

# 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—

### Foundation of Ontological Engineering

#### --An ontological theory of semantic links, classes, relations and roles--

溝口 理一郎\*    池田 満\*    來村 徳信\*  
Riichiro Mizoguchi    Mitsuru Ikeda    Yoshinobu Kitamura

\* 大阪大学 産業科学研究所

The Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka University, Ibaraki, 567-0047, Japan

**Keywords:** ontology, semantic links, class, relation, role.

#### Summary

Building an ontology requires clear understanding of what can be concepts with what relations to other concepts. An ontology thus focuses on “objects” themselves rather than “representation” of them. However, few research have dealt with what to represent to date. Theory of content(what to represent) is badly needed. As a basis of ontological engineering, this paper presents ontological theories of semantic links such as is-a and part-of based on the set theory. Formulation of instance-of, is-a and part-of links is done based on member-of and subset-of relations of sets. Concepts of relations and roles are also investigated to come up with a few guidelines of an ontology design. Although the research is not completed yet, basic design for an ontology representation language of solid foundation has been done.

#### 1. まえがき

オントロジーは知識表現の一種ではない。このことはオントロジーを知識ベースの一種であると見るべきでないことと同様注意すべきことである。オントロジーと通常の知識ベースは相対的にメタな関係にある。

「オントロジーは既存の知識ベースに潜んでいる対象世界に関する暗黙の概念化を明示化したものである」と考えることがきわめて重要なのである[溝口 97, 98]。同様に、内容指向研究[溝口 96]、そしてそれを支えるオントロジーは表現自体ではなく「表現対象」に興味がある。オントロジーは対象をモデル化するためのガイドラインを提供する。そしてそのために、オントロジーとして何をトップレベル概念に据えるか、「もの」を構成する部分の同定、同定された概念間の関係の同定等が最重要事項となる。知識表現言語が必要となるのはそれらの基本的な考察の結果、すなわちオン

トロジーを表現するためである。

知識表現言語は如何に表現するかを規定するが、「何を表現すべきか」はほとんど規定しない。そこで問題となるのが、具体的な対象のモデルを構築する際に何をクラスとして、クラスの間どのような関係を認識するかという問題である。通常、このような問題は言語の「運用の問題」として軽視されてきた。その言語を用いて対象をどのように表現するかは言語の利用者に完全に任されてきたわけである。

筆者らはこの問題を「運用の問題」と考えてきたそのことにこそこれまでの AI 研究の大きな問題であったと考える。すなわち、対象のモデル記述においてガイドラインもなく、既存のモデルの利用もできないため、常に利用者が独力で自分だけのモデルを ad hoc に作ってきたことが今問われているのである。

内容指向研究は「運用の問題」を理論的に考察する。対象世界を「どのように見るか」、すなわち「そこに何がある」と見なす事が適当であるか等を考察し、知

識表現のための「対象に関する理論」を形成する。is-a 関係を使っていくつかのクラスを関係づける場合に不可欠となる「クラス認定」の問題では、本来クラスとすべきもの（例えば「男」）とロール名（例えば「夫」）との峻別[注1]、本論で示すように「夫婦」と「夫婦関係」の様な実体として表現すべきものと関係として表現すべきものの理論、そして、これらの考察結果を表現するときに不可欠となる is-a リンクや part-of リンクの意味論などを考察する。

[注1]本論文でいう「クラス」はオブジェクト指向言語のクラスのことではない。オブジェクト指向の「クラス」は原理的に何でもクラスとして扱えるが、ここで言うクラスは、その概念が（表現言語の枠を越えて）本質的に「クラス」になりえるかどうかを問うときの「クラス」概念である。

著者らはこれらの問題をオントロジー工学基礎論としてとらえ、オントロジー開発を支える理論的基盤を強化する事を目的として検討を行っている。これは息の長い研究であり、完成までの道のりは遠いが、本稿ではこれまでに得られた成果を述べる。次章では本稿で答えるべき問いを明確にする。3章ではそれに答えるために必要な理論を構成する。そして4章において、2章で述べた問いに回答を与える。これらの基礎的な考察に基づいて、5章では実際にオントロジーを開発する際に指針となるべきガイドラインの一部を述べる。

## 2. 答えるべき問い

本節では筆者らの問題意識を明確にするために本研究で構築する理論が説明すべき問いを列挙しておく。

問1. instance-of と member-of の違いは何か？

この問いは言い換えると、「集合とクラスの差は何か」ということになる。クラスはインスタンスの集合の概念化であるが、全ての集合がクラスとして概念化されるわけではなく、ある集合からクラスへの概念化が行われるための条件とはなにか、という問いかけは本質をついていると思われる。

[例 1.1] 人間も溝口研究室も人間の集合の概念化であることでは変わりはなく、溝口は両方の集合の member である。しかし、＜溝口 instance-of 人間＞であるが ＜溝口 instance-of 溝口研究室＞ではないのはなぜか？この差は何に起因するのか？

「人間がクラスで溝口研究室はインスタンスであるから」という解答が一見もっともらしく思われるが、両

者とも人間の集合の概念化であるのに、なぜ前者がクラスで、後者がインスタンスであるかの疑問に答えなければ解答にならない。

問2. is-a と part-of はどこがどのように異なるのか？

is-a と part-of ほど相違が明確な関係はないと思われるかもしれない。「is-a は上位・下位関係をあらわし、下位は上位の属性を継承する。全体・部分関係を表わす part-of にはそのような性質はなく、両者は全く異なったものである。」という意見が標準的な解釈であると思われる。しかし、概念を何らかの集合を概念化したものと考えれば[注2]、全ての要素は集合の内包定義（ある意味で属性）を継承するわけで、part-of 関係においても何らかの継承は行われている。従って、「何を継承するか」を規定しなければ両者の相違を理解しているとは言えない。この不明確さが原因して、実際に概念を分類してみると困難に会うことがある。その一つの例が、秋の七草の関係である。

[注2] is-a 関係ではインスタンスを要素に持つ集合を、part-of 関係では部分を要素に持つ集合を意味する。

[例 2.1] ＜女郎花（おみなえし） is-a/part-of 秋の七草＞？

のどちらが正しいか？

これは容易には決定できない。「女郎花、吾亦紅（われもこう）、... などの7種類の草が秋の七草を構成している」とも言えるし、「女郎花は秋の七草の一種である」とも言えるように思われるからである。

[例 2.2] ＜犬 part-of/is-a 日本に住むほ乳類＞？

いうまでもなく、＜犬 is-a ほ乳類＞は正しく、ここで part-of 関係を主張する人はいない。しかし、いったん「日本に住む」という限定がつくと問題は簡単ではなくなる。

このように is-a と part-of というもっとも基本的なリンクの利用に関してすら、我々は確かなことを言うことができないのである。

問3. part-of リンクは一種類で十分であるか？

[Winston 87]

次の例を考えてみよう。

- 例3.1 車輪 part-of 自転車  
 例3.2 議員 part-of 議会  
 例3.3 木 part-of 森  
 例3.4 一切れのケーキ part-of ケーキ全体

自転車から車輪を除くと自転車ではなくなるが、森から木を一本除いても、木は木のままであるし、森は森のままである。しかし、一切れのケーキもそれを取り除いた残りのケーキ全体も両方ともケーキである。議員は議会から抜ければただの人（議員でなくなる）であるが、議会は議会であり続ける。このように part-of リンクには数種類の意味があり、それぞれを概念としては区別する必要がある。

