

令和 6 年 6 月 6 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2023

課題番号：20K03199

研究課題名(和文)トランスグレード実習講座の展開による科学リテラシー涵養の試み

研究課題名(英文)Cultivation of scientific literacy by developing transgrade experiment courses

研究代表者

沼山 恵子 (Numayama-Turuta, Keiko)

東北大学・医工学研究科・准教授

研究者番号：30400287

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：トランスグレード実習講座は、中高生から社会人・高齢者まで幅広い世代が小グループで同じ実験課題に取り組む協働教育の試みである。本研究はコロナ禍に直面したが、実習会場の変更やオンライン実習への切り換えにより、研究目的に沿った実習の構築と実践を進めた。蛍光・偏光顕微鏡組立、転写・翻訳実験、遺伝子多型解析、小動物を用いた画像診断などのトランスグレード実習講座を構築して開講し、中高生や理科教員、学内の学生・大学院生など多くの受講者からのフィードバックを得て教育効果を検証することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

トランスグレード教育は、従来の教育では対象にされてこなかった異年齢集団に対する独創的な高度教養教育である。中高理科教員と連携して、COVID-19により科学技術に直接触れる場を奪われていた中高生に科学を体験する機会を提供できたことは大きな意義があり、若者の科学リテラシー向上と次世代人材育成に資するものとなった。社会人受講者の大部分は中高・大学の教員であったため、教員のリスクリングにも大いに貢献できた。

研究成果の概要(英文)：The transgrade experiment courses are attempt at collaborative education in which a wide range of generations, from junior and senior high school students to adults and the elderly, work on the same experimental tasks in small groups. Although this study faced the Corona disaster, by changing the training site and switching to online training, the construction and practice of the practical training course was promoted in line with the research objectives. The transgrade experiment courses such as fluorescence/polarization microscope assembly, transcription and translation experiments, gene polymorphism analysis, and imaging diagnosis using small animals were constructed and offered, and the educational effects were verified by obtaining feedback from many participants, including junior and senior high school students, science teachers, and undergraduate and graduate students at our university.

研究分野：科学教育・人材育成

キーワード：トランスグレード教育 実習講座の開発・実践 異年齢集団 蛍光・偏光顕微鏡組立実習 オンライン実習講座 小動物を用いた画像診断実習 中高-大学院連携 科学リテラシー

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

「トランスグレード実習講座」は、中高生から社会人・高齢者まで幅広い世代を集めて同じ課題に取り組むことにより、共に教え合い、学び合う、“学年を超える（トランスグレードな）”協働教育の試みで、従来の教育では対象にされてこなかった異年齢集団に対する独創的な高度教養教育である。2015年度から開発・試行・実践を進めていた蛍光顕微鏡組立および発生生物学の2つのテーマのトランスグレード実習講座は、年齢や専門分野を問わず極めて高評価であったため、この教育手法はどの世代の人にも有益であると確信し、受講者からの継続と発展の期待に応えるべく本研究を計画した。

2. 研究の目的

本研究では、10代の中学・高校生から、大学の学部学生・大学院生・教職員、理科教員や企業に所属する社会人技術者、リタイアした高齢者までを統合的な教育対象として、世代の壁を超えた「協働・相互・平等の教育」の構築と普及、他には例を見ない実習講座の展開を目的とする。「人は教えることによって学ぶ」ことを全ての世代が体験できるこの講座は、従前の大学教育に次世代人材育成・リカレント教育・生涯教育の要素を統合した新たな教養教育活動と位置づけることができ、社会に開かれた大学教育の実践モデルケースとなる。この取り組みが普及すれば、我が国全体の科学技術に対するリテラシー向上にも繋がると考えた。

計画段階では、蛍光顕微鏡組立実習の問題点であった撮像時間を短縮すること、顕微鏡組立の光路組換えにより既存の2つの実習を融合すること、観察対象を岩石標本や工業製品にも拡充することを予定していた。より多くの人々の興味を引くために分子生物学分野の遺伝子多型解析や臨床医学系の画像診断などの実習講座を追加して内容の多角化を進めることも計画していた。さらに、一般市民への実践を進め、トランスグレード教育が科学リテラシーの涵養に資することの検証も目的としていた。

3. 研究の方法

本研究は、2013～2015年度 基盤研究 (C)「理工系出身者を対象とする医療工学・生命科学実習の発展と汎用化」および 2016～2019年度 基盤研究 (C)「生命現象を可視化し体験するライフサイエンス・バイオイメージング実習の構築と汎用化」（新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) の影響により研究期間を 2022 年度まで延長）によって確立してきた実習開発の方法論と成果を基礎として進めた。

