

Title	コンセプトマップを用いた電子教材の評価に関する研究
Author(s)	鈴木, 満
Citation	
Issue Date	2001-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/1449
Rights	
Description	Supervisor:落水 浩一郎, 情報科学研究科, 修士

修士論文

コンセプトマップを用いた電子教材の評価に関する研究

指導教官 落水浩一郎 教授

北陸先端科学技術大学院大学
情報科学研究科情報システム学専攻

鈴木 満

2001年3月

要 旨

インターネットを利用した遠隔学習システムは、オープンで柔軟な性質により、地理的・時間的な制約を越えた学習の機会を提供し、さまざまな方法によって学習支援システムの開発が行われている。しかしながら、それらのシステムにおいては、学習者の支援や学習評価をすることに重点がおかれており、教材設計者や教授者、また電子教材自体を評価する尺度はあきらかになっていない。

そこで、本研究では、教材に内在する概念間の関係を記述するコンセプトマップを利用して学習者の理解不足箇所を推定し、学習者の自己内省を利用した電子教材へのフィードバックを行い、電子教材を評価する手段の提案を行う。

目次

1	はじめに	1
1.1	背景と目的	1
1.2	本論文の構成	2
2	ネットワークを用いた遠隔学習システムの現状	3
2.1	遠隔学習の種類	3
2.1.1	通信コース	3
2.1.2	放送教育	4
2.1.3	サテライト方式テレビ会議	4
2.2	ネットワークを利用した遠隔学習	5
2.2.1	インターネットと WWW	5
2.2.2	オンデマンド学習	5
2.3	CSCL	6
2.3.1	協調学習	6
2.3.2	CSCL	8
2.4	JAIST における遠隔学習	10
2.5	まとめ	11
2.5.1	学習方法	11
2.5.2	本研究の課題	12
3	コンセプトマップを用いた教材評価の概要	13
3.1	コンセプトマップとは	13
3.1.1	コンセプトマップとは	13
3.1.2	教材のコンセプトマップ化の意義	13
3.1.3	コンセプトマップの効果	14

3.1.4	コンセプトマップの例	14
3.2	教材評価の概要	16
3.2.1	電子教材の定義	16
3.2.2	評価概要	17
4	学習支援システムの概要	19
4.1	バーチャル・ユニバーシティプロジェクト	19
4.2	ウェブサイト方式電子教材	20
4.2.1	教材概要	20
4.2.2	システム概要	23
4.3	教授者コンセプトマップ	24
4.3.1	ノードと関連の定義	24
4.3.2	教授者コンセプトマップの設計	25
4.4	学習者コンセプトマップ作成支援ツール	26
4.4.1	設計方針	26
4.4.2	システム概要	26
5	評価実験	34
5.1	評価実験	34
5.1.1	実験環境	34
5.1.2	実験	35
5.2	実験結果	35
5.2.1	学習者コンセプトマップ	35
5.3	評価	35
5.3.1	学習者コンセプトマップ評価	35
5.3.2	学習者の理解不足箇所	39
5.4	理解不足の原因洗い出し	39
5.4.1	システム上の問題点	39
5.4.2	プレゼンテーション上の問題点	40
5.5	考察	40
5.5.1	電子教材の改善点	40
5.5.2	学習支援	41

6	おわりに	42
6.1	まとめ	42
6.2	今後の課題	42
A	学習者コンセプトマップ	45
B	学習者コンセプトマップ評価	52

目次

3.1	水に関するコンセプトマップ	15
3.2	電子教材	16
3.3	教材評価概要	17
4.1	目次	21
4.2	学習エリア	22
4.3	フォルダ構成	23
4.4	ノード定義	24
4.5	関連 4	25
4.6	教授者コンセプトマップ：探索 1	27
4.7	教授者コンセプトマップ：探索 2	28
4.8	教授者コンセプトマップ：探索アルゴリズム	29
4.9	学習者コンセプトマップ作成支援ツール	30
4.10	学習者コンセプトマップ作成様子	33
5.1	探索 1：A-D	36
5.2	探索 1：E-G	37
A.1	探索 1：A-D	46
A.2	探索 1：E-G	47
A.3	探索 2：A-D	48
A.4	探索 2：E-G	49
A.5	探索アルゴリズム：A-D	50
A.6	探索アルゴリズム：E-G	51
B.1	探索 1	53
B.2	探索 2	53

B.3	探索アルゴリズム	54
B.4	探索 1 : 結果	55
B.5	探索 2 : 結果	55
B.6	探索アルゴリズム : 結果	56

第 1 章

はじめに

1.1 背景と目的

近年のインターネットの爆発的な普及、安価で高機能な PC や、高帯域、高速度な回線の普及、そして、インターネットへの接続料や通信料の低価格化によって、より多くの人々が家庭や職場でウェブサイトを利用するようになってきた。ウェブサイトに蓄えられた情報には、ビデオクリップ、音声、画像、文章、などのハイパーメディアやハイパーテキストが含まれる。ウェブの利点には、普通文書やマルチメディアの情報を結び付けるハイパーテキストやハイパーメディアの利用にある。このような状況に伴い、距離的・時間的な制約にとらわれず、必要に応じて教材作成者の作った教材にアクセスし自分に必要な知識の獲得を行うウェブサイト方式の遠隔学習が可能となってきた。実際、学習中に、教授者と学習者が顔を見合わせてのコミュニケーションを必要としなければ、これは、学習者に情報を提供する最もよい方法の一つである。

ウェブサイト方式の遠隔学習システムにおいて、教授者或はシステム設計者にとっては、このシステムの基幹となる電子教材で利用可能な情報の種類にはほとんど制限がなく、情報は電子的に蓄えられるので、サイトにアクセスする学習者にとっては、情報がそこに蓄えられている限り、ダウンロードしたり、オンラインで情報を利用したりできる。それにより、学習者は自己のペースで学習し、時間があるときにはいつでも何度でも好きなだけサイトを訪れることが容易となる。また、個々の学習項目がリンクで構成されるので、学習者はこのリンクをたどりながら構成的な方法で学習をすすめていくことができる。また、限られた時間だけサイトに電子的に貯蔵することによって、教授者は、有益な課題や試験、見本と同時に、学習者が必要とする情報を容易に提供することができる。

教授者が電子教材を設計する際には、

- このウェブサイトにはどのような種類の教材を組み込むか
- 教材をどのように結び付けるか
- どれくらいの頻度で教材を更新すべきか
- このウェブサイト上の情報を学習者がどのように学ぶか
- 学習者とのコミュニケーションをどのようにとるか

等を念頭において教材の設計を行っている。

このような電子教材においては、教授者が学習者と顔を見合わせてコミュニケーションを行っていないがゆえに学習者の進捗状況や教材の編成法は、テスト結果でのみしか客観的に判断できない問題がある。

そこで本研究では、教材に内在する概念間の関係を記述するコンセプトマップを用いて、教授者による教材のコンセプトマップと学習者が作成した教材のコンセプトマップとの差異を比較することにより、学習者の理解不足個所の推定を行う。それを基に学習者に対面質問によって自己内省を促し、教材の不備や教授者の講義の仕方等に関する問題点を洗い出しを行い、それを教授者ならびにシステム設計者にフィードバックすることにより電子教材の評価を行う。

1.2 本論文の構成

本論文の構成は、2章においてネットワークを用いた遠隔学習システムにおける現状を述べる。

3章では、コンセプトマップについて、その概念を述べ、さらに本研究における核となる教授者コンセプトマップ、ならびに学習者コンセプトマップについて述べる。

4章では、本研究において用いられる電子教材について述べ、さらに、本研究において開発した、学習者コンセプトマップ作成支援ツールについて述べる。

5章において、本システムを用いた評価実験を行い、結果に関する考察について述べる。

第 2 章

ネットワークを用いた遠隔学習システムの現状

遠隔学習は新しい分野ではないが、最近再び流行している。教育や訓練の新しい技術の出現やテンポの早い世界における学習者の要求に応じる必要性により、遠隔学習は必要不可欠になりつつある。本章では、様々な形態を持つ遠隔学習システムにおいて、ネットワークを用いた遠隔学習システムに焦点を当ててその現状について述べる。

2.1 遠隔学習の種類

今日、遠隔学習は教育や企業における社員研修の分野ではよく知られた存在となっている。しかし、情報を配信するという点では特に新しい方法ではない。ここでは、遠隔学習システムについていくつかの一般的な種類を説明する。

2.1.1 通信コース

何年も前から利用されてきている方法として、通信コースがある。これは学習者が最も学習しやすい場所や時間で学習を完了できる通信教育を提供する。初期段階においては、学習者がまず教材を求める書類を書き、それを郵送する形態をとっていた。学習者はその後送られてきた教材を自分のペースで読み進み、与えられた課題を完成させ、それを発送した機関に発送し、採点された課題が郵便で返送されることによって一連の作業が終了した。

今日の通信コースは、印刷物以外に、より様々な教材を提供している。例えば、ビデオ

テープ、CD、ディスク、文章などである。しかし、コースの「通信」の部分に関してはほとんど変わっていない。学習者が情報（教材）を要求し、それが郵便で送られてくる。最近では、この課題の発送や返送にはファックスや電子メールが使われるようには変化してきている。

2.1.2 放送教育

長年にわたり行われてきた遠隔学習に、テレビ放送を使った学習がある。長年にわたり、学校等の教育現場においては、テレビやビデオを教室等の建物の中に持ち込み、教育に役立ててきた。公共放送やいくつかの商業ベースの放送局が定期的なコースを提供し、教授者が、前もって決められて時間にその番組を利用してきた。教材は、「セサミ・ストリート」のような子供向けの番組から高度に構造化され、大学における通常の講義科目の一部として採り入れられるものもある。教材は放送されるが、学習者は学んだことを確かめるために公式な試験を受けたり、評価されることはない。

2.1.3 サテライト方式テレビ会議

近年、通信衛星を用いたサテライト方式のテレビ会議が行われている。テレビ会議は仕事上の意思疎通や、共同組織内での会合においてのみではなく、教育の場においても重要な役割を担ってきている。例えば、多くの大学や高校、予備校等では、遠く離れた場所にある教室を結び、テレビ会議を利用して遠隔学習を行う。1人の教授者が1度に数多くの学習者を指導することができ、それぞれの場所にいる学習者たちは、まるで目の前にいるかのように講義を聞いて、見て、討議できる。教授者の部屋にあるカメラは、たいていデモンストレーションやOHPシート、プリント、写真等を提示するたみに、被写体に近づけることができ、その他の視覚的な情報もテレビ画面に大きく写し出される。学習者たちは、情報を発信している場所で起っていることを見ることができ、本拠地や中継地にいる人々やりとりを行うことができる。最近では、ソフトウェアやハードウェアの小型化が可能となっており、ますますお手頃な価格で使いやすくなってきている。

2.2 ネットワークを利用した遠隔学習

2.2.1 インターネットと WWW

昨今のインターネットの爆発的な普及によって、遠隔学習は新しい意味を持ち始めた。インターネットは次々とコンピュータを結び付ける国際的なネットワークであり、LAN とは異なり、WAN である。これはとても広い世界ではあるが、世界各地のどのようなコンピュータもほとんど他と結び付けられる。学習者のコンピュータは物理的に他のコンピュータに接続されなくてはならず、これは一般的に電話回線を介して情報の授受を行うモデムによって行われる。学習者は、いったんインターネットプロバイダに加入すれば、インターネットの WWW 用に設計された教材や情報を利用することができるようになる。また電子メールを用いることにより、個人やグループにむけてメッセージを書くことができる。電子掲示板やメーリングリストの使用により、同じような話題に興味を持った人々と議論をかわすことが可能となる。オンラインでのチャットルームは、世界中の人々とリアルタイムに討議することが可能となる。

このような道具や WWW の持つ相互作用的なマルチメディア能力によって、遠隔学習システムは可能性を広めている。ウェブサイトに教材を配置しておけば、学習者はいつでもどこからでもその情報にアクセスすることができ、インターネットを用いて情報を共有することは、他の情報を教授することよりもはるかに大きな可能性を広めている。

2.2.2 オンデマンド学習

オンデマンド学習とは、学習者が必要に応じて教材にアクセスし、必要な知識の獲得を行う学習方法である。本研究室では、遠隔学習を特徴づける考えとして、以下の3点を挙げている。

- 学習者指向：教える立場ではなく、あくまで学ぶ者の立場で、個別的な学習ニーズを中心に学習システムを考える
- 状況指向：教室中心の教科書的な知識ではなく、様々な時間や場所、状況に根付いた知識の獲得ということを重視する
- コラボレーション指向：ネットワークを通じて、同じ関心を持つ人々が互いに教え学びあうような協調的な学習の在り方を模索する

さらに、オンデマンド学習に対する考え方として、

- 学習者が必要に応じた知識を獲得できること
- 時間、空間的制約にとらわれない学習体系を学習者に提供できること
- 学習者に提供する知識単位が最新であること
- 閉空間にある知識単位だけではなく、他の知識単位との連結性が保障されること

を挙げ、遠隔学習システム的设计に取り組んでいる。

このようなオンデマンド学習システムにおいては、学習中にわからない概念に遭遇した場合や疑問点やつまづきが生じた場合などに、教室講義における先生に対して質問を行いすぐに疑問点の解消を行う、といったように教材作成者や教授者に質問を行い即座に回答を得るということができない。また、同じような学習を行っている学習者同士で討議を行うことによって教材の理解を深めたり、疑問点やつまづきの解消を行ったりすることができない問題がある。

そこで、次節においては、計算機支援による協調学習に関する研究分野である CSCL(Computer Supported Collaborative Learning) について述べる。

2.3 CSCL

仲間と共に学習を行い問題解決や理解を深めていくことは、我々にとっては日常的である。そこでは、対象となる問題が解決されるだけでなく、自己表現力の育成、他者と自分との意見を相違点を整理するような能力の育成も期待される。他者と協調学習を行うことによる豊富な学習効果は、古くから教育分野においては認識されてきた。

