

マイクロ Web 構想 ～Web のマイクロワールド化～

柏原 昭博^{*1}, 柿沼保宏^{*1}, 小野遼^{*1}

^{*1} 電気通信大学 大学院情報理工学研究科 情報学専攻

Micro-Web: A Micro-world for Investigative Learning on the Web

Akihiro Kashihara^{*1}, Yasuhiro Kakinuma^{*1}, Ryo Ono^{*1}

^{*1} Graduate School of Informatics an Engineering, The University of Electro-Communications

Web allows learners to investigate any question with a great variety of Web resources. In such investigative learning process, it is important for them to deepen and widen the question, which involves decomposing the question into the sub-questions to be further investigated. This corresponds to creating a learning scenario that implies the questions and their sequence to be investigated with Web resources. However, it is difficult for them to create a proper scenario. Towards this issue, we have proposed a micro-world of the Web called Micro-Web where the proper learning scenario could be generated with LOD (Linked Open Data) and where Web resources could be limited according to it. This paper describes the framework of Micro-Web, and demonstrates how the learners can obtain an adaptive aid for generating a proper scenario in Micro-Web.

キーワード: マイクロ Web, Web 調べ学習, 学習シナリオ, LOD

1. はじめに

Web リソースを用いた調べ学習 (Web 調べ学習) の経験があっても, その学び方を教えられた覚えがあるだろうか? ここでいう Web 調べ学習とは, 検索サービスを用いて単発的に情報を検索することではない。調べたい課題 (学習課題) について, 複数の Web リソースを横断的に探索し, 学習者の視点から必要な情報を選択的に収集しながら再構成 (整理) して, 調べた内容から知識を構築することであり, 課題として学ぶべき項目を定義する活動のことである⁽¹⁾。こうした情報活用・思考スキルは 21 世紀型スキルとして数え上げられており, 知識社会を生きる上で必要不可欠となりつつある⁽²⁾。こうした背景のもと, 初等教育のみならず, 中等・高等教育, 企業研修, 研究活動, 生涯学習など様々な文脈において, Web 調べ学習やそのための指導が行われている。

一方, Web 調べ学習の学び方については, 冒頭で疑問を呈したように定まったものはほとんどない。せいぜい Web ブラウザを主要な学習ツールとして用いるのみで, ツールをどのように利用して学ぶかは個々の

学習者に委ねられることが多い⁽³⁾。

そもそも Web が提供する情報リソース空間には, 同じトピックについて膨大かつ多種多様なリソースが存在し, リソースの更新や増減が頻繁に起こっている。また, 必ずしも正しく適切な情報ばかりではなく, 信頼性の低い情報を記述したリソースも混在している。さらに, 多くのリソースでは学びやすいように情報が構造化されていない。このような非構造的な Web リソース空間では, テキスト教材と大きく異なり, 学習者は特定の視点に縛られることなく多視点から批評的に学習課題を調べることができ, かつ広く・深く・タイムリーに学ぶことが可能である^(1,3)。

その反面, 学ぶべき情報を選択するため Web リソース・Web ページのナビゲーションを行い, 個々のリソース・ページで学んだ内容を関係づけながら学習者自ら知識を構築しなければならない。しかも, テキスト教材のように, 学習課題について学ぶべき項目や学ぶ順序を規定するような学習シナリオは与えられていないため, Web リソース・Web ページを探索しながら, 学習者自身で学習シナリオを作らなければなら

い⁽⁴⁾。こうしたシナリオ作成は、課題自体を定義することとみなすことができ、Web 調べ学習にとって本質的に重要であるが、Web 調べ学習プロセスではある項目に対する知識の構築に集中してしまい、深く・広く調べずに学習を終える傾向がある⁽¹⁾。

また、学習課題に対する学習結果としての解がない、あるいは事前に想定することが困難なため、学習者は学んだ知識や作成した学習シナリオを自己評価することが必要となる。そして、学習した内容の不適切・不十分さがあれば、それを補うために調べ学習を継続するといった学習プロセスの自己調整を図ることが求められる^(4,9)。しかしながら、知識構築・学習シナリオ作成と同時並行的にそれらを客観的に自己評価することは、学習者にとって認知的に負荷が大きく、学習内容の不適切さ・不十分さを把握することは非常に難しい。

以上のことから考えても、Web ブラウザを用いるだけで Web 調べ学習を遂行するのは極めて困難であることは自明であろう。そこで、筆者らは Web 調べ学習プロセスをモデル化し、モデル通りに調べ学習を遂行するための足場を築く認知ツール群を開発してきた⁽⁶⁻⁸⁾。また、開発したツールを用いて学び方を学び、Web 調べ学習スキルを技術的に高めるための支援方法を開発してきた^(9,10)。

