

複写可

修士論文

授業と学習履歴を用いた
キーワード付加による
情報検索支援システム



平成 20 年度修了

三重大学大学院工学研究科

博士前期課程 電気電子工学専攻

坂口敏雄

目次

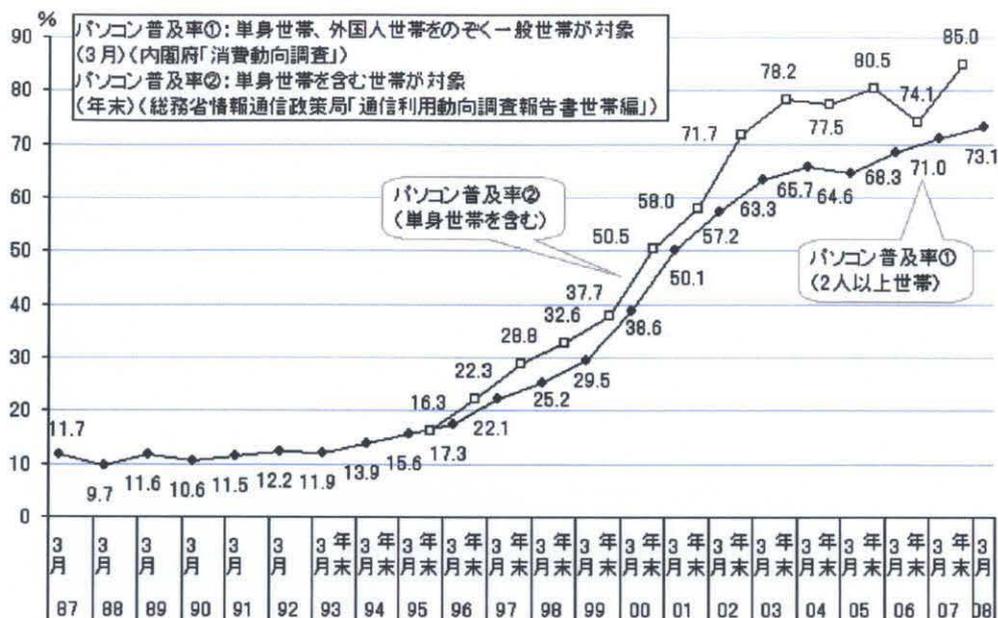
第1章	はじめに.....	3
1.1	新たな学習形態“eラーニング”.....	3
1.2	eラーニングの利点.....	6
1.3.1	企業の現状.....	7
1.3.2	高等教育の現状.....	8
1.4	研究の背景と目的.....	9
1.5	検索エンジンの現状.....	12
第2章	学習用情報検索支援システム.....	15
2.1	本研究室の研究領域.....	15
2.2	本研究室の次世代eラーニングシステム.....	16
2.3	従来のキーワードに関連する説明表示システムに関する研究.....	20
2.4	学習用検索支援システムの概要.....	22
2.5	検索ワード、授業キーワード、学習履歴キーワードの関係性.....	23
2.5.1	授業キーワードの構造化.....	24
2.5.2	学習履歴キーワードの構造化.....	27
2.6	学習用情報検索支援システムの構成.....	31
2.7	評価関数によるWeb文書の順位付け.....	33
第3章	システムの実現.....	34
3.1	開発及び動作環境.....	34
3.2	絞りこみキーワードのデータベース.....	35
3.3	情報検索支援システムのフローチャート.....	37
3.4	情報検索システムの実行画面.....	42
第4章	おわりに.....	44
	参考文献.....	45
	謝辞.....	47
	発表論文リスト.....	48
	付録.....	49
1.	作成したフォームのプログラム.....	49
2.	作成したデータベースのプログラム.....	50
3.	授業キーワード一覧.....	53

第1章 はじめに

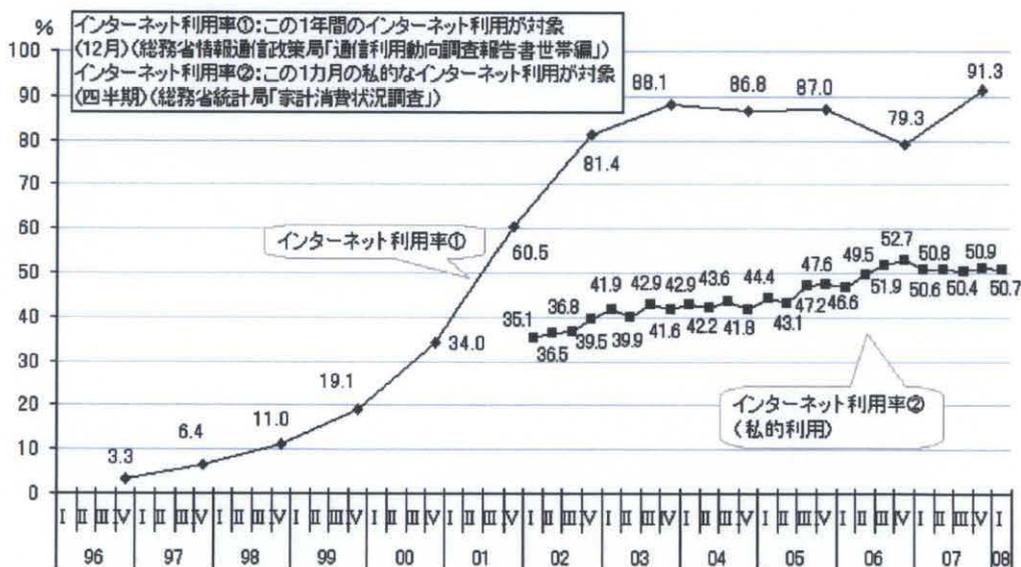
1.1 新たな学習形態“eラーニング”

近年、半導体技術の進歩によりコンピュータやその周辺機器の低価格・高性能化がめざましい。そのため、一世帯に1台はパソコンを所持が当たり前になりつつある。また、光ファイバーなどの広域高速データ通信の発達を始めとしたITインフラが整いつつあり、インターネット世帯利用率も90%以上にもなり手軽にインターネットを利用するようになってきている(図1) [1]。そのため、いろいろなシーンでコンピュータやインターネットが利用されるようになってきた。このことは学習の現場にもあてはまり、人口構造や産業構造の変容などにより企業や大学で求められる人材教育の変化に対応するための知識獲得の手段として、eラーニング(図2) [2]に注目が集まってきている。

パソコン世帯普及率



インターネット世帯利用率の推移



(注) どちらの率も単身世帯を含む全世帯に占めるインターネットを利用した世帯員がいる世帯の比率であり、パソコンや携帯電話などインターネットの利用機種や利用場所を問わない。
 インターネット利用①の公私利用の限定は次の通り毎年やや異なる。96:自宅での利用、97-98:公私限定せず、99:自宅での使用(携帯電話単独利用を含まない)、00:自宅での利用、01-02:公私限定せず、03:個人的使用。またインターネット利用①について06年末は、05年末までと同様の設問がないため、『「自宅」で「パソコン」を使ってインターネットを利用したことがある人が少なくとも1人いる世帯にお尋ねします。』又は『インターネットを利用したことがある人が少なくとも1人いる世帯にお尋ねします。』と設問文において回答者を限定した設問(世帯全体用の問2、3、4及び6)に回答した世帯の割合。07年末は05年末までと同じ。質問方法等が異なっているため、06年末の数値には注意を要する。

図1 パソコン及びインターネットの普及率

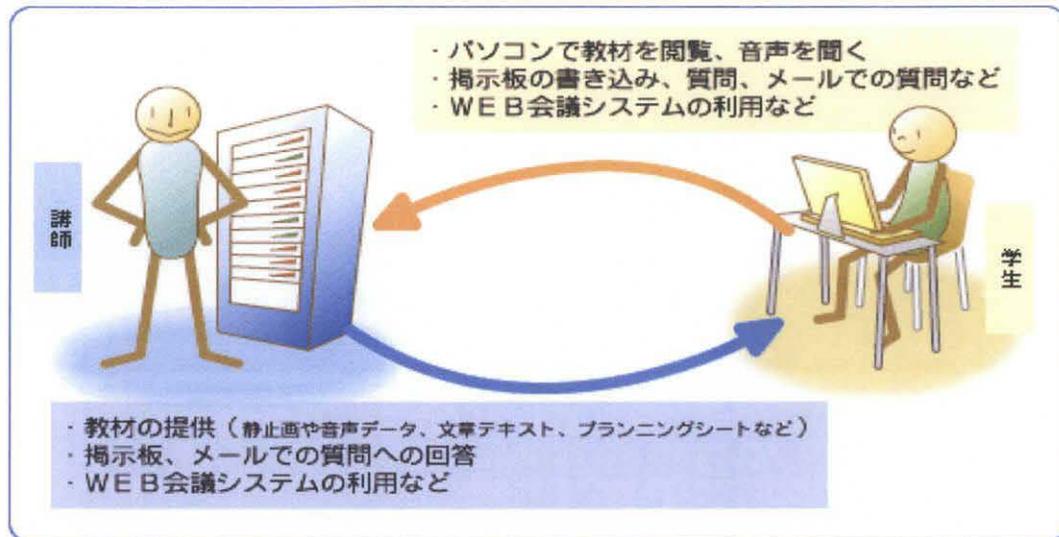


図 2 eラーニングのイメージ

1.2 eラーニングの利点

大学では社会で活躍できる人材の育成を目的とし、企業では競争力向上を目的としてeラーニングが用いられるようになってきている。それは以下の利点があるからである。

利用者側

- 学習者それぞれが自分のペースで学習することができる
- 同時間、同一場所に集まる必要がなく自由な時間場所で学習できる

教師側

- 最新の情報を速やかに提供することができる
- 成績管理などの自動化が図れる
- 学生に自立的な学習ができる環境を手軽に提供できる
- 学習内容が本当に理解されているかどうか把握することができる
- 文字と音声と画像が一体化されたマルチメディア型の教材を作成することができる
き、学習者に伝えられる情報の量と幅を飛躍的に拡大させることができる

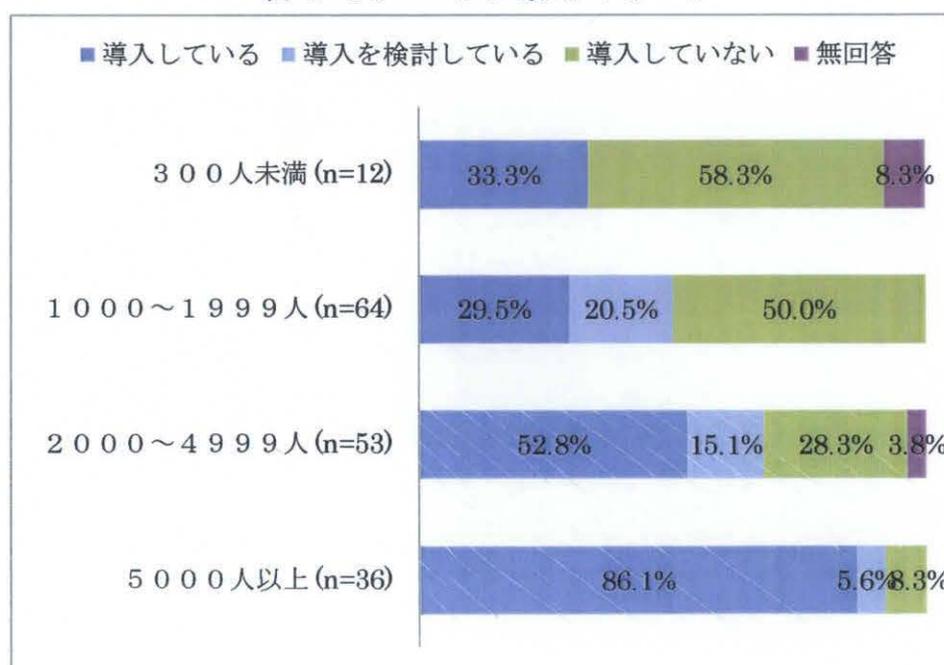
1.3 学習環境の変化

1.3.1 企業の現状

近年、企業で二つの大きな変化が起こっている。第一は、「本社人事部主導の中央集権的な教育訓練の実施」から、全社員の底上げを目標とすると同時に、一方で現場の教育研修ニーズを把握している事業部・事業所での実施が可能になるように見直しをはかっている点である。第二は、能力開発の責任主体について、これまでは企業が責任を負っていたが、徐々に従業員個人に責任の主体が移行する傾向にあるという点である。このような変化に伴い、学習環境の変が求められるにつれ「指導する人材が不足している」、「人材育成を行う時間が足りない」などが問題になってきた。

これらの問題の解決策の一つとしてeラーニングが検討されるようになってきた(表1)。その理由として、優れたeラーニング教材によって指導人材不足が補うことができ、またeラーニングの効率的な運用によって人材育成の時間不足は解決することができるためである。

表1 eラーニング導入アンケート



1.3.2 高等教育の現状

経済・社会・文化のグローバル化により国際的な競争が激化している。大学などの高等教育機関は、社会の要請に応えることができる優れた人材を育成し、国際競争力のある先端的・独創的な研究を進めるための構造改革が求められている。国公立大学の独立行政法人化により各大学などの自主性・自立性が大幅に拡大し、弾力的な運営を行うことが可能となった。そのため、各大学がそれぞれの個性を生かした工夫と取り組みを行い、他大学とは異なった特色のある教育に力を入れている。この一環として、既存の教育に加えて、新たにeラーニングを取り入れる大学が増えている。たとえば、講義をビデオ収録して、学生が見たい講義を自分の都合のよい時にオンラインで見られるシステムである(図3)。また、eラーニングにより資格の学習を行うことができる大学がある。さらに、eラーニングによるeラーニングのスペシャリストを養成する大学院がある。このように、学生の基礎知識の格差や興味の多様化に対応するため、様々な取り組みがなされている。

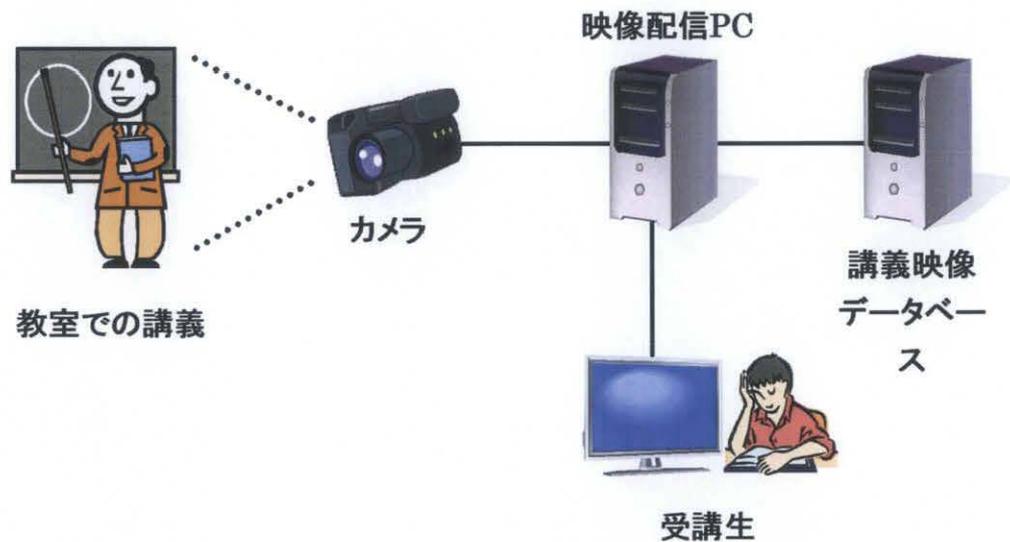


図3 ビデオオンデマンドの概略

1.4 研究の背景と目的

前節で述べたように、e ラーニングのようにコンピュータとインターネットが学習環境に変化をもたらした。あるアンケートによると、小学生、中学生、高校生のインターネットの利用率は約7割にもものぼるという結果が出ている（表 2）[3]。またインターネットの利用目的別にみると、第2位に「学校の宿題などの解き方を調べる」があり、約5割の学生がインターネットを用いて Web 文書を閲覧し学習に活用することが身近な手段になりつつあることがわかる（表 3）[4]。

