

最近の図像をめぐる科学史研究について — クラウス・ヘンチェルの研究を中心に —

橋本 毅彦

1. はじめに

近年になり科学における図像の利用に関する科学史研究の論文・著作が多く出版されている。1990年頃「representation (表象)」という語をタイトルに含む論文や学会発表にしばしば遭遇したが、その後1990年代、2000年代にも各種図像をテーマとする科学史の研究論考は数多く出版されてきた。

このような状況を把握し、出版された多くの文献をフォローしつつ、研究動向を押さえた著作としてドイツの科学史家クラウス・ヘンチェルが2014年に出版した『科学技術における視覚文化：比較史』がある¹。その序文には、そのような図像をめぐる科学史研究について、1970年代に先駆的な研究が登場したが、その後1990年代に本格化し、2000年代にさらに増加して2010年代に至っているとしている。同書には多くの事例研究が引用されるが、最後の参考文献には、一次文献も含み約2000もの文献がリストされている²。

ヘンチェルの著作は14章から構成されるが、第1章のイントロダクションでタイトルにも使われる「視覚文化」という概念や関連概念が解説され、多くの先行研究から導かれたさまざまな論点を「24の洞察」にまとめている。その上で続く第2章で科学の視覚文化を分析するための9つの側面、彼が言うところの9つの「歴史記述上の層 (historiographic layer)」を提示する。同書は概ねこの9つの層に沿いながら構成され、多くの主要な歴史事例研究を取り上げつつ論が進められていく。

図像をめぐる科学史に関しては、最近邦訳も出版された科学史家ロレイン・ダストンとピーター・ギャリソンによる『客観性』という著作がある³。こちらは「客観性」という認識論上の概念を主題に据えるものだが、ヘンチェルの

著作同様、近年の図像科学史の研究を多数引用しつつ、18世紀から20世紀にかけての科学理論と科学認識論の発展とそこで図像が果たした役割が論述される。

ここでは、これらの2著作を正面から取り上げて解説することは控え、別の論文を参照することで両著作の骨子や論点を確認していくことにしたい。取り上げる論文は、ヘンチェルが2000年に出版した、天文学史の諸事例をもとに図像科学史上の論点を整理した論文である⁴。同論文に注目するのは、それが後年出版する『科学技術の視覚文化』の諸論点を先取りし、ある意味ではより簡潔に重要な論点をリストしていると思われるからである。その論点整理には、実は、ダストンとギャリソンの『客観性』の主要論点も含まれる。というのは、両者は1992年にそのような主要論点を萌芽的に提示する共著論文を出版しており、ヘンチェルの2000年論文はその1992年論文を参照しているからである⁵。そしてまた、ヘンチェルの2000年論文には今後の課題を簡潔明瞭に提示しているが、それらは後年の著作の中でも主要課題として生かされている。

そこで本稿では、最初にこのヘンチェルの2000年論文を比較的詳細にページを割いて紹介する。その上で、後の著作で模範的な歴史研究と見なされるマーティン・ラドウィックの地質学史の論文を簡単に紹介し、そこで使われる「視覚言語」という概念について見るとともに、2000年論文以降にヘンチェルが使う「視覚文化」という概念の具体的内容を探っておく。ヘンチェルはこの2000年論文、2002年に出版した著作『スペクトルをマッピングする』の最終章、そして2014年の総括的な著作の序章で、それぞれ「視覚文化」なる概念を取り上げて論じているが、この3論考を順に追うことによって、それがどのように提示されどのように変化したのか、背景の事情とともに見て取ることができる⁶。2002年の著作では、科学実践が視覚文化とされる際の7つの条件が提示されるが、その7条件は2014年の著作では前述の「9つの歴史記述的層」へとやや拡張された。本稿では、最後にダストンらの『客観性』を取り上げ、その内容について簡単な論評を加えておくことにする。結語で、以上の1990年代から2010年代までの諸論考をフォローすることで、ヘンチェルの論題を要

約し今後の課題を提示する。

2. ヘンチェルの 2000 年総括論文

ドイツの科学史家クラウス・ヘンチェルは 1961 年に生まれ、大学時代から物理学、哲学、歴史などを広く学び、教授資格論文では分光学の歴史を研究した。その成果は他の研究成果と合わせ 2002 年に『スペクトルをマッピングする—研究と教育における視覚表象の技術』として出版された。1995 年から 1 年間米国のディブナー科学史研究所に研究員として滞在し、その後ポスドクの研究生生活を続けた後、2006 年にシュツットガルト大学の歴史学科科学技術史部門の教授に着任し、現在に至っている。

ヘンチェルは滞米した 1990 年代半ばから科学史における図像の利用というテーマに関心をもつようになったと言う⁷。その後 1999 年と 2000 年に「視覚表象 (visual representation)」を題に含めた論文を 2 本出版している⁸。そのうち後者が前節で引用したものであり、ここで詳しく取り上げようとする論文である。一方、前者は、教授資格論文とともに、2002 年に出版される『スペクトルをマッピングする—研究と教育における視覚表象の技術』に結実する分光学史の一部を構成する内容をもつ。また後者は、そのような直近の研究成果も含めつつ、近年の天文学史の分野で出された図像に関わる研究をサーベイし、論点をまとめたものである。

以下、本節ではこの 2000 年論文の内容を、論点整理の仕方に注意しつつ解説していく。その上で、それらの論点と、後年出版された著作の論点とを比較し確認していくことにしたい。

2.1 図像科学史の論題 (1)：視覚的思考、視覚文化、画家の支援

ヘンチェルの 2000 年論文「描画・版画・写真・プロット・印刷：特に天文学における視覚表象に関する最近の歴史研究」は、(1)「なぜ視覚表象を歴史

的に研究するのか」、(2)「手と眼で思考し確証する」、(3)「視覚文化」、(4)「印刷専門家の貢献」、(5)「時期区分」、(6)「将来の研究課題」という6つの節に分かれ、近年の天文学史研究にとどまらず、多くの関連する科学史・美術史・科学哲学などの研究文献を参照しつつ論点整理を試みる意欲的な論文である。6つの節はそれぞれ、研究の意義、図画像の認知機能、視覚文化、画家との共同、図画像の役割の歴史の変遷、今後の課題という重要な論題に関して論じられ、当時三十代後半だったヘンチェルが書き上げた力作と言える論文である。引用される文献は2000年までのものに限られるが、2014年の『科学技術における視覚文化』が専門研究者だけでなくおそらくは大学院生なども読者に想定して書かれているのに対し、同論文は関心をもつ研究者だけを念頭に書かれたようで、論点整理や思考枠組みのエッセンスを伺い知ることができる。

