

ロール概念の成立条件と is-a 関係の依存性についての基礎的分析

Basic Study about Applied Condition of Role Concept and is-a Relation Dependency

上田 俊夫^{*1}
Toshio UEDA

山口 高平^{*2}
Takahira Yamaguchi

池田 満^{*1}
Mitsuru IKEDA

^{*1} 北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科
School of Knowledge Science, Japan Advanced Institute of Science and Technology

^{*2} 慶應義塾大学理工学研究科
Graduate School of Science and Technology, Keio University

我々はオントロジー構築支援のために、概念定義パターンと定義依存関係指摘ルールをシステム知識として利用してオペレーショナルな支援ができる支援環境の開発を検討している。その検討に当たって、ロール概念の成立状況の分類と is-a 関係の依存関係の分類の2点を検討した。本稿では、その検討結果と結果を反映したシステム知識である概念化アスペクトと is-a 関係峻別ルールについて説明する。

1. はじめに

我々は、これまでオントロジーの構築・利用に関する能力であるオントロジーリテラシーを、極力要求しないオントロジー構築支援について考えてきた。そうした支援の可能性を検討するきっかけは、オントロジー構築経験を振り返った時に気づいた2点のことである。1点目は複数のオントロジーを構築していると分野や目的が異なっても同じような定義パターンが出てくるとのこと。2点目は、ひとつのオントロジーの中で記述が別の部分の記述に依存している場合があるということである。前者の例としては、グループにおいて人が担う役割としてメンバーであること、リーダーであることはグループを会社、学校、学会などに置き換えても成り立つ一般的なパターンである。後者の例としては、日本人を国民とした時、その他のアメリカ人や中国人は外国人になるが、アメリカ人を国民とみなした時、日本人は外国人となり、国民という概念が基準となって外国人である個体は決まるといようなものである。

このような概念の持つ性質を利用し、概念定義パターンを知識化しておきオントロジー構築時にオーサが選べるようにすること、及び記述の依存関係を判別するルールを用いて依存関係の存在を指摘できるようにすることで、知的なオントロジー構築支援に結びつけられると考えた。

本稿では、そのような支援を目的に、概念定義パターンや依存関係についての検討結果について報告する。まず概念定義パターンについては、2つの個物のペアがなんらかの関係を持つとき、その関係性において一方の個物がどんな役割(ロール)を担う可能性があるのか、それらのロールはどのような状況で生じるのか、ロール間には何か制約があるのかによって表現することにした。そこで概念定義パターンの型を分析するにあたって、ロールが生じる一般的な状況とロールの性質を整理し、それを手がかりにして概念定義パターン型として知識化する。次に記述の依存関係については、is-a 関係の依存性に注目して分析することにした。注目した理由は is-a 関係には上位クラス、下位クラスがあり、それらのクラス定義パターンを比較することで依存関係を見いだせると考えたからである。そしてその分析に基づいた is-a 関係の依存関係を抽出するためのルールについて説明する。

2. アスペクト依存性の分析

2.1 アスペクト依存性の基本表現

まず概念定義パターンを検討するにあたって、基本となる状況依存性について検討する。対象認識の切り口となる状況や視点をアスペクトと呼び、アスペクトに対する依存性をアスペクト依存性と呼ぶことにする。

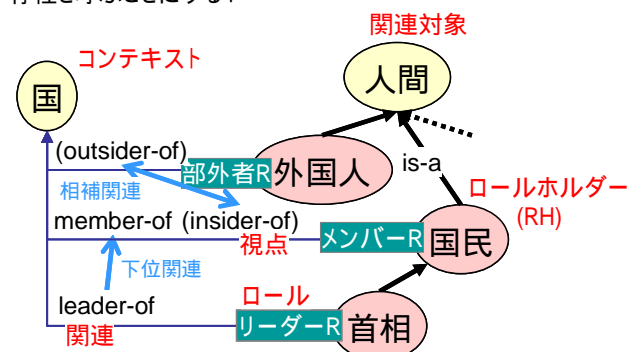


図1 アスペクト依存性表現モデル

まず図1のように国と人間という2つの個体があり、その個体間で関係づけられる場合を考える。一方の個体をコンテキスト、もう一方を関連対象と呼び、個体間は関連で結ばれる。関連対象となる個体は、コンテキストとの関連に対応する役割を担うと考えられる。この役割をロール、ロールを担った関連対象の個体を特にロールホルダーと呼ぶ。関連対象自体は、コンテキストとは直接関連を持たないが、ロールホルダーとなった個体はコンテキストとの間に関連を持つ。関連には部分全体関係や参加関係のような直接の関係がある場合だけでなく、直接の関係はないものの相対的に位置づけられる場合も含まれる。

例えば、国をコンテキスト、人間を関連対象としたとき、国は member-of, leader-of, といった関連で人間と関係を持つ可能性があり、その関連に対応してメンバーロール、リーダーロールといったロールが定義され、ロールを担った人間のインスタンスがそれぞれのロールホルダー国民、首相となる。

一方、国民でない人間のことを外国人というが、外国人は国民である人間に対する補集合として表現されるロールホルダーである。つまり、国民を観察者としたとき、その観点によって決定

される概念であると言える。このような観察者の観点を**視点**と呼び、視点を決定することによって、視点に依存した概念を定義できるようになる。

関連対象とそのロールホルダーには is-a 関係が成り立つが、この is-a 関係はコンテキスト、関連対象の状態、その間の関連、観察者の視点によって定義される成立条件に制約されている。こうしたコンテキストや視点に様な is-a 関係を制約するものを**アスペクト**と呼び、アスペクトによって制約された is-a 関係を Restricted is-a 関係と呼ぶ。国民や首相のようなアスペクトに依存して定義されるロールホルダーに対して、人間や国のように特定のアスペクトに依存せずに定義できる概念を**基本概念**と呼び、概念定義のプリミティブとなる。基本概念間に成り立つ is-a 関係(後述する Regular is-a 関係)はアスペクトに関係なく常に成り立つことが保証される。

