

# 認知的モデリング

2010.10.13

masaki@metabolics.co.jp

- 実行可能知識から
- **認知意味論**と
- **環境オントロジ**と
- **メレオロジ**を經由して
- 認知的モデリングへ

- ソフトウェアには, まだ大きな課題がある

- 対象世界を捉えることが難しい
- 対象世界を計算世界に対応付けることが難しい

- ソフトウェアは「言語」と「数学」を材料とする技術 (art, engineering) だ

- ならば, ソフトウェアの課題を解決するために,  
言語学と数学に助けてもらおう

- 言語学の中でも認知言語学
- (生成文法のように形式的/天下り的ではなく)
- 「人間における」概念化と意味を扱っているから

「超準的」というのは「非標準的」の数学的 (特に基礎論的) な言い回し

- 数学と言っても, 多分超準的な数学
- 標準的な数学 (ZFC+LK) では, 我々が扱うような世界をモデルとしくいから

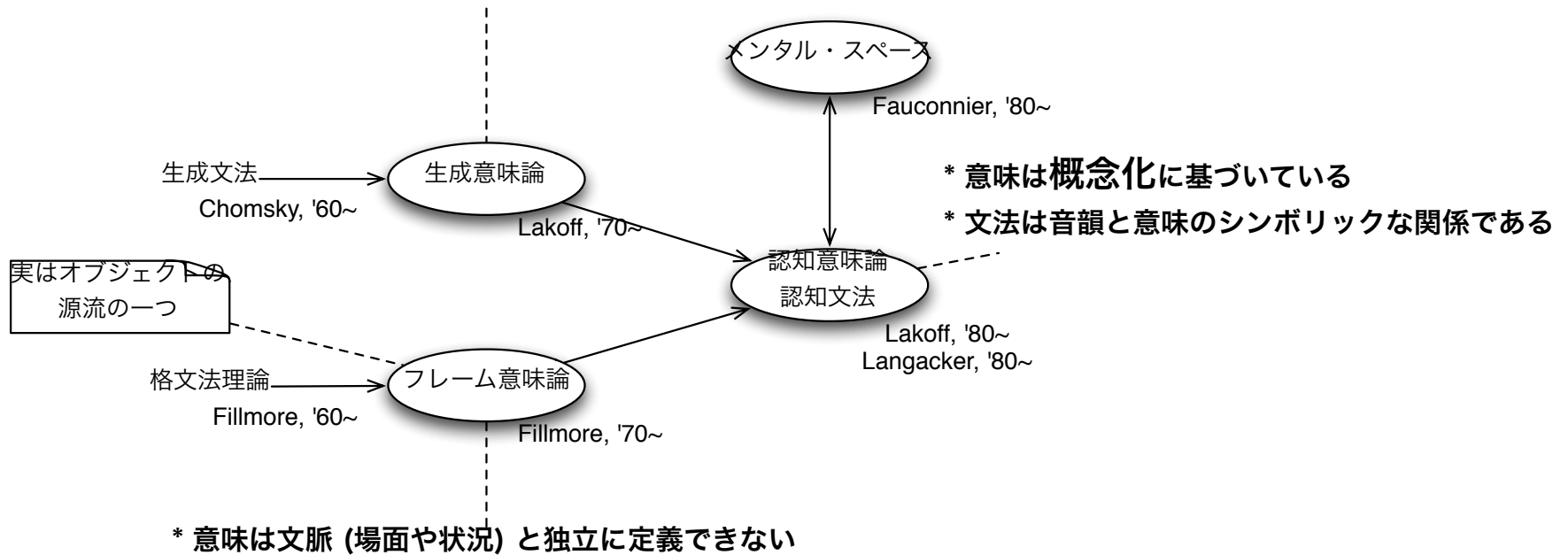
ZFC: ツェルメロ・フレンケルによる集合論の公理系 + 選択公理

LK: ゲンツェンによる古典論理の推論規則

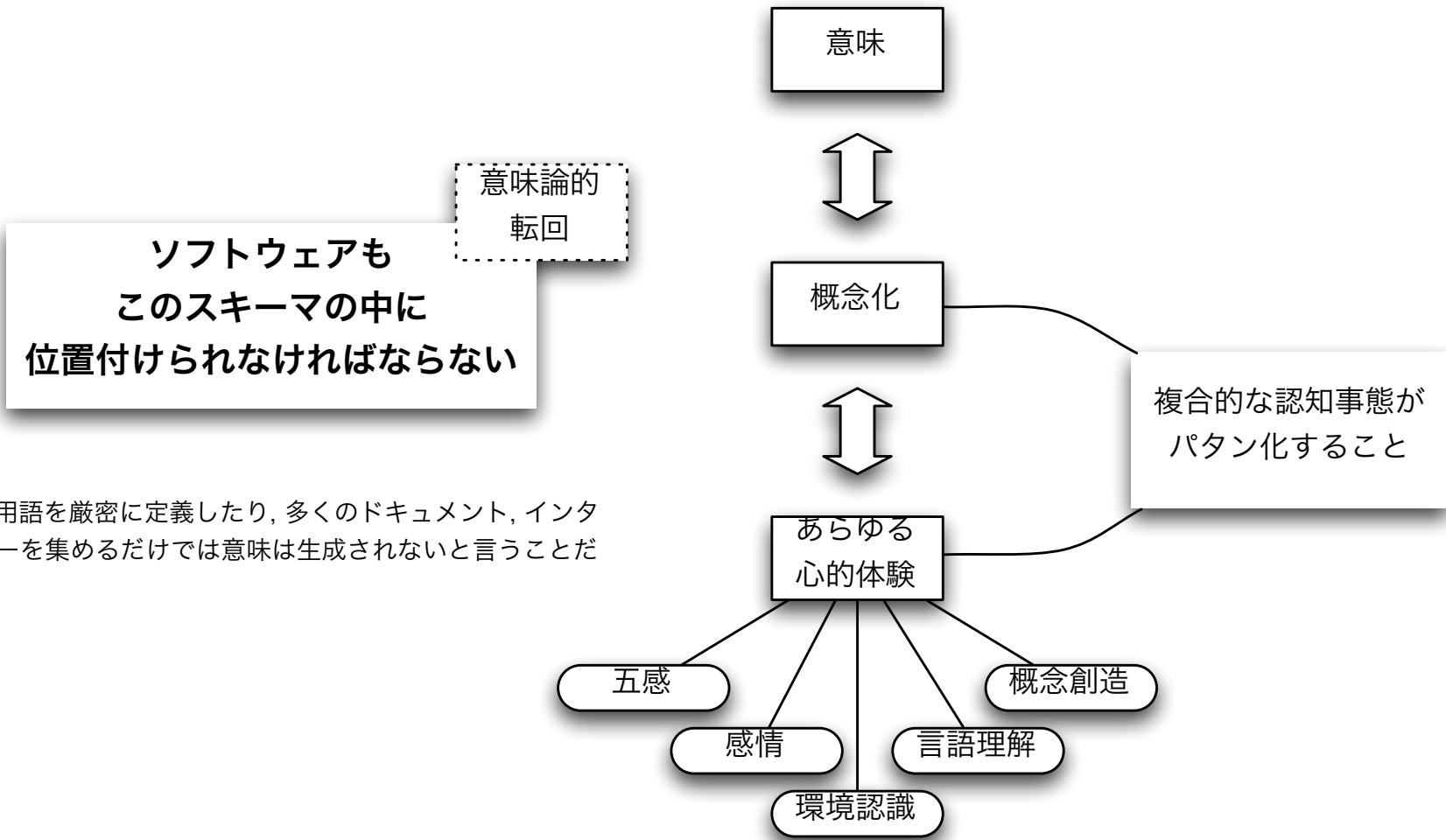
- 順に行ってみましょう

- 認知意味論とは

- \* 言語には一般的な認知プロセスが様々な形で反映されている
- \* 文法は意味や使用の文脈から切り離して分析することはできない
- \* 辞書的知識と百科辞典的知識の間に絶対的な境界はない
- \* 文法カテゴリはファジーである

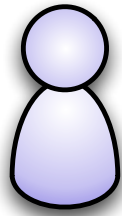


# 認知言語学の立場



単に用語を厳密に定義したり, 多くのドキュメント, インタビューを集めるだけでは意味は生成されないということだ

人が持つ, 言語の背後にある, さまざまな認知能力



根源的能力 (五感, 空間/時間認知, 感情, 身体, ...)

