

# インタラクションをもつビジュアル表現の プログラミング教育と実践

加藤良将<sup>\*1</sup>・宮下十有<sup>\*1</sup>・亀井美穂子<sup>\*1</sup>・鳥居隆司<sup>\*1</sup>

Email: ykato@sugiyama-u.ac.jp

\*1: 梶山女学園大学 文化情報学部

◎Key Words インタラクティブ, センサ, 創造性, プログラミング

## 1. はじめに

社会の急激な情報化による変化に対応するため平成 29 年 3 月に公示された小学校学習指導要領では、プログラミングを体験しながらの学習活動を計画的に実施することになっている。今回の学習指導要領の改訂では、情報化による様々な社会の変化が、加速的に起き、予測困難な時代となることに対応する中央教育審議会の答申<sup>(1)</sup>を受けたものである。

答申は、「知識・情報・技術をめぐる変化の早さが加速度的となり、情報化やグローバル化といった社会的変化が、人間の予測を超えて進展する」社会の変化は、「全ての子供たちの生き方に影響する」、したがって、「社会の変化にいかに対処していくかという受け身の観点に立つのであれば、難しい時代になると考えられるかもしれない」。情報活用能力は、「情報や情報技術を受け身で捉えるのではなく、手段として活用していく力が求められる。未来を切り拓いていく子供たちには、情報を主体的に捉えながら、何が重要かを主体的に考え、見いだした情報を活用しながら他者と協働し、新たな価値の創造に挑んでいくことがますます重要になってくる」としている。

このような方針は、平成 18 年に改正された教育基本法の前文の「豊かな人間性と創造性を備えた人間の育成を期するとともに、伝統を継承し、新しい文化の創造を目指す教育を推進する」との記述を踏まえたものである。

本研究は、「新しい文化の創造」や「創造性を備えた人間の育成」に貢献できる学びを具体化するためのプログラミング教育による実践である。

## 2. ビジュアル表現のためのプログラミング教育

### 2.1 創造性を育成するプログラミング

創造性については、その現象のメカニズムの複雑さから研究のアプローチとしても困難であるが、J.P. Guilford<sup>(2)</sup>の理論をもとに S-A 創造性検査が比較的良好に用いられる。この検査は、特定の物や事柄に対するアイデアを文章で自由に書くことや、図形や絵を用いた課題に対し絵で回答することで、創造的思考の速さ・広さ・独自さ・深さの特性を分析できるが、文化や芸術に関する創造性についての分析には向いていないとされている。

創造性については、様々な分野で研究<sup>(3)</sup>され、辞書等には、「新しいものを初めてつくり出すこと<sup>(4)</sup>」等と記述されている。また、日本創造学会は、1983 年に行った「創造とは何か」とのアンケートにおいて、たとえば、KJ 法を考案した川喜田二郎は、「なすに値する切実なものごと

を、おのれの主体性と責任において、創意工夫を凝らして達成すること」と回答しているが、このような回答を参考にして、「人が問題を異質な情報群を組み合わせ、統合して解決し、社会あるいは個人レベルで新しい価値を生むこと<sup>(5)</sup>」としている。

したがって、創造性は、全く何もない状態から、何かを創り出すのではなく、様々な経験や知識がある程度に達した場合、何らかの要求や必要性、ひらめき等によって、必然的に発生する<sup>(6)</sup>ものと考えられる。ここでは、創造性は、非常に多くの経験や知識から湧き上がる完全に独特の、それまでに存在した概念をも覆すものではなく、学んだ内容の多少ではなく、ある程度の知識や経験から、なんらかの意図に基づいて、改良や修正を行うことでもかまわないとの方針とする。これは、ある分野に関する豊富な知識や経験があり、その分野に影響を与える可能性のある事象に関して知見を持っていれば、ある程度先の未来が予測できることになる。この考え方に基づいた創造性を育むプログラミング教育は、情報科学の知識やコンピュータに関する知識と、基礎的な文法を完全に理解した上にユニークで大規模なアプリケーションを作成することではない。小さなプログラミング演習の例題等をスモールステップで段階的に進め、各自の考えに基づいた改造を行うことで学ぶことができる。