2.3.1 協調学習

協調学習は、従来、教育現場で行われてきたグループ活動を、協調的な相互依存関係を作り出す基礎的学習形態として捉え直すことで、従来の「教える」側からの教育を「学ぶ」側からの学習に移行させる教育理念と捉えられる。つまり、協調学習とは、学習者がグループ活動の中でお互いの学習を助け合い、ひとりひとりの学習に対する責任を果たすことで、グループとしての目標を達成させていく協調的な相互依存学習である。

協調学習に対する支援は、高度なネットワーク技術および人工知能技術を前提にしたものと、より素朴な発想から、コミュニケーションによる学びが発生しうる環境と提供することを主眼とするものがある。

前者は、さらに、

1. 協調的側面を支援する場合
2. 学習に関する側面を支援する場合

に分かれる。1.の支援目的は、学習者間の相互作用を重視し、その促進を目指すことであり、2.のそれは、学習課題に関する学習者の知識獲得の促進にある。この2種類のアプローチは、協調学習を支援するシステムの機能の面から、さらに2種類に分類される。協調学習のプロセスに積極的に関与し、支援しようとするシステムと、協調学習が開始される時点における目的レベルで限定的に関与し、終了時点で目的が達成されたか否かの情報を得て学習者の状態を判断しようとするシステムである。

・ 協調プロセス

協調プロセスとは、例えば学習参加者間の論議プロセス等を指す。論議プロセスを詳細にモニターしようとするれば、議論のために用いられるメディアに何らかの制約が必要となる。この制約が強すぎると議論の自由度が失われる。協調活動の中心である他の学習仲間との相互作用を重視し、他者との協調活動それ自体に学習参加者を強く関与させることを目指す。学習者には、相互作用の結果として、対象領域の知識のみならず、自己および他者のモニタリング機能等の獲得が望まれる。また、そのような能力を獲得する機会を与える生産的な協調活動を定式化しようとするアプローチでもある。

協調学習においてはひとりでは問題解決できない学習者同士がお互いに意見を交換することによって問題に対する他者のとられ方を認識し、自己の主張の矛盾を見出し、新たな解決策を発見する場面もある。相互作用重視型のアプローチでは、このような相互作用の効果を明確にし、効果を促進していくことを目的としている。

・ 学習に関する側面に対する支援

従来の人工知能の技術を利用した教授・学習システムである ITS(Intelligent Tutoring System) において発展してきた学習者モデリング技術を活かして協調学習中の学習者の知識状態をモデリングして、それに基づく協調活動のマネジメントをすることで、ピアチュータリング (peer tutoring) の効果を期待するものである。

ピアチュータリングとは、学習者と同等の立場にある他の参加者からの教授である。教育分野においては、このピアチュータリングが知識獲得において効果的であることが知られている。

・ 協調学習から生じる新しい学習形態

学習者同士の協調学習において、教えられる側の学習者のみならず、教える側の学習者にとっても、自己の知識の再整理やさらに深い理解を促進することが期待される。この効果はラーニング・バイ・ティーチング (learning by teaching) といわれる。

また、他の学習者の問題解決過程を観察することにより、自己の問題解決手法の見直しや洗練化を促進することが期待できる。この効果は、ラーニング・バイ・オブザービング (learning by obserbing) といわれる。知識獲得重視型のアプローチにおいては、協調学習は参加者の知識獲得のために有効な手段である。

2.3.2 CSCL

インターネットの代表されるネットワークの普及によって、このような協調学習の場をネットワーク上に提供し、コンピュータを利用した共同学習 (Computer Supported Collaborative Learning, CSCL) が注目を浴びている。

CSCL に類似の概念として CSCW (Computer Supported Cooperative Work) がある。それぞれ様々な研究が融合することによって、複数の人間の活動、すなわちグループ活動を効果的・効率的に支援することを目的とした研究分野である。CSCL は、CSCW において開発されたソフトウェアを単純に教育分野へと流用したものと考えられることが多いが、実際は、単なる流用ではない。CSCW においては提供される環境はビジネスでの利用を指向したものであり、CSCL においてはそれは、教育分野での利用を指向したものである。稲場・豊田は CSCW と CSCL の比較を表 1 のようにまとめている [2]。

	CSCW	CSCL
	Computer Supported Cooperative Work	Computer Supported Collaborative Learning
想定される活動形態	Cooperation、分業	Collaboration、Coordination
評価対象	・グループ全体としてのプロトタイプの質 ・プロダクト産出までのコスト	参加者の得た教育的効果の学習プロセス
目的	・作業・プロセスの効率化 質の良いプロダクト コミュニケーションの効率化 生産性向上	・参加者の知識獲得・スキル育成 効果的な学習 学習プロセスのサポート
開発されるシステムの機能的特徴	透過性重視 データ共有容易性重視 (アプリケーション間、ユーザ間) 定型業務の自動化・ルーチン化	活動プロセスのコーディネート 参加者の状態同定 効果的なプロセスが期待されるようなグループの構成

そして、CSCL・CSCW のために開発されたソフトウェアをグループウェアという。共同作業、あるいは協調学習を成功させるためには、コミュニケーションは必要不可欠なものであり、コミュニケーションを支援するグループウェアとしては、仮想環境の提供、遠隔地対話の支援をするもの等がある。

CSCL・CSCW の支援のためにグループウェアが利用され得る主な場面を以下に示す。

- 対話型会議の進行支援
- グループの意思決定
- 対面型会議のコミュニケーション支援
- プロジェクト管理
- 情報共有環境の提供
- 統合的なグループ作業支援
- グループでのスケジュール管理
- グループ内での遠隔コミュニケーション支援
- コンピュータ画面の共有
- CSCL の要件

前述したように CSCL はコンピュータネットワーク上で、複数の学習者が協調して問題解決を行う過程の支援に関する研究領域である。共同作業の効率化をねらう CSCW とは異なり、CSCL の研究目的は、学習達成の効率化のみならず、対象領域に関する学習者の深い理解の促進や、他者とのコミュニケーションを通じてのメタ認知能力の育成など様々である。

CSCL を実現するグループウェアは、通常、各学習者が個人的な活動を行う空間と、他者と情報を同期・非同期に共有し、グループとしての活動を行う空間の 2 種類を有する。この 2 種の活動領域間での情報のやり取り、さらに共有空間出の情報共有の仕方にかんして様々な研究がなされている。

2.4 JAIST における遠隔学習

北陸先端科学技術大学院大学 (JAIST) においては、次世代遠隔教育・研究システム開発プロジェクトが 1998 年 7 月に全学プロジェクトとしてスタートし、JAIST における高等教育・先端研究の経験と実績を背景にしながら、次世代における人材の育成を目指した新しい教育システムのありかたを探る研究とシステム開発が試みられている [3]。情報科学研究科の落水研究室では、JAIST における高等教育の目標である「問題解決能力」と「問題定義能力」をネットワークを介したシステム上でどのように養成していくのか、そのための背景哲学の確立と手段の整備を進めている。その一つの有力な実現法として、能力の日常的増強を目的としたオンデマンド学習支援システムの開発を試みている。ネットワークを介して、必要な知識のすばやい獲得、利用者の能力を日常的に増強することが狙いである。

落水研究室で開発中の電子教材およびオンデマンド学習支援システムの特色は以下の点にある。

- 柔軟な学習トポロジー
- 開放的構成をもつ知識のオンデマンド統合
- 能動的教材
- 状況の Awareness

そして、以下のような成果があがっている。

- 「ソフトウェア設計論」を対象とした知識単位の整備
- 上記教材のウェブサイト方式による実現と公開
- クラスルーム講義とウェブサイト方式による自習の AHP 法による比較評価手段の開発
- 通信・放送機構委託による PFU との共同研究「ギガビットを利用した知識の創生とオンデマンド学習支援システムの開発」による「何かを学びたい人」「何かを教える力のある人」、「コンピューティングパワー」の 3 者をネットワーク上で統合する方式の開発

さらに、上記の研究成果をもとに、現在以下の研究を進めている。

- Distributed Cognition, Cognitive Flexibility Theory 等の現代教育理論を背景にした、オンデマンド学習に適した電子教材の構成法、学習プロセスの支援法、教材オーサリングの支援法
- 教材内容の質、教授プロセスの質、学習の達成度を評価できる手段の開発
- 開放的構成をもつ知識のオンデマンド統合法

2.5 まとめ

本節では、以上の研動向究等をふまえ、ネットワークを用いた遠隔学習における学習方法をまとめ、現状の問題点をあげる。

2.5.1 学習方法

学習方法としては、大きく以下の2通りにわけることができる。

(1) コースウェア学習

コースウェア学習とは、学習の内容と順序が組合わさり、学習者が、その流れにそって学習をすすめていく学習である。

(2) オンデマンド学習

学習者が、必要に応じて教授者が作成した教材にアクセスして、自分に必要な知識の獲得を行う学習である。

コースウェア学習は、教材を体系的に理解していくことが可能であるが、その教材を修了するには、長い時間がかかる場合が多い。

オンデマンド学習は自分の時間やペースに合わせて、学習をすすめることが可能であり非常に有用である。しかし、教材において、理解でない箇所や疑問、つまづきが発生した場合に、教授者に質問をおこなったり、学習仲間を相談したりすることによって、即座に回答を得ることができない問題がある。

表 2.1 に、従来の教室講義、サテライト方式による遠隔講義、ウェブサイト方式による遠隔学習が、コースウェア学習とオンデマンド学習に適しているかどうかをまとめておく。

	コースウェア学習	オンデマンド学習
教室講義	適	不適
サテライト方式による遠隔講義	適	不適
ウェブサイト方式による遠隔学習	適	適

2.5.2 本研究の課題

最近、ネットワークを用いた遠隔学習システム開発において、CSCLのように協調学習を支援するといったような、学習者の支援に関する研究が盛んに行われている。そのような状況において、教授者の支援や電子教材作成の支援、また電子教材自体の評価に関してはまだまだ発展途上の段階にある。

そこで、本研究においては、教材を構成する概念と概念の関係構造をネットワークの形で表すコンセプトマップを用いて、学習者に作成してもらったコンセプトマップと教授者が作成したコンセプトマップを比較・検討することによって学習者の理解不足箇所の推定を行う。それを基に学習者の自己内省を利用して電子教材へフィードバックし、電子教材を評価する手段の提案を行う。

第 3 章

コンセプトマップを用いた教材評価の概要

3.1 コンセプトマップとは

3.1.1 コンセプトマップとは

教授者が講義を円滑に進めるためには、診断適評価として、学習者の既有知識の状態を的確に捉えることが大事である。さらに、指導の進行中に、新たな知識や概念がどのように形成されつつあるかの様子を捉えることも、指導計画を立てる上で重要な情報となる。また、学習者側においては、自分の知識状態がどのようになっているかを自己診断すれば、学習の仕方や内容を調整することができる。しかし、このような知識状態確認の作業をテスト形式、質問応答形式で行うことには限界があり、それぞれの学習者の知識状態を的確に捉えることは難しい。

そこで、学習者の知識状態、特に概念間の関係を学習者自身がネットワークの形で図式的に表現してみる。それによって、教授者は学習者の知識状態を目で確認でき、学習者は自分の知識で不足している部分を確認することができる。概念とそれをつなぐ命題（例えば、「～は～である」）に焦点をあててそれを図式化することによって知識の様子を目で見える形で表現したものをコンセプトマップという。

3.1.2 教材のコンセプトマップ化の意義

教材内容における、ある概念とある概念の関係構造をコンセプトマップを用いて図式化することによって、学習テキストデザインあるいは構造的記述のための青写真として活用できる。

教材内容のコンセプトマップ化はカリキュラム開発、コース開発、教材開発などの基

盤となる。つまり、教えるべき教材内容（概念）を構造的にマップ状に図式化して表示しておくことは、教授者自身の概念の体系を構造的に的確に把握することを支援する。それは、学習テキストやワークブックを構成・記述するとき、そして、授業を設計し、学習コースを編成するとき、有効な青写真となる。さらに、学習者が利用することによって、構造的な理解を深め、知識を整理することにおいても非常に有効となる。

3.1.3 コンセプトマップの効果

コンセプトマップの効果をもとめてみると、次のようになる。

- 子供から研究者まで広範な対象者に渡って使うことができる
- ほぼすべての教科から、生活指導、道徳教育、野外実習や社会見学に至るまで適用できる
- 学習者の発見学習の支援を行う
- 取り上げられている教材の位置づけが学習者自身で理解しやすい
- 学習者自身が種々の教材および、学習活動の意味を理解できる
- 学習者自身が興味・関心・能力に応じた個別学習計画を立案しやすい
- 学習者の動機付けを高め、学習に対する責任を自覚できる
- 教授者にとっては、実践の中で積み上げてきた知識・経験・教育技術をより高次のものにまとめあげることができる
- 学習者の創造性や主体性を育成する可能性を秘めている

コンセプトマップは、現在の知識状態を指導者や学習者自身が視覚的に捉えることができるのみならず、特に協調すべき点は、このような表現を作成する中で、主体的に学習内容の構造を見いだそうしていく意欲や動機付けを高めることが期待できるのである。

3.1.4 コンセプトマップの例

コンセプトマップの構成要素は概念を表すノード（node: 節点）と関係を表リンク（link）から構成されている。概念間の関係を考えて、その関係を表す結合語を判断し概念間のリンクを結んで結合語を書き入れていくのである。

