

第5回森羅万象学校

「宇宙をまるごと理解する」報告

吉田 茂生¹

1 概要

2001年から毎年行われている森羅万象学校、今年のテーマは「宇宙をまるごと理解する」ということで、世の中では仙人が議論すると考えられている宇宙論と哲学のお話だった。私は仙人の奥義のおすそわけをしてほしいと思って拝聴に行った次第。今年の学校は、雪に埋もれて水墨画の色になった支笏湖温泉で3月9-11日に行われた。

編集長の意向は、内容のサマリーを中心にまとめよということだったので、早速内容に入る。第2節が宇宙論の話、第3節が科学哲学の話である。なお、本稿は学校から2ヶ月近く経ったゴールデンウィークになって書いたものなので、だいぶ記憶が薄れている。そこで、森羅万象学校のホームページ[1]やら自分のノートやらを見ながら書いた。読者もそのホームページを参照いただきながら読んでいただければ分かりやすいと思う。

2 観測的宇宙論の進化論

学校の前半では、東京大学の須藤靖さんが「観測的宇宙論の進化論」という講演をされた。宇宙論全般の話だが、とくに最近の宇宙論パラメタの精密な決定の話と「哲学的な」人間原理の話が中心であった。ホームページの繰り返しになってもしかたがないので、本稿は、あやしげなネーミングで最近流行している暗黒エネルギー (dark energy) が何であるのかをおおざ

っぱに説明することを目標とする。

参考書としては、須藤さんは、とくに日本物理学会編で最近の宇宙科学の発展がまとめられたもの[2]を挙げておられた。関係する本で私が読んだものでは岩波講座の薄い本[3]が読みやすかった。ただし、これは2001年発行の本だから、COBEの観測までで、最新のWMAPの結果は入っていない。

2.1 Einstein方程式

dark energyを理解するには、一般相対論の基礎方程式である Einstein 方程式の雰囲気を理解しておくことが不可欠である。そこで、式をながめよう。

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}Rg_{\mu\nu} = 8\pi GT_{\mu\nu} \quad (1)$$

ここで、 $R_{\mu\nu}$ とか R とかは曲率テンソルを縮約したもの、 $g_{\mu\nu}$ は計量テンソルだから、左辺は空間の幾何学的構造を表す何かだということがわかる。これに対して、右辺の $T_{\mu\nu}$ はエネルギー運動量テンソルで、エネルギーの中には静止エネルギー(質量)が含まれるから、右辺は物質の分布を表す。というわけで、Einstein方程式は、物質の分布が空間の幾何学を決めるやり方を示す式であることがわかる。

Einsteinは、これでは宇宙が膨張したり収縮したりするから困ると思って、宇宙項なるものを左辺に付け加えた。

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}Rg_{\mu\nu} + \Lambda g_{\mu\nu} = 8\pi GT_{\mu\nu} \quad (2)$$

で、 Λ が宇宙定数と呼ばれる。宇宙項の加え方は任意ではなくて、エネルギー運動量保存則が満たされる($T_{;\alpha}^{\alpha} = 0$)ためには、 Λ を定数とした上の形のもの

1. 名古屋大学大学院環境学研究科

しかありえない。こうすると、定常な宇宙が存在しうることになる。しかし、のちに宇宙が膨張していることがわかったので、Einsteinがこの項を「生涯最大の失敗」として撤回したのは有名な話である。

現代の宇宙論では、後述のように観測からの要請によって宇宙項が復活している。ただし、この項を右辺に置くことで解釈を変更する。

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}Rg_{\mu\nu} = 8\pi G \left(T_{\mu\nu} - \frac{\Lambda}{8\pi G}g_{\mu\nu} \right) \quad (3)$$

