

令和 6 年度（2024 年度）
海外技術調査報告

令和 7 年（2025 年）9 月

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
農業機械研究部門

目 次

1. 第6回 CIGR 国際会議 2024 への参加 (5/18-23、韓国) 1
無人化農作業研究領域 小型電動ロボット技術グループ 研究員 PHAM Thi Quynh Anh
2. AgGateway 2024 Mid-Year-Meeting への参加 (6/9-14、アメリカ) 5
知能化農機研究領域 国際標準・土地利用型作業グループ グループ長 田中 慶
主席研究員 竹崎あかね
3. AgGateway 2024 年次総会への参加 (11/10-15、アメリカ) 9
知能化農機研究領域 国際標準・土地利用型作業グループ グループ長 田中 慶
主席研究員 竹崎あかね
4. GreenTech Amsterdam 2024 会期中にオランダ園芸業界と出会う VIP プログラムへの参加
(6/9-14、オランダ) 12
知能化農機研究領域 施設園芸生産システムグループ 研究員 下元耕太
5. OECD トラクタコードテクニカルワーキング・サブワーキンググループ会合、テストエン
지니어会合、年次会合への参加 (6/22-27、スロバキア) (11/2-7、フランス) (3/11-
15、フランス) 21
安全検査部 安全評価グループ 上級研究員 川瀬芳順
システム安全工学研究領域 予防安全システムグループ 兼 安全検査部 安全評価グループ
研究員 原田一郎
研究員 滝元弘樹
システム安全工学研究領域 協調安全システムグループ 兼 安全検査部 安全評価グループ
研究員 松本将大
6. スマート農業国際標準化セミナーでの招待講演 (7/1-5、韓国) 25
安全検査部 安全評価グループ 上級研究員 川瀬芳順
7. 「2024 CSBE AGM and Technical Conference」への参加 (7/6-12、カナダ) 27
無人化農作業研究領域 小型電動ロボット技術グループ 研究員 Oyebode Oyetayo Olukorede
8. 22nd Triennial Congress of the International Ergonomics Association (IEA2024)
への参加・発表 (8/25-30、韓国) 33
システム安全工学研究領域 協調安全システムグループ 研究員 向 霄涵
9. 第65回 ISO/TC299/WG2 会合への参加 (9/7-13、ドイツ) 35
システム安全工学研究領域 協調安全システムグループ 研究員 田中正浩

10. 大韓民国農村振興庁主催「2024 国際農作業安全シンポジウム」での講演及び現地視察
(9/9-13、韓国) 38
安全検査部 部長 志藤博克
安全検査部 安全評価グループ 主任研究員 山崎裕文
11. The 11th International Symposium on Machinery and Mechatronics for Agriculture
and Biosystems Engineering (ISMAB2024) への参加・発表 (9/26-30、インドネシア)・
..... 44
知能化農機研究領域 施設園芸生産システムグループ グループ長 深津時広
研究員 下元耕太
研究員 樫野雅和
研究員 太田 望
12. Gadjah Mada University への訪問 (9/30-10/3、インドネシア) 46
知能化農機研究領域 施設園芸生産システムグループ 研究員 下元耕太
13. ANTAM 年次会合への参加 (12/1-7、ネパール) 49
安全検査部 安全評価グループ 上級研究員 川瀬芳順
14. AEF TechWeek 2025 への参加 (1/19-25、ドイツ) 52
知能化農機研究領域 国際標準・土地利用型作業グループ グループ長 田中 慶
研究員 土川寛崇
15. BRIDGE「スマート農業の ASEAN 展開に係る国際標準化」事業におけるタイ現地視察と意
見交換 (2/17-21、タイ) 57
機械化連携推進部 機械化連携推進室 機械化連携調整役 古山隆司
機械化連携調整役 臼井善彦
知能化農機研究領域 国際標準・土地利用型作業グループ 主席研究員 竹崎あかね
16. IAL 推進のための INRAE・TSCF 訪問 (3/4-15、フランス) 61
知能化農機研究領域 国際標準・土地利用型作業グループ 主任研究員 趙 元在
17. ISO/TC347「データ駆動型アグリフードシステム」第3回年次総会及び関連部会への参加
(3/9-15、ドイツ) 65
知能化農機研究領域 国際標準・土地利用型作業グループ 主席研究員 竹崎あかね

*なお、海外派遣した職員の所属及び役職は、調査実施時点におけるもので示す。

1. 第6回 CIGR 国際会議 2024 への参加 (5/18-23、韓国)

無人化農作業研究領域 小型電動ロボット技術グループ 研究員 PHAM Thi Quynh Anh

1. 目的

2024年5月19日から23日にかけて韓国・済州で開催される第6回 CIGR 国際会議 2024 に参加し、研究成果の発表を行うとともに、農業機械のみならず農業分野全般に関する情報や技術について、世界各国の研究者と意見交換を行い、より幅広い知見と情報を収集することを目的とする。

2. 日程

令和6年5月18日(土)～23日(木)(6日間)

| 日数 | 日付 | 都市名・訪問先 | 摘要 |
|----|---------|---------------|--------------------------|
| 1 | 5/18(土) | 職場→済州 | 移動日 |
| 2 | 5/19(日) | 国際コンベンションセンター | 第6回 CIGR 国際会議 2024 参加・発表 |
| 3 | 5/20(月) | | |
| 4 | 5/21(火) | | |
| 5 | 5/22(水) | | |
| 6 | 5/23(木) | 済州→職場 | 移動日 |

3. 主な訪問先

| 日付 | 訪問先 | 住所等 |
|---------|---------------|---|
| 5/19-22 | 国際コンベンションセンター | https://cigr.org/view-events |

4. 結果の概要

CIGR 国際会議は、農業工学分野における先進技術や研究成果を共有するため、科学者および研究者を対象に2年ごとに開催される国際会議である。2024年に開催された本会議は、「Digital Agriculture (Feeding the Future)」をテーマに掲げた。会議プログラムは、①農業機械、②ロボット工学とセンサ、③農業構造と環境、④持続可能な作物生産、⑤人工知能のためのデータ科学、⑥農産物加工のためのマシンビジョン、⑦食品安全・加工工学、⑧インテリジェント家畜生産の新技术、という8つの技術セッションで構成された。これらのセッションは、多岐にわたる学術分野の最新知見を交換し、学際的な議論を促進する貴重な機会となった。

会期中、各日において分野の第一人者を招聘した約45分間の特別講演が行われた。さらに、研究テーマごとに多数の口頭発表およびポスター発表が設けられ、複数の会場で並行して実施された。ポスターセッションや休憩時間は、参加者が専門家と直接意見交換を行う活発な議論の場としても機能した。本会議の参加規模は38カ国から672名に達し、発表件数は口頭340件、ポスター204件であった(図1)。

特別講演の中でも、以下の発表は特に注目すべき内容であった。

ワシントン州立大学の Manoj Karkee 教授は、果樹園における農業の自動化とロボット工学をテーマに講演した。同教授は、リンゴ収穫や果樹剪定といった従来の取り組みを概説するとともに、将来の農業においてAI駆動型のロボット、自動化、および精密システムが担う重要性

を論じた。さらに、自身の研究プログラムで開発中の新技術についても紹介された（図2）。

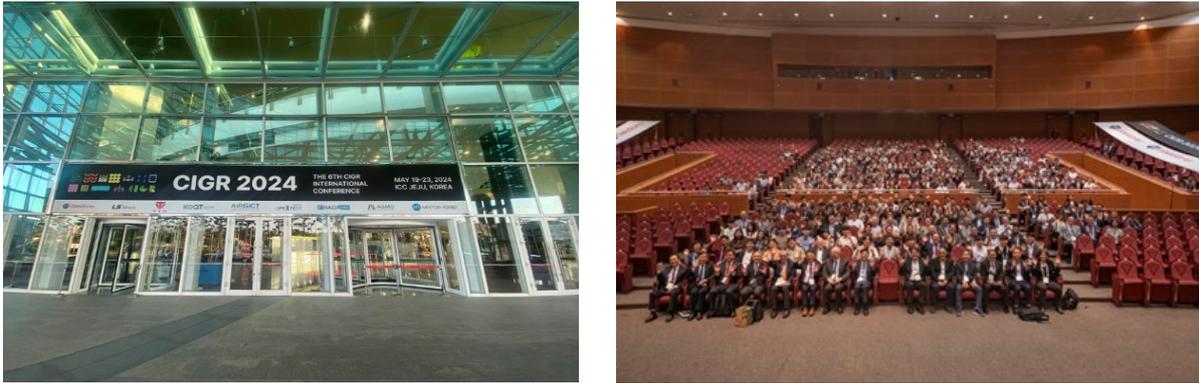


図1 会議会場（国際会議場）（左）及び第6回 CIGR2024 参加者（右）



図2 ワシントン州立大学の Manoj Karke 教授の発表

次に、ワーヘニンゲン大学の Eldert van Henten 教授は、温室の機械化におけるロボット導入の現状と課題について論じた（図3）。特に、ロボット自動化システムを社会実装する上での技術的および非技術的な障壁について具体的な指摘がなされた。



図3 ワーヘニンゲン大学の Eldert van Henten 教授の発表

また、国立台湾大学の Yan-Fu Kuo 教授は、台湾の農業、水産養殖、畜産業界における AI とコンピュータビジョンの応用事例を紹介し、これらの分野における将来的な発展可能性について言及した（図 4）。



図 4 国立台湾大学の Yan-Fu Kuo 教授の発表

また、筆者は植物生産のセッションにおいて、「AI による作物認識技術を搭載した自動畝間除草ロボットの開発 (Development of an Automated Inter-row Weeding Robot Equipped with AI-driven Crop Recognition Techniques)」と題する研究発表を行った（図 5）。本発表には多数の聴講者が集まり、ロボット工学分野の専門家を交えた活発な質疑応答が行われた。特に、John F. Reid 教授（イリノイ大学アーバナ・シャンペーン校）、Alex Thomasson 教授（ミシシッピ州立大学）、野口伸教授（北海道大学）、飯田訓久教授（京都大学）をはじめとする複数の研究者から、今後のシステム改良に繋がる有益な質問や助言が得られた。これらの意見交換は、本研究を発展させる上で重要な示唆を与えるものであった。セッション終了後、筆者は『Computers and Electronics in Agriculture』誌の編集長を務める Manoj Karkee 教授と、自身の研究についてさらに議論を深める機会を得た（図 6）。同教授からは筆者の研究テーマに対して高い関心が示され、将来的な共同研究の可能性についても言及があった。



図 5 発表の様子



図6 Manoj Karkee 教授との記念撮影

本国際会議への参加は、当該分野における最新の研究動向を把握するとともに、国内外の研究者との人的ネットワークを構築・拡充する上で、極めて有意義であった。特に、近年の社会情勢により対面での交流機会が限られていた若手研究者にとって、このような会議は最新の研究成果を交換する機能に留まらない。将来の留学や国際共同研究へと発展し得る学術的ネットワークを形成するための、不可欠な基盤となる。したがって、若手研究者に対する参加機会の確保は、次世代の研究者育成と科学技術の国際的な発展を促進する上で極めて重要であると結論付けられる。

5. 収集資料等

- ・ 第6回 CIGR 国際会議 2024 の Proceedings

2. AgGateway 2024 Mid-Year-Meeting への参加（6/9-14、アメリカ）

知能化農機研究領域 国際標準・土地利用型作業グループ グループ長 田中 慶
主席研究員 竹崎あかね

1. 目的

欧米の主要農機メーカー等が参画する国際企業フォーラム AgGateway の Mid-Year-Meeting において、ADAPT(AgGateway が提唱しフォーラム標準となっている FMIS 間のデータ交換規格)、Agrisemantics（農業に関する語彙体系）、ISO/TC347（データ駆動型アグリフードシステムに関する専門委員会）等のワーキンググループや、AgGateway が提供する各種ツールのトレーニングメニューに参加し、意見交換、情報収集を行う。本出張は、特にアジア地域の農業事情を反映した ADAPT Data Model への改訂や、TC347 での国際規格開発に資する情報入手を目的とする。

2. 日程

令和 6 年 6 月 9 日～14 日（6 日間）

| 日数 | 日付 | 都市名・訪問先等 | 摘要 |
|----|---------|-------------------------------|---------|
| 1 | 6/9(日) | 東京→経由地→デモイン→アルトゥーナ | 移動日 |
| 2 | 6/10(月) | AgGateway Mid-Year-Meeting 参加 | アルトゥーナ泊 |
| 3 | 6/11(火) | | |
| 4 | 6/12(水) | | |
| 5 | 6/13(木) | アルトゥーナ→デモイン→経由地→ | 移動日 |
| 6 | 6/14(金) | 東京 | 移動日 |

3. 主な訪問先と対応者

AgGateway Mid-Year-Meeting 会場「Prairie Meadows Hotel and Casino」

<https://www.prairiemeadows.com/>

窓口：AgGateway メンバーサービス (Member.Services@AgGateway.org)

4. 会議日程

| 日付 | 内 容 |
|------|---|
| 6/10 | ・ AgGateway ツール等トレーニング |
| 6/11 | ・ オープニングセッションと基調講演 ・ ADAPT 委員会 ・ Agrisemantics infrastructure ワーキンググループ ○ADM 関連についてキーマンと意見交換 |
| 6/12 | ・ TC347 ワーキンググループ ・ Agrisemantics 委員会 |

5. 結果の概要

1) AgGateway の活動

AgGateway は農業や関連産業のデジタル課題の解決を目指し、企業が情報に迅速にアクセスできるように、標準およびその他リソースを開発する、グローバルな非営利団体である。農機研がタイでの実証試験に利用する、FMIS(営農管理システム)間データ交換ツール ADAPT、

及び ADAPT Data Model の開発整備を進める。また、ISO の米国メンバー組織、米国規格協会（ANSI）が認定した、アメリカ農業生物工学会（American Society of Agricultural and Biological Engineers ; ASABE）の米国技術諮問グループにも参画し、米国の立場が国際規格に反映されるよう尽力している。

2) Mid-Year-Meeting の開催目的

AgGateway は、業界セクターを超えた独自のグローバルフォーラム（Annual Meeting、Mid-Year-Meeting など）を開催しネットワーキングの機会を提供している。今回参加した Mid-Year-Meeting は、①既存プロジェクトにおける半年間の進捗状況を確認し今後の方向性を明確にすること、②次に取り組むべきプロジェクトを特定すること、③農業および関連産業のデジタル化の主要トレンドを共有することを目的に開催された。37 団体から参加があったがアジアからの参加は我々のみであった。

3) ADAPT 委員会

6/18 に ADAPT Standard Ver1.0 がリリースされるにあたり、その概要がシナリオ（収穫、植え付け時の地図データ等の交換）を用いて説明された（図 1、<https://adaptstandard.org/docs/scenarios/>）。今後は、灌漑作業、GHG に関する規制等のシナリオが新たに設定され ADAPT Standard の検討が継続される予定である。以上から、ADAPT Data Model 改訂への提案は、シナリオで利用場面を明確にする、あるいは AgGateway のシナリオに沿っていることが望ましいと考える。

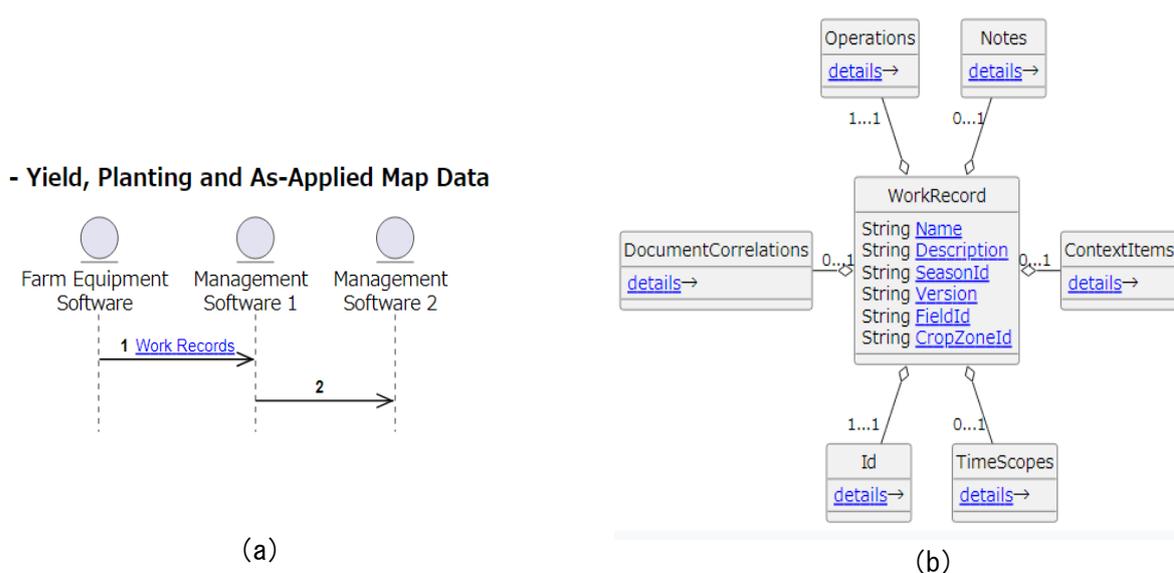


図 1 収穫、植え付け時の地図データ等交換。

（ソフトウェア間の「WorkRecords」データフロー（a）と「WorkRecord」データモデル（b）を示す。）

4) キーパーソンとの ADAPT に関する意見交換

参加者：AgGateway 側 3 名と田中・竹崎

- Andres Ferreyra (Syngenta) : ISO TC347 議長。AgGateway の Agrisemantics_WG に関与。
- Stuart Rhea (ANSI) : ISO TC347 [作物モデルと統制語彙] アドホックグループ議長。AgGateway の ADAPT_WG に関与。
- Kelly Nelson (FarmBelt North) : ADAPT_WG OperationType に関与。

農機研によるタイでの実証試験では、ADAPT Data Model が水田農業に未対応のために、データ交換に支障が生じることがあった。そこで、アジア地域の農業事情を反映した ADAPT Data Model への改訂がなされるよう、ADAPT Data Model の OperationType に水田作業用語の追加提案を行った。AgGateway 側は、ADAPT Data Model の OperationType に“代かき”等を地域特有の用語として追加する意義を理解し今後の検討を約束した。ContextItem などを利用した国際農業標準語彙 AGROVOC への参照付与を AgGateway 側は検討中であり、地域特有の語彙：農作業基本オントロジー (AAO) への参照はその後の検討になる。水田作業用語の詳細や AAO のデータ (AGROVOC へのリンク情報含む) は農機研から後日 AgGateway 側に送付することとなった。引き続き意見交換することで合意した。



図2 Andres Ferreyra 氏 (写真中央)

5) ISO_TC347 ワーキンググループ

ISO TC 347 (データ駆動型アグリフードシステムに関する専門委員会) はスマート農業に関わる戦略諮問グループの報告勧告に従い、2023年10月に設置された。AgGateway は TC 347 のリエゾン組織に指定され (<https://www.iso.org/committee/9983782.html>)、TC347 議長に Andres Ferreyra 氏 (AgGateway、シンジェンタ)、ASABE の TAG 議長に Brent Kemp 氏 (AgGateway の CEO) が就任するなど、TC347 の活動に深く関与する。ワーキンググループでは、TC347 の内容や計画が説明され、3つのアドホックグループ、【作物定義 (アメリカ主導)、制御環境 (韓国主導)、IPM (中国主導)】が設置されることが報告された。

6) Agrisemantics 委員会

AgGateway での Agrisemantics に関する活動は TC347 のアドホックグループに反映される見込みである。本委員会では、Agrisemantics に関するワーキンググループから、リソースの種類 (種子やデバイスなど) を明確に識別し、FMIS または現場作業で利用可能な参照データが重要であることが強調された。なお、AgGateway において、参照データは、通常企業等から提供される、インスタンスに利用可能な情報 (機械のモデル番号など) である。この中には業界全体で共有する統制語彙も含む。AgGateway の作物モデル案は、外部の統制語彙を参照する形で (図3-a) 構築されている。品種や特性等の属性で検索することでデータにアクセスできるように API も設計されている。

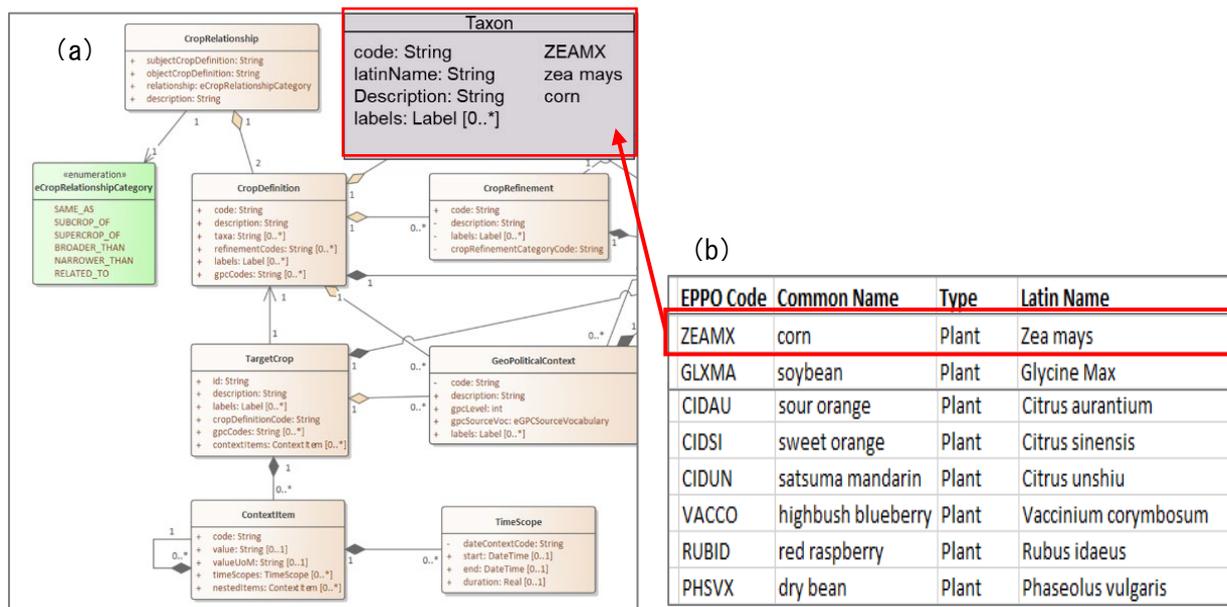


図3 AgGatewayの作物モデル案

(a) : AgGatewayの作物クラス図

用語間の関係（同義など）、生物分類情報（EPP0 Standardsを参照）等を定義

(b) : EPP0 Standards

欧州地中海植物防疫機構（European and Mediterranean Plant Protection Organization; EPP0）が植物検疫や防除活動の円滑化のため作成。

