

## 次世代 Web ビジョン Semantic Web の技術動向

今村 誠<sup>†</sup> 鈴木 克志

E-mail: {imamura, suzuki}@isl.melco.co.jp

三菱電機 (株) 情報技術総合研究所 音声・言語処理技術部

(<sup>†</sup>財団法人 情報処理相互運用技術協会 セマンティック Web タスクフォース 委員)

最近、次世代の Web ビジョンとして、Web コンテンツに意味情報を付与することにより、Web の有用性を飛躍的に高めようとするセマンティック Web が注目されている。セマンティック Web では、この意味情報を表現するための方法としてオントロジに注目し、オントロジを記述する新しい言語を提供する。本稿では、欧米のセマンティック Web 関連プロジェクトで開発されている DAML+OIL (DARPA Agent Markup Language + Ontology Inference Layer) と DAML-S を中心に、オントロジ記述言語の背景、技術的内容、実験システム、および今後の課題について述べる。

## Recent Trends in the Semantic Web as a vision of the next Generation Web

Makoto IMAMUMA<sup>†</sup> Katsushi SUZUKI

E-mail: { imamura, suzuki }@isl.melco.co.jp

Information Technology R & D Center Human Media Technology Dept.  
Mitsubishi Electric Corporation

(<sup>†</sup>A member of Semantic Web Taskforce,  
Interoperability Technology Association for Information Processing, Japan )

The Semantic Web, which intends to increase the usability of the web highly by adding semantic information to web contents, has been paid much attention recently. As ontology is used as a method to represent semantic information, the Semantic Web provides the new languages to describe ontology. This report presents these languages in the Semantic Web, mainly DAML+OIL (DARPA Agent Markup Language + Ontology Inference Layer) and DAML-S, by explaining the background, the details, experimental systems, and future directions about these languages.

## 1 はじめに

90年代の初めに提案されたHTML(HyperText Markup Language)は、インターネットを介して世界中で公開されている様々な情報にアクセスできるWWW(World Wide Web)を生み出した。その一方で、WWWの爆発的な普及は情報の氾濫を引き起こし、利用者が自分の必要とする情報を手に入れる手間も次第に大きくなってきた。セマンティックWebは、この情報の氾濫を解決するために、現状のWebコンテンツに機械が理解可能な意味情報を付与することにより、Webの有用性を飛躍的に高めようとする次世代のWebビジョンである。

そして、この意味情報を表現するための方法の一つが「オントロジ」である。オントロジとは、元来は哲学の用語で、「ある」ということの意味を問う学問分野のことであったが、人工知能やWebの分野では、「概念間の関係の明確な定義の集まり」という意味で使われており、典型的には、「分類体系」や「推論規則集」を指す。オントロジを記述する言語(以下、オントロジ記述言語と呼ぶ)は、セマンティックWebを実現するための中核技術であり、米国のDAMLプロジェクト(<http://www.daml.org>)や欧州のOnto-Knowledgeプロジェクト(<http://www.ontoknowledge.org>)を中心に、研究開発が進められてきた。

本稿の構成は、以下の通りである。2章では、オントロジ記述言語の背景説明を目的として、セマンティックWebとオントロジについて説明する。3章では、DAML+OILとDAML-Sを中心に、セマンティックWebにおけるオントロジ記述言語の技術内容について解説する。4章では、欧米のプロジェクトで開発されたオントロジ記述言語を用いた実験システムについて述べる。5章では、今後の課題について述べ、最後の6章では、まとめを述べる。

## 2 セマンティックWebとオントロジ

本章では、2.1節でセマンティックWebの利用イメージについて簡単に説明する。2.2節では、電子商取引におけるXML(extensible Markup Language)文書情報交換を例にあげて、従来の辞書を用いたXMLコンテンツの標準化とその問題点について述べ、2.3節では、その問題点を解決する技術としてオントロジが期待されていることについて述べる。

