

人工知能入門

第5回

藤田 悟

黄 潤和

前回までの復習：知識表現

- ◆ 宣言的知識
 - ◆ is-a 型
 - ◆ has-a 型
 - ◆ 論理式を用いた表現
 - ◆ 命題論理式
 - ◆ 述語論理式
- ◆ 手続的知識
 - ◆ プロダクションルール(システム)

<http://www.amzi.com/ExpertSystemsInProlog/xsipfrtop.htm>

2.1 The Bird Identification System

```
bird(laysan_albatross):- family(albatross), color(white).
bird(black_footed_albatross):- family(albatross), color(dark).
bird(whistling_swan) :- family(swan), voice(muffled_musical_whistle).
bird(trumpeter_swan) :- family(swan), voice(loud_trumpeting).
family(albatross).
color(dark).
```

Enter your query:

 Show parse results

```
Parsing rulesets.
```

```
Attaching builtins to database.
Attachments done.
```

```
Parsing query.
```

```
X = black_footed_albatross
```

Prolog in JavaScript

<http://ioctl.org/logic/prolog-latest>

今回学ぶこと

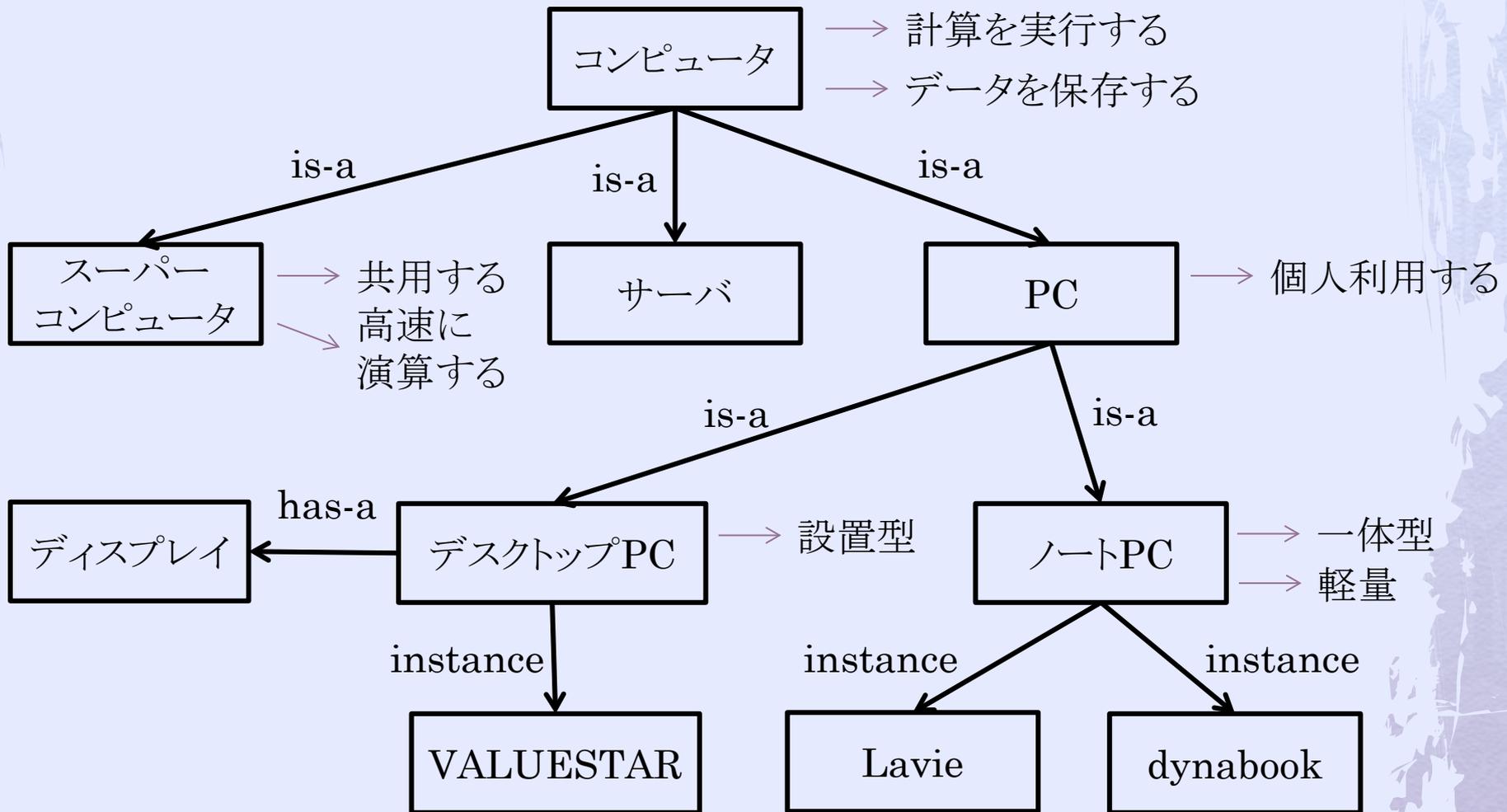
- ◆ 様々な用途のための様々な知識表現
 - ◆ 意味ネットワーク
 - ◆ フレーム
 - ◆ スクリプト

