

米国における農業と IT に関する取り組みの現状

八山 幸司
JETRO/IPA New York

1 はじめに

世界有数の農業国である米国だが、近年では干ばつによる被害など気候変動による様々な影響も懸念されており、さらに安定した食糧供給システムを構築するための手段として農業 IT への注目が高まっている。近年では、ビッグデータ、IoT、ドローン、ロボットなど最新の IT を駆使した新しい農業が生まれているが、特に、データを活用した精密農業では様々な効果が出ている。また、ビルの屋内で従来の農業よりも大きな農生産が可能な植物工場も実用化へと近づいている。今号では、気候変動や人口増加へ対応した食糧供給システムを確立するために、様々な取り組みが進められている農業 IT について紹介する。

最初に、農業 IT の市場について紹介する。米国は、1950 年代ごろから農生産の効率を大幅に向上させてきたが、2014 年から 2015 年にかけてカリフォルニア州で発生した干ばつでは農業に甚大な被害を受けるなど、気候変動による影響が懸念されており、持続的な農業を可能にするための技術が求められている。近年では、農業 IT のベンチャー企業に多く投資が集まっており、特に 2014 年から急速に拡大している。また、データ分析を活用した精密農業も注目を集めており、ドローン、衛星画像を使ったデータ分析、ロボットなど幅広い技術が使われている。

次に、農業 IT を活用した取り組みについて紹介する。農業 IT の代表例の一つであるドローンの活用は、上空から様々なデータを集めることで、リアルタイムで農地の状態を分析できる手段として人気を集めている。特に、ドローンのルートを決めるだけで、自動で飛行して情報を集め、様々なセンサーを使うことで農作物の成長や土壌の状態など多くの分析が可能であり、近年では広範囲を高い解像度で撮影が可能なドローンも登場している。衛星画像や農家から提供されたデータ分析も急速に利用が広まっており、衛星画像から農作物や土壌の状態を調べて農家にアドバイスを提供するサービスや、農家から提供された膨大な農業データをビッグデータとして分析し、様々な情報を提供するアナリティクスサービスも登場している。ビル内で効率的な農作物の栽培が可能な植物工場も実用化へと進んでおり、マサチューセッツ工科大学の植物工場プロジェクトでは、約 5.5 平方メートルの敷地から 300 人分の作物が栽培でき、ベンチャー企業 AeroFarms 社は世界最大規模の植物工場を立ち上げ、高い農生産が見込まれている。農業用ロボットの活用も進んでおり、3 次元画像認識により作物を正確に測定するロボットや、協調作業が可能な園芸用ロボットが登場している。自動運転トラクターも開発が進んでおり、車車間通信 (Vehicle-to-Vehicle: V2V) により 1 人のドライバーで 2 台を操作できる機能や、自動運転キットを提供する企業が出てきている。

最後に、連邦政府や業界団体の取り組みを紹介する。連邦政府では、気象情報のオープンデータ化やベンチャー企業の支援を通して農業 IT を支援しており、農業と食料生産に関する研究体制強化を目的として、専門家の育成を目指す取り組みも行われている。業界団体では、データの取り扱いに透明性を持たせるための認定証を発行する団体や、高度なロボットによる作付けの速さと精度を競う農業用ロボットコンテストを開催する団体も登場している。

米国の農業分野は一大産業として様々な研究開発が行われ、ドローンや衛星画像を使ったデータ分析など様々な注目を集めるサービスが登場しているが、その多くは大規模農業を想定したものとなっている。面積の小さい日本では求められる技術が異なり、繊細な動作を必要とする作物の摘み取りロボットなどの開発が進められている。一方で、日本も農業の大規模化が重視され始めており、農業分野の変化に合わせた IT の導入が必要になると見られる。農業大国として様々な取り組みが進められている米国の農業 IT について紹介する。

2 農業 IT の市場

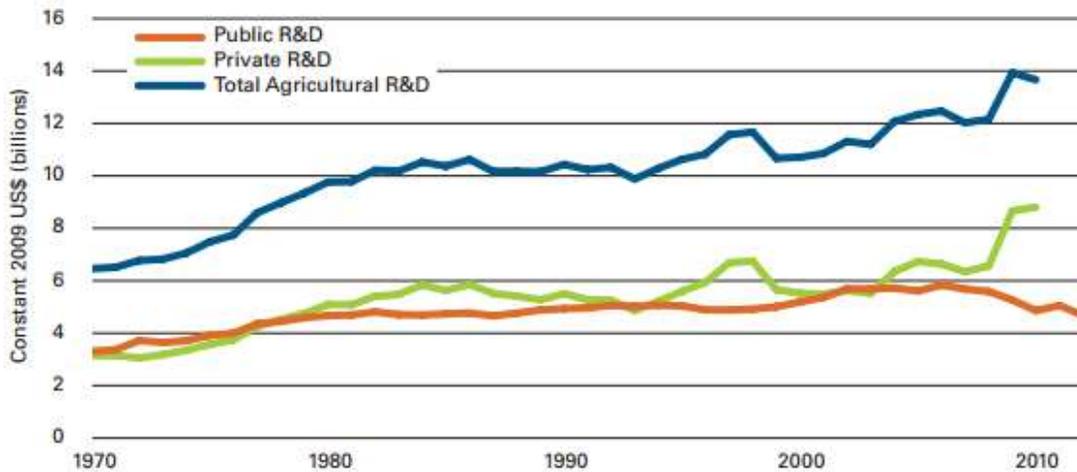
(1) 求められる持続的な食料生産

人口増加や気候変動の影響により食料危機の懸念が高まっており、米国などの先進国においても持続的かつ効率的な食料生産が大きな課題となっている。世界経済フォーラム (World Economic Forum) によると、世界人口は 2050 年までに 90 億人に達し、食料の需要は現在から 60%以上増加すると見られている。一方で、食料生産に必要なリソースは限られてくると見られ、2050 年には地球温暖化などの影響により食料生産が可能な土地も減少し、現在の生産効率では世界人口の半分にあたる量しか生産ができず、食料生産に必要な水も現在の 2 倍の量が必要になると見られている。また、食文化の変化により、食肉製品や乳製品など畜産物の需要がインドや中国を中心に世界規模で増加すると見られている。さらに先進国においても、農業や畜産業に携わる人口が 2%以下に止まり、食料価格の上昇や、食料生産に可能な土地が限られてくるなど様々な課題が予測されている¹。

米国は、農作物の生産性向上に成功し、農業を一大産業へと発展させてきた。農業分野の企業で構成される業界団体 Global Harvest Initiative によると、米国における農業生産²は、1948 年から 2011 年にかけて 156%向上し世界でも有数の農業国へと発展したが、農業生産へのインプット(農地、労働力、機械、肥料・飼料、家畜などの資材や資源の投入)は大きく変化しておらず、生産効率を大きく向上させた。この生産効率の向上は官民両面からの研究開発への投資の効果が大きく、政府は環境、栄養、食品安全など農業とその関連分野への投資を行い、民間企業は、種子、家畜、機械、食品製造など市場の高い製品に投資をするなど、相乗効果のある投資が行われた。これらにより、個別の農家にとっては困難である長期的な研究を外部の研究開発によって支えることで、生産効率を伸ばしてきた。特に 2000 年以降は政府からの研究開発への投資が減少傾向にあるものの、民間企業からの投資の増加によって農業分野における研究開発への投資は増加傾向にある³。

