

見える化シンポジウム2018

シミュレーション可視化の未来

計算科学ミュージアム実現に向けて

2018年

2月24日(土)

報告書



シミュレーションが未来をひらく

理化学研究所 計算科学研究センター

RIKEN Center for Computational Science

シミュレーションが未来をひらく

見える化シンポジウム2018

シミュレーション可視化の未来 計算科学ミュージアム実現に向けて

日時: 2018年2月24日(土) 13:00~17:35

場所: 日本橋ライフサイエンスハブ(室町ちばぎん三井ビルディング 8F)

主催: 理化学研究所

共催: ポスト「京」重点課題1、ポスト「京」重点課題7、ポスト「京」重点課題9

協力: ポスト「京」重点課題実施機関、高度情報科学技術研究機構

参加費: 無料

参加者数: 104人



CONTENTS

目次

主催者挨拶	03
来賓挨拶	04
課題提起	
なかなか伝わらない「シミュレーションの価値」 辛木 哲夫	05
計算科学の見える化：方程式～アルゴリズム～データ 藤堂 眞治	06
講演	
科学技術館科学ライブショー「ユニバース」 22年間の実践から 亀谷 和久	07
目に見えない実物を展示する 島田 卓也	09
科学データを見るということ 三浦 均	11
招待講演	
近年の地球環境問題とその見える化 中島 映至	13
パネルディスカッション	
計算科学ミュージアム実現に向けて	15
まとめ	17

主催者挨拶

理化学研究所 計算科学研究機構※
副機構長

宇川 彰



「シミュレーションの可視化」で どのようなメッセージを届けるのか？

私ども理化学研究所では、スーパーコンピュータ「京」を運用しております。しかし、「京」コンピュータで何をやっているのかということに関しては、私どものご説明がまだまだ足りず、多くの人々に理解されていないと感じております。その中でも、「シミュレーション」と呼ばれるものが、科学、そして技術にとって非常に大事でございます。

そうすると、「シミュレーションとは何か?」となるわけで、昨年度は「シミュレーションの価値」ということをテーマにして、科学者・研究者はもちろん、芸術家、哲学者の方々にも広く加わっていただき、議論をしていただきました。

もちろん、その場で明確な結論が出たわけではありませんが、さまざまな観点からシミュレーションの価値、意味を捉え直し、それを集大成したものが、今回、皆様にお配りした「シミュレーション図」と言えます。

そこで本年度は昨年の議論を踏まえ、「シミュレーションの可視化の未来」というテーマを設定いたしました。「可視化」、あるいは「見える化」とは、シミュレーションで計算した結果をわかりやすい図で表わすとか、動画に見せるということですが、それ自体はどういうメッセージを伝えようとしているのか。

あるいは、これまでもテレビ番組などで、「京」によるシミュレーションをご覧になったことがあるかと思いますが、それらもこれまで通りの発信でいいのか。シミュレーションの意味を伝えるうえで、もっと別なあり方もあるのではないか。今回はそのような議論もしたいと考え、「可視化の未来」ということに焦点を当ててみました。

本日は理化学研究所からはアウトリーチ(研究成果の公開)の観点で、また藤堂さんからは研究者の観点で、それぞれ二つの課題提起をさせていただき、その後で、実際に「シミュレーションの可視化」にこれまで取り組んでこられた方々のご講演をお聞きしたいと考えております。

最後にパネルディスカッションを行ないます。その際は、ぜひ、会場にお集まりの方々からも積極的なご意見を交えていただき、「シミュレーションの可視化の未来」というテーマをいっしょに考えていきたいと思っております。

盛りだくさんのプログラムとなっておりますが、土曜日の半日、議論を楽しんでいただければ幸いです。

※現在は計算科学研究センター



来賓挨拶

文部科学省 研究振興局
参事官(情報担当)付

澤田 和宏

情報を公開し「見える化」することの難しさ

ご紹介頂きました澤田です。私は2年前の夏から現職に着任していますが、その昔は、「情報課といえばスパコン」と省内では見える化されていました。一方で最近は、「情報課といえばAI(人工知能)、ビッグデータ、IoT」と思われ、「このAIブームの中、なぜスパコンにそこまで大きな予算を」という声すら聞こえ始めています。そのような中、「京」とポスト「京」についての政府予算案は、お陰様で何とか形になったかと思えます。

昨年春から、室長ポストが空席となり、私が代打をしています。ある意味、私自身が見える化されたのか、先生方から直接「情報が伝わる」ようになりました。着任時には全く門外漢だったポスト「京」のシステムのコスト・性能評価や、アプリケーションの中間評価の原案を書くことになり、机の上で1日に1ページも筆が進まず苦しんだ日もありましたが、先生方の励ましも頂き、気が付けば作品が出来上がっていました。それに連れ、私自身も日々スパコンを好きになっていくのを実感しております。

「情報が伝わる」ことは重要です。昨年コスト・性能評価で、ポスト「京」は秘密主義なのかというご指摘を受けました。そのようなつもりは毛頭ないので、ポスト「京」の情報をできるだけ公開し、ユーザを増やそうと、1月に説明会を開催しました。しかし今度は参加者から、2時間の説明会にしては情報が多すぎて消化し切れないとのご意見を頂きました。私自身、情報の公開や、見える化することの難しさを日々感じております。

そもそも、本日、なぜ「見える化シンポ」が開催されたのか。膨大な計算をすることが人間には難しく、それをスパコンにお願いした。しかし、ある時からスパコンの計算が複雑になりすぎて、人間の理解が及ばなくなったからではないでしょうか。スパコンが不憫なような気がしてなりません。私は昨夜、他にそのような事例がないか、すなわち、お願いした側が、自らお願いした仕事の価値を忘れてしまった事例がないか自宅で考えてみました。これがなかなか見つからず、考えながら片付けを放置していたところ、妻から、あなたは私が日々家事をしていることに感謝を忘れていたわねと言われました。

意外と身近にそういう事例があるということで、私も本日のシンポジウムで勉強し、自分自身を振り返り、課内や家内にフィードバックして参りたいと思います。ありがとうございました。



