

数学知識構造の可視化

Visualization of Mathematical knowledge structure

中村 晃

Akira NAKAMURA

金沢工業大学基礎教育部

Academic Foundation Programs, Kanazawa Institute of Technology

Email: n.akira@neptune.kanazawa-it.ac.jp

あらまし：筆者らが作成している数学の学習サイト「KIT 数学ナビゲーション」の各ページ間に張られたリンクによって形成されるネットワーク構造が数多くの数学の要素知識を基に形成されている数学知識構造に対応していると考え、サイトのネットワーク構造を解析し、グラフ作成ソフトを用いて数学知識構造の可視化を試みた。

キーワード：数学，グラフ，可視化，ネットワーク構造

1. はじめに

ウェブページはハイパーリンクでページ間が関連付けられたネットワーク構造を有しワールドワイドウェブ (World Wide Web 略して WWW) と言われている。ウェブページをノード、ハイパーリンクをエッジと捉えてグラフ理論により WWW のネットワーク構造解析がさかんに行われている。例えば google などの検索エンジンのデータ処理にもグラフ理論が使われている。一方、数学は知識が体系化されており基礎的な知識を元に応用的な知識が構築された知識構造を有する。数学の要素知識をノード、要素知識間の関係性をエッジと捉えるとグラフ理論による解析が可能となる。そこで、本稿では筆者らが開発している「KIT 数学ナビゲーション」⁽¹⁾ という数学の学習サイトのリンク構造を基に数学の知識構造をフラグ化し可視化の試みを紹介する。

従来の書籍による直線的な学びでは、既に学んだ知識構造を把握できても学んだことがどのようなことに応用されているのか知ることは容易ではなく、学習動機を高め難い。また、書籍では基礎的な内容は既に学んで知っていることを前提として書いているためこれから学ぶ知識がどのような知識を基に構築されているか把握することも困難で新しい知識を学習する障害にもなっている。知識構造をグラフにより可視化できると書籍を基にした学習の欠点を補うことができると考えている。

2. KIT 数学ナビゲーション

「KIT 数学ナビゲーション」は筆者らが開発している数学学習用のウェブサイトで一般に公開している。サイトのコンセプトはオンライン参考書で、数学の知識を解説しているページと数学の問題とその解説をしているページから構成されえている。利用者の多くは検索エンジン経由で利用している⁽²⁾。1 ページ 1 テーマ (1つの要素知識) で解説ページを作成し、ページタイトルはそのテーマを表す数学术語を用いるようにしている。解説している文章中に

出てくる数学术語にはリンクを張り参照できるようにしている (図 1 参照)。そのため KIT 数学ナビゲーションのサイトのリンク構造が数学の知識構造と対応していると言える。

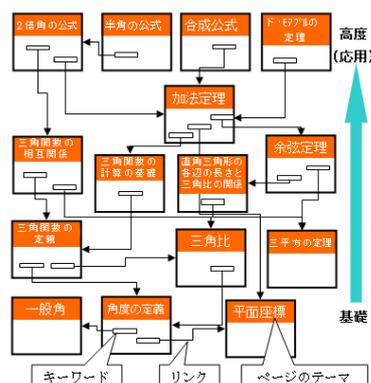


図 1 リンク構造の一例

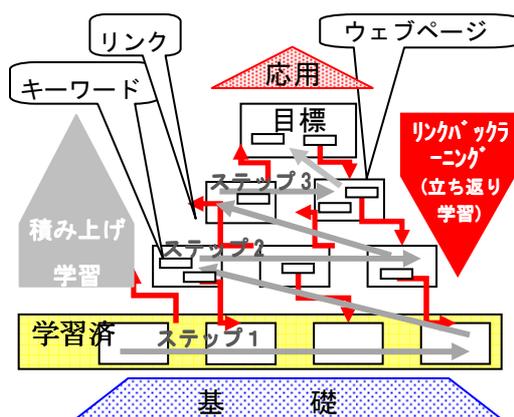


図 2 リンク・バック・ラーニングの

さらにこのリンク構造により目的の知識を習得する際にはリンクを参照しながら基礎に立ち回りながら数学を学習することが可能である。このようにリンクをたどりながら学習するスタイルをリンク・バック・ラーニング⁽³⁾と筆者らは呼ぶことにしている。従来の書籍による積み上げ学習と対比してリンク・

