

視点切り替えを通じた食物連鎖の理解 のためのインタラクティブ教材

岡田美苑^{†1} 大島登志一^{†2}

概要: 本作品は、アリ・カエル・キツネ・オオカミという4種の動物の視点を順に切り替えながら、自然環境における捕食と被食の関係を体験的に理解することを目的としたPC操作型コンテンツである。一般的な食物連鎖の学習は図版や映像による視覚的提示が中心であり、生物同士がどのような環境的圧力の下で生きているのか、また食べる・食べられるという現象がそれぞれの立場にとってどのような意味を持つのかといった身体的・感覚的な理解には結びつきにくい。本作品では、こうした抽象的理解にとどまりがちな食物連鎖の構造を、プレイヤーが動物として行動する体験へと置き換えることで、自然界の関係性をより直観的に捉えられるよう設計した。

1. 研究背景と目的

生態系や食物連鎖を対象とした研究や教材は、人工生命やシミュレーションを用いたものを中心に数多く提案されてきた。Boid アルゴリズムによる群れ行動の再現[1][2]や、複数種の人工生命からなる仮想生態系にユーザが介入するシステム[3]、エコボールを用いた循環構造の観察教材[4]、さらには商用ゲーム *SPORE*[5] などは、生態系の構造や相互作用を可視化し、理解を促す試みとして位置づけられる。一方で、これらの多くは生態系を外側から観察する立場での体験にとどまり、捕食や被食が生物にとって持つ切迫性や当事者性までを十分に伝えることは難しい。学校教育における食物連鎖の学習においても、教科書では数量関係やピラミッド構造を中心とした説明が行われている[6]が、各生物がどのような環境下で行動し、生存しているのかを具体的に理解することは容易ではない。その結果、捕食・被食や死と分解を含む循環的過程が抽象的な知識として把握され、関係図の暗記に留まりやすい。自然界における捕食は生存に不可欠な行動であり、個体の死は物質循環を支える重要な要素であるが、こうした動的過程は静的教材では捉えにくい。動的な生態系シミュレーションは、参加者のシステム思考の発達や科学的モデリング活動に影響を与えることが示されている[7]。以上を踏まえ、本研究の目的は、学習者が生態系の内部に入り込み、生物の立場や状況を自身の感覚と重ねて理解できる手法として、動物視点を段階的に切り替えながら捕食・被食関係を追体験できるインタラクティブな学習環境の構築を目指す。

2. 体験の流れ

本作品における体験は、アリ、カエル、キツネ、オオカミの4段階の生物視点を順次操作する構成となっており、プレイヤーは各動物視点を段階的に体験しながら、捕食・被食関係に基づく生存過程を理解する仕組みである。体験

開始時には、作品趣旨を提示するUIが表示され、プレイヤーは操作説明や本作品の目的を確認した後に体験を開始する。これにより、初回プレイ時でも世界観と操作体系を把握した上で各動物視点に移行できるよう配慮している。各段階の体験内容と特徴は以下のとおりである。

(1) アリ視点

アリ視点は体験の出発点であり、極めて低い位置から環境を認知することとなる。アリは身体が小さく視点が地面に近接しているため、わずかな地形の起伏や障害物が相対的に大きく知覚され、外敵に対する脆弱性が強く体感される(図1)。アリは角砂糖を採食することでHPを回復するが、カエルによる捕食によって死亡した場合にのみカエル視点へ移行する。一方、時間経過によるHP減少によって餓死した場合には、ゲームオーバーとなり体験はその時点で終了となる。

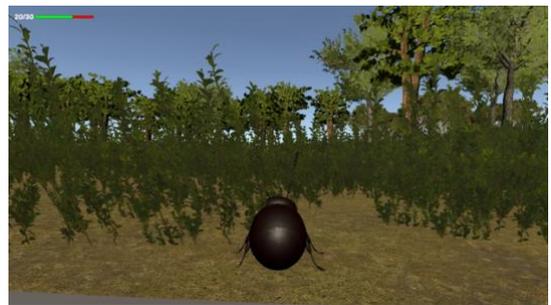


図1 アリ視点

(2) カエル視点

カエル視点では視点の高さ、移動速度、認知範囲がアリとは大きく異なり、小型捕食者としての行動が可能となる(図2)。カエルはアリを捕食してHPを回復できる一方、キツネに被食される危険性も有しており、捕食する側と捕食される側の双方を経験する中間段階である。カエルが捕食死した場合にはキツネ視点へ移行し、餓死した場合には体験が終了する。