実習受講者アンケート結果から既存の実習の改善点や展開の方向性を洗い出し、実習の改良や新たな実習を立案した。実習プロトコル作成と予備実験の結果を踏まえて、初学者にも必要十分な情報を記載した実習書を作成した。本学の学生・大学院生を実習補助 AA（アドミニストレーティブ・アシスタント）として雇用し、事前研修を兼ねた予備実習を実施し、学生達からの意見も実習プロトコルと実習書に反映させた。2012～2018年度に医工学研究科で実施した中学・高校理科教員対象の合宿研修「サイエンス・リーダーズ・キャンプ (SLC)」や、医工学研究科が共催した／主催する社会人技術者再教育プログラムの受講者メーリングリスト、医工学研究科の Web サイトなどを通して学外からも受講者を募り、異年齢の小グループで実験に取り組む試行実習を行い、受講者による評価をフィードバックして、プロトコルを最適化した実習講座を構築した。開発した実習は、幅広い年齢層のより多くの人に体験していただき、評価を収集できるように開講を重ねた。

4. 研究成果

(1) コロナ禍への対応

本研究は初年度から COVID-19 のパンデミックに直面し、正規の学生の登校や教職員の出勤すら制限されたため、当初計画していたように一般市民や高齢者も対象に学内外から受講者を募集して大学で実習を開催できるような状況ではなかった。そこで、大学とは異なり、対面での授業や実験・課外活動を比較的早期に再開していた高校や中学校を実習会場とする開催方法の変更を行った。中高生と理科教員を対象に、宮城県内の3校合同の転写・翻訳実習講座と、参加校に機材一式を貸し出す蛍光・偏光顕微鏡組立のオンライン実習講座を展開した。本学においては、「新型コロナウイルス感染拡大防止のための東北大学の行動指針 (BCP)」及び「催事等開催時の新型コロナウイルス感染症予防ガイドライン」に従って感染防止対策を講じた上で、学内限定で文理・学年混合の大学院生を対象に分子生物学実験を体験する遺伝子多型解析実習講座等を開講した。

2022年度から徐々に本学での対面の実習を再開し、研究期間の最終年度（2023年度）には、

中学 3 年生～社会人まで対象を拡大して学外からも広く受講者を募り、小動物を用いた画像診断実習を含む 3 つのトランスグレード実習講座を全て対面で実施することができた。

(2) 蛍光顕微鏡組立実習の展開：オンライン化と偏光観察の導入

顕微鏡と蛍光の原理を学ぶ「蛍光顕微鏡組立実習」は、コロナ禍の 3 年間は高校理科教員等に呼びかけて学校毎に小グループでの参加を募り、参加校に機材を送ってオンライン開催した。

2020 年度は、蛍光顕微鏡観察の律速段階であった撮像時間を短縮するため、カラーカメラを高感度 CMOS カメラに更新し、動画の撮影も容易となった。緑色フィルターの追加購入により蛍光ミラーユニット組立時に励起・吸収に使い回さずに済むようにしたことも蛍光観察の時間短縮に繋がった。宮城県内の 5 つの高校・中高一貫校・中高併設校の協力を得て、3 月に 1 日半の実習講座をオンライン開催した。実習機材一式と観察試料をパッケージ化して各校に貸出し、実習書とアンケート用紙も事前配付し、機材返却時にアンケートを回収した。学校毎の小グループで受講したのは中高生・理科教員計 32 名で、本学の学部生・大学院生計 6 名が研究室や自宅から遠隔で TA を担当し、星陵キャンパス・青葉山キャンパス・自宅の講師 3 名と多元中継で結んで実習を行った。

オンライン指導では顕微鏡の要である光軸調整が難航したため、2021 年度からは落射明視野顕微鏡ではなく、透過明視野顕微鏡から組み始めるように組立手順を見直した。偏光板などの光学部品も追加し、岩石薄片やプラスチック成形のひずみの偏光観察を含めて 4 種類の顕微鏡を組み立てる「蛍光・偏光顕微鏡組立実習」に進化させた。2021・2022 年度は SLC 受講者メーリングリストを通じた参加校募集も行い、3 月に 1 日半×各 2 回のオンライン実習を開講した。宮城・山形・神奈川の高校・中高一貫校・中高併設校と教員有志のグループから申込みがあり、のべ 17 校から 99 名が受講した。2022 年度は学内受講者限定で星陵キャンパスで対面でも参加可能とし、5 名が受講した。

