知 識 工 学 II (第 2 回)

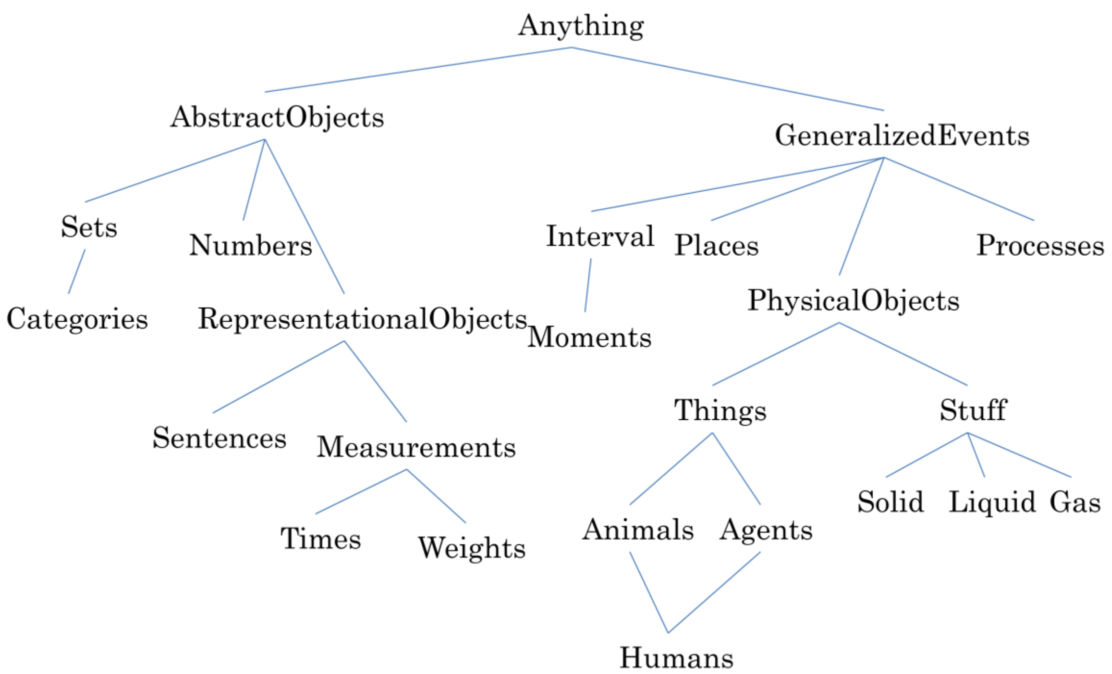
二宮 崇（ninomiya@cs.ehime-u.ac.jp）

知識表現 (12)

§12.1 オントロジー工学

・行為、時間、物理的オブジェクト、信念などの抽象的概念の表現

上位オントロジー: 概念の一般的枠組み



特殊目的のオントロジー: コンピュータ回路、ゲーム、家電商品、インターネットショッピング、法律、特許

多くの特殊目的のオントロジー → 汎用目的のオントロジー？

§8.2　一階述語論理の統語論

文→原子文 | (文　結合子　文) | 限量子 変数, … 文 | ¬文

原子文→述語(項, …) | 項 = 項

項→関数(項, …) | 定数 | 変数

結合子→⇒ | ∧ | ∨ | ⇔

限量子→∀ | ∃

定数→A | X_1 | John | …

変数→a | x | s | …

述語→Before | HasColor | Raining | …

関数→Mother | LeftLeg | …

※項はオブジェクトを表す

※原子文は述語の項がその関係を満たす時にのみ真になる。

※等号関係(=)は 2 つの項が同じオブジェクトを参照するという意味。

例: Married(Father(Richard), Mother(John))

例: ∀x　Male(x) ⇔ ¬Female(x)

例: Orange(x)∧Round(x)∧x∈Balls ⇒ x ∈Basketballs

例: ∃x,y　Brother(x, Richard) ∧ Brother(y, Richard) ∧ ¬(x=y)

