

Web 調べ学習における学習シナリオの再構築支援

森下 夏暉^{*1}, 柏原 昭博^{*1}, 太田 光一^{*2}, 長谷川 忍^{*2}

^{*1} 電気通信大学 ^{*2} 北陸先端科学技術大学院大学

Reconstructing Question Tree in Web-based Investigative Learning

Natsuki Morishita^{*1}, Akihiro Kashihara^{*1}, Koichi Ota^{*2}, Shinobu Hasegawa^{*2}

^{*1} The University of Electro-Communications

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

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, 学んだ項目とその順序(学習シナリオ)を主体的に決める. 筆者らはこれまでに 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. また, 学習課題とその関連項目を体系的に整理するには学習シナリオを線形化することが有効である. そこで本研究では学習者が線形化を通して知識整理を行う足場を築くシステムを提案する. 本システムでは学習者が初期課題をテーマとするレポートを作成するプロセスをモデル化し, モデル通りに知識整理を可能とする支援ツールを提供することで, 学習者による学習シナリオ線形化を促進する. 本稿では, その効果の検証ために実施したケーススタディについても報告する. 実験の結果, 順序効果の影響で有意差は確認できなかったが, 被験者は容易に線形化出来ると感じたということが分かった.

キーワード: Web, 調べ学習, 主体的学習, 目次作成, 体系化

1. はじめに

近年, 教育現場では主体的学習による情報活用能力の育成が重要視されている⁽¹⁾. 特に Web 調べ学習の目的は, 初めに与えられた課題(初期課題)に対して, キーワード検索によって意味を調べるだけでなく, 主体的に初期課題に加えて, 初期課題に関連する項目について学習することで, 初期課題についての網羅的に学び, 体系的な知識を構築することである.

テキスト教材とは異なり, Web 調べ学習では学習者が学んだ項目とその項目を学んだ順番を表す学習シナリオが与えられていない. そのため, 学習者は Web 空間の中で, 学習者自身が学習リソースを選択しながら, 課題について学んだ項目をその課題の部分課題として展開すること(課題展開)で, 学習シナリオを作成する必要がある. つまり, Web 調べ学習を行うためには, 知識の構築と学習シナリオの作成を同時に行う必要がある. そのため, 学習にかかる認知的負荷が高い⁽³⁾.

先行研究では, このような問題に対して Web 調べ学習プロセスのモデル⁽⁴⁾をデザインした. 加えて, モデル通りに学習シナリオの作成を可能とする支援ツール interactive Learning Scenario Builder (iLSB)⁽⁴⁾を開

発した. また, iLSB によって学習者の課題展開が促されることを確かめた⁽⁴⁾.

本研究ではより深く iLSB によって作成された学習シナリオや学んだ知識について理解することに着目した. そのためには, 学習した知識を論理的に整理するために学習した知識を系列のある構造として表現(線形化)する必要がある. しかし, 学習者が学習シナリオを線形化ができないことがある. これは構築した知識が断片的で, 初期課題とその関連項目を網羅的に理解する上で学習すべき項目や学んだ項目間の関係が不十分なためである. したがって, 本研究では, 学習者が作成した学習シナリオの線形化により, 初期課題をテーマとするレポートの目次を作成する場を提供する. また, そのために学習者が学習シナリオの線形化プロセスをモデルとしてデザインし, そのモデルに沿った支援ツールを iLSB の機能として提供する. これにより, 学習者の学習シナリオ線形化プロセスに足場形成を行う.

2. Web 調べ学習

本章では、まず Web 調べ学習について述べ、次に先行研究において提案された Web 調べ学習モデルと interactive Learning Scenario Builder(iLSB)について述べる。その上で、本研究における問題点と目的について説明する。

2.1 Web 調べ学習の特徴

Web 調べ学習では、多様で膨大な情報リソースを持つ Web 空間の中で、学習者自身が学習リソースを選択し、学習内容の関連付けを行う。それにより、学習者が初期課題に対して網羅的に学び、体系的な知識を構築することを目的としている。

一方で、Web 調べ学習ではテキスト教材のように学ぶべき項目とその順番を表す学習シナリオが提供されていない。そのため、学習者は知識構築と学習シナリオの構築を同時に行わなければならない。したがって、学習者の学習にかかる認知的負荷が高い⁽³⁾。また、学習が進むにつれて自らの学習プロセスが不明瞭になりやすい。そのため、次に展開すべき部分課題の選択にも行き詰まりが生じやすくなる。これらのことから、初期課題に対して網羅的かつ体系的な知識を構築する支援が必要である。

2.2 Web 調べ学習モデル

前節で述べた問題点に対し、先行研究では Web 調べ学習モデルを提案した。このモデルは図 1 が示すように 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 つのフェイズにより構成されている。学習者はこの 3 つのフェイズを部分課題が出てこなくなるまで再帰的に繰り返すことで、学習シナリオを作成する。



