

図 3 : 診断アルゴリズム

```
SELECT DISTINCT ?child
WHERE{
  FILTER(contains(str(?root_name), "温室効果ガス"))
  ?root rdfs:label ?root_name.
  ?root ?p ?child.
  FILTER(strStarts(str(?child), "http://ja.dbpedia.org/resource/"))
}
```

クエリ 2 : 類似度算出のためのクエリ

スタディをもとに、距離が 1 の時は「関連度が高い」、距離が 2 かつ経路数が 30 以上の時は「関連度が低い」、それ以外は「関連度が不明」と 3 段階で評価する [7]. 「温室効果ガス」と「二酸化炭素」間の距離は 1 であるため、「温室効果ガス」と「二酸化炭素」間の関連度は「関連度が高い」と評価される。

4.2. 課題キーワード間の類似度

課題キーワード間の類似度は、DBpedia Japanese から取得された各課題キーワードの関連語句を比較し、予め設定した閾値を基準に算出する。

「温室効果ガス」と「二酸化炭素」間の類似度を求めるとき、まず各課題キーワードについてクエリ 2 を DBpedia Japanese に送信して、各課題キーワードに対する関連語句を取得する。

取得した関連語句には「地球温暖化の懐疑論」など単語以外も含まれるため、取得した関連語句に対して形態素解析を行い、各課題キーワードに対して関連単語集合を作成する。そして、作成された各関連単語集合間の類似度を Simpson 係数により、求める。Simpson 係数とは、2 つの集合の類似度を表す指標であり、集合 X と集合 Y の Simpson 係数は(1)式で求めることができる。

$$\text{Simpson}(X, Y) = \frac{|X \cap Y|}{\min(|X|, |Y|)} \quad (1)$$

事前に行ったケーススタディより、類似度は Simpson 係数の値が 0.3 以上の時は「類似度が高い」、0.1 以上 0.3 未満の時は「類似度が低い」、0.1 未満の時は「類似度が不明」の 3 段階で評価される [7]. 「温

室効果ガス」と「二酸化炭素」の場合、Simpson 係数は 0.5 であるため、「類似度が高い」と評価される。

4.3. 診断アルゴリズム

学習課題を課題展開した時、その学習課題と初期課題の間、また学習課題と親課題の間における関連度、類似度を求め、最終的に課題展開の妥当性を求める。課題展開の妥当性は図 3 に示す診断アルゴリズムを用いて、最終的に「妥当性が高い」、「妥当性が低い」、「妥当性が不明」の 3 段階で評価する。「温室効果ガス」から「二酸化炭素」を課題展開したとき、「地球温暖化」と「二酸化炭素」との関連度は「関連度が高い」、類似度は「類似度が高い」と計算される。また、「温室効果ガス」と「二酸化炭素」との関連度は「関連度が高い」、類似度は「類似度が高い」と計算される。以上の結果から、図 3 に示すように最終的に「妥当性が高い」と診断される。

5. ケーススタディ

5.1. 目的と手順

本ケーススタディの目的は、提案した診断手法により診断された課題展開の妥当性を学習者にフィードバックすることで、学習者の課題展開へのリフレクションを促し、妥当な学習シナリオ作成に寄与するかどうかを評価することにある。

被験者は、理工系大学生 16 名であり、そのうち 8 名は「生命保険」を、残り 8 名は「栄養素」を初期課題として、iLSB を用いた Web 調べ学習を実施してもらった。

被験者は、まず診断機能なしの iLSB を用いて与えられた初期課題について Web 調べ学習を行い、学習シナリオ（診断なしシナリオ）を作成してもらった。学習は、最短でも 30 分、最大 60 分続けてもらった。学習終了後、診断なしシナリオを診断手法で

