

システム環境情報学特論

モデルとは何か？

平成21年度版

担当:小野里 雅彦



1

モデル論 はじめに



現在のCAD/CAM/CAEに代表されるデジタル化された設計・生産(Computer-Aided Design and Manufacturing)においては、モデルは不可欠なものとなっている。

その一方で、モデルという概念は多様な内容を含み、またモデルに起因して発生する問題も多く存在する。

今回の講義では、モデルというものを、その原点から問い直し、そこに含まれるさまざまな意味内容と、利用の方法、問題点などについて考えていく。

2

"モデル(model)"の氾濫

製品(プロダクト)モデル
設備モデル
ファクトリーモデル
ビジネスモデル
エンタープライズモデル
参照(リファレンス)モデル
マスターモデル
クレイモデル
データモデル
ユーザモデル
情報モデル

機能モデル
アクティビティモデル
プロセスモデル
デジタルモデル
離散系モデル
連続系モデル
制御モデル
質点系モデル
階層モデル
ネットワークモデル
メタモデル

.....

モデル(model)とは？

1. 見本. 手本. 模範. 「~ルーム」
2. 模型. ひな型
3. 制作の素材となる対象・人物. またそれを職業とする人 「人物画の~」
4. 複雑な現象を説明するために用いられる単純化した理論や仮説
5. 小説などの登場人物の素材となった実在の人物. 「『雪国』駒子の~」
6. 「ファッションモデル」の略

モデル(model)とは？

1. a **standard** or **example** for imitation or comparison.
2. a **representation**, generally in miniature, to show the construction or appearance of something.
3. an **image** in clay, wax, or the like, to be reproduced in more durable material.
4. a **person or thing** that serves as a subject for an artist, sculptor, writer, etc.
5. a **person** whose profession is posing for artists or photographers.
6. a **person** employed to wear clothing or pose with a product for purposes of display and advertising.
7. a **style or design** of a particular product.
8. a **pattern or mode** of structure or formation.
9. a **typical form or style**
10. a **simplified representation of a system or phenomenon**, as in the sciences or economics, with any hypotheses required to describe the system or explain the phenomenon, often mathematically
11. Zool. **an animal** that is mimicked in form or color by another.

from *Random House Unabridged Dictionary*

5

北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻
小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

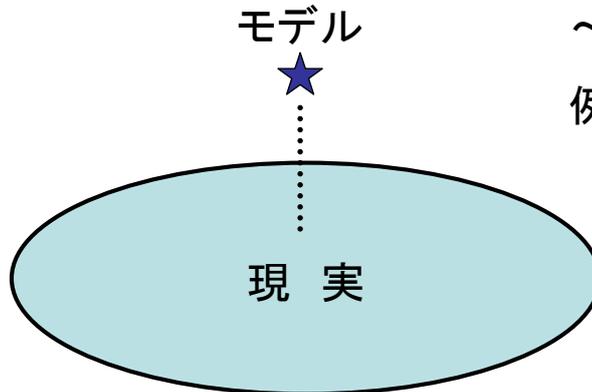
モデルを考える4つの切り口

- そのモデルは何を意味(意図)しているのか？
【モデルの意味】
- そのモデルは何によって表現されているのか？
【モデルの表現】
- そのモデルによって何が可能となるのか？
【モデルの効用】
- そのモデルはなにを対象に記述しているのか？
【モデルの対象】

