

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 6 月 17 日現在

機関番号：33302

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K03154

研究課題名(和文) 知識構造の可視化と連携した演習とチャット機能を備えたSTEM学習環境の構築と分析

研究課題名(英文) Construction and analysis of STEM learning environment with exercises and chat function linked with visualization of knowledge structure

研究代表者

中村 晃 (NAKAMURA, AKIRA)

金沢工業大学・教育支援機構・教授

研究者番号：60387355

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：物理の解説ページと演習問題ページの拡充ができ、学習できる内容が増えた。解説ページから関連する演習問題のページへのハイパーリンクを自動で生成する機能が実装され演習問題へのアクセスが容易になり、学習効率を上げることができるようになった。現在対応能力を上げる取り組みを継続中であるが、すべてのページにチャットボットを実装し利用者からの質問に対して、関連するウェブページを紹介できる機能が実現できた。この2つの機能と知識構造を可視化したネットワーク図を活用することにより効率的なSTEM学習環境が実現できた。基礎物理の授業で、今回開発した物理の演習問題を取り扱ったところ、学生から高評価を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

今回、新たに取り入れた機能は、チャットボットに質問を投げかけたり、演習問題へのハイパーリンクを選択したり、能動的に学習に取り組むことにより個別学習の効率化を実現した。また、物理の演習問題を中心にコンテンツ開発を進め、学べる範囲も広がった。KIT STEMナビゲーションはインターネット上に公開されており、どなたでも利用することが可能である。コロナ禍で対面授業ができずリモートでの学習が余儀なくされたとき、STEMナビゲーションの利用は約2倍に伸びた。このように、教育のICT化が推進されている現在、無料で使えるSTEM学習環境を整えることは、情報化社会の発展に寄与でき、社会的意義はとても大きい。

研究成果の概要(英文)：The number of pages of explanations and exercises for physics has been expanded, increasing the amount of content that can be studied. A function that automatically generates hyperlinks from the explanation pages to the related exercise pages has been implemented, facilitating access to the exercise pages and improving learning efficiency. We are currently working on improving the response capability, and have implemented chatbots on all pages, which can respond to questions from users and introduce them to related web pages. By utilizing these two functions and a network diagram that visualizes the knowledge structure, an efficient STEM learning environment has been realized. The developed physics exercises were used in a basic physics class, and received high evaluation from the students.

研究分野：eラーニング

キーワード：数学 物理 知識構造 チャット機能 STEM 演習問題 eラーニング

1. 研究開始当初の背景

日々の学習は、教育者によって学習内容や学習順序が決められている教授的学習 (Instructive Learning) と学習者自身が学習内容や学習順序を決める構成的学習 (Constructive Learning) から構成されている。学校における授業は前者にあたり、分からないことを質問したり、自ら調べたりして学ぶ姿勢は後者にあたる。これらの学習方法は補完的な関係があり両者とも重要であるが、高等教育になるに従って構成的学習が重要になってくる。ところが、構成的学習に関しては、ICT (Information and Communication Technology) を活用した学習環境の構築やデータの取得が困難であるためほとんど研究がなされていない。我々は、数学 (KIT 数学ナビゲーション)、物理 (KIT 物理ナビゲーション)、工学 (KIT 工学ナビゲーション) の学習を統合した KIT STEM ナビゲーションという公開されたウェブ教材を作成し、構成的学習の研究に取り組むことにした。

2. 研究の目的

大学における数学、物理の教育現場では、大学入試の多様化によって、様々な学習履歴を有し学力にもバラツキがある学生が同じクラスで授業を受けるようになっている。このような状況で講義形式の授業だけでは学力不足の学生は授業内容を理解するのは相当困難である。教授的学習に限界が生じている。学力不足の学生が、課外で我々が開発している KIT STEM ナビゲーションを活用することによって不足している知識を、効果的にかつ効率よく自力で学び授業を理解できるようになる構成的学習環境を構築することを研究目的としている。

3. 研究の方法

- (1) KIT STEM ナビゲーションでは、物理、工学のコンテンツが不足していたので、今回の研究では物理のコンテンツの開発に注力した。解説ページだけでなく、演習問題の作成も行い、問題を解くことを通して学んだ知識の理解が深まるようにした。
- (2) 演習問題から解説ページに張られたハイパーリンクの構造を基に解説ページから演習問題のページへハイパーリンクを自動で生成する仕組みを作成し、解説ページに関連する演習問題のページへ容易にアクセスできるようにする。
- (3) 不足している知識を学ぶためのページを見つけるのが容易になるように IBM が提供している Augmented Intelligence (拡張知能) の Watson のチャットボットを利用し、学習者とのチャットによるやり取りをしながら目的の知識を修得するのに最適なウェブ教材を提案できるようにする。
- (4) 知識構造の可視化と(2)、(3)の取り組みを連携させることにより、学習の効果・効率を向上させる。