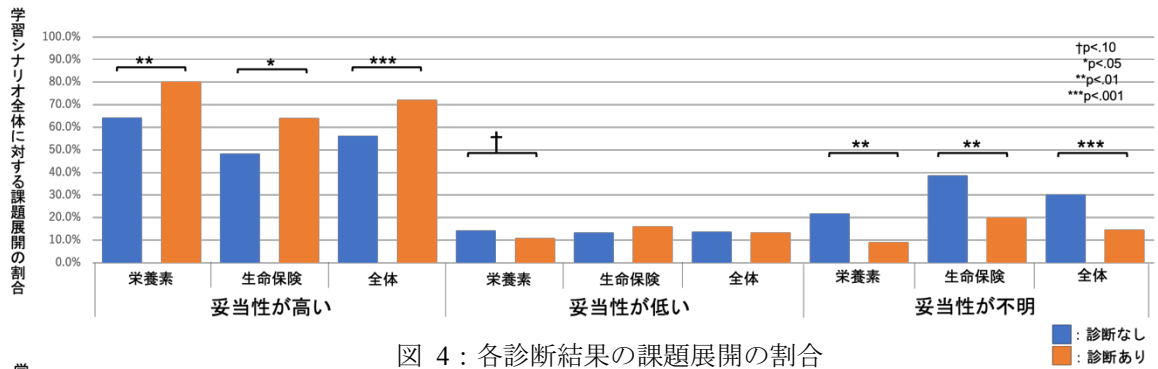


図 4：各診断結果の課題展開の割合

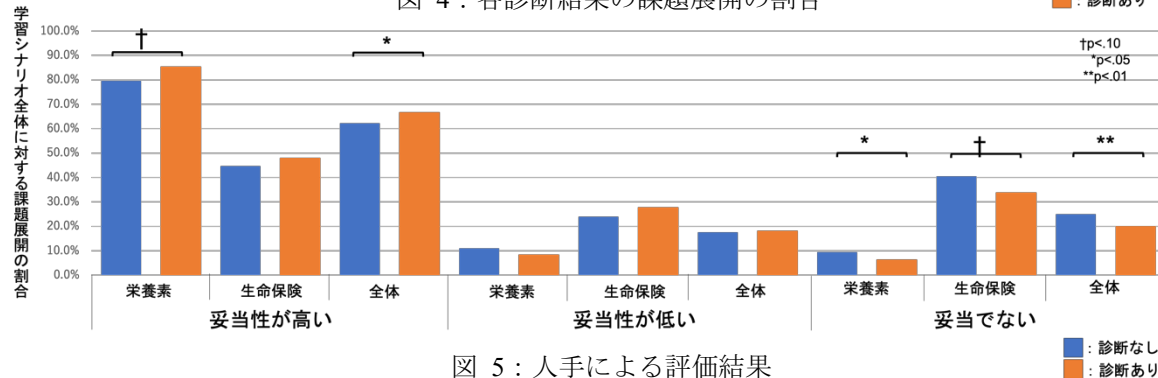


図 5：人手による評価結果

診断した。診断結果は iLSB を介して学習者に提示し、学習者にはその結果を踏まえ、必要に応じて診断機能を実装した iLSB で最大 30 分学習シナリオの修正を行ってもらった。なお、修正をするように強いてはいない。学習シナリオ修正後、事後アンケートを行った。

診断なしシナリオ、診断システムを実装した iLSB を用いて作成された学習シナリオ(診断ありシナリオ)の各課題展開に対し、筆者ら 3 人(評価者)が評価を行なった。人手による評価は、まず信頼できる Web リソースをもとに、各評価者が「妥当性が高い」、「妥当性が低い」、「妥当でない」の 3 段階で評価した。そして、個々の評価結果を照合して、最も多かった評価結果を最終的な人手による評価結果とした。また、評価者間で評価が完全に異なった場合、中間値である「妥当性が低い」を最終的な人手による評価とした。

以上の実験計画のもと、次の二つの仮説を立てた。

- H1: 診断結果をフィードバックすることで、妥当と診断され得る課題展開が促される。
- H2: 診断結果をフィードバックすることで、学習シナリオの妥当性は向上する。

5.2. 結果

まず、H1 を示すために、各初期課題から作成されたシナリオ、および 2 つの初期課題全体でのシナリオに対して、課題展開の妥当性の割合を、診断なしシナリオと診断ありシナリオで比較し、片側 t 検定

で有意差検定を行なった。結果を図 4 に示す。全体の結果として、「妥当性が高い」と診断された課題展開の割合は 0.1%水準($t(15)=-3.90, p<.001$)で有意に増加し、「妥当性が不明」と診断された課題展開の割合も 0.1%水準($t(15)=4.52, p<.001$)で有意に減少した。初期課題ごとでも同様の傾向が見られるため、仮説 H1 が示された。

次に、H2 を示すために、各初期課題から作成されたシナリオ、および 2 つの初期課題全体でのシナリオに対して、人手の評価による課題展開の妥当性割合を、診断なしシナリオと診断ありシナリオで比較し、片側 t 検定で有意差検定を行なった。結果を図 5 に示す。2 つの初期課題全体において、人手で「妥当性が高い」と評価された課題展開の割合は 5%水準($t(15)=-1.76, p<.05$)で有意に増加し、人手で「妥当でない」と評価された課題展開の割合は 1%水準で有意($t(15)=2.79, p<.01$)に減少した。各初期課題でも同様の傾向が見られるため、仮説 H2 が示された。

最後に、表 1 に事後アンケートの結果を示す。全ての質問で平均値は 3 以上だった。診断結果の提示に関する Q1, Q2, Q5 では、平均値は 4 以上と他の質問よりも高く、分散も小さかった。この結果から被験者は提示された結果をもとに見直し、学習シナリオの改善に努めたことが伺える。