### 2.1 セマンティックWeb

本節では、従来のWebとの差異明確化を目的として、

セマンティックWebの利用イメージについて説明する(日本語で読めるセマンティックWebの解説記事としては、[1][2]がある)。

例えば、土曜日の午後に藤沢で診察を受けられる耳鼻科を探しているとする。現状のWebでは、「土曜日午後、藤沢、耳鼻科」などと検索することになるが、「藤沢という名字」や「休診日は土曜日です」などの文字列を含むページがヒットしてしまうかもしれない。これは、現状のWebのコンテンツ記述では、「藤沢」や「土曜日」というのを単なる文字列として扱っているからである。一方、セマンティックWebでは、「藤沢が都市の名前である」、「病院には、内科、外科、耳鼻科などがあり、また、診療日や診療時間という属性をもつ」、また「診療日は曜日の集合であり、診療時間は開始時刻と終了時刻の対である」といった意味情報をコンピュータに理解させることにより、「土曜日の午後に藤沢で診察を受けられる耳鼻科は？」といった複雑な質問に回答できるようにするものである。

### 2.2 電子商取引におけるXML文書情報交換

XMLを用いた電子商取引では、企業間で交換されるXML文書中のタグ名やタグの内容のデータ型などを標準化する必要がある。商品カタログの例でいえば、メーカー横断の商品検索を実現するために、商品の分類体系や、各々の商品分類カテゴリごとに商品属性を規定する辞書を標準化する必要がある。

例えば、電子機器部品の業界では、まだXMLがW3Cの勧告になる以前から、SGML(Standard Generalized Markup Language)形式の商品カタログを作るための辞書の整備が進められており、最近のパソコンなどの情報機器と電子部品(半導体)のサプライチェーンの効率化を目的とするRosettaNet(<http://www.rosettanet.org>)に受け継がれている。この電子部品用の辞書では、「周波数シンセサイザやミキサーは、チューナーの一種である」といった商品の分類体系や、「チューナーは、入力オフセット電圧や電源電圧変動除去比という属性をもつ」といった知識が記述される。

しかし、複数の企業や組織からなる業界が辞書を標準化するには大きな労力と時間が必要となるので、同じ業界内でも複数の辞書標準ができる可能性がある。また、ある業界での標準化が達成されても、異なる業界では、同じ概念を別の辞書体系で表現されることは避けられないといえる。結果として、現実の世界では、異なる辞書体系をもつ企業間での情報

交換を実現する必要が生じてくる。

ところが、現状のXMLの枠組みだけでは、複数の辞書体系が並存する世界では問題が生じる。なぜなら、XMLを用いた商品カタログの記述には、入れ子構造の深さや、タグの名称、属性の使用法などにより、情報の表現方法に任意性があるため(図2に同じ自動車仕様の二つの表現例を示す)、本質的には同じ情報が異なった形式で表現された場合に、機械処理ではそれを認識することができないからである。

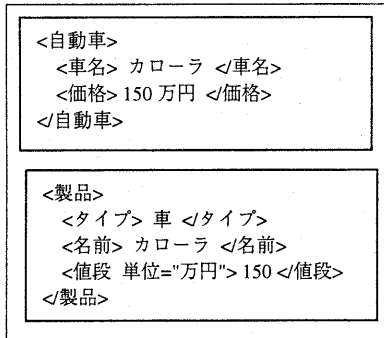


図1 自動車の仕様のXMLによる二つの表現例

そこで、異なる辞書体系をもつ企業間の情報交換では、XML変換プログラムが必要になるが、現状のXMLの枠組みでは、この変換プログラムは、DTD(Document Type Definition)毎に個別に開発するしかないという状況である。このXML変換プログラムの作成をできるだけ容易にするしくみが望まれるが、オントロジはこの要望に応える技術として期待されている。

### 2.3 オントロジへの期待

セマンティックWebでは、複数の辞書体系が並存する環境下での情報交換を実現するために、異なる辞書体系をもつXML文書間の変換が容易になるように、概念間の階層関係や概念定義間の整合性などを自動計算できるようなオントロジ記述言語を提供する。さらに、オントロジ記述言語は、オントロジの機械処理を容易にするという特徴もあるので、複数Webサイトのコンテンツを連携させるような自動サービスの実現を容易にすることも同時にねらっている。

オントロジにはいくつかの定義があるが、On-To-Knowledgeプロジェクトを主導しているFenselらは、彼らの主張に合致したオントロジの定義として、Gruberの定義「共有される概念化(conceptualization)の形式的(formal)かつ明示的(explicit)な仕様」をあげている[3]。

