

## オントロジーを利用した知識の共有/再利用

Using Ontology for Knowledge Sharing and Reuse

伊藤 英毅

**要約** 近年のインターネットを中心とした情報環境は新しい情報メディアや情報活動の多様化を生み出した。利用者は目的に応じた情報の収集、選択、統合化を行う必要がある。そこで、知識を利用した情報処理技術、特に知識共有/再利用が問題となる。本稿ではオントロジーを中心に現在、知識の共有と再利用を中心とした知的情報処理の問題に関して報告する。オントロジーは知識処理において有効な基盤を提供するものであり、知識共有/再利用の問題への貢献が期待されている。本稿では、オントロジーの概説とこれまで行なわれてきた研究や事例の紹介及び筆者がオントロジーの統合利用を目的とし実施している複数概念体系間の関連発見に関する研究の紹介を通してオントロジーの知識共有/再利用の問題への可能性や有効性について報告する。

**Abstract** This paper describes the technology of ontology for knowledge sharing and reuse.

Recently we have a various kind of information and it caused complexity of information processing and information management. Accordingly intelligent information processing is important.

Ontology is expected to contribute to knowledge sharing and reuse. Ontology is the theory used for conceptualization of an object and the explicit description of a concept and it is useful for intelligent information systems.

This paper reports a summary of ontology and related work used some ontology features.

### 1. はじめに

近年のコンピュータとネットワークを中心とした情報基盤の発達は、社会全体の情報化と情報利用の変化をもたらしている。従来では限られた世界、領域において情報の供給者と消費者の関係が明白であったが、現在の情報流通では多方向性と多領域性が特徴として挙げられる。扱われる情報と利用されるメディアは多種多様となり、それらに対応した情報技術の発達はネットワーク上でのさまざまな活動を可能にしている。一方で、利用者の目的に応じて必要な情報を獲得、利用するためには、情報処理技術の発達だけでは解決できない問題も起きている。目的の複雑さや多様性から情報を利用する立場に立った技術が必要となる。そこで重要となるのは知識処理の問題である。特に、現在の全世界規模の情報ネットワークと膨大な情報が溢れる環境で、利用者にとって有効な情報の運用を行うためには、高度な知識処理が必要とされる。例えば、知的エージェント技術を利用した仲介機能やナビゲーション機能、高度インタフェースによる情報利用支援、大量情報における情報統合技術としての情報収集や情報体系化技術等が挙げられる。これらの技術には様々な形で知識処理が用いられ、人間と人工システムの協調が試みられている。

知識を扱う上で、対象となる領域、タスクに必要な知識の獲得、組織化、表現等の問題がある。これらの問題は知識ベースを構築する上で重要な課題となる。これまで、

知識ベースの構築はエキスパートシステムの研究開発を中心に行われてきた。エキスパートシステムでは専門家の知識を知識ベース化し、専門化と同等の問題解決能力をもつ人工システムを構築することが目的である。しかし、従来のエキスパートシステムでは専門家からの知識抽出の難しさや、システムとして利用可能な知識としての表現の難しさ、限られた領域の問題解決に特化したものである等の理由のため、広く知識を共有したり、再利用することが困難であった。これは、人工システムによる問題解決がシステム中心、処理中心の側面に注目されてきたことが理由の一つだと考えられる。しかし、現在では、扱う問題の複雑さから、人間と人工システムの共生、人間主体の問題解決が求められている。そこで、人間と協調する人工システム、パートナーとしての知識処理システムへの期待が大きい。これらの基盤となる知識ベースは人間と人工システムの間で共有可能な知識を持つことが必要とされる。

近年、知識の共有/再利用の問題や知識ベース構築の問題に対して、オントロジーに関する研究が盛んである。知識の共有/再利用を実現するためには対象とする世界に対する意味の共有が必要となる。オントロジーは対象世界の概念化の明示化と定義され、知識ベース構築の基盤を提供する。従って、オントロジーの概要を理解することは、知識処理の問題を扱う上で重要である。

本稿ではオントロジーの利用を中心とした知識共有/再利用の問題について報告する。2章では、オントロジーの定義や性質、利用例について述べる。3章では、現在進行中の研究事例として既存概念体系を利用したオントロジーの統合、利用に関する研究について概要を述べる。最後に4章でまとめと展望について述べる。

## 2. オントロジー

近年、知識処理の分野において、オントロジーに関する研究が盛んである。オントロジーは概念化の明示的な記述であり、知識処理システムが対象とする世界のオントロジーを構築することで、対象となる概念の合意による知識の共有/再利用への貢献が期待できる。本章ではオントロジーの概要<sup>1)</sup>と利用について述べる。

### 2.1 定 義

オントロジーはそれぞれの立場でその見解が示されていて、完全な合意にはいたっていない。以下のように、幾つかの定義が与えられている。

#### 1) 哲学的立場

本来、オントロジーは哲学の用語であり、「存在に関する体系的な理論(存在論)」の意味である。世の中のすべてのものを系統的に説明することを目指している。例としては、もの/動物/哺乳類/...といった階層構造を示し対象のものが何に区別され、何に関係するかを説明するものである。

#### 2) 人工知能研究の立場

「概念化の明示的な仕様」と定義される。概念化は対象とする世界の概念とそれらの関係を指す。対象世界を記述(モデル化)する際は、必ず世界を概念化する。概念の対象はオブジェクト(名詞に相当)だけではなく、活動を表す動詞的なものもある。そして活動が対象とするオブジェクトとそれらとを関係付ける制約

など、これらをすべて体系化したものがオントロジーとなる。

### 3) 知識ベースの立場

「人工システムを構築する際のビルディングブロックとして用いられる基本概念/語彙の体系(理論)」と定義される。知識ベースは問題解決を対象とするので、オントロジーは問題解決過程に固有の概念化であるタスクに関するオントロジーであるタスクオントロジーとタスクが実行される領域(ドメイン)に関わるドメインオントロジーの2種類に大きく分かれる。