一般に、part-of リンクには推移律が成立すると考えられている。例えば、

ピストン part-of エンジン  
 エンジン part-of 車  
 -----  
 ピストン part-of 車

それでは、以下の例はどうであろうか？

指 part-of 教授  
 教授 part-of 教授会  
 -----  
 指 part-of 教授会

明らかにこれは成立しない。なぜであろうか？推移律が成立するには条件が必要なのか？

問4. 関係のインスタンスとはなにか？

例 4.1 A雄とB子は夫婦であるとする。関係は数学的には集合であるので、

$\langle (A雄, B子) \text{ member-of 夫婦関係 (これは } (x, y) \text{ の集合) } \rangle$  とかける。それでは、

- ・ $\langle (A雄, B子) \text{ instance-of 夫婦関係} \rangle$  が成り立つか？
- ・「夫婦関係」はクラスか？ あるいは、「関係」のインスタンスか？
- ・夫婦と夫婦関係は同じか？ 同じでないならどのように異なるのか？

例 4.2 数学的には関数は関係の一種である。2変数関数の場合、2項関係と同様単なるペアの集合であり、どちらかを出力（関数値）と見るのが異なるだけである。

$y=3x-1$  は線形多項式関数のインスタンスであることに問題はないが、それでは、 $(1, 2)$  は関数  $y=3x-1$  のインスタンスか？ インスタンスがインスタンスを持つことはおかしいのでそうではないとして、この関数を、 $3x-y=1$  を満たす  $(x, y)$  の集合とみなすと、 $\langle (1, 2) \text{ instance-of } \{(x, y) \mid 3x-y=1\} \rangle$  のように見えるのはなぜか？  $\{(x, y) \mid 3x-y=1\}$  と関数  $y=3x-1$  とは異なるものなのか？

例 4.3 以下の2つの推移する関係において、

$\langle (1, 2) \text{ instance-of } \{(x, y) \mid 3x-y=1\} \rangle$   
 $\langle \{(x, y) \mid 3x-y=1\} \text{ instance-of 線形多項式関係} \rangle$

$\langle (A雄, B子) \text{ instance-of 夫婦関係} \rangle$

$\langle \text{夫婦関係 instance-of } [??] \rangle$

$[??]$  にあたるものとしてもっとも抽象的な「関係」以外思いつかないが、この非対称性の原因は何か？

問5. 概念「妻」はインスタンスを持つことができない？

インスタンスとはなにか？インスタンスを持つものが満たすべき条件は何であろうか？これは、問1の「クラスとは何か」という問いに近い。そもそもクラスの概念はプラトンのアイデアの概念までさかのぼる古い歴史を持つ普遍的な概念である。ナイーブな意味で、インスタンスは、私が今使っている PC note、今座っている椅子、私の家などの現実世界に存在する具体的なものであろう。そしてそれらを総称して呼ぶ、コンピュータ、椅子、家などがそれらをインスタンスとして持つクラス概念である。ここまではほとんど自明で議論の余地がない。しかし、ここで「学生」「妻」「看護婦」などという例を考え出すとたんに難しさが明らかになる。私は25年前は学生であったが今は教授職についている。私の妻は妻である前に女であり、妻のインスタンスであるという怒るかもしれない。ある看護婦さんも就職前は看護学校の学生であったはずである。

実世界のモデルを作ると考えると、「妻」のインスタンスを作る前に通常はすでにその女性のインスタンスは作られているはずで、その人は固有の identity をすでに持っているのだから、結婚したからと

言って妻のインスタンスを作るとおかしいことが起こるのである。このようなことをすっきりと整理する理論が必要である。

### 3. 理論の概要

筆者らの目的は内容指向の研究であり、上に述べたいくつかの疑問を解決するための意味リンクやクラス概念などのオントロジー構築上の基本理論を構築することを目指している。

#### 3. 1 基本方針

Stuff (鉄、水等) 以外の全ての概念は認識し得る (概念化の対象となる) 要素の集合であると見なす。ミクロ的に見れば全ての物質は分子 (あるいは原子、素粒子) の集合と見なすことができるが、Stuff の典型例である水を考えればわかるように、分子に注目すると化学の世界となり、氷、水、水蒸気という現実の世界 (物理の世界) で必要なことが抜け落ちてしまう。従って、ここでは分子を単位にみる見方は除外しておく。この基本方針に基づいて、集合関係の本質である member-of と subset-of 関係をベースとして、それに何を追加すると is-a, instance-of, part-of 関係になるかを考察し、理論を構成する。

#### 3. 2 基礎的定義

初めに仮定するものは、概念、概念に付随する集合、そしてラベル (名前) であるが、ここではしばらくは、あるラベルが指示するものとして、概念とそれに深く関与する集合[注3]とを同一視することとする。オントロジー研究の考察対象は概念であるが、その意味論を集合論に基づいて定義することが本研究の目的であることと、付随する集合は後で述べる様に2種類あり、その類別が重要な課題であるので結論を得る前に両者を類別する事ができないからである。

[注3] 深く関与する集合とは、後で導入するインスタンス集合と部分の集合[注4]をさすが、この時点では両者を定義できないのでこのような表現になっている。

[注4] 集合論で言う「部分集合」ではなく、全体を構成する部分の集まりである。

まずはじめに出発点となる基本公理を示す。  
記法：大文字は集合を、小文字は要素を表すものとする。A は全称限量子、E は存在限量子を示す。

$A\ x, X; \text{instance-of}(x, X) \rightarrow \text{member-of}(x, X)$

$A\ x, X; \text{part-of}(x, X) \rightarrow \text{member-of}(x, X)$

$A\ X; \text{Class}(X) \rightarrow \text{Set}(X)$

ここで、Class(\*), Set(\*) はそれぞれ\*がクラスか集合かを主張する述語である。

ここで中心となる考えは、instance-of と part-of は member-of の特殊化であることと見なすことであり、問題は、member-of に何を加えると instance-of や part-of になるかということである。そして、加えるものをオントロジー的トッピング (Ontological topping) と呼ぶ。

理論の根幹をなす考えは、クラス概念のオントロジー的定義である。

#### 定義1 クラス[注1]

ある集合Xを概念化して生れる概念がクラスであるというのは、Xの全ての要素xが、注目する世界においてそれ自身の「本質属性」の (一部の) 性質がXの内包定義を満たすという理由だけで、そしてそのときにのみXに属する時である。

そのとき、そしてそのときにのみ、x instance-of X 関係が成り立つ。そしてこのようなxをクラスXのインスタンスと呼ぶ。

ここで、集合がクラスに概念化されるためのオントロジー的トッピングは、要素の本質属性という概念である。

定義2：本質属性とは、あるものの identity を決定づける属性である。哲学的議論とは異なり、ここでは本質属性は、対象とする世界を限定するために取り入れられる前提に応じて変化することを許す。

このように、我々の理論では、本質属性の判定はある程度の恣意性があることを許容している。

#### 定義3：Part-of リンク

$E\ x, X; \text{Set}(X); \text{part-of}(x, X) \leftrightarrow$

$\text{member-of}(x, X) \text{ and } \text{not}[\text{instance-of}(x, X)]$  [注5]

[注5] x に制約を加えていないので X が集合であることだけで集合同士の part-of 関係も定義に含まれている。

このように、我々は要素  $\leftrightarrow$  集合関係 (member-of(x, X)) のオントロジー的意味は、instance-of と part-of の二つしか存在しないと考えている。ここで

