要のものを捉える：静的な構造の表現

10:00-11:20

FMG
Formal MetHod
Group

内容

- 共通点を抜出す:なぞ掛けに挑戦
- 様々な構造
- 構造とアーキテクチャー
- MECEと同値関係
- モデルと同値関係

共通点を抜き出す
：なぞ掛けに挑戦

なぞ掛け（三段なぞ）

- A:「何々と掛けて」(カケ)，B:「何々と解く」（トキ），C:「その心は〇〇」（ココロ），という形式。
- 手順

1)Aが持つ**性質**，**音**，**様態**などの特徴を列挙する。

2)それをアレンジ（同じ音で異なるもの，同じもので異なる使い方など）し，Cの候補を見つける 。

3)それと関連のあるものを探す（Bの候補）。

TIPS

Bを詳しく説明し，Cには「どちらも」とは入れない

なぞ掛けの例
：『黒繻子の帯』(1862ごろ)から

A:「下戸」と掛けて,

B:「小田原町の大風」と解く,

C:

A:「桜餅」と掛けて,

B:「厩が空だ」と解く,

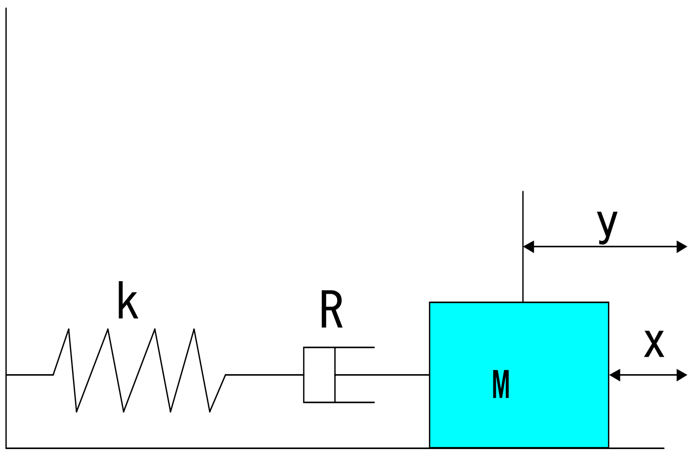
C:

Q1:次のなぞ掛けに挑戦

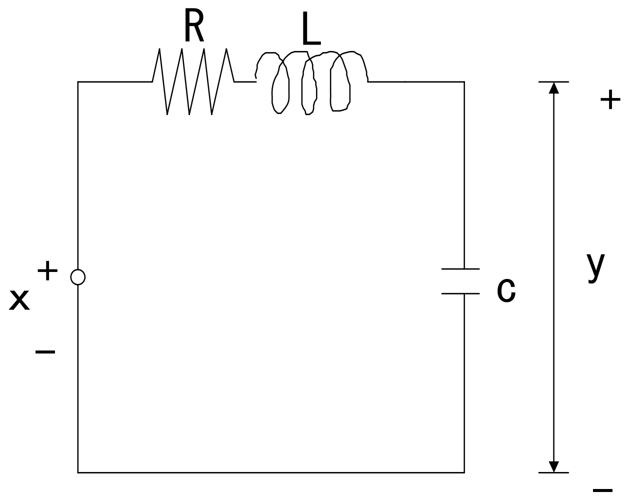
- 「エアコン」と掛けて，「発汗作用」と解く，そのココロは？

様々な構造

工学における構造



機械系



電気系

機械系と電気系の相似

- 機械系

$$M\frac{d^2y}{dt^2} + R\frac{dy}{dt} + ky = x$$

- 電気系

$$LC\frac{d^2y}{dt^2} + RC\frac{dy}{dt} + y = x$$

⇩

現象的にはまったく異なって見えるが，「**機能**」に注目すると，その行動（入出力関係）は，いずれも2階の線形常微分方程式で記述できるという意味で，**同型**である。