2.2 アスペクト依存性に基づくロール概念の分析

次にアスペクト依存性に基づいてロール概念がどのようなアスペクトに基づいて概念化されているかに基づいて次のような観点から分類した(表 1)。

(1) コンテキストの種類

- 外部個体
- 相互関係
- 自己属性

(2) 視点の利用仕方

- 基準属性値との比較
 - 基準を補完する集合
- 以下、その概要を説明する。

2.3 外部個体依存ロール(o-Role)

先ほど例にあげた、会社と人間のようなコンテキストと関連対象の個体が異なる場合に関連対象が担うロールを**外部個体依存ロール**と呼ぶ。外部個体依存ロールは、同一コンテキストに対して関連対象の個体が重複して担うことも可能であり、逆に1つも担わない場合もあり得る。例えば、コンテキスト「家屋」に対して関連対象「角材」は、柱や梁などのロールを担うし、コンテキスト「販売タスク」に対して、関連対象「もの」は、商品、在庫、不良品などのロールを担う。

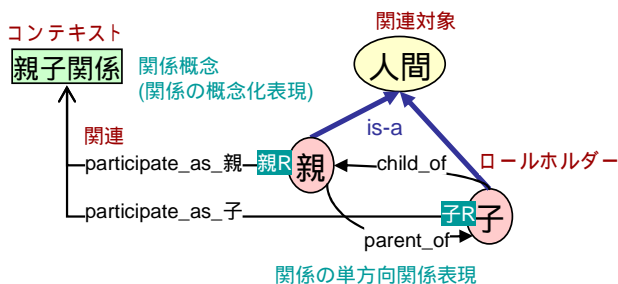


図 2 相互関係依存ロール

2.4 相互関係依存ロール(r-Role)

個体の外部個体に依存して定義されるロールのうち、個体間で相互に依存関係にあるものを**相互関係依存ロール**と呼ぶ。例えば、図 3 のロールホルダー夫と妻は、それぞれ外部個体である妻と夫をコンテキストとして定義されるが、このとき夫と妻は相互に依存しており、その依存性が夫と妻の関係である夫婦関係として認識される。そのため一方が消滅すると他方も消滅

表 1 アスペクト依存性に基づくロールの分類

アスペクト型	ロール型	概要	ロールホルダーの例
外部個体 コンテキスト	外部個体依存ロール (o-Role)	外部個体に依存して定義されるロール	学校長、教師、学生(学校に対する人間)、柱、梁(建築物に対する角材)
相互関係 コンテキスト	相互関係依存ロール (r-Role)	外部個体との相互関係に依存して定義されるロール	夫-妻(夫婦関係)、隣人(隣接関係)、いとこ(いとこ関係)
自己属性 コンテキスト	自己属性依存ロール (s-Role)	個体自身の属性に依存して定義されるロール	子供-大人(年齢属性)、草案文書-勅告候補文書-勅告文書(標準文書ステータス)
		ハイライト (s _n -Role)	変化しないとみなせる属性に依存して定義されるロール
比較視点	比較相対ロール (C _r -Role)	視点となる個体の属性値との比較で定義されるロール	先輩-同輩-後輩(在籍年数属性の比較)、兄弟(兄弟の年齢属性の比較)
内部-外部視点	基準視点ロール (c _{vp} -Role)	補完相対ロールの視点となる個体集合を定義するロール	国民(外国人に対する視点)、関係者(関係者に対する視点)
	補完相対ロール (c _m -Role)	視点となる個体集合の補完として定義されるロール	外国人(人間に対して国民を補完)、部外者(人間に対して関係者を補完)

することになり、一方のロールだけを単独で定義する外部個体依存ロールとは明確に異なる。

また隣接関係のように対称性を持つ相互関係もある。隣接関係にある人は、どちらも隣人ロールを担う。これは後述するような個体自身に依存しているのではなく、異なる個体が同一ロールを担っている。

また学校と人間の関係も雇用関係と捉えると、それぞれ雇業者-被雇業者といったロールを担う。このように外部個体依存ロールと共存することが可能である。

2.5 自己属性依存ロール(s-Role)

子供や大人は、それぞれ人間の年齢属性値が未成年年齢であること、成年年齢であることを概念化して定義されるロールホルダーである。このようなロールホルダーは、ある属性に注目したとき関連対象が取りうるあらゆる状態や段階を全体として、その中での個別の状態や段階の位置づけを概念化していると考えられる。そこでそのような概念全体をコンテキストとし、個別の状態や段階を概念化したロールを自己属性依存ロールと呼ぶ。

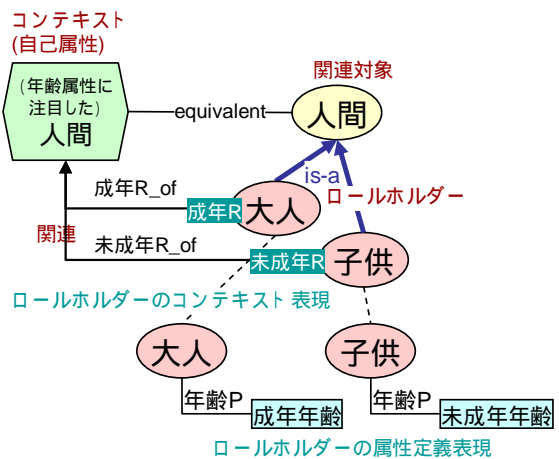


図 3 自己属性依存ロール

自己属性依存ロールは、外部個体依存ロール同様、のようにコンテキストに対する関連で定義される(上)。しかしながらそれだけでは、ある属性について関連対象が取りうるあらゆる状態や段階の中での位置づけを定義しただけなので、各ロールホルダーを識別するために属性を定義して対応する属性値を用いて定義する必要がある(下)。冗長な定義に見るかもしれないが、ロールをコンテキストに依存して定義することに共通化でき、意図を明示化できるというメリットがある。

また同一属性に注目して定義される自己属性依存ロール群は、関連対象を区分し、関連対象は自己属性依存ロールを必

ず1つだけ担い、そのように属性を決定する。なお異なる属性に注目して定義される自己依存ロールを重複して担うことは問題がない。

自己属性依存ロールで扱う属性は、RHを認識できるような属性を対象とし、IDや名前のような個体のアイデンティティを特定する属性は含まない。なおMasolo[Masolo06]では、ロールの性質の1つに飽和(saturated)/不飽和(unsaturated)という軸があることを挙げている。これはそのロールを担う個体が1つに絞り込めるかどうかについての記述であり、例えば2004年1月1日アリア航空AZ120便の座席番号A12ロールを担う個体は1つに絞り込まれ飽和している(saturated)という。しかしながらこれは個体のID属性によって飽和になっているのではなく、外部個体が時空間的に飽和しているとみるべきであると考えている。なぜならある属性に注目したときに無限の属性値を採りうるようになってしまうからである。

