

第4章 農業生産現場にAI等を活用したデータ解析に係るビジネスに関する調査

I. 農業生産現場におけるデータ利用の過程及び類型

1. 農業生産現場におけるデータ利用の全体像

昨今、スマート農業⁹⁸に関する取組が増加しており、それに伴い農業生産現場において様々なデータを活用した製品・サービスが多く開発されてきている。これらの製品・サービスを、農業生産における工程別に分けて記載すると、図表39のように整理される。中でも近年は、自動化に係る農業機械・ロボット製品や、経営管理に係る作業記録システムの開発・導入が特に進んでいる。

図表39 農業生産工程別のスマート農業製品・サービス

	経営・栽培管理	耕起・整地・移植	施肥・農薬散布	生育管理・水管理	収穫
水田／畑作／ 露地野菜	経営・栽培管理システム	自動走行トラクタ 自動田植え機	ドローンによる農薬散布 可変施肥・システム	自動水管理システム ドローンによる生育・ 病害モニタリング	自動走行コンバイン 野菜収穫ロボット
	施設園芸・植物工場	環境モニタリング装置 栽培管理アプリ・システム	AIによる施肥設計・ 灌水設計 自動環境制御	光合成リアルタイム計測 病害診断アプリ	収穫ロボット

(出所) 農林水産省「スマート農業一貫体系のイメージ」(2018年9月)を参考に作成

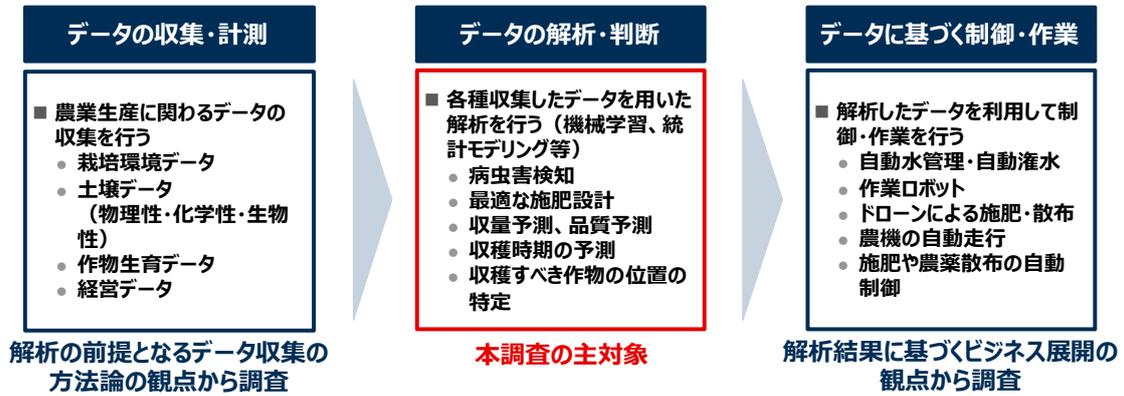
こうした様々な製品・サービスの実用化が進められているが、製品・サービスの開発にあたっては、人間による「判断」や「作業」を代替または支援するための何らかのデータ解析技術が用いられており、そのために多様なデータが収集・利用されている。(図表40)

本章では、基本的にこうした「判断」の部分に着目し、農業生産データの解析に係る方法論やビジネスモデルについて、関連するビジネス展開を行う企業へのヒアリング結果に基づき整理していく。ただし、データの解析にあたっては、データの「収集・計測」の段階が不可欠であることから、以下では、データの「収集・計測」に係る技術・方法論にも着目する。また、今後の可能性を探る目的から、現状は「収集・計測」に係る製品・サービスの提供に留まり、「解析・判断」の部分は人間(生産者)に任せている事例も含めて情報を収集している。さらに、解析した結果をどのようにビジネス化していく

⁹⁸ スマート農業とは「ロボット技術や情報通信技術(ICT)を活用して、省力化・精密化や高品質生産を実現する等を推進している新たな農業」を指す。(農林水産省ウェブサイトより)