注意すべきことは、クラスとインスタンスの定義は極めて強く、オブジェクト指向で使われる概念とは大きく異なることである。言うまでもなく、この定義は我々の理論の根幹をなす。

これで概念Xに付随する二つの集合、 $X_i$  と  $X_p$  を導入する準備が整った。

定義4：クラスになり得る概念Xのインスタンス集合  $X_i$

$$X_i \Leftrightarrow \{x \mid x \text{ instance-of } X\}$$

定義5：概念X（あるいはインスタンスX）の部分の集合  $X_p$

$$X_p \Leftrightarrow \{x \mid x \text{ part-of } X\}$$

たとえば、人間クラスHには、地球上の58億人の全ての人間がインスタンスとして含まれる集合  $H_i$  と、頭、胴体、手、足、精神など人間を構成する部分を要素に持つ集合  $H_p$  が付随する。言うまでもないが、インスタンス  $x$  には  $x_p$  は存在するが  $x_i$  は存在しない。

この二つの集合の導入によって、上述の

$$A \ X; \text{Class}(X) \rightarrow \text{Set}(X)$$

は記法上問題がある事が分かる。実際、初めのXは概念と解釈され、二つ目のXは集合と解釈されるからである。以降、大文字Xはdefaultとしては概念として解釈することとし、記法は以下のように書き換える必要がある。

$$A \ X, E \ X_i, X_p; \text{Class}(X) \rightarrow X_i = \{x \mid x \text{ instance-of } X\} \text{ and } X_p = \{x \mid x \text{ part-of } X\}$$

さて、is-a リンクは以下のように定義される。

定義6：is-a リンク

$$E \ X, Y; \text{is-a}(X, Y) \Leftrightarrow \text{Class}(X) \text{ and } \text{Class}(Y) \text{ and } \text{subset-of}(X_i, Y_i)$$

### 3. 3 part-of リンク

ここで part-of 関係の考察を行う。関連する例題を以下にまとめておく。

例3.1 車輪 part-of 自転車（多くの人工物の部

品・全体関係）

例3.2 議員 part-of 議会； 夫 part-of 夫婦

例3.3 木 part-of 森； 山 part-of 山脈； 休日 part-of 連休

例3.4 一切れのケーキ part-of ケーキ全体

例3.5 ガラス part-of コップ（グラス）

例3.6 3 part-of  $\{x \mid 1 \ 2 \text{ の約数} \}$ ； スキー part-of  $\{x \mid \text{溝口の趣味} \}$

例3.7 椅子 part-of  $\{\text{船}, 3, \text{椅子}, \text{天井}\}$

さて、文献[Winston 87]においては、以下の6種類の part-of リンクを認めている：

- (1) 機能部品関係：車輪—自転車
- (2) 集合—要素関係：木—森，“2”—自然数
- (3) stuffの一部関係：パイ—切れ—パイ全体
- (4) 材料関係：鉄—自転車(a bicycle is partly iron)
- (5) 活動の一部関係：支払い—買い物
- (6) 場所の一部関係：オアシス—砂漠

(4) は日本語にはない概念であり、オントロジーが言語（文化）依存である可能性を示唆している。しかし、確かにこの関係の表現には日本語では「材料」という関係を用いるのが普通であるが、オントロジ的な観点からすれば西欧流の思考の方が適切であることが分かる。ガラスの「コップ（グラス）」を例に取る。コップには日本語で言う「部品」は存在しないが、それを存在せしめる「ガラス」は明らかにコップの本質的な「部分」であり、それを part-of 関係で認識しないことは考えられないからである。

(5) (6) は筆者らは区別する必要性に賛成してはいない。[Winston 87]では部分が全体から取り外せるかどうかと言うことに着目して、それぞれ、(5) は (1) と、(6) は (3) と区別しているが、それが本質的かどうかには疑義があると感じている。そして (2) は更に細分した方が良さそうである[注6]。

[注6] 「“2”—自然数」の例は厳密には is-a 関係であり、誤りであると思われる。これに関連する詳細な議論は 4.2 節 weak-part-of を参照のこと。

その細分化の根拠は、共通の性質を持つ「部分（要素）」の単なる集合としての「全体」(Plainな member-of 関係の場合)ではなく、森の様に全体が、要素の時間や空間的な近接関係に着目して集合全体を概念化したものである場合、要素が全体の一員となる「資格」を必要とする場合、等はものの成り立ちを説明するためには本質的であると考えられるところにある。

我々が考える part-of 関係は:

- (1) 部分が全体に対して「機能」に関する貢献をしている場合 (例 3.1)
- (2) 部分が全体の一員となる資格/ロールを与えられている場合 (例 3.2)
- (3) 部分同士の空間的, 時間的關係などを元に全体が概念化されている場合 (例 3.3)
- (4) stuff である場合 (例 3.4)
- (5) 部分が全体を存在たらしめる材料として貢献している場合 (例 3.5)
- (6) 上のいずれでもなく, 内包定義が可能な要素—集合関係 (例 3.6)
- (7) 内包定義ができない要素—集合関係 (例 3.7)

となる. 各々を Function-part-of, Qualification/Role-part-of, Space/Time-part-of, Stuff-part-of, Material-part-of, I-member-part-of そして E-member-part-of と呼ぶことにする. 定義は以下の通りである.

Function-part-of( $x, X$ )  $\leftrightarrow$  member-of( $x, X_p$ )  
and Functional(rel( $x, X$ ))  
Qualification/Role-part-of( $x, X$ )  $\leftrightarrow$   
member-of( $x, X_p$ ) and  
Qualification/Role(rel( $x, X$ ))  
Space/Time-part-of( $x, X$ )  $\leftrightarrow$   
member-of( $x, X_p$ ) and Space/Time(rel( $x, X$ ))  
Stuff-part-of( $x, X$ )  $\leftrightarrow$  “ $x$  and  $X$  are stuff”  
and “ $x$  is physical portion of  $X$ ”.  
Material-part-of( $x, X$ )  $\leftrightarrow$  “ $x$  is material of  $X$ ”  
I-member-part-of( $x, X$ )  $\leftrightarrow$   
not Functional(rel( $x, X$ )) and  
not Space/Time(rel( $x, X$ )) and  
not Qualification/Role(rel( $x, X$ )) and  
“ $X_p$  has an intensional definition” and  
member-of( $x, X_p$ )  
E-member-part-of( $x, X$ )  $\leftrightarrow$   
“ $X_p$  does not have any intensional definition”  
and member-of( $x, X_p$ )

初めの3つは  $X$  が概念化されている (生の集合ではない) という前提に基づいている. E-member-part-of の  $X$  は概念化されておらず, その場限りの temporary に作られた集合を対象としている. 従って,  $X$  は概念ではなく,  $X_p$  を指す単なる identifier, あるいは  $X_p$

そのものである.

このように, 初めの3種の part-of リンクはベースとなる集合演算の意味での member-of( $x, X_p$ ) に一つ述語をつけて制約を加えたものとして定義される. part-of の ontological topping は機能関係, 時空間関係, そして資格/ロール関係ということになる.

rel( $x, X$ ) は部分と全体の関係を指す関数で, Functional( $r$ ), Space/Time( $r$ ), Qualification/Role( $r$ ) などの述語はそれぞれ, 関係  $r$  が機能的, 時空間的, 資格/ロール的であることを表す述語である.

