

## 【論文】

## ものづくりをシステムづくりと捉え直す技術教育の検討

紅 林 秀 治

静岡大学大学院教育学領域

## 要旨

技術教育におけるものづくりをシステムづくりと捉え直すことを提案する。産業就労人口は、技術の進歩と共に資源集約度が高い産業から、知識集約度が高い産業へと推移していった。それに伴い、技術教育におけるものづくりも、技術の進歩に対応した知識集約度が高いものへと適応していくためには、学習方法を設計中心に変えていくことと、知識集約度の高い部品や材料を用いたものづくりを行うことの両方が必要である。設計を中心に展開する学習方法は、ものづくりを設計の過程と置き換え、試作品作りを想定した学習方法が有効である。また、知識集約度が高い部品や材料を用いたものづくり学習に関しては、部品や材料を機能を持った要素と捉え、それらを結合させることで新たな機能を持った製品を作るというシステムの考え方を導入することが有効である。さらに、システムの考え方は、設計の過程における「要素の選択」と「要素の組み合わせ」にも適用できるため、設計を中心に展開する学習方法にも無理なく導入できる。そのため、設計を中心に展開する学習方法と、知識集約度が高いものづくり教材を扱うことの両方の学習が可能となり、技術の進歩に対応した技術教育が可能になると言える。

## キーワード

設計、知識集約度、資源集約度

## I. はじめに

内閣府が公表している主要耐久消費財等の普及率（一般世帯）[1]によると、薄型カラーテレビやルームエアコン等の家電は、普及率が90%を超えている。また、デジタルカメラやパソコン等のデジタル機器は、75%を超えている。私たちは、家電やデジタル機器などの人工物を利用して生活しており、それらが無ければ仕事や生活に支障をきたすことが多い。このことからわかるように、私たちには人工物を使用し、管理し、評価する能力、すなわち、技術リテラシーが求められている。

普及率が高い人工物の中で、家電やデジタル機器と称される製品は、半導体部品により作られている。半導体部品から作られている製品、いわゆる半導体製品は、小

型化、高機能化が時代と共に進んでいった。半導体製品の小型化、高機能化は、半導体技術の進歩によるものであるが、それはムーアの法則にしたがって、進化してきたとも言われている [2]。ムーアの法則とは、「集積回路におけるトランジスタの集積密度は、18 から 24ヶ月ごと倍になる」とインテル社の創業者の一人であるゴードン・ムーアが言った経験則である [3]。インテル社のマイクロプロセッサを構成するトランジスタ数の推移 [4] を表すグラフを図1に示す。ムーアの法則に則った進化は半導体部品だけでなく、電源回路でも同様に小型化、高機能化が進んでいる [5]。しかし、その進化も今や限界に近づいている [6] とも言われているが、現在もムーアの法則が継承され技術は進化し続けていると言う報告もある [7]。

このような技術の進歩は、製品の開発や生産等に大きな影響を与えるものであるが、その影響は経済や産業だけでなく、社会全般に及ぼすものである。例えば、かつては電気洗濯機や掃除機の普及が主婦の仕事を大きく変えたと言われたが、今ではスマートホンの普及が、若者のコミュニケーションの方法に変化をもたらし、さらにそれが、若者の生活スタイルに影響を及ぼしていることなどは、私たちが実感している事例のひとつである。ものづくりを通して技術を学ぶ技術教育も、その例外では

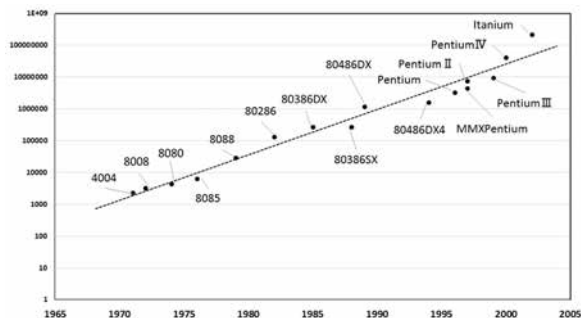


図1 マイクロプロセッサを構成するトランジスタの数

ない。

コンピュータをはじめとする、高機能化した半導体製品を活用した実践事例は数多く報告されているが、ものづくりの根幹をなす設計から検討したものは、工学教育ではあるものの、普通教育としての技術教育ではない。そこで、本論文では、技術の進歩と共にものづくり教育をどう捉えるかについて、筆者が提案した設計を中核とする技術教育 [8] を基に検討し、ものづくりをシステムづくりと捉え直す技術教育を提案する。尚、本論文で述べる技術教育は、普通教育としての技術教育であり、工学教育等の専門教育としての技術教育とは区別して述べていく。

