

知識表現と意味解析

意味ネットワークによる知識表現

1969年M.R.QuillianのTLC

(Teachable Language Comprehender, 教授可能言語理解機構)

もともと(起源)

■長期記憶(Long Term Memory, LTM)の
心理学的モデル

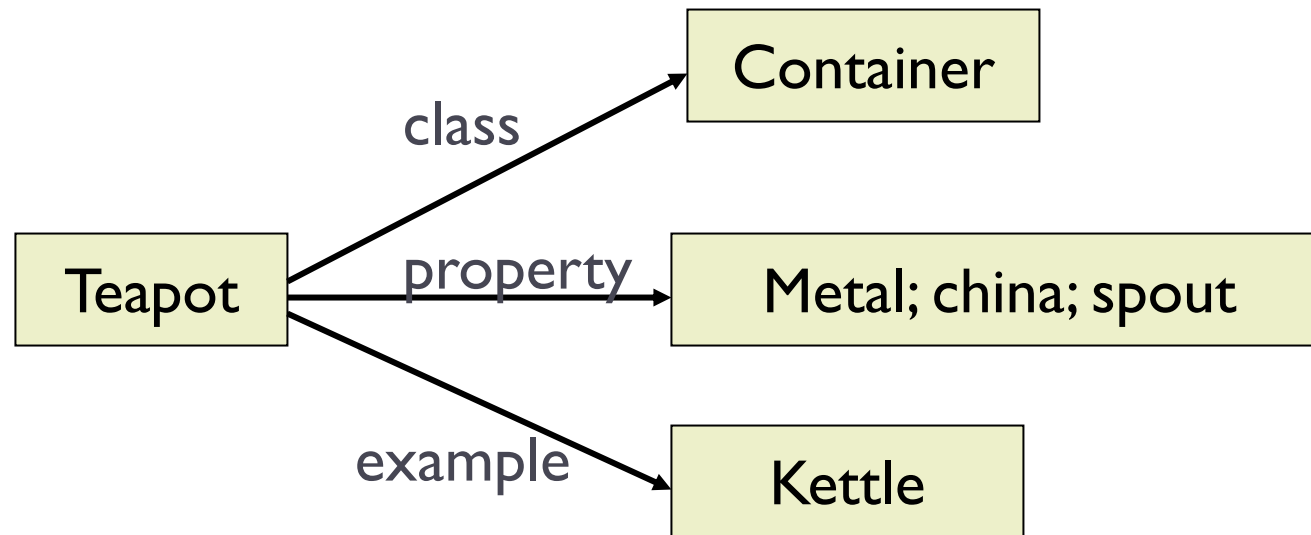
■概念(言葉)間の意味関係を表す方法としての
ネットワーク

注) 長期記憶: 百科事典的知識の蓄積

短期記憶: 認識、理解過程における一時的記憶

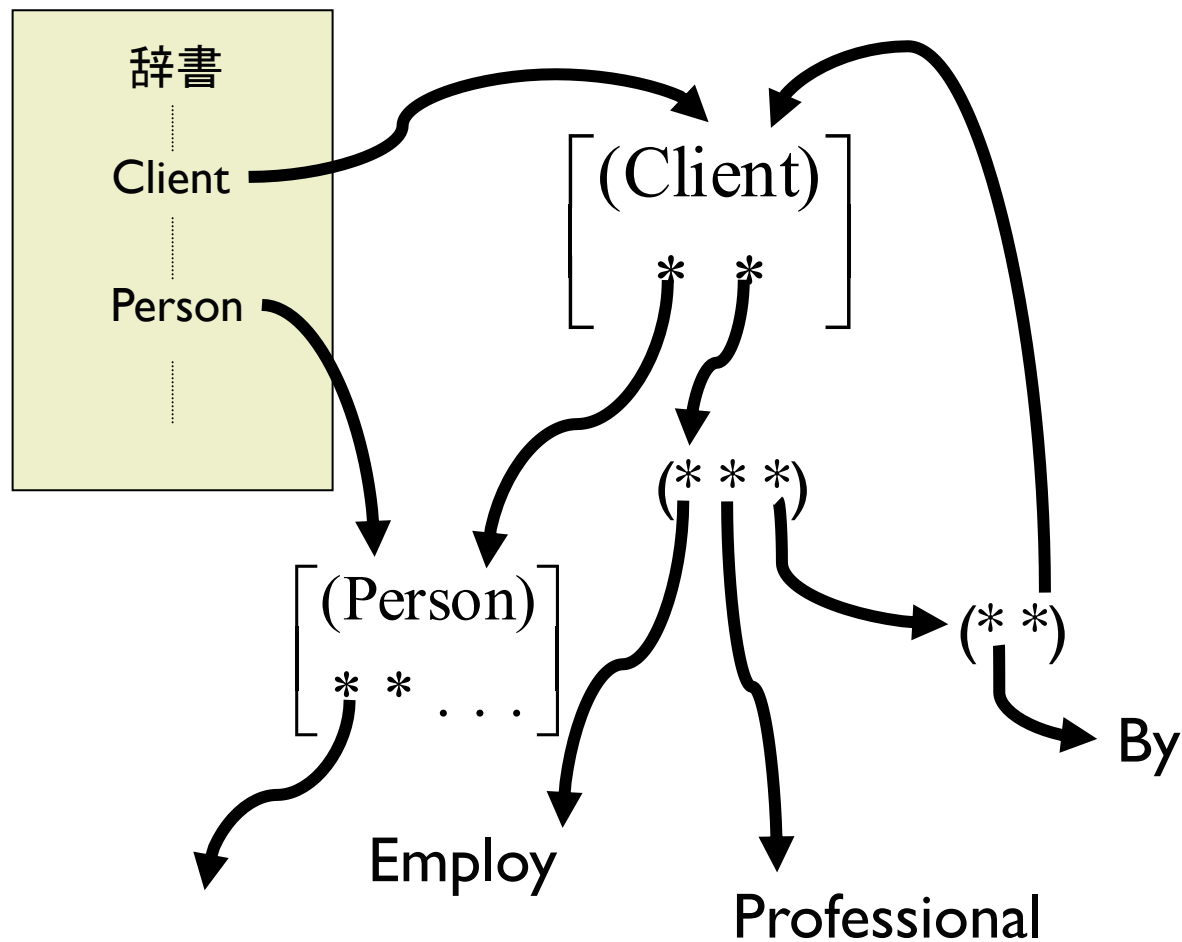
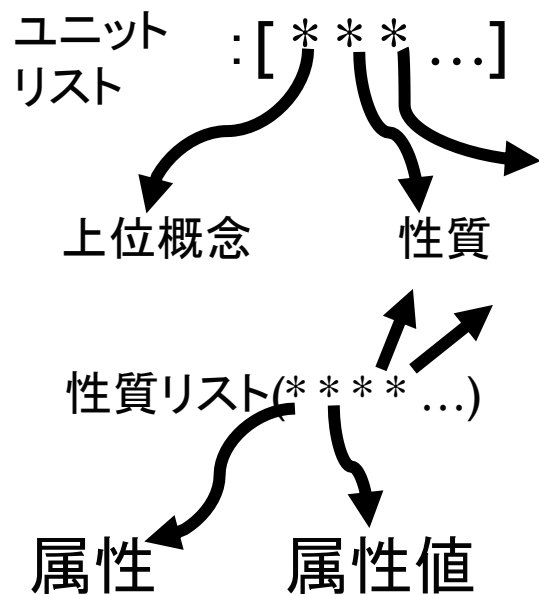
Quillianのモデル

- ▶ 概念を表す節点(node)
- ▶ 概念間の関係を表す弧(arc)
- ▶ 連想ネットワーク



LTM

→ ポインタ
[] ユニット
() 性質



2023/5/16

クラス(class)とインスタンス(instance)

- ▶ **クラス**: 集合として扱う生物、事物、概念、その他の対象
 - ▶ カモメ、人間、鳥、象、軟体動物、大学、授業、...
- ▶ **インスタンス**: クラスに属する、ある特定の対象(事例、実例)。
 - ▶ 本日の授業(「知識情報処理」の授業のインスタンス)
 - ▶ 学籍番号I2hc904の李さん(横国大学生のインスタンス)
 - ▶ 2015年10月14日(「日にち」のインスタンス)
- ▶ インスタンスは属するクラスの性質を継承する: 「本日の授業は遠隔授業である」、「李さんは図書館を利用することができる」

概念の階層（その1）

▶ is-a階層: 概念の包含関係

- ▶ 例は、クラス「人間」はクラス「哺乳類(mammal)」に属することを主張している。

例) A human is a mammal.