べきかという観点から、「制御・作業」の段階において製品・サービスを提供する事例についてもまとめた。

図表 40 農業生産におけるデータ利用の流れ



(出所) 三菱UFJリサーチ&コンサルティング作成

2. 個別プロセス

2.1 データの収集・計測

2.1.1 収集されているデータの類型

現在、データを活用した製品・サービスの提供に際し収集されている（または収集が検討されている）データは図表 41 のように整理される。

地上部の環境データとしては、センサを用いて温度、湿度、CO₂濃度、日射量（日射強度）等が中心的に取得されている。特に施設園芸において、こうした地上環境データが収集・モニタリングされている。また、露地栽培においては、センサによる圃場データだけでなく、地域気象観測データ等のマクロデータを組み合わせて利用している事例も見られる。

地下部の環境データ（土壌環境データ）は、地上部のデータに比べて利用されている事例は少ない。施設園芸において環境モニタリング機器を提供する企業からは、地上部の環境をモニタしている生産者でも、土壌環境までモニタするケースは1割程度と指摘されている⁹⁹。

作物の生育状況に関する生育データのうち、最終的な利益に直結する収穫量、出荷量は何らかの形で記録に残している農業生産者が多い。加えて、生産者や品目によっては細かく栽培記録を付けることで栽培途中の生育状況データを取得しているケースもある。例えばトマト等では茎伸長、茎径、開花段数、葉数、全葉数、葉面積等がメジャで計測される。データを丁寧に取得していなくとも、こうした目視で把握できる生育状態については日々の栽培の中で観察されている。一方、目視で確認できないような生体情報、光合成の状況等については、計測手段がないことからほぼデータ収集されていない。

図表 41 データを活用した製品・サービスにおいて収集されているデータの種類の種類

データの種類	主な収集項目	主な収集方法
外気環境データ	■ 温度、湿度、CO ₂ 濃度、日射量、水位（水田）、風速風向	センサ、気象情報
土壌環境データ	■ 土壌水分 ■ 土壌温度、EC、pF	センサ
生育データ	■ 生育情報（伸長等） ■ 光合成の状況 ■ 収穫量、出荷量	センサ、カメラ、実測
作業データ	■ 作業内容、時期	作業記録
制御データ	■ 給水量、排水量	センサ
その他	■ におい	センサ

（出所）三菱UFJリサーチ&コンサルティング作成

⁹⁹ 関係者ヒアリングより

2.1.2 データ収集・計測の方法

農業生産現場におけるデータの収集・計測の方法としては、大きく「環境モニタリング機器による収集」、「データ取得サービスに付随させた収集」、「ロボット、ドローンの作業と紐づけた収集」、「人海戦術による収集」の類型に分けられる。以下では、これらの方法について順に説明する。