## II. 産業構造の変化

日本の産業は、就労人口が、農業を始めたとする第1次産業から、工業を中心とする第2次産業、サービス業を中心とする第3次産業へと推移してきた。

図2に産業構造の推移 [9] を表したグラフを示す。第1次産業から第3次産業という分類は、単に産業の業種が異なるというだけでなく、資源集約度と知識集約度の観点で分類すると、それぞれの産業の質的な違いを明確にできる [10]。資源集約度とは、資材の金額や労働者への賃金等の生産に関わる総額に対する資材や材料等の資源にかかった費用の割合を示すものである。それに対して知識集約度とは、研究や開発、設計にかかった費用との割合を示すものである。1970年代の産業の資源集約度と知識集約度を比較したグラフを図3に示す。

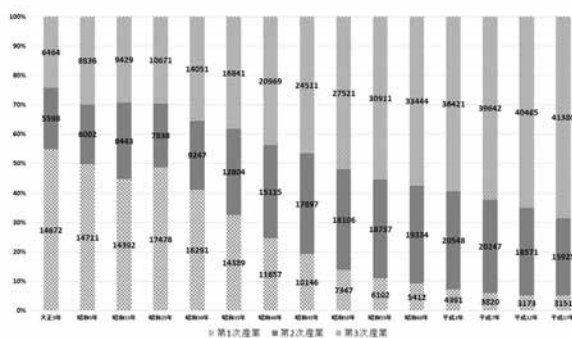


図2 産業構造の推移

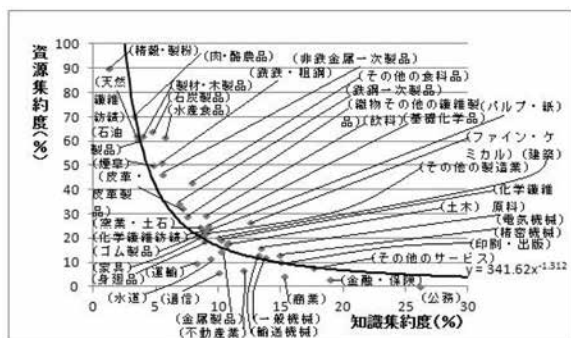


図3 資源集約度と知識集約度との関係

図3より、知識集約度の高い産業は、保険や金融等の第3次産業のものが多く、電気機械や精密機械等の第2次産業も知識集約度が高いことがわかる。それに対して、畜産や酪農等の農業などの第1産業や、製粉や製材等の第2次産業では、知識集約度よりも資源集約度が高いことがわかる。

図3は、1970年代の資料より作成したものであるが、先にも述べた、就労人口が第1次産業から第2次、第3次産業へと推移してきたことと併せて考えると、資源集約度の高い産業から知識集約度の高い産業へと推移してきたとも言える。前章で述べたムーアの法則は、半導体部品の小型化、高機能化を示すものであったが、製作に使われる材料は同じでも、小型化高機能化するという事は、回路の設計や開発に、より重点が置かれることである。これは、資源集約度に比べて知識集約度の方が大きくなったことを意味する。したがって、ムーアの法則と同様に産業構造も、知識集約度が高い方向へ移行してきたと言える。

## III. 知識集約度が高いものづくり教材

技術教育では、ものづくりを通して学ぶことが多く、当然ながら教材としてのものづくりも時代とともに変遷する。なぜならば、中学校技術・家庭 (技術分野、以後技術科とよぶ) の目標にも示されているように [11]、技術教育は社会に活着している技術に繋がる題材を設定し、授業を計画するからである。

第II章で、産業構造が、資源集約度が高い産業から知識集約度が高い産業へ移行していることを述べたが、技術科におけるものづくり教材も、それに従うならば、資源集約度が高い教材から知識集約度が高い教材へと発展させる必要がある。知識集約度が高い教材とは、コンピュータを活用して何かを制作するというように、知識集約度が高い製品を活用した授業と考えられるが、ここでは、ものづくり教材の観点から捉えていくために、知識集約度の考え方をものづくり教材に適用する。ところが、資源集約度や知識集約度をそのまま、技術科におけるものづくり教材に適用すると、資源である材料の値段や学習者の作業時間を賃金に換算しなくてはならない。しかしそれは、学校教育の目的を考えると、好ましいものではない。そこで、賃金や材料費等に代わり、授業時間全体に対する作業や設計にかけた時間を目安として計算することにした。賃金や材料費等を含めて考えるべきものを、時間数に置き換えて計算することは、正確な知識集約度の値にはならないが、基本的な労働単価は労働時間によって決まるため、学習時間から計算することは、大凡の目安として妥当であると判断した。表1に経済指標としての知識集約度と資源集約度、技術教育におけるそれらを示す。