部分が全体のある機能を担っている場合には, 部分が除去されると全体はその部分が担っていた機能を失い identity が損なわれる. 時空間関係は部分と全体との関係は緩く, 部分はそれ自身であるし, 部分を削除されても全体は identity に影響を受けない. しかし, 資格/ロールの場合は, 除去された部分は資格/ロールを失い議員のようにただの人になる. Stuff の場合は自明であろう. Material-part-of の場合は全体に対して最も本質的な貢献をしており, その欠如や変形によって全体の identity は根本から損なわれることがある (粘土細工の花瓶の一部の変形など).

E-member-part-of( $x, X$ ) は  $X$  が概念化されていない. すなわち内包的定義が存在せず, 外延定義のみが存在することになる. 従って, 要素の欠落は本質的であり, どの要素が欠落しても  $X$  の identity は完全に失われると言う意味で他とは大きく異なる. I-member-part-of( $x, X$ ) は Ontological topping の付加がない Plain な要素—集合関係である. これら7つの関係は, part-of の下位関係 (is-a 関係) となる.

もう一つの重要な観点は, 全体に対する部分の依存性である. この問題は 3.5 で述べるロール概念の議論が必要であるので, 3.5 において論じることにする.

### 3. 4 関係の定式化:

一般性は失われないので, 表記の簡便さから2項関係に限定して議論する. まず二つの概念を導入する.

#### 定義7: 関係概念

関係  $R = \{(x, y) \mid P(x, y)\}$  の内包  $P$  を概念化したものを関係概念と呼ぶ. 例:  $P$  を「婚姻届をしている」とすると, その関係概念は「夫婦関係」となる.

#### 定義8: 全体概念

関係  $R = \{(x, y) \mid P(x, y)\}$  を,  $x$  と  $y$  の組としての  $(x, y)$  をインスタンスとして持つクラスとして概念

化したものを全体概念と呼ぶ。例：上と同じく、P を「婚姻届をしている」とすると、全体概念は「夫婦」となる。

「関係概念」は2つの概念 X, Y の間の関係のみを概念化したものとなっている。関係概念と X, Y との関係は participation であって、part-of ではない。関係概念は X, Y を participant 概念としてもち、それらの間に内包として定義される関係が成立するとする考え方に基づく。関係概念という観点からみた X, Y は、ロール概念として概念化されている場合が多い。例えば、ある夫婦関係  $r_1$  は夫ロールを果たす男クラス X のインスタンス  $x_1$  (太郎) と、妻ロールを果たす女クラス Y のインスタンス  $y_1$  (花子) の間の関係である。そうでない (ロール概念を持たない) 例には、平行関係、人間関係などがある。

「全体概念」は、X, Y を part-of として含むような概念である考えることができる。全体概念は X, Y を含んでいることが関係概念との違いである。例えば、太郎と花子の間の夫婦関係  $r_1$  に対して、太郎と花子から構成される夫婦  $c_1$  をインスタンスとして持つクラス、夫婦Cを考えることができる。このような対応は一般的にすべての関係で可能であり、関係には「関係概念」と「全体概念」の二つの概念が付随して存在する。逆に概念から見れば、複数の概念から構成される概念[注7]は、その構成要素間の関係を概念化することも原理的には可能である。つまり、全体概念とは通常のクラス概念であり、単に関係概念から見た呼び名であると言える。ところが現実には我々が行っている概念化では概念化の強調され方が異なり、その傾向に応じて3種類の概念が存在する。

[注7] 実際、ほとんどの概念 (もの) は何らかの部分概念の組み合わせとして構成されている。

例を挙げよう。

- (1) 全体概念が強調される例：自転車
- (2) 両方が等しく現れる例：夫婦/夫婦間系
- (3) 関係概念が強調される例：前後関係

自転車は前輪、後輪、ハンドル、サドルなどの部品から構成されるが、部品間の関係、例えば「自転車 (部品) 関係」が概念化されることはまれである。上述のように夫婦は両者とも等しく概念化される例である。

「前後関係」は通常一時的な関係であり、その全体関係、例えば「前後関係物」などが概念化されることはない。

さて、関係Rは数学的にはペアの集合として、以下

のように外延的に定義される。

$E R; R \leftrightarrow \{(x, y), (r, s), (p, q), \dots\}$

ここで、2種類の関係を導入する。

$R_i =$  内包定義を用いて定義できる関係  $\leftrightarrow E P: \{(x, y) \mid P(x, y)\}$

$R_e =$  内包定義を持たず、外延的にしか定義できない関係

一般に関係と関数に関して、内包定義の観点から眺めた関係は「関係概念」に、外延定義から見た関係は「全体概念」に対応する。そして、 $R_i$  は見方に応じて両方の概念を持ち、 $R_e$  は全体概念でしかあり得ない。言うまでもなく関係  $R_i$  の identity はその内包定義にあることを考えると、数学の関数や関係の運用上の本質は関係概念であると言える。しかし、基礎理論上は、関数・関係の定義は外延的であり全体概念に対応する。

### 3. 5 ロール概念[Guarino 92]

John Sowa のオントロジー理論に、firstness, secondness, thirdness の議論がある。[Sowa, 95]

#### (1) Firstness

他の概念に依存しないで独立に定義できる概念。例えば、人間、木、鉄など。

#### (2) Secondness

他の概念に依存しなければ定義できない概念。例えば、妻、友人、親、子など。

#### (3) Thirdness

Secondness 概念がその役割を発揮する場、環境など。例えば、家庭、社会など。

ここで重要なことは、一般には Secondness 概念はインスタンスを持たないことである。言うまでもなくここで言うインスタンスは3.2で定義された厳密な意味でのインスタンスである。なぜなら、firstness 概念のようにそれ自身に言及して定義できると言うことはそれ自身が完結しており、本質属性を持っていることが示唆されるが、secondness 概念は他のものとの関わりにそれ自身の本質が依存しているからである。しかし、人工物に関しては多少事情が異なり、secondness 概念でありながらインスタンスを持つ。このことは後で詳しく論じる。

ロールは通常それを担う実体と一体となって存在する。ここで関連する3つの概念を定義しておく。

定義9：ロール

夫婦において男性が担う「夫ロール」、女性が担う「妻ロール」等の様な「役割」

定義10：ロールホルダー

「夫」や「妻」等のような、ロールを担った状態での実体

定義11：基本概念

「夫」の場合の「男性」や「妻」の場合の「女性」の様な、ロールを担っている firstness を持つ実体。

ロールの規定のされ方、及びそのカテゴリ化の考察は重要である。ロール概念には、全体概念が規定するコンテキストの中で規定されるもの、関係によって規定されるもの、問題解決のコンテキストに依存して規定されるもの、など様々なものがある。

ロールの本質はその定義にある通り「役割」にある。ここで議論しておくべき事は、ロールホルダー概念を規定するロールがどのように定義されるかと言うことである。全体概念と関係概念が表裏一体であることは既に述べたが、そのことに依存して、ロールが関係から決定されると考える立場と、全体から決定されると考える立場との二つの立場が混在する。その典型例が「妻」「夫」ロールである。これらは「夫婦関係」にある男女というように関係から決定されるとも言えるし、「夫婦」という全体概念のコンテキストの下で決定されると考えることもできる。一方、自転車の「前輪」、「後輪」は全体からと言うよりは、二つの車輪の相互の位置関係から決定されると考えることが自然であるように思われる。操舵機能を持つ「操舵輪」に関しても、全体からは独立して定義できる「操舵機能」をもつ車輪と考える事ができる。