比較の能力

カテゴリ化の能力

抽象化の能力

焦点化の能力

参照点の能力

関係生成の能力

グループ化の能力

統一体操作の能力

心的スキャニングの能力

イメージスキーマの能力

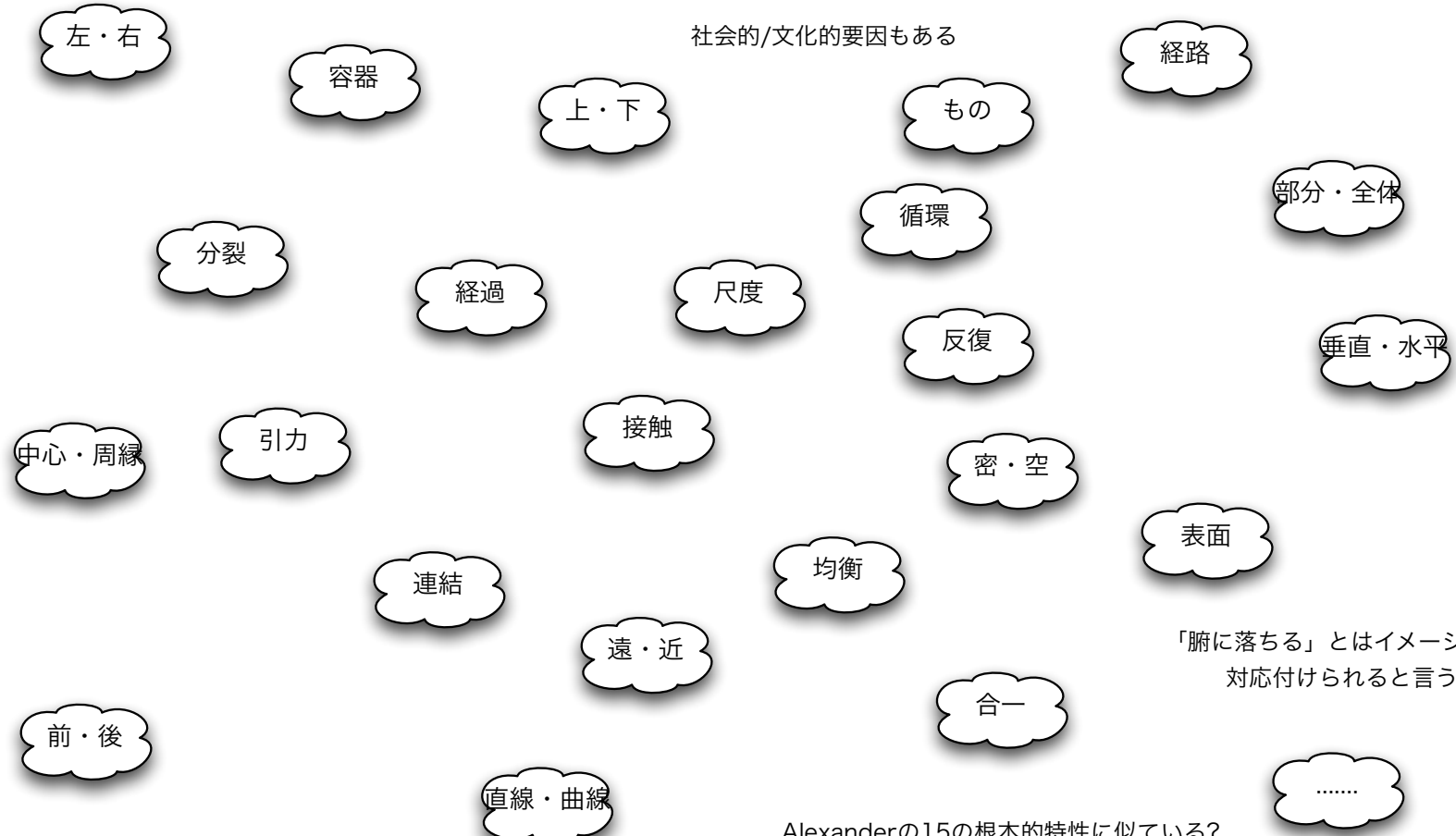
メタファの能力

ソフトウェア構築の過程では, これらが十分に発揮されるようになっていなければならない

# イメージスキーマ

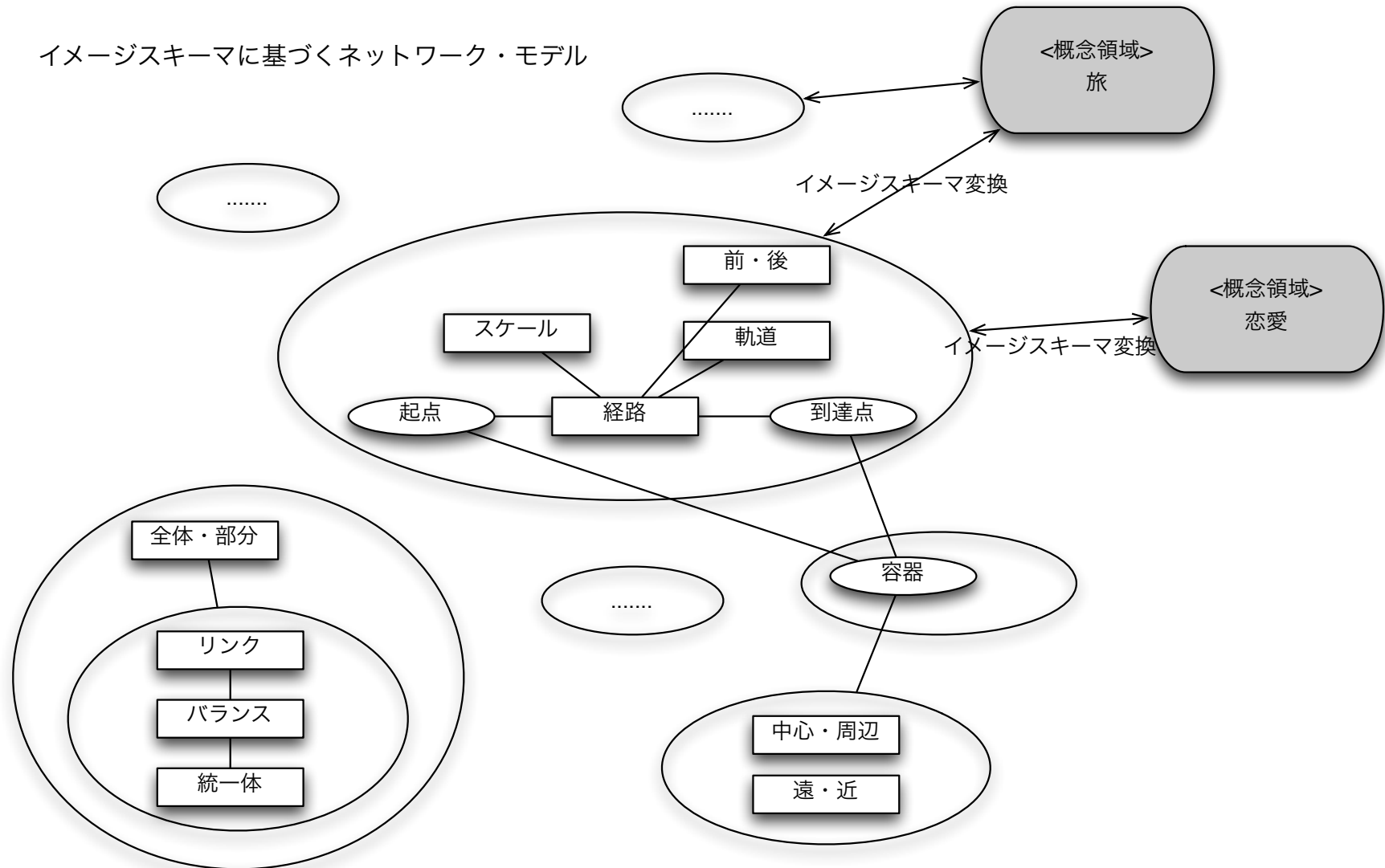
