

農業 IT システム間データ連携のための農作業基本オントロジーの構築

朱 成敏[†] 武田 英明[†] 法隆 大輔^{††} 竹崎あかね^{††} 吉田 智一^{††}

[†] 国立情報学研究所 〒101-8430 東京都千代田区一ツ橋 2-1-2

^{††} 国立研究開発法人農研機構中央農業総合研究センター 〒305-8666 茨城県つくば市観音台 3-1-1

E-mail: [†]{joo,takeda}@nii.ac.jp, ^{††}{horyu,akane,jones}@affrc.go.jp

あらまし 近年、農業現場では農作業や作物生育の記録・管理を行う農業 IT システムの普及により様々なデータが発生している。これらのデータは解析により農作業の最適化や、収量などの予測を実現する重要な資料として期待されている。蓄積されたデータを解析するためには利用者間、またはシステム間のデータ共有や統合が不可欠である。しかしながら、農業現場が持つ農作業語彙の多様性と基準となる情報がないためそれぞれの農業 IT システムは独自の用語や表記を基盤として運用されており、これはデータの連携において障害となる。そこで、本研究では多圃場営農管理システム間データ連携の基盤となる共通農業語彙として農作業基本オントロジーを提案し、構築を行った。また、その有用性と今後改善すべき事項についての考察を通じて農作業名称の標準としての可能性を確認する。

キーワード 農作業オントロジー, AGROVOC, 共通語彙基盤, 多圃場営農管理システム, 語彙体系

Development of Agriculture Activity Ontology for Data Federation between Agricultural IT Systems

Sungmin JOO[†], Hideaki TAKEDA[†], Daisuke HORYU^{††}, Akane TAKEZAKI^{††}, and Tomokazu
YOSHIDA^{††}

[†] National Institute of Informatics Hitotsubashi 2-1-2, Chiyoda-ku, Tokyo, 101-8430 Japan

^{††} National Agriculture and Food Research Organization Kannondai 3-1-1, Tsukuba-shi, Ibaraki-ken,
305-8430 Japan

E-mail: [†]{joo,takeda}@nii.ac.jp, ^{††}{horyu,akane,jones}@affrc.go.jp

Abstract In recent years, the spread of agricultural IT systems has been accompanied by generating various data in agricultural field such as farming information or agricultural activities. These data is expected to optimization of agricultural activities and prediction of harvest yield. To analyze the stored data, data sharing and integration between agricultural IT systems is essential. However, since there is a lot of multi-meaning vocabulary and no guidelines in agriculture field, each of the agricultural IT systems has been operated based on its own vocabulary. In this paper, we propose agricultural ontology as core vocabulary for agriculture that becomes the guidelines for data federation between agricultural IT systems, we developed.

Key words agricultural ontology, AGROVOC, core vocabulary, agricultural IT system

1. ま え が き

近年、農業分野では様々な IT システムが普及されており、現在、農業経営・生産管理に係るものだけで 38 システムが導入されている [1]。農業 IT システムを導入することで農業現場では様々な管理や記録など作業を効率的に行うことが可能となった。また、農業 IT システムを用いることで様々なデータが発生しており、これらから蓄積されたデータは農業分野全般において

統計や分析、予測に重要な資料となる。

しかし、既存の農業 IT システムは基準となる情報が標準化されていないため、農業 IT ベンダーはそれぞれ独自のデータ項目を定義して対応している。そのため農業 IT システムから発生されたデータの統合は困難であり、分析、統計など農業データの活用において障害となる。特に農作業の名称は営農管理において基本となる項目であり、データの分析においても最も重要な項目でもあるが、利用者が個々に作成している場合が多く、

その名称と定義が同じシステムでも利用者によって異なる場合が多い。

こういった背景により農業情報の相互運用性と可能性の確保のために農作業名称の標準化が要求されており、内閣府 IT 総合戦略本部は農業分野における情報創成・流通の促進の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 [2]。そして、その戦略ロードマップから「農作業の名称」が優先的導入の必要な項目として選定された。

本稿ではまず、農作業名称における既存語彙体系について考察し、その考察に基づいて構築した農作業基本オントロジーについて述べる。そして、農作業基本オントロジーの構築とともに農作業名称の標準化としての可能性を検討し、今後の発展方向と進捗状況について述べる。

