

# 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3章 「加工・流通」分野のフードテック
他言語論題 Title in other language	Chapter 3 Food tech in the processing and distribution 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	69-79
ISBN	978-4-87582-939-3
本文の言語 Language	日本語 (Japanese)
摘要 Abstract	作業効率の向上や人手不足の解消、高付加価値化、商取引の円滑化などに資する技術として、フードロボットとスマートフードチェーンを取り上げ、具体的事例を基に技術開発の現状と課題を示す。

\* 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3章 「加工・流通」分野のフードテック

### 【要旨】

フードロボットは、作業の効率を高めることや人手不足の解消等が期待されている。フードロボットの支援範囲は広く、農業、加工・調理、盛り付け、配膳、洗浄等、多岐にわたる。現在開発が進められているフードロボットは、完全自動化・無人化を目指しているのではなく、人との協働を念頭に置いている場合が多い。さらに、レストランにおいてはロボットの調理過程をあえて見せたり、ロボットに配膳させたりすることで、フードロボットが食のエンターテインメントとしての役割も果たしている。また、スマートフードチェーンは、生産から加工、流通、販売、消費までの情報の連携によって、効率を最適化したフードチェーンのことである。サプライチェーンがスマート化することによって、食品の流通情報を消費者へ提供し、その付加価値を向上すること等が期待されている。

### はじめに

フードサプライチェーンの中流である加工や流通の分野は、ロボティクス、食品安全に関わるトレーサビリティ、ロジスティクス（商品の調達から配送、販売まで、サプライチェーン全体を管理する業務や仕組み）、スマートフードチェーン、次世代冷凍技術、スマートコールドチェーンといった分野が含まれる。食品工場や流通過程で、ICT等の技術を活用することにより、適切な量の食材を適切なタイミングで届けられるようにすることで、食品ロスをなくすることができる。さらに、フードチェーンにロボティクスを導入することにより、作業の効率を高めることや、人手不足の解消等が期待される。この章では、特にフードテック分野で重要と思われるフードロボットとスマートフードチェーンについて解説する。

### I フードロボット

日本は、産業用ロボットの生産・稼働台数で世界有数の規模を有している。2015（平成27）年に発表された「ロボット新戦略」<sup>(1)</sup>、2019（令和元）年に発表された「ロボットによる社会変革推進計画」<sup>(2)</sup>では、ロボットの社会実装を一層推進していくことが掲げられており、自動車産業、電機・エレクトロニクス産業ではロボット導入がいち早く進展してきた。

食の分野においても、食産業を取り巻く課題の解決手段の一つとしてのフードロボットが注目されている。フードロボットの元祖と言えるものに、1981年に鈴茂器工株式会社が開発した「江戸前寿司自動にぎり機」がある<sup>(3)</sup>。現在、寿司自動にぎり機は回転寿司チェーンやスーパーの寿司コーナーで導入されており、1時間で最大4800貫もの握り寿司のシャリを握れるロボッ

\* 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) 日本経済再生本部「ロボット新戦略—ビジョン・戦略・アクションプラン—」2015.2.10. 首相官邸ウェブサイト <[https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/robot\\_honbun\\_150210.pdf](https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/robot_honbun_150210.pdf)>
- (2) ロボットによる社会変革推進会議「ロボットを取り巻く環境変化と今後の施策の方向性—ロボットによる社会変革推進計画—」2019.7.24. 経済産業省ウェブサイト <[https://www.meti.go.jp/shingikai/mono\\_info\\_service/robot\\_shakaihenkaku/pdf/20190724\\_report\\_01.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/robot_shakaihenkaku/pdf/20190724_report_01.pdf)>
- (3) 「江戸前寿司自動にぎり機 ST-77」（機械遺産第107号）日本機械学会ウェブサイト <[https://www.jsme.or.jp/kikaiisan/heritage\\_107\\_jp.html](https://www.jsme.or.jp/kikaiisan/heritage_107_jp.html)>

トもある。寿司職人がいなくても、新鮮な寿司ネタをロボットが作ったシャリに載せるだけで、安定した品質の寿司を提供できる。

さらに外食産業では、人手不足に悩まされており、新規参入も多いことから競争が激しく、生産性の向上が求められている。そのため、それらの課題を解決することができるフードロボットの役割はますます大きくなっている。

## 1 フードロボットの特徴

フードロボットの支援範囲は広く、農業、加工・調理、盛り付け、配膳、洗浄等、多岐にわたる。現在開発が進められているフードロボットは、完全自動化・無人化を目指しているのではなく、人との協働を念頭に置いている場合が多い。人がやる必要のない作業はロボットで自動化しながら、人はより付加価値の高い作業に時間を使えるようにするという考えである。また、単に自動化するだけでなく、レストランにおいてはフードロボットの調理過程をあえて見せたり、フードロボットが配膳したりすることで、食のエンターテインメントとしての役割も果たしている。

