

論 文

環境内存在としてのコンピュータ

——コンピュータを介した経験の更新についての一考察——

松 谷 容 作

同志社女子大学・学芸学部・情報メディア学科・助教（有期）

Computer as Being-In-The-Environment: A Consideration
of Renewal of Our Experience with Computers

Yosaku Matsutani

Department of Information and Media, Faculty of Liberal Arts,
Doshisha Women's College of Liberal Arts, Associate professor(contract)

Abstract

Today, we have a symbiotic relationship with computers. For example, the in-vitro fertilisation procedure, which assists in conceiving a child, is managed by a computer. Another example is an electrocardiographic monitoring device, which displays the heart's activity, activity is exhibited when a life is lost. Therefore, from birth until death, we are heavily dependent on computers; we "can not live" without them. In this way, computers support us. But also they provide us with new knowledge and thoughts, and then, renew our experiences. Many researchers in fields such as media, philosophy, culture and technology have discussed this ability of computers. There have been various types of computers since the 1940s; however, emphasis is laid on electronic digital computer or von Neumann-type computer. A analysis of different types of computers, including the current dominant computer, enables us to truly understand the ability of computers for newness. Thus, in this paper, I reveal how computers provide us with new knowledge and thoughts, and then renew our experiences, in critically comparing a simulation in the electronic digital computer with a practice in the quantum computer.

1. はじめに：ブラックボックス化
されたコンピュータ

「コンピュータは私たちにとって不可欠なものだ」。こうした意見を述べるのがもはや陳腐に聞こえるほど、コンピュータ、つまり電子式デジタル・コンピュータは現在の社会の隅々に入り込み、社会を支えている。周知のように、現代のコンピュータは、電卓など単一の計算を行う計算機（calculator）とは異なり、複数の計算を組み合わせなんらかの目的を達成するも

のである。だが、それは近年になって突如として現れたのではない。その起源は、多くの論者が指摘するように、19世紀イギリスの数学者チャールズ・バベッジが考案し、未完成に終わった階差機関や解析機関などにある。その後、同じくイギリスの数学者アラン・チューリングは、プログラム内蔵式で、四則演算で実行できるすべての計算が可能な「万能チューリングマシン」を1930年代に着想する。そしてその着想は、1940年代半ばのアメリカで、数学者ジョン・フォン・ノイマンらのグループによって部

分的に実現、具体化されるのである。二進法と逐次処理で論理演算を行うこのノイマン型コンピュータにもとづき、様々な変更が加えられながら、今日の電子式デジタル・コンピュータはある。

こうした思考と科学、技術の展開が織り込まれ、歴史性を帯びた現代のコンピュータは、私たちの生命／活（life）に深く組み込まれている。たとえば私たちの人生について考えてみよう。現在、ヒトの出生方法は多様であり、自然妊娠に限定されない。そのひとつとして、卵子と精子を身体から取り出し、受精させる体外受精の方法がある。長年、体外受精の実施数について統計調査を行ってきた日本産科婦人科学会による最新の結果（2013年）にもとづけば、日本での体外受精による出生件数は42,554件であり、出生数全体の約4.3%を占めている¹⁾。もはや体外受精は、現代の人びとにとって出生方法のひとつとなっており、今後も増加していくと予想されている。そして、こうした方法を支え、実現しているのはコンピュータに他ならない。コンピュータは卵子や精子、受精卵などを徹底的に管理し、体外受精を可能にし、担保している。出生後、ヒトは様々な病を患い、医療機関に赴く。そこで医師は、コンピュータで制御されたMRIやCTなどの装置を駆使し、患者の病を診断および治療していく。さらに、ヒトが生命の終わりを迎えるとき、コンピュータ制御の心電図モニターがその終焉を数値や波形で指し示す。医師はその指示に応じるかたちで、あるいはそれを自らの判断の裏付けとして用い、ヒトの死を宣告する。以上のように、人生の初めから終わりまで、私たちはコンピュータによって制御、管理、担保されている。

また、私たちはコンピュータのなかで死を迎えるまで、たとえばスマートフォンのような小型化したコンピュータを手にして、他者とリアルタイムでコミュニケーションを形成している。コンピュータがなければコミュニケーションを介した私たちの活動が混沌状態になってしまうことは、2011年3月11日の日本を鑑みれば直ち

に理解可能である。

つまりのところ、コンピュータと私たちは共生しているのだ。そして、コンピュータは私たちをたんに管理や制御しているだけでなく、私たちに新たな知や思考の枠組みを、いわば新たな経験を提供もする。では、どのようにしてか。この問いになんらかの回答を示すことが小論の目指すところである。もちろん、同様の議論は、たとえば人文科学、とくにメディアや文化、技術などを専門とする研究者のあいだで、前世紀の終わりから今日にいたるまで繰り返されてきた。ロシアで生まれ、アメリカで活動するニューメディアの理論家および批評家であるレフ・マノヴィッチはその代表的な論者である。彼は、新たなメディアにかかわる思考を論じる『ニューメディアの言語』などのなかで、コンピュータをこれまでの様々なメディアが収斂するメディアとして捉える。そしてこのメディアのメディアであるコンピュータは、私たちの知や感性の更新を促していく、と彼は主張するのである²⁾。あるいは、フランス出身の技術哲学者ベルナール・スティグレールは、コンピュータという「デジタル技術によって、知の実践のみならず、知の対象がまったく置換えされる」という見解を示す³⁾。スティグレールは、この視座をフランスやヨーロッパのみならず、日本などアジアにいたるまで積極的に普及させ、非常に多くの支持者を集めている⁴⁾。その支持者のひとりであり、イギリスで研究活動を行う、メディアとコミュニケーションの理論家デヴィッド・ベリーは、コンピュータを介した新たな人文学を探求する。彼は、そうした人文学のあり方をデジタル・ヒューマニティーズと称し、それにかかわる理論的な活動と、デザインなどの制作活動を行っている⁵⁾。そうした彼の活動の根幹には、コンピュータによって作り上げられた現実や世界の理解の方法が新しい知を産み出す、という信念がある⁶⁾。

以上の先立つ議論は、局地的で一過性のものではなく、20年以上の歴史をもち、様々なかたちで練り上げられてきたものである。先に述べ

たように、私たちの日常は、1990年代以降、コンピュータが組み込まれており、モノヴィット風に言うのであれば、メディアのメディアのなかで私たちは成立している。とすれば、そうしたメディアが私たちの知や思考に大きな影響や変革をもたらすことは容易に理解できる。しかし、そのような議論には、現状の電子式デジタル・コンピュータを全面的に肯定する傾向がある。このことは極めて重大な問題ではないであろうか。確かに、先にあげた人物たちは、20世紀末から21世紀初頭にかけてのIT革命時に数多く出現した、コンピュータに酔いしれた盲目的な論者とは一線を画している。それでもなお、彼らはコンピュータの力に過剰なほどの期待を寄せているようにみえるのだ。

もちろん、コンピュータやそれにもとづく社会のあり方について警笛を鳴らす論者はいる。たとえば、コンピュータが市民のあいだで十全に行き渡っていない、またインターネットも整備されていない1990年に、フランスの哲学者ジル・ドゥルーズは、コンピュータとサイバネティクスに着目した⁷⁾。ミシェル・フーコーが論じた社会における権力の諸タイプ（18世紀以前の君主制の社会、18世紀から20世紀にかけての規律訓練型の社会）とそれらの変遷に加筆するかたちで、ドゥルーズは20世紀後半の新たな社会のタイプを提起する。この社会は、コンピュータおよび情報技術にもとづき、新しいタイプの権力、つまりは管理＝制御を実行する⁸⁾。ドゥルーズの議論を引き受け、インターネットの管理＝制御のあり方を鋭く指摘するのは、アメリカのメディア理論家および哲学者アレクサンダー・ギャロウェイであり、日本の批評家、東浩紀や濱野智史である。ギャロウェイはプロトコルに、東や濱野はアーキテクチャに焦点を合わせ、手放しでインターネットを賛美していた私たちに警告するかのように、インターネットにおける強度をもった管理＝制御について論を展開する⁹⁾。

