

つくることで学ぶ

阿部和広さん

(青山学院大学 特任教授 / 青学つくまなラボ シニア・フェロー) に聞く



青山学院大学では、「創ることで学ぶ」場として、2023年5月に「青学つくまなラボ」を開室しました。ミンスキー (Marvin Minsky), ケイ (Alan Kay), パパート (Seymour Papert), レズニック (Mitchel Resnick) の影響を受けつつ、独自のプログラミング教育を展開されてきた阿部先生が、プログラミングに限らず「ものづくり」としてどのような学びの場をデザインされているのか、お話をうかがいました。つくまなラボにあるさまざまな機材を見せていただきましたので、それらのいくつかをこの記事の最後に掲載します。

インタビュアー：CIEC会誌編集長 寺尾敦（青山学院大学）

つくまなラボのコンセプト

寺尾 「つくまなラボ」という名前の由来は「創ることで学ぶ」ですね。このコンセプトはラボのウェブページ (<https://sites.google.com/view/tukumanalab/home>) にもありますが、少しご説明いただけますでしょうか。

阿部 「創ることで学ぶ」は言葉通りで、「つくまな」は「創る」と「学ぶ」を一緒にした言葉です。実際にこうしたタイトルの本があります。私が翻訳を監修しました。シルビアさんとゲーリーさんが書かれた本です。原題は『Invent to Learn』という全然違うタイトルなのですけれども、日本語にするときに『作ることで学ぶ』にさせてもらいました。もともと、バヴェーゼという人が「To know the world one must construct it.」ということを言ったらしいのです。「世界を知るために、自分で作らないといけません」ということですね。私はこれをアラン・ケイの論文で知りました。1971年の『A Personal Computer for Children of All Ages』という論文の冒頭に、このバヴェーゼの言葉が引用されているのです。私たちの知っているパソコン 컴퓨터というものは、そもそも作ることで学ぶために作られたものだということが、重要なポイントなのではないかと思っています。つくまなラボはこれを基本的なコンセプトとしています。加えて、このポイントを発展させているMITのミッチャエル・レズニックさんが言われている、「四つのP (Four P's)」というものがあります。

寺尾 「四つのP」ですか。

阿部 「平和 (peace)」とかけているわけですけれども、プロジェクト (Projects), ピアーズ (Peers), パッション (Passion), プレイ (Play) です。最近は学校でもプロジェクト学習, PBL (Project Based Learning) はよく行われるようになったのですけれども、どうしてもそれは先生主導になっている。先生に目的があって、それを言ってしまうような感じがあるのですけれども、レズニックさんが言う「四つのP」においては自分たちで計画を立てます。つまり、何をやりたいのかを自分たちで決めます。自分で決めたことだから、当然、情熱を持って取り組みます。そのときに、子どもたちはそれぞれ、絵が得意とか、プログラミングが得意といった、異なったタレントを持っているわけです。それらを組み合わせることによって、初めて目的が達成できるという、ピアーズが大事です。最後に、それはあくまでもプレイ、遊びとして実施しなければならないということです。スタディやワークなどと言ったとたんに、面白いものになってしまいます。先生の言うことをなるべく効率良く達成すればよいのではないということを、最初からしっかりと共通理解とすることが、「つくまな」の考え方です。

寺尾 つくまなラボでの、最初のPである「プロジェクト」について、すべてを自分で考えて進めていくことに難しさはないでしょうか。学校教育でプロジェクトに取り組もうとするときは、最初はかなり先生主導のとこ

ろもあるかもしれないけれども、次第に自分たちでできるようにしていくようです。

阿部 これが面白いことに、小さい子であればわれわれは何も苦労しません。放っておいてもどんどん作っていくからです。学年が上がるにつれて「どうしたらいいんですか」というようになっていく傾向があります。そのような場合は、大まかなテーマを提示したり、基本技術としてこのようなものがあるよと示したりした上で考えてもらうというやり方をしています。