モデルの意味—理想

■ 理想としてのモデル

→ 究極の到達目標, 夢, 憧れ



～でありたい

例: ファッションモデル



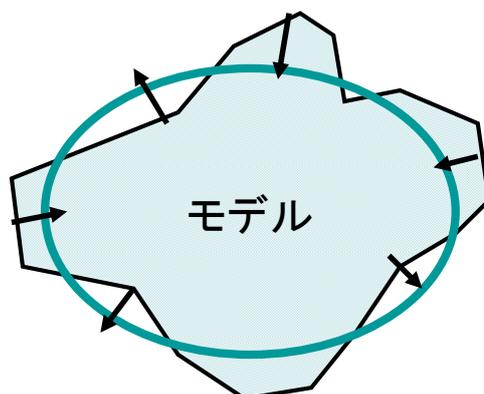
VOGUE, UK

7

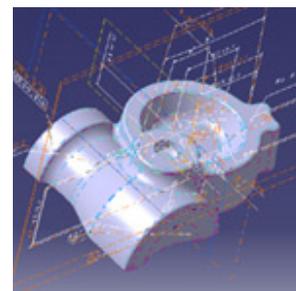
モデルの意味—規範

■ 規範としてのモデル

→ 実現すべき, 遵守すべき内容を提示



～でなくてはならない
例: プロダクトモデル
(製品モデル)



IBM CATIA

8

モデルの意味ー典型

■ 典型としてのモデル

→ 複数のものを代表(インスタンス)

たとえば~のように

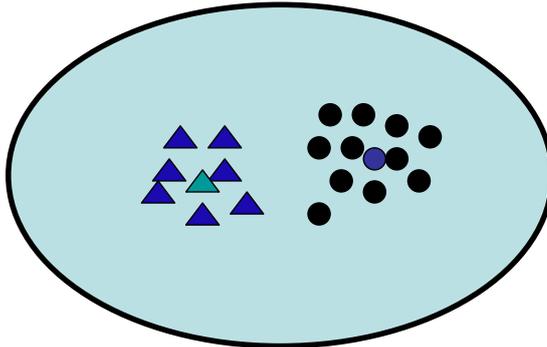
例: モデルケース

「会社 Aさん

51歳

配偶者, 子供2人

.....」



北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻
小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

9

モデルの意味ー近似

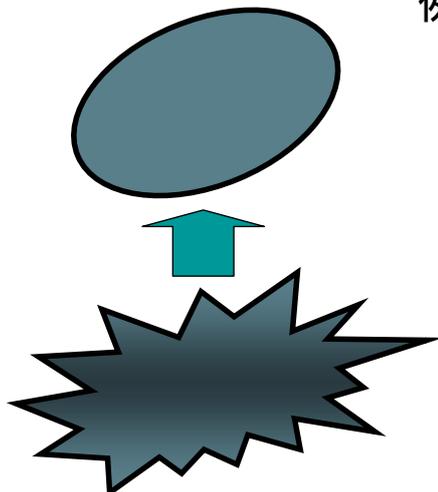
■ 近似としてのモデル

→ 関心のある部分をより単純なもので代用

おおよそ~のように

例: モックアップ

(形状○, 材質×)



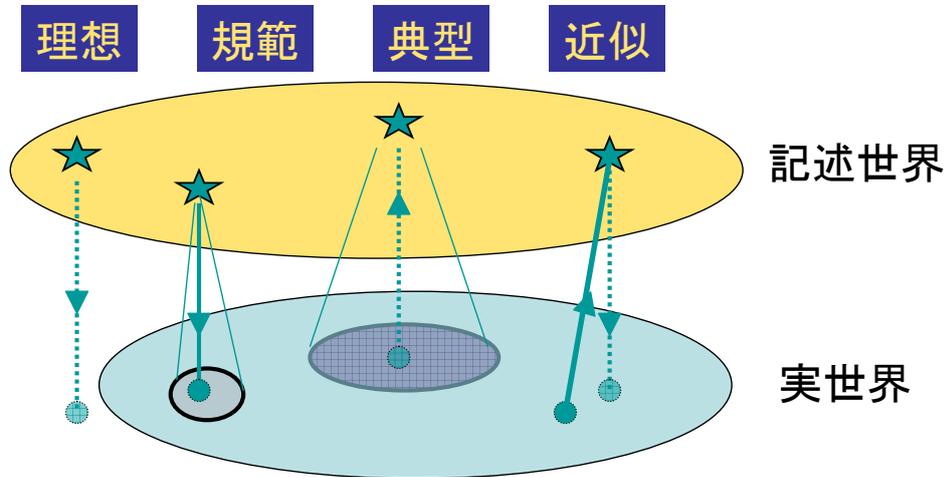
北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻
小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

10

モデルの意味—整理

理想／規範 "to be" model

典型／近似 "as is" model



ただし、これらは必ずしも排他的ではない
例: 理想の近似, 規範の典型, ...

