

# コンセプトマップを利用した学習評価支援システムとその利用について

野村 学<sup>†</sup> 三浦克宜<sup>†</sup> 斉藤 一<sup>††</sup> 齋藤健司<sup>†††</sup> 前田 隆<sup>††</sup>

近年,学校教育において知識構成を重視した学習評価法が注目されており,その中に学習内容とその概念を2次元図上に表象するコンセプトマップがある.すでに従来研究でコンセプトマップが学校教育において有効なツールであることが報告されているが,紙で作成された台紙とカードを使用して作成するため,その作業時間は多くの時間を必要とした.また,学習評価も相対評価から絶対評価への移行が進められ,さらに観点別評価の必要性が指摘されている.本研究では,コンセプトマップを利用した学習評価支援システム *LasCom* を開発し,被験者による利用実験を行い,*LasCom* の操作性と絶対評価の基礎として形成的評価でのコンセプトマップの利用の考察を行った.

## On Learning Assessment Support System using Concept Map

Manabu NOMURA<sup>†</sup> Katsunori MIURA<sup>†</sup> Hajime SAITO<sup>††</sup> Kenji SAITO<sup>†††</sup>  
and Takashi MAEDA<sup>††</sup>

In school education, knowledge construction is important for learning evaluation. Concept map is so effective tool of knowledge construction that we use concept map as a tool of learning evaluation. Usually, learner has constructed concept map by handwork. It is so hard for learner and it is required much time. Therefore, we propose *LasCom* (Learning Assessment Support system using COnccept Map) in order to solve the problem. In this paper, we describe an experiment of a prototype system of *LasCom*, and discuss its usage. Finally, we consider on operativity of *LasCom* and usage of concept map in formative evaluation.

### 1.はじめに

近年の教育観・学習観の変化により,学習評価も相対評価から絶対評価への移行が指摘されている.しかし,適切な絶対評価を行うためには,形成的評価において学習者の知識構成や知識獲得の状況を詳細に確認する必要がある.また,学習評価の内容も従来の知識の量を測るものから知識の構造を測ることへの移行が指摘され,従来のペーパーテストのみでは,学習者の学習評価を行うことが困難になってきている.

そこで,我々は学習者の知識の構造を測る有力なツールである教育学で提唱されたコンセプトマップ<sup>[1][2]</sup>を導入し,教育・学習においての有効的な利用方法を試みる.コンセプトマップは,事物と事物,考え方と考え方,あるいは人と人との間に成

り立つ関係について,人間がどのように理解しているかを探る手法である.コンセプトマップの導入により,従来のペーパーテストでは困難であった学習者の内的概念の構造を測定することが可能であると考えられる.

しかし,現在,コンセプトマップは学習者の概念的な知識構造を表出するツールとしては利用されているが,それによって作成されたコンセプトマップを教育評価に利用している事例は少ない.それには,以下の原因が考えられる.

- ・コンセプトマップの作成が手作業であり多くの時間が必要
- ・評価する者の主観が入りやすい

福井ら<sup>[3]</sup>など,コンセプトマップの作成をシステム化する試みは進められているが学習評価まで取り入れているものは少ない.我々は,これらの問題を解決するためにコンセプトマップを利用した学習評価支援システム *LasCom* ( Learning Assessment Support System using Concept Map) を開発し改善を試みる.そして,小規模な被験者実験により *LasCom* によるコンセプトマップ作成作業時間と操作性について検証する.

<sup>†</sup> 北海道情報大学大学院経営情報学研究科  
Graduate School of Hokkaido Information  
University  
<sup>††</sup> 北海道情報大学情報メディア学部  
Faculty of Information Media, Hokkaido  
Information University  
<sup>†††</sup> 北海道情報大学経営情報学部  
Faculty of Business Admin. and Information  
Science, Hokkaido Information University

## 2. コンセプトマップを利用した学習評価

### 2.1. 知識構成とコンセプトマップ

人間の知識構成は、その明確な表現が困難であるという意味で本来は暗黙知である。つまり、文章や図で表出することが困難であると考えられている。その知識構成をできるだけ詳細に、そして正確に表出する研究が盛んに行われている。

