

第 18 回議事録 2/1 (月) 10:30 モデル 2 (戸田山) 担当: 鈴木

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二回です。

「第 14 回 1/8 (金) 10:00 モデル 1 (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、P7~9 を参照下さい。)

<P7>

科学哲学の最近の動向公理的アプローチの没落一

公理的アプローチはどこがダメか

(5) 対象の存在と対象の本性についての理論的説明とが癒着してしまう

存在公理 (無限公理、空集合公理)

理論が捨てられるとなると、理論的对象の存在も運命をともにする

存在することは受け入れられているが、それがどのようなものかについて
理論が変わっていく・知識が深まる、ということはよくある (原子など)。

[同じものについて理解が深まった、と言えるよ]

公理系だとその区別 (存在と本性) ができない。

公理的集合論

・空集合の公理

$\exists x \forall y (y \text{ は } x \text{ に含まれない})$ [記号だと (y、 \in に \ がついたもの、x)]

・べき集合の公理

$\forall x \exists y (x \text{ のすべての部分集合を } y \text{ は含む})$

[どんな x をとってきても対応する y がある、という関数になっている]

空集合の公理はどういう集合が基本的に存在するかを言っていて、

べき集合の公理はある集合が与えられたときに、そこからどういう新しい集合をつくる
ことができるかを言っている。

「含む」には要素記号 \in が出てくる

\in の意味は公理全体で implicit に定義される。

[\in はこういう関係だ、と述べるのではなく、これらの公理を満たすような何らかの関係としてしか定義できない。基本概念]

何があるかというところに \in が入っている。

一つの公理だけを取ってきて意味は定まらない。

全体で意味が定まる。

すると、一つの公理を変えると全部の意味が変わることに。

すなわち、新しい発見があった、と新しい公理を付け加えると、

どんなものがあるかについての言明の意味も全体的に変わることになる。

それゆえ、公理的アプローチでは「同じものについて理解が深まる」ということが言いにくい。

前の理論で言っていた「原子」と後の理論で言っていた「原子」がまったく別のもの、ということになる。

[しかも、旧理論が捨て去られると、そこで言っていた「原子」は存在しなかったのだ、ということになる]

公理的アプローチでは理論変化において保存されるのは記号だけ。

同じ言葉を使っているというだけで、違うものについて話をしていることに。

[戸：公理的アプローチは数学でやっていることもとらえられない

ZF から連続体仮説もその否定も出てこないとき、二つの公理系ができたのではなく、連続体仮説に決着をつけるために新公理を探した。

この実践は記号とは独立の实在に対する信念を仮定しないと説明できない。

(記号の操作のみが問題ならば、ZF に連続体仮説を付け加えた公理系と

ZF の否定を付け加えた公理系をそれぞれつくればよい)

集合論では公理系を道具として使うことは必須だが、

その営みを公理系としてとらえればうまく説明できるかは別問題。

公理の書き換えなどの実践を説明するために公理ではないものに言及する必要が出てくる可能性がある。

公理系アプローチをそのように拡張する、というのもありだが、

そうすると統合論だけを見ていればいいというそもそもの魅力が失われる。]

<P8>

公理的アプローチはどこがダメか

(6) 科学の累積的進歩が説明できない

科学の歴史を不連続で *incommensurable* [通約不可能] な「パラダイム転換」の歴史としてみることになり、相対主義に陥る

上で説明した通り。

公理的アプローチでいくと、新しい発見があった、と新しい公理を付け加えると、理論全体の意味も変わることになる。

すると旧理論と新理論は（言葉遣いが似ていても）まったく別のもので比較ができないということになり、累積的進歩を否定することになる。

ラウダンはこうしたことから、論理実証主義がクーンらの新科学哲学（の科学についての革命史観）の種をまいたと言っている。

理論が変わっても、公理系（文、記号）が満たしている構造（公理系の解釈、公理系を真にする）が保たれていると言いたい。それが数理論理学で言う「モデル」

数学者は必ずしもそれら（言語と構造、*semantics* と *syntax*）を区別しているわけではない。

彼らは構造に興味があるのであって、それを表現する言語には興味がない。

四色問題が解けるかどうかに興味があるのであって、それがどれだけの証明力をもった公理系で解けるかには関心がない。[語れないのなら言語を拡張すればよい]

数理論理学（数学基礎論、論理学者）はそれらを厳密に区別する。

そうすることでこの構造をこの言語で記述できるか、といった問いが問える。

[この言語でどれだけ語れるか、という言語の表現能力の限界を探ることに興味がある]

自然数論の公理系 [集合論の構造は絵にかけないので]

ペアノ算術 8つの公理から成る。 $\forall x(x+0=x)$ など

真にする \uparrow \downarrow

構造

0 1 2 3 4 5 ...