図表 1 は、農業分野の研究開発への投資を示したグラフとなっている。

図表 1: 農業分野の研究開発への投資



出典: Global Harvest Initiative⁴

¹ <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/food-security-and-why-it-matters>

² ここでは、穀物、畜産物、乳製品など農業全体の生産を指す。

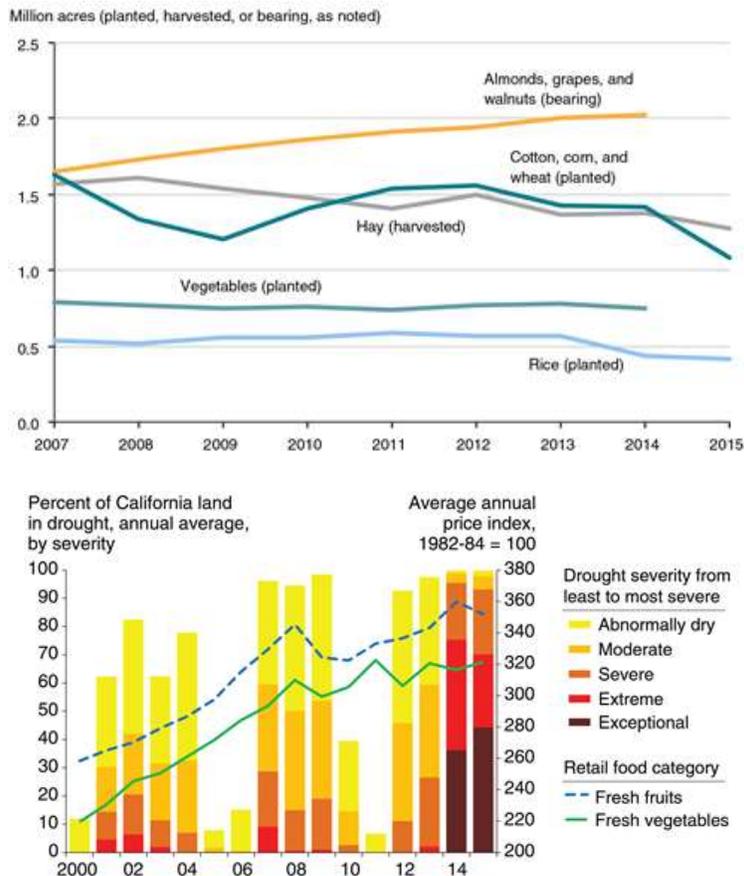
³ http://www.globalharvestinitiative.org/GAP/2015_GAP_Report.pdf p.19~p.21

⁴ http://www.globalharvestinitiative.org/GAP/2015_GAP_Report.pdf p.21

しかしながら、2014 年から 2015 年にかけて発生した干ばつではカリフォルニア州の農業に甚大な被害をもたらした。カリフォルニア大学 Davis 校 (University of California, Davis) は、この干ばつによって 2014 年に 22 億ドルの損失が、2015 年には 27.4 億ドルの損失が発生したと見積もっている⁵。都市部の節水や地下水の活用によって被害を最小限にとどめる取り組みが進められたが、多くの穀物で生産量が低下し、食料の価格が上昇した⁶。食料の生産効率を向上させてきた米国だが、気候変動による様々な影響が危惧されており、持続的な農業を可能にするための技術が求められている。

図表 2 の上のグラフはカリフォルニア州の農作物の生産量を示したグラフとなっており、下のグラフは、干ばつによる食糧価格による影響を示したグラフとなっている。

図表 2: カリフォルニア州の農作物の生産量(上)と干ばつによる食料価格への影響(下)



出典: U.S. Department of Agriculture⁷

⁵ <http://www.wsj.com/articles/drought-will-cost-california-2-2-billion-in-losses-costs-this-year-1405452120>
<https://www.ucdavis.edu/news/drought-costs-california-agriculture-184b-and-10100-jobs-2015>

⁶ 食糧価格の上昇には、フロリダ州での柑橘系植物の病気など干ばつ以外の要因も含まれている。

<http://www.ers.usda.gov/data-products/chart-gallery/detail.aspx?chartId=55714>

<http://www.ers.usda.gov/topics/in-the-news/california-drought-farm-and-food-impacts/california-drought-food-prices-and-consumers.aspx>

⁷ <http://www.ers.usda.gov/data-products/chart-gallery/detail.aspx?chartId=55714>

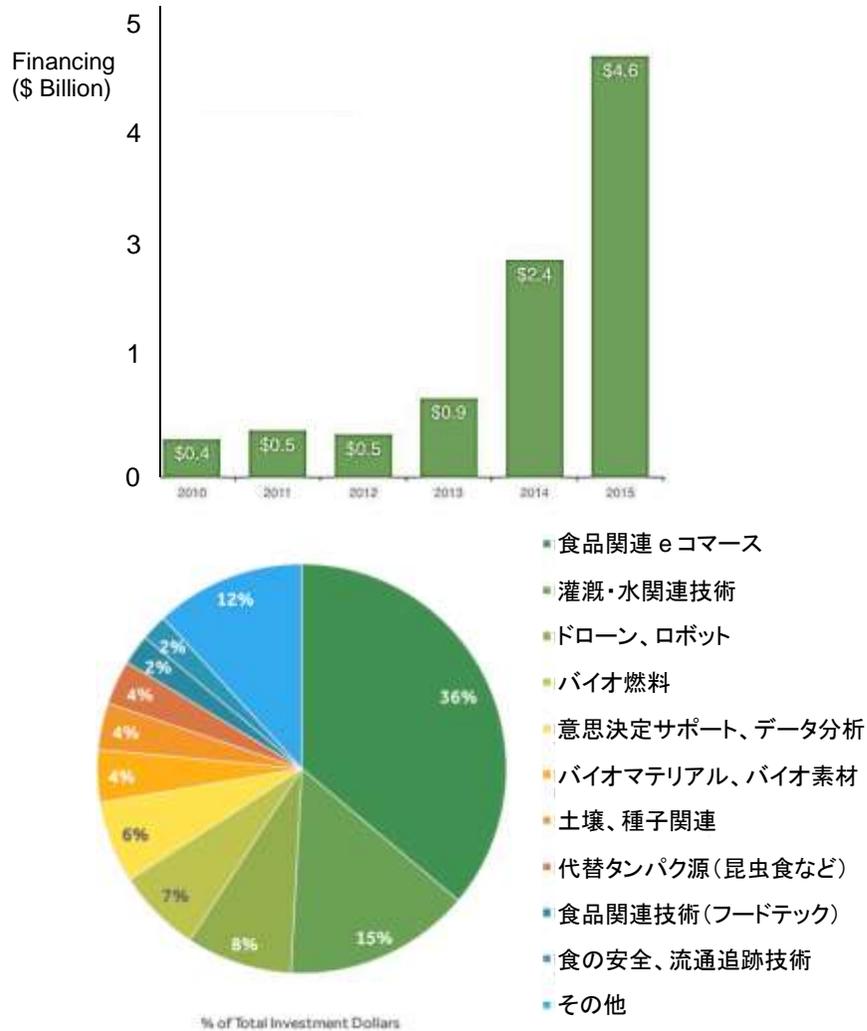
<http://www.ers.usda.gov/topics/in-the-news/california-drought-farm-and-food-impacts/california-drought-food-prices-and-consumers.aspx>

