

理科における自己組織化マップを用いた描画の評価

松原 道男

Evaluation of Drawing by Using Self-Organizing Maps in Science Class

Michio MATSUBARA

I 問題の所在

学習目標とその評価が表裏一体であることは、よく指摘されることである。しかし、堀¹⁾は、評価において、評価する者が求めているものであったり、評価可能なものに限られたりする傾向が強いといった問題点をあげている。また、評価問題の適切性や評価方法についても問題があることを指摘している。そして、これらの問題は、教育目標や学習目標が理想論としてあげられ、目標について具体的にどのように評価してよいか不明であることに起因しているとしている。

一方、評価の視点からみると、どのような評価を行うかによって、育成される能力に偏りが生じてくる。ガンストンとホワイト²⁾は、評価は学習者にとっては表現活動であり、いろいろな表現活動をとることが、いろいろな能力の育成につながると指摘している。そして、評価において明確な点数化はできないにせよ、いろいろな表現法を用いることが必要であり、概念地図法、運勢ライン法、描画法などの評価法の重要性を指摘している。

理科においては、観察スケッチや自然事象に関するイメージの表現など、描画法を用いる重要性は、従来から指摘されている³⁾。これは、科学的な思考が、モデルやメタファによって仮説が立てられ、それを検証することを通して確立してきたことによるといえる⁴⁾。また、現代の人工知能においては、ディープラーニングによる特徴量検出といった、ある意味イメージの形成が行われ発展してきた⁵⁾。このことは、人間においてもイメージやモデルの形成が重要であるこ

とを示唆するものである。

ところが、理科における観察スケッチやイメージなど、描画で表現したものの評価は、教師の主観にゆだねられているところが大きい⁶⁾。学習者において、どのような科学的視点から描画をすればよいかといった評価がされないと、科学的に深めていく改善はできないといえる。そこで、これまでの研究⁷⁾においては、評価に役立つために、学習者の描画を分類するシステムの開発を行ってきた。とくに理科の観察スケッチに焦点を当て、描画を分類するとともに、観察視点の特徴を類推し、観察における指導上の留意点などを明らかにしてきた。

そこで、今後、評価を定量化することにより、学習者に目標の達成度などを明確に示していく必要があると考えられた。

II 研究の目的

本研究においては、これまでに開発してきた学習者の描画を分類するシステムを用いて、定量的な評価を行うシステムの開発を行うとともに、その評価の妥当性を明らかにすることを目的とした。このことにより、言語化しにくい描画の評価基準を明確にするとともに、描画を行う際の指導上の留意点なども明らかにしていくことを考えた。

III 研究の方法

1. これまでに開発したシステム

これまでに開発したシステム⁸⁾は、Visual Studio の Visual Basic を用いて開発を行って

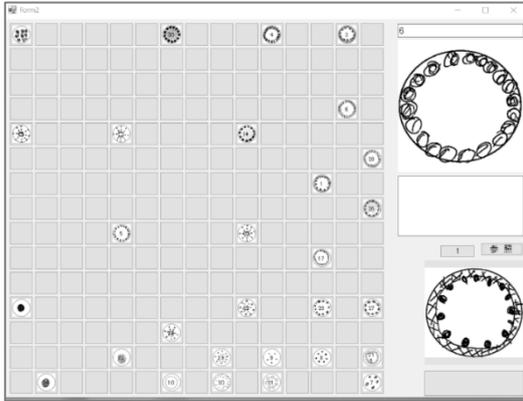


図1 これまでに開発したシステムの自己組織化マップ
きた。開発したシステムは、観察スケッチなどの描画を入力すれば、図1に示したような自己組織化マップ⁹⁾によって、類似性を示すものである。図1は、いろいろな植物の茎の横断面を観察スケッチした描画である。自己組織化マップでは、同じような観察スケッチが近くのセルに配置されるようになっている。配置されたスケッチをクリックすると、図1の右上に示したように観察スケッチが拡大されて表示される。また、比較などのために観察スケッチの番号を右中ほどの欄に入力し、「参照」をクリックすると、図1の右下に示したように大きく観察スケッチが表示される。

2. 対象とした描画

今回開発する評価システムにおいて用いた描画は、これまでの開発で用いたものをそのまま用いることにした。その描画データは、中学校第1学年の生徒が、理科の授業時間にツクサの気孔を顕微鏡観察して描いた、91の観察スケッチである。

3. システムの開発方法

これまでに開発したシステムを発展させて開発することを考え、システムはVisual Basicを用いて、Windows上で動作するもの考えた。システムでは、まず、観察スケッチを自己組織化マップに配置する。自己組織化マップでは、類似し

