

## 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

後藤裕介 (岩手県立大学),  
市川 尚 (岩手県立大学),  
小西良尚 (京都府立京都すばる高等学校),  
櫻井敬士 (山形県立酒田光陵高等学校)

**要旨:** 次期学習指導要領では高等学校で情報の科学的な理解に裏付けられた情報活用能力を育成することが期待されている。シミュレーションは事象のモデル化、問題発見、モデル評価、問題解決能力を育むことができると考えられるが、教育現場において実施可能で有効な教材・教育方法に関する知見は十分でない。本稿では「情報」に関する専門学科を有する高等学校の課題研究におけるシミュレーション教育として回遊行動シミュレーションを活用した実践例を紹介し、教育効果に関する予備的な結果を報告する。

**キーワード:** シミュレーション, 高大連携, 課題研究

### On Simulation Education in High School with Pedestrian Simulation

Yusuke GOTO (Iwate Prefectural University),  
Hisashi ICHIKAWA (Iwate Prefectural University),  
Yoshinao KONISHI (Kyoto Prefectural Kyoto Subaru High School),  
Takashi SAKURAI (Yamagata Prefectural Sakata Koryo High School)

**Abstract:** In the next general policies regarding curriculum formulation by MEXT, high school students are expected to foster information utilization abilities based on the scientific understanding of information. Simulation is a good teaching material that fosters abilities of modeling, finding problems, evaluating models, and solving problems. However, knowledge about teaching materials and educational methods that can be practiced effectively is not sufficient. We introduce a practice using pedestrian simulation in a high school class and report preliminary results on educational effect.

**Keywords:** simulation, university–high school collaboration, themed research

## 1. 研究背景・目的

高等学校での教科「情報」の指導に関して、次期学習指導要領では、情報科学的側面をより一層重視した教育内容への変更が予定されている（文部科学省，2016；鹿野，2017）。専門学科「情報科」を擁する高等学校は全国で19校存在するが、これらの高等学校では専門として学ぶことから、より一層高度な教育が求められる。以上の背景からも文部科学省では社会の変化や産業の動向等に対応した高度な知識・技能を身につけるための先進的な卓越した取組を行う専門高校をSPH（スーパー・プロフェSSIONナル・ハイスクール）として指定し、大学との高大連携も推奨している（文部科学省，2014）。

著者らの実践から高大連携の動機は高等学校と大学の両者の視点から以下のように整理できる。

- (1) 高等学校側の連携ニーズ：専門家の知識やリソースの支援を受けながら、内容が高度で指導が難しいような授業の実施や課題研究などの問題解決・探求的活動の高度化を実現したい。
- (2) 大学側の連携ニーズ：高等教育のユニバーサル化による多様な入学者への対応や入学者と入学学部・学科とのミスマッチ防

止を目的として、高等学校の段階で専門分野の豊かな学びを経験した意欲・適性の高い学生に教育を提供したい。

このとき、従来の出前講義（模擬講義）や体験教室のような高大連携事業に代表されるモデルに加えて、専門性を高めていく手段としての継続的・共創的モデルが注目されてきている（後藤・市川，2017）（表1）。

著者らは所属機関の高大連携事業の中でモデル（B）の実質的な高大連携の取組みを高等学校の「課題研究」で行ってきたが、コンピュータを用いたシミュレーションを対象とした教育に関しては報告されている実践例（綿貫，2010）も多くなく、どのような教育プログラムが有効であるか明らかではなかった。

本稿では、ソフトウェア情報学を専門とする大学学部と情報科学を専門とする高等学校との「課題研究」での高大連携において、コンピュータを用いたシミュレーションに関する教育で回遊行動シミュレーションを活用した実践例を紹介する。第2節では高等学校における課題研究と本研究で対象とする内容について説明する。第3節では回遊行動シミュレーションを題材とした教育プログラムの概要を紹介する。第4節では実践結果のふりかえりと生徒への聴き取りに基づいた教育効果の予備的な検討を行う。第5節ではまとめと今後の課題を示す。

表1 高大連携の2つのモデル（後藤・市川，2017より）

	(A) 従来型の高大連携の取組み	(B) 実質的な高大連携の取組み
目的	1) 専門分野への興味喚起 2) キャリア（進学）意識醸成	1) 授業・研究の高度化 2) 専門分野のキャリア（進学）意識の醸成と目標の明確化
接点・期間	点・短期間	線・長期間
授業づくり	依頼→実施型プロセス	共創的プロセス
学びの形式	一方向（大学→高等学校）	協同的（高等学校↔大学）
学びの主体	生徒	生徒，高等学校教員，大学生，大学教員
負担・コスト	小	大
効果の程度	小	大

