

令和 6 年 6 月 18 日現在

機関番号：34416

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19H01725

研究課題名（和文）観察に基づいた知識形成のためのフィールドワーク型発見学習の統合支援基盤

研究課題名（英文）Fieldwork Learning Support Platform for Observation-based Discovery Learning

研究代表者

小尻 智子 (Kojiri, Tomoko)

関西大学・システム理工学部・教授

研究者番号：40362298

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,000,000円

研究成果の概要（和文）：発見学習において、観察から知識へとつなげるための支援の枠組みを提案し、システムを用いた実験をとおしてその有効性を明らかにした。
観察した内容から仮説を生成するための支援として、仮説生成までのプロセスを明らかにし、個々のステップを外化して、矛盾した仮説を生成している場合はフィードバックを与えるシステムを構築した。より多様な観察を実現するため、観察対象を操作できるVR観察空間を構築するとともに、空間内での観察活動を把握し、多様な観察を促す問いを生成するシステムを構築した。また、観察で得られた知識を既存の知識と統合する際の矛盾とその解消方法をモデル化し、矛盾を解消できる観察を促すシステムを構築した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究課題はフィールドワーク型の発見学習において、観察から仮説をたて、活用できる知識として体系化するまでの活動を支援している。観察から仮説生成までの過程を明らかにしたり、観察結果と既存知識を統合する際に起こる矛盾を明示的に定義するというアプローチは、他の研究では見られず、新規性がある。また、構築したシステムより、学習者自身で発見学習で得られた知見を知識化でき、主体的に取り組めるようになることは、より創造的で自発的な人材の育成に寄与すると考えられる。

研究成果の概要（英文）：We proposed a framework for supporting knowledge acquisition from the observation in discovery learning, and demonstrated its effectiveness through experiments using the system.

To support the generation of hypotheses from observed contents, we clarified the process leading up to hypothesis generation, and developed the system that encourages students to externalize each step and provides feedback if a contradictory hypothesis is generated. To enable more diverse observations, we constructed a VR space in which the observed target can be designed. In the VR space, a system grasps objects that the student observed and generates questions that encourage the observation from different viewpoint. To support the knowledge acquisition, we also modeled the contradictions that arise when integrating knowledge gained from observation with existing knowledge. Then we constructed a system that leads to the observations that can resolve these contradictions.

研究分野：教育・学習支援システム

キーワード：発見学習 観察学習 学習支援プラットフォーム VR空間

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

発見学習は、ブルーナーによって提唱された学習方法であり、発見という行為を通して新しい知識や概念を獲得したり、問題解決方法を学び取ったりする学習方法である[1]。自ら抱いた問題意識に対して、観察・発見・検証の過程を試行錯誤的に繰り返すことで、内発的な動機づけが促進され、応用力が高まると言われている。それに加え、発見学習はその後学習する知識への理解を深めるためにも実施されている。しかし、現状では、このような発見学習を課外活動として実施するというところに重きが置かれており、個々の学習者が十分に試行錯誤したかどうかは把握されていないことが多い。その結果、学習者によっては十分な試行錯誤を行うことができず、知識や概念の発見に至らないことがある。また、発見学習中に導出された知識や概念に関する仮説を、その後の単元の学習で活用する方法は十分に確立されていない。そのため、発見学習の活動が単元に対する動機づけにつながらなかったり、知識や概念の理解に寄与しないことがある。発見学習を十分に活用するためには、学習者に獲得させたい知識や概念に関する発見を促すとともに、学習者の発見学習の結果を授業に生かすような枠組みが必要である。

本研究課題では、初等中等教育のフィールドワーク型発見学習を対象とし、学習者に深い試行錯誤を促すとともに、発見学習の成果を習得させたい単元の知識の理解に活用することのできる、統合的な発見学習支援環境の枠組みを明らかにする。本学習環境では、学習者がより良い試行錯誤をするために必要な思考を明らかにするとともに、その思考を促進するための支援の枠組みを明らかにする。また、学習者が発見した知識・概念を単元の内容と関連づけることで、単元の理解に対する内発的動機づけを促す。

