

単語の基礎発展関係を活用した教育コンテンツ 選択支援システムの実証実験

藤井翔子¹ 阿部晋矢¹ 小松佑人¹ 藤津智¹ 松村欣司¹ 藤沢寛¹

概要: インターネット上での学習サービスの普及や映像コンテンツの教育利用が進む中、教育支援や学習支援を目的にオントロジーを活用した研究が多くなされている。しかし、こうして体系化されたコンテンツのつながりは教科内で閉じられていることが多く、教科横断や興味の広がりのための検討は進んでいない。そこで本稿では、あらゆる教育コンテンツの教科・科目を超えた連携を目指し、人が学習を進める過程での単語の学習順序の関係性を「基礎発展関係」として新たに定義し、単語のつながりを表現した構造化データをもとに、コンテンツ間の学習順序の関係を推定する手法を提案する。さらに、本手法を組み込んだ教育コンテンツ選択支援システムを試作し、実証実験を行った。教科書に沿った関連コンテンツ提示と提案手法による教科横断可能な関連コンテンツ提示とを比較することで、それぞれの特徴を明らかにし、提案手法の興味の広がりへの効果を確認した。

キーワード: セマンティック Web, 教育, オントロジー, 映像コンテンツ

Demonstration Experiment of an Educational Content Selection Support System Using Words in Basic-and-advanced Relationships

SHOKO FUJII^{†1} SHINYA ABE^{†1} YUTO KOMATSU^{†1}
SATOSHI FUJITSU^{†1} KINJI MATSUMURA^{†1} HIROSHI FUJISAWA^{†1}

Abstract: With the spread of learning services on the Internet and the increasing use of video content in education, there have been many studies using ontologies to support education and learning. However, in many cases, the connections among content systematized in this way are confined within a subject, and there is no study for cross-subjects and the expansion of interests. In this paper, aiming at the coordination of all educational content across subjects and courses, we newly define the relationship of word learning sequence in the process of human learning as "basic-and-advanced relationships" and propose a method for estimating the relationship of learning order among content based on structured data representing this word connections. Furthermore, we developed a prototype educational content selection support system that incorporates the proposed method and conducted a demonstration experiment. By comparing the cross-subjects and textbook-based presentations, we clarified the characteristics of each method and confirmed the effectiveness of the proposed method in spreading the interests.

Keywords: Semantic Web, Education, Ontology, Video Content

1. はじめに

インターネット上に様々な情報やコンテンツが溢れる中、ユーザーは膨大なコンテンツの中から必要なコンテンツを探し出さなければいけない。一方で、コンテンツサービス事業者は、保有する様々なコンテンツへのアクセスをいかに増やせるかが課題となっている。多くの映像サービスでは、キーワード等を入力して検索する機能や、ジャンル等の属性を指定して絞り込む機能、視聴されたコンテンツと関連するコンテンツを提示する機能などが実装されている。

教育分野においても、インターネット技術を活用した学習サービスの普及や映像コンテンツの教育利用が進んでいる。NHK では公共的価値の一つとして教育を挙げており、教育テレビジョン (E テレ) などにおいて「高校講座」等の教育番組を制作している[1]。「高校講座」は Web への展

開も行われており、他にも「NHK for School」といった教育コンテンツ関連の Web サイトもある[2]。さらに、学び直しを目的としたリカレント教育や、より豊かな人生を送るための生涯学習など「学び」のニーズが高まる中、“NHK が制作する多様なコンテンツを「まなび」という視点で集め、発信するサービス”である「NHK ラーニング」という Web サイトでのサービスも開始された[3]。

我々は、放送のインターネット活用技術の一つとして、コンテンツ同士をそれぞれが持つ意味に応じて結びつけて提示することで、放送の良質で信頼性の高いコンテンツをユーザーが容易に見つけ可能にするシステムについて研究開発している。コンテンツを活用してよりよい「学び」の機会を提供するためには、コンテンツ同士を「学び」の観点で結びつけることが効果的であると考え[4]。そして、ユーザーに「学び」の観点での結びつきを明示しながらコンテンツを提示することで、キーワードマッチング等による

