

# 科学画像科研

## ●1 申請書に書いたこと

### 研究目的（概要）

画像は、科学者と非科学者のコミュニケーション手段としても、科学内部での発見・推論の手段としても重要な役割を果たしている。本研究では、次を実施する。①科学内部での科学画像の使用実態・効用・限界を明らかにする。②科学コミュニケーション場面での画像の使用について、その実態と問題点を明らかにする。③以上の成果を踏まえて、画像の科学内・科学外使用のそれぞれについて「よりよい使用」のための条件を、心理学的・認識論的に明らかにする。さらに、④その成果を踏まえて、科学画像の改善と市民の科学画像リテラシー向上策についての提言をまとめ、実践者が利用しやすい形態で社会に情報発信する。これにより、科学画像が科学内外でより適正に使用され、研究と科学コミュニケーションの健全化に資することが目的である。

### ●1 本研究の学術的背景

(1) 一般的背景と着想に至った経緯： 科学者同士のコミュニケーションにおいても、科学者と市民とのコミュニケーションにおいても、図、グラフ、地図、写真、絵、動画がふんだんに使われている。本研究では、これらを「科学画像」と総称する。科学画像は古くから使用されてきたが、現代においては、むしろ言語によるコミュニケーションを凌駕する勢いで、科学画像コミュニケーションは量的にも質的にも進展している。

科学内部に目を向けるならば、画像はたんにコミュニケーションの手段にとどまらない。**発見や推論の道具でもある**。古くはウェゲナーが地図上の大陸の形から大陸移動説を着想した。画像は認識論的機能を果たしているのである（これを**画像の科学内使用**と呼ぶ）。近年では計算機の進歩により、画像の持つ発見的機能は飛躍的に増大した。カオス力学系研究が好例である。ポアンカレでさえ完全に思い描くことが難しかった複雑な力学系の振る舞いが、計算機の進歩により簡単に視覚化でき、自在にパラメータの空間を探索することができるようになった。それがなければカオス力学系の研究は進展しなかったのではないかと思われる。たとえば、カオス力学系で重要なファイゲンバウム定数が発見されるきっかけとなったのも、計算機から出力される力学系の解軌道に微妙な周期性を見て取ったからだだった。だとするなら

ば、科学画像の認識論的機能を改善することは、科学研究の一層の発展のために非常に重要な課題となる。

一方、科学と市民とのコミュニケーションの場面でも、画像は重要な役割を果たしている（これを**画像の科学外使用**と呼ぼう）。TV番組はもちろんのこと、科学記事や一般向け科学書には科学画像が多用される。

ここには2つの問題が潜在している。もちろん科学画像は「わかりやすく」科学的内容を伝えるために用いられるのだが、**わかりやすさはしばしば正確さを犠牲にする**。視点が地球から太陽系を抜け、あっという間に銀河系を一望する、といったCGは確かに印象的に知識を伝達するのだが、用心深い研究者は「こんな風に宇宙旅行することはできません。光の速さを超えてしまいますから」と付け加えるのを忘れない。これが第一の問題である。

第二に、科学画像はそれがどのようにして作成されたかの知識を欠く**受け手の判断を歪める可能性**がある。fMRIのような脳機能画像は、脳を直接見ているかのような錯覚を与えるため、この画像がきわめて多くの処理過程を経て作成される間接的なものであることを知らない非専門家の、その脳の持ち主の責任・人格等の判断に大きく影響する。したがって、科学画像によるコミュニケーションの質を改善することは、科学と社会の良好な関係を構築する上でも喫緊の課題である。

ここで重要なのは、**画像の科学内使用と科学外使用の改善を統合的に議論できる理論的枠組み**の構築である。なぜなら、どちらの使用も、画像を解釈し画像を通じて何かを知るといった心的活動である点で共通しているからだ。こうした心的活動の質を高める方法論をつくるためには、画像の解釈、画像による認識についての認識論・心理学が基礎になければならない。そこで

①科学画像の認識論・心理学の構築という理論的作業をベースとした、

②科学画像そのものと科学画像リテラシーの質的向上に資する方法論の構築

という二本立ての研究プログラムを着想した。

(2) これまでの研究動向： 本研究に関連するこれまでの研究動向としては以下のものを挙げることができる。いずれも重要な研究だが、それぞれ短所がある。

①科学画像についての科学史的研究 とくに科学書の扉絵の研究などが盛んであるが、エピソード的なものにとどまり、科学画像の認識論といった理論への展開が弱いという欠点がある。