右辺に置くと解釈が変わり、この項を真空の性質であるとみなすことになる。この項はエネルギーと同じ形で入っているので、「真空のエネルギー」とも呼ばれる。真空のエネルギーが0でなければならない理由は何もない。またこう解釈してしまうと Λ が定数である必要もない。何でもありなのではあるが、あまり自由にしても仕方がないので、空間には依らないものとしよう。時間には依存してもかまわないとする。今や観測からこの項の存在が公式に認められ、これにdark energyというあやしげな名前が付けられている。正体不明なのでdarkという形容詞が付けられている。

dark energyが見つかったということは、むしろ物理法則が破綻したと見るべきなのではないか、という質問があった。上の式(2)もしくは(3)自体は成立するとした上での答えは以下の通り。宇宙項が左辺にある(2)は、一般相対論に修正が必要で、物理法則が変わったのだとみなすこともできる。一方で、右辺を修正した(2)は、一般相対論は成り立っていて、真空の性質が考え直されたのだとみなされる。むしろ、ラディカルに式(2)もしくは(3)自体を疑うこともありうるが、現在のところの観測はこれで説明できている。

2.2 Friedmann方程式

Einstein方程式のままでは宇宙膨張との関係がわかりにくいので、一様等方宇宙の場合に書き下してみる。それがFriedmann方程式である。これもまたとりあえず式を眺めてみよう。

$$\left(\frac{1}{a} \frac{da}{dt} \right)^2 = \frac{8\pi G}{3} \rho - \frac{K}{a^2} + \frac{\Lambda}{3} \quad (4)$$

左辺の a は膨張する宇宙空間のスケール因子である。これがEinstein方程式のどこから来ているのかわかりにくいかもしれないが、曲率テンソルが時間微分を含むものなので、左辺に由来する。宇宙膨張速度を表す

$$H = \frac{1}{a} \frac{da}{dt} \quad (5)$$

はハッブルパラメータと呼ばれる。右辺第一項は宇宙の質量密度 ρ に比例する項である。これには普通の物質(バリオン)の密度とdark matterの密度が含まれる。なお、darkの意味は、単に普通の物質以外の質量をもつもの、という程度のものである。右辺第二項は宇宙の曲率 K に比例する項である。右辺第三項が宇宙項、いいかえればdark energyの項である。このようにして、宇宙膨張速度がどのような量で決定づけられるかが表現される。

Friedmann方程式を少し書き換えて、

$$\left(\frac{1}{a} \frac{da}{dt} \right)^2 + \frac{K}{a^2} = \frac{8\pi G}{3} (\rho_b + \rho_{dm} + \rho_{de}) \quad (6)$$

と書くこともできる。ここで、 ρ_b はバリオンの密度、 ρ_{dm} はdark matterの密度で、合計した $\rho = \rho_b + \rho_{dm}$ が物質の密度である。一方で、

$$\rho_{de} = \frac{\Lambda}{8\pi G} \quad (7)$$

はdark energyの密度であると考えることができる。このようにして、宇宙はバリオンとdark matterとdark energyからできている、と言い表すことができる。後述のように、最近分かったことは、 $\rho_b : \rho_{dm} : \rho_{de} = 4\% : 23\% : 73\%$ で、宇宙の3/4はdark energyでできており、残りの大部分はdark matterである。

一方、Friedman方程式に $a^2/2$ を乗じて次の形に書き換えてみると式の意味がわかりやすい。

$$\frac{1}{2}v^2 - \frac{4\pi G}{3}(\rho + \rho_{de})a^3 \frac{1}{a} = -\frac{K}{2} \quad (8)$$

ただし、 $v = da/dt$ である。これは、古典的力学的エ

エネルギー保存則の形をしている。左辺の第一項が運動エネルギー、第二項がポテンシャルエネルギー、右辺が全エネルギーである。そう思えばなじみ深い気がするだろう。

2.3 宇宙膨張の方程式

一様等方宇宙の Einstein 方程式からはもうひとつ式が導かれる。それは

$$\frac{1}{a} \frac{d^2 a}{dt^2} = -\frac{4\pi G}{3} (\rho + 3p) + \frac{\Lambda}{3} \quad (9)$$

という形をしている。左辺は宇宙膨張の加速度で、それがどのような原因で起こるかを右辺が記述している。 ρ は物質の密度で p は圧力である。そこで、右辺第1項は、密度と圧力で重力が発生し、それは引力だから宇宙膨張を減速させる方向に働くことを表す。一方、右辺第2項は、宇宙項 (dark energy) が膨張を加速させる方向に働くことを示している。この意味で、dark energy は万有斥力を生むという言い方がなされることもある。

後の便宜のために、式 (9) を (7) を用いて

$$\frac{1}{a} \frac{d^2 a}{dt^2} = -\frac{4\pi G}{3} (\rho + 3p - 2\rho_{de}) \quad (10)$$

