

この丸は、宇宙船の窓であり、ここから空が覗けます。

この丸は、宇宙船の窓であり、ここから空が覗けます。

シミュレーションとは、どのような意味だろうか？
辞書の中では、シミュレーションは次のように解説されています。「物理的あるいは抽象的なシステムをモデルで表現し、そのモデルを使って実験を行うこと。模擬実験（大辞林 第3版より抜粋）。模擬や模倣というのは科学や工学の分野における定義ですが、私たちは普段から「明日の段取りをシミュレーションする」など、より幅広いの言葉を使っています。シミュレーション・ゲームは広く楽しまれており、サッカー選手はゴール前でシミュレーションをします。この概念は、どんな意味を持ち、どこまで広がっているのでしょうか？

ニュースなどでよく聞きますもの、その意味については曖昧にしか理解していないもの。それが、多くの人々にとっての「シミュレーション」のイメージではないでしょうか。このポスターはそんなシミュレーションについて、様々な角度から、その全体像を浮き彫りにしようとするものです。発展著しいコンピュータ・シミュレーションの最前線。シミュレーションという概念の広がりや奥行き。そして、その根源にある人間の要求まで。シミュレーションについての探求は、ヒトという種の独自性を浮き彫りにし、「私」を再考させ、人間の知の営みの、過去と未来を見晴らすことへと繋がっていきます。

シミュレーションという言葉は、どう使われているか？
頭の中で「明日の段取りをシミュレーションする」時、私たちは物理モデルや数式を作ったり、何かの装置で実験をしたりするわけではありません。では、科学の世界と日常の世界では、違う意味で使われているのでしょうか？ この言葉の語源は、ラテン語のsimulo（真似する、振りをする）に遡ります。ここで、さらに踏み込んで「つもり（準備）、心算」になる「見立てる」などを補ってみましょう。すると、この言葉が使われ方の輪郭が見えてきます。シミュレーションという語には、どうやら様々な意味が埋まっているようです。

体験を拡張する

テクノロジーの発展によって、私たちは人工的に生成した環境を体験できるようになりました。行ったことのない場所や、ありえない世界を体験したり、目の前の環境に、実際にはない情報や出来事を付け加えたりできます。本物の「世界と自己」の代わりに、異なる世界や、新たな自己が見れる。こうした体験の拡張は、実は目新しいものではありません。古くは演劇、そして文学や映画などによって、私たちは自らを「いま、ここ」とは異なる世界に没入させてきました。その最先端に位置するテクノロジーは、私たちをどのように変えていくのでしょうか。

事象を推測する

シミュレーションの大きな目的の一つは、出来事を推測することです。起こるであろうこと、起きないであろうこと、いま起きていること。この世界の出来事の多くが複雑な構造を持ち、不確定な要素に満ちています。そこで人間は、出来事の本質を抽出して「モデル化」し、その過去や未来を推測できるようにしました。ヒューマンスケールを超えたミクロやマクロの現象や、遙か過去や未来の現象、あるいは実験するには危険を伴ったリコスタが掛かりすぎる現象を理解したい時に、これは有力な手段となります。私たちが世界を知る手段としての、シミュレーションの最前線を覗いてみましょう。



コンピュータ・シミュレーション — 事象を推測する手段

その基本的な手順は、取り扱いたい事象をモデル化することから始まります。具体的には、物理現象の何を理解したいのか、その目的に合わせて現象を単純化し、計算によって操作可能な形 — つまり方程式 — に落とし込むのです。* ひとつたび方程式としてしまえば、時間を進めたり戻したりと繰り返しながら、モデルがどのような振る舞いをするのかを観察することができます。この際、人間に代わって計算を行っているのがコンピュータです。例えば天気予報や地震・津波などの生活に関わる現象から、銀河同士の衝突などの想像を絶する現象まで、人間の計算能力を遙かに超えるコンピュータの登場が、こうした様々な出来事を推測することを可能にしたのです。