②科学哲学におけるvisual modelへの注目 これに対し、Ronald Giereなどの哲学者は科学画像の認識論的役割に注目し、それをモデル中心で科学を見る科学哲学的研究に組み込んだ点で優れているが、よい画像とそうでない画像との差異などにはまだ踏み込んでいないし、ど

のように画像を改善していけばよいかという実践的問題関心は希薄である。

③Scientific Visualization (SV) 科学では膨大なデータが蓄積されているが、多くの場合に我々はその中にある本質を視ることができない。データマイニング等の統計処理技法が進歩しても、視覚的に捉えられないと理解に届かず、それをもとに発見したり推論したりすることは難しい。

Ben Fry (メディアアート・計算機科学) は、科学的本質を数式や数理モデルではなく、デザインを用いて表現する試みを開始し、SVと呼ばれる流れを生み出した。これはアートとサイエンスの融合領域として注目に値するが、認識論的・認知心理学的基盤との接合がまだできていない。

(3) 応募者のこれまでの研究成果：戸田山は、科学喫茶等の実践活動を踏まえ科学コミュニケーションの質向上のための方法論を開発し、成果をウェブサイト「研究者のための科学コミュニケーションStarter's Kit」として公開している。また、心理学者とともに脳画像が非専門家の帰責判断にどのような影響を与えるかを実証的に調査し、脳画像の適正な社会的使用のための研究を行ってきた。さらに科学哲学における文モデルを批判し、画像等の多彩な表象戦略を重視する科学哲学への転換を主張してきた。唐沢(社会心理学)は、戸田山とともに市民が科学に対してもつ分野ごとのイメージを実証的に明らかにし、そのイメージ形成に対して各種メディアが及ぼす影響を考察してきた。鈴木(複雑系科学)は、我が国ではきわめて初期からSVに注目し、自ら数百種類の糖鎖とレクチン(タンパク質)の相互作用についての膨大なデータベースを可視化して各種ウイルスの同定を容易にするSVソフトウェアOdangoを開発した。近年では、科学とアートの境界領域で研究を進める秋庭(美学)との共同で、SVの基礎づけに乗り出している。小佐野(美術史)は、ヨーロッパモデルの世界美術史研究と世界各地の伝統に立脚した個別地域美術史研究とを架橋する研究手法として、美術史の神経科学に注目してきた。

## ●II 研究期間内に何をどこまで明らかにしようとするのか

本研究は、期間内に次の課題を遂行する。

(1) 科学画像についての科学史・科学哲学・SV等における多様な研究を包括的にサーヴェイし、それぞれの基本的な前提、現状、成果をまとめる

(2) 科学画像の科学内使用の実態・効用・限界を明らかにする。

(3) 科学コミュニケーション場面での画像の使用について、その実態と問題点を明らかにする

(4) 【科学画像の認識論】(2)(3)の成果を踏まえて、画像の科学内・科学外使用のそれぞれについて「よ

りよい使用」のための条件を、心理学的・認識論的(科学哲学的)に明らかにする

(5) 【科学画像の方法論】(4)の成果を踏まえて、科学画像の改善と市民の科学画像リテラシー向上策についての提言をまとめ、実践者が利用しやすい形態で社会に情報発信する

## ●本研究を構成するサブ・プロジェクト

【サブ・プロジェクト1】：科学画像をめぐる研究の現状把握と整理 科学画像についての研究は、萌芽的な仕方にせよ、さまざまな分野でなされてきた。科学史・科学哲学・SV・認知科学・心理学・美術史学・美学芸術学・科学コミュニケーション論およびSTS、その他の9分野にわたって、これまでになされてきた研究を包括的にサーヴェイし、それぞれの基本的な前提、方法論、現状・成果、問題点をまとめる。文献調査が主体になるが、必要に応じて、専門家への聞き取り調査や学会参加等を行う。本サブ・プロジェクトは戸田山が責任者となり、専門分野に応じて全員が担当する。

【サブ・プロジェクト2】：科学画像の科学外使用の現状把握 専門家と非専門家の科学コミュニケーション場面での画像の使用について、その実態と問題点を調査に基づき明らかにする。一般向け科学雑誌、一般書、科学番組、サイエンスカフェ、博物館等での科学画像の用いられ方を調査し現状を整理するとともに、専門科学者へのインタビュー等を通じてその問題点を明らかにする。本サブ・プロジェクトは唐沢が責任者となる。

