



## 『クック・トゥ・ザ・フューチャー』 ～3Dフードプリンターが予測する24の未来食

石川 伸一／石川 繭子 著

グラフィック社

2024/03 212p 2,640円（税込）

概論 3Dフードプリンターによる破壊的イノベーション

1. 斬新なかたちをデザインすることができる
2. 時間によって変形することができる
3. 食品ロスを削減することができる
4. 新奇食材の利用を促進することができる
5. 時間や場所の制限をなくすことができる
6. データやAIを活用することができる
7. 個人に最適化することができる
8. 楽しみを増強することができる

### 【イントロダクション】

先端テクノロジーを用いて「食」にまつわる諸問題の解決を目指す「フードテック」の取り組みが進んでいる。三菱総合研究所は、2020年時点で24兆円だったフードテックの世界市場が、2050年には約280兆円にまで拡大するという試算を発表している。人類の「食」の可能性は、どこまで広がるのだろうか。本書では、「食の未来」に関する多数の著書がある食品学の専門家が、主に「3Dフードプリンター」に焦点を当て、開発や利用の現状や将来の可能性を解説するとともに、時を2055年に設定した架空の日記の形式で、24種類の「未来食」のある生活を、予想図や食品サンプルなどとともに描き出している。3Dフードプリンターとは、プラスチックの熱可塑性樹脂などの材料をもとに立体の構造物を「印刷」する「3Dプリンター」を、食品の加工や調理に応用したもの。さまざまな食材を自由に加工し、「誰でもどこでも作ることができる」ことから宇宙食や災害食、また栄養素の構成も自由に行えることから「個別化食」への活用が期待されている。著者の石川伸一氏は宮城大学食産業学群教授で、専門は食品学、調理学、栄養学。石川繭子氏は食や科学に関するイラストレーター・ライター。書籍制作を共同で行っており、『分子調理の日本食』（オライリー・ジャパン）ほか多数ある。

### ●時間によって食材・食品が変形する「4Dフードプリンティング」

食品用の3Dプリンターである「3Dフードプリンター」の利用はまだ限定的であるが、商業的に実用化した例もみられる。オランダでは、3Dフードプリンターを用いた世界初となる3Dプリント食のレストランが期間限定で開店し、スイスのチョコレート会社からは、3Dプリントした複雑なデザインのオーダーメイド型チョコレートが上市され、日本でもチョコレートや魚肉練り製品の造形ができる3Dフードプリンターが実用化されている。

しかしこれらの実例は、3Dフードプリンターが秘める機能や特徴を十分活かしているわけではない。3Dフードプリンターを社会実装するには、「3Dフードプリンターがどのような社会を創るのか」という未来像の提示が必須である。

「食×時間変化」にフォーカスした3Dフードプリンティング、すなわち「4Dフードプリンティング」について考えてみる。

4Dとは、3Dの縦・横・高さに「時間軸」を加えた4次元のことである。4Dプリンティングは、3Dプリンティングと同様にものを形作り、さらに「素材をある条件下で変形する」ことを指す。すなわち、特殊な素材や構造によって製造された4D印刷物は、熱、水、光、圧力、振動など外部刺激に応答して形状を変えることができる。実際に温度変化によって、花びらが開閉するような動きをするものも開発されている。

料理は、ある意味、時間によって立体の形が変わることが宿命づけられている“4D的”なものである。逆にいえば、その立体×時間の変化を楽しむのが食であるともいえる。天然の食材は立体構造が複雑で多様なものが多く、それが摂食などによって経時的に変化することで飽きないおいしさを提供している。その構造を4Dフードプリンターで再現でき、さらには天然を超える形が創造できたら、私たちの食文化はまさに次元を超えるようなものになると予想される。

2017年、4Dプリンティングと食品のプリンティングを融合する画期的な研究が報告された。米国マサチューセッツ工科大学（MIT）のグループが開発した、水につけたり茹でたりすると、“プログラムされた形状”に折りたたまれるパスタというものである。

プロトタイプは、異なる密度のゼラチン2層と、その上に3D印刷されたセルロースの計3層から成り、水に反応することで、それぞれの層が異なる速度で水分を吸収するため、膨らみ方にムラが出てさまざまな形に変化する。セルロースはほとんど水を吸収しないため、ゼラチン層に水を入らなくさせる役目をはたし、セルロースのプリンティングの仕方によって膨らみ方をプログラムおよびコントロールできるというものである。

この変形プロセスは、コンパクトに食品を収納する「フラットパッケージング」と相性がよく、将来、輸送コストを大幅に削減できる可能性が考えられている。「4Dフードプリンティング」による食は、アウトドア食や、非常食などとしても有望であり、形が変わる食として食文化の幅を大きく拡張できる可能性がある。

## ●肥満対策としても期待される「食べられるロボット」

ロボットというと硬くて強いイメージがある。一方、柔らかいゲルや高分子の「ソフトマター」の素材を用いたロボットもデザインされている。その変わった応用の一つとして考えられているのが、食べられるロボット「可食ロボット」である。文字通り人が食べて消化できるロボットで、消化可能な食材のみで構築されている。