と書き換えておく。

2.4 宇宙論パラメタ、とくにdark energyの推定

宇宙論パラメタとは、Friedmann 方程式 (4)、(6) に現れるパラメタ H , ρ_b , ρ , ρ_{de} , K の現在の値である。これが最近非常に精度良く決定できるようになってきた。これらの値の推定法を全部書くのは専門家が一般向けに書いたものを読むに限るので、ここでは dark energy ρ_{de} が観測的にどのような証拠に基づいて推定されるかを紹介するのにとどめる。これは2つの観測結果に基づいてなされている。1つは

Ia 型超新星の明るさに基づくものであり、もうひとつは WMAP[5]による宇宙背景放射の温度揺らぎのスペクトルに基づくものである。WMAP は Wilkinson Microwave Anisotropy Probeの略で、宇宙背景放射の微妙なゆらぎを測定するための人工衛星である。

第1の Ia 型超新星の明るさに基づくものは、Ia 型超新星の最大光度が天体によらず一定であることを利用する[4]。超新星は明るいので、遠くの、したがって遠い過去の情報を持っている。固有の明るさがわかっているから、明るさから距離、したがってどれだけ過去のものかがわかる¹。一方、赤方偏移からは当時の宇宙のスケール因子 $a(t)$ がわかる。そこで、その両者を組み合わせると宇宙のスケール因子の時間変化 $a(t)$ がわかることになる。その結果によると、宇宙は50億年よりも昔は減速膨張していたが、最近では加速膨張しているという。その時間変化と式 (10) から、 ρ と ρ_{de} に対する制約条件が得られる。すぐにはわかることとしては、加速膨張するためには、

$$\rho_{de} > \frac{\rho}{2} \quad (12)$$

でなければならない。

第2の宇宙背景放射に基づくものは、宇宙の始まりに発生した音波の見え方を利用する[5,6]²。音波の見え方から、 H , ρ_b , ρ , K が推定できるので、あとは Friedmann 方程式 (4), (6) で余った項として ρ_{de} が求められるという寸法である。宇宙背景放射は宇宙が始まって38万年経ったときの光を保存している。これはきわめて一様なのだが、微妙に非一様性がある。スペクトルを見ると規則的な山と谷が現れる³。これは、宇宙が始まってすぐに励起された音波である。同時に励起されたものなので、音波の位相がそろった。そこで、スペクトルに規則的なピークが出る。まず、宇宙が曲がっていると、曲がっていない場合の予想より

1 より正確には、距離 d と時間 t の関係は

$$d = c \int_{t_0}^{t_1} \frac{dt'}{a(t')}$$

で与えられる。ここで、 t_0 は現在である。

2 なお、私は専門家でない以下の説明をあまり良く理解していないことを白状しておく。

3 図 [7] は LAMBDA[8] サイトからダウンロードされたい。見ていただきたいのは、上の TT Cross Power Spectrum である。

非一様性の模様が大きく見えたり小さく見えたりする。このことから宇宙の曲率 K がわかる。実際の比較から宇宙空間は平坦であることがわかった。一方で、スペクトルのピークの高さの比から ρ_b と ρ がわかる。Hubble 定数 H はピークの位置と高さをうまく組み合わせると分かる。もちろんこれと独立に銀河が遠ざかる速度を測ることによっても分かる。このようにして、 H , ρ_b , ρ , K が推定できるので、Friedmann 方程式での引き算で ρ_{de} がわかることになる。

結果的に両方の観測から、 $\rho_b : \rho_{dm} : \rho_{de} = 4\% : 23\% : 73\%$ であることがわかった。すなわち、宇宙の3/4は dark energy でできており、残りの大部分は dark matter である。独立な2つの観測が同じ結果を示唆しているということで、このことがかなり確らしいと見られている。ただしわかったことは dark energy の項がないと現在の宇宙膨張が説明できないということであって、その正体は謎のまま。宇宙のほとんどが得体のしれない dark energy でできているとは、宇宙論も宗教的になってきたものである。

