

学習者の Web 調べ学習スキルに応じた演習問題生成

萩原未来^{*1}, 柏原昭博^{*1}, 長谷川忍^{*2}, 太田光一^{*2}, 鷹岡 遼^{*3}

^{*1} 電気通信大学大学院, ^{*2} 北陸先端科学技術大学院大学, ^{*3} 山口大学

Exercises for Improving Web Investigative Learning Skills

Miki Hagiwara^{*1}, Akihiro Kashihara^{*1}, Shinobu Hasegawa^{*1}, Koichi Ota^{*1}, Ryo Takaoka^{*1}

^{*1} The University of Electro-Communications

^{*2} Japan Advanced Institute of Science and Technology ^{*3} Yamaguchi University

Web 調べ学習では, Web リソースを選択し, 学習課題についての知識構築しながら, 学ぶべき項目を部分課題として展開し, 学習者自ら学ぶべき項目とその順序(学習シナリオ)を決める. 筆者らは, これまで Web 調べ学習モデルをデザインし, 学習シナリオ作成の足場を築くシステムを開発した. 本論文では, 学習者の Web 調べ学習スキル向上を目的とした適応的な演習問題の生成と, 問題解決支援として LOD と Web 調べ学習履歴を用いた課題キーワード候補推薦手法を提案する. また, 提案手法を用いたケーススタディを実施した. その結果, 中程度以下の Web 調べ学習スキルを有する学習者に対する適応的な演習問題の有効性が示唆された.

キーワード: Web, 調べ学習, LOD, 演習, 主体的学習

1. はじめに

近年, 教育現場においても Web 上での調べ学習(Web 調べ学習)の機会が増加している⁽¹⁾. Web 調べ学習では, 膨大な Web リソースの中から学ぶべき課題(学習課題)に適したリソース(学習リソース)を選択・探求していくことで自分の視点から知識を構築することが可能であり, 高い学習効果が期待される^(2,3). また, 多種多様な学習リソースを横断的に学んでいくことで, 学習者は学習課題に関する知識を広く深く構築できる⁽⁴⁾.

Web 調べ学習とは, 単純なキーワード検索ではなく, 学習者が学習課題についての知識を構築しながら, 初期課題と関連する項目を課題の部分課題として展開することで, 初期課題と関連する項目について網羅的かつ体系的に学ぶことである. このとき, 課題展開を通じて学んだ項目の順序づけが行われる. この学んだ項目とその順序を表す学習シナリオは, 学習者がナビゲーションと知識構築プロセスを自己調整するのに役立つ⁽⁵⁾.

一方, テキストを用いた学習では, 学習シナリオが提供されるが, Web 調べ学習では事前にシナリオが与

えられていない. そのため, 学習者は自分で学習シナリオを作成する必要がある. しかし, 学習者にとって, Web ページのナビゲーションや知識構築と同時に, 学習課題をより詳細な部分課題として展開し, 学習シナリオを作成することは認知的負荷が高い⁽⁶⁾.

先行研究では, Web 調べ学習プロセスのモデルをデザインし, モデルに従って学習者の Web 調べ学習を支援する環境を提供する interactive Learning Scenario Builder (iLSB)を開発した⁽⁷⁾. また, 初学者の課題展開支援として, 初期課題に加えて展開候補となる課題を表すキーワード(課題キーワード)群(展開課題候補キーワード群)を演習問題として生成する手法⁽⁸⁾や, 多角的な Web 調べ学習の足場となる, 学習課題-部分課題間の関係を表す属性を提示する手法が提案された⁽⁹⁾.

一方, 十分かつ妥当に課題展開スキル (Web 調べ学習スキル)が異なる学習者に対して, 適応的に演習問題の難易度を変更する必要がある. また, 課題展開が不十分なまま学習を終えてしまう学習者や, 属性提示されても多角的な観点での学習ができない学習者に対し, 広く深く多角的な観点で課題展開を促進する必要がある.

