

科学の科学をいかにして始めるか How to launch the Science of Science

戸田山 和久^{1*}, 熊澤 峰夫¹, 吉田 茂生², 渡邊 誠一郎¹

TODAYAMA, Kazuhisa^{1*}, KUMAZAWA, Mineo¹, YOSHIDA, Shigeo², WATANABE, Seiichiro¹

¹名古屋大学, ²九州大学

¹Nagoya University, ²Kyushu University

地球史第七事件としての科学の発生という現象を対象とする科学を「科学の科学」と呼ぶことにしよう。本発表の目的は、こうした科学の科学をどのように具体化するか、その青写真を描くことにある。

もちろん、科学の科学を標榜する萌芽的な研究はすでにくつか立ち上がっている。科学的推論や発見の認知科学あるいは心理学、科学社会学、科学計量学、研究室の人類学等々。また、われわれは科学の現実の展開過程を詳細に記述する学として、科学史学の長い伝統を有する。欠けているのは、これらの研究プログラムを統合し、地球史の中に科学という現象を描き込むためのプラットフォームである。

われわれがそのプラットフォームとして提案するのは、進化的・社会的観点を加味して拡張した「徹底的に自然化されたカント哲学」である。イマニエル・カントの『純粹理性批判』は、科学のタスク分析の書として読むことができる。カントはまず、「感覚の多様」を入力すると、近代科学（具体的にはニュートン力学）を出力するシステムを想定する。これが「主観」である。次いでカントは、主観がこの認知計算を首尾良く遂行するためには、いかなるサブタスクが要求されるかについてのタスク分析にとりかかる。これを、カントは「力」という概念装置を用いて遂行した。

しかしながら、カントのタスク分析は、こうした情報処理システムがどのようにして生じるのかといった進化的視点は完全に欠けている。また、現実の科学は、数多くの科学者と人工物（実験観測機器とさらに学会や査読システムなどの制度も含む）の複合体によって営まれているのに、カントの分析においては、主観をあたかも一人の人間の心（の抽象化モデル）であるかのように扱う点で個人主義的であり、社会的な視点が欠けている。

われわれの課題は、このカントの試みにいかにして進化的・社会的観点を組み込んでいくかにある。それは以下の二段階を踏んで遂行される。

【第一段階】カントの試みを歴史化する

このためには、地球惑星科学の方法を模倣することが有効だろう。かつての博物学的な地質学、古生物学等（natural history）は、地球の現実の出来事の連鎖（actual sequence）を明らかにした。これに対し、地球惑星科学では、例えば惑星形成について複数のシナリオを提供し、しかもそれに、初期状態の違いにより複数のトラジェクトリが生じるようなモデルを貼り込むことによって、現実の出来事連鎖を、ありえたはずの連鎖の一つとして位置づけ、可能性のアンサンブルの中に置く。このことにより、natural philosophy すなわち科学としての地球惑星科学は、現実の出来事の連鎖を記述しているように見えながら、より普遍的な科学的説明も与えることに成功している。

われわれのめざす「科学の科学」は、次の比例式のXの位置を占めるものである。

自然史：地球惑星科学＝科学史：X

したがって、次の2つの手続きが必要になるだろう。

(1) まず、科学のタスク分析を、情報機能システムの進化の歴史（の延長）として描くための「シナリオ」をつくる。すでにダニエル・デネットは心の進化のシナリオとして、遺伝的変異を生み出し、自然選択により環境に適した解を見いだすダーウィンの生物、さまざまな試行を行い、うまくいったものを学習することによって解を見いだすスキナー的生物、世界の表象をもち、試行する前にその表象を使ってどの行動が最適かをシミュレートできるポパー的生物、といった進化のシナリオを描いて見せた。われわれの第一の課題は、こうした情報機能システムの進化のシナリオを科学の発生まで延長することである。

(2) 第二に、描かれたシナリオに、現実の科学の発展史（actual sequence）を描き込む。このようにして、科学の科学は科学史研究の成果を組み込むことになる。

【第二段階】カントの試みを社会化する

ここでわれわれが提案するのは、かつて「主観」と呼ばれたもの、すなわち科学を遂行する主体についての多層モデルである。世界からの入力に対して、科学的知識を出力する情報処理システムは、神経ネットワーク、さまざまな心理学的モジュール、科学者個人、科学者の小集団+機器等の人工物、科学者の大集団+制度、といったいくつもの層からなるものとしてモデル化される。科学の心理学はこのうち第二、第三の層に焦点を当てており、科学社会学は第四、第五の層に焦点を当てている。