たしかに、これらの論者は、コンピュータやそれによって構築される社会にたいし、批判的

なまなざしをむけている。しかもギャロウェイや東、濱野は、コンピュータ内部に入り込み、反省的な態度でインターネットによる権力をあばき立てている。しかしなぜ、電子式デジタル・コンピュータを選択することについては、自明なものとなっているのであろうか。そのことにかんしては完全にブラックボックス化している。

以上のコンピュータをめぐる近年の論者のなかで異彩を放っているのが、美学者秋庭史典である。秋庭は数学や情報科学を感性の問題として検討するなかで、現状のコンピュータにたいして反省的な視座を示す¹⁰⁾。その議論のなかで彼が注目するものは、コンピュータの核となるアルゴリズムである。ただしそれは、現状のコンピュータとは異なるアルゴリズムであり、あるいは異なるアルゴリズムを生み出す数学や計算の潜在性である。具体的には、粘菌やDNAを用いた自然計算や様々なアートあるいはデザインの実践である。こうしたアルゴリズムや計算、アートやデザインが、日常化された電子式デジタル・コンピュータとは異なる新たなものの見方や新しい感性的な経験を提示する、と秋庭は主張しているのだ。

では、これまでの諸々の議論の整理をふまえて、小論はどのような立場をとるのか。

コンピュータと共生する私たちにとって、それが生み出す経験とは比較的安定したもの、日常化したものであろう。その意味で、コンピュータというメディアを介した新たな知や思考の枠組、新しい経験を探求するのであれば、先の秋庭のように、従来型のコンピュータとは異なるなにかを検討する必要がある。またそのことは、現在のコンピュータを批判的に論じることでもある。あまりにも自明化し、透明な存在になってしまっている電子式デジタル・コンピュータと別のタイプのコンピュータとを突き合わせることで、現状のコンピュータというメディア経験の輪郭が浮かび上がり、その特徴と限界が示されるであろう。そのことは20世紀の前半にドイツの批評家ヴァルター・ベンヤミンが写

真や映画でもって、従来のアートの経験や社会にたいして反省的なまなざしをむけた際と同じ態度となるであろう¹¹⁾。ただし小論はそこで立ち止まることはしない。上記の議論に加えて、現状のコンピュータと新たなコンピュータとが関係を結ぶときになにが生じるのか、そのことを問いたいのである。先取りして言えば、その関係のなかで初めて、コンピュータは私たちに新たな知や思考の枠組を、つまりは新たな経験を与えるであろう。

以上の問題意識で本論は、現代の電子式デジタル・コンピュータと来るべきコンピュータそれぞれの実践および思想と構想についての批判的な考察や比較、関係づけを通じて、コンピュータが私たちに経験の更新をもたらすためどのような方法をとるのか、そのことを明らかにしていく。そのため、議論は次のように進めていく。つづく第2章では、コンピュータにもとづいたシミュレーション技術に注目し、現在のコンピュータを反省的に思考する際のその技術の重要性を指摘する。また第3章では、シミュレーション技術の実践例として宇宙のシミュレーションに着目する。そして第4章では、電子式デジタル・コンピュータと異なる種類のコンピュータとして量子力学コンピュータを取り上げ、その内実を明らかにし、宇宙のシミュレーションという観点から両者を比較していく。その比較を通じて、この章では私たちを取り巻く現状のコンピュータの限界と特徴を指摘する。以上の議論にもとづき、最後の章では、両コンピュータの関係づけを行うことで、コンピュータを介した新たな知や思考の獲得、経験の更新を明らかにしていく。

2. コンピュータ・シミュレーション

コンピュータによるシミュレーションについて論じた廣瀬通孝によれば、シミュレーションは物理世界のなんらかの事象を明らかにするために、それを模擬する技術、および「試しにやってみる」技術として規定される¹²⁾。もう少し詳しく述べよう。一般的にコンピュータに

よるシミュレーションは、物理世界の様々な事象をまずモデル化し、そこから定式化および計算する技術である。モデル化とは、物理世界の事象を数値化し、数式化することであり、また定式化とは、なんらかの計算機が計算できるようにモデル化で得られた数値や数式を変換することである。その後、物理世界の事象に応じた諸条件を組み込んでいき、リアルタイムで計算を繰り返し、結果を提示することがシミュレーションということになる¹³⁾。私たちが日々の生活で経験する天気予報はその典型例である。天気予報では、まず大気につつまれた地球をコンピュータ上で作り出し、それを格子状に細分化していく。つづいて、それぞれの格子に、以前の観測データから割り出した大気の状態の予測値と、観測所や機器から送信されるデータから割り出した最新の大気の状態を表す値とが重ねられる。そこから予想の基準となる地球と大気の状態がコンピュータ上に作り出され、その値が導かれるのである。その後、大気現象の物理法則にもとづいた複雑な非線形型方程式にこの基準値を入れ、状態の時間的发展の計算をコンピュータで繰り返すことで、大気の状態が予測結果として数値で表されることになる。予報数値は地形などの特性に応じ、過去のデータをもとにしてコンピュータで自動補正され、最終的に晴れや雨、雲の流れ、降水確率、最高最低気温などといった、人が理解しやすいかたちへとコンピュータが変換していく。つまり、天気予報は地球と大気の状態を模擬するコンピュータ・シミュレーションなのだ¹⁴⁾。

では、なぜシミュレーションの技術がコンピュータを批判的にみる上で重要なものとなるのか。この問いに回答するためには、コンピュータの歴史に視線をむけなければならない。

冒頭で述べたように、現在のコンピュータの起源のひとつとしてあるのが、チューリングが1936年に発表した論考「計算可能数について—決定問題への応用」のなかで論じたチューリングマシンである¹⁵⁾。通常のパーソナル・コンピュータの開発史では、ここで仮想された計算

機を物理的に実現し発展的にするため、フォン・ノイマンやテッド・ネルソン、アラン・ケイなどそれ以降の研究者や技術者は様々な取り組みを行い、やがてその歴史は1980年代のステイブ・ジョブスあるいはアップル社による「マッキントッシュ」、および1990年代のビル・ゲイツあるいはマイクロソフト社の「ウィンドウズ」に結実する。そして、その歴史記述には、「ただしチューリングマシンの完全な物理化はいまだ成し遂げられていない」、と注意書きが添えられるのだ。こうした記述が孕む不完全さや、目的論的かつ政治的な歴史の見立てに異論が出ることは容易に予想がつく。ただし、本論の関心は歴史記述にあるわけではない。今日の電子式デジタル・コンピュータと私たちとの関連で、つまりは共生をめぐって鍵となる歴史の出来事に私たちは注目したいのだ。

そこで焦点を合わせるのは、アメリカの音響心理学者ジョゼフ・カール・ロブネット・リックライダーによって、1960年代に構想されたコンピュータの姿である。ただし、リックライダーが対象とするコンピュータは現在私たちが日常で使用しているものではなく、メインフレームと呼ばれるものである。メインフレームとは、複雑で大規模な数値計算や膨大な量のファイル処理を目的として考案された汎用大型コンピュータで、1980年代までのコンピュータの主流であった。だが非常に高価なものであり、この種のコンピュータを所有できるのは官庁や軍、大企業のみで、さらにそれを駆使できるのは、一部のエリート専門家に限定されていた¹⁶⁾。当時のエリート専門家たちは、コンピュータの計算機室でデータをカードか紙テープで一括（バッチ）入力し、まとめて計算した後、数時間たってからその結果をラインプリンタで一括出力していた¹⁷⁾。つまりメインフレームでは、人とコンピュータのあいだでリアルタイムな対話を行う形式が十分に備わっていなかったのである。