意味ネットワーク

ネットワークで表現する

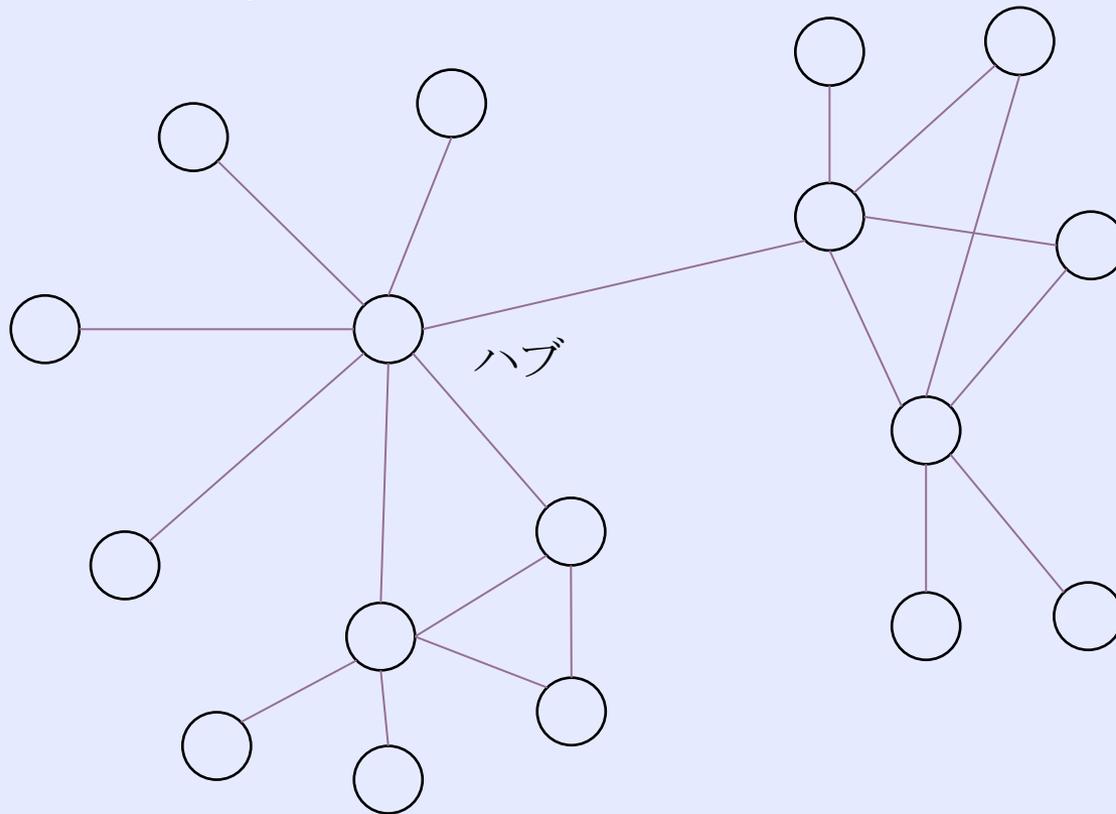
- ◆ 様々な知識表現方法
 - ◆ 論理式は、真理値を持つ式で知識を表現した。
 - ◆ プロダクションシステムは、**IF-THEN** のルールで知識を表現した。
- ◆ 空間を使って、可視化・構造化した知識を表現できたら、人間が理解しやすい
 - ◆ グラフ構造を使って、知識を表現する!!
 - ◆ 節点 (node): 概念
 - ◆ 枝 (arc): 関係

継承を使った意味ネットワーク



人間関係を表現するネットワーク

- ◆ Social graph は、知り合いの関係をネットワークで表現する



(演習1) 意味ネットワーク

1. ネコ科の継承関係について意味ネットワークで表現せよ
 - ◆ ネコ科の下にはネコ属の他に、ヒョウ属があり、ヒョウ属の中にはトラやライオンが分類されます
 - ◆ ネコ属のイエネコの下には、ペルシャ猫、三毛猫..
2. 「机」の周りにおける概念を意味ネットワークで表現せよ



ネットワーク表現の特徴

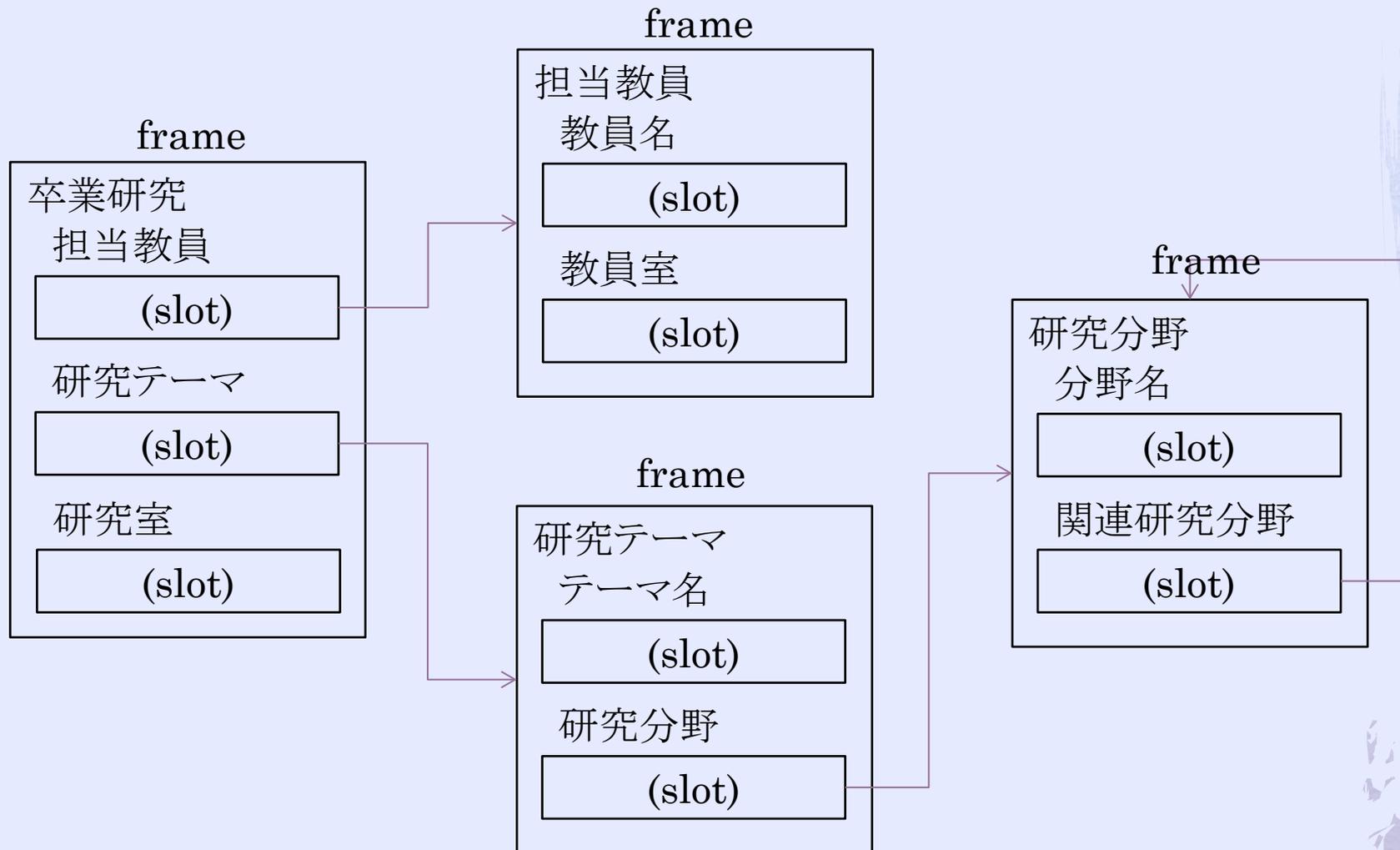
- ◆ 表現力
 - ◆ 事実、事実間の関係を表現できる
 - ◆ 階層構造を持たせると一般/特殊の知識を表現できる
- ◆ 有効性
 - ◆ 枝に沿った推論が可能
- ◆ 効率性
 - ◆ 階層構造により知識を抽象化できる
- ◆ 説明性
 - ◆ わかりやすく、推論が可視化できる

