

専門科目名のリストを利用した学位授与事業のための
科目分類支援システムの評価

Evaluation of the Course Classification Support System using Course Name Lists

宮崎 和光, 井田 正明, 芳鐘 冬樹
野澤 孝之, 喜多 一

MIYAZAKI Kazuteru, IDA Masaaki, YOSHIKANE Fuyuki
NOZAWA Takayuki, KITA Hajime

1. はじめに	27
2. NIAD-UE における科目分類の現状	28
2.1 単位修得に着目した申請方法の概略	28
2.2 現状の科目審査プロセスの概要	29
3. 科目分類支援システム	30
3.1 CCS の概要	30
3.2 ACCS の概要	31
4. 「専門科目名のリスト」を用いた科目分類支援	32
4.1 「専門科目名のリスト」を用いた科目分類支援の必要性	32
4.2 「専門科目名のリスト」を用いた科目分類支援の全体像	32
5. 「専門科目名のリスト」を用いた科目分類支援の検証	34
5.1 検証対象	34
5.2 検証結果	35
5.3 専門委員の負荷軽減量の比較	36
6. おわりに	36
ABSTRACT	42

専門科目名のリストを利用した学位授与事業のための 科目分類支援システムの評価

宮崎 和光*, 井田 正明**, 芳鐘 冬樹**, 野澤 孝之***, 喜多 一****

要 旨

大学評価・学位授与機構(NIAD-UE)では, 短期大学・高等専門学校卒業生及び専門学校修了者等を対象に, 単位累積加算を基にした学士の学位授与事業を行っている。この制度の利用を希望する者は, 自らの判断で自らが修得した科目を NIAD-UE が定める科目区分に合致するように分類・整理し申告する必要がある。それに対し, NIAD-UE では, 申請者による分類の正しさを, 学位審査会に所属する各専門分野の専門委員が, NIAD-UE によって公式に設定された各科目区分ごとの「専門科目名のリスト」を手がかりに, 申告された科目のシラバスを読むことで検討している。これまでに著者らは, 専門委員の分類作業を支援するシステムとして, **科目分類支援システムおよび分類候補数の能動的調整を可能にした科目分類支援システム**を提案してきた。そこではこれまで, あるひとつの専攻の区分—情報工学区分—を対象に有効性を検討してきたが, 本格的な実用化をはかるためには, より多くの専攻の区分での検証を行う必要がある。そのためには, 各専攻の区分ごとに, 判定のための基礎データを提供するデータベースを整備する必要がある。しかし, すべての専攻の区分に対し, 一挙にそのようなデータベースを用意することは現実的でない。そこで, 我々は, データベースが未整備な段階では, 「専門科目名のリスト」を手がかりに判定を行い, 判定結果が蓄積されるにつれ, 随時, その結果を各専攻の区分ごとのデータベースに反映させてゆくのが現実的な方策であると考えている。そこで本研究では, そのような「専門科目名のリスト」のみを用いた科目判定がどの程度利用可能であるかを検証する。具体的には, 歴史学など5つの専攻の区分を対象に, 「専門科目名のリスト」のみによる科目判定の有効性について検証する。

キーワード

シラバス, 科目分類, 学位授与事業, 支援システム

1. はじめに

大学評価・学位授与機構(NIAD-UE)では, 短期大学・高等専門学校卒業生及び専門学校修了者等を対象に, 単位累積加算を基にした学士の学位授与事業を行っている。この制度を利用し学士の学位授与を希望する者は, 各専門分野ごとに定められた所定の単位数以上を修得しなければならない。申請者は, 自らの判断で修得した科目を NIAD-

UE が定める科目区分に合致するように分類・整理し申告する。それに対し, NIAD-UE では, 申請者による分類の正しさを, 学位審査会に所属する各専門分野の専門委員が, NIAD-UE によって公式に設定された各科目区分ごとの「専門科目名のリスト」を手がかりに, 申告された科目のシラバスを読むことで検討している。しかしながら, 近年の申請者数の増大から, この作業には膨大な時間と労力を要しており, 情報技術を活用した科目

* 独立行政法人大学評価・学位授与機構 学位審査研究部 准教授

** 独立行政法人大学評価・学位授与機構 評価研究部 准教授

*** 東京農工大学 大学院共生科学技術研究院 特任助教

**** 京都大学 学術情報メディアセンター 教授

の分類支援が望まれている。

著者らは、これまで、各科目区分ごとに、その科目区分のみに含まれている特徴的な用語をキーワードとして抽出することで、専門委員の分類作業を支援するシステムとして、**科目分類支援システム**(Course Classification Support System ; CCS)を提案してきた[1, 2]。さらに、シラバス内に存在する用語の各科目区分への結び付きの強さを連続値で評価することで、分類を試みている科目区分に帰属する可能性の高い順に申告された科目を専門委員に提示することができる**分類候補数の能動的調整を可能にした科目分類支援システム**(Active Course Classification Support System ; ACCS)を提案した[3]。CCS, ACCSともに、申告された科目の中から、各科目区分に分類されることが有望な科目を、その分類の根拠となった用語とともに専門委員に提示することができる。さらに、ACCSを用いた場合には、専門委員等が自ら能動的に判定すべき科目の候補数を調整することが可能になり、分類作業のさらなる負担軽減が期待できる。

文献[3]では、ACCSを平成15および16年度に実際に申告された科目に適用することで有効性を確認した。しかし、そこでは、あるひとつの専攻の区分一情報工学区分一でしか検証されていない。ACCSの本格的な実用化をはかるためには、より多くの専攻の区分での実用性を検証する必要がある。しかしそのためには、各専攻の区分ごとに、判定のための基礎データを提供するデータベースを整備する必要がある。これには膨大な労力を要するので、すべての専攻の区分に対し、一挙にそのようなデータベースを用意することは現実的でない。

ところでNIAD-UEでは、学位授与申請者のためのガイドラインとして毎年「**新しい学士への途**」[4]を出版している。そこには、科目を分類するための手がかりとしての「**専門科目名のリスト**」が各専攻の区分ごとに設定されている。そこで、初期には、その「**専門科目名のリスト**」を手がかりに判定を行い、判定結果が蓄積されるにつれ、随時、その結果を各専攻の区分ごとのデータベースに反映させてゆくのが現実的な方策である

と考える。そこで本研究では、シラバスから抽出した特徴的な用語の集合を用いず「**専門科目名のリスト**」のみを用いた科目判定がどの程度利用可能であるかを検証する。具体的には、歴史学など5つの専攻の区分を対象に、「**専門科目名のリスト**」のみによる科目判定の有効性について検証する。

なお、本研究は、これまでの科目分類支援システム研究同様、分類作業の自動化を指向した研究ではない。一般に、シラバスをテキストデータとして捉えれば、文献[5]に述べられているサポートベクターマシン等を利用した手法を用いて、最も適合する科目区分に自動分類し、その結果を専門委員に提示することも可能である。しかしながら、我々の主眼はそのような形での自動分類にはない。NIAD-UEでの情報システムに求められているものは、そのような機械による自動分類ではなく専門委員の支援である。その意味で、専門委員にも容易に理解できる形、すなわち、分類の根拠となった用語を含めた形で情報を提示できる点が特に重要な意味を持つと考えている。