【サブ・プロジェクト3】：科学画像の科学内使用の現状把握 科学内部で画像が果たす役割、すなわち①専門家同士のコミュニケーション場面における画像の機能、②画像の推論・発見的機能のそれぞれについて、その実態と問題点を調査に基づき明らかにする。ただし、科学の全分野をまんべんなく扱うのは現実的でないため、とくに画像が重要な働きをしていると想定される特徴的な分野—素粒子物理学・天文学・複雑系科学・脳神経科学(fMRI等を中心に)・地理学(GPS画像を中心に)を重点的に調査する。手法は、雑誌の文献調査、学会等でのプレゼンテーションの観察、研究室への参与観察、専門科学者へのインタビュー等を用いる。本サブ・プロジェクトは鈴木が責任者となる

【サブ・プロジェクト4】：科学画像の科学内外での使用をめぐる心理学的・認識論的理論構築サブ・プロジェクト2および3での成果を踏まえて、画像の科学内・科学外使用のそれぞれについて、どのような画像のどのような使用がその目的(コミュニケーションの正確さとわかりやすさ、能率の良さ、発見・推論の促進等を想定しているが、この目的の設定それ自体が、本サブ・プロジェクトの研究課題である)をより果たしやすい「よりよい使用」なのかを明らかにする。手法は、心理学・認知科学的実験と、その結果を用いた認識論的・科学哲学的分

析である。本サブ・プロジェクトは戸田山・唐沢が責任者となる。

【サブ・プロジェクト5】：科学画像の改善と市民の科学画像リテラシー向上策についての提言

サブ・プロジェクト4の成果を踏まえて、①科学内使用される科学画像の改善策（新たなSVソフトウェアの開発も可能なら含める）、②科学外使用される科学画像の改善策、③市民の科学画像リテラシー、すなわち科学画像をによってミスリードされることなく、正しくその本質を理解するための「画像解釈能力」向上策の3点にわたり、実践的な提言ないし方法論を開発する。その提言・方法論は、それぞれの実践者が利用しやすい形態で社会に情報発信する。本サブ・プロジェクトは戸田山・鈴木が責任者となる。

## ●2 今年度やること

- 二回ほど研究会を（東京／名古屋／どこか）
- 分担者各自が何か関連するネタについてプレゼン
- できれば、各自の専門分野をサーヴェイ

## ●3 来年度やること

- 科学哲学学会、科学基礎論学会等でWSを
- ゲストを呼び研究会を2回ほど
- 一般向け科学雑誌、一般書、科学番組等での科学画像の用いられ方を調査。得られた結果のうち特徴的、あるいは問題点だと思われる点について、専門科学者インタビュー
- 専門雑誌の文献調査と学会への参与観察により、それぞれの分野で、どのような科学画像がどのように使用されているかを明らかにし、分野間で比較することによってその特質を取り出す。→地球惑星科学連合
- 科学技術社会論系学会（EASST）、SV系学会（Eurographics、IVAPP、Dataview）、科学フェスティバル（ESOF2012）参加。美術館・科学館調査

## ●4 最終成果

- 学会発表をいくつか
- 最終年度に原稿が集まる感じで、本を出しましょう。『科学図像論序説』（仮題）
- 「研究者のための科学コミュニケーションStarter's Kit」に「科学図像の使い方」編を追加

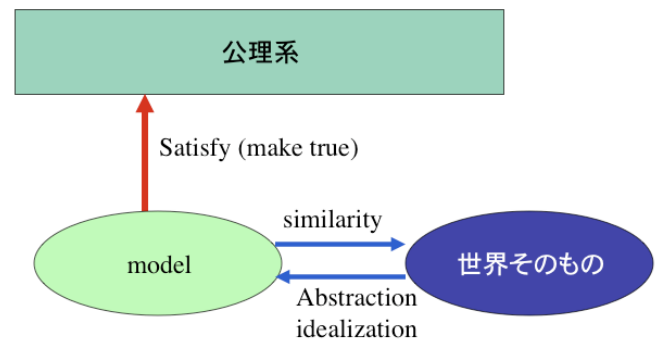
## ●5 科学哲学サイドのシタゴコロ

- 科学哲学のバイアス＝文中心主義
  - (1) 科学哲学誕生の背景
  - (2) 論理実証主義者の目標
    - ・ゲルマン物理運動への対抗
    - ・新物理学を擁護（高度に理論的だが経験に根ざしている、と言う）
  - (3) 論理実証主義者のツール

