

科学的記述内容の評価システムの開発(2)

松原 道男

Development of Assessment System for Scientific Description(2)

Michio MATSUBARA

I 研究の目的

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¹⁾、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ている²⁾。そこで、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試みてきた。

システムは、既に正誤を評価している自由記述の回答について形態素解析を行い、使用されている単語の類似度から、その回答を正誤の色を付けて自己組織化マップに配置する。そして、新たな自由記述の回答をその自己組織化マップに配置することによって、正答か誤答かを評価することを考えた。

このシステムの開発のため、TIMSS の記述問題の回答を用いて、その回答を自己組織化マップに位置づける方法を開発してきた⁴⁾。本研究では、引き続き作成した自己組織化マップに、新たな自由記述の回答を位置づけて評価する方法を開発するとともに、自由記述の回答を自動で評価するシステム全体の構築を行うことを目的とした。

II 研究方法

システムの開発にあたっては、web 上での操作を考慮して、ASP.NET を用いて作成することを考えた。また、運用にあたっては、Windows Server を設置し、web 上で書き込

まれた回答を評価するものを作成し、開発したシステムについて web 上で実際に動作するかどうか確認することにした。対象とした記述問題は、これまでの研究において自己組織化マップを作成した TIMSS2007 の自由記述の問題で、小学生用 12 問、中学生用 12 問である。

III 開発したシステム

1. システム開発の概要

開発するシステムは、web 上でアクセスを可能にし、次の手順で操作できるもの考えた。

- ① トップメニューにおいて、TIMSS の問題の中学生用、小学生用のどちらかを選択できるようにする。選択後の操作は、小学生用、中学生用のいずれも同じものとする。
- ② 12 問の問題タイトルをプルダウンにより提示できるようにし、その中から問題を一つ選択できるようにする。
- ③ 選択した問題が提示され、回答欄が表示される。
- ④ 回答欄へ自由に入力できるようにし、入力後、回答の評価を実行できるようにする。
- ⑤ 自己組織化マップを用いて、入力した回答を位置づける。自己組織化マップの各セルは、正誤の色分けをしており、位置づけられた回答のセルの色、あるいは周辺のセルの色から正誤が判断できるようにする。
- ⑥ 自己組織化マップに配置されている回答

について、照会するとその回答が表示されるようにし、自分の回答と比較することにより、正誤について詳細に判断できるようにする。

2. 既存の分析ソフトの利用

システムにおける各問題の自己組織化マップに関するデータは、これまでに開発した「msom_plus」⁵⁾を用いて求めた。おもに既存の回答の自己組織化マップへの配置データと荷重データである。

システムに入力される自由記述の回答については、形態素解析を行う必要がある。これについては、フリーソフトである日本語形態素解析ソフト「茶筌」をシステムの中に組み込んだ。