^{†1} 立命館大学 映像学部

^{†2} 指導教員 立命館大学 映像学部

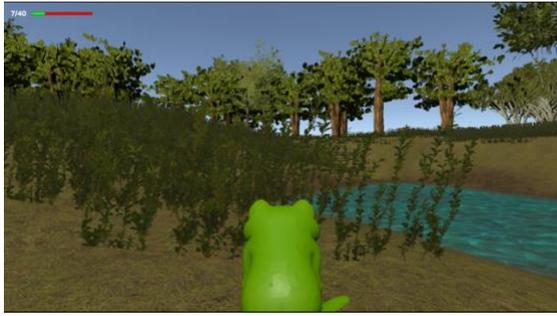


図 2 カエル視点

(3) キツネ視点

キツネ視点では、視点がさらに高くなり行動範囲も広がるため、周囲を俯瞰しながら生存を試みることができる(図 3)。キツネは中型捕食者として環境内を探索し、カエルを捕食することで HP を維持する。捕食行動が生存可能性に直接影響する段階であり、捕食死した場合にはオオカミ視点へ移行し、餓死した場合には体験が終了する。



図 3 キツネ視点

(4) オオカミ視点

最終段階であるオオカミ視点では、高度な視野と行動範囲が得られ、プレイヤーは食物連鎖の上位捕食者として行動する(図 4)。しかし、HP は時間経過とともに継続的に減少し続けるため、下位動物を捕食しなければ生存できない構造となっている。オオカミが死亡した時点で体験は終了し、その後に生態系における循環を示すメッセージが提示される。この演出によって、捕食と被食が生態系における不可避の関係であり、死が新たな生命活動へと連続していく循環的構造であることが強調される。



図 4 オオカミ視点

以上のように、本作品は 4 種類の動物視点を段階的に体験させる構造を採用することで、生物の立場、危険性、行動特性の違いを比較しながら理解できる環境を提供するものである。この構造により、食物連鎖を静的な図示ではな

く、生存過程の連続として体験的に把握することが可能となる。

3. プレイヤー操作

本作品における操作体系は、視点動物の移動操作、新たな動物の出現操作、および視点切り替え操作から構成されている。これらの操作は PC キーボードを用いて行われ、動物ごとの行動特性や体験構造と密接に連動する。本節では、各キー操作の機能と学習的意図について整理する。

(1) 視点動物の移動操作

プレイヤーは W, A, S, D キーを用いて、現在操作している動物を移動させることができ、移動速度や旋回性能は動物ごとに異なる。(W キー:前進, S キー:後退, A キー:左旋回, D キー:右旋回)

(2) 動物の出現操作

生態系の変化や捕食関係の観察を促すため、U, I, O, P のキー入力によって新たな動物個体をフィールド上に出現させることができる。(U キー:ありの出現, I キー:カエルの出現, O キー:キツネの出現, P キー:オオカミの出現)

これにより、任意のタイミングで個体数を増やすことが可能となり、複数の捕食・被食関係が同時に生起する状態を観察することができる。プレイヤーは、生態系が静的な関係図ではなく、動的な相互作用によって構成されていることを理解しやすくなる。

(3) 視点切り替え操作

V キーは、視点動物の一人称視点と俯瞰視点とを切り替える機能を持つ。通常は操作中の動物視点であるが、一度押すと真上からの俯瞰視点に切り替わり、生態系全体の動きや相互作用を観察できる(図 5)。再度押すと別角度の俯瞰視点に切り替わり、動物の移動・捕食・被食の広がりをもより立体的に把握できる(図 6)。再度押すと通常操作中の動物視点に戻る。このサイクルは V キーを押すたびに繰り返される構造となっている。視点切り替えは、動物個体と生態系全体の両視点を往復しながら観察することを可能とし、食物連鎖を単なる図式ではなく、動的な生態系過程として理解するための重要な要素となっている。

これらの操作によって、生物としての身体性の理解と生態系全体の動態観察を統合した体験を生み出し、食物連鎖の理解を静的な関係図から脱却させ、生存行動および生態系の相互作用を体験的に学ぶための基盤として機能している。



