

シミュレーション教育のための NetLogo の利用

浅野 俊幸*

Using NetLogo for Simulation Education

Toshiyuki ASANO

Abstract:

NetLogo is a general-purpose agent-based simulation programming tool used mainly by researchers in the social sciences and ecology. It provides an intuitive interface, programming environment, and visualization functions that can be used by researchers and engineers who are not computer specialists. This paper introduces an educational method of computer simulation using NetLogo. It also introduces one model built in a graduation research project and describes an example that can be easily developed and executed. The above demonstrates that NetLogo is a useful educational tool that allows students from elementary school to university level to learn the essence of simulation, depending on how the class is designed.

Keywords : Agent-based Simulation Model, Social Simulation

要旨:

社会シミュレーションに適したツールである NetLogo について紹介する。NetLogo は、おもに社会科学系や生態学系の研究者に利用されている汎用エージェントベースシミュレーションプログラミングツールである。コンピュータを専門としない研究者や技術者であっても直感的に利用できるインターフェースとプログラミング環境、可視化機能が提供されている。本稿では、NetLogo を用いたコンピュータシミュレーションの教育方法を紹介する。また、卒業研究で構築された 1 つのモデルを紹介し、容易に開発・実行を行える事例を解説する。以上より、授業の工夫次第では小学生から大学生レベルまで、シミュレーションのエッセンスを学ぶことができる有用な教育ツールであることを示す。

キーワード : エージェントベースシミュレーション, 社会シミュレーション

1. はじめに

近年、さまざまな場面でコンピュータシミュレーションが注目を集めている。シミュレーションの多くは、天気予報などの気象/自動車の開発（流体や構造）/薬品や材料開発/ゲームなどに使われていることが多いが、シミュレーションの成果として意識することは生活上ほとんどない。実際にシミュレーションを構築しようとするときには、高いプログラミングスキルと専門知識が必要となり、気軽にシミュレーションを実行してみようという感じにはなかなかならないのが現状である。

幸いなことに、多くの社会シミュレーション研究者の中でよく使われており、比較的小規模で GUI (Graphical User Interface) や開発環境一式が提供

されているモデリング環境がいくつかある。ここではその 1 つである NetLogo を取り上げ、その特徴を紹介するとともに卒業論文で指導した実装例を紹介する。

2. エージェントモデル開発環境 NetLogo

エージェントベースシミュレーションモデル開発環境 NetLogo は、1960 年代に米国の人工知能研究者らによって開発された教育用プログラミング言語の Logo にその起源をもつ。1990 年代になると、Logo

*湘南工科大学 工学部 情報工学科 教授

の派生としてノースウェスタン大学の Uri Wilensky [1]によって開発されたのが NetLogo である[2]。

ターが用意され、ここで任意のコマンドを実行することが可能である。

2.1. NetLogo の概要

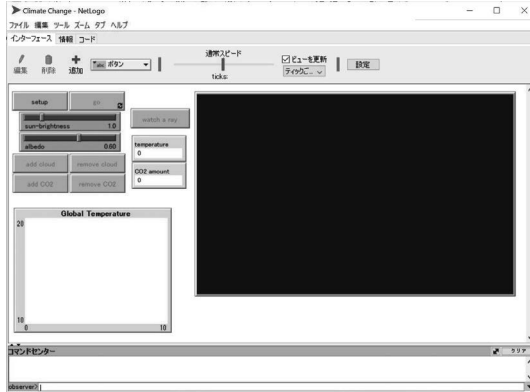


図 1 NetLogo のインターフェース画面

NetLogo 図 1 は、生物学・物理学・化学，社会学，経済学，心理学，地球科学など様々な動的プロセスを再現することが可能な汎用プログラミングツール（モデリングツール）である。したがって，特定のシミュレーションモデルしか組み込まれていないシミュレーションとは異なり，自分で任意のモデルを設計して動作させることが可能である。シミュレーションモデルの多くが，Fortran, C, Java などの汎用言語で記述されており，コンピュータを専門としない研究者・技術者にとってはハードルが高い。また，コーディングできたとしてもシミュレーションの結果の可視化をどうするかなど悩ましい課題が残る。NetLogo は Java で書かれているため，Windows, Mac, Linux などのマルチプラットフォームで動作するので可搬性が高い。また，直観的に扱えるインターフェースとなっているため利用者が多い。

