

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 24 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350230

研究課題名(和文)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

研究課題名(英文) Development and generalization of training courses for engineers to learn biomedical engineering and life sciences

研究代表者

沼山 恵子 (Numayama-Tsuruta, 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) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、ものづくり技術のライフ・イノベーションへの活用、医療機器関連産業の研究・開発従事者のレベルアップを目的として、社会人技術者や理工系学生に医学・生物学の再教育を行って医療従事者と専門的な意思疎通ができる人材を育成するための医療工学実習・生命科学実習の開発・改良と、次世代人材育成のための汎用化を行った。3年間の研究期間内に、蛍光顕微鏡組立実習・ウズラ胚の実体顕微鏡観察実習・医療機器操作実習などを開発し、実践した。

研究成果の概要(英文)：The purposes of this study are to take advantage of the manufacturing technology to life innovation, and to boost the research and development personnel of the medical equipment industries. In this study, I have developed and improved several medical engineering training courses to enable engineers to communicate professionally with healthcare workers, and also generalized several training topics for high school students to learn life sciences. Within the three years, I developed and offered some short training courses such as fluorescence microscope assembly, medical equipment operation, and a stereoscopic microscope observation of developing quail embryos.

研究分野：医療工学人材育成

キーワード：生命科学実習 医療工学 社会人再教育 次世代人材育成 実習開発 科学教育カリキュラム

## 1. 研究開始当初の背景

日本が世界に誇る広範な「ものづくり」技術を医療機器開発分野に転化し、医工関連産業を発展させるためには、産業界の工学系技術者、及びその候補である理工系学生（物理・化学受験者）が抱えている医学・生物学に対する心理的障壁を低くし、医療従事者と「言葉が通じる」人材に再教育することが必須との理念から、東北大学では平成14年度から当時工学部の教授であった山口隆美氏（現東北大学名誉教授・医工学研究科特任教授）を中心に医療工学人材育成の取り組みが始まった。

研究代表者は、平成16年度から文部科学省の科学技術振興調整費・新興分野人材養成プログラムとして開始された「医療工学技術者創成のための再教育システム（REDEEMプロジェクト）」の実習担当の専任研究員として生物学系実習カリキュラムの開発を担い、現在まで実習担当講師を務めている。経済産業省の産学連携製造中核人材育成事業として平成18年度に開始された「次世代医療関連産業中核人材育成のための実践的教育システム（ESTEEMプロジェクト）」では、医師が指導する診断・治療・手術実習の準備・実施を担当・補佐してきた。平成20年度には、我が国で初めて本学に医工学研究科が設置されたが、研究代表者は平成22年に医工学研究科の助教として採用されて以降、医工学実習室の移設・整備・拡充を任されており、この実習室で、工学部の機械系や電気系を卒業した大学院生対象の細胞遺伝子工学実習を始めとする各種実習を実施してきた。以上の理工系出身者を対象に平成24年度までに実施していた実習とその内容を図1に示す。さらに、平成24年度には、高校理科教員を対象とするJSTのサイエンス・リー

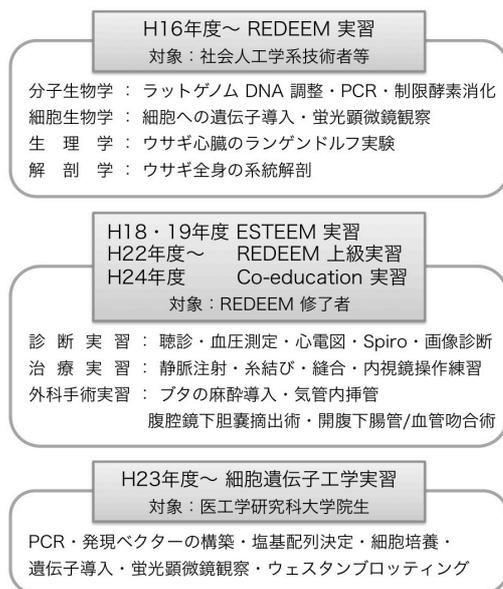


図1 理工系出身者を対象とする既存の実習

ダーズ・キャンプ「医工学の最前線に触れる～工学と医学が協力して新しい医療を創り出す～」の実施主担当者として、国立女性教育会館で開催された「女子中高生夏の学校2012-科学・技術者のたまごたちへ」の実験・実習担当の企画委員も務めた。