以下、第2章においてNIAD-UEにおける科目分類の現状について概観した後、第3章では、著者らがこれまでに提案してきた科目分類支援システムについて紹介する。続く第4章では、本論文での主題である「**専門科目名のリスト**」を利用した科目分類支援システムについて述べ、第5章において、平成18年度に実際に申請された科目を用いて、「**専門科目名のリスト**」を用いた科目分類支援システムの検証を行う。

2. NIAD-UEにおける科目分類の現状

2.1 単位修得に着目した申請方法の概略

NIAD-UEにおける学位授与事業の制度・申請方法などの詳細は、「**新しい学士への途**」[4]に詳しく示されている。ここでは、その中から、科目分類に直接関係する部分である単位修得に着目した申請方法の概略を述べる。

単位修得の観点で、申請者が第一に行うべきことは、専攻の区分の選択である。平成19年度現在、NIAD-UEでは、国語国文学から体育学まで全部で56個の専攻の区分を用意している。申請者はこ

¹ 「新しい学士への途」[4]では、「**専門科目名のリスト**」は「**専門科目の例**」と記載されている。

れら56個の中から自らの学修に最も近いと思われる一区分を選択し、その選択した専攻の区分に課せられている単位の修得基準である**専攻基準**を満たす学修を行う必要がある。

例えば、表1に示すように、専攻基準は、「**専門科目**」、「**関連科目**」およびそれら以外の科目の区分欄から構成される。さらに、「**専門科目**」、「**関連科目**」の区分欄は、「**科目区分**」と呼ばれるいくつかの「～に関する科目」に分類され、一部の「**科目区分**」には最低限必要な単位数が示されている。また、各専攻の区分にとって特徴的かつ重要な「**専門科目**」の科目区分に対しては、分類作業を手助けするための情報として、数個の「**専門科目名のリスト**」が設定されている。平成19年度時点での、「**情報工学**」区分の「**専門科目名のリスト**」は、表2の通りである。

申請者は、修得した科目を、その内容により、各専攻の区分に係る「**専門科目**」、「**関連科目**」およびそれら以外の科目に自ら分類・整理しなければ

ならない。これは、上述の「**情報工学**」区分の場合は、表1の1～7のいずれかの科目区分に修得した科目を申請者自らが分類することを意味する。このように申請が自己申告を基本としているため、場合によっては、不適切な科目分類が行われる可能性があり、NIAD-UEにおいて、その適切性の確認が行われている。

2.2 現状の科目審査プロセスの概要[1,2]

専門科目の判定は、各分野に精通した専門家による判定が必要である。NIAD-UEでは、そのような専門性の高い科目分類の確認を支援するために、平成12年度から、過去の科目分類の判定結果をデータベース化し、専攻基準の判定に活用している。このデータベースは**科目データベース**と呼ばれており、現状では、ひとつの科目（シラバス）は、どれかひとつの科目区分にのみ分類されるように作られている。

図1に、科目データベースを用いた専攻基準判

表1 「**情報工学**」区分の科目区分

専門科目 (40単位以上)	A群 (30単位以上)	情報工学基礎に関する科目 (4単位以上) 計算機システムに関する科目 (4単位以上) 情報処理に関する科目 (4単位以上) 電気電子・通信・システムに関する科目	科目区分1 科目区分2 科目区分3 科目区分4
	B群 (6単位以上)	情報工学に関する演習・実験・実習科目	科目区分5
関連科目 (4単位以上)	工学の基礎となる科目		科目区分6
	工学及び周辺技術等に関する科目		
「 専門科目 」及び「 関連科目 」以外の科目			科目区分7

[平成19年度版「新しい学士への途」[4]より抜粋]

表2 「**情報工学**」区分の「**専門科目名のリスト**」

○ 情報工学基礎理論に関する科目 (科目区分1) データ構造, 言語理論とオートマトン, アルゴリズム, 計算理論, 情報理論, 符号理論, スwitching回路理論, 信号処理, 論理学, 情報工学, 情報数学, 数値計算, 離散数学 (グラフ理論, 組合せ論), 計画数理論 (OR, 待行列) など
○ 計算機システムに関する科目 (科目区分2) プログラミング, プログラム言語, コンパイラ, オペレーティングシステム, デジタル回路, 計算機アーキテクチャ, ネットワーク, 情報セキュリティ, 分散処理, ソフトウェア工学, データベースシステム, 性能評価など
○ 情報処理に関する科目 (科目区分3) 数値解析, 人工知能, 知識工学, エキスパートシステム, 自然言語処理, 音声処理, 画像処理, 図形処理, パターン認識, シミュレーション, グループウェア, マルチメディア, ヒューマンインタフェース, コンピュータグラフィクス, ロボティクス, 生体情報処理など
○ 電気電子・通信・システムに関する科目 (科目区分4) 電子回路, 集積回路, VLSI設計, 通信方式, 通信網, システム制御理論, 最適化論, 計測工学など

[平成19年度版「新しい学士への途」[4]より抜粋]

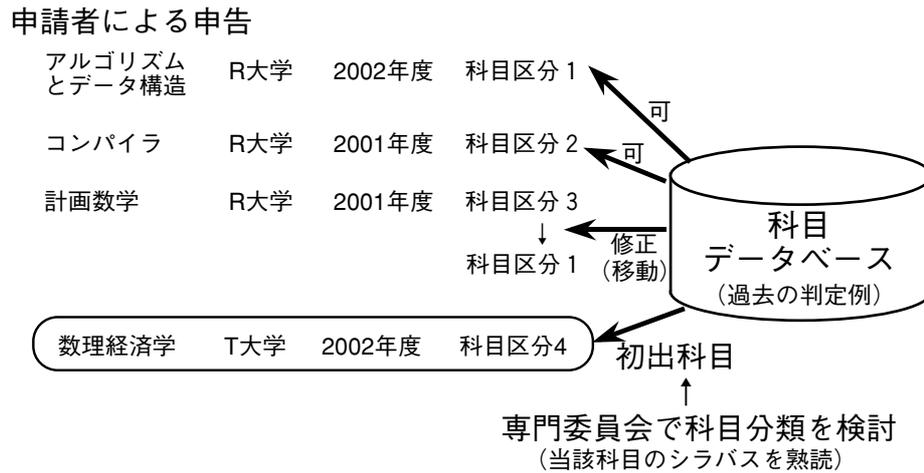


図1 現状の科目審査プロセスの例 (文献[2]より引用)

定のための科目審査プロセスの一例を示す。まず申請者による分類と科目データベースとのマッチングをとり、一致するものは「可」とする。図1の例では、「アルゴリズムとデータ構造」「コンパイラ」がこれに相当する。一方、不一致となった場合には、申請者による科目分類を、科目データベースの分類に修正(移動)する。図1の例では、「計画数学」がこれに相当する。通常、このような場合には、科目分類に専門的な判断を必要としない。

それに対し、過去に判定例が存在しない科目(初出科目)については、専門委員会において、申請者による科目分類の正しさを、その科目のシラバスを読むことで検討している。図1の例では、「数理経済学」がこれに相当する。初出科目に対する判定作業は、基本的には対応するシラバスをすべて読むことで行われており、近年の申請者数の増大から、その作業には膨大な労力と時間を要している。

特に、専門委員会において分類作業に多くの時間を費すのは、その専攻の区分にとって特徴的かつ重要な専門科目の科目区分に対してであり、それらの科目区分では「専門科目名のリスト」が設定されている。これまで、このような「専門科目名のリスト」が存在する科目区分を主な対象に、専門委員の作業量軽減を目指した手法としてCCS[1,2]やACCS[3]といった科目分類支援システムを提案してきた。次章では、これらの概要説