重要なのは、科学のタスク分析の結果とりだされたタスクのそれぞれについて、どの階層が主として働いているのか、それが下層のレベルからどんな制約を受け、上層のレベルに何を創発するのかを明らかにしていくことである。こうして、科学の心理学、科学社会学の知見を統合するプラットフォームが与えられる。

Japan Geoscience Union Meeting 2012

(May 20-25 2012 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2012. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



G01-P02

会場:コンベンションホール

時間:5月20日 13:45-15:45

キーワード: 科学の科学, 科学哲学, 自然主義

Keywords: science of science, philosophy of science, naturalism

How to launch the Science of Science

TODAYAMA, Kazuhisa^{1*}, KUMAZAWA, Mineo¹, YOSHIDA, Shigeo², WATANABE, Seiichiro¹

¹Nagoya University, ²Kyushu University

We envisaged the creation of a science which deals with the seventh major event in the history of the earth, that is, the rise of science itself. We named it the Science of Science. The aim of our paper is to map out a blueprint for bringing the science of science it into shape.

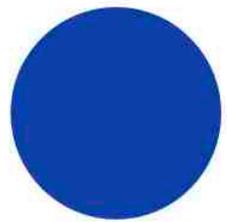
Needless to say, even now there are some rudimentary attempts which could fall into the category of the science of science; cognitive psychology of scientific reasoning, sociology of science, scientometrics, anthropological study of laboratories and so on. And also we have long-established field called history of science, which describes the actual developmental process of science in detail. What we lack is something like a canvas on which we can synthesize findings of these preexisting research fields and paint a phenomenon called science with the whole history of the earth in the background.

We claim that a radically naturalized Kantian philosophical project can play a role of such kind of platform for launching the science of science. The Critique of Pure Reason can be re-interpreted as a task analysis of modern science. First, Kant posits a information processing agent which receives manifold of sense as an input and delivers scientific worldview as an output. Then, he sets about a task analysis which tries to answer the question what kind of subtasks are necessitated for this agent to complete the computation of the cognitive function described above.

Nevertheless, Kantian task analysis lacks a viewpoint of evolution which can make an issue of how such a unique information processing agent could and did emerge. In addition, Kantian analysis is too individualistic in that it models an agent doing science as a mind of an isolated individual man. However, the real science is being done by a complex made of many scientists and artifacts such as experimental instruments and institutions like a peer review system etc.

So, the challenge we are facing is to answer the question how we could build social and evolutionary viewpoints into the pioneering project of Kant.

Keywords: science of science, philosophy of science, naturalism



科学の科学をいかにして始めるか

2012.5.20 地球惑星科学連合大会

戸田山和久・熊澤峰夫・渡邊誠一郎（名古屋大学）

吉田茂生（九州大学）

●I われわれの目的

- 地球史第七事件としての「科学の発生という現象」
- それを地球史上の事件として対象とする科学が可能なはず
- それを「科学の科学」と呼ぶ

1-1 「科学の科学」の種を蒔く

- Tim van Gelderの言うpioneerとしての哲学の役割
- 「科学の科学」を具体化するアジェンダを設定する

1-2 われわれの置かれた現状

- 科学の科学を標榜する萌芽的研究（認知科学、心理学、科学社会学、科学計量学、人類学…）
- 科学の現実の展開過程を詳細に記述する科学史学
- 欠けているのは、これらの研究を統合し、地球史の中に科学という現象を描き込むためのプラットフォーム
- 科学哲学にプラットフォームづくりの役割が期待されるかも→しかし現状のままでは×→自然化の必要



