

Abstraction in Concept Map and Coupled Outline Knowledge Representations

SHERMAN R. ALPERT

Journal of Interactive Learning Research, 14(1), 31-49, 2003

概要

コンセプトマップは、領域に関する知識をグラフィカルに表現するために使用された。知識表現ツールとして、概念マップは利用者の認知的な表象と同一の構造をもつ表象メカニズムを組み込むべきである。この論文では、コンピュータベースで概念を記述するツールについて述べる。このツールは、動的なイメージ(ビデオ, アニメ, サウンド)と複数のレベルの抽象化を含む豊富な表象能力を提供する。ツールは、概念マップを複数のレベルの概念マップに含まれるすべての知識を含んだ補助的な表象に自動的に変換できる。この概念マップツールは、標準的な Web ブラウザを通してアクセスできる。

1. はじめに

■概念マップとは

概念マップ：ある領域に関する知識の視覚的な表現

概念マップの構成要素

- ノード：概念，対象もしくは行為を表す。ノード間は，リンクによって結合される。
 - リンク：ノード間の関係を定義するリンク
- 2つが一緒になって命題や，原理，領域，対象の記述を定義。(Figure 1:「鳥は飛ぶことができる」)

Quillian (1968)

“知識を表現するメカニズムとしての概念マップは，認知科学のコミュニティーから発展した意味ネットワークの形式主義と本質的に同等である。”

■概念マップの歴史

教育場面での幅広い利用：すべての科目領域

読み，読解，科学，工学，数学，社会学習，意思決定(Fisher et al., 1990; Bromley, 1996; Novak, 1998; Chase & Jensen, 1999)

概念マップの効果

- 生徒がその領域で何を学習し，何を知ったのかを示す。
- 生徒の知識の視覚化によってリフレクションのようなメタ認知スキルの訓練を促す。
- 領域や物語の理解を助ける。
- 文章生成の準備段階としてアイデアの生成や組織化を支援する。
- 新しい領域の概念や概念構造を学習する生徒のための教育資料

概念マップのような視覚的な知識の表現：生徒の理解や学習を促進

- Fisher et al. (1990)

エキスパートが構成したマップの教育的効果について報告

- Dunston (1992), Moore and Readance (1984)

生徒が省察や確認のためにマップを構成するときの教育効果について報告

■コンピュータを使用した概念マップの利用

コンピュータベースの概念マップツール

数多く報告されている(Fisher et al., 1990; Gorodetsky, et al., 1994; Gaines & Shaw, 1995)
概念マップのソフト：文章作成においてワープロが提供する機能を持つ。
作成したマップの修正（追加，削除，修正，再組織化）機能
生徒は知識の発展にあわせて作成したマップの修正を頻繁に行う(Anderson-Inman & Zeitz, 1993)。

■概念マップ生成ツールの必要要件

概念マップの目的：知識を視覚的に表現すること

概念マップに求められる機能

- 人々が持つ多様な種類の知識をそれらと同様もしくは類似の知識構造で表現できる。
- 利用者が概念の抽象化のレベルを簡単に行き来できる。
- 利用者がアイデアの概念的な抽象化を表現された知識に容易に適用できる。

現在の概念マップ生成ツール

- 動的な視覚や音声情報を十分に表現できていない (Alpert & Grueneburg, 2000)。
- 概念マップに提示された知識を利用者が認知的な表象と同じ構造にすることが容易ではない。

■論文の目的

Webster：コンピュータベースの概念マップ生成ツール

*Webster*の目的：現在の概念マップ生成ソフトの能力を拡張する

- より互換性のある知識の表象を提供
- 生徒自身の知識の表現や新しい概念の学習のためのより効果的な機能を提供

*Webster*の特徴

- 概念マップにおける統合的なマルチメディア機能
- Web からの利用が可能，概念マップと他の Web メディアとのハイパーリンク機能
- 複数レベルの抽象化の表現やナビゲーション機能
- 複雑な概念マップの構成において離れた場所にいる生徒間の協同を支援