### 2.2 ビジュアル表現のためのプログラミング

創造性は、社会や環境に位置づけられたアイデアであり、他者の視点を取り入れ、さらに改良されるものであり、効率的に先に改良や修正が行われたものが知的財産として生き残る。電話の特許が Alexander Graham Bell と Elisha Gray によって、同時期に申請されたことや、Charles Robert Darwin と Alfred Russel Wallace がほぼ同時期に進化論を発表したこと、James Dewey Watson と Francis Harry Compton Crick が、DNA の 2 重らせん構造の発見と Rosalind Elsie Franklin が DNA の構造解明したことも同様であることはよく知られている。

今後の社会における創造性は、何もない状態から天才的なインスピレーションによって突然降りてくるものではなく、基礎的な知見が積み重ねられ、創造的な環境に置かれることによって新しいものが生まれることが多いと考えられる。学校教育の段階で、誰もが発見や発明を行うことは容易ではないが、創造的な体験を何度か体験することは可能である。学習指導要領においても、創造性が育まれたかどうかの評価では、様々な考え方や多くの表現

ができること、他者と異なる視点を持つこと、他者と異なる独自の考え方ができること等が挙げられている。そこで、我々は、限られた時間のプログラミング教育において、受講者が創造的な体験を得られ、創造した内容を他者に容易にわかる形として出力でき、他者との表現の違いが明確となるように、インタラクション機能を取り入れたビジュアル表現を扱った。

人文科学や社会科学系の学部では、若干のコンピュータに関する知識やプログラミング等の内容を履修することはできるが、情報科学に関し、十分に学修できるカリキュラムではない。したがって、プログラミング教育では、変数やデータの型、演算子、条件判断、繰り返し等のプログラミングにおける基本的な内容となることが多い。限られた時間で、習得したプログラミングの知識を創造的に、実践的な作品へ適用させることはかなり困難であるため、課題では、例題のプログラムを模倣・改変することによる写経プログラミング<sup>(7)</sup>になっていることも多い。

そこで、本実践でのプログラミング教育の仕組みを、子供が絵を描くようにインタラクション機能を取り入れたビジュアル表現を創造性の支援となるツールとして位置づける。インタラクション機能を取り入れた表現であれば、最初は、写経プログラミングであっても、各自が表現したい要求に応じて、自ら変更や修正を繰り返し、次第にプログラミングだけでなく作品そのものも独自のものに変化していく。創造的な作品を作ることができる基礎的な内容として、Kinect やカメラのイメージングデバイスを入力として使い、入力イメージの動きをコンピュータビジョンの画像処理ライブラリで解析し、そこから作り出される図形(グラフィックス)をインタラクティブにプロジェクトで投影する手法を学ぶ。そして、それらの手法をもとに各自が自らの考えで、様々なインタラクティブなビジュアル表現の作品を作成することが可能となる。

### 2.3 プログラミング教育の実践

インタラクション機能を取り入れたビジュアル表現によって、創造的なプログラミング教育を行う開発環境としては、Processing, openFrameworks, vvvv, Pure data, Max/Msp, Cinder 等が考えられる。カメラ等のイメージングデバイスを入力装置として用いた本格的なメディアアート作品では、実行速度の速い openFrameworks がツールキットとして用いられることも多い。しかし、本研究では、プログラミングが未経験である受講者を対象とし、短期間である程度の作品の展示まで行うことを視野に入れたため、主に Processing を用いた。Processing は、容易に描画を行うことのできる関数が多数用意されているだけでなく、画像処理やコンピュータビジョン等に関するライブラリの活用も可能である。