AgGatewayの作物モデル案は既存の統制語彙 EPP0 Standardを参照する構造。

7) まとめ

本出張において、アジア地域の農業事情を反映した ADAPT Data Model 改訂や、TC347での国際規格開発に資する情報入手、およびキーマンとの意見交換ができ当初目的を達成できた。今後は ADAPT Data Model 改訂に向けて関連データの送付、オンラインでの意見交換を行うとともに、国際標準化活動に大きな影響を及ぼす AgGateway の活動状況について継続的に情報収集する。

6. 収集資料等

- ・ AgGateway 2024 Mid-YEAR—Meeting 発表資料

3. AgGateway 2024 年次総会への参加（11/10-15、アメリカ）

知能化農機研究領域 国際標準・土地利用型作業グループ グループ長 田中 慶
主席研究員 竹崎あかね

1. 目的

欧米の主要農機メーカー等が参画する国際企業フォーラム AgGateway 2024 年次総会において、ADAPT（AgGateway が提唱しフォーラム標準となっている FMIS 間のデータ交換規格）、Agrisemantics（農業に関する語彙体系）、ISO/TC347（データ駆動型アグリフードシステムに関する専門委員会）等のワーキンググループに参加し、情報収集する。また、アジア水田農業に適応可能な ADAPT Data Model（ADM）の拡張について、事前送付した提案書をもとに意見交換する。本出張によって、BRIDGE の事業目標である日本や ASEAN 地域に適応した ADAPT Data Model への拡張について、AgGateway 側と早期に合意形成することを目指す。

2. 日程

令和 6 年 11 月 10 日～15 日

| 日数 | 日付 | 行程・訪問先 | 概要 |
|-----|----------------|---------------|------------------|
| 1 | 11/10(日) | 東京→経由地→オースティン | 移動日 |
| 2-4 | 11/11(月)～13(水) | オースティン | AgGateway 年次総会参加 |
| 5 | 11/14(木) | オースティン→経由地 | 移動日 |
| 6 | 11/15(金) | →東京 | |

3. 主な訪問先

年次総会会場（オースティン）での主な活動内容

| 日付 | 内容 |
|----------|---|
| 11/11(月) | ・オープニングセッションと基調講演 |
| 11/12(火) | ・ADAPT セッション、TC347 セッション ○ADM の開発担当者と事前送付した提案書を用いて意見交換し、提案書を改訂 |
| 11/13(水) | ・Agrisemantics（農業データの意味論）委員会 ○ワーキンググループ等の議論に基づき ADM の開発担当者とともに提案書を改訂 |

4. 結果の概要

1) アジア水田農業に適応可能な ADAPT Data Model（ADM）の拡張についての意見交換

(1) 経緯

- ・AgGateway、Mid-Year Meeting（2024/6/10-12）において、ADM への水田作業用語の追加（拡張）を要望し、拡張に前向きな回答を得た。次に、ADM 拡張を具体化するため、拡張方法（追加を希望する水田作業のリスト、用語を含む識別子の追加方法）等を記載した提案書を 10/10 に AgGateway 側に提出し、年次総会までの検討を依頼した。【相手方は ADM 開発のキーパーソン：Andres Ferreyra 氏（Syngenta）、Stuart Rhea 氏（ANSI）、Kelly Nelson 氏（FarmBelt North）】
- ・つくばで開催された APFITA 2024（11/6-8）において Ferreyra 氏と意見交換し、水田作業用語を OperationTypeCode 列挙型（作業種類コード）へ追加することが了承された。外部参照を用いた識別子の追加手法については、提案した UniqueId クラスでなく ContextItem クラスの利用が適切と助言を得た。意見交換の結果を反映した改訂提案書を作成した。

(2) 年次総会での活動

- 11/12 に開催された ADAPT セッションでは対象範囲の議論の中で、水田作業の識別子追加の意義が理解され、その方法の一つとして水田作業を ADM 作業種類コードに追加することが合意された。11/13 に開催された Agrisemantics 委員会では、Ferreyra 氏から ContextItem クラスを利用した外部参照が日本からの要望として提案された (図 1)。本追加方法は委員会メンバーに対して初めての提案であったため、議論の前提となる詳細情報の共有が求められた。今後は、
 - ①年次総会での議論を反映した提案書改訂
 - ②改訂提案書の委員会メンバーへの送付と GitHub へのアップロード
 - ③委員会メンバーとの議論
 - ④12/11 開催予定の委員会での承認の段階を踏んで委員の合意を得ながら提案書承認への手続きを進めることとなった。
- 11/12、13 に、Ferreyra 氏と提案書の詳細な検討、改訂作業を実施した (図 2)。委員会メンバーへの提案書送付と GitHub へのアップロードに向け、帰国後も提案書の精査を継続している。

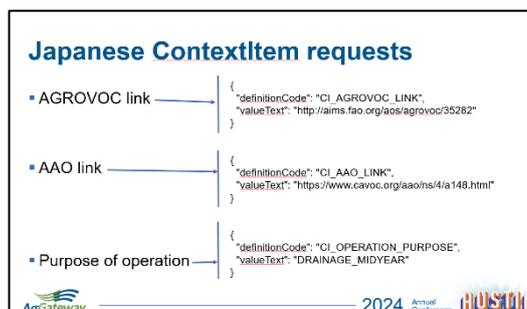


図 1 NARO による外部参照の提案



図 2 提案書の改訂作業風景

(3) AgGateway への提案書の内容 (11/20 時点)

水田作業の識別子を ADM に追加するため 2 つの方法を提案した。水田作業の識別子追加により、水田作業の記録や指示データの整合性と再利用性が向上することが期待される。

- ① 5 つの水田作業 (代かき、均平、畔塗り、溝掘り、排水) を ADM 作業種類コードに追加
- ② 作業種類コードに含まれない水田作業については、ContextItem を用いて外部語彙を参照

2) 年次総会でのセッション参加による情報収集

AEF の General Manager の Norbert Schlingmann 氏による講演では、ボローニャのプラグフェストでの ADAPT の紹介、今回の AgGateway 年次総会での AEF の活動紹介など、相互運用性確保やデータ交換に向けて両者間で情報共有されていることが示された。また AEF の 19 のプロジェクトチームでは、TIM、Wireless In-Field Communication (WIC)、Autonomy in Ag (AUT)、High-Speed ISOBUS (HSI)、Agricultural Interoperability Network (AgIN) の活動が紹介された。Autonomy に関してはカリフォルニア州労働安全衛生基準委員会 (OSHSB) が自律走行トラクタの路上走行を認めていない (2026 年に再検討) ことや、欧州の規制のため、ほ場内での運用のみを対象にしていると説明があった。AgIN でのクラウド間でのデータ交換では、マシントラッキングやオンラインタスクマネジメントのユースケースが示され、AGRITECHNICA 2025 にて大規模な展示が予定されていることが紹介された。

3) その他意見交換

- Jim Willson 氏 (AgGateway Chief Technology Officer)

AgGateway においてテスト環境で構築中の WorkOrder 作成ツールについて意見交換し試用を依頼。アカウント配布を受ける予定。

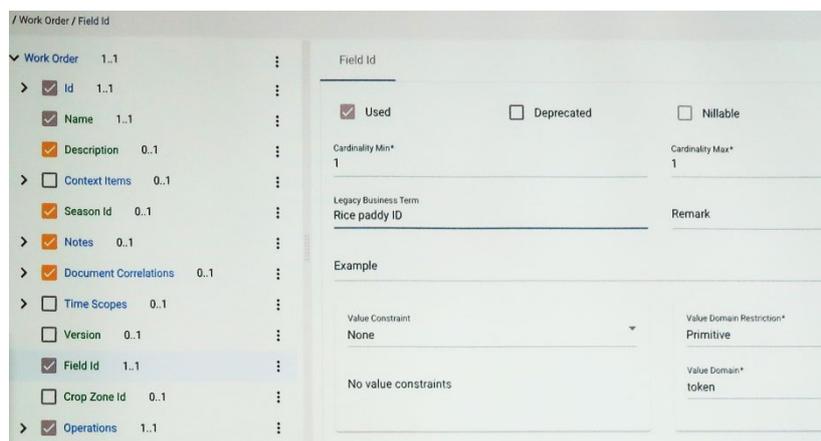


図3 WorkOrder 作成ツールの一部

- Charles Hillyer 氏 (California Water Institute) : PAIL (精密農業灌漑プロジェクト) WG チェア
水田における水管理に関し意見交換。PAIL で利用する語彙リスト送付を依頼。
- Scott Nieman 氏 (Land O' Lakes) : Traceability API WG 共同チェア
GHG 排出削減に配慮した USA の水田作業について意見交換。我々の ADM 拡張提案書に興味を示したため改訂版提案書の送付を約束。トレーサビリティに関する資料提供を受ける。

5. まとめ

当初の出張目標の通り、「ASEAN 地域に適応した ADM への拡張」に関し合意を進めることができた。具体的には、水田作業の作業種類コードへの追加が合意された。一方、本会議で初めて提案した「ContextItem を用いた外部参照による識別子の追加」については、今後 Agrisemantics 委員会のメンバーに丁寧な説明を行い、合意形成を進めていく。

6. 収集資料等

- 1) AgGateway 2024 年次総会発表資料
- 2) Scott Nieman 氏 (Land O' Lakes)からのトレーサビリティに関する資料
 - (1) 「AgGateway Traceability API - The Foundation to Track Commingled Raw Agricultural Commodities」
 - (2) 「AgGateway In-Field Product ID」
 - (3) 「Data Standards and Open Applications to Facilitate Traceability of Commingled Raw Commodity Grains」 AGRITECH DAY 7th EDITION 2024

4. GreenTech Amsterdam 2024 会期中にオランダ園芸業界と出会う VIP プログラムへの参加（6/9-14、オランダ）

知能化農機研究領域 施設園芸生産システムグループ 研究員 下元耕太

1. 目的

本プログラムは、ダッチ・グリーンハウス・デルタ（オランダ国内の施設園芸関連企業で構成される業界団体）が在日オランダ王国大使館およびオランダ企業庁の後援のもと、アムステルダムで開催される GreenTech 展示会会期中に、園芸分野で活躍する日本政府関係者、生産者・生産者組合、知識機関、小売業者、投資家を招待する特別 VIP プログラムである。本プログラムに参加し、他の参加者及び訪問先の生産者、関連技術のメーカー等と意見交換を行うとともに、関連する最先端の技術・研究について情報収集を行い、研究内容のブラッシュアップと今後の研究推進の糧とする。

2. 日程

令和6年6月9日～6月14日（6日間）

| 日数 | 日付 | 都市名・訪問先 | 交通 | 摘要 |
|----|---------|---|------------|--------------|
| 1 | 6/9（日） | 千葉（成田）→アムステルダム→ ハーグ（ハーグ泊） | 航空機 自動車 | 移動日 |
| 2 | 6/10（月） | Artechno、OK Plant、Koppert Cress、 World Horti Center（ハーグ泊） | 自動車 | 各社の事業紹介、現場視察 |
| 3 | 6/11（火） | GreenTech Amsterdam 2024（ハーグ泊） | 自動車 | 展示会視察 |
| 4 | 6/12（水） | RoboHouse、Delphy Improvement Center、 Bayer-De Ruyter Seeds Experience center（ハーグ泊） | 自動車 | 各社の事業紹介、現場視察 |
| 5 | 6/13（木） | ハーグ→アムステルダム（機内泊） | 自動車 | 移動日 |
| 6 | 6/14（金） | （機内泊）→千葉（成田） | 航空機 | 移動日 |

3. 主な訪問先

| 日付 | 訪問先 | 住所 | URL |
|------|---------------------------|--|---|
| 6/10 | Artechno | Bandijkweg 2, 2676 LJ Maasdijk | https://ar techno-growsystems.com/ |
| | OK Plant | Baakwoning 5, 2671 LE Naaldwijk | https://okplant.nl/en/ |
| | Koppert Cress | De Poel 1 2681 MB Monster | https://www.koppertcress.com/en |
| | World Horti Center | Europa 1, 2672 ZX Naaldwijk, Westland | https://www.worldhorticenter.nl/ |
| 6/11 | GreenTech Amsterdam 2024 | Europaplein 24, 1078 GZ Amsterdam | https://www.greentech.nl/amsterdam |
| 6/12 | RoboHouse | Julianalaan 67, 2628 BC, Delft | https://robohouse.nl/ |
| | Delphy Improvement Center | Violierenweg 3, 2665 MV Bleiswijk | https://delphy.nl/en/test-locations/delphy-improvement-centre/ |

4. 結果の概要

1) 1日目：施設園芸関連企業・生産者の視察

(1) Artechno 社の視察

Artechno 社は垂直農法専門（人工光植物工場）のエンジニアリング会社であり、作物の最適な成長を実現するために、革新的な技術と持続可能な手法を開発している。下記の表にある AVF+システムと呼ばれる植物が成長するために必要な全ての環境条件を自動制御する植物工場を開発・販売している。今回は、製品に関するプレゼンテーションを受け、施設内に展示している AVF+ Compact、AVF+ Junior、AVF+ Freestyle を視察した。AVF+の運用には最低でも栽培管理者、テクニカルオペレーター、手作業人員の3人が必要であり、マシンの清掃と発芽段階でトレイを入れる作業では手作業が必要になると説明があった。労務管理については自動化されておらず、人を増やすと労務管理の費用や手間（勤怠管理、休憩室の設置等）も増えるとのこと。栽培中の作物はエレベータ付近に設置されたカメラを通して目視で確認し、栽培ベンチの ID で識別されている。本格的な生産前に AVF+ Junior で試験を実施してレシピ（環境制御のパラメータ）を作成しているため、基本的に栽培が失敗することはなく、リアルタイムでの精密な作物計測はしていない様子であった。導入に成功している事例では、システム全体での温度ムラが 0.5℃程度と均一性の高さを主張していた。換気は一箇所から給気して装置周辺に押し出していく方式のようだが、換気回数不明とのこと。グループ会社（AQUALEAP）が開発・販売する灌水システムを利用しており、同システムでは水を再利用可能で、スタンドアロンで他の垂直農法でも使用可能である。同社では灌水方法のコンサルも実施しており、雨水を利用して、UV を使って殺菌した水を再利用することで、水の使用量を 40%削減している。養液の成分モニタリングもしており、塩分は濃度が低下した場合は必要に応じて追加、養液が濃くなった場合は、薄めるか捨てる必要があるが、オランダの法律では捨てられないため、塩を取り出す技術が今後必要とのこと。

表 AVF+のシリーズ構成

| システム名 | 床面積 | 概要 |
|------------------|-------------------|--|
| AVF+ | 180m ² | 大型の生産システム。高さ 8m、栽培棚 6-16 段（作物によって段数変える）、総栽培面積 960m ² 。 |
| AVF+ Compact | 144m ² | 中型の生産システム。メンテナンス頻度は年に一回二週間。栽培期間は年間 350 日で計算。 |
| AVF+ Young Plant | 不明 | 苗作り用のシステム。苗は太陽光植物工場で定植。苗作りを 3-4 日短縮可能。カナダ、USA、ドバイ等にも輸出。レタス苗は年間 110kg /m ² 生産可能。 |
| AVF+ Junior | 30m ² | 試験用システム。コンパクトで、発芽から収穫まで一貫して試験し、作物ごとのレシピを作成。電力消費量は、年間 60 万 kWh。 試験・レシピ作成は 1500 ユーロ/week（大型の AVF +を購入する場合は、無料）。 |
| AVF+ Freestyle | 不明 | ガラスケース状の栽培システム。小規模でスーパーマーケット等での展示用。 |



図1 AVF+ Compact(左)、AVF+ Junior (右)の外観

(2) OK Plant 社の視察

OK Plant 社は、花き（主に蘭）の生産で30年以上の経験を持つ家族経営の会社である。今回は、生産温室内の視察を中心に栽培行程や事業について説明を受けた。本法人は従業員数180名、栽培面積10ha、年間売上3,000万€（約50億円）、出荷量は16万鉢/weekである。花の生産だけでなく、ブランドを立ち上げ、花と一緒に販売する観葉植物やデザイン性の高い鉢も販売している。花が販売されているガーデンセンターはデザインが良い方が売り上げは上がるため、生産者であるOK PLANT 自らがガーデンセンターのデザインを提案するといったサービスも行っている（対象のガーデンセンターはEU全体）。B to Cでの販売にも取り組んでいて、ECでヨーロッパ各国の家庭にも配送している。販売店の手間を省くために、値札も付けて出荷するなど、一生産者の枠を超えたサービスや事業を実施している。蘭は3か月も花が維持できるため人気がある一方で、種類が多くそれぞれに専用の栽培方法が必要で参入障壁が高く他社と競合しにくいいため生産を始めたとのこと。

生産は鉢で栽培することで、栽培面積の効率化を図っている。胡蝶蘭の生産は、播種から15週で定植、定植後は合計40週が必要で全体のサイクルは約65週間に及ぶ。野生の胡蝶蘭は木に生える着生植物であるため、栽培には木の皮（バーク）を模した培地を使用することで自然環境を再現し、根が必要とする空気の流通を確保している。葉が隣接する他の植物に干渉しないように鉢は透明なプラスチック容器に入れ、定植後の初期段階では約26週間にわたって温度を28℃に保つ。花がつく茎である”スパイク”を発生させるため、17週間温度を28℃から18～19℃に下げる冷却ショックを実施する。冷却ショック17週間後、カメラでスパイクの数、花の数、高さを計測して、同じ本数と高さのものでまとめる。販売単価は、花1つの場合2€/鉢、2つの場合4.25€/鉢（これが大半を占める）、4つの場合5.5€/鉢というように、花の数によって値段が変動し、花1つの場合は、生産コストをはるかに下回るとの説明であった。種から増やす方法では品質が安定しないため、100%ティッシュカルチャー（組織培養）により生産されている。新商品の開発や獲得にも力を入れており、ブリーダーは年に一度、新品種の探索と開発のために台湾を訪問している。毎週、5つの品種をテストし、その耐病性とスパイクの数を基に大量生産する品種を決定するとのこと。

環境に配慮した生産体系にも重点を置いており、950基のソーラーパネルで発電をしている。日射量の多い夏は、冷房に電力が必要となるため、良いコンビネーションになるという。ただし、他の生産者もソーラーパネルを使っているため、余剰電力を売る場合の単価は低くなる。将来的には、バッテリーで蓄電したいとのこと。

印象的だったのは、一生産者の域にとどまらず、ビジネスパートナーのメリットとなるサービスを付与し、自らの付加価値を高めていく方向に積極的な経営がなされていた点である。



図2 OK Plant 社の温室内の様子
 (左)、スパイクや花の数の自動計数のための撮影室 (中)、鉢や観葉植物の展示室 (右)

(3) Koppert Cress の視察

Koppert Cress 社はユニークな植物の苗であるマイクロハーブの生産法人である。簡単なプレゼンテーションを受けた後、顧客用キッチン、生産温室、ボイラー室、開発技術の展示室など施設内を視察した。本法人は、従業員数 180 名、栽培面積 10ha、出荷量 10 万箱/week、種苗会社もグループ傘下に持つ。マイクロハーブは高級料理の添え物として人気であり、中東、ヨーロッパを中心に 8 万件のミシュラン 2, 3 星のレストランのトップシェフが顧客とのこと。マーケティング専門の人員 30 名が世界各国を回ってプレゼンをして顧客に価値を提供し需要を生み出している。また彼らは、世界中で食用植物を探している（育種、品種改良ではなく、既に食べられているものを発見する）。ガストロノミー（食事と文化の関係を考察すること）の専門家も雇用しているとのこと。顧客のシェフ用にテレビ放送も可能な部屋に最新キッチンを導入しており、年間 1 万人の来客があるという。

生産については、マイクロハーブのため播種から出荷までわずか 3 週間しか要しない。培地にはセルロース成分のペーパーパルプを利用し、必要な養分は全て種子に入っているため、追加の養分は不要とのこと。5 ha の栽培エリアの栽培管理は 3 名のみで行い、多くの作業員をパッケージングに充てている。需要に合わせて生産量を調整しているようで、訪問時には空の栽培ベッドが目立っていた。今後は、栽培ベッドを複数段にしていく予定であり、発芽時期など日射を必要としない時期の栽培ベッドを下段として床面積あたりの生産性を高めていく予定とのこと。床暖房とエアチューブによる暖房を実施しているが、かつてのボイラー室にはボイラーがなく、Certhon 社（近年デンソーが 100% 買収して日本の会社になった）が提供している「帯水層蓄熱システム」を導入していた。このシステムは、冷房運転時には地下にある冷熱井から地下冷水を汲み上げて冷房に利用し、熱利用によって温まった地下水を温熱井に送る。逆に暖房運転時は温熱井から地下水を汲み上げて暖房に利用し、熱利用によって冷めた地下水を冷熱井に送ることで、効率の高いエネルギー利用を可能にするものである。