図 1 Web 調べ学習モデル

(1) Web リソース探索フェイズ

Web リソース探索フェイズでは、学習者は Google 等の検索エンジンを用いて、学習課題を表すキーワードである課題キーワードを検索する。これにより、Web リソースを学習リソース群として収集する。

例えば、学習課題が「地球温暖化について学びなさい。」であった場合、検索エンジンを用いて「地球温暖化」を検索する。そして、その検索結果から、学習リソース群となる Web リソースを収集する。

(2) Navigational Learning フェイズ

Navigational Learning フェイズでは、学習者は収集した学習リソース群を探索しながら学習課題について学び、学んだ項目をキーワードとして抽出する。そして、抽出したキーワード間に包含関係などの関係付けをすることで、学習課題に関する知識構築を行う。

学習者は Web リソース探索フェイズで収集した学習リソース群から、学んだ項目を「温室効果ガス」や「海面上昇」、「二酸化炭素」などのようにキーワードとして収集している。「温室効果ガス」の例として「二酸化炭素」が挙げられるため、包含関係を付与するなど関係付けを行うことにより、「地球温暖化」に関する知識を構築する。

(3) 課題展開フェイズ

課題展開フェイズでは、学習者は構築した知識構造を振り返り、関係付けた項目の中からより詳細に学ぶ必要がある項目を選択し、部分課題として展開する。

例えば、学習者が「地球温暖化」について詳細に学びたい場合、構築した知識から「温室効果ガス」と「海面上昇」を「地球温暖化」の部分課題として展開する。

2.3 interactive Learning Scenario Builder

図 2 には iLSB の UI を示す。iLSB は Web ブラウザである Firefox⁽⁶⁾ のアドオンとして開発された。iLSB は以下の機能を実装している。

- 検索エンジン機能

学習リソースを選択、収集するために、Web リソース探索を行う機能

- キーワードドリポジトリ機能

収集した学習リソース群から、学習項目を端的に表すキーワードを抽出し、キーワード間の関係付けを行うことで知識構築を行う機能

- 課題キーワードマップ機能

キーワードドリポジトリ機能で作成した知識構造を振り返り、さらに学ぶべきキーワードを部分課題として課題展開し、学習課題と部分課題の関係付けを行うことで学習シナリオを作成する機能

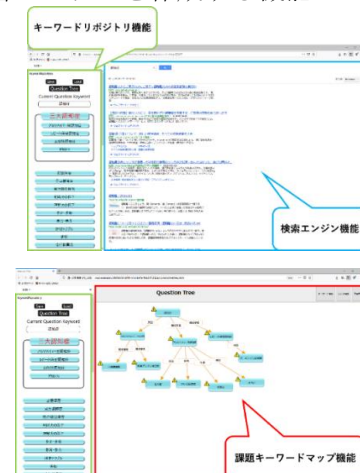


図 2 iLSB の UI

また先行研究⁽⁵⁾では、課題キーワードマップ機能において、課題と部分課題との関係を属性として学習者に付与させることで、多角的な観点での学習シナリオの作成を促す方法を提案した。

2.4 本研究における問題点

本研究では、学習シナリオとして網羅的に学んだ内容を体系的に整理して深く理解することに着目した。そのために学んだ知識の線形化が必要である。これは、学習者は学んだ知識の線形化により、自分の知識の不十分さに気づくことができるためである。

しかし、構築した知識が断片的で、初期課題とその関連項目を網羅的に理解する上で学習すべき項目や学んだ項目間の関係が不十分な場合、線形化ができないという問題が起こる。

2.5 本研究の目的

本研究では学習者が初期課題をテーマとしたレポートの目次を作成する場を提供する。

そのために本研究では、学習者が学習シナリオを線形化するプロセスをモデル化した。そして提案したモデルに沿った支援ツールを iLSB の機能として提供することで、学習者の学習シナリオ線形化プロセスに対して足場形成を行うことを目的とする。

3. 学習シナリオの線形化手法

本章では、まず本研究における線形化の定義を行う。次に学習シナリオの線形化モデルとモデルに基づいた支援機能を説明する。最後に支援の枠組みを述べる。

3.1 本研究における線形化の定義

線形化とは、対象を一行に並べることを示す。本研究における線形化とは、初期課題をテーマとした学んだ内容に関するレポートの目次を作成することである。具体的には、学習シナリオ内の学習課題を系列化し、目次の章や節として配置することである。これは、学んで得られた知識を学習者が他者に説明することと等価と考えられる。説明するという行為には、説明者自身の理解状態をモニタリングし、不十分な点があった場合にはどこが不十分だったかを考え、修正することが促されるという効果がある⁽⁷⁾。そのため、学習者はレポートの目次を作成する中で学習課題の不十分さや関係の不十分さに気づくにつれて、学習者に調べ学習で学んだ知識の整理を促す⁽²⁾。

