

神奈川工科大学

教職教育センター研究報告

第1巻

2017年

神奈川工科大学
教職教育センター

神奈川工科大学

教職教育センター研究報告

第 1 卷

2017

Research Reports
of
Center for Teacher Education
Vol. 1 (2017)

Kanagawa Institute of Technology

目次	頁
巻頭言	三井和博 1
研究論文	
フリーソフト「R」を用いた統計学習ツールの開発	川崎宣昭 2
プログラミング教育のための発展的な教材作成の実践と考察	
ーJava 言語による 3 目並べを題材としてー	大庭孝則 8
“情報科教育法”での教具 Raspberry Pi の活用について	大庭孝則 12
高校化学におけるボルタ電池の扱いについて	三井和博 16
「法と道徳の関係性 ～法の世俗化と人格崇拜の行方～」	山本 聡 21
高等学校工業科の授業で活用する NC 工作機械の教材	
ーレゴマインドストーム EV3 を使った簡単な加工装置ー	佐藤智明 31
歴史的価値のある技術遺産の CG アーカイブ化の取り組み	
ー産業技術の啓蒙および工業・技術教育への利用を目指してー	佐藤智明 36
ロボットを使った PBL 教育の下限年齢	
ー自ら組み立てたロボットに対する幼児の関心度の検討ー	佐藤智明・山下大樹・福田大心 41
幼児音楽教育における階名唱楽器の効果	
ー階名唱音電子楽器の開発と実験ー	佐藤智明・大石佳正 47
教育実習の実態把握による事前・事後指導の改善に向けた考察	
ー教育実習生に対する調査からー	佐藤 史緒 50
学校教員との共同研究による防災教育の教材開発	
ーパネルシアターを用いた放射性セシウムの学習ー	田辺 基子・伊東裕子・加賀佳子・加藤聡一・佐藤智明・三井和博 58
編集後記	佐藤智明 64

巻頭言

神奈川工科大学は、昭和 50 年前身の幾徳工業大学時代に高等学校工業の教員免許を取得するための教職課程を置いて 42 年になります。その間に教員免許の種類を中学校技術、中学校および高等学校の数学と理科ならびに初等教育の栄養にまで広げ、教員を志望する学生を正規教員として中学校や高等学校の教育現場へと送り出してきました。一方、この間にいくつもの要因が絡む「いじめ」や「不登校」、「理科離れ」、「学力の低下」など学校現場での教育的課題は多様化、複雑化してきました。そのため、これからの教員に求められる資質・能力も当然ながら高度化、多様化しています。このような状況の中で、平成 18 年中央教育審議会の答申「今後の教員養成・免許制度の在り方について」では、教員養成・免許制度の改革の方向性を、1 つは大学の教職課程を「教員として最小限必要な資質能力」を確実に身に付けさせるものとして、もう 1 つは、教員免許状を、教職生活の全体を通じて、「教員として最小限必要な資質能力」を確実に保証するものとして、位置づけることにより、各大学における「質保証」の責任を明示しました。これは、まさに大学の教員養成の高度化と「質保証」の責任に対する要請であり、これからの教育現場に対応できる能力と指導力を備えた教員を養成する体制が強く求められたことになります。

本学では昨年、こうした社会の要請にこたえるべく、神奈川工科大学教職教育センターを開設し、平成 31 年の再課程認定も含め、これからの教職課程を充実させるための組織の整備や運営に対する方針を決定してきました。中でも各大学に要請されている「質保証」の観点から、生徒の主体的な学びへの意識の変革、より効果的な教科の教育法、理解や興味を育てる教材開発、家庭や地域環境への配慮など、中学校、高等学校の教員が取り組まなければならない課題やその対策などについて研究を行い、その成果を発表することはとても重要であります。また、研究の成果が十分に期待できるものであれば、より多くの教職教育関係者に活用していただくことを希望するのは当然のことであります。そこで、本学教職教育センターでは今年度より、「教職教育センター研究報告書」を発行することとなりました。

第 1 巻である本報告書は、道徳に関する研究や工業を含む教科教育および教材に関する研究ならびに教育実習に関する研究など 11 件の報告を集めており、これからの教職教育を考えるうえで、何らかの参考になること期待しております。また、今後とも教育現場や教職教育に係る教員にとって、参考となるような研究成果が報告できるよう努めてまいります。

神奈川工科大学 教職教育センター所長 三井和博

フリーソフト「R」を用いた統計学習ツールの開発

川崎宣昭

筑波大学附属高等学校 (nkawasak@high-s.tsukuba.ac.jp)
神奈川工科大学非常勤講師

Developing the Tools for Statistic Education by using Free Software Named “R”

Abstract

現行の中学校学習指導要領では、各学年で「資料の活用」の領域の学習指導が行われるようになっている。また、高等学校学習指導要領においても、必修科目の数学Ⅰの中に「データの分析」の学習指導が実施されるようになっている。数学の学習成果を日常生活の問題解決に生かせる絶好の教材であるが、ヒストグラムや箱ひげ図など、各種グラフを描くことに時間がかかってしまう。そのため、作成したグラフを用いて母集団の類似点や相違点について生徒に考察をさせたり、グループごとにデータの傾向などについて議論させたりするなどの言語活動の時間確保が難しい。

そこで今回、ヒストグラム、度数多角形、相対度数折れ線、累積度数折れ線、相対累積度数折れ線のグラフを瞬時に作成するプログラムをRと呼ばれるフリーソフトにより作成した。このことにより授業の中で、異なるデータの傾向の違いを議論させる時間を確保できる可能性が高くなった。また、高等学校で学習する四分位数と同様の定義を用いて最大3種類のデータの箱ひげ図を並列して同時に表示するプログラムも作成した。このことにより、各種ソフトウェアの四分位数と高等学校の教科書による四分位数の定義が異なっている問題点を解消した。

Key Words: Free software named “R”, Statistic education, Developing the tools, Histogram, Boxplot

1. はじめに

中学校の数学の授業では、中学校1年生で資料の傾向を調べるためにヒストグラムなどを学習する。中学校2年生では確率、中学校3年生では標本調査の考え方を学習する。また、高等学校の数学の授業では、必修科目の数学Ⅰの中に「データの分析」を指導する部分があり、分散や標準偏差、箱ひげ図、相関係数などについて学習することになっている。このように中学校1年生から高等学校1年生に至るまで各学年で確率統計的な分野を学習することになっており、内容の系統性が考慮されている現行学習指導要領の特徴のひとつでもある。

指導の留意点として中学校学習指導要領解説では、資料の傾向を読み取らせる学習指導、不確定な事象をとらえて説明させる学習指導、標本調査の必要性和意味を理解させる学習指導や、母集団の傾向をとらえて説明させる学習指導についての記載がある¹⁾。また、高等学校学習指導要領解説でも、データを整理・分析して傾向を把

握したり説明させたりする学習活動についての記載がある²⁾。

このような学習をさせる場合、データを整理・分析するためにヒストグラムや箱ひげ図などの各種グラフの作成方法を指導するが、最初はそれほど多くないデータ数について手作業でグラフを作成させ、それらのグラフが表す意味について学ばせる。その先の授業では、なるべくならば現実のデータを用いたい、その際の問題点として、データの個数が非常に多かったり、データの各種統計量が教科書のようにきれいな値ではなかったりするため、各種グラフの作成に時間がかかり、手作業でグラフを作成する時間はとてもとれない。各種グラフの作成や各種統計量を求めること自体が目的ではなく、授業の中で複数の種類のデータを比較し、それらの分布の違いについて生徒どうしで議論させたいものである。

そこで筆者は、神奈川工科大学において、フリーソフトRを用いて数理統計学の講義を担当している経験から、中学校や高等学校の教師が統計教材を短時間で開発でき、

可能ならば生徒にもRのプログラムを学ばせて統計的な分析をさせることが可能となるようなRの関数をグラフの種類ごとに作成した。これらの関数（Rのプログラム）を用いれば、グラフを Excel で作成するときに必要なレイアウトの調整なども不要である。

本稿では、ヒストグラム、度数多角形、相対度数折れ線、累積度数折れ線、相対累積度数折れ線のグラフがどの程度きれいな形で描けるのかを例示する。また、グラフを作成する際に必要なプログラムが簡単なものであることも紹介する。箱ひげ図については、各種ソフトウェアで定義された四分位数の定義と、高等学校の教科書で定義された四分位数³⁾との定義が異なるため、教科書で定義された箱ひげ図が瞬時に描けるような関数（Rのプログラム）を作成した。自然観測データを用いた例とサンプルデータを用いた例を紹介する。サンプルデータを用いた例では、Excel の箱ひげ図による四分位数の違いについても記載する。

Rでは、プロンプトの部分にプログラムを入力することによって各種グラフを作成できるようにしてある。僅か1行の命令文であるが、データの入力に慣れていない生徒に対するRの利用方法の事前指導は必要である。筑波大学附属高等学校で実践した結果、最低でも2時間の事前指導は必要だった。生徒にRを利用させる際、どのような方法で効率的にRの使用方を指導するのかについては今後の課題である。

2. 度数分布表を利用して描ける各種グラフ

度数分布表を作成すると、それを利用してヒストグラム、度数多角形、相対度数折れ線、累積度数折れ線、相対累積度数折れ線を作成することができる。学習指導上、1～2度は手作業で作成し、それぞれのグラフの読み取り方を学ばせる必要がある。しかし、グラフの作成だけで学習指導を終わらせるのではなく、現実のデータを用いてこれらのグラフを作成し、異なる種類のデータの分布の違いについて比較や検討をさせることが大切であり、学習指導要領が目指すところでもある。また、現実のデータとなると、数値データに小数点以下の数値が含まれていたり、データ数が多かったりする場合が多い。そのようなデータでも、可能ならばこれらのグラフを瞬時に描いて、生徒に異なるデータの分布の違いを説明させたい。

そこで、僅か1行の命令文を入力することによって、ヒストグラム、度数多角形、相対度数折れ線、累積度数折れ線、相対累積度数折れ線を瞬時に作成し、レイアウトの調整なども殆どなくて済むようなRの関数（プログラム）を作成した。Rの乱数発生命令を用いて平均 50、標準偏差 10 の正規分布に従う乱数を 10000 個発生させ、これらのデータを用いたヒストグラム、度数多角形、相対度数折れ線、累積度数折れ線、相対累積度数折れ線の

