

概念理解の再構成を促す観察学習の検討

和田拓也^{*1}, 小尻智子^{*2}, 太田垣十也^{*3}, 林佑樹^{*1}, 瀬田和久^{*1}

^{*1} 大阪府立大学大学院人間社会システム科学研究科

^{*2} 関西大学システム理工学部

^{*3} 東洋大学京北中学高等学校

Observation Target for Reorganizing Knowledge Structure in Discovery Learning of Biology

Takuya Wada^{*1}, Tomoko Kojiri^{*2}, Toya Otagaki^{*3}, Yuki Hayashi^{*1}, Kazuhisa Seta^{*1}

^{*1} Graduate School of Humanities and Sustainable System Sciences, Osaka Prefecture
University

^{*2} Faculty of Engineering Science, Kansai University

^{*3} Keihoku Junior and High School, Toyo's Affiliated School

In the primary/secondary school education, observational learning is introduced in the field of natural science. Observational learning is a learning styles that learners learn concepts and knowledge through observation activities. Learners may confirm the already learned concepts or discover new concepts by the observation. During these activities, learners sometimes meet inconsistency between observation results and already understood concepts. Some learners cannot decide what to observe. This study aims to propose what to observe according to the types of inconsistency. In particular, this study clarifies relationships between concepts that learners understood and observed, and specifies the targets to be observe according to the types of inconsistency and the relationships between concepts.

キーワード: 観察学習, 発見学習, 概念理解, 再構成, 生物

1. はじめに

小・中学校の学習指導要領では野外観察の重要性が示されており, 観察を通じて自然の事物・現象をよりよく理解したり, 探求する活動を意欲的なものとすることができると言われている[1, 2]. 自然科学の分野において, 主体的に自然界の事物を観察することで, 単元に関連する知識を発見するといった観察学習が試みられている. 観察学習の例として, 生物の分野であれば, 植物の基礎的な種や共通するつくりについて学習した後, 植物園へ行き, 多様な植物を観察して種の生態やつくりに対する理解を深める活動などがある.

観察を通じて新たな概念や規則, 方法を学び取る学習形態は発見学習に分類される. Mayer は発見学習に

従事する学習者に対して, 教師が全く指導しない場合より, 適度な指導を加える方が好ましい結果が得られると述べている[3]. このとき, 教師による指導は, 学習させたい知識の導出に必要な観察へ誘導するためであったり, 観察により得た情報の理解を促進することが目的とされる. しかし, 学習者によって観察する対象や学び取る内容が異なるため, 教師が複数の学習者を指導する場合負担は大きくなる. その結果, 学習者全員に適応的な指導が行き届かないことがあるため, いくつかの支援が試みられている.

観察を誘導する支援として, 大杉らは学習者に動物園で動物を観察させる際に, システムを用いて観察の視点をクイズ形式で与えており, これにより観察すべき対象へ導いている[4]. 観察から得た情報の理解の促

進支援として、Hwangらは、システムを用いて学習者に観察した植物の名前や特徴について質問し、その回答から学習者が正しく理解していない観察対象の名前を提示することで、観察した対象の名称の理解を促している[5]。同じく理解を促進する支援として、大橋らは、動物園において展示内容の理解を促進するために、動物の心音を音声で表現したり、動物の視点から見た世界を可視化するナビゲーションツールを提供し、展示内容をより深く理解するための情報を提供している[6]。

これらの支援では、学習者に対して概念理解に必要な情報の獲得の促進に焦点が置かれている。システムが保持する正しい知識と学習者の観察結果に相違があるとき、その原因として推測される、誤って理解している可能性のある概念は特定していない。よって、それを修正させるような観察へ誘導することも困難となる。その結果、学習者は、誤って理解している概念が修正されないまま学習が進んでしまうことが考えられる。例えば、“裸子植物はがくを持つ”と誤って理解している学習者がいると仮定する。この時、正しい知識は“裸子植物はがくを持たない”とする。この学習者が裸子植物の一種であるマツを観察して、がくがなかったことに気づいたとする。この時、観察対象はマツでないと考えた学習者に、指導者が観察した対象はマツであると指摘したとしても、学習者は裸子植物ががくをもつことが誤っていると気づくとは限らない。