## 2. 課題研究と本研究での対象内容

高等学校における「課題研究」では情報に関する課題を設定し、その課題の解決を図る学習を通して専門的な知識と技術の深化、総合化を図るとともに、問題解決の能力や自発的、創造的な学習態度を育てる科目として位置づけられており、「調査、研究、実験」の他に「作品の制作」や「職業資格の取得」も実施例として示されている(文部科学省, 2010)。「調査、研究、実験」では「調査、研究、実験」のどれかを独立して実施することの他にすべてを組み合わせた内容も想定されている。テーマとしては、コンピュータを用いたシミュレーションに関する内容も含まれている。通常2~4単位の履修が想定されている。

本研究では、高大連携事業としての位置づけもふまえて、大学での主体的な学びにつながるような内容を意図して、問題解決志向である「調査、研究、実験」の一連を体験するものを対象とした。同時に高等学校のカリキュラムとの接合を意識して、教科「情報」の中で学習する項目の発展的な内容とすることを考えた。

## 3. 教育プログラムの概要

### 3.1 実施体制・期間

高等学校専門学科「情報科」の3年生次の「課題研究」を対象として、通年で研究活動の高度化のための協同的な高大連携を行った。期間は2017年4月~2018年1月までの10ヶ月であり、対象は山形県立酒田光陵高等学校情報科3年生3名、京都府立京都すばる高等学校情報科学科3年生3名である。

体制は大学側が大学教員1名、TA1名であり、テーマ提示や教材の紹介、シミュレータの

チュートリアルおよびオンラインでの随時アドバイスを行った。高等学校側では教員1名が通常時の指導を行い、基本的に生徒が自主的に学習を進めていくことができるようにした。

### 3.2 研究テーマとその設定意図

施設内や店舗内での人間の動き(回遊)をモデル化したシミュレータを開発し、シミュレータを使って店舗内の配置や掲示などの改善策を考えることを研究テーマとした。はじめに現地調査を行い、回遊行動と施設のモデル化を行う。その後、開発したモデル評価を行い、モデルを改良する。改良したモデルに基づいて、シミュレーション実験を行い、結果を分析して店舗の回遊を改善する施策を考える。

研究テーマの選定にあたっては教育意図の観点から(1)モデリング(モデル評価・改良)の難易度が高くないこと、(2)社会との接点があるものであることの2点を考慮した。(1)に関しては、学習指導要領の解説で紹介されているようなインフルエンザの感染過程のように観察が難しいものを対象とせず、具体的な施設を想定した調査が可能であることを条件とした。この条件を満たせば、現実とモデルの比較・評価が可能になる。また、対象が高校生であることをふまえて、モデルの改良にドメイン知識を必要としないものを条件とした。一般に問題解決にはドメイン知識が必要となるが、本実践のように比較的短時間での実施を考えたときには、高度なドメイン知識がなくても、モデルの評価を回遊者としての自身の経験から行うことができるものが望ましいと考えられる。(2)に関しては対象が現実に存在するものを取り扱うことで、技術者として重要である問題解決志向の活動を経験してもらうことができるようになる。

研究テーマは実現可能性の観点からも、(i)

探求的でありながら継続的に研究可能であること、(ii) グループで取り組むことが可能であること、(iii) シミュレータの開発労力が少なくすむことの3点を考慮した。(i) に関しては、1年限りではなく高等学校側で継続的にテーマ設定が可能であることを意識した。回遊行動シミュレーションの場合には異なる施設や目的(回遊、避難など)を設定することで、大枠としては同じものでありながら、多数の類似しつつ探求的でもある研究テーマを設定可能である。このことにより、毎年度高等学校教員が新しいことを学習する必要がなくなるため、大学側の指導に過度に依存せず、高等学校が主体となり指導ができるようになることが期待できる。

(ii) に関して、高等学校での実施に際しては、実施体制の関係からグループ単位で1つのテーマに取り組むことが多い。また、対象とする生徒の能力や興味関心が異なることが想定されるため、グループの中でこれらの生徒が何処かで貢献できるようなテーマが望ましい。回遊行動シミュレーションの場合には、現地調査での聴き取り、回遊行動のモデル化、シミュレータの構築など異なる能力が必要となるため、生徒の得意分野での活躍を促すことができると考えられる。

(iii) シミュレーションを活用した教育実施における障害の一つは、特に可視化や分析部分を中心として、シミュレータ開発のモデルに直接かかわらない部分の開発労力が非常に大きい点である。開発を支援する環境は多数存在するが、多くは固有言語による実装が求められ、高等学校での教育・学習実施を考えたときの負担は大きい(市川・後藤, 2013)。本実践ではPython言語で開発が可能であるS<sup>4</sup> Simulation System (NTTデータ数理システム)を利用して、モデル部分の実装に集中できるようにした。