2. 農作業の名称の標準化

本章では農作業名称における既存の語彙体系について分析し、農作業名の標準化に要求される事項について考察する。

2.1 既存語彙体系

本研究はまず、代表的な既存語彙体系として国際連合食糧農業機関 (FAO) が管理する AGROVOC と内閣府が提示した「農業 IT システムで用いる農作業の名称に関するガイドライン (以下ガイドライン)」を対象とし、これらの語彙体系が持つ特徴について調べた。

AGROVOC は国際連合食糧農業機関と欧州共同体委員会 (CEC) が共同で開発した農林水産、食糧、環境、およびその関連分野の専門用語 32,000 語以上を網羅したシソーラスである [3]。そして、21 言語^(注1)で収録されており、国際的相互利用性を確保している。各用語は広義語 (BT) と狭義語 (NT) により階層構造化されており、最上位概念として「activities」、 「organisms」、 「location」、 「products」 など 25 個が存在する。農作業に関連する概念が含まれている「activities」では 1,434 語の下位概念が収録されており、その中で日本語の表記がある概念は 1,221 語であった^(注2)。このように AGROVOC は農業分野の専門用語を構造化した国際的に相互利用性を持つ標準語彙体系である。

しかし、農作業名称の標準として AGROVOC を用いるためにはいくつか改善しなければならない部分がある。まず、日本の農業分野で重要とされる農作業語の収録が不足している。例えば稲農作業語での重要概念である「苗取り」や「中干し」、 「代掻き」は AGROVOC に収録されていない。また、栄養繁殖 (Vegetative propagation) の下位概念に発根 (Rooting) が存在する等、階層構造に間違いもあった。図 1 は「harvesting」の上位概念と下位概念を英語と日本語で表した AGROVOC の例である。「収穫」の下位概念に「草刈」が存在するが、一般的な「草刈」の意味を考慮すると「収穫」の下位概念としては適切ではない分類だと考えられる。また、一部日本語の表記がない

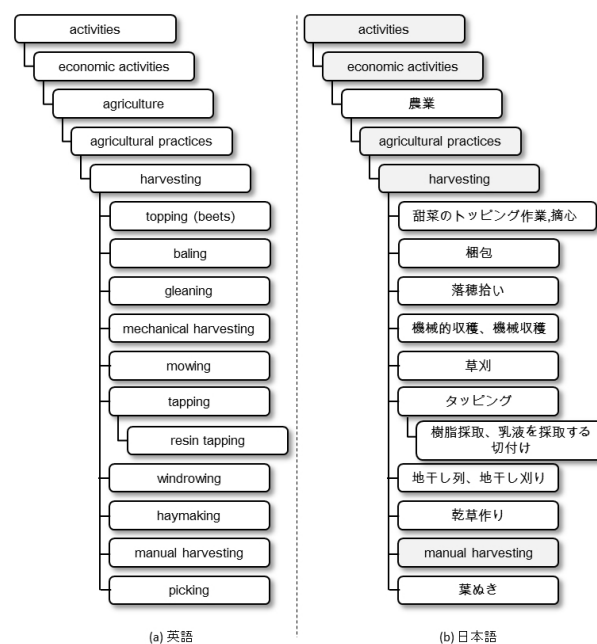


図 1 AGROVOC の例
Fig. 1 Example of AGROVOC

概念が存在しており、そのまま階層構造を用いることは困難である。

内閣府が農作物名称の標準化のために提案した「ガイドライン」では農作業名称が大・中・小項目に分類されている [4]。大項目では「種子等予措」、「育苗」、「耕起整地」など農作業に直接関連する概念と「出荷」、「生産管理労働」、「間接労働」のような間接作業を含め 14 項目で構成されている。中項目は大項目をより具体化した農作業に分けられているが、小項目は利用者が適宜拡張を行うことが可能となっている (表 1)。このようにガイドラインは農作業を構造化すると同時に利用者に対し自由に拡張ができる柔軟性を与え、農作業名称が持つ多様性に対応できる。また中項目では「その他」が存在し、関連した農作業名称が存在しない場合も対応することが可能となる。

しかし、こういった柔軟性は IT システム間のデータ共有や統合において互換性が確保できない可能性がある。また、表 1 のように大項目「4 基肥施肥」と「6 追肥施肥」の中項目に同じ「3 施肥」が存在する場合や、AGROVOC では「基肥 (basal dressing)」が「施肥 (fertilizer application)」の下位概念として収録される場合など階層構造に曖昧さがある。階層構造の曖昧さは用語の明確な定義と分類に影響を与える可能性があり、今後新しく追加される語彙のために明確な階層構造を構築する必要がある。