ここで、概念化とは、対象とする現象に対する抽象的なモデルのことである。このモデルでは、現象中で興味をもつ概念と、それらの概念間の関係が表現される。形式的とは、オントロジが機械に理解されるものでなければならないことを意味する。明示的とは、概念のタイプと、概念間の制約関係が明示的に定義されていなければならないことを意味する。現状のXMLを用いた電子商取引における辞書も、オントロジと呼ぶこともできるが、異なる辞書体系をもつ企業間の情報交換を促進するには、XML変換をできるだけ機械的に支援しやすくするように、Gruberの定義でいう「形式性」や「明示性」が重要になってくる。

セマンティックWebが提供するオントロジ記述言語の代表的な適用アプリケーション分野としては、電子商取引と知識管理があり、各々、以下に示すようなメリットが期待されている。

#### (1) 電子商取引

- ・商品分類や商品属性のオントロジ記述により、カタログに含まれない自由な用語による商品検索が実現できる。
- ・利用者の嗜好のオントロジ記述により、利用者の要求にあった商品検索や情報配信が実現できる。
- ・オントロジ相互変換の自動化ないし半自動化により、異なるオントロジ標準で記述された商品カタログの比較検索システムが実現できる。
- ・オントロジを用いた推論により、Web上に分散する大量文書を対象として、2.1節であげたような複雑な質問に自動回答できるようになる。

#### (2) 知識管理

- ・企業が所有する顧客情報や製品情報を記述するためのオントロジを整備することにより、自由な用語による検索が実現できる。
- ・社員の業務内容のオントロジ記述により、社員の要求にあった情報検索や情報配信が実現できる。
- ・オントロジ変換により、異なるオントロジ標準をもつ企業間や組織間での知識共有が実現できる。
- ・オントロジを用いた推論により、複雑な質問への自動回答が実現できる。

### 3 オントロジ記述言語

本章では、Webコンテンツの記述言語の階層について述べた後、セマンティックWebにおけるオントロジ記述言語であるRDF Schema、DAML+OIL、そしてDAML-Sについて説明する。

#### 3.1 Webコンテンツ記述言語の階層

図2に、Webコンテンツを記述するための言語の

階層図を示す。まず、90年代の初めに提案された HTML は、インターネット上に分散するコンテンツ間のハイパーリンクを記述できるようにすることにより、世界規模での情報の相互参照を可能とする WWW を生み出した。次いで、Web コンテンツを人間が参照するだけでなく、機械による自動処理も容易になるように、応用分野に即してタグを自由に定義できるしゅみを提供する XML が提案された。そして、XML を用いて HTML を再定義したものが XHTML(eXtensible HTML)である。

セマンティック Web では、機械による自動処理をさらに進めるために、Web コンテンツに意味情報を付与するための言語として、XML の上に、RDF(Resource Description Framework)、RDF Schema(図中では RDFS)、DAML+OIL、そして DAML-S を提案している。

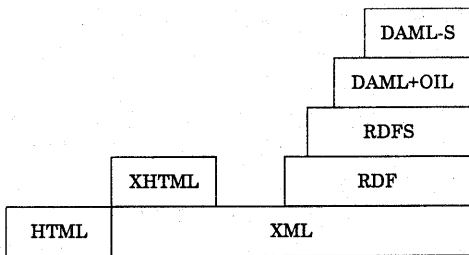


図 2 Web コンテンツ記述言語の階層

RDF[4]は、データに対するデータ、すなわちメタデータを記述するための W3C の標準である。RDF では、有向グラフによるデータモデルを用いて、メタデータをリソース、プロパティ、および値と呼ぶ 3つのデータの組で表現する。例えば、「Ora Lassila は、ホームページ <http://www.w3.org/Home/Lassila> の作者(Creator)である」という言明は、図 3 のような有向グラフで表現され、Web 上では図 4 のように記述される。ここで、「<http://www.w3.org/Home/Lassila>」の部分がリソースに対応し、「Creator」の部分がプロパティに対応し、そして「Ora Lassila」の部分が値に対応する。RDF では、値の部分に文字列だけでなく、リソースをとることができるので、「ホームページ <http://www.w3.org/Home/Lassila> の作者 Ora Lassila の電話番号は、3141 である」といったより複雑な言明を表現することもできる。

