

Title	カリキュラムの学際性を計量する : カリキュラムの数量的分析の試み
Author(s)	岡本, 吉央; 田中, 佑人; 鈴木, 雄治郎; 佐藤, 一豊; 藤垣, 裕子
Citation	年次学術大会講演要旨集, 14: 302-307
Issue Date	1999-11-01
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/5773
Rights	本著作物は研究・技術計画学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Science Policy and Research Management.
Description	一般論文

カリキュラムの学際性を計量する： カリキュラムの数量的分析の試み

○岡本吉央，田中佑人，鈴木雄治郎，佐藤一豊（東大総合文化），藤垣裕子（科技厅科学技術政策研）

1 はじめに

現代社会の複雑化に伴って、さまざまな複合的問題に対処できる学際的な研究と教育の必要性が叫ばれるようになって久しい。学際的な「研究」については、すでに学際研究分野の論文傾向の分析 [1]，異分野摩擦についての研究 [2]，分野間知識統合の解析と評価 [3] などが行われている。また R&D 現場における学際的協調活動の分析 [4] や、学際的研究テーマの問題の定式化における研究者のバックグラウンドの影響の分析 [5] なども行われている。しかし、学際的な「教育」についての研究、特に定量的研究はまだあまり行われていないのが現状である。

社会の要請にしたがって、学際性を謳う大学の学部・学科は多く設立された。大川[6]に依れば、1995年の時点で学際的学部該当するのは142大学172学部である。これらのカリキュラムは学際的な教育をどのように反映していると考えられるであろうか。学際的な教育に関する先行研究としては学際的学部の教育を総体的に捉えようとする試み [6] や、大学院における学際的カリキュラムの構造を捉えようという研究 [7] がある。しかし、このいずれも数量的分析には主眼が置かれていない。これらに対して、本研究では、数量的分析を用いて、カリキュラムの学際性を数量的に捉えることを目的としている。

具体的には、学際性を謳う大学の学部・学科において、そのカリキュラムの学問的な幅の広さと学生による科目の選択の幅が、それら学部・学科の特徴となっている現状をふまえ、この幅の広さと科目選択の幅を数量化の対象とすることとした。

2 方法

学科および学部の学際性を、そのカリキュラムにおける「学問的な幅の広さ」および学生の「科目選択の幅」

の2つの視点から分析することとし、それぞれについての指標を開発した。実際に東京大学のいくつかの学部・学科に対してこの方法を適用し、そのカリキュラムを検討した。

2.1 カリキュラムの学問的な幅の広さの分析

カリキュラムの中でそれぞれの科目が現在の学問体系の中でどのような位置付けをされており、かつ各学科・学部におけるカリキュラムがどのような広がりをもっているかを分析する。現在の学問を分類する上では、指標として科学研究費研究分野コード分類を用いた。

学問の相対的な位置付けの指標としては山下 [8] の数量化4類による専門分野の位置付けの分析結果を用いた*。それにより、2次元上には各専門分野が数量化4類によって得られた2軸上にVの字型にプロットされ、そのVの字の先の片側には医学・農学、もう片側には法学・文学・経済学という分野が並び、Vの2つの線が交わるころには工学・理学・複合領域が置かれた(図1)。

この分析軸をもとに各学科のカリキュラムの科目の座標値を求め、科目の分布を調べた。まず、各学科のカリキュラム中でそれぞれの科目について授業内容紹介冊子(シラバス)の情報からその科目は科学研究費細分類のうちどれに属するかを決定した(表1)。これは科学研究費分類細目に示されたキーワードと見比べることによって決定した。そのとき、細目のうち多岐に渡るものは3つまで重複ことができるとして細目数に制限を設

*これは各研究者が申請したその研究者の研究概要をまとめた文部省学術情報センターの研究者ディレクトリのデータでは各研究者の専門分野を各研究者は最大3つまで申請できる。その申請上の専門分野の分類は科学研究費研究分野コード分類に基づいている。その専門分野のデータの中から、2つの分野A,B間の類似度を「分野A,Bの両方を専門とする研究者/分野A,Bのいずれかを専門とする研究者数」として表し、そこから数量化4類によって各専門分野を横軸を第2固有ベクトル、縦軸を第3固有ベクトルとした2次元上に位置付けたものである。

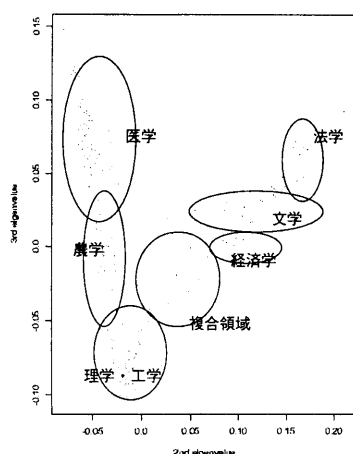


図 1: 山下 [8] による専門分野の位置付けの分析.

