シミュレーションって何だろう

吉戸智明

理化学研究所 計算科学研究推進室 広報グループ 筑波大学 計算科学研究センター 広報・戦略室



シミュレーションって何やねん(八尾歴7年、灘歴2年)

シミュレーションゲーム

サッカーのシミュレーション(わざとファウルをもらう反則)

住宅ローンのシミュレーション

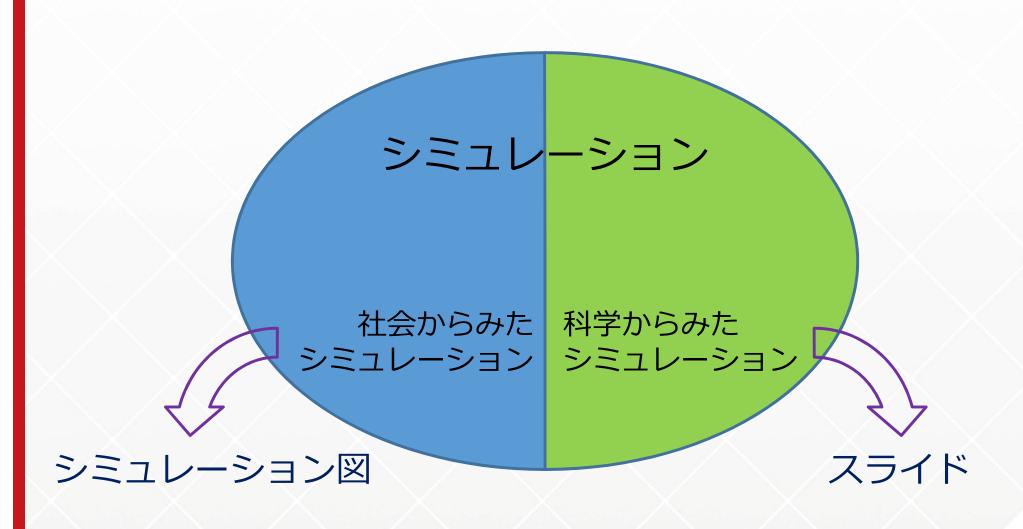
科学の世界では、昔は数値計算と言ってた気がする

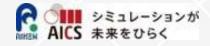
辞書によると (三省堂大辞林)

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。実際に模型を作って行う物理的シミュレーションと、数学的モデルをコンピュータ上で扱う論理的シミュレーションがある。模擬実験。 「京」ではこれ



科学で使うシミュレーションと、社会で使われるシミュレーションは違うんじゃない?





シミュレーション図 (制作委員会:小阪淳、片桐暁、高梨直紘、吉戸智明)

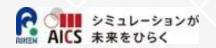


科学からみたシミュレーション

研究者へインタビューを行い、スライドにまとめる

「シミュレーションの価値は何ですか?」

- 協力いただいた研究者:43名 「京」やポスト「京」関連の学術・産業界
- インタビューワー: 5名理研 フラグシップ2020プロジェクト企画調整室理研 計算科学研究推進室 広報グループ
- インタビュー期間:2016/5/20~7/26



まとめに当たって注意した点

● 想定読者:

シミュレーションの研究者、シミュレーションで研究しようと 思う人(大学などの研究者、企業研究開発者) シミュレーション研究の応援者(企業経営者、著名人、一般) 政治家・官僚(国、地方)

● 15秒ルール:

とても忙しい人は、文書1ページを読むのに15秒しかかけないとする経験則。何が書かれているかを15秒で察知し、続く15秒で中身を理解する。

● 説明の仕方:

「京」やポスト「京」プロジェクトありきの説明をしない。 まずシミュレーションで何ができるかをあげて、その具体例と して「京」などの成果を活用する。

まとめてみた個人的な感想

- インタビューで、研究者のコメントすべてに納得した
- 研究や科学の枠からほとんど外れていなかった(質問の 仕方が良くなかった?)
- かなり吉戸風味のまとめになった(のではないか)

科学からみたシミュレーションのスライド公開中

計算科学研究機構ホームページ http://www.aics.riken.jp/jp/

- >もっと知りたい
- > コンピュータ・シミュレーションでできること・わかること

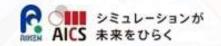




コンピュータ・シミュレーションで できること、わかること

- コンピュータ・シミュレーションにはどんな価値があるのか
- ・なぜコンピュータで 自然現象の解明・予測ができるのか
- ・ ポスト「京」 プロジェクトとはなにか