表1 知識集約度と資源集約度

項目	経済指標	技術教育
知識集約度 (%)	$\frac{\text{設計開発にかかる費用}}{\text{生産にかかる費用}} \times 100$	$\frac{\text{設計の時間}}{\text{学習内用の全授業時間}} \times 100$
資源集約度 (%)	$\frac{\text{材料や原料にかかる費用}}{\text{生産にかかる費用}} \times 100$	$\frac{\text{製作作業の時間}}{\text{学習内用の全授業時間}} \times 100$

技術科で扱うものづくり教材は、木材や金属材料を用いた製作、電気部品やリンク機構を活用した製作、コンピュータを利用した制作等がある。ここで、知識集約度が高い教材にしていくということは、製作に関わる作業時間よりも、設計にかける時間を多くすることを意味する。

IV. 設計を重視した学習

筆者は、設計を重視した学習を提案した[8]。その中で、向坊が示した設計の過程を、学習の中心に置くことで成立する設計を中核とする学習展開について述べた。向坊は設計の過程を「目的」「目標」「要素の選択」「要素の組み合わせ」「成果」「性質・性能のテスト」という段階で構成されていることを示した [12]。図4に向坊の設計の過程を示す。

設計には、「要素の選択」と「要素の組み合わせ」の過程が重要になる。それは、要素やその組み合わせ方法を知らない場合、設計ができないことを意味している。そこで、要素や組み合わせ方法を学んだ後に、設計を行う学習を提案した。提案した学習の流れを図5に示す。

図5に示す流れで学習を行うならば、目的や目標を決定するところから始まるため、設計にかける時間が多くなると期待できる。

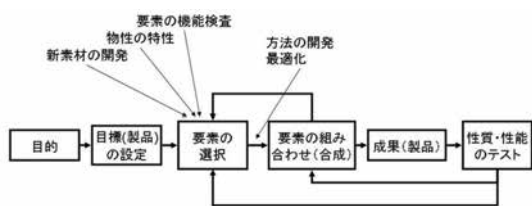


図4 設計の過程

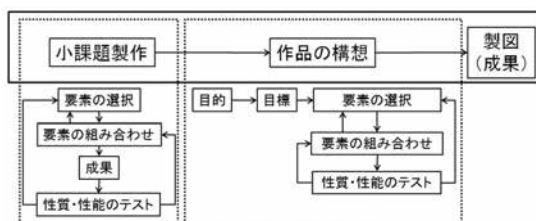


図5 提案した設計を重視した学習の流れ

V. 設計における要素

図4に示した要素を、技術科のものづくり教材で考えた場合、各要素は、材料加工を中心にした学習では、木材や金属等の材料や、接合のために使用する部品である。電気部品を用いた製作学習では、電気回路を構成する電気部品や、回路を接続する材料や部品等にあたる。計測・制御の学習では多くの半導体部品を用いた教材を扱う[27]。なぜなら、計測・制御基板は、計測にアナログセンサを利用したり、制御にワンチップマイコンを利用したりするからである。

このように、技術科のものづくり教材における要素は、素材に近いものから、半導体部品まで様々である。これらの要素は、技術科の中で扱う学習内容により異なることは当然であるが、要素そのものを理解するのに必要な知識も異なるという結果をもたらす。例えば、木材や金属を要素として捉えた場合、その物性や力学的特性等を扱う。そこでは、仕組みや原理などを視覚的に見せることができたり、実験により確かめたりすることができるが、ICやLSI等の半導体部品では、入力と出力の関係等を確認することができるくらいで、その仕組みや原理等には触れることなどできない。つまりは、ブラックボックスとして扱わざるを得ない。したがって、設計で扱う要素そのものは、学習内容により異なり、各要素を同様に扱えるものではない。これは、専門教育における技術教育で考えるならば、機械設計で扱う要素と電気回路設計で扱う要素が異なるように、分野により要素が異なることと同じである。

