

フォークソノミーを用いた講義選択知識の抽出

西島 寛[†] 荒井 幸代^{††} 檜垣 泰彦^{††} 土屋 俊^{†††}

[†] 千葉大学大学院人文社会科学部, 〒263-8522 千葉市稲毛区弥生町 1-33

^{††} 千葉大学大学院工学部, 〒263-8522 千葉市稲毛区弥生町 1-33

^{†††} 千葉大学文学部, 〒263-8522 千葉市稲毛区弥生町 1-33

E-mail: †{hnisiji,tutiya}@cogsci.l.chiba-u.ac.jp, ††{arai,higaki}@tu.chiba-u.ac.jp

あらまし 大学における履修講義の選択は、シラバスによって提供される講義内容や必修・選択の区分、開講時期に加えて、学生間の口コミなどによる情報に基づいて決定するのが一般的である。本稿では、学生によるボトムアップな情報を統合することによって、学生間における講義選択知識の抽出をおこなう。具体的には、学生自身が付与する「講義を抽象するソーシャルタグ」と「関連の深い講義間のソーシャルリンク」を用いて講義に関するフォークソノミーを創出し、ソーシャルリンクとソーシャルタグの共起によるネットワークを生成した。これを用いて PageRank による中心的な講義の抽出と SDC 法によるクラスターの抽出をおこない、講義選択知識から学生の観点からなされる分類と履修が推奨される講義の抽出をおこなった。

キーワード フォークソノミー, ソーシャルリンク, ソーシャルタグ, ネットワーク分析, PageRank, SDC 法

Folksonomic extraction of knowledge for course selection

Hiroshi NISHIJIMA[†], Sachiyo ARAI^{††}, Yasuhiko HIGAKI^{††}, and Syun TUTIYA^{†††}

[†] Graduate School of Social Sciences and Humanities, Chiba University

^{††} Graduate School of Engineering, Chiba University

^{†††} Faculty of Letters, Chiba University

E-mail: †{hnisiji,tutiya}@cogsci.l.chiba-u.ac.jp, ††{arai,higaki}@tu.chiba-u.ac.jp

Abstract University students generally rely on the information through word of mouth among themselves, course descriptions, and other administrative information (i. e., distinction between required and optional credits) in course selection. The present article proposes a decision support system for course selection which makes an integrated use of the information emerged from word of mouth among students. In particular, we firstly built folksonomy about courses with social tags that briefly summarize the courses and social links that associate potentially interrelated courses. Secondly, we created networks of courses with the social links and the co-occurrence social tags. We, then, extracted the central courses by using PageRank and the clusters of courses by SD-cluster analysis. The users of our pilot decision support system indicated that the information on course-network has been useful in their course selections.

Key words Folksonomy, Social Link, Social Tag, Network Analysis, PageRank, SD Clustering

1. はじめに

大学における学生の履修講義の選択は、シラバスによって提供される講義内容や必修・選択の区分、開講時期に加えて、学生間の口コミなどによる情報に基づいて決定するのが一般的である。講義シラバスによって提供される講義の内容は開講学科や開講日時、担当教員の所属などにより分類されており、主として教員側の運営者の視点に基づいて分類される。これらの分類には利用者、すなわち学生側の視点は反映されておらず、必

ずしも利用者にとってこの分類が効果的であるとは限らない。

講義シラバスではこれらの分類以外に、講義の探索のための全文検索が用意されていることもある。しかしながら、対象分野の知識が浅い学生にとって、「教育」などのあまりにも一般的なキーワードでの検索や、類義語が検索に反映されないなどの問題により必ずしも満足のいく結果が得られるものではない。この問題は同じく学生が使用するデータベースである大学付属図書館での書誌データの検索において報告されており [1], シラバスにおいても同様の問題が発生していると推測される。その