大規模数値シミュレーション — スーパーコンピュータ「京」から、ポスト「京」へ

「最近の天気予報は正確だな」と感じることもあるとすれば、それはモデルの精密化によるものです。しかし、モデルを精密にすればするほど、計算量は桁違いに増えていきます。明日の天気予報に100日も掛かってしまえば、元も子もありません。ここに、スーパーコンピュータの意義があります。家庭用の1,000倍以上もの計算能力を持つ大型計算機たちは、精密化されたモデルを圧倒的なパワーによって計算し、その結果で新たな視野を拓くという好循環をもたらしてきました。しかし現在「5年で計算能力が10倍になる」といった爆発的な性能向上も鈍化し始め、消費電力の制約も厳しくなってきました。開発に巨額の資金と大量の電力を要する世界最先端のスーパーコンピュータは、もはや国家的事業の領域であり、そうした状況の中で、スーパーコンピュータ「京」や、その次世代システムは開発されています。

シミュレーション × シミュレーション — あなたと世界が影響し合う

事象を推測するシミュレーションは、いまや私たちの習慣にも入り込んでいます。スマートフォンなどの情報端末を持ち歩き、そこから得られる情報を参考にすることで、私たちは刻一刻とその行動を変化させています。「交通渋滞の情報調べ、それを避けるルートを選択する」などは、その身近な例でしょう。しかし人々がそのように行動することで、新たな交通渋滞が発生することもあります。その予兆をいち早く捉え、回避のためのシミュレーションを行い、その結果を再び情報として人々に提示し、それを見た人が次の行動を変え…というように、人々の行動と情報ネットワーク、そしてシミュレーションとが、分ち難く一体化して進んでいく。そのようなシミュレーションのかたちも現れてきています。



ライフログから得られる情報を元にした自分の状況を予測・提示し、行動を促すスマホアプリ



NASAによるロケットの風洞実験

あなたもシミュレーションをしている

シミュレーションは、私たちが特に意識せず日々行っていることでもあります。例えば、学ぶという行為。「学ぶ」には「まねぶ、まねる」の意味があり、「習う」は「做う」であることから、学習＝模倣＝シミュレーションという構図が見て取れます。ヒトは乳児の段階から模倣を始め、様々なスキルや感情、社会性を身に付けていきます。その際に夢中になるのが「遊び」ですが、ごっこ遊び（大人のロールプレイ）やボール遊びなどには、遙か過去、狩猟採集時代における生存戦略の名残りが感じられます。誰もか偉えのあるような例を通じて、私たちの生活と、シミュレーションとの関係を見ていきましょう。

日常中のシミュレーション

例えば「明日は雨が降りそうだ」「傘なしでは濡れるだろう」「念のために持っていく」という思考は、頭の中でシミュレーションを仮につくり出し、そこから推論や意思決定を行っています。また私たちは、自身の経験だけを頼りに行動するわけではありません。家族や友達、ご近所、社会での人間関係。様々な人の体験を見聞きすることは、ある種の代替体験です。書物やインターネットを通じ、同時代や過去の人々の知恵を獲得することも、私たちの日常の一部です。他者とのコミュニケーションは、私たちにシミュレーションを促し、体験を擬似的に拡張させてくれるのです。

『心の理論』と、感情の動き

もし友人との待ち合わせに大幅に遅れた場合「怒っているだろう、会いたくないな」とど考えでしょう。「相手の立場で考える」というような能力は『心の理論』と呼ばれており、人間が行うシミュレーションの一環とも見られ、よく使われていると考えられています。近年の研究は、類人猿の間で行うシミュレーションの一種とも見られ、よく使われていると考えられています。近年の研究は、類人猿の間で行うシミュレーションの一種とも見られ、よく使われていると考えられています。



