

マインドクライメート（精神風土）研究を科学にするための研究方法の開発

上野ふき*、平理一郎**、中村秀規***、久木田水生****、宮野公樹*****、村上祐子+、林能成++、東原紘道+++、熊澤峰夫****、福井弘道++++、杉田暁++++

*中京大学、**ノースカロライナ大学、***富山県立大学、****名古屋大学、*****京都大学、+東北大学、++関西大学、+++東京大学、++++中部大学

1. はじめに

質の高い研究には異分野間の連係や共同が必須であることは周知の事実であるが、研究の本質に踏み込むような連携は容易ではない。日本における異分野間融合の重要性に対する言及は、17年前の第2期科学技術基本計画（01-05）に始まる[1]。第3期（06-10）では「新たな知の創造のために、既存の分野区分を越え課題解決に必要な研究者の知恵が自在に結集される研究開発を促進するなど、異分野間の知的な触発や融合を促す環境を整える必要がある」[2]と述べられている。しかし、第5期（16-20）に至っても「大学等の研究機関において、人文社会科学及び自然科学のあらゆる分野間の人材の交流が推進されることも重要であり、学際的・分野融合的な研究を促進する組織的取組の実施が期待される」[3]となっており、17年経過した現在でも異分野融合は実現せず、非学際的傾向が続いていることが窺える。

我々は、2009～2013年度に行われた科学哲学と地球惑星科学の連携研究[4]が不全に陥った原因追及と、原子力発電推進派と反対派の対話実験[5][6]から、連携不全や意見対立の原因は論理ではなく、心情にあると考えるに至った。心情での意思決定について、そのダイナミクスとメカニズムを研究者自身が分析的には理解していない、もしくは、認知すらできていないことが問題である。以下では、対立する意見は「論理にあるのではなく心情にある」と結論し、それを具体的研究課題にするに至った経緯を説明する。

1.1. 地球惑星科学と科学哲学の連携自己実験

2009～2013年度に行われた地球惑星科学者と科学哲学者の連携研究では「新しい科学哲学をつくる」ことを目標に、週1回の研究会（議論と対話）や、研究セミナー、ワークショップ、自然科学合宿、学会発表など様々な形の密な交流が約5年間行われた。我々の数名はその学際的研究活動に従事していた。

しかし、新しいものを生み出す作業は容易ではなく、交流が深まるほど相互理解が困難な状況に陥って行った。この学際研究が終了した後、相互に満足の行く結果を得られなかった原因を振り返ってみると、保有する知識の問題だけでなく、価値観、目的、好み、考え方、人生観のような上手く言葉にできないものに違いがあり、それらが我々の研究の邪魔をしているように思えた。

類似する観点として、JST平成27年度検討報告書『自然科学と人文・社会科学の連携に関する検討 ― 対話の場の形成と科学技術イノベーションの実現に向けて ―』[7]の「<コラム3>分野“融合”研究をめぐる諸課題」の中では文化の違いが言及されている：「研究方法の違いが分野による文化・生活スタイルの違いにも結びつき、分野間の連携をいっそう難しくしているのではないか、という意見も出された。…社会的課題に対する分野による認識の違いも指摘された。人文・社会科学では一般に、“なぜそれが問題なのか”を問おうとするため、自然科学の側からの“これが問題なので解決したい”という呼びかけに対し、参加するモチベーションをもたないのではないか、というものである。」

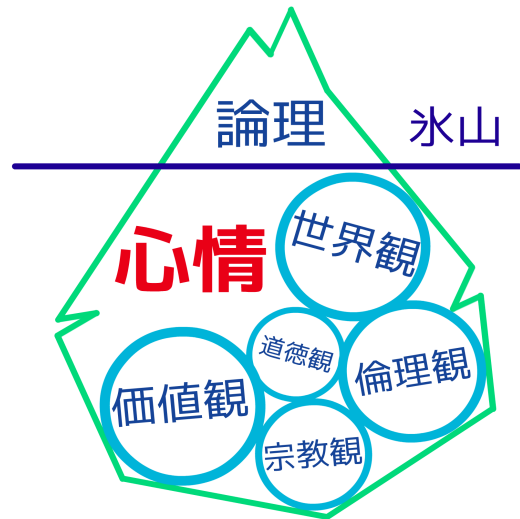


図1 論理と心情の関係

意識、無意識と同じように論理の下には心情が隠れている。ここでは心情を「観」の集合と見なす。

1.2. 原子力発電推進派と反対派の対話実験

次に、我々は納得のゆく合意形成のためには論理と心情の両方が必要であるという仮説を立て、2014年度のデジタルアース共同利用で、「原子力問題に関する推進派と反対派による対話実験」を行い、双方の意見を念入りに調査した。その対話内で話題に上った内容をカテゴリー化し、A) 一致点、B) エビデンスがあれば解決しそうな問題、つまり倫理で納得ができる範囲、C) 目的意識、優先・価値対象の違いによって解決困難な問題、つまり心情の問題で納得困難な範囲、の三つの意見を抽出した。