¹ 日本放送協会 放送技術研究所
NHK Science & Technology Research Laboratories

検索では発見が難しい、興味や「学び」の広がりをもつコンテンツの視聴へ導くことも可能になると考えられる。しかし、日々増加するコンテンツに対し、結びつける作業を人手で行うことは負担が大きいため、これを自動的に行うことが好ましい。

そこで本稿では、あらゆる教育コンテンツの教科・科目を超えた連携を目指し、人が学習を進める過程での単語の学習順序の関係性を「基礎発展関係」として新たに定義し、単語のつながりを表現した構造化データをもとに、コンテンツ間の適切な学習順序の関係性を推定する手法を提案する。さらに、本手法を組み込んだ教育コンテンツ選択支援システムを試作し、実証実験を行った。教科書に沿った関連コンテンツ提示と提案手法による教科横断可能な関連コンテンツ提示とを比較することで、それぞれの特徴を明らかにし、提案手法の興味の広がりへの効果を確認した。

2. 関連研究

インターネット上の教育サービスやコンテンツが増加する中、学習指導要領で定められた学習順序に合わせた教材サービスや、教材の内容を連携させる方法が研究されている。英国放送協会は、英国の The Curriculum Ontology を発表した[5]。これは、学習リソースを体系化することの重要性を表している。また、カリキュラムだけではなく、シラバス、主題、教材を複合的に組み込んだオントロジー設計により、生徒の学習成果を高めることが明らかになっている[6, 7]。

我々も学習指導要領内の各学習目標間のつながりを抽出した学習順序オントロジーを構築することで、学びのつながりを構造化する手法を提案した[8]。さらに、こうして構造化した学びのつながりのデータに、NHK が教育向けに制作している映像コンテンツを動的に連携して提供するアプリケーション「りかまっぷ」を開発した[4, 9]。「りかまっぷ」は、NHK が保有する多様な教育向け動画を、自主的に、より多く視聴してもらうことを目的に開始された Web サイトであり、「NHK for School」で公開されている理科の動画を、動的に生成される学習順序にしたがって提示する。

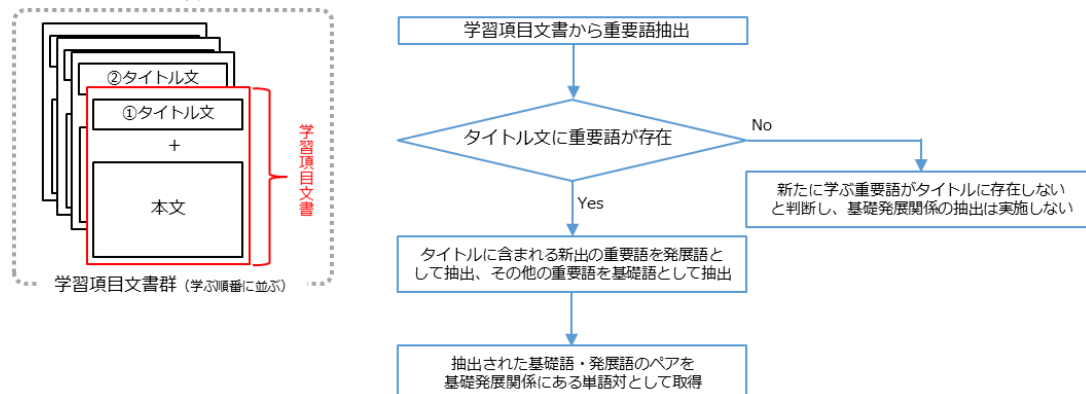


図 1 単語の基礎発展関係の抽出手法

Figure 1 Method for extracting basic-and-advanced relationships of words.

しかし、このような学習指導要領内の学習目標にもとづいた学びのつながりは教科内に閉じられたものであるため、他の教科や教育向けには制作されていないコンテンツも含めたつながりを導出することが難しい。人生 100 年時代を迎え、リカレント教育や生涯学習といった「学び」のニーズが高まっている中、教育コンテンツに限らずあらゆるコンテンツを「学び」に役立てるための仕組みづくりを検討する必要がある。