技術科は、学習内容そのものが、専門教育における分野の違いと同様に考えることができるため、扱う要素そのものの違いや理解の程度に差が出るのは当然の結果と言える。そのため、技術科を教える教員が、材料加工は要素を教えやすいが、電気や計測・制御の場合は、ブラックボックス的な扱いが多くなるため、要素の理解の難易度が高くなり、教えることが難しいという印象を持つのも当然である。また、学習内容によって、要素の理解が異なるために、設計の難易度が変わるという印象を持たれることは、普通教育としての技術教育の課題でもある。しかし、要素の理解の難易度が高くなることが、図4で示した設計の過程の「要素の選択」と「要素の組み合わせ」を難しいものにしていくと言い切れるだろうか。

## VI. 要素は進化し扱いやすくなっている

設計で扱う要素は、技術の進歩とともに進化しているものも多く、その仕組みを理解するために必要とされる知識も高度になり、理解の難易度も高くなっている。特に半導体部品におけるその進化はめざましいものがあり、要素そのものの知識集約度は非常に高くなってきた。しかし、要素そのものが、進化し高機能化することは、使用する側にとって扱いが容易になり、活用しやすくなっていることも事実である。高機能化しても、その活用方法が以前と変わらないか、またはさらに簡単になっているものでないと、おそらく消費者に受け入れられないからであろう。これは、仕組みを理解することの難易度が上がることは逆の現象であると考えても良い。例えば、アナログ信号の増幅に用いられるオペアンプは、トランジスタによる増幅回路が素子の中に組み込まれている。図6にオペアンプとその等価回路図を示す [13]。図6からもわかるように、オペアンプそのものは、一つの電気回路部品であるが、その中には、トランジスタを複数個利用した増幅回路が作り込まれているICである。利用者は、オペアンプの特性と、入出力の関係を理解した上で増幅回路を作っていくが、複雑なトランジスタ回路を完全に理解しなくても、増幅回路を作成できる。さらに、回路の増幅率の取り扱いも、オペアンプの外部端子に抵抗器を取り付けるといった簡単な作業だけでできてしまう。そのため、目的に合う増幅回路を、利用者が行う簡単な作業により作成できる。

オペアンプを構成している回路を理解するには、多くの知識が必要である。そのため、オペアンプを要素として考えた場合、その仕組みを理解するには難易度が高いが、回路作成作業の難易度は逆に低くなっている（いわゆる作業の手間がかからなくなっている）。つまり、要素が高機能化することは、扱いやすくなることでもあり、要素に対する知識を多く持たなくても、利用できるようになっているということである。

このような例は、オペアンプに限ったことではなく、技術の進歩による恩恵として私たちが様々なところで経験していることでもある。例えば設計とは異なるが、エンジンの仕組みや自動車の構造（ハイブリットシステムや電気自動車の仕組みなど）を詳しく知らなくても、運転免許（高度な専門知識は不要）が取得できれば、誰でも高度な技術が詰まった乗用車を扱う（運転する）ことはできる。また、炊飯器や電子レンジなど、家庭内で日常的に使用する家電は、高機能化すると同時に、その扱い方も簡便になっている。建築設計の要素でも、建築用資材や部品、材料等を加工したり、組み立てたりする際に手間がかからなくなり、扱いやすくなっているものが多数ある。さらに、要素の組み合わせに用いる工具や工作機械等も、管理や操作が20年前のものと比較して簡

単になったり、扱いやすくなったりしているものが多数ある。つまり、技術が進歩することは、誰でも簡単な操作で要素を扱えるようになるということである。言い換えれば、知識集約度が高い要素ほど、要素の理解は難しいが、その扱いは簡単になっているということである。設計に必要な要素の選択と要素の組み合わせに関しては、要素そのものの扱い方が技術の進歩と共に簡単になってきていると言える。これは、図4に示した設計における「要素の組み合わせ」を難しくしているのではなく、簡単で扱いやすくなっているのではないだろうか。問題は、要素に関してどこまで知識を持っていれば、設計に必要な「要素の選択」ができるかということである。

## VII. 要素の選択に必要な知識とは

設計における要素の選択とは、図4の目標を作る際の材料や部品等を選ぶ行為である。その行為において、製作（制作）者は、選択する要素に関する知識が必要である。そして、選択できる要素に関する知識が豊富なほど、また選択できる要素の種類が多いほど、適切な要素の選択ができると考えられる。専門家は、要素の選択における知識が豊富であることは当然であるが、ものづくりを初めて学ぶ初学者や、専門家でない人たちは、専門家ほどの多くの知識を持ち合わせてはいるわけではない。では、専門家以外は、要素の選択ができない、つまりは設計ができないということになるのだろうか。

