

「工学知の構造化と可視化」の試み
—工学教育に向けて—

A Trial on the Engineering Knowledge Structuring and
Visualization of the Knowledge Structured for Engineering Education

大場 善次郎
OHBA Zenjiro

1. はじめに	99
2. 工学知の構造化と可視化	99
2.1 学年進行型・性格別構造化と二次元表示	101
2.2 構造の三次元表示	102
2.3 課題志向型と表示	104
2.4 「講義科目の構造化」の簡易評価.....	105
2.5 「工学知」構造化の今後の課題.....	106
3. 「工学知の構造化と可視化」の今後の展開	107
ABSTRACT	109

「工学知の構造化と可視化」の試み —工学教育に向けて—

大場 善次郎*

1. はじめに

戦後の荒廃した土地と物資不足の窮乏生活から、科学技術の発達で、日本は短期間で復興をなしとげた。物は豊富になり、生活は快適で便利になってきている。一方で大量の製造物や人工物、多量のエネルギー消費により、産業廃棄物の問題、エネルギー資源問題、環境問題などと、広範で複雑多岐に亘る問題が顕在化してきている。さらに、最近の急速な情報通信の進展は経済・社会の一層のグローバルイゼーションを促進し、これらの問題をより難しく複雑化し、その問題の因果関係や解決の糸口を見つけるのさえ難しくしている。しかし、安全で安心できる持続可能な社会であり続けるためには、これらの問題を解決する必要がある、その点からも科学・技術への期待は大きい。工学としては挑戦的な課題であり、分野を超えた複合的・融合的な研究・技術開発活動を通しての解決はもとより、“知”の創造が強く求められる。

“知”の面に目を向けると、工学分野は学問領域の拡大と専門分野の深化・細分化により、大きく発展すると共に、工学知は爆発的に増大しており、“知”は混沌とした状態にある。このような状況の中で東京大学では、学生が2年生後半に工学部の進路学科を決めねばならない。現在の膨張した学問領域では、その選択に迷い、立ち竦むのではないだろうか。そこで、「工学教育の改革とITを用いた先進的な教育の実現」をめざし、2002年4月工学研究科で「教育プロジェクト室」を発足させた。活動の一環として、工学教育の講義・演習科目を“工学知の粒度”と考え、工学系カリキュラムの「構造化と可視化」を進めている。本稿は、東京大学工学部の講義科目で学年進級毎に学ぶ科目と性格（例：基礎、専門基礎、…）、各科目の

性格と科目間結合、ある特定学問分野での科目の位置づけを示す(1)学年進行と性格分類（自己位置）、(2)科目性格と結合強度による構造（絶対位置）、(3)特定学問分野での科目の位置関係（相対位置）を分析し、明確化する方向を示している。これらは、学生のセルフオリエンテーションへの有効な手段の提供となり、また、講義科目が工学教育全体のどの位置にあるかを知ることとなり、教官のFD（ファカルティデベロップメント）への支援にも役立つと思われる。

2. 工学知の構造化と可視化

「バイオテクノロジー」、「ナノテクノロジー」、「環境工学」、「情報工学」などの分野では、技術の進展は著しく、学際領域で、複合的・融合的な方法で研究・技術開発が活発に行われている。学際的な知の交流が創造の源泉の大部分を占めているとも言える。この分野において、「知の構造化」研究も盛んに行われている。「動け！日本」（日経BP'03出版）などで紹介されているように、「社会技術のための知の構造化」、「学術創成のための知の構造化」、「ナノテクノロジーにおける知の構造化」、「失敗知識の構造化」、「産業基盤のための知の構造化」などと多方面に亘り、多様な方法論で「知の構造化」研究がなされている。構造化研究の過程で、構造化された知識の利用により、新しい「知」の創造と工学的発見が誘発されることが期待される。

一方で、工学教育においては如何であろうか。

学ぶべき講義・演習が知の集約結果と考えられ、学生は主としてそれらを学ぶことになる。しかし、複雑で混沌とした工学知の状況下で自主的に科目を選択することは難しく、意欲を持って積極的に学問に挑戦するには、全体を俯瞰できる航海図が

* 東京大学大学院工学系研究科教授

構造化し可視化(俯瞰的)

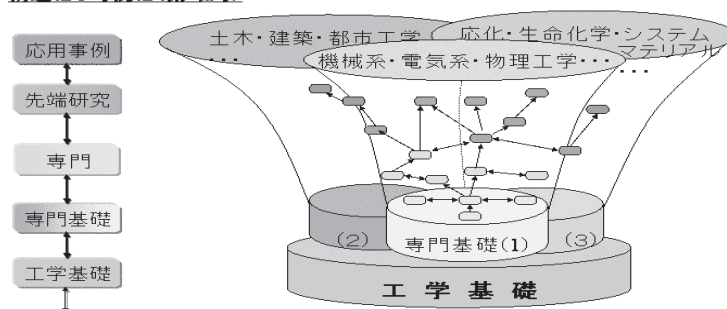


図1 工学知の構造化イメージ

表1 工学部提供科目数(東大)