身体を介して経験するパタン, 前概念的構造

像 (イメージ) とは限らない



トップダウンに分解した要素ではなく, 実在する

イメージスキーマに基づくネットワーク・モデル



# カテゴリ化は, 人間の (あるいはすべての生命体の) 生得的な, もっとも重要な認知能力

プロトタイプ - あるカテゴリの典型的なメンバ

基本レベル・カテゴリ - 他のカテゴリとの境界が明確なカテゴリ

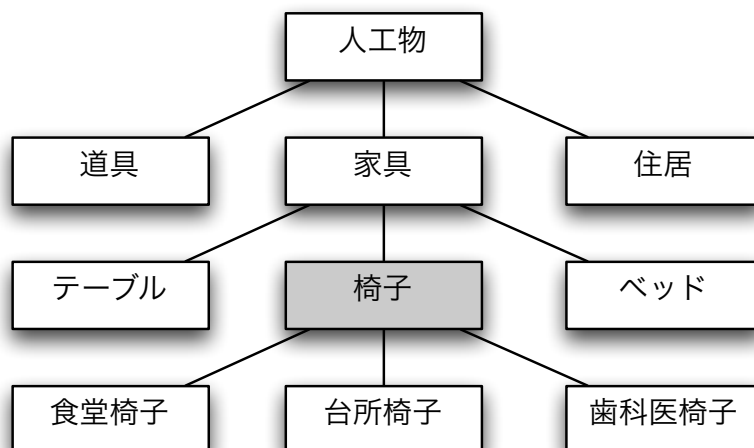
