

KSK-GR4-5

新事業創出の枠組み

令和4年度 機械産業新事業創出支援事業

報告書

暫定版

令和5年3月

一般財団法人 機械振興協会 技術研究所

新事業創出の枠組み

令和4年度 機械産業新事業創出支援事業 報告書

— 目 次 —

1. はじめに	1
2. 新事業創出の枠組み 総論	
2.1 新事業創出の枠組み 総論の構成	1
2.2 ソリューション指向の開発プロセス	2
2.3 EAR-Model	3
2.4 サービス・ドミナント・ロジック	4
2.5 「モノコト」「コトモノ」	6
3. 新事業創出の枠組み 開発事例	7
3.1 概要	7
3.2 「モノコトの開発事例」	7
3.3 「コトモノの開発事例」	14
4. おわりに	24
参考文献	25

新事業創出の枠組み 令和4年度 機械産業新事業創出支援事業 報告書

木村利明^{※1}，藤塚将行^{※2}，櫛田 隆^{※2}，森川千秋^{※2}，後藤ナツ^{※2}

A new business creation framework

Toshiaki KIMURA, Masayuki FUJITSUKA,
Takashi KUSHIDA, Chiaki MORIKAWA, Natsu GOTO

1. はじめに

製造業は、事業環境の変化に対応するため、製品開発、製造及び製販一体化に関わる洗練技術を取り入れ、デジタルなどの最新技術も駆使して、顧客や社会のニーズに対応した製品やサービスを一早く開発し、顧客に提供できるようにする変革する力が求められている。例えば自動車産業では、昨今の自動車のEV化により、自動車部品の種類が変わり、部品点数も減少している。これにより従来のピラミッド型のサプライチェーンが変革しつつあり、この影響で自動車関連部品を提供していた中小製造業は、新製品開発や新たな市場開拓が必要になっている。

中小製造業は、自社製品を有する自社製品型の企業、高度な工程設計や加工技術などによる試作加工型の企業及び大手製造業などへの部品供給を主とした下請型の企業など、様々な業務形態がある。これらのうち、試作加工型の企業及び下請型の企業製造業は、この自動車産業のような急激なサプライチェーンの変革があった場合に、大きな影響を受ける。

これらの中小製造業は、これまでは、発注元からの製品や部品の設計図を起点にして工程設計及び製造を行なうことが主となっていた。そのため、これらの企業が新市場を開拓したり、自社製品開発に取り組もうとしたりした場合、製品開発の経験不足から、製品開発の枠組みや成功事例の探索

などの情報収集から着手することになり、多くの工数を要することがある。さらに、うまく新市場を開拓できたとしても、中小製造業の持続発展可能な製品開発のためには、単なる物としての製品を供給するばかりではなく、顧客との継続的な関係を構築して、顧客のビジネスとして本質的にやりたいことや目的（以下、「コト」という）に資する手段を提供する必要がある。中小製造業は、顧客の「コト」実現のための貢献に視点を置いた「コト」起点の新事業創出や製品開発が重要となり、これらの枠組みや事例に関する情報が必要である[1][2]。

そこで、中小製造業の新事業創出や製品開発を支援するため、本機械産業新事業創出支援事業を行った。本事業では、「コト」起点の製品開発のための手順や方法を検討して「新事業創出の枠組み 総論」として取りまとめ、その「新事業創出の枠組み 総論」にもとづく「開発事例」を示す。

本報告では、これらのうち、「新事業創出の枠組み 総論」及び「新事業創出の枠組み 開発事例」について報告する。

2. 新事業創出の枠組み 総論

2.1 新事業創出の枠組み 総論の構成

「新事業創出の枠組み 総論」は、顧客の「コト」に応えるための製品開発手順であるソリューション指向の開発プロセス(高橋 2016)[1][2]を基本

※1 技術研究所，※2 技術研究所 技術開発センター

とする。さらに、ソリューション指向の開発プロセスを実施する上で有益となる企業活動の分析ツールである「EAR-Model(Enterprise Activity Reference Model)[1]」を考案した。さらに、顧客の「コト」を発見するためには、「サービス・ドミナント・ロジック[3]」などが有効である。

また、ソリューション指向の開発プロセスを実施にあたっては、製造業の既存自社製品を、単に「モノ」として提供するのではなく、顧客の「コト」に応えるように「モノ」に付加価値を付けることによる製品開発の方法（以下、「モノコト」という）と、顧客の本質的な目的に資する課題を「コト」として拾い上げて「モノ」として新たな製品開発を行う方法（以下、⑤「コトモノ」という）の2通りの開発方法があることを考案した。

本章では、「新事業創出の枠組み 総論」の基本である「ソリューション指向の開発プロセス」について示す。さらに、「EAR-Model」及び「サービス・ドミナント・ロジック」について解説する。

2.2 ソリューション指向の開発プロセス

ここでは、「ソリューション指向の開発プロセス」について示す。

製造業が製品開発を行う場合、従来の開発プロセスでは、**図1**左に示す通り、異分野の業界動向

を把握した後、自社が保有する手段「モノ」から業界内で対象領域の絞込みや商品企画を行い、試作開発や顧客の意見から商品の検証の後、上市する。

一方、ソリューション指向の開発プロセスでは、**図1**右に示す通り、顧客の業界動向を把握した後、一度自社が保有している技術や、技術が適用可能な領域を探すことから離れ、顧客と密にコミュニケーションができる環境を構築して、顧客の事業環境や企業活動を理解し、相手の立場に成り代わって考察することからはじめることを起点とする。その上で、顧客企業内の部門を越えた密なコミュニケーションのもと、顧客の困りごとや、本質的にやりたい「コト」の共有による課題発見、課題解決のためのソリューション仮説の議論、ソリューション開発、ソリューション提供を行う。いわば、従来の開発プロセスは、良い「モノ」を作ることを重視するが、ソリューション指向の開発プロセスでは、顧客のパートナーになり、顧客の困りごとや、本質的にやりたい「コト」に耳を傾け、「コト」実現のためのソリューションの提供に重点を置く。特に近年では、顧客に寄り添った付加価値の高い製品開発に適していることから、ソリューション指向の開発プロセスが注目されはじめている。そのため、製造業が、新たに異分野に参

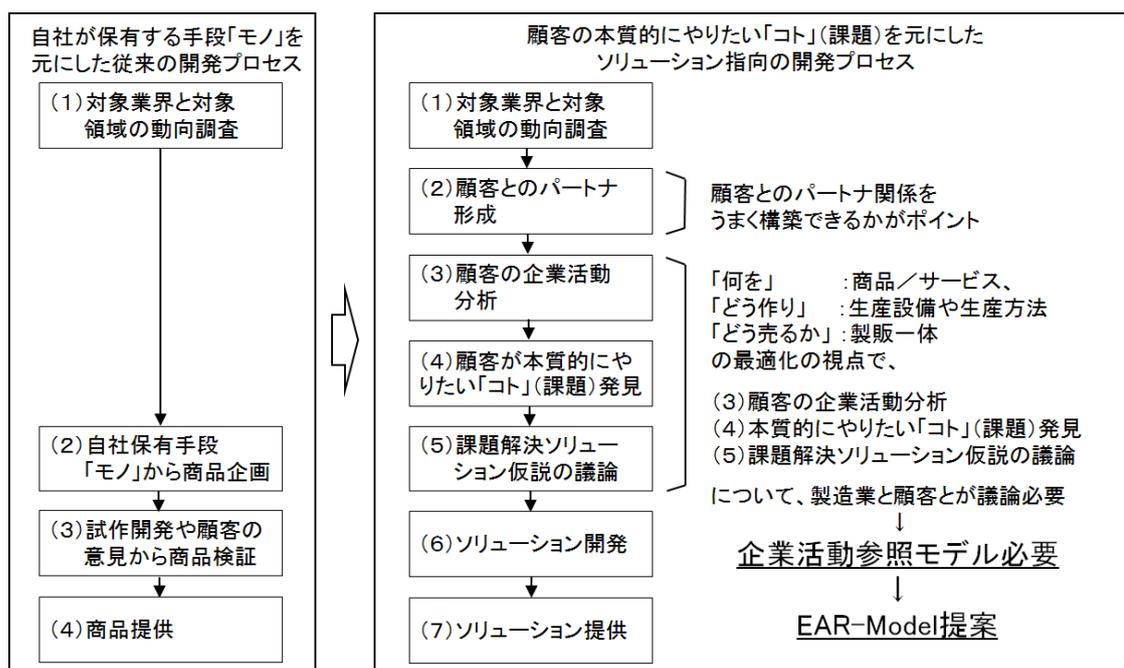


図1 従来の開発プロセス(左)とソリューション指向の開発プロセス(右)(高橋 2016 を元に作成)

入る場合は、ソリューション指向の開発プロセスを用いることが好ましいと考える。

本ソリューション指向の開発プロセスを改めて整理すると次の(1)～(7)から成る。

- (1) 対象業界と対象領域の動向調査
- (2) 顧客とのパートナー形成
- (3) 顧客の企業活動分析
- (4) 顧客が本質的にやりたい「コト」発見
- (5) 課題解決ソリューション仮説の議論
- (6) ソリューション開発
- (7) ソリューション提供

2.3 EAR-Model

「ソリューション指向の開発プロセス」において、特に「(3)顧客の企業活動分析」, 「(4)顧客が本質的にやりたい「コト」(課題)発見」及び「(5)課題解決ソリューション仮説立案」の議論では、製造業と顧客企業が共通理解や齟齬なくコミュニケーションをはかるための仕組みが必要となる。

具体的には、製造業と顧客企業との議論の焦点や、企業内の詳細な活動の相互理解のためには、

顧客企業の「何を」といった商品/サービス, 「どう作り」といった生産設備や生産方法及び「どう売るか」といった製販一体化の3つの活動を明らかにすることができ、活動相互の関係がわかる企業活動の参照モデルが必要となる。

そこで、顧客企業からのヒアリングなどをもとに、顧客企業の企業活動などを分析するための参照モデルとして、新たに EAR-Model(Enterprise Activity Reference Model)を考案した。

本モデルは、「ソリューション指向の開発プロセス」における「(3)顧客の企業活動分析」, 「(4)顧客が本質的にやりたい「コト」(課題)発見」及び「(5)課題解決ソリューション仮説立案」の際に必要な製造業と顧客とが議論、顧客企業の商品/サービス, 生産設備や生産方法及び製販一体化の3つの活動のライフサイクルのうち、どの観点の議論なのかを製造業と顧客企業とが共有し、同一の視点で議論する必要がある。

そこで、本モデルでは、顧客企業の商品/サービス, 生産設備や生産方法及び製販一体化の3つの活動のライフサイクルモデルを持ち、それぞれのライフサイクルの相互の関係を示した参照モデル

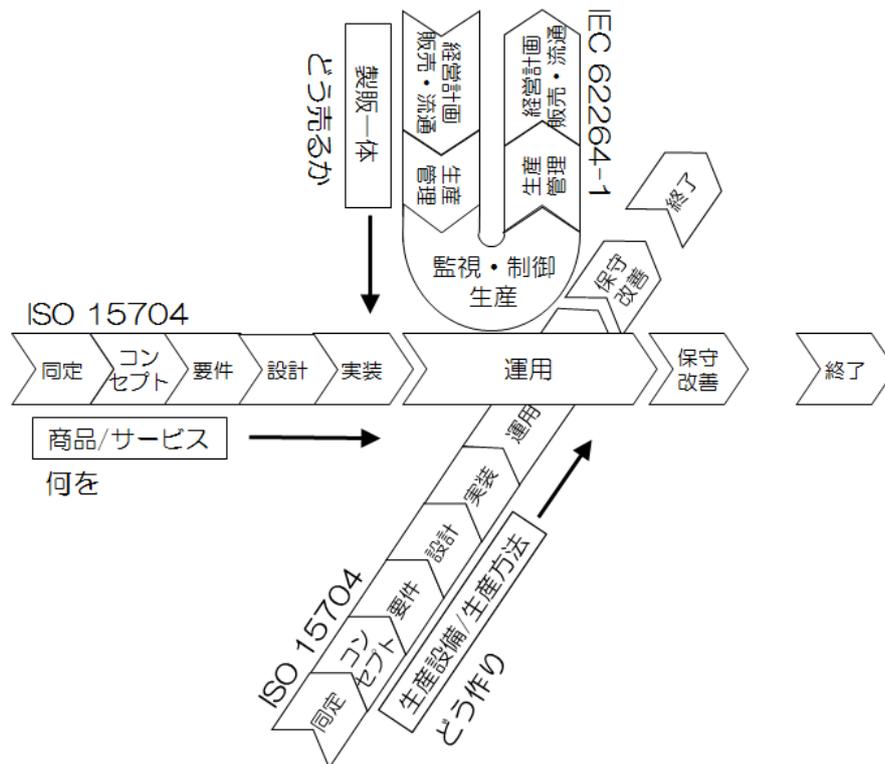


図2 EAR-Model (Enterprise Activity Reference Model)

ルである。本モデル名称の一部分である EAR は、ソリューション指向の開発プロセスにおいて、顧客の困りごとや、本質的にやりたい「コト」を、じっくりと聞く「耳」という意味と、モデルの形状が耳管を連想させることによる。

本 EAR-Model では、商品／サービスのライフサイクル及び生産設備や生産方法の双方のライフサイクルのステージを、**図 2** に示す ISO 15704:2000 のステージ名に、製造業として、ビジネスチャンスが期待できる保守・保全(Service/Maintenance) を付加し、同定(Identification) , コンセプト(Concept), 要件(Requirement), 設計(Design), 実装(Implementation), 運用(Operation), 保守・保全 (Service/Maintenance) 及び終了 (End of Life) とした。