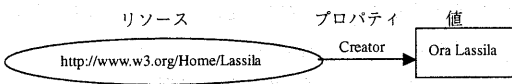


図 3 RDF 記述のグラフ表現 ([4]より)

```
<rdf:RDF>
  <rdf:Description about="http://www.w3.org/Home/Lassila">
    < s:Creator >Ora Lassila</s:Creator>
  </rdf:Description>
</rdf:RDF>
```

図 4 RDF の記述例 ([4]より)

RDF より上位の RDFS、DAML+OIL、および DAML-S は、RDF 記述中でリソースやプロパティとして用いられる概念を定義するための言語である。次節以下で、RDFS、DAML+OIL、および DAML-S について、順に説明する。

### 3.2 RDF Schema (RDFS)

RDF Schema[5]は、特定のプロパティをもつリソースの集まりを表現する概念(以下、クラスと呼ぶ)や、プロパティの値のとりうる値に対する制約を記述する言語である。現時点(2001/10/13)では、W3C の勧告候補になっている。

RDF Schema では、クラス定義(Class)、プロパティ定義(Property)、クラス間の包含関係(subClassOf)、プロパティ間の包含関係(subPropertyOf)、プロパティをもつリソースに対する制限(domain)、およびプロパティがとりうる値に対する制限(range)を表現することができる。クラス間の包含関係は、オブジェクト指向における継承に相当する。

図 5 に、RDF Schema によるクラス定義とプロパティ定義の例を示す。以下、各々の定義を順に説明する。

- ・クラス Man の定義では、「クラス Man は、クラス Person に含まれ(以後、サブクラスであると呼ぶ)、かつ、クラス Male のサブクラスでもある」ことを規定している。直感的には、「男性(Man)は、人(Person)かつ雄(Male)である」ことを意味する。
- ・プロパティ hasParent の定義では、「hasParent をもつリソース(hasParent のドメインと呼ぶ)はクラス Person に属し、かつ hasParent の値(hasParent のレンジと呼ぶ)もクラス Person に属する」ことを規定している。直感的には、「親をもつものは人(Person)であり、かつ親も人である」ことを意味する。
- ・プロパティ hasFather の定義では、「hasFather はプロパティ hasParent に含まれ、hasFather のレンジはクラス Man に属する」ことを規定している。直感的には、「父をもつという関係(hasFather)は、親をもつという関係の一種であり、父は男性である」ことを意味する。

```
<!-- クラス Man の定義 -->
<rdf:Class rdf:ID="Man">
  <rdf:subClassOf rdf:resource="#Person"/>
  <rdf:subClassOf rdf:resource="#Male"/>
```

```

</rdfs:Class>

<!-- プロパティ hasParent の定義 -->
<rdfs:Property rdf:ID="hasParent">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Person"/>
  <rdfs:range rdf:resource="#Person"/>
</daml:Property>

<!-- プロパティ hasFather の定義 -->
<rdfs:Property rdf:ID="hasFather">
  <rdfs:subPropertyOf rdf:resource="#hasParent"/>
  <rdfs:range rdf:resource="#Man"/>
</rdfs:Property>

```

図 5 RDFS の記述例

### 3.3 DAML+OIL

DAML+OIL[6]は、DARPA からの資金援助を受けた DAML プロジェクトで開発されていたオントロジ記述言語 DAML-O と、EU 委員会 IST(Information Society Technologies)プログラムからの資金援助を受けた On-to-Knowledge プロジェクトで開発されていた OIL(Ontology Inference Layer)を統合した言語である。現時点(2001/10/13)での最新版は、2001年3月の Ver4.1である。

DAML+OIL は、RDFS をベースとしてクラスやプロパティに対する制約の記述能力をさらに向上させた言語であり、言語の数学的基盤である意味論を明確に定義していることを特徴としている([7],[8])。Ver4.1では、RDFS に対して、「クラスのブール結合演算や排他的関係」や「プロパティに対する制約の拡張」などの記述能力の拡張がなされている。以下、順に説明する。

#### 3.3.1 クラスのブール結合演算や排他的関係

クラスに対する以下の演算や関係を表現することができる。

- ・二つのクラスのいずれかに属するというクラスを定義する演算(unionOf)
- ・二つのクラスのいずれにも属するというクラスを定義する演算(intersectionOf)
- ・あるクラスには属さないクラスを定義する演算(complementOf)
- ・二つのクラスに共に属する要素がないという関係(disjointWith)
- ・二つのクラスが等しいという関係(sameClassAs)