論文の構成

- 概念マップの抽象的な知識の表現の認知的な理論的根拠
- *Webster* における抽象化のメカニズム
- 概念マップをアウトラインの形式に変換する方法

2. ABSTRACTION

■知識の抽象化とは

人間の認知の基本的な特徴：抽象的な知識を扱う能力

抽象化の本質的な能力

あるレベルで1つのノードで表された概念や行為，対象をより精巧な定義に展開できる能力

Miller (1956)の作業記憶におけるチャンク概念

人間の作業記憶：7つのアクセス可能な要素を含む。

作業記憶は明らかに7つ以上の情報や知識にアクセスできているように見える。

7つの要素：単一レベルのチャンク・知識の要素

より詳細なレベルの抽象化された知識に拡張できる。

Anderson (2000)

“あるレベルでは，チャンクは低いレベルの構成要素の結合である。他のレベルでは，それはより大きな構造の基本的なユニットである。”

■概念とは

概念：より高いレベルの概念的なカテゴリの一員である。

概念的なカテゴリにおける抽象化：カテゴリを包括するような具体的な事例の経験に起因

例) 多くの特徴を共有するもの(例えば様々な鳥)はより高いレベルの知識構造(鳥という概念)で表現される。

概念のシンプルな定義

概念は複数の属性をもち、そのカテゴリの各インスタンスはそれらの属性のサブセットを共有する。

■他の高いレベルの知識構造

scripts：出来事を構成する典型的なサブイベントや行為を結合した知識構造(例：レストランでの食事)

schema：複数の関連する知識要素を結合・関連させた知識構造

概念的なカテゴリ, *scripts*, *schema*：さらに高次の関係と結合させることができる。

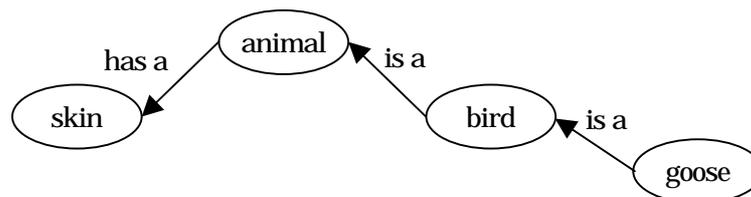
■知識の階層構造

抽象化：人々が膨大な概念に関する情報を効果的・経済的に保持することを可能にする。

高次の概念構造：一般-特殊, 上位-下位関係などの階層で組織化されている。

外界の対象：複数の異なる階層のレベルに分類(安楽椅子の概念カテゴリ：椅子, 家具)

上位概念が持つ特性：下位概念に継承される。(動物から連想される特徴は鳥にも当てはまる。)