北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻
小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

11

モデルの表現—実体

■ 実体による表現

対象のもつ形状, 構造, 配置, 動作, 質感などを表現

例: クレイモデル, スケールモデル, ファッションモデル,
モデルハウス,



聴覚器官スケールモデル(3B)



カメラ クレイモデル(キャノン)

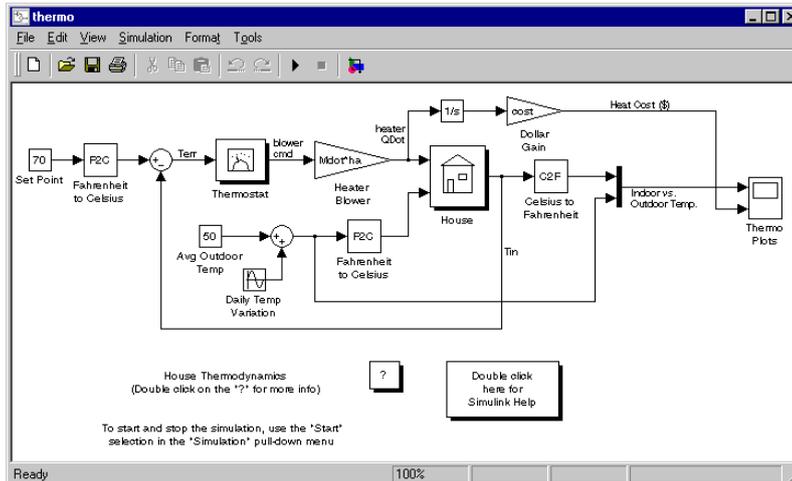
北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻
小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

12

■ 数学的記述による表現

対象に含まれる定量的因子(パラメータ)の間の量的関係を記述

例: 運動方程式, 状態方程式, ...



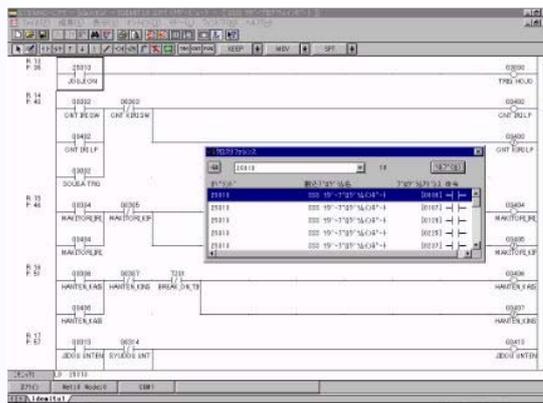
SIMULINK
(MathWorks)

北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻
小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

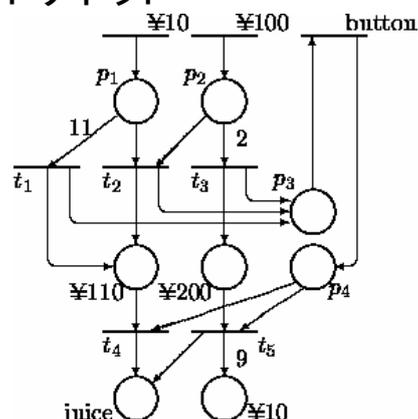
■ 論理的記述による表現

対象の存在や動作の機序に対する論理的關係を記述

例: PLCのラダー図, ペトリネット



ラダー図作成支援ソフト(オムロン)