フレーム

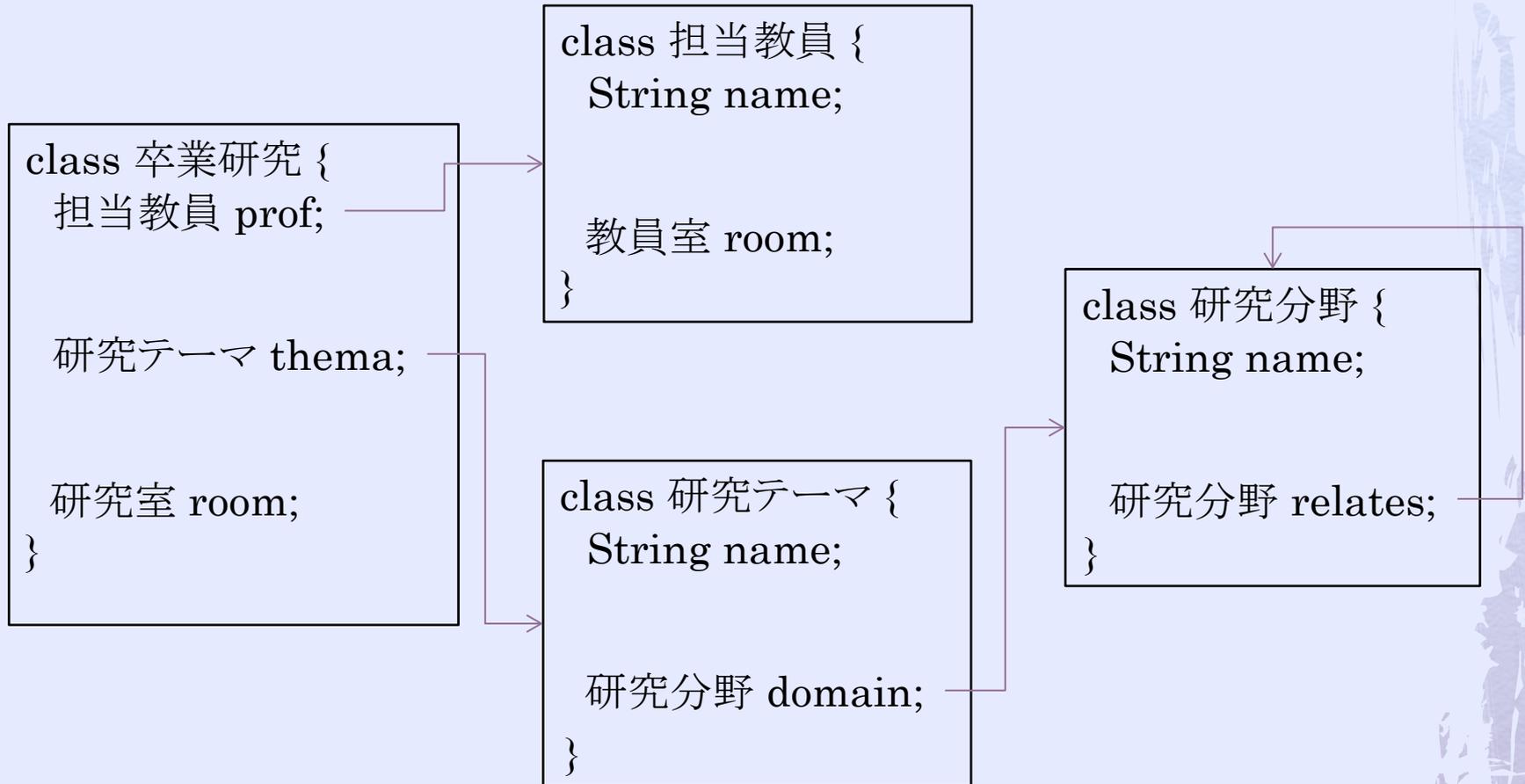
構造化された知識表現

- ◆ Minsky, 1975
- ◆ フレームは、対象物の持つ特性や構造を階層的な詳細化手法をもって体系化する
 - ◆ 継承構造は、意味ネットワークの is-a
 - ◆ 構造の保有関係は、意味ネットワークの has-a
 - ◆ 対象物の性質・属性を明確に定義
- ◆ Java のクラスの概念とマップしやすい

