

農業 IT システム間のデータ連携を推進する 農作業基本オントロジーの構築

竹崎あかね*・朱 成敏**・法隆大輔***・武田英明**・吉田智一*

* 高度作業支援システム研究領域

** 国立情報学研究所

*** 作物開発センター

抄 録

本稿では、農業 IT システム間のデータ連携を推進するために構築した、農作業基本オントロジー (Agriculture Activity Ontology; AAO) について報告する。AAO は農作業概念と概念間の階層的関係から構成され、農作業の概念を 8 種類の属性とその属性値で定義する。共通農業語彙 (Common Agriculture Vocabulary; CAVOC) のサイトでは AAO データの閲覧やダウンロードが可能である。本稿では AAO を基盤とした将来的なデータ連携構想についても提案する。

1. 緒 言

環境センサーによるデータ収集システム、農作業機械の自動化システム、栽培管理支援システム、営農管理支援システム等これまで、多くの農業 IT システムが開発され、農業生産者の営農支援に貢献してきた。その一方、農業 IT システム間のデータや機能連携は実現しておらず、各システムの収集データや開発機能を有効活用した営農支援がなされているとはいえない。

上記問題意識のもと、内閣官房は、情報創成・流通を促進し農業の産業競争力強化を達成するために、農業情報の相互運用性等の確保に資する標準化や情報の取扱いに関する政府横断的な戦略を策定した¹⁾。また、農業 IT システム間の連携による営農支援実現を目的の一つとして、2014 年から内閣府戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 「次世代農林水産業創造技術」(管理法人:農研機構生物系特定産業技術研究支援センター)が開始した。我々は本プロジェクトの中で、内閣官房が優先的に標準化に取り組むべきとした「農作業の名称」²⁾を対象に、システムが異なってもデータの意味を考慮した解析が可能となるよう研究開発を進めてきた。

ある農作業を表現するのに利用される語は、バックグラウンドにある知識・経験、状況によって異なる。

農業 IT システムにおいても同じ農作業のデータが異なる項目名で管理されることは少なくなく、システム間のデータ連携を阻害する要因の一つとなっている。例えば「イネを刈ること」に 1 時間要したことを、システム A では項目名「収穫」と、B では「稲刈り」と、C では「稲かり」と表現した場合、システムは各々別の作業に 1 時間要したと処理する。この際、「稲刈り」、「稲かり」がいずれも「稲を収穫する作業」と定義する基盤が参照できれば、いずれも「収穫」に 1 時間要したと処理できる。我々は、語が表現する意味を共通認識とすることで農業 IT システム間のデータ連携を推進するため、農作業を定義する基盤; 農作業基本オントロジー (Agriculture Activity Ontology; AAO) を構築した。本稿では、AAO の開発経緯と概要、および AAO を基盤とした将来的なデータ連携構想について報告する。

2. 農作業語彙の予備調査

農作業を定義する基盤構築に先立ち、定義すべき重要な農作業、定義方針を決定するため、農家の利用語彙、統計文書等に含まれる語彙、および国際的農業標準語彙である AGROVOC⁴⁾を調査した。コンピューターは、語の意味を規則性が無い文章で表現する一般的辞

書よりも、語の意味を基準に語彙を構造的に分類整理した語彙体系からの方が必要情報を抽出しやすい。そこで、農作業は語彙体系により定義することとし、農作業語彙の分類方法についても調査した。

2.1 水稲作業名の利用実態

作業計画・管理支援システム；PMS¹⁵⁾を利用する稲作6農家の作業項目マスタを調査した。作業項目名が示す概念の詳細さは栽培体系や利用者により異なり、広い概念を示す項目名；上位項目名と、狭い概念を持つ項目名；下位項目名を認めた。下位項目名は、資材(例；“施肥”の下位項目名“堆肥散布”)、時期(例；“施肥”の下位項目名“基肥”)、手段(例；“除草”の下位項目名“草抜き”)、場所(例；“除草”の下位項目名“畦畔除草”)等で上位項目名の概念が詳細化されていた。また、同じ概念が複数の表記で示されることがあった(例；“草抜き”と“草引き”)。以上から、農作業は、用語単位ではなく概念単位で定義できること、上位概念と下位概念の関係を明確に定義できることが望ましいと考えた。