半導体部品のような知識集約度が高い要素を、たとえ仕組みを理解してなくても、私たちは活用することができることを、オペアンプ（図6）を例に述べた。利用者は、オペアンプを利用する時に知識として、オペアンプの入力と出力、そして外部端子につなげる抵抗を変えることで増幅率が変わるというような、入力と出力の関係性（制御方法）さえ知っていれば活用できるのである。これは、要素がブラックボックスであったとしても、私たちは活用できることを意味している。

このように要素がブラックボックスであることを前提に何かを作ることは、電気回路の作成以外にも多数の事例がある。例えば、家庭内で音楽を聴くための音響装置（通称ステレオ）を組立てる際に、回路を製作するの

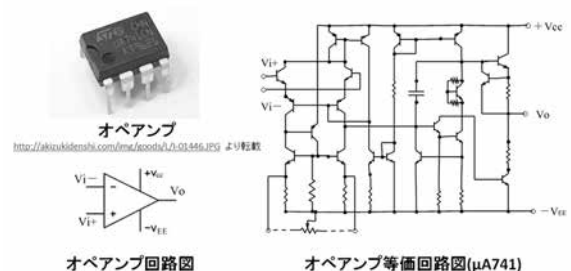


図6 オペアンプと等価回路図

ではなく（回路を理解している訳でもなく）、アンプやチューナー、CDプレーヤー、スピーカ等を別々に購入して接続する。この作業は、それぞれの機器の内部の仕組みを理解することよりも、入力信号や出力信号の規格や簡単な入出力特性あるいはその制御方法を理解する程度の知識があれば、誰でも組み合わせることができる。また、機器を適宜交換することにより、利用者の必要性を満たす仕様に変更することもできる。他にも、パソコンを自作したり、趣味で人型ロボットを作成したりする場合も同様である。さらに、家を建てる際に、ユニットバスを選定したり、台所の流しとレンジを別々に選定したりすることも同様な要素の選択行為である。私たちは、目的達成のために目標をたて、目標を実現するための要素を選択することは、日常的に行っていることである。その過程では、必ずしも要素の中身や仕組みを完全に理解している訳ではなく、ブラックボックスとして要素の機能と操作性を理解しているだけで十分可能なのである。

したがって、要素の選択の時に必要となる知識とは、要素の仕組みではなく、機能を理解するための知識のことであると言える。ここでいう要素の機能とは、入力と出力およびその関係性であり、操作性とは、入力と出力の制御方法である。

### Ⅷ. ものづくりからシステム構築へ

要素を組み合わせる新たな機能を生み出すことを、システムを作ると一般的に言っている。G.Pahlらは、「軽重工業製品を含む技術製品は、人工的な、有形の、大部分は動的なシステムであり、その特性に基づいて相互に関係する要素からなる」[14]と述べている。G.Pahlらによれば、私たちの身の回りにはシステムである。つまり、音響装置もパソコンも家も、私たちは既製品である要素を組み合わせるシステムと言えるのである。システムを作る時、私たちは要素を完全に理解していなくても、各要素の機能が分かれば、それらを組み合わせることで目標物を作成することができる。図7に要素からシステムを作る概念図を示す。

要素をブラックボックス的に捉えることを前提に、シ

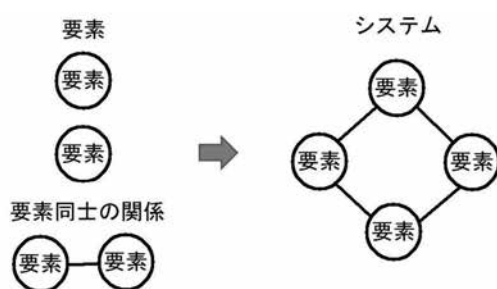


図7 要素からシステムへ

ステムを作るという考え方を変えることにより、学習内容により扱う要素が異なったり、要素を理解することへの難易度が高くなったりしたとしても、設計をすることが可能である。システムの考え方で要素を考えるならば、要素の機能や入力と出力の内容とそれらの関係性さえ把握できれば、要素を組み合わせ、目的を達成できる目標物を作成することができる。これは、今ある材料や機器を用いて問題解決を探るブリコラージュ [15] [16] 的な発想に近い方法で、目標物を作ることに類似している。それは同時に、知識集約度が高い要素を選択、活用しながら、目的達成のために要素を組み合わせ、新しい機能をもった製作品（システム）を生み出すことを意味している。