したがって、最終的にできあがる作品は、インタラクティブアートの中でも、人がカメラに向かって行う「動き」をトリガーにして、何らかの反応をする作品になることを想定した。作品では、日常の風景や、あるいは、日常でなくてもなにかの絵やイラストの中で何らかの「動き」を行うことで、変化が生まれる。それらの作品への参加者は、風景や絵とそこに存在しないグラフィックスによって作り出された非日常的なものとの関係性を感じながらさらに日常の風景や絵に介入していく。美術館

では、そこにある作品は静かに鑑賞するものであるし、様々なオブジェや風景としてそこに存在するものを動かすことはできない。人は、いつもの五感では得られない感覚を自らの視覚で確認するとき、さらに動かしたいという欲求を生じさせ、目の前の作品へと入っていくのではないかと考えられる。

学生に対する授業としては、イメージングデバイスからの入力とその処理に、主に Kinect とそのライブラリを用いたが、カメラのみを利用する場合や Kinect からの入力を拡張して活用するために OpenCV (Open Source Computer Vision Library) の解説も行った。OpenCV は、

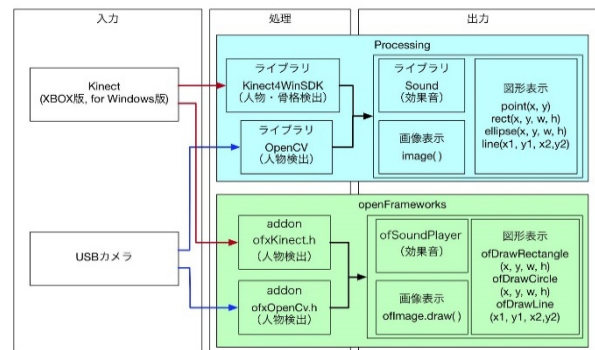


Fig.1 入力デバイス及び Processing と openFrameworks による人物検出, OpenCV, 図形表示等の利用

BSD ライセンスで公開されている画像処理や機械学習のためのライブラリであり、最新技術を取り入れた開発が続けられている。OpenCV は、Willow Garage が開発に協力するようになり、OpenCV2. x 系では、様々な機能が充実し、C++, Python, Java のインタフェースを持ち、多くの OS をサポートしていることで知られている。OpenCV3. x 系からは、インタフェースとして C++ を使用することが推奨されているため、ここでは OpenCV2. x 系を用いた。



Fig.2 Kinect で人物・骨格検出を行い、インタラクティブに反応するプログラムの動作確認を行っている様子

作品制作では、ほとんどが Processing 及び Kinect とそのライブラリの活用であったが、一部、OpenCV を活用するものもあった。また、各自が作品を作成する過程において、コンピュータの処理速度を必要とする表現を行う要求が出てきた場合には、openFrameworks によって、同様の作品制作を行うように指導を行った。openFrameworks による作品制作は、一般的に Processing と Kinect のライブラリのみによる制作より困難であると考えられるが、Processing における OpenCV の活用の手法



を理解していれば、openFrameworks による作品制作で活用される人物検出、Kinect、OpenCV、画像や図形の表示等についても、同様 (Fig. 1) に考えることができる。OpenCV、openFrameworks を用いたものであっても、正確な受講者の作業時間を求めることは困難であるが、15回の授業と各自の自主的な取り組みの中で完成させることができたため、それほど難しかったとは考えにくい。

本研究でのプログラミング教育は、文科系学部のプログラミング初学者3年次8名に対し、90分の授業を15回行った。その具体的な各回の内容は、1. Processing によるプログラミングの基礎 / 2. グラフィックスの基礎 / 3. インタラクティブな扱い / 4. 物理ライブラリの利用 / 5. 画像のデジタル化 / 6. イメージングデバイスからの入力と処理 / 7. コンピュータビジョンライブラリの活用 / である。8回以降は、各自で作品制作を行い、最初は、7回までの授業内容をそのまま組み合わせ合わせたプログラムを動かす程度であったが、次第に、作品は表現したいそれぞれの方向へ分化した。