何か調べたいワードがあった際に、インターネット上の日々増え続ける膨大な Web 文書の中から必要な情報を得るために、すべての Web を目視で確認していくことは現実的に不可能である。そこで一般的に検索エンジンで絞り込みを行うことで Web 文書をふるいにかけている。この方法では調べたい情報に関連するキーワードを知っていることが前提になる。そのため、一度体系的に学習した内容の詳しい情報について改めて調べなくなったときには、関係する様々なキーワードを用いて検索エンジンで Web 文書の絞り込みを行うことができ、有効な方法だと考えられる。

しかしながら学習中の内容を課題として与えられたときなど、学習中の内容を調べたいときに Web 文書をふるいにかけるための絞りこみキーワードがわからないとうことが考えられる。また、検索ワードが明確で関係するキーワードで絞り込みが行えたとしても、絞りこみを行うためのキーワード数が十分でなければ、必要な Web 文書を効率よく得ることができない。ここで、明らかにしておきたいことは検索エンジンの結果は単に入力したキーワードに合致しているかどうかや不特定多数の人がブラウザした回数を考慮して検索をかけているため、検索結果の上位に表示されている Web 文書が学生にとって必要な Web 文書あるとは限らないことである。

そのため、本研究では学習者に適切な絞りこみキーワードを提示する学習用情報検索支援システムの開発を目的としている。このシステムにより、絞りこみキーワードが思いつかないことによる膨大な Web 文書から、目視による内容確認の手間を省き、学習意欲の向上をねらう。

表 2 インターネットの利用状況

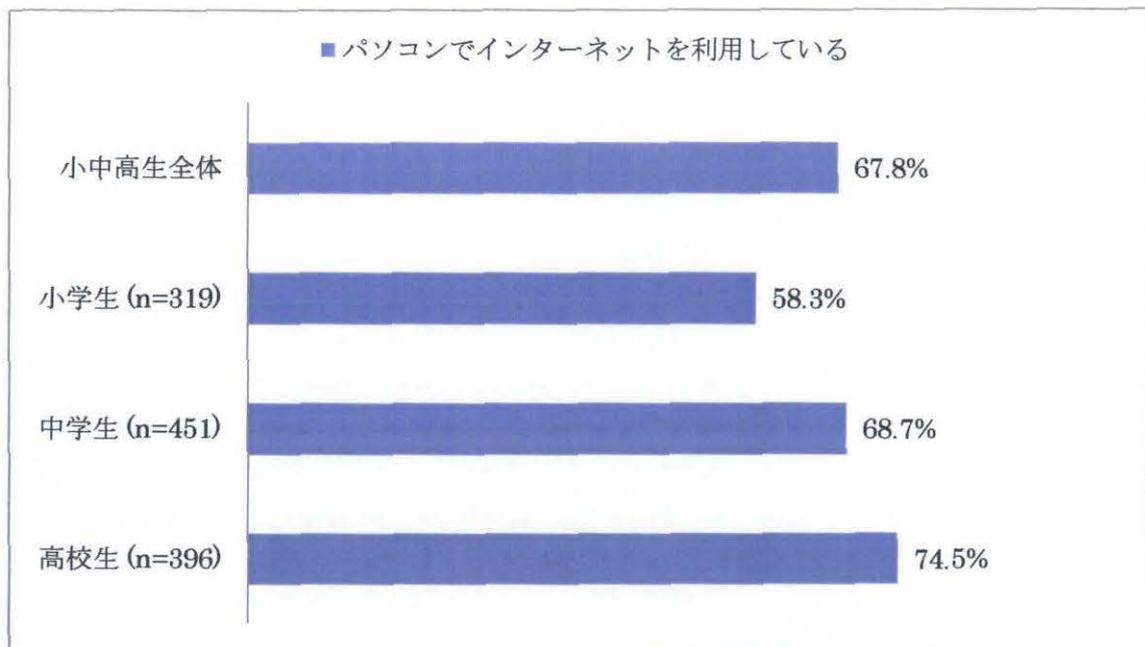
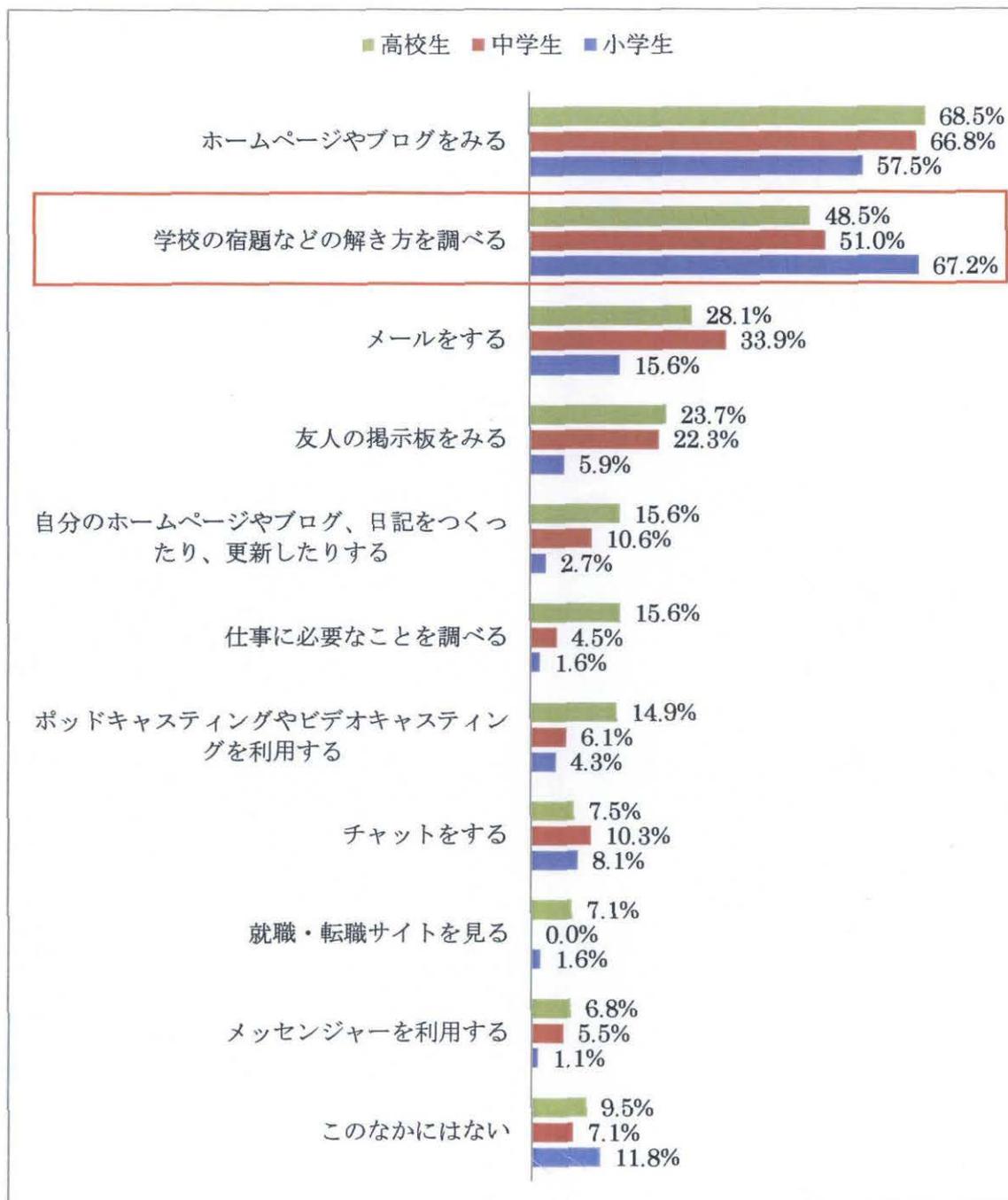


表 3 インターネットの利用目的



1.5 検索エンジンの現状

現在、検索エンジンの影響力は非常に大きく、Web 文書作成者にとって検索結果順の上位に、作成した Web 文書が位置されることはメリットがあることと知られている。そのため Web 文書作成者は、金銭的な手段を用いて検索結果順の上位にランキングされようとさえするほどである。たとえば、Google では検索結果順の上位になる Web 文書は、被リンク数とリンク元の Web 文書のリンク数が関係していることが知られている ([5]-[13])。そのため、Web 文書作成者は自分の Web 文書を Google での検索結果順の上位に位置させるために、お金を支払ったり物をプレゼントしたりすることで被リンク数を稼ぐこともある。このことから、検索エンジンの検索結果順は、検索者すなわち学習者にとって有益でないことが分かる。そのため、学習者にとって有益な Web 文書を探すために目視で Web 文書の内容を確認する必要がある。

広く用いられている検索エンジンで、学問関係した調べたいワード（検索ワード）2 語（ラベリング、細線化）を検索した場合の Web 文書のヒット数を調べてみると、表 4 と表 5 のようになった。また、それぞれの検索ワードに徐々にキーワードを付加して検索する場合の Web 文書のヒット数も合わせて表している。このことから、現状の検索エンジンでは目視で Web 文書の内容を確認できるぐらいに絞り込むには、検索ワード以外に Web 文書を絞り込むための関係するワード（絞りこみキーワード）が必要であるということが分かる。すなわち、絞りこみキーワードが思いつかなければ、現状の検索エンジンは学習者にとって、非常に使いにくいものであると言える。

表 4 検索ワード“ラベリング”の検索ヒット数

目視で 内容確認 難易度	キーワード	Google	Yahoo	goo	msn live search
Difficult	<u>ラベリング</u>	<u>161000</u>	<u>847000</u>	<u>57500</u>	<u>50000</u>
Difficult	+ “膨張”	6240	19200	3130	1920
Normal	+ “細線化”	320	353	201	191
Normal	+ “ハフ変換”	101	23	57	52

表 5 検索ワード“細線化”の検索ヒット数

目視で 内容確認 難易度	キーワード	Google	Yahoo	goo	msn live search
Difficult	細線化	<u>84000</u>	<u>51700</u>	<u>37500</u>	<u>8830</u>
Difficult	+ “可変しきい値”	1450	66	864	76
Normal	+ “ラベリング”	68	24	53	49
Normal	+ “特徴点抽出”	44	13	43	6
Easy	+ “膨張”	19	11	19	5

第2章 学習用情報検索支援システム

2.1 本研究室の研究領域

本研究室の研究領域は図4のように、板書画像、文字認識、講師音声、Web、教科書、講師映像の合計6つの分野と全ての分野に関するキーワードからなる。本研究では、キーワードを中心に教科書とWebを対象としている。最終的なシステムとしては、全ての分野を網羅したシステムの構築である。

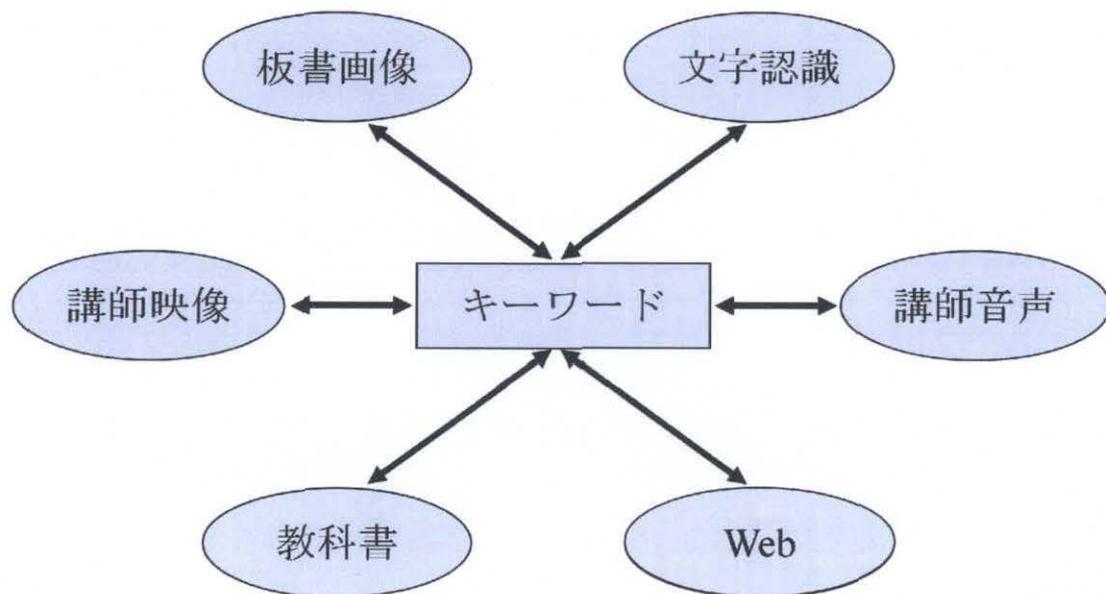


図4 研究領域

2.2 本研究室の次世代 e ラーニングシステム

本研究室での次世代 e ラーニングシステムでは、ホワイトボードと黒板で行われる実際の授業に対して、カメラを用いて講師の動作認識を行い、非同期型映像 e ラーニングシステムを構築している[14]-[18]。対象は、大学の通常講義を対象としており、大学の通常講義が行われる教室に 3 台のカメラとワイヤレスマイクを設置している。カメラは固定視野カメラを 1 台、可動視野カメラを 2 台使用しており、教室の後方に固定してある。本システムを運用する教室環境での機器等の配置を図 5 に示す。

まず、固定視野カメラと可動視野カメラを用いて、行われている講義風景・板書画像、そして講師音声を撮影・録音する。固定視野カメラで撮影した講義風景動画のスクリーンショット(図 6)から、講師の位置抽出を行い、講師の動きに合わせて可動視野カメラが自動で講師追跡を行う。一方で、同時に撮影した板書動画のスクリーンショット(図 7)を対象にして文字認識を行う。そして、文字認識を行った板書文字列に含まれているキーワードを抽出する。キーワードに関する説明部分の表示は、学生にとって教科書の説明だけでは理解しがたいキーワードが出てきた場合、すぐにその場で Web 文書の検索ができ、キーワードの理解への手助けとなる。これらの講義風景画像、板書画像、説明表示画像を併せて受講生用インターフェースを作成している。