以上の背景から、陽に提示される「論理」には、外からは観測困難な水面下で「心情」が張り付いている（図1参照）。その心情は、普遍性がない複数の「観」の多様で個性的な組み合わせ集合の群から構成されている。したがって、論を尽す対話などだけで、ヒトの集団の合意形成は原理的に無理な場合があるのは自然なことである。これは研究異分野だけの問題ではなく、異教徒、異文化圏などの異なる集団（コミュニティ）間の交流でしばしば起こる、深く激しい対立を引き起こす原因となっていると考えられる。例えば、アメリカ、イギリスを筆頭に近年各先進国で起きている「分断現象」はその一つではないだろうか。また、宗教の戒律は深く心に根ざしており、信念を曲げるぐらいなら死を選択する場合もある。場合によって心情の問題は命よりも重要なのである。

以上の背景から、我々は人間個人と集団が保つ非論理的な傾向の原因と社会的機能（そのダイナミクスとメカニズム）の科学的実態把握が必要であると考え、その個人と集団の非論理性をマインドクライメート（邦訳：精神風土、以下MCと略す）と呼び、その目的・情報の共有と研究方法のための議論を開始した。

2. MC 基礎研究会

MC研究の重要性、目的、世界観、科学の方法論、MCの概念、範囲、MCの観測方法等について、私を含め次の研究者と議論を重ねた。上野ふき（文学・情報科学）、宮野公樹（学際融合教育・工学）、中村秀規（環境政策、社会工学）、久木田水生（哲学・倫理学）、村上祐子（哲学・論理学）、林能成（防災科学・地震学）、平理一郎（脳神経科学）、杉田暁（プラズマ物理学）、福井弘道（地球環境学、空間情報科学）、東原紘道（構造工学・自然災害科学）、熊澤峰夫（地球惑星科学・地球物理学）。

それぞれのメンバーの研究背景が異なるため、自らの知識と感覚を調整することに時間を要すると推測したが、MCのような対象を単独で扱えば独善的となり本来のより尤もな事実を見逃す可能性があるため、「議論と対話」は欠かせない研究作業と位置づけている。我々はこの行動自体を自己実験とも呼んでいる。



図2 研究会の様子（中部大学中部高等学術研究所 国際GISセンターデジタルアース室）

2.1. 第1回研究会（2016年8月25日）：MCの概念、定義などについての議論

第1回研究会では、まず、本研究は基礎研究であり、拙速対応が可能な研究結果が即座にできるわけではないため、2015年度に提案した宣言、下記の「基礎研究の重要性」の振り返りからはじめ、本研究の役割を確認した。

「納得に基づく合意形成」を実現するためには、現場に密着した「機敏な拙速対応」と「原理面からの研究」の両端要素を連動させることが必要である。これを医療問題になぞらえて言えば（A）緊急処置を要する「臨床の現場」と（B）「臨床研究」と（C）「基礎医学研究」であり、このすべてを連携推進してこそ、医学がその機能を発揮できるように、社会の問題である合意形成研究でも、根本的問題点を特定し継承し得る解決策を見出すには、上記の三つすべての連動が必要不可欠である。[8]

次に、MCは論理と心情も自然現象の一つであり、それは宇宙・地球・生物の進化の過程で起きている現象

であるという概念を共有するために、丸山茂徳の『地球史を読み解く』[9]を参考に、人類の進化について近年の情報を確認した。

最後に、本研究会で掲げているヒトの目標（自己責任論、生き継ぎ案）、マインドクライメートという呼称、MCの定義・研究背景・位置づけ、MCの形成（発生）過程の社会生命科学的段階（案）、そして、具体的な研究方法・計画（どのような研究、調査や実験）など、研究推進に必要な諸要件についてブレイン・ストーミングを行った。目標やMCの形成（発生）過程の社会生命科学的段階（案）で用いた用語に対しては、長時間の討議があった。特に、「幸せな生継」と「刷り込み」という用語については今後の検討課題となり、会議後のメール討議に持ち越された。人により納得できることできないことが異なっており、議論が収束しない懸念もあったが、本研究は個人と集団の価値観、道徳観、世界観などの「観」をMind Climate（精神風土）と呼び、その実態、形成、変遷、社会的機能の総体を科学（観測、モデリング、介入実験）に組み込むことに対しては、全体的に合意でき、MCの調査方法についても意見が交わされた。