また、商品／サービスのライフサイクルと、生産設備のライフサイクルとの関係を明らかにするため、双方のライフサイクルにおいて、**図 2** に示す通り、生産可能となる状態である「運用(Operation)」のフェーズで交差させることで、2つのライフサイクルの関係を明らかにした。すなわち、この交差点は、商品／サービスが提供可能な状態である「運用(Operation)」のフェーズであり、かつ、商品／サービスを生産する生産設備が稼働可能な状態である「運用(Operation)」のフェーズである状態を意味し、実際の生産がいつでも行える状態である。

一方、製販一体化では、製造業で盛んに活用されている国際標準として、**図 2** に示す、IEC 62264-1:2013 Industrial automation systems – Requirements for enterprise-reference architectures and methodologies(IEC 2013)を参照することとし、EAR-Model のライフサイクルのステージ名は、同規格で定義する機能階層の Level-0~2 の機能（実際の生産、生産プロセスのセンシングと操作、モニタリング、生産工程制御）に対応して、制御・監視・生産とした。また、Level-3 の機能（生産実行管理）を生産管理とし、Level-4 の機能（経営計画・物流）を、経営計画・販売・流通とした。

ただし、IEC 62264-1:2013 では、**図 2** の通り、企業活動における製販一体化に関わる機能を縦方

向に階層化しているが、本 EAR-Model では、同規格の Level-4 の機能（経営計画・物流）の上流から得られた受注を、同規格の Level-0~2 の機能（実際の生産、生産プロセスのセンシングと操作、モニタリング、生産工程制御）で生産し、最終的には、Level-4 の機能（経営計画・物流）で納品する流れを示すため、**図 2** の通り、U字型にして配置した。さらに、本製販一体化のライフサイクルは、Level-0~2 の機能（実際の生産、生産プロセスのセンシングと操作、モニタリング、生産工程制御）である U字の底辺部分が、商品／サービスのライフサイクルと、生産設備のライフサイクルの双方が「運用(Operation)」のフェーズ」となっている交差点部分で交差、または接するように配置する。

これらにより、EAR-Model の製販一体化のライフサイクルの、Level-4 の機能（経営計画・物流）から得た受注や生産指示により、同製販一体化のライフサイクルの Level-0~2 の機能のフェーズで、商品／サービスのライフサイクルや生産設備のライフサイクルの「運用(Operation)」フェーズと同期し、実際の生産が行われ、さらに、生産された商品／サービスは、本製販一体化のライフサイクルの Level-4 の機能（経営計画・物流）の機能により納品されることを表す。

提案した EAR-Model は、このように、商品／サービス、生産設備や生産方法及び製販一体化の 3つの活動について、これらの国際標準に基づくライフサイクルステージを有しており、しかも図中に、自由に書き込める空白部を設けている。そのため、ソリューション指向の開発プロセスにおいて、顧客からのヒアリングに基づく顧客の企業活動分析、顧客が本質的にやりたい「コト」（課題）発見及び課題解決ソリューション仮説の議論の際に、議論内容を、商品／サービス、生産設備や生産方法及び製販一体化の 3つの活動のライフサイクルに関連付けて記載し、製造業と顧客企業との間で齟齬なく、密に情報共有することが可能となる。

2.4 サービス・ドミナント・ロジック

「ソリューション指向の開発プロセス」におい

て、特に「(4)顧客が本質的にやりたい「コト」(課題)発見」においては、サービス・ドミナント・ロジックの活用が有効である。

サービス・ドミナント・ロジックの対語として、グッズ・ドミナント・ロジックがある。グッズ・ドミナント・ロジックは、グッズすなわち有形商材こそが価値だと定義づけられた考え方である。とにかく優れた商品の開発が重視され、それがそのまま顧客体験の向上にもつながると信じられている。

これに対して、サービス・ドミナント・ロジックは、端的に述べると有形商材と無形サービスの区分を取っ払い、企業と顧客が一緒になって価値を生む共創の考えに基づき、顧客が本当に欲しい価値を提供しようとする考え方である。サービス・ドミナント・ロジックを分かり易く表現する言葉として、「お客様が欲しいのはドリルではなく、穴である」というのがある。この例文において、企業が提供しているのはドリルではなく、ずばり穴をあける方法ということである。

また、グッズ・ドミナント・ロジックとサービス・ドミナント・ロジックについて、自動車販売を例に挙げると次の通りとなる。

まず、自動車販売におけるグッズ・ドミナント・ロジックの例を図3に示す。従来の自動車販売会社は、顧客に自動車という「モノ」(グッズ)を

販売する。この場合、顧客は自動車の本来目的である通勤・通学、家族でドライブ・移動先でレジャーなどの本来目的で使用するが、そのためには自動車の日常点検、法定点検・車検、損害保険の契約管理、給油、洗車などを行う必要がある。これらのうち、特に日常点検、法定点検・車検などは自動車使用者である顧客の義務ではあるが、本来目的とは異なる付随作業であり、顧客にとっては負担である。このように自動車販売会社が、顧客に自動車を販売し、その後の付随作業は顧客任せのような状態は、一昔前に良く見られた形態であるが、自動車販売におけるグッズ・ドミナント・ロジックの例である。

一方、自動車販売におけるサービス・ドミナント・ロジックの例を図4に示す。近年では、LTE (Long Term Evolution) や5G(5th Generation)などの携帯回線網を活用した自動車の情報システム化が進んでいる。さらに自動車販売店の顧客囲い込み戦略もあり、顧客のスマホや自動車に搭載されたカーナビに、自動車の状態に関する情報が届いたり、点検時期のお知らせなどが届いたりするようなアプリケーションが生まれている。これにより、顧客が保有する自動車の点検時期、車検時期、点検履歴や部品交換履歴及び次回の部品や消耗品などの交換時期目安などが一目で分かるようになる。これにより、自動車を保有することで

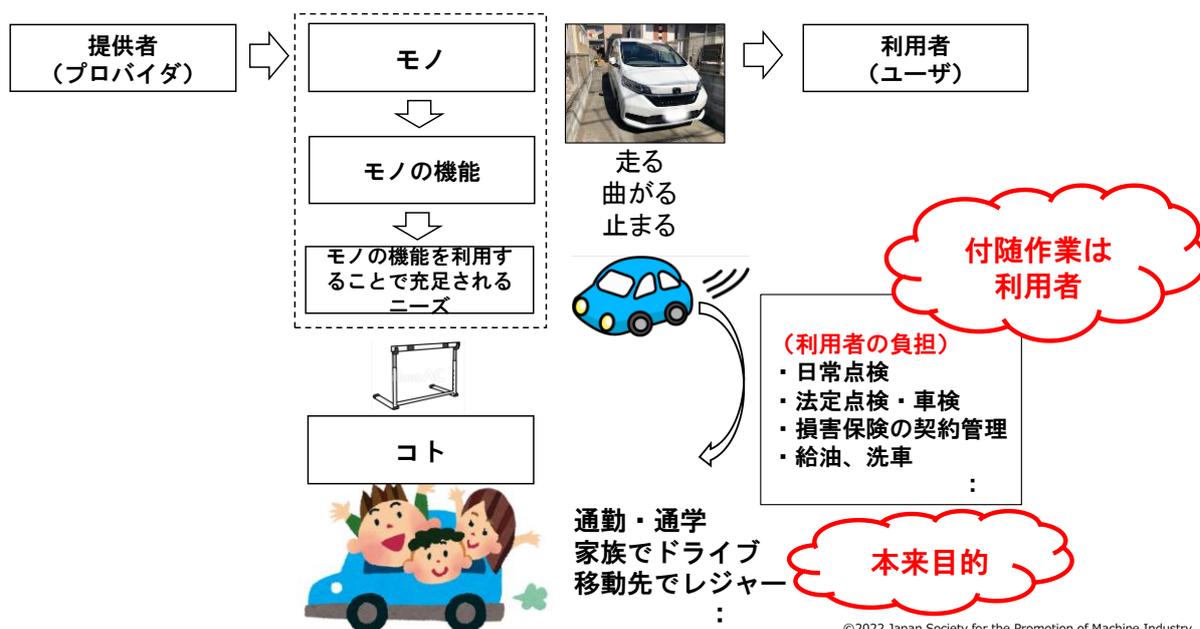


図3 自動車販売におけるグッズ・ドミナント・ロジック例

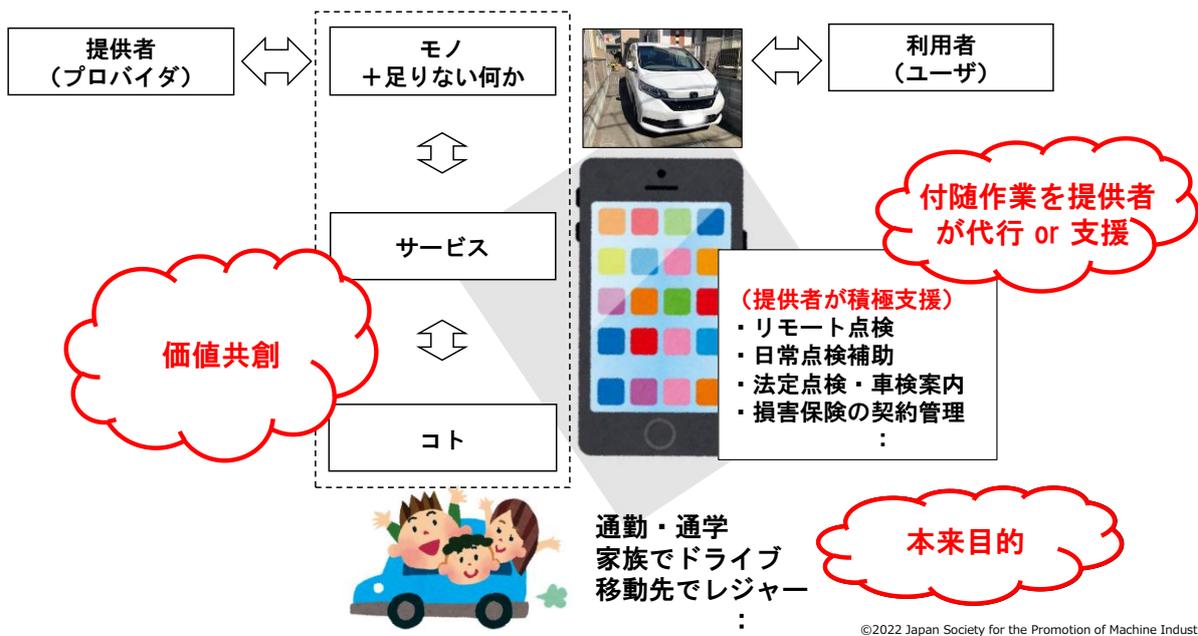


図3 自動車販売におけるサービス・ドミナント・ロジック例

発生する付帯作業の実施管理に余計な気を回さなくて済むようになる。また、遊園地やショッピングパークの広大な駐車場に自動車を止めても、スマホで自分の自動車の駐車位置を探してくれる機能など、便利な付加価値が次々と誕生している。

こららは、自動車の販売会社が、これまでのように単に自動車をモノ(グッズ)として顧客販売することから、顧客にとって自動車の本来目的に集中して頂くためのサービスを販売することに変革した姿の一つであり、自動車販売におけるサービス・ドミナント・ロジックの例として挙げられる。

このサービス・ドミナント・ロジックの例は、製造業が既存製品を販売したり、新製品を開発したりする上で、顧客のコトに応えるためのヒントになり得ると考える。

2.5 「モノコト」「コトモノ」

ここまでで、「新事業創出の枠組み 総論」として、新事業創出や新製品開発の思考手順である「ソリューション指向の開発プロセス」を基本とすることを提案した。また、その「ソリューション指向の開発プロセス」のうち、特に顧客の企業活動分析を行う際に有益な「EAR-Model」、顧客が本質的にやりたい「コト」(課題)発見する際に有益な「サービス・ドミナント・ロジック」について示した。

これらを活用して製造業が新事業創出を行ったり、新製品開発を行ったりする場合、製造業が既存製品を有している場合と、既存製品の有無に限らず、自社が保有していない新領域を開拓したり、新製品を開発したりするなどの場面があると考えられる。

そこで、既存の自社製品を、単に「モノ」として提供するのではなく、顧客の「コト」に応えるように「モノ」に付加価値を付けることによる製品開発の方法(以下、「モノコト」という)と、顧客の本質的な目的に資する課題を「コト」として拾い上げて「モノ」として新たな製品開発を行う方法(以下、「コトモノ」という)の2通りの開発方法に分けて考えることを提案する。

第3章以降では、「モノコト」及び「コトモノ」の製造業で有り得る2通りの状況別に、「新事業創出の枠組み 総論」を活用した具体的な「新事業創出の枠組み 開発事例」を示す[4][5][6][7][8][9]。

3. 新事業創出の枠組み 開発事例

3.1 概要

本章では、「第2章 新事業創出の枠組み 総論」で示した「ソリューション指向の開発プロセス」、同プロセスで活用する「EAR-Model」及び「サービス・ドミナント・ロジック」などの手法を用いた「新事業創出の枠組み 開発事例」について報告する。

具体的には、既存の自社製品を、単に「モノ」として提供するのではなく、顧客の「コト」に応えるように「モノ」に付加価値を付けることによる製品開発の方法である「モノコト」と、顧客の本質的な目的に資する課題を「コト」として見付け出して、「モノ」として新たな製品開発を行う方法である「コトモノ」との2通りの開発方法それぞれについて、「モノコトの開発事例」及び「コトモノの開発事例」を構築した。