(2) 拡大する農業 IT への投資

農業 IT におけるベンチャー企業への投資は、複数のベンチャー企業の成功を受け、近年、急速に投資額が伸びている。世界全体の農業 IT 関連ベンチャー企業への投資は 2012 年の 5,000 万ドルから 2014 年には 24 億ドルに伸び、2015 年には 46 億ドルにまで拡大した。2015 年の投資の中で最も大きな分野は食品配送サービスを中心とした食品関連 e コマースが全体の 36%を占め、灌漑・水関連技術(15%)、ドローンやロボット(8%)、バイオ燃料(7%)、意思決定サポート・データ分析(6%)が続いている。食品関連 e コマースは世界中でベンチャー企業が立ち上がったことから投資額が前年から 3 倍以上に拡大しており、特に米国では、Blue Apron 社のようなレシピに沿った分量の食材を届ける食材配送サービスが主流となっている。この他、灌漑・水関連技術も大きな投資を受けるベンチャー企業が登場したことから投資が拡大した⁸。

図表 3 の左のグラフは農業 IT 関連ベンチャー企業への投資額を示したもので、右のグラフは分野別の投資の割合を示したものとなっている。

図表 3: 農業 IT 関連ベンチャー企業への投資額(左)と分野別の投資の割合(右)



出典: AgFunder⁹

⁸ <https://research01.agfunder.com/2015/AgFunder-AgTech-Investing-Report-2015.pdf> p.12、

⁹ <https://twitter.com/AgFunder/status/710919780795092993>

(3) 注目を集めるデータを活用した精密農業

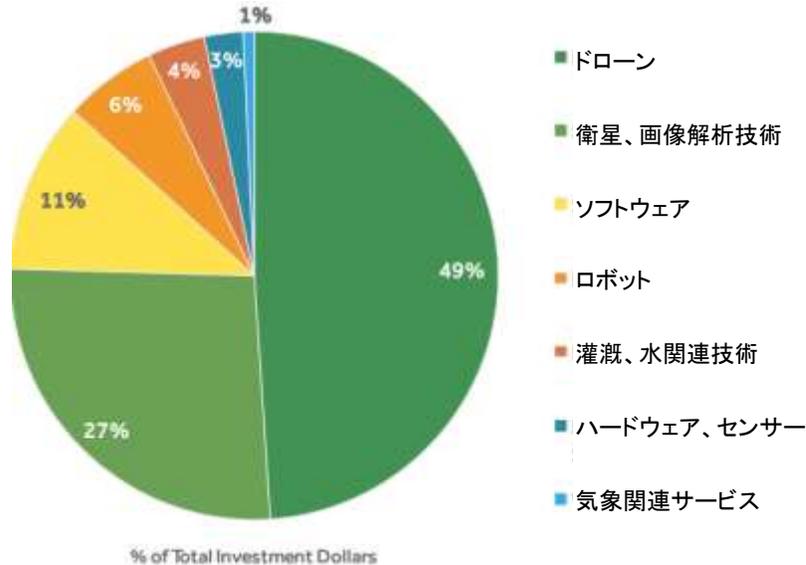
データを基にきめ細かい農生産を行う精密農業のテクノロジーに注目が集まっている。精密農業は、様々なテクノロジーを活用して土壌や農作物のデータを収集し、データ分析によりきめ細かい生産管理、生産コストの削減、収穫量の最大化、適切な肥料や農薬の使用を目的としている¹⁰。これらの目的を実現するために、精密農業では以下のようなテクノロジーが使用される¹¹。

- センサー技術: ドローンを使った上空からのデータ収集や、地上に設置された環境センサーなど
- データ関連: マッピングによるデータの可視化や、ビッグデータによる予測分析など
- ロボット: 分析したデータを基に、トラクターなどの農業用機械に以下の機能を与える
 - 運転アシスト機能: 運転手に耕作する範囲や方向を指示する
 - 自動運転機能: 完全な自律運転を行い、ドライバーは事故を防ぐために周囲を監視する
 - 自律制御機能: 地形などを把握し、運転に必要な操作を行う

2015 年の世界全体での精密農業に関連したベンチャー企業への投資は、前年から 2 倍以上増加の 6 億 6,100 万ドルとなった。テクノロジー別に見た場合、投資の約半数をドローンが占め、画像解析技術 (27%)、ソフトウェア (11%)、ロボット (6%) などが続いている。ドローンへの投資は 2014 年から 2015 年にかけて約 3 倍に拡大しており、連邦航空局 (Federal Aviation Administration: FAA) がドローンの商用利用に関するガイドラインを出したことにより、商用利用が拡大したことが背景となっている¹²。

図表 4 は、精密農業に関連したベンチャー企業への投資を示したグラフとなっている。

図表 4: 精密農業に関連したベンチャー企業への投資



出典: AgFunder¹³

<https://research01.agfunder.com/2015/AgFunder-AgTech-Investing-Report-2015.pdf> p.12、14

¹⁰ http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1043474.pdf p.3

¹¹ <http://www.precisionag.com/technology/guidance/report-global-precision-agriculture-market-will-boom-through-2019/>

¹¹ <http://www.aventurine.com/big-data-farming-time-of-climate-change/>

¹¹ <http://cema-agri.org/page/precision-farming-key-technologies-concepts>

¹² <https://research01.agfunder.com/2015/AgFunder-AgTech-Investing-Report-2015.pdf> p.18

¹³ <https://research01.agfunder.com/2015/AgFunder-AgTech-Investing-Report-2015.pdf> p.18

3 IT を活用した新しい農業への取り組み

(1) ドローンの活用

a. ドローンを使ったデータ収集

上空から様々なデータを収集可能なドローンは、最も利用が進められている農業 IT の 1 つとなっている。農業分野はドローン市場の中でも大きな割合を占めており、米調査会社 Grand View Research 社によると、米国のドローン市場は 2022 年までに年間成長率 16.9%で拡大が続くと見られ、農業分野は警察・軍事に次いで 2 番目に大きな割合を占めている¹⁴。ドローンを活用することで農作物や農地の状態を安価かつリアルタイムに管理できることから導入が大きく進んでいる¹⁵。

データの収集には様々なセンサーが用いられており、例えば、可視光と近赤外線を感知できるセンサーを使うことで、植物が反射する光の波長を分析して農作物の健康状態を示す NDVI(Normalized Difference Vegetation Index)という値の算出や、植物の栄養状態を示す CCCI(Canopy Chlorophyll Content Index)という値を知ることができる。また、温度センサーを用いて農作物の温度の違いを監視することで、農作物のストレスの度合いを示す CWSI(Crop Water Stress Index)という値を調べることができる。この他、幅広い波長の光を計測が可能なマルチスペクトル・センサーを使うことで、農作物や地形を 3 次元で計測することも可能である¹⁶。

図表 5 は、ドローンによる収集されるデータを示したものである。また図表 6 は、ドローンによる収集されるデータのイメージを示したものとなっている。

図表 5:ドローンによる収集されるデータ

収集可能なデータ	農業への応用
<ul style="list-style-type: none"> 農作物の草丈 農作物の数 栄養素の有無 病気の有無 雑草の存在 3 次元データ、容量データ (農地の区画、盛り土、陥没穴など) 	<ul style="list-style-type: none"> 農作物の定期的な監視 農作物の成長・健康状態の管理 害虫や病気の確認 土壌や地形の分析 栄養素(窒素)の確認 収穫の進行具合の確認 農作物のストレスの確認 水の不足具合の確認 農作物の密集具合の確認