### Ⅸ. 要素の組み合わせに必要な能力

要素の選択は、要素そのものの性質や物性を知ることによって可能になる。要素が、知識集約度が高い既製品である場合は、その仕組みや機能等を理解することで可能になる。したがって要素の選択は、要素そのものの理解により成り立つ。要素そのものを理解する過程はアナリシスである [8]。また、要素を組み合わせ、システムを構築していくことは、シンセシス [8] [17] [18] である。学んだ知識や技能などを結合して、問題を解決したり、目的を達成したりする際にシンセシスは重要な役割を果たす。シンセシスには、個別に存在する要素を、どのように結合したら良いのか考えを巡らす時間や、何度も組んでは壊すような試行錯誤的な作業が必要となる。その過程において、解決方法に気づいたり、要素の選択を決定したりする思考が生まれる背景には、ヒューリスティック (Heuristics) が関係している [19]。ヒューリスティックは、元々アルキメデスが解決策を閃いた瞬間に叫んだ言葉「ユーリカ (Eureka) !」を語源にしているものであるが [19]、現在は物事を選択する際の経験則 [20] と考えられている。シンセシスでは、要素の知識や機能を把握していることに加えて、それらをどのように結合していけば新しい機能が生まれ、目的を達成できるのかを判断する曖昧な予測が重要な役割を果たす。なぜなら、その曖昧な予測をもとにブリコラージュ的に要素を選択し、組み合わせるといった試行錯誤が始まるからである。この曖昧な予測能力こそが、経験則であったり、アルキメデスの閃きに近いものであったりする。つまりは設計の過程で学習者に生じてくる思考は、ヒューリスティックであるといえる。(同様な発想や推論方法をアブダクション [21] とも言うが、設計には経験則も重要な役割を果たしているため、本論文ではヒューリスティックを用いることとする。)

要素の組み合わせの際に必要なとされるヒューリスティックは、西岡が述べるところの「知識やスキルを関

連づけ総合して得られるような「永続的理解（原理と一般化）」[22] を身に付けさせるためのパフォーマンス課題を考える時に要求される能力と似ている。この能力は、G. ウィギンズらが述べる、知識を活用したり、学習した内容を転移したりすることによって得られる理解[23]、あるいは西岡が述べるような永続的な理解を促すものであるが、確証がない中で生まれてくる曖昧な予測能力である。設計における要素の組み合わせでは、ヒューリスティックにより、試行錯誤を開始し、その過程において要素の関連づけがより確かなものとなり、その結果として成果物が得られる。そこまでの試行錯誤とは、図4の「要素の選択」「要素の組み合わせ」「成果」「性質・性能テスト」を目的達成するまで繰り返すことである。その繰り返しの中で、要素の知識がさらに獲得され、永続的な理解が進み、より確かな予測を伴うヒューリスティックを学習者が発揮するようになって考えられる。ヒューリスティックは、失敗や成功の経験を積み重ねてより確かなものになっていき、シンセシスを加速させる。シンセシスは、今までなかったものを作り出したり、現実的な問題を解決したりする等の創造力が育つところでもあるが、その原動力こそヒューリスティックではないだろうか。ヒューリスティックは、一般的な学習における問題解決場面でも必要とされるが[24]、設計の過程(図4)においてより現実的で具体的な問題解決場面に学習者は遭遇する。そのため、設計の過程において、ヒューリスティックそのものがより確かな予測能力へと進化していくと考えられる。したがって、設計の過程における要素の組み合わせでは、シンセシスにより、自らのヒューリスティックを発揮しながらも予測能力を曖昧なものから確かなものへと進化させていく重要な場面となる。

## X. シンセシスに重点を置く学習へ

ものづくりをシステム構築と捉えることで、材料や部品あるいは既製品などを、単純に要素として捉えるため、要素に対する理解を深めるといよりは、要素の機能を理解することを中心を考えることになる。そのため、知識集約度が高い製品を部品として扱う際、ブラックボックスとして扱うことを是認することになる。その結果、ブラックボックスとしての要素を他の要素と組み合わせることにより、新たな機能を生み出すものを作り上げていく学習が展開される。これは、目的達成のために要素を詳しく理解するよりも、要素を組み合わせ活用するという現実的な学習となる。しかしこの活用こそが、パフォーマンス課題と同様に学習した内容に対する永続的な理解[22]を促す。さらにそれは、要素と要素により構成されているシステムの理解を促進することになる。