2.2. 第2回研究会（2016年12月8日）：MCの大局的、総合的位置づけについて、地球・人類史の観点を包含した世界観などの広い概念についての議論

第2回研究会では、大局的構造からMCについての位置づけを明確にするために、ヒトの存在理由を見つめ直す作業を行った。ビッグバンを含めた地球・人類の歴史を鑑み、未来への指向性が重要であることを確認した。それと共に、科学の役割についても議論した。なぜなら、将来を的確に判断決定して行く最も強力なツールは科学（ここでは人文を含む学問全て）であり、それを如何にうまく上手く扱えるかどうかによって、大きく将来が変わるからである。本来の科学の役割とは従来科学の対象でなかったものごとを科学にすることでであると熊澤は論じている。科学にすることは、特定の人にしかわからなかったことを、それなりに理解できるようにし、また、限られた人にしかできなかった技能を誰でも使える技術にすることであり、それはヒトが望む科学~技術である。実際に科学と技術はそれを具体化してきている。もちろん科学で扱えないものは常に存在するが、科学の領域が増加するのに合わせてその境界は徐々に移動している。このような推移を倫理学に適用して、倫理学が専門の久木田は「モラル mod サイエンス」という整数論の用語を用いて表現

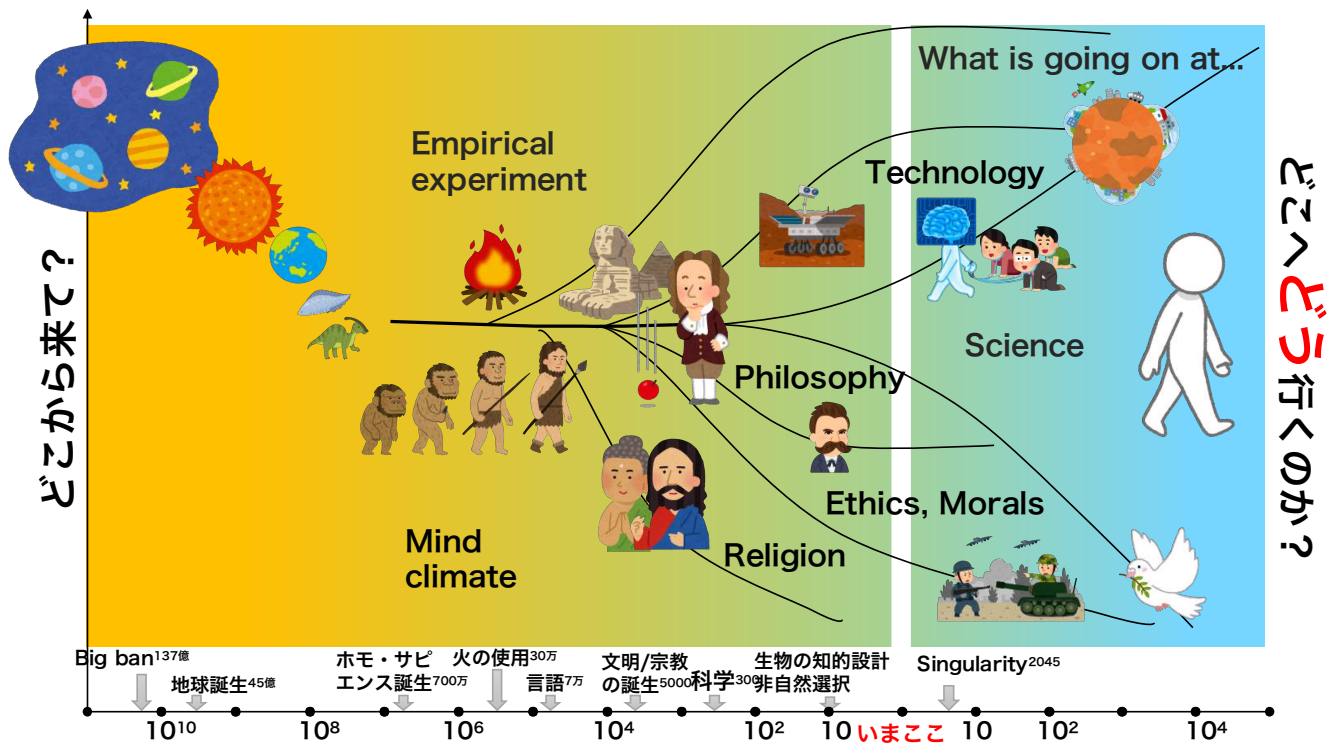


図3 ヒトの進化と科学の進化図

横軸はBig banから未来までの時間を表し、縦軸はヒトの経験的範囲（上側）と精神的範囲（下側）を表している。我々ヒトは既に将来を決められる領域に入っている。

した。それらを絵に表したものが図3である。

次に、我々ホモサピエンスは「自己責任」の時代、つまり、我々はどこへ行くのかを知ることができ、どう行くかを決めることもできる時代に、既にいるという考えを共有した。（ただし、「自己責任」という用語に対してはさらに議論を要する。）例えば、個人的には、人生設計を立てて生きているヒトもいれば、成り行き任せで生きているヒトもいるだろう。また、国際連合のように長期的視点に立ち、世界の平和と安全や持続可能な開発の実現のために計画実行している場合もあれば、短期的視点で自らの利益を追求する場合もある。「どのような将来を望むか」によって、今の判断、行動が変わる。知恵が付き物事の仕組みや原因を知ると責任が生じると同じように、科学技術の進歩により我々ヒトには地球や環境だけでなく、将来に対する責任が既に発生している。それを認識して対応するかしないかが問われているのだ。