以上のシステムの概要図とおおまかなフローチャートをそれぞれ、図 8、図 9 に示す。

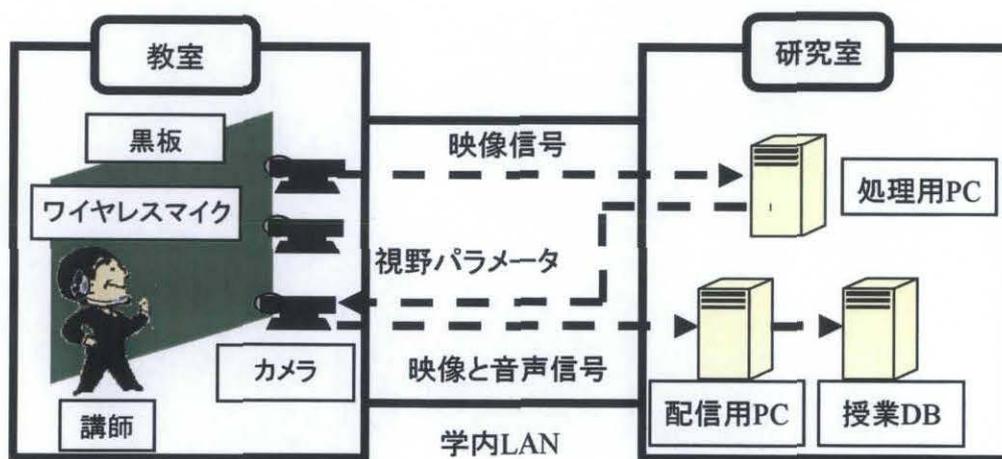


図 5 機器の配置図

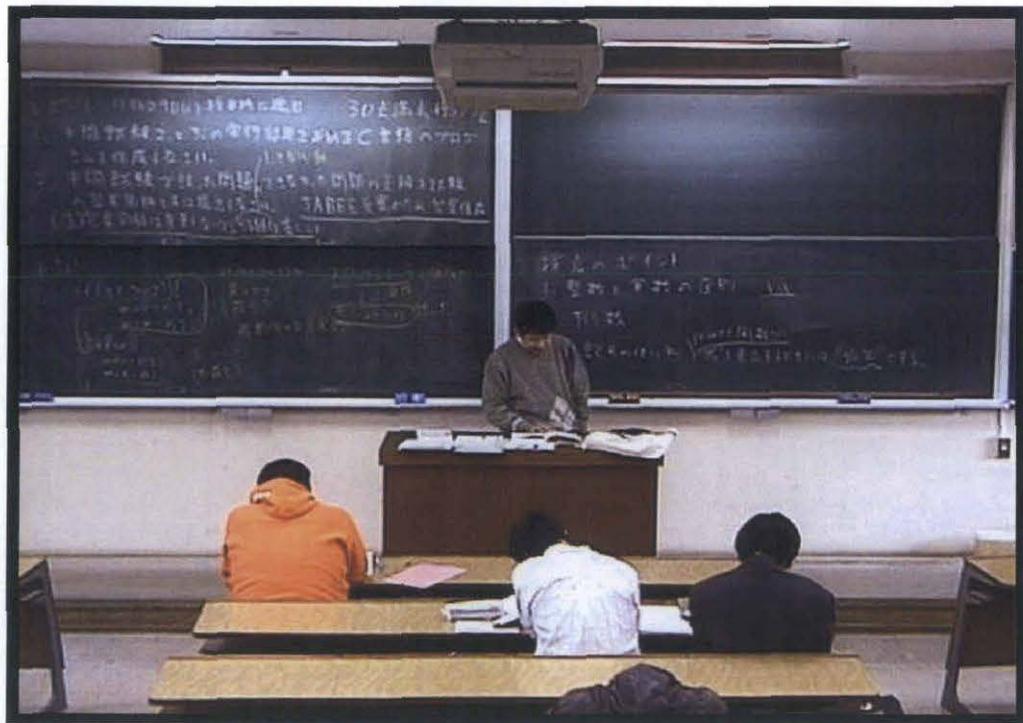


図 6 講義風景動画のスクリーンショット

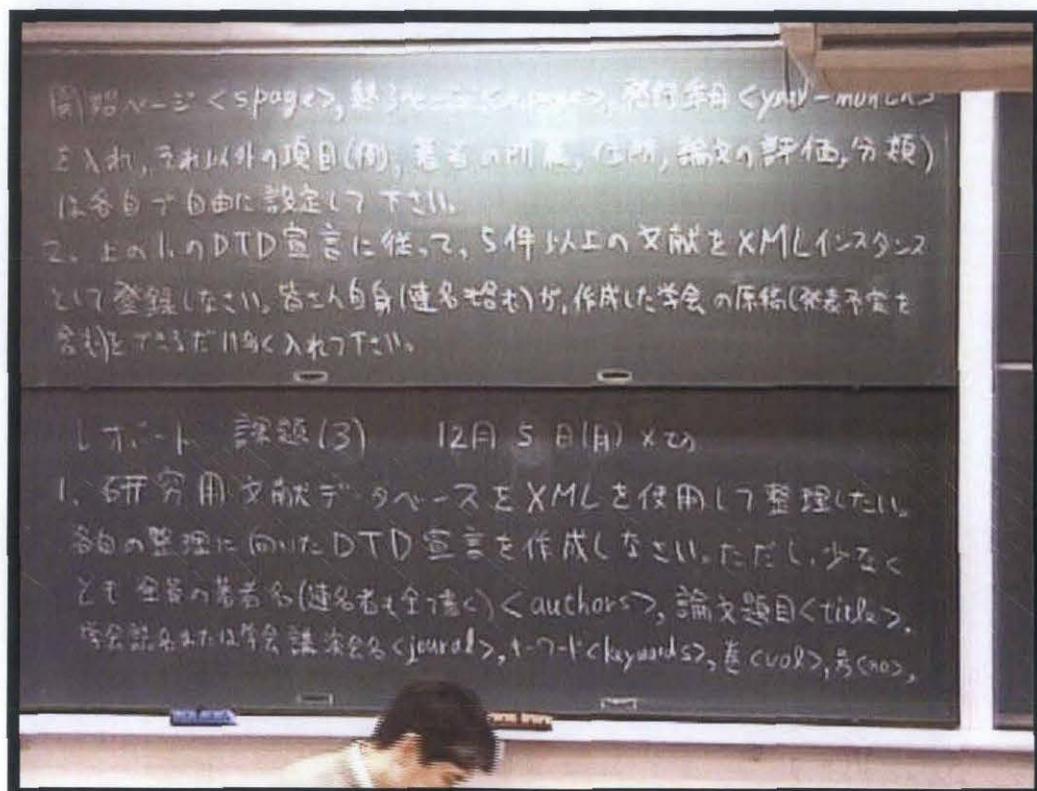


図 7 板書動画のスクリーンショット

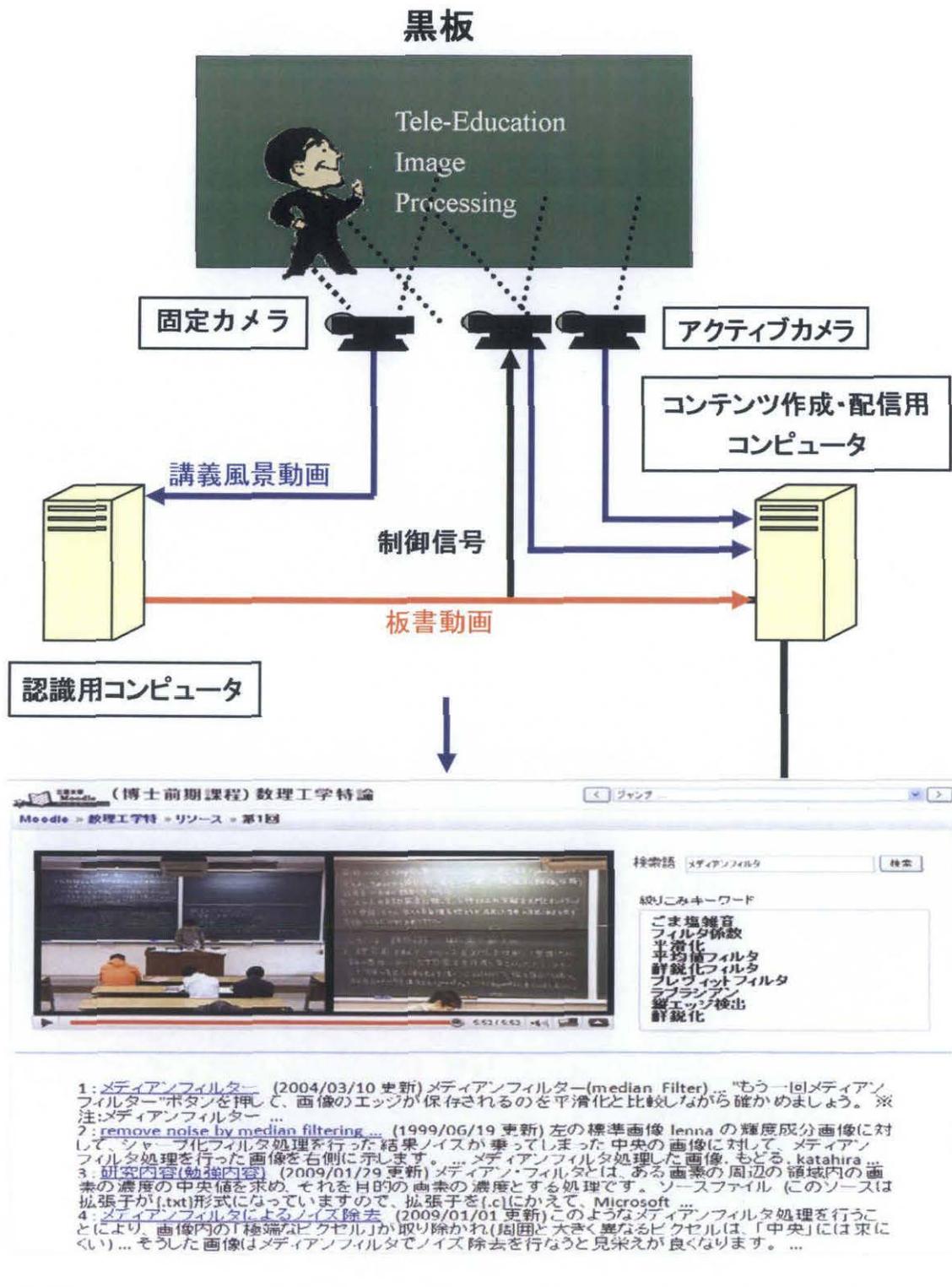


図 8 システムの概要

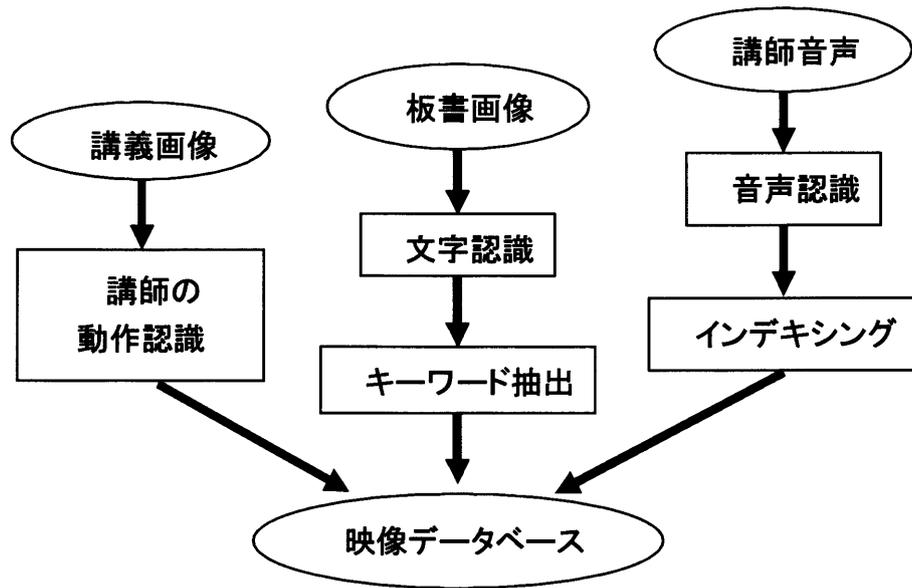


図 9 システムのフローチャート

2.3 従来のキーワードに関連する説明表示システムに関する研究

本研究室では、教科書本文を HTML と XML で表現したファイル（図 10 左図）からキーワードファイルに登録されている単語（図 10 右図）を抽出し、そのキーワードの説明としてタグにより優劣をつけられた本文中の説明箇所を学習者に提供するシステムの研究がされていた[19]。そのシステムの概要を図 11 に示す。この研究では、キーワード同士の関係性が定義されておらず、理解できないキーワードに関する情報を体系的に調べることができなかった。また、キーワードの内容を Web 文書の中から検索する際に絞りこみキーワードがなかったために、必要な情報を学習者が探すには非常に負担になっていた。