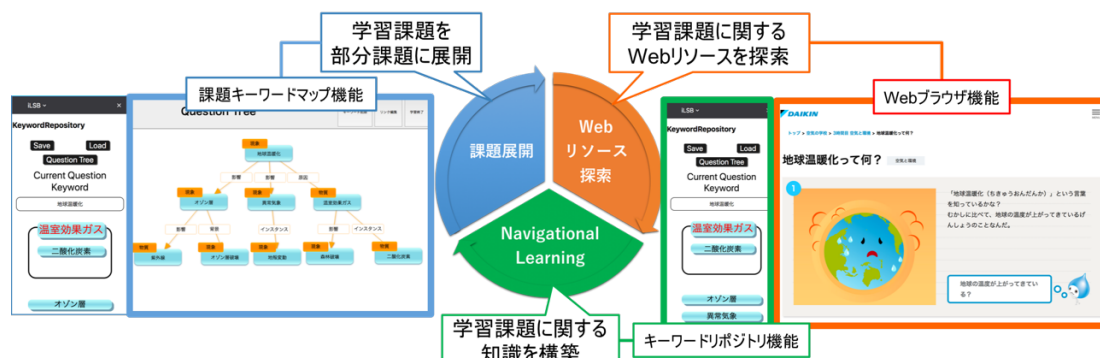


図 1 iLSB の使用例

本論文では、学習者のスキルに応じた演習問題の生成と、演習問題において Linked Open Data(LOD)および他の学習者の Web 調べ学習履歴を用いて課題キーワード候補(部分課題キーワード候補)の推薦する手法について述べる。また、本手法の評価実験についても報告する。実験の結果、中程度以下の Web 調べ学習スキルを有する学習者に対して、適応的な演習問題が妥当な課題展開を行う足場がけとして有効である可能性が示唆された。

2. Web 調べ学習

2.1 Web 調べ学習モデル

先行研究⁽⁷⁾で定義された Web 調べ学習モデルについて述べる。本研究では Web 調べ学習を、図 1 に示すような「Web リソース探索フェイズ」「Navigational Learning フェイズ」「課題展開フェイズ」の 3 フェイズからなるサイクルモデルとしてデザインしている。

(1) Web リソース探索フェイズ

学習者は学習課題を端的に表すキーワード(課題キーワード)を検索ワードとして検索エンジンに入力し、学習課題に関する学習リソースを収集する。

(2) Navigational Learning フェイズ

学習者は Web リソース探索フェイズで収集された学習リソース・ページをナビゲーションしながら、学習課題について学ぶべき項目をキーワードとして抽出し、抽出したキーワード間を関係づけながら学習課題に関する知識を構築する。

(3) 課題展開フェイズ

学習者は Navigational Learning フェイズで構築した知識構造を振り返り、抽出した学習項目からさらに調べるべき項目を部分課題として展開する。

学習者は、部分課題が新たに展開できなくなるまで「Web リソース探索フェイズ」「Navigational Learning フェイズ」「課題展開フェイズ」を実施する。3 フェイズを再帰的に行い、部分課題を展開した結果として、図 5 のような、初期課題を根ノードとし、展開した課題を子ノードとした木構造の形で学習シナリオを作成することが期待される。

2.2 interactive Learning Scenario Builder

先行研究⁽⁷⁾では、学習者に Web 調べ学習モデルに沿って学習させるために、interactive Learning Scenario Builder (iLSB) を Firefox⁽¹⁰⁾のアドオンとして開発した。iLSB は Web リソース探索フェイズについて Web ブラウザ機能、Navigational Learning フェイズについてキーワードリポジトリ機能、課題展開フェイズについて課題キーワードマップ機能でそれぞれ支援を行っている。iLSB を使用することで、初期課題に関連する項目を部分課題として展開しながら、学習者による網羅的かつ体系的な学習が有意に促されることが分かっている⁽⁷⁾。

