

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

課題番号 22500849

平成 22・23・24 年度科学研究費補助金・基盤研究（C）

研究成果報告書

平成 25（2013）年 2 月

研究代表 松原道男

（金沢大学学校教育系）

研究代表者 松原道男（金沢大学学校教育系教授）

研究経費（直接経費）

平成 22 年度 400,000 円

平成 23 年度 300,000 円

平成 24 年度 300,000 円

合 計 1,000,000 円

はじめに

PISA や TIMSS などの国際的な学力調査において、日本の児童・生徒の科学的な表現力、とくに自由記述における科学的な根拠に基づく説明が十分でないことが指摘されてから、久しくなります。現行の学習指導要領では、理科の学習を含め、各教科における言語活動が重視されるようになりました。

理科の授業においては、予想や実験計画、実験の考察などにおいて、科学的な根拠に基づく説明が求められています。授業においては、これらについて、記述させたり発表させたりすることによって、その育成を図ったり評価が行われたりしています。クラス全体での発表の場などを通して、評価やフィードバックが行われますが、その場で一人一人の子どもを細かく評価することは少ないと思われます。教師が、ノートやワークシートに記述された内容を評価して、返していくことが一般的です。できれば、その場で表現した内容を評価し、それぞれの子どもにフィードバックしていけば、学習効果があがるといえます。

そこで、本研究においては、理科の問題に対して、自由記述した回答を自動で評価し、子どもに返していけるシステムの開発を行うことにより、子どもに科学的な表現能力の育成を図ることを目的としました。

システムの開発については、当初、パソコンにすべてのシステムを含むものを考えましたが、システムの更新およびシステムのデータのセキュリティの配慮から、web 上で活用できるものに変更しました。

問題については TIMSS2007 の記述問題を中心に、小学生用と中学生用の独自の問題を数問、付け加えました。とくに TIMSS の回答データについては、国立教育政策研究所教育課程研究センターの猿田祐嗣総合研究官・基礎研究部副部長の協力を得ることができました。この場をお借りして厚く御礼申し上げます。

本システムは、教師でも子どもでも自由にアクセスして利用できるようになっています。自由に活用していただき、科学的な表現についての指導に役立てていただければと思います。また、本システムの評価は、自己組織化マップによって行っています。回答事例の同じようなものが近くにくるような、カテゴリー化されたマップの構成になっています。正答や誤答のいろいろな回答事例を参照することができますので、その点からも授業設計や指導に役立てることができると思います。本システムについて、いろいろと活用していただければ幸いです。

自由記述評価システム「MsomLab」サイト

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

研究代表 松原 道男

目 次

1	問題の所在	4
2	研究の目的	5
3	研究の方法	5
	(1)自己組織化マップ利用の意義	5
	(2)研究経過と研究方法	5
4	開発したシステム	7
	(1)システムの概要	7
	(2)システムの基礎データの作成	7
	(3)自由記述評価システム「MsomLab」による回答の評価方法	14
	(4)自由記述評価システム「MsomLab」の操作方法	15
5	考 察	28
資 料	29
	○TIMSS2007：小学生用記述問題	29
	○TIMSS2007：中学生用記述問題	33
	○小学生用：一般記述問題	37
	○中学生用：一般記述問題	38

1 問題の所在

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¹⁾²⁾³⁾⁴⁾。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⁵⁾。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、評価することが必要である。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てることができると考えられる。

これまでの研究においては、自己組織化マップ⁶⁾を用いて、記述内容や発話などのテキストデータを集約するシステムの開発を行ってきた。このシステムは、テキストマイニングの一つの方法としてとらえることができる。これまで、子どもの記述内容の傾向を明らかにしたり、教師の授業中の発話を分析したり、さらに、教科書内容の分析に用いたりしてきた⁷⁾⁸⁾⁹⁾。開発したシステム（システム名称 MSOM）は、Excel のマクロを用いたもので、語句の関連の強さを距離で表し、語句の頻度を色分けして示すことにより、大量のテキストデータを集約し、テキスト全体の内容を把握するものである。このシステムを応用し、従来のようにテキストデータから単語を自己組織化マップに配置するのではなく、各回答のほうを自己組織化マップに配置することにより、自由記述の評価に用いることが考えられる。

<参考文献>

- 1) 中山迅・猿田祐嗣：「学習方法からの新教育課程への提言－TIMSS の論述形式課題に対する日本の児童・生徒の回答分析から－」，日本科学教育学会年会論文集，26，49-50，2002。
- 2) 猿田祐嗣：「科学的論述力と指導法との関連について－国際数学・理科教育動向調査（TIMSS）の国際比較データから－」，日本科学教育学会年会論文集 28，537-538，2004。
- 3) 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。
- 4) 猿田祐嗣：「TIMSS 理科の論述形式問題に対する解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。
- 5) 文部科学省：「小学校学習指導要領解説理科編」，大日本図書，1-6，2008。
- 6) T.Kohonen：「自己組織化マップ」，シュプリングー・フェアラー東京，102-171，1996。
- 7) 松原道男：「自己組織化マップを用いた理科教科書内容の分析」，金沢大学教育学部紀要教育科学編，57，11-16，2008。
- 8) 松原道男：「自己組織化マップを用いた理科授業分析法の開発」，金沢大学人間社会学域学校教育学類紀要，2，37-43，2010。
- 9) 松原道男：「平成 19～21 年度科学研究費補助金基盤研究(C)「子どもの科学的表現力の育成を図る評価法と授業分析法の開発」研究成果報告書（研究代表：松原道男）」，2010。

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)自己組織化マップ利用の意義

本研究において、自己組織化マップを評価方法に用いる理由は次の通りである。自由記述の回答は、いろいろな観点からの記述があり、一人一人異なるといえる。あらかじめ回答の枠や軸を想定した分類はできないと考えられる。また、これから記入される未知のものと、これまで記入されたデータを照合しても、一致するものがあるとは限らない。どちらかという一致しない場合のほうが多いといえる。したがって、まず既に回答されたものをもとに、類似点や相違点を相対的に分類し、正誤などの評価結果を示す必要がある。そして、その類似点や相違点と評価結果をもとに、新たに記述される回答を評価する必要がある。

以上のように、相対的に分類していくには、従来の多変量解析などの方法はなじまない。また、新たなデータを位置づけるといったことを含めて、論理的な分類というより、直観的な分類を行う必要がある。つまり、正確に一致させるというより、だいたい一致させるシステムのほうが有効にはたらくといえる。コンピュータは、もともと一定の手続きで正確に計算するために作られたものであるため、このだいたいといったことが苦手であるが、それを表現する方法の一つとして、自己組織化マップをあげることができる。自己組織化マップは、Kohonenが提唱した理論で、ニューラルネットワークの考え方に基づくものである。

以上のことから、本研究においては、自己組織化マップによって評価を行うことを考えた。

(2)研究経過と研究方法

これまでの研究においては、自己組織化マップの作成は、Excelのマクロを用いて行ってきた。テキストデータの単語の関連を示すもので、テキストマイニングの方法として位置づくものである。本研究では、このExcelのマクロを生かす

ために、同プログラミング言語である Visual Basic .net による開発を考えた。そこで、Windows 環境において開発を進めた。

システムは当初、教師用として開発を行い、教師が子どもの記述内容を入力し、出力した評価結果を参考にすることを考えた。ところが、子どもが直接入力して参考にすることも考えられたため、教師と子どもの両者が利用できるものに変更を行った。そして、理科の問題で回答事例と評価の観点が明確なものを考慮し、TIMSS2007 の問題と回答事例によって、システムの開発を行うことにした¹⁾。

まず、Windows のアプリケーションとして作成したシステムについては、デザインの修正や具体的な回答事例を示すことなどの改善の指摘を受け²⁾、それらについて改善を行った³⁾。

一方、Windows アプリケーションにおいては、利用のためにシステムの配布を行う必要がある、マイナーな修正を行うたびに配布が必要になること、回答事例をすべてシステムに入れておく必要がある、情報の保護の点から好ましくないことなどが考えられた。そこで、システムを web 版にすることにより、システムの更新や回答情報の管理を行うことにした。web 版については、これまでのシステムを生かすため、Windows サーバーを用いることにし、asp.net を用いてシステムを改編した⁴⁾。さらに、TIMSS の問題に加えて、小・中学生向けの一般的な理科問題も含めた。その問題については、得点に関する情報も提示できるようにした⁵⁾。

