

光に触れる感覚で光の軌跡を造形するメディア・アート教材の開発

加藤良将*1・宮下十有*2・亀井美穂子*2・鳥居隆司*2

Email: kato@nua.ac.jp

*1: 名古屋芸術大学 芸術学部

*2: 椋山女学園大学 文化情報学部

◎Key Words メディア・アート, 科学技術, 情報技術, STEAM, プログラミング

1. はじめに

現代の情報社会は、今後さらに様々な先端技術が社会全体に取り入れられ、社会の在り方が急激に変化する入口に位置すると考えられる。急激に変化する今後の社会は、Society5.0¹⁾と位置付けられ、様々な切り口で様々に議論されている。Society5.0は、AIやIoT、ビッグデータというキーワードで語られることが多いが、社会全体をネットワークにつなげ、それらから得られるデータをコンピュータによって処理し、その結果を人々に役立つように活用する社会である。

現在でも、POSや自動改札等は、当然、コンピュータが搭載され、限定的にネットワークでつながり、得られるデータを処理することで機能している。また、家電製品には、1980年代からマイコンが搭載され、製品単体としてのセンサからの情報をそのマイコンで処理することで機能していた。自動車についても、1970年代の燃料の電子制御に始まり、その後、カーナビゲーションシステム、カメラやレーダによる自動停止機能等が搭載され、車の情報化が進んでいる。

現状の程度であれば、コンピュータを活用した様々な製品の製造は、一部の技術者に任せるという考え方もよいということになり、一般の人々は、それらの製品をツールとして使用できれば問題ないのかもしれないし、技術者の養成についても、大学の工学部が、より細分化された高度な専門性を教える専門的な組織へと次第に変化することで対応できたのかもしれない。

情報教育についても、コンピュータをツールとして使いこなすICTの利活用に焦点を当てた教育、すなわち、高等学校での教科「情報」に関して、大半の高等学校において、「情報A」を選択し、ワープロソフト等の使い方を教えること²⁾を継続していてもよかったのかもしれない。これまでは、ツールとしてのコンピュータを完全に人が作っていると考えることができたために、コンピュータは単なる道具であり、その道具が必要な場合に、習熟することで、効率的に活用できることが求められてきたと考えることもできる。

しかし、コンピュータの性能の著しい進歩によって、深層学習が可能となり、人が適切なルールや閾値を決める必要がなくなり、様々なデータを活用するための閾値等をいわゆる機械学習といわれる手法によって処理することが可能となってくると、人は、単にコンピュータを効率的に活用ができればよいということに甘んじているだけでは危うい存在になってくる。

1980年代のエキスパートシステムや1990年代のニューロ&ファジーが組み込まれた家電製品の仕組は、脳の機能と類似の働きをする数理モデルを適用していたが、当時はコンピュータの性能も非力であり、ルールや閾値となるメンバシップ関数は、主に人が中心になって決定していたため、それほど脅威ではなかった。しかし、最近では、限られた分野ではあるが、様々な入力からのデータをコンピュータが学習することで、人の能力を超えて、適切に処理することができるようになってきている。

コンピュータのプログラムは、当然、人が作成したものであるが、入力されるデータによって、コンピュータが学習に近い挙動をすることで、ブラックボックス化し、従来のいわゆる機械の挙動を超えた振る舞いを行うだけでなく、複雑なネットワークを構成して実態がどこに存在するかわからないものになってくる。もっとも、人の脳の活動を可視化できるように機械学習のプロセスを可視化³⁾することは可能であるが、そのプロセスを人が解釈したものが正しいかどうかかわからない。そうなる、自ら学習して変化するツールを使いこなすために、我々は、誰もがツールとしてのコンピュータの原理や仕組みだけでなく、データの与え方や人との関わり、社会の変化等、様々に幅広く理解することが必要になってくる。