2.2 統計資料における水稲作業分類

農林水産省による米生産費統計¹¹⁾は、米生産費の実態を把握し農業政策を決定する重要資料である。調査項目の一つ、作業別労働時間の集計単位であり、「農業ITシステムで用いる農作業の名称に関する個別ガイドライン」農作業名リスト³⁾の雛形に採用された水稲作業分類一覧表について、出現する作業名、および作業分類を調査した。

水稲作業分類一覧表は、作業を直接労働と間接労働に大きく分ける。間接労働は分類されていないが、直接労働は作業目的に従い13の作業分類項目(種子予措、育苗、耕起整地、基肥、直まき、田植、追肥、除草、管理、防除、刈取・脱穀、乾燥、生産管理労働)に分類される。直接労働の作業分類項目は、作業の具体的内容を含む。例えば、作業分類項目“田植”は、「苗を水田に植える準備作業」である“苗とり”、“苗運搬”、「苗を水田に植える作業」である“田植”、「苗を水田の欠株部分に植える作業」である“浮苗なおしの労働”、“補植”を含む(表1)。すなわち作業分類項

目“田植”には、田植を広義の目的とした一連の作業が分類される。以上から、水稲作業分類一覧表は、広義の目的別に作業時間を把握するための分類であると判断した。また、直接労働の13の作業分類項目は、構築する語彙体系に含むべき重要な作業と考えた。

表1 水稲作業分類一覧表の分類例

作業分類一覧表		作業の具体的行為
作業分類	作業の内容	
直接労働 > 田植	苗とり	苗を水田に植える準備に苗を取る作業
	苗運搬	苗を水田に植える準備に苗を運ぶ作業
	田植	苗を水田に植える作業
	浮き苗直しの労働	苗を水田の欠株部分に植える作業
	補植	

2.3 国際的農業標準語彙体系

国連食糧農業機関が管理するAGROVOCは、各国が開発した多くの農業語彙体系と対応関係を持ち、国際的な農業標準語彙体系と位置づけられる。我々は、AGROVOCの構造、含まれる概念を調査し、日本の農作業語彙体系への利用可能性を検討した。

AGROVOCは、農林水産業、食品安全、および関連分野に関する34,000以上の概念(用語)を収録したシソーラスであり、日本語を含む23言語で利用できる。一般的にシソーラスは、階層関係(上位下位関係)、等価関係(同義関係)のような意味の関連性で用語を分類したもので、用語間の関連性を明確に定義しない。一方、AGROVOCは、近年用語単位から概念単位へ分類構造が変更し、概念間の具体的な定義も追加されている(図1)。しかし、階層関係に着目すると、明確な定義で分類されているとはいえない。例えば、AGROVOCでは“栄養繁殖”の下位用語は“さし木繁殖”、“取り木”、“ミスト繁殖”、“発根”であるが、“さし木繁殖”と“取り木”は栄養繁殖の方法を、“ミスト繁殖”は栄養繁殖時の環境条件を、“発根”は栄養繁殖時の形態変化を意味する。すなわち、これらの下位用語は異なる基準で“栄養繁殖”に分類されており、上位と下位用語間の関連性に明確な定義はない(表2)。また、AGROVOCは日本固有の重要用語の収録が不足している。例えば

標準表記		栄養繁殖	
上位概念 (用語)	植物繁殖 (ja)		
下位概念 (用語)	さし木繁殖 (ja) ミスト繁殖 (ja) 取り木 (ja) 取り木 (ja) 接木 (ja) 株出し栽培 (ja) 株分け (ja) 発根 (ja) 試験管内大量増殖、マイクロプロ/バージョン (ja) 試験管再生、インビトロ再生 (ja)		
別表記	栄養繁殖 (ja) 無性繁殖 (ja)		
HAS COMPONENT	母本、親株 (ja)	概念 (用語) 間の関係	
IS ACHIEVED BY MEANS OF	球根 (ja)		
IS PROPAGATION PROCESS OF	側芽 (ja) 葡萄枝 (ja) 塊茎 (ja) 塊茎 (ja)		
USES PROCESS	クローニング (ja) 環状剥皮 (ja) 組織培養 (ja)		
IN OTHER LANGUAGES	تكاثر جنسی 營養繁殖 无性生殖 营养生殖 rejetativní množení nepohlavní reprodukce 'roznožování' vegetativní rozmnožování vegetative propagation vegetative reproduction 'propagation' asexual reproduction 'propagation' multiplication végétative	Arabic Chinese Czech English French	
他言語での表記 (抜粋)			
URI	http://aims.fao.org/aos/agrovoc/c_8177		
Download this concept:	RDF/XML TURTLE JSON-LD Created 2012/02/03, last modified 2017/06/20		
CLOSELY MATCHING CONCEPT	http://aims.fao.org/aos/biot	他の代表的	
EXACT MATCH	http://cat.iiia.cn/concept http://d-nb.info/gnd/4137214 http://tod.na.usda.gov/nalt/	語彙との対応	