また、シンセシスは、アナリシスのような科学的論理的な思考だけでなく、ヒューリスティックのような確証

がないきわめて曖昧な予測に基づき行動したり、作業したりする試行錯誤が多くなる。このような状態の学習は、科学的な学習とは異なり、思いつきによる無秩序な行動のように見える。このような無秩序に見える行動は、参加者がグループ内で思いついたことを発言したり、意見交換したりするブレインストーミング[25][26]の時にも見られる。しかし、ブレインストーミングの参加者には、他人の意見と自分の意見を結合して次第に新たな考えが生まれてくる。ブレインストーミングと同様に、シンセシスではヒューリスティックを発揮しながら、選択した要素と要素を結合し、新たな機能を持ったシステムを生み出す過程なのである。したがって、シンセシスには、現実的で、創造的に解決する発想が生まれる場となるのである。

ものづくりをシステム構築と捉えることで、要素を詳しく理解するアナリシスよりも、要素を組み合わせるシンセシスに重点を置く学習が可能になる。シンセシスに重点を置くことで、現実的に即した創造的な発想を生み易くなり、知識集約度が高い製品に対しても、積極的に要素として選択したり、組み合わせたりするといった実践的な態度や姿勢を学習者に育むことができると考えられる。それは、知識集約度が高いものづくりを実現し、技術の進歩に見合った技術教育が展開できることを意味する。

## XI. まとめ

技術教育におけるものづくりを、知識集約度が高いものづくりに適応するためには、設計を重視した学習を展開することに加えて、知識集約度が高い部品や材料を用いたものづくりを行う必要がある。

設計を重視した学習は、筆者が前著[8]で述べた、小課題の製作から、作品の構想、製図の順に展開する学習方法が有効である。知識集約度が高いものづくりを実現するためには、ものづくりをシステム構築として捉え直すことが有効である。それは、ものづくりをシステム構築という考え方で整理すると、選択する要素がブラックボックスであっても、要素の機能つまりは、入力と出力の内容と関係性や制御方法が理解できれば、要素の選択や要素の組み合わせができるようになるからである。さらに、その時の思考方法は、ヒューリスティックが関係するシンセシスが中心になる。つまりは、知識集約度が高い部品や既製品を要素として扱いながらも、学習者は設計の過程を学ぶことができると言える。

ムーアの法則が示した経験則は、現在も生き続けており、半導体製品は益々小型化、高機能化していくであろう。しかし、小型化、高機能化する半導体部品をはじめ、新しく誕生してくる高度な技術も、システム構築という枠組みで考えるならば、自分が本当に必要とするものを、現在手に入る部品や製品を組み合わせで生み出そうと考

える態度の育成に繋がる。グローバル化した世界 [28] において益々必要とされるのは、より付加価値の高い製品を生み出す独創性 [29] である。技術教育に求められていることは、正に創造力ある児童・生徒および学生を育てることである。

筆者が述べるシステム構築とは、言い換えればシステムづくりである。ものづくりの「もの」を「システム」という言葉に変えて、「システムづくり」という枠で捉えるならば、創造する力を育成する普通教育としての技術教育へと大きく進歩できると考える。尚、筆者は、提案した学習を授業実践により検証していないため、設計にかける時間数と授業全体に関わる時間数を実践に基づいて割り出せていない。そのため、一般の技術科の学習方法と比較して設計に占める時間が実際には多くなると言えるのか検証できていない。加えて、提案する学習が、知識集約度が高いシステムづくりの学習になるのかどうか実証的に示すことに関しても、今後の課題としたい。

