

令和 6 年 6 月 21 日現在

機関番号：32613

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K03213

研究課題名（和文）工学教育におけるデザイン学習達成度の定量的・定性的評価手法の提案および検証

研究課題名（英文）Proposal and Verification of Quantitative and Qualitative Evaluation Methods for Design Learning Achievement in Engineering Education

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） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、工学教育におけるデザイン学習の評価手法を提案し、検証した。コロナ禍においてオンラインでデザイン教育やプロジェクトを実施し、被験者である学生の生体データや会話内容を分析した。提案手法による分析の結果、現在のデザイン教育では短期的に学生の共感性が向上する一方で、長期的な共感性が不足していることが判明した。この結果を基に、より実感を持てる体験システムの研究を進め、工学とデザイン教育の融合による新しいエンジニア育成の基礎データを得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、工学教育とデザイン教育の融合による新たな教育手法を提案し、その有効性を実証することを目的としている。社会的には、COVID-19パンデミックにおけるオンライン教育の普及を背景に、オンライン環境での学習効果やストレス評価の手法を開発し、これにより多様な教育環境での教育効果を向上させる可能性がある。学術的には、デザイン思考を取り入れた教育カリキュラムの構築とその評価手法を確立し、学生の共感性やクリエイティビティの向上に寄与する。さらに、AIやICTを活用した評価システムの精度向上を目指し、教育工学および生理心理学の分野で新たなアプローチを提供する。

研究成果の概要（英文）：This study proposed and verified evaluation methods for design learning in engineering education. Amid the COVID-19 pandemic, we conducted online design education and projects, analyzing the biometric data and conversation content of the student subjects. The analysis using the proposed methods revealed that, while current design education improves students' empathy in the short term, it lacks long-term empathy development. Based on these results, we advanced research into experiential systems that provide a stronger sense of reality, obtaining fundamental data for the development of engineers through the integration of engineering and design education.

研究分野：工学教育

キーワード：工学教育 デザイン教育 デザイン思考 オンライン教育 ストレス評価 共感性 生体データ AIおよびICT活用

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

“Design”を研究し、その成果に基づいて適切な教育を行うことは、社会や国家にとって極めて重要なことである。デザインに関する初期の教育研究は、ヴァルター・グロピウスによる1919年に誕生したバウハウスの教育理論の提案と実践である。車輪型のバウハウスのカリキュラムは、理論と実践をそれぞれの専門家(マイスター)から学ぶことで、新しい機械の開発や産業構造の変化に対応する人材を育成しており、学術的にはデザイン史や芸術教育として関連研究が行われている。

クリエイティビティに注目した戦後の代表的なデザイン教育研究は、MITの創造工学科のジョン・アーノルドによるものである。アーノルドが掲げる「教育は厳粛であり、ひたむきに努力すべきであるが、創造性を促進する哲学を持ち続けてほしい」という教育理念を反映した「Arcturus Case Study」と呼ばれる授業では、宇宙人向けの商品開発の講義を行っていた。その後、アーノルドはStanford大学の機械工学科に招かれ、大学のデザイン教育やLarry Leifer教授らによるCenter for Design Researchのデザインに関する基礎研究やd.schoolでの教育へと発展した。

日本のデザイン研究は、吉川弘之による一般設計学などに代表され、設計要求から解を導出するプロセスを形式的に記述する手法について学術的に研究されており、その知見は多くの日本の工学教育の基礎となっている。一方、日本の美術・芸術分野のデザインについては、多くの場合がデザインではなくアートの教育を意味しており、学術的な研究は多くない。現在、高等教育に求められていることは、問題の存在がわからない中から問題を見つけて、その問題を解決する手法を実施できる人材の育成である。自己表現のためのアートの教育も重要であるが、工学教育とデザイン教育との融合によるデザイン能力を持ったエンジニアの育成に関する基礎研究の実施が急務である。

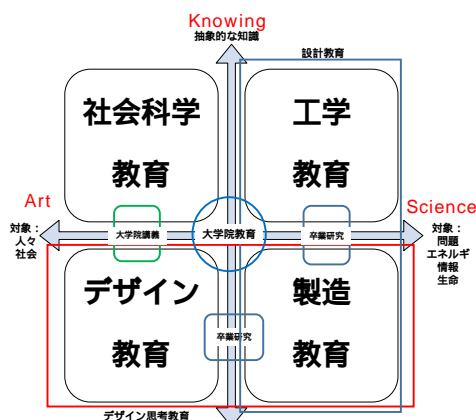


図1 研究代表者が提案する高等教育におけるデザイン教育の位置づけ(デザイン教育は工学教育とは対極に位置し、工学教育への導入では講義やカリキュラムの設計に注意が必要である)