2.2 考察

前節で述べたように農作業名称における標準語彙体系として既存の語彙体系は概念間の関係の曖昧性、農作業名称が持つ語彙の多様性が課題である。これらの課題を解く方法として農作業におけるオントロジーの構築が挙げられる。オントロジーは概念間の関係をより細分化し、また概念と用語表記を分離することで、明確に概念を定義し、概念間の関係を構造化すること

(注1): 2015 年 9 月 24 日時点

(注2): 2015 年 2 月 19 日時点

表 1 ガイドラインの例
Table 1 Example of Guideline

大項目	中項目	小項目
4 基肥施肥	1 運搬	
	2 配合	
	3 施肥	
	4 養液栽培における定植時に行う養液作りや施肥	
	5 その他	緑肥すき込み、秋落ちを防ぐための客土、施肥溝掘り等
5 は種・定植 (本圃)	は種・覆土	直まき、種まき
	2 苗取り・運搬	
	3 定植・移植	田植、植穴(溝)作り等
	4 補植	
	5 その他	浮苗なおし、株分け等
6 追肥施肥	1 運搬	
	2 配合	
	3 施肥	穂肥散布等
	4 養液栽培における定植後の養液の濃度管理や補充など	
	5 その他	施肥溝掘り等

でドメインの特徴をより明確に反映することができる。そこで、筆者らはこれらの課題を改善するために農作業におけるオントロジーの構築を進めてきた[5][6]。農作業オントロジーは概念間の関係を明確にすることで農作業名称における標準語彙の提供、概念と用語表記を分離することで「は種」「播種」「種まき」のような同意語への対応も期待できる。

3. 農作業オントロジーの構築

本章では前章で考察した既存語彙体系の問題点を改善するために本研究が提案する「農作業基本オントロジー(AAO:Agriculture Activity Ontology)」について詳しく述べる。

3.1 農作業の概念定義と構造化

3.1.1 農作業の構造概念

まず、農作業の概念を定義するために、作物の生産に関連する「作物生産作業」、圃場や生育のための基盤環境に関連する「環境制御作業」、作物を商品化に関連する「商品生産作業」、経営など営農管理に関連する「管理作業」、そして資材の準備などの「間接作業」と分類し、これらを上位概念とした。そして、下位概念を定義するために本研究では農作業を行う「目的」と農作業を用いる「手段」に注目した。作業がある農作業を計画、または実施する際にまず、圃場や現場の状況を考慮し、「何をすべきか」とその目的を考慮した上に具体的な手段を選択する。例えば、「は種」という作業については、「圃場の整地作業」を行うために「耕起」を行う。そして「耕起」は「プラウ」を用いて行う”のように作業を特定することができる。このように農作業基本オントロジーは目的と手段の意味を持つ2層構造とし、それぞれを細分化することで階層構造を定義す

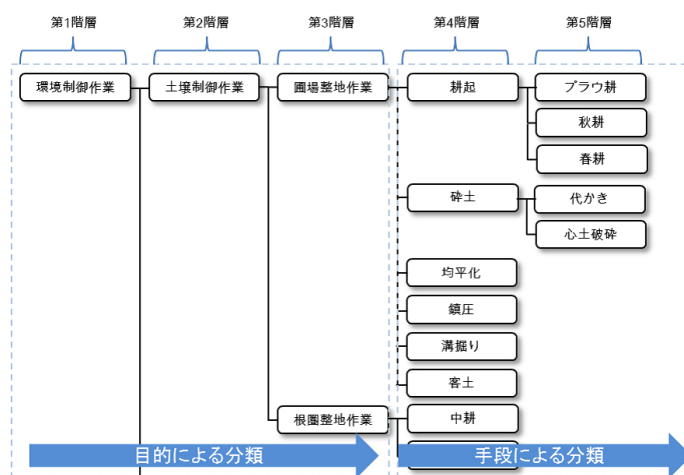


図 2 「プラウ耕」の例

Fig. 2 Example of 「ploughing by plough」

る(図2)。第3階層までは「目的」を属性とし、第4階層からは「手段」を具体化する原則として定義を行った。

3.1.2 概念間の多重継承

農作業の中では複数の効果が期待される作業が多数あり、これらの作業は状況により様々な目的で行われる場合がある。例えば、耕起した水田に水を入れて土を砕いてかきならす砕土作業である「代かき」は、作土中の土塊を粉砕し、漏水を防止するので「保水」のためにも行われる。また、代かき後の土壌は膨軟になるため圃場の「均平化」のために行われる場合もある。このように複数の目的を持つ農作業が多数存在するため、農作業オントロジーでは概念間の多重継承を考慮しなければならない。