最後に、ホモサピエンスは**どこへ行くのか**について対話した。そこで、根源的で単純な疑問、我々は「なぜ生きるのか」、その意味を考えることから開始した。これを生物学的に捕らえれば、DNAの自己複製に還元される。しかし、大多数のヒトはただ生きるだけには満足していない。安全・安心、生きがい、役割などがほしいと思っている。そこで、我々はヒトの目標として「幸せに生き継いでいくこと」と「文化情報の継承」を設定した。現時点で、この目標は最も都合がよく、これ以上遡れる価値は先験的に存在するものではないと考えている。我々は、絶対的な価値がこの宇宙に存在するかどうか、我々に判断することは不可能で、ホモサピエンスが、己の「都合の良い」ように、規範として設定するものであると考えている。その当面の規範として、「生継」と「継承」を設定することが、ヒトにとって「都合の良い」ことなのである。

2.3. 第3回研究会（2017年2月10日）：MCの形成・構成過程についての考察

第3回研究会では、MCの発生過程（案）を提示し議論を行った。以下の図は2015年度報告書に掲載した「MCの形成（発生）過程の社会生命科学的段階（案）」を発展させたものである。これはMCについて議論する際の見取り図になると考えている。まず、MCに影響を及ぼしていると考えられる要素群を三つの段階に入れて、模式的に提示した（図4）。

地球環境：地球の進化のなかで起きていること Human species is product and part of evolving biosphere (part of nature and history)

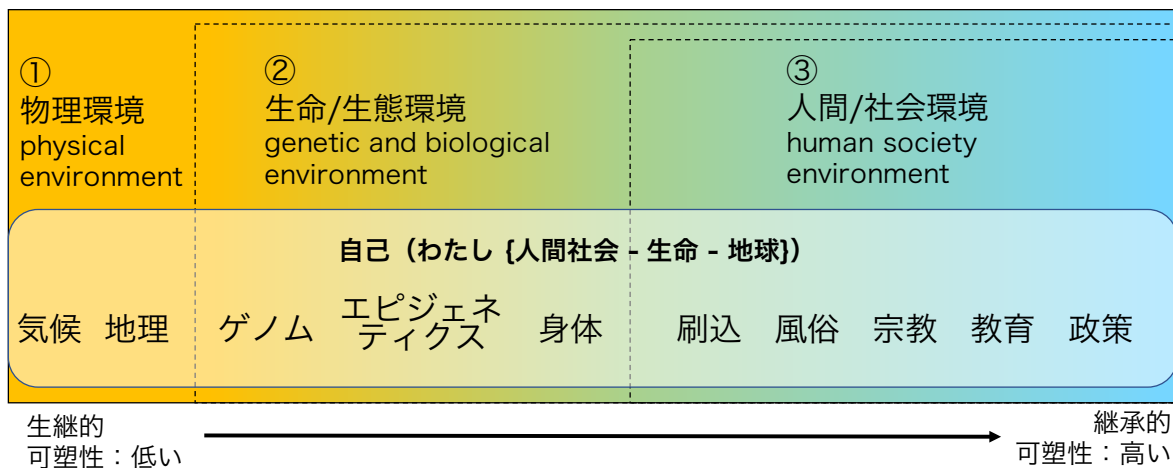


図4 個体に着目したMCの発生過程（案）

左から、物理環境、生命/生態環境、人間/社会環境がある。自己はそれらの上部に成り立っている。

2.3.1. 個体に着目したMCの発生過程における①～③の環境についての説明

① 第一に、MCは生まれた場所の地理や気候といった自然システムの影響を受ける。例えば海の近くで育つ場合と山で育つ場合や、温度・湿度の高低、紫外線量、自然災害などの自然環境の違いは、気づかないうちに自らの生態的特徴から思考傾向までに影響する。ヒトはその土地を離れない限り、その環境に適応した価値観、人生観などが形成される。それを物理環境と呼ぶ。

