

KSK-GR2-2

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回計測自動制御学会

システムインテグレーション部門講演会

講演論文

令和3年3月

一般財団法人 機械振興協会 技術研究所

はじめに

本書は、令和2年12月16日（水）～18日（金）に、（一社）計測自動制御学会システムインテグレーション部門主催で開催された第21回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会（オンライン）に、一般財団法人 機械振興協会 技術研究所が実施する機械産業新事業創出事業の成果の一部を発表した際の講演論文の転載である。

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

○木村 利明 (機械振興協会), 森川 千秋 (機械振興協会),
北村 政彦 (機械振興協会), 藤原 倫明 (機械振興協会)

Research on new business creation based on Kotozukuri

2nd report: Easy Leaf Measuring System

○Toshiaki KIMURA (JSPMI), Chiaki MORIKAWA (JSPMI),
Masahiko KITAMURA (JSPMI), Noriaki FUJIWARA (JSPMI)

Abstract: Study on new business creation based on Kotozukuri for small and medium-sized manufacturers is done. A framework to develop products from the perspective of Kotozukuri is considered in the study. Moreover, two methods are in the framework, as adding services to existing products to improve value, and developing new products that have never existed by responding to potential needs. Prototype systems based on these methods are also developed in the study. In this paper, the method of development of new products that have never existed by responding to potential needs and a development of Easy Leaf Measuring System as a prototype system based on the method.

1. 緒言

中小製造業には、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のモノづくりは、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る。

そのため、これらの企業が自社製品開発に取り組もうとした場合、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。

特に、持続発展可能な製品開発のためには、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やりたいコトに寄添い、単なるモノとして製品を供給するばかりではなく、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とされる[1][2]。

そこで、中小製造業のコト起点の製品開発を支援するため、コトづくりによる新事業創出に関する研究を行っている。本研究では、コト起点の製品開発のための枠組みを開発すると共に、その枠組みにもとづく事例

提示を目指す。

前回発表した第1報では、コト起点の製品開発のための枠組みと、事例の開発の一部について報告した[3]。本枠組みでは、顧客のコトに貢献するサービスを、提供者として製造業が提供する場合、提供者が既に持つ製品にサービスを付加して、顧客のコトに対応させるモノ・コト開発と、顧客が認識していない潜在的にやりたいコトを共創してモノとして実装するコト・モノ開発との2つの手順があることを提案した。また、事例の開発として、これらの手順のうち、モノ・コト開発の事例について報告した。本開発事例では、中小機器メーカーが、機器単体の供給のみならず、顧客の持続的な機器運用及び高品質で高効率な製品製造を行なうコトに資する現場改善支援サービスや保守サービスなどの提供も目指した新事業の創出に資する ORiN(Open Resource Interface for the Network [4][5])を活用した遠隔保守システムについて報告した。

本報では、第2報として、もう一つの手順であるコト・モノ開発の手順例を示すと共に、コト・モノ開発の事例について報告する。コト・モノ開発の手順例は、ソリューション指向の開発プロセス[1][2]及び EAR-Model(Enterprise Activity Reference Model) [1]をもとにする。また、コト・モノ開発の事例では、本手順をもとに

して開発した自動作物生育状態把握システムについて報告する。本システムは、土耕栽培による葉菜栽培を行う農業生産者向けに、これまで作業者が直接圃場を見回ることで確認していた葉菜の生育丈を自動計測、管理するための仕組みである。

2. モノ・コト開発の手順例

本章では、顧客が認識していない潜在的にやりたいコトを共創してモノとして実装するコト・モノ開発の手順例を示す。本手順は、ソリューション指向の開発プロセス及びEAR-Modelにもとづく。ソリューション指向の開発プロセスは、Fig.1に示す通りであり、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手順であり、具体的なプロセスは、次の通りである。

- (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」(課題) 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