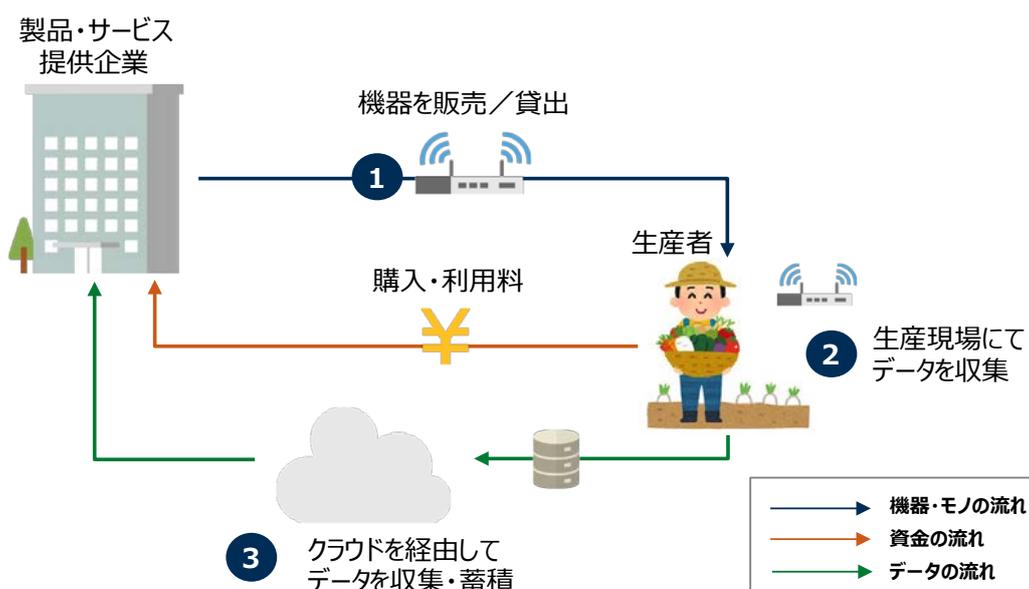
(1) 環境モニタリング機器による収集

栽培環境データの収集方法として、環境モニタリング機器を販売し、生産者に活用してもらうことで継続的にデータを収集する方法が多く見られる。同一の機器でデータを取得するため、(設置環境によるデータのばらつきは依然として存在するが)生産者ごとのデータの均質性は担保されることとなる。

生産者にモニタリング機器を活用してもらいながらデータが蓄積されるため、データの収集・計測に企業側が負担するコストは小さい。他方、データの取得可能な数は機器の販売台数に依存するため、今後データ収集から始めようとする事業者が、この方法で即時に大量のデータを収集・活用することは難しい。

生産者の機器使用に紐づいてデータが取得されることから、生産者の環境モニタリングのニーズが大きい外気環境(温度、湿度、CO₂、日射量)のデータがこの方法で収集・計測される場合が多い。

図表 42 環境モニタリング機器によるデータ収集フロー



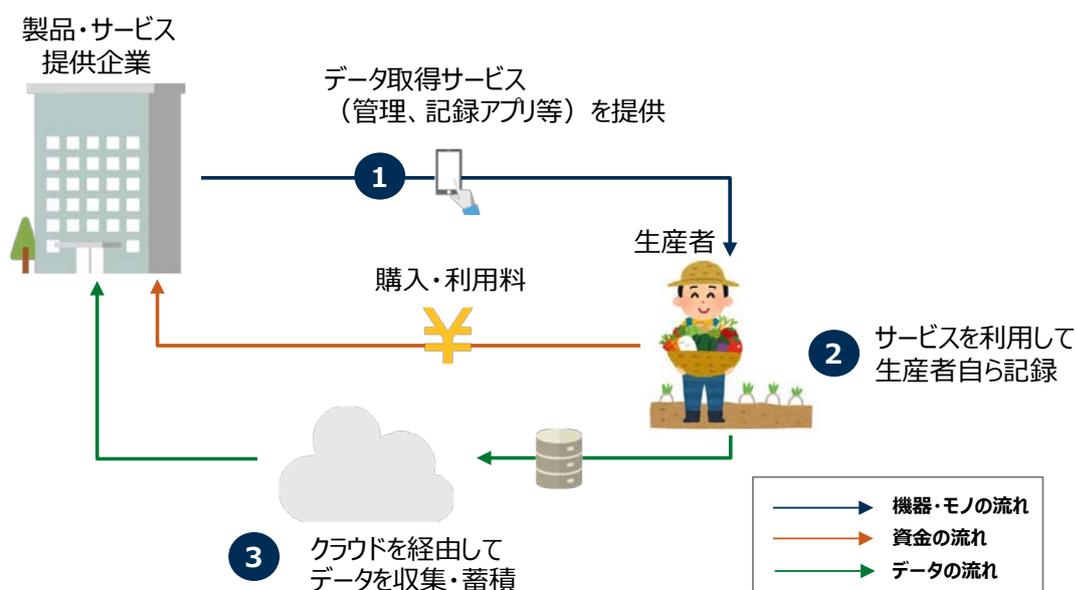
(出所) 三菱UFJリサーチ&コンサルティング作成

(2) データ取得サービスに付随させた収集

一部の企業では、何らかのサービスを提供し、利用してもらう中で自動的にデータを収集出来るような仕組みを構築している。例えば、作業記録や作業管理のソフトウェアを提供する中で農業経営データを収集していく事例や、栽培記録の見える化を促進するアプリケーションを提供することで生育データを自動的に収集する等の事例がある。これらの事例では、データの取得や入力作業自体を生産者に行ってもらい、企業側はこれら作業を行うことのインセンティブとなるサービスを提供していることが特徴である。