ため、全文検索が学生にとって講義選択における有益な情報を提供する手段としては十分に機能していないと言える。

このような問題を解決する一つの手段として、学生の口コミのような体系化されていない講義選択知識を活用することが考えられる。本研究では学生の講義選択知識を利用するため、それら収集し得られる講義の分類に関する検討をおこなった。以下第2章では学生の講義選択知識を収集する手法として、フォークソノミーの創出手法を検討し、第3章では試作システムとそれを利用した検証実験の結果と考察を述べる。最後に、検証実験の結果をふまえた試作システムを実用化するための指針について議論する。

2. フォークソノミーの創出

既存の講義シラバスにおけるコンテンツの分類は管理者によるトップダウンなものである。これとは対照的に利用者側からボトムアップに創発される分類をフォークソノミー (Folksonomy) と呼ぶ。本章ではフォークソノミーの創発を支援するシステムに関して取り上げる。

2.1 Social Tag

フォークソノミーの創出には、コンテンツに対して利用者がタグと呼ばれるキーワードを付与することで分類をおこなう Social Tag が広く用いられている。

Social Tag を利用したフォークソノミーを提供するサービスとして Connotea [2] がある。Connotea は利用者が Web サイトにタグやコメントを付与してシステムに登録し、それを利用者全体で共有するソーシャルブックマークサービスの一つである。Connotea は様々な参考文献のフォーマットで利用者が登録した内容をダウンロードできる機能を有するなど、ソーシャルブックマークサービスの中でも学術的なコンテンツの共有に特化したサービスである。

このサービスではシステムに登録された情報を利用者全体で共有する。ここでは、登録された Web サイトの一覧やそれぞれの Web サイトに付与されたコメントやタグ、システム全体で登録されたタグ、それぞれのユーザの登録した Web サイトの一覧を閲覧することができる。そして、登録された Web サイトは共有されたタグから探すことができ、興味のあるタグを選ぶことで関連する Web サイトに到達できる。このシステムによって、興味のある情報を効果的に収集することが可能になる。しかし、タグの付与のみではコンテンツ間の等価関係や階層関係などの意味論上の構造的な関係を扱うことができないため、タグのつながりが表す意味と、コンテンツのつながりがあらわす意味が必ずしも対応しないことがある。

2.2 Social Link

Social Link とはフォークソノミーを創出する手法の一つであり、利用者が関係あると判断した複数のコンテンツ同士にリンクを付与し、それを利用者間で共有する仕組みである [3]。Social Link では Social Tag とは異なり、利用者が複数のコンテンツの内容にそって関連性の有無を判断する。そのため、Social Tag よりも明示的にコンテンツ間のつながりが示される。この手法はフォークソノミーの実装としてはあまり用いられて

おらず、その特徴についても議論されている段階である [4]。

3. 検証実験

本研究では、Social Tag と Social Link を利用し学生の講義選択知識を収集するシステムの試作と、それによって得られたタグとリンクの分析をおこなった。本章では試作システムの実装と検証実験の結果と考察を述べる。

3.1 システムの実装

試作システムでは、ある講義をシステムに登録し、登録する際にタグとリンクを付与する実装とした。タグはスペース区切りで入力することにより複数付与することができ、また同一のタグを複数回入力することはできない。多くの学生にとってタグは馴染みが薄く、入力するタグの選定が難しいため「サンプルタグ」という形でシステムに登録されているタグの一覧を表示し、そこから選択することができる実装とした。また「ウェブ」と「Web」など、同一の意味を表すタグが複数現れることを避けるため、自分が登録したタグの一覧から登録するタグを選択できる機能を実現した。

Social Link を登録する際には、利用者がある講義に対して『関連科目』という形で他の講義へのリンクを付与する。これにより、有向リンクを付与することができる Social Link を実現した。Social Link に登録する講義は講義の一覧から利用者が関連科目に登録する講義を1つ、または複数選択する。関連科目に登録できる講義科目が膨大であるため、関連科目を付与することは難しい作業であると考えられる。そのため、一覧に登録する講義と同じ開講学科の講義を優先的に表示した。また、利用者が登録している講義や、講義科目名・担当教員名、登録されているタグで絞り込みをおこなえるようにし、Social Link を付与しやすいうように配慮した。