そのような状況のなか、リックライダーは、アメリカの国防総省 ARPA の情報処理技術研

究部門のトップとして、リアルタイム対話型処理技術を開発する任務にあたった。この処理技術をもつコンピュータをめぐるリックライダーの構想は、論考「ヒトとコンピュータの共生」においてははっきりと現れている¹⁸⁾。まず彼は、同時代のコンピュータを「あらかじめ明確化された問題を解いたり、あらかじめ決められた手続きに従ってデータを処理したりするように設計されている」とみなし、さらにその「計算の過程は、計算中に出された結果で左右されることもあるが、選択可能なケースは全て事前に予見され用意されていなければならない」と述べる¹⁹⁾。そして彼は以下のように当時のコンピュータの問題点を指摘し、コンピュータの別のあり方を構想する。

「事前に考えられる問題を全て見通すことは、現実に難しい。そういった問題はヒトとコンピュータが協力して直感にもとづく試行錯誤を行い、推論上の欠陥を見出し、予期しなかった新たな展望を開くことによって、現状よりも容易に、より早く解決されるだろう。その他として、コンピュータの助けがなければどうしても整理されえない問題もある²⁰⁾」

通常の情報処理の機能に加えて彼が思い描くのは、これまで人が担ってきた問題設定の一部をも機能として実装するコンピュータである。リックライダーのコンピュータにたいする考え方についてまとめた情報学者、西垣通によれば、この着想は従来の「バッチ処理の考え方とはまったく異なる。ヒトの思考のプロセス自体にコンピュータが参加する」のである²¹⁾。そして、コンピュータと人がリアルタイムで対話し、循環的な協調作業を介して、予見できない問題や人が整理できない問題が解決されていく。この姿が、論考のタイトルにもなった人とコンピュータの共生である。ただし、共生関係はひとりのオペレータとメインフレームのあいだで形成されるものではない。ひとつのメインフレームの演算処理時間を分割し、複数の端末から

ユーザがメインフレームにアクセスし共用することで、この関係は実現する。つまりは、ネットワークを介したタイム・シェアリング技術によって共生は実現するのである²²⁾。その共生のなかでは、数字が埋め尽くされた数メートルの紙が結果として時間をかけて提出されるのではなく、状況やプロセスの刻々と変化する様がインターフェイス上で示されていく。よって、リックライダーは、共生関係の前提条件としてインターフェイス（具体的にはディスプレイと制御装置）の開発をあげている²³⁾。

以上のリックライダーの構想は、メインフレームの使用や中央集権型のネットワーク・システムなどの違いはあれ、現状の私たちのコンピュータ経験を素描したものであろう。先の天気予報のような、変化とプロセスをリアルタイムで提示するコンピュータ・シミュレーションを彼は構想していたのである。その意味で、現代のコンピュータ経験とは、過去に夢見られたコンピュータ・シミュレーションが様々な変遷を経て具体化したものと捉えることができ、言い換えるならば、コンピュータ・シミュレーションこそが、現代にいたるコンピュータの歴史の肝となる技術なのだ。

よって、現状のコンピュータを反省的にみるために、私たちはシミュレーションに着目しなければならない。つまり、シミュレーションが私たちの知や思考を、経験をどのように変容させ更新するのか、また同様にその限界とはなにか、と問わねばならない。次章ではそのひとつとして宇宙のシミュレーションについて検討する。

3. 宇宙のシミュレーション

ところで、人文科学や社会科学に属する人たちが、「シミュレーション」という用語を聞くと、フランスの思想家ジャン・ボードリヤールの議論をただちに想起するのではないだろうか²⁴⁾。ボードリヤールは、1970年代以降の消費社会や文化現象を論じる際に、この用語を持ち出す。彼によれば、シミュレーションとは起

源 (origine) も現実性 (réalité) もない実在 (réel) のモデルで形づくられたものであり、「ハイパーリアル」と言い換えられるものである²⁵⁾。たとえばシミュレーションでは、領土が地図に先行するのではなく、地図が領土に先行しそれを生み出す²⁶⁾。ボードリヤールによれば、そうしたオリジナルのないコピー (シミュラクル) は、オリジナルの不在を隠蔽しつつ、オリジナルとすり変わる。そしてシミュレーションから産出されたコピーは、オリジナルと無関係に社会や文化を支配していくのである。人びとが経験するその支配された世界こそシミュレーションであり、その世界では真と偽、実在と空想の差異がなしくずしにされてしまうのだ²⁷⁾。こうしたボードリヤールの議論は、1980年代の消費文化や社会のあり方にうまく適合し、それらを考察する多くの論者に引き継がれていった。ただ、ここでは彼の議論に依拠した「シミュレーション」について考察するのではない。私たちは、ボードリヤールが議論する以前から存在し、現代の科学や多様な分野のなかで使用される意味でのコンピュータ・シミュレーションに注目する²⁸⁾。現代においてシミュレーションは、学術や技術、産業、政治、娯楽、人間関係など、極めて広い範囲で用いられ、世界やその視座を産み出す結節点となっている。ところが、ボードリヤールの意味合いでそれらのシミュレーションを捉えてしまうと、あまりにもイメージの問題、または実在と表象の関係にむかっていくので、その営みがもつ豊かさを捉え損ねてしまう。ボードリヤールは、従来のシミュレーションの意味をずらすようなかたちで自らの視座を打ち立て、現代にも影響力のある議論を練り上げてきた。しかし多様な分野において、過去から現在にいたるまで、ボードリヤール以前の意味でのシミュレーションが主に実行されているのだ。

なかでも宇宙科学の分野でシミュレーションは頻繁に使用されている。なぜなのか。実際、自然科学では、なんらかの事象を明らかにするための方法として観測や実験といったものもあ

る。ふたつの方法とシミュレーションとのあいだにはどのような差異があるのか。宇宙にかかわるシミュレーションについて議論する前に、まずこの点について整理しよう。そのために「飛行機における気流や空気圧」を例にあげてこれら3つを比較してみたい²⁹⁾。

まず観測では、実際に飛んでいる飛行機に測定器を据え付け、飛行中の機体のまわりにある空気の流れの速さや圧力などを測定していく。ここで得られたデータは「飛行機で測定した」という意味で信用度の高い結果とみなされる。ところが、新しい飛行機的设计段階では、実験を用いた観測は不可能である。そこで実験が行われる。実験では、たとえば風洞のような実際の条件に近い状態を作り出し、そのなかを実機のスケールダウンした模型を入れてデータを集めていく。そのデータは、規模の違いなど実測と異なる点はあるが、実際に空気を流してそれを測定しているという点で信頼度の高いものとして考えられている。以上の観測や実験とは異なり、シミュレーションは、コンピュータのなかになんらかの世界を構築し、その世界で観測や実験を行っていることになる。そこで得られるデータは、コンピュータのなかでは正当性がある値としてみなされる。ただしその値は、地球上のデータではないので、空を飛ぶ実機が被る気流や空気圧の値という点では多少の誤差があると考えられている。

まとめると、観測および実験の方法とシミュレーションとのあいだには、物理世界とコンピュータの世界という差異がある。もちろん、精密性にかんして言えば、観測が3つのうち最も高いものとしてあるかもしれない。ただし、宇宙のような観測や実験が困難な環境を対象とする場合、シミュレーションは多くの情報を私たちに提供することになる。その意味で、宇宙科学ではシミュレーションが頻繁に実行される。こう述べても良い。シミュレーションのみが、現在の宇宙という事象についての知を形成し、また宇宙活動を支えているものであると。