そこで我々は、学習指導要領の学習目標よりも粒度が細かく応用範囲も広い「単語」に着目し、人が学習を進めていく過程での単語の学習順序の関係性を「基礎発展関係」として新たに定義し、「基礎発展関係」にある単語ペアを抽出する手法を提案した[10]。本稿では、この基礎発展関係のつながりを表現した構造化データをもとに、あらゆるコンテンツ間の学習順序の関係性を推定する手法を提案する。さらに、コンテンツ間の学習順序の推定手法の活用例として、教育コンテンツの選択を支援するシステムを試作した。そして、この単語の基礎発展関係にもとづいた関連コンテンツ提示と、学習指導要領の学習目標にもとづいて制作された教科書に沿った関連コンテンツ提示との比較を行い、それぞれの特徴を明らかにする。

3. 基礎発展オントロジー

3.1 単語の基礎発展関係の抽出

単語間の学習順序を基礎発展関係として新たに定義し、教科書などの教材文書から、その構造にもとづいて基礎発展関係にある単語ペアを抽出する。本稿では、教材文書は、「新たに学ぶ用語はタイトル内に存在し、本文に存在する用語によって説明される」という基本構造にもとづき構成されているものとする。

図 1 に単語の基礎発展関係の抽出手法の概要を示す。まず、教材文書におけるタイトルと本文を合わせた文書を学習項目文書とし、これらの集合となる学習項目文書群を用意する。なお、学習項目文書は学習の順番に並ぶこととする。

次に、それぞれの学習項目文書における重要語の抽出を行い、タイトルと本文の関係性に従って以下のように基礎発展関係の抽出を行う。

1. タイトルに重要語が存在する場合

タイトルに含まれる新出の重要語を発展語とし、その他の重要語を基礎語として抽出する。そして、基礎語と発展語のペアを基礎発展関係にある単語ペアとして取得する。

2. タイトルに重要語が存在しない場合

新たに学ぶ重要語がタイトルに存在しないと判断し、基礎発展関係の抽出は実施しない。

重要語が新出か既出かは、学習項目文書群内における学習項目文書の並び順から判定する。例えば、学習項目文書として、放送における教育コンテンツに付随する文書の活用を考えたとき、「1次不等式」というタイトルの放送回のあとに「いろいろな1次不等式」というタイトルの放送回が続き、その本文中で「連立1次不等式」等の発展的な内容が説明される場合がある。このような上述の教材文書の基本構造の例外にあたる文書においては、新出か既出かの判定を行うことにより、基礎発展関係が逆転した単語ペアなどを排除することができる。

提案手法における重要語の抽出数を変化させハイパーパラメータを調整した[10]。重要語は、単語の重要度を測る指標の一つである tf-idf を用いて、名詞（固有名詞、一般、サ変接続）の中から tf-idf 値が上位にあたるものを抽出する。教材文書には、NHK の「高校講座」[1]の補助教材として提供されている「学習メモ」を使用した。「数学 I」と「物理基礎」の計 80 放送回分の「学習メモ」を対象に基礎語と発展語にあたる単語を抽出して基礎発展関係にある単語ペアを取得した。基礎発展関係の正解データは、対象の教材文書から放送回ごとに基礎語と発展語にあたる単語を手で抽出し、事前に単語ペアを作成した。図 2 に教材文書の一例を示す。タイトルの「1次方程式」という単語が、本文中の「等式」や「移項」など、学習済みの単語を用いて説明されていることがわかる。提案手法における重要語の抽出数を 4~7 と変化させ、対象放送回からの取得結果に対して、Precision, Recall, F1 を算出した。図 3 に算出結果を示す。図 3 より、重要語の抽出数=5 のとき F1 が最大であるため、この値を最適値として採用した。

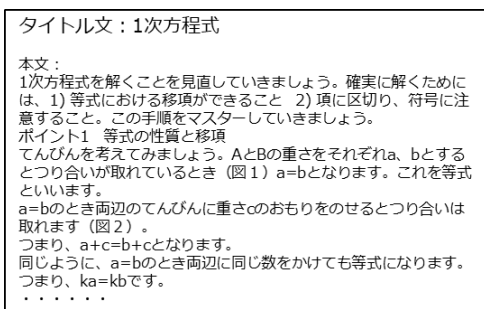


図 2 教材文書の例

Figure 2 Example of teaching material document.