また、グループ傘下の Division Q という会社では、施設園芸産業をより持続可能なものにするための革新的技術をパートナーと共に開発している。当社はエナジーストレージ、地熱、LED 等の最新技術導入に積極的であり、敷地内には、デルフト工科大学のスタートアップ PATS 社 (<https://www.pats-drones.com/>) がオフィスを構えている。PATS 社は主に、小型ドローンが温室内の蛾（病害虫）を追尾して、プロペラで蛾を粉砕、駆除するシステムの開発を行っている。Division Q と PATS 社で共同研究の後、Division Q が PATS 社への出資を決定し、以降協力関係にあるとのこと。

Koppert Cress 社の訪問を通して印象的だったのは、「農業による化石燃料の使用への懸念が向けられている。我々は今後の方向を示す役割があると自覚しており、化石燃料ゼロを目指している。」との代表者からの力強い発言であった。Koppert Cress 社は、2010 年代にオランダ国内で最初に LED 補光（日射量の少ない雨天・曇天日に作物の光合成を促進するために照射する光、従来は高圧ナトリウムランプ等の寿命が短く電力効率の悪い光源が

使われていた)を導入した会社であり、オランダ女王陛下から送られたウィレム1世財団によるサステイナブルな法人を称える賞を受賞したことが一番の誇りだと語っていた。また、多くの営業マンを海外に派遣して、積極的に市場・顧客を開拓し、そこから逆算した生産を実施している点も参考になった。



図3 Koppert Cress 社の施設

左から、温室内の様子と栽培されているマイクロハーブ、シェフ（顧客）用のキッチン、周りが黄色い光源（従来の高圧ナトリウム等）を使用している中いち早く LED 補光を取り入れた際の航空写真、Koppert Cress 社内に展示されているスタートアップ企業 PATS が開発した外虫駆除用ドローン

(4) World Horti Center の視察

World Horti Center は別名施設園芸のクラブハウスとも呼ばれ、国際的な施設園芸のための知識・イノベーションセンターである。産学官の連携を支援する主要なプラットフォームとして機能しており、毎年、園芸における連携、知識、イノベーションを求める 25,000 人の専門家が世界中から来訪する。施設内には、展示スペースがあり、園芸業界をリードする企業の革新的技術が展示されている。施設内でのツアーでは製品や技術を展示している培地関連企業、光源戦略をコンサルする企業等のプレゼンテーションを受けた。また、World Horti Center の所在地であり、オランダ国内でも施設園芸のメッカとされるウエストランド市の市役所職員からは、15 年後を目途に市として World Horti Center の周りに大学キャンパスを整備し、施設園芸の中心としてのウエストランド市の価値をより高めていきたいとの方針も説明された。また、露地栽培と施設栽培（太陽光植物工場、人工光植物工場）の、収穫量、水利用量、エネルギー利用量の比較の展示スペースも見学した。さらに主に学生が栽培実験を行う実証温室も施設内にあり、温室が二重構造となっており、温室（外室）の中に温室（内室）を設置した施設もあった。これは、温室外を模した外室の空気を外気を再現し、その外気によって内室であるの温室内環境や作物にどのような影響が及ぼされるかを検証するためのものである。例えば、砂漠などの高温地域において太陽光植物工場での栽培が可能かどうかを試験するために利用されるとのことであった。また、こちらの施設では、成長して背の高くなった作物の茎頂を下方向に折り返すような挑戦的な作物の仕立て方についても試験しているとのことであった。



図4 World Horti Center の外観（左）と内観（中）、施設内にある実証温室（右、二重の温室になっている）

2) 2日目: GreenTech Amsterdam 2024 視察

GreenTechは、世界各国からの園芸業界の専門家が集結し、交流、ネットワーク作り、知識共有、ビジネスチャンス創造に努める園芸技術の国際展示会である。メインステージでの講演に加え、施設園芸関連企業が出展ブースを構え、意見交換や商談が行われていた。以下に、主に調査したロボティクスやモニタリング装置等に関連した出展企業と製品等の概要を記載する。

(1) Certhon社・デンソー社によるトマト房取り収穫ロボット Artemy

本収穫ロボットは、まず、作物列間のパイプレール上を走行し、装置前方のカメラで果実を検出・熟度を判定して、収穫適期の果実があれば停止する。その後、アーム上のカメラで切断ポイントを見極め、収穫作業を行う。カメラ設定(補正)によって、ピンクのLED補光下でも熟度判定が可能。収穫された果実は、16~24房入るトレイに収められ、6トレイ満タンになったら専用のトロリ(運搬台車)に戻る。このロボットは1日20時間稼働することができるが、バッテリー(HONDA社製の特注品)は5時間ごとに手動で交換する必要がある。収穫能率は30kg/hと人間の収穫能率90kg/hに比べ1/3の収穫能率ではあるが、人間の7時間稼働と比較して約3倍の時間稼働できることから、人間同等の効率を有しているとのこと(生産者からは、ロボットの稼働速度をもっと速くしてほしいとの要望もある様子)。収穫精度は約70%であり、切断に失敗しても作物を傷つけないハンドを使用し、ハンドを介した病害の感染を防ぐために定期的にハンドを消毒液に浸す機能も備えている。植物を傷つけた場合の損害の責任範囲は契約で明確にされており、契約ごとに異なるとのこと。ロボットのレーン移りはほぼ100%の精度で行われ、移動ピッチ(1.6mなど)の設定値と移動距離を基準に、前のカメラと後ろのLiDARで移動量の微調整が行われる。各温湯管のピッチに自動で対応するわけではなく、設定値を手動で調整する必要がある。ロボットの開発チームは50名で構成されており、販売はCerthon社が担当しており、専用のトロリも含め売り切り販売されている。現在、2台が製造されており、8月には10台が完成予定で、すでに予約完売済みとのこと。

(2) Hortikey社による自動果実カウント装置 PLANTALYZER

本装置は、3つの高さにそれぞれ一台ずつ搭載されたステレオカメラで果実を検出し、熟度別の果実をカウントするものである。果実カウントにより、1週間後の収穫可能な果実重量の予測精度は98%とのこと。収穫量とは表現せず、収穫可能な果実重量という表現が特徴的で、これは、収穫量は当日の収穫作業の質によって結果がバラつくことを考慮しての表現と思われる。最近販売したばかりのため、まだ顧客は決まっていないとのこと。本装置を導入した顧客は装置の購入費と予測サービスのランニングコスト両方を負担する必要がある。おおよそ全体の10%の作物列を計測して全体の予測を実施する想定との説明があった。本企業は、世界最大かつ最もよく知られた園芸業界のサプライヤーRoyal Brinkman社と提携しており、帰国後Royal Brinkman社から本装置の購入・利用に関するセールスマールも届いた。

(3) GRANFARMS社のイチゴ収穫ロボット BERRY

本ロボットは高設栽培のイチゴ果実を1果実ごと収穫するロボットである。自動畝移りの機能はなく、手作業での畝移りとトレイ交換が必要。一回の充電で12時間稼働し、収穫能率は7.5kg/h(地床栽培の人間の収穫能率の半分以下)。85%の収穫成功率とのこと。当企業はドイツの会社であり、ドイツとオランダにそれぞれテストカスタマーがいるが、本格的な購入には至っていない。

(4) VDL CropTeq Robotics社のキュウリの摘葉ロボット

本ロボットは、直交ロボットのようなアームを備え、アームの先端にハサミが取り付け

られており、キュウリの不要な葉を根元から切断して葉を除去する構造となっている。85%の摘葉成功率を有するものの作業能率は 80sec/leaf と低く、市販化には至っていないとのこと。将来的には、300leaves/h の能率を目標としており、トマトにも展開していく予定と説明を受けた。

(5) Microchain AI 社の粘着シートモニタリング装置

本装置は、太陽光植物工場で虫の捕獲用に設置されている粘着シートを定期的にカメラで自動撮影することで、虫の種類や数を自動検出・カウントするシステムである。粘着シート上部にカメラが下向きに設置されており、定時になると垂直に立てられていた粘着シートシートが 90 度回転してカメラに正面を向くことで、上部のカメラから撮影可能となる。1 ha 当たり、20~40 台の設置が推奨されている。他にも同様の粘着シートのモニタリングシステムを販売している会社が見受けられた。



図5 GreenTech Amsterdam 2024 の展示

トマト房取り収穫ロボット Artemy (左)、自動果実カウント装置 PLANTALYZER (中)、イチゴ収穫ロボット BERRY (右) の外観

3) 3日目：関連研究機関・企業の視察

(1) RoboHouse の視察

本施設はデルフト工科大学キャンパス内にあり、ベンチャー企業、中小企業、優秀な個人が、様々な設定や状況でロボテックアプリケーションを開発しテストできるフィールドラボである。主にデルフト工科大学の学生を対象に、学生が自分では入手困難な資材や施設を提供し、理論からパイロット試験（実証試験）に辿り着くまでを支援する。イベントを通じてコネクションを作りにも貢献している。スタートアップは初期段階では自己資本がないため、政府の補助金等を利用しているとのこと。

また、オランダの施設園芸関連の自動化についての取組も紹介され、太陽光植物工場での自律化 (Autonomy) の概念について説明がなされた。近年、AI 等によって温室の自動環境制御を行うようになってきているが、設定値について自分でノウハウを持っている生産者は、そのような完全自動化した制御装置を使いたがらず、そうではない生産者は AI にすべて任せたいと思っている傾向が示された。また、現在の手作業と完全ロボット化の間には、グラデーションがあり、COBOT (人と協働して人の作業をサポートする ROBOT) といった概念もある。COBOT の事例としては、バラの収穫作業の際に、個体にレーダーを当てて収穫適期を作業者に知らせる装置が紹介された。そのロボット化・自動化に向けたグラデーションの中で自分にはどこが適しているのかを自身で選択できることが重要であると考えられており、オランダでは、生産者がアンケートに回答するだけで、自分にとって適切なレベルを示してくれるプロトコルを作成しているとのことだった。さらに、今後のオランダ施設園芸業界の方向性として、「ヨーロッパ諸国には引き続きオランダ国内で生産した作物を輸出する一方で、遠方の国には技術やエコシステムを輸出していき、その地域で

必要な生産拠点を作っていく」といった方針を持っている旨説明がなされた。このようなオランダ国内の全体の方向性は、企業からボトムアップで声が上がってくることで形成されていくようであり、オランダ国内の施設園芸関連企業の集合体であるダッチ・グリーンハウス・デルタ（今回のツアーの主催）が良い役割を果たしているとのことであった。



図6 ROBO HOUSE 前での集合写真（左）、廊下の壁に展示されている ROBO HOUSE に所属していたスタートアップが開発したプロトタイプ製品紹介（中）、スタートアップの学生が実験をしている実証温室の見学の様子（右）

（2）Delphy Improvement Center の視察

冒頭、Delphy の活動についてのプレゼンテーションがあり、取組や考え方について紹介をいただいた。本法人は、研究、栽培指導、データ駆動型管理システムの開発、コンサル事業等幅広く展開している。オランダ国内で 165 名、海外で 65 名の職員を抱えており、今回訪問した研究センターで研究開発された技術を現場に導入し、その導入を支援する本法人のコンサルタントが生産者の意見をフィードバックして、さらに研究するといったサイクルを回している。近年では、データ駆動型の栽培管理支援システムに注力しているようで、生産者の目と経験をセンサとデータに、生産者による解釈をアルゴリズムと AI に、手作業でのアクションをロボットや自動装置に転換していきたいと考えている。中でも、生産者による解釈と判断の部分を自動化する「Crop Computer」と呼んでいるアルゴリズムの開発に注力している。このアルゴリズムは予測と戦略の立案を行い、実際の結果のフィードバックを含めて再度予測・戦略立案を行う適応型のアルゴリズムである。センサや作業自動化の部分は他社のものを利用していく方針とのこと。印象的であったのは、データは情報に変換することで初めて価値あるものになるという言葉であった。そのため、データを取得した場合、そこから読み取れることとして、「何が起こり」、「それはなぜ起こり」、「次に何が起こるのか」、「それに対してどうすべきなのか」といった 4 つをデータから分析し読み取ることが重要である旨説明があった。また、データを使って何を獲得したいのか、どのような洞察が欲しいのかを明確にしておく必要があるとのことだった。

プレゼンテーション後には、他の企業からの委託もしくは共同で実施している実証試験が行われている栽培施設の見学が行われた。一つの栽培区画で複数の企業の製品の試験が行われていた。内容としては、モニタリング装置や施設天井へのソーラーパネル設置等の実証が行われていた。一区画の実証試験を委託するのに年間で数千万円のコストがかかっていることが予想されるが、それを複数の企業で分散させることで委託費用が抑えられていると推察された。

（3）Bayer-De Ruiter Seeds Experience Center の視察

施設園芸の生産者に貢献することを専門とする De Ruiter は、トマト、ピーマン、キュウリ、ナス、イチゴ、その他の施設園芸に適した作物の研究開発と革新的な育種プログラムに注力しており、このセンターでは、Bayer-De Ruiter Seeds が何百もの品種、技術、栽培システムを商業的条件下で試験している。現在、本法人から販売中の品種、開発中の品種、競合の品種を 1/3 ずつ（100 品種ずつ）栽培して、果実の品質、寿命、耐ウィルス性

(耐病性)を評価している。センターの1階にはマーケットと呼ばれるスペースがあり、試験用に栽培され、収穫されたトマトやキュウリが市場のように展示されており、品種の食べ比べ(試食)が可能であった。



図7 実証温室(左)と取り扱っている様々な品種を並べた市場を模した展示・試食室(右)

4) 総括

施設園芸用のロボット技術の開発は進んでいるものの、聞き取りから現場への導入には苦労している様子うかがえた。施設園芸先進国オランダでは、企業の集まりとなる組織が形成されており、国内の業界全体で同じ方向を向いて活動している点、その方向性を決めるエコシステムがうまく機能している点が印象的であった。また、施設園芸先進国としての自覚のもとに、持続可能性への対応や業界発展へのビジョンが明確であった。今回のツアーは対日本以外にも、中国、韓国、インド、北アメリカ、南アメリカ等世界各国に対して同様のツアーが組まれており、施設園芸業界を世界的に盛り上げていこうとする姿勢と、その中でオランダのプレゼンス(存在感)をしっかりと高めていこうとする狙いが垣間見えた。さらに、本ツアーには日本から、政府関係者、生産者、メーカー等の方々も参加されており、ツアーを回る中で、それぞれの立場からの活発な質問や意見交換が行われたことでより充実した視察となった。

5. 収集資料等

- 1) DUTCH GREENHOUSE DELTA 概要資料
- 2) PLANTALYZER 製品概要資料
- 3) BERRY 製品概要資料

5. OECD トラクタコードテクニカルワーキング・サブワーキンググループ会合、テストエンジニア会合、年次会合への参加 (6/22-27、スロバキア) (11/2-7、フランス) (3/11-15、フランス)

安全検査部 安全評価グループ 上級研究員 川瀬芳順
 システム安全工学研究領域 予防安全システムグループ 兼 安全検査部 安全評価グループ
 研究員 原田一郎
 研究員 滝元弘樹
 システム安全工学研究領域 協調安全システムグループ 兼 安全検査部 安全評価グループ
 研究員 松本将大

1. 目的

OECD トラクタコードは OECD 加盟国及び招待国によって構成される。年間 1 回の年次会合と年間 2 回のテクニカルワーキンググループ会合（以下、TWG）、隔年で開催されるテストエンジニア会合（以下、TEC）そして適宜開催されるサブワーキンググループ会合（以下、SWG）で構成される。OECD トラクタコード議長国団は議長国（米国）、次期議長国の副議長国（ドイツ）、前議長国の副議長国（スロバキア）、試験結果の内容を確認するコーディネーティングセンター（以下、CC）（イタリア：ボローニャ）、TWG 議長（フランス、トルコ）そして OECD トラクタコード事務局で構成される。年次会合では OECD トラクタコードの改訂、予算や運用などの採択が行われる。TWG では主に OECD トラクタコードの改訂の技術的な内容を議論し、年次会合の議題とすべきかの決議が行われる。SWG は主に OECD トラクタコードの改訂の技術的な議論を行い、発足後 2 年以内にコード改定案を提示しなければならない。SWG への参加は任意であり、日本は電動トラクタ、事故調査、農業ロボット（トラクタ／機械）（以下、農業ロボット）に参加している。この農業ロボット SWG では、令和 6 年 3 月の年次会合にて SWG の議長：トルコ、副議長：フランス、日本、アドバイザー：CC の新体制となった。近年は情報交換のみでコード改定案を示さない気候変動 SWG なども発足している。TEC は開催国の検査機関で行われ、検査機関の施設や技術を紹介し、各国の検査機関同士による検査技術の共有を図る目的で開催される。

令和 6 年度は 2 回の TWG（スロバキア、フランス）と年次会合（フランス）に参加した。スロバキアの TWG では ROPS 強度試験のシミュレーションの研究に関する報告を行った。

2. 日程

TWG 会合 令和 6 年 6 月 22 日～27 日（6 日間）

参加者：川瀬、原田

| 日数 | 日付 | 都市名 | 摘要 |
|----|---------|------------|-----|
| 1 | 6/22(土) | 東京→ウィーン | 移動 |
| 2 | 6/23(日) | ウィーン→コシツェ | 移動 |
| 3 | 6/24(月) | コシツェ | TWG |
| 4 | 6/25(火) | コシツェ | TWG |
| 5 | 6/26(水) | コシツェ→ウィーン→ | 移動 |
| 6 | 6/27(木) | →東京 | 移動 |

SWG 会合 令和6年11月2日～7日（6日間）

参加者：川瀬

| 日数 | 日付 | 都市名 | 摘要 |
|----|---------|--------|--------|
| 1 | 11/2(土) | 東京→台北→ | 移動 |
| 2 | 11/3(日) | →パリ | 移動 |
| 3 | 11/4(月) | パリ | SWG 会合 |
| 4 | 11/5(火) | パリ | SWG 会合 |
| 5 | 11/6(水) | パリ→ | 移動 |
| 6 | 11/7(木) | →台北→東京 | 移動 |

年次会合 令和7年3月11日～15日（5日間）

参加者：川瀬、滝元、松本

| 日数 | 日付 | 都市名 | 摘要 |
|----|---------|-------|-----------|
| 1 | 3/11(火) | 東京→パリ | 移動 |
| 2 | 3/12(水) | パリ | OECD 年次会合 |
| 3 | 3/13(木) | パリ | OECD 年次会合 |
| 4 | 3/14(金) | パリ→ | 移動 |
| 5 | 3/15(土) | →東京 | 移動 |

3. 主な訪問先と対応者

令和6年6月

| 日付 | 訪問先 | 対応者 | 住所 |
|---------|---------------------------|---------------|---|
| 6/24-25 | グランド ホテルケンピ ンスキーハイタトラス | OECD | Kúpeľná 6, 059 85 Vysoké Tatry-Štrbské Pleso, スロバキア |
| 6/25 | SITTRAN s.r.o | SITTRAN s.r.o | Tatry-Štrbské Pleso, スロバキア |

令和6年11月

| 日付 | 訪問先 | 対応者 | 住所 |
|--------|---------|------|--|
| 11/4-5 | OECD 本部 | OECD | 2 Rue André Pascal, 75016 Paris, フランス |

令和7年3月

| 日付 | 訪問先 | 対応者 | 住所 |
|---------|---------|------|--|
| 3/12-13 | OECD 本部 | OECD | 2 Rue André Pascal, 75016 Paris, フランス |

4. オンラインにて参加した会合

農業ロボット SWG

| 日付 | 開催時間 | 参加国 |
|---------|------------------|--|
| 5/16 | 日本時間 20:00～21:00 | トルコ、フランス、CC、日本、ドイツ、イタリア、米国、韓国 |
| 11/20 | 日本時間 20:30～21:30 | トルコ、フランス、CC、日本、ドイツ、イタリア、米国、スペイン |
| 12/11 | 日本時間 19:30～20:30 | トルコ、フランス、CC、日本、ドイツ、イタリア、米国 |
| 2/5-2/6 | 日本時間 17:30～ 0:30 | トルコ、フランス、CC、日本（オンライン）、ドイツ、イタリア、米国、スペイン |

5. 会合の概要

1) TWG 会合（令和6年6月）

参加国：トルコ（TWG 議長）、フランス、ドイツ、イタリア（ボローニャ：CC、ミラノ）、日本、スロバキア（副議長）、米国、オーストリア、インド、中国

原田研究員の ROPS 強度試験のシミュレーションの研究では同様の研究を進めているトルコより、今後情報交換の提案を受けた。また、フランスより今後も研究の成果を TWG で継続した発表して欲しいと要望を受けた。



図1 林業用トラクタ EQUUS 175N UN

2) 農業ロボット SWG 会合（オンライン会合、令和6年5月、11月、12月、令和7年2月）

令和6年3月の年次会合よりこの SWG の副議長となり、SWG での情報交換・議論に参加した。

3) TWG 会合（令和6年11月）

参加国：米国、イタリア、フランス（TWG 議長）、スペイン、韓国、オーストリア、ドイツ、トルコ、スイス、日本、インド

Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement * (INRAE:フランス国立農業・食品・環境研究所) の作成した ARPA 検査コードや韓国が英訳した自動化農機の検査コードなどの情報交換を行った。

*: INRAE は農研機構のような研究機関であり、農業機械の検査業務は実施していない。フランスにおける OECD トラクタコードの検査機関は Union Technique de l'Automobile, du motorcycle et du Cycle (UTAC:自動車・オートバイ・自転車技術連合) である。

4) 年次会合（令和7年3月）

参加国：オーストリア、ドイツ（議長）、ブラジル、中国、チェコ、フランス、ドイ



図2 年次会合の様子

ツ（議長国）、インド、イタリア（CC、ミラノ、トリノ）、韓国、ポーランド、ポルトガル、スロバキア、スペイン、スイス、トルコ、アメリカ（副議長国）、（オブザーバー国：ラトビア、ウクライナ、ブルガリア）