学科	共通	土木系	建築系	都市工学系	機械系	航空宇宙系
科目数	44	89	58	71	72	65
単位数	78.5	135 (10)	105 (10.5)	135 (7)	127 (10)	113 (10)
学科	電気系	応用物理系	マテリアル工学	化学・生命系	システム創成	合計
科目数	74	98	51	85	190	897
単位数	128 (12)	160 (10)	89 (13.5)	142 (12)	375.5 (10)	

注1) 共通科目は数学1A～1Eのように、ほぼ同じ内容で担当教官が違う場合の全ての科目数。

注2) () 内は卒業設計・卒論単位数で内数、各学系で1科目とし、各学系のコースで卒業単位数に相違がある場合は、代表的なコースでの単位数とした。

注3) 各学系の実習・演習はコース別に共通であるので、1科目としてカウント。

必要であろう。そこで、まず工学教育の構造化として、“工学知”が集約されていると考えられる講義・演習科目の「構造化と可視化」を進めている訳である。構造化と可視化のイメージを図1に示す。

東京大学工学部では17学科29コース(2003年度時点)に分かれていて、2年生冬学期から工学部教育が始まる。4年生終了時点までに工学部全体で、897科目(含む、工学基礎科目44科目、卒論・インターンシップ15科目)が提供され、各学科の卒業には42～48科目の単位取得(卒業に必要な単位数84単位)が必要である。表1に工学部科目・単位数を表す。

東大工学部の卒業科目数(単位から換算)は、表2に示すように、必須・限定科目の割合が少なく、自由選択が多いように見える。しかし、卒業に必要な科目数は多いが、各学科の提供科目数も多く、学生は、学科毎の提供科目で履修科目は間に合ってしまう、他学科の科目聴講の時間的余裕も少ない。一方、米国ではMITの例に示すように、詳細は論じないが、必須・限定選択科目の中にも工学部だけでなく理学部の講義科目もあり、

選択科目も含めて理工系科目から、幅広く理工学領域の素養を学べるようになっている。ダブルメジャー、メジャー・マイナー制度もあり、在学年数は伸びる場合もあるが、かなりの比率の学生が複数の学位を取得して卒業している。表2にMIT・東大科目数比較例(単位を換算)を示す。

このように、米国大学では他学科・他学部の講義・演習を受講しての単位取得をするケースが多く、これに伴い、学科間での学生交流の機会も増える傾向にある。

東大の場合は、各学科提供科目の履修で、卒業に必要な単位を満たし、理工学領域の幅広い学問の涵養の機会と学科間の交流機会は少ない。学際的な複合的・融合的領域での科学・技術分野で活躍できる技術者・研究者育成に対して、教育制度として検討すべき課題である。

講義科目は、学科毎には構造化されているし、学科間での互換授業等は制度的に可能であるが、学生は他学科の講義を殆ど受講していない。互換授業・履修科目制度等の課題もあるが、まずは工学教育の「俯瞰図」を作成し、講義科目の全体像を見せることで、学生のセルフオリエンテーショ

表2 MIT (2003—2004計画) と東大 (15年度) の科目数比較例

東大	土木系			機械			電気系		
	必須・限定	提供	卒業	必須・限定	提供	卒業	必須・限定	提供	卒業
	29以上	90	48	30以上	73	45	32	65	48
MIT	土木・環境系			機械			電機・計算系		
	必須・限定	提供	卒業	必須・限定	提供	卒業	必須・限定	提供	卒業
	22	41	26-27	27	27	29	23	47	27
東大	マテリアル工学			応用科学			航空宇宙		
	必須・限定	提供	卒業	必須・限定	提供	卒業	必須・限定	提供	卒業
	32以上	58	47	46	52	45	40以上	59	46
MIT	マテリアル工学			応用科学			航空宇宙		
	必須・限定	提供	卒業	必須・限定	提供	卒業	必須・限定	提供	卒業
	23	23	27	14	30	18-19	16	25	20

注1) 表1との違いは共通科目のカウントの方法

注2) 2～4年の間の教養・基礎科目は含まず

注3) MITは12単位/科目、東大は1.5単位/科目として概算

ンによる科目選択を容易にすることである。

「構造化と可視化」には、講義科目の類似性と階層関係を知る必要がある。シラバスの類似性は、シラバスとして記されている文章の類似性（用語の共通性）を確率論的統計処理することにより、科目間での授業内容の類似性の尺度とする。今回は、シラバスデータを基に、市販の自然言語解析ツール“NTT-AT製のDMS”を用いて類似科目を推定し、最終的には人の判断によった。階層性は、シラバスに表記されている科目学習のための前提科目、発展科目を参考に、類似科目推定結果と履修経験のある前・後期修士課程の学生の協力で、筆者らの判断を交えて行った。