図像科学史の研究の意義に関しては、近年の多くの研究の登場の背景として、科学技術を扱う歴史学・社会学・心理学における最近の傾向とともに、美術史や写真史における近年の動向に言及する。その上で近代以降の科学において図画像や立体模型が多く登場し、科学の推進と普及に不可欠の役割を果たしていることを指摘する。ガリレオが望遠鏡で月面を観察した際の図を取り上げ、当時の遠近法に通じていた彼が描いたやや誇張された凹凸を表現する月面図に対し、同様の望遠鏡で観測したハリオットの描いた月面図を、ガリレオの図を見る前に描いた図と見た後に描いた図とを比較して紹介する。その2枚の図は月面の描き方が一目瞭然に違うのである。自然の観察と研究にあつて図が重要な働きをすることを語らせるのである。この事例は、第1節で言及される事例だが、第2節の図像の認知的機能についても語っている事例と言えよう。

「視覚文化」の節では、天体を観測し画像や写真に再現し、さらにそれらを印刷しようとした19世紀の天文学者たちを取り上げる。その一人チャールズ・ピアッツィ・スミスは描画の技法とともに各種の印刷技法にも通じており、メゾチントを利用してハレー彗星のスケッチを絵として印刷出版した。ピアッツィはウィリアムとジョンのハーシェル父子の天体スケッチについても論評を加えているが、印刷技法に通じていたからこそ彼らの画法や印刷法の長所短所

を的確に指摘できたとされる。「点(dot)が天体の明確すぎる画像を与える」という彼の指摘を引用し、彼は各種印刷手法の長短を心得、言わば印刷上の「構文論(syntax)」に通じていたとする。「構文論」という言語学用語が使われているところが興味深い。

もう一つの例としてヘンチェル自身が研究した天体のスペクトル分析の研究と教育の歴史事例も取り上げられる。前述の1999年の論文には、MIT、ケンブリッジ、王立科学学校とともに、米国の名門女子大学のウェルズレー大学で教えられた分光分析の実習の様子が紹介されている。天体からの光をプリズムや回折格子を用いて分光・計測する研究は19世紀後半に盛んに進められたが、屈折光の分散の度合いを正確に計測し、輝線や暗線のスペクトルのパターンを修得することは大学の分光学の実習で教育された。ヘンチェルはウェルズレー大学の当時の学生が描いたスペクトル・パターンの図が同大に保存されていることを見いだした。そのような学生の描画を二例紹介しつつ、観測結果が数値としてではなく画像として記録され、その記録が大事に保管されてきたことを指摘する。そこには視覚的な観測と記録を重視する文化—視覚文化—が存在していたとするのである。

続く「印刷専門家の貢献」の節においては、まずドイツの天文学者ヨハン・ハインリッヒ・メドラーと彼が描いた精密な月面図を取り上げる。それは20×28cmの紙140枚に精密に鉛筆描きされた直径192cmの月面図である。このスケッチをリトグラフ印刷していく際に尽力した職人や印刷業者がいたのだが、科学史の研究文献には彼らや彼らの技法についてまったく言及されない。この例だけでなく、科学史の研究ではこれまで(2000年まで)、図画像の描画や印刷に関わった画家・版画家についてほとんど研究されてこなかった。その例外として紹介されるのが、アレックス・パンによるビクトリア期の太陽のコロナの研究史に関する論文である⁹。パンの研究は1870年代に英国王立天文学会が取り組んだ皆既日食時の太陽やコロナの観測の描画や写真の製作、そしてそれらが学会誌に印刷掲載される過程を論じたものである。ここではジョージ・エアリーやノーマン・ロッキヤーらの科学者も言及されるが、もっぱら取

り上げられるのは学会誌の編集者だったアーサー・レンヤードやリトグラフ印刷の専門家ウィリアム・ヘンリー・ウェスレーといった人物たちである。科学者と版画家との関係をパンは次のように述べる。「版画家は監視され訂正を受けねばならなかった。特に原画から一段階あるいはそれ以上離れているときには、しかし複写が成功するためには版画家の技能に頼らざるを得なかった。」¹⁰ 画家や版画家についての資料は限られる。この事例の場合、出版物に製作過程が詳述されるだけでなく、レンヤードやウェスレーが学界で重要な役職を占めたこともあり書簡などがよく保存されていた。パンはそれらの史料を活用し、太陽の観察と画像の印刷過程について分析しているのである。ヘンチェルは自らそのような版画家について調査しているが、彼らについての書誌情報を得るツールが乏しいことを痛感し、そのような書誌情報を広く収集しインターネット上に公表していくことになる。

2.2 図像科学史の論題(2)：時期区分とダストンとギャリソンの研究

ヘンチェル論文の第5節は「時期区分」という論題に当てられる。観測技術・記録技術の革新によってまずは時期区分することができよう。天文学の場合、それは1609年の望遠鏡の天体観測への応用、1800年頃からの放射熱計測や光化学反応による不可視光線の観測、19世紀を前半以降の写真撮影技術の開発、20世紀に入れば電波望遠鏡の設置やCCDカメラの開発などを取り上げることができよう。また印刷技術に目を移せば石版印刷や写真印刷などを取り上げることができようが、それらが新しく採用されるには時間がかかり、新技術が登場しても旧技術が使われ続けることもある。このような表現技法の変遷あるいは執着といった傾向の底流に、「より深い文化的傾向」がないだろうか。そのような問い立てをした上で、ヘンチェルはダストンとギャリソンの1992年の論文を紹介する。それは18世紀から20世紀にかけて自然観測の結果として製作された各種の図像・画像・グラフ（彼らはそれらを一括して「アトラス」と呼ぶ）の歴史的変遷を分野横断的に論じた論文であり、後の『客観性』での議

