学生を学びの「創り手」に転換する環境づくり

A Learning Environment for Student as a Learning Creator

土 屋 衛治郎^{※1}
Eijiro TSUCHIYA

小 林 順^{※2}
Jun KOBAYASHI

1. はじめに

安価で扱いが容易な3D造形を可能とする機材(3Dプリンターやミリングマシンなど)が登場し、どのような市民でも自らの手で自らの創りたいものを創り、身の回りの環境を改善していけるようになっていく。このパーソナルファブリケーションの概念¹⁾は今や現実のものとなっている。

この流れは、これまで製品の使い手に過ぎないことが多かった市民を、自ら品物を作り、身の回りをより良いものに変えていける「創り手」に転換する考え方を含んでいる。この考え方をさらに教育という分野に持ち込むならば、学生を学習の「創り手」として主体性を持った実践者として転換するという考えにもつながる。「(ほぼ)あらゆる物を自らの手によって作成する」という考え方¹⁾のもと、3D造形設備の他さまざまな機材・道具を利用し、他者との協働や互いに刺激し合う中で、自らのアイデアを実際の品にしていく有益な学習機会の構築につながるだろう。

本論文では、このような有益な学習機会をより促進するための学習環境の要件とその設備例を紹介する。学習者の主体的かつ内省的な作製活動の支援と、学習者が作成過程で暗に実施している工夫点やアイデアを取り出し、学習者自身に経験として蓄積させるための学習環境構築の事例を紹介する。

2. エンジニアリング・デザイン教育の実践環境

九州工業大学(以下、本学という)では、エンジニアリング・デザイン教育の促進がなされている。効果的なエンジニアリング・デザイン教育には、エンジニアリング・デザインという活動そのものを学生が実践できる場を用意することが有効だろう。本学では市民参加型デザイン施設の総称であるFabLab(ファブラボ)を参考に、エンジニアリング・デザイン実践を行う工場の整備を行っている。

FabLab標準機材でもあり、本学飯塚キャンパス内

のデザイン工房に導入されている機材を例として紹介する(図1)。

(1) 3Dプリンター

3DCADや3Dスキャンにより生成したデータを用いて3Dオブジェクトを出力する機材である。その原理は熱溶解積層法や光造形法、粉末造形法などがある。FabLabに設置されることが多く、本学工房にも設置されているものはABSなどの樹脂線材を溶かして出力した樹脂を少しずつ重ねていくものである。

(2) レーザー加工機

レーザー光を利用して切断加工や彫刻加工を行う機材である。デジタルデータが準備できれば比較的容易に加工できるため、FabLabでは多く用いられている。多くの場合、厚さが5mm程度までの木材やアクリル板などの加工ができる。

(3) CNCミリングマシン

フライスと呼ばれる刃物を数値制御で移動させて加工を行う機材である。

(4) カッティングマシン

平面のデジタルデータを使用して、主に紙やシールなどを切り出す機材である。

以上の機材は専門的な工場に導入されているものと比較すると簡易なものではあるが、初心者にとっては比較的に利用しやすくなっている。

図1 導入機材の例

2014年4月30日受付

※1九州工業大学学習教育センター

※2九州工業大学大学院情報工学研究院システム創成
情報工学研究系

3. 積極的かつ内省的な作製過程を促進する環境

エンジニアリング・デザイン教育における実践的学習に重要なことは、学生が自らの積極性によって作製に取り掛かり、また、作製している途中のものや完成したものを見直し評価することであると考え、何故ならば、アイデアを形にすることがエンジニアリング・デザイン教育の実践の要点としても、その主体である学生が大してやりたいこともなくただ手続き通りに作製過程を進め、出来たものに対して何ら吟味や評価を行わないようでは、その教育効果は乏しいだろう。そこで、実践環境に求められる要件として大きく3つを取り上げる。