<参考文献>

- 1)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 -」, 日本理科教育学会全国大会発表論文集第 8 号, 406, 2010。
- 2) 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 -」, 日本教科教育学会全国大会論文集, 58-59, 2010。
- 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(3) - 自由記述の自動評価システムの試行 -」, 日本理科教育学会全国大会発表論文集第 9 号, 198, 2011。
- 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 -」, 日本教科教育学会全国大会論文集, 154-155, 2011。
- 5)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 -」, 日本理科教育学会全国大会発表論文集第 10 号, 160, 2012。

4 開発したシステム

(1) システムの概要

システムは、自由記述問題の既存の評価された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。開発したシステムは、Windows サーバー上で動作するように、asp.net により作成した。自由記述の問題は、次の4種類である。具体的な問題内容は、巻末の資料に示している。

- ・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

システムのサイトは、次のサイトである。

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

(2) システムの基礎データの作成

① 既存のシステムの活用と分析プログラムの開発

まず、既存の自由記述の回答を自己組織化マップに配置するための分析が必要になる。そこで、これまでに開発してきた自己組織化マップによる語句関連システム「MSOM」を活用することにした。「MSOM」は、Excel のマクロを用いたもので、大量のテキストデータを集約し、テキスト全体の内容を把握するものである。文章化されたテキストデータについて、単語の関連が強いほど近くのセルに配置され、出現頻度がセルの色で示される。

このシステムを応用し、従来のようにテキストデータから単語を自己組織化マップに配置するのではなく、各回答のほうを自己組織化マップに配置することを考える。つまり、類似した回答どうしが近くに配置される自己組織化マップを作成することにより、自由記述の評価に用いることを考えた。そして、これらのデータをシステムに活用することにした。

以上のことから、「MSOM」の Excel のマクロの部分である「msom」を改編し、次のような「msom_plus」を Excel のマクロにより作成した。

② 「msom_plus」の開発と利用

開発した「msom_plus」は、7つのシートからなり、各シートにおいてデータが処理され、次のシートに移っていくというように分析が進む。7つのシートは、



図 1.1 語句関連システム「MSOM」

「code」, 「data」, 「count_program」, 「kohonen」, 「map」, 「color」, 「weight」である。「msom_plus」においては、従来の「msom」に、「code」, 「color」, 「weight」の3つのシートが付け加えられている。

a. 「code」シート

このシートには、課題に対する回答をデータとしてセットしておく。図 1.2 に例を示した。回答データの順番は、任意でよいが、最も左のセルに示された数字がその回答の番号になる。自己組織化マップには、この番号が配置される。開発するシステムにおいて、自己組織化マップに配置された回答番号をクリックすると、その番号の回答が示されるようにする。そのために回答番号をつけている。

「回答コード」の列に示された数字は、回答パターンである。この数字は正答のほうが小さい値になるようにしておく。たとえば、正答は「1」、準正答は「2」、部分正答は「3」、誤答パターン 1 は「4」、誤答パターン 2 は「5」などのように示しておく。単純に正答「1」、誤答「2」でもよい。パターン数は最大 7 までで、1～7 までの数字を用いるようにする。

回答コード		
1	1	2日おいたことで牛乳が空気中の酸素と化合したから
2	1	2日たつことによって、牛乳の粒子に酸素が結合し、牛乳が酸化する。これは化学的なもののため、化学変化となる。
3	2	2日間、空気にふれていて、酸化したんだと思うから。
4	3	2日間で、牛乳が酸素と化合したから。
5	4	2日間の間に分解が進み酸化したから。
6	5	アルカリ性が酸性にかわり、その気体自体が、他の物にかわったから。アルカリ性が空気と結びついて酸性になったから。
7	6	アルカリ性が酸性に変わったから
8	7	おだやかに酸素と化合したから
9	8	くさって酸化した。
10	9	コップの牛乳は、ほうっておくと酸性になるので青色リトマス試験紙は、赤色になる
11	10	さんかしたと思ったから。
12	11	そのままおいといたために酸素等とまざりあったから

図 1.2 「code」シート

b. 「data」シート

シートの例を図 1.3 に示す。本シートにおける分析の前に、フリーソフトである形態素解析ソフト「chasen」を用いて、「code」に貼り付けているすべての回答のテキストデータを対象に、「基本形」と「品詞」を求めておく。その結果を、本シートの最も左の「基本形」, 「品詞」のセルに貼り付ける。次に、貼り付けた単語について、分析の対象としない品詞があれば、シートの上段に示された品詞

のチェックボックスにチェックをいれる。そして、貼り付けた単語数を「素データ単語数」に記入し（例では 6,187）、「実行」をクリックする。そうすると、自動的に重複単語がカットされ、用いられている単語とその度数が示され、「count_program」シートに移る。



図 1.3 「data」シート

c. 「count_program」シート

本シートの例を図 1.4 に示す。このシートでは、「data」シートにおいて抽出さ



図 1.4 「count_program」シート

数の 100 倍程度の数字を設定しておくといよい。

右上の各色に示された数字は、「code」シートで設定した回答パターンの数字に対応している。自己組織化マップにおいて、セルに配置された各回答が、この回答パターンに対応した色のセルになる。たとえば、設定された回答パターンが 3 つであれば、1 から 3 の色が、自己組織化マップに用いられて示される。このことにより、自己組織化マップに配置された各回答が正答か誤答か色でわかるようになる。以上の設定を行い「実行」をクリックすると処理が始まる。この処理には、ある程度の時間が必要になる。処理が終了すると、自動的に「map」シートに移る。

本シートにおける自己組織化マップの作成においては、「msom」と同じ形式のデータセットを用いている。そして、「msom」では、行に配置された単語をマッピングするが、「msom_plus」では列に配置された回答（番号）をマッピングする。このように、「msom_plus」では、行と列を入れ替えるような形で、「msom」の分析方法を転用している。

e. 「map」シート

本シートの例を図 1.6 に示す。このシートでは、自己組織化マップが表示される。セルに示された番号は、各回答の番号で、「code」シートに示された回答番号に対応するものである。また、セルの色は、「code」シートに示された回答パターンであり、「kohonen」シートで設定した色が示される。なお、一つのセルに複数の回答が位置した場合で、両方とも正答（部分正答を含む）の場合、「kohonen」シートの設定にはない「赤紫色」になる。また、正答と誤答の両方が同じセルに位置した場合には、やはり「kohonen」シートの設定にはない「ページュ」色で

