

## 数学知識構造のグラフとウェブ教材の連携

### Combination of Graph of Mathematical knowledge structure and Web Materials

中村 晃

Akira NAKAMURA

金沢工業大学 基礎教育部

Kanazawa Institute of Technology, Academic Foundation Programs

あらまし: 数学のウェブ教材のリンク構造を基にグラフを用いた数学の知識構造の可視化に取り組んでいる。ウェブ教材では、直線的な学習ではないため、教材全体を把握することが困難である。そこで、数学の知識構造を可視化したグラフとウェブ教材を連携することにより、数学の知識構造のどの部分を学習しているかを把握しながら学習できる環境を構築した。

キーワード: eラーニング, 可視化, グラフ, 知識構造, 数学

#### 1. はじめに

筆者は数学のオンライン参考書というコンセプトで「KIT 数学ナビゲーション<sup>(1)</sup>」というウェブ教材を開発してきた。この KIT 数学ナビゲーションは参考書部分と問題演習部分から構成されている。参考書部分のリンク構造が数学の知識構造と類似していると考えて、ウェブページをノード、ハイパーリンクをエッジとしたグラフによる数学知識構造の可視化に取り組んできた<sup>(2),(3)</sup>。可視化することにより、ウェブサイト全体を俯瞰することができ、ウェブサイトの問題点を把握しやすくなった。その結果、サイトの改善を効率よく行うことができる副産物も生じた<sup>(4)</sup>。可視化する際に実施したネットワーク解析で得られデータを活用することで、今まで不可能であった機能をウェブサイトに加えることが可能となる。本論文では、新たに取り組んでいる可視化した数学知識構造と KIT 数学ナビゲーションのウェブページとの連携について報告する。

#### 2. KIT 数学ナビゲーションについて

KIT 数学ナビゲーションでは、1 ページ 1 テーマというコンパクトなページ作りをしている。言い換えると、1 つの数学の要素知識を 1 ページにまとめている。要素知識の解説で他の要素知識と関連する場合はハイパーリンクを張り、クリックするだけで参照できるようにしている。ハイパーリンクは知識の参照に使われているのでハイパーリンクの方向は応用的な知識が記載されているページから基本的な知識が記載されているページに向かっている。このような作成方法によりウェブ教材の長所である検索とハイパーリンクを活用でき、効率よく学習することが可能である。各ページ間に張られたハイパーリンクの構造が数学の知識構造に対応していると考えている。

KIT 数学ナビゲーションはインターネット上に公開しており、アクセスログの解析の結果によると、平成 26 年 5 月の実績では平日でおよそ 7 千名の利用者がいる。利用者の約 80% が google などの検索エン

ジンからのアクセスである<sup>(5)</sup>。

#### 3. リンク・バック・ラーニング

KIT 数学ナビゲーションを検索経由で利用している学習者の KIT 数学ナビゲーションでの学習目的は検索キーワードと強い関係があると想定される。学習目的のページの内容を読んで不明な点があればハイパーリンクが張られている参照ページで更に学習を進めることになる。言い換えると、検索を利用した学習者は目標の地点から学習を始め、分からない部分があればリンクをたどりながら基礎に向かって立ち返り学習をしていくことになる。筆者はこのような学習方法を「リンク・バック・ラーニング<sup>(6)</sup>」と呼んでいる。図 1 に従来の積み上げ学習と対比したリンク・バック・ラーニングの概念図を示す。

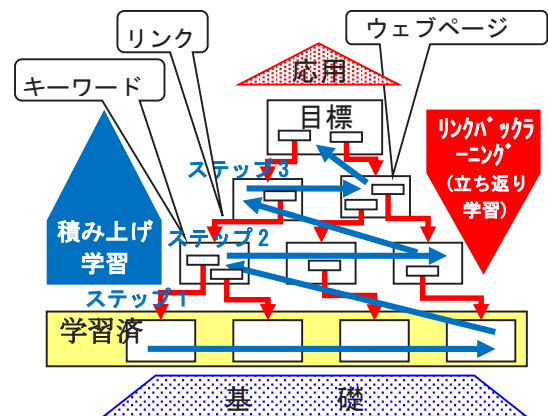


図 1 リンク・バック・ラーニングの概念図

#### 4. グラフとウェブサイトの連携

KIT 数学ナビゲーションのハイパーリンクの構造では、応用から基礎に向かって学習するのは容易であるが、基礎から応用に向かって学習するのが困難であるという問題点を抱えていた。

