

インタラクティブ表現の支援が可能なプラットフォームの開発

— 表面実装部品で制作できる PCB 開発とプロトタイプ作品制作への展開 —

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 インタラクティブ表現, アート, ものづくり

1. はじめに

情報学分野が網羅する領域は、非常に広いが、近年はソフトウェアリッチの方向性から、幅広く見るとハードウェアに対する教育や学びの重みが相対的に低くなっている。Society5.0 の社会¹⁾では、センサからネットワークを通して得られる情報とソフトウェアによる処理、アクチュエータ等の制御を一体として考えることも重要である。最近の教育・研究は、細分化された中で行うことで成果をあげている。しかし、情報化された社会では、情報に関する幅広い知識と概念を理解し、課題を解決する必要があるが、専門性の高い専攻でない限り、多くを理解し実践可能な技術を身に付けることは難しい。そこで、アートに取り組む考え方を取り入れ、様々な内容を総合的に自ら学ぶことの必要性に気づくことのできる方向性について検討を行った。

2. インタラクティブ表現の可能性

最近、様々な学びの試みが行われているが、アートを通して生成した問いが、社会に作用する過程となっていく可能性²⁾がある。アートとサービスやものづくりの関係は、それらを利用する人々を巻き込みながら進化している。学ぶ人々が、学びやものづくり、アートまでを行うことを可能とする考え方や方法、仕組みや計画のデザインが重要とする方向で、子どもから大人までが、コミュニケーションしながら、遊び、学ぶことで、自ら成長する活動³⁾となる。また、創造性については、多くのアイデアから、社会的に認められたものが残っていくというものもあるが、専門化による熟達⁴⁾が創造性を妨げることも提唱されており、様々な人々が関わるワークショップ等での学びとその発達のメカニズム⁵⁾について明らかになっているとは言い難い。

コンピュータがある程度普及した1980年代頃から教育にコンピュータを利用することは広く行われていた。学びの本質を適切に捉えた上で、コンピュータを活用し、新しい考え方や学びの方法を見出すべきであった⁶⁾が、その目的として効率よく知識を注入するような考え方の教育を行うことを主な目的とした手法が多く行われている。当時は、画一的で公平であることと、知識の量や特定の課題に効率よく解答することが社会で求められているとされており、学校教育から大学入試に至るまでの多くの筆記試験は、評価者の恣意性を避ける択一式等の客観テストが多く用いられてきている。択一式であるから思考力を測ることが困難ということではないが、思考すること

や学ぶことの本質をあまり考えずに効率よく特定の試験で成果を得ることを過剰な目的とすることは多くの問題がある。そこで、情報社会へと急速に進む中で、社会で求められる内容も大きく変化していることを背景に、思考力・判断力・表現力を育む学びが必要になり、大学入試においても多面的で総合的な判断が求められる⁷⁾ようになってきている。

今後の社会は、工業社会に代表されるフィジカルな側面と情報社会が示すサイバー的な側面の両者が融合することによって形成される社会であり、それらを融合・深化させることで、様々な価値の形成が変化することを理解する必要がある。そうすると、幅広い知識をすべて一人で行うことは、極めて困難で、様々な人々、教育機関、企業等と協力しながら情報化を進めていく必要がある。これらの問題点を解決する手法として、STEM⁸⁾やSTEAM⁹⁾が重要との考え方もあるが、学校教育等では、各分野を分け、学年進行で、より深い知識へと展開する構造であり、各分野を融合したカリキュラムが普及しているとは言えない。基本的に高度に専門化された知識や応用技術を一般的な課題解決の手段として利用するためには、非常に多岐にわたる分野の高度な知識や仕組みを横断的に理解する必要があるが、すべてを一人に対応することは、極めて困難である。IoT、AI の社会への浸透も最近の流れであるが、進歩が著しいコンピューティングに関して、今後の情報教育については未知の領域である。

本研究は、文理を融合し、子どもから大人までが、コミュニケーションしながら、遊びを通して学ぶ場において、インタラクティブ表現の支援が容易にできるプラットフォームを開発した。インタラクティブな表現では、対話的で双方向的であるため、表現する側と表現される側の相互作用が生じるが、表現する側と表現される側の境界そのものが曖昧であつてもよい。また、インタラクティブなやり取りを行う中で、表現する側と表現される側だけでなく、表現そのものが変化してもかまわない。