2.5 人間原理とmultiverse

講演の最後は「人間原理」で締めくくられた。宇宙には数々の偶然があるように見える。たとえば、上で求められた ρ_b , ρ_{dm} , ρ_{de} がすべて同じオーダーであるというのも不思議な話である。このような偶然は、いろいろな宇宙があるうちで人間が存在するような宇宙でのみ実現されると考えると不思議さが減る。すなわち、いろいろな宇宙がある中でこのような偶然が実現される宇宙は非常にわずかだが、そうでない宇宙では人間が生まれ得ないと考えるのである。これを「人間原理」と呼ぶ。この考えから同時に、宇宙は他にいくつもあるというmultiverseの考え方が自然に導かれる。講演では、multiverseのいろいろなバージョンも紹介された。

3 科学哲学のほんとうの問題

学校の後半では、名古屋大学の戸田山和久さんが「科学哲学のほんとうの問題」という題名で、戸田山さんが考えている科学哲学のあり方に関する講演があった。この内容に関しては、戸田山さん御自身が「科学哲学の冒険」[9]というすばらしくわかりやすい著書を書いておられるので、こんなところで重複することを書いてみようがない気もするが、まあそのダイジェスト版のようなものを書いてみることにする⁴。

講演では、イントロダクションの後で、まず戸田山さんの立場が明確にされた。表1にそれがまとめられている。これらの概念はおたがいに少しずつ関係があって、それらを説明していくことが、戸田山さんの立場を明確にして行くことになり、ひいては科学哲学が何を問題にしているかを理解することにもつながる。まず、おおざっぱに眺めておこう。実在論 vs 反実在論というのは、対象が存在するかとか法則の正しさを知りうるかといったような存在論的な問いである。次の合理主義 vs 相対主義というのは科学的知識の価値の評価の問題（認識論的価値観）で、最後の自然主義 vs 基礎づけ主義というのは、科学の方法（知識の獲得の仕方）の正当化に関する問題（認識論的正当化）である。これらはお互いに関係がある。本稿では、講演の主題となっていた第一の問題を軸にしてまとめてそれと関連する範囲で必要に応じて第二、第三の問題の解説を加えることにしよう⁵。

戸田山さんの立場 反対の立場=哲学のデフォルト	
実在論	反実在論（または観念論）
合理主義	相対主義
自然主義	基礎づけ主義

表1 科学の哲学に対する戸田山さんの立場

3.1 実在論 vs 観念論

4 以下、どこが戸田山さんの考えでどこがそうでないかが必ずしも明確ではないが、詳細は御著書[9]を見ていただくということで勘弁いただきたい。

5 とくに第3の問題に関しては、戸田山さんの「知識の哲学」[10]に詳しい。

何が存在して何が存在しないか、という問いは哲学において長いこと議論されてきた問いである。実在という言葉のひとつの意味は、まず最初に「世界とその秩序がわれわれの探求と独立に存在しているのか？」という独立性テーゼである。ふつうの常識では「世界が存在して、科学はそこにあるものと秩序を発見するのだ」と考える。これを（広い意味での）実在論と呼ぶ。これを否定する立場を観念論と呼ぶ。観念論は常識を逸脱しているので、一見不思議に見える。そこで、どうして観念論を支持する哲学者がけっこういるのかを理解するのが重要だ。

独立性テーゼを	
認める	認めない
広義の実在論	観念論, 社会構成主義

表2 独立性テーゼ

観念論の気分を理解しよう。ひとつの論法はこんなふうに展開する[11]。いまこうして原稿を書いていると、目の前にコンピュータがあるけどそれは本当に存在するだろうか？ しっかり目の前にあるわけだけど、良く考えたら見ているのは色だったり形だったりするわけでコンピュータ「そのもの」ではない。で、色や形は頭の中の概念であって「もの」ではない。われわれは「もの」自体を見ているわけではない。色とか形とかいった頭の中の概念を通じて見ているわけだ。だったら、そもそも「もの自体」なんぞ実際には無くて頭の中の概念だと思った方がより純粹じゃないの？ というわけだ。

デカルトっぽくこう言っても良い（でもデカルトは観念論者ではない。念のため）。目の前に見えてると言っても、それが幻覚ではないと誰が証明できる？ 確実なのは、頭の中の考えだけだ。

このようにして、世界に存在するといわれているものは全部頭の中の構築物だというのが観念論である。極端なところにいけば、我々が眠っている間は世界は存在しないという考えまでありうる（独我論）。しかし、