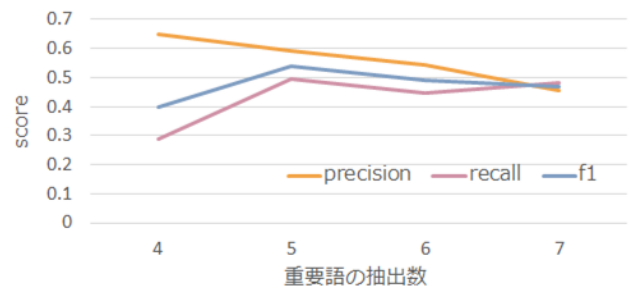


図 3 重要語抽出数を変化させた際の Precision, Recall, F1
 Figure 3 Precision, Recall, and F1-score by the number of important words.

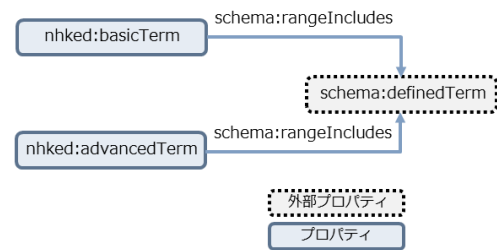


図 4 基礎発展オントロジー

Figure 4 Basic-and-advanced ontology.

3.2 基礎発展オントロジーの構築

単語の基礎発展関係の構造化を目的に、基礎発展オントロジーを構築する。本稿では、RDF によりデータの構造化を行う。RDF[11]とは、セマンティック Web 技術を支えるデータ記述形式であり、データ同士の関係に意味を記述してつなげることができ、全てのリソースをトリプル（主語・述語・目的語の三つ組の構造体）で表現する。W3C では RDF の基本語彙として RDF[12]と RDF Schema[13]を定義し、加えてオントロジー記述のための OWL[14]を定義している。また、schema.org[15]なども共通語彙として広く利用される。これらを使用してデータを構造化することは、アプリケーションによるデータの利用可能性を高めることにつながる。一方で、既知の語彙で不足する場合は、独自の語彙を定義する必要がある。

そこで、既存の語彙では単語の基礎発展関係を表現することができないため、新たに語彙を定義する。定義したオントロジーダイアグラムを図 4 に示す。なお、本稿では、nhked (<http://ontology.nhk.or.jp/>) を本オントロジーのドメインとして定義する。本オントロジーのコンセプトは、教育用に制作されたコンテンツ以外にも含むあらゆるコンテンツ間の学習順序を推定するために利用可能とするために、学習指導要領の学習目標よりも粒度が細かく、かつ応用範囲の広い「単語」ベースでの構築を行うことである。そのために、単語間の基礎発展関係にあたる「nhked:basicTerm」と「nhked:advancedTerm」というプロパティを、共通語彙の「schema:definedTerm」に関連付ける形で新たに定義する。図 5 に基礎発展オントロジーを用いた単語の基礎発展関

```
@prefix schema: <https://schema.org/> .
@prefix nhked: <https://ontology.nhk.or.jp/> .
nhked:1 次方程式
a schema:definedTerm ;
nhked:basicTerm nhked:等式, nhked:両辺, nhked:
移項, nhked:左辺 ;
nhked:advancedTerm nhked:2 次方程式 .
```

図 5 単語の基礎発展関係の構造化例

Figure 5 Example of basic-and-advanced words' relationships in turtle expression.

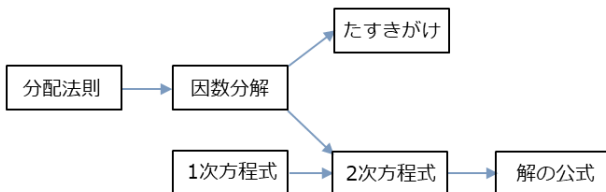


図 6 提案手法により抽出された単語の基礎発展関係の例

Figure 6 Example of basic-and-advanced words' relationships extracted by the proposed method.