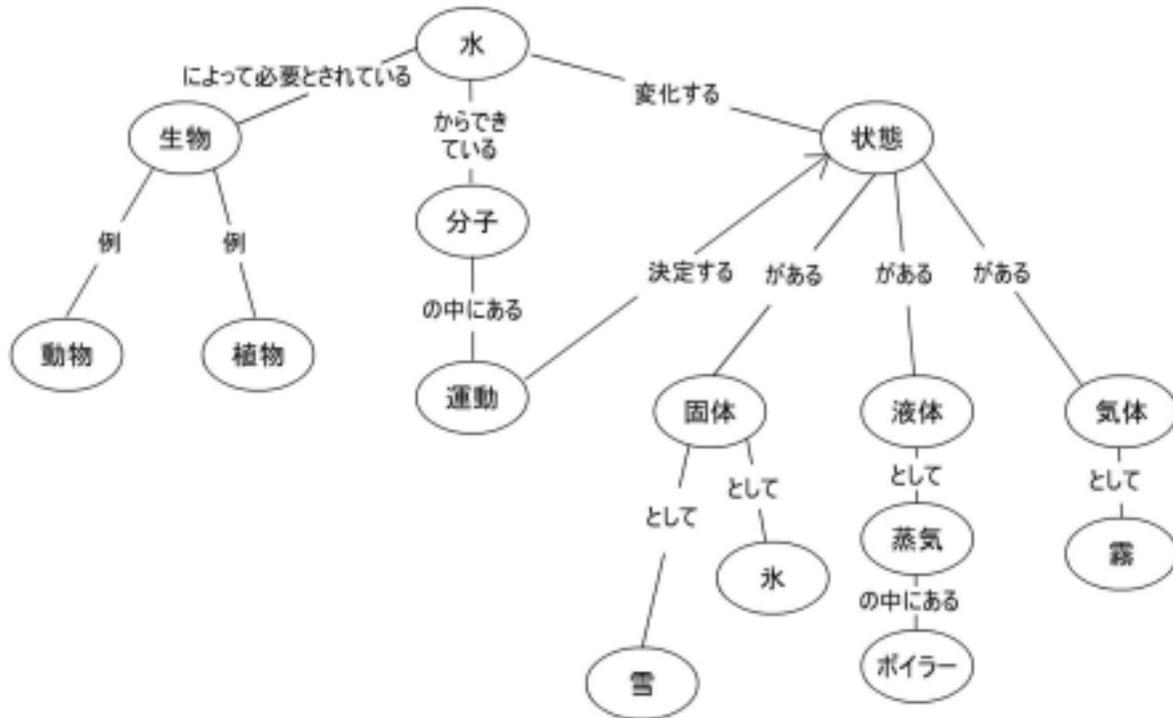


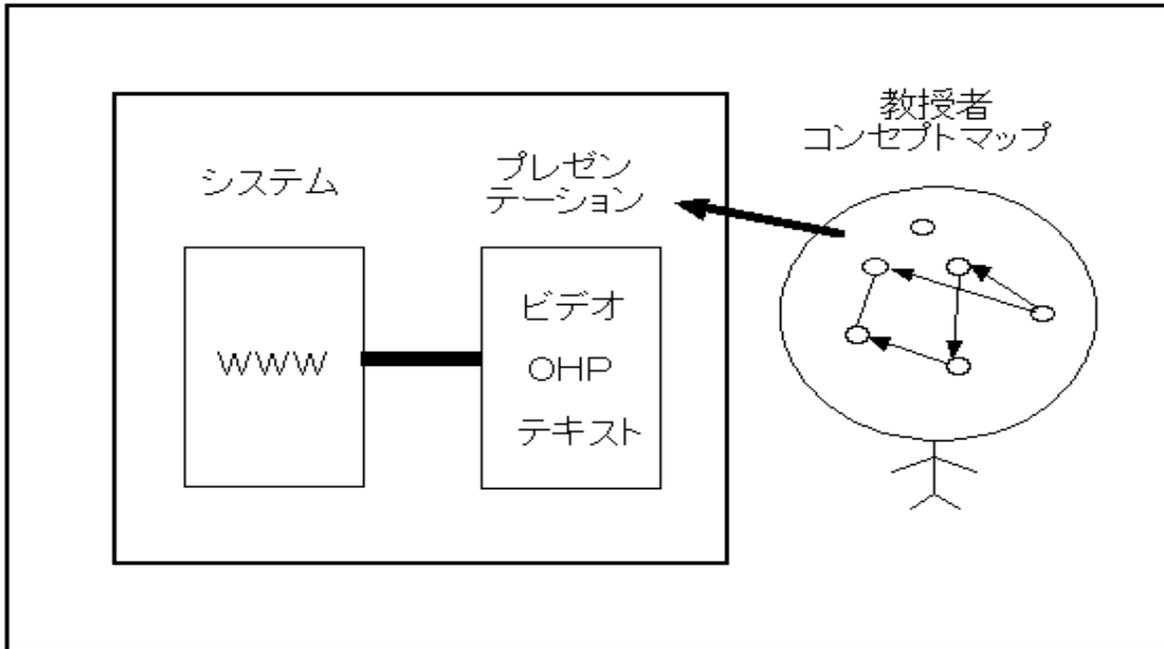
図 3.1: 水に関するコンセプトマップ

ここで、図 3.1に水に関するコンセプトマップの例を示す。たとえば、「水」と「分子」の間の2つの間の概念をつなぐため、「水は分子から出来ている」という知識をもとに、結合語「からできている」をリンクに記入していくのである。

これによって、

1. すべての概念がリンクで結ばれていれば、知識の全体的は体制化 (organization) が十分であり、逆にリンクが結べない概念があれば、そこを補う必要があること
2. 1つの概念から複数のリンクが出ていれば知識の精緻化 (elaboration) がなされていること
3. マップの広がり具合によって概念の包括性の目安となること

などが判断できるようになる。



電子教材

図 3.2: 電子教材

3.2 教材評価の概要

3.2.1 電子教材の定義

本研究における電子教材の定義とは以下の集合である（図3.2）。

- 教授者コンセプトマップ：
教授者が頭の中に描いている講義のコンセプトマップ
- プレゼンテーション：
コンセプトマップに基づいたプレゼンテーション
- システム：
プレゼンテーションを基に WWW 上等に配置したシステム

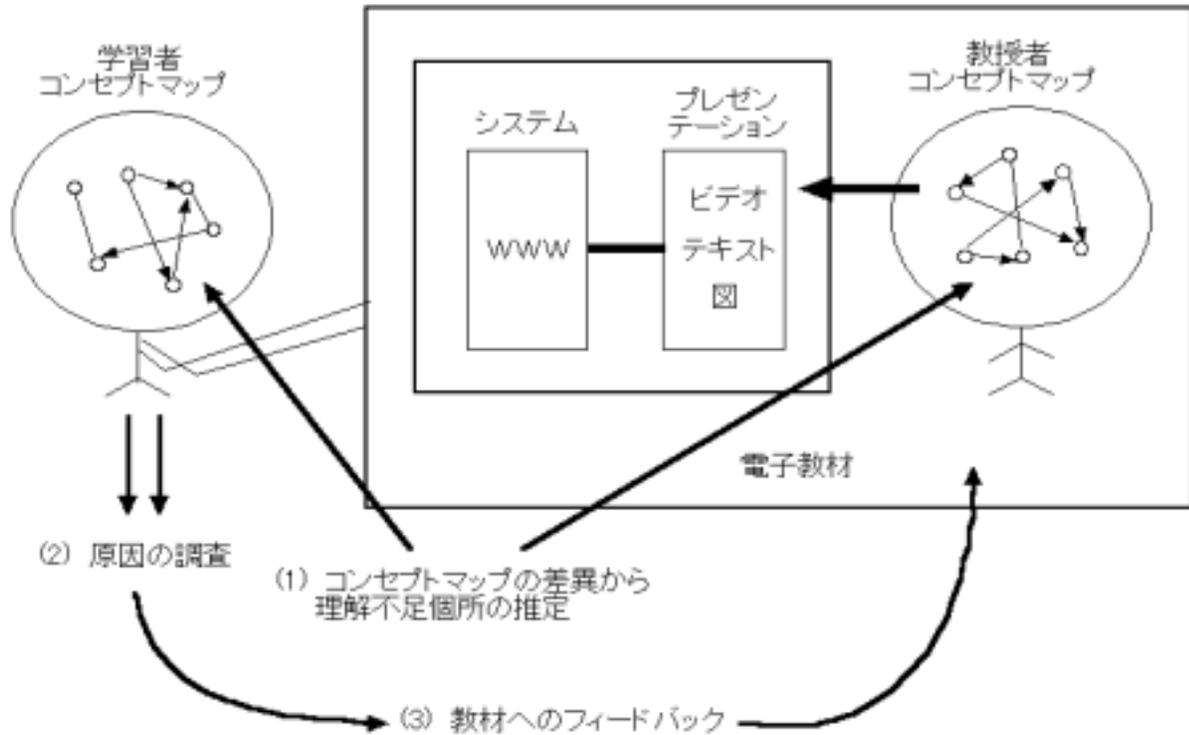


図 3.3: 教材評価概要

3.2.2 評価概要

電子教材評価は以下のような手順で行う（図 3.3）。

1. 学習者コンセプトマップと教授者コンセプトマップの差異より学習者の理解不足箇所の推定
 2. コンセプトマップ間の差異の原因推定
 3. 教材へのフィードバック
- 理解不足箇所の推定
理解不足箇所の推定にはまず、学習者コンセプトマップと教授者コンセプトマップ次の点に注目して比較する。

- リンクの有無

- リンクの向き
- リンク間の関連

リンクの有無は、ノード間にリンクが存在するか、しないかを調べる。リンクの向きはノード間にはられたリンクの向きが正誤を調べる。リンク間の関連は、リンク間の関連名の正誤を調べる。この3つの差異を抽出し、学習者の間違っている箇所の洗い出しを行い、それを基に学習者の理解不足箇所の推定を行う。

- 差異の原因調査

本研究では Nakakoji が提案している、他者との相違を認識させ自己内省を促進し相互理解を支援する手法 [10] を利用して、コンセプトマップ間の差異の原因調査を行う。学習者に教授者コンセプトマップと学習者コンセプトマップを示し、「なぜ間違ったのか?」「どのように考えて答えを導き出したのか?」等の質問を対面において行い、学習者の自己内省を促進させる。その後同一箇所を再学習した学習者へのアンケートを行い、理解不足の原因の調査を行う。

- 電子教材へのフィードバック

理解不足の原因を基に、

- システムの不備
- プレゼンテーションの不備

を洗い出し、電子教材へとフィードバックすることによって電子教材の評価を行う。

第 4 章

学習支援システムの概要

本章においては、本研究に用いた学習支援システムの概要を説明する。

本研究における電子教材としては、バーチャル・ユニバーシティプロジェクトにおいて開発された、北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 情報処理学専攻 知識工学講座の東条 敏教授による人工知能特論の電子教材を用いた。

4.1 バーチャル・ユニバーシティプロジェクト

昨今、通信衛星、テレビ会議、インターネット等を活用した高等・生涯教育、いわゆるバーチャル・ユニバーシティの試みが様々な形態により具現化してきている。先頃発表されて大学審議会の「審議の概要」でも、インターネットを活用した教育の単位認定などの基本緩和が提言されており、今度の発展にいつその拍車がかかることが予想される。このような状況下において、これまでに実験及び実践の経験を有する教員、研究者を中心に、情報交換の場を持つ必要が高まり、バーチャル・ユニバーシティ研究フォーラムが結成された。このフォーラムの「研究と技術」というテーマにおいては、バーチャル・ユニバーシティの推進あるいは、利用にあたって生じる研究的・技術的側面に焦点をあてて、教材作成のためのオーサリングソフトウェア、遠隔討論支援ツール、協調学習環境、Web 授業環境、教材構成法、医療分野での応用、シミュレーションの教育利用等の話題が議論されている。

そして、現在、北陸先端科学技術大学院大学、九州工業大学、メディア開発センターの 3 組織共同でバーチャル・ユニバーシティプロジェクトを進めている。このプロジェクトは、インターネットを利用した次世代の遠隔教育環境の研究・開発・評価を実証的に行うことを目的とし、文部省の支援により平成 11 年度に開始された。この 3 組織においては、

共同でプロジェクトを進める一方で、メディア開発センターにおいては、オーサリング環境、九州工業大学においては、学部レベルの教育、北陸先端科学技術大学院大学においては、大学院レベルの教育を主な研究・開発の対象として作業を進めている。

4.2 ウェブサイト方式電子教材

本研究におけるウェブサイト方式電子教材は、上記のプロジェクトにおいて設計され、現在、落水研究室において動作している、本学情報科学研究科の東条 敏教授による人工知能特論を用いた。

4.2.1 教材概要

図 4.1、図 4.2、に教材を示す。

図 4.1が電子教材「人工知能特論」の学習の出発点となる。学習者は、コースウェア的に最初から学習を始めることも、また自分の知りたい知識だけをつまみ食いの学習することも可能である。

図 4.2が実際の講義の画面となる。ページは左側の Index フレームと右側の授業エリアにわけることができる。

Index エリアにはその章における節項目が並び、それぞれリンク張られることによってその話題に直接進むことができる。さらに Index の下には、

- TOP : TOP ページへのリンク。
- 掲示板 : 掲示板へのリンク。学習者同士、または教授者との情報交換を行うページへのリンク
- FAQ : FAQ へのリンク。教授者に質問を行うページへのリンク。
- MAP 作成 : コンセプトマップを作成するツールの起動。

がそれぞれはられている。

フレームの右側には、教授者の RealMovie による映像、その隣には講義に使われる OHP 資料、そして、下の部分には教授者の発話のテキストが表示され、重要な用語にはそれぞれ、用語集へのリンクが張られている。

