

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 9 日現在

機関番号：13301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350191

研究課題名(和文) 自己組織化マップによる観察・実験における科学的思考力と表現力の育成システムの開発

研究課題名(英文) Development of System for Improving Ability of Students' Scientific Thinking and Expression in Observation and Experiment by Self-Organizing Maps

研究代表者

松原 道男 (MATSUBARA, Michio)

金沢大学・学校教育系・教授

研究者番号：80199843

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、子どもの科学的な思考力や表現力を育成することを目指し、具体的な観察・実験を通じた自由記述課題の解答を自動で評価するシステムの開発を目的とした。システムは、web版とデスクトップ版の二つである。課題は、観察・実験を動画で提示するもので、小学生用と中学生用、それぞれ12問を作成した。システムの操作は、課題選択、動画による課題の提示、自由記述による解答、自己組織化マップによる評価、ビデオによる解答の解説、といった手順である。システムの利用を通して、生徒の科学的な思考力や表現力を高めることができると考えられた。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to develop the automatic assessment system for improving ability of students' scientific thinking and expression. The scientific problems related to observation and experiment are asked to answer by free description in this system. The system has two versions. One is web version and another is desktop version. The system has 12 problems in each level of elementary school and junior high school. The problems are presented by video. The way of operating the system is as following. Selection of problem, presentation of problem by video, answer by free description, evaluation by the self-organizing maps, commentary of the correct answer by video. The students' ability of scientific thinking and expression is expected to be improved by using the system.

研究分野：科学教育

キーワード：評価システム 観察・実験 自由記述 自己組織化マップ

1. 研究開始当初の背景

PISA や TIMSS などの国際的な学力調査において、子どもの科学的な表現力に関する問題点が指摘された。それに対応し、現行の学習指導要領においては、科学的な表現に関する言語活動が重視され、学校においては、根拠や理由を述べていく授業改善が図られ、一定の成果があらわれてきている。しかし、国内の学力調査においては、知識を活用することにまだまだ問題があることが指摘されている。また、理科における科学的な思考力や表現力は、ペーパーテストによって評価するだけでなく、本来、具体的な自然事象を見て、どう予想し、観察・実験の計画を立て、実験結果に基づいて考察したかを評価していく必要がある。一方、教員の質的な問題として、理科を苦手とする教員が増えてきており、観察・実験を通じた問題解決の授業が十分に成立していないことが指摘されている。

これらを受け、これまでの研究においては、子どもの科学的な記述に関する能力を高めることを目的として、自由記述を自動で評価するシステムの開発を行ってきた。そこで、これまでの研究を発展させ、具体的な自然事象を対象に、予想や観察・実験計画、結果の考察において、科学的思考力や表現力を育成するための評価を行っていく必要があると考えられた。

2. 研究の目的

本研究では、これまでの研究をもとに、具体的な自然事象を対象とした予想や観察・実験計画、結果の考察などの記述について、自己組織化マップを用いて評価するとともに、記述例を参照できるようにして、科学的思考力や表現力を深めるコンピュータシステムの開発を行うことを目的とした。

3. 研究の方法

(1) システム作成の環境

システムは、広く活用してもらうための「web 版」と、ネット環境が十分でない場所で活用するための「デスクトップ版 (Windows)」の二つを作成することにした。web 版については、asp.net を用いて Windows サーバーで動作するようにした。デスクトップ版はそれとの互換性から、開発しやすいように VB.net を用いることにした。

(2) 理科の観察・実験の課題作成

課題は、観察・実験に関するもので動画によって提示することを考えた。小学生用と中学生用に分け、学年や内容が偏らないように、それぞれ 12 問を作成した。課題内容は、A: 観察・実験の目的に関すること、B: 観察・実験の方法に関すること、C: 観察・実験の結果から考察されること、の 3 つの観点から作成した。

(3) 解答事例の入手と評価

本システムにおいては、すでに評価した解答例をもとに、新たにシステムに入力される

解答を評価する方法をとる。そこで、解答事例を幅広く得る必要があるため、小学校第 3 学年から第 5 学年、計約 250 人、中学校第 1 学年と第 3 学年、計約 440 人、高等学校第 1 学年約 70 人、大学生第 2 学年約 80 人の解答を事例に含めた。