ビジネスにおける構造

- 「X社では製品P_1,P_2を製造・販売している。各々の製品を製造するのに，3種類の原料M_1,M_2,M_3を必要としている。P_1,P_2をそれぞれ1トン製造するのに必要な原料の使用量と各原料一日あたりの使用可能量，さらに各製品1トンあたり利益が与えられているとき，利益を最大にする製品の一日あたりの製造量を求めよ。」
- 「北京動物園のライオンの一日あたりの，カロリー，たんぱく質，脂質，でんぷん質の栄養摂取基準量の下限値と，飼料F1,F2,F3の100グラムあたりのカロリーや成分が与えられている。また，各飼料の価格も与えられているとき，栄養基準量を満足し，総価格を最小とする飼料の混合方法を求めよ。」
- 「ある商品について，mカ所の発送地からnカ所の目的地に運びたい。発送地と目的地の，各々の供給量と各需要量，および発送地と目的地間のそれぞれの輸送費用はわかっている。このとき，どのように輸送すれば，輸送費用を最小にすることができるか？」

- これらの問題は，いずれも**線形計画問題**として表現できる。

線形計画問題の構造

- 目的関数 : $g(x_1, \ldots, x_n) = c_1 x_1 + \cdot\cdot\cdot + c_n x_n$
- 制約条件 :

  $a_{i1}x_1 + \cdot\cdot\cdot a_{in}x_n = b_i, \quad i=1,\ldots,m$

  $a_{i1}x_1 + \cdot\cdot\cdot + a_{in}x_n \leqq b_i, \quad i=m+1,\ldots,k$
- 非負条件

  $x_i \geqq 0, \qquad i=1,\ldots,n$

「同じとみなす」

- 「aとbとは同じとみなせるが，aとcは違う」ということをどう表現するか？
- 同じとみなすとは？
  - ある対象aとそれ自身は同じとみなせる:

    $$a \sim a$$

  - ある対象aと別の対象bが同じとみなせるときには，bとaは同じとみなせる:

    $$a \sim b \text{ ならば，} b \sim a$$

  - ある対象aと別の対象bが同じとみなせて，またbと第3の対象cが同じとみなせるときには，はじめの対象aとcは同じとみなせる:

    $$a \sim b \ \& \ b \sim c \text{ ならば，} a \sim c$$

同値関係

- 「同じとみなす」という対象間の関係は，数学的には同値関係と呼ばれている。
- Xを集合とするとき，～が次の条件を満足するならば，～をX上の**同値関係**と呼ぶ。
  - 任意のxに対して，x ～ x （反射律）
  - 任意のx,yに対して，x ～ y ならば，y ～ x （対称律）
  - 任意のx,y,zに対して，x ～ y ∧ y ～ z ならば，x ～ z （推移律）
- たとえば，