学習者が観察学習をする上で、観察対象となる概念を正しく理解できているとは限らないため、学習者が理解している概念と観察結果が不一致となる事態が起こりうる。このような事態に陥った際に、自身が誤った理解をしているのか観察結果が誤っているのかといった様々な可能性に悩む場合や、誤りかどうかを判断するには何を観察すべきか分からない場合、自身の理解を正しく修正するような観察に向かうことができない可能性がある。

先ほどの例では、“マツは種子植物ではない”と自身の理解を疑うことや、観察対象を“マツではない”と疑ったり、そもそも自身の理解のおかしい箇所の見当がつかないといった様々な考えを持つことが考えられる。自身の理解や観察結果を疑ったとしても、それを確かめるための観察対象が分からなければ、不一致を

解消することは困難である。学習者が理解している概念と観察結果の間に生じた不一致を解消するために、学習者自身の理解を再構成するために必要な観察をする必要がある。しかし、学習者が観察を通じて自身が理解している概念の正誤を判断するために必要な活動を明らかにしている研究はほとんどない。

本研究は、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観察対象を検討する。

2. 観察学習における行き詰まり

学校現場で観察学習を実施する目的としては、学習すべき知識の理解[7]、既習知識の活用を必要とする新たな知識の発見[8]がある。1つ目の目的では、教科書に書かれた内容のみから知識を構成していた学習者が、実際の事物の観察を通じて既習知識を実感・体感するといった理解型の学習となる。博物館や生態園等での観察を通じて、観察対象の共通性や相違性に着目して、既習知識と関連する新たな知識を自ら発見する導出型の学習が2つ目の目的にあたる。

理解型の観察学習では、自身の概念と観察結果が一致しないことに対して、不一致を解消するために理解を修正すべき箇所や修正に必要な観察がわからず行き詰まりが生じると考えられる。学習者が不一致を解消する上で理解が誤っている可能性のある概念を判断し、自身でその正誤を確かめる必要がある。理解が誤っている可能性のある概念は、それが修正されることで不一致が解消されるものであるかを考える必要があり、理解している概念を支持する事例や反例を観察することで正誤を評価することができる。本研究では、自身が理解している概念の正誤を評価することを検証と呼ぶこととする。

不一致が生じた際に、誤っている可能性のある概念を特定するためには、理解している概念の正誤とそれによって観察結果との間で生じる不一致との対応を整理する必要がある。その上で、誤っている可能性のある概念に応じて、観察すべき対象を特定することができる。これらを整理するには、学習者の概念の理解構造が明らかである必要がある。

したがって、本研究では、まず学習者の理解構造を表現するための観察学習における概念表現を提案する。その上で、概念の不一致の種類とそれに対応する検証すべき概念候補を整理し、検証に必要となる観察対象を検討する。本研究は、中学校の生物分野の単元である植物の種類とつくりを対象とする。

3. 植物の観察学習における概念表現

理解型の観察学習では、授業において習得した概念と、観察によって形成された概念が存在する。本研究では学校の授業により習得した概念を概念理解レイヤ、観察によって形成された概念を観察結果レイヤとして表現することで区別する。

植物の観察学習では、植物の種類とつくりを学ぶ。植物の種類には、個々の植物を表すもの（例：マツ、イチョウ）や、複数の植物を包含した種（例：種子植物、裸子植物）を表すものがあり、種とそれに含まれる植物の種類には包含関係がある。植物の種類は、その種類が共通して持つつくりがあり、そのつくりもまた共通して持つ詳細なつくりがある。植物の種類とつくり、植物のつくりと詳細なつくりの間には所有関係がある。

