

研究論文

専門図書による学習分野の可視化手法を用いた  
学習支援システムの提案

堀井千夏

Proposal of Learning Support System Based on Visualization Method  
for Learning Areas by Using a Technical Book

Chinatsu HORII

**【要約】**大学教育において学生が習得する専門分野は、基礎から応用へとその範囲は幅広く設定されている。また、近年は、従来からある専門分野と他の分野を融合させた複合分野が増えるなど複雑な学問体系になっている。これらの点から、大学生が学部4年間で習得する専門分野の位置づけや関連性を適切に把握することは非常に困難であり、専門分野の知識を深める上で大きな障害となっている。こうした問題を解決するために本論文では、教育現場で利用されている教科書や参考書といった専門図書に着目して各専門分野を階層構造として可視化し、学生が学習領域を効果的に確認できる学習支援システムを提案する。本システムは、学習分野や未学習分野の関連性を目視で確認することができることから、学習への動機づけを強めることが期待される。

## 1. はじめに

大学や研究機関などで行われる専門性の高い学問の分野では、その分野の内容を明確にするために分類・整理された細目分野が設定されている。しかし、近年、専門分野の範囲が拡大・複雑になるに従って、この細目分野は非常に多くの項目となり、煩雑で分かり難い内容となっている。このため、ある専門分野に焦点を絞って研究する者や専攻する分野についての理解が未熟な大学生にとっては、専門分野の全体を体系的に掴むことは非常に困難だといえる[7]。

専門分野においては図書館学で見られるような定められた分類方法はなく、各分野の代表的な特徴から人文科学、社会科学、自然科学、応用科学などに分類されてきた。しかし、文部科学省による「産学連携による実践型人材育成事業[2]」や「特色ある大学教育支援プログラム[6]」のような事業が推進される背景により、研究・教育分野の環境は大きく変化し、専門分野の焦点が論理的な基底分野から経験的な応用分野へと移行する傾向が強まっている[1]。また、社会のニーズに基づいて近年は文系と理系を融合させた新しい複合分野が生まれ、各分野の特徴や違いを明らかにすることが非常に困難となっている。こうしたことから、専門分野を体系化することは容易とは言えない。

このような専門分野の体系化に関する在り方は、研究活動における理解を困難にするだけでなく、大学教育の現場にも大きな問題を生じている。一般に大学生は各学年で自分の専門に必要な科目を履修することになるが、既に履修した講義科目とこれから履修すべき科目との関連性が分からない場合が多い。複雑な専門分野の細目化や、新しさと大学独自の特色を重視した教育課程などは学習者にとって理解しやすい構造とは限らない。このため、学習者はどの講義科目を履修すべきか、または、その科目に関連して次に何を履修すべきかを適切に判断できないのである。

本論文では、このような学問体系の複雑さを容易に理解するための一手法として、専門図書の目次情報に着目して専門分野の関係を可視化する手法について述べる。更に、この手法を用いて学習過程を確認する学習マップを作成し、専門教育に対する学習強化を目的とした学習支援システムを提案する。

## 2. 専門分野における複雑な細目化

専門分野の細目化一覧としては、文部科学省が定めた科学研究費補助金の公募資料にある「系・分野・分科・細目表」が広く参照されている[4]。表1に「総合・新領域系における総合領域分野」と「人文社会系における社会科学分野」の一部を示した。各専門分野は、分科・細目化・キーワードへと細目化されている。これらはキーワードの一覧を参照することで各々が属する分野を推定できるように分類されているが、この表から分野の特徴をおおよそ理解できたとしても、項目間の関係までは確認できない。また、キーワードには細目分野の中核的な項目が含まれる一方で、かなり局所的な内容の項目も存在する。新分野ということで属する分類が存在しない場合も有り得る。ただし、この表の目的は科学研究費補助金の公募であるため仕方のないことではある。

大学教育における専門分野の在り方は、各大学の学部や学科の名称に代表されることになる

専門図書による学習分野の可視化手法を用いた学習支援システムの提案

表 1：科学研究費補助金における系・分野・分科・細目表のキーワード一覧（抜粋）  
出所）JSPS 独立行政法人日本学術振興会 平成 22 年度科学研究費補助金の公募資料別紙 2