- ▶ 上位概念 vs. 下位概念
- ▶ Aの上位概念がB、Bの上位概念がC、
⇒ CはAの上位概念である(推移律)。
- ▶ 下位概念のインスタンスは基本的に上位概念のインスタンスのもつ属性を受け継ぐ
⇒ 属性の継承(inheritance)

概念の階層（その2）

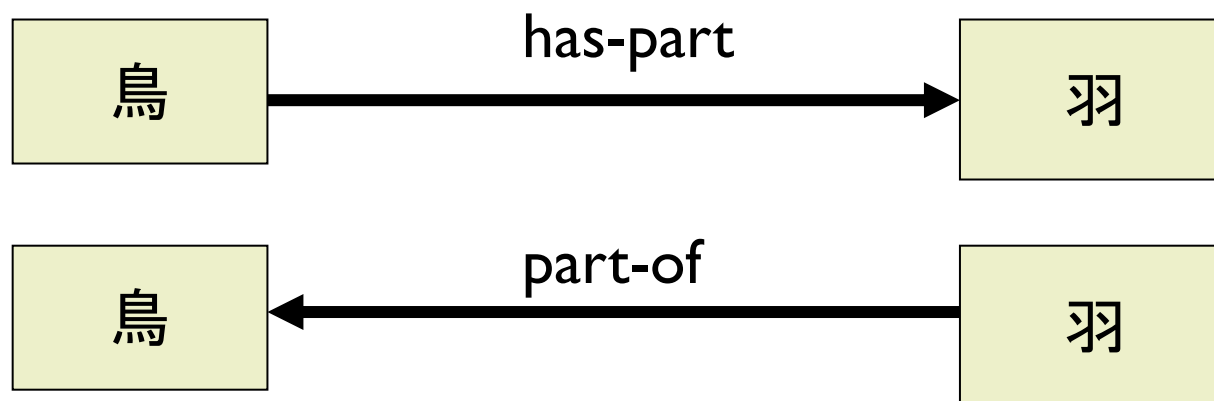
▶ part-of階層：部分－全体関係

- ▶ 例は、「手」は「体」の一部であることを主張している。

例) A hand is a part of the body.

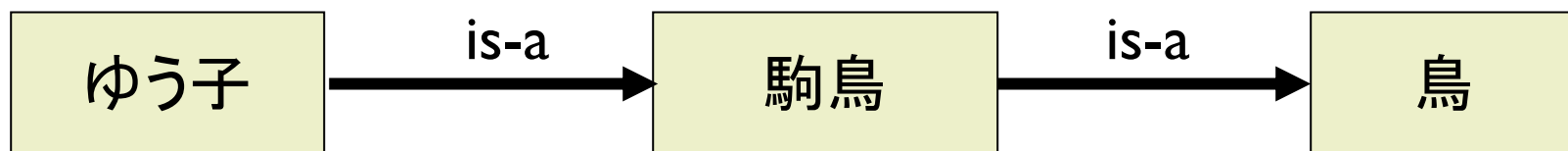
- ▶ 主部（言及している対象）は述部（補足している対象）の内部構造を表している。
- ▶ 知識の継承は起こらない。

▶ 参考：



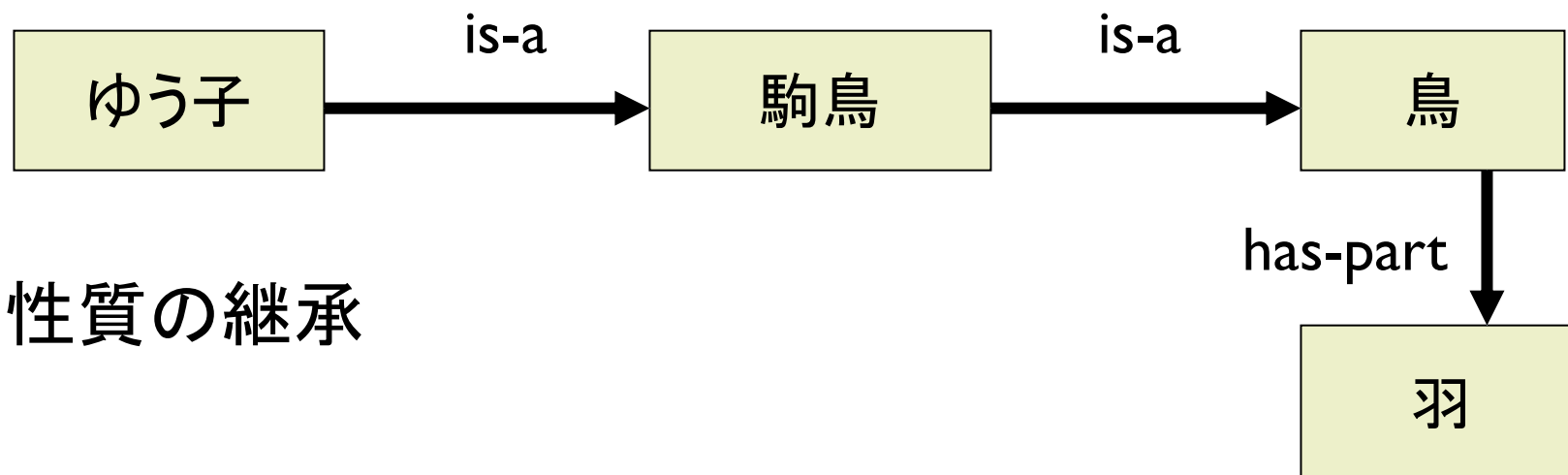
継承(inheritance)