また、自然言語解析ツールで類似科目推定する時には、工学関連の専門用語が多くなればより正確な推定となる。シラバスだけでなく、学生の協力による講義録84科目のデータを追加して解析を進めている。今後は、シラバスの充実はもとより、講義録データ科目数を増して、解析精度を上げていくことが課題である。

2.1 学年進行型・性格別構造化と二次元表示

工学部の講義・演習科目の性格を工学基礎（工学分野での工学基礎科目、例：工学倫理、数学1A～1E）、専門基礎（2学科以上に共通する講義、例：電磁気学、構造力学）、専門（その学科特有の科目）、応用（工学への適用、例：自動車工学）、

オムニバス（工学素養の涵養、例：特別講義）に分類し、自然言語解析と筆者らの判断による前述の方法で、科目の類似性と階層性をもとに構造化を行っている。結果を「学年進行型」「科目性格別」「特定分野別（環境・情報etc）」とし、学科を横軸に、学年を縦軸に表示している。図2に学年進行型表示例を示している。

マイケル・ギボンズが「知の創造の形式」として提唱しているモードⅠの従来型の「個別領域型」（Discipline Oriented）での講義科目の分類は可能であるが、モードⅡの「課題探求型」（Issue Oriented）では前述のような分類は難しい。近年、工学分野で進められている課題解決能力や創成能力向上をめざす創成型教育の一方法であるPBL（Project Based Learning, Problem Based Learning）はモードⅡの教育と考えられ、今回は応用工学として分類している。PBLは新しい教育方法であり、「ものづくり」や課題を追及する過程での工学基礎・専門基礎・専門を自ら学習していくには、有効な教育方法である。しかし、課題設定・参考書提示・プロジェクト進捗の節目での指導、個々人にあった指導（テラーメイド教育）等に当たる教官側の負担は大きく、継続的な実施には、何らかの制度・体制の整備は必須である。また、このような創成型教育の場合に、課題設定の順序、学習すべき学問（科目）等を講義科目の構造化にどのように組み込むかは今後の検



図2 学年進行 性格別構造例



図3 電気・電子情報・電子工学科科目例

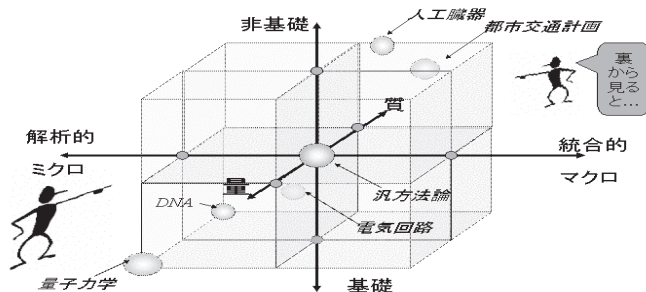


図4 3次元表示イメージ例

討課題である。

米国の多くの大学のシラバスは充実され、学習上の事前・並行・事後での科目、教科書、参考書等も明示されていて、学生にとっては便利である。そこで今回は、講義科目を履修する場合の事前・並行・事後科目の表示を、一部のシラバスに記されている事前・並行・事後科目とシラバスの類似性判定をもとに、筆者らの判断を交えて、科目間結合を2～3学科で試みている。図3に電気系学科の一部を示す。講義科目の前提科目・発展科目が整然としていないが、学生が学習中に気がついて、行きつ戻りつ学ぶとすれば、これも教育の方法かもしれない。

2.2 構造の三次元表示

講義科目の3次元表示のイメージ例を図4に示す。

工学部の講義内容は広範囲に亘っている。電気機械の動作の基本である電磁気現象を数値解析を通して学習する「電磁気学」(基礎、量的、解析的)などのように、各講義科目は種々の概念(例: 基礎—非基礎、量的—質的、...)により分類される。それらの概念を視点軸とした空間に、各科目を表示して、各科目がどの位置関係にあるかをみることにより、学科による特徴を見出すことが可能である。視点軸を多くし、追加・削除を簡単に可能にすること、その中から任意の視点軸での