論の骨子がそこには提示されている¹¹。彼らはアトラスを次の3タイプに分け、時代が下るに連れそれぞれが登場してきたとする¹²。

タイプ1：18世紀に支配的だったもので、観察される表現型、個別の現象から本質を表現するような理念化された図像が描かれる、あるいは代表的な形状のものが選択されて描画される。それらは「自然（本性）に忠実」な理念化された図像である。

タイプ2：1830年頃から出現したもので、人間の介在をほとんど抹消することで得られる機械的な図像である。写真術はこの時期に登場したその代表的な技法であるが、それ以外にも自動的に計測し記録する装置が多数考案された。それらは人間の主観やそれに由来する誤差を排除しようとする目的で導入され科学研究で活用された。このタイプでは「機械的客観性」が追求されることになる。

タイプ3：20世紀初頭に登場してきたもので、前段階で否定されていた観測者の役割を再評価し、熟練した観測者の判断に従って選択されたパターン、描かれた図像を尊重するものである。（ここでは「熟練した判断」と呼ばれ、後の『客観性』では「訓練された判断」と呼ばれる。）

ただし、各タイプは各時代において排反的ではなく、複数のタイプが一つの時代に共存することもあることを認める。それらは各時代の傾向性であり、強制的で標準的なものではないともされる。

ヘンチェルはこのダストンとギャリソンの時代に沿った3タイプの区分法について、分野横断的に適用できる概念が提示されたとして評価するが、その一方で図像を製作する人々の実際の活動よりも思考上の意図に焦点を当てていると批判もしている。いずれにせよ、特定の時代や分野におけるより深い分析が求められるとする。

2.3 図像科学史の研究課題

以上の研究紹介と論点整理を提供した上で、ヘンチェルは今後なされるべき研究課題として、次の6つのテーマ（と3つの課題）を与えている。

- (1) いかにかに非言語的な表象が科学的実践に組み込まれるか。いかにかに天文学者はダイアグラム、写真、デジタルイメージを利用して作業するのか。いかにかにこれらのイメージは他の装置（表・キャプション・本文）と結合されるか、いかにかにそれらは現象的なモデル構築や理論的説明に持ち込まれるか。
- (2) 何がイメージやダイアグラムを説得的にさせるのか。いかにかに天文学者はそれらを説得的にさせるのか。選択や排除の原則は何か。各種メディアの選択を決定するのは何か。そして異なる種類・人数の読者はこの選択にどのように影響するか。
- (3) このイメージのレトリックが機能せず論争が起こるとき、いかにかに論争は発生し結着するのか。
- (4) 新しい記録・印刷・可視化の技術が導入されたとき、どのような種類の科学的実践の変化が促進されるか。
- (5) イメージは、観測に始まり出版で終わるその「ライフサイクル」においていかなる変容を遂げるのか。そして特定の対象のイメージの通時的な長期間の発展に関する研究に対して、いかなる時代区分がこれらの表象の長い系列に対して適切であるか。
- (6) いかにかに「視覚文化」は形成され、安定化するか。イメージは科学教育や実験室の実習においていかにかに機能するか¹³。

その上でさらに、実験教育でのマニュアル、画家・版画家たちの作業環境、彼らの科学者たちとの協力関係などの3課題も、今後の研究すべき課題であると説く。（文中の「天文学者」は「科学者」と読み替えることが可能だろう。）

ここにリストされたテーマや課題はいずれも科学活動における図像、各種の視覚表象を考察する上で基本的で重要な分析テーマであり、現在でもその重要性は衰えていないと言えよう。

以上、2000年に出版されたヘンチェルの総括論文の内容をやや詳しく見てきたが、その大きな特徴を2点あげることができる。一つは図像を製作する技術やそれらを実際に製作する画家・版画家などを重視していることである。画家・版画家などについては、ヘンチェルはその後2006年にシュツットガルト大学に着任して以降、大がかりな科学史上の画家や版画家らの伝記的書誌的情報を収集するプロジェクトを立ち上げ、その成果を「科学イラストレーターのデータベース (Database of Scientific Illustrators, 1450-1950)」(以下 DSI と略) と題するウェブサイト公開した¹⁴。DSI の紹介パンフレットによると、同プロジェクトを実行するに至った動機は、科学的対象物を取り上げる画家や写真家などのイラストレーターについて調査する際の参照ツールが乏しいことだったという。科学者や技術者についてであれば多くの伝記的事典があるが、科学に関わった画家たちには専門的な事典がまったくないと言っている。そこで関連する伝記、書誌情報を広く収集し、まとめて公表するウェブサイトを立ち上げることにした。ウェブサイトには、2019年11月更新のデータによれば、13000人以上の人物が取り上げられている。

この DSI ウェブサイトには、図画像製作者たちの基本的な伝記的情報、専門とする図画像制作の技術と代表的な製作物、そしてその人物に関する出版資料が項目ごとに記載されている。またそこにはデータベース作成にあたってよく参照した参考資料もリストされているが、その総数は200ほどになる。17世紀以降の多くの科学出版物に掲載される図版には、その図を描いた画家(科学者)と版画を制作した人物の名前が図版の下に小さく記載されているのが通例である。そのようにして図版の作者を見いだして、この DSI データベースで検索すると、ほとんどの場合見つけることができ、簡単ではあるが伝記的書誌的情報を得ることができる。筆者はガリレオの『天文対話』の扉絵の背景を知るために、その作者だったステファノ・デラ・ベッラという画家についてこ

の検索サイトを用い、彼について解説する論文を検索し参考にしたことがある。ヘンチェル氏自身が痛感した最初に頼るべき検索手段 (finding aid) がこうして構築され、研究者によって利用されることになったと言える。

話をヘンチェル氏の総括論文に戻そう。同論文のもう一つの特徴は、「視覚文化」という概念を導入し、その概念を積極的に利用して議論を進めようとしているところである。実際、その後出版されるより包括的な著作には「科学技術の視覚文化」というタイトルがつけられ、同書の序論においてその概念の意味合いが別の同様の概念とともに解説されている。上述の解説論文第3節「視覚文化」の紹介で述べたように、ここでは図像製作者と科学者の関係、図像製作の技法とその共有、そして図像の製作と保存の重視などが指摘された。製作技法と科学的情報の関連では、「構文論」という言葉を用い、図像を「視覚言語」として共有し対話する一種の共同体が想定されているようにも思われる。

