

## Error-based simulation を用いた学習における 概念変容の概念マップ変化による分析

### Analysis of Conceptual Change in Error-based simulation Learning by Concept Map Change

西岡 佳希<sup>\*1</sup>, 長曾 一樹<sup>\*2</sup>, 林 雄介<sup>\*2</sup>, 平嶋 宗<sup>\*2</sup>

Yoshiki NISHIOKA<sup>\*1</sup>, Kazuki NAGASO<sup>\*2</sup>, Yusuke HAYASHI<sup>\*2</sup>, Tsukasa HIRASHIMA<sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup> 広島大学工学部

<sup>\*1</sup> Faculty of Engineering, Hiroshima University

<sup>\*2</sup> 広島大学大学院工学研究科

<sup>\*2</sup> Graduate School of Engineering Hiroshima University

Email: nishioka@lel.hiroshima-u.ac.jp

**あらまし**：学習者の中には学習以前に科学的には異なる誤った概念を持つ人が多く見られる。このような概念は素朴概念と呼ばれる。その概念解消に効果的とされているのがEBSシステムである。EBSによる素朴概念解消効果が得られているならば、システム利用前後で学習者には考え方の変化が生じているはずである。そこで本研究では、知識の整理活動として有用であるとされている概念マップを用いて、学習者の思考の変化の観察・分析を行った。

キーワード:概念変容, 概念マップ, EBS, 素朴概念

#### 1. はじめに

学習者には、日常生活の経験から、科学的に正しい概念とは異なる誤った概念を持つ人が多くみられる。このような概念は素朴概念と呼ばれ、その修正が困難であると言われている<sup>(1)</sup>。初等力学の分野では Motion Implies a Force (MIF) 素朴概念と呼ばれるものがある<sup>(1)</sup>。これは運動している物体には運動の向きに力がはたらいているという誤った考え方のものであり、修正が困難であるとされている<sup>(1)</sup>。MIF 素朴概念修正のためには、対象としている系に働く力の把握が必要であり、その学習支援として Error-based Simulation (EBS)<sup>(1)(2)</sup> というものが設計・開発され、その効果も実証されている。

この EBS の実践利用において学習者の MIF 素朴概念が修正されたという結果から EBS 利用前後ではその学習者には何か考え方の変化が生じているはずである。本研究では、その考え方の変化を観察するために、概念マップを用いて EBS 利用前後の学習者の力に関する認識を測定した。

#### 2. Error-Based Simulation による誤りからの学習

誤りからの学習とは、学習者自身が自らの誤りを認識し、その誤りを修正するという学習方法である。その学習を可能にする手法として先行研究<sup>(1)(2)</sup>として挙げられているのが「誤りの可視化」である。誤りの可視化は MIF 素朴概念修正を目的とした学習支援の方法として有用であると言われており、この考え方は学習者の誤った考えを肯定した時にどのような事象が起こってしまうのかを可視化するというものである。従って誤りの可視化は学習者の誤り修正

に効果的であると同時に学習者の誤りの気づきを促す方法として有効であるとされている。この誤りの可視化を実現したシステムとして挙げられるものが Error-Based-Simulation (EBS) である。

Error-Based-Simulation (EBS) とは、学習者の考えが正しいと仮定した場合にどのような現象が起こるのかをシミュレーションするシステムのことであり、また自らの作図結果に応じたシミュレーションと正しい挙動との差異を比較することによって誤りの可視化を実現しており、学習者に自らの誤りを気づかせることを可能とする。つまり MIF 素朴概念の修正に効果的な学習支援手法であると言える。

また EBS には単視点 EBS と多視点 EBS<sup>(2)</sup> の 2 種類が存在し、単視点では物体に対する作図は力のみ、多視点は力、速度、加速度の 3 要素を作図するシステムになっている。

#### 3. EBS による概念変容の測定

##### 3.1 概念マップによる学習者の理解の表現

本研究では、EBS 利用前後の学習者の理解を概念マップで測定し、EBS による MIF 素朴概念の修正について検証することを目指している。概念マップとは、二つ以上の概念とそれらの関係によって構成された命題の集まりから意味構造を表した図的表現のことである<sup>(3)</sup>。概念マップは知識や理解の外化や整理活動としての学習効果があり、学習者の理解を共有、評価可能になるとされている<sup>(4)</sup>。力学問題についても概念マップとして表す研究も行われている<sup>(5)</sup>。本研究で作成した力学課題に関する概念マップを図 1 に示す。図 1 左は対象としている状況とそこに働く力と速度を表しており「パラシュートを開いて等

速で落下する人」には図中で下向きの重力とパラシュートによる空気抵抗として上向きの力が働いている。また、速度は下向きであり、等速なので加速度はない。これを概念マップで表現したものが図1右である。「重力」や「空気抵抗」といった力に関するノード、「速度」「加速度」に関するノードがあり、それらの大きさと向き、力に関しては釣り合いを関係として表現している。図1は正しい理解を表しているが、もし学習者がMIF素朴概念を持っていたら、図2のようになる。ここで重要となるのは、「力のつりあい」という概念は物体が動かないという場合だけでなく、等速度運動している場合もあるということである。MIF素朴概念があると図2のように力が釣り合わず、運動している向きの力が大きくなってしまふ。