アドホック・カテゴリ - その場その場で生成されるカテゴリ

身体性, 経験, 文化, 素朴心理学や素朴物理学などに基づく

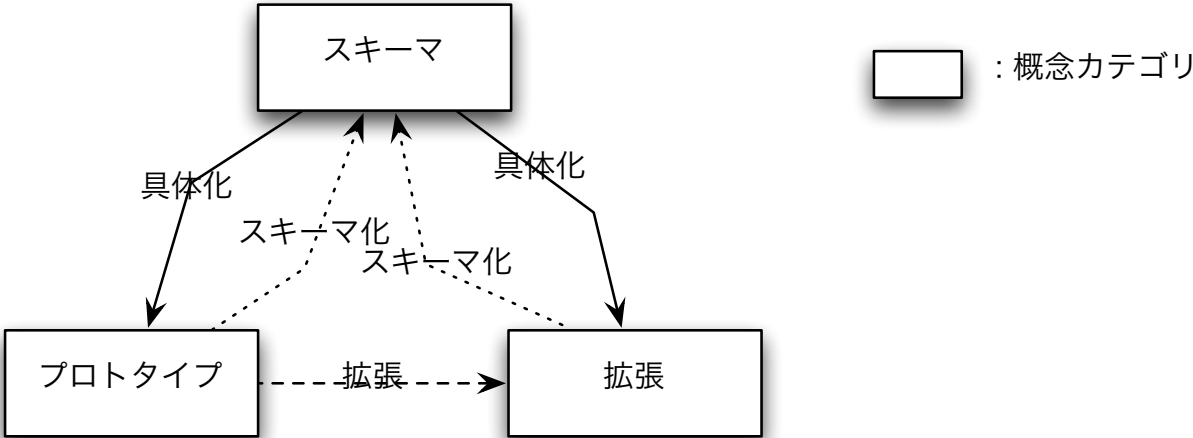
カテゴリは階層だけでなく, ネットワークを成す

ただし

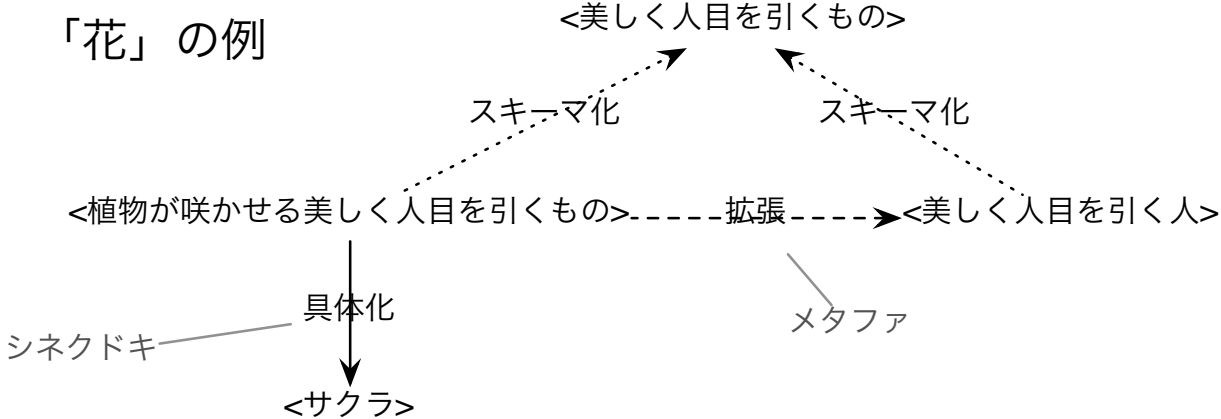
- \* 多相的
- \* 状況や視点に依存する
- \* 揺らぎがある
- \* 境界は明確でない