(1) Web ブラウザ機能

学習用のリソースを選択・収集するための、Web リソースを探索する機能

(2) キーワードリポジトリ機能

選択・収集した学習リソースから学習項目を端的に表すキーワードを収集し、キーワード間の内包関係を視覚的に作る機能

(3) 課題キーワードマップ機能

キーワードリポジトリ機能を用いて作成した知識構造を振り返り、キーワードの中のいくつかを部分課題として展開し、学習課題と関係づけることで学習シナ

リオを作成する機能

「地球温暖化」を初期課題とした iLSB の使用例を図 1 に示す。まず、学習者は iLSB の Web ブラウザ機能を用いて初期課題「地球温暖化」を検索エンジンで検索し、「地球温暖化」について学習するための学習リソース選択・収集するために、Web リソースを探索する。次にキーワードリポジトリ機能を用いて学習リソース内で「地球温暖化」に関連するキーワード「温室効果ガス」「二酸化炭素」「オゾン層」「異常気象」をキーワードリポジトリに収集し、「温室効果ガス」と「二酸化炭素」の間に関連付けしている。最後に、「地球温暖化」に関連するキーワードを収集したキーワードリポジトリを振り返り、「地球温暖化」を学習するためにさらに学習が必要なキーワード「オゾン層」「異常気象」「温室効果ガス」を「地球温暖化」の部分課題として課題キーワードマップに展開している。さらに、展開した部分課題「オゾン層」「異常気象」「温室効果ガス」についても Web ブラウザ機能を用いた学習リソースの探索、キーワードリポジトリを用いたキーワードの収集と関連づけを行い、さらに調べるべき課題を部分課題として展開している。

2.3 関連研究・先行研究

一般に認知スキルを獲得するためには、学習者は繰り返し練習を行う必要がある^(11, 12)。過去に行った研究では、iLSB を使うだけでは広く深く妥当な課題展開が困難な Web 調べ学習スキルが低い学習者に対して、スキル向上を目的とした演習問題の作成手法の提案を行った⁽⁸⁾。iLSB を用いた学習では、Web 調べ学習の問題として初期課題を与えるだけである。これに対し、演習環境では初期課題と初期課題に関連する課題を含めたキーワード群である展開課題候補キーワード群を学習者に提示し、展開課題候補キーワード群内で学習を行うことで、望ましい学習シナリオを作成するための学習者のスキル向上を支援した⁽⁸⁾。

また、一般に適応的支援は学習者の学習成果と解の比較を通して行われるが、学習者が作成する学習シナリオは独自性が高く、一意に解となるシナリオ(解シナリオ)を定めることは困難である。そのため、学習者による不十分な課題展開や初期課題と関連が弱く妥当でないとみなされる課題展開に対して適応的な支援を行

うことは困難であった。これに対し、課題展開を促進するために、学習者が行った課題展開の妥当性を診断し、展開すべき部分課題の候補を推薦する支援が考えられる。筆者らは、これまでに課題展開の妥当性を診断する方法を開発し、学習者に妥当でない課題展開の振り返りを支援することを実現してきた⁽¹³⁾。また、学習者により多角的な視点での課題展開を促す支援として、先行研究では学習課題の上位概念である課題タイプと学習課題・部分課題間の関係を表す属性を学習者に提示する支援を提案した⁽⁹⁾。

2.4 研究目的

Web 調べ学習の初学者に対して、初期課題のみを与えて iLSB を用いた Web 調べ学習を行わせるだけでは、初期課題と関連の低い項目を課題展開したり、課題展開が不十分な学習シナリオを作成することがある。このような学習者には段階的に Web 調べ学習の方法を身につけさせることで、Web 調べ学習の遂行スキルを向上させる必要がある⁽⁸⁾。また、段階的な Web 調べ学習スキル獲得のための支援を行うにあたり、学習者が作成可能な学習シナリオの規模および妥当な課題展開をする力を把握し、問題演習において展開すべき課題を学習者に多く提示することで、問題の難易度を高め、展開すべきでない課題を多く提示することで、課題展開すべき課題の見極めの程度を高める必要がある。また、問題演習の中で学習シナリオの課題展開が不十分なまま学習を終えてしまう学習者や、属性提示されても多角的な観点での Web 調べ学習ができない学習者に対し、広く深く多角的な観点で課題展開を促進するために、展開すべき課題キーワードとして部分課題キーワード候補を推薦する必要がある。

本研究では、学習者の Web 調べ学習スキルに応じた演習問題の生成と、問題演習において Linked Open Data(LOD)および他の学習者の Web 調べ学習の履歴を用いて部分課題キーワード候補を推薦する手法を提案する。

3. 適応的な問題演習支援

3.1 Linked Open Data

Linked Open Data(LOD)は、Web 上の関連データをリンク付けし、誰でも利用できるように公開する仕

組みである⁽¹⁴⁾。本研究では、日本語版 Wikipedia を LOD として表現した DBpedia Japanese⁽¹⁵⁾を利用する。DBpedia Japanese では、Infobox、カテゴリー情報などの日本語版 Wikipedia のデータを、主語、述語、目的語の三項からなる RDF 形式で表現する。RDF 形式のデータは、クエリ言語 SPARQL⁽¹⁶⁾で取得できる。推薦する展開課題候補キーワードは、LOD における学習シナリオの初期課題との関連度や、学習シナリオ内の部分課題キーワードとの関連度によって決定される。