ただし、これらの認知ツールでも、学習課題に対する望ましい解を事前に準備できないために、Web 調べ学習プロセスに対する適応的支援や学習者の自己評価支援を施すことができない。自己評価支援については、これまで学習コミュニティにおいて同様の調べ学習を行っているピアの学習結果と対比させる方法⁽¹¹⁾や、データマイニング技法を用いてコミュニティ内の学習者群の学習結果から共通部分を抽出し、それを望ましい学習結果とみなし対比させる方法⁽¹²⁾を開発してきた。しかし、これらの方法は学習コミュニティを前提としなければならないことが制約となる。

そこで、筆者らは、学習コミュニティを想定せず、望ましい解を準備して Web 調べ学習を支援する手法としてマイクロ Web を構想している⁽¹³⁾。マイクロ Web とは、Web リソース空間のマイクロワールドのことであり、望ましい解を基盤として個々の学習者による Web リソース探索、知識構築、学習シナリオ作成、自己評価を適応的に支援することを目的としてい

る。このような支援を実現するために、マイクロ Web では、Web 上で利用可能な LOD (Linked Open Data) を用いて、学習課題に対する解シナリオを生成するとともに、このシナリオにしたい Web リソース群を収集してリソース空間を設定する。学習者は、筆者らが開発した認知ツール iLSB (Interactive Learning Scenario Builder)⁽⁶⁾を用いて、設定された空間内で情報を探究しながら学習シナリオを作成することになるが、学習者が作成したシナリオと解シナリオとを対比することで、自己評価を含めた Web 調べ学習プロセスへの介入が可能となり、これまでオープンエンドな Web リソース空間では困難とされてきた適応的な支援を実現することができる。

本稿では、マイクロ Web の枠組みについて述べるとともに、日本語 Wikipedia の LOD である DBpedia Japanese⁽¹⁴⁾を用いて、学習課題からシナリオを生成する手法を説明する。また、iLSB を用いた Web 調べ学習プロセスへの適応的な支援について考察する。その前に、筆者らが構築した Web 調べ学習モデルと、それを具現化する iLSB について述べおく。

2. Web 調べ学習

2.1 学習モデル

Web 調べ学習では、検索エンジンを利用して様々な Web リソース・Web ページを探索しながら、学習課題に関する情報を収集し、課題についてさらに学びが必要な項目や学びが不十分な項目を課題に対する新たな部分課題として展開していくことが重要となる^(4,13)。特に、多くの Web リソースは学習向けに構造化されておらず、学習課題について学ぶべき項目や学ぶ順序を規定するシナリオも提供していない。そのため、学習者は自ら学習課題を展開しながらシナリオを作成していくことが必要となる。しかしながら、Web リソース探索プロセスでは、ある項目を学ぶことに集中し、深く・広く調べないまま学習を終えてしまいがちである。これを避けるためには、学習課題を広く・深く展開して、学習シナリオを構成することが重要であり、それが高い学習効果を生む原動力となる。したがって、学習シナリオ作成は、Web 調べ学習の本質といえる^(4,13)。

