異分野協創エンジニアリングデザインプロジェクトにおける教育効果と実施課題

Educational Effectiveness and Implementation Challenge in Engineering Design Project by Radical Collaboration among People Having Different Expertise and/or Backgrounds

齊 藤 滋 規^{※1}
Shigeki SAITO

This article reports the case of Engineering Design Project since 2015 at Tokyo Institute of Technology as a new challenge of long-term Project-Based-Learning (PBL) for radical collaboration among people having different expertise and/or backgrounds via “Design Thinking” approach. Regarding the Engineering Design Project, the author describes the detail of educational effectiveness and implementation challenge which the teaching team, the author and the colleagues, recognize from the experiences of interaction with students including people from industries. On the basis of these lessons, the author suggests the desired direction of PBL program design for future higher education of engineering students.

Keywords : Engineering Design, Design Thinking, Interdisciplinary Collaboration

キーワード : エンジニアリングデザイン, デザイン思考, 異分野協創

1. はじめに

私たちが生きる現代社会の状況はかつてないほどに変化の激しい局面にある。情報化社会の急激な発展とグローバル化は産業構造の大きな変化をもたらすと考えられ、将来に対する不確実性は非常に高く、10年先、20年先の未来を見通すことは非常に難しい。技術発展の観点からは、各々の専門分野における知識や要求技能は高度化の一途を辿り、専門知識の爆発的増大とその細分化（分断化）によっておこる問題が顕在化している。

インターネットによる知識の共有化、高度専門知識のカプセル化、モジュール化をともなあって、技術による社会課題解決の潜在的な可能性は拡大している。その一方で、現代における社会課題では複数分野の問題が複雑に絡み合っているため、その潜在的な可能性を活かしきれず、人材育成の面でも対応が充分とはいえない状況である。

こうした社会的背景を受けて、理工系における高等教育に期待される役割にも変化の兆しが見られる。必要とされる能力の例として、「特定の分野における高度な専門性を前提とした上で、異分野と協業することのできる能力（知識・技能）」「特定の分野における高い個人能力を前提とした上で、それをチームで活かすための能力（ヒューマンスキル）」「高い課題解決力を前提とした上で、社会の文脈や背景に応じて課題を適切に設定する能力（社会において、高度に問題を俯瞰する能力）」などが挙げられ、従来、重要とされてきた能力を前提としつつ、さら

に「技術と人」、「技術と社会」の接点に関わる高い次元の能力を求められてきている。

この社会的な要請を受け、比較的早い時期から米国スタンフォード大学では、大学院授業としてME310というProject-Based-Learning (PBL) 型の授業を提供し、協力企業をパートナーに迎えた社会接続型のイノベーション教育の世界的な成功事例となっており、その授業モデルを国際的なネットワークに展開している¹⁾。日本においても、東京大学i.school²⁾や慶應大学大学院システムデザイン・マネジメント (SDM) 研究科³⁾を中心に社会接続型のイノベーション教育の先進的な取り組みが徐々に増えてはいるが、高等教育にて普遍的に必要な要素だと認識されるには、未だ時間が必要な状況である。

筆者の所属する東京工業大学では、日本の高等教育現場での新たな取り組みとして、2014年度から2016年度まで、文部科学省グローバルアントレプレナー育成事業 (EDGEプログラム) の一環として、東京工業大学チーム志向越境型アントレプレナー育成プログラム (CBECプログラム) に取り組んできた。

そこで、本稿では、CBECプログラムの中核である異分野協創実践としてのエンジニアリングデザイン授業群における取組を、筆者の既発表著作⁴⁾を補う形で報告し、2016年度末までに得た知見（教育効果および実施課題）を共有することを目的とする。