表 1: 科目の分類例.

科目名 (架空)	細目 1	細目 2	細目 3
基礎数理	代数学		
情報数理	数学一般		
生態環境論	遺伝	生態	系統・分類
物質動態論	地球化学	環境影響評価	
⋮	⋮	⋮	⋮

けた. こうして各科目に対応する科学研究費の細分を決定し, 山下 [8] の数量化 4 類分析における各細目の座標値を, その科目の座標値として採用した. 2 つないし 3 つの細目に渡る時は, 2 点の midpoint または 3 点の重心をその科目の座標値とした.

一学科のカリキュラムの全科目について以上の操作を行ない, それらすべての座標を山下 [8] における分析の図と同じ座標系にプロットした. さらにその広がり の尺度として, 以下の 2 通りの指標を用いた.

a. 円の半径 プロットされた N 個の点に対して円を当てはめることを考える. 円を定めるためにはその中心と半径を定めればよい. まず, 円の中心は各点の重心とした. 次に円の半径 r については, 円の中心と各点の距離を $d_1, \dots, d_N$ としたとき,

$$Q_c = \sum_{k=1}^N (d_k - r)^2$$

が最小となる r を決定した. つまり,

$$r = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N d_k$$

となるような r を半径とした. この半径 r を広がり の尺度とする.

b. 長方形の面積 プロットされた N 個の点に対して長方形を当てはめることを考える. 長方形を定めるにはその中心, 2 辺の長さ, および傾き具合を定めればよい. 長方形の中心は各点の重心とする. 長方形の傾き具合は長方形の中心が原点になるように座標軸を平行移動し, 各点に対して主成分分析を用い回転行列を求める. 長方形の傾き具合はこの回転行列の定める回転角により決まる. そして, この平行移動と回転移動によって得られた座標系での各点の座標を $(x_1, y_1), \dots, (x_N, y_N)$ としたとき, 長方形の 1 辺の長さを $2a$ として,

$$Q_r = \sum_{k=1}^N (|x_k| - a)^2$$

が最小となる a を決定した. つまり,

$$a = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N |x_k|$$

となる $2a$ を長方形の辺の長さとした. 同様に長方形のもう一方の辺の長さ $2b$ が求まる. その長方形の面積 $S = 4ab$ を指標とした.

この分析の対象として, 東京大学内の理学部, 工学部, 農学部, 教養学部の幾つかの学科の平成 10 年度のカリキュラムをランダムに選択した. なお, 東京大学教養学部は学部として学際性を謳っているところである [9].

2.2 カリキュラムの学生による選択の幅の広さの分析

ある学生がその所属する学部・学科の卒業単位数を満たすためにちょうど何通りの科目履修の仕方があるのか, その組合せを見る. ただし, 他学部・他学科聴講は考慮しない.

具体的には次のように計算をする. わかりやすくするために表 2 にあるような架空カリキュラムを考える.

まず必修は組合せとしては 1 通りと考える. 次に選択必修として可能な履修の仕方を見ると, 6 科目の中

表 2: 組合せ計算例の架空カリキュラム

科目名	単位数	必修
◎数学基礎	2	2
◎物理基礎	2	2
◎化学基礎	2	2
◎卒業論文	8	8
※数学 I	2	(6)
※数学 II	2	
※物理 I	2	
※物理 II	2	
※化学 I	2	
※化学 II	2	
生物 I	2	
生物 II	2	
地学 I	2	
地学 II	2	
特別講義 I	1	
特別講義 II	1	
特別講義 III	1	
特別講義 IV	1	
特別講義 V	1	
特別講義 VI	1	
特別講義 VII	1	
特別講義 VIII	1	
特別講義 IX	1	
特別講義 X	1	

本学科を卒業するためには次の単位を含め、30 単位を取得しなければならない。

- (1) 必修科目 (◎印)14 単位
- (2) 選択必修科目 (※印) から 6 単位以上

から 3 科目を履修すれば足りるから、組合せとしては ${}_6C_3$ [†]通りとなる。最後に残りの 10 単位を※印の残りとなし、無印の科目から履修しなければならない。残りは 17 科目ある。しかし、2 単位科目と 1 単位科目が混在しているので、一科目当たりの平均単位数を計算して科目数と平均単位数の比を考える。平均単位数は $(2 \times 7 + 1 \times 10)/17 \approx 1.59$ (単位 / 科目) であるので、その比は $17/1.59 \approx 11.3$ (科目) である。つまり、残りの 10 単位は 11 科目取得すればよいとし、組合せとしては ${}_{17}C_{11}$ 通りとなる。ゆえに、この例では全体の組合せは ${}_6C_3 \times {}_{17}C_{11}$ となる。