図 5 俯瞰カメラ視点

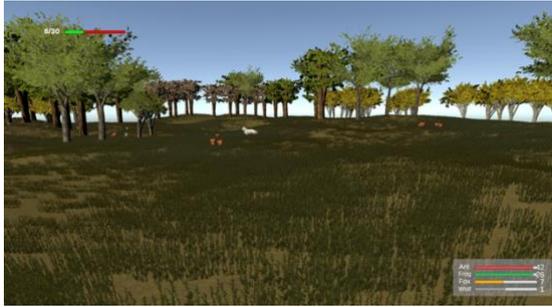


図 6 アンブルカメラ視点

4. システム構成

4.1 視点切り替えシステム

本作品では、操作する動物の視点を自然に切り替えるため、単一の MainCamera を各動物に設置した CameraAnchor に付け替える方式を採用している (図 7)。CameraAnchor は動物ごとに設定された目線位置の基準点であり、視点切り替え時にはカメラが次の動物の Anchor に再配置される。複数カメラを切り替える方法と比べて処理が統一され、動物間で一貫した視点制御を実現できる点の特徴である。

切り替え後のカメラは常に現在の Anchor に追従するように制御されており、視点の高さや向きが自動で調整される。これにより、アリの低い視点からオオカミの高い視点まで、異なるスケール感を途切れなく体験できる滑らかな視点移動が可能となっている。

また、俯瞰視点モードでは、動物視点とは独立した専用の俯瞰カメラを有効化する方式を採用している。動物視点の際には MainCamera を Anchor に従って配置し、俯瞰視点では TopDownCamera や AngleCamera を切り替えることで、異なる視点表現を一貫した管理下で選択できる。こうした設計により、プレイヤーは目的に応じて動物視点と俯瞰視点を自然に行き来でき、多角的な生態系理解が可能となっている。

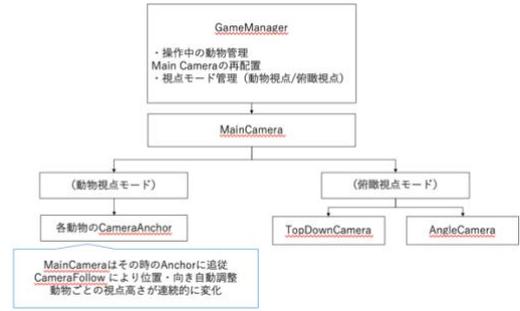


図 7 視点切り替え構図

4.2 動物の AI 行動

本作品における動物の行動は、Unity の NavMesh を基盤とし、徘徊行動 と 捕食行動 の 2 つの系統によって構成されている。NavMesh とは、フィールド上の移動可能な領域を自動的に解析し、AI が障害物を避けながら目的地へ到達するための経路を計算する Unity の経路探索システムである。AI はプレイヤーと同じフィールド内で自律的に行動し、偶発的な遭遇や捕食を通して生態系の動的な変化を生み出す役割を果たしている (図 8)。

通常時の AI 動物は周囲を自由に徘徊するよう設計されている。動物は一定範囲の中からランダムに選ばれる地点へ移動を繰り返し、環境内を不規則に移動する。この徘徊行動によって、他の動物との遭遇や接触が自然に発生し、人工的な誘導に依らない生態的な振る舞いが実現される。

一方、捕食関係が成立している動物同士では、対象を発見すると行動が切り替わり、捕食者側が相手へ向かって追跡を行う。捕食対象との距離が一定範囲に達すると捕食処理が実行され、対象は死亡し、捕食者は HP を回復する。この一連の流れは HP 管理と密接に連動しており、死亡の発生はそのまま個体数の変化や視点切り替えプレイヤー操作動物の場合へ反映される。

このように、本作品の AI は NavMesh による経路探索を基盤としながら、徘徊と追跡の 2 つの行動を状況に応じて切り替えることで、生態系としての捕食・被食関係を自然に再現している。AI の動きはフィールド全体に影響を及ぼし、生態系が継続的に変化し続ける環境を構築している。