グラフを以下の方法で作成できるので、順次紹介したい。

2.1 ヒストグラム

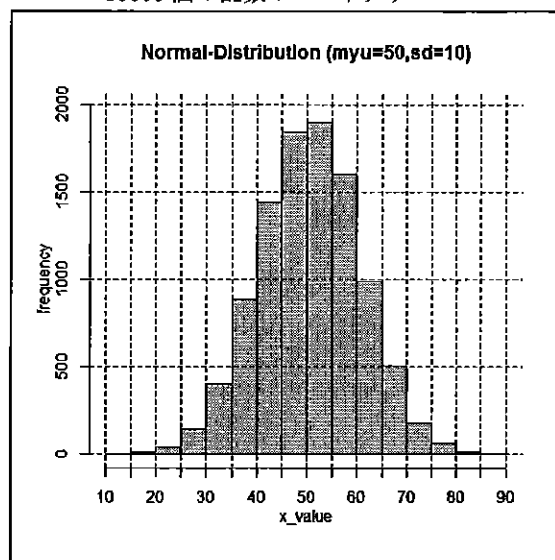
平均 50、標準偏差 10 の正規分布に従う正規乱数を 10000 個作成する。Rには自動でヒストグラムを描く機能があり、それを参考にして階級の最小値や最大値、階級の幅の候補値を定め、以下の命令文によって図1のヒストグラムを瞬時に描くことができる。

```
fhist(x,10,90,5,2000,500,,,'Normal-Distribution  
(myu=50,sd=10)')
```

この命令文の各数値や文字は、以下のような意味のデータである。なお、データが記載されていない部分はデフォルト値がグラフ内に表示される。

fhist(データ,階級の最小値,階級の最大値,階級の幅, y 軸の目盛りの最大値, y 軸の目盛りの幅, x 軸ラベル, y 軸ラベル,タイトル)

図 1 平均 50、標準偏差 10 の正規分布に従う 10000 個の乱数のヒストグラム



2.2 度数多角形

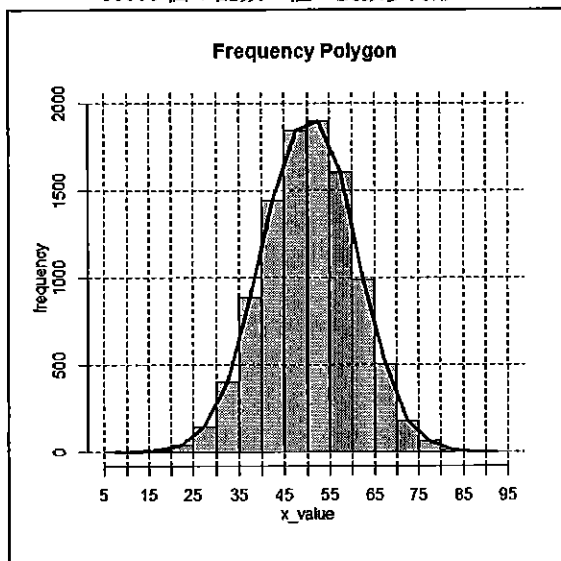
ヒストグラムで作成したものと同じ正規乱数を用いて度数多角形を瞬時に作成する命令文である。ヒストグラムの上に度数多角形が表示される。以下の命令文によって図2の度数多角形を瞬時に描くことができる。

```
ffreq(x,10,90,5,2000,500)
```

この命令文の各数値や文字は、以下のような意味のデータとなっている。なお、データが記載されていない部分はデフォルト値が入力されている。

ffreq(データ,階級の最小値,階級の最大値,階級の幅, y 軸の目盛りの最大値, y 軸の目盛りの幅, x 軸ラベル, y 軸ラベル,タイトル)

図 2 平均 50, 標準偏差 10 の正規分布に従う
10000 個の乱数の値の度数多角形

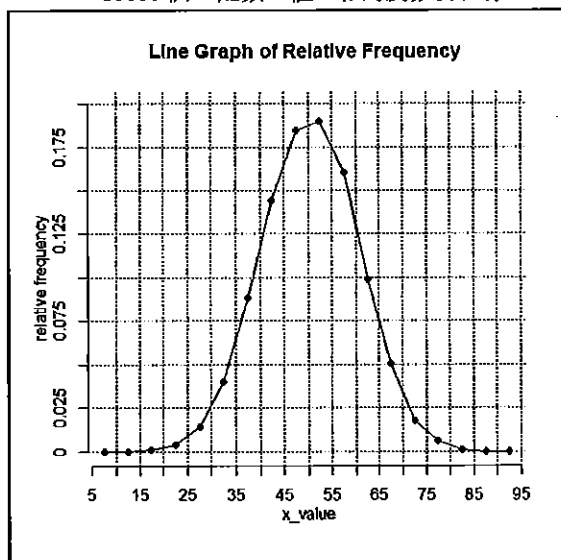


2.3. 相対度数折れ線

ヒストグラムで作成したものと同一正規乱数を用いて相対度数折れ線を瞬時に作成する命令文である。相対度数を表す折れ線のみが表示される。以下の命令文によって図 3 の相対度数折れ線を瞬時に描くことができる。

`frlf(x,10,90,5,0.2,0.025)`

図 3 平均 50, 標準偏差 10 の正規分布に従う
10000 個の乱数の値の相対度数折れ線



この命令文の各数値や文字は、以下のような意味のデータとなっている。なお、データが記載されていない部分はデフォルト値が入力されている。

`ffreq`(データ, 階級の最小値, 階級の最大値, 階級の幅, y 軸の目盛りの最大値, y 軸の目盛りの幅, x 軸ラベ

ル, y 軸ラベル, タイトル)

2.4. 累積度数折れ線

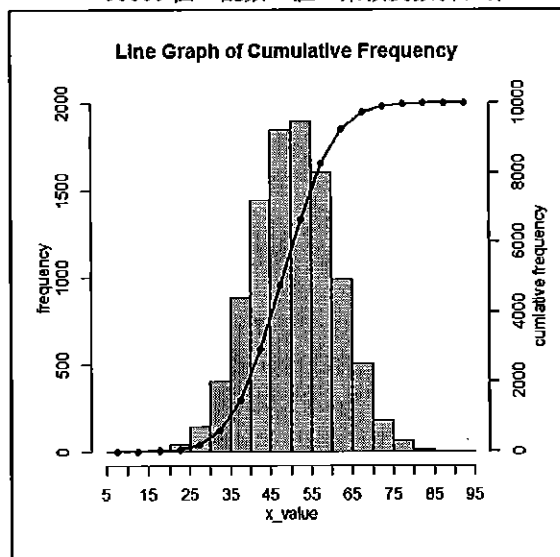
ヒストグラムで作成したものと同一正規乱数を用いて累積度数折れ線を瞬時に作成する命令文である。ヒストグラムの上に重ねて累積度数折れ線が表示される。以下の命令文によって図 4 の累積度数折れ線を瞬時に描くことができる。

`fcumf(x,10,90,5,2000,500,10000,2000)`

この命令文の各数値や文字は、以下のような意味のデータとなっている。なお、データが記載されていない部分はデフォルト値が入力されている。

`fcumf`(データ, 階級の最小値, 階級の最大値, 階級の幅, y 軸の目盛りの最大値, y 軸の目盛りの幅, 累積度数の最大値, 累積度数の目盛りの幅, x 軸ラベル, y 軸ラベル, タイトル)

図 4 平均 50, 標準偏差 10 の正規分布に従う
10000 個の乱数の値の累積度数折れ線



2.5. 相対累積度数折れ線

ヒストグラムで作成したものと同一正規乱数を用いて相対累積度数折れ線を瞬時に作成する命令文である。ヒストグラムの上に重ねて相対累積度数折れ線が表示される。以下の命令文によって図 5 の相対累積度数折れ線を瞬時に描くことができる。

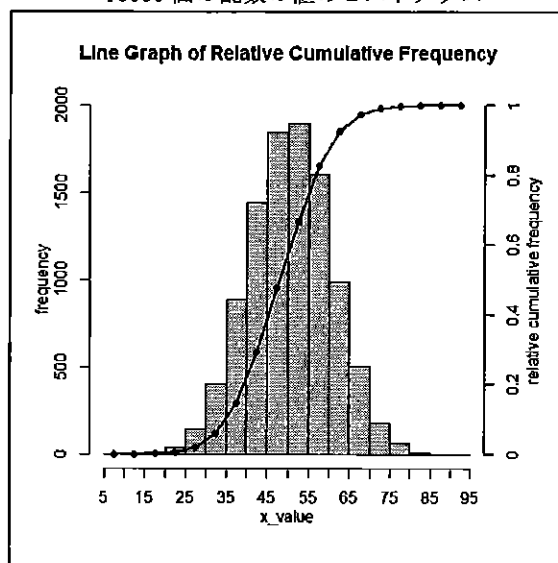
`frlcumf(x,10,90,5,2000,500)`

この命令文の各数値や文字は、以下のような意味のデータとなっている。なお、データが記載されていない部分はデフォルト値が入力されている。

`frlcumf`(データ, 階級の最小値, 階級の最大値, 階級の幅, y 軸の目盛りの最大値, y 軸の目盛りの幅, 相対累積度

数の目盛りの幅, X軸ラベル, Y軸ラベル, タイトル)

図 5 平均 50, 標準偏差 10 の正規分布に従う
10000 個の乱数の値のヒストグラム



3 箱ひげ図

箱ひげ図は、品質管理などでよく用いられるものであるが、高等学校の必修科目「数学Ⅰ」の「データの分析」の学習内容として指導されているものである。品質管理以外のデータについても、現実のデータを用いて複数のデータの分布の違いを説明させることができる。例えば下の表 1 は、東京、札幌、那覇の月平均気温の平年値の 1 年間分のデータである。都市ごとに箱ひげ図を作成して並列すると、それぞれの都市の気候の特徴を説明することができるようになる。

表 1 東京・札幌・那覇の月平均気温の平年値

month	rainfall.tokyo	temp.tokyo	rainfall.sapporo	temp.sapporo	rainfall.naha	temp.naha
1	52.3	6.1	113.6	-3.0	107	17
2	59.1	6.5	94	-3.1	119.7	17.1
3	117.5	9.4	77.9	0.6	161.4	18.9
4	124.5	14.6	56.8	7.1	165.7	21.4
5	137.8	18.9	53.1	12.4	231.9	24
6	167.7	22.1	40.8	16.7	247.2	26.8
7	153.5	25.9	81	20.5	141.4	28.9
8	168.2	27.4	123.9	22.3	240.5	28.7
9	209.9	23.8	135.2	18.1	260.5	27.6
10	197.8	18.5	109.7	11.8	162.9	26.2
11	92.5	13.3	104.1	4.9	110.2	22.1
12	51	8.7	111.7	-0.3	102.8	18.7

3.1 「R」を用いて自動で作成する箱ひげ図

R を用いれば、表 1 の札幌、東京、那覇の月平均気温の平年値のデータを利用した箱ひげ図を図 6 のように自動で簡単に作成することができる。データの読み込み以外のプログラムのメインの部分は以下の通りである。

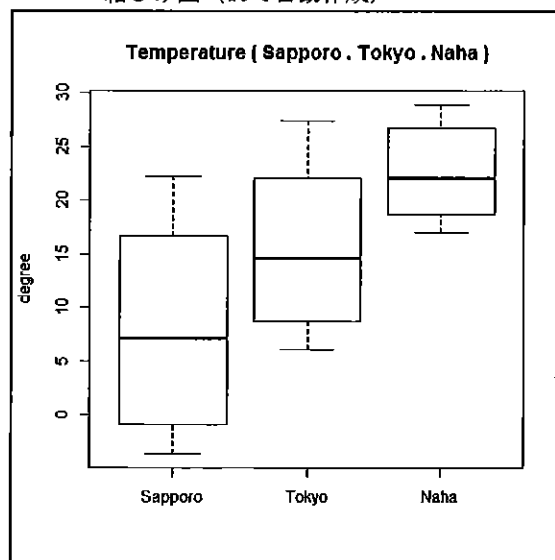
```
boxplot(sapporo,tokyo,naha,
names=c("Sapporo","Tokyo","Naha"),
```

```
main="Temperature(Sapporo.Tokyo.Naha)",
ylab="degree",horizontal=F)
```