② 第二に、MCはゲノム、エピジェネティクス、身体に規定される。まず、個体のゲノムは受精した段階で決まり、それは生理的・身体的特徴を形成する。次に、エピジェネティクスの受精卵から始まる生き物の

個体の核の成長変化は、細胞質という環境の影響を受け、その環境との相互作用に制約される。その過程は生命の個体にとっては、生き継ぎ過程における環境への適応反応の始まりである。最後に、ハードウェアとしての身体による個人のMCへの影響力も包含し、これらの環境を生命/生態環境と呼ぶことにする。

③ 第三に、ヒトは生まれた地域社会の人間集団のMCに適応して成長していく。現時点では、そのMCには「刷込、風俗、宗教、教育、政策」の段階があると考えている(図5参照)。まず、「刷り込み」(ローレンツ)とは、独立した個体にとっての外部環境が、その個体の成長発達に決定的に影響を与える現象である。これは成人になったヒトにでも普遍的に発生する現象であることはよく知られている。

次に、幼児からの育ちの違い、体験、外部環境が脳(心)の機能を含めて体の機能発達にも大きな影響を持つこともよく知られている。それゆえ、幼児の周辺の親、近所の人々、学校の友人などの集団のMCは空気のように幼児をとりまき、幼児のMC形成に影響を与える。次に、宗教は風俗とは違い体系化された戒律や教義があるため、MCは組織化されている。最後に、教育、政策ではMCを意識的に作り上げる段階と言える。次世代に組織的な教育訓練を課して、社会を望ましい形で運転するために試行錯誤がくり返されているのが現状である。これを人間/社会環境と呼ぶ。