またこの方法では、データ収集の仕組みさえ構築してしまえば、本来生産者だけが把握しており、環境モニタリング機器等からは収集できないような収量等のデータも収集可能である。

図表 43 データ取得サービスに付随させたデータ収集フロー

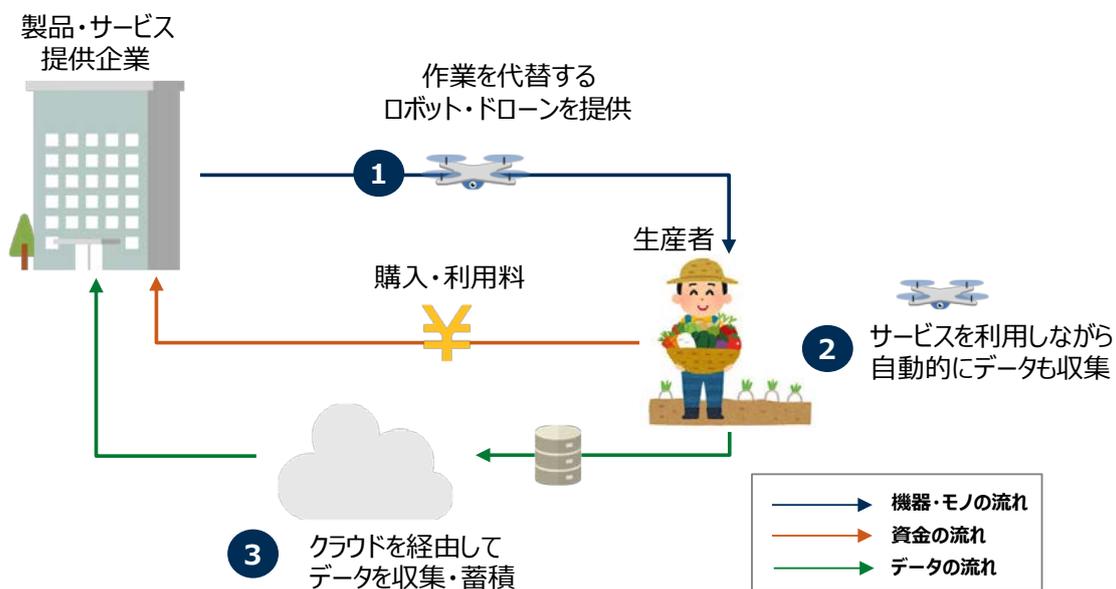


(出所) 三菱UFJリサーチ&コンサルティング作成

(3) ロボット・ドローンの作業と紐づけた収集

何らかの作業（施肥、農薬散布、収穫等）を行うロボットやドローンを稼働させながら、データを取得していく形態が存在する。農業生産者が行う作業を代替することからサービスの価値があることから、導入へのメリットが分かりやすく、データの収集・計測自体には魅力を感じないような農業生産者のデータも収集可能なことが特徴である。