3. プラットフォームの開発

表現活動は、意図的であるかないかに関わらず確固たる論理的思考によって成立するものばかりではなく、自ら湧き出る問いや経験によってもたらされる過程でもある。常識的で客観的なもの¹⁰⁾の見方や考え方をすることは重要なことであるが、全く異なる考え方や主観的なとらえ方によって、自らが変化することもできるということを知る、これもまた重要なことである。アートは、自らの

変化を試みる手法等も取り入れながら、表現とコミュニケーションのためのものづくりやプログラミング等をゆるやかにつなげ、文理を横断的に学ぶための手段になりえる可能性をもっている。このような展開を考えることのできるプログラミングが可能な教材は、これまでも開発されているが、比較的大きなスルーホール電子部品が用いられることが一般的で、さらに、電源にも乾電池や交流 100V 電源から数ボルトの直流に変換する電源アダプターが使用され、作品に組み込んで使用すると、その大きさや重さが制限事項となる。電子工作のキットで、マイコンやセンサ等を組み立てながら学ぶ教材は、いくつも存在する。しかし、これらの教材等のパーツは、スルーホール用のパーツが使用され、様々な機能を実現するために大きな教材となってしまう拡張性に乏しい。

スルーホール用のプリント配線基板と電子部品が用いられたトランジスタラジオが 1955 年に発売されたが、この頃からマイコンや CPU の進化・発展も著しく、動作周波数の高周波への移行や信号伝送の高速化を伴いながら、高密度化によって IC から LSI へと高密度実装が行われていった。しかし、CPU 部品やメモリ部品の高集積化が達成されたとしても、動作周波数のための水晶発振器や、それらを基板上に配置して接続するために必要不可欠な抵抗やコンデンサ等の部品がスルーホールで構成されていると、製品全体の小型化は実現できない。

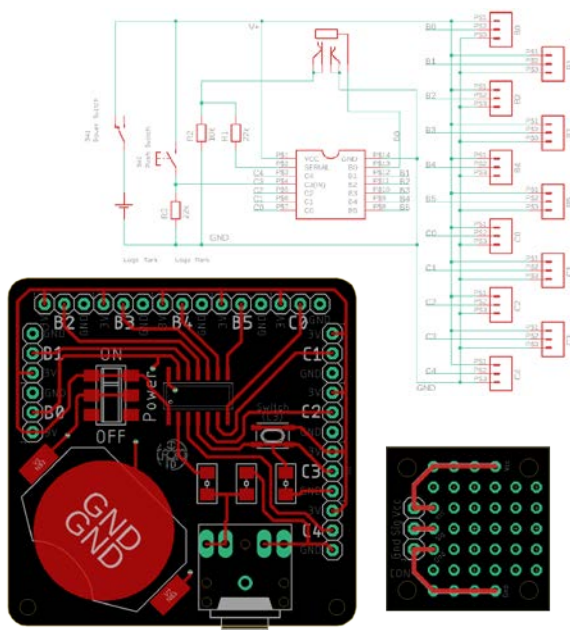


Fig.1 マイコン搭載で様々なプロトタイピングが可能なプラットフォームの回路図(上)と制作した基板デザイン(左下)、及び LED や各種センサ等を取り付けるための基板デザイン(右下)

たとえば、基板やクリームはんだ塗布部、リフロー工程等の製造方法によっても異なるが、表面実装時に 270°C 程度の温度となるリフローでは、超小型の表面実装部品の耐熱性が問題となる。これらの問題を解決した水晶発振器は、1988 年にセイコーエプソン社から登場した「表面実装対応クロック発振器 SG-615」が業界初であったと思われる。この頃から、抵抗やコンデンサ等の電子部品も

同様に表面実装技術に対応する電子部品が整うようになり、表面実装で製造される割合が上昇している。基板自体も、細密化が進み、寸法安定性が求められるのは当然として、CPU が膨大な情報を高速に処理する必要がある。そうすると、基板には、CPU に接続する回路を形成する必要があるが、この回路も細密化、多層化だけでなく、回路長の短縮までもが求められ、このような要求を満たすために、基板材料には、低誘電率、電磁シールド性、低熱膨張性、熱放散性、耐熱性、耐湿性、柔軟性等、様々な性能が求められるようになった。現在、我々が日常的に使用している超小型の電子機器は、ほぼすべてこのように表面実装で製造されている。