X={アントラーズ，コンサドーレ，ヴェルディ，ジュビロ，ベルマーレ，レッズ}

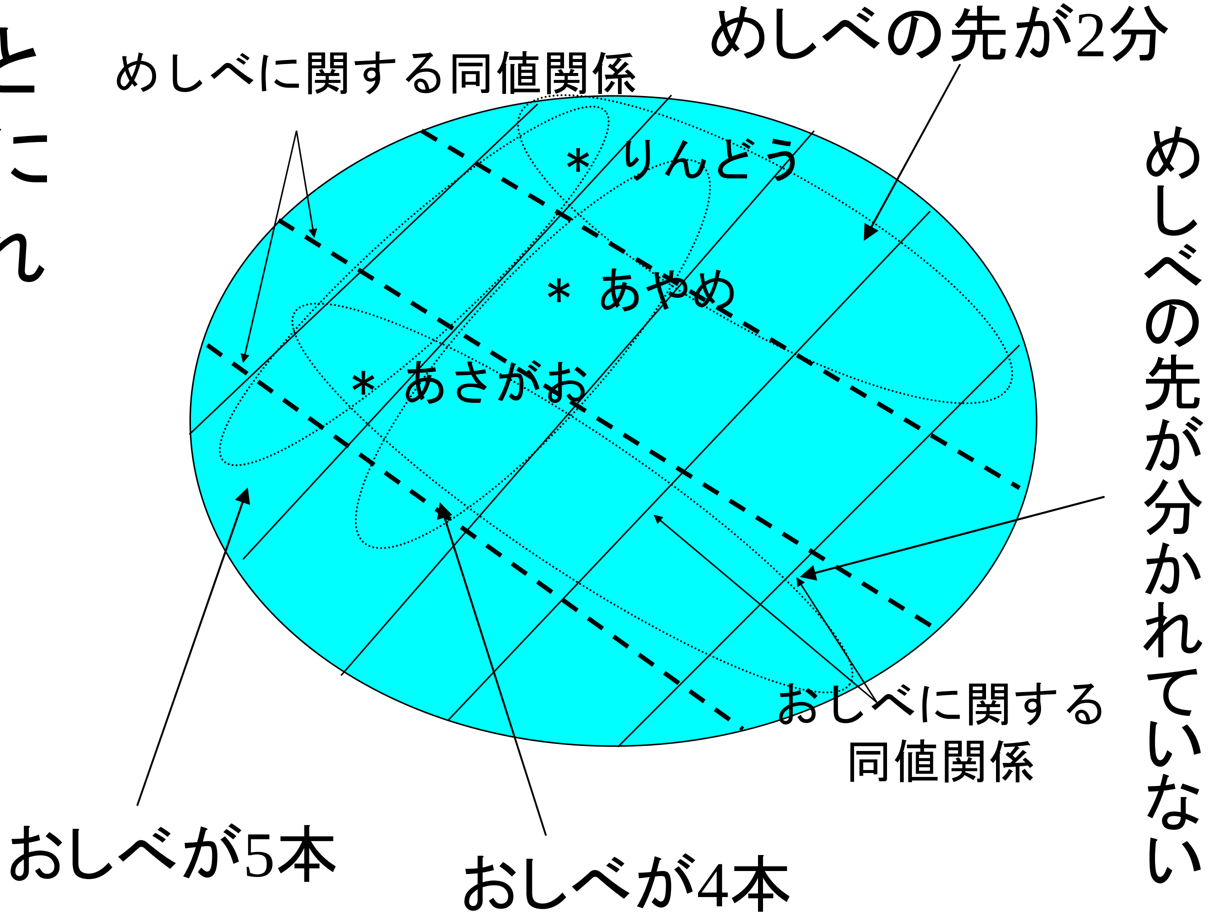
としたとき，

x ～ y ⇔ x,yは同じリーグに所属する

とすれば，～はX上の同値関係である。

生物学における構造概念
－雌雄ずい分類体系－

- 植物の分類
- おしべの数とめしべの数によって導かれた同値関係による分類



近さの概念

- ある対象と別の対象が，近いとか遠いとかはどう表せばよいか。
- 近さを実数値で表現することを考える。
- 距離はどのような性質を持つものか？
  - 一般に，二つの対象の距離はゼロ以上：

$$d(a,\ b) \geqq 0$$

  - ある対象aとそれ自身の距離はゼロ：

$$d(a,a)=0$$

    - ある対象aと別の対象bの距離は，bから測っても同じ：

$$d(a,b)=d(b,a)$$

  - ある対象aと別の対象bの距離は，第3の対象cを経由するより近いはず：

$$d(a,b) \leqq d(a,c) + d(c,b)$$

距離の構造

- 距離は，実数値関数d:X×X→Rで，以下を満たすもの：
  - 非負：任意のx，yに対して，d（x，y）≧0
  - 任意のxに対して，
    $$d(x,x)=0$$
  - 任意のx，yに対して，
    $$d(x,y)=d(y,x)$$
  - 任意のx，y，zに対して，
    $$d(x,y) \leqq d(x,z) + d(z,y)$$
- 距離が定義された集合（X,d）を，**距離空間**と呼ぶ。
- 例：Rを実数集合とし，d(x,y)=|x-y|とすれば，(R,d)は距離空間である。