辛木 哲夫 理化学研究所 計算科学研究推進室

なかなか伝わらない 「シミュレーションの価値」

広報活動の内容と評価

まず最初に、我々がふだん、どのような広報活動をしているのかをご紹介します。

広報活動の一つ目は、マスコミを通じて「京」を幅広く取り上げていただくため、そのリリース制作、問合せへの対応などしております。おかげさまで「京」に関する放送、記事掲載は年間500~800件に上っております。

二つ目は、ウェブでの情報発信です。年間20万人の訪問者があります。ウェブに限らず、ほとんどの情報は日本語と英語の両方で発信しております。

三つ目は印刷物や動画などのコンテンツ制作です。一般向け、研究者向け、子供向けなど、読み手に応じた冊子、動画などを作っております。

他にも、今回のような広報イベント、各地での講演会、高校などへの出前授業も実施しています。また神戸にある「京」の施設には、年間1万名の方々に見学していただいております。

では、そこで何を伝えているかということですが、まず、理研のみならずプロジェクト全体の「京」による研究成果をお伝えすること。そして、その成果を生み出すためにシミュレーションがどのように役立っているか、また、シミュレーションにはスパコンが不可欠であることもご説明しています。

このような広報活動を通じ、われわれの意図がどの程度伝わっているかを知るために、一般の方々を対象にした意識調査を2013年から毎年1回(1400名)実施しております。

それを見ると、スパコンや「京」の名前を知っている人は70%~80%と非常に高い数字が出ていますが、スパコンがどう役立っているのか、さらにはスパコンとシミュレーションの関係という点では低くなる状況であり、なかなかシミュレーションの価値が伝わっていない状況が見えます。

課題提起—もっと伝えるための工夫とは

もちろん、我々もわかりやすく伝えるための努力をしています。たとえば、相手の立場に立って伝える、許容範囲内でデフォルメをする、人の五感に訴える、動画にするなどです。それでも、なかなか伝わらないのはなぜなのか。私の個人的な意見も含めて、心当たりをいくつかお伝えしたいと思います。

まず第一に、シミュレーションは天気予報、医療、モノづくりなど広範囲で役立っていますが、応用範囲が広すぎることも理解を妨げる一因かと思っています。

第二に、成果が見えにくいことです。ハードウェアであれば、あの赤い「京」の筐体は目に飛び込みますが、シミュレーションの結果は数字であり、それをイメージしにくいようです。また、CGとシミュレーションによる計算結果を可視化したものの違いがわかりにくいと感じています。

第三に、なぜ計算機で自然現象のメカニズムの解明ができるのか、つまり両者の関係がなかなか結びつかない状況があるようです。

以上の点も含め、さらにどういう工夫をすれば多くの人にシミュレーションの価値が伝わるのか。先生方の実践例を拝聴することで、勉強したいと考えております。



藤堂 眞治 東京大学大学院理学系研究科 准教授

計算科学の見える化： 方程式～アルゴリズム～データ

「わかりやすく伝える」ために指摘されてきたポイント

「見える化シンポジウム」がなぜ始まったか。それは「京」に関してテレビ局から取材申込みがあった際、「難しすぎるので番組を放送できない」という悔しい連絡を受けたことから始まります。つまり、一般の人にわかりやすく伝えるにはどうすればいいのか、それが「見える化シンポジウム」を始める契機となったのです。以後、回を重ねてきた結果、指摘された重要なポイントをまとめてみます。

まず、わかりやすく見せること。辛木さんの話にもありましたように、デフォルメしたり、動画をつくるという方法です。

二つ目に、シミュレーションの価値や成果を強調するだけでは共感を得られない、という指摘です。たとえば、手に触れることができたり、研究成果にたどり着くまでのプロセスを「見える化」することが重要だ、ということです。ただ、「京」コンピュータの姿は見せることができても、その中で何をやっているか、それを見せるのは難しい。

シミュレーションという作業を分解してみると、方程式があり、その方程式に対してさまざまなアルゴリズム（四則演算に直す、繰り返す等）を使うことで最終的なデータが出てくる、それを可視化する—このシミュレーションの流れを見せることが必要だ、という議論がこれまでされてきました。

課題提起—大きな枠組みのなかで捉え直す

最近、私が考えているのは、自然科学という大きな枠組みの中でシミュレーションがどういう役割を果たしているのか、それを考える必要があるのではないかとことです。

もともと自然科学は実験科学ですので、まず測定・実験があり、それに対して仮説を立てます。そこから何らかの方程式を得られたら、近似なり、解析的に手で解いてみて、それが実験で再現できるかを検証します。これを繰り返しながら、方程式や理論を精緻にしていくわけです。

ところが、仮説を立てて方程式を得たとしても、それが大規模すぎると、もはや人間の手では解くことができない。そこで20世紀後半になると、アルゴリズムを使って方程式をシミュレーションに落とし、そこから出てきたものを測定しようということになった。これを「第3の科学」という言い方をします。実験、理論、シミュレーション（計算科学）の三つがぐるぐる回るという流れです。

しかし、方程式をうまく立てられないかもしれないし、シミュレーションしても方程式を解けないかもしれない。そういう場合、たくさんのデータを放り込んで学習させようというのが、最近話題の人工知能や機械学習の基本的な考え方です。

その一方で、データ同化やシミュレーションを用いたインフォーマティクスなど、シミュレーションと機械学習を組み合わせた新しい科学も発展してきています。単にシミュレーション vs 人工知能という視点ではなく、シミュレーションが自然科学という大きな枠組みの中で、今後、どのような有機的な役割を果たしていけるのか、そういう大きな視点からシミュレーションを捉え、アピールしていく必要があるのではないかと考えています。



亀谷 和久 国立天文台/科学ライブショー「ユニバース」筆頭案内役

科学技術館科学ライブショー「ユニバース」 22年間の実践から

ユニバースの活動の特徴

私の本業は国立天文台での仕事ですが、その傍ら、ライフワーク的な活動として、科学技術館で「ユニバース」という科学ライブショーの司会進行を行なう「案内役」を務めています。

「ユニバース」は1996年に初演を果たし、その後、常設としては日本初となる全天周立体ドームシアター「シンラドーム」ができあがり、2018年2月には来場者数が10万人を突破しました。