2017年7月 理化学研究所 計算科学研究機構



1章 コンピュータ・シミュレーションには どんな価値があるのか

コンピュータ・シミュレーションの価値

現代の科学技術に欠かせないツールとなった、コンピュータ・シミュレーション を使ってできること・わかること。

A. 世の中のしくみがわかる

- 1. 自然現象・社会現象のメカニズムが解明できる。
- 2. 現象の<u>本質</u>が理解できる。
- 3. 原因と結果だけでなく、途中経過がわかる。
- 4. 自然災害や社会の安全を脅かす事象を仮想的に起こすことができる。
- 5. 可視化できるため、情報の共有化がしやすい。

B. 実験・観測、理論との知的共創により科学の進歩が加速する

- 6. 実験や観測での抜けを埋めることができる。
- 7. 実験・観測計画の立案、設計に利用できる。
- 8. 自然界にない物や極端な状態を作ることができる。
- 9. これまでにない理論・法則に気付ける。新たな創造。

C. 未来の予測ができる

- 10.定量的な予測ができる。
- 11.研究の確度を高め、余分な労力・時間やお金をかけずに済む。

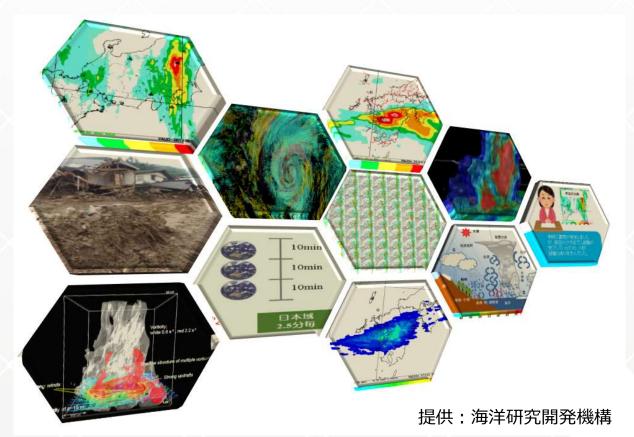


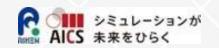
- A. 世の中のしくみがわかる
- 1. 自然現象・社会現象のメカニズムが解明できる

天気予報の的中率は現在、24時間後に80%を超える程度(※)であり、年々上がっている。天気予報は、物理法則をスパコン上でシミュレーションした結果である。大気や海洋の物理法則を理解して精密にモデル化し、大規模シミュレーションにより、実験ができない自然現象のメカニズムを解明する。

※気象庁ウエブサイトより

集中豪雨、落雷や竜巻のように数時間で急変する局地 的な現象についても、短い 時間内で精緻な予測シミュ レーションを行うことで、 防災や減災の助けになる。





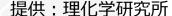
- A. 世の中のしくみがわかる
- 2. 現象の本質が理解できる

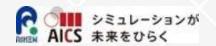
がん研究においては、がんの進化を探ることがとても重要な課題だが、 実験データだけではその全貌を明らかにすることは困難である。

しかし、膨大な条件でシミュレーションをすることで、がんの進化の細かい動きを追跡することが可能になり、進化の原理をより深く理解できるようになる。

スパコンでのシミュレーションは、 実験データの背後に潜む生命現象の 動作原理、本質を捉えることができ る。



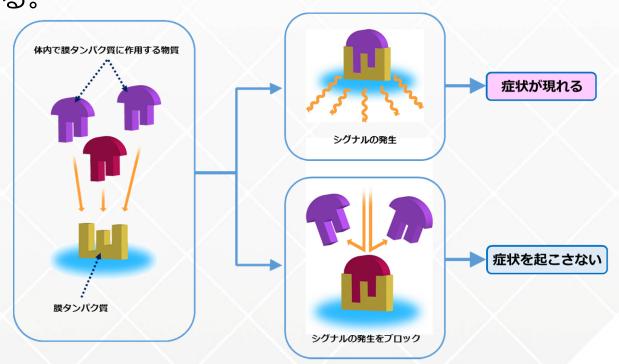


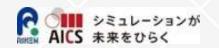


- A. 世の中のしくみがわかる
- 3. 原因と結果だけでなく、途中経過がわかる

薬は、病気の原因となるタンパク質に作用することで効く。薬の作用メカニズムを理解する、つまり途中経過を知ることで、より効果があり、副作用の少ない安全な薬分子を設計することが可能になる。

