

実世界学習の形成的過程に潜む制約構造の抽出・理解のための 行動セマンティクス研究

永田 鴻流† 多田 昌裕‡ 岡田 昌也§

† 静岡大学大学院総合科学技術研究科 ‡ 近畿大学理工学部 § 九州大学共創学部

1 はじめに

近年、実世界とのインタラクションの中で適応的に行動することを通して、多様な状況に根差した知識を獲得する、実世界学習の重要性が示唆されている [1]. 著者らは、この実世界インタラクションのプロセスに人の知能の本質があると考え、この構造を理解することを目的とした、研究を実施する。

岡田ら [2] は、実世界学習に取り組む学習者は、場所ごとに異なる興味行動が誘発され、その結果、異なる知識を得られることを示している。このことから、本研究は、異なる興味行動・知識獲得活動を誘発・抑制する構造が、実世界学習の形成的過程に潜んでいるのではないかと予測する。すなわち、実世界の学習者においては、「実世界で、身体や認知に関して課される多様な制約」のもとで、現実をどのように解釈するか、また、どのような行動を実際にとれるか、などが決定されると考える。

そこで、本研究では、実世界学習の形成的過程に潜む制約構造を抽出・理解するために、認知処理（状況解釈、行動結果の予測など）を伴う行動に対して、そのセマンティクスを表現する手法を開発する。ここで、セマンティクスとは、モデリング対象となる情報の特性・関係性を計算することを目的として、対象に対して与えられる、構造化された意味情報のこととする。このことで、知覚・解釈・行動など異なる水準から、実世界における知的達成に影響を与える制約を捉え、実世界学習のメカニズムの理解を行うことを試みる。

2 多段階の制約を仮定した知能のモデリング

1章で述べた多段階の制約構造に関して、本研究では、実世界学習の現場の中で、実際の学習者の行動に関する参与観察を行った。その結果、例えば、コケの生え方の規則性を考える際、学習者が水辺にいる場合、人の視認できる範囲（視野）などの感覚器の特性に由来する制約（図1 C1）や、「植物の生育には水が必要である」という状況解釈の制約（C2）によって、「水辺側に

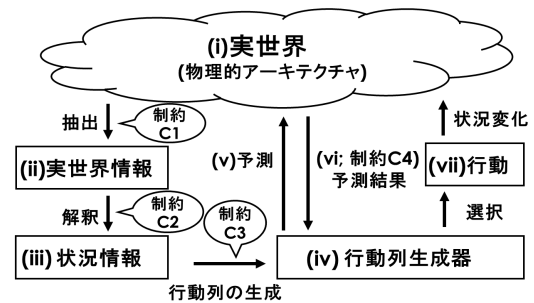


図1: 実世界学習での行動生成における多段階の制約コケがあるか観察する」行動が生成されると考察した。また、学習者による観察の結果として、「別の場所には、コケが生息していない」という実世界情報 (ii) を得た場合、それが学習者にとって新たな制約となり、「同じコケという植物であっても、環境内で生息の仕方が異なるか」という仮説や、検証のための行動が生成される様子が、確認された。

このように、実世界学習の過程においてある行動が生成される場合、その背後には多段階の制約が課されると考えられる。著者らは、(1) 学習者の認知的・身体的な行動について、それらの計測データを抽象化し意味のレベルのデータを構築することによって、行動生成に関わる各種の制約構造を抽出する、(2)(1)により抽出した制約構造を足掛かりとして実世界インタラクションに帰属する知能生成のメカニズムを理解する。

3 形成的・総括的評価による行動のセマンティクス表現

3.1 形成的過程の再現・分析のための研究手法の開発
学習者の認知的・身体的な行動を捉えるためには、最終的な学習結果の定量・定性的な評価（総括的評価）を行うことに加えて、「ある時点の行動や実世界の多様な情報は学習者の活動にどのような影響を与えたか」という形成的過程を分析すべきである。その分析のために、著者らは、以下に示す2つの研究手法を開発した。

(1) 認知処理を伴う行動の外化手法の開発

本研究では、多視点からの情報取得・吟味を促す学習場を設計した上で、学習者の内的状態を捉える手法を開発した（図2）。学習場を支えるタスクの設計として、「実世界ジグソーメソッド」を開発した。具体的には、各学習者に異なる視点・抽象度で情報を与える目的で、実世界の現象に対する

Behavior semantics for extracting and understanding constraints hidden in formative process of real-world learning