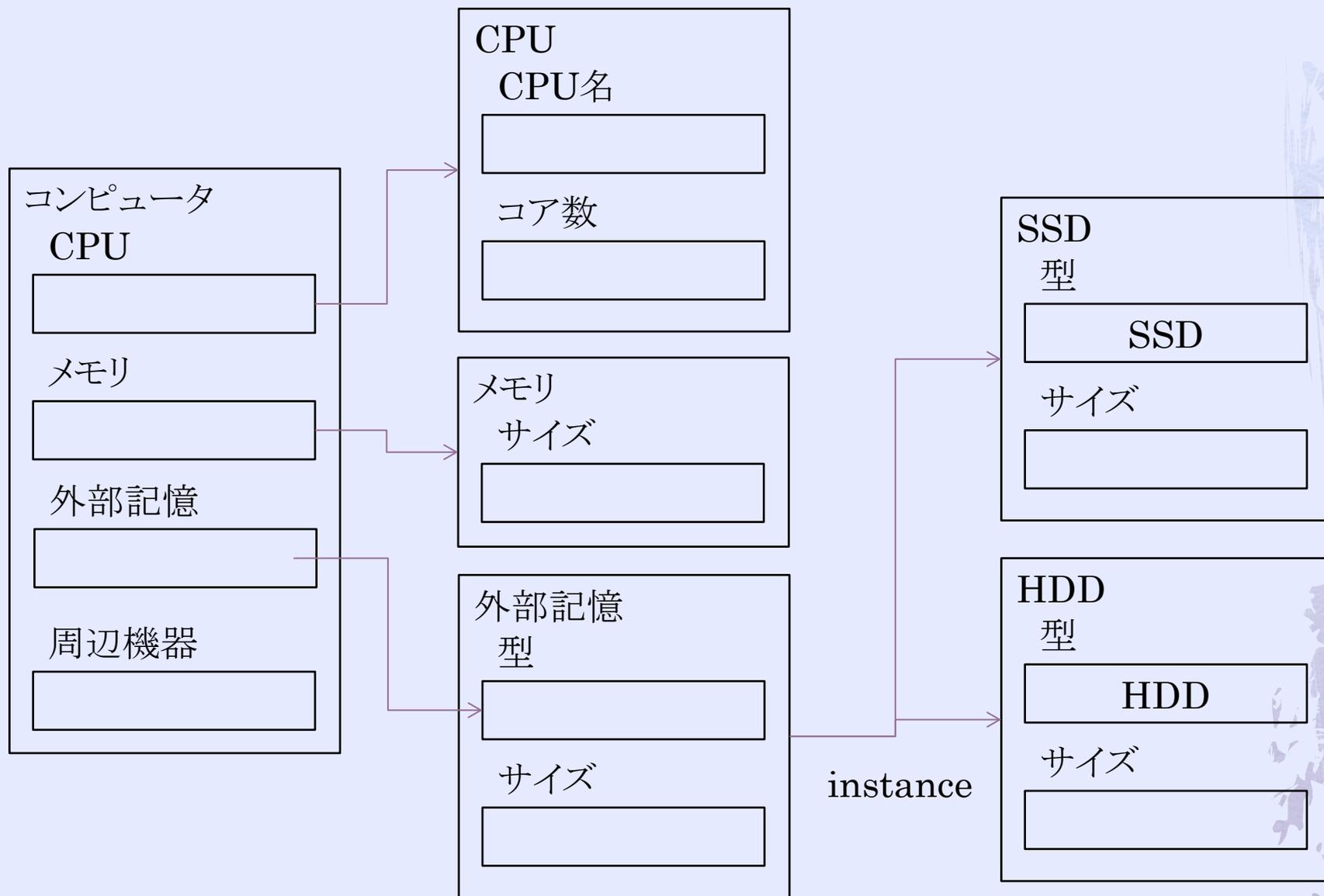
卒業研究のフレーム表現



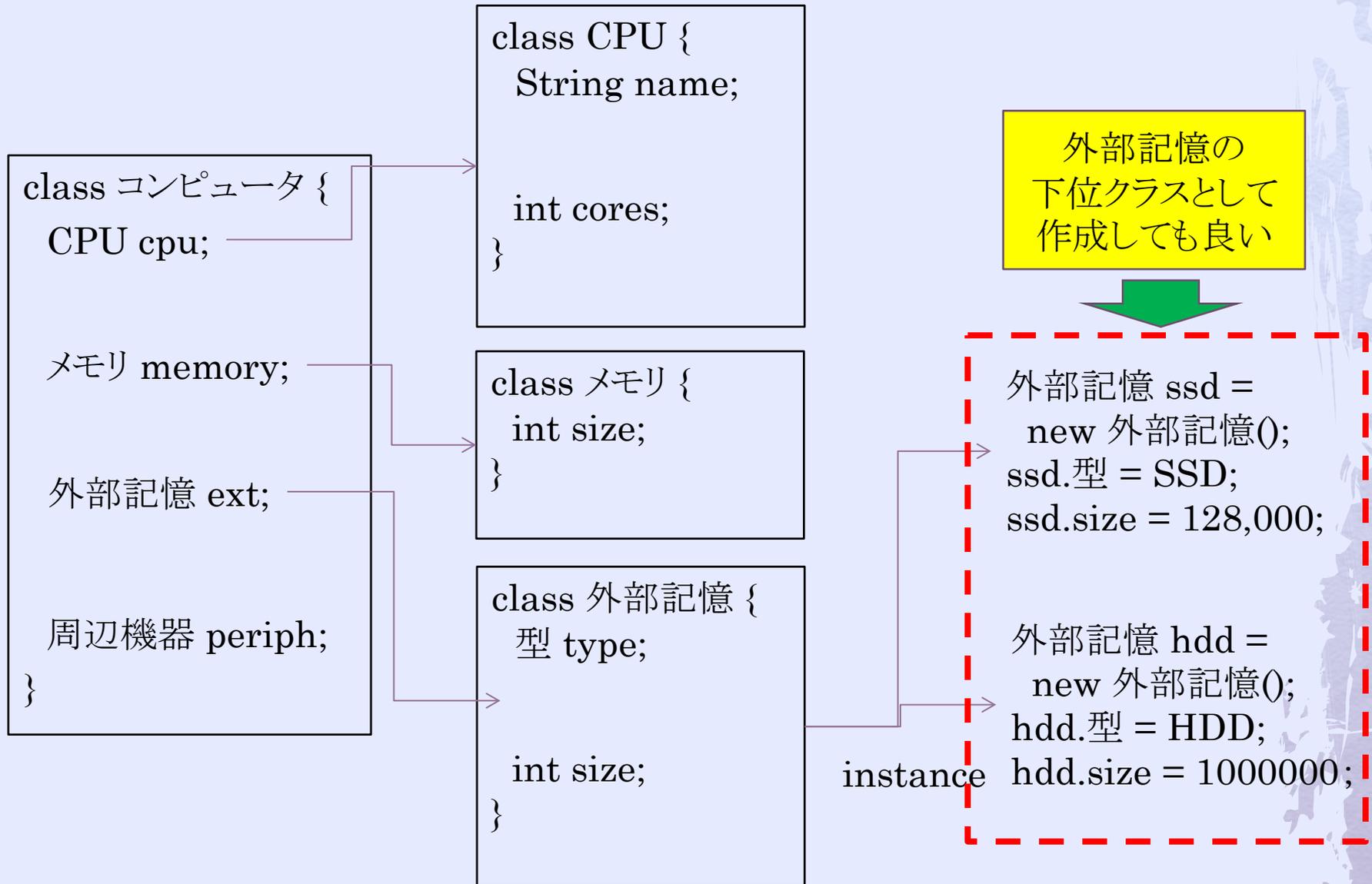
卒業研究のフレームの Java 表現



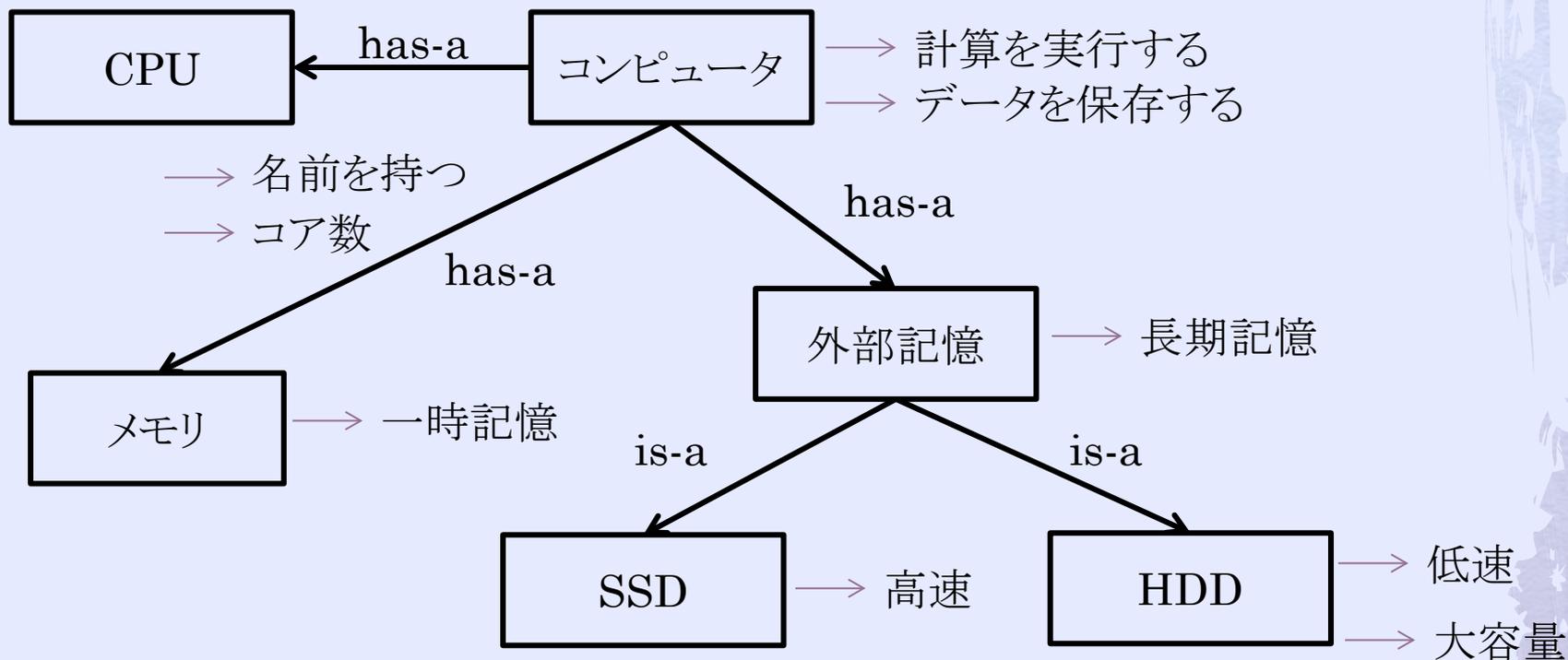
コンピュータの仕組みのフレーム表現



コンピュータの仕組みのJava 表現



等価な意味ネットワーク



フレーム表現の特徴

- ◆ 表現力
 - ◆ 構造化された知識と手続知識の表現ができる
- ◆ 有効性
 - ◆ スロットの値変化時にイベントを実行できる
- ◆ 効率性
 - ◆ オブジェクト指向言語で効率的に実装できる
- ◆ 説明性
 - ◆ 構造、階層関係が明確に定義できる