前述のように、最終的にできあがる作品は、すべてインタラクティブアート作品ではあったが、プログラミング初学者には、マウスの動作のみに反応してグラフィックスが動く程度の作品の方が、イメージをとらえるデバイスの準備も、そのデバイスを活用するための手法も必要ないため、理解も容易で適切であると考えられる。ところが、マウスの動きのみに反応させる例題についても授業では取り組むものの、人の「動き」をリアルタイムで検出し、そこに自らがプログラミングによって介入できる事例に取り組んだ方が、圧倒的に感動の声が上がり、モチベーションが高められていると感じられた。

### 3. インタクションをもつビジュアル作品

以下に、今回の授業で制作されたインタクションをもつビジュアル作品を Fig. 3~Fig. 7 で、紹介する。



Fig. 3 「うごくカラーだあそび」

Fig. 3は、作品の前に立った参加者が、色の正方形を操作することができる作品である。風景の中に透き通った様々な色の正方形が存在する。センサは、参加者の人体をとらえ、右手の位置を把握する。右手の位置が色の正方形に触れるようになると、正方形が回転する。右手の位置が、正方形の中心に近づくほど、回転は速くなる。子供たちは、届きにくい位置や離れた位置にある色の正方形を動かすために、ジャンプし、かがんで移動する。すべての正方形に少しでも同時に多くふれるための、想像を超える子供たちの動きが印象的であった。

Fig. 4は、冬の雪景色の絵の中に立つことで、帽子をかぶり、雪を降らせることができる。作品の前に立った参加者は、自分自身が切り抜かれた映像として投影され、シルクハットや幼稚園の帽子、サンタの帽子等、様々な帽子を被った姿で現れるので、思いもよらない衣装を楽しむことになる。そして、両手を肘よりも上にあげると、雪が降り始め、肩よりも上にあげると、さらに多くの雪が降ってくる。参加者は、作品のインタラクティブ性に気づくと、手を高く上げて、より多くの雪が降るように動き、冬景色を楽しんでいた。



Fig. 4 「君はゆきつかい」



Fig. 5 「きもちとうごき」

Fig. 5は、作品の前に立って、様々なポーズをとることで、そのポーズに応じた漫符<sup>(8)</sup> (漫画で使用されるに雰囲気や感情の視覚化された汗、ハート、豆電球等の記号表現) が体のまわりにアニメーションで表示される。たとえば、手を胸の前で交差させるとトキメキを表すハートマークが表示される。また、片手を頭より高く上げるとヒラメキを表す豆電球のマークが自分の頭上に表示され、両腕を肘の位置より下げると落ち込みを表す複数の細い縦線が表示される。参加者は作品の前で、この作品は、なんだろうかと、何気なく腕組みをすると怒りを表す漫符 (勢いよく蒸気が噴き出すような表示) が頭上にアニメーションで表示される。背景は、絵でもカメラからの入力画像でも使うことができるが、日常では、自分の感情が外化し実体化することはない。漫画では、文字に依らない表現として、古くからよく使われる手法である。その手法を体験できる作品である。ここでは、二人で漫符によって、コミュニケーションをとっている様子を示した。

Fig. 6は、作品の前に立つと、自分の人体が、細い線で現れる。細い線は、人の骨格よりもずっと少なく、はかなげであるが、決して気味の悪いものではなく、人の動きに

対応して動く。そして、手や足を動かすことで、手や足の先端から輝く光の球が現れ、ゆっくりと上の方へのぼっていきながら次第に小さくなって消えていく。光の球の大きさや色は一定ではなく、かといって無作為でもない。手や足の動かし方によって、その大きさや色も変化する。子供たちは、手や足を大きく早く動かして光の球をたくさん出すことに夢中で作品の前に立つが、大人は、その手足のゆっくりとした動かし方で、光の球がゆっくりとのぼっていきながら、消えていく様子が、線香花火やホテルの光を思い出すように感じている。