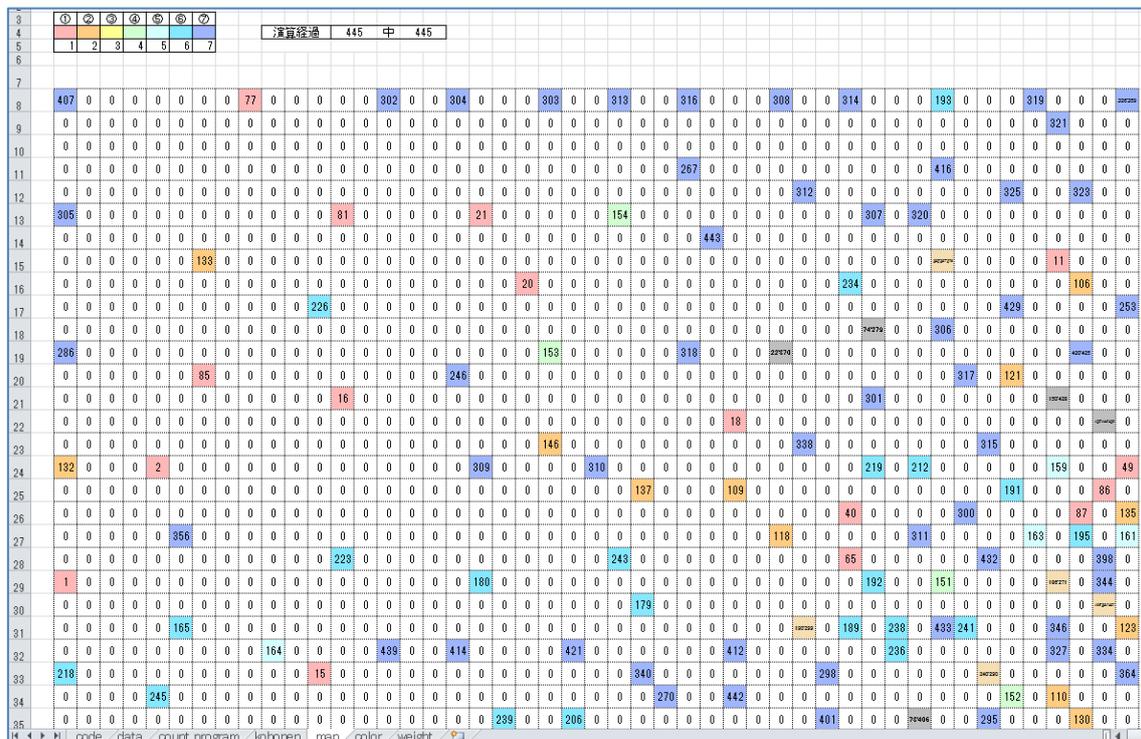


図 1.6 「map」シート

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	1	1	0.0031117	0.2632387	0.8295043	0.3428242	0.3030304	0.9028686	0.0000000	0.0000000	0.0031106	0.0000000	0.2663504	0.866
2	1	2	0.0050702	0.2615902	0.8255700	0.3436927	0.3027100	0.8978524	0.0002286	0.0010066	0.0005069	0.0003203	0.2665685	0.861
3	1	3	0.0048580	0.2531604	0.8087879	0.3441676	0.3027487	0.8903607	0.0041857	0.0129878	0.0047785	0.0002816	0.2618430	0.858
4	1	4	0.0044918	0.2230999	0.7490436	0.3093998	0.3029372	0.8264532	0.0357261	0.1113028	0.0024761	0.0000932	0.2612089	0.824
5	1	5	0.0089002	0.1239222	0.5507473	0.2060454	0.3029814	0.6151192	0.1343751	0.4177423	0.0016260	0.0000588	0.2598547	0.723
6	1	6	0.0098654	0.0356408	0.3725853	0.1067198	0.3046545	0.4223094	0.2268298	0.6988779	0.0015174	0.0000341	0.2622955	0.644
7	1	7	0.0366599	0.0087779	0.3139515	0.0502432	0.3084484	0.2756788	0.2535132	0.8340033	0.0003209	0.0000722	0.2589380	0.608
8	1	8	0.0327523	0.0087496	0.3123667	0.0369006	0.3093367	0.2687067	0.2614524	0.8518242	0.0027908	0.0006189	0.2654489	0.607
9	1	9	0.0310813	0.0088169	0.3108381	0.0311198	0.3098097	0.2641996	0.2631205	0.8603164	0.0000088	0.0010158	0.2631354	0.608
10	1	10	0.0315951	0.0089031	0.3109255	0.0315944	0.3099150	0.2635431	0.2625333	0.8596898	0.0000004	0.0010092	0.2625339	0.608
11	1	11	0.0365995	0.0103263	0.3122069	0.0365954	0.3110390	0.2572658	0.2561053	0.8518330	0.0000000	0.0011605	0.2561053	0.608
12	1	12	0.0596638	0.0090961	0.3727945	0.0595281	0.3411865	0.2045419	0.2037383	0.7393675	0.0000000	0.0008040	0.2037383	0.573
13	1	13	0.0427240	0.0176731	0.7151697	0.0289643	0.4588859	0.0660592	0.0660221	0.3259802	0.0000000	0.0523492	0.0660221	0.348
14	1	14	0.0198191	0.0071748	0.8670900	0.0138094	0.5004125	0.0066117	0.0066062	0.1398331	0.0000000	0.0852264	0.0066062	0.238
15	1	15	0.0182252	0.0063909	0.8820395	0.0128783	0.5036845	0.0001270	0.0001247	0.1218896	0.0000000	0.0893701	0.0001247	0.227
16	1	16	0.0124165	0.0046655	0.8910700	0.0085897	0.4685695	0.0000036	0.0000015	0.1527430	0.0000000	0.1308955	0.0000015	0.181
17	1	17	0.0093248	0.0057206	0.8987391	0.0046542	0.4330783	0.0000001	0.0000001	0.1833507	0.0000000	0.1683214	0.0000001	0.148
18	1	18	0.0281701	0.0292865	0.9079846	0.0000000	0.4106532	0.0000001	0.0000000	0.2246836	0.0000000	0.1953971	0.0000000	0.108
19	1	19	0.0669112	0.0827750	0.9090827	0.0000000	0.4135447	0.0158404	0.0000000	0.2435949	0.0000000	0.1766603	0.0000000	0.111
20	1	20	0.1211544	0.1402480	0.9090906	0.0000000	0.4590257	0.0191488	0.0000000	0.2490406	0.0000000	0.1278775	0.0000000	0.158
21	1	21	0.1979258	0.2434124	0.9090903	0.0000000	0.5281038	0.0455863	0.0000000	0.2302857	0.0000000	0.0323606	0.0000117	0.223
22	1	22	0.2162769	0.2772595	0.9089045	0.0000000	0.5346776	0.0608798	0.0000000	0.2241565	0.0000000	0.0106850	0.0002967	0.231
23	1	23	0.1588888	0.3063781	0.9053509	0.0000000	0.4581503	0.1457786	0.0000000	0.1565702	0.0000000	0.0058699	0.0099299	0.157
24	1	24	0.1213409	0.3354883	0.8886158	0.0000000	0.4299803	0.1936992	0.0000000	0.1283709	0.0000000	0.0028547	0.0163014	0.104
25	1	25	0.0735693	0.3902451	0.8472720	0.0000000	0.4114507	0.2548988	0.0000000	0.1099383	0.0000000	0.0015277	0.0269800	0.048
26	1	26	0.0431830	0.4719659	0.7756101	0.0000000	0.4439302	0.2953661	0.0000007	0.1413301	0.0000000	0.0002201	0.0355764	0.007
27	1	27	0.0550289	0.5477363	0.7187827	0.0000000	0.4933339	0.3030153	0.0000045	0.1909343	0.0000000	0.0000063	0.0544087	0.008
28	1	28	0.0708311	0.5900667	0.6918215	0.0000000	0.5202612	0.3029980	0.0000314	0.2182601	0.0000000	0.0000036	0.0698020	0.008
29	1	29	0.0987942	0.5911335	0.7152060	0.0000000	0.4927783	0.2988956	0.0041310	0.1901839	0.0000000	0.0000025	0.0983562	0.004
30	1	30	0.0890870	0.5100276	0.6939880	0.0000000	0.4195164	0.2370908	0.0632632	0.1465993	0.0000000	0.0002608	0.0879739	0.061

図 1.8 「weight」シート

③ 「msom_plus」による分析の内容

「msom_plus」においては、以上のように各シートの処理を経て自己組織化マップの作成とそれに関するデータが作成される。とくに、自己組織化マップの作成にあたっては、「kohonen」シートを中心に次のような数値処理を行っている。まず、回答数によって自己組織化マップのサイズが決定される。次に「map」シートに示される自己組織化マップを構成する一つ一つのセルには、初期状態において、1以下の値が単語の数（例では417）だけランダムに配置される。

次に、回答（例では445）の中から一つを任意にとりあげる。そのデータは、「kohonen」シートに対応する1つの列データで、445の中の一つである。そのデータは単語数（例では417）だけデータがあり、そのほとんどが「0」である。しかし、その中である単語が1回用いられると、そのセルには「1」が付される。ここでは、一つの回答に同じ単語の使用数の最大を3にしているため、荷重としては「1/3」、2回用いられていると「2/3」、3回以上は「1」の値が割り当てられる。そのデータセットと自己組織化マップの各セルに割り当てられた値とを照合し、その回答のデータセットに最も近い自己組織化マップのセルが一つ抽出され、そのセルがその回答の位置となる。そして、そのセルやその周辺のセルの荷重を、その回答データと誤差が少なくなるように少し変化させる。このことにより、周辺のセルの荷重がその回答データに類似した値になる。次に、445の回答の中から他の回答を一つ選び、そのデータと自己組織化マップの各セルに付された荷重とを照合し、最も近いセルを一つ選び、同様の処理を行う。これを「訓練回数」で設定した回数だけ繰り返す。そして、訓練回数が進むにつれて、変化させる周辺のセルの範囲を小さくしていく。このことにより、同じような単語を用いた回答どうしが、近くのセルに配置されるように変化する。