これらのうち、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の議論では、製造業と顧客企業と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共有や、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必要がある、これらの活動の相互関係の理解を支援する参照モデルとして、Fig.2に示すEAR-Modelを用いることとした。本モデルは、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、国際標準にもとづくライフサイクルステージを組み合わせて体系化しており、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もとづく(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。

本手順が、コト・モノ開発を実施する際の一助となると考える。

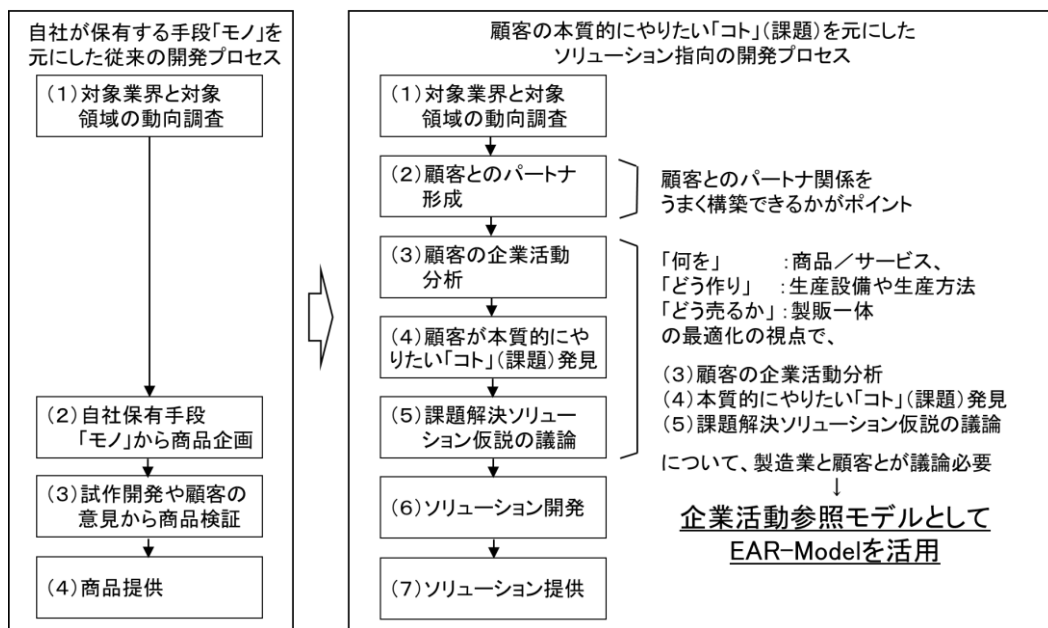


Fig.1 Solution-oriented development process

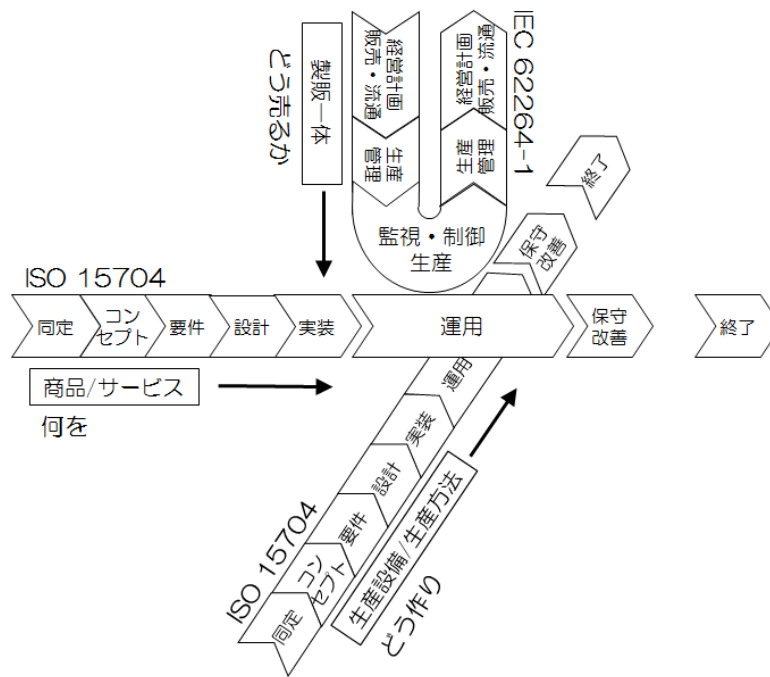


Fig.2 EAR-Model (Enterprise Activity Reference Model)

