

オープン情報構造アプローチに基づく「分からない」状態への支援設計

Designing Learning Support to Address Not Understanding States, Based on Open Information Structure Approach

山元 翔^{*1}, 平嶋 宗^{*2}Sho YAMAMOTO ^{*1}, Tsukasa HIRASHIMA ^{*2}^{*1}近畿大学情報学部/情報学研究所^{*1}Faculty of Informatics / Cyber Informatics Research Institute, Kindai University^{*2}広島大学大学院先進理工系科学研究科^{*2}Graduate School of Advanced Science and Technology, Hiroshima University

Email: yamamoto@info.kindai.ac.jp

あらまし：筆者らはオープン情報構造アプローチ（OSA）に基づくシステム開発を継続して行なってきた。学習者にとって最も避けうるべきは、「分からない」状態であり、この状態に陥ると学習者は答えに辿り着くことができない。これに対して OSA に基づく学習支援システムは、学習対象において本来理解すべき内的表象を踏まえて外的表象を適切に表現し、組み立て型の学習活動として設計している。これにより内的・外的表象の認識と変換に関与する「分からない」状態を適切に回避し、学習を促進できる。このようなシステムの設計と効果について、算数文章題の学習支援システムを事例として報告する。

キーワード：オープン情報構造アプローチ, 分からない, 構成主義, 作問学習

1. はじめに

学習支援システムは、人の学習を促進し、何らかの対象を効果的に理解させるために設計される。このような人の学習について検討する際、最も理解から遠い状態は「途方にくれている」状態であると言える⁽¹⁾。学習の目的が、学習者が何らかの概念や能力を獲得することであるとすれば、「分からない」状態というのは、そのような概念獲得にたどり着かない状態であるためである。

これについて、筆者らの提案している算数文章題の学習支援システムは、「分からない」状態を回避するように、適切な探索を促すよう設計されている。これは、オープン情報構造アプローチ（Open information Structure Approach :OSA）⁽²⁾に基づいてシステムが設計されているためである。また、構造を学習者の認知に合わせた形で組み立てさせていることから、構成主義的な学習上の試行錯誤を効果的に実現している。本章ではこのシステムの設計と成果について、学習者の「分からない」状態を踏まえいかに支援しうるかという視点から説明する。

2. 「分からない」状態とオープン情報構造アプローチ

2.1 「分からない」状態

溝口は、一般問題解決器（GPS）で用いられている状態空間とその探索モデルに基づいて、問題解決における「何をしようか分からない」状態を定義している⁽¹⁾。GPS を土台として解釈すると、学習とは、問題解決を繰り返すことで、その GPS の持つパラメータや遷移の関係性を獲得する過程であると捉えることができる。つまり、問題解決を繰り返すことを作業として、そのパラメータや状態の変化から、

何らかの一般的な法則を獲得する過程である。これは外的表象を通じて、内的表象を獲得する過程とも言えるだろう。

もしこの解決活動そのものが行えない状態であれば、その学習者には学習というプロセスが発生しない。溝口はこのような状態空間の探索が全く行われていない状態を「分からない」状態と定義しており、(1)途方に暮れている、(2)何をしたら良いか分からない、(3)何かやってはいるが成果は出ず、行動はほとんど場当たりのである、(4)ある程度意味がある行動をしてはいるが、解を得るには程遠い、の4つで定義している。

よってこれらの状態を引き起こさないように、あるいはこれらの状態が引き起こされた際には適切に抜け出せるような支援を提供することが、学習支援システムに求められると言える。

2.2 オープン情報構造アプローチ

平嶋らは Computational なメタ問題の設計法としての「オープン情報構造アプローチ」を提案している⁽²⁾。メタ問題とは「問題について考えさせる問題」であり、ここでの問題は「学習者の認知した問題」となる。つまり、学習者は問題を解くことで内的表象を獲得するのではなく、問題を組み立てることを通じて、内的表象を獲得することになる。

また、このアプローチに基づくシステム設計としては、(a)（学習対象の情報構造としての）外在化、(b)（外在化された情報構造の）操作可能化、(c)診断可能化が定義されており、学習対象を適切な外的表象として表現し、これを組み立てることを通じて内的表彰を獲得することが目掛けられている。また、(b)と(c)により、構成主義的に学習者自身が内的表象を見出すプロセスとして学習活動を実現している。

3. OSAに基づく「分からない状態」への支援

3.1 OSAに基づく学習支援

図1にOSAの学習支援の概略図を記載する。OSAでは、学習者には内的表象である知識構造を外在化する形で外的表象である操作対象を設計する。したがって、学習者は外的表象を認知しながら操作することで演習を行っており、この操作を通じて内的表象を獲得する。この点が非常に重要であり、外的表象とは、単なる情報の入力ではなく、内的表象の構造そのものが、外的表象に依存して形成されることが指摘されている⁽³⁾。そしてこれらは相互に変換可能であることも述べられている。