これら9年間の実習指導の経験と受講者からのアンケート結果を元に、既存の理工系出身者を対象とする医学・生物学再教育のための医療工学実習・生命科学実習の改善すべき点を明らかにして、改良・発展させるとともに、次世代人材育成に資するアウトリーチ活動にも活用できる形にしたいと考えた。

## 2. 研究の目的

### (1) 既存の実習の発展

我が国が誇る「ものづくり」の技術をライフ・イノベーションに活かすため、産業界の工学系技術者と、その予備軍である理工系学生に医学・生物学の再教育を行い、医療従事者と専門的な意思疎通の図れる人材を育成することを目的として、研究代表者が中心となって東北大学で実施してきた医療工学人材育成のための実習を元に、基礎コースの充実・最適化と上級コースの多角化を進め、我が国の医療関連産業従事者のレベルアップを推進する。

### (2) 開発した実習の汎用化

中高生や高専学生、高校・大学教員など種々の受講者を対象とする生命科学実習のショートコースを開発し、体験に基づくライフサイエンス分野の啓蒙・普及活動を実施することにより、次世代の研究・開発人材の育成を図るための教育カリキュラムを作成する。

## 3. 研究の方法

### (1) ニーズの把握

工学系出身の社会人技術者ならびに本学医工学研究科の新入生を対象として実施していた過去9年間の医学・生物学再教育実習の成果を分析すると同時に、産業界・大学教職員・学生等に対するニーズ調査を行い、中学・高校の教員・生徒からも情報を集める。

### (2) カリキュラム立案・プロトコール作成・予備実験

過去の実習成果の分析とニーズ調査の結果に基づき、新たなカリキュラムを立案し、予備実験を行って実験プロトコールを改良する。

### (3) 実習書の作成

新規のそれぞれの実習について、読んでだけで目的を理解し、実験操作をイメージ出来るような実習書を作成する。

(4) 予備実習の実施と評価のフィードバック  
実際に小人数の受講者を募集して予備実習を実施し、受講後の評価をフィードバックさせることにより、時間配分を調整し、実習内容・実習書のブラッシュアップを行う。

(5) 生命科学の汎用ショートコースの開発・提供

既存の実習及び本研究で新たに構築する実習について、他のライフサイエンス分野にも汎用可能な分子生物学・細胞生物学・発生生物学・生理学・組織学・病理学などの各実習パーツや、遺伝子組換え実験・動物解剖・顕微鏡観察などの実技講習について、独立して実施できるよう修正を施し、生命科学実習のショートコースとして独立させる。

(6) 幅広い層への実習コースの提供に向けた体制づくり

整備したインフラを活用して幅広い層に対して体験の機会を提供する体制を整える。学内他部局の教職員・学生を対象とするに留まらず、学外向け、特に次世代人材育成を目指した中学・高校生向けの受講者募集方法や実習実施計画などを具体化し、各種実習コースを企画して実施する。

#### 4. 研究成果

(1) 平成 25 年度の実績

既存の医療工学技術者創成のための基礎コース実習の充実と上級コース実習の多角化を図るべく、初年度は、

- ①光学部品をボード上に配置して光路を組み上げる蛍光顕微鏡組立実習の予備実習
- ②孵卵日数の異なるウズラ胚を実体顕微鏡下で観察・操作する発生生物学実習のプロトコール・資料作成と試行
- ③マウス組織へのエレクトロポレーションと近赤外蛍光検出による遺伝子導入・*in vivo* イメージング実習の予備実習と実習書作成、ならびに REDEEM 修了者等の社会人技術者を対象とする実施に取り組んだ。また、主に中高生を対象とする生命科学実習のショートコースとして、
- ④遺伝暗号を学ぶための DNA ストラップ作製実習の資料の改良と女子中高生を対象とするイベントでの実施、ならびに教育大学生命科学コースの 3・4 年次学生を対象とする開講と教材化に対する意見聴取
- ⑤前年度に高校理科教員を対象に実施した、自分の細胞を採取してゲノム DNA を抽出し、PCR・塩基配列決定を行って遺伝子型を判定する多型解析実習の高校生向けの再編、実習書の改良、実習内