### 4) 緩い定義

「ある目的のための世界の認識に関する共通の合意」とする定義。ここでは定義の一般性を増すことに留意して意識的に合意内容を規定することは避けている。もう一つの特徴としてはオントロジーの目的依存性を明示していることである。

## 2.2 性質

オントロジーの性質について述べる。これらの性質を基に、オントロジーの果たすべき役割について議論がされている。

### 1) 目的依存性

対象のモデルを記述する際には、何らかの個別の「目的」を持ち、目的は対象を眺める視点を明確にして、その視点に基づくことで有効なモデル構築が可能となる。

### 2) 一般性

世界に一つしかない対象や一人の人間のみが興味をもつ領域に関するオントロジーは意味がないことは自明である。しかし万人が興味をもつ対象のみがオントロジー構築の対象では制限がありすぎる。ある領域において問題解決に貢献する十分な一般性をもつオントロジーは有効である。

### 3) 共通性・合意性

構築されたオントロジーは多くの人に合意され、共通であることが重要である。一般にオントロジーの合意には次の4つのレベルがあるとされる。

- ① 構築の方法論
- ② 概念の意味
- ③ 概念の名前
- ④ 公理

### 4) 安定性

オントロジーは作成者、作成時間によらずある程度安定したものである必要がある。しかし実際には作成者による差異が生じることは無視できず、それを吸収することや細部における相違を超えて合意に達することの難しさが存在し、課題となる。

### 5) 形式性

オントロジーの構築は自然言語による記述と形式論理による記述の大きく二つがある。論理による表現は計算機の理解可能である利点がある。計算機理解可能性を追求することで概念の厳密さが増すと同時に人間の理解レベルである知識レ

ベルと計算機の理解レベルである記号レベルまでの異なったレベルの間のある程度の連続性が保たれる。このことは人間とコンピュータの意味共有ということの意味しており、オントロジーで構成されたモデルの基づく知識ベースが容易に構築できる。

#### 6) 部分性

目的依存性や形式化による意味の欠落から、オントロジーは部分的になる。オントロジーが表す意味、対象とする範囲、合意の程度、共通性などはすべて部分的である。

#### 7) 一貫性

オントロジーは一貫していなくてはならない。特に形式化されたオントロジーでは必須である。

#### 8) 明示性

全ての宣言的記述は明示性を持つが、特にオントロジーは「世界（対象）に関する合意」という元来暗黙的であったものを明示化したものであり、明示性という性質は特徴的である。

#### 9) 部品性

オントロジーが「概念化の明示的記述」であることから、そこに含まれる概念は対象とする世界を記述する際の部品としての性質を持つ。

### 2.3 オントロジーの利用

前節で述べたように、オントロジーはさまざまな性質を持つ。従ってオントロジーは異なる利用目的、方法が考えられている。本節ではオントロジーの利用について構築、コミュニケーション、情報統合の側面から技術、事例について述べる。

#### 2.3.1 オントロジー構築

オントロジーを構築する際に、方法論、環境、記述言語を整備する必要がある。本項ではオントロジーの構築に関して、多重オントロジー理論と言語知識の体系について述べる。

##### 1) 多重オントロジー

対象を概念化する際に、一つの対象でも複数の視点からの概念化が行われることは普通である（図1参照）。多重オントロジーでは一つの概念化による概念の体系をアスペクトと呼び、オントロジーをアスペクトの合成により構成する理論である<sup>[2][3]</sup>。

アスペクト理論ではアスペクトを atomic aspect と composite aspect に分類し、atomic aspect は他のアスペクトから独立したアスペクトから定義され、composite aspect は異なる領域のアスペクトを組み合わせることにより定義される combination aspect と対象領域の重なり合う関係により定義される category aspect からなる（図2参照）。これらのアスペクト間の関係を定義することで、論理演算を可能とし、オントロジー構築の支援を行う。またアスペクトの記述言語として ASPECTROL が用意されている。