すべての課題において、解答は 3 点満点とし、0 から 3 点の 4 段階で評価を行った。

4. 研究成果

(1) 開発したシステムの概要

システムは、Msomlab2 と命名し、小学校用と中学校用に分けて作成した。システムの操作は、web 版もデスクトップ版も同じで、次のような手順で操作する。

プルダウンにより 12 の課題の一つを選択する。

動画による課題説明が始まる。動画は、途中で止めたり、戻したりして、繰り返し見ることができる。

動画による課題のフォームを閉じると、静止画による課題と解答欄が表示される。解答欄にキーボード等を用いて、自由記述で解答を記入する。

解答を記入後、評価に関するボタンをクリックすると、自己組織化マップに解答の位置づけがされ、「0」印で示される。自己組織化マップのセルには、「0」～「3」点の解答が位置づけられ、セルの色によって点数が示される。

自己組織化マップでは、類似した解答どうしが、近くに配置される。色のついたセルをクリックすると、解答事例が示される。「0」で位置づけられた自分の解答のセルの色や、それをクリックして表示された解答事例、また「1」の近くのセルの解答事例を参照することにより、自分の解答の評価を行うことができる。

自己組織化マップのフォームの「答え」に関するボタンをクリックすると、答えについての解説動画が示される。

自己組織化マップのフォームの「始め」や「終了」のボタンをクリックすることにより、トップのフォームに戻ったり、システムを終了したりできる。

(2) システムの操作方法

システムの起動

小学校デスクトップ版についてはシステムファイル「MsomLab2E.exe」、中学校版は「MsomLab2S.exe」をクリックすると起動する。web 版は、次のサイトにおいて、「小学生用課題」または「中学生用課題」を選択することによって、課題を表示することができる。

<http://msom.ed.kanazawa-u.ac.jp/lab2.htm>

課題の選択

図 1 に示したのが、開発したシステムのトップメニューである。「問題」をプルダウンして選択する。ここでは、小学校版・問 1 の「ものうき・しずみ」の問題を選んだとす

る。問題を選択すると図2に示したように課題に関する動画のフォームが立ち上がり、動画が再生される。



図1 トップメニュー(小学校版)



図2 課題の動画

解答の入力

ビデオによる課題を見た後、フォームを閉じると、図3に示したように、静止画による課題の提示と解答欄が示される。解答欄にキーボードで解答を入力する。たとえば、「しずむ、プラスチックだから。」と入力したとする。入力後、「チェック」をクリックする。

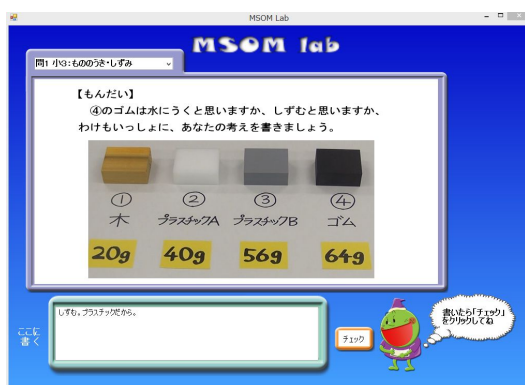


図3 静止画による課題の提示と回答の入力

自己組織化マップによる評価結果の表示

評価結果は、図4に示したような自己組織化マップによって表示される。自分の解答の位置が黒丸「●」で示される。また、自分の解答が右上の枠に示される。ここでは「しずむ。わけはプラスチック。」のセルの色が黄緑色になっている。セルの色は、右枠の凡例で示しており、満点が3点で、0点:黄緑色、1点:黄色、2点:橙色、

