

令和 6 年 6 月 21 日現在

機関番号：21201  
研究種目：基盤研究(C)（一般）  
研究期間：2020～2023  
課題番号：20K03125  
研究課題名（和文）高大連携による情報科の「モデル化とシミュレーション」教育のデザインに関する研究

研究課題名（英文）Study on the Design of 'Modeling and Simulation' Education in Informatics by linking high school and university

研究代表者  
市川 尚（Ichikawa, Hisashi）  
岩手県立大学・ソフトウェア情報学部・准教授

研究者番号：40305313  
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、高等学校新学習指導要領の改訂によって、教科「情報」において、すべての高校生がモデル化とシミュレーションの内容を学習することを受け、社会シミュレーションを活用した教育実践研究を行ったところに特徴がある。本研究では、共通教科情報科と専門学科情報科（課題研究）において、社会シミュレーションを活用した教育実践に必要な学習環境の要件を、教育実践研究を通して考察したことに特徴がある。具体的には、オープンソースのシミュレーション環境であるNetLogoの活用と、そこで必要な教材や支援についての事例を提示するとともに、実践上の留意点について考察した。

研究成果の学術的意義や社会的意義  
本研究は、実質的な高大連携による情報科の「モデル化とシミュレーション」の教育について、これまで高等学校の情報科と結びつけた実践研究はほとんど見られていないことから、社会シミュレーションの新たな活用可能性を示すことに学術的意義がある。また、モデル化とシミュレーションの内容はすべての高校生が学ぶようになったこと、高大連携の枠組みで実践事例を示したことは、社会的な意義があると考えられる。

研究成果の概要（英文）：This study is characterized by its educational practice research using social simulations, in response to the revision of the new curriculum guidelines for high schools in Japan, which mandates that all high school students learn about modeling and simulation in the subject of Information Studies. The study specifically explores the requirements for a learning environment necessary for educational practice using social simulations, both in the common Information Science course and the specialized Information Science course (Project Research). It involves the use of NetLogo, an open-source simulation environment, and presents cases on the necessary teaching materials and support, as well as considerations for practical implementation.

研究分野：教育工学

キーワード：情報教育 モデル化とシミュレーション 高大連携 情報科 社会シミュレーション

## 1. 研究開始当初の背景

令和4年度から施行された高等学校新学習指導要領では、共通教科情報科の「情報に関する科学的な見方・考え方」について、「事象を、情報とその結び付きとして捉え、情報技術の適切かつ効果的な活用(プログラミング、モデル化とシミュレーションを行ったり情報デザインを適用したりすること等)により、新たな情報に再構成すること」とされている。共通教科情報科の科目「情報Ⅰ」の「コンピュータとプログラミング」の領域には、モデル化とシミュレーションの内容が示されている。情報Ⅰは必修であるため、すべての高校生がモデル化とシミュレーションを学ぶことになり、どのように教えていくのかは課題となっている。

シミュレーションは一般にも知的活動の道具(たとえば環境変化の予測など)として使われる。どのようなシミュレーションでも何らかの学びがおこる可能性はあるが、一般的なシミュレーションと教育のシミュレーションの違いは、教育的な支援が含まれているかどうかであり、その教育目標は、教科の目標、問題解決の目標、学び方を学ぶ目標が同時に含まれるとされる[1]。物理などの教科であれば物が坂道を下る速度などのモデルの理解(すなわち教科の目標)が中心となるが、情報科では、コンピュータを用いたモデル化とシミュレーションという問題解決手法を身につける(学び方を学ぶ)ことが中心であり、それ自体が教科内容となる。つまり、情報科のシミュレーションで扱う題材は、コンピュータを用いて、現実場面を抽象化したモデルを構築し、シミュレーションによってモデルの動きを観察・調整しながら、問題への適切な解決策を検討するという一連のシミュレーション技法を高校生が身につけやすいような題材を選択する必要がある。