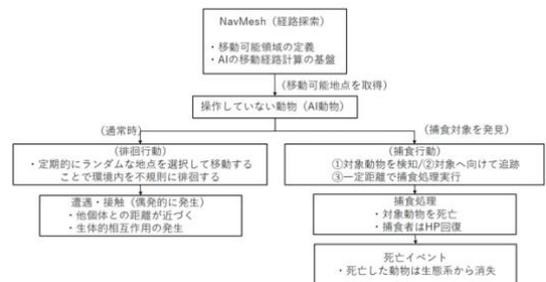


図 8 動物行動の構図

4.3 HP 管理と死亡イベント

本作品では、すべての動物に HP が設定されており、時間の経過とともに減少する仕組みになっている (図 9)。動

物によって最大 HP や減少速度が異なるため、生存しやすさや行動も動物ごとに変化する。HP は採食や捕食によって回復するため、動物の行動は常に生存と直結したものとなり、プレイヤーは環境の探索や資源確保を意識しながら体験を進める必要がある。

死亡判定は HP の状態にもとづいて行われる。HP がゼロに達した場合は餓死となり、捕食対象となった場合は捕食死が発生する。いずれの死亡も即座にシステム側で検知され、その後の体験進行に影響を与える重要なイベントとして扱われる。

プレイヤーが操作している動物が死亡した場合、死亡原因によって体験の流れが分岐する。捕食死の場合は次の動物の視点へ移行し、食物連鎖をたどる体験が継続される。一方、餓死の場合はその場で体験が終了し、ゲームオーバー画面が表示される。最終段階であるオオカミの死亡時には、原因を問わず体験が完了し、生態系における循環を示すメッセージが提示される構成となっている。

こうした一連の処理は、HP の変動から死亡発生、視点切り替え、UI の表示に至るまで連動しており、本作品における生存感を支える中心的な仕組みとなっている。

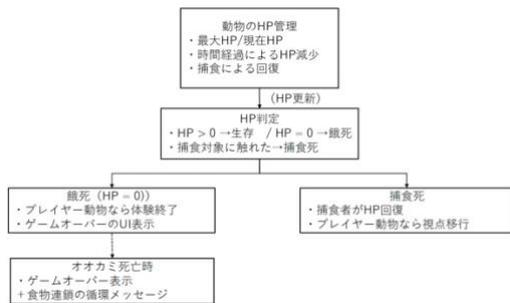


図 9 HP 管理と死亡イベント構成

4.4 スポーンシステム

本作品における動物個体の生成は、プレイヤー操作やシステムの進行に応じて新たな個体を出現させる仕組みによって実現されている (図 10)。スポーンとは、フィールド上に動物を動的に追加し、そのまま生態系の一部として振る舞わせる処理を指す。本作品では、初期配置とプレイヤーによる追加生成の 2 つの方式を用いて構成されている。初期配置では、各動物種があらかじめ指定された数だけランダムな位置に生成される。生成位置は NavMesh 上から選択され、地面との高さが自動調整されることで、配置直後から自然な移動が可能となるよう設計されている。これにより、体験開始時点から生態系がすでに動き始めている状態を再現している。

一方、追加生成はプレイヤーのキー入力によって行われ、任意のタイミングで新しい動物を増やすことができる。生成された動物は即座にフィールド内で自律的な行動を始め、徘徊や捕食などの行動ルールに従って既存の生態系へ組み込まれる。

こうしたスポーンシステムにより、プレイヤーは個体数の増減による生態系の変化を自由に観察でき、静的な配置では得られない多様な展開が生まれる。動物が増えることで捕食関係や行動パターンが変化し、環境全体が動的に変化し続ける生態系として成立する点が、本作品の特徴のひとつとなっている。

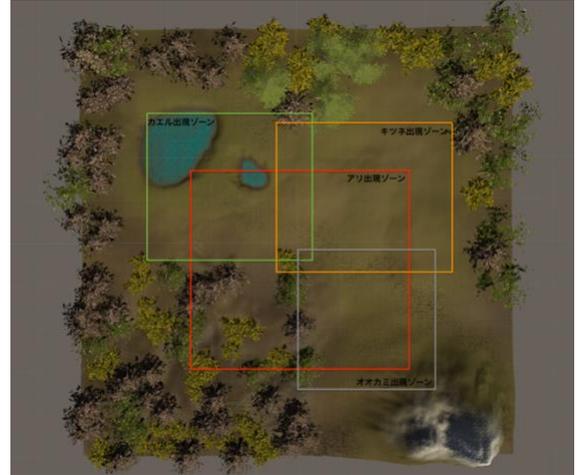


図 10 俯瞰カメラから見た各動物のスポーン位置

5. 評価実験

5.1 評価目的

本研究の評価実験は、本作品が食物連鎖に関する理解促進にどの程度寄与するかを明らかにすることを目的とする。本作品は、動物視点の操作、捕食・被食の体験、俯瞰視点による生態系観察といった複数の学習要素を組み合わせた構造を持つため、主に以下の 3 点を評価対象とした。