知識構成とは、知識の構造を概念と他の概念を何らかの関係で結んでいくことで形成され、人間は無意識のうちに、この行為を頭の中で行っていることが多く、つまり、知識構成を表出するためには、概念と他の概念を結ぶ関係を表す必要がある。概念間関係を 2 次元図として表現するツールとしてコンセプトマップの他に意味ネットワークがある。意味ネットワークは、1968 年に人間の連想記憶の心理学的モデルとして、Quillian によって提唱されたもので、人間の連想をある概念に関して、それらが持つ性質・属性の内容・値を通して他の概念を想定することを図で表現する。コンセプトマップと意味ネットワークの違いは、階層性の取り扱いにある。コンセプトマップは概念間の階層性をノードの位置により表現するが、意味ネットワークは概念間に明確な階層性を図形上で表現しない。また、意味ネットワークの概念間関係の表現方法は固定されていることが多いが、コンセプトマップでは結合語を用いるため、その表現は多様である。つまり、意味ネットワークは、図形上で階層性を表現せず、概念間関係にて階層性を表現するのに対して、コンセプトマップは図形上で階層性を表現し、概念間関係には階層性を考慮する必要がない。意味ネットワークが図形上に自由度を高めたのに対してコンセプトマップは概念間関係の自由度を高めている。したがってコンセプトマップにおいて結合語を何種類かに固定し階層性の考慮を省くと意味ネットワークと同一のものとなる。したがって、コンセプトマップも意味ネットワークの一種であるとも考えられる。しかし、本研究では、その階層性と結合語の多様性を利用するため、コンセプトマップを利用して学習者の知識構成を表出することを目的とする。

### 2.2. 学習におけるコンセプトマップの利用

コンセプトマップはこれまでも、多くの教師が学校教育に取り入れてきた。コンセプトマップは、ある特定の学習過程において、教師と学習者が焦

点化する必要のある少数のアイデアを明確し、概念的意味を結びつける視覚的地図により、学習課題の達成後の図式的な要約を提供する。つまり、学習者の既知となった知識構成を表出するツールとして有効である。

学習中においてもコンセプトマップの作成が有効ではあるが、最も有効に利用することが可能なのは学習後の学習者の知識構成の表出である。Novak は、有意味学習の評価ツールとしてコンセプトマップが有効であるとしている<sup>[2]</sup>。

本論文では、コンセプトマップを利用した学習ではなく、一定のまとまりのある学習内容を学習した結果をコンセプトマップを利用して評価をすることを想定する。

### 2.3. コンセプトマップを用いた学習評価

コンセプトマップを用いた学習評価の基本は、教師と学習者が作成したコンセプトマップを観察し、視覚的に比較して判断することにある。しかし、それだけでは、主観的な評価になりがちであるため、客観的要素としてコンセプトマップの定量化も必要であると考えられる。

竹谷らは、学習課題をノードとし、ノード間を結合語を持たない有向枝で順序関係を表現する階層性を持った認知マップにおいて、ノードの順序関係の類似度による理解度評価法を提案している<sup>[4]</sup>。大辻らは、学習項目をノードとし、ノード間を結合語を付加した無向枝で表現する階層性を持たないコンセプトマップにおいて、そのリンクの意味分析による評価観点を提案している<sup>[5]</sup>。

しかし、竹谷らの手法では、ノード間関係は順序関係しか表現することができず、学習内容の知識構造を適格に表出するのは困難である。そのため、我々は先行研究にて、竹谷らの手法を基に大辻らのリンクの意味分析を考慮した結合語の類似度を提案している<sup>[6]</sup>。

LasCom では、これらのコンセプトマップの定量化の他に視覚的判断を支援するいくつかの表示方法を取り入れ学習評価の支援を行う。

## 3. コンセプトマップを利用した学習評価支援システム

### 3.1. LasCom の動作環境

本研究では、コンセプトマップの作成作業時間の短縮、管理支援、コンセプトマップを利用する学習評価支援を目的とした学習評価支援システム

LasComを開発した.LasComはJava言語によって開発され,動作環境はJavaVMを搭載するコンピュータであればプラットフォームを問わずに実行可能である.動作確認はPC/AT互換機はWindowsXP, Windows2000, Linux2.4.18, およびMacintoshはMacOSXで行った.プラットフォームごとにインタフェースの表示に若干の違いは見られたが,その他の大幅な変更もなく作成されたデータに対して互換性が証明された.

