

国立国会図書館 調査及び立法考査局

Research and Legislative Reference Bureau
National Diet Library

論題 Title	第4章 「販売・消費」分野のフードテック
他言語論題 Title in other language	Chapter 4 Food tech in the sales and consumption sector
著者 / 所属 Author(s)	石川 伸一 (ISHIKAWA Shin-ichi) / 宮城大学食産業学群教授
書名 Title of Book	フードテックー「食」を変える先端技術の課題と可能性ー 科学技術に関する調査プロジェクト報告書
シリーズ Series	調査資料 2024-6 (Research Materials 2024-6)
編集 Editor	国立国会図書館 調査及び立法考査局
発行 Publisher	国立国会図書館
刊行日 Issue Date	2025-3-28
ページ Pages	81-98
ISBN	978-4-87582-939-3
本文の言語 Language	日本語 (Japanese)
摘要 Abstract	人手の軽減だけでなく付加価値の向上や社会的課題の解決につながる技術として、レストランテック、スマートキッチン及び3Dフードプリンタを取り上げ、その可能性を考察する。

* この記事は、調査及び立法考査局内において、国政審議に係る有用性、記述の中立性、客観性及び正確性、論旨の明晰（めいせき）性等の観点からの審査を経たものです。

* 本文中の意見にわたる部分は、筆者の個人的見解です。

第4章 「販売・消費」分野のフードテック

【要旨】

レストランテックは、「飲食・外食産業のデジタル化」のことを指し、IoTやAIを活用した、飲食店におけるサービスの改善や運営上のサポートを行うことである。レストランテックは、飲食店の経営効率化や顧客満足度の向上に貢献するだけでなく、オーダーの記録を取得・蓄積できるため、顧客へのレコメンド、需給の調整、商品開発への活用等、データをいかしたビジネス展開が期待されている。また、スマートキッチンとは、一般家庭のキッチンにある家電がIoTとつながることで、冷蔵庫内の食材データや、それらを使った毎日の献立を管理することができ、さらにECサイトでの商品購入等が可能になること等を指す。毎日の家事負担を軽減でき、なおかつ時短・効率化につながるものである。さらに、3Dフードプリンターは、個人個人に合った食である「個別化食」を作る上で重要なツールになると考えられている。その背景には、個々人の血液マーカー、遺伝子のタイプ、腸内細菌等を簡便な検査キットで知ることが可能になってきたことがあり、その人に合った個別化食が注目を集めるようになってきている。

はじめに

フードチェーンの下流である、販売や消費のフードテックには、レストランテックやスマートキッチン、調理家電としての3Dフードプリンター等がある。日常において目につきやすい技術であり、消費者はその恩恵を身近に感じやすいであろう。一方で、販売も消費も個人の価値観が反映されやすく、その価値観が多様になっている現代において、商品やサービスを提供する側は、ターゲットが絞りにくくなっていると言える。個々人の多様な要望をかなえ、人々の生活を豊かにするとともに、社会的に困っている人々を支援するテクノロジーが登場している。

I レストランテック

レストランテックは、フードテックの中の一つで、主に飲食・外食産業のデジタル化に関わるテクノロジーのことである。一般的にIoTやAIを活用した、飲食店におけるサービスの改善や運営上のサポートを行うものを指す。具体的には、在庫管理・人員配置・勤怠管理の電子化、デジタルメニュー、電子決済、調理ロボット、調理機能付き自動販売機、無人レストラン等、様々である。

1 レストランテックの現状

帝国データバンクが実施した「人手不足に対する企業の動向調査(2024年7月)」によると⁽¹⁾、飲食業界の人手不足企業の割合は、正社員が59.8%(全業種平均:51.0%)、非正社員は67.5%(全業種平均:28.8%)と、飲食業界は人手不足の企業が多い業種である。飲食業界には、長時間労働や給料が安い、休みが取りにくいといったネガティブなイメージが定着している。そのためレストランテックは、人手不足を補うために、自動化や効率化を実現する解決策として期

* 本稿におけるインターネット情報の最終アクセス日は2025(令和7)年2月28日である。

(1) 「人手不足に対する企業の動向調査(2024年7月)」2024.8.22. 株式会社帝国データバンクウェブサイト <<https://www.tdb.co.jp/report/economic/rehr7dnc5xp3/>>

待されている。

また、消費者ニーズの多様化により、飲食店は個々のニーズに合わせたサービスを提供することが求められている。レストランテックは、データ分析やAI等を活用して、顧客のニーズを把握し、パーソナライズされたサービスを提供することが可能とされる。さらに、競争の激化により、飲食店は差別化を図ることが求められている。レストランテックは、新たなサービスや商品の開発、販促活動の効率化等を支援することで、飲食店の競争力を高めることに対しても期待されている。

加えて、新型コロナウイルスの発生は、人々の行動を外食から中食志向へと変容させた⁽²⁾。中食とは、惣菜や弁当、デリバリーを利用して家で食事をすることである。コロナ禍の際、マスク着用やソーシャルディスタンスが当たり前となったことで、なるべく人と接しないことが求められた。この非接触需要は、本稿執筆時点では以前より落ち着いたが、衛生的な観念等で現状でも継続しているところは少なくない。実際、飲食店では注文や会計時など顧客と接するシーンは多々あるが、デジタル技術を導入することによって非接触が広く普及した。非接触で最も代表的なものとして、キャッシュレス化やセルフオーダーシステムの導入が挙げられる。注文受付や会計を端末でやりとりすることで、接点をゼロに近い状態にすることも可能となった。非接触の実現は感染対策としてだけでなく業務効率化の側面から見ても非常に効果的であると考えられている。

世界のレストランテックに関する資金調達総額は、2021年に46億ドル、2022年に35.5億ドル、2023年に15億ドルとなっている⁽³⁾。2023年にこの分野の資金調達最高額を獲得したのは、レストランに会計、在庫管理、スケジュール管理、給与計算、人事サービスソフトウェアを提供する米国のスタートアップ企業であった。

2 レストランテックの特徴

(1) 顧客体験サービス

客が希望どおりの飲食店を検索、予約するだけでなく、注文を待つ時間の短縮、現金不要の決済等、顧客体験を豊かにする様々なサービスが登場している。例えば、紙のメニューからデジタルメニューへの移行は、注文プロセスをスムーズにし、顧客にとって分かりやすく、視覚的に魅力的な体験を提供する。特に、料理の写真や詳細な説明を表示することで、顧客の注文意欲を高める効果がある。加えて、メニューの更新、特に価格の更新が容易になるという店舗側のメリットも大きいと考えられる。また、セルフオーダーの導入は、待ち時間の短縮と注文の正確性の向上につながる。さらに、予約管理システムは、顧客が事前に席を予約できるようにし、混雑時の効果的な席の配置をサポートし、これにより、顧客は待ち時間を最小限に抑え、店舗側も効率的な席の利用が可能になる。

(2) 運営・業務支援

人手不足の課題に応えるため、店舗運営関連では徹底した効率化を推し進めるサービスが多い。データ分析を活用した生産最適化では、過去の売上データや需要予測を基に、適切な仕入れと生産計画を策定することが可能になる。例えば、在庫管理システムによって、材料や食材

(2) 久我尚子「データで見るコロナ禍の行動変容 (3) 一食生活の変容～外食需要の中食シフト、さらに強まる手軽さ志向～」2022.3.8. ニッセイ基礎研究所ウェブサイト <<https://www.nli-research.co.jp/report/detail/id=70449>>

(3) AgFunder, “Global AgriFoodTech Investment Report 2023”; *idem*, “Global AgriFoodTech Investment Report 2024.”