[1] J. S. ブルーナー：「教育の過程」、鈴木蔵、佐藤三郎 翻訳、岩波書店（1963）

2. 研究の目的

本研究課題では、フィールドワーク型の発見学習において、観察から知識獲得へとつなげるための支援の枠組みを明らかにする。観察するという活動を知識獲得につなげるためには、自身で発見した知識の仮説と単元で獲得すべき知識や概念の相違を理解することが効果的である。そのためにはまず、学習者自身で観察した内容から知識や概念に関する仮説を生成できる(要件 a) 必要がある。観察できる対象は知識を具体化した一事例であるため、観察から知識獲得につなげるためには、多様な観察からより一般的な仮説を試行錯誤すること(要件 b) が望ましい。多様な観察に基づいた試行錯誤の結果導出した仮説が正しい知識体系に対してどうであったかを知ることができれば(要件 c)、学習する際の内発的動機づけを与えることができるだけでなく、正しい知識の獲得にもつながる。本研究課題では、個々の要件の実現を支援するための枠組みを明らかにし、それをシステムとして実現する。

3. 研究の方法

個々の要件に対し、以下のシステムを開発する。開発したシステムを用いて実践し、提案した支援の枠組み、およびシステムの有効性を明らかにする。

【要件 a】学習者の仮説生成までの思考過程を表出化させ、妥当な仮説の生成を支援するシステムを構築する。観察からの仮説生成に必要な思考過程を明らかにするとともに、学習者が観察した内容から矛盾のない仮説を生成できたかを判定し、できていない場合に妥当な仮説を生成できるよう気づきを与える。

【要件 b】多様な観察を実現するためには、学習者の実施していない観察対象へ誘導できればよ

い。本研究では学習者の観察対象を把握できる枠組みと、学習者の観察内容に応じて異なる観察を推薦できる枠組みを構築する。

【要件 c】個々の学習者の生成した仮説を、単元の知識体系に基づいて整理する仮説を構造化するための仕組みを提案する。提案された仕組みに基づいた知識の体系化を支援するシステムを構築する。

4. 研究成果

【要件 a-1】物理の運動を対象とした発見学習のための仮説生成支援システム

物体の運動に関する法則を対象に、観察対象に対する意識と生成した仮説を外化できるインタフェースと、生成された仮説を自動検証できる機能を有するシステムを開発した。

観察から法則を発見するために必要な学習ステップは以下のように提唱されている。

- ステップ 1. 対象の抽出
- ステップ 2. 観察対象の特徴分析
- ステップ 3. 仮説の設定
- ステップ 4. 仮説の整合性の検証

ステップ 1 と 2 は観察に関するステップであり、普段何気なく見ている物理現象のいくつかに着目し、運動や物体の性質がどのようなものであるか意識的に観察する。ステップ 3 と 4 は仮説の生成に関するステップである。ステップ 3 では、同じ運動をしている物体に共通する性質を発見し、運動に影響を与える性質を特定する。ステップ 4 では生成した仮説がこれまでに観察してきた対象に対して矛盾しないかを精査する。観察内容に対して矛盾した仮説が生成された場合は、ステップ 1~3 のいずれかが十分でないこととなるため、いずれかのステップに戻る事となる。発見学習では学習者が自身の観察した内容から運動の法則を発見するため、正しい運動の法則を導出するのに十分な観察が行われていない場合もある。ステップ 1~4 を繰り返し実施して観察対象を増やしていき、それまで観察した対象すべてに対して矛盾のないように仮説を修正していくことで、最終的には物理の観点から正しい運動の法則に到達することとなる。

インタフェースでは、これらのステップでの思考内容を表出化できるインタフェースを構築した。ステップ 1 を実現する写真登録画面では、観察した物理現象を画像として管理する写真管理機能を提供し、観察内容の外在化を実現した。ステップ 2 に対応する特徴分析画面では、各画像に対して物体の運動や性質、周りの環境を表すタグを付与できる機能を提供することで様々な観点で観察対象を捉える能力を養う。ステップ 3 の仮説生成画面では、タグによる物体の検索機能を提供することで共通する性質の発見を促した。ステップ 4 では学習者が生成した仮説を満たさない事例を提示することで、仮説の矛盾への気づきを促すフィードバック機能を構築した。