た描画どうしが近くに配置されるため、評価が容易となる。そこで、配置された描画を見ながらボタンを用いて、4段階で点数をつけるように考えた。また、点数によって、自己組織化マップに配置された描画のセルが、異なる色になるようにした。

この自己組織化マップの評価を基準として、システムでは新たに評価したい描画を読み込み、その描画を自己組織化マップに位置づける。位置づけられたセルの周辺には、類似した描画があり、そのセルには評価の段階が色で示されている。そこで、類似した描画とそのセルの色を参考にして、新しい描画の評価を行うというシステムの開発を考えた。

4. システムの検証方法

中学校理科教員Aの協力のもと、91の観察スケッチを4段階で評価してもらった。その際の評価基準は、教員Aに任せた。

91の観察スケッチから、検証のためになるべくいろいろな評価段階の観察スケッチがはいるようにしながら、ランダムに5つの観察スケッチを選んだ。その5つを除いた86の観察スケッチの描画によって、評価システムを構成した。その際、86の描画について、教員Aによる評価結果を自己組織化マップに反映した。次に、検証のために抽出した5つの描画について、システムを用いて評価を行った。その評価結果が、教員Aによる評価結果と一致するかどうかを比較することにより、システムによる評価の妥当性を検証することにした。

IV 結果

1. 開発したシステム

開発したシステムのメニュー画面は、図2に示した通りである。図2に示した左側のボタンは、これまでに開発したものを利用した。そして、メニュー画面の右側の「描画の評価」の枠やボタンによる処理が、今回新たに開発したものである。まず、左側のボタンを用いて、対象となる描

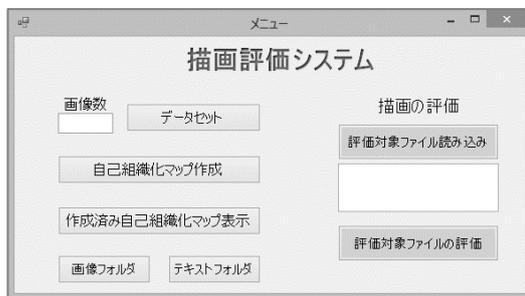


図 2 開発したシステムのメニュー画面

画を自己組織化マップに位置づける処理を行う。左下の「画像フォルダ」をクリックし、開いたフォルダに分析対象である観察スケッチの画像ファイルを置く。画像ファイルの画素数は任意でよいが、ファイル名は「p1, p2・・・」とし、bitmapファイルを用いる。メニュー右下の「テキストフォルダ」をクリックすると、同じくフォルダが開く。各画像を解説するようなテキストがある場合に、画像に対応するように「p1, p2・・・」といった名前のテキストファイルを置く。今回の研究ではテキストファイルは用いないので、省略している。

次に、「画像数」と示された入力枠に、分析対象の画像ファイル数を入力する。今回は「86」である。これらの準備ができたなら、「データセット」のボタンをクリックする。データセットが完了すると、ボタンの右横に「終了」が表示される。データセットが終了した後、「自己組織化マップ作成」をクリックすると、自己組織化マップが作成される。次に、ボタンの右横に「終了」が表示された後、「作成済み自己組織化マップ表示」をクリックすると、作成された自己組織化マップが表示される。一度自己組織化マップを作成すると、システムを閉じて、再度システムを起動して「作成済み自己組織化マップ表示」をクリックすることにより、作成したものが再び表示される。

2. 自己組織化マップによる評価

図 3 に、気孔の観察スケッチの自己組織化マ

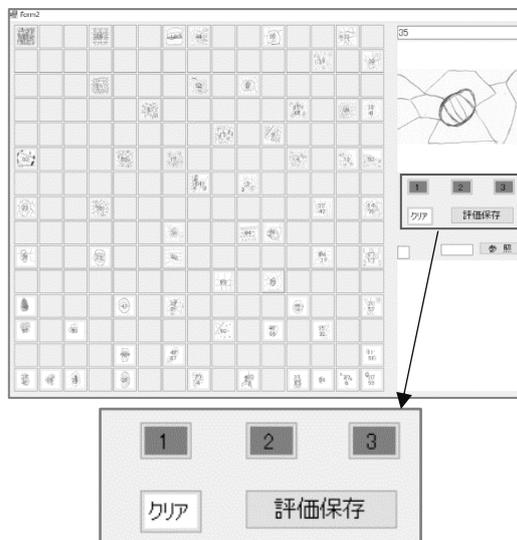


図 3 「気孔」の自己組織化マップ

表 1 「気孔」の観察スケッチの評価基準

得点	評価基準	描画例
3	気孔の形状だけでなく細胞内部の様子に着目している	
2	気孔の形をしっかりとらえて描いている	
1	描こうとしているが形が不明瞭	
0	どの部分か不明	