容を解説する講義資料の作成、ならびに、講義・実習

⑥既存の細胞生物学実習のうち、3 日目午後の蛍光顕微鏡観察のみの高校生を対象とする実施

を行った。高校生を対象とする実習に際しては、医療工学を認知し、興味を持ってもらうための施設見学も併せて実施した。

(2) 平成 26 年度の実績

- ①食肉として流通している生体組織に外科手術の手技を施す、動物実験に該当しない手術用高度管理医療機器操作の大学院生に対する予備実習、資料作成と医療機器審査官を対象とした試行・意見聴取
- ②前年度から開発に着手した蛍光顕微鏡組立実習への光学部品追加、明視野観察・多色蛍光観察が可能な光路への改良、組立手順を示す実習書の作成
- ③自分の細胞から DNA を抽出し PCR・塩基配列決定により遺伝子型を判定する多型解析実習の実験時間短縮を図るプロトコール・実習書の改良  
を行い、上記②③については高校理科教員に対する開講とアンケート調査を実施した。実習の汎用化としては、
- ④遺伝暗号を学ぶための DNA ストラップ作製の実習書・事前解説用講義資料の改良
- ⑤前年度にプロトコール・資料を作成したウズラ胚実体顕微鏡観察実習の実習書の改良  
を行った上で、教育大学生命科学コースの 3 年次学生を対象として開講し、教材化に対する意見を聴取した。
- ⑥中等教育学校 5 年生の理系選択者に対して、マイクロピペッター操作練習、DNA のエタノール沈澱、一塩基多型の解説、細胞の蛍光顕微鏡観察、手術室・医療機器の見学を行う秋休み・冬休み実習（校外研修）の受入も行った。

(3) 平成 27 年度の実績

前年度までに構築した

- ①手術用高度管理医療機器操作実習
- ②蛍光顕微鏡組立実習
- ③ALDH2 遺伝子多型解析実習  
について、プロトコール改良と実習書の改訂、本学教職員・大学院生を対象とする予備実習、医療機器審査員・高校中学理科教員を対象とする実践・意見聴取を行った。
- ④前年度に医工学実習室に導入され、この年から運用を開始した小動物用 MRI を活用する画像診断実習  
の準備にも着手した。生命科学実習の汎用化としては、
- ⑤微細藻類 *Volvox* の透過光観察・葉緑体の自家蛍光観察を追加した蛍光顕微鏡

## 組立実習

### ⑥ウズラ胚の実体顕微鏡観察実習

の実習書を改良して学内外に受講者を募り、それぞれ一日実習講座を開講した。教育大学生命科学コース3年生を対象とする実習、中等教育学校5年生理系選択者に対する理科実習講座(校外研修受入)も前年に引き続き実施した。宮城県高等学校理科学研究会生物部会主催の教材生物ワークショップでは講師として招聘され、分子生物学実験指導の基礎と題して実習講座を開講した。

