

# 記述論理に基づく農作業オントロジーの設計と応用

## A Design and Applications of Agricultural Activity Ontology based on Description Logic

朱 成敏<sup>1\*</sup> 小出 誠二<sup>2</sup> 武田 英明<sup>1</sup> 法隆 大輔<sup>3</sup>  
竹崎 あかね<sup>3</sup> 吉田 智一<sup>3</sup>

Sungmin JOO<sup>1</sup> Seiji KOIDE<sup>1</sup> Hideaki TAKEDA<sup>1</sup> Daisuke HORYU<sup>3</sup>  
Akane TAKEZAKI<sup>3</sup> Tomokazu YOSHIDA<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 国立情報学研究所

<sup>1</sup> National Institute of Informatics

<sup>2</sup> 情報・システム研究機構

<sup>2</sup> Research Organization of Information and Systems

<sup>3</sup> 国立研究開発法人農研機構中央農業総合研究センター

<sup>3</sup> National Agriculture and Food Research Organization

**Abstract:** The spread of agricultural IT systems has been accompanied by generating various data 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 and we develop agricultural activity ontology based on description logic as core vocabulary for agriculture that becomes the guidelines for data federation between agricultural IT systems.

### 1 はじめに

近年、日本の農業分野においてITシステムが普及されており、作物の生産や営農において効率の良い管理が可能となった。また、農業ITシステムから発生されたデータは収穫量の予測や営農計画において重要な資料であり、これらのデータを蓄積し、統計・分析することによって農業分野における全体的な把握や予測の指標として用いることができる。

しかし、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、ITベンダーはそれぞれ独自の用語を用いてデータの項目を構成している。そのため農業ITシステムから発生された農業データは統合が困難となり、全体的な統合・分析において障害となっている。現在、38システムが農業経営、生産管理に係わっており、今後の普及のためにも農業情報の標準化が必要である[1]。特に農作業の名称は作業の計画など営農管理において基本となる項目であり、統計・分析において

も最も重要な項目である。しかし、農作業の名称は同じ作業でも環境や習慣によって異なる場合や「整地作業」と「代かき」のように作業の範囲を決めずに表記される場合などその標準化が進めていない状況である。こういった背景から内閣府IT総合戦略本部は農業情報の総合運用性と可能性の確保のために標準化や情報の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、その戦略ロードマップから「農作業の名称」を優先的に導入する課題として選定された[2]。

本稿では「農作業の名称」の標準化のために要求される特徴について考察し、その考察から発見した特徴を記述論理を用いて定義を行う。そして、本稿が提案する農作業オントロジーについて考察し、農作業名称の標準語彙体系としての可能性について述べる。

### 2 農作業に関する既存の語彙体系

本研究ではまず、農作業オントロジーを設計するために農作業に関する既存の語彙体系について分析を行った。対象となる既存の語彙体系は国際連合食糧農業機

\*連絡先：国立情報学研究所  
〒101-8430 東京都千代田区一ツ橋 2-1-2  
E-mail: joo@nii.ac.jp



	第一階層	二階層(概)	第3階層	第4階層	第5階層	作物	目的	行為	対象	場所	手段	時期
作物生産作業							作物生産					
	作物生育作業						繁殖制御					
		繁殖制御作業					繁殖準備					
			繁殖準備作業					採る	種			
				採種				取る	苗			
				苗取り								
			種子繁殖作業				種子繁殖					
				は種				播く	種	圃場		
					苗箱播種	イネ				苗箱		
					湛水直播	イネ				水田		
					乾田直播	イネ				乾田		
				覆土				被せる			土	
			栄養繁殖作業				栄養繁殖					
				挿し木				挿す	木			
				接ぎ木				接ぐ	木			
					呼び接ぎ	野菜			茎		活着後切断	
					割り接ぎ	野菜			茎		差し込み	
				取り木				取る	枝葉木			
				株分け				分ける	株			
				手切り	バライショ				種手			
				分球				切り分ける	球根			

図 1: 繁殖制御作業に関する作業の例

種子繁殖作業 ≡ 繁殖制御作業  
 $\cap \forall$  目的.種子繁殖 (4) 従って農作業における「は種」は式(6)と式(7)により次のように定義される。

