

概要

科学におけるモデルについて科学哲学の側から話をする第三回です。

「第 18 回 2/1 (月) 10:30 モデル 2 (戸田山)」の続きです。

(資料として DATA BANK にある

[file28.ppt] Model=Metaphor の構築作業としての科学、P10~を参照下さい。)

<P10>

〈科学のモデル〉の alternative

- “Model-model” of Science
- 科学におけるモデル=メタファーの役割に注目

公理論的アプローチに代わるモデルアプローチ。

科学をモデルの集積としてモデリングする。

<P11>

科学におけるモデル(メタファー)の役割

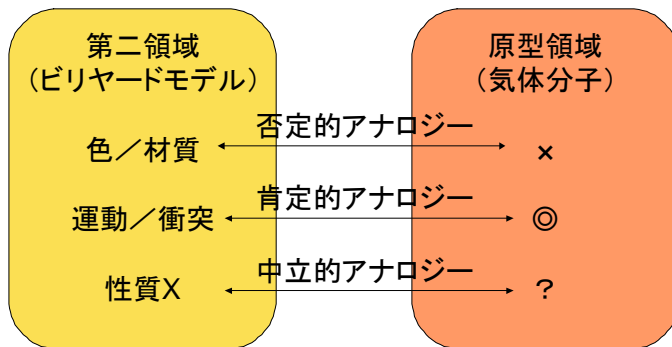
- Max Black, 1962 *Models and Metaphors*
- 文学におけるメタファーと科学におけるモデルの平行性を指摘
- メタファーについての相互作用説をモデルに適用して
モデルの発見法的役割を明らかにする
 - 原型領域と第二領域とのアナロジーはどこまで及んでいるのかわからないから
モデルは実り豊かなものになる

相互作用説はメタファーをダイナミックなものとする。

「彼女は太陽のような人だ」と言ったときに、

彼女についての認識だけでなく、太陽についての認識も変わる

<P12>



これは認知科学のアナロジー研究などでも基本的となっている古典的な図式
右側が譬えられているもので、左側が譬えに持ち出されているもの。

中立的アナロジーが探求をうながす（ヒューリスティック、発見法的役割）。
この場合の性質 X は「はね返り係数」「完全弾性衝突」など。似ているのかどうか

科学と文学が同じ装置を使っているという考え。
ここから科学におけるレトリックの研究なども始まった。

渡：モデルの方がメタファーよりも上二つ [否定的アナロジーと肯定的アナロジー]
がある程度確定しているように思える

戸：気体分子の場合中立的アナロジーの部分を探求したわけではなく、
ビリヤード玉のように考えて熱力学の法則が成り立つかを探求したように思う。
進化の例で、人為選択とのアナロジーで「？」は何か考えた、というのがある。

この時代はまだ論理実証主義が強く、発見の文脈と正当化の文脈の区別が常識だった。
後者には厳密な論理があるからそれを求めようとしたが、前者は心理的・偶然的な問題（ケ
クレのベンゼン環の発見の逸話など）であり、哲学の対象ではないとされた。
アナロジーの話は発見の文脈にも一定の論理があるのではないか、という話。
そのあたりは認知科学が注目し、**Black** もそちらの方で評価された。