ユニバースの特徴の一つは、科学者自らが案内役を務め、科学ライブショーを進行していくスタイルにあります。最新の成果をリアルタイム3Dシミュレーションの迫力ある映像で見せます。さらに毎回、ゲスト研究者をお呼びし、それぞれの科学分野の最新情報もご紹介しています。



ユニバースの活動範囲は、科学技術館の中に留まりません。97年からは海外の天文台とリアルタイム中継によるライブ天体観測も開始しました。これは日本が昼間のときアメリカは夜であることを利用したもので、その場でライブ天体観測ができます。さらに、これまで100か所以上で「出張ユニバース」も実施しています。

特徴の二つ目は、このライブショーを「ちもんず」という学生チームが実質的に運営していることです。「ちもんず」とは、東京大学の地文研究会天文部の有志で始めたもので、これまでに20以上の大学から100名以上が参加しています。

体験型で来場者に楽しんでもらう

ユニバースでは太陽系の姿、恒星間飛行、宇宙の果てなど天文分野が中心ですが、他にも分子の世界などのコンテンツが揃っています。シミュレーションソフトのほとんどを内部で開発しておりますので、ライブショーで使用したときのお客さんからの感触から、すぐに開発者にフィードバックされ、改善していくことができます。

ライブショーでは、お客さんにも参加してもらいます。たとえば、ユニバースの上演開始当初から行なっていた「銀河衝突シミュレーション」は二つの銀河を衝突させ、どのように銀河の形が変わっていくかをシミュレーションするものです。ライブショーでは二つの銀河を用意しますが、衝突させる速度・向き・場所などのパラメータは、来場者の方に決めてもらい、ハイライトシーンを印刷してお土産としてお渡ししていました。

また、「太陽系シミュレータ」は実際の観測データから作られた太陽系の惑星間を自由に飛び回るといったシミュレーションで、本来なら不可能な体験を疑似体験できる、人の体験を拡張するという意味もあります。

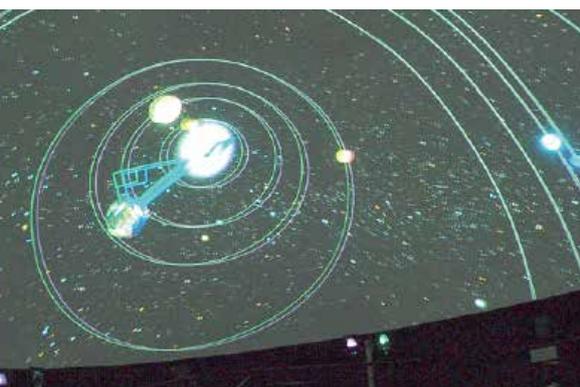
ほかにも、重力シミュレータ、恒星間飛行シミュレータなど人気の高いものがあります。いずれのシミュレーションでも、来館者にパラメータを決めてもらい、その物理法則を理解していただくことを目指しています。



「待つ・置く・届ける」三つのアプローチ

シミュレーションをいろいろな人に伝えていくという意味では、対象をしっかりと見据え、それに合ったアプローチをしていくことが大事だと思っています。

たとえば、これはユニバース以外の活動を元にした研究ですが、科学を多くの人と楽しむための様々な活動を俯瞰してみると、「待つ」アプローチ、「置く」アプローチ、「届ける」アプローチの3つに分類することができます。[※]「待つ」アプローチとは、自ら興味を持ち会場や科学館に足を運んでこられる人へのアプローチ法で、その場合はお待ちしていればよいでしょう。「置く」アプローチは、それほど積極的ではないけど何かあれば見てみたいという人に対して、より日常に近い空間に展開します。ユニバースの場合は、この「待つ」「置く」の人々が基本的な対象者と捉えています。「届ける」アプローチは、なんらかの理由で会場へ行けない人、バリアがある人に対して、より積極的にこちらから出向く方法です。例えば、入院している人には病院への出張イベントをすとか、被災地に出向いて科学教室を開くなどです。ユニバースでは「出張ユニバース」がその役割を果たしていると考えております。



最後に、ライブショーのごく一部を実演してみます。これはNoAというソフトで、いま、真ん中に太陽がありますが、これを使って一つ皆さんにクイズを出してみましょう。ある日突然、地球が回るスピードが速くなると、太陽の周りを1周する時間(1年)はどのように思いますか？①長くなる、②短くなる、③変わらない——のどれかになるはずですが。会場の意見はちょうど3分の1ずつですね。実験してみると、周期は長くなりました。重力は変わらないので、軌道が外に膨れる。すると、帰ってくるまでの時間が長くなるということです。毎回、こんな感じでお客さんとライブショーを楽しんでおります。

※参考文献：高梨他，2014，天文教育，126，20

Q&A

Q:ハリウッドのSF映画と、先生の科学シミュレーションとは、どういうところが違うのでしょうか。

A: SF映画では最終的に見せる形は一つだけですが、われわれの場合、お客さんにその場でパラメータを設定してもらってすぐに実験し、何が起こるかを見てもらいます。予想どおりだったのか違ったのか、そのことを体験してもらうのも目的の一つでやっていますので、迫力ある映像を見せたいという意図でつくるSF映画とは違います。



島田 卓也 展示プランナー・ディレクター/日本科学未来館 展示企画開発課

目に見えない実物を展示する

見えないものを伝えるための4つの条件

僕は主に科学館向けの展示を企画する、「展示プランナー」という仕事をしています。展示物のほうは科学館で決めますが、僕はそれをどう展示すると皆さんに伝わるか、それを考える役割です。

まず、実物は本当にいいですね。公園に木が1本だけ立っていて、そこに何らかのキャプションをつけるだけで展示になります。実物を見て得られるものは、すべて本物です。ガサガサだ、色があせているなど、すべて正解です。その人にとっての真実の経験になる。それが実物のよいところです。

ただ、僕が仕事をしている日本科学未来館での展示や、皆さんが考えようとしている計算科学の分野ですと、実物を見せるというよりも、「目に見えないけれども大事で、その大事さをなんとか伝えたい」というケースが多いわけです。「見えないけれども大事なもの」というとき、実物に相当する条件とは何だろうと、私はいつも展示の最初の段階で考えます。