の在庫状況をリアルタイムで把握し、適切な発注を行うことができる。これにより、食材のロスを最小限に抑え、コスト効率を向上させることができる。

(3) 厨房・調理支援

設備・備品もIT化によって機能が追加され、顧客体験や店舗運営を下支えするよう開発されている。キッチンオートメーションシステムにはレシピ管理、在庫管理、調理手順の記録、調理時間の最適化等が含まれる。これにより、新しいメニューが追加になっても、スタッフへの周知が容易になり、一定のサービス品質を保つことができるようになる。また、キッチンオートメーションシステムは、調理プロセスを自動化し、調理の精度や効率を向上させるためのシステムでもあり、自動で調理機器を制御し、料理の品質を確保すると同時に、厨房スタッフの負担を軽減するものである。更に自動化を進めることで、レストランの無人化も可能である。

3 レストランテックの事例

(1) 飲食店向けのモバイルオーダーアプリ開発「株式会社ダイニー」

レストランテックの中でも、飲食に欠かせない注文に特化したモバイルオーダーアプリケーション等を提供する会社は、大手電機メーカーやスタートアップ企業等、数多く存在する。例えば、2018年創立の株式会社ダイニーは、飲食業界のB2B企業として注目度が高まっているものの一つである。ダイニー社が提供するモバイルオーダーアプリは、来店した客が自分のスマートフォン等でQRを読み込むだけで注文ページが立ち上がり、素早くオーダーをすることが可能である。紙のメニューやタッチパネルに触れる必要がないため衛生面でも優れており、新たな注文プラットフォームとして使われている。

(2) 無人コーヒースタンド「root C」

root Cは、アプリから注文し、客の受け取りたい時刻に合わせて淹(い)れたスペシャルティコーヒーをロッカーから非接触で受け取ることができる、無人で営業するカフェスタンドである。国際的なロボット競技大会「ロボカップジュニア」に14歳で入賞した中尾溪人氏が、高校在学中の2018年に起業した株式会社ニューイノベーションズによって展開されており、2024年11月現在、オフィスビルや商業施設等を中心に、関東・関西エリアの合計21か所に設置されている。

root Cは、スマートフォンに専用アプリをダウンロードし、そのアプリを開いて、自分がコーヒーを受け取りやすい場所にある自動販売機を選択する。次いで、飲みたいコーヒーをセレクトし、香りや濃さ等の好みがあれば、指定して味わいを変えることも可能である。受取時間を指定すると注文は終了し、時間になったら指定した自動販売機に行き、アプリの機能でロッカーのロックを外し、抽出されたばかりのコーヒーを受け取るという仕組みである。

(3) ラーメン調理自動販売機

働き手の不足やコロナ禍における非対面での販売ニーズの高まりにより、無人で24時間365日稼働できる自動販売機は注目を集めており、次世代型の自動販売機が登場している⁽⁴⁾。

(4) 田中宏隆ほか『フードテック革命—世界700兆円の新産業「食」の進化と再定義—』日経BP, 2020, pp.207-213.

新しい自動販売機の特徴は、できた物を販売するだけでなく、フードやドリンクを調理、製造する機能が本体にパッケージングされており、ポータビリティが高いことである。イベント会場での出店として期待されているほか、無人で24時間365日稼働できる特性をいかして、普通の食事を取るのが難しい施設や場所への対応策としても期待されている。また、従来型と異なり、省スペースながら提供できるサービスメニューが豊富でカスタマイズ性が高いことが特徴であり、かつ飲食店ほどの出店コストがかからない点を踏まえると、消費者への顧客接点として食品メーカーや飲食店が商品のテストや素早い展開をするためのプラットフォームにもなり得るものである。また、オーダー、調理、提供、決済の全てに人手を介さないのが大きな特徴で、提供メニューの煩雑なカスタマイズやパーソナライズへの対応も、完全自動の自動販売機ならば簡単に対応できる。こうした次世代型自動販売機で注目されているスタートアップ企業の一つに、Yo-Kai Express 社がある。

Yo-Kai Express 社は、2016年創業のシリコンバレーのフードテックベンチャーである。同社の自動販売機は、温かい食事を24時間提供するものであり、例えばラーメンは注文後約90秒で提供される。日本では、2022年3月に羽田空港第2ターミナルに常設の日本1号機が設置された。2024年3月には、ソフトバンクロボティクス社が、Yo-Kai Express 社の日本国内での販売事業を承継し、自動調理ロボ事業「CHEFFY」(シェフイー)として展開すると発表している⁽⁵⁾。

(4) 飲食店を完全デジタル化する「Eatsa」

サンフランシスコを拠点とするスタートアップ企業 Eatsa (イーツァ) 社(現 Brightloom 社)は、2015年に店のスタッフとの接触が全くない先駆的な「無人レストラン」をオープンした。注文はタッチパネル式の注文機で行い、好き嫌いやその日の気分等の質問に答えると、これらの情報に合った複数のサラダを提案するというものである。このオーダーシステムとは別に、食材やドレッシング等を事細かく自分で選んでもよく、どちらの方法でも、注文したサラダはデータとして記憶され、次に来店した時、同じ物を注文することが可能となっている。サラダは客から見えないバックヤードで調理され、出来上がったら、デジタル表示に注文者の名前が表示され、扉が透明のコインロッカーのような取り出し口から、セルフで受け取る仕組みである。

Eatsa 社はこの画期的なスタイルで次々出店し、ニューヨーク等も含めて7店舗まで増やした。しかし、2017年10月に5店舗を閉店すると発表し、その後は、無人レストラン運営のノウハウを販売する方針に軸足を移した。この Eatsa 社の技術やスタイルは、同様のサービスを提供する様々な飲食店に影響を及ぼしている。例えば、Eatsa 社の技術を導入したアジアフードチェーンの Wow Bao 社は、シカゴに無人店舗を出店し、Eatsa 社が開発したシステムに沿って運営を行っている。一般的に顧客の待ち時間が平均約5分と言われる中、注文後50秒以内に客が料理を受け取れるようになったという⁽⁶⁾。客の満足度が上がる上に、回転率もアップした。フロア係もレジ係もおらず、極限まで人員を削減した無人レストランである。その運用のあり方は、コロナ禍で人との接触が避けられる状況下で一層注目された。

(5) 「ソフトバンクロボティクスが Yo-Kai Express の自動調理ロボットの国内販売事業を継承し「CHEFFY」として展開」2024.3.13. ソフトバンクロボティクス株式会社ウェブサイト <<https://www.softbankrobotics.com/jp/news/info/20240313a/>>

(6) 石川伸一監修『「食」の未来で何が起きているのか―「フードテック」のすごい世界―』青春出版社, 2021, pp.147-149.

4 レストランテックの課題

レストランテック市場は、今後も成長していくと予想されるが、課題は、機械やシステムといったレストランテックの導入には、初期費用やランニングコストがかかることである。特に中小規模の飲食店にとっては、導入のハードルが高い場合がある。さらに、レストランテックにはデータの活用が重要であるが、飲食店ではデータの収集や活用ノウハウが不足している場合も多い。

5 レストランテックの可能性

日本の飲食・外食産業における人手不足や人件費の高騰といった課題は、世界各国でも共通している。一握りの大手チェーンと、ひしめく中小規模の企業といった構造も各国同様で、作業を効率化し、生産性を高めなければ生き残れない傾向が強まっている。現場での必然性の高さがレストランテックの開発や導入を加速させていると言える。初期費用等の課題はあるが、レストランテックは、飲食店の経営効率化や顧客への食のエンターテインメントの提供等に貢献するだけでなく、オーダーの記録を取得・蓄積できるため、顧客へのレコメンド、需給の調整、商品開発への活用等、データをいかした新しいビジネス展開が期待されている。

フードテック関連企業紹介 #08

Yo-Kai Express Inc.

