

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 2 日現在

機関番号：13301

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22500849

研究課題名（和文） 自己組織化マップによる子どもの科学的表現能力の評価法の開発

研究課題名（英文） Development of Assessment System for Ability of Children's Scientific Description 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

研究成果の概要（和文）：本研究では、web 上で、理科自由記述問題に回答することにより、自動で評価するシステムの開発を行った。システムは、asp .net を用いて作成し Windows サーバー上で動作するものである。評価結果は、自己組織化マップによって、他の回答事例の中に位置づけた。自己組織化マップの回答事例を参照することにより、正誤だけでなく、どう回答すればよいかをわかるようにした。本システムの利用によって、子どもの科学的表現力を高めることが期待される。

研究成果の概要（英文）：In this study, Automatic assessment system for descriptive type of scientific problem was developed on web site. The system was built by asp .net and operated on Windows Server. Assessment result was indicated together with other answers on the self-organizing maps. Not only correction but also the way of answer was clarified by referring to other answers on the map. Child's ability of scientific expression is expected to improve by this system.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	400,000	120,000	520,000
2011 年度	300,000	90,000	390,000
2012 年度	300,000	90,000	390,000
年度			
年度			
総計	1,000,000	300,000	1,300,000

研究分野：科学教育

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学・科学教育

キーワード：自己組織化マップ，科学教育，評価システム，自由記述，TIMSS

## 1. 研究開始当初の背景

TIMSS などの国際的な学力調査においては、日本の子どもの科学的な記述能力の問題点が指摘されている。そのような指摘の中で、新学習指導要領においては、言語に関わる活動の重要性が指摘され、科学的な表現力の育成が求められることとなった。子どもの科学

的な記述能力を高めるためには、その記述内容の正誤を含めた回答カテゴリーを明確に判断し、評価する必要がある。ところが、子どもの自由記述などの評価は、客観的な評価が難しかったり、時間がかかったりするといった問題点があげられる。そこで、自由記述を自動で評価するシステムがあれば、子ども

の科学的な記述能力を高めるのに役立つことができると考えられる。

## 2. 研究の目的

本研究では、自己組織化マップを用いて、子どもの科学的な記述内容を評価するシステムの開発を行うことを目的とした。

理科の自由記述に関する問題に対して、すでに評価された回答データをもとに、自己組織化マップを作成する。この構成された自己組織化マップに、新たに自由記述される回答を位置づけて評価する方法を開発するものである。

## 3. 研究の方法

### (1)対象とした理科の問題

自由記述の問題は、TIMSS2007 から内容領域が偏らないように、小学生用問題 12 問、中学生用問題 12 問を抽出した。また、独自に小学生用の問題 3 問、中学生用の問題 4 問を作成した。以上、問題の種類は次の 4 つである。

- ・TIMSS2007 小学生用問題：12 問
- ・TIMSS2007 中学生用問題：12 問
- ・小学生用一般問題：3 問
- ・中学生用一般問題：4 問

### (2)データとした回答

システムの作成にあたり、自己組織化マップのデータとなる既存の回答は、次のものを対象にした。TIMSS においては、国内の調査データで、400 人から 600 人の回答である。また、一般問題については、小学生用問題は 150 人から 160 人の小学生を対象に調査を行い、回答データを得た。同様に中学生用問題は、140 人から 150 人の中学生を対象に回答データを得た。

### (3)開発環境

まず、回答事例を自己組織化マップに配置するために、荷重および自己組織化マップでの位置を求める必要がある。これについては、Excel のマクロを用いて、自己組織化マップを作成し、その数値データを得る分析ソフトの開発を行った。

自由記述評価システムは、一般的な利用を可能にするために web 上で活用できることを考えた。そこで、Windows サーバーを用いることにし、asp.net を用いてシステムを開発した。その際、Excel で作成した自己組織化マップ分析ソフトに基づき、作成を行った。また、web システムについては、自由に記述された回答を形態素解析するために、形態素解析ソフト「chasen」を組み込んだ。

## 4. 研究成果

### (1)開発したシステムの概要

システムは、自由記述問題の既存の回答を自己組織化マップに配置し、新たに自由記述される回答をそこに位置付けることにより、評価することを基本とした。システムの動作手順は次の通りである。