4. 研究成果

(1) 解説ページの上部に、解説ページと関連する演習問題のページにアクセスするためのハイパーリンク「問題リスト」を下図のように配置している。「問題リスト」のハイパーリンクをクリックすると問題リストのページが開く。問題リストに表示される問題は、問題のページから解説ページにハイパーリンクが張られている必要がある。問題リストのページは、プログラムで各問題のページの上部を抽出し、自動生成される。利用者は問題リストの中から、内容を確認し、学びたい問題のハイパーリンクをクリックし、問題ページにジャンプして、学習を進めることができる。図1では数学の事例を示しているが物理の解説ページにも同様の仕組みを導入した。

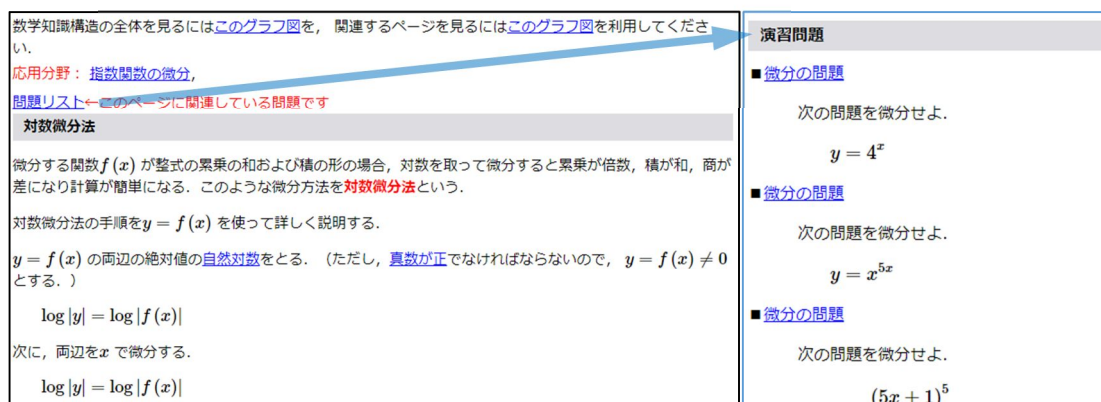


図1 数学の解説ページと問題リストの連携事例

(2) チャットボットは、特化型と一般の2種類の開発をした。特化型は、学習効果を高めるために表示内容に工夫を凝らしたもので、i) 微分に関するチャットボット、ii) 積分に関するチャット

トボット、iii)物理の振動に関するチャットボットの3つある。一般は、KIT STEMナビゲーションのコンテンツ全体をカバーするが表示は関連するページを紹介するだけの簡単なものである。両者の入力事例を図2に示す。特化型は、何を知りたいか文章で入力することを前提としているのに対し、一般の方は、キーワードだけを入力するのを前提としている。特化型のチャットボットの入力状態を確認すると、質問の意図が分かるように文章で入力するのではなく、キーワードのみの入力が多く、適切な動作をしないことが多くあった。そこで、キーワードだけの入力を前提とするが、KIT STEMナビゲーション全体をカバーする一般のチャットボットを開発することにした。KIT STEMナビゲーション全体をカバーすると対応すべき内容が特化型に比べると桁違いに増加するため、現在でも対応できていない入力に対して、対応できるように日々入力をチェックし、改善に努めている。



図2 チャットボットの表示画面

チャットボットにより紹介されたウェブページ上部に配置されている「関連するページを見るにはこのグラフ図を利用してください」のハイパーリンクをクリックすると図3で示すような現在学習している解説ページの知識を中心とした知識構造図が表示される。知識構造図の赤色の楕円は、演習問題のウェブページと対応している。他の楕円は関連する知識を掲載しているウェブページに対応している。楕円の中のテキストは、ウェブページのタイトルである。矢印は、ウェブページ間に張られているハイパーリンクに対応し、矢印の方向がハイパーリンクの方向である。タイトルが掲載されている楕円をクリックするとウェブページにジャンプする仕組みになっている。この仕組みを利用すると関連する知識を効率よく学ぶことができる。知識構造図にウェブページが表示されるためには、ページ間にハイパーリンクが張られていることが必要である。学習に効果のある知識構造図を実現するためには、どの解説ページとハイパーリンクで関連付けるかが重要となる。