<P13>

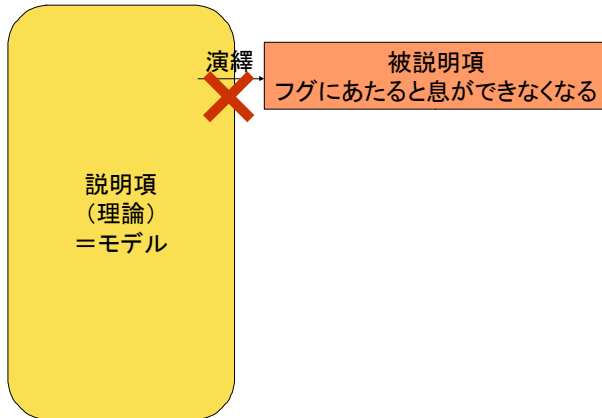
科学におけるモデル(メタファー)の役割

・ Mary Hesse, 1965 [63?] *Models and Analogies in Science*

・ 科学的説明についての考察に相互作用説的メタファー論を導入

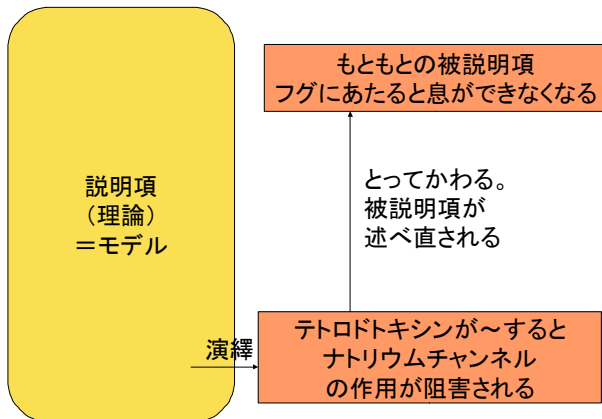
- ・科学的説明は被説明項をメタファーによって記述し直すことを含む

<P14>



公理論的アプローチでスタンダードだった見解

<P15>



左（生化学の理論）には「フグにあたる」とか「息ができない」といった語彙はないから、直接演繹的な説明はできないだろうという考え。

そこで被説明項の述べ直しが入り、それが文学でのメタファーと似ている。

<P16>

Black と Hesse の功績

- ・科学におけるモデル（メタファー）の使用は、単なる啓蒙的解説や飾りではない。本質的な認識論的役割を果たしている、ということを明らかにした。

<P17>

科学におけるモデルの役割

・ Mary Morgan & Margaret Morrison, 1999

・ Models as mediators 理論は直接に実在システムに適用することはできない。
適切なモデルを構築してそれを両者の mediator とすることが必要

<P18>

流体力学からの例

[理論]

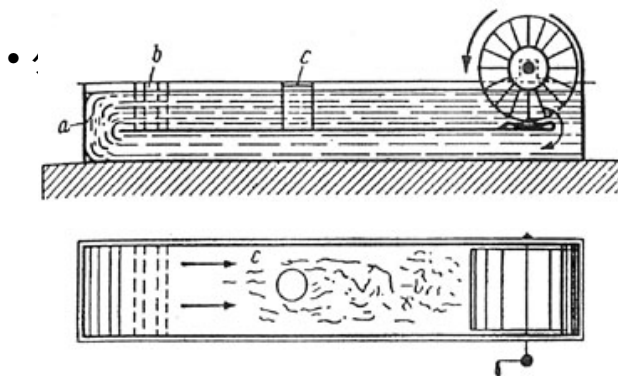
摩擦・粘性なしの理想流体の方程式

摩擦・粘性を考慮した Navier-Stokes の方程式

どちらも、例えばパイプ内の液体の流れに適用できない

<P19>

Ludwig Prandtl 1904



粉がどう流れていくかを観察

境界層では Navier-Stokes に従い、そうでないところは理想流体と考えるとうまくいく

<P20>

Models as mediators

Prandtl の 2 層モデルは、

- ・ 2 つの方程式の一方だけでは問題を解決できない本質的な理由を説明する
- ・ 方程式と実在システムを媒介している
- ・ それ自体は、実験に基づく現象論的考察を基礎に構築されたものであり、

理論から天下り式に導出されたものではない。理論とは相対的な自律性をもつ。
2つの理論を含みながら、どちらからも独立に構築され、機能している

吉：今では計算機に方程式を入れてシミュレーションすれば答えが出る
するとモデルは歴史的なもの、われわれが理解するためのものにすぎない
ということになるのでは。

戸：この種のモデルは計算パワーが上がればいらなくなるものなのだろうか

渡：必ずしもそうではないと思う。

われわれにはどうしてそうなるのかという理解を求める部分もあるから。

数値計算したらなんだか知らないが答えが出た、それでよし、とはいかない。

戸：数値計算でシミュレートするときにも何らかのモデルは使っているのでは

渡：それは数値計算法としてのモデリング。

メッシュで区切って、微分方程式を使って、など。やり方はいろいろある

しかしそれはここで言う「モデル」とは違う気がする

長：境界層が分かっているからそのように区切る、ということもあるかもしれない

比：シミュレーションは実在システムのある側面だけを抽象してとってきている。

方程式と結びつけるためにはそういう「モデリング」が必要なのでは。

戸：モデルが仲立ちして何をやっているかが大事

説明や検証などさまざまなことに関わる

渡：そのへんは目的や文脈によるかもしれない

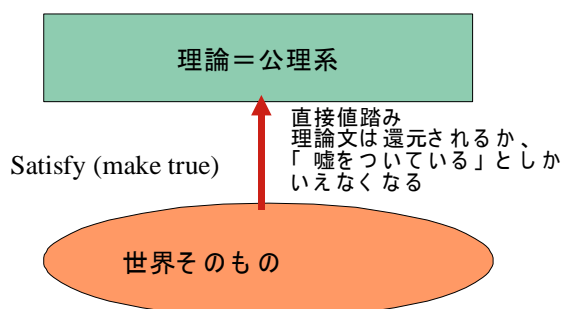
[このあたりの話はモデルの複雑さ・多義性を表しているように思う]

[P21 はとばして…]