図 6に、DAML+OIL の記述例を示す。以下、各々の記述例を順に説明する。

- ・クラス Women の定義では、「女性(Women)は、男性(Man)でない人(Person)である」ことを意味する。
- ・クラス TallMan の定義では、「身長の高い男性

(TallMan)は、高いもの(TallThing)かつ男性(Man)である」ことを意味する。

- ・クラス HumanBeing の定義では、「クラス HumanBeing とクラス Person は等しい」ことを意味する。

```

<!-- クラス Women の定義 -->
<daml:Class rdf:ID="Women">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Person"/>
  <daml:disjointWith rdf:resource="#Man"/>
</daml:Class>

<!-- クラス TallMan の定義 -->
<daml:Class rdf:ID="TallMan">
  <daml:intersectionOf
rdf:parseType="daml:collection">
  <daml:Class rdf:about="#TallThing"/>
  <daml:Class rdf:about="#Man"/>
</daml:intersectionOf>
</daml:Class>

<!-- クラス HumanBeing の定義 -->
<daml:Class rdf:ID="HumanBeing">
  <daml:sameClassAs rdf:resource="#Person"/>
</daml:Class>

```

図 6 DAML+OIL の記述例 1 ([6]より)

#### 3.3.2 プロパティに対する演算や制約の拡張

RDFS では、プロパティのドメインとレンジがしか規定できなかった。すなわち、プロパティをとるリソースや値が属するクラスしか規定できなかったが、プロパティに関する制約記述の向上を目的として、以下に示すような拡張がなされている。

- ・プロパティの値そのものを規定する制約(hasValue、hasClass)
- ・プロパティの値をいくつとることができるかを規定する制約(cardinality、minCardinality、maxCardinality)
- ・プロパティが推移律を満たすという制約(TransitiveProperty)
- ・プロパティのドメインの各々の要素に対して、その値が一つしかないという制約(UniqueProperty)
- ・二つのプロパティが等しいという関係(sameProperAs)
- ・プロパティのドメインとレンジを交換したプロパティを作る演算(inverseOf)

以下、図 7による DAML+OIL の記述例を示す。以下、各々の記述例を順に説明する。

- ・クラス Animal の定義では、「動物(Animal)は親をもち(hasParent)、かつ、親の数は2つである」ことを意味する。
- ・プロパティ hasChild の定義では、「プロパティ hasChild(子供をもつ)と、プロパティ hasParent(親をも

つ)は逆の関係である」ことを意味する。  
 ・プロパティ hasMom の定義では、「プロパティ hasMom とプロパティ hasMother は等しい」ことを意味する。

```

<!--クラス Animal の定義 -->
<daml:Class rdf:about="#Animal">
  <rdfs:subClassOf>
    <daml:Restriction daml:cardinality="2">
      <daml:onProperty rdf:resource="#hasParent"/>
    </daml:Restriction>
  </rdfs:subClassOf>
</daml:Class>

<!--プロパティ hasChild の定義 -->
<daml:ObjectProperty rdf:ID="hasChild">
  <daml:inverseOf rdf:resource="#hasParent"/>
</daml:ObjectProperty>

<!--プロパティ hasMom の定義 -->
<daml:ObjectProperty rdf:ID="hasMom">
  <daml:samePropertyAs rdf:resource="#hasMother"/>
</daml:ObjectProperty>
  
```

図 7 DAML+OIL の記述例 2 ([6]より)

今後は、推論ルールを表現できるように、プロパティの値間の関係を規定する条件文や、変数や限量子(「すべて」や「ある」などの変数の束縛に関する制約)を表現できるように拡張される予定である。

### 3.4 DAML-S

DAML-S[9]は、Web 上のサービスを実現するために必要なオントロジを記述するための言語である。DAML プロジェクトにより開発されており、現時点(2001/10/13)での最新版は、2001 年 5 月の Ver.0.5 である(<http://www.daml.org/services/daml-s/>)。