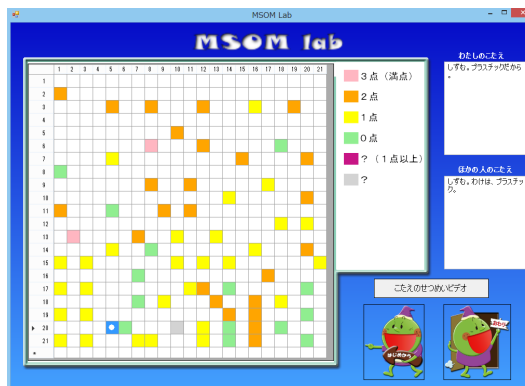


図4 自己組織化マップによる評価結果

3点: 桃色である。ここでは、黄緑色なので0点の可能性が高い。そこで、「しずむ。わけはプラスチック。」のセルをクリックすると、そこに位置づけられた解答例が右下の枠に示される。たとえば「しずむ。わけはプラスチック。」という解答例が示される。これは入力した内容とほぼ同じであり、このことから入力した内容は、ほぼ0点であることがわかる。色の付いたセルには、解答例があり、自分の解答と似ていれば似ているほど、近くにくるようになっている。そこで、近くの黄色(1点)のセルをクリックすると、「しずむ。重さが一番重いから。」と表示される。また、橙色(2点)のセルをクリックすると、「プラスチックBでしずんだんだから、それより重いのは必ずしずむ」と表示される。さらに、近くの桃色(3点)をクリックすると、「沈む。わけは、56gで沈むのだから、体積は同じだが、重いゴムは当然沈む。」と表示される。以上の解答例の参照から、材質だけでなく、重さに着目しなければならないこと、そして、体積が同じといった視点から沈んだ物と今沈めようとする物の重さを比較して理由を述べる必要があることがわかる。

以上のように、自分の解答のセル(●)の色と解答事例、また、周辺のセルの色と解答事例から、自分の得点が判断できる。そして、自分の解答の改善などを科学的な考えから理解することができる。

解答の解説

答えの解説については、「こたえのせつめいビデオ」をクリックすると、図5に示したように解説動画のフォームが表示され、動画



図5 答えの解説動画

による解説が始まる。「ビデオをとじる」をクリックしてビデオを閉じる。「はじめから」や「おわり」のロゴをクリックすることにより、最初の課題選択のメニューに戻ったり、システムを終了したりすることができる。

(3)システムの教育的意義と考察

今回作成したデスクトップ版およびweb版のシステムについて、動作確認を行った結果、課題選択、動画による課題の提示、自己組織化マップによる評価の表示、解答の参照といった一連の動作に、問題がないことが確認できた。とくに、評価については、基本的に3点満点で評価し、0点から3点までの各得点の色分けをして自己組織化マップに表示することができた。

システムに任意の解答を入力することにより、自己組織化マップに解答が位置づけられ、その解答を周りの解答事例と比較した。その結果から、任意に入力した解答は、おおむね類似した解答事例に配置されており、システムによる評価の妥当性が確認された。また、自分の解答のセルの色や周辺のセルの色の確認、そして、自分の解答の近くのセルをクリックして解答例を参照することによって、評価結果を確認することができた。このことを通して、科学的に妥当な考え方について、自分自身で評価することにより、科学的思考力や表現力を高めることができると考えられた。

一方、観察・実験の目的に関する課題については、誤答が、観察・実験の目的ではなく、その結果に関するものが多くみられた。このように、課題の内容を誤って解釈している場合には、解答事例だけでは、十分に考えの修正ができないことが考えられる。そこで、これらの誤答については、何らかの解説をしていくことが今後必要であると考えられる。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計3件)

松原道男, 観察・実験の課題に対する自由記述の評価システムの開発(3) - 自己組織化マップによる評価の妥当性と問題点 -, 日本理科教育学会第65回全国大会論文集, 査読無, 13号, 2015, 177-177

松原道男, 観察・実験の課題に対する自由記述の評価システムの開発(2), 日本理科教育学会第64回全国大会論文集, 査読無, 12号, 2014, 377-377

松原道男, 観察・実験の課題に対する自由記述の評価システムの開発(1), 日本教科教育学会全国大会論文集, 査読無, 39号, 2013, 268-269

[学会発表](計3件)

松原道男, 観察・実験の課題に対する自由記述の評価システムの開発(3) - 自己組織化マップによる評価の妥当性と問題点 -, 日本理科教育学会第65回全国大会, 2015.8.1, 京都教育大学(京都府)

松原道男, 観察・実験の課題に対する自由記述の評価システムの開発(2), 日本理科教育学会第64回全国大会, 2014.8.24, 愛媛大学(愛媛県)

松原道男, 観察・実験の課題に対する自由記述の評価システムの開発(1), 日本教科教育学会第39回全国大会, 2013.11.24, 岡山大学(岡山県)

[その他]

ホームページ等

<http://msom.ed.kanazawa-u.ac.jp/lab2/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

松原 道男(MATSUBARA Michio)

金沢大学・学校教育系・教授

研究者番号: 80199843