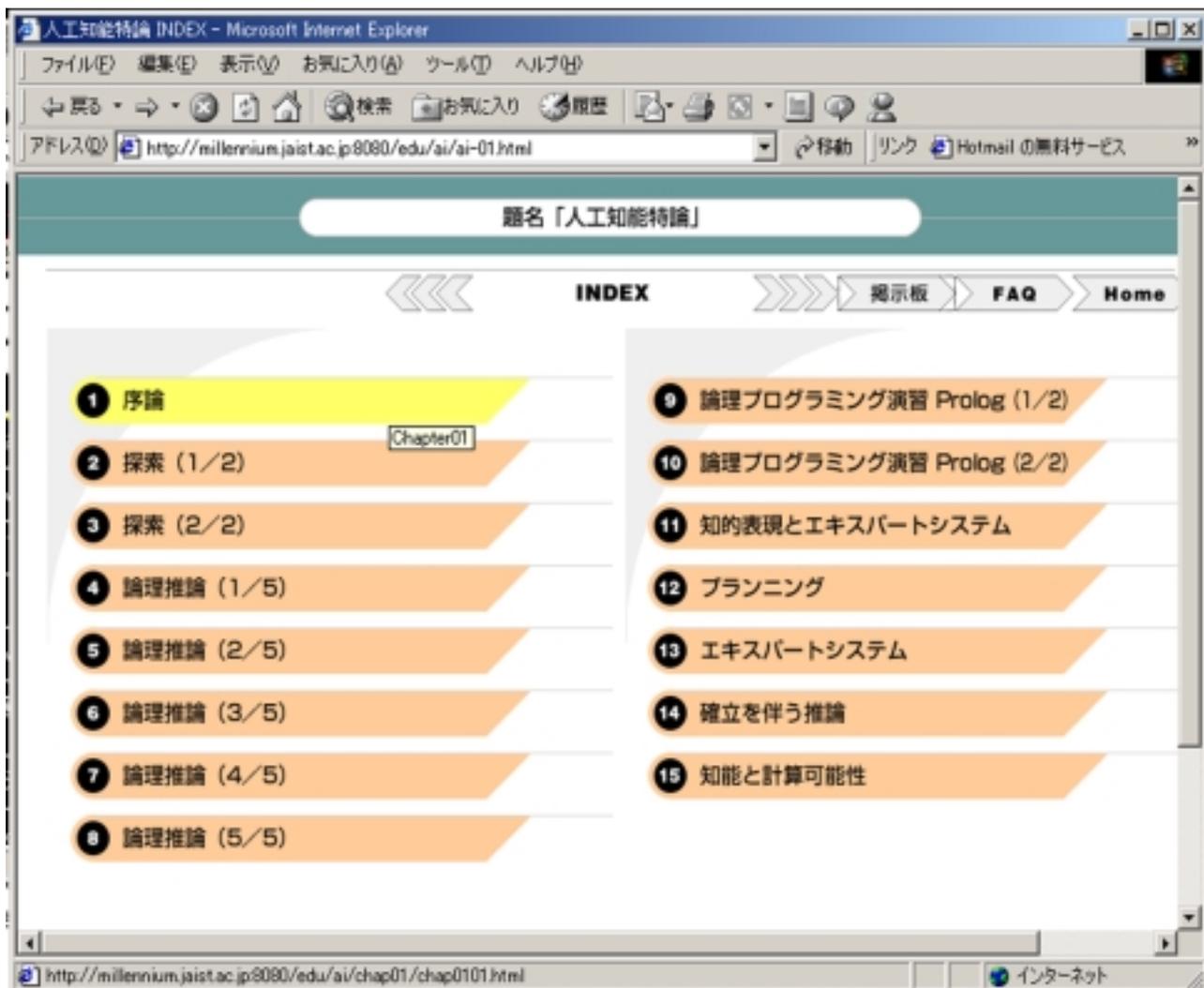


図 4.1: 目次



図 4.2: 学習エリア

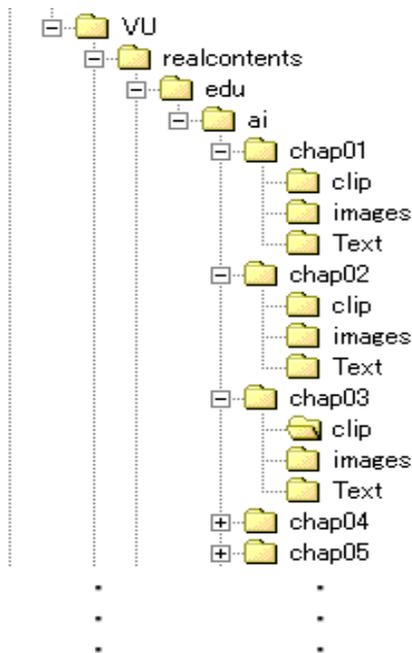


図 4.3: フォルダ構成

4.2.2 システム概要

この電子教材は現在、以下のスペックのマシンで動作している。

サーバマシンの仕様

- CPU : PentiumIII 700 Dual
- Memory : 256Mbyte
- MotherBoard : GIGABYTE GA-6BXD
- NIC : Intel EtherExpress PRO/100+
- OS : Windows2000 Server
- WWW サーバ : IIS5.0(Internet Information Services) (Java Applet 等)
- メディアサーバ : RealServe7.0 plus (電子教材等)

教材の構成フォルダに関しては図 4.3に示す。

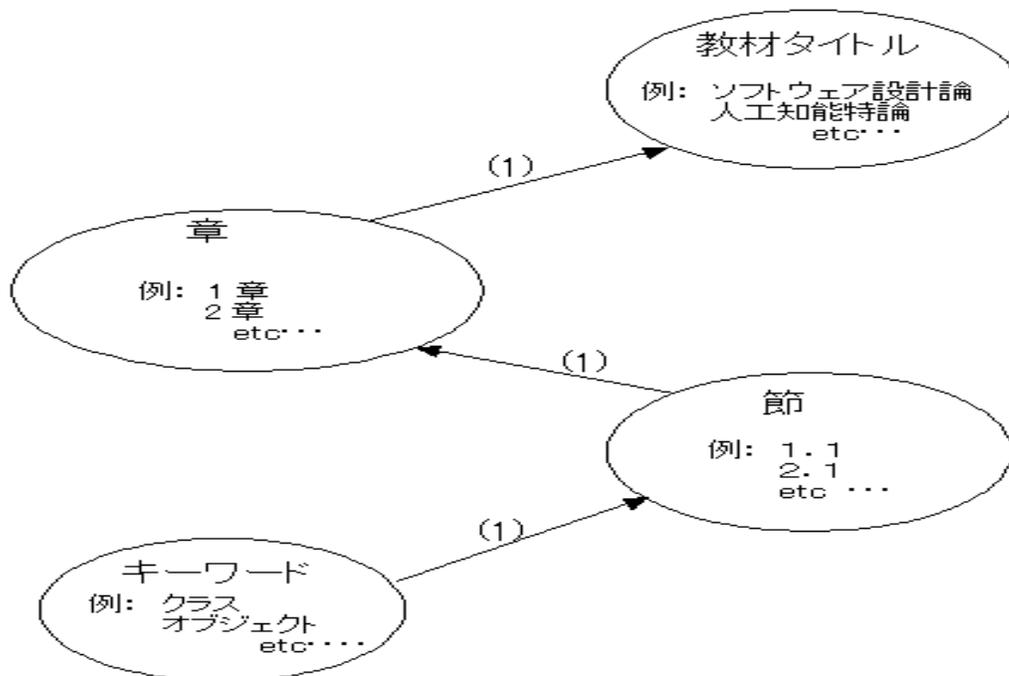


図 4.4: ノード定義

4.3 教授者コンセプトマップ

本研究においては、教授者自身の手による教材のコンセプトマップを教授者コンセプトマップと定義する。この教授者コンセプトマップは学習者が作成したコンセプトマップである学習者コンセプトマップの一つの解となるものである。

4.3.1 ノードと関連の定義

まず、本研究における教材のノードとノード間の関連を以下のように定義する。

- ノード（概念要素）：その教材のタイトル、（例えば、人工知能特論など）を最上位概念とし、その教材のなかにある各章の集合、それぞれの章集合のなかにある各節の集合、そして、それぞれの節集合の中の重要なキーワードを、それぞれ教材の概念要素とする（図 4.4）。
- 関連：

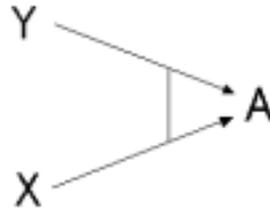


図 4.5: 関連 4

1. 上下概念関係 (is-a 関係) : $A \subseteq B$
A は B の部分集合となる関係。 $A \rightarrow B$ と表す
2. 部分-全体関係 (part-of 関係) : $A \in B$
A は B の要素となる関係。 $A \rightarrow B$ と表す。
3. 等価関係 (= 関係) : $A = B$
等価となる関係。関係は直線 A - B と表す。
4. 対関係 (pair 関係) : $A = X \otimes Y$
対をなす関係。 $\{\langle x, y \rangle \mid x \in X, y \in Y\} = X \otimes Y$ (図 4.5)

4.3.2 教授者コンセプトマップの設計

教授者コンセプトマップの設計は、

1. 3 章における定義をもとに教材の概念要素の洗いだし
2. 要素間の関連の決定
3. コンセプトマップの作成
4. 東条教授による校正

の手順で行った。

以下、電子教材「人工知能特論」における、第 1 章：序論、第 2 章：探索 (1/2)、第 3 章：探索 (2/2) における教授者コンセプトマップについて説明する。

まず、序論、探索 (1/2)、探索 (2/2) のにおける最上位概念として、探索と探索アルゴリズムを挙げた。さらに探索には、探索の概念と探索アルゴリズムの種類 2 つにわけ、探索 1、探索 2、探索アルゴリズムの計 3 個のコンセプトマップを作成した。

探索 1、探索 2、探索アルゴリズムの要素概念として、以下のキーワードを挙げた。

探索 1

状態空間、状態、グラフ、状態遷移グラフ、探索木、木構造

探索 2

横型探索、縦型探索、分岐限定法、ヒルクライミング法（山登り法）、最良優先探索（best-first search）、A アルゴリズム、A(*) アルゴリズム、ミニマックス法（法）

探索アルゴリズム

ノード、親ノード、子ノード、OPEN、CLOSED、edge、スタート、ゴール、ヒューリスティック、コスト

そして、概念間のリンクと関連をつけ、それを基に東条教授に校正をお願いした。図 4.6 ~ 図 4.8 に完成した教授者コンセプトマップを示す。

4.4 学習者コンセプトマップ作成支援ツール

本研究において開発した、学習者コンセプトマップ作成支援ツールについて述べる。

4.4.1 設計方針

学習者コンセプトマップ作成支援ツールは、ウェブサイト方式の遠隔学習システムを用いて学習を行う学習者を支援することを目標として、ウェブサイトにアプレットとして組み込むことが可能な Java を用いて実装した。

4.4.2 システム概要

図 4.9 に学習者コンセプトマップ作成支援ツールを示す。

ツールには、操作ボタン、ログ表示ボタン、マウスプレス&リリースポイント座標表示エリア、関連追加エリア、コンセプトマップ作成エリア、ノード一覧、メモ帳エリア、マウスポイントエリア、関連操作エリアが実装されている。