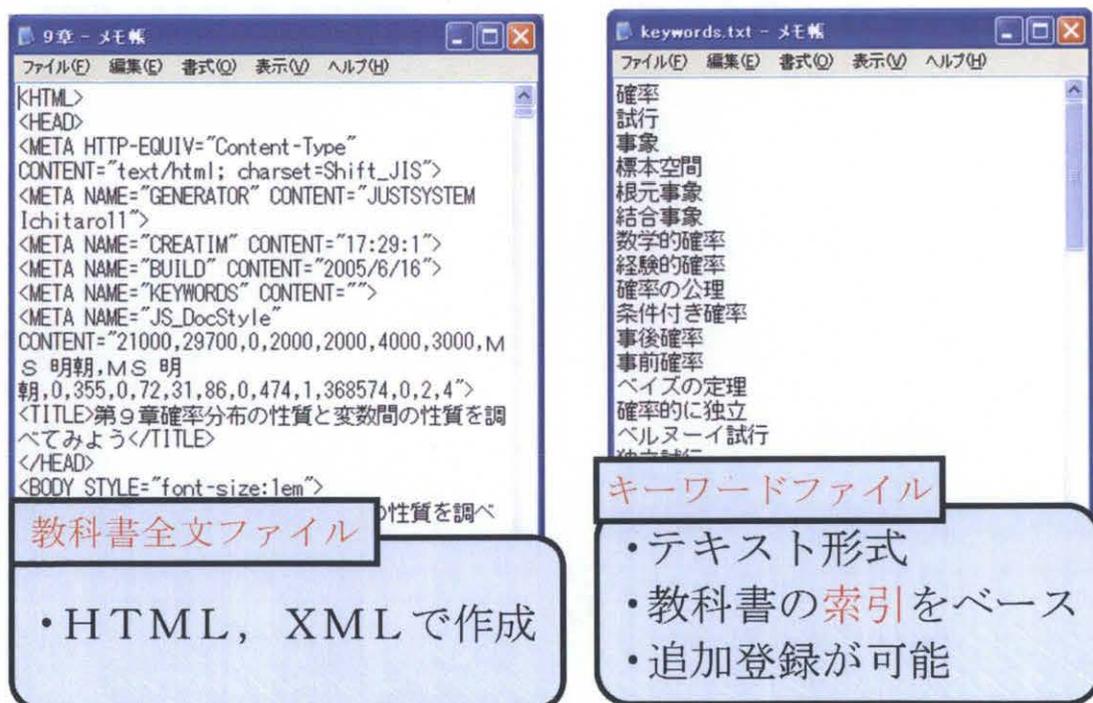


図 10 教科書ファイルとキーワードファイル

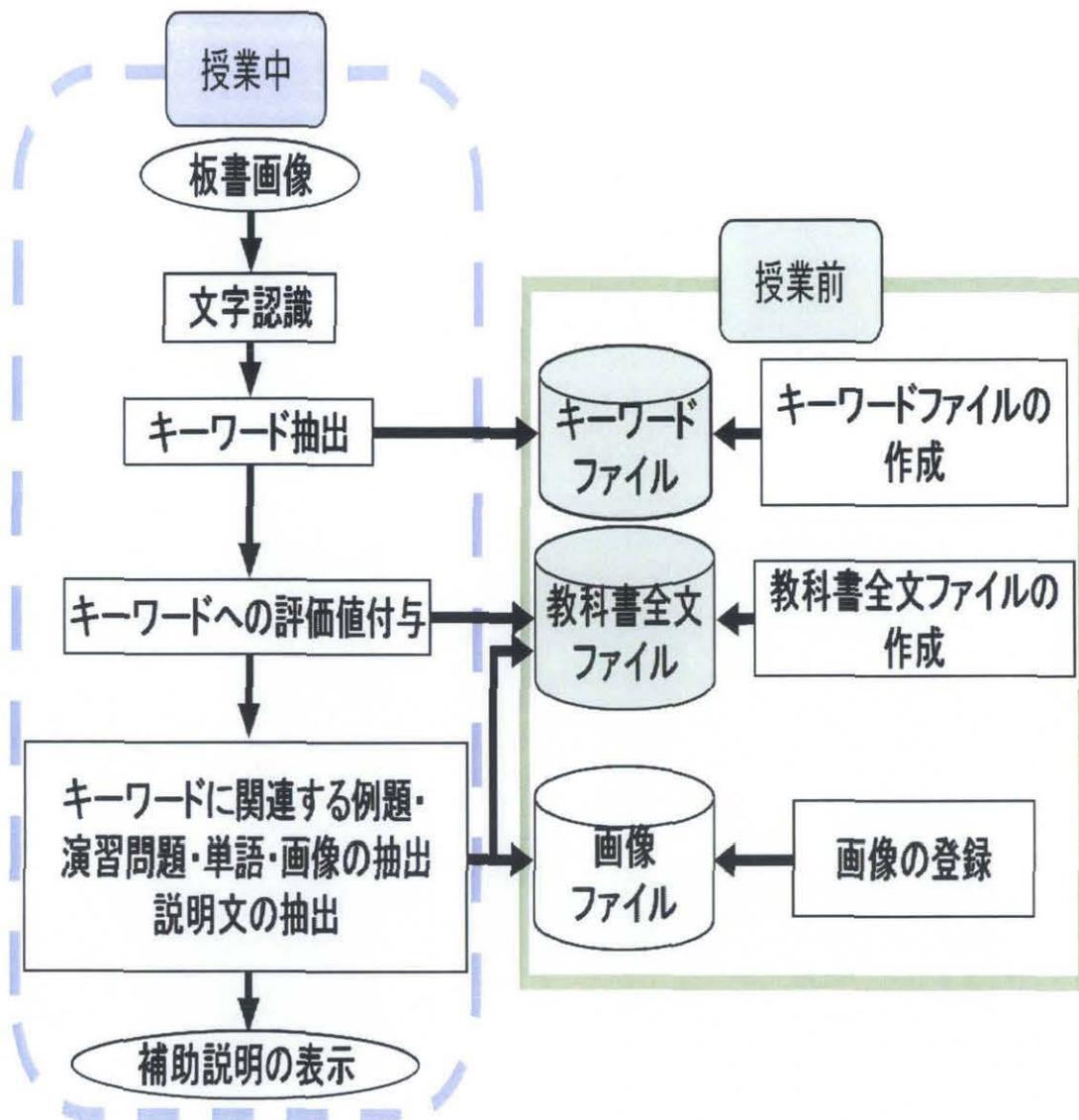


図 11 従来システムの概要

2.4 学習用検索支援システムの概要

前節で述べたように、従来のシステムでは絞りこみキーワードを自動的に付加することができず、適切な Web 文書を検索できなかった。そのため、この問題を解決する Web 情報検索支援システムの概要を図 12 に示す。このシステムは学生が入力した検索ワードに対して、学生ごとの学習履歴キーワード、授業キーワード、教員の推薦 URL や参考文献の情報を付加する。そして、このキーワードを用いて一般の Web 検索エンジンで Web 文書の検索を行う。その検索結果を学習履歴に反映させ、検索結果を返すシステムとなっている。

本研究で作成したシステムは第 1 段階のプロトタイプなので、指導教員の担当している電気電子工学科の 3 年生向けの「計算機工学 II」(C# 言語により画像処理システムを作成しながら学ぶソフトウェア開発)を対象としており、3 年生の学生が初めて Windows アプリケーションを作成する場合に学習を支援するシステムを作成することを目指している。この授業では教科書[20]を使用しており、索引に記載されているキーワードは、事前に登録してある。

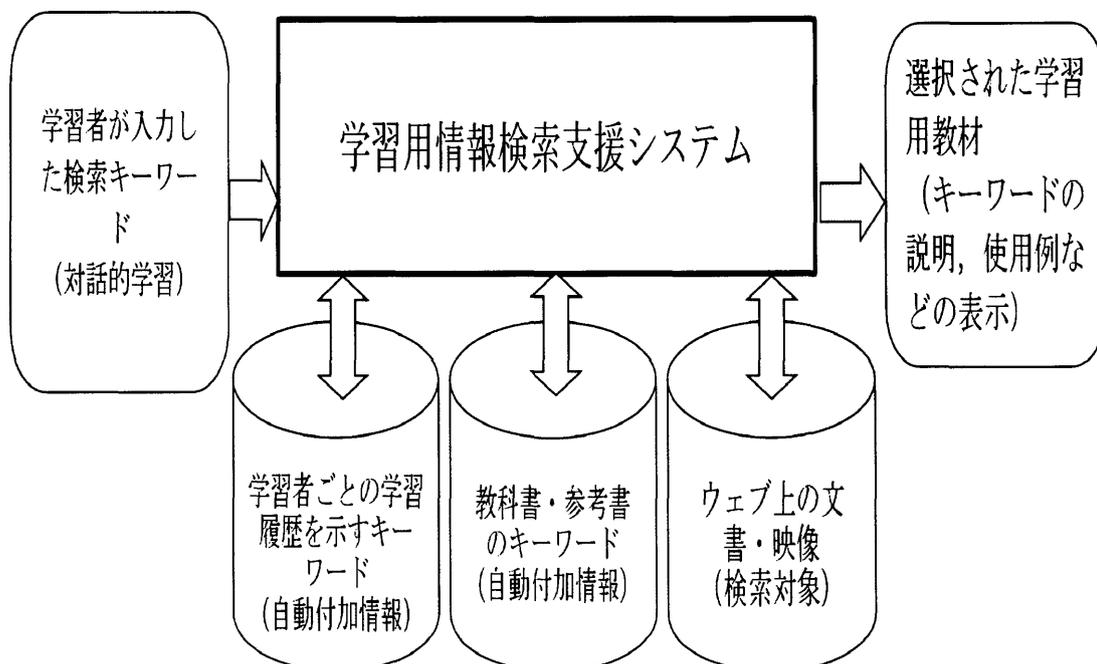


図 12 学習用検索支援システムの概要

2.5 検索ワード，授業キーワード，学習履歴キーワード の関係性

学習者が調べたいキーワードが検索ワードとなる。検索ワードを検索エンジンで調べても、検索ワードだけでは膨大な Web 文書が検索にヒットしてしまい、目視で調べたい内容か判断しなければならず、非常に非効率的である。そのため、Web 文書を絞り込むために絞りこみキーワードが必要となる。1. 4 節で述べたように、調べたい検索ワードの内容が既習で部分的に忘れていた内容であれば、絞りこみキーワードを列挙することは可能である。しかしながら学習中の内容であれば絞りこみキーワードを適切に選択することは、学習者にとって困難である。そこで絞りこみキーワードとして、調査したい授業科目に関連する教科書・参考書のキーワード（授業キーワード）や過去に学習した授業科目に関連するキーワード（学習履歴キーワード）を使用して、学習者が入力した検索ワードに絞りこみキーワードを追加することで、膨大な Web 文書の中から有益な Web 文書を探す際に、絞り込んだ検索結果から検索することが可能となる（図 13）。

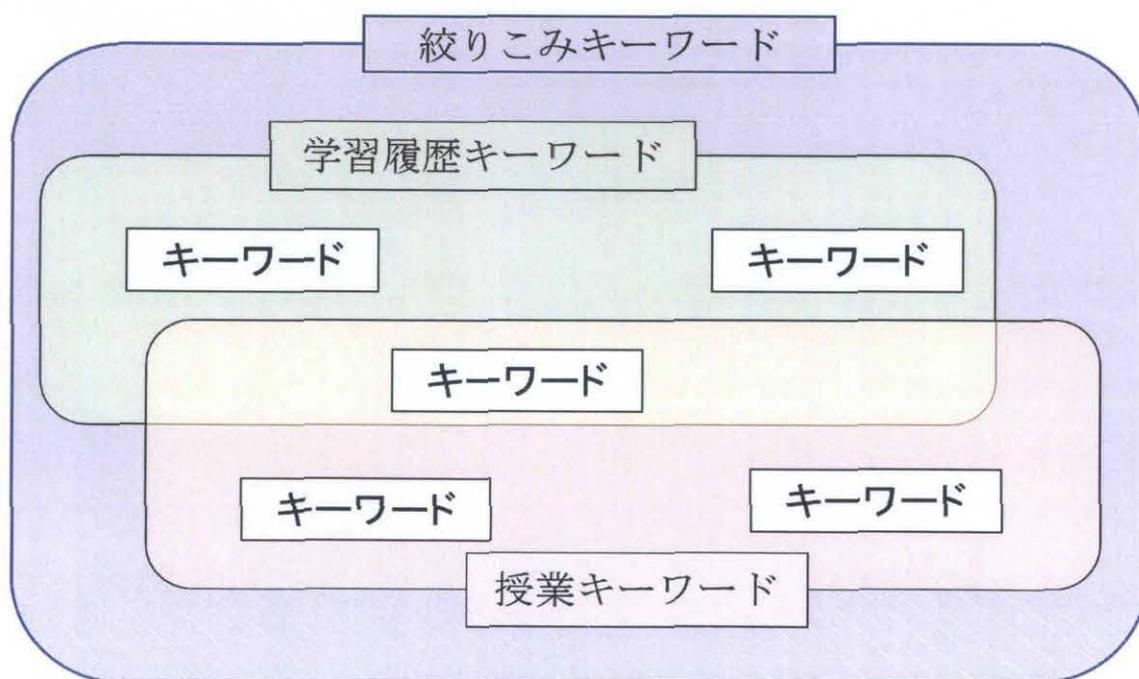


図 13 絞りこみキーワード，学習履歴キーワード，授業キーワードとの関係

2.5.1 授業キーワードの構造化

授業キーワードの構造として、教科書の目次を用いる。本研究は、計算機工学Ⅱを対象としているので参考文献[20]で取り上げている本を例に挙げ説明を行う。図 14 に挙げるように、目次は章、節、ページからなる。そのため、節のページ範囲は表 6 のように表すことができる。ここで、授業キーワードとして用いる教科書の索引について述べる。索引は、キーワードとキーワードが用いられているページ数が表記されている (図 15)。そのため、表 6 のページ範囲に対応する索引のキーワードを関係づけることができる。これを行うと表 7 のように表すことができる。

デジタル画像処理の基礎と応用 — 基本概念から顔画像認識まで —	
第1章 デジタル画像処理の基礎	1.1 デジタル画像の獲得9 1.2 Visual C#による画像処理13 1.3 プロジェクトの説明とアルゴリズム16
第2章 濃度変換	2.1 ヒストグラム25 2.2 コントラストの改善25 2.3 ヒストグラムの平坦化28 2.4 プロジェクトの説明31
第3章 空間フィルタ	3.1 積和演算35 3.2 平滑化フィルタ36 3.3 特徴抽出フィルタ38 3.4 ラプラシアン41 3.5 鮮鋭化フィルタ42 3.6 プロジェクトの説明42
第4章 2値化画像	4.1 2値化処理47 4.2 膨張と収縮50 4.3 線図形化処理51 4.4 ラベリング59 4.5 ラスタベクトル変換61 4.6 プロジェクトの説明64

図 14 目次の例

表 6 授業キーワードの構造

章のタイトル	節のタイトル	ページ範囲
第1章 デジタル画 像処理の基礎	1. 1 デジタル画像の獲得	9~12
	1. 2 visual C による画像処 理	13~15
	1. 3 プロジェクトの説明とア ルゴリズム	16~24

【ア】

アップサンプリング	195
孔	51
位相回転因子	125
位相特性	168
位相ひずみ	169
位置座標系列	86
位置座標表現	128
移動平均	43
- フィルタ	169
- 法	36
因果性	167
インパルス応答	165

図 15 授業キーワードの例 (構造化前の索引)

表 7 構造化された授業キーワード

章	節	キーワード	ページ
デジタル画像処理の基礎	デジタル画像の獲得	p-タイル法	0
デジタル画像処理の基礎	デジタル画像の獲得	Prewittフィルタ	0
デジタル画像処理の基礎	デジタル画像の獲得	コンパクトサポート	0
デジタル画像処理の基礎	デジタル画像の獲得	A-D変換	9
デジタル画像処理の基礎	デジタル画像の獲得	サンプリング	9
デジタル画像処理の基礎	デジタル画像の獲得	濃度値	9
デジタル画像処理の基礎	デジタル画像の獲得	標本化	9
デジタル画像処理の基礎	デジタル画像の獲得	量子化	9
デジタル画像処理の基礎	Visual C#による画像処理	ピクセル	10
デジタル画像処理の基礎	Visual C#による画像処理	画素	10
デジタル画像処理の基礎	Visual C#による画像処理	標本化定理	10
デジタル画像処理の基礎	Visual C#による画像処理	グレイレベル	12
デジタル画像処理の基礎	Visual C#による画像処理	サイズ変換	12
デジタル画像処理の基礎	Visual C#による画像処理	一変換	12
デジタル画像処理の基礎	Visual C#による画像処理	解像度	12
デジタル画像処理の基礎	Visual C#による画像処理	階調数	12
デジタル画像処理の基礎	Visual C#による画像処理	擬似輪郭	12
デジタル画像処理の基礎	Visual C#による画像処理	濃度レベル	12
デジタル画像処理の基礎	Visual C#による画像処理	濃度値	12
デジタル画像処理の基礎	Visual C#による画像処理	量子化	12
デジタル画像処理の基礎	Visual C#による画像処理	量子化レベル数	12
デジタル画像処理の基礎	Visual C#による画像処理	量子化数	12
デジタル画像処理の基礎	Visual C#による画像処理	局所処理	15
デジタル画像処理の基礎	Visual C#による画像処理	近傍処理	15
デジタル画像処理の基礎	Visual C#による画像処理	大局処理	15
デジタル画像処理の基礎	Visual C#による画像処理	点処理	15
デジタル画像処理の基礎	プロジェクトの説明とアルゴリズム	フィールド	16
デジタル画像処理の基礎	プロジェクトの説明とアルゴリズム	濃度反転	16

2.5.2 学習履歴キーワードの構造化

学習履歴キーワードの構造は、三重大大学のウェブシラバスの履修科目の“受講要件”と“予め履修が望ましい科目”を用いる。図 16 に計算機工学Ⅱのウェブシラバスを例として取り上げる。計算機工学Ⅱでは、「計算機基礎，線形代数学，情報数学と論理回路，プログラミング演習Ⅰ・Ⅱ，プログラミング言語」が“受講要件”となっている。また、「電磁気学，電気回路，電子回路，アルゴリズムとデータ構造，信号処理，物理学実験，電気電子工学実験Ⅰ」が“予め履修が望ましい科目”となっている。これら全てを履修している学生であれば，学習履歴キーワードの構造として用いる授業科目の構造は図 17 となる。ちなみに，図 16 で“受講要件”と“予め履修が望ましい科目”との関係で“受講要件”を上位としているのは，“受講要件”を満たしていなければ履修できないため，より重要な科目であると考えられるからである。

学習履歴キーワードに用いるキーワードとしては，図 16 の項目の“キーワード・テーマ”を用いる。このキーワードを学習履歴キーワードとして Web 文書の絞りこみに用いる。例として，計算機工学Ⅱに関係する全ての科目を修得している学生の学習履歴キーワードは，表 8 のようになる。