MCの形成過程：生物学的段階モデル

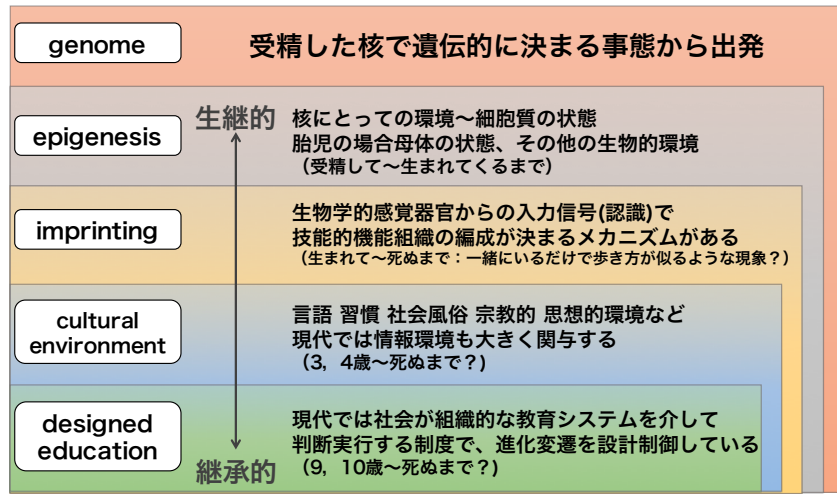


図5 マインドクライメートの生物学的段階モデル

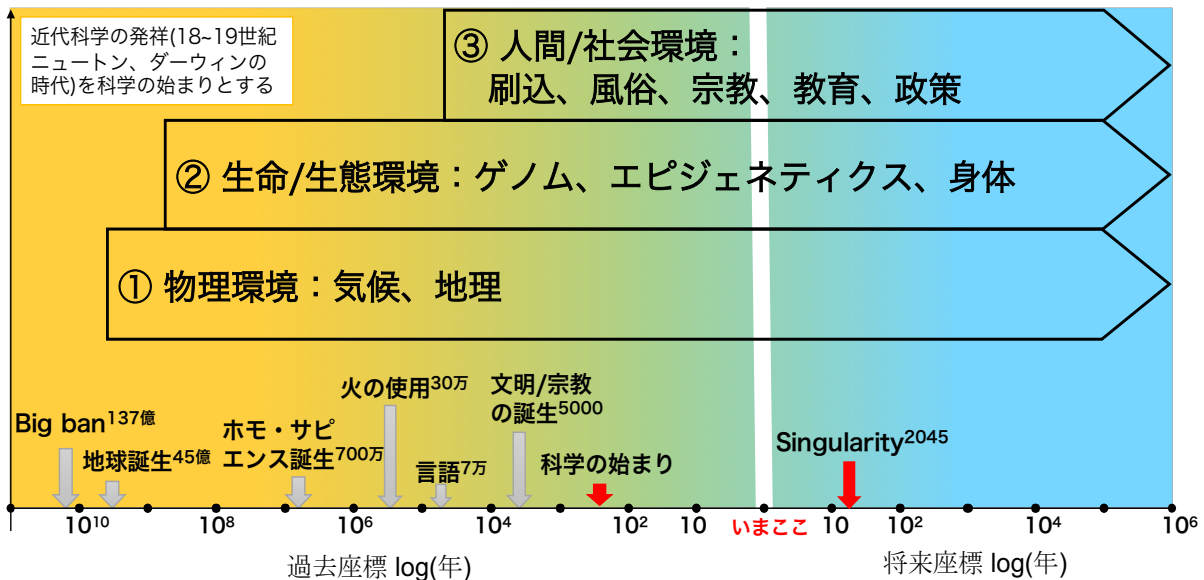


図6 MCの進化過程(案)

これは、図4の発生過程を時間軸で見たものである。

2.3.2. MCの制御、もしくは介入可能性について

ヒトのMCを規定している環境に対する制御、もしくは介入の可能性について説明する。①の物理的環境の要素、気候や地理から受けるMCを制御することは、まだ困難だと考える。都市の再開発など小規模に制御することは可能であるが、地球規模の天候や火山、地震、洪水などを制御するシステムはまだできていない。また、②の生命/生態環境の要素も介入はまだ難しいと考えている。確かに、生物・生命、医療分野は飛躍的進化を遂げており、遺伝子操作によるデザイナーベビーの創生も可能ではあるが、倫理や経済の問題が絡んでくるため、それを一般化するには時間がかかる。③の人間/社会環境における、宗教、教育、政策では、それぞれ独自の体系的制御が行われていると見なすことができる。それに対し、思想としての科学に基づいた制御も有り得るが、本稿では言及しない。しかし、ヒトの「観」に最も影響を及ぼしていると考えられる環境が人間/社会環境であり、異分野間の連携不全を引き起こしている領域だと推測している。

最後に、MCは上記で説明してきた要素が複合的に絡み合い、個人と集団のMCが相互作用しながら進化変遷してゆくと考えられる。個人の価値観、世界観、道徳観、倫理観、宗教観などの「観」は其中で培われて行く。それが個人の心情の枠組みを規定する。次に、その規定された「観」の集合が次世代の人間社会環境を形成するため、集団と個人の心情は連動し共進化している。そのため、一度生じたその「観」は、たとえそれがヒトにとって最適でなくとも、統計的には揺らぎを伴いながら最適点の周辺を適応進化して行く。これらは、生存戦略として発生する環境適応現象であろう。

3. 会議全体のまとめ

以上が2016年度に行った研究会の概要である。第1回研究会では、メンバーの研究背景の違いにより、使用する用語とその使い方にいくつもの対立と議論が生じた。例えば、生物学用語の「刷り込み」は、戦略的な意味を連想させ、議論が空転することもあった。これは、我々が一つの用語を、状況によって異なる意味で無意識に使いわけ、それが専門分野によって異なっているという具体例である。第2回研究会ではMCの詳細を扱うのではなく、より広い視点で議論を行ったため、発散したように見えるが、ここではMCの論理を組むために必要な世界観、科学観を共有した。第3回ではMCに対してより具体的な考察を行うことができ、今後の研究推進方向もほぼ合意に達することができた。本研究会は1回の会議が9時～17時までと長時間に設定されていた。一見研究と関係が薄く見える話題もあったが、それがフィードバックして刺激となり、より深い探索研究ができたと考える。本会議の結果、我々は実質的に「MCを科学研究の対象」として扱う作業を開始できたと考えている。

4. 科学モデルに準拠した研究状況の評価

本研究は、MCという概念的に曖昧で、言語化が難しい対象を科学的に探求したいという試みである。研究方法がわからない状態から開始し、試行錯誤を行ってきたため、自分たち自身が何をしているのか解らなくなる危険がある。そこで、「科学に組み込む」とはどういうことを意味し、我々は現時点で何をを行っているかを鳥瞰するために、科学の営みモデル(図7)に準拠し、本研究の評価を行う。