(1) ハイライト(Sh-Role)

自己属性依存ロールの特殊なものとして、変化しない属性に注目する場合がある。例えば、人間の性別属性に注目した場合、そのライフサイクルにおいて、特別な事情がない限り、性別は変化しない。このような変化しない属性に起因する性質をハイライト、ハイライトを担った個体をハイライトホルダーと呼ぶ。先ほどの例では、オスであること、メスであることがハイライトであり、男性や女性がハイライトホルダーとなる。同一属性に注目して定義されるハイライトは、関連対象集合を区分するため、関連対象の個体はハイライトを必ず1つだけ担う。異なる属性に注目して定義される自己依存ロールを重複して担うことは問題がない。その他、草食動物、肉食動物、雑食動物は、その食性に注目して定義されるハイライトホルダーである。

2.6 相対ロール(c-Role)

観察者の視点によって相対的に位置づけられるロールのことを相対ロールと呼ぶ。相対ロールはそれ単体では成立せず、外部個体依存ロールや自己属性依存ロールを視点に対して相対化して定義される。相対ロールは視点依存性があり、コンテキスト、関連対象、関連が変化しなくても、観察者の視点によって変化する。相対ロールには、比較相対ロールと補完相対ロールの2種類がある。

(1) 比較相対ロール(cr-Role)

学校に所属する学生は、ある学生を基準としたとき、入学年度属性の大小を比較することによって相対的に先輩、同輩、後輩と区分できる。学生インスタンスの区分のされ方は、基準とする学生の決め方、言い換えると基準となる入学年度属性値に依存して変化する。このように2つの個体間で属性を比較して、その属性値の相対的な大小関係で定義される比較相対ロールと呼び、「親が同じ人」を関連対象とする「兄と弟」などが該当する。属性によって関連対象を区分する性質があるので自己属性依存ロールの相対定義版であるとも言える。

(2) 基準視点ロール(cvp-Role)と補完相対ロール(cm-Role)

ある国から見たとき、人間は国民と外国人に区分される。例えば日本視点で見ると、日本人は国民、日本人以外のアメリカ人、中国人などは全て外国人に分類される。同様にアメリカ視点で見ると、アメリカ人は国民、アメリカ人以外の日本人、中国人などは外国人に分類される。

このとき、国民のインスタンスを基準にすると、外国人は人間に対するその補集合であると考えることができる。このとき国民のような基準となる概念が担うロールを基準視点ロール、外国人のような補集合を表す概念が担うロールを補完相対ロールと

呼ぶ。基準視点ロールを担う個体は、同時に外部個体コンテキストの外部個体依存ロールでもあり、補完相対ロールは必ず基準視点ロールを伴う。

補完相対ロールの例には、「会員」に対する「非会員」、「資格保持者」に対する「資格非保持者」のようなものがある。

2.7 概念化アスペクト

本節で説明したアスペクト依存性に基づく概念定義パターンのことを、我々は概念化アスペクト(Conceptualizational Aspect : CA)と呼び、表1のアスペクト依存性の分類に従った6種類の基本パターン型を表す基本CAメタ定義(CAM)として整理している。CAは、基本CAMやその派生型である派生CAMを個別の事例に合わせてインスタンス化して利用する。

図4は、派生CAMであるGroup-Member-CAMをインスタンス化して概念化された営業会社とその関係者についてのCAであり、ロールとして社員R、その下位ロールとして社長R、営業員Rがあること、社長Rを担えるのは1人であるというロールの制約が記述されている。これらの定義はCAMをインスタンス化した時点で生成され、ロールのラベルを設定することで定義は完了する。こうして作成されたCAをオントロジーのクラス定義に適用することで概念定義が完成する。

CAの詳細などについては、本稿の主題ではないため、別途発表する予定である。

```
<def:CA id="ca:Sales-Corporation-MemberCA"
      type="Group-Member-CAM">
  <def:context-restriction ref="Organization" type="meta:Group"/>
  <def:target-concept-restriction ref="Person" type="meta:Agent"/>
  <def:role id="社員 R" type="cam:Member-MR
            relation="member-of">
  <def:role id="社長 R" type="cam:Leader-MR"
            relation="leader-of" cardinality="1"/>
  <def:role id="営業員 R" type="cam:RoleMember-MR"
            relation="sales-of"/>
</def:role>
</def:CA>
```

図4 CAの定義例(XML表現)

3. is-a 関係の依存性分析

我々は is-a 関係の依存性という観点から分析を行い、4種類に分類した。その根拠としたのは、OWLで扱える is-a 関係である。OWLでは subClassOf と equivalentClass という2種類の is-a 関係を表現するプリミティブを持ち、前者は外延の包摂関係、後者が外延の等価関係を表すものであるが、単独ではなく他のクラス制約と組み合わせると4種類に表現し分けられることが我々は構築経験と分析から、分かっている。本節ではまずその4種類の分類をベースに、その成立条件を整理した。