④抽出されたデータと形態素解析ソフト「chasen」の組み込み

開発したシステムには、msom_plus の分析を中心に、次のデータをテキストファイルとして収め、基本データとした。

i)回答例に関するデータ

- ・回答番号を付した回答例
- ・回答例のデータ数

ii)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
- ・自己組織化マップのセルの色データ
- ・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番号

iii)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と品詞
- ・回答例で用いられている単語数

以上のデータについては、TIMSS の小・中学生用の問題は 400 から 600 の回答例を分析している。また、一般問題については、小学生用問題は 150 から 160、中学生問題は 140 から 150 の回答例を分析している。

なお、システムの回答欄に自由記述される回答を形態素解析するために、システムには「chasen」を組み込んだ。

(3)自由記述評価システム「MsomLab」による回答の評価方法

開発したシステムは、「MsomLab」と命名した。MsomLab の回答欄に自由に記述された回答を分析、評価する手順は、次の通りである。なお、「青字」は利用者側の操作、その他はシステムの動作である。また、下線は、システムに設定されたデータである。

i)問題の選択

ii)問題の表示

iii)自由記述による「回答」

iv)「chasen」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。

v)単語 - 品詞データとiv)の回答データが照合され、「回答」の数値化が行われる。

vi)数値化された「回答」と自己組織化マップの荷重データを照合し、最も一致している自己組織化マップのセルを抽出する。

vii)抽出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、vi)で選ばれたセルにプロットを付し、入力された回答の自己組織化マップにおける位置を表示する。

viii)表示された自己組織化マップの各セルの色データを読み込み、その色を表示する。

ix)表示する各セルに対応した回答例のデータを読み込む。

x) 自己組織化マップの任意のセルをクリックすると、そのセルに対応する回答例を表示する。

(4) 自由記述評価システム「MsomLab」の操作方法

具体的なシステムの操作は、次のとおりである。ここでは、TIMSS の中学生用問題を例にあげて説明する。操作法は、他の問題もすべて同じである。

①問題の種類を選択

図 2.1 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。「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。ここでは、「TIMSS2007 中学生問題」を例にあげて説明する。

**自由記述評価システム
MSOM lab**

◆更新情報
2012.12.25 自己組織化マップへの配置精度があがりました。小・中学校一般問題を追加しました。

◆はじめての方へ
操作方法について以下の解説ビデオまたは解説書をご覧ください。なお、解説ビデオは別サイトになります。
○[操作方法の解説ビデオ](#) ○[操作方法の解説\(PDF\)](#) ○[マップの凡例の解説\(PDF\)](#)

◆自由記述問題
次のボタンの一つをクリックします。問題のメニュー画面がでますので、問題を選び回答欄に自由に記述し、「チェック」をクリックすると自動で評価します。評価結果が出るまでに14秒程度かかります。
※ 一般問題は、過去の石川県基礎学力調査問題を参考にしたものがあります。

TIMSS2007 小学生問題 (12問) TIMSS2007 中学生問題 (12問) 一般問題 小学生用 (3問) 一般問題 中学生用 (4問)

問い合わせ先 msom(アットマーク)ed.kanazawa-u.ac.jp
金沢大学 学校教育系 松原道男
[松原研究室webサイト](#)

※TIMSSのデータに関しては、国立教育政策研究所教育課程研究センター
猿田祐嗣 総合研究官・基礎研究部副部長の協力を得ています。

◆補足
○評価には自己組織化マップを用いていますが、評価については今後修正を図りながら、精度を上げていく予定です。
○当システムの開発の経緯や解説は、次のサイトに示しています(別サイトになります)。
>> [解説のサイト](#)

図 2.1 システムのトップメニュー

②プルダウンによる問題の選択

「TIMSS2007 中学生問題」の問題が表示されたら、図 2.2 に示したように「問題」をプルダウンする。ここでは、問 11 の「太陽と月からの光」の問題を選んだとする。「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。

自由記述評価システム

- 問題
- 問題
 - 問1 密度(S01-02)
 - 問2 平均体温(S02-04)
 - 問3 牛乳(S02-12)
 - 問4 心臓(S03-12)
 - 問5 沸騰(S03-13)
 - 問6 容器の観察(S3-14)
 - 問7 回路(S04-07)
 - 問8 炭酸飲料の缶(S04-11)
 - 問9 地下水(S04-13)
 - 問10 土壌浸食(S04-14)
 - 問11 太陽と月からの光(S05-06)
 - 問12 人口(S07-12)



↓プルダウンして選択

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。

記入

決定



図 2.2 問題の選択

図 2.3 に示したように、「記入」のところ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。結果がでるまで、14 秒程度待つ。結果は、画面が変わり自己組織化マップに示される。

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。

記入

図 2.3 回答の記入

③自己組織化マップの結果の解釈 1

評価結果は、図 2.4 に示した自己組織化マップによって表示される。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。自分のセルのところにも色が付いているのでクリックすると、図 2.5 に示したように、そこに位置している回答例が、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。

その他の近くのセルをクリックすると、たとえば、図 2.6 に示したように「月と地球は太陽と地球より近いから」とか、図 2.7 に示したように「月と地球は近いけど太陽と地球は遠いから」という回答が示される。自分の回答とほぼ同じで正答の色になっているので、やはり自分の回答は正答であると判断できる。