次に「看護婦」「教師」のような職業ロールを考察する。職業としての「看護婦」は医療のドメインに依存し、医療行為を実施する組織としての「病院」という全体と深く関連するロールとして考えられることから、全体概念から決定されると考えることができる。しかし、ロールとしての「看護婦」は少し異なる。すなわち、「看護機能を持つ女性」としてみれば、看護婦は操舵輪と同様に機能のみに依存して決定されるロールであると考えることができる。

更に、問題解決過程が規定するコンテキストに依存して決定されるロールもある。これは知識ベースシステムの開発では最も重要なロール概念であり、エキスパートシステムの分野で長い間研究されてきた。筆者らもタスクオントロジーという概念を提唱して、タスクから決まるドメイン概念のロールを考察してきた[Mizoguchi 1995]。このロールの特長は、機能から決

まるロールが行為の「主体」が担うロールであるのに対して、問題解決行為の「対象」が担うロールであることである。典型的な例として、診断タスクに現れる、「兆候」や「故障仮説」等がある。最後に、かなり細かい話になるが、ドメインに固有のロールも存在する。石油精製プラントでは、原油から精製される製品の一つである、「ナフサ」をそれが蒸留塔の塔頂部に存在すると認識する時は「塔頂成分」と呼び、沸点が低いという化学的性質に着目して呼ぶときには「軽沸成分」と呼ぶ。このようなことはあらゆるドメインで観察される現象であると思われる。

以上の議論をまとめると、依存するコンテキストに応じてロールは以下のように分類することができる。

コンテキスト依存ロール：

全体概念依存ロール：妻、夫、親、子、学生、教師等（自然概念ロール）

関係依存ロール：妻、夫、親、子、前輪、後輪、...

ドメイン（状況）依存ロール：軽沸成分/塔頂成分（＝ナフサ in 石油精製プラント）

タスク依存ロール：兆候、故障仮説、...

行為依存ロール：agent, object, 犯人, 凶器、操舵輪、学習者、歩行者、読者、...

行為依存ロールであるが、agent と object の例で分かるように、ある行為をする瞬間にその主体には agent ロールが貼られ、行為の対象物には object ロールが貼られる。すなわち、「行為」概念自体はロールの付与対象には独立に定義され、存在するものとして捉えることができる。

以上の分類は secondness を持つ概念（ロールホルダー）に関するロールの分類であった。ここで、人工物に関するロールの考察を行う。自転車を定義する場合にはその利用法や機能を利用者との関連において述べる事が必須であり、その意味で「自転車」が secondness 概念であることは定義から明らかである。そして、「自転車」という概念はそのロールに依存していると解釈されるかもしれない。しかしその考えは正しくない。人工物はインスタンスを持ち得ることとそれがロールホルダー概念ではないと言う意味において定義11で定義された「基本概念」として扱う事が正当である。その根拠を以下に述べる。

「柱」を例に取り上げよう。人工物としての「柱」はインスタンスを持つことができる。柱は、そもそも柱として作られるものであって、それは柱であることが本質属性であると認定できるからである。柱は、元



は丸太（木）だったのでその本質属性は「木」であるとは言えない。それは「机」をその材料が元は「木」であるが、ある構造的制約に従った「寄せ集め（組立）」によって新しい identity を持つ「机」が誕生している事から分かる。人工物は機能（役割）を持たせることを目的に作られるものであるので、その機能が本質属性であり、インスタンスを持ち得るという意味では基本概念としての位置づけがなされるのである。

ロール名は上の定義より、基本概念としてのある実体が状況に応じてロールホルダー概念を与える事を説明するための概念として位置づけられているが、人工物は以上の議論により、ロール概念の議論においては基本概念として扱える。従って、人工物の名前が指す概念に関してはロールの議論は不要となる。人工物のロールで議論すべきものの典型として「凶器」をあげることができる。本来流体を通すために作られたパイプで人が撲殺されたとすると、そのパイプは凶器ロールを持ち、「凶器」と呼ばれるが、このようなロールが議論の対象となるのである。上の例では、前輪や操舵輪は「車輪」のロールホルダー名（概念）である[注8]。

[注8]設計研究における「機能」は「全体とそれが持つゴールの下で振る舞いを解釈したもの」として定義されており、機能の認定は全体から規定されるコンテキストに依存する。しかし、ここでの興味はロールホルダー概念に影響を与えるロール（機能）を論じていること、そしてここでは機能と振る舞いの差異は重要でないことの2つの理由により、設計における機能の議論は本節の議論とは無関係である。

上述の全体概念に依存するロールの議論は part-of リンクにおけるロールの議論と密接に関係する。全体概念に依存して決定されるロールホルダーはロールとそのロールを担っている基本概念との複合体であると考えられる。従って、このような場合には全体概念が失われればその実体はロールを失う。しかし、part-of リンクの考察結果から分かるように、このようなことが起こるのは Qualification/Role-part-of についてだけである。実際、議会が解散すれば各議員の議員ロールも消滅するし、離婚すればその男性は夫ロールを失う。このことはこのタイプの part-of の定義からも明らかであろう。しかし、他の part-of 関係では全体より部分の方が（オントロジ的に）「強く」（例えば、木は森の中でも単独でも木である）、ロールやロールホルダーの概念が存在しない。

さて、全体に対する依存性はロールと実体とでは大きく異なる。全体が存在しなくなれば（部分を含めた実体としての全体の消滅ではなく、全体が分解されると言う意味である）ロールも共に消失するが、実体

概念は存続するのが普通である。しかし、stuff-part-of だけは例外で、全体と部分の存在とは不可分であり、全体の分解という概念が存在しない。全体がなくなれば部分も共に消滅する。

#### 4. 問への解答

ここまでの定式化（理論）に基づいて、2. で挙げた問に答える。

##### 4. 1 問1「instance-of と member-of の違いは何か？」への回答

これは定義1が直接的に答えている。ここで、注意すべき点は「本質属性」の恣意性である。理論では意識的に、「本質属性」を考察対象の世界に依存して決定できるとして理論の外に出して、その決定は運用の問題としているところが重要である。このことは一見、冒頭で述べた「運用の問題を理論的に考察する」と言う主張と矛盾するように見える。しかし、本質属性なるものを理論の枠の中に入れると言うことはそれに普遍性のある定義を与えてその共有を主張することを意味し、まさに哲学の領域に足を踏み入れることとなる。本質属性定義だけを理論の枠の外に出すことによって、理論的な強さを保つと同時に、実用的な価値のある理論の構築が達成されるのである。

この問いは言い換えると、「集合とクラスの差は何か」ということになる。問いかけとしてはこの問いの方が本質をついていると思われる。

地球上の全ての人間からなる集合Hを想定する。＜溝口 member-of H＞であるが、Hを概念化した人間クラスのインスタンスでもあるのは、溝口の本質属性は（ほとんどの可能世界において）人間であるという性質であり、その性質故に溝口は集合Hに属しているからであると言える。しかし、溝口研究室のメンバーであることは溝口が教授職についているという仕事の上での性質に基づいており、それは溝口の本質的な属性とは言えないことから、溝口は溝口研究室のインスタンスとは言えないということになる[注9]。

[注9] 集合Hの概念化に際してそれをHpと見る概念化もあり得る。その場合、「全人間集合」という（インスタンス）概念が得られる。この意味では先の概念化はHをHiとみた場合のものであるとも言える。このように、Xiと見ることができる全ての集合はXpと解釈することも可能である。しかし、概念化の結果は「全...集合」となり、不自然な概念化が得られることが多い。例えば、「全人間集合」は「人間集合」クラスの特異なインスタンスであり、「群衆1」や「聴衆1」などの意味のある人間集合インスタンスとは異なる。