1-3 科学の科学が問うべき問い

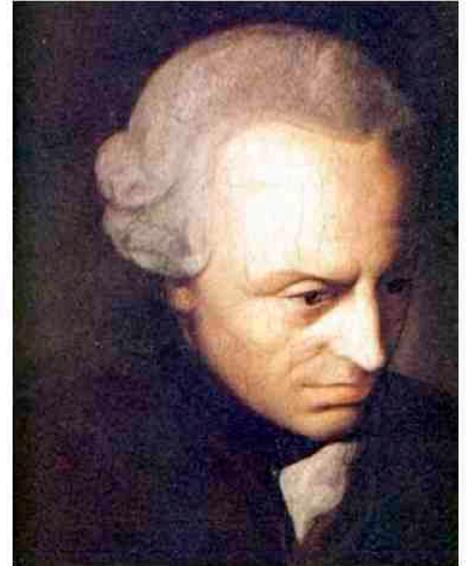
Q 科学はなんであるのか？

Q1 科学はどういう営みか Q2 科学は何のためにあるのか

Q3 科学はどのようにして現れたのか

●II 先駆者に学んで大枠を設定

2-1 I. Kant の『純粋理性批判』



【科学のタスク分析の書として読むことができる】

・「われわれはなぜ科学をできるのか」を問題としてとりあげ、それを神に訴えずに解決しようとした点で画期的

- ・ 感覚の多様を入力するとニュートン力学を出力するシステム＝主観
- ・ 主観が認知計算を遂行するためには、いかなるサブタスクが要求されるかについてのタスク分析