### 3.2.コンセプトマップの定義

従来のコンセプトマップは,主にノード,アークで構成されるものが多い.しかし,本研究では,より柔軟性を持ったコンセプトマップの作成を目的とし,階層性に影響を持たないリンクを追加した.リンクはアークの補助として考え,ノード間にアークを引くのが困難であるが,関係を表したいときに利用する.これにより,学習者の概念間の関係をより詳細に表出できると考える.よって本研究で用いるコンセプトマップは「学習項目・概念等を表すノード,ノード間の順序関係や因果関係等を表す有向枝で結合語の付加が任意に行えるアーク,ノード間の演繹,帰納,相対的間を表す結合語を付加した無向枝であるリンクで構成される階層性を持った2次元の図」と定義する.

### 3.3.LasComの構成

LosComは,以下の3つの機能を持つサブシステムから構成され,図1にLasComの構成図を示す.

- ・コンセプトマップ描画支援機能
- ・コンセプトマップ管理支援機能
- ・コンセプトマップ評価支援機能

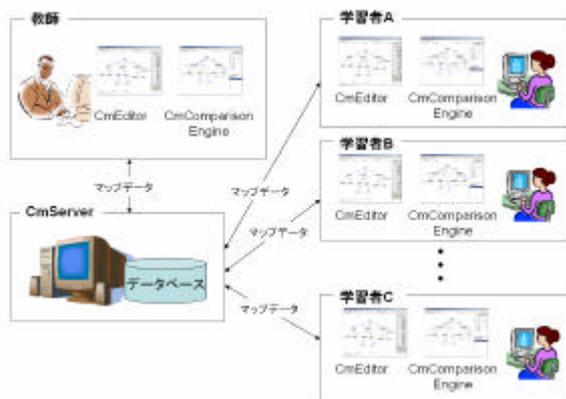


図1.LasComの構成図

コンセプトマップ描画支援機能(以下, CmEditor)は,教師・学習者共に共通のプログラムでコンセプトマップをコンピュータ上で作成するための支援を行う.この機能により,従来の手作業による作成の問題点のひとつである作業時間の改善を試みる.

コンセプトマップ管理支援機能(以下, CmServer)は,教師・学習者が作成したコンセプトマップを保存,管理の支援を行い,サーバの役割を行う. CmTransferは送信されたコンセプトマップをデータベースに保存し,管理を行う.

コンセプトマップ評価支援機能(以下, CmComparisonEngine)は,教師・学習者共に共通のプログラムで, CmServerのデータベースにあるコンセプトマップ,またはファイルとして保存されているコンセプトマップを読み込み,それら複数のコンセプトマップを比較し,比較結果を出力する.この出力結果から教師は学習評価の参考にし,学習者は自己内省や他者との比較を行うことを容易にする.

これらの機能は独立したプログラムとして作成されており,教師・学習者には CmEditor, CmComparisonEngineの他に CmServerとコンセプトマップのデータを送受信するための CmTransferが利用できる.

各プログラム間のデータの受け渡しは,オリジナルのコンセプトマップオブジェクトである Map オブジェクトを用いて行われる.この Map オブジェクトにはノード,アーク,リンクの情報やマップの作成者等の情報が格納されている.また,この内容はXMLでの出力も可能で,LasCom以外の環境でもコンセプトマップの内容を得ることが可能である.

### 3.4.コンセプトマップ描画支援機能

LasComは,コンセプトマップ描画支援機能として CmEditorを持つ. CmEditorはスタンドアロンで実行可能なJavaアプリケーションでGUI環境にJavaのAWTを用いている. CmEditorは,教師,学習者のコンセプトマップ作成作業の負担軽減を目的として作成された.図2に, CmEditorのインタフェースを示す.

CmEditorは,コンセプトマップ描画エリア,描画モード選択ラジオボタン,ラベル,結合語入力エリア,操作リスト,情報表示エリア,メニューバーの6つの部分から構成される.

