

## Web2.0時代のオントロジー利用雑感 —ライトウェイトからヘビーウェイトまで—

Impressions of ontology using in the Web2.0 period - Form light weight to heavy weight -

古崎 晃司, 來村 徳信, 溝口 理一郎  
Kouji Kozaki, Yoshinobu Kitamura, Riichiro Mizoguchi

大阪大学産業科学研究研究所\*  
I.S.I.R., Osaka-University

**要旨** : Semantic Web が提唱された時期から, Web2.0 という言葉が盛んに聞かれるようになった近年に至るまで, オントロジーを利用したシステムが多く見られるようになった. しかし, そこで利用される「オントロジー」の意味合いやオントロジーの利用形態は多種多様に渡っており, 一般の利用者からはその実態がつかみきれないように思われる. 本論文では, オントロジー工学に携わる研究者の立場からオントロジーの様々な利用形態を考察すると共に, その開発事例と合わせてオントロジーの応用研究の展望について議論する.

### 1. はじめに

情報科学の分野でオントロジー研究が盛んに行われるようになってから, 既に10年余りが過ぎた. その間, Semantic Web の提唱やそれに伴う関連技術の整備も追い風となり, 今ではオントロジーを利用したシステムの開発事例も多く見られるようになった. 様々な領域を対象としてオントロジーが開発され, 「オントロジー」という言葉は, ある意味で市民権を得たと言ってもよいと思われる. しかしその反面で, 「オントロジーを使えば何かしら高度化な処理ができるのでは」という過度な期待から, 「オントロジーといっても中身はたいしたことはない」という批判的なものまで, 様々な意見を耳にする機会がある. この一因は, オントロジーの意味合いやオントロジーの利用形態が多種多様に渡っていることにあると考えられる. ライトウェイト—ヘビーウェイトオントロジーという言葉はその象徴で, ライトウェイトな点だけを見て批判的な意見を持ったり, ヘビーウェイトな点に重要性を見いだしたり, 各自が理解しているオントロジーの違いによって, 意見が分かれるのは当然であろう. しかも, ヘビーウェイトなオントロジーを構築するコストを問題視し, ライトウェイトなオントロジーの利便性を好む立場もあり, これらのオントロジーを取り巻く状況を考えると, 一般の利用者からはその実態がつかみきれないように思われる.

そこで本論文では, オントロジー工学に携わる研究者の立場からオントロジーの様々な利用法

を考察し, 特にオントロジーの応用研究事例を対象として, 様々な立場の違いやその傾向を分析することを試みる. そして, その考察を通して, 今後のオントロジーの応用研究の展望について議論する.

本論文は, 以下に述べる5章から構成される. まず, 様々なオントロジーの応用研究の分析を進めるにあたり, オントロジーの利用法を分類するための指標として, **1) 利用するオントロジーの種類, 2) オントロジーの利用形態**という2つの観点について2章および3章で議論する. 続く4章では, これらの2つの指標を組み合わせ, 「どのようなオントロジーをどのような目的で利用しているか」という観点から, 既存のオントロジーの応用研究を分類し, その結果を考察する. そして5章で本論文の総括を行う.

### 2. オントロジーの種類

オントロジーには, 上位オントロジー, タスクオントロジー, ドメインオントロジーといった代表的な種類や, ゲノムオントロジー, プラントオントロジー, 機能概念オントロジーなど, 対象とする内容による分類が考えられる. しかし本論文では, 上述のようなオントロジーの種類や内容に依らない共通の分類の観点として,

#### (1)オントロジーの意味的構成要素

#### (2)哲学的な考察の深さ

という2つの観点からオントロジーを分類する. しばしば見られる, ライトウェイト (Light

\* 連絡先 : 〒567-0047 大阪府茨木市美穂ヶ丘8-1  
大阪大学産業科学研究研究所 ナノテク総合研究棟 202号  
Tel:06-6879-8416 Fax:06-6879-2120  
e-mail:kozaki@ei.sanken.osaka-u.ac.jp

weight) オントロジー, ヘビーウェイト (Heavy weight) オントロジーといった違いは, これらの分類軸を合わせて検討したものと考えられる.

## 2.1 オントロジーの意味的構成要素

ここでは, オントロジーが対象としている内容を構成している意味的な要素の種類によって, オントロジーを分類する. ここで述べるオントロジーの構成要素は, 本質的には, オントロジーの記述言語と独立して議論すべきである点に注意して頂きたい. それは, 記述言語によって多少の限界はあるものの原則的にはどのような記述言語を用いても, 構成要素の内容を記述することは, ほぼ可能だからである. ただし, オントロジー記述言語によっては, あらかじめオントロジーの内容を表すのに必要となる構成要素をあらかじめ言語として提供しているため, オントロジーを記述しやすい場合がある. その場合であっても, 提供された構成要素を使用するか否かは記述者に任されるので, 同じ記述言語で書かれたオントロジーが必ずしも, 本節で述べる同じ種類のオントロジーに分類される訳ではない.

