

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 22 日現在

機関番号：32613

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K00927

研究課題名(和文)単科大学アライアンス型による文理融合型設計教育の実現

研究課題名(英文)Implementation of interdisciplinary engineering design education based on institute and college alliance.

研究代表者

見崎 大悟 (Misaki, Daigo)

工学院大学・工学部・准教授

研究者番号：00361832

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、デザイン思考を活用した学際融合型の設計教育について調査をおこない、デザイン教育の評価方法、効果的な設備と教育手法およびそれらを実施するための組織的な取り組みについて分析・提案をおこなった。
研究結果として、提案手法により設計教育に参加する学生の設計プロセスの改善がみられ、研究目的であったニーズと技術に基づく設計が可能なエンジニアの育成に関する教育を実施する教育という視点から手法の提案・評価をおこないその有効性を確認した。

研究成果の概要(英文)：In this research, we investigated and proposed an interdisciplinary engineering design education using design thinking, evaluation method of design process method and effective educational facilities. In addition, we proposed the organizational effort and structure that is necessary to implement novel engineering education for Japanese higher education. As a result of this research, we proposed interdisciplinary design program for engineering student and confirmed enough evidence of effectiveness.

研究分野：設計工学

キーワード：設計教育 学際融合教育 デザイン思考 イノベーション プロトタイピング 創造教育 PBL デザイン研究

1. 研究開始当初の背景

クリスアンダーソンは著書 "MAKERS" の中で、デジタル生産技術を用いたものづくりについて 21 世紀の産業革命であると述べている。工業社会が誕生した 18 世紀後半の産業革命では大量生産および大量消費を目指して工業製品の設計生産おこなわれてきた一方で、この産業革命では、3Dプリンタなどをもちいて個人による、少品種、少量生産のものづくりが可能となることが予想されている。研究代表者らは設計工学会において、設計教育についての研究・分析をおこなっており、機械工学分野における設計教育が手書き設計製図の時代から 3DCAD の教育設計教育への変化と対応をこれまで議論してきた。パーソナルファブ리케이션に代表される技術革新は、これまでの変化以上に製造業や大学での設計教育に対して大きな影響をあたえる可能性が十分にあり、現在の小学生の 65% は今ない職業に就くともいわれている。しかし、時代の変化に対応した機械工学分野での設計教育について調査・研究は十分におこなわれておらず、早急に取り組む課題である。

2. 研究の目的

図 1 に示すように 90 年代におこった計算機技術の変化によりおこった産業・教育の大きな変化を参考にし、ものづくりの新しい時代の変革に備えた、理工系大学での設計教育についての調査検討をおこなう。具体的には、ものづくりの技術と理工系の専門教育だけではなく、文理融合型の設計教育の実施により技術力 + ニーズ発見力をもったエンジニアを育成する設計教育のプログラムを提案し、複数の専門知識の組み合わせで技術革新が飽和状態の中新しい概念を生み出す技術者を教育する手法を研究する。

計算技術のながれ

- ▶ (1) 専門家の世界
ダビンチ、ガリレオ
- ▶ (2) 計算機の導入
利用者：専門家
- ▶ (3) パーソナル・コンピュータ
利用者：個人

ものづくりのながれ

- ▶ (1) 専門家の世界
熟練職人
- ▶ (2) CAD / CAM / CAE
利用者：専門家
- ▶ (3) パーソナル・ファブ리케이션
利用者：個人 (市民)

図 1 計算および設計のパーソナル化

3. 研究の方法

本研究は、下記の 3 つのプロセスに分かれて実施した。

- (1) 事例調査およびニーズ分析：国内外の教育事例の分析および産業界における設計プロセスについての問題点を明らかにした。
- (2) アライアンス型の設計教育の構築：事前調査で得られた知見を基にして、単科系大学の研究室（主には理系 4 年生）、ゼミ（文系 3・4 年生）が集まり議論をして設計をするプロジェクトの環境を構築する。環境構築

とは、デジタル工作機械やディスカッションボードといったハード的なものと、学生が集まってプロジェクトを進めるためのモチベーションをどのように維持するのかといったソフト的な面について検討をおこなった。