##### 2) 言語知識体系、シソーラス

言語知識を体系化し活用することは、コンピュータ技術が発達する以前から行

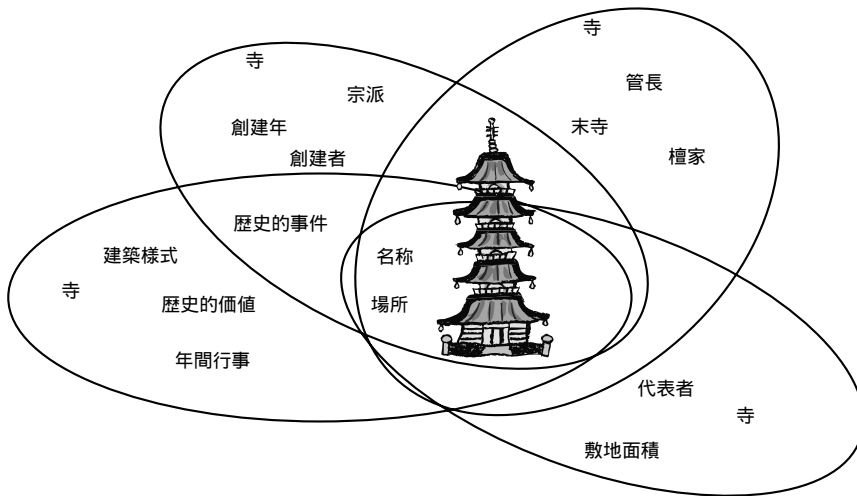


図 1 複数の視点からの概念化

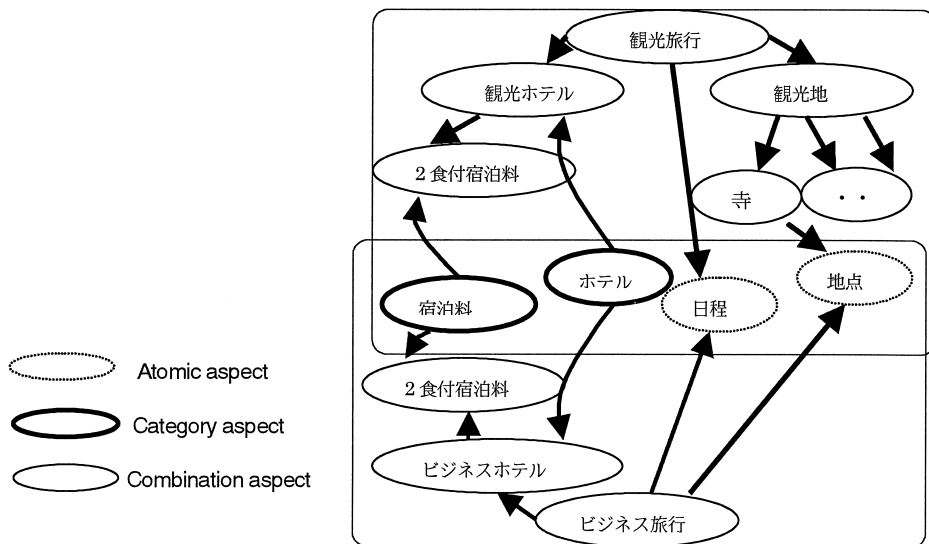


図 2 共有可能なオントロジー

われてきた。シソーラスは言葉の関係を示した辞書であり，単語（descriptor）と単語間の関係（同義語，多義語，上位下位語，関連語）が記述された辞書である。これは言語知識を体系化したオントロジーと言える。我々の対象とする世界は概念の集合であり，概念は言葉で表現される。言葉は単語と単語の連結である文からなり，概念知識はこの言葉で表現される。そこで言語知識を体系化することは，概念を体系化し理解するうえで重要である。また，近年のコンピュータによる自然言語処理分野においては，電子化された大規模シソーラスや辞書は多く活用されている。EDR<sup>[4]</sup>，WordNet<sup>[5]</sup>，Cyc<sup>[6]</sup>，NTT 日本語語彙体系<sup>[7]</sup>は代表

的な言語知識体系であり，これらは，オントロジー構築やオントロジー獲得の自動化等に利用され，また，それ自身がオントロジーの一つとなる．これらの言語知識体系，シソーラスの間の共通性や差異の理解，統合を目的として，EDR と WordNet の統合化が行われている<sup>[8]</sup>．ここでは言語が表す概念間の類似性や概念階層の発見，評価がされている．この試みは，現在進められているオントロジーの統合，標準化において重要な役割を果たす．

### 2.3.2 オントロジーを利用したコミュニケーション

マルチエージェント環境等において複数のエージェントが協調して作業を行うために，エージェント間のインタラクションが必要となる．エージェント間のインタラクションには共通プロトコル，共通言語，共通語彙・概念が必要となり，オントロジーはエージェント間の共通の語彙・概念として利用される．このようなオントロジーの利用として DARPA の Knowledge Sharing Effort ワーキンググループと FIPA のオントロジーサービス規定がある．本項ではこれらの概要について述べる．

#### 1) KSE ( Knowledge Sharing Effort )

DARPA の KSE ( Knowledge Sharing Effort ) ワーキンググループでは，大規模な知識共有のために，複数のエージェントが分散し，それぞれのエージェントが知識を持ち，エージェント間のインタラクションや協調によって問題の解決を試みている<sup>[9][10]</sup>．KSE ではエージェント間通信言語として KQML ( Knowledge Query Manipulation Language )，を知識交換言語として KIF ( Knowledge Interchange Format )，を共通オントロジー記述言語として Ontolingua を提案している．Ontolingua はエージェント間で共通に使われる用語の集合と用語間の論理制約を記述するための言語である．以下は Ontolingua により，「author」という概念を記述した例である．

( define-class AUTHOR ( ?author )

```
:def ( and ( person ?author )
  ( =( value-cardinality ?author author.name ) 1 )
  ( value-type ?author author.name biblo-name )
  ( > =( value-cardinality ?author author.documents ) 1 )
  ( < = > ( author.name ?author ?name )
    ( person.name ?author ?name ) ) )
```

- ① ?author が著者であるとは，?author が?person であり
- ② 関係 author.name で規定される一つの対象が存在し
- ③ それはクラス biblo-name のインスタンスでなければならない．
- ④ さらに author.documents で指定される一つの対象があり，
- ⑤ author.name という関係と person.name との関係が同じでなければならない．

#### 2) FIPA ( Foundation for Intelligent Physical Agents )

FIPA ではエージェントが活動できる環境で，異なる実体の間のインターフェースを規定する仕様化，標準化が進められている<sup>[11]</sup>．オントロジーサービスについては，エージェントが明示的かつ宣言的に表現されたオントロジーを管理でき

るようになるための技術が規定されている<sup>[12]</sup>。図3はオントロジーサービス仕様のリファレンスモデルを示したものである。オントロジーはオントロジーサーバに蓄積され、異なるインタフェースが存在する。オントロジーエージェントはエージェントがオントロジーとサーバを発見させ、それぞれのサーバに適したメカニズムでのアクセスを可能にする。