結局のところ、観念論は、世の中に存在するとされるものが本当に存在するという根拠（基礎づけ）を問うていくと、だんだん訳がわからなくなるので、自分の頭の中だけで自己完結するという逃避行動である。戸田山さんの立場では、そもそも基礎づけを問うことが誤っているとす。世界がどのようなものであるかを知る前に、世界をどうやって正しく認識することができるかを知ることはできないだろう。

社会構成主義は、観念論の現代版で、世界にある対象の存在というよりは、世界の秩序（科学法則）の正当性を疑う。科学法則は科学者が勝手に作ったものというわけである。このことの理論的な前提には、Duhemが発見した理論の underdetermination という問題がある。論理的には、同じデータを説明する理論には無数の可能性がある。たとえば、見ることでそこにもが存在することを確かめるといっても、空気中の光の屈折の問題とか、その人が幻覚を起こしていないとか、視神経のはたらきとか、さまざまな仮定が入っているので、そのどれかが崩れると確かめたことにならない。同じデータを説明するのに無数の可能性があるのなら、科学法則は人間が世界の側に押し付けたものと言って良いだろう。実際問題として、研究をしている科学者集団を見ていると、名誉を気にしてみたり、金の都合で中途半端な実験をしてみたり、およそ公明正大と言うには程遠いではないか、というわけである。

しかし、この社会構成主義もゆきすぎであるように思える。とくに、世界の秩序や因果関係と言われるものは、世界の側ではなくて人間の側にあると言われれば、どう見てもやっぱりおかしい。これに反駁するためには、科学において理論選択の基準がデータとの整合性以外にもあって、それが実際的にはだいたいうまく機能していると言わなければならない。それはこれからの課題である。

3.2 実在論と反実在論

次に、世界や世界の秩序はとりあえず存在するもの

だとして (広義の实在論), その上でそれを科学が知りうる (知識テーゼ) かどうかを問題にしよう. 知りうるとするのが科学的实在論で, 知り得ないとするのが反实在論である. これもふつうは知りうると思うから, 知り得ないという気持ちを理解するのが大切である.

知識テーゼ	
認める	認めない
科学的实在論	反实在論

表3 知識テーゼ

反实在論の源泉として4つ挙げておこう. これですべて反实在論の気持ちが分かる. ひとつは先の理論の underdetermination の問題である. 理論には無数の可能性があって, それから正しいものを選ぶことはできない, と考える. なお, 社会構成主義の場合は, 正しい法則なるものは存在せず, 法則は人間が決めて世界に押し付けるものだとしている. 立場が異なる.

二つ目は20世紀初頭の科学哲学の生い立ちに関係している. 科学哲学はもともと論理実証主義から始まる. これは, 数学の公理化に気を良くして, 自然科学も何らかの基礎から論理的に導く形で体系化したいというプロジェクトだ. 科学の基礎は観察にあるのだから, 科学の体系はすべて観察に帰着できると考えた. これは, 観察されたもの以外のものを存在すると考えなくても良い, という意味で反实在論だ. もちろんこれは上述の underdetermination の問題があって破綻する. しかし, この考え方の残滓はあとまで尾を引くことになる.

三つ目は科学者自身, 何を实在するとか正しいと言ったら良いのか良く分かっていない点だ. たとえば, 電子は存在するにしても, 電子の波動関数は实在するのだろうか? 波動関数は現象を説明するための単なる道具だろうか, それでも何か「存在」するものなのだろうか? さらに, 量子力学はそもそもその基礎は今でもはっきりしなくて, ただそれを知らなくても使う分

には何も困らないという代物だ. だから量子力学が自然そのものを表現していると言えるのかどうかよくわからない.

四つ目は科学史研究における相対主義だ. 科学史を研究してみると, 成功していたけれど後になって根本的に間違っていた理論がたくさんある. たとえば, 熱素理論がそうだし, エーテル理論もそうだ. ニュートン力学でも相対論の出現によって根本的に解釈が変えられたという言い方もできる. ということからみて, 今成功している理論が正しいなどということはいえない (pessimistic induction). 法則の正当性を正当化することなど不可能だというわけだ.