自動販売機のペトリネット(愛知県立大: 太田淳氏)

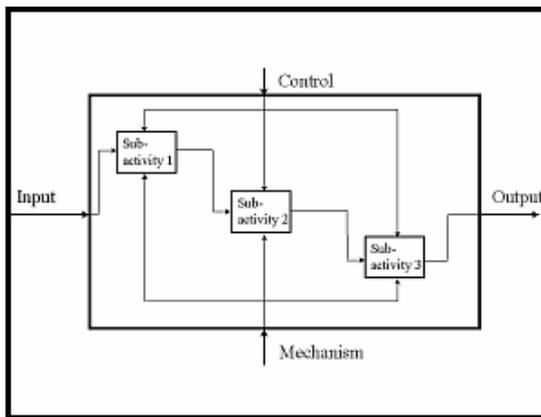
北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻
小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

モデルの表現—構造

■ 構造的記述による表現

対象を構成する要素とそれらの間の関係を記述し、より明確なものへと還元していく

例： IDEF0, 3D形状モデル



IDEFO



境界表現の位相構造の例

モデルの表現—整理

■ モデルの表現とは？

表現手法が内包する”構造”を”借用”

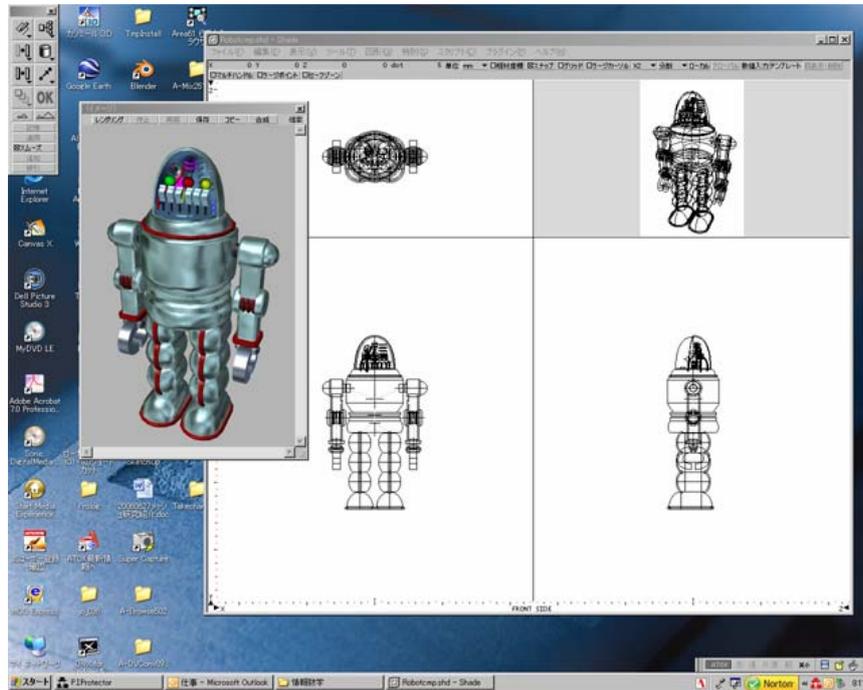
- 実体： 形状, 重量, 質感,
- 数学： 大小関係, 距離, 演算,
- 論理： 反射・対称・推移などの関係, ブール代数
- 構造： 要素, 関係, 属性 ← スキーマ

■ 使用した表現法により, 何が捨象されたかを意識することが必要！

■ モデルの表現(representation)と表示(expression)とを混同してはいけない！ (例: 3DモデルとCG)

モデルの表現と表示

1つのRepresentation, 5つ(3種類)のExpression



北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻
小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