3.2 学習シナリオの線形化モデル

本研究では、学習シナリオから初期課題をテーマにしたレポートの目次を作る一連の線形化プロセスをモデル化した。本モデルは図 3 に示す通り「categorizing フェイズ」、「hierarchization フェイズ」および「sorting フェイズ」の 3 つのフェイズによって構成される。特

に「categorizing フェイズ」は「chapter making」と「clustering」に分けられる。本節では、地球温暖化を例に、各フェイズに関する説明と、学習者が行う操作について説明する。

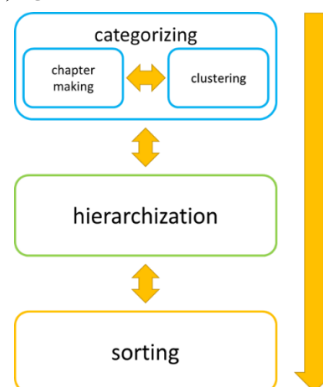


図 3 学習シナリオの線形化モデル

3.2.1 categorizing フェイズ

categorizing フェイズでは、学習シナリオに含まれる課題キーワードを用いて、レポートにおける章を作成するとともに、各章に対する節を追加する。以下では、categorizing フェイズの作業である「chapter making」と「clustering」の 2 つのプロセスについて説明する。

(1) chapter making

chapter making では、学習シナリオに含まれる課題キーワードからレポートの章を作成する。まず、iLSB は学習者が作成した学習シナリオから、初期課題を表す課題キーワードである「地球温暖化」以外の課題キーワードすべてを抜き出し、学習者に提示する。同時に、iLSB は学習者に対して 2 章で説明した属性を、章作成の観点として提示する。提示された属性ごとに、章となりうるキーワードが学習シナリオに含まれる場合のみ、1 つ選択し、章を作成する。図 4 の例では、「地球温暖化」の属性「原因」に対して、「温室効果ガス」を章として選択している。

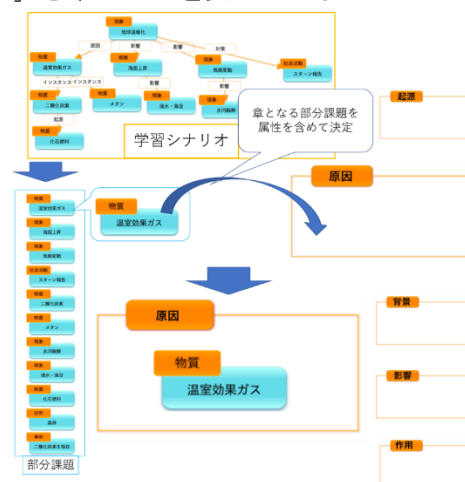


図 4 chapter making の例

(2) clustering

まず、iLSB は学習者に対して chapter making で章として用いなかった課題キーワードを学習者に提示す

る．学習者は提示された課題キーワードを用いて，各章に対する節を追加する．図 5 に示す例の場合，「温室効果ガス」という章の節として，iLSB が提示した課題キーワードの中から「二酸化炭素」を選択している．残りの課題キーワードに対しても，どの章の節としてふさわしいか考え，各章ごとに分類する．

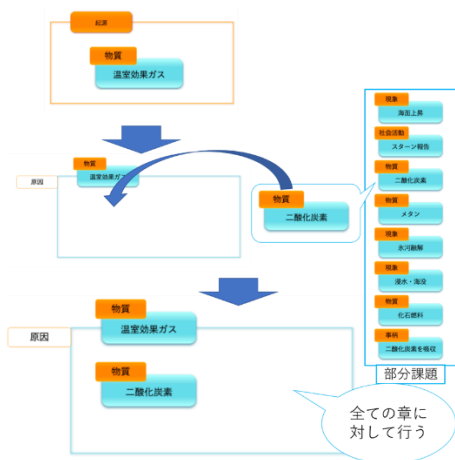


図 5 clustering の例

3.2.2 hierarchization フェイズ

hierarchization フェイズでは，categorizing フェイズで作成した章と節を階層構造として表現する．まず，iLSB は学習者に章とその節となった課題キーワードを合わせて学習者に提示する．学習者は提示されたキーワード間をリンクでつなげることで階層構造を作成する．図 6 に示す例の場合，章である「気候変動」とその節である「氷河溶解」と「海面上昇」が提示される．そこで，「気候変動」から「氷河溶解」にリンクを引き，「氷河溶解」から「海面上昇」にリンクを引くことにより階層構造を作成する．

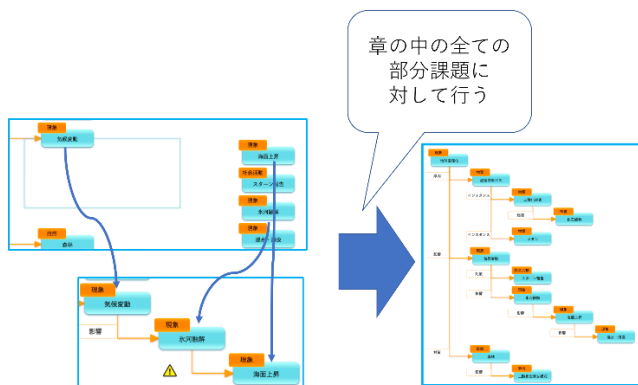


図 6 hierarchization フェイズの例

3.2.3 sorting フェイズ

sorting フェイズでは，hierarchization フェイズで作成した章や節の階層構造において，レポートの目次として章や節の順序が妥当でない場合に，章や節の順序の変更を行うフェイズである．