3. 自動作物生育状態把握システム

3. 1 開発仕様

ソリューション指向の開発プロセス及び EAR-Model をもとにした開発手順によるコト・モノ開発の一事例として、自動作物生育状態把握システムを開発した。本節では、本開発手順のうち、ソリューション指向の開発プロセスの(5)課題解決ソリューション仮説にあたる開発仕様の導出に至った過程を報告する。

まず、ソリューション指向の開発プロセスにおける(1)対象業界と対象領域の動向調査に関しては、農業分野の概況調査の結果、市場の発展性や農業生産者の投資意欲などの観点で、ベビーリーフ栽培を行う農業生産者とした。

次に、(2)顧客とのパートナー形成については、著者が所属する(一財)機械振興協会 技術研究所が、製造業の農業分野参入支援を目的として、2013年11月に設立し、2020年10月時点で農業生産者12社と製造業8社のメンバーが参加するコンシューマーアグリ研究会[6]を所管しており、本研究会の農業生産者メンバーとの協力関係を活用した。

また、(3)顧客の企業活動分析では、農業生産者メンバ

のうち、具体的に(株)果実堂の協力を得て、EAR-Modelにより、企業活動の分析を行った。Fig.3は、その分析結果の一部であり、農業生産者の顧客であるスーパーマーケットなどのニーズと、ニーズに応えるための農業生産者の課題と対応、製造リードタイムと販売リードタイムの関係などを示している。

さらに、(4)顧客が本質的にやりたい「コト」(課題)の発見では、(3)顧客の企業活動分析で示した農業生産者の課題と対応のうち、更なる改善が必要と思われる点を挙げた。この更なる改善が必要と思われる点のうち、本自動作物生育状態把握システムの開発に至ったプロセスとし着目した箇所が、Fig.3の「生産設備/生産方法」の箇所である。このプロセスでは、品質(Quality)、コスト(Cost)、納期(Delivery)、安全(Safety)、士気(Motivation)などの改善が求められることが多い。このうち、特にコストについては、設備投資の減価償却や人件費などからなる固定費の削減、材料費などの直接費の削減が求められる。特に、固定費は、製造リードタイムの改善により、単位製品あたりのコスト改善が可能であるが、もともとの生産に関わる人件費低減のための省人化や自動化がより効果的である。(株)果実堂の場合、熊本空港周辺でも数百棟の圃場を有し、ハウス環境制御や灌水な