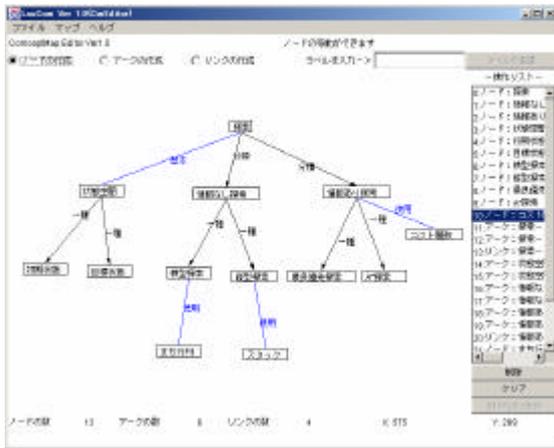


図 2. CmEditor のインタフェース

コンセプトマップ描画エリアは、コンセプトマップを表示するエリアであり、ノード、アーク、リンクの操作時に使用する。ノードの保持する座標とは、このコンセプトマップ描画エリア上の座標である。ユーザはこのエリア内でコンセプトマップを描画する。描画モード選択ラジオボタンは、チェックボックスが 3 種類あり、チェックを切り替えることで操作の変更を行う。ノードの作成をチェックするとノードの新規作成や移動が可能となる。アークの作成、リンクの作成をチェックすると、ノード間のアーク、リンクを作成することが可能となる。ラベル、結合語入力エリアは、ノードのラベルやアーク、リンクの結合語を入力することができる。ラベルや結合語の変更は、操作リストから該当する番号を選び、変更後の文字列を入力しラベルの変更ボタンを押すことで変更が可能である。操作リストは、現時点までの操作が順番にリストとして表示される。削除されたノード、アーク、リンクの内容も保持されるため、ラベルや結合語を変更する場合のほか、作成した順番や削除した内容の確認が可能である。情報表示エリアは、作成中のコンセプトマップの簡単な情報が表示され、メニューバーは、コンセプトマップのファイルへの入出力、XML 出力、CmServer への転送を行う。

ノードの作成は、描画モード選択ラジオボタンのノードの作成をチェックし、ラベル、結合語入力エリアにラベルを入力する。その後、コンセプトマップ描画エリアにて、そのノードを配置した場所をクリックすると、その場所にノードが作成される。座標は、ノードをドラッグすることで変更が可能で、ラベルを変更する場合は、操作リストから該当ノードを選択し、変更後のラベルを入力しラベルの変更ボタンを押すことで変更が可能である。

アークの作成は、描画モード選択ラジオボタン

のアークの作成をチェックし、必要ならば結合語を入力し、コンセプトマップ描画エリア上の始点となるノードから終点となるノードへマウスをドラッグすることで作成される。結合語の変更はノードのラベル変更と同様の操作で行うことが出来るが、始点ノード、終点ノードの変更は行うことが出来ない。そのため変更を行う場合は、該当アークを削除して、再度、アークを作成する必要がある。これは、学習評価を行う際に概念間の関係を修正した履歴を利用するためである。

リンクの作成は、アークの作成と同様で行うことが出来るが、アークと違いリンクには必ず結合語が必要となるため、結合語が入力されていない場合は、作成することが出来ない。

ユーザはこれらの作業を順不同に繰り返してコンセプトマップを作成する。作成されたコンセプトマップは、ファイル、XML、CmServer へ出力・転送が可能であり、それらは、メニューバーより操作が可能である。

### 3.5. コンセプトマップ管理支援機能

LasCom は、コンセプトマップ管理支援機能として CmServer を持つ。

CmServer は CmEditor や CmComparisonEngine とのコンセプトマップの送受信やデータベースに保存する Java アプリケーションで GUI 環境を持たず、コンセプトマップの管理を目的として作成された。CmServer は受信したコンセプトマップをデータベースに保存し、管理を行う。

### 3.6. コンセプトマップ評価支援機能

LasCom は、コンセプトマップ評価支援機能として CmComparisonEngine を持つ。CmComparisonEngine はスタンドアロンで実行可能な Java アプリケーションで GUI 環境に Java の AWT を用いている。CmComparisonEngine は、教師による学習者の学習評価の支援、学習者の自己内省、他者との比較による概念構造の相違認知を支援することを目的として作成された。

LasCom では CmComparisonEngine により本研究で取り上げたコンセプトマップを利用した評価方法を参考にし教師への学習評価の支援となるデータの有効な出力、学習者への有効な情報出力を試みる。LasCom によって出力された比較結果は、学習者の学習評価結果ではなく、参考資料として利用し、教師は、それらを参考に学習

