

繰返し小テストによる学習者の知識構造の評価手法

Comparison of Learner's Acquisition Knowledge by Quizzes repeatedly tested.

生田目 康子†

Yasuko Namatame

植野 真臣‡

Maomi Ueno

1. まえがき

eラーニングの普及により、学習者は学習単元の理解度を確認するための小テストを繰返して試すことが可能になった。これらテストは多肢選択式などの客観テストである。学習者は採点結果を学習に役立てるが、自習目的のこれらテストに関する研究は多いわけではない[1]。

多肢選択式のテストに関する従来研究[2,3,4]では、学習者が適切に理解しているかという学習上の問題点について、確信度や自己評価などの主観的な情報を補完的に用いた。しかし、筆者は以下の問題点を指摘する。学習者の主観に依存し、結果は客観性に欠ける。さらに、学習者の主観的な情報収集に負担がかかるため、学習単元ごとに実施することは現実的でない。

2. 研究の目的

本研究では、繰返し受験した小テストの結果から学習上の問題を持つ学習者を客観的に検出することを目的とする。繰返した小テストの一連の回答系列に「一貫性指標」を定義する。それにより学習者を区分し、区分ごとの獲得知識の構造をIRS分析法(Item Relational Structure Analysis: 項目関連構造分析法)[5]により明らかにする。それらの構造と教師陣が想定する知識構造との違いを示すことにより実証する。なお、SP表の注意係数[6]は、繰返しのないテストにおいて、多数の生徒が誤答する難しい問題に正答し、多数の生徒が正答する易しい問題に誤答するような異常な反応パターンをもつ生徒の検出をする。本研究は、繰返しテストの回答の一貫性に着目し、獲得知識の構造に着目した点に新規性がある。

3. 方法論

本研究では、論理的な演算の形成的評価のための多肢選択式の小テストを対象とした。小テストには、設問を解くために使う演算論理は同一であるが、演算対象の名前もしくは定数が1箇所のみ異なる類似問題を含む。学習者は同一の小テストを繰返し試すことができる。

3.1 一貫性指標

誤答について、以下の一貫性指標を定義した。

- (a) 類似問題の相互の回答が論理的に一貫していない。
- (b) 以前正解していた問題を誤答する。
- (c) 同一問題で2回以上同じ誤答をする。

3.2 IRS分析法

IRS分析法は、学習者の各問題に対する理解度の順序を取り出し、問題の理解しやすさの関連構造を構成する技法である。テストで得た正答を1、誤答を0とする0-1得点

をもとに、問題間の理解しやすさの順序関係を順序性係数として求める。設問 I_j から設問 I_k への順序性係数 r_{jk} は、 N を受験した人数、 A を設問 I_j と設問 I_k ともに正答した人数、 D を設問 I_j と設問 I_k ともに誤答した人数、 C を設問 I_j を誤答し設問 I_k を正答した人数であるとすると、式(1)となる。

$$r_{jk} = 1 - \frac{(C/N)}{\{(C+D)/N\}\{(A+C)/N\}} \quad \dots \text{式(1)}$$

問題間の順序性係数を閾値(通常0.5)との大小関係により1(順序性あり)と0(順序性なし)としたIRSマトリックスを作り、これに従ってIRSグラフを描き、獲得知識の構造を視覚的に表す。

3.3 問題間の理解しやすさの関係

問題間の理解しやすさの順序関係は3種類ある。問1、問2を例に示す。問1と問2は同程度に理解しやすい場合を等価関連といい、問1 \leftrightarrow 問2とIRSグラフに表す。問1よりも問2を理解しやすい場合を順序関連といい、問2 \rightarrow 問1とIRSグラフに表す。問1と問2の理解しやすさは相互に関係がない場合を強い関連なしという。また、ある問が他の全ての問との間に強い関連がない場合は、その問を独立項目という。