Shade 6

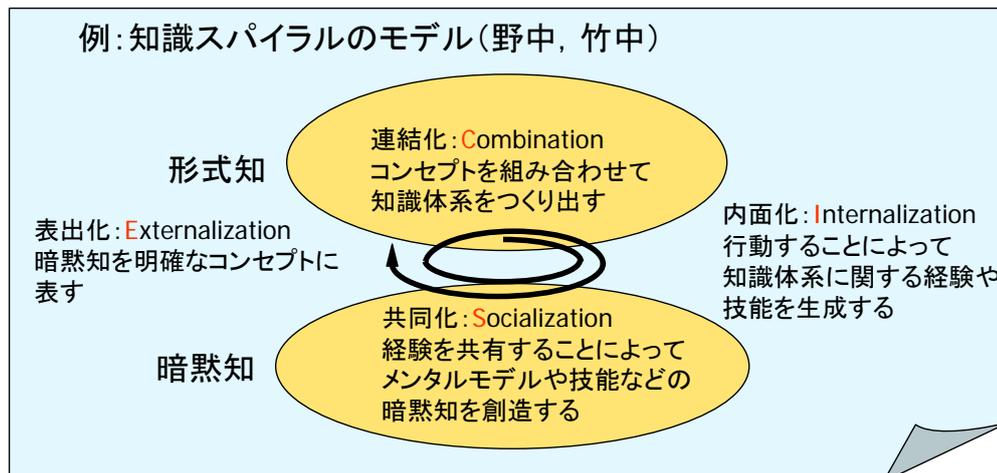
17

モデルの効用—理解

現実の対象(現象, 構造, 挙動, 機能, ...)を理解(認識)するための枠組みを提供

対象 → 人

不可視な対象を把握するときにはモデルの存在が不可欠



北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻
小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

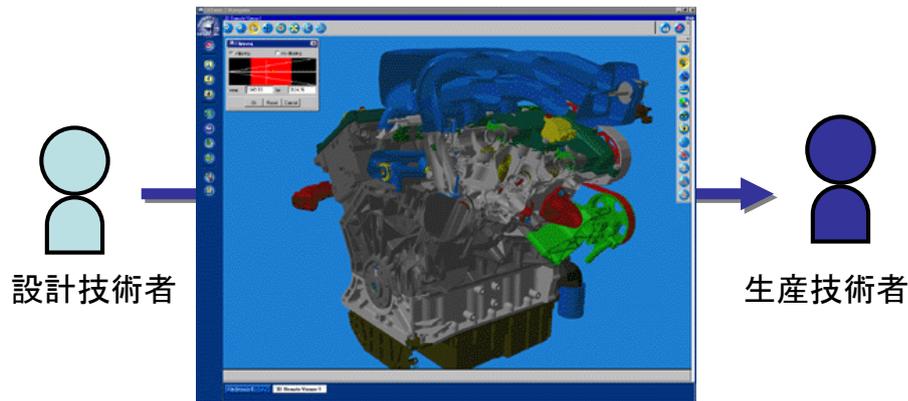
18

モデルの効用—伝達

- 人から人，組織から組織への情報の伝達手段を提供

モデルにより，データ相互が関連付けられ，組織化されて伝えることができる

⇔ データの羅列

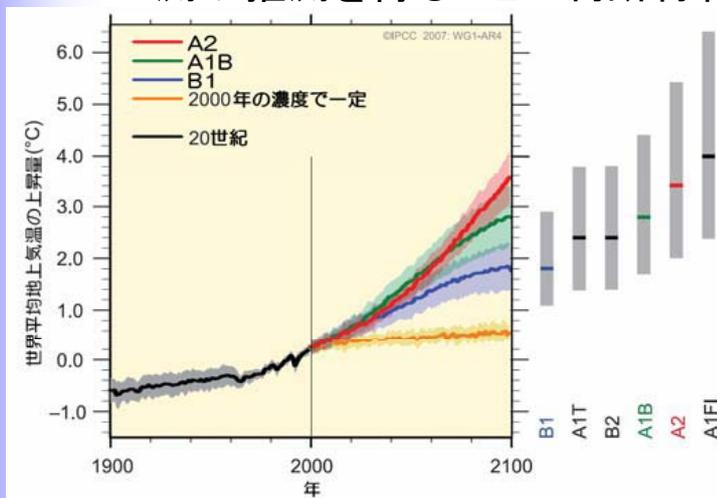


CATIA V5(Dassault Systems)