3.2 講義ネットワークの分析

本研究では、2つの講義に同じタグが付与されている状態を仮想リンクとして扱い、Social Link により示されたリンクと併せて分析をおこなう。講義知識という観点で考えた場合、学生の観点からなされる講義の分類と、同じ分類に含まれる講義の中で履修が推奨される講義という二点が重要な知識であると考えられる。まず、推奨される講義の抽出には、Social Link によるリンクを利用し、Page ら [5](1999) が提案した PageRank Citation Ranking を用いた。

また、Social Link によるネットワークだけでなく、Social Tag による仮想リンクを用いた弱いリンクのカットによるコミュニティの抽出による講義の分類をおこなった。具体的な手法としては、松尾ら [6](2002) が提案した SDC (Star and Diamond Clustering) 法を用いる。SDC 法はクラスター係数 C を最大化するようリンクをカットする手法である。完全グラフや、ハブとなるノードから他のノードへリンクを持つ星形の部分グラフを効果的に抽出できる。

Social Link, Social Tag による講義のネットワークを考えたとき、完全グラフはそれぞれの講義間につながりがあるため、含まれている講義はそれぞれ併せて受講することが有益な講義だと考えられる。またハブとなる講義を中心としたネットワー

クは、ハブになっている講義が基礎的な授業であり、リンクされている他の講義が発展的な内容を取り扱っている場合など、ネットワーク上でハブとなっている講義を受講してから他の講義を履修することが有益だと考えられる。本研究では、この2つの点に着目して考察をおこなう。

千葉大学工学部都市環境システム学科は都市環境や都市設計・建築などのデザインを専攻する第1講座、防災やエネルギー、材料等の環境基盤工学を専攻する第2講座、情報処理や通信等を専攻する第3講座の3つの講座から構成されており^(注1)、それぞれの講座は履修を推奨する講義の情報を提供している。各講座で提供している講義の情報と Social Link, Social Tag によって得られたクラスターがある程度一致していれば、Social Link, Social Tag によって得られる分類が妥当であると考えられる。

3.3 方法

Social Tag と Social Link を用いた学生によるボトムアップな講義分類の検証をおこなった。参加者は千葉大学工学部都市環境システム学科の3年生以上の学生33人であった。学生が Web 上でシステムへの講義の登録をおこない、その際に登録する講義を代表するキーワードであるタグと、その講義とつながりがあると考えられるほかの講義へのリンクの付与をおこなった。

3.4 結果

3.4.1 システムの利用状況

本システムでは利用者が講義にタグ、関連科目を付与して『My シラバス』に登録する。『My シラバス』に登録された講義は182個であった。また、『My シラバス』への登録は全利用者で合わせて606回行われた。登録件数が多かった講義のうち上位11件を表1に示した。もっとも多く登録された講義のべ125回33種類のタグが付与された。講義に対して複数の利用者間で同一のタグが付与されており、講義に対するイメージが利用者間で共有されていると考えられる。また、関連科目は登録数が多くても付与されていない場合が見受けられた。特に「都市環境システムセミナー」という講義では14人が『My シラバス』に登録しているにもかかわらず、関連科目が登録されなかった。

表1 登録数の多かった講義(上位11件)

科目名	登録タグ付与数(種類)	関連科目数(種類)
情報理論	20 125(33)	10(4)
グラフ理論	19 107(35)	11(6)
信頼性工学	18 73(27)	10(8)
プログラミング言語	17 56(18)	6(1)
専門英語 I	16 116(27)	3(2)
環境文化論	15 33(20)	4(3)
都市環境基礎演習 II	15 75(35)	8(4)
都市環境システムセミナー	14 47(16)	0(0)
マルチメディア論	13 46(18)	9(8)
システム評価	13 42(18)	3(3)
都市環境基礎演習 I	12 58(27)	8(5)