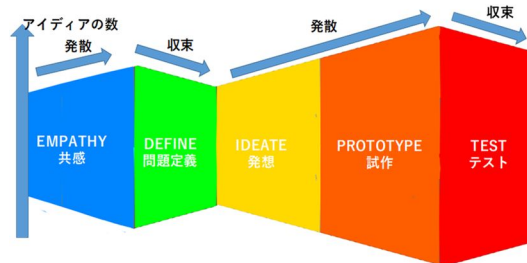


図2 デザイン思考の基本的なプロセス(見崎らの研究によると、これまでの基本的機械工学の教育を受けた学生は、デザイン思考の発散と収束のプロセスにおいて十分な発散をおこなうことが簡単ではない傾向にある)

2. 研究の目的

本研究では、デザイン教育に関する以下の3点を明らかにする。(1) 研究代表者が提案する図1に示す高等教育での教育内容の分類について、近年その重要性が述べられているデザイン教育を起点とした工学教育に関して、適切なカリキュラム作成および評価手法の提案を行う。(2) 図2に示すプロセスに基づくアイデアの発散と収束による教育をカリキュラムに取り入れることは、多様性を持ったチームによる実践型のPBL教育が重要である。PBLを通じて学際融合のチームによる学習の方法および効果を検証する。(3) 上記の教育方法をより継続的かつ多くの教育機関で利用可能にするため、AIやICTを用いた効果的な学習評価方法および教育支援方法について提案・検証を行う。

3. 研究の方法

本研究では工学教育の中でも特に、これまで工学部機械系で実施されてきた一般的な設計教育にデザイン教育を取り組むことによる学習効果およびその実施の適切なカリキュラム構成とその定量的かつ定性的な評価方法について明らかにする。提案する理論と実践アートとサイエンスとを融合した工学教育の実施にあたって、チーム構成の多様性の有無によるチーム学習のアイデアの発散と収束のプロセスが有効に機能をしているのか検証をおこなう。具体的に

は、これまでの研究でおこなわれている学生からのアンケート評価や最終成果物の評価などの定性的な手法に加えて、デザイン課題をおこなう学生の動画をもちいた動作解析をおこなう。また、これまでの研究で特に日本の学生は異なる分野でのチームメンバー間でストレスを感じているとの結果が課題としてあげられており、今回はそのタイミングと改善方法を、図3に示す生体情報をもちいたストレスプロファイルなどを用いて明らかにしチームによるデザイン教育による学習の有効性について明らかにする。最終的にはデザインを取り入れた工学教育を実現する仕組みを構築・実践し、日本で必要とされているイノベーションを創造する人材を育成する工学教育の“最適解”を明らかにする。



図3 生体情報を用いたデザイナー同士のインタラクションの解析(生体信号によりストレスプロファイルなどの状態を抽出する)

2020年度がスタートしてコロナ禍によりオンライン講義を中心にデザインに関する講義がおこなわれたため、本研究に関しても、まずはオンラインでの特徴を生かして研究成果の修正をおこなった。最初の2年間はオンラインの環境下での実験を実施し、その後はオンラインでの環境下での実験をおこない、最終的には1年実験期間を延期して対面での環境における研究を実施した。