3.2 課題展開データベースの構築

属性を用いた課題展開の支援を行うためには、展開が必要な課題キーワードとその部分課題キーワードおよび課題キーワード間の関係を示すデータが必要である。しかし、DBpedia Japanese は、現状日本語版 Wikipedia 上のページ間でリンクがあることを示す述語を用いたデータがほとんどであり、項目間の関係を詳細に表す述語を用いたデータが不十分である。

そこで本研究では、他の学習者が作成した学習シナリオから課題キーワードとその部分課題キーワードおよび課題キーワード間の属性の関係を蓄積する課題展開データベースを作成して、属性に着目した課題展開支援を実現する。課題展開データベースは MySQL⁽¹⁷⁾を利用して構築されており、MySQL で構築されたデータベースへのデータはデータベース言語である SQL⁽¹⁸⁾で蓄積・取得できる。

3.3 Web 調べ学習における問題演習

筆者らは、これまで Web 調べ学習スキル向上に向けて、LOD を用いて、初期課題とともにそれと関連度の高い展開課題候補キーワード群を学習者に提示し、Web 調べ学習を行わせるための演習問題の作成手法を提案した⁽⁸⁾。Web 調べ学習スキルとは、網羅的な学習を行う能力と、妥当な課題展開を行う能力のことである。本研究では、網羅的な学習を行う能力は正のキーワードを用いる能力と関連があり、妥当な課題展開を行う能力は負のキーワードを用いない能力と関連があると捉えている。Web 調べ学習における問題演習では、初期課題・親課題の双方と関連度の高い正のキーワードと親課題と、初期課題と関連度の低い負のキーワードを提示し、学習者がこれらのキーワードを課題

展開すべきか取捨選択を行うことで Web 調べ学習スキルを向上させることを期待している。

展開課題候補キーワード群の生成は、まず、iLSB が初期課題を設定する。その後、LOD から初期課題と関連のあるキーワードおよびその関連キーワードに関連のあるキーワードを取得する。具体的には、初期課題と LOD 上で双方向のリンクで距離 1 で隣接するキーワードと、そのキーワードからさらに双方向のリンクで距離 1 で隣接しており、初期課題との間にリンクがあるキーワードを正のキーワードの候補として取得し、初期課題と双方向のリンクで距離 2 でリンクしているが初期課題とのリンクがないキーワードを負のキーワードの候補として取得する。その後、さらに初期課題と LOD 上から取得したキーワードとの関連度を word2vec により算出し、取得キーワードのフィルタリングを行う。このとき、正のキーワードの候補のうち word2vec により算出された関連度が高いキーワードは学習シナリオ作成の中で展開されるべきキーワードを正のキーワードとし、負のキーワードの候補のうち関連度が低いキーワードは展開すべきでないキーワードを負のキーワードとする。作成された展開課題候補キーワード群は初期課題とともに学習者に提示され、学習者は展開課題候補キーワード群のみを用いて Web 調べ学習モデルに沿った学習を行うことが期待される。

本研究では、Web 調べ学習スキルが異なる学習者に対し、正のキーワードの数と正負のキーワードの比率の変更による演習問題の難易度の調整を行い、学習者に適応的な演習問題の提示を可能にする。

3.4 問題演習支援の枠組み

図 4 に本研究で提案する問題演習支援の枠組みを示す。問題演習支援システムは、iLSB の一機能として実装されている。学習者は最初に iLSB を用いて基本問題として与えられた課題について Web 調べ学習を行う。この基本問題では学習者の Web 調べ学習スキルのモデリングを目的としている。基本問題終了後、学習者が作成した学習シナリオを演習問題生成システムに送信し、学習シナリオの課題展開数と妥当な課題展開の割合を診断する。このとき、課題展開の診断には、先行研究で開発された課題展開妥当性を診断するシス