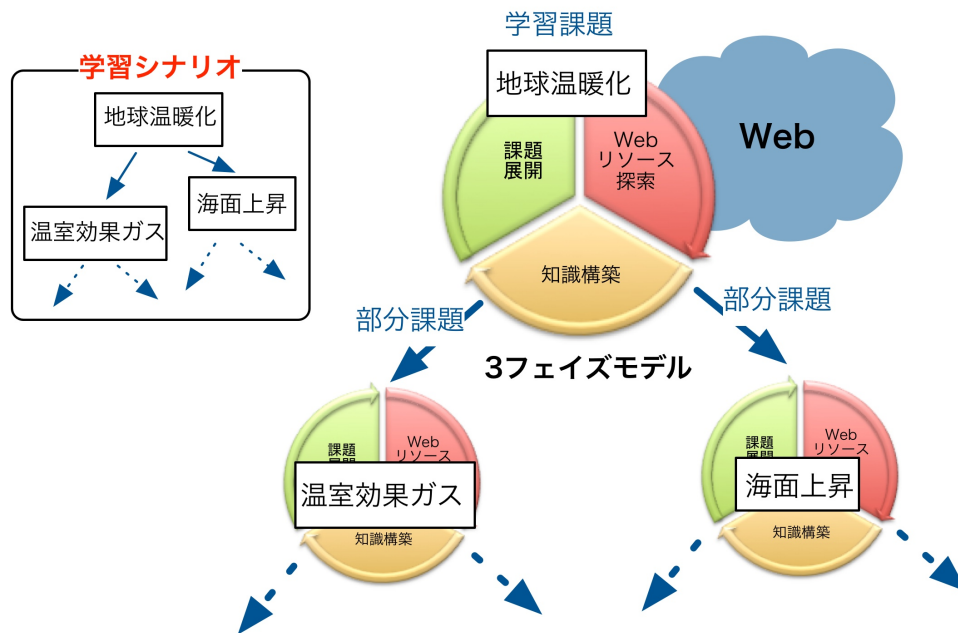


図1 Web調べ学習モデル

そこで、筆者らは、図1に示すように、Web調べ学習を次の3つのフェイズから構成されるプロセスとしてモデル化し、学習課題が展開されなくなるまでこれらをサイクリックに繰り返し、学習シナリオを作成するプロセスとみなしている⁽⁸⁾。

- ・ Web リソース探索フェイズ
- ・ 知識構築 (navigational learning) フェイズ
- ・ 課題展開フェイズ

例えば、図1に示すように、「地球温暖化」を調べるという学習課題のもとで Web リソース群を探索し、「温室効果ガス」・「海面上昇」・「オゾン層破壊」などの関連情報を収集して調べる中で、さらに調べるべき項目として「温室効果ガス」、「海面上昇」を選択して部分課題として展開している。そして、これらの部分課題に対してリソース探索・知識構築が進められている。こうした3フェイズを部分課題が生起しなくなるまで繰り返すことによって、図1に示すような学習シナリオが作成される。3フェイズの詳細は次の通りである。

(1) Web リソース探索フェイズ

検索エンジンを用いて、学習課題に含まれるキーワード(課題キーワード)から、関連する Web リソース群やリソースを構成する Web ページ群をナビゲーションし、課題に関連する情報を探索・収集するフェイズである。この際、テキスト教材のように学ぶべき

項目や学ぶ順序が決められているわけではないため、学習課題に関連する Web リソース・Web ページを学習者自ら選択的に探索する必要がある。しかしながら、Web では学習課題の解決に有用なリソースやページを選択することは容易ではない。この問題に対して、関連研究では Web リソース空間を学習向けに構造化し、学習者によるナビゲーションの足場を築く試みが行われている^(15,16)。

(2) 知識構築 (Navigational Learning) フェイズ

(1)で探索した学習課題に関連する情報から知識を構築するフェイズである。この際も、課題について学ぶべき知識をどのように構築すべきかをガイドするシナリオがないため、学習者自ら個々の Web リソースや Web ページで調べた内容を相互に関係づけ、知識を組み立てる必要がある。しかしながら、Web ブラウザのようなページ閲覧を中心としたツールでは、調べた内容からの知識構築を促進・活性化することは難しい。こうした問題に対して、筆者らは調べた内容をキーワードとして表現し、キーワード間の関係づけや分類を通して知識構築プロセスの外化を促す足場づくりを行ってきた^(1,6)。