図1 AGROVOCにおける“栄養繁殖”と他の用語（概念）との関係

http://artemide.art.uniroma2.it:8081/agrovoc/agrovoc/en/page/c_8177?clang=ja

表2 AGROVOCにおける“栄養繁殖”の階層構造例

AGROVOC		語の意味 ¹⁾
上位語	下位語	
栄養繁殖		いも等の栄養体による無性的な繁殖様式
	さし木繁殖	栄養繁殖方法の一つ
	ミスト繁殖	栄養繁殖を容易にする霧状の散水
	取り木	栄養繁殖方法の一つ
	発根	栄養繁殖時の形態変化

¹⁾「最新農業技術事典¹³⁾」を参考に記述

“排水”や“排水”の場所を示す“地下排水”はAGROVOCに含まれるが、“排水”の時期を示す“中干し”のような用語は含まれない。上記問題を解決するため、日本

固有の農業用語をAGROVOCに追加し拡張した日本農業シソーラス (Japan Agriculture Thesaurus; JAT)¹²⁾が開発された。JATは、AGROVOCに準じた語彙体系であり、AGROVOCと同様に上位と下位用語間の関連性に明確な定義はない。以上から、AGROVOCおよびそれを拡張したJATは、日本の農作業用語を定義する語彙体系としてそのまま利用できないと判断した。

AGROVOCは固有の名前空間を持ち、各概念(用語)はその上で定義される(図1)。また、米国農務省国立農学図書館が管理するシソーラス等、他の代表的な農業語彙とも対応づけられ相互参照が可能となっている。以上から我々が構築する語彙体系と国際的標準語彙体系であるAGROVOCとの連携は必要であると結論づけた。

3. 農作業基本オントロジー; AAOの概要

3.1 基本構造と収録概念

2の予備調査結果に基づき、農作業の定義は、概念(種をまくこと)と表記(種まき・播種・は種)を分離でき、上位から下位概念へ明確な基準に従い階層構造を構築できるオントロジーを採用した。オントロジーは概念、概念間の関係を基準に概念を分類整理するものである。

オントロジーに収録すべき農作業の重要語を、PMS¹⁵⁾等の営農管理システムの作業項目マスタ、生産費統計の作業分類一覧表¹¹⁾、高等学校農業科用教科書⁵⁾、農作業の関連文献等から水稻を中心に収集した。なお、“レーザーレベラー”のように、商品名、資材名、機械名が単独で農作業名になっているものは重要語から除いた。

我々はまず最上位概念である“農作業”を、圃場内で実施する“作物生産作業”と圃場外で実施する“営農管理作業”に分け第1階層とした(図2実線)。次に“作物生産作業”を、作物生育制御を目的とした“作物生育制御作業”、作物周辺環境制御を目的とした“圃場環境制御作業”、収穫後の農作物生産を目的とした“収穫調製作業”、上記3作業を間接的に支援する“作物生産管理作業”の4つに分けて第2階層とした。さらに“作物生育制御作業”を、生育ステージに応じた目的により“繁殖制御作業”、“栄養成長制御作業”、“生殖成長制御作業”の3つに分けて第3階層とした。以上