3. ラドウィックの地質科学の図像に関する古典的研究

この視覚文化や視覚言語という用語が最近の科学史研究において使われる際の意味内容を検討するにあたって、理解に役立つと思われる論文を1本紹介しておくことにしたい。それは地質学史家マーティン・ラドウィックによる「地質科学のための視覚言語の出現」と題される論文である¹⁵。図像に関心をもつ科学史家の間では古典的論文とされ、必ずといっていいほど序論などで引用される論文である¹⁶。ヘンチェルの『科学技術の視覚文化』では、最初の2章で視覚文化について簡単に解説し第3章「視覚科学文化」においてその典型例を紹介するが、同章は次のような言葉で始まっている。

科学における視覚文化の形成についての模範的な研究 (canonical study) で、それ故本章の最初の事例になるのは、もちろん、マーティン・ラドウィックの先駆的論文「地質科学のための視覚言語の出現、1760-1840年」である

¹⁷.

「もちろん」という同意を促す強意的な語句の挿入に、著者が科学史をある程度学んだ読者を対象とし、これらの科学史の研究者・学習者の間でラドウィックの論文が視覚文化の形成を論じる模範的な論文であることが共通了解となっていること、そのことをヘンチェルが確信していることを読み取ることができよう。彼の議論や論点を理解するためにも、ラドウィック論文の基本テーゼをおさらいしておこう。

ラドウィックの論文には18世紀後半から19世紀前半にかけて地質学が学問として成立した時期に利用された数種類の図像が取り上げられる。地質科学と言えば地層の重なりを模式的に表現した地層図がよく知られるところだが、当時各地で地質に関心をもった人々によって利用されたのは、地図上にさまざまな鉱物資源の所在を書き込んだ地質地図、地下の地層の重なり具合を何らかの形で二次元的に表現した地層図・地質断面図、そして調査旅行に行った際に各地の景観を描いた風景画であった。ある地点の地質構造の様子（特殊な岩石の存在、地層の走り方、氷河の痕跡など）はその外観からはっきりと見ることができる場合もあり、風景画はそのような場合に豊富な地質学的情報を有する画像と言える。

その一方で地面の下の地質構造の様子を描いた断面図は、各地の地表面や鉱山などの採掘現場での観察データに基づきながら、ある程度の推測を加味して作成されたものである。ラドウィックの論文は1760年から1840年までとされているように、1760年の時点ではまだ少なかったが、1840年には数も増え、いくつかの工夫が試みられ、ある程度標準化された描かれ方がなされるようになった。ラドウィックはまず断面図の種類をスタイル的に柱状のものと横断上のものに分ける。柱状の図は、ある一地点だけの地面から地下に向かって異なる地層の積み重なりが描かれるものである。そして横断的な断面図は、一地点と別の地点との間でそのような断面を描いたものである。ある地点の下の地層の重なり方と別の地点の地層の重なり方とは当然異なっており、それらの同定とともに、その間の地層の様子を観測あるいは推測がそのような断面図の作成

には必要となる。このような横断的断面図が描かれるとき、垂直スケールが誇張して描かれることがあったが、そのような描かれ方は広く採用されていく。だがその慣例 (convention) が批判されることもあった。

ラドウィックはそれらの断面図が描かれる理論的社会的背景として、多くの場合は鉱山業における各種鉱物の空間的分布への関心から来るものだが、もう一つ地球や大地の形成に関する関心から描かれたものがあることも指摘する。後者の一例として、ジョン・ファレイによる大地がずれたり浸食されたりすることで形成した地層の様子を表現する 56 種類の模式的な地層構成図が取り上げられている。そこでは地層は直線で区切られ幾何学的なブロックの組み合わせのようになっており、描かれ方は技術者の描く図面を彷彿とさせることを指摘する。

この経験的、理論的な情報を組み込んで表現された地質断面図の発展過程を経て、それはある程度の標準的な形式に統一され、広く利用されていくようになる。この発展過程を追いかけてつ、ラドウィックは「視覚言語」と「規約・慣習 (convention)」という概念を使いながら、その事情を要約する。彼の二つの要約文章を引用しておこう。

1830 年代初頭までに横断面図の規約はあらゆる場面で地質学の視覚言語の確立された部分になった。それらは、褶曲・断層・不整合といった多くのさまざまな構造的現象を図示するために特別な説明なく利用されるようになった¹⁸。

また横断的な断面図とともに柱状的な図についても含め、次のように述べる。

それ故、1830 年代には柱状的断面も横断的断面も地質学の視覚言語の標準的な一部になり、暗黙的な規約が活動する地質学者だけでなく、地質学に関心をもつ広範な人々にも一般的に受け入れられ、広く理解されるようになった。地質学者の中にはこれらの規約を理論的側面からさらに拡張させ

始めることもしていた¹⁹。

言語としての側面を浮かび上がらせることは、規約（慣習、慣例）といったそこに暗黙に組み込まれる理論的知識や情報とともに、それが一群の人々の間のコミュニケーションの道具であること、またそのような人々によって構成される共同体の存在を示唆するものでもある。ラドウィックの論文はそのような社会的背景、地質学に関心をもつ各種の共同体に対しても格別の注意を払っている。多くは鉱山との関連で、鉱物の地理的分布の調査に関わる人々であったが、それとともに地図製作者、調査旅行をして風景画も描いた博物学研究者などもある。このような各種の地質学に関わる図画像、それらの内容上、形式上の特質、そしてそれらの主要な担い手となる共同体を俯瞰したダイアグラムを、彼は描き論文中に掲げている²⁰。その図は、ヘンチェルの『科学技術の視覚文化』をはじめ大変多くの文献で引用されている図である。

科学における図画像を視覚言語として見なし、その特質を比較的詳細に論じた著作に科学史家カリン・ニッケルセンによる『画家、植物学者、そして自然：18世紀の植物図の構成』という著作があることを付言しておこう²¹。同書は18世紀の植物図の展開を特にゲオルク・エーレットの履歴と業績に注目しつつ、その内容、社会的背景、描画手法の継承などを丹念に分析したものだが、その中の1章を割いて「視覚言語」が論じられている。ここでは「構文論と意味論」、「不文の規約」、「変化と連続性」「伝達可能性」、「絵による専門語句」といったトピックが論じられ、植物図のもつ言語的な機能と特徴が分析されるのである。