(3) 課題展開フェイズ

(2)で構築した知識を内省することで、学習課題についてさらに学びが必要あるいは学びが不十分な項目を新たな部分課題として選定し、学習課題の展開を図る

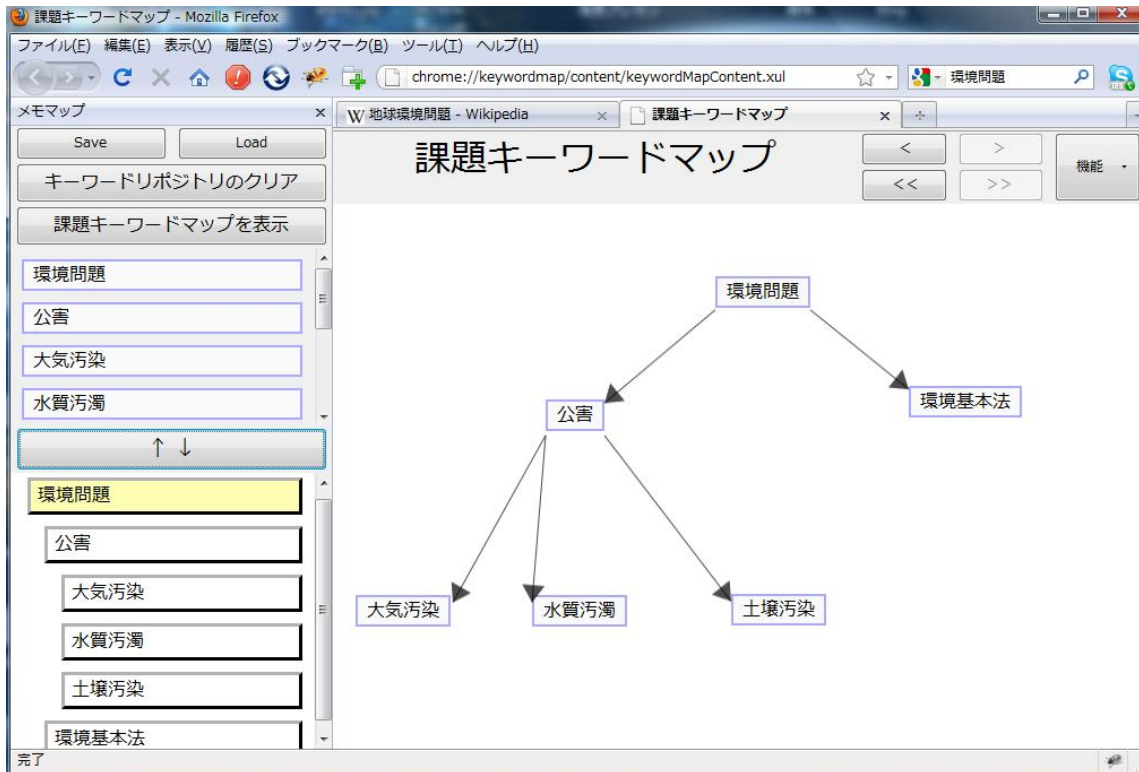


図 2 iLSB の課題キーワードマップ

フェイズである。展開された部分課題は、(1)、(2)のフェイズを経て、さらに部分課題へと展開され、学習課題が構造化される。この課題構造が学習シナリオを表すことになる。しかしながら、(2)で構築した知識の内省は、メタ認知的な活動のため学習者にとって容易でなく、しばしば課題展開が滞ってしまい、調べ学習プロセスが広く・深く展開しない結果となってしまう。これは、Web 調べ学習における最も重要な問題の一つであるが、解決策を提示している関連研究は少ない(1,13)。学習者に対して、知識構築からの課題展開をいかに意識させ、課題の構造化を活性化するかが重要な課題といえる。このような観点から、筆者らは Web 調べ学習プロセスモデルを具象化するために、認知ツールとして iLSB を開発した。

2.2 iLSB

iLSB では、学習プロセスの3フェイズを遂行し、学習シナリオを作成する場を提供するために、次に示す3つの機能を実現している。

- (a) リソース探索のための検索エンジン
- (b) 知識構築のためのキーワードリポジトリ
- (c) 課題展開のための課題キーワードマップ

iLSB は、学習課題展開によるシナリオ作成に力点を置く認知ツールであり、リソース探索支援は特に行わず検索エンジンを提供するのみである。学習者は学習課題を表す課題キーワードを入力することで、関連する Web リソースや Web ページを探索する。また、知識構築についても、筆者らは学んだ知識を表現するキーワードを Web から分節化し、精緻な関係づけを可能とするツール⁶⁾を開発してきたが、現在の iLSB では分節化したキーワードを蓄積して分類する程度の関係づけを可能とするキーワードリポジトリを提供している。学習者は、探索したリソースから学んだ内容を表すキーワードを分節化してリポジトリに蓄積するとともに、キーワード間に包含関係をつけることで分類することができるようになっている。このキーワードリポジトリ内に作られたキーワードの分類構造が学習課題について学んだ知識を表現するものとなっている。

iLSB では、以上のようにキーワードリポジトリに蓄積されたキーワードとその分類をもとに、学習者は学習課題の部分課題となるキーワードを選定し、学習課題を展開する。課題キーワードマップは、こうした学習課題展開を行う場を提供する。図2に示すように、キーワードリポジトリから部分課題となるキーワード

