

概要

Fritz Allhoff.ed, *Philosophies of the Sciences: A Guide*(2010)に

現代の科学哲学では初めて (?) Philosophy of Earth Science という項ができた。

[pp.213-236 著者は Maarten G.Kleinmans, Chris J.J. Buskes, and Henk W. de Regt

オランダの人たちで、少し前に geosciences の哲学のシンポジウムをやっていたりする。

Kleinmans のホームページにリンクあり]

そこで戸田山さんがその論文をサーヴェイし、紹介することとなった。

[今回は p.225 4.の前まで。最初の戸田山さんの総括によると

「内容は未整理だが、議論のネタにはなる」]

以下、戸田山さんのレジュメを中心に[一部カットしつつ]議事録を作成します。

[DATA BANK に資料あり]

<P.1>

§ 1 インTRODクシヨN

・科学哲学では、地球科学はあまり着目されてこなかった

理由: 地球科学は自律的なものではなく、簡単に還元できるだろうと思われていたから

・しかし、地球科学は独自の注目に値する。他の自然科学とは区別される特色を持つ。

とくに説明についてそれは言える。

(1) 地球科学は化学や物理に還元できるかを考える

[戸: 還元の話から始めるのはいい議論の仕方ではない気がした]

そのために、地球科学の目的と方法、使われている法則や理論、地球科学的説明の性質を調べる

暫定的結論: 創発的現象はあるが物理に還元可能。還元不可能な法則は使っていない

[熊: 物理に還元できる場所とできないところがある。

自然(地球科学的現象)の観察が新しい物理(物理法則)を生み育ててきた

(ガウスにおける古地磁気→電磁気学や、気象学→カオス理論など)

ということも忘れてはいけない。]

§ 2 地球科学の目的

§ 3 地球科学の理論と法則。還元不可能な創発的現象があるかどうか検討

(2) 地球科学の独自性を説明にかんして明らかにする

§ 4 地球科学の説明に物語の説明が使われているか。

それは因果的説明に還元可能か

[熊：使っている。そしてその本質には非線形（複雑系）、偶然性があると思う]

決定不全性の概念が重要。地球科学的理論と仮説はふつう決定不全で、

完全な因果的説明は手に入らない。[underdetermination]

因果的説明と物語の説明の組み合わせったものを採用する。そのことの意味。

地球科学に特徴的な方法論的戦略はアブダクション（最善の説明への推論）である

§ 2 地球科学の目的

(1) 1785 James Hutton

System of the Earth：地球科学の主要目的は自然史記述。[historical]

(2) 1987 Rachel Laudan：歴史的目的（地球の歴史を記述）と因果的目的（地球を形成しその特徴的対象を生み出す原因を特定）を区別。両方やっている。

なぜ二重の目的になるか→地球科学の対象となるある現象はいくつもの偶然の積み重ねであり、乏しい証拠から推測・再構成せざるをえないのに対し、別の現象は物理法則にもとづいて理解できるから

・ここでの問題

①地球科学は、自然史的科学なのか法則的科学なのか、それとも両方なのか

②地球科学は、記述を目的とするのか説明を目的とするのか、それとも両方なのか

②の問題は、物語の説明（narrative explanation）が独立のカテゴリーとしてあるのかという問題とも絡む

鈴：自然史的か法則的かなどという二分法で話を進めていくのは

（結局中間をいくわけだが）どうかと思う

[とくに科学的説明については、著者たちも注の 2,4 で言及してはいるが、科学哲学でもっとさまざまな説が出ているはず。

（法則的でない因果的説明とか、メカニズム的説明とか）]

・言いたいこと：地球科学の目的の複数性

地球科学は部分的に自然史的でありつつ説明力を持つ。なぜなら地球科学がする歴史記述は、因果的説明、過去の再構成、観察、背景的理論を統合した物語の説明であるから。（最終的には § 4 で）

[戸：これはモデルのはりあわせと言ってもいいかもしれない]