2. 領域横断的なアプローチ

2.1 学校教育での情報教育

このような背景から、学習指導要領が改訂^{4)~6)}され、2020年度には、小学校においても、プログラミング教育が導入され、プログラミングの思考力を育成することになっている。プログラミング教育が、学習指導要領に例示されている単元は、数学と理科及び、総合的な学習の時間である。さらに、小学校プログラミング教育の手引き⁷⁾によれば、「学習指導要領に例示されていないが学習指導要領に示される各教科の内容を指導する中で実施」として、社会、音楽、家庭、総合的な学習の時間が示され、この他に、「教育課程内で各教科等とは別に実施」や、クラブ活動など特定の児童を対象として、教育課程内で実施の事例も示されている。

学校教育での情報教育において、共通教科「情報」という教科があるのは、高等学校のみであり、特に情報活用の実践力については、クロスカリキュラムで小学校段階から行うことになっている。そして、これら

の教育は、今後の社会を生きていくために身に付ける「知識・技能」「思考力・判断力・表現力等」「学びに向かう力・人間性等」の育成すべき資質・能力の三つの柱に沿って行うものであり、その資質・能力を身に付け能動的に学び続けるためには、「主体的・対話的で深い学び（アクティブ・ラーニング）」の視点から授業を改善し充実させていく必要があり、各教科の枠を超え、横断的なカリキュラムの重要性が見えてくる。

2.2 Society5.0に向けた人材育成と STEAM

Society5.0に向けた人材育成に係る大臣懇談会の議論⁽¹⁾からは、高等学校における文理分断から脱却し、2030年頃に改訂される次期学習指導要領では、文理両方を学ぶ人材を育成するとしている。また、高等教育をSTEAMやデザイン思考等の教育が提供できるように見直し、共通的に学ぶリベラル・アーツと選択できる人文系、STEAM系、保健系等の分野についても、学部の枠を超えて提供される構造へ変化させることが記述されている。さらに、経済産業省は、学びと社会の連携促進事業に10.6億円の新規予算を割り当て、EdTechやSTEAM学習の開発・実証等を行うとしている。

最近、注目されているSTEM⁽⁸⁾やSTEAM⁽⁹⁾教育では、2017年に日本STEM教育学会が設立され、論文誌「STEM教育研究」が発行され、2018年には、第1回年次大会が開催されている。この学会に限らずSTEMやSTEAM教育に関する研究や実践事例等は、報告されている⁽¹⁰⁾が、2008年に示されたSTEAMの各分野は、それぞれ非常に幅が広く、A(Arts)の部分についても、リベラル・アーツを含め、非常に幅広い分野が考慮されているため、各分野の区分について不明瞭であり、それぞれの分野をどのように統合するかまでは、あまり踏み込まず、いくつかの分野を含む実践事例が多い。STEMやSTEAM教育は、それぞれの分野を統合するためのフレームワークであるので、初等中等教育の段階において、技術と工学や科学等を明確に定義し、それらの分野の内容をどのように統合し融合するのか、統合のレベルや融合の深さはどうするのか等について具体的な理論を示すことは、かなり困難であろう。

しかしながら、学校教育では、学習指導要領に基づいて学習を行うことが重要であるので、他教科の領域を含みながら横断的に各教科の範囲を超え、異なる方法論で取り組むことは容易なことではないが、各学校において、「カリキュラム・マネジメント」の確立が求められていることを考慮すると、教育課程全体の取り組みとして実現できる可能性もある。

2.3 メディア・アートの可能性

メディア・アートは、現在も、様々な作品が生み出され、非常に幅広い意味で使われており、単純にその定義を行うことが困難な傾向⁽¹¹⁾にある。文化芸術振興基本法の第9条（メディア芸術の振興）においては、「国は、映画、漫画、アニメーション及びコンピュータその他の電子機器等を利用した芸術（以下「メディア芸術」という。）の振興を図るため、メディア芸術の製作、上映等への支援その他の必要な施策を講ずるものとする。」としている。また、文化政策推進会議の「21世紀