それでは以下に, オントロジーの意味的構成要素による分類を述べる.

### 0) 統一された語彙集合/簡単なスキーマ

本来はオントロジーとは呼ばれないものであるため不適切ではあるが, 様々な応用研究においてオントロジーが果たす役割と近い目的で利用されることが多いため, それらを合わせて比較するために, 本論文では「統一された語彙集合」および「簡単なスキーマ」についても分類の一つに含める.

**統一された語彙集合**とは, 知識を記述する共通語彙として用いるために用意された語彙の集合を指す. ブログのエントリーに用いるカテゴリや, 論文投稿時に運営組織から提供されるキーワード一覧などがその典型例である. 一方, **簡単なスキーマ**とは, RSS や FOAF のように統一したデータ記述のために提供されるスキーマを表す. ここで重要な点は, 単なる自由記述によるキーワードや, 特定のデータベースのためだけに作られたスキーマとは異なり, 知識の相互運用性を考慮して統一された形式として提供されていることにある.

なお, これらをより詳細化して行くことで, 意味的に表す内容が以下に述べる 1)~4)に近づくことは自明だが, その境界は恣意的なものでありここでは議論しない.

#### 例 1)

車両  
- 二輪車  
- 自動二輪  
- 自転車  
- 三輪車  
- ...

#### 例 2)

車両  
- 二輪車  
a/o 車輪の数=2  
- 自動二輪  
p/o 動力源=エンジン  
- 自転車  
p/o 動力源=人  
- 三輪車  
a/o 車輪の数=3  
- ...

#### 凡例

- : is-a  
p/o : part-of  
a/o : attribute-of

図 1. 車両のオントロジー

### 1) 概念間の is-a 関係<sup>1</sup>に基づく階層

対象世界に存在する概念を切り出した結果としての「概念」の集合と, それらの概念間の is-a (上位-下位) 関係を同定することによる階層化が, オントロジーにとって最も本質的な要素となる. 概念階層という表面的な形式だけを見ると, シソーラスの上位語・下位語による階層や, 分類階層 (タクソノミー: Taxonomy) と同等のものとして, is-a 階層のみから成るオントロジーをライトウェイトオントロジーと呼ぶ場合もある. Web 検索サイトのトピック階層はその典型例と言える.

しかし, 「何を上位・下位概念とするか?」という考察はオントロジーにとって本質的で深い議論が含まれており, 上位オントロジーのように 2.2 節で述べる哲学的な深い考察に基づくオントロジーが is-a 階層のみで表される場合もある.

### 2) is-a 以外の関係を含む

is-a 関係に基づく概念の階層化に加え, それ以外の関係を用いることで各概念の定義をより明確に表すことができる. part-of (全体一部分) 関係や, attribute-of (属性) 関係が最もよく使われる関係である. 例えば図 1 において, 例 1) では階層化がどのような観点で行われたかは明示されていないが, 例 2) のように, 関係を追加することで, 二輪車と三輪車は「車輪の数の違い」, 自動二輪と自転車は「動力源の違い」で定義されていることが明確化される. シソーラスや分類階層とオントロジーの大きな違いの一つは, このよ

<sup>1</sup> オントロジーにおける is-a 関係は, 単なる分類階層ではなく様々な哲学的考察が含まれているが[溝口 99], ここではオントロジーの定義が主眼ではないので厳密な議論を行わない.

<sup>2</sup> 二輪車や三輪車といったラベルで, 階層化の指針を推測できるが, その内容は明示化されていない.