3. システムのデータ構造と分析手続き

システムで用いるデータは、「msom_plus」によって作成されたデータがおもで、問題ごとに次のデータが設定されている。

①回答例に関するデータ

- 回答例として表示される回答例（ここでは500～600例）が、番号を付して、テキストとして設定されている。
- 回答例のデータ数

②自己組織化マップに関するデータ

- 自己組織化マップのセル数
- 自己組織化マップに配置される回答の正誤の色データ
- 自己組織化マップの各セルの荷重
- 各セルに配置されている回答例の番号

③形態素解析に関するデータ

- 回答例で用いられてい

る単語

- 回答例で用いられている単語数
- 以上のデータが設定されている。

回答欄に自由に記述した回答を評価して表示する手順は、次の通りである。

- ①回答欄に回答を入力する。
- ②「茶筌」によって、入力された回答が形態素解析される。単語と品詞が抽出され、データとして保存される。
- ③回答例より抽出された単語と照合し、記述された回答を数値化する。
- ④自己組織化マップの荷重と③の数値化された回答データを照合し、最も一致している自己組織化マップのセルを抽出する。
- ⑤選択された自己組織化マップのセルを中心に、20×20のセルの範囲で、自己組織化マップを表示する。その際、④で選ばれたセルにプロットを付し、自己組織化マップにおける入力された回答の位置を表示する。
- ⑥表示された自己組織化マップの各セルの位置の正誤に関する色データを読み込み、その色を表示する。また、各セルに対応する回答例の番号のデータを読み込む。
- ⑦自己組織化マップのセルをクリックすると、その位置に対応する回答例を表示する。

```

For prI = 1 To prK
    Spt = Split(prDK(prI), vbTab)
    prD(prI, 1) = Spt(2)
    prD(prI, 2) = Spt(3)
Next prI
FileOpen(1, dmpath + "sdata" + Global_asax.ban + ".txt", OpenMode.Input)

For prI = 1 To prN
    For prJ = 1 To 2
        Input(1, prS(prI, prJ))
    Next prJ
Next prI
FileClose(1)

FileOpen(1, dmpath + "wdata" + Global_asax.ban + ".txt", OpenMode.Input)

For prI = 1 To Global_asax.prZ
    For prJ = 1 To Global_asax.prZ
        For prR = 1 To prN
            Input(1, prW(prI, prJ, prR))
        Next prR
    Next prJ
Next prI
FileClose(1)
For prI = 1 To prK

```

図1 操作プログラムの一部

以上の操作については、図 1 に示したように、ASP.NET によって作成したプログラムによって、制御する。

4. システムの操作

開発したシステム ④は次の手順で操作が行えるようにした。

(1)メニュー画面

図 2 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。中ほどに、TIMSS の小学生問題と中学生問題を選択できるようにしてある。また、本システムでは、試行的にオリジナルの中学生問題 2 問を追加し、選択できるようにした。

(2)問題の選択

TIMSS の中学生問題を選択すると図 3 に示したような画面が表示される。「問題」のところをプルダウンすると、12 問の問題のタイトルが表示され、各問題を選択できるようになっている。小学生用の問題を選ぶと同様に表示され、問題を選択できるようになっている。以下、ここでは中学生用の問題を例にして、説明することにする。

(3)問題の表示と回答

ここでは、プルダウンして表示された「問 3 牛乳」の問題を例にあげる。プルダウンのメニューから問 3 を選ぶと図 4 の上に示したように、問題が表示される。

問題は、牛乳の変化が化学変化か物理変化かを答え、さらにその理由を答える問題である。問題によっては、このように答えと理由を記入する問題や、理由だけを答える問題がある。答えと理由が問われる問題については、図 4 の上に示したように、回答欄も答えと理

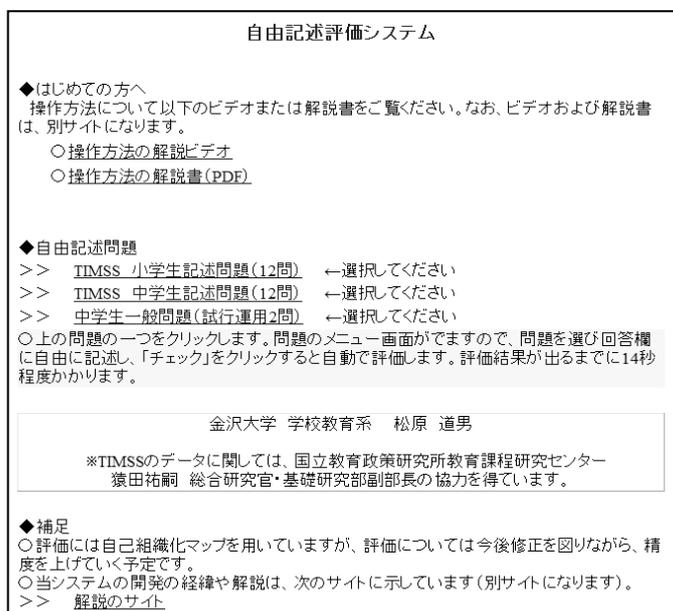


図 2 システムのトップメニュー

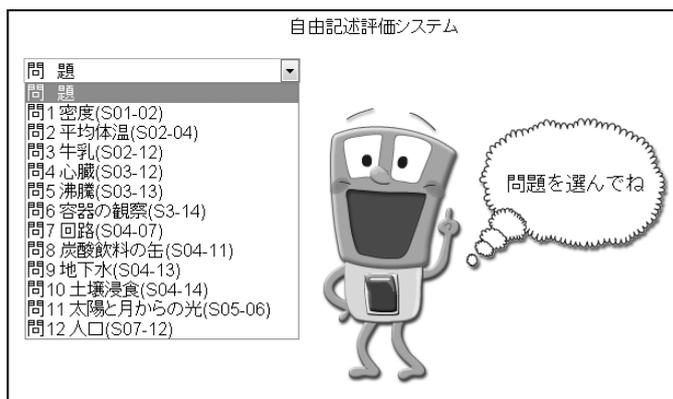


図 3 中学生用の問題(プルダウンにより問題を選択)