2023 年度には 2 月に学内外から中高生～社会人の受講者 29 名を集めて、星陵キャンパスの医工学実験棟で対面で開講できた。Z 軸ステージを追加した 1 日半の「蛍光・偏光顕微鏡組立実習」に加え、1 日目の午前と夕方に医工学実習室の各種顕微鏡を見学する希望者対象のオプションツアーも行い、大変好評であった。

(3) 転写・翻訳実験講座の中等教育現場での開催

2018 年度に別の研究課題で構築したセントラルドグマを可視化する転写・翻訳実験講座の規模を拡大し、2020 年 8 月の土日 2 日間に、宮城県内の SSH 指定校 2 校を含む 3 校合同の理科特別講座として開催した。中等教育学校の生物実験室・地学実験室・視聴覚室などを会場に密にならないよう感染防止対策には十分に配慮した。各校の卒業生 (6 大学の学生・大学院生) 11 名に事前研修を行って TA を務めてもらい、コムギ胚芽抽出液を用いた無細胞転写・翻訳系で緑色蛍光タンパク質 GFP の mRNA とタンパク質を合成して蛍光を検出し、アルブミン 2 種とともに SDS-PAGE で分子量を求める実験とグループワークに中高生 40 名が取り組み、引率教員も含めて 60 名以上が参加した。

(4) 遺伝子多型解析実習の学内開催

2021 年 12 月・2022 年 11 月には、卓越大学院プログラムとの共催で学内の大学院生を対象とし、2 日間で分子生物学実験を体験する遺伝子多型解析実習を開講した。文系も含む 6 研究科から分野横断・学年縦断の博士前期・後期・履修課程の計 18 名が受講者・TA として参加し、自分自身の *ALDH2* 遺伝子型を PCR と DNA シークエンスにより決定した。実験の待ち時間には、新型コロナウイルスの検査方法や変異株、RNA ワクチンに関して解説し、遺伝子多型と人種・個人差、個別化医療に関しても議論した。

(5) 小動物を用いた画像診断実習・発生生物学実習の実践

2023 年 12 月には前年度までに別の研究課題で構築・試行した医用イメージング実習を元に「小動物 (マウス) を用いた画像診断実習」を高校生以上を対象に 2 回開催し、計 21 名が受講した。4 名のグループに雌雄ペアのマウスを割り当て、全身麻酔を施し、体幹部の MRI 撮像、毛細血管の血流観察及び全身の X 線 CT 画像解析、腹部・胸部超音波検査の 3 つのブースを回る形式で実習を進めた。撮像後の安楽死処置、系統解剖も受講者に行っていた。既存のトランスグレード発生生物学実習講座である「ウズラ胚の実体顕微鏡観察」は、2022 年 12 月に感染防止対策を講じた上で高校生以上を対象に定員 15 名で対面で再開し、2024 年 3 月には中学 3 年生まで対象を拡大し定員も 24 名に増やして、各 2 回開催し計 71 名が参加した。講師による鳥類胚発生の基礎知識の解説後、1 人 1 台の実体顕微鏡を用いて、受精卵から組織・臓器が作られる初期発生の過程を詳しく観察し、生物の身体の成り立ちを学んだ。

これらの実験動物を扱う実習では、冒頭に動物実験の倫理講習を行ってから実習に臨み、本学の動物実験教育訓練受講済の講師・TA が指導に当たった。実習後はグループディスカッションと全体での意見交換も行い、かけがえのない生命の尊さを実感していただいた。

以上の 4 年間の研究期間を通じた (2)～(5) のトランスグレード実習講座の参加者は 340 名にのぼる。

(6) TA の学生達への教育効果

トランスグレード実習講座では、数名程度の少人数のグループ毎に TA (ティーチング・アシスタント) を配置した。(TA は便宜的な呼称で、大学の正規の授業ではないため、実際には AA として雇用了。) 本学の工学部・医工学研究科の学生を中心に、様々な学部・研究科の学生・大学院生のべ 54 名が TA を務めたが、「人は教えることによって学ぶ」ことを誰よりも体感したのは、この学生達に他ならない。中には事前研修で初めて実験を行う学生もいたが、準備から後片付けまで一連の操作をできるようにしておき、その知識・経験を元に、担当グループの安全に気を配り、実験指導を補助し、問題解決に当たった。自分よりも遙かに年上の人や理科教員にも教えた経験は、他では得がたいものである。彼らと長時間を共に過ごした中高生には、年齢が比較的近い学生達が身近なロールモデルとなることを期待していたが、中高生の柔軟な発想から逆に TA が学ぶことも多かった。この点でも、「相互の教育」を実践できたと言える。