寺尾 遊びの「プレイ」については、「つくまな」ですから、本人は遊びだと思っているけれども実際には学びになっているということですね。

阿部 われわれはそうなるように期待しています。

寺尾 仲間の「ピアーズ」について、つくまなラボでは、基本的には1人で何かをするよりも仲間とする方が多いのでしょうか。

阿部 そうですね。青山学院の中にあるので、ここに来る子は当然、初等部、中等部、高等部の児童・生徒です。自分のクラスの子とまとまって来ることが多いので、その時点ですでに仲間が形成されています。そのため、アイスブレーキングを省略できるケースが非常に多いです。ただ、そうは言っても「今、これをみんなでやるぞ」という方向性になったとしても、自分はちょっと違うという子は出できます。特に、中等部のマイコン部の活動においてはそれが顕著で、その場合は1人で黙々と作る子も当然います。私たちは、強制はまったくしません。「ピアーズしないといけない」とは言わないです。

プログラミングとものづくり

寺尾 いまお話しいただいた、中等部のマイコン部の活動は、つくまなラボのウェブページに紹介されていますね。「マイコン」という、ちょっと古めかしい、なつかしい名前ですね。マイコン部の子たちは、つくまなラボでどのような活動をしているのでしょうか。

阿部 マイコン部は非常に歴史のある部活動です。いまこのラボに来ているマイコン部の子どもたちは、本当に自分たちでやりたいことをやるという感じになっています。たとえば、3Dプリンターで何か造形物を作る子がいます。自分がゴム鉄砲を作りたいと思ったら、ゴム鉄

砲をCADで設計して実際に撃てるものを作っています。もっと単純なと言うと語弊がありますけれども、野球が好きな子は野球選手のアクリルスタンドを黙々と作り続けています。ゲーミングPCがあるので、MMORPGのような、ネットでのマルチプレイヤーのゲームをやる子もいます。スクラッチでゲーム作りをする子もいます。みなが本当に自分の好きなことをやっているのが今の状況です。

寺尾 マイコン部という名前からはプログラミングを連想させますが、プログラミングを夢中になってやっている子もいるということですか。

阿部 はい。ずっとスクラッチをやっている子がいます。Pythonをやっている子もいました。

寺尾 パソコンの中で何かを作ることと、物理的に何かを作ることは、「つくまな」としては同じなのでしょうか。

阿部 そうですね、ものづくりという点においてはまったく同じです。リアルだから、バーチャルだからということを、私たちは分けていません。

寺尾 スクラッチのように外部とのインターフェースのあるプログラミングもありますのであまり厳密に区別はできないでしきれども、パソコンの中に閉じていても、それはそれでものづくりであるということですね。

阿部 はい。もちろん、同じではないところもあります。物理的制約がないバーチャルの世界でしかできないものも当然あるので。それはその子が、そうしたものを作りたいかどうかという話になってくるかと思います。

寺尾 阿部先生はスクラッチを使ったプログラミング教育で知られていますが、そこからものづくりにはどのようにつながっているのでしょうか。

阿部 私はもともとものづくりが好きで、小さい頃から模型飛行機を作つて飛ばしていた人間なのです。マイコンをつけたロボットも作つたりして、自由にやっていたので、他の子たちにもやってもらいたいなという思いは当然ありました。それができるようになったのは、ものづくりの敷居が非常に下がったこと、ペイントソフトやドローソフトと同じような感じで簡単にできるようになったことが、劇的な変化だったと思います。

寺尾 ものづくりの敷居が下がったのはいつごろのことでしょうか

阿部 私が MIT 行ったのが 2008 年ごろで、例の「ほぼ何でも作る方法」をやっているところを見たわけです。メディアラボの中にファブラボの原型になるような施設があって、「これはすごい」と思いました。ただ、そう思っただけで、当時の機械は非常に高価だったので、どうしようもなかったですね。それが民主化するきっかけになったもののひとつは、アルドゥイーノという小さなマイコンボードですね。従来であれば、組み込み系のソフトを作るのはほとんど職人芸に近いものだったものが、ボタン一発で動くようになった。それが大きかったです。そのようなマイコンをベースにして、3D プリンターにしてもレーザー加工機にしても安価になっていったということはありますね。