由の欄の二つが表示される。

ここでは「化学変化」ということで、1 を選び、そしてその理由について、「リトマス紙の色が変化したから」という回答を入力したとする。答えの「チェック」をクリックすると図 4 の下に示したように答えが表示される。理由については、記入後「決定」をクリックし、しばらく待つと図 5 に示したような自己組織化マップが表示され、評価結果が示される。

(4) 評価結果の表示

図5に自己組織化マップによる評価結果例を示した。図5の中央やや下の「●」で示したセルの位置が、自分の回答の位置で、評価結果を示している。ここでは白黒で印刷されているが、図5の右の凡例で示された色で、セルには正答や誤答の色分けて示されているものがある。また、凡例の番号は、TIMSSによって分類された回答パターンの番号である。

まず、「●」のセルの色または周辺のセルの色から、回答の正誤についておおよそ判断する。回答では、「リトマス紙の色が変化したから」という例をあげたが、自分の回答は右上の枠に示される。今回の「●」に位置しているセルには正誤の色が示されていない。自己組織化マップでは、自分のセルに近いほど、自分の回答に類似した回答例が配置されるようになっている。そこで、周辺のセルの色とそのセルに位置している回答例から判断する。

(5) 回答の参照

自分の回答「●」の近くに、正答や誤答の色のセルがある。図6に示したように近くの正答のセルをクリックすると、右下にそこに位置する回答例が表示される。ここでは、「リトマス紙の結果から、アルカリ性→酸性になったから」という回答になっている。自分の回答と比較すると「アルカリ性から酸性」と

自由記述評価システム

問3牛乳(S02-12)

太郎さんは青色リトマス試験紙を使って、コップの中の牛乳を調べたところ、試験紙は青色のままでした。2日後、同じ牛乳を調べたところ、青色リトマス試験紙は赤色に変色しました。

牛乳にはどのような変化が起きたのでしょうか。

どちらか1つの番号を書きなさい。

①化学変化
②物理変化

なぜそう答えたのか、理由を説明しなさい。

答え 1

リトマス紙の色が変化したから

記入

書いたら「チェック」または「決定」をクリックしてね

↓「チェック」をクリック

自由記述評価システム

問3牛乳(S02-12)

太郎さんは青色リトマス試験紙を使って、コップの中の牛乳を調べたところ、試験紙は青色のままでした。2日後、同じ牛乳を調べたところ、青色リトマス試験紙は赤色に変色しました。