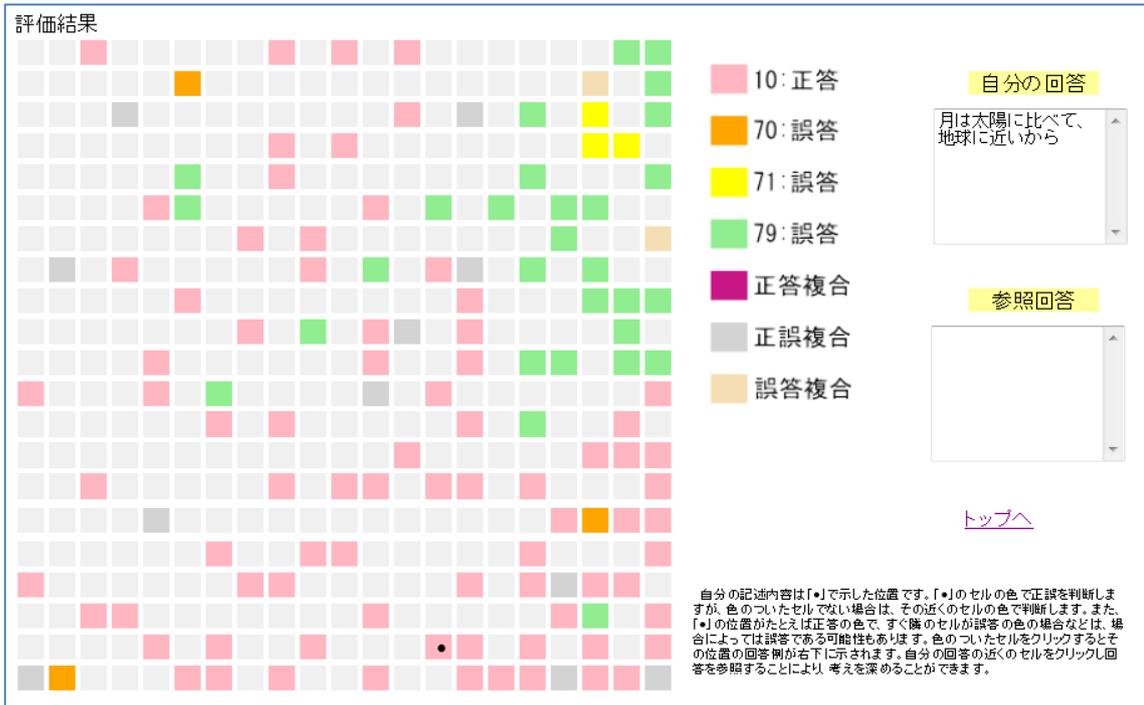


図 2.4 自己組織化マップによる評価結果の表示

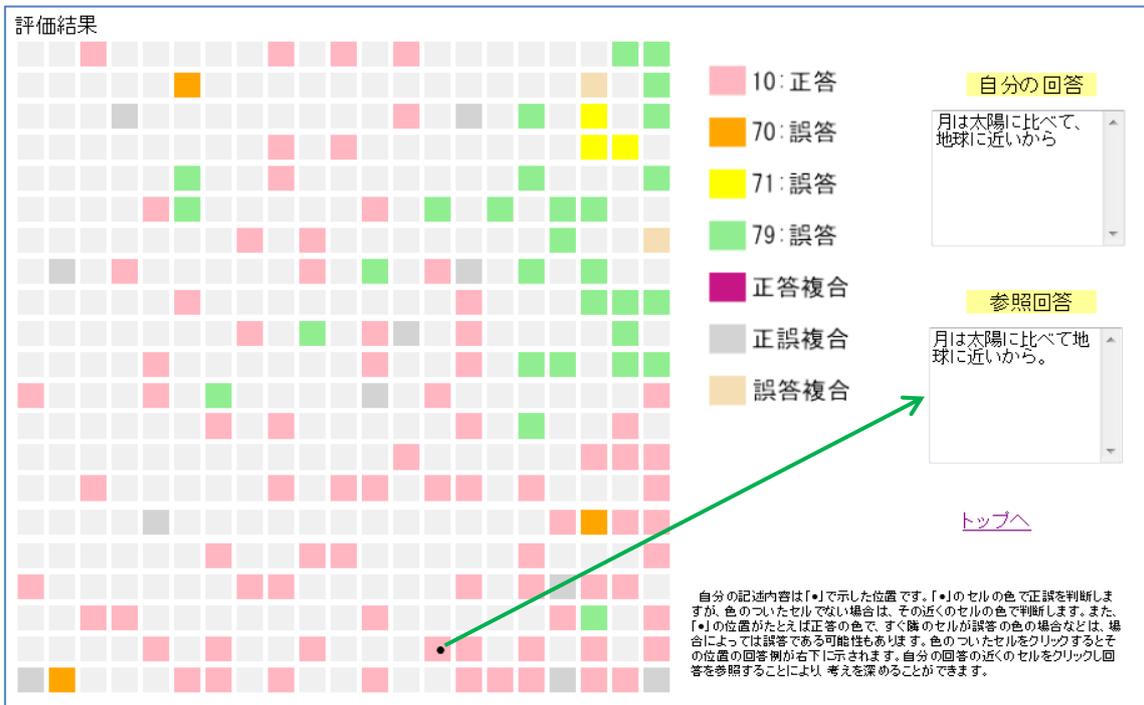


図 2.5 回答例の参照

評価結果

10: 正答
70: 誤答
71: 誤答
79: 誤答
正答複合
正誤複合
誤答複合

自分の回答
月は太陽に比べて、地球に近いから

参照回答
月と地球は太陽と地球よりも近いから

トップへ

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 2.6 回答例の参照

評価結果

10: 正答
70: 誤答
71: 誤答
79: 誤答
正答複合
正誤複合
誤答複合

自分の回答
月は太陽に比べて、地球に近いから

参照回答
月と地球は近いけど、太陽と地球は遠いから。

トップへ

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 2.7 回答例の参照

次に、近くの誤答を参照してみる。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、図 2.8 に示したように「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、どちらが近いかわかるか遠いかわかるか示されていない。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、たとえば図 2.9 に示したように、「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、図 2.10 に示したように「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。