(注1)：現在は4領域構成となっている。

得られた関連科目は利用者全体で159回登録され、77種類の関連科目が得られた。また、タグは利用者全体で1596回登録され、536種類のタグが得られた。このように、タグに比べ関連科目は付与された数が少なかった。

3.4.2 Social Tag

本研究では講義間での同じタグの共起によるリンクを仮想的リンクとして扱う。これによって得られるネットワークのうち講義をノード、講義間に付与されたリンクをエッジと定義した。タグの付与によって739本のエッジが得られた。

タグに関しては共起により表される関係に着目することで以下の3種類への分類をおこなった。

内容タグ「グラフ理論」のように講義内容に関するタグ

実態タグ「レポート」や「難しい」など講義の形態と関連のない講義の形態や感想のタグ

分類タグ「Public」や「Private」などの利用者自身が自らのために講義を分類するために使用するタグ

それぞれの個数と仮想的リンクにより形成されたネットワークに含まれるエッジとノードの数を表2に示した。本実験では内容タグが多く得られた。

なお、分類タグは得られた個数が少なかったため、今回の分析の対象としなかった。以下仮想的リンクによるネットワークを示す。ネットワーク図では、都市環境や都市設計・建築やデザインを専攻する第1講座の講義のノードを四角形、防災やエネルギー、材料等の環境基盤工学を専攻する第2講座の講義のノードを円形、情報処理や通信等を専攻する第3講座の講義のノードを六角形、都市環境システム学科以外の講義のノードを角丸四角形で表す。

内容タグによるネットワークからクラスター係数が最大になるようSDC法により247本のエッジを除去したものが図1である。このネットワークから6つのクラスターが観察された。それぞれのクラスターは都市計画の社会的背景やルールに関する講義が含まれるもの(①)、英語を取り扱う講義が含まれるもの(②)、システム、通信、解析、材料工学を扱う講義が含まれるもの(③)、プログラミングや情報処理に関する講義が含まれるもの(④)、防災や建築に関する講義が主に含まれるもの(⑤)、デザインや建築に関する講義で構成されるもの(⑥)であった。⑤のクラスターは3つの完全グラフによって構成されていた。最上部の完全グラフと上部の完全グラフは第3講座の講義で形成されており、それぞれ通信や回路に関する講義、システムやネットワークに関する講義で構成されていた。また下部の完全グラフは第3講座と第2講座の講義によって構成されており、解析や材料工学の講義が含まれていた。また、①、⑥のクラスターは主に第1講座の講義、⑤のクラスターは主に第2講座の講義、④の講義は主に第3講座の講義で構成されていた。こ

表2 種類別のタグの登録状況と形成されたネットワーク

タグの種類	登録数(種類)	ノード数	エッジ数
内容タグ	1281(413)	135	584
実態タグ	309(120)	71	197
分類タグ	6(3)	2	1