## 2. 研究の目的

本研究は、実質的な高大連携による情報科の「モデル化とシミュレーション」の教育について、その教授法とシミュレーターを含めた学習環境の要件の整理を目的とする。本研究では、特にエージェントベース社会シミュレーション(ABSS)に着目する。社会シミュレーションは、人間や組織をエージェントとしてモデル化して、意思決定が含まれるようなシミュレーションである。高校生にとって身近な、小売店の回遊行動や施設の避難行動なども含まれる[2]。専門高校の課題研究で重視される「調査、研究、実験」の観点から見ても、社会との接点があることから現地調査につなげることができ、現実とモデルの比較・評価も可能になる。社会シミュレーションの領域では、高等教育を中心に行われてきたが、高等学校の情報科と結びつけた教育実践に関する議論は、いくつか行われているが[3]、いまだ少ない状況にある。本研究はABSSの教育への活用可能性を示すことによって、今後の実践研究に資すると考えられる。

## 3. 研究の方法

本研究は、実際の教育実践を通して、改善を行いながら進めた。特に、教科「情報」は、共通教科情報科と専門教科情報科の2種類があることから、専門教科情報科の課題研究における実践と、共通教科情報科の2つについて、実践研究を行うことにした。新学習指導要領を踏まえながら、まず、(1)専門教科情報科を扱う高校の課題研究におけるモデル化とシミュレーションの高度な演習のデザインについて研究を進め、その成果を活かしながら、(2)共通教科情報科の「情報Ⅰ」で学習するモデル化とシミュレーションの演習のデザインを行うことにした。

具体的には(1)課題研究における内容は、専門学科情報科の2校を遠隔でつないで、年間を通して行った。前半を社会シミュレーションの内容理解とNetLogoのプログラミングの演習(年度により環境は異なる)、後半を社会シミュレーションにおけるモデルのパラメータ調整とシナリオ分析の演習を行った。高校側と大学側は、zoomによるオンライン授業と、slackを情報共有や進捗報告、相談受付の場とした。(2)普通高校(共通教科情報科)については、2校に対して演習を対面で実施した。NetLogoを用いて行った。両者ともに、学校におけるCOVID-19の感染防止をテーマとした。

## 4. 研究成果

(1)専門学科「情報科」を有する2つの高校と連携し、遠隔による課題研究の実践を年間を通して実施し、評価結果をもとに毎年改善を行いながら授業のデザインを策定した。ABSSの環境については、当初はPythonを利用可能なs4 simulation systemを用いて構築していたが、研究期間の後半は実践の継続性や導入の容易性の観点から無料でアカウントを作成することなしに利用可能なオープンソースのNetLogo(図1)を採用した。NetLogoは専用の言語を用いるため、高校でよく学習されているPythonは利用できない。COVID-19の感染シミュレーションは、学校(教室と体育館)、家庭、会社を設定し、指定された状況を再現しながらモデルの特性を理解するパラメータ調整フェーズと、有効であると考えられる防止策をモデル上に実装して評価を行うシナリオ分析フェーズの2つに分けて、段階的に取り組ませた。生徒たちは進捗をモデリングサイクルシート(図2)やシナリオ分析シートを用いて報告した。生徒たちは最終的に、自分たちでプログラム(モデル)を調整しながらシミュレーション環境を構築し、実際にシミュレーシ