2. 「デザイン思考」をベースにしたエンジニアリングデザイン授業群

2.1 エンジニアリングデザイン授業群の主目的

授業群の主目的は、「社会的な付加価値創造のため、高

2017年4月24日受付

※1 東京工業大学

表1 エンジニアリングデザイン授業群

	第1クォーター	第2クォーター	第3クォーター	第4クォーター
授業名	デザイン思考基礎	エンジニアリングデザインプロジェクトA	エンジニアリングデザインプロジェクトB	エンジニアリングデザインプロジェクトC
目的	「デザイン思考」の基礎	「デザイン思考」の実践	「デザイン思考」の高度な実践	
参加者	東京工業大学学生，社会人学生	東京工業大学学生，社会人学生，美術系大学生	東京工業大学学生，社会人学生，美術系大学生	
課題	同一課題	同一課題	個別課題（協力企業の参画）	

い専門性を持ち，積極的に異分野と協業できる人材の育成」である．これは，「高度な課題解決能力をともなった高度な課題設定能力を持った人材の育成」と言い換えることができる．

課題解決能力の向上のためには，高度な専門知識と異分野との協業力が鍵であり，課題設定能力の向上のためには，広義のデザインの力が重要となる．このため，授業群では「デザイン思考」（本稿では「観察から洞察を得て，仮説を作り，プロトタイプを作って，それを検証し，試行錯誤を繰り返して改善を重ねながらモノ（製品／サービス）を創り出す思考法」とする）を活用する．これは，新たな価値を創造するためには，ユーザーの潜在的なニーズをとらえ，今存在しない製品・サービスを生み出し，未来のユーザーに届ける姿勢が重要となるからである．

「デザイン思考」は，スタンフォードのデザインスクール，通称，d.schoolを中心に世界的に広がりを見せている思考法であるが，ビジネスにおける事業創造の方法として狭義に捉えられることが多い．その解釈は誤りではないが，本来の「デザイン思考」とは，技術的な研究開発や社会問題解決にも適応されるべき汎用的な思考法であり，異分野協業の共通言語としての役割も大きく，将来にわたる産学連携から産学共創への布石としても大変重要だと考えられる．（d.schoolの創始者の一人，デビッド・ケリー教授は，前出のME310で学んだ内容をもとにデザインコンサルティング会社IDEOを設立・経営し，その経験をベースにd.schoolを設立するに至った．）

2.2 エンジニアリングデザイン授業群の実施詳細

エンジニアリングデザインプロジェクト授業群は，1年間，4クォーター（4四半期）を通じて実施される（表1，筆者は主担当教員）．授業は全て講義と5，6人を1チームとしたグループワークからなるPBL型の授業である．授業は学生が段階を追って，基礎（ホップ），応用（ステップ），発展（ジャンプ）と習熟できるように設計されている．

第1クォーター開講の「デザイン思考基礎」では，「デザイン思考」の基礎的な5つのステップ（「共感（Empathize）」「問題定義（Define）」「アイデア発想（Ideate）」「プロトタイプ（Prototype）」「テスト（Test）」）を学ぶ．例えば，多くの学生は「共感」を学ぶために，実際のフィールドに向かい多くの人にインタビューを行うことを初めて体験する．各グループは，（同一の大テーマのもとに）5つのステップを経験しながら，インサイト（ユーザー自身も言語化できていない，潜在的なニーズに繋

表2 2016年度エンジニアリングデザインプロジェクトB，Cの課題と協力企業

プロジェクト課題	協力企業
上司と部下がお互いに大きな安心感と満足感を持てる在宅勤務の体験を再デザインせよ	SAP
体力・身体能力が低下したシニアりんご農家の農作業体験（栽培・収穫・出荷など）を再デザインせよ	凸版印刷
富士スピードウェイへ向かう自動車愛好家の旅行体験を再デザインせよ	井上電気
危機意識を忘れがちな住民が適切な当事者感覚を長期間維持することのできる防災学習の体験を再デザインせよ	モトローラ
人口減少が進む都市における高齢者の快適な外出体験を再デザインせよ	デンソー
人材確保が難しい廃棄物業界の人事採用プロセスにおける採用担当者の体験を再デザインせよ	ツネイシカムテックス
タイヤ用ゴムを開発する研究者の新しい研究体験を再デザインせよ	日本ゼオン
将来の労働力不足が予測される状況での配送人の快適で効率的な荷積み及び配送の体験を再デザインせよ	NTTデータ

