理科における動画を用いた自由記述課題の自動評価システムの開発

メタデータ	言語: jpn
	出版者:
	公開日: 2017-10-03
	キーワード (Ja):
	キーワード (En):
	作成者: 松原, 道男
	メールアドレス:
	所属:
URL	http://hdl.handle.net/2297/47013

理科における動画を用いた自由記述課題の自動評価システムの開発

松原　道男

Development of Automated Evaluation System for Free Description Task by Using Videos in Science

Michio MATSUBARA

Ⅰ　はじめに

これまでの研究においては，TIMSS などの理科の自由記述課題に対する解答を自動で評価するシステムの開発[1)2)]を行ってきた。これは，国際的な学力調査において，日本の子どもの科学的に説明する力が不十分であることが指摘されたこと[3)4)]による。現在においては，その改善は見られるものの[5)]，国内の学力調査においては，知識を活用して思考し，表現することに，まだまだ問題があることが指摘されている[6)]。そして，学習指導要領改訂の方向性として，理科では「観察・実験の結果などを整理・分析した上で，解釈・考察し，説明すること」が，強調されている[7)]。

一方，理科における科学的な思考力や表現力は，ペーパーテストだけで十分に評価できるものではない。ペーパーテストでは具体的な自然事象の提示には限界がある。具体的な自然事象を対象とした問題解決を通して，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するかといったことを評価する必要がある。

これらのことから，今後，理科においては具体的な自然事象の問題解決における思考力，表現力の評価を通して，活用できる知識の育成を行うことが望まれる。

Ⅱ　研究の目的

以上のことから，本研究においては，具体的自然事象を対象とした問題解決での予想や観察・実験計画，考察の場面において，自分の考えを表現したものを自動で評価できるシステムの開発を行うことを目的とした。このことを通して，思考力や表現力の育成を行い，活用できる知識の育成を目指すことにした。

Ⅲ　研究方法

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も利用できるデスクトップ版（Windows）の二つを作成することにした。そして，システムの基本枠は，これまでに開発してきた自由記述評価システムを用いて作成することにした。そこで，これまでに開発してきたシステムを生かすために，web 版においては ASP.NET を用いて作成し，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，VB.NET を用いて作成することにした。

2．理科の観察・実験の課題作成

動画による観察・実験に関する課題は，表１に示したように，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考慮して，それぞれ 12 問を作成することにした。課題は，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。動画による課題の例については，図１に中学生

平成28年10月３日受理

用の課題「問1：水中の重さ」の内容を示した。

表1　動画による理科の課題内容

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

小学生用課題		
学年	課題名	形式
3	問1：もののうき・しずみ	C
	問2：ダンゴムシのかんさつ	B
	問3：日なたと日かげ	A
4	問4：月の動き	C
	問5：ビーカーの水	B
	問6：空気と水	C
5	問7：もののとけ方	C
	問8：発芽の条件	B
	問9：流れる水のはたらき	B
6	問10：電熱線と豆電球	C
	問11：りんじく	B
	問12：水の通り道	C
中学生用課題		
学年	課題名	形式
1	問1：水中での重さ	C
	問2：溶解度	C
	問3：葉の蒸散	B
	問4：火山灰	C
2	問5：石灰水と二酸化炭素	C
	問6：電気回路	C
	問7：魚の血液	C
	問8：雲	B
3	問9：物体の衝突	C
	問10：備長炭電池	C
	問11：分解者	A,C
	問12：南中高度	C

3．解答例の入手

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。したがって，予め課題に対する解答を得て，それを評価しておく必要がある。

本研究においては，いろいろな解答例を得るために，課題に対応した学年だけでなく，それ以外の学年の解答も得ることにより，幅広い解答に対する評価ができるようにした。したがって，中学校第3学年を対象とした内容については，高校生や大学生の解答も一部データとして用いた。また，小学生用においても，大学生において小学生が解答すると予想される解答も一部含めて解答例とした。なお，入手した解答については，漢字の表記など一部修正したものもある。解答例を得るために対象とした児童，生徒，学生の人数は，表2の通りである。

表2　解答例を得た対象（人）

小学生用課題	人数
国立大学法人附属小学校第3学年	28
国立大学法人附属小学校・公立学校第4学年	65
国立大学法人附属小学校・公立学校第5学年	159
国立大学法人大学生第2学年	80
中学生用課題	人数
国立大学法人附属中学校第1学年	155
国立大学法人附属中学校・公立中学校第3学年	282
公立高等学校第1学年	30
公立高等学校第2学年	37
国立大学法人大学生第2学年	77