出典: BestDroneforTheJob.com¹⁷

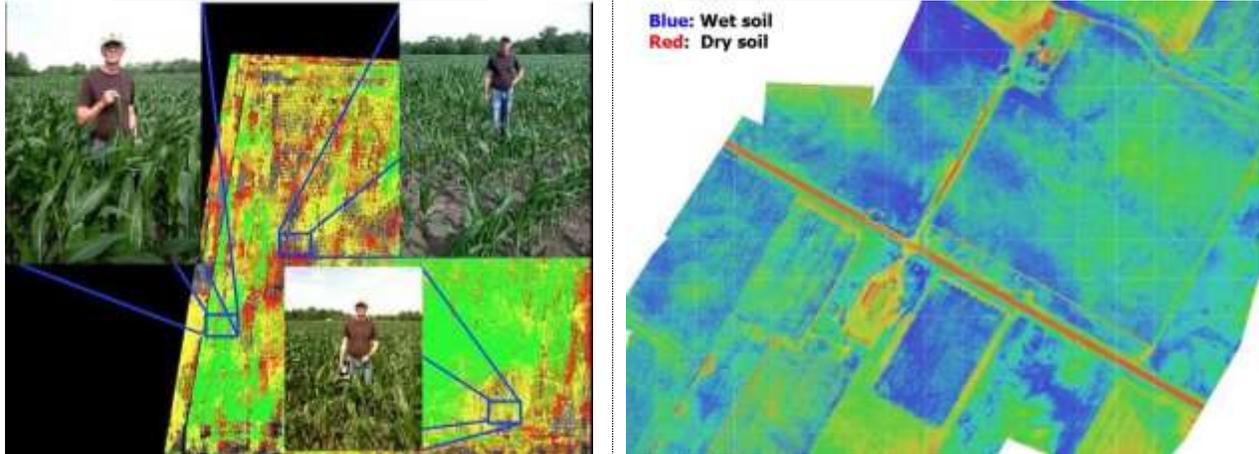
¹⁴ <http://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/global-commercial-drones-market>

¹⁵ <http://www.aventurine.com/big-data-farming-time-of-climate-change/>

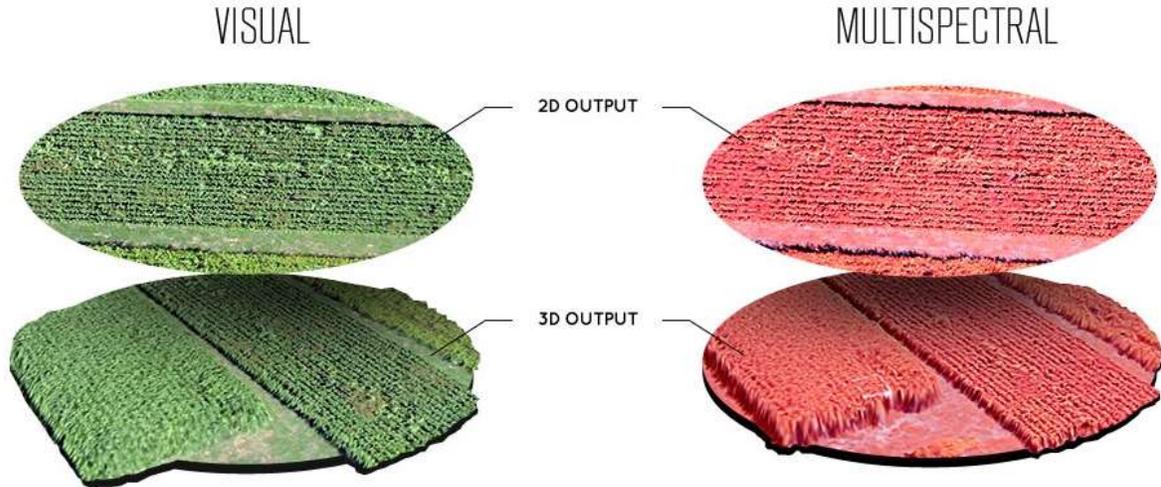
¹⁶ <http://bestdroneforthejob.com/drones-for-work/agriculture-drone-buyers-guide/>

¹⁷ <http://bestdroneforthejob.com/drones-for-work/agriculture-drone-buyers-guide/>

図表 6: ドローンによる収集されるデータのイメージ
 農作物の健康状態を示す NDVI
 温度センサーを使って計測した農地の水分



マルチスペクトラム・センサーによる 3 次元測定



出典: BestDroneforTheJob.com¹⁸

b. 農業用ドローンの活用

農業用ドローンは様々なメーカーから発表されており、データ分析に特化したサービスや広範囲を撮影可能なドローンなどが登場している。世界各国のドローンメーカーが農業向けドローンを発表しており、高性能なセンサーや長時間飛行が可能なモデルなど、農業データの収集に必要な機能を備えた製品が登場している。ドローンには、複数の回転翼を持つマルチコプターと固定翼を持つタイプの 2 種類があるが、固定翼型の方がマルチコプターよりも飛行距離が長く、搭載量も大きいので、広範囲を飛行する必要のある農業用では固定翼型が多く見られる。現在、登場している農業用ドローンの一例として、以下のようなものがある¹⁹。

¹⁸ <http://bestdroneforthejob.com/drones-for-work/agriculture-drone-buyers-guide/>

¹⁹ http://bestdroneforthejob.com/drones-for-work/agriculture-drone-buyers-guide/#Leading_Ready-To-Fly_Ag_Drones

企業	機種	
AgEagle (米国)	固定翼型のドローンを製造しており、30 分飛行が可能な RAPID と、60 分飛行が可能な RX60 を提供している。設定したルートの自律飛行機能など基本的な機能を持つ ²⁰ 。	
AgriBotix (米国)	クアッドコプター (回転翼が 4 つ) の Enduro と、固定翼型の Hornet を提供する。収集したデータを自動でクラウドに送信し、データ解析を行うサービス FarmLens を 1 年間無償で利用できるなど、包括的なサービスを提供している ²¹ 。	
Honeycomb (米国)	固定翼型のドローン AgDrone を製造しており、標準装備でマルチスペクトラム・センサーを搭載している。データを無制限で保存することができるクラウドサービスも提供している ²² 。	
PrecisionHawk (米国)	固定翼型のドローン Lancaster を提供している。データ管理と解析を行うツール DataMapper や、データ解析アプリのマーケットプレイス Algorithm Marketplace など、データ解析が充実している ²³ 。	
DJI (中国)	民生用ドローンの市場で最も大きなシェアを占める同社は、農業用ドローン MG-1 を提供している。農薬の散布など農作業を目的としており、10 リットルの農薬を搭載して 12 分間飛行が可能 ²⁴ 。	
SenseFly (フランス)	固定翼型のドローン eBee Ag を提供しており、時速 90km で飛行できるため、1 度の飛行で広範囲を飛ぶことができる。親会社である Parrot 社が開発したマルチスペクトラム・センサー Sequoia を使用することで 2 cm の解像度で撮影が可能 ²⁵ 。	

c. ドローンを使ったデータ分析

実際にドローンを使って農作物の収穫量を増やす試みが行われている。カナダで農業用ドローンを使って農家にデータ分析サービスを提供する Norm 氏は、雑草の有無、肥料の量、田植え作業の時期がどのように収穫量に影響及ぼすか確認するためにドローンを使って農作物のデータを集めた。同氏は、データ解析用クラウドサービス DroneDeploy を使用し、田植え後の 210 エーカー (約 85 ヘクタール) の農地の上空の飛行ルートを設定した (図表 7 左の画像)。その後、ドローンを自律飛行させて 347 枚分の農地の画像を撮影し、データはドローンが飛行中に携帯電話回線を使ってクラウドへ送信し、クラウド上で画像をつなぎ合わせて、データ解析により農作物の健康状態を示す NDVI を示す画像が作られた。ドローンによるデータ収集は 37 分かかり、データ解析には 290 分かかった (図表 7 真中の画像)。3 週間後に、農作物が成長した状態で、前回設定したルートを利用してドローンを使って撮影を行い、NDVI を示す画像を再度作成した (図表

