

動的視覚化による新しい教育法について

- 学校教育への適用と学生の反応の分析 -

浪平博人*1・植竹利之*2・佐藤英樹*2・磯田洋子*2・堤隆史*2・高野圭*2・辻聖香*2

Email: namihira_hiroto@ybb.ne.jp

*1: (元)大妻女子大学 社会情報学部

*2: 八王子市立長房小学校

◎Key Words 動的視覚化 意味の伝達 電子黒板 教育への IT 活用

1. はじめに

我が国の学生における理数系基礎学力の低下が指摘されて久しく、有効な根本的対策はいまだ聞かない。学ぶものの興味を引き出すという教育本来の目的に沿った有効な新しい方法論の創生が強く望まれている。いま改めて伝統的な教育方法を振り返ってみると、伝えるべき内容は普遍的であらねばならぬということに軸足がかかりすぎ形式的知識の伝達に重きが置かれすぎている。その結果、学生にとっては、学ぶとは記憶することとなっている。学びが学生にとって面白く自然に引き込まれるような魅力あるものにするには、教育は内容の形式的知識ではなく意味の伝達に軸足を戻す必要がある。

本稿は、論理的内容の伝達を対象として、内容の意味を素早く効果的に伝える方法論の構築について述べるものである。加えて、その実施と学生の反応等の検討結果についても報告する。

2. 意味の伝達

ここで、意味について考えてみる。一つの事柄に対しても、人によって受け取り方は異なる。受け取った内容がその人にとっての意味であり、それは極めて主観的なものである。すなわち、個々人にそれぞれ異なった価値座標系とでも言うべきものがあり、ある事柄をその座標系で測った値がその人にとっての意味であると考えられる。

様々な受け取り方があり得るので、意味の伝達における方法は冗長度の高いものである必要がある。すなわち、受け取り方が異なってもそれぞれに合わせて十分に内容を伝え得る方法である。それにはまず、情報量の面から視覚を活用する方法が考えられる。

3. 論理の動的視覚化

視覚による伝達の特徴は、物理的に情報量が他の手段に比べて格段に大きいことである。このことは、窓の外の景色を伝えるのに、言葉に依れば非常に時間がかかりかつ曖昧にしか伝えられないものを、1枚の写真で一瞬のうちに正確に伝えられる事から十分に推察できる。その上、悟性の働きは、時間軸に沿った視覚情報の束から全体としての意味を抽出する。この働きのメカニズムを論理的に説明することは非常に困難であるが、我々に自然に備わっている能力である。視覚を活用するということは、悟性の膨大な機能を活用する

ことでもある。この視覚機能に着目して、我々は次のような考えに従って新しい教育方法論を構築した。

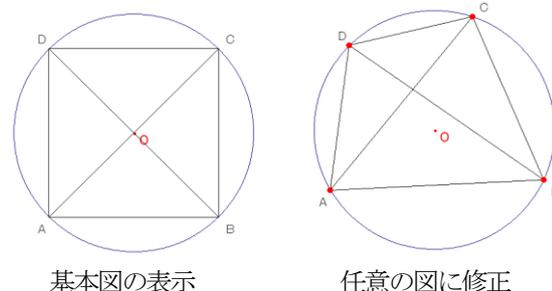
まず、論理とは状態を変化させる駆動則であるという見方に立つ。すると論理の展開とは、与えられた初期状態を駆動則により状態を変えながら最終状態へもっていく過程となる。ここで、変化の過程に従って状態を視覚化することができ、かつ、その状態を瞬時に画面に表示することができたとしよう。すると、画面上に動的に変化する視覚化情報を目でたどるだけで、論理の内容の意味を知ることができることになる。このような伝達方法論を”動的視覚化法”と呼ぼう。

状態の具体的な表現の仕方およびその視覚化は、対象とする論理ごとに異なる。従って、対象ごとに本質的な要素及びその関係の表現を考える必要があり、ここは最も創造性を要求される場所である。

具体的な動的視覚化において、考慮すべき要点がいくつかある。

(1) 初期状態の設定

初期状態の設定において人が数値を直接入力することは極力避けるべきである。入力ミスに対する対策が生じ煩わしくなる。頻度の高い状態がランダムにかつ自動的に生じるような工夫は効果的である。また、典型的な状態を最初に発生させ、それを画面上で任意の初期状態に修正する方法も効果的である。図1はその例を示すもので、円に内接する四辺形を初期値として与えるときに、まず基本形を表示し、その任意の頂点の位置を修正することにより望みの四辺形を作り出すものである。