うな関係の記述があるか否かで捉えることもできる。

RDF(S)が提供している `rdfs:subClassOf` と `rdfs:Property` は、`is-a` 関係とそれ以外の関係を記述するのに用いることができ、RDF(S)で記述されたオントロジーの多くはこの種類のオントロジーに分類されると思われる。

### 3) 意味制約の公理的記述を含む

関係を用いた各概念の意味定義の記述に加え、意味制約の公理的記述を行うことで、インスタンスモデルにおいて適切な規約を与えることができる。ここで記述される意味制約には、推移律や反射律などの関係の性質、「同じ自転車の前輪と後輪は異なる車輪である」といったインスタンスの排他性に関する制約などが含まれる。意味制約を公理的に記述する表現能力はオントロジー記述言語の仕様に依るが、OWL を用いた場合は `transitiveProperty`、`inverseOf` といった関係の性質に関する制約や `disjointWith`、`oneOf` といった意味制約を用いることができる。オントロジーの本質である概念定義の大部分は、これらの意味制約を用いて表すことができる。

### 4) その他の強い公理<sup>3</sup>を含む

意味制約だけでは十分に表しきれない意味定義に関しては、ルール記述言語などを用いた強い公理とした記述が必要となる。KIF や SWRL などを用いたルール記述を伴うオントロジーがここに分類される。

## 2.2 哲学的な考察の深さ

前節で述べたオントロジーの意味的構成要素からみた 1)~4)の分類は、オントロジーの構成要素を形式的に分類したものと位置づけることができる。それに対して、別の立場からオントロジーを分類すると、

1) 情報論的な利用効率を重視したオントロジー  
(ライトウェイトオントロジー)

2) 哲学的な考察に基づき対象世界を適切に捉えることを重視したオントロジー(ヘビーウェイトオントロジー)

という 2 種類に分けることができる。

前述のように、オントロジーの意味的構成要素の違いから、より複雑な意味記述を含むオントロジーをヘビーウェイトオントロジーと呼ばれる

場合もあるが、ここで述べた 2 種類のオントロジーに対する立場の違いが、より本質的な意味でライトウェイトーヘビーウェイトの違いを表していると思われる。しかし、その考察内容を適切に表すためには厳密な意味記述が必要とされるので、これらの立場の違いは、構築されたオントロジーの構成要素の違いにも反映される。よって、ライトウェイトかヘビーウェイトかといった議論は、双方の観点から総合して判断されるべきである。

哲学的な考察の深さから見たヘビーウェイトオントロジーの典型例は、上位オントロジー [Sowa 00, Guarino 97, Gangemi 02] である。上位オントロジーは、あり得るすべての対象を高い抽象レベルで概念化することを目指しており、上位オントロジーに基づいてオントロジーを構築することで、構築されたオントロジーが“どのような指針に基づいているか”といった立場が明確になる。よって、複数のオントロジーの統合などを検討する際には、それぞれが基としている上位オントロジーを明確にすることが有効な場合がある。また、Ontoclean [Guarino 02] のように上位オントロジーに基づいたオントロジー構築方法論もあり、[溝口 06] では上位オントロジーを利用した構築の具体事例を解説している。

## 2.3 その他の分類

2.1, 2.2 節で述べた以外でオントロジーを分類する観点としては、オントロジーの規模、対象とするドメイン、オントロジーが構築された方法などがあげられる。特にオントロジーの構築方法については様々な手法が取られており、その手法は構築されるオントロジーの内容にも影響を与えると考えられる。構築手法には、専門家を中心に人手で行う方法以外にも、自然言語処理や機械学習技術を用いた手法、既存のオントロジーを利用した手法などがあるが、計算機的な自動処理を用いたものは 3.1 節の 1) や 2) で述べた簡単な構造のものが多い。また Web2.0 技術の一つとして注目を集めているフォクソノミーは、集合知を用いているという点の特徴であるが、その多くは統一された語彙集合といったものと思われる。

## 3. オントロジーの利用形態

ここでは、オントロジーの主な利用形態について分類する。オントロジーをどのような目的で利用するかによって、使用されるオントロジーの種

<sup>3</sup> 公理やルールという言葉が表す内容には、意味定義に用いる制約や、推論に用いる規則など多くの意味が含まれている。ここでは厳密な議論を避け、前述の 1)~3) で表される内容以外を「強い公理」と呼ぶ。

表1 オントロジーの利用目的と利用法による分類

	知識モデル的利用法	メタデータの利用法
0)辞書的な利用	自然言語処理技術における利用	
1)共通語彙としての利用	キーワード解析	文献へのキーワード付加
2)インデックスとしての利用	Web 検索用ディレクトリ	ドキュメントへのタグ付け
3)データスキーマとしての利用	データベーススキーマ	文献 DB の書誌情報
4)知識共有の媒体としての利用	参照オントロジーを用いたマッピング	コミュニケーション支援
5)知識モデルの規約としての利用	知識ベースシステム	セマンティックウェブ
6)知識の体系化への利用	知識の体系的な管理	コンテンツの統合管理