²⁰ <http://ageagle.com/technology/>

²¹ <http://agribotix.com/>; <http://ecobcg.com/solutions/drone-services/>; <http://agribotix.com/bring-your-own-drone-byod>

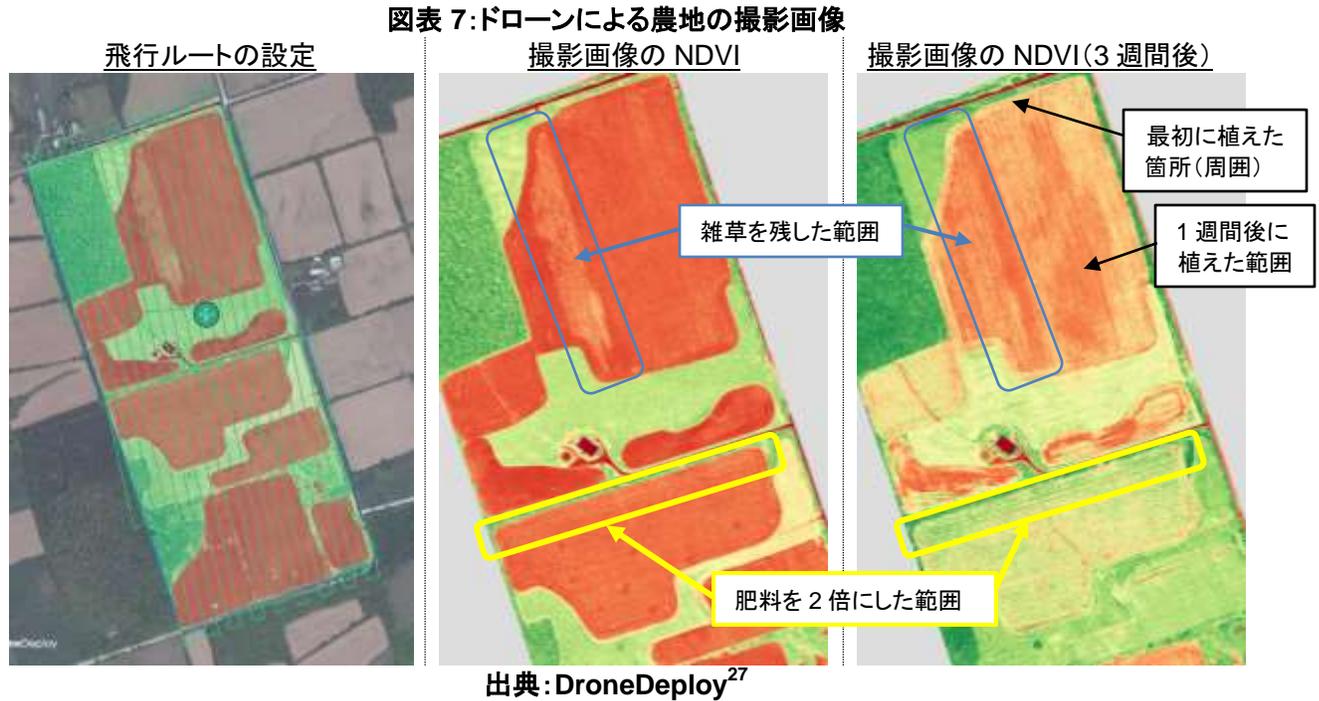
²² <http://www.honeycombcorp.com/agdrone-uas/>

²³ <http://www.precisionhawk.com/>; <https://www.datamapper.com/>

²⁴ <http://www.gizmag.com/dji-mg-1-agriculture-drone/40646/>; <http://techcrunch.com/2015/11/26/djis-latest-drone-saves-crops-from-pests/>

²⁵ <https://www.sensefly.com/drones/ebee-ag.html>; <http://www.thedronesmag.com/2688-2/>; <http://www.greenaerotech.com/our-fleet/>

7 右の画像)。この 2 つの画像では、色が明るいほど緑が多いことを示し、農作物が多く育っていることを示している²⁶。



青で囲んだ部分は成長速度の違いを見るためにわざと雑草を残した箇所であり、真ん中の画像では雑草が残っているため明るくなっているものの、右の画像では農作物が十分に成長しなかったため周囲よりも暗くなっている。黄色で囲んだ部分は肥料を 2 倍にした箇所であり、右の画像では、周囲より農作物が育っているため明るくなっている。黒い矢印で示した部分は、最初に畑の周囲に大豆の苗を植え、時期をずらして 1 週間後に畑の内部に苗を植えた範囲であり、最初に植えた箇所の方が大きく成長していることがわかる。この農家は田植えの時期が 1 週間ずれただけで作物の成長が大きく変わることはないと考えていたため、NDVI の画像によって初めて違いに気づいたという。分析では、肥料、雑草、田植えの時期を改善することで 8% の収穫向上が可能と考えた場合、米国の平均的な農家であれば 2 万 1,874 ドルの収入の増加が見込めるということであった²⁸。

(2) ビッグデータの活用

IT を活用した農業が増えるとともに、農業 IT の利用から生まれたデータを活用するビジネスも登場している。米国議会図書館 (Library of Congress) の議会調査局 (Congressional Research Service: CRS) が 2016 年 1 月に発表した報告書 Big Data in U.S. Agriculture においても、連邦政府機関が様々な情報を整理・分析して作成したデータと、生産者レベルから送られた情報を基礎としたビッグデータの活用は、農家の意思決定に確実な根拠や裏付けを与えることにつながると述べており、官民両方から提供される様々なデータを活用していく必要があるとしている²⁹。

²⁶ <https://blog.dronedeploy.com/drones-a-soybean-grower-s-best-friend-51f173e27922#.3u4pz3d33>

²⁷ <https://blog.dronedeploy.com/drones-a-soybean-grower-s-best-friend-51f173e27922#.kx1f8asy4>

²⁸ <https://blog.dronedeploy.com/drones-a-soybean-grower-s-best-friend-51f173e27922#.3u4pz3d33>