式(1)と式(2),式(3)は,

繁殖制御作業 ≡ 農作業  
 $\cap \forall$  目的.種子繁殖  
 $\cap \forall$  目的.繁殖制御  
 $\cap \forall$  目的.作物生育  
 $\cap \forall$  目的.作物生産 (5)

となる。ここで目的の値である「種子繁殖」、「繁殖制御」、「作物生育」、「作物生産」は定義により次のような包含関係を持つ。

種子繁殖  $\sqsubseteq$  繁殖制御  $\sqsubseteq$  作物生育  $\sqsubseteq$  作物生産 (6)

式(5)により以下の式が導かれる。

種子繁殖作業 ≡ 農作業  
 $\cap \forall$  目的.種子繁殖 (7)

一方、「は種」は「種子繁殖」を目的とし、場所を「圃場」、対象を「種」、行為を「播く」とする作業なので以下のように定義される。

は種 ≡ 種子繁殖作業  
 $\cap \forall$  行為.播く  
 $\cap \forall$  対象.種  
 $\cap \forall$  場所.圃場 (8)

は種 ≡ 農作業  
 $\cap \forall$  目的.種子繁殖  
 $\cap \forall$  行為.播く  
 $\cap \forall$  対象.種  
 $\cap \forall$  場所.圃場 (9)

そして「は種」の中で「イネ」作において行われる作業であり、場所が「水田」の場合は「湛水直播」、「乾田」の場合は「乾田直播」として分類される。従って「湛水直播」、「乾田直播」は兄弟関係であり、「は種」の下位概念となる。ここで「湛水直播」と「乾田直播」を記述論理を用いて表現すると以下のようなになる。

湛水直播 ≡ は種  
 $\cap \forall$  作物.イネ  
 $\cap \forall$  場所.水田 (10)

乾田直播 ≡ は種  
 $\cap \forall$  作物.イネ  
 $\cap \forall$  場所.乾田 (11)

場所の値である「水田」と「乾田」は「圃場」の一部である。

水田  $\sqsubseteq$  圃場, 乾田  $\sqsubseteq$  圃場 (12)

式(11)より式(12),式(13)は次のようになり「湛水直播」と「乾田直播」という農作業の定義となる。

湛水直播 ≡ 農作業  
 □∇ 目的.種子繁殖  
 □∇ 行為.播く  
 □∇ 対象.種  
 □∇ 作物.イネ  
 □∇ 場所.水田 (13)

乾田直播 ≡ 農作業  
 □∇ 目的.種子繁殖  
 □∇ 行為.播く  
 □∇ 対象.種  
 □∇ 作物.イネ  
 □∇ 場所.乾田 (14)

このように農作業基本オントロジーでは概念が持つ属性を細分化することで階層構造を定義し、概念間の関係性を構造化した。

### 3.2 多義的概念

農作業の中では複数の目的によって行われる作業が多数存在している。例えば、土の表面を有機物などで覆う作業である「マルチング」は温度を適度に保持・調整する同時に雑草を抑制する効果も期待される。そして、水田を砕き作土中の土塊を粉砕する作業である「代かき」は、漏水を防止するので「保水」のために、また土壌を膨軟にするので「均平化」のためにも行われる(図2)。ここで「代かき」が継承した上位概念によって表現すると以下ようになる。

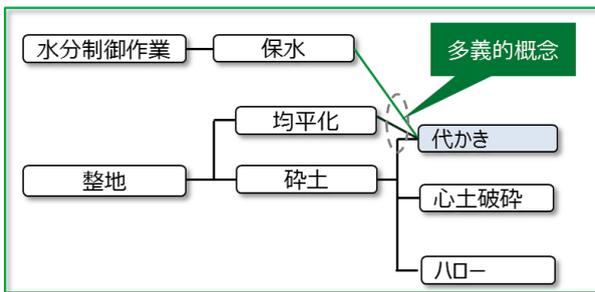


図 2: 「代かき」における多義的概念

代かき ≡ (農作業  
 □∇ 目的.土壌整地

□∇ 行為.砕く  
 □∇ 場所.水田)  
 □ (農作業  
 □∇ 目的.土壌整地  
 □∇ 行為.平らにする  
 □∇ 場所.圃場)  
 □ (農作業 □∇ 目的.保水) (15)