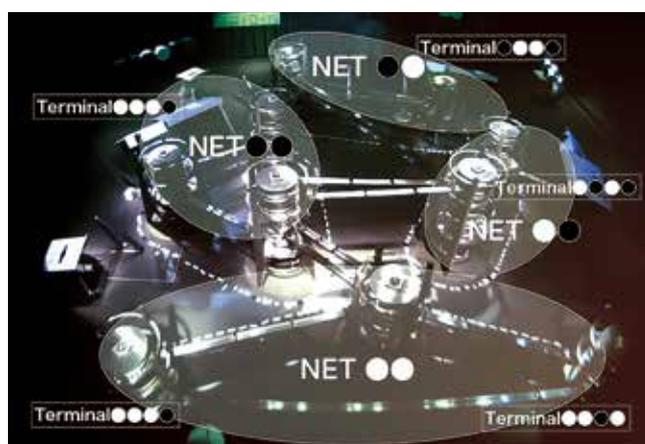
その第一の条件は、たとえ作り物ではあっても、実物と同じ本質を備えていること。つまり、「何かを伝えたい」と思う我々にとって、「ここが本質」と考えるポイントに近いものを何か持っているということです。二つ目の条件として、そこからさまざまなものを幅広く読み取れること。逆に言うと、こちらが意図した通りに読み取ってほしいと強く思いすぎないこと。目の前に現に存在するものから、人によって違うものを受け取れることこそ、実物の特性ですから、展示であってもその特性を持ちたい。三つ目の条件は、楽しかった、全然わからなかったという感想でもいいから、そこから得られるすべてのものに意味があってほしい。四つ目は、一部の人のではなく、誰にとっても何かを得られるものであってほしい、ということ。特にミュージアムのような施設は公共の資金で作られていますので、すべての人になんらかの意味があるものであってほしい。



本物に近づけた「仕組み・状況」を作ること

次の画像は日本科学未来館が開館した当時から展示されている「インターネット物理モデル」と呼ばれるもので、インターネットの仕組みを示しています。

インターネット上の情報は「IPプロトコル」という、たった1つのルールを決めるだけでやり取りされています。これ1つで、ケーブルの種類は問われないし、メール、ウェブ、動画投稿など幅広い用途に使えます。



この「インターネット物理モデル」では、来場者が自分で操作できます。白黒の球をビットに見立て（白0、黒1）、それを並べて転がします。この白黒の球を並べたものがパケットで、インターネットで情報をやりとりするときの情報の単位です。現実のパケットには、「先頭に送り先、次に自分の住所、その後ろにメッセージがくる」という約束がありますが、このモデルでも実際になぞらえて作ってあります。

銀色のタワーがルーターの役割を果たし、隣のルーターから転がって来た白黒の球の先頭部分（宛先）を光センサーで読み、次にどこに送るかを決めます。宛先のターミナルに球が届くと、メッセージ部分だけが来場者に表示されます。

これによって、メッセージのやり取りを体験してもよいし、わざと同じ宛先にパケットをガンガン送りつけ、サイバー攻撃を疑似体験してもよし。用途の多様性—それがさまざまな遊び方にそのまま置き換えられるようになっています。

他にも、「100億人でサバイバル」という展示もあります。これは地震、噴火など、命を脅かすハザードをテーマにした展示物です。「インターネット物理モデル」とは異なり、お客さんは触ることができません。逆にそこがポイントで、われわれの命も地球という抗しきれない巨大なシステムの上に乗って翻弄されているんだ、という感覚です。見るしかできないもどかしさ。それもこの展示における重要な体験の1つです。

展示物を通して、僕がどんなことをしてきたかという、1つは「本物に近づけた仕組みを作る」ことです。それによって、その仕組みから現れる現象や挙動に実物性を持たせることができます。もう1つは「本物に近づけた状況を作る」ことで、そこで経験できることに実物性を持たせる。この「仕組みと状況」の2つをいかに本物に近づけるか、を考えています。

ミュージアムの特性は、そこに「場」があることです。わざわざ足を運んでくれる人には、その「場」だからこそできることを提供しないとイケない。そして「絶対、これはみんなに価値があるから見てほしい!」という強い確信をもって作っています。この対義語は「わかる人が、わかればいい」です。

といっても、来館者もいろいろな思いで来ますので、間口は広く取り、幕の内弁当のようにどこかは好きなところがあるだろうという入り口をたくさん用意する。すべての人に意味のある展示にするためには、それが大事ではないかと心がけています。



三浦 均 武蔵野美術大学 映像学科教授

科学データを見るということ

「可視化」したときに意識すべき三つのポイント

今日は「科学データを見る」ということで話を進めていきたいと思います。

まず第一に、「私達は、すべてを見ているわけではない」という話です。20年ほど前、私はジャイアント・インパクト説という、月の生成を説明するCGを作ったことがありました。藤堂先生のお話にもありましたように、数式を見せないほうがよいという風潮に対して「こんな式を使って計算している」ということを明示しました。内容的には、N体計算と呼ばれる手法です。

当時の計算では粒子数が1万個ぐらいで、1000回転分の計算結果でしたが、それでも全部を見ることはできません。そこで、「一番興味深いところを画像にしよう」と考えて、重要部分を掘り起こしCG映像にしました。ですから、必ずしも全部を見ているわけではありません。

20年後の現在、典型的計算では粒子数は100万個ぐらいに増えています。それをどう描くか。モニターも進化していますが、4Kディスプレイでも $4000 \times 2000 = 800$ 万ピクセルしかありません。100万個の粒子を表現しようとする、1粒子当たりわずか8ピクセルしか割り当てられず、解像度が十分とはいえません。

シミュレーション自体は物理法則に基づいて計算していても、そこで見ているものは事実そのものではない、という点も意識する必要があります。いわば、ドキュメンタリーに近い。真実そのものではなく、演出が入っています。

次に「部分と全体」の話をしようと思います。二つの異なる研究結果を組み合わせる試みです。研究者のAさんは太陽の周りを微惑星が回り、そこから徐々に成長して惑星ができていく軌道計算を扱っているとします。これは100万年を追いかける長大な時間スケールです。一方、研究者のBさんは天体衝突の計算をしていて、これは衝突から数日程度の現象です。二つの研究は、時間も空間スケールもまったく違います。

このような別々の研究成果を一つの絵にまとめて可視化する試みをしたことがあります。自然現象としては本来、隣接しているものです。この場合、100万年の膨大な微惑星の軌道データの中から、衝突する時間と位置を特定し、切り出しました。一方、衝突場面は近くの視点で描くことが通常ですが、惑星軌道のスケールで、遠景で小さく描きました。批判もありましたが、想像力をかきたてられないでしょうか。部分を組み合わせることで自然の全体に近い姿を再現したいと考えました。

20年前の計算
粒子数 1万
1000回転
1TF: 0が12個



20年前でもすでに

意味のあるデータを
人間が掘り起こし
画像にしている。

(私、あるいはAIが?)