²⁹ <https://www.fas.org/sqp/crs/misc/R44331.pdf> p.1,

ミシガン州を拠点とするベンチャー企業 FarmLogs 社は、衛星画像、気象データ、IoT デバイスなど様々なデータを基に、農家の意思決定をサポートするアナリティクスサービスを提供している。同社のサービスは、衛星画像から土壌や農作物の分析を行い、農家に作物の成長や健康状態、土壌の栄養状態、収穫量の予想など様々な情報を提供するというもの。また、土壌や作物の栄養状態などから最大収穫量となる作付けや肥料の量についてアドバイスを行う。さらに、農家は同社のスマートフォンアプリを使って作付け、灌水、肥料の使用など農作業の内容を記録することができるが、スマートフォンの位置情報と衛星画像の分析から、自動でどのような農作業を行ったか分析し、自動で記録することも可能である³⁰。同社は、衛星からの画像をリアルタイムで解析し、過去 5 年分のデータと照らし合わせることで上記のようなサービスを提供している。当初は、米国立気象局 (National Weather Service) の気象データや農務省 (U.S. Department of Agriculture: USDA) の土壌データを使用していたが、衛星からの画像と組み合わせることで高いデータ解析を可能にした。同社のサービスは米国の農家の 3 分の 1 が利用するなど人気を集めており、2015 年 8 月には、農業機械に接続することでより細かい農作業の記録が可能な IoT デバイス FarmLogs Flow を発表するなど様々な取り組みを進めている³¹。

図表 8 は、FarmLogs 社のアナリティクスサービスとなっている。

図表 8: FarmLogs 社のアナリティクスサービス



出典: Forbes³²

米ベンチャー企業 Farmers Business Network 社では、農家から提供された情報をデータベース化し、それらを活用することで収穫量の向上につながるアドバイスを農家に提供している。同社のサービスは、農家から過去の生産高、利用した種子や肥料などのデータを提供してもらい、同社のシステムや他の農家のデ

³⁰ <https://farmlogs.com/farm-management-features/>
http://www.nytimes.com/2015/06/25/business/smallbusiness/farmlogs-app-helps-farmers-collect-and-retrieve-data.html?_r=0

<http://farministrynews.com/precision-farming/farmlogs-expands-line-recommendation-tools>

³¹ http://www.agriculture.com/news/technology/farmlogs-flow-eliminates-mual-yield_6-ar49739

http://www.nytimes.com/2015/06/25/business/smallbusiness/farmlogs-app-helps-farmers-collect-and-retrieve-data.html?_r=0

<http://www.forbes.com/sites/amitchowdhry/2015/05/18/farmlogs-is-now-able-to-alert-farmers-about-crop-threats/#71d6c6f85146>

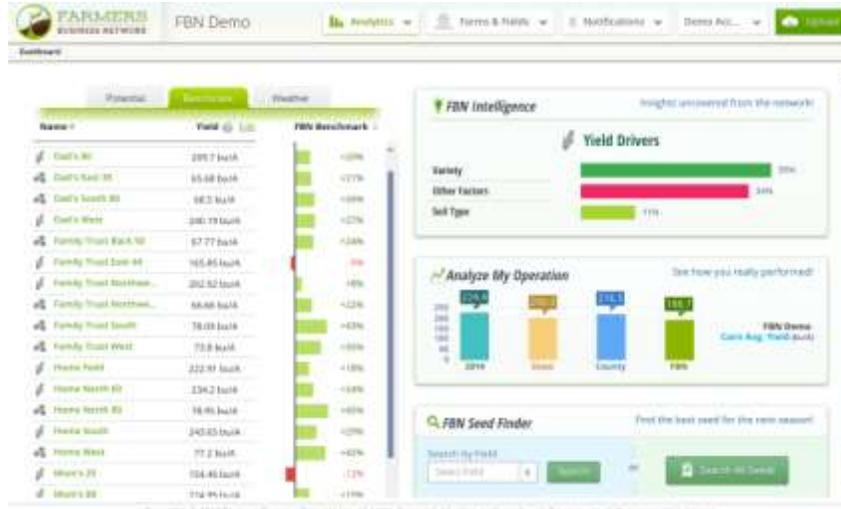
<http://techcrunch.com/2015/09/22/one-in-three-farms-are-using-farmlogs-to-power-their-yields-with-big-data/>

³² <http://www.forbes.com/sites/amitchowdhry/2015/05/18/farmlogs-is-now-able-to-alert-farmers-about-crop-threats/#4e9363225146>

ータを基に分析することで、収穫量の向上や肥料の削減につながるアドバイス、似たような土壌や種子を使用する農家と生産性を比較したレポートを提供している。また、農家から提出されたデータは農業データベースとして匿名で共有される仕組みとなっており、農家間で他の農家の取り組みや収穫量を見ることができ、多くの農家は種子や肥料に多額の投資をしているものの、実際に使用するべき種子や栽培量に適した肥料の配分について知る機会が少ない。このため、他の農家のデータを参考にすることで、収穫の向上につながる様々なヒントが得られることから人気を集めている³³。

図表 9 は、Farmers Business Network 社のサービスの画面となっている。

図表 9: Farmers Business Network 社のサービス画面



出典: TechCrunch³⁴

(3) 植物工場

農作物を都市部のビル内で効率的に栽培し、輸送コストや使用する土地を削減することが可能な植物工場が注目を集めている。植物工場には様々な形態があるが、近年注目を集めているのが土を使わずに空中に吊り下げて栽培するエアロポニック (Aeroponics) と呼ばれる方法である。これは、専用の土台の上に植物を設置し、下に伸びた植物の根に最小限の水と液体肥料をスプレー噴射する栽培方法で、栽培に必要な水や生産エネルギーを大幅に削減でき、縦方向に重ねて栽培できるため場所も大幅に削減することが可能となる。マサチューセッツ工科大学 (Massachusetts Institute of Technology: MIT) の植物工場プロジェクト CityFarm では、ブロッコリー、いちご、レタス、ピーマンなどが栽培されており、データサイエンスを使って植物の環境を最適化している。植物の葉に設置したセンサーで生体情報を監視し、栄養素を含んだ水をスプレーする時間や量を判断するために使用しており、これにより従来の水やりよりも 70~90% 効率化されるという。また、植物の成長に必要な光も栽培用 LED を使って、光合成に必要なと赤色と青色に調整することで成長を早めている。CityFarm では、従来に比べおよそ 3~4 倍の速さで栽培することができ、60 平方フィート (約 5.5 平方メートル) の敷地から 300 人分の野菜や果物を栽培できるという³⁵。

³³ <http://techcrunch.com/2015/05/19/farmers-business-network-raises-15m-from-google-ventures/>
<http://www.wsj.com/articles/google-ventures-invests-in-agricultural-technology-startup-1432040405>
<http://venturebeat.com/2015/05/19/google-ventures-leads-15m-investment-in-big-data-for-farmers/>

³⁴ <http://techcrunch.com/2015/05/19/farmers-business-network-raises-15m-from-google-ventures/>

³⁵ <http://gizmodo.com/the-high-tech-farms-where-our-future-food-will-grow-in-1687747888>

植物工場を立ち上げる企業は増えており、米ベンチャー企業 AeroFarms 社は、2015 年 12 月、ニュージャージー州 Newark に年間 1,000 トンの野菜を栽培することが可能な世界最大規模の植物工場を建設した³⁶。7 万平方フィート(約 6,500 平方メートル)の敷地を持つ同工場は、年間 30 回の収穫と最大 90 万トンの生産が可能であるという。工場内ではレタスなどを栽培しており、エアロポニックの栽培用トレイが約 9 メートルの高さに 10 段積みされている。栽培では、温度、湿度、二酸化炭素、酸素などのデータを監視し、リアルタイムでハーバード大学や MIT に送られ、機械学習などを使用して植物の成長の予測分析を行っている。同工場での栽培は、従来の栽培よりも 95%の水を節約し、通常の農場よりも 75 倍高い生産が可能であり、将来的には水菜、ケール、ルッコラなど 250 種類の野菜を栽培する予定という³⁷。