4. 科学視覚文化の要件：『スペクトルをマッピングする』のエピローグより

ヘンチェルが2002年に著した『スペクトルをマッピングする：研究と教育における視覚表象の技術』は、分光学に関わる理論や実験技術の歴史を分析するものだが、サブタイトルにあるように画像としてのスペクトルにも焦点を当

て、その作成技術、パターン認識、前述の教育実践での画像表現の役割などを論じたものである。同書のエピローグには、分光学とそこで現れる画像の製作と利用を念頭におきつつも、後の『科学技術の視覚文化』の序論で提示される「視覚文化」の概念とともに「視覚の領域 (visual domain)」に相当する概念が提示され、その内容が論じられていく²²。

この2002年の著作では、2000年の総括論文と異なり、「視覚文化」概念を導入するにあたって、他分野のポストモダン的な言説を語る研究者たちが意味しようとするとは明確に違うと主張する²³。科学や医学由来であるが大衆によって閲覧され理解される図像を扱う文化と、科学の研究教育で利用される図像を扱う文化とはまったく異なるのだと強調するのである。19世紀に登場した絵入り雑誌や娯楽用のスペクタクルなどが「視覚文化」の概念の本質的特徴をなすと考える論者には、そうではないと反論する²⁴。その上で、ある科学的実践が「視覚文化」と呼ばれるには、次のような要件を満たしていること、あるいはすべてとは言わずともそのほとんどを満たしていることと言う。

- (1) 専門的な視覚的、非言語的技能に長けていること（パターン認識など）
- (2) そのような技能を厳格な実地訓練によって修得すること
- (3) 出版物の分類で視覚的、非言語的資源（各種図画像）に高い地位を与えること
- (4) 検知技術（写真での色彩感度など）と画像の掲載出版において継続的に改良を加えること
- (5) 複製のための高度に発展したインフラ（視覚表象を転換・増殖する印刷などの技術）があること
- (6) 科学の美的側面に関する真なる鑑識眼をもつこと
- (7) 視覚的知覚一般の問題への反省的スタンスをもつこと²⁵

このように科学の視覚文化を規定した上で、2000年出版の総括論文で提示した論題について、同書で展開した分光学史の諸事例の研究成果を参照しながら

当てはまる具合を検討していくのである。

2014年の著作『科学技術の視覚文化』は、すでに総括論文や分光学史研究で浮き彫りにしていた論点や課題を、多くの先行研究を参照しつつ、科学の全分野に広げて検討しようとしたものである。2002の著作のエピローグでリストされた7項目は、2014年の著作でもやや数と呼び方を変えて「視覚文化の9つの層」として提示されている。2002年の7項目のうち最初の項目を「パターン認識の技能」と「視覚的思考の修得」という2項目に分け、最後の項目に職業と気晴らし及び労働と余暇の融合という項目を追加するのである。彼はそれらを、科学の視覚文化のもつ9つの歴史解釈的な層（historiographic layer）と呼び、同書全体をその9つの層に沿いながら各分野の各事例を解説していこうとする。彼はそのような枠組みを提示するまでの経緯を回想を交えつつ次のように述べている。

私は1990年代半ばにこの分野に入り込んで以来、視覚文化の先鋭な方法論とともに、科学技術における視覚文化の総括的な定義を探してきた。主に分光学や関連分野のマイクロヒストリーの事例研究を書きながら、私の諸事例の語りの特徴が当該の事例だけでなくより広い領域の代表例や典型例にも適用できる妥当性をもたせる必要性を感じてきた。ここに個別性を越えた諸性質を書き並べてみることにする。これがどれだけ一般化されているのかは今後明らかになるう²⁶。

そうして書き並べた9つの項目（層）について、彼は次のように言う。

これらの9つの層は、一方では、単に視覚文化の種々の異なる側面である。これらの「視覚」文化の全体像を得るために「これら」すべて「[層]」を見る必要がある。他方で、これらの層の一つ一つは、我々が歴史家として諸文化にアプローチする際に、異なる歴史解釈上の探求視角を与えるものでもある²⁷。

このように科学の視覚文化を構成する9つの層を、同書の4章以降でさまざまな時代・分野の科学技術実践に関する歴史事例に当てはめながら体系的に吟味していこうとするのである。同書のサブタイトルは「比較史」とされているが、その意味は、このような分野・時代を横断する異なるケースでの当てはまり具合を比較し、相似性や差異性を見いだしていこうとするところにある。

ここでは、2014年の総括的な著作の比較史を通じた成果については立ち入らない。代わりに、同書の序論には、これまでの科学技術の視覚文化を扱う多くの先行研究から得られたさまざまな論点を「24の洞察」として列挙していることを再度指摘しておくことにしよう²⁸。それらには科学技術史における図像の分析の手法が簡潔に要約されており、このようなテーマで研究を進めようとする者には参考になろう。

5. ダストンとギャリソンの『客観性』について

最後に、ヘンチェルの諸論考から離れ、最近邦訳も出版されたダストンとギャリソンの『客観性』について簡単に触れておこう。両者はすでに1992年の共著論文で同書の論述の骨子を展開しており、上述のようにヘンチェルの2000年の総括論文でも、科学史上の図像の特性を時代的に区分する仕方として彼らの「自然（本性）への忠実性」「機械的客観性」「熟練した（訓練された）判断」というタイプ分けが紹介されている。

ここではその内容を祖述することなく、内容に関して簡単にコメントするだけにとどめておきたい。同書については、科学史家のピーター・ディア、哲学者のイアン・ハッキングらによる論評と両著者による応答を合わせたエッセイ・レビューが出されている²⁹。同書の論述の核心である「客観性」概念については、ハッキングが、時に「間主観性 inter-subjectivity」という言葉にも言及しつつ、独自の分析とともに論評を加えているところである³⁰。