- ▶「ゆう子は鳥である。」



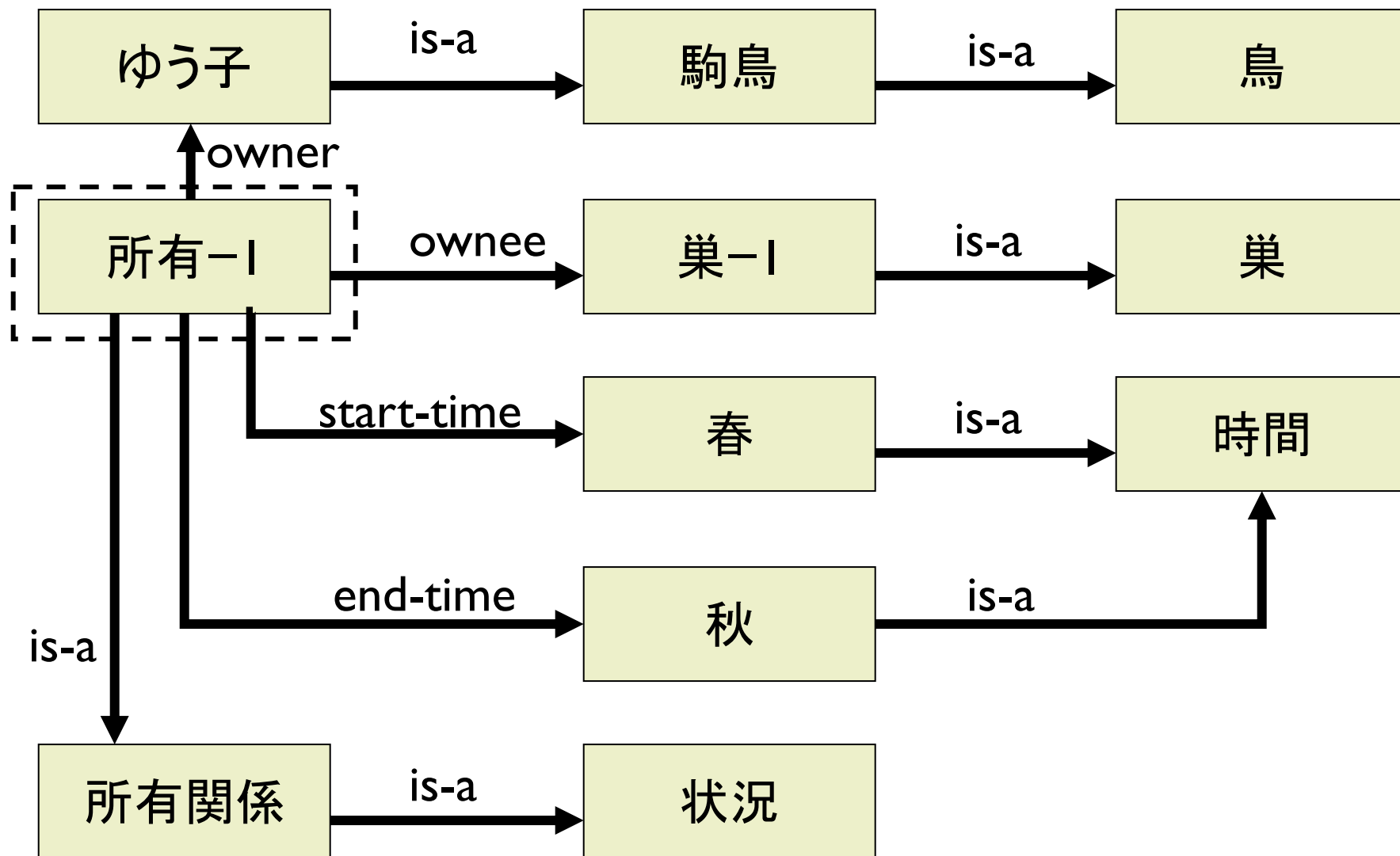
継承の階層

- ▶「ゆう子には羽がある。」



性質の継承

格フレーム



格文法(case grammar, Fillmore 1968)

- ▶ 動詞に対して(全ての言語に共通の)要素がある。
- ▶ 深層格
 - ▶ 語と語の関係(意味)を動詞を中心に捉えたもの
- ▶ Cf. 表層格
 - ▶ 英語の前置詞、日本語の助詞などは表層格と呼ばれ、深層格と区別
 - ▶ 日本語: 格助詞に応じて動詞と名詞の関係を記述
 - ▶ ハ格(堤題主語)、ガ格(主語)、ヲ格(目的語)、...
- ▶ 例
 1. the stick broke.
[break, O:the stick]
 2. John broke the stick (with a rock).
[break, A:John, O:the stick, I:a rock]
 3. A rock broke the stick.
[break, I:a rock, O:the stick]

O:対象格
A:動作主格
I:道具格

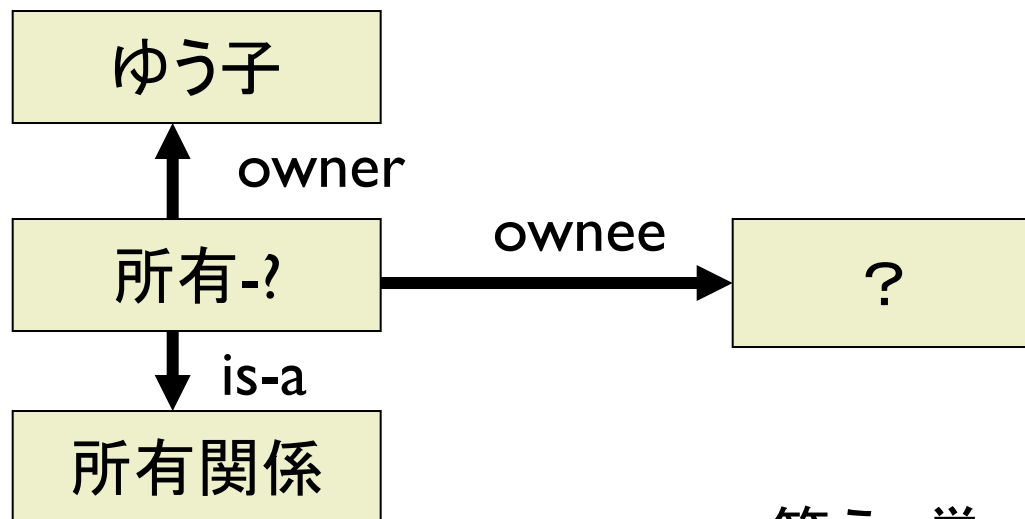
格文法(case grammar, Fillmore 1968)

- ▶ 語と語の関係(意味)を動詞を中心に捉えたもの
 - ▶ 動作主格(agent): 動作を引き起こすものの役割
 - ▶ 経験者格(experiencer): 心理状態を体験するものの役割
 - ▶ 対象格(object): 移動や変化する対象、判断や想像などの心理事象の内容を表す役割
 - ▶ 道具格(instrument): 出来事の直接原因、心理事象での反応を起こす刺激となる役割
 - ▶ 源泉格(start): 移動における始点、状態、形状変化の最初の状態、形状を表す役割
 - ▶ 目標格(goal): 移動における終点、状態、形状変化の最終状態、形状を表す役割
 - ▶ 時間格(time): 出来事が起こる時間を表す役割
 - ▶ 場所(location): 出来事が起こる場所や位置を表す役割

意味ネットワークによる推論（１）

- ▶ 意味ネットワークは知識表現。つまり、解釈はそれを扱う手続きに依存する。
- ▶ データベースへの質問

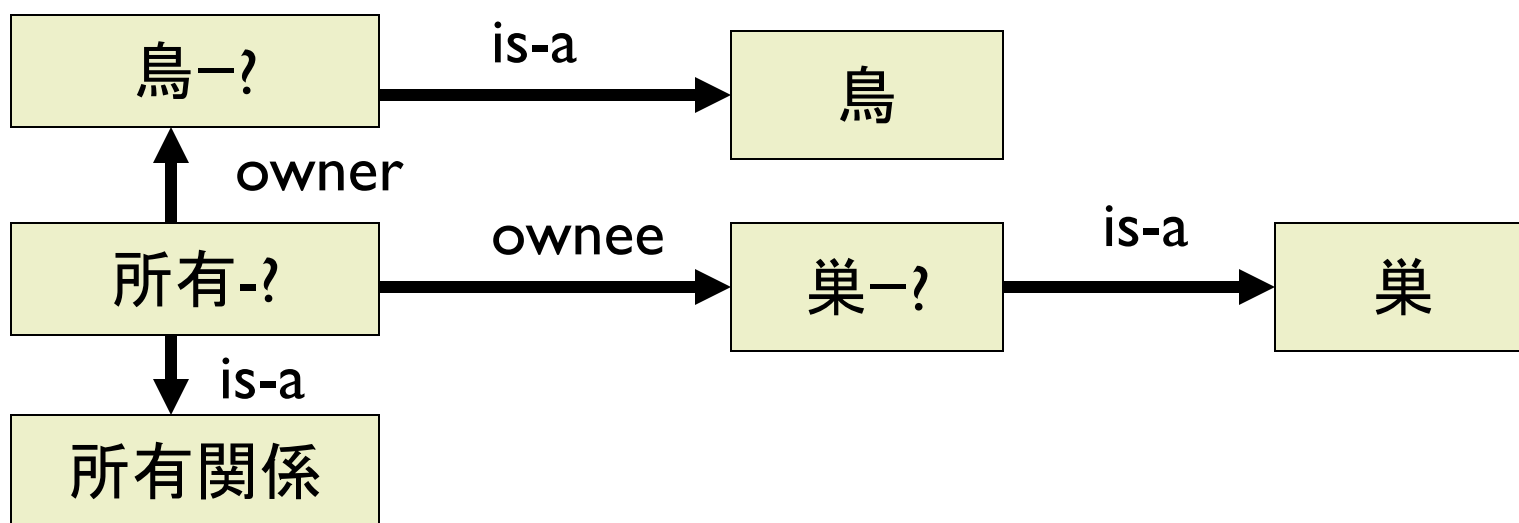
What does Yuko own?