改行はしているが、これらは 1 行のプログラムである。このように簡単に描くことができ、レイアウトの調整もしなくてよい。残念ながら、四分位数の定義が高等学校の教科書とは異なっているが、3 つの箱ひげ図を並列することによって、3 地点の気候の違いを説明することができる。札幌は亜寒帯、東京は温帯、那覇は亜熱帯の気候区分である。時系列に関する情報は失われるが、札幌は寒暖の差が大きく、東京や那覇に比べて気温が低い時期もあり、大陸性の気候の特徴が表れている。それに対して那覇は気温の年較差が札幌や東京よりも小さく、1 年間に気温が高めであることがわかる。

四分位数の定義が高等学校の教科書の定義とは異なっているとはいえ、R を用いて自動で作成した箱ひげ図を用いても気候の違いについて調べることは可能である。四分位数を高等学校の教科書の定義とした箱ひげ図との差はあまりないが、やはり教科書の定義に合わせた箱ひげ図をコンピュータソフトを用いて自動で作成したいことは高等学校の教員ならば誰もが望むことだろう。

図 6 札幌・東京・那覇の月平均気温の平年値の箱ひげ図 (R で自動作成)



3.2 「R」で開発したプログラムによる箱ひげ図

R のプログラムを利用し、高等学校の教科書で定義された四分位数を用いて箱ひげ図を自動で描くプログラムを開発した。ただし、同時に最大で 3 種類の箱ひげ図を並列できるものまでの開発である。図 7 は縦に長い箱ひげ図、図 8 は横に長い箱ひげ図であり、箱ひげ図の用途によりどちらでも使えるようにした。図 7 の箱ひげ図を描くプログラムは以下の通りである。

```
boxplot3(sapporo,tokyo,naha,1.5,
```

```
title="Temperature(Sapporo.Tokyo.Naha)",
"Sapporo","Tokyo","Naha","degree",0)
```

この命令文の各数値や文字は、以下のような意味のデータとなっている。

sapporo,tokyo,naha は、データが格納されている変数である。

1.5 は、はずれ値を判定するための数値であり、(第1四分位数) - 1.5 × (四分位範囲) 以下、または (第3四分位数) + 1.5 × (四分位範囲) 以上の場合に外れ値と判断し、はずれ値のデータは丸印によって表示される。1.5 の数値を変えれば、外れ値と判断されるデータが変わってくる。タイトルは、

```
title="Temperature(Sapporo.Tokyo.Naha)"
```

によって表示される。どの箱ひげ図がどの都市のものであるのかが表示されるように、

```
"Sapporo","Tokyo","Naha"
```

となっている。

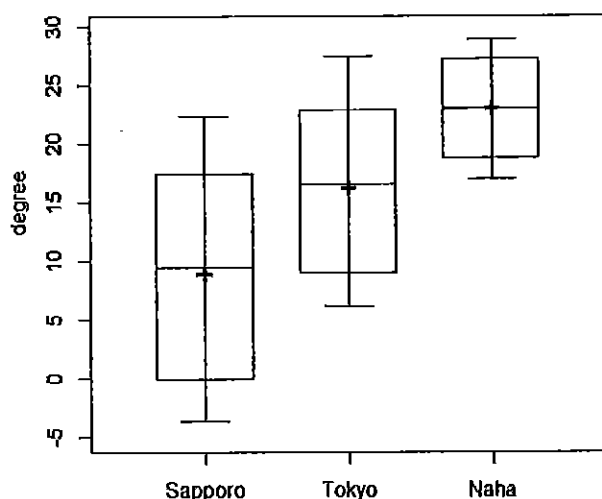
データの単位が何であるのかを示すために、縦軸のラベルを "degree" としてあり、単位は℃である。

最後の 0 は箱ひげ図を鉛直方向に表示する命令であり、水平方向にするには 1 とし、図 8 のような箱ひげ図が描かれる。

図 7 と図 8 の箱ひげ図で、"+"印は平均の値を表している。

図 7 札幌・東京・那覇の月平均気温の平年値の箱ひげ図 (R で開発したプログラムの利用・縦に長い形状)

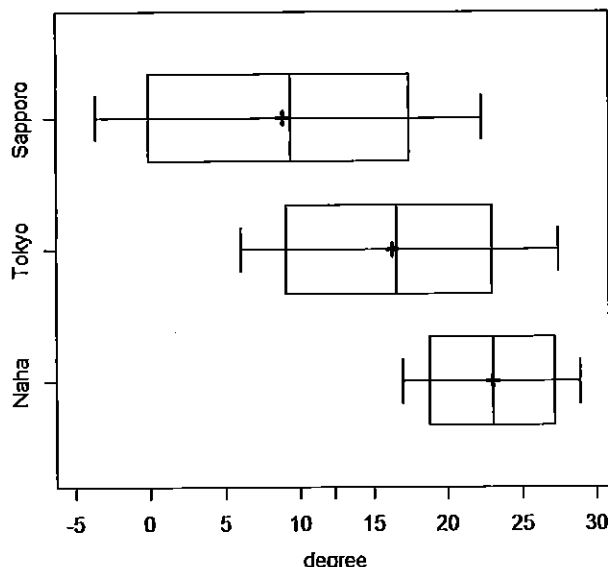
Temperature(Sapporo.Tokyo.Naha)



現在は、最大で3種類の箱ひげ図まで並列できるプログラムを開発したが、Rで自動作成される場合と同様に4種類以上の箱ひげ図も並列できるプログラムを開発することが今後の課題である。

図 8 札幌・東京・那覇の月平均気温の平年値の箱ひげ図 (R で開発したプログラムの利用・横に長い形状)

Temperature(Sapporo.Tokyo.Naha)



3.3 Excel を用いて作成した箱ひげ図

最近では、Excel を用いて箱ひげ図を簡単に作成することができるようになったが、やはり四分位数の定義が高等学校の教科書と異なっている。

Excel では、箱ひげ図を作成するための四分位数の計算として2通りの方法があり、「包括的な中央値」と「排他的な中央値」と呼ばれているが、初期設定では「排他的な中央値」の方法で計算されるようになっている。表2の3種類のサンプルデータを使ってExcelで箱ひげ図を作成したものを紹介する。

表 2 サンプルデータ

data01	data02	data03
1	3	2
2	5	4
3	7	6
4	9	8
5	11	10
6	13	12
7	15	14
8	17	16
9	19	18
10		20
		22

なお、高等学校の教科書の定義によって表1の3種類のサンプルデータの第1四分位数、中央値、第3四分位

数を求めた値は、それぞれ表3のとおりである。

表3 教科書の定義にしたがって求めた
サンプルデータの四分位数

	第1四分位数, 中央値, 第3四分位数		
data01	3.0	5.5	8.0
data02	6.0	11.0	16.0
data03	6.0	12.0	18.0

図9は、「排他的な中央値」と呼ばれる方法で四分位数を計算したときの箱ひげ図である。data02, data03の四分位数は教科書の定義で計算したときの値と一致しているが、data01については、第1四分位数と第3四分位数の値が異なっている。

図9 「排他的な中央値」の計算により Excel で
作成した箱ひげ図

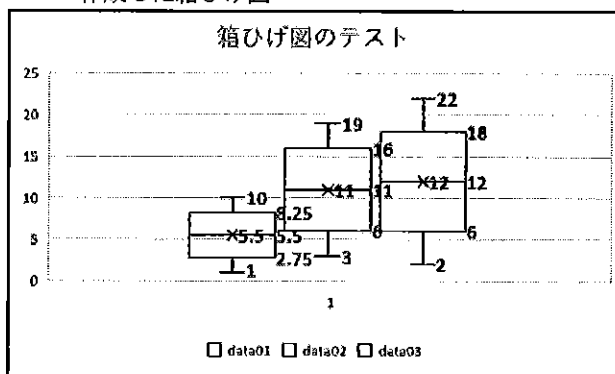
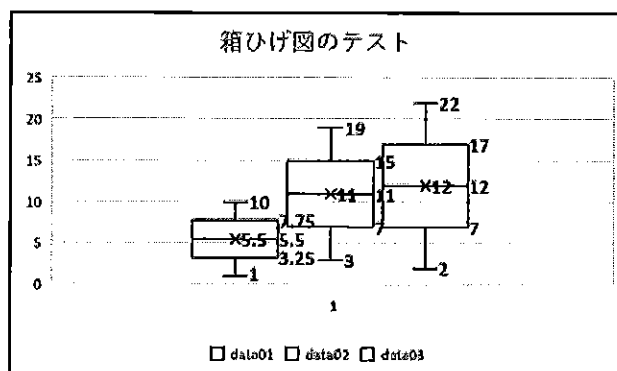


図10は、「包括的な中央値」と呼ばれる方法で四分位数を計算したときの箱ひげ図である。すべてのデータについて、第1四分位数と第3四分位数の値が異なっている。

図10 「包括的な中央値」の計算により Excel で
作成した箱ひげ図



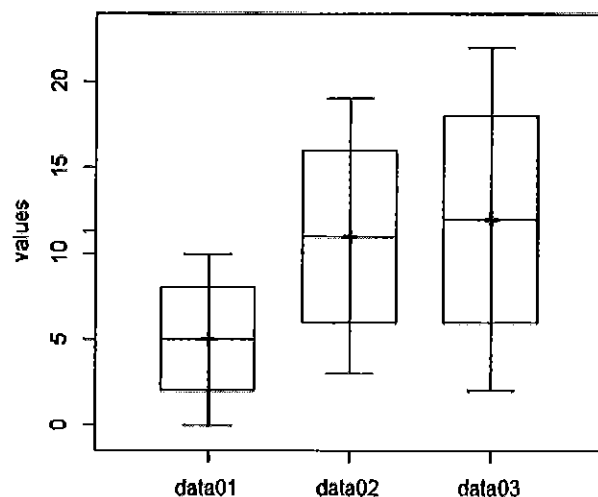
なお、今回開発したRのプログラムを利用し、教科書の四分位数の定義を用いて表2の3種類のサンプルデー

タの箱ひげ図を作成したものが図11であり、以下の1行の命令文で作成できる。

```
boxplot3(data01,data02,data03,1.5,title=
"Boxplot of Sample Data",
"data01","data02","data03")
```

図11 サンプルデータの箱ひげ図
(Rで開発したプログラムの利用)

Boxplot of Sample Data



4. 今後の課題

Rで開発したプログラムによりヒストグラム、度数多角形、相対度数折れ線、累積度数折れ線、相対累積度数折れ線のグラフを瞬時に描くことができるようになった。また、Rで開発したプログラムにより、高等学校の教科書の定義にしたがって箱ひげ図が描けるようになった。