類や利用方法は大きく異なる。そこでまず、応用システムにおいてオントロジーを利用する目的を表1の0)~6)で示す7つのタイプに分類した<sup>4</sup>。さらに、それぞれの利用目的においては、オントロジーに基づいて記述された知識そのものを直接的に処理対象とする「知識モデル的利用法」、ドキュメントなど他の情報に付与する追加的な知識として用いる「メタデータの利用法」が考えられる。よって、これらの7つのタイプと2種の利用法の組み合わせでオントロジーの利用形態を分類し、それぞれの典型的な例と共にまとめると表1のようになる。2章で述べたオントロジーの種類は、原則としてこれらすべての利用形態において用いられる可能性があり、同じ利用形態であっても用いられるオントロジーの種類によって扱える内容の範囲が異なる。

なお、一般に複数の利用形態でオントロジーを利用するシステムもあるため、それぞれの違いに関して明確な境界線を引くことは難しい。しかし、既存のオントロジーの応用システムの大まかな傾向を分析するには有効な指標の一つになると考えている。

以下、それぞれの利用目的について、簡単な事例と共に述べる。

## 0) 辞書的な利用

自然言語処理やテキストマイニングなどを行う際の辞書としてオントロジーを用いる。典型的な応用事例としては、オントロジーを利用した検索システム[GXFinder]や文献のクラスタリングツール[Mima 04]などがある。この目的においては、主に概念定義を与えるオントロジーのみが利用され、以下の1)~6)の目的と合わせて利用され

<sup>4</sup>本分類は、[溝口 05] (5.4 節) や[Kitamura06]を参考にしつつ再構成したものである。

る場合を除きインスタンスモデルは用いられないことが多い。

## 1) 共通語彙としての利用

知識の相互性を高めるために、知識を記述する際に用いる共通語彙としてオントロジーを利用する。最も基本的なオントロジーの利用法であるため、以下で述べる2)~6)の利用目的においても共通語彙としての役割はオントロジー利用の大前提となる。それらの共通語彙は、検索のキーワードや、統計的手法を用いた処理の対象など、様々な用途で用いられるが、以下の2)~6)で述べる利用目的に特化したものについては、それぞれの分類に入れる。

具体的な利用法としては、ドキュメントへのタグや、データベースの値として用いられることが多い。Web 上で様々な情報にキーワードをタグ付けすることによって情報を管理するサービスが最近よく見られるが、それらはこの目的におけるメタデータの利用法の典型例と言える。一方、キーワード解析などは語彙集合そのものを知識と見なした、知識モデル的利用法として捉えることができる。典型的な応用事例には、ブログなどに用いられるキーワードの解析、メタデータを用いた検索サービスなどが上げられる。

## 2) インデックスとしての利用

適切な情報へアクセスのためのインデックスとしてオントロジーを利用する。この利用法は、オントロジーが提供する語彙体系をインデックス(見出し)として利用したもので、その語彙を用いて情報にアクセスする。体系中における語彙の位置づけを明示的に利用する点が1)の共通語彙としての利用と異なる。Web 検索サイトで用いられるディレクトリサービスがこの典型例である。また分散したドキュメントなどのコンテ

ンツに付与したメタデータを、インデックスとして利用することもできる。このような利用形態の具体事例としては、自動リファレンスサービス[黒橋 01]やコンテンツ管理システム[Guarino 99, 古崎 06], Web サービス検索エンジン[川村 05]などがある。

### 3) データスキーマとしての利用

データベースなどに格納するデータの構造や値を規定する標準化されたデータスキーマとしてオントロジーを利用する。オントロジーが提供する概念階層がデータの値となるインスタンスを規定し、各概念定義がデータの構造を規定する。典型的な利用例としては、データベースにおけるスキーマや、ドキュメントに付与する書誌情報などといったメタデータの内容を規定するメタデータスキーマとしての利用などがある。オントロジーをデータスキーマとして利用するメリットは、その相互運用性や意味構造を用いた知的処理（最も簡単例としては is-a 階層を用いた検索範囲の制御など）にあり、ヘビーウェイトなオントロジー（3.1 節参照）を利用することでより知的な処理が可能となる。

具体事例としては、ゲノムデータベースにおける現象記述[岩爪 01], RDF を用いた臨床データベースの高度化に関する研究[西田 06]などがある。

### 4) 知識共有の媒体としての利用

オントロジーおよびオントロジーに基づくインスタンスモデルを用いて、システム間、人間とシステム、あるいは人間同士の間で知識の相互運用性を高め知識共有を実現する。1)で述べた語彙の共有や、5)で述べる知識記述の規約としての利用も、知識共有の実現を目指したものと言える。しかし、ここでは複数システム間での知識の変換やマッピング、エージェント間の通信、コミュニケーション支援など、知識の相互運用性を中心的な目的としたオントロジーの利用を、このタイプに分類する。技術的には図 2 に示すように、複数の知識を同一のオントロジー（参照オントロジー）と対応付けることで変換やマッピングを行う手法や、複数のオントロジーを直接比較する手法などがある。その際、必要に応じてマッピングに用いる知識が参照オントロジーを利用して記述される。図 2 の知識 A,B をオントロジーとすると、複数の異なるオントロジーのマッピングや変換も、同様の枠組みでの実現が考えられる。