評価結果

10: 正答
70: 誤答
71: 誤答
79: 誤答
正答複合
正誤複合
誤答複合

自分の回答
月と地球は太陽と地球より近いから

参照回答
月と太陽では、地球からのキョリにかなりの差があるから。

トップへ

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 2.8 回答例の参照

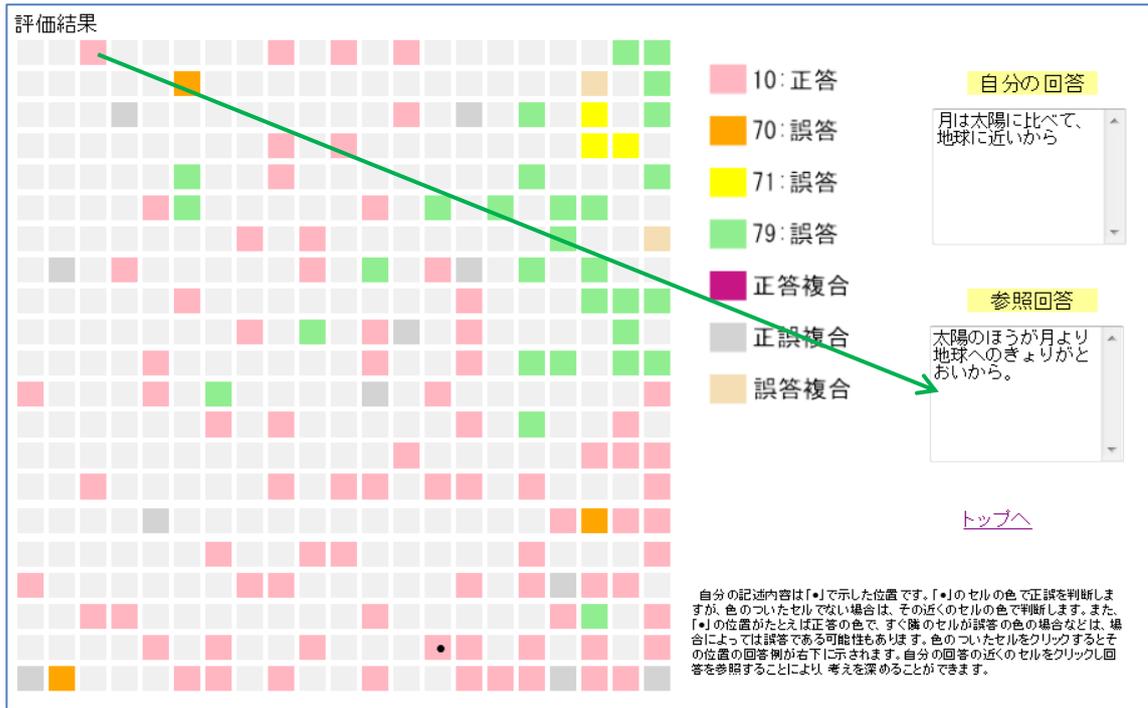


図 2.9 回答例の参照

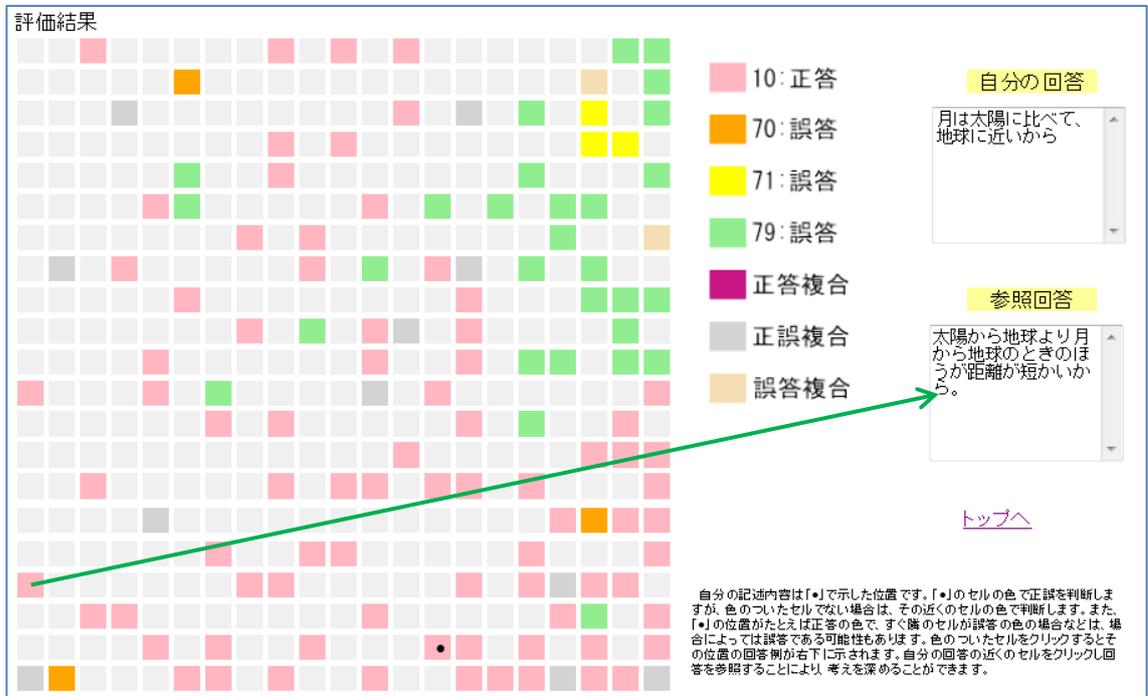


図 2.10 回答例の参照

凡例については、図 2.11 に示したように、TIMSS では正答と誤答の回答パターンがコード化されており、そのコードに対応して色分けをしている。コードについては、国立教育政策研究所の TIMSS2007 の研究報告書等を参照のこと。一般問題については、得点で色分けをしている。

凡例の「正答複合」、「正誤複合」、「誤答複合」は次の意味である。

- ・「正答複合」：TIMSS においては異なる正答パターンの回答が、また、一般問題においては異なる得点の回答が、同じセルに位置した場合に示される。正答のパターンや得点は不明であるが、正答あるいは部分正答である。
- ・「正誤複合」：正答の回答と誤答の回答が同じセルに位置した場合に示される。正答か誤答かは判別できない。
- ・「誤答複合」：TIMSS の誤答のパターンで、異なる誤答のパターンが同じセルに位置した場合に示される。誤答のパターンは不明であるが、誤答である。

参照する回答については、異なる回答が同じセルに入った場合、そのセルをクリックすると、複数の回答の一つだけが表示されるようになっている。

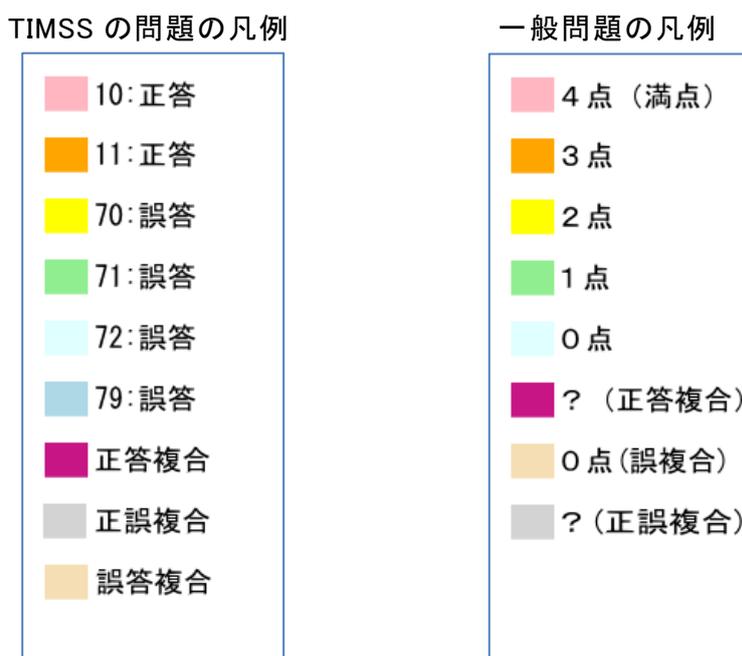


図 2.11 自己組織化マップのセルの色の凡例

④自己組織化マップの結果の解釈 2

同じく「TIMSS2007 中学生問題」の問 3 を例にあげる。この問題は、図 3.1 に示したように、牛乳の変化が化学変化か物理変化かを答えるとともに、その理由を答える問題である。問題によっては、答えと理由を記入する問題がある。ここでは「化学変化」ということで「1」を選び、その理由について、たとえば「リトマス試験紙の色が変わったから」と回答したとする。まず、答えの「チェック」をクリックすると答えが出る。理由については、「決定」をクリックすると自己組織化マップが表示される。

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

記入




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

記入




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

記入



図 3.1 「TIMSS2007 中学生問題」の問3と回答例

評価結果は、図 3.2 の自己組織化マップである。自分の回答の位置「●」は、誤答の色になっている。クリックして回答例をみると、図 3.3 に示したように「リトマス紙の色が変わったから」となっており、ほぼ自分の回答と同じであることがわかる。そこで、近くの正答をクリックすると、たとえば、図 3.4 に示したように「リトマス試験紙が赤に変わったから」という回答になっている。さらに、違う正答をクリックすると図 3.5 に示したように「アルカリ性が酸性に変わったから」、また、図 3.6 に示したように「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。

これらのことから、色が何色に変わり、何性なのかを説明したほうがよいことがわかり、自分の回答は不十分であることがわかる。このように自分の回答に近い回答を参照することにより、より科学的な表現に改善していくことができる。また、自分の回答より遠い回答をクリックすると、たとえば図 3.7 に示したように「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」とか、図 3.8 に示したように「牛乳が発酵して酸化したから」といった回答が示される。これらの回答例は、自分とはかなり異なる回答であり、これらを参照することによって、幅広い考えをもつことができると考えられる。

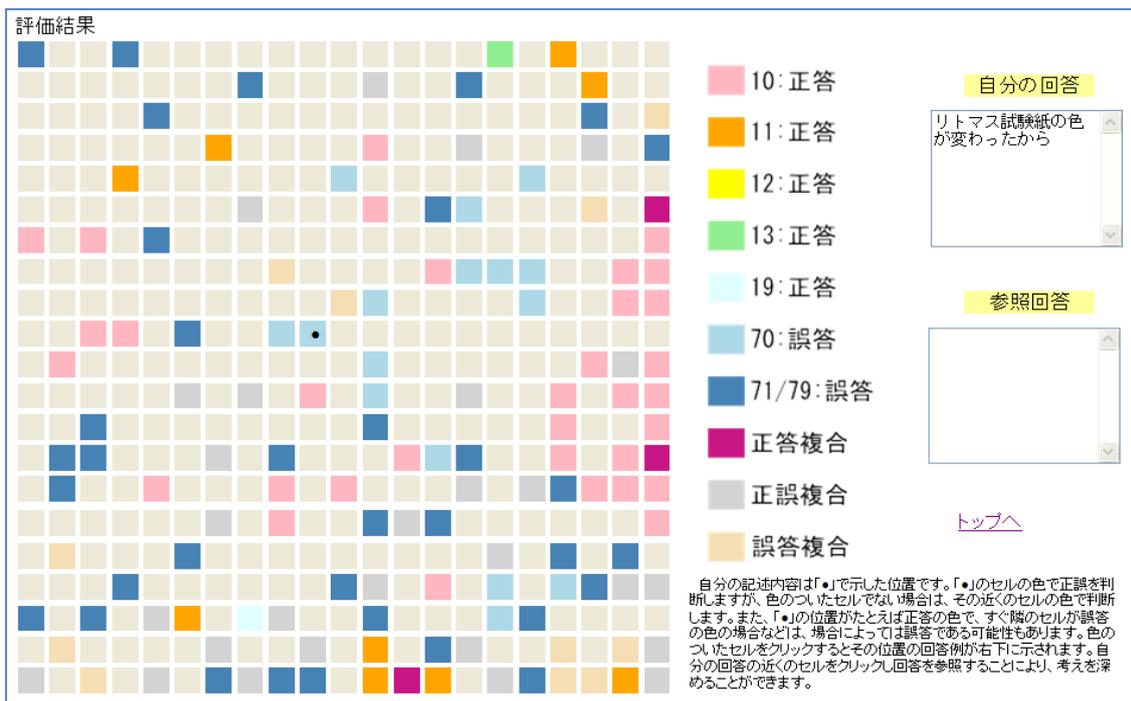


図 3.2 自己組織化マップによる評価結果の表示

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
正答複合
正誤複合
誤答複合

自分の回答
リトマス試験紙の色が変わったから

参照回答
リトマス紙の色が変わったから

[トップへ](#)