Ⅳ　開発したシステム

1．システムの概要

システムは，「Msomlab2」と命名し，小学生用と中学生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，次のような操作によって動作するものを考えた。

①トップのフォームにおいて，プルダウンにより12の課題の一つを選択する。

②課題を選択すると動画による課題説明が始まる。動画は，途中で止めたり，戻ったり，繰り返して見ることができる。

③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，自由記述で解答を入力する。

④解答を入力後，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評価結果が示される。自己組織化マップのセルには，0点～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。

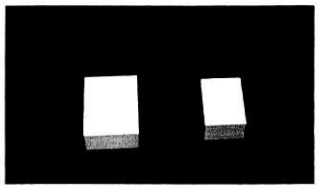
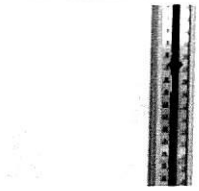
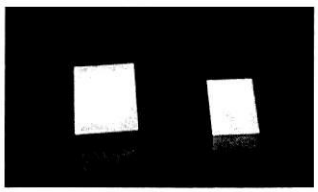
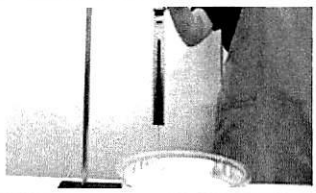
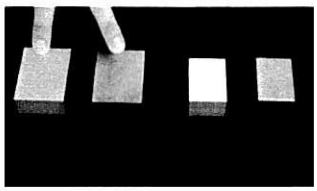
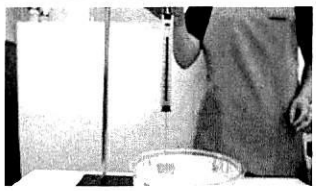
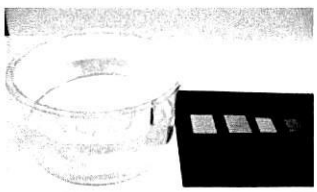
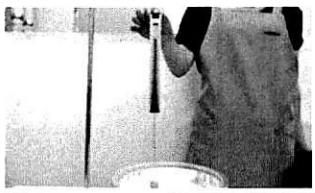
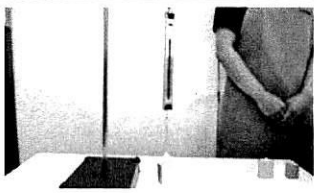
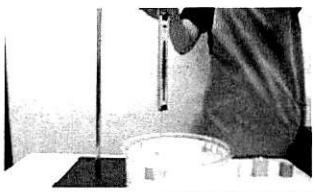
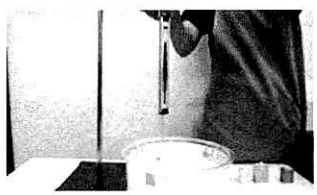
NO	画　像	ナレーション	NO	画　像	ナレーション
1		<課題の説明> この二つの物体は，大きさは異なりますが，二つともアルミニウムでできています。	8		66グラムでした。
2		次に，この二つの物体も大きさは異なりますが，二つとも鉄でできています。	9		同じように，重さにあったバネばかりを用いて，小さいアルミニウム。
3		鉄もアルミニウムも，大きいほうどうしは体積は同じです。小さいほうどうしも体積は同じです。	10		大きい鉄。
4		エム君は，水の中では物体の重さが軽くなることについて，どのようなきまりがあるかを調べようと思いました。そこで，次の実験をしました。	11		小さい鉄について，それぞれの重さと水に入れた時の重さをはかりました。
5		まず，大きい方のアルミニウムの重さを200グラム用のバネばかりではかりました。	12	物体 / 重さ / 水につけた重さ / 差 アルミニウム(大) / 106g / 66g / 40g アルミニウム(小) / 64g / 40g / 24g 鉄(大) / 315g / 275g / 40g 鉄(小) / 188g / 164g / 24g	実験結果は，このような表になりました。水中で物体が軽くなることについて，どのようなきまりがあるといえるのか，この表の結果から，あなたの考えを書きましょう。 ↓
6		106グラムでした。	13		<答えの解説> 形の違うアルミニウムと鉄を水の中に入れて重さをはかった実験結果から，
7		次に，これを薄いネットにつつみ，水の中に入れて重さをはかりました。	14	物体 / 重さ / 水につけた重さ / 差 アルミニウム(大) / 106g / 66g / 40g アルミニウム(小) / 64g / 40g / 24g 鉄(大) / 315g / 275g / 40g 鉄(小) / 188g / 164g / 24g	鉄もアルミニウムもその重さに関係なく，同じ大きさであれば，同じだけ軽くなっています。このことから，水中では物体の大きさに関係して軽くなることがわかります。