に向けて新しいメディア芸術の振興について（報告）」には、「・・・映画、アニメーション、コンピュータ・グラフィックス、ゲームソフト等のメディア芸術・・・」と記述⁽¹²⁾されており、メディア芸術とメディア・アート、New Media Artの枠組みにずれを生じさせている。

文化庁としては、映画、漫画、アニメーションだけでなく、コンピュータその他の電子機器等を利用した芸術をメディア芸術と定義しているが、メディア・アート⁽¹³⁾は、技術や技法だけでなく、場の提供、参加者との関係、コンセプトそのもの等、あらゆる表現を含むことができる。メディア・アートには、コンピュータその他の電子機器等を利用した表現が多く用いられるが、それらの単なる利用や活用の領域を超え、アートとテクノロジーを創造性によって結び付け、生み出されたものである。

このような新しい分野を教授研究するものとして、芸術系の大学に関連する学科や専攻が設置されてきているが、1996年から、科学的知性と芸術的感性の融合を目指した情報科学芸術大学院大学（IAMAS⁽¹³⁾）や、2003年に、多くの分野の専門家とともに作り、ともに学ぶことを理念とした山口情報芸術センター（YCAM⁽¹⁴⁾）等がある。これらは、STEMやSTEAMのフレームワークが示されるよりずっと以前に、細分化された専門分野を極めることよりも、多くの分野を融合し未来を創ることの重要性を考えたもの⁽¹⁵⁾である。

また、日本の電話事業100周年を記念して開設されたICC⁽¹⁵⁾は、1997年からメディア・アートの拠点として活動を続けている。NTTは、事業の主体である電話網でコミュニケーションを行うイメージから着想し、情報通信ネットワークの中に存在する「見えないミュージアム」という発想で、「科学と芸術の協働を通してアーティストやサイエンティストを結びつけるネットワークや交流の拠点となる」ことを目指している。

これらの機関や施設は、共通して主体的な学びを支援するためのコンテンツを開発し、ワークショップ等を実施することや、地域との協働を行いながらの様々な問題解決を行うプラットフォームを形成する活動等も行っており、いずれの組織についても、学術的な面だけでなく、社会的にもかなり評価されている⁽¹⁶⁾と考えられる。



Fig.1 本教材のワンボードマイコンのArduinoを用いたタイプにプログラミングを行い操作している様子

3. 光の軌跡を造形するメディア・アート教材

本研究では、前述のようにアートとテクノロジーを創造性によって結び付けるアプローチで、身近な素材を用い、科学技術に触れながら、様々な分野を融合できるだけでなく、創造力を形にすることで、新しい価値を創造する体験を可能とするメディア・アート教材を開発した。光に触れる感覚で光の軌跡を造形⁽¹⁷⁾するメディア・アート教材は、モータによって回転する光ファイバーがフルカラーLEDからの光で発光する。そして、手で光ファイバーに触れると、陶芸の轆轤(ろくろ)を操作するように、レーザー光線そのものを曲げることができているという不思議な感覚⁽¹⁸⁾を得るとともに、Fig.1に示すように、様々に変化する光の造形を創り出す⁽¹⁹⁾ことができる。アナログ回路で動作させるタイプと、ワンボードマイコンのArduinoを用い、プログラミングを自ら行うことのできるタイプの2種類を開発した。それぞれの回路図をFig.2, Fig.3に示す。