以上が「反实在論」が前提とする気持ちだ. 二番目に挙げた源泉のため, 反实在論者は, たいてい観察できるものの存在は認めるし, 現象論的法則の存在も認める. 問題になるのは, 直接観察できないもの (たとえば電子) の实在性や, 基本法則 (たとえばニュートンの運動方程式, シュレーディンガー方程式) の正当性を知りうるかどうかということだ. その認め方によっていろいろなバージョンがある.

3.3 反实在論の例1: van Fraassenの反实在論

反实在論の代表例として van Fraassen のものを紹介する. これは先の論理実証主義のプロジェクトの逆を行く. 科学の目的は, 観察できることを説明できれば良いのであって, その説明に使った物や法則が正しいかどうかは問わないとするわけだ. そのような理論は複数あってかまわないから underdetermination の問題はなくなる. それに, これはふつう科学者が理論の正しさを説明するのに使うのと同じ論法だ. 科学者でも, 「この理屈は観察できることを説明するひとつの仮説だ」という言い方をしている人がいるだろう.

ただ, これを存在論と見たときは, よくわからないことになる.

観察できるものは存在するといったとき, 目で見たものは観察と言っても, では顕微鏡で見たものは観察と言えるのかどうか? 逆に, さっきの観念論に行ってい

まった議論と同じく、直接見ているのは「もの」ではなく色などでしょう、と言ったときにも困る。

もともと観察というのは、それほど単純な行為ではなく、既存の科学的知識を入れ込んだものなので (Duhem や Hanson による観察の理論的負荷性)、それを科学的知識の基礎として使うことには根本的に無理があると言える。

3.4 反実在論の例2：介入実在論

存在論の基礎に観察を使うのに無理があることが分かったから、操作可能性を基礎に使うことを考えてみる。対象を操作できたら存在するというにすることである。簡単には、表4のようにまとめられる。

操作できる対象は観察できなくても	存在する
操作できない対象は	存在しないかもしれない
現象論的法則の正しさは	知りうる
基礎法則の正しさは	知りえない

表4 介入実在論

ここでは、法則と対象を区別した点が重要である。科学史において法則は変化することが多いが、対象は比較的安定している。エーテルのように、後で否定された対象は操作できないことが多い。そこで、操作できる対象を「存在する」と言うことにして、基礎法則自体は単に役に立てば良いと考える。そもそも基礎法則も現実を理想化して得られたものだから、真である必要はない。現象の理解に役に立てば良いのである。これも科学者がよく使いそうな論法だから、良さそうに見える。

ただ、これもよく考えると問題が2つくらいある。ひとつは、たとえば地球科学では操作できない対象をよく扱う点である。たとえば、昔生きていた恐竜を操作することはできない。また、地球のコアの鉄を操作することもできない。しかし、こういったものは常識的に言えば存在するのであって、操作できないことを理由に存在しないというのは本末転倒である。

二つ目は、基礎法則の正しさは知り得ないにしても、たとえば電子に対する操作性が向上しているということは、何らかの意味で正しさに接近しているとは言えないだろうか？ということである。

3.5 科学実在論を擁護する方向性

以上のような困難を克服する理屈は今のところ完成していない。しかし、科学実在論を擁護するためにどのような方向を取ったら良いかはわかってきているのでそれを紹介する。

ポイントは3つくらいある。ひとつは、理論が正しい理由とか正しい科学的方法とかを求めようとする (基礎づけ主義) と、無限退行したりすぐに反例が出たりして失敗するので、それをやめてしまうことである。その代わりに、科学哲学も、科学の成果を利用したり科学の営みを観察したりする科学の一分野になりましょうということにする (自然主義)。そうすると、理論の正当性に対する態度は、理論の正しさを根拠づけようとするのではなくて、科学の成功を認めて、「科学が成功しているのが奇跡でないとなれば、科学が正しいほうに進んでいるからに違いない」という「奇跡論法」を取ることになる。

二つ目は pessimistic induction 「過去に成功していたが後になって間違った理論はたくさんある」に対する対応で、これには2つの方向が考えられる。それは、それらの理論が過去に実は成功していなかったということを示すか、実はそれほど間違っていなかったことを示すか、である。これには科学史的研究が必要になる。