それぞれに機能は以下の通りである。

- 操作ボタン

リンクの壁画、ノードの移動、関連追加、状態リセット、リンク消去を行うボタン

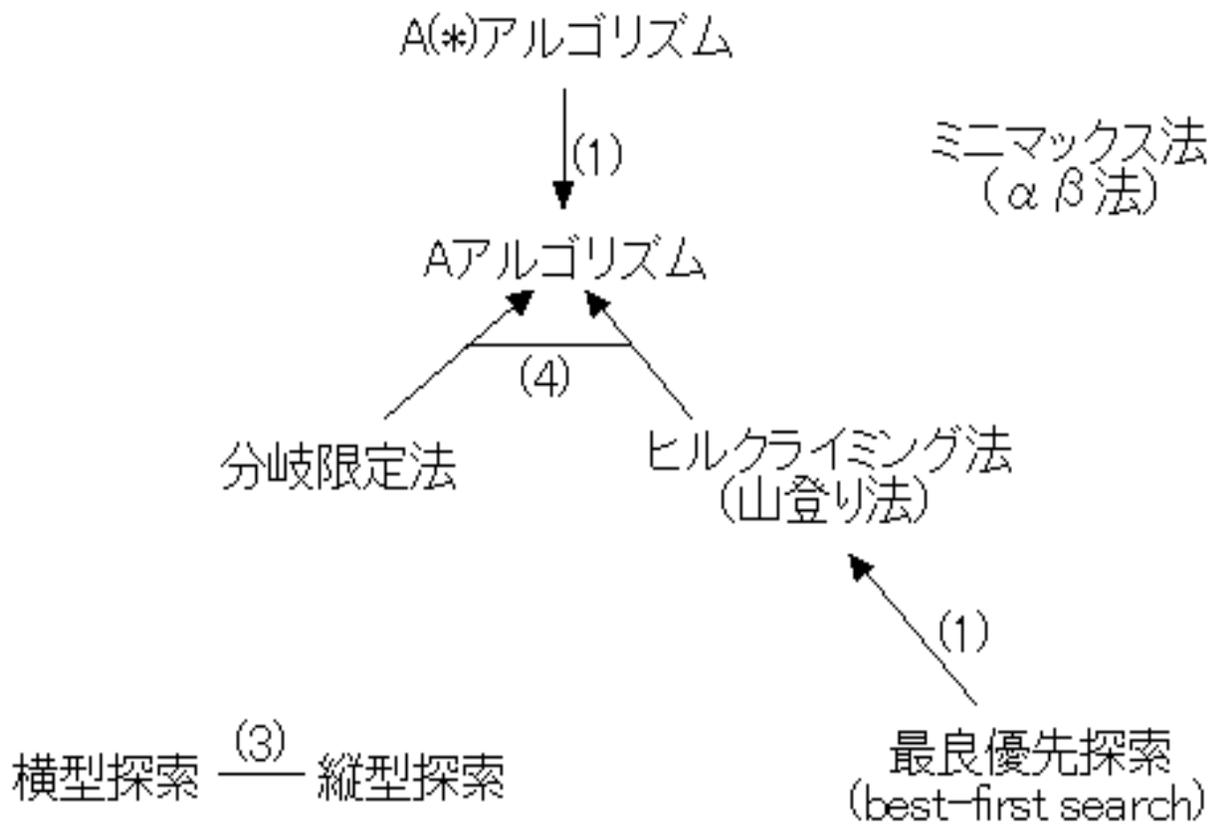


図 4.6: 教授者コンセプトマップ: 探索 1

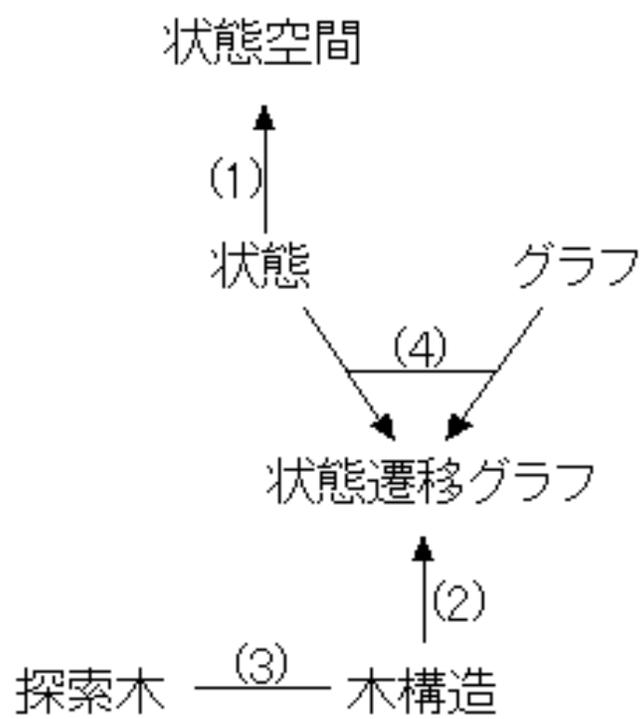


図 4.7: 教授者コンセプトマップ：探索 2

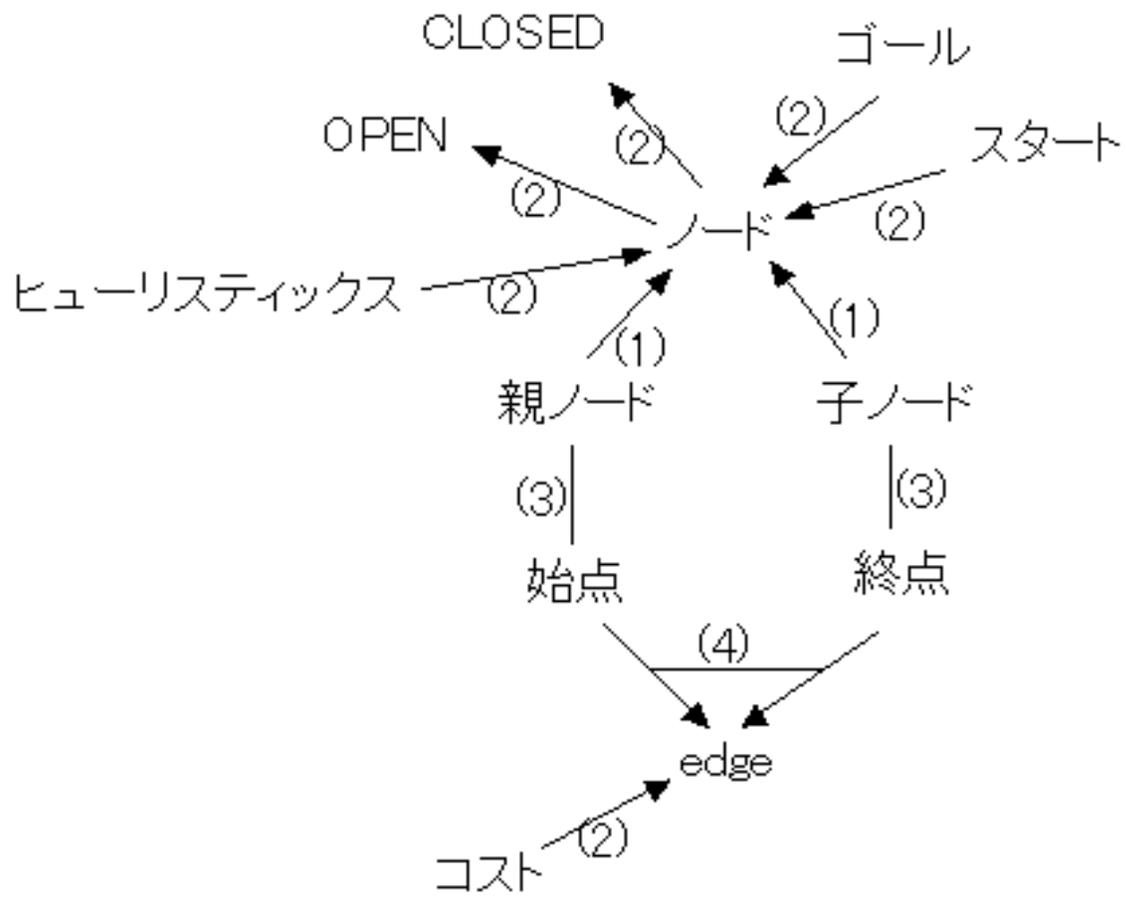


図 4.8: 教授者コンセプトマップ：探索アルゴリズム

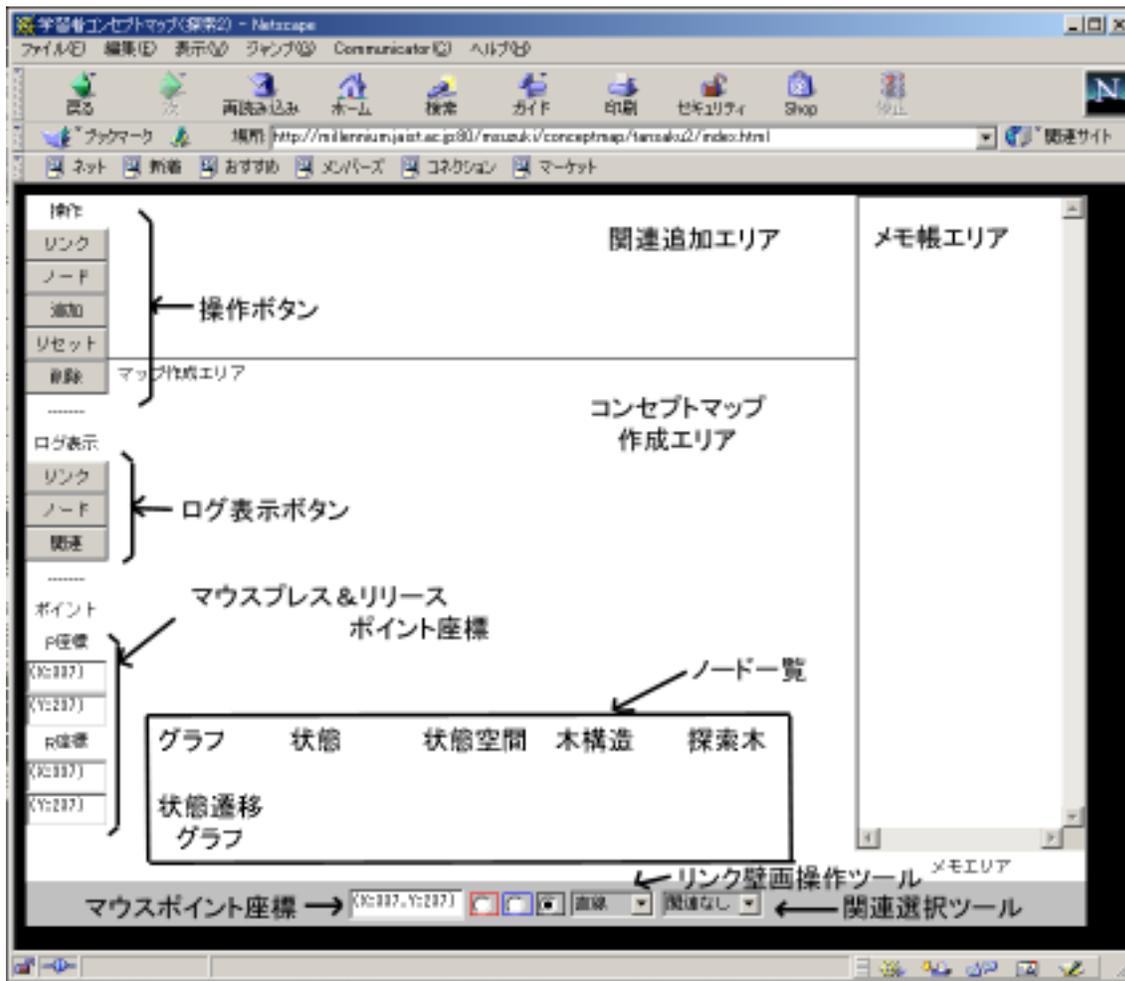


図 4.9: 学習者コンセプトマップ作成支援ツール

- ログ表示エリア
リンク、ノード、関連のログを表示するボタン
- マウスプレス&リリースポイント座標表示エリア
マウスボタンを押したポイント座標、離れたポイント座標を表示
- 関連追加エリア
選択された関連が表示されるエリア。
- コンセプトマップ作成エリア
コンセプトマップを作成するエリア
- ノード一覧
ノードの一覧
- メモ帳エリア
メモを取るエリア
- マウスポイント座標
マウスポイントの座標を表示するエリア
- 関連選択エリア
関連を選択するボタン
- リンク壁画操作ツール
リンク壁画を操作するツール

操作方法は次のように行う。

リンク壁画

リンクボタンをクリックした後、リンク壁画ツールより、直線かフリーハンド、色を選択し壁画を行う。

ノード移動

ノードボタンをクリックした後、移動したいノードをクリックして動かす。

関連追加

関連ボタンをクリックした後、関連選択ツールより追加したい関連をチェックすると関連が関連追エリアに表示される。移動はノードと同じように操作する。

リセット

初期状態に戻したい場合は、リセットボタンをクリックする。

リンク削除

壁画したリンクを削除したい場合は、削除ボタンを押す。1回押すたびに新しく壁画されたリンクから順に削除されていく。

メモ

授業を聞きながらメモを取りたい場合やコンセプトマップを作成しながらメモを書きたい場合には、メモ帳エリアに書き出す。

図 4.10 に実際にユーザがこのツールを作ったコンセプトマップを示す。

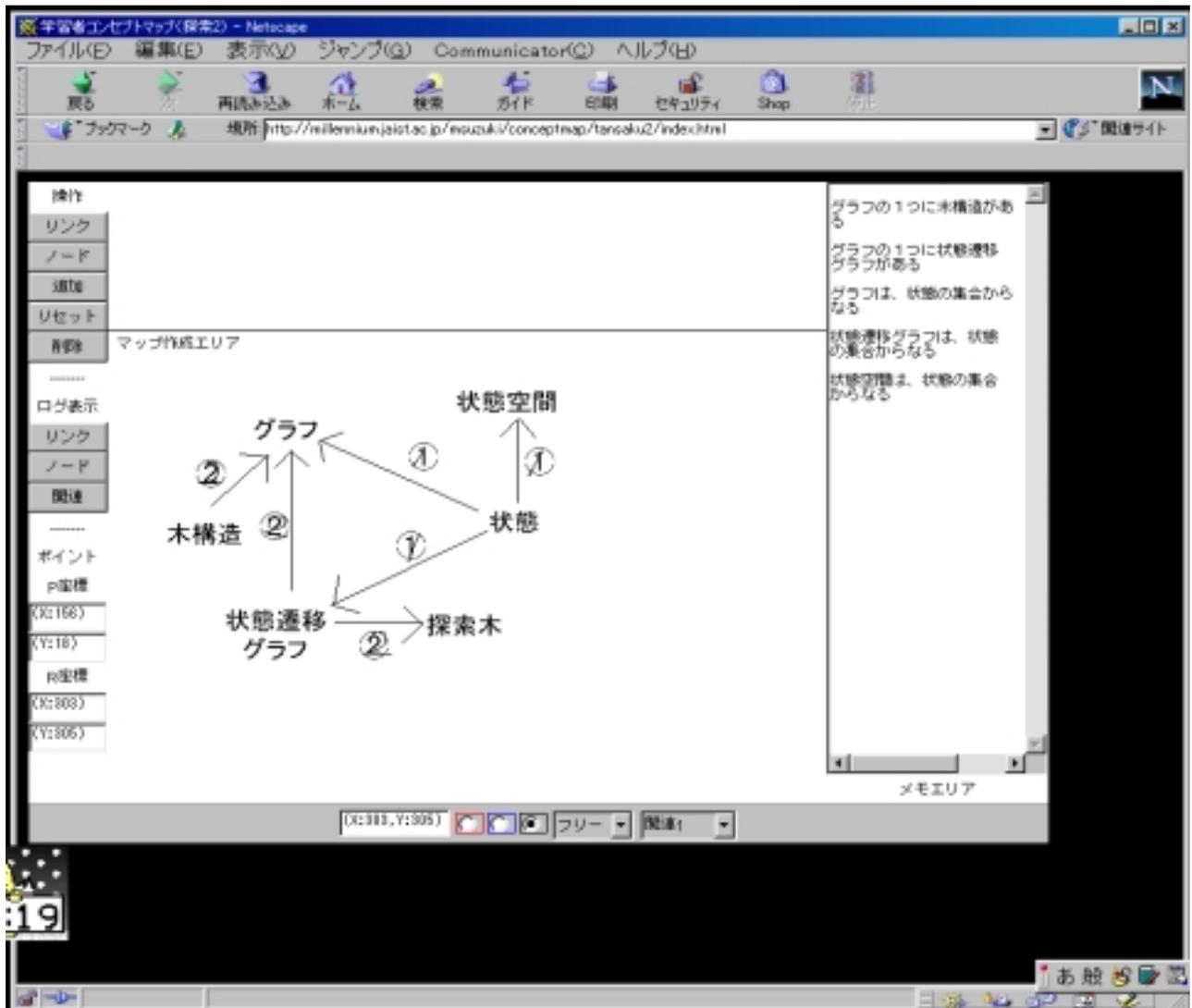


図 4.10: 学習者コンセプトマップ作成様子

第 5 章

評価実験

本章では、電子教材「人工知能特論」を受講した学習者に学習者コンセプトマップを作成してもらい、それを教授者コンセプトマップと比較することによって、学習者の理解状況や教材の不備な点の洗いだしを行う。