3.2 「モノコトの開発事例」

3.2.1 新事業創出の枠組み 総論の活用

「モノコトの開発事例」では、プラスチックフィルム・シート、金属箔、紙・板紙、ガラスなどの比較的薄い基材に、コーティング、ラミネーティング及びプリンティングなどの加工を施して新たな製品を生み出すコンバーティング業界の工場を顧客とし、同顧客工場の加工装置で用いるエアシャフトやコアチャックなどを製造販売している機器メーカーである㈱ハイメックス[10]（以下、「同機器メーカー」という）のビジネスを対象とした。

同機器メーカーのエアシャフトやコアチャックは、従来の芯ズレや粉塵が出易いメカニカルな機構によるロールのチャッキングではなく、図4、図5に示す通り、シャフト軸周に取付けられ、空圧制御により膨張・収縮する中空の同社独自のウレタン製のチャックを製品化したものであり、同機器メーカーはエアシャフトやコアチャックのニッチトップの中小製造業である。

ただし、本エアシャフトやコアチャックは、構成部品にウレタン製部品を用いていることから、ウレタン部品が劣化した場合、状況によってはエアシャフトやコアチャック内の空気が抜けたり、パンクした

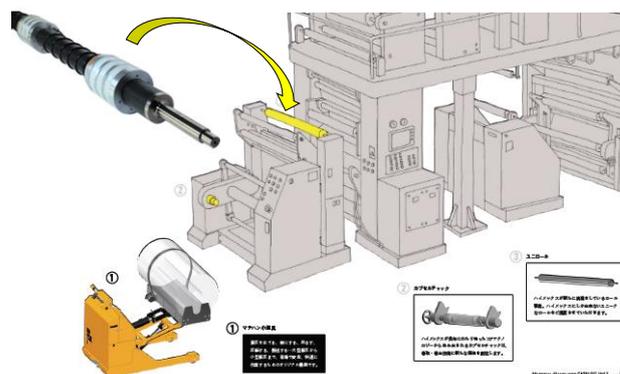


図4 コンバーティングマシン

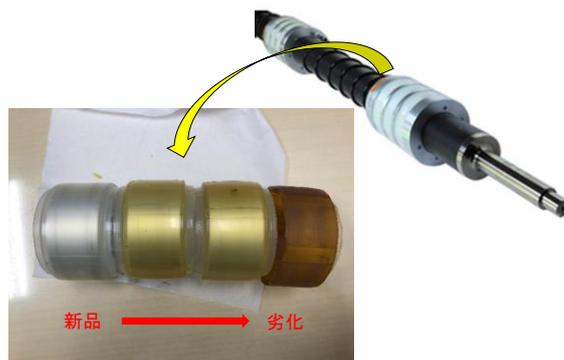


図5 コアチャック

りすることで顧客工場の生産ラインを止めてしまうことも起こりうる。従来、同機器メーカーは、エアシャフトやコアチャックを顧客工場に販売はするが、エアシャフトやコアチャックのウレタン部品の劣化状態の把握や、修理が必要になった際同機器メーカーへの修理依頼などは、顧客工場側が主体的に行っていた。

この状況は、同機器メーカーが、エアシャフトやコアチャックそのものの機能や性能を「モノ」として顧客工場に販売している状況であり、顧客工場が顧客工場の顧客に付加価値を提供する「コト」を実現するため顧客工場の企業活動である良い製品、良い製造、良い販売を行う上で、良い製造に必要な一要素を提供している範囲に止まっている。さらに、同エアシャフトやコアチャックの保守を顧客工場側が自ら行わなければならない状況は、顧客工場にとっては負担となっている。

この状況は、図1の「ソリューション指向の開発プロセス」の図を用いると、同図左に示す「モノ」を元にした製品開発・販売の状態であり、図2の「EAR-

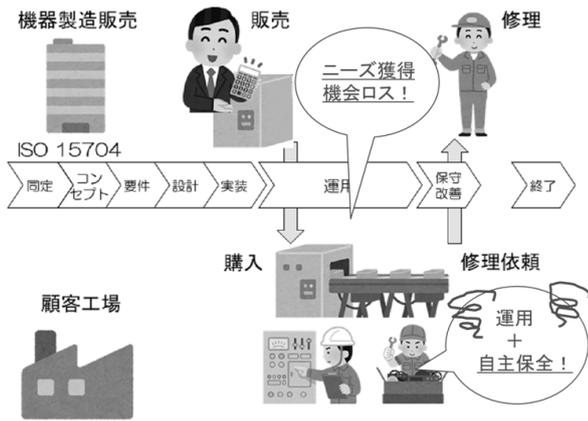


図6「モノ」販売の状態

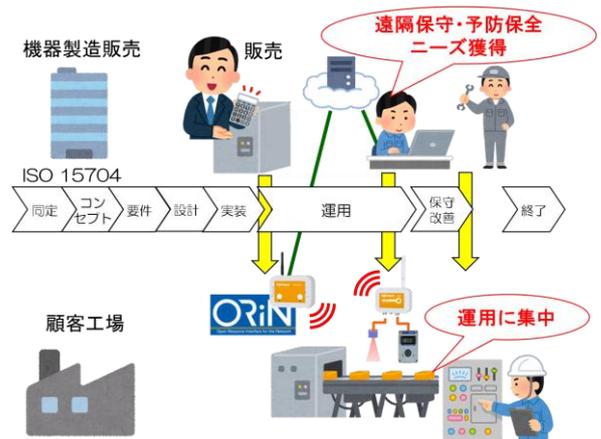


図8「コト」販売の状態

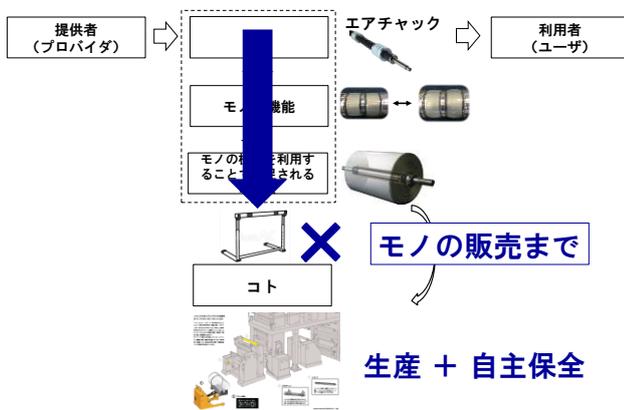


図7 グッズ・ドミナント・ロジック

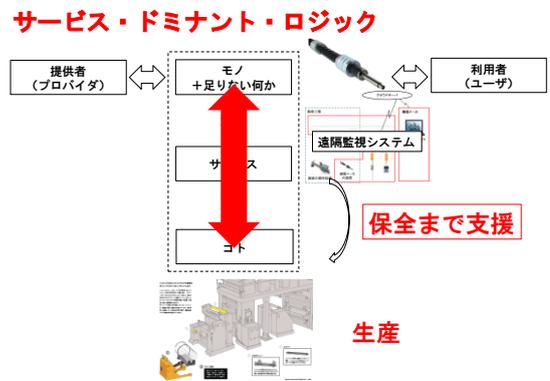


図9 サービス・ドミナント・ロジック

Model」の商品・サービス軸を用いると図6, グッズ・ドミナント・ロジック」を持っていると図7に示すように、顧客工場の「コト」実現のために十分な貢献ができていない状況であると考えます。

そこで、今後は、図1の「ソリューション指向の開発プロセス」においては、同図右の通り、同機器メーカーは、顧客工場との関係をより深めることで、顧客工場が顧客工場の顧客に付加価値を提供する「コト」を実現するため顧客工場の企業活動である良い製品、良い製造、良い販売に資する価値の共創を促進する必要があります。

一方、同機器メーカーの現製品であるエアシャフトやコアチャックを顧客工場へ納品した後の保守については、これまで通り顧客工場側に負担をかけるのではなく、同機器メーカー側が少しでも肩代わりするための仕組みとして、遠隔保守システムや予防保全方法などの開発が求められる。

このエアシャフトやコアチャックの遠隔保守方法や予防保全方法が開発されると、「EAR-Model」の商品・サービス軸を用いると図8, 「サービス・ドミナント・ロジック」を持っていると図9のような状況をもたらし、より顧客工場の「コト」に資することができると考えます。

次節では、この着眼点からエアシャフトやコアチャックの遠隔保守や予防保全を目指したORiNを活用した遠隔保守システムを開発したので報告する。

3.2.2 ORiN を活用した遠隔保守システムの開発

3.2.2.1 開発構想

同機器メーカーが、同社のエアシャフトやコアチャックなどの製品を顧客工場に納入後に、顧客工場で行われているエアシャフトやコアチャックの特に

ウレタン樹脂部品の劣化を遠隔から把握し、予防保全を行う ORiN を活用した遠隔保守システムについて構想検討を行った。

顧客工場では、使用する装置や部品を、用途に応じて複数の機器メーカーから調達することで、マルチベンダ環境になってしまうことも多い。

そのため、特定の機器メーカーが、顧客工場の同機器メーカーの機器を遠隔から保守する仕組みを導入しようとする、工場全体としては限定的な仕組みとなり、顧客工場側も導入に二の足を踏むことになる。また、機器メーカー側も中小製造業が多いため、大手工作機械メーカーなどが持つような大規模な遠隔保守システムを準備することが難しい。

そこで、次の特長を有することにより、これらの課題を解決する「ORiN を活用した遠隔保守システム」を考案した。

- (1) 小規模からでも導入可能
- (2) 既存システムに影響を与えない
- (3) ORiN により他社機器接続した工場全体改善も可
- (4) 農業用センサネットワークにより低コスト化

本「ORiN を活用した遠隔保守システム」の基本構想を、図 10 に示す。図 10 の青点線部分が、顧客工場であり、遠隔保守を行なおうとするある機器メーカーの機器と共に、他社メーカーの機器も導入されている。図 10 の赤実線部分およびクラウドが、本「ORiN を活用した遠隔保守システム」であり、後付で顧客工場に導入可能で、機器メーカーの機器の遠隔保守のみならず、同システムが活用する ORiN により、他社機器メーカーの機器とも接続した遠隔監視や工場全体の改善活動に拡張利用することも可能となる。

3.2.1.2 プロトタイプシステムの開発仕様

同機器メーカーの協力を得て、「ORiN を活用した遠隔保守システム」を用いた予防保全の運用シナリオを検討し、「ORiN を活用した遠隔保守システム」のプロトタイプシステムの開発仕様の詳細化をおこなった。