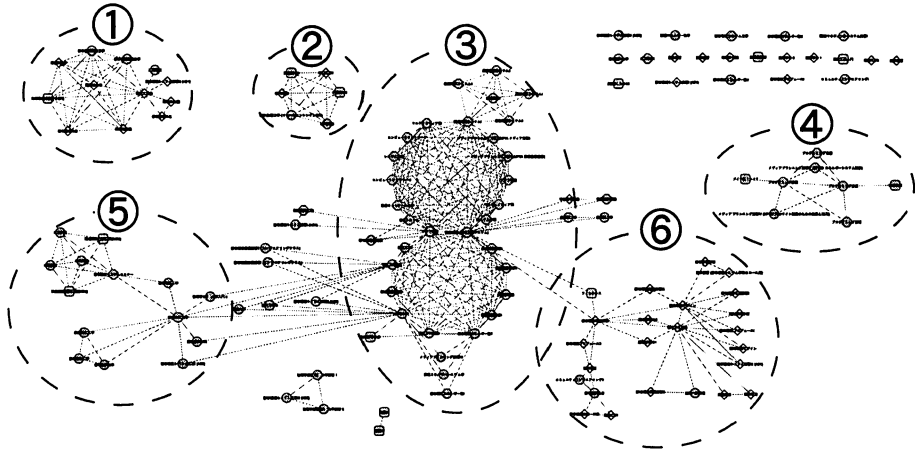


図 1 SDC 法により抽出された内容タグによるネットワーク

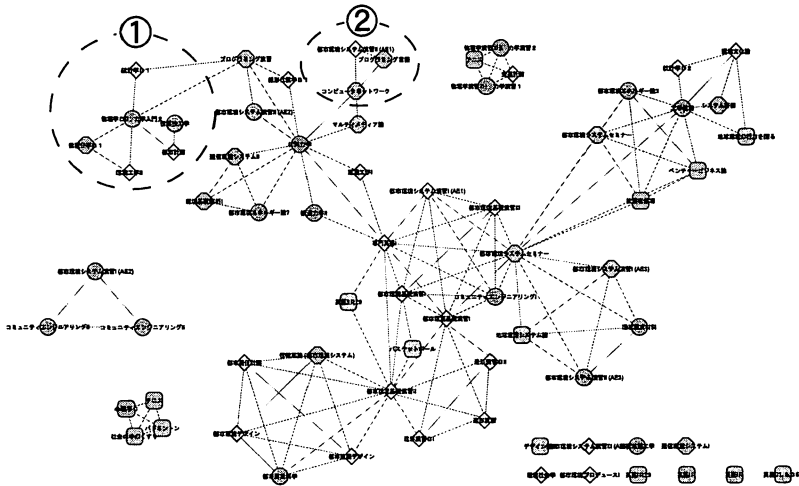


図 2 SDC 法により抽出された実態タグによるネットワーク

のように各講座のクラスターが得られた。

①, ②, ③, ⑤のクラスターは完全グラフを含んでいた。それぞれの完全グラフは「環境問題」(①), 「英語」(②), 「電磁気学」(③最上部), 「ネットワーク」(③上部), 「数学」(③下部), 「研究」(⑤左部) というタグによるリンクで形成されていた。

また, 各クラスターでハブとなっていた講義は「都市文化論」(①), 「通信環境システム I」「グラフ理論」「情報理論」(③), 「プログラミング演習」「プログラミング言語」(④), 「都市環境システムセミナー」「都市防災科学」(⑤), 「都市環境基礎演習 I」「都市環境デザイン」「都市居住計画」(⑥)であった。これらの講義はどれも 2 年次までに履修することが推奨されており, 基礎に位置づけられる講義であった。

クラスター係数が最大になるよう, 実態タグによるネットワークから SDC 法により 67 本のエッジを除去したものが図 2 である。完全グラフが抽出された部分は, 「実験」や「グループワーク」, 「スライド」などの講義の形態に関するタグでリンクが形成されていた。①, ②の部分は「テスト重視」「テスト対

策大変」「レポート微妙にむずい」「独学の必要性あり」など, 講義を受けた上での感想のタグでリンクが形成されていた。

3.4.3 Social Link

リンクによって 77 科目が関連づけられた。得られた講義のネットワークを図 3 に示した。図 3 では, 都市環境や都市設計・建築やデザインを専攻する第 1 講座の講義のノードを四角形, 防災やエネルギー, 材料等の環境基盤工学を専攻する第 2 講座の講義のノードを円形, 情報処理や通信等を専攻する第 3 講座の講義のノードを六角形, 都市環境システム学科以外の科目を角丸四角形で表した。