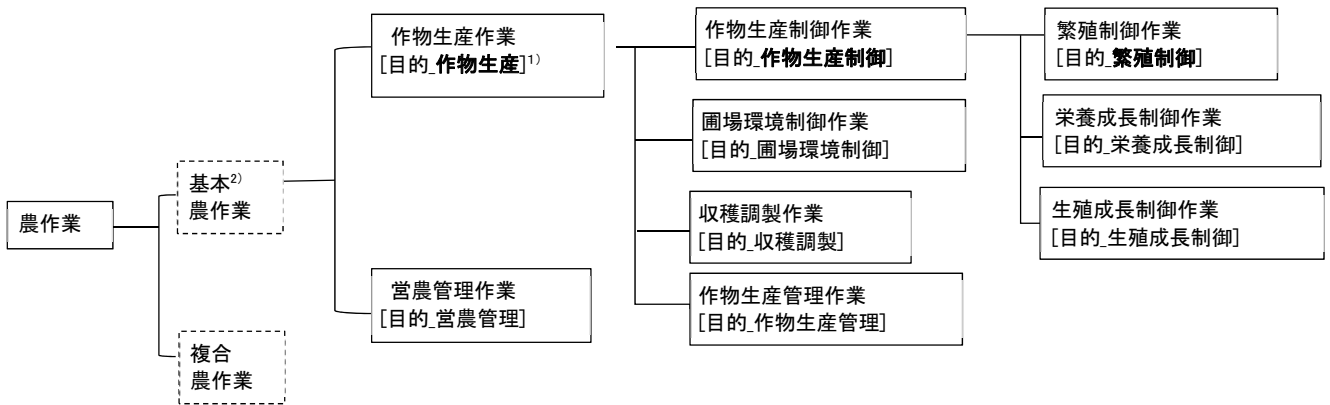


図2 AAO 上位概念における階層構造例

1) [属性_属性値] 黒字の目的の値は包含関係にある。作物生産≧作物生育制御≧繁殖制御
 2) 点線は後から追加した階層

のように第3階層までの上位概念の多くは分類のために設定した抽象的概念であり、目的の値を細分化することで階層構造を構築した。図2では、“作物生産作業”の[目的_作物生産]を細分化したのが、“作物生産制御作業”の[目的_作物生産制御]であり、さらに細分化したのが“繁殖制御作業”の[目的_繁殖制御]であることを示す。各目的の値は包含関係にある。

農作業概念をさらに具体化し重要語を分類するために、目的の他に行為、対象、場所、手段、機材、時期、作物を属性に利用した。属性は、属性値とともに農作業を定義できる¹⁵⁾(図3)。例えば“収穫”は[目的_収穫]により「収穫を目的とした作業」と、その下位概念

である“刈取り”は[目的_収穫, 行為_刈り取る]により「収穫を目的として刈り取る作業」と、さらにその下位概念である“手刈り作業”は[目的_収穫, 行為_刈り取る, 機材_鎌]により「収穫を目的として鎌で刈り取る作業」と定義する。上位概念から継承した属性、追加した属性、あるいは細分化した属性値により、下位概念を定義することで、明確な基準に基づいた階層構造が構築できる。

農作業概念には、“は種”のような単一作業だけでなく、“育苗”のように“は種”、“ハードニング”、“施肥”、“かん水”等の単一作業を組み合わせた作業もある。AAO では単一作業の“基本農作業”と単一作業の組合