授業形態	講義
授業方法	PBL
<u>キーワード・テーマ</u>	システム開発, MS-Visual C#.NET, 画像処理ソフトウェア, ヒューマン・インタフェース, オブジェクト指向, 電子機器設計, 組み込みシステム, ロボットの視覚機能, 人工知能の実現, 知能と認知, ユビキタスシステム
授業の目的・概要	コンピュータ利用技術の一つとして画像処理技術が急速に発展し, ファクシミリ(FAX), デジタルカメラ, イメージスキャナなどの種々の電子情報機器に利用され, それらが普及してきており, 21世紀は画像・映像を主体としたマルチメディア時代といわれています。本講義では, デジタル画像処理の代表的な概念やアルゴリズムを紹介し, 画像処理システムの利用方法, 新たな画像処理システムの開発方法をPBL形式の授業により理解することを目的とし, 教科書を使用しながら, パソコンと液晶プロジェクタを用いて, グループでの計算機実験を行いながら進めます。
学生の到達目標	(1)基礎的な画像処理手法について, そのアルゴリズムと処理結果の性質を理解する。 (2)デジタル画像機器の基礎で, ハードウェアとプログラムを関連付けて理解する。 (3)最近の多くの工学の基礎であり, カメラ, ビデオ, 放送, 文書などの画像が関係する電気電子関連産業(コンピュータ, 自動車, 家電, 通信, 電力, 医療・福祉, 環境など)について理解を深める。
本学教育目標との関連	「感じる力」= 35%, 「考える力」= 35%, 「生きる力」= 80%, 「コミュニケーション力」= 30%
<u>受講要件</u>	計算機基礎, 線形代数学, 情報数学と論理回路, プログラミング演習 I・II, プログラミング言語
<u>予め履修が望ましい科目</u>	電磁気学, 電気回路, 電子回路, アルゴリズムとデータ構造, 信号処理, 物理学実験, 電気電子工学実験 I
発展科目	電気電子設計, 技術者倫理, 電気電子専門英語 I・II, プレゼンテーション技法, 関連する研究室で行われている卒業研究は, 本科目を基礎としている。
教科書, 参考書	教科書: デジタル画像処理の基礎と応用 (酒井幸市, CQ出版社) 参考書: C言語で学ぶ実践画像処理 (井上誠喜, 八木伸行他, オーム社), コンピュータ画像処理 (田村秀行, オーム社), パターン情報処理 (中川聖一, 丸善), 情報数学 (鳥脇純一郎, オーム社), 画像・メディア工学 (吹抜敬彦, コロナ社), OpenCVプログラミングブック (奈良先端科学技術大学院大学, 毎日コミュニケーションズ), 人画像処理 (越後富夫他, オーム社)

図 16 三重大学ウェブシラバスの例

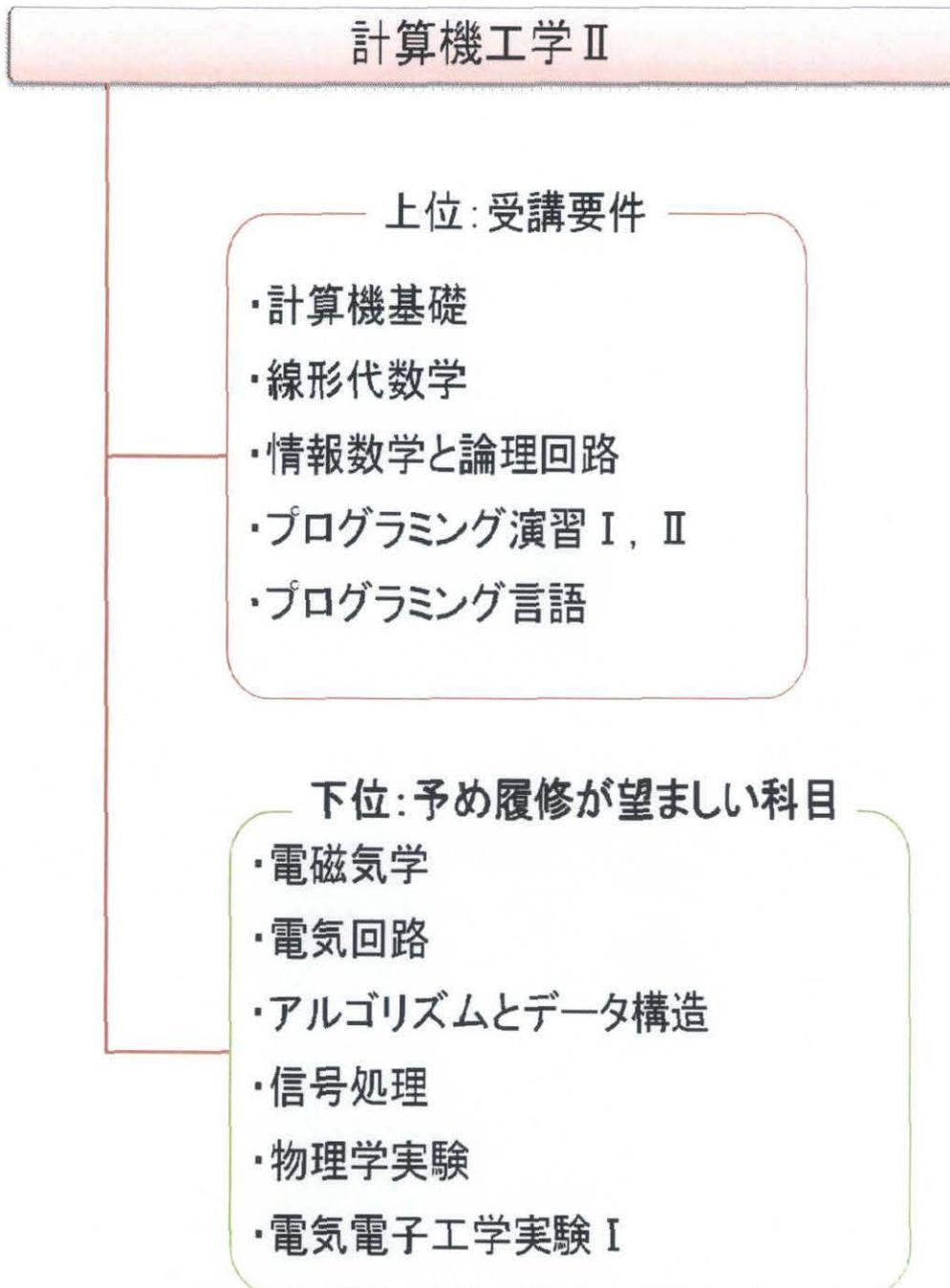


図 17 学習履歴キーワードの構造として用いる授業科目の構造

表 8 学習履歴キーワードの例 (全ての科目を修得している学生の場合)

履修科目	修得科目	キーワード群
計算機工学Ⅱ	計算機基礎	パソコンのソフトとハードの基礎と応用
	線形代数学	行列, 行列式, ベクトル, 線形空間, 線形写像, 基底
	情報数学と論理回路	情報, コンピュータ, 論理回路, 離散数学, 論理代数
	プログラミング演習Ⅰ	コンピュータ, プログラミング, ソフトウェア, C言語
	プログラミング演習Ⅱ	コンピュータ言語, プログラミング, 計算機工学, 情報工学, ソフトウェア開発, C言語, 組み込みシステム, 人工知能, ロボット
	プログラミング言語	コンピュータ・プログラム, C言語, 構造体
	電磁気学	電荷, 静電界, 電位, 電気双極子, コンデンサ, 真空, 導体, 誘電体, 定常電流, クーロンの法則, ガウスの法則電流, 磁界, 電磁誘導, 電磁波
	電気回路	三相交流回路, 定常現象と過渡現象, 電気回路の数式表現 (微分方程式, ラプラス変換) と解法, 非正弦波交流回路の解析, 交流回路論, 記号法, 有効電力, 共振, 変圧器結合
	電子回路	電子回路工学の基礎知識, 線形と非線形の違い, 直流バイアス特性と交流小振幅特性の違い, トランジスタ・ダイオード応用回路, アナログ電子回路, アナログ集積回路 (オペアンプなど)
	アルゴリズムとデータ構造	時間計算量, データ構造, 探索アルゴリズム, 整列アルゴリズム, オートマトン
	信号処理	フーリエ級数展開, 標本化関数とデルタ関数, 伝達関数, フーリエ変換, 離散フーリエ変換 (DFT), 畳み込み, パーシバル定理, 相関関数とスペクトル密度, 統計的信号理論
	物理学実験	基礎的な物理学実験
電気電子工学実験Ⅰ	電気回路, 電子回路, 電気電子測定/計測	

2.6 学習用情報検索支援システムの構成

学習用情報検索支援システム（図 18）は、下記の 3 つの機能で構成される。

(1) 授業キーワードと学習履歴キーワードからの絞りこみキーワードの選択

学生が入力した検索キーワードに対して、学生ごとの学習履歴（個人データベース）と、授業ごとに作成してある授業データベース（教員の推薦 URL, 教科書, 参考書, 参考文献など）から、関連する複数個の絞りこみキーワードを選択する。

(2) Web 文書の既存検索エンジンによる検索

検索キーワードと付加キーワードを、Web 文書の既存検索エンジンに入力し、関連する Web 文書を検索する。

(3) 評価関数による Web 文書の順位付け

適当な数に絞り込まれた検索された Web 文書は、検索エンジンに固有な優先順位で選択されているので、学習に適した順序となっていない。そこで、Web 文書を学習者に適した順に表示する評価関数を次節のように学習者ごとに独自に決定する。

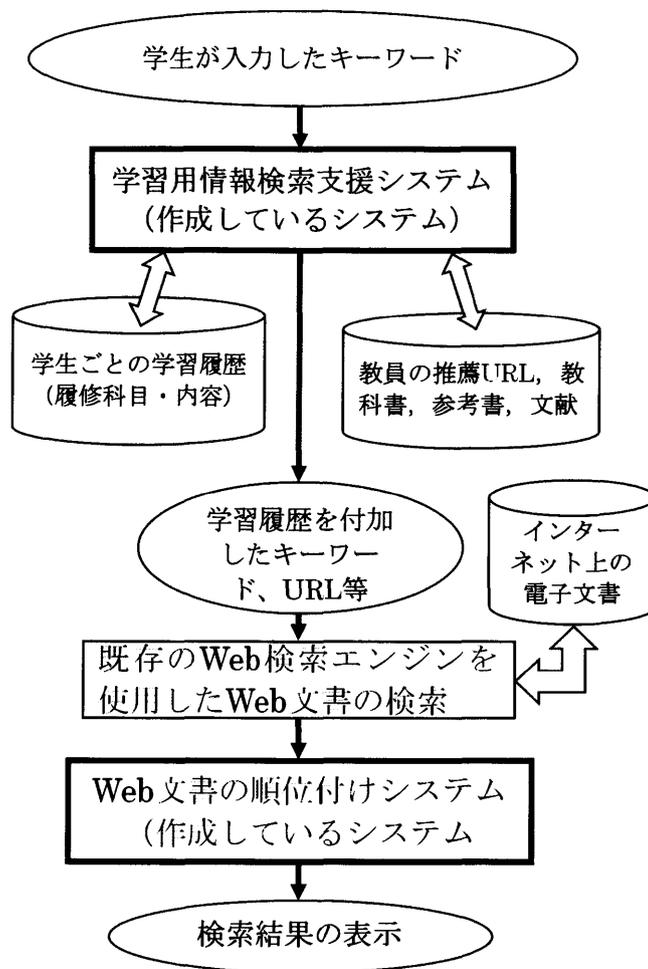
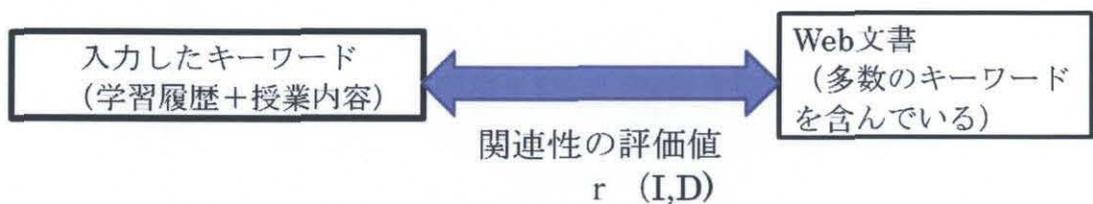


図 18 学習用情報検索システムの構成

2.7 評価関数による Web 文書の順位付け

前述のシステムによって、絞りこみキーワードを用いることにより、学習者の調べたい内容に関係する多くの Web 文書の中から所望の Web 文書の検索が可能となる。そして絞りこみキーワードを用いても Web 文書が数多く検索される場合には、評価関数による Web 文書の順位付けを行う[21]。評価関数は、図 19 で示される。

なお、この部分はまだ作成していないので、重み係数は作成後、使用しながら決定する必要がある。



$$r(I, D) = w1 \times A(I) + w2 \times \sum_{j=1}^J A(H_j) + w3 \times \sum_{k=1}^K A(T_k)$$

入力したキーワードの出現率： $A(I)$ $w1, w2, w3$: 重み係数
 学習履歴のキーワードの出現率： $A(H_j)$
 授業内容のキーワードの出現率： $A(T_k)$

出現率：(該当するキーワード数) / (文書内の総キーワード数)

図 19 評価関数

第3章 システムの実現

以降では、2.6節で説明した、学習用情報検索支援システムの(1)授業キーワードと学習履歴キーワードからの絞りこみキーワードの選択する機能のシステム開発について述べる。そしてシステムを作成したのち、絞りこみキーワードをデータベースに登録し、絞りこみキーワードを検索する際の実行例を示す。

3.1 開発及び動作環境

プログラムを開発環境と実行環境は以下のようになる。

開発環境

- パーソナルコンピュータ
CPU : Core™ 2 Duo E6600 2.4GHz
memory : 2Gbyte
- 使用したソフトウェア
OS : Windows XP Professional
プログラミング言語 : PHP
データベース : mysql
エディタ : terapad
文字認識ソフト : 表 OCR/文書 OCR for excel & word v5.0 (富士通)
表計算ソフト : Microsoft excel 2003

動作環境

- パーソナルコンピュータ
CPU : Core™ 2 Duo E6600 2.4GHz
memory : 2Gbyte
- 使用したソフトウェア
ブラウザ : Firefox 3.0.6
一括パッケージ : xampp 1.7.0
※Apache(Webサーバ), mysql データベースサーバ)と Web プログラミング言語である PHP や同目的で使われる Perl の 4 つの主要ソフトウェアと phpMyAdmin などの管理ツール, さらに SQLite など, いくつかの補助的なソフトウェアが含まれている。

3.2 絞りこみキーワードのベータベース

絞りこみキーワードとして、授業キーワードと学習履歴キーワードを手動により、登録する。授業キーワード域は、計算機工学Ⅱの教科書である“デジタル画像処理の基礎と応用”[20]の索引のキーワードだけを用い、その一部を表 9 に表す（全ての授業キーワードは、付録の表 11 を参照）。また学習履歴キーワードは、今回は計算機工学Ⅱの受講要件のみとしている（表 10）。

表 9 登録した授業キーワード一部

syo	setu	word	page
デジタル画像処理の基礎	デジタル画像の獲得	p-タイル法	0
デジタル画像処理の基礎	デジタル画像の獲得	Prewittフィルタ	0
デジタル画像処理の基礎	デジタル画像の獲得	コンパクトサポート	0
デジタル画像処理の基礎	デジタル画像の獲得	A・D変換	9
デジタル画像処理の基礎	デジタル画像の獲得	サンプリング	9
デジタル画像処理の基礎	デジタル画像の獲得	濃度値	9
デジタル画像処理の基礎	デジタル画像の獲得	標本化	9
デジタル画像処理の基礎	デジタル画像の獲得	量子化	9
デジタル画像処理の基礎	Visual C#による画像処理	ピクセル	10
デジタル画像処理の基礎	Visual C#による画像処理	画素	10
デジタル画像処理の基礎	Visual C#による画像処理	標本化定理	10
デジタル画像処理の基礎	Visual C#による画像処理	グレイレベル	12
デジタル画像処理の基礎	Visual C#による画像処理	サイズ変換	12
デジタル画像処理の基礎	Visual C#による画像処理	一変換	12
デジタル画像処理の基礎	Visual C#による画像処理	解像度	12
デジタル画像処理の基礎	Visual C#による画像処理	階調数	12
デジタル画像処理の基礎	Visual C#による画像処理	擬似輪郭	12
デジタル画像処理の基礎	Visual C#による画像処理	濃度レベル	12
デジタル画像処理の基礎	Visual C#による画像処理	濃度値	12
デジタル画像処理の基礎	Visual C#による画像処理	量子化	12
デジタル画像処理の基礎	Visual C#による画像処理	量子化レベル数	12
デジタル画像処理の基礎	Visual C#による画像処理	量子化数	12
デジタル画像処理の基礎	Visual C#による画像処理	局所処理	15
デジタル画像処理の基礎	Visual C#による画像処理	近傍処理	15
デジタル画像処理の基礎	Visual C#による画像処理	大局処理	15
デジタル画像処理の基礎	Visual C#による画像処理	点処理	15