系	分野	分科	細目番号	細目名	分割	キーワード（記号）
総合・新領域系	総合領域	情報学	1001	情報学基礎		(A)計算理論、(B)オートマトン理論・形式言語理論、(C)プログラム理論、(D)計算量理論、(E)アルゴリズム理論、(F)暗号系、(G)情報数理、(H)数理論理学、(J)離散構造、(K)計算論的学習理論、(L)量子計算理論、(M)組み合わせ最適化
			1002	ソフトウェア		(A)アルゴリズム工学、(B)並列処理・分散処理、(C)プログラム言語論・プログラミングパラダイム、(D)プログラム処理系、(E)オペレーティングシステム、(F)ソフトウェア工学、(G)ソフトウェアエージェント、(H)仕様記述・仕様検証、(J)開発環境、(K)開発管理、(L)組み込みソフトウェア
			1003	計算機システム・ネットワーク	A	〔計算機システム〕 (A)計算機アーキテクチャ、(B)回路とシステム、(C)VLSI設計技術、(D)ハイパフォーマンスコンピューティング、(E)リコンフィギュラブルシステム、(F)ディペンダブルコンピューティング、(G)組み込みシステム
					B	〔情報ネットワーク〕 (H)ネットワークアーキテクチャ、(J)ネットワークプロトコル、(K)ネットワークセキュリティ技術、(L)モバイルネットワーク技術、(M)トランスポート技術、(N)オーバーレイネットワーク、(P)トラフィックエンジニアリング、(Q)ネットワーク運用技術、(R)ネットワーク計測、(S)ユビキタスコンピューティング、(T)大規模ネットワークシミュレーション、(U)相互接続性、(V)ネットワークノードオペレーティングシステム、(W)ネットワーク情報表現形式、(X)サービス構築基盤技術
			1004	メディア情報学・データベース	A	〔データベース・メディア・情報システム〕 (A)データベース（DBMS）、(B)コンテンツ、(C)マルチメディア、(D)情報システム、(E)Webサービス、(F)モバイルシステム、(G)情報検索、(H)グラフィクス、(J)可視化、(K)コーパス、(L)構造化文書
					B	〔ユーザインターフェース〕 (M)ヒューマンインターフェイス、(N)ユーザモデル、(P)グループウェア、(Q)バーチャルリアリティ、(R)ウェアラブル機器、(S)ユニバーサルデザイン、(T)アクセシビリティ、(U)ユーザビリティ
1005	知能情報学		(A)探索・論理・推論アルゴリズム、(B)学習と知識獲得、(C)知識ベース・知識システム、(D)知的システムアーキテクチャ、(E)知能情報処理、(F)自然言語処理、(G)知識発見とデータマイニング、(H)知的エージェント、(J)オントロジー、(K)ウェブインテリジェンス			
(人文社会系)	社会科学	政治学	3501	政治学		(A)政治理論、(B)政治思想史、(C)政治史、(D)日本政治分析、(E)政治過程論、(F)選挙研究、(G)行政学、(H)比較政治、(J)公共政策
			3502	国際関係論		(A)国際理論、(B)外交史・国際関係論、(C)対外政策論、(D)安全保障論、(E)国際政治経済論、(F)国際関係論（含国際レジューム論、国際統合論）、(G)トランスナショナル・イシュー（含国際交流論）、(H)グローバル・イシュー
	経済学		3601	理論経済学		(A)ミクロ経済学、(B)ゲーム理論、(C)マクロ経済学、(D)経済理論、(E)経済制度・体制理論
			3602	経済学説・経済思想		(A)経済学説、(B)経済学史、(C)経済思想、(D)経済思想史、(E)社会思想、(F)社会思想史
			3603	経済統計学		(A)統計制度、(B)統計調査、(C)統計史、(D)統計学説史、(E)人口統計、(F)所得・資産分布、(G)国民経済計算、(H)計量経済学
			3604	応用経済学		(A)国際経済学、(B)労働経済学、(C)産業論、(D)産業組織論、(E)都市経済学、(F)環境経済学、(G)医療経済学、(H)地域経済学
			3605	経済政策		(A)経済政策、(B)経済事情、(C)日本経済、(D)社会保障、(E)経済体制、(F)経済発展、(G)政策シミュレーション
			3606	財政学・金融論		(A)財政学、(B)公共経済学、(C)金融論、(D)ファイナンス、(E)国際金融論
			3607	経済史		(A)経済史、(B)経営史、(C)産業史
	経営学		3701	経営学	1	(A)企業経営、(B)経営組織、(C)経営財務、(D)経営情報
					2	(E)経営管理、(F)経営戦略、(G)国際経営、(H)人的資源管理、(J)技術経営、(K)企業の社会的責任、(L)ベンチャー企業
			3702	商学		(A)マーケティング、(B)消費者行動、(C)流通、(D)商業、(E)保険
	3703	会計学		(A)財務会計、(B)管理会計、(C)会計監査、(D)簿記、(E)国際会計、(F)税務会計、(G)公会計、(H)環境会計		
	社会学		3801	社会学	1	(A)社会哲学・社会思想、(B)社会学史、(C)一般理論、(D)社会学方法論、(E)社会調査法、(F)数理社会学、(G)相互行為・社会関係、(H)社会集団・社会組織、(J)制度・構造・社会変動、(K)知識・科学・技術、(L)政治・権力・国家、(M)身体・自我・アイデンティティ
					2	(N)家族・親族・人口、(P)地域社会・村落・都市、(Q)産業・労働・余暇、(R)階級・階層・社会移動、(S)文化・宗教・社会意識、(T)コミュニケーション・情報・メディア、(U)ジェンダー・世代、(V)教育・学校、(W)医療・福祉、(X)社会問題・社会運動、(Y)差別・排除、(Z)環境・公害、(a)国際社会・エスニシティ