薬が作用する分子の世界は、簡単に見ることができない。体の中のさまざまな 分子のはたらきをスパコンでシミュレーションすることによって、薬が作用す るメカニズムを明らかにできる。





出典:新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)

A. 世の中のしくみがわかる

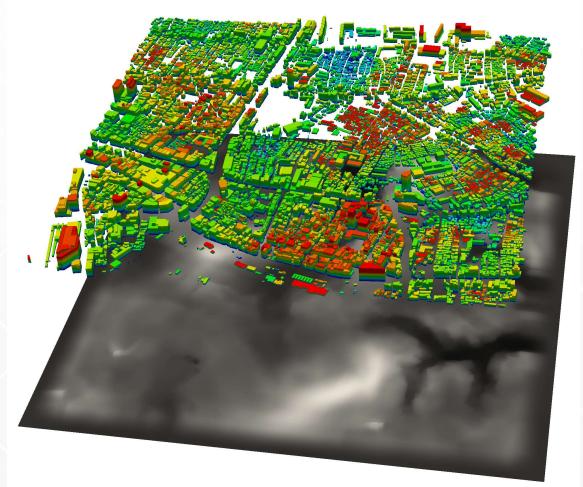
4. 自然災害や社会の安全を脅かす事象を仮想的に起こす

ことができる

自然災害に備えるために、建物 は丈夫にしなければならないが、 これにはコストがかかる。また、 重要な建物はより丈夫にするこ とが求められる。

建物と同様、都市の場合も、自然災害に備えるためには、コストや重点的に守るべき都市機能を考える必要がある。

シミュレーションを使うと、自 然災害、さらには安全を脅かす 事象を仮想的に起こすことがで きる。建物や都市の、コストを 含めた効果的な備えを考えるこ とができる。



都市の地震シミュレーションの例。上は建物の揺れの大きさ (赤が大きく青が小さい)。下は地震による地盤の揺れの大 きさ(黒が大きく白が小さい)。

提供: 東京大学地震研究所



- A. 世の中のしくみがわかる
- 5. 可視化できるため、情報の共有化がしやすい

ここ数年、日本上空で飛行機の渋滞が深刻化している。スパコンを使った高度なシミュレーションによって、たとえ一部の飛行機に遅れが生じた場合でも、全体の安全と効率を考えた最適な運航方法を見つけだすことができる。 飛行機の航路をリアルタイムに3次元で可視化することによって、他分野の専門家とも情報共有がしやすく現象の理解も深まる。





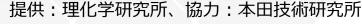
提供:電子航法研究所

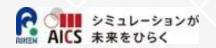
- B. 実験・観測、理論との知的共創により科学の進歩が加速する
- 6. 実験や観測での抜けを埋めることができる

自動車のまわりの空気の流れを制御することで、空気抵抗を減らして燃費を良くすることや、騒音を減らして快適な乗り物とすることができる。 車体を使った実験では空気の流れを細かく測定することはできないが、空力シミュレーションであれば空気の渦や流れの詳細まで見ることができ、自動車のまわりの流れを理解し制御することが可能となる。

自動車開発では、形状を 色々と変えて性能評価して と変えて性能評価となる とびに多くの時間とおったが るたびるが、空力シは色は がつるがいからば色式で を簡単かつ大量に試まり とができる。その結果 り高性能な り高性的安く開発する ができる。