- (1) 学生自らが、「このようなものを作りたい」、「このような課題をこのような手段で解決したい」という着想をなるべく具体的に持てること。
- (2) 自らのアイデアを、さまざまな機材・道具を利用し、他者との協力や支援を受けながら作製できること。
- (3) 作成中の作品や、完成させた作品について、その良し悪しや狙い通りのものが達成されたか、さらに、予想しなかったような点が産みだされたか、他者からはどのように見えるかなどをしっかりと振り返り・吟味できること。

積極的かつ内省的な作製過程を学習者にたどらせるためには、以上の3つの段階をしっかりと踏まえることができる環境を構築することが有効だろう。以下ではそれら一つひとつの観点について、本学デザイン工房で実装されている設備と合わせて説明していく。

(1) アイデアを作る。触発される仕掛けづくり

特にill-structuredでopen-endedな課題の場合、アイデアを作り出すといっても、作り手の頭の中にあるアイデアまたはアイデアのもととなる知識をただボンと外に出してアイデアが完成して終わりということにはならないだろう。日々の創造活動において着想を持つということは、身の回りにあるものや、実際に手に取り利用できる素材・道具・機材や、既に完成されていて参考例とできる他者の作品、その他図書やインターネット上にある作品例や参考となる情報など、自らの外側ともいえる情報から影響や示唆を受けつつ着想を持ち、さらにその内容自体も変化を続けていきながら進むものだと考えることが妥当である。さらに、同じような課題をともに取り組む仲間や、先輩・教員・先駆者など先達の意見をヒントにし、また自らのアイデアについてフィードバックをもらう中で、新しい着眼点の獲得や、アイデアの洗練をしていくだろう。さらに重要な点として、アイデアとは実際にアイデアを形にしていく段階でも変化していくと考える。

以上を踏まえると作製とは自分がもつ知識・経験を利用することはもちろんのこと、自分以外の要因といえる身の回りのもの、情報、他者とのやりとり（相互作

用）の中で生まれ、また変化していくものだと考えられる。よって、着想する・作る・出来たものを試すという3つの段階が実は不可分に、そしてミクロかつマクロなレベルを縦断しながら進行すると想定される。そのため、特にアイデアを作るということをサポートしようというときには、個人外の要因といえる、素材・機材・道具・他者・先輩・先達である教員や熟練者との絡みを行える場を創り出すことが必要と考える。そのような点を実現するためにデザイン工房では、図2のように、以下の要件を組み込んだ設備を導入している。

- (a) 素材、部品が見える
- (b) 完成品が見え、触り試すことができる
- (c) 自らのアイデアを自分自身でも他者と共に検証・吟味・修正するため、外に表出できる
- (d) 仲間との共同作業や、先輩、教員といった先達者のファシリテーションなどが受けられる

図2の左上は工房内の片側壁面全体に設置されたホワイトボードである。他の画像に示されているキャスター付きの椅子や机、サイコロ型のスツールとも合わせて、工房内のどこにいても、またグループでの活動であっても、討論の課題となっている事象やアイデア・思いつきについて自由に書き出し、検討することが可能となっている。またホワイトボードは、3Dプリンターやレーザーカッターから近い位置にあり、機材利用している際や、部品の組み立てやテスト中においても記録を残すことが簡易となっている。図2の右上画像は工房内に常設されている工具や材料、参考となる図書や完成品を収納しているキャスター付きの棚である。基本的に、工房内のすべてのものは利用者のだれの目にも付き、利用できるようにしてある。またキャスター付きであることから、図2左下のように利用者が作製しやすい環境を自ら作ることができる。さらに図2右下の画像のように、机を組み合わせることや、イーゼルを利用した簡易ホワイトボードを利用することで、グループ作業も可能となっている。PCなどから

図2 デザイン工房の設備

情報を提示できるモニタも常設されており、教員主導の講義形式の授業も可能となっている。

(2) アイデアをしっかりと形にできる環境づくり

一方、どのような良い着想を持とうとも、それを具体的に形にできなければいけない。そのため、豊富な機材、工具を用意することが必須であるし、またその機材について利用をサポートするスタッフとして学生スタッフによる機材利用サポート体制を構築している。デザイン工房は平日の午前から20時まで利用可能とし、授業での利用以外は、学生は授業時間外に利用しに来る。17時から2、3名の学生スタッフが在室し、授業後の放課後にかけて利用に来る人に対応している。