同機器メーカーの製品であるエアシャフトやコアチャックのウレタン部品の予防保全が可能になると、エアシャフトやコアチャックの空気漏れやパンクな

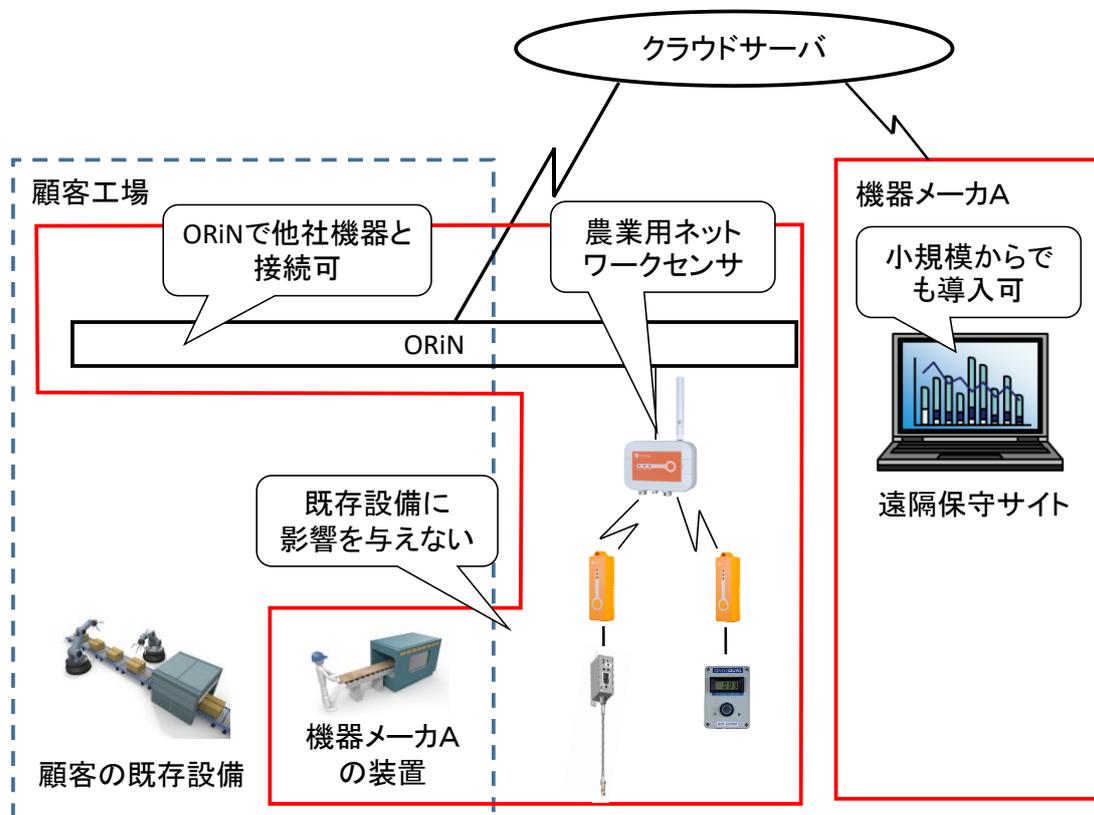


図 10 ORiN を活用した遠隔保守システム

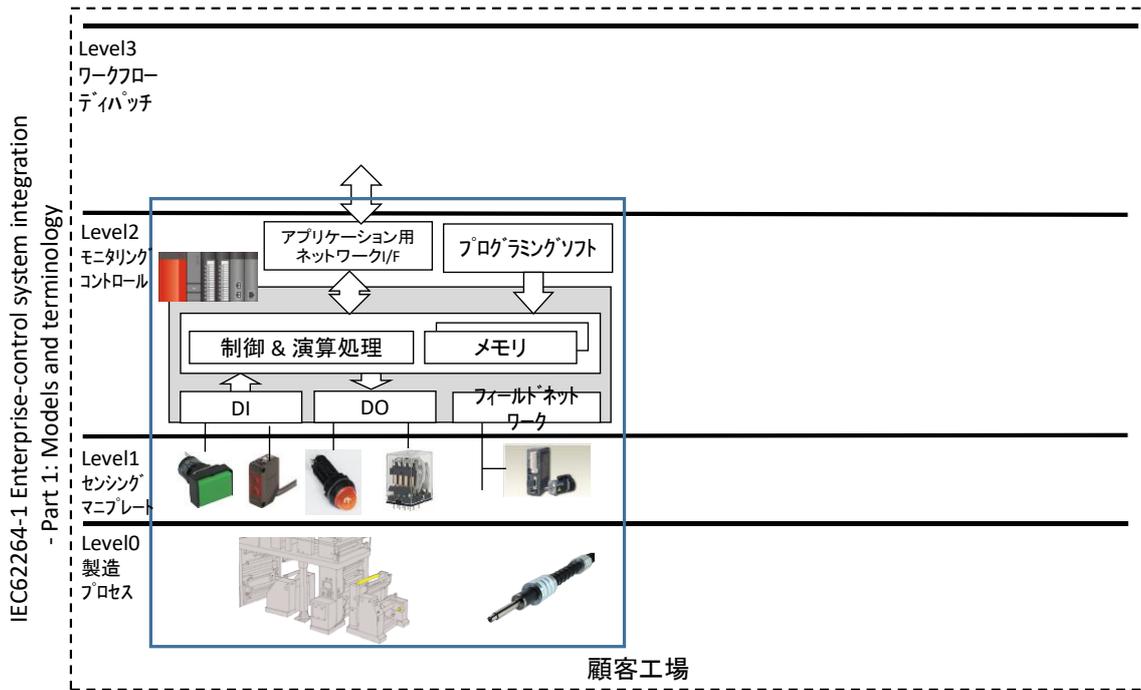


図 11 対象工場の概要

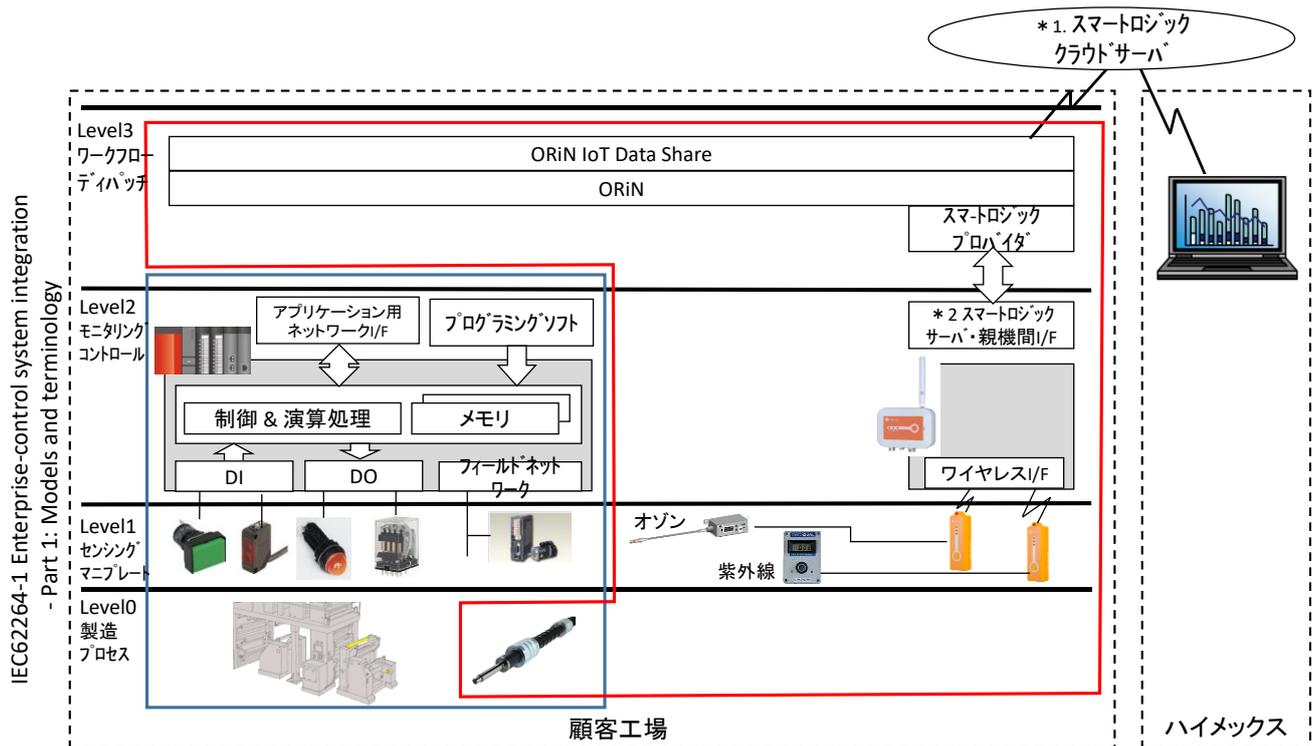


図 12 ORiN を活用した遠隔保守システムの基本構成

どによる生産ラインの停止を回避することが可能となる。エアシャフトやコアチャックの予防保全が可能となると、エアシャフトやコアチャック破損前に顧客工場側に対して、保守を促すことができ、顧客工場が、継続的な工場設備の稼動と安定経営を行なう

「コト」に貢献できることになる。

さらに、劣化予防保全の実現を機に、より顧客工場との距離を縮め、顧客工場の「コト」に貢献する周辺製品の販売促進および顧客工場の工程改善などの幅広いビジネスの展開が期待できる。

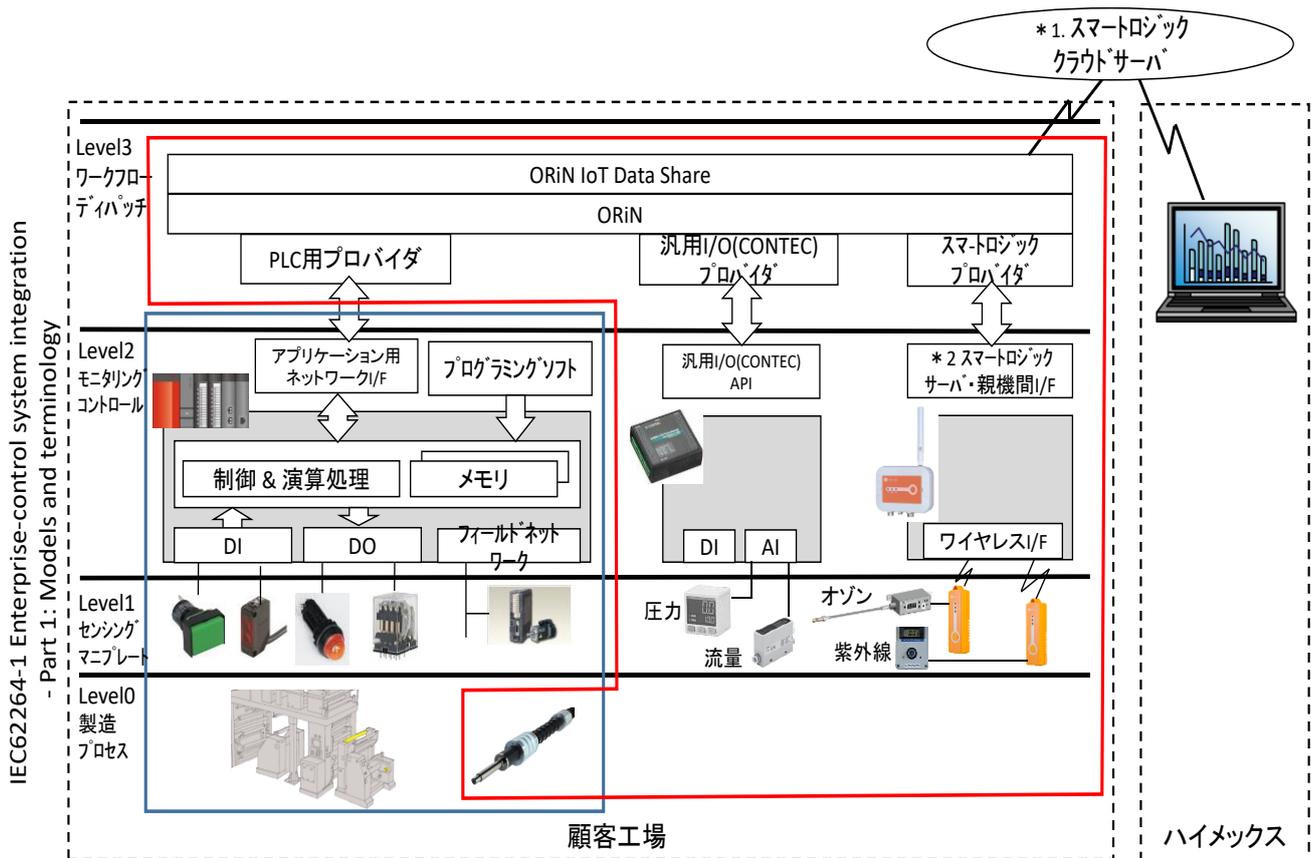


図 13 ORiN を活用した遠隔保守システムの拡張構成

そこで、「ORiN を活用した遠隔保守システム」の開発仕様としては、図 11 に示す PLC (Programmable Logic Controller) で全体制御された顧客工場の既存システムから稼働情報を収集可能とし、さらに同装置に装着するエアシャフトやコアチャックのウレタン部品の劣化要因である紫外線被ばく量やオゾン被ばく量も測定できるような仕様を前提として検討した。さらに、本「ORiN を活用した遠隔保守システム」は、顧客工場への導入のし易さを考慮し、対象の顧客工場に段階的に導入可能な拡張性を有する構造とした。

具体的には、まず、顧客工場の生産ラインにあえて影響を与えないように、エアシャフトやコアチャックのウレタン部品の劣化に起因する紫外線量やオゾン濃度を監視するためのセンサを準備し、「ORiN を活用した遠隔保守システム」に接続した基本構成を検討した(図 12)。

本図 12 の基本構成では、「ORiN を活用した遠隔保守システム」の基本利用時の構想として、クラウドを介した仕組みを用いることで、容易な導入とコストメリットが高いスマートロジック(株) Agriware 農業ワイヤレスセンサーネットワークシステム[11]を活用することとした。また、同システムと顧客工場内の既存設備との接続性を向上させるため、ORiN で統合接続した。エアシャフトやコアチャックのウレタン製のチャック部分の劣化予防保全の方法としては、エアシャフトやコアチャックが、保全のために、顧客工場から同機器メーカーに戻ってきた際に、ウレタン製チャック部分の劣化状態と、同チャックが顧客工場を受けた紫外線量やオゾン濃度の積算値とを関連付けて経験知として蓄積する。この経験知を活用して、顧客工場の紫外線量やオゾン濃度の積算値を監視するだけで、ウレタン製チャックの劣化を予測して予防保全を行なおうとするものである。この仕組み

みにより、顧客工場におけるエアシャフトやコアチャックの利用において、保守時期の適正化やウレタン製チャックの破損に伴う生産ラインの停止の予防などが可能になり、顧客工場の安定継続稼働に貢献する。

また、図 13 の拡張構成では、「ORiN を活用した遠隔保守システム」を、ウレタン製チャックの予防保全のみならず、ORiN を活用して顧客工場の生産システムの PLC に接続する。これにより、顧客工場の生産ラインの制御状態の監視を積極的に行なうことで、生産効率、品質などの評価を行い、顧客工場に対して、現場改善の提案まで行なおうとする場合の接続構成例である。本構想により、更に踏み込んだ現場改善提案や改善に必要な周辺機器の販売など、同機器メーカーをはじめとする提供者側のビジネス領域の拡大が期待される。

2.2.2.3 プロトタイプシステムの実装と試験導入

検討したプロトタイプシステムの開発仕様に基づく、「ORiN を活用した遠隔保守システム」プロトタイプシステムを開発した。

まず、「ORiN を活用した遠隔保守システム」の基本構成を開発し、同機器メーカーの本社及び同機器メー



図 14 同機器メーカーへの試験導入

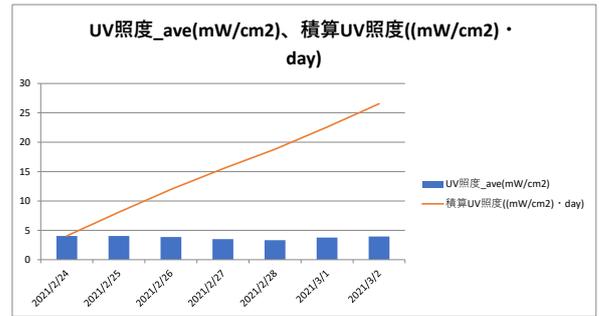


図 15 紫外線被ばく量

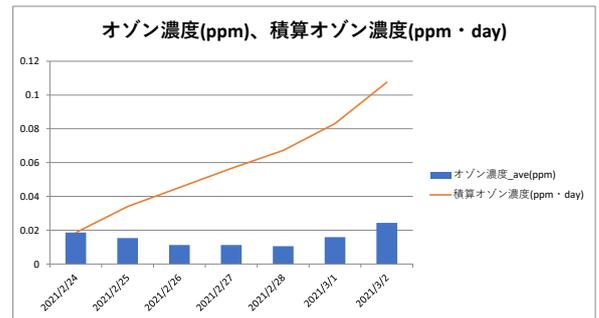


図 16 オゾン被ばく量

カの製品であるエアシャフトやコアチャックに用いるウレタン部品を製造している同社安中工場に試験導入した (図 14)。

試験導入の結果、「ORiN を活用した遠隔保守システム」の基本構成システムが正常にかつ安定的に動作することを確認した。図 15 が本システムにより、試験導入場所における紫外線の被ばく量の積算値をグラフ化したものであり、図 16 がオゾンの被ばく量の積算値をグラフ化したものである。