< P22 >

〈科学のモデル〉のalternative

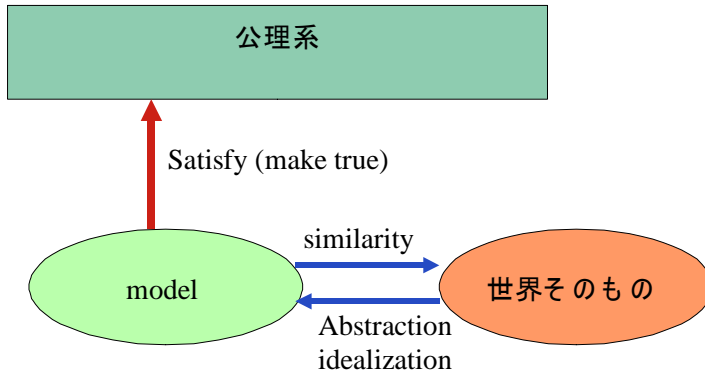
公理論的アプローチ



< P23 >

<科学のモデル>のalternative

Semantic conception of theories



意味論的アプローチ

[理論を公理系を真にする意味論的対象・モデルと考える]

ここでモデルは文を真にする構造。論理学で言う「モデル」という言葉の使い方

M [モデル] = $\langle D$ [土台となる集合], R [関数], V [対応づけ] \rangle

世界に対しては「レプリカ」「模型」としての「モデル」

モデルにはさまざまな抽象度をもつものなど複数あり得る

公理的アプローチの alternative として出てきたが、

ここでのモデルはあくまで公理系に従属するものという感じがする

[Prandtl の「モデル」がここでの「モデル」と言えるか、という話になったが微妙そう]

[P24~28 はとばして…]

意味論的アプローチは公理的アプローチの抱えていたさまざまな問題を解決するが・・・

<P29>

Semantic conception への不満

・“Model”が二義的に使われている

科学で言われるところの「モデル」

Semantics で言われるところの「モデル」

- ・結局、理論（＝文集合／公理系）に、諸表象の中で特権的な地位を与えてしまっていないか

二つの意味での「モデル」をうまく貼り合わせることができていない

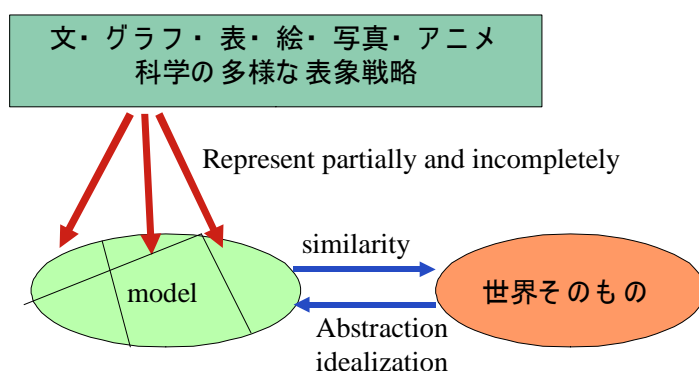
論理学での「モデル」を使ってしまっているのが問題

あくまで公理系を実在に照らすための中間項という位置づけになってしまい、科学の中でモデルをつくっていくということが重要な仕事になっているということとうまくとらえられていない

<P30>

〈科学のモデル〉のalternative

Semantic conception of theories (turbo)



そこでこれを提案する

論理学での「モデル」の意味を薄める

表象の仕方にはいろいろある

モデルはパッチワーク的

<P32>

モデル自身がいくつものレベルにわたる「対象」の寄せ集め(hybrid)である

生物学のシナプスのモデル

細胞、イオン、小器官、高分子などいろんなタイプの存在者が出てくる。

それら別の階層の理論（物理学、化学、細胞学、など）に属するもの

を組み合わせることでモデルがつくられている

こうしたことは公理系（あるいはその構造）としては考えにくいだが、

turbo ならうまく扱える

ここからモデルのよしあしはどうして決まるのか、モデルが科学で果たす役割などを考えていった方がよいのではないか

モデルには演繹装置としての役割がある。

<P31>

・仮説演繹装置としてのモデル

モデル（の表象）に対する操作（演繹・シミュレーション・図に対する幾何学的操作…）は、モデルから予言・帰結を引き出す操作とも考えられる。

20世紀初めごろは演繹と言えば論理と言うことで公理的なアプローチが強かったのかも。

しかし演繹にはいろいろな仕方がある。

モデルと理論について

渡：モデルを統合してつくる「理論」とより抽象的な「理論」と二つあると思う

戸：モデルも個別的なものとして「モデル」と呼ぶこともあれば、

まだ確立していないという意味で「モデル」と言うこともある。

それぞれの反対語として「理論」（普遍性の高いもの or 確立されたもの）

と呼んでいる面もあると思う。

（個別的/宇宙の膨張モデル・普遍的/一般性相対性理論など）

渡：科学者も明確な意識をもって「理論」という語を使っているわけではない

【「理論の意味論的捉え方」ということからすると、

上の図だと理論＝モデルということになるのだろうか。

このあたりはまだこれから分析・整理が必要ということだろう】