がる心の表現）を獲得し，近未来の製品・サービスを最終発表で提案する．（受講生は，東京工業大学学生および社会人学生）

第2クォーター開講の「エンジニアリングデザインプロジェクトA」では，「デザイン思考」を活用して，製品やサービスをより現実的な実体としてデザインすることを体験する．（この段階まで，各グループは同一の大テーマのもとに活動を行う．受講生は，東京工業大学学生，社会人学生および美術系大学学生）

第3，第4クォーター開講の「エンジニアリングデザインプロジェクトB，C」では，「デザイン思考」を活用して，製品やサービスをより現実的な実体としてデザインし，技術的に実装する．各グループは，それぞれ個別の課題（表2）にチャレンジしていく．課題は協力企業とともに現実社会における問題意識を反映させたものとして設定したものであり，グループごとの個別課題となっている．課題は次の手順にて設定される．1）各協力企業に課題案を出してもらう（複数案の場合も有）．2）課題案をもとに教員チームにて，各協力企業が持つ現実社会における課題意識を共有する．3）課題意識に基づき，教員チームがプロジェクト課題の文案を協力企業に提示する．4）協力企業と教員チームが協議の上，プロ

図2に成果物の一例を挙げる。表2のリストから「将来の労働力不足が予測される状況での配送人の快適で効率的な荷積み及び配送の体験を再デザインせよ」というプロジェクト課題を自らの意思で選択したチームは、「宅配専門のインターホン」(Hi-Phone)というプロダクトのソリューションを提案した。

(上記を含めた8つ全てのグループが課題の本質に迫る様子がレポート、最終発表会スライド、ユーザー体験動画として公開⁵⁾されている)

を創造する際に最も重要なのは、「発想の非連続なジャンプ」であり、工学系の学生にありがちな「現存する世界観を外挿する発想」からはなかなか生まれにくいということが改めて確認された。美術系からはむしろ多くの直観的な着想が出てきて、それがアイデア創造における議論の重要な起点になることが多かった。しかし、アイデアを実装する必要があるプロジェクトにおいては、当然、論理的整合性や実現可能性への視点も欠かせないことを全員が認識するに至った。

(2) インサイト、プロトタイプ的重要性の認識

なぜ、言語化されたインサイトがそんなに重要なのか？ それは、多面的な議論においても、テーマをはさず、更なるアイデアの発展を狙うため、イメージを言語化しておく必要があるからである。今、自分達のチームは、「デザイン思考」のプロセスのどの地点にいるのか？あるいは、アイデアの発散と収束を意識することによって、創造的活動につきものの曖昧さと「ダンス」しながらも、最終着地点をグループメンバーで探ることができるようになるのである。

また、新たな製品・サービスが生み出すべきユーザー体験をシナリオに落とし込む際やアイデア創造での議論において、言葉遊びに陥らないためにプロトタイプすることの重要性への理解も増した。鍵は可視化の技術であり、共通言語としてのスケッチは、ユーザー体験の表現としての優位性を顕著に示し、議論の先へ進む勇氣、不完全であることに対する耐性を与えた。このような要素は、新たな価値を生み出す活動すべてに付随するものであるが、理工系大学の研究活動のみでそれが身につくのは、残念ながら博士後期課程を修了し、博士号の学位を得られる段階であることが多い。

(3) 「新たな価値創造」と「正解」に対する意識の変化

加えて、出自を問わず、多くのグループメンバーが、「新たな価値を生む」ということはどういうことかへの理解を深めたと感じている。当初の「ユーザーリサーチ＝御用聞き」との思い込みから脱却し、「価値創造によって、新たな顧客や市場を創造する」ということに対する実感をともなう理解が進んだものと感じる。本稿での取り組みは、教員も含めた参加者全員にその理解を深めるきっかけを与えてくれた。

