

第1章 研究の目的と背景

第1節 研究の動機

ガニエの学習成果の5分類における言語情報の課題を学習するときには、ドリルにより繰り返し練習し、頭の中に整理しながら覚えていくことで効率的な学習をすることができる（鈴木 1989）。今までの研究においてドリルのアルゴリズムはいくつか提案されているが、多くのものが言語情報の課題のためのアルゴリズムであり、知的技能の課題の学習にそのまま当てはめることは難しい。それは、それぞれの課題の学習条件が異なるためである。言語情報の課題の学習条件が覚えるべきことをすべて与えておく必要があることに對し、知的技能の課題では常に新しい例に適應することが必要である。

知的技能には弁別学習・概念学習・ルール学習があるが、本研究では概念学習を取り上げることとする。概念学習とは、学習の結果、概念（グループ）に属する事例とそうでない事例を分類することができるようになるような学習のことである（鈴木 1989）。例えば、「平行四辺形」という概念を学習すると言うことは、学習後にいくつかの図形の形をした事例（四角形や三角形、円形など）を、「平行四辺形」であるかどうか、分類できるようになるということである。

第2節 研究の目的

そこで、本研究では、「次元分け」と「サブドリル構造」を用いることで、学習時の分類を行うときにどのような誤りやつまずきがあるかを明確にし、それに應じた練習をすることができるシステムを提案し、開発を行った。そして、評価を行い、提案したシステムを用いて概念の学習ができるか、アルゴリズム通りに動いているかを確認した。

第2章 概念学習について

第1節 次元分けについて

次元分けとは1960年に坂元昂が提唱した教材分析の1技法である。次元分けでは、概念の事例に含まれる情報に基づいて、ねらいとする概念の成立に本質的に関わる「適切次元」と、成立に関わりを持たない「不適切次元」に分ける分析方法である。適切次元は、正しく代表する要素である「正の値」と、誤って代表する要素である「負の値」に分けられ、不適切次元は、つまづきとなる要素である「変動する値」と、概念の成立には関わりを持たない「固定する値」に分けられる(図2-1)。

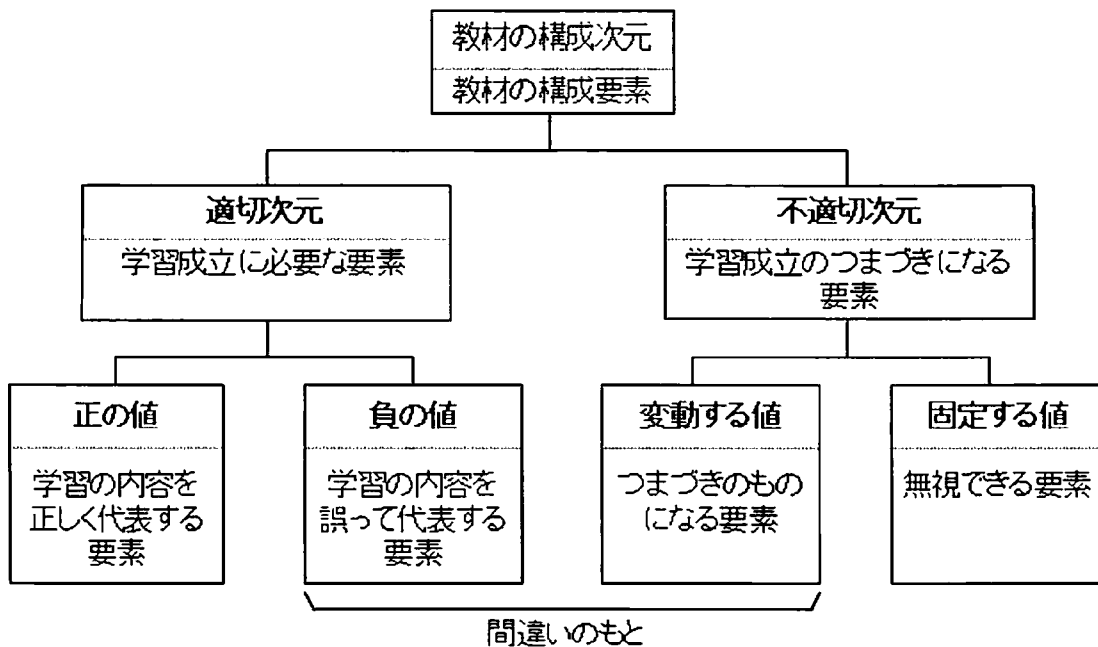


図2-1 次元分けの4つの値(下中 1979)