図 7 に soring フェイズの例を示す．「気候変動」の章における階層構造では，「気候変動」の対策である「スターン報告」について述べてから「気候変動」の影響である「氷河溶解」について述べるという目次構造に

なっている．しかし，一般に対策とは，ある概念から他の概念に対して悪影響が及ぼされた時に，その悪影響を抑制するために行うものである．そのため，まず影響について述べてから対策について述べないと論理的な飛躍が生じてしまう．図 9 の例でも，学習者は，「氷河溶解」と「スターン報告」の順序を入れ替えており，論理的に妥当な順序となるように階層構造を整形することが期待される．

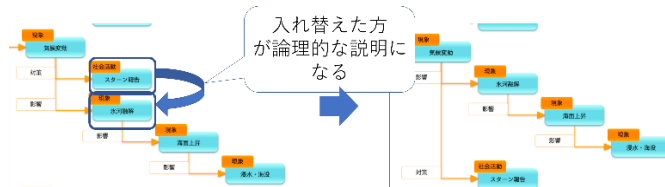


図 7 sorting フェイズの例

3.3 支援の枠組み

図 8 に支援の流れを示す．まず，学習者は iLSB を使って，学習シナリオを作成する．学習シナリオ作成後，学習シナリオの線形化モデルに沿って学習者は初期課題に関するレポートの目次を作成する．このとき，学習者は目次構造の修正の必要性を感じた場合は前のプロセスに戻る．このように，学習者は 4 つのプロセスを行き来しながら，学習シナリオの線形化を行う．また，学習者が線形化の途中で学んだ項目の不足を感じた場合，学習シナリオに戻り，Web 調べ学習モデルに沿って再度 iLSB を用いた調べ学習を行う．

このような支援ツールにより，学習者の学習シナリオの線形化プロセスに対して足場形成を行うことで，初期課題とその関連項目に対する体系的かつ深い理解が促される．

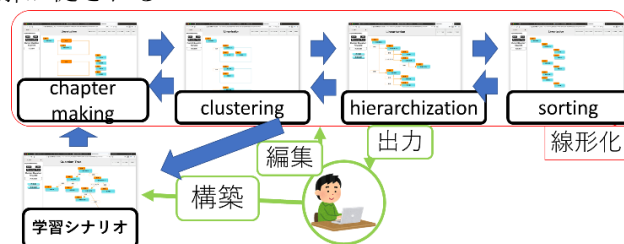


図 8 支援の枠組み

4. 実験

本研究で提案したモデルの有効性を示すために評価実験を行った．本章ではその評価実験について述べる．

4.1 実験目的

本実験では，提案した線形化モデルに沿った支援ツールが学習者の学習シナリオの線形化に対する足場として有効であるかということを目的として，実験を行った．

4.2 実験内容

被験者は理工系大学生・大学院生、計8名に対し実施した。実験は3日間行い、連続して実施した。まず初日には、被験者に対してWeb調べ学習モデル及びiLSBの操作方法を説明した。説明終了後、被験者4名には「認知症について学びなさい」という初期課題を、残りの被験者には「火山について学びなさい」という初期課題を与え、60分iLSBを用いてWeb調べ学習を行ってもらった。2日目、3日目にはそれぞれ、初日に作成してもらった学習シナリオを線形化支援ツールを用いた場合と用いなかった場合それぞれの手法で、初期課題をテーマとしたレポートの目次構造を作成してもらった。その際、線形化支援ツールの使用の有無の順序に対する影響を軽減するため、以下の2群に分けて実験した。

- ・2日目に線形化支援ツールを用いて目次構造を作成し、3日目には線形化支援ツールを用いずに目次構造を作成する群

- ・2日目に線形化支援ツールを用いずに目次構造を作成し、3日目には線形化支援ツールを用いて目次構造を作成する群

各目次作成終了後には、支援ツールの有効性に関する学習者の主観評価を調査するために事後アンケートを実施した。また、実験では提案した線形化モデルの効果のみを調べるため、学習者に対してレポートの目次作成中に学習シナリオに戻って再学習することと課題キーワードの削除は禁止した。しかし、学習者の学習シナリオの不十分さへの気づきを分析する必要があるため、学習者が再学習しようと感じた部分に空のノードを追加してもらった。また、目次構造に表示する必要のない課題キーワードを表示させなくする必要があるため、学習が目次構造に必要なと感じた課題キーワードを折りたたんで表示しなくなる機能を追加した。