没入や愛着が、モノを分身に変える

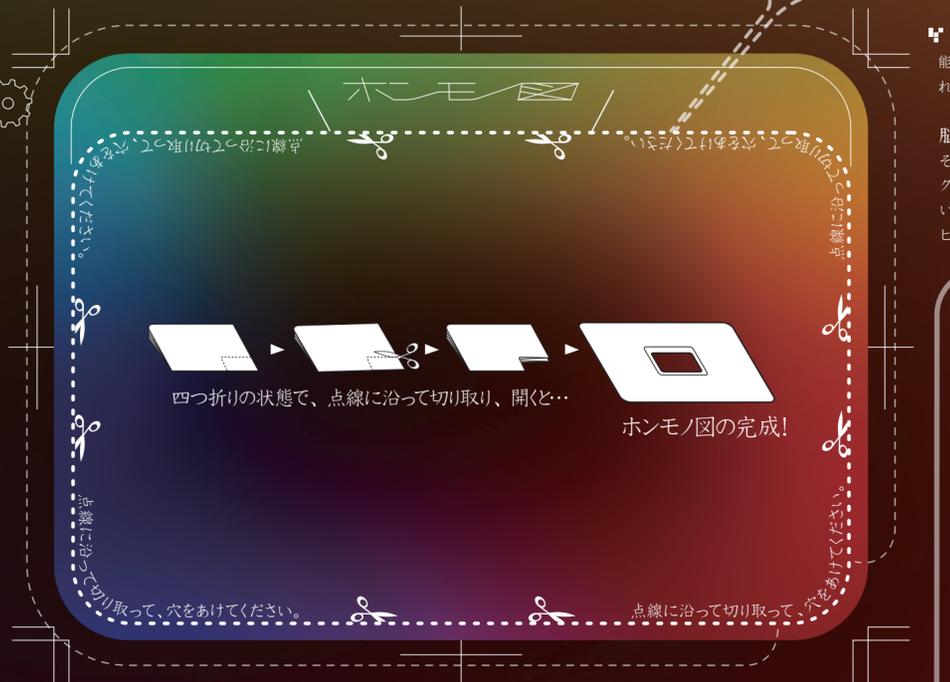
映画や小説の世界に入り込み、自分が登場人物であるかのような喜怒哀楽を覚えたことはないでしょうか？ 他人にはどうというもののない一つのぬいぐるみや一枚の写真に強い愛着を感じ、そこに生命を「見立て」たり、写されている人自身だと「見なす」といった体験はないでしょうか？ 私たちは架空の存在や単なるモノにも、自分を同一化させたり、心の中で生命を宿らせることがあります。それが傷つけられれば、自分の心の痛みのようにも感じます。自己でないものへと自己を投影するシミュレーションの動きを、そこに見て取ることで、生きていく。

コンピュータ・ゲーム — 本物のないシミュレーション

シミュレーションと呼ばれるためには、「本物」が必要不可欠なものでしょうか？ 例えば、コンピュータ・ゲームや、その元となったアナログ・ゲームの多くは「本番」が存在しません。私たちが囲碁や将棋、チェスを楽しむ時、「本物」の戦争を模倣しているわけではないでしょう。本番や本物が無いケースが存在するなら、模擬や模倣といった辞書的な定義では事足りなくなってきました。シミュレーションという概念の、その先につながる意味を追っていきましょう。

VRとAR — 現実を代替する／拡張する

バーチャル・リアリティ（Virtual Reality, VR）は、ユーザの五感の一部、あるいは全てに訴えかけてつくり出される、実際にはその場に存在しない現実感です。「仮想現実」とも訳されますが、virtualは本来「厳密には異なるが似たり様似の」という意味であり、時間や空間を超えた、あるいは現実にはありえない世界を「現実と錯覚させる働き」に重きが置かれています。これと似て非なるのがオーグメンテッド・リアリティ（Augmented Reality, AR）。こちらは現実世界の上で、デバイスなどを介して実際には存在しない情報を重ね合わせ、世界を拡張する仕組みです。