■Instance theories

抽象化の認知的な性質：認知科学的な理論の全てで同意を得ているわけではない。

抽象化に関する別の考え方：概念的な知識の *instance theories*

Instance theories：人間は主要な概念ではなくその概念の特定の事例を格納している。

鶯鳥が鳥かどうかは、鶯鳥が他の特定の鳥とどの程度類似しているかで判断する。

Webster の議論では前述した抽象化のメカニズムを想定する。

3. ABSTRACTION IN WEBSTER

■概念マップや意味ネットワークの問題

十分な視覚的・構造的な抽象化メカニズムの不足：マップやネットワークは単一の図で表現

領域の全ての知識を表現するノードやリンクは単一のレイヤーで記述される。

抽象化の概念：不十分

- 抽象化はノード間の一般-特殊関係で表現される。

特定の概念(bird)はより一般的な概念(animal)を指すラベル is a, a kind of のリンクで結合される。

- 単一レイヤーではより抽象的なノードはさらに他のノードに結合するリンクを持つ。

- 膨大な関係のリンクや関連する概念をノードに直接接続する必要がある。

(例) “bird”は “a kind of”以外にも “has wings”, “can fly”などの関係を持つ。

複数のレベルの抽象化に分解できる。

- マップは複雑になり、抽象化をうまく利用している作成者の認知的な表象は反映されない。

単一レイヤーの表象スキーマの問題

- 情報量が増えると視覚的な混乱を導き、ネットワークの理解が困難になる。
- 特に概念的な抽象化の表現において人間の知識表象に関する心理学的な理論と異なる。

■ Websterの表象スキーマ

上記の問題を解決

- 上位概念のマップに下位概念の抽象化を組み込む。
(例) “bird”のラベルがついた単一のノードを “animal”のマップに含める。
- 上位概念のマップに含める下位概念の抽象化は下位概念のレベルの詳細を含まない。
(例) “animal”のマップ上では “bird” に関する詳細は含まない。
- 下位概念のノードは下位概念のレベルで展開できる。
(例) “bird” の知識は “bird” のレベルのマップ上でより詳細に表現される。
人間と同じような知識の表現だけでなく人の知識表象を視覚的に節約できる。

■ 様々なタイプの表象

Webster: 自然な知識表象と同様の形式やメカニズムで様々なタイプの表象の提供を試みる。

- ほとんどのツールではできなかった動的なイメージとサウンドを含めた表象を提供
- 前述した抽象化のメカニズムを提供

抽象化のメカニズム: チャンク概念に類似

抽象化は submap ノードと関連する submap で表現される。

Submap ノード: 単一のノードで特定のレベルのマップを仮想的に表現

Submap: submap ノードが表す情報の塊を展開したより詳細なレベルのマップ

認知的な表象と類似した、様々なタイプの知識に対応する知識表現ツールとしてふさわしい。

■ マルチレイヤー

Submap 内の知識の構成要素: さらに下位概念の Submap ノードを持つ。

Submap は再帰的に埋め込まれる。

3次元の知識表象スキーマ

各レベルのマップ: 2次元で表現される知識の構成要素を含む。

個々の submap: 3番目の次元に格納される。

垂直的な submap の格納: 概念マップ全体の複数レベルの抽象化を表現する。

■ 概念の具体化

animal に関する概念マップのトップレベル: Figure2

■ システムの抽象化能力の利用促進機能

submap 間の単純なナビゲーションのためのツールを提供

豊富な表象メカニズム: 幅広い表現力をマップ作成者に提供

3.1 Creating Abstraction (Submaps)

抽象的な submap の中身の生成・具体化: 複数の方法が存在

- ツールパレットから submap ツールを選択 (Figure2 の左)
新しい submap ノードをマップ上にドロップして、新しい知識の構成要素を配置する。
- マップ上の構成要素のグループを選択
選択したグループを自動的に生成される下位のマップレベルに押し下げる。(Figure3 ~ 5)
- 既存のマップの取り込み
作成中のマップのどのレベルにもサブマップとして取り込むことができる。
複雑なマップを生成している生徒間の協同作業の扉を開く

3.2 Navigating Among Abstraction Levels

サブマップ間の行き来

- 抽象化レベルの上下の移動
サブマップノードを選択して“dive into”ボタンを押して、サブマップのより詳細な情報を表示する。
例) bird サブマップノードを選択して(Figure2)“dive into”ボタン(Figure6)をクリックする。
- 概念マップ内の任意のサブマップへのジャンプ
Abstraction Levels Navigator(Figure6, Figure2~5の右上)のサブマップ名をクリックする。

Abstraction Levels Navigator (以下 ALN)の機能

サブマップ間の階層的な関係を示している。

階層関係：抽象化レベルの上位下位関係

利用者に意味的な情報を提供する。

サブマップの行き来において、概念マップ全体との関係を意識させる。

表示しているサブマップ名が強調される (Figure2~5)。

利用者が混乱あるいは、迷子にならないように、自分の位置を知るのを支援する。

3.3 Comparison to Other Concept Map Tools

他の概念マップ生成ツール

本システムと同じようにサブマップの概念を提供している。

サブマップ間を行き来する機能が不十分。

複数レイヤーの概念を組み込んでいる。

本システムとはその意義・目的が大きく異なる。

Inspiration[®]：最もよく知られ、売れている概念マップ生成ツール

“child maps”機能：マップの個々のノードは child map を持つ。(submap in this study)