そして、式(15)の選言形式から連言形式への変換により次のことがわかる。

代かき ≡ 農作業  
 □∇ 目的.(土壌整地 □ 保水)  
 □∇ 行為.(砕く □ 平らにする)  
 □∇ 場所.水田 (16)

このように農作業基本オントロジーでは複数の目的で行われる作業のために概念間の多義的概念を考慮した。

### 3.3 別名の表記

農作業の名称は同じ作業でも様々な別名が存在する場合がある。別名が存在する場合は大きく3つに分かれる。まず、作業名に含まれる漢字が常用漢字ではない場合、例えば「播種」はそれぞれ「は種」として表記される場合がある。

は種 ≡ 播種  
 ≡ 種まき (17)

そして、英語の作業名と日本語の作業名が混在する場合がある。環境順化を目的とし、苗を外気に晒す作業である「ハードニング」は英語の表記以外にも「硬化」とも呼ばれる。

ハードニング ≡ 硬化 (18)

最後に同じ作業でありながら判断の基準によって名称が異なる場合もある。例えば、秋に行われる耕起である「秋耕」は収穫後の土を深く掘り起こすため「荒起こし」とも呼ばれる。

秋耕 ≡ 荒起こし (19)

このように農業分野における用語の多様性に対応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」と別名を表す「表記」の両方を定義する必要がある。

## 4 農作業オントロジーの応用

本章では前章で述べた設計に基づいて構築した農作業オントロジーの応用について述べる。

### 4.1 URI

農作業基本オントロジーは固有の名前空間を持ち、各々農作業名はその上で定義される。図3は「は種」が持つ名前空間の例である<sup>7</sup>。名前空間では上位概念と下位概念と共に、作業名との関係が分かるように階層構造を表示している。また、別名の表記とその概念が持つ属性を表示することで作業の詳細が把握できるように実装された。



図 3: 農作業基本オントロジーの概念が持つ名前空間

### 4.2 語彙リストの公開

農作業オントロジーの目的は農業分野における農作業名称の標準化である。そこで農作業基本オントロジー ver1.10 を用いて語彙リストを自動作成し、Web 上で公開している<sup>8</sup>。語彙リストは3種類があり、作業を網羅した用語リスト、概念を網羅した概念リスト、そして用語や概念の属性を定義した属性リストがある。ここで用語とは、「代かき」や「プラウ耕」など農業現場で行われる実際の作業の名称を示す。これらの用語を分類するために抽象的な概念が必要となる。例えば、用語である「代かき」と「プラウ耕」はそれぞれ「整地」、「耕起」という上位概念に属しており、またその上の階

<sup>7</sup><http://www.cavoc.org/aa/ns/1/は種>

<sup>8</sup><http://www.cavoc.org>

層では「土壌整地作業」という上位概念を共通で持つ。「土壌整地作業」は属性として目的のみ持つ抽象的な概念である。このように用語の上位概念として目的を基準とする概念を本研究では概念と呼ぶ。属性とは、目的、行為、対象など用語と概念を記述する値を示す。属性は分類の基準であり、用語や概念を定義する値として用いられる。図4は属性を用いて自動生成された用語リストと概念リストの例である。用語である「緑肥鋤込み」は目的を「有機物施用」、手段を「緑肥」、行為を「混ぜる」とする作業として定義されたため用語リストでは「有機物施用作業の一つで緑肥を用いて混ぜる作業」と自動生成される。そして概念である「化学的有害動物抑制作業」は上位概念が「有害動物抑制作業」であり、目的を「有害動物制御」、手段を「化学的手段」とするため「有害動物制御を目的とし、化学的手段を手段とする有害動物抑制作業」と自動生成された。