明を行う。

3. 科目分類支援システム

3.1 CCSの概要

CCSおよびACCSの要は、過去の科目分類判定を蓄積した科目区分DBにある。本来、科目区分DBは、専門委員会において作成されるべきものであるが、現実の審査業務に活用されているDBは、ひとつのシラバスが、複数の科目区分に分類されることが許容されていないなど、システム化に際して、不都合な点が存在する。そこで、文献[1,2]では、「情報工学」区分を対象として、平成14年度に、インターネット上に公開されている比較的充実した内容を持つ13大学の情報系学科の電子化されたシラバスデータ(全1,010科目)を収集し、それらすべてのシラバスを著者らが熟読することで、ひとつのシラバスが、複数の科目区分に分類されることを許容した科目区分DBを作成し、既存のDBの不十分さを補った。

その後、文献[1,2]では、この科目区分DBを加工することで、各科目区分ごとに、その区分のみに内包されている特徴的な用語の集合である $myDB = \{myDB(1), \dots, myDB(i), \dots, myDB(N)\}$ (i は科目区分番号, N は科目区分の種類)を作成した。各 $myDB(i)$ ($i=1, \dots, N$)は、科目区分 i に分類されているシラバス内に存在する用語集合²から科目区分 i 以外に分類されているシラバス内にも存在する用語の集合を取り除くことで作

² 各用語は文献[6]の手法により抽出される。

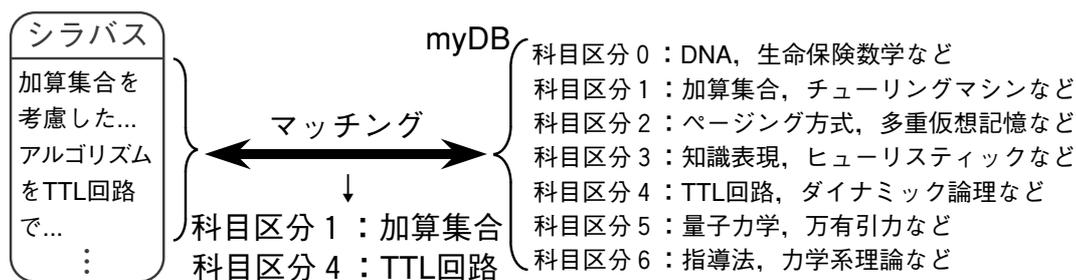


図2 CCSにおけるマッチングの具体例 (文献[1]より引用)

成される。科目区分 i に帰属する科目を探しているとき、CCSでは、申請者が申告している科目のシラバスと $myDB(i)$ とのマッチングをとる。その結果、各シラバスごとに、 $myDB(i)$ とマッチングした用語の集合が得られる。図2に、CCSにおけるマッチングの具体例を示す。CCSにある科目のシラバス (例えば、「加算集合を考慮した...アルゴリズムをTTL回路で...」) が入力されると、このシラバスの内容と $myDB$ とのマッチングがとられる。その結果、科目区分1に相当する専門用語として「加算集合」、科目区分4に相当する専門用語として「TTL回路」をシステムは出力する。

このように、CCSは、 $myDB$ とシラバスのマッチングをとるシステムであり、 $myDB(i)$ とのマッチングの結果得られた用語の集合を用いることで、専門委員に提示する科目集合を限定することができる。これにより、従来の全科目を判定する場合に比べ、専門委員の作業量の軽減が期待できる。

なお、科目区分 i に帰属する科目を探しているときのCCSは、以下のように構成される。

step 0 : 申請者が申告している科目のシラバスと $myDB(i)$ とのマッチングをとる。その結果、各シラバスごとに、 $myDB(i)$ とマッチングした用語の集合が得られる。

step 1 : step 0 で得られた集合が空でない科目を無作為にひとつ選択する。

step 2 : 選択された科目のシラバスに、step 0 で得られた用語集合を付して専門委員に提示し、判定作業を行って頂く。

step 3 : 科目区分 i に課せられている単位数が満足されれば、その科目区分の判定を終える (必要に応じ、他の科目区分または群の判定に移る)。満足されない場合は、step 0 で得られた集合が空でない科目の中で未判定な科目を無作為にひとつ選択し、step 2 へ戻る。

3.2 ACCS の概要

CCSの $myDB$ は、各科目区分ごとに、その科目区分のみに含まれている用語を集めたものである。しかしここでは、その用語と、その用語が含まれている科目数との関係は考慮されていない。本来、ある特定の用語が、ある科目区分にとって特徴的な語であるか否かは、その用語が、どれだけ多く、その区分に分類可能なシラバス内に出現したかに依存し変化するはずである。そこで、このような各用語と、その用語が含まれている科目数との関係を考慮した $myDB$ を利用するものがACCSである。

ACCSでは、まずはじめに、先の13大学のすべてのシラバスから文献[6]の「接続頻度に基づく手法」により用語を抽出し、その抽出された各用語が、各科目区分 i として分類可能なシラバス内に含まれる確率を区間推定した。ある用語が科目区分 i に分類可能なシラバス内に含まれる確率の信頼区間は、「その用語が含まれているシラバス数」(n) に対する「その用語が含まれており、かつ、科目区分が i であるシラバス数」(x) の割合として以下の式から求められる [7]。

$$\frac{\frac{x}{n} + \frac{Z_{\gamma}^2}{2n} \pm \frac{Z_{\gamma}}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{x}{n}(1 - \frac{x}{n}) + \frac{Z_{\gamma}^2}{4n}}}{1 + \frac{Z_{\gamma}^2}{n}} \quad (1)$$

ここで Z_{γ} は、信頼度95%のとき1.96、信頼度99%のとき2.58となる正規分布の両側パーセント点である。なお、(1)式は、正規分布により信頼区間を近似することで導出された式である。そのため良い近似を得るためには、 n が比較的大きな値である必要がある。それに対し、 n があまり大きくない場合には、F分布に基づく方法[7]を用いることもできる。

この計算結果, すなわち, 「ある用語が, 科目区分 i に分類可能なシラバス内に存在する確率の信頼区間」を各科目区分ごとに**関係値**としてとりまとめ, [用語, 科目区分 1 に対する関係値, ..., 科目区分 i に対する関係値, ..., 科目区分 N に対する関係値] (i は科目区分番号, N は科目区分の種類) の組を 1 エントリとする **myDB_c** と呼ばれる DB を構築する。myDB_c は, これまでの myDB とは異なり, 各用語と, その用語が含まれている科目数との関係を考慮に入れた DB となる。また関係値を参照することで, 各用語の各科目への結び付きの強さを連続的に評価することもできる。その結果, ACCS を用いることにより, 専門委員等が自ら能動的に判定すべき科目の候補数を調整することが可能になり, 分類作業の大幅な負担軽減が期待できる。

図 3 に, ACCS におけるマッチングの具体例を示す。ACCS にある科目のシラバス (例えば, 「加算集合を考慮した... アルゴリズムを TTL 回路で...」) が入力されると, このシラバスの内容と myDB_c とのマッチングがとられる。その結果, 加算集合, アルゴリズムおよび TTL 回路という語が各科目区分 (1~4) に対する信頼区間とともに出力される。