調査会社 The International Market Analysis Research and Consulting Group が公表したフードロボットに関する市場レポートによると、世界のフードロボットの市場規模は2024年に27.1億ドルに達しており、今後市場は2033年までに62.9億ドルに到達、2025～2033年の間に9.32%の成長率を示すと予測している<sup>(4)</sup>。同市場は、労働力不足、技術の進歩、加工食品需要の増加、厳しい食品安全規制、食品の品質と多様性に対する消費者の期待の高まり等を背景に急成長しているとされている。

現在、日本においても食品工場や飲食店でフードロボットが活用されている。食産業における作業の特徴として、①食材が不定形であること、②皿や容器等の食品用資材やメニューが多く存在し、組合せが多いこと、③作業ごとのブレやミス、食品ロス等が発生しやすいこと、④季節や時間帯により繁閑差が大きいこと、⑤温度や臭い等の作業環境が厳しいことが挙げられる<sup>(5)</sup>。このため厳しい作業環境の中でも、品質を一定に保つため高度な判断とスキルが要求され、熟練者はマルチタスクをこなすことが多くなっており、作業置き換えという視点でロボット導入の課題が多くなっている。また、食品工場では、様々な形の食材の下ごしらえといった人間が難なくこなせる作業でも、ロボットが同じ作業をしようとするとう時間がかかってしまう場合があり、このような作業では、ロボットを導入したとしても、コストメリットが出にくいということも多くある。

一方、ロボット導入を前提に組み直しが進んでいる工程、前後作業が明確に分かれている工程、新規工程では、ロボットの導入のハードルは低くなっている。食品工場では、食品運搬、供給・投入、成形といった反復作業、検査、仕分け、整列といった視覚判断を伴う作業にロボットが導入されている。近年では調理ロボットや配膳・食器回収といった接客ロボットの導入も進んでいる。

(4) IMARC, *Food Robotics Market Size, Share, Trends, and Forecast by Type, Payload, Application, and Region, 2025-2033*.

(5) 三輪泰史編著『図解よくわかるフードテック入門』日刊工業新聞社, 2022, pp.142-143.

## 2 フードロボットの事例

### (1) 惣菜調理・盛り付けロボット

調理ロボットの開発は近年、日本でも急速に進んでいる。キッチン用ロボットの研究開発に特化したスタートアップ企業の一つとしてコネクテッドロボティクス株式会社があり、同社が開発したプロトタイプのロボットに「ホットスナックロボット」がある。ホットスナックロボットは、人の手を介することなく、唐揚げやコロッケ等を自動調理する。2時間の稼働によって150食分の調理が可能である。また、商品の提供も担当し、客がタブレット端末で選ぶと、商品をピックアップし、パックに載せて提供する。近年、コンビニ業界が頭を悩ませているアルバイト不足に対応するものであり、生産性の向上も期待されている。

コネクテッドロボティクス社の調理ロボットの中で、惣菜の盛り付けロボット（Delibot）はすでに社会実装されている<sup>(6)</sup>。盛り付け作業は人手に依存しており、自動化が難しい工程とされてきた。Delibotは、ロボットコントロールの技術で、不定形の食材を一定量測ってトレイに盛り付けることができるロボットであり、食品工場における省人化・効率化を実現している。一般社団法人日本惣菜協会は、コネクテッドロボティクス社を含む企業15社と共に、惣菜盛り付け工程のロボット化に取り組んでいる<sup>(7)</sup>。

### (2) アーム式家庭用調理ロボット

ロボット工学を得意とするコンピューター科学者、マーク・オレイニク（Mark Oleynik）がロンドンに設立したスタートアップ企業 Moley Robotics 社が、2015年に全自動調理ロボット「Moley」の構想を発表した。調理をするのは、キッチン上部から伸びる2本の腕で、5本の指で包丁を握って食材を切る、パスタをつかんで鍋に入れる、刻んだタマネギをフライパンに投入して炒める、ボウルにドレッシングの材料を入れて泡立て器で混ぜるといった作業をするイメージ動画であった。

当初、同社はこの Moley を2年以内に完成させると予告したが、2017年が終わっても販売されず、2020年末に「Moley R」の発売を発表した。この新型調理ロボットは、精巧な動きを可能にするロボットアームのほかに、通常のキッチンに備えられている IH コンロやオーブン、シンク、冷蔵庫といった様々な機能を備えている。Moley R は左右のロボットアームを使って、人間の動きを再現する。冷蔵庫から食材を取り出すところから、調理したものを皿に盛り付けるまで作業する。Moley R が提案するレシピは、発表当時は30以上で、更に追加されて増えていき、最終的には5,000を超える料理が作れるようになると発表された<sup>(8)</sup>。

自分で料理を作りたいときは、ロボットアームをキッチンの脇に仕舞えるような仕様になっている。全ての調理をロボットに依存せず、人間が自分で作ることもできるという点が特徴であるといえる。