スクリプト

スクリプト - 文脈を表現する

- ◆ Schank, 1977
- ◆ シーンやイベントを理解するには、背景となる文脈の理解が必要になる。
 - ◆ 「レストランに行った。おいしかった。」
 - ◆ 「レストランに行く」を文字通り「移動行動」と理解すると、なぜ、「おいしかった」と続くのか理解できない。
 - ◆ 「プログラム演習をした。PCの調子がおかしい。」
 - ◆ 「プログラム演習」の中で、何が必要で、何をするのかを知っていないと、なぜ、「PC」が出てくるのか理解できない。

レストラン・スクリプト

◆ レストランに行く

- ◆ 家を出る
- ◆ 移動する
 - ◆ 歩く、自動車に乗る、電車に乗る
- ◆ レストランに到着する
- ◆ メニューを選ぶ
- ◆ 前菜を食べる
- ◆ 主菜を食べる
- ◆ 満腹になる
- ◆ レジで料金を払う
- ◆ 移動する
- ◆ 家に帰る

このような一連の出来事を知らないと、レストランを背景とした文章を理解することはできない

スクリプトを構造的に考える

- ◆ 使用条件: スクリプトを始める前提知識
 - ◆ 空腹である
 - ◆ レストランが開店している
 - ◆ 所持金を持っている
- ◆ 結果: スクリプトが終了した時の知識
 - ◆ 満腹である
 - ◆ 所持金が減っている
- ◆ プロップ: 出来事に現れる対象物
 - ◆ レストラン、移動手段、前菜、主菜、レジ
- ◆ シーン: 出来事の系列
- ◆ トラック: いくつかの選択肢
 - ◆ 歩いていく/自動車に乗る/電車に乗る
 - ◆ ステーキを食べる/お寿司を食べる

旅行スクリプト

- ◆ 使用条件: 時間に余裕がある。お金がある。
- ◆ 結果: お金が減る。満足する。ストレスが減る。
- ◆ プロップ: 移動手段、宿泊施設、観光地
- ◆ シーン:
 - ◆ 移動する → 観光地を訪れる → ホテルに泊まる
→ 夕食を食べる → 温泉に入る → 移動する
- ◆ トラック:
 - ◆ 自動車に乗る/電車に乗る
 - ◆ ホテルに泊まる/旅館に泊まる



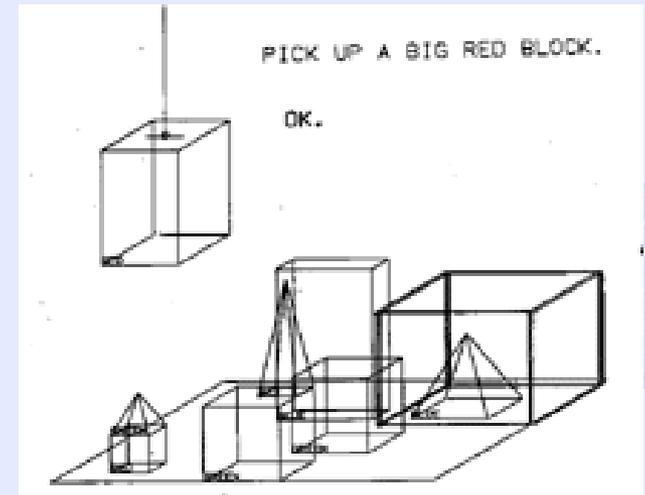
知識表現のまとめ

知識 = 推論のための基本情報

- ◆ 物事の状態を知るための情報
 - ◆ 論理式表現
 - ◆ 意味ネットワーク
 - ◆ フレーム
- ◆ 物事を推論するための情報
 - ◆ 論理式表現、prolog
 - ◆ プロダクションルール
- ◆ 物事の文脈知識を知るための情報
 - ◆ スクリプト

Closed world とフレーム問題

- ◆ SHRDLUの積み木の世界は、全ての知識を表現・操作可能
 - ◆ closed world = toy problem
- ◆ 自然言語の理解は、幅広い知識が必要、かつ、適用知識を限定する必要がある
 - ◆ open world
 - ◆ 文脈知識(スクリプト)が必要
 - ◆ フレーム問題: 問題の対象となる変化する知識と、対象でない変化しない知識を分離して推論する必要がある



知識を効果的に表現するために

- ◆ 目的に合った適切な表現形式を用いる
 - ◆ 表現力: 何が表現できるか
 - ◆ 有効性: どのように利用できるか
 - ◆ 効率性: 無駄なく利用できるか
 - ◆ 明確性: 曖昧性がないか
- ◆ 必要な知識の範囲を限定する
 - ◆ 経験としては、システム設計時に想定した以上の「一般知識」が必要になる
- ◆ プログラムでの利用イメージを考えて、知識表現形式を検討することも重要