表 10 登録した学習履歴キーワード一覧

risyu	syutoku	word
計算機工学	計算機基礎	パソコンのソフトとハードの基礎と応用
計算機工学	線形代数学	行列
計算機工学	線形代数学	行列式
計算機工学	線形代数学	ベクトル
計算機工学	線形代数学	線形空間
計算機工学	線形代数学	線形写像
計算機工学	線形代数学	基底
計算機工学	情報数学と論理回路	情報
計算機工学	情報数学と論理回路	コンピュータ
計算機工学	情報数学と論理回路	論理回路
計算機工学	情報数学と論理回路	離散数学
計算機工学	情報数学と論理回路	論理代数
計算機工学	プログラミング演習 I	コンピュータ
計算機工学	プログラミング演習 I	プログラミング
計算機工学	プログラミング演習 I	ソフトウェア
計算機工学	プログラミング演習 I	C言語
計算機工学	プログラミング演習 II	コンピュータ言語
計算機工学	プログラミング演習 II	プログラミング
計算機工学	プログラミング演習 II	計算機工学
計算機工学	プログラミング演習 II	情報工学
計算機工学	プログラミング演習 II	ソフトウェア開発
計算機工学	プログラミング演習 II	C言語
計算機工学	プログラミング演習 II	組み込みシステム
計算機工学	プログラミング演習 II	人工知能
計算機工学	プログラミング演習 II	ロボット
計算機工学	プログラミング言語	コンピュータ・プログラム
計算機工学	プログラミング言語	C言語
計算機工学	プログラミング言語	構造体

3.3 情報検索支援システムのフローチャート

作成したシステムは以下のような流れにより絞りこみキーワードを学習者に提示する。
図 20 の①—⑥は下記に対応する。

- ① 検索ワードの入力
- ② 学習者が節と章のどちらの範囲で検索するか入力
- ③ 検索ボタンのクリックにより検索開始
- ④ ②と③の検索ワードがどの節または章に属するかデータベースを検索
- ⑤ ④で該当した節または章に属する絞りこみキーワードを検索
- ⑥ 検索結果を表示

また、作成したプログラムのフローチャートを示すと図 21, 図 22, 図 23 となる。これらのフローチャートを基に PHP 言語[22][23]により SQL[24][25]を使用して授業キーワードのデータベースから絞りこみキーワードを検索するプログラムを作成した。作成したプログラムを巻末の付録として提示する。

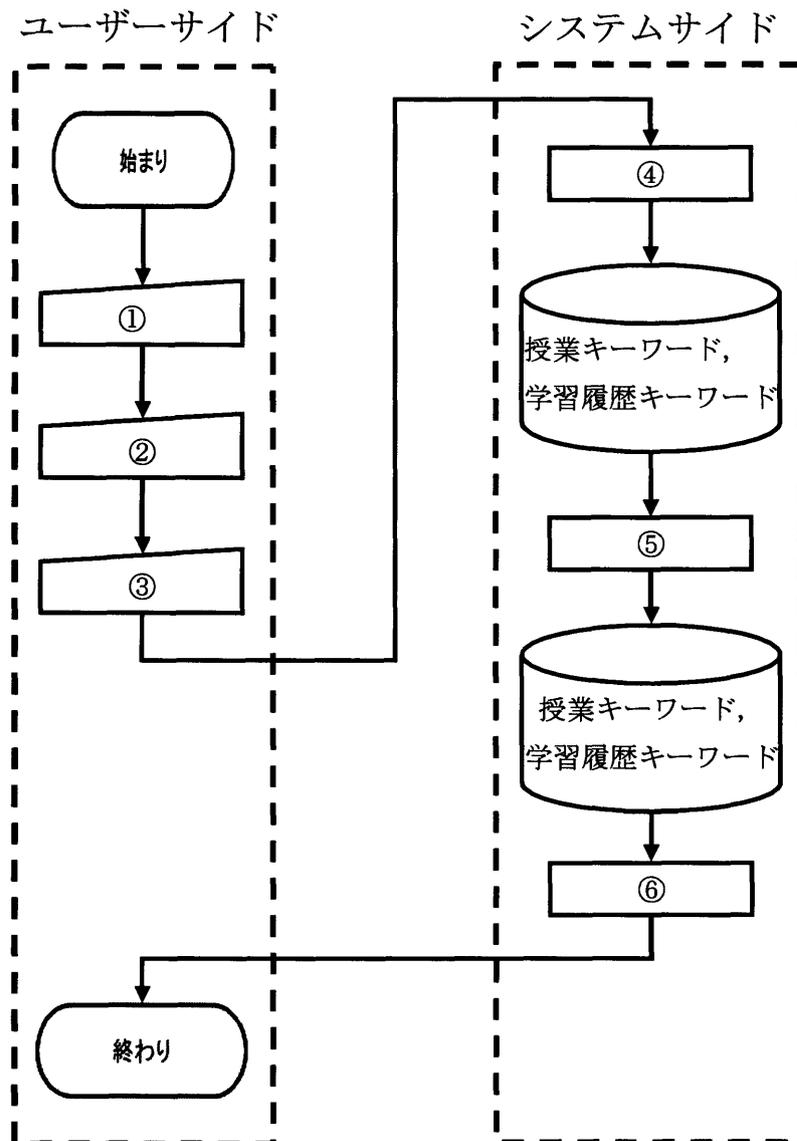


図 20 実行時のフローチャート

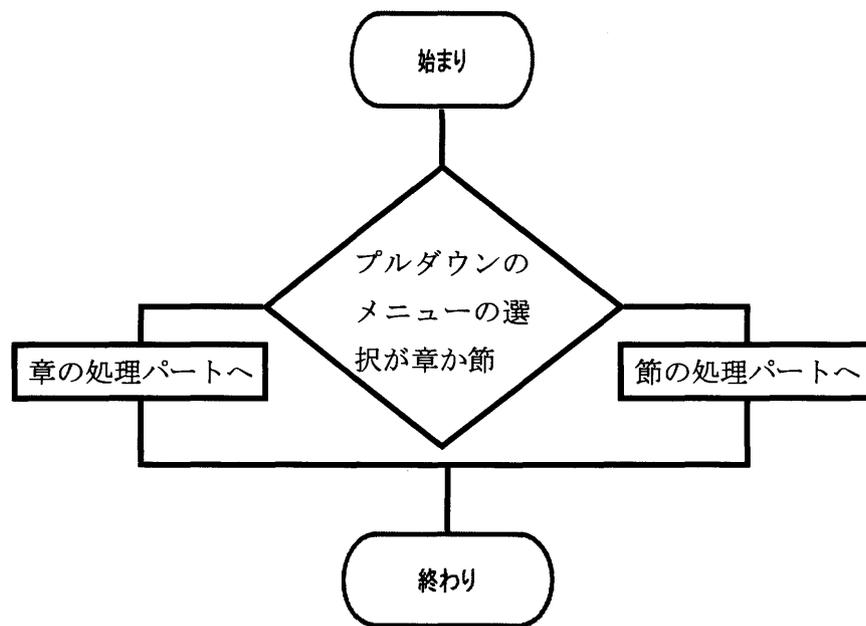


図 21 プログラム概要

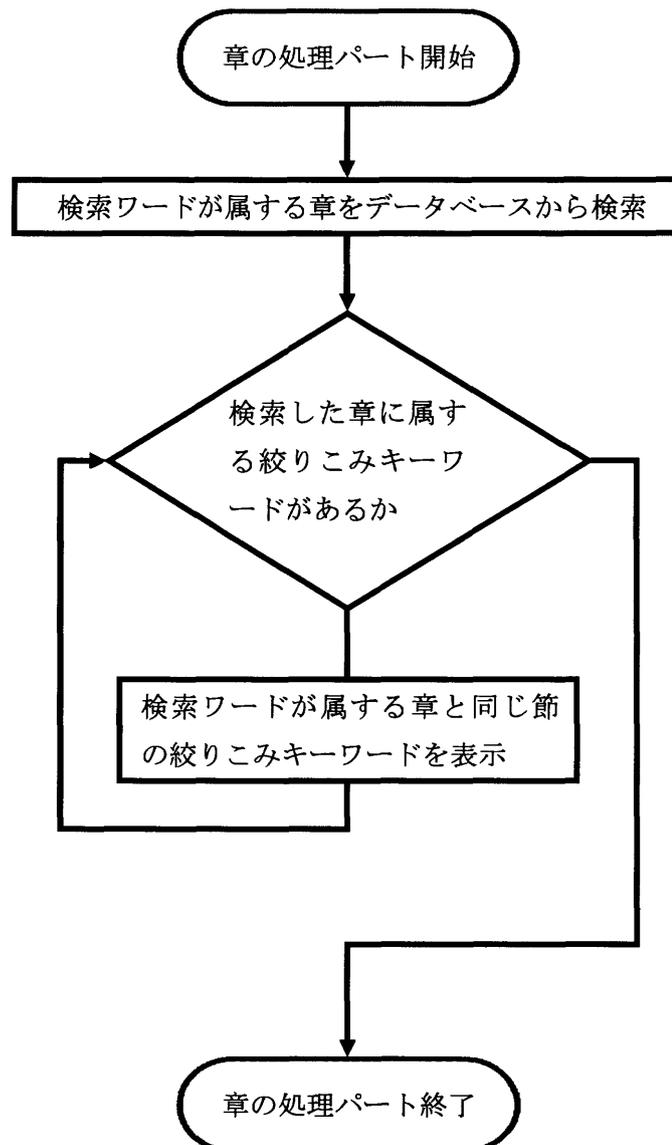


図 22 章パートの処理

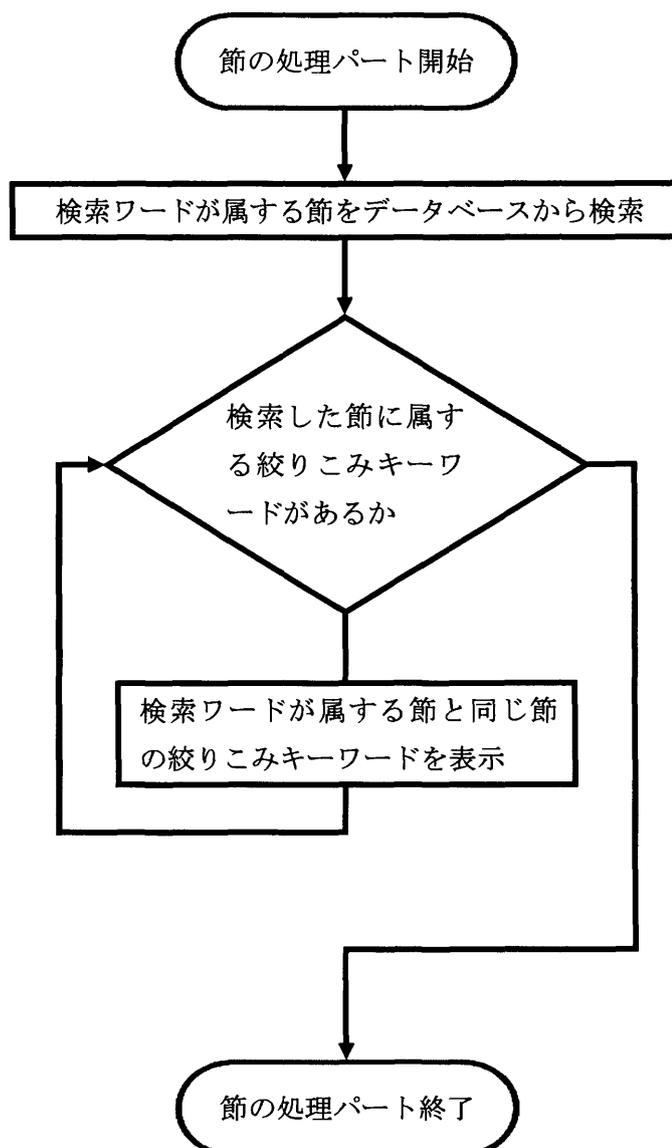


図 23 節の処理パート

3.4 情報検索システムの実行画面

システムの実行は下記のようになる。テキストボックスに調べたい検索ワードを入力し、プルダウンメニューで章または節を選択し検索ボタンをクリックすることで絞りこみキーワードの検索を行う(図 24)。実行結果の例(メディアンフィルタを検索)を図 25 に示す。

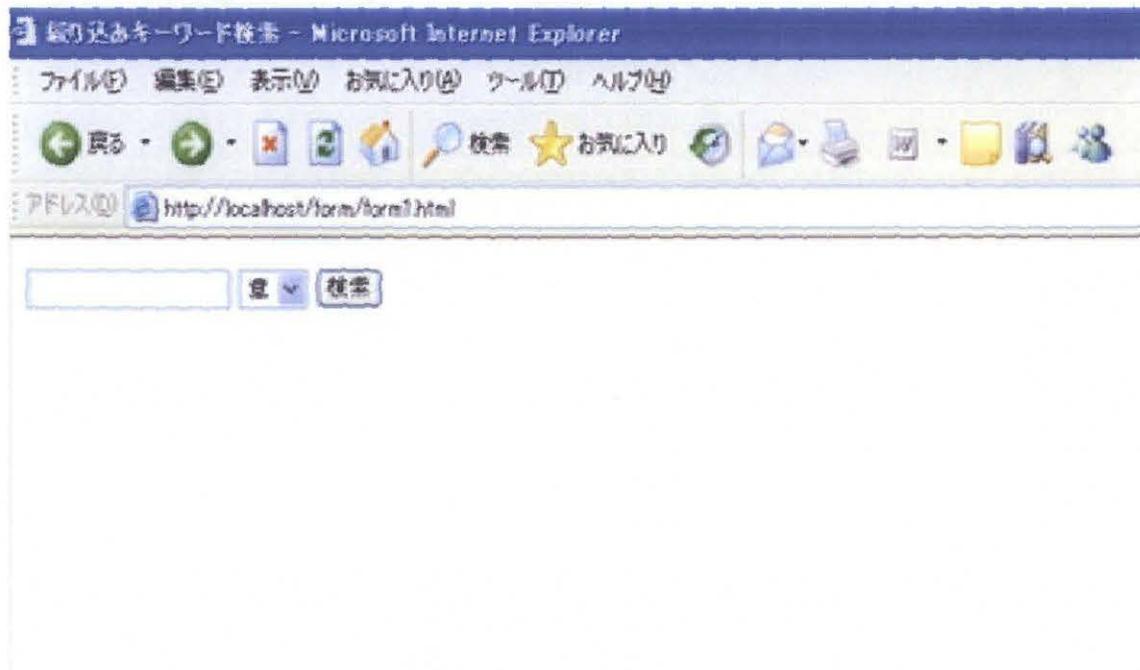


図 24 インターフェース

絞り込みキーワード検索 - Microsoft Internet Explorer

ファイル(F) 編集(E) 表示(V) お気に入り(A) ツール(T) ヘルプ(H)