図表 44 ロボット・ドローンの作業と紐づけたデータ収集フロー



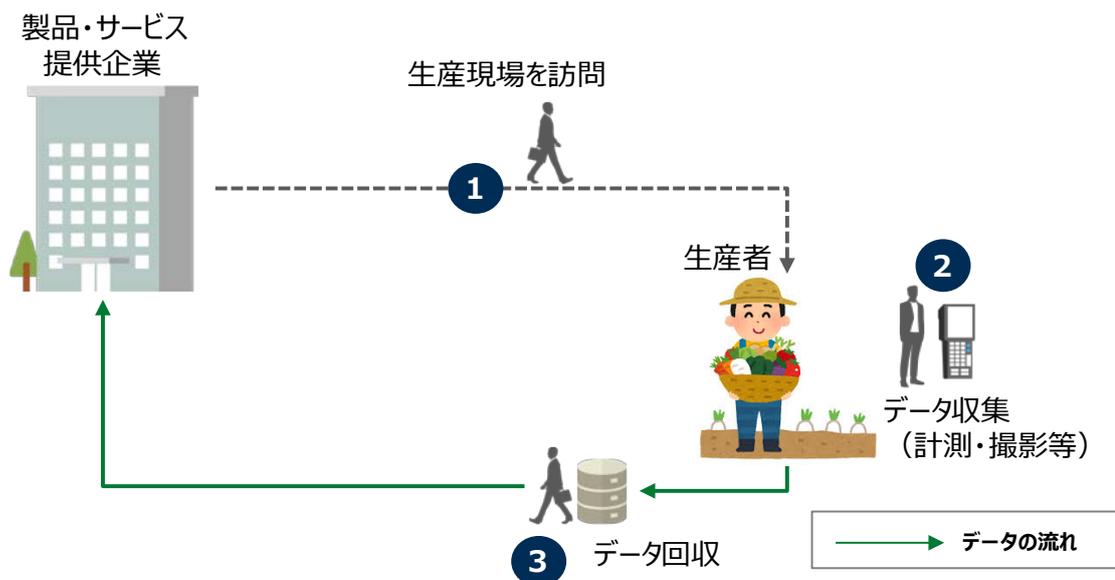
(出所) 三菱UFJリサーチ&コンサルティング作成

(4) 自社の人海戦術による収集

データ解析および解析後の活用に焦点を当てており、データ収集の仕組み構築に人的資源、費用を多くかけられない場合には、人海戦術によって集中的にデータ収集を行う事例もある。収集したいデータの種類と解析・活用目的が明確であり、迅速にデータを収集する必要がある場合には、この方法が多く用いられる。目的限定的なデータ収集を行うことから、データの均質性も担保できることが特徴である。

具体的には、深層学習等を念頭においたモデリングのための画像データ収集を行う場合に、こうした方法が用いられる場合が多い。様々な生産現場から対象作物等の写真を手に入れる体制を構築できれば効率的だが、そういった協力を得るための仕組みづくりや、データ収集条件の均質化にむしろ労力を要するため、自ら集中的に収集する方針が採用されている。

図表 45 人海戦術によるデータ収集フロー



(出所) 三菱UFJリサーチ&コンサルティング作成

2.2 データの解析・判断

2.2.1 異常検知

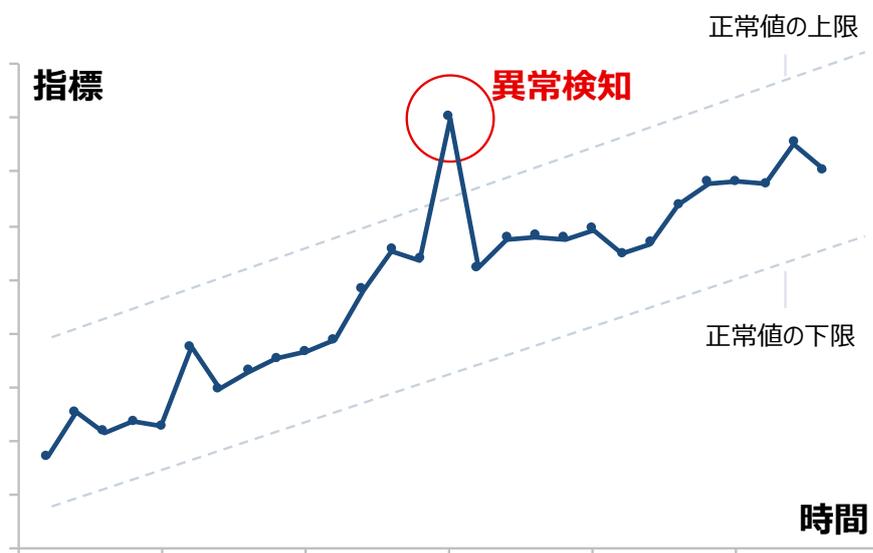
(1) 時系列データの異常検出 100

比較的シンプルで有用なデータの分析方法として、何らかの指標値の時系列推移を捉え、異常値となる点を検出する異常検知が挙げられる。センサ等によって取得された観測値をそのまま使用する場合もあれば、観測値を別の指標値に変換して使用する場合もあり、この指標値の変換にデータ解析サービスを提供する企業ごとのノウハウが活かされている。