まず、「科学に組み込む」とは科学的方法を使うことを

意味し、その科学的方法が図7の科学研究のモデルである。「それは「2経路フィードバック演算子：dual Feedback Loop Operator=dFLO」とでもいえる機能素子の莫大多數の「入れ子構造」が構成する複合的で巨大dFLO演算子である。対象への介入(実験)も含む「観測ループの出力観測情報」と、それに整合する可

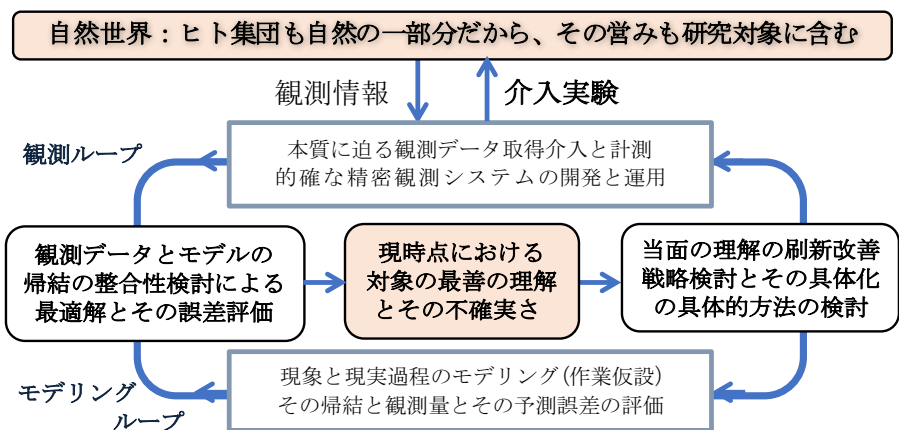


図7 自然を理解する演算子としての科学研究のモデル

「原理的に観測可能な観測量のデータ取得」と「それをもたらす過程の時間空間分布逆解析法」の整合的機能をもつ演算子

能性のある「作業仮設の論理的帰結というモデリンググループの出力」の比較検討によって、その時点で①最も尤もらしい対象のモデルと②その不確かさの二つを同時抽出する。その不確かさを減らすために必要な情報を独立な2つのループに反復フィードバックする。この逐次繰り返し刷新操作そのものが科学のモデルである。」[10]

次に、我々の科学状況を確認する。地球惑星科学と科学哲学の連携自己実験は、5年間にわたる異分野交流に自ら身を置き一緒に活動を行った。これは、参与観察を行ったことに相当するであろう。そこから得られた情報に客観性はないが、それは、新しい研究を開始する際には必ず発生する貴重な観測情報である。次に、その情報を基にデザインした原発反対派と推進派の対話実験によって観測ループを1周回したことに相当する。最後に、MCの発生過程も上記の観測情報を基に作成し、研究協力者と共同改変したため、モデリングループを1周回したことに相当する。僅かではあるが、科学的研究を行い始めたと確信をもつ。

5. 今後のテクニカルな課題

今後、本研究では二つの研究を同時に推進する。

A) テキスト分析、質問紙調査による観測：観測ループ

研究者のMCの実態を観測する。研究者は論理的に物事を考えて行動すると見なされ易いが、事実は己が育った環境（知的刺激、専門教育）ごとに異なるMCをもっている。そこで、1) 各研究分野に見られる独自のMCの実態把握と、2) 学部+大学院学生の専門分化によるMC形成過程の調査を試みる。方法は会話データのテキスト分析や質問紙調査を予定している。既に京都大学では研究者を対象とした大規模な質問紙調査が行われているため、その結果と比較検討を行う。

B) MC理論構築：モデリングループ

MCの発生過程の図を逐次更新し、内部詳細を詰めていく。具体的な方法として次の三つを行う。1) MCに関連する先行研究の調査を行いモデルに反映させる。2) 観測ループで行う観測実験結果をモデルに反映させる。3) 共同研究者との定期的な議論と対話を継続する。

6. 本研究の究極の目標の再確認と将来展望

本研究の流れは、「縫い目なしの地球科学」の開拓を目指した島津康男[11]の思想に始まる。地球科学は、46億年前の地球の形成からそこに住む生命、我々が生きてゆく環境から資源まで、さらに言えば、そこに住む我々存在を問う哲学や行政まで、いわば、この世界のすべてにかかわる。そのため、それぞれの人間一人一人がある程度の専門性と同時に、他の専門との合理的で現実的な連携の「技と術と理」をもっている必要がある。