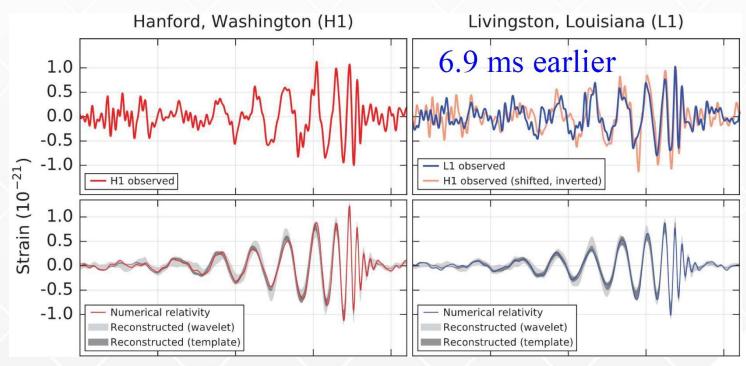


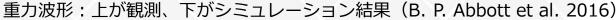


- B. 実験・観測、理論との知的共創により科学の進歩が加速する
- 7. 実験・観測計画の立案、設計に利用できる

宇宙や天体の観測は光(電波、赤外線、可視光線、X線など)によって行われてきた。ブラックホールや太陽の内部などは光で見えないため、重力波やニュートリノによって「見る」必要がある。

重力波は極端に微弱なため、観測が難しい。重力波には「波形」があり、観測結果から波形を見つけ出すのが困難。波形をシミュレーションであらかじめ計算しておくことで、観測結果から重力波を特定しやすくなる。





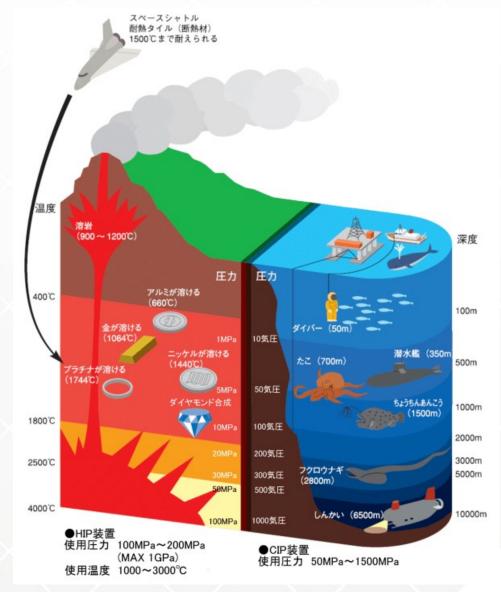


- B. 実験・観測、理論との知的共創により科学の進歩が加速する
- 8. 自然界にない物や極端な状態を作ることができる

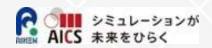
超高圧や極低温といった極限状態で しかみられない現象や、極限状態で しか作られない物質がある。

実験や観測が困難な超高圧や超高温 などの極限状態でシミュレーション を行う。

その結果、超電導メカニズムなどの 解明や、新物質の発見が実験・観測 に先駆けて可能になる。





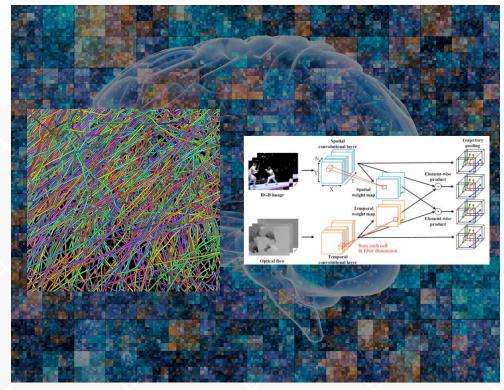


- B. 実験・観測、理論との知的共創により科学の進歩が加速する
- 9. これまでにない理論・法則に気付ける。新たな創造。

人工知能の研究は、その黎明期から神経科学の発展と歩みを共にしてきた。大量のデータから学習して法則やパターンを発見する機械学習手法であるディープラーニング。これは、ほ乳類の脳の初期視覚野の神経結合様式にヒントを得て発明された。

脳神経系のシミュレーションの発展は、より高度な人工知能技術の開発につながる。それは、シミュレーションを通じた思考の仕組みの理解を、更に加速させる。

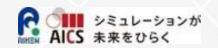
シミュレーションを介した理学と工学 の共創が、科学と技術の新たな価値創 造に結びつく。