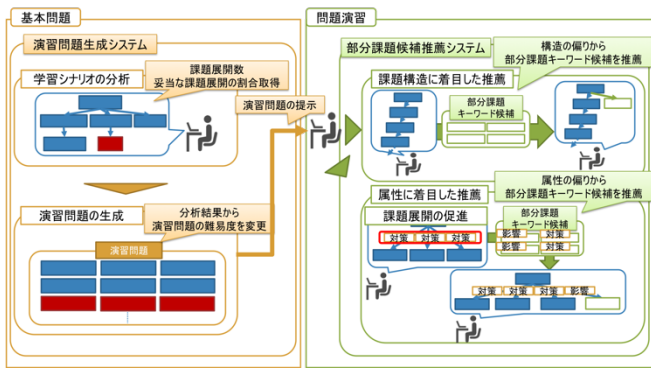


図 4 問題演習支援の枠組み

テム(課題展開診断システム)⁽¹¹⁾を用いる。課題展開診断システムでは、初期課題と部分課題の関連度と、部分課題とその親となる課題の関連度から、課題展開の妥当性を妥当、やや妥当、妥当性不明の3段階で診断する⁽¹¹⁾。本研究では、課題展開の見極めの程度の調整は展開すべきでない課題を展開しない能力育成の足場の調整であると捉え、妥当性不明の課題展開以外は一定以上の妥当性が保証されているため、これらを妥当な課題展開とし、課題展開全体に対する妥当な課題展開の割合を計算する。その後、学習者の作成した学習シナリオの課題展開数を基に決定した正のキーワードの数と、課題展開の妥当性診断結果を基に決定した正負のキーワードの比率に応じて、学習者に提示する展開課題候補キーワード群を生成し、学習者に初期課題と合わせて演習問題として提示する。

次に、学習者は Web 調べ学習の問題演習に移行する。問題演習では、学習者は展開課題候補キーワード群のみを用いて学習シナリオを作成する。学習を終了した段階で、iLSB は作成された学習シナリオを部分課題推薦システムに送信する。部分課題候補推薦システムでは、多角的な課題展開を促進するために属性に着目した推薦と、より広く深い学習シナリオ作成を促進するために学習シナリオ構造に着目した推薦を行い、より豊かな学習シナリオの作成を促進する。

まず、部分課題候補推薦システムは、学習シナリオに含まれる課題とその部分課題間の属性の種類を不足を診断する。属性が不足していると診断された場合、課題とその部分課題間に用いられていない属性を展開に用いるべき属性とし、課題展開データベースから展開に用いるべき属性で過去に展開されている部分課題キーワード群を部分課題キーワード候補群として取得

表 1 課題展開数と正のキーワードの数

課題展開数	正のキーワード数
10 個未満	10 個
10 個以上 15 個未満	15 個
15 個以上	20 個

表 2 妥当な課題展開の割合と正負の比率

妥当な課題展開の割合	正負の割合(正:負)
4 割未満	6:1
4 割以上 6 割未満	4:1
6 割以上	2:1

し、学習者に提示する。学習者は提示された部分課題キーワード候補群の中から展開すべきと考える部分課題を選択し、課題展開を行うことで、より多角的な観点での Web 調べ学習を行うことが期待される。

全ての課題について属性の不足がないと診断されると、学習シナリオの構造に着目した推薦に移行する。まず、iLSB は学習者が作成した学習シナリオにおける課題展開の広さおよび深さの不十分さを診断する。不十分であると診断した場合、学習シナリオ内の展開が促されるべきターゲット課題キーワードを同定する。そして、ターゲット課題キーワードを用いて SPARQL クエリを作成し、DBpedia Japanese に送信し、その結果 DBpedia Japanese から得られるキーワード群を部分課題キーワード候補群として学習者に提示する。学習者は提示された部分課題キーワード候補の中から展開する部分課題を選択することで、より広く深い学習シナリオの作成を期待されている。

3.5 展開課題候補キーワード群の生成

学習者に提示する展開課題候補キーワード群について、正のキーワードの数は問題演習で作成されることが期待される学習シナリオの規模を示すもので、正のキーワードを増やすことで、学習者は課題の学習順序を意識しつつ、より広く深い学習シナリオの作成を行うスキルが必要なため、学習者の学習シナリオ作成に対する負担が増加する。一方、展開課題候補キーワード群内の負のキーワードの比率は、展開課題候補キーワード群のどのキーワードを学習シナリオに課題展開させるべきかを判断する負担を示すもので、負のキー