図１　動画による課題の例（中学生用課題・問１「水中の重さ」）

⑤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。得点が示された色のついたセルをクリックすると，解答例が示される。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例，近くのセルの解答例を参照することにより，自分の解答の評価を行う。

⑥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始まる。ビデオは繰り返し見ることができる。

⑦自己組織化マップのフォームの「始め」や「終了」に関する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．動画による課題と答えの評価基準

各課題の動画は，１分から１分半の動画である。また，答えを解説した動画は30秒程度の動画である。動画の課題例を示したのが図１である。図１は，中学生用課題「問１：水中の重さ」である。体積と重さが異なる物体が水中で軽くなるといった実験結果から，水中での物体の重さの変化のきまりを見いだす課題である。また，この課題の評価基準を表３に示した。評価は，０点から３点で，それぞれの点数の評価基準を示している。

表３　評価基準の例（中学生用課題：問１）

点数	評価基準
3	「物体の重さに関係なく，大きさ（体積）が同じであれば，同じだけ軽くなり，大きさ（体積）が大きいほど軽くなる」，または，「重さが違っていても体積が同じならば，元の重さと水に浮かせたときの重さの差は同じである」など，体積と重さの関係から述べられている。
2	「重さに関係なく，大きさが大きいほど軽くなる」など，体積が同じであれば同じだけ軽くなるといった，体積との関係についての説明が不十分である。
1	「大きさが大きいほど軽くなる」など，重さに関係しているかどうかについては述べられていない。
0	体積の関係から述べられていない。

3．システムの基礎データの作成

評価については，これまでの研究をもとに，自己組織化マップによる評価を用いた。そこで，自己組織化マップへの解答例の配置を決めるために，解答例を予め分析し，各セルの荷重を求めておく必要がある。これについては，これまでの研究において開発したExcelのマクロを用いて作成した分析ソフト「msom_plus」[8]を用いた。

この分析ソフトでは，解答例をテキストデータにする。次に，すべての解答テキストを形態素解析ソフトchasenによって，単語（基本形）と品詞に分割して抽出する。この品詞と単語のデータを「msom_plus」の所定のシートに貼り付け，分析を実行する。その結果，同時に用いられ関連があると考えられる文章どうしが，近くに配置されるようになる。この配置されたデータをファイルにしてシステムに組み込んだ。

4．システムの操作方法

具体的なシステムの操作について，ここでは，とくにデスクトップ版の中学生用課題を例にあげて説明する。操作法は，小学生用課題やweb版もすべて同じである。

①システムの起動

デスクトップ版については，インストーラーはなく，小学生用課題についてはフォルダ内のファイルの「MsomLab2E.exe」，中学生用課題は「MsomLab2S.exe」をクリックすることによって起動する。

②課題の選択と動画による課題の提示

図２に示したのが，開発したシステムのトップ画面である。「問題」をプルダウンして選択する。ここでは，問１の「水中での重さ」の課題を選んだとする。すると図３に示したように課題の動画フォームが立ち上がり，動画が再生される。途中で止めたり，前に戻ったりすることも可能であり，繰り返し見ることもできる。