4.3 評価方法

本実験では、提案モデルとそれに沿った足場形成が学習者の学習シナリオの線形化に対して有効であるかを検証するために、被験者の作成した目次構造を他の被験者全員にピアレビューした。レビューした目次構造は線形化支援ツールを用いず、紙を用いて学習者が作成した目次構造(以下目次・紙と称す)、線形化支援ツールを用いて学習者が作成した目次構造(以下目次・支援ツールと称す)、課題間のリンクの属性を基に自動生成した目次構造(以下目次・自動と称す)の3つである。自動生成した目次構造は、図9に示すように、課題間のリンク属性の線形化優先順位に基づいて、学習シナリオの親の課題キーワードのあとに、その課題からのリンク属性に基づいて部分課題キーワードを並べることで作成した。この優先順位は本の目次を分析し、属性に当てはめたものである。被験者にそれぞれ3つの目次構造を比較し、より良い構造に順位をつけ投票した。

被験者の投票を比較することで、提案したモデルとそれに沿った足場形成が学習者の学習シナリオの線形化に対して有効であるか評価を行う。

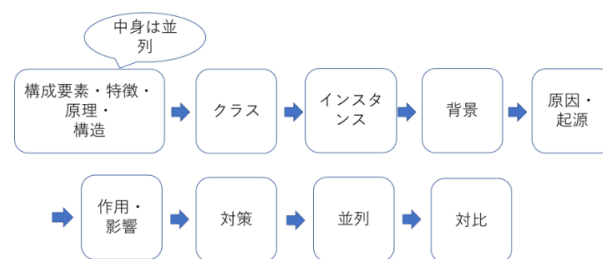


図9 目次構造の自動生成における属性の優先順位

4.4 仮説

評価実験を行うにあたって「目次・支援ツールの投票数はほか2つの目次構造の投票数よりもそれぞれ大きくなる。」という仮説を立て実験を実施した。

4.5 実験結果

まず、被験者によるピアレビューについて分析する。ピアレビューでは、被験者にはそれぞれ3つの目次構造を比較し、より良い構造に投票してもらった。それぞれの構造の比較において、より順位の高い投票数をカウントし、その差について有意差が見られるかどうか調べるために、それぞれの投票された人数の合計値を直接確率計算を用いて検定した。図10にピアレビューの結果を示す。

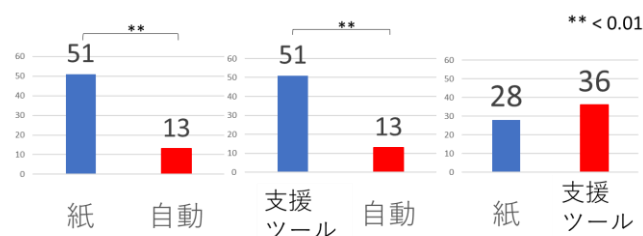


図10 ピアレビューの結果

分析の結果、目次・紙と目次・自動の投票数、目次・支援ツールと目次・自動の投票数にはそれぞれ有意に目次・自動の投票数が小さかった($p < .001$)。

一方、目次・紙と目次・支援ツールの投票数は有意差を見ることはできなかった。これにより、仮説は成り立たなかった。

次に、被験者の目次構造への投票数の差の要因を調べるために各比較における投票数と目次構造を構成する課題キーワードとhierarchizationで付与したリンクに関するデータとの相関を調べた。目次構造を構成する課題キーワードとhierarchizationで付与したリンクに関するデータでは、「課題キーワード数」、「リンク数」、「課題キーワード増加数」、「リンク増加数」、「最大深さ」、「平均深さ」、「学習シナリオの課題キーワード数」、「課題キーワード表示変化数」を調べた。まず、目次構造を構成する課題キーワードと

hierarchization で付与したリンクに関するデータそれぞれの説明をする。まず、「課題キーワード数」であるが、目次構造を構成する課題キーワードと目次構造には存在しないが、学習シナリオには存在する課題キーワードの数を足したものである。また、「リンク数」は、hierarchization で付与したリンクの数と目次構造には存在しないが、学習シナリオには存在するリンクの数を足したものである。次に「課題キーワード増加数」と「リンク増加数」は、レポートの目次作成において新たに作成された課題キーワード(空ノード)と hierarchization で付与されたリンクの数である。また、「深さ」とは目次構造を構成する課題キーワードの階層の深さである。このとき、章となる課題キーワードの深さを1とする。よって、「最大深さ」とは被験者の作成したレポートにおける、最も階層の深い節の深さであり、「平均深さ」は被験者の作成したレポートにおける、末端である節の深さの平均である。「学習シナリオの課題キーワード数」とは、学習シナリオに含まれる全課題キーワードの数であり、「課題キーワード表示変化数」とは学習シナリオを構成する課題キーワード数から目次構造を構成する課題キーワード数の変化である。表1に各比較における投票数と目次構造を構成する課題キーワードと hierarchization で付与したリンクに関するデータとの相関を示す。