以上、3年間の研究期間内に開発・改良と実践を行った主な実習とその対象者を図2に示す。

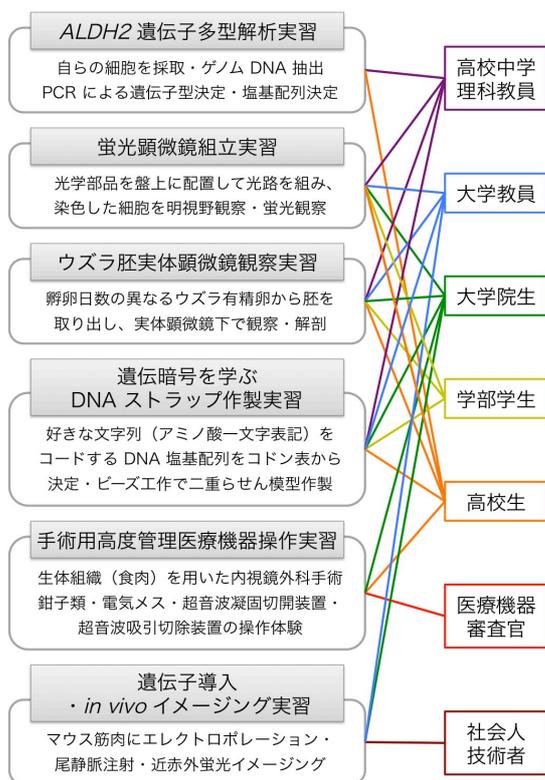


図2 本研究で開発・改良した主な実習と実践対象者

#### (4) 研究成果の社会還元

平成26年度・27年度には、ひらめき☆ときめきサイエンスに応募して採択され、「遺伝暗号を学ぶDNAストラップ作製&医療工学に触れる内視鏡手術体験@医工学研究科」を夏休みに開催し、高校生を対象に研究成果の社会還元を行った。また、平成27年度のひらめき☆ときめきサイエンスは複数局の取材を受け、講義・実習の様子や受講者のインタビュー等がテレビ地方ニュースで放送された。

#### (5) 得られた成果の位置付けとインパクト

申請時点で想定していた新規実習は、自分の遺伝子型を判定する多型解析実習、ゼブラフィッシュ胚を用いた発生生物学実

習、顕微鏡作成実習であったが、研究科の教育経費や他の外部資金により医工学実習室の什器・備品がさらに充実したことも功を奏し、想定を遙かに上回る種々の実習を開発・実践することが出来た。受講者からの評価を実験プロトコルや実習書に反映させることによる基礎実習の充実・最適化、体験に基づく生命科学分野の啓蒙・普及活動も計画通り実施し、次世代の研究・開発人材の育成を図る実習コースを構築することができた。

最終的には、他には例を見ない中高生から社会人までを対象として、共に学び合う「トランスグレード実習」として開講したが、従前の社会人技術者再教育から様々な方向に展開し発展させてきたこの一連の取り組みに対し、公益社団法人日本工学教育協会より、第20回(2015年度)工学教育賞(業績部門)を受賞することが決定している。

#### (6) 今後の展望

上述のトランスグレード実習をはじめ、本研究で得られた成果は今後も実践を継続する予定である。

小動物用MRIを用いる画像診断実習については、病態モデル動物の選定と入手経路の確保を終えて動物実験教育研修計画書を作成中であり、承認され次第「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(平成28~31年度・基盤研究C)」の研究課題の一部として継続する。他にも超音波画像診断やX線CTなどの医用イメージングと研究現場で使用されているバイオイメージング手法を組み合わせ、我が国の医療関連産業従事者のレベルアップと次世代人材育成に資する新たな医療工学・生命科学実習を開発していく所存である。

#### 5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計7件)

- ① Nonaka, Y., Kikuchi, K., Numayama-Tsuruta, K., Kage, A., Ueno, H. & Ishikawa, T. Inhomogeneous distribution of *Chlamydomonas* in a cylindrical container with a bubble plume. **Biology Open** 5(2), 154-160 (2016). 査読有  
DOI: 10.1242/bio.015669
- ② 山口 隆美, 沼山 恵子. これからの医工連携人材育成(2). **Biophilia 電子版** 12, 36-44 (2015). 査読無  
<http://biophilia.jp/journal/biophilia-12-1.html>
- ③ 山口 隆美, 沼山 恵子. 医療機器産業への参入の真の障壁—東北大学 REDEEM