本社所在地：アメリカ・サンフランシスコ

設立年：2016

CEO：Andy Lin

従業員数：15

スタートアップステージ：アーリーステージ（起業直後の段階）

資金調達総額：不明

企業概要

高圧スチームにより温かい食事を短時間で調理し提供する自動調理自動販売機を提供している。

設立のきっかけ

創業者は、人手不足で飲食店がない、あるいは営業時間が短く、営業していない夜間などの食事の調達が難しい環境でもおいしい食事を提供したいという思いを持っていた。そのような中、自動販売機大国である日本に従来からあるうどん・そばの自動販売機にインスピレーションを受け、より調理性能の高い自動調理販売機を開発・提供するに至った。

業務内容

米国においては、ラーメン、パスタ、うどん、そば等の麺類のほか、丼物も提供しており、それぞれにパラメータ（温度、時間等）を設定し、最適な調理を実現した。日本においては、一風堂（株式会社力の源ホールディングス）、JTと資本業務提携を締結し、ラーメン、うどん、そばの日本独自のメニューを共同開発・提供している。

バリュープロポジション（価値提案）

無人で24時間365日稼働でき、普通の食事をとるのが難しい場所でも温かい食事を提供できる。省スペースでサービスメニューのカスタマイズ性が高く、飲食店より低コストでの食事提供が可能である。

ビジネスモデル

現状は販売機からの食品販売の売上を設置場所の提供元とレベニューシェア（発注者側と受注者側で、事業の収益を分配する契約を結ぶ、成果報酬型の契約方式及びそれに基づく分配方法）する形である。今後は販売機自体を販売し、ライセンスフィーの形で売上を計上するモデルも導入予定である。

今後の展望

点心、飲料等提供メニューの幅を広げようとしている。また、現在は設置型の販売機がメインだが、卓上型・自動走行機能を備えた屋台型の販売機の開発・提供により、より多様な環境・場面で食事を提供できるように強化している。さらに、各地の人気飲食店とコラボレーションすることでご当地ならではのメニュー開発も進めており、将来的には、単なるマシンではなく、「日本食コンテンツ」を様々なメーカーや飲食店がYo-Kai Express社を通じて世界中で展開することができるプラットフォームに進化していくことができると考えられる。

（情報はUnlocX社の調査による）（2024年10月時点）

フードテック関連企業紹介 #09

Alberts NV	
本社所在地：ベルギー	設立年：2015
CEO：Glenn Mathijssen	従業員数：36
スタートアップステージ：不明	資金調達総額：3.79 百万 US ドル
<p>企業概要 Alberts 社は、カスタマイズ可能なスムージーやスープを調理・提供する自動販売機「Alberts One」を開発・提供しているベルギーのスタートアップ企業である。</p> <p>設立のきっかけ 創業者の3人がアメリカでスムージーを注文した際、値段が高く、期待外れの味だった経験があり、既存の市場では価格に見合わない商品や、満足のいく選択肢が少ないという課題を感じた。Alberts 社はこの市場のギャップに着目し、誰もが手軽に、そして本当においしくて健康的なスムージーを楽しめる環境を提供することを目指して創業した。</p> <p>事業内容 フレッシュでカスタマイズ可能なスムージーやスープを提供する自動販売機「Alberts One」を開発・提供している。フルーツや野菜は IQF (Individual Quick Frozen) という急速冷凍手法によりフレッシュな状態で長期間提供可能である。自動販売機のスクリーンからレシピを選択できるほか、アプリを通じてカスタマイズでき、選んだメニューの栄養成分も確認可能。注文後、その場で原料となるフルーツや野菜等がミックスされる。</p> <p>Alberts One では、データを活用することにより在庫補充や売上向上、メンテナンスに役立てているほか、IoT により各地にあるマシンの中央制御を可能にしている。様々なセンサーが搭載されており、そこから収集したデータをメンテナンスの予測に活用している。また、販売データをリアルタイムで収集することで必要な在庫を迅速に補充しているだけでなく、品揃えの最適化により売上向上にも役立てている。レシピはクラウド上で管理され、マシン毎のプログラムではなく、中央制御により一括同期されている。</p> <p>また、Alberts 社は、より健康的な栄養摂取を促すことができるようにヘルスコーチングアプリを開発している。カップ及びストローには環境負荷の低い素材を利用。現在、Alberts 社の自動販売機はベルギーを中心に複数の国で展開され、商業施設やオフィスビル等のほか、医療機関にも設置されている。ベルギー、イギリス、オランダ、ルクセンブルグで展開し、コロナ禍では医療従事者向けに健康的な食事を提供できるという観点から、病院に設置された。</p> <p>バリュープロポジション (価値提案) 省スペースで、栄養価の高いドリンクを 24 時間 365 日無人で提供可能である。カスタマイズ性が高く、ニーズに合った商品を提供可能。</p> <p>ビジネスモデル ベルギー国内においては、自動販売機をリースした上で、プロフィットシェア (企業の利益を従業員や他の関係者と分配する制度や契約形態) の形でスムージーの販売益を顧客に分配する。20～30 個/日のスムージー販売で損益分岐点を超える設計である。</p> <p>ベルギー国外では、自動販売機をオペレーターに販売し、その販売の収益に加えて、自動販売機で売られる商品ごとに手数料を受け取る形となっている。例えば、ユーザーが自身でカスタマイズした商品を注文すると、その注文額の一定割合を手数料として徴収する。オペレーターは自動販売機導入後、平均 12 ヶ月で投資回収ができる設計となっている。</p> <p>将来の展望 今後は更なるグローバル展開を推し進めるほか、データを活用したレシピ開発やブレンド品質の向上、さらにはメンテナンスへの AI の活用も視野に入れている。地元の原材料を利用することで地産地消の実現や、各国・地域固有の原材料を用いたレシピの開発等、食品の開発・提供プラットフォームとしての役割も考えられる。</p>	

(情報は UnlocX 社の調査による) (2024 年 10 月時点)

II スマートキッチン

スマートキッチンとは、一般家庭のキッチンにある家電がIoT とつながることで、例えば冷蔵庫内の食材データや、それらを使った毎日の献立を管理することができ、さらにインターネット上のEC（Electronic Commerce. 電子商取引）サイトでの商品購買等が可能になること等を指す。毎日の家事負担を軽減でき、なおかつ時短・効率化につながるものである。

1 スマートキッチンの現状

2015年頃から調理家電のIoT化が進み、スマートフォンのアプリを通じた機器の操作や、購入後の機能のアップデート、消費者の利用状態を家電メーカー側が把握できるといった、これまでの家電には見られないスマート調理家電の開発が進んできた。

特に米国ではパンデミック時に調理をする機会が増えたことや、パンデミック後も物価高騰等で外食が難しくなったことにより、家庭での調理をいかに効率的にできるかが課題となっている。冷蔵庫、オーブン、電子レンジ、マルチクッカー、ミキサーやコーヒーメーカーに至るまで、IoT化の領域は広がっている。興味深い点は、こうしたスマート調理家電が米国を中心として「ホームロボティクス」と呼ばれるようになってきていることである。家電の進化と捉えるよりも、自動車の自動運転のレベルが上がっていくように、どれほど調理工程を自動化できるのか、さらに生成AIの進化もあって、調理のプロセスをユーザーごとに最適化できるかといった方向で開発が進んでいる。

また、次々開発されるスマート調理家電とも関連し、IoTの世界を更に広げるのが「キッチンOS」である。OSとはアプリ等の土台となるソフトウェアであり、パソコンやスマートフォンでは、WindowsやAndroid、macOSやiOSがこれに当たる。キッチンOSは、キッチンに関連する食材や調理等、幅広い分野の基盤となる。キッチンOSを開発するスタートアップ企業は、独自に作成したレシピを核として、食品小売チェーンや家電メーカーと提携している。アプリ上で食べたい料理を選択すると、必要なミールキットのネットショッピングをはじめ、火力や温度、時間等がコントロールされたスマート調理器具での自動調理まで、問題なくスムーズに行うことができるとされる。

市場としては、共働き世帯の増加等によって、家庭での調理の時短を支えるスマート調理家電の普及が見込まれる。スマートキッチンの技術により、効率的な調理によるフードロス削減や、AIのレコメンドに基づく献立による「考える負荷」の軽減が進むと予想される。スマートキッチンの日本における市場規模は、2019年の1.5兆円から2050年には26.3兆円に拡大し、中所得者層の増加に伴い、家庭での導入が進むと予想されている⁽⁷⁾。

2 スマートキッチンの事例

(1) 熱源と調理器具とレシピが連動するスマート調理家電

料理を作る上で、調理のガイドがあると助かる場合も多い。米国スタートアップ企業のHestan Smart Cooking社が提案するスマート調理機器に「Hestan Cue」（ヘスタンキュー）がある。そ

(7) 山本奈々絵・古屋花「2050年の「フードテック」世界市場、280兆円に（フードテックのミライ展望 第3回）」2024.2.15. 三菱総合研究所ウェブサイト <https://www.mri.co.jp/knowledge/column/20240215_2.html>

