知識工学 II (第 4 回)

二宮 崇 (ninomiya@cs.ehime-u.ac.jp)

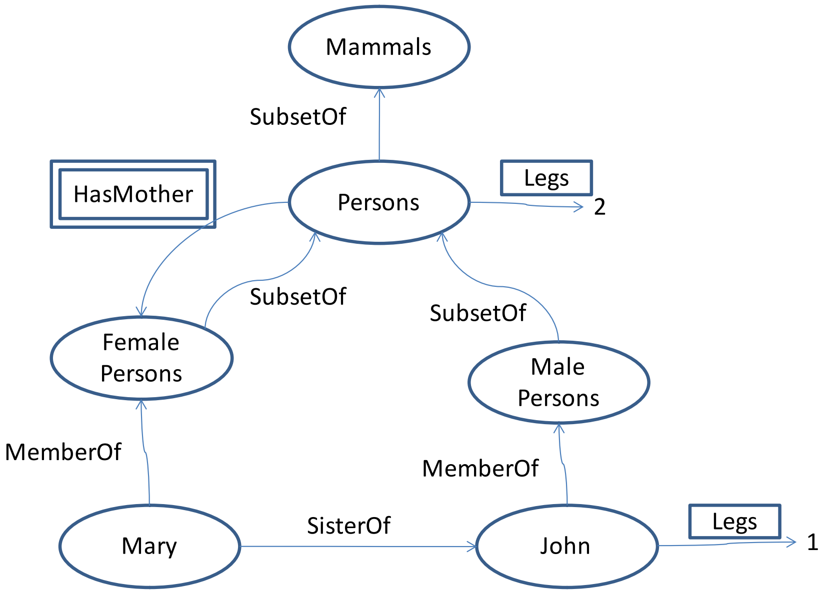
知識表現 (12 の続き)

§12.5 カテゴリのためのの推論システム

§12.5.1 意味ネットワーク

楕円：オブジェクトまたはカテゴリ

ラベル付の枝：オブジェクトやカテゴリの間の関係



二重の四角：カテゴリ間の関係ではなく、そのカテゴリに属する要素間の関係

例: $\forall x\ x \in Persons \Rightarrow [\forall y\ \ HasMother(x, y) \Rightarrow y \in FemalePersons]$

四角: そのカテゴリの全ての構成要素が持つ属性

例: $\forall x\ x \in Persons \Rightarrow Legs(x, 2)$

継承: オブジェクトの属性は所属するカテゴリやその上位のカテゴリから継承される。

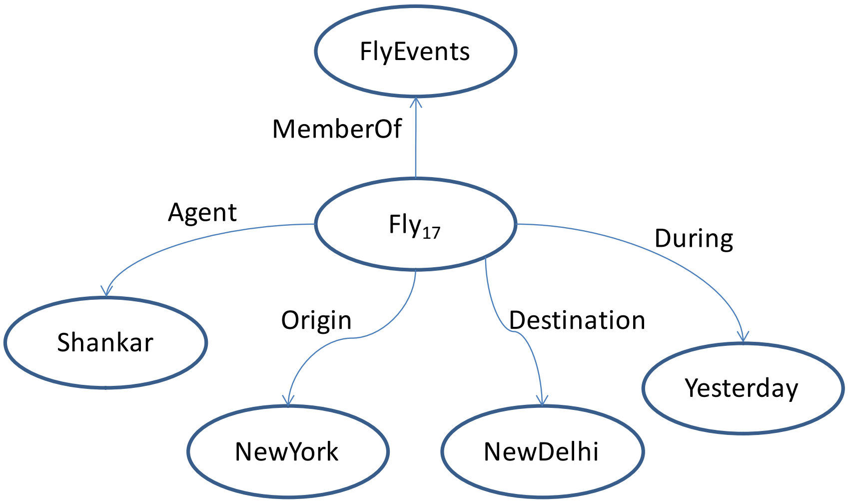
デフォルト値：上位のカテゴリの属性はデフォルトとなっており、継承によって上書きされる。

例: Persons は二本足であるが、John は一本足である。

論理式の場合 $\forall x\ x \in Persons \wedge x \neq John \Rightarrow Legs(x, 2)$

n 項関係への拡張: 命題自身を適当な事象カテゴリに属する一事象として具体化

例: Fly(Shankar, NewYork, NewDelhi, Yesterday)



§12.5.2 記述論理 (description logic)

カテゴリの定義や性質をより簡単に記述できるように設計された記法。意味ネットワークから発展。セマンティックウェブの基礎理論。知識ベースは TBox と Abox から成る。論理というよりは、オブジェクトの集合を領域とする代数。

TBox: カテゴリ間の包含関係 (SubsetOf) を記述

ABox: オブジェクトが属するカテゴリ (MemberOf) や、オブジェクトとオブジェクトの関係(命題)を記述

TBox と Abox から条件を満たすオブジェクトを検索

※同義語に関する補足

{カテゴリ(category)、クラス(class)、コンセプト(concept)}

{属性(property)、ロール(role)}

{オブジェクト(object)、個体(individual)、領域要素(domain element)}

{領域(Domain)、Thing}

Dom… 領域(Domain)　(領域= 全てのオブジェクトの集合)