表1 各比較における投票数と目次構造を構成する課題キーワードとリンクに関するデータとの相関

比較	ピアレビュー投票数	課題キーワード数	リンク数	課題キーワード増加数	リンク増加数
紙と自動生成	紙	0.4276	0.5836	0.6800	0.7570
支援ツールと自動生成	支援ツール	0.6082	0.6855	0.7703	0.9526
紙と支援ツール	支援ツール	0.5365	0.4181	0.5365	0.1780
比較	ピアレビュー投票数	最大深さ	平均深さ	学習シナリオの課題キーワード数	課題キーワード表示変化数
紙と自動生成	紙	0.2381	0.1506	0.0045	0.6588
支援ツールと自動生成	支援ツール	0.4166	0.1374	0.0034	0.1857
紙と支援ツール	支援ツール	0.4181	-0.6577	0.3062	0.8225

表1を見ると、目次-紙と目次-自動との比較したときと目次-支援ツールは目次-自動と比較したときは、課題キーワード増加とリンク増加数が重要視される。しかし、目次-紙と目次-支援ツールを比較した場合には、学習シナリオで表示された課題キーワード表示変化数に正の強い相関が出ていることが分かる。

次に先に支援ツールを用いて目次構造を作成するか、先に支援ツールを用いず目次構造を作成するかという目次作成を行う順序と学習課題の違いについて、ピアレビューの結果と合わせて分析した。図11に、目次作成を行う順序に着目したピアレビューの結果を示す。図12に学習課題ごとのピアレビューの結果を示す。

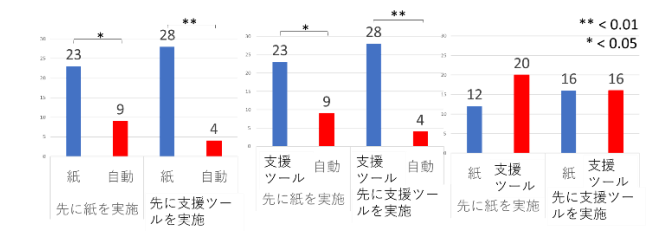


図11 目次作成を行う順序に着目したピアレビューの結果

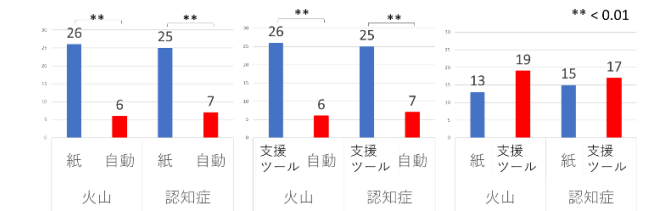


図12 学習課題ごとの着目したピアレビューの結果分析の結果、図11より目次作成を行う順序に着目した場合、先に支援ツールを使用した群では目次-紙に投票した人数と目次-自動に投票した人数では目次-紙と目次-自動の投票数、目次-支援ツールと目次-自動の投票数にはそれぞれ有意に目次-自動の投票数が小さかった(p<.001)。一方、目次-紙と目次-支援ツールの人数の間には有意差が見られなかった。また、後に支援ツールを使用した群では、先に支援ツールを使用した群では目次-紙と目次-自動の投票数、目次-支援ツールと目次-自動の投票数にはそれぞれ有意に目次-自動の投票数が小さかった(p=.201)。一方、目次-紙と目次-支援ツールの人数の間には有意差が見られなかった。

図12より学習課題ごとに比較した結果、「火山について学びなさい」という初期課題を与えた群では目次-紙と目次-自動の投票数、目次-支援ツールと目次-自動の投票数にはそれぞれ有意に目次-自動の投票数が小さかった(p<.001)。一方、目次-紙と目次-支援ツールの人数の間には有意差が見られなかった。また「認知症について学びなさい」という初期課題を与えた群では、目次-紙と目次-自動の投票数、目次-支援ツールと目次-自動の投票数にはそれぞれ有意に目次-自動の投票数が小さかった(p<.001)。一方、目次-紙と目次-支援ツールの人数の間には有意差が見られなかった。

また、図11を見ると、有意差はなかったものの、先に支援ツールを用いた群の方が後に支援ツールを用いた群よりも投票数の差が大きかった。そこで支援ツールを用いて目次作成を行った際のログを用いて分析を行った。支援ツールを用いて目次作成を行った際のログとは、被験者による作成操作であり、「次にプロセスに移動」と「前のプロセスに移動」、「章を追加」、「節を追加」、「空のノード作成」、「リンク編集」、「課題キーワードを畳む」、「課題キーワードの順序を変更」、「課題キーワードの名前変更」、「操作合計回数」がある。