さらに、「ORiN を活用した遠隔保守システム」の基本構成システムを、同機器メーカーの顧客工場へ試験導入を開始した (図 17, 図 18)。ただし、同試験導入先の顧客工場では、顧客工場内のインターネット接続ルールにより、「ORiN を活用した遠隔保守システム」の基本構成システムが情報収集のため用いているインターネットを介したクラウドによる監視情報の収集が出来ないため、収集したオゾンや紫外線量については、一度パソコン内に蓄積し、蓄積された情報をメールなどで、同機器メーカー及び当所に送付頂くことで試験導入評価を進めた。



図 17 顧客工場への試験導入 収集パソコン



図 18 顧客工場への試験導入 UV・オゾンセンサ

2.2.3 今後の展望

「ORiN を活用した遠隔保守システム」の開発としては、プロトタイプシステムの正常稼働を確認した。今後、エアシャフトやコアチャックの予防保全方法を確立するためには、「ORiN を活用した遠隔保守システム」が収集した顧客工場の紫外線量及びオゾンの量と、同顧客工場におけるエアシャフトやコアチャックの修理間隔との関係を解析し、適正な予防保全計画を立案する必要がある。そのために、機器メーカー側が保有している修理履歴を調査したところ、故障要因が必ずしもウレタン部品の環境劣化のみではなく、エアシャフトやコアチャックと材料ロール間で発生する摩擦熱など、その他の要因もありうることもわかってきた。



図 19 小型硬さ試験機



図 20 小型分光測色計

そこで、エアシャフトやコアチャックのウレタン部品の劣化状態を、小型硬さ試験機（図 19）や小型赤外分光測色計（図 20）により、評価可能な仕組みの検討も進めた。

今後は、機器メーカー側で、「ORiN を活用した遠隔保守システム」、「小型硬さ試験機」及び「小型赤外分光測色計」を活用した顧客工場エアシャフトやコアチャックの予防保全方法の検討を進める。

3.3 「コトモノの開発事例」

3.3.1 新事業創出の枠組み 総論の活用

「コトモノの開発事例」では、当研究所が令和元年～令和3年度に実施したデータ農業事業におけるコンシューマーアグリ研究会の会員であり、さらに令和元年～令和2年度に実施し農水省スマート農業プロジェクトでも共同研究を行った(株)果実堂[12]の協力を得た。

これらの事業を進めた際にも、図1の「ソリューション指向の開発プロセス」を用いて、図1右の各プロセスを実施してきた。その結果、つぎのことがわかった。

まず、図1右の「(1)顧客とのパートナー形成」及び「(2)顧客の企業活動分析」では、同社は、ハウス棟数730棟、年間700トン(2019年度)ベビーリーフを生産する国内最大のベビーリーフメーカーである。同社の顧客は、首都圏のスーパーマーケットが多く、「高付加価値商品を」、「低価格で」、「新鮮に」調達したいなどのスーパーマーケットのニーズに高

レベルで応えるために、商品／サービス、生産設備／生産方法及び製販一体化の企業活動を工夫していることがわかった。

また、ベビーリーフは、複数種類の葉物野菜を袋詰めしたものであるが、葉物野菜は播種してから刈取可能な丈になるまで、夏場で約20日間、冬場で約50日間かかるが顧客からの注文が納期0.5～2日間前と短納期あるため、必然的に見込み生産方式となっている。しかし、生育期間が天候によりばらつくこともしばしばあり、販売量と生産量との不一致による機会ロスや過剰生産などが課題である。

そのために、生産管理の充実や圃場の環境制御・監視などの自動化の取り組みが積極的である。

この状況を、「新事業創出の枠組み 総論」のうち、「EAR-Model」で示したのが、図21である。この図を作成するにあたり、(株)果実堂にヒアリングを行った結果、本図21に示す通り、需給バランスの均衡が需要課題であり、データ農業事業や農水省スマート農業プロジェクトでも本課題の解決に取り組んだ。

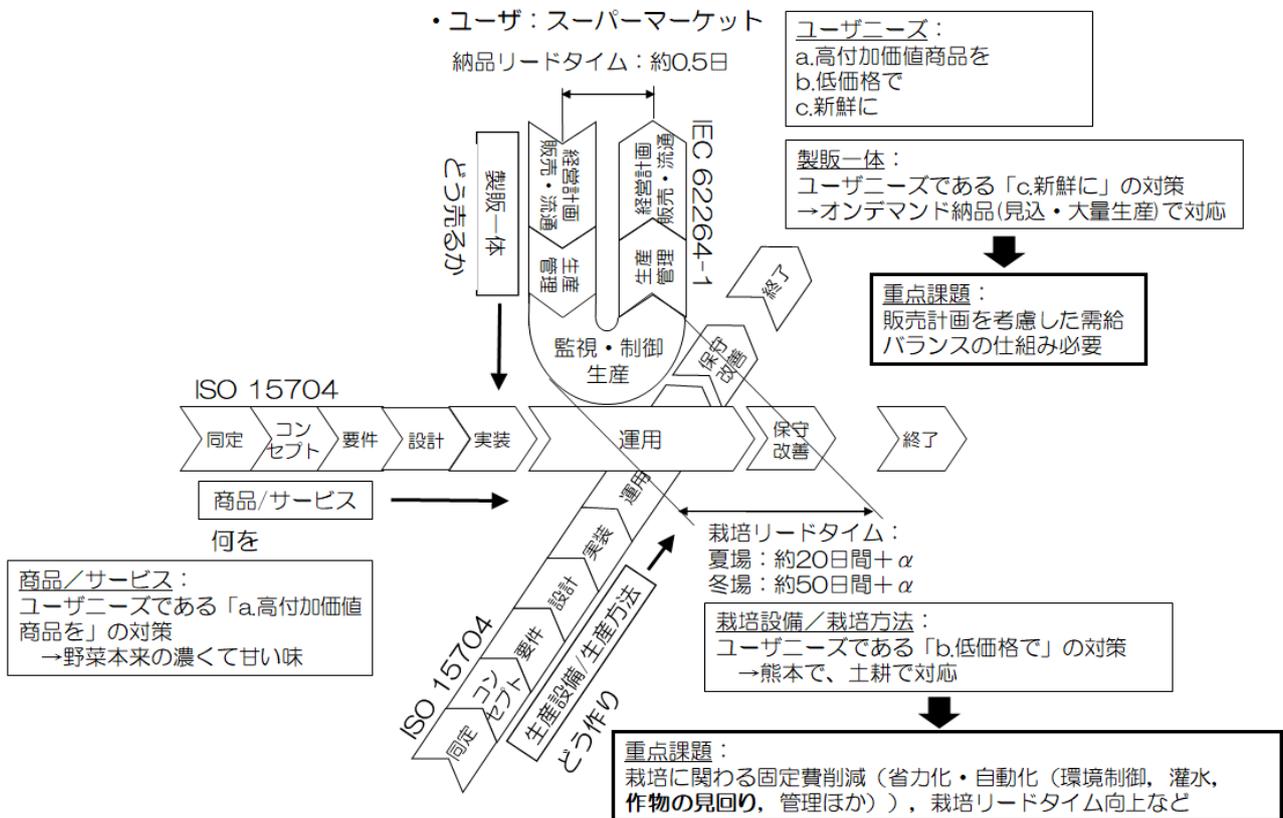


図21 EAR-Modelによる企業活動分析

また、栽培に関わる固定費削減も重要な課題であり、様々な省力化・自動化に関しても、農水省スマート農業プロジェクトで課題解決を進めた。

一方、なかなか解決方法が見いだせなかった課題として、圃場の見廻りと見廻り時に行う葉物野菜の成長丈の実測工数の削減の課題があった。この葉物野菜の成長丈の実測の自動化を行う既存製品はなく、葉物野菜の成長丈を自動測定して欲しいという「コト」があることを発見した。これがいわば、図1右の「(4)本質的にやりたい「コト」(課題)」あるいは、その一要素であると考えた。

そこで、図1右の「(5)課題解決ソリューション仮説の議論」～「(7)ソリューション提供」として、「自動作物生育状態把握システム(後の実用化学品名を「豊菜スケール」という)を開発することとした。

この「自動作物生育状態把握システム」を開発する



図22 「自動作物生育状態把握システム」導入前

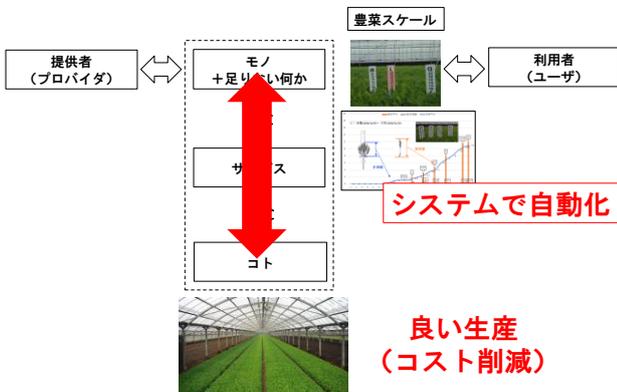


図23 サービス・ドミナント・ロジック

前の状態で、手作業で葉物野菜の生育丈を測定していた状況を図22に、「自動作物生育状態把握システム」を導入した後の状態を「サービス・ドミナント・ロジック」を用いて示したのが、図23である。

次節では、葉物野菜の成長丈の実測の自動化を行う「自動作物生育状態把握システム」を開発したので報告する。

3.3.2 自動作物生育状態把握システムの開発

3.3.2.1 開発構想

「自動作物生育状態把握システム」の開発構想を検討する上で、まずは椛果実堂における利用を想定した。椛果実堂では、パイプハウスを圃場として用いた土耕栽培によるベビーリーフ栽培を行っており、同栽培方法による制約を考慮する必要がある。

具体的には、ベビーリーフ栽培では、複数の品種をミックスしてパッケージングするが、圃場単位に着目すると、1圃場に1～4品種ほどを栽培し、1作当たりの耕耘、養生、耕耘、播種、刈取などの主要作業のサイクルを年間十数サイクル行う。さらに、必要なタイミングで灌水、追肥、草取りなどの補助作業も行う。これらの作業のうち、特に耕耘、播種、刈取などでは、それぞれ自動化機器を用いることがある。また、ハウス内は、高温、多湿及び太陽光の日射量や日射方向も変化する。

このようなベビーリーフの栽培方法に対応するための作物の生育丈の測定方法における要件を、次の通り導出した。

- ① 操作や取扱いの容易性の実現
- ② 耕耘、播種、刈取などの自動化機器の妨げにならない構造
- ③ 高温、多湿及び太陽光の日射量や日射方向の変化があっても安定的な測定が可能
- ④ 安価な設備投資

これらの要件を満たす解決ソリューションの仮説として、①②については、椛果実堂に限らず、多くのパイプハウスによる圃場では、②の自動化機器の運用やその他の作業に必要な最低限の通路は確保するが、それ以外は、栽培歩留まり向上のため、ほぼ

圃場面積全体を活用して栽培が行われる。そのため、作物の生育丈測定に用いるための仕組みとして、多くの設置スペースを要する場合は導入しにくい。そこで、**図24左**に示す通り、圃場内作業用通路や圃場内壁際の限られたスペースに、作業者が容易に設置、撤去が可能なカメラを設置し、画像処理により非接触で計測することとした。

また、③の条件により、カメラが直接作物を撮像して画像処理する方法では、安定的な処理が困難であるという点と、カメラを容易に設置、撤去可能としたことで必要となるカメラ設置後の調整作業を極力少なくすることを考慮する。そのため、カメラで作物を直接撮像して画像処理をするのではなく、**図24右**に示す通り、作物の株間に、作物の生育丈に伴い隠れる記号を記載した立て札を設置し、記号を撮像、画像処理することで作物の生育丈を得る方法を考案し、特許出願[13]した。なお、本立て札も作業により容易に設置、撤去が可能である。