図 3 から Social Link の付与によって 6 つの大きなクラスターが得られたことがわかる。それぞれプログラミングや情報処理, 統計, 環境に関する講義が含まれるクラスター (①), 構造力学や材料力学などの講義が含まれるクラスター (②), 建築やデザインに関する講義が含まれるクラスター (③), 都市計画の社会的背景やルールに関する講義が含まれるクラスター (④), 通信に関する講義が含まれる中央下部のクラスター (⑤), エネ

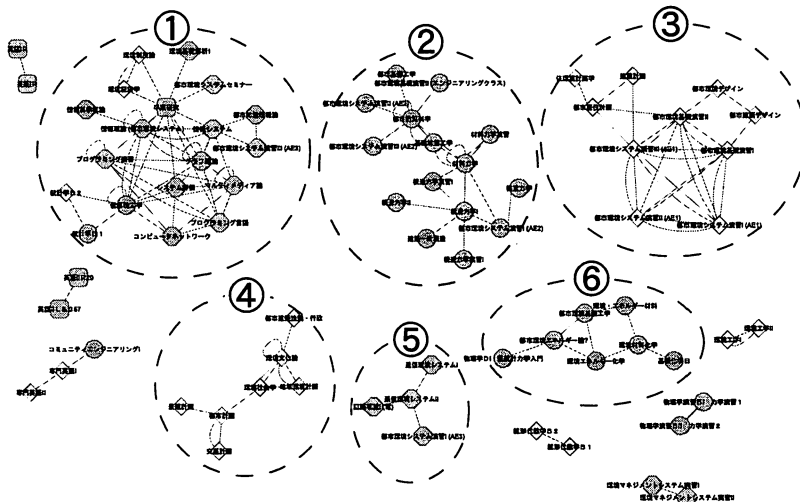


図3 講座区分ごとにノードの形を変えた明示的リンクのネットワーク

ルギーや化学に関する講義が含まれるクラスター (⑥) であった。それ以外の2つや3つ程度のノードで構成されるクラスターは「環境工学 I」と「環境工学 II」など、カリキュラム上で明確な関連がある講義であった。③、④のクラスターは第1講座の講義のみ、①、⑥のクラスターは第2講座の講義のみ、⑤のクラスターは第3講座の講義のみで構成されており、学科区分と一致したクラスターが得られた。⑥のクラスターは主に第3講座の講義で構成されていたが、それに加えて第2講座の「信頼性工学」、「統計学」、第1講座の「環境制度論」、「環境経済学」という講義が含まれていた。まず第1講座の講義に関しては「卒業論文」からリンクされていた。この科目は講座に関係なく共通であるため、このように複数の講座の科目を関連科目に持った。「信頼性工学」はグラフ理論やシミュレーションなど、情報処理に関する内容も取り扱う講義であるため、このクラスターに含まれることは自然である。また「統計学」は「信頼性工学」からのリンクが付与されていた。このように Social Link は概ねカリキュラムの内容と一致するものであった。

Social Link を元に PageRank の算出をおこなった。なお、本システムではある講義に対してその講義自体へのリンクを付与することができるが、それらは PageRank を算出する妨げになるため、除外して計算をおこなった。

結果のうち PageRank の上位 10 件を表 3 に示した。PageRank が高かった講義のうち上位 4 件は相互にリンクが付与され、どちらかの講義の出次数が少ないものであった。また、PageRank の上位に含まれる「都市環境システム演習 III (AE1)」「都市環境システム演習 I (AE1)」「都市環境基礎演習 I」「都市環境基礎演習 II」「都市環境システム演習 II(AE1)」の 5 つの講義は完全グラフになっている部分であり、またどの講義も相互にリンクを持っていた。そのため、それぞれの講義の PageRank が等しく高くなった。