2.2. NetLogo の基本構造

NetLogo を起動すると，ウィンドウ上に「インターフェース」タブ，「情報」タブ，「コード」タブの 3 つの画面から構成される（図 1）。

インターフェースタブには，モデルのパラメータを設定するためのボタンやスライダー，スイッチ，入力ボックスなどの様々なインターフェースを配置することができる。また，その横にはエージェントの動作を表示することが可能な「ワールド」画面が配置され，エージェント（タートル）の動きや背景のパッチなどを表示させて観測することが可能である。インターフェースタブの下部にはコマンドセン

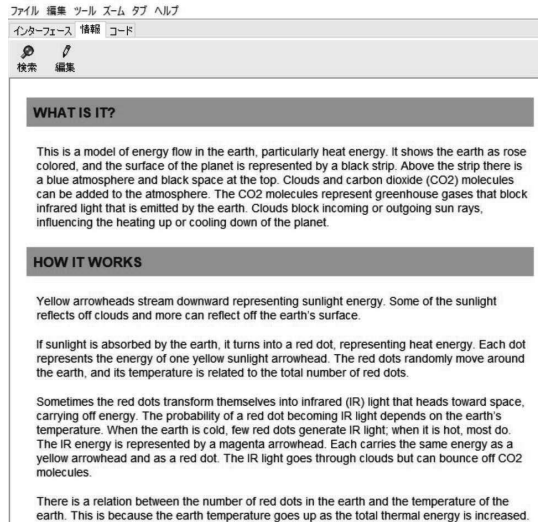


図 2 NetLogo の情報画面

情報タブには，このモデルがどのようなもので何ができるか，どのように使うのかなどの説明を，マークアップ言語で記述することができる（図 2）。ダウンロードした NetLogo のメニューからも，サンプルモデルを実行することが可能で，情報タブにはその説明が記載されているので，ユーザにはたいへん参考になる。

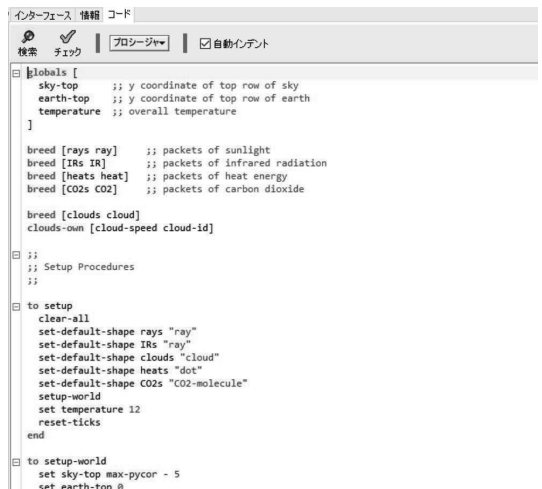


図 3 NetLogo のコード画面

コードタブには、ソースコードを記述する(図 3)。ここではプログラミング言語の Logo 言語を使って記述することになる。Logo 言語は教育用に開発されたもので、一般に販売される日本語教科書はないため、慣れる必要がある。開発元の Web ページのドキュメントや英語の教科書、いくつかの論文を参考にしながら作業を行う必要がある。しかし、エージェントモデルを構築するために用意されたコマンドや関数が豊富に用意されているので、簡単なモデルであれば比較的容易にモデル構築が可能なインタプリタ言語である。