概念を4つの値に分け、どの値があてはまるのかを事例に属性として持たせ、そしてこれらをもとに、以下の流れで学習することにより、概念の学習をすることができる。

- (1) 適切次元における正の値を身につける。
- (2) 負の値を打ち消すことができる。
- (3) 不適切次元の変動する値に影響を受けずに正の値を獲得できる。

第2節 サブドリル構造について

知的技能の学習の前提条件として、「新出技能の前提となる下位の基礎技能を思い出させる」とあり、練習とフィードバックでは「誤答の原因に応じた下位技能の復習」とある。これは、階層構造となっている知的技能の課題を学習するときにあらかじめ学習した内容(下位の学習課題)に応用しながら学習し、間違えた場合には下位の学習課題に一度戻って、学習もできるということである(岩本・幸野・鈴木 1993)。

これらは Salisbury (1987) が提案した「サブドリル構造」を用いることで、実現できる。「サブドリル構造」とは、相互に階層的に関連するドリルを複数個用意し、ドリルを継続する方法である。誤りの種類に応じて、より基礎的な練習項目に戻り、その誤りを克服してからまたもとの練習に復帰するメカニズムである(図 2-2)。

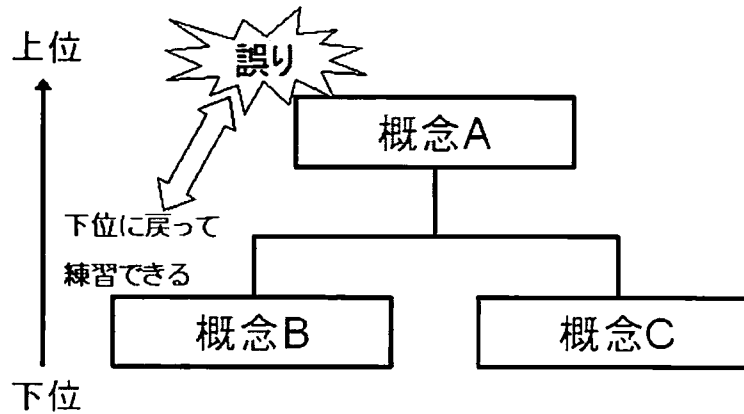


図 2-2 サブドリル構造の概念図

第3章 概念学習ドリルシエルの開発

第1節 システムの構成

本システムは、学習するドリル機能と、概念と事例を管理するシェル機能の、2つの機能から成り立っている。ドリル機能では、学習者へ問題の出題とフィードバックを行う。シェル機能では、管理者が概念や事例データを編集することができる。

これらの機能を実現するために、システムは3つのデータベース(以下 DB)を持つ(図 3-1)。概念 DB は、概念と概念の次元分けされた4つの値、上位-下位の階層構造データを持つ。事例 DB は事例と事例が次元分けされたどの値を持つかのデータを持つ。学習記録 DB は、学習記録データを持つ。