このような視点にたつて、我々が持つ「個別専門家群の社会生態学」を考えてみると、これには、社会現場での現実的な対応（行政、産業、教育など）から、その基盤としての専門的な「科学としての分野」までがあつてしかるべきであろう。本研究は、このような新分野の開拓を目指すものである。

我々のこれまでの検討結果から、科学の対象としてはまだ認知されていないが、それを科学に繰り返す必然性があると思われる課題を具体的に同定した。すなわち、MCの体系的な研究である。当然、「科学とは何か？」と問われて明快に答える必要がある。これについての最新の明確な論点は Steven Weinberg の『科学の発見』(2015) [12]に提示されている。その骨子の図式説明を図7に提示した。これは対象の理解（モデル～作業仮設）と現実の適格な観測的把握の二つの整合性を追求する操作のことだ。

この論理操作を「科学演算子」と呼ぶことにする。この演算子を意識して現場で使ってみると、それが機能しないことがある。その原因を追究した結果の我々の結論を図1に提示することとなった。生身のヒトは論理だけで物事に対処するのではない、という既知の事実を明確に観測したことになる。本研究では、それが何であるのか、その原因を体系的に記述することができた。それが Mind Climate 研究である。

ここでの議論は、伝統的な科学の常識とは、ずれているかもしれない。しかし、科学の本質は科学でない物事を逐次「科学の方法＝思考錯誤＋試行錯誤の反復連鎖」を使って、科学に組み込んで行くことである。我々は科学を使うのであって、使われるのではない。科学を上手く使うためには、かきこいMCを想像する必要がある。なぜなら、MCがヒト集団の行動を決めているからである。観と論理の整合性をとることを目指すことによって、我々は、知的生命の「生継」とその文化情報の「継承」を継続することができるだろう。

7. 謝辞

本研究は中部大学問題複合体を対象とするデジタルアース共同利用・共同研究 IDEAS201608 の助成を受けることによって推進することができた。

参考文献・データ

1. 内閣府：第2期科学技術基本計画（平成13～17年度）
(<http://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/kihon.html>) .
2. 内閣府：第3期科学技術基本計画（平成18～22年度）
(<http://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/kihon3.html>) .
3. 内閣府：第5期科学技術基本計画（平成28～32年度）
(<http://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/5honbun.pdf>) .
4. 熊澤峰夫, 上野ふき：地球惑星科学と科学哲学の連携自己実験のレビュー, 日本地球惑星科学連合 連合大会 2014年大会, パシフィコ横浜, 2014, 5月.
5. 上野ふき：2014年度調査報告（共同）サイエンス・コミュニケーションのサイエンス：システム論と精神風土のリンク, 「問題複合体を対象とするデジタルアース共同利用・共同研究拠点」成果報告書 2015 (http://gis.chubu.ac.jp/pdf/collabo_report/2014/201404.pdf) .
6. 上野ふき：科学コミュニケーションの科学を考える, 日本地球惑星科学連合 連合大会 2015年大会, 幕張メッセ国際会議場, 2015, 5月.
7. 科学技術振興機構（JST）：平成27年度検討報告書「自然科学と人文・社会科学の連携に関する検討—対話の場の形成と科学技術イノベーションの実現に向けて—」2016
(<https://www.jst.go.jp/erds/pdf/2016/RR/CRDS-FY2016-RR-02.pdf>) .
8. 中村秀規, 上野ふき, 久木田水生, 他4名：2015年度調査報告（共同）市民からの環境ガバナンス：デジタルアースとマインドクライメート, 「問題複合体を対象とするデジタルアース共同利用・共同研究拠点」成果報告書 2016 (http://gis.chubu.ac.jp/pdf/collabo_report/2015/201505.pdf) .
9. 丸山茂徳（編著）：地球史を読み解く, 放送大学教育振興会, 2016.
10. 熊澤峰夫：科学の哲学、哲学の科学, 科学基礎論学会 2016年度 秋の研究例会, 2016, 11月.
(http://phsc.jp/dat/rsm/20161025_10.pdf) .
11. 島津康男（1926年生）地球物理学者、環境学者、名古屋大学名誉教授。1967年に提示した“SMLES 憲章”の思想は、多くの地球惑星研究者に大きな影響を与え、日本の水準を大きく押し上げた、我々は評価している。
12. S. Weinberg: To Explain the World: The Discovery of Modern Science, Harper, 2015（邦訳：科学の発見, 文藝春秋, 2016）.