3. NetLogoを用いた教育

NetLogo を用いたシミュレーションの教育では、以下のようなものが考えられる。

コンピュータシミュレーションとは、何らかの現象をコンピュータ上でシミュレートすることであり、物理学や社会学、生物学など人の手では計算困難な複雑な現象に対してコンピュータを用いて模擬的に計算するものである。このとき、現象が変化するパラメータ(要素)を変化させるなど疑似的に様々な仮説を作り出し、実験では得られない結果を確認することが可能なものである。

授業では、あらかじめ教員が用意したモデルや NetLogo のライブラリに用意されたモデルを用いながら学習をすすめる。

このライブラリを使う場合は、プログラミングの知識が低い初学者には有効でプログラミングの負担も少ない。

ここでは、実際の授業で行っている手順を説明する。

1. 教員が用意したモデルを用いてデモンストレーションを行う
2. モデルの背景と目的について情報タブを見せながら解説する
3. 学生によるシミュレーション実行
4. モデルにパラメータが用意されている場合には、パラメータ等の意義について解説
5. 学生はパラメータ等を変更しながら実行結果を確認
6. 学生はモデルの背景、目的、実行結果についてレポートにまとめる
7. コードタブを見せながら、プログラムの流れを説明し理解させる
8. 学生にこのモデルの問題点、拡張性について

考えさせてレポートにまとめる

9. レポートについて発表、または教員に提出

以上のように、プログラム経験が浅い学生でも無理なくシミュレーションの動きを理解し、また、パラメータを変更したケーススタディを実施することで、現象の理解をすることが可能となる。

4. 心理学視点の課題を NetLogo でモデル化

ここでは学生が 3 ヶ月で開発したモデルを 1 つ紹介する。紹介するモデルは、卒業研究の学生が短い期間で作上げたものである。彼らは必ずしもプログラミングが得意なのではなく、自らのテーマを具体化するために多くのサンプル、チュートリアル、既存研究論文やコマンドリファレンスなどを参考にしながらモデルを構築している。従って、NetLogo という言語に関わってからわずかな期間でこれだけのモデルが構築できたという事からも、NetLogo という言語の理解は容易であることがうかがえる。また、このモデルの特徴は人の心理的側面の研究成果を参考に、NetLogo により見える化することで、シミュレーションの体験者が感覚的に理解できるというツールに仕上げた点である。

4.1. 災害による停電下での避難者の道路横断への影響

災害大国である日本では災害が多いにもかかわらず道路には信号機の設置数が多く、世界でも信号機の設置数はトップクラスだといわれている。そんな信号機が災害によって停電し、機能を果たすことができなくなったら道路は混乱に陥る。災害時の状況で、歩行者が避難する際に道路の横断をどう解決するかが 1 つの課題となっている。そこで本研究では、左右からくる車の量、道路の幅を調節して道路状況を変化させることによって人の避難時間はどう変化するかを観察することが可能なシミュレーションモデルを構築した。

信号機が滅灯する原因として、大雪の影響、台風の影響、地震、鳥の営巣、車両衝突などの安全確保のための送電停止が存在する。その中でも地震と台風での停電が多く、北海道では 2018 年 9 月 6 日最大深度 7 の地震が起きた際には北海道全域による停電(ブラックアウト)が発生した。その時には信号機 1 万 2800 基が停電し交通状況に大きく影響した。台風の影響では 2019 年、千葉県に接近した台風 15 号で 1600 基の信号機が滅灯し、その多くの信号機が主要交差点であったため交差点で歩行者を巻き込む交通

事故が発生してしまった。

実際の災害時では車を使って避難する人が多く、その影響もあり隣接する交差点まで渋滞する現象グリッドロックが発生することも度々確認されている。

a) 災害環境下での道路横断心理に関する先行研究
 避難するには道路横断が必要となる場面が多く存在する。モデルを構築するにはまず“道路横断行動”を理解する必要がある。道路横断するときの心理として車のスピードや車の種類によって横断する許容時間が増減すると大阪大学の研究で報告されている[3]。浜岡らによる「歩行者の横断判断に着目した無信号単路部段階横断の安全性」[4]では、片側1車線の道路の左右から走行してくる車に対して、どの距離以上で横断可能であるか被験者を用いて実験している。その結果、40mの距離があれば横断可能と被験者は判断した。また、八木による「横断歩道の距離が歩行者の信号無視行動に与える影響」[5]では、路幅が5m, 7m, 9m, 11m, 13m, 15mの歩行者用信号機の付いた横断歩道に各一か所ずつビデオカメラを設置し歩行者が信号無視をする割合を集計した。13m以降から急激な割合の低下によって歩行者は13mの道路幅が存在すると横断判断は厳しいと明らかになった。