ディアによる論評では、それぞれの科学分野において図画像を製作し利用し

ていくにあたっての制度的背景や教育的体制といった観点が欠落しているという指摘があった。『客観性』は科学史における図画像のあり方をトータルに論述することを目指したものでない。教育体制や制度的背景については、9つの層を提唱したヘンチェルの論文や著作にむしろ重点的に論じられているところである。

『客観性』の著作が提示した主要概念の一つに、第二段階で登場した「機械的客観性」という概念がある。それを提示する第3章は、ラモン・イ・カハールの人間の脳の解剖学的研究の紹介で始まる。カハールは、ライバルのカミッロ・ゴルジが脳神経が全体としてネットワークをなしていると主張したのに対し、その多くの切片を染色させた上で顕微鏡観察し、神経がニューロンとして独立しそれぞれがわずかな間隔を隔てていることを立証した³¹。そのことを突き止めていく際に、『客観性』ではことさら強調されていないが、彼は写真撮影を控え、顕微鏡下に見える神経の各繊維を一本一本丹念に描画していったというのである。それにより彼は先入観を抑制し実際の構造に迫りそれを忠実に描き出すことができるだろうと考えたのである³²。この予断を挟まず、言わば思考を停止させて見える姿を紙上に手で再現させる仕方をダストンとギャリソンは「機械的」な描き方であり、「機械的客観性」の模範例として冒頭に紹介したのである。だが、写真撮影を敢えて行わずに写生に徹したカハールの手法を「機械的客観性」に含めるとすれば、その概念の意味合いを注意して理解する必要がある。

また、『客観性』を読み進めてやや論述の流れが脇に逸れるように感じられる章がある。それは「構造的客観性」と題される章で、それは図像を拒否した客観性、主観的なものになりがちな図像を退け、代わりに普遍的な構造を追求した客観性を取り上げる章である。それは主に論理学、数学、物理学の分野で活躍する人々に主張され、数理物理学や分析哲学において命脈を保っているとされる³³。数学や物理学の分野では幾何的図形が活用されることもあるが、それよりも論理的、数学的な関係や構成が優先される分野的な特徴をもっていると言えよう。そのような分野でももちろん各種観測装置で観測される諸現象の

視覚的表現は重要なデータであり、ヘンチェルもまたそのような画像を分光学という専門分野において詳細に調査した。その一方で、原子や素粒子の振る舞いの分析、量子力学の理論的検討などでは視覚的思考を拒絶する場面もあるように思われる。『客観性』の著者の一人ギャリソンは、素粒子論と実験観測装置の歴史を描いた著作『イメージとロジック』において、まさにそのような事情を対比的に論じているところである³⁴。このような点に関連して、科学哲学者ヘンク・デ・レフトの「理解の道具としての可視化」と題される論文を紹介しておきたい³⁵。それは、量子力学を作り上げた物理学者たち、とりわけエルヴィン・シュレディンガーを取り上げ、ミクロの物理現象の理論的理解において具象性・可視性の重要性が認識されていたことを指摘するものである。“An-schaulichkeit”というドイツ語の語句と概念を用いてではあるが、具象性・可視性が重要であると考えた故に、波動力学を打ち出していったと論じるのである。このような可視性・具象性を視野に収めることは、数理物理学の諸分野を扱う際に有効で有意義だと思われるが、取り上げられる図像の性質や画家の役割などについては、他分野の取り扱いと異なるものになるだろう。

6. おわりに

以上、近年の科学史における図画像の製作と利用に関する多くの研究に関し、ヘンチェルの総括的な論著を中心に、その内容と動向を紹介してきた。ここでそれらの紹介の過程で指摘し論じてきたことをまとめておくことにしよう。

ヘンチェルの2000年の総括論文は6節に分かれており、それぞれについてやや詳しく上で紹介したが、このうちの中心をなすトピック「視覚的思考」「視覚文化」「画家の支援」は図像の科学史における中心的な重要テーマと考えられる。まずその3つの論題について、述べておく。

第1に視覚的思考だが、二次元の平面上の図画像に関したり、基づいたりする思考である。そこにはしばしばパターン認識も加えたり、三次元の立体モデルをめぐる思考を加えたりすることもできよう。あるいは前節末に触れたよう

に、心の中で得心し理論的理解を深める *Anschauen* という理解のあり方も含めて検討することができよう。これらの論点・課題については、科学哲学者のデ・レフトの研究を引用したが、科学哲学者の論点整理や研究成果を参考にすることができよう。ドイツの科学哲学者ニコラ・メスナーは『科学における視覚表象：概念と認識論』と題する著作で、科学における図像の利用を探求と説明という二つの文脈に分けて議論を整理している³⁶。

第2の「視覚文化」は、科学の図画像を製作し流通させ利用するという科学活動の実践的側面に注目するものと言えよう。ヘンチェルは「視覚文化」という言葉や概念を、美術史家のスヴェトラナ・アルパースの著作『描写の芸術』の用法に依りつつ、専門的訓練を受けた科学者の活動に当てはめて説明しようとするのであるが、他の使われ方や意味合いも活発になされていることを考慮すると、この「視覚文化」という用語にこだわる必要はないようにも思われる³⁷。ヘンチェルが視覚文化という概念で説明しようとしたことを的確に描き出している研究が、彼が本論に先立ち模範的論文として紹介するラドウィックの論文である。論文タイトルが「地質科学のための視覚言語の出現」とあるように、扱われる各種の図像—鉱物地図、地層図、風景画—は一種の言語と見なされ、その言語が特定の人々によって構成される共同体の成員間でのコミュニケーションで使用されることが示される³⁸。同論文では、特定の図像が特定の共同体で使用されていたことが、ラドウィックならではの図表を用いて説明される。また視覚言語である図像には、さまざまな規約—縮尺、モデル化、記号の添付など—が暗黙に使い込まれ、それを了解する成員たちが図像を通じて情報や知識を理解する。ヘンチェル自身はこのような図像の作成と利用の技法を修得し共同体の成員になるための教育課程に注目し、前述のように、分光学の実験教育でスペクトル図の作成について興味深い研究を出している。