Moley R には、触覚センサーを備えた2本のロボットアームと5本指の手が含まれている。テクノロジーを備えた手は、ブレンダー等を持ち上げて操作できる。同社の商品の一つである

(6) 「Delibot™」コネクテッドロボティクス株式会社ウェブサイト <<https://connected-robotics.com/products/delibot/>>

(7) 「【プレスリリース】世界初！惣菜盛付工程の全ロボット化、高速社会実装」2024.3.21. 一般社団法人日本惣菜協会ウェブサイト <<https://www.nsouzai-kyoukai.or.jp/news/pr20240321-3/>>

(8) Chris Albrecht, “Moley’s Robotic Kitchen Goes on Sale,” 2020.12.18. The Spoon Website <<https://thespoon.tech/moleys-robotic-kitchen-goes-on-sale/>>; 佐藤あゆみ「Moleyが自動調理ロボット「モーレイ・ロボット・キッチン」の販売を開始」2020.12.21. Foovo ウェブサイト <<https://foodtech-japan.com/2020/12/21/moley-robotics/>>

X-AiR kitchen は、キッチンのサイズや建築レイアウトに適応できるよう標準化されたロボットモジュールで、家電とインテリジェントソフトウェア、ロボットシステムをシームレスに融合した AI 搭載キッチンとなっている<sup>(9)</sup>。

### (3) 配膳ロボット

配膳ロボットは、飲食店等で配膳を行うサービスロボットの一種であり、厨房から利用客がいる座席まで、注文された料理を運搬するほか、下げ膳も行うことがある。中国等では 2010 年代半ば頃から幾つか導入事例があったが、2019 年の新型コロナの世界的流行以降、人間同士の接触を伴う接客を回避するためにほかの地域でも急速に普及した。

主に飲食店で使用されるが、病院等で食品以外の物を運ぶ用途で使われることもある。2024 年時点で使用されている配膳ロボットとしては、中国の Pudu Robotics 社<sup>(10)</sup>が開発したネコ型の配膳ロボットである「BellaBot」や、同じく中国の Keenon Robotics 社<sup>(11)</sup>が開発した「PEANUT」、アメリカの Bear Robotics 社<sup>(12)</sup>がソフトバンクロボティクス株式会社の支援で開発した「Servi」等が知られている。

## 3 フードロボットの課題

2021 年 6 月、日本では食品衛生法（昭和 22 年法律第 233 号）に基づき、原則全ての食品事業者に、食品の安全性を確保するための手法である HACCP（Hazard Analysis and Critical Control Point. 危害要因分析重要管理点）<sup>(13)</sup>に沿った衛生管理の実施が義務付けられた。ロボット等の先端技術を食品製造現場へ導入する際には、システムインテグレーター（企業が導入したいシステムをそのニーズに合わせて構築・開発し、実際に導入するまでを請け負う事業者）や機械メーカーにおいても HACCP に沿った衛生管理を理解しこれに対応する必要がある。しかし、その指針等が存在しておらず、導入が進まない一因となっていた。そこで、農林水産省は、一般社団法人日本惣菜協会を代表とするコンソーシアムに委託し、システムインテグレーターや機械メーカー、食品製造事業者の協力を得ながら、ガイドラインを策定した<sup>(14)</sup>。このガイドラインにおいて、ロボット等の先端技術を、食品の安全性を確保しながら衛生的に使用するために検討すべき項目がまとめられた。

フードロボットを考える上で大切なのが、このシステムインテグレーターである。既存の作業現場にロボティクスを導入するには、単に現状の作業者をそのままロボットに置き換えるのではなく、ロボット導入を前提とした工程の組み直しやロボットフレンドリーな資材導入が必要になる。また、ロボットには重量やサイズ、安全運用上の必要な空間が存在するため、作業内容だけでなく現場レイアウトの観点で検討が必要になる場合も少なくない。配膳のように、接遇要素を持つ作業をロボットが担う場合は、求めるマナーレベルに応じてインタラクション機能が必要になる。食産業におけるロボティクスはハードルが高いため、円滑な導入のためには

(9) “X AiR Kitchen.” Moley Robotics Website <<https://www.moley.com/x-air-kitchen/>>

(10) Pudu Robotics ウェブサイト <<https://www.pudurobotics.com/jp>>

(11) Keenon Robotics ウェブサイト <<https://www.keenon.com/jp/>>

(12) Bear Robotics ウェブサイト <<https://jp.bearrobotics.ai>>

(13) 「HACCP（ハサップ）」厚生労働省ウェブサイト <[https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou\\_iryuu/shokuhin/haccp/index.html](https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryuu/shokuhin/haccp/index.html)>

(14) 農林水産省「「食品製造現場におけるロボット等導入及び運用時の衛生管理ガイドライン」を策定！」2024.4.17. <<https://www.maff.go.jp/j/press/shokuhin/kigyoo/240417.html>>