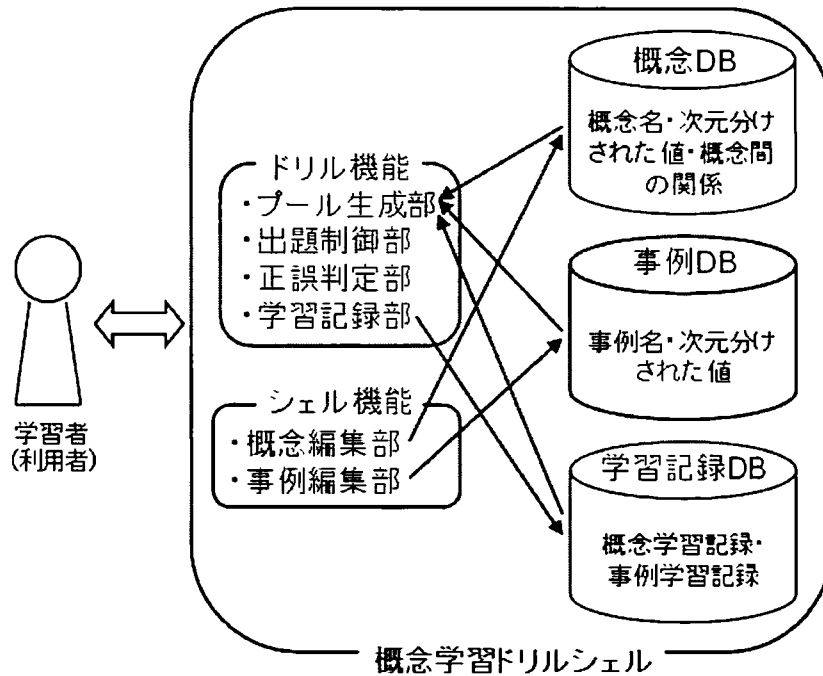


図 3-1 システム構成図

第2節 データベース(DB)の設計

3つのデータベース(DB)の持つ情報は以下の通りである(表 3-1)。

表 3-1 3つのデータベースの持つ情報

各データベースの情報

■概念データベース内のテーブルリスト

概念次元分けテーブル

概念ID	適切次元ID	変動ID	固定ID
------	--------	------	------

概念データテーブル

概念ID	概念名
------	-----

概念構造テーブル

概念ID	上位の概念ID	下位の概念ID
------	---------	---------

適切次元テーブル

適切次元ID	正の値	負の値
--------	-----	-----

変動する値テーブル

変動ID	変動する値
------	-------

固定する値テーブル

固定ID	固定する値ID
------	---------

■事例データベース内のテーブルリスト

事例次元分けテーブル

事例ID	正の値(適切次元ID)	負の値(適切次元ID)	変動ID
------	-------------	-------------	------

事例データテーブル

事例ID	事例名	画像ファイル名
------	-----	---------

■学習記録データベース内のテーブルリスト

概念学習記録テーブル

概念ID	学習記録データ	学習日時データ
------	---------	---------

事例出題記録テーブル

事例ID	出題記録データ	学習日時データ
------	---------	---------

概念データベースは、概念についての情報を持つ。概念にはそれぞれ管理用の概念IDを持ち、属性として次元分けされた値を持つ。次元分けされた値はそれぞれ管理用のIDを持つ。適切次元の正の値と負の値は対となっているので、まとめて適切次元IDとしている。また、概念間の階層構造の情報を概念構造テーブルで持つ。

事例データベースでは、事例についての情報を持つ。事例には概念と同様に、それぞれ管理用の事例IDを持ち、事例データテーブルでは、事例名と事例の画像ファイル名の情報を持つ。また、属性として正の値・負の値・変動する値を持つ。

学習記録データベースでは、概念の学習記録と、事例の出題記録の情報を持つ。概念の学習

記録は、学習したかどうかの記録と、いつ学習したのかという情報を持つ。事例出題記録テーブルでは、事例をどの概念を学習しているときに出題したのか、また、正解したかどうかの情報と、いつ出題したのかという情報を持つ。これらは、概念を学習するときの常に新しい事例を出題するために必要である。

第3節 ドリルのアルゴリズム

ドリル機能では、次元分けの4つの値とサブドリル構造を用いた流れで学習する。ドリル機能を実現するために、DBから取得した事例を集めておく事例プールを3種類用意し、間違えたときに誤りであるかつまずきであるのかが、どのプールから出題されたのかで分かるようになっている。3種類のプールは以下の通りとなっている(図3-2)。