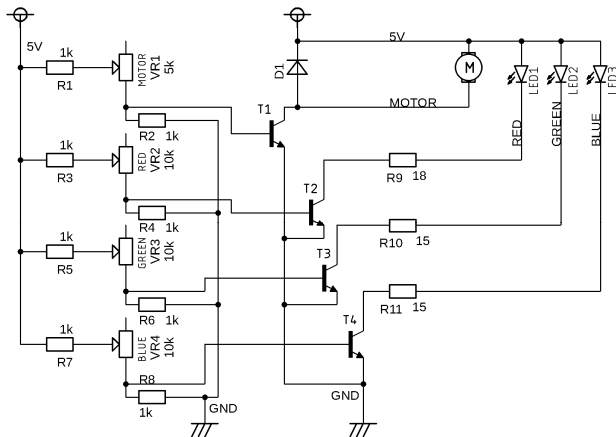


Fig.2 可変抵抗器とトランジスタを用いて、赤色、緑色、青色のLEDの明るさと、モータの回転速度を制御することができるアナログ回路

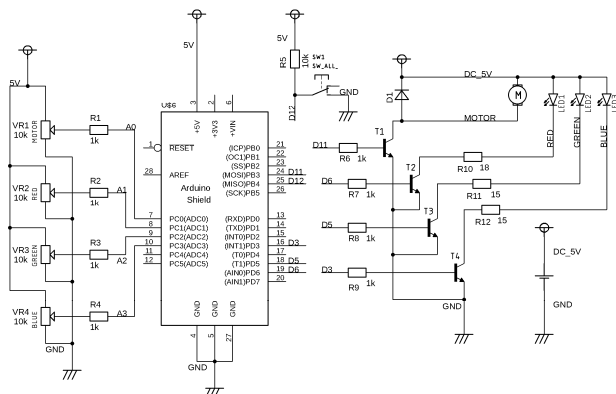


Fig.3 Arduinoを用いて、赤色、緑色、青色のLEDの明るさと、モータの回転速度を制御することができる。可変抵抗器の抵抗値をAD変換して取り込み、PWMで赤色、緑色、青色のLEDの明るさ、モータの回転数を制御する

ワンボードマイコンのArduinoは、C言語に基づいたArduino言語でプログラミングによって様々な制御を行うことができる。そして、Googleが提供するビジュアルプログラミングエディタであるGooglBlocklyのArduino版(BlocklyDuino)が利用できるため、小学校段

階であっても問題なく活用できるものと考えられる。

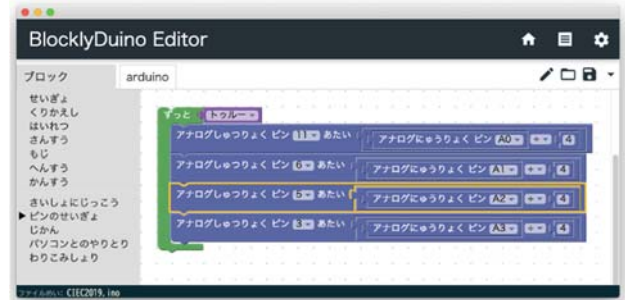


Fig.4 ビジュアルプログラミング環境 BlocklyDuinoでのプログラミング

BlocklyDuinoは、Scratchによく似ており、Fig.4に示すように、ブロックを組み合わせるだけでプログラミングでき、Arduino言語のコードもFig.5に示すようにエディタのタブを切り替えるだけで容易に出力できる。本教材の中に含まれる内容は、単なるプログラミングの領域より、幅が広くコンピュータの仕組みを理解しながら、入力から出力までを含むものとなる。

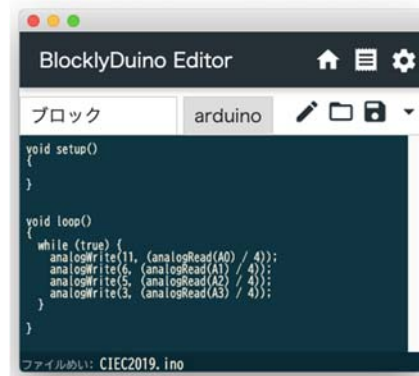


Fig.5 Arduino言語のコード出力

高等学校までの学校教育として示されている内容として、光については、理科教育の小学校段階で、「物質・エネルギー」として光の性質を扱う。中学校で

は、「身近な物理現象」の「光と音」の単元で、「光の反射・屈折」を扱い、その内容の取り扱いとしては、「白色光はプリズムなどによっていろいろな色の光に分かれることにも触れること」としている。高等学校では、理科の科学と人間生活や、物理基礎、物理、化学等で、様々に扱われており、基本的に概念取得のためにスペクトルを知ることは、非常に重要なことである。