DAML-S では、WEB 上のサービスの発見、起動、構成、結合、実行、およびモニタリングなどのタスクを自動化するために必要な情報を、サービス・プロファイル(Service Profile)、サービス・モデル(Service Model)、およびサービス・グラウンディング(Service Grounding)の 3 つに分けて記述する(図 8)。以下、3 つの記述を順に説明する。

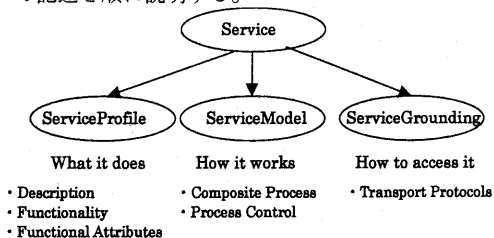


図 8 サービスオントロジのトップレベル図([9]より)

#### 3.4.1 サービス・プロファイル

サービス・プロファイルでは、提供サービスが「何をするか」を記述する。すなわち、サービス探索エージェントが、提供サービスが利用者のニーズに合致するかどうかを決める際に必要な情報を記述するもので、Web 上のサービスの発見や起動に必要な情報といえる。

サービス・プロファイルの記述は、人間が読むための記述である Description、サービス機能の記述である Functionality、およびサービスの分類や地理的なサービス範囲などのサービス機能の補足情報を記述するため Functional Attributes の 3 つの部分からなる。

サービス・プロファイルの中核部分は、Functionality 記述であり、サービスの実行前に必要な情報である「入力(input)」と「前提条件(precondition)」と、サービス実行後の状態に関する情報である「出力(output)」と「結果(effect)」を記述する。

#### 3.4.2 サービス・モデル

サービス・モデルでは、提供サービスが「どのように動作するか」を記述する。DAML-S では、提供サービス実行時に呼び出される機械の手続きや人間の行為をプロセスと呼び、サービス・モデルをプロセス・モデルとして表現する。プロセス・モデルのオントロジ記述は、プロセス構成情報(Composite Process)とプロセス制御情報(Process Control)の二つに分かれる(図 9)。前者は、Web 上のサービスの構成と結合に必要な情報であり、後者は、Web 上のサービスの実行とモニタリングに必要な情報といえる。但し、DAML-S の Ver0.5 では、プロセス構成情報のオントロジ記述のみを提供しており、制御情報のオントロジ記述はまだ示されていない。以下、上記の二つのオントロジ記述を簡単に説明する。

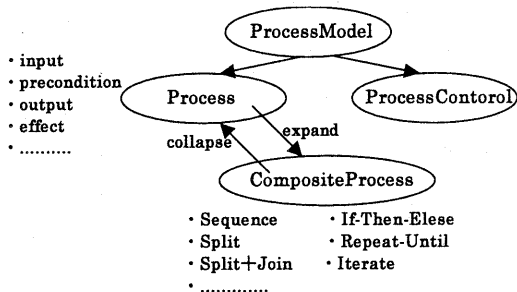


図 9 プロセスオントロジのトップレベル図([9]より)

#### (i) プロセスの構成情報(Composite Process)

サービスがどのようなプロセスから成り立っているかを示す構成情報を記述する。プロセスの構成方

法には、プロセスの逐次実行を記述する Sequence、プロセスの並行実行を記述する Split、並行実行したプロセスの同期を記述する Split+Join、プロセスの条件呼び出しを記述する If-Then-Else、プロセスの繰返し呼び出しを記述する Repeat-Until、プロセスの再帰呼び出しを記述する Iterate などがある。

図 10 に、DAML-S の記述例を示す (<http://www.daml.org/services/daml-s/2001/05/Congo.daml> より)。図 10 では、ContoBuy と呼ぶ仮想的な Web 上の書籍販売サービスを DAML-S で記述した例であり、プロセス ExpandedCongoBuy では、プロセス LocateBook とプロセス CongoBuyBook を逐次実行されることを表現している。

```
<rdfs:Class rdf:ID="ExpandedCongoBuy">
  <daml:intersectionOf rdf:parseType="daml:collection">
    <rdfs:Class rdf:about="process:Sequence"/>
    <daml:Restriction>
      <daml:onProperty rdf:resource="process:components"/>
      <daml:toClass>
        <daml:-listOfInstancesOf- rdf:parseType="daml:collection">
          <rdfs:Class rdf:about="#LocateBook"/>
          <rdfs:Class rdf:about="#CongoBuyBook"/>
        </daml:-listOfInstancesOf->
      </daml:toClass>
    </daml:Restriction>
  </daml:intersectionOf>
</rdfs:Class>
```