ロボティクスに精通した人材、現場課題に精通した人材が連携した対策が重要である。

自動車が20世紀以降、社会に受け入れられた理由を考えると、自動車の性能が向上したことだけでは不十分であり、道路が整備され、自動車が性能を発揮できる環境になったことが大きい。食品製造でも同じであり、ロボットの利用が広がるには、ロボットを使う側の環境をロボットフレンドリーにする必要もあるだろう<sup>(15)</sup>。

#### 4 フードロボットの可能性

市場におけるフードロボットの導入が期待される場面は膨大で、繊細な食品の取り扱い、調理・盛り付け効率の向上、配膳作業のサポート等を可能にするロボットや、ロボットが組みこまれたシステムが、今後大幅に進歩する可能性を有している。現場における人の動作の理解、ロボット技術や視覚等の各種センサー技術の発展、さらに人手不足の外的要因等により、フードロボットは発展していくものと思われる。

##### フードテック関連企業紹介 #06

TechMagic 株式会社	
本社所在地：東京都	設立年：2018
CEO：白木裕士	従業員数：不明
スタートアップステージ：シリーズC（黒字経営が安定した企業が資金調達を行う段階）	資金調達総額：44億円
<p><b>企業概要</b>            人材不足、人件費及び原材料の高騰等の課題解決のため、食産業向けにロボット及びソフトウェアを用いたロボットソリューションを開発・提供する。            また、食産業の課題解決を目指し、個社を越えた取組として競合プレイヤー同士が協力すべく「未来型食品向上コンソーシアム」を設立した。参加企業は、カゴメ、キュービー、永谷園、ニチレイフーズ、日清製粉グループ本社、TechMagic社であり、食品工場における非競争領域の共通課題に対して、高度なロボットテクノロジーを活用し、持続可能な食インフラの構築を目指すものである。</p> <p><b>設立のきっかけ</b>            食産業において、人手不足と原料高騰等による高コストにより利益率が低い水準にとどまっている中で、ロボット技術やAIを活用した解決を目指してTechMagic社を設立した。ロボットの開発・導入を通じて食産業を持続可能なものにするだけでなく、より付加価値の高いものを目指している。</p> <p><b>事業内容</b>            食産業向けに業務自動化のためのロボットを開発・提供しており、現在、調理ロボット2種類と業務ロボット2種類を提供している。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●調理ロボット「I-Robo2」（炒め物調理）              高火力IHとフライパンが組み込まれ、ヘラの回転制御等の人の動作を再現し、炒め料理を作る。炒飯や焼きそば等の様々な炒め物の調理が可能である。レシピはアプリ上でコントロールされ、調理後の洗浄まで一連の業務が自動化されている。現在、中華料理チェーン店で導入されている。世界最大のテクノロジー展示会の一つである2024 Consumer Electronics ShowではRobotics部門の2024 Innovation Awardを受賞した。</li> <li>●調理ロボット「P-Robo」（パスタ調理）              パスタの自動調理ロボットで、四つの鍋を同時に動作させシェフが作る調理技術を再現した。独自開発の鍋とアームロボットを活用し、具材と麺をむらなく攪拌加熱することで、1時間当たり最大90食分の調理が可能である。使いやすさを追求した結果、レシピの管理や更新等はアプリ上で可能。2022年の稼働開始とともに、大手チェーン系列のスパゲッティ店にて導入されている。</li> <li>●業務ロボット「W-Robo」（食器仕分け）              1時間で最高600枚の食器仕分け作業が自動化可能である。機械学習の画像認識を活用することで、食器への認識用マーカー不要で様々な形状・色の食器を仕分けすることが可能。コンベア洗浄機のある現場は高温多湿の環境での長時間の立ち仕事が強いられるため、人への負担の多い仕事であるが、この作業を自動化することにより省人化から衛生管理まで確保ができるようになった。株式会社フジマックと共同開発し、</li> </ul>	

(15) 「ロボットが食品工場をお助け！人手不足解消と生産性向上を叶えてくれる」『METI Journal ONLINE』2023. 9.26. <<https://journal.meti.go.jp/p/29547/>>

国内大手企業の社員食堂で2022年6月から本格稼働を開始した。

●業務ロボット「M-Robo」(盛り付け)

盛り付け用の業務ロボットで、独自に開発された高精度のグリッパが惣菜を一定量つかみ、計量器の上の製品用トレイの上に盛り付けていく仕組み。AIを活用することで柔軟な盛り付けを可能にしている。惣菜を商品として販売するためには、盛り付け重量と目標重量との誤差が一定範囲に収まっている必要があるが、M-Roboは高い重量精度により、社内の実験上99%のサンプルが計量法範囲の重量に収まった。

バリュープロポジション (価値提案)

調理・業務工程をモジュール単位で自動化することで、人手不足の解消やコスト削減による利益率向上だけでなく、新たな食体験の提供まで実現した。飲食店では人件費と原材料費で約70%のコストがかかると一般的に言われており、このコスト構造が、利益率の低さ、廃業率の高さの原因である。飲食店の調理や洗浄等の作業を自動化することで店舗の生産性を向上し、セントラルキッチン等の生産工程を自動化することで、人件費を抑制し原材料費を削減(炒め調理ロボットの導入店では実際に利益率が12%向上)。人手不足も食産業の持続可能性に対する大きな不安材料になっている中、貴重な人材をほかの作業に回す余裕を作り出すことが可能である。