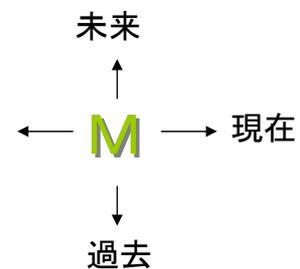
北海道大学情報科学研究科 システム情報科学専攻
小野里 雅彦 (Masahiko Onosato)

モデルの効用—予測

- モデルにより，対象についての未知の内容に関する予測や推測を得ることで判断材料を得ることができる。



IPCC, 2007 世界平均気温上昇量

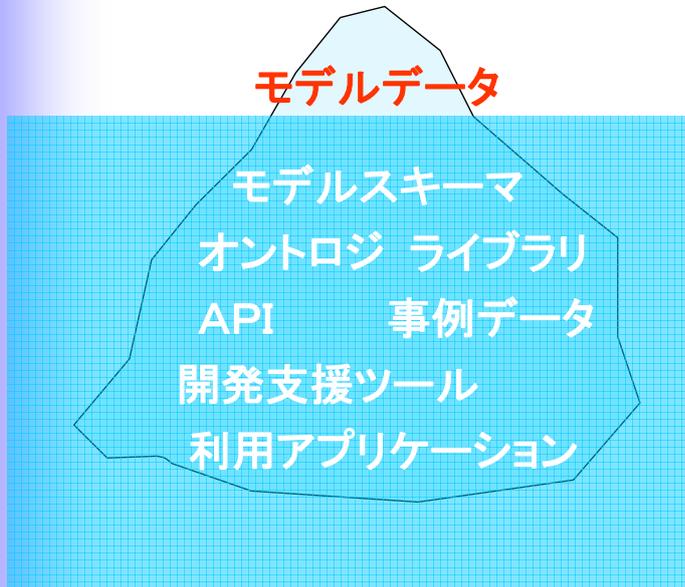


シナリオ

- A1F1 化石エネルギー源重視&高経済成長
- A2 経済の地域ブロック化と高い人口増加
- A1B エネルギー源のバランス&高経済成長
- B2 経済・環境の持続可能性確保の地域共存型社会
- A1T 非化石エネルギー源重視&高経済成長
- B1 環境保全と経済発展が地球規模で両立

モデルの効用—蓄積

■ モデルは過去の知を体系的に蓄積し再利用する仕組み



各記述対象ごとのモデルデータの背後には、先人の膨大な知が集積している。

モデルを作るときには、それらを暗黙の内に利用している

モデルの効用—その留意点

■ 理解

- モデルは、“ひとつの見方”。モデルのフォーカスされている点と、それによって捨てられているものについての留意が必要

■ 伝達

- モデルの送り手と受け手に同じ解釈系(システム, 理解, ...)が存在していることが前提. 異なれば違う認識結果.

■ 予測

- 外挿(内挿)に利用している原理が妥当であることが重要. 予測する時間(点)が遠くになればなるほど不正確に. また, 現状認識が違えば予測も違う.

■ 蓄積

- 追加するものは、蓄積された既存の体系との整合性が必要. 安易な追加はアーカイブ全体を不整合にしてしまう可能性.