図 13 中の「次のプロセスに移動」と「前のプロセスに移動」とは、線形化モデルの 4 つプロセス間の前後移動を行う操作の回数である。「章の追加」とは、chapter making の中での章を追加した回数であり、「節を追加」とは clustering の中での節を追加した回数である。空のノード作成とは、空ノードを作成した回数である。「リンク編集」とは、リンクの作成、削除、付与された属性の変更の合計回数である。「課題キーワードを畳む」とは、sorting の中で、目次構造に表示しない課題キーワードを畳んだ回数である。「課題キーワードの順序を変更」とは、sorting の中で課題キーワードの順序を変更した回数である。「課題キーワードの名前変更」とは、課題キーワードの名前を変更した回数である。「操作回数合計」とは、これらの操作の合計化数である。

先に支援ツールを用いた群と後に支援ツールを用いた群との間での各操作回数の差に対して両側 t 検定を行った。2 条件間に対応がないため、F 検定により等分散を検定し、等分散であるとみなされたデータに関しては対応のない両側 t 検定を行い、等分散であるとみなされなかったデータに関してはウェルチ法による両側 t 検定を行った。図 13 に分析結果を示す。

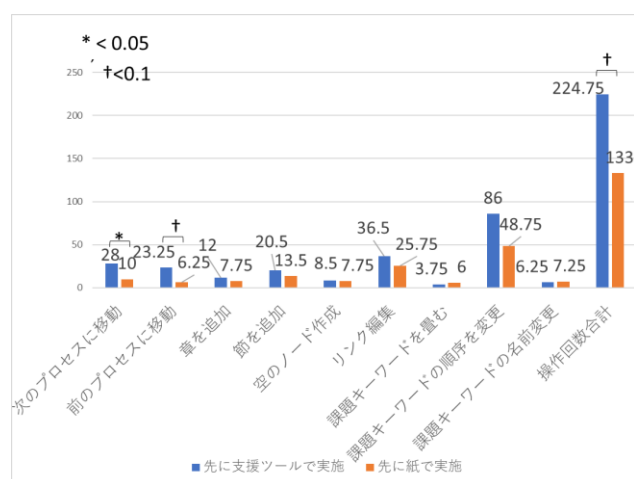


図 13 実験の順序に着目した iLSB のログの比較

分析の結果、「次のプロセスに移動」に有意差 ($t(6)=2.45$, $p<.05$) を見ることができた。また、「前のプロセスに移動」に有意傾向 ($t(4)=2.21$, $p<.01$) が見られ、全体の合計回数も有意傾向 ($t(6)=2.18$, $p<.01$) が見られた。

また、各プロセスにおける空ノードを作成した回数と支援ツールのログの相関を表 2 に示す。

表 2 プロセスごとの空ノード作成回数と支援ツールのログの相関

	次のプロセスに移動	前のプロセスに移動	章を追加	節を追加	空のノード作成
chapter making	-0.3523	-0.3632	0.8182	-0.0600	0.2377
clustering	-0.8571	-0.8606	0.3815	-0.1742	0.5170
hierarchization	-0.2593	-0.2172	0.0662	0.3225	0.7183
sorting	0.8059	0.7689	-0.1508	0.4513	-0.0705
	リンク編集	課題キーワードを畳む	課題キーワードの順序を変更	課題キーワードの名前変更	操作回数合計
chapter making	-0.0914	-0.2395	-0.2354	0.2465	-0.2170
clustering	-0.0602	0.2140	-0.5057	0.6441	-0.5227
hierarchization	0.4671	0.5447	0.2633	0.6594	0.3191
sorting	0.3615	0.2354	0.4144	-0.2275	0.6324

表 2 を見ると「次のプロセスに移動」、「前のプロセスに移動」と sorting での空のノードの作成回数に強い正の相関がある。一方、「次のプロセスに移動」、「前のプロセスに移動」と clustering での空のノードの作成回数には強い負の相関がある。

支援ツールを用いた場合と用いなかった場合それぞれにおいて、目次作成終了時に行ったアンケートの平均と分散をそれぞれ表 3 に示す。2 つのアンケートに対し、片側 t 検定を用いて分析を行った。

表 3 アンケートの分析

番号	質問(5件法)	支援ツール	紙
1	学習シナリオは線形化できましたか？	Mean	1.375
		SD	0.4841
2	線形化しやすかったですか？	Mean	1.375
		SD	0.4841
3	線形化によって体系的にまとめられたと感じましたか？	Mean	1.75
		SD	0.9682
4	学習シナリオに対して足りない部分を感じましたか？	Mean	1.625
		SD	0.9922
5	使用したツールは線形化支援ツールとして有効だと感じましたか？	Mean	1.375
		SD	0.4841

* < 0.05 † < 0.1

表 3 を見ると、質問 4 以外の全てで支援ツールを用いて学習者が作成した場合の平均が支援ツールを用いずに学習者が作成した場合の平均を上回っていることが分かる。特に質問 1 には支援ツールが有意に小さい傾向があり ($t(7)=1.82$, $p<.10$)、被験者が支援ツールを用いて目次を作成することでより妥当に目次作成ができると感じるようになった。質問 5 には支援ツールが有意に小さかった ($t(7)=2.64$, $p<.05$)。このことから、被験者が目次作成に関して支援ツールが有効であると感じていることが分かった。