ップの結果を示した。91 の観察スケッチのうち、検証で用いる 5 つを除いた 86 の観察スケッチの結果である。自己組織化マップのセルに配置された小さい描画をクリックすると、図 3 の右上に示したように描画が拡大されて表示される。これを見ながら、4 段階で評価を行う。0 点はそのまま、1～3 点については、拡大して示された描画の下の 1～3 のボタンをクリックして評価

を行う。なお、図3の下には、そのボタンの部分を拡大した図を示している。評価を修正したい場合は、自己組織化マップにおいてその描画をクリックし、改めて1～3のボタンをクリックする。0点または評価をクリアしたいときは「クリア」のボタンをクリックする。同じような描画が近くにあるため、比較しながら評価することができる。「1」をクリックすると自己組織化マップのセルの枠が水色になり、「2」をクリックすると緑色、「3」をクリックすると桃色になる。これらの評価結果は、「評価保存」のボタンをクリックすることにより保存される。評価が途中になっても「評価保存」のボタンをクリックしていれば、システムを閉じて再度起動したときに、これまでの評価が表示される。

今回の描画の評価は、教員Aに評価基準の設定を任せた。その評価基準は、表1に示した通りである。

3. システムによる評価の支援とその妥当性

新たに評価したい描画については、すでに評価が行われた自己組織化マップの結果を用いて、次のようにして評価を行う。まず、図2のメニュー画面右上の「評価対象ファイル読み込み」のボタンをクリックする。ファイルダイアログが開くので、評価したいファイルを選択する。ファイルを選択すると、「評価ファイル読み込み」ボタンのすぐ下に、ファイル名が表示される。それを確認し、「評価対象ファイルの評価」ボタンをクリックすると、図4のような結果が表示される。