3.5 考察

3.5.1 システムの考察

本システムでは関連科目の登録数が少なかった。これは構築したシステム上で関連科目を登録する操作が煩雑であったことが原因の一つであると考えられる。関連科目を付与するには、まず講義の一覧から登録する講義を探し、それに対するコメント、関連度を入力するという操作が求められる。これはタグを登録することに比べると負荷が大きい。そのため、タグに比べてリンクがあまり登録されなかったと考えられる。

「都市環境システムセミナー」という講義は『My シラバス』への登録数が 14 件と多いにも関わらず関連科目が登録されていなかった。この講義は 1 年次に履修するものであり、千葉大学工学部都市環境システム学科であつかう内容を概観する講義である。この講義は関連を持つ講義が多岐にわたるため、関連科目として登録する講義を決めることが難しくなったと考えられる。

本システムでのタグの付与は利用者が新たにタグを入力する場合と、システム全体で使用されたタグの一覧 (サンプルタグ) や利用者自身が付与したタグの一覧から選択する場合がある。単純にタグを入力するだけでなく、一覧から選ぶことができたため、同一のタグが付与されやすかったと考えられる。しかしながら、タグの種類が多くなった場合、一覧から目的のタグを探すことが難しくなると考えられる。そのため、タグを選択

表 3 Social Link に基づく PageRank (上位 10 件)

講義名	入次数	出次数	PageRank
プログラミング言語	6	5	3.67
プログラミング演習	9	2	3.67
都市計画	3	1	2.11
交通計画	1	1	1.95
都市環境システム演習 III(AE1)	6	4	1.66
都市環境基礎演習 II	7	7	1.50
都市環境基礎演習 I	8	6	1.40
都市環境システム演習 I(AE1)	4	4	1.35
環境文化論	4	3	1.16
都市環境システム演習 II(AE1)	3	4	1.09

しやすいシステムを今後検討する必要がある。

3.5.2 Social Tag の考察

本システムでは内容タグが多く付与されていた。本システムでは、タグを登録する際にシステム全体で使用されたタグの一覧(サンプルタグ)からタグを選択することができる。実験の最初の段階で登録をおこなった参加者が内容タグを多く使用したため、サンプルタグに内容タグが多く表示された。そのため、内容タグが付与しやすかったと考えられる。サンプルタグの表示は付与するタグへのバイアスを引き起こすため、今後の実装を検討する必要がある。

内容タグによって得られたネットワークでは、SDC 法によるエッジのカットをおこなったことで各講座に対応するクラスターが得られた。また、第1講座と第2講座の講義が含まれるクラスターが得られた。このクラスターは「数学」というタグによって得られたものであった。どちらの講座も数値処理を扱うため、この分類は妥当であると考えられる。また、内容タグによる仮想リンクのネットワーク上でハブとなった講義も基礎にあたる講義であった。このように内容タグの共起によるネットワークはシラバスと照らし合わせて妥当なものであったことから、講義の内容からの分類を得ることができると考えられる。

実態タグによって得られたネットワークでは、学科の区分とは異なるクラスターが得られた。実態タグによって得られる講義の分類軸は内容ではないと考えられる。実態タグは「スライド」や「レポート評価」などの講義の形態に関するものと「きめ細やかに教えてくれる」「授業進行がわかりにくい」など講義に学生が求めているものを踏まえた上での感想が含まれる。本研究では感想にあたるタグから得られた講義のクラスターは「レポート難しい」などの一部のみであった。今後タグが増えた場合、これらの感想によるクラスターもより多く抽出できると考えられる。感想にあたるタグは学生のニーズや目的と言えるものであり、カリキュラムなどの既存の講義の分類とは異なる講義選択知識であると言える。そのため、これらの実態タグによる講義選択に関する知識をより多く抽出できるシステムを検討する必要がある。