のシステムの特徴として、調理機器が専用アプリとIoTによって連動する点が挙げられる。

専用アプリには、400以上の動画付きオリジナルレシピが収録されている。作る料理は料理名や盛り付けられた画像を見て決めることや、好きな材料や使いたい調理器具、その日の気分等から選択することができる。料理の手順は動画が全て指示し、食材の切り方や調味料を入れるタイミング、肉や魚の焼き方、裏返し方等、動画を見ながらそれに倣って行うというものである。

Hestan Cueのフライパンや鍋、IHヒーターにはセンサーが内蔵されており、アプリと連動することによって火加減や加熱時間が調整される。どれくらい加熱したらよいか、といった情報がアプリに表示される。手動モードに切り替えることも可能である。Hestan Cueは2021年11月から、日本でも販売されている。日本人の有名シェフによるオリジナルレシピや、家庭料理のレシピ等が加わっている。2023年時点で、世界20か国に進出している。

ソフトウェアであるレシピとハードウェアである調理機器が連動して料理を作るという点が、食の世界にサイバーフィジカルシステムが導入されているという分かりやすい例であると言える。

(2) 冷蔵機能付きスマート調理機器

現代人は忙しく、家に帰っても夕食を作る時間が取れない場合も多い。そのような人をターゲットとした、米国のスタートアップ企業Suvie社のスマート調理家電の「Suvie」(スービー)がある。帰宅時間に合わせて完成した温かい料理を食べることができるというものである。

様々な調理機能が組み込まれたオープンであるSuvieは、電子レンジよりも少し小さい箱型の全自動調理機器と言える。あらかじめ材料を入れておけば、後は自動で調理をして指定した時間に仕上げてくれるというものである。Suvie内部では、タンク内を冷たい水が循環することにより、食材を冷やし続けることができる。冷蔵庫のような冷却機能が付いた調理機器であることが大きな特徴である。調理時間を設定するには、専用のアプリを使い、出かけた後でアプリを開き、食べたいと思う時間を再設定することも可能である。

最新版のSuvieが備えている調理室は二つあり、焼く、炙(あぶ)る、蒸す、真空調理、ローストといった方法で調理する。見た目はオーブントースターに似ているが、調理プロセスを自動化するスマートな機能が多数備わっている。この機器は自宅の食材で料理を作るのに使用できるが、サブスクリプションサービスで購入できるSuvie専用のミールキットを使用できるようにも設計されている。各ミールキットに付属しているカードをスキャンすると、Suvieが自動的に適切な設定をプログラムし、自律的に食事を調理するというものである。仕事が忙しくて、家庭で調理する時間が取りにくい人等にとって便利な調理機器であると言える。

(3) AI搭載全自動ティーポット

ボストン大学大学院で出会った日本人とインド人の留学生が、次世代のお茶体験をテーマとした株式会社LOAD&ROADを起業した。日本、インド、アメリカの3か国を拠点としている。お茶を淹れるという行為の中には、茶葉や水の量、湯の温度、抽出時間等の数字で表せるものが多い。LOAD&ROAD社はこの点に着目し、2020年に、全てを数値化して自動抽出するティーポットである「Teplo」を開発した。

Teploはスマートフォンのアプリと連動し、パーソナライズしたお茶を淹れる自動抽出機で

ある。まずポットに水を注ぎ、茶葉を専用の容器に入れてセットする。次にアプリ内のお茶のデータベースを見て、種類を選択する。その後、センサーの上に指を乗せて、脈拍や指の温度、室温、湿度、照度、騒音レベルを計測する。このデータをAIが解析し、その人の体調や気分を特定して、最適なお茶を抽出するものである。例えば、睡眠不足で眠い人には、通常よりも高温で長めに抽出し、カフェインの多い苦めのお茶に、疲れている人なら、あえて低温で抽出してやや甘めに仕上げるといふ。

また、抽出中、同じ高温をキープするので、その間に温度がやや下がる急須と比べて、狙いどおりの味や香りを出しやすいという利点もある。Teplo で使用する公式茶葉は日本茶だけではなく、紅茶や中国茶、台湾茶等もある。

(4) キッチン OS

キッチン OS を代表するスタートアップ企業の一つが、米国の Innit 社である。サービスの起点となるのは専用のアプリであり、食の好みやアレルギーの有無、使いたい食材、ビーガンやベジタリアンといった食に対する姿勢、利用する家電等を登録することで、パーソナル情報に合った最適なレシピを提案する。実際にはレシピに従って、スマート調理器具が温度調節等をしながら調理する。また、米国の Sidechef 社も、キッチン OS を全面に出すスタートアップ企業である。

Innit 社と Sidechef 社は、ネットショッピングの利便性を重要視し、世界最大のスーパーマーケットチェーンであるウォルマートと提携した。さらに Innit 社は世界最大の食品多国籍企業である Tyson Foods 社とも提携している。こうしたダイナミックな体制により、レシピに必要な食材を一層調達しやすくすることを目指している。

3 スマートキッチンの可能性

コロナ禍は、人々のライフスタイルを変化させ、それとともに食に対する意識や行動も大きく変化させた。外食は特別な人との貴重な機会のみとなり、家族で一緒に料理を楽しみたいという人も増えた⁽⁸⁾。実際、食材のオンライン注文、フードデリバリーやテイクアウト、調理家電の活用等、家庭での食を支える選択肢は多様になった。健康を維持したい、簡単に調理したいという欲求も高まり、そんな人々の欲求に応えるべく、スマートキッチンに関わる技術も進化している。

スマート調理機器やキッチン OS 等によって、より効率的に、より魅力的な料理が作られるようになる中で、人による手作りはどのようになるのであろうか。例えば、忙しい日常生活では、AIロボットの力を借りて簡単に調理するが、誕生日やパーティー等のハレの日には、人が思いを込めたものが作りたい、食べたいという人もいるであろう。そんなとき、スマートキッチンの助けを借りながら、プロ並みの料理を自宅のキッチンで作ることができるようになることも予想される。未来の家庭のキッチンは、テクノロジーで洗練された部分と、昔ながらの温かみの部分が程良く融合されたものになることも考えられる。

(8) クックパッド株式会社「クックパッド、「コロナ禍前後での家庭の料理に関する実態調査」を実施—34.4%の家庭で料理の参加人数が増加、67.8%が「家族と一緒に料理を楽しみたい」— 2021.4.26. PR TIMES ウェブサイト <<https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000165.000027849.html>>

