

「イングリディエント・インフォマティクス」がもたらす食品開発の未来 —AIとの協創が生むR&Dイノベーション—

技術・イノベーション情報部 コンシューマーイノベーション室 澤野 健史

イングリディエント・インフォマティクスとは

(1) AIを活用した食品開発

「イングリディエント・インフォマティクス (Ingredient Informatics)」とは、AIを利用して食品のあらゆる研究開発プロセスを最適化する技術である。AIの機械学習を活用し、食品成分の機能性データや物性データ、最終製品の品質データ、さらには消費者の購買データとの相関性を分析することで、消費者が求める食品やメニューの具現化に必要な成分の組み合わせを簡便に予測、提案することができる。具体的には、最新の消費者トレンドに基づく新しいコンセプトの考案、品質の改善（味、食感、栄養価、健康機能など）、代替原料による既存製品の改良（脂肪分、塩分、糖分の削減など）、さらには特定の機能を有する食品原料の探索プロセスに応用することも可能である。誰にでもアクセス可能な外部データ（成分データベース、学術論文、レシピ、SNSなど）または各企業が保有する内部データ（消費者の購買データや官能評価データ、オミックス解析データ）が統合されたデータセットを基に、独自のアルゴリズムが構築され、サービスが提供される¹。

(2) 本技術が求められる背景

近年、消費者が食品に求める価値は、単なる栄養補給・おいしさの追求にとどまらず、健康機能やサステナブル&ナチュラル志向、アニマルウェルフェアへの配慮などに大きく広がっている。また消費者トレンドが変化するスピードは年々高速化しており、関連企業は対応に迫られている。しかし従来の製品開発は、熟練の開発員の勘と経験、マンパワーに依存した属人的かつ非効率的な方法で行われており、変化が激しい消費者トレンドに迅速かつ的確に対応することは困難といえる。さらに食品の価格に対する消費者の目線は極めてシビアであり、人件費、研究開発費および原材料費の価格転嫁は容易ではない。このような背景から、必要経費を削減しつつ、最大のアウトプットを生み出す製品開発プロセスの構築が求められ始めており、それを可能にするイングリディエント・インフォマティクスが、昨今のAIの急速な発展とともに注目を浴びている。

(3) 投資と技術開発動向

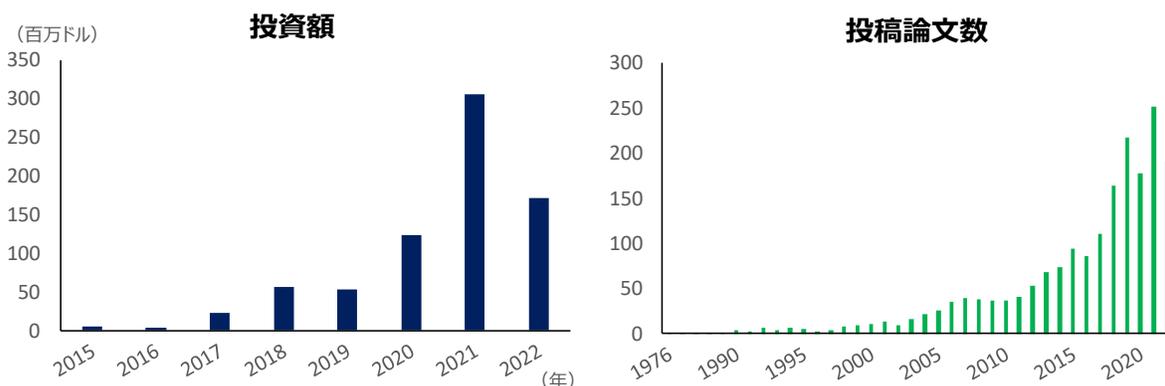
Lux Researchのデータによると、直近5年間で本領域への投資は活発化しており、年間投資額は2022年に1.7億ドルに達した²（図表1左）。大部分をベンチャーキャピタルによるスタートアップ投資が占めており、

¹ Lux Research - Ingredient Informatics (2023.11.09 個別提供資料)

² [Ingredient Informatics :: Lux Research \(luxresearchinc.com\)](https://www.luxresearchinc.com)