ンを行い、その結果を根拠にしながら、高校の感染防止策を検討した結果を発表することができた。さらに学外のシミュレーション関連のセミナー等で成果を発表できた[4]。

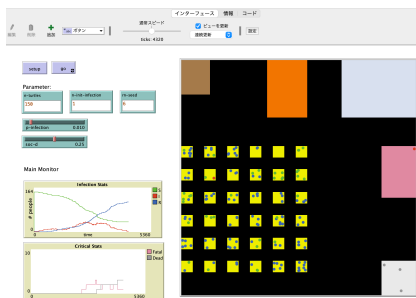


図1 NetLogoの画面

### モデリングサイクルシート

サイクルNo: ○ 完了日時: 2022年○月○日

#### 改善点

想定する感染状況の再現のために改善が必要だと思われることを書いてください。

#### 仮説・モデル

改善のために組入れる仮説・モデルを述べてください。

【ベース】【仮説】【理由】【モデル】【プログラム】に分けて書きましょう。

#### 結果・評価

シミュレーション結果を確認して、想定する感染状況の再現の観点から、どのようなギャップ(差)があるかを述べてください。

【結果】【評価】に分けて書きましょう。

図2 モデリングサイクルシート記載例

(2)普通高校の生徒に対して、オンラインで利用可能なシミュレーション環境であるNetLogo Webを用いて、COVID-19の感染防止策を提案する実践を行った。ABSSの教育実践においては、シミュレーション環境で稼働するモデルを記述するプログラムの理解や、プログラムの調整が必要となるが、普通高校の生徒は、専門学科の生徒と比べて、よりプログラムの理解への支援が必要であると考えられる。割り当てられる授業時間には制約があるため、プログラムの理解を促進するための方策として、UML(クラス図・アクティビティ図・状態遷移図)による可視化に着目した[5]。UMLを用いる理由は、ABSSはオブジェクト指向の考え方に近く、親和性が高いことが先行研究でも示されていたことによる。実践環境は図1に示す画面とほぼ同様であるが、実施を円滑にするために、必要な情報をまとめたWeb上の支援サイトを構築した(図3)。共通教科情報科でモデル化とシミュレーションの授業を行うことを想定し、4-6時数程度で実施可能な授業とした。授業は、シミュレーション・ABSS・UMLの説明、NetLogoのチュートリアル、感染シミュレーションの説明、シミュレーション環境に触れながらの感染防止策の検討(プログラム修正含む)、発表、という流れで構成した。実践は、A高校12名、およびB高校36名を対象に行った(図4)。授業実践を行った結果、UMLを利用することで、高校生はUMLの前提知識なしに、ABSSのプログラムの理解が促進したという結果が得られた。NetLogoでプログラムを修正することもできた。しかし、UMLの内容の理解に難しさがあることも分かり、プログラムとUMLとの対応関係をより明確にする必要性が明らかになった(たとえば、クラス図において各クラスの色とプログラムの色をあわせるなど)。また、授業の進め方として、UMLを用いてプログラムの改善を行う具体例を示す必要性も示唆された。2校で実践を行ったが、学校によって、効果が異なることも示唆され、その要因について検討することが今後の課題として示された。

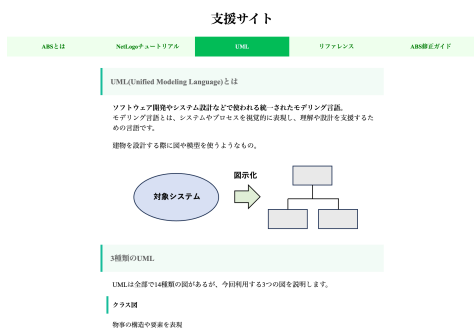


図3 授業支援サイト



図4 実践の様子

### <引用文献>

- [1]Gibbons, A. et al.: Simulation Approach to Instruction. In C. Reigeluth (Ed.), Instructional Design Theories and Models (Volume III), Routledge, 2009
- [2]後藤裕介, 市川尚, 小西良尚, 櫻井敬士: 回遊行動シミュレーションを題材とした高等学校におけるシミュレーション教育の検討, 経営情報学会誌, Vol.27, No.1, pp. 37-43, 2018
- [3]古本知大, 梅田恭子: 「モデル化とシミュレーション」にマルチエージェントシミュレーションを取り入れた特徴の検証, 日本情報科教育学会誌, Vol.11, No.1 (2018)
- [4]NTT データ数理システム: S4 Simulation System 学生研究奨励賞 (2021年度学生研究奨励賞), [https://www.msi.co.jp/event/stuaward/sa\\_s4.html](https://www.msi.co.jp/event/stuaward/sa_s4.html) (参照日: 2024年5月20日)
- [5]大志田淳也, 市川尚: UMLによるエージェントベースシミュレーションのプログラム理解支援, 経営情報学会 2023年度年次大会, 2023