教師は自作プリントその他の自主教材を作成しやすくなり、筑波大学で実施している教員免許状更新講習の講義のテキスト⁹⁾として使用している。また、命令文の入力自体が僅か1行で可能であるため、生徒自身にRの命令文を入力させ、複数のデータの類似点や相違点について議論させる授業を実施できるようにしたい。電卓を利用するときと同じ感覚でRの命令文を利用して統計的な分析をさせたいと考えている。

参考文献

- (1) 中学校学習指導要領解説(数学編), 文部科学省, 教育出版, 2008.
- (2) 高等学校学習指導要領解説(数学編・理数編), 文部科学省, 実教出版株式会社, 2009.
- (3) 数学I, 高等学校教科書, 東京書籍, 2011.
- (4) 川崎宣昭, 教員免許状更新講習テキスト(筑波大学), フリーソフトで学ぶ楽しい統計, 2017

プログラミング教育のための発展的な教材作成の実践と考察 ーJava 言語による 3 目並べを題材としてー

大庭孝則

神奈川県立相模原総合高等学校 (ooba2015@cco.kanagawa-it.ac.jp)

Practice and consideration for developing teaching materials for programming education
ーTick-tack-toe using the Java language in the curriculumー

Takanori OOBA

Abstract

今後の社会は人工知能やインターネットを用いた大きな変革がなされると予測されている。第4次産業革命と呼ばれるそうした変化に向けて、学校教育ではプログラミング教育が重視されるようになってきた。この報告では、Java 言語の基礎を学んだ学習者が、次のステップとして取り組むプログラミング学習用の教材作成について考察した。教材に用いたのは新たに Java 言語で作成した「3 目並べ」という古典的なゲームであるが、コンピュータと人間が対戦できるようになっている。コンピュータをどのように考えさせるかという視点でアルゴリズムを組み立てることは、人工知能への興味を喚起する学習につながるのではないかと考える。

Key Words: Programming Education, Java language, Making teaching materials, Tic-tac-toe

1. プログラミング教育

高等学校での情報教育は、共通教科情報科を中心に行われている。共通教科情報科は「社会と情報」と「情報の科学」の2科目で構成されるが、プログラミング教育の観点からすると物足りなく感じられる点がある。というのは「社会と情報」では、プログラミングは学習内容として扱われておらず、「情報の科学」では「問題の解決と処理手順の自動化」を通じてプログラミングが取り扱われているものの、「情報の科学」の履修率は2割以下(2016年度)と低い¹⁾ので、高等学校のプログラミング教育は充実しているとはいえないためである。

今後の社会は、進化した人工知能を用いて様々な判断をしたり、インターネットを通じて身近な機器が情報通信を行ったりする第4次産業革命によって大きな変化がもたらされると予測されている。近年の我が国の政策では、プログラミングをはじめとする情報の科学的な理解の重要性が指摘されていることにはそうした背景があると認識している。現在の神奈川県では、県立高校改革実施計画が進行中である。大庭が勤務する神奈川県立相模原総合高等学校も、計画の中で「プログラミング教育研究推進校」の指定を受け²⁾、2016年度から2018年度までの3年間にわたり、プログラミング教育に関する研究開発を行っている。コンピュータを活用して、論理的思考

力を身につけ、協働して問題解決に取り組むことのできる人材を育成することがねらいである。

2. Java 言語によるプログラミング教育

プログラミング教育研究を推進するため、神奈川県立相模原総合高等学校では2017年度より、共通教科情報科の科目を従来の「社会と情報」に代えて「情報の科学」を設置した。また総合学科高校として、プログラミングを扱う選択科目を充実させた。商業科の科目「プログラミング」は2003年の開校当初から設置していたが、2017年度より新たに「発展プログラミング」「アプリケーション作成入門」「ロボット制御入門」等の学校設定科目を開設し、プログラミング教育の推進を図っている。

取り組みの中心となっている科目は選択科目の「プログラミング」で、この授業はJava 言語によるプログラミングを扱っている。使用している教科書は「最新プログラミング オブジェクト指向型言語」³⁾だが、掲載プログラムはすべて統合開発環境のEclipseを用いて作成されている。Java 言語を含めて使用ソフトウェアは無償で提供されているため、学校のコンピュータ教室など、コンピュータの台数が多い場合でも導入しやすい。教科書の後半では、Swing を利用した GUI プログラムの作成を扱っているため、この教科書で学習すれば、GUI を用いた実

用的なプログラムの作成の基礎を身につけることができる。そこでこの教科書を使って Java 言語プログラミングの基礎を学んだ学習者が、次のステップとしてどのような教材で学習するのが望ましいか、また教員が自作したプログラムを学習者が学びやすいように教材化するにはどのような手順が必要か、神奈川県立相模原総合高等学校の学校設定科目「発展プログラミング」での教材作成を例に考察した。

3. Java 言語による 3 目並べプログラム

教材を作成するにあたって考えたことは、生徒が興味を持って遊べるゲームを題材にすることであった。「遊べる」というのがポイントで、ゲームなら生徒たちは繰り返して実行するだろうし、繰り返しプログラムを実行するうちに、プログラム内容を自発的に発展させることができるのではないかと期待があった。思いついたのは、幼少時に遊んだ「3 目並べ (O×ゲーム)」である。

「3 目並べ」ゲームというのは、2 人のプレイヤーが行うもので、通常は紙に「井」の字のようなゲーム盤を書いて行う。プレイヤーの 2 人は空白のセルに「O」と「X」を交互に書き込んでいく。縦・横・斜めのいずれか 1 列に 3 個自分のマークを並べると勝ちとなるものである。

このゲームを Java 言語のプログラムで表すにはどうしたらよいだろうか。選択科目「プログラミング」の教科書に扱われている範囲の技術で作成することを前提に、次のような方針を定めた。

まず、外見を作る。そのために Swing のフレーム (JFrame) を作成する。

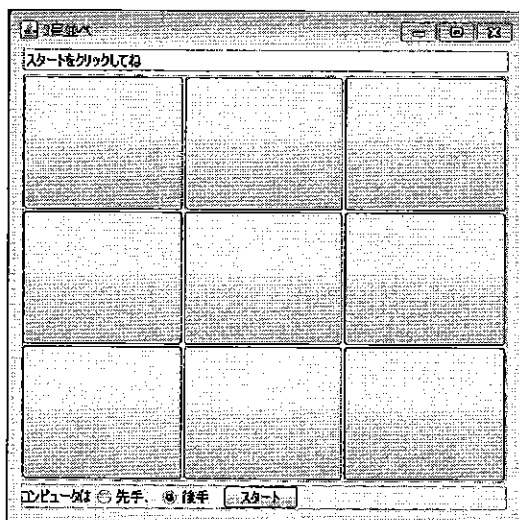


図 1 3 目並べプログラムの外見

フレームの上段 (North) にはメッセージ表示用のテキストフィールド (JTextField) を配置する。フレームの中央 (Center) には中間コンテナとしてパネル (JPanel) を配置し、その中に「O」や「X」を表示するためのボタ

ン (JButton) を 9 つ配置する。9 つのボタンは 3 行 3 列に揃えて表示するため、中央の JPanel のレイアウトには 3 行 3 列の GridLayout を設定しておく。フレームの下段 (South) にはもう一つパネル (JPanel) を配置して、「コンピュータは」と表示するラベル (JLabel)、先手・後手を選択するためのラジオボタン (JRadioButton) とゲームのスタートボタン (JButton) 1 つを配置した。

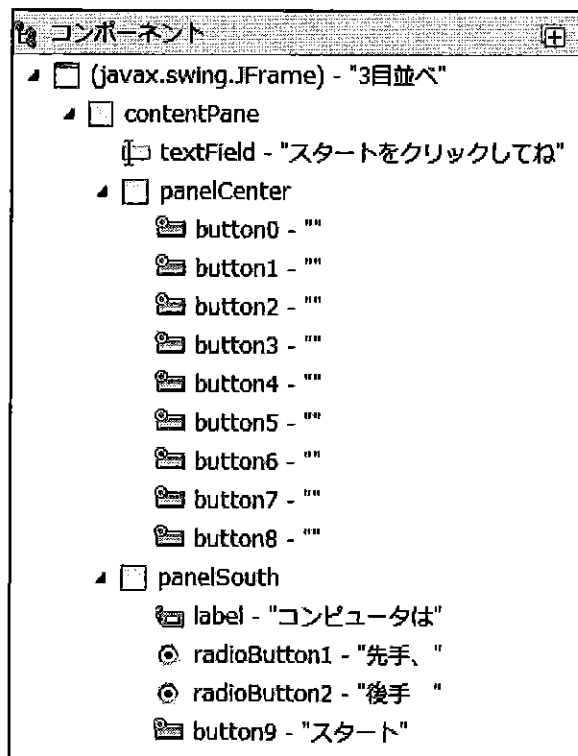


図 2 配置したコンポーネント

次にプログラム内で使用する変数を考えた。プログラムを簡潔にするため、変数はなるべく少なくするように考えて、次の 3 つとした。

- (1) 9 つのセルの状態を保持する整数型配列
- (2) 現在何手目かを示す整数型変数
- (3) ゲームが終了したかどうかを示す整数型変数

最後に行ったのがプログラムのコーディングである。各ボタンのクリックに対応するイベント処理とは別に、追加したのは次の 5 つのメソッドだった。

- (1) コンピュータが打つセルを、0~8 のセル番号で返すメソッド。
- (2) あるセルが空白かどうかを判定するメソッド。
- (3) マークの並びからゲーム終了を判定するメソッド。
- (4) 9 つのセルに「O」「X」を表示するメソッド。
- (5) 1 つのセルに文字を与えて表示するメソッド。

このうち(1) がコンピュータの思考ルーチンにあたるメソッドである。最初は単純に、空のセルを見つけて 0~8 のセル番号を返すだけのメソッドとした。返り値が 9 の場合は打つ場所がないことを示している。

```
private int think(int n){
    int c;
    for(c=0; c < 9; c++){
        if(mas[c] == 0) break;
    }
    return c;
}
```

リスト 1 初期段階の思考ルーチン

プログラムの仕組みは、9 つのセルに図 3 のように番号を振り、整数型の配列 mas[0]～mas[8]に各セルの状態を保持させることによる。配列 mas の値が 0 ならば空、1 ならば「○」、2 ならば「×」を示す。コンピュータが手を打つということは、配列 mas のいずれかに 1 か 2 の値を代入することで実現している。

0	1	2
3	4	5
6	7	8

図 3 9 つのセルに与えた番号

この段階で実行してみると、人对コンピュータの対戦はできるものの、コンピュータは勝敗を度外視して、ただ空のセルに打ってくるだけなので、弱い。人が同じマークを 2 つ揃えて、あと一手で勝つ段階になっても、無関係のセルに打ってくる。