図表 10 は、AeroFarms 社の植物工場となっている。

図表 10: AeroFarms 社の植物工場



出典: AeroFarms³⁸

(4) ロボットの活用

a. 農業用ロボット

これまで機械的に単純な作業を担うことが多かった農業用ロボットだが、近年では、作物の特徴を捉えて様々な農作業を行うロボットが登場している。カリフォルニア州を拠点とするベンチャー企業 Blue River Technology 社では、画像認識技術を使い正確にレタスの間引きを行うロボット LettuceBot を提供している。LettuceBot は、トラクターの後ろに取り付ける従来の農業機械のような形だが、農地を走ると画像認識で植えつけられたレタスの苗を識別し、苗が密集している箇所があれば間引いていく。LettuceBot を使って機械的にレタスを間引くことで、使用していた農薬を 5 分の 1 から 10 分の 1 にまで減らすことができるという³⁹。同社はさらに画像認識を発展させ、3 次元画像認識により作物を正確に測定する Zea を開発している。Zea もトラクターの後ろに取り付けるタイプとなっており、3 次元画像認識を使ってトウモロコシなど作物の苗の高さや形状を計測し、作物の位置も記録されるため、作物の密集している地域や成長速度を知ることが

³⁶ <http://www.fox5ny.com/news/56262077-story>

³⁷ <http://aerofarms.com/technology/>

<http://www.techinsider.io/inside-aerofarms-the-worlds-largest-vertical-farm-2016-3>

<http://gizmodo.com/the-worlds-largest-indoor-vertical-farm-is-being-built-1717140120>

³⁸ <http://aerofarms.com/2016/03/01/aerofarms-in-wired-uk/>

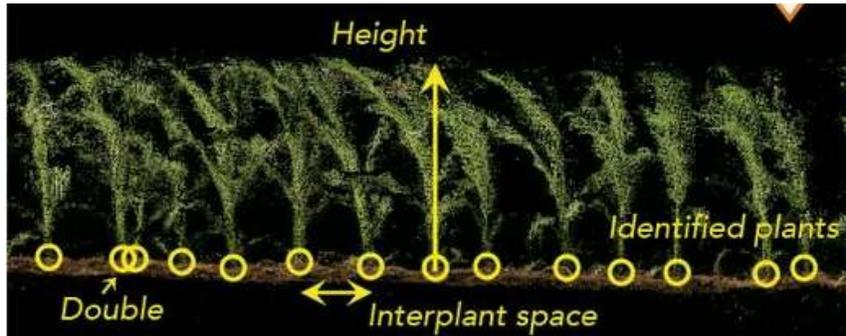
<http://aerofarms.com/technology/>

³⁹ <http://www.wired.com/brandlab/2015/08/4-ways-tech-will-put-good-food-on-your-table-by-2050/>

出来る。正確な画像認識により葉の形状や干ばつの影響といった作物の特性についても詳しく見ることが出来るため、作物の遺伝子研究を進める複数の大学が Zea に注目しているという⁴⁰。

図表 11 は、Blue River Technology 社の Zea となっており、上の写真は 3 次元測定している様子で、下の写真はその画像となっている。

図表 11: Blue River Technology 社の Zea



出典: Blue River Technology⁴¹

マサチューセッツ州のベンチャー企業 Harvest Automation 社では、ロボット同士が協調して働く農業用ロボットを提供している。同社の農業用ロボット HV-100 は、鉢植えなどを運ぶ小型ロボットで、花の栽培に鉢植えを多く使う花卉(かき)栽培農家向けに提供されている。HV-100 の大きな特徴は複数の HV-100 が協調して作業を行うことができるという点であり、ロボット同士は通信を行わないもののセンサーを使ってお互いを認識し、他のロボットの作業が終わるまで待つといったことが可能で、複数の鉢植えを別の場所に置き直す、ベルトコンベアまで運ぶ、バラバラに置かれた植えを隙間無く置き直すことができる。また、水を散水する機能を持つため、鉢植えに水や肥料を与える作業もできる。すでに複数の農家で採用されており、様々な実績を持つ⁴²。

図表 12 は、Harvest Automation 社の HV-100 となっている。

⁴⁰ <http://fortune.com/2015/06/03/3d-crop-scanner/>

<http://techcrunch.com/2015/09/07/the-next-food-frontier-how-agtech-can-save-the-world/>

⁴¹ <http://smartmachines.bluerivert.com/>

⁴² <https://www.harvestai.com/products/omniveyor-line/hv-100>
<http://robohub.org/harvey-a-working-robot-for-container-crops/>

図表 12: Harvest Automation 社の HV-100



出典: Harvest Automation⁴³

b. 自動運転トラクター

農業におけるロボットの活用は自動運転トラクターを中心に注目を集めており、後付けが可能な自動運転キットも登場している。自動運転トラクターの多くは、プログラムされたルートに従って運転を制御する自動運転機能を搭載したものであったが、近年では、人間が操縦する農業機械と通信して連携を取る自動追従運転機能や、完全な自律行動が可能な自律制御機能の開発が進められており、公道で走ることを前提としていないため連邦政府による自動運転トラクターへの法規制がないことから、様々な企業が市場へ参入している⁴⁴。

大手農業機械メーカーでは、車車間通信 (Vehicle-to-Vehicle: V2V) の技術を使った自動運転トラクターを提供している。米国の農業機械メーカー John Deere 社、Case IH 社、Kinze Manufacturing 社は、2012 年から、人間が運転するコンバイン (収穫機) と協調作業が可能な自動運転トラクターを提供している。これは、人間が運転するコンバインが前方を走り、自動運転トラクターが併走しながら追従するというもので、1 台は人間が操縦するため、監視付き自律制御 (Supervised autonomy) と呼ばれ、輸送トラックメーカーなどが実用化を目指して開発を進めている技術である。コンバインとトラクターが協調することで、農作物の収穫と荷台への積み込みを 1 人のドライバーで同時に行うことができる。自動運転トラクターは、主に GPS や無線通信を使って位置を調整しながら走行する仕組みであり、Case IH 社の場合、農地にトラクターが入ってくるとコンバイン側から制御を行うことができる。John Deere 社のシステムでは最大 10 台を制御することが可能で、Kinze Manufacturing 社はレーザーセンサーやビデオカメラを使って障害物などを検知すると回避する機能を搭載している⁴⁵。

図表 13 は、各農業機械メーカーの V2V 機能となっており、上の写真が Kinze Manufacturing 社、左下が Case IH 社、右下が John Deere 社となっている。

⁴³ <https://twitter.com/harvestai/status/619540831331028992>

⁴⁴ <https://www.washingtonpost.com/news/the-switch/wp/2015/06/22/google-didnt-lead-the-self-driving-vehicle-revolution-john-deere-did/>

⁴⁵ <http://farmindustrynews.com/precision-guidance/new-driverless-tractor-grain-cart-systems-coming-year?page=2>
<http://farmindustrynews.com/precision-guidance/new-driverless-tractor-grain-cart-systems-coming-year?page=3>
<http://farmindustrynews.com/precision-guidance/new-driverless-tractor-grain-cart-systems-coming-year?page=4>