ドイツが議長、米国が前議長国の副議長国に就任した。次期議長の新副議長にインドが推薦されたが、その場では回答せず、後日インドより回答することとなった。

6. 収集資料等

なし

6. スマート農業国際標準化セミナーでの招待講演（7/1-5、韓国）

安全検査部 安全評価グループ 上級研究員 川瀬芳順

1. 目的

韓国農村振興庁 Rural Development Administration(以下、RDA)傘下の国立農業科学院 National Institute of Agricultural Science(以下、NAS)が開催するスマート農業国際標準化セミナーに講師として出張し、日本のロボット・自動化農機検査の主要な実施方法及び基準、OECDトラクタコード、ISO/TC23/SC19/WG8 や ISO/TC23/SC6/WG25 の公開情報などのスマート農業の国際標準化について講義する。また建設予定のスマート農業デモ施設など韓国が進めているスマート農業の情報収集を行う。

2. 日程

令和6年7月1日（月）～5日（金）（5日間）

| 日数 | 日付 | 都市名 | 概要 |
|----|--------|-------------------------------------|--|
| 1 | 7/1（月） | 東京→ソウル→Iksan-shi | 移動、NAS 見学 |
| 2 | 7/2（火） | Iksan-shi | 韓国農業技術振興院 Korea Agriculture Technology Promotion Agency（以下、KOAT）見学、スマートファーム革新バレー見学 |
| 3 | 7/3（水） | Iksan-shi | 韓国生産技術研究院 Korea Institute of Industrial Technology（以下、KITECH）見学 |
| 4 | 7/4（木） | Iksan-shi→Daejeon Metropolitan City | スマート農業国際標準化セミナー講演の後に移動し、忠南大学校訪問 |
| 5 | 7/5（金） | Daejeon Metropolitan City→ソウル→東京 | 移動日 |

3. 対応者

NAS Director : Yongbeen Cho

KOAT スマートファーム Center Leader : Yeong Seon Park

KOAT Director : Okil Kim

KITECH Chief Leader, Principal Researcher : Kim, Young-Joo

忠南大学校 教授 : Yong-Joo Kim

4. 結果の概要

1) NAS 見学

ビニルハウス内をヒートポンプで温度管理し、条間を走行するロボットによる管理栽培施設や産業ロボットアーム（図1）を応用し、カメラでのトマトの収穫適期や病虫害判別、切断歯を付けたアームによるトマト収穫を見学した。また、温度管理を水素エネルギーで行うビニルハウスも建築中であった。

2) KOAT 見学

(1) OECD 検査チームと意見交換

OECD トラクタコードに出席している KOAT 標準化チーム



図1 収穫ロボット

と意見交換した。6月のOECDトラクタコードテクニカルワーキンググループ会合（以下、TWG）で、韓国の自動化農機検査方法から抜粋された直進走行時の誤差許容範囲検査基準（英語版）が事務局より配布された。TWGには韓国KOATは欠席したが、参加国から様々なコメントがあったことを伝え、次回のTWGにはKOATも出席すると回答があった。

（2）スマートファーム革新バレー見学

オランダより輸入した温室栽培システム（図2）を年間二十数名の希望者に研修を実施していた。1年の研修後は敷地内のハウス施設を低価格で研修生に貸出、研修生はその施設で栽培・販売した収益を得て、自らの施設購入費にすることができる。新たにこの事業に参入する若者には、実践的な研修を受けながら独立資金を得る良いプログラムであり、毎年のお応募者は増えているとのことであった。



図2 キュウリ栽培ビニルハウス

3) KITECH 見学

KITECH は、1989年に科学技術情報通信部の支援を受けて設立された研究機関である。KITECHは、中小企業の技術競争力を高め、韓国の製造業の成長に貢献することを使命としている。KOATと同様のOECDトラクタコードに準拠した農業トラクタの検査施設を見学した。さらに、トラクタのギアボックスの耐久試験装置を用いてトラクタの耐久試験等を行っていた。KITECHではトラクタだけでなく中小企業から依頼された様々な商品の検査を実施していた。

4) 国立農業科学院 National Institute of Agricultural Science セミナー

NASにてセミナーを実施した。日本の農業機械の自動走行に関する安全性確保ガイドラインや農研機構のロボット・自動化農機検査の主要な実施方法及び基準、さらにはOECDトラクタコード、ISOのワーキンググループ、欧州の農業ロボットに関する規制等について講演した。日本のロボットトラクタの販売台数や海外販売について、ガイドラインに違反した場合の罰則、ロボット・自動化農機検査は必須の検査なのか等の規制に関する質問があった。

5) 忠南大学校見学

ISOの会議等に出席していたYong-Joo Kim教授の研究室に招かれ、研究室を訪問した。アジア初のAEF認定のISOBUS認証機関を創設することの報告を受けた。また教授から、アジアにおけるISOBUSの普及について質問された。2019年にドイツのAGRITECHNICAで調査した時には100馬力以下のトラクタにはISOBUSは装備されていなかったことを伝え、歩行型トラクタが主流の東南アジアでは普及は難しいと思うと回答した。

5. 所感

韓国でのスマート農業の関心が高く、多くの質問を受けた。韓国では2023年から自動化農機検査方法の国内基準に基づいた検査を開始しており、これらの機械が普及し始めている段階であることが分かった。ただ、農業に参入する若者の多くはKOATのスマートファーム革新バレーで研修を行っている温室栽培システムを希望しており、自動運転トラクタなどを使った露地栽培への参入は少なく、今後米の生産量に影響が出ることが伺えた。

6. 収集資料等

なし

7. 2024 CSBE AGM and Technical Conference」への参加 (7/6-12、カナダ)

無人化農作業研究領域 小型電動ロボット技術グループ 研究員 Oyebode Oyetaayo Olukorede

1. 目的

2024年カナダ生物工学会（CSBE）学会への参加を通じて、農業機械分野における最新の研究動向と技術革新を調査し、特に AI 技術を活用した農業ロボットに関する知見を深めるとともに、国際的な研究者との交流を図り、今後の研究協力の可能性を探る。

2. 日程

令和6年7月6日（土）～12日（金）（7日間）

| 日数 | 日付 | 都市名・訪問先 | 摘要 |
|----|---------|---------------------|---------------|
| 1 | 7/ 6(土) | 東京 → バンクーバー → ウィニペグ | 移動日 |
| 2 | 7/ 7(日) | マニトバ大学 | 2024CSBE 学会参加 |
| 3 | 7/ 8(月) | | |
| 4 | 7/ 9(火) | | |
| 5 | 7/10(水) | | |
| 6 | 7/11(木) | ウィニペグ → トロント → | 移動日 |
| 7 | 7/12(金) | 東京 | |

3. 主な訪問先と対応者

| 日付 | 訪問先 | 対応者 | 住所等 |
|--------|-------------|---|---|
| 7/7-10 | 2024CSBE 学会 | Canadian Society of BioEngineering (CSBE) | https://csbe-scgab.ca/winnipeg2024 |

4. 結果の概要

CSBE 会議は、技術者、科学者、その他さまざまな分野の専門家が一堂に会する年次イベントである。2024年の会議は、「Engineering Responses to Wicked Problems」のテーマで、カナダのウィニペグにあるマニトバ大学（図1）で開催された。今年の会議では、全体会議、同時進行の技術セッション、技術見学、そして参加者同士が交流し、協力関係を築くための社交の



図1 学会会場にて（マニトバ大学工学部）

時間が豊富に設けられた。会議初日には、マニトバ大学工学部の研究室を見学するツアーが行われ、過去および現在進行中の研究について詳しく説明された。その日の締めくくりにはウェルカムレセプションが行われ、世界中から集まった研究者と交流する貴重な機会となった。2日目は、「Plastic Pollution」「The Role of Engineering in Healthcare」「Sustainable Agricultural Production」に関する全体会議から始まった。全体会議の後には、技術セッションとポスターセッションが同時に開催された。3日目も、「生成 AI」「An Engineering Perspective on Truth and Reconciliation」「Challenges with Intensive Agriculture」に関する全体会議から始まり、その後に技術セッションおよびポスターセッションが引き続き行われた。

会議の主要な焦点の一つは、気候変動と、それを解決するために工学者が AI を効果的に活用する役割であった。特に印象に残った全体会議の一つは、Prof. Nancy Nelson による「Generative AI: From Threat to Thought」というタイトルの講演だった。彼女は、現在では「基本的な技術やツール」と見なされている電卓、コンピュータ、スマートフォン、そして近年ではソーシャルメディアといったものが、かつては破壊的技術とみなされ、学术界でさえ抵抗されていたことを振り返った。ネルソン教授は、それらの技術の利点に継続的に注目し、潜在的な脅威を緩和する努力を重ねてきたことが、人類に多大な恩恵をもたらしたと強調した。講演の締めくくり、彼女は参加者に対して、AI 技術を活用して世界が直面する複雑な課題、特に最も差し迫った気候変動の問題の解決に向けて努力し続けるよう激励した。同時に、すべての人にとって安全な技術となるよう取り組むことの重要性も強調した。彼女のプレゼンテーションの抜粋を図 2 に示す。

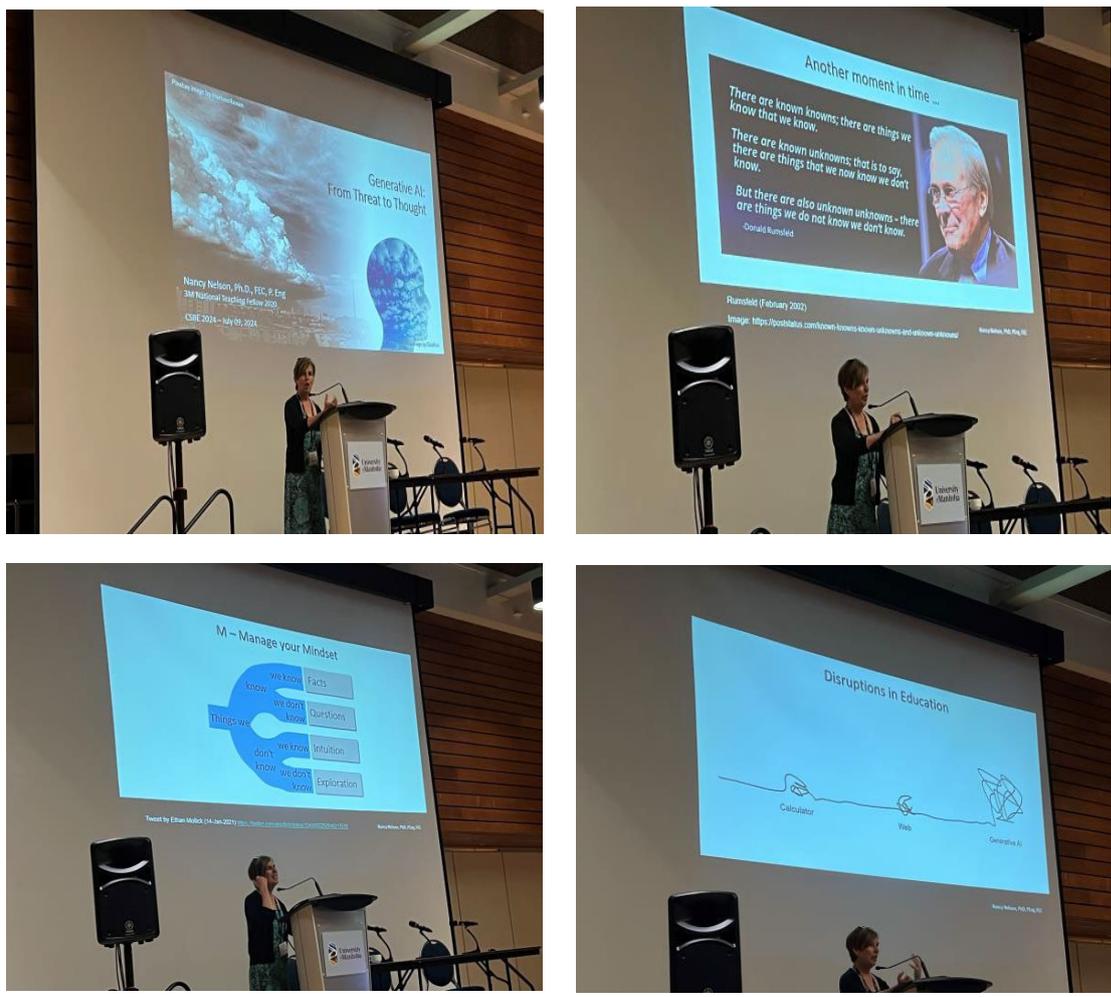


図 2 Some excerpts from Prof. Nancy Nelson's presentation on Generative AI

もう一つ印象に残った全体会議は、経験豊富なエンジニアである Mr. Erron Leafloor による「The future of field power on Canadian farms」についての講演だった。カナダでは大雪の影響により、農業は主に4月から9月の6か月間のみ行われる。この限られた期間に多くの労働力が必要となるが、その確保は常に課題となっている。Mr. Erron は、労働力の必要性を削減しつつ、気候変動の緩和にも取り組んでいる現状について簡潔かつ明確に説明した。特に興味深かったのは、農業機械の専門家が、全くの初心者から短期間で育成されている方法についての解説だった。彼が紹介した技術や手法のいくつかは、日本でも応用可能であると感じた。彼のプレゼンテーションの抜粋を図3に示す。

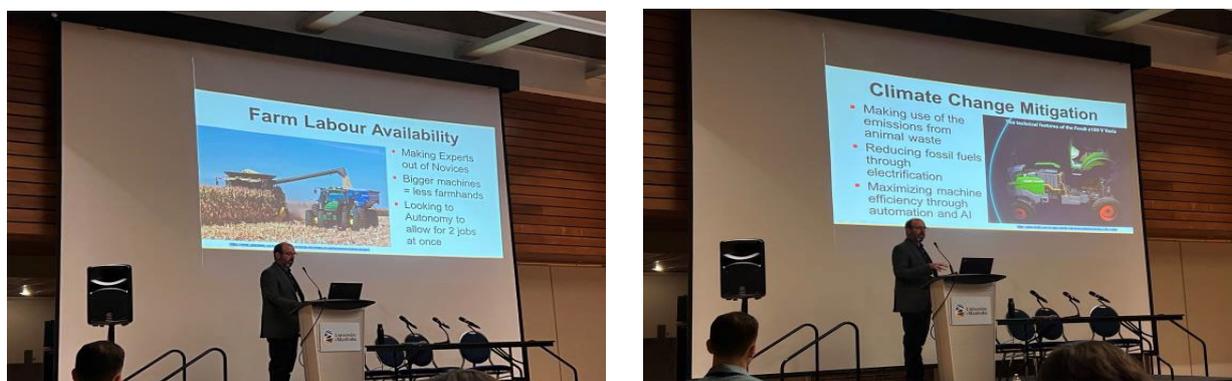


図3 Some excerpts from Mr. Erron Leafloor 's presentation on the future of field power on Canadian farms

私も「Machine Vision Models for Identifying Seedbeds' Region and Orientation Beneath Growing Strawberry Crops in Greenhouses.」と題した発表を行った(図4)。この発表は AI 搭載ロボットに関連する現在の“ホットトピック”であるため、多くの方々が関心を寄せてくださった。発表中には、貴重な意見や質問を多数いただき、それらは今後の研究の方向性を形づくるうえで非常に有益なものとなると確信している。



図4 発表中の様子

ポスター発表の中では、ダルハウジー大学(Dalhousie University)の研究者による「Mechanized Granular Spot Application」(図5)が、特に興味深かった。このスポット施用装置は、まず施用の必要性を判断し、そのうえで必要な量を決定して施用する。これまでのところ、およそ91%の精度を達成しており、従来の全面施用法と比べて約62%のコスト削減にも成功している。



図5 Mechanized Granular Spot Application に関するポスター発表

最終日には技術見学ツアーが行われた。見学先には、イノベーション・ファーム・カナダ (Innovative Farm Canada) (図6)、カナダ穀物委員会 (Canadian Grain Commission)、そしてカナダ国定史跡であるローワー・フォート・ギャリー (Lower Fort Garry, a National Historic Site of Canada) (図7) が含まれていた。



図6 イノベティブファームカナダ (Innovative Farm Canada)



図7 At the Lower Fort Garry, a National Historic Site of Canada

イノベーション・ファーム・カナダでは、農場内を案内された。太陽光発電で動き自律走行する作物スキャンロボット（図8）が、特に目を引いた。このロボットは、何千エーカーにも及ぶ広大な農地をほぼ連続的に移動しながら、作物、土壌、水の状態や害虫の発生状況について詳細なレポートをクラウドに送信する。農家はこのレポートをもとに、高精度かつ迅速に対応することができる。



図8 Solar-powered crop and soil scanning robot at the Innovative Farm Canada

カナダ穀物委員会では、施設内を見学し、現在進行中の AI 技術を用いた穀物認証プロセスの改善への取組について学んだ。また、その他にも多くの最先端技術に触れることができた。

ローワー・フォート・ギャリーでは、植民地主義の被害者たちの苦しみに触れる機会を得た。過去の過ちを正し、真実を重んじ、和解を目指すために、カナダ政府と国民が工学的知見を活用して取り組んでいる努力が、特に印象的だった。

会議の合間には、多くの外国人博士課程の学生や博士号取得者と交流する機会があった。

彼らの多くはポスドクの間を探しており、私は日本におけるいくつかの制度、例えば日本学術振興会（JSPS）や理化学研究所（RIKEN）のポスドクポジションについて説明した。日本に興味を持っている人は多いものの、こうした制度の存在を知らない人も少なくない。現在、数名とはすでに連絡を取り合っており、彼らはこれらのポジションが公募され次第、積極的に応募する準備を進めている。



図9 With other Foreign participants at the conference during a banquet

最後に、この会議に参加する機会を与えられたことに謝意を申し上げる。この会議を通して、私の視野と研究の幅が広がった。学んだこと、築いた人脈を活かし、知識のアウトプットをさらに高められるよう努めて行きたいと思う。

5. 収集資料等

- CSBE 2024 の Proceedings

(<https://library.csbe-scgab.ca/all-publications/6150:machine-vision-models-for-identifying-seedbeds-region-and-orientation-beneath-growing-strawberry-crops-in-greenhouses>)

8. 22nd Triennial Congress of the International Ergonomics Association (IEA2024) への参加・発表（8/25-30、韓国）

システム安全工学研究領域 協調安全システムグループ 研究員 向 霄涵

1. 目的

韓国の済州島で開催された第22回国際人間工学学会（IEA2024）において、過年度の成果である、アシストスーツの評価手法を応用した農作業で代表的なユースケースの動作のデジタルデータ化及び持ち上げ動作と中腰姿勢の腰部負荷の評価について発表する。国際人間工学学会は人間工学分野において権威のある国際学会であり、今回の発表を通して、海外の専門家やメーカーなどに農研機構の成果の周知を図るとともに、最新の農業や筋骨格傷害生体力学のセッションにおいて海外の研究動向の情報収集を行う。会議では、ユースケースによるアシストスーツの分類や、アシストスーツの評価指標のコンセプト等、我が国からISOに提案中の項目に関する会議参加者との意見交換を行う。また、世界中のアシストスーツ研究者とのつながりの構築にも取り組む。

2. 日程

令和6年8月25日（日）～30日（金）（6日間）

| 日数 | 日程 | 都市名 | 摘要 |
|----|---------|---------|----------|
| 1 | 8/25(日) | 東京→チェジュ | 移動 |
| 2 | 8/26(月) | チェジュ | IEA 2024 |
| 3 | 8/27(火) | チェジュ | IEA 2024 |
| 4 | 8/28(水) | チェジュ | IEA 2024 |
| 5 | 8/29(木) | チェジュ | IEA 2024 |
| 6 | 8/30(金) | チェジュ→東京 | 移動 |

3. 主な訪問先と対応者

IEA2024 会場 (International Convention Center Jeju)

学会 URL: <https://www.iea2024.com/>

4. 結果の概要

第22回国際人間工学学会（以下：IEA 2024）は、人間工学分野において3年に1度開催される権威のある国際学会である。IEA 2024は「Better Life Ergonomics for Future Humans」というテーマの下で、新しい人間工学技術が職場やレジャー活動の中で、どのように生活の質を向上させるかについて探求することを目指している。会場ではメーカーが自社製品を発表するための展示エリアや専門家同士がコミュニケーションを取れる場所が設置されている（図1）。会議においては、交通、農業、建設、AI、VR/AR、ロボットといった様々な分野の口頭発表とポスター発表が行われ、特に現在の国際人間工学基準がどのように改善されるべきかについて深い議論が行われた。農業に関するセッションでは、農作業における腰痛の軽減方法についての発表があった。例えば、カリフォルニア大学 Fadi Fathallah 氏はうねのコンパクト化による資源の効率的な利用について発表し、ブラジルの Carolina Alonso 氏は、収穫物用ダクトを取付けたはしごによる果樹収穫作業の軽労化について紹介した。

本会議では「Effect of Assist Device on Lumbar Fatigue in Flexion Task（屈み作業における腰部疲労に対するアシスト装置の効果）」についての口頭発表を行った。具体的には動的作業と姿勢保持の組み合わせの作業における、アシストスーツによる腰部負荷軽減効果について

報告した(図2)。姿勢保持だけの場合と動的作業と姿勢保持の場合でのアシストスーツの負担軽減効果を比較した。その結果から、アシストスーツの負担軽減効果が、組み合わせの作業においてより大きいことを示した。オーディエンスから ISO 13482 (サービスロボットの安全) に日本から提案しているアシスト装置の構造を分類する方法について、どのような材料を使っていれば硬い、どのような材料であれば柔らかいとみなすのかといった質問があり、議論の中でアシスト装置の材料について身体の動きに追従する必要があるという示唆を受けた。また、口頭発表を行ったほかに、Potpourri 3 (The application of ergonomics 3) セッションの座長を担当した。

