

令和元年6月18日現在

機関番号：33302

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K01137

研究課題名(和文) ICTを活用した数学、理科、工学を統合した学習環境の開発とその効果の検証

研究課題名(英文) Development of learning environment integrating mathematics, science and engineering using ICT and verification of its effect

研究代表者

中村 晃 (Nakamura], Akira)

金沢工業大学・基礎教育部・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)：従来は大学1、2年次程度までの数学のウェブ教材を作成していたが、今回、コンテンツの分野を理科、工学の分野まで広げ、それぞれのコンテンツをハイパーリで結び付け、学習しているコンテンツ近傍の知識の関連性を、ネットワークグラフを用いて可視化するシステムを備えた工学分野の統合学習環境のプロトタイプを構築した。このことにより学習の効率や効果を高めることができたと考えている。学習評価ツールとして、学習者がどのようなページを巡回しながら学習しているかを調査するアクセスログ解析ツールを開発した。分析したところ、学習者は基礎知識から応用の知識の方向へ段階的に巡回し、理解を深めている傾向があることが分かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

数学、理科、工学の知識を統合した知識構造をネットワークグラフで可視化し、ネットワークグラフからクリックするだけで学習コンテンツにアクセスできるシステムはこれまで存在していない。開発した学習コンテンツをインターネット上に無償で公開している。誰もが、我々が開発した学習コンテンツにアクセスでき、効率よく効果的に工学分野を学習することができることは日本の工学教育に大いに貢献することができ社会的意義は著しいと思っている。実際に、日々多くの方が我々のウェブ学習教材を利用しており、多い時には1日で2万名近くになることがある。

研究成果の概要(英文)：In the past, we had created a web teaching material for mathematics up to the first and second grade of university, but this time we expanded the field of content to the field of science and engineering, and connected the contents each other with hyperlinks. We constructed a prototype of an integrated learning environment in the engineering field with a system that visualizes the relevance of knowledge using the network graph. We believe that this has made it possible to increase the efficiency and effectiveness of learning. As a learning evaluation tool, we developed an access log analysis tool that investigates what page a learner is learning while visiting. As a result of analysis, it has been found that the learner tends to gradually circulate from the basic knowledge to the direction of applied knowledge and deepen their understanding.

研究分野：eラーニング

キーワード：STEM 数学 物理 工学 知識構造 ネットワークグラフ eラーニング ウェブ教材

に対応し、ネットワークグラフの起点になっている。図1では起点のウェブページからリンクをたどって3ページ先までのウェブページが表示されている。数学の内容は水色で物理の内容は緑色で工学の内容は黄土色で表示されている。知識構造を可視化した図1を見ると外積という数学の知識が物理や工学にも関連した知識であることが容易に理解できる。このような知識構造を示すネットワークグラフを、知識を解説しているウェブページ全てからクリックするだけで動的に生成し表示できるようになっている。

(2)数学のウェブ教材の中には多くの演習問題を作成している。演習問題を解くのに必要な知識を(1)で作成した知識構造の可視化のシステムを応用して図2のような演習問題を解くために必要な基礎知識を可視化するシステムを開発した。以下に示す URL から直接アクセスすることができる。

<http://w3e.kanazawa-it.ac.jp/math/cgi-bin/graph/graph-q.cgi?node=/math/q-and-a/sekibun/question2-5.html>

赤い楕円をマウスでクリックすると問題のページを表示することができる。赤い矢印は問題のページに埋め込まれているハイパーリンクを示す。このグラフ図を見ると問題を解くのにどのような知識が必要か把握するのが容易であり、かつ、リンクの集中具合からどの知識が重要であるかもすばやく理解できる。その結果として学習の効率を上げることが可能となる。

(3)物理現象の理解を容易にするために JsxGraph(<http://jsxgraph.org/wp/index.html>)を用いて物理シミュレーションを多く作成し、物理ウェブ教材に組み込んだ。数学、理科、工学の統合した学習環境と連携させることにより、シミュレーション単独より学習効果を高めることができる。開発したシミュレーションを物理の授業で活用してその学習効果を確認している。

(4)開発した物理のウェブサイトのアクセスログ解析を行い、訪問者がどのようにウェブサイトを巡回し、物理の理解を深めるかを調べた。今回は、「等加速度直線運動」のタイトルのウェブページを少なくとも1回は訪れた訪問者のアクセスログだけを分析した。訪問者の主な巡回経路を調べた結果、訪問者は主に基礎知識から応用の知識の方向へ段階的に巡回し、理解を深めていた。さらに、機械学習の教師なし学習として知られるクラスタリングを用いて、開発したウェブサイトを分析した。その結果、「グラフを用いた等加速度直線運動の式の導出」と「積分を用いた等加速度直線運動の式の導出」のウェブページが、アクセス数が多く、ページの閲覧時間が長いグループに分類された。