表2:平成19年度 私立大学における学科名の変更届け状況  
出所) 文部科学省ホームページ 大学設置認可届け出の状況

区分	大学名	旧名称	新名称	区分	大学名	旧名称	新名称
私立	旭川大学	経済学部	経済学科	私立	京都光華女子大学	英語英米文学科	国際英語学科
私立	北海道情報大学	経営情報学部	経営ネットワーク学科	私立	花園大学	文学部	史学科
私立	東北文化学園大学	科学技術学部	コンピュータサイエンス学科			国文学科	日本文学科
			住環境デザイン学科	私立	大阪産業大学	工学部	環境デザイン学科
私立	ノースアジア大学	経済学部	人間環境デザイン学科			人間環境学部	都市環境学科
			経済学科				生活環境学科
			実践マネジメント学科				文化コミュニケーション学科
			マネジメント学科	私立	大阪人間科学大学	人間科学部	環境・建築デザイン学科
私立	文教大学	国際学部	国際コミュニケーション学科	私立	近畿大学	産業理工学部	経営コミュニケーション学科
			国際理解学科	私立	相愛大学	人文学部	経営ビジネス学科
私立	聖徳大学	人文学部	国際関係学科	私立	甲南女子大学	文学部	現代社会学科
			現代ビジネス学科			日本語日本文学科	社会デザイン学科
私立	東京基督教大学	神学部	国際キリスト教福祉学科			文学部	日本語日本文化学科
私立	学習院大学	文学部	女性キャリア学科			人間科学部	多文化共生学科
私立	吉林大学	外国語学部	英語英米文化学科				多文化コミュニケーション学科
私立	東京純心女子大学	現代文化学部	東アジア言語学科				行動社会学科
			中国語・日本語学科	私立	神戸国際大学	経済学部	文化社会学科
			国際教養学科				生活環境学科
私立	東京富士大学	経営学部	国際英語学科				環境・建築デザイン学科
私立	東洋大学	経済学部	経営学科	私立	神門国際大学	経済学部	経済経営学科
私立	文京学院大学	保育学科	総合政策学科				都市文化経済学科
私立	武蔵工業大学	工学部	児童発達学科	私立	神戸親和女子大学	発達教育学部	都市環境・観光学科
私立	明治大学	農学部	エネルギー工学科	私立	宝塚造形芸術大学	メディア・コンテンツ学部	心理学科
			エネルギー化学科	私立	倉敷芸術科学大学	産業科学技術学部	心理学科
私立	神奈川工科大学	情報学部	産科環境政策学科				映像造形学科
			情報ネットワーク工学科	私立	美作大学	生活科学部	メディア映像学科
私立	関東学院大学	法学部	情報ネットワークコミュニケーション学科				福祉環境デザイン学科
			法学科	私立	興大	社会情報学部	福祉情報学科
私立	相模女子大学	学芸学部	英語英米文学科	私立	福山大学	生命工学部	健康福祉学科
			英語文化コミュニケーション学科	私立	福山平坂大学	経営学部	海洋生物科学科
私立	金沢工業大学	情報学部	情報マネジメント学科	私立	徳島文理大学	工学部	経営学科
			情報経営学科				機械電子工学科
私立	帝京科学大学	医療科学部	リハビリテーション学科				情報システム工学科
私立	清泉学院大学	人間学部	理学療法学科				電子情報工学科
			文化心理学科	私立	九州産業大学	文学部	英語英米文化学科
私立	岐阜経済大学	経済学部	文化コミュニケーション学科				写真映像学科
			福祉福祉コミュニケーション学科	私立	福岡大学	理学部	地域文化学科
			経営情報学科				日本文化学科
			情報メディア学科				物理科学科
私立	静岡理工科大学	理工学部	電気電子情報工学科				
			電気電子情報工学科				
私立	愛知学院大学	文学部	宗教文化学科				
			宗教文化学科				
私立	愛知学院大学	文学部	宗教文化学科				
			宗教文化学科				
私立	愛知工業大学	経営情報科学部	マーケティング情報学科				
			経営情報学科				
私立	名古屋経済大学	人間生活科学部	幼児保育学科				
			教育保育学科				
私立	名古屋女子大学	文学部	国際言語表現学科				
			国際言語学科				
私立	大谷大学	文学部	史学科				
			歴史学科				

が、その内容はここ数年で大きく変わってきている。表2は19年に文部科学省で変更が認可された私立大学の学科名称の一部である[9]。大学を取り巻く環境の変化に伴い、新しさや独自性を強調した専門分野への意欲的な変更が伺える。このため、大学が設置する分野の名称には、先に述べた文部科学省の系・分野・分科・細目表に属さない新しい専門分野や、異なる分野を融合させた複合分野が多く存在している。つまり、大学によって新しい専門分野が生み出され、一層、その体系は複雑なものになっている。

そこで本論文では、専門分野の細目化の範囲が分野によって偏らないことや、専門分野の分類が年々変化することを考慮し、専門分野を体系化するための基になるデータを専門図書から抽出することを考える。毎年多くの専門図書がその分野の第一人者である教育者や研究者によって出版されている。彼らの図書は、専門のレベルによって異なるものの各分野を構造的に細目化して解説しており、その目次情報の章や節に着目することで階層構造を読み取ることができる。本論文では、目次の構造に基づいて専門分野を体系化する手法を提案する。