### 3.3 学修目標

大学教員と高等学校教員で検討を行い、学修目標として以下の4つを設定した。

- 1) 人間の動きを適切なモデルにより表現することができるようになる
- 2) モデル変数値の適切な設定のため、現実の対象を調査することができるようになる
- 3) プログラミングを行い、シミュレータを開発することができる
- 4) シミュレータを使い、施設の特徴を踏まえた回遊モデルの改良、施設の混雑状況を改善する施策の提案ができるようになる

### 3.4 実施スケジュール

山形県立酒田光陵高等学校では週2コマ、京都府立京都すばる高等学校では週4コマの時間を割り当て、社会シミュレーションの標準的な研究手順(後藤, 2016)に従い、次のスケジュールで実施した。各項目の区切りのタイミングでは大学と高等学校(2校)をオンライン会議ツールにより接続して、合同発表会を行うなど、学校間での交流も行った。

- ・4~6月: テーマ紹介, Python言語の基本文法とオブジェクト指向の学習
  - ・7月: 対象施設・店舗と回遊行動の調査
  - ・8月: シミュレータ開発のチュートリアル(集中指導)
  - ・9~10月: シミュレータ開発
  - ・11~12月: モデル評価・改良
  - ・12~翌年1月: 実験, 研究レポートの作成
- 対象施設・店舗と回遊行動の調査では、回遊シミュレーションに適した施設の条件を示した上で、現地調査を行って(1)施設のレイアウト、(2)施設利用者の属性、(3)混雑の状況、(4)利用者の施設内での移動の特徴、(5)移動の特徴と属性の関係の考察を行った。

シミュレータ開発においては、現地調査を

ふまえたモデル化も行った。回遊行動の表現は Social Force Model (Helbing and Molnar, 1995) をベースにした。続くモデル評価と改良のフェーズでは、Social Force Model では現実の重要な挙動を表現できていない点を明らかにして、モデルの改良に取り組んだ。

### 3.5 研究の成果

山形県立酒田光陵高等学校の生徒は書店を対象店舗として選び、立ち読みなどによる店舗内での混雑状況の解消を目的とした。京都府立京都すばる高等学校の生徒は大規模ショッピングモールでの回遊行動を対象として、来店客の回遊行動の再現を目的にした。

対象店舗の調査に関しては、来店客に対してアンケートを実施したり、観察結果から統計をとったり、データに基づいて来店者の回遊行動を把握した。

研究の中核部分にあたるモデル評価と改良に関して、両高等学校共に (A) 属性により回遊行動が異なることの表現、(B) 回遊中の立ち止まりの表現を評価結果に基づく改良点として挙げ、これらの挙動をシミュレータ上で実装することができた (図1 参照)。

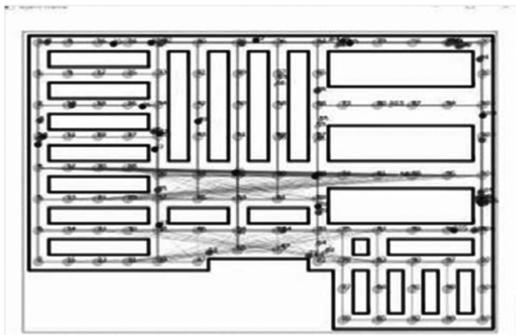


図1 生徒が開発したシミュレータ (一部)

## 4. 実践結果のふりかえり

### 4.1 学修目標の観点での評価

3.3節で示した1)~4)の各項目については、生徒の最終発表資料から明確に達成できていることが読み取れた。このことから回遊行動シミュレーションを題材とした今回の課題研究の教育プログラムにより、問題解決志向である「調査、研究、実験」の一連について体験・学習することが可能であると考えられる。これらを実現されたのは、対象生徒がプログラミングの基礎能力を既に身につけており、新しい言語の学習も苦しなかったことや、テーマ、モデル評価・改良の範囲、改良のしかたについて適切な限定をしたことが有効であったと考えられる。

本実践では大学での主体的な学びにつながるような内容を意図したが、この文脈で考えたときには、狭義の研究的な学びに関しては今回の実践からは難しいことが明らかになった。回遊行動に関する新しいモデルやアルゴリズムの提案・実装のような狭義の意味での研究的な成果を達成することは、時間的な制約からも難しいことがわかった。しかしながら、シミュレーションのプログラムとシミュレータ上での行動の対応を理解するなどモデリングの初歩の部分については、高校生でも十分に学ぶことができていることが明らかになった。