モデルの対象—対象と切り口

モデルの記述対象となっているのは？
また、その性質はどういうものか？

物理的(ex.機械)	■	↔	■	論理的(ex.会社)
実体／要素／属性	■	↔	■	現象／プロセス／関係
単一	■	↔	■	集合的
静的(定常的)	■	↔	■	動的(非定常的)
具体的	■	↔	■	抽象的
定量的	■	↔	■	定性的
決定的	■	↔	■	確率的

中間・併用・統合

モデルの対象一例: プロダクトモデル

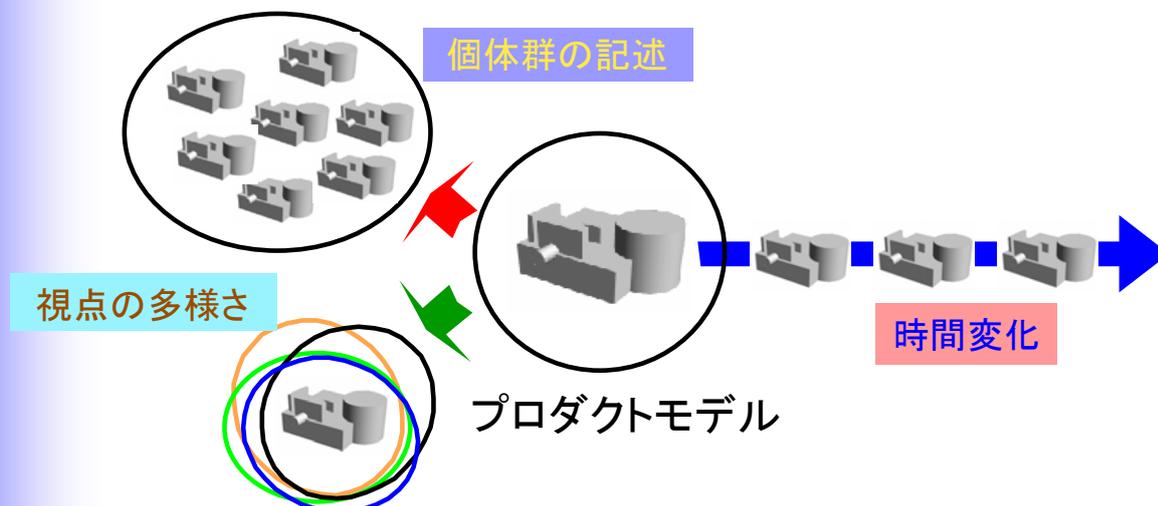
■ プロダクトモデル

- 物理的对象の属性と構造
- 現状では単一 & 静的
- 具体的 / 確定的 / 定量的



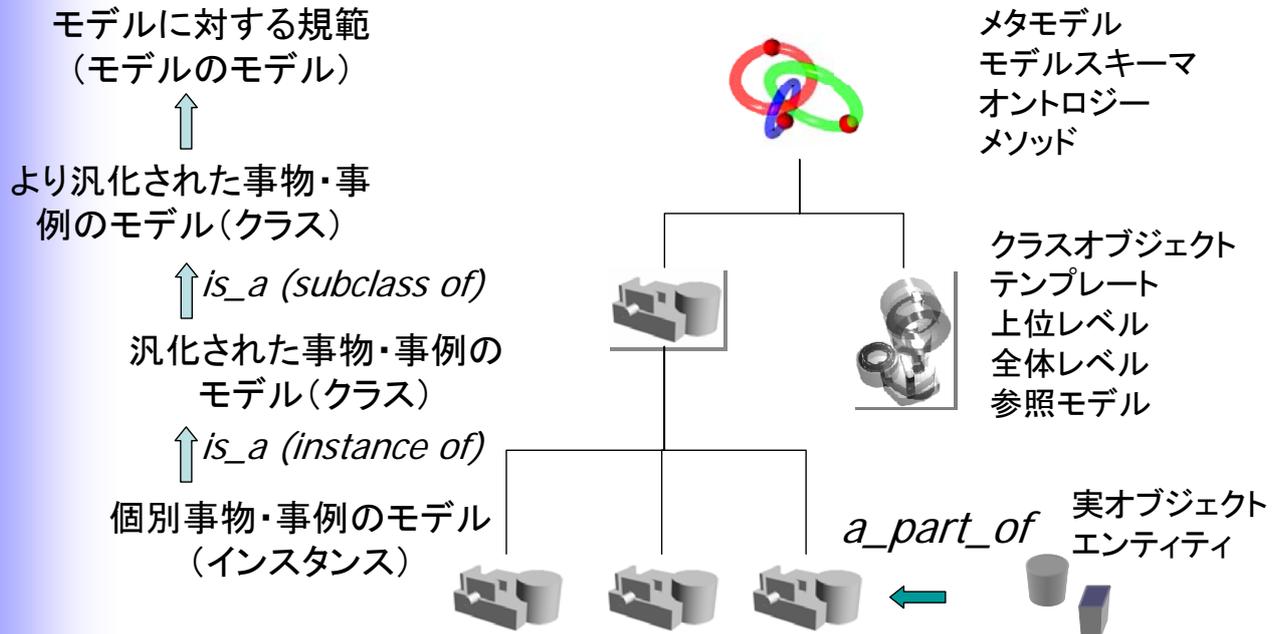
■ 統合プロダクトモデル

- 機能構造, 設計意図
- 挙動, 加工, 組立, 劣化プロセス
- 集合的 / 確率的 / 定性的



モデルの対象—モデルのレベル

■ モデルにおけるレベルの存在



モデル化の基本原則

■ J. Henrik, A. Pritskerらによるモデル化の7原則

1. システムに対する理解はプロジェクトの最終的産物として得られるものであり、モデル化のアプローチや環境はこれに適応できなくてはならない
2. モデル構築に熟達する秘訣は、モデル改訂の必要性を的確に察知し、モデルを作り直す能力にある。
3. モデル化のプロセスは進化論的である。これはモデル化とモデル分析によってシステムに関する重要な情報が少しずつ明らかになってくるからである。
4. 問題の明確な記述が、モデルに基づく問題解決技法を左右する一番重要な要因となる。
5. トップダウンアプローチ型モデルとボトムアップ型モデル化とを賢く使い分けよ。
6. モデル化の方法を修得することは重要であるが、それ以上に、代替的方法の間に存在するトレードオフを理解することが重要である。
