

観測器を用いた力学 Error-based Simulation システムにおける 誤り箇所探索支援機能の拡張

Extension of the Error Locating Support Function in the Dynamics Error-based Simulation System Using a Measurement Tool

ピエレット ロブレス ジャン ポール^{*1}, 相川 野々香^{*2}, 古池 謙人^{*3}, 東本 崇仁^{*4}
Jean Paul PIERRET ROBLES^{*1}, Nonoka AIKAWA^{*2}, Kento KOIKE^{*3}, Takahito TOMOTO^{*4}

^{*1} 千葉工業大学大学情報科学部

^{*1} Faculty of Information and Computer Science, Chiba Institute of Technology

^{*2} 明海大学総合教育センター

^{*2} Integrated Education Center, Meikai University

^{*3} 千葉工業大学附属研究所

^{*3} Research Liaison Centre, Chiba Institute of Technology

^{*4} 千葉工業大学情報変革科学部

^{*4} Faculty of Innovative Information Science, Chiba Institute of Technology

Email: s2132121OE@s.chibakoudai.jp

あらまし：学習者の解答（誤答）に基づいてシミュレーションを生成する仕組みとして Error-based Simulation (EBS)がある。EBS は学習者が自ら誤りに気づくことを指向している。しかし、EBS は正答及び誤答に基づくシミュレーションを提示するが誤り箇所の探索は学習者に委ねられ、学習者によっては探索を適切に行えない場合がある。そこで、学習者が誤った原因について焦点を当て、探索するための手法として、観測器を用いた誤り箇所の探索支援機能の拡張を提案する。

キーワード：力学学習, Error-based Simulation, 誤りの可視化, 適応的支援, 観測器, 誤り探索

1. はじめに

力学の初学者は、誤概念を持つことがあり、正しい理解に到達できない場合がある。例えば、机の上に静止している物体に重力と垂直抗力が働いているが、「無生物は物体を押し返さない」という誤概念により垂直抗力が理解されないことがある。

そこで、誤概念の修正を支援するために学習者の誤答に基づくシミュレーションを可視化する Error-based Simulation (EBS)が提案されている⁽¹⁾。EBS は学習者に誤答に基づいたおかしなシミュレーションの提示によって、その正しい現象との違いから誤りへの気づきを促すが、その違いを見つけ出す活動（誤り探索）は学習者に委ねられる。学習者によっては「何か違う」のみの認識で誤り探索活動を適切に行えず、その違いを特定できずに問題への理解・学習者の解答の理解が疎かにされる場合がある。適切な誤り探索活動のためには、学習者が誤り箇所を推定し、探索することが重要である。

本研究では、学習者の誤り探索活動をタスク化する手法を提案する。提案手法では、学習者に誤答に基づいて生成されたシミュレーションの誤り箇所を推定させ、その上で探索させることを狙う。

2. 関連研究

作図問題で「机の上に静止している物体に働く力を矢印で書け」が与えられた場合、正答例（図1左上）に反し、しばしば学習者は「机のような無生物は物体を押し返さない」といった誤概念から垂直抗

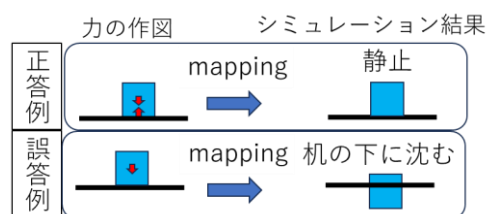


図1 EBSにおける具体例

力の欠落した作図を行う（図1左下）。

このような誤概念を修正する手法として EBS が提案されている⁽¹⁾。図1の例では、学習者の解答が机に沈む物体として可視化される（図1右下）。このような可視化を行うことで、学習者自身の理解では誤った現象を導くことに気づかせる。

しかし、EBSには可視化が困難な誤りがある。例えば、等速運動と等加速運動について、運動の方向が同じである場合、学習者は違いに気づくことが困難である。植野らは、可視化が困難なシミュレーションに対して、観測器を用いて可視化し、学習者に誤りを探索させる支援を行った⁽²⁾。観測器とは、速度のようなパラメータを表示するための道具である。

先行研究との比較による本研究の位置づけを表1に示す。本研究では EBS において誤り探索活動を学習者に行わせることを目的としており、EBS において探索活動を行わせることは植野らの研究と共通している。しかし、植野らの研究は、パラメータの探索的測定である。よって、学習者がやみくもに考

表1 本研究の位置づけ

研究	誤りの認識への支援方法
従来 EBS ⁽¹⁾	誤りを可視化したシミュレーションの提示
観測器 EBS ⁽²⁾	従来 EBS ⁽¹⁾ +パラメータの可視化 従来 EBS ⁽¹⁾ +パラメータの探索的測定
本稿	観測器 EBS ⁽²⁾ と 誤り箇所を推定させた上での探索