I… 解釈(Interpretation)

$\top$	$(\top)^I$=Dom
$\bot$	$(\bot)^I$={}
$\neg$C	$(\neg C)^I = Dom \setminus C^I$
$C \sqcap D$	$(C \sqcap D)^I = C^I \cap D^I$
$C \sqcup D$	$(C \sqcup D)^I = C^I \cup D^I$
$\exists R.C$	$(\exists R.C)^I = \{x \mid \exists y\ (x,y) \in R^I \wedge y \in C^I\}$
$\forall R.C$	$(\forall R.C)^I = \{x \mid \forall y\ (x, y) \in R^I \Rightarrow y \in C^I\}$
$\leqq nR.C$ $(\geqq nR.C)$ $(=nR.C)$	$(\leqq nR.C)^I = \{x \mid\ \lvert\{y \mid (x, y) \in R^I \wedge y \in C^I\}\rvert \leqq n\ \}$ 同様 同様
$\leqq nR$ $(\geqq nR)$ $(=nR)$	$(\leqq nR)^I = \{x \mid\ \lvert\{y \mid (x, y) \in R^I\}\rvert \leqq n\ \}$ 同様 同様

また、オブジェクトの集合の定義(同値関係)や包含関係を記述することもできる。

C=D	$C^I = D^I$
$C \sqsubseteq D$	$C^I \subseteq D^I$

例: 「独身男性は未婚の成人男性である」

一階述語論理: $\forall x\ Bachelor(x) \Leftrightarrow Unmarried(x) \land Adult(x) \land Male(x)$

記述論理: $Bachelor = Unmarried \sqcap Adult \sqcap Male$

例: 犬の子供をもつ犬(すなわち親犬)

一階述語論理: $Dog(x) \land (\exists y\ HasChild(x, y) \land Dog(y))$

記述論理: $Dog \sqcap \exists HasChild.Dog$

例: 子供をもつなら男の子だけもっている個体 (子供を持たない親も含む)

一階述語論理: $\forall y\ HasChild(x, y) \Rightarrow Male(y)$

記述論理: $\forall HasChild.Male$

例: 男の子だけをもつ個体

一階述語論理: $(\exists y\ HasChild(x, y)) \land (\forall y\ HasChild(x, y) \Rightarrow Male(y))$

記述論理: $\exists HasChild.Male \sqcap \forall HasChild.Male$

例: 人間は頭を持つ

一階述語論理: $\forall x\ Human(x) \Rightarrow (\exists y\ HasPart(x, y) \land Head(y))$

記述論理: $Human \sqsubseteq \exists HasPart.Head$

※ $Human \sqcap \exists HasPart.Head$ とは意味が異なることに注意

例: 息子が 3 人いる親

一階述語論理: $\exists s_1, s_2, s_3 \quad Son(x, s_1) \wedge Son(x, s_2) \wedge Son(x, s_3) \wedge s_1 \neq s_2 \wedge s_1 \neq s_3 \wedge s_2 \neq s_3 \wedge$

$$(\forall s_4\ Son(x, s_4) \Rightarrow s_1 = s_4 \vee s_2 = s_4 \vee s_3 = s_4)$$

記述論理: $=3Son$

例:「無職で医者と結婚している息子が少なくとも 3 人いて、物理学者あるいは数学科の教授である娘が高々2 人いるような男性の集合」

一階述語論理:

$Man(x) \wedge$

$(\exists s_1, s_2, s_3 \quad Son(x, s_1) \wedge Son(x, s_2) \wedge Son(x, s_3) \wedge s_1 \neq s_2 \wedge s_1 \neq s_3 \wedge s_2 \neq s_3) \wedge$

$\neg(\exists d_1, d_2, d_3 \quad Daughter(x, d_1) \wedge Daughter(x, d_2) \wedge Daughter(x, d_3) \wedge d_1 \neq d_2 \wedge d_1 \neq d_3 \wedge d_2 \neq d_3) \wedge$

$[\forall s\ Son(x, s) \Rightarrow (Unemployed(s) \wedge Married(s) \wedge (\forall w\ Spouse(s, w) \Rightarrow Doctor(w)))] \wedge$

$[\forall d\ Daughter(x, d) \Rightarrow (Professor(d) \wedge (\exists e\ Department(d, e) \wedge (Physics(e) \vee Math(e))))]$

記述論理:

$Man \sqcap \geqq 3Son \sqcap \leqq 2Daughter \sqcap$

$\forall Son.(Unemployed \sqcap Married \sqcap \forall Spouse.Doctor) \sqcap$

$\forall Daughter.\ (Professor \sqcap \exists Department.\ (Physics \sqcup Math))$