同様に木というクラスを考えると、全ての木の集合、{木A, 木B, 木C, ...} が木というクラスに概念化されるのは各木が木という「本質属性」を持つという理由だけでその集合に属しているからである。また、ある木の集合が森Aと概念化されるのは、それらの木が互いに密集して生育しているという、木の本質とは別の理由でその集合に属しているからである。従って、そのような集合はクラスに概念化することができない。

#### 4. 2 問2 「is-a と part-of はどこが異なるのか？」への回答

〔例 2.1〕の女郎花の例を考察する。この場合、「想定する世界」の議論が必要となる。秋の七草が単なる秋に咲く7つの花を適当に探して作られたものであるとすると、女郎花が秋に咲くということはその本質属性とは言えないので、秋の七草のインスタンスであるとは言えず、単に7つの秋に咲く花が秋の七草を「構成」している、すなわち、

＜女郎花 part-of 秋の七草＞

ということになる。しかし、仮に秋の七草が何か宗教的な意味合いを持っていて、7つの草が宗教行事では本質的な役割を演じるとする。そのような場合、その宗教行事の世界においては、女郎花が草であるという属性より宗教的な性質が本質的になり、

＜女郎花 is-a 秋の七草＞

であると言える。したがって、この問いの解答は対象とする世界に応じてどちらの関係もあり得るということになる。

#### 〔例 2.2〕 ＜犬 part-of/is-a 日本に住むほ乳類＞？ 〔注10〕

〔注10〕この問いは＜犬 part-of/instance-of 日本に住むほ乳類＞？でないことに注意を要する。この相違は形式のレベルで、明らかに別のものである。すなわち、instance-of はクラス・インスタンス間の関係であり、part-of はインスタンス間かクラス間の関係であるからである。

この問は少し困難である。「日本に住むほ乳類」は全てのほ乳類からライオンや象などを除外したほ乳類から「構成」される。この例は草全てに対して、秋の七草が秋に咲く特定の花7つを集めて「構成」されているのと類似している。クラスにある種の制約をつけることによってその概念に外延性が生まれると「part-of」関係が表面にでてくるのである。秋の七草の場合のように適切な世界を想定することによって is-a 関係を正当化すると、日本に住むほ乳類だけ

を処理の対象にして、それ以外のほ乳類の存在を一切無視できる世界においては、それをクラスとして概念化することに意味があり、その要素に対して part-of 関係を作る必要はないという可能性は否定できない。

それでは、＜犬 part-of/is-a 阪大キャンパスに住むほ乳類＞はどうであろうか？「阪大キャンパスに住むほ乳類」はネズミ、犬、猫の3種類であると思われるが、それに対してそのような特殊な世界を想定することがきわめて困難であり、これをクラスとして概念化するよりは、もし概念化するのであれば、part-of 関係を用いる方が自然であるように思われる。ここで問題なることは、これらの例には本質的に is-a 関係が存在することである。元々 is-a 階層にあるクラスに制約をつけただけの概念だからである。従って、part-of 関係を作ったとしても is-a を無視することができない。

ここで、「is-a 関係と part-of 関係の重畳性」という概念を導入する。「日本に住むほ乳類」と「犬」の関係には is-a と part-of の両方が同時に存在すると考えることが自然であるように思われるからである。ある世界において、part-of 関係を強調する必要性があれば、part-of 関係が明示されると考えるべきである。

この考えの正当性は次のことが支持している：「地球に住むほ乳類」と「ほ乳類」は本質的に同一であるにも拘わらず前者には外延性が存在し、後者にはほとんどそれが感じられないと言うことである。このことが示唆するものは大きい。すなわち、あらゆるクラスにはそのサブクラス、あるいはインスタンスによって「構成される」という意味は存在しており、それを感じる、あるいは明示的に扱う必要性の程度が概念によって、あるいはコンテキストに応じて大きく異なるということである。典型的な例が、「人間は男と女から構成される」という陳述に見られる。これは、人間のインスタンス集合を想定してそれが男のインスタンスと女のインスタンスから構成されていると主張していると考えることができる。

#### Weak-part-of 関係の必要性：

一般に、part-of リンクで関係つけられる全体概念のインスタンスを生成すると部分のインスタンスも同時に生成される。その意味で、part-of と is-a 関係の認識において、「全体概念のインスタンスの生成を試みて、1 レベル下の全ての下位概念の生成が自然であれば part-of であるし、そうでなければ is-a である」という判断方法があるように思われる。しかし、

インスタンス生成の可能性は part-of であるための十分条件ではあるが、必要条件とは必ずしも言えない。＜女郎花 part-of 秋の七草＞が正しい場合においても、秋の七草のインスタンスというものを考える必要はない。しかし、クラスレベルでは秋の七草が7種類の草で「構成される」事は動かしようもない。

Weak-part-of はクラスレベルでの構成関係だけを明示するもので、インスタンスレベルでの part-of 関係は規定しない。そしてこの関係は全ての is-a 関係にデフォルトであると考えるのが適当であろう。

結論：ある本質属性を認める世界においては、それに基づいて一つの一貫した is-a 階層が形成される。全ての is-a 関係に関して weak-part-of 関係が同時に成立する。そして、必要に応じて part-of 関係が強調される場合があり、クラスレベルで前述の I-member-part-of が構成される。

#### 4. 3 問3 「part-of にはいくつの関係が必要か？」

「推移律は成り立つか？」への回答

初めの問いに対しては既に理論の章においてある一つの解が提示された。推移律に関しては議論が必要である。まず、異なる part-of 関係が混在する場合は成立しない場合が多いと思われるが詳細な分析が必要であるので、ここでは、単一の種類の part-of 連鎖に関する考察をするにとどめておく。推移律が成立するという part-of に関する常識に反して、member-of 関係は元々推移律は成立しない。これは以下のことから自明であろう。

a member-of {a,b}  
          {a,b} member-of {{a,b}, {b,c,d},...}

a NOT member-of {a,b}, {b,c,d}, ....}

part-of において推移律が成立すると思われることの一つの根拠として、function-part-of に推移律が成立することがあり、この関係がほとんど全ての人工物について成立することがあるように思われる。ここで、Ontological topping の役割が大きいことを指摘しておこう。まず、上の考察から Ontological topping を持たない member-of 関係のみの part-of 関係では推移律は成り立たない。推移律が成立するのは、Function-part-of, Space/Time-part-of, Stuff-part-of そして Material-part-of である。

#### 4. 4 問4 「関係のインスタンスとは何か？」

への回答

関係に関する概念の混乱の原因は

- (1) 関係概念と全体概念の混同
- (2) 数学における関係概念のクラスとインスタンスの縮退

の二つにある。

実世界の関係  $R_i$  では、例えば結婚歴13年のとても仲のいい夫婦関係、新婚早々から喧嘩が絶えない夫婦関係など様々な夫婦関係が存在する。そしてそれらは婚姻届けをしているという本質的な属性で夫婦関係概念に属しているので、夫婦関係概念はそれらをインスタンスに持つクラスであるといえる。しかし、内包定義がない関係  $R_e$  は関係概念が存在せず、常に全体概念として扱われる。