このポスターは、あなたが「本物」と思うものの上にお貼りください。

シミュレーションの対となる概念の一つが「本物」です。「シミュレーションとは何か」という問いに答えるのは困難ですが、それは「本物とは何か」という問いに答えるのが難しいこととよく似ています。本物の世界。本物の私。本物の心。これらは、問い続け、追い続ける事しかできない、見えないゴールなのかもしれません。「ない」ことで存在を主張する穴のように。

シミュレーションが世界を動かす

日常生活の中には、広く深く、シミュレーションが浸透しています。個人の行動から、組織や社会、国家の意思決定までが、招いた結果の良し悪しを問わず、大なり小なりシミュレーションの結果として生じたものです。このように考えてると、私たちが日々考え、選択し、行動していくプロセスにおいて、一つまたは人生において、シミュレーションが介在しないものなど、存在しないのではないかと考えてみます。人間社会の中で、シミュレーションは一体、どのような役割を果たしているのでしょうか？

シミュレーションという生存戦略

周囲の状況を的確に把握し、脳内で再構成した上で、幾通りものパターンとして展開してみる。文明の遙か以前、私たちの祖先が獲得し進ませたこの能力は、過酷な環境下の厳しい生存競争において、有利に働いたことは想像に難くありません。どこに待ち伏せ、追い込めば獲物を捕らえられるか。いつ、どのように手を入れれば作物は育つか。どのように付き合えば、集団は結束し維持されるか。歴史上の様々な局面でこの能力は発揮され、ヒトが社会的存在に — 今日日の私たちに — なっていくプロセスに貢献したことでしよう。

自己を模倣させる

近年、AI（人工知能）の利活用が注目を集めています。こうした研究も「ヒトや生命の活動を、人工的に再現・模倣させる」という意味で、シミュレーションと無縁ではありません。人間は、その知的好奇心の中に「自らの手で自らの似姿をつくり出したい」という欲望を潜ませているようです。その欲望は各時代の技術的制約の下で、様々なヒトの似姿を生み出してきました。そして、人間がつくる存在が人間以上の能力を持つ可能性、現実味を帯びてきています。

生命 — ライフゲーム*から人工生命まで

私たちは生きています。しかし、生きてるとはどういうことなのでしょう？ その答えに迫る方法の一つは、生命現象を模倣してみることでしよう。単純なルールの組み合わせだけから、まるで生き物のような動きを見せたりするセル・オートマトン*は、その一例です。生物がかたづけられる過程で自ずと現れるフラクタル構造は、異なるスケールで同様の構造が反復されていく特徴を持っており、現在ではコンピュータでシミュレーションすることができます。コンピュータ内につくり出した環境下で、生命の進化を模倣させるアプローチもあります。これらのシミュレーションは、私たちが生命の本質に迫る手助けをしてくれます。* ライフゲームは、セル・オートマトンの中でも最も有名なシミュレーション・ゲームです。

身体 — 人間を代替するロボット

自らの姿形を模したものに、私たちは不思議な魅力を感じます。古代から現代にいたるまで、洋の東西を問わず人形を変えてきた文化があることはよく知られています。中には、外見を真似するのみならず、お茶を運んだり、矢を射ったりするからくり人形のように、様々な機能を備えたものも少なくありません。その最前線に連なるのが、「ASIMO（アシモ）」や「Pepper（ペッパー）」などのロボット。現在、ロボットへのAI（人工知能）の搭載が注目を集め、身体能力のみならず、知能までも人間を上回る可能性が議論されています。小説『フランケンシュタイン』などに描かれたような文学上の想像物が、科学や工学の裏付けを経て、日に日に現実化してきています。