(3) 作品を試す・評価することができる環境づくり

この以前の段階「アイデアを形にする」までで、「ものをつくる」という行為は終了しているともいえない。しかし、特に教育という側面を考えた場合、アイデアを出して終わりや、作って終わりではない。さらなるアイデア発想のためにも、またアイデアそのものやその結果をしっかりと吟味するためにも、作製したものをさまざまな観点から試す場を確保することが望ましい。さまざまな観点とは、狙い通りの機能や形態が達成できたかという点のほかにも、他者からの見え、他者のアイデアとの比較、社会への公開、なによりも作成者自らがしっかりとそれを試す（テストする、振り返る、遊ぶなども含まれるだろう）ことが必要である。そのために以下のような点を実装している。

- (a) 床など、作製したものを広げられる・試せるスペースの確保
- (b) 作製したものの機能や形態などをテストするための機材の用意
- (c) 天井カメラやその他ビデオカメラやICレコーダなど多様な記録装置の設置
- (4) 以上の3つを行う空間または時間をなるべく分割しない

以上の3点は上述した通り同時的かつ順不同で発生すると考えられるため、空間的・時間的になるべく分割しないほうが良いだろう。工房ではこれら3点を出るだけ同時に実行できる空間を用意する。ただし、空間的・時間的に取って外すということもエンジニアリング・デザインの過程そのものや教育効果にプラスを与えることも十分ありえる。この点の可能性については今後の課題としたい。

4. 作り手の工夫・アイデアを経験として蓄積する

課題や要求に沿いながらも、自らのアイデアや工夫点を組み込み、自らにとっても、クライアントにとっても1つ予想の上に行く良いものを創造していこうと試みる積極的な態度の養成もまた望ましい。本論文の

3章の(1)において、利用者のアイデア・着想を支援することで積極的な作製過程への参加を促すことを示したが、学習科学や教育工学などの学習研究分野では、得てきた知識を積極的にさまざまな課題に応用・活用することができる熟達者はただ「よく知っている・他の人の知らないことを知っている」という状態ではなく、彼らが得てきた内容的知識の集合はまとまりをなし、体制化された状態にあることを見出した。

物理学の熟達者と学力の高い初心者（大学生）が物理学の問題解決に利用している知識構造の違いを調べたところ、初心者の知識は問題状況の表面的特徴から構成されているのに対し、熟達者は問題状況に関する概念と、物理の法則やそれらの適用条件に関連づけた体系的な知識を構築しているということが明らかにされた²⁾。このような知識構造の差もあり、熟達者は初心者と問題の取り組み方に違いが見られることが明らかになっている。物理の熟達者と初心者それぞれに、インデックス・カードに書かれた物理学の問題を分類するように求めたところ、熟達者は問題解決に適用すべき法則を積極的に持ち出し、それに基づいて分類したが、初心者は問題の表面的な特徴に基づいて分類した³⁾。

その他にも、チェスや物理学などの領域における熟達者特有の知識構造を調べるために、熟考時間を分析した研究もされている。その結果、物理学の熟達者は、関連のあるいくつかの式をひとまとめにして一気に再生するのに対し⁴⁾、初心者は式一つひとつばらばらに再生することがわかった。以上から、熟達者とは、概念や原理にもとづいて関連する知識要素をいくつかのユニットにグループ化するという、意味のある知識体系を形成していることが推測できる。

このような考え方を応用し、作り手が作製過程で生み出した工夫点やアイデアというものを蓄積可能かつまとめて体系的な構造をなすことができる知識集合体と置き換え、作り手の工夫点やアイデアを生みだすこと自体を支援する。さまざまな工夫やアイデアを出すこと自体を支援する試みは本論文の3章の(1)で述べた。利用者の身の回りのさまざまな要因との相互作用がアイデア促進の要点であると述べたが、そのような相互作用は多くの場合、その場その場で瞬時的かつ無意識的に発生している。そのため、暗黙といえるその工夫点やアイデアを学習者自身に意識させ、蓄積するための工夫が必要となってくる。本工房では、天井カメラを主とした作製過程の豊富な記録とそれを活用したリフレクション活動の実施と、作成中の学習者に対しての工房スタッフによるリアルタイムのファシリテーションの2点を用意している。