拡張とスキーマに基づくネットワーク・モデル

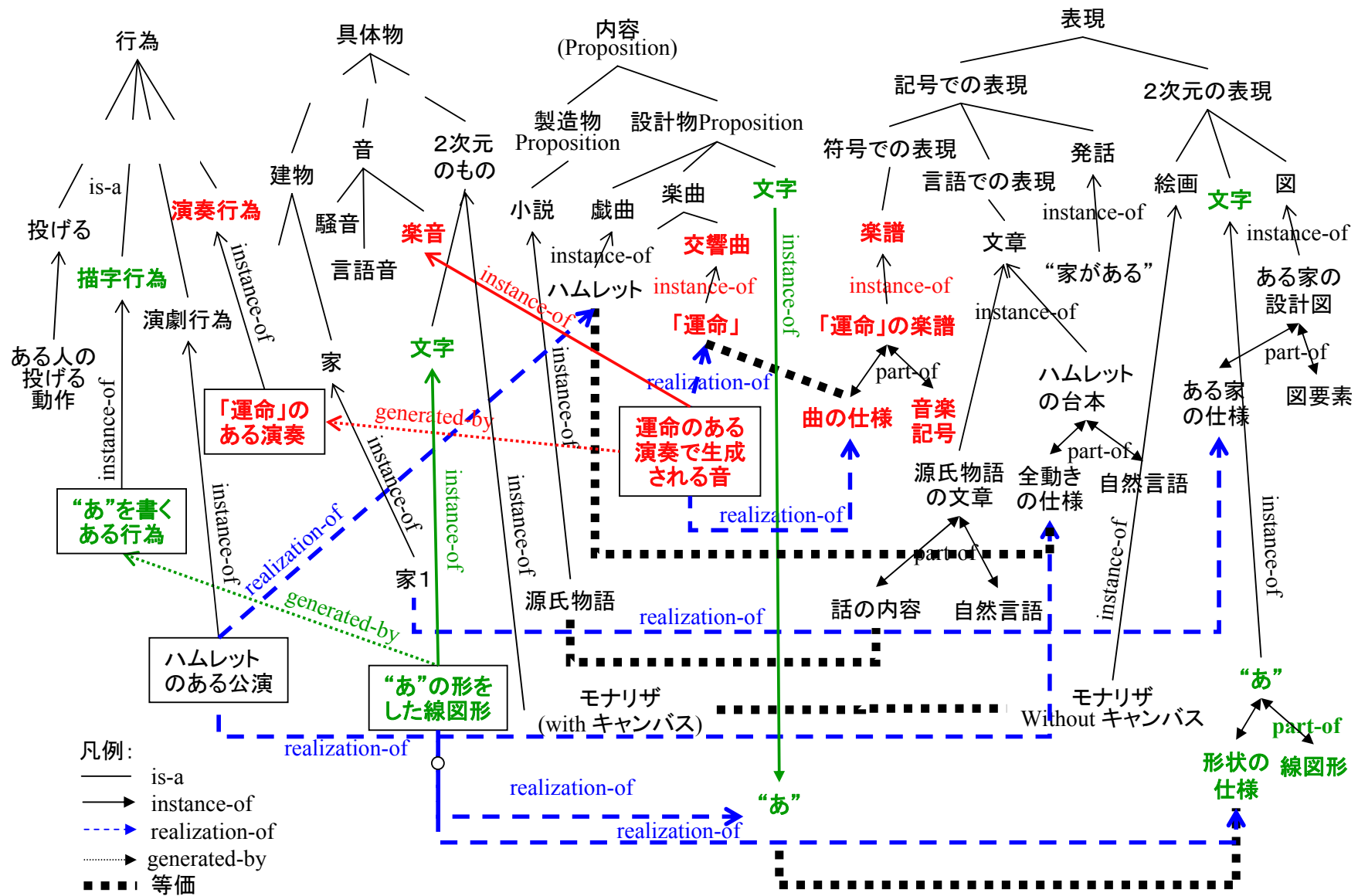


「花」の例



- 環境のオントロジとは

- オントロジとは存在論
- 概念の地図 (辞書)
- まあある意味 “クラス図” ですね



- ふつう, オントロジの対象は「実体」(あるいは客体) 的な概念
- でもそれでいいのか?

- 我々のソフトウェアは, 主体と客体が分離した世界ではなく, 自分たちが埋め込まれている世界 (環境世界) を対象としている

だから例えば $\pi$ を10兆桁計算するためのソフトウェアは, 今回の話の対象ではありません...

- だから環境を考慮したオントロジを考えよう

- その前にメレオロジとは

# メレオロジと 認知的モデリング

# 圈論



# 集合論

$\in$   
{ }

- 外延性公理:  $A$  と  $B$  が全く同じ要素を持つのなら  $A$  と  $B$  は等しい
- 空集合公理: 要素を持たない集合が存在する
- 対公理: 任意の集合  $x, y$  に対して、 $x$  と  $y$  のみを要素とする集合が存在する
- 和集合公理: 任意の集合  $X$  に対して、 $X$  の要素の要素全体からなる集合が存在する
- 無限公理: 空集合を要素とし、任意の要素  $x$  に対して  $x \cup \{x\}$  を要素に持つ集合が存在する
- 冪集合公理: 任意の集合  $X$  に対して  $X$  の部分集合全体の集合が存在する
- 置換公理: "関数クラス"による集合の像は集合である