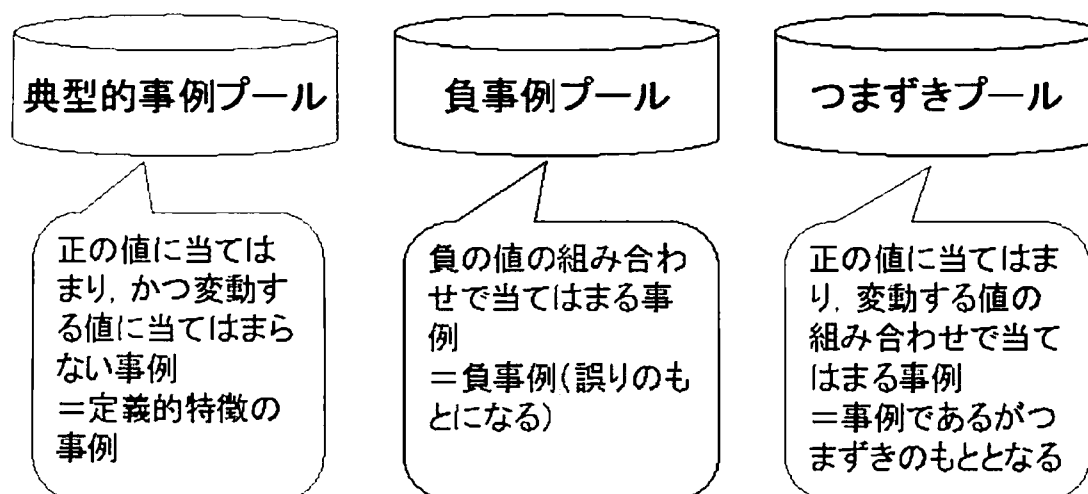


図3-2 事例を集めておくプール

・典型的事例プール

概念の属性としてある正の値にあてはまり、変動する値を持たない事例を集めておくプールである。例えば、概念「平行四辺形」を学ぶときには定義である「2組の対辺はそれぞれ等しい」「2組の対角はそれぞれ等しい」「対角線はそれぞれの中点で交わる」という3つの条件(正の値)にあてはまり、かつ図形全体が斜めになっていたり、塗りつぶしてあつたりしない(変動する値を持たない)図形となる。「平行四辺形」を代表する典型的な事例を集めておくプールである。

・負事例プール

概念の負の値の組み合わせ1つについて、1事例用意する。これは、学習する概念の事例ではなく、誤りのもとになる事例である。例えば、「平行四辺形」を学ぶときには、平行四辺形ではない四角形、台形など、誤った事例を集めておくプールである。

・つまずきプール

概念の正の値(定義的特徴)にはあてはまるが、変動する値を持つ事例を集めておくプールである。変動する値の組み合わせ1つについて、1事例用意する。これは、学習する概念の事例であるものの、つまずきのもととなる事例である。例えば、「平行四辺形」を学ぶときには、図形全体が傾いた平行四辺形や、塗りつぶしてある平行四辺形など、つまずきのもととなる事例を集めておくプールである。

これらのプールを用いて、本システムでは以下の流れで学習する(図 3-5)。

(1) 適切次元における正の値を身につけるため、概念名・正の値・典型的事例を学習者に示す(図 3-3)。例えば、「平行四辺形」を学ぶときには、平行四辺形の定義と典型的な事例を表示する。これにより、学習者は概念と正の値を身につけることができ、典型的な事例プールから、典型的な事例を1つ示すことにより、正の値の理解しやすくしている。