5.1 評価実験

5.1.1 実験環境

本実験は以下のような環境で行った。

- 被験者：本学情報科学研究科、博士前期 6 名、博士後期 1 名、計 7 名の学生による。教室講義の人工知能講義受講経験は
 - 佐藤 教授：2 名
 - 東条 教授：4 名
 - 経験なし：1 名

さらに、東条教授の授業を受講した被験者 4 名はそれぞれ以前にこの電子教材を 1 度受講している。他の 3 名については電子教材による受講は初めてとなる。

- 実験機材：各自の DOS/V 機を使用。但し、ノートパソコン等でウィンドウの解像度が小さく電子教材が見辛い場合には、デスクトップ型の DOS/V 機を提供し、ディスプレイと接続してもらった。

- 受講範囲：人工知能特論 1 章：序論、2 章：探索 (1/2)、3 章：探索 (2/2)
- 作業時間：実験開始時刻と実験終了時刻のみを指定。その時間内の自分の都合のつく時間に電子教材を受講。

5.1.2 実験

本実験では、以下のような手順で実験を行った。

1. 被験者に電子教材「人工知能特論」を指定した時間内の自分の都合のいい時間に好きなように受講してもらう。
2. 学習者に学習者コンセプトマップを作成してもらう。
3. 実験者が学習者コンセプトマップと教授者コンセプトマップを比較し違っている箇所をチェック。
4. チェックを入れた学習者コンセプトマップと教授者コンセプトマップを基に被験者と対話による討議。
5. 答え合わせ後、被験者に再度教材を受講してもらい、被験者自身の理解不足な点や教材自体の不備な点を洗い出してもらう。

5.2 実験結果

5.2.1 学習者コンセプトマップ

被験者が作成した学習者コンセプトマップの結果の一例を図 A.1、図 A.2に示す。詳しくは付録に示す。

5.3 評価

5.3.1 学習者コンセプトマップ評価

上図の学習者コンセプトマップを以下の手順で評価した。学習者コンセプトマップと教授者コンセプトマップを

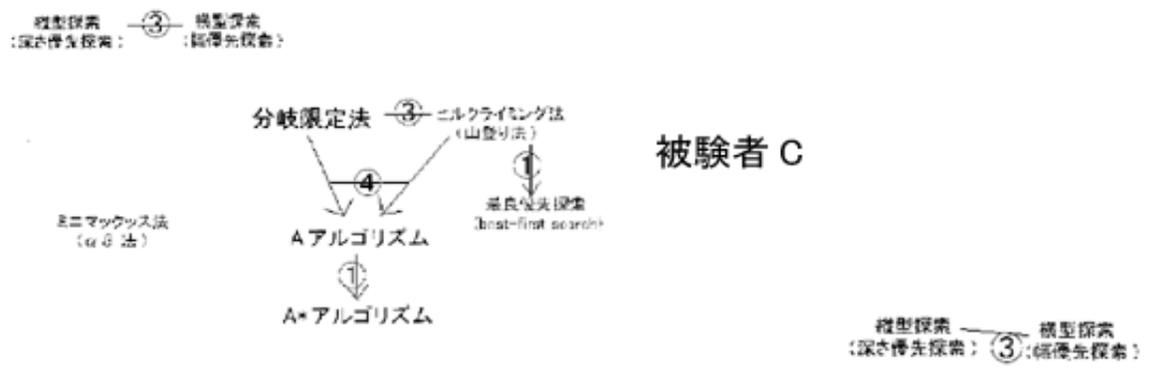
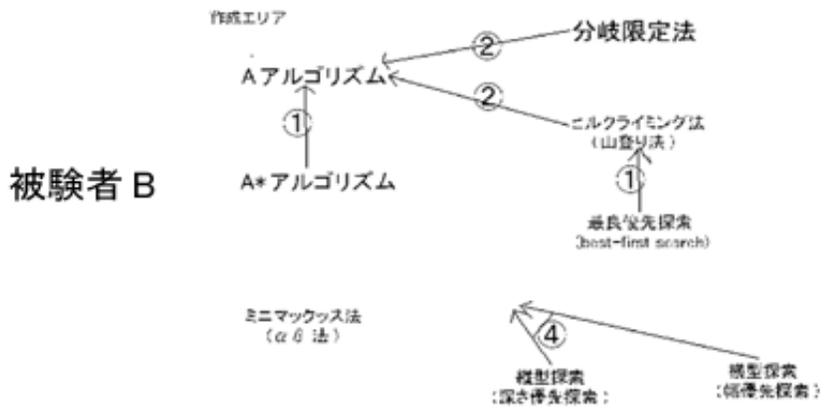
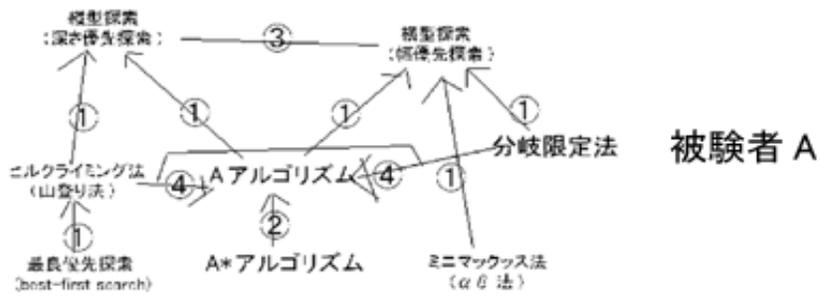
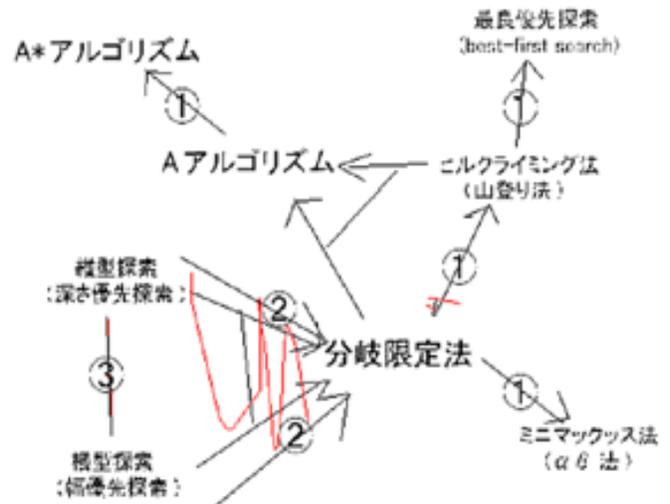
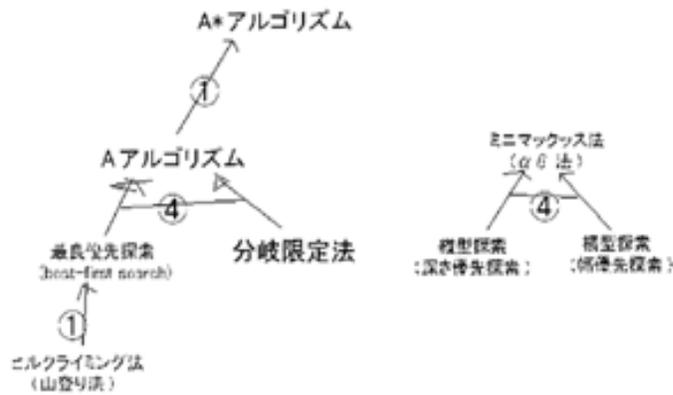


図 5.1: 探索 1 : A-D

被験者 E



被験者 F



被験者 G

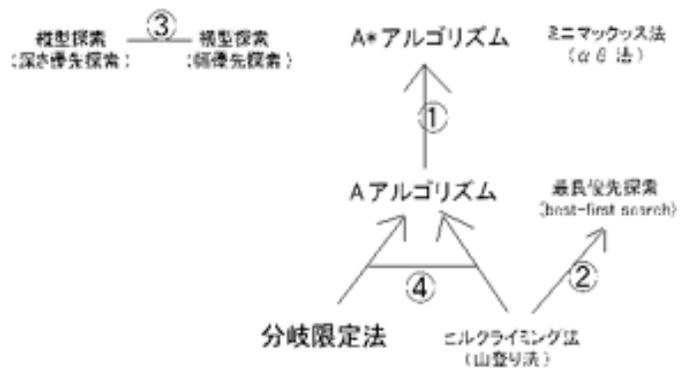


図 5.2: 探索 1 : E-G

1. リンクの存在
2. リンクの向き
3. 関連名

の3点についてそれぞれ比較を行った。

この結果を基に各被験者について

- ○ → +1
- × → -1

の重みをつけ、それぞれの関連項目に点数をつけた結果を付録に示す。
学習者コンセプトマップと表の結果より、次の点が明らかになった。

1. 探索 1

探索 1 においては、探索 1 の概念における 3 つの重要な区分

- 木構造の探索アルゴリズム（横型探索、縦型探索）
- グラフの探索アルゴリズム（A、A(*) アルゴリズム、山登り法、最良優先探索、分岐限定法）
- ゲーム木の探索アルゴリズム（ミニマックス法）

に関する理解は概ね出来ていた。

一方、A と A(*) の関係、山登り法と最良優先探索の関係が逆になっている被験者もあり、これに関してはリンクの矢印の向きの意味の取り違えが原因として挙げられる。

2. 探索 2

探索 2 においては、それぞれ

- 状態と状態遷移グラフ
- 状態遷移グラフと木構造、探索木
- 木構造と探索木

の関連名が間違いが目立った。

3. 探索アルゴリズム

探索アルゴリズムにおいては、中心となる概念は「ノード」と「edge」に当たるのだが被験者は全員「ノード」を中心と捉えてはいたが、「edge」の方を中心と捉えることはできなかつたようである。このため、「edge」と結び付く関係である、「親ノード」「子ノード」、「始点」、「終点」との間の関係の間違いが目立った。さらに、「ノード」と「ヒューリスティックス」間の間違いも多く、ほとんどの被験者が「ヒューリスティックス」を「edge」や「コスト」と結び付けていた。

5.3.2 学習者の理解不足箇所

5.3.1の結果及び実験終了後の対話による討議により学習者の理解不足箇所として以下の2項目が挙げられた。

- edge の概念
- ヒューリスティックスとノードの関係

この2点において、次節で理解不足の原因の洗い出しを行う。

5.4 理解不足の原因洗い出し

本節においては、5.3.2において述べた学習者の理解不足箇所の原因について考察を行う。

5.4.1 システム上の問題点

「edge の概念」理解不足の原因としては、システム上の問題が考えられる。対面による質問、並びに学習者へのアンケートにより、

・edge の概念はその説明箇所のみを適切に検索できないことが判明した。

この原因としては、

- edge の説明箇所は第1章の最後の部分に1回出現したのみ
- 電子教材の検索機構は目次とRealのスライダーのみ
- キーワード毎の検索機能がない

ということが考えられる。

5.4.2 プレゼンテーション上の問題点

「ヒューリスティクスとノードの関係」の理解不足の原因としては、プレゼンテーション上の問題が考えられる。対面による質問、並びに学習者へのアンケートにより、再学習しても結局ヒューリスティクスとノードの関係はよく分からなかったということが判明した。

この原因としては、

- 概念に関する説明は基本的に一度のみ
- ノードの説明は第1章序論、ヒューリスティクスの説明は第2章探索(1/2)
- ノードのヒューリスティクス間関係は電子黒板に図を描きながら出現

ということが考えられる。

今回、電子教材を設計するにあたって教授者は普段の教室講義とは違い、電子教材に特化したプレゼンテーションを行っていた。それは、概念に関する説明は基本的に1回のみで、それ以後その概念が出現した際にはあえてその説明を省いた。そのため章をまたがって出現した概念間関係を考える際には、非常に理解しがたいといった問題が生じた。これが、「ヒューリスティクスとノードの関係」の理解不足への結び付いたと考えられる。

5.5 考察

5.5.1 電子教材の改善点

上記によって洗い出された問題点を基に、電子教材の改善点における考察について以下にまとめる。

- 必要な知識への検索機能
 - － キーワードによる用語集や説明箇所への検索
 - － 前提知識の呈示
 - － 関連する概念の呈示
- 電子教材における教授者のプレゼンテーション方法
 - － 電子黒板を利用する際には、図形の意味を明確に述べる
 - － 他の章において説明された概念について再度説明を行う

5.5.2 学習支援

本研究においては、以下のような学習支援の効果も得ることができた。

- 学習者にコンセプトマップを作成してもらうことにより、講義に意欲的に取り組んでもらうことができた。
- 概念間の結び付きを考えながら講義を受講したことにより、概念間あるいは知識単位間の関係が明確になりより深く講義を理解できた。

学習者が作成した学習者コンセプトマップを教授者コンセプトマップと比較し、学習者と対話による討議を実地することにより

- なぜ、どうして間違ったか。
- どのように考えてその答えが導き出されたのか。

を明確にしてもらい、自己内省を促進させることができた。その反省をもとに再度、今度は自分が書いた学習者コンセプトマップと教授者コンセプトマップを見ながら電子教材を受講してもらうことにより、さらなる教材にたいする理解を深めてもらうことができた。また、前回は不明確だった個所や対話による討議においても不明瞭だった個所等が明確に理解できるようになった。

第 6 章

おわりに

6.1 まとめ

本研究では、教材に内在する概念間の結び付きを考えるコンセプトマップを用いて、電子教材における教授者コンセプトマップを定義した。そして、ウェブサイト方式遠隔学習システムにコンセプトマップ作成支援ツールを組み込むことにより、その教材における学習者のコンセプトマップ学習者コンセプトマップを作成した。教授者コンセプトマップと学習者コンセプトマップを比較することにより、学習者の理解不足箇所の推定を行った。それを基に学習者の自己内省を利用した電子教材へのフィードバックを行うことにより、電子教材の評価手段の提案を行った。

また本研究においては、学習者にとって、教材の構造的な理解、自己反省の促進、分からなかった点や曖昧な点の理解が行えた。対話調査後教材を再度受講することによって、自分の間違いの確認による教材のさらなる理解の促進といったような学習支援を行うことができた。

