

令和 3 年 5 月 12 日現在

機関番号：17102

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K18652

研究課題名(和文) バイオイノベーションを育むオープンソース・バイオ技術教材の開発とその評価

研究課題名(英文) Development of a series of open-source bio-hardware to inspire the talents with bio-innovative minds

研究代表者

藏田 耕作 (Kurata, Kosaku)

九州大学・工学研究院・准教授

研究者番号：00368870

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,900,000円

研究成果の概要(和文)：バイオイノベーションを牽引できるような人材を育むために、(1)自分で部品から作り出して組み立てることができ、(2)設計・製作に関する電子データがすべて無償公開され、(3)その電子データを自由に改変できるバイオ技術教育ハードウェアを開発した。全国2000校の高等学校生物教諭を対象とした郵送アンケートの結果を参考に、教諭の協力を得ながらチューブラック、スライドガラス収納ボックス、メダカ観察ケース、比色計などを開発し、製作に必要なデータをすべてウェブサイトで公開した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で開発したオープンソースバイオウェアは、教育関係者にとどまらず、だれでも、どこからでも電子データをダウンロードして製作することができる。また、データを自由に改変できるので、さまざまな人の手によって自律的によりよい教材に進化していくという可能性を秘めている新しい教材である。自分で作ることは原理のより深い理解に繋がる。さらに、自分で工夫したり改変したりする余地が生まれる。このようなバイオとエンジニアリングを結びつけた生物教材は前例がなく、バイオイノベーションを牽引する教育に役立つと思われる。

研究成果の概要(英文)：In order to develop human resources who can lead bio-innovation, this study has developed bio-technology education hardware with the following features: (1) users can create and assemble the hardware from parts by themselves, (2) all the electronic data related to the design and fabrication are shared free of charge, and (3) the electronic data can be freely modified. Based on the results of a questionnaire survey sent to 2,000 biology teachers at high schools nationwide, several types of tube racks, a glass slide storage box, a medaka observation case, and a colorimeter have developed with the cooperation of the teachers. Biological teaching materials that link biotechnology and engineering will be useful for education that drives bio-innovation.

研究分野：生体工学

キーワード：オープンソース バイオ実験ハードウェア アクティブラーニング バイオイノベーションマインド

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

IT イノベーションを担ったのは、安くて身近になったコンピュータをオモチャにして遊んで(ハッキングして)育った子どもたちであった。米国では、次のイノベーションはバイオとテクノロジーが融合したバイオ技術分野でやってくると目論んでいる。バイオ技術を IT 技術のアナロジーとして捉えると、バイオイノベーションを支えるのはバイオ実験機器をオモチャにして遊んで育つ子どもたちということになる。しかし、現在のバイオ技術は、白衣を着た一部の研究者が高価な実験機器を使って行う特別な作業でしかない。バイオイノベーションの実現には、子どもたちがオモチャにして遊べるような、小さく、安価で、安全なバイオ技術教育ハードウェア(以下、バイオウェア)が必要であるが、そのようなものは存在しない。

研究代表者は、機械工学をバックグラウンドにしてバイオ研究を行う中で、細胞や実験動物に物理刺激を与える装置を複数開発して多くの研究者に提供したり、高校生向けの模擬講義のために筋電位で操縦するロボットシステムを開発したりしてきた。これらのノウハウを上述のバイオウェアの開発に活かせば、子供たちがバイオイノベーションマインドを育む助けになる。しかし、必要とされるバイオウェアの種類やその効果について、十分な調査と研究を行わなければならない。

## 2. 研究の目的

バイオイノベーションを牽引できるような人材を育むために、次の 3 点を特徴とする新しい考え方のバイオウェアを開発する。

- (1) 自分で部品から作り出して組み立てる。
- (2) 設計・製作に関する電子データがすべて無償公開される(オープンソース)。
- (3) 電子データを自由に改変できる。

そして、それが小中高校生のバイオ技術に対する興味や理解の形成に与える効果を調査することを目的とする。

## 3. 研究の方法

### (1) オープンソースバイオウェアの開発

まず、小中学校・高等学校の理科教育で必要とされているバイオウェアに関する調査を行った。実際の学科課程においてどのようなバイオウェアが教育効果の向上に役立つのか、少数の現任教諭から聞き取りを行った後、全国の高等学校の理科教諭を対象にした郵送アンケートを行った。アンケート結果について設問ごとに回答を単純集計するだけでなく、自由記述については形態素解析を行って頻出語や特徴語を抽出し、さらにテキストマイニングの手法を用いて頻出する単語同士の関係性を解析した。