4. 研究成果

ウェアラブル端末を用いたオンライン教育におけるストレス評価の提案

COVID-19 パンデミックにより、オンライン教育が急速に普及したが、オンラインコミュニケーションによるストレス評価が課題となっている。本研究では、工学院大学のチームベースの授業を対象に、オンライン教育におけるストレス反応を客観的に評価するためにウェアラブルデバイスを使用した。具体的には、皮膚電気活動(EDA)を測定し、独りで作業する場合とオンラインで他者と会話する場合のストレスレベルを比較した。使用した測定機器はEmpatica社製のE4リストバンドであり、このデバイスは手軽に装着でき、データをCSV形式で収集・解析できる特徴がある。被験者は30分間の創造的作業を行い、その間に独り作業とオンライン会話の2つのケースでEDAを測定した。実験結果から、独りで作業する場合と比較して、オンラインで他者と会話する場合には皮膚電気活動(EDA)の短期的な反応が顕著に活発になることが確認された。特に、 $3\mu S$ 以上の皮膚電気反応の頻度が20倍近く増加した。この結果は、オンライン教育におけるストレス評価の重要な要素であり、コミュニケーションの障壁を客観的に評価する方法としてEDAが有効であることを示している。また、オンラインでの会話中には笑いや眉の動きなど心理的变化も観察され、これがEDAの反応に影響を与えていることが示唆された。今後の課題としては、被験者数を増やし、多様な環境での実験を行うことで、オンライン教育の改善に寄与する具体的な対策を検討する必要がある。この研究は、オンライン教育の設計において重要な示唆を提供し、教育工学や生理心理学の分野での新たなアプローチを提案するものである。

ファシリテータ支援を目的としたオンライン対話の分析と評価

本研究では、ファシリテータ教育を支援するため、オンラインディスカッションにおけるファシリテーション効果を音声ピッチで評価する方法を採用した。ファシリテータが議論を活性化させるために自由型質問手法(Opened Question, OQ)を使用し、参加者の発言やアイデア創出を促進した。実験は工学院大学の男子学生9名を対象に3人1グループに分け、それぞれ2回のディスカッションを行った。テーマは「遅刻をしないためにはどうするか」と「研究室を心地よい場にするためにはどうするか」で、約15分間のディスカッションが実施された。さらに、ファシリテータが素顔で参加する場合とZoomのバーチャルアバター機能を使用する場合の2パターンを比較した。ディスカッションの活性化指標として、音声ピッチ(基本周波数、F0)を用い、参加者の対話の活性化度を評価した。これにより、音声ピッチの最大値、最小値、ダイナミックレンジ、平均値を分析した。実験結果から、自由型質問手法(OQ)を用いることでディスカッションの活性化が高まり、発言の抑揚や参加者のアイデア創出が促進されることが確認された。OQを使用したグループは、使用しなかったグループよりも対話が活発であると評価された。また、素顔での参加とバーチャルアバターでの参加を比較した結果、音声ピッチには有意な差が

見られなかったものの、アンケート調査ではアバターを使用したディスカッションの方が評価が高く、主体的な発言が多かったことが確認された。音声ピッチを用いたファシリテーション効果の評価は有用であり、特に高い音声ピッチは対話の活性度が高いことを示唆した。今後、さらに多くのサンプルを用いて、ファシリテーターのストレス値や対面会話との比較など、多角的な分析が必要であると考えられる。OQ やアバターを活用することで、工学教育における効果的なアクティブラーニングの実践と評価が期待される。

多様性体験をもちいたデザイン教育の提案と効果の検証

本研究は、デザイン教育における多様な経験がプロダクトデザインに与える影響を調査した。日本の学生にとって関連性の高いマイノリティ問題として利き手を取り上げ、人間中心設計プロセス（HCD）におけるマイノリティ体験を組み込むことを提案した。HCD はユーザーのニーズに焦点を当て、使いやすさを向上させるためのプロセスである。本研究では、マイノリティ体験を導入することでユーザーの理解を深め、製品やサービスにおける不平等を解消することを目指した。実験は2段階で行った。基本実験では、利き手の違いを加速度センサーを用いて測定した。4名の参加者（左利き2名、右利き2名）が文字を書いたりイラストをなぞったりするタスクを行い、その間の三軸加速度を測定した。また、利き手と非利き手でハサミを使用する際の違いを観察した。6名の参加者（左利き3名、右利き3名）が円やハート、矢印の形を切り取り、その使いやすさについて回答した。検証実験では、デザイン工学のコースに在籍する35名の学生を対象に、異なる視点を体験することがデザインプロセスに与える影響を観察した。参加者は、右利き用、両利き用、左利き用、および子供用の右利き用ハサミを使用する4つのグループに分けられた。新しいハサミを用いて形を切り取り、最終的なデザインプロジェクトの課題として比較した。実験結果から、利き手で文字を書く際の加速度変化がイラストをなぞる際よりも顕著であり、左利きの個体は右利きの個体よりも大きな加速度変動を示した。ハサミを使用するタスクでは、利き手での操作が非利き手での操作よりも時間が短く、精度も高いことが確認された。ハサミの使用感についてのアンケートでは、利き手用ハサミの方が使いやすいと感じる参加者が多く、特に非利き手で使用する際には混乱を感じる人が多いと報告された。さらに、マイノリティ体験がデザインプロポーザルに与える影響については、機能的なコメントが増加し、感情的なコメントが減少する傾向が見られた。ただし、少数派体験の影響は限定的であり、より広範な影響を持つためには複数の評価と多様な被験者による実験が必要である。本研究は、デザイン教育における多様な視点の重要性を示し、製品設計における不平等の解消に向けた新たなアプローチを提案するものである。