なお、電子教材としては、現在、北陸先端科学技術大学院大学、九州工業大学、メディア開発センターの3組織共同で進められているバーチャル・ユニバーシティプロジェクトにおいて開発された本大学情報科学研究科の東条敏教授による「人工知能特論」を用いた。

6.2 今後の課題

今度の課題としては、

- 評価によって明らかとなった教材の不備な点を改良する必要がある。

- 今回是对話による答え合わせを行ったが、今後はコンセプトマップ作成支援ツールによって、マップ作成中、あるいは作成後に自動で答え合わせを行い、学習者の理解不足な点等の洗いだしとその指摘をおこなえるように機能を拡張する必要がある
- 本研究の評価実験では、被験者は学生のみであったが、遠隔学習の受講対象となり得る幅広い階層の被験者から評価を得る必要がある。

が挙げられる。

謝辞

最後に、本研究を行なうにあたり、終始御指導頂きました北陸先端科学技術大学院大学情報科学研究科の落水浩一郎教授に心より感謝申し上げます。また、論文審査にあたって適切な御助言、御意見を賜りました北陸先端科学技術大学院大学の篠田陽一助教授、片山卓也教授に深く感謝申し上げます。

また、忙しいさなかに、教授者コンセプトマップ作成にあたって適切な御助言、御意見を賜りました北陸先端科学技術大学院大学の東条敏教授に深く感謝申し上げます。そして、本研究に関して多くの有意義な助言を頂きました村越広享助手、猪俣敦夫氏、岸三樹夫氏ならびに落水研究室の皆様方に感謝申し上げます。

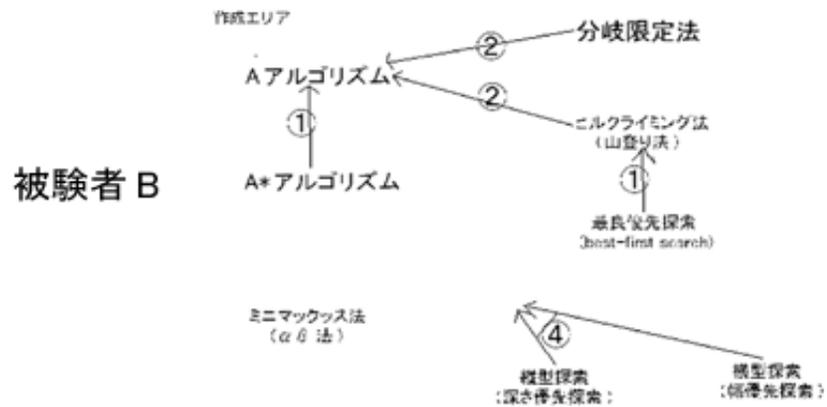
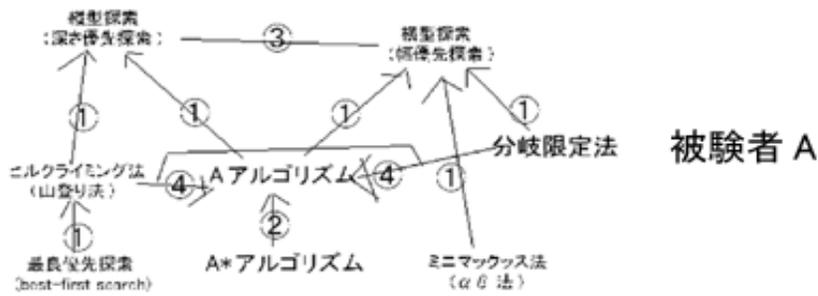
最後に、私の我儘を許し、学費等の援助をしてくださった両親、ならびに、くじけそうになった時強く励ましてくれた友人に深く感謝申し上げます。

第 A 章

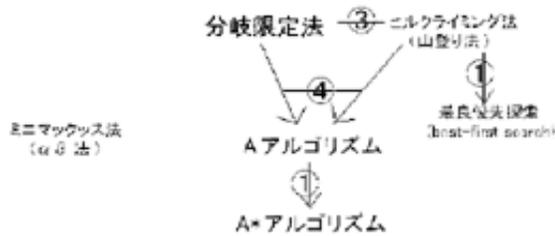
学習者コンセプトマップ

以下に各概念ごとの学習者コンセプトマップを示す。

- 探索 1 : 図 A.1、図 A.2
- 探索 2 : 図 A.3、図 A.4
- 探索アルゴリズム : 図 A.5、図 A.6



縦型探索 (深さ優先探索) ③ 横型探索 (幅優先探索)



縦型探索 (深さ優先探索) ③ 横型探索 (幅優先探索)

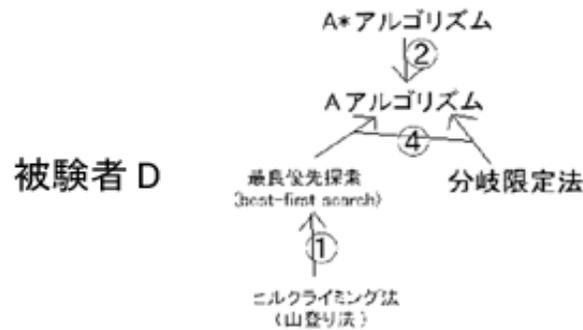
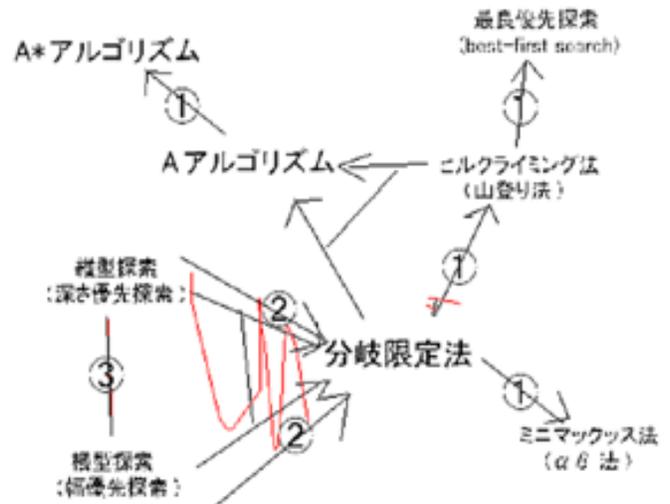
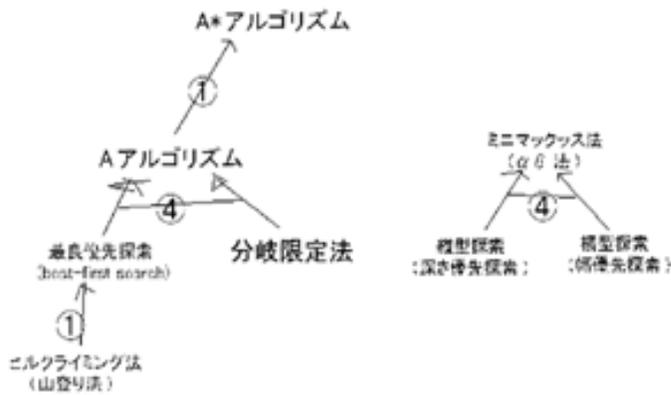


図 A.1: 探索 1 : A-D

被験者 E



被験者 F



被験者 G

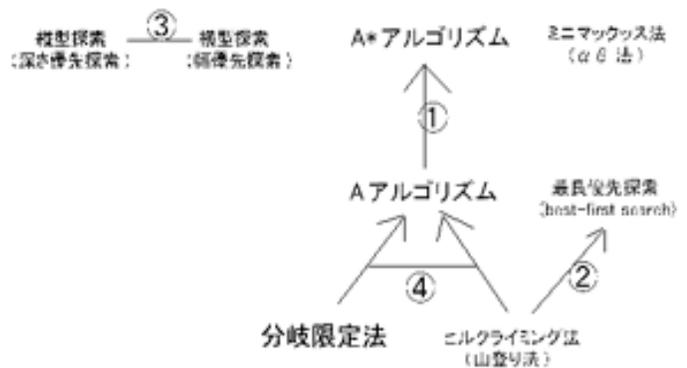


図 A.2: 探索 1 : E-G

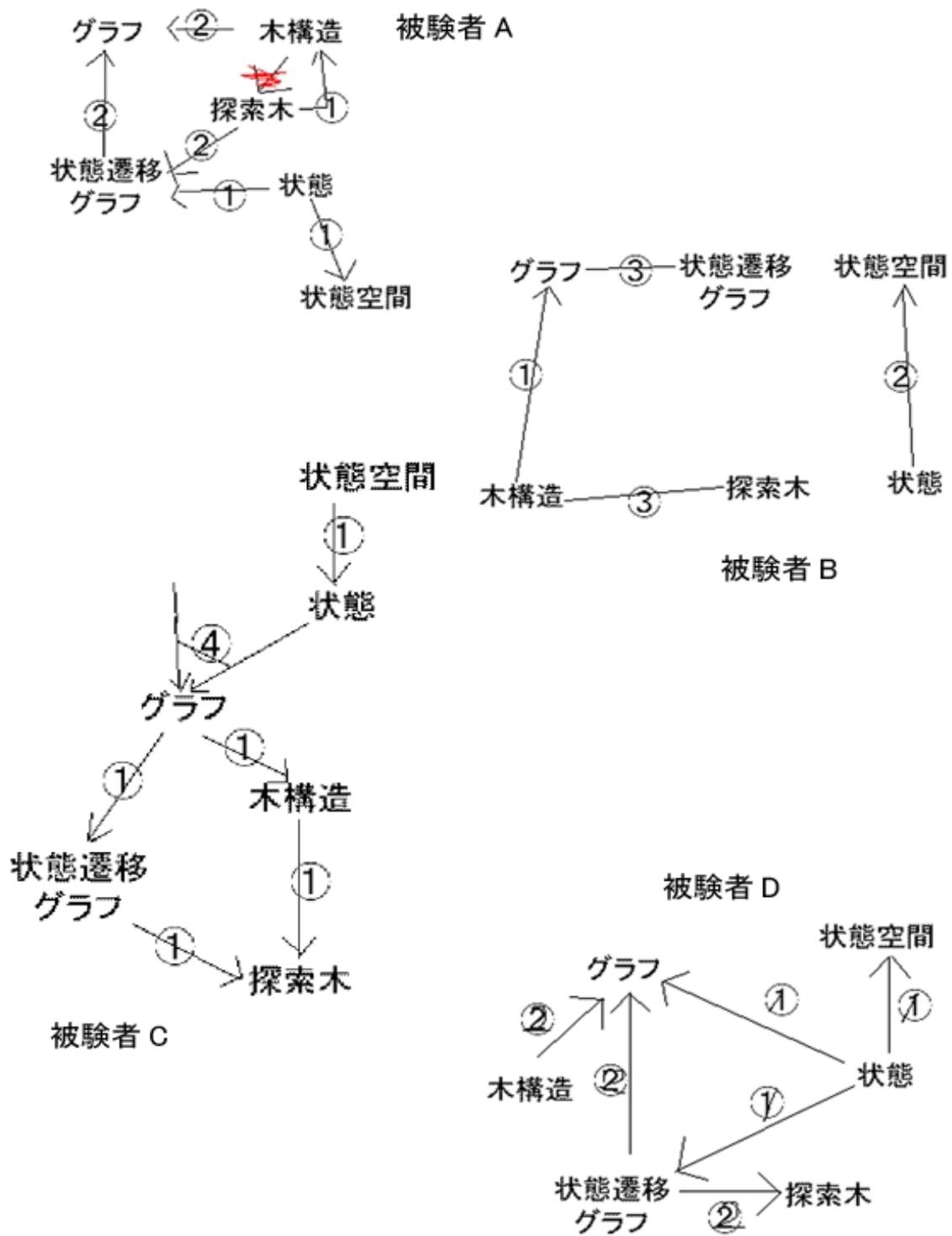
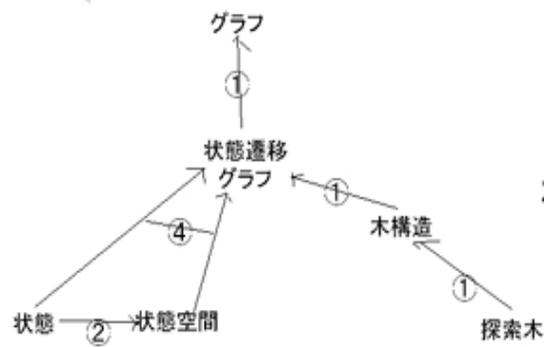