順序の概念

- 「aはbより小さい」といった順序をどう表現するか？
- 順序とは？
  - ある対象aとそれ自身は大小がつかない（どちらの順序もつく）：

$$a \leqq a$$

  - ある対象aが別の対象bよりも小さく，しかも，bがaよりも小さいときには，両者は同じもの：

$$a \leqq b \,\&\, b \leqq a \text{ ならば，} a = b$$

  - ある対象aが別の対象bよりも小さく，またbが第3の対象cよりも小さいときには，はじめの対象aはcよりも小さい：

$$a \leqq b \,\&\, b \leqq c \text{ ならば，} a \leqq c$$

順序関係

- 「aはbより小さい」という対象間の関係は，数学的には順序関係と呼ばれている。
- Xを集合とするとき，≦が次の条件を満足するならば，≦をX上の**順序関係**と呼ぶ。
  - 任意のxに対して，x ≦ x （反射律）
  - 任意のx,yに対して，x ≦ y & y ≦ x ならば，x=y （反対称律）
  - 任意のx,y,zに対して，x ～ y & y ～ z ならば，x ～ z （推移律）
- たとえば，

X={イタリア，ドイツ，フランス，ポルトガル，ブラジル，日本，オーストラリア}

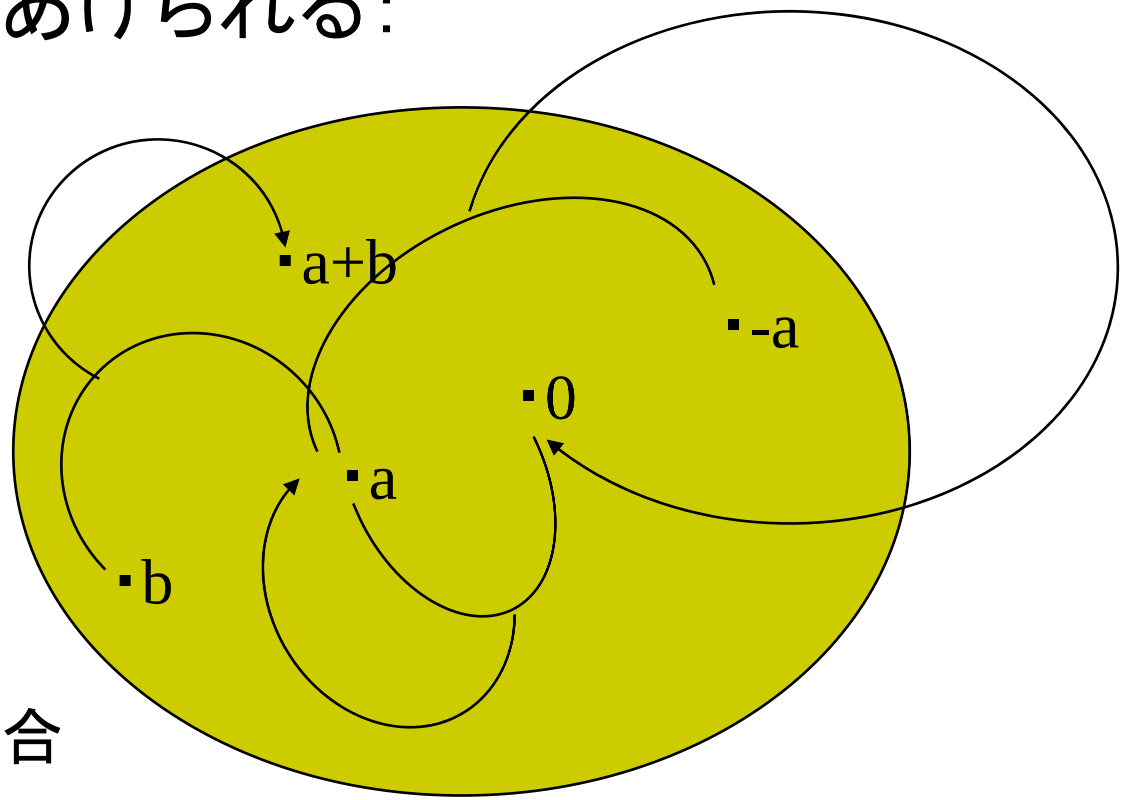
としたとき，

x ≦ y ⇔ xはFIFAランキングでyより下位にあるか等しい

とすれば，～はX上の順序関係である。

数学における代表的な構造：代数構造

- 数学におけるもう一つの代表的な構造の例として，整数上の加算（足し算）にもとづく代数構造（群）があげられる:



整数の集合

構造人類学

- レヴィ・ストロースによる婚姻体系の研究
- 婚姻体系を**群**として記述

⇩

「すべての男は，彼の母親の弟の娘と結婚できる」

といった新たな規則の発見

構造についてのまとめ

- さまざまな分野で「**構造**」概念が用いられている.
- もっとも基本的な構造は，同値関係で規定される.
- 数学的には，集合(族)とその上の演算や述語(要素間の関係)の組$\langle \{A_i\}, \{f_j\}, \{R_k\} \rangle$として，「**構造**」を捉えることができる.