次に調査結果を参考にしながら、開発するバイオウェアを選定した。オープンソース化を目指しているため、工学的知識がなくても組み立てられるようなバイオウェアにしなければならない。そのために設計工学的な観点から構造や組み立て方法に関する検討を行い、複数のデザインで試作した。これを先述の理科教育に携わる教諭に示し、作りやすさや有用性についての意見を収集した後、この結果をフィードバックさせてバイオウェアの改良を行った。

### (2) バイオウェアの公開と流布

開発したバイオウェアの設計図、加工に必要な電子データ、組立図、必要な部品リストなどを作成した。そして、ウェブサイトを構築し、オープンソースバイオウェアとしてすべてのデータをインターネット上に公開した。さらに、認知度を高める取り組みとして、教育系学会のワークショップやもの作りに関する展示会に出展した。

### (3) バイオウェアの試供とその効果の検証

小中学校・高等学校にバイオウェアを提供し、教育現場で使用してもらうことを計画した。そして、バイオ技術に対する児童・生徒の興味や理解の変化をアンケート調査し、バイオウェアの効果を検証することとした。

## 4. 研究成果

### (1) 理科教育に携わる教諭や教員に対するニーズの調査

福岡県下にある県立高校、広島県下にある私立高校の生物教諭、大学で生物学の基礎教育に携わった経験のある教員に対して、実際の学科課程においてどのようなバイオウェアが教育効果の向上に役立つのか、聞き取り調査を行った。新教育課程になってから遺伝子を中心とした分子生物に関する内容が大幅に増えたこと、教えなければならない内容が増え、図を使った説明を行っているが、なかなかイメージをつかんでもらえないこと、教諭自身が大学で習っていない内容を教えなければならないことなどの問題点が挙げられた。

次に、全国高等学校リスト（4,985校）から選んだ2,000校の高校に対して、観察や実験の実施状況、教材や教具の利用の現状、求められている教材や教具の種類、技術的問題から製作を諦めている教材アイデアなどを問うアンケートを送付した。その結果、国立10校（1.3%）、公立539校（67.8%）、私立242校（30.4%）、無回答4校（0.5%）の合計795件の回答を得た。約80%の高校では観察や実験の実施が数か月に1~2回以下であり（図1）、授業時間や準備・片付け時間の不足、他の業務の忙しさ、設備・備品や消耗品の不足（予算不足）などが障害になっていることが明らかになった（図2）。バイオウェアの開発には、これらの問題を解決する視点が必要であることが示唆された。また、半数以上の教員が「細胞と分子」「代謝」「遺伝情報の発現」「動物の発生」「動物の反応と行動」の分野で観察あるいは実験を行っていたが（図3）、約4割の教諭が「遺伝情報の発現」に関する教材を使ってみたくて望んでいた（図4）。それ以外の分野でも平均的におよそ2割の教諭が、ウニやカエルの発生、植物ホルモンの実験、系統樹や模型、進化シミュレーション、動画などの教材を望んでいた。この郵送アンケート調査の結果はホームページで公開した。