【主観って何だかよく分からない】

→世界の中で環世界を構成する情報機能システムとして捉え直す必要

【Kantの限界】

×科学がどのようにして生じるのかといった進化的視点は欠けている

×主観をあたかも一人の人間の心（の抽象化モデル）であるかのように扱う点で個人主義的であり、社会的視点が欠けている

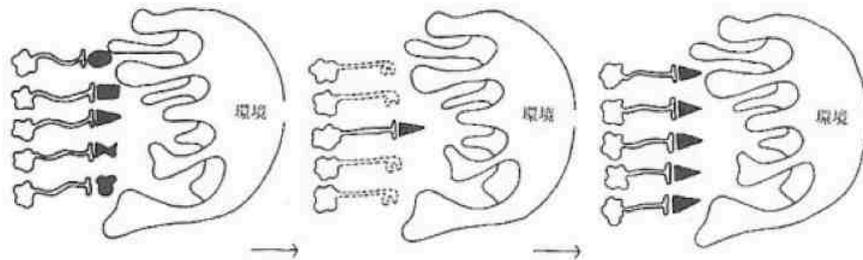
2-2 D. Dennettの『Kinds of Minds』

・心（表象）をもつような生物が進化してくる可能な過程を一つのシナリオとして提示

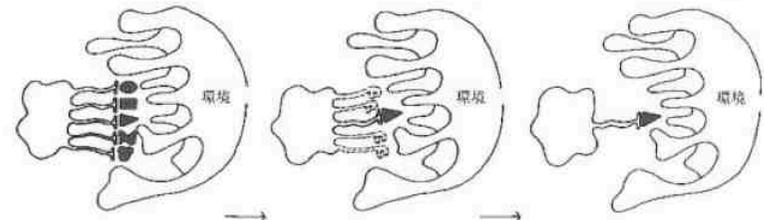
×社会的視点と人工物の役割がまだ十分に考慮されていない

×生物一匹一匹の知性に科学を還元できない

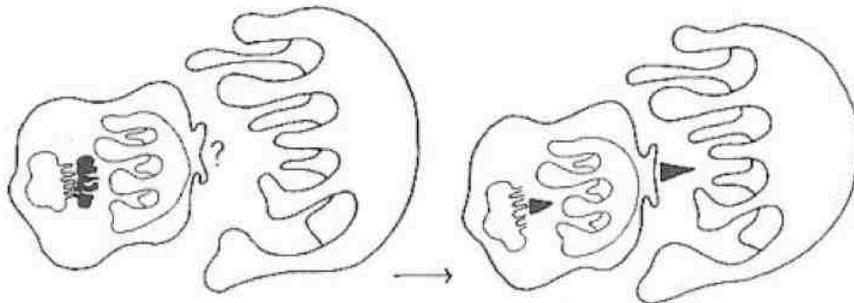
→科学の発生まではまだまだつながらない（もう一歩）



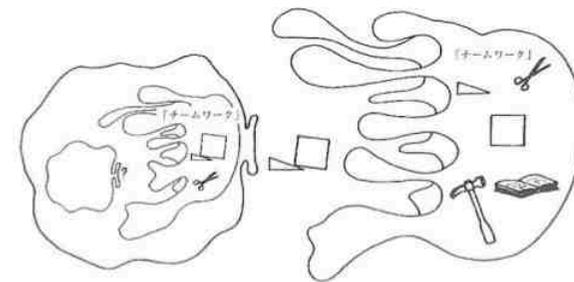
Darwinian creature



Skinnerian creature



Popperian creature



Gregorian creature

- ・ Darwinian ランダムにいろんなストラテジーをとる子孫を生み出して、うまく問題解決したものが生き残る、というやり方で適切な解を見出す生物

- ・ Skinnerian 自分で複数のストラテジーを生み出し、それを試してうまくいったものが強化学習される、というやり方で適切な解を試行錯誤で見出す生物

- ・ Popperian 環境と自分自身のモデルをもっている。そのモデルの中で、複数のストラテジーを実際に行動する前にシミュレートして最適なものを選んでから実行する生物