基本図の表示

任意の図に修正

図1 入力工夫

(2) 連続的な変化

論理の展開を追うとき、飛躍が大きければその理解にはより多くの努力がいる。したがって、人の理解の流れを自然にするには、視覚化して示す論理の展開は

なるべく連続的な方が好ましい。図2は、三角形の折り返しを示す場面であるが、直接折り返し後に移るよりは、連続的に途中状態が示される方が論理の展開が自然に理解できる。

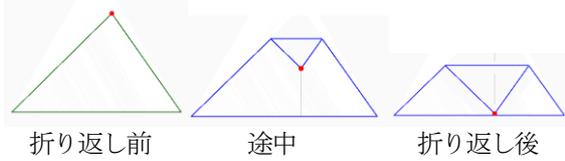


図2 折り返し作業の連続化

(3) シミュレーション

ひとつの理論の展開に対し、学習者は自分の思い至る状況を想定して、この場合はどうなるかとの問を抱く。これは学習者の興味を喚起したことであり、この間に答えることが必要である。すなわち、ソフトはこの問への応答を想定して作られるべきである。図3は対称について学ぶとき、基本の三角形(右)に対して学習者が中心点を任意に与える時の応答としての対称図である。

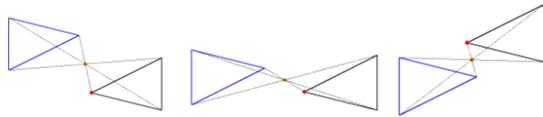


図3 いろいろな中心点に対する反応図

(4) ワンクリック操作

操作はできるだけ簡潔であることが肝要である。1回のクリックで1つの指示は済むような考慮がある。例えば、相関係数 r のデータ (x, y) の組みをいくつか発生させるときは、システムでありそうないくつかの r をおおよび組数 n を想定してランダムに決め、システムの方で x, y を相関付けて発生させる。入力にかける手間はなるべくシステムの方が受け持つようにして、学習者の意識を内容の意味に集中させることが大切である。



図4 相関のあるデータを得る

動的視覚化方法論によりつくられたコンテンツを電子黒板と組み合わせると、極めて高い教育効果の向上がみられる。たとえば図形の学習のとき、壁から自分の思い通りの図形を自ら設定でき、それをもとにした理論の展開を自らが行うことができ、各々の興味を引き出す臨場感の高い学習が実現できる。

4. 動的視覚化法展開例

動的視覚化方法論を数学を中心とする多くの分野に適用しコンテンツを作成した。それらは、次にあげる

ものである。

小学算数、中学および高校数学の全範囲、統計学、数理統計、確率論、確率過程論、線形代数、複素関数論、コンピュータアルゴリズムの全範囲、管理工学、金融工学および微積分の主な部分。

これらは、学生や社会人の教育への活用をめざし精神的に展開中である。以下に、いくつかのコンテンツ例を挙げておく。

図5は、小学校での立体図形の展開を動的に視覚化したものである。初期図形の底辺を任意にマウスのドラッグで拡大する。つぎに、高さを任意に設定する。こうして、望みの円錐を作ることができる。その側面を展開する過程を示し、最後に展開図を描く。

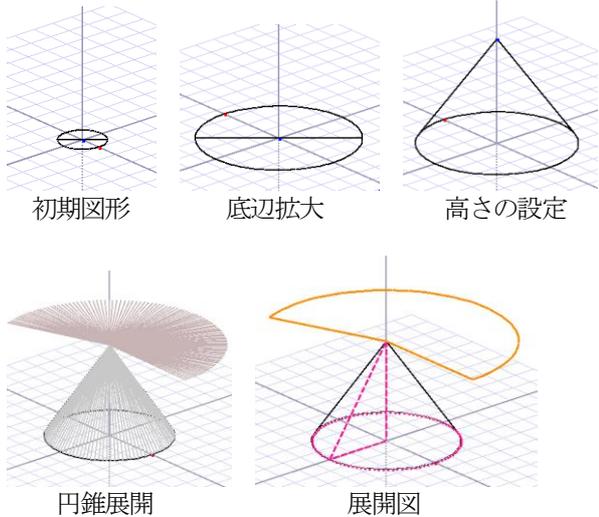


図5 円錐の立体図

円錐図形の底辺の径及び高さは簡単に設定が変更され、その結果の展開図を比較することを通して、立体構造のより深い理解に達することができる。

図6は、三角形の内心を動的に視覚化したものである。初期図形を修正して任意の三角形を作る。その各頂点からの2等分線の交点としての内心を示し、内心円を描いている。頂点を移動させて三角形を変形させた時の内心の移動も即座に表示できる。