環境モニタリングシステムを導入している生産者においては、時系列のデータ推移を観察することで、異常値をとっていないか自らの経験に基づき目視で把握することもできるが、多数の生産者の栽培データを蓄積している企業の場合には、データに基づく正常範囲を定めた上でその範囲内に収まっているか否かが分析される。

そのほか、時系列データ以外にも、特定時点のデータを取得し、クラスタリング等の方法を用いて異常検知を行う場合もある。

図表 46 時系列データの取得における異常検知のイメージ



(出所) 三菱UFJリサーチ&コンサルティング作成

(注) 実際には複数の変数を複合的に用いて異常検知を行う例もあるが、ここではイメージとして簡略化している。

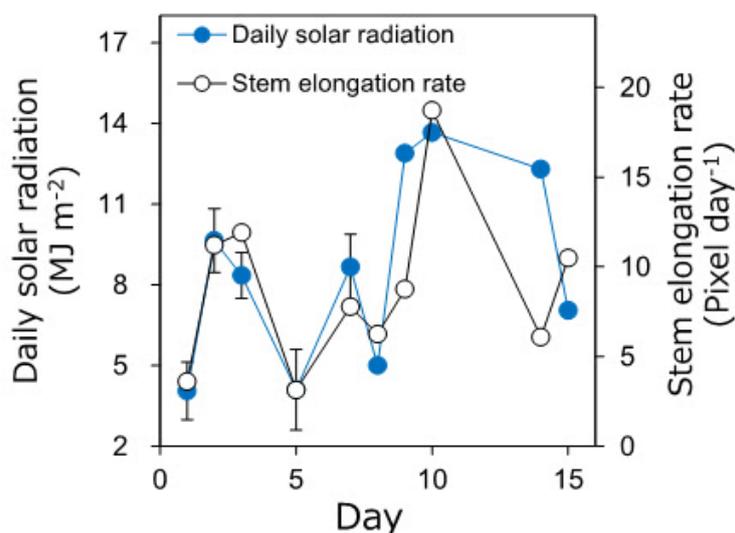
(2) 環境状況と光合成機能の相関解析による生育障害把握¹⁰¹

一般的に、植物の生理障害を把握することは、植物への異常が発現してからでないと難しいが、特定の計測技術によって、日々の植物のストレス状態を可視化し、人間では気づくことが出来ないような環境ストレスや病虫害を検知可能となる技術が用いられている。

具体的には、クロロフィル蛍光¹⁰²計測値と気温や日射量等の環境センシングデータを用いて相関解析を行うことで、これまで不可能であった環境要因と成育の関係を可視化している事例がある。過去 3~4 日の外的な環境の変化に応答して光合成反応系は影響を受けると言われているため、病虫害や生理障害の原因が起こってから 3~4 日以内に予兆を捉えることで異常の早期検知等に利用可能である。人間が気づけるのは、障害の原因となる事象の発生後 1 週間程度経過してからであるため、本解析により早期に障害を発見することが可能となっている。

図表 47 相関解析のイメージ

2~3日前の日積算日射量との相関



(出所) PLANT DATA 社「クロロフィル蛍光計測 - PLANT DATA 株式会社」(2019.11.28 閲覧)
(<https://www.plantdata.net/chlorophyll.html>)

¹⁰¹ 関係者ヒアリングより

¹⁰² クロロフィル蛍光とは、植物が吸収した光エネルギーのうちで光合成に用いられず余った光エネルギーが、赤色光として植物から発せられるもので、これを計測することにより植物のストレス状態を数値評価することが可能となる。