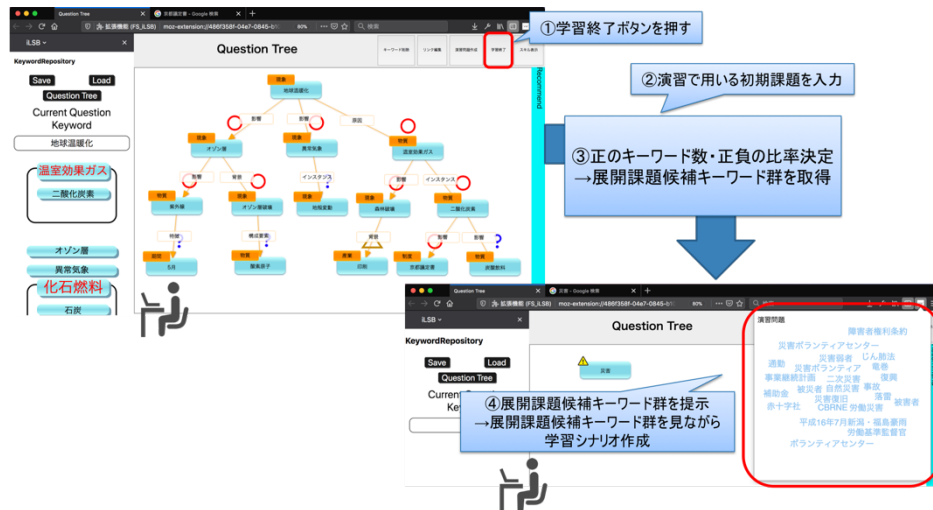


図 5 問題演習における演習問題提示の例

ワードの比率を増やすことで、学習者は展開すべきでないキーワードの見極めの機会が増加することから展開すべきでないキーワードの見極める力がより必要とされ、学習者の学習シナリオ作成に対する負担が増加する。このように、正負のキーワードの数の調整を行うことで、演習問題の難易度の調整が可能であると捉えている。本研究では、学習者が基本問題で作成した学習シナリオの課題展開数をもとに正のキーワードの数を決定し、また妥当な課題展開の割合をもとに正負のキーワードの比率を決定する。

表 1 に基本問題での学習シナリオにおける課題展開数と展開課題候補としての正のキーワード数の対応を示し、表 2 に妥当な課題展開の割合と正負のキーワードの比率の対応を示す。表 1 は、学習シナリオの課題展開数が多くなるほど、提示する正のキーワード数を増やし、作成すべき学習シナリオの規模を大きくすることを示している。表 2 は、学習シナリオでの妥当な課題展開の割合が多いほど、正のキーワードに対して提示する負のキーワードの割合を増やし、妥当な課題展開を見極めが困難にすることを示している。

4. 演習問題生成システム

本章では、学習者の Web 調べ学習スキルに応じた演習問題の生成と提示を行うシステムについて説明する。図 5 に、システムによる問題演習支援における演習問題提示の例を示す。図 5 では学習者は基本問題として初期課題「地球温暖化」について学習を行い、学習シナリオを作成している。このとき学習者が学習を終了しようとする、演習問題生成システムに学習シナリ

オが送信される。演習問題生成システムは、まず学習者が iLSB に問題演習で用いる初期課題「災害」を設定している。次に、基本問題での学習シナリオの課題展開数と妥当な課題展開の割合 13 個と 68%であることから、演習問題生成システムは正のキーワードが 15 個、正負のキーワードの比率が正：負＝2：1 となる展開課題候補キーワード群を生成する。具体的には、「災害」の関連キーワードを取得するクエリを DBpedia Japanese に送信し、取得したキーワードについて初期課題との関連度によってフィルタリングを行うことで、展開課題候補キーワード群を取得する。最後に学習者に対して、初期課題「災害」についてこの展開課題候補キーワード群を学習者に提示し、学習者に初期課題「災害」について Web 調べ学習を行わせる。

5. ケーススタディ

5.1 実験目的

本ケーススタディでは、提案手法による演習問題の提示が Web 調べ学習の足場形成として有効であるか評価するためのケーススタディを行った。

5.2 実験手順・評価方法

本ケーススタディは、理工系の大学生および大学院生 9 名に対して実施した。全ての被験者には、Web 調べ学習及び iLSB の操作方法について説明したのち、「確定申告」と「災害」の 2 つの学習課題について iLSB を用いた Web 調べ学習を行わせた。各被験者は、基本問題として「確定申告」を学習した後で、「災害」を学