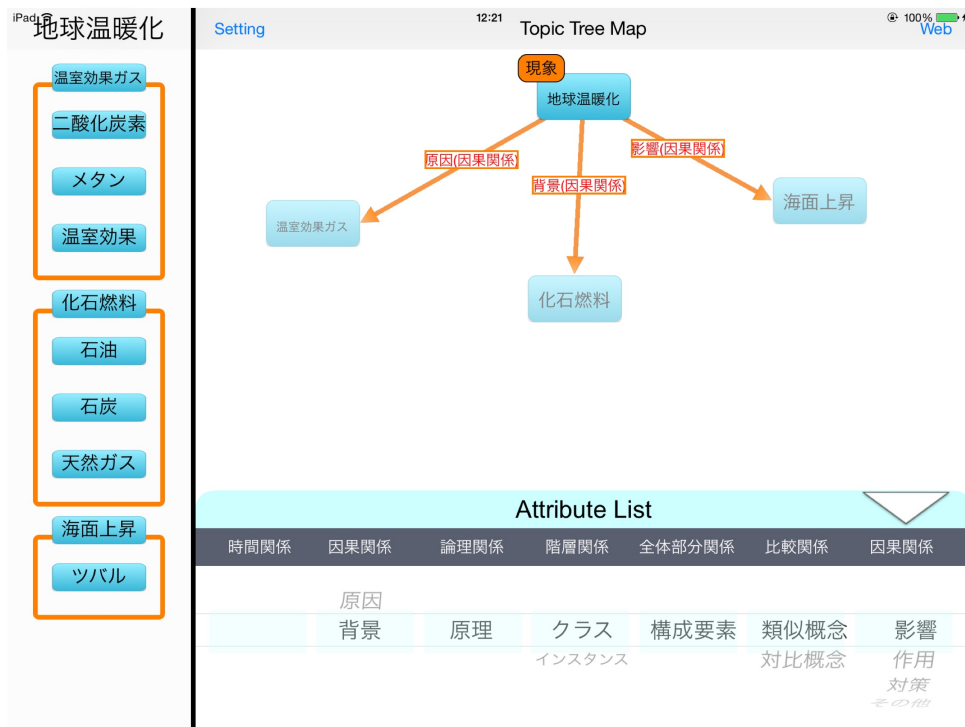


図 3 iLSB-table における属性提示

を選択し、課題キーワードマップにドロップして、学習課題を表す課題キーワードとの間にリンクを張ることで、課題展開を表現する。このようにして描かれる課題キーワードの木構造が学習シナリオとなる。

iLSB を用いたケーススタディの結果、Web ブラウザのみでの調べ学習と比較して、学習課題が広く・深く展開される傾向がみられ、調べた結果をまとめたレポート内容・構成に対しても作成した学習シナリオが寄与することが分かった⁽⁸⁾。その一方で、課題展開が行き詰まるケースも見られた。そこで、学習課題とその部分課題との関係の特徴づける属性を提示するメカニズムを開発した。例えば、「地球温暖化」のような学習課題の場合、「影響」や「原因」などが部分課題との関係の特徴づける属性となる。このとき、「影響」を提示した場合、その意図は地球温暖化の影響（海面上昇など）がその部分課題となり得ることを示唆することにある。属性のタイプには、因果関係のほか、時間関係、論理関係、階層関係、全体部分関係、比較関係があり、学習課題のタイプと合わせて整理している⁽¹⁷⁾。図 3 に iLSB-tablet (iLSB の iPad 版⁽¹⁷⁾) での属性提示場面を示す。なお、ケーススタディの結果、属性提示によって、学習課題展開が促進され、かつより多様な部分課題が展開される傾向になるとの知見が得られ

ている。

iLSB では、学習シナリオ作成を中心として Web 調べ学習の場を提供しているが、構築された知識や作成された学習シナリオが適切かつ十分なものであるかは、学習者自身の評価に任されている。これまでの理工系大学生を対象としたケーススタディでは、iLSB がおおむね適切なシナリオの作成に寄与することを確認しているが、調べ学習の初心者や学び方が不慣れた学習者にとっては、必ずしも適切なシナリオ作成や知識構築を遂行できるとは限らない^(8,17)。

3. マイクロ Web

実空間としての Web は、あまりに膨大かつ多様で信頼性も一様でない情報リソースが混在しているため、Web 調べ学習の初心者が利用する場合、あるいは学び方を学ぶ目的の場合には、学習対象として適しているとはいえない。そこで、筆者らは Web を調べ学習向きにマイクロワールド化した「マイクロ Web」を提案し、調べ学習に不慣れた学習者に適した学習環境を提供することを目指している⁽¹³⁾。

3.1 枠組み

筆者らは、マイクロ Web を構築するにあたり、(i)