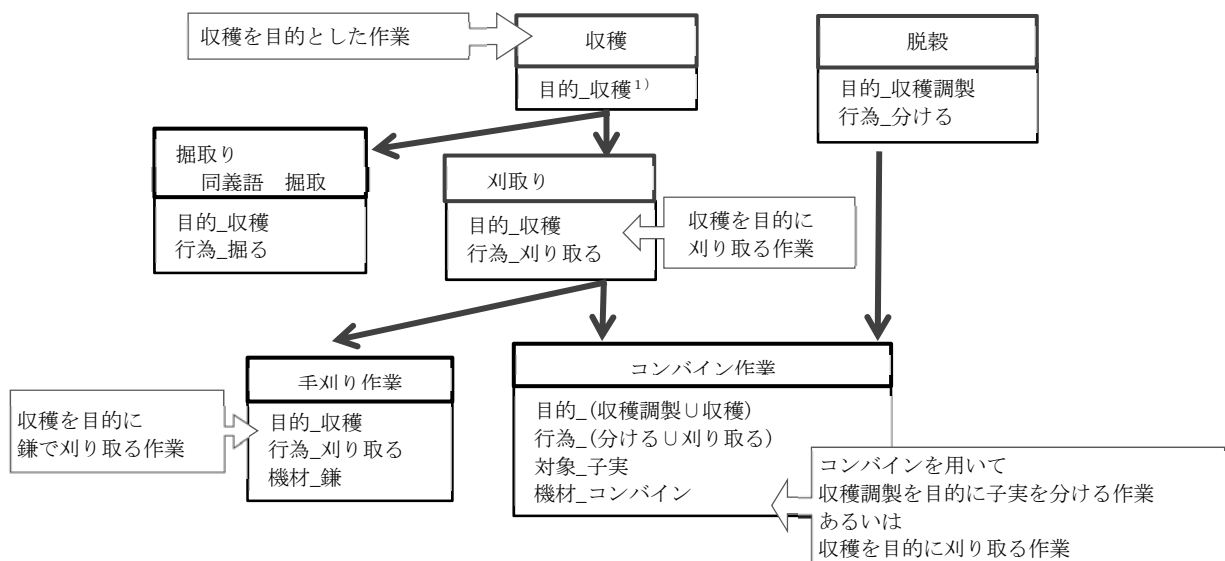


図3 AAO 下位概念における階層構造と定義例

1) 属性_属性値 「農作業研究解説記事¹⁴⁾」引用

せである“複合農作業”をいずれも対象とし、最上位概念である“農作業”の下位概念に分類した(図2点線)。

農作業は複数の目的で行われることが多い。例えば“マルチング”は“雑草抑制”，“保水”，“保温”を目的として行われる。このような複数の目的で行われる農作業は多義的概念として定義した。図3では“コンバイン作業”が目的_収穫調製，目的_収穫の二つを継承し「収穫調製あるいは収穫を目的とした・・・作業」と定義されることを示す。

AAO の概念定義を明確にするために、記述論理で概念を表現し、定義の矛盾や同一性を確認した結果をAAOに反映した⁷⁾。また、水稻、園芸作物、農業機械の専門家による確認や、農業生産者の利用語彙による検証を行い、その結果に基づいた改修を継続している。AAO の対象作物は、当初水稻中心であったがムギ、ダイズ、園芸作物等に拡大した。その結果、収録概念は公開当時の185概念(2015年5月)から410概念(2017年1月)へと増加した。さらに2015年岩手県農業技術体系に収録された農作業名のうち、AAOに不足する概念をAAOに追加し、網羅的農作業概念を収録する改訂版として出版予定である。

国際的な相互運用性確保のために、AAOの収録概念をAGROVOCの概念と対応づけている。AAOには日本語の同義語が多数収録されていることから、将来的にはAGROVOCを補完・拡張する役割が期待される。

3.2 公開

AAOは、共同研究機関である国立情報学研究所が管理する共通農業語彙；CAVOCのサイトで公開している<<http://www.cavoc.org/>>。

AAOは固有の名前空間を持ち、各概念はその上で定義される⁷⁾。名前空間では上位・下位概念、別名表記、属性と属性値とともに、他の概念(用語)との関係が分かるよう階層構造を表示する。(図4、<<http://www.cavoc.org/aao.php>>)。また、CAVOCサイトではAAOの日本語概念リストをcsv形式で、日本語、英語の階層構造をRDF/Turtle形式でダウンロードできる。

3.3 AAOの農作業用語標準化への貢献

内閣官房は「農業ITシステムで用いる農作業の名称に関する個別ガイドライン」の中で、標準として用いることが望ましい農作業用語をリストとして提示した³⁾。AAOはリストにある農作業用語の概念を収録し、それらの概念を明示している。また、同義語に対してガイドラインのリストにある用語等の標準語彙を返すAPIを開発し⁸⁾、レガシーデータに含まれる農作業用語の標準化に貢献している。