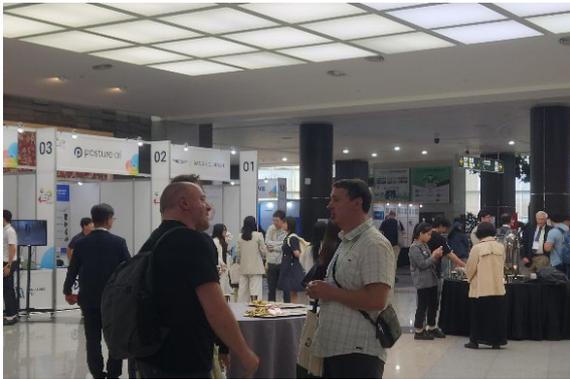


図1 IEA 2024 学会会場



図2 アシストスーツの評価について
研究の発表

5. 収集資料等

- ・ IEA 2024 program book

9. 第 65 回 ISO/TC299/WG2 会合への参加（9/7-13、ドイツ）

システム安全工学研究領域 協調安全システムグループ 研究員 田中正浩

1. 目的

第 65 回 ISO/TC299/WG2¹⁾会合への参加。

同 WG はロボット関連の標準化を扱う委員会 (Technical Committees) に設置された作業部会 (Working Group) の 1 つであり、サービスロボット²⁾の安全を取り扱う。サービスロボットはモバイルサーバント (産業目的以外のマニピュレータを持たない低速移動ロボット)、ウェアブルロボット³⁾ (パワーアシストスーツ) 及びステーションナリーロボット (移乗ロボット等) から構成される。

農機研では、農業用アシストスーツに関する研究成果を国際標準に反映させ、安全指針及び測定方法に関する標準の確立による国内での開発・普及の促進を図るとともに海外の情勢を把握して展開を模索するために、同 WG での国際標準化に取り組んでいる。従前より、国内委員会及び民間企業とも連携しつつ、活動を行ってきたが、令和 5 (2023) 年からは、同 WG にエキスパート (田中) の登録を行って、より積極的に関与している。

本会合には、下記を 2 点の達成を目的として参加した。

- ・農機研が取り組んでいる農業用アシストスーツの評価手法に関する研究成果のうち、農業用アシストスーツのユースケースと簡易腰痛指標について、今次会議で議論される ISO13482⁴⁾改正案への農機研案の反映の目途を得る。
- ・農業用を含むサービスロボットの安全性に係る国際標準化のに関する情報を得る。

2. 日程

令和 6 年 9 月 7 日～13 日 (7 日間)

| 日数 | 日程 | 都市名 | 摘要 |
|----|---------|----------|---------------|
| 1 | 9/7(土) | 東京→ミュンヘン | 移動 |
| 2 | 9/8(日) | ミュンヘン | 会場確認・資料準備等 |
| 3 | 9/9(月) | ミュンヘン | ISO/TC299/WG2 |
| 4 | 9/10(火) | ミュンヘン | ISO/TC299/WG2 |
| 5 | 9/11(水) | ミュンヘン | ISO/TC299/WG2 |
| 6 | 9/12(木) | ミュンヘン→東京 | 移動 |
| 7 | 9/13(金) | | |

3. 主な訪問先・対応者

ISO/TC299/WG2 <https://www.iso.org/committee/5915511.html>

コンビナー (進行役): オスマン・トーヒー (英国・ロンドンサウスバンク大学)

会議会場: Idealworks 社ショールーム <https://idealworks.com/en/>

4. 結果の概要

1) 背景及びこれまでの経緯

ISO/TC299/WG2 は、2025 年を目標に管轄する ISO13482:2014 (サービスロボットの安全) を改正することとし、2021 年より改正内容について議論を行ってきた。ISO13482:2014 は、サービスロボット全般の安全要求事項を規定するタイプ C 規格であり、国内では JIS B 8445:2016 として標準化されている。我が国ではさらに、モバイルサーバント、パワーアシストスーツ及び搭乗ロボットのそれぞれを対象とした JIS (JIS B 8446-1:2016、JIS B 8446-

2:2016 及び JIS B 8446-3:2016) を制定しており、我が国代表団全体としては、世界に先駆けて制定したそれらの内容のうち、B 規格である ISO13482 に入れるべきもの、さらには研究・開発・利用における成果を、ISO13482 改正案に反映するように働きかけることが活動のモチベーションとなっている。その観点では、当機構成果も後者の成果群の一つとみることができる。

同 WG においては、2024 年度は、改正に向けた DIS (国際規格原案) を議論の上作成し、各国からのコメント・提案に沿って同案の各条項をブラッシュアップしていくとともに、その後の標準化活動の展開 (関連する C 規格や TR (技術文書) の改正について議論する活動を行うこととしている。

2) 本会合の概要

ISO13482 改正案について、11 月 19 日に各国から寄せられる DIS への投票結果が公表されるため、11 月 21 日から二週間間隔でオンライン会議を開き各国からのコメントに対応する方針を決めた。また、ISO/DIS 13482 作成後の WG 活動に関する参加国から提案について議論した。

3) 次回会議 (第 72 回 TC299/WG2 (東京)) について

WG2 は、WG4 (性能評価) と WG7 (マネジメントシステム) から、シンガポールでの 2025 年 1 月～2 月の会合開催について招待を受けていた。WG2 は、1 月～2 月会合の開催地として北米を第一候補とするが、それが不可能な場合は欧州またはアジアで開催することができるとしており、コンビナーは、WG2 の次回の直接会合をシンガポールで開催する意向であった。しかし、WG2 内で日程の都合がつかず、代替地として米国が検討されたが、日本が 2025 年 2 月に WG を開催することを提案し、次回会合は 2025 年 2 月 5 日～から 2 月 7 日までの日程で、日本ロボット工業会 (JARA) 内で開催されることとなった。

さらに、2025 年 6 月の TC299 プレナリー (韓国) 後の対面での会合日程について議論し、11 月 5 日午後～11 月 7 日の日程で、米国で開催することが合意された。

4) ISO/DIS13482 の投票後の対応について

DIS 投票は、2024 年 8 月 27 日に開始され、11 月 19 日に締め切られることが報告された。ISO13482 の改定プロジェクトの完了までのスケジュールを考慮し、2024 年 11 月下旬から 2025 年 2 月の間に、7 回のオンラインミーティングを開催することで合意が得られた。

5) 将来的な ISO13482 のあり方について

ISO13482 の将来的なサービスロボット安全規格としての方向性について議論し、ISO13482 をシングルパート化 (今次改正案と同様) またはマルチパート化 (総則 (-1) と例えばモバイル、ウェアラブル等の分類毎の規定 (-2, 3, …) の構成とする) するか検討された。

5. 総括

ISO/DIS13482 についてスケジュールが示され、今年度内に DIS が完了し、来年度に FDIS (最終国際規格原案) を経て IS (国際規格) の発行となる見通しが立った。

農機研としては、今後も引き続き ISO/TC299/WG2 の活動に関与し、今回提案があったような ISO13482 改正後の活動についてもコメント及び提案の提出並びに発言を積極的に行う予定である。

アシストスーツを含むサービスロボットの標準化は、息の長い活動となることが見込まれるが、我が国のロボット業界、アシストスーツ業界、そしてその有力な市場である農業への貢献の観点から、生産者にとって安全で有益な装着型ロボットの普及において重要な活動であるため、今後も継続して取り組んでいく。

6. 収集資料等

なし

用語解説

- 1) TC299/WG2：ロボット関連の標準化を扱う委員会（Technical Committees）であり、その中でも WG2 はサービスロボットの安全を取り扱う。
- 2) サービスロボット：FA、軍事及び医療用途、ドローン、玩具、20km/h 以上の速度で移動するロボット、工場や倉庫内の無人搬送ロボット並びに公道を走行するロボットを除いた、人間に対して直接役に立つ仕事を行うロボット。
- 3) ウェアラブルロボット：ユーザーが装着することで、その能力の補完や補強を提供し、ユーザーが必要なタスクを実行できるよう身体的な支援を行うロボット。パワーアシストスーツが含まれる。
- 4) ISO13482：サービスロボットの安全規格。ISO12100（機械安全）を頂点とした国際安全規格における type C 規格（製品規格）。農機研の安全検査基準も元をたどれば ISO12100 に行きつく。

10. 大韓民国農村振興庁主催「2024 国際農作業安全シンポジウム」 での講演及び現地視察（9/9-13、韓国）

安全検査部 部長 志藤博克
安全検査部 安全評価グループ 主任研究員 山崎裕文

1. 目的

大韓民国（以下、韓国）において農業機械安全に関する研究開発や農作業事故調査等を担っている行政機関である農村振興庁（Rural Development Administration）からの招待により、日本、韓国、台湾の農作業安全関係者からなる国際農作業安全シンポジウムに参加し、講演した。

日本の農作業安全に関する取組を伝えるとともに、韓国及び台湾における取組について情報を収集し、今後の連携に向けた議論を行うことを目的とした。

2. 日程

令和6年9月9～13日（5日間）

| 日数 | 日程 | 都市名 | 概要 |
|----|---------|--------|---|
| 1 | 9/9(月) | 東京→全州市 | 移動、シンポジウムの打合せ |
| 2 | 9/10(火) | 全州市 | 国際農作業安全シンポジウム |
| 3 | 9/11(水) | 全州市 | 関係者によるセミナー、RDAの施設見学 |
| 4 | 9/12(木) | 全州市 | LS Mtron 社工場、先進技術を導入した施設トマト農家、RDAが開発した農業機械事故予防システムの実証地の見学 |
| 5 | 9/13(金) | 全州市→東京 | 移動 |

3. 主な訪問先と対応者

1) 訪問先

韓国（主催者）

農村振興庁（Rural Development Administration；以下、RDA）

<https://rda.go.kr/foreign/ten2/index.jsp>

LS Mtron 社（LS MTRON LTD）

<https://www.lsmtron.com/us/en>

2) 対応者

韓国農業技術振興院（Korea Agriculture Technology Promotion Agency；以下、KOAT）

<https://www.koat.or.kr/main2.do>

韓国農業機械学会（Korean Society for Agricultural Machinery）

http://www.ewnri.or.kr/html/sub01_01.asp

韓国農村医学・地域保健学会（Korean Society for Rural Medicine Community Health）

<http://www.comhealth.or.kr/eng/>

国立台湾大学（National Taiwan University）

<https://www.ntu.edu.tw/>

国立政治大学（National Chengchi University）

<http://www.nccu.edu.tw/>

日本農村医学会（Japanese Association of Rural Medicine）

<https://www.jarm.jp/>

4. 調査結果の概要

1) 国際農作業安全シンポジウム (図1)

(1) 日本の講演

志藤から「日本における農作業安全への取り組み」と題し、農作業事故調査の仕組み、農作業安全規範や農作業安全の指針、安全性検査について紹介した。農作業安全は農業関係者一同で連携して進めていくものとの提言に対して、賛同を得た。この他、日本でのロボット農機や自動化農機の事故の有無、日本のスマ農法の概要、農作業事故の年齢傾向等についての質問を受けた。山崎から「日本における農作業安全研究の動向」と題して、システム安全工学研究領域が行っている研究のアウトラインを紹介した。座長のソウル大学金教授から、アシストスーツの評価手法について関心が寄せられた。日本農村医学会の大浦氏からは「数万件の農作業事故データから導き出された事故対策の要点」と題して、事故分析結果を踏まえた事故対策が示され、JA 共済連の和泉氏からは「農作業事故の未然防止に向けた取組ー持続可能な農業に向けて」と題して、農研機構と共同開発した農作業事故体験 VR を用いた取組が紹介された。

(2) 韓国の講演

KOAT の韓氏から「韓国の自律走行農業機械実用化に伴う安全検定制度導入方案」、RDA の金氏から「韓国の IoT ベース農業機械事故予防システム」、蔡氏から「韓国の農作業災害予防政策及び研究開発・普及現況」、国立順天大学の鮮氏から「韓国のロボット工学を活用した農作業者の筋骨格系への負担改善事例」、国立慶尚大学の朴氏から「韓国農業の健康レベルと業務上の疾病」がそれぞれ講演された。KOAT の韓氏からの講演によると、韓国では農業機械化促進法で規定された 43 種の農業機械において、市場普及前の安全検定受検が法定義務になっており、内 21 種では性能試験も実施されているとのことであった。自動化農機については、乗用型トラクタ、自脱型コンバイン、田植機を対象に基準が設定され、ISO12188 に基づいた性能試験も実施されている。自動化農機に関しては、業界規格である KS B 7951 によって、「農業機械の無人化レベル」が規定されている。また、農業活動における死傷事故から農業者を保護し、安定的な農業の経営を支援する目的で「農漁業者の安全保険及び安全災害予防に関する法律」が 2015 年に制定され、2016 年に施行された。RDA の蔡氏の講演では、この法律に関連した農作業安全政策が紹介された。政策の一つに「作物別に適した安全管理の実践テスト事業」というものがあつた。1 箇所あたり 5000 万ウォンの予算で作目別に全国 76 箇所展開する事業であり、専門家のコンサルティングによって危険要素の診断と改善策を受けて、農業者に安全管理を実践させ、その効果を開発した農作業安全チェックリストで評価するものであつた。また、「農業者安全実践力強化支援事業」が 2024 年から行われている。この事業は全国 139 箇所、各地域の農業技術センターの主管で行われており、実習も含めた 5 つの課目、合計 5 時間 30 分からなる農作業安全研修を受講することで、「農業者安全保険」、「農機総合保険」の保険料の割引を受けることができる。講師は日本の農業改良普及員にあたる職員、大学教員、消防、労働安全コンサルタント等が務めるが、講師が少ないこともあり e-learning を併用している。

(3) 台湾の講演

国立台湾大学の陳氏から「台湾における農業者傷害保険と農業者疾病」、同分院の謝氏から「台湾における環境・労働衛生センターの設立に向けて」、国立政治大学の汪氏 (林氏の代理) から「台湾の農業者労災保険の運用と概要」についての講演があつた。国立政治大学汪氏の講演では、韓国と同様に農業者向けの公的な保険制度として、2021 年より「農業職業災害保険制度」の運用が行われていることが紹介された。韓国も台湾も、いわゆる労働者が加入する労災保険とは異なる保険制度であり、これは農業者の多くが個人事業者で

あることが理由とのことであった。



図1 シンポジウムにおける集合写真

2) 関係者とのセミナー

RDAの国立農業科学院で前日の講演者と関係者を集めたセミナーが開催された。シンポジウムでの各講演についてのさらなる質疑応答が行われ、互いの講演内容について活発に議論が行われた。韓国からは、個人事業主の割合が高い農業者の事故情報の取得方法、分析方法について、高い関心があった。この他、今後の開催方法についても意見が交わされた。

3) 施設見学

国立農業科学院で開発・市販化された暑熱対策作業服等の農作業安全研究成果、ライディングシミュレータ、行動型VR技術を用いた事故体験ツール、国立園芸・ハーブ科学院のハイテクグリーンハウス、農業科学博物館等を見学した。ライディングシミュレータ(図2)については、乗用型トラクタと歩行型トラクタを対象に開発しており、普及を考慮して自脱型コンバインも含めた3機種汎用シミュレータの開発に着手したとのことであった。今後、各農業技術センターで行われる研修での活用が見込まれている、とのこと。行動型VR技術を用いた安全教育シミュレータ(図3)については、手に装着したグローブによって運転行動の状態を把握するもので、乗用型トラクタ、自脱型コンバイン、トレーラ付きの歩行型トラクタ、動力運搬車、耕うん機の5機種に対応しているとのこと。



図2 ライディングシミュレータ(左:乗用型トラクタ、右:歩行型トラクタ)



図3 行動型 VR 技術を用いた事故体験ツール
(左：トラクタの事故体験、右：5機種に対応した運転装置)

4) LS Mtron 社の工場見学

LS Mtron 社は韓国の農業機械メーカーで、韓国内ではデドン社、TYM 社に次ぐ規模の会社で、見学した工場では自社ブランドの機械製造に加えて、ニューホランド社、ケース社の小型トラクタの OEM 製造も行われていた。工場の稼働にあたっては、時間、パフォーマンス、工程を重視し、製造品の個数、不良数、所用時間の予定と結果が表示されていた。製造管理が徹底されており、機械の製造番号ごとにどの作業工程にどの時間帯でいたのかが分かるようになっているとのこと。



図4 展示されていた LiDAR 付きのトラクタ

5) トマトの法人農家

韓国では、トマトの施設栽培が進んでおり、政府統計上は露地でのトマト栽培は行われていないとのこと。見学した施設の女性経営者は、脱サラ後に農林水産大学に入学して農業を学び、4年前に起業したとのこと。当該施設では、3,000m²の施設規模に対して、地下200mまでの穴を44箇所掘り、夏季は地下の冷気を、冬季は地下の暖気を活用して、施設内をコンピュータ管理(図5)で30℃に保っていた(携帯電話でも制御可能)。施設及び地熱システムの施工にあたっては、約4割程度政府の融資が入っているとのこと。従業員として2名の外国人女性を雇い、一日8時間労働をきっちり守っている。当初はイチゴを栽培していたものの、暑い時期に栽培しにくいことから、昨年からはトマトに切り替え、総労働時間は三分の二に減らすことができた。トマトは収穫の手間を考慮して中玉を選択しており、7月に植付けた苗を6月まで利用して、1週間に2回、1年間で90回程度収穫するとのこと。労働管理として、重いものの持ち上げを控えること、レール走行式の高所作業車による挟まれ対策を教

育するなどに配慮している。



図5 施設内の温度制御装置

6) 農業機械事故予防システム実証地

シンポジウムでも講演された「IoT ベース農業機械事故予防システム」が設置された実証地を見学した。韓国では、道路走行可能なトレーラ付きの歩行型トラクタ、乗用型トラクタによる事故が多く発生しており、原因は車両運転者の速度超過、農業機械が低速度、夜間による農業機械の視認性不足などが挙げられ、その対策のために本システムが開発された。IoT ベース農業機械事故予防システムは、GPS、傾斜計、回転灯、近距離無線通信装置、モバイル通信装置等で構成される装置（図6）で、トラクタに後付けして使用する。価格は5万円程度を見込んでいる。

事故の未然予防として、GPS の位置情報を基に、公道に設置された電光掲示板の近くに装置を設置したトラクタが接近した場合には、400MHz の近距離通信を活用して「前方〇〇m 先にトラクタ、注意せよ」と表示させて、一般車両に注意を促す（図7）。接近した距離によって、注意、警告、接近警報を使い分ける。

事故発生時の対応として、傾斜計によって 45° 以上が7秒以上継続することで転倒と判断し、周辺の人に知らせる警報を発するとともに、回転灯を発光させ、予め登録しておいた連絡先に自動通報する。現在、国内 25 カ所に実証地を設け、電光掲示板を 33 枚、後付け装置を 790 台導入して、実証事業が行われている。電光掲示板の設置は各地域の自治体によって行われる。今後は、国と自治体が半分ずつ費用を出し合ってさらに実証地を拡大し、最終的には自治体の事業として永続させる予定であるとのことであった。



図6 IoT ベース農業機械事故予防システム



図7 電光掲示版の表示（左：「危険」の表示、右：「153m接近」の表示）

5. 収集資料等

- Self-inspection Checklist for Agricultural Safety (農作業安全チェックリスト)

11. The 11th International Symposium on Machinery and Mechatronics for Agriculture and Biosystems Engineering (ISMAB2024) への参加・発表 (9/26-30、インドネシア)

知能化農機研究領域 施設園芸生産システムグループ グループ長 深津時広
研究員 下元耕太
研究員 樫野雅和
研究員 太田 望

1. 目的

JSAM、KSAM、CIAM、ISAE、ACABE が主催する農業工学関連の国際シンポジウムであり、農業機械、メカトロニクス・ロボット工学、データ駆動型農業、生物システム工学、ポストハーベスト技術、次世代フードチェーンに関する専門家が集まって最先端の科学的・技術的知見について意見交換が行われる国際学会である。本国際学会に参加し、各自研究成果を報告することで様々な視点からの意見を伺うとともに、関連する最先端の研究について情報収集を行い、研究内容のブラッシュアップと今後の研究推進の糧とする。

2. 日程

令和 6 年 9 月 26 日～30 日 (メンバーによって異なる)

| 日数 | 日付 | 行程・訪問先 | 概要 |
|-----|---------------|--------|-----------------|
| 1 | 9/26(木) | 東京→バリ | 移動日 |
| 2-4 | 9/27(金)～29(日) | バリ | ISMAB2024 参加・発表 |
| 5 | 9/30(月) | バリ→東京 | 移動日 |

3. 主な訪問先

ISMAB2024 会場 (The Patra Bali Resort & Villas)

学会 URL : <https://ismab2024.j-sam.org/>

4. 概要

ISMAB2024 は、農業機械、メカトロニクス・ロボット工学、データ駆動型農業、生物システム工学、ポストハーベスト技術、次世代フードチェーンなどに関する国際的な研究集会であり、2年に1度開催されている。学会では各国を代表する農業機械研究者が基調講演を行うとともに、研究テーマ別に数多くの口頭発表のセッションやポスター発表のセッションが設けられ、専門分野に携わる数多くの研究者によって最新の研究内容・発表について深く議論が行われた。口頭発表は4つの会場で並行して行われ、ポスターセッションやコーヒブレイクなどではそれぞれの研究内容について専門的な意見を交わすことができた (図1)。



図1 ISMAB2024 学会会場



図2 質疑応答の様子

主要な研究トピックとしては、農業機械、ロボット工学、スマート農業、データ駆動型農業などの講演が多く、施設園芸にも通じる様々な最先端研究技術内容の報告が行われた。日本をはじめ、韓国、台湾からの報告が多かった一方、中国からの報告が例年に比べ少ないように見受けられた。

当グループからは、施設園芸関連の研究課題として「ドローンによるスマートイチゴ栽培管理手法の開発」「ヘッジトリマを用いた力覚制御によるトマト下葉処理ロボットの開発」「温室内生育モニタリングのための短レール型移動プラットフォームの開発」「大規模施設におけるパプリカ収量予測のための深層学習手法」の4課題について報告を行い、活発な議論と共に意見交換を行った（図2）。