一方、診断ありシナリオの自己評価に関する Q4 についても平均値は 3 以上であり、分散も少なく、主観的にも妥当な学習シナリオの作成が行えたことが分かる。一方、3 段階での診断結果の提示方法に

表 1：アンケート結果

項目番号	アンケート項目(5件法)	平均	分散
Q1	フィードバックされた診断結果をどれくらい参考にしましたか？	4.0	0.98
Q2	診断結果をフィードバックすることは学習シナリオの改善に有効だと思いましたか？	4.1	0.86
Q3	3段階での提示方法は分かりやすかったですか？	3.6	1.35
Q4	課題展開を診断することで適切な学習シナリオの作成が行えましたか？	3.7	0.53
Q5	学習した内容の見直しが促されましたか？	4.0	0.69
Q6	診断結果を提示されることで主体的に学んだことが否定され、学習を阻害されたと感じましたか？	3.8	1.35

関する Q3 と学習者の主体性に関する Q6 に関して、平均値は 3 以上であったが、分散は 1 以上と被験者間でのばらつきが多かった。

5.3. 考察

表 1 の Q1, Q2, Q5 の結果から、被験者は提案手法により、課題展開を見直し、改善しようとしていることが伺える。その結果、図 4 のように「妥当性が高い」と診断された課題の割合は増加し、「妥当性が不明」と診断された課題の割合は減少している。また、表 1 の Q4 の結果や図 5 の結果から、診断結果を提示したことにより、主観的、客観的にも適切な学習シナリオ作成が行えていることが伺える。以上より、課題展開の妥当性診断の結果をフィードバックすることは、学習者の課題展開に対するリフレクション活動を促し、最終的に適切な学習シナリオの作成に効果的であると考えられる。

一方、学習者の主体性に関しては、表 1 の Q6 の結果より、主体性を損なわずに診断ができていたものの、被験者間でのばらつきは大きいことが分かった。原因としては、診断結果と学習者の主観評価が異なったとき、提示された診断結果の捉え方に個人差があるため、学習者によっては主体的学習が制限されていると捉えられてしまうからだと考えられる。

また、表 1 の Q3 より、3段階での診断結果の提示方法は分かりやすい。一方、その捉え方には個人差は大きかった。特に、Q3 に関しては分かりにくいと答えた被験者にその理由を聞いたところ、全員が「妥当でない理由がわからない」と答えていた。今後、妥当でない理由を学習者に示す方法も検討する必要がある。

6. 結論

Web 調べ学習のような主体的学習において、学習者の主体性を損なわずに学習シナリオを診断することは難しい。この問題に対して、本稿では LOD を用いた課題展開を診断することで、主体性を損なわずに学習シナリオを診断するための手法を提案した。

また評価実験の結果、提案手法は学習者の課題展開の妥当性に対するリフレクション活動を促し、適切な学習シナリオ作成に効果的であることがわかった。

今後の課題として、妥当でない課題展開に対してその理由を提示する手法の開発が挙げられる。

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費基盤研究 (B) (No.17H01992)の助成による。

参考文献

- [1] Ananadou K. and M. Claro: 21st Century Skills and Competences for New Millennium Learners in OECD Countries, OECF Education Working Papers, No.41, OECD Publishing, (2009)
- [2] Levin-Goldberg J: Teaching Generation TechX with the 4Cs: Using Technology to Integrate 21st Century Skills, Journal of Instructional Research, Vol. 1 p50-66, (2012)
- [3] Zumbach, Joerg and Maryam: Cognitive load in hypermedia reading comprehension: Influence of text type and linearity, Computers in Human Behavior, Vol 24, Issue 3, pp.875-887 (2008)
- [4] Kashihara A. and Akiyama N: Learning Scenario Creation for Promoting Investigative Learning on the Web, The Journal of Information and Systems in Education, Vol 15 Issue1, pp.62-72, (2017)
- [5] Kakinuma Y. and Kashihara A: A Micro-Web Involving Learning Scenario Generation with Linked Open Data for Web-Based Investigative Learning, Learning and Collaboration Technologies, pp.344-355, (2016)
- [6] Bizer C., Heath T. and Barners-Lee T.: Linked data: The story so far., Semantic services, interoperability and web applications: emerging concepts, pp.205-227, (2011)
- [7] 佐藤禎紀, 柏原昭博, 長谷川忍, 太田光一, 鷹岡亮: Web 調べ学習における主体的学習プロセスの診断手法, 教育システム情報学会第 6 回研究会, Vol.32, No.6, pp.99-106, (2018)