(1) Regular is-a 関係

個体のライフサイクルにおいて常に下位概念のインスタンスが上位概念のインスタンスとなる is-a 関係

(2) Restricted is-a 関係

あるアスペクトにおいてのみ成立する制限付きの is-a 関係

(3) Equivalent is-a 関係

あるクラスの外延(個体集合)が等しいことを宣言する is-a 関係

(4) Inferred is-a 関係

他の is-a 関係などの事実から導出される is-a 関係

表 2 アスペクト依存性分析に基づく is-a 関係の分類

is-a型大分類	is-a型小分類	下位概念のロール型	例(アスペクト依存性)
(1)Regular is-a	(1)常態型(外部非依存型)	-	人間 is-a 動物, 大学 is-a 学校
(2)Restricted is-a	(2-1)外部個体制約型	o-Role, c_{op} -Role, c_m -role	大学生 is-a 人間 (大学に制約), 外国人 is-a 人間(国に制約)
	(2-2)相互関係制約型	r-Role	妻 is-a 人間, 夫 is-a 人間(夫婦関係に制約)
	(2-3)自己属性制約型	s-Role, s_n -Role	子供 is-a 人間, 大人 is-a 人間(年齢属性値に制約)
	(2-4)基準属性値比較型	c_r -Role	先輩職員, 後輩職員 is-a 職員(在籍年数属性値の比較)
(3)Equivalent is-a	(3)視点宣言型	-	日本人 eq 国民(日本人視点の宣言) eqは外延等価の意
(4)Inferred is-a	(4-1)視点補完型	-	アメリカ人 is-a 外国人, 中国人 is-a 外国人(日本人視点を補完)
	(4-2)コンテキスト階層相関型	o-Role, s-Role, r-Role	大学職員 is-a 学校職員(大学 is-a 学校の階層と相関)
	(4-3)関連対象階層相関型	o-Role, s-Role, r-Role	看護婦 is-a 女性(看護師 is-a 人の階層と相関)
	(4-4)関連階層相関型	o-Role, s-Role, r-Role	大学教授 is-a 大学職員(コンテキスト,関連対象は共通)
	(4-5)デフォルト特性導出型	-	大学教授 is-a 博士, トラ is-a 四本足動物

これらの is-a 関係はさらに 11 種類に分類でき(表 2), 詳細を以下に説明する.

3.2 Regular is-a

下位概念のインスタンスである個体とそのライフサイクルにおいて常に上位概念と下位概念両方のインスタンスで有り続ける is-a 関係である. つまりコンテキストや視点に関係なく定義されるものである. 但し下位概念をその属性値の必要十分条件で定義可能なものは含まない. なお, ここでいう必要十分定義は, どんときに上位概念のインスタンスが下位概念のインスタンスであると認定できるかに関する定義である. 必要十分条件で定義できるのは上位概念に対して下位概念にどんな情報が追加されたかが明示できる場合に限られ, それ以外の下位概念は単に上位概念に分類されているだけと考える. 言い換えれば下位概念はハイライトホルダーであってはならない. 例えば, <肉食動物 is-a 動物>は, 食性属性が肉食である動物のインスタンスは全て肉食動物であり, 食性属性を根拠に下位概念の肉食動物を定義できるハイライトホルダーであるため, 後述する自己属性制約型 Restricted is-a であるが, <トラ is-a 哺乳動物>の場合, トラを属性値で定義できず同様の性質を持つ概念として分類されているにすぎないため Regular is-a であると考えられる.

3.3 Restricted is-a

下位概念のインスタンスである個体が, 状況によって下位概念のインスタンスではなくなることもある is-a 関係であり, その成立条件はコンテキスト, 関連対象, その間の関連を用いた制約によって表現される. 成立条件を満たさない場合は is-a 関係は

成立しない.

Regular is-a と Restricted is-a は, 共に本質属性を継承する is-a 関係であり, ルート以外の概念は, 必ず上位概念のうちいずれか1つから Regular is-a と Restricted is-a のいずれかの is-a 関係によって継承される. なお Restricted is-a 関係は, 本質属性をその成立条件, すなわち必要十分条件で記述された公理によって制約する働きを持つ. 例えば人間の本質属性は, 人間として存在することであったのが, 学校職員の本来属性は, 学校に職員として勤務する人間であることになる.

(1) 外部個体制約型

外部個体によって制約される Restricted is-a 関係である. すなわち, その下位概念は, 外部個体依存ロールを担ったロールホルダーとなる. コンテキストや関連の変化によってロールホルダーであるかが変化する. 例えば<大学生 is-a 人間>は, 外部個体である大学に制約されており, 大学生である個体が大学を卒業すると, 大学生ではなくなる.

また補完相対ロールを担うロールホルダーも, 定義が相対的と言うだけで外部個体に制約されるので外部個体制約型 Restricted is-a として表現される.

(2) 相互関係制約型

相互に依存関係のある関連によって制約される Restricted is-a 関係であり, 下位概念は, 相互関係依存ロールを担ったロールホルダーである. 例えば夫婦関係に依存した is-a 関係は, <夫 is-a 人間>, <妻 is-a 人間>という 2 つの is-a 関係がペアとして概念化される.

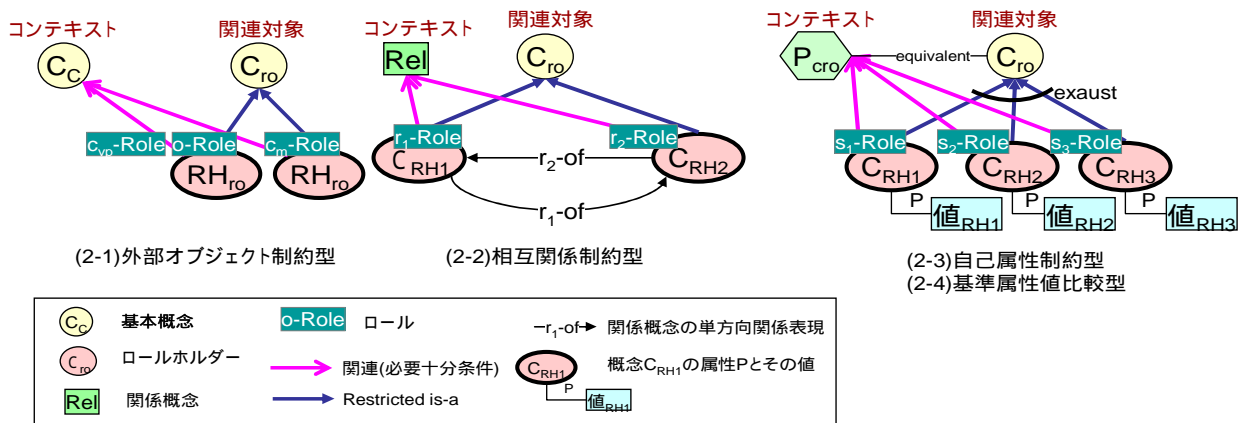


図 5 Restricted is-a の定義構造

(3) 自己属性制約型

関連対象自身の属性によって制約される Restricted is-a 関係である。すなわち、その下位概念は、自己属性依存ロール、あるいは、比較相対ロールを担ったロールホルダーとなる。属性で表現される関連対象自身の状態が変化すると、同一属性の異なる値で定義されるいずれかの自己属性依存ロールホルダーになる。例えば<子供 is-a 人間>という関係は年齢属性に制約され、子供である個体が成長して年齢が 20 才に達すると、その個体は大人に変化する。また比較相対ロールのロールホルダーも、自身の属性によって制約されるので自己属性制約型 Restricted is-a として表現される。