教員チーム全員でのチームティーチングによる授業運営も非常に大きな教育効果をもたらした。エンジニアリングデザインプロジェクトでは、主担当である筆者を含め、主に5人の教員全員が全グループを担当している(各2グループに1名の担当教員を配置しているが、授業中や授業外でのフィードバックは全員の守備範囲である。)教員チームは「デザイン思考」の枠組みの理解という意味では、共通言語をもっているが、個別のプロジェクトの個別の場面では、教員の個性に応じた違う意見をフィードバックとして与える。当初、学生からは、「先生によって言うことが違うので、どの意見を取り入れれば良いかわからずに混乱する」という不満も聞かれた。しかし、これは、「教員が学生に正解を教える」という固定概念に基づいた発言であり、新しい価値を創造するプロセスに

おいては、「誰かが教えられる『正解』とは存在しない」ということに気づくことが重要であり、教員のフィードバックについては、その取捨選択も含めて、各グループのメンバーが主体的に行うべきものである。参考までに、d.schoolの創設者の一人、バーナード・ロス教授は自身の著書の中で下記のように述べている⁷⁾。

dスクールでは、チームの教師全員が授業に参加したほうが、学生に豊かな経験を与えられると考えた。同僚のジェイムズ・アダムスはこの形態を絶賛した。「わたしがこのチームティーチングを好きなのは、教師の間で歯に衣着せぬやり取りができるからだ。学生が教授たちの人間性とその世界を理解するいい機会になる」。あいにく、歯に衣着せぬやり取りに関して、同僚のほとんどは彼ほどさばけていない。それでも、一つの教室に複数の観点があれば、学生にとっても教師にとっても、大きな強みになる。

著者らの教員チームも同様な観点を非常に重要視しており、長期にわたって学生にメッセージを発してきたが、伝わるには時間がかかることも経験した。しかし、「決まった『正解』がある」と刷り込まれがちな日本の学生も、長期のプロジェクトで「ユーザーに新たな価値を届ける」ことをゴールにした活動を深く体験することによって、教員チームの伝えたいことを体感するようになることを実感した。

3.2 実践課題

(1) 異なる発想に起因するストレスへの対処

実践課題として、最初に挙げられるのは、異なる発想が故のメンバー間の葛藤が起き、お互いに言葉が通じないストレスが生じる点である。美術系の学生からは、「『頭が良さそう』に聞こえる論理的話し方のため、当初、過剰に議論を引っ張られた」との感想が聞かれた。言葉にならないもどかしさと非言語的価値あるいは感性的価値への無理解も大きなストレスとなったようである。その葛藤の中で多くのことを学ぶとはいえ、そのギャップを埋めるサポートの手法は今後もっと工夫の余地があると考えている。

社会人と学生という対比でも、「現実」を重視する社会人、「現実」を知らない学生という側面が見えたが、「現実」を知ることは本当に強みなのかは疑問の余地がある。なぜなら、技術的実現可能性と心理的制約との違いを明確に認識して主張していない場面も数多くみられたからである。発表のために、形式的に整えたがる習性や、早めに落としどころを探す癖は、社会人の方が多く見られたと感じている。また、特定の分野に詳しいと自負している「現実」を重視する学生がプロジェクトをリードし過ぎてしまったため納得ではなく、妥協を強いられた例もあった。

(2) 協業と分業の違い

また、協業と分業の違いが不可分であることも、時として問題になった。「得意分野での貢献」と「外注化の危険性」は表と裏の関係である。例えば、アイデアの可視化のためのスケッチはメンバー全員が持つべきスキルであるにも関わらず、美術系の学生が「絵を描