†Koryu NAGATA ‡Masahiro TADA §Masaya OKADA

†Graduate School of Integrated Science and Technology, Shizuoka University

‡Faculty of Science and Engineering, Kindai University

§School of Interdisciplinary Science and Innovation, Kyushu University

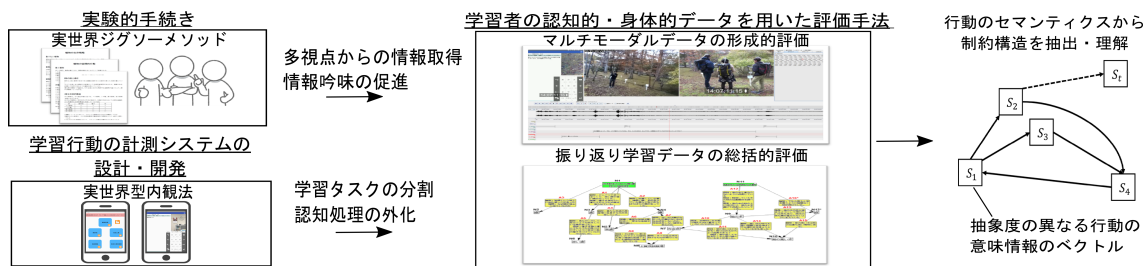


図 2: 制約構造の抽出・理解：形成的・総括的の評価による行動のセマンティクス表現

学術的理論（植物の生存戦略，群集生態学など）が記載された断片的なメモを，学習者間で内容が重複しないように与えるタスクである．また，「実世界型内観法」として，環境学習中に，各学習者にタブレット型デバイスを持たせ，学習者に対して，学習に含まれるタスク（観察，仮説立案・検証など）の構造を分割して認識させ，それぞれのタスクに含まれる認知処理の成り立ちを外化させる手法を開発した．

(2) 計算可能なセマンティクス表現の開発

2章で述べた実世界型研究フレームワーク（参与観察など）の実践で得た知見をもとに，行動のセマンティクス表現のためのパラメータ列を開発した．パラメータは，現在，「図 1 にモデル化した各種の制約に分解して定義した，行動の意味情報」のベクトル表現を開発した．具体的には，図 1 の C1 は知覚に近いレベル，C2 は解釈に近いレベル，C3 は行動列生成に近いレベル，C4 は行動結果の予測に近いレベルなど，一連の行動をプロセスシーケンスの中で，異なるレベルで行動生成に果たす役割を，細分化して定義した．

3.2 実験

現在，著者らは，京都大学フィールド科学教育研究センターにおいて，被験者 30 人による環境学習実験を実施し，取得データをもとに，以下の手法で学習の形成的過程を再現・分析し，また，学習の形成的過程に潜む制約構造の抽出に向けた調査を行っている．

(I) マルチモーダルデータの形成的評価

学習者の認知・身体に関わる行動を，実世界型内観法やマルチモーダルシステム（映像・音声など）で計測し，また，3.1 節 (2) で開発したコーディングスキームをもとに実世界学習の過程を形成的に評価する．

(II) 振り返り学習データの総括的評価

実験終了後に，学習を通じた知的達成に関する総括的評価のデータを得るため，各学習者に実験中の活動（観察行動，仮説立案，疑問など）を記述させる*．なお，開発した実世界ジグソーメソッ

ドの狙いから，多視点統合的な活動の記述がされているかを基準として総括的な評価を行う．

(III) 行動のセマンティクスによる制約構造の抽出

(I) (II) の評価結果を統合・比較し，学習中に取られた種々の行動が，どのように学習者の認知状態を変化させ，また，学習結果に影響を与えたのかを分析する．学習結果と行動の対応関係から行動のセマンティクスを記述し，実世界学習の形成的過程に潜む制約構造の抽出・理解へつなげる．

4 まとめ

本研究は，実世界とのインタラクションに人の知能が帰属すると考え，そのインタラクションの構造を理解することを目的として，実世界学習の形成的過程を分析する手法を開発した．実世界の学習者においては，「実世界で，身体や認知に関して課される多様な制約」のもとで，現実をどのように解釈するか，また，どのような行動を実際にとれるか，などが決定されると考える．実世界学習の形成的過程に潜む制約構造を抽出・理解するためには，認知処理を伴う学習者行動を計測し，それらを抽象化して意味のレベルのデータを生成する必要があると考える．この問題に対するアプローチとして，本稿では，(1) 学習の形成的過程を再現・分析するための手法，(2) 学習過程の評価による行動のセマンティクス表現手法，を開発した．現在，実際の学習者の振る舞いに関する定性的な観察によって，行動の意味のレベルでのデータ記述のための知見が得られ，そのことが，今後適応的な学習支援を行う際の基礎的な知見となると考えている．

謝辞 実験実施にご協力いただいた京都大学フィールド科学教育センターの皆様へ感謝します．本研究は JSPS 科研費基盤研究 (C) 19K12064 による．

参考文献

[1] Jean Lave and Etienne Wenger. *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1991.
 [2] 岡田昌也, 多田昌裕. 行動計測・知識外化技術による実世界学習の場の空間特性の抽出手法. 情報処理学会論文誌, Vol. 53, No. 4, pp. 1433–1447, 2012.

* 記述ツールとして，フリーソフト（再構成型コンセプトマップ作成ソフトウェアあんど君, <http://www2.kobe-u.ac.jp/~inagakis/undo.html>）を用いた．