Fig.2 マイコン(14ピン)、ピンヘッダ等を取り付けたプラットフォームの基板(左)と、LED、可変抵抗、タクトスイッチ、センサ等を取り付けた基板(右)、各基板のフレームを 3D プリンタで形成した。

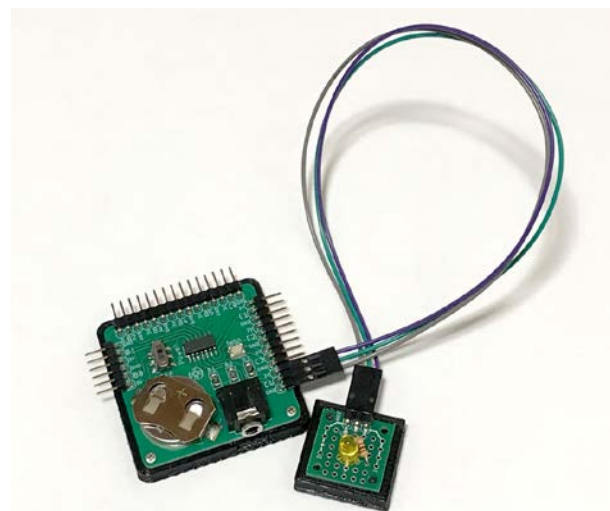


Fig.3 プラットフォームの基板とセンサ等取り付け基板(ボタン電池 CR2032)程度の大きさ)との接続例

一般的な電子工作等の教材で問題なのは、我々が日常的に活用している電子機器では、スルーホールに取り付ける部品を使用した機器などは皆無だということである。しかし、表面実装部品を採用して設計されたキットは、その部品の細かさから、部品を紛失しやすい、部品が見つからない、組み立てが困難等の理由からほとんど市販されていない。そこで、我々は、スルーホールとして取り付ける電子部品は、インターフェース等、人が手で接続を行う部分以外から排除し、新たに独自の基板を開発 (Fig.1) し

た。本プラットフォームは、現状の情報社会に溶け込むように活用できる身近な電子機器で使用されている超小型の表面実装部品で構成することで、作品等に組み込むための制限を少なくした。電源についても、LED やセンサ類であれば、ボタン電池 CR2032 ひとつですべて動作させることができる。本研究で開発し、表面実装電子部品を取り付けたプラットフォームを Fig.2, Fig.3 に示す。

表面実装に用いる電子部品は非常に小さい。たとえば、抵抗であれば、最も小さいサイズのチップ抵抗は、mm 単位で 0402 (Inch 単位で 01005) と呼ばれるもので、チップのサイズは、0.4mm×0.2mm で、最も大きいサイズのチップ抵抗は、mm 単位で 6432 (Inch 単位で 2512) と呼ばれるもので、チップのサイズは、6.4mm×3.2mm である。本プラットフォーム基板では、表面実装部品の中でも比較的大きいサイズ (チップ抵抗では、mm 単位で 3216 : サイズは、3.2mm×1.6mm) を用いた。今回用いた電子部品でのスルーホールと表面実装部品の大きさ比較を Fig.4 に示した。そして、先端の細い表面実装用のはんだごてを用いて取り付け、簡単なプログラミングを行い、センサに反応して、LED が点灯する仕組みを理解するワークショップを小学生や中学生を対象に数名～十数名のグループで何度か行ったが、全員がすべて完成させることができ、特に困難という印象を持つことはなかった。

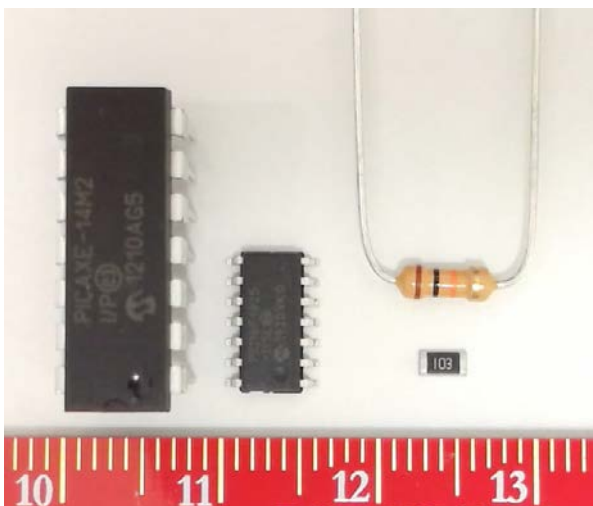


Fig.4 電子部品の大きさの比較 (定規の目盛 1mm): スルーホール 14 ピン PIC マイコン (左), 表面実装 14 ピン PIC マイコン (中央), スルーホール 10kΩ 抵抗 (右上), 3216 のサイズの表面実装 10kΩ 抵抗 (右下)