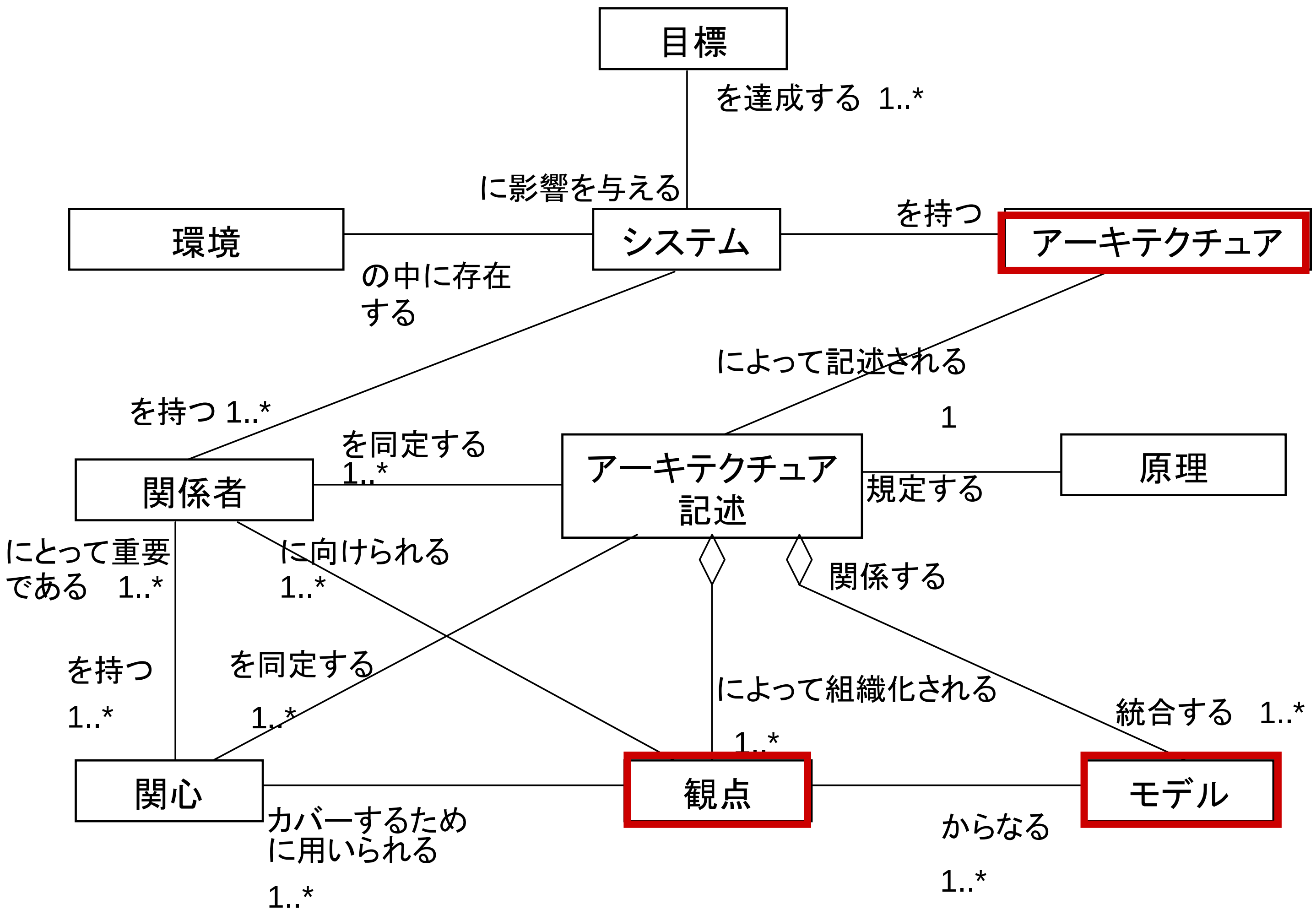
構造とアーキテクチャ

構造とアーキテクチャ

- アーキテクチャは，もともと「建築術」，「建築様式」，「構造，構成」といった意味がある。
- システムアーキテクチャ，情報アーキテクチャ，情報システムアーキテクチャ，ビジネス・アーキテクチャ，エンタープライズ・アーキテクチャ，．．．