左:確率シミュレーションによる神経繊維同定

右:人工神経回路を用いた動画解析

提供:京都大学、東京大学、電気通信大学



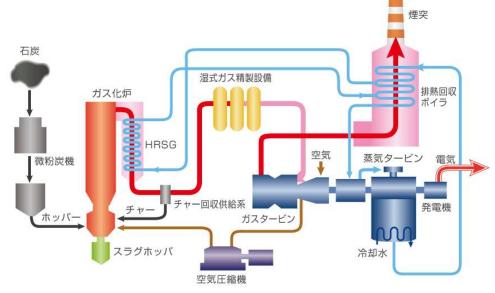
C. 未来の予測ができる

10. 定量的な予測ができる

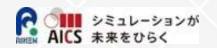
石炭はエネルギー資源の主力であり、世界中で使用されているため、環境負荷の低減が常に求められている。二酸化炭素回収貯留(CCS)技術を利用した石炭火力発電システム実現のカギを握るのが、石炭ガス化炉である。

石炭ガス化炉は、石炭を微粉化→高温でガス化→環境汚染物質を除去→完全燃焼、という極めて複雑な工程をとる。炉の開発では、実験炉から順番にスケールアップして最終的に商業炉を作る。ところが、石炭燃焼は複雑な非線形現象のため、炉を単純に10倍大きくしても、10倍の能力が得られるわけではない。

シミュレーションを用いて、スケールアップした炉の定量的な予測を行うことで、試行錯誤の回数を減らすことができ、商業炉の実現が早まる。



出典:新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)



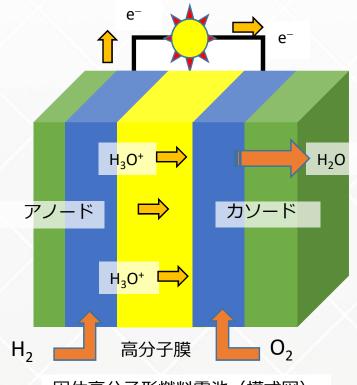
C. 未来の予測ができる

11. 研究の確度を高め、余分な労力・時間やお金をかけずに済む

多くの化学反応実験では、反応前と反応後の分子しかわからない。分子がどのように変化していったかの途中経過を捉えることが重要であり、シミュレーションにより途中の反応や触媒の働きを理解することができる。

途中の分子の変化、電子やイオンの流れを知ることで、希望する条件で効率のよい化学反応を起こす材料の組み合わせを見つけることができる。

この予測をベースに実験することにより、労力・時間やお金をなるべく掛けずに、より良い製品を開発することができる。



固体高分子形燃料電池(模式図)

提供:東京大学物性研究所



シミュレーション図を振り返ってみると

験を行うこと。複数実験(大時体 第3版より抜粋)」。模数や模倣といっのは料字や工学の分野における定義ですが、私たちは昔役から「明日の役 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見聞きするものの、その意味については曖昧にした確解していないもの。それが、多くの人がにとっての「シミュレーション」のイメージではないで しょか。このボスターはそんなジェレーションについて、「様々な角度から、そのか体格を記す場所には、おと思えるものです。 発展者といつレビューターシミュレーションの最前線、ジミュレーションという機合の広がりで表げる。そして、その機能にある人間の原本まで。シミュレーション ンについての様々は、しとない特殊的値位性を対象性がよし、「あした男本させ、人間のからの姿みの、過去と未来を見事らてこといと思かっていきます。

スコンーション中は計るかれば、模倣する対象である「本物」が必要下可欠なのでしょうか? 利えば、コピュータ・ゲーヤ、その必どなったアナログ・ゲームの多(以上「本書」が存在しません。私たりが囲碁や将棋、チェスを飛んむ場「本物」の戦争を模倣しているわまではないでした。本書や本物がな、サースが存在するなら、複雑や模倣といった時書的な

定義では事項目なくなってきます。シミュレーションという概念の、その先に広がる意味を造ってみましょう。

VREAR — 現実を代替する/拡張する

四つ折りの状態で、点線に沿って切り取り、閉くと・・

い現実感です。「仮想現実」とも訳されますが、virtuaは本来「最密には

ミュレーションという言葉は、どう使われているか?