図像を視覚言語として捉え、それを利用したコミュニケーションという場に焦点を当てるとき、一つの課題として読者の問題が浮かび上がる。科学的言説に各種の図像が使われたときに、その読者は図をどのように受けとめたのだろうか。著者の意味すること、意図することは、正確に十分に読者に伝わった

ろうか、読者の受けとめ方に著者自身との理解、また読者間の間で違いはなかっただろうか。そのような読者の視点からの研究はほとんどなされていないように思われる。

第3の画家の支援については、ヘンチェルの作成した科学の画家たちの検索ウェブサイトを思い起こしておこう。この検索サイトのおかげで、科学の画家 (scientific illustrator) の研究がこれからも着実に進められていくことが予想される。先に、ラドウィック論文に続き、ニッケルセンの植物画家の系譜に関する研究を紹介したが、植物画家たちは植物学者と緊密に協力し、彼らにとっても最も適切な方法で植物画を描く、そこにはニッケルセンが論じるように種々の規約が利用され視覚言語の様相を呈している。ヘンチェルは『科学技術の視覚文化』に「画家とイメージ製作技師」という章を設け、何例かの歴史事例を紹介している。その中の化学者ライナス・ポーリングと画家ロジャー・ヘイワードとの協力関係について、科学史家イナ・ホイマンの研究を参照し紹介しているが、そこではヘイワードは時にポーリングの指示の矛盾点を指摘するような役割を果たしていたこと、すなわち科学者と画家との関係は完全な一方向的な関係ではなかったことが指摘される³⁹。

このような画家や図像製作者の役割に光を当てることは、科学の観測・実験用の器具製作職人を対象とする研究との並行性を思い起こさせる。科学史の研究において、理論だけでなく、実験や実験室、もろもろの科学的実践に焦点を当てた研究が1980年代以降に精力的に進められたが、その中で実験・観測用の器具そのものとともに、それらを製作する職人たちについても関心もたれ研究が進められた。図像科学史の研究は、そのような実験器具や器具製作職人をめぐる一連の研究と対をなすものとも言えよう。

このような3つの大きな課題項目に加え、以下のような4つの項目を付随する課題項目として最後に付け加えておくことにしよう。

第4の論題として、時期区分を取り上げる。これはヘンチェルが2000年論文で取り上げ、ダストンとギャリソンが提示した論点、客観性概念ではなく、図像の描かれ方の3類型—自然（本性）への忠実性、機械的客観性、訓練され

た判断—の出現と普及について提示した時期区分の論点である。ダストンとギャリソンは最初の類型が第二期以降に消失する訳ではなく一部では存続することも示唆しているのだから、時期区分における区分は必ずしも明確で毅然としたものではないことを断っておかないといけない。時期区分については、写真の出現や、映画の出現、そしてまたアナログからデジタルへの技術の変遷によって多大な影響を受けて時代の区切りをつけることができるだろう。

第5の論題として、分野的な区分について取り上げておこう。図画像を取り上げる科学史では植物図は植物学にとって不可欠の情報手段で、植物図譜の歴史は長い歴史的伝統をもつ。同様に自然の形態を描く図像は博物学、自然史(自然誌)と従来呼ばれてきた諸分野の研究にとっては本質的な重要性をもつといえよう。それに対し、化学・物理学など自然哲学に含められる分野は自然の諸物の構造やそれらの振る舞いの法則などを追求するため、形態やパターンといった図像で表される諸性質よりも数学的論理的形式の知識がより重視される傾向があるともいえよう。もちろん化学では分子構造の形状、物理学でも素粒子の飛跡などが重要な情報となる。その一方で、前節で触れたように、量子力学の成立過程での形式論理的な理解と「具象的 *anschaulich*」な理解との対照などは、物理学の発展に特有の理解のあり方だろう。

またそれとともに、具体的な事物を描いた図像と、グラフやダイアグラムなどの図とを区別して論じることもできよう。ダストンとギャリソンはそれらを「アトラス」と呼び双方を区別することなく議論を展開し、ヘンチェルもまた双方を区別せず、敢えて分野横断的な比較を行って諸事例を俯瞰した。それは一つの長所であり議論の広がりをもたらししたが、それらを区別することで議論を深めたり、新たな別の視点や論点を出したりできるかもしれない。

第6の論題として、専門家集団と一般の人々との区別と関連性を取り上げよう。ヘンチェルの視覚文化論では、他の視覚文化論と区別するために、議論を科学に関わる視覚文化に限定させ、そのための7つの要件なるものを提示した。(ただ7つの要件をすべて満たさない場合もあった。) 一方でラドウィックは地質学者とは異なる種々の共同体(集団)を想定し、それらが互いに重なる

りつつ、地質科学に関連する種々の図画像がそれらの共同体を母体にして製作・流通していたことを示した。彼の扱った集団の中には博物学に関心をもつ旅行者も含まれた。特にビクトリア期のイギリスでは科学に関心をもつ一般大衆に向けて多くの一般向け出版物が世に出された。このような「ポピュラー・サイエンス」の歴史研究は近年盛んになされ、その際にそこで使われる各種図像も研究の対象になっている。ヘンチェルはこのような事情を、彼の言う科学視覚文化から除外しようとしているように見受けられるが、その間の関係、すなわち専門家集団で活用される図像と一般大衆の間に流通する図像との比較や関連性についても検討すべきでないだろうか。

第7の論題として、地理的区分を取り上げよう。ここで念頭におくのはとりわけ東西の区分、比較、関係である。ヘンチェルらの研究で取り上げられる図像はもっぱら欧米諸国の科学の発展で製作利用されてきた図像である。中国の科学史、日本とくに江戸期の科学史における図像の役割に関してはいくつか研究が出されているが、本稿で解説してきたような欧米の図像科学史の研究に比べ事例研究は少なく、欧米の図像科学史の研究動向や分析枠組と関連させた研究や分析はさらに少ないように思われ、今後の研究が期待されるところである。

註

1 Klaus Hentschel, *Visual Cultures in Science and Technology: A Comparative History* (Oxford: Oxford University Press, 2014). (以下、Hentschel (2014), と略して引用する。) 英語の“visual culture”という語句は、時に「ヴィジュアル・カルチャー」と片仮名表記されることもある。しかし本稿では「視覚文化」と日本語表記する。また同様に“visual language”は「視覚言語」と記すことにする。後者については、註38を参照のこと。

2 約2000の文献で関連文献をすべてカバーしている訳ではないと断りつつ、その数が多いため、研究入門者のため「二次文献への推奨される道筋」という読書ガイドも用意している。Ibid., pp. 392-394.