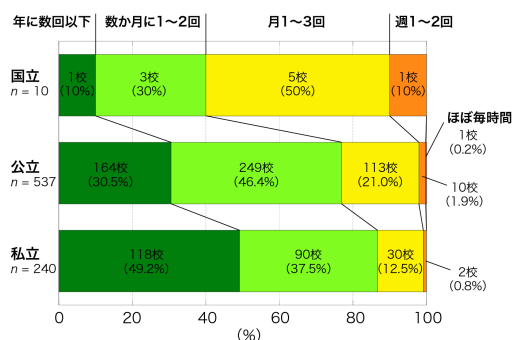


図1 観察や実験を実施している回数。

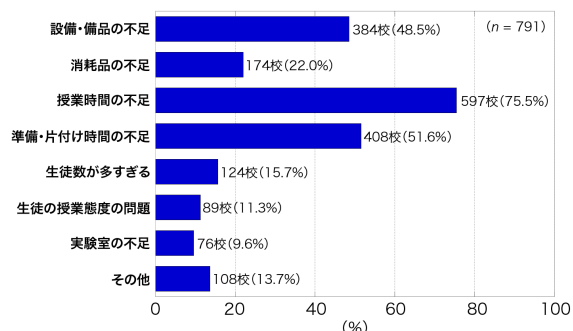


図2 観察や実験の障害になっていること。

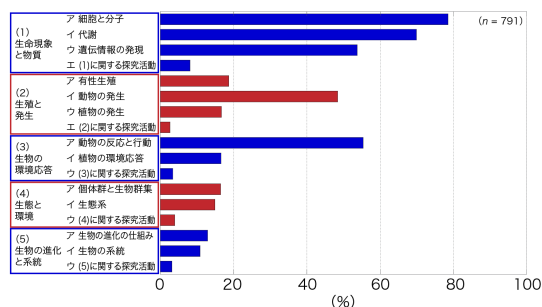


図3 観察や実験を行っている学習分野。

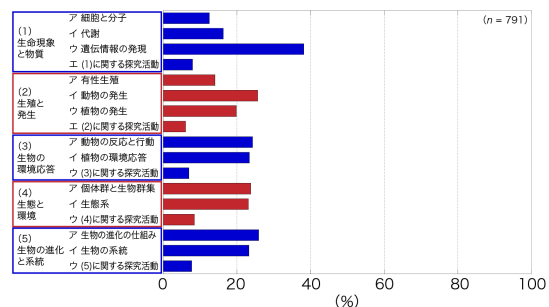


図4 どのような学習分野の教材があれば使ってみたくか？

## (2) オープンソースバイオウェアの開発

アンケート結果を参考にしながら、実際にいくつかの教材を開発し、ウェブサイト公開した。まず、実験用のコニカルチューブを立てるチューブラック、スライドガラス収納ボックス、メダカ観察ケースを完成させた（図5）。これらはレーザーカッターでMDFボードあるいはアクリル板を切断して、凸部（ほぞ）を凹部（ほぞ穴）に差し込むだけで簡単に作ることができる。また、消化酵素の実験などで用いることのできる比色計を開発した。この比色計は、オンラインで購入できる電子部品を組み合わせることによって、コネクタ付きケーブルを差し込んでつなぎ合わせるだけで、はんだ付けを全く要することなく電子回路を組み立てられるように設計した。さらに、レーザーカッターで切ったMDFボードを組み合わせるだけで、安価に簡単にモノとしての完成度の高い比色計を作ることができるように工夫されている。これらの教材の製作に必要なレーザーカッター用加工データ、プログラムなどを、詳細な写真付きの製作方法とともに、すべてウェブサイトで公開した（図6）。

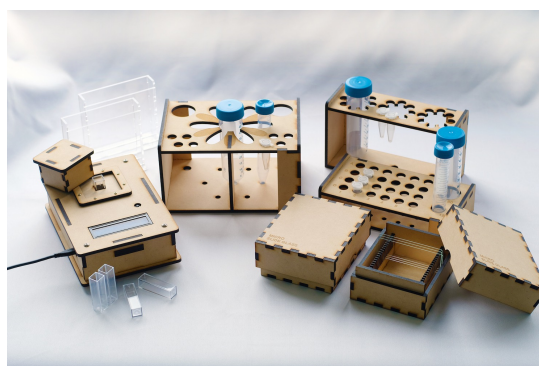


図5 開発したオープンソースバイオウェアの例。

さらに、高校生物教諭と共同した取り組みとして、水生生物のプラナリアに光刺激と電気刺激で条件付けを行うバイオウェアを開発中である。これは「動物の反応と行動」分野に関連した教具として用いることができる。また、動物園と共同した取り組みで、園が保有する小動物の頭骨をマイクロCTスキャンして3Dデータ化を行っている(図7)。だれでも3Dプリンタで造形できるように造形データを公開する計画である。これは、「生物の系統」や「進化の仕組み」に関連した教具として使うことができる。