ただし、この方法は本来の組合せを計算しているわけではないことに注意しなければならない。なぜなら、この方法では選択必修のある一つの科目を選択必修として取るのか、卒業単位を満たす最後の 10 単位の内として取るかを別々に考えているからである。そのため、東京

大学農学部のように選択必修のレベルが何段階にも分かれている学部・学科は特にその不正確さが増幅されるので、その分を割引いて考えるべきである。しかし、簡便な方法としてはこの方法で十分であろう。

この組合せを計算する対象として東京大学の工学部、農学部、教養学部の先の分析において対象とした学科の平成 10 年度のカリキュラムを選択した[‡]。

3 結果

カリキュラムの学問的な幅の広さの分析の結果例として、教養学部広域科学科広域システム分科 (以下、広域システム学科)、理学部数学科 (以下、数学科)、工学部建築学科 (以下、建築学科)、農学部応用生命化学専修 (以下、応用生化専修) についての分析を図 2, 3, 4, 5 に示す。これらの図において、黒点は山下 [8] による分析で得られている点 (各学問分野) を表している。それらの黒点に対して、+ 印、□印、■印は我々が分類したそれぞれの科目を表している。それぞれの科目を表す点が重なりあっている場合、+ 印は 1 から 5 個の科目の重複、□印は 6 から 10 個の重複、■印は 11 個以上の重複を表す。円と長方形は先の方法により当てはめられたものである。円の半径・長方形の面積について、その計算結果の一部を表 3 に示す。

数学科、建築学科では□印、■印が幾つか現れており、カリキュラムが□印、■印のついた分野に大きく偏っていることがわかる。これはその学科ではそれらの分野が核となっていることを意味する。例えば、数学科では、「解析学」「代数学」「幾何学」「数学一般」にそれぞれ■印がついている。それに伴って、円の半径・長方形の面積が小さくなっている。それに対して、広域システム学科、応用生化専修では□印、■印が一つもない。かつ、円の半径・長方形の面積は大きくなっている。円の半径・長方形の面積の順位の全体的な傾向として、農学部・教養学部 > 工学部 > 理学部という傾向がある。

また、カリキュラムの学生による選択の幅の広さについては、その計算結果の一部を表 4 に示す。全体的には農学部 > 工学部 > 教養学部という傾向が見られた。

[†]記号 ${}_nC_r$ によって n 個のものから r 個のものを選ぶ組合せの数を表すとする。

[‡]先の分析には東京大学理学部が含まれていたが、こちらには含まれていない。その理由は、収集した資料 (授業科目紹介冊子、シラバス) にこの組合せを計算するための情報が含まれていなかったためである。