期の中で「同日の政権が注えにレーン」でも「例、もたは物理を予めた他立ちから、大いな、に ノリス・オリモしい その バー が、では、科学の世界と自等の世界では、まざを主て使われているのでにようが、この主義の議論は、ファン語のaimab(身体する、概念をする)に 想はす。ことで、ころにおみるなどであり、「使わり、べあいても」「見立ても」などを何つたましょう。そもと、この主義の成長は、アン語がはかない。 まごという一般はは、ことで、そうにおみるなどである。

自己を模倣させる

体験を拡張する

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かえたりできます。本物の「世界と自己」の代わりに、異なる世界や 新たな自己が現れる。こうした体験の拡張は、実は目前しいものではあけません。古くは演劇、そして文字や映画などによって 私たちは自らを「いま、ここ」とは異なる世界に決入させてきました。その最先端に位置するテクノロジーは、私たちをど

シミュレータ ― 環境を擬似的につくり出す

&たちの周川には、様々なシミュレータがあります。例えば、飛行機の操縦を学ぶためご (られたフライト・シミュレータ、コクピットを模した装置内に乗り込み、コンピュー)

異なるがはは同様の」という意味であり、時間や空間を超えた、あるい が生成する風景を見ながら操縦訓練を行うもので、本物の飛行機を施ぎすことなく、本春に述い は現実にはありたない世界を「現実と経覚させる働き」に恵きが置 ・ 機管体験が得られます。実際に飛行機 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 の機能を終れば現実の危険が持って ディ(Augmented Reality, AR)。こちらは現実世界の上 いますが、シミュレータなら「現実ではな に、デバイスなどを介して実際には存在しない情報を重 ・表版1から学ぶことができるおけです。 ね合わせ、世界を拡張する仕組みです。



自らの参利を使したものに、私たちは不思議な魅力を施じます。古代から現代にいたるまで、途の東西を関わず人利を表でる文化がある。 ♥ ものも少な(おりません。その最前線に達なるのが、[ASIMO(アンモ)]や[Pepper(ベッパー)] などのロボナル境点、ロボットへのAI(人工等能)の格量が当自を集め、身体能力のみならず、知能までもが人間を上回る可能性が議論されています。小説『アウンケンショクシ』などに指か おたような文学上の標準動が、科学や工学の事材は多様で、日に日に現まれてきています。



そこで、1つの疑問が頻をもたげて3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物像とはいえません。ディ - Gのでしょうか。近年高んな「バの多生 |の研究は、サルからヒトへの後化、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します。 ヒトの似姿の変わにつが宿る時がきたなら、「つ」をめてる私たちの考察は、まったく新しい保留を迎えるかもしれません



ュレーションの大きな目的の1つは、出来事を推測すること

世界の出来事の多くが推領な構造を持ち、不確定な事をに進ちていま

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

ま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

・クロやマクロの理論や、深か過去や未来の理念、あないは実験す

るには危険を伴ったけつストが掛かけすぎる理 乗を理解したい時に

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

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、取り扱いたい事業をモデル化するところから始まります。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彩 一つおけた程式― に落とし込むのです。* ひとたび方程式にてしまえば、時間を進めたリ戻したりと操りながら、モデルがどのような扱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くれるのがコンピュータです。例えば天気予報や光雲・津波などの生活に関わる現象から、 銀河同士の劉安などの想像を続する現象まで、人間の計算能力を進かに起えるコンピュータの登場が、こうした様々な出来事を推

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

が、「最近の天気予報は正確だな」と楽にることがあるとすれば、それはモデルの情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、計算量は相違いに増え でいきます。明日の天気予報に100日も掛かってしまっては、尤も子もありません。ここに、スーパーコンピュータの改義 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、その結果で耐たな視野をおだいけが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」といった概要的な性能向上を終化し始め、消費者力の制約も新しなってきました。開発に巨振の資金と大 最の変力を要する世界最大協のスーパーコンピー・例は、私はや



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、いまや私たちの報信にも入り込んでい 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、私たちは刺一刺とその行動を変化させています。「交通 法滞の情報を調べ、それを避けるルートを選択する」などは、その身近な 何でしょう。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 生することもありえます。その予念をいち早く捉え、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 次の行動を変えいというように、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、分かち難く一体化して進んでいく。そのようなシ



事象子別には、コンピュークによるものだけで など、物理的な英葉やモデルを関いる主体主 あります。英国安静では、航空機や白粉をな を開き、要達な形状の検討などに取りてき す。制度実験では、模型や実物を実験装置