複数の企業によるジョイントベンチャー、各企業内のR&Dへの投資額等を含めると、実際にはさらに高額に上ると見込む。投稿論文数も近年高水準で推移しており（図表1右）、本分野における技術開発の活発化がうかがえる。

図表1 イングリディエント・インフォマティクス領域の投資額と投稿論文数推移



出所：Lux Research Inc.およびPubMedのデータから三井物産戦略研究所作成

有望な活用分野

(1) 消費者に支持される味を具現化するフレーバーデザイン

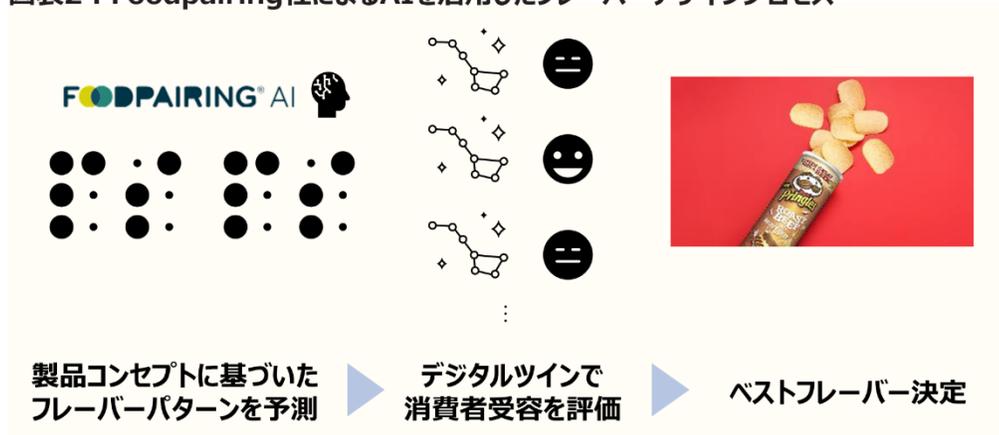
我々が普段口にする加工食品や飲料の味は複数のフレーバーの組み合わせによりデザインされている。従来、パフューマー（調香師）と呼ばれる開発員が自身の感覚に従い、数千種類の香料の中から10～100種類の香料を選抜し、調香することで対象となる製品の味を具現化している³。（ベルギー）[Foodpairing](#)は、製品を構成するフレーバーデータと消費者の製品に対する官能評価データ等を基に構築したアルゴリズムを開発し、クライアントが実現したい製品コンセプトに対応したフレーバーやアロマ成分の的確な組み合わせを予測、提案するサービスを展開している。予測された数百万通りものパターンは、ターゲットとなる消費者のデジタルツインでテストされ、最も支持されるパターンが決定される（図表2）。本サービスにより、経験やノウハウが少ない開発員でも簡単に消費者ニーズに合う製品開発が可能になるため、通常10年以上を要するベテラン調香師の育成期間⁴と製品コストが削減できる（同社は製品コストを最大20%削減し、市場投入までの時間を28%短縮できるとしている）。（米）Kelloggは本サービスを活用し、ビール愛好家をターゲットとしたローストビーフ&マスタード味のポテトチップスを開発、上市している⁵。

³ 香りの化学，化学と教育51巻2号（2003年）

⁴ 分析・合成・調香技術の総合による新規食品香料開発（長谷川香料株式会社）

⁵ [Foodpairing :: Company Profile :: Lux Research \(luxresearchinc.com\)](#)

図表2：Foodpairing社によるAIを活用したフレーバーデザインプロセス



出所：三井物産戦略研究所作成
 (ロゴ、写真：https://www.foodpairing.com/industry/case/pringles/ (2023年11月13日閲覧))

(2) 最新の消費者トレンドをリアルタイムに反映したメニュー開発

食品メーカーやフードサービス企業は、消費者トレンドを把握するため、自社内でのリサーチ、売上データ分析、飲食コンサルの活用などに多大な時間とコストを要している。しかし消費者トレンドの変化が超高速化している現在、限られたリソースでタイムリーかつ的確に消費者に求められる食品やメニューを提供することは困難を極める。(イスラエル) Tastewiseは、レストランのウェブサイト、SNS、フードデリバリープラットフォーム、レシピサイトなどの複数のソースからメニュー、食材、消費者の好みやトレンドに関する公開データを収集し、“いま”消費者に求められている食品やメニューを予測し、レシピやマーケティング戦略などを提案するサービスを展開している^{6,7}(図表3)。本サービスにより開発期間およ