現在の計算
粒子数 100万
10万年
10PF: 0が16+1個



10万倍速い

(会社の規模で想像すれば...)

4Kモニターの解像度=800万
解像度が足りない
目が追いつかない

3番目に、「見たいものだけを見る」という話です。以前、タンパクの研究者から、「細胞分裂に關与するタンパクのスイッチの役割を果たしている部分を見たい」という相談を受けました。「周りの水分子はご覧になりましたか？」と尋ねると、水には興味がないので描かなくてよいということでした。では見てみましょうと提案しまして、実際に描いてみると、ランダムに動き回っている水のイメージとは異なり、水分子がタンパクをロックしていく様子が浮かび上がってきました。

「見たいものだけを見る」ことは必然的にそうならざるを得ないのですが、そこからこぼれ落ちるものもあるし、実は見えていないものもたくさんある、ということです。

文脈が変われば、見えるものも違ってくる

最後に、「見る」とは何かについてお話したいと思います。

私が好きな画家パウル・クレーは、「芸術の本質とは、見えるものをそのまま再現することではなく、見えるようにすることである」と言っています。人は「もの」をそのまま見ているのではなく、その関係性の中で見ている。文脈が変われば浮かび上がってくるものも違ってくる。先ほどのタンパクの例でいえば、水分子を見ることによって、タンパクの見え方も変わってくると思います。

見ること = 理解すること

“I see”

見ていても見えていない

意識・解釈

目は騙される

認知、錯視

すべて見ることは不可能

ビッグデータ

「見ること」は能動的行為



計算してもすべては見ていない
データを見るにも想像力が必要

英語では“I see”と言いますが、それは「見る」と同時に「理解した」という意味にもなります。逆に、見えていても実は見えていないものがたくさんあります。見ることは、自らが世界をどう見ていくかという能動的な行為の反映だと思うからです。

データを見るときも努力が必要で、特定の関心からのみデータを眺めていても見えていないものがある。シミュレーションで見ているものも、研究者が関心を持っているものしか見えていない。そういうことを肝に銘じておきたいと思います。

Q&A

Q:「見たいものだけを見る」のはその通りだと思いますが、逆に、本質的な原因を無視してしまう危険性についてはどう考えですか。

A:シミュレーションとか「見える化」というのは、まさにそういうものだと思います。たとえば、ある人を1年間取材した膨大なビデオがあって、そのうちの何を見るかというとき、それはドキュメンタリー制作者の選択になるわけです。私達はすべてを見ることはできないし、常にフィルターがかかっている、ということだと思います。



中島 映至 宇宙航空研究開発機構 第一宇宙技術部門 地球観測研究センター(EORC) センター長

近年の地球環境問題とその見える化

大気汚染物質から温暖化・冷却化を考えると

地球環境の問題をお話しようと思います。

図1はインドやバングラデシュ付近の大気汚染の様子です。海上に流れ出した白っぽいものが大気汚染物質のエアロゾル(空气中に浮遊する微粒子)です。白っぽいということは、このエアロゾルは雲のように太陽光を反射し、地球を冷やす効果(日傘効果)があります。

図2は北海(ヨーロッパ)付近の様子で、筋雲がいっぱい見えます。これは船の煙突から出たエアロゾルが雲粒に成長してできた航跡雲の様子です。これを見ると、地球各地の大気汚染によって雲も変化して日傘効果を作ることが宇宙からの観測でわかります。

図3は、理化学研究所による低層の層積雲のシミュレーションです。左上は大気汚染のない清澄な大気の中の雲です。ここでは小さなエアロゾル粒子に水蒸気が集まって雲粒ができ、さらに成長して雨になります。ところが大気汚染のある場合(右下)、エアロゾル粒子が多いために、生成された雲粒子もサイズが小さく、雨粒に発達しにくいので雨が降らなくなります。雨が降らないということは、雲から水が取り除かれないので、「雲が厚くなり」日傘効果が大きくなります。

図4のグラフは、イギリス気象局(UKMO)のミッチェル氏の論文(1995年)から引用したものです。グラフの赤い線は気象局のモデルの中に産業革命以降のCO2等の温室効果ガスのデータを入れ、どのように地球が温暖化するかを計算したものです。一方、緑色の線は、実際の世界各地の観測温度を平均化したもので、実際にはそれほど温度が上昇していません。

そこでミッチェル氏が考えたのは、「大気汚染のエアロゾルの日傘効果で温度が下がる」として計算したのが青い線です。つまり、二酸化炭素で温室効果を計算し、白っぽい大気汚染で日傘効果を計算すると、ちょうど観測結果(緑色の線)と釣り合うのです。



図1 NASA MODIS衛星画像



図2 NASA MODIS衛星画像

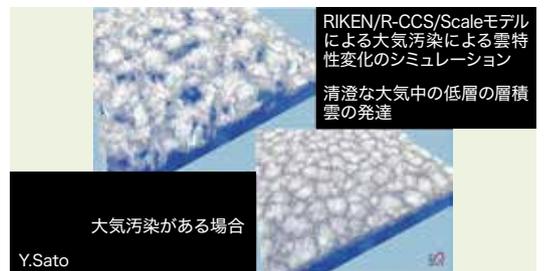


図3 低層の層積雲のシミュレーション(理研複合系気候科学チーム提供)