自分の記述内容を「●」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 3.3 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
正答複合
正誤複合
誤答複合

自分の回答
リトマス試験紙の色が変わったから

参照回答
リトマス試験紙が赤に変わったから。

[トップへ](#)

自分の記述内容を「●」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 3.4 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
正答複合
正誤複合
誤答複合

自分の回答
リトマス試験紙の色が変わったから

参照回答
アルカリ性が酸性に変わったから

[トップへ](#)

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があります。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 3.5 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
正答複合
正誤複合
誤答複合

自分の回答
リトマス試験紙の色が変わったから

参照回答
リトマス紙の結果から、アルカリ性-酸性になったから。

[トップへ](#)

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があります。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 3.6 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
 正答複合
 正誤複合
 誤答複合

自分の回答

リトマス試験紙の色が変わったから

参照回答

牛乳に空気中の酸素が結びついてちがう物質ができたから。

トップへ

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 3.7 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
 正答複合
 正誤複合
 誤答複合

自分の回答

リトマス試験紙の色が変わったから

参照回答

牛乳がはっこうして酸化したから。

トップへ

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 3.8 回答例の参照

5 考 察

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、問題なく動作することが確認できた。

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、自分の回答と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。また、本システムから、授業での話し合いなどにおいて、結果的に誤答であっても、自分の意見を発表することは、自分にとってもみんなにとっても勉強になるということがわかる。

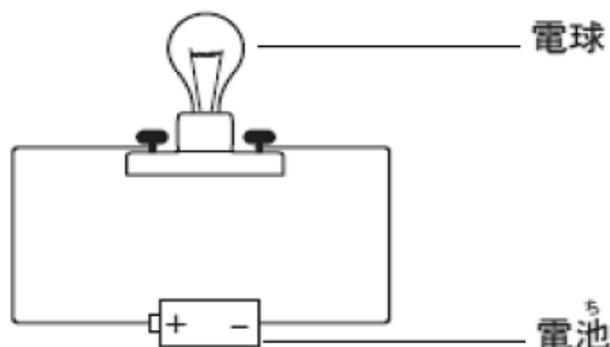
自由記述の評価だけでなく、本システムの発展的な活用について、本システムではいろいろな正答や誤答の回答事例を参照できるため、それをもとに授業設計や指導に役立てることができると考えられる。また、本システムは、科学的な表現活動だけでなく、自由記述の回答については、理科の教科を問わずあらゆる教科に応用できると考えられる。

資 料

○TIMSS2007：小学生用記述問題

問 1

下の絵にかかっている回路では、電球に明かりがつきませんでした。



一つの理由として、電球が切れていることが考えられます。
電球がつかない理由として、考えられることをもう1つ書きなさい。

問 2

はなこさんの先生が、太陽が当たるまでのそばに水の入った皿を置きました。帰るときに、はなこさんがその皿の中をのぞいて見ると、水はなくなっていました。

なぜ水がなくなったのか、その理由を説明しなさい。

問 3



上の絵は、2つの動物の頭がいこつずです。かた方の動物は植物しか食べていませんでしたが、もうかた方の動物は他の動物しか食べていませんでした。

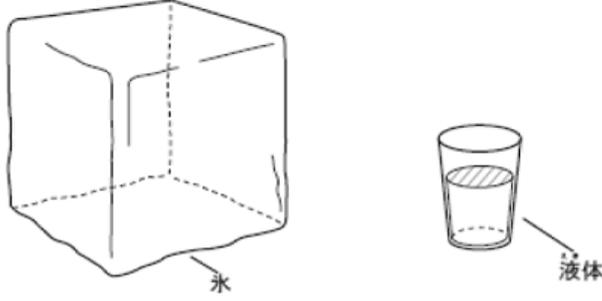
上の動物の頭がいこつは、それぞれ、下のどちらにあてはまるのでしょうか。番号で教えてください。

植物だけを食べていた動物の頭がいこつは： _____ A _____

他の動物だけを食べていた動物の頭がいこつは： _____ B _____

あなたの、歯についての知しきを使って、答えの理由を説明しなさい。

問 4



氷と液体は、水がちがうすがたになったもので、それぞれのすがたはさまざまな方法で利用されています。氷のすがたの水を人間がどのように利用しているかを1つ書きなさい。

問 5



ストローを使って水に息をふき込むと、あわができて、上のほうにうき上がります。なぜ、あわは水の中でうき上がるのでしょうか。

問 6

たろうさんとはなこさんは、同じヒマワリから、たねを1つずつ取り、同じ大きさの植木ばちに土を入れ、それぞれにたねをまきました。そして、たろうさんが1つのはちを家で育て、はなこさんがもう1つのはちを家で育てました。

しばらくしてから、ふたりが花をくらべると、下のえのように成長にちがいがあることが分かりました。



たろうさんのヒマワリ



はなこさんのヒマワリ

たろうさんとはなこさんの育て方がちがったと思われることを一つ書きなさい。

問 7

はなこさんは、下の絵のように、ガラスのビンの中にいろいろなボールを入れてあります。



ボールはすべて同じかさですが、すべてちがう金ぞくでできています。金ぞくのボールをなかま分けするのに使うことのできるせいしつを1つ書きなさい。

問 8

^{えき}液体は^こ気体や固体に変化します。

どうすれば、液体を固体にすることができますか。

問 9

人間は海の水をそのまま飲むことはしません。
その理由を説明しなさい。

問 10

月と太陽のちがいを1つ書きなさい。

問 11

ある島に、1ぴきの大ガメがすんでいます。このカメはオスで、この種類しゆるいの特しゆな大ガメとしては、最後に残った1ぴきです。

このカメは子どもをつくって、この種類のカメのぜつめつをふせぐことができるでしょうか。

(1) 答えの番号を書きなさい。

- ①はい
- ②いいえ

(2) 答えの理由を説明しなさい。

問 12

車がひとばんじゅう屋外やがいにちゅう車していました。よく朝、雨もふっていないのに、車はぬれていました。

この水はどこからやってきたのでしょうか。

○TIMSS2007：中学生用記述問題

問 1

	温度	塩の溶解量	水の体積	密度
真水	25° C	0 g	100 cm ³	1.0 g/cm ³
塩水	25° C	10 g	100 cm ³	?

上の未完成の表は、真水と塩水に関するデータを比較したものです。
塩水の密度はいくらですか。

(1) 答えの番号を書いてください。

- ① 1.0g/cm³
- ② 1.0g/cm³ より小さい
- ③ 1.0g/cm³ より大きい

(2) 答えの理由を説明してください。

問 2

暑い気候の土地に住んでいる人々と、寒い気候の土地に住んでいる人々の平均体温を比べると、どのような違いがあるでしょうか。

答えの番号を1つ書きなさい。

- ① 暑い気候に住んでいる方が高い
- ② 暑い気候に住んでいる方が低い
- ③ 両方の気候とも同じ

なぜそう答えたのか、理由を説明しなさい

問 3

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。

問 4

運動をすると心臓の鼓動がはやくなる理由を説明しなさい。

問 5

太郎さんは、水の入っているなべをストーブにのせて熱しました。沸騰し始めたところで水温を測ったところ100℃でした。太郎さんは火を強めてさらに5分間沸騰させ続けました。それからふたたび水温を測りました。

その時の水温は、100℃より高いですか、100℃より低いですか、あるいは100℃ですか。

答：_____

そう答えた理由を説明しなさい。

問 6

花子さんは、小型の同じ容器2つに同じ量の水を入れました。花子さんはその片方に大さじ1杯の食塩を溶かし、2つの容器を冷凍庫に入れました。それから花子さんは片方が凍るまで5分おきに容器を観察しました。