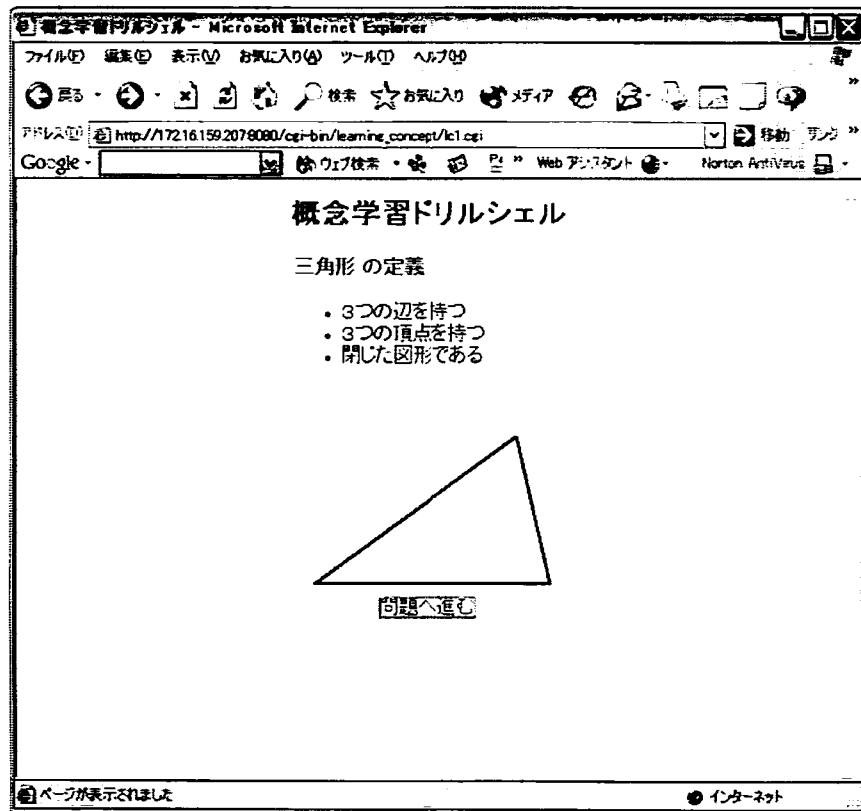


図 3-3 (1)概念名・定義的特徴・典型的事例を示す画面

(2-1) 分類問題として、典型的な事例プールと負事例プールの中から、事例をランダムに出題する。分類問題とは、事例を表示し、学習している概念にあてはまるかどうかを問う問題である(図 3-4)。例えば、「平行四辺形」の場合には、典型的な平行四辺形の形をした事例か、台形など誤

りのもととなる負事例を出題する。

典型的事例を負事例としてとらえた場合は、一つ下位の概念についてあてはまるかどうかを問
い、一つ下位の概念ともとえられなかった場合は、サブドリル(2-2)へ移行する。例えば平行四辺
形の形をした図形を、平行四辺形としてとらえられなかった場合は、同じ図形で一つ下位の概念
である四角形であるかを問い、下位の概念を理解しているかどうかを試し、もし理解していない場
合は、誤りに応じたサブドリルへ移行する。

また、負事例を正事例としてとらえた場合は、誤りを学習記録DBに記録し、誤った正・負の値
にあてはまる他の負事例をDBから取得し、負事例プールに入れる。他の事例をプールに入れる
ときは、今まで学習者に示したことがない事例を選び、もしすべて示した事例の場合は、示してか
ら一番時間が経過している事例を選ぶ。これは、常に新しい事例を示し、単に事例を覚えるので
はなく、学習した正の値を思い浮かべ、他の事例に当てはめることができるかどうかを練習をする
ためである。同時に、誤った事例の負の値と、概念の正の値を比較し、誤った原因となる正・負の
値を学習者に示し、何を誤ったのかを知らせる。

