視線・セマンティクスアウェアな教材と学習分析の初期検討

Pilot Study of Learning Analysis by Developing Gaze- and Semantics-Aware Learning Materials

奥津 暁夫[*1], 林 佑樹[*2], 瀬田 和久[*2]
Akio OKUTSU[*1], Yuki HAYASHI[*2], Kazuhisa SETA[*2]
[*1] 大阪府立大学 現代システム科学域
[*1]College of Sustainable System Sciences, Osaka Prefecture University
[*2] 大阪府立大学大学院 人間社会システム科学研究科
[*2]Graduate School of Humanities and Sustainable System Sciences, Osaka Prefecture University
Email: okutsu@ksm.kis.osakafu-u.ac.jp

あらまし：本研究は，教材画面上の視線から注目知識の意味構造を捉える教材作成のための枠組みを提案する．本稿では，この教材を用いた学習する知識の意味内容や知識間の構造的つながりに踏み込んだ，学習者の理解過程や知識の体制化度合いの推定，学習分析・支援システムへの応用可能性を検討する．
キーワード：視線，知識の意味構造，教材，理解過程

1. はじめに

意味的な繋がりを捉え自身の中の活性化した既存知識と適切に結びつけることが，教材に書かれた知識の表層的な理解や断片的な暗記に留まらない十分に統合された知識の体制化に寄与する(1)．そうした学習活動のためには，学習者自身による知識状態の自覚や，知識の理解過程の自己調整が不可欠である．本研究は，そうした学習者の内部でなされる（メタ）認知的活動の分析・支援に向け，教材画面上の視線行為を手掛かりに，学習者の知識状態や知識の理解過程を推測することを目的とする．

本稿では，先行研究(2)で開発した視線・セマンティクスアウェアな教材オーサリングシステム，およびセマンティクスアウェアな視線計測システムの動作検証として，学習する知識の意味内容や，知識間の構造的繋がりに踏み込んだ学習者の思考状態の推測，および学習分析・支援への応用可能性を検討する．より具体的には，表層的ではなく統合的な理解が行われていれば認知的葛藤が生じうる矛盾する情報を教材に記述することにより，これを読解する学習者の視線から，知識の体制化の度合い（スキーマの形成度）を把握できるか，その可能性を調査した．

2. 視線・セマンティクスアウェアな教材

先行研究(2)では，教材画面上の学習者の視線行為から，注目している知識の意味構造を捉えられる視線・セマンティクスアウェアな教材開発のためのオーサリングシステムを開発した（図 1）．教材作成者は，教材画面（図 1(a)）に記載された内容の意味構造を表す意味ネットワーク（図 1(b)）を作成・編集することができる．教材画面では，学習者の視線の出入りを捉える領域（AOI: Area of Interest）をドラッグ操作で作成でき，このエリアに表現されている知識を意味ネットワーク上のノード（概念）やリンク

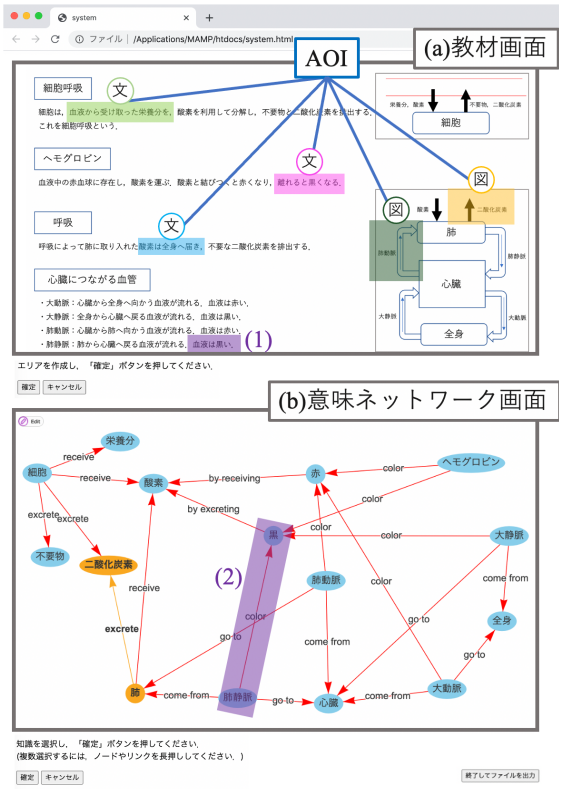

図 1 教材オーサリングシステム

（関係）の選択により対応付ける．これに加え，当該エリアの表現形式（文や図など）を設定することで，同一の意味構造が異なる表現形式の異なるエリアで説明されていることを表現できるようになっている．このような操作を繰り返すことにより，教材画面上の視線行為の対象となる知識内容を踏まえた学習記録を可能とする教材を作成できる．