寺尾 2000 年に入った頃はまだ機材が高かったということは、いろいろ安価になったのは 2010 年ぐらいからですかね。

阿部 はい。3D プリンターで言うと、2015 年くらいに 10 万円を割るぐらいのものが出てきたことが大きかったです。

つくることで得ているもの

寺尾 作ることによって学ぶということは、本人が何かを得ているわけですよね。それは何を得ているのでしょうか。具体的に示していただくことは難しいかもしれません。

阿部 シンプルに言うと、できなかつたことができるようになったということです。あとは、自走できるようになるということです。他の人の助けなしにできるようになるということですね。単に技術を習得していることを学びと言っているだけではないかと思われるかもしれません、それも含めて学びであると考えています。

寺尾 学びとしてわかりやすいのは、数学で方程式を学びましたといった、教科での具体的な学習事項の理解ですね。つくまなラボでの学びは、こうした学習に加えて、もう少し広い学びも成立しているように思います。自分でやることを決めて、自分の学びを自分でモニタリングしながら、こうやってやればいいのだというやり方を学んでいくという学びです。自己調整学習ですね。

阿部 そうですね。たとえば、先ほどお話しした、3D プリンターでゴム鉄砲を作った子は、何回も何回も試作しています。最初はうまくいかないわけです。最終的にきちんと発射できるようになるためには、当然それが成立するための機構を作らないといけないので、精度のことなどもきちんと考えないといけないわけです。そうしたことは確実に学んでいるのだろうなと思います。

もっと現実の教科に近い話をさせていただくと、ラボにカーリングのロボットがあります。現実のカーリングと微妙に違うのですけれども、ハウスに一番近いものが勝ちということをあらかじめプログラミングして、実際にゲームが始まったあとはプログラムをいじることができないというルールでやります。プログラミングでは、ハウスまでの距離に何秒で到達するのかを考える必要があります。そうすると、時間と速さと距離の関係を絶対にやらないといけない。小学生だと、学校で習った例の「きはじ」が、ここでようやく意味を持ち、接地すると思うのです。何のためにやっているのかわからなかったものが、自分が問題を解決するために実は役に立つものだということが理解できる。そのようなことが実際にありました。

寺尾 つくまなラボのミッションには STEM 教育の側面も掲げられていますね。何かを作るのだからエンジニアリングがあることはすぐにわかるけれども、サイエンスやマスもあるのかなと思っていました。いまお話しただいたことのようなどころにあるということですね。

阿部 ここはパパートからレズニックへの大きな転換点だと私は思っています。パパートさんやアランさんは、子どもたちがリアルマス (real math) とかリアルサイエンス (real science) を行うための環境、つまりモデル化とシミュレーションがプログラミングであるとしていました。それに対して、レズニックさんは、それだけに限らず表現手段としてのプログラミング全般を肯定しています。つまり、あらゆる創造性を支援する環境であると言っているのです。私はどちらかというとこの立場に近いです。

寺尾 いまお話にあった創造性ですが、定義は難しいですけれども、創造性を育むには何が必要なのでしょうか。

阿部 思いついたものが形になることが、非常に速いサイクルで実現できることが重要なかなと思っています。これはコンピュータで支援できます。たとえば、絵を描く

とき、手描きであるとどうしても身体的な能力の制約を受けてしまいますが、コンピュータを使えば確実に直線が描けるわけです。先ほどお話しした3次元CADでもそうで、等角図のような製図法は、中学校の技術科で学ぶのでしょうかけれども大変なわけです。それが3次元CADを使うとさくさくとできて、しかも出力できて非常に素早いフィードバックが得られる。それは自分に対する肯定感にもつながっていくでしょうし、小さなチャレンジの連続になるわけです。そのチャレンジを克服することが、さらに次のものづくりに対する肯定的な態度につながっていくのではないかと思います。

寺尾 青山学院大学社会情報学部で阿部先生といっしょに担当している授業で、プログラミング教育を取り上げたときに、私は図画工作の一種と考えるとよいのではないかという話をしました。これまでの図画工作では絵を描くことが苦手だったり、木工が苦手だったりした子が、プログラミングという新しい道具を使えば図画工作を楽しめるようになるかもしれないということです。