い妻者を感じ、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

で生命を招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ョッレー

ションの働きを、そこに見て取ることがで

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約となる概念の一つが「本物」です。「シミュレーションとは例か」という時、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 なています。本物の世界、本物の4c 本物の4c これらは、同い終す、途い終りる事しかできない。 見えないゴールなのかもしれません。「ない」ことできまを主張する穴のように

ン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練通を図っていますが、その起源は深い 歴史の傷に包まれています。しかし、私たちが類人様と分から持つ手心の理論』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投票だし たのではないかと思索することは、あながら大胆な考えではないかもしれません。相 言語 ― 叙述、抽象化と論理 手の心を視察したり、自らの気持ちを相手に投射したりといった行為は「じかに乗 をたちは、特定の言語圏に生まれつき、言語を習得 思味通したい」という状質を奏起したと思慮されるからです。迷かな過去から、今 し、その言語を通じて世界を見ています。その言語を 日現在まで、ここでは、シミュレーションを可能にする運用立てを通覧してみましょう。 用いて現実を存在に指導したり、検索化したり、検 ※「「いの知識」については、オステーを下の「お文をおうまとった」としている。「内の明確で解説しています。

身体的表现 一 声、身振川、絵 意思疎通の手段として、私たちは何を持っているでしょ うか。文明の利益を一切省(なら、それは身体を使っ

「私である」ことの可能性

たたけての世界を 過去・提査・未 集を持ち、時を間を紹子で乗締をお係で

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、期待や不安とと前に接通

引も思い浮かべることができます。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)過去を問

てできること、すなわち話し言葉や身板がなどに限られ てきます。言語以前の世界 では、私たちは身振り

で、あるいは動物同様、声や表情で意図を伝えて 科学 ― 理論、実験、数値的表現など vたことでしょう。これらの情報は、各人でいるのか 言語は、時代や文化によって形 に異なます。しかし 🍰 🚶 🗎 🚠 Eす。こうし しい共通言語を見出しました。この言語は論理的・抽 10 11 12 13 14 た影情 章 素的操作に特化したもので、時代を文化を超えた妻 10 11 12 13 14

いるシミュレーションの、基礎とおいうべき部分を担っていると考えられるので

す。またす話は、単語が対応かの計算を指示し、文章が対応かの音味やイム

ジを表現することから、現実世界(あるいは架空の世界)を模倣し、繋似的に 現前させる、シミュレーションの機能を有しています。

→ のや()取()、共有、そして模倣などが、言語の誕生を用象したのかも

れません。また、人間の身体的表現としては、絵画も挙げられます。誰かれた

目的は未だ確定できませんが、未更時代の人類が描いた動物たちは、その

理的に思考したけることができます。ちらにはそれ

らき、話と言葉や文字によって他者に伝え、広く共有

することができます。すなわち言語は、私たちが行っ

過性を備えています。そして「科学」は、現実世界の練 19 16 17 18 39 現象をこの数字によって記述し、人切に共有可能 なものとして表現することで、内容を繋がなものにしてきました。料理

は、3以前は不可能だった領域にまでシミュレーションを押 広げました。その成果は一歩一歩、この世界の ことではありません。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かれています。これこそがシミュレーションに必要な 仕組みを明かし、実利的な要求を呼え に関係を続けています。

※自然科学とシミュレーション 自然科学は、電子やクォータなどの、直接的

の秩序を含然科学は正しく指定し得るとの立場を 取ります。一方「反安在論」は、観測不可能な対象。

と考える機能がないと言葉します。かだしどもみの立義 ミュレーション)しています。そこには、見え

あなたもシミュレーションをしている

意味があり、「智う」は「振う」であることからも、伴智与模倣与シミュレーションという構図が見て取れるでしょう。といは乳児の役 開から模倣を始め、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、途かな過去、狩猟採集時代における生存戦略の名残けが感じられます。匿名が慎え 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起よう。

例えば「明日は雨が繰りそうだ」「幸なしでは濡れるだろう」「念のために持っていこう」という思考は、頻の中でシチュエーショ ンを仮につくの出し、そこから推論や意思決定を行っています。また私たちは、自身の経験だ技術に行動するわけで 没入や愛着が、モノを分身に変える はおはせん。家族や女達、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、ある後の代替体験 映画や小説の世界に入り込み、自分が登場人物である 複数物をれ自体の魅力 です。書物やインターネットを適と、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。 かのような事効素発を覚えたことはないでしょうか? 他人 他者とのロミュニケーションは、私たちにシミュレーションを似し、体験を繋が的に拡張させてくれるのです。 にはどうということのないりつのめいぐるみや1枚の写真に強