### 3. 専門図書データを用いた専門分野の自動体系化

第2章で述べた通り、近年の専門分野の分類は非常に複雑になっており、新しい分野や複合分野などについては曖昧である。本章ではこれらの問題を解決するために、専門図書にある目

次情報に着目して各分野の包含関係や類似関係を抽出し、専門分野を自動的に体系化する手法を提案する。

専門図書の目次情報は図書館に電子データとし保管されていることが多い。これは、多くの公設や付属の図書館では実際の図書館に加えて仮想図書館である電子図書館を併せ持つ場合が多いためである[8]。摂南大学の付属図書館においてもインターネットを介して学内にある各自の端末からいつでも所蔵図書や書誌情報を閲覧することができるようになっている[5]。本手法では、このような既にデジタル化された専門図書の目次情報を活用していく。

デジタル化された目次情報を事前に取得できない専門図書の場合は、図書の目次ページを市販のスキャナーで画像としてコンピュータに取り込み、これをOCR解析してテキスト化することを考える。図1は、専門図書として「デジタル画像処理/CG-ARTS 出版[3]」を取り上げ、この表紙と目次のページをスキャナーで画像化した結果である。スキャナーには市販のScanSnap S1500(富士通)を使用した。この画像に対してOCRソフトを使用してテキスト化処理を行う。OCRソフトに読み取り革命 Ver.14(パナソニック)を使用し、テキスト解析の処理の様子を図2に示す。ここでは、目次データとして章・節の構造とタイトルを抽出することが目的であるため、OCR処理においては各章毎にテキスト解析するものとした。この解析結果を図3に示す。この結果より、図書館で保存されている目次データと同等な情報が得られていることが分かる。ただし、ハイフンの記号に全角と半角があるなど一部に解析上の誤認識があるが、

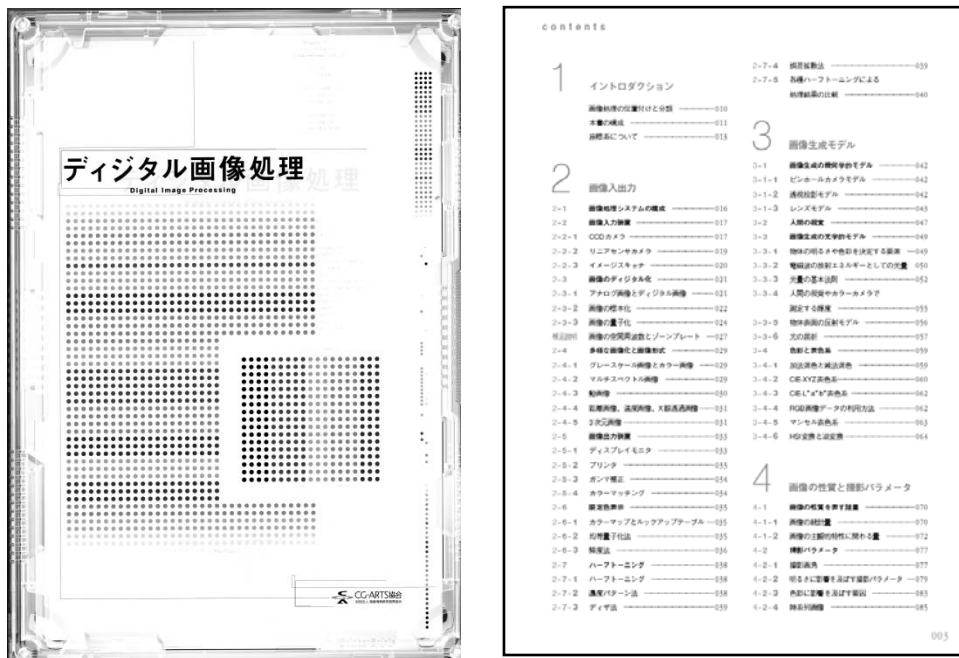


図1：スキャナー(ScanSnap S1500)で取得した表紙と目次の画像ファイル  
出所) 奥富 正敏, 小沢 慎治ほか, デジタル画像処理, CG-ARTS 出版