(7) 研究成果の普及・社会還元への取り組み

研究期間を通じて毎年、研究成果公開促進費(ひらめき☆ときめきサイエンス)を申請して採択され、本研究の成果を含む実習の普及・社会還元を目的とする高校生対象のプログラム「遺伝暗号を学ぶ DNA ストラップ作製と内視鏡手術操作で『生命科学・医工学』を体験」を 4 年連続で開催した。2020 年度は開催時期をずらして 12 月末の冬休みに、2021 年度以降は夏休み中の 8 月初旬に定員 15 名で 2 日間ずつ開講し、COVID-19 の影響で参加を見合わせた/感染拡大地域からの来学をご遠慮いただいた人が一部生じたものの、全国各地から高校 1 年生~3 年生 計 103 名が受講した。マスク着用や手指消毒などの感染防止対策を講じた中での開催ではあったが、生命科学のセントラルドグマを学ぶ講義と実習、低侵襲手術に用いられる高度管理医療機器の操作を体験する実習を医工学実験棟で体験していただいた。研究者や大学院生と一緒に昼食を食べながらの交流会は実施できなかった(昼食休憩と交流会の会場を分けた)ものの、医工学研究科で行われている学際的で多様な研究や教育の内容も知っていただくことができた。

顕微鏡組立実習の観察試料として用いている 2 種の遊泳微細藻類 *Volvox* と *Euglena* を中等・初等教育の実験教材として提供し、授業や課題研究・課外活動等に活用いただく取り組みも継続した。SLC 受講者のネットワークを通じて希望する全国各地の教員の勤務校に送り、4 年間にのべ 39 校で約 5,800 名の高校生~小学生に顕微鏡で観察してもらった。コロナ禍で実験が制限されていた学校では、遠隔授業や教卓での演示実験に使われた先生もいた。染色せずにそのまま使え、顕微鏡下で動き回る様子や葉緑体、眼点、鞭毛・繊毛などの細胞小器官を観察できることに加えて、単細胞生物と多細胞生物の比較も可能で、子供達の理科や生物に対する興味・関心を喚起する教材として優れていることが、授業後に寄せられた感想からわかる。

(8) 今後の展望

本研究は、コロナ禍により当初の計画から一部変更を余儀なくされたが、制約の多い困難な状況下でも研究目的に沿った実習の構築と実践を進め、多くの受講者からのフィードバックを得て教育効果を検証することができた。開催方法を変更し、蛍光顕微鏡組立実習講座(オンライン開催)や転写・翻訳実習講座の会場を中等教育現場とした影響で、高校生が参加者全体の約半数を占め、中学生も含む 10 代の受講者の比率が想定よりも遙かに高くなったが、中高理科教員と連携して、COVID-19 により科学技術に直接触れる場を奪われていた中高生に科学を体験する機会を提供できたことは大きな意義があり、若者の科学リテラシー向上と次世代人材育成に資するものとなった。一方、社会人の受講者は大部分が中高・大学の教員であり、教員のリスキングには大いに貢献できたものの、民間企業や官公庁に勤める技術者等の参加は少なく、一般市民や高齢者に参加を呼びかけることも難しい社会情勢であったため、技術者再教育・教養教育・生涯教育の視点からの検証には十分とはいえない。

本研究を継承する 2024~2026 年度基盤研究(C)の研究課題「トランスグレード実習の多角化による世代縦断・異分野横断型高度教養教育の実証実験」では、今後もトランスグレード実習講座を継続していく計画である。本研究で培った研究手法により、生命科学や医工学を扱う異分野横断の STEM 教育として実習内容の多角化を進めると共に、学年や世代を縦断するトランスグレード教育をより多くの人に広く実践することで、参加者相互の専門分野の知識や発想、異なるものの見方・考え方など、同年齢の集団で行われる従来の教育では得られない協働教育の効果を実証していきたい。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Jinyou Yang, Toma Isaka, Kenji Kikuchi, Keiko Numayama-Tsuruta, Takuji Ishikawa	4. 巻 22
2. 論文標題 Bacterial accumulation in intestinal folds induced by physical and biological factors.	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 BMC Biology	6. 最初と最後の頁 76
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1186/s12915-024-01874-5	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 該当する