またテクニカルツアーでは、インドネシアにおける水稻栽培における様子を見学し、水利組合(Subak)より栽培方法や課題などについて説明を受けた（図3）。環境保全のための無農薬栽培技術や棚田などの中山間地域における作業効率化のための省力化技術などについて要望があるとの説明があった。またインドネシアの主要作物のひとつであるカカオの生産・加工現場(Junglegold社)を見学し、カカオ栽培における現状や課題などについて説明を受けた。カカオ栽培における品質向上のための管理手法や、カカオ加工技術向上のための機械化技術などについて、説明者や参加者らと活発な議論が行われた。



図3 テクニカルツアーの様子

5. 参加者発表詳細

深津時広：EXPLORING THE POTENTIAL AND FEASIBILITY OF A DRONE-BASED APPROACH TO SMART STRAWBERRY CULTIVATION MANAGEMENT, PA-R22, oral session

下元耕太：DEVELOPMENT OF A RAIL-GUIDED VEHICLE AND PLATFORM FOR MONITORING MULTIPLE PLANTING ROWS IN GREENHOUSE, BR-R20, oral session

樫野雅和：FORCE CONTROL STRATEGY FOR A TOMATO PRUNING TASK BY A MANIPULATOR EQUIPPED WITH A HEDGE TRIMMER, BR-R23, oral session

太田 望：UPDATING DEEP-LEARNING SEGMENTATION FOR PAPRIKA-YIELD PREDICTION IN LARGE-SCALE GREENHOUSES, PA-R50, oral session

6. 収集資料

・ ISMAB2024 Abstract Book

12. Gadjah Mada University への訪問（9/30-10/3、インドネシア）

知能化農機研究領域 施設園芸生産システムグループ 研究員 下元耕太

1. 目的

ガジャマダ大学は、インドネシアで最も古く、最大の高等教育機関である。本大学の農業工学部の研究室を訪問・見学するとともに、農研機構の研究内容や我が国のスマート農業の取組について研究発表を実施して、インドネシアにおける農業工学分野の現状把握と将来の連携について意見交換を行う。

2. 日程

令和6年9月30日（月）～10月3日（木）

| 日数 | 日付 | 行程・訪問先 | 交通 | 摘要 |
|----|---------|-------------------------------------|------------|--|
| 1 | 9/30(月) | デンパサール→ジョグジャカルタ(ジョグジャカルタ泊) | 自動車 航空機 | 移動日 (ISMAB2024 参加後にデンパサールから移動、ISMAB2024 については別資料にて報告) |
| 2 | 10/1(火) | Universitas Gadjah Mada (ジョグジャカルタ泊) | 自動車 | 研究室訪問、意見交換 |
| 3 | 10/2(水) | ジョグジャカルタ→ジャカルタ(機内泊) | 自動車 | 移動日(学科長と会談予定だったが先方の都合により中止) |
| 4 | 10/3(木) | →東京(羽田) | 航空機 | |

3. 主な訪問先

| 日付 | 訪問先 | 住所 | URL |
|---------|-------------------------|---|---|
| 10/1(火) | Universitas Gadjah Mada | Bulaksumur, Caturtunggal, Kec. Depok, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55281 インドネシア | https://ugm.ac.id/en/ |

4. 調査結果の概要

1) ガジャマダ大学 (Universitas Gadjah Mada) の農業工学部について

ガジャマダ大学の農業工学部(Faculty of Agricultural Technology)については、今回訪問した農産業工学科(Department of Agro-Industrial Technology)に加え、農業工学科(Department of Agricultural Engineering)、食品・農産工学科(Department of Food and Agricultural Product Technology)の3つの学科から構成されている。研究室は数人の教授、准教授、助教、講師(日本の講師は助教の上の職位にあたるが、インドネシアでは Lecturer



図1 ガジャマダ大学の正門(左)、農産業工学科研究棟の入口(中)の Agung 氏の居室(右)

として、助教の下の職位となっており、博士号を取得していない場合でも職に就くことが可能である)。今回訪問した産業システム解析シミュレーション研究室 (Industrial System Analysis and Simulation Laboratory) では、Agung 准教授が研究室長として、5人の講師と1人の技術スタッフの7名体制で運営されていた。研究室は、講義室の前方に Agung 氏の居室があり、講義室の後方に研究室に配属された学生の居室や実験室が配置されていた。講義室は講義がない時間帯に研究室の所属していない1, 2年生の出入りが自由になっているとのことであった。

2) 産業システム解析シミュレーション研究室 (Industrial System Analysis and Simulation Laboratory) の研究について

当該訪問では、産業システム解析シミュレーション研究室の中でも Agung 氏の研究を中心にご紹介いただいた。Agung 氏の研究は主に深層学習による物体検出技術を活用したカカオ豆の品質 (発酵の質) 評価の自動化、匂い成分の分析装置を用いたカカオ豆の品質 (発酵段階) 評価の自動化、自然言語処理 (NLP) を用いたデータマイニング手法の開発の3つで構成されていた。

物体検出技術を活用したカカオ豆の品質 (発酵の質) 評価の自動化については、カカオ豆は生産において、現在目視で実施されている収穫・発酵後の検査を自動化するシステムを開発している。発酵後の検査は、生産物の一部を採取し豆を割って検査しており、割れた断面の外観で評価されている。本検査は、一定の経験が必要なうえ、時間を要するため、この判別の自動化が求められている。Agung 氏の研究室では、物体検出アルゴリズムとして有名な YOLO を使い、カメラで撮影されたカカオ豆の切断面の外観 (色) を3段階 (茶色、暗灰色、すみれ色) に分けて判別されていた。カカオ豆は生産法人から提供され、茶色 (Brown) のみが正常な発酵がなされている状態と説明を受けた。まずは判別作業の自動化を主目的としており、小さなボックス内に採取して切断したカカオ豆を設置すると上部のカメラで撮影され、判別モデルが搭載されたマイコンなどで、自動判別するシステムの構築を目指しているとのことであった。

匂い成分によるカカオ豆の品質 (発酵段階) 評価の自動化については、簡易なガス分析器である GeNose C19 を利用して、カカオ豆の発酵段階を非破壊で判定する研究である。GeNose C19 はガジャマダ大学で開発され、COVID-19 の検出ツールとしてもインドネシアで広く利用されている装置である。カカオ豆のガス分析には時間を要するが、前述のサンプルとして採取した豆の切断面で判定する破壊計測と比べて、本手法は非破壊で判定できる点に優位性がある。



図2 カカオ豆の物体検出結果 (左)、撮影装置のプロトタイプ (中)、GeNose C19 を用いたカカオ豆のガス分析の様子 (右)

NLP を用いたデータマイニング手法の開発については、X (旧 Twitter) 等の SNS から、顧客の嗜好や商品に対するコメントを抽出するプログラムの開発に取り組んでいた。抽出し

た結果をポジティブな反応かネガティブな反応かに自動判定する精度の向上に取り組んでおり、最終的なクラスタリングのアルゴリズムの精度比較を実施していた。今後は農業・食品分野に特化したモデルの作成に注力していくとのことであった。

当該訪問では時間の都合上見学できなかったが、他の研究室では小規模な人工光植物工場を所有しているとのことであった。

3) 研究発表及び意見交換

訪問者から Agung 氏や学生に対して、日本の労働人口の低下による自動化・効率化の必要性、日本の施設園芸に関する統計情報、次世代施設園芸拠点整備による大規模施設園芸生産法人の増加等の状況を紹介した。また、着果モニタリングシステムや下葉処理ロボットの開発、施設園芸におけるドローンの活用についての研究内容を説明した。参加者にはスキャニング技術、画像解析技術(物体検出技術を含む)やマイコンの利用について、興味をもっていただけた。具体的には、スキャニング装置の光源の配置に関する質問や、セグメンテーションによる果実検出と熟度判定についての質問と意見交換がなされた。参加した学生からは、大規模園芸施設における環境制御方法や、増加傾向にあるインドネシアの労働人口状況における自動化の必要性の有無について質問をいただいた。



図3 訪問者の発表の様子

4) 研究インドネシアの農業について

インドネシア農業の機械化については未発展な部分が多く、未だに鋤で耕している生産者もいるとのことであった。施設園芸はインドネシアにおいてあまり普及していないものの、今後の人口増加や農業の発展に伴っていずれは必要になるとの見解であった。また、我が国のみどりの食料システム戦略(MeaDRI)やEUのFarm to Fork戦略、アメリカの農業イノベーションアジェンダに類似する持続的な農業生産システムの構築に関する戦略等は未整備とのことであった。さらに、基本的に小規模農家が多いものの、パーム油の原料であるアブラヤシ生産等の主要な作物については、生産や流通を取り仕切っている大企業が存在するとのこと説明いただいた。当該訪問の前に参加した国際学会の基調講演でも触れられていたが、インドネシアでは人口増加に伴う主食のコメの消費量が爆発的に増加することが予想されており、大規模な水田の開拓も実施されている様子であった。

5) 総括

ガジャマダ大学は、インドネシア国内トップの大学であり、多くの日本の大学と連携している。今回訪問した農業工学部では、Agung 氏をはじめ日本の大学で博士号を取得した教員が多く所属していた。インドネシアの施設園芸は現時点では主流の生産体系ではないものの、大学で研究開発されている作物生体情報の計測技術や画像解析技術について連携の可能性を感じられた。また、農研機構が多くの国とMOUを締結していることを知り、先方も我々との連携に関心を示していた。今後、インドネシアでは人口増加に伴う経済発展や食料確保に向けた研究開発が期待されている。我が国が労働人口減少に課題を抱える一方で、インドネシアは異なる課題を抱えつつも、自動化・効率化による生産性向上への取り組みは両国にとって重要である。そのため、今後も必要に応じて意見交換を継続していくことは有意義であると考えられる。

5. 収集資料

- ・ Agung 准教授の研究概要資料

13. ANTAM 年次会合への参加（12/1-7、ネパール）

安全検査部 安全評価グループ 上級研究員 川瀬芳順

1. 目的

ANTAM (Asian and Pacific Network for Testing of Agricultural Machinery)アジア地域農業機械試験ネットワークは、アジア・太平洋を中心としたネットワークであり、アジアの農業機械の性能及び安全性の向上、円滑な輸出入の促進等を目的に、テストコードを策定や検査員の育成、試験機関の確立を行ってきた。テストコードの策定では、歩行型トラクタ（以下、歩トラ）、背負式動力噴霧機、田植機の3機種が発行され、ミニティラー（6kW以下の歩トラ）とコンバインハーベスターの2機種は策定途中である。年次会合では、テクニカルワーキンググループ（以下、TWG）にて検討された各機種のテストコード改定案が示され、可決されればその年度のコードとして公開される。なお、ANTAM事務局は、United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (UN ESCAP:国連 アジア太平洋経済社会委員)の下部組織で、中国北京にあるCenter of Sustainable Agricultural Mechanization (CSAM:持続可能な農業機械化センター)となっている。また、2024年現在、これらのテストコードを実施する検査機関はない。農機研はこの年次会合に参加し、国内メーカーが不利になるようなコードや運営等がなされていないかなどの情報収集を行った。

2. 日程

令和6年12月1日～7日

| 日数 | 日付 | 行程 | 摘要 |
|----|---------|-----------|-----------|
| 1 | 12/1(日) | 東京→デリー | 移動 |
| 2 | 12/2(月) | デリー→カトマンズ | 移動 |
| 3 | 12/3(火) | カトマンズ | 年次会合参加 |
| 4 | 12/4(水) | カトマンズ | 年次会合参加 |
| 5 | 12/5(木) | カトマンズ→デリー | 年次会合参加、移動 |
| 6 | 12/6(金) | デリー→ | 移動 |
| 7 | 12/7(土) | →東京 | |

3. 主な訪問先と対応者

| 日付 | 訪問先 | 対応者 | 住所 |
|--------|-----|-----------------|---------------------------------|
| 12/3-5 | — | Marco Silvestri | Hotel Marg 230, Kathmandu, ネパール |

4. 会合の概要

第11回 ANTAM 年次会合は、ネパール農業研究評議会 (NARC) およびネパール農業工学研究センター (NAERC) と共催でカトマンズホテルマナスルにて開催された。会合には、バングラデシュ、ブータン、カンボジア、中国、フランス、インド、インドネシア、日本、マレーシア、ネパール、パキスタン、フィリピン、大韓民国、ロシア連邦、スリランカ、タイ、トルコ、ウズベキスタン、ベトナムの19カ国が参加した。

2025年のANTAM議長としてブータン、副議長としてトルコが選出された。これにより、来年の年次会合はブータン、再来年はトルコでの開催となる。

事務局は、農業機械の検査手順、基準、認証、法的適合性などの各ステップについて説明し、相互承認システムの条件を推奨するためのタスクフォースの設立を提案した。

2024年の活動報告として、事務局から、コンバインハーベスターに関する技術作業部会の会合や、エンジン、騒音、振動に関する共通項目の開発について報告があった。

1) ラウンドロビンテストの結果報告

Technical Reference Unit (TRU:技術アドバイザー:イタリア)から、中国、インドネシア、ネパール、フィリピン、タイで実施された歩トラと背負式動力噴霧器のラウンドロビンテストの結果(表)が報告された。今回のテスト結果は各検査機関の検査能力を見るものではなく、実際のテストを実施した場合の問題点の洗い出しを主目的としたとの説明があった。

参加国へ配布した試験機は、受領した検査機関によっては付属品が不足するものがあるなどの問題があり、シリアルナンバーが読み取れない、燃料タンクの容量が異なるなどの試験機そのものに問題があった。また、検査機関によってはすべての検査項目に必要な検査機器がないため、未回答の項目も多くあった。今回の検査結果の入力フォーマットがなかったため、検査機関がどの様に記録して良いかわからない項目もあり、次回には入力フォームを作成し、配布する改善点が報告された。

表 歩行型トラクタのテスト結果 (一部抜粋)

| <i>Testing station</i> | A | B | C | D |
|---|--------------------------------|-----------|--------------|-----------------|
| <i>Name and address of the manufacturer</i> | Yes | Yes | Yes | Yes |
| <i>Name and address of the applicant for the test</i> | No | No | No | No |
| <i>Type of power tiller</i> | Riding type tiller with rotary | No | No | Walking tractor |
| <i>Make model</i> | 101 | 101 | | 101 |
| <i>Serial number</i> | 202310036 | 202310035 | Not readable | 202310038 |
| <i>Year of manufacturer</i> | 2023.1 | 2023.1 | | 2023.09 |
| <i>Capacity of fuel tank (l)</i> | 4,75 | 7 | | 6 |

2) 農業機械の相互認証について

年次会合とは別にネパール、インド、タイ、フィリピン、ベトナム、バングラデシュ、パキスタン、日本(オブザーバー)、ブータン、ロシア、スリランカ、ウズベキスタンで相互認証に関する会合が行われた。相互承認による貿易利益の重要性が事務局から説明され、フィリピンとネパールはANTAM検査方法を国内検査方法として採用する手続きを行っているとの報告があった。参加していた国には、検査方法と国内・国際基準を混同して発言している国が数か国あり、各国の農業機械検査の認識が統一されていないことが明らかであった。

3) 技術作業部会の活動報告

歩トラと田植機は大きな修正などはなかった。各技術作業部会の議長が2024年のコード開発と更新について報告した。

4) ANTAM手続きの更新

事務局、検査機関、TRU、Deliberative Committee(DC:審議委員会)、National Destinated Authority(NDA:国家指定機関)の役割と責任を事務局が説明を行った。また、認証の手続き案として①ANTAM 認証検査機関で実施された検査結果はその国の責任者である NDA が署名し DC へ提出、②DC は TRU に検査結果を共有し、TRU は検査結果に問題がないかを確認、③問題が無ければ DC から事務局へその旨伝え、事務局が ANTAM 認証を発行することとした。会合でこの手順案が承認された。

5) 検査機関の認定要件

ANTAM 認証の検査機関になる手順は①各国の NDA が ANTAM 検査実施能力などを精査し、ANTAM 事務局へ申請を行う、②事務局は申請にあたり、申請国以外の NDA や TRU とともに申請された検査機関を訪問し、検査に使用する機器のリストや過去 5 年の検査実績などの検査実施能力を確認する案を事務局が提案した。さらに、検査機関の認定要件案をまとめた文書を発表し、会合で手順は承認された。

6) 2025 年の作業計画

事務局は、ラウンドロビンテスト、ANTAM 認証機関候補の検査機関への訪問、国際標準団体との交流、コードの修正、ANTAM トレーニングなどの 2025 年の作業計画を発表した。

5. 収集資料等

なし

14. AEF TechWeek 2025 への参加（1/19-25、ドイツ）

知能化農機研究領域 国際標準・土地利用型作業グループ グループ長 田中 慶
 研究員 土川寛崇

1. 目的

AEF Tech Week は、ISOBUS の国際標準化フォーラムである AEF (Agricultural Industry Electronics Foundation 国際農業電子財団) が実施し、規格や仕様の検討を行うための各プロジェクトの最新情報が報告される場である。通常は単独で活動しているチームを有機的に結びつけて意見交換・問題解決に取り組み、効率的な標準化活動の推進を目指す目的がある。

現在、BRIDGE スマート農機の課題において、スマート農業（データ駆動型農業）技術の ASEAN への展開を加速するため、農機や FMIS 間のデータ接続互換性に関する国際標準化の推進に取り組んでいる。最終的には、上記のプロジェクトと関連する既存の AEF ガイドラインへの追加項目として反映させる計画である。そのため、最新の技術動向と標準化活動の調査を行う（田中）。

また、理事長査定枠の課題において、ISOBUS に関する技術開発及び国際標準化活動の推進に係る業務を担当している。我が国における国際標準化活動を積極的にリードしていくためには、当該分野の先端技術の開発のみならず、国際標準を審議・策定していくプロセスへの貢献も重要であり、海外の最新情報の収集と併せて国際標準フォーラムの中での信頼関係の構築も不可欠である。この会議に参加し、最新情報を収集するとともに世界各国の技術者との交流を図ることにより、今後の国際標準化活動を推進する（土川）。

2. 日程

令和 7 年 1 月 19 日～25 日

| 日数 | 日付 | 行程 | 摘要 |
|----|----------|-----------------|-----------------|
| 1 | 1/19 (日) | 東京→(機内泊) | 移動 |
| 2 | 1/20 (月) | →経由地→ミュンヘン | 移動 |
| 3 | 1/21 (火) | ミュンヘン | AEF TechWeek 参加 |
| 4 | 1/22 (水) | ミュンヘン | AEF TechWeek 参加 |
| 5 | 1/23 (木) | ミュンヘン | AEF TechWeek 参加 |
| 6 | 1/24 (金) | ミュンヘン→経由地→(機内泊) | 移動 |
| 7 | 1/25 (土) | →東京 | 移動 |

3. 主な訪問先

| 日付 | 訪問先 | 内容 |
|---------|---|---|
| 1/21(火) | Panasonic Electric Works Europe AG Caroline-Herschel-Str. 100, Munchen | <ul style="list-style-type: none"> • WIC Session 1, 2 • HSI Session 1 |
| 1/22(水) | | <ul style="list-style-type: none"> • HSI Session 2, 3 • AgIN Session 1, 2, 3 • Reception (Augustiner Bräustuben) |
| 1/23(木) | | <ul style="list-style-type: none"> • DCS Session 1, 2 • AgIN Session 4, 5, 6, 7 • Wrap up |

WIC:Wireless Infield Communication HSI:High Speed ISOBUS

AgIN:Agricultural Interoperability Network DCS:Digital Camera Systems

4. 調査結果の概要

AEF TechWeek は、規格や仕様の検討を行っている、AEF の各プロジェクトが最新情報を報告

し、議論する場として、2年前に Wageningen で初めて開催され、隔年で開催されることになっている。前回は4日間で多くのプロジェクトと専門チームのセッションで構成されていたが、今年は3日間で4つのプロジェクトに絞ることで、議題の数を増やし、議論を深められるようになっていた。

今年の4つのプロジェクトは、ほ場内無線通信 (WIC)、高速 ISOBUS (HSI)、農業相互運用ネットワーク (AgIN) と、前回以降に新設されたプロジェクトであるデジタルカメラシステム (DCS) であった。

会場はパナソニック・インダストリー・ヨーロッパで、ミュンヘンの南東のオットブルンにあり、ミュンヘン中心部からは地下鉄とバスで40分程度であった。大小7つの会議室には、産業報国 SAN、公明正大 KOU、和親一致 WA、力闘向上 RIKI、礼節謙讓 REI、順応同化 JUN、感謝報恩 KAN という、パナソニックの七精神が名前として付けられていた。



図1 パナソニック・インダストリー・ヨーロッパ



図2 講演の様子



図3 メインステージ



図4 休憩時間の懇談の様子

以下にプロジェクトごとに概要をまとめる。

1) Wireless Infield Communication (WIC)

WICは多様な農機間の無線通信の規格開発を目的としたプロジェクトである。2024年は2回の対面会議を含めて、月1回の会議が行われていた。イントロダクションとして、WICの関連活動が10年前から取り組まれてきた経緯が紹介された。WICは、基本機能をプロトコル、セキュリティ、機能安全、診断とし、主要なユースケースをプロセスデータ交換、農機連携(プラトーニング)、大容量データ共有(ビデオストリーミング)として活動している。2028年までに AEF ガイドライン 049、さらに9つの WIC 関連のガイドラインを策定し、2030年までの市場投入を目標としている。

無線通信については、様々な機器や条件での試験を行った結果や、各国の規制について報告され、最終的な目標は、ほ場での利用で6Mb/s、1,000mとされた。セキュリティでは、セキュリティコンセプトとして、メンバーや鍵の管理等を策定したうえで、相互認証用の AEF 証明書を用いてグループ鍵更新を行い、グループ内での通信の安全性を確保する方法が提案