答え：巢-I

意味ネットワークによる推論（2）

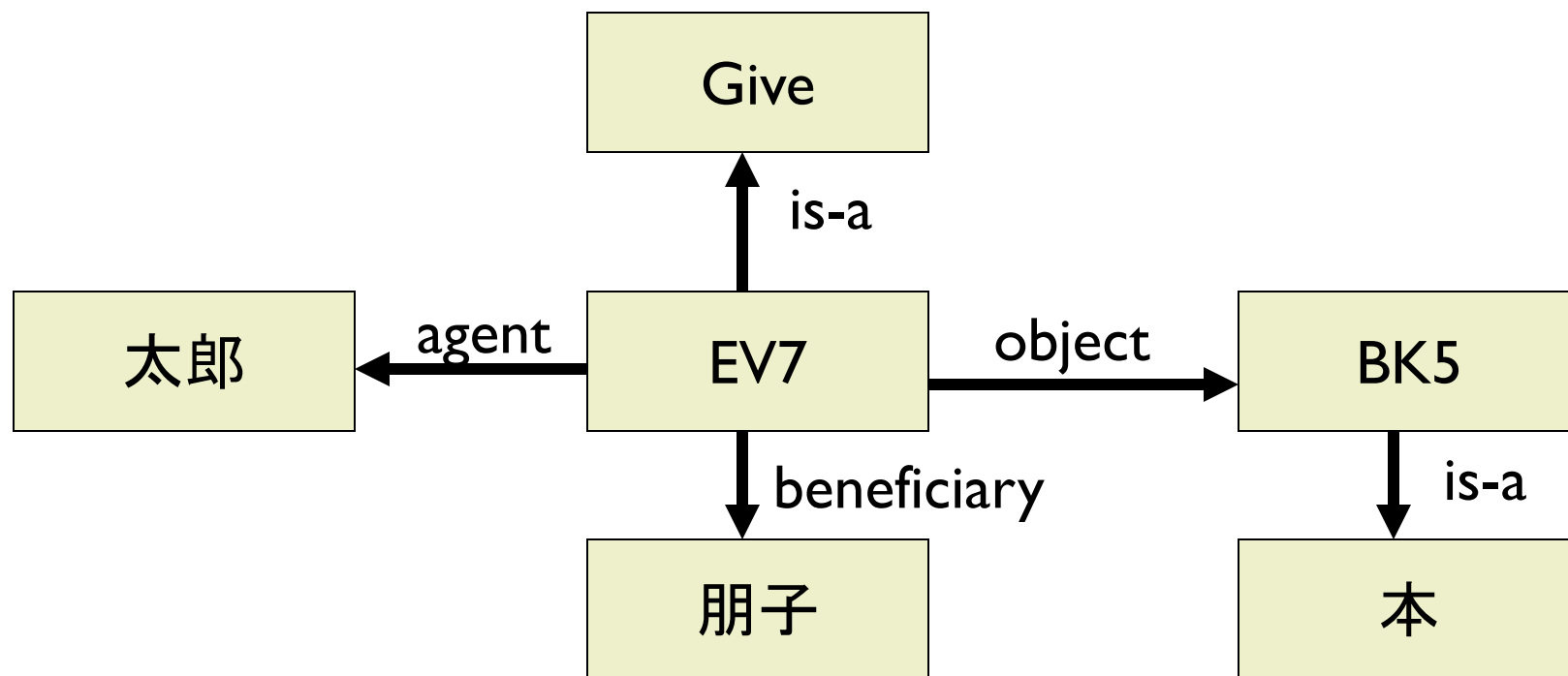
- ▶ Is there a bird who owns a nest?



Yes, Yuko.

意味ネットワークによる推論 (3)

- ▶ 太郎と朋子の関係は何か？



太郎は本(BK5)を朋子に与えた(EV7)

フレームによる知識表現

▶ フレーム

- ▶ 人間の記憶構造や推論を理解するための基礎。
- ▶ 概念の抽象的パターン
- ▶ 1975年、M.Minsky(Framework for Representing Knowledge)
 - ▶ 人は新しい場面に出会うとき、記憶の中からフレームと呼ばれる構造を選び出す。
 - ▶ 記憶の枠組みであり、詳細は必要に応じて現実に合うように変更される。
 - ▶ 型にはまった状況を表現するためのデータ構造。

フレームの構成要素

- ▶ フレームID
- ▶ スロット(下記の要素が記述可能):
 - ▶ スロット(名)、値のペア
(意味ネットワークの属性名ー属性値ペアに相当)
 - ▶ 値として、他のフレームへのリンク(ポインタ)
(ポインタとフレームIDは等価)
 - ▶ default(規定値)
 - ▶ ファシット(後述)によるプログラムの記述