(3) カリキュラム化への検討：実施した枠組みを一時期のプロジェクト的なものでなく、大学の教育として取り組むためには、恒久的なカリキュラムとしてどのように続けていくのが最適であるのかを検討をおこなった。

4. 研究成果

(1) 事例調査およびニーズ分析：

初年度は、スタンフォード大学の Stanford Center for Design Research の Design X グループに所属をし、本研究プロジェクトに関して、下記の事例調査およびニーズ分析をおこない、設計教育に関連する主要な項目について調査をおこない以下の結果を得た。本研究の研究タイトルでは、“設計教育” という単語をもちいているが、以下では、英語の “Design” と意味に関連する領域をデザイン、日本語の設計に関連する “Engineering Design” の領域を “工学設計” と表記して使い分ける。

デザイン教育および研究

研究協力者の Larry Leifer 教授からのデザイン（デザイン教育）は文脈が重要であるとのアドバイスにより、事例調査はスタンフォードの大学が分野融合教育に力を入れている理由について、スタンフォード大学およびスタンフォード大学の機械工学科教育の歴史についてから考察をおこなった。

スタンフォード大学は、“突出した才能の尖塔づくり” の考えに基づく最先端の技術を中心とした工学教育に加えて、1950 年代後半からはじまったデザイン教育に力をいれはじめている。スタンフォード大学のデザイン教育は、MIT の創造工学研究室から John E. Arnold 教授をスタンフォード大学の機械工学科に招聘したことがはじまりである。Arnold 教授はスタンフォードに来てから短い期間で没してしまうのであるが、その弟子である Robert McKim 教授をはじめとした機械工学科の先生方は、デザイン教育に懐疑的な他の工学系の教員をうまく説得しながら、60 年にわたって、Creative Engineering や Human centered design の考え方のもと、ME101 (Visual Thinking) や ME310 (Engineering Design Entrepreneurship and Innovation) などの講義をはじめとして、機械工学科と学内の他の学科の分野と融合をしながら、デザイン教育の実施、人材育成をおこなってきた。長い間、スタンフォード大学の中で異端の存在であったデザイン教育は、徐々に正統派の地位を築いていき Stanford biodesign や d.school などでデザイン教育の考え方が積極的に使われるようになり、イノベーションの聖地と呼ばれるシリコンバレーへ多数の人材供給として重要な

役割を占めている。

CDR(Center for design Research) は、アップルコンピュータや東芝などの支援により、1984年にLarry Leifer教授によって設立されたスタンフォード大学のデザインに関する研究機関である。現在、CDRは、デザインの基礎研究だけでなく、ロボット、リハビリ技術、工学設計教育、STEM教育、ビジネスイノベーションなどさまざまな研究テーマに取り組んでいる。

CDRのデザイン研究は、デザインチームの行動・成果、メンバー同士のコミュニケーション、知識の習得・再利用などについて、研究・論文発表をおこなっている。主な研究手法としては、CDRの教員や研究者が運営に関わっているME310や、その他のスタンフォード大学のPBL形式のデザイン教育を、“デザインのシミュレーション環境”として活用し、デザインに関する理論の実践・検証することであり、デザイン教育に関連して多数のPhDを輩出している。

1967年にME201からはじまった実践形式の工学設計の講義は、CDRなどの研究知見に基づき、ME310の現在の講義は、分野融合やグローバルなメンバーで講義が実施されており、この時のチームメンバー間で意見の対立についても重要な研究テーマになっている。

“What is it that designers do when designers do design?”を実証することが、CDRの研究のゴールであり、ここで得られた知見は、全学レベルでのスタンフォード大学のデザイン教育の講義への反映だけでなく、全米の大学のデザイン教育や企業におけるサービスや製品デザインやプロセスに対しても大きな影響をあたえている。