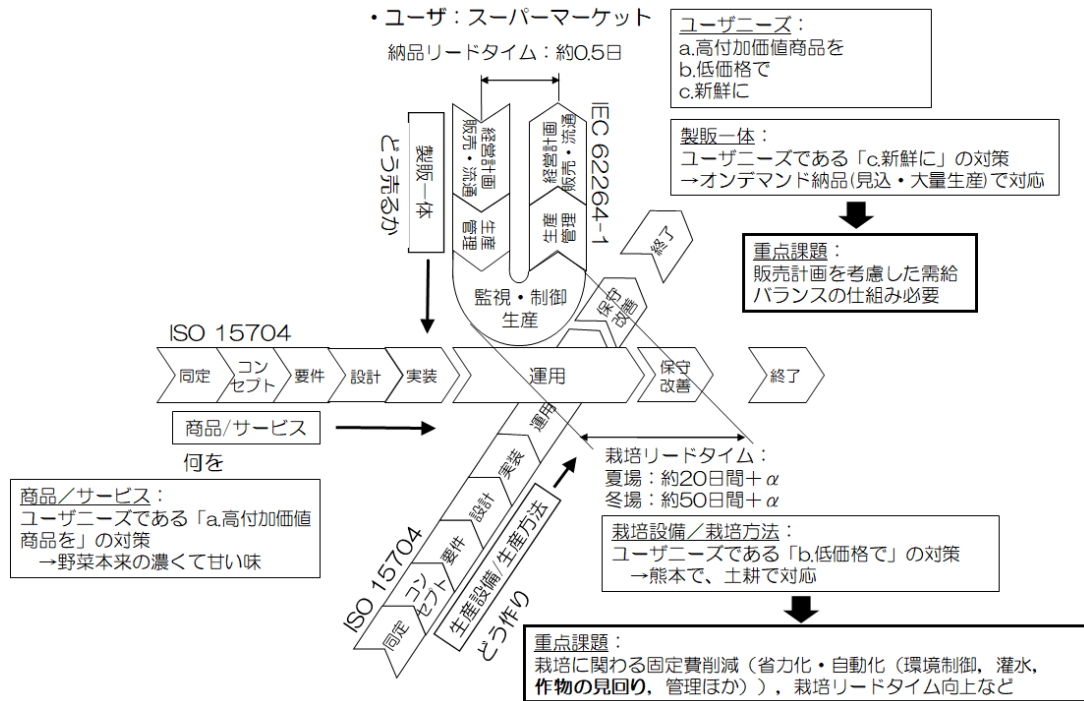


Fig.3 Analyzing of an enterprise activity using EAR-Model

どの自動化は取り組まれているものの、作物の生育丈の測定などの作物の状態把握は、人の見回り作業により行っており、この自動化が潜在的な課題であることから、本自動作物生育状態把握システムの開発動機となった。

(5) 課題解決ソリューション仮説の議論としては、対象を、(株)果実堂でも用いられている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とした場合、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、(株)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、Fig.4 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、Fig.4 右に示す通り、作



Fig.4 Basic method of the system

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[7]した。なお、本立て札も作業者により容易に設置、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. 2 開発システムの構成

3.1節で示した開発仕様にもとづく、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。本段階は、ソリューション指向の開発プロセスにおける(6)ソリューション開発に該当する。

開発したプロトタイプシステムの構成を、Fig.5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)製,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。計測