このように農作業オントロジーが持つ概念と属性を用いることで用語の明確な定義が可能となり、農作業名称の標準化に用いることができる。

### 4.3 農作業語彙を支えるオントロジー推論

一般に、抽象的な概念や複合概念についてその意味的な構造を考えることは難しいが、具体的な農作業であればあるほど、その属性を列挙することは容易である。そしてオントロジーに個々の単一属性についてしっかりとした階層構造がある場合には、複数の属性の連合である概念を推論によって導くことができる。

例えば、「かかし作り」の目的は目的語彙中の「有害動物抑制」であることが判明すれば、次のように「かかし作り」を定義することができる。ここで、「かかし作り」の上位概念は定義されていないことに注意されたい。

$$\begin{aligned}
 \text{かかし作り}' &\equiv \vee \text{目的.有害動物抑制} \\
 &\quad \cap \vee \text{行為.作る} \\
 &\quad \cap \vee \text{対象.かかし} \\
 &\quad \cap \vee \text{手段.物理的手段} \quad (20)
 \end{aligned}$$

一方に属性のオントロジーとして次のような階層があり、

$$\text{有害動物抑制} \sqsubseteq \text{有害動物制御} \sqsubseteq \text{生物制御} \quad (21)$$

他方に農作業オントロジーとして以下に示す階層構造があるため、

$$\begin{aligned}
 \text{物理的有害動物抑制作業} &\equiv \text{有害動物抑制作業} \\
 &\quad \cap \vee \text{手段.物理的手段} \quad (22)
 \end{aligned}$$

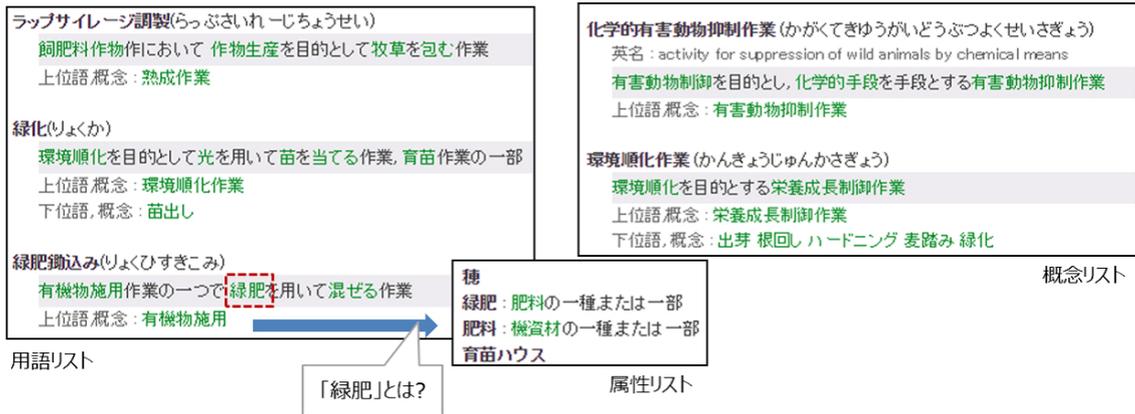


図 4: 農作業基本オントロジに基づく語彙リストの生成

有害動物抑制作業 ≡ 生物制御作業  
 □∀ 目的.有害動物抑制 (23)

生物制御作業 ≡ 環境制御作業  
 □∀ 目的.生物制御 (24)

先に定義した「かかし作り」の直接上位概念は「有害動物抑制 (目的)」と「物理的手段 (手段)」の連合である「物理的有害動物抑制作業」として矛盾がなく、問題がない。

新しい用語を農作業語彙に追加するにあたって、既存の農作業オントロジーに基づいて新しい用語の定義を支援するための簡単な推論エンジンを Schank らの Memory Organization Package(以下 MOP)[7][8] を参考に開発した。ただし、MOP[7] では概念 (クラス) と個物 (インスタンス) の間に区別がないが、MOP[8] では区別する。述語論理においても概念と個物は区別される。具体的な知識記述は述語論理に従う OWL[9](具体的な記述構文は Turtle[10]) によって行った。式 (10) の Turtle 表記を以下に示す。

```
cavoc.aao:乾田直播 a rdfs:Class ;
  rdfs:subClassOf cavoc.aao:は種 ,
  [ a owl:Restriction ;
    owl:onProperty cavoc:作物類 ;
    owl:allValuesFrom cavoc:イネ ] ,
  [ a owl:Restriction ;
    owl:onProperty cavoc:場所 ;
    owl:allValuesFrom cavoc:乾田 ] .
```