表3 講義科目の視点軸

ミクロ—マクロ	基礎—非基礎	解析的—統合的	人工物—自然物	抽象—具象
応用—非応用	質的—量的	方法論—対象論	過去—現在	

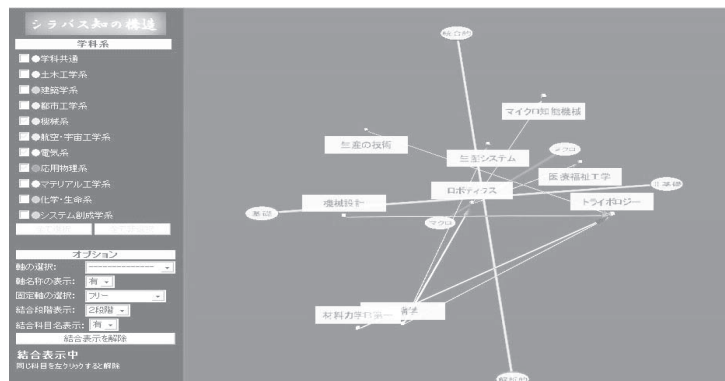


図5 科目間結合表示例

表示をすることは計算機処理としては容易である。今回は、工学的分野で講義科目を位置づける場合に、概念として比較的良く用いられる視点軸で各科目の位置を表示した。表3に講義科目の概念を表す視点軸を示す。

以下は、概念を表示するものを視点軸とし、分類した各概念を性格として論ず。

各講義科目の性格と科目間結合強度については、性格は、例えば基礎—非基礎の程度で、視点軸座標の位置を $-3 \sim +3$ の7段階（0を含む）というようにし、科目間結合強度は関連科目間の強弱で夫々2，1として、 -2 （事前科目） $\sim +2$ （事後科目）の4段階とした。

この結果を、科目ごとに視点軸の座標点（ $-3 \sim +3$ ）と、事前・並行・事後学習科目名とその結合強度（ $-2 \sim +2$ ）を数値化して表形式にまとめている。視点軸上の座標点・結合強度の判定は、シラバス電子データを基に、前述の言語解析ツールによる類似推定・文章中に共起する用語の確立論的統計処理を用いた同様な科目群に分類するクラスタリング手法を用い、更に、講義受講経験者（修士・博士課程学生）の協力をえて、筆者らがおこなった。今後は、代表的な科目の空間座標位置を決めると、シラバス・講義データの類似推定で、ある程度自動的な処理が可能になるようにすることと、シラバスの充実と講義データ数を増して言語解析精度を向上させることが課題である。

各講義科目の視点軸による3次元表示は、市販

の表示ツール商品（Cult 3D（Cycore社製））をカスタマイズして利用した。科目の視点軸を5項目選択し、科目間結合強度は太い・細いの2種類の線（前提科目→当該科目）表示とし、実際には5項目から自由に3項目の視点軸を選択し3次元軸に表示可能としている。この3軸上に、利用する学生が選択した複数学科の講義・演習科目を点で表示し、科目群がどのように分布しているか、例えば基礎・解析的・量的な分野に多く集中しているというように、星空を眺めているかの如く視覚出来るようにしている。

もう一つの3次元表示は、空間の科目群の表示の中から1点の科目をクリックすることにより、当該科目からの結合科目と結合強度が当該科目の前提科目、さらに、その前提科目と言うように3段階まで（段階は選択可能）みられるようにした。これにより、学生又は利用者が科目群の分布状況から、学習選択する科目を中心に、その事前・並行・事後学習科目を認識することが出来るようにする狙いである。図5に科目間結合の3次元表示例を示す。

しかし、今回使用した市販ツールの3次元表示方式は点の空間配置には不向きであり、当初予定の星座を眺めるような表現はできなかった。今後、工学全般にわたって、科目関係を構造化・可視化するには、その基になるシラバスデータを充実させると共に、解析精度を向上させるために講義録等の電子データを増していくこと、学科で閉じることなく講義科目の類似性・結合度合いがわかる