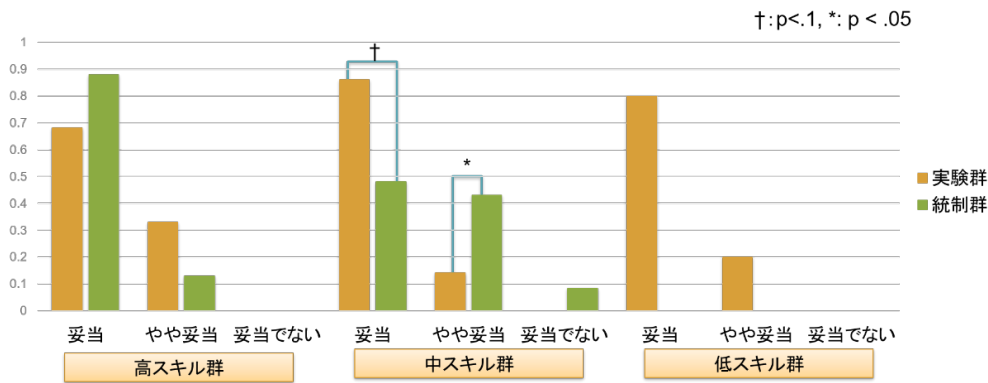


図6 演習問題での課題展開の妥当性の割合

習した。最初の学習では、被験者に従来の iLSB を用いて学習シナリオを作成させた後、学習シナリオの妥当な課題展開の割合に基づいて、高スキル群(妥当な課題展開の割合が 6 割以上)、中スキル群(妥当な課題展開の割合が 6 割未満 4 割以上)、低スキル群(妥当な課題展開の割合が 4 割未満)に群分けし、さらに基本問題での学習シナリオにおける課題展開の妥当性を基に演習問題を提示する実験群と、課題展開の妥当性に関係なく演習問題を提示する統制群とする計 6 群に分けた。このとき、実験群では妥当な課題展開の割合に基づいて、適応的に展開課題候補キーワード群の正負のキーワードの比率を高スキル群では正：負＝2：1、中スキル群では正：負＝4：1、低スキル群では正：負＝6：1 とし、統制群では、「高スキル群」「中スキル群」「低スキル群」いずれに対しても、妥当な課題展開の見極めが最も困難な演習問題であると考えられる正：負＝1：1 となる演習問題を提示した。その後、被験者に演習問題生成システムを具備する iLSB を用いて学習シナリオを作成させた。

また、課題「災害」に対して各被験者が作成した学習シナリオの課題展開において、統制群よりも実験群の方が課題展開の妥当性の割合が増加しているか分析するために、3 人の評価者が信頼できる Web リソースを用いて学習シナリオにおけるすべての課題展開の妥当性を診断した。課題展開の妥当性は、「妥当」、「やや妥当」および「妥当でない」の 3 つの段階で表し、3 人の評価者によって診断された最も多い妥当性を人手での妥当性診断の結果と見なした。また、3 人の評価者が互いに異なる妥当性と診断した課題展開は評価の中間値である「やや妥当」と見なした。

5.3 実験結果

被験者は、基本問題で作成された学習シナリオにおける妥当な課題展開の割合に応じて群わけを行った結果、高スキル群と中スキル群の実験群と統制群に 2 人ずつ、低スキル群の実験群に 1 名振り分けられた。

図 6 に演習問題生成システムを具備する iLSB を用いた学習での課題展開妥当性の割合の分析結果を示す。課題展開の妥当性について、高スキル群と中スキル群において実験群と統制群で妥当性ごとの割合の平均値に差があるか片側 t 検定を行った。その結果、中スキル群において、妥当な課題展開で $t(2) = -1.23, p < 0.1$ で有意傾向が確認され、やや妥当な課題展開で $t(2) = -3.18, p < 0.05$ で有意差が確認された。

5.4 考察

図 6 から、中スキル群では統制群と比較して実験群では妥当と評価された課題展開の割合が高く、やや妥当な課題展開の妥当性が低いことから、中スキル群において演習問題生成システムを具備する iLSB により学習者による、より妥当な課題展開が促進されたことが伺えた。一方、高スキル群に関してはいずれについても有意差を確認することができなかった。以上から一定以下のスキルを有する学習者に対して適応的に演習問題の難易度を変更する手法は有効であり、適応的な演習問題の提示による支援の必要性が示唆された。さらに低スキル群に関しては、実験群について妥当でない課題展開がされていないことから、低スキル群に対する展開課題候補キーワード群に含まれる負のキーワードの比率による調整は有効である可能性が示唆された。