以上の事例調査に基づき、デザイン教育に関するニーズとその評価についての知見をまとめた。

デザイン教育手法

デザイン教育において重要な考え方はHuman centered designであり、その習得には、講義に加えて実技形式の講義の実施が必須である。スタンフォード大学では、前節で示した背景により、学部教育より全学的にデザイン教育に力を入れている。学部生向けのデザイン教育であるME101のクラスは、Robert McKim教授から始まり、d.schoolのDavid Kelly教授などが担当されていた講義である。講義とその宿題で、デザインプロジェクト0からはじまり、デザインプロジェクト3までの4つの課題をこなすことで、デザインに必要な観察、共感からはじまるデザイン思考の基礎を学ぶことができる。参加学生は、機械工学のデザイン専攻の学生が半分、残りは学内のさまざまな学部からの参加者であり、分野融合のチームとプロトタイピングによる実践により、デザインの基礎を学ぶことができる。また、分野が融合するチーム

とはどのようなものであるのかを、理解するために、チームワークやチームビルディングについても、講義や実技がおこなわれていた。学部の教育では、全学的なデザイン教育の基礎がME101であり、その応用としては、キャップストーンと呼ばれる学部の総仕上げとして実践的な教育をおこなうクラスでも同様に、デザイン思考やデザイン教育の考え方が活用されていた。例としては、BIOE141というバイオメディカルの学部のキャップストーンクラスでは、ユーザのニーズに基づく医療器具のデザインを学ぶ講義が設置されていた。

大学院レベルの学際融合教育では、SAPの創業者のHasso Plattner氏の支援を受けて2004年に設立されたd.schoolと呼ばれる学内の教育施設に、学内の各専攻から、ビジネスや工学、社会科学、医学などさまざまな分野をもった学生があつまり、数人からなるチームを作り、デザイン思考をもちいたプロジェクトによる教育が実施される。

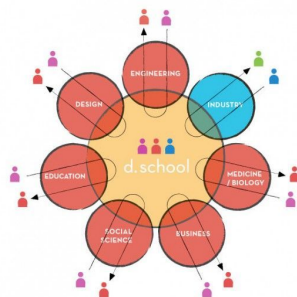


図2 d.schoolモデル (引用:d.school)

図2は、d.schoolのradical collaboration分野融合による教育方法を表す代表的なものであり、日本でもよく知られている図である。CDRの研究者はこの図をd.schoolモデル呼んでいるおり、その理由は学際融合のd.schoolの講義に注目するだけでなく、学際融合の考え方を、各専攻にもちかえってさらに、専門分野を活かした研究やプロジェクトに取り組む点が重要であるといえる。専門的な知識学んだI型人材が専門知識に加えて幅広い知識をもつT型人材に学生が進化するミッシングリングを埋める役割をもっているとの考えがデザイン教育のベースにあり、最終的なゴールは、専門性を生かしたデザインによる課題発見および解決ということになる。

以上のデザイン教育は、スタンフォードの位置するシリコンバレーやアメリカ西海岸の文化の文脈を包括するものであり、日本を含めた他の文化での教育手法には修正が必要であると考えられるが、本研究の研究成果としては、スタンフォード大学のデザイン教育が必要とする要素を包括したデザイン教育プログラムを提案した。

大学運営手法

イノベーションに関する世界ランキングで常に上位に位置するスタンフォード大学の強みは、コラボレーションの力であると多くの教授が述べている。Stanford Interdisciplinary というホームページは、学生向けおよび研究者向けの学際融合の事例および、学際融合に関する支援について紹介している。

主には、教育についての学際融合の取り組みについて調査を実施し、教員の講義作成を支援する FD の取り組みなどについて調査をおこない、教育を支援する Vice Provost for Teaching and Learning の役割や意味について調査結果をまとめた。その結果のひとつは、教育・研究とも学際融合の取り組みは、不確実性の要素が強いため、デザイン思考のプロセスでもちいられる教育のプロトタイピングの考え方が活用されている点が重要であった点である。

(2) アライアンス型の設計教育の構築 プロトタイピング環境

プロトタイプ環境の設定は、FabLab が推奨する設備であるレーザーカッターや 3D プリンタを、これまでの研究室の設備に加えて研究室内に設置をした。工学系の大学では、安価なものから高価なものまで一般的な工作器具は設置してあることが多いが研究室で関係者はいつでも自由に利用できることでプロトタイピングの回数が増加した。