- ・ Gregorian 環境の中に他者がつくってくれた道具が入っている。そのことにより他者の問題解決＝思考を自分の問題解決に活かすことができる生物

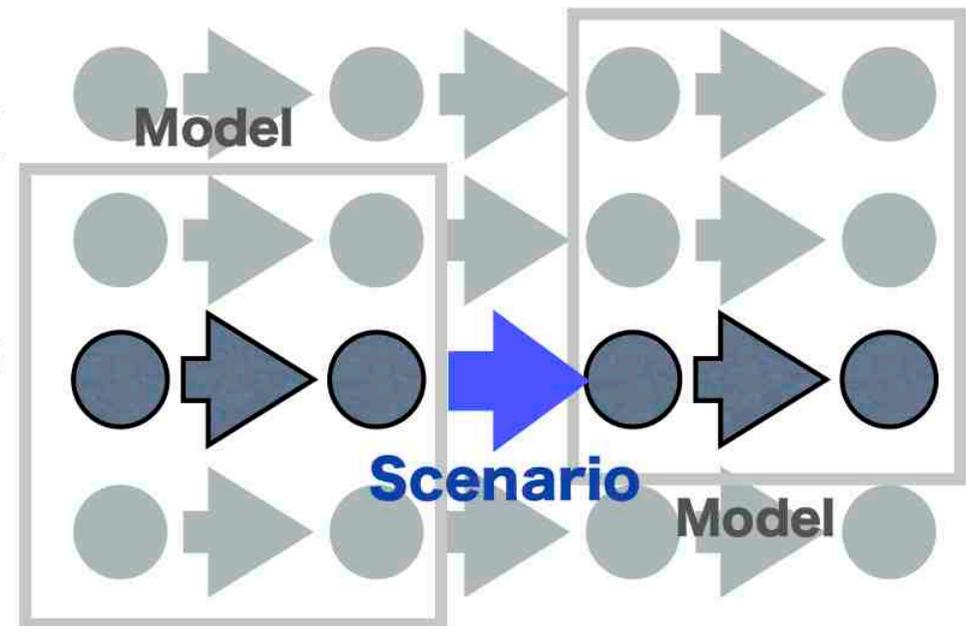
●III 大枠を改良し探究の基本方針を立てる

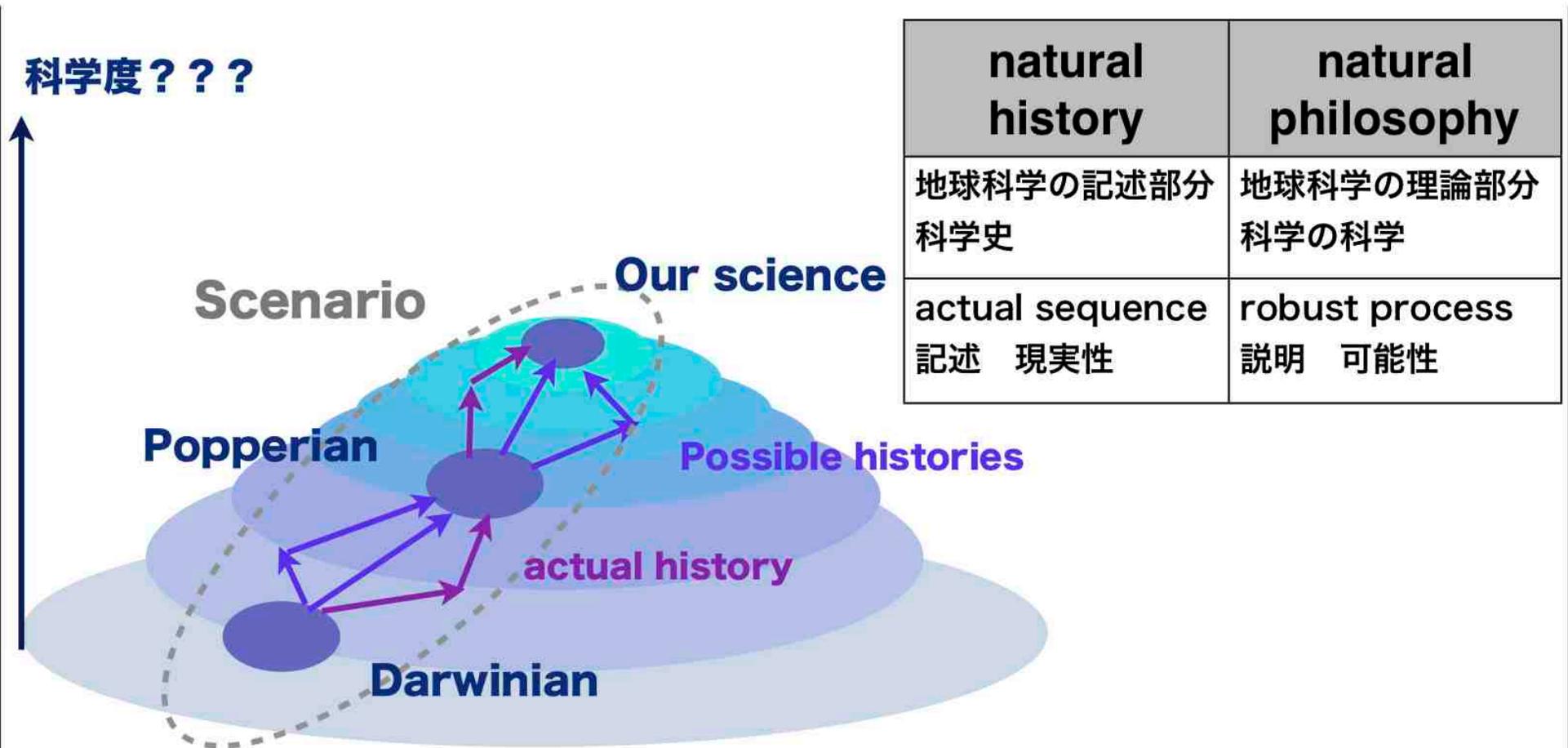
3-1 ヒント：科学の科学は全地球史解読の展開

- ・地球科学の特質は科学の科学に好都合
- ①歴史構築型科学 ②いろいろな分野のハイブリッド ③自然誌を排除しないが理論的 ④シナリオがモデルをゆるやかに結合

3-2 ヒント：渡邊誠一郎のシナリオ論からの示唆

- ・シナリオに複数のトラジェクトリが生じるようなモデルを貼り込むことで、現実の出来事連鎖を可能性のアンサンブルの中に置く
- ・現実の出来事連鎖を記述しながら普遍的な科学的説明も与える





3-3 K&Dのプロジェクトを歴史化・社会化

- K的な科学のタスク分析を進化の歴史としてシナリオ化
- D的な情報機能システムの進化モデルを科学の発生まで延長
- そのシナリオにactual sequenceを貼り込む