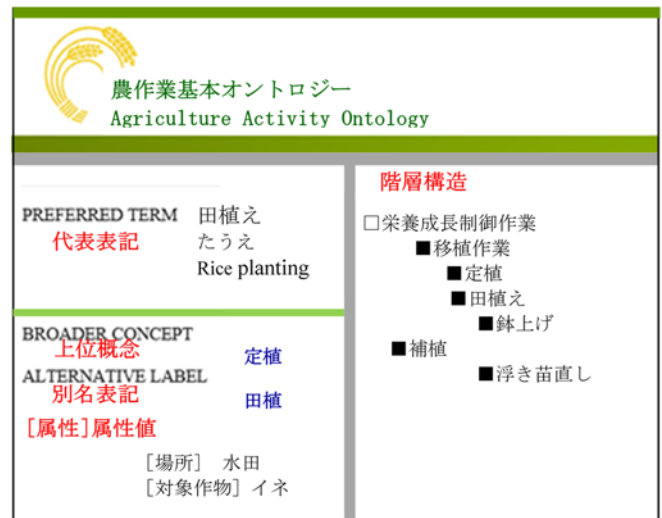


図4 “田植え”の概念、他の概念間の関係表示例 (一部抜粋) <http://www.cavoc.org/aao/ns/1/田植え>

4. AAOを利用した将来的なデータ連携構想

様々な組織が収集管理する農作業関連情報の統合解析を支援するため、AAOを基盤とした農作業関連情報の連携可能性を検討した。

図5に2015年岩手県水稻技術体系、農林水産省の発行資料である「トラクタと作業機との組合せ」¹⁰⁾、農作業データ集⁹⁾の項目名をAAOに対応付けしたイメージを示す。まず、同義語の標準語彙変換サービス⁸⁾を利用し、“秋起し”は標準語彙“秋耕”へ、“春堀”は標準語彙“春耕”へ、“ロータリ耕”は標準語彙“ロータリー耕”へと変換する。トラクタとロータリを使用した“秋起し”，“春堀”(図5；岩手県水稻技術体系)，“ロータリ耕”(図5；農作業データ集)，“耕起”と“耕起・碎土”(図5；農林水産省発行資料，トラクタと作業機の組合せ)は、AAOでは“耕起”，

“砕土”，あるいはその下位概念に対応づく。以上のように，AAO を基盤とすることで，これまでシステムに別作業と判定されたデータが“耕起”あるいは“砕土”作業のデータとして処理できる。これによって，大量データを対象とした農作業事例や指針の参照，解析が容易になると考えられる。今回手動で行った AAO への対応付けは，システムが集積事例から作業内容を推測できるようになれば自動化すると想定される。例

えば農機がトラクタとプラウであれば AAO の“プラウ耕”に対応付けることが可能になる。

我々は上記構想に基づき，AAO を利用することで，項目名が表現する概念間の関係に基づいたデータ処理が可能になることを農作業学会に提案した¹⁴⁾。今後は関連データの相互参照が容易になるよう AAO を基盤とした農作業データの連携を進めていく予定である。