代表的な3つの論文を中心に、工学教育におけるデザイン学習達成度の定量的・定性的評価手法の提案および検証を実施した。コロナ禍というデザイン教育を行う特殊な環境下において、主にオンライン会議システムの環境下で被験者の生体データや音声ピッチ、会話内容の分析を行った。これまで対面でこれらのデータを個別に取得することは簡単ではなかったが、オンライン環境下ではデータの取り扱いが比較的容易になり、さまざまな視点でデータを分析することが可能になった点は、今後の研究の発展においても活用すべき実験方法の一つである。さらに、直近1年間において、AIを用いたこれらのデータ解析の精度が急激に改善されたため、これまで音声データの扱いは通常の音声認識では精度が十分でなく、最終的には人間による文字起こしなどの支援が欠かせなかったが、今後は本研究で得られた知見をもとにAIによる評価システムの精度向上が見込まれる。

提案する評価手法を用いてデザイン講義などでの学生の課題を比較することで、短期的には共感力の向上が評価できるものの、デザイン教育において長期的な共感力を生み出すことには至っていないことが確認できた。この結果に基づき、より長期的な視点で共感力を得るための手法として、VRやLLMを用いたより臨場感の高いコミュニケーションや、より自分事として共感を得ることができる多様性体験などの提供システムについての研究に広げていくことのきっかけとなり、研究目的にある工学教育とデザイン教育との融合によるデザイン能力を持ったエンジニアの育成に関する基礎データを本研究課題で取得することができたといえる。

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で発表をおこなった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Takuma Odaka and Daigo Misaki	4. 巻 9
2. 論文標題 A proposal for the stress assessment of online education based on the use of a wearable device	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Research and Applications in Mechanical Engineering (JRAME)	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14456/jrame.2021.15	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 Daigo Misaki ,Xiao Ge and Takuma Odaka
2. 発表標題 Toward interdisciplinary teamwork in Japan: Developing team-based learning experience and its assessment
3. 学会等名 ASEE Annual Conference and Exposition (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takuma Odaka and Daigo Misaki
2. 発表標題 Stress assessment of online education based on physiological psychology using wearable device
3. 学会等名 The 11th TSME International Conference on Mechanical Engineering (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 見崎大悟
2. 発表標題 工学部におけるデザイン講義の立ち上げとその評価手法についての検討
3. 学会等名 第8回イノベーション教育学会年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小高拓馬、見崎大悟
2. 発表標題 NASAゲームをもちいた効果的なチームワーク学習に関する可視化手法の研究
3. 学会等名 第9回イノベーション教育学会年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 平柳卓也、見崎大悟
2. 発表標題 オンラインディスカッションにおける音声ピッチ分析によるファシリテーション効果検証に関する研究
3. 学会等名 第9回イノベーション教育学会年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 見崎大悟、森岡 耕作
2. 発表標題 サービスロボットを教材とした文理融合教育の実施と評価について
3. 学会等名 第10回イノベーション教育学会年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Samu Hong and Daigo Misaki
2. 発表標題 Diversity Experience using the Human Augmentation and impact on Design
3. 学会等名 The 22st International Symposium on Advanced Technology (ISAT - 22) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Daigo Misaki, Sam Hong, Miyu Inoue
2. 発表標題 Analyzing the Effectiveness of Diversity Experiences in the Classroom for Design Education
3. 学会等名 Clive L. Dym Mudd Design Workshop XIII (国際学会)
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	GE XIAO (Ge Xiao)		
研究協力者	千菊 岳志 (Sengiku Takeshi)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関		
米国	Stanford University		