者の学習評価を行う。図 3 に *CmComparisonEngine* のインタフェースを示す。

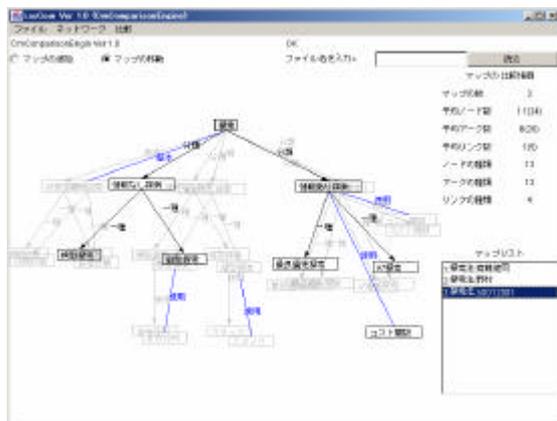


図 3. *CmComparisonEngine* のインタフェース

*CmComparisonEngine* は、以下の手法にてコンセプトマップの分析を行う。

1. ノード間の順序関係による類似度
2. 結合語の意味による類似度
3. ノード、アーク、リンクの類似度

ノード間の順序関係による類似度と結合語の意味による類似度は、2.3 で取り上げた評価手法を元にコンセプトマップを分析する。ノード、アーク、リンクの類似度は、複数のコンセプトマップのノード、アーク、リンクの種類のうち、全てのコンセプトマップで一致している数を求めたものである。

この他に、教師の定性的な分析の資料、学習者の視覚的相違箇所の発見を支援するためにマップマッチング表示、注目ノードマッチング表示を行う。マップマッチング表示とは、複数のコンセプトマップを重ねて表示するものである。これにより、別々に表示されている状態よりもコンセプトマップの違いを容易に発見することが可能であると考えられる。注目ノードマッチング表示とは、マップマッチング表示を部分的にしたもので、注目するノードに関係するノード、アーク、リンクのみにおいてマップマッチング表示を行う。これにより、注目したいノードに関係するノード、アーク、リンクの違いをより容易に発見することが可能であると考えられる。

*CmComparisonEngine* は、複数のコンセプトマップを全体的に比較している。教師が学習者を個別に評価、また、学習者が自分のコンセプトマップと教師のコンセプトマップを比較して自己内省を行うときなど、一対一でコンセプトマップを比較する場合は、*CmComparisonEngineTwin* を

使用する。一対一のコンセプトマップの比較は多数のコンセプトマップと比較する場合と比較して、学習者のコンセプトマップをより詳細な分析することが可能となる。*LasCom* では、集団を分析する際のツールとして *CmComparisonEngine*、個別に分析する際のツールとして *CmComparisonEngineTwin* の 2 つを用意した。図 4 に、*CmComparisonEngineTwin* のインタフェースを示す。

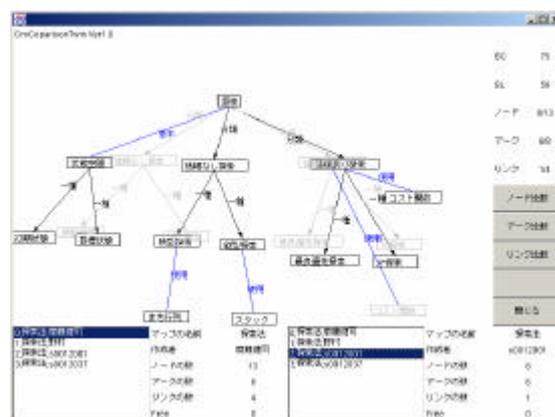


図 4. *CmComparisonEngineTwin* のインタフェース

## 4. *LasCom* の評価実験

### 4.1. 実験の目的

我々は、学習評価支援システム *LasCom* の機能的操作性と本論文で定義したコンセプトマップの有効性に関する実験的評価の一段階として、手書きの作業とコンピュータでの作業を比較して、実際の学校教育での利用が可能であるかを検討する。そのため、今後、コンピュータの導入が必然となる学校教育を想定し、学習評価支援システム *LasCom* のプロトタイプシステムを試作し、評価実験を行った。

### 4.1. 実験方法

被験者は学習者として大学生 9 名、教師として大学講師 1 名、計 10 名で行った。学習者はプリテストと講義の後に *LasCom* グループ 5 名、手書きグループ 4 名に分けた。被験者は全員、実験当日までコンセプトマップの作成の経験を持たなかったが、事前にコンセプトマップとそれらを構成するノード、アーク、リンクについて、また *CmEditor* と手書きによるコンセプトマップ作成作業に関する説明を行っている。また、プリテストの結果が