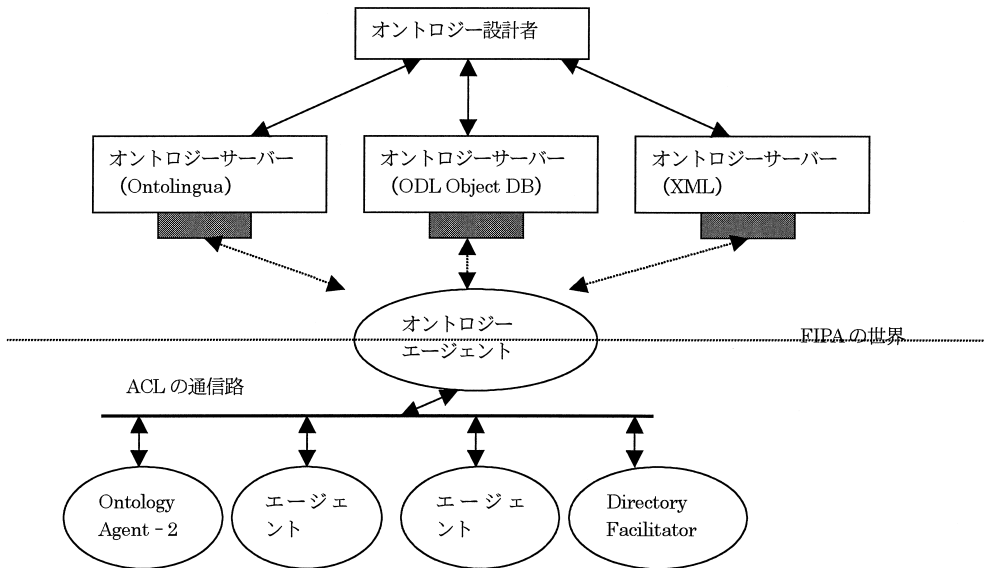


図3 リファレンスモデル

FIPAではオントロジーを「ある領域の構造を明示的に規定するもの」として、ある特定の目的とする領域に適用できる語彙（論理定数、命題シンボルなど）や論理的文（その領域に存在する制約と語彙の解釈と制限を表現する）の集合としている。そして明示的に宣言されたオントロジーを共有することにより、概念についての問い合わせ、オントロジーの更新、既存オントロジーの拡張や特殊化といったオントロジーの再利用、異なるオントロジー間の翻訳等が可能となることを規定している。

### 2.3.3 オントロジーを利用した情報統合

近年のインターネットに代表される広域情報ネットワークと情報技術の発達は、扱われる情報量の増大と多様化をもたらした。そこでは、莫大で多様な情報源から必要な情報を収集し、整理、活用する技術が必要とされている。オントロジーは情報源のモデル化やエージェント間の共有語彙としての利用が考えられている。本項では情報統合に関する研究事例としてIICAとSAGEの概要について述べる。

#### 1) IICA (Intelligent Information Collector and Analyzer)

IICAはインターネット上の情報収集、分類、抽出を行うシステムである<sup>[13]</sup>。IICAでは情報の収集、分類、抽出のそれぞれの段階においてオントロジーを利用している。

情報収集におけるオントロジーの利用は、システムがユーザからの問い合わせ

に関する情報を推論し、探索空間を絞り込むための知識を提供することである。

情報分類におけるオントロジーの利用は、オントロジーの各概念を分類のためのカテゴリとして、各カテゴリに収集したテキスト（ページ）を割り付けることである。オントロジーに基づく分類は、

- ① 特徴ベクトルとカテゴリベクトル間の類似度計算によるテキストの割り付け、
- ② カテゴリベクトル間の類似度からオントロジーの概念間の重みを変更する、というプロセスによって構成される。特徴ベクトルとは収集されたテキストの特徴ベクトルをベクトル空間モデルを利用して計算する。カテゴリベクトルは分類されたテキストの代表ベクトルの重心を計算する。

情報抽出、統合化におけるオントロジーの利用は、概念の記述ルールを用いた方法を提供している。これはオントロジーの各概念に対して、抽出すべき属性情報を定義し、各属性情報に特有の言語表現パターンに基づいたルールによって内容抽出を実行する。

## 2) SAGE (Smart Agent Environment)

SAGE はネットワーク上の情報をシームレスに活用するための、知的エージェント環境である<sup>[14]</sup>。SAGE の実システムへの適用実験として EC (Electronic Commerce) への適用が試みられている。分散して管理されている商品情報を統合的に検索し、比較による商品絞込み、取引条件交渉などの実現を目標としている。SAGE では統合検索フェーズにおいてオントロジーの構築・利用が行われている。統合検索フェーズでは、商品属性をオントロジーとして定義している。特に企業間 EC への適用ということでは、幾つかの大企業の商品属性体系をオントロジーとして、企業間で異なる商品属性の用語変換を行っている。また、今後の拡張としては、取引フェーズにおける交渉や回答といったオペレーションのオントロジー構築が検討されている。

## 2.4 2章まとめ

オントロジーの概要と利用について述べた。オントロジーの様々な利用や応用システムが考えられれている。いずれの場合も、他の情報技術との関連が重要である。オントロジーの利用、適用を考える上で、オントロジーの概要の理解と同様に、関連技術の動向や利用可能性についても注目し調査検討していく必要がある。

## 3. 研究事例 概念体系の比較、重ね合わせによる関連発見

本章では、筆者がオントロジーの統合化利用を目的として実施中の概念体系間の比較による関連発見の研究概要を紹介する。

### 3.1 知識コミュニティプロジェクト

本研究は奈良先端科学技術大学院大学によって進められている、知識コミュニティプロジェクトの枠組みの中で実施されている研究の一つである。知識コミュニティプロジェクトでは知識の収集、体系化、共有、創出のための人間・コンピュータの共生環境の実現に取り組んでいる<sup>[15]</sup>。知識コミュニティプロジェクトにおいてオントロジーは人間やエージェントの間で共有する知識や概念を体系化し、共通の語彙、認識を



提供するものである。これまでの研究として、多重オントロジーや IICA、非定型的なデータから構造情報の抽出によって、複数の設計者が共通オントロジーを構築する環境を支援するシステム Designers Amplifier<sup>16)</sup>等の関連研究が行われてきた。これらの研究では、オントロジーを利用した知識共有・再利用、エージェント間のコミュニケーション、インターネット上の情報統合への適用と方法論が提案されている。