具体事例としては、データベーススキーマの変

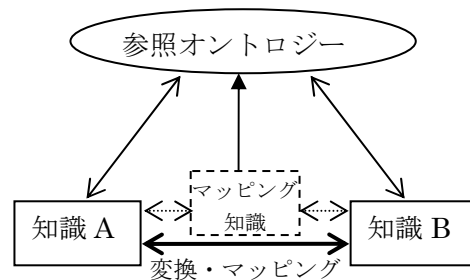


図 2 知識共有の媒体としての利用

換、知識集約型工学のためのフレームワーク (KIEF)[吉岡 00], 分散型プロセス記述のためのオントロジー: PSL[PSL], 機能を中心とした設計知識の変換システム [小路 04], 異なる機能語彙体系のマッピング[大久保 06], 設計管理データベースの統合[高橋 06]などがある。

### 5) 知識モデルの規約としての利用

オントロジーが提供する概念定義に基づいて構築されたインスタンスモデルは、対象世界のオブジェクトを表した知識モデルとして用いることができる。すなわちオントロジーは、その知識モデルに対する規約を与えるメタモデルとして利用できる。これは 4)で述べたデータとデータスキーマの関係に相当するが、知識モデルには単なるデータに比べて柔軟な知識の意味記述が求められる。セマンティックウェブにおける RDF(S)や OWL を用いたオントロジーは、Web ドキュメントのメタデータとなる知識モデルに対する規約として利用されることが多い。また知識ベースシステムにおいては、メタデータとしてではなく知識モデルそのものを処理対象とするものも多くあり、それらのモデルに対する規約としてオントロジーを利用することは、知識の共有・再利用性に大きく貢献する。データと知識モデルの厳密な境界には恣意性があるが、一般的なデータベースのように知識の構造が固定的であるか、知識の記述に規約に反しない範囲での自由度が認められるかが、データと知識モデルの境界の一つの目安と考えられる。

具体事例としては、ソフトウェア開発支援[峰岸 05], ゲノム分野におけるパスウェイの統一的記述[高井 05], e ラーニングにおけるオーサリングシステム[林 03], 石油精製プラントオントロジー[古崎 02]などがある。

### 6) 知識の体系化への利用

3.1 節で述べたオントロジーの意味的構成要素は、知識の体系化・組織化の核となる概念構造を提供する。それらを用いることで、対象世界の知

表 2 分析の対象数

DB名	対象	応用
J-Stage (ジャーナル)	52	20
J-Stage (その他)	60	34
SIG-SWO	63	43
合計	175	97

表 3 オントロジー応用研究事例の分析結果

	オントロジーの種類(意味的構成要素)					合計
	0)語彙	1)is-a	2)関係	3)意味制約	4)強い公理	
オントロジーの利用形態	0)辞書的	1		2		3
	1)共通語彙	1	1	1	1	4
		11		9	1	21
	2)インデックス		2	1		3
			2	4		1
	3)データスキーマ	1		4		5
		1				1
	4)知識共有		3	5	4	12
		1	9	3	1	14
	5)モデル規約	2	1	12	7	22
			4		4	
6)体系化				1	1	
合計	18	18	45	15	1	97

識を構成している概念をオントロジーとして体系化し、その概念定義が与える規約に基づいて知識管理・運用を実現することができる。これは 1)~5)で述べてきたオントロジーの利用目的を総合的に用いたものと位置づけることができ、知識管理システムやコンテンツ管理システムといった統合的なシステムが、その典型的な応用例となり得る。

オントロジーを知識の体系化に用いた具体事例としては、エンジニアリングデータを規定する統一モデルである EPISTLE[岡田 04]プロジェクトや、筆者らが行ってきたオントロジーに基づく機能表現[來村 02a, 來村 02b, 溝口 02]がある。