このように, ACCS は, myDB_c とシラバスのマッチングをとるシステムである。科目区分 i に帰属する科目を探しているときの ACCS は, 以下のように構成される。

step 0 : 申請者が申告している科目のシラバスと myDB_c とのマッチングをとる。その結果, 各シラバスごとに, myDB_c とマッチングした用語と, その語の各科目区分に対する関係値が得られ

る。

step 1 : 閾値 t ($0 \leq t < 1$) の初期値を設定する。

step 2 : step 0 で得られた関係値を参照し, 「科目区分 i に分類可能なシラバス内に存在する確率の信頼区間」の下側信頼限界が t 以上となっている用語を含む科目のシラバスを, その用語とともに専門委員に提示し, 判定作業を行って頂く。

step 3 : 科目区分 i に課せられている単位数が満足されれば, その科目区分の判定を終える (必要に応じ, 他の科目区分または群の判定に移る)。満足されない場合は, 閾値を下げ step 2 へ戻る。

4. 「専門科目名のリスト」を用いた科目分類支援

4.1 「専門科目名のリスト」を用いた科目分類支援の必要性

CCS, ACCS ともに, 最初に手作業により作られた myDB または myDB_c (以下では, これらを**科目区分 DB** と呼ぶ。)が元になっている。そのため, 文献[1, 2, 3]では, 情報工学区分に限定して, 提案手法の有効性を確認した。

しかし, 科目分類支援システムの本格的な実用化をはかるためには, より多くの専攻の区分での実用性を検証する必要がある。そのためには, 各専攻の区分ごとに, 判定のための基礎データを提供する科目区分 DB を整備する必要がある。これには膨大な労力を要するので, すべての専攻の区分に対し, 一挙にそのような DB を用意することは現実的でない。

ところで NIAD-UE では, 学位授与申請者のためのガイドラインとして毎年「新しい学士への途」[4]を出版している。そこには, 科目を分類するた

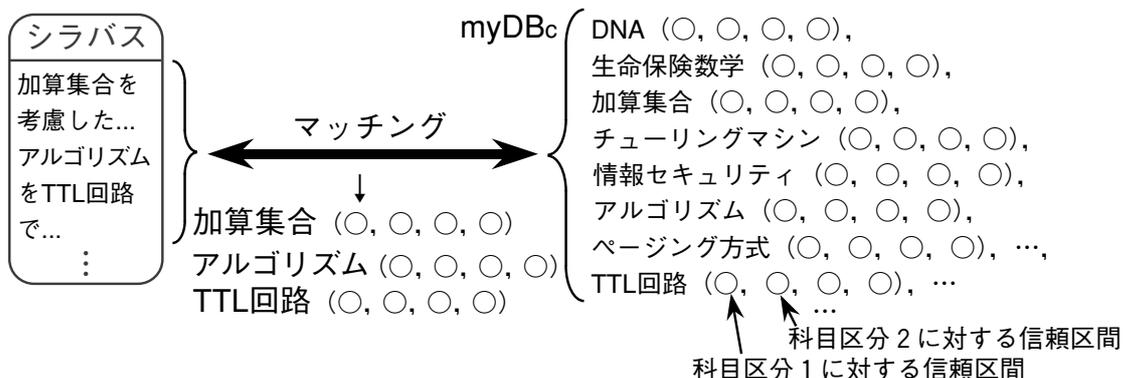


図 3 ACCS におけるマッチングの具体例

めの手がかりとしての「専門科目名のリスト」が各専攻の区分ごとに設定されている。そこで、本研究では、この「専門科目名のリスト」を活用することで、科目区分 DB が未整備な専攻の区分への対応を目指す。

4.2 「専門科目名のリスト」を用いた科目分類支援の全体像

科目区分 DB が未整備な専攻の区分に対しても CCS や ACCS を利用可能とするために、初期には、「専門科目名のリスト」を手がかりに判定を行い、判定結果が蓄積されるにつれ、随時、その結果を各専攻の区分ごとの科目区分 DB に反映させてゆくことを提案する。すなわち、科目区分 DB が未整備な専攻の区分に対しては、図 4 に示すように、当該年度における科目審査においては、「専門科目名のリスト」のみを用いて科目分類支援システムを利用する。この場合、入力された科目のシラバス内に、ある「専門科目名のリスト」と一致する用語表現が存在していた場合、その科目はそのマッチした「専門科目名のリスト」が含まれてい

る科目区分に分類されると示唆される。なお、同一の科目に複数の「専門科目名のリスト」がマッチすることもあるので、同一の科目が複数の科目区分に分類されると示唆されることもある。

一例として、情報工学区分を対象に行った「専門科目名のリスト」を用いたマッチングの具体例を図 5 に示す。図 2, 3 と同様に、シラバス（「加算集合を考慮した...アルゴリズムを TTL 回で...」）が入力されると、このシラバスの内容と情報工学区分の「専門科目名のリスト」とのマッチングがとられる。その結果、アルゴリズムという語のみが、科目区分 1 への分類を示唆するものとして出力される。

このような運用の結果、判定結果が得られた後、科目区分 DB が存在していなかった専攻の区分に対しても科目区分 DB を構成することが可能となる。具体的には、当該年度における専門委員会終了後、各専攻の区分ごとに、その年度に判定されたすべてのシラバスから文献[6]の「接続頻度に基づく手法」により用語を抽出し、その抽出された用語をもとに 3.1 または 3.2 節で述べた方法によ