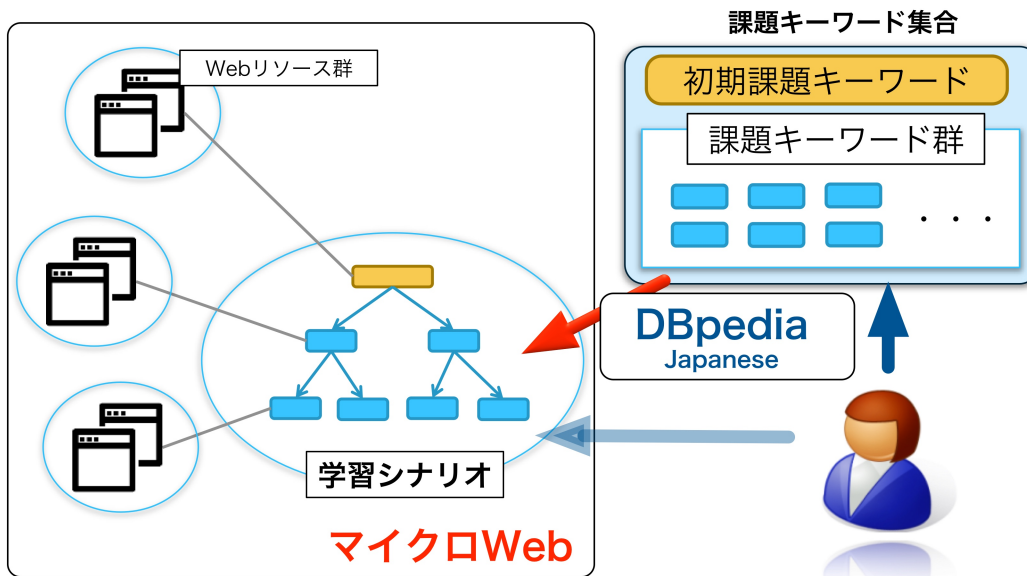


図4 マイクロ Web 構築の枠組み

学習課題に対する解シナリオの設定、(ii)Web リソースの限定、の問題に着目している。いずれも指導者が事前に行うことも考えられるが、学習課題ごとにすべてを行うことは負担が大きい。そこで、本研究では、指導者に学習課題キーワード（初期課題キーワードと呼ぶ）とその部分課題として調べさせたいキーワード群を指定してもらい、それらの課題キーワード集合から解シナリオおよび Web リソースを限定する枠組みを検討している。

図4に、マイクロ Web 構築の枠組みを示す。本枠組みでは、Wikipedia 日本語版を対象とした LOD である DBpedia Japanese を用いて、課題キーワード集合に含まれるキーワード間に存在する関係を見つけ出し、初期課題キーワードを根とする学習シナリオをつくり出す。DBpedia Japanese は、Wikipedia 日本語版に含まれるインフォボックス、カテゴリ、画像、関連 Web ページなどの情報、およびこれらの情報のリンク関係を保持しており、LOD として公開している。こうした LOD を参照することで、指導者が入力した課題キーワード群が Wikipedia 日本語版でどのような関係を有しているかを見つけることができる。具体的には、(初期)課題キーワードを SPARQL クエリとして与え、関連したキーワードを DBpedia から取得しながら、解シナリオを生成する。そして、生成した解シナリオを指導者にフィードバックし、必要に応じて編集を施してもらう。

次に、解シナリオを構成する課題キーワードごとに調べ学習に用いる Web リソースを選定する。現在のところ、検索エンジンに課題キーワードを入力して得られる上位 10~20 件程度の Web リソースを選定する方法を採用しているが、本来は実空間として Web の特徴を継承するために信頼性の低いリソースや、批判的な見方を与えるようなリソースも選定できることが望まれる。

以上のようにマイクロ Web を設定後、学習者に iLSB を使わせて調べ学習を行わせる。その際、リソース探索では、検索エンジンのカスタム検索機能を用いて選定したリソース群のみが検索されるようにしている。

以下では、解シナリオ生成方法、およびマイクロ Web における適応的支援について述べる。

3.2 LOD を用いた学習シナリオ生成

図5に、指導者が入力した課題キーワード集合から学習シナリオを生成する手続きを示す。図6には、この手続きによって作成された学習シナリオの例を示す。このシナリオでは、比較的学習課題が広くかつ深く展開されている。

一方、指導者が入力する課題キーワード群に偏りが見られるような場合、解シナリオとして課題構造の深さや広さのバランスが悪くなることがある。こうした場合は、図5のうち 2-2 において課題キーワード集合