また、正解した場合は、正解したことを示し、学習記録DBに記録する。

分類問題は、負事例プールに事例が無くなるまで、繰り返し出題する。

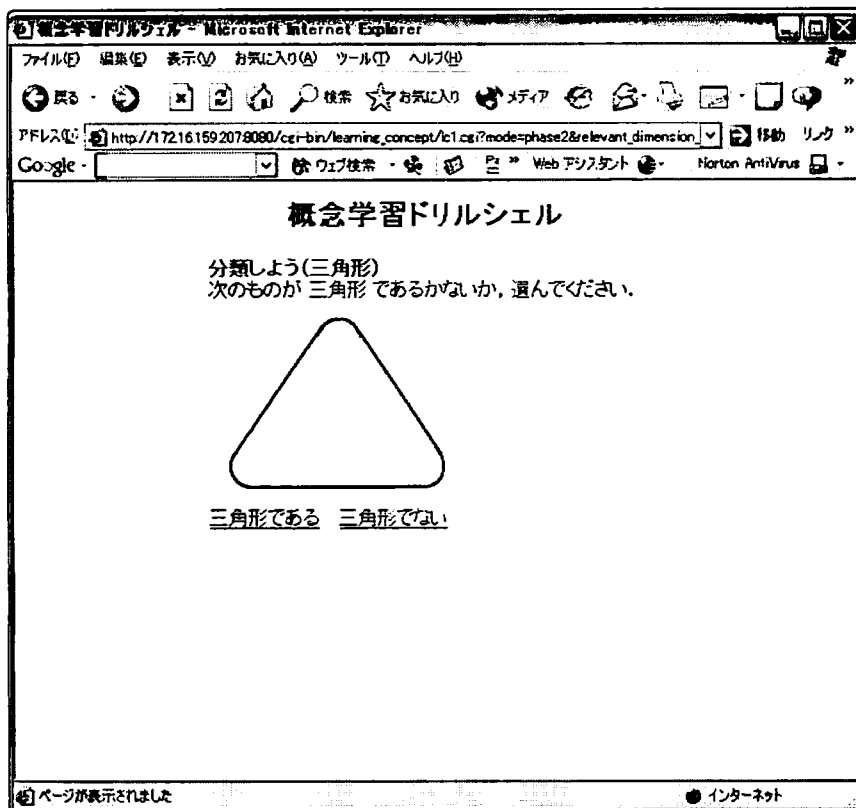


図 3-4 分類問題(2-1)の画面

(2-2) サブドリルでは、まず、1つ下位の概念について、典型的事例プール・負事例プールを用意する。そして、(2-1)での流れの分類問題を出題する。例えば、平行四辺形の場合は、四角形について、典型的事例プール・負事例プールを用意し、分類問題を出題する。分類問題で典型的事例を間違えた場合は、さらに1つ下位の概念についてサブドリル構造を用いて移行する。

分類問題が終わった場合は、1つ下位の概念から1つ上位へ戻り、典型的事例プールから1つ分類問題を出題する。三角形のサブドリルから戻った場合は、平行四辺形の典型的事例を示して、平行四辺形であるかを出題する。ここで、正解した場合は、学習記録DBに記録し、(2-1)の分類問題へ戻る。もし間違えた場合は、システムは下位の概念については理解しているものの、現在学習している概念の正の値が身に付いていないと判断し、(1)の正の値を身につけるところへ戻る。

(3) ここまでで、正の値が身に付き、負の値を打ち消すことができるということが言える。後は変動する値に問わずかどうかを試す練習をする。分類問題として、つまずきプールの事例の中からランダムに1つ出題する。例えば、平行四辺形の場合は図形全体が回転したものや、細長い平行四辺形などである。正解した場合は、学習記録DBに記録し、正解したことを知らせる。不正解だった場合は、学習記録DBに記録し、同時に誤った変動する値にあてはまる他の事例をつまずきプールに入れ、誤った変動する値を学習者に示す。他の事例をプールに入れるときは、今まで学習者に示したことがない事例を選び、もしすべて示した事例の場合は、示してから一番時間が経過している事例を選ぶ。分類問題はつまずきプールに事例が無くなるまで繰り返し出題する。