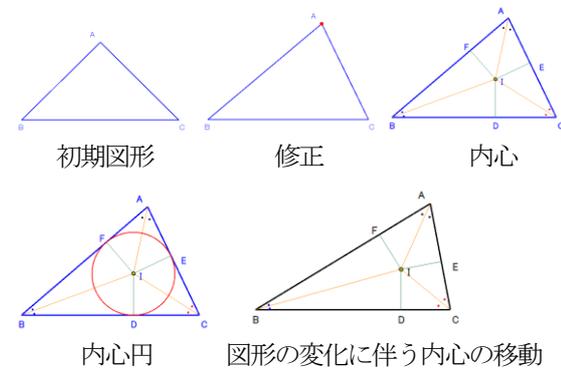
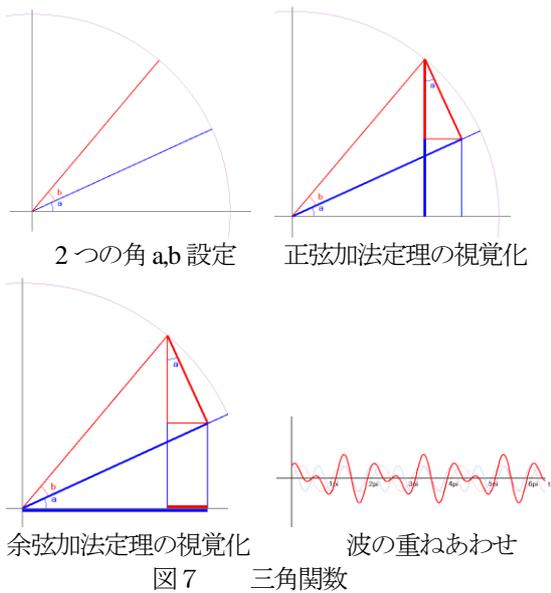


図6 内心

図7は、三角関数の加法定理等を動的に視覚化したものである。角 a, b を任意に与え、 \sin, \cos の加法定理を要素に分解して示す。角の連続的な変化に対し、分解要素も構成を連続的に変える。また、三角関数の重



ねあわせも表示してある。

図8はベクトルの積を視覚化したものである。2つの3次元ベクトルを任意に指定してその積を視覚化するものである。まず、3次元ベクトルを簡潔に指定できることが大切であるが、これに対し次のように工夫した。基本座標のXY面をクリックして(x, y)座標を指示する。システムは(x, y)からZ方向にメモリの入った直線を表示する。この直線上の点をクリックすることによりZ座標を指定する。こうして指定したい(x, y, z)が認識される。数値の指定において、意味を理解しつつ入力できるこのようなアナログ的な方法が非常に大切である。

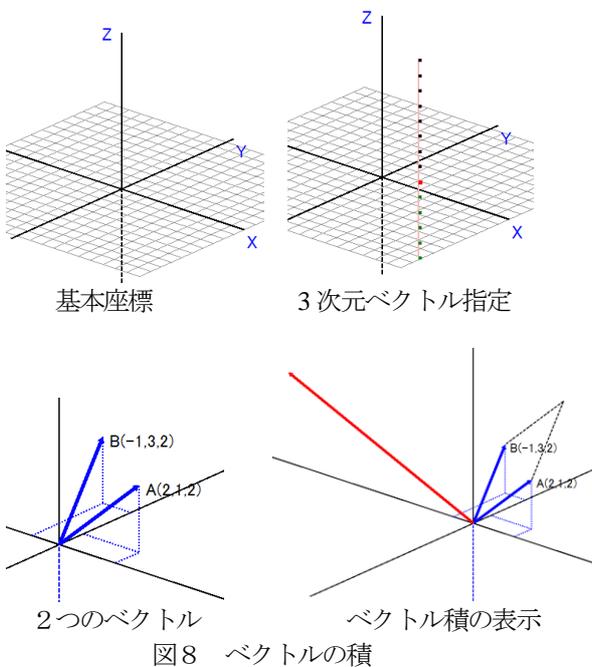


図8の最後にはベクトル積が視覚化されている。指定した2つのベクトルとベクトル積がどのような関係にあるかは、積の定義からはそれほど簡単には推察できない。しかしながら、目で見ればその意味は文字通り一目瞭然である。