これら研究成果を参考に、今後発生しうる大規模な地震を想定し、災害発生時、信号機が機能しない尚且つ円滑に車両が走行できる状況、グリッドロック現象で走行困難な状況など様々な状況下で歩行者

がどのように道路を横断し、早急に避難所まで避難するかというテーマについて『道路横断』に注目してシミュレーションモデルを構築した。

b) シミュレーションモデルの概要

災害時の停電も考えられる道路では人の道路横断は危険性が高まる。危険性は車の量などでも変わることが予想される。本研究では車の量、道路の幅を調節し道路状況を変化させて人の避難時間はどうか観察するシミュレーションモデルを構築した。人エージェントには人の首の回旋(簡単に首を振ることが可能な角度)の可動域が60度、有効視野が30度、安定注視野を考慮した合計で110度の人の視野に近い角度での視野に設定してモデル化した。シミュレーションでは、普通の道路幅を想定した基準道路とその二倍幅の道路を用意し、人エージェントが道路の横断で避難時間にどれくらいの差が生じるのかをシミュレーション可能とした。



図 4 2倍幅の道路(右)では視野は基準幅(左)の2倍

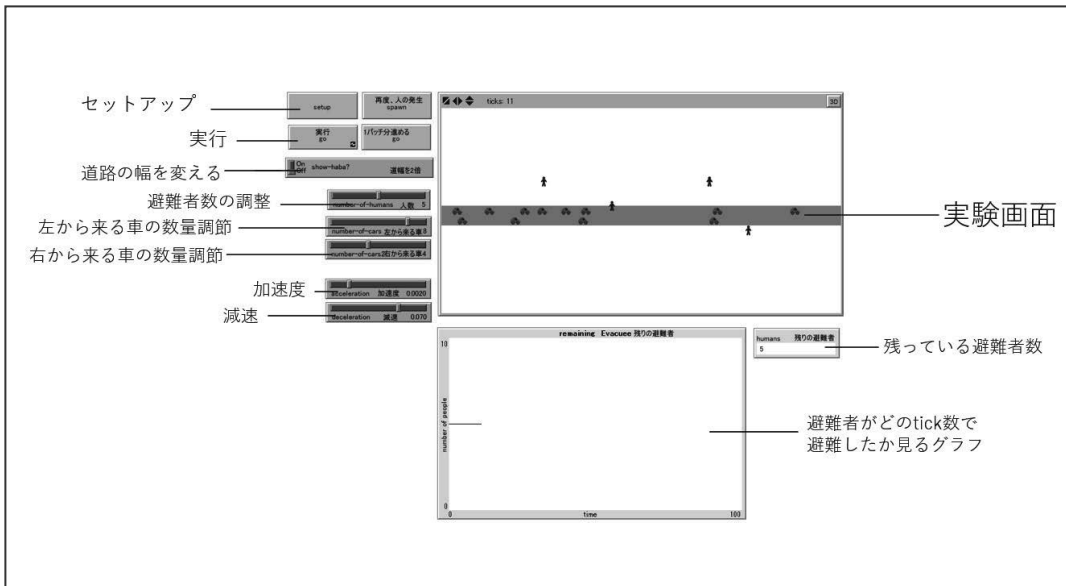


図 5 インターフェース説明

先行研究を参考にし、道路幅が横断しにくさの要因であることからこの心理をモデルに導入した。シミュレーションでは、図4の視野の範囲に車が存在するとエージェントは前進するのを止めるようにプログラムされている。