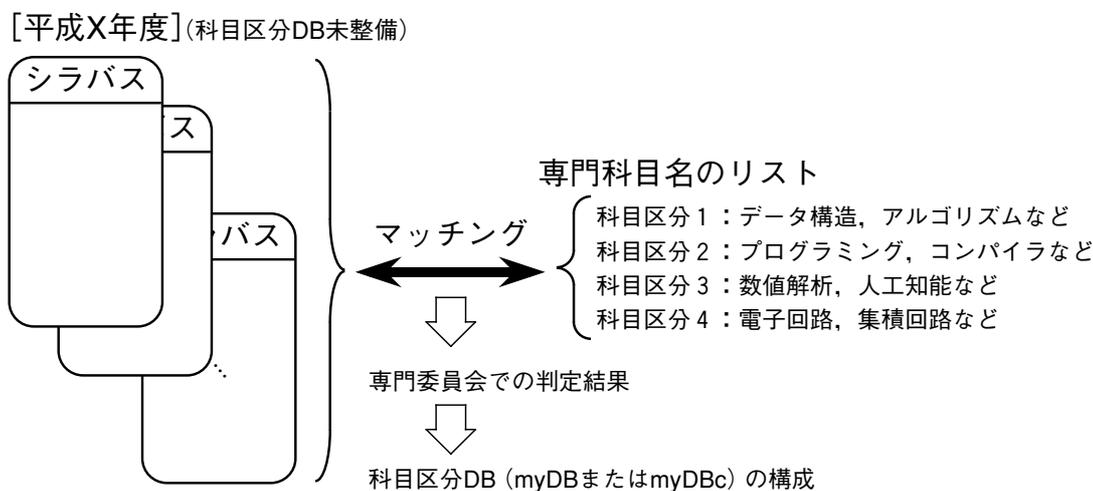


図 4 平成 X 年度 (科目区分 DB 未整備) における科目分類支援

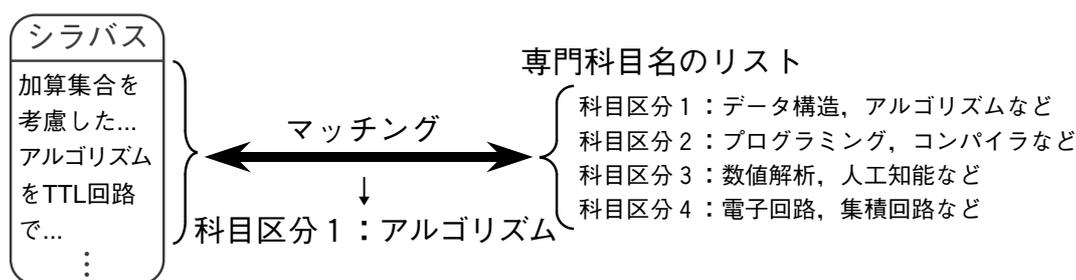


図 5 「専門科目名のリスト」のみを用いたマッチングの具体例

り科目区分 DB(myDB または myDBc) を構成する。

このような形で科目区分 DB が構成された年度以降では、図 6 に示すように、科目区分 DB を用いて科目分類支援システムを利用する。これは、文献[1, 2, 3]において、情報工学区分に対して適用された科目分類支援システムの利用方法とまったく同一のものである。なお、科目区分 DB は、各年度における専門委員会終了後、3.1 または 3.2 節で述べた方法により更新する。その際、対象となるシラバスは、科目区分 DB の構成以後、判定されたすべてのシラバスとする。これにより、つねに科目区分 DB を洗練化させてゆくことが可能となる。

このように「専門科目名のリスト」を活用することで、これまで科目分類支援システムを利用することができなかった科目区分 DB が未整備な専攻の区分に対しても、科目分類支援システムを利用することが可能となる。これはシステムの実運用に際し大きな意義を持つ。しかしながら、図 5 に示したような「専門科目名のリスト」のみを用いた分類支援は、図 2 や図 3 に示した科目区分 DB (myDB または myDBc) を用いた分類支援と比べると、専門委員に提示される情報量がはるかに少ない。特に、「専門科目名のリスト」のみを用いた分類支援が、一様ランダムな確率で科目区分を指定した場合以下の性能しか得られないならば、そのような方法を試す価値はない。そこで、次章では、上述のような「専門科目名のリスト」を活用した科目分類支援システム構築のための第一歩

として「専門科目名のリスト」による分類精度について、一様ランダムな確率で科目区分を指定した場合との比較を行うとともに、提案手法を審査業務に活用することを想定した場合の専門委員の負荷軽減量についても考察する。

5. 「専門科目名のリスト」を用いた科目分類支援の検証

5.1 検証対象

本研究では、以下の 5 つの専攻の区分に対し検証を行った。人文科学分野から「歴史学」、理学分野から「数学・情報系」、工学分野からは「電気電子工学」と「建築学」、さらにその他の分野として「検査技術科学」をとりあげた。今回、平成 18 年度に実際に申請されたこれら 5 つの専攻の区分の科目のうち、専門委員会において専門科目と分類された科目を利用し検証を行った。該当科目数は、それぞれ 11, 31, 14, 47, 10 科目である。ここで、シラバス中の平均文字数は、1 科目当たり約 1500 文字である。なお、各専攻の区分ごとに、専門科目の科目区分名および専門科目名のリストを付録に示す。

紙ベースで提供されたこれらの科目のシラバスをスキャナに通し OCR 処理したものを、直接、科目分類支援システムに入力した。なお、OCR ソフトは定評のある市販のもの[8]を利用した。今後、シラバス DB[9]の充実が進むことで、このようなスキャニング処理は大幅に軽減されるものと考えている。

[平成 X + 1 年度以降] (科目区分 DB 構成済み)

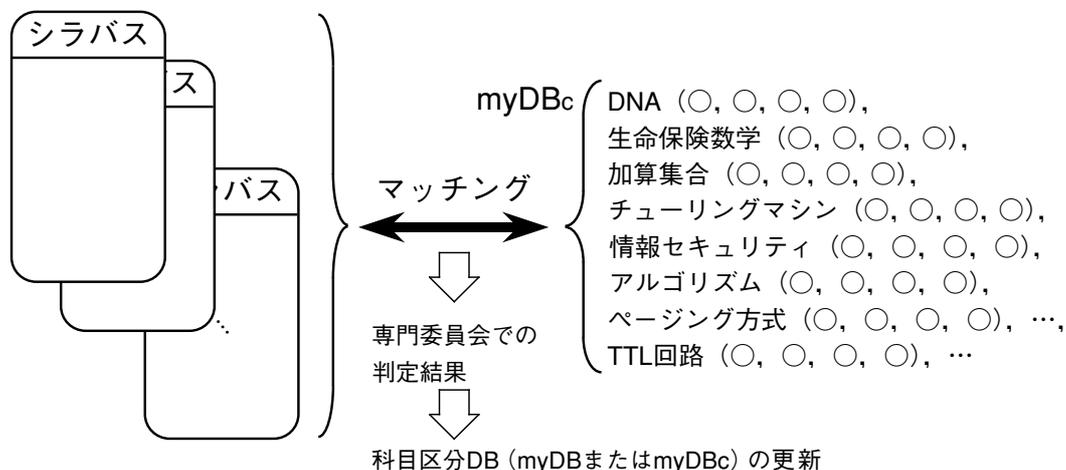


図 6 : 平成 X + 1 年度 (科目区分 DB 構成後) 以降における、ACCS を用いた場合の科目分類支援

科目分類支援システムの科目区分 DB には, 4.2 節, 図 4 で用いたものと同様, 「専門科目名のリスト」をそのまま登録している。そのため, ここでの科目分類は, 各科目のシラバスと「専門科目名のリスト」とのマッチングをとることに等しい。

5.2 検証結果

表 3 に今回とりあげた「歴史学」, 「数学・情報系」, 「電気電子工学」, 「建築学」および「検査技術科学」の「専門科目名のリスト」を用いた科目分類の結果を示す。科目区分は, それぞれ, 5, 4, 5, 8 および 7 区分である。「専門科目名の総数」とは, 「専門科目名のリスト」に登録されている科目名の総数である。「 c_i と示唆された

科目数」とは, 入力されたシラバスのうち, その専攻の区分の科目区分 c_i とマッチしていたものの総数である。「 c_i であった科目数」には, 「 c_i と示唆された科目数」のうち, 実際に専門委員会でもその科目区分 c_i であると分類されていた科目数を示している。「専門委員会での判定数」は, 専門委員会において, 各科目区分であると判定されていた科目数を示している。

さらに表 3 をより見やすくするために, 各専攻の区分ごとに「誤答率」「充足率」という形でまとめ直したものを表 4 に示す。ここで, 「誤答率」とは, 科目分類支援システムが, 本来, その区分に分類されると示唆すべきでない科目を示唆してしまう割合であり,