さらに、④の要件を満たすため、圃場に設置したカメラは、既に農業生産者で普及が進んでいる圃場の温度や湿度などをクラウドで収集して管理する農



図 24 システムの基本方式

業用の環境管理システムに接続して、画像を得る方式とし、圃場のインターネット接続などの追加コストを不要とする方式とした。

3.3.2.2 プロトタイプシステムの開発

開発構想で示した「自動作物生育状態把握システム」の構想に基づき、「自動作物生育状態把握システム」のプロトタイプシステムを開発した。

開発したプロトタイプシステムの構成を、**図25**に示す。本プロトタイプシステムでは、圃場側システムとして設置したカメラは、市販のELP製 1080Pウ

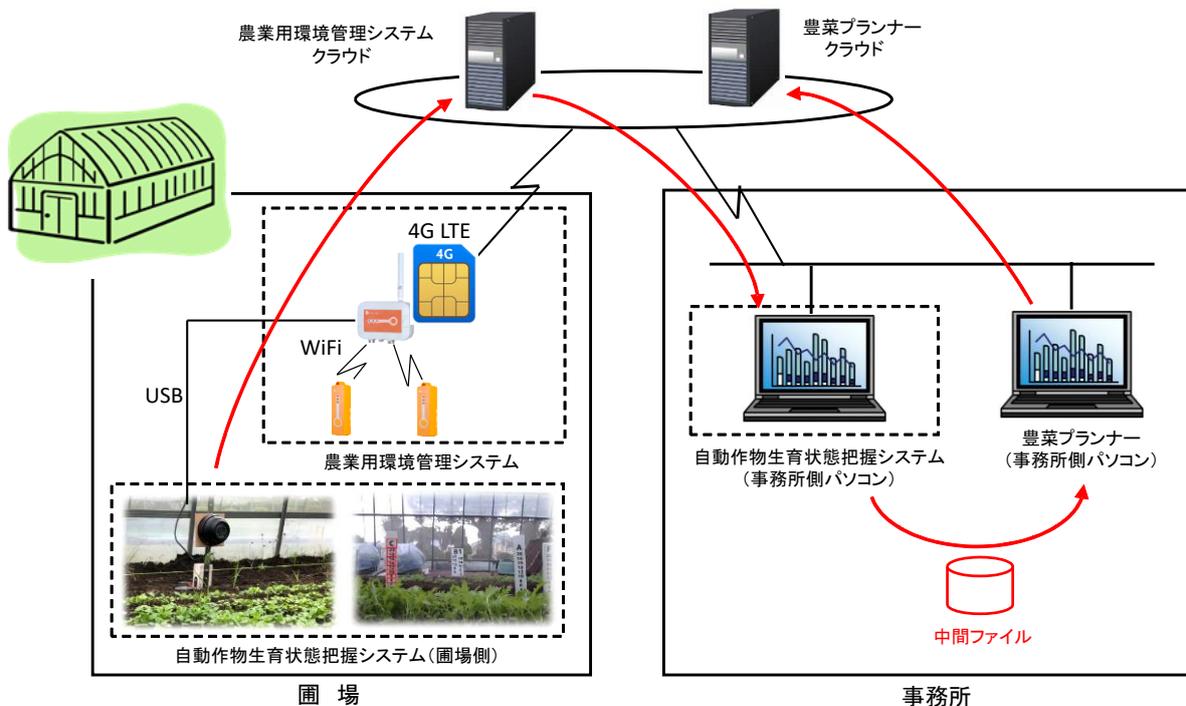


図 25 プロトタイプシステムの構成

ウェブカメラ（防水・防塵：IP65，画質：1920×1080）とし，インターネット接続及び画像情報の蓄積には，スマートロジック(株) Agriwareを活用し，ウェブカメラの画像を，Agriware側で設定した周期で，Agriwareのクラウドサーバに格納する．圃場側に設置した立て札は，アクリル板上に，作物の生育丈と共に，生育した葉で隠れる記号を標記した．記号としては，立て札を特定する記号（例：A，B，Gなど）及び作物の生育と共に作物の葉などで隠される記号（例：2，4，8，10，12など）を用いた．

さらに，事務所側には，自動作物生育状態把握システムのアプリケーションシステムがインストールされたパソコンを設置し，アプリケーションシステムがAgriwareのクラウドサーバからウェブカメラの画像を取得し，画像処理の上，作物の生育丈を計測する．

開発したプロトタイプシステムを，(一財)機械振興協会 技術研究所内の実験用パイプハウスによる圃場で動作実験したところ，**図 26** に示す通り，**基本的な動作が実行できることを確認した**．

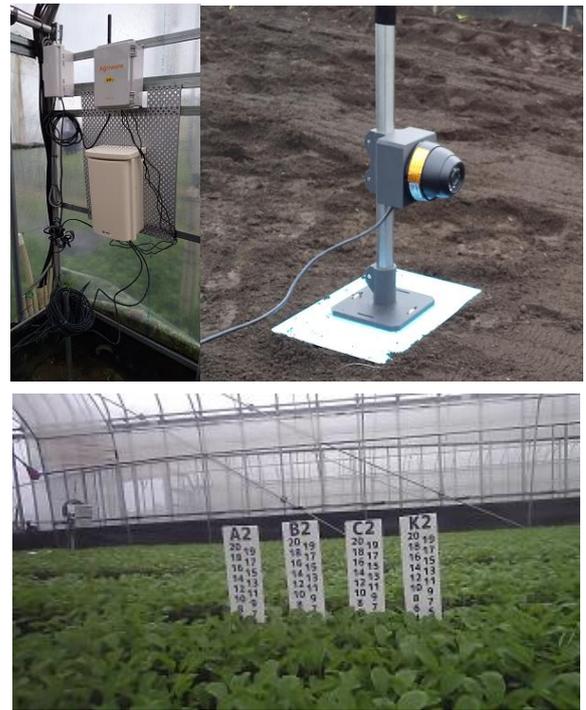


図 27 榊果実堂への試験導入

トタイプシステムを試験導入のため設置した(図 27)．

ここで，本自動作物生育状態把握システムは，圃場の作物を挟むように，ウェブカメラと立て札を設置する．ウェブカメラは立て札を撮像して，作物に遮られることのない立て札の記号を画像処理することで作物の生育丈を測定している．そのため，本システムで測定される作物の計測値（以下，作物の計測値）は，**図 28** に示す通り，作物のしなりの頂点部の高さを測定することになる．

そこで，榊果実堂における試験導入では，本システムの動作検証と共に，本システムによる作物の計測値と，手作業により物差しなどで測定した作物を伸ばさせた状態の長さの実測値との関係を明らかに



図 26 プロトタイプシステムの基本動作確認

3.3.2.3 プロトタイプシステムの試験導入

プロトタイプシステムの基本的な動作確認が良好であったことから，本システムの実環境における評価実験のため，榊果実堂に試験導入した．試験導入した同社の圃場は，敷地寸法が約 6m×90m のパイプハウスの圃場であり，**図 25** に示す構成に対し，カメラ台数を 2 台に増設し，立て札の作物生育丈を示す記号を，1cm 単位で計測可能となる改良を加えたプロ

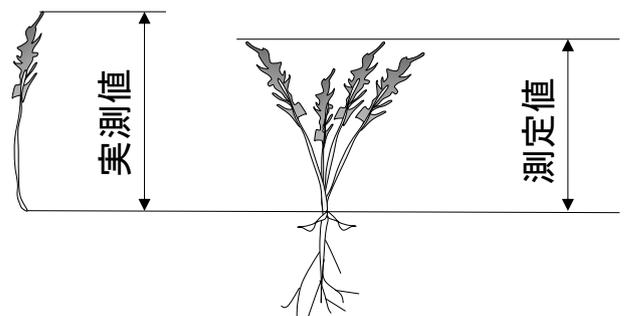


図 28 システムの測定値と全長頂点との差

することとした。これにより、本システムを活用する農業生産者が、本システムによる作物の計測値から容易に作物を伸長させた状態の長さの推定値を得ることができるようにする。本システムによる作物の計測値から、作物を伸長させた状態の長さが推定できるようになることで、農業生産者の見廻り工数の削減及び作物の生育丈把握の客観化に貢献することになると考える。

具体的には、(株)果実堂の協力を得て、作物毎に、作物を伸長させた状態の長さを実測して頂き、本システムによる作物の計測値との関係を調査した。図 29 は、本調査結果の一例として、水菜について調査したものである。青線グラフが本システムによる作物の計測値であり、橙色の棒グラフが作物を伸長させた状態の長さの実測値を示している。作物のしなり具合により、作物の計測値と伸長させた状態の長さの実測値に差がみられ、その比率(伸長させた状態の長さ/計測値)も生育期間内で変化することが分かった。

この結果から、作物を伸長させた状態の長さの推定値を得る式が導出できると、本システムを活用する上で有益であるため、本推定式の導出を試みた。本推定式の導出手順について、水菜の例を使って以下の通り報告する。

まず、ある程度の作物の計測値及び作物を伸長させた状態の長さの実測値のデータを収集する。次に、これらのデータから、作物を伸長させた状態の長さの推定値を求める式を作成する。具体的には、作物を伸長させた状態の長さの推定値を求めるための式は、最小二乗法を用いて求める。Python のライブラリである Numpy の Polynomial クラスの polyfit 関数を使って容易に最小二乗法による多項式を作成できる[8]ので、これを用いて多項式を作成する。

実際に式を求めるにあたっては、図 30 に示す通り、本システムによる実験で得られた作物の計測値(1cm 刻み)に対応した伸長させた状態の長さの実測値の散布図(橙点)を作成し、polyfit 関数に入力した。

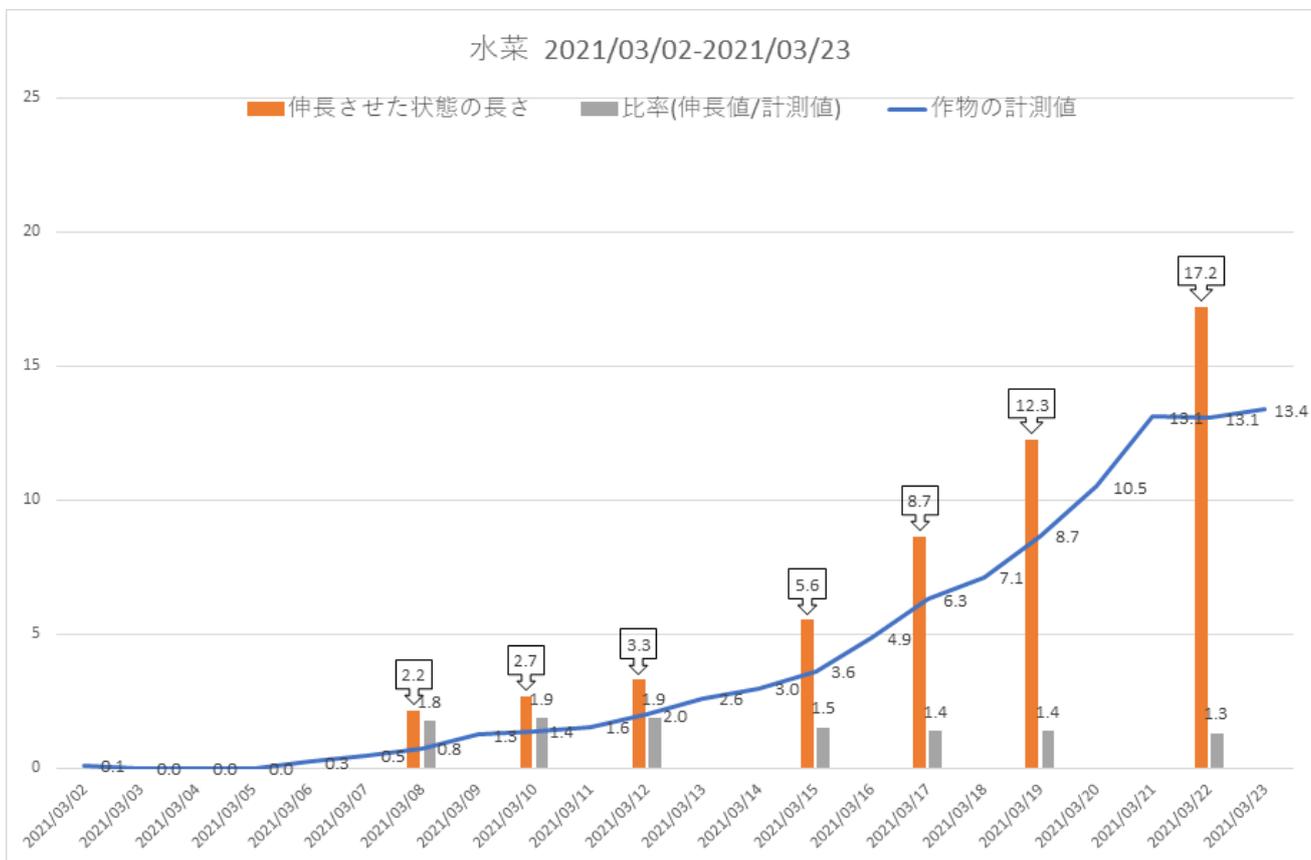


図 29 測定値と全長頂点との差の調査例 (水菜, 単位 : cm)