ら被験者に講義内容について前提知識が無かったことが確認できている。

講義内容は人工知能の「探索法」の一部であり、配布資料は無く、教師となる被験者のホワイトボードによる板書と口述によって 20 分間行われ、被験者は通常の講義同様にノートを取るなどして受講した。その後、LasCom グループと手書きグループそれぞれコンセプトマップの作成を行った。各被験者は、ノート等を参考に個別に作成した。被験者は、20 分を目途にコンセプトマップを作成し、終了次第、ポストテストを実施した。ポストテストはプリテストとまったく同じ問題で 10 分間行い、同じ採点にて評価を行った。その結果は、平均 81 点で従来の評価方法に基づく各被験者とも講義について理解されたものと考えられる。

#### 4.2. 実験結果と考察

形成的評価は、学習者の知識構成または知識獲得の状態に関する評価で短いスパンで行われることが望ましく、通常は授業の終わりに行われることが多い。そのため、コンセプトマップを形成的評価で利用するためには、簡便で短時間で実施できるものが望ましい。これまでの手作業によるコンセプトマップの作成では、多くの作業時間を必要とした。そこで、被験者実験におけるコンセプトマップ作成作業時間を *CmEditor* と手作業とで比較した。*CmEditor* を利用した LasCom グループの作成作業時間が平均 14.8 分で作成できたのに対して手書きグループは 22.75 分だった。また、実験後に行ったアンケートでは、手作業グループの被験者 C、D が 20 分の作成作業時間では不足しているとしているが、LasCom グループは全員が 20 分では、時間が余るとしている。

*CmEditor* の操作性については、被験者実験後に行ったアンケートより考察する。LasCom グループは、コンセプトマップの作成の簡便性に全員が肯定的な回答をしたが、手書きグループのうち 1 名は否定的な回答をしている。また、次にコンセプトマップを作成するとするなら手書きと *CmEditor* のどちらを利用したいかという質問に対して、LasCom グループは全員 *CmEditor*、手書きグループは 1 名を除いて他全員が *CmEditor* と答えた。

この結果より、手書きよりも *CmEditor* を利用した方が確実に作成作業時間を短縮することが可能であることを確認できた。今回の被験者実験は被験者が *CmEditor* の操作方法とコンセプト

マップの理解が不足していると考えられ、慣れることにより短時間での作成が可能になると考える。また、手書きよりも *CmEditor* を利用した方がコンセプトマップの作成は容易であることが確認できた。そして、簡便に短時間でコンセプトマップの作成が可能であるため、短いスパンで学習者の詳細な知識構成や知識獲得の状況の確認が可能であると考えられる。しかし、被験者から「戻るボタン」の必要性等の指摘も受けているため、操作性についてより詳細な調査が必要である。

#### 5. おわりに

本稿では、今後の学校教育における学習評価で重要視される知識構成を表すツールとしてコンセプトマップを導入して改善を試みた。コンセプトマップを利用した学習評価支援システム LasCom を開発し、小規模な被験者実験を行い、実際の学校教育においての利用について検討した。

従来の手書きでは多くの作成作業時間を必要としたが、*CmEditor* により作成作業時間の短縮が可能であることが確認できた。今後の課題としては、以下の点が挙げられる。

1. 初等・中等教育の教育現場での被験者実験
2. LasCom の学習評価支援の検討
3. 協調学習機能の検討

また、LasCom の e-Learning における応用についても、今後の重要な課題である。

#### 参考文献

- [1] J. Novak and D. B. Gowin: "Learning how to Learn", Cambridge University Press, 2002
- [2] J. Novak: "Learning, Creating, and Using Knowledge - Concept Maps as Facilitative Tools in Schools and Corporations", LAWRENCE ERLBAUM ASSOCIATES, Publishers, 2002
- [3] 福井真由美, 加藤浩, 舟生日出男, 鈴木栄幸, 山口悦司, 稲垣成哲: "共同学習の支援におけるコンセプトマップ共同作成システムの有効性について", 教育システム情報学会誌, Vol. 19, No. 4, 2002.
- [4] 竹谷誠, 佐々木整: "学習者描画の認知マップによる理解度評価法", 情報処理学会論文誌, Vol. 80, No. 1, 2002.
- [5] 大辻永, 赤堀侃司: "リンクの意味分析による概念構造図の評価観点とその妥当性", 科学教育研究, Vol. 18, No. 4, 2002.
- [6] 野村学, 齋藤一, 齋藤健司, 前田隆: "コンセプトマップを利用した理解度評価法の検討", 情報処理北海道シンポジウム 2002, 2002.