- a. 問題の選択と表示。
- b. 自由記述による「回答」の入力。
- c. 「chasen」による入力した回答の形態素解析。単語と品詞をデータとして保存。
- d. 既存の回答データと「c.」の回答データの照合。入力した「回答」の数値化。
- e. 数値化した「回答」と自己組織化マップの荷重データの照合。最も一致する自己組織化マップのセルの抽出。
- f. 抽出した自己組織化マップのセルを中心に、 $20 \times 20$  のセルの範囲の自己組織化マップを表示。「e.」で選ばれたセルにプロットを付し、入力した回答の自己組織化マップにおける位置を表示。
- g. 自己組織化マップの各セルをクリックすることにより、そこに位置づけられた回答例を表示。

### (2)開発したシステムの操作

#### ①問題の選択

図 1 の上に示したのが、開発したシステムのトップメニューである。「TIMSS2007 小学生問題」、「TIMSS2007 中学生問題」、「一般問題小学生用」、「一般問題中学生用」の 4 種類の問題のボタンの一つをクリックする。すると、図 1 の下に示したような問題選択画面になり、「問題」をプルダウンし選択することによって、問題が提示される。



図1 システムのトップメニューと問題の選択

## ②回答の入力

TIMSS 中学生問題を例にあげる。問11の「太陽と月からの光」の問題を選んだとする。図2のような問題と回答欄が表示される。「太陽から出た光が地球にとどくには8分かかりますが、同じ速度で進む光が月から地球にとどくには1.5秒しかかかりません。その理由を書きなさい」という問題が示される。回答欄に理由を自由に記入する。ここでは、「月は太陽に比べて、地球に近いから」という回答を記入したとする。記入を終えたら「決定」をクリックする。



図2 問題と回答欄の表示回答

## ③評価結果の表示

評価結果は、図3に示したような自己組織化マップに示される。自分の回答の位置が黒丸「●」で示される。また、自分の回答が右上の枠に示される。

自己組織化マップは、同じような言葉を使った回答であればあるほど、お互いが近くのセルに配置される。したがって、自分の回答に類似した文書の回答が近くに配置されている。また、回答事例のセルは、正答や誤答、問題によっては得点によって色分けされている。「●」で示された自分の回答の近くのセルの色で、解答の正誤を判断することができる。また、自分の近くの色のついたセルをクリックすることにより、回答例を表示し、自分の回答と比較することにより、評価を行うことができる。

図3の例では、自分の回答のセルはピンク色になっている。凡例をみるとピンク色は正答になっている。自分のセルをクリックすると、図3に示したように、そこに位置してい

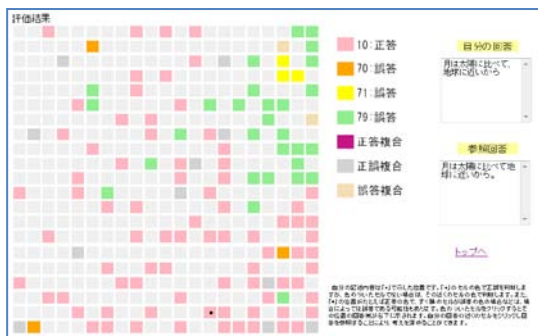


図3 自己組織化マップによる評価結果の表示

る回答例が、右下の枠に示される。ここでは、「月は太陽に比べて地球に近いから」と表示されている。句読点が異なるが、自分の回答と、同じ内容の回答になっている。このように色の付いたセルには、回答例があり、自分の回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。この回答例から、自分の回答が正答であることがわかる。

その他の近くの正答のセルをクリックすると、たとえば、「月と地球は太陽と地球より近いから」とか、「月と地球は近いけど太陽と地球は遠いから」といった回答が示される。自分の回答とほぼ同じ内容であるので、やはり自分の回答は正答であると判断できる。近くの誤答について、ここでは、たとえばオレンジ色で誤答が示されているので、それをクリックすると、「月と太陽では、地球からの距離にかなりの差があるから」という回答になっている。自分の回答と比較すると、距離に差があるとは書かれているが、どちらが近いかあるいは遠いかが示されていない。そのため、誤答になっていることが考えられる。このように正答だけでなく誤答も参照することにより、自分の回答を評価しやすくなるとともに、科学的にどう説明していけばよいかを学ぶことができる。