たとえば、トニ・マイヤーズによる映像作品

『IMAX: Space Station』(2002)のワンシーンでは、宇宙にかかわるシミュレーションが登場する。とくに注目すべきは冒頭のシーンである。そこでは、国際宇宙ステーションの近くでひとりの宇宙飛行士が船外活動を行っている。【図①】彼は任務中に誤ってステーションから離れてしまう。この極めて緊迫した事態にたいして彼は、仲間と音声通信を頻繁に取りながら冷静に装置を操作し、無事にステーションの出入口付近に回帰してくる。彼が出入口のレバーを掴もうとしたとき、映像はディゾルブし、VR映像用のゴーグルをつけた地上の男性と重ね合わされる。【図②】まるでハリウッドのSF作品のように鑑賞者たちの感情を揺さぶるこの冒頭のシーンは、宇宙飛行士が訓練を行うために使用されるシミュレーションの映像であったのだ。宇宙飛行士は宇宙で訓練をすることができないため、こうした実写とアニメーションから構成されたVR映像をつうじ、来たるべき宇宙船外活動にむけて繰り返し準備をしている。この準備を怠ると自らに課せられた任務を遂行できないばかりか、命を落とすことにも繋がる。よって、宇宙飛行士にとってシミュレーションは、偽または仮想、あるいは空想のものではなく、先のボードリヤールが主張するように、オリジナルを欠く実在性を与えるものでもない。シミュレーションは、オリジナル、言い換えれば別の実在性との弱いつながりをもちつつ、それ自体で実在性を帯び、「これは現実だ」と言わしめる経験を与える技術である。別の実在性とのつながりがあるからこそ、シミュレーションで得られた経験が基盤となり、次の新たな経験（たとえば宇宙空間での船外活動の経験など）の構築が可能となる。

ボードリヤールは、同一性や相似性、類似性を軸とした本質－仮象やモデル－コピーといった、西洋の思想に伝統的な二分法の世界のなかで、シミュレーションを捉えている。だが、そうした観点では経験の更新の側面は見えなくなってしまうであろう。そうした軸がなく、すべてが同等な実在性をもつものとして二分法を

否定し、それらを連関させることで経験を更新させていくこと、そのことが宇宙をはじめとした様々な分野で利用されるコンピュータ・シミュレーションの肝となるのだ³⁰⁾。

さて、20世紀末までのシミュレーションでは、現実の事象から導かれた数式および数値計算と、その結果のヴィジュアル化は、コンピュータの能力の限界から別々に実行されていた。まずはシミュレーションが計算結果を出し、ヴィジュアライゼーションはその結果をグラフィカルなイメージに仕立て上げていく。そのため、シミュレーションとヴィジュアライゼーションは別処理であり、ヴィジュアライゼーションは後処理とみなされていた³¹⁾。ところが、20世紀末から21世紀以降、コンピュータの処理能力の向上によって、これまで別々の作業であったシミュレーションとヴィジュアライゼーションは、同じ作業となり、計算結果は同時にヴィジュアル化、つまりは映像化されていくことになる。近年においては、ヴィジュアライゼーションのソフトウェアのなかにシミュレーションの機能があるようなものも登場している³²⁾。いわば、現在のシミュレーションのなかで中核を担うものは、なによりも映像ということになる。こうした映像の多くは、グラフィカルなもの、あるいはそこに実写を組み込んだアニメーションである。そして先ほどの船外活動のシミュレーションにあるように、アニメーションはたんに観るだけのものではなく、VR映像を代表とするような体験可能なものへと展開していった。それによって経験の更新がより促進されることとなる。

電子式デジタル・コンピュータの処理能力の向上に端を発する、ヴィジュアライゼーションの変化は、先に述べた観測や実験の変化も促していく。観測や実験が次々とヴィジュアル化され、その映像を軸としてさらに数値計測がなされていくのである。そしてそこから、観測や実験でのデータを越えた計測結果の数値の進展が、リアルタイムでグラフィカルなイメージで示されていく³³⁾。つまりのところ、なんらかの事象

を明らかにする方法がすべてコンピュータ・シミュレーションに一本化されたのだ。観測や実験はシミュレーションの一部となり、そこから新たな知が導かれることになる。実際、宇宙研究の現場では、こうしたことは標準となっている。そのひとつの例として、ハッブル宇宙望遠鏡をかいしたシミュレーションについてみてみよう。

まず、ハッブル宇宙望遠鏡から送られてきたデータにもとづいたシミュレーションを確認しよう。通常、ハッブル宇宙望遠鏡で観測し撮影した生の画像データは、放射線などあまりにもノイズが多い。そこでまず、専門のエンジニアが同じ画像をなんども重ね合わせ、細心の注意を払いながらノイズを取り除く。続く作業は色にかかわるものである。ハッブル望遠鏡は、赤、青、緑という異なる色のフィルターを使って対象を撮影している。それぞれの色の画像を重ね合わせ調整することで、物理世界と類似した色をもつ画像が得られることになる。この作業の後に続くのが立体化である。ここではまず、先の色をもつ画像からすべての星が切り離される。切り離された星は光の強弱、つまり距離に応じて再配置され、それによって立体画像を得ることができるのだ。ここまでの行程を経て作りあげられた膨大な数の画像を並置し、連続的に送ることで、動きをもった立体アニメーションのシミュレーション映像が組成されるのである。

以上のようなシミュレーションを介して、1980年代半ばから2000年代初めにかけて宇宙の構造についての新たな知が獲得された。1980年代まで、宇宙の構造にかんする支配的な考え方は、「宇宙の銀河は個別に独立して存在している」というものであった。そのなかで、天文学者マーガレット・ゲラーらは1986年に「宇宙の泡構造」を発表し、宇宙の構造には法則性があることを示した³⁴⁾。具体的に彼女は、地球を起点にして観測可能な1,769個の銀河の位置情報を収集し、その情報に応じて銀河の配置を3D映像で提示するシミュレーションを行ったのである。そして、そのシミュレーション映像

が示唆する諸々の情報から、彼女は宇宙の銀河はバラバラに存在しているのではなく、泡のようなものの周囲に法則性をもって配置されていることを明らかにした。【図③】

ただしゲラーらの調査は範囲が狭いものであった。確かに彼女らの発見は、宇宙科学コミュニティに衝撃を与えた。だが、見出された法則性は地球の周りの銀河に限定されるのではないか、という調査の不十分さが指摘されたのである。その問題点を解消するため、2003年からハッブル宇宙望遠鏡を用いた広範囲にわたる宇宙の構造の調査「宇宙進化サーベイ」、略称「コスモ・プロジェクト」がニック・スコビルを中心に始まる。その調査では、地球660周分、満月9個分の範囲の100万個以上の銀河が対象となり、25億年前から60億年前までの宇宙の泡構造がシミュレーションによって明らかになった。そのシミュレーションを介して、泡構造が60億年前から存在し、その泡の大きさが現代に年を追うごとに広がっていくこと、さらに同時にその泡を形成している暗黒物質の分布も立証されたのである³⁵⁾。【図④】

以上のように、宇宙科学分野におけるコンピュータ・シミュレーションは、様々な新たな知を私たちにもたらしている。そして新たな知は宇宙にたいする私たちの思考を更新することになる。さらにいえば、そのことは、宇宙のひとつの惑星としての地球や、その住人としての私たち自身にたいする理解も改変していくことになるだろう。

4. シミュレーションの限界

前章で述べたように、コンピュータ・シミュレーションは、宇宙についての新たな知の起因となり、宇宙にたいする私たちの経験を更新している。しかしながら、多くの専門家たちが認めているように、そうしたシミュレーションには限界がある。宇宙のシミュレーションを支えるのは、宇宙からのデータをモデル化し、計算し、視覚化していく電子式デジタル・コンピュータである。この部分が限界を迎えつつある。

超高速処理能力をもつスーパーコンピュータでさえ、宇宙からのデータを処理しきれないのである。ただし、それは処理すべき莫大な量に対応できないといった、量の問題だけではなく、質の問題でもあるのだ。

