

複雑現象の理解のための コンピュータ・シミュレーションの活用

井庭 崇 (慶應義塾大学総合政策学部)

Address: 〒 252-8520 神奈川県藤沢市遠藤 5322 慶應義塾大学

TEL/FAX: 0466-49-3471 E-Mail: iba@sfc.keio.ac.jp

1. はじめに：問題の所在

近年、多くの大学・大学院において、複雑系や進化などの複雑現象に関する授業が行われ始めている。これまでにテキストもいくつか出版されており、私自身も『複雑系入門』[1]を執筆して、授業の教科書として活用してきた。しかし、複雑現象では直感に反するような振舞い・結果になることが多いため、単に現象や理論を説明するだけでは、深い理解につながらないという問題がある。そこで本発表では、「説明を聞いて理解する」という受動的な教育方法から、自らがシミュレーションを「動かして理解する」という能動的な方法へと変えることを提案し、その実践的な試みについて報告したい。

2. 改善内容と方法

複雑系の科学的研究では、「非線形の振舞いを探求する唯一の効果的な方法は、モデルを作成してシミュレーションを動かすことで、対象を再現するということである」[2]とされている。同様に教育においても、コンピュータ・シミュレーションの利用は、複雑現象の理解に有効だと思われる。

複雑現象を学ぶための「思考の道具」として、本発表では、シミュレーション・プラットフォーム「PlatBox Simulator」を提案したい¹。PlatBox Simulatorは、マルチエージェント型(自律的な主体が相互作用するモデル)のシミュレーションを実行するためのプラットフォーム(土台)である。このプラットフォームに、モデルや表示機能のコンポーネント(部品)を組み込むと、そのシミュレーションが実行できるようになる。シミュレーション環境がプラットフォーム構造になっている利点は、まず第一に、複数のモデルで操作や表示機能等を統一できるので、徐々に操作を体得・蓄積していくことができる点である。第二に、必要に応じて拡張ができるので、授業内容やレベルに応じて、新しく独自のモデルや機能を追加することができる点がある。

¹昨年度の授業では「Boxed Economy Simulation Platform」(BESP)という名称のバージョンを用いたが、現在は「PlatBox Simulator」に名称変更・統一しているため、本論文では「PlatBox Simulator」という名前でご記載することにする。PlatBox Simulatorは、<http://www.platbox.org/> からダウンロード可能。

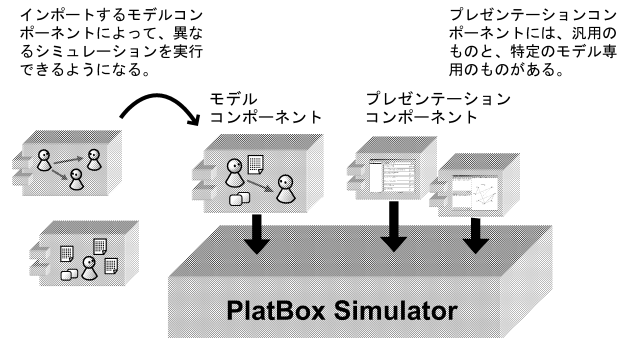


図 1: PlatBox Simulator の基本構造

3. 実践による改善効果

本発表で紹介する事例は、慶應義塾大学総合政策学部・環境情報学部において2004年度秋学期に行った授業「モデリング・シミュレーション入門」である²。この授業は、主に文系の学生約100人が受講した授業であり、複雑現象の講義と、ノート型パソコンでの演習・宿題を行った。具体的に扱ったのは、以下の内容である。

- カオスとカオス結合系
- 待ち行列とボトルネックの解消
- 自律分散協調システム
- 成長するネットワーク
- ニューラルネットワークによる学習
- 遺伝的アルゴリズムによる進化

授業終了後の授業評価では、「シミュレーションソフトを使うことによって、その事例を自分で体験できたのが本当に良かった」という感想をはじめ、以下のような感想が寄せられている。

- 「シミュレーションの面白いところは卓上の理論だけで終わらずに、実際の現象の変化を理解できる点にあると思う。」(1年生)
- 「実際シミュレーションを動かしながら体験したり、直接解説を受けてみると、より理解が深まり勉強になりました。」(2年生)

²千葉商科大学政策情報学部でも「モデル・シミュレーション」の授業で同種の取り組みを行い、同様の反応を得ている。ここでは紙面の都合上、慶應義塾大学の事例に絞って紹介する。