図 10 DAML-S の記述例

#### (ii) プロセスの制御情報(Process Control)

プロセスの入力状態プロパティ(入力,前提条件)と出力状態プロパティ(出力,結果)間の制約や、プロセス実行の成功や失敗の状態を記述する。

#### 3.4.3 サービス・グラウンディング

サービス・グラウンディングでは、提供サービスに「どのようにしてアクセスするか」を記述する。すなわち、サービスエージェントがサービスにアクセスする方法の詳細を記述するもので、典型的には、通信プロトコルなどを規定している。

### 4 オントロジ記述言語を用いた実験システム

On-To-Knowledge プロジェクトや DAML プロジェクトでは、各々のプロジェクトで開発したオントロジ記述言語を用いた実験システムを開発している。以下、順に説明する。

#### 4.1.1 On-To-Knowledge プロジェクトの実験システム

On-To-Knowledge プロジェクトでは、OIL をベースとして、非構造データや半構造データに対してアノ

テーション(補足情報)を自動付与するツールや、異種形式の Web コンテンツに対する統合検索ツールを開発している。そして、それらのツールを用いて、保険、通信、およびエネルギーの3つの産業分野を対象として実験システムを開発している。以下実験システムを、順に説明する。

#### (1) 保険分野 (Swiss Life 社)

Swiss Life 社([www.swisslife.ch](http://www.swisslife.ch))は、イントラネットベースの企業内ポータルである Organizational memory(OM)を開発しており、OIL を用いて、以下の3つの検索機能を提供する。

- ・社員のビジネススキルを記述した文書の検索
- ・保険業務の営業や教育用文書の検索
- ・ローカルな法制度によって異なる IAM(International Account Standard)文書の検索

#### (2) 通信分野 (British Telecom 社)

British Telecom 社([www.bt.com](http://www.bt.com))では、コールセンタ向けの知識管理を目的として、OIL を用いて、顧客情報、サービス担当者情報、および顧客に対するサービス事例の検索機能を開発している。

#### (3) エネルギー分野 (EnerSearch 社)

エネルギー市場の自由化に対応するビジネス戦略や顧客サービスを研究する仮想企業である EnerSearch 社([www.enersearch.se](http://www.enersearch.se))は、OIL を用いて、様々な組織に属する企業の研究者や専門家間で、エネルギー業界の IT の研究開発情報を共有化する実験システムを開発している。

- ・様々な国に属する研究者間の技術情報共有
- ・株主企業(米国 IBM 社、スウェーデン Sydkraft 社、ドイツ PreussenElektra 社、スペイン Iberdrola 社など 8 社)の専門家間での技術情報共有

#### 4.1.2 DAML プロジェクトの実験システム

DAML プロジェクトでは、Maryland 大学が、DAML-S を用いて、IT 分野の講演に関する情報(場所、発表者、主催組織、トピックなど)を提供する Web ポータルである ITTALKS[10]を開発している。ITTALKS は、講演案内の Web ページに付与されたメタ情報を参照することにより、利用者の興味、スケジュール、および住所などに応じて、参加が推奨される講演を利用者のカレンダーに反映する機能を提供する。

また、ITTALKS では、独立に管理されているサイトの情報をマージして利用できるようにするために、あるサイトのオントロジをベースに付与されたトピックを、別のサイトのオントロジをベースとするト

ピックに変換するためのツールを開発している。現状では、ACM(Association for Computing Machinery)のトピックと UMBC(University of Maryland Baltimore Country)のトピック間のオントロジー変換を実現している。

## 5 今後の課題

オントロジー記述言語は、セマンティック Web を支える中核技術の一つであるが、2.2 節で述べたようにその期待が大きいだけに、解決しなければならない課題も必ずしも簡単なものではない。以下、今後の課題として、「オントロジーの作成」と「オントロジーの質」について述べる。