自分より離れた回答例をみると、たとえば「太陽のほうが月より地球への距離が遠いから」というように、遠いほうを強調した表現であったり、「太陽から地球より月から地球のときのほうが距離が短いから」など、自分とは異なる表現の回答をみることができ

る。図3のようにTIMSS問題では、正答、誤答のパターンになっているが、小・中学校の一般問題では、評価が4点満点の得点で色分けされている。

## (2) システムの教育的意義

以上のようにして開発したシステムについて、Windows サーバー上での動作を確認した。その結果、問題の選択と表示、回答の記入、自己組織化マップによる結果の表示、参照回答例の表示等について、問題なく動作した。

本システムでは、入力した回答の評価については、正誤等の色分けされたセルに回答が配置されることによって、おおよその評価を行うことができる。また、自分の回答の近くには同じような表現での正答や誤答が配置されており、それを参照することによって、正誤について詳しく確認ができる。

本システムにおいては、自分の回答が誤答の場合、近くの正答を参照することによって、正しい考え方や表現の仕方を学ぶことができる。一方、自分の回答が結果的に正答と判断されても、近くの正答からよりよい回答を得られる場合がある。また、自分が正答であ

っても、近くの誤答を参照することにより、誤答において考えの誤っている点や表現の不十分な点を確認することができ、正しい回答についての考えを深めることができる。さらに、自分の回答から遠くに位置付けられている正答の回答例を参照することにより、自分とは異なる表現や考え方の正答も確認でき、表現の仕方や考え方を広げることができると考えられる。

以上のように、本システムにおいては、単に記述内容の正誤を判断するだけでなく、回答例を参照することにより、考え方や表現の仕方について、理解を深めていくことができると考えられる。

本システムの発展的な活用について、本システムではいろいろな正答や誤答の回答事例を参照できるため、それをもとに授業設計や指導に役立てることができると考えられる。また、本システムは、自由記述の評価について、理科の教科を問わずあらゆる教科に応用できると考えられる。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 2 件)

- ① 松原道男, 科学的記述内容の評価システムの開発 (2), 金沢大学人間社会学域学校教育学類紀要, 査読無, 第 5 号, 2013, 65-71
- ② 松原道男, 科学的記述内容の評価システムの開発, 金沢大学人間社会学域学校教育学類紀要, 査読無, 第 4 号, 2012, 43-49 [学会発表] (計 8 件)
- ① 松原道男, 科学的記述内容の交流システムの開発, 日本理科教育学会北陸支部大会, 2012. 12. 1, 新潟大学 (新潟県)
- ② 松原道男, 自己組織化マップによる生徒の科学的記述内容の分析-中学校理科「大気圧」に関する教材を例にして-, 日本教科教育学会第 37 回全国大会, 2012. 11. 3, 東京学芸大学 (東京都)
- ③ 松原道男, 自己組織化マップによる科学的記述内容の評価法の開発 (5)-web 版自動評価システムにおける点数化について-, 日本理科教育学会第 62 回全国大会, 2012. 8. 11, 鹿児島大学 (鹿児島県)
- ④ 松原道男, 自己組織化マップによる科学的記述内容の評価法の開発 (4)-web 版自動評価システムの設計-, 日本教科教育学会第 37 回全国大会, 2011. 11. 13, 沖縄大学 (沖縄県)
- ⑤ 松原道男, 理科における子どもの記述内容の分析-TIMSS2007 の理由や根拠に関わる語句の活用から-, 日本科学教育学会第 35 回年会 2011. 8. 24, 東京工業大学 (神奈川県)
- ⑥ 松原道男, 自己組織化マップによる科学的記述内容の評価法の開発 (3)-自由記

述の自動評価システムの試行-日本理科教育学会 第 61 回全国大会, 2011. 8. 20, 島根大学 (島根県)

- ⑦ 松原道男, 自己組織化マップによる科学的記述内容の評価法の開発 (2)-TIMSS2007 の自由記述の自動評価システム -日本教科教育学会第 36 回全国大会, 2010. 10. 2, 弘前大学 (青森県)
- ⑧ 松原道男, 自己組織化マップによる科学的記述内容の評価法の開発 (1) -TIMSS2007 の問題と回答を例に一, 日本理科教育学会第 60 回全国大会, 2010. 8. 8, 山梨大学 (山梨県)

[その他]

ホームページ等

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

## 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