ビジネスモデル

ニーズに応じた専用ロボットの受託開発・販売が基本である。今後は汎用ロボットのリースも進めていく予定。

今後の展望

今後は調理ロボットや業務ロボットを活用した店舗や工場の生産性向上を更に高めるべく SaaS (Software as a Service の略。インターネット経由でサービスとして利用できるソフトウェア) 事業の展開も検討。また、ロボットソリューションを海外にも展開し、ロボット自体を世界的に競争力のある産業として展開するだけでなく、日本の食文化も共に広げていくことを目指している。

(情報は UnlocX 社の調査による) (2024年10月時点)

## II スマートフードチェーン

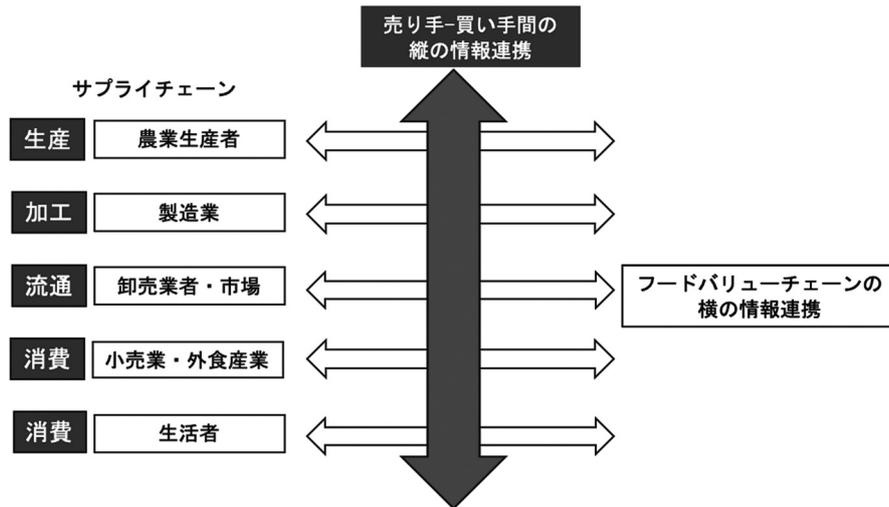
スマートフードチェーンとは、生産から加工、流通、販売、消費までの情報の連携によって、効率を最適化したフードチェーンのことである。入口(生産)から出口(消費)までの情報を連携・集積し、生産の高度化、販売における付加価値向上、流通最適化等が可能となる。具体的には、農作物の廃棄ロスのない計画生産・出荷や、卸売市場等における情報伝達のデジタル化等を推進して流通を効率化すること、農作物の確かな流通情報等の消費者への提供といったことが期待される。

### 1 食品流通の現状と課題

食品流通の中でも、大手食品メーカー等で扱う加工食品と、全国各地の卸売市場等で扱う生鮮食品とでは、デジタル化の現状や課題も大きく異なる。前者の加工食品の場合、製造から小売の流通段階で商品形態は変わらず、製品として規格が統一されていることが多いため、商品情報を登録をしておけば、バーコードを読みこむだけで、商品名、内容量、価格等を把握することが可能である。一方、後者の野菜や魚といった生鮮食品は、産地から小売までの流通段階で袋詰めやカットなどの加工がなされ、商品形態が変わるためデジタル化はより難しい。サプライチェーンのデジタル化等で検討が必要なのは、サプライチェーンを構築するほかのプレーヤーとの「情報連携」の仕方である。特にサプライチェーンにおける売り手と買い手間の情報連携(縦の情報連携)と、同じ階層における事業者間での情報連携(横の情報連携)の両方が必要だと考えられている(図1)<sup>(16)</sup>。

(16) 折笠俊輔「食のサプライチェーンのDXの動向とスマートフードチェーン」『流通情報』No.564, 2023.9, pp.4-12.  
<[https://www.dei.or.jp/aboutdei/staff\\_pdf/orikasa14.pdf](https://www.dei.or.jp/aboutdei/staff_pdf/orikasa14.pdf)>

図1 フードサプライチェーンの縦の情報連携と横の情報連携



(出典) 折笠俊輔「食のサプライチェーンのDXの動向とスマートフードチェーン」『流通情報』No.564, 2023.9, p.5  
[https://www.dei.or.jp/aboutdei/staff\\_pdf/orikasa14.pdf](https://www.dei.or.jp/aboutdei/staff_pdf/orikasa14.pdf) を基に著者作成。

縦の情報連携は、サプライチェーンの生産から消費まで一貫した連携であり、流通の川上でデータ入力し、川下までデジタル情報としてつなげ、手入力の回数を減らすといった業務の効率化や、事前出荷情報の活用による物流の効率化、消費者への商品情報提供による高付加価値化等を可能とする。