地球という一つの対象を相手にしているように見える割には、地球科学は統一性がないように見える。それは、異なる目的を持ったたくさんの **sub-disciplines** に分かれているから[注 3 参照]。自然史的な **sub-disciplines** の目的と問いと説明戦略は、因果的問題にたずさわる **sub-disciplines** のそれとは異なる。

[このあたりの話はラウダンの回でもした]

→図 9.1：原因、結果、法則のそれぞれにもとづく説明の 3 パターン。そのための推論が、アブダクション、演繹、帰納

[この図(p.217)には一同感心。これは彼らのオリジナルなのだろうか？

勝手にはって問題があるかもしれないのでとりあえず言葉で書いておく。

原因、自然法則、結果のうちどれか一つが分かっているとする。

原因と自然法則から結果を説明する。このときの推論は演繹(deduction)。

原因と結果から自然法則を説明する。このときの推論は帰納(induction)。

自然法則と結果から原因を説明する。このときの推論は abduction]

<P.2>

§3 地球科学の自律性

・ Nagel の古典的な還元モデル

[理論を公理系として見る考え方に立っている。

自然数論の集合論への還元、などをもとにしている。

(実は) このへんの話は「科学におけるモデルの科学哲学的分析 1」

でやったので、そのときの議事録を参照。]

理論が還元されたらその領域のすべての現象が同時に還元されるという意味で「グローバル」

・ Nagel モデルの 2 つの困難

①橋渡し原理は多くの場合存在しない

②多くの場合、高次[※]の法則は法則性の古典的基準（とくに法則は普遍的で例外なき一般化であるという基準）を満たさない。

[※ 理論 A を理論 B に還元する、というときの理論 A]

[戸：②で筆者たちは混乱している。

そこでは「地球科学（例えば）で分かっていることが全部そこから出てくる」

という意味での法則（ネーゲルモデルが要求するのはそれ）がない、と言うべき。

それは「普遍的で例外がない」というのとは違う]

3.1 理論と法則

(1) 地球科学が実際に使っている理論と法則の性格

- ・仮説的な歴史的出来事の場合にも「理論」という語が使われている（例：impact theory）
これは、観測事実を説明する過去の（したがってもう観察できない）出来事の連鎖を
措定しているという意味で theory 【観察との対比】
現象の説明の一般化されたモデルとか法則を特定しているという意味で theory なの
ではない（こっちの theory の例はプレート・テクトニクス）【一般的】
- ・PT は生物学の自然選択説に相当すると言われることもある。大陸移動・造山のような長
期的過程から地震・火山活動のような短期的過程までいろんな現象を説明してくれる（一
般性を持つから？）

(2) PT が含む一般化ほどの程度でそれは法則の名に値するか

- ・PT はプレートの形成と運動を記述し、その原因となるマントル対流のような内部の過程
を措定している
- ・他の惑星のマントルのダイナミクスをモデル化する試みはずっとあった。それは、金星
では rigid-lid なマントル対流、火星ではマントルのスーパープルームの優越性、という具
合に全く異なったパターンを想定している。
- ・このように、PT は、異なった惑星に対して地殻の形成と運動、マントル対流の一般的モ
デルを提供する
- ・PT のなかで法則と言えそうな候補「地震はプレートがマントルへ沈み込む際に生じる」
は本当に法則か
- ・伝統的な基準ではそうではない。現在の地球という特定の時空的状況について語られて
おり普遍的ではないから。(②が言えそう)
[多くの現象を説明するという意味での一般性と、別の惑星に当てはまるという意味での
一般性はまた違う気がする]