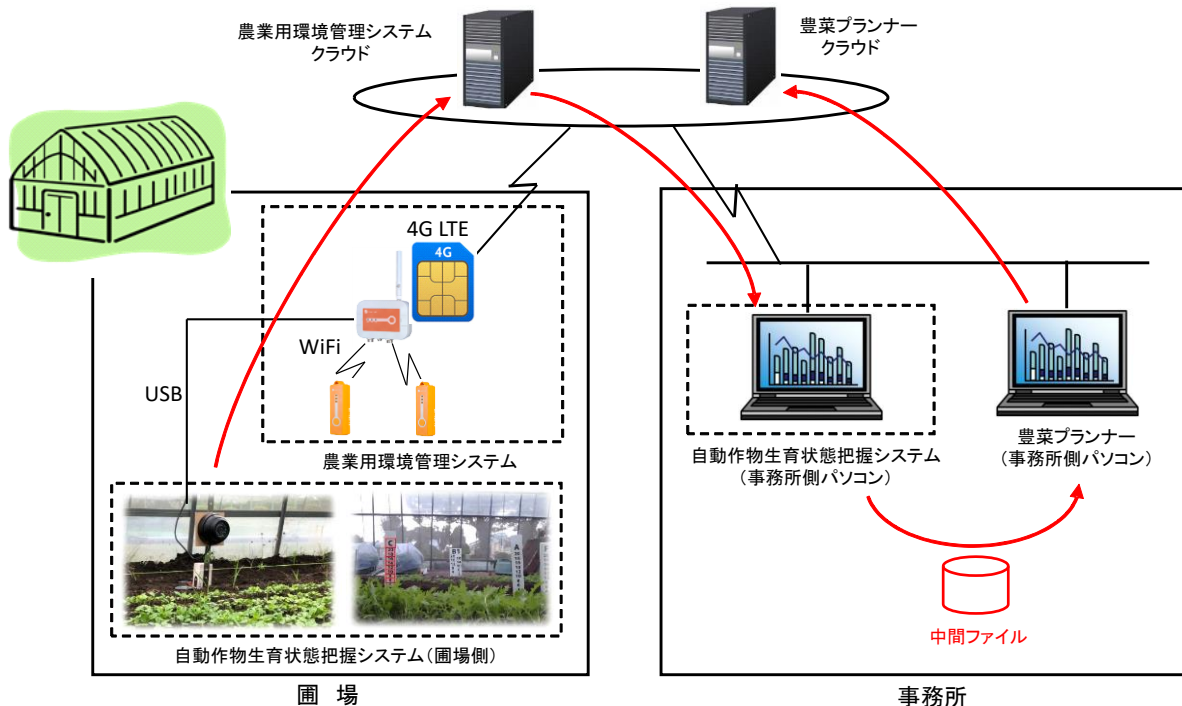


Fig.5 Configuration of the prototype system



Fig.6 An example of application

された作物の生育丈は、CSV (Comma Separated Values) 形式のファイルにより、生産管理システムである豊菜プランナー[8]に読み込まれ、他の生産に関わる情報と共に統合管理される。なお、自動作物生育状態把握システムと連携活用される豊菜プランナーは、データのアクセス管理に、製造業向けネットワークミドルウェアであるORiNを活用している。

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、Fig.6 に示す通り、基本的な動作が実行できることを確認した。

3. 3 農業生産者における試験導入

開発したプロトタイプシステムを、評価実験のため、(株)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、Fig.5 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トタイプシステムを試験導入のため設置した(Fig.7)。

今後は、実際の作物の栽培を通して、自動作物生育状態把握システムの本プロトタイプシステムの評価実験を進める予定である。

本評価実験の結果が良好となり、(株)果実堂をはじめ、農業生産者への本格導入が開始されれば、本段階は、ソリューション指向の開発プロセスにおける(7)ソリューション提供に相当することになる。

4. 結言

本研究の第2報として、コト・モノ開発の手順例を示すと共に、コト・モノ開発の事例について報告した。コ



Fig.7 Installation of the system to a field of Kajitsudo Co., Ltd.

ト・モノ開発の手順は、ソリューション指向の開発プロセス及びEAR-Modelをもとにした。また、コト・モノ開発の事例では、本手順をもとにして試作開発した自動作物生育状態把握システムについて報告した。

試作開発した自動作物生育状態把握システムは、評価実験のため、農業生産者である(株)果実堂に試験導入した。今後は、実際の作物の栽培を通して、自動作物生育状態把握システムの本プロトタイプシステムの評価実験を進め、ソリューション指向の開発プロセス及びEAR-Modelをもとにしたコト・モノ開発の事例の開発として完結させる予定である。

本研究開発を行うにあたり、ご協力を頂いた(株)果実堂及びスマートロジック(株)に深く御礼申し上げます。

また、本研究成果が、中小製造業のコト起点の製品開発の一助となれば幸いである。

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] 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)
- [4] 木村利明：“「接続できない！」を解決に導く日本の技術とは？”，経済産業省 METI Journal, 2015 4・5月号, pp.8-9(2015)
- [5] <https://www.orin.jp/>, (2020)
- [6] http://www.jspmi.or.jp/tri/consumer_agri/index.html, (2020)
- [7] 特願 2019-184401, (2019)
- [8] <https://housai.net/>, (2020)