係の Turtle[16]による構造化例を示す。基礎発展関係にある様々な単語ペアは、基礎発展オントロジーを活用することで、例えば「1 次方程式」を学ぶ上で基礎にあたる単語が「等式」「両辺」「移項」「左辺」であり、発展にあたる単語が「2 次方程式」であるというような意味関係を表現することが可能となる。

4. 基礎発展オントロジーを活用した教育コンテンツ選択支援システムの試作

基礎発展オントロジーと、このオントロジーを用いて構造化した単語の基礎発展関係を活用した教育コンテンツ選択支援システムの試作を行った。以下、4.1 で単語の基礎発展関係の抽出と構造化、4.2 で映像コンテンツの構造化の詳細、4.3 で学習順序にもとづいた映像コンテンツ提示のため

のコンテンツ間の学習順序の推定手法について述べる。

4.1 単語の基礎発展関係の構造化

3.1 の手法を用いて基礎発展関係の抽出を実施した。抽出に使用する教材文書は、高校講座の「数学 I」「物理基礎」「科学と人間生活」「ベーシック数学」「ベーシックサイエンス」の 5 番組、計 164 放送回分とした。

ここで、図 6 に数学 I の重要語「2 次方程式」を起点とした抽出結果の一例を示す。矢印の始点が基礎、終点が発展を表している。「分配法則→因数分解→2 次方程式→解の公式」という数学分野での学習順序の一連の関係性が抽出されていることがわかる。こうして抽出した単語の基礎発展関係を、基礎発展オントロジーを用いて構造化した。

4.2 映像コンテンツの構造化

4.1 で構造化した単語の基礎発展関係にもとづいて映像コンテンツ間の関係性を推定するために、映像コンテンツも RDF データフォーマットにより構造化を行う。図 7 に、コンテンツの RDF データの Turtle 記述例を示す。コンテンツのリソースを示す URI に対して、タイトル、キーワード、番組のエピソード番号、動画の URL、サムネイル画像の URL などを記述している。

ここで、映像コンテンツのキーワードの取得手法について述べる。映像コンテンツには、その内容を表すテキストが付与されているため、このテキストからキーワードを抽出する。本稿では、テキストを形態素解析した名詞（固有名詞、一般、サ変接続）の中から、tf-idf 値の上位 6 語をキーワードとして抽出し、RDF データ内にキーワードとして記述した。なお、すでにキーワードが与えられているコンテンツに関しては、そのキーワードを利用することとする。「高校講座」と「NHK for School」の数学系、理科系コンテンツについて、上記の方法で構造化を行った。

4.3 コンテンツ間の学習順序の推定

ここで、4.1 で構造化した単語の基礎発展関係を活用することにより、科目横断可能な学習順序にもとづいた映像コ

```
@prefix schema: <https://schema.org/> .
@prefix nhked: <https://ontology.nhk.or.jp/> .
nhked:suugaku1_archive_chapter019
a schema:TVEpisode ;
schema:name "2 次関数と 2 次関数のグラフ (2)" ;
schema:keywords nhked:グラフ, nhked:平方完成, nhked:頂点, nhked:2 次関数, nhked:係数, nhked:手順 ;
schema:episodeNumber 19 ;
schema:partOfEpisode nhked:数学 I ;
schema:url <https://www.nhk.or.jp/kokokoza/library/2020/tv/suugaku1/archive/chapter019.html> ;
schema:contentUrl <https://nhks-
vh.akamaihd.net/i/kokokoza/mov/tv/suugaku1/1614_069_01_0529.mp4/master.m3u8> ;
schema:description "数学 I の中でも難しい項目です。2 次式を平方完成と呼ばれる形に変形できることが今回、最大の目標です。手順をキチンと覚えて身につけましょう。" ;
schema:thumbnailUrl
<https://www.nhk.or.jp/kokokoza/library/2020/tv/suugaku1/archive/thumbnail/1614_069_04_0529.jpg> .
```

図 7 映像コンテンツの構造化例

Figure 7 Example of video metadata in turtle expression.

<pre>SELECT DISTINCT ?basiccontent WHERE { nhked:suugaku1_archive_chapter019 schema:keywords ?key . ?key nhked:basicTerm ?basickey . ?basiccontent schema:keywords ?basickey . FILTER(?basiccontent!=nhked:suugaku1_archive_chapter019) } ORDER BY DESC(COUNT(DISTINCT ?basickey)) LIMIT 6</pre>	<pre>SELECT DISTINCT ?advancedcontent WHERE { nhked:suugaku1_archive_chapter019 schema:keywords ?key . ?key nhked:advancedTerm ?advancedkey . ?advancedcontent schema:keywords ?advancedkey . FILTER(?advancedcontent!=nhked:suugaku1_archive_chapter019) } ORDER BY DESC(COUNT(DISTINCT ?advancedkey)) LIMIT 6</pre>
--	---

(a)

(b)

図 8 SPARQL クエリ. (a) 基礎コンテンツ SPARQL クエリ. (b) 発展コンテンツ SPARQL クエリ.

