支援

「アドラー心理学によるポジティブメンタルヘルス」の販売開始

企業にとって、従業員のメンタルヘルスカはかつてないほどに重要となっています。また、2020年6月から始まった「パワハラ防止法」に対応した従業員の再教育や、新型コロナウイルスによる新たなワークスタイルに適したオンライン型の教育・研修プログラムの開発が求められています。こうした背景のもと、トッパンはメンタルヘルスカをテーマにしたeラーニング教材「ACTION Campus™：アドラー心理学によるポジティブメンタルヘルス」を開発しました。本教材は、アドラー心理学の考え方をもとにしたアプローチにより、感情をコントロールするスキルや、多様性を認める考え方などを学んでいく内容です。さまざまなワークスタイルで利用しやすいオンライン型の教材で、従業員のセルフケアを支援します。



1回5分程度のアニメーションを主体にした構成。ビジネスでよくあるシチュエーションを見ながら実践的に学ぶことができる。監修：有限会社ヒューマン・ギルド



詳細はこちら

2020年度新入社員在宅型オンライン研修を実施

自社の人財開発ソリューションを活用し、約420名が受講

新型コロナウイルスの社内外への感染拡大抑止と従業員の安全確保のため、4月1日のグループ入社式を中止したほか、4月1日から5月15日まで、約420名の新入社員に対してオンライン研修を実施しました。

教育ラーニングプラットフォームを活用した在宅型オンライン研修で、個別に貸与されたモバイルWi-Fiとタブレットを利用しておこなわれました。従来の集合研修のノウハウをもとに、新たに今回のために撮影・

制作したコンテンツ(動画など)を用いた学習や、有識者によるライブ配信セミナーのほか、同期社員のコミュニケーションを促進するプログラムを実施。グループごとに配置されたトレーナーのサポートのもと、1日3回のライブコミュニケーションを実施するなど、集合研修さながらのコミュニケーションを促進するプログラムで新入社員同士の交流を深める工夫を施しました。

また、自宅での座学が続く新入社員に対して、コンディション管理のためのセミ



トレーナー(先輩社員)と新入社員のコミュニケーションの様子
 研修を実施したほか、当社オリジナルの「みんなのコンディションアプリ」を用いたコンディション管理も実践としておこなわれました。
 この取り組みは、メディアからの関心も高く、今後は今回の取り組みを、より改善し、ほかの研修へと展開しつつ将来的には外販も目指して参ります。

●編集後記

この冊子を制作するにあたり、取材や制作にご協力いただいた方々に深くお礼を申し上げます。

Vol.8テーマ「ゲノム編集」について

ゲノム編集は、医療や動植物の品種改良、バイオ燃料などの幅広い分野に応用が可能な技術であり、さまざまな社会課題を解決するポテンシャルをもっています。難病を治療することや、作物生産量を増やし食糧需要を満たすことにつながる革新的技術「ゲノム編集」に可能性を感じ、今回テーマとしました。

SOCIAL INNOVATION NEWS Vol.8

発行/凸版印刷株式会社 情報コミュニケーション事業本部 ソーシャルイノベーション事業部
 発行責任者/伊藤順 2020年8月発行
 お問い合わせ/〒112-8531 東京都文京区水道1-3-3
 MAIL/sobc_news@toppan.co.jp

●SOCIAL INNOVATION NEWSとは

「SOCIAL INNOVATION NEWS」とは、トッパンのソーシャルイノベーションに関する取り組みについてご紹介している冊子です。少子高齢化、地方創生、環境保護、地域コミュニティの再生など、社会課題に対する革新的な解決方法や未来への新しい取り組みについての情報を発信します。社会課題解決のきっかけとなり、より良い社会の基盤づくりに貢献して参ります。

※本誌掲載記事の無断転載を禁じます。

トッパンのソーシャルイノベーションに関する取り組みや本冊子のバックナンバーは、こちらでお読みいただけます。
<https://www.toppan.co.jp/biz/social/>