3.5.3 Social Link の考察

本システムで得られた Social Link は講座の区分と一致するものであった。これは内容タグによる仮想的リンクと同じ傾向であるが、Social Link によって得られた講義のクラスターはより明確なものであった。そのため、Social Link により得られるネットワークは講義の内容や利用者の履修経験を反映するものである。また、この結果は関連科目(Social Link)の選択に使用する講義一覧の表示順に影響を与えていないことを示している。

各講座のクラスターがそれぞれ2つずつ得られた。これは1つの講座内でも複数のテーマを扱うため、それに合わせた形になったと考えられる。また、「信頼性工学」のように、カリキュラム外の関連性をうかがわせる Social Link も付与されていた。全体的に Social Link はタグに比べてカリキュラム上のつながりが重視されており、講義の内容を考慮した分類が得られた。

PageRank は付与された Social Link が少なかったため、適

切な結果を得ることができなかった。また、本システムでは『関連科目』という名称で Social Link を扱ったため、利用者がリンクの方向を意識しなかったことも PageRank を算出する上で問題になったと考えられる。今後適切な PageRank を得るためには Social Link の名称をリンクの方向性が利用者に意識される名称にすることが必要である。また、リンクの方向性が意識されている場合においても、利用者それぞれで考えるリンクの方向性というのは異なると考えられる。そのため、PageRank などの指標を用いる場合、リンクの方向を決定する仕組みが必要である。

4. まとめ

学生が創出するフォークソノミーによって得られる分類はカリキュラムと沿う部分が多く、学生の講義選択知識から得られた新たな分類は学生の感想にあたるタグのみであった。そのため、Social Link と Social Tag を利用した講義選択知識の収集により、既存の分類を維持したまま検索に使用できるキーワードやリンクを増やすことができる。また、学生の講義選択知識から新たな分類を得るには、感想にあたる部分を効果的に収集する必要がある。しかし講義の感想は単純な悪口になってしまうことが考えられるため、ある程度内容を監視する仕組みが必要である。

講義に対するリンクやタグの付与という作業は利用者にとって見返りの薄い作業である。そのため、実際のサービスとして運用した場合、タグやリンクがあまり付与されないことが考えられる。近年、講義の基本的な知識が得られる情報源を集めて公開するパスファインダが大学付属図書館で提供され、人気を集めている。このような役割を果たす仕組みを持たせることで利用者にとって利用価値のあるシステムにする必要がある。

加えて、講義に対するタグやリンクの付与では、タグやリンクはせいぜい半期に一回しか付与されず、その数に限りがあることが考えられる。そのため、1回の授業ごとにタグやリンクを付与できるような実装にするなど、タグやリンクを効率的に集める実装に関しても検討する必要がある。

文 献

- [1] 村田, 山崎, 徳永, 宮下: “教育情報案内パスファインダーによるレファレンスサービスの web への展開: 東京学芸大学附属図書館における教育情報ポータルサイト “e-topia””, 大学図書館研究, 67, pp. 37-49 (2003).
- [2] B. Lund, T. Hammond, M. Flack and T. Hannay: “Social bookmarking tools (ii): A case study - connotea,” D-Lib Magazine, 11, 4 (2005).
- [3] 長屋, 松村, 宇陀: “Social linking: コミュニティを対象とした情報共有・組織化手法の提案”, 電子情報通信学会第二種研究会資料, W12-2007-29, pp.49-54(2007).
- [4] 長屋, 松村, 宇陀: “Social linking で形成されるコンテンツのネットワーク構造の特徴”, 電子情報通信学会第二種研究会資料, W12-2007-48, pp.31-32(2007).
- [5] P. Lawrence, B. Sergey, M. Rejeev and W. Terry: “The pagerank citation ranking: Bringing order to the web,” <http://dbpubs.stanford.edu:8090/aux/index-en.html> (1999).
- [6] Y. Matsuo and Y. Ohsawa: “Finding meaning of clusters,” AAAI Fall Symposium, Technical Report, FS-02-01, pp. 7-13 (2002).