さらに、LEDの明るさを制御する電気回路や光ファイバーを回転させるモータの回転を制御する回路については、中学校の技術のエネルギー変換の技術で学ぶべき内容であり、さらに、高等学校の物理における電気と磁気の内容にもつながっている。

また、色に関しては、PCのディスプレイ等で加法混色によって微妙な色を表現していることはよく知られている。さらに、このような光の色と光ファイバーが形作る造形については、小学校段階の図画工作で、「形や色などを基に造形的な活動を思い付くこと」、「形や色などの感じを基に、自分のイメージをもつこと」形や色などに関わり楽しく豊かな生活を創造しようとする態度を養う」等の記述がある。中学校段階の美術では、「色彩の特徴と美しさ」「形や色彩、材料、光などの性質や、それらが感情にもたらす効果などを理解す

ること」「色彩の色味や明るさ、鮮やかさを捉えること」等の記述がある。

このように本教材は、扱う内容の幅が非常に広くそれらを総合的に活用することで、メディア・アートとして成立することが理解できるものである。

4. 考察

今日の情報社会で使われる情報ツールは、様々なテクノロジーやコンピュータ等をブラックボックスとして覆い隠し、ディスプレイの中で完結するものや、人の感覚を利用するものの仮想的な空間内での体験に完結する方向性に向かっており、人としての実感を求めないものが多い。この状況は、我々が、地球という環境に適応するために、長い時間かけて変化してきた生物としての特性を忘れさせてしまう危険性があるだけでなく、我々が日常的に手にしている現実のモノがどこから来るのか、どのように生産されるのか、さらに、現実のコミュニケーションさえも意識しない感覚を増長してしまうのではないかと危惧している。

我々は、本教材を用いたワークショップを行い、テクノロジーとアートを結び付けることで、創造性を具体的な形で引き出すことで、高い満足感が得られ、その満足感によって、ワークショップ参加者が、夢中になって取り組み、さらに完成度が高まるだけでなく、新しいメディア・アートを創造したいという欲求を湧き上がらせる事例⁽²⁰⁾を、これまでの経験から得ている。

アートを軸として、様々なテクノロジーとの関係性に気づき、単にテクノロジーを使いこなすのではなく、テクノロジーによって形成された社会の中でテクノロジーと共存することを実感として得る。これからも我々の社会は、さらに高度なテクノロジーが応用された情報社会になると考えられるが、狭い分野を断片的に深める専門家というより、幅広いテクノロジーをアートという表現として考え、手に触れるものが現実に存在し、自ら介入することで表現できる実感を得ることも大切なことではないかと考えている。

5. おわりに

本研究では、光に触れる感覚で光の軌跡を造形できるメディア・アート教材を開発した。この教材は、2006年に制作されたメディア・アート作品 [Rokuro] を再構成したものである。[Rokuro] は、メディア芸術祭の学生 CG コンテストのインタラクティブ部門で最優秀賞⁽²¹⁾や Maker Faire Tokyo においてブルーリボン賞⁽²²⁾を獲得し、さらに [Rokuro-2] は、NHK-BS2 デジタルスタジアム「丹下紘希セレクション」に選出⁽²³⁾されている。このように、本メディア・アート教材は、身体と視覚表現を駆使した体験するオブジェとして高く評価されているものであり、幅広い年齢層を引き付ける要素を強く持っている。我々は、本教材を用いたワークショップ形式での展開、アートとテクノロジーを結び付け、創造性を引き出す仕掛けや方法論を探ることを検討している。

参考文献

(1) Society 5.0に向けた人材育成に係る大臣懇談会・新たな

時代を豊かに生きる力の育成に関する省内タスクフォース: Society 5.0 に向けた人材育成 ～社会が変わる、学びが変わる～、文部科学省 (2018) .