フレームにおける知識の継承

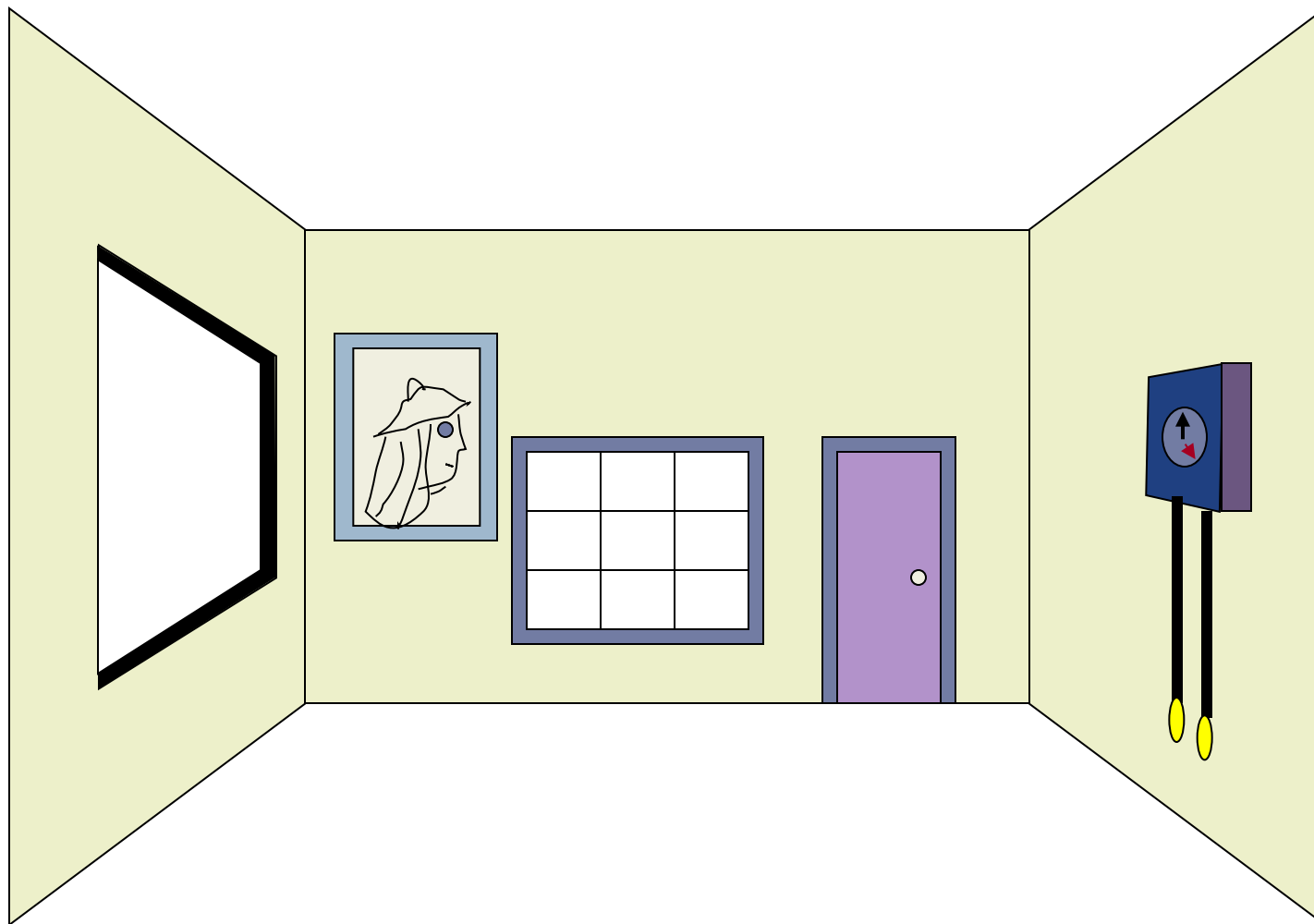
▶ Is-aスロット

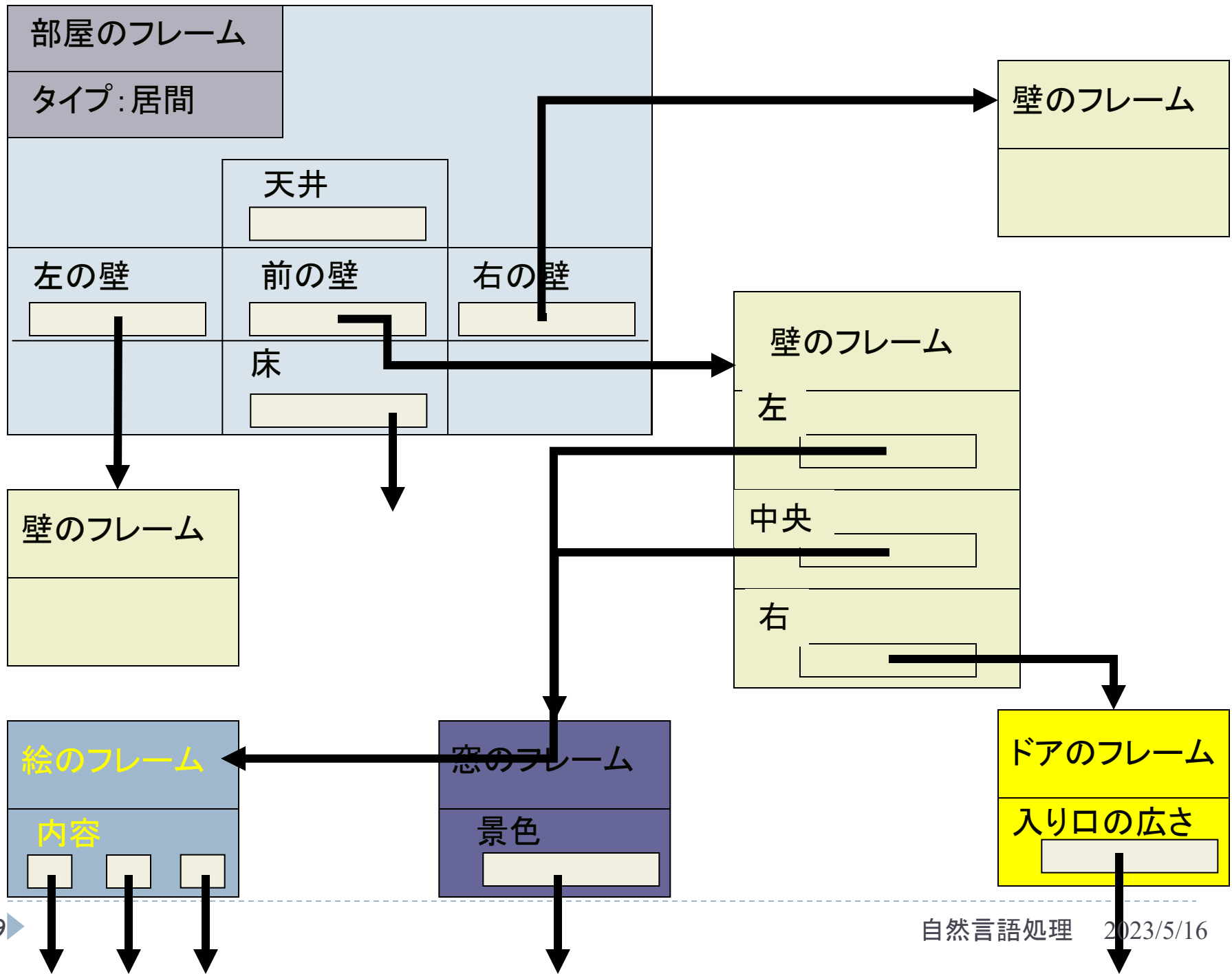
- ▶ 上位概念を示す。
- ▶ 階層に沿って属性が継承される。
- ▶ ako(a kind of)と等価

▶ Part-ofスロット(参考)

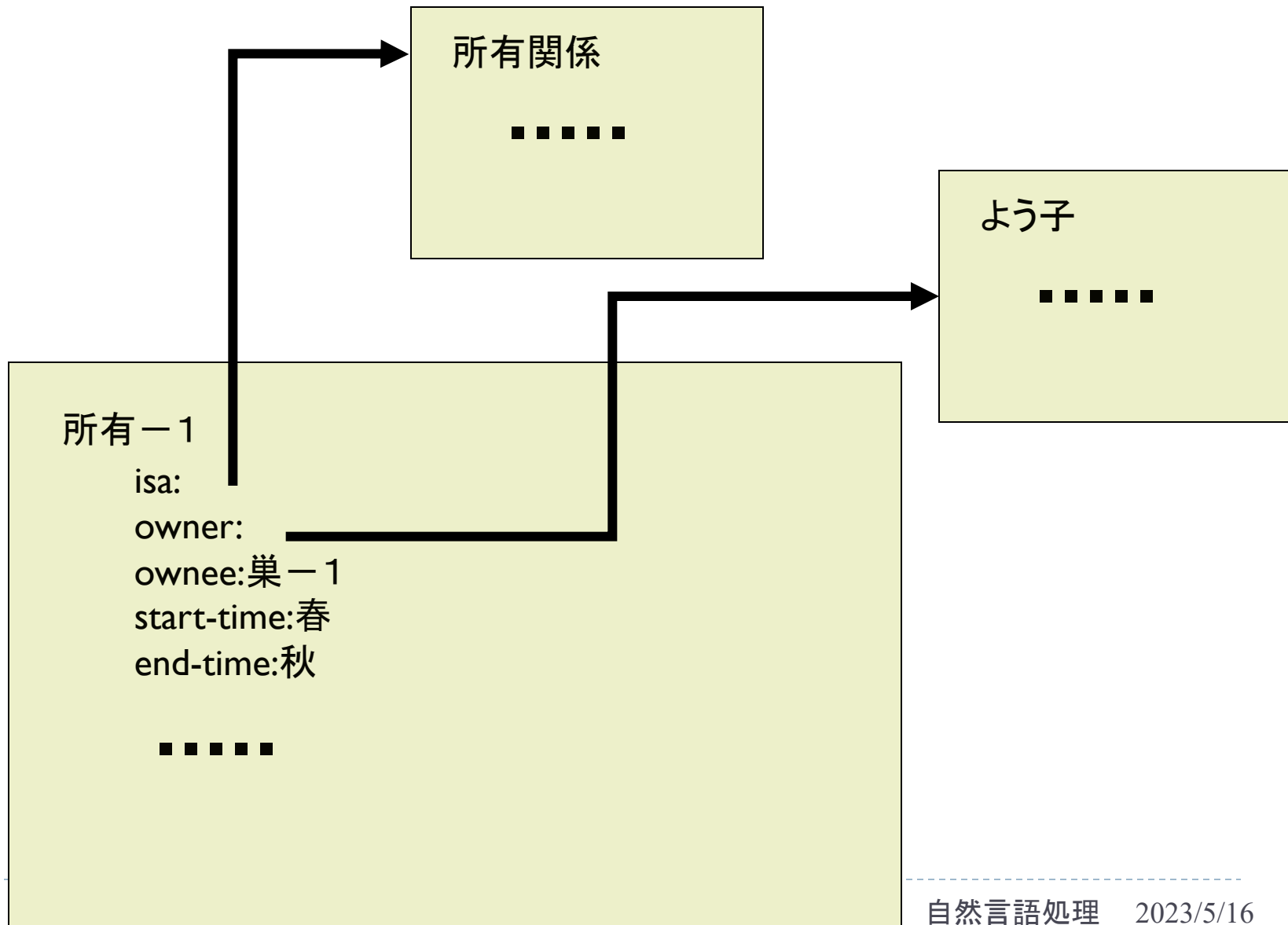
- ▶ 部分－全体関係を示す。
- ▶ 属性の継承は起こらない。
- ▶ has-a(has a)と逆関係