開発したシステムを用いて大学生および高校生を対象とした仮説生成実験の結果、本システムを利用することで、矛盾のない仮説の生成が促進されることが確認できた。

【要件 a-2】プレイ動画を対象とした戦術の観察学習支援システム

スポーツの戦術を対象に、試合から戦術を構成する一連のプレイを仮説として抜き出すことのできるインタフェースと、抜き出した仮説を検証できる機能を持ったシステムを構築した。

スポーツである目的が達成された場面には、その目的を達成する戦術が適用されている可能性が高い。試合から因果関係でつながった行動系列を抜き出すことで戦術的知識を獲得できる。行動はある状況下で実施することができ、行動を実施した結果、状況が変化する。因果関係でつ

なだった行動系列は、ある行動が変化させた状況の要素が、次の行動の条件に包含されている。そこで、仮説として行動系列とそれらの適用条件、適用後の状況を入力させるインタフェースと、抽出された戦術を判定し、因果関係がない場合に抽出した二つの行動が適切か考えさせるフィードバックを与えるシステムを構築した。

構築したシステムを用いて、大学生を対象に eSports を題材とした評価実験を行った。その結果、フィードバック機能は因果関係のある行動系列の抽出にはあまり寄与しなかったが、戦術の理解には効果があったことが明らかになった。

【要件 b-1】観察を誘導する VR 空間の構築

観察対象となる空間自体を制御できることは、効果的な観察学習の実現に有効である。本研究では生物を対象とし、学習者の観察対象を把握できるとともに、新たな観察へ誘導可能な VR 空間を実現した。

VR 観察学習空間は教材作成者が学習目的に沿って構築することができるようになっている。この空間では教材作成者は一から空間を構築することもできるが、既存の空間を選択して再利用し、改変することも可能である。観察学習空間には様々なオブジェクト（サボテン、針葉樹など）を配置ことができ、教材作成者は、観察対象メディア（画像、動画）が階層的にまとめられたデータセットから学習活動に必要なものを設定する。設定教材を学習者が探索中に直接観察可能なものと設定する場合は、その教材を空間内にあるオブジェクトに紐付ける。このように空間そのもののデザインと、学習者に実際に観察してもらう教材メディアのデザインを切り分け、それらをモジュール化し再利用可能な形で教材作成者に提供することで、観察学習環境の構築に伴う負担を軽減し、次回以降の環境構築のための基盤とすることができる。

また、この空間では学習者は観察活動を通して学んだことを教材メディアの画像や動画を用いて概念マップで表現することができる。システムは学習者が構築した学習者マップと、教材作成者が設定したゴールマップを比較することで学習者の理解状態を把握し、教科内容の構造的な理解に至るための介入を学習者に与える。

観察学習では、学習者自らが学習目標を設定し、これを目掛けて学習を進める、見通しを持った学習活動を行うことが重要である。一方、適切な介入なしでこのような活動を実践するには困難を伴うが、学習者のレディネスが高まっていない状況にも関わらず学習目標やその解を直接的に投げかけることでは学習者の主体的な学びには繋がらない。そこで、本研究では学習者に対して学習内容に関連する「問い」を投げかける学習方式とした。例えば、「雄しべが花粉を分泌すること」を観察させるために、「雄しべは生殖活動において重要な役割を担っていますが、それはどうしてでしょうか?」といった問いを提示する。学習者にはこの「問い」に応えることが学習目標となるので、これを刺激とした観察学習 (inquiry-based learning) を促す。

また、学習者の知識理解の誤りを指摘し、解を外発的に教示することと、学習者の主体性が担保された学びを両立することは、正しい知識を身につける点と観察学習の質の担保という点においてトレードオフな問題である。主体性を尊重する観察学習に重きを置く場合には、誤りを直接的には指摘せず、学習者自らが学習目標を設定するように働きかけることが望ましい。そこで、システムが「問い」を起点として学習者にフィードバックを与える。すなわち、学習者が構築した概念マップに内包される誤りを直接指摘するのではなく、誤りへの気づきを促す「問い」を強調する。前述の具体例として挙げた「問い」の答えに間違った答えを学習者が設定してしまった場合、「雄しべと花粉の間で仮説を立てて観察してみましよう」といったように、答えとなる「雄しべが花粉を分泌すること」を観察させるため、学習者に仮説を立てさせ、観察へ向かうように