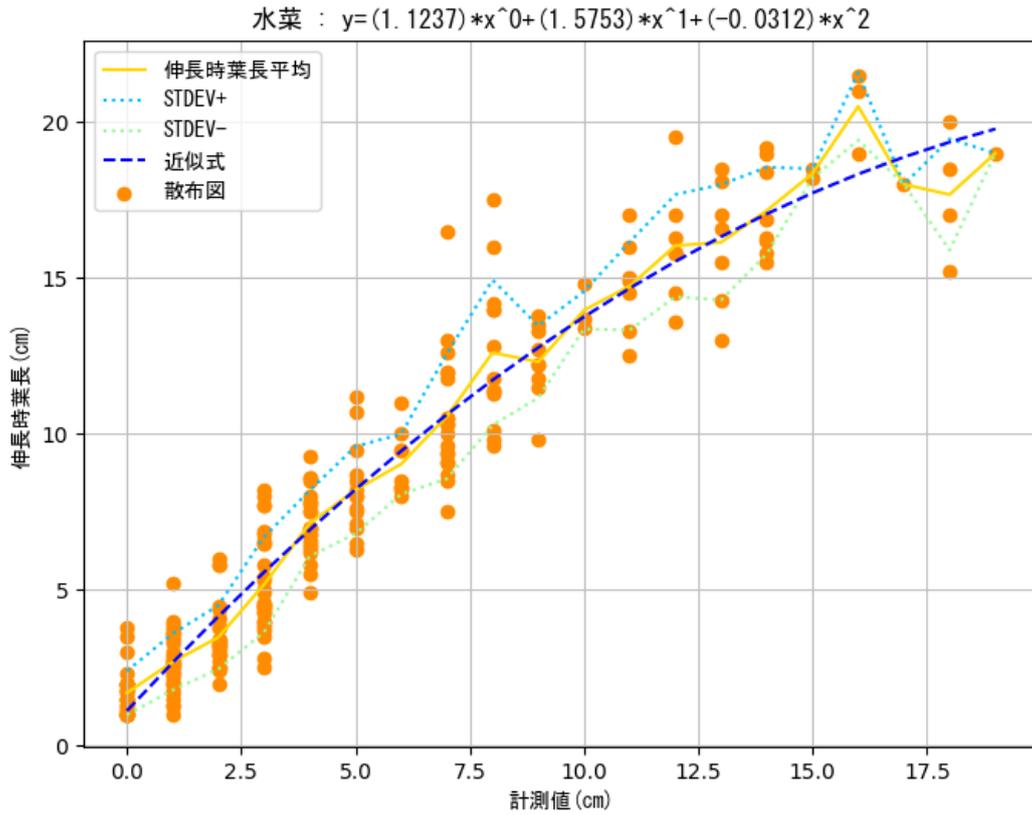


図 30 近似式の策定

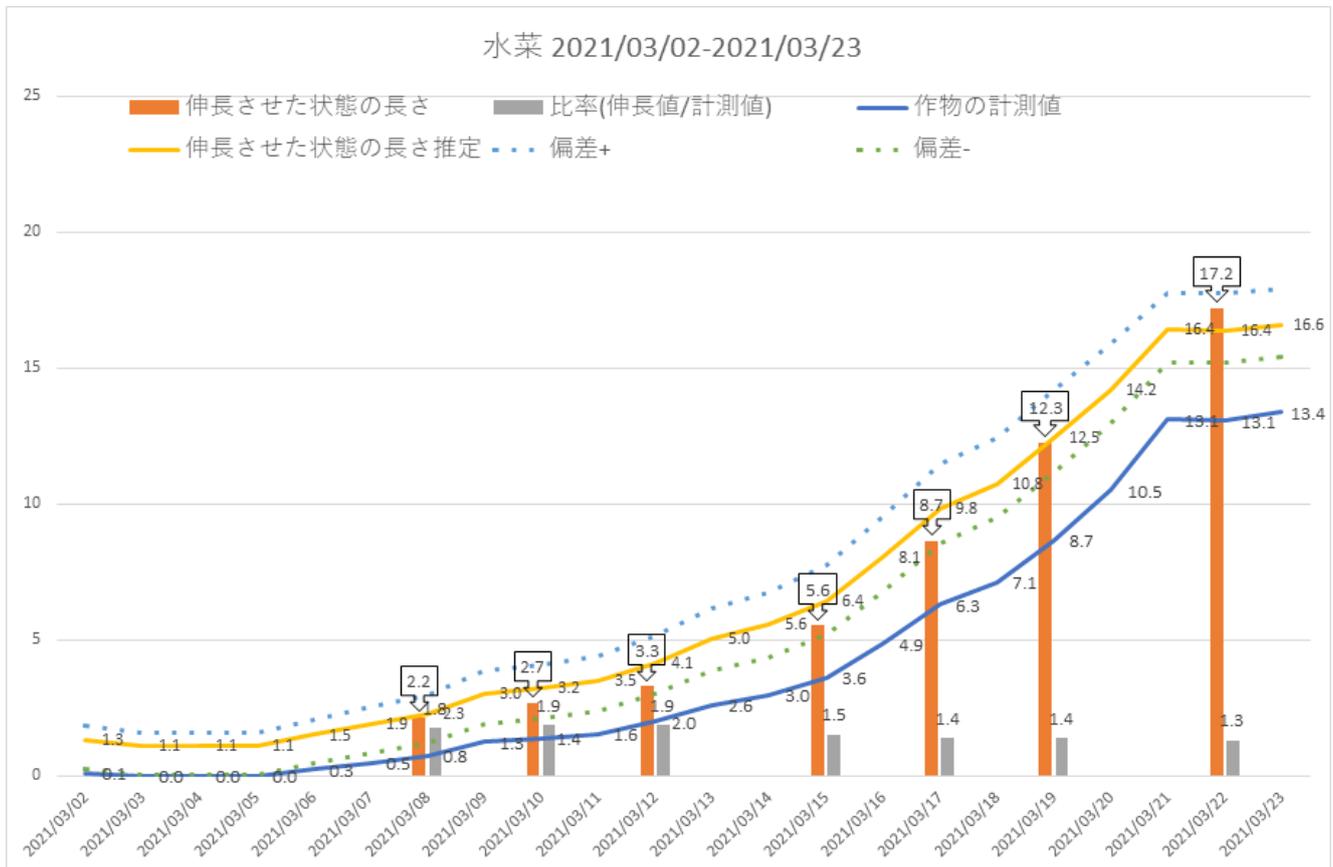


図 31 近似式の適用(単位 : cm)

て多項式（次数は可変）を作成した。次に、本システムによる作物の計測値と、伸長させた状態の長さの実測値の平均値（橙実線）及び標準偏差の範囲（薄水色点線及び薄緑点線）の関係を示したグラフを描き、多項式のグラフ（青点線）がこの範囲を大きく外れない次数の式を実験的に選択した。図 30 上部に示す通り、2 次式を採用した。図 31 は、図 30 で作成した多項式を図 29 のグラフに適用して、作物の計測値から伸長させた状態の長さの推定値をグラフ化（薄橙実線）したものである。

この結果から、作物毎に本システムの測定値から全長頂点を求める関数を求めることで、本システム運用時に、本システムの測定値と測定している作物名から作物の全長頂点を求めることができるようになる可能性を見いだせた。本報の実験は、2021 年度に実施し、同時点では水菜の他に、ピノグリーンでも同様な結果を得られたが、推定式は水菜とピノグリーンとが同一ではない。そこで、2021 年度以降は、他の作物についても継続的に、検証実験を進め、作物毎の推定式の導出を進めている。

3.3.2.4 収穫日予測の試み

(1) 概要

本システムにより、作物の実際の生育状態が遠隔から自動測定可能となると、農業生産者から、作物の収穫時期の予測の可能性についての期待を受けるようになった。

従来の作物の収穫予測は、収穫可能な成長丈に至るまでに必要な積算温度を、生育時期の平均気温で徐して、収穫予測日を予測する方法（以下、「従来積算温度による収穫日予測法」と呼ぶ）が多い[8]。しかし、例えば、ミズナが 20cm に生育するまでの積算温度は、400℃～500℃であるなどのように、積算温度そのものに幅がある上、生育中の予期しない温度変化、日射量変化、湿度変化などの多様な要因があるため、「従来積算温度による収穫日予測法」では、精密な収穫日予測が困難である。

そこで、以下の方法により、本システムによる収穫予測法を考案したので、報告する。

(2) 考案した収穫予測法

(a) 収穫基準葉長による収穫日予測法

発芽までの日数や栽培期間中の葉の生育曲線は、季節によって異なる。しかし実証実験を行い、調査したところ、「伸長時葉長」がある一定の長さに達してから収穫日までの日数（以下「d」（日）と呼ぶ）は季節に関係なくほぼ一定である事がわかった。このある一定の長さを、「収穫基準葉長」と呼ぶことにする。この性質を利用して収穫日予測が可能と思われる。本稿では、自動作物生育状態把握システムにより、作物の生育丈を監視し、「収穫基準葉長」に達した日に d（日）を加算することで収穫日を予測する方法を、「収穫基準葉長による収穫日予測法」と呼ぶ事とする。

(b) 収穫基準積算温度による収穫日予測法

さらに調査したところ、播種または定植後、「収穫基準葉長」に達した時の積算温度（以下「T」（℃）と呼ぶ）も季節に関係なくほぼ一定の傾向があり、これも収穫日予測に利用できることがわかった。本稿ではこの T を「収穫基準積算温度」と呼ぶ事とする。「収穫基準積算温度」に達した日に d（日）を加算することで、収穫日を予測する方法を、「収穫基準積算温度による収穫日予測法」と呼ぶ事とする。春や秋の気温変動期は、積算温度に達する時期が早まったり遅れたりする傾向がある。収穫基準葉長による予測と合わせると、より安定した予測が可能になる。

(c) 収穫基準積算温度達成日による収穫日予測法

「収穫基準積算温度」である T（℃）が決まると、毎日の気温から播種日または定植日からその積算温度に達するまでの日数（以下、「x」（日）と呼ぶ）を計算できる。この方式を「収穫基準積算温度達成日による収穫日予測法」と呼ぶ事とする。

v 「収穫基準積算温度」を T（℃）、播種した日（開始日）から測定した日までの平均温度を t（℃）とし、気象庁などの周辺地域の過去データ情報[7]が得られる場合は、生育期間に該当する期間の 1 日の温度変化平均を計算して、その値を p（℃）とすると、次式となる。

$$t + (t + p) + \dots + (t + (x - 1) * p) = T$$

上記の式は以下の 2 次方程式となり、ここから x

を求める事ができる。

$$\left(\frac{p}{2}\right) * x^2 + \left(t - \frac{p}{2}\right) * x - T = 0$$

仮に、播種日または定植日を SD とすると、予測収穫日 Y は、次式となる。

$$Y = SD + x + d$$

また、温度などの気象データが取得できない場合も、この方法を使用する。（取得できない場合は p=0 とする）

本予測方法は、t(°C) が大きく p(°C) がゼロに近い高温安定期には最も安定して正確な予測ができる。低温期は p(°C) 値は小さいが分母にあたる t(°C) 値も小さいため予測が不安定になる。異常気象等で大きく気温が変動すると、p(°C) による調整が効かず、正確な予測が難しくなる。

(d) 緑被覆度による収穫日予測法

上記とは別に、葉が地面を覆う割合から収穫時期を推測する方法について考察した。図 32 は、同一品種、同一圃場で、2021 年 6 月初旬に播種した作付けと、2021 年 9 月下旬に播種した作付けについて、カメラ画像を OpenCV、HSV 色空間の技術を用いて解析し、葉が地面を覆う割合を求め、グラフ化したものである。作付け時期が異なってもグラフの形は大きく変わらず、収穫日を予測できる可能性がある。そこで、本稿では、葉が地面を覆う割合から収穫時期を予測する方法を、「緑被覆度による収穫日予測法」と呼ぶ事とする。

具体的には、同一作物ではグラフの形が同じになると仮定し、播種日または定植日を SD、SD から刈取日までの期間 TD とし、SD から緑被覆度 c(%) に達するまでの日数が TD の A(%) にあたるとすると、予測収穫日 Y は以下の式で求められる

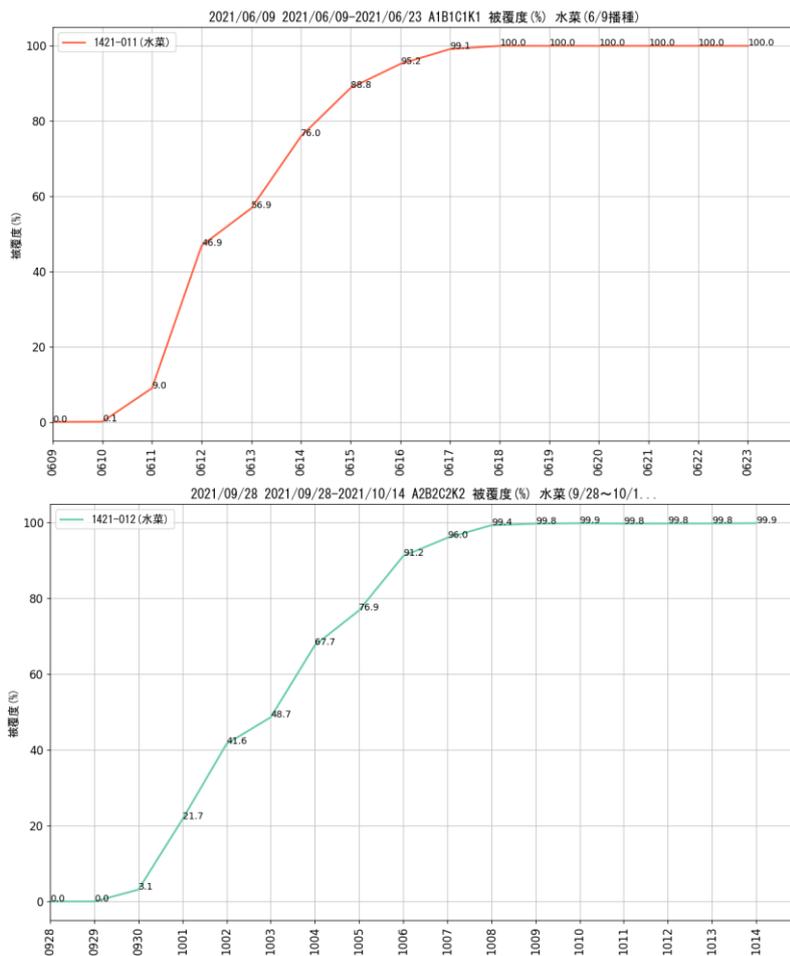


図 32 緑被覆度による収穫日予測

$$Y = SD + A * \left(\frac{100}{c}\right)$$

本「緑被覆度による収穫日予測法」では、前半で被覆度が上がり始める中間付近日程と、後半100%近くに達する日程の2回程度、緑被覆度を求めることで収穫日予測を行う。

(3) 従来積算温度による収穫日予測法との比較

「従来積算温度による収穫日予測法」と、提案する「収穫基準葉長による収穫日予測法」、「収穫基準積算温度による収穫日予測法」、「収穫基準積算温度達成日による収穫日予測法」及び「緑被覆予測による収穫日予測法」との比較実験を行った。