##### 4.1 グラフからウェブページへのリンク

ウェブページをノード、ハイパーリンクをエッジ、

ページタイトルをノードラベルとしたグラフによる数学知識構造の可視化を試み、その成果を公開している<sup>(7)</sup>。グラフの作成には Gephi<sup>(8)</sup>を使い、グラフのインターネット上への公開には、JavaScript GEXF Viewer for Gephi<sup>(9)</sup>を利用している。この Viewer はいろいろな機能を具備しているが、Viewer から KIT 数学ナビゲーションへのハイパーリンクを張る機能はない。そのため、数学の知識構造を俯瞰しながら KIT 数学ナビゲーションを用いて数学を学習するのに手間がかかった。そこで、選択したウェブページ(ノード)をクリックすることでウェブページを閲覧できるように Viewer ソフトに機能を付加した。図 2 は「三角関数の定義」を選択した状態の数学知識構造のグラフである。左端のメニュー欄の最上部に KIT 数学ナビゲーションの三角関数の定義を記載しているページへのハイパーリンクがある。その下に、Inbound Links (選択したページにリンクを張っているページのリスト) と Outbound Links (選択したページからリンクを張っているページのリスト) があり、そのリストの 1 つをクリックすると、そのページが選択された状態になる。Inbound Links のリストを利用すると選択したページより応用的なページを容易に確認でき、かつ、その内容を記載したウェブページをクリックするだけで参照することができる。



図 2 数学知識構造のグラフ

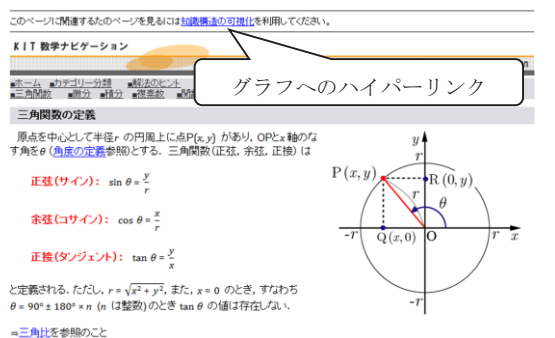


図 3 三角関数の定義を記載しているページのスクリーンショット

## 4.2 ウェブページからグラフへのリンク

数学ナビゲーションのシステムに変更を加え、現在閲覧しているページから、現在閲覧しているページが選択されている状態の数学知識構造のグラフが表示できるハイパーリンクをページ上部に設置した (図 3 を参照)。

## 5. 連携効果

KIT 数学ナビゲーションの参考書部分のページ数は約 800 ページである。これだけ大規模なサイトになると、サイトマップとメニューバーだけでは全体を俯瞰することができず目的のページを探すのに時間がかかる場合が多い。サイトの全体を俯瞰できるグラフによる可視化を利用すると、閲覧しているページがサイトのどの部分にあたるのか (今回の場合は数学の知識構造のどの部分に当たるのか) を可視化したグラフ上のリンクをクリックするだけで容易に確認することができる。しかも、Inbound Links と Outbound Links のリストを利用すると、基礎に立ち返るだけでなく、学習している項目の応用分野もクリックするだけで参照できるようになり、学習効率が上がるだけでなく、学習に対するモチベーションの向上にも繋がると期待できる。

## 6. 謝辞

本研究は JSPS 科研費 25350359 の助成を受けたものです。

### 参考文献

- (1) “KIT 数学ナビゲーション”  
<http://w3e.kanazawa-it.ac.jp/math/>
- (2) 中村 晃: “数学知識構造の可視化”, 教育システム情報学会 第 38 回全国大会論文集, pp.163-164 (2013)
- (3) Nakamura, Akira: “Visualization of Knowledge Structure of Mathematics”, Proceeding of International Symposium on Education, Psychology, Society and Tourism (ISEPST), pp.1533-1536 (2014)
- (4) 中村 晃: “知識構造の可視化を利用したウェブ教材の改善”, 日本工学協会 第 62 回年次大会講演会論文集掲載予定
- (5) Nakamura, Akira: “Log Analysis of Mobile User Behavior for a Public-Facing Math e-Learning Site”, GSTF International Journal on Education, Vol.1, No.2, pp.38-42 (2013)
- (6) 中村晃: “KIT 数学ナビゲーションを活用したリンク・バック・ラーニング”, 工学教育研究 KIT progress, No.12, pp.29-38 (2007)
- (7) “数学知識構造の可視化”,  
<http://w3e.kanazawa-it.ac.jp/math/gexf-js/index.cgi>.
- (8) “Gephi”, <https://gephi.org/>
- (9) “JavaScript GEXF Viewer for Gephi”,  
<https://github.com/raphv/gexf-js>