

類推の枠組みを用いた誤り可視化の試み

3N-6

平嶋 宗 柏原昭博 豊田順一

大阪大学産業科学研究所

1. はじめに

本稿では、教育支援システムの高度化を指向して、学習者自身による誤りの認識修正を誘導する手法を提案する。

教育的観点においては、誤りの発生は学習者の問題解決能力や知識を発展させる絶好の機会である。この機会を生かすためには、正しい問題解決方法を天下り的に教えるのではなく、学習者自身が能動的に誤りの認識と修正を行えるように誘導することが重要となる。このためには、学習者が自分の解答が誤りであると認識し、正しい方向に修正してゆくために十分な、しかも学習者が能動的に考える余地を残した情報を選択・提供する能力が教育支援システムに求められる。

学習者自身による能動的な誤りの認識・修正を支援する手法としては、mapping instruction[1], analogical mapping[2], ソクラテス式教授法[3]を挙げることができる。これらは学習者自身による誤りの認識修正を支援するために有用な事実の選択・提示法として定式化することができる。前二者は、正しいものを学習者に理解させることに重点が置かれており、その結果として誤りが認識・修正されると解釈できる。ソクラテス式教授法は、反例によってより直接的に学習者に誤りを認識させる方法も含んでいるが、この方法は解答がYes/Noに限られた宣言的な問題解決の領域で有効なものであった。

本稿では、手続き的な領域を対象として、学習者に誤りの存在を伝え、修正方向を示唆する方法として、誤り投影法(Error Projection)を提案する。この方法では、学習者の解答が誤りであることを伝えることに重点を置いており、その解答の誤りを元の問題に関する挙動シミュレーションや問題自身等へ投影する。挙動シミュレーションに誤りが投影されると、多くの場合学習者が不自然と認識できるシミュレーションとなり、また一見自然に見える場合でも、正しいシミュレーションとの比較によりどのように誤っているのかを認識しやすくなる。また、誤りの修正も正しいシミュレーションとの差異を埋めることとして方向付けることができる。問題に対して投影された場合には、元の問題との差異が存在す

るにも関わらず、その答えが一致する問題が生成されることになり、その差異が解答に影響するはずであることを学習者が知っていれば、学習者は誤りの存在を認識できる。また、誤りの修正は、問題間の差異を問題解決に反映させることとして方向付けることができる。mapping instructionやanalogical instructionが正解を基点として正しさを強調することによる誤りの認識修正支援であるのに対して誤り投影法は、誤りを基点として誤りであることを強調するものとなっている。またソクラテス式教授法とは異なり、手続き的な領域で有効な方法となっている。

以下では、高校程度の力学問題での立式の誤りを対象として、挙動シミュレーションに対する誤りの投影と、問題に対する誤りの投影について述べる。

2. 誤り投影法

2.1 挙動シミュレーションへの誤りの投影[4]

挙動シミュレーションへの投影による誤りの認識修正支援を図1に図式化した。学習者が提示された問題に対して誤った式(式1)を立てたとする。挙動シミュレーションへの誤りの投影とは、この誤った式を反映したシミュレーションを生成することであり、このようにして生成されたシミュレーションをフェイクシミュレーション(fake-simulation)と呼ぶ。多くの場合、学習者は形式化された式の上での制約違反に比べて、物体の挙動についての制約違反に敏感である。このことから、フェイクシミュレーションが学習者の誤りを増幅して学習者の誤りの認識を助けることが期待できる。さらに、学習者が正しい挙動を認識可能であるとすると、正しい挙動とフェイクシミュレーションの差異(差異R)として誤りを学習者に理解させることにより、差異Rを式に反映させることとして誤りの修正を方向付けることができる。

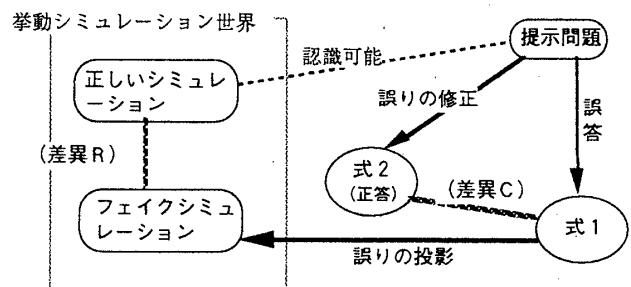


図1 挙動シミュレーションへの投影

誤った式は多くの場合矛盾を含んでいるので、通常のシミュレーション機能ではフェイクシミュレーションを実現できない。本研究では、まず学習者の式が単位系の次元の整合性がとれていることを条件とし、さらに、具体的に誤りを反映させる対象を挙動に直接関係する「速度」および「加速度」とする。速度と加速度以外の属性の誤りであった場合には、速度、加速度の優先順位で誤りを反映させる対象とする。具体的な誤りの反映法は、まず、誤りを反映させる対象属性（以下ではフェイク属性と呼ぶ）以外の属性に対しては問題に対する正しい値を代入し、この結果生成される方程式を解くことによってフェイク属性の値を求める。さらにこの速度あるいは加速度に関するフェイク属性の値を用いて挙動をシミュレートする。