一方、横の情報連携は、サプライチェーンの同じ階層、例えば、生産であれば生産、小売であれば小売といった同業者間での連携であり、トラック動態管理システムの導入による共同配送の実現や、需要や供給量を予測するAIの学習データの充実等を可能にするものである。

縦、横いずれの情報連携においても、関係者間での取引の電子化やデータ取扱いにおける合意形成が重要になる。特に横の情報連携は、競合する事業者同士でのデータ連携になることも多く、関係者は物流情報標準ガイドラインで定める標準を遵守する必要がある。

青果や鮮魚といった生鮮食品の場合、小規模な生産者や産地が分散して存在していることや、生産者の高齢化を背景に出荷のときに使われる伝票等は手書きであること、属人的なコミュニケーションによるネットワークのため情報連携が取りにくいことが多いため、生鮮流通の起点となる産地からの出荷情報のデジタルデータ化が難しく、サプライチェーン全体のデジタル化が進まないという課題がある。そのため、サプライチェーン全体の仕組みの改革を見込むには、まずはサプライチェーンの起点となる上流側のデジタル化・標準化が急務となっている。

## 2 スマートフードチェーンの技術

現在のスマートフードチェーンに関する技術として注目されていることとして、(1) データ連携プラットフォーム、(2) トレーサビリティ、(3) 見えなかったものを見る、(4) 自動化による工数削減がある。

### (1) データ連携プラットフォーム

食品のサプライチェーンの上流から下流までのデータ連携を目指すアプローチである。内閣府の「戦略的イノベーション創造プログラム」(SIP)において、農産物の生産から流通、消費

までの一連のデータを連携していくためのプラットフォームの構築が進められている<sup>(17)</sup>。取引履歴を暗号技術によってブロックという単位でまとめ、鎖のようにつなげて記録するブロックチェーンを活用したデータ連携によるシステムにより、生産者や輸送中の温度管理などの情報を提供することで、日本の農林水産物や食品の意味的価値を向上させ輸出の拡大を行うとともに、フードロスの削減につなげることを目指している。課題として、「誰に」「何を」見せるかという情報の粒度の問題や、使いやすく便利になることは分かっているもののデータが集まらず導入が進まないといったことが挙げられている<sup>(18)</sup>。

## (2) トレーサビリティ

食品流通による履歴取得の目的の多くはトレーサビリティの確保である。トレーサビリティとは、いつ、どこで、誰が生産した商品であるのか、それがどのように流通したのかを追跡できることである。食品事故の際の要因特定や、産地の真贋（がん）証明といった目的のため、生産履歴や流通履歴の記録が取られている。食の安全と安心を守るためのトレーサビリティの取組は、すでに多くの国で行われている。日本では、食のトレーサビリティの法律として、「牛の個体識別のための情報の管理及び伝達に関する特別措置法」（平成15年法律第72号。「牛トレーサビリティ法」）、「米穀等の取引等に係る情報の記録及び産地情報の伝達に関する法律」（平成21年法律第26号。「米トレーサビリティ法」）が制定されている<sup>(19)</sup>。

## (3) 見えなかったものを見る

今まで把握できなかったサプライチェーンの情報を把握する（＝見えなかったものを見る）アプローチも、様々な技術開発がなされている。代表的なものでは、GPSを活用することで、今まで見えなかった農産物やトラックの位置情報を正確にリアルタイムに取得できるような技術から、データロガーの活用等により、輸送中の温度だけでなく湿度、衝撃等を記録し、流通工程の環境を把握する技術まで実用化されている。

さらに、精密出荷予測システムに代表されるようなAI等を用いた需要や生産量（供給量）の予測技術や、今まで見えなかった生産者の様々な情報を消費者に提供する仕組み等も「見えなかったものを見る」ことに含まれる。

## (4) 自動化による工数削減

今まで人が行っていたことを自動化することで、工数を大きく削減するアプローチであり、コスト削減や生産性向上を目的に取組が行われる。自動化は、ハードとソフトの両面から技術開発が進んでいる分野である。ソフト面では、AIによる需給予測を用いた発注の自動化や、物流における検品レス（出荷側が入荷側へ事前に出荷内容のデータを送ることで、入荷側が検品を行わずに済む仕組み）、OCR（Optical Character Recognition/Reader. 光学的文字認識）による手書き文字の自動入力等多岐にわたる。

(17) 「生物系特定産業技術研究支援センター 戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）」2022.6.1. 農研機構ウェブサイト <[https://www.naro.go.jp/laboratory/brain/sip/sip2/news\\_list/2022/152199.html](https://www.naro.go.jp/laboratory/brain/sip/sip2/news_list/2022/152199.html)>

(18) 「あらゆる食に、あらゆる価値を。」食のサプライチェーンのデータ連携基盤を！～『ukabis』2023.5.12. 一般社団法人日本食農連携機構ウェブサイト <<https://jfaco.jp/report/3101>>