図9は、線形代数における2次形式の視覚化である。まず、マトリクスAを指定する。Aは自動的に発生するが、変更したければできるようになっている。その2次形式が視覚的に表示されるが、これを通して主成分方向や正定値の意味が理解できる。

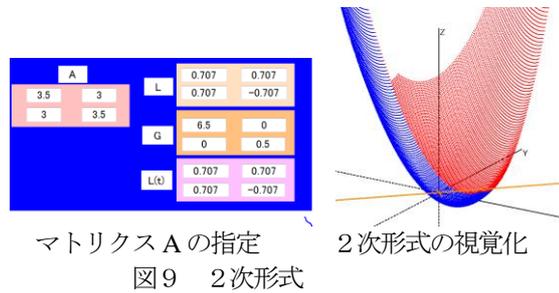
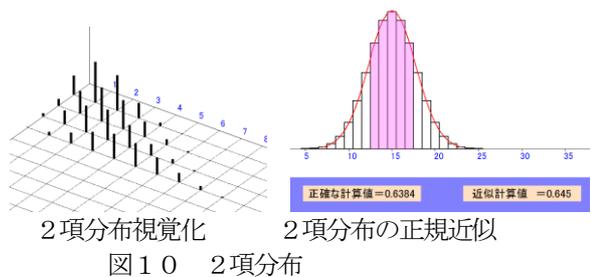


図10は2項分布の諸性質を視覚化したものである。任意に指示した2項確率pと試行回数Nに対応する分布が視覚化される。これにより、分布がどのように変わっていくかが実感できる。Nが大きくなると次第に正規分布に近づくことが見て取れる。正規近似の精度も視覚的に検証することができる。



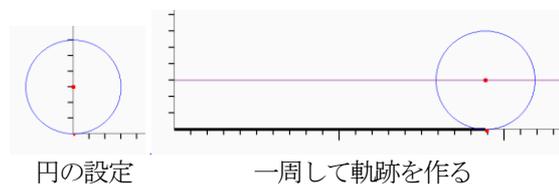
5. 教育現場での活用例

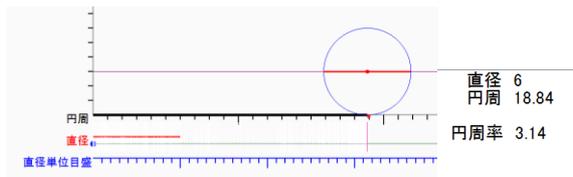
動的視覚化方法論に基づくコンテンツの活用例の中で、小学校への活用事例を述べよう。小学生の3年生から6年生までの範囲において、電子黒板が使える環境の下で算数の授業にコンテンツを活用した。

コンテンツの操作上の使いやすさ、内容の精度等その価値を高めるためには、使用者から開発者へのフィードバックが欠かせない。使用者の感想は深く掘り下げれば本質的な原理まで至ることが多いものであり、開発者が気がつかないものである。挙げられた修正要求点は即座に取り入れられた。

つぎに、使用したいいくつかのコンテンツについて述べよう。

図11は、円周率を教える場面で、それが常に一定の値を持つことを視覚的に示すものである。まず、円を任意に設定する。これは、原点をクリックして上の方にドラッグすれば現れる。つぎに、円の中心を横に移動させて一周させ、一回転した長さを作る。その軌跡の長さを直径を単位として測る。