3 ロレイン・ダストン、ピーター・ギャリソン（瀬戸口明久・岡澤康浩・坂本邦暢・

有賀暢迪訳『客観性』（名古屋大学出版会，2021年）（原著は，Lorraine Daston and Peter Galison, *Objectivity* (New York: Zone Books, 2007).

4 Klaus Hentschel, “Drawing, Engraving, Photographing, Plotting, Printing: Recent Historiographical Studies of Visual Representations, Particularly in Astronomy,” *Acta Historica Astronomiae*, 9 (2000): 11-52. 以下，Hentschel (2000)，と略して引用する。

5 Lorraine Daston and Peter Galison, “The Image of Objectivity,” *Representations*, 40 (1992): 81-128.

6 2002年に出版した著作は次の著作。Klaus Hentschel, *Mapping the Spectrum: Techniques of Visual Representation in Research and Teaching* (Oxford: Oxford University Press, 2002).

7 Hentschel (2014), p. 84.

8 Klaus Hentschel, “The Culture of Visual Representation in Spectroscopic Education and laboratory Instruction,” *Physics in Perspective*, 1 (1999): 282-327; Hentschel (2000).

9 Alex Soojung-Kim Pang, “Victorian Observing Practices, Printing Technology, and Representations of the Solar Corona,” *Journal for the History of Astronomy*, 25 (1994): 249-274.

10 Ibid., p. 258, cited in Hentschel (2000), p. 33.

11 Daston and Galison, “The Image of Objectivity,” op.cit.(note 5).

12 Hentschel (2000), p. 40.

13 Hentschel (2000), p. 43.

14 Database of Scientific Illustrators 1450-1950 (略称 DSI). <https://dsi.hi.uni-stuttgart.de/index.php?function=show_static_page&cid_static_page=1> 同サイトの立ち上げの経緯や内容を簡単に紹介する記事（ちらし）があり，同サイトからダウンロード可能である。< <https://www.hi.uni-stuttgart.de/gnt/datenbanken/DSI-Flyer.pdf> > また同サイトは，国際科学技術史学会の文献史料委員会の「ノイ・ウィットロー賞」を2017年に受賞しており，科学史家からも高い評価を得ている。

15 Martin S. J. Rudwick, “The Emergence of a Visual Language for Geological Science, 1760-1840,” *History of Science*, 14 (1976): 149-195.

16 Sachiko Kusakawa, “Classics from This Journal: Martin Rudwick’s ‘The Emergence of a Visual Language for Geological Science 1760-1840’...,” *History of Science*, 54 (2016): 98-104.

- 17 Hentschel (2014), p. 87.
- 18 Rudwick, op.cit., p. 171.
- 19 Ibid., p. 172.
- 20 Ibid., p. 178, Fig. 25.
- 21 Kärin Nickelsen, *Draughtsmen, Botanists and Nature: The Construction of Eighteenth-Century Botanical Illustrations* (Dordrecht: Springer, 2010).
- 22 Hentschel, *Mapping the Spectrum*, op.cit., pp. 420-464, esp. pp. 425-440.
- 23 Ibid., p. 425.
- 24 Ibid., p. 426.
- 25 Loc.cit.
- 26 Hentschel (2014), p. 84.
- 27 Loc.cit.
- 28 Hentschel (2014), pp. 70-72.
- 29 Peter Dear, Ian Hacking, Matthew L. Jones, Lorraine Daston, and Peter Galison, “Objectivity in Historical Perspective,” *Metascience*, 21 (2012): 11-39.
- 30 Ibid., pp. 17-24.
- 31 ダストン他, 前掲『客観性』, 89-93頁.
- 32 カハールの研究における描画の意義については, 次の論文を参照. Sarah De Rijcke, “Drawing into Abstraction: Practices of Observation and Visualisation in the Work of Santiago Ramón Cajal,” *Interdisciplinary Science Reviews*, 23 (2008): 287-311.
- 33 『客観性』 204頁.
- 34 Peter Galison, *Image and Logic: A Material Culture of Microphysics* (Chicago: University of Chicago Press, 1997).
- 35 Henk W. de Regt, “Visualization as a Tool for Understanding,” *Perspectives on Science*, vol. 22, no. 3 (2014), pp. 377-396.
- 36 Nicola Mößner, *Visual Representations in Science: Concept and Epistemology* (London: Routledge, 2018). メスナーはの中でデ・レフトの研究を引用しているが, 彼女がそこで引用するのはもう一つの事例, ファインマン図に関するものである. Ibid., p. 141.

37 Svetlana Alpers, *The Art of Describing: The Dutch Art in the Seventeenth Century* (Chicago: University of Chicago Press, 1983); Hentschel (2014), pp. 62-64. ヘンチェルはアルパースが後に回顧して自らがどのような観点と意味合いから「視覚文化 (visual culture)」という言葉を使ったか語っていることに注目し、自身の使用法の参考にしてている。Svetlana Alpers, “Visual Culture Questionnaire,” *October*, 77 (1996), p. 26; Hentschel (2014), pp. 64.

38 「視覚言語」という言葉は、言語と対比されるべき各種図像を一種の「言語」として見なそうとするぎこちなさをもっているように感じられるかもしれない。ただ、英語の language には、“body language” という言葉がすでに定着しており、辞書には複合語としてであるが、言葉以外のコミュニケーション手段の意味合いも許容されている。英語の “visual language” は日本語の「視覚言語」より生硬さを感じさせない言葉なのかもしれない。

39 Hentschel (2014), pp. 217-229; Ina Heumann, “Linus Pauling, Roger Hayward und der Wert von Sichtbarmachungen,” *Berichte zur Wissenschaftsgeschichte*, 36 (2013): 313-33. この事情は以下の拙稿にも解説した。橋本毅彦「W.L. ブラッグと L. ポーリングの分子構造研究と視覚表現技法」『化学史研究』48 巻, 2021 年, 35-47 頁, 特に 41-42 頁