フレームによる記述例1（下図の部屋を記述する）

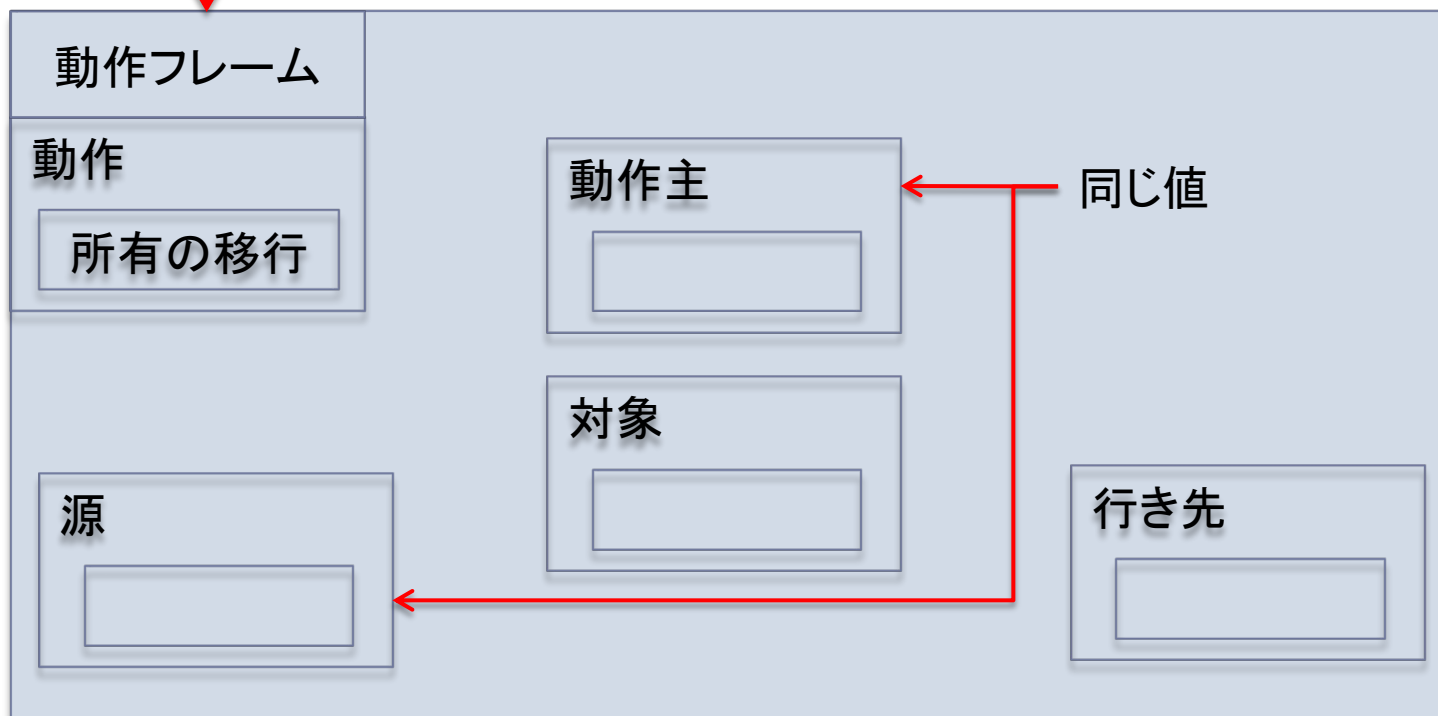
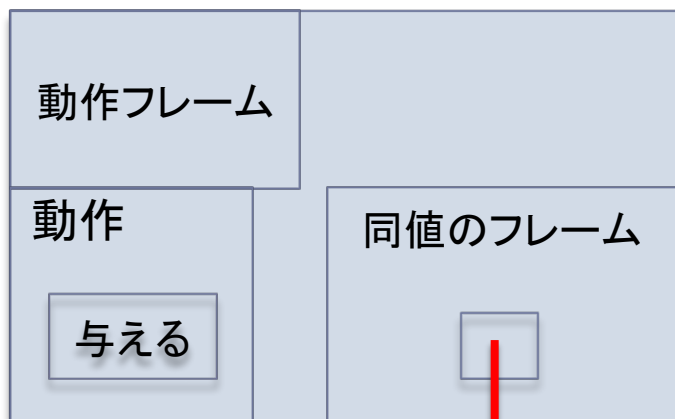




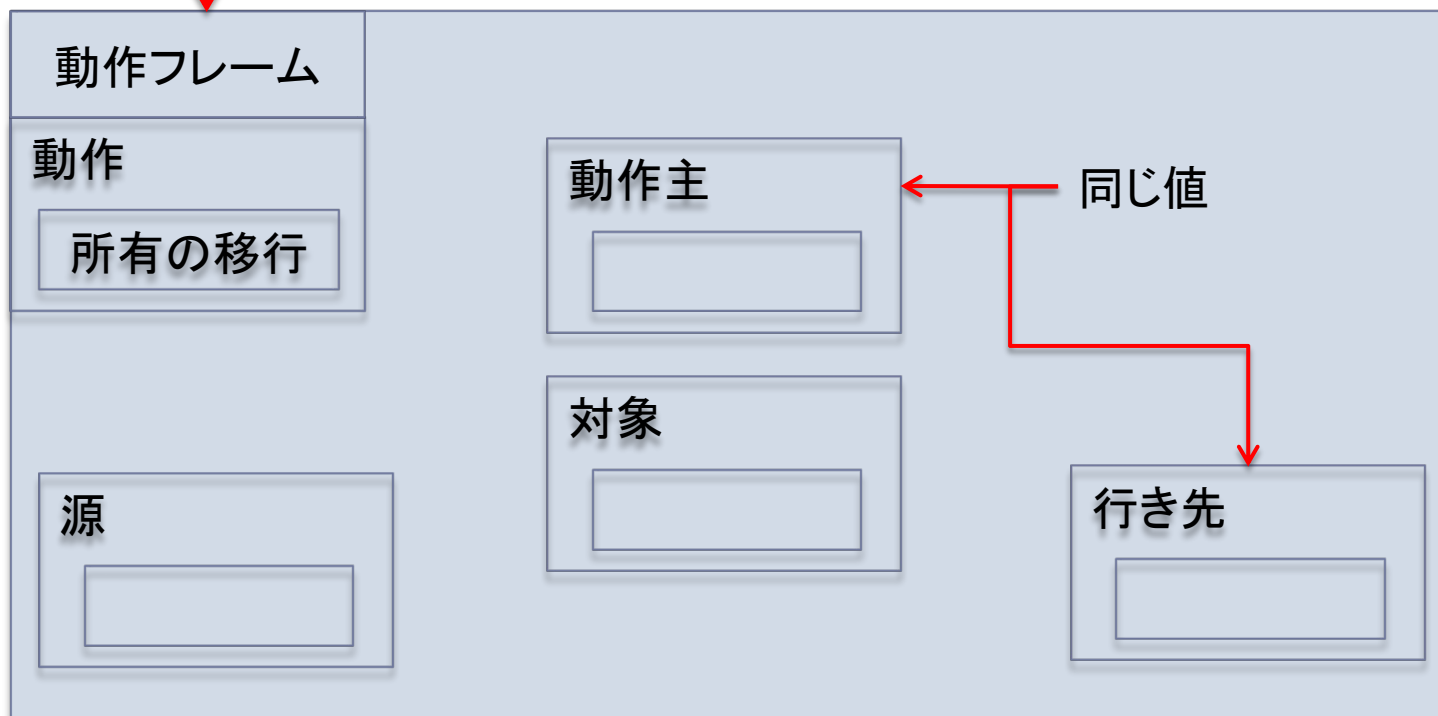
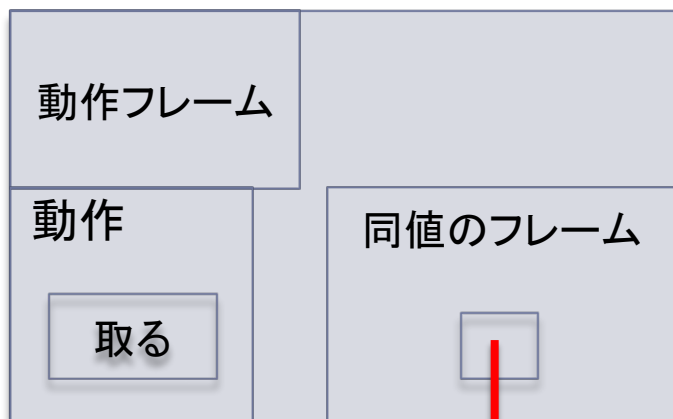
フレームによる記述例2「よう子は春から秋に巣を持つ」