図表3：Tastewise社によるAIを活用したトレンド予測と食品・メニュー提案



6 「マーケットインテリジェンスプラットフォームのTastewise社、AIで多様なデータをリアルタイムにインサイト化を実現」(AT PARTNERS)

7 Tastewise General One Pager

びコストを削減しつつ、タイムリーかつ消費者の声に寄り添った製品開発が可能になる。すでに（スイス）Nestle、（米）PepsiCoなど複数の大手企業が製品開発プロセスに同社サービスを導入している。

(3) 植物代替食品のリアルな味を追求

ヴィーガンやフレキシタリアンの増加に伴い、植物代替食品市場が拡大している。しかしながら従来の動物性食品を植物性原料のみで完全に模倣することは難しく、特に食感、栄養価、コストの面で多くの課題が存在する。（米）Climax Foodsは、AIの機械学習を活用し、30万種の食用植物に含有されるタンパク質構造データに基づいて、それらの食品機能を予測するプラットフォームを開発した。このプラットフォームにより、植物代替食品に動物性食品と同等以上の感覚特性とアミノ酸バランスを付与する植物由来の高機能タンパク質を特定することが可能になる。現在同社は乳製品大手の（仏）Belとパートナーシップを締結し、これまで再現が困難とされてきた乳カゼインの機能を模倣する植物性タンパクを探索し、それを配合した植物性チーズの開発を目指している⁸（図表4）。

図表4：Climax Foods社によるAIを活用した植物性チーズの開発



出所：三井物産戦略研究所作成

（図、写真：<https://climax.bio/>、<https://climax.bio/taste/>（2023年11月13日閲覧））

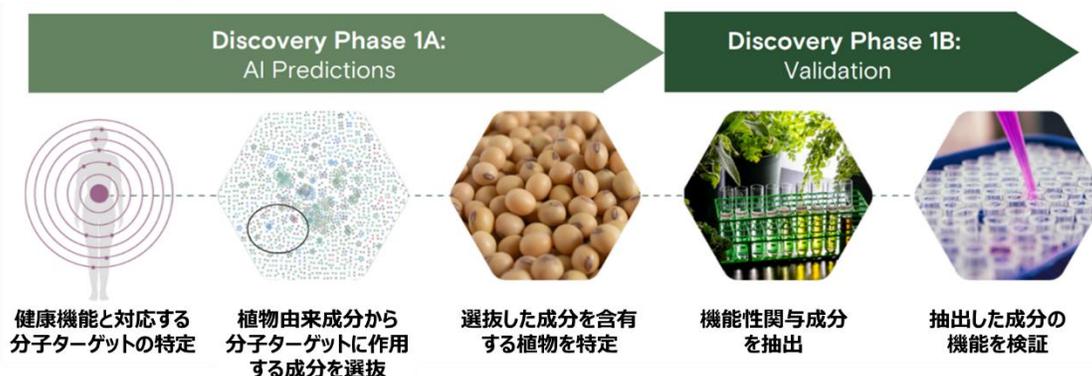
(4) 健康機能を有する食品成分を効率的かつ網羅的に探索

食品の機能性成分の探索研究では、特定の機能を評価するための実験条件の決定と評価、植物エキス中の活性成分の特定、動物実験、安全性試験など、数年～10年程度の長い年月が費やされるが、最終的にヒトで有効性が実証され、上市に至る確率は極めて低い。（米）Brightseedは、食用植物由来の約200万種類の成分の構造データを基に、15種類の健康機能（代謝改善、免疫増強、認知機能増強など）を有する成分を予測、提案するプラットフォームを開発した（図表5）。このプラットフォームを用いて、より経済的で効果のある機能性成分を簡便に見いだすことを目指している（同社は研究開発スピードを10倍に、市場投

⁸ Climax Foods :: Company Snapshot :: Lux Research (luxresearchinc.com)