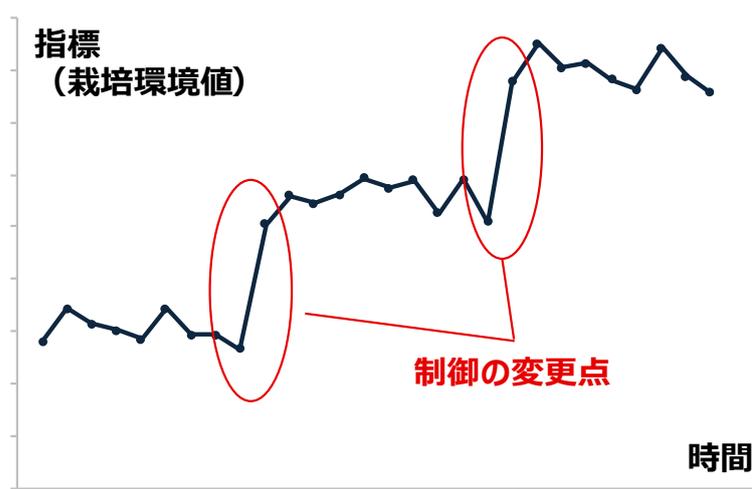
2.2.2 最適制御方法の解析

(1) 制御変更点の分析

時系列データから制御変更点を特定することで、より良い栽培方法の分析を行っている事例がある。綿密な作業記録を行う生産者は多くないことから、制御変更のタイミングのデータを取得することはできないが、制御変更点をデータの推移から予測し、栽培管理方法の違いがどのように最終的な収量に影響するか紐づけることで分析が行われている¹⁰³。

後述するように、一般的に収量に関するデータを取得することは難しいが、栽培が上手な生産者と上手でない生産者があらかじめ分かっている場合等では、こうした分析によってポイントとなる栽培管理方法を抽出することが可能である¹⁰³。

図表 48 栽培管理における制御変更点の分析のイメージ



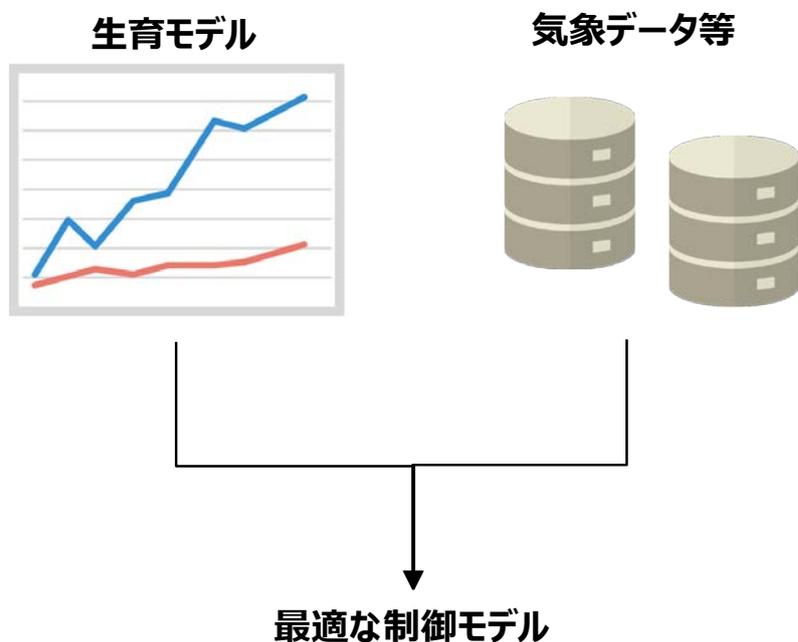
(出所) 三菱UFJリサーチ&コンサルティング作成

¹⁰³ 関係者ヒアリングより

(2) 理論モデルと実環境データの融合による最適制御解析 104

理論及び実証に基づく生育モデルと、実環境で取得されたデータを組み合わせることで、個別環境に最適な栽培管理を提示するアルゴリズムが構築されている。ベースとなるモデルはあるが、個別の農場の環境に合わせて最適な制御が行われるよう、個別環境に合わせた解析が行われている点が特徴である。こうした個別環境への適応は、日々取得されるデータに基づき学習され、環境の差異にも対応した制御の最適化が行われる。

図表 49 最適制御予想のモデル構築のイメージ



(出所) 三菱UFJリサーチ&コンサルティング作成