をいくつかのサブ集合（例えば、初期課題の「原因」、「影響」、「対策」に関するキーワード群に分ける）に分割し、一致したキーワードを各サブ集合から一定数だけ選定してバランスを保つなどの措置を講じる必要がある。現在、いろいろなケースを試行しつつ、学習シナリオ作成手続きを洗練している。

1. 指導者が初期課題キーワードおよび関連する課題キーワードの集合を入力する。そして、初期課題キーワードから順に2を行う。（Nの初期値は1）
2. 課題キーワードを学習シナリオの第N層として、次の層（N+1層）となる部分課題を選定する。
 - 2-1. 課題キーワードを含むSPARQLクエリを生成し、DBpeidaから関連キーワードを収集する。
 - 2-2. 収集したキーワードのうち、1で入力した集合内のキーワードと一致するキーワードを部分課題として選定する。
 - 2-3. 選定したキーワードを課題キーワード集合から除く。
3. 課題キーワード集合が空になるまで、2を繰り返す。

図5 学習シナリオ生成手順

3.3 適応的支援

マイクロ Web では、解シナリオを用いることで学

習者に対して適応的な支援が可能となる。現在、Web 調べ学習演習機能と、学習者が作成した学習シナリオ診断に基づくガイド機能を検討している。

Web 調べ学習演習では、まず解シナリオの初期課題を含む部分構造に着目した調べ学習を実施させ、徐々に解シナリオの全体構造に調べ学習が広がるように、課題展開の範囲を限定しつつ調べ学習の課題を課す。このように、同一の初期課題に対して徐々に課題を広げ、深めるように課題を順次与えることで、Web 調べ学習の不慣れた学習者でも、広く・深い調べ学習を実施することができるようになると思われる。そして、ある程度学び方に慣れてきたところで、演習機能を取り除き、解シナリオが示唆する課題構造に沿った調べ学習が行えるように支援する。

また、学習者が iLSB を用いて作成した学習シナリオを解シナリオとの比較から診断し、課題展開が不適切あるいは不十分な箇所を同定する。その上で、iLSB 上で、不適切な課題展開部分については、Web リソースを見直すようにガイドし、不十分な部分については課題間の属性を提示することによって解シナリオに見合う課題展開となるようにガイドする。こうしたガイド機能によって、適切なシナリオを作成するためのスキルを向上させることができると考えられる。