6. まとめ

本論文では、段階的に Web 調べ学習の方法を身につけさせることのために学習者の Web 調べ学習スキルを把握し、Web 調べ学習スキルに応じた演習問題の生成する手法を提案した。また、問題演習の中で学習シナリオの課題展開が不十分なまま学習を終えてしまう学習者に対し、広く深く多角的な観点で課題展開を促進するために、他の学習者の Web 調べ学習の履歴および Linked Open Data(LOD)を用いた部分課題キーワード候補の推薦手法を提案した。

また、適応的な演習問題提示に関する評価実験についても報告した。その結果、適応的な演習問題の提示においては中程度以下の Web 調べ学習スキルを有する学習者に対する妥当な課題展開を行う足場がけとして有効である可能性が示唆された。

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 JP17H01992 の助成による。

参考文献

- (1) 文部科学省, “情報教育,” http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/056/gijigaiyou/attach/1259396.htm
- (2) Fischer, Gerhard, and Eric Scharff. "Learning technologies in support of self-directed learning." *Journal of Interactive Media in Education* 1998.2 (1998)
- (3) Hübscher, Roland, and Sadhana Puntambekar. "Adaptive navigation for learners in hypermedia is scaffolded navigation." *International Conference on Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2002
- (4) Kashihara Akihiro, and Naoto Akiyama. "Learner-created scenario for investigative learning with web resources." *International Conference on Artificial Intelligence in Education*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2013
- (5) Land, Susan M. "Cognitive Requirements for Learning Open-Ended Learning Environments", *Educational Technology Research and Development*, Vol. 48, No. 3, pp. 61-78 (2000)

- (6) Zumbach, Joerg and Maryam: "Cognitive load in hypermedia reading comprehension: Influence of text type and linearity", *Computers in Human Behavior*, 2008
- (7) Akihiro Kashihara, and Naoto Akiyama, "Learning Scenario Creation for Promoting Investigative Learning on the Web", *Journal of Information and Systems in Education*, Vol.15, No.1, pp.62-72 (2017)
- (8) Rei Saito, Yoshiki Sato, Miki Hagiwara, Koichi Ota, Akihiro Kashihara: Towards Generating Exercise Questions with LOD for Web-based Investigative Learning, *The 16th International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age (CELDA 2013)*, pp.117-124, Cagliari, Italy (2019.11.7)
- (9) Keita Kinoshita, and Akihiro Kashihara: Scaffolding Topic Decomposition in Investigative Learning with Web Resources, *Work-in-Progress Poster (WIPP) Proc. of the 22nd International Conference on Computers in Education (ICCE2014)*, pp. 4-6, Nara, Japan (2014).
- (10) Mozilla Japan, “Firefox 製品情報” <http://mozilla.jp/firefox/>
- (11) Azevedo, R., & Cromley, J. G. (2004). Does training on self-regulated learning facilitate students' learning with hypermedia?. *Journal of educational psychology*, 96(3), 523
- (12) Azevedo, R., Johnson, A. and Burkett, C., 2015. Does Training of Cognitive and Metacognitive Regulatory Processes Enhance Learning and Deployment of Processes with Hypermedia?. *Proceedings of the 37th Annual Meeting of the Cognitive Science Society*, pp.136-141
- (13) Sato, Yoshiki, et al. "Diagnosis with linked open data for question decomposition in web-based investigative learning." *Foundations and Trends in Smart Learning*. Springer, Singapore, 2019. 103-112
- (14) Bizer, Christian, Tom Heath, and Tim Berners-Lee. "Linked data: The story so far." *Semantic services, interoperability and web applications: emerging concepts*. IGI Global, 2011. 205-227
- (15) DBpedia Japanese, " <http://ja.dbpedia.org/>"
- (16) SPARQL 1.1 Query Language, <https://www.w3.org/TR/sparql11-query/>
- (17) MySQL. " <https://www.mysql.com/jp/>"
- (18) Melton, Jim. "Database language sql." *Handbook on Architectures of Information Systems*. Springer, Berlin, Heidelberg, 1998. 105-132