Fig. 6 「ひかりでえがく」



Fig. 7 「ふでのおもひ」

Fig. 7は、動きの軌跡をとらえ、その軌跡に沿ってグラフィックスが現れ、重力にひかれて落ちていく。動きが作り出す軌跡、あるいは、そこから現れるグラフィックスを様々なものに変えることができる作品。ここでは、毛筆のようなタッチで文字を描き、その軌跡から桜の花びらが散りながらゆっくりと下へ落ちていくシーンを示している。描く行為は自然で、誰もがそれほど意識せずに行うが、描く行為や、描いたものを意識するより、描かれていく過程に注目できる。文字は描く過程より描き終わった後に残されたその軌跡によって意味をもつが、描く過程で次第に現れるグラフィックスが描く途中であっても表現したいものの象徴としてこぼれ落ちる。それは、ものの形やある様子からかたちづくられた象形文字のように文字自体が持つ意味のちからで語りかけるようにも思える。

#### 4. 考察

本研究では、カメラ等の情報をもとにインタラクティブな表現を行うことで、コンピュータがとらえた情報を

直感的な実感を得ながら活用できる教材を開発した。Kinect やカメラでとらえられた情報は、プログラミングの学習者が見ている物体であり、人体であり、風景であるので、その風景にグラフィックスを描き、そこに存在する人体の形や動作をコンピュータでとらえ、処理することで、自らが見ている風景に介入できる。このことが、興味・関心と呼び、表現したい要求を増幅する。そして、その要求がプログラムを単に書き換えるだけでなく、創り出す方向へと作用したと考えられる。

また、学習者の作品を様々なワークショップや展示のイベント等の会場で発表する機会を得たので、インタラクティブな作品の体験者から、多くの感想や感動を得ることもできた。このような反応は、プログラミングを学習する者にとって、モチベーションを高める機会となった。

#### 5. おわりに

次期学習指導要領では、持続可能な社会の創り手となることが期待される子供たちは、豊かな創造性を備えることが求められており、さらに、プログラミング教育が注目され、次期学習指導要領においても、小学校段階から論理的思考力を身に付けるための活動が明記され、科学的な理解に基づいた情報活用能力の育成が求められている。

我々は、Web カメラ等の情報をもとにインタラクティブな表現を行うことで、科学的な理解を伴い、コンピュータがとらえた情報を直感的に実感を得ながら、プログラミングを行い、結果として、様々なメディアアート作品が制作された。これは、自分の身体表現が様々に改変を加えたプログラムによって、目に見える形でリアルに変化することを取り入れた学びが、非常に有効であることを示唆していると思われる。創造性の本質については、これまでも多くの分野で研究されているが、ここでは、何もなかったところから、完全に新しいものが出現することではなく、ある程度の知識やスキルを得たものが、その知識やスキルを基に、何らかの目的に従って、自分の表現したいものを創り出すことであるとすれば、ある程度の目的を達成したと考えることができる。

#### 謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 24501069, 25381242 15K00935, 16K04748 を受けたものである。

#### 参考文献

- (1) 幼稚園, 小学校, 中学校, 高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について(答申), 中央教育審議会, 2016.
- (2) J.P.Guilford: Creativity, American Psychologist, vol. 5, No. 9, pp. 444-454, 1950.
- (3) 矢野正晴, 柴山盛生, 孫媛, 西澤正己, 福田光宏: 創造性の概念と理論, NII テクニカル・レポート, 2002.
- (4) デジタル大辞泉, 小学館, 2018.
- (5) 高橋誠: 新編 創造力事典, 日科技連出版社, 2002.
- (6) Robert K. Merton: The Role of Genius in Scientific Advance, New Scientist, Vol. 259, pp.306-308, 1961.
- (7) 岡本雅子: 写経プログラミングをめぐる終わりもない論争, 情報処理, Vol. 59, No.1, p.81, 2018.
- (8) こうの史代: ギガタウン漫符図譜, 朝日新聞出版, 2018.
- (9) 宝島社(編): マンガの読み方(別冊宝島 EX), 竹熊健太郎: ひと目でわかる「比喩」図鑑!, pp. 78-105, 宝島社 1995.