3.1.3 概念と表記

用語の多様性は農業分野で多く発見される特徴である。農作業に関する用語の表記が複数存在する理由は大きく2つに分けられる。まず、漢字とひらがなによる表記が挙げられる。「剪定」や「播種」のように常用漢字ではない漢字が含まれているので「せん定」「は種」とも表記する。「代かき」と「代掻き」のように部分的に漢字の表記になっている場合もある。そして、「ハードニング」を「硬化」とも表記するように同じ概念を英語で表記する場合と日本語で表記する場合がある。このように一つの概念に複数の表記が存在する場合を解決するために農作業オントロジーでは見出し語となる「概念」とそれを示す「表記」を分けて考慮する必要がある。

3.2 農作業基本オントロジー ver 0.94

筆者らは前節の特徴を持つ農作業の基本概念を構造化した「農作業基本オントロジー(AAO:Agriculture Activity Ontology) ver 0.94」を公開した^(注3)。この公開版では農作業の基本となる作業名185語で構成されている。上位概念である「作物生産作業」は35語を、「環境制御作業」は68語を、「商品生産作業」は28語を、「管理作業」と「間接作業」はそれぞれ25語を下位概念として持つ。図3は上位概念である「商品生産作業」の属し

(注3): <http://cavoc.org/aao/> (2015年5月12日)

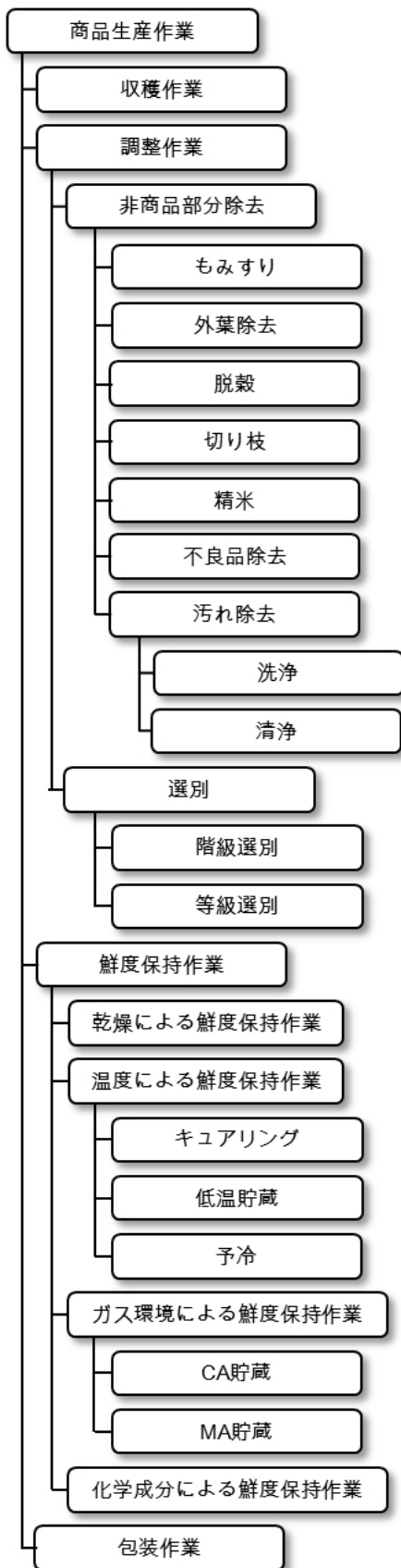


図3 農作業基本オントロジー「商品生産作業」の例

Fig. 3 Example of 「post production activity」 in Agriculture Activity Ontology ver 0.94