Figure 8 SPARQL queries to request (a) basic content and (b) advanced content.

コンテンツ提示が可能になる. 図 8 に, ある映像コンテンツに対して, 基礎にあたるコンテンツを取得する SPARQL[17] クエリと発展にあたるコンテンツを取得する SPARQL クエリを示す. 基礎コンテンツの SPARQL クエリ (図 8(a)) では, まず対象コンテンツが持つキーワードに対して基礎にあたる単語を取得し, 次に取得された基礎語をキーワードに持つコンテンツを基礎コンテンツとして取得する. このとき, コンテンツが持つ基礎語数の降順に並び替えて取得を行う. 発展コンテンツの SPARQL クエリ (図 8(b)) も同様に, コンテンツが持つキーワードに対して発展にあたる単語を取得し, 取得された発展語をキーワードに持つコンテンツを発展コンテンツとして取得する. このとき, 発展語数の降順に並び替えて取得を行う. なお, 本稿では基礎コンテンツ, 発展コンテンツともに上位 6 コンテンツを取得した.

このように, キーワードから学習順序を推定することで, 日々増加するコンテンツの関係性を自動的に推定することが可能となる.

5. 検証

全日制高校普通科に通う 41 名と, 通信制高校などに通う 18 名の計 59 名を対象に, オンラインで実証実験を実施した. 実験参加者には, 「教科書に沿った教育コンテンツ提示アプリケーション (以降, 既存手法と呼ぶ)」と「基礎発展関係による教育コンテンツ提示アプリケーション (以降, 提案手法と呼ぶ)」のそれぞれを体験した後にアンケートに回答してもらい, この事後アンケートをもとに比較・解析を行った.

なお, 両手法とも視聴開始時のコンテンツは, 高校講座数学 I の第 19 回「2 次関数と 2 次関数のグラフ (2)」とし, 提示される関連コンテンツを自由に選択しながら 20 分間視聴してもらうことをタスクとして設定した. また, 最初にどちらのアプリケーションを体験するかについては, ランダムに振り分けを行った. それぞれの視聴開始時の提示アプリケーション画面を図 9 に示す. 図 9(a)の既存手法では, 「基礎を確認したい」欄には視聴中コンテンツの前の回



(a)

(b)

図 9 アプリケーション画面. (a) 既存手法. (b) 提案手法.

Figure 9 Application view. (a) Videos recommended by conventional method. (b) By the proposed method.

表 1 事後アンケートの質問項目

Table 1 Items for and results of post questionnaire.

カテゴリー	No.	質問	既存手法 平均値 (標準偏差)	提案手法 平均値 (標準偏差)	p 値	
理解	1	おすすめに表示された動画は、学習内容を理解するのに有効だと思いますか	3.46 (0.57)	3.07 (0.69)	9.14E-4	
	2	おすすめに表示された動画は、対象の単元の発展的な理解を進めるのに有効だと感じましたか	2.95 (0.94)	2.71 (0.87)	0.114	
メタ認知	3	おすすめに表示された動画は、対象の単元の理解度を自覚するのに有効だと感じましたか	3.22 (0.62)	3.00 (0.79)	0.126	
	4	おすすめに表示された動画は、対象の単元を理解するための学習計画をたてるのに有効だと感じましたか	2.76 (0.75)	2.59 (0.83)	0.265	
	5	おすすめに表示された動画は、対象の単元を理解するためのポイントを見出したり、自分のわからないところを具体化するのに有効だと感じましたか	3.15 (0.64)	2.81 (0.75)	1.59E-03	
	6	おすすめに表示された動画は、対象の単元の理解を省みる(学習のやり方を見直すなど)のに有効だと感じましたか	2.95 (0.80)	2.75 (0.84)	0.122	
	7	おすすめに表示された動画は、対象の単元を理解するポイントを絞り込むのに有効だと感じましたか	3.24 (0.70)	2.73 (0.81)	5.94E-04	
	8	おすすめに表示された動画は、自分の学習方法が対象の単元を理解できるものだったかを自分で評価するのに有効だと感じましたか	2.81 (0.88)	2.73 (0.93)	0.368	
	9	おすすめに表示された動画は、対象の単元を理解する目的で学習をしやすくするために有効だと感じましたか	3.42 (0.59)	2.88 (0.83)	2.34E-04	
	興味	10	おすすめに表示された動画は、対象の単元について興味を高めるために有効だと感じましたか	3.29 (0.70)	3.29 (0.79)	0.780
		11	システムは、対象の単元を起点に興味を広げるために有効だと感じましたか	3.10 (0.82)	3.44 (0.65)	0.0154
12		おすすめに表示された動画は、対象の単元への興味を深めることに有効だと感じましたか	3.20 (0.69)	3.08 (0.82)	0.346	
その他	13	おすすめに表示された動画は、対象の単元を理解し自分の将来の目標に役立てることにに対して有効だと感じましたか	2.17 (0.77)	2.08 (0.75)	0.481	
	14	おすすめに表示された動画は、対象の単元の理解をする上で飽きずに視聴を続けるのに有効だと感じましたか	2.90 (0.86)	2.98 (0.88)	0.567	
	15	おすすめに表示された動画は、対象の単元の理解をするために自主的に動画を見ようと思えるのに有効だと感じましたか	2.93 (0.76)	2.97 (0.85)	0.692	
	16	おすすめに表示された動画は、対象の単元の理解をするために継続的に動画を見ようと思えるのに有効だと感じましたか	3.02 (0.75)	2.71 (0.89)	0.030	
	17	その他、おすすめを提示するシステムに対し、感じたことやしてほしいことがあればご回答ください				