本研究では、概念理解レイヤと観察結果レイヤを、それぞれ植物とそれを構成する要素の概念マップで表現することとする。概念マップはオブジェクトを表すノードと関係を表すリンクで構成される。本研究では、植物の種類とつくりの2種類のオブジェクトがあり、植物の種類とつくりの包含関係を表す is-a 関係と概念間の所有関係を表す has 関係をリンクで表現する。また、is-a 関係でないことと、has 関係でないことを明示的に表現するために not is-a 関係、not has 関係を導入する。なお、植物の種類のもつ(not) has 関係はその種類の部分集合へ継承される。一方、観察しているものは概念の一つの実体であるため、観察結果レイヤが表す実体と概念理解レイヤが表す概念は instance-of の関係で接続される。

概念理解レイヤと観察結果レイヤの具体例を図1に示す。関係を矢印で表現し、関係の種類は矢印のラベルで表現している。リンク元の概念は関係の主語であり、リンク先の概念が目的語である。観察結果レイヤ

の概念は、概念理解レイヤの対応する概念の名前の前後に#と'を付けて表記しており、観察結果レイヤの概念は概念理解レイヤの対応する概念と instance-of 関係のリンクで接続されることとなる。概念理解レイヤでは、マツとイチョウが裸子植物の部分集合であること、がくはがく片を持つが、裸子植物はがくを持たないこと、マツは針葉を持つこと、裸子植物はシダ植物の一種でないことを理解している状態を表している。観察結果レイヤでは、観察を通じてマツとして捉えた対象が針葉を持っていたが、がくを持っていなかったと捉えている状態を表している。

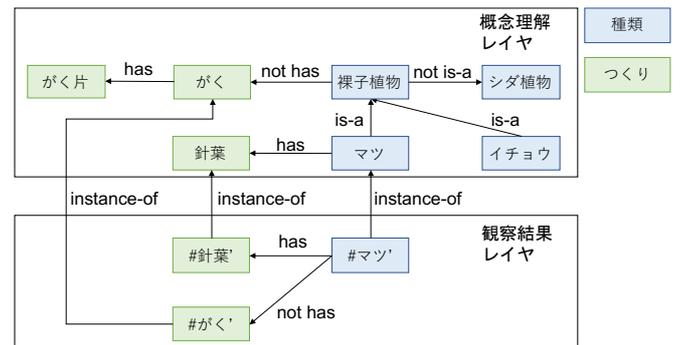


図1 概念の表現の例

4. 概念の不一致の種類と観察すべき対象

4.1 不一致の種類

学習者が誤って概念を理解していたり、観察内容が概念とあっていない場合に、その正しさを確認すべき概念体系の箇所を分類する。概念体系は (not) is-a 関係と (not) has 関係で構成されるが、観察からは (not) has 関係のみが得られる。したがって、不一致が起こる場合は、以下の2種類となる。

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 関係を成している。
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 関係を成している。

これら2種類の不一致が起こる例を図2に示す。不一致である関係は太いリンクと太字で強調して記載している。1の不一致に対応する例は、概念理解レイヤの“裸子植物 has がく”と、観察結果レイヤの“#マツ has #がく”の不一致であり、2の不一致は概念理解レイヤの“マツ not has 子房”と、観察結果レイヤの“#マツ has #子房”の不一致である。1の不一致は、概念理解レイヤのマツが裸子植物から継承した has 関

係が、観察結果レイヤと不一致であることにより生じている。概念理解レイヤで不一致が起こる関係は、部分集合が継承した(not) has 関係である場合と包含する集合が持たない関係である場合があり、これらは 1 の不一致と 2 の不一致の両方で起こりうる。なお、not is-a 関係にある概念は互いに包含関係でないため、包含関係でない 2 つの概念の片方の観察結果と、もう片方の概念との間で不一致は起こらないと考えられる。