- 体験型学習としての有効性：従来教材（教科書・図）では得にくい理解が得られたか。
- 視点切り替えによる理解促進効果：複数動物視点を順に操作する体験が食物連鎖理解に寄与したか。
- 生態系の循環理解への貢献：食べる、食べられる、の両方を体験したことが自然の循環への理解に繋がったか。

5.2 評価方法

本実験は、体験前後における理解度の変化を比較するため、被験者ごとに個別に実施した。実験には PC を使用し、体験時間は 1 名あたり約 5~10 分とした。被験者は個別に作品を体験した後、体験終了直後にアンケートへの回答を行い、Google Forms を用いて体験内容に関するアンケート調査を実施した。

5.3 アンケート項目

Q1. 体験前、食物連鎖についての理解度はどの程度ですか。

(1=全く理解していない~5=よく理解している)

Q2. 体験後、食物連鎖についての理解を深める助けになりましたか。(1~5)

Q3. この体験を通して、教科書や図での学習では得にくい理解を得られましたか。(1~5)

Q4. 複数の動物視点を順番に切り替える方法は、食物連鎖の繋がりを理解する上で効果的でしたか。(1~5)

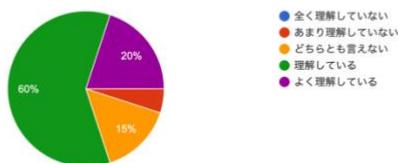
Q5. 自分が食べる、食べられるの両方を体験したことで自然の循環を実感できましたか。(1~5)

Q6. 各動物の視点の高さやスケールの違いは、その動物らしさを実感できましたか。(1~5)

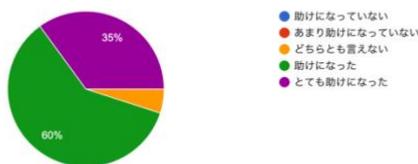
Q7. 俯瞰モードで全体を見たことで、動物同士の関係性が理解しやすくなりましたか。(1~5)

6. 実験結果

体験前、食物連鎖についての理解度はどの程度ですか？
20件の回答



体験後、食物連鎖についての理解を深める助けになりましたか？
20件の回答



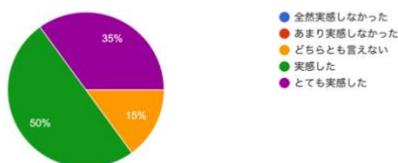
この体験を通して、教科書や図での学習では得にくい理解を得られましたか？
20件の回答



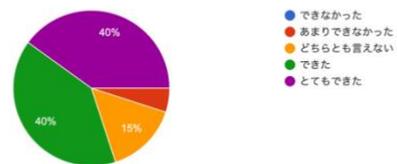
複数の動物視点を順番に切り替える方法は、食物連鎖の繋がりを理解する上で効果的でしたか？
20件の回答



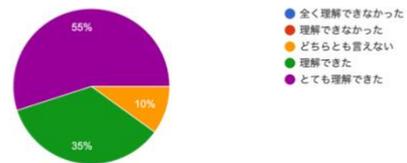
自分が食べる/食べられる両方を体験したことで自然の循環を実感できましたか？
20件の回答



各動物の視点の高さやスケールの違いは、その動物らしさを実感できましたか？
20件の回答



俯瞰モードで全体を見たことで、動物同士の関係性が理解しやすくなりましたか？
20件の回答



7. 考察

7.1 体験型学習としての有効性

本節では、アンケート結果に基づき、本作品が食物連鎖学習に与えた影響について考察する。

体験後の理解度を問う設問(Q2・Q3)では、肯定的回答が多数を占め、従来の教科書や図では得にくい理解が、本作品を通じて補完されたことが示唆された。本作品が視覚的・身体的経験を通して学習内容を具体化する役割を果たしたと考えられる。