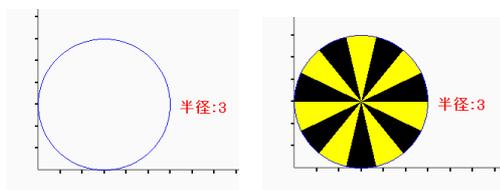




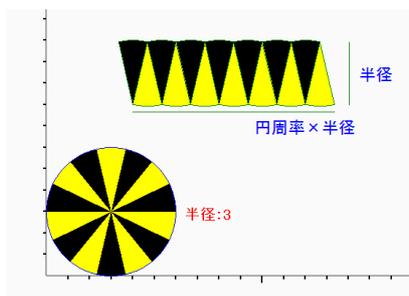
軌跡を直径単位で測る
図 1.1 円周率の算出

結果として、一周の長さを直径単位で測ると常に一定の値であることがわかる。

図 1.2 は、円の面積公式の導出の視覚化である。まず、任意の円を発生させる。それを任意に指定する数で分割する。次に、その分割片を集めて面積に構成する内容である。



任意の円の設定 円の分割



分割片を集めて矩形近似
図 1.2 円の面積

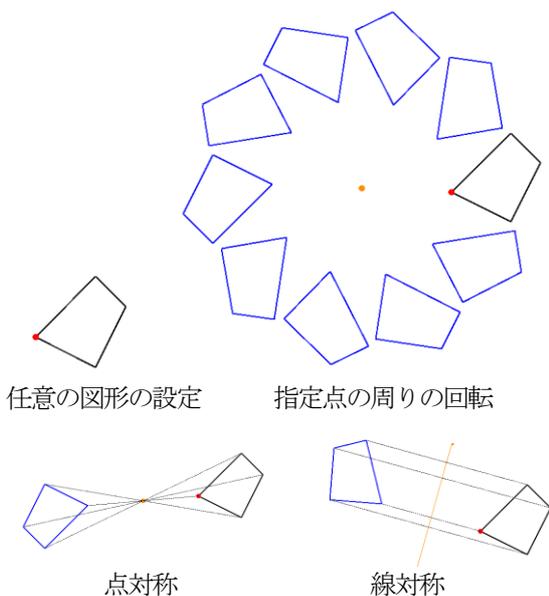


図 1.3 回転、対称

図 1.3 は、図形の回転や対称について扱うコンテンツである。まず、任意の図形を作画して指定する。つぎに、回転中心を与えることにより回転図形を作り出す。点対称、線対称も同様である。

以下は、ある小学校における授業の様子および直後の生徒の感想文の内容をまとめたものである（対象：小学 6 年生 24 名、5 年の復習と円周率の勉強）。授業は電子黒板の機能のある環境ではあったが、たまたま幕が固定された状態ではなかったのでスクリーンからの直接的な入力を行わず、内容を幕に映し出すものであった。アンケート結果は、ほぼ全員が面白いと感じ学習への興味が大きく喚起されたことが示されていた。特に、問題が自分で思うように設定できること、たとえば図であれば、それを異なった形、大きさ、位置などを主体的に決めることができ、かつ、その理論展開を自分で操作できることに生徒は著しい興味を示した。これが故に、非常にわかりやすいとの感想も多かった。また、自分は算数は好きではないが、これなら付いていけるという感想もいくつかあった。

6. まとめと考察

本稿は教育において教える内容の意味の伝達の重要性に着目し、論理を対象としてその意味をコンピュータで動的に視覚化してその核心を伝える新しい方法について述べたものである。従来、視覚化の対象はデータであったが、本論は論理を対象にする。

本方法論の特徴を挙げれば、次のようになる。

- (1) 論理の内容の意味を容易に伝えることができる。
- (2) 工学や理学等論理的な分野に展開できる。
- (3) 教育の知見をコンテンツに組み込むことにより、教育技術を継承可能な共有技術とすることができる。
- (4) コンテンツの内容はイメージなので、世界に発信できる普遍性のあるものである。

本方法論を用いれば、非常に速い速度で内容の核心を教えることができる。工学部等では授業に先立って知識のレベルを揃える必要があるが、事前の補習教育を行う方法として実質的に非常に有効であろうと考えられる。

なお、実験的には一部検証していることであるが、本方法論を電子黒板や発展する IT と結合すれば、従来とは質の異なる新しい教育体系の構築の可能性が強く推察できる。

参考文献

- (1) 浪平博人：“電子黒板と動的視覚化技術についての考察”，パーソナルコンピュータ利用技術学会，6 巻，1 号，pp.24-29 (2012)。
- (2) 浪平博人：“動的視覚化による統計学入門”，日科技連 (2005)。