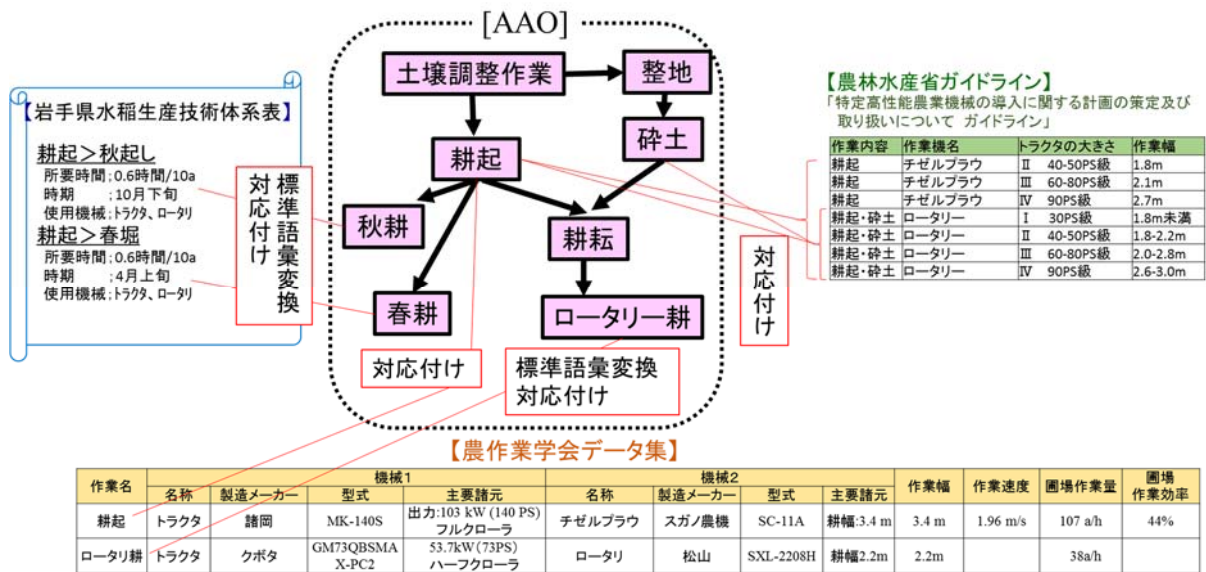


図5 AAO を基盤とした農作業関連項目名の連携イメージ 「農作業研究解説記事¹⁴⁾」引用

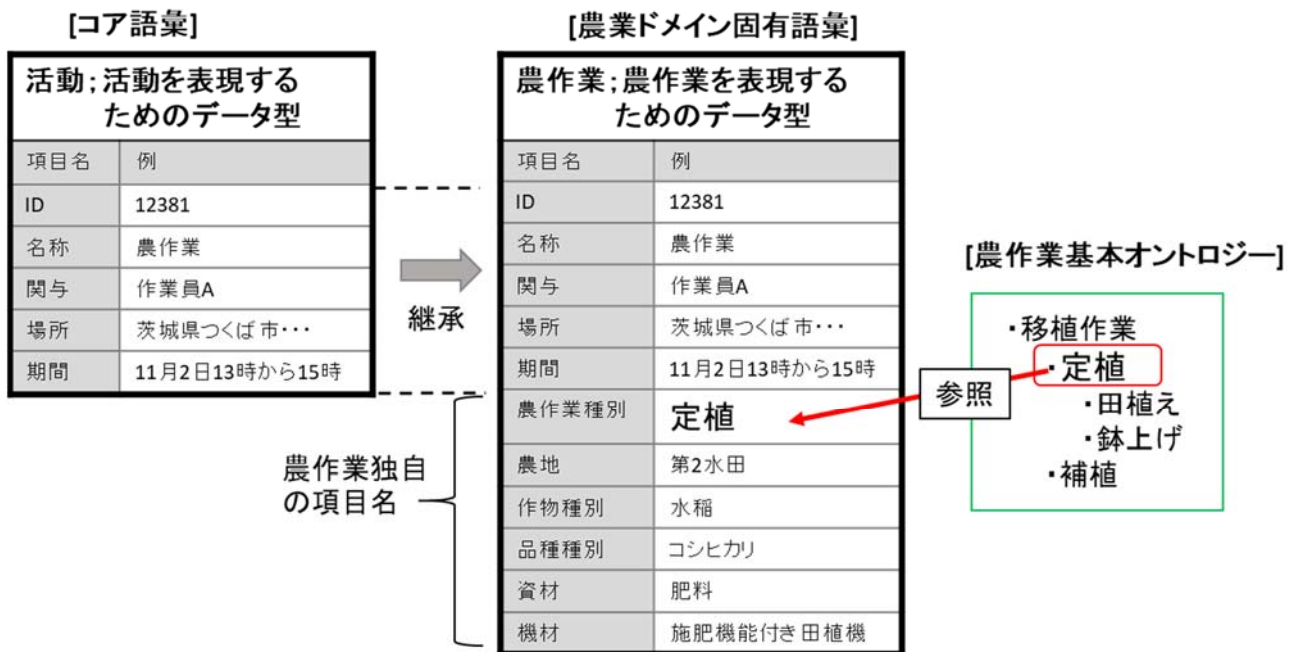


図6 共通語彙基盤コア語彙，農業ドメイン固有語彙，農作業基本オントロジーの関連イメージ

5. SIP 終了後の AAO 運用体制構築に向けた活動

SIP では、農業の担い手がデータを使った生産性向上や経営改善ができる環境整備をするために、データ連携機能やデータ提供機能をもつ「農業データ連携基盤」を構築する予定である¹⁶⁾。AAO は概念間の関係に基づく農作業データ連携基盤となりうることから、我々は「農業データ連携基盤」上で運用できるよう働きかけを行っている。

一般分野と農業分野のデータ連携に向けては、情報処理推進機構が管理運営する共通語彙基盤⁶⁾のパートナー制度に登録し、相互運用性確保に向けた協力関係を築いている。共通語彙基盤は、データで用いる様々な用語の表記、意味、構造を統一し、分野を超えてデータの検索向上やシステム連携強化を実現するために構築されたもので、どの分野でも利用される普遍的語彙である「コア語彙(例;人,物)」,分野固有の語彙の内、他の分野でも参照する主要な語彙である「ドメイン共通語彙(例;病院,駅名)」,各分野での利用に特化した語彙である「ドメイン固有語彙(例;病床数,時刻表)」から構成される。農業ドメイン固有語彙である“農作業”は、コア語彙である“活動”のデータ型を継承して定義し、そのプロパティである農作業種別の値は農作業基本オントロジーにより定義することが考えられる(図6)。以上のように共通語彙基盤のデータモデルに従い“農作業”を定義することで、農作業語彙に関しては一般分野の語彙との相互運用性が確保される。