された。プラトーニングでは、様々な通信プロトコルとの通信処理を可能とする通信ミドルウェアとして Zenoh（台湾大学による MQTT、Kafka、DDS 等の比較による）を、通信時のメッセージのデータ永続化形式には Protobuf（JSON、Apache Avro 等の比較による）を有力視しており、各種メッセージの定義を行っていた。



車両間でプロセスデータを共有 プラトーニング ビデオストリーミング

図5 WICのユースケース

農業におけるデジタル技術の相互運用性に関する、FieldDataSync (FDS)プロジェクトについても紹介された。ドイツ連邦食糧農業省(BMEL)が、2024年から3年間で、5億円の資金を提供し、ミュンヘン工科大学、AGCO/フェント等がコアメンバーとなっている。ほ場内で異なるメーカーの複数の機械間で、ワイヤレス通信によるプロセスデータをリアルタイムで交換する技術の確立を目指している。

2) High Speed ISOBUS (HSI)

HSIはCAN(最大1Mb/s)より高速な通信を行うことにより、高度な制御や診断、大容量のログ、低遅延映像ストリームを可能とすることを目的としたプロジェクトである。2019年にAEF主導の活動が非公式に開始され、2022年にISO JWG16に移行したが、HSIは重要な役割を担い、技術的なニーズや専門知識を提供している。

現在、車載Ethernet規格の100BASE-T1で最大100Mb/sを処理可能である。CANとHSIを結ぶゲートウェイがブロードキャストメッセージや宛先指定メッセージを適切に中継することにより、レガシーのCANベース機器との互換性を維持する。また、ネットワークテーブルでCANアドレスとHSIのIPアドレスをマッピングし、シームレスな通信を実現する。

HSIへの完全移行を目指すべきか、下位互換性を維持し続けるべきかという課題も議論された。HSIの冗長性を活かした安全性の向上や、プロトコルの最適化による性能向上など、さらなる発展についても述べられた。

ISOBUS通信保護に関するAEFガイドライン005や、Autonomy(AUT)プロジェクトとの関連として、HSIの機能安全については、HSIの活用に向けた通信の信頼性確保のため、チェックサムやシーケンス番号、タイムスタンプなどの通信保護機能を追加する必要性や、セキュリティ確保のための新たなプロトコルの検討が提案された。また、カメラ映像の改ざんなどの脅威に対する認証機能の必要性についても述べられた。

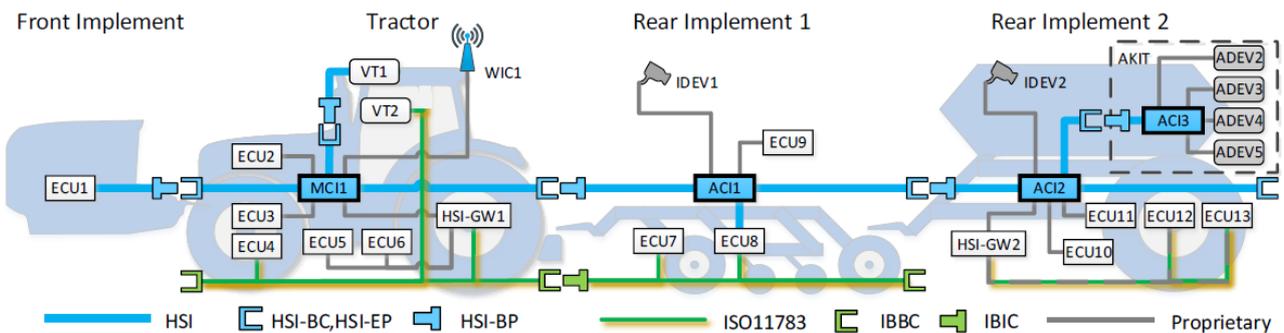


図 6 HSI と CAN、それらを接続するゲートウェイ

3) Agricultural Interoperability Network (AgIN)

AgIN は様々なプラットフォーム間でのデータのやりとりを、容易かつ安全に行うための仕組みを構築するためのプロジェクトである。コモンコネクタ (CC) という機能を提供することで実現し、データ形式の変換を行うようなデータ交換は対象外である。「AgIN はクラウドの ISOBUS のようなもので、コモンコネクタはドライバである」という表現をしていた。AEF はセントラルサービスという、参加しているプラットフォームの情報を管理する機能や、セキュリティのための AEF 証明書の発行、データの品質や信頼性に関するコンフォーマンステスト等を行う。

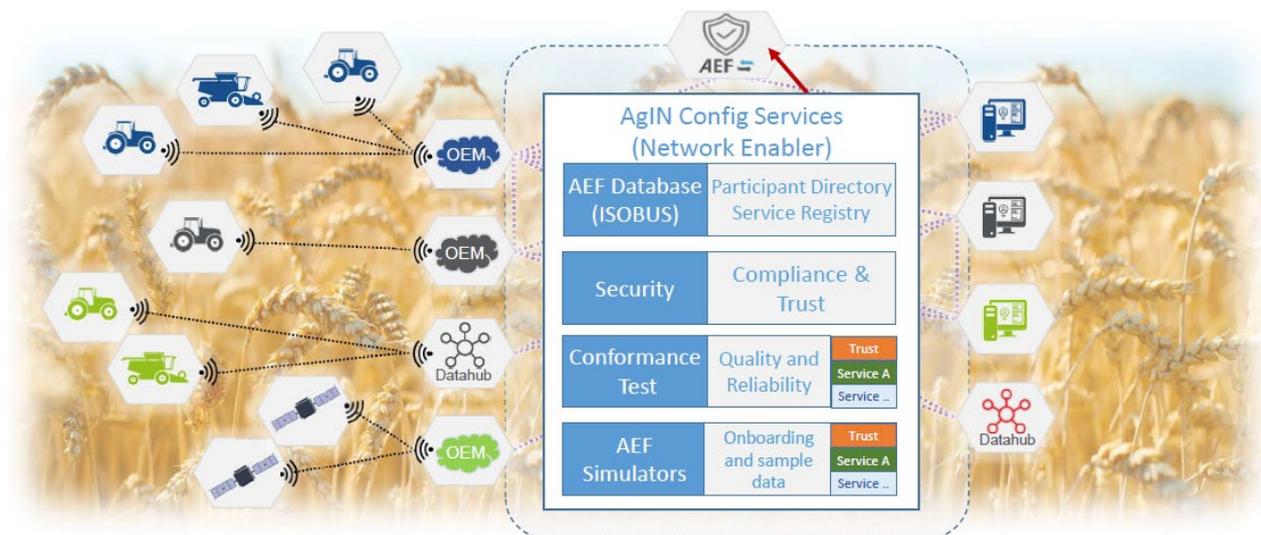


図 7 AgIN の概念図

ユーザーがセントラルサービス API で、利用したいデータを持つ他のプラットフォームを見つけ、そのデータの利用を要望すると、そのプラットフォームの管理者による承諾がなされ、データを取得可能となる。CC が提供する、プラットフォームのデータと CC をつなぐコモンコネクタ API と、プラットフォーム間をつなぐプラットフォーム API によって、データのやりとりが行われる。データのユースケースとして、ワークオーダー、ワークレコード、マシントラッキング (日時、位置、データ品質、ほ場状態、ISOBUS の DDE の値) 等が挙げられている。

4) Digital Camera Systems (DCS)

従来のカメラとモニタ間のケーブルは、ISOBUS とは別の独自のものを利用しており、カメラメーカー間の相互運用性に制限があった。DCS は現状の解決のために、通信に HSI を利用し、プラグアンドプレイでのカメラやモニタを接続可能とする相互運用性のためのガイドライン作成することを目的とした、2023 年に始まったプロジェクトである。ISO 17215 (道路

カメラ用ビデオ通信インターフェース) には、SOME/IP ベースの通信や、カメラ属性設定機能等の DCS に必要な規格があるため、プラグアンドプレイ向けの API 拡充やマルチモニタへの対応を含めて、HSI 向けに ISO 17215 を拡張する提案に取り組んでいる。

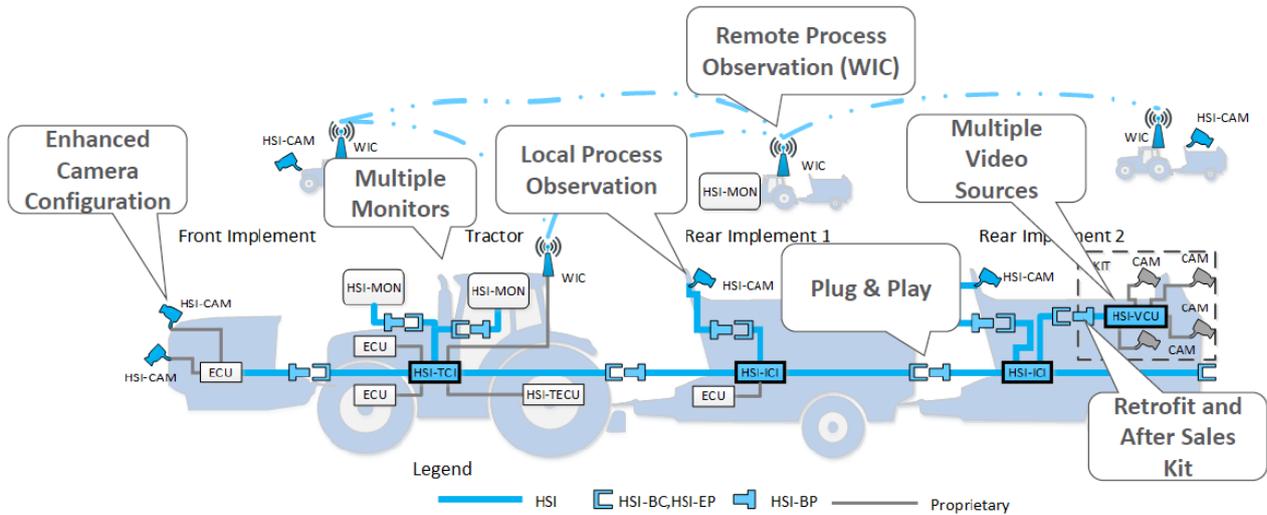


図 8 DCS が対象とする HSI に接続された様々なカメラシステム

5. まとめ

AEF のプロジェクトの標準化動向の情報収集を行った。単なる活動内容の報告の場ではなく、活発な議論が行われ、標準化活動の様子に触れることができた。WIC でのプロセスデータ交換は、BRIDGE の課題との類似性が大きいと、今後のグループの標準化活動を、単独のガイドライン提案から、WIC の活動に参加し、ガイドラインを水田農業へ適用可能なものにしていくという形への転換を検討する必要がある。

6. 収集資料等

- ・ AEF TechWeek プレゼンテーションファイル

15. BRIDGE「スマート農業のASEAN展開に係る国際標準化」事業におけるタイ現地視察と意見交換（2025/2/17-21、タイ）

機械化連携推進部 機械化連携推進室 機械化連携調整役 古山隆司
 機械化連携調整役 白井善彦
 知能化農機研究領域 国際標準・土地利用型作業グループ 主席研究員 竹崎あかね

1. 目的

事業委託機関である ListenField やタイ THAGRI 構築機関 National Electronics and Computer Technology Center:NECTEC との意見交換、タイ現地実証地での試験状況の確認と生産者との意見交換をすることで、今後の THAGRI 構築に向けた連携の検討と実証結果の確認を行う。

2. 日程

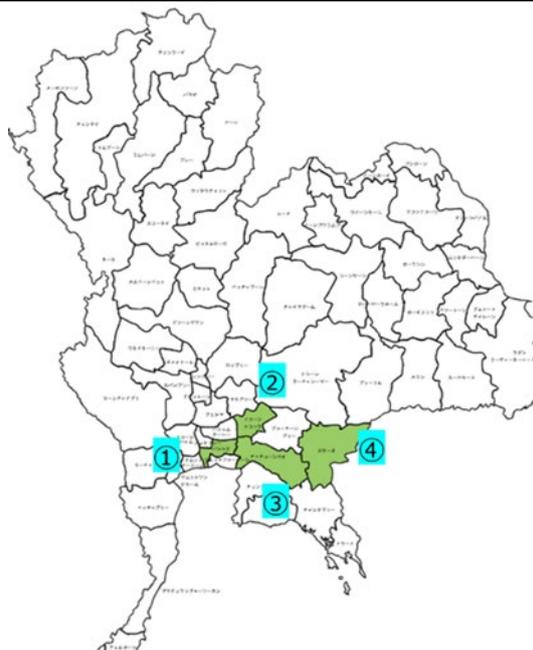
令和7年2月17日～21日（5日間）

| 日数 | 日付 | 行程 | 摘要 |
|----|---------|-------------------------------------|----------|
| 1 | 2/17（月） | 東京→タイ | 移動、バンコク泊 |
| 2 | 2/18（火） | ListenField、NECTEC 訪問 | バンコク泊 |
| 3 | 2/19（水） | 現地実証地訪問（Wang Pla Lai、Shingto Thong） | バンコク泊 |
| 4 | 2/20（木） | 現地実証地訪問（Ruang Kaeo） | バンコク泊 |
| 5 | 2/21（金） | タイ→東京 | 移動 |

- ①バンコク（ListenField、NECTEC）
- ②Wang Pla Lai（現地実証地）
- ③Shingto Thong（現地実証地）
- ④Ruang Kaeo（現地実証地）



【バンコク中心部を流れるチャオプラヤ川】



3. 主な訪問先

| 日付 | 訪問先 | 対応者 | 住所等 |
|------|---------------|---|---|
| 2/18 | ListenField | 本多潔、Rassarin Chinnachodteeranun Potchara Wongyai | https://www.listenfield.com/about タイオフィス |
| 2/18 | NECTEC | Noppadon Khiripet | https://www.nectec.or.th/en/about-nectec/contact.html |
| 2/19 | Wang Pla Lai | 本多潔（ListenField） | |
| 2/19 | Shingto Thong | 本多潔（ListenField） | |
| 2/20 | Ruang Kaeo | 本多潔（ListenField） | |

4. 調査結果の概要

1) 委託機関 ListenField との意見交換 (2/18)

・参加者: ListenField_本多 潔・Rassarin Chinnachodteeranun, ・Potchara Wongyai
 NARO_元林浩太・出張者 3 名、NRC_白石勇太郎

・概要: ListenField 本社において、タイやベトナムでの実証試験の進捗状況、来年度計画を確認し意見交換した。また、データ連携に必要な標準として ListenField から要望があった ADAPT_DATA_MODEL (ADM) への水稲作業識別子の追加について、AgGateway での審議状況を説明した (図 2)。ListenField からは新たに「ADAPT Standard (昨年 6 月更新) で Machine と Implement の関係記述ができない」問題が提起されたため、農機研が解決に向けて AgGateway に働きかけていくことになった (図 3)。データ駆動型稲作の推進を目的とした標準化 WG 設立に向けては、ListenField に協力を依頼し了承された。



図 1 ListenField 正面

Results

Proposal for the addition of identifiers for paddy-field operations to the ADM

- 2024.10 Proposal submitted;
 - (1) Addition of paddy field operations to the ADM OperationTypeCode.
 - (2) Reference of external vocabulary with identifiers (AGROVOC, AAO).
 - Work that cannot be added to ADM OperationTypeCode.

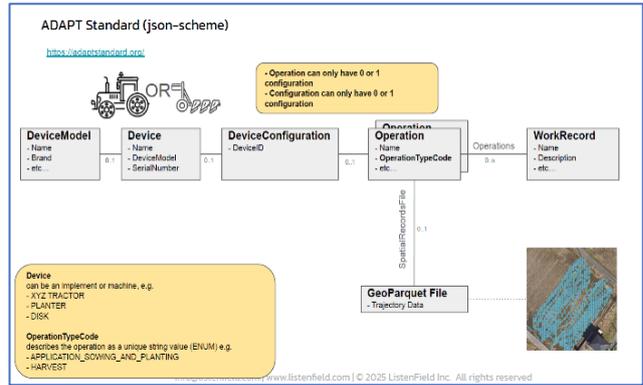
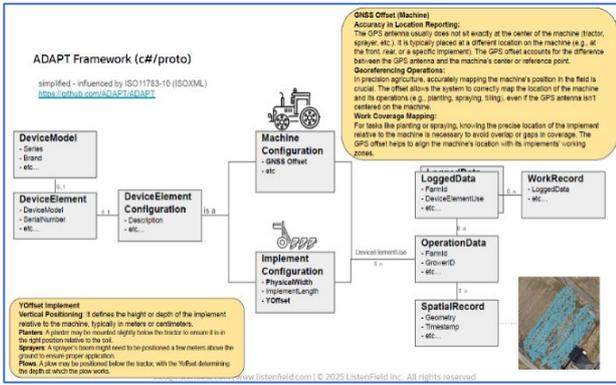
- 2024.12 Approval for the ADM extension in AgGateway committee.

- 2024.12 Online discussion start.
 - Under discussion: Addition to the ADM OperationTypeCode.
 - Not yet: Reference of external vocabulary .

Figure 2_AgGateway Annual Conference in November

Figure 1_Proposal: Paddy Field Work List

図 2 AgGateway での審議状況説明資料



①旧 ADM

②新 ADM (ADAPT Standard)

図3 新旧 ADM フレームワーク
(2024.6 に ADM の後継である ADAPT_Standard が公開)

2) タイ THAGRI 構築機関 NECTEC との意見交換 (2/18)

・参加者：NECTEC_Noppadon Khiripet

NARO_元林浩太・鶴薫 (オンライン)・出張者3名、NRC_松生 恒

農林水産省_村松直 (オンライン)・小島彩 (オンライン)

・概要：農情研、鶴 WAGRI 推進室長から WAGRI の概要が説明された後、NECTEC から THAGRI の公開情報や THAGRI を基盤としたサービス (森林伐採管理、水質モニタリングなど) が紹介された。本部国際標準化推進室から提案された「今後の連携強化に向けた交流」については、NECTEC から、親和性が高い情報科学分野での連携を希望すると回答があった。

3) 現地実証地訪問

(1) Wang Pla Lai (2/19)

・参加機関：ListenField、農機研

・概要：30 の農家が参画し、130ha を所有する組織化された農業グループ。米生産、および種子センターと連携した種子生産を実施し利益を上げていることが特徴 (灌漑農業)。収穫時期の稲、農機 (実証用に機器を一部設置)、有機物質材を確認した。



図4 大規模整形水田



図5 GMiniR アンテナ (左：機器側、右：基地局)
※GMiniR：農業情報設計社が販売している GNSS センサ

(2) Singto Thong (2/19)

・参加機関：ListenField、農業情報設計社、農機研

・概要：総面積 3,200ha、6,000 の農家で構成され、灌漑農業による稲作集落。稲の収穫作業、みちびきレシーバーの収穫機への設置作業に立ち会った。



図6 タイ製農機への3種類のGNSSセンサ（GMiniR、LFトラッカー、みちびき）の設置

(3) Ruang Kaeo (2/20)

- ・参加機関：ListenField、農業情報設計社、野村総研、農機研
- ・概要：総面積320ha、200の農家から構成されるコミュニティ。天水によるジャスミン米の有機栽培、形の異なるほ場の散在するのが特徴。収穫後の天水田、農機（実証用に機器を一部設置）を見学した。



図7 ピックアップトラック設置のGMiniR機器



図8 収穫後天水田

4) その他

- ・ListenFieldでは稼働時間による農機メンテナンスお知らせサービスを検討中である。
- ・タイの農機は、作業者の安全を考慮した設計になっていない。また素足で農機を運転するなど、安全に対する作業者の意識も異なる。
- ・高温・ほこりによる機器故障、日本では予期せぬ農機や人の動きによる機器損傷で、安定的にデータ収集することは難しい。
- ・Singto Thongでは用水路への海水遡上、Ruang Kaeoでは田植え時期の雨量不足による初期生育不良など水管理上の課題がある。日本と比較して、収穫機によるイネの切断位置が高いため、圃場の稲株残渣が多いが、基本的には刈取脱穀後排出される藁とともに、有機物施用としてはほ場にすき込まれる。

5) まとめ

実証試験状況確認や NECTEC との意見交換等、当初の出張目的は達成できた。今回 ListenField から新たに提起された課題については、方針策定後、解決に向けて AgGateway に働きかける。また、NECTEC との今後の連携については、NECTEC の要望が農機研との連携よりも農情研や農環研等との情報科学関係との連携を望んでいることから、連携体制の検討が必要である。

5. 収集資料等

- ・ListenField から提供された意見交換資料。

16. IAL 推進のための INRAE・TSCF 訪問（3/4-15、フランス）

知能化農機研究領域 国際標準・土地利用型作業グループ 主任研究員 趙 元在

1. 目的

2024年10月にフランス INRAE（フランス国立農業・食料環境研究所）及び Université Clermont Auvergne（クレルモンオーベルニュ大学）との IAL（International Associated Laboratory）に農研機構と INRAE の理事長が署名した。IAL の取組の1つとして、INRAE・TSCF※の博士後期課程学生（Tom Montagnon）の研究課題「Reshaping the World: Modeling and Navigation in Environments with Deformable Ground」に外部スーパーバイザーとして協力している。本出張ではフランス INRAE・TSCF を訪問し、①現地実験による当該研究成果の評価・助言、②当該研究課題の成果を農機研のロボットトラクタの制御システムに導入するための打合せに加えて、③今後の IAL 推進についての意見交換を実施する。

※TSCF : Technologies et systèmes d'information pour les agrosystèmes -Clermont-Ferrand、クレルモン・フェランに拠点を構え IAL を担当する INRAE 側研究員が所属する INRAE の研究部門