数学の関係／関数の内包的意味は関与する実体に依存しないで常に一定である。例えば一次関数  $y=3x-1$  の内包的定義は  $x$  に依存しないでいつも一定の意味「 $y$  は  $x$  を3倍してから1を引くとえられる」、を持っている。従って、その関係概念は夫婦関係の様にそれに参加するインスタンスによって異なる性質を持ち得ず、クラスとインスタンスが「縮退している」と言える。数学の関係（関数）概念にはインスタンスはない。あるいはそれはクラスであり唯一のインスタンスでもある。ところが、全体概念としてみた数学の関数と関係にはクラス・インスタンス関係の議論が成り立つ。ここに問題の難しさがある。

ここで、前述の疑問に答えてみよう。まず、  
「＜(A雄, B子) instance-of 夫婦関係＞  
が成り立つか？」

に関しては、(A雄, B子) を関係概念と解釈すれば Yes であり、全体概念として解釈すれば No である（それは全体概念「夫婦」のインスタンスとなる）。また、

「{(x, y) |  $3x-y=1$ } と関数  $y=3x-1$  とは  
異なるものなのか？」

という疑問の回答は、「前者は全体概念であり、後者は関係概念であるので異なる」ということになる。

「関係概念 (1, 2) instance-of

関係概念 " $y=3x-1$ " が成り立つか？」

という疑問の回答は、質問が適切でないということになる。なぜなら、関係概念 (1, 2) であれば、(2, 5) であれば、関係概念であればそれらは全て「3倍して1引く」という同じ関係（オペレーション）、すなわち関係概念 " $y=3x-1$ " だからである。同じものは同じであって、is-a でも instance-of でもない。

関係の推移律に関する疑問であるが、前掲の疑問は、

$\langle (1, 2) \text{ instance-of } \{(x, y) \mid 3x-y=1\} \rangle$   
 $\langle \{(x, y) \mid 3x-y=1\} \text{ instance-of 線形多項式関係} \rangle$

$\langle (A\text{雄}, B\text{子}) \text{ instance-of 夫婦関係} \rangle$   
 $\langle \text{夫婦関係 instance-of [??]} \rangle$

であったが、実はこれは理論で定式化する前の naïve な概念のみを用いて記述しているので、関係概念と全体概念との二つの概念の混乱が見られる。

まず関係概念に着目すれば、

(a) 推移関係 1

$3x-y=1$  関係 instance-of 線形多項式関係  
線形多項式関係 is-a 多項式関係  
(A 雄, B 子) の夫婦関係 instance-of 夫婦関係  
夫婦関係 is-a 契約関係

のようになり、両者には素直な対応がとれる。一方、例 4.3 の関係の上の連鎖の初めの関係は、関係の全体概念に着目した

$\langle (1, 2) \text{ instance-of } 3x-y=1 \text{ を満たす点集合} \rangle$   
であり、下の初めの関係、 $\langle (A\text{雄}, B\text{子}) \text{ instance-of 夫婦関係} \rangle$  は関係概念を考えたものである。その上位は関係概念を扱っているの、連続性を考える必要はない。連続性を気にする場合には共に全体概念を扱うことにして、上記 2 つの関係は例えば、

(b) 推移関係 2

$\langle (1, 2) \text{ instance-of } \{(x, y) \mid 3x-y=1\} \rangle$   
 $\langle \{(x, y) \mid 3x-y=1\} \text{ is-a } \{(x, y) \mid \text{線形多項式を満たす}\} \rangle$   
 $\langle (A\text{雄}, B\text{子}) \text{ instance-of 夫婦} \rangle$   
 $\langle \text{夫婦 is-a 契約に基づく人間集団} \rangle$

といった概念であるべきと考えられる。

残る問題は推移関係 1 における  $3x-y=1$  と (A 雄, B 子) のグレインサイズの相違、すなわち、一見前者は関数であり、後者は (1, 2) に対応する様な関係を満足するオブジェクトの組であるように見えることである。しかし、推移関係 1 においては (A 雄, B 子) はある夫婦関係の関係概念のインスタンスであり、 $3x-y=1$  がある線形関数 (関係) 概念のインスタンスであることと対応していることからグレインサイズの対応もとれており、問題はない事が分かる。

尚、以上の議論から明らかなように、is-a 関係自

体は数学関係・関数と同じく、関与する実体に依存せずに意味は常に一定であるので、関係概念としてはインスタンスである (あるいはクラスとインスタンスが縮退している) と考えるべきであることがわかる。

4. 5 問 5 概念「妻」はインスタンスを持つことができない?」への回答

これは上述の理論が直接回答を与えている。実は、定義 1 の意味するところは深く、「妻」はインスタンスを持ち得ない、という結論が導かれる。妻であることを本質属性とする実体は存在しないからである。「妻」はロールホルダーであり、すでに identity を持ったオブジェクトである「女性」の存在が前提となっている。

ロール概念はオントロジー構築においてきわめて重要な働きをする。この話題は 5. で論じる。

## 5. オントロジー構築ガイドラインの枠組み

ここではこれまでの考察で得られた結果に基づいて、オントロジー構築のガイドラインの構成を指向した理論のまとめを試みる。

### 5. 1 基本思想

一般にドメインの専門家は各自のタスクに強く依存する観点から対象世界を眺めており、彼らにとって客観的なオントロジーの抽出は容易ではない。もっと積極的な表現をとるならば、そのような客観的なオントロジーは彼らのタスクには不要でさえあり得る。

しかしここで問題となることは、このような「客観的なオントロジー不要論」は一見射を射ているようで、実は危険な考えであることである。長期的視野にたつて知識の共有・再利用、すなわち Global なスケールでの EDI、異業種との EDI などと考えれば、まず客観的なオントロジーがあり、それに合意をした上で、それに加えてタスクなどのコンテキスト依存ビューから見たオントロジーが複数あり、その相互の関係を説明できる、ということが必要となる。そうでなければ EDI や STEP などが真に成功することは期待できない。

筆者らは、以上の様な議論を更に発展させることによって、コンテキスト依存ビューから離れられない専門家の手によって、コンテキスト依存のオントロジーの構築と同時に客観的なオントロジーをも半自動構築する事の支援を目指している。

## 5. 2 ガイドラインの例

### (1) クラスの認定

オントロジー設計の基本は概念の切り出しであることから、正しいクラス認定は本質的である。「オントロジーはそもそも対象とする世界における「客観的な存在」を把握したものであるので、その利用の目的に依存するものであってはならない」という考えがある。これはある意味では正しい。しかし、一方では、「利用を無視した汎用のオントロジーは、一部のトップレベルオントロジー以外にはあり得ない。有用なオントロジーは利用の目的を明確に意識して設計されるべきである」という考えもある。これもまた正しい主張である。しかし、ある利用に特化したもの全てに共通する問題点として、想定された利用（コンテキスト）から少しでも逸脱するとそれが使いものにならなくなるという「脆弱さ」がある。更に、そのようなものは開発者の強い思い入れと目的依存の観点が込められており、他の目的での再利用が困難になる。要するに、ある利用目的に特化したオントロジーは結局は従来の知識ベースが持つ問題点を解消する「救世主」にはならないということになる。

ここで問題となることは上の二つの考えの利点のみを持つオントロジーの設計である。それを可能にする新しい方法の基盤となる考えが上述の、「本質属性の概念に着目したクラス概念」と「コンテキスト依存のロール概念」である。すなわち、前者はある意味で「客観的存在」と、後者は「利用目的に依存する存在」と見なすことができる。例えば、女性は前者であり、看護婦は後者である。そして、病院コンテキストで「看護機能」を遂行する「女性」として看護婦を概念化する事によって、ある女性が仕事場では「看護婦」となり、家庭に帰れば「母」とであり、「妻」とであること、そしていかなるコンテキストにおいても「女性」であることを素直にモデル化することができる。

