

# 試行錯誤を促進する生物の発見学習支援システム

## Visualizing and Organizing Support System in Biology

和田拓也<sup>1</sup> 太田垣十也<sup>2</sup> 小尻智子<sup>3</sup>

Takuya Wada<sup>1</sup>, Toya Otagaki<sup>2</sup>, and Tomoko Kojiri<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 関西大学大学院理工学研究科

<sup>1</sup> Graduate School of Science and Engineering, Kansai University

<sup>2</sup> 東洋大学京北中学高等学校

<sup>2</sup> Keihoku Junior and High School, Toyo's Affiliated School

<sup>3</sup> 関西大学システム理工学部

<sup>3</sup> Faculty of Engineering Science, Kansai University

**Abstract:** Discovery learning is learning method for understanding knowledge through repeated process of observation, hypothesis generation and verification. However, some learners do not understand the method for generating hypotheses or verifying generated hypotheses. This research proposes the discovery learning support system of biology, that is to discover the unique characteristics of animals, which gives the scaffolding for generating hypotheses and verifying them.

## 1章 はじめに

近年、中等教育において生徒の能動的な活動を取り入れた授業が重視され始めている。能動的な学習形態の一つに発見学習がある。発見学習では、学習者が対象を観察して、観察から得た情報を元に、その背後にある知識を推測して仮説を立てる。仮説が妥当であるか検証するために再び観察し、仮説と矛盾する事実が発見されれば仮説を修正する。試行錯誤を繰り返して仮説を妥当なものへ洗練していく。

Balm らは発見学習について、自然現象を様々な側面から捉えることで、特定の分野に関する探究心を高めることができると述べている[1]。しかし、現場で行われる発見学習の多くは課外活動として実施されるため、学習状況があまり把握されていないことが多い。その結果、学習者は仮説の生成や検証を行わず、妥当な仮説の生成に繋がらないことがある。したがって、発見学習における試行錯誤を促すための支援が必要である。

発見学習における試行錯誤を促す研究としては、Yoshikawa らによる化学実験を対象とするマイクロワールド型教育システムの試みがある[2]。これは、学習者が自由に操作可能な環境であるマイクロワールドとして、高校化学の実験環境を実現している。実験が行き詰まる状況に陥った学習者に対して、結論を導出できるように正しい実験の手順を提示することによりその後の実験活動を促進している。しか

し、これは操作が限定された仮想世界の中の発見学習を対象としている。現実世界における発見学習では、観察対象をあらかじめ限定できない。現実世界の対象の観察を支援している研究では、大杉らによる動物園内周遊を対象とした試みがある[3]。これは、学習者が動物園で動物を観察する際にシステムが観察すべき視点をクイズ形式で与えることで、自発的な観察を促進している。しかし、これも用意された対象にしか観察すべき視点を与えることができない。本研究では、観察が制限されていない現実世界の発見学習を対象に、試行錯誤的な仮説の生成や検証を支援できるシステムの枠組みを提案する。

発見学習において試行錯誤ができない学習者は、観察から仮説を生成する方法や、検証する方法が分からないことが考えられる。これらの方法を取得できれば、仮説の生成や検証だけでなく、それらができなかった時に新たな観察を行うことも可能となる。本研究では、生物の特徴を対象とした発見学習を対象に、観察した内容から仮説の生成や検証を行いやすくするようなシステムを構築し、法則を発見するための試行錯誤を促進する。

## 2章 生物の発見学習の枠組み

生物の法則とは「ライオンはたてがみを持つ」や「アライグマは洗う仕草をする」など、生物の種類に対して固有の体のつくりや行動のことである。生物の体のつくりは、生存に有利な行動を可能とする

ような進化をしたものが多い。したがって、固有の体のつくりにはそれを用いて行う固有の行動があり、固有の行動にはそれをするための固有の体のつくりが存在するはずである。本研究では、固有の体のつくりと固有の行動がペアで存在することが仮説となる条件と捉え、これらのペアを発見することを仮説の生成への足場掛けとみなす。

固有の特徴は他の生物に存在しない特徴である。したがって、発見した特徴が固有の特徴であるかは他の生物の特徴と比較することで確認できる。発見した特徴が他の生物に存在すれば固有の特徴にはならないが、他の生物にない特徴は固有の特徴となる可能性がある。以上より、このような生物の発見学習を促進するためには以下の支援が有効である。