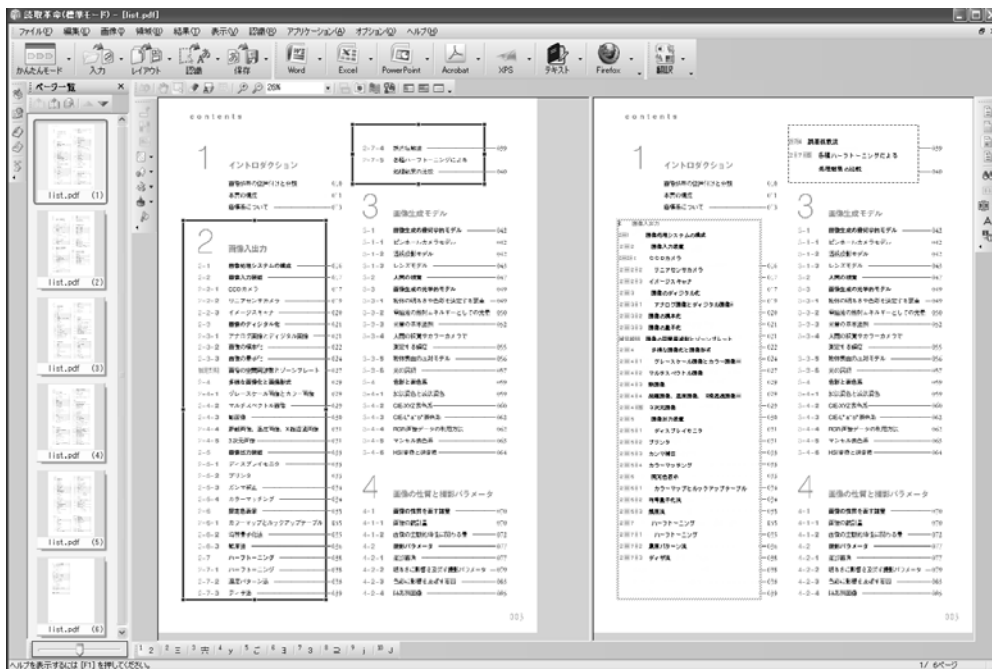


図2: OCR 処理の画面(図2の第2章部分を抽出処理)

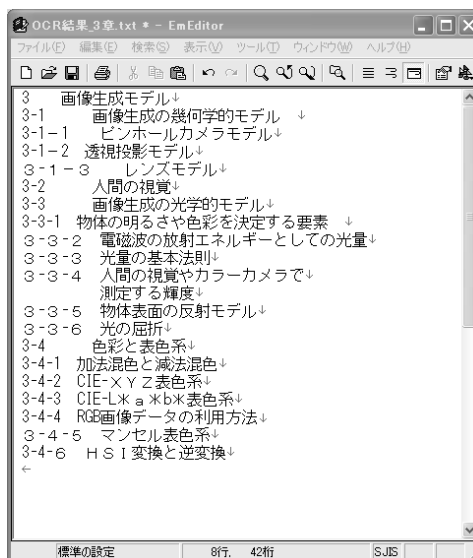
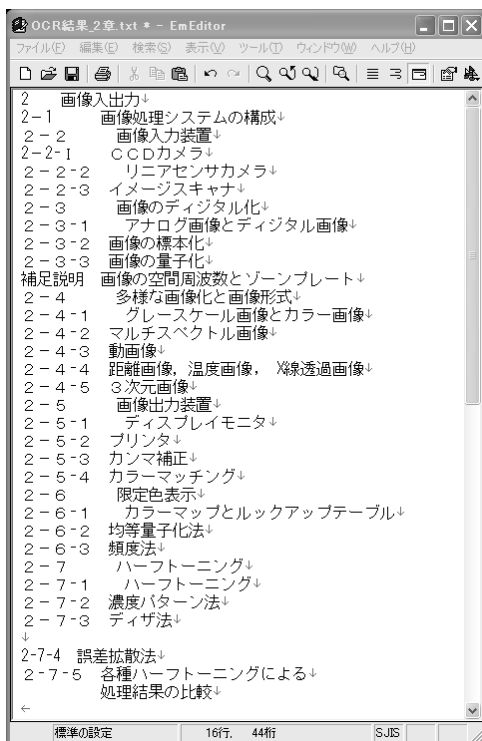


図3: OCR 処理によるテキスト解析の結果  
(左: 図2の第2章の解析結果, 右: 図2の第3章の解析結果)

本手法を用いる上で問題はない。

次に、このテキスト化された目次データから専門分野の体系化に必要な情報を抽出する。図 3 の解析結果では、章・節の番号とそのタイトルリストが一覧になっているが、本手法で着目するのは、章・節のカウント数ではなく、各章と節とが成す階層構造である。一般の図書における目次では「1・・・1.1・・・1.1.1・・・1.1.2」や「1・・・1-1・・・1-1-1・・・1-1-2」などのようにピリオドやハイフンを用いて章と節の関係を表現している。本手法では、この記号に基づいて階層構造に置き換える。具体的には、図 3 の結果における「・」または「-」を Perl で作成したスクリプトで抽出し、各目次タイトルにおけるこの記号の使用頻度をカウントする。この使用頻度が少ないタイトルから順に上位階層を表していると解釈して、タイトル間の階層構造における位置関係を決定する。例えば、図 3 右側に示した第 3 章のテキスト解析結果では、「3 画像生成モデル」が最上位階層となり、続いて「3-1 画像生成の幾何学的モデル」、「3-1-1 ピンホールカメラモデル」が下位層となる。また、「3-1-1 ピンホールカメラモデル」と「3-1-2 透視投影モデル」については同一層に存在することになる。

本論文では、このように目次データから自動抽出した階層構造をインターネットを用いて Web ページから簡単に閲覧できるように HTML 化する。ここでは、階層構造を木構造で表現することにし、スタイルシートの `tree.css` と JavaScript ファイルの `tree.js` を使用した。図 3 の目次データに対して木構造化した結果を図 4 に示す。まず、最上位層に第 2 章と第 3 章のタイトルである「画像入出力」と「画像生成モデル」の 2 項目が表示され、各項目の先頭にある「+」ボタンを選択することで、その下位層の項目を閲覧することができる。同様に「+」ボタンを順次選択することにより各階層の下位にあたる項目を閲覧することができる。