2. 日程

令和7年3月4日～15日

| 日数 | 日付 | 行程 | 摘要 |
|----|---------|-------------------------------------|---------------|
| 1 | 3/4（火） | 東京（羽田）⇒パリ⇒クレルモン・フェラン | 移動 |
| 2 | 3/5（水） | | |
| 2 | 3/5（水） | INRAE クレルモン・フェラン拠点 （クレルモン・フェラン泊） | 試験準備、 打合せ |
| 3 | 3/6（木） | INRAE モントルドル拠点 （クレルモン・フェラン泊） | 現地試験 |
| 4 | 3/7（金） | | |
| 7 | 3/10（月） | INRAE クレルモン・フェラン拠点 （クレルモン・フェラン泊） | データ解析、 打合せ |
| 8 | 3/11（火） | INRAE クレルモン・フェラン拠点 （クレルモン・フェラン泊） | IAL セミナー |
| 9 | 3/12（水） | INRAE クレルモン・フェラン拠点 （クレルモン・フェラン泊） | データ解析、 打合せ |
| 10 | 3/13（木） | | |
| 11 | 3/14（金） | クレルモン・フェラン⇒パリ⇒東京（羽田） | 移動 |
| 12 | 3/15（土） | | |

3. 主な訪問先

| 日付 | 訪問先 | 住所 | URL |
|--------------|--------------------|--|---|
| 3/5、 7～13 | INRAE クレルモン・フェラン拠点 | 9 Av. Blaise Pascal, 63170 Aubière, France | https://www6.clermont.inrae.fr/tscf |
| 3/6～7 | INRAE モントルドル拠点 | Domaine des Palaquins, 03150 Montoldre, France | https://www6.clermont.inrae.fr/tscf |

4. 調査結果の概要

1) 現地試験：3月6日（木）～7日（金）

Montagnon 氏の研究課題の推進のために、INRAE の TSCF 研究グループのロボットテストフィールド（INRAE モントルドル拠点）で実験を実施した（図1左）。実験の目的は、土壌条件によるロボットの走行軌跡の変化と点群データの相関関係を求めるためのデータ取得であった。データ取得のため、INRAE が開発した4輪電動ロボット（ADAP2E）（図1右）を用いて、様々な土壌条件（砂土、壤土、埴土など）でロボットの走行情報（位置、方位、速度など）、及び2D-LiDAR（図2）による点群データを取得した。

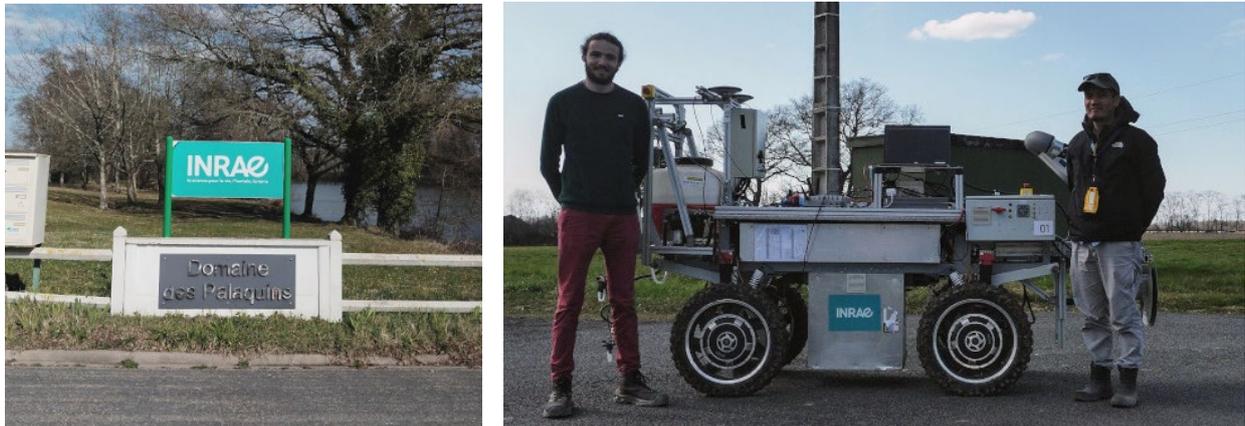


図1 INRAE モントルドル拠点のロボットテストフィールド（左）及びADAP2E（右）



図2 ADAP2E の後方（左）および前方（右）に装着されている2D-LiDAR（LMS111, SICK）

2) IAL セミナー：3月11日（火）

INRAE、農研機構及びクレルモンオーベルニュ大学は、IAL 契約により①Adaptive Behaviors、②Safety and Crossability Analysis、③Management of the Implement、④Energy Consumption and Environmental Impacts の4つの課題を推進するために協力及び共同研究を行うこととなっている。今回のセミナーは、IAL の共同研究を始める前の INRAE と NARO の研究紹介として実施した。午前はそれぞれの研究者たちによる研究紹介が行われ、午後からは今年度の研究内容について打合せを行った（表1）。

表 1 セミナースケジュール表

| 時間 | 機関 | 発表者 | 発表タイトル |
|-------------|---------------|----------------------------|---|
| 09:30-09:35 | NARO | Hayashi Kazunobu | Opening Comment |
| 09:35-09:45 | INRAE | Roland Lenain | TSCF の研究紹介 |
| 09:45-10:15 | NARO | Cho Wonjae | 知能化農機領域の研究紹介 |
| 10:15-10:25 | INRAE | Johann Laconte | IAL の課題概要の紹介 |
| 10:40-11:00 | INRAE | Tom Montagnon | ①Adaptive Behaviors - Real-Time Soil Deformation Modeling for Eco-Friendly Robotic Path Planning |
| 11:00-11:20 | INRAE | Riccardo Bertogilo | ②Safety and Crossability Analysis - Traversability Analysis for Safe and Resilient Robotics in Outdoors Environments |
| 11:20-11:40 | INRAE | Stephane Ngnepiepaye-Wembe | ③Management of the Implement - Control of an Offset Point on an Agricultural Implement |
| 11:40-12:00 | INRAE | Marilys Pradel | ④Energy Consumption and Environmental Impacts - Toward a Better Understanding of Robot Energy Consumption in Agroecological Applications |
| 13:30-16:00 | INRAE NARO | | IAL 課題打合せ |

3) データ分析及び研究課題の打合せ : 3月10(月)~13日(木)

ロボットの走行前の地形と走行後の地形の変化を比較するために、ロボットの車両情報(位置・方位情報、車両速度)(図3)及び2台の2D-LiDARから取得した点群データを用いて3次元地図(図4左)を構成し、ロボットの走行軌跡上の高さ地図(図4右)を作成した。その結果、一部のデータでは、目標とする精度の地図が構築できないことが明らかとなり、ロボットに装着しているそれぞれのセンサの外部・内部パラメータのキャリブレーションの精度を高める必要があることを確認した。

また、今年度の Montagnon 氏の研究推進のために必要な制御理論及び手法等に関する先行研究の分析を行い、研究計画を検討した。その結果、Montagnon 氏と Montagnon 氏の指導を担当する Laconte 氏が、2025年9月に農機研のロボット仕様及び実験ほ場条件を分析するために来所する見込みとなった。

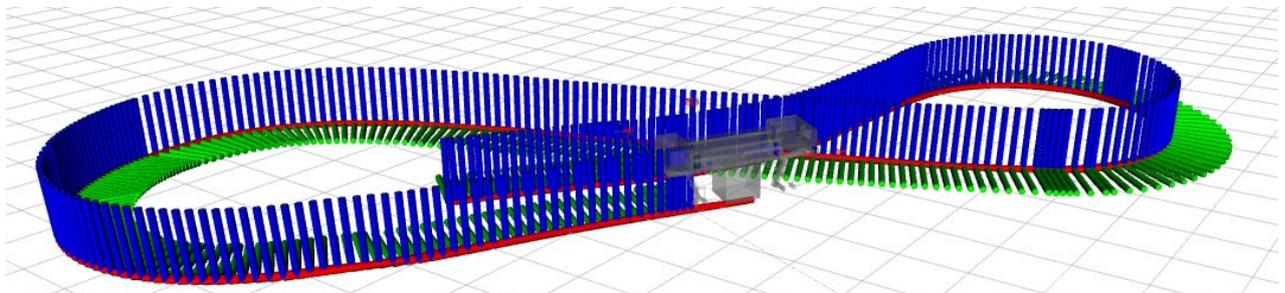


図3 ロボットの走行軌跡 (ロボットの自己位置推定 : 赤 (X軸)、緑 (Y軸)、青 (Z軸))

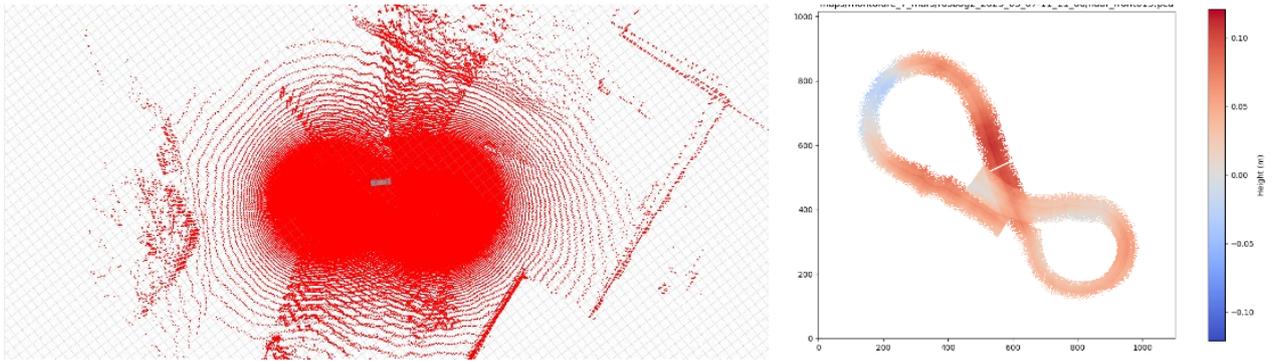


図4 点群データを用いて作成した3次元地図（左）と高さ地図（右）

- ・ 3次元地図（左）はロボットのおドメトリー情報と点群データを融合して構成した。
- ・ 高さ地図（右）はロボットの走行軌跡に基づいてロボットの幅の領域の点群データを用いて構成した。

4) 最後に

INRAEの訪問を通じて、IALに参加するINRAE側の研究者たちと対面で挨拶を行い、今後の共同研究に対して研究内容を含む様々な研究手法について議論した。また、Montagnon氏の博士後期課程の農研機構側の外部スーパーバイザーとして研究推進状況及び今後の研究計画を議論した。今回の訪問を通じて、異なる組織間での情報共有と協力が強化され、ロボット農機技術の発展に前向きな展望が広がっていると感じた。

5. 収集資料等

なし

17. ISO/TC347「データ駆動型アグリフードシステム」第3回年次総会及び関連部会への参加（3/9-15、ドイツ）

知能化農機研究領域 国際標準・土地利用型作業グループ 主席研究員 竹崎あかね

1. 目的

TC347 において、作物データの相互運用性確保を目的としたアドホック作業グループ「作物のモデルと統制語彙」(AHG2)は、「作物のモデルと統制語彙」ワーキンググループ (WG) に先立ち設置されたもので、作物データの相互運用性確保のための国際基準案を WG に提言することを目的とする。私は、農業共通語彙を構築してきた経験を活かし、アジア地域の農業事情を反映した国際基準案作成に貢献するため、AHG2 エキスパートとしてこれまで9回のオンライン会合に参加してきた。

AHG2 でのこれまでの議論は、年次総会期間中に、国際基準案として取りまとめられ、承認される可能性が高い。そこで、今回の出張は、AHG2 の会合を中心に対面参加し、国際基準案がアジア地域の農業に不利にならないよう確認することを主目的とする。

標準版 BRIDGE「スマ農」事業では、AgGateway を中心にアジアで必要な規格の追加を働きかけている。TC347 にはチェアを含め多くの AgGateway メンバーが参画し、AgGateway データモデルにもその成果が反映予定である。そこで、TC347 の活動全般についても情報収集を行う。

参考：AHG2 での活動概要

定期的なオンラインミーティングに参加し（9/26、10/15、11/5、11/20、12/5、12/17、1/21、2/5、2/18、@オンライン）、主に①作物定義を目的とした既存の地域・国際的コードリストや統制語彙の洗い出し、②作物定義に必要な属性抽出のためのユースケース選定、③AgGateway の作物モデルを出発点とした国際基準となる作物モデルへの改訂について議論した。ユースケースの一つに提示された農薬適用に関しては、作物定義に必要な属性【農薬使用した場合に農産物の残留農薬濃度に影響する特徴；収穫部位、用途（食用・観賞用）、成熟度など】や、作物群（残留農薬濃度に影響する特徴が似た作物をまとめたもの：Codex¹⁾ 農薬残留基準に準拠）の考え方を日本の事例として紹介した。農薬に関しては、アメリカ、EU でも Codex 農薬残留基準に準拠した類似の整理が行われており、AHG2 における作物定義で考慮すべき点であることが共通認識となった。

¹⁾ コーデックス・アリメンタリウス (Codex Alimentarius)：食品の安全性と品質を確保し、国際貿易を円滑に進めるための国際的な食品規格のこと。対象分野は食品に含まれる添加物や農薬の残留基準、食品表示、微生物による汚染リスク、製造や流通過程での衛生基準など。作物ごとに設定された Codex 農薬残留基準 (Maximum Residue Limits, MRLs) を基に各国は自国の基準を設定。

2. 日程

令和7年3月9日～15日（7日間）

| 日数 | 日付 | 行程 | 摘要 |
|----|----------|--------------|----------|
| 1 | 3/9 (日) | 東京→経由地→ベルリン | 移動、ベルリン泊 |
| 2 | 3/10 (月) | TC347 年次総会参加 | ベルリン泊 |
| 3 | 3/11 (火) | TC347 年次総会参加 | ベルリン泊 |
| 4 | 3/12 (水) | TC347 年次総会参加 | ベルリン泊 |
| 5 | 3/13 (木) | TC347 年次総会参加 | ベルリン泊 |
| 6 | 3/14 (金) | ベルリン→経由地→ | 移動 |
| 7 | 3/15 (土) | 東京 | |

3. 主な訪問先

年次総会会場 ドイツ規格協会 DIN

<https://www.din.de/en/din-and-our-partners/directions>

TC347 の幹事国はドイツ、議長国はアメリカである。

| 役職 | 名前 | 所属 (国籍) |
|-----------------|--------------------------------|-------------------------------|
| 議長 2029 年末まで | Mr. Rafael Andres Ferreyra | シンジェンタ AgGateway (アメリカ) |
| 事務局長 | Mrs. Dr Sophie Oberländer-Hayn | DIN (ドイツ) |



図 1 DIN 玄関前銅像と DIN 玄関



図 2 参加者集合写真

(日本からは日本規格協会 1 名、農林水産省 2 名、農研機構 4 名が参加)

4. 結果の概要

表 1 に年次総会スケジュールを示す。全体会議、担当する AHG2 部会を中心に参加し情報収集した。なお AHG2 は基盤技術であるため、他の AHG との関連も高く、合同部会も開催された。

表 1 年次総会スケジュール

| 時間 | 3/10 | 3/11 | 3/12 | 3/13 |
|-------------|------|------|-----------|------------------------------------|
| 9:00-10:30 | | AHG1 | AHG5 | 合同部会 AHG4 + AHG2 AHG5 + AHG2 |
| 10:30-10:45 | 休憩 | | | |
| 10:45-12:00 | | AHG2 | AHG6 | Q&A セッション |
| 12:00-13:15 | 昼食受付 | | | |
| 13:15-14:15 | 全体会議 | AHG3 | AG1/AG2 | 全体会議 |
| 14:15-15:00 | 休憩 | | | |
| 15:00-16:30 | 全体会議 | AHG4 | AHG7/AHG8 | 全体会議 |

1) 全体会議(3月10日及び13日)

1日目の全体会議では、TC347の概要、国際ワークショップ協定(IWA)、アドホックグループ(AHG) 1~8(表2)、アドバイスグループ(AG) 1~2、ISO/TC23/SC19など関連がある他技術委員会、AgGateway、AEFなど関連がある外部組織についての説明があった。新たに立ち上がったAHG7では意思決定に生かすための農作業データの活用、提案中のAHG8では土地利用履歴のデジタル化が検討予定である。AHG7と8はBRIDGEのスコープにも合致していることから、引き続き情報収集が必要と考えられる。最終日には、総会期間におけるWGの議論等が総括された。

表2 TC347で設置中のAHG

| | タイトル | コンビナー 国籍 |
|------|--|-----------------------|
| AHG1 | Strategic Business Plan | R. Andres Ferreyra 米国 |
| AHG2 | Model and controlled vocabulary of crops | S. Rhea 米国 |
| AHG3 | Greenhouse and controlled environment automation | Y. Kang 韓国 |
| AHG4 | Integrated Pest Management | Y. Zhuang 中国 |
| AHG5 | Annotating agrifood data for AI | C. Hennig ドイツ |
| AHG6 | Livestock activities management | G. Moore ノルウェー |

2) AHG2: 統制語彙部会(3月11日)、AHG2/AHG4、AHG2/AHG5(3月13日)

AHG2部会では、これまでのAHG2会合での議論内容が報告された。まず「作物」の表現は、利用場面や地域によって異なり(例:一般的な名称“トウモロコシ”と詳細な概念を含む“未成熟トウモロコシ”)多様な「作物」を表現するために柔軟なモデルが必要であることが示された。次に、上記前提のもと構築された作物モデル、および想定される利用場面が提案された(図3)。作物モデルには「農薬適用時に必要となる属性」が含まれるなど、日本のエキスパートの指摘事項が反映されていることを確認した。その後、作物、および作物グループの多様な表現に対応できるモデル構築の重要性、既存の作物モデルとの整合性、作物モデルのメンテナンス等について意見交換があった。また、他のAHGとの合同会議では、基盤的な技術であるAHG2は、他のAHGとの連携が特に重要であることが強調された。

以上について、総会期間中に、国際基準案として取りまとめられると予想していたが、AHG2の活動内容について多くの意見が噴出し、取りまとめには至らなかった。このため、総会終了後にコンビナーを中心にWG立ち上げに向けた手続きが進められる予定である。

作物モデル(語彙)については、既に標準として利用されているものがあり(例えばFAOが開発したAGROVOC)、そこに別の作物モデル(語彙)をマッピングする流れとなっている。このためAHG2でも一から作物モデルを構築するのではなく、関係する作物モデル(語彙)の構築する機関と連携して進めることが重要と考える。上記の指摘は会議の席上でもあったことから、WG立ち上げ後は多くのステークホルダーが関与して議論が進められる予定である。

3) その他

TC347は、データ駆動型アグリフードシステムにおいて必要となる規格について、全体的なコンセプトを示すことが、現時点での目的であった。したがって、今回の会議では概念的な議論が多く、具体的な目的、規格を導入する効果は不明確であった。研究者は、TC347のスコープが狭くなった後で、TC347の活動に参画する方が議論に参加しやすいと考える。

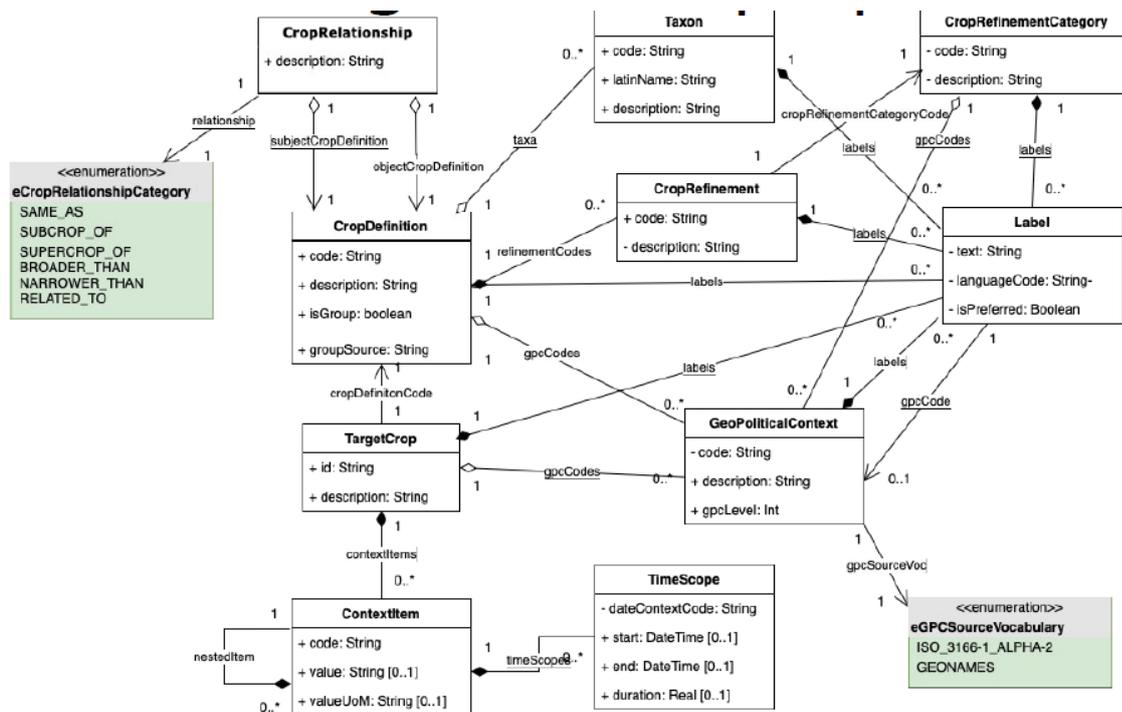


図3 提案された作物モデル

4) まとめ

出張目的である①AHG2 の議論がアジア地域の農業に不利にならないよう確認すること、②TC347 の活動全般について情報収集を行うことを達成できた。AHG2 の WG 立ち上げについての情報は引き続き収集する。

5. 収集資料等

- ・ TC347 会議資料

本報告の取扱いについて

本報告の全部又は一部を無断で転載・複製（コピー）することを禁じます。
転載・複製に当たっては、下記までお問い合わせください。

問い合わせ先：
農業機械研究部門 研究推進部 研究推進室（広報チーム）
メール：iam-koho@ml.affrc.go.jp
電話：048-654-7030

令和6年度（2024年度） 海外技術調査報告

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
農業機械研究部門

〒331-8537 埼玉県さいたま市北区日進町 1-40-2

令和7年（2025年）9月10日発行