を放送回の近い順に上段から左右の順に提示し、「もっと知りたい」欄には後の回を同様の順で提示している。図 9(b)の提案手法では、「基礎を確認したい」欄には図 8(a)の SPARQL クエリにより取得したコンテンツを上段から左右の順に提示し、「もっと知りたい」欄には図 8(b)の SPARQL クエリにより取得したコンテンツを同様の順に提示している。既存手法は、提示されるコンテンツが数学 I 内で閉じられている。一方、提案手法は、「グラフ」というキーワードを持つ数学 I のコンテンツに対する発展コンテンツとして、「等速直線運動」というキーワードを持つ物理基礎のコンテンツが提示されている。この提示は、「グラフ」の発展語が「等速直線運動」であるといった単語の基礎発展関係により可能となる。

6. 評価および考察

表 1 に事後アンケートの質問項目を示す。質問項目は大きく 4 種類に分類され、「理解に関する質問」「自身の理解状況の把握(メタ認知)に関する質問」「興味に関する質問」「継続性などその他の質問と自由記述欄」となっている。質問項目は 4 段階評価で回答された。

ウィルコクソンの符号順位検定を有意水準 5%で行った結果、No.1, No.5, No.7, No.9, No.11, No.16 に有意差が認められた。No.1, No.5, No.7, No.9, No.16 の単元の理解や単元の理解状況の把握、単元の理解のための継続的視聴など単元そのものに紐づく質問項目は、既存手法による効果が確認できる。一方で、No.11 の単元を起点とした興味の

広がりに関する質問項目については、提案手法による効果が確認できた。

また、以下に No.17 の使用したアプリケーションに対する自由記述欄のコメントを一部抜粋して紹介する。

(1) 既存手法のコメント

- おすすめの動画が学習順に表示されていて学習が進めやすいと思った。
- おすすめに出てきた動画が、全てその単元の発展もしくは基礎の内容だったので、その単元を応用した物理などの動画も出してほしいと感じた。
- 「この動画を視聴したなら、次はその知識を使ってこの動画の問題が分かるようになる」というような単元のつながりが書いてあるとより分かりやすいと感じた。
- 関連した動画など（外部のもの）のリンクを、理解を深めるために表示してほしい。
- おすすめに出てくる動画の数をもう少し増やしてほしい。10個～15個あたりにしてほしい。