### 3.2 本研究の背景

情報基盤の発達により、様々な活動がコンピュータやネットワークを中心とした人工環境で実現されている。これらの環境では、対象となる世界、領域を情報化（モデル化）してコンピュータシステムに取り込む必要がある。そこで、対象世界の概念化を明示的に記述、表現するためにオントロジーに対する関心が高まっている。

オントロジーは概念化の明示的な記述により、対象世界のモデル化を行う。オントロジーはその性質である、合意性や部品性から、知識共有/再利用の問題に対する基盤となる。しかし、現実には同一対象においても異なる概念化が複数存在する。それぞれの概念の情報化をする立場の社会的、歴史的、文化的背景等により世界観が異なるためである。それぞれの立場が必要とする概念は膨大であり、立場を超えて統一して扱うことは困難である。そこで、概念体系の整理として、オントロジーの収集とその重ね合わせによる利用を提供することが重要な課題となってくる<sup>17)</sup>。特に既存の分類体系や記述体系はすでに実世界で広く共有され、利用されているオントロジーであり、有用な材料となる。本研究ではこれらの既存の概念体系を利用した概念体系の比較、統合利用の基礎となる理論、枠組みについて提案するものである。特に人工システムと人間の双方にとって利用することを目指すものである。

### 3.3 既存の概念体系

従来から、限られた世界やそれぞれの分野での概念体系は多く存在している。とくに分類体系は同一対象でも、個別の目的や意図で分類した体系が多く存在している。表1、表2は商品分類体系の一部を示したものである。表1の JICFS 分類体系<sup>18)</sup>は消費者分類といわれ、消費者にとっての効用や用途による分類を基本としている。一方、表2の日本標準商品分類<sup>19)</sup>は主として統計基準として利用される分類体系であり、工業統計調査や生産動態統計調査に利用される。これらの同一対象における分類体系の違いは、目的や対象のどの属性に注目するかによって、異なる概念化が行われた結果である。

### 3.4 オントロジーと分類体系

オントロジーは対象世界の概念化を明示的に記述したものと定義される。概念化は対象世界の概念とそれらの間の関係である。しかしオントロジーの持つ意味が多様であるため、次のようなオントロジーのレベル分けがなされている<sup>20)</sup>。

- ・レベル1：概念の切り出しとそれらの関係の記述。最も一般的で簡単な記述が階層関係の記述。
- ・レベル2：各概念の意味定義（制約）や関係の記述（公理）
- ・レベル3：オントロジーを用いて記述したものが実行されたときの振る舞いに関する質問に回答する。

分類体系の多くは、ある分類原理によって得られた分類肢をさらに同じ分類原理に

表 1 JICFS 分類体系の例

2407	調理用品	
240701	鍋・釜類	両手鍋、片手鍋、蒸し器、天ぷら鍋、すき焼き鍋、土鍋、鍋蓋、キャセロール、圧力鍋、 ※炊飯器は電気炊飯器(468505)、電子ジャー(463510)、 ※電気鍋はその他電熱調理器(468597)にて収録
240703	やかん類	やかん、ケトル、ティーポット、コーヒーポット、ドリッパー、コーヒーマシン、 ※電気ポット、酒かん器はその他電熱調理器(468597)にて収録
240705	フライパン類	フライパン、玉子焼、目玉焼、中華鍋、胡麻煎りフライパン、いため鍋フライパン用の蓋、北京ナベ、グリルパン
240707	調理器物	串類、杓子、泡立器、ターナー、まな板、包丁、スライサー、レモン絞り、押し型、抜き型、 すりこぎ、茶こし、ごますり器(手動のもの)、落し蓋、魚焼き、餅焼き用網、料理用バサミ、 しゃもじ、ボール、ざる、フライ返し、経節削り器、果物ナイフ、お玉、寿司巻すだれ、せいら、 寿司桶、水削り器(手動のもの)、手動のコーヒーマシン、蒸しネット、おろし金、 計量スプーン・カップ、ピーラー
240709	製菓用品	ケーキメイト、マドレーヌ型、ゴムベラ、ヌリ刷毛、粉ふるい、敷紙、ケーキ用麵棒、 パイ皿、パレットナイフ、ケーキ用ろうそく、ケーキBOX
240797	その他調理器具	バーベキューグリル、うす・きね、チーズフォンデュ、タコ焼き器、お好み焼き器、 はかり(料理用)、ジンギスカンナベ、鯛焼き器、 ※電気コンロはその他電熱調理器(463597)にて収録
240799	調理器具不明	

表 2 日本標準商品分類の例

772	料理用具	772131	かま
7721	金属製料理用具	7721311	羽がま
77211	鉄 ステンレス製料理用具(ほうろう鉄器製品を除く。)	7721312	圧力がま
772111	かま	7721319	その他のがま
7721111	羽がま	7721321	両手なべ
7721112	圧力がま	7721322	片手なべ
7721119	その他のかま	7721329	その他のなべ
7721121	両手なべ(中華なべを除く。)	772132	なべ
7721122	片手なべ	772133	湯沸かし
7721123	中華なべ	772134	飯むし及びせいろ
7721124	すき焼きなべ	772135	フライパン
7721125	圧力なべ	772136	卵焼き器
7721129	その他のなべ	772137	コップ類(91914)
772112	なべ	772138	飯ごう
772113	湯沸かし(鉄びんを含む。)	772139	その他のアルミニウム製料理用具
772114	飯むし及びせいろ	77219	その他の金属製料理用具
772115	フライパン	7722	ガラス製料理用具
772116	卵焼き器	77221	コーヒー沸かし(サイホン式)
772117	コーヒー沸かし(パーコレータ)	77222	耐熱ガラスなべ
772118	網	77223	すのこ
772119	その他の鉄 ステンレス製料理用具(ほうろう鉄器製品を除く。)	77229	その他のガラス製料理用具
77212	ほうろう鉄器製料理用具	7723	陶磁器料理用具
772121	なべ(蒸し器を含む)	77231	かま
772122	湯沸かし	77232	なべ
772123	フライパン	77233	どびん類
772129	その他のほうろう鉄器製料理用具	77239	その他の陶磁器製料理用具
77213	アルミニウム製料理用具	7724	木竹製料理用具
		77241	せいろ
		77249	その他の木竹製料理用具
		7729	その他の料理用具