熊：このへんはナイーブな気がする

戸：著者たちが「プレート・テクトニクス」ということでどの範囲のことを言っ
ているのか（マントル対流は含むのか）、それでよいのか疑問。

Kleinhans の専門は河川の形成とかだし

熊：私と吉田さんでも意見が違うと思う。複数の考え方、整理の仕方があり得る。

PT がどういう意味で理論かなど、そのへんの博物学・分類学が必要。

それは宿題にさせてほしい

吉：私の感じでは、物理学に還元できないことがあるので、そこから先考えるのを
やめて、PT みたいな運動があるとしたら何が起こるか考える、その一応の基盤を

与えてくれる、という意味が法則だという感じ。だから少しここのは違うのでは。マントル対流のような内部の過程を措定はするがそこから直接つながりがない。むしろそこを切り離してくれたことが理論としてよい

戸：ここでは理論と法則とは区別して、PT という理論の中に（ここが混乱していると思うのだけれど）いくつかの一般化が含まれている、と考えているよう。特定の時間・空間だけで成り立つのではなく、いつでもどこでもというのを一般化と呼んでいる。

一般的（多くのものにあてはまる）[＝普遍的？]・個別的の軸と、必然的・偶然的の軸は区別した方がよい[著者たちはしている？]。

普通、一般的かつ必然的なものを法則と呼ぶ（著者たちが言う古典的な意味での law）が、一般化はより広く一般的なものを指す。

熊：そのように法則を定義されると違和感がある。

戸：単に言葉の使い方の問題だと考えると空しい。

実質的な問題は PT がどの程度の一般性や必然性をもつか。

熊：PT はマントル対流の一形式

吉：しかし PT が歴史的に果たした役割としてはマントル対流の一形式であることを忘れたことが大事

熊：忘れたんだけど知っている。マントル・ダイナミックスの枠組みの中であいまいな境界をはっきり区切ったりして、本質的な部分を抽出したモデルが PT

戸：私が吉田さんから前に聞いたのでは、ダイナミックスはおいておいてプレートの幾何学の話にしたところが PT の偉いところ、という話だった。

熊：それはそう。それで地質の人はマントルのことを知らなくても受け入れられる。地球物理側はマントル対流のことを気にしていた。

そこでプレートの話にする、ということであまくやられたという感じ。

戸：広い意味での PT と狭い意味での PT を分ける必要がある。

PT という言葉をこう使えという命令するわけではなく、今はこの範囲を PT と呼ぶ。ということをつたえず明確にしないと話がごちゃごちゃになる。

著者たちは、PT のなかで法則と言えそうな候補として地震の話もあげており、かなり広く取っている。

- ・ PT は他の地球型惑星にも適用できるが、その「法則」は、その妥当性がより普遍的でなく問題となる惑星の特定の構成に結びついているという意味で、物理や化学の法則とは異なっている。地球の特定の構成に依存する偶然的な現象を記述している「法則」
- ・ この意味で、PT は Beatty(1995)が生物学での一般化に与えた分析に合致する
→Beatty の「進化的偶然性のテーゼ」

生物の世界についてのすべての一般化は、次のいずれかである

- (a) 数学的・物理的・化学的一般化
- (b) 生物学ならではの一般化（この場合、進化の偶然的結果を記述したものになる）

戸：生物学に法則はあるか、ということが問題になった。

例えば、進化はその結果（進化に従ってどのような生物が生じるか）をゆるくしか制限しない。万有引力などはもっと（ものの落ち方を）きつく制限する。

Beatty は、生物学には（強い意味での）「法則」はないと結論する。

議論としては「酸素呼吸する生物には～がある」といった一般化の身分を明らかにしていく。

また、「ヒトは体毛が薄い」といった明らかに進化の結果を記述しているものではなく、むしろ普通は進化を理論的に支えている「法則」だと考えられるメンデルの法則やハーディー・ワインベルクの法則などについても、「法則」という名前が付いているが、進化の偶然的結果を記述した一般化と解釈できる、とする。