- 正則性公理: 空でない集合は必ず自分自身と交わらない要素を持つ
- 選択公理:  $X$  が互いに交わらないような空でない集合の集合であるとき、 $X$  の各要素から一つずつ要素をとってきたような集合 (選択集合) が存在する

- $a \in A = \{ a, \dots \}$
- $a$  と  $A$  は存在のレベル (論理階型) が異なる
- $A$  とは何か?

メレオロジ

U

ここでは集合論の部分集合の概念のメタファとして $\subseteq$ を使っていますが、  
実際のメレオロジでは異なる記号 (Pなど) を使います

# 基礎メレオロジ

- 反射公理  $x \subseteq x$
- 反対称公理  $x \subseteq y \wedge y \subseteq x \rightarrow x = y$
- 推移公理  $x \subseteq y \wedge y \subseteq z \rightarrow x \subseteq z$

# 外延メレオロジ

- GM (基礎メレオロジ) +
- 強補足性公理
  - $x$ の部分でないものは,  $x$ と重ならない部分をもつ
- これから外延性が言える
  - 部分がすべて同じなら, 同じもの

# 一般外延メレオロジ

- EM (外延メレオロジ) +
- 融合体 (fusion) 公理
- ある条件 $\Phi$ を満たす $x$  ( $\Phi x$ ) が存在するならば,  $\Phi$ を満たすようなすべての対象の融合体 ( $\sigma x \Phi x$ ) が存在する

