

動的方略システムにおける予想モデルと“氷解”現象

1 P-6

豊田 規人*

(学習情報通信システム研究所)

三枝 武男†

(北海道情報大学)

個別学習においては、側近に適当な指導者が存在しない場合にはシステムがその学習の指針を支援する必要がある。目下のところ機械システムだけは教育上の完全な指導を実現することが出来ないと考えられる。それ故学習を支援すると言う段階の議論する。そのためには学習者が自覚症状無し(有り)に蓄積するであろう不理解、その為に生じる復習課題の抽出、或いはある目的の為に部分学習等の支援を行えることを目標にする。

しかし、いずれの場合でもそのテーマからの出題目に抽出された部分を学習しても理解出来ないであろうし、又、効率も悪い。こういった場合、学習課題全体の構造情報が有用であろうし、またそれに基づいた系列化が与えられれば、より一層効率的に学習可能であろう。こういったことを考慮し、上述の様々なニーズに対応した学習の支援を行えるようにしようと言うのが、この研究の動機のひとつである。

そのためには、学習途中で次の二つの機能を持つことがシステムの必要条件となる。

(1) 生きずまりに応じて復習課題を抽出できること。

(2) 未学習課題の予想理解度を評価できること。

学習者の理解度及び教材構造を反映して復習課題を抽象し、Suggest するためには、[2]の復習課題の抽出方が使える。これは、教材構造を反映した重要度である Shapley 値と個人のその段階での理解度によって各課題毎、復習が必要な度合いが計算され示される[2]。但し、ここではそれが、そのテーマ全体の学習が終わる前に、その道程中の個々の課題を学習している段階でなされる(これは技術的にはまったく[1]と同じようにしてなされ得る)。つまり、学習の途中で、学習者が復習の必要を感じた時、適宜なされる。実際にその結果を例えば棒グラフなどで可視化する。

ここでは主に(2)について詳しく議論する[3],[4]。(たとえ既学習課題の理解度が低い場合でも)学習を

先に進めるためには、今学習している課題から先の学習課題構造と系列を知る必要がある。しかも、前述したようにそれらすべてを学習するとは限らない(又、その必要がないかも知れない)し、今までの理解状況から系列上適当にスキップした課題に進まざるを得ないかも知れない。その時課題達を取捨選択する必要に迫られる。これは、システムが、現在学習している課題から系列上先にある未学習課題の学習理解度を(既学習課題の理解度を基に)予想できる能力を持つことによって、その支援を達成できよう。しかもその予想に学習課題の構造を反映する必要がある。ここではそれをより精巧な物にするため、各課題*i*に教材作成者が a priori に容易度 e_i を付与している場合を考える。ここではその未学習課題 j の予想理解度 u_j を以下の様にモデル化する[3]。

$$u_j = \min_{i \in \text{series}} \left[u_i^{r_{i,j}-d_{i,j}} \{ \text{sech}(e_{i,j}) \}^{e_{i,j}-1} u_i^{e_{i,j}} \right] \quad (1)$$

ここで $e_{i,j} \equiv e_i/e_j$ 、 $d_{i,j} \in [0, 1]$ は既学習課題の難易度で、 $u_{j \in i} \in [0, 1]$ は未学習課題の予想理解度、 $r_{i,j}$ は可到達行列要素である。式を導く余裕がないが、これは幾つかの自然と思われる条件を満たすように導入されたものである。このモデルを基にシステムは、図1のような可視化を行い、学習者に次に学習できそうな課題に付いての情報を与える。このように一つのテーマ全体の学習が終わる前に逐次個人の過去の理解度及び、学習課題の構造を加味しながら以後の学習方針に対する支援を visual に行うことが出来る。図の濃い棒は既学習課題の理解度、薄い棒は(1)式によって評価された未学習課題の予想理解度を表す。

我々は上のモデルを更に信頼すべきものにする為に、フィードバック効果を考慮する。今、ある課題の学習の途中で、ある外力(摂動)によってある課題の理解が多少増大したとしよう。その時、その効果が既学習課題の理解度に波及し、一般にその理解度が増大する。我々はこれをフィードバック効果と呼ぶことにする。一方我々は学習途中で時折、ある外力(摂動)によって既学習課題の理解度が飛躍的に増大一気に全てが理解できたように感じることを経験する。この現象を“氷解”と呼ぶことにする。我々はこの“氷解”現象を、

*Norihito TOYOTA, Makoto FUJII, Takasi FUJII, Software Research Laboratory, 15 Nisi-Nopporo Ebetsu City 069 Japan

†Takeo SAEGUSA, Hokkaido Information University, 59-2 Nisi-Nopporo Ebetsu City 069 Japan