### (1) オントロジーの作成

セマンティック Web の応用メリットを享受するには、膨大なオントロジー記述が必要と思われるが、それをどのようにして作っていくかという課題がある。また、セマンティック Web が目標とする複数オントロジー並存の情報交換を実現するためには、単純な 1 対 1 の関係にない概念間の対応付けや、オントロジーの統合や改版のような難しい問題も扱う必要がある。そのため、単純なオントロジー作成エディタだけでなく、オントロジーの相互変換、統合、および改版などを容易にするようなオントロジー構築の方法論が必要である。

### (2) オントロジーの質

セマンティック Web では、インターネット上に分散したオントロジーを利用して、人間の複雑な要求に応えられる自動サービスを実現しようとしているが、オントロジーの質はまちまちであり、お互いに論理的に矛盾している可能性もある。そこで、オープン、分散、そして動的に変化する Web の世界において、どのオントロジーが信頼できるかを知る仕組み、また、互いに矛盾がある場合にそれを柔軟に処理する仕組みを確立する必要がある。

また、Web の利用目的によってはそれほどの厳密性を要求しない場合も多いので、対象とするアプリケーションが、オントロジーに対してどの程度の信頼性や整合性を必要とするかという要件を明確にして、その要件に応じたオントロジーの処理方式を確立していくというのも、現実的な選択肢の一つと思われる。

## 6 おわりに

本稿では、欧米のセマンティック Web 関連プロジェクトで開発されている DAML+OIL と DAML-S を中心に、オントロジー記述言語の背景、技術的内容、実

験システム、および今後の課題について述べた。

セマンティック Web は、本格的な研究が始まってからまだ 1 年足らずということもあり、技術的に本当に実現可能か、さらに、実用技術として広く普及するようになるかの評価はまだ定まっていないが、現状の Web における情報の氾濫を解決する次世代の Web ビジョンとして重要である。また、セマンティック Web が普及するためには、HTML がそうであったように、RDF、RDF Schema、DAML+OIL、および DAML-S などの言語によるコンテンツを簡単に作成できるツールと、その作成手間を上回るメリットが利用者に直観できるようなアプリケーションが必要になるだろう。今後の動向が期待される。

謝辞： 本稿をまとめるにあたり、御助言や御討議をいただきました財団法人 情報処理相互運用技術協会のセマンティック Web タスクフォースの委員の皆様 に深謝いたします。

### 【参考文献】

- [1] Tim Berners-Lee 他, The Semantic Web, SCIENTIFIC AMERICAN MAY 2001 (2001) (日本語訳) 自分で推論する未来型ウェブ、日経サイエンス 2001 年 8 月号, pp 54~pp65
- [2] 浦本 直彦, Semantic Web -機械のための Web-, 人工知能学会 16 巻 3 号 pp 412~pp419 (2001 年 5 月)
- [3] Dieter Fensel 他, OIL: An Ontology Infrastructure for the Semantic Web, IEEE Intelligent Systems MARCH/APRIL 2001 pp38-45 (2001)
- [4] Lassila, O and Swick, R., Resource Description Framework (RDF) Model and Syntax Specification, W3C Recommendation, <http://www.w3.org/TR/1999/REC-rdf-syntax-19990222> (1999)
- [5] Brickley, D and Guha, R., Resource Description Framework (RDF) Schema Specification 1.0, W3C Candidate Recommendation, <http://www.w3.org/TR/2000/CR-rdf-schema-20000327> (2000)
- [6] Horrocks, I, Harmelen, F, and Patel-Schneider, P 編集, DAML+OIL (March 2001), <http://www.daml.org/2001/03/daml+oil-index.html> (2001)
- [7] Horrocks, I, Harmelen, F, and Patel-Schneider, P 編集, A Model-Theoretic Semantics for DAML+OIL, <http://www.daml.org/2001/03/model-theoretic-semantics.html> (2001)
- [8] Fikes, R and McGuinness, D, An Axiomatic Semantics for RDF, RDF-S, and DAML+OIL, <http://www.ksl.stanford.edu/people/dlm/daml-semantics/abstract-axiomatic-semantics.html> (2001)
- [9] Payne, P. 他, DAML-S: A Semantic Markup Language For Web Services, The First Semantic Web Working Symposium 2001(SWWS '2001) pp411-430 (2001)
- [10] Cost, S. 他, ITTALKS: A Case Study In the Semantic Web and DAML, The First Semantic Web Working Symposium 2001(SWWS'2001), pp477-494 (2001)