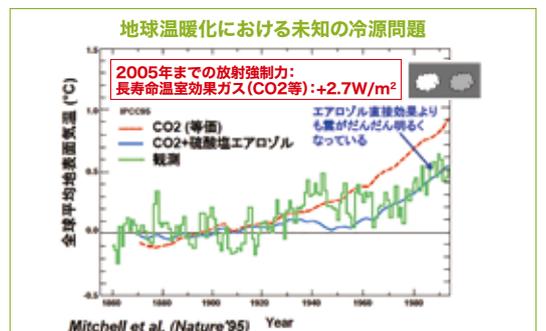


図4 地球温暖化シミュレーション(Mitchell et al., Nature 1995)

ところが、この説明は不正確でした。実際のエアロゾルは、ススのような黒色炭素も含むためにエアロゾル層の反射率は低く、宇宙から見てもそれほど白っぽくありません。図中に、漫画的に書いた灰色の状態ですね。現在の知識では、エアロゾルによる直接の日傘効果は、当初考えていた3分の1から4分の1程度しかありません。一方、2000年代になると、航跡雲が発見されて、その冷却効果が大きいことが指摘されるようになりました。「エアロゾルの間接効果」と呼ばれる現象です。つまり、エアロゾル自身が太陽光を直接、反射するより、エアロゾルによって雲が発達し、太陽光を反射する間接効果が大きいというわけです。現在の知見では間接効果が全体の7割も占めます。

プロセスの理解には「可視化」が不可欠

このエアロゾルが引き起こす直接・間接の日傘効果を利用して地球を冷やせないか、と考える人もいます。例えばパリ合意(2015年12月)では、産業革命以降の世界の温度上昇を 2°C 以内に抑え込もうとしています。すでに 0.8°C の温度上昇があるので、 1.2°C しか余裕がありません。そこで、エアロゾル中の黒色炭素を削減すれば、エアロゾルは白っぽくなって地球は冷えるはずだ、と考えて実験をやってみたのです。

ところが、最近の研究によると、黒色炭素などを取り除いてみても、地球全体の温度は下がらない結果になりました。黒色炭素を取り除くと太陽放射による大気加熱が減って、大気が不安定化するために、上層の薄い雲が増えます。これは温室効果を作り出してしまうため、黒色炭素を減らして地球を冷やしたつもりなのに、逆に温まる部分を作り出してしまい、その効果が相殺されたのです。なかなか効果的な対策を見つけ出すことが難しいです。

以上説明しましたように、地球観測とモデリングによって、地球温暖化に関わる気候変動メカニズムの理解が進んでいます。そして、パリ合意を実現するためには温暖化の削減だけでなく、大気汚染物質を監視することも大事なこともわかってきました。すでに、たくさんのデータが蓄積されており、日本にはスーパーコンピューティングの技術もありますので、これらを組み合わせるのが重要だと考えています。

しかし同時に、地球気候は微妙なバランスの上に成り立っているために、大気汚染が引き起こす気候変動メカニズムを把握する場合にも、専門家でさえ、容易に過ちに陥ることも教訓になったと思います。お話しした例でも、観測結果やシミュレーション結果の可視化や概念図化によって、気候変動メカニズムの古いイメージが新しいイメージに置き換わって来たことがわかつています。ある意味、人間はイメージングの動物だとも言えますから、このようなイメージングによって現象を理解することが、さらに新しいイメージを展開するために重要だと思います。

Q&A

Q: なぜ、パリ協定では 1.5°C 、 2.0°C といった目標が設定されたのでしょうか。

A: 目標の 2°C という数値は、政治的に決められた面もありますが、これ以上の温度上昇は様々な環境問題を引き起こすことが、科学的な予測シミュレーションによって示されています。しかし、予測には誤差がつきまとうので、万人がモデル結果を信用して対策を打つ気持ちになるには、予測の信頼度を上げなければなりません。そのために、現在までに観測された変化をモデルによって再現し、理解しなければなりません。この部分が科学者の仕事です。数値目標は政治家と社会が決定するとしても、その判断に必要なエビデンスをきちんと提供することが科学の役割です。

パネルディスカッション

計算科学ミュージアム実現に向けて

見える化シンポジウム2018 シミュレーション可視化の未来 計算科学ミュージアム実現に向けて Panel Discussion



シミュレーションをどう見せるか？

古宇田 今回のシンポジウムのテーマ「計算科学ミュージアム実現に向けて」に関して、作るとすればどういう観点で、どう見せていけばよいかなど、ご意見を伺えればと思います。

中島 地球愛をお願いします。子どもたちが興味を持つような実際の地球を見てもらうことが必要なと思います。

三浦 「何を見せたいか」という点でいうと、私自身は相手の研究者と議論をして、「ここが面白いんだ！」というところを引き出すようにしています。

島田 僕は、どういう分野を扱うかというよりも、みんなにとって必要なものを見せたいですね。

亀谷 計算科学というけれど、結局、シミュレーションとは「人の活動だ」と思います。だから、科学者が面白いと思っていることを形にしてほしい。

藤堂 一人の研究者の立場で言うと、「これはすごいでしょ」というものを見せたい。でも、それを受け取る側が面白がってくれるとは限らないので、そこは逆に突っ込んでもらいたいですね。

辛木 広報の立場としては、なぜ自然現象をシミュレーションで解けるのか、つながるのか、そこを皆さんにうまく伝えたいと思っています。

古宇田 「うまく伝える」という話が出ましたが、うまく伝える工夫、ポイントなどございましたら。

三浦 研究者自身が研究を楽しんでいて、「このデータすごいでしょ、でも、一般の人に伝わらないんだ」と言われると、つい助けたくなります。研究者自身が面白いと思うことをどう引き出すか、それがポイントでしょうか。

島田 同感です。私がインターネットの物理モデルを作ったときも、慶応大学の村井純先生から「インターネットのモデルを作りたいんだ」という熱い思いを告げられ、「いちばん大事なところは何か」を徹底して議論していくなかで、あの形に帰着しました。