よって分類する階層関係をもち、上記のレベル1に相当する。本研究で対象とする分類体系は実世界のオントロジーと捉えることができる。そこで、本研究ではオントロジーに関する以下のような問題について考察を行う。

・任意の視点、興味でのオントロジーの生成

オントロジーの持つ性質として、共通性・合意性が挙げられる。構築されたオントロジーは多くの人の合意を得ているべきであり、個別性や特殊性はどこまで許容されるべきか問題になる。しかし、情報、利用者、目的が多様化している現在においては、任意の視点、興味で生成されたオントロジーもそれぞれ有用であり、その必要性と有

用性を明らかにする。

・オントロジーの統合, 変換

対象世界をある目的によって概念化する際に, 同一対象(世界)でも異なるオントロジーが構築される(図4参照)。このような場合, 目的に応じて, オントロジー間の統合や変換を行い利用者が情報を編集する必要がある。ここで, オントロジーの統合, 変換は対象の同定や明示化, 記述において重要な問題となり検討される必要がある。

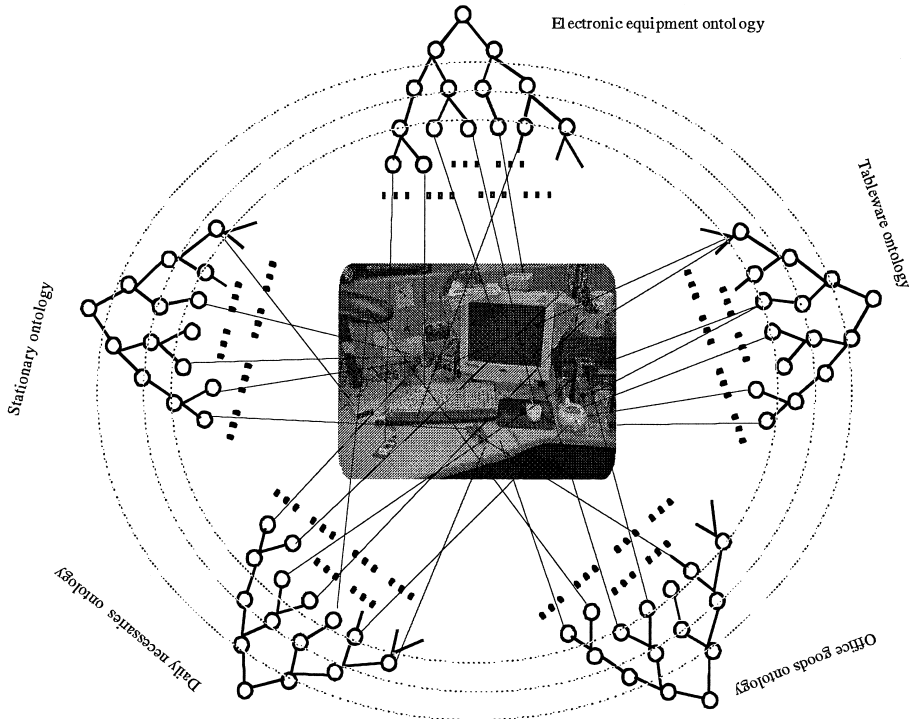


図4 机上の複数のオントロジー

### 3.5 研究概要

#### 3.5.1 課題

概念体系の比較や重ね合わせによる関連発見や対象の明示化, 記述の支援を目指し, その基盤となる理論, 方法について提案する。

#### 3.5.2 方法論

まず同一分野や対象において, 形式や目的にとらわれず, 広く収集した分類体系を利用する。収集した分類体系間の比較では, 分類対象の共通の属性となる分類カテゴリとそのカテゴリに属する要素に注目し, 比較カテゴリ間の要素の一致を確認する。関連付けは, その一致数を基準としたパラメータを導入し, 分類カテゴリ間の相互の関連付けを行う。さらに, その関連付け情報に基づき分類体系の重ね合わせを行う。これらの比較や重ね合わせの方法は, 半自動的な方法にて実現を可能とする。以降の項で比較や関連付けの方法について概説する。

### 3.5.3 分類の構造表現

本研究では、分類体系を木構造として表現して扱う。分類体系の中でも最も多い階層分類は、枝分かれの木構造で表現することができる。各節は概念の共通の属性を集めた分類のカテゴリとなる。本研究ではこの節を分類カテゴリとする。また、葉にあたる個々の概念を要素（メンバ）とする（図5参照）。木構造による表現を用いることで、どの要素が集まってカテゴリを形成しているか、どのレベルで異なるカテゴリが同一のものと見なされるか等の階層構造が一目で確認することができる。

### 3.5.4 分類体系間の比較方法

分類体系の比較は分類カテゴリに属する要素のラベル（名前）の一致を基準とする。分類カテゴリに属する要素は対象としているカテゴリのメンバーに下位カテゴリが含まれる場合、その下位カテゴリに属する要素も全てその対象カテゴリに含まれる要素とする。（図5参照）。