た下位概念を表す公開版の例である．それぞれの概念は固有の名前空間を持ち，図4のように多重継承を含む上位概念，下位概念，表記に関する情報が表示される．

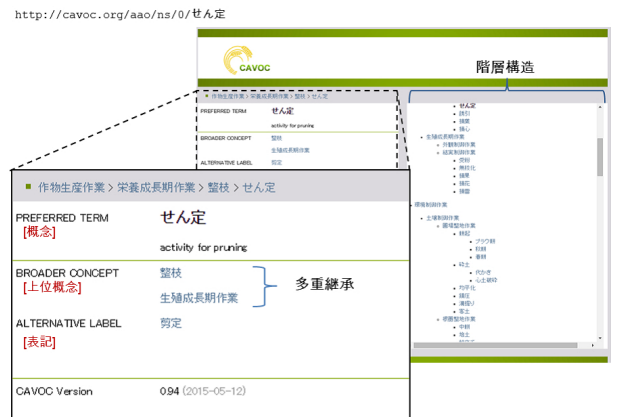


図4 「せん定」の例

Fig. 4 Example of 「activity for pruning」

4. 考察と今後の課題

本章では前章で述べた農作業基本オントロジーの公開版 (ver 0.94) が補完すべき課題と次期改訂版への進捗状況について考察する．

4.1 属性の具体化

農作業基本オントロジーの公開版は前章で述べたように「目的」と「手段」を判断基準，すなわち属性とした．しかし，農作業名称の多様性と規模に対応するためには属性をより細分化する必要がある．例えば，図2の「耕起」の下位概念である「プラウ耕」，「春耕」，「秋耕」は「耕起」の具体的な手段ではあるが「プラウ耕」は「プラウ」という機材を用いて行う耕起を，また「春耕」と「秋耕」は時期による耕起を示す．このとき「道具(手段)」と「時期」を表す属性があれば，より明確な概念を定義することができる．そこで「目的」と「手段」として分類を行った既存公開版を補完して改訂版では概念が持つ属性を「目的」，「行為」，「対象」，「手段」，「時期」の5つに拡張した．公開版では目的を果たすための方法として「手段」を定義したが，改訂版では作業における道具として定義した．これにより語彙はより明確に定義することが可能となる(図5)．

そして，属性は下位概念が継承することによって概念間の上下関係を定義し，分類の基準となる．図7は具体化した属性を導入した改訂版の例である．例えば「代かき」は上位概念である「砕土」が継承された「目的」の値と「砕土作業」の属性「行為」から「砕く」という値を継承した．また「砕土作業」を水田で行うことが「代かき」の定義となる．もし「対象」のインスタンスが水田ではなく田畑の場合は「心土破碎」となり「代かき」と兄弟関係となる．

4.2 農作業基本オントロジーにおける記述論理

記述論理はオントロジー記述言語の理論的基盤となる概念階層の記述に特化した論理的言語である．記述論理で表現することによって概念の矛盾や同一性を判断でき，また論理的な推論

第1階層	第2階層	第3階層	第4階層	第5階層	多重継承	目的	行為	対象	手段	時期
環境制御作業	環境制御作業					環境制御				
	土壌制御作業					土壌制御				
		耕起					耕す			
			プラウ耕						プラウ	
				春プラウ耕 秋プラウ耕 冬プラウ耕						春 秋 冬
		砕土					砕く			
			代かき		均平化 保水			水田		
			心土破砕					田畑		
		整地					整える			
			均平				砕く			
			鎮圧				押す			

図 5 属性の具体化

Fig. 5 Embodiment of Attribute

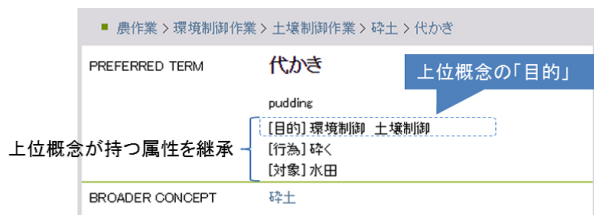


図 6 属性の継承

Fig. 6 Inheritance of Attributes

が予想できる．本節では改訂版の概念を記述論理として表現することで形式的な論理体系について考察する．

図 5 の「春プラウ耕」の場合，以下のように表現できる．

- 環境制御作業 ≡ 農作業 $\sqcap \vee$ 目的.環境制御 (1)
- 土壌制御作業 ≡ 環境制御作業 $\sqcap \vee$ 目的.土壌制御 (2)
- 耕起 ≡ 土壌制御作業 $\sqcap \vee$ 行為.耕す (3)
- プラウ耕 ≡ 耕起 $\sqcap \vee$ 手段.プラウ (4)
- 春プラウ耕 ≡ プラウ耕 $\sqcap \vee$ 時期.春 (5)