戻る 検索 お気に入り

アドレス http://localhost/form/form1.php

syo=空間フィルタ	setu=平滑化フィルタ	word=ごま塩雑音	page=36
syo=空間フィルタ	setu=平滑化フィルタ	word=フィルタ係数	page=36
syo=空間フィルタ	setu=平滑化フィルタ	word=平滑化	page=36
syo=空間フィルタ	setu=平滑化フィルタ	word=平均値フィルタ	page=36
syo=空間フィルタ	setu=平滑化フィルタ	word=メデアンフィルタ	page=37
syo=空間フィルタ	setu=鮮鋭化フィルタ,プロジェクトの説明	word=鮮鋭化フィルタ	page=42
syo=空間フィルタ	setu=鮮鋭化フィルタ,プロジェクトの説明	word=メデアンフィルタ	page=43
syo=空間フィルタ	setu=鮮鋭化フィルタ,プロジェクトの説明	word=プレヴィットフィルタ	page=45
syo=空間フィルタ	setu=鮮鋭化フィルタ,プロジェクトの説明	word=ラブラシアン	page=45
syo=空間フィルタ	setu=鮮鋭化フィルタ,プロジェクトの説明	word=縦エッジ検出	page=45
syo=空間フィルタ	setu=鮮鋭化フィルタ,プロジェクトの説明	word=ごま塩雑音	page=46
syo=空間フィルタ	setu=鮮鋭化フィルタ,プロジェクトの説明	word=鮮鋭化	page=46

図 25 絞りこみキーワードの検索結果

第4章 おわりに

本研究では学習用情報検索支援システムを作成した。検索ワードに関する Web 文書を検索エンジンで調べる際に、このシステムを用いることで学習者が簡単に絞りこみキーワードを選択でき、検索結果をさらに絞りこみができるようになったことで全ての検索結果を目視で確認できるようになった。

○今後の課題

- ・ 2. 7 節で提案した評価関数を用いた Web 文書の絞りこみのシステムの作成
- ・ 検索ワードに関する絞りこみキーワードを検索した場合に、多くのキーワードが出てきた場合に、優先順位の検討
- ・ 学習履歴キーワードとして用いる Web シラバスのフォーマット検討
実際の授業で登場する順にキーワードを列挙してもらうことで Web 文書の絞りこみ効果向上

参考文献

- [1] 社会実情データ図録, <http://www2.ttcn.ne.jp/honkawa/6200.html>
- [2] ちょいコガ, <http://www.choicoga.com/choicoga/>
- [3] 本川 裕, 社会実情データ図録, 2008年6月12日,
<http://www2.ttcn.ne.jp/honkawa/6200.html>
- [4] Garbagenews.com, 2007年7月12日,
http://www.gamenews.ne.jp/archives/2007/07/7_19.html
- [5] 馬場 肇, Google の秘密・PageRank 徹底解説,
http://homepage2.nifty.com/baba_hajime/wais/pagerank.html
- [6] 山名早人, 近藤秀和, サーチエンジン Google, 情報処理学会誌 Vol42, No8,
pp.775-780, 2001
- [7] Sergey Brin and Lawrence Page, The Anatomy of a Large-Scale Hypertextual
Web Search Engine, <http://infolab.stanford.edu/~backrub/google.html>
- [8] Page, Lawrence and Brin, Sergey and Motwani, Rajeev and Winograd, The
PageRank Citation Ranking: Bringing Order to the Web,
<http://ilpubs.stanford.edu:8090/422/>
- [9] Monika Henzinger, Link Analysis in Web Information Retrieval, IEEE Bull,
of the Tech.Committee on Data Engineering, Vol.23, No.3, pp.3-8 , 2000
- [10] Taher H.Haveliwala, Efficient Computation of PageRank,
<http://ilpubs.stanford.edu:8090/386/1/1999-31.pdf>
- [11] Sergey Brin, Extracting Patterns and Relations from the World Wide Web,
<http://bolek.ii.pw.edu.pl/~gawrysia/WEDT/brin.pdf>
- [12] Brin, Sergey and Page, Dynamic Data Mining: Exploring Large Rule Spaces by
Sampling, <http://ilpubs.stanford.edu:8090/424/>
- [13] 牧野二郎: 日本消滅・IT 貧困大国・再生の手立て, 祥伝社, 2008
- [14] 矢田裕紀, 吉川大弘, 篠木剛, 鶴岡信治, “ペン位置検出装置とTVカメラを併用し
た視野の制御と受講生用映像の選択ーホワイトボード上の文字列の分離と視野の決
定, 制御ー”, 平成14年度電気関係学会東海支部連合大会講演論文集, pp.229,
2002
- [15] 矢田裕紀, 鶴岡信治, 吉川大弘, 篠木剛, “遠隔授業映像撮影のためのカメラ映像と
板書画像を併用したカメラ視野の決定法”, 電子情報通信学会技術報告,
PRMU2003-213, pp.89-94, 2004

- [16] Keiichi Shirasawa, Hiroharu Kawanaka, Shinji Tsuruoka, Tomohiro Yoshikawa and Tsuyoshi Shinogi, "Automatic Determination of an Active Camera View in an Image Based e-Learning System, " Proceedings of International Symposium on advanced Intelligent Systems (ISIS2005), pp.213-217, 2005
- [17] 吉田大祐, 鶴岡信治, 篠木剛, " e ラーニングのための単語辞書を用いたホワイトボード上の手書き文字列中のキーワード認識", 平成 17 年度三重地区計測制御研究講演会 pp.B8-1-B8-6, 2005
- [18] 吉田大祐, 鶴岡信治, 篠木剛, " e ラーニングのための単語辞書を用いたホワイトボード手書きキーワードの高精度認識", Proc. of ISIS 2005, pp197-202, 2005
- [19] 安井良, e ラーニングのためのキーワードに関連する説明表示システム, 平成 18 年度大学院工学研究科電気電子専攻修士論文, 2006
- [20] 酒井幸市: デジタル画像処理の基礎と応用, CQ 出版, 2004
- [21] 津田和彦, 獅々堀正幹: 情報検索アルゴリズム, 共立出版株式会社, 2002
- [22] 山田和夫: 基礎からの PHP, ソフトバンククリエイティブ株式会社, 2007
- [23] 高橋麻奈: やさしい PHP, ソフトバンククリエイティブ株式会社, 2008
- [24] 羽生章洋, 和田省二: WEB+DB PRESS プラスシリーズ改訂新版 反復学習ソフト付き SQL 書き方ドリル, 株式会社技術評論社, 2007
- [25] 玉川純: はじめて学ぶ MySQL, 株式会社 ソーテック社, 2008

謝辞

本研究の遂行および修士論文の作成にあたり、丁寧なご指導とご助言を頂きました本学工学研究科電気電子工学専攻の鶴岡信治教授，高瀬治彦准教授，川中普晴助教に深く感謝致します。そして貴重な時間をさいて本論文を査読していただいた本学工学研究科電気電子工学専攻北英彦准教授に深く感謝致します。

最後となりましたが、日頃お世話になった情報処理研究室の皆様に感謝致します。

発表論文リスト

- [1] 坂口敏雄, 篠木剛, 川中普晴, 鶴岡信治, “L S Iテストにおけるスイッチング削減のためのゲーティング素子配置決定法”, 平成 18 年度電気関係学会東海支部連合大会講演論文集, O-353, 2006-9
- [2] 坂口敏雄, 川中普晴, 篠木剛, 鶴岡信治, “L S Iテスト時のスイッチング削減のためのスキャンフリップフロップ並べ換え手法について”, 計測自動制御学会中部支部平成 18 年度三重地区計測制御研究講演会論文集, pp.(P16-1)-(P16-4), 2006-11
- [3] 坂口敏雄, 鶴岡信治, 高瀬治彦, 川中普晴, “e ラーニングのための学習履歴を用いた情報検索支援システム”, 計測自動制御学会中部支部平成 20 年度三重地区計測制御研究講演会論文集, pp.(B8-1)-(B8-4), 2008-12

付録

1. HTML で作成した Windows 上の検索システムフォームのプログラム

```
1 <html>
2 <head><title>絞り込みキーワード検索</title></head>
3 <body>
4 <form action="/form/form1.php" method="POST">
5
6 //テキストフィールド定義
7 <input type="text" name="myname" value=""/>
8
9 //プルダウンボックス定義
10 <select name = jk>
11 <option value = 0>章</option>
12 <option value = 1>節</option>
13 </select>
14
15 //ボタン定義
16 <input type="submit" name="buttonname" value="検索"/>
17 </form>
18 </body>
19 </html>
```

2. 作成したデータベースのキーワード検索に関わるプログラム

図 21, 図 22, 図 23 に対応する処理は下記①-⑦になり, それぞれ明記された行に対応する。

- ① 検索ワードが属する節をデータベースから検索 (行 18-19)
- ② プルダウンのメニュー選択が章か節による分岐 (節: 行 24-53, 章: 行 54-82)
- ③ 検索した節に属する絞りこみキーワードがあるか (行: 30-34)
- ④ 検索ワードが属する節と同じ節の絞りこみキーワードを表示 (行: 37-48)
- ⑤ 検索ワードが属する章をデータベースから検索 (行: 60-67)
- ⑥ 検索した章に属する絞りこみキーワードがあるか (行: 64)
- ⑦ 検索ワードが属する章と同じ節の絞りこみキーワードを表示 (行: 68-78)

```

1 <HTML>
2 <HEAD><TITLE>絞り込みキーワード検索</TITLE></HEAD>
3 <BODY>
4
5 <?php
6 //データベースにログイン
7 $con = mysql_connect("localhost", "root", "");
8 mysql_query("SET NAMES utf8", $con);
9
10 //データベースbookにアクセス
11 mysql_select_db("book", $con);
12
13 //テキストボックスの文字代入
14 $i = $_POST["myname"];
15 //プルダウンボックスの値代入 章なら0, 節なら1
16 $j = $_POST["j"];
17 //曖昧検索用代入
18 $i = '%'.$i.'%';
19 $sql = "SELECT * FROM gazou WHERE word LIKE '$i'";
20 $rs = mysql_query($sql, $con);
21
22 echo "<TABLE border=1>";

```

```
23 //章, 節の分岐
24 if($j){
25     //節の検索
26     while ($row = mysql_fetch_assoc($rs))
27     {
28         $se2 = $row["setu"];
29         //SQLによるキーワードの検索
30         $connn = mysql_connect("localhost", "root", "");
31         mysql_query("SET NAMES utf8", $connn);
32         mysql_select_db("book", $connn);
33
34         $sql = "SELECT * FROM gazou WHERE setu LIKE '$se2'";
35         $rss = mysql_query($sql, $connn);
36         //節の表示
37         echo "<TABLE border=1>";
38         while ($roww = mysql_fetch_assoc($rss))
39         {
40             echo "<TR>";
41             foreach ($roww as $key => $val)
42             {
43                 echo "<TD><b>$key=$val</b></TD>";
44             }
45             echo "</TR>";
46         }
47         echo "</TABLE>";
48         mysql_close($connn);
49
50     }
51
52
53 }
54 else{
55     //章の検索
56     while ($row = mysql_fetch_assoc($rs))
57     {
58         $se2 = $row["syo"];
```

```
59
60     $connn = mysql_connect("localhost", "root", "");
61     mysql_query("SET NAMES utf8", $connn);
62     mysql_select_db("book", $connn);
63
64     $sqli = "SELECT * FROM gazou WHERE syo LIKE '$se2'";
65     $rss = mysql_query($sqli, $connn);
66     //章の表示
67     echo "<TABLE border=1>";
68     while ($roww = mysql_fetch_assoc($rss))
69     {
70         echo "<TR>";
71         foreach ($roww as $key => $val)
72         {
73             echo "<TD><b>$key=$val</b></TD>";
74         }
75     echo "</TR>";
76     }
77     echo "</TABLE>";
78     mysql_close($connn);
79
80     }
81
82 }
83 echo "</TABLE>";
84
85 ?>
86
87 </BODY>
88 </HTML>
```

3. 授業キーワード一覧

登録した授業キーワード一覧を表 11 に示す。

表 11 登録したキーワード一覧

syo	setu	word	page
デジタル画像処理の基礎	デジタル画像の獲得	p-タイル法	0
デジタル画像処理の基礎	デジタル画像の獲得	Prewitt フィルタ	0
デジタル画像処理の基礎	デジタル画像の獲得	コンパクトサポート	0
デジタル画像処理の基礎	デジタル画像の獲得	A・D変換	9
デジタル画像処理の基礎	デジタル画像の獲得	サンプリング	9
デジタル画像処理の基礎	デジタル画像の獲得	濃度値	9
デジタル画像処理の基礎	デジタル画像の獲得	標本化	9
デジタル画像処理の基礎	デジタル画像の獲得	量子化	9
デジタル画像処理の基礎	Visual C#による画像処理	ピクセル	10
デジタル画像処理の基礎	Visual C#による画像処理	画素	10
デジタル画像処理の基礎	Visual C#による画像処理	標本化定理	10
デジタル画像処理の基礎	Visual C#による画像処理	グレイレベル	12
デジタル画像処理の基礎	Visual C#による画像処理	サイズ変換	12
デジタル画像処理の基礎	Visual C#による画像処理	一変換	12
デジタル画像処理の基礎	Visual C#による画像処理	解像度	12
デジタル画像処理の基礎	Visual C#による画像処理	階調数	12
デジタル画像処理の基礎	Visual C#による画像処理	擬似輪郭	12
デジタル画像処理の基礎	Visual C#による画像処理	濃度レベル	12
デジタル画像処理の基礎	Visual C#による画像処理	濃度値	12
デジタル画像処理の基礎	Visual C#による画像処理	量子化	12
デジタル画像処理の基礎	Visual C#による画像処理	量子化レベル数	12
デジタル画像処理の基礎	Visual C#による画像処理	量子化数	12
デジタル画像処理の基礎	Visual C#による画像処理	局所処理	15
デジタル画像処理の基礎	Visual C#による画像処理	近傍処理	15
デジタル画像処理の基礎	Visual C#による画像処理	大局処理	15
デジタル画像処理の基礎	Visual C#による画像処理	点処理	15
デジタル画像処理の基礎	プロジェクトの説明とアルゴリズム	フィールド	16
デジタル画像処理の基礎	プロジェクトの説明とアルゴリズム	濃度反転	16

	ズム		
デジタル画像処理の基礎	プロジェクトの説明とアルゴリズム	ローカル変数	17
デジタル画像処理の基礎	プロジェクトの説明とアルゴリズム	一変換	17
デジタル画像処理の基礎	プロジェクトの説明とアルゴリズム	サイズ変換	20
デジタル画像処理の基礎	プロジェクトの説明とアルゴリズム	最近傍法	20
デジタル画像処理の基礎	プロジェクトの説明とアルゴリズム	線形補間法	20
濃度変換	ヒストグラム, コントラスト改善	ヒストグラム	25
濃度変換	ヒストグラム, コントラスト改善	レベル変換	25
濃度変換	ヒストグラム, コントラスト改善	濃度値ヒストグラム	25
濃度変換	ヒストグラム, コントラスト改善	濃度変換	25
濃度変換	ヒストグラム, コントラスト改善	ダイナミックレンジ	26
濃度変換	ヒストグラム, コントラスト改善	線形濃度変換	26
濃度変換	ヒストグラム, コントラスト改善	線形濃度変換	26
濃度変換	ヒストグラム, コントラスト改善	非線形濃度変換	27
濃度変換	ヒストグラムの平坦化	ガンマ補正	28
濃度変換	プロジェクトの説明	コントラスト改善	31
濃度変換	プロジェクトの説明	ヒストグラム	31
濃度変換	プロジェクトの説明	ヒストグラム平坦化	31
濃度変換	プロジェクトの説明	線形濃度変換	31
濃度変換	プロジェクトの説明	非線形濃度変換	31
空間フィルタ	積和演算	荷重マトリクス	35
空間フィルタ	積和演算	空間フィルタ	35
空間フィルタ	積和演算	積和演算	35
空間フィルタ	平滑化フィルタ	ごま塩雑音	36
空間フィルタ	平滑化フィルタ	フィルタ係数	36
空間フィルタ	平滑化フィルタ	平滑化	36
空間フィルタ	平滑化フィルタ	平均値フィルタ	36
空間フィルタ	平滑化フィルタ	メデイアンフィルタ	37
空間フィルタ	特徴抽出フィルタ	画像の微分	38
空間フィルタ	特徴抽出フィルタ	特徴抽出フィルタ	38