●IV 科学のタスク分析とその社会化・歴史化

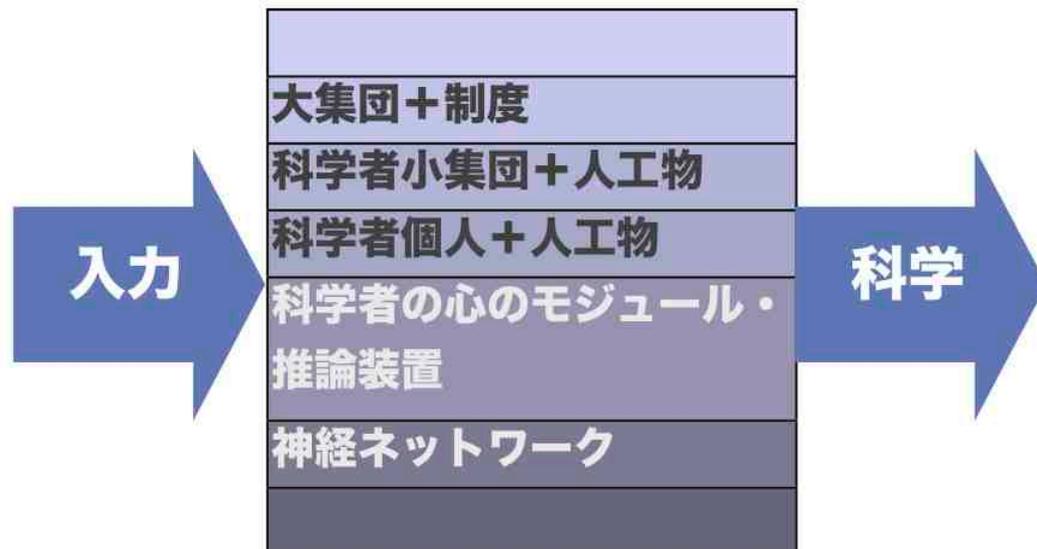
4-1 社会化をどう進めるか

【科学を遂行する主体についての多層モデル】

- ・主観と呼ばれたものをいくつもの層からなるものとしてモデル化

【多層モデルによる科学のタスク分析】

- ・タスクのそれぞれについて①どの階層が主として働いているのか②それが下層からどんな制約を受けるか③上層に何を創発するのかを明らかに



【例）個人に焦点化した課題】

- ・科学者個人の認知リソースは科学を遂行し知識を生み出すのに十分か。足りならそれを補っているのは何か？
 - ・科学をやるのに使ってるリソースは他の用途に使ってるのの使い回しか
 - ・科学者個人の認知リソースは子どものそのの延長なのか違うのか
 - ・科学者の認知リソースは生得的か
 - ・文化や伝統や研究集団が科学者個人の認知に影響するメカニズム etc.
- すでに始まっているのだが不十分

・これにより、科学を遂行できる知的情報機能システムはどんなつくりをしていなければならないかを探る。ただし…

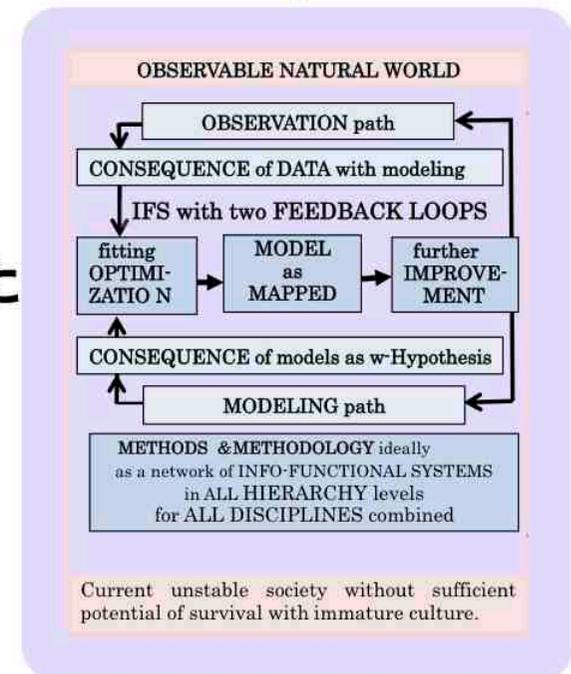
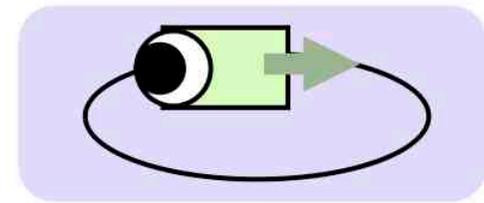
・目下の科学のリソースでも探究可能な小さめの問いに分解する必要。と同時に…

・関係諸分野に方法論的な改革を促す必要（心理学は方法的個人主義をゆるめる。哲学にシミュレーションを導入）

4-2 歴史化をどうすすめるか

・多層的情報機能システムとしてモデル化された科学の主体が、単純な情報機能システムからどのように進化してきたかのシナリオを構築

・根本的な問いは「モデル化した主観がこの世界の中でそもそも進化可能なものなのか、また、進化してくるための条件は？」



【副次的な問い】

- ・主観の「進化」は明らかに文化進化を含む。これがどの程度 Darwinismの延長で語れるか。そうでないとしたらどんな拡張が必要か
- ・選択の単位として何をとるべきか
- ・たとえばmeme概念はこういうことを考えるのに有効か