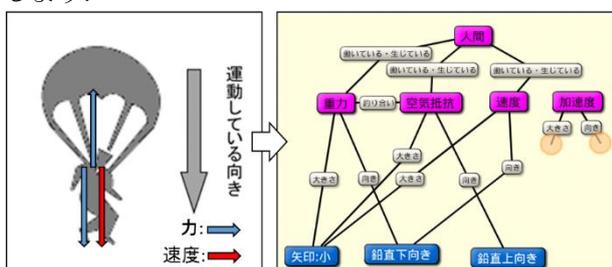


図1 力学問題の作図と作図に対する概念マップ例1

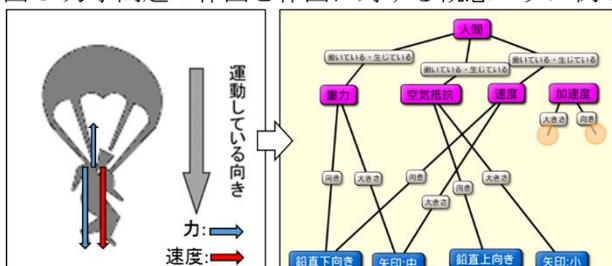


図2 力学問題の作図と作図に対する概念マップ例2

### 3.2 概念マップシステム

これらの概念マップを学習者に描かせる時は、まず学習者にノード、リンクの部品を提供し、概念マップを組み立ててもらおう形式を採用する(図3)。部品内には繋いではいけないダミーノード、ダミーリンクが存在する。これは学習者の概念マップ作成自由度を高めるためである。またシステム内では紫色ノードを固定、その他のノードとリンクは動かせる仕様となっている。

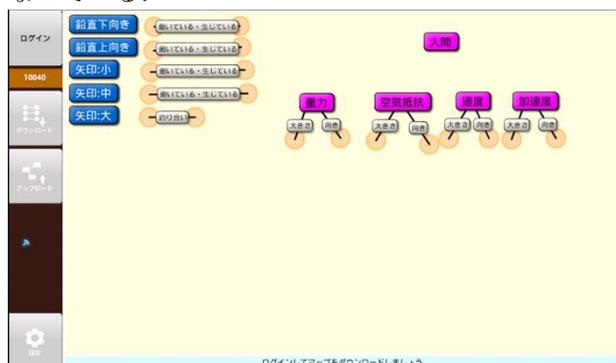


図3 概念マップキット例

### 3.3 概念変容分析のための実践的利用

学習者の概念変容の分析を目的とした実践的利用高等専門学校生徒34名を対象とした。また、実践的利用内では多視点EBSの利用前後で概念マップシステムを用いることで分析を行った。評価としてEBSと同様の力学問題を筆記で行わせた。

### 3.4 結果と分析

まず力学問題と概念マップの両方でMIF誤答、その他誤答、正解、と回答の種類を分けた。MIF誤答というのはMIF素朴概念で規定される誤りの事である。力学問題と概念マップ間の対応関係を分析するために表1のように概念マップと力学問題間のそれぞれの条件確率(例えば1行目は概念マップでMIF誤答が存在する場合に力学問題でMIF誤答が見られる確率)を算出した。表1の1,2行目で言えることは概念マップにおいてもおおむねMIF素朴概念を表現できているということである。3,4行目の意味することは概念マップがしっかり書いていないと力学問題は解けないということである。従って力学問題における思考を概念マップで表現することの有効性が示唆されている。

表1 概念マップ、力学問題間の条件確率

命題	条件確率(%)
MIF(概念)→MIF(力学問題)	82.62
MIF(力学問題)→MIF(概念)	87.37
正解(概念)→正解(力学問題)	95.24
正解(力学問題)→正解(概念)	44.39

## 4. まとめと今後の課題

力学問題での思考を可視化するツールとして概念マップの有効性が示唆された。しかし一部で概念マップ表現が上手くできていない学習者が見られた。従って概念マップのキットの見直しとキットの与え方の改善をすることが今後の課題として挙げられる。

### 参考文献

- (1) 篠原智哉, 山田敦士, 林雄介, 平嶋宗(正員): Error-Based-SimulationによるMIF素朴概念の修正効果の検証, 電子情報通信学会論文誌 D Vol. J100-D No. 3 pp. 447-450
- (2) 山田敦士, 篠原智哉, 堀口知也, 林雄介, 平嶋宗(正員); 多視点 Error-Based Simulation の設計・開発と実験的評価, 電子情報通信学会論文誌 D Vol. J99-D No. 12 pp. 1158-1161
- (3) Novak, J.D., Canas, A.J.: "The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct Them", Technical Report IHMC CmapTools 2006-01(2006)
- (4) 山口悦司, 稲垣成哲, 福井真由美, 舟生日出男: "コンセプトマップ: 理科教育における研究動向とその現代的意義", 理科教育学研究, 43(1), pp.29-51(2002)
- (5) MICHELENE T. H. CH, PAUL J FELTOVICH, ROBERT GLASER: "Categorization and Representation of Physics Problems by Experts and Novices", COGNITIVE SCIENCE 5, pp.121-152