空間フィルタ	特徴抽出フィルタ	非線形フィルタ	38
空間フィルタ	特徴抽出フィルタ	微分フィルタ	38
空間フィルタ	特徴抽出フィルタ	Prewittフィルタ	39
空間フィルタ	特徴抽出フィルタ	勾配	39
空間フィルタ	特徴抽出フィルタ	Sobelフィルタ	40
空間フィルタ	特徴抽出フィルタ	線検出フィルタ	40
空間フィルタ	ラプラシアン	ラプラシアン	41
空間フィルタ	鮮鋭化フィルタ, プロジェクトの説明	鮮鋭化フィルタ	42
空間フィルタ	鮮鋭化フィルタ, プロジェクトの説明	メデイアンフィルタ	43
空間フィルタ	鮮鋭化フィルタ, プロジェクトの説明	プレヴィットフィルタ	45
空間フィルタ	鮮鋭化フィルタ, プロジェクトの説明	ラプラシアン	45
空間フィルタ	鮮鋭化フィルタ, プロジェクトの説明	縦エッジ検出	45
空間フィルタ	鮮鋭化フィルタ, プロジェクトの説明	ごま塩雑音	46
空間フィルタ	鮮鋭化フィルタ, プロジェクトの説明	鮮鋭化	46
2値化画像	2値化处理	しきい値	47
2値化画像	2値化处理	固定しきい値処理	47
2値化画像	2値化处理	p-タイル法	48
2値化画像	2値化处理	モード法	48
2値化画像	2値化处理	可変しきい値処理	48
2値化画像	2値化处理	微分ヒストグラム法	48
2値化画像	膨張と収縮	収縮	50
2値化画像	膨張と収縮	膨張	50
2値化画像	線図形化处理	近傍	51
2値化画像	線図形化处理	細線化	51
2値化画像	線図形化处理	連結	51
2値化画像	線図形化处理	チェーンコード	54
2値化画像	線図形化处理	境界線追跡	54

2 値化画像	線図形化处理	Freemanのチェーンコード	55
2 値化画像	線図形化处理	ハブ変換	55
2 値化画像	線図形化处理	最小2乗法	57
2 値化画像	ラベリング	ラベリング	59
2 値化画像	ラベリング	多重連結成分	59
2 値化画像	ラベリング	単連結成分	59
2 値化画像	ラベリング	連結成分	59
2 値化画像	ラベリング	周囲長	60
2 値化画像	ラベリング	特徴パラメータ	60
2 値化画像	ラベリング	面積	60
2 値化画像	ラスタベクトル変換	ベクトルデータ	61
2 値化画像	ラスタベクトル変換	ラスタデータ	61
2 値化画像	ラスタベクトル変換	ラスタベクトル変換	61
2 値化画像	ラスタベクトル変換	重心	61
2 値化画像	ラスタベクトル変換	特徴点抽出	62
2 値化画像	プロジェクトの説明	ヒストグラム	64
2 値化画像	プロジェクトの説明	可変しきい値	64
2 値化画像	プロジェクトの説明	固定しきい値	64
2 値化画像	プロジェクトの説明	細線化	65
2 値化画像	プロジェクトの説明	収縮	65
2 値化画像	プロジェクトの説明	膨張	65
2 値化画像	プロジェクトの説明	ハブ変換	66
2 値化画像	プロジェクトの説明	境界線追跡	66
2 値化画像	プロジェクトの説明	パラメータ	67
2 値化画像	プロジェクトの説明	ラベリング	67
2 値化画像	プロジェクトの説明	最小2乗法	67
2 値化画像	プロジェクトの説明	特徴点抽出	67
2 値化画像	プロジェクトの説明	ラスタベクトル変換	68
2 値化画像	プロジェクトの説明	濃度反転	68
パターン認識	パターン認識の原理	カテゴリ	79
パターン認識	パターン認識の原理	クラス	79
パターン認識	パターン認識の原理	パターン認識	79
パターン認識	パターン認識の原理	マッチング	79
パターン認識	マッチングの評価式	モデル	80

パターン認識	マッチングの評価式	距離	80
パターン認識	マッチングの評価式	辞書	80
パターン認識	マッチングの評価式	特徴ベクトル	80
パターン認識	マッチングの評価式	特徴抽出	80
パターン認識	マッチングの評価式	類似度	80
パターン認識	マッチングの評価式	ユークリッド距離	81
パターン認識	マッチングの評価式	相関係数	81
パターン認識	マッチングの評価式	相互相関	81
パターン認識	マッチングの評価式	内積	81
パターン認識	マッチングの評価式	類似度	81
パターン認識	マッチングの評価式	直交	82
パターン認識	テンプレートマッチング	テンプレート	84
パターン認識	テンプレートマッチング	テンプレートマッチング	84
パターン認識	さまざまな特徴ベクトル	方向コード列	87
パターン認識	さまざまな特徴ベクトル	周辺分布	88
パターン認識	さまざまな特徴ベクトル	特徴点抽出	89
パターン認識	さまざまな特徴ベクトル	連結数	89
カラー画像処理	色の理解	CMY 3原色	101
カラー画像処理	色の理解	RGB 3原色	101
カラー画像処理	色の理解	加法混色	101
カラー画像処理	色の理解	CMY色空間	102
カラー画像処理	色の理解	RGB色空間	102
カラー画像処理	色の理解	YCC色空間	102
カラー画像処理	色の理解	減法混色	102
カラー画像処理	色の理解	HLS色空間	103
カラー画像処理	色の理解	色差信号	103
カラー画像処理	色の理解	色相	103
カラー画像処理	色の理解	明度	103
カラー画像処理	色の理解	彩度	104
カラー画像処理	色の理解	飽和度	104
カラー画像処理	ヒストグラム	RGBヒストグラム	106
カラー画像処理	濃度変換	HSヒストグラム	107
フーリエ変換による線図形処理	切り出し, 画質変換	HLS変換	110
フーリエ変換による線図形処理	切り出し, 画質変換	画質変換	110

フーリエ変換による線図形処理	切り出し, 画質変換	切り出し	110
フーリエ変換による線図形処理	画像合成	クロマキー	111
フーリエ変換による線図形処理	画像合成	画像合成	111
フーリエ変換による線図形処理	フーリエ変換	スペクトル	119
フーリエ変換による線図形処理	フーリエ変換	フーリエ係数	120
フーリエ変換による線図形処理	フーリエ変換	基本波成分	120
フーリエ変換による線図形処理	フーリエ変換	高調波成分	120
フーリエ変換による線図形処理	フーリエ変換	実フーリエ級数展開	120
フーリエ変換による線図形処理	フーリエ変換	直交性	120
フーリエ変換による線図形処理	フーリエ変換	複素フーリエ級数展開	121
フーリエ変換による線図形処理	フーリエ変換	電力スペクトル	122
フーリエ変換による線図形処理	フーリエ変換	フーリエ逆変換	123
フーリエ変換による線図形処理	フーリエ変換	フーリエ積分	123
フーリエ変換による線図形処理	フーリエ変換	フーリエ変換	123
フーリエ変換による線図形処理	フーリエ変換	離散フーリエ変換	123
フーリエ変換による線図形処理	フーリエ変換	離散フーリエ逆変換	124
フーリエ変換による線図形処理	フーリエ記述子	FFT	125
フーリエ変換による線図形処理	フーリエ記述子	高速フーリエ逆変換	125
フーリエ変換による線図形処理	フーリエ記述子	高速フーリエ変換	125
フーリエ変換による線図形処理	フーリエ記述子	Z形フーリエ記述子	126
フーリエ変換による線図形処理	フーリエ記述子	フーリエ記述子	126
フーリエ変換による線図形処理	フーリエ記述子	偏角関数表現	126
フーリエ変換による線図形処理	フーリエ記述子	正規化偏角関数	127
フーリエ変換による線図形処理	フーリエ記述子	G形フーリエ記述子	128
フーリエ変換による線図形処理	フーリエ記述子	P形フーリエ記述子	128
フーリエ変換による線図形処理	フーリエ記述子	偏角指数関数表現	128
直交変換による画像処理	直交変換	基底	137
直交変換による画像処理	直交変換	正規直交基	137
直交変換による画像処理	直交変換	直交変換	137
直交変換による画像処理	直交変換	直交逆変換	138
直交変換による画像処理	直交変換	直交変換	138
直交変換による画像処理	空間周波数とスペクトル表現	空間周波数	139
直交変換による画像処理	離散コサイン変換	AC係数	145
直交変換による画像処理	離散コサイン変換	DCT	145

直交変換による画像処理	離散コサイン変換	D C 係数	145
直交変換による画像処理	離散コサイン変換	J P E G 圧縮	145
直交変換による画像処理	離散コサイン変換	離散コサイン変換	145
直交変換による画像処理	離散コサイン変換	ブロックひずみ	148
直交変換による画像処理	離散コサイン変換	モスキートノイズ	148
直交変換による画像処理	離散コサイン変換	J P E G 符号化	149
直交変換による画像処理	離散コサイン変換	ロスレス符号化	149
直交変換による画像処理	離散コサイン変換	ロッシェー符号化	149
直交変換による画像処理	離散コサイン変換	可逆符号化	149
直交変換による画像処理	離散コサイン変換	非可逆符号化	149
直交変換による画像処理	離散コサイン変換	量子化テーブル	150
直交変換による画像処理	プロジェクトの説明	M P E G	151
直交変換による画像処理	プロジェクトの説明	ジグザグスキャン	151
直交変換による画像処理	プロジェクトの説明	ハフマン符号化	151
直交変換による画像処理	プロジェクトの説明	モーション J P E G	151
直交変換による画像処理	プロジェクトの説明	予測符号化	151
デジタルフィルタ	正規化周波数	デジタルフィルタ	163
デジタルフィルタ	正規化周波数	正規化角周波数	163
デジタルフィルタ	正規化周波数	正規化周波数	164
デジタルフィルタ	デジタルフィルタの基礎	F I R フィルタ	165
デジタルフィルタ	デジタルフィルタの基礎	たたみ込み演算	165
デジタルフィルタ	デジタルフィルタの基礎	Z 変換	166
デジタルフィルタ	デジタルフィルタの基礎	システム関数	166
デジタルフィルタ	デジタルフィルタの基礎	伝達関数	166
デジタルフィルタ	デジタルフィルタの基礎	無限長インパルス応答フィルタ	166
デジタルフィルタ	デジタルフィルタの基礎	有限長インパルス応答フィルタ	166
デジタルフィルタ	デジタルフィルタの基礎	周波数特性	167
デジタルフィルタ	デジタルフィルタの基礎	振幅特性	168
デジタルフィルタ	デジタルフィルタの基礎	直線位相特性	168
デジタルフィルタ	2次元デジタルフィルタ	ラプラシアンフィルタ	170
デジタルフィルタ	3次元デジタルフィルタ	縦続構成	171
デジタルフィルタ	4次元デジタルフィルタ	並列構成	171

デジタルフィルタ	デジタルフィルタの設計	フーリエ級数展開法	173
デジタルフィルタ	デジタルフィルタの設計	ギブス現象	174
デジタルフィルタ	デジタルフィルタの設計	窓関数法	175
デジタルフィルタ	デジタルフィルタの設計	B E F	176
デジタルフィルタ	デジタルフィルタの設計	B P F	176
デジタルフィルタ	デジタルフィルタの設計	H P F	176
デジタルフィルタ	デジタルフィルタの設計	ハイパスフィルタ	176
デジタルフィルタ	デジタルフィルタの設計	バンドエリミネーションフィルタ	176
デジタルフィルタ	デジタルフィルタの設計	バンドパスフィルタ	176
デジタルフィルタ	デジタルフィルタの設計	周波数変換	176
ウェーブレット変換	ウェーブレット変換	マザーウェーブレット	183
ウェーブレット変換	ウェーブレット変換	基本ウェーブレット	183
ウェーブレット変換	ウェーブレット変換	連続ウェーブレット変換	183
ウェーブレット変換	ウェーブレット変換	スケール	184
ウェーブレット変換	ウェーブレット変換	連続ウェーブレット変換	184
ウェーブレット変換	ウェーブレット変換	H a a r 関数	185
ウェーブレット変換	ウェーブレット変換	スケーリング関数	185
ウェーブレット変換	ウェーブレット変換	ハール関数	185
ウェーブレット変換	ウェーブレット変換	ファザーウェーブレット	185
ウェーブレット変換	ウェーブレット変換	離散ウェーブレット逆変換	185
ウェーブレット変換	ウェーブレット変換	離散ウェーブレット変換	185
ウェーブレット変換	ウェーブレット変換	ツースケール関係	188
ウェーブレット変換	多重解像度解析	M R A	189
ウェーブレット変換	多重解像度解析	多重解像度解析	189
ウェーブレット変換	多重解像度解析	スケーリング係数	191
ウェーブレット変換	多重解像度解析	サブバンド合成	193
ウェーブレット変換	サブバンド分解合成	サブバンド分解	193
ウェーブレット変換	サブバンド分解合成	ダウンサンプリング	194

ウェーブレット変換	サブバンド分解合成	分解アルゴリズム	194
ウェーブレット変換	サブバンド分解合成	再構成アルゴリズム	195
ウェーブレット変換	サブバンド分解合成	完全再構成条件	197
ウェーブレット変換	ドベシのウェーブレット	ドベシウェーブレット	199
ニューラルネットワーク	ニューロンモデル	シナプス荷重	211
ニューラルネットワーク	ニューロンモデル	ニューラルネット	211
ニューラルネットワーク	ニューロンモデル	ニューロンモデル	211
ニューラルネットワーク	ニューロンモデル	結合荷重	211
ニューラルネットワーク	ニューロンモデル	結合係数	211
ニューラルネットワーク	ニューロンモデル	神経細胞	211
ニューラルネットワーク	ニューロンモデル	神経細胞回路網	211
ニューラルネットワーク	学習則	しきい値	212
ニューラルネットワーク	学習則	シグモイド関数	212
ニューラルネットワーク	学習則	シナプス	212
ニューラルネットワーク	学習則	ロジスティック関数	212
ニューラルネットワーク	学習則	シナプス強化則	213
ニューラルネットワーク	学習則	バイアスユニット	213
ニューラルネットワーク	学習則	ヘブの学習則	213
ニューラルネットワーク	学習則	学習係数	213
ニューラルネットワーク	学習則	学習定数	213
ニューラルネットワーク	学習則	標準デルタ則	213
ニューラルネットワーク	学習則	誤差逆伝搬法	215
ニューラルネットワーク	パーセプトロン	パーセプトロン	217
ニューラルネットワーク	パーセプトロン	バックプロパゲーション	217
ニューラルネットワーク	パーセプトロン	線形識別可能	219
ニューラルネットワーク	パーセプトロン	線形分離可能	219
ニューラルネットワーク	顔画像認識	顔画像認識	229
ニューラルネットワーク	顔画像認識	ピクセル	259
ニューラルネットワーク	顔画像認識	画素	259
ニューラルネットワーク	顔画像認識	階調数	259
ニューラルネットワーク	顔画像認識	濃度値	259
ニューラルネットワーク	顔画像認識	モノクロ画像	261
ニューラルネットワーク	顔画像認識	BMP ファイル	262

ニューラルネットワーク	顔画像認識	DDB	262
ニューラルネットワーク	顔画像認識	DIB	262
ニューラルネットワーク	顔画像認識	ビットマップファイル	262
ニューラルネットワーク	顔画像認識	カラーパレット	263