(19) 農林水産省「食品トレーサビリティについて」2021.6, pp.4-6. <<https://www.maff.go.jp/j/syouan/seisaku/trace/attach/pdf/index-150.pdf>>

食品流通は、必ず「現物」の移動が伴うものであり、商流のデータとその現物の情報をどのようにひも付けるかが重要となる。そのため、ハード面では、ソフトウェアと連動して現物を確認するためのIoT機器の開発等が進んでおり、中でも、物流用途等で開発が進んでいるのが、RFID（Radio Frequency Identification）等の自動認識技術である。フォークリフトでゲートをくぐるだけで自動的に商品情報が取得できる仕組み等が実用化されてきている。

### 3 スマートフードチェーンの事例

#### (1) スマート・オコメ・チェーン

スマートフードチェーンの例として、2021年6月からスタートした「スマート・オコメ・チェーン」がある<sup>(20)</sup>。生産から消費に至るまでのデータ連携、履歴取得等を通じて、生産の高度化や販売における付加価値向上、流通最適化等による農業者の所得向上を可能とする基盤を米の分野で構築するというプロジェクトである。

このプロジェクトは、農林水産省が主管し、有志から成る「スマート・オコメ・チェーンコンソーシアム」という組織が中心となって推進している<sup>(21)</sup>。スマート・オコメ・チェーンの構築に向け、海外事例調査、ワークショップの開催、現場実証等を通じたスマート・オコメ・チェーンの検討、スマート・オコメ・チェーンで伝達される情報項目や表示方法等についての仕様の整理、消費拡大・付加価値向上に資する消費者向け情報提供の内容、手法の検討等の活動を実施している。

米は、日本人の主食であり、国内農業の中核であり、食文化的な面からも、食料安全保障の面からも重要な農産物である。国内における米消費・米需要の減少と海外輸出への期待を含め、米流通のイノベーションが求められていることが、このプロジェクトの背景にある。

#### (2) スマートコールドチェーン

コールドチェーンは、低温保管が必要な商品を適切な温度を保ったまま運ぶ物流の仕組みのことである。2019（令和元）年に、国土交通省は「ASEAN スマートコールドチェーン構想」の実現に向けたビジョンと戦略を策定した<sup>(22)</sup>。冷凍冷蔵食品や生鮮食品等の品質面で優位な日本の低温物流技術を用いる「スマートコールドチェーン」をASEAN地域でも実現するため、(1) 貨物需要の底上げ、(2) ソフト・ハード両面の基盤整備促進、(3) 新たなコールドチェーンビジネスの創出支援、(4) 新技術を活用したコールドチェーン物流の構築に取り組むとしている。2024年12月には、コールドチェーン物流の海外展開を目指した物流サービスに関する日本提案の国際規格（ISO31512）が発行された<sup>(23)</sup>。

(20) 「データ駆動型の米流通を創造するスマート・オコメ・チェーン—生産から販売に至るまでのコメのデータ連携により、コメの高付加価値化を推進します。」スマート・オコメ・チェーンウェブサイト <<https://rice-soc.com>>

(21) 「スマート・オコメ・チェーンコンソーシアムについて」農林水産省ウェブサイト <<https://www.maff.go.jp/j/syouan/keikaku/soukatu/okomechain.html>>

(22) 「ASEAN スマートコールドチェーン構想におけるビジョン及び戦略」国土交通省ウェブサイト <<https://www.mlit.go.jp/common/001276984.pdf>>

(23) 「企業間取引におけるコールドチェーン物流サービスに関する日本提案の国際規格が発行されました—日本式コールドチェーン物流の海外展開を目指して（ISO31512）—」2024.12.11. 国土交通省ウェブサイト <[https://www.mlit.go.jp/report/press/tokatsu01\\_hh\\_000848.html](https://www.mlit.go.jp/report/press/tokatsu01_hh_000848.html)>

#### 4 スマートフードチェーンの可能性

サプライチェーンの段階ごとの情報が分断されていて、情報伝達方法がアナログな場合、食品であるモノとその情報が分断してしまう。そのことによって、どんなにこだわって食品を生産・製造しても、最新の冷凍技術等を使って流通しても、その良さがサプライチェーンの下流である小売業や消費者に伝わりにくい。現代は、食品流通経路が多岐にわたるからこそ、アナログな方法ではなく、デジタル情報を必要としている各事業者や消費者に効率的に伝えていくことが重要である。サプライチェーンがスマート化することによって、多くの価値が生まれてくると思われる。