(1) 作製過程の記録とその積極的活用

天井カメラによる工房全体と手元まで見える画像の常時撮影。適宜撮影される画像・動画・音声の豊

富かつ容易に利用できる撮影機材の用意。

(2) スタッフによる工夫・アイデアの引き出し

スタッフによる工夫点の聞きだし、記録の保持という形での引き出し。スタッフはさまざまな外部情報や自らの作製経験から、工夫というものを知り、また敏感になるようトレーニングを積んでいる。

5. 現在の利用状況

工房は平成26年度より本格稼働を開始し、約4週間が経過した時点で約50名の利用登録者があり、平日は5から10名以上の利用者がある。一見すると少ないようだが、作製というある程度時間のかかる作業を実施しているため、多くの時間、誰か利用者が在室している状態になっている。

利用者の利用目的としては、工房で授業実施、授業時間外の課題作製、ゼミ・研究室の研究プロジェクト、サークルなど課外活動、その他自主的な作製活動、となっている。特に多いのは、授業課題の作製と、サークルなど課外活動である。作製されるものは、ロボットの試作や、小物、オブジェ品などが主である。

またこれまで、国内外の工業系の大学や学校から視察を受けており、工房施設への注目度の高さが伺える。

6. 展望：スタッフを介した工房の外への広がり

本施設を構築する際に参考としたFabLabでは、その施設同士が横のつながりを持ち、それぞれの作製データの共有や人同士の交流が活発になされている。本施設においてもデータの共有や遠隔会議の仕組みも取り入れているためそのような活動も可能になっている。4章で述べたスタッフが本施設内・外の情報を常に収集しているため、スタッフのファシリテーションやヒント提示によって、内にこもりがちな利用者の目を外に向ける役割を担ってくれることを期待している。たとえば、利用者が作製中のものに対して、ヒントや相談という形でスタッフから施設外で作製されている事例や他施設の紹介などもできるだろう。突然、施設や大学の外に目を向けろというと、学生には一体何に目を向ければよいのかという困難が伴う可能性が高いが、媒介としてスタッフがいることで、利用者の作製中のものと外のものとの橋渡しをスムーズに行える可能性が考えられる。

7. おわりに

本施設ではエンジニアリング・デザイン教育の実習的環境として、パーソナルファブリケーションの考えを学習教育面に応用した「主体的な創り手としての学生」を支援する環境を構築している。主体的かつ内省的な作製の態度を促進し、さらに工夫点・アイデアを意識し、蓄積しようと試み、多くの学生に利用されている。今後は、このような環境の学習面の評価を中・長期的期間で検証していきたい。

工房の活動状況については、下記のFacebookページにおいて公開している。「いいね!」をしていただけると幸いである。

デザイン工房@九州工業大学情報工学部：<https://www.facebook.com/design.studio.iizuka.kit>

参 考 文 献

- 1) 田中浩也: FabLife - デジタルファブリケーションから生まれる「つくりかたの未来」, オライリージャパン, 2012
- 2) Chi, M.T.H., R. Glaser, E. Rees: Expertise in problem solving, *Advances in the Psychology of Human Intelligence*, Vol.1, 1982
- 3) Chi, M. T. H., P.J. Feltovich, R. Glaser: Categorization and representation of Physics problems by experts and novice, *Cognitive Science*, 5, pp.121 - 152, 1981
- 4) Larkin, J.H: Information processing models and science instruction, J.Lockhead & J.Clement (Eds.), *Cognitive process instruction*, 1979

.....

著 者 紹 介

土屋 衛治郎
認知科学修士 (中京大学)
九州工業大学学習教育センター
学習科学, 教育工学
tsuchiya@lrc.kyutech.ac.jp