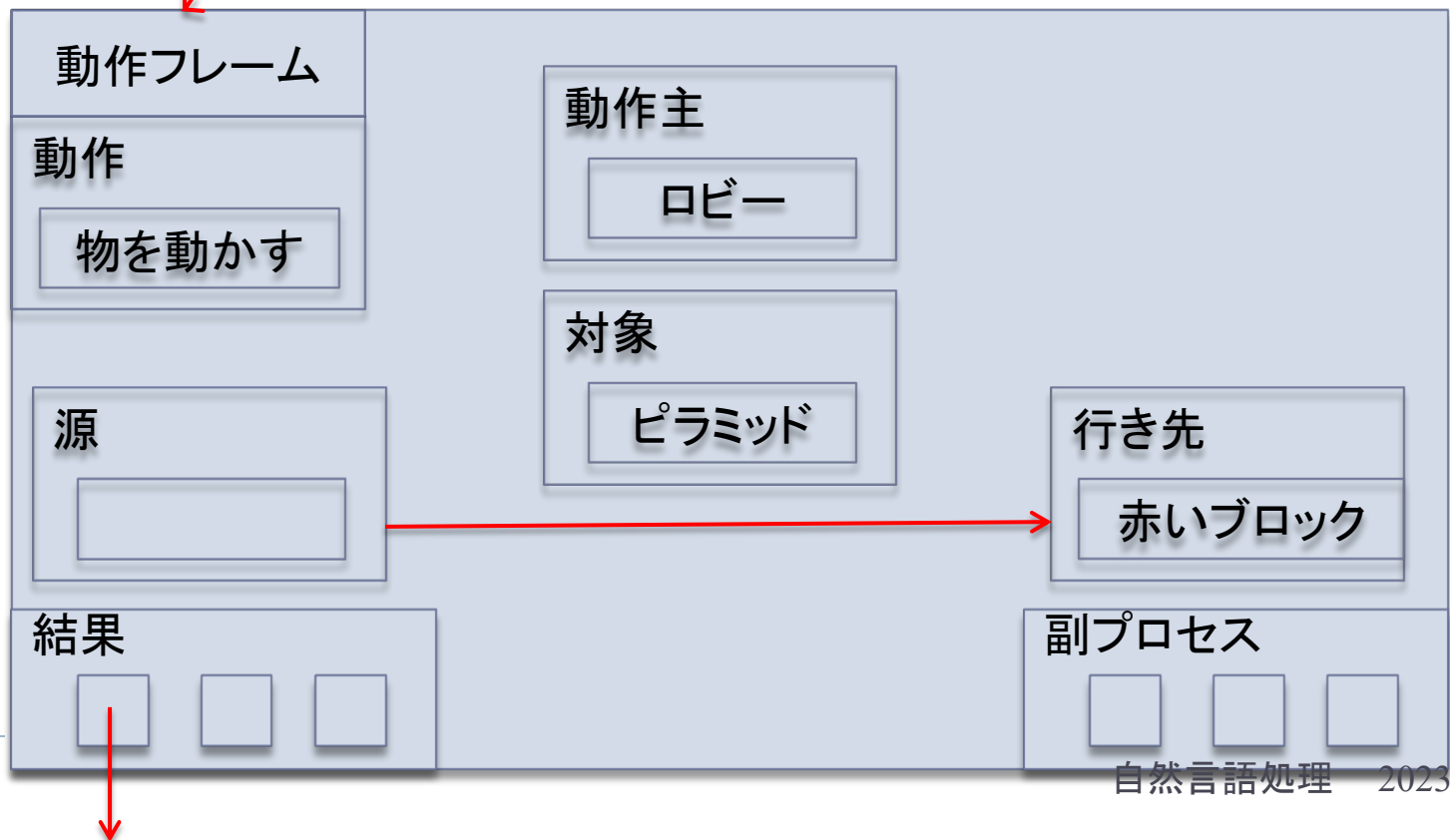
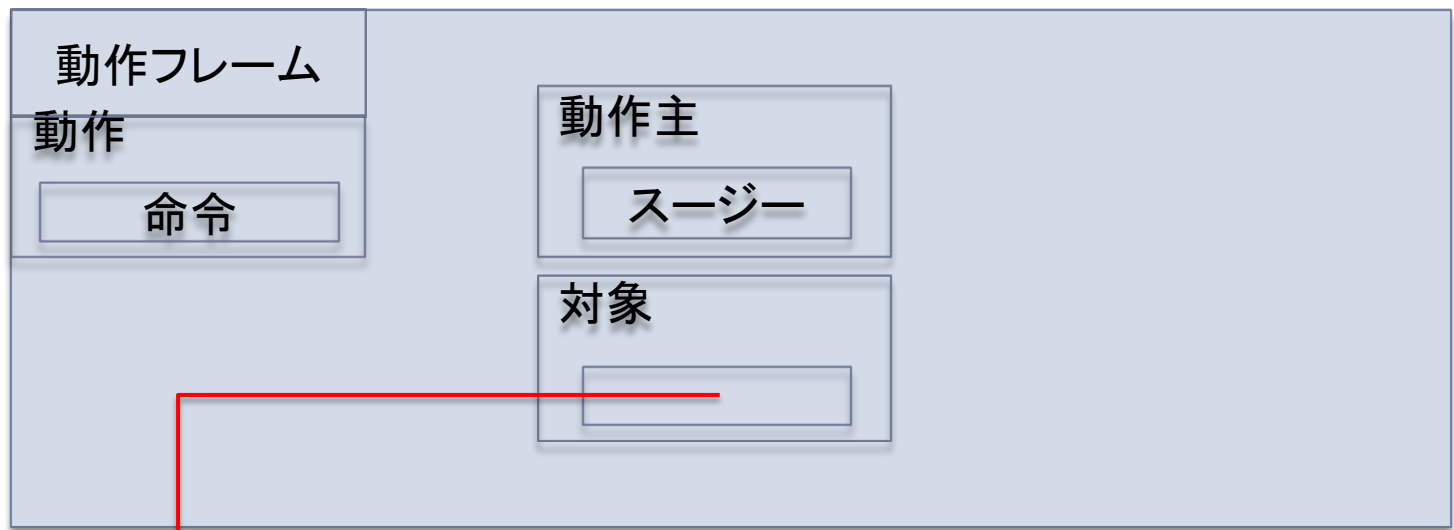