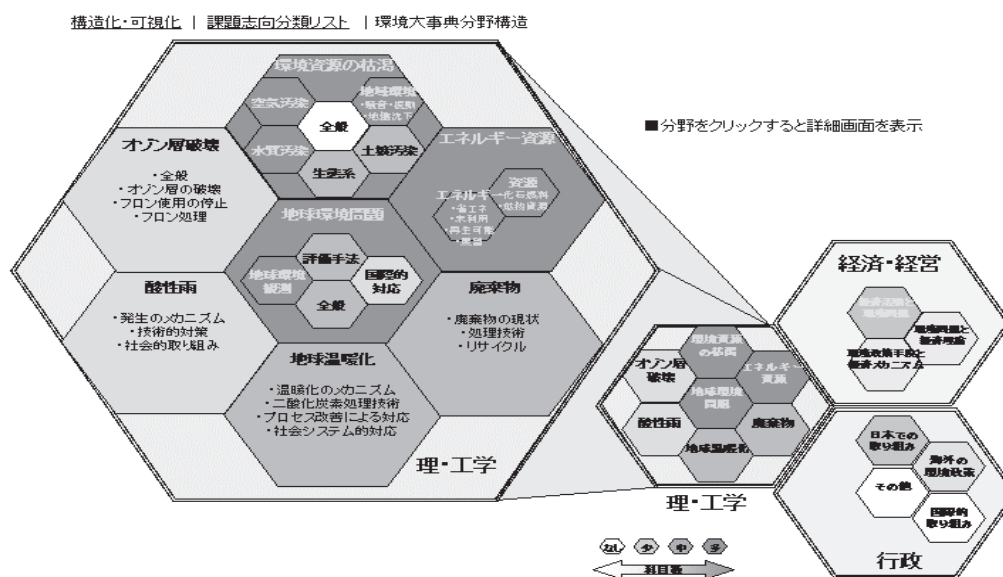


図6 環境分野の講義の位置づけ

ようにすることと、それらにより、学生が自律的に講義科目選択をし、広い工学素養を身につけられるように、学科間連携でのシラバス内容・講義方法研究の必要性を改めて強く認識した。今後の大きな課題である。

2.3 課題志向型と表示

講義科目のシラバスデータ・講義録を用いての構造化では、近年急速に発展してきた「環境工学」, 「情報工学」, 「バイオテクノロジー」, 「ナノテクノロジー」等の学際的分野、及び工学分野の拡大による広範囲な工学基礎等において、講義科目が当該分野の中で、どの領域に属しているかは判りづらい。当該分野の「知」の集大成をしている図書類の中から、「環境大事典」(工業調査会), 「情報学事典」(日本機械工業会), 「現代工学の基礎」(岩波書店)等を取りあえず当該分野の「知」と考えて、それらの電子データ(今回は目次部分のみを利用)を利用して、科目シラバスとの類似性を見ることにより、講義科目が各分野(例: 環境, 情報, 基礎工学)のどの領域に属するかを表示することは可能である。今回は、「バイオテクノロジー」, 「ナノテクノロジー」の分野では、全体観のわかる適切な事典、参考書を調査できず、結果的には環境工学, 情報工学, 基礎工学の分野で前述の事典を知の集大成図書と見なし、講義科目が事典分類の中のどの領域に分類されるかを分析し、表示を試行した。この場合も、今まで述べてきた解析方法を取り、言語解析ツールによる類似判定

と筆者らの判断で行っている。各分野で、講義が相対的にどのような位置づけかを表示する方法と考えて頂きたい。

シラバス・講義録と事典類等の電子データを併せて自然言語解析を行い、専門語彙のライブラリーを増やしていけば、特定分野における講義との類似推定精度を高められる。各大学の工学系講義が、どの分野領域(事典の分類の中で)を主眼に教育しているかの特徴抽出が可能となり、将来の工学教育の検討に役立つことになる。次の研究テーマでもある。

図6に環境分野の例を示す。

色の濃い部分(大事典の章・節に対応)に講義科目が多く、薄い部分には講義科目が少ないことを表す。夫々の項目(例: 環境資源の枯渇, …)をクリックすることにより、該当の講義科目が表示される。

「環境関連講義シラバス」と「環境大事典」(工業調査会)に基づいての解析結果によると、理・工学分野の「環境資源の枯渇」「エネルギー資源」「地球環境問題」、経済・経営分野の「経済活動と環境問題」、行政分野の「日本での取組」の領域で講義科目が多く、「酸性雨」「オゾン層破壊」, 「環境問題と経済理論」, 「国際的取組」を取り上げている講義が殆どない。工学部の環境工学の講義としては、学ぶべき科目範囲が広く、又、他分野の講義科目の受講すべき時間数も多いことから、環境分野での講義としてはやむをえない領域集中ではある。

表4 アンケート結果

1. 講義録作成

講義録作成は有益でしたか		教育改革に役立つと思いますか	
YES	NO	YES	NO
80%	20%	80%	20%

2. シラバスについて

受講科目選択時参考にするか				電子シラバスをみるか		
大いに参考にする	一応参考にする	少々参考にする	参考にせず	よく見る	余り見ない	存在を知らず
19%	38%	31%	12%	0%	46%	54%

3. カリキュラム・履修方法について

現在のあなたの学科			他学科・他学部履修について			他学科との交流について		
満足している	不満がある	特に意見無し	履修中	興味あり	興味なし	必要	不要	関心がない
15%	50%	35%	69%	27%	4%	50%	25%	25%

4. シラバス電子紹介について

見たことがあるか		支援ツールとして役立つか		
見たことある	見たこと無い	役立つ	役立たない	その他
23%	77%	30%	54%	16%

今後、当該科目をより深く、より広く学習する場合には「課題志向型の構造化」は学ぶ方法として参考になる。勿論コンピュータ処理上は、この画面から直接、当該科目をクリックすることにより、工学部講義要目（シラバス）の検索を可能にもしている。