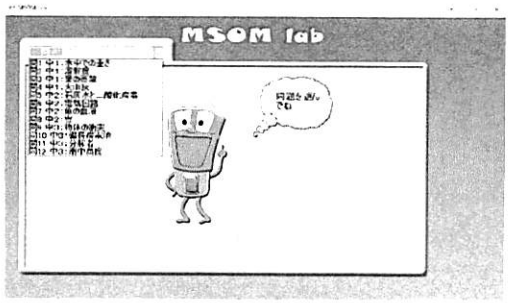


図２　システムのトップ画面

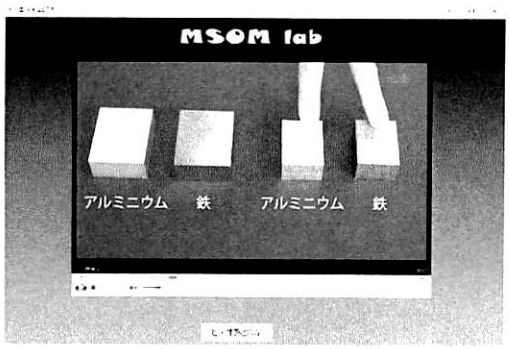


図３　動画による課題の提示画面

③静止画による課題の提示と解答の入力

課題を見た後，「ビデオをとじる」をクリックして，フォームを閉じると，図４に示したように，静止画による課題と解答欄が示される。ここでは，「体積によって重さが変わる」といった解答を考えたとして，解答欄にキーボードで入力する。入力後，「チェック」をクリックする。

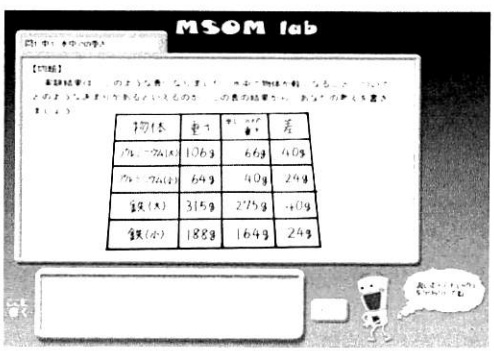


図４　静止画による課題の提示

④自己組織化マップによる評価結果の表示

評価結果は，図５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「●」のセルには色がついていないので，近くの色のついたセルをクリックする。セルの色は，右枠の凡例で示しているが，満点が３点で，０点：黄緑色，１点：黄色，２点：橙色，３点：桃色である。ここでは，近くのセルが黄緑色と黄色なので０点か１点の可能性がある。そこで，１点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。「体積が大きいほど，重さがかるくなる。」と表示される。図５には他のセルをクリックした場合の解答も説明のために示しており，近くの０点のセルをクリックすると，「体積によって水につけたときの重さが変わる。」と表示され，記入した解答と類似している。１点の解答例は「体積が大きいほど」といった体積が関わることと，その大きさが大きいほど軽くなるといった表現があるが，入力した解答にはその観点からの記述がない。近くの２点のセルをクリックすると「重さは関係なく，体積が大きいほど，はたらく浮力は大きい。」といったように，実験データから重さは関係ないといった記述がある。さらに，３点のセルをクリックすると，「物体の体積が同じであれば，重さに関係なく浮力は等しくはたらく。」と表示され，重さに関係なく体積に関係することと，体積が同じであれば，軽くなる量（浮力）も同じといった記述があることがわかる。

以上のことから，解答した内容は，位置づけられた近くのセルの色と内容から，０点であると判断できる。このように解答例から得点がわかるだけでなく，表３に示したような評価基準のように，重さに関係ないこと，大きさが大きいほど軽くなり，大きさが同じであれば同じだけ軽くなるといったことを，解答例を確認していく中で気づくことが期待できる。このように解答例から，自らが確認しながら評価すること