(演習2) スクリプト

- ◆ 次のスクリプトを作成せよ
 - ◆ 期末試験を受ける
 - ◆ ショッピングに出かける



(課題) 知識表現の振り返り

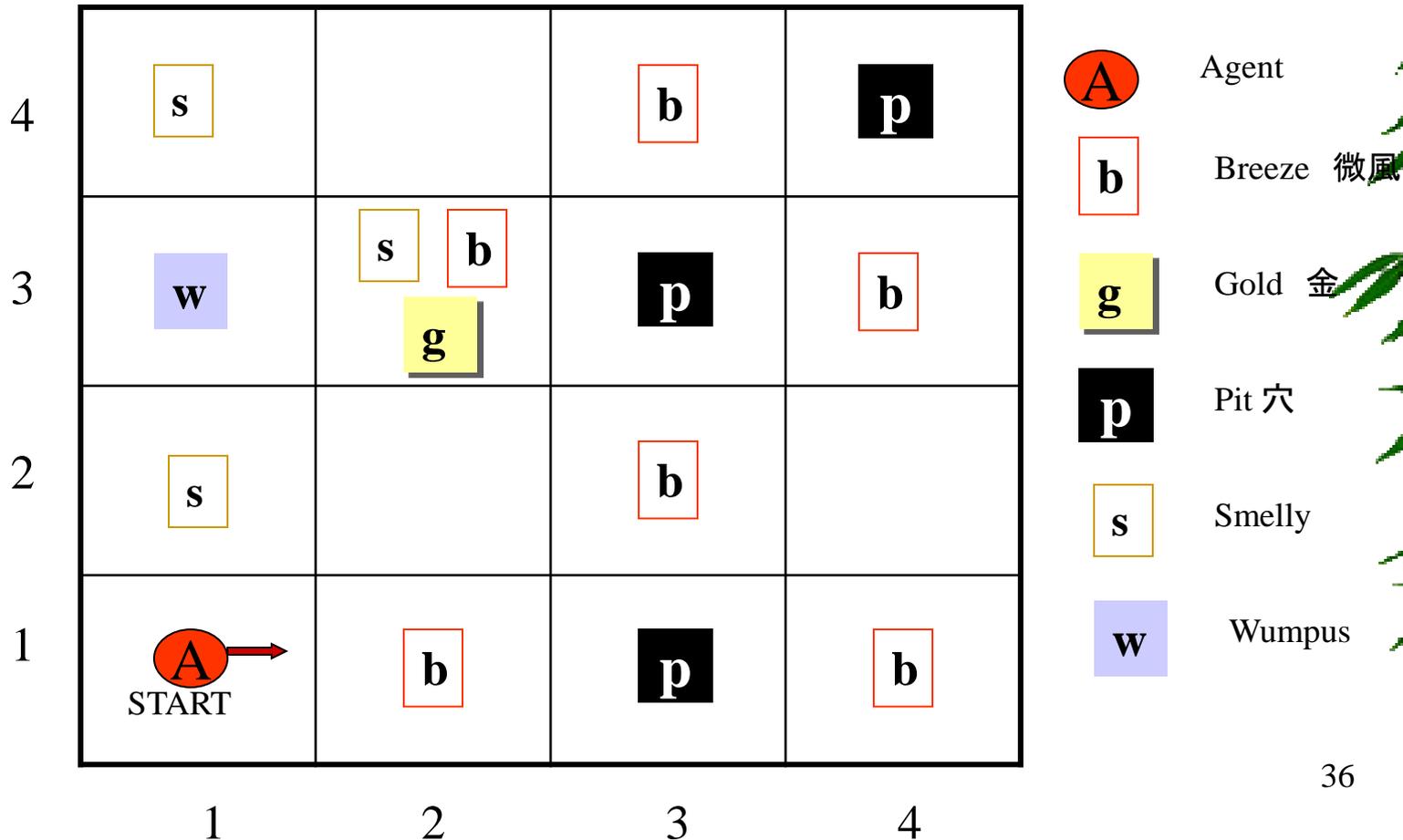
- ◆ 教科書 p37 の演習3に解答せよ
- ◆ 下記のいずれかの項目を選択して、それを推論するのに必要な知識表現(論理式表現、手続的表現、意味ネットワーク、フレーム、スクリプトなど)をレポートにまとめよ
 - ◆ 風が吹くと、桶屋が儲かる
 - ◆ 友達の友達は、皆友達だ
 - ◆ ダチョウは、空を飛ぶか

Appendix (追加)



Wumpus world

The wumpus world is a grid of squares surrounded by walls, where each square can contain agents and objects. The agent always starts in the lower left corner, a square that we will label [1,1]. The agent's task is to find the gold, return to [1,1] and climb out of the cave.



The knowledge base for Wumpus world problem

Percept sentences:

there is no stench in the square [1,1] $\rightarrow \neg S_{1,1}$

there is no breeze in the square [1,1] $\rightarrow \neg B_{1,1}$

there is no stench in the square [2,1] $\rightarrow \neg S_{2,1}$

there is breeze in the square [2,1] $\rightarrow B_{2,1}$

there is a stench in the square [1,2] $\rightarrow S_{1,2}$

there is no breeze in the square [1,2] $\rightarrow \neg B_{1,2}$

knowledge sentences:

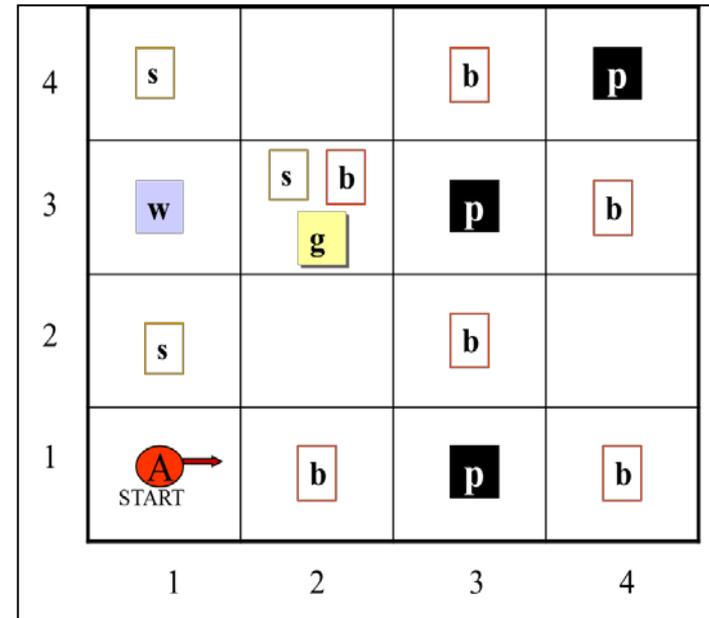
if a square has no smell, then neither the square nor any of its adjacent squares can house a wumpus.