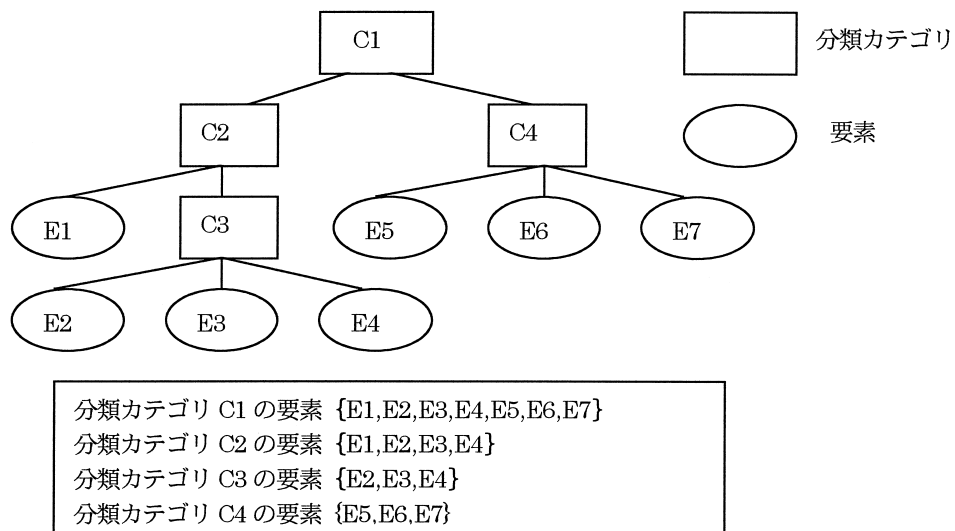


図5 分類の木構造と分類カテゴリの要素

### 3.5.5 分類カテゴリ間の関連付け

一般的に概念相互の関係は大きく次の4種類に分類することができる<sup>[21]</sup>。

- ① 同一概念と等価概念：言語的な表現が異なるだけで内包・外延ともに同一な概念を同一概念、把握する視点が異なり内包において違うけれども外延において一致する概念を等価概念。
- ② 上位概念と下位概念：ある概念の外延は、もう一つの概念の外延に包摂されているという関係があるとき、この外延のより大きい概念が上位概念。それに包摂される外延のより小さな概念が下位概念。
- ③ 並位概念：同一の上位概念の中に包摂される概念を並位概念。
- ④ 不当概念：内包においてなんらの共通性もなく、いかなる関係においても比較できない概念を不当概念。

分類カテゴリ間の関連の種類は上記の概念相互の関係を参考に、類似(①に相当)、上位、下位(②に相当)、無関係(④に相当)とする。分類カテゴリ間の関連付けはカテゴリ間の要素の一致数を基準にしたパラメータと関連付けルールを用いる。以下に基準パラメータと関連付けルールを示す。

**関連付け基準パラメータ**

- ・ 一致度...比較元カテゴリと比較先カテゴリの一致要素数/比較元カテゴリの所属要素数
- ・ 網羅度...比較元カテゴリと比較先カテゴリの一致要素数/比較先カテゴリの所属要素数
- ・ しきい値...一致度, 網羅度のしきい値。比較毎に適当な値を人手により設定。

**関連付けルール**

一致度 (Rm), 網羅度 (Rc), 一致度しきい値 (Tm) 網羅度しきい値 (Tc)

パラメータの関係	分類カテゴリ間の関連付け
$R_m > T_m$ かつ $R_c > T_c$	比較元カテゴリと比較先カテゴリが類似
$R_m > T_m$ かつ $R_c < T_c$	比較元カテゴリが比較先カテゴリより下位分類カテゴリ
$R_m < T_m$ かつ $R_c > T_c$	比較元カテゴリが比較先カテゴリより上位分類カテゴリ
$R_m < T_m$ かつ $R_c < T_c$	無関連

**3.5.6 分類体系の基本構造の発見**

関連付けされた分類体系の情報から基本構造の発見を試みる。分類体系の基本構造とは分類体系の分類基準や分類属性, 分類粒度等の他の分類体系との違いを特徴付けるものである。分類体系の基本構造について明らかにすることは, 対象とした領域の概念化の特徴や安定度, 分類体系の重ね合わせ等についての推察, 評価を与えることができる。

基本構造の発見には, 前項で述べた類似度や網羅度, 要素数等を基にした分類カテゴリの特徴と木構造の構造情報を利用し, 論理的推論や類推可能な形式化を行う。

**3.5.7 評価**

評価方法は実データを利用した評価サンプルを収集し以下の評価項目について, 評価, 考察を行う。それぞれ評価, 考察を行う。

- ① 目的に対応した対象概念の明示化, 記述が可能か
- ② 新たな体系の生成や対象とする個々の概念の多様な近傍情報獲得が可能か。
- ③ 形式化や推論, 類推による類似情報の獲得, 未知概念の体系への挿入, 移動が可能か
- ④ 概念体系の差異の原因となる特性の発見が可能か

尚, これらの評価については, 本稿執筆時において評価, 考察中のため, 報告は別の機会とする。

**3.6 3章まとめ**

概念体系の比較, 重ね合わせによる関連発見と利用の枠組みに関する研究の概要を紹介した。本研究では分類体系に注目し, 対象とする世界の概念がさまざまな目的や視点で切り出された特性を生かした情報の統合化利用を目指している。本研究ではこの情報統合化利用の基礎となる概念体系や分類体系間の比較と関連付けに注目し, 新

しい関連の発見や情報間の推論基盤を提案するものである。

概念体系の構造や複数の体系間の関連を明らかにすることは、人工環境において、システムと人間の共存による対象世界の共通理解を想定した場合に重要な役割を果たす。特に、本研究で示した半自動的な方法により、体系間の関連について発見的獲得を可能とすることは、人間やエージェント間での対象概念に対する知識の共有に有効である。今後、EDI や EC 等の人工環境上の情報流通において複数の情報体系の統合や対象の記述、明示化は重要な課題である。本研究はこれらの実問題への基礎研究と考えられる。今後も、さまざまな手法や方法論による研究の応用、発展が期待される。