(4) 基準属性値比較型

自己属性制約型と同様、関連対象のある属性値に注目して定義される is-a 関係であるが、属性値がなんらかの基準値に対して相対的に決定されるものであるため、区別して扱う。その下位概念は、比較相対ロールを担うロールホルダーである。例えば職員の在籍年数と基準となる在籍年数を比較することで<先輩職員 is-a 職員>、<同輩職員 is-a 職員>、<後輩職員 is-a 職員>の is-a 関係があることを表現することができる。

3.4 Equivalent is-a

概念の外延の同一性を表現する is-a 関係であり、補完相対ロールを定義するための視点を宣言的に定義するために用いる。例えば、日本人視点からは、国民と日本人は同義であるため<国民 eq 日本人(eq は外延が等価の意)>という関係が成り立ち、アメリカ人視点からは<国民 eq アメリカ人>という関係が成り立つ。

また単に外延の共通性を主張するだけであるので本質属性が継承されるとはみなさない。もしトラとタイガーのように概念の内包まで等しい場合は同じ概念でラベルが異なるという立場を取り、レキシコンなどオントロジー外で管理するものとする。複数のオントロジーのアライメントを取る場合は別途考察する。

3.5 Inferred is-a

Inferred is-a は、Restricted is-a、Equivalent is-a の成立条件と

して定義された概念定義の相関、視点の補完、デフォルト特性の記述によって導かれる is-a 関係であり 5 種類ある。Inferred is-a は、本質属性を直接継承することはない。

(1) 視点補完型

Equivalent is-a によって観察者の視点が明示された場合に、その視点に限定される形で成立する is-a 関係であり、導出される下位概念は、視点補完ロールホルダーである。

また Equivalent is-a によって定義される視点の変化すれば、導出される下位概念も変化する。例えば日本人、アメリカ人、中国人が排他定義された状況において、<国民 eq 日本人>のように日本人が視点であることが明示された場合、<アメリカ人 is-a 外国人>、<中国人 is-a 外国人>が導かれ、アメリカ人が視点となった場合は<日本人 is-a 外国人>、<中国人 is-a 外国人>が導かれる。

(2) コンテキスト階層相関型

コンテキストの階層との相関によって導出されるロールホルダー間の is-a 関係である。コンテキスト以外の記述は共通である 2 つのロールホルダーがあり、そのコンテキストに階層関係がある場合に、その階層と相関してロールホルダー間の is-a 関係が導出される。例えば<大学 is-a 学校>という is-a 関係があり、それぞれの概念をコンテキスト、「人間」を共通の関連対象、「has 職員 R」を共通の関連とするロールホルダー「大学職員」と「学校職員」の間には、is-a 関係があることが導かれる。

(3) 関連対象階層相関型

関連対象の階層との相関によって導出されるロールホルダー間の is-a 関係である。関連対象以外の記述は共通である 2 つのロールホルダーがあり、その関連対象に階層関係がある場合に、その階層と相関してロールホルダー間の is-a 関係が導出される。is-a 関係にある 2 つの概念を関連対象とし、同一コンテキスト、同一関連であるロールホルダー間に成立する is-a 関係である。

例えば<アメリカ人 is-a 人間>という is-a 関係があるとき、上位概念と下位概念の性別属性値がメスである自己属性依存ロールを考えた場合、「アメリカ人女性」と、「女性」というロールホル