4. 実験

小テストは、C言語のポインタの学習単元に適用した。すなわち、ポインタ演算(アドレス演算子&と間接演算子*)とポインタ加算を対象とし、ポインタが指す番地の内容を答える8問からなる。内訳は、変数のポインタ演算2問(設問A1, A2)、配列のポインタ演算2問(設問B1, B2)、配列に対するポインタ加算4問(設問C1~C4)である。各設問は4つの選択肢を持つ。表1に&演算子の演算対象の変数名が異なる類似問題であるA1とA2を示す。

表1 設問A1と設問A2

問	設問内容	選択肢
A1	ポインタ変数 ip と整数型変数 a, b が, int *ip, a=70, b=100; と宣言してある。変数 a が 5064 番地, 変数 b が 5060 番地にあるとする。このとき, ip=&a; としたときの *ip の値を答えよ。	a. 100 b. 70 c. 5060 d. 5064
A2	ポインタ変数 ip と整数型変数 a, b が, int *ip, a=70, b=100; と宣言してある。変数 a が 5064 番地, 変数 b が 5060 番地にあるとする。このとき, ip=&b; としたときの *ip の値を答えよ。	a. 70 b. 5060 c. 100 d. 5064

教師陣が想定した主要な知識構造を図1に示す。図の左右の縦軸は正答率、図中の楕円は設問番号を表す。8つの設問は、配列要素を使用するか否かで系列を2つに分けた。設問B2, C2, C3, C4の系列は、配列要素をアドレス演算子&の対象とする。他方の系列は配列要素を使用しない。

† 広島国際大学社会環境科学部情報通信学科

‡ 電気通信大学大学院情報システム学研究所

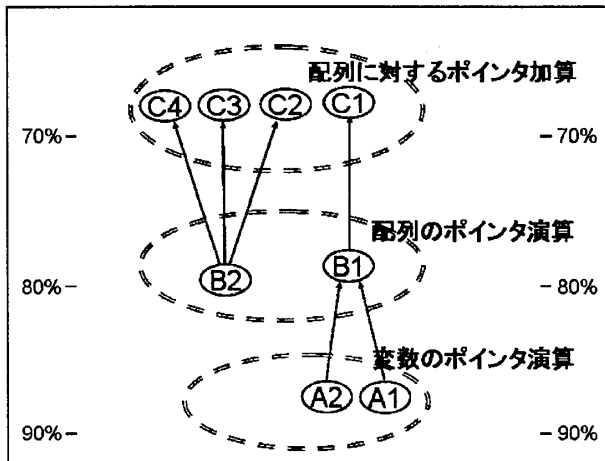


図1 教師陣の想定した主要な知識構造

すなわち、設問 A1, A2 は変数名をアドレス演算子&の対象とし、設問 B1, C1 は配列名を使用する。

図中の破線で囲んだ部分は学習項目である。配列に対するポイント加算、配列のポイント演算、変数のポイント演算の順に理解しやすいので、学習項目の間の設問には順序関係がある。例えば、A2→B2, B2→C1, A1→C2の順序関係があるが、煩雑になるので略した。また、学習項目内の設問はほぼ同程度に理解しやすく等価関係にあるがこれらも略した。

5. 結果

小テストは、成績と関連のない自由課題であり、24 時間の間繰返し受験可能とした。繰返し受験できるので、最終的得点は受験した中の最高得点に設定した。88 名の履修生の内 63 名の学生が参加し、延べ 145 回受験した。

5.1 一貫性指標による区分

一貫性指標により学生を 3 グループに区分した。グループ 1 は、一貫性指標の誤答がなく最終的得点が満点の 32 名の学生で、答案 72 件である。グループ 2 は、一貫性指標の誤答がなく最終的得点が満点でない 20 名で、答案 27 件である。グループ 3 は、一貫性指標の誤答があった 11 名の学生で、答案 46 件である。

5.2 グループごとの IRS グラフ

図 2 に 3 グループの獲得知識の構造の IRS グラフを示す。各グループのアーキの密度から、それぞれの知識構造が質的に異なることが見て取れる。

(1)順序関係は、やさしい項目を理解し、それに基づきより難しい項目を理解する構造を表す。図 2 より、グループ 1, 2, 3 の順序関係は、それぞれ 21 個、12 個、5 個であり、理解構造の確立の程度が異なることを表す。