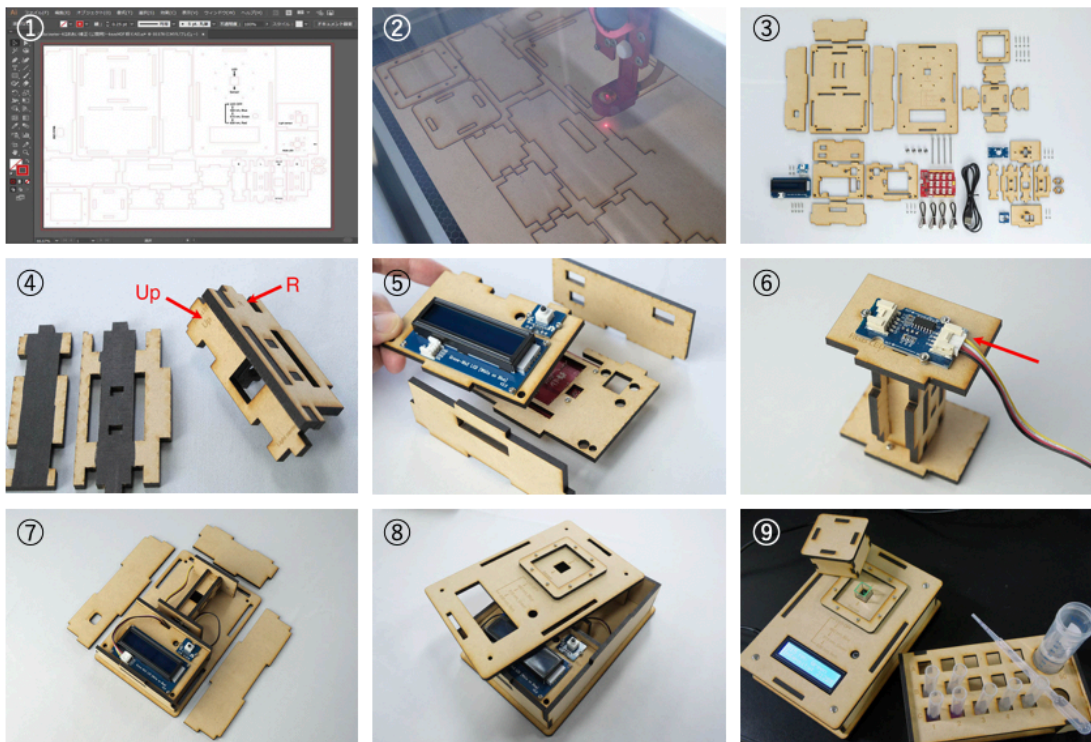


図6 ウェブサイトで公開している比色計の製作手順(一部抜粋)。

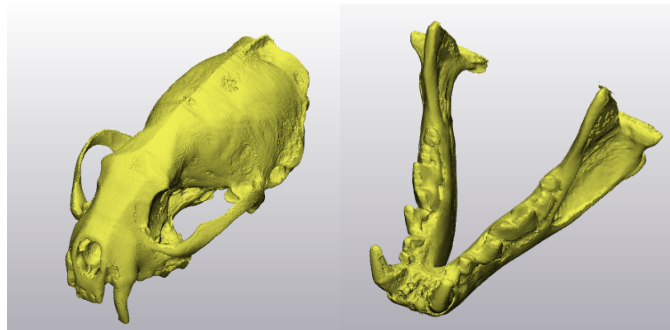


図7 CT画像から三次元再構築した小動物頭骨と顎骨の3Dプリンタ造形データ。

### (3) バイオウェアの公開

開発したバイオウェアの設計図、加工に必要な電子データ、組立図、必要な部品リストはすべてホームページ「オープンソースバイオウェアプロジェクト」で公開している。また、日本生物教育学会のワークショップ(図8)にこれらの教材を展示し、生物教育に携わる中高、大学教員から意見を収集した。さらに、つくば市で開催されたMini Maker Faire(図9)に参加して教材の展示を行い、もの作りに興味を持つコミュニティーや電子工作キットなどの販売を手がける企業などからフィードバックを得た。



図8 日本生物教育学会のワークショップにおける展示。





図9 Mini Maker Faire Tsukuba における展示.

(4) バイオウェアの試供とその効果の検証

教育現場にバイオウェアを提供し、これを製作することや使うことによる児童・生徒の興味や理解の変化を調査する予定であった。しかし、研究実施期間後半のコロナ禍によって、学校を自由に訪問して調査や検証を行うことが困難な状況が続いているため、実施できていない。本研究助成によるオープンソースバイオウェアの開発と活用に関する取り組みは今後も継続して取り組む予定である。

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 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Kurata Kosaku, Sumida Keita, Takamatsu Hiroshi	4. 巻 5
2. 論文標題 Open-source cell extension system assembled from laser-cut plates	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 HardwareX	6. 最初と最後の頁 e00065 ~ e00065
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ohx.2019.e00065	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 -

1. 著者名 Kurata Kosaku	4. 巻 9
2. 論文標題 Open-source colorimeter assembled from laser-cut plates and plug-in circuits	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 HardwareX	6. 最初と最後の頁 e00161 ~ e00161
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ohx.2020.e00161	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5件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Kosaku Kurata
2. 発表標題 Open-source design for fabricating a cell extension device
3. 学会等名 The 9th KAIST-Kyushu University Joint Workshop (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藏田耕作, 隅田啓太, 高松洋
2. 発表標題 オープンソース細胞伸展システムの開発
3. 学会等名 第31回バイオエンジニアリング講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藏田耕作, 高松洋
2. 発表標題 全国アンケートをもとにしたオープンソース生物教育教材の開発
3. 学会等名 日本生物教育学会第103回全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藏田耕作
2. 発表標題 オープンソース生物教育教材を一緒に作ってみませんか?
3. 学会等名 日本生物教育学会第104回全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藏田耕作
2. 発表標題 レーザーカッターだけで製作できるオープンソース比色計の開発
3. 学会等名 日本生物教育学会第105回全国大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>OPEN-SOURCE BIOWARE PROJECT  <a href="https://bioware.sakura.ne.jp/">https://bioware.sakura.ne.jp/</a></p> <p>藏田耕作, 学びを変えるオープンソースなもの作り, Tsukuba Mini Maker Faire, つくば, 令和2年2月15-16日. 「オープンソースバイオウェアプロジェクト」として出展とプレゼンテーションの実施.</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
--	---------------------------	-----------------------	----

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