フェイクシミュレーションの効果を検証する予備的な実験を既に行った。結果として、学習者に誤りの存在を認識させる効果は十分であった。しかしながら、誤りの修正に対する効果としては、一部の種類の誤りに対しては効果がなかった。これは本手法では学習者の誤りを挙動に直接関係する「速度」あるいは「加速度」で反映させているため、これらと比較的関係の遠い誤り（たとえば座標系の設定の誤り）に対しては、正しいシミュレーションとフェイクシミュレーションの差異が誤り修正に対する有用な情報とはなっていないことを意味している。

2.2 問題への投影[5]

問題への投影による誤りの認識修正支援を図2に図式化した。学習者が提示された問題に対して誤った式(式1)を立てたとする。問題への投影とは、この式が成立する問題を生成することであり、このようにして生成される問題をフェイク問題と呼ぶ。学習者が別の問題の解に相当する立式を行うことはしばしばみられることであり、しかも多くの場合、元の問題より簡単な問題となるため、学習者が自分の立てた式がフェイク問題に対する正解になっていることを認識可能な場合が多い。本枠組みでは、学習者に対してフェイク問題を提示し、フェイク問題に対する解答が学習者が提示問題に対して導いた解と同じであること、および提示問題とフェイク問題間に差異Rが存在することを指摘する。さらに必要であれば、差異Rが立式に影響することを学習者に

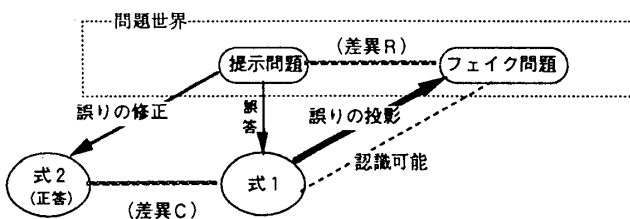


図2 問題への投影

知らせるための問題を提示する。これらの情報提供により、学習者による誤りの認識を支援する。さらに、問題間の差異Rを反映させて式1を修正し、差異Rと対応関係を持つ差異Cを式1に対して持つ式2を導くことを支援する。挙動シミュレーションに対する投影と比べると、誤りの顕在化効果は低いと思われるが、誤りの修正方向の示唆として効果的であると考えられる。

問題に対する誤りの投影機能はまだ試作段階であるが、この方法が誤りの認識修正支援に有効であるかどうかについてのアンケートを家庭教師経験のある大学生12名を対象としてとった。この種の誤りの存在については、全ての被験者が頻繁に存在し、認識修正支援の対象として重要であると回答した。また、誤りの形態に応じて誤りを5種類に分類した上で、問題への投影の有用性についてのアンケートを行ったが、そのうち3種類については本手法が有効であるとの回答が得られた。しかしながら、2種類については場合よるとの回答が得られた。このことは問題に対する投影が実際の教育の場においても盛んに利用されており、しかも有用であることを示すとともに、柔軟な運用が必要であることを示している。

3. まとめ

本稿では、学習者自身による誤りの認識修正を支援する方法の一つとして、誤り投影法を提案し、その具体例として力学問題の立式を対象とした、「挙動シミュレーションへの誤りの投影」と「問題への誤りの投影」について述べた。誤りの投影は、誤答が含んでいる「おかしさ」を学習者に伝える試みであり、正解の提示に比べて汎用性で劣るのは明らかであるが、適切に運用すれば高い効果が期待できる。今後は、本手法の有効性及びその範囲についてのより精密な評価実験を行うとともに、他の手法と組み合わせた運用法も検討してゆく予定である。

参考文献

[1] Resnick, L.B.: A development theory of number understanding. In H.B. Ginsberg(Ed.), *The development of mathematical thinking*. Academic Press(1982).
 [2] T.Murray, K.Schultz, D.Brown & J.Clement: An Analogy-Based Computer Tutor for Remediating Physics Misconceptions, *Interactive Learning Environments*, Vol.1, No.2, pp.79-101(1990).
 [3]池田, 溝口: ITSのための汎用フレームワークFITSの開発, 信学論, Vol.J75-A, No.2, pp.314-322(1992).
 [4]野田, 平嶋, 柏原, 豊田: "操作型学習環境における誤りの修正支援", 情処研資, 94-HI-53-17, pp.125-132(1994).
 [5]広瀬, 平嶋, 柏原, 豊田: "事例を用いた誤りの認識修正支援", 信学技報, ET93-126, pp.17-24(1994).