(2) 提案手法のコメント

- おすすめの、特に「もっと知りたい」の部分に別の教科も含めておすすめされるところが良いと感じました。
- 今回は、関連付けてほかの教科の理解を深めやすいものであったが、一つの単元を集中して理解するには少し困難なおすすめ欄であったように感じた。よって、理解しやすいようなおすすめの動画ルートのようなものが表示されているとよいのではないかと。
- 視聴している単元の基礎を知りたい、発展を知りたい、更に発展して物理等を知りたい人のおすすめ欄と三つに分けてほしい。
- 数学の動画の関連動画で物理の動画が出てくるとは、物理に興味がある人や物理を履修している人にとってはとても良心的であると感じたが、そうでない人にとっては不必要なものだと感じた。
- 視聴している単元付近の枝分かれ図が欲しいです。

（前後の関連する単元がよりわかる）

単元そのものの学習については教科書に沿った既存手法、興味の高がりに向けては提案手法がそれぞれ有効であると確認できた一方、それぞれのアプリケーションに対するコメントからは、明示する関係性の種類や、関連コンテンツの提示数、コンテンツ間のつながりの表現方法、外部サイトとの連携などについて、ビジュアル面や機能面の改善のニーズも把握することができた。また、個人の興味や履修状況によって、「学び」の目的や対象が異なることが確認できた。そのため、個人の学びの目的を精査した上で、目的に合わせたコンテンツ提示手法の切り替えが求められる。

7. おわりに

我々は、人が学習を進める過程での単語の学習順序の関係性を「基礎発展関係」として新たに定義し、単語のつながりを表現した構造化データによりコンテンツ間の学習順序の関係性を推定する手法を提案した。本手法を組み込んだ教育コンテンツ選択支援システムを試作し、実験を行った結果、提案手法による興味の高がりへの有効性を確認した。

今後の課題は、提案手法の教育コンテンツ以外のコンテンツへの適用や、個人の状況や学びの目的に応じた提示への改良が挙げられる。

参考文献

- [1] “NHK 高校講座” . <https://www.nhk.or.jp/kokokoza/>, (参照 2022-07-21).
- [2] “NHK for School” . <http://www.nhk.or.jp/school/>, (参照 2022-07-21).
- [3] “NHK ラーニング” . <https://www.nhk.or.jp/learning/>, (参照 2022-07-21).
- [4] Urakawa, M. and Fujisawa, H.. Rikamap: An educational application using RDF-formatted learning paths. International Semantic Web Conference 2017, 2017, pp. 1–4.
- [5] Liu, D., Mikroyannidi, E. and Lee, R.. Semantic web technologies supporting the BBC Knowledge & Learning Beta Online Pages. Linked Learning Meets LinkedUp: Learning and Education with the Web of Data, 2014, pp. 1–14.
- [6] Chung, H. and Kim, J.. Ontology design for creating adaptive learning path in e-learning environment. International Multi-Conference of Engineers and Computer Scientists, 2012, vol. 1, pp. 1–4.
- [7] Chung, H. and Kim, J.. An ontological approach for semantic modeling of curriculum and syllabus in higher education. Int. J. Inf. Educ. Tech., 2016, vol. 6, no. 5, pp. 365–369.
- [8] Urakawa, M., Miyazaki, M., Fujisawa, H., Naemura, M. and Yamada, I.. Constructing Curriculum Ontology and Dynamic Learning Path Based on Resource Description Framework. International Semantic Web Conference 2016, 2016, pp. 1–4.
- [9] “りかまっぷ” . <https://www.nhk.or.jp/school/rikamap/>, (参照 2022-07-21).
- [10] 藤井翔子, 阿部晋矢, 小松佑人, 藤津智, 西村敏, 藤沢寛. 教材文書の構造にもとづく基礎発展関係の抽出. 電子情報通信学会総合大会論文集, 2022.
- [11] “RDF-Semantic Web Standards” . <http://www.w3c.org/RDF/>, (参照 2022-07-21).
- [12] “The RDF built-in vocabulary” . <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>, (参照 2022-07-21).
- [13] “The RDF Schema vocabulary” . <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>, (参照 2022-07-21).
- [14] “OWL-Semantic Web Standards” . <https://www.w3.org/OWL/>, (参照 2022-07-21).
- [15] “schema.org” . <https://schema.org/>, (参照 2022-07-21).
- [16] “RDF 1.1 Turtle” . <https://www.w3.org/TR/2014/REC-turtle-20140225/>, (参照 2022-07-21).
- [17] “SPARQL 1.1 Query Language” . <https://www.w3.org/TR/2013/REC-sparql11-query-20130321/>, (参照 2022-07-21).