2.4 「講義科目の構造化」の簡易評価

従来からの学科案内書である「履修ガイドブック」「工学部便覧・講義要目（シラバス）」、今回の「科目の構造化と可視化」等を学内情報ネットワーク上で検索・閲覧可能にしている。さらに、19名の教官によるシラバスの説明をデジタルカメラにて撮影し、(株)リコーで開発中であった“MPMeister”を用いて、音声付映像と電子化したシラバス説明書を編集し、WEB上にて「シラバス電子紹介」としてオンデマンドで見ることができるようにもしている。「履修ガイドブック」、「シラバス電子紹介」を学内情報ネットワーク上で閲覧可能にしたのが初めてだったので、普及の意図で、ほぼ同じ内容をCD-ROM化もして全学生に配布している。

今回のWEB化の評価、特に「構造化と可視化」の方向性を確認し評価するために、昨年度から講義録の電子化に協力して頂いた約80名の学生へのアンケート調査をした。簡易なアンケートによる評価ではあるが、少なくとも、講義録を作成する学生は講義への関心とインターネット検索等にも興味を持っていると思われるので、傾向を知り、今後の指針を得るには、有益だと推定してのことである。しかし、調査対象者80名に対して、回収率は32.5%と低いのは、既に卒業している者・関心が低い者がいた為であろう。アンケート項目の抜粋と結果を表4に示す。

アンケートにはそれぞれの項目の理由・意見等を記述する欄を設けて、多くの意見も記入してもらったが、詳細になるので省略し、まとめて簡単に触れる。

記述式の簡単な分析も含めて以下にアンケート結果をまとめた。大学入学後に大学案内、講義内容の簡単な紹介を受けて、受講科目を選択することから始まり、シラバスへの関心となじみの薄さからも予想された結果となった。

(1) アンケート結果のまとめ

- ① 講義録作成は講義の理解度を深めることに役立つし、今回の教育プロジェクトの進めることに役立つ。(講義録は良くできていて、結果として“得意科目”になったとの意見もある)
- ② シラバスへの関心は低く、WEB上でシラバスが閲覧できることさえ知らない学生が半分以上であった。(講義内容とシラバスの乖離が大きいとの意見あり)
- ③ 新しい試みの電子シラバス紹介は殆どが見ていないし、役立つとは思っていない。
②項とも併せて、自由意見に、シラバスと講義との乖離が大きくて、シラバスを見る意味がないとの意見に通じる。
- ④ 「構造化と可視化」の目的の1つであるカリキュラム、履修方法についての結果は、カリキュラムへの不満が多く、学科間の交流を多くの者が希望している。(今回の学生は70%が他学科の科目を履修中であり、各自の努力が伺える)
- ⑤ シラバス電子紹介も殆どの学生が見ていないので、役立たないとの意見である。(③項と同じで、シラバスへの信頼を持っていないことと思える)

アンケート結果からは、シラバスを充実して講義との関連を緊密にして、学生がより関心を持つようにすることが、まず第1の課題だといえる。その上で、「構造化と可視化」とシラバスの電子化等を進めていくと共に、専攻学科を超えての個人の適性にあった講義・演習を自主的に選択し、積極的に学べる制度と環境を整えていくことが必要である。

WEB化されても見ないことが多いのは、必然性を感じていないこともあるだろう。学生への周知徹底方法を工夫するとともに、履修登録・成績閲覧・奨学金事務処理等の学生がどうしても必要とする学務・学生支援を情報システム化して、必然的に情報ネットワークを利用する環境構築も必要であろう。後述するワンストップサービス化である。

2.5 「工学知」構造化の今後の課題

今回は、講義科目を「知」の粒度として取り扱っている。「工学知」には概念、方法論、キーワー

ド等多種多様であるが、「知の量」は、例えば一講義で一週間に100個の新しい「知」が教育されるところとして、一学期15週間で1,500個になる。工学部の講義だけで約900科目とすれば約150万の「知」となる。ここまで「知」を細粒化し、解析することは難しく、解析できたとしても表示することは更に難しい。そこで、1講義科目の15週間/学期を前半と後半とか、5週間を一つの知識の粒度として分割することで、講義科目の構造化が、更にわかり易くなることが考えられる。例えば、「電子量子力学」は前半で量子力学、後半で統計力学を取り扱っている。この場合には、講義科目は前半と後半に分けての構造化が妥当である。その結果として「工学知」が細粒化され、類似推定の確かさを増し、講義科目の構造化・可視化がより利用されやすいであろう。講義内容の精査と分割の有効性が次の研究テーマである。講義を分割した場合には、実際の講義担当も複数教官にすることも考えられるし、最新のIT利用の相互対話可能な遠隔教育(含むe-Learning)等の導入・開発をし、TA(Teaching Assistant)を積極的に採用することで、効果的な教育となるだろう。単位取得をどうするか等の課題が新しく出てくる。