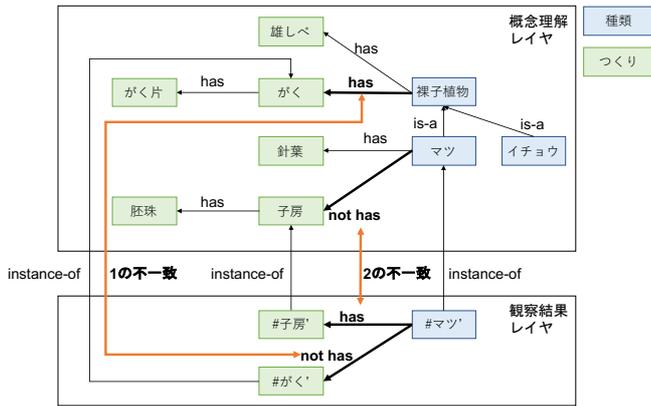


図 2 不一致の例

4.2 不一致解消のための検証対象

不一致を解消するためには、観察されたもの、もしくは学習した概念と関係の整合性を、観察を通して検証する必要がある。

観察で検証すべき関係の種類として、不一致を解消できる可能性のある関係を以下に示す。

- 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の is-a 関係

a~d は 1 の不一致と 2 の不一致の両者を解消する上で検証すべき関係である。不一致が起こった概念理解レイヤの概念に対して、観察したものが本当にその概念の実体となっているかを確認する必要があるため、a は検証すべき関係である。概念理解レイヤの概念が本当に観察対象と不一致である概念を持つ／持たないのかを、他の実体を見ることで観察する必要がある。よって、b は検証すべき関係である。観察結果レイヤの概念が本当に概念理解レイヤの概念と不一致である

概念を持つ／持たないのかを確認する必要がある、c は検証すべき関係である。概念理解レイヤで部分集合が継承した概念が不一致である場合、本当にその部分集合であるかを確認する必要があるため、d は検証すべき関係である。

a は観察結果レイヤの不一致の (not) has 関係で結ばれている概念と、それらに対応する概念理解レイヤの概念を結ぶ instance-of 関係である。不一致である関係のうち、概念理解レイヤの (not) has 関係が b であり、観察結果レイヤの (not) has 関係が c である。d は不一致の (not) has 関係にある観察結果レイヤの植物の種類が instance-of 関係にある概念理解レイヤの概念と、その概念を包含するとともに不一致の (not) has 関係を持つ概念理解レイヤの概念との間にある is-a 関係である。

図 2 の 1 の不一致の場合、a は“#がく instance-of がく”と“#マツ instance-of マツ”，b は“裸子植物 has がく”，c は“#マツ not has #がく”，d は“マツ is-a 裸子植物”に当たる。

2 の不一致の場合、a は、“#子房 instance-of 子房”と“#マツ instance-of マツ”，b は“マツ not has 子房”，c は“#マツ has #子房”に当たる。d に関しては、図 2 の例の 2 の不一致では、不一致が起きている概念と関係が継承されたものではないため、これに当たる関係はない。したがって、図 2 の例の場合、1 の不一致では a~d、2 の不一致では a~c が検証すべき関係である。

4.3 対象の検証方法

各不一致を解消するためには、これらの検証すべき関係が妥当であるかを確認する必要がある。4.2 節の a~d の各関係を検証するために観察すべきことを説明する。

a は観察した植物の種類やつくりが、それに対応する概念と同じつくりを持っている／持っていないかを確認することで確認できる。図 2 では、1 の不一致の a である“#がく instance-of がく”を検証する場合、概念理解レイヤの“がく has がく片”より、観察して「がく」と理解しているものが「がく片」を持っているかに焦点をあてて観察してみればよい。このとき、観察したものががく片を持っていれば観察したものは