#### 4. オントロジー応用事例の分析

ここでは、2章で述べたオントロジーの種類と3章で述べたオントロジーの利用形態を基に、近年のオントロジー応用研究の事例について分析を行う。

##### 4.1 分析対象

分析の対象とする研究事例は、現在、J-Stage<sup>5</sup>で公開されているデータベースから「オントロジー」をキーワードとした検索(検索対象は全文)を行い取得した文献(ジャーナル、学会発表予稿集など)、およびセマンティックウェブとオントロジー研究会(SIG-SWO)のWebサイト<sup>6</sup>で公開されている発表資料(第5回から第13回まで)を用いた。J-Stageから得た文献については、オントロジー研究に関するもの以外を除き、

SIG-SWOのサイトから得たものと合わせて合計175件の文献を対象として分析を行った。表2の「対象」という列にそれぞれの文献数を示す。

##### 4.2 オントロジー応用研究事例の分析結果

前節で述べた文献を対象として、それぞれの研究について、(1)オントロジーの応用研究、(2)その他のオントロジー研究に分けた。さらに(1)については、2章で述べた「どの種類のオントロジーを用いているか」と、3章で述べた「オントロジーの利用形態」を用いて分類した。オントロジーの種類については、2.1節の意味的構成要素の観点で分類した。表2の「応用」という列にオントロジーの応用事例に関する文献の件数、表3に応用事例の分析結果を示す。これらの結果に置いて、同一の研究内容が複数の文献で述べられている場合は、重複カウントを避け研究内容毎に1件とした。なお、対象とした文献の書誌情報を含めた結果の詳細はWebサイト<sup>7</sup>で公開を予定しているため、興味のある方はご覧いただきたい。

##### 4.3 考察

ここでは前節で示した分析の結果について考察を行う。

###### ・利用されているオントロジーの種類

2)is-a以外の関係を含むものが約半数を占め、4)強い公理を含むものは殆ど見られない。これにより、現状の応用研究では、強い公理がさほど必要にされていないことが伺える。

###### ・オントロジーの利用形態

0)辞書利用と6)知識の体系化への利用を除き、3章であげたすべての利用形態についての

<sup>5</sup> <http://www.jstage.jst.go.jp/>

<sup>6</sup> <http://www.jaist.ac.jp/ks/labs/kbs-lab/sig-swo/>

<sup>7</sup> [http://www.ei.sanken.osaka-u.ac.jp/hozo/onto\\_apps/](http://www.ei.sanken.osaka-u.ac.jp/hozo/onto_apps/)

研究事例が多く見られ、オントロジー利用法の多様性が伺える。

#### ・オントロジーの利用法と利用形態の相関

表の左上から右下に向けた対角線上に沿って、多い件数の組合せが見られることから、より高度な処理を行おうとするにつれて、複雑な定義を含むオントロジーが必要とされていることが分かる。

なお、機能概念オントロジーに基づくセマンティックアノテーションを用いた技術文書管理システム[來村 05, 鷲尾 06]のように 3)意味制約を含むオントロジーを 0)共通語彙として利用した例もある。このことが示唆しているように、複雑な定義を含むオントロジーを基本的な知識処理に用いることにより、システムの高度化を実現することも可能である。

#### ・応用分野の広がり

表の数字の中には現れてはいないが、それぞれ研究事例が対象としている分野は、ソフトウェア、Web システム、ビジネス、設計、材料、バイオ、ゲノム、医療、教育、法律…など、非常に多岐にわたった分野で利用されていることが見て取れた。

## 5. まとめ

本論文では、様々なオントロジーの応用研究を、用いているオントロジーの種類と利用形態という指標を用いて分析し、その傾向について考察した。この指標は、決して完備性のあるものではないし、分析対象とした文献数やそれらの出典も十分な量をカバーしているとは言い難い。しかし、多種多様な領域で増加しているオントロジーを利用した応用研究の概要を把握することには貢献できたと考えている。

今後、同様な分析を継続して続けていくとすれば、対象範囲を拡大すると共に、各指標を用いるときに分類基準を再考する必要があると思われる。例えば、3章で述べた利用形態について、どちらに分類すべきか迷う例もしばしば見られ、より正確な分類するには何かしらのガイドラインが必要と感じられた。また同一の利用形態に分類した研究の中にも、様々な手法を用いたものが含まれており、それらを踏まえた分類の詳細化も考えられる。またオントロジーの種類に関しては、文献にはオントロジーの一部が例示されているだけのものが多く、どの種類に分類するかの判断が難しいものもあった。研究成果を共有しオントロジー応用研究の発展を促進するという点においては、利用したオントロジーを公開する場の重要