農作業基本オントロジーでは上位概念の属性である「目的」の値を継承しているためその包含関係から，

$$\text{土壌制御} \sqsubseteq \text{環境制御} \quad (6)$$

となり，(6) 式により (1) 式と (2) 式は次のようになる．

$$\text{土壌制御作業} \equiv \text{農作業} \sqcap \vee \text{目的.土壌制御} \quad (7)$$

以下同様に「耕起」「プラウ耕」を展開することができ、「春プラウ耕」という概念は次のように定義される．

$$\begin{aligned} \text{春プラウ耕} \equiv & \text{農作業} \sqcap \vee \text{目的.土壌制御} \\ & \sqcap \vee \text{行為.耕す} \\ & \sqcap \vee \text{手段.プラウ} \\ & \sqcap \vee \text{時期.春} \end{aligned} \quad (8)$$

また，成長制御のためにい行う「摘花」は以下のように定義される．

$$\text{作物生産作業} \equiv \text{農作業} \sqcap \vee \text{目的.作物生産} \quad (9)$$

$$\text{成長制御作業} \equiv \text{作物生産作業} \sqcap \vee \text{目的.成長制御} \quad (10)$$

$$\text{整枝} \equiv \text{成長制御作業} \sqcap \vee \text{対象.枝} \quad (11)$$

$$\text{摘花} \equiv \text{整枝} \sqcap (\vee \text{対象.花} \sqcap \vee \text{行為.摘み取る}) \quad (12)$$

属性の値が持つ包含関係により，

$$\text{成長制御} \sqsubseteq \text{作物生産} \quad (13)$$

$$\text{花} \sqsubseteq \text{枝} \quad (14)$$

となり (9) 式と (10) 式，(11) 式と (12) 式はそれぞれ次のようになる．

$$\text{成長制御作業} \equiv \text{農作業} \sqcap \vee \text{目的.成長制御} \quad (15)$$

$$\begin{aligned} \text{摘花} \equiv & \text{成長制御作業} \sqcap \vee \text{対象.花} \\ & \sqcap \vee \text{行為.摘み取る} \end{aligned} \quad (16)$$

従って (13) 式，(14) により式概念「摘花」は次の式で表現される．

$$\begin{aligned} \text{摘花} \equiv & \text{農作業} \sqcap \vee \text{目的.成長制御} \\ & \sqcap \vee \text{行為.摘み取る} \\ & \sqcap \vee \text{対象.花} \end{aligned} \quad (17)$$

このようにオントロジーを記述論理として表現ができるようになると，Web オントロジー言語である OWL への変換が可能となり，RDF スキーマによる語彙定義を用いて定義することが可能となる．RDF^(注4)と OWL^(注5)は W3C において標準化され，標準のデータ形式として用いられているため機械による推論処理が容易となる．