そこで同じマークが 2 つある列を調べ、マークが 2 つあれば同じ列のセルに打ってくるようにメソッドを追加した。

この chk2koma メソッドを使って、同じマークが 2 つ

ある列を探し、見つからない時だけ空のセルに打つよう、think メソッドを改良すると、コンピュータは「強く」なり、油断すると人が負けるようになった。

3 目並べは最大で 9 手までしかない単純なゲームである。突き詰めれば、常に最善手を打つアルゴリズムを作り出すことができるだろう。しかしこれ以上の改良は学習者に任せることとして、教材としてはこれで完成とした。

4. Java 言語プログラムの教材化

教員が自作したプログラムを教材化する場合に、最初に行うのは、授業で学習者にどのような作業をさせるか、学習者は作業を行いながらどのような課題を解決するのかを決定することである。その際のヒントになるのは、プログラムの作成過程で教員自身が直面した課題であり、これらをどのような手法で解決したかということは、教材作成の有力な手掛かりになる。ただし教員が試行錯誤した制作過程をなぞるだけでは適切な学習教材にはならない。学習者に対する課題の提示、問題解決の道筋を見出すことが必要である。

こうした考えに基づき、「3 目並べ」プログラムは 4 回の授業で扱うこととし、各回の授業テーマを次のように定めた。

第 1 回、Swing コンポーネントでゲームの外見を作る。

第 2 回、ゲームの勝敗を判定する機能を付加する。

第 3 回、コンピュータ対人の対戦ができるようにする。

第 4 回、コンピュータの思考ルーチンを強化する。

各回のテキストは 4～8 ページの内容にまとめて授業で配付することにした。テキストを作成する際に心掛けたことは、1 回の授業ごとに学習者が実行可能なプログラムを作成するということであった。プログラムの機能が不十分でも、起動させて GUI の操作ができるものを作った。たとえば第 1 回の授業では、実行させるとゲームの外見を表示するだけのプログラムを作成した。セルをク

```
private int chk2koma(int n){
    int[][] kPtn = {{0,1,2},{3,4,5},{6,7,8},{0,3,6},{1,4,7},{2,5,8},{0,4,8},{2,4,6}};
    for(int i=0; i < 8; i++){
        if(mas[kPtn[i][0]]==0 && mas[kPtn[i][1]]==n && mas[kPtn[i][2]]==n)
            return kPtn[i][0];
        else if(mas[kPtn[i][0]]==n && mas[kPtn[i][1]]==0 && mas[kPtn[i][2]]==n)
            return kPtn[i][1];
        else if(mas[kPtn[i][0]]==n && mas[kPtn[i][1]]==n && mas[kPtn[i][2]]==0)
            return kPtn[i][2];
    }
    return -1;
}
```

リスト 2 同じマークが 2 つある列の空きセル番号を返す chk2koma メソッド

```

private int think(int n){
    int c = 9;
    if(chkEnd() > 0) return c;
    if( n==0 ){ // コンピュータが先手なら
        if((c=chk2koma(1))>=0){ // ○をチェック
            return c;
        }
        if((c=chk2koma(2))>=0){ // ×をチェック
            return c;
        }
    }else{
        if((c=chk2koma(2))>=0){
            return c;
        }
        if((c=chk2koma(1))>=0){
            return c;
        }
    }
    int rnk[]={4,6,2,8,0,7,5,3,1,9};
    for(c=0; c < 9; c++){
        if(mas[rnk[c]]==0) break;
    }
    return rnk[c];
}

```

リスト3 強化した思考ルーチン

リックしても反応はないが画面にはゲーム盤が表示される。第2回では人対人の対戦だが、ゲームの勝敗を判定できるようにした。第3回では人対コンピュータの対戦ができるようにして、第4回ではコンピュータ思考するように改良した。

各授業ごとに実行可能なプログラムを作成するようにしたことには2つの意味がある。一つは学習者に達成感をもたせるためであり、もう一つは学習者に未完成のプログラムを操作しながら、次に追加すべき機能とそれを実現するためのアルゴリズムを考えさせるためである。授業では、その授業での課題を解決し、実行可能なプログラムが出来上がったところで、次はどこを修正し補強するかを考えさせた。

5. おわりに

有史以来、人類はさまざまな物を発明した。コンピュータは人間の発明品の中でも最高のものの一つであろう。プログラミングは、人類最高の発明品であるコンピュータを人の考え通りにコントロールする技術である。

学校でのプログラミング教育は、コンピュータを活用して、論理的思考力を身につけ、協働して問題解決に取り組む人材を育てることが目標である。それを実現するには、学習者がコンピュータを自由に操る喜びを実感することが、ぜひとも必要であると考えられる。実際のプログラミングには集中力と持続力が求められる。コンピュータを操る喜びこそが、プログラミングに対するモチベーションを維持する力になるからである。

3目並べプログラミングの授業で、人対コンピュータの対戦ができるプログラムを作成したのは第3回の授業でのことであった。この段階では、コンピュータは空のセルを探して、その場所に打ってくるだけである。

次の授業では、コンピュータの思考ルーチンを強化して、ある程度「強い」3目並べプログラムを完成させる予定であった。そこで次の授業への課題として、生徒たちにヒントを出した。

「コンピュータを強くするための一つの考え方が、同じマークが2つある列を見つけた場合、マークが自分のものなら空のセルに打てば自分の勝ちでゲーム終了、マークが相手のマークであっても、空のセルに打たないと自分が負けになる。いずれにせよ2つ同じマークがある列の空のセルには必ず打たなければいけない。」

しばらくたって、普段は寡黙な生徒の一人が「やった。コンピュータが負けないアルゴリズムができた」と声を上げた。「どれどれ」と向かい側の席の生徒は立ち上がって彼のディスプレイを覗き込んだ。

別のある生徒は、休憩のときに「先生のプログラムはカドが空いているとそこに打ってくるんですが、中央を優先したほうが勝率が上がりませんか」と話しかけてきた。

生徒とのやり取りの中で気づいたことは、コンピュータの思考ルーチンのアルゴリズムを考えることは、コンピュータを操る実感を得るのに適したものであるということだった。コンピュータが考える手順をプログラミングし、そのプログラムを実行させる。作成者が正しく考えてプログラムすれば、コンピュータは想像以上の働きをする。プログラムを作った本人を、コンピュータが負かしてしまうことさえあるのだ。こうした体験は、将来、人工知能のような大量のデータに基づいた思考ルーチンの開発につながることも可能であろう。このような可能性を育むためにも、教材作成者には、生徒にとって身近で興味深く、よりプログラミングのモチベーションを高めるような教材開発を行うことが求められると考える。

授業で使ったテキスト教材は、神奈川県立相模原総合高等学校のホームページ⁴⁾からダウンロード可能である。

参考文献

- (1) 文部科学省、教科書の種類数・点数・需要数（平成28年度用）。
- (2) 神奈川県教育委員会、県立高校改革実施計画（全体）、2016。
- (3) 中澤興起ほか7名、最新プログラミング オブジェクト指向型言語、実教出版株式会社、2017。
- (4) 神奈川県立相模原総合高等学校ホームページ、<http://www.sagamiharasogo-ih.pen-kanagawa.ed.jp/>

“情報科教育法”での教具 Raspberry Pi の活用について

大庭孝則

神奈川県立相模原総合高等学校 (ooba2015@cco.kanagawa-it.ac.jp)

Raspberry Pi as a learning device for “Method of Teaching Information Technology”

Takanori Ooba

Abstract

“情報科教育法Ⅰ”及び“情報科教育法Ⅱ”は高等学校情報科の教員免許取得に必要な教職に関する科目であるが、対象である情報科という教科の性質上、授業の中で実習が必要な場面がある。2012年にイギリスで誕生した Raspberry Pi は学習用の安価なシングルボードコンピュータであるが、情報科教育法の授業で教具として使ってみると、小型軽量のため教室への持運びが容易であることに加えて、授業資料の提示、プログラミングのためのデジタル教材の配付、ネットワークやデータベース実習、さらには授業を受ける学生が考えを共有するための意見交換ツールとしても活用できるものであった。

Key Words: Raspberry Pi, Raspbian, Learning device, Web server

1. はじめに

“情報科教育法Ⅰ”及び“情報科教育法Ⅱ”は、高等学校情報科の免許取得に必要な教職に関する科目に含まれる。

高等学校の共通教科情報科の目標は、「情報及び情報技術を活用するための知識と技能を習得させ、情報に関する科学的な見方や考え方を養うとともに、社会の中で情報及び情報技術が果たしている役割や影響を理解させ、社会の情報化の進展に主体的に対応できる能力と態度を育てる」¹⁾ことだが、「情報及び情報技術を活用するための知識と技能を習得」させる内容を扱うには、情報科教育法の授業の中でもコンピュータや情報通信ネットワークを利用した実習を行う必要がある。

授業で使用している教室は、コンピュータ教室ではなく通常の教室だが、学生用の無線 LAN 及び情報コンセントが備わっているので、学生がノートパソコンを持参すればネットワークに接続してコンピュータ実習を行うことが可能である。

情報科教育法Ⅰは前期科目で、授業回数は15回であるが、そのうち5回の授業でコンピュータを使った実習を行うことにしている。後期科目の情報科教育法Ⅱではコンピュータを使った実習は行わないので、実習環境が必要なのは年間で5回の授業に限られる。

この5回の授業の実習環境を作る方法として当初採用した方法は、「玄箱」という名称で販売されていた NAS(Network Attached Storage)を教室に持込み、サーバと

して使用する方法だった。授業の度に教室に持ち込むには、3.5 インチ型のハードディスクドライブを内蔵する筐体が重くてかさばるのが欠点だった。

次に採用した方法は、教員が持参する Windows ノートパソコンに、サーバ用のソフトウェアをインストールしておく方法だった。フリーウェアとして有名な XAMPP などのパッケージを利用すると、Web サーバや、データベースサーバ、PHP などを一括してインストールすることができる。何よりも通常持ち歩いているノートパソコンのみで利用できることで可搬性を考えると最善の方法と思われた。しかし実際に授業で使ってみると、SQL を用いたデータベース実習のときなど、端末から操作する画面を学生に提示する場合に、同一のパソコンの中でサーバと端末が実行されているため両者の判別がしづらく、説明がわかりにくくなる欠点があった。やむなくかつての玄箱に代る、授業で使える可搬サーバを探すことになった。その時に知ったのが Raspberry Pi であった。

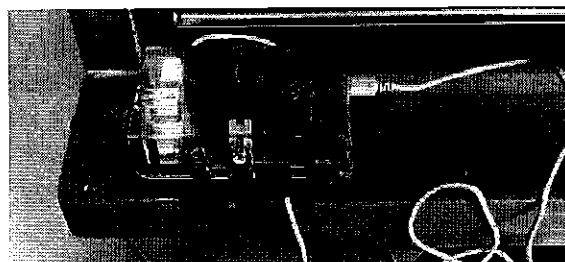


図1 教室で使用中の Raspberry Pi

2. Raspberry Pi とは

Raspberry Pi はイギリスの Raspberry Pi 財団が教育用に開発した、小さなシングルボードコンピュータである。特徴としては、小型・軽量・安価ながら USB 端子、HDMI 端子、SD カードスロットを搭載するなど、コンピュータとしての基本性能を備えたものである。