child map の有無の表示：ノードを選択した時にしか分からない

例) child map を持つノードを選択した場合、右上角のハンドルが埋められる。

Webster はサブマップノードの存在をマップ上に明確に示している。

複数レベルの抽象化の表現：*Webster* の ALN に似たダイアログボックス

常に表示されていない。：メニューを選択することによって表示される。

Webster は常にユーザがどの抽象化レベルにいるのかを表示している。

Webster の ALN：概念マップの異なる抽象化レベルの認識とその行き来をサポート

- マップとサブマップ間の関係と同様にすべてのサブマップの存在を常に明確にする。
- すべてのサブマップに即座にアクセスできる。
- どのサブマップが現在アクティブかをはっきりと表示する。

SemNet[®] (Fisher et al., 1990; Gorodetsky, Fisher, & Wyman, 1994)：複数レイヤーの概念マップ

ある概念に関する知識の構成要素を1つのマップで全て表示しないので、想像しにくい。

Webster の ALN が提供するようなマップの概要を表現する機能がない。

3.4 Abstraction and Outlines

概念マップの利用に関連する重要な活動：アイデアや考えの生成や組織化

アイデアをまとめるための表現形式：アウトライン

多くの生徒がアウトライン形式を好んで利用

Webster はボタンを押すだけで概念マップをアウトライン形式に変換。

Inspiration のアウトラインの特徴：改良すべき点がたくさんある。

例

- child map の内容はアウトラインには含まれない。
- トップレベルのノードのみがアウトラインの要素として表現される。
- 抽象化のレベルが異なるものを1つのアウトラインで表現できない。

Webster のアウトラインの特徴

- 概念マップに含まれる全ての知識、情報、メディア、リンクを組み込んでいる。
- サブマップに含まれる全ての情報を1つのアウトラインで表現する。
- 1つの概念や考えの全体的な構造を表現できる。

Webster のアウトラインの構造

- 概念マップの3次元の知識表現がアウトラインの2次元の表現に圧縮される。
- サブマップはアウトラインの最適なインデントレベルに変換されて表現される。

例) Figure7

複数マップにまたがるノード

各サブマップを表現するアウトラインの一部：そのマップのメインコンセプトから始まっている。

マップのメインコンセプト：複数のレベルに存在するノード

他のレベルにあるメインコンセプトと同じ名前のノードは、1つのアイテムにまとめられる。

例) Figure7 の bird

マルチメディアアウトライン

サブマップに含まれたイメージ、動画、音声は、そのままアウトラインに変換

概念間の関係を表すリンク：アウトラインに含めるべき重要な意味情報

リンク情報を含めなかったアウトライン

```
. bird
  A. wings
    1. feathers
  B. fly
```

マップの情報の不十分な変換

Webster のアウトライン

```
. bird
  A. has: wings
    1. have: feathers
  B. can: fly
```

より意味のある概念とリンクの変換

4. CONCLUSION

生徒自身の概念マップの構築：知識導出、知識表現のエクササイズ

生徒が表現できる知識構造のタイプを制限しないことが重要。

様々な方法で知識を表現できる概念マップ生成ツールが必要。

Webster：優れた・幅広い表現能力を提供

マルチメディアの取り込みが可能、概念マップの複数レベルの抽象化、効果的な閲覧機能

概念形成ツールの学習への利用

Webster の概念マップは、学習する領域の概念だけでなく、概念間の構造的な関係をも示す。

概念間の構造的な関係：2次元の意味的な関係(リンク)、3次元の意味的な関係(抽象化)

アウトラインへの自動変換

Webster の実行環境

Webster：Java で実装、アプレットで動作、Web ブラウザから利用

生徒はコンピュータにソフトをインストールせずに Webster を利用できる。