4. 開発したプラットフォームを用いたプロトタイプ作品の展開例

今回開発したプラットフォームの基板を用いて、いくつかのアート作品のプロトタイプ (Fig.5～Fig.8) を作成した。開発したプラットフォームは、基本的にマイコンとそれにつながる多くのインターフェースを用意している。インターフェースからの入出力に何を求め、どのように処理するかは、制作する作品により、制作者が自ら選択することになる。したがって、最初に、様々なセンサ、LED、スピーカー、アクチュエータ等が、マイコンで制御できることを理解し、簡単なプログラミングを行うことで、本プラットフォームが自律的に動作することを把握する。その上で、どんな作品を制作するかについて、制作者が考え、

構想を練る。そして、構想を具体化するために簡単なスケッチを行うことで、実現が可能かどうかを見極め、プロトタイプ作品を制作するという手順で行った。

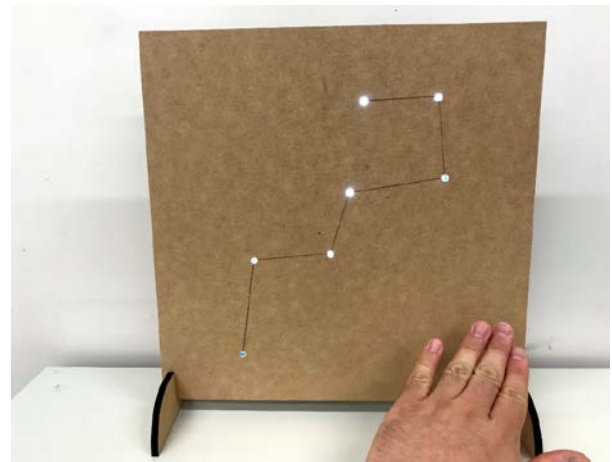


Fig.5 フォトトランジスタをセンサとして用い、暗くなると、北斗七星が点灯していくことを確認している様子。明るさやセンサへの光の遮断方法、時間経過等により、北斗七星の点灯の仕方を変化させ、アート作品に組み込むためのプロトタイプ作品。



Fig.6 Fig.5 の作品のプログラミングを確認している様子。今回はマイコンに PICAXE14M2 の表面実装タイプを用いたので、ビジュアルプログラミングも可能。

5. 考察

アートは、当たり前であり当然だと思える物事に対する様々に異なる見方や思考であり、その見方や思考に至るまでの過程も含んだ表現とコミュニケーションである。アートは、多様性を認めることで、様々な課題に対し、決定的な拒絶を極力避ける考え方が基礎にある。そして、主体的で対話的なワークショップ等を展開し、社会の中でコミュニケーションをとりながら支えあい、実感を持って学ぶ場を形成させることができる。

そのためには、社会が複合的な科学技術を基盤として成立していることを実感し、アートとデザインの領域と自然科学や科学技術の領域に対する総合的な視野を獲得しやすいプログラミング学習のプラットフォームとしてブラックボックス化しすぎないツールが必要である。たとえば、インタラクティブ表現では、センサからの入力が映像や動作としてすぐに反映される、絵を描くように、コ