- この他にも公理を追加することにより
  - 和, 積 (閉包外延メレオロジ = CEM)
  - atom (真部分集合をもたない要素) の存在 / 非存在
- などさまざまなバリエーションがある

# メレオトポロジ

- 連結性公理
  - 反射性
  - 対称性
  - 単調性
- 部分を扱うメレオロジを拡張して, 部分と全体の関係を扱う

U → W

# メレオロジの意義

- 集合論では, 概念のあり方が実在的
  - 概念化  $\{ \}$  によって, 存在の梯子を一段上ってしまう ( $a \neq \{a\}$ )
- メレオロジでは, 概念は単に集まり
  - 焦点を自在に移動することができる ( $a = \{a\}$ , ただし  $\{ \}$  は融合体を表すとする)
- 唯名論的オントロジ (= 言語) にはメレオロジが適している
- 現代数学を展開するのには足りない (というか, 集合論が強すぎる = 公理が多過ぎるのではないか)

- 認知意味論の“概念”と似ている？

- 確かにいわゆる“存在”(実体)をメレオロジの対象と考えると、いくつかのまずい点がある
  - 反例
    - この左手  $\subseteq$  山田  $\wedge$  山田  $\subseteq$  メタボリックス
    - ( $\subseteq$ は推移的だから) この左手  $\subseteq$  メタボリックス?!
  - 実際には
    - 働く人としての山田  $\subseteq$  メタボリックス
    - この左手  $\subseteq$  生物としての山田

- メレオロジの universe (変数域) として, “存在” ではなく, “事態” を考えたらどうだろうか?
  - 事態 = state of affairs, 出来事, event, occurrence
  - ヴィトゲンシュタイン 「論考」
  - ホワイトヘッド 「プロセス」
  - ギブソン 「アフォーダンス」
  - ベイトソン 「ダブルバインド」
  - .....
- そこでは “存在” は複数の事態の間の不変項として現れる

# 環境のオントロジ

- 認知に対する, メレオロジとは異なる数学的基盤として, Barwiseの状況意味論とそのベースとなるAczelの非正則集合論 (Non-well-founded Sets) があるけど, それはまた別の機会に...

- そして, 知働的モデリング

# 知働的モデリング

あるいは

noUML

- モデリングは難しい, と言われる
- なぜだろうか?

- 仮説
  - モデリングには認知的/意味論的不一致がある
  - (= モデリングのプロセスや方法, 記法などが人間の認知に即していない)

- 例
  - 通常, いきなりクラス (概念) のレベルで会話することが多いが, このクラスの擦れが多く不幸の元になっている
  - これは必ずしも厳密化によって解消されない
  - そもそも概念を“発見”するのは難しい
  - 概念は言葉を創造的に使って創り出すものだから

- 認知 / 意味論一致的なモデリングを考えてみよう
- 認知意味論や環境オントロジ, メレオロジを援用する

- インスタンス (というよりは個体/individual) の重視
- 融合体としての概念 (クラス)
- 主体を含む状況の記述
- 多義性, 揺らぎの許容
- 関係的性質 (いわゆる役割) の定義
- メタ概念の導入
- 事態の記述
- 焦点化の支援
- アスペクトの導入
- イメージスキーマと拡張を利用した「腑に落ちる」モデリング
- 用法基盤主義に基づく概念の摺り合わせ
- 素朴経済学, 素朴会社
- プロトタイプ (カテゴリの典型例)

- なおかつ, これらがうまく計算に落ち (計算世界に対応付けられ) なければならない

# 認知的モデリング マニフェスト

- クラスよりも, 個体を
- 存在よりも, 事態を
- 普遍よりも, 状況を
- 定義よりも, 用法を

終わり

- 「概念化と意味の世界」, 深田, 仲本, 2008, 研究社
- 「環境のオントロジー」, 河野, 染谷, 斉藤, 2008, 春秋社
- 「オントロジー工学」, 溝口, 2005, オーム社
- 「意味論的転回」, クリッペンドルフ, 2009, SiBアクセス
- 「現代唯名論の構築」, 中山, 2009, 春秋社
- 他, 多数の資料を参考としています

presented to you by ...

*meta*  **bolics**