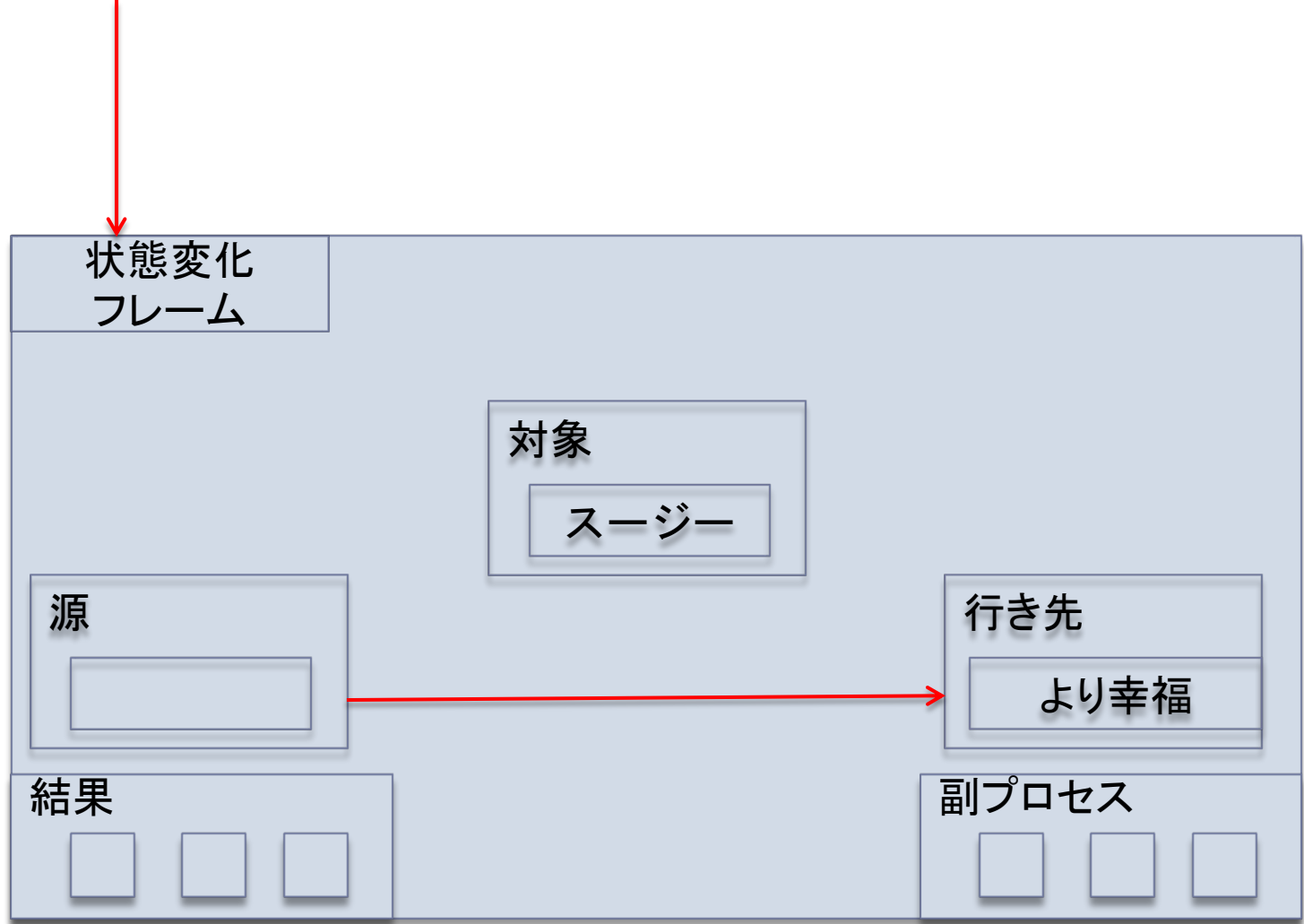
「与える」の意味



「取る」の意味







フレームにおける推論について

- ▶ 推論プロセスとは？

フレームを選んだ後,そのスロットによって要求される細部を埋める作業

- ▶ 付加手続き

スロット特有のヒューリスティックスを提供

- ▶ スロットの値が変更されたときに起動される手続き→
事象駆動、データ駆動

論理式による意味の扱い

▶ 命題論理

- ▶ 文 P, Q, \dots (P :「空は青い」,...)
- ▶ 演算子 $\wedge, \vee, \neg, \rightarrow$
- ▶ 推論規則
 $P \vee \neg Q$ と Q から, P と結論(演繹)する

▶ 述語論理

- ▶ 変数の導入
- ▶ 全称限量子(\forall)と存在限量子(\exists)の導入



言語表現と論理式

▶例1

▶文: John runs.

▶その論理式

$R(\text{John})$

▶例2

▶文: A woman talks.

▶その論理式

単純

$T(\text{woman})$

‘a’を強調

$\exists x(W(x) \wedge T(x))$

a man does not talk.を暗黙に知らせたい:

$W(x) \rightarrow T(x)$

▶言語表現の解釈によって記号論理表現はいろいろ変わりうる。

推論（定理の証明過程）

「貧乏な研究者がいる」

1. 公理

1. $\forall x \text{研究者}(x) \rightarrow \text{貧乏}(x)$ (「研究者は貧乏である」)
2. $\text{研究者}(A)$ (「Aは研究者である」)

2. 変形

- 1'. $\forall x \{ \neg \text{研究者}(x) \vee \text{貧乏}(x) \}$ cf. $P \rightarrow Q \Leftrightarrow \neg P \vee Q$
2. $\text{研究者}(A)$

3. 証明したいものの否定を加える。

3. $\exists x \{ \text{貧乏}(x) \wedge \text{研究者}(x) \}$
- 3'. $\forall x \{ \neg \text{貧乏}(x) \vee \neg \text{研究者}(x) \}$ その否定



(続き)

4. 2からresolutionにより矛盾を導く。
 - ▶ $3'. \forall x \{ \neg \text{貧乏}(x) \vee \neg \text{研究者}(x) \}$ と、2. 研究者(A)
 - ▶ $3'' \neg \text{貧乏}(A)$ が結論できる。
 - ▶ さらに、 $1'. \forall x \{ \neg \text{研究者}(x) \vee \text{貧乏}(x) \}$ とから
 $\neg \text{研究者}(x)$
 - ▶ 2と矛盾
5. 4の過程で、矛盾を導く反例が計算される。
 - ▶ $x=A$

様相論理学(modal logic)

▶ 意味

p であることが**可能**だ

p であることが**必然**だ

▶ 様相演算子: M (may), N (necessary)

Mp p が真である可能世界(possible world)が少なくとも一つ存在する。

Np あらゆる可能世界において p が真である。

▶ 例

p :「経済恐慌が起こる」

とすると、

Mp :「経済恐慌が起こるかもしれない」

Np :「経済恐慌が必ず起こる」

▶ 例

「すべての人間は死ぬことが必然である」

▶ 二つの解釈

$N(\forall x(\text{Man}(x) \rightarrow \text{Die}(x)))$... 言表(de dicto)

”人は死ぬ“ということがすべての人についていえるのは必然的なことである

(一般的な言語表現が必然的に正しい)

$\forall x(\text{Man}(x) \rightarrow N(\text{Die}(x)))$ 事象(de re)

全ての人間について、人が死ぬのは当然だ

(死ぬという事実が必然であるというわけである)

まとめ

- ▶ 意味ネットワーク
 - ▶ クラスとインスタンス
 - ▶ 概念階層
 - ▶ 格文法
 - ▶ 推論
- ▶ フレームによる知識表現
 - ▶ 記述例
 - ▶ 推論
- ▶ 論理式による意味の扱い
 - ▶ 定理の証明
 - ▶ 様相論理学

課題

- ▶ 現在、机の上にあるもの(代表的なもの)を、意味ネットワークで表現せよ。
- ▶ 物と物の関係や、物の性質を示す。
- ▶ (手書きの)図を描き、写真に撮ってPDFに変換したものを提出せよ。