く人」に指定されて、アイデア創造の段階から特定のメンバーだけが、スケッチをするという状況が生まれた。もちろん、実装段階である程度分業となるのは自然であるが、作業を分けた後のコミュニケーションが減り、お互いのフィードバックを得ることによって、成果物の質を上げるということが起こりにくかったのが残念であった。

(3) 成績評価や最終発表会のあり方

実施課題として成績評価や成果物の最終発表会のありかたについても述べておかねばならない。長期にわたる個別課題のプロジェクトは本質的に成績評価が難しいものである。グループ評価については、毎回の授業でのフィードバックや最終成果物（最終発表および最終レポート）などを通して、ある程度、（グループとしてどの程度深く学ぶことができたかについて）客観的な視点をもとに行うことが可能である。その一方で、グループ内のメンバーの貢献度などは、教員チームからはうかがい知れない場合もある。このため、成績評価の基準は、グループとして何を学んだかという観点と、個人として何を学んだかという観点を見るために、「プロジェクトを通して具体的な体験とそこから学んだこと」のレポートを中心に評価している。また、最終発表会（図4）は、教員チームによる議論を経て、2016年度よりコンペあるいはコンテスト形式を採らないことを取り決めた。これは、前年度までの取り組みにおける反省をもとに自覚的に判断したものである。その理由は、価値創造の現場で最も大事な感覚である「内側での競争ではなく、外に開かれた世界に対して意識を向ける」ことを、各グループに徹底して欲しいと考えたからである。

コンペやコンテスト形式の効用や副作用については、諸説あるが、少なくとも約半年間を費やして、課題の本質にせまることを学ぶための本授業においては、他のチームと審査員による採点によって、比べられることの効用は、その副作用よりはるかに小さいと判断したためである。再びバーナード・ロス教授の著書より引用する⁸⁾。

積極的に支え合う教師チームがロールモデルとして学生たちの学習環境にいる場合、そして学生たちに自由裁量が与えられている場合、コンテスト方式につき

ものの敗北感や失望感を味わわなくても、学生たちは興奮と責任感を自ら生み出せる。コンテストは一般的に、やる気を引き出すよい機会になると考えられている。それに異論はない。だが、それはコンテストだけではない。dスクールでは、競争ではなく協力から生まれたプロジェクトのプレゼンテーションを通して、学生の意欲を大いに引き出し、大勢の観衆も生み出している。ポジティブな動機づけは、コンテストによる悪影響を被ることなく、コンテストに勝るとも劣らない効果をもたらす。

これまでの経験から教員チームは同様の結論に至った。教育効果をより良いものにするために、「敗北感や失望感」は不要であると考えたためと、新しい価値としての成果物や、その創造のプロセスそのものを特定の審査員が判定することに無理があると考えたためである（本質的には、生み出したものにユーザーが本当にいるかが問題なのであり、審査されるようなものではない）。もちろん、良い成果物を生み出したときに、それがどのような外部評価を受けるのかということについて、グループのメンバーの何人かが興味を持つのは自然なことだと考えている。そのため、最終発表会終了後に、グループの成果を受けて、自分たちの意志で授業外のコンペティションに出場することはむしろ望ましいことと考えている。

(4) 教員養成の問題

長期的な実践課題としては、教員養成の問題が挙げられる。今回のCBECプログラムにおいて、学内・学外から「デザイン思考」を実践した経験のある複数の教員を集められたことは非常に大きな幸運であった。しかし、継続的にこの活動を発展させて、新たな価値創造のための人材ネットワークを形成していくには、「デザイン思考」のマインドセットを体得し、本稿で述べた教育効果や実施課題について深く理解する教員を新たに養成していく必要がある。養成には長い時間と大きなコミットメントが必要であり、教員養成のプログラムを開発する必要に迫られている。