プロジェクトの試み— **機械と工具** 4(10), 53-60 (2014). 査読無  
[http://www.nikko-pb.co.jp/products/detail.php?product\\_id=3369](http://www.nikko-pb.co.jp/products/detail.php?product_id=3369)

- ④ Ishikawa, T., Shioiri, T., Numayama-Tsuruta, K., Ueno, H., Imai, Y. & Yamaguchi, T. Separation of motile bacteria using drift velocity in a microchannel. **Lab on a Chip** 14(5), 1023-1032 (2014). 査読有  
DOI: 10.1039/c3lc51302e
- ⑤ Kiyota, K., Ueno, H., Numayama-Tsuruta, K., Haga, T., Imai, Y., Yamaguchi, T. & Ishikawa, T. Fluctuation of cilia-generated flow on the surface of the tracheal lumen. **American Journal of Physiology - Lung Cellular and Molecular Physiology** 306(2), L144-L151 (2014). 査読有  
DOI: 10.1152/ajplung.00117.2013
- ⑥ Ferracci, J., Ueno, H., Numayama-Tsuruta, K., Imai, Y., Yamaguchi, T. & Ishikawa, T. Entrapment of ciliates at the water-air interface. **PLoS One** 8(10), e75238 (2013). 査読有  
DOI: 10.1371/journal.pone.0075238
- ⑦ Kikkawa, T., Obayashi, T., Takahashi, M., Fukuzaki-Dohi, U., Numayama-Tsuruta, K. & Osumi, N. Dmrta1 regulates proneural gene expression downstream of Pax6 in the mammalian telencephalon. **Genes to Cells** 18(8), 636-649 (2013). 査読有  
DOI: 10.1111/gtc.12061

[学会発表] (計9件)

- ① Yamaguchi, T., Imai, Y., Omori, T., Ueno, H., Numayama-Tsuruta, K. & Ishikawa, T. Integrated biomechanics for physiological flow problems. APCB2013 The 7th Asian Pacific Conference on Biomechanics. 2013.8.30, Seoul, Korea.

[その他]

ホームページ等

- ① 東北大学 REDEEM プロジェクト「医療工学技術者創成のための再教育システム」Web サイト  
<http://www.redeem.jp>
- ② サイエンス・リーダーズ・キャンプ「革新的な未来を拓く医工連携人材育成の現場」Web サイト  
<http://www.redeem.jp/slc/>

- ③ ひらめき☆ときめきサイエンス「遺伝暗号を学ぶ DNA ストラップ作製&医療工学に触れる内視鏡手術体験@医工学研究科」平成 26・27 年度実施報告書  
[https://www.jsps.go.jp/hirameki/ht27000\\_jisshi/ht27020jisshi.pdf](https://www.jsps.go.jp/hirameki/ht27000_jisshi/ht27020jisshi.pdf)  
[https://www.jsps.go.jp/hirameki/ht26000\\_jisshi/ht26017jisshi.pdf](https://www.jsps.go.jp/hirameki/ht26000_jisshi/ht26017jisshi.pdf)

報道関連情報

- ① 平成 27 年 8 月 3 日開催のひらめき☆ときめきサイエンスに TV 局の取材が入り、実施の様子が地方ニュースで放映された NHK 仙台放送局 総合テレビ 12:00～昼のニュース/18:10～ てれまさむね/東北 NEWS WEB 宮城のニュース (動画掲載) 8 月 3 日～10 日  
<http://www3.nhk.or.jp/tohoku-news/>  
ミヤギテレビ 18:15～ OH!バンドス 第 4 部 ミヤギ news every
- ② 平成 26 年 6 月 30 日付日経産業新聞 9 面本学医工学研究科を紹介する記事「医・工学結ぶ人材育成/東北大学大学院 革新的製品担う」に研究代表者が指導を行う細胞遺伝子工学実習の様子とコメントが掲載された

6. 研究組織

(1) 研究代表者

沼山 恵子 (NUMAYAMA, Keiko)

東北大学・大学院医工学研究科・准教授

研究者番号：30400287