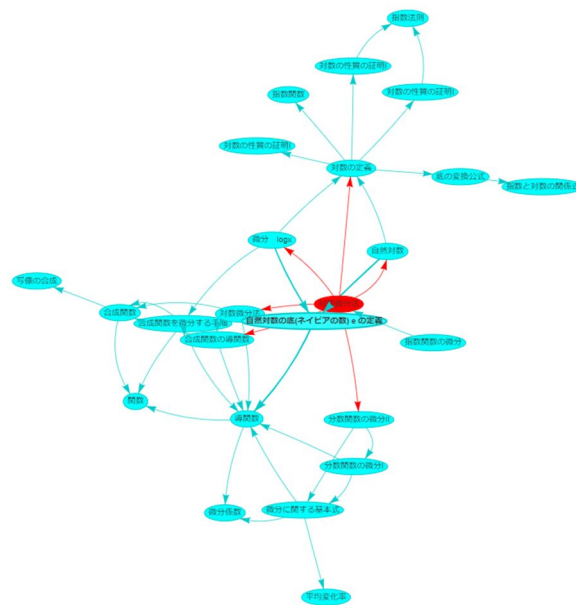


図3 解説ページを中心とした知識構造を示すグラフ図

(3) KIT STEMナビゲーションの物理(KIT物理ナビゲーション)の力学に関する演習問題を充実

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 秋山綱紀、堀晴菜、中村晃、渡辺秀治、西岡圭太、北庄司信之、堤厚博	4. 巻 29
2. 論文標題 高校生を対象とした公開講座『真空の不思議な現象を体験し、その科学を解き明かそう!』の効果	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 KIT Progress	6. 最初と最後の頁 125-135
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 秋山綱紀	4. 巻 69
2. 論文標題 物理演示実験と実験動画の導入および対面と遠隔授業におけるその効果の比較	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 工学教育	6. 最初と最後の頁 128-134
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 中村晃、西岡圭太、工藤知草、渡辺秀治、秋山綱紀
2. 発表標題 解説ページから演習問題ページに自動でリンクを生成する数学ウェブ教材 - KIT数学ナビゲーション -
3. 学会等名 第45回教育システム情報学会全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 西岡圭太、秋山綱紀、工藤知草、渡辺秀治、中村晃
2. 発表標題 遠隔授業で自由に使える物理eラーニングWebサイト - KIT 物理ナビゲーションの活用事例 -
3. 学会等名 工学教育研究講演会 第68回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 工藤知草、西岡圭太、秋山綱紀、渡辺秀治、中村晃
2. 発表標題 KIT 物理ナビゲーションの演習問題の開発 - アダプティブラーニングを支援する総合的なウェブサイトを目指して -
3. 学会等名 第45回教育システム情報学会全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 秋山綱紀
2. 発表標題 遠隔授業における物理実験動画の導入と対面授業における演示実験の場合との効果の比較
3. 学会等名 日本物理学会 第76回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 秋山綱紀、堀晴菜、中村晃、渡辺秀治、西岡圭太、北庄司信之
2. 発表標題 高校生対象の真空実験公開講座におけるeラーニングウェブサイト上の実験動画の導入
3. 学会等名 工学教育研究講演会 第68回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 秋山綱紀、工藤知草、西岡圭太、渡辺秀治、中村晃
2. 発表標題 物理のeラーニングウェブサイトへの実験動画の導入
3. 学会等名 日本物理学会 2019年秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 秋山綱紀
2. 発表標題 遠隔授業における物理実験動画の導入と、対面授業における演示実験の場合との効果の比較
3. 学会等名 日本物理学会 第76回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西岡圭太、秋山綱紀、工藤知草、渡辺秀治、中村晃
2. 発表標題 学習支援Webシステムを用いた物理演習の取り組み
3. 学会等名 日本物理学会 2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中村晃、西岡圭太、工藤知草、渡辺秀治、秋山綱紀
2. 発表標題 ウェブ教材と連動した微分の計算をアドバイスするチャットボットの開発
3. 学会等名 工学教育研究講演会 第69回年次大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<ul style="list-style-type: none"> ・KIT STEMナビゲーション https://w3e.kanazawa-it.ac.jp/math/stem/index.html ・KIT数学ナビゲーション https://w3e.kanazawa-it.ac.jp/math/index.html ・KIT物理ナビゲーション https://w3e.kanazawa-it.ac.jp/math/physics/index.html ・置換積分(このページの上部にある「問題リスト」というリンクが今回開発した新機能である) http://w3e.kanazawa-it.ac.jp/math/category/sekibun/henkan-tex.cgi?target=/math/category/sekibun/chikansekibun.html ・今回開発した新機能の演習問題リスト(上記の置換積分に関連するものである) http://w3e.kanazawa-it.ac.jp/math/cgi-bin/question_list/question_list.cgi?node=/math/category/sekibun/chikansekibun.html ・チャットボット https://w3e.kanazawa-it.ac.jp/math/chatbot/ ・物理演習問題 https://w3e.kanazawa-it.ac.jp/math/physics/exercise/henkan-tex.cgi?target=/math/physics/exercise/index.html ・物理実験動画 https://w3e.kanazawa-it.ac.jp/math/physics/movie/henkan-tex.cgi?target=/math/physics/movie/index.html

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	西岡 圭太 (NISHIOKA KEITA) (10748734)	金沢工業大学・基礎教育部・准教授 (33302)	
研究分担者	工藤 知草 (KUDO TOMOSHIGE) (90759515)	金沢工業大学・基礎教育部・准教授 (33302)	
研究分担者	渡辺 秀治 (WATANABE SHUJI) (90717555)	金沢工業大学・基礎教育部・講師 (33302)	
研究分担者	秋山 綱紀 (AKIYAMA KOKI) (00834425)	金沢工業大学・基礎教育部・講師 (33302)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関