フードテック関連企業紹介 #10

Suvie (Home Tech Innovation, Inc.)	
本社所在地: Cambridge, MA, USA	設立年: 2015
CEO: Robin Liss	従業員数: 35
スタートアップステージ: 成長ステージ (事業が成長・拡大して軌道に乗るまでの段階)	資金調達総額: 35 百万 US ドル
<p>企業概要 Suvie 社は、調理の効率化を目指した、カウンタートップオープンと専用のミールサブスクリプションサービスを提供するスタートアップ企業である。</p> <p>設立のきっかけ 誰もが手軽に健康的な食事を楽しめる技術を目指して Suvie 社を創立。自分自身と家族のために健康的な食事を作りたいが、料理をする時間がないという、多くの人が抱えている悩みを解決するため、誰でも簡単、安全に、そしておいしくできる調理器具の開発を進めてきた。家電は耐久性や修理のしやすさへの懸念から、新しい技術の普及が遅れる中、健康志向の高まる現代人のニーズに応える新たな選択肢として誕生した。</p> <p>事業内容 冷蔵と加熱調理ができるオープンの製造、販売及びミールキットの製造と販売を行っている。現在は米国市場で販売している。パンデミック時に急成長し、米国以外の市場も視野に入れている。</p> <p>バリュープロポジション (価値提案) Suvie オープンは、Wi-Fi 対応の特許取得済み技術である「Cool-to-Cook」を搭載したキッチンロボットである。画期的な特徴は、「冷蔵」と「加熱」を完全に制御できることである。ローストや蒸す、エアフライヤー等の調理プロセスを自動化する様々なスマート機能を搭載している。Wi-Fi との接続によりアプリで調理のスケジュール管理ができ、Cool-to-Cook 技術の搭載によって調理開始時刻まで食材を安全に冷蔵保存しておくことが可能である。使い方は、働く人が自宅を出る前に専用のミールキットをセットして冷蔵モードにしておく。ミールキットに付属しているカードのラベルをスキャンすると、キッチンロボットが適切な設定を自動的にプログラムする。そしてアプリでセットした時間に合わせて加熱工程が始まる。帰宅時には出来立ての料理が楽しめる。</p> <p>Suvie 社は、ユーザーの声を基に製品のバージョンアップを繰り返している。これは、ユーザーからのフィードバックを迅速に製品に反映させることで、顧客のニーズに常に寄り添う姿勢を貫いているためである。今後は、顧客データの活用によりパーソナライズされたサービスの提供も見込まれる。Wi-Fi とアプリの統合により得られるデータを基にした、よりパーソナライズされたレシピの提案等がすでに行われている。</p> <p>ビジネスモデル Suvie オープンは現在米国で公式ウェブサイト又は一部の小売店で購入可能である。オープンの単体購入に加えて、Suvie オープン専用のミールキットサブスクリプションもセットで購入可能。ハードウェアとサブスクリプションのサービスを組み合わせることで、ユーザーにとって便利なシステムを提供しつつ、ブランドとの長期的な関係も構築。サブスクリプションサービスによる継続的な収益モデルが可能になっている。</p> <p>今後の展望 Suvie の創設者 Robin Liss 氏は、Suvie を Tesla の自動運転のように捉えながらプロダクト開発を行っている。自動運転の自動車が、初めはレーンキープや衝突防止から始まり最後には完全に自動で運転できるようになるといった段階を踏むように、このオープンも、最終的には料理工程 (レシピを選ぶ→食材を用意する→調理する→配膳する→食べる→片付ける) を完全に自動化できるまで持っていきたいとしている。現在は、レシピを選ぶ→食材準備をミールキットで、調理するところをレシピのスキャンと冷蔵・加熱機能で自動化しているが、まだ完全にはシームレスに自動化することはできていない。Robin 氏は、機器の安全性に配慮しながら、デバイス販売とミールキット販売の完全自動化に向けたビジネスを進化させていく意気込みである。</p>	

(情報は UnlocX 社の調査による) (2024 年 10 月時点)

フードテック関連企業紹介 #11

Innit	
本社所在地：Palo Alto, CA, USA	設立年：2013
CEO：Kevin Brown	従業員数：40
スタートアップステージ：不明	資金調達総額：61 百万 US ドル
<p>企業概要</p> <p>Innit 社は、世界初の食関連生成 AI プラットフォームである「FoodLM」を開発している。この FoodLM は、食事、調理、健康的な食生活に関する専門家の検証を統合している。このプラットフォームは、小売業者、ブランド、医療提供者向けに、消費者に対して高度にパーソナライズ（個別化）された AI 駆動のサービスを提供することを可能にしている。</p> <p>設立のきっかけ</p> <p>Innit 社の設立は、創業者 Kevin Brown 氏の食品技術、検索、セキュリティ、クラウドコンピューティング等の分野での 20 年以上にわたる経験から生まれた。Brown 氏は、テクノロジーと食品を結び付け、人類に貢献するサービスを創造するというビジョンを持っている。</p> <p>事業内容</p> <p>Innit 社の「FoodLM」は、機械学習を活用し、以下の「食、小売、健康体験にわたるガイダンス、パーソナライゼーション、専門家の検証」を提供するフードインテリジェンスプラットフォームである。</p> <ul style="list-style-type: none"> FoodLM プラットフォーム：栄養、料理、健康の専門家による検証を統合した生成 AI プラットフォームを提供している。 個人に最適化された食品インテリジェンス：60 以上の食事療法、アレルギー、ライフスタイル、健康プロファイルを分析し、個々のニーズに合わせた詳細なレコメンデーションをしている。 健康条件に特化したサービス：II 型糖尿病や高血圧等の条件に特化した食事ガイドライン、製品スコアリング、コンテンツを提供している。 パーソナライズされたショッピング：世界中の 300 万以上の食料品の個別化されたスコアリングと選択を含む自動化された食料品購入を支援している。 料理とスマートキッチンを統合：AI が生成したレシピは、実際に調理可能であることまで AI によって確認されており、スマートキッチンとのシームレスな統合も可能である。 <p>AI は、食事、運動、慢性疾患管理のためのパーソナライズされたサポートを提供することで、料理とヘルスケアに革命をもたらす可能性を秘めている。Innit 社は、世界最先端の食品計算モデルを開発し、パーソナライズされた栄養アドバイス、200 万以上の商品のスコア付け、食事計画、自動調理、食料品 e コマースソリューションを提供している。</p> <p>バリュープロポジション（価値提案）</p> <ul style="list-style-type: none"> 高度に個別化された AI アシスタンス（レシピ／食材選択から調理まで） 科学的根拠に基づく健康的な食事と「食事療法」のサポート 小売業者向けの強力なセマンティック検索機能（利用者が何を求めて検索を行ったかをコンピュータが解釈し、それに即した検索結果を提供すること） 慢性疾患患者のための専門的な食事ガイダンス <p>ビジネスモデル</p> <p>Innit 社は、食品メーカー、小売、医療やヘルスケア等の企業に対して以下を提供している。</p> <ul style="list-style-type: none"> AI サービスの提供：AI 駆動の関連性も考慮した検索技術による情報提供、合成画像生成、個人に最適化されたショッピング可能なレシピ等のサービスを提供。 パートナーシップ：小売業者、ブランド、家電メーカー、医療提供者、技術パートナーと提携し、北米、ヨーロッパ、アジアでプラットフォームを展開。 AI による垂直統合：高度な個人最適化、迅速な消費者が求める食の価値の実現、最小限の統合努力で企業の収益を向上させる AI を用いた垂直統合ソリューション（サービスの開発から販売までを 1 社で管理するビジネスモデルのこと）を提供。 <p>将来の展望</p> <ul style="list-style-type: none"> AI の信頼性向上：消費者が FoodLM を使うことによって、食品関連の AI への信頼性が高まることを目指す。 健康的な食生活の促進：慢性疾患の予防と管理に焦点を当て、個別化された食事ソリューションを提供することで、世界的な健康問題に取り組む。 スマートキッチン技術の進化：AI と連携したスマートキッチンデバイスの開発を継続支援し、調理体験を更に最適化。 食産業の AI 革命：FoodLM を通じて、食産業全体での AI 活用を促進し、消費者の食生活改善に貢献。 <p>Innit 社は、AI と食品科学の融合により、個々人の健康的な食生活をサポートし、食産業全体の変革を目指す。Kevin Brown 氏はインタビューで「生成 AI は、食事の旅のあらゆる段階で消費者に信じられないほどの利便性、インスピレーション、そしてアシスタンスを提供し、最終的には人々がより健康的に食べ、より良く生きることを助けます」と語っている。</p>	

