

力学問題に対する作図段階での誤りの認識

4 V - 4

小出誠 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

力学の問題解決過程では、問題を解決しやすい形態で表現するための作図が重要であり、このスキルの習得が学習者に望まれる。本研究では運動方程式のようなテキスト入力だけでなく学習者の作図入力をコンピュータが認識してその誤り部分を診断するシステムを構築している。このシステムには以下の3つの意義がある。(1)式のような入力だけでは学習者の誤りが何に起因するのか判断できない場合があり、この場合に作図段階の情報がシステム中にあればそれをもとにして誤り原因を特定できるので、学習者の状態を式だけの入力よりもより詳細に把握できる。(2)学習者が問題解決過程で行き詰まった場合でも、どこで行き詰まったかを認識できる。(3)学習者の作図過程のデータ収集に役立つ。本システムは高校程度の力学問題を対象としており、物理の各概念はひととおり学習し終えて問題演習に進んでいる段階を想定している。

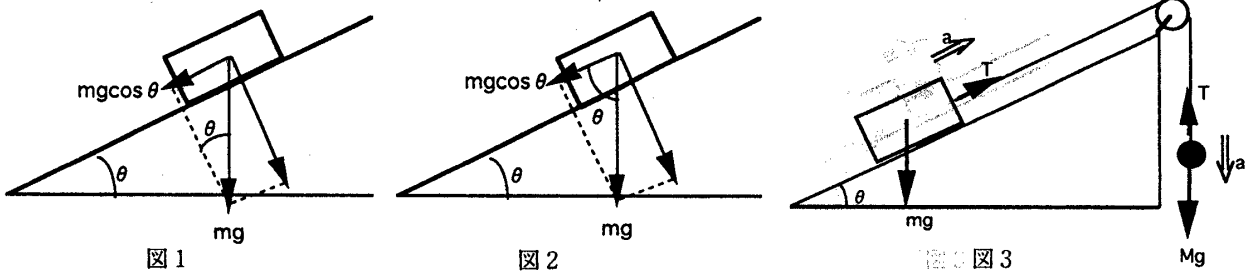
2. 作図過程診断の重要性

ここではなぜ作図過程の診断が重要なのかについてを具体例を用いて述べる。

(1)式だけでは学習者の誤りが診断できない場合：図1, 2において学習者の入力した式はともに $mg\cos\theta$ であるとする。式だけからはこの2つの誤りを区別することができないが、作図入力を見ると角 θ の位置が違っており、図1では \sin と \cos の誤り、図2では幾何的な取り間違いだと診断できる。この差は修正指導を行う上で重要なものであり、作図過程の診断を実現する必要性は高いといえる。

(2)学習者が途中で行き詰まる場合：図3のように学習者が入力したとして、ブロックにかかる力が T と mg だけでは斜面に垂直な方向の力がつりあわないのに気付いて行き詰まり、立式まで進めなくなった場合でも、システムは学習者の入力に垂直抗力が欠落しているのを発見することができる。

(3)作図過程のデータ収集は学習者の誤概念に対する考察を深める上で重要になってくる。(1),(2)の例で見たように式の入力だけでは学習者の誤概念を捉えるには不十分であり、作図過程の詳細な記述は誤りを正確に分類する上で不可欠になる。



3. 診断手法

本章では、学習者の作図段階の誤りを診断するために必要なシステムについて述べる。

3.1 学習者の入力

本システムは学習者の入力を以下の3段階に分けている。

Error diagnosing in diagram drawing for solving mechanical problems.

Makoto Koide (E-mail: koide@si.sanken.osaka-u.ac.jp)

Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka Univ.

8-1, Mihogaoka, Ibaraki, Osaka 567, Japan

- (1)問題に対する図の入力…斜面やブロックなどの部品を組み立てて図を作成
- (2)物理概念による物理量の入力…垂直抗力, 重力など物理概念に対応した力, 加速度などを入力
- (3)立式に必要な物理量の入力…座標系の設定と力の分解で, 立式できるような作図を入力

学習者は各段階ごとに入力を行う。これに対してシステムは(3)段階の入力終了後に誤りの診断を行う。これは実際の学習者が作図する場合, (2)と(3)の違いをあまり意識しておらず, (2)で入力が省略されても(3)でつじつまが合う場合があるからである。さらに, 省略していることを自覚させること自体も, 作図のためのスキルをより定着したものとするために意義があると考えられる。

3. 2 誤り診断システム

学習者の作図入力での誤りを診断するものとして, 正しい作図の最終結果と比較してそれとの差異を発見する方法がある。しかし, 例えばブロックが斜面上にあるので垂直抗力を記入するといったように, 作図にはそれぞれ因果関係があり, この関係を把握することなく誤りの診断を行っても誤り箇所特定しかできず, 学習者がどの過程で間違えたかを診断することはできない。比較対象となる正答がこの因果関係をもつためには, 正答が作図過程をもたなくてはならない。

正しい作図過程を与える方法としてはオーサが入力してやる方法があるが, これはオーサの入力に手間がかかり, またその入力が正しいかどうかの妥当性および問題ごとの入力間の統一性を保つのが困難である。これに対してシステムが一般問題解決器をもち, 作図を含んだ問題解決過程を生成することができれば, オーサの入力の手間を省き問題解決過程の妥当性や統一性も得られる。本システムは力学問題の問題解決器[1][2]を内部に持たせることを目指している。

4. 今後の展望

3, で述べたようにこのシステムでは学習者の作図における誤りを特定することができる。しかし, 学習者にこの過程が誤っていると直接指示しても, 学習者にはその理由がわからず, 誤り概念の修正にはつながらない場合がある。しかし, この誤りを運動の世界や式の世界などに反映させることができれば学習者による誤り概念の理解を支援することができる。例えば, 図3のように斜面上にある物体に垂直抗力を書かなかったとき, これらの力をそのまま適用してシミュレーションを示してみると, 斜面中に物体が沈み込むような実際にはありえない運動が学習者に提示されることになる。これを見た学習者が物体が沈み込まないように作図画面に力を記入したとき, 学習者はこのような物体を支える力の必要性を感じて, これが垂直抗力に相当することがわかる。このように学習者の作図段階の誤りを問題や式, 運動(シミュレーション)の世界で可視化してやることによって, 学習者にリフレクション(内省)[3]の機会をもたらすことができると考えている。

また, 2の(3)で利点として述べたように学習者の作図入力過程がデータとして収集できるので, 生徒の学習過程や誤りの生成過程を考察することができる。この結果を踏まえて, 作図過程における誤りの発生のモデルを作成することを目指している。

参考文献:

- [1] H. J. Kook, "A Model-based Representational Framework for Expert Physics Problem Solving" Ph. D Dissertation of Texas University (1989)
- [2] R. Ploetzner, "How qualitative problem solving in mechanics improves by qualitative reasoning" *Proceedings of the World Conference on Artificial Intelligence in Education*. pp.285-312 (1993)
- [3] A. Collins, J. S. Brown, "The Computer as a Tool for Learning Through Reflection" *Learning Issues for Intelligent Tutoring System*. pp.1-18 (1988)