7. モデル化の目的は、対象とするシステムに関する知識や理解であり、モデル自体ではない。

モデルの対象—素朴で困難な問い

モデルにおける“もの”(実体, entity, ...)の扱いは...?

- A) "もの"の境界: どこからどこまでがひとつの"もの"?
- B) "もの"の継続: 昨日と今日とは同じ"もの"?
- C) "もの"の名付け: この"もの"はどんな名前をもつ?
- D) "もの"の消滅・生成: 2つに分割された"もの"は一体どうなる?
- E) "もの"の同一性: この"もの"とこちらの"もの"は同じもの?
- F) "もの"の階層: 部品も"もの", ユニットも"もの", でも違う?

一見すると"哲学的議論", でもモデル化をきちんと行う上で避けられない内容

哲学する例: 鉛筆

オブジェクトとしての鉛筆



モデルに関する追加事項

- モデルは私たちが実世界に対して、認識し、思考し、行動するための枠組み(方法, 制約, 手本, ...)を与えてくれる.
- コンピュータが登場して以降, コンピュータにとってもモデルは重要なものとなっている.
- 実世界に対して, モデルは唯一, 一意ではない.
- モデルを表現する手段はさまざまに存在している. その中で, 近年はUML (Universal Modeling Language)とXML (Extensible Markup Language)による表現が広く使われるようになってきている.
- モデル単独では存在価値が低く, モデルを使う方法(アプリケーションプログラムや解析方法など)があってその利用価値が高まる.

モデルについて考える習慣

論文, 記事, 報道等, さまざまなところで目にする, 耳にする“モデル”という言葉に関して, 本講義で議論した内容に基づいて, それがどのような意味・表現・内容・対象の元で使用されているのか, 分析をしてみよ.