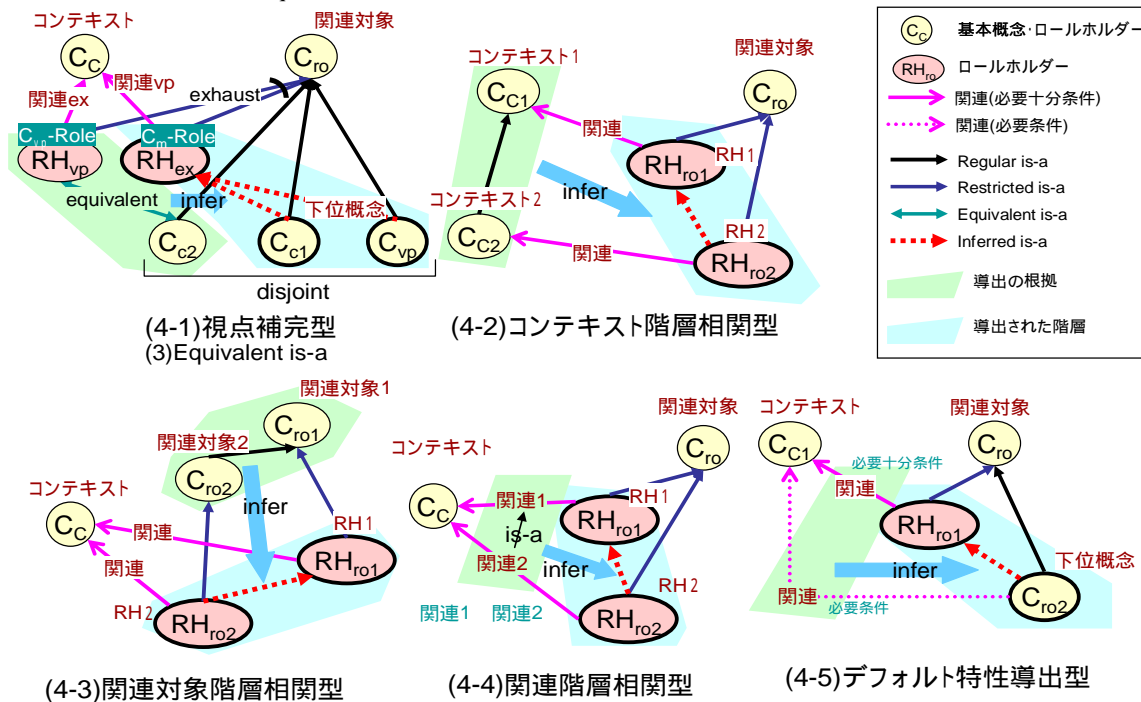


図 6 Equivalent is-a 及び Inferred is-a の定義構造

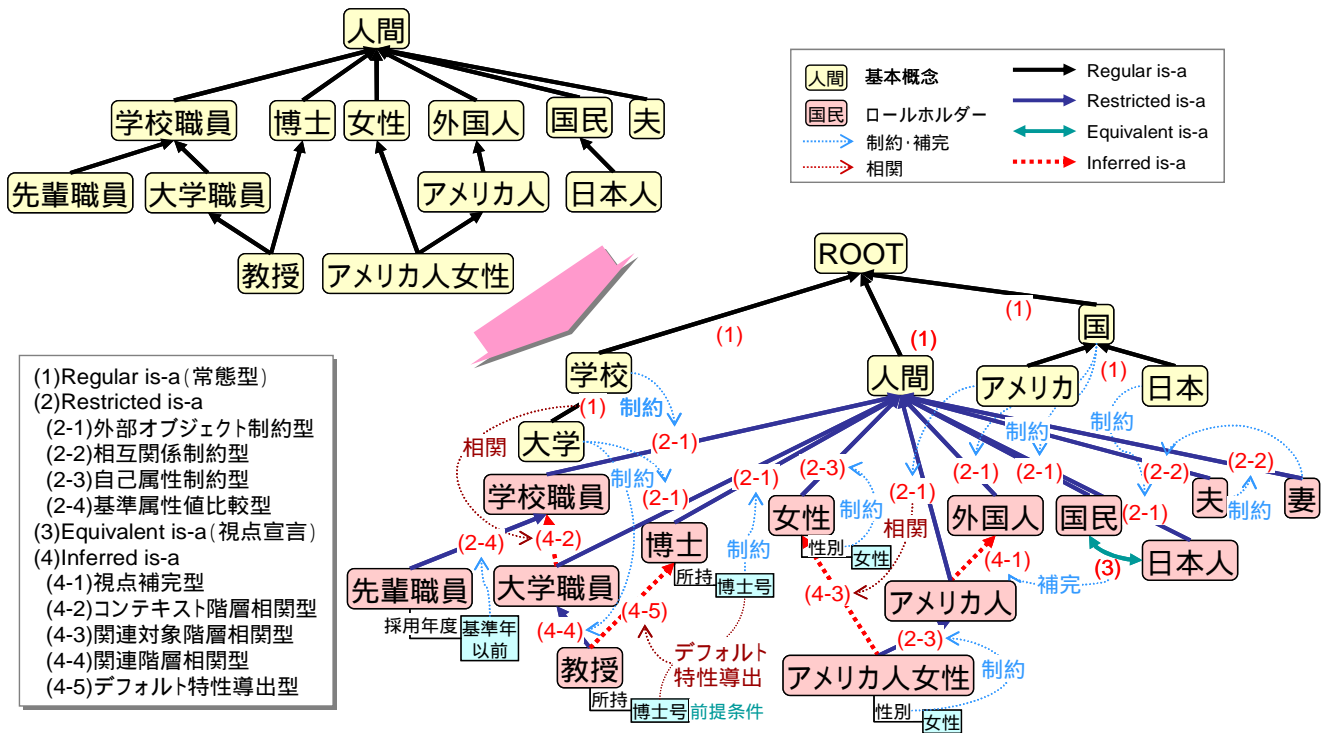


図 7 峻別された is-a 関係に対応する制約と相関の明示

データができる。コンテキストはいずれも「(自己の)性別属性」で共通しており、<アメリカ人女性 is-a 女性>という関係が導かれる。

一方、<女性 is-a 人間>という is-a 関係があらかじめあるとき <アメリカ人女性 is-a アメリカ人>という is-a 関係を導出すると考えることもできる。いずれを選択するかは決定は恣意的にならざるを得ないが、この現象は、関連対象の上位概念がロールホルダーであって、複数のアスペクト依存性が混在している場合に限定される。そこで[上田 06]では、関連対象階層の上位を必ず基本概念とする、ヒューリスティクスによって、上記のような問題が生じないように変形する方法を提案している。

(4) 関連階層相関型

コンテキストと関連対象間の関連の抽象階層によって制約される is-a 関係である。例えば学校関係者と学校長は、コンテキスト「学校」と関連対象「人間」は共通するが、前者の関連は単に学校のメンバーであること、後者はそのうち学校のリーダーであることであり、関連の抽象度が異なる。その抽象度の差によって「学校長 is-a 学校関係者」という関係が成り立っている。

ただし、関連階層は、同一コンテキスト、関連対象に対して、異なるロール抽象度を持つものであり、アスペクト依存性の枠組みの中では、まとめてひとつの CA の中で扱われるものとなる。そのため、導出可能ではあるものの、コンテキストに制約された Restricted is-a 関係として扱っている。

(5) デフォルト特性導出型

なんらかのデフォルト特性を持つ概念とそのデフォルト特性を定義に持つ概念の間に導出される is-a 関係である。デフォルト特性とは、ある概念のインスタンスならば通常保持するが、保持しないインスタンスも許容される性質であり、必要条件で定義される。例えば、大学教授である必要条件の1つは博士号を持つことであり、同時に大学教授のデフォルト特性の1つである。ここで博士の必要十分条件が博士号を持つ人間である場合、<大学教授 is-a 博士>が論理的に導かれる。

しかし博士号を持っていないでも、能力があれば例外的に大学教授になれる場合がある。なぜなら、ある概念のインスタンスであることを判別する手掛かりは、その概念の本質属性を持つことであり、それ以外の属性が変わろうが関係ないからである。つまり、大学教授であることの本質とは関係ない博士号を所持しようがしまいが、大学で教授職に就いていれば、その個体は大学教授のインスタンスであるとオントロジー的には認定できる。