4.3 農作業基本オントロジーの拡張

農作業基本オントロジーの公開版は農業分野の基本作業を網羅した．しかし，様々な作物と多様な作業に対応するためには

(注4): Resource Description Framework (RDF), <https://www.w3.org/RDF/>

(注5): Web Ontology Language (OWL), <https://www.w3.org/OWL/>

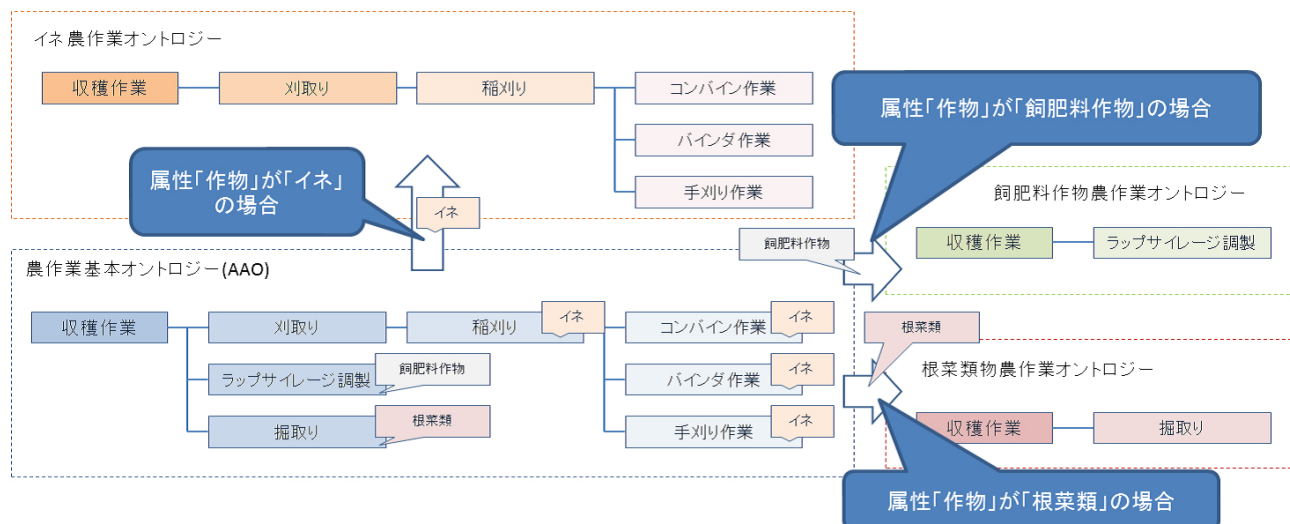


図 7 農作業基本オントロジーの拡張

Fig. 7 Extention of Agriculture Activity Ontology

作物基盤の農作業オントロジーが必要となる。そこで筆者らは農作業基本オントロジーの公開版に農作業名を追加しながら「作物」を属性として導入している。概念の属性である「作物」の値を用いると、その値である作物のための農作業オントロジーへの変換が可能となる。図 7 は農作業基本オントロジーから「イネ」、「飼肥料作物」、「根菜類」の値を持つ概念を分離し、値による専用農作オントロジーに拡張する例を示す。例のように「作物」の値によっては「イネ」のように作物そのものを示す場合と「穀物」のように分類を示す場合もある。そのために筆者らは「農作物オントロジー」の構築も進めている。

5. むすび

本稿では、農業 IT システムにおける農作業名称について考察し、それに基づいて農作業名称の標準化のための農作業基本オントロジー構築について述べた。既存語彙体系である国際連合食糧農業機関 (FAO) が管理する AGROVOC と内閣府が提示した「農業 IT システムで用いる農作業の名称に関するガイドライン」を分析し、以下の機能が農作業名称の標準化に要求されると判断した。

- 上位階層と下位階層の明確な定義
- 概念間の多重継承
- 概念と表記

これらを改善・補完するために筆者らは農作業におけるオントロジーを提案し、構築を行った。農作業における専門用語をオントロジー化することによって用語の明示的仕様を定義することができ、かつ用語間の関係を明確にすることが可能となる。これにより、農業が持つ用語の多様性と今後追加される用語にても柔軟な対応が可能となる。

今後の課題としては、概念が持つ属性の具体化、オントロジーの論理的記述、作物による専門農作業オントロジーの拡張が挙げられる。属性の具体化は用語の特徴を具体的に表現することができ、より明確な定義と分類が可能となる。また、記述論理によるオントロジーの定義は機械による推論が可能となり、

農作業における知識処理が容易となる。本稿では農業分野における基本農作業を対象としてオントロジーを構築したため作物による専門農作業名称が含まれていない場合もある。今後、属性を用いて作物による専門農作業オントロジーへの拡張・変換が可能な構造を構築する予定である。

6. 謝 辞

本報告は委託試験研究「データ・機能のオープン化と連携による多圃場営農管理システムの開発」による研究成果に基づく。

文 献

- [1] 内閣府, 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/siryou1-2.pdf> 2015 年 9 月 21 日参照
- [2] 内閣府, 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> 2015 年 9 月 21 日参照
- [3] AGROVOC Multilingual agricultural thesaurus, <<http://aims.fao.org/vest-registry/vocabularies/agrovoc-multilingual-agricultural-thesaurus>> 2015 年 9 月 21 日参照
- [4] 内閣府, 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(試行版)(案), <http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/senmon_bunka/nougyou/dai10/siryou1-3.pdf> 2015 年 9 月 21 日参照
- [5] A. Takazaki, D. Horyu, and T. Yoshida, Standardized and structured terminology specific for agricultural practice on rice cultivation in Japan, APAN 39th Conference, 2015.
- [6] 竹崎あかね, 法隆大輔, 武田英明, 朱成敏, 吉田智一, 情報共有に資する稲作業語彙体系の試作, 農業情報学会 2015 年度年次大会, 個-14, 2015.