要件1. 生物の行動と体のつくりを対応づけられる環境

要件2. 他の生物の特徴と比較できる環境

さらに要件1, 2を実現するためにはシステムが観察した内容を取得する必要がある。そこで、

要件3. 観察結果を記録できる環境

も実現する。

本研究が提案する発見学習支援システムの概要を図1に示す。観察対象記録インターフェースは、要件3のためのインターフェースであり、生物を観察して発見した体のつくりや行動、およびそれらの階層関係を記録することが可能である。入力された観察データは観察対象データベースに格納される。仮説生成インターフェースは、要件1のためのインターフェースであり、体のつくりと行動の関係を結線して対応づけができる環境である。仮説検証インターフェースは要件2に対応し、2体の生物の観察結果を比較できる環境となっている。相違点検出機能は、2体の生物の体のつくりと行動の共通点と相違点を抽出し、仮説検証インターフェース上に表示する。

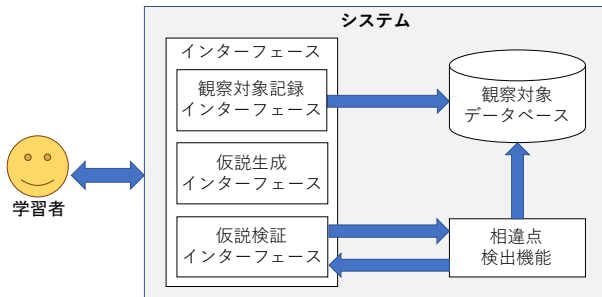


図1 システム概要図

### 3章 生物の発見学習促進支援システム

要件1～3を有する発見学習支援システムを構築した。使用言語はHTMLとJavaScriptである。

#### 「観察対象記録インターフェース」

図2に体のつくりの観察画面を、図3に行動の観察画面を示す。体のつくりや行動を一つの円で表現しており、その円の中に細分化した観察結果を円として追加することで階層関係を考慮して記録できるようになっている。体のつくり観察画面では、発見した体のつくりを体のつくり追加エリアから追加でき、追加した体のつくりに対して修飾語付与エリアから修飾語を付与できる。発見した体のつくりに焦点を当てた詳細な観察を促す。また、観察する体の部位によって偏りが生じないように、生物の体を首から上、胴体、手足の3つに分けて観察の視点を提供している。行動観察画面では、発見した行動を行動追加エリアから追加することができ、追加した行動に対して修飾語付与エリアから修飾語を付与することができる。発見した行動に焦点を当てて観察させることにより詳細な行動の発見を促進する。

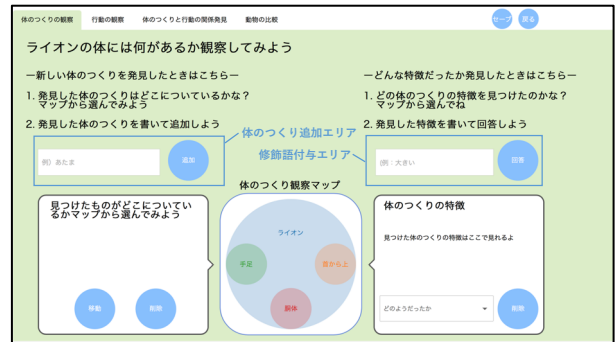


図2 体のつくりの観察画面

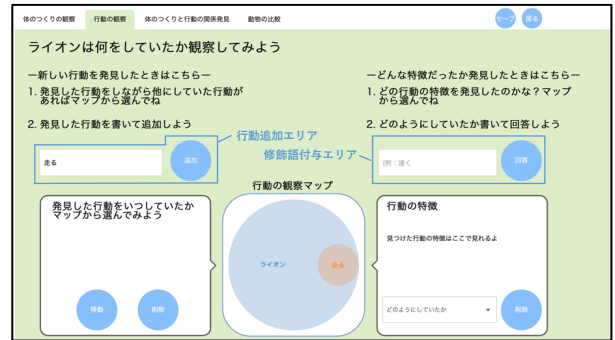


図3 行動の観察画面

#### 「仮説生成インターフェース」

構築した体のつくりと行動の対応づけ画面を図4に示す。この画面では、観察により捉えた体のつくりと行動、およびそれらの修飾語の対応関係を考えることができる。体のつくりの階層関係は青色のノードとリンクで表現し、上から下に向かう木構造となっている。一方、行動の階層関係はオレンジ色のノードとリンクで表現し、下から上へ向かう木構造となっている。また、修飾語は紫色のノードで表現し、修飾語が付与されているノードとリンクで接続