0 2 4 6 8 10 ...

偶数でも 8 つの公理を満たす。+ の解釈を変えれば 1 を半分にしていくのでもいい記号で書いたが、小石が無限に並んでいるのでもいい。それらは ω [オメガ] 列という共通の構造をもっている。それが「構造」(偶数の列など、一個一個を構造と呼ぶこともある)

<D, [何らかの operation] > という形で書いたりする土台となっている集合(domain)とその上に実現している関係 [偶数の集合, +, \times , その次, など]

この一個一個の構造が上の公理系の「モデル」になっていると言う。モデルには共通の構造がある。これらの公理を満たすような数学的構造をこの公理系のモデルと言う。

この公理系のモデルはすべて同型の構造をもつか、という問いが立てられる。自然数論では同じ構造ではない。 ω 列でない構造をもったモデルがある [non-standard model 途中まで ω 列で最後に循環している、 ω 列が繰り返される、など]

上の公理系は構造を一つに絞り込むだけの表現力をもっていない、ということ。

$\forall x$ とか $\exists y$ という量子子しか含んでいない言語でどれだけ公理をつくっても、一つの構造を指定することはできない(non-standard がでる)、ことが分かっている。そうしたことを証明していく。

$\forall F$ [関数] とか $\forall P$ [性質] という第二階の言語を使えば、 ω 列だけをモデルにもつような公理系をつくることができる。

[当時数理論理学は強力なツールに見えた。

実際の数理論理学は記号だけでなく、記号と構造の関係に興味があった。]

[ここでの論理学者と数学者の関係を科学哲学者と科学者に置き換えてみたらどうか、という話になりました。
科学哲学者は科学者の言葉づかいにこだわる、などのアナロジー]

論理実証主義者たちが公理系にこだわったのには歴史的な理由がある。

1930年代当時、言葉の曖昧性を利用して「でっかいこと」を言う哲学（ハイデガー）が蔓延していて、それに対して厳密な言葉遣いで哲学をやらなければならないという思いがあった。

そこにはナチズム vs ユダヤ人という構図もある。

ここでは公理的アプローチはダメだと書いたが、手足を縛って（厳密な logic だけを用いて）どこまで科学を記述できるかを明らかにした点で功績がある。
科学哲学を素人談義でなくした。

しかし限界が見えてきた。

強いバイアスをもっていたから、科学のある側面を過大評価したり
また別の側面を反対に過小評価したりすることになった。

今の科学哲学ではそこにモデルなどを入れて手直しをしようとしている。

<P9>

しかし、[科学哲学者は論理実証主義は古いとっていながら]
科学哲学者が、科学哲学の諸問題について語ろうとする際に、公理的アプローチ風の言い回しはいつの間にか忍び込んでいる。

その結果、科学哲学者は自分の言いたいことをうまく表現・思考できないでいる（のではないか）。

これは科学者にもあてはまる。

心理学者など。後発だから科学になりたがる。

物理学など確立された科学は「科学だから」とか「科学的に」などとは言わない。

論理実証主義以降の科学哲学はまずは「理論」などそれぞれの言葉に浸み込んでいる
公理的アプローチ風の意味づけを無色化・中立化して考える必要がある。

「観察」についても実際の科学を見る、など。ひとつひとつ緩めていく。

現場でやられていることにこれまでの科学哲学をぶつけてみて、
修正していくという作業を、個々の概念についてやっていく。[自然主義]

曖昧な言葉づかいには戻れないので、できるだけ論理的・厳密に。
ときには formalize してみたりする。人工言語の方がいい場合も