農作業用語(概念)は新たな栽培体系や農機具等の開発により今後も増加すると予想される。有識者により AAO の収録概念や概念体系が定期的に精査できるよう、SIP 終了後の体制構築が今後の課題である。

謝辞

本報告は内閣府～農林水産省予算により生研センターが管理運営する「SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)次世代農林水産業創造技術」での研究成果に基づく。また、2015年岩手県農業技術体系を提供いただいた岩手県農業研究センターの前山薫氏に感謝申し上げます。

引用文献

- 1) 内閣官房：農業情報創成・流通促進戦略,
http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/pdf/senryakuzenbun_140603.pdf, 2014. (accessed March. 20, 2015.)
- 2) 内閣官房：農業情報創成・流通促進戦略に係る標準化ロードマップ(案),
http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/senmon_bunka/nougyou/dai10/siryoul-2.pdf, 2015. (accessed March. 20, 2015.)
- 3) 内閣官房：農業 IT システムで用いる農作業の名称に関する個別ガイドライン(本格運用版),
http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/senmon_bunka/shiryo/siryoul04.pdf, 2017. (accessed March. 3, 2017.)
- 4) 国連食糧農業機関：AGROVOC,
<http://aims.fao.org/vestregistry/vocabularies/agrovoc-multilingual-agricultural-thesaurus>, (accessed Oct. 3, 2017.)
- 5) 堀江武：高等学校農業科用教科書 作物, 第7版, 農山漁村文化協会, 1-251, 2010.
- 6) 情報処理推進機構：共通語彙基盤,
<https://imi.go.jp/goi/>, (accessed Jan. 19, 2018.)
- 7) 朱成敏・小出誠二・武田英明・法隆大輔・竹崎あかね・吉田智一：記述論理に基づく農作業オントロジーの設計と応用, 人工知能学会, セマンティックウェブとオントロジー研究会, SIG-SWO-038-06, 2016.
- 8) 朱成敏・武田英明・法隆大輔・竹崎あかね・吉田智一：農作業基本オントロジーに基づく米の生産費統計調査の自動化, 人工知能学会研究会資料, SIG-SWO-041-14, 2017.
- 9) 日本農作業学会：農作業データ集,
http://www.jsfwr.org/fw_data/index.html, (accessed Oct. 4, 2017.)
- 10) 農林水産省：特定高性能農業機械の導入に関する計画の策定及びその取扱いについて, ガイドライン, 別紙2トラクタと作業機との組合せ, 2013.
http://www.maff.go.jp/j/seisan/sien/sizai/s_kikaika/hosin/pdf/guide_line.pdf, (accessed Oct. 4, 2017.)

- 11) 農林水産省：農業経営統計調査平成24年産米及び麦類の生産費，農林統計協会，23，2016.
- 12) 農林水産省：日本農業ソーラス，
<http://www.agropedia.affrc.go.jp/dictionary/>，
(accessed Oct. 4, 2017.)
- 13) 農研機構：最新農業技術事典 NAROPEDIA，農山漁村文化協会，2003pp，2006.
- 14) 竹崎あかね・朱成敏・武田英明・吉田智一：農作業基本オントロジーを利用した農作業データ集有効活用の提案，農作業研究，52，187-189，2017.
- 15) 吉田智一・高橋英博・寺元郁博：圃場地図ベース作業計画管理ソフトの開発，農業情報研究，18，187-198，2009.
- 16) 農業データ連携基盤協議会：農業データ連携基盤協議会の設立趣旨，
https://wagri.net/pdf/20170822_waguriseminar.pdf，
(accessed Jan. 19, 2018.)

Development of Agriculture Activity Ontology to facilitate data integration among agricultural IT systems

Akane TAKEZAKI*, Sungmin JOO**, Daisuke HORYU***, Hideaki TAKEDA**,
Tomokazu YOSHIDA*

* Department of Innovative Engineering Research

** National Institute of Informatics

*** Institute of Crop Science, NARO

Abstract

This paper describes the Agriculture Activity Ontology(AAO) developed to facilitate data integration among agricultural IT systems. It consists of a set of concepts in a domain of agricultural works and activities, and the hierarchical relationships between concepts. The concepts of agricultural activities are defined with eight kinds of properties and their values. Common Agricultural VOCabulary (CAVOC) hosts AAO, providing tools for searching and browsing concepts of AAO. We also proposed a plan for AAO - based data integration.