また、シラバス、多くの講義録の電子データ化により、「工学知」のライブラリーとして蓄積してゆき、それらを基にして、類似推定をすると学科間での「知」の共有と独自性がわかり易くなる。更に、参考書、辞・事典等の電子データを追加、解析による「工学知の構造化」への利用は、講義にて触れられなかった「知」の領域を知ることにもなり、利用者である学生はセルフオリエンテーションで自らの道を選択し、自主的に学び、創造への挑戦が容易になり、将来に期待がもてる。カリキュラムの構造化を進めるには、まずは、シラバスを充実させることが必須である。シラバスの内容を充実すると「工学知」項目がわかり、それらを集大成して構造化すれば、学生はより判り易く、学習すべき講義科目及び構造化された「工学知」から派生する知の修得へと進むことになる。

また、当該科目を学ぶ為の事前科目、学んだ後に発展的に学習する事後科目、並行的に学ぶ科目などを米国の大学のようにシラバス内容に明記すれば、講義科目の構造化・科目間結合に、各専門教官の意図が入り、より有効に活用されるだろう。

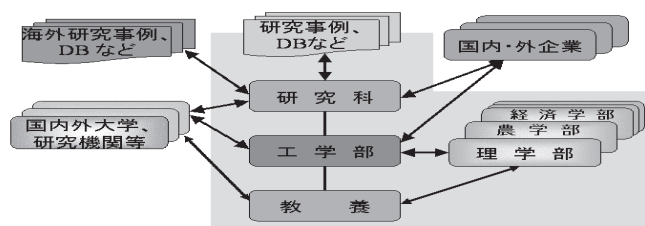


図7 工学知の連携（将来の発展系）

その場合は、学科間の講義内容を教育面で共同研究し、有機的な連携によるカリキュラム編成をすることも重要な課題となる。

社会・経済の国際化と共に、複合的、融合的な分野の複雑な社会問題も顕在化し、その解決を担うであろう学生への期待から、社会、産業界からの工学教育への要請と意見が多くなってきている。それらに応える為に、大学は国立大学の「独立行政法人化」への対応と共に、従来、主眼をおきがちだった専門研究とともに、教育への関心を深め、次世代の学生の知への好奇心を喚起する工学教育内容・方法も研究テーマとして取り上げるべきである。

工学教育の構造化を図ると共に大学教育改革を進めて、国際的視野に立った工学研究者、技術者を育成することは、喫緊の課題でもある。そのためには、大学での工学教育理念の再構成と制度の見直しと、今回のような教育カリキュラムの構造化と可視化やカリキュラム再編成の検討及びITを有効に活用した教育方法とその評価を実施することである。今回論述した「構造化と可視化」を進めることがカリキュラムの再構築の礎となり、学科内に閉じ込められがちな学生に対して、個々人の特性にあった学習選択の道を開くことになる。

3. 「工学知の構造化と可視化」の今後の展開

東大の工学部（2年生冬学期から4年生卒業）の講義要目の構造化方法を概略確立させた後に、工学系大学院の約750科目、教養学部の323単位（約220科目）のシラバスデータをもとに、工学系全体の講義カリキュラムを構造化する。学生は、構造化された「俯瞰図」を利用し、学べき道とそれに関連する「工学知」の分野を知ることにより、自主的・能動的に学問に挑戦していける。又、逆に将来、進学する予定学科の工学分野での位置

づけ・学べき学問とその拡がりを知ることにも可能である。専門分野の「工学知」のライブラリーを構築すれば、同じ手法を用いて、理学部・農学部・経済学部等々へ拡張することも可能となり、学問間の結合を相互に研究することで、学部間での「知の交流」が容易になるだろう。例えば、工学部出身者が新しい法学系大学院（ロースクール）に進学する場合に、これに関連する「俯瞰図」があれば、かなり有効な選択支援ツールとなると思われる。将来の知の連携イメージを図7に示す。

国内外の企業、公的研究機関、海外大学との結合等への拡張も考えられるが、基本である工学系の俯瞰図（教育における工学知の構造化と可視化）を確立することが最優先であることを忘れてはならない。教育における「工学知の構造化」は、常に進化するものであり、専門家がそれに対応可能な情報システム化を進めることと保守・運用する体制整備も検討課題である。