##### フードテック関連企業紹介 #07

<b>ZEROCO 株式会社</b>	
本社所在地：東京都渋谷区	設立年：2020
CEO：楠本修二郎	従業員数：不明
スタートアップステージ：シード（スタートアップが起業して1～3年ほどの段階）	資金調達総額：不明
<p><b>企業概要</b>                  温度0℃かつ湿度100%弱の「低温・高湿」環境をキープすることで食材や食品の鮮度を長期間・高品質に保つことができる新たな鮮度保持技術 ZEROCO（ゼロコ）を開発・提供している。</p> <p><b>設立のきっかけ</b>                  農業、漁業、畜産業等の一次産業の担い手不足が深刻化している中、生産者が価格を自らの意思で決定できず、生産在庫のコントロールもできないため、効率性と利便性を追求する既存のサプライチェーンに依存するほかない。新たな鮮度保持技術を活用することにより、生産者が在庫を持ちコントロールすることができるバリューチェーンの構築に努め、上記の負のスパイラルの脱却を支援することを目標に ZEROCO 社が設立された。</p> <p><b>事業内容</b>                  農産物等の一次産品の余剰在庫の文脈で急速冷凍機が話題になるなど、食材・食品の流通環境における冷凍・冷蔵技術が注目を浴びている。ZEROCO 社は「低温・高湿」を特徴とし、食材や食品の鮮度を長期間・高品質に保つことができる、冷蔵庫・冷凍庫に次ぐ鮮度保持技術を提供している。日本の伝統的な自然な保管方法である雪下野菜からヒントを得たものである。                  低温・高湿の環境を厳密にコントロールすることにより、各食品・食材に適した水分調整を行い、食品内の細胞変化による品質劣化を防止する。厳密には、温度0℃かつ湿度100%弱に庫内環境をキープしている。従来の氷点下に冷やす冷凍方法では、食品に含まれる水分が水の結晶になり、水は凍ると膨張するため、細胞に傷がつく。0℃帯の維持により細胞を傷つけないほか、湿度100%弱をキープすることにより食品の酸化を防止する。低温・高湿で発生する結露由来の凍結やカビ等の課題は独自技術により回避。一般的に一次産品の冷蔵・冷凍運搬には小分け作業等が必要であり、大量輸送は難しいとされるが、ZEROCO は品質を保持したまま一次産品の大量保管・物流が可能であるため、物流コスト削減が見込まれる。また、一般的な急速冷凍機に比べ、使用電力が最大88%少ないため、コストだけでなく環境負荷も低減する。                  2024年8月には、食材・食品の長期保存と賞味期限延長を通じて生産者が在庫をコントロールし、価格を決定できる新たなバリューチェーンの構築を目指し、北海道千歳市にて約50坪の大型 ZEROCO 設備を活用した実証実験の開始を発表した。本実証実験は千歳市に拠点を置く100戸以上の生産者と共に地域の食材をいかした食品流通事業を展開する株式会社 MMC フードサービスの物流倉庫に ZEROCO を導入して実施している。千歳市及び近郊の農産物（主にレタス、ブロッコリー、道産メロン等）や水産物を対象にし、温度管理や、収穫から食卓に届けるまでの時間管理が厳しい食材に注目して品質を維持しつつまずは道内、その後国内全域に届ける取組を実証。また、牛乳を ZEROCO による予備冷却で冷凍食品化し、品質保持する取組についても検証する。</p> <p><b>バリュープロポジション（価値提案）</b>                  生鮮食品を長期間保存できることで、食産業のサプライチェーンにおける在庫保管、出荷調整によるオペレーションの軽減、フードロスの削減を行う。</p> <p><b>今後の展望</b>                  鮮度保持技術により一次産品の保管品質を高め、高付加価値化することで、生産者の収益を最大化すると同時に消費者にも高品質な食体験を届ける。また、品質劣化の防止によるフードロスの削減、出荷調整に</p>	

よるオペレーション負荷の低減等、食産業におけるサステナビリティ向上にも寄与する。さらに将来的には、鮮度保持技術を用いた「冷凍冷蔵コンテナ（リーファーコンテナ）」を用い、産地から消費地まで一貫した物流網で流通させることで、サプライチェーンの最適化まで図ることができる。

近年、急速冷凍を含め、保存技術の進化は著しく、廃棄せずに保管ができるだけでなく、季節によらず生のもとの遜色のない食品が手に入るようになっている。こうした技術により、生産者は1年を通じて安定した供給をすることができるようになるだけでなく、高い品質での流通が可能になることで、これまでよりも高い値付けができるようになることも期待される。

(情報は UnlocX 社の調査による) (2024年10月時点)

## おわりに

フードチェーン中間に位置する加工や流通のフードテックの各技術は、一般消費者にとってその進展が見えにくい。しかし、確実にフードロボットやスマートフードチェーンの技術が発展し、現場で活用されるようになってきている。食品工場や外食産業でのフードロボットのシステム導入やフードチェーン全体を見越したスマート化は、一企業で行うのは難しく、国や多くの団体が集まったコンソーシアム等で推進することが重要である。ロボティクスもスマート化も、食の分野以外で先行している事例が多くある。食産業以外で培ってきた技術を、いかに食の特異性に合わせて応用できるかが、普及の鍵であろう。

(石川 伸一)