ところが、そうした特殊な例を想定すると、下位概念のインスタンスであるが上位概念のインスタンスではないという、論理的に矛盾する可能性を有しており、その点が明白に他の is-a 関係とは異なっている。そこでこのタイプの is-a 関係を、他のものと区別して特に**デフォルト is-a 関係**と呼ぶことにする。

同様な例としては、喫煙者は 20 才以上が原則であるため <喫煙者 is-a 大人>が導かれるが、20 才未満でも喫煙していれば喫煙者になれるし、トラは原則 4 足歩行動物であるから <トラ is-a 4 足歩行動物>という関係が成り立つが、ケガをして 3 本足になったトラモトラであることは変わらない。

3.6 is-a 関係の依存関係の明示例

これまで説明した 11 種類の is-a 関係をまとめて説明したものを図 7 に示す。まず図 7 左上は、依存関係の明示前の概念階層である。これに Restricted is-a の制約、Equivalent is-a が表す視点、Inferred is-a が依存する相関を明示して、is-a 関係の型を峻別して表現したものを右下に示す。

まず青い線は Restricted is-a 関係を表す。Restricted is-a 関係は、なんらかのコンテキストによって制約されている is-a 関係である。その制約条件を明示するためには、オントロジーにクラスを追加する必要がある。峻別前の概念階層では、人間の下位概念だけ定義していたが、学校職員は、学校を職場として働く人であるので、学校を定義する必要があることから、<学校職員 is-a 人>は、学校に制約されていることを記述する。こうした制約をオーサが単独で見いだすことは難しいが、こうした制約記述を支援するために、概念定義パターンとして概念化アスペクト

(CA)を提供してやればよいと考えている。つまりCAを適用することで、対象世界の暗黙的仮定を明示することを支援することにもつながる。

次に赤い点線部分は、周囲の is-a 関係から導出される Inferred is-a 関係を表している。Inferred is-a 関係の上位クラス、下位クラスの定義に相関関係があることや、Equivalent is-a 関係を補完する形で導出されていることが分かる。

4. is-a 関係の峻別支援

次に is-a 関係の依存関係の分析を元にして、is-a 関係の峻別ルールとその利用方法について検討した。

4.1 is-a 関係峻別ルール

is-a 関係の依存性を分析した結果得られた is-a 関係峻別ルールを表 3 に示すように用意した。ルールの多くは、概念化アスペクト(CA)を手がかりにして is-a 関係を峻別するように構築している。

is-a 関係峻別ルールは、CA で明示される制約(Restricted is-a 関係, Equivalent is-a 関係)を発見するルールと、導出される is-a 関係(Inferred is-a 関係)を発見するルールに分かれており、前節の is-a 関係の成立制約と相関・補完の分析に従った形で記述されている。例えば(2)型の Restricted is-a 関係は、同一の CA と対応付けられた関連対象とロールホルダーを発見することで峻別でき、(4-2)型の Inferred is-a 関係は、注目する is-a 関係の概念がともに異なる CA のロールを担い、それぞれのコンテキストに is-a 関係がある場合に峻別できる。

なお峻別ルールは表 3 では Prolog 風で記述しているが、現在のプロトタイプ実装ではオントロジーは独自の XML 形式の内部表現を持っている。そのため、その DOM ツリーに対する操作として XPath 式を条件部、DOM の変換ルールを結論部として持つテンプレートルールとして表現している。

次に、この峻別ルールを用いた is-a 関係の峻別の流れを説

表 3 is-a 関係峻別ルール

is-a型		is-a型峻別ルール
Restricted is-a	(2)	Restricted-is-a(X,O) :- CA(C, O, r), RH(X, r)
	(4-4)	Restricted-is-a(X,Y) :- CA(C, O, r ₁), CA(C, O, r ₂), RH(X, r ₁), RH(Y, r ₂), is-a(X, Y).
Equivalent is-a	(3)	Equivalent-is-a(X,Y) :- is-a(X,Y), RH(Y,r), role-type(r, C _{vp} -R). C _{vp} -R: 基準視点ロール
Inferred is-a	(4-1)	Inferred-is-a(X,Y) :- is-a(X,Y), RH(Y,r), role-type(r, C _m -R). C _m -R: 補完相対ロール
	(4-2)	Inferred-is-a(X,Y) :- CA(C ₁ , O, r ₁), CA(C ₂ , O, r ₂), RH(X, r ₁), RH(Y, r ₂) is-a(X, Y), is-a(C ₁ , C ₂).
	(4-3)	Inferred-is-a(X,Y) :- CA(C, O ₁ , r ₁), CA(C, O ₂ , r ₂), RH(X, r ₁), RH(Y, r ₂) is-a(X, Y), is-a(O ₁ , O ₂).
(Default is-a)	(4-5)	Default-is-a(X,Y) :- CA(C, O, r), BC(X), RH(Y,r), direct-is-a(X, Y), is-a(X, O). Default-is-a(X,Y) :- CA(C ₁ , O ₁ , r ₁), CA(C ₂ , O ₂ , r ₂) RH(X, r ₁), RH(Y, r ₂), direct-is-a(X, Y), is-a(X, O), not(is-a(C ₁ , C ₂))

CA(C,O,r) : 同一CAにコンテキストC, 関連対象O, ロールrが存在
RH(X, r) : Xはロールrのロールホルダー
role-type(r, R) : ロールrのロール型がR
is-a(X, Y) : Xの祖先クラスがY
direct-is-a(X,Y) : Xの親クラスがY

明する。

4.2 峻別ルールの利用手順

(1) オーサによる概念化アスペクトの適用

まず、オントロジーに対して概念化アスペクト(CA)を適用する。例えば図 8 左上の自国籍-外国籍 CA は、国コンテキストにおいて、任意の関連対象が自国籍と外国籍のものに区分されることを表現する CA である。その CA 型である C_m-CAM では、グループ概念をコンテキスト、関連対象を任意の実体としたとき、関連対象が担うロールは、基準視点ロール(C_{vp}-Role)型のもので補完相対ロール(c_m-Role)型のものであり、それらのロールホルダーは関連対象のインスタンス集合を区分することが定義されている。C_m-CAM をインスタンス化することによって定義された自国籍-外国籍 CA は、それらの性質が受け継がれており、例えば人間を関連対象としたとき、ロールホルダー自国民と外国人は、人間のインスタンス集合を区分する。