設計案を分野融合で共有をおこなうために、Autodesk 社の Fusion360 を導入して、ソリッドモデルとサーフェスモデルでのデザイン教育の講義教材を作成し、分野融合の教材として活用をおこなった。ソリッドモデルは工学分野、サーフェスモデルはデザイン分野で活用される CAD のデータ形式であり、両者を利用できる環境を用意することで、学際融合の効果が確認できた。

FabLab の考え方は、“自分たちの使うものを使う人自身がつくる文化”であり一人称の設計思想であり、つくりたいものをよりよく作れる環境が重要である。

一方で、スタンフォード大学のデザイン教育では、例えば 1 年間の PBL カリキュラムでは、20 から 30 回プロトタイピングをおこなっており、課題の発見のためのアイディエーションプロセスでのプロトタイピングである。そのため、low-resolution prototyping と呼ばれる、図工や工作の授業などで伝統的に利用されている材料もあわせて教材として導入することで、プロトタイピングがより効果的におこなわれていることが確認された。また、すべてのデザインは、Re-Design という考え方で、過去の設計を参照することが新しい設計に影響をあたえるという研究報告がされている。そのため、プロトタイピング環境に、設計図や過去のデザインの展示をおこなった。

ワークショップのデザイン

事前の予備実験や研究計画では、ものづくりの“場”が分野融合をうながすものであると考えていた。そのため、デザイン教育のワークショップでは作るプロセスに焦点をあて、分野融合は自然発生的なメカニズムに任せていた。

一方で、調査したスタンフォード大学の学際融合の設計教育という観点で考えると、ワークショップの課題は、Human Centered Design によるユーザーの課題の発見および解決型であり、まずは課題発見に焦点をあてたワークショップのワークショップや教育プログラムの提案をおこなった。

提案した教育プログラムは、Human Centered Design の考え方を学ぶために 4 から 5 人からなるチームを作り、チームビルディングを行うことから始まり、ユーザーへの共感、アイデアの発散・収束、プロトタイピング、テストなどの要素が含まれている。また、ワークショップを効果的に行うためには、ファシリテータの育成が重要であり、open-ended の質問を適切に学生に与える方法、システム工学のアプローチにより、決定した課題をどのように工学的な手法を用いて解決するなどかを教えるための教材をまとめた。

文理融合

文系理系という分類は国外の教育では一般的ではないために、ここでは、工学と非工学、もしくは、工学とデザイン（アート）の分野の学生の融合教育について調査およびその融合性を検証した。学生にプロジェクト形式の課題に取り組む学生のアクティビティや最終設計案の分析をおこない評価をおこなった。最初の問題設定としては、文理融合がない場合のプロジェクトの評価であり、学部一年時から、大学院生までの年度ごとのプロジェクト課題について評価をおこなった。その結果、専門性の取得とアイデアの発散は逆比例の関係があり、専門性のバイアスが Human Centered Design やデザイン思考のプロセスを考える上で障害になっていることがわかった。また、その障害を取り除く上で、文理融合チームがどのように機能しているのかを、同じく文理融合チームのプロジェクトのプロセスの分析と、インタビューにより分析をおこない、文理融合チームが設計におけるバイアスを取り除き、ユーザーズを考慮して設計をおこなっている現象があることを確認した。

(3) カリキュラム化への検討

分野融合教育に導入している大学・大学院は、日本国内でも非常に数が増加をしてきているが、d.school モデルに代表されるような、異なった専攻や経験をもった学生がチームを作ることからデザインを学ぶ学科や専攻を横断するカリキュラムの作成は簡単ではない。この点について、異なる専攻が融合す