- (2) 「情報大航海時代」における制度的課題に関する高等学校等における情報教育の実態調査実施報告書、財団法人コンピュータ教育開発センター (2009) .
- (3) Carter, Shan and Armstrong, Zan and Schubert, Ludwig and Johnson, Ian and Olah, Chris : Exploring Neural Networks with Activation Atlases, Distill (2019) . DOI: 10.23915/distill.00015
- (4) 文部科学省, 小学校学習指導要領, 平成 29 年 3 月.
- (5) 文部科学省, 中学校学習指導要領, 平成 29 年 3 月.
- (6) 文部科学省, 高等学校学習指導要領, 平成 30 年 3 月.
- (7) 文部科学省, 小学校プログラミング教育の手引 (第二版), 平成 30 年 11 月.
- (8) Rodger W. Bybee , What Is STEM Education?, Science, Vol. 329, Issue 5995, pp. 996,(2010), DOI: 10.1126/science.1194998
- (9) Georgette Yakman, STΣ@AM Education: an overview of creating a model of integrative education, STE@M Educational Model (2008).
- (10) 木村優里, 原口るみ, 後藤田洋介, 吉原久美子, 柏原寛, 大谷忠, 金子嘉宏, 民間教育機関における STEM 教育推進のための教材開発と産学連携の取り組み, 東京学芸大学紀要, 自然科学系 Vol.69, pp.249-256 (2017).
- (11) 文化政策推進会議 マルチメディア芸術・音響芸術懇談会, 21 世紀に向けて新しいメディア芸術の振興について (報告), (1997).
- (12) 三井秀樹, メディアと芸術—デジタル化社会はアートをどう捉えるか, 集英社 (2002).
- (13) IAMAS 十周年誌, IAMAS 情報科学芸術大学院大学 (2012).
- (14) 津田和俊, 伊藤隆之, 菅沼聖, 高原文江, 朴鈴子, 山田智徳, 技術と芸術を横断するアートセンター YCAM の試み: メディアアートからバイオ・リサーチまで, 北海道大学紀要, 科学技術コミュニケーション Vol.22, pp.99-110 (2017), DOI:10.14943/81312
- (15) 畠中実, ICC と ICC オーブン・スペース～近年のメディアアートの動向～, 映像情報メディア学会誌, Vol.66, No.4, pp.299-303 (2012).
- (16) 小山明, 藤山哲朗, 大内克哉, 尹智博, 長野真紀, 榮元正博, 入江経一, 尾崎優美, インタラクシオンデザインの方法に関する研究/地域連携, 企業連携, 大学連携, 学部・大学院連携を基盤とする実践的デザイン教育, 神戸芸術工科大学, 芸術工学 2015 (2015).
- (17) 加藤良将, 芸術における形態生成の方法と認識, 形の科学会誌, Vol.23, No.2, pp.214-215 (2008).
- (18) 加藤良将, スイープ表現と触覚をもとにした容易に参加可能な形態生成手法, 第 10 回 NICOGRAPH 春季大会, I-5 (2011).
- (19) Yoshimasa Kato, Academic conference presentation : "China-Japan Joint Seminar on Sensory Education ", Nagoya University Liaison Office in Shanghai, China, (2006).
- (20) 加藤良将, 宮下十有, 亀井美穂子, 鳥居隆司, インタラクシオンをもつビジュアル表現のプログラミング教育と実践, 2018PC カンファレンス論文集, pp.70-73 (2018).
- (21) 加藤良将, Rokuro, 文化庁メディア芸術祭第 15 回学生 CG コンテスト, インタラクティブ部門最優秀賞 (2009).
- (22) Yoshimasa Kato, Rokuro, ブルーリボン賞, Maker Faire Tokyo (2014).
- (23) 加藤良将, Rokuro-2, NHK-BS2 デジタルスタジアム「丹下紘希セレクション」 (2009).