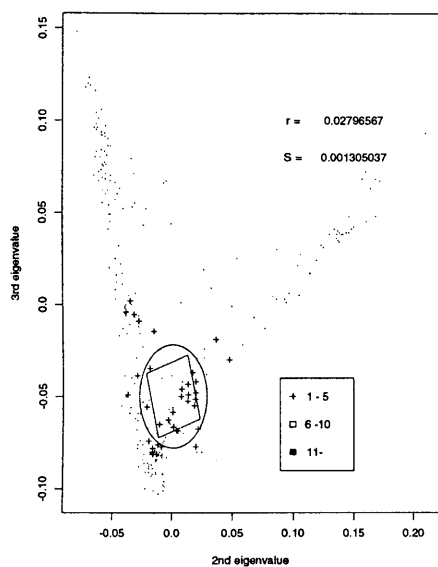


図 2: 教養学部広域科学科広域システム分科についての分析。横軸および縦軸は図 1 に同じ。

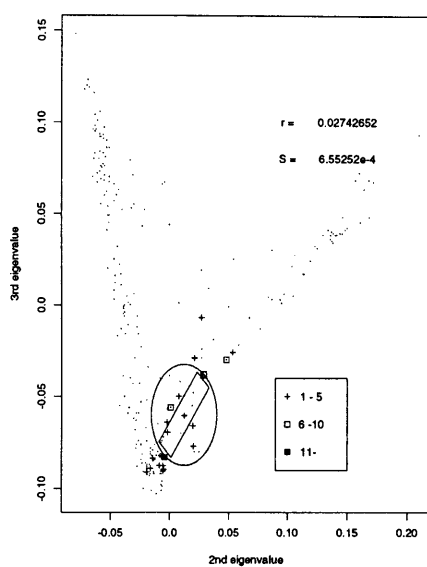


図 4: 工学部建築学科についての分析。横軸および縦軸は図 1 に同じ。

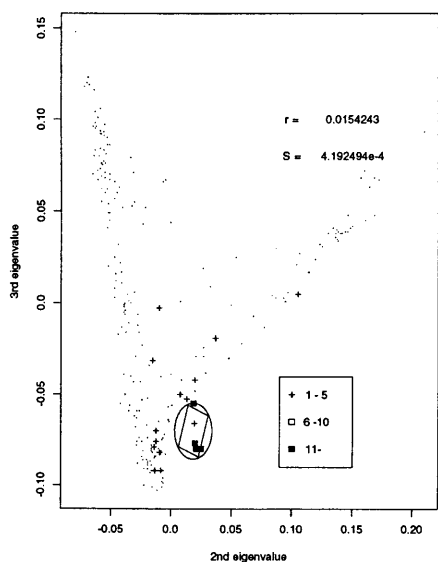


図 3: 理学部数学科についての分析。横軸および縦軸は図 1 に同じ。

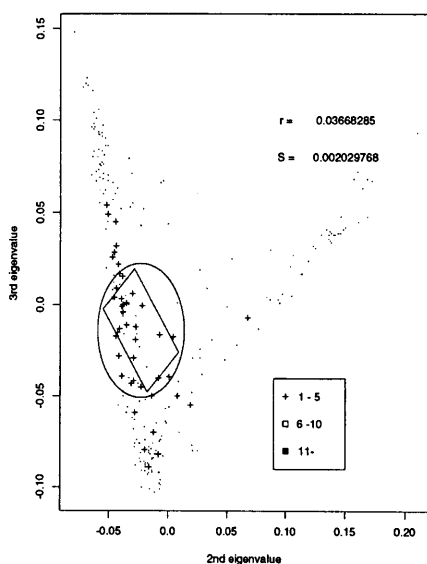


図 5: 農学部応用生命化学専修についての分析。横軸および縦軸は図 1 に同じ。

表 3: カリキュラムの学問的な幅の広さの計算例.

学科名	r	S
教養学部		
基礎科学科物性科学分科	0.040	0.0024
広域科学科広域システム分科	0.028	0.0013
理学部		
生物学科植物学課程	0.034	0.00066
数学科	0.015	0.00041
工学部		
化学システム工学科	0.030	0.0013
物理工学科	0.026	0.00069
建築学科	0.027	0.00065
農学部		
応用生物化学専修	0.037	0.0020
生物システム工学専修	0.037	0.0019
地域環境工学専修	0.035	0.0017

4 考察

カリキュラムの学問的な幅の広さの分析, 学生による選択の幅の広さの分析の双方とも学部ごとの傾向が見てとれた. 農学部・工学部では学問的な幅の広さ・学生による選択の幅の広さともに大きい. 教養学部では学問的な幅の広さは大きい, 学生による選択の幅の広さはそれほど大きくない. 理学部では学問的な幅の広さが大きくはない. また学際性を謳っている学科のなかでも, その学問的な幅の広さ・学生による選択の幅の広さには学科ごとに分散があることが示唆された.

この分析法は, ここであげた対象学科以外に対して, カリキュラムの幅の広さの計量として応用可能である. しかし, 以下の点を改良する必要があると考える. まず, カリキュラムの学問的な幅の広さの指標を考

える際, 山下 [8] の分析をもとにカリキュラムの付置を求め, それを用いて指標を計算している点である. これは, 山下の分析が「研究活動の位置付け」をめざしているのに対し, 我々がこれを「教育カリキュラムの位置付け」に応用したことの妥当性が問われる. また, 科学研究費分類コードも基本的に研究活動として研究費を申請するための分類であり, 先端の学問分野がより細分化され, 伝統的な学問分野は含まれない部分がある. それに比べ古典物理のような教育上の学問は研究として行なわれることが少ない学問もあるため, それによる不都合が見受けられる. これらは教育カリキュラム分析のための細目と研究分類のための細目との不一致の問題である. この不一致は, 研究が「今, 作られている知識」の生産現場からの分野の定義を必要とするのに対し, 教育が確立された「制度」としての側面をもつことにもよっている [10]. これらの不一致については今後多くの角度から検討する必要がある.