(5) 「デザイン思考」の副作用

最後に、あえて「デザイン思考」の副作用について述べておく。それは、言葉遊びの議論に陥る危険性である。なまじ、「デザイン思考」のワークショップの経験が多いワークショップホッパーの陥る危険性と同一であり、よくできた「絵に描いた餅」を作ってしまう満足してしまうことである。私たちは、（発想の非連続なジャンプによる）アイデアを現実と格闘しながら実装に挑み、「本当にそれは実現可能なのか？」と問いながらも勇気を持って挑み続けることができる人材の育成を目指している。これは、その観点で、最も気をつけたい罠である。

4. おわりに

本稿では、工学系・美術系、学生・社会人をつなぐ新たな「教養」としての、エンジニアリングデザイン授業群の取り組みを紹介した。高度知識社会を迎えるこれからの人材にとって、直面するだろう課題の解決は困難さ

図4 最終発表会での記念撮影

をます一方であるが、それを克服するために必要な資質を得るためのトレーニングとして必要不可欠であることを2016年度までの活動を通して実感した。現在、CBECプログラムでの実践を基礎にして、東京工業大学環境・社会理工学院／工学院エンジニアリングデザインコースの必修選択授業として同授業群が開講されており、コースのホームページに掲載されているビデオにて、活き活きと躍動する学生の姿を確認することができる⁹⁾。また、授業の様子を教員、受講生（学生、社会人）双方の視点からの記事をブログに公開¹⁰⁾しているので、御関心がある方は参照していただき、是非、フィードバック等をいただきたい。

筆者は基礎学力を大前提としながら、同時にこのような授業を通じて、学生の総合的な能力を向上させることができると期待しており、「次世代を活き活きとデザインする」人材を育成するための重要な要素となると確信している。

謝 辞

本稿で紹介した事例の内容の多くは、筆者を含めた担当教員（坂本准教授、角特任講師、竹田特任教授、土方准教授）をはじめとする教員チームを中心に多くの教員や協力者によって創られたものであり、関係者に深く感謝致します。また、協力企業8社の皆さまへは、あらためて感謝の意を表します。皆さまの御協力がなければ、このような機会を創ることはできませんでした。

参 考 文 献

- 1) T. Carleton and L. Leifer: "Stanford's ME310 Course as an Evolution of Engineering Design" In Proceedings of the 19th CIRP Design Conference -Competitive Design, pp.547-554, 2009

- 2) 堀井秀之: 東京大学i.schoolにおけるイノベーション教育の試み, 工学教育, 63-1, pp.37-42, 2015
- 3) 前野隆司: システム×デザイン教育の創造と実践, 工学教育, 63-1, pp.43-47, 2015
- 4) 齊藤滋規: 理工系大学の授業革新, 現代の高等教育, 582, pp.31-35, 2016
- 5) 2016年度「エンジニアリングデザインプロジェクトB/C」成果物公開ページ, <https://goo.gl/n8CIHn>
- 6) 野原佳代子, 川野江里子: サイエンス&アート/デザインを利用した理工系人材のための創造性教育, 工学教育, 63-1, pp.88-94, 2015
- 7) バーナード・ロス: スタンフォード大学dスクール人生をデザインする目標達成の習慣, 第7章「集団の習慣」, “チームで作業する”, 講談社, 2017
- 8) バーナード・ロス: スタンフォード大学dスクール人生をデザインする目標達成の習慣, 第7章「集団の習慣」, “競争を最小限に抑える”, 講談社, 2017
- 9) 東京工業大学エンジニアリングデザインコースホームページ, <http://www.esd.titech.ac.jp/>
- 10) 東京工業大学エンジニアリングデザインプロジェクトブログページ, <https://goo.gl/yxb9mN>

.....

著 者 紹 介

齊藤 滋規
東京工業大学環境・社会理工学院融合理工学系エンジニアリングデザインコース准教授。博士（工学）
1998年東京大学大学院先端学際工学専攻博士課程修了。
日本機械学会、精密工学会、日本ロボット学会、日本認知科学会所属