この量と質の問題を明らかにするために、現在の電子式デジタル・コンピュータについて簡潔な注釈を加えておきたい。スーパーコンピュータを含め現代の電子式デジタル・コンピュータは、物理学の視点からみると古典物理学あるいは特に古典電磁気学にもとづいたものである。ゆえに現在のコンピュータは、1860年代のジェームズ・クラーク・マクスウェルが古典電磁気学を確立してから80年ほどの様々な変容を経て、先に述べたように1940年代半ばにやっと初期のバージョンが作り上げられたことになる。そして、その80年間の最後10年間に数学の分野では、 λ 計算やチューリングマシン、帰納的関数、セルオートマトンなどの計算モデルが練り上げられた。数学や情報科学の視座では、現状のコンピュータは、こうした計算モデルにもとづいている。つまり、1930年代あたりに生み出された計算モデルを古典物理学で実現したものが、現状の私たちが使用するコンピュータなのだ³⁶⁾。

以上の背景を鑑みれば、現状のコンピュータの活躍が期待される対象や範囲は、原子や分子ぐらいまでの決定論にもとづく事象やモノということになるであろう。言うなれば、人間の諸活動の法則と照合して理解可能な事象やモノあるいはアルゴリズムが、現在のコンピュータの照準となる³⁷⁾。そのことは、コンピュータをめぐる歴史が裏書きしてくれる。先のチューリングは人工知能 (AI [Artificial Intelligence]) としてのコンピュータを夢見ていたようであるが、西垣がまとめるように、これまでのコンピュータ開発のなかで AI と同じく重視されたものは、人を補完し強化するもの、つまりは知能増幅 (IA [Intelligence Amplifier]) である³⁸⁾。現在のコンピュータの思想とは、これらふたつの目標が織り重なったものであり、そ

の思想にもとづき様々なかたちでコンピュータは処理を実行する。そして、そうしたコンピュータを安価で使いやすくしたものが、現在のパーソナル・コンピュータであり、スマートフォンなのである。つまり、人間を中心とした世界や人間の認識能力、また人間の行動能力を拡張するものとしてコンピュータはある。

このようなコンピュータが宇宙と対面したときなにが生じるのか。よく知られているように宇宙は、原子以下のミクロなものを取り扱う量子力学の視座で分析されている。言い換えれば、宇宙とは量子力学的な存在なのである。量子力学とは、20世紀の前半に確立された古典物理学以降の物理学の一分野である。その分野が対象とするのは、原子以下のもの、つまりは原子や素粒子、クォークなどや、それらの事象となる。これらミクロな対象は、決定論や因果性が成立しなかつたかたちで活動するため、量子力学は不確定性関係や相補性原理といった観点をを用い、また確率的な記述を実行する³⁹⁾。つまり宇宙とは、人間のもつ諸法則およびそれらを基盤とした世界や認識能力、行動能力の枠外にあるものなのだ。よって、宇宙を現状のコンピュータでシミュレートすることは、両者の思想や存在の基盤が一致しないため、不可能であると言えよう。たとえば、電子式デジタル・コンピュータで宇宙の数百個の原子をシミュレートしようとしたら、宇宙全体に存在する原子の数よりも多くのメモリ空間が必要で、また宇宙の現在の年齢よりも長い時間をかけなければ処理を完了できないとされている⁴⁰⁾。またその際は、常軌を逸するほどのエネルギー量が必要であろう。電子式デジタル・コンピュータと宇宙ではパラダイムが異なっており、そのためコンピュータで宇宙の事象をシミュレートしようとする、膨大な量の処理が要請されていく。以上から、宇宙のシミュレーションには限界があると、あるいは不可能であるとみなすことができよう。

では、どのようなものであれば可能なのか。ひとつの可能性としてあるのが、世界中で開発が進められセス・ロイドなど複数の研究者やグ

ループがプロトタイプを発表し、またアメリカのベンチャー企業 D-Wave System 社が販売を開始している量子コンピュータである⁴¹⁾。量子コンピュータは、量子力学がミクロな物質世界のなかでその存在論的意味を探ってきた量子物質の「重なった状態」を、並列的論理演算へと転換させることで実現するコンピュータである。つまり、量子力学が探求してきた量子物質の知見を、アルゴリズムや q ビットという量子情報として還元し、自然計算や情報科学のなかで計算機として打ち立てられたものが量子コンピュータなのである。このコンピュータは、離散的な情報を電子の性質によって二者択一（0 か 1）に処理していく現状のコンピュータと性質を異にする。量子情報によるコンピュータは、多くの場合、光子の性質を用いて一度に複数の処理を行っていく。たとえば100通りの選択肢がある巨大な迷路を考えてみよう。現状のコンピュータでは、100通りをすべて試みて、最終的にゴールまでのルートを私たちに提示する。たいして量子コンピュータは、一度に100通りを試み、確率論的に高いルートを私たちに示してくる。つまり、その思想および、それにもとづく処理スピードや量、処理の性質がふたつのコンピュータでは全く違うのだ⁴²⁾。そのため、量子力学コンピュータは、NP 困難と呼ばれる電子式デジタル・コンピュータでは解決が極めて難しい問題を解決することが可能である。たとえば、得意先を回るセールスマンが、費用や移動距離のコストを最小にし、最も効率の良いパターンを求める巡回セールスマン問題がある。これは一言でいえば、組み合わせ最適化問題であるが、電子式デジタル・コンピュータでこの問題の解を出すためには無限といってもいいほどの計算処理が必要となってくる。そのため、複数のコンピュータが連結、協働し、その問題に当たっている。しかし、量子コンピュータでは、量子の「重ね合わせ」などを用いて一気に解を導き出すのである。実際、先に例にあげた D-Wave System 社はこうした特徴をもつ量子コンピュータ D-Wave シリーズ

(D-Wave One および D-Wave Two) を製作している。そして、これらのコンピュータを用いて、たとえばロッキード・マーティン社は、電子式デジタル・コンピュータでは困難さがあつた航空用制御コンピュータのバグ発見を行い、また NASA では諸々の計画の最適化や信号処理を、さらに Google では画像認識などを行っている⁴³⁾。

そして宇宙にかんして言えば、複数の研究者は、この量子コンピュータを用いれば同じパラダイムにある宇宙のシミュレーションが可能になると捉えている⁴⁴⁾。そのことは、アメリカの物理学者リチャード・ファイマンが、量子力学のシミュレーションには、確率的なコンピュータあるいは新しいタイプのコンピュータ、つまりは量子コンピュータが必要である、と主張することと同様な視座である⁴⁵⁾。限界が唱えられた現在の状況乗り越えていくためには、新たな存在や思想をもったコンピュータが必要となってくるわけだ。

5. おわりに：コンピュータによる 経験の更新にむけて

もちろん、量子コンピュータは完全なたちで完成したわけではなく、いまだ開発の只中にある。よって、来るべき技術に過剰な期待と賛美をおくるのは、少々危険な態度とも言える。また、物理学者佐藤文隆が量子コンピュータを取り巻く思惑を冷やかに指摘するように、そうした新たな技術につきまとうグローバルな経済や政治の力学も考慮しなければならない⁴⁶⁾。ただ、諸々の配慮すべき点を念頭に置きつつ、私たちは別の側面にも注目しなければならない。それとはつまり、シミュレーションにおける電子式デジタル・コンピュータの限界と量子コンピュータの登場は、現在の私たちがもつ思考方法の限界と新たな方法への羨望を示している、ということである。現状のコンピュータにもとづいたシミュレーションは、世界にたいする私たちの思考方法が外部化したものと捉えることができる。それは世界になんらかの法則を見出