アーキテクチャ ＝ $\underbrace{\boxed{\text{要素＋形態}}}_{\text{構造}}$ ＋**原理（設計思想）**

アーキテクチュア記述（IEEE1471を改変）



MECEと同値関係

MECE:コンサルティングの技法

- 論理的に何かを伝えるための代表的な技法として，MECEと呼ばれるものがある。
- MECEとは，Mutually Exclusive and Collectively Exhaustiveの略で，「ある事柄を重なりなく，しかも漏れのない部分の集合体として捉えること」である（照屋他，『ロジカル・シンキング』，東洋経済新報社，2001.）。

ＭＥＣＥが有効であることを示す例
(照屋他,『ロジカル・シンキング』, 東洋経済新報社, 2001.より)

- 「あなたの部門に入ってくる情報は全体としてどのようなものがあるか説明してください。」
- いくつかのアプローチ
  - 羅列アプローチ: 日経新聞，週刊ダイヤモンド，ベンダーからのニューズレター，…
  - 仕分けアプローチ: 曜日や時間帯別に仕分けする
  - MECEアプローチ: 定期か不定期か，公開か非公開か，定期なら月間か週刊か，など

代表的なMECE

- 3C/4C：顧客(customer),競合(competitor),自社(company),チャネル(channel)
- 4P:商品(product), 価格(price), チャネル(place), 訴求方法(promotion)
- PDCAサイクル：plan-do-check-action
- 5W1H：what,how,where,who,when,why
- LATCH:location,alphabet,time,category,hierarchy

など。

さまざまな切り口（MECEの枠組み）を持つことが重要。

Q2:MECEを使う

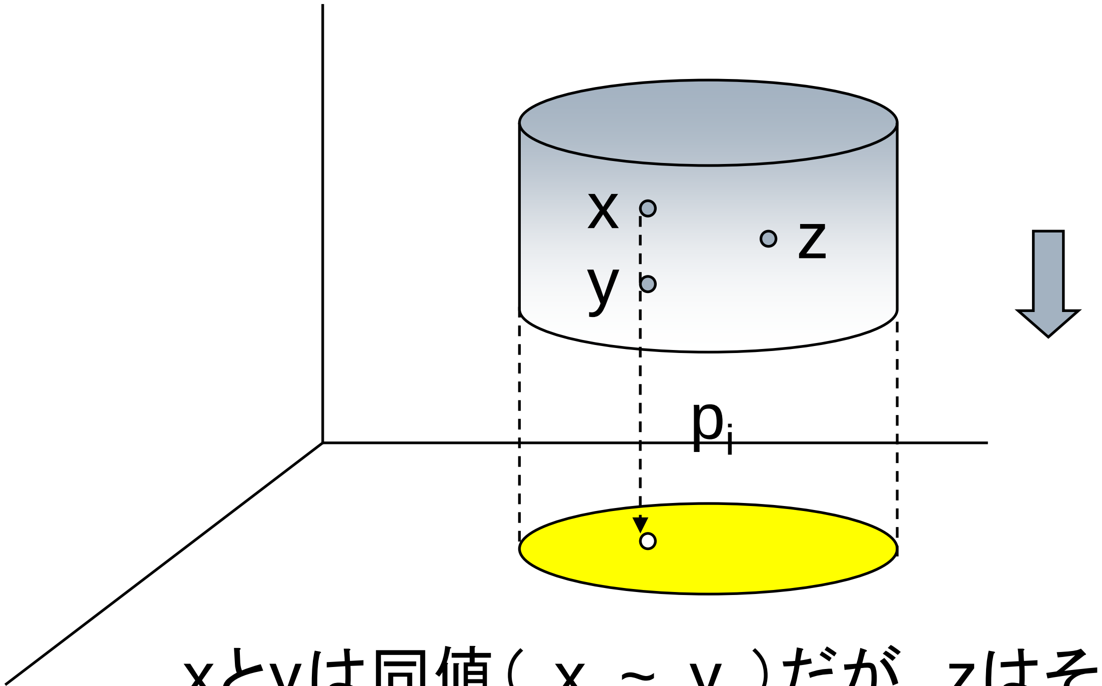
- 「新しいオフィスビルに，飲み物の自動販売機を設置しようと思う。最近，自動販売機で買える飲み物の種類もずいぶん増えている。そこで，自動販売機で買える飲み物にはどんなものがあるか全体像をつかめるように教えてくれないか。」という依頼に答える。
- どのような切り口があるだろうか。MECEを意識して考えてみよう。