牛乳にはどのような変化が起きたのでしょうか。

どちらか1つの番号を書きなさい。

①化学変化
②物理変化

なぜそう答えたのか、理由を説明しなさい。

1 答え: ①

リトマス紙の色が変化したから

記入

書いたら「チェック」または「決定」をクリックしてね

図4 TIMSS 中学生用の問題と回答例

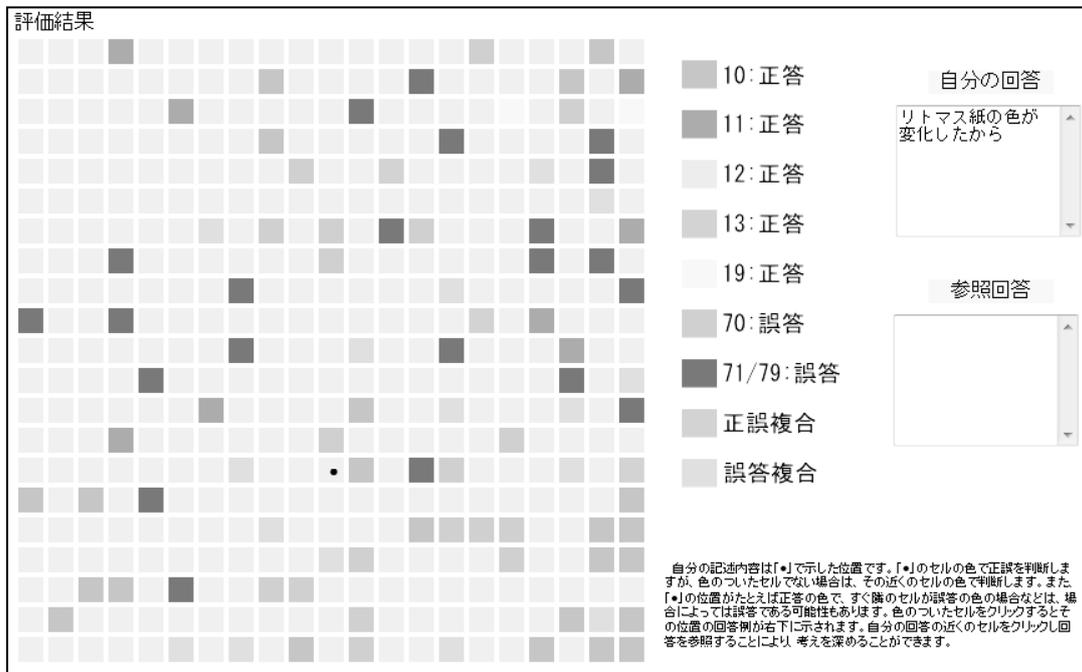


図5 自己組織化マップによる評価結果の表示

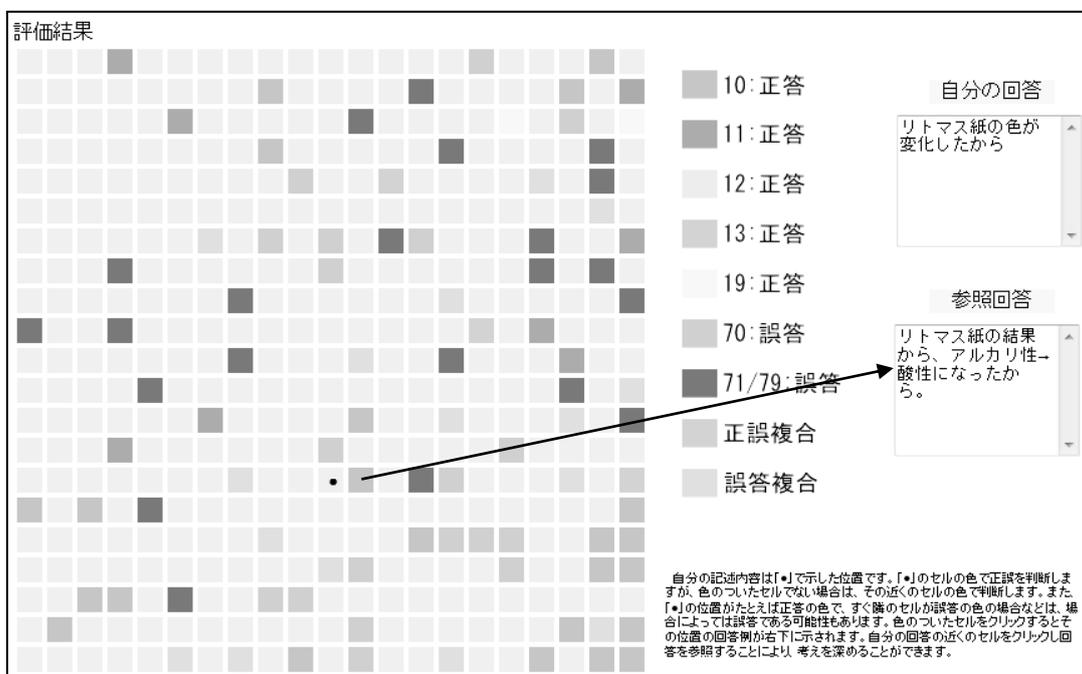


図6 正答の回答例の参照

評価結果

10: 正答
11: 正答
12: 正答
13: 正答
19: 正答
70: 誤答
71/79: 誤答
正誤複合
誤答複合

自分の回答
リトマス紙の色が変化したから

参照回答
リトマス紙が2日後にちがう色になったから。

自分の記述内容は「●」で示した位置です。「●」のセルの色で正誤を判断しますが、色のついたセルでない場合は、その近くのセルの色で判断します。また、「●」の位置がたとえば正答の色で、すぐ隣のセルが誤答の色の場合などは、場合によっては誤答である可能性もあります。色のついたセルをクリックするとその位置の回答例が右下に示されます。自分の回答の近くのセルをクリックし回答を参照することにより、考えを深めることができます。