$$R_1: \neg S_{1,1} \Rightarrow \neg W_{1,1} \wedge \neg W_{1,2} \wedge \neg W_{2,1}$$

$$R_2: \neg S_{2,1} \Rightarrow \neg W_{1,1} \wedge \neg W_{2,1} \wedge \neg W_{2,2} \wedge \neg W_{3,1}$$

if there is a stench in [1,2], then there must be a wumpus in [1,2] or in one or more of the neighboring squares.

$$R_4: S_{1,2} \Rightarrow W_{1,3} \vee W_{1,2} \vee W_{2,2} \vee W_{1,1}$$



Seven inference rules for propositional Logic

- Modus Ponens
$$\frac{\alpha \Rightarrow \beta, \alpha}{\beta}$$
- And-Elimination
$$\frac{\alpha_1 \wedge \alpha_2 \wedge \dots \wedge \alpha_n}{\alpha_i}$$
- And-Introduction
$$\frac{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n}{\alpha_1 \wedge \alpha_2 \wedge \dots \wedge \alpha_n}$$
- Or-Introduction
$$\frac{\alpha_i}{\alpha_1 \vee \alpha_2 \vee \dots \vee \alpha_n}$$
- Double-Negation Elimination
$$\frac{\neg \neg \alpha}{\alpha}$$
- Unit Resolution
$$\frac{\alpha \vee \beta, \neg \beta}{\alpha}$$
- Logic connectives:
$$\frac{\alpha \vee \beta, \neg \beta \vee \gamma}{\alpha \vee \gamma}$$

Inferring knowledge using propositional logic

Concerning with the 6 squares, [1,1], [2,1], [1,2], [3,1], [2,2], [1,3], there are 12 symbols,

$S_{1,1}, S_{2,1}, S_{1,2}, B_{1,1}, B_{2,1}, B_{1,2}, W_{1,1}, W_{1,2}, W_{2,1}, W_{2,2}, W_{3,1}, W_{1,3}$

The process of finding a wumpus in [1,3] as follows:

1. Apply R_1 to $\neg S_{1,1}$, we obtain

$$\neg W_{1,1} \wedge \neg W_{1,2} \wedge \neg W_{2,1}$$

2. Apply And-Elimination, we obtain

$$\neg W_{1,1} \quad \neg W_{1,2} \quad \neg W_{2,1}$$

3. Apply R_2 and And-Elimination to $\neg S_{2,1}$, we obtain

$$\neg W_{1,1} \quad \neg W_{2,2} \quad \neg W_{2,1} \quad \neg W_{3,1}$$

4. Apply R_4 and the unit resolution to $S_{1,2}$, we obtain (α is $W_{1,3} \vee W_{1,2} \vee W_{2,2}$ and β is $W_{1,1}$)

$$W_{1,3} \vee W_{1,2} \vee W_{2,2}$$

5. Apply the unit resolution again, we obtain (α is $W_{1,3} \vee W_{1,2}$ and β is $W_{2,2}$)

$$W_{1,3} \vee W_{1,2}$$

6. Apply the unit resolution again, we obtain (α is $W_{1,3}$ and β is $W_{1,2}$)

$$W_{1,3}$$

Here is the answer: the wumpus is in [1,3].

$$\frac{\alpha_1 \wedge \alpha_2 \wedge \dots \wedge \alpha_n}{\alpha_i}$$

$$\alpha \vee \beta, \neg \beta$$

$$\alpha$$

$$R_4: S_{1,2} \Rightarrow W_{1,3} \vee W_{1,2} \vee W_{2,2} \vee W_{1,1}$$

Knowledge base for the Wumpus world

Perception: Stench (variable s), Breeze (variable b), Glitter (variable g),
Wall (variable u), Scream (variable v)

$\forall b, g, u, v, t \text{ Percept}([S, b, g, u, v], t) \Rightarrow \text{Smelly}(t)$

$\forall s, g, u, v, t \text{ Percept}([s, B, g, u, v], t) \Rightarrow \text{Breeze}(t)$

$\forall s, b, u, v, t \text{ Percept}([s, b, G, u, v], t) \Rightarrow \text{AtGoldRoom}(t)$

Reflex: $\forall t \text{ AtGoldRoom}(t) \Rightarrow \text{Action}(\text{Grab}, t)$

Reflex with internal state: do we have the gold already?

$\forall t \text{ AtGoldRoom}(t) \wedge \text{Holding}(\neg \text{Gold}, t) \Rightarrow \text{Action}(\text{Grab}, t)$

Deducing hidden properties

Properties of locations:

$$\forall l, t \text{ At}(\text{Agent}, l, t) \wedge \text{Smell}(t) \Rightarrow \text{Smell}(l)$$

$$\forall l, t \text{ At}(\text{Agent}, l, t) \wedge \text{Breeze}(t) \Rightarrow \text{Breeze}(l)$$

Diagnostic rule – infer cause from effect

e. g. Squares are breezy near a pit

$$\forall y \text{ Breeze}(y) \Rightarrow \exists x \text{ Pit}(x) \wedge (x=y \vee \text{Adjacent}(x, y))$$

Causal rule – infer effect from cause

$$\forall x, y \text{ Pit}(x) \wedge (x=y \vee \text{Adjacent}(x, y)) \Rightarrow \text{Breeze}(y)$$

.....

Wumpus world implementation in Prolog

<https://archives.limsi.fr/Individu/hernandez/resources/software/wumpus/wumpus.html>