るカリキュラムのデザイン方法と分野融合方式の設計教育の効果的な導入方法について調査をおこない、下記の検討をおこなった。

当初の計画では、既存の組織（学科や学部など）が融合をして、設計教育をおこなうことを目的としていたが、一般的には既存のカリキュラムを大きくかえることは困難である。これは、組織におけるイノベーション創出の分野でも多くの研究発表や仕組みが提案されていた。Sam Yen らの提案する、Foster Innovation Culture では、人、プロセス、場所が重要であるとされており、デザインプロジェクトを分野融合の学生で実施するには、本体とは切り離れた“場所”が重要となり、スタンフォード大学では、各専攻とは独立した組織を活用して融合教育をおこなっている。

また、部分的に採用された融合教育を全学的に広げていく枠組みについては、トップのコミットとボトムアップの文化浸透がデザイン思考活用、独立した教育・研究組織（出島）を設置し、本体（学部・専攻）とさまざまな階層での連携、教育に関する出島の形成が必要であるとの結論を、スタンフォード大学の各専攻と d.school の関係などを例としてモデルを示した。

単科大での融合については、フィンランド Aalto university のように最終的には、組織自身が合併をして分野融合のカリキュラムを構築するモデルがあるが、まずは、スタンフォード大学の ME310 のように、既存の機械分野の設計カリキュラムに、産学連携の支援を得ながら、デザインやビジネス分野の大学と連携をし、カリキュラム化をおこなっていくプロセスの案を示した。

以上の研究成果は、研究論文として発表すると同時に、研究テーマをより幅広く広げるために、ワークショップの実施や教育機関への FD の教育で発表をおこなった。

5. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計7件)

見崎大悟, スタンフォード大学の分野融合 PBL 教育と Center for Design Research に学ぶエンジニアリング・デザイン教育に関する研究的アプローチ, 第12回ワークショップ「エンジニアリング・デザイン教育, 公益社団法人 日本工学教育協会, 2018

諸田翔, 坂口拓弥, 見崎大悟, 作業支援のためのマルチモーダルインタフェースシステムに関する研究, 動的画像処理実用化ワークショップ, 2017

Akito Sekiguchi and Daigo Misaki, Project collaboration between art and science students as a venue for engineering design education, TSME-ICoME 2017 The 8th Thai Society of Mechanical Engineers, International

Conference on Mechanical Engineering, 2017

Hiroyuki Momoki and Daigo Misaki, Study of 3D-printed robot with mobility, TSME-ICoME 2017 The 8th Thai Society of Mechanical Engineers, International Conference on Mechanical Engineering, 2017

見崎大悟, 千菊岳志, イノベティブな教育を実践するための組織構造に関する事例報, イノベーション教育学会第5回年次大会, 優秀ポスター賞, 2017, 諸田翔, 坂口拓弥, 見崎大悟, バイノーラルマイクと HMD を用いた高臨場テレグジスタンスロボットの開発, 第八回多感覚研究会, 2016

〔その他〕

見崎大悟, デザイン思考をもちいたワークショップ, 東京経済大学, 都立戸山高校 (2016/12/20), 他3件

見崎大悟, 工学教育とデザイン思考の融合, 工学院大学技術士会の講演会, 2016/12/6

見崎大悟, "Center for Design Research (CDR) @ Stanford University"における海外研修報告, 第74回マイクロ/ナノシステム研究専門委員会 講演, 2016/8/12

見崎大悟, スタンフォード大学におけるデザイン思考と人間中心設計の教育・研究について, 日本人間工学会 感性情報処理・官能評価部会講演会, 2016/7/16

Daigo Misaki, Lab Meeting Talk, "My Design research at CDR," DesignX Lab, Center for Design Research, Department of Mechanical Engineering, Stanford University, 2015/12/15 (USA)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

見崎 大悟 (MISAKI DAIGO)

工学院大学・工学部・准教授

研究者番号: 00361832

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし

(4) 研究協力者

福田 収一 (東京都立科技大名誉教授: 設計工学・協調工学)

Larry Leifer (Professor, Mechanical Engineering Stanford University: Design engineering education)

田中謙二 (BBT 大学経営学部兼任講師: 弁理士, 知的財産)

文理融合教育協力教員: 柳瀬典由 (東京理科大): リスクマネジメント, 小島 喜一郎 (東京経済大学): 知的財産, 森岡耕作: マーケティング他 (東京経済大学)