阿部 そうですね。先ほど3次元CADの話をしましたけれども、われわれが主に使っているツールはティンカーキャド（Tinkercad）というもので、手で組み合わせてやるやり方と、プログラムで組み立てるやり方の、両方を持っているのです。フリー手で描くような图形であればもちろん手で組み合わせた方がいいのですけれども、同じような構造が何回も繰り返し出てくるようなものになると、ループを使ったプログラミングの方がいいわけです。使っているうちにそのようなことに気づいていくと、さらに面白くなっていくのではないかと思います。ラボでの他の例として、フィジエットというおもちゃ作りがあって、子どもたちに人気です。たとえば、正多角形の形が何層にも重なっていて、絶対に取り外せないです。そのようなモデルはすごく不思議ですよね。これは3Dプリンターでしかできないし、幾何学的な形にしようと思うとプログラムするしかないわけです。こうしたことでもプログラミングをするきっかけになるかなという気がします。

外部に開かれたイベント

寺尾 つくまなラボをふだん利用しているのは、青山学院の児童・生徒、学生、教職員ですね。外部の方が利用できるようなイベントもあるのでしょうか。

阿部 あります。年に1回やる一番大きなイベントは、

「Scratch Day in Tokyo」です。300人から400人規模の大きなイベントです。他に、「CoderDojo 青山」というイベントを数か月前から始めています。コーダー道場というのは、もともとはアイルランド発祥の世界的なボランティア組織なのですけれども、地域でプログラミングの能力を持っている人たちが、子どもたちを集めて自発的に始めているものです。以前に、「CoderDojo 渋谷」がありました、それが発展的に解消して「青山」になったという感じです。一般の方々が、お子さんも親御さんも来られて、自由なものづくりを楽しんでいます。

これもまたレズニックさんが始めた「コンピュータクラブハウス」というものがあります。ボストンの貧困地区の子どもたちを集めて、MITの最新テクノロジーを使うとどうなるかやってみたら、子どもたちが予想を超えてすごいものを作ったのでびっくりしたということでした。それで全国に広げていこうとしたのが「コンピュータクラブハウス」の始まりです。これと似たような、社会に広げていく、あるいは還元するということをやりたいと、私もずっと考えていました。CoderDojoに限らず、こうしたイベントをこれからもどんどんやっていきたいと思っています。

寺尾 外部に開かれたイベントには、親御さんも来られるのですね。

阿部 はい。親御さんと一緒に来るケースが多いです。これは学内の場合は親御さん同伴でないとできないので。このとき、親御さんにいかに関わってもらうかがすごく大事だと思っているのですが、親御さんは傍観者になりました。それが、アクリルスタンドを作るときに、うまくいったのです。

寺尾 あれで一緒に楽しめるのですか。

阿部 はい。いわゆる「推し」関連のものが作れるとなると目の色が変わります。教職員もそうですね。自分がはまっているもののグッズが欲しいという気持ちと、それを作るということを、うまくつなげられるきっかけになったかなと思っています。

寺尾 つくまなラボの今後の展開が楽しみです。本日はありがとうございました。

つくまなラボにある機材



3D プリンターです。つくまなラボには 10 台以上あります。これはいまラボで主に使われている Bambu Lab A1 です。非常に高速な多色プリンターで、ほとんどメンテナンスがいりません。プリンターに限らず、機器の操作マニュアルは学生スタッフが中心に作成しており、人に頼らずに自分でものづくりができるようにしています。



刺繡ミシンです。プログラミングでデザインしたものを刺繡できます。業務用なので高性能です。



UV プリンターです。紫外線でインクを固めるので、さまざまな素材に印刷できます。たとえば、アクリルに印刷できるので、アクリルスタンドやアクリルキーホルダーを作ることができます。

つくまなラボにあるさまざまな機材を見せていただきましたので、それらのいくつかを紹介します。



CO₂レーザー加工機です。5mm のアクリル板を切り抜くことができます。



半導体レーザー加工機です。木の板などに彫刻がきれいにできます。



ファイバーレーザー加工機です。金属への彫刻ができます。