また、看護婦という病院に固有の概念を明確化することによって、そのコンテキストにおけるロールを明示化した概念がえられ、コンテキスト、あるいは目的に依存したドメインの組織化が促進される。

### (2) is-a の overloading [Guarino 98]

よくある is-a 関係同定の指針に、「英語で XX is a YY といえれば is-a 関係がある」というものがある。これはきわめて危険な指針であるので注意を要する。以下のような反例をあげることができる。

- (a) Taro is a boy. (これは instance-of である)
- (b) A mother is a woman. (mother はロール概念で

あり、woman とは is-a 関係にはない)

ロール is-a とも言うべきリンクを作る必要がある。これまでの議論から明らかなように、is-a はクラス間にしか成立しない。この文の意味するところは正しくは、「母は母ロールを担った女性である」なのである。

- (c) Ski is a Mizoguchi's hobby. (これは part-of 関係である)

### (3) is-a と part-of リンクの正しい利用

is-a と part-of 関係の認定誤りは本質的な問題を引き起こすのできわめて重要である。まず世界を定めて本質属性を認定する。その意味で下位のクラスのインスタンスが上位のクラスのインスタンスにもなることが確認されればその二つクラス間には is-a を認定する。

part-of の認定に有効な指針は「全体概念のインスタンスを生成すると（全ての）部分も同時にインスタンスが生成される事が自然であれば part-of 関係である」。しかし、これは十分条件であり、必要条件ではないことに注意しなければならない。そして同時に、外延性に引きずられて part-of リンクを多用しない事が肝要である。また、7種類の part-of の正しい認定にも注意を払わなければならない。

### (4) 関係概念と全体概念

両者が表裏一体であることを認識して、その判定基準に揺れがないように一貫したオントロジー構築が必要である。この問題にはこの二つの概念の記述をサポートする記述言語が不可欠である。実際、筆者らが開発中のオントロジーエディタ [古崎 99] の Version 2 にはその機能が組み込まれている。

## 6. むすび

集合論を基礎にして、is-a と part-of に代表される意味リンクのオントロジー的意味論の構成を試みた。更に、関係とロール概念に関する考察を行った。これらの結果はオントロジーのメタなレベルに対応し、その公理はメタ公理といえるものとなる。このことによって基本意味リンクのオントロジー的な定式化が可能になりそれをサポートするオントロジー記述言語を設計することができる。

基礎論と並行して進めている研究に、オントロジーに基づくモデル構築とその運用の立場から、インスタンスの振る舞い全般に関する包括的な考察に基づい

たオントロジー構築、及び表現言語の設計がある[瀬田 99]。現在、得られた成果をオントロジー構築とモデル構築に関するデザインパターンの形で整備しつつある[清水 99]。両者の成果を融合することによって更に説得力のあるオントロジー構築・利用環境を設計することが可能になると考えている。

しかし、残された課題は多い。

- (1) 集合という概念は奥が深く、インスタンス集合  $X_i$ 、部分の集合  $X_p$ 、そして集合であることが本質である概念（例えば、群衆、国民）、そして純粋な数学概念としての集合など少なくとも4種類が存在し、それらの間の相違点、および理論上の位置づけなどを明確にしなければならない。本質的な観点から言い換えれば、概念と集合の関係というものの考察は更に深めなければならない。
- (2) 本論文で導入した is-a, instance-of 関係は「強い is-a」, 「強い instance-of」 とも言うべきものである。従来から存在する is-a/instance-of 関係を細分類して is-a/instance-of 関係の理論を早急に構築する必要がある。
- (3) part-of の議論は identity や依存関係の理論と密接な関係があることは承知しているが[Guarino 97, 98]、ここでは意識的にその議論は避けた。Identity や依存関係の理論との関連の明確化が必要であろう。
- (4) ロール概念の取り扱いも未完成である。実際の問題ではロール概念の組織化こそが重要なのであって、それに対して具体的な貢献をするには至っていない。
- (5) 基礎論の有用性はオントロジー記述言語の意味論を強固にするだけでなく、オントロジー開発のガイドラインを提供するところまで発展しなければならない。

本研究の最終的な目的は、基礎理論を整備することによって、明確な理論的背景を持つオントロジー開発のガイドラインを設計することにある。基礎理論は考察し始めると未知のことが多く、その深さに驚かされると同時に、大きな興味がわいてくる魅力的な課題である。野心的な研究者の参加を期待したい。

「謝辞」 本学工学研究科博士後期課程1年古崎晃司君との議論は有意義であった。ここに記して感謝します。

「参考文献」

[Winston 87] Winston, M.E., R.Chaffin and D.Herrmann: A

taxonomy of part-whole relations, *Cognitive Science*, 11, 417-444, 1987.

[Guarino 92] Guarino, Nicola: Concepts, attributes, and arbitrary relations—Some linguistic and ontological criteria for structuring knowledge bases, *Data and Knowledge Engineering*, 8, 249-261, 1992.

[Guarino 97] Guarino N., Some Organizing Principles for a Unified Top-Level Ontology. Revised version of a paper appeared at AAAI 1997 Spring Symposium on Ontological Engineering (LADSEB-CNR Int. Rep. 02/97)

[Guarino 98] Guarino, Nicola: Some Ontological Principles for Designing Upper Level Lexical Resources. Proc. of the First International Conference on Lexical Resources and Evaluation, Granada, Spain, 28-30 May 1998.

[古崎 99] 古崎晃司, 久保成毅, 来村徳信, 池田満, 溝口理一郎: オントロジー構築利用環境の開発—「関係」及び「ロール概念」に関する基礎的考察—, 人工知能学会研究会資料, SIG-KBS-9803-3, 1999.

[Mizoguchi 1995] R. Mizoguchi, Johan Vanwelkenhuysen and M. Ikeda, Task Ontology for Reuse of Problem Solving Knowledge, Proc. of KB&KS'95, pp.46-59, 1995.

[清水 99] 清水比佐雄, 瀬田和久, 林雄介, 本松慎一郎, 池田満, 溝口理一郎: オントロジー構築のための設計パターンに関する基礎的考察, 情報処理学会第58回全国大会, 3-175, 1999.

[瀬田 99] 瀬田和久, 林雄介, 池田満, 角所収, 溝口理一郎: オントロジーに基づくモデリングに関する基礎的考察— is-a, part-of, identity, viewpoint —, 人工知能学会研究会資料, SIG-J-9801-12, 1998

[溝口 96] 溝口理一郎: 形式と内容—内容指向人工知能研究の勧め—, 人工知能学会誌 Vol.11, No.1, pp.50-59(1996)

[溝口 97] 溝口理一郎, 池田満: 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) URL: <http://www.ei.sanken.osaka-u.ac.jp/pub/miz/miz-onteng.html>

[溝口 98] 溝口理一郎, オントロジー工学の試み, 1998年度人工知能学会全国大会, AI-L13, 1998. URL: <http://www.ei.sanken.osaka-u.ac.jp/japanese/ontological-enginring-jpn.pdf>.

[Sowa, 95] Top-level ontological categories, *International Journal of Human and Computer Studies*, 43, pp.669-685, 1995.