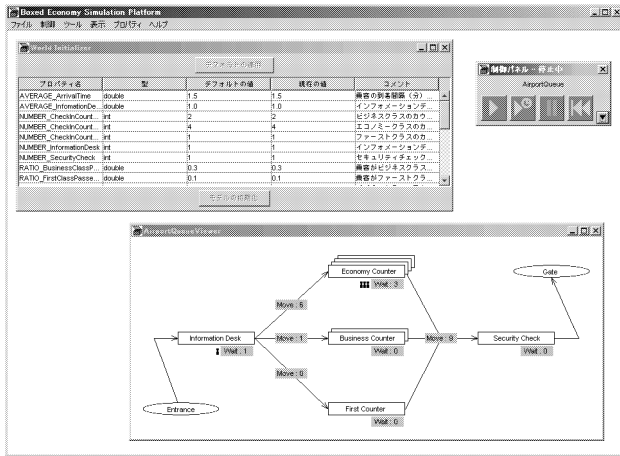


図 2: シミュレーション・プラットフォームの画面 (空港の待ち行列モデル)

また、「非常に面白かった」「とても感動した」「一気に興味深さと楽しさが倍増しました」という感想も多く、受講生の興味を惹きつける意味でも、シミュレーション体験は有効であったようである。コンピュータ演習を行う授業は、ふつう運営上の問題やモチベーションの維持の問題から、少人数で行わざるを得ないのが現状であるが、私たちのアプローチは、文系の学生を中心とした中規模クラスでも実現可能である点は注目に値すると思われる。

以下では、授業で取り上げたモデルのいくつかに焦点をあて、履修者の感想を引用することで、本提案の有効性を示したい。

ボトルネック解消のための政策・戦略

空港における乗客の待ち行列のモデルを解説し、そのシミュレーションを取り上げた (図 2)。宿題は、「その架空の空港に対して、ボトルネックを解消するためのコンサルティングを行う」というものである。

- 「今回コンサルティングを行った結果、一つの企画ではどこかでネックの部分が出てきてしまうが、様々な企画を相互的に作用させることで、全体の待ち行列が全体的に削除できることがわかった。」 (2年生)
- 「実際に空港における待ち行列でパラメーターなどを変えながら、数値を色々変える前に、自分の頭の中でも『この数値をこうしたら、こういう風にかわるのではないかと』というように、空港の行列を思い浮かべ、想像で動かし、簡単なシミュレーションをしていたことを自分で意識し、体感することが出来た。」 (2年生)

自律分散協調的な秩序形成

自律分散協調的な秩序形成の例として、局所的な視野しか持たない鳥が、全体を統括するリーダーがいない場

合でも、群れをなすことができるというモデルを取り上げた。

- 「鳥の群れのシミュレーションでも、個々の規則を設定するだけで、協調的に群れが形成されるというのが面白く、とても分かりやすく自律分散協調のシステムを「体験する」ことが出来た。そのため、個々はバラバラではなくて相互に作用しているという考え方をすることが出来るようになったと思う。」 (1年生)

ネットワークが学習するということ

脳の神経細胞網の単純化したモデルとして、ニューラルネットワークモデルを取り上げた。宿題では、「学習係数や中間層の個数等の初期設定を変えて、学習効率がどう変化するかを観察して報告する」ということを行った。

- 「今日の授業の内容は少し難しく、若干分からなかったことがありました。しかし、実際にモデルの数値を変化させて実験をしてみることで、どのようにして動いているかについて理解できました。適度の学習係数を決定しなければならない理由や中間層の個数との関係も良く分かりました。」 (1年生)
- 「実際にモデルを動かしてみると、どの数値をどのように設定すれば学習効率が高まるのか、あるいは低くなるのが良く理解できました。設定値を変えるとあきらかにグラフに違いが出るので、シミュレーションを動かしていて、とても楽しかったです!ニューラルネットワークも成長するネットワークも、モデルを動かしてみて初めてわかることがたくさんあったので、勉強になりました。」 (3年生)

4. おわりに：展開可能性

私たちが行ったことは、複雑な現象を理解するために、自らが試行錯誤的に「動かしてみよう」という教育である。人文社会系では、このような教育はほとんど行われていないのが現状であるが、今後、多くの学部・学科において取り入れることができると思われる。

私たちのシミュレーション・プラットフォームやモデルは、Web上で公開しており、無料で利用できる。また、私たちは、モデル作成者のための支援ツール「Component Builder」も提供しており、新たに教員が独自にモデルを作成することが容易になっているので、多くの分野の方に利用していただけるのではないかと期待している。

参考文献

- 井庭崇, 福原義久, 『複雑系入門』, NTT出版, 1998
- ナイジェル・ギルバート, クラウス・G・トロイチュ, 『社会シミュレーションの技法』, 日本評論社, 2002