表 3 各専攻の区分における検証結果

	科目区分	専門科目名の総数	c_i と示唆された科目数	c_i であった科目数	専門委員会での判定数
歴史学	c1	5	1	1	3
	c2	16	4	3	3
	c3	16	1	1	1
	c4	21	0	0	4
	c5	4	0	0	0
数学情報	c1	29	17	17	29
	c2	18	0	0	2
	c3	0	0	0	0
	c4	0	0	0	0
電気電子	c1	12	8	2	2
	c2	23	5	3	4
	c3	36	3	0	0
	c4	52	6	5	5
	c5	0	0	0	3
建築学	c1	22	10	8	9
	c2	14	6	5	8
	c3	23	8	5	5
	c4	14	5	3	9
	c5	23	5	2	2
	c6	12	2	2	2
	c7	15	20	8	9
	c8	8	2	1	3
検査技術科学	c1	22	2	2	2
	c2	6	0	0	0
	c3	14	0	0	0
	c4	16	0	0	0
	c5	15	1	1	4
	c6	8	0	0	1
	c7	7	3	2	3

表4 一様ランダムな確率で科目区分を指定した場合との比較結果

	誤答率	充足率	ランダム誤答率	ランダム充足率
歴史学	1/6=0.17	5/11=0.45	4/5=0.8	1/5=0.20
数学情報	0/17=0.00	17/31=0.55	3/4=0.75	1/4=0.25
電気電子	12/22=0.55	10/14=0.71	4/5=0.8	1/5=0.20
建築学	24/58=0.41	34/47=0.72	7/8=0.87	1/8=0.13
検査技術	1/6=0.17	5/10=0.50	6/7=0.86	1/7=0.14

$\frac{\text{誤った科目区分に分類されると示唆された科目の総数}}{\text{示唆された科目の総数}}$

で定義される。一方、「充足率」は、科目分類支援システムが、どれだけ取りこぼしなく、該当する科目区分に分類される科目を示唆できるかを表し、

$\frac{\text{正しい科目区分に分類されると示唆された科目の総数}}{\text{対象科目数}}$

で定義される。

さらに、比較のため、「ランダム誤答率」、「ランダム充足率」として、各シラバスについて一様ランダムな確率で科目区分を指定した場合の誤答率および充足率を示す。なお、「ランダム誤答率」と「ランダム充足率」の間には、

$$\begin{aligned} \text{「ランダム充足率」} &= \text{「ランダム正答率」} \\ &= 1 - \text{「ランダム誤答率」} \end{aligned}$$

という関係がある。

これらの結果より、ランダムに勝る充足率・ランダムより低い誤答率が得られることが確認された。なお、「電気電子工学」や「建築学」の誤答率が比較的高めである。これは、これらの専攻の区分の「専門科目名のリスト」には、「電気回路」や「材料力学」等の比較的一般的な語句が含まれており、その結果「示唆された科目の総数」が多くなってしまったことが主たる原因として考えられる。このような間違いは、本来の趣旨通りの科目区分DBが構成されることで大幅に軽減されると思われる。

5.3 専門委員の負荷軽減量の比較

前節では、一様ランダムな確率で科目区分を指定した場合との比較を行ったが、本節では、提案手法を審査業務に活用することを想定した場合の専門委員の負荷軽減量について考察する。

2章で述べたように、これまで NIAD-UE では、

申請されたすべての科目を審査している。それに対し、提案手法を用いた場合には、システムが示唆する科目を専門委員が順次検討し、専攻基準を満たした時点で審査を終えることができる。ここでは、「歴史学」および「数学・情報系」区分を例に、専門科目に課せられている条件を満足するまでに必要とされる科目数の比較を行う。なお、提案手法では、専門委員が科目区分を c1, c2, ... の順に上から順番に審査し単位数の確認を行う場合を想定し動作させるものとする。

まず、「歴史学」について11科目1名の申請者による申請事例を検討する。現状の審査では、この全科目(11科目)が専門委員に一度に提示され、審査が行われる。それに対し、提案手法では、「c1と示唆される科目(1科目)」、「c2と示唆される科目(4科目)」、...という形で、順次、科目が提示され、専門委員の審査を受ける。付録より、「歴史学」の場合、c1～c5の科目区分のうち4区分以上を修得する必要がある。「歴史学」の場合には、提案手法では、c4またはc5と示唆される科目がなく、場合によっては、現状の審査同様、全11科目の審査が要求される可能性があることを意味する。

それに対し、「数学・情報系」の事例では提案手法の有効性がみてとれる。「数学・情報系」の31科目は実際には2名の申請者による申請であり、申請者Aは11科目、申請者Bは20科目を申請していた。ここで、提案手法において、c1と示唆された科目数は、申請者AおよびBで、それぞれ、10および7科目であった。「数学・情報系」の場合、付録より、c1またはc2いずれかの1区分で20単位以上修得する必要があるが、申請者A、Bともに、この示唆された科目数のみでこの条件を満足することができた。このことは、提案手法では17科目の判定でこの2名の審査を終えることができることを意味する。これは、単純計算で、現状の31科目の判定に要する時間の約半分強の時間で科目の

審査を終えられることを意味する。なお、同様の効果は、文献[3]で行われた「情報工学」区分でのACCSの動作検証でも得られている。

今回、残念ながら、「数学・情報系」でみられたような効果は「歴史学」ではみられなかった。しかしこれは、主として「専門科目名のリスト」が十分でないことに起因する問題であり、科目分類支援システムの本質的な欠点ではない。今後、判定結果が蓄積され、科目区分DBが充実されるにつれ、「歴史学」区分においても、「数学・情報系」や文献[3]の「情報工学」区分で見られたような効果が期待できるものと考ええる。

6. おわりに

本研究では、これまで「情報工学」区分に限られていた科目分類支援システムの適用領域を拡大させるための第一歩として、NIAD-UEによって公式に設定され「新しい学士への途」[4]に記載されている「専門科目名のリスト」を用いた科目分類支援システムの評価を行った。平成18年度に実際に申請された5区分113科目での検証の結果、科目区分DB（すなわち、myDBまたはmyDBc）が存在しない場合、一様ランダムな確率で科目を提示する場合に比べ、「専門科目名のリスト」を利用することの有効性が確認できた。また、専門委員の審査業務の負荷軽減にも寄与する可能性が示唆された。

ここでの結果から、科目区分DBが存在しない初期には、「専門科目名のリスト」により分類結果を提示し、その結果から科目区分DBを構成し、次年度に備える、という枠組の実現可能性が高まったものと考ええる。特に、現在、NIAD-UEでは、学位授与事業における電子申請システムの導入など、積極的に、電子化・システム化を進めている。今後は、それら既存のシステムとの連携を考慮しつつ早急に科目分類支援システムの実用化を図りたいと考えている。

ところで、NIAD-UEにおける科目審査では、専門委員の判定が主であり、その責任は非常に重く、かつ、作業負担も大きい。このような課題に対して、情報システムには、専門委員の作業負担を軽減する従の役割が期待されている。本研究でも、そのような「人による分類の情報システムによる支援」を重視する立場から、判定作業そのものの

自動化ではなく、科目を提示する順番を工夫することで、科目判定に係る作業時間の短縮を目指した。このような形での情報システムと人間・組織・社会との相互関連は、審査など、判定間違いの許されない重責を担う人間の負担軽減を目的として、今後ますます重要になってゆくと思われる。