可食ロボットは、現段階で二つの応用が考えられている。一つは、食品製造工場などで使われるロボットの一部を可食材料で作ることである。食品製造の工程で食品をハンドリングするグリップ部分などは、取れると“異物混入”となってしまう。しかし、それらを食べられるゼラチンなどの素材で作ることによって、食品に混入することがあっても食べる側のリスクを減らすことができる。

もう一つの可食ロボットの応用として考えられているのが、食べられた後、体内で自ら動くことである。この「動く可食ロボット」の有効な活用法として考えられているのが、災害時にロボットを栄養源にすることである。

災害直後にがれきの隙間などで生存する被災者が見つかった場合、栄養注射で被災者にエネルギーを与えようとしても、粉塵やがれきなどの汚れから、血管の位置が分かりにくい。また直接食べものを与えようとしても、被災の状況によっては咀嚼が困難な場合もある。このようなケースを想定し、被災者の口から入った可食ロボットが、自ら体内を移動し、最後に消化されれば栄養補給が可能になるということが考えられている。

この動く可食ロボットの研究の延長線上として、「食べられるドローン」が考えられている。たとえば、災害発生時にドローンに食料を運ばせるのではなく、ドローンそのものを食べられるようにするというものである。

2023年に、この動く可食ロボットの新しい可能性を示す論文が発表された。MITやハーバード大学の研究者らが発表した論文で、胃の中で振動し、脳に満腹感を錯覚させ、食欲を抑制する電子カプセルを提案するという内容である。

このカプセルは「振動撮取型生体電子刺激装置」と呼ばれ、大きなビタミン錠程度のサイズで、振動を起こす小さなモーターを内蔵している。胃に到達したカプセルは、酸性の胃液によって、覆われたゼラチン質の膜が溶け、電気回路を完成させるバネ付きのピンが解放される。このピンがバッテリー駆動のモーターを活性化させ、約30分間の振動を発生させる。

もし、このような肥満対策のために、食べられる動くロボットを作るのであれば、可食ロボットの部品はかなり精密になると予想されるため、3Dフードプリンターなどによる緻密な造形が必要になるであろう。

## ●廃棄した野菜を粉末化し3Dフードプリンターで合体・復元した未来食

「食」の課題として真っ先に思い浮かぶのが、「食品ロス」であろう。

食材が栽培・収穫、製造・加工、流通、小売を経て消費者までたどりつく過程を「フードサプライチェーン」と呼ぶ。フードサプライチェーンの中で、規格外品、返品、売れ残り、食べ残しなど、食べられるのに捨てられているものを完全になくすことは極めて難しいであろう。

しかし、3Dフードプリンター一台で、食の生産から製造・加工、包装や流通をスキップし、消費に一気にたどり着くことができる。そのため、3Dフードプリンター用の「食品カートリッジ」を作り、その食品衛生を長期的に保つことができれば、プリンター・インクを使い切って補充するように、食品ロスは原理的にほぼ出ないことになる。

“SUN, 6/27 2055（\*架空の未来日記）

サラダが食べたくて、とあるレストランに行った。農産物を生産している団体が経営している『ウイズ・ザ・ベジー』という店だ。今日の目当ては、その店のシグネチャーメニューになっている『1,000種のグリーンサラダ』だ。メニューには、「1本の茎から伸びるバラエティー豊かな野菜を楽しもう」というキャッチコピーが書いてある。

1,000種のサラダの正体は、形が悪くて廃棄の対象になってしまったいろいろな野菜を粉末化し、それぞれの野菜を3Dフードプリンターで復元しつつ合体させながら印刷し、一つの“ハイブリッド野菜”にしたものである。

そのサラダの枝からは、レタス、サラダ菜、グリーンリーフなど、たくさんの葉が伸びている。枝の上部にはブロッコリーやアスパラガス、下部にはラディッシュまである。これを手で豪快にちぎりながら食べるのが、この店が推奨している食べ方らしい。

葉の葉脈や茎に相当する部分には、ドレッシングが封入されており、ドレッシングで手を汚さずに食べることができる。ドレッシングは、注文時に種類を選んで好みのものを入れて印刷してもらう。今回は、シーザー、ごま、青じそをそれぞれ3分の1ずつ注入してもらった。野菜の味や食感の違いを比べるのが面白く、次々に葉をちぎっていたら、あっという間に食べ終わってしまった。”

※「\*」がついた注および補足はダイジェスト作成者によるもの

**コメント：**日本では、遺伝子組換え食品や代替肉に関して、安全性への疑問などから抵抗感を抱く人が比較的多いようだ。寿司をはじめ、シンプルさを尊び、「素材をそのまま活かす」食文化も影響しているとも考えられる。一方で、規格外の野菜が売れないとされ、廃棄されるなど、見た目こだわりの消費文化もある。その点、本文で紹介した『1,000種のグリーンサラダ』は、「廃棄野菜」というわかりやすい素材を活かしたシンプルな製法で、見た目も良く、という点で、食文化や消費者感情に寄り添った未来食といえる。フードテックには、食文化や「食べる人」の感情に配慮した開発が普及のカギとなるのではないかと。