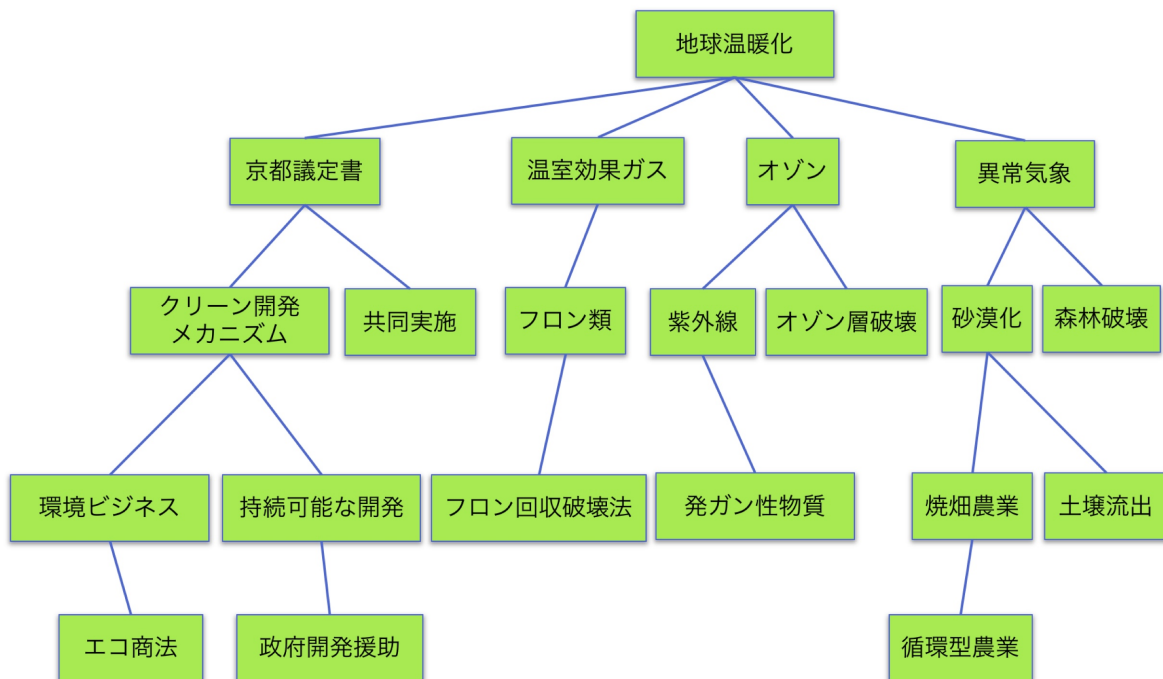


図6 学習シナリオの生成例

4. おわりに

本稿では、Web 調べ学習におけるシナリオ作成に着目し、その支援環境としてマイクロ Web について述べた。マイクロ Web では、LOD から生成した解シナリオを基盤とすることで、これまでの関連研究では実現が困難であった Web 調べ学習プロセスに対する適応的支援を可能としている。

今後は、iLSB-tablet 上に適応的な支援として Web 調べ学習演習機能、学習シナリオ診断機能、学習シナリオ作成ガイド機能を実装し、その有効性を評価する予定である。また、Web 調べ学習での学び方をシステムティックに教えることができるようにするために、iLBS における学習モデルを基盤として教科書づくりを始めたい。

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費（課題番号 No.26282047）の助成による。

参考文献

- (1) 柏原昭博: Web におけるナビゲーションを伴う学習活動と支援環境のデザイン, 人工知能学会誌, 25, 2, pp. 268-275 (2010).
- (2) Griffin,P., Murray,L., Care,E., Thomas,A., and Perri,P: Developmental assessment: Lifting literacy through professional learning teams, Assessment in Education: Principles, Policy & Practice, Vol.17, No.4, pp.383-397 (2010).
- (3) Land, S. M.: Cognitive Requirements for Learning Open-Ended Learning Environments, Educational Technology Research and Development, 48 (3), pp.61-78 (2000).
- (4) 柏原昭博: 学習を工学的にモデル化する-認知プロセスの具象化に向けて-, 人工知能学会誌 30(4), pp.473-476 (2015).
- (5) 柏原昭博, 鈴木亮一, 長谷川忍, 豊田順一: Web における学習者のナビゲーションプランニングを支援する環境について, 人工知能学会論文誌, 17(4), pp.510-520 (2002).

- (6) 柏原昭博, 坂本雅直, 長谷川忍, 豊田順一: ハイパー空間における主体的学習プロセスのリフレクション支援, 人工知能学会論文誌, 18(5), pp.245-256 (2003).
- (7) 長谷川忍, 柏原昭博: ハイパー空間における適応的ナビゲーションプランニング支援, 人工知能学会論文誌, 21(4), pp.406-416 (2006).
- (8) Kashihara, A., and Akiyama, N.: Learner-Created Scenario for Investigative Learning with Web Resources, Proc. of AIED2013, LNAI 7926, pp.700-703, Springer (2013).
- (9) Kashihara, A., and Taira, K.: Developing Navigation Planning Skill with Learner-Adaptable Scaffolding, Proc. of AIED 2009, pp.433-440 (2009).
- (10) 柏原昭博, 伊藤真: 認知ツールの操作スキル向上支援を目的とした Fodable Scaffolding, 人工知能学会論文誌, 30(3), pp.559-569 (2015).
- (11) Ota, K., Kashihara, A., and Hasegawa, S: A Navigation History Comparison Method for Navigational Learning with Web Contents, The Journal of Information and Systems in Education, 4(1), pp.14-23 (2005).
- (12) 太田光一, 柏原昭博: ハイパー空間におけるナビゲーションプランニング支援のための Guided Map 生成, 教育システム情報学会誌, 28(3), pp.94-107 (2011).
- (13) Kakinuma, Y., and Kashihara, A.: A Micro-Web Involving Learning Scenario Generation with LOD for Web-based Investigative Learning, Proc. of HCI International 2016 (2016 in press).
- (14) <http://ja.dbpedia.org>
- (15) Henze, N., and Nejd, W.: Adaptation in open corpus hypermedia, International Journal of Artificial Intelligence in Education, 12 (4), pp.325-350 (2001).
- (16) Brusilovsky, P. and Henze, N.: Open Corpus Adaptive Educational Hypermedia, In P. Brusilovsky, A. Kobsa, and W. Nejd (Eds.): The Adaptive Web, LNCS 4321, pp.671-696 (2007).
- (17) 木下恵太, 柏原昭博: Web 調べ学習における課題展開のための属性提示手法の評価, 電子情報通信学会教育工学研究会 ET2014-99, pp.77-82(2015).