し、なんども検証と応用を重ね、もし誤っているのであれば別の法則を発見していく、といったものである。別の言い方をすれば、現在のシミュレーションとは人間を中心とした世界の構築であり、人間の認識能力や行動能力の拡張である。また、電子式デジタル・コンピュータが近代の古典物理学あるいは古典電磁気学にもとづいているゆえに、その種のシミュレーションが背景としてもつのは近代的な思考方法である、とまとめることができよう。そしてそうしたコンピュータやシミュレーションが社会の隅々にまで浸透し、それらと私たちは共生状態にあるので、いまだ私たちは近代的な思考のなかにいるとも言える。

だが、現代の世界は、近代が終焉しポスト・モダン、さらには人間不在のモノのインターネットが確立するように、それ以降へと展開しているとみなされている。ではそのなかで、メディアや思想にかかわる多くの論者たちが主張する、電子式デジタル・コンピュータによる新たな知や思考の枠組の獲得あるいは経験の更新とは、時代遅れとなった、人間を中心とした近代の知や思考あるいは経験の焼き直しであろうか。また本来の意味での新たな知や思考の枠組、経験の更新を私たちが獲得するためには、現状のコンピュータを捨て去り、量子コンピュータを代表とする異なるパラダイムのメディアに寄り添えばよいのか。最後にこの問いにたいする応答を示し本稿を閉じたいと思う。

そこで着目するのは技術哲学の専門家である村田純一の議論である。というのも、村田の議論は上記のような異なる技術や思考のパラダイムの関係性を解き明かす糸口を私たちに提供してくれるからである。

世界で生じている環境問題を検討するための視座として、村田は「技術的環境内存在」という概念を持ち出す。この概念を打ち立てるために村田がまず参照するのは、アメリカの心理学者 J. J. ギブソンの環境をめぐる考察である。ギブソンは『生態学的視覚論』のなかで、環境を動物にとっての存在の条件とみなす。人間を

含めて動物はそれぞれ固有の環境のなかでしか生存できない、というのがギブソンの主張である。よって人間や動物は「環境内存在」ということになる。では、動物それぞれ固有の環境はどのような関係にあるのか。村田も参照したギブソンの言葉を引用してみよう。

「環境の基本的なもの——物質、媒質、面——はすべての動物にとって同じである。人間がいかに強くなろうとも、大地、空気、水の事実——地殻岩石圏、大気圏、水圏、そしてこれらを分ける境界も含めて——を変えるわけにはいかない。人間同様に陸生動物にとっても大地と空は他のより小さな構造がすべて依存する基本的構造である。我々は、この基本的構造を変えることはできない。実際、我々はすべて、環境の基礎にさまざまな仕方でも適合 (fit) している。なぜならば、われわれはすべて、それらの基礎により作られているからである。人間は、人間が住んでいる世界によって創られたのである⁴⁷⁾」

ギブソンによれば、動物それぞれに固有の環境は、個別独立して存在しているのではなく、同じひとつの世界に属している。言い換えれば、ひとつの世界に多様な環境が共存しているのである。ゆえに環境問題とは、こうした共存に亀裂が入っている状態に他ならない。そして、そのひとつの世界がもつ大地や空気、水によって、動物は創られている。村田は大地や空気、水を、ギブソン理論の鍵概念「アフォーダンス」の最も基本となるアフォーダンスと、つまりは原アフォーダンスと呼ぶ⁴⁸⁾。アフォーダンスとは環境が生物に与える意味や情報であり、生物はその一部をピックアップして活動をしている。生物が自らで意味や情報を作り出している訳ではなく、環境がアフォードするのだ。ギブソンと村田の理解によれば、そうしたアフォーダンスの基本となるものが大地や空気、水であり、それらから与えられる意味や情報に適合するように私たち人間を含めて動物は創られている。

たとえば環境が複雑になればなるほど、知覚者の脳や神経の構造が、また行為者の筋肉や骨の構造が複雑になるように、「多様な環境は、わたしたち人間を含め、それぞれの動物が多様な知覚と行為のあり方を可能にする根拠」となる⁴⁹⁾。それゆえに環境は「それぞれの動物の生存を可能にする「存在論的」根拠ともいえる」⁵⁰⁾。

ただし、人間は人工物を製作し使用することで、環境を改変し生存を確保してきた。言うなれば、人間固有の環境とは技術を介した人工環境であり、その意味で人間とは技術を使った環境内存在である⁵¹⁾。ここで技術への問いが浮上する。この技術を環境の側から捉える、つまりは技術の「可能性の条件を環境に求めるような「環境内存在」という観点を確保しようか」というのが村田の具体的な問いである⁵²⁾。村田は、ヤコーブ・フォン・ユスキュルの環世界についての議論を退け、ろうそくの火に手を近づけた幼い子供の例（火を知らなかったため手を出し火傷をした）や、ヴォルフガング・ケーラーによる天井に吊るされたバナナへ反応するチンパンジーの実験（ほとんどのチンパンジーは飛び上がってバナナをつかもうとしたができずにあきらめた。だが、一部のチンパンジーは箱を積み上げそれに乗りバナナを獲得した）などをあげながら、環境から与えられる新たな情報への知覚や行為の失敗と、学習および技術の獲得について論を進め、自らの技術的環境内存在をまとめていく⁵³⁾。

そこで注目するのが技術の成立である。通常、新しい技術の成立は、偉大な作り手の頭のなかで練り上げられた発明を出発点として、かたちなきものがかたちを備えることのように思い描かれている。しかし、村田はこうした見解に異を唱える。彼によれば、発明は、たとえば石とその使用から石器のナイフが、木とその使用から木枝のフォークや箸が出現するように、すでに環境から与えられたかたちあるもの、あるいは人工物とその使用に起因する。そして、知覚や行為の失敗と学習という観点を加えて言えば、

新しい技術とは、環境がアフォードするかたちあるものの使用とそこでの様々な失敗や不都合にもとづき、そのかたちあるものの改良を通して新たなかたちをもつ人工物を作り、使用することに他ならない⁵⁴⁾。石器のナイフや木枝のフォークあるいは箸は、様々な不都合に応じて改良が加えられ、現状使用されているナイフとフォーク、箸のかたちになったと言える。村田の言葉でまとめるならば、「不都合や失敗などを介して、新たなアフォードンスを備えた新たな環境が製作され、同時に、新たな技術が成立することになる」⁵⁵⁾。

よって技術とは、環境のなかで作られ、環境を作り変える環境内存在ということになる。そして、こうした技術も、技術によって作られた人工環境も、他の生物と同様に、大地と空気、水といった原アフォードンスにもとづくものであり、その意味で他の生物と同じひとつの世界のなかに属している。大規模な技術展開によって、原アフォードンスが大きな変容を被ることになると、他の生物の環境にたいしても重大な影響を与えることになろう⁵⁶⁾。そのとき、諸々の環境の関係のなかで歪みが生じる。それが環境問題なのである。

私たちの問いに戻ろう。村田の議論にしたがえば、電子式デジタル・コンピュータも、量子コンピュータも「技術的環境内存在」となる。両者ともに、環境から与えられた、思考も含めた様々なかたちとその使用における失敗と不都合を介し、改変が実行されるなかで出現した技術である。だが、それらはパラダイムが異なるもの、言い換えればそれぞれ別の環境にあるものである。ただし、電子と量子などという極めてミクロなものであるが、ともに原アフォードンスにもとづいている。つまりは、両者はひとつの世界に属しているのだ。よって、それらのあいだで環境問題のような亀裂を生み出すのではなく、相互に触発されるような関係性をうみだすことが重要である。そのためには、電子式デジタル・コンピュータと量子コンピュータそれぞれが、他の環境と軋轢を生じさせることな