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 後藤 裕介、市川 尚、白井 康之、森田 裕之	4. 巻 62
2. 論文標題 社会政策立案のためのエージェントベース社会シミュレーションにおける深い不確実性分析	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 計測と制御	6. 最初と最後の頁 21～26
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11499/sicejl.62.21	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 後藤 裕介、森田 裕之、白井 康之、市川 尚、濱田 直希、原田 智広	4. 巻 13
2. 論文標題 社会シミュレーションによる経済支援施策の設計	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 進化計算学会論文誌	6. 最初と最後の頁 23～39
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11394/tjpnsec.13.23	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 武田 慧、大堀 勝正、市川 尚、三田 正巳	4. 巻 46
2. 論文標題 共通教科情報科における教員の課題に関する計量テキスト分析調査	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本教育工学会論文誌	6. 最初と最後の頁 101～104
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.15077/jjet.S46053	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 市川 尚	4. 巻 57
2. 論文標題 学びあいの方略としてのインストラクショナルデザイン	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 設計工学	6. 最初と最後の頁 160～165
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ishimaru Yutaro, Morita Hiroyuki, Goto Yusuke	4. 巻 15
2. 論文標題 In-Store Journey Model with Purchasing Behavior Based on In-Store Journey Data and ID-POS Data	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Review of Socionetwork Strategies	6. 最初と最後の頁 215 ~ 237
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12626-021-00078-5	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 後藤裕介	4. 巻 56
2. 論文標題 複数分析関心に基づく社会シミュレーション・ログの階層的分類と可視化手法	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 計測自動制御学会論文集	6. 最初と最後の頁 463-474
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.9746/sicetr.56.463	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計11件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 大志田淳也, 市川尚
2. 発表標題 UMLによるエージェントベースシミュレーションのプログラム理解支援
3. 学会等名 経営情報学会 2023年度年次大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 プログラミング課題のピアレビューにおけるフィードバック質向上を支援するシステムの開発
2. 発表標題 村上 響祐, 市川 尚, 富澤 浩樹, 阿部 昭博
3. 学会等名 情報処理学会研究報告 (コンピュータと教育)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yusuke Goto, Hiroyuki Morita, Yasuyuki Shirai, Hisashi Ichikawa
2. 発表標題 Simulation-Based Classification in Multi-Objective Optimization Problems with Social Simulation
3. 学会等名 17th annual Social Simulation Conference (SSC2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Y. Goto, H. Ichikawa, H. Morita, and Y. Shirai
2. 発表標題 Toward Simulation Analysis of Subsidy Payment Policies Amid COVID-19 Pandemic: Multi-Objective Optimization in Agent-Based Simulation
3. 学会等名 IEEE CYBCONF 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 後藤裕介, 白井康之, 森田裕之, 市川尚
2. 発表標題 多目的最適化社会シミュレーションにおける解集合に基づく状況分類手法の検
3. 学会等名 計測自動制御学会 システム・情報部門 第27回社会システム部会研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 後藤裕介, 市川尚, 白井康之, 森田裕之
2. 発表標題 経済支援政策分析のための社会シミュレーション基盤にむけて
3. 学会等名 計測自動制御学会 システム・情報部門 学術講演会SS12021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高橋耕平, 市川尚, 後藤裕介
2. 発表標題 COVID-19感染対策による経済影響分析シミュレータの開発
3. 学会等名 経営情報学会2021年度年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 工藤大輝, 市川尚, 後藤裕介
2. 発表標題 政策議論を促す多目的最適化社会シミュレーション手法の開発
3. 学会等名 経営情報学会2021年度年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 周藤祐汰, 高木正則, 市川尚
2. 発表標題 Python実行サーバを必要としないオンラインプログラミング環境の開発
3. 学会等名 情報処理学会情報教育シンポジウム論文集
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 太田樹哉, 高木正則, 市川尚
2. 発表標題 「共通教科情報」でのプログラミングを対象とした作問学習の実践と評価
3. 学会等名 情報処理学会第84回全国大会講演論文集
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Y. Ishimaru, H. Morita, and Y. Goto
2. 発表標題 In-store Journey Model Based on ID-POS Data and In-store Journey Data,
3. 学会等名 The 7th Multidisciplinary International Social Networks Conference (国際学会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	後藤 裕介 (Goto Yusuke) (40454037)	芝浦工業大学・システム理工学部・准教授  (32619)	
研究分担者	高木 正則 (Takagi Masanori) (80460088)	電気通信大学・eラーニングセンター・准教授  (12612)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------