システムは助言する。

本システムを利用した学習者は観察を行い、主体的な学習から理解を深める体験を重ね、学習活動に対する内発的動機付けを高めており、学習への意欲が育まれていることが示唆された。

【要件 c-1】概念理解の再構成を促す観察学習システム

観察学習において学習者が理解している概念と観察結果の不一致から起こる行き詰まりに対して、不一致解消のための概念の再構成に必要な活動を定義し、その活動を推薦するシステムを構築した。

理解型の観察学習では、学校で習得した概念と、観察によって形成された概念が存在する。本研究ではまず観察学習によって得られた知識を、学校の授業により習得した概念を表す概念理解レイヤと、観察によって形成された概念を表す観察結果レイヤで表現する手法を提案した。

また、不一致の原因を概念理解レイヤと観察結果レイヤで可能な相違とし、1. 概念理解レイヤで has 関係にある種類・つくりが観察結果レイヤで not has 関係となっている、2. 概念理解レイヤで not has 関係にある種類・つくりが観察結果レイヤで has 関係となっている、のいずれかとし、これらの不一致を解消するために観察で検証すべき関係の種類を以下のように定義した。

- a) 不一致が生じている概念の instance-of の関係
- b) 概念理解レイヤの不一致が生じている概念の (not) has 関係
- c) 観察結果レイヤの不一致が生じている概念の (not) has 関係
- d) 概念理解レイヤの不一致が生じている概念間 is-a 関係