く、失敗と不都合をかいし、不断の改変を繰り返す必要がある。

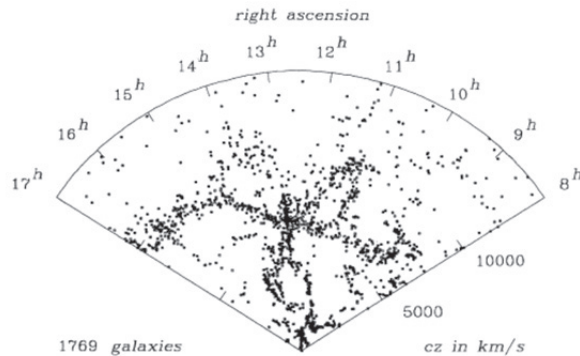
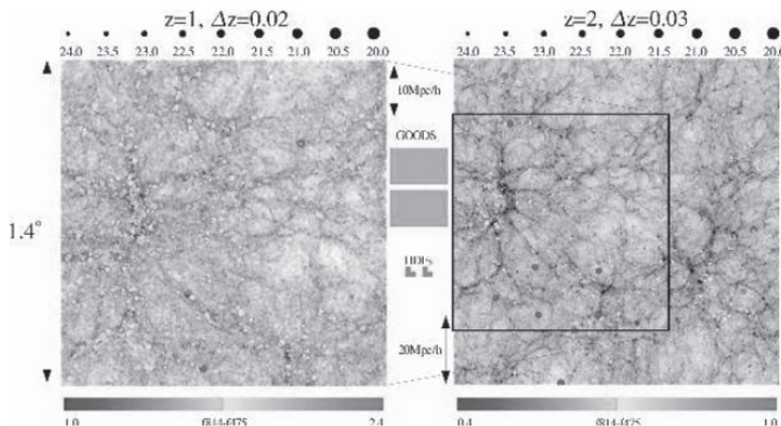
繰り返しになるが環境問題とは、ひとつの世界に多様な環境が共存しているのにもかかわらず、人間が自らの環境の改変を盲目的に推し進めた結果、生じているものである。私たちは単一ではなく多様な環境を見据え、それらとの関係のなかでのみ、環境の改変を実行する必要がある。たとえば、アメリカのフェミニズムや科学技術論などを専門とするダナ・ハラウエイは、『犬と人が出会うとき』また『伴侶種宣言』のなかで、犬などの動物との共存や相互作用のなかで人間が作り上げられてきたことを指摘する⁵⁷⁾。人間にむけた外部からの危険を犬が低減し、また人間の仕事を犬が肩代わりすることで、人間は人間として形作られていった。別の言い方をすれば、異種環境の共存と相互作用が人間に新たな経験をもたらす、と彼女は論じるのである。つまりは、諸々の環境相互の共存と相互作用が実現するとき初めて、積極的な意義をもつ知や思考、経験の更新が可能となるのだ。

メディアや思想にかかわる多くの論者たちが主張する、電子式デジタル・コンピュータによる新たな知や思考の枠組の獲得、経験の更新とは、過去の焼き直しではない。ただし、その主張はひとつの環境を推し進めているだけであり、真なる意味での「新しさ」を獲得するにはいたらないように思える。そのことは、量子コンピュータのみに比重を置くことへの警告にもなり得る。重要なことは、多様な環境それぞれが改変を繰り返すなかで、積極的な意義をもつ共存と相互関係を打ち立てることである。そのことが、知や思考、経験の更新をもたらすのである。

* この論考の一部は、2016年度同志社女子大学研究助成奨励研究、課題名「非人間的な現代のコミュニケーションについての調査研究」の研究成果となる。

【図版】

①国際宇宙ステーション近くで船外活動をする宇宙飛行士の映像⁵⁸⁾②宇宙飛行士の訓練のためのシミュレーション映像⁵⁹⁾

③泡構造（ゲラーの論考に掲載されたグラフィック）⁶⁰⁾④コスモ・プロジェクトの調査による泡構造や暗黒物質の分布シミュレーション⁶¹⁾

注

- 1) Cf. 『公益社団法人日本産科婦人科学会ホームページ』, <http://www.jsog.or.jp>, 2017年2月24日最終確認.
- 2) Cf. レフ・マノヴィッチ『ニューメディアの言語—デジタル時代のアート、デザイン、映画』, 堀潤之訳, みすず書房, 2013年. / Cf. Lev Manovich, *Software Takes Command*, New York: Bloomsbury Academic, 2013.
- 3) ベルナール・スティグレル「^{オルガノロジー}器官学、^{ファルマコロジー}薬方学、デジタル・スタディーズ」, 西兼志訳, 日本記号学会編『叢書セミオトボス11ハイブリッド・リーディング—新しい読書と文字

学』所収, 新曜社, 2016年, 104頁.

- 4) その宣言となる、あるいはスティグレルと彼の信奉者の長年の研究の成果でもある著作として次の文献を参照のこと. Cf. Bernard Stiegler (dir.), *Digital Studies: Organologie des saviors et technologies de la connaissance*, Paris: FYP édition, 2014.
- 5) ベリーが探求するデジタル・ヒューマニティーズについては次の文献を参照のこと. Cf. David M. Berry, "Introduction: Understanding The Digital Humanities," in David M. Berry (ed.), *Understanding The Digital Humanities*, Basingstoke: Palgrave Macmillan, 2012, pp. 1-20. またコンピュータと知および思考との関

係をめぐるベリーの議論にかんしては次の文献も参照のこと。Cf. David Berry, *Critical Theory and the Digital*, London: Bloomsbury, 2014.

- 6) Cf. David M. Berry, "The Computational Turn: Thinking About The Digital Humanities," *Culture Machine*, Vol. 12, 2011, p. 2.
- 7) Cf. ジル・ドゥルーズ「管理と生成変化」, ジル・ドゥルーズ『記号と事件1972-1990年の対話』所収, 宮林寛訳, 河出文庫, 2007年, 339頁-355頁. / Cf. ジル・ドゥルーズ「追伸—管理社会について」, 同上, 356頁-366頁.
確かにドゥルーズはコンピュータや情報技術にもとづく社会についていち早く反応している。しかしながら、当時彼がいたフランスでは1979年から始まったミニテルという通信ネットワークが存在していたことには注意すべきである。そして、いくつかの著作で彼と共同執筆していたフェリックス・ガタリがミニテルをはじめとして情報技術と人びととの関係について当時から深い洞察を重ねており、ドゥルーズの議論に少なからず影響を与えていたことも無視できない事項である。なお、情報技術と人びととの関係にかんするガタリの議論については、次の文献を参照した。Cf. 門林岳史「ポストメディア時代の身体と情動—フェリックス・ガタリから情動論的転回へ」, 大澤真幸編『身体と親密圏の変容』所収, 岩波書店, 2015年, 131頁-159頁.
- 8) Cf. ドゥルーズ「管理と生成変化」, 前掲書, 351頁.
- 9) Cf. Alexander R. Galloway, *Protocol: How Control Exists After Decentralization*, Cambridge: MIT Press, 2004. / Cf. 東浩紀『情報環境論集—東浩紀コレクションS』, 講談社, 2007年. / Cf. 濱野智史『アーキテクチャの生態系—情報環境はいかに設計されてきたか』, NTT出版, 2008年.
- 10) Cf. 秋庭史典『あたらしい美学をつくる』, みすず書房, 2011年.
- 11) Cf. ヴァルター・ベンヤミン「複製技術時代の芸術作品」, ヴァルター・ベンヤミン『ベンヤミンコレクション1 近代の意味』所収, 浅井健二郎編訳, 久保哲司訳, ちくま学芸文庫, 1995年, 583頁-640頁.
- 12) Cf. 廣瀬通孝, 小木哲朗, 田村善昭『シミュレーションの思想』, 東京大学出版会, 2002年, 11頁および38頁.