本手法では、このような目次情報から得た階層構造をさまざまな専門図書に対して自動生成し、随時、専門分野の体系を更新していく。また、各分野間において共通する項目を探し出し、共通項目が多いほど強い関係性をもつ分野としてそれらを隣接させて提示する。このことで、複雑で変化の多い専門分野に対して最新の情報に基づいて体系化にすることが可能となる。

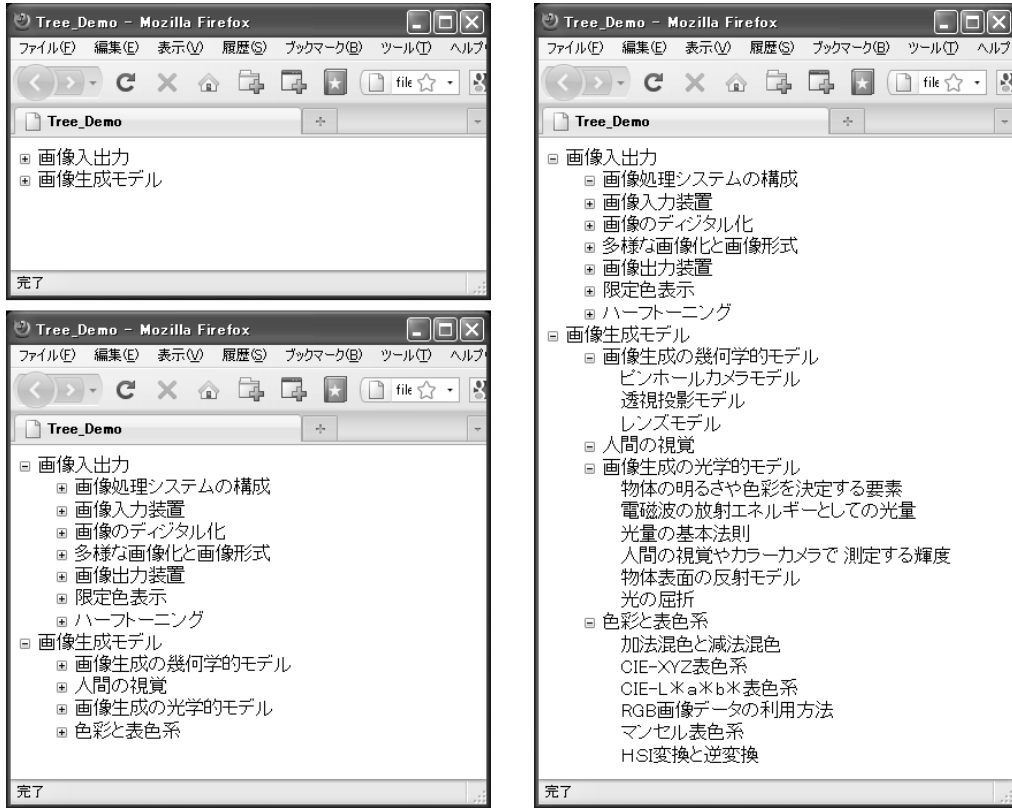


図 4：目次情報に基づいた専門分野の体系化処理結果

#### 4. 学習マップを用いた学習支援システム

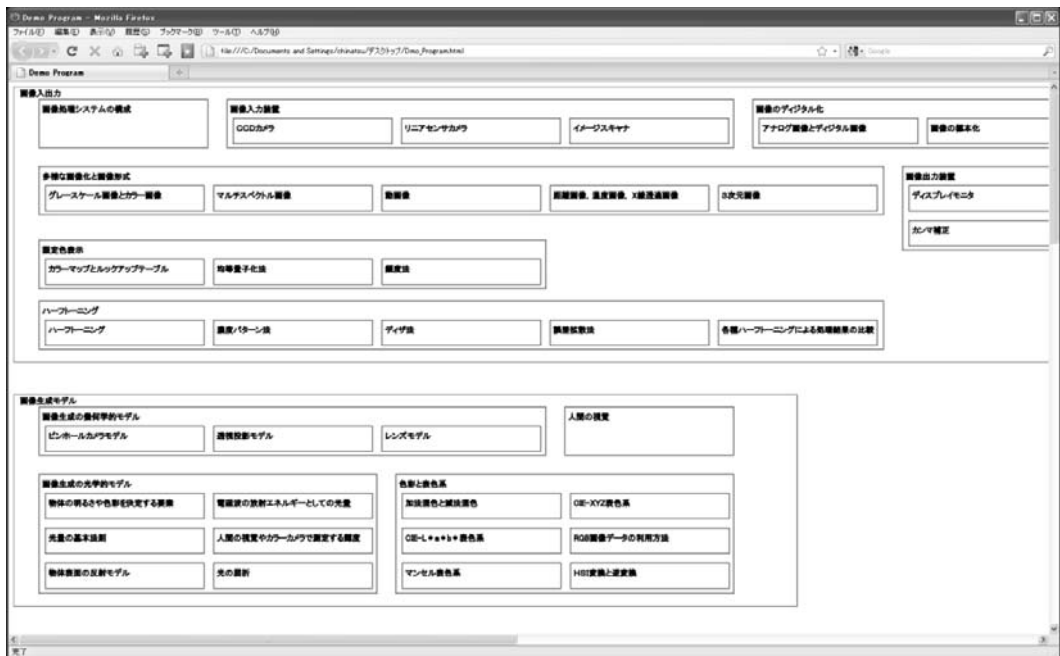
3章では専門分野の体系を木構造によって表現した。この表現手法は限られた Web ページのスペースにおいて必要な情報だけを提示することに適しているが、全体像を直感的に確認することには不向きである。そこで本手法では木構造の表現に加えてマップ化による可視化を行う。このマップ化による手法では、Web ページに記載する章や節のタイトル情報を矩形の枠で囲み、その枠の中に下位層がすべて含まれるような構図を取る。図 5(a)に図 4 の木構造をマップ化した結果を示す。この結果から各分野の包含関係や類似関係が一目で確認することができる。Web ページにおける図形の描画には HTML 要素の一つである Canvas を使用した。この Canvas は図 6 に示すように Web ページの左上を原点とした座標系で各配置を指定することができる。このため、各項目がページの全体に収まるように矩形の始点座標 (x, y) と枠のサイズを自動算出し、タイトル項目が座標 (x+x', y+y') に入力されるようにプログラムで指定する。