バック・ラーニングを説明した概念図を図2に示す。

3. 数学知識構造の可視化

数学の知識構造を示すグラフの可視化にはオープンソースの Gephi⁽⁴⁾を使用した。

3.1 グラフ用データの作成

Gephiでグラフを生成するためのデータ作成方法を以下に示す。

- [1] PHP と MySQL を用いて作成したクローラプログラムでノードとなるKIT 数学ナビゲーションの全ページの URL を収集する。
- [2] 各ページのリンクを抽出しリンク元の URL とリンク先の URL が対になったデータを作成する
- [3] 知識構造に関係のないメニューページ, 索引ページや問題ページなどのデータを消去する。

表1に今回作成したデータの一部を示す。抽出したノードの数は669, エッジは1504であった。

表1 グラフ用データの一例

リンク元の URL のパス	リンク先の URL のパス
/math/category/bibun/bibunhouteisiki/bernoulli-no-bibun-eq.html	/math/category/bibun/bibunhouteisiki/bibunhouteisiki.html
/math/category/bibun/bibunhouteisiki/bernoulli-no-bibun-eq.html	/math/category/bibun/bibunhouteisiki/hensuibunrikei.html
/math/category/bibun/bibunhouteisiki/bernoulli-no-bibun-eq.html	/math/category/bibun/bibunhouteisiki/ikkai_senkei_bibun_eq.html
/math/category/bibun/bibunhouteisiki/bernoulli-no-bibun-eq.html	/math/category/bibun/bibunhouteisiki/kai.html

3.2 数学の知識構造を示すグラフ

図3にKIT 数学ナビゲーションのサイトのリンク構造から作成した数学の知識構造のグラフを、図4にその拡大図を示す。ノードの大きさは入力次数, すなわちそのページへのリンクを張っているページ数が多いと大きく表示されるように設定している。大きなノードのページはベクトルや単位円や定積分の基本式など重要な基礎知識になっている。エッジの矢印はリンクの方向でリンク元のページからリンク先のページに向かっている有効グラフになっている。同一ページからのリンクが多いとエッジの矢印が太くなっている。このグラフからある数学の要素知識がどのような要素知識から形成され, どのような知識の基になっているかを把握することができる。

今回は日本語の表示が不安定であったためグラフのラベルの表示にはページの URL のパスを表示している。将来はページタイトルを表示できるようにし, 数学の知識構造をより把握しやすくする予定である。また, Gephi のグラフ表示機能には多くのオプションが用意されているので, 更にわかりやすい表示方法も試みる予定である。

作成したグラフを見ると他の要素知識群からのリンクがない孤立している要素知識の集合が幾つか発見された。これはページを作成した際に適切なリンクが張られていないページでリンク・バック・ラーニングの妨げになることが分かった。

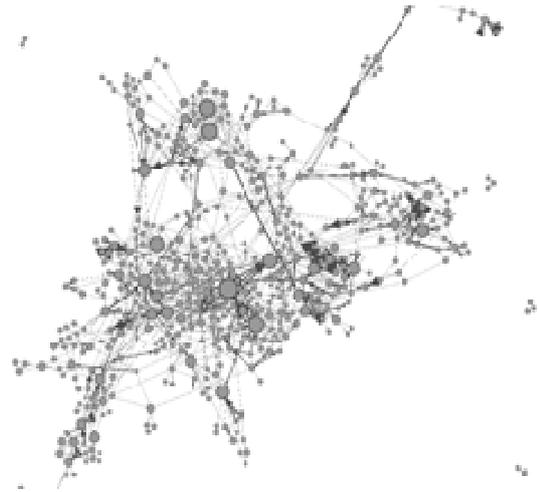


図3 グラフの概要



図4 グラフの拡大図

4. おわりに

KIT 数学ナビゲーションのネットワーク構造を解析しグラフで可視化することにより数学の知識構造の把握が容易になった。また, ネットワーク構造を可視化することにより教材開発で重要であると考えているリンクの張り方の問題点も明らかになった。今後, 今回確認できた問題点を改善し, より完成度の高い数学知識構造の可視化に取り組む予定である。

参考文献

- (1) Nakamura, A.: "Usage analysis of the free math learning site", Proceedings of the Shanghai International Conference on Social Science, Shanghai, China, pp.666-673 (2012)
- (2) <http://w3e.kanazawa-it.ac.jp/math/>
- (3) 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)
- (4) <http://oss.infoscience.co.jp/gephi/gephi.org/index.html>