ンピュータの仕組みを理解しながら実感をもって動作を理解することができる等である。

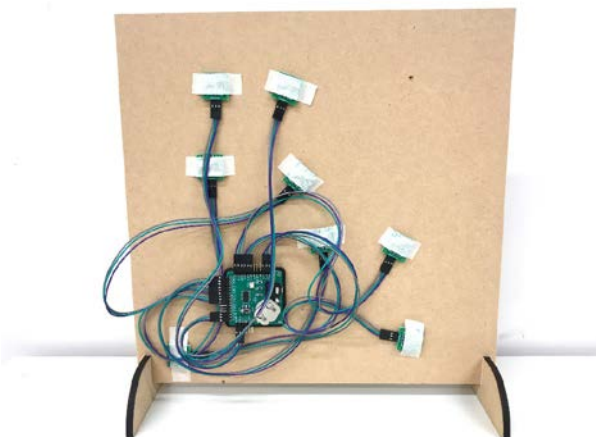


Fig.7 Fig.5 の作品の裏面。出力として LED の点灯であれば、ボタン電池 (CR2032) のみで、自律的に十分動作している。



Fig.8 タッチセンサによって、サウンドを発生させる楽器ツールのプロトタイププログラミングを行っている様子。

現在、新型コロナウイルス (COVID-19) 感染拡大によって、我々の行動が大きく変化させられているが、次亜塩素酸ナトリウムや 26~27°Cのお湯を飲むことによる殺菌効果等の非科学的な情報の拡散も多い。現状の学校教育や入試制度では、高等学校でいわゆる文科系クラスに所属した後、自然科学に接することが少なくなる。このような意思疎通しようとしなない二つの文化の存在は危険であると指摘⁽¹⁰⁾されてきているが、常識的な物理現象や生物の挙動、物質の性質を学ぶ機会が少なくなることに加え、自ら自然科学的な分野と距離をとることも多い。多くの人々が、物事や現象をマクロな視点とミクロな視点から眺め、科学的で合理的に判断するために必要な基礎的で本質的な知識さえ理解できないまま、重大な内容にも関わらず誤った判断を行っている。たとえば、5G (第5世代移動通信システム) による高速で低遅延の通信についても、その利便性の報道は多いが、伝達し処理する情報の量が増加し高速化したことで、情報通信機器の消費電力が膨大になっていることに気づくことは困難なのかもしれない。

情報通信機器が高機能化し、適切な情報をディスプレイ上に表示することで、ブラックボックス化し、様々な効率化したサービスを受けられるようになってきているため、そのサービスがつながっている先が全く見えない。社会の情報化は、すべての仕組みを覆い隠し、その中身を知る方法がないという状態になっており、自らの選択や判断が、社会や環境に対して、どれくらいの影響を及ぼすか知らないままにクリックやタップを行っている。我々は、ブラックボックス化したモノやコトを少しでも見えるようにし、制作者自身が中身を知りながら、作り上げることができるように、プラットフォームの構造が単純で汎用性があり、様々なツールとして容易に活用できるだけでなく、小型で軽量であることから、様々なものに組み込むことができる点を重視している。

このような考え方に基づいたプラットフォームは、フィジカルコンピューティングをアートやものづくり、プログラミング等の学びに結びつけることができる。表面実装の電子部品を扱うことは、我々が日常的に使用している情報通信機器の中身を知ることであり、IoT時代の情報の流れやコンピューティングを感覚的に得られると思われる。それらを作り上げる精密な作業を通して、センサやアクチュエータ等のハードウェアの仕組みとソフトウェアによる制御を知るきっかけになる。また、部品やソフトウェア等に関して、それぞれの知識や経験等を持った幅広い分野の人々との協働や、作品制作の過程で、対話的なワークショップ等に展開することで、自由度の大きな主体的な学びへと展開できると考えている。

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) 畠中実, イヴォンヌ・シュピールマン, 真鍋大度, アンドレアス・シアギャン, ジェフリー・ショー, 阿部一直, アート&テクノロジー ー時代の変遷, 同時代の動向, これからのプラットフォームー, メディアアート国際シンポジウム, アーツカウンシル東京, 国際交流基金アジアセンター, 2017.
- (3) Lois Holzman, 茂呂雄二訳, 遊ぶヴィゴツキー, 新曜社, 2014.
- (4) Finke, R. A., Ward, T. B., & Smith, S. M., Creative cognition: Theory, research, and applications. Cambridge, MA: MIT Press., 1992.
- (5) 三宅なほみ, 教室にマイコンをもちこむ前に, 新曜社, 1985.
- (6) 中央教育審議会, 新しい時代にふさわしい高大接続の実現に向けた高等学校教育, 大学教育, 大学入学選抜の一体的改革について (答申) (中教審第 177 号), 2014.
- (7) Rodger W. Bybee, What Is STEM Education?, Science, Vol. 329, Issue 5995, pp. 996, 2010. DOI: 10.1126/science.1194998
- (8) Georgette Yakman, ST Σ @AM Education: an overview of creating a model of integrative education, STE@M Educational Model, 2008.
- (9) 表面実装技術の動向調査報告書, 日本プリント回路工業会, 1988.
- (10) チャールズ・P・スノー, 松井巻之助訳, ステファン・コリーニ解説, 増田珠子解説訳, 二つの文化と科学革命, みすず書房, 1960.