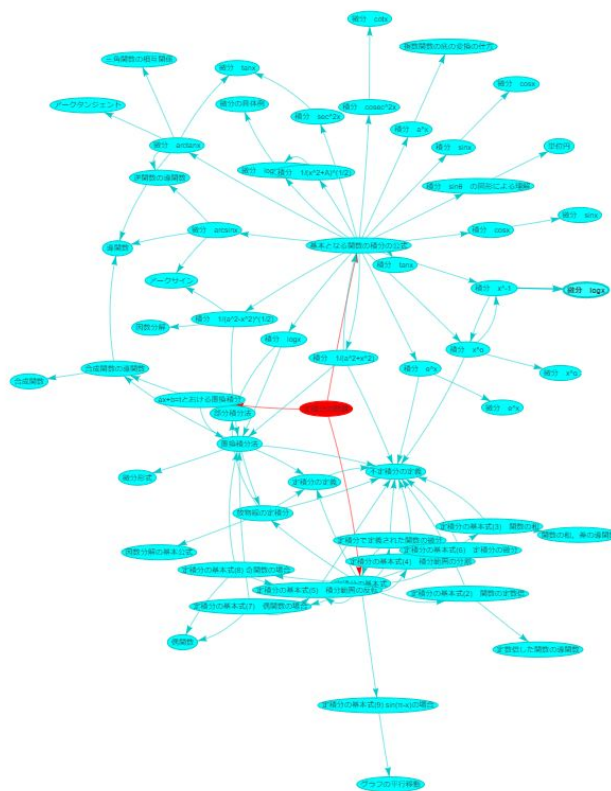


図2 $\int_{-\frac{\pi}{4}}^{\frac{\pi}{2}} \sin\left(x + \frac{\pi}{2}\right) dx$ の計算をするために必要な基礎知識の可視化

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

Akira Nakamura, Tomoshige Kudo, Keita Nishioka, Development of Visualization System of Knowledge Necessary for Solving Mathematical Questions, International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE), 査読有り, Vol.7, No.4S2, 2018, pp.305 - 309.

<https://www.ijrte.org/wp-content/uploads/papers/v7i4s2/ES20115017519.pdf>

〔学会発表〕(計11件)

Tomoshige Kudo(代表), Keita Nishioka, Akira Nakamura, Evaluation for e-Learning

Website of Physics by Browsing Path Analysis and Cluster Analysis of Access Log, International Conference on Advances Information Systems, Engineering and Applied Sciences 2019, 2019.

Akira Nakamura(代表), Tomoshige Kudo, Keita Nishioka, Development of Visualization System of Knowledge Necessary for Solving Mathematical Questions, International Conference on Research in TVET Studies 2018, 2018.

Keita Nishioka(代表), Tomoshige Kudo, Akira Nakamura, Learning Support Website for Physics by Utilizing Simulations, The Singapore Education Technology Conference 2018, 2018.

Tomoshige Kudo(代表), Keita Nishioka, Akira Nakamura, "KIT Physics Navigation" Showing Relationship Between High School and University, International Conference on Research in TVET Studies 2018, 2018.

中村晃(代表), 工藤知草, 西岡圭太, 「知識構造の可視化による STEM ウェブ学習の効率化」, 日本工学教育協会 第 66 回年次大会, 2018 年.

Akira Nakamura(代表), Tomoshige Kudo, Keita Nishioka, Development of the Visualizing System of Knowledge Structure Based on STEM e-Learning Website, The 9th International Conference on Language, Innovation, Culture & Education 2018, 2018.

Keita Nishioka(代表), Tomoshige Kudo, Akira Nakamura, "Learning Support Website of Physics with Emphasis on Connection with Mathematics," The 9th International Conference on Education, Training and Informatics (ICETI 2018), 2018

西岡圭太(代表), 工藤知草, 中村晃, 「シミュレーションを活用した物理学学習支援ウェブサイト」, 日本物理学会 第 72 回年次大会, 2017 年.

西岡圭太(代表), 工藤知草, 中村晃, 「高校・大学初年次向け物理 e-ラーニング教材の開発 - KIT 物理ナビゲーション - 」, 日本工学教育協会 第 64 回年次大会, 2016 年.

工藤知草(代表), 西岡圭太, 中村晃, 動くウェブサイト「KIT 物理ナビゲーション」の開発 (力学編), 日本物理学会 2016 秋季大会, 2016 年.

Akira Nakamura(代表), Tomoshige Kudo, Keita Nishioka, "The Concept of Self-Adaptive Integrated Web Based Learning Environment for STEM," The Fifth International Conference on E-Learning and E-Technologies in Education (ICEEE2016), 2016.

[その他]

ホームページ等

KIT 数学ナビゲーション : <http://w3e.kanazawa-it.ac.jp/math/>

KIT 物理ナビゲーション : <http://w3e.kanazawa-it.ac.jp/math/physics/index.html>

KIT 工学ナビゲーション : <http://w3e.kanazawa-it.ac.jp/math/engineering/index.html>

STEM 知識構造の可視化の一例 :

<http://w3e.kanazawa-it.ac.jp/math/cgi-bin/graph/graph.cgi?node=/math/category/vector/gaiseki.html>

演習問題を解くための基礎知識の可視化の一例 :

<http://w3e.kanazawa-it.ac.jp/math/cgi-bin/graph/graph-q.cgi?node=/math/q-and-a/sekibun/question2-5.html>

物理シミュレーションのリンク集

<http://w3e.kanazawa-it.ac.jp/math/physics/simulation/henkan-tex.cgi?target=/math/physics/simulation/index.html>

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名 : 西岡圭太

ローマ字氏名 : Keita Nishioka

所属研究機関名：金沢工業大学
部局名：基礎教育部
職名：准教授
研究者番号（8桁）：10748734

研究分担者氏名：工藤知草
ローマ字氏名：Tomoshige Kudo
所属研究機関名：金沢工業大学
部局名：基礎教育部
職名：講師
研究者番号（8桁）：90759515

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。