この傾向は、図式として提示された情報が動的な過程として理解されにくいという教育的課題に対応する形で、本作品が補完的な価値を持つことを示している。

7.2 視点切り替えによる理解促進

視点切り替えの有効性に関する設問(Q4)では、「効果的」「非常に効果的」という回答が多数を占めた。これは、複数の生物視点を順に体験する構造が、単一視点では捉えにくい捕食・被食関係の連続性を理解させる上で有効に働いたことを意味する。

動物ごとに視点の高さやスケールが大きく異なるため、身体サイズ、危険度などの生態的特徴を知識としてではなく感覚として把握できた点が影響したと考えられる。これは(Q6)の動物らしさを実感できたかが高評価であったこととも整合的である。

7.3 循環理解の深化

食べる、食べられるの両方を体験したことが自然の循環理解に寄与したかを問う設問(Q5)でも肯定的回答が多く、本作品が循環概念の理解に効果を示したことがうかがえる。捕食行動と被食経験を双方体験した点に加えて、最終段階で提示される死と循環に関するメッセージが理解の補強に寄与したと考えられる。

この結果は、死が生態系における終端ではなく、分解と再生を通じて連続的に機能するという概念を、体験的に捉

えることが可能であったことを示す。

7.4 俯瞰視点の効果

俯瞰視点の理解補助効果 (Q7) に対しても肯定回答が多く、俯瞰モードが動物間の空間的關係や捕食・被食の発生状況を視覚的に把握する上で有効であることが示された。

俯瞰モードでは動物個体のマーカー表示や個体数のリアルタイム変化が提示されるため、生態系の動的構造を単一個体視点では得られない形で理解することができたと考えられる。これは、動物視点と俯瞰視点という複数の観察レイヤーを往復するという体験設計が、学習者の認知の多層化を促したことを示している。

8. まとめ

本研究では、アリ、カエル、キツネ、オオカミという4種類の動物視点を段階的に体験するインタラクティブ教材を設計・実装し、食物連鎖における捕食・被食関係および生態系の循環構造を体験的に理解できる学習環境の構築を目指した。システム面では、動物の視点切り替え、移動操作、AIによる自律行動、捕食・被食判定、HP管理、俯瞰モード、およびスポーンシステムなどを統合し、個体レベルと生態系レベルの両側面から状況を観察できる構成を実現した。

今後の展望として、本作品はさらなる没入感と身体性を高める方向で拡張することが可能である。特に、VR環境への移行は有力な発展方向であり、動物ごとの視覚スケールや距離感、捕食・回避の動きなどをより身体的に体験できる学習環境の構築が期待される。VR化によって、1人称視点の没入感が増すだけでなく、生態系内での危険性や空間的制約をより直感的に理解できる可能性が高い。さらに、個体数変動に伴う環境条件の変化を取り入れた生態系シミュレーションへの発展も、教育的価値を高める方向性として考えられる。

以上より、本作品は体験型アプローチを通じて食物連鎖理解を支援する教材の一形態を提示しており、今後の発展を通じてさらに多様な教育場面での活用が見込まれる。

謝辞 本研究および作品制作は、多くの方々の支えと協力によって成り立ったものです。本研究に関わってくださったすべての皆様に、この場を借りて心より感謝申し上げます。

参考文献

- [1] 角園司, 大島登志一: “MitsuDomoe: バーチャル生態系の捕食連鎖 シミュレーション体験システム (第3報) 群集行動の拡張と空間像との力覚インタラクション”, 情報処理学会シンポジウムインタラクション 2018 論文集.
- [2] 角園司: “デジタル人工生命の群衆シミュレーションにおける自律的パラメータ適応化” 2018年度映像学部卒業研究.

- [3] 小島健三, 大島登志一: “MitsuDomoe: バーチャル生態系の捕食連鎖. シミュレーション体験システム (第1報)”, 情報処理学会シンポジウムインタラクション 2017 論文集, p. 872-875 (2017).
- [4] 石井照久, 篠木碧: 中学校理科教材の開発研究 簡易エコボール教材の開発と実践秋田大学教育文化学部教育実践研究紀要, 第31号, 2009年.
- [5] Electronic Arts 社: SPORE 2008年発売
- [6] 榊太一: “未来へひろがるサイエンス 3”, 哲林館, p. 250, 2025年
- [7] Annika Lankers, Justin Timm, Philipp Schmiemann: “Students’ systems thinking while modeling a dynamic ecological system”, *Frontiers in Education*, Vol.8, Article 1187237, 2023.