我々は OWL の推論システムとして、既に Common Lisp Object System (CLOS) を OWL 推論用に改造した SWCLOS[11] を所有している。その詳細は省くが、今回 SWCLOS 上に OWL 意味論に合致した MOP 機能を実装した。式 (20) の定義から MOP の機能によってその直接上位概念 (クラス) を導く推論の実施例を以下に示す。

```
gx(8): (get-form cavoc.aao:かかし作り)
(owl:Class cavoc.aao:かかし作り
 (rdfs:subClassOf
 (owl:Restriction _:g1937
 (owl:onProperty cavoc:目的)
 (owl:allValuesFrom cavoc:有害動物抑制))
 (owl:Restriction _:g1938
 (owl:onProperty cavoc:行為)
 (owl:allValuesFrom cavoc:作))
 (owl:Restriction _:g1939
 (owl:onProperty cavoc:対象)
 (owl:allValuesFrom cavoc:かかし))
 (owl:Restriction _:g1940
 (owl:onProperty cavoc:手段)
 (owl:allValuesFrom cavoc:物理的手段)))
 (rdfs:label "\"かかし作り\"@ja")
 (cavoc:yomi "\"かかし作り\"@ja"))
gx(9): (refine-abstraction-from
 cavoc.aao:作物生産作業 cavoc.aao:かかし作り)
#<node cavoc.aao:物理的有害動物抑制作業>
gx(10): (get-form cavoc.aao:かかし作り)
(owl:Class cavoc.aao:かかし作り
 (rdfs:subClassOf cavoc.aao:物理的有害動物抑制作業
 (owl:Restriction _:g1937
 (owl:onProperty cavoc:目的)
 (owl:allValuesFrom cavoc:有害動物抑制))
 (owl:Restriction _:g1938
 (owl:onProperty cavoc:行為)
 (owl:allValuesFrom cavoc:作))
 (owl:Restriction _:g1939
 (owl:onProperty cavoc:対象)
 (owl:allValuesFrom cavoc:かかし))
 (owl:Restriction _:g1940
 (owl:onProperty cavoc:手段)
 (owl:allValuesFrom cavoc:物理的手段)))
 (rdfs:label "\"かかし作り\"@ja")
 (cavoc:yomi "\"かかし作り\"@ja"))
```

gx(8) の get-form は式 (20) に相当する計算機表現を表示させている。gx(9) の refine-abstraction-form では「cavoc.aao:作物生産作業」を出発点として概念「cavoc.aao:かかし作り」の上位概念として最も特殊な概念が探索され、その答えとして「cavoc.aao:物理的有害動物抑制作業」が得られた。gx(10) では推論結果として「cavoc.aao:かかし作り」の上位概念が追加

されたものが表示された。すなわち以下の結果が推論された。

かかし作り' ≡ { (∇ 目的.有害動物抑制  
 □∇ 行為.作る  
 □∇ 対象.かかし  
 □∇ 手段.物理的手段)  
 □ 物理的有害動物抑制作業 } (25)

この推論の結果から「かかし作り」は以下のように定義される。

かかし作り ≡ { (∇ 目的.有害動物抑制  
 □∇ 行為.作る  
 □∇ 対象.かかし  
 □∇ 手段.物理的手段)  
 □ 物理的有害動物抑制作業 } (26)

実際「かかし作り」は2012年度の農業経営統計調査[12]で米生産の作業分類に収録されており、農作業基本オントロジーではver 1.10に新しく収録された作業名である(図5)。このように農作業基本オントロジーを用いることで適切な分類だと確認することができ、効率的な新規用語の追加が可能となる。