性が増すと考えられる。

最後に、オントロジー応用研究を取り巻く現状について、筆者なりの雑感を述べさせて頂く。まず、本論文で述べたオントロジー利用法の分類は、各研究事例の優劣をつけることを目的としたものではないことに注意して頂きたい。一口にオントロジーの応用研究と言うのではなく、それぞれの研究の立場を明確にすることで、それぞれの特徴を活かすことができればよいと考えている。実際に、対象とする分野によってオントロジーに求められている役割は大きく異なる。いわゆるライトウェイトなアプローチが効率的な場合もあれば、ヘビーウェイトなアプローチを積み重ねることでより価値の高い成果を期待出来る場合もある。そのような立場の違いを考慮にいれずに、いたずらに批判的な見方をしたり、過度な期待をもったりするのは、あまり賢明なこととは思えない。ここ最近、急に注目されるようになった Web2.0 という言葉についても、賛否両論の様々な意見が交わされているが、その要因の一つは、それがあまりにも多くの意味合いや技術要素を含んだ言葉であるからと考えられる。そのような点から見ると、オントロジーという言葉も同様な要因を含んでいるのかも知れない。

そして、今後のオントロジー応用研究の展望を考えるときに、筆者が是非とも常に念頭に置きたい姿勢は、ライトウェイトからヘビーウェイトまで幅広く見据えたアプローチである。ここでライトウェイトーヘビーウェイトという言葉は、利用するオントロジーとその利用形態の双方を指している。このような観点に立つと、4.3 節のオントロジーの利用法と利用形態の相関についての考察で述べた、複雑な定義を含むオントロジーを基本的な知識処理に用いる利用法は、6)知識の体系化への利用を見据えた、段階的な応用研究の一環として位置づけることもできる。この姿勢の実践として、筆者らが携わっているナノテクノロジー知識の構造化<sup>8</sup>に関する研究[古崎 06, NMC]では、オントロジーの種類およびその利用形態の双方を共に、ライトウェイトからヘビーウェイトへ段階的に発展させていくことを目指した応用研究を進めている。

## 参考文献

[Gangemi 02] Gangemi, A., Guarino, N., Masolo, C., Oltramari, A., Schneider, L.: Sweetening Ontologies with DOLCE, In Proceedings of the 13th International Conference Knowledge