したがって、OSAに基づく操作対象となる部品の設計とは、この外的表象と内的表象の変換を踏まえて設計されるものであり、これによって設計された表象をシステム、あるいは教師もまた同様に操作・診断可能としているために、学習者の操作に基づく適切な診断・フィードバックを実現できる。

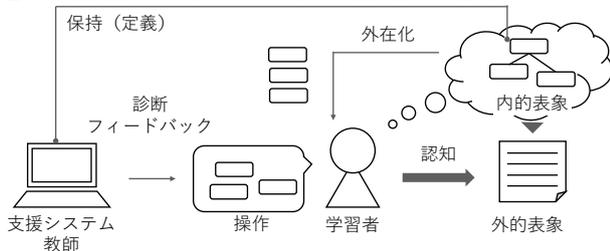


図1 OSAによる学習支援システムのフレームワーク

3.2 OSAと「分からない」状態

GPSに基づいて考えると、OSAの探索空間と学習とは、学習者が思考すべき内的表象につながるパラメータを外的表象として提供し、これを分解・操作可能とすることで、外的表象の操作を通じて学習者が内的表象を獲得していく過程であると言える。

そしてわからない状態とは、システムではなく、学習者が持つ探索空間が適切に構築されない状態を指す。よって、(1)(2)とは、そもそも探索空間が構築されない状態であり、外的表象を操作対象として受け取れていない状態と捉えられる。よってOSAに基づく学習設計により、この点は回避される。

次に(3)と(4)については、学習者が外的表象を通じて内的表象における重要なパラメータを見出せていない状態になる。(3)は外的表象の操作に始終しており、(4)は一部内的表象への変換ができていないものの、残りは不明瞭である場合と捉えられる。これについては、支援システムや教師は、OSAに基づく外的表象と内的表象の変換構造を把握しているため、その変換に基づいた、外的表象の不一致に基づくフィードバックを返すことができる。

この枠組みにより、学習者は、そもそも探索空間を構築できないという状態を、システム等の支援によって克服することができ、探索空間の探索を通じて、外的表象から内的表象を見出す学習を適切に行うことができるようになっている。

3.3 事例説明「モンサクン Affective」

開発されたシステムの一つ、モンサクン Affectiveは、1回の加減で計算できる算数文章題の作問を対象としており、1つの量概念を表す単文カードを3つ組み合わせることで問題を作成する。そして、回答時だけではなく、簡易脳波計を用いることで演習途中でも学習者の行き詰まりを検出し、フィードバックを生成する(In-process feedback)。

このシステムでは、単文カードに基づく算数文章題が外的表象となっており、これはオブジェクト、述語、数量によって表現されている。この組み合わせが、扱われるべき物語の構造の部品となり、カードの組み合わせの誤りが、この構造の不一致を生み出す。このことから、内的表象と言える算数文章題の構造(量概念の表現と物語構造)と、提供される外的表象と対になっている。これにより、分からない状態(1)(2)は回避されている。

分からない状態(3)(4)は、外的表象と内的表象の変換ミスとして検出できる。システムはこの表象の変換構造を持つため、学習者の回答時、および演習の行き詰まりのタイミングで、学習者の回答に基づき、内的表象の不一致を検出することができる。例えば、「8-2」で「合わせる」問題を作る際に、「りんごとみかんが8個あります」「ももが2個あります」と回答しているときに行き詰まっていれば、数字に着目しているあまり、オブジェクトの不一致に気づいていないことを検出できる。このように表象の変換に基づくことで、学習者の外的表象に対して、内的表象を踏まえた適切な支援を実現できる。

4. まとめ

本稿では、OSAに基づく学習支援システムの設計と分からない状態への支援について述べた。今後、このフレームワークの洗練と、各種具体的なシステムの開発と検証を続けていく。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP23K02749 の助成を受けたものです。

参考文献

- (1) Mizoguchi, R. :“A Proposal for a New Framework of Learner Modeling: From Modeling “Understanding” to “Not Understanding””, The Journal of Information and Systems in Education, Vol. 19, No. 1, pp. 9-14 (2020)
- (2) 平嶋宗, 林雄介:“メタ問題設計法としてのオープン情報構造アプローチ”, 人工知能学会研究会資料 先進的学習科学と工学研究会 第82回, p. 55-60 (2018)
- (3) Zhang, J. :“The nature of external representations in problem solving”, Cognitive science, Vol. 21, No. 2, pp. 179-217 (1997)
- (4) Yamamoto, S., Tobe, Y., Tawatsuji, Y., and Hirashima, T : “In-process feedback by detecting deadlock based on EEG data in exercise of learning by problem-posing and its evaluation”, Research and Practice in Technology Enhanced Learning, Vol. 18, No. 028, pp. 1-26 (2023)