本研究では，学習時の注目領域に対応するセマン

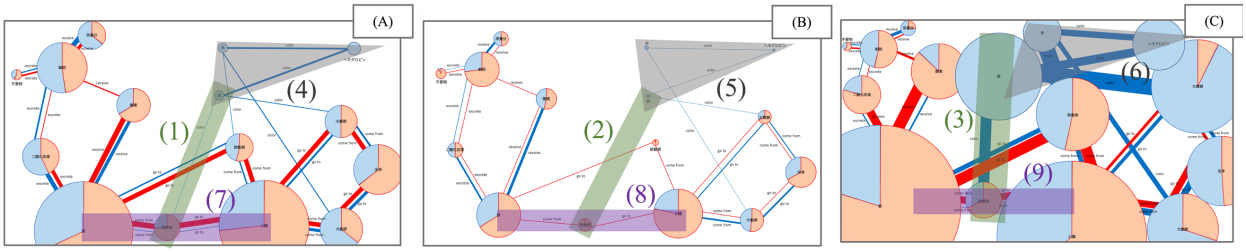

図 2 各学習者の視線情報の可視化図

ティクスや注視タイミング情報，注目知識の表現形式などの学習プロセスを計測できるシステムを開発した．

上述した仕組みにより，同じ知識に対して学習者がどの表現形態・エリアから参照しているか区分して記録できるようになっており，これに基づいて例えば,「ある知識について，文字情報と図的情報を対照して理解しようとしていた」といった学習スタイルの観察や，理解が不十分だと考えられる知識の提示や構造的な理解を促すための教材画面上の視線誘導，複数の知識間の関係の吟味を促すメタ認知的プロンプトの提示といった支援や，これらの支援を受けた／受けていない個々の学習者の課題成績の分析などの実現が期待できる．

3.　開発したシステムと初期動作検証

開発したシステムの動作検証として実施した視線計測について説明する．検証に用いた教材は，図 1 に示した教材画面（図 1(a)），および意味ネットワーク（図 1(b)）と同様のものである．具体的には,「血液の循環」に関する学習内容について，オーサリングシステムを用いて文字・図的情報を含む教材画面に 29 の AOI を設定し，15 のノードと 22 のリンクから構成される意味ネットワークを対応付けた視線・セマンティクスアウェアな教材を作成した．ここで,「肺静脈を流れる血液の色」を説明する文字情報（図 1(a)(1)）は誤った知識（図 1(b)(2)）を設定している．統合的理解の形成が志向されればこの知識に関する認知的葛藤が生じ，それがなんらかの視線情報として計測可能か確認することを意図している．

開発した視線計測システムにより，3 名の中学生（学習者 A，B，C）による教材内容の読解過程をそれぞれ記録した．なお，学習者 3 名には，教材が誤った情報を含んでいることを事前に知らせていない．また，教材画面上の AOI は学習の妨げとならないよう不可視とした．

図 2(A), (B), (C)に，計測された 3 名の視線情報を意味ネットワーク上に可視化した結果を示している．ノードの大きさ，およびリンクの太さは，教材画面上の対応する AOI に注目した時間の総量を表し，色は注目知識の表現形式を表している（青：文字，赤：図）．全体として，ある知識をどちらの表現形式を中心に学ぼうとしているかの傾向の違いや，学習者 C は 3 名の中で最も学習時間が長く，全体的に様々な情報に注目していたことが見て取れる．

学習後の聞き取りにおいて，統合した知識が構成されれば整合性が担保されないことが認識できる誤った情報に学習者 C のみが気づいたと答えた．3 名の可視化結果を比較すると，図 1(b)(2)の誤った知識に該当する「肺静脈を流れる血液の色（図 2(A)(1), (B)(2), (C)(3)）」，これに関連する「ヘモグロビンの色の変化（図 2(A)(4), (B)(5), (C)(6)）」,「肺静脈の肺・心臓への繋がり方（図 2(A)(7), (B)(8), (C)(9)）」など，学習者 C は他の学習者 2 名に比べて，誤った情報に関連する情報に強く注目していることがわかる．

さらに詳しく学習ログを分析した結果，学習者 C は，(i)学習時間全体に対して整合性の取れない情報に注目していた時間的割合と総量が，他の学習者 2 名に比べて大きいこと，(ii)誤りを含む情報に注目した後，関連する情報に注目する傾向があること，(iii)任意の知識の文字情報に注目した後，同一の知識を持つ図的情報に注目する傾向があることがわかった．学習者 C のこうした視線行為から, (i)については「教材の情報を自身の知識構造と比較・統合しながら学んだことで，整合性の取れない情報への認知的葛藤が生じた」, (ii)は「認知的葛藤を解消するため，意味的な繋がりがあると思われる情報を確認した」,（iii）は「対応する文字情報と図的情報が同じ知識を表すことを理解し，これらを対照することで知識の構造的理解を形成する学びを行った」といったことを解釈できる可能性がある．

4.　まとめと今後の課題

学習する知識の意味内容に踏み込んだ適応的な学習分析・支援に向けた視線行為の利用可能性を確認した．今後の課題として，学習過程の記録から知識の理解過程や知識状態を推測し，それに基づく効果的なフィードバックを与える知的学習支援システムの開発を目指す予定である．

参考文献

（1）Michelene T. H. Chi, and Ruth Wylie: “The ICAP framework: Linking cognitive engagement to active learning outcomes”, Educational Psychologist, 49, pp.219-243 (2014)

（2）奥津暁夫，林佑樹，瀬田和久：“視線・セマンティクスアウェアな教材オーサリングシステムと視線計測システムの開発”，2020 年度 JSiSE 学生研究発表会（関東地区），pp.59-60（2021）