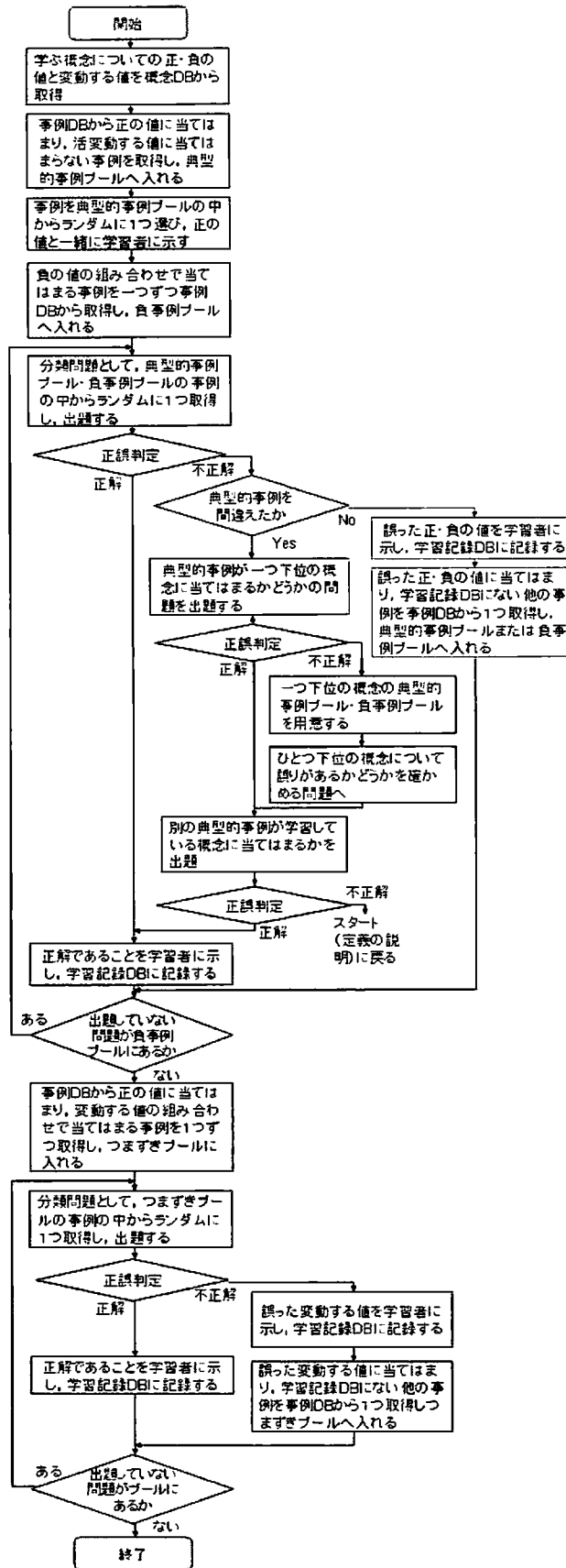


図 3-5 学習の流れ

第4節 システムのホワイトボックス化

次元分け及びサブドリル構造を用いた学習の流れを

本システムにて学習するときに、どのようなアルゴリズムで学習し、本システムの仕組みが分かるようにシステムのホワイトボックス化を行った。ホワイトボックス化により、どのプールに事例が入っていて、全体的な学習の流れを見ながら、学習することができる。

第5節 シェル機能

シェル機能では、概念DBと事例DBのデータを Web ブラウザ上で編集することができる。

概念DBの編集機能には、新しい概念の登録機能・登録されている概念の編集機能・削除機能がある。新しい概念の登録機能では、概念名と次元分けを行った4つの値を登録し、他の概念との関係を上位または下位として、登録することができる。編集機能では、登録した情報の編集を行うことができる。削除機能では、登録した情報の削除を行うことができる。

事例DBの編集機能には、新しい事例の登録機能・登録されている事例の編集機能・削除機能がある。新しい事例の登録機能では、事例名と事例の属する次元分けされた4つの値、そして、事例の画像データ(ファイル名)を登録することができる。また、画像を登録するため、ローカルからサーバへ画像をアップロードすることができる。編集機能では、登録した情報の編集を行うことができる。削除機能では、登録した情報の削除を行うことができる。

第6節 開発環境

本システムは、サーバに Microsoft Windows XP を使い、HTTPDとして Apache 2.0.44 , CGIとして Perl 5.6.1 , DBとして MySQL 3.23.54 を用いて、開発を行った。

第4章 評価

第1節 ドリル機能の形成的評価

本システムがアルゴリズム通りに学習できるかどうかを試すために評価を行う。
学習する概念はあらかじめシステムに組み込んでおく。
4名を対象にして評価を行う。

第2節 シェル機能の形成的評価

別の概念と事例を登録し、本システムがアルゴリズム通り機能するか、概念の学習ができるかどうかを評価する。

登録する概念はあらかじめ用意してもらう

第5章 おわりに

本研究では、概念学習のためのドリルシエルを次元分けとサブドリル構造を用いて開発を行い、評価を実施した。その結果、本システムを用いて概念の学習ができることが確認された。

参考文献

岩本正敏・幸野綾寿・鈴木克明(1993).「概念学習に利用できるドリルシエル」, 第19回全日本教育工学研究協議会全国大会論文集 pp112-115

下中邦彦(編)(1979),「次元分け」, 新 教育の辞典 pp371-373, 平凡社

Salisbury, D.F.(1988) Effective drill and practice strategies. In D. H. Jonassen (Ed.), Instructional designs for microcomputer courseware. Lawrence Erlbaum Associates, USA

鈴木克明(1989),「テレビ番組による外国語教育を補うドリル型 CAI の構築について」,『放送教育研究』17. 21-37