（情報は UnlocX 社の調査による）（2024 年 10 月時点）

フードテック関連企業紹介 #12

SideChef Inc.	
本社所在地：San Jose, CA, USA	設立年：2013
CEO：Kevin Yu	従業員数：51
スタートアップステージ：成長ステージ	資金調達総額：13.7 百万 US ドル
<p>企業概要 1万8000を超えるインタラクティブなレシピと、AIを活用した革新的なレシピサービスとして、料理体験の変革を目指す。あらゆるレベルの料理スキルを持つユーザーにシームレスなショッピングと調理体験を提供する。料理をより手軽で楽しい体験に変えることを目指すレシピプラットフォームである。</p> <p>設立のきっかけ 創業者である Kevin Yu 氏が、当時のパートナーに手料理を振る舞いたいと思った際に、自身の料理スキルが不足していることに気付いたことから生まれた。彼自身だけでなく、多くの人が料理に不慣れであるという現実と、Kevin 氏が持つビデオゲーム業界での経験を掛け合わせることで、調理をゲームのようにスキルを段階的に習得できるアイデアを考案した。この画期的な発想が、SideChef 社の基盤となっている。</p> <p>事業内容 SideChef 社は、キッチン OS 主力スタートアップとして、提供するアプリがキッチンにおける様々な要素を統合し、ユーザーの調理体験を変えるプラットフォームを提供する。レシピ検索から食材の発注、調理時の火力・温度・時間調節等が全てつながり、AIを活用した数々の機能が生活者の調理体験を支援する。</p> <ul style="list-style-type: none"> 豊富なレシピコレクション：1万8000以上のインタラクティブなレシピを無料で提供し、詳細な手順、写真、ビデオを含む。ユーザー自身の好み、食事制限、調理時間等のフィルターで条件を絞れるほか、過去の検索や保存履歴を基にパーソナライズされたレコメンデーションも提供される。 AIによるパーソナライゼーション：ユーザーの好み、食事制限、調理時間等に基づいて、最適なレシピを推奨する。 シームレスなショッピング体験：レシピから直接買物リストを作成し、Instacart やウォルマート等の食料品配送業者のサービスを通じてシームレスに食材を購入する。 スマートキッチンとの連携：キッチンデバイスと接続し、調理体験を最適化。 AI駆動のレシピ生成：最新のAI機能「RecipeGen AI」により、レストランで見た料理やソーシャルメディアの料理写真を基に、その料理のステップバイステップのレシピを即座に生成する。レシピから直接ショッピングリストを作成し、Instacart やウォルマートを含むパートナー小売業を通じてオンラインで食材を購入することができる。調理中にはハンズフリーの音声コマンドを使用したり、アプリに搭載されているタイマーを制御したりすることもできる。レシピ以外にもキッチンデバイスとの接続によるシームレスな調理体験の提供や、ユーザーの好みやニーズに基づいたミールプラン作成等がある。 <p>バリュープロポジション（価値提案） レシピサービスとして始まった SideChef 社だが、現在、1万2000以上のレシピについて、掲載されている食材をオンラインで購入し、自宅で受け取ることができる。その上、アプリと家電が連携することにより、アカウント所有者は自分のレシピをアップロードして公開できる個人のレシピを作成する機能もある。料理の計画、買い物、そして後片付けまで、料理に関する一連の作業のサポートを提供。ユーザーの好みや過去の調理履歴に基づいて、最適なレシピやメニューを提案。スマートキッチンデバイスとの連携により、より快適な調理環境も実現できる。そして、アプリ内で情報交換ができる場を提供することによりユーザーのコミュニティも形成されている。</p> <p>ビジネスモデル アプリは無料でダウンロードでき、アカウント作成のみで利用可能である。ダウンロード後、好み、アレルギー、食事制限等の情報を登録し、この情報に基づいたレシピ検索や食事計画を立てることができる。月額4.99ドルの有料プランでは、会員限定の動画やレシピにアクセスができる。レシピ内での食材購入サービスは小売業者やブランドとの提携により提供されている。ユーザーがアフィリエイトリンクをクリックして購入すると SideChef 社は小売業者から手数料を受け取る。従来、米国でのみ提供されていたこの食材購入サービスが、Amazon Fresh とのパートナーシップにより英国とドイツでも2024年に販売開始した。</p> <p>今後の展望 創業者 Kevin Yu 氏は、将来について次のようなビジョンを持つ。</p> <ul style="list-style-type: none"> エンドツーエンド（端から端まで）の調理プラットフォームの拡大：インターネット上のあらゆるレシピの食材を購入可能にすることを目指す。 フードロス問題への取組：AIを活用したミールプランの作成を通じて、持続可能な料理を促進する。 ユーザー体験の向上：複数の小売業者オプションを提供し、ユーザーが比較できるシステムを開発。 AIテクノロジーの進化：レシピ生成AIのような革新的な機能を更に発展させ、料理体験をより直感的かつ効率的にする。AIと創造性を融合させることで、家庭での料理体験を変革し続けることを目標に「誰もが自分のインスピレーションを現実のものにできる時代へ」料理の未来を形作ることを目指す。 	

(情報は UnlocX 社の調査による) (2024年10月時点)

フードテック関連企業紹介 #13

Samsung Food (Whisk)	
本社所在地：韓国	設立年：2012
CEO：Nick Holzherr	従業員数：不明
スタートアップステージ：M&A（革新的な技術やサービスを提供するスタートアップ企業を買収する段階）	資金調達総額：不明
<p>企業概要</p> <p>Samsung Food社は、買収したスタートアップである Whisk 社の技術を基盤として発展した AI 駆動のキッチン OS プラットフォームであり、Whisk 社の創設者 Nick Holzherr 氏のビジョンと、Samsung 社の技術力が融合し、革新的な食事体験を提供している。16 万以上のレシピを掲載し、AI を活用して個別化された食事プランニング、買い物、調理サポートを提供する。Whisk 社の技術を継承しつつ、Samsung 社のエコシステムと統合することで、より包括的な食事体験を実現している。</p> <p>設立のきっかけ</p> <p>2012 年、Nick Holzherr 氏が BBC の番組「The Apprentice」に出演し、食事計画と買い物リストを自動化するアイデアを提案。Holzherr 氏は番組出演後、多くの投資家や企業からの関心を集め、Whisk 社を立ち上げた。Whisk 社は、レシピの構造化、買い物リストの作成、食材のオンライン購入等の機能を開発し、スマート家電との連携を通じて、ガイド付き調理体験を提供するプラットフォームとしての地位を確立した。2019 年、Samsung Next 社が Whisk 社を買収し、Samsung 社のレシピプラットフォームの中核的な存在となった。</p> <p>事業内容</p> <p>Samsung Food 社は、AI を活用した包括的な食事体験プラットフォームを目指しており、その主な事業内容は以下のとおり。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ AI によるレシピ推奨と個別化：Food AI 技術を使用し、ユーザーの好みや季節に基づいてレシピを提案する。16 万以上のレシピデータベースを活用し、個々のユーザーに最適なレシピを提供する。 ・ パーソナライズされた食事プランニング：ユーザーの健康目標、食事制限、好みに基づいて、AI が個別の食事プランを作成する。栄養バランスや摂取カロリーを考慮した週間メニューを提案する。 ・ スマートな食料品買い物支援：レシピから直接ショッピングリストを作成し、オンラインで食材を注文できる。Vision AI 技術により、スマートフォンで撮影した食材の写真や冷蔵庫に搭載されたカメラにより自動的に食材リストに追加する。 ・ スマート家電との連携：Samsung 社の冷蔵庫やオーブン等のスマート家電と連携し、調理プロセスを最適化する。アプリから直接、オープンの予熱やタイマーの設定等が可能である。 ・ 健康管理との統合：Samsung Health 社と連携し、ユーザーの健康目標に合わせた食事提案を行う。BMI、体組成、カロリー摂取量等の健康データを考慮した食事アドバイスを提供する。 ・ コミュニティ機能：ユーザーが自分のレシピを作成・公開したり、他のユーザーのレシピをフォローしたりするなど食事体験をソーシャルメディアで共有する機能も提供する。 ・ 食品廃棄削減支援：食材の使用期限を管理し、廃棄を減らすためのアラートを提供する。冷蔵庫内の食材を基にレシピを提案し、効率的な食材使用を促進する。 ・ 多言語・多国展開：8 言語で 104 か国に展開し、グローバルな利用を可能にしている。 <p>これらの機能を通じて、Samsung Food 社は食事の計画から調理、健康管理まで、包括的な食事体験を提供することを目指している。AI と家電技術の融合により、ユーザーの日々の食生活をより便利で健康的なものにすることが、同社の主要な事業目的となっている。</p> <p>バリュープロポジション（価値提案）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 包括的な食事体験：レシピ検索から買い物、調理まで一貫したサポートを提供する。 ・ 高度なパーソナライゼーション：AI を活用し、ユーザーの好みや健康目標に合わせたレコメンデーションを行う。 ・ スマートホームとの統合：Samsung 社のスマート家電との連携により、シームレスな調理体験を実現。 ・ 健康管理のサポート：栄養バランスや特定の食事制限に配慮したメニュー提案を行う。 <p>これらの価値提案により、ユーザーは効率的で健康的な食生活を送ることができる。</p> <p>ビジネスモデル</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 無料アプリの提供：基本機能を無料で提供し、ユーザーベースを拡大する。 ・ プレミアム機能の有料化：高度な個別化機能や特別なレシピコンテンツを有料（月額 6.99 ドル）で提供する。 ・ e コマース連携：食材のオンライン購入からの手数料収入を得る。 ・ スマート家電との相乗効果：庫内の食材管理を自動化するカメラ付き冷蔵庫や、レシピと連動するオーブン、健康状態を把握するための製品や、家庭内の家事をサポートする様々なロボット製品等の Samsung 製品の販売促進につなげる。 ・ データ活用：収集したユーザーデータをより高度な AI の開発をするためのデータや自社製品開発、広告やプラットフォーム上の B2B 製品販売支援に活用していく。 	