本論文では、このマップ化した結果に対して学習者の習得状況を色情報で記録させる学習マップを用いて学習支援システムを提案する。学習支援システムの処理の流れを図 7 に示す。

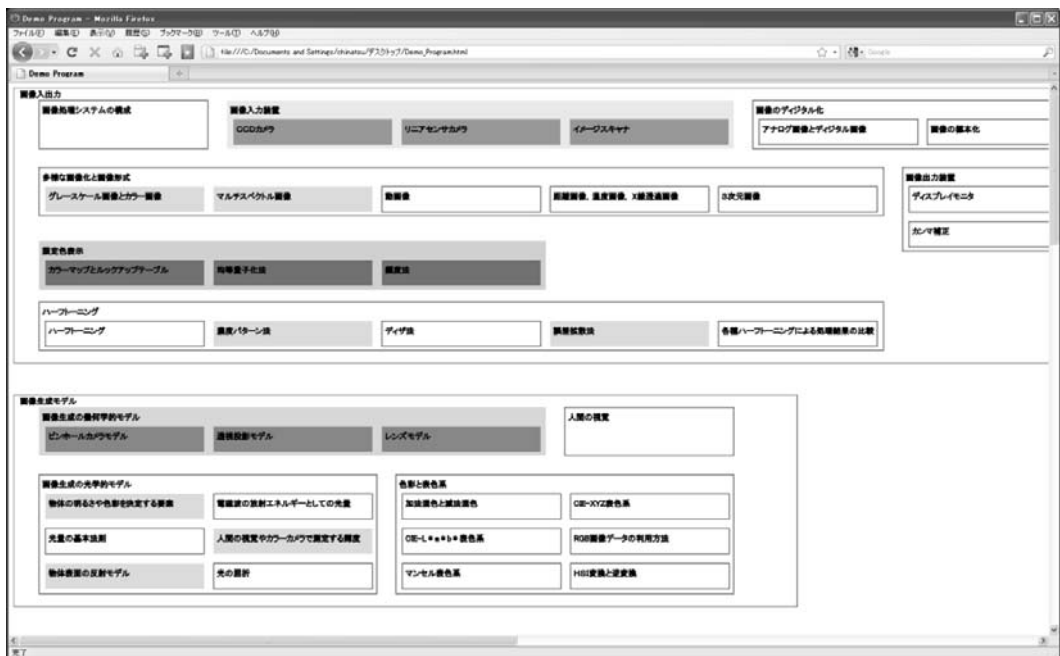
第 1 章で述べたように大学教育の現場において、学生は自分の専攻と講義科目の関連性につ