学習者が観察学習の結果を概念理解レイヤと観察結果レイヤとして表出化可能なインタフェースを構築し、不一致が生じた場合に上記の検証内容を提案するシステムを構築し、その有効性を検証した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 10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 Yusuke Nagaya, Atushi Ashida, and Tomoko Kojiri	4. 巻 2
2. 論文標題 Training System for Learning Tactics from E-sports Playing Video Based on Explanations	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proc. of the 30th International Conference on Computers in Education	6. 最初と最後の頁 16-23
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 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 久乗皓大, 小尻智子	4. 巻 37(6)
2. 論文標題 状態変化に基づく妥当性検証による活動分析支援システム	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 教育システム情報学会研究報告	6. 最初と最後の頁 141-148
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 大鳥雄司, 小尻智子	4. 巻 37(2)
2. 論文標題 スポーツの戦術獲得支援のための熟達者のプレイ動画提示システム	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 教育システム情報学会研究会報告	6. 最初と最後の頁 97-104
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 A. Matsuura, K. Seta, and Y. Hayashi	4. 巻 1
2. 論文標題 Enabling Physical- and Concept-Walk in VR-based Open-ended Historical Learning Space	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of 15th Workshop on Technology Enhanced Learning by Posing/Solving Problems/Questions in conjunction with ICCE2022	6. 最初と最後の頁 11-15
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 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 奥津 暁夫, 林 佑樹, 瀬田 和久	4. 巻 39(4)
2. 論文標題 線・セマンティクスアウェアな教材の作成・利用と学習プロセス可視化フレームワークの開発	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 教育システム情報学会誌	6. 最初と最後の頁 452-457
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 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 松田晃佑, 林佑樹, 瀬田和久	4. 巻 35-7
2. 論文標題 主体的な知識発見を促す観察学習支援システムの開発と評価	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 教育システム情報学会 2020年度特集論文研究会	6. 最初と最後の頁 25-32
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 Takuya WADA, Yuki HAYASHI, Kazuhisa SETA, and Tomoko KOJIRI	4. 巻 1
2. 論文標題 Learner Model of Knowledge Grounding in Discovery Learning	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proc. of 28th International Conference on Computers in Education	6. 最初と最後の頁 63-68
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 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 Tomoko KOJIRI and Takushi YAMADA	4. 巻 15
2. 論文標題 Generalization support environment for understanding ways to use English words	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Research and Practice in Technology Enhanced Learning	6. 最初と最後の頁 22
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 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 Kota Kunori and Tomoko Kojiri	4. 巻 1
2. 論文標題 Viewpoint Transformation Training System Based on Discovery of Relationships between Objects	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proc. of the 29th International Conference on Computers in Education	6. 最初と最後の頁 105-107
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 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 久乗皓大, 小尻智子	4. 巻 120-424
2. 論文標題 物体間の関係性の発見に基づいた視点変換トレーニングシステム	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告	6. 最初と最後の頁 17-22
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 Takuya WaDa, Toya Otagaki and Tomoko Kojiri	4. 巻 1
2. 論文標題 Externalization Support for Hypotheses Creation Process of Discovery Learning in Biology	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 27th International Conference on Computers in Education	6. 最初と最後の頁 87-89
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 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 Mitsuho Nakajima, Tomoko Kojiri	4. 巻 1
2. 論文標題 Product Design Support System Based on Embodiment of Vague Concept Using Thesaurus	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 23rd International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems	6. 最初と最後の頁 2110-2119
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 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 Mariko Yoshioka, Kazuhisa Seta and Yuki Hayashi	4. 巻 1
2. 論文標題 Reflection Support System in Ill-defined Problem Solving	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. of The 12th Workshop on Technology Enhanced Learning by Posing/Solving Problems/Questions, Analysis and Design of Problems/Questions in conjunction with ICCE 2019	6. 最初と最後の頁 399-407
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 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 Tomoki Matsuoka, Kazuhisa Seta and Yuki Hayashi	4. 巻 1
2. 論文標題 Internal Self-Conversation Support System by Iteration on Reflective Thinking and Research Documentation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. of 23rd International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems	6. 最初と最後の頁 2102-2109
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 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9件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 松浦碧, 林佑樹, 瀬田和久
2. 発表標題 オープンエンドなVR型史跡探索学習空間におけるPhysical WalkとConcept Walkの実現と評価
3. 学会等名 第47回教育システム情報学会全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 和田拓也, 林佑樹, 瀬田和久, 小尻智子
2. 発表標題 概念のグラウンディングを促進する観察学習支援法の提案
3. 学会等名 第34回人工知能学会全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松浦碧, 林佑樹, 瀬田和久
2. 発表標題 Physical WalkとConcept Walkを実現するVR型史跡探索学習支援システム
3. 学会等名 2021年度 JSiSE学生研究発表会(関西地区)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kota Kunori, Tomoko Kojiri
2. 発表標題 Discovery of Relationships between Objects for Training Viewpoint Changes
3. 学会等名 16th International Symposium in Science and Technology
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 福村 望, 小尻智子
2. 発表標題 芸術作品の共通点発見に基づいた感性理解支援システム
3. 学会等名 2020年電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鹿田みなと, 小尻智子
2. 発表標題 esportsの熟達者のプレイ動画を用いた戦術獲得支援システム
3. 学会等名 電子情報通信学会教育工学研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 和田拓也, 小尻智子, 太田垣十也, 林佑樹, 瀬田和久
2. 発表標題 概念理解の再構成を促す観察学習の検討
3. 学会等名 教育システム情報学会研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 福村 望, 小尻智子
2. 発表標題 芸術作品からの共通要素抽出による芸術的感性の自己認識支援
3. 学会等名 教育システム情報学会全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 和田拓也, 太田垣十也, 小尻智子
2. 発表標題 生物のフィールドワーク型発見学習のための仮説の生成支援システム
3. 学会等名 教育システム情報学会全国大会
4. 発表年 2019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	林 佑樹 (Hayashi Yuki) (40633524)	大阪公立大学・大学院情報学研究科 ・准教授 (24405)	

6. 研究組織（つづき）

	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	瀬田 和久 (Seta Kazuhisa) (50304051)	大阪公立大学・大学院情報学研究科 ・教授 (24405)	

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