(2) is-a 関係峻別ルールの実行

その結果、表 3 で示した峻別するルールが発火する。まず CA を適用したことによって、Restricted is-a を導出するルールが発火し、<国民 Restricted is-a 人間>, <外国人 Restricted is-a 人間>が導かれる。

さらに自国籍 R と外国籍 R のロール型はそれぞれ、C_{vp}-Role, C_m-Role であると CA には定義されていたことから、その記述によって(3)の Equivalent is-a を導出するルールと(4-1)の Inferred is-a 導出のルールが適用され、<日本人 Equivalent is-a 国民>, <アメリカ人 Inferred is-a 外国人>, <中国人 Inferred is-a 外国人>という is-a 型が導出される(図 8 右下)。

4.3 is-a 関係峻別の用途

is-a 関係峻別の用途として、概念階層の正規化を利用することを考えている。

概念階層の正規化とは、概念階層の冗長性を減らし、不整合を起こしにくくする操作である[上田 06]。概念階層正規化の元々のアイデアは Rector[Rector 02]によって提案されたもので、オントロジーの再利用性やメンテナンス性の向上のために、オントロジーを木構造の概念階層と制約記述にモジュール化してメンテナンスしやすくし、利用時には、モジュールに対して推論して目的のコンテキストに従った DAG 構造のオントロジーを生成できるようにしている。このことでオントロジーのメンテナンスのしやすさと複雑な概念定義の両立を図っている。

基本的に我々もこのアイデアを踏襲しており、上記に加えて、先に DAG 構造のオントロジーを与えられたときに、木構造のオ

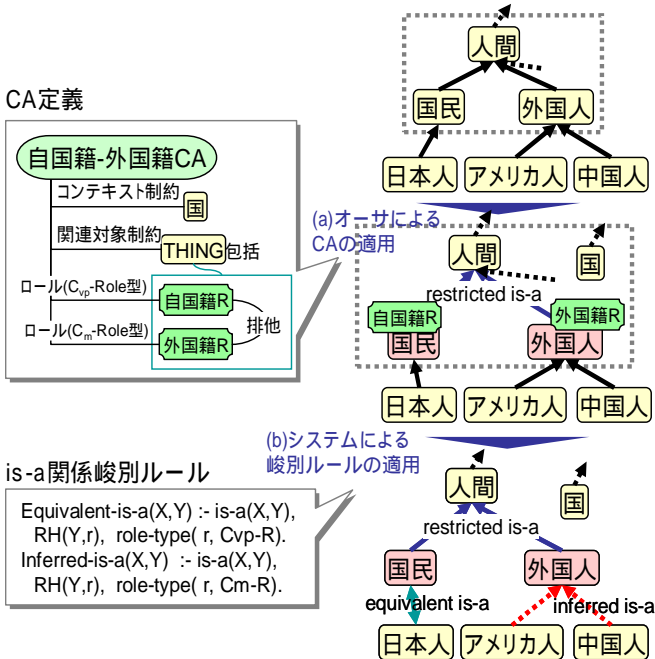


図 8 CA と峻別ルールを用いた is-a 関係の峻別

ントロジーを得るための手段を提供する。そのために導出して得られる is-a 関係である Inferred is-a 関係を見つけ出し、本質属性を継承する Regular is-a と Restricted is-a で構成される木構造と制約記述に分解することを支援しようとしている。

例えば、図 7 においては 4 カ所の Inferred is-a 関係が記述されている。これらは次の情報根拠に導出される。まず<アメリカ人 is-a 外国人>は、国民と外国人が人間を区分する概念であることと<日本人 is-a 国民>と記述されていることから導出される。<大学職員 is-a 学校職員>は、コンテキストである<大学 is-a 学校>との相関から導出される。さらに<アメリカ人女性 is-a 女性>は性別属性が女性で共通であること、<教授 is-a 博士>は、博士号の所持属性が共通していることから導出できる。そのため、これらを inferred is-a 関係として、regular is-a と restricted is-a の多重継承を排除することによって概念階層の冗長性を減少させることができる。

5. まとめ

本稿では、我々の提案するオントロジー構築支援の基盤知識である概念化アスペクト(CA)と is-a 関係峻別ルールの理論的基盤として、アスペクト依存性とロールの分析と is-a 関係間の依存性について分析した。

まずロールの成立状況をコンテキストと視点からなるアスペクト依存性に従って整理し、その整理に従って概念定義パターンである CA を基本 6 パターンに分類した。また is-a 関係の依存性について分析し、CA と組み合わせる is-a 関係を峻別することができるようにルール化し、その挙動について確認した。

このように概念化した CA と is-a 関係峻別ルールをシステム知識として実装したオントロジー構築環境は、概念定義とオントロジーの冗長性を指摘しながら構築を支援できることが期待できる。

現在、CA と is-a 関係峻別ルールを用いてオントロジー構築フレームワークの開発と、そのフレームワークに基づいたオントロジー構築環境の実装を計画しており、今後、報告する予定である。

参考文献

- [Brachman 83]Brachman, R. J., "What IS-A is and isn't: an analysis of taxonomic links in Semantic networks,"IEEE Computer 16(10), pp. 30-36.
- [Masolo 04]C. Masolo, L. Vieu, E. Bottazzi, et.al., "Social Roles and their Descriptions", Proceedings of KR2004, Whistler, Canada, pp. 267-277, 2004
- [溝口 05]溝口, "オントロジー工学入門",オーム社,2005
- [Rector 02] Rector, A. : "Normalisation of ontology implementations: Towards modularity, reuse,maintainability", In EKAW Workshop on Ontologies for Multiagent Systems, 2002.
- [砂川 05]砂川, 古崎, 來村, 溝口, "コンテキスト依存性に基づくロール概念組織化の枠組み", 人工知能学会論文誌, Vol.20 No.6 pp.461-472, 2005
- [上田 06]上田, 池田"概念化アスペクト:オントロジー構築の手掛かり",第 14 回 SWO 研究会
- [上田 07]上田, 池田, "概念化アスペクトに基づくオントロジー構築", 第 21 回人工知能学会全国大会, 1D3-2, 2007 年 6 月