今後の展望

Samsung Food社とAIプラットフォームの将来のアップデート計画には、以下のような要素が含まれている。

- ・ Vision AI技術の進化：2024年に導入予定の新機能で、スマートフォンのカメラで食品や料理の写真を撮影すると、AIが自動的に認識し、レシピ推定や、認識した食品の栄養情報の提供、関連するレシピの提案等を行うようになる。
- ・ Samsung Health社との統合強化：Samsung Healthアプリとの統合を計画しており、より精密な栄養管理や食事計画が可能になる。
- ・ スマート家電との連携拡大：家電製品ラインのオープンやレンジ等、より多くのスマート家電とSamsung Food社を連携させる予定。これにより、レシピに基づいて自動的に調理設定を行う等、よりシームレスな調理体験を提供する。
- ・ パーソナライゼーション機能の強化：AIを活用して、ユーザーの好みや健康目標に基づいたより高度な個別化を実現。
- ・ 持続可能性への取組：食品廃棄の削減や環境に配慮した食生活の提案を強化する計画。
- ・ グローバル展開の拡大：現在104カ国で利用可能だが、更に多くの国々でサービスを展開する予定。

これらのアップデートにより、Samsung Food社は単なるレシピアプリから、AIを活用した総合的な食事管理プラットフォームへと進化していくことが期待されている。ユーザーの健康管理をサポートしつつ、Samsung社のスマートホームエコシステムの中心的な役割を果たすことを目指す。

(情報はUnlocX社の調査による) (2024年10月時点)

Ⅲ 3Dフードプリンター

アメリカのSFテレビドラマ『スタートレック』シリーズに登場する装置に、「レプリケーター」という、立体で物質を印刷する3Dプリンターのようなものがある。この装置の原理は、分子を材料として、実物とほとんど変わりのないコピーを作り出すことができるというものである。舞台である宇宙船に搭乗する各クルーの部屋には、フード・ディスペンサーとも呼ばれる食品用のレプリケーターが設置されている。船内には厨房は存在せず、自室の端末に音声でオーダーすれば、自動販売機のように食器付きでその場で合成され、食べ終わって食器を戻せば、自動的に分解されて原料に戻るといったものである。このレプリケーターのおかげで、スタートレックの世界では、食材の貯蔵や残飯処理等の問題は存在しない。SFの世界では、食料備蓄、調理の手間、食品ロス、食品リサイクルといった課題全てを、「3Dフードプリンター」というアイデアで解決している。その3Dフードプリンターが現実世界でも登場している。

1 3Dフードプリンターの特徴

3Dプリンターは、材料を1層ずつ、順番に重ねて立体の物を作る「積層造形法」を用いて、造形を行う装置である。積層造形法は、従来の造形方法と比べて、最初に金型や鋳型を必要とせず、あらかじめコンピューターを用いて三次元データを基にデザインしていく方法である。そのため、製作時間、製作コストの低減、細かな仕様変更への即時対応、少量多品種製造等に向いている。積層の仕方、使用される材料にもたくさんの種類があり、それらによって製法の呼び方も異なる。そのような3Dプリンターの中で、食品を作る装置が3Dフードプリンターである。食材の種類と造形方法によって、幾つかの3Dフードプリンターが存在する。造形方法の違いから、代表的な3Dフードプリンターには、「材料吐出方式」と「レーザー照射方式」がある⁽⁹⁾。

(9) 川上勝・古川英光「フードテック編第5章 3Dフードプリンターの開発」都甲潔監修『おいしさの科学とフードテック最前線』シーエムシー出版, 2022, pp.276-280.

(1) 材料吐出方式の3Dフードプリンター

3Dプリンターは、フィラメント状に加工したプラスチックを溶かして押し出しながら造形するFDM方式（Fused Deposition Method. 熱溶解方式）の装置が主流である。3Dフードプリンターも、フィラメントを押し出すシリンジポンプを持つものが登場した。ペースト状の食材をあらかじめ注射器の筒のようなシリンジに詰めておき、タイミングに合わせて吐出する方式である。食品用ではない3Dプリンターの装置やソフトウェアを流用できるため、比較的安価に製作できるのが特徴である。初期の吐出方式の3Dフードプリンターに使う材料には、チョコレートやパスタ生地等が単品で使われることが多かった。

2013年に米国航空宇宙局（NASA）が、3Dフードプリンターを開発する企業に研究費を拠出した⁽¹⁰⁾。内容は、3Dプリンティング技術を使い、乾燥した粉末原料から、ピザのような食べ物を、シリンジを使い出力するというものであった。NASAが着目したのは、食品を立体的に印刷する技術が、宇宙に長期滞在する飛行士向けに役立つのではないかという点であった。また、2016年には、このシリンジ型を用い、幾何学的な三次元構造の料理を売りにしたレストランがロンドンでオープンした⁽¹¹⁾。翌2017年には、家電製品のような外見とインターフェイスを備えた3Dフードプリンター「Foodini」が販売された。五つの材料が印刷できるカートリッジを有している。

(2) レーザー照射方式の3Dフードプリンター

最近では、レーザー光源を用いた3Dフードプリンターの開発が試みられている。レーザーのエネルギーを用いて、食品の加熱、凝固等を起こすことで、調理と3D造形を同時に進めるといふ原理である。基本的に、近紫外線や可視光線は、食品材料に含まれている水分には吸収されない。食材自身に色が付いている場合や、食紅等で着色された場合、食材に吸収されたレーザー光は熱に変換され、タンパク質やでんぷんが多く含まれている食材であれば、加熱によりタンパク質の凝固やでんぷんの糊化（こか）が起こり、調理と硬化が同時に進むというものである。

この方式では、三次元的な入り組んだ造形物の製作が可能である点に加え、レーザーの照射出力、照射時間によって加熱の加減が可能であることから、従来の「外からの加熱」による調理ではなく、「内部からの部位特異的な調理」による新しい食感等を持つ料理の開発等が可能になるといわれている⁽¹²⁾。

(3) 3Dフードデータ

3Dフードプリンターで食品を印刷するためには、まず造形したい三次元のデザインを準備する必要がある。一般のユーザーが3Dデータを作成することは、非常にハードルが高いと思われる。一般の3Dデザインのデータに関しては「thingiverse」のような3Dデータ共有サイトがあり、食品に関しても、少数の3Dデータがシェアされている。

(10) “Deep-Space Food Science Research Improves 3D-Printing Capabilities,” 2019. NASA Spinoff Website <https://spinoff.nasa.gov/Spinoff2019/ip_2.html>

(11) Shivali Best, “Is this the future of fine dining? Restaurant where all the food and even the table is 3D printed - but it will cost you £250 a head,” 12 July 2016. Daily Mail Online Website <<https://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-3685998/Is-future-fine-dining-Restaurant-food-table-3D-printed-cost-250-head.html>>

(12) 「レーザーで食感や味を最適化「でんぷん3Dプリンター」が面白い【動画あり】」2022.2.7. ニューススイッチウェブページ <<https://newswitch.jp/p/30749>>

また、近年、3D スキャン技術の進化が目覚ましく、安価な 3D スキャナーや、スマートフォンでの 3D スキャンも可能となっている。そのため、食品であるか否かによらず、物の 3D スキャンから、それらのデータを蓄積することも重要になることが予想される。

このような 3D データだけでなく、どのような食材を使うと 3D フードプリンターでの造形が可能であるのか、またその嗜好性はどのようなものであるのかといった情報も、普及を考えた場合必要であろう。

2 3D フードプリンターの現状と課題

食品は一般的に単価が安く、外食産業では調理にかかるコストは極限まで下げる傾向が見られる。現時点では、3D フードプリンターでの食品の造形は非常に時間がかかり、装置の導入コストも高いため、期間限定のレストランで試食会等を行うことはできるが、商業的にすぐに普及することは難しい状況である。