この小型コンピュータの標準 OS は Raspbian と呼ばれるもので、Debian GNU/Linux に基づくものである。パッケージ管理は Debian GNU/Linux と共通で、Debian GNU/Linux の使用経験があれば戸惑うことなく使用することができる。この Raspbian には 2017 年 7 月現在、2 種類のパッケージがある。デスクトップを含めた Raspbian Jessie With Desktop とシンプルな Raspbian Jessie Lite である。どちらを選ぶかは使い方による。筆者は Raspbian Jessie Lite をインストールしている。パッケージ名の Jessie は Debian 8.0 のコード名なので Debian のバージョンに合わせて将来変更される可能性がある。

Raspbian は SD カードをストレージとして起動できる OS である。Raspberry Pi のサイトで配布される ZIP ファイルを SD カードに書き込むだけで使用できるので、インストールは難しくない。Raspberry Pi 本体にディスプレイやキーボードを接続せずに、いわゆるヘッドレスインストールを行うことも可能である。

ここでは Raspberry Pi 3 と Raspbian Jessie Lite を例に、Windows パソコンとネットワークケーブルのみを用いたヘッドレスインストールの手順を紹介する。

(1) まず Windows パソコンにマイクロ SD カードを接続して OS のイメージを書き込む。Raspberry Pi のサイト²⁾で紹介されている Etcher というツールを使うのが手軽である。このソフトウェアは OS イメージを ZIP 形式のまま書き込むことができる。

(2) OS イメージを書き込むことができたなら、そのマイクロ SD カードを、改めて Windows パソコンに接続する。作成された Boot 領域のファイルシステムは FAT32 なので Windows パソコンでもそのまま認識される。ここに“ssh”という名前のファイルを作成する。標準のテキストエディタであるメモ帳を使って空のテキストファイルを作成し、“ssh”というファイル名にリネームするのが簡単である。拡張子はつけない。なぜこの手順が必要かというと、2016 年 11 月 25 日版以降の Raspbian では ssh サーバが無効になった状態で提供されており、この ssh を有効化するのに必要なためである。

(3) 次に Windows パソコンで DHCP サーバを起動する。BlackJumboDog³⁾などのフリーソフトを用いるのが手軽である。初期状態の Raspberry Pi は DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) を用いて IP アドレスを取得するように設定されているので、DHCP サーバを設定することで Raspberry Pi の初期 IP アドレスを決定できる。

(4) あとは初期設定を終えたマイクロ SD カードを Raspberry Pi に装着し、ネットワークケーブルで

Windows パソコンと Raspberry Pi とを接続し、USB ケーブルで給電する。Raspberry Pi の IP アドレスを DHCP サーバのログで確認し、その IP アドレスに対して Tera Term などの ssh に対応したターミナルエミュレーターで接続する。初期ユーザ名は“pi”，パスワードは“raspberrypi”である。セキュリティの面からこのパスワードは passwd コマンドを用いて早めに変更しておく。

(5) 最後に、次回以降の起動に備えて、固定した IP アドレスを割り振っておくと便利である。IP アドレスを固定化するには、/etc/dhcpd.conf を編集する。IP アドレスを 192.168.0.20 に設定した例を示す。以下の 4 行は /etc/dhcpd.conf の最下行に追記しておく。

```
interface eth0
static ip_address=192.168.0.20/24
static routers=192.168.0.254
static domain_name_servers=192.168.0.253
```

ネットワーク接続にプロキシサーバ必要とする場合は、さらに /etc/apt/apt.conf を編集しておく。プロキシサーバの IP アドレス：ポート番号の形式で記述する。

```
Acquire::ftp::proxy "ftp://192.168.0.252:80/";
Acquire::http::proxy "http://192.168.0.252:80/";
Acquire::https::proxy "https://192.168.0.252:80/";
```

3. 情報に関する授業での実習に有用なソフトウェア

Raspbian Jessie Lite は最小限の状態で提供されているため、あらかじめインストールされているソフトウェアは少ない。2017-06-21 版では、FTP サーバ、データベースサーバはもとより Web サーバもインストールされていない。

情報科教育法の授業で実習用に Raspberry Pi を利用する際には、どのようなソフトウェアがあるとよいのだろうか。

まず Web サーバが必要である。HTML を用いた Web ページの作成実習を行うには必須といってよいし、プログラミング実習の際にデジタル教材を配付するのにも役立つ。スクリプト言語の PHP5 も入れておくと良いだろう。また作成した HTML ファイルをサーバに転送するために FTP サーバが必要となる。

データベースに関して SQL 実習を行うとするとデータベースサーバが必要になる。MySQL (もしくは MariaDB) を使う場合、phpMyAdmin をインストールしておくことでデータベースの管理が行いやすくなる。このソフトウェアはスクリプト言語の PHP で記述されているため、PHP5 もインストールしておく必要がある。

これらのソフトウェアについて、2017-06-21 版の Raspbian Jessie Lite には表 1 に示したパッケージが用意されており、いずれも aptitude 等のコマンドで簡単にインストールすることができる。

ソフトウェア	パッケージ名(バージョン)
Web サーバ	apache2(2.4.10-10+deb8u9)
DBMS	mysql-server(5.5.55-0+deb8u1)
	mariadb-server(10.0.30-0+deb8u2)
PHP 言語	php5(5.6.30+dfsg-0+deb8u1)
SSH サーバ	ssh(1:6.7p1-5+deb8u3)
FTP サーバ	vsftpd(3.0.2-17+deb8u1)
DB 管理	phpmyadmin(4:4.2.12-2+deb8u2)

授業における教具として Raspberry Pi を使う場合、特別なハードウェアを必要としないので扱いやすい。Raspberry Pi を操作するためのターミナルエミュレーターを備えたコンピュータさえあれば、Raspberry Pi 自身にはマウスもキーボードも接続せずに使用できる。もちろん外部ディスプレイも必要ない。電源はモバイルバッテリーが使用可能なので、電源コンセントを探す必要がない。教室内のどこにでも置くことができる。いろいろな教室に持ち込んで使用することを想定すると、この可能性の優秀さは他に替えるものがない。

- (1) 教材の提示
- (2) デジタル教材の配付
- (3) Web ページの作成実習
- (4) データベース実習
- (5) 意見交換ツール

(2)のデジタル教材の配付は、学生が、実習に用いるデジタル教材を Raspberry Pi からダウンロードするものである。例えばプログラミング実習の際、ソースプログラムを一から入力していると時間がかかるため、学生にはあらかじめある程度プログラムを入力したひな型を配付するようにしている。これを授業のページにアップロードしておき、ダウンロードしてもらうのである。

おく必要がある。授業では、学生がそれぞれ FTP クライアントソフトウェアを使ってサーバにファイル転送をする。FTP サーバの設定が必要になったり、学生のパソコンにも FTP クライアントソフトウェアが必要になったりして手間はかかるが、学生の Web ページをプロジェクトで表示したり、PHP によるスクリプトを実行したりすることができるので、メリットのほうが大きいと考える。

(5)の意見交換ツールは、Web サーバとデータベースの連携の例を示すために筆者が自作した教材である。利用者は表示された質問に対する回答を、ブラウザを使って入力する。参加者は自分を含めた全員の回答を閲覧できるというもので、PHP 言語で記述してある。サンプルとして作成したものではあるが、実際に授業で使用してみると意外に便利であったので、プレゼンテーションの授業の時など、大勢の意見をを集めたいときに使用している。

「情報科教育法」128表目録		
	授業計画	ダウンロードリンク
第6回 5月27日	問題解決・モデル化とシミュレーション (モデル化とシミュレーション)	06 授業計画 (01)リソース検索、WebScriptのインストールも必要。文化祭対策、漢字訂正
第7回 6月3日	アルゴリズムとプログラミング (アルゴリズムとプログラミングの指導法)	07 授業計画 (プログラム作成環境のインストール) (問題1-2)
第8回 6月10日	情報検索とデータベース (情報検索とデータベースの指導法)	08 Aのページ DBMSの歴史と利用例
第9回 6月17日	情報検索とデータベース (検索型DB(情報検索とデータベースの指導法)	09 04 授業計画 SQLの文法
第11回 7月1日	WebサーバとDBMSの連携 (検索・データベースページの作成)	11 授業計画、Webサーバのインストール、FTPのインストール、ホームページのアップロード

5. Raspberry Pi を使った意見交換ツール

「回答する」ボタンを選択した場合は、「学籍番号」「氏名」「表示用ニックネーム」「回答」を順に入力する。「表示用ニックネーム」は後で閲覧ボタンをクリックした際に表示される回答者名である。本名である氏名を表示すると率直な意見を述べにくい場合もあるだろうという配慮で、匿名にする方式を選択した。

この意見交換ツールの仕組みは、q_a というデータベースの中に“質問”と“回答”の2つのテーブルが用意されている。利用者が O&A のページを表示させるとき

従来からの紙ベースで同様の作業を行うには、少なくとも 2 回の授業が必要である。最初の授業では各生徒が発表し、残りの生徒は感想やコメントの記述をする。授業の最後に生徒たちが記入した用紙を回収してその日の授業が終わる。その後、教員は記入用紙を仕分けて、次の授業で発表者に配付する……といった手順が必要で、一連の作業を 1 回の授業で完結させることはできなかった。が、このシステムを使うことで、発表から、評価・閲覧・改善のサイクルを効率的に行うことができるようになった。

[illegible]

6. おわりに

ちなみにこの2つの Raspberry Pi ではネットワーク IP アドレスの固定方法が異なっている。最初に導入した Raspberry Pi 1 Model B で使用した OS は、2014 年 1 月 7 日版の wheezy-raspbian で、この時は次の4つのファイルでネットワーク環境を設定していた。

今後はさらに使い勝手が良くなった教具を活用する、より良い実習授業を考案したいと考える。

参考文献

- (1) 文部科学省, 高等学校学習指導要領, 2011
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/youryou/kou/kou.pdf
- (2) <http://www.raspberrypi.org/>
- (3) <http://www.sapporoworks.ne.jp/spw/>

高校化学におけるボルタ電池の扱いについて

三井和博

神奈川工科大学 基礎・教養教育センター (mitsui@gen.kanagawa-it.ac.jp)
Handing of Volta Battery Lecture at High School Chemistry

Kazuhiro MITSUI

Abstract

In this experiment, change in the electromotive force when changing the concentration of sulfuric acid and using oxidized copper plate for electrode in Volta battery was investigated. Also, the amount of current flowing when an electronic music box was connected using polished copper plate and oxidized copper plate as electrodes was measured. Furthermore, when hydrogen peroxide water was added to the battery of Volta, electromotive force, voltage and current at the time of connection of music box were measured. The correlation between these results and the generation state of hydrogen gas at the electrode when shorting the electrode was investigated.

In this paper, from these experiments, we clarify the characteristics of the battery of Volta and propose the necessary precautions in the lecture on the battery of Volta in high school chemistry class.

Key Words: Education Method, Chemistry, Volta Battery, Internal Resistance, Electromotive Force.