## 謝辞

図3は、静岡大学教育学研究科の大学院生青木麟太郎君が作成したものを本人の許可を得て掲載しました。紙面を借りて感謝申し上げます。

## 引用文献

- [1]. 内閣府：主要耐久消費財等の普及率，  
<http://www.esri.cao.go.jp/jp/stat/shouhi/shouhi.html#taikyuu>，(2015.2.4 確認)
- [2]. クレイトン・M・クリステンセン，スコット・D・アンソニー，エリック・A・ロス：イノベーションの最終解，翔泳社，pp.225-254 (2014)
- [3]. 水野雅夫：ゲーテンベルグとムーアの法則，メディアと文化 (4)，pp.177-185 (2008)
- [4]. 佐野正博：Intel 社が開発したマイクロプロセッサの技術的スペックの歴史の変遷 (詳細版)，  
[http://www.sanosemi.com/history\\_of\\_Intel\\_CPU\\_techspecs0.htm](http://www.sanosemi.com/history_of_Intel_CPU_techspecs0.htm)，(2015.3.4 確認)
- [5]. 菅原英州，荒井智次，他：ワンチップマイクロ電源の開発－マイクロ電源パワー密度とムーアの法則－，電子情報通信学会技術研究報告，EE，電子通信エネルギー技術 104 (407)，13-18，(2004)
- [6]. 黒田忠広：総論－システム L S I の可能性と課題－，電子情報通信学会誌 Vol.84 No.8，pp.552-558 (2008)
- [7]. 平瀬潤一：半導体の製造現場の実際データを用いた“ムーアの法則”の検証，日本信頼性学会誌：信頼性 35 (2)，pp.98-105，(2013)
- [8]. 紅林秀治：設計を中核とした技術教育の提案，教科開発学論集 第3号，pp.151-158 (2015)
- [9]. 総務省統計局：変化する産業・職業構造，  
<http://www.stat.go.jp/data/kokusei/2005/sokuhou/03.htm> (2015.2.6 確認)
- [10]. 産業構造審議会：70年代の通商産業政策－産業構造審議会中間答申 (1971年)，大蔵相印刷局，pp.180-186 (1971)
- [11]. 文部科学省：中学校学習指導要領解説 技術・家庭科篇，pp.14-15，教育図書 (2008)
- [12]. 向坊隆：基礎工学概説 岩波講座 基礎工学 0，岩波書店，p.24 (1968)
- [13]. 石橋幸男：電子・情報工学 4 アナログ電子回路，培風館，pp.214-217 (1999)
- [14]. G.pahl 他 (金田徹 他 訳)：エンジニアリングデザイン 工学設計のアプローチ，森北出版，p.16 (2015)
- [15]. クロード・レヴィ＝ストロース：野生の思考，みすず書房，pp.23-41 (1984)
- [16]. Yasmin KAFAL, Mitchel RESNICK: CONSTRUCTINISM IN PRACTICE, LARENCE ERLBAUM ASSOCIATES, pp.73-74 (2008)
- [17]. 富山哲男：設計の理論，岩波書店，pp.19-21 (2002)
- [18]. 大輪武司：技術は何か，オーム社，pp.88-92 (1997)
- [19]. Yasmin KAFAL, Mitchel RESNICK: CONSTRUCTINISM IN PRACTICE LARENCE ERLBAUM ASSOCIATES, p.11 (2008)
- [20]. シーナ・アイエンガー (櫻井祐子 訳)：選択の科学，文春文庫，pp.180-191 (2010)
- [21]. 米盛裕二：アブダクション 仮説と発見の論理，勁草書房，pp.60-66 (2007)
- [22]. 西岡加名恵：逆向き設計で確かな学力を保証する，明治図書，pp.14-17 (2014)
- [23]. G. ウィギンズ, J. マクタイ (西岡加名恵 訳)：理解をもたらすカリキュラム設計－「逆向き設計」の理論と方法，日本標準，pp.51-52 (2014)
- [24]. 平野由貴，紅林秀治：コンストラクショニズムに基づく学習過程の検討，静岡大学教育学部附属教育実践センター紀要 No.22，pp.11-22 (2014)
- [25]. 川喜田二郎：発想法，中公新書，pp.59-64 (1982)
- [26]. 川喜田二郎：続・発想法，中公新書，pp.34-36 (1981)
- [27]. 井戸坂幸男，久野靖，兼宗進：自立型ロボット教材の授業と評価，日本産業技術教育学会誌，第53巻，第1号，pp.9-16 (2011)
- [28]. トーマス・フリードマン：フラット化する世界 上，日本経済新聞社，pp.15-79 (2008)
- [29]. 渡邊正裕：10年後に食える仕事食えない仕事，東洋経済新報社，pp.110-135 (2012)

【連絡先 紅林 秀治  
kurebayashi.shuji@shizuoka.ac.jp】

# A Study to Change Technology Education from Learning by Making to Learning Construction of a System

Shuji KUREBAYASHI

<sup>1</sup>*Academic Institute College of Education, Shizuoka University*

## Abstract

The author propose changing the concept of learning by making to learning the construction of a system. The working population has made the transition from resource-intensive industries to knowledge-based industries through the development of technology. In order to effectively adapt learning by making in technology education to knowledge-based industries, we have to change the basic approach to learning from a work-based to a design-based approach, and the elements used from resource-intensive to knowledge-based. A learning approach that regards making something as a trial model is effective in lessons focused on design, and introducing knowledge-based elements in lessons is effective for students to learn the concept of system, in which students regard the parts as functioning elements and produce a new function by connecting them. Moreover, the concept of system allows teachers to smoothly implement lessons focused on design because the process of design applies an approach to choice and connection of elements. As a result, teachers can begin to use knowledge-based elements in their lessons and create an environment for students to learn technology by learning the concept of system.

## Keywords

Design, Knowledge-based, Resource-intensive