4.6 考察

目次・紙の投票数と目次・自動の投票数、目次・支援ツールの投票数と目次・自動の投票数では、それぞれ有意に目次・自動の投票数が小さかった。これによって、自動生成した目次構造より人の手で作成した目次構造のほうがより良い構造であると感じることが分かった。

そこで、表 1 より目次構造を構成する各データと相関をとると、目次構造作成の中での増加した課題キーワードの数、増加したリンクの数に強い正の相関があることが分かった。よって、目次構造作成の中での増加した課題キーワードの数と **hierarchization** で付与されたリンクの数が多いほど良い構造であると考えられる。

事後アンケートの質問 1, 2, 3 の結果から提案支援ツールを用いずにレポートの目次構造を作成した場合より提案支援ツールを用いてレポートの目次を作成した場合の方が線形化しやすく、知識を体系的にまとめやすい、つまり知識の整理がしやすいことが読み取れる。しかし、目次・紙と目次・支援ツールの投票数の比較では有意差は見られなかった。また、先に支援ツールを用いた群と後に支援ツールを用いた群で、支援ツールにおける操作ログを比較した結果、先に支援ツールを用いた群よりも後に支援ツールを用いた群の方が目次・紙の投票数と目次・支援ツールの投票数の差が大きかった。これにより、本実験計画では順序効果の影響が考えられる。

そこで、提案支援ツールのログを用いて分析すると、先に支援ツールを用いた群は、後に支援ツールを用いた群よりも「次のプロセスに移動」を使った回数が有意に多く、「前のプロセスに移動」と目次構造を作成するために必要な操作回数の合計も多くなる傾向があった。また、線形化の途中である **clustering** で空のノードを追加した回数と「次のプロセスに移動」、「前のプロセスに移動」には強い負の相関があり、線形化の最後の操作である **sorting** で空ノードを作成した回数は「次のプロセスに移動」、「前のプロセスに移動」には強い正の相関があることが分かった。この結果から、後に支援ツールを用いた被験者は、前日に作成した目次構造を意識しすぎたため、本来であれば気づくはずである学んだ項目の不足に気づくことができなかったと考えられる。また、後に支援ツールを用いた被験者は、先に作成した目次・紙を目標として目次構造を作成した。そのため、目次構造全体を見たときに気付くはずである目次構造の修正のために行うプロセスの前後の移動がなくなったと考えられる。

このことから、被験者内での実験では先に作った目次構造が後に作った目次構造に影響を与えると考えられる。

5. まとめ

本論文では、学習課題に対して深い理解を促すためには線形化を行う必要がある。学習すべき項目や学んだ項目間の関係が不十分な場合、線形化が行えない場合がある。この問題に対して、本研究では学習者が初期課題をテーマとしたレポートを作成する場を提供した。そのために本研究では、学習者が学習シナリオをレポートの目次として線形化するプロセスをモデル化し、提案したモデルに沿った足場形成が学習者の学習シナリオの線形化に対して有効であるかを検証するこ

とを目的として、実験を行った。結果として、順序効果の影響で有意差は見られなかったが、提案支援ツールが線形化に対して有効である傾向が示唆された。

今後の課題としては、本稿で述べた内容を被験者間実験として行うことと、学習者の習熟度と学習シナリオに応じた適応的支援を行うことがあげられる。

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 JP17 H01992 の助成による。

参 考 文 献

- (1) 第 11 章 ICT の活用の推進：文部科学省
https://www.mext.go.jp/b_menu/hakusho/html/hpab201901/detail/1422160.htm
- (2) 渥美幸雄：情報リテラシ教育におけるレポートの作成
専修大学情報科学研究室 No.89 「グループワークによる情報リテラシ教育の手法について」 特集号
http://ir.acc.senshu-u.ac.jp/index.php?action=pages_view_main&active_action=repository_action_common_download&item_id=10970&item_no=1&attribute_id=15&file_no=1&page_id=13&block_id=52
- (3) Zumbach, J., & Mohraz, M. (2008). Cognitive load in hypermedia reading comprehension: Influence of text type and linearity. *Computers in Human Behavior*, 24(3), 875-887.
- (4) Akihiro Kashihara, and Naoto Akiyama : Learning Scenario Creation for Promoting Investigative Learning on the Web, *Journal of Information and System in Education*, Vol.15, No.1, pp.62-72 (2017)
- (5) 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, *信学技報*, ET2014-99, pp.77-82 (2015)
- (6) Mac, PC、Linux 向け新高速ブラウザ | Firefox
- (7) 伊藤貴昭, 垣花真一郎. "説明はなぜ話者自身の理解を促すか." *教育心理学研究* 57.1 (2009): 86-98.
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjep/57/1/57_1_86/_pdf