### 4.2 実施面でのふりかえり

生徒の状況の観察結果から、シミュレータの開発環境を利用することは開発工程を短くしている一方で、シミュレータの構造を把握するのに苦戦をしている様子が見て取れた。高校生の場合には、断片レベルのプログラミングは経験していても、複雑な構造のプログラムを編集す

ることには慣れていないことが原因の一つであると考えられる。本実践の教育意図としてはシミュレータの構造自体の理解は周辺の事項であると考えられるので、モデルの修正点とシミュレータ上での編集点の対応関係を予め示すなど、中心的な作業に時間をさけるようにすることが改善点として挙げられた。

## 5. まとめと今後の課題

本稿では、ソフトウェア情報学を専門とする大学学部と情報科学を専門とする高等学校学科との「課題研究」での高大連携において、コンピュータを用いたシミュレーションに関する教育で回遊行動シミュレーションを活用した実践例を紹介した。施設内や店舗内での人間の動き（回遊）をモデル化して、シミュレータを開発し、シミュレータを使って店舗内の配置や掲示などの改善策を考えることを研究テーマとして設定し、社会シミュレーションの基本的な研究手順に従い、現地調査、モデル化、モデル評価、モデル改良、シミュレーション実験と分析という研究の全体を体験することで、研究の中核部分にあたるモデル評価と改良に関して、両高等学校共に（A）属性により回遊行動が異なることの表現、（B）回遊中の立ち止まりの表現を評価結果に基づく改良点として挙げ、これらの挙動をシミュレータ上で実装することができた。

今後の課題としては、実施面での改善とともに、教育効果の定量的な評価が挙げられる。ループリックを用いた事前/事後での評価などが候補として考えられる。

## 謝辞

本研究における連携事業実施にあたり、NTTデータ数理システム株式会社が提供する S<sup>4</sup> Simulation System の教育向け無償貸与制度を利用させていただいた。ここに謝意を表する。

## 参考文献

- 市川学・後藤裕介「社会システムの研究動向5—研究のためのツール—シミュレーション言語の特徴と比較」『計測と制御』第52巻，第7号，2013年，pp. 595–600.
- NTT データ数理システム S<sup>4</sup> Simulation System <https://www.msi.co.jp/s4/> (2018年2月13日)
- 後藤裕介「エージェントベース・シミュレーション研究の動向」『経営システム』第25巻，第4号 2016年，pp. 223–228.
- 後藤裕介・市川尚「専門性深化のための実質的な高大連携」『産業と教育』No. 774，2017年，pp. 2–8.
- 鹿野利春「学習指導要領の改訂と共通教科情報科」『情報処理』Vol. 58, No. 7, 2017年，pp. 626–629.
- 文部科学省 学習指導要領解説情報編 [http://www.mext.go.jp/component/a\\_menu/education/micro\\_detail/\\_icsFiles/afieldfile/2012/01/26/1282000\\_11.pdf](http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2012/01/26/1282000_11.pdf) (2018年2月13日)
- 文部科学省 スーパー・プロフェッショナル・ハイスクールの概要 [http://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/shinkou/shinko/1366335.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/shinkou/shinko/1366335.htm) (2018年2月13日)
- 文部科学省 中央教育審議会答申(中教審197号) [http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/1380731.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/1380731.htm) (2018年2月13日)
- 綿貫俊之「授業実践 身近な事象におけるシミュレーションについての指導—「モデル化とシミュレーション」実践報告」『じっきょう 情報教育資料』第28号，2010年，12–15ページ。
- Helbing, D., and Molnar, P., “Social Force Model for Pedestrian Dynamics,” *Physical Review E*, Vol. 51, No. 5, May 1995, pp. 4282–4286.

**後藤 裕介**

所 属：岩手県立大学

連絡先：〒020-0693 岩手県滝沢市巣子 152-52

E-mail : y-goto@iwate-pu.ac.jp

**小西 良尚**

所 属：京都府立京都すばる高等学校

連絡先：〒612-8156 京都府京都市伏見区向島  
西定請 120

E-mail : konishi-yosi@kyoto-be.ne.jp

**市川 尚**

所 属：岩手県立大学

連絡先：〒020-0693 岩手県滝沢市巣子 152-52

E-mail : ichikawa@iwate-pu.ac.jp

**櫻井 敬士**

所 属：山形県立酒田光陵高等学校

連絡先：〒998-0015 山形県酒田市北千日堂前  
字松境 7-3

E-mail : sakurai@sakatakoryo.jp