プログラムを実行する前に、シミュレーションの環境を設定する。「避難者の数」、「左方からの走行車」、「右方からの走行車」、「加速度」、「減速度」はそれぞれスライダーで変更することが可能（図5）。道幅を変えるにはスイッチ機能を on と off にすることで調整可能とした（図6）。なお道幅を2倍にすると避難者の横断判断もより注意が必要と考えられるので視野の距離を2.5倍に設定した。

プログラムを実行すると、図5のインタフェース画面の道路（実験画面）上部から避難者が発生し、下方の道路に向かって避難者（エージェント）は前進する。避難者は図4の視野を持っているので車が視野内に存在すると前進を止める。視野内に車がなくなると再び前進する。避難者が横断するかどうかの最終判断は、道路縁に到達時点で視野内に車があるかどうかで決定される。避難者は道路を横断すると画面から消える。その際、「残っている避難者数」のカウントや折れ線グラフ上に避難者の数に反映される。

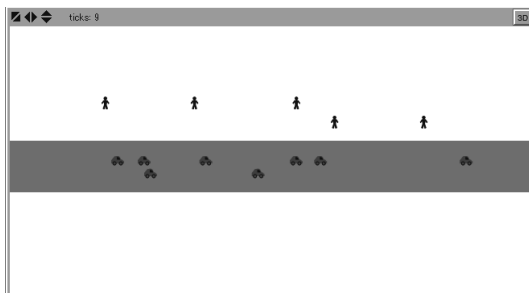


図6 2倍幅の道路、視野の距離は2.5倍(図4)

C) シミュレーションモデルの評価

本モデルは、上り下りの道路を走行する自動車の数量調整のほか加速・減速を考慮することで、シミュレーション上に渋滞を表現することができる。これにより、実際の道路横断に近い環境を作り出している。いくつかの設定を変更し、道路幅と自動車走行環境を変化させることで、参考研究が指摘しているような道路横断心理が見て取れるものとなっている。

具体的には、道路幅の条件のみを変更するだけで横断時間が5倍近く変わっている。一方、車の走行

台数を減らすと横断時間は基準幅の横断時間に近づいてくることが確認できる。以上より、このシミュレーションを行うことで、車の左右からくる車の台数や道路の幅は避難時間に大きく影響することが確認することができる。

今回想定した停電による信号が機能しない環境の徒歩避難では、避難場所までのルート内で交通量の多い道路や幅の広い道路を横断する場合には、避難時間の遅れが予想されるため、ルートの選択には十分注意する必要があると言える。

一方、一度に多くの避難者を避難させることができる車は有効であるが、道路の混み具合による避難の遅れや、徒歩避難者への影響を考慮すると必ずしも自動車による避難は有効とは言い切れないのではないかと。

4. まとめと課題

NetLogoの教育的効果とプログラミング経験が少ない学生でも比較的短時間でプログラミング言語を学び、シミュレーションモデルを構築できることをご紹介した。NetLogoは、自然現象、社会現象などに対するシミュレーションを用いた教育に有効な手段であると思われる。授業の工夫次第では、小学校から大学生までが、シミュレーションについて柔軟に学ぶことが可能である。

参考文献

- [1] Wilensky, U., and Rand, W.: An Introduction to Agent-Based Modeling Natural, Social and Engineered Complex System with Netlogo, 2015
- [2] <https://github.com/NetLogo>
- [3] 紀ノ定保礼, 臼井伸之介: “脆弱性認知は常にリスク回避を予測するか? -道路横断行動を題材とした検討-”, 日本心理学会第77回大会, pp930, 2013
- [4] 浜岡秀勝, 林勇朔, 戸来貴大: “歩行者の横断判断に着目した無信号単路部段階横断の安全性”, 土木計画学研究・論文集 第33巻, pp I_1167-I_1175, 2016
- [5] 八木善彦: “横断歩道の距離が歩行者の信号無視行動に及ぼす影響”, 日本心理学会第79回大会, pp1229, 2015