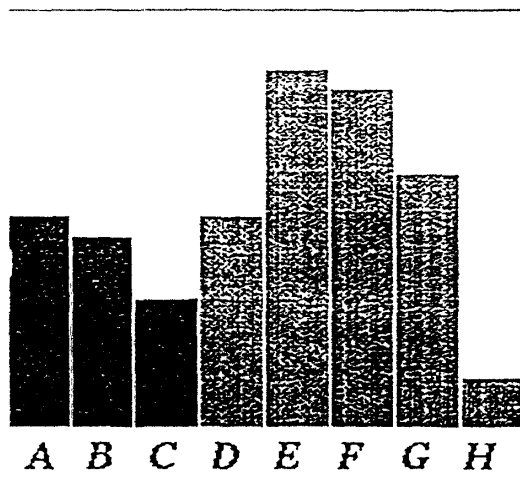


図 1: 8 課題からなるある教材の理解度

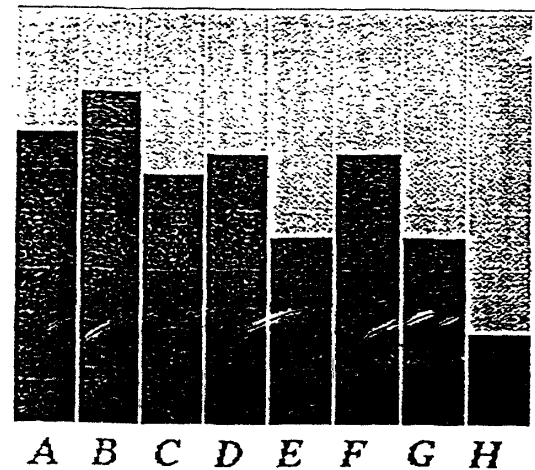


図 2: “氷解” 現象の例

新たに導入したフィードバック効果によって、説明可能であることを示す。まずこのフィードバック効果を評価するモデル方程式を考察する。今、目下の学習課題 n において理解度が $\delta_n^{(1)}$ だけ増大したとしよう。この量を摂動として既学習課題 i の理解度の変化を評価する。摂動論の主旨として以下の形を設定するのが自然である。つまり、更新された既学習課題 i の理解度 $u_i^{(1)}$ を

$$u_i^{(1)} = u_i \left(1 + \frac{\delta_n^{(1)}}{u_n} \right)^{c_{in}} \quad (2)$$

と言う形でモデリングする。ここで c_{in} は関連度（可到達行列要素）と容易度（ e_i, e_n ）の関数で $c_{in} = r_{in} c_{i,n}$ ある。

以下典型的な“氷解”現象の simulation 結果を図 2、3 で示す。図で濃い棒は元々の理解度、薄い棒はフィードバックにより更新された理解度を表している。図 2 は完全氷解を示し、或パラメータ領域のときのみ生じる。一方図 3 は線形的効果によって各課題が $\delta_n^{(1)}$ と同じオーダーだけ増大している。図 2 の非線形効果による増幅は予想理解度より実際の理解度が低かったとき顕著になる。これらの結果からも見かけの理解度の低さは、必ずしも殆ど理解していないことを意味するのではなくあるきっかけで回復可能であることを意味している。つまり全体が些細な理由の為に理解できない場合にも、その垣根が越えられたとき一気に全体の理解に通じることがあるということを示している。このモデルでの“氷解”現象の説明の成功は、教材項目の関連構造が本質的な役割を果たしていることを意味している。この定性的現象の説明はこのモデルの正当性の状況証拠を与え、更にこれに基づくシステム構築の正

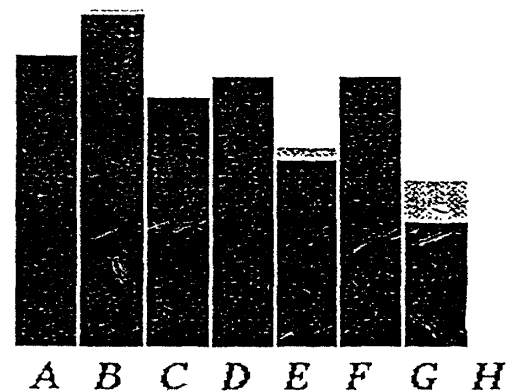


図 3: 非“氷解”現象の例

当性を指示するであろう。

参考文献

- [1] 豊田 規人、三枝 武男、“教授方略における学習項目の重要度” 信学技報 ET96-56 (1996)121-128
- [2] 豊田 規人、“教材項目の重要度とその応用” 1996 年第 18 回教育工学学会講演論文集 (1996)
- [3] 豊田 規人、三枝 武男、“動的教授方略を目指した個別型学習支援システムに関する基本モデル” 信学技報 ET97-5 (1997)33-40
- [4] 豊田 規人、“動的教授方略に基付いた個別型学習支援システム I” 1997 年電子情報通信学会講演論文集 (1997)