1. はじめに

最近では高校化学の電池の項目において、ボルタ電池は参考などの別項目にして、詳しい説明を省いた教科書も増えてきた^{1,2)}。しかし、負荷をかけたときの電圧の低下について、いまだに分極による説明が加えられているものもあるが^{3,4)}、その説明は正しとはいえない。実は、ボルタ電池の原理はかなり複雑な現象を含んでいるため⁵⁾、起電力が何Vになるかさえ明確ではない。理科学辞典ではボルタ電池の起電力を1.1Vとしているが、その理由については説明がない。この電位は、ダニエル電池の起電力であれば、亜鉛と銅の標準電極電位から求められる値と一致するが⁶⁾、銅が電池反応に寄与していないとするボルタ電池では、説明がつかない。このため、海外ではボルタ電池を教科書に掲載しない場合も多く、日本でも教科書に掲載しないようにという意見もある⁵⁾。

しかし、構造が簡単なため、デモンストレーションとして実演してみせる場合は、より適しているともいえ、電極に工夫をこらせば、電子オルゴールを鳴らすこともできる。そこで、本研究では実際に市販されているボルタ電池の教材を用いた場合、どの位の電圧が生じるのか、また硫酸の濃度によってどのような変化が生じるか、さらに過酸化水素添加による影響とはどのようなものになるかを調べ、高校の授業でボルタ電池を扱う際の注意点を明らかにした。

2. 実験方法

本実験では、島津理科の銅板と亜鉛板の電池セットを用い、200 mLのビーカーに希硫酸の濃度、0%(純水)、0.020%、0.040%、0.080%、0.16%および0.32%の6種類の水溶液(100 mL)を使ってボルタ電池を作り、それぞれの濃度での起電力を測定した。また、0.32%希硫酸のボルタ電池では電子オルゴールを接続したときの電流を、磨いた銅板を使用した場合と、加熱・酸化した銅板を用いた場合について測定した。さらに、電極をショートしたときの両電極での水素の発生状況を、磨いた銅板および酸化した銅板を使用した場合、オキシドール(3%M/V過酸化水素水)を0.50 mL、1.0 mL、3.0 mLおよび6.0 mL添加した場合について調べた。オキシドール添加の影響については、起電力ならびに電子オルゴール接続時の電流への影響についても調べた。なお、今回使用した亜鉛板の純度の影響は、純度99.99%の亜鉛板を用いたボルタ電池の起電力との差で、0.01 V程度であった。

3. 実験結果および考察

3.1 硫酸濃度の起電力に与える影響

表1は、純水および希硫酸の濃度を変えたときのボルタ電池の起電力を測定した結果である。なお、攪拌せずに測定を行うと、極部的な濃度むらが生じるためか、起電力が徐々に高くなるため、測定は、攪拌機を用い溶液を攪拌した状態で行った。また、攪拌中でも極めてゆっくりではあるが、起電力は低下する傾向にあったため、

電極を溶液に浸した後、2 分経過して測定を行った。この起電力の低下は、溶液中での Zn^{2+} イオンの濃度の変化によるものと考えられる。

表 1 異なる硫酸濃度での起電力

希硫酸の濃度 / %M/M	純水	0.02	0.04	0.08	0.16	0.32
電池の起電力 / V	0.73	0.86	0.86	0.85	0.85	0.86

通常、 Zn^{2+} と H^{+} イオンの濃度が、いずれも 1 mol/L で、銅板のまわりの水素圧が 1.013×10^5 Pa であれば、銅は電池反応に寄与していないので、起電力は近似的に亜鉛の標準電極電位から求められる 0.76 V 程度となる。しかしながら、表 1 からわかるように今回の実験では、起電力はおおよそ 0.86 V 程度で、硫酸の濃度にもあまり影響されない。この値は、上記した標準電極電位から予想される 0.76 V より大きい、一般に言われている 1.1 V よりも小さい値である。

当然最初、亜鉛は溶液中に溶け出しはしないので、 Zn^{2+} イオンの濃度は 1 mol/L より低く、起電力を押し上げることになり、また銅板のまわりでの気体の水素圧もほとんどないので、起電力を押し上げることになる⁹⁾。今回の実験結果での 0.86 V はこれらのことを反映したものと考えられる。しかし、一般に言われている 1.1 V については根拠が明確でないことから、本当にこの値の電位が生じるのか疑問が残る。場合によっては測定条件で大きく変化する可能性も否定できない。

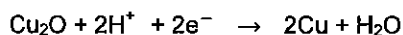
3. 2 磨いた銅板と酸化させた銅板の相違

希硫酸の濃度を 0.32% としたときの電池については、銅板表面の影響を調べるため、磨いた銅板と表面を酸化させた銅板を使用した場合の起電力と、オルゴール接続に時に流れる電流量を測定した。その結果を表 2 に記す。

表 2 銅板表面の違いによる影響

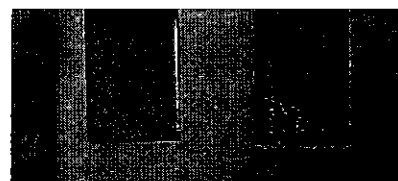
	磨いた銅板	酸化した銅板
起電力 / V	0.86	0.93
オルゴール接続中の電流 / μA	3~6	30~44

表 2 から分かるように、酸化した銅板を用いた場合は起電力が 0.07 V 程度高くなっているが、以下の様な反応が起こっている可能性があり、その場合は起電力を押し上げることになる⁹⁾。

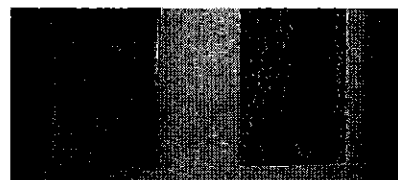


また、電子オルゴールを接続したときに流れる電流量も磨いた銅板を使用したときより 10 倍程度大きくなっている。これは、この回路全体の抵抗が減少したことを意味しており、厳密には反応に対する抵抗も含むが、一種の内部抵抗が減少したためと見ることができる。このことは、ボルタ電池では銅板表面の酸化状態が電池の性能

に深く関係していることを示している。そこで、この 2 種類の銅板を使って電池をショートさせ、電極表面における水素の発生状況を調べた。その結果を図 1 に示す。



(a) 磨いた銅板を使用

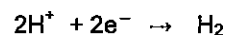


(b) 酸化した銅板を使用

図 1 磨いた銅板と酸化した銅板表面で発生する気泡

図 1 のモノクロの写真ではやや見にくいですが、磨いた銅板を使用した場合、亜鉛板での水素ガスの発生が激しく、細かい気泡が表面全体を覆っているのに対し、銅板ではやや大きめの気泡が角や表面の一部に付着する程度であった。一方、酸化した銅板を使用した場合、亜鉛板での水素ガスの発生は穏やかになり、連続した気泡の発生が収まったのに対し、逆に銅板での水素の発生は激しさを増し、大粒の気泡が連続して発生した。したがって、今回の実験では、銅板での気泡の発生が激しい方がより多くの電流が流れ、オルゴールの音も大きくなったことから、従来説明されているような、銅電極が水素の膜で覆われ、電流の流れが妨げられるからという説明は成り立たない。ボルタ電池に負荷をかけたときに生じる電圧の低下についても、電池の分極によるとする説明を再考し、電池の内部抵抗の大小で説明した方がよいと思われる。

亜鉛で発生した電子が溶液中の H^{+} イオンと結びついてそのイオンが還元されれば、以下のように水素ガスを生じるので、水素ガスによる気泡の発生が少ないことは、電極表面での電子の授受が少ないことを意味する。



従って、酸化した銅板を使用した場合、銅板表面の酸化銅が銅電極での電子の授受を盛んにし、電池の内部抵抗を減少させたと見ることができる。また、銅極での電子の授受が盛んになれば、亜鉛極での水素の発生が抑えられ、ボルタ電池における原理道理の電子の流れが生じることがわかる。

3. 3 オキシドール添加による影響

これまでの多くの教科書では、オキシドールやニクロム酸カリウム水溶液を加えると水素ガスが発生しなくなるので、負荷による起電力の低下を押さえることができ

るとしている。この説明は先に述べた、電池の分極のため負荷による起電力の低下が起こるとする解釈から生まれたものと考えられる。しかし、本当にそうなのであろうか。先に述べたように、電極での気泡の発生が盛んな場合でも、電流がより多く流れる場合もある。そこで、本研究では、オキシドール添加による影響も調べた。

表 3 は、希硫酸の濃度を 0.32% とした電池の起電力とオルゴール接続時の電圧、電流に与える、オキシドール添加の影響を調べた結果である。

表 3 オキシドール添加による起電力ならびにオルゴール接続時の電流量への影響

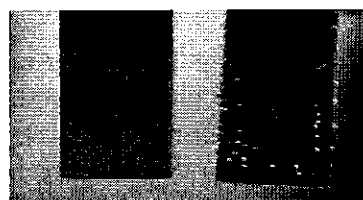
オキシドール添加量 /mL	0.5	1.0	3.0	6.0
起電力 /V	0.92	0.93	0.94	1.02
オルゴール接続時の電圧 /V	0.91	0.92	0.93	1.02
オルゴール接続時の電流/ μ A	40~64	45~64	48~70	49~75

表 3 からわかるように添加量が 3.0 ml まで起電力は 0.93 V 程度で、電極に酸化した銅板を使用したときとほぼ同じ値をとっている。ただし、電圧の値は使用した亜鉛板や銅板の状態によっても若干異なる。また、添加量を 6.0 mL まで増やすと、起電力は 1.02 V まで急上昇していることがわかる。一方、オルゴール接続時の電圧を見ると、いずれの場合もオルゴールの接続による電圧の低下は少なく、添加量 6.0 mL に至っては電圧の低下は全く見られない。同時にオルゴールの接続によって流れる電流量は、オキシドールの添加量の増加とともに上昇することがわかる。

この結果において、オキシドールの添加によって、負荷をかけたときの電圧低下がほとんど起こっていないことは、従来から言われていることと一致する。しかしそれだけではなく、起電力それ自身も増加し、6.0 mL の添加では、0.16 V も増加している。このことは電池反応の様子が変わったことを示しており、銅がこの反応に係っていないとは言えないであろう。そこで、オキシドールの各添加量で電極をショートさせたときの水素ガスの発生状況を調べた。その結果を図 2 に示す。

図 2 では、(a) のオキシドールの添加量が 0.5 mL の場合と (b) のオキシドールの添加量が 1.0 mL の場合、銅板でも気泡が生じており、特に添加量が 1.0 mL の場合、亜鉛板では気泡の発生があまり見られず、銅板の方が亜鉛板より多くの水素ガスを発生していることがわかる。特に、1.0 mL の添加では連続したかなり激しい気泡の発生がみられた。しかし、図 2(c) の添加量を 6.0 mL にまで増やした場合、いずれの電極からも気泡の発生が見られなくなった。したがって、一般に言われる水素ガスの発生を抑えるというのは、オキシドールの添加量が多い場合であって、1.0 mL 以下の少ない量では、むしろ銅板からの水素ガスの発生量が増加することがわかる。しかしながら、銅板から水素ガスが発生している場合でも、オルゴール接続による電圧の低下量は非常に小さく、その