照屋・岡田著，『ロジカル・シンキング』，東洋経済新報社，2001. より

モデルと同値関係

代表的な同値関係
:射影 $p_i:R^n \to R$による同値関係

- 射影 $p_i:R^n \to R$から同値関係を定めることができる。



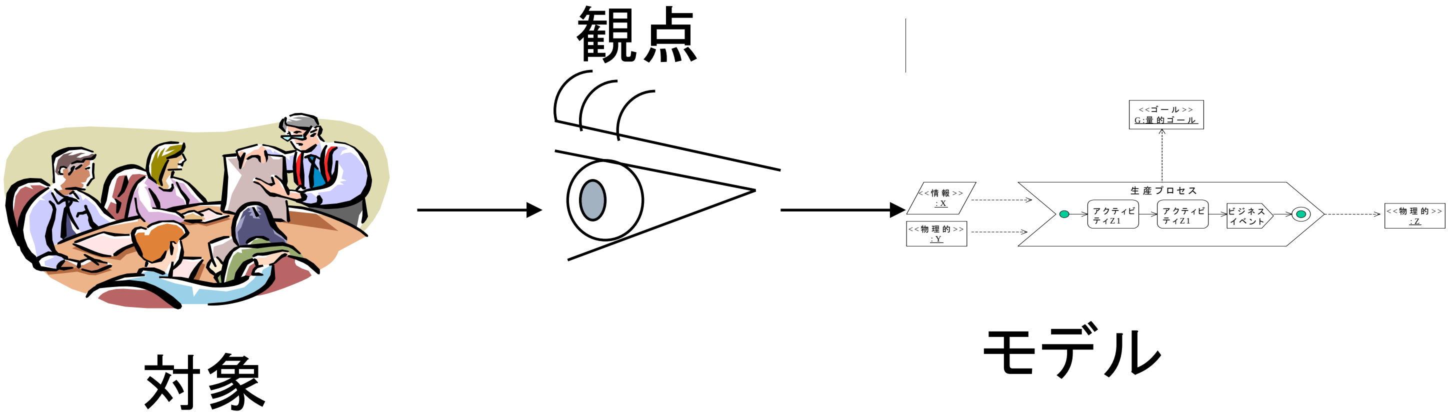
xとyは同値($x \sim y$)だが, zはそうではない。

モデルの概念

- 「**注目** している現象を記述した，実在の**理想化** された表現」 (by Ackoff)
  - 模範例，典型，代表例といった意味。（ファッションモデル，ビジネスモデル，モデルプランなど）
- 実在の**ある側面に注目** し，**捨象**することによって得られたもの。（ビジネスプロセスモデル，プラモデル（模型）など）

モデルと同値関係

- モデルとは,「実在の**ある側面に注目**し,**捨象**することによって得られたもの」である。



- モデルを,「対象をある視点から見た結果」とすれば,モデルを作ることは,対象に対して,同値関係を設定して,その同値類を観察していることになる。

まとめ

- なぞ掛けを例に，共通点を抜出す練習をした。
- 工学，ビジネス，数学，生物学，文化人類学などに見られる，様々な構造について具体的に説明し，静的な構造を抜き出す方法の基礎について学んだ。
- 構造とアーキテクチャーの関係，モデルとの関係について学んだ。
- MECEと同値関係が同一のものであることを知り，静的構造を捉えることの重要性について学んだ。