図7 誤答の回答例の参照

評価結果

10: 正答
11: 正答
12: 正答
13: 正答
19: 正答
70: 誤答
71/79: 誤答
正誤複合
誤答複合

自分の回答
リトマス紙の色が変化したから

参照回答
青色リトマス紙が赤にかわるのは酸性になったためで、物理変化ではないから。

自分の記述内容は「●」で示した位置です。「●」のセルの色で正誤を判断しますが、色のついたセルでない場合は、その近くのセルの色で判断します。また、「●」の位置がたとえば正答の色で、すぐ隣のセルが誤答の色の場合などは、場合によっては誤答である可能性もあります。色のついたセルをクリックするとその位置の回答例が右下に示されます。自分の回答の近くのセルをクリックし回答を参照することにより、考えを深めることができます。

図8 正答の回答例の参照

いった内容が回答例には含まれている。

次に、図7に示したように、近くの誤答をクリックすると「リトマス紙が2日後に違う色になったから」という回答例が表示される。この回答例は、自分の記入した回答とかなり類似しているといえる。さらに、図8に示したように、近くのもう一つの正答をクリックすると、「青色リトマス紙が赤に変わるのには酸性になったため、物理変化ではないから」という回答例が表示される。つまり、具体的な色変化と酸性になったことが記述されている。

以上の結果から、自分の回答は、誤答の回答例に近く「誤答」と判断される。そして、この問題では、色が変わっただけという答えでは不十分で、具体的な色変化と酸性であるといった説明をすれば、正答になると判断できる。

また、自分の回答より遠い回答をクリックすることによって、自分の回答とは異なる事例を参照することができる。自己組織化マップの左端の下段の正答を参照すると、たとえば「牛乳に空気中の酸素が結びついて違う物質ができたから」といった回答例を得ることができる。また、左端の上段の正答を参照すると「牛乳が腐ったから」といった回答例を得ることができる。このように変化するといった意味があれば、正答であることがわかる。

IV 開発結果および考察

以上のようにして開発したシステムについて、Windows Server上で動作の確認を行った。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、すべて問題なく動作することが確認できた。

入力した回答の正誤については、色分けされたセルの位置に配置されることによって、おおよその評価を確認できる。さらに、自分の回答の近くには、同じような表現での正答

や誤答の例が配置されており、それを参照することによって、正誤についての確認ができる。本システムにおいては、自分の回答が誤答の場合、近くの正答を参考にすることによって、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のみをみることにより、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、自分の回答に対して遠くに位置づけられた正答の回答例を参照することにより、自分とは異なる考え方や表現の正答も確認でき、広い視野をもって理解す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、回答例の参照により、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。

今後は、システムの正誤判断の精度を上げるために、自己組織化マップのデータの修正を行うとともに、授業で用いられるような自由記述の問題を追加していくことが考えられる。

なお、本研究は、平成22～24年度科学研究費補助金基盤研究(C)「自己組織化マップによる子どもの科学的表現力の評価法の開発」(研究代表：松原道男)による。

参考文献および注

- 1) 中山迅・大場裕子・猿田祐嗣：「TIMSS理科の論述形式課題に対する回答に見る日本の児童・生徒の特徴(7)：9個の課題の分析結果に見られる傾向」, 日本科学教育学会年会論文集29, 467-468, 2005
- 2) 猿田祐嗣：「TIMSS理科の論述形式問題に対する回答に見る日本の児童・生徒の特徴

- (12)：正答率や無答率の分析による論述形式問題への取り組みの推移」, 日本科学教育学会年会論文集 33, 437-438, 2009
- 3) 文部科学省：「中学校学習指導要領解説理科編」, 大日本図書, 4-6, 2008
- 4) 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, 4, 43-49, 2012
- 5) 4) と同書
- 6) 開発したシステムは, 次のサイトにおいて実行可能である。
<http://msom.ed.kanazawa-u.ac.jp/>
- 7) システムの開発の経緯については, 次のサイトに解説してある。
<http://www.ed.kanazawa-u.ac.jp/~msom/>