専門図書による学習分野の可視化手法を用いた学習支援システムの提案



(a)未学習状態の参照例



(b)学習状態の参照例

図 5 : 学習支援システムにおける学習マップの例

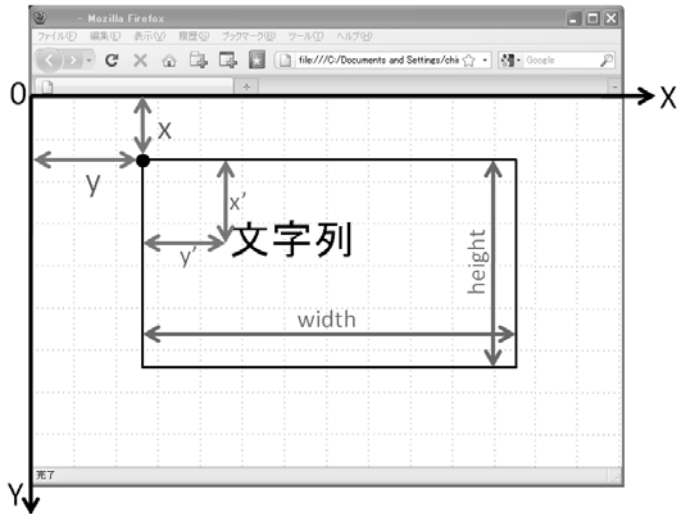


図 6: Canvas プログラムの座標系

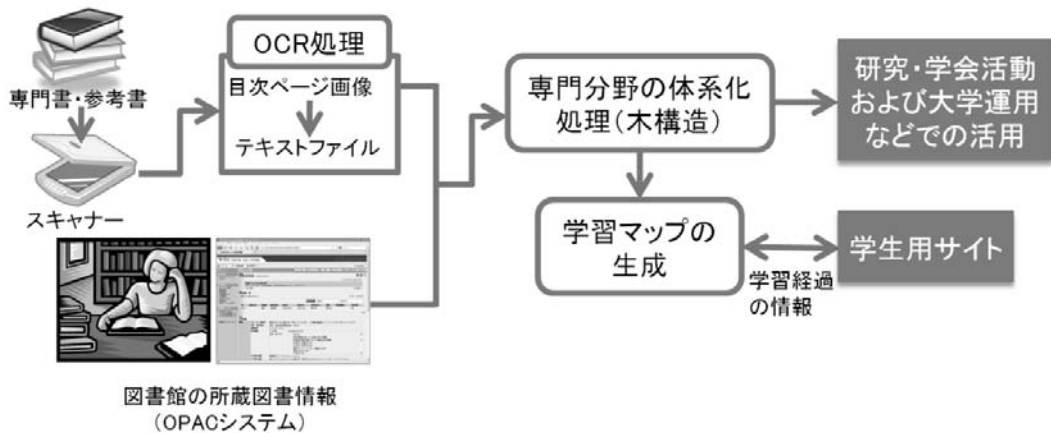


図 7: 学習支援システムの処理の流れ

いての理解が曖昧であるといった問題がある。このような状況を解決するために、本システムでは、学習マップの項目に対して学習の達成度に応じて色分けし、専門分野の各項目を塗りつぶしていく。学習者はこの結果を確認することで、今後どのような分野を関連分野として学ぶべきかを視覚的に把握することができる。学習マップに彩色した結果例を図 5(b)に示す。学習者は、マウスを用いて web ページの項目をクリックする。プログラム上ではこのクリックした個所の座標データが含まれる矩形に対して彩色処理を行う。また、学習者のクリック数を習得

した回数と考えて、クリックする度に習得度が向上しているとして色を変更していく。

この学習支援システムは、学習マップの彩色を陣取りゲームのような感覚で行い、習得した領域が増えることを楽しみとしながら分野の関連性を学んでいくことができる。このことから、本システムを用いることで従来の専門教育に対して学習の強化を期待することができる。

## 5. おわりに

本論文では、教育現場で使用する教科書や参考書といった専門図書の目次情報に着目し、各専門分野の関連性について木構造とマップを用いた階層構造により可視化した。本手法により、これまで複雑で曖昧であった専門分野の関係性を最新の図書情報を用いて表現することが可能となった。更に、マップによる可視化手法を用いて学習分野を容易に確認することができる学習支援システムを提案した。本システムにより、学習分野と未学習分野の関連性を色情報で記録することができ、学習状況を楽しみながら把握することで学習への動機づけを強めることが期待できる。今後は、専門図書の種類を増やしていき、大学の附属図書館などの施設に向けた実用化を試みたい。

## 参考文献

- [1] 国公立大学を通じた大学教育改革の支援  
[[http://www.mext.go.jp/a\\_menu/koutou/kaikaku/index.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/kaikaku/index.htm)]
- [2] 産学連携による高度人材育成  
[[http://www.mext.go.jp/a\\_menu/koutou/sangaku2/index.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/sangaku2/index.htm)]
- [3] CG-ARTS 書籍教材  
[[http://www.cgarts.or.jp/book/img\\_engineer/index.html](http://www.cgarts.or.jp/book/img_engineer/index.html)]
- [4] JSPS 独立行政法人日本学術振興会ホームページ  
[[http://www.jsps.go.jp/j-grantsinaid/22\\_startup\\_support/data/22/22\\_startup\\_yoryo4.pdf](http://www.jsps.go.jp/j-grantsinaid/22_startup_support/data/22/22_startup_yoryo4.pdf)]
- [5] 摂南大学図書館 webOPAC  
[<http://opac.lib.setsunan.ac.jp/webopac/topmnu.do>]
- [6] 特色ある大学教育支援プログラム  
[[http://www.mext.go.jp/a\\_menu/koutou/kaikaku/gp/002.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/kaikaku/gp/002.htm)]
- [7] 中村俊紀・山崎 章弘・柳沢 幸雄 環境教育のための環境学の体系化  
日本科学教育学会 日本科学教育学会研究会研究報告 19(6), 35-38, 2005-05-14
- [8] 村上泰子・杉本節子・北克一 (2010) 国立国会図書館電子図書館構想の変遷と課題  
日本図書館研究会 図書館界 62(2) 128-137
- [9] 文部科学省ホームページ  
[[http://www.mext.go.jp/a\\_menu/koutou/ninka/henkou.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/ninka/henkou.htm)]