<sup>8</sup> <http://mandala.t.u-tokyo.ac.jp/>

- Engineering and Knowledge Management (EKAW2002), pp.166-181, Sigüenza, Spain (2002)
- [Guarino 97] Guarino N.: Some Ontological Principles for A Unified Top-Level Ontology, Proc. of AAAI Spring Symposium on Ontological Engineering (1997)
- [Guarino 02] Guarino N., C. Welty: Evaluating ontological decisions with OntoClean, Communications of ACM, 2(45), pp.61-65, 2002
- [Guarino 99] N. Guarino, C. Masolo, and G. Vetere, 'OntoSeek: Content-Based Access to the Web', IEEE Intelligent Systems, 14(3), 70-80, 1999
- [GXFinder] マルチメディアドキュメント検索システム GXFinder, <http://pegasus.agent.galaxy-express.co.jp/GXFinderjp.htm>
- [林 03] 林雄介, 山崎龍太郎, 池田満, 溝口理一郎: オントロジーウェアな学習コンテンツ設計環境, 情報処理学会論文誌, Vol. 44, No. 1, pp. 195-208, 2003
- [岩爪 01] 岩爪 道昭, 団 まりな, 本多 久夫, 門谷 裕一, 金子 洋之, 児玉 隆治, 望月 敦史, 中島 陽子, 田中 幹子: 個体発生オントロジー, 第 15 回人工知能学会全国大会論文集(JSIAI01), 2001
- [川村 05] 川村 隆浩, 長谷川 哲夫, 大須賀 昭彦, Massimo Paolucci, Katia Sycara: "セマンティック Web サービスマッチメーカーの公開実験に基づく評価", 人工知能学会論文誌, Vol. 20, No. 6, pp.426-436 (2005)
- [來村 02a] 來村徳信, 溝口理一郎, オントロジー工学に基づく機能的知識体系化の枠組み, 人工知能学会誌, 17(1), pp61-72, 2002
- [來村 02b] 來村徳信, 笠井俊信, 吉川真理子, 高橋賢, 古崎晃司, 溝口理一郎, 機能オントロジーに基づく機能的知識体系的記述とその機能構造設計支援における利用, 人工知能学会誌, 17(1), pp.73-84, 2002
- [來村 05] 來村 徳信, 鷺尾 尚哉, 小路 悠介, 溝口 理一郎: 技術知識管理のための機能に関するオントロジーとセマンティックアノテーション, 第 19 回人工知能学会全国大会論文集(JSIAI05), 2005
- [Kitamura 06] Kitamura Y.: Roles of ontologies of engineering artifacts for design knowledge modeling, The 5th International Seminar and Workshop Engineering Design in Integrated Product Development (EDIProD 2006), 21-23, September 2006, Poland, pp.59-69, 2006
- [小路 04] 小路 悠介, 來村 徳信, 溝口 理一郎: オントロジーに基づく統合機能モデルとその知識変換への利用 -FMEA シートへの変換-, 人工知能学会全国大会論文集(JSIAI04), 2004
- [古崎 02] 古崎晃司, 來村徳信, 佐野年伸, 本松慎一郎, 石川誠一, 溝口理一郎, オントロジー構築・利用環境「法造」の開発と利用 -実規模プラントのオントロジーを例として-, 人工知能学会論文誌, Vol.17(4), pp. 407-419, 2002
- [古崎 06] 古崎晃司, 飯田哲也, 來村徳信, 溝口理一郎: 軽量オントロジーを用いた簡易型 Web コンテンツ管理システムの開発, 第 20 回人工知能学会全国大会論文集(JSIAI06), 3B2-1, 2006
- [黒橋 01] 黒橋 禎夫, 日笠 亘: 京都大学附属図書館における自動レファレンス・サービス・システム, 情報管理, Vol. 44, No. 3, 2001
- [西田 06] 西田 昌弘: 臨床データベースの活用と高度化, 第 2 回大阪大学臨床医工学融合研究教育センターシンポジウム(第7回 in silico Human 研究学術集会)
- [NMC] 「材料技術の知識の構造化」プロジェクト Webs サイト, 東京大学工学部総合研究機構(社)化学工学会ナノマテリアセンター, <http://nmat.t.u-tokyo.ac.jp/>
- [Mima 04] Mima, Hideki, Sophia Ananiadou, Katsumori Matsushima. (2004). Design and Implementation of a Terminology-based Literature Mining and Knowledge Structuring System, In Proceedings of the 3rd International Workshop on Computational Terminology (CompuTerm 2004) in 20th International Conference on Computational Linguistics, pp.83-86.
- [溝口 99] 溝口理一郎, 池田満, 來村徳信, オントロジー工学基礎論 -意味リンク, クラス, 関係, ロールのオントロジー的意味論-, 人工知能学会誌, Vol.14, pp.1019-1032, 1999
- [溝口 02] 溝口理一郎, 來村徳信, 布瀬雅義: オントロジー工学の成功事例~機能オントロジーに基づく生産技術知識の共有・再利用~, 人工知能学会第 57 回知識ベースシステム研究会, 2002
- [溝口 05] 溝口理一郎: オントロジー工学, オーム社, 2005
- [溝口 06] 溝口理一郎, 古崎晃司, 來村徳信, 笹島宗彦: オントロジー構築入門, オーム社, 2006
- [峰岸 05] 峰岸 巧, \*石橋 昌彦, 福田 直樹, 飯島 正, 山口 高平: オントロジーに基づくソフトウェア開発上流支援, 第 19 回人工知能学会全国大会論文集(JSIAI05), 2005
- [大久保 06] 大久保 公則, 小路 悠介, 來村 徳信, 溝口 理一郎: 異なる機能語彙体系間の相互運用性に関する検討, 第 20 回人工知能学会全国大会論文集(JSIAI06), 3B2-2, 2006
- [岡田 04] プロセスプラントとオントロジーパラダイム -EPISTLE データモデルの紹介-, 人工知能学会誌, Vol.19, No.2, pp.187-193, 2004
- [PSL] <http://www.mel.nist.gov/psl/>
- [Sowa 00] Sowa, J.F., Knowledge Representation: Logical, Philosophical, and Computational Foundation, PWS Publishing Company, Boston, 2000
- [高井 05] 高井 貴子, 溝口 理一郎: "デバイスオントロジーに基づくシグナル伝達パスウェイの統一的記述枠組みの開発", 人工知能学会論文誌, Vol. 20, No. 6, p p.406-416 (2005)
- [吉岡 00] Knowledge Intensive Engineering Framework (KIEF) 知識集約型工学のためのフレームワーク, <http://mhjcc3-ei.eng.hokudai.ac.jp/~yoshioka/KIEF/>
- [鷺尾 06] 鷺尾 尚哉 小路 悠介 來村 徳信 溝口 理一郎: Funnotation: 技術文書共有のための機能アノテーションとその利用の枠組み, 第 20 回人工知能学会全国大会論文集(JSIAI06), 3G2-1, 2006