まず、試験導入の水菜の成長記録データから、「収穫基準葉長」と「収穫基準積算温度」を割り出し、表1にまとめた。

表1 表2の列の定義

開始日	播種または定植日
終了日	収穫日
日数1	収穫基準葉長達成日から収穫までの日数
日数2	収穫基準積算温度達成日から収穫までの日数
日数3	日数1,2のうち先に条件を満たした方の日数

表2 収穫までの日数

収穫基準葉長:8.0cm 収穫基準積算温度:230℃

No	開始日	終了日	日数1	日数2	日数3
1	2020/09/17	2020/10/01	3	4	4
2	2020/09/17	2020/10/01	4	4	4
3	2020/10/09	2020/10/26	4	6	6
4	2020/10/09	2020/10/26	4	6	6
5	2021/03/02	2021/03/21	5	2	5
6	2021/03/02	2021/03/21	4	2	4
7	2021/04/08	2021/04/23	3	1	3
8	2021/04/08	2021/04/23	4	1	4
9	2021/05/16	2021/05/01	3	4	4
10	2021/06/09	2021/06/22	5	4	5
11	2021/07/02	2021/07/16	5	6	6
12	2021/07/02	2021/07/16	2	6	6
13	2021/08/12	2021/08/28	4	7	7
14	2021/08/15	2021/08/29	4	6	6
15	2021/09/28	2021/10/11	2	4	4
16	2021/11/24	2021/12/23	7	9	9
17	2021/12/31	2022/02/02	未達	8	8

註)No.17の日数1は「伸長時葉長」が収穫基準葉長に達しなかったため「未達」とした

日数3の平均は5日前後で、季節に関係なく大きな差がないので、「収穫基準葉長」と「収穫基準積算

温度」を使った予測は、dを5日として計算する。

「従来積算温度」による収穫日予測法[14]により15(cm)で収穫日を予測するには、開始日(播種日または定植日)をSD、20(cm)での収穫までの積算温度(400℃または500℃)をT(℃)、当月の平均気温をmt(℃)とすると、収穫日Yは以下の式で予測できる。

$$Y = SD + \left(\frac{T}{mt}\right) * \frac{15}{20}$$

表2のNo.5とNo.16の栽培期間を使用して実際に予測した際の条件をTable3に、結果を表4~表6に示す。手法毎、日毎に予測された収穫日を示す。

表3 予測条件

収穫基準積算温度(℃)	230
収穫基準葉長(cm)	8.0
収穫までの日数	5
被覆度1(%)	60
被覆度1到達までの割合(%)	37.53
被覆度2(%)	98.0
被覆度2到達までの割合(%)	72.5

表4 表5および6の列の定義

日付	開始日~終了日
従1	従来積算温度による収穫日予測法(400℃)
従2	従来積算温度による収穫日予測法(500℃)
積算1	収穫基準積算温度達成日による収穫日予測法
緑	緑被覆予測による収穫日予測法
葉長	収穫基準葉長による収穫日予測法
積算2	収穫基準積算温度による収穫日予測法

表5 表2のNo.5に対する各方式との比較

2021年3月の平均気温12.5℃[15]

日付	従1	従2	積算1	緑	葉長	積算2
03/02	03/26	04/01	03/28			
03/03	↓	↓	03/28			
03/04	↓	↓	03/27			
03/05	↓	↓	03/26			
03/06	↓	↓	03/24			
03/07	↓	↓	03/24			
03/08	↓	↓	03/24	03/17		
03/09	↓	↓	03/24	↓		
03/10	↓	↓	03/24	↓		
03/11	↓	↓	03/23	↓		
03/12	↓	↓	03/23	↓		
03/13	↓	↓	03/23	↓		
03/14	↓	↓	03/24	↓		
03/15	↓	↓	03/24	↓		
03/16	↓	↓	03/24	↓	03/21	
03/17	↓	↓	03/23	↓	↓	

03/18	↓	↓	03/23	↓	↓	
03/19	↓	↓	03/22	03/23	↓	
03/20	↓	↓	03/22	↓	↓	03/25
03/21	↓	↓	03/22	↓	↓	↓

従来積算温度による収穫日予測では5日以上外れているが、本論文で考案した新手法では小さな誤差で収穫日を予測できている。

表 6 表 2 の No. 16 に対する各方式との比較

2021 年 11 月の平均気温 11.6℃ 12 月 6.5℃[15]

日付	従 1	従 2	積算 1	緑	葉長	積算 2
11/24	01/02	01/11	12/25			
11/25	↓	↓	12/28			
11/26	↓	↓	12/21			
11/27	↓	↓	12/23			
11/28	↓	↓	12/21			
11/29	↓	↓	12/21			
11/30	↓	↓	12/21			
12/01	↓	↓	12/20			
12/02	↓	↓	12/20			
12/03	↓	↓	12/21			
12/04	↓	↓	12/23			
12/05	↓	↓	12/23	12/22		
12/06	↓	↓	12/23	↓		
12/07	↓	↓	12/23	↓		
12/08	↓	↓	12/23	↓		
12/09	↓	↓	12/23	↓		
12/10	↓	↓	12/23	↓		
12/11	↓	↓	12/23	↓		
12/12	↓	↓	12/22	↓		
12/13	↓	↓	12/23	↓		
12/14	↓	↓	12/23	↓		
12/15	↓	↓	12/23	↓		12/20
12/16	↓	↓	12/23	↓	12/21	↓
12/17	↓	↓	12/23	12/23	↓	↓
12/18	↓	↓	12/23	↓	↓	↓
12/19	↓	↓	12/23	↓	↓	↓
12/20	↓	↓	12/23	↓	↓	↓
12/21	↓	↓	12/23	↓	↓	↓
12/22	↓	↓	12/24	↓	↓	↓
12/23	↓	↓	12/24	↓	↓	↓

開始日が 11 月下旬である事から、従来積算温度による収穫日予測法は、11 月と 12 月の温度を加味して計算しているが、それでも本論文で考案した新手法との精度の違いがさらに明確である。収穫基準積算温度達成日による収穫日予測法は冬季が不安定という弱点があり、期間の初期は予測データが安定しないが、従来積算温度による収穫日予測法より精度が高い。

(4) 収穫日予測の試みのまとめ

以上の事から、播種日または定植日からなるべく

早期にある程度の収穫日予測は可能となったが、季節や温度変動への追従はまだ十分ではなく、より正確な予測が課題である。また予測方法が複数あり、パラメータの設定が容易ではないので、簡略化、自動化も課題となる。

本検討では、水菜のベビーリーフについて掲載したが、それ以外の農作物についても範囲を広げたい。

3.3.3 自動作物生育状態把握システムの実用化

自動作物生育状態把握システムの実用化をはかるため、自動作物生育状態把握システムを、「豊菜スケール」と改名することとした。

さらに、令和元年～令和 3 年度のデータ農業事業で実用化を進めた農業生産者の販売計画から生産計画立案及び実績管理を行う生産管理ソフトウェアである「豊菜プランナー」と「豊菜スケール」との情報連携をはかるためのソフトウェア開発を行った(図 33)。このソフトウェアの開発により、「豊菜スケール」は、「豊菜スケール」を単独で運用した場合に個別に管理が必要な圃場名や生育中の作物名を「豊菜プランナー」から自動取得可能となる。他方で、「豊菜プランナー」は、「豊菜スケール」により自動計測・算出された生育中の作物丈を、生産進捗情報と共に表示できるようになるなどの利便性が高まる。

また、このソフトウェアの開発により実現された「豊菜プランナー」と「豊菜スケール」との統合システムを、2023 年 3 月から、山梨県北杜市で、水耕栽培による葉物野菜の栽培を行っている NX アグリグローウに試験導入し、本統合システムの評価実験を開始した。

3.3.4 今後の展望

今後は、開発した「豊菜スケール」を、より多くの農業生産法人に利用して頂くため、販売委託先の探索と、販売委託の際のライセンス提供方法などに関する検討を進める。さらに、「豊菜プランナー」と「豊菜スケール」とのセット販売の促進をはかる予定である。

4. おわりに

「新事業創出の枠組み 総論」として「ソリューション指向の開発プロセス」、同プロセスで活用する「EAR-Model」及び「サービス・ドミナント・ロジック」などの手法について報告した。これらについては、「新事業創出の枠組み」と題した独立したドキュメントとして公開し、成果普及を進める予定である。

また、「新事業創出の枠組み 総論」を用いた「新事業創出の枠組み 開発事例」について報告した。具体的には、既存の自社製品を、単に「モノ」として提供するのではなく、顧客の「コト」に応えるように「モノ」に付加価値を付けることによる製品開発の方法である「モノコト」と、顧客の本質的な目的に資する課題を「コト」として見付け出して、「モノ」として新たな製品開発を行う方法である「コトモノ」との2通りの開発方法それぞれについて、「モノコトの開発事例」及び「コトモノの開発事例」を構築した。

「モノコトの開発事例」では、既存製品に付加価値を付けるための検討例を、同機器メーカーの製品であるエアシャフトやコアチャックの販売・保守を例に、「ソリューション指向の開発プロセス」、同プロセスで活用する「EAR-Model」及び「サービス・ドミナント・ロジック」を用いて示した。また、「モノコトの開発事例」の具体的な開発結果として、「ORiNを活用した遠隔保守システム」、「小型硬さ試験機」及び「小型赤外分光測色計」について報告した。

「コトモノの開発事例」では、顧客の本質的な目的に資する課題を「コト」として見付け出して、「モノ」として新たな製品開発を行う方法例を、(株)果実堂の圃場見回り作業による作物の生育丈計測作業の自動化を例に、「ソリューション指向の開発プロセス」、同プロセスで活用する「EAR-Model」及び「サービス・ドミナント・ロジック」を用いて示した。また、「コトモノの開発事例」の具体的な開発結果として、「豊菜スケール」について報告した。

「新事業創出の枠組み 総論」として提案した「ソリューション指向の開発プロセス」、同プロセスで活用する「EAR-Model」は、令和4年度から実施してい

る「食品工場支援事業」における中小食品工場の企業活動分析や課題発見及び課題解決方法の検討などの場面でも活用しており、これらの手法が汎用的であることも確認された。

また、「モノコトの開発事例」から生まれた「ORiNを活用した遠隔保守システム」、「小型硬さ試験機」及び「小型赤外分光測色計」、「コトモノの開発事例」から生まれた「豊菜スケール」は、引き続き「事業化支援事業」の活動として成果普及を進める予定である。本事業の成果が、中小製造業の新事業創出に役立つ、機械産業の発展の一助になれば幸いである。

末筆ながら、(株)ハイメックス、スマートロジック(株)、(株)果実堂をはじめ、本事業にご協力を賜った皆様に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] 木村利明：“生産技術の異分野適用のための企業活動参照モデル—農業分野への適用事例—”，開発技術学会誌 Volume 24, 2018, pp.1-18(2018)
- [2] 高橋儀光：“第4回ソリューション指向の新事業開発のプロセス”，日本能率協会コンサルティング，
https://www.jmac.co.jp/column/opinion/016/takahashi_004.html, (2019)
- [3] Vargo, S.L. and Lusch, R.F. (2004) Evolving to a New Dominant Logic for Marketing. *Journal of Marketing*, 68, 1-17.
<https://doi.org/10.1509/jmkg.68.1.1.24036>
- [4] 木村利明：“コトづくりによる新事業創出に関する研究 第1報 ORiN を活用した遠隔保守システム”，第20回システムインテグレーション部門講演会 (SI2019) 論文集, pp.1871-1876, (2019)
- [5] 木村利明：“コトづくりによる新事業創出に関する研究 第2報 自動作物生育状態把握システム”，第21回システムインテグレーション部門講演会 (SI2020) 論文集, pp.516-521, (2020)
- [6] 楠田隆：“コトづくりによる新事業創出に関する研究 第3報 ORiN を活用した遠隔保守システムの開発”，第22回システムインテグレーション部門講演会 (SI2021) 論文集, SY0009/21/0000 - 2937 ◦ 2021 SICE
- [7] 森川千秋：“コトづくりによる新事業創出に関する研究 第4報 自動作物生育状態把握システムの評価実験”，第22回システムインテグレーション部門講演会 (SI2021) 論文集, SY0009/21/0000 - 0947 ◦ 2021 SICE
- [8] 楠田隆：“コトづくりによる新事業創出に関する研究 第5報 高分子材料部品の予防保全の試み”，第23回システムインテグレーション部門講演会 (SI2022) 論文集, SY0010/22/000-02927 @2022 SICE
- [9] 森川千秋：“コトづくりによる新事業創出に関する研究 第6報 自動作物生育状態把握システムを用いた収穫日予測の試み”，第23回システムインテグレーション部門講演会 (SI2022) 論文集, SY0010/22/000-0009@2022 SICE
- [10] <http://www.himecs.com/>, (2019)
- [11] <http://www.smartlogic.co.jp/>, (2019)
- [12] <https://www.kajitsudo.com/>, (2023)
- [13] 特願 2019-184401, (2019), 特許第 7184727 号 (2022. 10. 14)
- [14] ハーベストタイマー
- [15] <https://harvest-timer.com/temperature/>
- [16] 気象庁 | 過去の気象データ検索
<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>