(2) 3 グループに共通して学習項目の難易度は、それらの設問の正答率から変数のポイント演算、配列のポイント演算、配列に対するポイント加算の順に理解しやすい。

(3)独立項目は、グループ 3 の設問 B1, B2 である。配列のポイント演算の学習項目が変数のポイント演算と配列に対するポイント加算の両学習項目の理解に独立であり、学習上の大きな問題点である。

5.3 教師陣の想定する IRS グラフとの類似度

図 2 の IRS グラフと教師陣の想定したグラフを比較する。

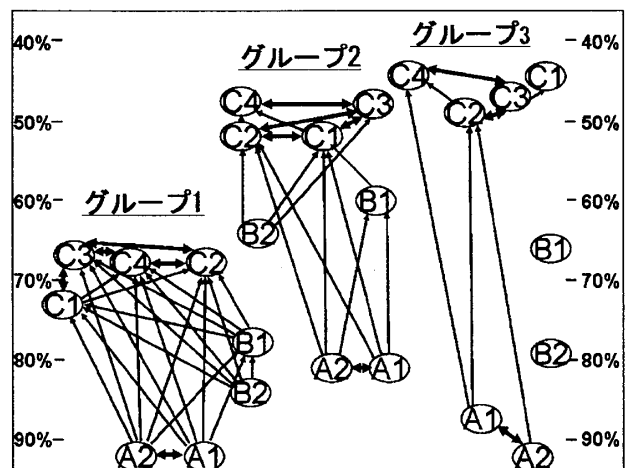


図2 各グループの獲得知識の構造

(1)教師陣が想定する主要な知識構造の順序関係は 6 個ある。グループ 1 は 6 個、グループ 2 は 5 個、グループ 3 は 0 個である。グループ 3 は主要な知識構造がなく学習上の重大な問題である。

(2) 教師陣が想定する学習項目間の順序関係は全部で 14 個ある。図 2 よりグループ 1 は 12 個、グループ 2 は 5 個、グループ 3 は 3 個である。学習項目ごとの順序関係についても、グループ 1, グループ 2, グループ 3 の順に理解構造が確立されている。しかし、A1→B2 と A2→B2 は、3 グループとも順序関係がない。A1 と A2 に配列要素がないことが順序関係に影響した。

(3) 教師陣が想定する学習項目内の等価関係は全部で 8 個である。グループ 1 は 5 個、グループ 2 は 5 個、グループ 3 は 3 個である。前項と同様に B1↔B2, C1↔C4 など配列要素の有無が等価関係に影響した。

6. 結論

学生を一貫性指標によって区分し、IRS 分析法を用いて獲得知識の構造を示し、教師陣の想定する知識構造との差異を明らかにした。これにより学習上の問題のある学生を学習者の自習時に検出できた。教師陣の想定する IRS グラフに個別学生の答案を重ねることにより知識構造の問題点が明らかになり、個別指導が効果的に実施できる。

参考文献

[1] 萩原秀和, 富永浩之, 松原行宏, 山崎敏範: 個に対応するドリル型 CAI システム—学習者レベルに適應する問題提示, 信学技報, ET2003-131, pp. 197-202, 2004.
 [2] 津森伸一, 磯本征雄: 学習状況評価のための選択問題システムの構成と効果, 信学技報, ET2003-106, pp. 47-52, 2004.
 [3] Davies, P.: There's no Confidence in Multiple-Choice Testing..., Proceedings of the 6th International CAA Conference, p. 119-130, 2002.
 [4] 織田守矢, 下村勉: 概念形成と評価, コロナ社, pp. 126-136, 1989.
 [5] 竹谷誠: 新・テスト理論 —教育情報の構造分析法, 早稲田大学出版部, pp. 175-230, 1991.
 [6] 佐藤隆博: SP 表の入門, 明治図書, pp. 103-118, 1985.