もし支人との持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」などと考 えるでしょう。「相手の立場で考える」このような能力は『心の理論』と呼ばれており、人 ・・・ 間が行うしょっしーションの一種かれ れないとまるられていま - - す。『心の理論』は、共務や体制といった感情にも、相手の 新みに付け込み。取けがとし、**関すことなどにも関わっ**

ていると考えられます。近年の研究は、類人様の一人

また。シミュレーションによって説明できる感情の働 さもあります。他者の地位や名声、才能などへの「羨 望」は、自分との比較やシミュレーションから生まれ得ま す。その感情は、内省や自身の成長を促しますが、負に転じれば、妬みや僧しみへと変 わるでしょう。触えざるシミュレーションが、割々と心臓のありようを変えていくのです。

しました。動物の様々な行為の中にも、シミュ

レーションに類するものが、まだ存在するかもし

わりの所有物・・そこには様々な用途が存 在します。我行機を手に持って形を撃で、 ら(不可能な)最初のおに可能な行為です。 また。現実には存在しないものを作り、オリフ ナルを想像させることも、模型ならば容易でしょ 4、確保は特に、確保物子れた体によって、本物

→一部も『この理論』を持つことを明らかに やパンテーが無すの立 事に立つことができな

日常生活の中には、広(漢(、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、扱いた 給果の食し易しを問わず。大なり小なりシミュレーションの結果として 条件です。「私」が、他の「私」と関わりながら、仮説を立て、模擬し、行動で確かめては進んでい 生まれたものです。このように考えて(ると、私たちが日々考え、選択し、その軌跡の連な目を、私たちは「人生」と呼んでいます。

行動してパプロセスに投げ、一つ割は人生に投げ、ケーシミュレージ ンが介在しないものなど、存在しないのではないかども思えてきます。人間社 理想を描く・世界を欲望する 今の中で、シミュレーションは一体、どのような役割を集たしているのでしょうか?

か(して、社会や政治・経済、科学といった人間の悩みは進んできま

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 シミュレーションという生存戦略 減少、女性の地位向上、社会的少数者や弱者への態像力の拡大。 周囲の状況を的確こ把握し、脳内で再構成した上で、最適けものパターンとして展開して 人々の心に指かれた「理想の世界」は、社会変革の力の原ともなって、ます。しかし一方で、異なる人々が指 みる。文明の遂か以前、私たちの祖先が獲得し進展させたこの範がは、過酷な環境下の厳 異なる[建物の世界]は、深刻な対立を顕在化させ、基力や進五の周因ともなり続けています。

に一条日の私たちに、なっていくプロセスに登録したことでしょう。

ホンチノ図の窓成し

とい生产競争において、有利に強いたことは想像に着くおはせん。どこに持ち伏せ、遠い込 私たちが存在するこの世界をできるだけ正確・検索に見つめ、それに近づくためにシミュレーションが用いられる場合を

が延慢物を捕らえられるか。いつ、どのように中を入れれば作物は有つか。どのように付き合え 利ます。自然科学の皆みは、この世界を知识たい、表象したいという政策によって軽適します。たとえその成果が「本物の ば、集団は結束し維持されるのか。歴史上の様々な局面でこの能力は発揮され、といが社会的存在 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支持的行名領地位があるのだとしても、そそれは 世界に対する多か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引立てるのです。

みなさまへ

- ◆ われわれが気付いていないシミュレーションの使い方があれば、ぜひご一報ください。
- □ ビッグデータやAI(人工知能)は、スーパーコンピュータという装置を使うのは同じです。しかし、シミュレーションとは異なる手法です。
 - →上手な使い分けと相互協力が必要です。

シミュレーション研究者・関係者のみなさまへ

- スライド「コンピュータ・シミュレーションでできること、 わかること」に対するご意見・ご感想をお寄せください。
- アウトリーチ・広報活動などで、ぜひスライドをご利用ください。1ページ単位での利用が可能です。