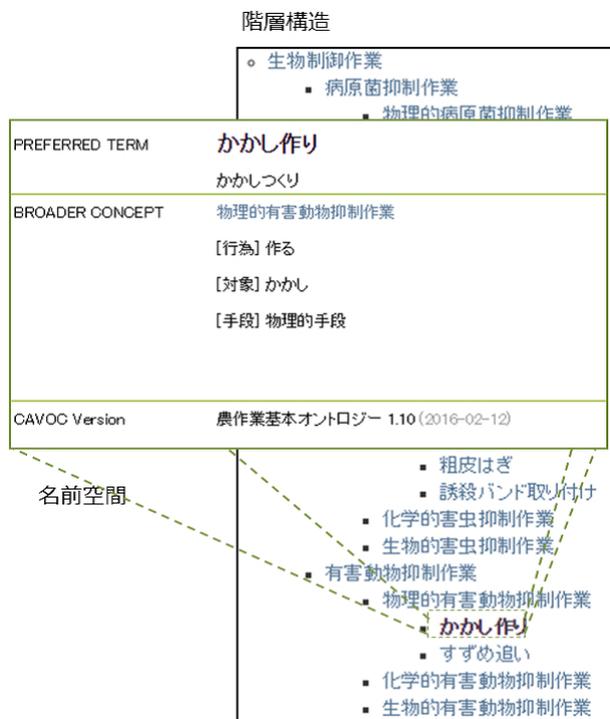


図 5: 「かかし作り」の名前空間

## 5 考察と今後の課題

農作業基本オントロジーの最新版である ver1.10 では概念と用語を合わせて 330 語が収録されている。語彙の収集は統計資料に基いて行われ、また我々の調査により属性の値が定義されたため一部農業現場における検証が必要とされる部分がある。現在、その検証作業を一部進めており、今後合意を通じて確立していきたい。

農作業基本オントロジーは作物に特化した作業を含め農作業全般における作業を網羅した。作物に特化した作業は現在イネ、バレイショ、メロンなど 10 種類の作物または作物類における作業が収録されている。作物類を属性として用いるため特定作物に特化した農作業オントロジーへの拡張が可能となる。多様な作物に対応するためには作物間の関係性を定義、分類する作物基盤のオントロジーが必要となる。現在、我々は「農作物オントロジー」の構築も進めている。

## 6 むすび

本稿では農作業名称の標準化のために農作業オントロジーの構築を行った。オントロジーを用いることで農作業の名称が持つ多様性に明確な定義をすることができ、農作業名称の標準としての可能性を確認した。今後農作物や流通、農薬などの農業分野の用語標準化にオントロジーを積極的に取組む予定である。

## 謝辞

本研究の一部は委託試験研究「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。

## 参考文献

- [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](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](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/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/siryoul-3.pdf](http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/senmon_bunka/nougyou/dai10/siryoul-3.pdf)> 2015 年 9 月 21 日参照
- [5] 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.
- [6] 朱成敏, 武田英明, 法隆大輔, 竹崎あかね, 吉田智一, 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, 電子情報通信学会知的環境とセンサネットワーク研究会, ASN2015-75, 2015.
- [7] Riesbeck, Christopher K., Roger C. Schank, *Inside Case-Based Reasoning*, ISBN 0-89856-767-6, LEA (1989)
- [8] Schank, Roger C., Alex Kass, Christopher K. Riesbeck, *Inside Case-Based Explanation*, ISBN 0-8058-1029-3, LEA (1994)
- [9] OWL Web Ontology Language Guide, W3C Recommendation 10 February 2004, <https://www.w3.org/TR/owl-guide/>
- [10] RDF 1.1 Turtle, Terse RDF Triple Language, W3C Recommendation 25 February 2014, <https://www.w3.org/TR/turtle/>
- [11] Seiji Koide, Theory and Implementation of Object Oriented Semantic Web Language, NII 論文 ID:500000547373, 2011
- [12] 農業経営統計調査/農産物生産費/確報/平成 24 年産米及び麦類の生産費/年次/2012 年/「利用者のために」, 農林水産省, 政府統計の総合窓口, <<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001117795>> 2016 年 1 月 29 日参照