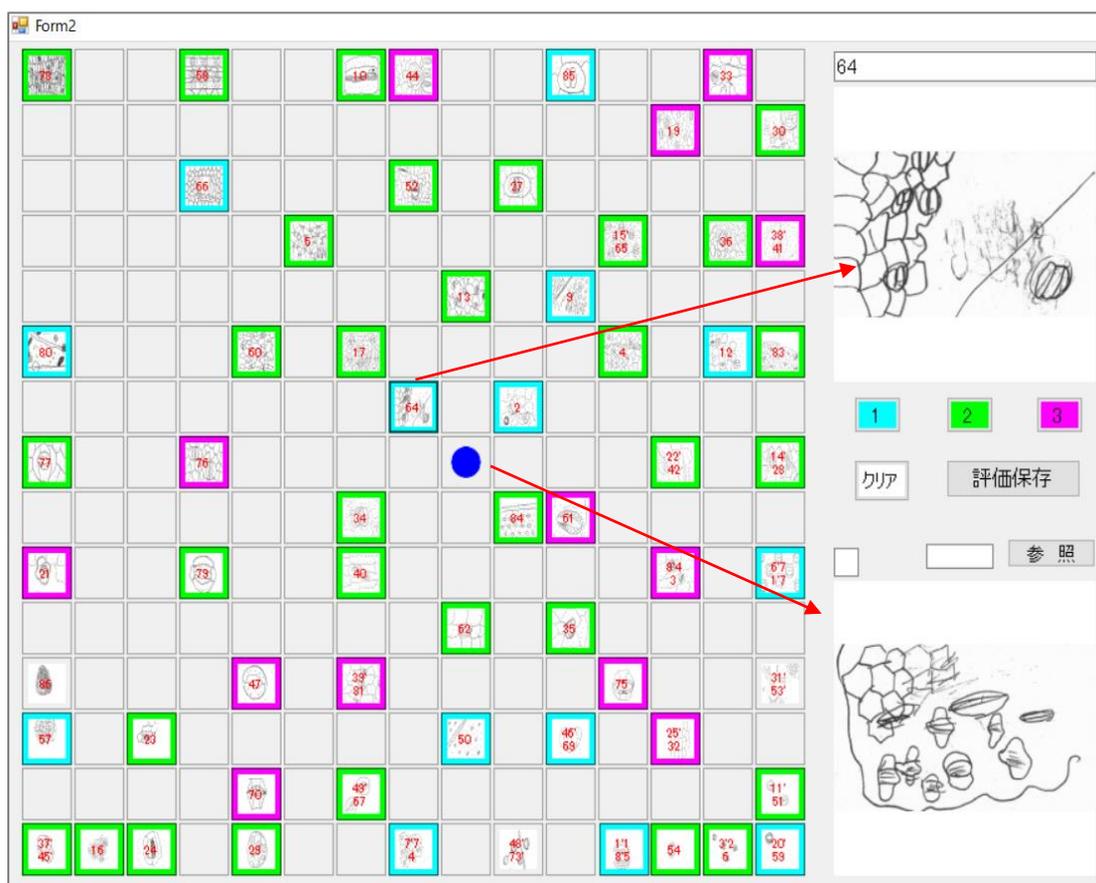


図4 自己組織化マップによる評価結果

図4の例では、評価対象となった描画は、自己組織化マップの青い「●」の位置に位置づけられる。その描画は、右下の枠に示されている。

「●」の位置には、対象となる描画がないため、位置づけられた周辺の描画をクリックする。図4では、「●」の左上の描画をクリックした結果が示されており、その描画は右上の枠に示される。この描画は、評価しようとした右下の描画と類似している。右上の予め評価されている描画は、セルの枠の色が水色で1点である。したがって、評価しようとした描画も1点であることが考えられる。このようにして、評価したい新たな描画を評価することができる。なお、同じセルに複数の描画が配置された場合は、画像番号の大きいほうが表示される。その場合、拡大画像が表示される上の枠に複数の画像番号が表示される。小さい画像番号の画像については、右下の「参照」ボタンの左枠にその番号を入力し、「参照」をクリックすると、その画像が右下の枠に表示される。

以上の手順で、システムの妥当性を検証する

表2 教員Aの評価結果とシステムによる評価結果

番号	描画	教員Aによる評価	システムによる評価
G1		1	1
G2		2	2
G3		3	2または3
G4		2	2
G5		0	0~3で特定できず

ために外しておいた5つの描画について、システムを用いて評価を行った。この5つの描画については、予め教員Aも描画の評価を行っている。教員Aの評価結果とシステムによる評価結果を示したのが表2である。システムによる評価については、結果が表示されたセルやその周辺のセルに位置づけられた描画の類似性から、評価を行ったものである。

表2の結果から、5つの描画のうち4つについては、教員Aの評価と一致しており、残りの一つについては、十分に一致しているとはいえなかった。一致しなかったのは、表2のG5の画像であり、周辺の描画に類似したものがなく、描画としてはかなり特異なものであった。

V 考察

システム活用についての教員Aの感想は、類似した描画が近くにあるため評価しやすく、評価を行う際のボタン操作も容易であったということであった。

システムによる描画の評価は、5つの描画のうち4つについて妥当であり、80%の一致度であった。とくに、評価が困難であったのは、評価された事例と対応するものがない描画であった。このようなケースは、ある程度生じると考えられるが、特異的なものについては、システムを用いなくても評価は容易であると考えられる。これらのことから、開発したシステムの評価は、妥当性が高いと考えられる。

以上のことから、本システムについては、教師が描画について定量的な評価を行うために、類似したものの比較を通して、評価を一定にするように支援できると考えられる。また、システムによって評価を支援するだけでなく、本システムを教師が利用することにより、類似した描画の比較や、新たな描画の評価結果の検討から、評価基準の再考や評価基準の詳しい説明などに役立てていけると考えられる。

一方、今回は行っていないが、学習者自身が本システムを利用することにより、自分の描画に

ついてシステムを用いて評価することで、できている点や不十分な点などを確認することができると考えられる。また、高く評価された事例や低く評価された事例を見ることにより、観察などの視点を学んでいけるのではないかと考えられる。これらは、言語による指導と異なった効果が期待できると思われる。

今後、さらにシステムの妥当性を高めるとともに、実際に教師や学習者が活用することにより、教師の描画を評価する視点や評価基準を確立していける効果について、また、学習者の主体的な評価を通じた学習改善などへの効果について、調べていくことが考えられる。

引用・参考文献

- 1) 堀哲夫：「学びの意味を育てる理科の教育評価－指導と評価を一体化した具体的方法とその実践」、1-32，東洋館出版社，2003
- 2) R・ホワイト，R・ガンストン：「子どもの学びを探る一知の多様な表現を基底にした教室をめざして」，東洋館出版社，1995
- 3) 津幡道夫編：「子どもたちは自然をどのようにとらえているか」，東洋館出版社，1993
- 4) 中山迅：「子どもの科学概念の比喩的な構成」，科学教育研究，Vol.22，No.1，12-21，1998
- 5) 日経ビッグデータ編：「グーグルに学ぶディープラーニング」，日経BP社，2017
- 6) 2)と同書
- 7) 松原道男：「理科学習における観察スケッチの評価を支援するシステムの開発」，日本教科教育学会誌，第42巻，第1号，57-63，2019
- 8) 7)と同書
- 9) コホネン，T.：「自己組織化マップ」，シュプリンガー・フェアラーク東京，1996