#### 4. おわりに

オントロジーを中心に知識共有/再利用の問題について報告した。知識の共有や再利用では、対象とする世界の概念を明示化し、意味の共有が重要である。そこで、オントロジーの概要と関連研究や事例から、オントロジーが知識共有/再利用の問題や知識処理システムに対して有効であることを示した。

今後、企業情報システムにとっても、知識処理は重要な課題となる。従来の処理指向的な考えから、情報中心、内容中心のシステム構築は必須となる。その為には、形式化や標準化による情報の共有化だけでなく、情報の内容とその利用(知識, 知恵)を共有し、活用していくことが重要である。オントロジーはこれらの問題に対する基盤となり、関連する他の情報技術とともに、応用、発展していくことが期待できる。

知識共有/再利用等の知識処理の問題について取り組んでいく必要性は十分にある。本稿が問題提起の一つになれば幸いである。

尚、本稿は筆者の奈良先端科学技術大学院大学、情報科学研究科派遣留学における研究活動をもとにしたものである。

**謝辞** 大学院における研究活動にあたって終始、適切な御助言、御指導をして頂いた、奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科、武田英明助教授に感謝いたします。また、研究活動に協力して頂いた知能情報処理学講座のスタッフ、学生の方々に感謝いたします。

- 
- 参考文献** [ 1 ] JIPDEC, 大規模知識ベースに関する調査研究 オントロジー工学に関する調査研究, 財団法人 日本情報処理開発協会, 09 R 004, 1998.
- [ 2 ] Hideaki Takeda, Kenji Iino, Toyooki Nishida. Agent organization and communication with multiple ontologies. International Journal of Cooperative Information Systems, Vol. 4 No. 4, pp. 321 ~ 337, December 1995.
- [ 3 ] 武田英明, 飯野健二, 西田豊明, 知識コミュニティにおける仲介機能, マルチエージェントと協調計算 III, pp. 49 ~ 58, 近代科学社, 1994.
- [ 4 ] EDR, [http://www.ijnet.or.jp/edr/J\\_index.html](http://www.ijnet.or.jp/edr/J_index.html)
- [ 5 ] WordNet, <http://www.cogsci.princeton.edu/~wn/>
- [ 6 ] Cyc, <http://www.cyc.com/>
- [ 7 ] NTT コミュニケーション科学研究所監修, 日本語語彙体系 全5巻, 岩波書店, 1997.
- [ 8 ] Takano Ogino, Hideo Miyoshi, Fumihito Nishino, Masahiro Kobayashi and Junichi Tsujii, An Experiment on Matching EDR Concept Classification Dictionary with WordNet, IJCAI 97 Workshop on Ontologies and Multilingual NLP, pp. 23 ~ 27, 1997.
- [ 9 ] 沼岡千里, 大沢英一, 長尾確, マルチエージェントシステム, 共立出版, 1998.

- [ 10 ] 西田豊明, 富山哲男, 桐山孝司, 武田英明 ( 共編 ) 工学知識のマネージメント, 朝倉書店, 1998.
- [ 11 ] FIPA, <http://www.fipa.org/>
- [ 12 ] FIPA, FIPA 98 specification Version 1.0 Part 12, Ontology Service, 1998.
- [ 13 ] 岩爪道昭, 白神謙吾, 畑谷和右, 武田英明, 西田豊明, オントロジーに基づく広域ネットワークからの情報収集, 分類, 統合化, 情報処理学会論文誌, Vol. 38 No. 3 pp. 606 ~ 615, 1997.
- [ 14 ] 菅坂玉美, 益岡竜介, 佐藤陽, 北島弘伸, 丸山文宏, 知的エージェント環境 SAGE の EC への適用 取引フェーズへの展開 , 第 6 回マルチエージェントと協調計算ワークショップ ( MACC '97 ) 1997.
- [ 15 ] 武田英明, 西田豊明, 知識コミュニティプロジェクト ( 第 6 報 ) コミュニティ活動の促進 , 人工知能学会全国大会 ( 第 13 回 ) 論文集, pp. 366 ~ 369, 1999.
- [ 16 ] 鷹合基行, 武田英明, 西田豊明, 協調設計作業を実現するための設計者支援環境, 電子情報通信学会誌, Vol. J 81 D 1 ( 5 ), 1998.
- [ 17 ] 武田英明, オントロジーを集めよう world modeling project , 人工知能学会全国大会 ( 第 13 回 ) 論文集, pp. 175 ~ 178, 1999.
- [ 18 ] ( 財 ) 流通開発センター, JICFS 商品分類, 1999.
- [ 19 ] 総務庁統計局統計基準部編, 日本標準商品分類, 財団法人全国統計協会連合, 1990.
- [ 20 ] 溝口理一郎, オントロジー工学序説 内容指向研究の基盤技術と理論の確立を目指して , 人工知能学会誌, Vol. 12, No. 4, pp. 559 ~ 569, 1997.
- [ 21 ] 藤野登, 論理学 伝統的形式論理学, 内田老鶴圃, 1967.

本稿の全般で参考とした文献

- [ \* ] Stuart Russell, Peter Norving ( 著 ) 古川康一 ( 監訳 ) エージェントアプローチ 人工知能, 共立出版, 1997.
- [ \* ] 長尾真, 知識と推論, 岩波書店, 1988.

#### 執筆者紹介 伊 藤 英 毅 ( Hidetake Itoh )

1969 年生 . 1992 年日本大学理工学部航空宇宙工学科卒業 . 同年日本ユニシス( 株 ) 入社 . 開発管理支援, 分散システム運用管理ソフトウェア DSmgr 開発/保守/適用業務, Java 技術適用システム開発/評価業務に従事 . 現在, 関西支社 IS 推進室所属 .