脳 — 人工知能には心は芽生えるか

そこで、1つの疑問が頭をもたげてきます。機械からも、心は発生するのでしょうか？ それはもはや荒唐無稽な想像とはいえません。ディーブラーニングという手法や、それを支えるビッグデータなどが、人工知能の能力を飛躍的に向上させているからです。では、私たちはそもそも、心とは何かを知っているのでしょうか。近年盛んな「心の発生」の研究は、サルからヒトへの進化、ヒトの成長過程、脳科学などの観点から、その問題に取り組んでいます。ヒトの似姿の産物に心が宿る時がきたら、「心」をめぐる私たちの考察は、まったく新しい段階を迎えるかもしれません。

シミュレーションの道具たち

私たち人類は現在、言語を用いて意思の疎通を図っていますが、その起源は深い歴史の霧に包まれています。しかし、私たちが類人猿と分かち持つ『心の理論』などを参照するならば、言語の発生においてシミュレーションが重要な役割を果たしたのではないかと想像することは、あなたが大胆な考えではないかもしれません。相手の心を推察したり、自らの気持ちを相手に投射したりといった行為は「じかに意思疎通したい」という欲望を喚起したと想像されるからです。遙かな過去から、今日現在まで。ここでは、シミュレーションを可能にする道具立てを通じてみましょう。* 『心の理論』については、ポスター左下の「あなたもシミュレーションをしている」内の項目で解説しています。

身体的表現 — 声、身振り、絵

意思疎通の手段として、私たちは何を持っているのでしょうか。文明の利器を一切省くなら、それは身体を使ってできると、すなわち話し言葉や身振りなどに限られてきます。言語以前の世界では、私たちは身振りや、あるいは動物同様の、声や表情で意図を伝えていたことでしょう。これらの情報は、喜んでいるのか、怒っているのかといった感情を言語なくても十分に伝えられます。こうした感情

「私である」とこの可能性

私たちはこの世界を、過去・現在・未来を持ち、時空間を超えて意識を拡張できる場として認識しています。例えば、明日や1年後、10年後の自分を、期待や不安とともに幾通りも思い浮かべることがあります。後悔の念に苛まれながら、起こらなかった（起こって欲しかった）過去を想像することもあります。こうした複雑な思考を、知人や他者のつもりになって行うこともできます。これらは、決して当たり前ではありません。現在確認されている限り、このような世界は人間のみに関わっています。これこそがシミュレーションに必要な条件です。「私」が、他の「私」と関わりながら、仮説を立て、模倣し、行動で確かめは進んでいく。その軌跡の連なりを、私たちは「人生」と呼んでいます。

理想を描く・世界を欲望する

かくして、社会や政治・経済、科学といった人間の営みは進んできました。例として、社会運動の変遷を考えてみましょう。様々な差別の減少。女性の地位向上。社会的少数者や弱者への想像力の拡大。異なる「理想の世界」は、深刻な対立を顕在化させ、暴力や流血の原因ともなり続けています。私たちが存在するこの世界をできるだけ正確・精密に見つめ、それに近づぐためにシミュレーションが用いられる場合もあります。自然科学の営みは、この世界を知りたい、表象したいという欲望によって前進します。たとえばその成果が「本物の世界」には触れ得ず、「自然科学」という名のシミュレーションにとどまり続ける可能性があるのだとしても、* それは世界に対する私やあなたの見方を変化させ、私たち人類を、次なるシミュレーションへと駆り立てるのです。



アフリカ系アメリカ人公民権運動の指導者、マーチン・ルーサー・キング・ジュニア

* 自然科学とシミュレーション

自然科学は、電子やクォークなどの直接的な観測が不可能なスケールにまで踏み込んでいます。「科学的実在論」という考え方では、その秩序を自然科学は正しく描写し得るものの立場を取ります。一方「反実在論」は、観測不可能な対象の世界について、その秩序を自然科学が正しく描けると考える理由がないと主張します。ただしどちらの立場も、直接観測できない電子やクォーク等を推測（シミュレーション）しています。そこには、見え、触れ得ない、シミュレーションのみが探求できる世界が広がっています。

この丸は、心の中であり、ここから思いが溢れ出します。

この丸は、心の中であり、ここから思いが溢れ出します。