学生が俯瞰図から、自主的に学べき道を決めた時、次にとる行動は履修登録、個人の授業期間割り作成などの教務に関する手続きとなる。又、大学院進学では、研究関連データの検索をしての、進路、学習、研究の参考にする場合もあるだろう。従って、いわゆるワンストップサービスとなる、学務支援システム・教育支援システム（含む工学知の連携）・研究支援システムとの連携も視野に入れての教育の構造化と可視化の研究開発までを視野に入れておくことである。図8に工学系ワンストップサービス概念図を示す。

謝辞

東京大学大学院工学系で「教育プロジェクト室」が2002年4月に発足し、幅広く、奥の深い工学教育に対する「構造化と可視化」・「ITを用いた教育改革」等を同室の吉田教授と共同で研究・開発を進めている。多くの教育に関連する教官をはじめ、関係者のご協力、ご支援に深く感謝申し上げます。

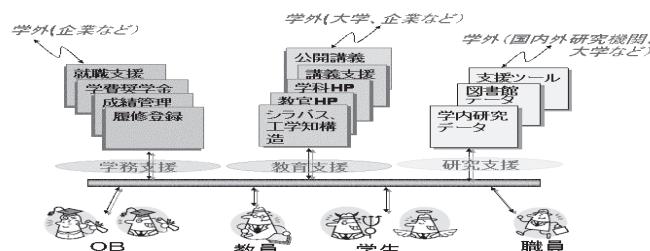


図8 工学系ワンストップサービス

げます。と共に今後ともご指導、ご支援、ご協力をお願いいたします。

参考文献

- 1) 科学技術・学術審議会人材委員会 第二次提案：<http://www.mext.go.jp/p.menu/shingi/gijyutu/gijyutu10>
- 2) 現代社会と知の創造：マイケル・ギボンズ／小林信一監訳 序章，第1章 p19－p94 丸善ライブラリー (1997)
- 3) 工学教育シンポジウム (2002.11於東大) 及び「教育プロジェクト紹介」<http://www.t.u-tokyo.ac.jp/esp/ESP1.htm>
- 4) 科学技術の新世紀：日本工業会編 p18－p36 (吉川弘之著部分) 丸善 (2000)
- 5) 文化としての科学／技術：村上陽一郎著 岩波書店 (2001)
- 6) 動け！日本：動け！日本タスクフォース編 p134－p403日経 BP (2003)
- 7) 工学は何をめざすのか：中島尚正編 p257－p274東京大学出版会 (2000)
- 8) 東大生はバカになったか：立花隆著 p256－p348文芸春秋 (2001.10)
- 9) 平成15年度工学・工学教育研究講演会講演論文集 p421－p481 日本工学教育協会 (2003. 9)
- 10) 情報検索アルゴリズム：北研二・津田和彦・獅々堀正幹 共立出版 (2001.8)
- 11) 大学のカリキュラム改革：有本章編 玉川大学出版部 (2003. 7)
- 12) MIT Bulletin 2003. 2004 Course Catalogue 及び <http://www.mit.edu/admissions/>
- 13) 環境大事典：吉田邦夫監修 p9－p74 (目次) 工業調査会 (1998)
- 14) 情報学事典：北川高嗣・須藤修他編 p9－p47 (目次) 弘文堂 (2002)
- 15) 現代工学の基礎：吉川弘之他編 全16巻の目次 岩波書店 (2002)
- 16) 東京大学工学部 講義要目 (平成15年度版ほか)
- 17) 履修ガイドブック (平成15年度版ほか)
- 18) 科目紹介時間割表 (平成15年度夏，冬学期) 東京大学教養学部
- 19) 東大工学教育プロジェクト「工学知の構造化と可視化」カレッジマネジメント119 P34－P38 (Mar-Apr. 2003)

(受稿日 平成15年12月17日)

[ABSTRACT]

A Trial on the Engineering Knowledge Structuring and Visualization of Knowledge Structured for Engineering Education

OHBA Zenjiro*

Progress in engineering and science has made everyday life more convenient and comfortable. However, various complex problems have emerged and people expect such problems to be solved through engineering and science. Engineering knowledge, however, has rapidly increased due to the progress of society and technology, thus creating confusion and chaos.

As it has become difficult for students to decide what to learn, it would be useful for students, lecturers and others to provide an overview of engineering knowledge. Every subject in the engineering course of a university is considered to be a collection of pieces of knowledge. This report attempts to build a system of knowledge in the engineering curriculum, a new syllabus system and other related topics.

An analysis of the responses to a questionnaire on these systems for some students reveals that it is necessary to precisely define the syllabus contents first and then to develop the knowledge building and education support systems.

The curricula of universities in Japan are generally much poorer than those of US universities.

Students and teachers should be more concerned with the preparation and use of syllabus and education support systems. The construction of engineering knowledge should be discussed in every field of knowledge.

* Professor, Graduate School of Engineering, The University of Tokyo