1. 著者名 Yuki Suzuki, Kenji Kikuchi, Keiko Numayama-Tsuruta, Takuji Ishikawa	4. 巻 12
2. 論文標題 Reciprocating intestinal flows enhance glucose uptake in <i>C. elegans</i>	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Scientific reports	6. 最初と最後の頁 15310
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41598-022-18968-1	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12件（うち招待講演 0件/うち国際学会 9件）

1. 発表者名 Jiawei Huang, Kenji Kikuchi, Keiko Numayama, Takuji Ishikawa
2. 発表標題 Nutrient delivery pathway tracing and drug efficacy evaluation by fluorescent glucose. (蛍光グルコースによる栄養伝達経路の追跡と薬効評価)
3. 学会等名 第51回可視化情報シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 菊永祐太, 菊地謙次, 沼山恵子, 石川拓司
2. 発表標題 ゼブラフィッシュ腸蠕動に伴う腸内細菌分布の可視化計測
3. 学会等名 第51回可視化情報シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 井坂斗真, 菊地謙次, 沼山恵子, 石川拓司
2. 発表標題 窪みを有する壁面近傍における大腸菌滞留性の解明
3. 学会等名 日本流体力学会年会2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kenji Kikuchi, Kyosuke Kimura, Keiko Numayama-Tsuruta, Takuji Ishikawa
2. 発表標題 Viscoelastic Analysis of Fermenting Puffing Dough.
3. 学会等名 AP-Biomech 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Jiawei Huang, Kenji Kikuchi, Keiko Numayama-Tsuruta, Takuji Ishikawa
2. 発表標題 Transdermal Transport through Intercellular Gaps of Liposomes in Suspensions.
3. 学会等名 AP-Biomech 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Toma Isaka, Kenji Kikuchi, Keiko Numayama-Tsuruta, Takuji Ishikawa
2. 発表標題 Stagnation Phenomenon of Motile E. coli in a Folding Wall.
3. 学会等名 AP-Biomech 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Jinyou Yang, Toma Isaka, Kenji Kikuchi, Keiko Numayama-Tsuruta, Takuji Ishikawa
2. 発表標題 Intestinal folds accumulate bacteria through physical and biological factors.
3. 学会等名 76th Annual Meeting of the APS Division of Fluid Dynamics (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kiyosuke Kimura, Kenji Kikuchi, Keiko Numayama, Takuji Ishikawa
2. 発表標題 Bubble Structure in proofing Dough visualized by X-ray Microtomography.
3. 学会等名 9th World Congress of Biomechanics (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yuta Kikunaga, Kenji Kikuchi, Keiko Numayama-Tsuruta, Takuji Ishikawa
2. 発表標題 Microbial transport of E.coli in the gut of a zebrafish larva.
3. 学会等名 9th World Congress of Biomechanics (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Jiawei Huang, Kenji Kikuchi, Keiko Numayama-Tsuruta, Takuji Ishikawa
2. 発表標題 Transport of liposome in zebrafish larvae intestine.
3. 学会等名 9th World Congress of Biomechanics (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kyosuke Kimura, Kenji Kikuchi, Keiko Numayama, Takuji Ishikawa, Taimei Miyagawa
2. 発表標題 Visualization of Bubble Dynamics inside the Proofing Bread Dough using X-ray Microtomography.
3. 学会等名 PSFVIP13 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yuta Kikunaga, Kenji Kikuchi, Keiko Numayama-Tsuruta, Takuji Ishikawa
2. 発表標題 Visualization of microbial transport in the gut of a zebrafish larva.
3. 学会等名 PSFVIP13 (国際学会)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>第11回 トランスグレード実習講座を開催しました https://www.bme.tohoku.ac.jp/information/jpevent/3883/ 蛍光顕微鏡組立実習をオンライン開催しました https://www.bme.tohoku.ac.jp/information/jpevent/4095/ 「小動物を用いた画像診断実習」を開催しました https://www.bme.tohoku.ac.jp/information/jpnews/4692/ 「蛍光・偏光顕微鏡組立実習」を開催しました https://www.bme.tohoku.ac.jp/information/jpnews/4840/ 発生生物学実習講座(ウズラ胚の実体顕微鏡観察)を開催しました https://www.bme.tohoku.ac.jp/information/jpnews/4902/</p>
--

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	菊地 謙次 (Kikuchi Kenji)		

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
---------	---------