されている。発見した関係は黄色い線で結線することができ、各種ボタンにより追加と削除が可能である。

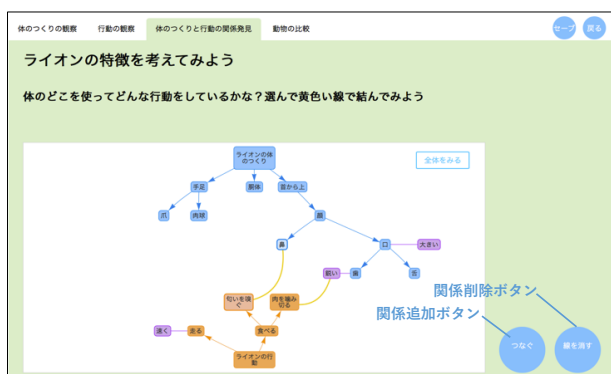


図4 体のつくりと行動の対応づけ画面「仮説検証インターフェース」

生物比較画面では、2体の動物の体のつくりと行動、修飾語およびそれらの関係を用いて比較することができる。この図は相違点検出機能を使用した状態であり、共通点であるノードは周りが青色で、相違点であるノードは周りが赤色で強調表示されている(図5の拡大図参照)。比較対象選択ボックスから比較対象を他の観察した動物に切り替えることができ、様々な動物と比較しながら仮説を検証できる。

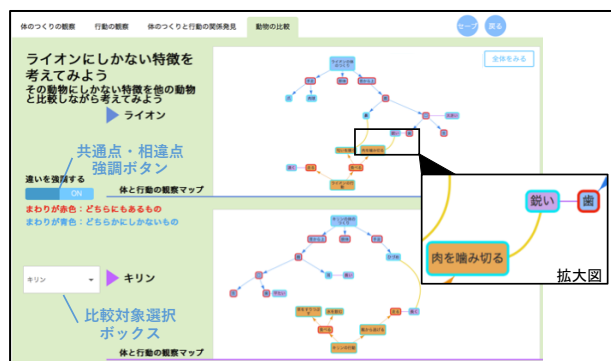


図5 生物比較画面

## 4章 評価実験

提案システムの観察促進への有効性を検証するため、大学生の実験協力者13名を対象に実験を行なった。10匹の動物を観察対象として対応する動画を用意した。本実験ではライオンの固有の特徴の発見を課題とする発見学習を実施した。学習者はまず①体のつくりの観察画面と行動の観察画面を使用する実験群とシステムの代わりに記録用紙を使用する統制群に分け、動物を自由に観察しながら課題について回答してもらった。その後の実験で両群の条件を揃えるために統制群は記録用紙の内容をシステムに入力してもらった後、全員に②体のつくりと行動の対応づけ画面を使用してもらいながら動物を観察

して課題に回答してもらった。最後に、③生物比較画面を使用してもらいながら動物を観察して課題に回答してもらった。なお、固有の特徴を回答してもらった毎にその特徴を導出した理由をヒアリングにより聞き出し、観察対象記録インターフェースへ動物を観察しに行く際は、観察理由を書いてもらった。

体のつくりの観察画面と行動の観察画面による再観察促進の効果を分析するため、①の動物観察数について、実験群と統制群を比較した。その結果、統制群は7人中4人が2匹以上の動物を観察したが、実験群は6人中5人が1匹しか観察しなかったことから、体のつくりの観察画面と行動の観察画面が同じ動物に着目した観察を促すことが示唆される。体のつくりと行動の対応づけ画面による観察促進の効果については、②において、一度観察した動物を再び観察した回数は平均1.00回であった。1.00回は多いとは言えないが、全く促進していないことはないといえる。生物比較画面による観察促進の効果については、③において比較した動物を再び観察した回数は平均1.23回であり、「ライオンの口と比較するためにシロクマを見に行ったときに発見した。」などとコメントしていた。これらの結果より、生物比較画面の使用により特定の体のつくりや行動に着目した観察が促され、その結果、固有の特徴となる体のつくりと行動の観察に繋がったことが示唆された。

## 5章 おわりに

本研究では、発見学習の試行錯誤過程において、観察を促すための支援システムを構築した。評価実験の結果、本システムの一部の機能が観察促進に有効であることが示唆された。

## 謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費(18H03346)の助成による。

## 参考文献

- [1] Balm, A. G.: The Effects of Discovery Learning on Students' Success and Inquiry Learning Skills, Eurasian Journal of Educational Research, Vol. 35, pp. 1-20 (2009)
- [2] Yoshikawa K., Takahashi I., Konishi T. and Itoh Y.: Generating interactive explanations by using both images and texts for Micro World, Proceedings of ICCE 2000, Vol. 1, pp. 643-650 (2000)
- [3] 大杉隆文, 仲西渉, 多井中美咲, 井上卓也, 伊藤悠, 岩井瞭太, 香川健太, 松下光範, 堀雅洋, 荻野正樹: 自発的な観察を促すための園内周遊行動のデザイン, エンターテインメントコンピューティングシンポジウム 2016 論文集, pp. 195-201 (2016)