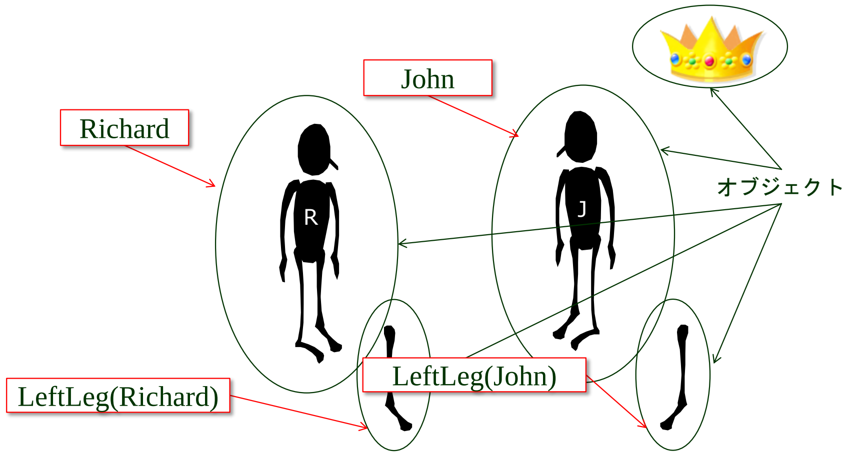
〇一階述語論理の意味論

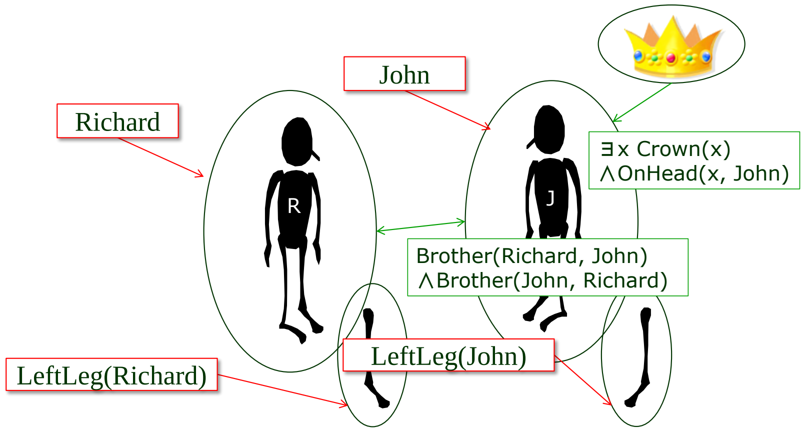
・オブジェクトの集合から成る

・定数は何らかのオブジェクトを指す

・項(関数と定数と変数の組合せ)も何らかのオブジェクトを指す

・述語はオブジェクトの性質、またはオブジェクト間の関係を表す





§8.3.3 数、集合、リスト

〇自然数

ペアノの公理

・0, S(0), S(S(0)),S(S(S(0))),…は自然数

$$NatNum(0).$$

$$\forall n\ NatNum(n) \Rightarrow NatNum(S(n)).$$

・自然数はそれぞれ異なる

$$\forall n\ 0 \neq S(n).$$

$\forall m,n \quad m \neq n \quad \Rightarrow \quad S(m) \neq S(n).$

・足し算

$\forall m \quad NatNum(m) \ \Rightarrow \ +(0,m) = m.$

$\forall m,n \quad NatNum(m) \ \wedge \ NatNum(n) \ \Rightarrow \ +(S(m), n) = S(+(m,n)).$

$S(S(0))+S(0) = S(S(0)+S(0))=S(S(0+S(0)))=S(S(S(0)))$

〇集合

・空集合、もしくは集合に要素を追加して得られる集合のみが集合である

$\forall s \ Set(s) \ \Leftrightarrow \ (s = \{\}) \ \vee \ (\exists x,s_2 \ Set(s_2) \ \wedge \ s = \{x|s_2\})$

・空集合は要素をもたない。

$\neg \exists x, s \ \{x|s\} = \{\}$

・すでに含まれている要素を集合に追加しても何も変わらない。

$\forall x, s \quad x \in s \ \Leftrightarrow \ s=\{x|s\}$

・集合の要素

$\forall x, s \quad x \in s \ \Leftrightarrow \ \exists y, s_2 \quad (s=\{y|s_2\} \wedge \ (x=y \vee x \ \in s_2))$

・部分集合

$\forall s, t \quad s \subseteq t \ \Leftrightarrow \ (\forall x \ x \in s \ \Rightarrow \ x \ \in t)$