花子さんは、この実験からどんなことを発見できますか。

問 7

住宅の電気は直列回路ではなく、並列回路を使って配線されています。住宅に並列回路を使うことの利点はなんですか。

問 8

理科の授業で、炭酸飲料水が入った缶に使われている金属の密度を調べることになりました。実験を行うため4つのグループに分かれて、それぞれのグループに炭酸飲料水の缶が配られました。4つのグループは実験を行ったところ、下の表のような結果を得ました。

	グループA	グループB	グループC	グループD
密度 (g/cm ³)	1.04	0.04	2.77	1.05

クラスの生徒たちは、それぞれの缶の密度があまりにも違うことに驚きました。そこで、それぞれのグループが缶の質量と体積を調べるために使った方法を見直すことにしました。表1には、それぞれのグループが缶の質量を調べた方法が書かれています。

表1 質量

グループ	方法	質量 (g)
A	炭酸飲料水の缶を、はかりにのせて質量を調べた。	389.30
B	缶の中身を出してから、缶をはかりにのせて質量を調べた。	13.85
C	缶の中身を出してから、缶をはかりにのせて質量を調べた。	13.85
D	炭酸飲料水の缶を、はかりにのせて質量を調べた。	389.30

グループAとDが求めた質量の結果と、グループBとCが求めた質量の結果が違った理由を説明しなさい。

問 9

地下水はどのようにして汚染されるのか、例を1つ書きなさい。

問 10

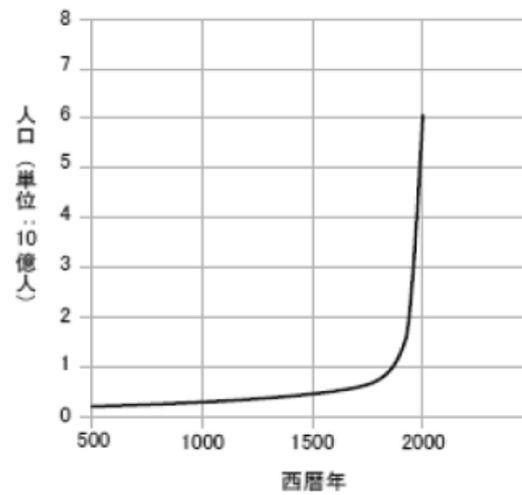
木を植えると、なぜ^{どじょうしんしょく}土壌侵食を減らすことができるのか説明しなさい。

問 11

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。

問 12

次のグラフは、過去1500年間の世界の人口増加を示しています。



1800年から2000年までの間に人口が急速に増加した理由を、1つあげてください。

○小学生用：一般記述問題

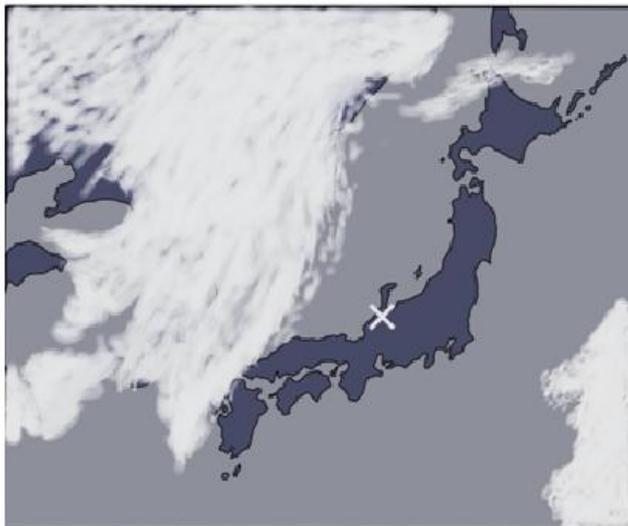
問 1

ビニルハウスでイチゴを作っている農家があります。その農家では、イチゴの花がさくころにビニルハウスにミツバチの巣箱を入れて、ミツバチをはなします。ミツバチをはなした方がイチゴがたくさん実るそうです。そのわけを考えて書きましょう。

問 2

ホウ酸をとけるだけとかした水溶液をビーカーに入れて、理科室にだれもさわらないようにして置いておきました。3日後、水溶液を観察すると、とけて見えなくなっていたホウ酸がビーカーの底にでていました。そのわけを考えて書きましょう。

問 3



左の図は、ある日の日本付近の雲画像（気象衛星の雲の写真）です。「×」のところでは、天気はその後どうなると予想されますか。また、そう考えた理由を書きましょう。

○中学生用：一般記述問題

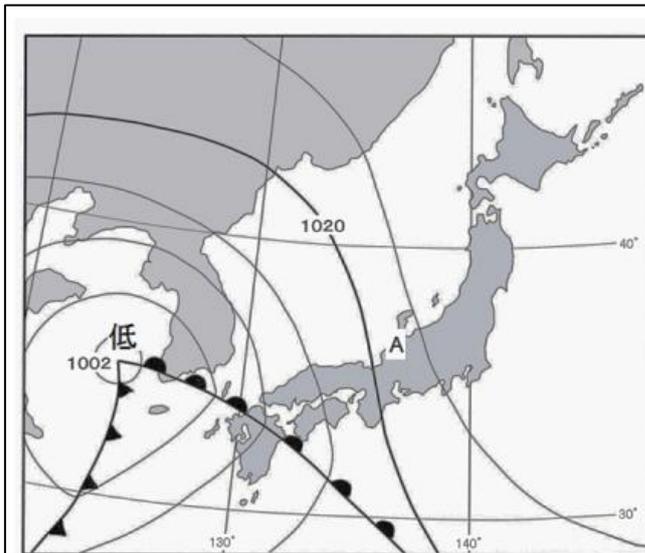
問 1

白山の山頂（約2700m）で、空のペットボトルにふたをして、ふもとまで持ってくると、ペットボトルはどうなるか。また、そうなった理由を「大気圧」という語句を用いて説明しなさい。

問 2

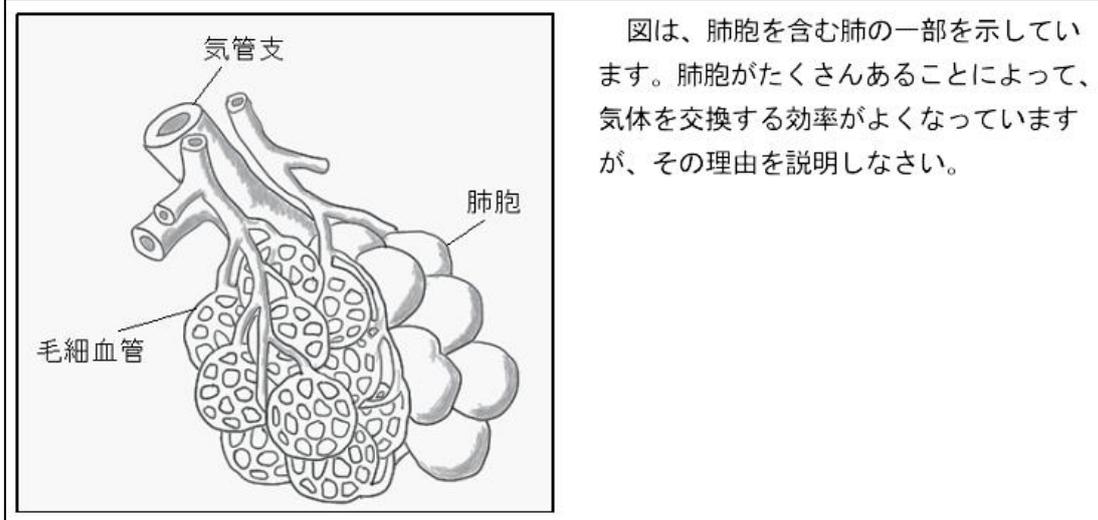
コップに入った水をストローで水を吸い上げられるのは、なぜか。「大気圧」という語句を用いて、理由を簡単に説明しなさい。

問 3



図は10月15日の正午の気象情報をもとに表された天気図の一部です。Aの地域の中学校に通っている正子さんは、次の日（10月16日）の遠足が中止になるかもしれないと考えました。そのように考えた理由を書きなさい。

問 4



図は、肺胞を含む肺の一部を示しています。肺胞がたくさんあることによって、気体を交換する効率がよくなっていますが、その理由を説明しなさい。