謝辞

本研究を遂行するにあたりデータ整理に多大なご協力を頂きました植田康子氏および吉田恭子氏に謝意を表します。

参考文献

- [1]宮崎和光, 井田正明, 芳鐘冬樹, 野澤孝之, 喜多一: 電子化シラバスに基づく学位授与のための科目分類支援システムの検討, 学位研究, No.18, pp.133-150 (2004).
- [2]宮崎和光, 井田正明, 芳鐘冬樹, 野澤孝之, 喜多一: 電子化されたシラバスに基づく学位授与事業のための科目分類支援システムの試作, 情報処理学会論文誌, Vol.46, No.3, pp.782-791 (2005).
- [3]宮崎和光, 井田正明, 芳鐘冬樹, 野澤孝之, 喜多一: 分類候補数の能動的調整を可能にした学位授与事業のための科目分類支援システムの提案と評価, 知能と情報, Vol.17, No.5, pp.558-568 (2005).
- [4]平成19年度版新しい学士への途, http://www.niad.ac.jp/ICSFiles/afieldfile/2007/02/22/1_no7_5gakushiH19.pdf
- [5]高須淳宏, 相原健郎: テキスト分類における訓練データと性能の実験的考察, NIIJournal, No.6, pp.1-8 (2003).
- [6]中川裕志, 森辰則, 湯本紘彰: 出現頻度と連接頻度に基づく専門用語抽出, 自然言語処理, Vol.10, No.1, pp.27-45 (2003).
- [7]泉信一, 近藤基吉, 穂刈四三二, 永倉俊充編集: 共立数学公式附函数表改定増補, 共立出版株式会社, pp.439 (1969).
- [8]エー・アイ・ソフト: 読ん de!! ココ Ver.9
- [9]井田正明, 野澤孝之, 芳鐘冬樹, 宮崎和光, 喜多一: シラバスデータベースシステムの構築と専門教育課程の比較分析への応用, 大学評価・学位研究, No.2, pp.85-96 (2005).

付録

本論文で利用した各専攻の区分における専門科目の科目区分および専門科目名のリストを以下に示す。なお、各データは、平成19年度版「新しい学士への途」[4]の各専攻の区分のページから抜粋したものである。

A 「歴史学」区分における専門科目の科目区分名および専門科目名のリスト

専門科目 (40単位以上)	c1：歴史学に関する基礎的な科目 c2：日本史に関する科目 c3：東洋史に関する科目 c4：西洋史に関する科目 c5：考古学に関する科目	左の区分のうちから4区分以上にわたること
------------------	--	----------------------

○歴史学に関する基礎的な科目 (c1)

史学概論, 日本史概説・日本史, 東洋史概説・東洋史, 西洋史概説・西洋史, 考古学概説など

○日本史に関する科目 (c2)

日本古代史, 日本中世史, 日本近世史, 日本近代史, 日本現代史, 日本史演習, 日本古文書学など

*各分野史(政治・法制史, 経済史, 社会史, 文化史, 思想史, 宗教史, 美術史等)を含む

○東洋史に関する科目 (c3)

中国史, 東北アジア史, 南アジア史, 中央アジア史, 西アジア史, 東洋史演習, 東洋史料講読など

*各分野史(政治・法制史, 経済史, 社会史, 文化史, 思想史, 宗教史, 美術史等)を含む

○西洋史に関する科目 (c4)

西洋古代史, 西洋中世史, イギリス史, フランス史, ドイツ史, 北欧史, 南欧史, 東欧史, 北アメリカ史, ラテンアメリカ史, 西洋史演習, 西洋史外書購読など

*各分野史(政治・法制史, 経済史, 社会史, 文化史, 思想史, 宗教史, 美術史等)を含む

○考古学に関する科目 (c5)

考古学特講, 考古学演習, 考古学実習など

B 「数学・情報系」区分における専門科目の科目区分名および専門科目名のリスト

専門科目 (40単位以上)	A 群 (30単位以上. ただし, 右のいずれかの1区分で20単位以上)	c1：数学に関する科目 c2：情報科学に関する科目
	B 群 (c1の区分の単位数が20単位未満の場合は4単位以上)	c3：情報科学に関する実験・実習科目 c4：実習を伴うプログラミング・情報処理に関する演習科目

○数学に関する科目 (c1)

微分・積分学, 線形代数, 集合と位相, 代数幾何, 整数論, 表現論, 代数, 幾何, 位相幾何, 微分幾何, リー群論, 実解析, 複素解析, 関数解析, 確率・統計, 微分方程式, 数値解析, 物理数学, 応用数理・実験数理, 組み合わせ論・離散数学, 制御理論, 計画数学, 計算機数学, 数学基礎論, 数学史など

○情報科学に関する科目 (c2)

情報理論, 離散数学, データ構造とアルゴリズム, プログラミング言語, システムソフトウェア, ソフトウェア工学, データベース, 論理回路, 計算機アーキテクチャ, コンピュータネットワーク, 計算機システム, 情報システム, 数値解析, 画像処理, コンピュータグラフィックス, 人工知能, 符号理論, 暗号理論など

C 「電気・電子工学」区分における専門科目の科目区分名および専門科目名のリスト

専門科目 (40単位以上)	A 群 (30単位以上)	c1: 電気電子工学の基礎となる科目 (4 単位以上) c2: 電気工学に関する科目 c3: 電子工学に関する科目 c4: 情報通信工学に関する科目
	B 群 (6 単位以上)	c5: 電気電子工学に関する実験・実習科目

○電気電子工学の基礎となる科目 (c1)

電磁気学, 電気数学, 回路網学, グラフ理論, 電気回路, 電子回路, 電気・電子計測, 通信計測, 計測工学, システム制御工学, 数理計画法, システム工学など

○電気工学に関する科目 (c2)

電力発生工学, エネルギー工学, 発電工学, 原子工学, 電力系統工学, 電力システム工学, 送配電工学, 電気法規及び施設管理, 電力応用工学, 電気鉄道, 照明工学, 高電圧工学, 電気材料, プラズマ工学, 放電工学, 絶縁設計工学, 電磁エネルギー変換, 電気機器学, 電気機器設計法, 電力制御機器工学, パワーエレクトロニクス, 制御工学など

○電子工学に関する科目 (c3)

固体電子工学, 電子物性, 半導体物性, 半導体工学, 誘電体工学, 磁性体工学, 電子材料, 電子材料プロセス工学, アナログ電子回路, デジタル電子回路, パルス回路, 計算機回路工学, 論理回路, スイッチング回路, 半導体デバイス, 集積回路, 電子デバイス工学, 真空電子工学, プラズマ工学, 電子部品・材料, センサー工学, 光電子デバイス, 集積デバイス, 集積回路設計, 量子電子工学, 光波電子工学, 光伝送工学, 光回路工学, 光エレクトロニクス, マイクロ波工学, 光通信工学, 電子機器学, 電子通信機器設計法, 応用機器工学, 照明工学など

○情報通信工学に関する科目 (c4)

音響工学, 信号処理論, 情報伝送工学, 通信工学, 電磁気応用工学, 電磁波工学, 応用電磁波工学, アンテナ工学, マイクロ波工学, レーザ工学, 通信理論, 情報通信工学, 通信基礎論, 信号処理, 情報基礎論, 画像工学, データ通信工学, 通信伝送工学, 通信方式, 伝送システム工学, トラヒック理論, 通信交換工学, 通信網工学, 電気通信事業法, 通信法規, 応用通信工学, 電子通信機器設計法, 通信機器, オートマトン, 計算機アーキテクチャ, ソフトウェア工学, 計算機プログラミング, 電子計算機, オペレーティングシステム, 計算機言語, コンパイラ設計論, データ構造, メモリー工学, データベース工学, 計算機システム, 情報数理, 情報認識, 組合せ, アルゴリズム理論, 情報理論, データ通信, 人工知能, 応用情報工学, 生体情報工学, 情報システム論, システム数理工学, 情報システム工学など