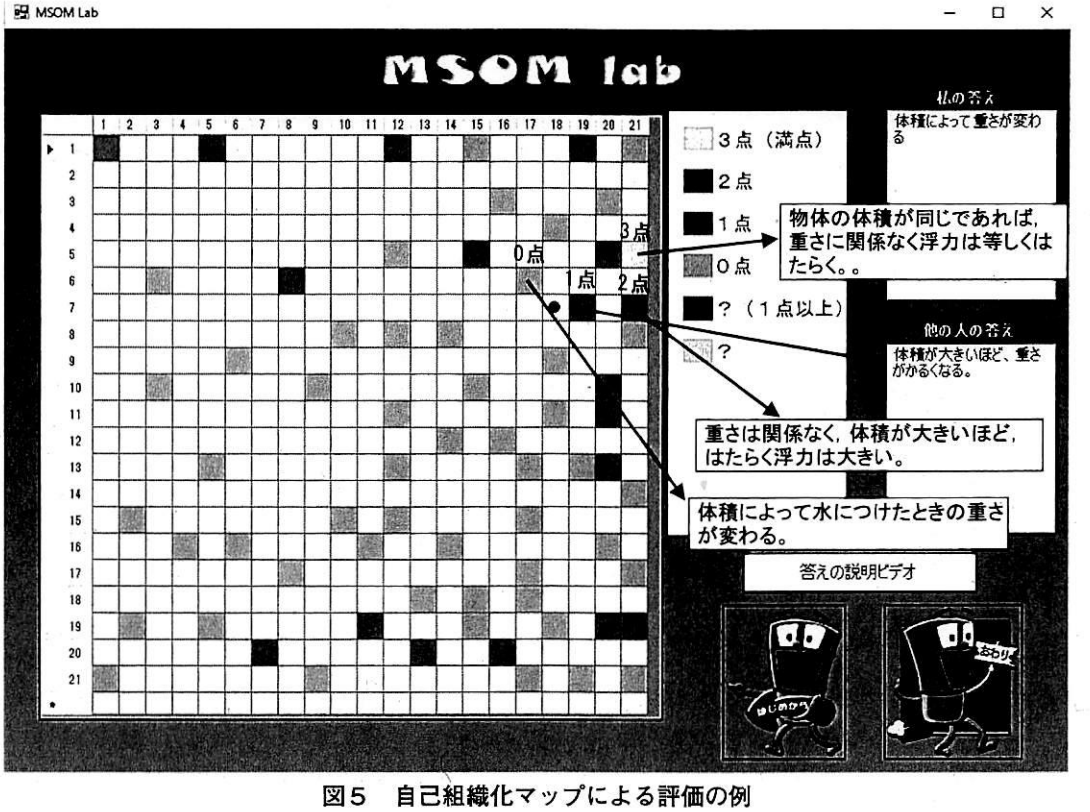


図5　自己組織化マップによる評価の例

により，評価基準のようなものを意識しながら，科学的な表現について自己修正ができると考えられる。なお，同じセルの中に，1点から3点の解答例が位置する場合があり，1点以上であるが得点が判別できない場合は「赤紫色」，0点の解答も含む場合は「灰色」にしており，そこに位置すると判別できないので，周辺の解答例を参考にして評価する必要がある。

⑤解答の解説および終了

解答の解説は，右下のボタン「答えの説明ビデオ」をクリックすると，課題の動画と同じように，答えについて動画による解説が始まる。そして，「ビデオをとじる」をクリックすると解説動画を閉じることができる。また，自己組織化マップのフォームの「はじめから」や「おわり」のキャラクター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。

V　考　察

今回作成したデスクトップ版およびweb版[9]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，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。任意の解答を入力し，自己組織化マップに位置づけられた解答や周りの解答と入力した解答を比較した。その結果，任意に入力した解答は，おおむね類似した解答に配置されており，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とともに，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，評価を行うことができた。

本システムでは，自分の記述した解答に近い解答例を確認して評価することにより，評価基準のようなものを意識しながら自分の考えを見直すことができる。そのことから，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る。一方，小学生用課題の問５のように，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。具体的には，「ビーカーについた水滴が，ビーカーの重さをはかることにより，ビーカーの中から出てきたのではないことを示そうとした実験」であるといった実験の目的ではなく，「ビーカーが冷やされて水滴がついた」といった実験の結果を書く誤答が多くみられた。このように，課題の内容を誤って解釈している場合には，解答例や答えの解説動画だけでは，考えの修正が十分に行えないことが考えられる。これらの誤答については，何らかの解説を示していくことが必要であると考えられる。

本システムでは，解答例から自分の考えを確認し見直すことを通して，科学的な表現力を高め，活用できる知識の育成を目指している。そのため，評価基準をあえて示していない。しかし，課題の内容を誤って把握した事例などから，課題によっては答えの解説や評価基準について表示すべきかどうかなど，今後検討する必要があると考えられる。

参考文献および注

1)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。
2)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，5，65-71，2013。
3)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・生徒の解答分析から－」，日本科学教育学会年会論文集，26，49-50，2002。
4)国立教育政策研究所：「生きるための知識と技能2 OECD生徒の学習到達度調査（PISA）2003年調査国際結果報告書」，ぎょうせい，2004。
5)猿田祐嗣:「論理的思考に基づいた科学的表現力に関する研究－TIMSS及びPISA調査の分析を中心に－」，東洋館出版社，60-71，2012。
6)文部科学省・国立教育政策研究所：「平成27年度全国学力・学習状況調査報告書中学校理科」，2015。
7)中央教育審議会教育課程部会：「学校段階等別・教科等別ワーキンググループ等における審議の取りまとめについて-理科ワーキンググループにおける審議の取りまとめについて（報告）-」，2016年８月。
8) 1)と同書
9)Web版については，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利用できる。
http://msom.ed.kanazawa-u.ac.jp/lab2.htm