入までの時間を50%短縮できるとしている)⁹。サプリメントブランド Nature Madeで知られる(米) Pharmaviteは、Brightseedとのパートナーシップを通じて、睡眠改善およびストレス対策効果が期待できる植物由来の製品の上市を目指しており、それぞれ10種類以上の候補成分の選抜に成功している¹⁰。

図表5：Brightseed社によるAIを活用した機能性成分の探索プロセス



出所：Pharmavite Case Study (Brightseed)
https://downloads.ctfassets.net/oz719nkwgj2z/4e0q5r6cVX56z4dXGqk2tt/a99cf39f529146fdf07115409917090d/Pharmavite_Case_Study_2023_-_Nature_Made.pdf (2023年11月13日閲覧)

(5) 培養肉商業生産のカギを握る増殖培地・成長因子の探索

培養肉の商業化に向けた最大の課題の1つは高価な生産コストであり、コストの大半を占めているのが細胞を培養・増殖・分化させる際に用いる増殖培地や成長因子といわれている。特に成長因子は従来、高価なウシ血清が用いられており、植物由来かつ安価な代替品の開発が求められている。(英) Multus Biotechnologyは、細胞株ごとに異なる増殖培地の組成および成長因子の探索・特定プロセスに、AIを活用し、培養肉開発企業向けにカスタマイズした無血清培地や植物由来の成長因子の開発・提供を行っている。同社は独自に構築したプラットフォームを用いた低コストかつ高機能な増殖培地、成長因子の提供により、培養肉の商業化に寄与することを目指している¹¹。

今後の展望

食品産業においては、今後5～10年で、上述したサービスの活用や企業買収、協業を通して、イングリディエント・インフォマティクスのさらなる普及と進化が期待される。具体的には、消費者のニーズ・嗜好性に合わせた的確な成分の組み合わせがタイムリーに予測できるようになり、“いま”消費者に求められている食品のスピーディーな開発が可能になる。また、より経済的で画期的な機能を有するサプリメントの開発が可能になる。さらに植物代替食品、培養肉など新しい食品産業が抱える課題に対して革新的なアプローチをもたらす可能性がある。

⁹ Brightseed :: Company Profile :: Lux Research (luxresearchinc.com)

¹⁰ Pharmavite Case Study (Brightseed)

¹¹ Multus Media :: Company Snapshot :: Lux Research (luxresearchinc.com)

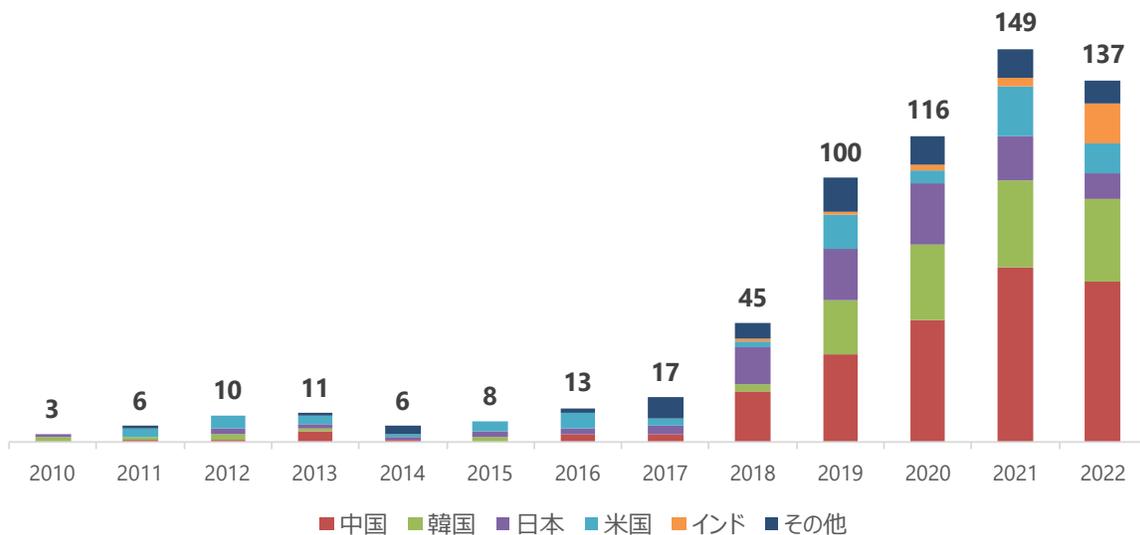
一方で、AIは過去のデータに基づいた予測を得意とするものの、まだ存在しないものや異分野の融合により生み出されるイノベーション、消費者の潜在的なニーズの検出は現状困難といえる。AIとの協業により生み出された余白を、食品の研究開発担当者が有効活用し、異分野コミュニケーションやイノベーティブな研究活動に注力することで、新たな画期的な製品が誕生する未来を期待したい。