・等しい

$\forall s, t \quad (s=t) \ \Leftrightarrow \ (s \subseteq t \ \wedge \ t \ \subseteq s)$

・積集合

$\forall x,s_1,s_2 \ x \in (s_1 \cap s_2) \Leftrightarrow (x \in s_1 \wedge x \in s_2)$

・和集合

$\forall x,s_1,s_2 \ x \in (s_1 \cup s_2) \Leftrightarrow (x \in s_1 \vee x \in s_2)$

〇リスト

集合と似ている。要素に順番があり、同じ要素が二つ以上入っても良い。

空リスト [ ]

リスト z の先頭の要素 x と残り y　z = [x|y]

$[x_1|[x_2|\cdots[x_n|[]]\cdots]]$ を $[x_1, x_2, \cdots, x_n]$ と表記する

§12.2 カテゴリとオブジェクト

カテゴリ: その構成要素からなる集合、もしくは Member と Subset という関係が定義されたより複雑なオブジェクト

オブジェクトをカテゴリに組織化。推論の多くはカテゴリレベルで起こる。

- オブジェクトの属性からカテゴリの要素であることを推論
- カテゴリの情報をつかってオブジェクトの予測をたてる

例

オブジェクトが緑色の斑紋のある皮をもち、大きくて卵形の形状をしている→スイカ

スイカ→フルーツサラダに使える

一階述語論理によるカテゴリの表現 (二つの流儀)

- 述語を使って表現
  - Basketball(b)
- カテゴリをオブジェクトとして具体化(reification)
  - Member(b, Basketballs),　b∈Basketballs と略記。メンバー、メンバーシップ。
  - Subset(Basketballs, Balls),　Basketballs ⊂Balls と略記。サブカテゴリ、サブクラス、サブセット。

○カテゴリと継承(inheritance)と分類学(taxonomy)

・カテゴリ Food の全てのインスタンスは食べられる

・Fruit は Food の部分クラス

・Apple は Fruit の部分クラス

→全てのリンゴは食べられる

「リンゴが Food カテゴリの要素である」ということから、個々のリンゴは「食べられる」という性質を Food カテゴリから継承している。

カテゴリとオブジェクトの記述の例

・あるオブジェクトはあるカテゴリの要素である。例: $BB_9 \in$ BasketBalls

・あるカテゴリは別カテゴリの部分集合である。例: Basketballs $\subset$ Balls

・あるカテゴリの全ての要素はいくつかの属性を持っている。例: $x \in$ Basketballs $\Rightarrow$ Spherical(x)

・あるカテゴリの要素はいくつかの属性から導かれる。例: Orange(x)∧Round(x)∧Diameter(x)=9.5'' ∧x∈Balls ⇒ x ∈Basketballs

・あるカテゴリはそれ自体属性を持っている。例: Dogs $\in$ DomesticatedSpecies

○互いに部分クラスの関係にないクラスの関係

・互いに素 (disjoint): 二つ以上のカテゴリが共通の要素を持たない。

$$\mathrm{Disjoint}(s) \Leftrightarrow (\forall c_1, c_2 \quad c_1 \in s \wedge c_2 \in s \wedge c_1 \neq c_2 \Rightarrow \mathrm{Intersection}(c_1, c_2) = \{\})$$

・網羅的分解(exhaustive decomposition): 部分クラスの要素の和集合が親クラスの要素の集合と一致

$$\mathrm{ExhaustiveDecomposition}(s, c) \Leftrightarrow (\forall i \quad i \in c \Leftrightarrow \exists c_2 \quad c_2 \in s \wedge i \in c_2)$$

・分割(partition): 親クラスの要素を二つに分割

$$\text{Partition}(s, c) \Leftrightarrow \text{Disjoint}(s) \land \text{ExhaustiveDecomposition}(s, c)$$

例

Disjoint({Animals, Vegerables})

ExhaustiveDecomposition({Americans, Canadians, Mexicans}, NorthAmericans)

Partition({Males, Females}, Animals)

○メンバーシップの必要十分条件によるカテゴリの定義

$\forall x \quad x \in \text{Bachelors} \Leftrightarrow \text{Unmarried}(x) \land x \in \text{Adults} \land x \in \text{Males}$