えずに観測器を設置しても誤りが発見でき、誤り箇所を発見しても学習に繋がらない可能性がある。そこで、本研究は学習者が誤り箇所を焦点を当てるために誤り探索活動の支援を狙う。

3. 提案手法

EBS においては、正答及び誤答のシミュレーションにおける差を観察する差分観察活動によって、誤りへの気づきを促す。しかし学習者によっては差分観察活動をしていても漠然と違うことを認識するだけに留まったり、誤り箇所が複数あった場合に差分を見落としたりする場合がある。

それを防ぐため、学習者に誤り箇所を推定させた上で差分を観察させ、誤り探索活動をさせることは重要である。なぜなら、学習者が誤った箇所を推定し探索することで、問題・学習者自身の解答への理解を促進し、誤りに気づかせることをタスク化できるからである。そこで、本研究では、植野ら⁽²⁾の観測器を用いて、学習者に誤り箇所を推定させた上での探索を促す手法を提案する。

まず、学習者が EBS で提示された誤答に基づくシミュレーションを観察する際に、複数種類ある観測器の中から必要な観測器を学習者に選択・設置させる。すなわち、学習者に誤ったと考えられる箇所を検討させる。本稿では、速度、加速度、荷重、摩擦の4つの軸を観測器によって探索させる。

また、観測器の設置の際、その設置可能な個数は学習者の誤りに応じて限定する。設置できる観測器の数を限定することにより、学習者は、例えば仮説を立てずに設置可能な全ての箇所に全ての観測器を設置するといった、むやみな探索を行うことができなくなる。これによって、学習者は「どの観測器をどこに設置するか」という選択を必ず行わなければならないとなり、誤りを推定した上での誤り探索活動を促すことが期待できる。

4. 提案システム

提案するシステムを図2に示す。システムの大まかな流れとしては、まず従来 EBS と同様に学習者に問題を提示し解答させ(図2(a))、EBS によるフィードバックを行う(図2(b))。そしてフィードバックを確認させた後で、学習者に観測器を用いた誤り箇所の探索を行わせる(図2(c)(d))。

図2(c)の例は、学習者の誤りとして、上の物体が下の物体を押す力が欠落し、それに対する下の物体の垂直抗力が足りていない。これらの誤りについて、学習者は速度、加速度、荷重、摩擦の4つを計測で

きる観測器について、どの観測器をどこに設置するかを選択する。この際、システムは学習者の誤りを分析し、誤りを見つけるために必要最小限の個数のみ設置できるように設置可能個数を制限している。

図2(d)では、学習者が荷重観測器を上上の物体と下の物体にそれぞれ設置している。システムはそれに対し、上の物体には下の物体を押す力がないため(下の物体も荷重観測器も、上の物体からの力を受けていないため)荷重観測器が反応しないというフィードバックを行う。学習者はそれを観察して、自身の誤り箇所を発見することができる。

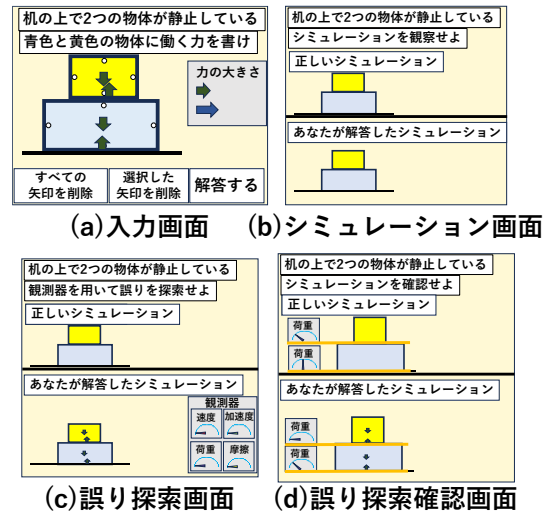


図2 システム画面

5. おわりに

EBS は正答と誤答に基づくシミュレーションを提示していたが、誤り探索活動については学習者に委ねられている。この誤り探索活動をタスク化することで問題及び学習者の解答の理解が促進される。そこで、学習者がシミュレーションで提示されている誤り箇所を考え、探索する手法を提案した。

今後の課題として、フィードバックの検討や提案システムの開発・その効果の検証があげられる。

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 JP22K12322, JP21H03565 の助成による。

参考文献

- (1) Hirashima, T., Horiguchi, T., Kashihara, A., et al.: "Error-based simulation for error-visualization and its management", International Journal of Artificial Intelligence in Education, Vol. 9, No. 1-2, pp. 17-31 (1998)
- (2) Ueno, U., Tomoto, T., Horiguchi, T., et al.: "A Support System for Learning Physics in Which Students Identify Errors Using Measurements Displayed by a Measurement Tool", Workshop proceedings of the International Conference on Computers in Education ICCE 2019, pp. 426-434 (2019)