図 A.3: 探索 2 : A-D

被験者 E



被験者 F



被験者 G

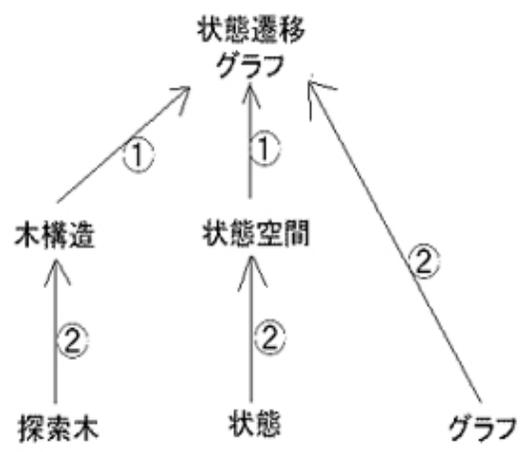


図 A.4: 探索 2 : E-G

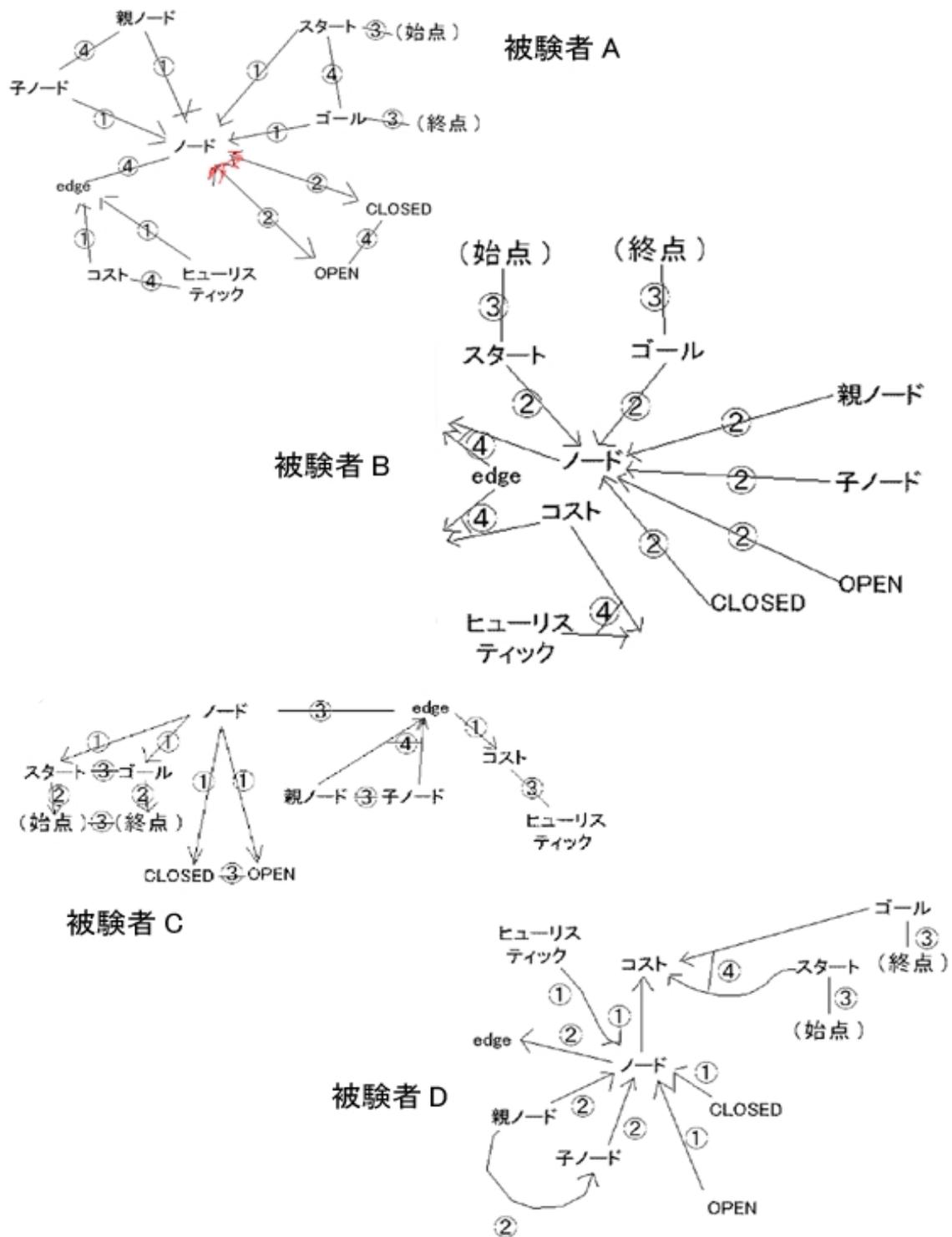


図 A.5: 探索アルゴリズム : A-D

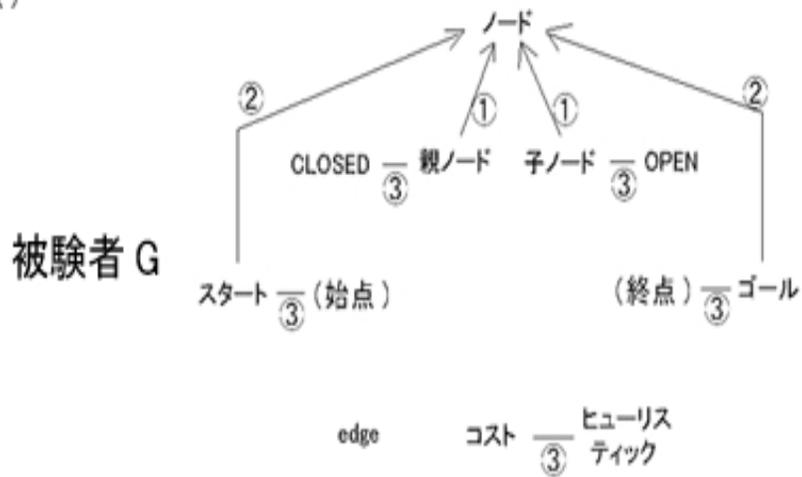
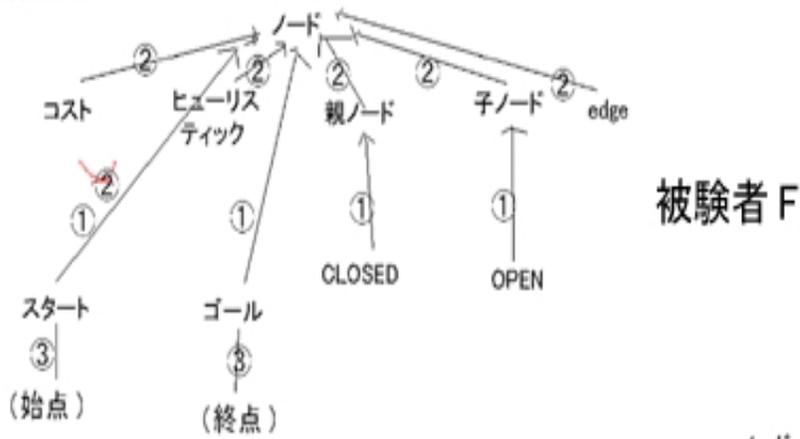
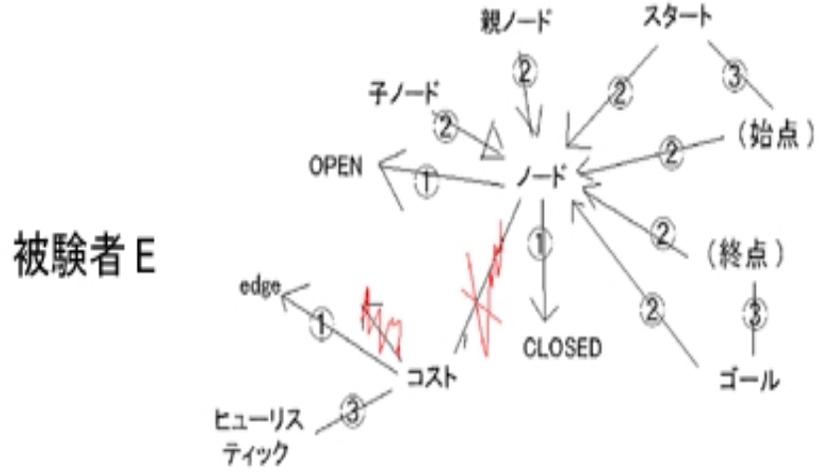


図 A.6: 探索アルゴリズム : E-G

第 B 章

学習者コンセプトマップ評価

教授者コンセプトマップと学習者コンセプトマップと差異により図 B.1～図 B.3の表に各被験者ごとの正誤を○×で記述した。

この結果を基に各被験者について

- ○ → +1
- × → -1

の重みをつけ、それぞれの関連項目に点数をつけた結果図 B.4～図 B.6に示す。

	Aアルゴリズム	A(*)	分岐限定法	最良優先探索	ヒルクライミング法	ミニマックス法	横型	縦型
Aアルゴリズム								
A(*)								
分岐限定法								
最良優先探索								
ヒルクライミング法								
ミニマックス法								
横型								
縦型								

図 B.1: 探索 1

	状態空間	状態	グラフ	状態遷移グラフ	木構造	探索木
状態空間						
状態						
グラフ						
状態遷移グラフ						
木構造						
探索木						

図 B.2: 探索 2

	ノード	キューリス デイクス	親ノード	子ノード	スタート	ゴール	(始点)	(終点)	edge	CLO SED	OPEN	コスト
ノード												
キューリス デイクス												
親ノード												
子ノード												
スタート												
ゴール												
(始点)												
(終点)												
edge												
CLO SED												
OPEN												
コスト												

図 B.3: 探索アルゴリズム

	Aアルゴリズム	A(*)			分岐限定法			最良優先探索			ヒルクライミング法			ミニマックス法			横型			縦型		
Aアルゴリズム		+7	-1	+5	+7	+5	+5	-2	-2	-2	+5	+3	+3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
A(*)																						
分岐限定法											-1	-1	-1	-1	-1	-1						
最良優先探索											+5	-1	+3									
ヒルクライミング法																				-1	-1	-1
ミニマックス法																				-1	-1	-1
横型																				+5	+3	+3
縦型																						

図 B.4: 探索 1 : 結果

	状態空間	状態			グラフ			状態遷移グラフ			木構造			探索木		
状態空間		+7	+5	-1												
状態					-2	-2	-2	-1	-1	-7						
グラフ								+7	+1	-7	-4	-4	-4	-1	-1	-1
状態遷移グラフ											-5	-5	-7	-1	-5	-3
木構造																
探索木																

図 B.5: 探索 2 : 結果

	ノード	ヒューリスティックス	親ノード	子ノード	スタート	ゴール	(始点)	(終点)	edges	CLO SED	OPEN	コスト
ノード		-3 -3 -5	+5 +5 -1	+5 +5 -1	+7 +7 +3	+7 +7 +3	+5 +5 -3	+5 +5 -3	-3 -3 -3	+5 -1 -3	+5 -1 -3	-2 -2 -2
ヒューリスティックス									-1 -1 -1			-5 -5 -5
親ノード							-5 -5 -5		-7 -7 -7			
子ノード								-5 -5 -5	-7 -7 -7			
スタート												
ゴール												
(始点)									-7 -7 -7			
(終点)									-7 -7 -7			
edge												+1 -3 -7
CLO SED												
OPEN												
コスト												

図 B.6: 探索アルゴリズム : 結果

参考文献

- [1] 落水浩一郎 高等教育カリキュラム体系に基づく電子教材の整備について JAIST 遠隔学習計画案資料,1998
- [2] 稲場晶子、豊田順一（大阪産業科学研究所）CSCL の背景と研究動向 JSiSE 解説
- [3] 北陸先端科学技術大学院大学 編 次世代遠隔教育・研究システムに関する第 1 回ワークショップ論文集
- [4] 落水浩一郎、片山卓也、篠田陽一、他 ギガビット利用した知識の創生とオンデマンド学習支援システムの開発
- [5] 太原育夫 著 人工知能の基礎知識 近代科学社
- [6] リンネット・ポーター著、小西 正恵訳 インターネットによる遠隔学習 KAIBUNDO
- [7] WIDE Project SOI Team <http://www.sfc.wide.ad.jp/soi/about.html> WIDE Project SOI 研究会
- [8] 片山馨, 香川修見, 神谷泰宏, 封馬英樹, 吉広卓哉, 上林禰彦 遠隔教育のための柔軟な講義検索法 情報処理学会論文誌, Vol.39, No.10, Oct.1998
- [9] 杉山邦夫, 津野孝, 中島敬一 インターネット環境を利用した CAI の構築 化学ソフトウェア学会年会, '96 研究討論会, No.105
- [10] Kumiyo Nakakoji, Yasuhiro Yamamoto, Shingo Takada, Breat N. Reeves Two-Dimensional Spatial Positioning as a Means for Reflection in Design Appeared in the Proceeding of Design of Interactive Systems(DIS'2000), ACM, New York, NY, pp.145-154, (August, 2000)

- [11] Shahraray,B.and Gibbon,D.C. Automated authoring of hypermedia documents of video programs Proc.3rd ACM International Multimedia Conference(ACM MULTIMEDIA95),San Francisco,California,pp.401-409(1995)
- [12] Pamela B.Lawhead,Elizabeth Alpert,Constance G.Bland,Linda Carswell,Dawn Cizmar,Jean DeWitt,Mihaera Dumitru,Eva R.Fahraeus The Web and distance learning : what is appropriate and what in not Report of the ITiCSE'97 Working Group on the Web and Distance Learning
- [13] Tamara Sumner,Josie Taylor New Media,New Practices : Experiences in Open Learning Course Design Proceedings of CHI 98Los Angeles CA USA,18-23,April,1998
- [14] 有木康雄, 杉山善明, 石川則之, 寺西俊裕, 櫻井光康 ニュース映像中の記事に対する音声・文字・映像を用いた索引付けと分類 電子情報通信学会技術報告,PRMU96-97,pp.31-38(1996)
- [15] 石井 裕著 CSCW とグループウェア-協創メディアとしてのコンピュータ- オーム社,1996
- [16] 水口 充, 増井 俊之, ジョージボーデン, 柏木 宏一 なめらかなユーザインタフェースによる地図情報検索システム インタラクティブシステムとソフトウェア III(WISS'95),pp.231-240
- [17] Lemke,A.C.,Fischer A Cooperative Problem Solving System for User Interface Design Proceedings of AAAI-90,Eighth National Conference on Artificial Intelligence,,pp.479-484,1990
- [18] <http://www.real.com> Real Networks Company.inc
- [19] Robertson,S.P.,Wharton,C.,Ashworth.C.,and Franzke,M.: "Dual Device User Interface Design:PDA's and Interactive Television",Proceedings of CHI 96:Human Factors in Computing Systems,pp.79-86(1996)
- [20] 田中、矢側、柳 映像と WWW の連携技術を用いたインタラクティブ映像ナビゲーションシステム 情報処理学会インタラクシオン'97,pp.47-48(1997)
- [21] 田中、鈴木 VOD 映像-WWW ページ連携コンテンツ提供システム(株)日立製作所 システム開発研究所 研究報告書 (3U-01)

[22] <http://www.nime.ac.jp/vu-forum/index.html> パーチャル・ユニバーシティ研究フォーラム

[23] <http://vu.cse.kyutech.ac.jp/project/index.html> Virtual University