三つ目は、科学哲学が生い立ちの時から引きずっている「文パラダイム」を捨てましょうということだ。もともと、科学を数学のように公理化しよう、というのが科学哲学の始まりだった。そのために、科学理論が、文で書かれた基礎法則があって、それが論理的に観察文を導き出すという構造をしたものとみなされてしまう。これにはいくつかの欠点がある。(1) 地球科学のように基礎法則があまり明確でな

い分野の科学にあてはめられない。(2) 理論が修正されながら改善していく様子を記述しづらい。全体を一つの体系と見るので、どこか一部が違うと全部ダメということになってしまう。これが先ほどのpessimistic inductionにも関係している。少しでも違う理論がすぐに0点になってしまう。(3) 法則と対象の分離が不明確になる。電子という語を含む文が一つでも誤りになると、電子そのものの存在も疑われることになる⁶。(4) 理論と観察はそれほどきれいに分離できるものではないにも関わらず(観察の理論負荷性)、分離できることが自明のように見えてしまう。

とくに、文パラダイムを捨てるということがどういうことかを考えてみよう。文パラダイムの欠点を一言で言えば、以下のようなになるだろう。基礎法則が観察文と論理で密着し、その観察文と現実世界とが密着してしまうために、科学理論の持ちうる構造が不自由になることである。そこで、戸田山さんは「モデル」という概念を導入する(図1)のが良いと考える。モデルは現実を理想化・抽象化したものである。文はそのモデルを記述するものであるとする。そのモデルを記述するものは文だけに限らない。絵でも写真でも良い。このようにして、多様な表象戦略が許されるし、モデルが文の集合の持つ構造に縛られなくてすむ。それから、モデルが現実と似ているかどうかということに関しては all or nothing ではなく、程度問題ということ

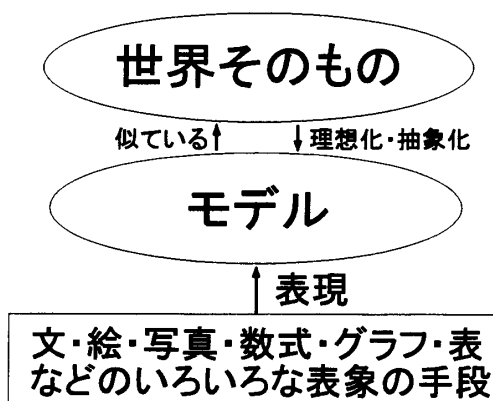


図1 科学の意味論的モデル

になるので、進歩の概念がうまくとらえられる。

このような方向で行けば、だいぶん今までの科学論が改良されて、常識的な科学的実在論が擁護できる方向に進むだろう。ただし、科学の分野によってはこのような考え方があてはまりにくい分野もあるかもしれない。

以上、今年の森羅万象学校では、宇宙に暗黒エネルギーが満ちているということと、哲学の暗黒が治癒されつつあるということを学んだ。

参考文献

- [1] <http://www.sinra.jp/>
- [2] 日本物理学会編(2004)「宇宙を見る新しい目」(日本評論社)
- [3] 杉山直(2001)岩波講座 物理の世界 地球と宇宙の物理 5「膨張宇宙とビッグバンの物理」(岩波書店)
- [4] Adam G. Riess, Michael S. Turner(2004)減速から加速へ宇宙膨張の奇妙な変化, 日経サイエンス 2004年5月号 52-58
- [5] <http://map.gsfc.nasa.gov/>
- [6] Wayne Hu and Martin White(2004)背景放射に聴く宇宙の響き, 日経サイエンス 2004年5月号 30-41
- [7] http://lambda.gsfc.nasa.gov/product/map/map_images/pub_images/fl12_spectrum_ss.gif
- [8] <http://lambda.gsfc.nasa.gov/>
- [9] 戸田山和久(2005)「科学哲学の冒険 サイエンスの目的と方法をさぐる」(NHK ブックス 1022)
- [10] 戸田山和久(2002)「知識の哲学」(産業図書)
- [11] 富田恭彦(2004)「観念論ってなに?」(講談社現代新書 1758)

⁶ ただし、私は、法則と対象の分離は文パラダイムでなくてもそれほど明確でない部分があると思う。電子は対象であるとして。しかし、電子の波動関数はどうか?あるいは、電場や磁場は Maxwell 方程式の一部なのか、対象なのか?