なお、シミュレーションについて筆者は別の箇所でも議論を行なっている。本論第2章の天気図の例と第3章ジャン・ボードリヤールの概念整理は、そこでの議論の要点をまとめるかたちのものとなる。Cf. 松谷容作「微小重力空間におけるヴィークルとしての身体」, 『美学芸術学論集』, 第11号, 神戸大学文学部芸術学研究室, 2015年, 56頁-69頁.

- 13) Cf. 廣瀬, 小木, 田村, 前掲書, 19頁-25頁.
- 14) 以上、天気予報というシミュレーションの手順については、次の文献を参照した。Cf. 朝倉正, 関口理郎, 新田尚編『気象ハンドブック』, 朝倉書店, 1995年.
- 15) Cf. Alan M. Turing, "On Computable Numbers, With An Application To The Entscheidungsproblem," *Proceedings of the London Mathematical Society*, No. 42, 1936, pp. 230-265.
- 16) 以上のメインフレームについての説明は次の文献を参照した。Cf. 西垣通『思想としてのパソコン』, NTT出版, 1997年, 10頁.
- 17) Cf. 同上, 23頁.
- 18) Cf. J. C. R・リックライダー「ヒトとコンピュータの共生」, 西垣通訳, 西垣, 前掲書, 127頁-148頁.
- 19) リックライダー, 前掲書, 130頁.
- 20) 同上. なお本文で引用するのに際し、文脈に応じて訳文を変更した.
- 21) 西垣, 前掲書, 24頁.
- 22) Cf. 同上. なおネットワークという観点からリックライダーの仕事を従来とは異なる視座で分析した優れた研究として以下のものも参照のこと。Cf. 喜多千草『インターネットの思想史』, 青土社, 2003年.
- 23) Cf. リックライダー, 前掲書, 141頁-146頁.
- 24) Cf. ジャン・ボードリヤール『シュミラクルとシミュレーション』, 竹原あき子訳, 法政大学出版局, 2008年, 1頁-56頁.
- 25) Cf. 同上, 1頁-2頁.
- 26) Cf. 同上.
- 27) Cf. 同上, 4頁.
- 28) なお、コンピュータ・シミュレーションとコンピュータを使用しないシミュレーションのあいだには、マンフレッド・ステックラーがコンピュータ・シミュレーションと複雑系の関係をめぐる論考のなかで指摘するように、本質的な差異はないとみなされている。ただし、コンピュータ・シミュレーションの利点は、計算の

- スピードや情報処理のフォーマット化、そしてそれらの視覚化にある。Cf. Manfred Stöckler, "On Modeling and Simulation," in Martin Carrier, Gerald J. Massey, and Laura Ruetsche (eds.), *Science at Century's End: Philosophical Questions on the Progress and Limits of Science*, Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 2000, pp. 364-365.
- 29) Cf. 廣瀬, 小木, 田村, 前掲書, 79頁-81頁.
- 30) ここでの主張はドゥルーズおよび、イギリスで活躍する映像メディア研究者バジ・バリアホによるシミュレーションの議論から大きな示唆を得ている。Cf. ジル・ドゥルーズ『意味の論理学 (下)』, 小泉義之訳, 河出文庫, 2007年, 148頁-154頁. / Cf. Pasi Väliaho, *Mapping the Moving Image: Gesture, Thought and Cinema Circa 1900*, Amsterdam: Amsterdam University Press, 2010, p. 34.
- 31) Cf. 廣瀬, 小木, 田村, 前掲書, 66頁-68頁.
- 32) Cf. 同上, 67頁.
- 33) Cf. 同上, 63頁.
- 34) Margaret J. Geller, John P. Huchra, Valérie de Lapparent, "Large-Scale Structure: The Center For Astrophysics Redshift Survey," A Hewitt et al. (eds.), *Observational Cosmology: Proceedings of the 124th Symposium of the IAU, Heild in Beijing, China, August 25-30, 1986*, 1986, pp. 301-313.
- 35) Cf. N. Scoville et al., "The Cosmic Evolution Survey (COSMOS) - Overview," *The Astrophysical Journal Supplement Series*, Volume 172, Issue 1, 2006, pp. 1-8. / Cf. 谷口義明, 小林正和, 鍛冶澤賢, 長尾透, 塩谷泰広「コスモスな日々、再び—突然、星を作らなくなった銀河の発見: 100億年前、銀河に何が起こったのか?—」, 『天文月報』, 第109巻, 第4号, 2016年, 273頁-281頁.
- 36) 以上のコンピュータについての説明は次の文献を参照した。Cf. 小林聡, 萩谷昌己, 横森貴編著『ナチュラルコンピューティング・シリーズ第0巻自然計算へのいざない』, 近代科学社, 2015年, 141頁-142頁.
- 37) Cf. 佐藤文隆『アインシュタインの反乱と量子コンピュータ』, 京都大学学術出版会, 2009年, 100頁-101頁.
- 38) Cf. 西垣, 前掲書, 8頁-64頁.
- 39) Cf. 佐藤, 前掲書, 35頁-54頁.
- 40) Cf. セス・ロイド『宇宙をプログラミングする宇宙—いかにして「計算する宇宙」は複雑な世界を創ったか?』, 水谷淳訳, 早川書房, 2007年, 74頁-75頁.
- 41) D-Wave System 社の量子コンピュータ、厳密に言えば量子アニーリング方式の量子アナログ・コンピュータについては次の文献を参照した。Cf. 西野哲朗, 岡本龍明, 三原孝志『ナチュラルコンピューティング・シリーズ第6巻量子計算』, 近代科学社, 2015年, 10頁-16頁および19頁-70頁.
- 42) 以上、量子コンピュータについては、次の文献を参照した。Cf. 佐藤, 前掲書, 129頁-150頁. / Cf. 西野, 岡本, 三原, 前掲書, 1頁-18頁. / Cf. 小林, 萩谷, 横森, 前掲書, 141頁-166頁.
- 43) Cf. 竹内薫, 丸山篤史『量子コンピュータが本当にすごい—Google、NASA で実用が始まった“夢の計算機”』, 株式会社 PHP 研究所, 2015年, 278頁-279頁.
- 44) Cf. ロイド, 前掲書, 74頁-77頁.
- 45) Cf. Richard P. Feynman, "Simulating Physics with Computers," *International Journal of Theoretical Physics*, Vol. 21, Nos. 6/7, 1982, pp. 471-479. / Cf. 赤間世紀『量子コンピュータがわかる本』, 工学社, 2010年, 85頁-89頁.
- 46) Cf. 佐藤, 前掲書, 129頁-130頁および139頁-140頁.
- 47) J. J. ギブソン『生態学的視覚論—ヒトの知覚世界を探る』, 古崎敬, 古崎愛子, 辻敬一郎, 村瀬晃訳, サイエンス社, 1985年, 141頁.
- 48) Cf. 村田純一「知覚・技術・環境—技術論の生態学的転回」、村田純一編『知の生態学的転回2 技術: 身体を取り囲む人工環境』, 東京大学出版会, 2013年, 5頁.
- 48) 同上, 7頁.
- 50) 同上, 8頁.
- 51) Cf. 同上, 4頁.
- 52) 同上, 9頁.
- 53) Cf. 同上, 9頁-26頁.
- 54) Cf. 同上, 23頁-24頁.
- 55) 同上, 24頁.
- 56) Cf. 同上, 26頁.
- 57) Cf. ダナ・ハラウェイ『犬と人が出会うとき—異種協働のポリティクス』, 高橋さきの訳, 青土社, 2013年. / Cf. ダナ・ハラウェイ『伴侶種宣言—犬と人の「重要な他者性」』, 永野文香訳, 以文社, 2013年.
- 58) トニー・マイヤーズ『IMAX: Space Station 3D』(Blu-ray ディスク), ワーナー・ホーム・

ビデオ, 2011年より。

59) 同上。

60) Geller, Huchra, Lapparent, *op. cit.*, p. 305よ

り。

61) Scoville et als., *op. cit.*, p. 21より。