2024年に注目すべき技術 知財レポート

技術・イノベーション情報部 知的財産室 松浦 由依

本稿では、『2024年に注目すべき技術』で取り上げた「イングリディエント・インフォマティクス」に関する特許出願の国際動向を調査・分析し、レポートする。すべての調査・分析はPatSnap社が提供するグローバル特許検索・分析ツールであるPatSnap Analyticsおよび各種技術情報検索ツールであるPatSnap Discoveryを利用して実施した。各種データの取得日は2023年12月1日である。

図表：イングリディエント・インフォマティクスに関する特許出願の件数推移



出所：PatSnap Analyticsのデータから三井物産戦略研究所作成

特許出願の年次トレンド

イングリディエント・インフォマティクスに関する特許出願件数は2017年以降、年平均成長率（CAGR）52%と顕著な成長を記録している。なお、グラフ上、2022年の特許出願件数は減少しているが、特許出願が公開されるまでのタイムラグを考慮する必要がある。データより、2022年の最終的な特許出願件数は約226件と予測される。

各国の年平均成長率（CAGR）は、中国が83%、韓国が79%、インドが97%、日本が27%、米国が30%である。特に中国、韓国、インドは非常に高い成長率を示し、この分野での急速な発展を反映している。一方、日本と米国は、これらの国に比べると緩やかではあるが、それでも約30%の成長率は振興技術や急成長市場における高い成長を示している。

技術的焦点

2014年以降の特許出願データから技術的焦点について分析する。

イングredient・インフォマティクスに関する特許出願を分析すると、大きく4つのカテゴリに分類できる。

1. **食品開発と製造方法**：新しい食品の開発や既存製品の製造プロセスの改良に関する発明。新しい食材の組み合わせ、製造技術の革新、持続可能な製造方法などが含まれる。
2. **食品安全性と品質管理**：食品の安全性を保証し、品質を管理するための技術やシステムに関する発明。食品の新鮮さを検出するシステム、偽装や汚染を識別する技術などが含まれる。
3. **テクノロジーとデータ活用**：IoTデバイス、ビッグデータ分析、AIアルゴリズムなどを利用して、食品業界の効率を高め、消費者体験を向上させる発明。在庫管理、需要予測、消費者行動の解析などが含まれる。
4. **市場動向と消費者行動分析**：市場の動向や消費者の行動を分析して、製品戦略やマーケティングに活かす発明。消費者の好みや購買傾向を予測するシステム、マーケットリサーチのためのデータ分析ツールなどが含まれる。

代表的な特許出願人

1. Shiru（米国）：食品生産に適したタンパク質を高スループットで開発する。
2. CirclesX（米国）：バイオマーカーデータを分析し、個人の栄養ニーズに最適化された食品を推奨する。
3. 安徽民研農業科技（中国）：強化学習に基づいて小麦品種を解析し、適切なグルテン含有量の小麦を選択する。

 **「2024年に注目すべき技術」（フルレポート）はこちら**

当レポートに掲載されているあらゆる内容は無断転載・複製を禁じます。当レポートは信頼できると思われる情報ソースから入手した情報・データに基づき作成していますが、当社はその正確性、完全性、信頼性等を保証するものではありません。当レポートは執筆者の見解に基づき作成されたものであり、当社および三井物産グループの統一的な見解を示すものではありません。また、当レポートのご利用により、直接的あるいは間接的な不利益・損害が発生したとしても、当社および三井物産グループは一切責任を負いません。レポートに掲載された内容は予告なしに変更することがあります。