がくであることが推定されるが、がく片がなければがくでない可能性が高くなる。

概念の持つつくりは、その具体的な実体を持つ特徴を表現している。概念のつくりは、その実体となるものがつくりを持っていないければ誤りである可能性が高い。そこで、b は、その概念の実体のつくりをできるだけ多く観察することで確認する。図2の1の不一致では、“裸子植物 has がく”の妥当性を検証することがbにあたる。マツ以外の裸子植物のまだ観察していない実体、例えばイチョウやソテツががくを持つかを観察し、これらががくを持っていれば概念は正しく理解できていたと推測できる。

c は観察した対象を再度観察することにより、観察結果が見間違いや見落としによるものでないかを確かめることができる。図2の1の不一致では観察したマツが本当がくを持っていなかったかを再度観察する。一度観察した実体を再度観察することで、再観察前と同じ結果が得られた場合は、観察結果に見間違いや見落としがない可能性が高く、そうでない場合は観察結果を修正することとなる。

is-a の関係にある2つの種は、上位の種のつくりが下位の種に保持されているかで判断することができる。種のつくりはそれらの実体の特徴を表したものであるため、d は下位の種に属する実体のつくりを確認すればよい。図2の1の不一致において“マツ is-a 裸子植物”を検証する場合、概念理解レイヤの“裸子植物 has 雄しべ”より、マツが裸子植物であるかはマツが雄しべを持つかどうかを観察すればよい。もしマツが雄しべを持たなければ裸子植物でない可能性が高く、雄しべを持っていれば裸子植物である可能性がある。

このように、概念の不一致が生じた場合に、考えられる誤りの可能性すべてに対して、その整合性を確認する観察を行うことで、誤って理解している概念を推測することができる。ただし、これは「推測」であり「断定」ではないことに注意する必要がある。観察は概念に含まれる実体の一部を観察しているのにすぎず、観察対象がすべて理想的な構造を持つとは限らない。例えば、ある花の花びらが3枚しかなかった場合、その花が3枚の花びらしか持つことができないのか、たまたま観察した個体の他の花びらが散ってしまっただけかは判断できない。したがって、観察を通して推測

したものが正しい概念であるかは、さらなる観察を通して検証していく必要がある。

5. おわりに

本研究では、観察学習における学習者の理解している概念と観察結果の不一致による行き詰まりに着目し、不一致解消のための観察すべき対象を分類した。具体的には、不一致の種類を2種類に特定し、概念間の環形より整合性を確認すべき関係を整理した。また、それらの関係の妥当性の検証に必要な観察内容を提案した。

本研究が提案した概念体系の定義では、持たないということと理解していないことを明示的に区別するために not has 関係を導入した。しかし、学習者が理解していない関係を全て網羅して not has 関係を書き下すことは現実的でない。よって、has 関係でないことと理解していることを表現するかどうかについて、今後検討する必要がある。

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費(19H01725)の助成による。

参考文献

- (1) 文部科学省: “小学校学習指導要領解説理科編” (2017)
- (2) 文部科学省: “中学校学習指導要領解説理科編” (2017)
- (3) R. E. Mayer: “Should there be a three-strikes rule against pure discovery learning?”, *American psychologist*, Vol.59, No.1, pp.14-19 (2004)
- (4) 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: “動物園における自発的な観察の促進を目的とした園内回遊行動のデザイン”, *情報処理学会論文誌*, Vol. 58, No. 11, pp. 1765-1775 (2017)
- (5) G. J. Hwang, C. C. Tsai, and S. J. H. Yang: “Criteria, strategies and research issues of context-aware ubiquitous learning”, *Journal of Educational Technology & Society*, Vol. 11, No. 2, pp. 81-91 (2008)
- (6) 大橋裕太郎, 馬島洋, 有澤誠: “動物園の学びをデザインする: 遊びの要素を取り入れた音声・映像ナビゲーションの開発”, *チャイルド・サイエンス: 子ども学*, Vol. 6,

pp. 42-46 (2010)

- (7) 寺田安孝, 永田祥子, 川上昭吾: “博物館と学校との連携による学習プログラムの開発”, 愛知教育大学教育実践総合センター紀要, Vol. 8, pp. 45~49 (2005)
- (8) 中山迅, 山口悦司, 里岡亜紀: “フィールド学習を通して進める中学校と博物館の連携に関する事例的研究 -宮崎県総合博物館の場合-”, 科学教育研究, Vol. 27, No. 1, pp. 71-81 (2003)