古宇田 少し会場の皆さんにマイクを向けたいと思います。

会場 「見える化」して画像にすると、それはSFなのか、科学的シミュレーションの結果なのかの区別がつきにくい部分があります。どうすれば見分けられるでしょうか。

三浦 CGで作ったSF映像と、第一原理などできちんと計算したシミュレーション結果を見た目だけで判別するのは難しいと思います。どういう流れで出てきたか、文脈を明らかにすることでしょね。ハリウッドで働いている友人が数値シミュレーションを駆使して大津波を表現したら、監督が「もっと、波をグワーツと高く！」と言ったそうです。その作品の公開は3.11以前で、人間の直感の鋭さを表わしているとも言えます。現代社会というのは全部がわかることは難しいので、わからない部分も抱えて生きざるを得ないのではないかと考えています。

藤堂 受け取る側のリテラシーの問題もあると思います。また、第一原理計算をやったからいい、SFだからダメ、ということには少し違和感を覚えます。第一原理計算をやっても正しいとは限らないので。

中島 これは難しい問題を含んでいますね。たとえば原発の事故のときにSPEEDIのシミュレーション結果を日本政府は公開しませんでした。その結果、無責任なシミュレーションがインターネットで世界中に出回ってしまった。私たち研究者はデータやシミュレーションの質を高めることと、どのように計算したかという情報を誠実に出すべきだと思います。それしか頼りにするものがない。

古宇田 会場からもいかがでしょうか？

会場 不整脈の心房の様子を見る装置を開発しています。最近、従来のモデルをひっくり返す新しいモデルと、実際には現実の画像ではないけれど、それを多数の画像で合成する仕組みが出てきました。ただ、その新しい装置がどのような科学技術を根拠にしているのか、何を信じればいいのかと考えてしまうことがあります。

モデレータ



古宇田 光

東京大学 物性研究所
計算物質科学
研究センター

パネリスト



辛木 哲夫

理化学研究所
計算科学研究推進室



藤堂 眞治

東京大学大学院
理学系研究科
准教授



亀谷 和久

国立天文台/
科学ライブショー
「ユニバース」筆頭案内役



島田 卓也

展示プランナー・
ディレクター/
日本科学未来館
展示企画開発課



三浦 均

武蔵野美術大学
映像学科教授



中島 映至

宇宙航空研究開発機構
第一宇宙技術部門
地球観測研究センター
(EORC) センター長



島田 シミュレーションの結果がどれくらい正確なのか、どれくらい裏付けがあるかは、それぞれの科学者のコミュニティ内で相互にレビューされ、ある程度の基準が担保されているわけですね。一般の人たちは、その科学者やコミュニティ内で了解されていると信じている、そんな関係のような気がします。

参加型・体験型のミュージアム

会場 科学の啓蒙活動では、プレゼンソフトや画像に頼りすぎている感があります。物理の原理的なことを、もっと人の身体と絡めて説明してくれると理解しやすいと思います。

三浦 身体的な経験をもたせて理解を促進している人もいます。美大の同僚は、新入生に丸椅子を1つずつ持たせてグラウンドに連れ出し、「誰とでもいいから、10人ずつ椅子を紐で結べ!」と指示しています。すると、皆がランダムに動いた後、1つの椅子から10本の線が出ていますので、その椅子を皆で一斉に持ち上げる。こうして「ネットワークって、こんなに複雑なんだ」と体験できる。身体的な経験も含め、いろいろな説明の仕方、理解の仕方があってよいと思いますね。

亀谷 私もよく、「ユニバースのライブショーの対象年齢は?」と聞かれるのですが、対象年齢をとくに設定していません。人によって、感じ方が全然違うからです。

古宇田 ミュージアムは継続性も大切だと思いますが、ユニバースの活動が継続している秘訣はどのようなところにあるのでしょうか。

亀谷 おそらく固定した「場」があって、そこに毎週集まれることが大きいと思います。学生チームの「ちもんず」は、自分たちでソフトを作ることでモチベーション、あるいは他ではできない環境が存在していることが継続している理由でしょうか。

三浦 ユニバースの魅力の1つは、お客さんがパラメータを設定

して遊べるという「体験型」にあると思っています。この会場も同じことで、ご意見拝聴型ではなく、いまは皆が参加し、発言したい時代なんですね。その意味で、参加型、体験型のミュージアムが求められていると思っています。

古宇田 最後に、皆様が感じていることを伺わせていただければ。

中島 今回勉強したことは、人間はイメージングの動物なので、科学者だって容易に間違えるという点です。だから常に仮説を観測で検証していく作業を怠ってはいけません。

三浦 科学技術だけではなく、いろいろな知の総体みたいなものが見えてくるミュージアムになると嬉しいですね。

島田 ミュージアムの実現に向けて考えていくなら、「目的」をはっきりさせること。それによって、ターゲットも見えてくるのではないのでしょうか。

亀谷 科学館にあまり来ない層として、中学生、高校生があげられます。今後の日本を担っていく彼らに対し、科学の素養を身につけてもらうために適切な情報を伝えていく工夫が必要だと思います。

藤堂 ふだんは「ハードばかりではダメだ。ソフトもちゃんと評価されないといけない」と言っているのですが、やっぱりミュージアムではバーチャルではなく、物理的なものを触りたいですね。個人的にはインターネット物理モデルのシミュレーション版ができればいいなと感じています。

辛木 目的という話がありましたが、なぜ、われわれはシミュレーションの役割を伝えたいのか。それはシミュレーションというものが科学技術の発展、そして日本の競争力の強化にもつながるからです。ただそれが必ずしも伝わっていない。ぜひそれに共感し、応援していただきたいと思っています。

古宇田 今回、会場からも多数のご意見をいただきました。こういう場を積み重ねながら、来年はさらに実現に向けてステップアップした話になることを期待しています。ありがとうございました。

シミュレーション可視化の未来 計算科学ミュージアム実現に向けて

見える化シンポジウム2018
シミュレーション可視化の未来
計算科学ミュージアム実現に向けて
まとめ Summary



「見える化シンポジウム2018」の意義

スーパーコンピュータ「京」の名前は、1秒間に1京回(10¹⁶回)の計算能力をもつことから命名されたものです。そして、その高速なスーパーコンピュータの上で行なわれるシミュレーションこそが各分野の研究成果の創出に直結し、それが日本の国際競争力の強化にもつながる重要事と言えます。