（しかし地球科学には（一般化がその偶然的結果の記述であるような）

進化論にあたるものがないのでは？

生物学とのアナロジーがどこまで成り立つかはまた別に考えるべき問題）

<P.3>

以上の帰結

①PT は、地球の特定の構造に依存する偶然的な現象を記述している「法則」を含む

【それは例外がないといった、古典的な意味での「法則」は含まないが】

②しかし、PT は自律的で還元不可能な法則は含まない（PT に含まれる法則は物理・化学の理論にローカルに還元できる）

【ネーグルモデルでは還元できないが、還元についての別の考え方に立つと還元できる。

（この「還元」の意味はなぜか 3.2 の最後までひっぱる）】

3.2 地球科学的現象の創発的性格

・ 3.1 の結論に対して、反還元主義者は、地球科学には創発的なものがあると指摘するかもしれない

(1) では「創発」(emergence)とはなにか

・ Humphreys のあげる創発の基準

①創発的性質(emergent properties)は novel である

- ②創発的性質はもともになる性質とは質的に異なる
- ③下のレベルではもてない
- ④異なる法則があてはまる
- ⑤構成要素の性質間の相互作用によって生じる
- ⑥システム全体がもつ性質であるという意味で全体論的である
 - ・創発が還元と両立可能であるかどうかについて哲学者には一致した見解はないので、地球科学における創発が還元可能性に対する反論になるかどうかを以下で検討する
 - [戸：これはミニマムな意味での創発と言える。
 - もともと創発主義者は生命現象は創発的だから還元できない、などと言ってきた。]

(2) 地球科学における創発的現象

・地球科学は一見すると上記のいずれかの意味での創発に満ちているように見える。河川、デルタ、火山、マンツルのブルーム、大陸等は物質がうまく組み合わせられてできている。その組み合わせ方は、物理化学的法則から直接には帰結せず、高次の法則に当てはまる、新しく、質的に異なる性質が生じてくるような仕方である。

<P.4>

・地球科学には2つの種類の創発現象がある

- ①自己相似的・カオス的現象：ドミナントな長さのスケールをもたないパターンの繰り返しによって特徴付けられる現象
 - 自己相似性は構成要素のミクロな性質とは質的に異なる新しい性質。
 - 例) 河川、雲、海岸線、断層の長さ、断層表面

- ②ドミナントな長さ・時間スケールをもつ創発現象

マクロな規則性が、ミクロな物理化学的過程から創発する。

ミクロの過程は、ランダムにあるいはフラクタルな長さ・時間尺度で始まるのだが、マクロな過程では1～2の frequency がドミナントになる。

ドミナントな frequency ないし長さ（周期）は、多くの場合、ミクロな過程とは独立な境界条件によって enforce される。

例) 川底にできる砂の模様 dunes

[山の長さとおさの比が一定]

流れの turbulence と sediment 輸送についての物理学的モデルから dune の大きさと振る舞いを予測する有望な試みもあるので、この現象は下のレベルから予想できないという意味で創発的なわけではない

- (3) 地球科学の「創発的」現象は還元可能か

- ・現在、この問題は地球科学内部でホットに論じられている。
- ・創発があるということは前提して還元主義についての論争が続いている
- ・一方で、哲学者は伝統的な還元の Nagel モデルを斥けている。
したがって、地球科学において還元がまったく不在だということを意味しない。
むしろ還元についての新しいモデルが必要なのである。

- ・ Wimsatt(1997)の還元のモデル

「システムのふるまいや性質の還元的説明とは、それらがシステムの部分の相互作用の性質という観点から *mechanistically* に解明可能であることを示すことである」

[戸：Wimsatt はこれが科学者が普通「還元」ということで言っていることだと言う。

還元の利点を考えることも大事。これだとメカニズムが分かるから、と言える。

(ネーゲルの意味での「還元」があてはまる場合もあるが、

心理学と神経科学の場合などは Wimsatt の仕方で考えた方がよい。)

この還元の場合、還元先（下のレベル）のことが完全に分かっていなくても

還元が成り立つ。上のレベルと下のレベルをいったりきたりする。

それで下のレベルのことも明らかになったりする。]

- ・この還元についての見方を受け入れると、地球科学の創発的現象の多くが、将来的には還元的に説明されるだろうと考えられる。