また、3D フードプリンターは、いまだ社会での認知度も低く、その技術も定まっているものがあるとは現状では言い難い。3D フードプリンターに用いられる食材は柔らかいことが多いため、積層造形法であれば、いかに立体的に積み上げるかという技術的な課題がある。また、上述のとおり、食品に高すぎるコストはかけられないが、現状 3D フードプリンターの装置や材料の調製等にコストがかかるため、経済的な点がその普及の大きな障害である。さらに、食材の品質劣化や雑菌の繁殖等、安全面、衛生面での問題もクリアする必要がある、開発と普及には幾つかのハードルが立ちはだかっている。

3 3D フードプリンターによる個別化食

3D フードプリンターは、個人個人に合った食である「個別化食」を考える上で重要なツールになると考えられている⁽¹³⁾。その背景には、個々人の血液マーカー、遺伝子のタイプ、腸内細菌等を簡便な検査キットで知ることが可能になってきたことがある。

(1) 個別化食の可能性

個別化は医療の分野からスタートし、その流れは食の分野にも波及しており、新しい栄養指導として個々人の体質や遺伝子多型（ヒトの個人間のわずかな遺伝子の違い）に合った個別化栄養学（パーソナライズド・ニュートリション）が実用化され始めている⁽¹⁴⁾。薬だけでなく食品成分の身体への影響の程度も、人によって違うことが次第に明らかになっている。これは個人の遺伝子多型によって、栄養素の消化、吸収、代謝、利用等に個人差があるからである。

食品成分の摂取に伴って起こる遺伝子発現を網羅的に解析する手法は「ニュートリゲノミクス」と呼ばれ、個人の体質等を調べるのに用いられている。個々人の遺伝子多型を考慮し、適切な食品を摂取することで、疾病予防・健康増進に大きな役割を果たすと考えられている。そのため、ニュートリゲノミクスによる遺伝子多型研究の発展により、普段から個々人に最適な食設計を目指すデータ駆動型の個別化栄養学である「精密（プレジジョン）栄養学」がますます

(13) 石川伸一「ヘルス・フードテックによる個別化食の未来」『臨床栄養』142 巻 1 号, 2023.1, pp.28-31.

(14) Josef Neu, "The evolution of personalized nutrition," *Nature Medicine*, Volume 30, 2024, pp.1826-1827. <<https://doi.org/10.1038/s41591-024-03000-y>>

す重要となると考えられている⁽¹⁵⁾。個人の健康増進に合わせた食事はこれまで、食事指導によるものが主であったが、3Dフードプリンターの開発によって個々に合わせて作る食品の登場が現実味を帯びてきている⁽¹⁶⁾。

(2) 個別化食のニーズ

個別化食の開発や普及は、多くの要因によって影響を受けると予想される。例えば、国内の少子高齢化、人口減、生活習慣病患者・肥満者の増加、医療費の増加、働き方改革による食産業の人材不足、個食（同じ食卓に集まっても、家族がそれぞれ別のものを食べること）・孤食（一人で食事をする）の増加、食の外部化率の上昇、食品廃棄（食品ロス）問題、調理機会の減少等である。

個別化食のニーズ自体は、幅広く存在する。嚥下（えんげ）困難者向けのおいしい食、食物アレルギー患者向けのバリエーション食等である。個別化食は、社会的に重要な課題が多い分野から発展し、次第に食品メーカーやレストランにおける健康やおいしさ、新しさに対応した個別化食の提供へとつながっていくと予想される。

3Dフードプリンターの導入がまず考えられるのが、介護食や非常食の分野である⁽¹⁷⁾。特に介護食は咀嚼（そしゃく）能力の落ちた高齢者のために、柔らかくすることが必須であるが、ミキサー食等にしてしまうと見た目が悪くなり食欲が落ちるといった課題がある。3Dフードプリンターを用いて、ピューレ状の介護食を、元の食材や、調理された状態に似せた形状に造形することで、見た目を通常の食に近づけながら食欲をそそるようになることが可能になるだろう。これにより、柔らかいなりにも、個人に合わせたある程度の食感があるものを生み出すことができるのではないかと期待されている。

(3) 個別化食の基盤技術

個別化食の普及に重要な基盤技術は、ヘルスケア検査技術、情報技術及び新しい食の製造・調理技術等が考えられる。

各種ヘルスケアの検査法は、関連技術が発展・普及することによって、簡便化と低価格化が実現し、さらに、ウェアラブルな検査技術が実用化されると、リアルタイムのバイタル情報のチェックや腸内細菌の変動の可視化等が可能となる。ウェアラブルの先の技術として、トランスペアレント、すなわち目に見えない検査技術が登場すると予想される。これにより、普段の生活で特に意識することなくヘルスチェックができるようになる。

また、ヘルスケア解析データの見える化、すなわち利用者が分かりやすく理解できるようなアプリケーションも多く登場している。それによって、科学的証拠に基づく個別化食の情報提供技術も進化する。最終的には、AIを用いた解析により、個人のヘルスケアデータと個別化食のデータが統合され、その人にとって最も適した食を随時提供できるシステムが発展すると考えられる。

(15) 國澤純編集「健康と疾患を制御する精密栄養学―「何を、いつ、どう食べるか?」に、食品機能の解析と個人差を生む分子メカニズムの解明から迫る―」羊土社, 2023, pp.8-14.

(16) “3D printed food: the future of personalised nutrition,” 21 November 2024. TNO Website <<https://www.tno.nl/en/newsroom/insights/2024/09/3d-printed-food-personalised-nutrition/>>

(17) 堀内真美ほか「3Dフードプリンターで造形される巨視的な3次元構造による介護食品などに適した軟質食品の食感設計とその効果」『日本食品工学会誌』22巻4号, 2021.12, pp.119-134. <<https://doi.org/10.11301/jsfc.21599>>

新しい食の製造技術としての3Dフードプリンターの基盤技術は、食材3D化技術と3Dフード用のカートリッジ開発に集約される。3D化には、食品の基礎的な知見をいかしながら、工学的手法や調理技術等が組み合わせられ、咀嚼・嚥下しやすいといった食感を持つ食品・料理が生み出されると思われる。また、カートリッジ部分は、既存の食材だけでなく、様々な添加物を入れて使えば、添加物による食品の物性コントロールも可能である。さらには、第2章で述べた培養肉、マイコプロテイン、微細藻類食品といったフードテックの新規食品を使うことも考えられる。

個別化食の共通技術として大事なものは、個々人のヘルスデータ蓄積（ビッグデータ）とAIの活用であると思われる。さらに、個人が欲する栄養、おいしさ、生体調節機能等を兼ね備えた食品3D構築技術（食材生産、調理技術、ロボティクス）も重要な基盤技術となると思われる。

4 3Dフードプリンターの可能性

3Dフードプリンターは、いろいろなものを作ることができる一方で、何を作ったらいいか明確に分かりにくいという問題がある。むしろ造形の自由度が高いからこそその悩みである。個別化食への3Dフードプリンターの利用は、正にゼロベースで個々人が求める食は何かを考えるきっかけにもなるだろう。フードテックの技術は、食料安全保障等の社会問題を解決するものも多いが、3Dフードプリンターはそれらに加えて、多様化する個々人の食の価値観に応える上で、核となる機器であると思われる。

おわりに

フードチェーン下流に位置する販売・消費のレストランテック、スマートキッチン、3Dフードプリンター等のフードテックの各技術は、消費者の利便性、嗜好性、健康といった個人の多様なニーズを満たすことを中心に開発が進んでいると言える。フードテックによって外食や家庭での食のバリエーションは増え、豊かな食生活が実現していくと思われる。かつて、コメアレルギーの人のために低アレルギー米が発売されたことがあったが、購入する人が少ないためか、店頭で見かけることが少なくなった。テクノロジーは、生活をより便利にするために使われることも大切であるが、アレルギーや介護食等、たとえ少数であっても今困っている人たちに寄り添ったものに優先的に使われるべきであると考えます。3Dフードプリンター等、フードテックの発展によって個別化食の技術的な土台はできつつあるため、次はそれをどのように社会実装するかを考えるべきであろう。

(石川 伸一)