図表 13: 各農業機械メーカーの V2V 機能



出典: Farm Industry News⁴⁶

ノースダコタ州を拠点とする農業機械メーカー Autonomous Tractor Corporation 社は、2012 年から自律制御機能を持つ自動運転トラクターの開発を進めている。同社の自動運転トラクターは、レーザーセンサーを使って周囲の状況やトラクターの位置を把握することができ、これにより 1 インチ(約 2.5 センチ)以下での作業が可能で、障害物を検知して停止する安全機能も持つ。また、トラクターへの作業指示は、トラクターを運転して作業範囲を教える仕組みとなっている。同社は、操縦室を持たない自動運転トラクターのコンセプトモデル Spirit を開発していたが、手動運転を出来ないことが市場からは現段階で実用的でない判断されたため、ドライバーの負担を軽減させることが優先課題であるとして、培った技術を様々なメーカーのトラクターに搭載できる自動運転キットとして提供し始めた。2015 年 10 月には、大手農家 Familyfarms Group に納品予定の、商業ベースとして初の自動運転トラクターを公表した⁴⁷。

⁴⁶ <http://farmindustrynews.com/precision-guidance/new-driverless-tractor-grain-cart-systems-coming-year?page=2>
<http://farmindustrynews.com/precision-guidance/new-driverless-tractor-grain-cart-systems-coming-year?page=3>
<http://farmindustrynews.com/precision-guidance/new-driverless-tractor-grain-cart-systems-coming-year?page=4>

⁴⁷ <http://www.farmweekly.com.au/news/agriculture/general/news/leap-of-faith-to-tractor-autonomy/2751611.aspx?storypage=0>

<http://farmindustrynews.com/row-crop-tractors/new-tractor-retrofit-package-eliminates-need-driver?page=2>
<http://www.producer.com/2016/03/driverless-tractor-a-runaway-success/>

4 連邦政府の動向

(1) 連邦政府機関による支援

連邦政府では、気候変動や農業政策の一環として農業 IT への支援を積極的に進めている。2014 年 7 月、オバマ大統領は、農業分野におけるデータの活用を促進する施策 Climate Data イニシアチブを発表した。同イニシアチブでは、気象情報のオープンデータ化の推進、データを活用したイノベーションの創出、起業家への支援が含まれている。最初に、政府のオープンデータサイト Data.gov を拡大し、気象データを専門に扱うページ climate.data.gov を立ち上げた。新しいページでは、USDA、米航空宇宙局 (National Aeronautics and Space Administration: NASA)、米海洋大気庁 (National Oceanic and Atmospheric Administration: NOAA) などの連邦機関からデータが集められ公開されている。起業家を支援するための取り組みとして、連邦政府の支援により、米アクセラレーター Good Company Ventures の中に気候変動と食料システムに関連した事業を支援するプログラム Climate Ventures 2.0 が設立された。同プログラムでは、MIT などの大学研究機関と連携して、9 ヶ月わたって事業の立ち上げを支援するもので⁴⁸、最大 100 万ドルの投資と様々なサポートを提供する内容となっている⁴⁹。

2016 年 1 月、ホワイトハウスは、農業と食料生産に関する研究体制強化を目的とした施策 Food and Agriculture for the 21st Century イニシアチブを発表した。ホワイトハウスはカリフォルニア州の干ばつを例に挙げ、米国の食料供給システムと農業分野が直面する課題を解決するには専門家が不足していると述べ、農業に関連する分野の人材の育成を進めるとともに、大学研究機関への研究開発への支援などが盛り込まれている⁵⁰。

(2) 業界団体の取り組み

農業 IT を支援する団体によって、様々な取り組みが進められている。農業分野の業界団体や企業で構成される団体 Ag Data Transparency Evaluator では、農業 IT の企業に対し、収集したデータを適切に説明し取り扱っていることを示す認定証 Ag Data Transparency を提供している。同団体では農業データの取り扱いについて顧客との契約書上で、透明性を持たせている、容易に理解できる形で説明されている、信頼できるものであるかを審査する。認定証の申請は企業の任意によるものだが、第三者機関を使って調査を行い、調査結果は農家や専門家向けにウェブサイトで公表される⁵¹。例えば、Independent Data Management 社では、農家の収穫量についての情報を、農業保険を提供する保険会社や代理店向けに提供しており、農家に対して個人情報の扱いについて同社のプライバシーポリシーに乗っ取っていることを示すために、Ag Data Transparency を取得している⁵²。

図表 14 は、Ag Data Transparency 認定証となっている。

⁴⁸ <https://www.whitehouse.gov/the-press-office/2014/07/29/fact-sheet-empowering-america-s-agricultural-sector-and-strengthening-fo>

⁴⁹ <http://goodcompanyventures.org/programs/climate-ventures-2-0>

⁵⁰ <https://www.whitehouse.gov/blog/2016/01/13/food-and-agriculture-21st-century>

⁵¹ <http://www.fb.org/agdatatransparent/>

⁵² <https://www.morningagclips.com/ag-data-transparency-certification/>

図表 14: Ag Data Transparency 認定証



出典: Ag Data Transparency Evaluator⁵³

agBOT Challenge では、農業用ロボットの性能を競い合う大会 agBOT Challenge 2016 の開催を予定している。農業関連企業やベンチャーキャピタルが中心となって運営される同団体は、2016 年 5 月に、同団体で第 1 回目となる農業用ロボット大会 agBOT Challenge 2016 の開催を予定している。同大会では、バージニア工科大学 (Virginia Tech University) など、11 の大学や研究チームが参加する予定となっており、決められた農作業の課題を時間内で競い合う内容となっている。課題は農作物の作付け作業となっており、2 種類の異なる種子を取り扱うことや肥料を撒くことが定められており、作付けの速さや精度を競い合う。また、ロボットについても規定が定められており、リアルタイムでの映像やデータの監視、GPS を使った位置制御など、高度なロボットが求められている⁵⁴。

5 終わりに

将来、世界的に食料不足の懸念が高まる中、農業の重要性はますます高まっている。他方、従来のやり方だけでは食糧増産に限界があり、今回紹介したような IT を取り入れた新しい農業の形が求められている。特に現在多くの食料を輸入している我が国にとって、IT の導入により農業の生産性を高めていくことは不可欠と考えられる。

また産業としてみた場合も、日本政府は農業を成長産業の一つとして重点的に支援を行っているが、日本の農業は今後 IT 化などの強化により世界的に競争力を持つ成長産業として発展していく力は十分あると考えられる。

今回のレポートは、IT 大国であり農業大国でもある米国の農業 IT の現状を紹介したものであり、米国と我が国では国土や気候など異なるものの、米国での新しい農業のやり方は、我が国の農業にとっても大いに参考になるのではないだろうか。

※ 本レポートは、注記した参考資料等を利用して作成しているものであり、本レポートの内容に関しては、その有用性、正確性、知的財産権の不侵害等の一切について、執筆者及び執筆者が所属する組織が如何なる保証をするものでもありません。また、本レポートの読者が、本レポート内の情報の利用によって損害を被った場合も、執筆者及び執筆者が所属する組織が如何なる責任を負うものでもありません。

⁵³ <http://www.fb.org/agdatatransparent/>

⁵⁴ <http://www.agbot.ag/challenge/>