- ・科学を公理系としてモデル化（科学理論の統語論的捉え方）←数理理論学の興隆
- ・操作的定義により、理論文を観察文に還元
- ・橋渡し法則により、上位の理論を下位の理論に還元（還元のNagelモデル）←自然数論の集合論への還元
- (4) 文中心主義の帰結
- ・文以外の表象の無視
- ・還元の捉え方の狭隘化（翻訳的還元のみ）

### ○科学理論の意味論的捉え方

- ・理論を公理系を満たす構造としてモデル化
- ・重要になるのは、理論的モデルと実在（ないしデータモデル）との類似性



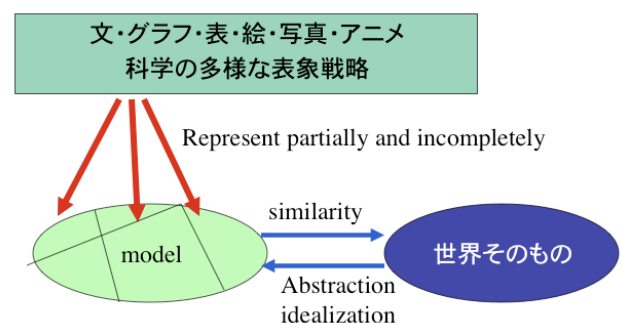
【利点1】基本法則がない「メカニズム探求型」の科学をうまく扱うことができる

【利点2】科学において理想化（idealization）と抽象化（abstraction）が果たす役割を正当に評価することができる

【利点3】Perspectivism さまざまなレベルと視点での理想化と抽象化に応じて、さまざまなモデルがありうる。しかし、それはあくまでも「1つの実在」のモデルである（Ronald Giere）

【欠点】まだ、公理系＝文に特権的役割

### ○強化された意味論的捉え方

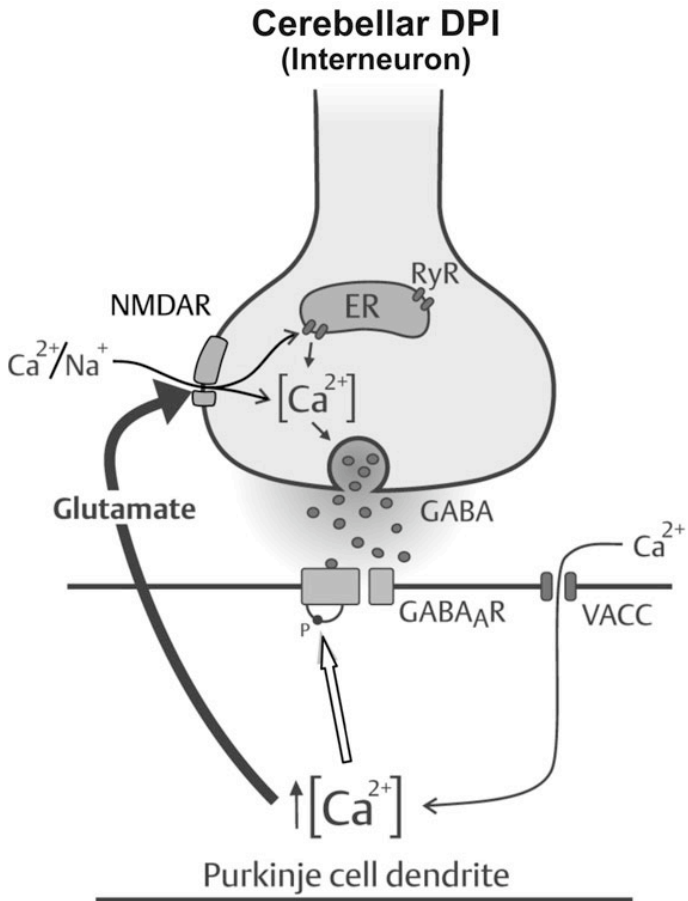


【仮説演繹装置としてのモデル】モデル（の表象）に対する操作（演繹・シミュレーション・図に対する幾何学的操作…）は、モデルから予言・帰結を引き出す操作とも考えられる。

・さまざまな表象の特質と人間の認知的特性が多様な表象戦略の「分業」にどのように関わっているか

・図の特徴→

- ①いくつかのレベルにわたる対象を寄せ集めることができる⇔言語階層
- ②時間・空間的広がりをもつ



→理論間還元についての翻訳的還元以外の考え方が可能になる