また, カリキュラムの学生による選択の幅の広さの分析については, シラバス上の可能性のみを考えているため, 実際に履修不可能な組合せも計算に入り込んでいる可能性がある. また, 実際にカリキュラムに用意されている可能性を学生が有効に活用しているのか, ということはこの分析からは全くわからない. そのためには実際に学生がどのように履修しているのかという履修歴の情報が必要である. これは今後の課題となろう.

さらに, カリキュラムの学生による選択の幅の広さが本当にカリキュラムの学際性を表す指標になり得るかどうか微妙である. 実際, 学際性を謳う学科がその学科の特徴としてカリキュラムの学生による選択の幅の広さ挙げていることが多い.

しかし, ただ広いだけで学際性が生まれるのか, という問題, つまり, ある程度履修に制限があるほうが学際性を発揮するためには効果的なのではないか, という問題がある. その点についてはカリキュラムの構造がどのようなになっているのかという分析を併せて行い, その構造と選択の幅の関係がどのようなになっているのかという視点をもつべきだと考える. これも今後の課題である.

5 まとめ

本研究では, 大学の学部・学科のカリキュラム分析によってその学部・学科の学際性を計量することを試みた. その指標としてはカリキュラムの学問的な幅の広さ

表 4: カリキュラムの学生による選択方法の組合せの計算例.

学科名	組合せの常用対数
教養学部	
広域科学科広域システム分科	22.5
基礎科学科物性科学分科	18.4
工学部	
化学システム工学科	26.2
物理工学科	21.5
建築学科	19.3
農学部	
生産システム工学専修	44.1
地域生物生産化学専修	38.4
応用生物化学専修	32.2

とカリキュラムの学生による選択の幅の広さを考えた。その指標を実際に東京大学の中の学部・学科に適用した結果、学部による傾向を見ることが出来た。

今回は東京大学の中だけに分析を限ったため、大学間の比較をすることができなかった。今後の展開としては、この指標を先の各問題点と照らし併せて改良し、各大学の学部・学科に適用して、その中から傾向・差異を考察していくことが考えられる。

参考文献

- [1] 藤垣裕子, 牧野淳一郎, 内田育, 土井伸一, 学際的研究における分野間知識統合の解析: 環境科学と生物物理学を対象とした論文傾向の経年変化, 研究・技術計画学会第 11 回年次学術大会講演要旨集, pp.35-40, 1996.
- [2] 藤垣裕子, 学際研究遂行の障害と知識の統合～異分野コミュニケーション障害を中心として～, 研究技術計画, Vol.10, pp.73-83, 1995.
- [3] 平澤冷, 藤垣裕子, 植田一博, 伊地知寛博, 調麻佐志, 丹羽清, 「学際的研究」における分野間知識統合の解析と評価, 日産科学振興財団第 22 回研究助成報告書, 1999.
- [4] 植田一博, 丹羽清, 研究・開発現場における協調活動の分析 - 「3 人寄れば文殊の知恵」は本当か?, 認知科学, Vol.3, No.4, pp.102-118, 1996.
- [5] 関 博文, 植田一博, 藤垣裕子, 永野三郎, 科学者による問題の定式化: そのタイプ分けと研究履歴との対応, 認知科学, Vol.6, No.4, 掲載予定.
- [6] 大川一毅, 日本の大学における「学際的学部」のカリキュラムと教育 - 「国際系」学部, 「情報系」学部を中心として -, 大学史研究, Vol.13, pp.3-18, 1998.
- [7] 佐野享子, 大学院における学際的カリキュラムの構造に関する研究 - 経営情報学を事例として -, 日本高等教育学会発表, 1999.
- [8] 山下泰弘, 科学研究費補助金における専門分野分類の分析, 研究・技術計画学会第 13 回年次学術大会講演要旨集, pp.27-32, 1998.

[9] 東京大学大学院総合文化研究科・教養学部ホームページ, <http://www.c.u-tokyo.ac.jp/>.

- [10] 藤垣裕子, ジャーナルシステムからとらえる科学のダイナミズム～計測と認識論をつなぎ, 異分野摩擦を超えるには, in 『科学を考える～人工知能からカルチュラル・スタディーズまで 14 の視点』, 岡田猛ほか編, 北大路書房, pp.186-211, 1999.

本論文は, 1998 年度東京大学教養学部基礎科学科第二卒業研究 2 「基礎二とは何か - その歴史と位置づけ -」の一部をもとに作成された。本卒業研究をまとめるにあたり, さまざまな意見を下さった, 東京大学教養学部はじめ多くの先生方にお礼申し上げます。