ところが、残念ながらそのシミュレーションについては多くの人々の理解を得られているとは言えません。そこで、そもそもシミュレーションとは何なのか、なぜ自然現象をシミュレーションできるのか、CGと科学的なシミュレーションとはどう違うのかなど、「シミュレーションの価値」が人々の理解促進という面で重要な課題となってきました。

今回の「見える化シンポジウム2018」では、「シミュレーションの価値をどう伝えるか」に焦点を当て、さまざまな分野で活躍されている専門家の方々に先進的事例を発表していただき、今後の参考にしたいと考えて開催したものです。今回は講演者の具体的な発表内容だけでなく、会場からきわめて多種類の意見・質問が出されたことで、まさに「参加型・体験型」シンポジウムとすることができたことは、これまで目指してきた「見える化シンポジウム」にとっても、大きな成果と言えると思います。

課題提起

シミュレーションの役割を見せる、理解してもらうという意味ではこれまでどのような広報活動をしてきたか、十分に理解されてきたのかという点で、今回は理化学研究所の広報担当、および研究者の立場から現状認識とともに、以下のような問題提起がありました。

(1) 広報しても肝心のことが伝わらない

スパコン「京」の役割、そこで果たすシミュレーションの価値などについては、マスコミ、ホームページ、印刷物の配布などを通じて数々の情報発信をし、さらにデフォルメする、五感に訴えるなど「わかりやすくする工夫」を凝らしてきたにもかかわらず、なかなかシミュレーションの価値が認知されていないという課題が指摘されました。

(2) シミュレーションを大きく捉え直す必要性

自然科学の大きな枠組みの中でシミュレーションが今後、どのような役割を果たしていけるかという視点で捉え直し、アピールすることの必要性も考えるべきではないか、という課題提起がありました。

「シミュレーション可視化の未来」についての議論

今回の「シミュレーション可視化の未来」というテーマと、上記の課題を受ける形で、現在、シミュレーションを活用されている4人の専門家の方々に実践例と可視化のヒントなどをご紹介します。

(1) 講演「科学技術館科学ライブショー『ユニバース』22年間の実践から」(亀谷 和久)

科学技術館で22年間続いている科学ライブショー「ユニバース」の工夫の数々が紹介されました。同ライブショーでは、動画を受け身で見ってもらうというより、来場者自身に参加してもらう体験型・参加型の運営方式を取っている点に特色があり、会場の

注目を集めました。たとえば、「銀河衝突シミュレーション」では、2つの銀河を衝突させる際、司会者が説明するだけでなく、その衝突速度、衝突の向き、衝突場所などを来場者に決めてもらう方式が取られていることで、多くの人が楽しめること。また、「ちもんず」という学生組織がライブショーの運営を担当し、それが継続し、ライブショー全体を支えていることなどが発表されました。

(2) 講演「目に見えない実物を展示する」(島田 卓也)

「インターネット物理モデル」という、インターネットの仕組みを模したモデルに注目が集まりました。これはコンピュータ上のシミュレーションではなく、実物模型であることに特徴があり、さらに大きな点は来場者が自ら操作し、感じ取れること。白・黒の球をピットに見立て、それを転がすことで現実のインターネットと同じく、パケットの先頭で宛先が決まり、送り先で情報がディスプレイに表示されるという、インターネット体験ができることが紹介されました。しかも、やり方次第ではサイバー攻撃の疑似体験も可能で、いわば各人各様に遊べる面白さもあります。その意味では、シミュレーションという見えないものを可視化するという今回のテーマに対し、大きなヒントを与えるものと言えます。

(3) 講演「科学データを見るということ」(三浦 均)

科学的な計算のもとで作られたシミュレーションを見ていると、あたかもすべてを見ているような錯覚に陥りがちです。しかし、実はデータが無数にあると、人はそれらをすべて見ることはできず、認知の限界や、様々な制約で、研究者の見たいところしか見ていない、いわばドキュメンタリーに近い演出が行なわれていることが指摘されました。その結果、研究者にとって興味のないものについては、そのシミュレーションからこぼれ落ちる、あるいはデータがあっても見逃すものが存在するため、常にフィルターがかかっている現実が示されました。

(4) 招待講演「近年の地球環境問題とその見える化」(中島映至)

地球環境問題が題材として取り上げられただけでなく、地球を温める温室効果、地球を冷やす日傘効果、さらには世界中の温度測定などからの推論など、データをめぐる興味深い話が次々に紹介されました。中でも、先入観があったために、一流の科学者でも間違いを犯す事例なども示唆に富むものでした。地球環境はきわめて微妙なバランスの上に成り立っており、それを多くの人に理解してもらう手段としてシミュレーションの有効性が指摘されています。観測値と精緻なモデルを組み合わせることで、シミュレーションは将来を予測する重要なツールであることをあらためて実感させられた講演でした。

(5) パネルディスカッション

今回は「計算科学ミュージアム実現に向けて」というテーマでパネルディスカッションを行ないました。ハリウッドのSFと第一原理計算に基づいた科学的シミュレーションとが、いざ「見える化」してしまうと区別がつきにくい問題をどう捉えるか、などが議論として関心呼びました。その場合、研究者としてはデータの質を高め、どのように計算したかを明らかにしていくことが必要という指摘がなされました。

「見える化シンポジウム2018」を終えて

今回、特に最後のパネルディスカッションで特筆すべき事項と感じたのは、会場に集まった人々の積極的な討議への参加姿勢でした。パネラー同士だけで討議が進むのではなく、多種多様の職業の人々がそれぞれの立場から意見を述べあい、質問をする、いわば「参加型・体験型」パネルディスカッションの様相を呈したと感じます。これは「ご意見を拝聴する」時代から「自分も参加したい」という流れを強く感ずるもので、「計算科学ミュージアム」を設立する場合の大きなヒントとなるものと言えます。同時に、シミュレーションへの期待の大きさを実感する場となったことを会場全体で共有することができたことは大きな成果と考えます。



2018年5月発行

理化学研究所計算科学研究センター
兵庫県神戸市中央区港島南町7-1-26

E-mail : r-ccs-koho@ml.riken.jp

ホームページ : <http://www.r-ccs.riken.jp/>

無断での転載・複写を禁じます。