D 「建築学」区分における専門科目の科目区分名および専門科目名のリスト

専門科目 (48単位以上)	A 群 (30単位以上)	c1: 建築構造学に関する科目 (8 単位以上) c2: 建築構法・材料・施行に関する科目 (4 単位以上) c3: 建築環境工学に関する科目 (2 単位以上) c4: 建築計画学に関する科目 (4 単位以上) c5: 都市計画学に関する科目 c6: 建築史・意匠に関する科目
	B 群 (10単位以上)	c7: 建築設計・製図に関する科目 c8: 建築学に関する実験・実習科目

○建築構造学に関する科目 (c1)

構造学概論, 構造力学, 応用力学, 材料力学, 構造解析, 構造振動論, 鉄筋コンクリート構造 (RC 構造), 鉄骨構造 (鋼構造), 木構造 (木質構造), 耐震構造, 構造設計, 構造計画, 土質工学, 基礎地盤工学, 建築基礎構造, 建築防災工学, 防災工学, 風工学など

○建築構法・材料・施行に関する科目 (c2)

建設工学概論, 建設材料概論, 建築構法, 建築一般構造, 構法計画, 建築材料, 建築生産, 建築施行, 建設マネジメント, 建築経済, 材料計画, 施工計画, 住宅産業論, デザイン材料学など

○建築環境工学に関する科目 (c3)

環境工学概論, 建築環境, 環境工学, 建築環境計画, 都市環境, 建築都市環境概論, 計画原論, 音環境, 熱環境, 光環境, 建築音響学, 温熱空気環境学, 照明計画, 建築設備, 設備設計, 空気調和設備, 給排水設備, 電気設備, 都市設備, 環境心理, 造園学, 省資源リサイクル論など

○建築計画学に関する科目 (c4)

建築計画, 住宅計画, 地域施設計画, インテリア計画, 設計計画, 建築人間工学, 建築安全計画, ファシリティマネジメント, 建築管理保全計画, 建築法規, 空間情報工学, 空間デザイン論, CAD デザイン論など

○都市計画学に関する科目 (c4)

建築都市計画概論, 都市計画, 地区計画, 住宅地計画, 地域計画, 都市施設計画, まちづくり論, 景観デザイン, 都市交通計画, 都市環境工学, 地域環境保全, 都市社会学, 地域経済・都市行政, 地理情報工学, 水辺環境計画, 都市安全工学, 都市防災工学, 都市解析, 都市計画史, 建築・都市関連法規など

○建築史・意匠に関する科目 (c4)

建築史, 住宅史, 都市史, 建築・都市史概論, 住生活史, 建築概論, 現代建築論, 建築意匠, 建築思潮, 文化財保存, 修復学など

○建築設計・製図に関する科目 (c4)

図学, 造形, 建築製図, 建築設計製図, 設計基礎, 建築デザイン実習, 建築総合設計, 地域デザイン, インテリア設計, 構造設計, 環境設備設計, 都市設計, 地域設計, 建築 CAD など

○建築学に関する実験・実習科目 (c4)

建築実習, 造形基礎実習, 建築実験, 材料実験, 構造実験, 材料加工実習, 測量実習など

E 「検査技術科学」区分における専門科目の科目区分名および専門科目名のリスト

専門科目 (40単位以上)	A 群 (36単位以上)	c1: 基礎・臨床医学に関する科目 (実習科目を含む) c2: 基礎検査学に関する科目 c3: 臨床検査学に関する科目 c4: 臨床検査学に関する実習科目	左のA群の 4区分にわたること
	B 群	c5: 健康科学に関する科目 c6: 社会医学に関する科目 c7: 統計学・情報科学に関する科目	

○基礎・臨床医学に関する科目 (実習科目を含む) (c1)

医学概論, 解剖学, 生体形態学, 生理学, 生体機能学, 薬理学, 病理学, 組織学, 病態形態学, 生化学, 分子生物学, 遺伝学, 染色体学, 微生物学, 細菌学, 血清学, 免疫学, 医動物学, 実験動物学, 臨床医学総論など

○基礎検査学に関する科目 (c2)

検査管理学, 検査機器総論, 医用工学概論, 検査情報学, 医療情報学など

○臨床検査学に関する科目 (c3)

臨床検査総論, 臨床検査医学各論, 一般検査学, 臨床生理検査学, 臨床化学, 環境衛生検査学, 血液検査学, 微生物検査学, 免疫検査学, 遺伝子検査学, 染色体検査学, 病理細胞組織学, 臨床細胞学, 放射性同位元素検査技術学など

○臨床検査学に関する実習科目 (c4)

臨床検査総論実習, 臨床検査医学各論実習, 一般検査学実習, 臨床生理検査学実習, 臨床化学実習, 環境衛生検査学実習, 血液検査学実習, 微生物検査学実習, 免疫検査学実習, 遺伝子検査学実習, 染色体検査学実習, 病理細胞組織学実習, 臨床細胞学実習, 放射性同位元素検査技術学実習など

○健康科学に関する科目 (c5)

健康科学, 栄養学, 臨床栄養学, 食生活論, 食物論, 健康管理学, 体力科学, スポーツ科学, 学校保健, 精神保健, 小児保健, 成人保健, 母性保健, 老人保健など

○社会医学に関する科目 (c6)

公衆衛生学, 疫学, 環境衛生学, 医療関係法規, 予防医学, 高齢化社会学, 医療倫理学など

○統計学・情報科学に関する科目 (c7)

統計学, 情報科学, コンピュータ学, 情報管理学, 情報工学, 情報処理, 医療システム学など

(受稿日 平成19年7月23日)

[ABSTRACT]

Evaluation of the Course Classification Support System using Course Name Lists

MIYAZAKI Kazuteru *, IDA Masaaki **, YOSHIKANE Fuyuki **

NOZAWA Takayuki ***, KITA Hajime ****

The National Institution for Academic Degrees and University Evaluation awards academic degrees based on the accumulation of credits. These credits must be classified according to pre-determined criteria for the chosen disciplinary field. This work is carried out by the sub-committees within the *Committee of Validation and Examination for Degrees*, whose members should be well-versed in the syllabus of each course to ensure appropriate classification. The number of applicants is increasing every year, and thus, a course classification system supported by information technology is strongly desired. We have proposed the *Course Classification Support system* and the *Active Course Classification Support system* for the awarding of degrees in NIAD-UE. However, the effectiveness of these systems has been verified only in the field of Information Engineering. In order to apply these systems to other fields, we have to construct databases for each field that present the relationships between the courses and technical terms contained in their syllabi. Since the construction of the databases is a very effort-consuming task, in this paper, we attempt to effectively utilize the course examples, already defined for each field by NIAD-UE. Starting with only the course examples, the databases can be progressively improved as classification results get accumulated. With course classification results in five fields, we demonstrate that the classification support using only course examples provides a good starting point.

* Associate Professor, Department of Assessment and Research for Degree Awarding, National Institution for Academic Degrees and University Evaluation

** Associate Professor, Department of Research for University Evaluation, National Institution for Academic Degrees and University Evaluation

*** Assistant Professor, Department of Computer and Information Sciences, Tokyo University of Agriculture and Technology

**** Professor, Academic Center for Computing and Media Studies, Kyoto University