時流れる電流量も表 2 に示したオキシドール添加前の 10 倍以上になっている。このことから、オキシドール添加によって水素ガスの発生を抑えることと、負荷をかけたときの電圧低下を抑えることとは、直接的には関係していないように見える。むしろ、オキシドールの添加により電池の内部抵抗が著しく減少したため、負荷をかけたときの電圧の低下が抑えられたと見るべきであろう。



(a) オキシドール 0.5 mL 添加



(b) オキシドール 1.0 mL 添加



(c) オキシドール 6.0 mL 添加

図 2 オキシドールを添加した場合の電極での水素ガスの発生状況

気泡の発生が多いということは、銅極での電子の授受が盛んに行われていることを示しており、電子の流れを止めることがないため、電池の内部抵抗も小さくなっていると考えられる。

3.4 オキシドール添加による銅板の希硫酸への溶解

一般に銅はイオン化傾向が水素より小さいため、希硫酸には溶解しないが、オキシドールを添加すると溶解するようになる。図 3 は、20%希硫酸に銅の粉末を加えたときと、さらにオキシドールを 2.0 mL 加えたときの写真である。

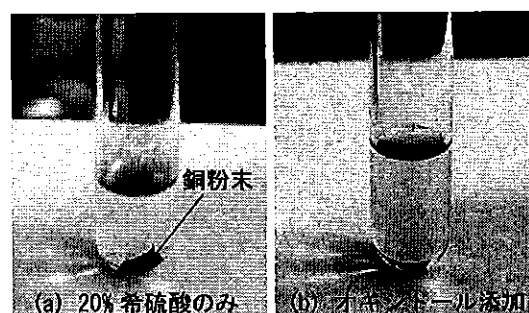


図3 オキシドール添加による銅粉末の希硫酸への溶解

図3(a)では、銅の粉末が20%希硫酸に溶解せず、試験管の底に固まっているのがよくわかる。これに対し、図3(b)では、銅の粉末の姿は見え、溶液の色に変化が現れていることがわかる。写真はモノクロなので、色まではわからないが、実際には銅イオンに特徴的な青色であった。この実験では、20%希硫酸を用いており、硫酸の濃度がかなり高いが、今回のボルタ電池の様なかなり低い希硫酸の濃度でも同様なことが生じていると考えられる。

図4は、オキシドールを添加したボルタ電池で、長時間オルゴールを鳴らした後の銅板の写真である。溶液に浸した部分の銅板が溶け、液面の境のところに段ができているのがわかる。

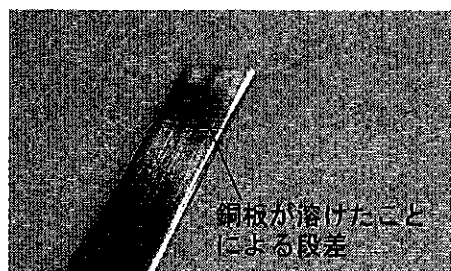
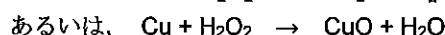
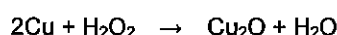
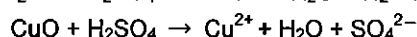
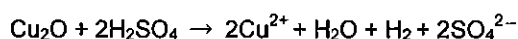


図4 銅板が希硫酸に溶けだした形跡

このようにオキシドールを加えることで、銅が希硫酸に溶けるということは、溶液中の過酸化水素が以下のよう銅の表面を酸化していると考えられる。



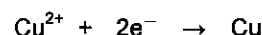
その後、酸化された銅は硫酸によって以下のような反応で希硫酸の溶液に溶解すると考えられる。



したがって、オキシドールの添加で、銅表面に酸化膜が形成されるとすれば、この電池の起電力が酸化した銅板を用いたボルタ電池の起電力と等しい値となることは理解できる。ただし、この場合は上述した酸化銅中の銅が硫酸によりイオンとなって溶けだす反応より、3.2で述べた酸化銅が金属の銅に還元される反応の方が優先的となる必要がある。溶液中に銅イオンが多く含まれるようになると、また別の反応が生じると考えられるからである。このように、銅の酸化膜の生成の方が優先的になる可能性は、溶液中の過酸化水素の量が少なく、銅が溶液中に溶け出す速度が緩やかな場合である。すなわち、オキシドールの添加量が少ない場合である。このことは、本実験の表3の結果とも一致する。

ところで、溶液中の過酸化水素の存在量が増えると、銅の酸化膜の生成が増え、酸化銅が金属の銅に還元される反応が追いつかず、過剰な酸化銅中の銅が硫酸により

イオンとなって溶けだすと考えられる。溶液中に銅のイオンが存在するようになると、電池反応はさらに複雑になるとと思われる。それは、溶液中に銅イオンがあれば以下のような銅イオンの還元反応が起こっても不思議ではないからである。



このような反応が銅極で起これば、ダニエル電池と同じ電池反応が起こっていることになり、起電力が1.1Vに近い値を取ることは不思議でないが、この点は明らかではない。実際、0.32%希硫酸のボルタ電池に10%硫酸銅の水溶液を1.0 mL添加すると起電力は0.95 V程度まで上がるが、亜鉛極に酸化した銅の被膜の様なものが付着し始める。亜鉛板の周りには電子が豊富にあるため、銅が析出しても不思議ではなく、反応はさらに複雑になるものと思われる。

4. おわりに

高校の化学でボルタ電池を扱う場合、原理としての電子の流れは、亜鉛の酸化と銅極での水素イオンの還元が完全に対応しているとして扱っているが、実際は銅極での還元反応とは別に、亜鉛が酸化されると同時に水素イオンを還元するため、むしろ亜鉛極での水素ガスの生成の方が盛んになることは指摘すべきである。その上で、今回の実験から明らかになった以下の点に注意して教示すべきである。

- 1) ボルタ電池の起電力は、0.32%程度の希硫酸の溶液を攪拌した場合、一般に言われている1.1 Vには到達せず、0.86 V程度に留まる。
- 2) ボルタ電池の電池反応には銅板の表面状態、特に表面の酸化膜が関係しており、酸化の程度によって起電力も異なってくる。
- 3) 負荷をかけたときの電圧の低下は、電池の分極というより、ボルタ電池の一種の内部抵抗の大小による。また、銅板での気泡の発生が盛んな電池ほど内部抵抗は少ない。
- 4) オキシドールの添加による負荷時の電圧低下の抑制は、銅板表面の酸化と溶解により、電池内の内部抵抗が減少するためと考えられる。

参考文献

- (1) 高等学校理科用テキスト，化学，数研出版，p.117，2014.
- (2) 高等学校理科用テキスト，化学，第一学習社，p. 87，2014.
- (3) 高等学校理科用テキスト，化学基礎，東京書籍，p.186，2015.
- (4) 高等学校理科用テキスト，化学基礎，数研出版，p.172，2014.
- (5) 坪村 宏，化学と工業，Vol 46, 10, pp. 632-635, 1998,

- 坪村 宏, 新物理化学下卷, 化学同人, 1997.
- (6) 西川 勝編, 現代科学展望, 培風館, pp.153-155, 2003.

「法と道徳の関係性 ～法の世俗化と人格崇拝の行方～」

山本 聡¹

¹ 神奈川工科大学 教職教育センター (satoshi@gen.kanagawa-it.ac.jp)

Relationship between law and morality

Satoshi Yamamoto¹⁾,

Abstract

The citizen judge trial was enforced, and three years passed. The Supreme Court showed the enforcement situation of this citizen judge trial as "a report" in the homepage. The newspaper companies explain, "Width of the judgment opened because the citizen judge does not obey a precedent and assessment of case guidelines and judges a backdrop and circumstances individually". But a sexual crime and a negligent homicide are given a heavy punishment, and other crimes generally are given a light punishment. Why does it seem to be? I want to mention "rigidness and tolerant use" peculiar to Japan through "the Japan-U.S. comparative study of the prosecutor" and "a morality script study".

Keywords: Saiban-in Trial Japanese morality script, Family Metaphor, Sense of Justice, Beyond Reasonable Doubt,

はじめに

法と道徳は、互いに補いながら社会の秩序を保持してきた。道徳が社会に強く根を張り、共同体の他律的な拘束が強かった時代には、法が生活の前面に出ることは少なかった。しかし、道徳が後退すれば法が前面に出てくるのは道理だろう。近隣のいざこざから兄弟間の遺産相続、離婚の調停や親権の問題まで、ありとあらゆるところで裁判所に決定してもらわないと済まなくなってきた。刑事法の厳罰化や不法行為に対する自己責任が厳しくなるいっぽうで、どんなに厳しく細かい法を張り巡らしたとしても、法によって昔のように人々を拘束することはできないだろう¹⁾。

いまや法は、権威をもって科されるものではなく、自律的な「人格」や「理性」という、個人に内在化された規律に従って実践されるものとなったからである。マスメディアやアカデミストたちは、憲法や個人主義哲学を根拠に、「個人の尊重」と「自己決定」を語るけれども、共同体社会の持っていた道徳に対する儀礼的抑止力に遠く及ばないと感じる年配者は多い。このことは、ACジャパン（旧公共広告機構）のキャンペーンCM²⁾などを見ると、社会で望まれている道徳観がよくわかる。

柄谷行人は、『倫理21』（平凡社）の中で、もともと日本の村落共同体には「自己」がなかったと指摘する。人々は「世間」を恐れ、共同体での孤立を恐れて、うわべだけの中むつまじい付き合いを演じてきたのだという。

本来、友情が存在するためには「自己」の確立があらねばならないのだが、日本人は利己的（エゴイスティック）なのに、自己（エゴ）が存在しない。自分たちの身（共同体）に害がなければ、国家に何が起きようが関心がないし、より良き社会にしようなどという考えすら浮かばない。ただ、「世間」を恐れ基準からずれないように暮らしていたのだと。それが今よりも道徳的に見えただけであると分析している³⁾。

現代の若者にも同じような傾向が見られる。友達関係は気楽で、明るく騒ぐことにたけている。しかし、他方で彼らは関係の毀損をひどく気にし、仲間の基準からずれないように気を使っている。昔は「世間」を恐れていたように、彼らは得体の知れない「仲間」というものを恐れて生きている⁴⁾。ここでも自己がないのにひどく利己的な若者が存在する。戦後のアメリカ的民主化により、道徳観が壊れたという言い方がメディアでなされることがある。しかし、道徳とされている思想は儒教ないし仏教道徳（いわゆる「善悪」にもとづく。キリスト教的「正義」とも異なる。）であり、日本由来の「情け」や「もののあはれ」といった、弱いもの・はかなきものに対する「配慮」や「思いやり」とはまったく違うものである⁵⁾。戦前からあった道徳は、個人に内在化された自律に基づく道徳（西欧的な正義原理にもとづく道徳）ではなく、政治的色彩の濃い（国をまとめるため）儒教道徳でしかなかった。だから、共同体という他律的な拘束

があつてはじめて意味をなしていた。今や共同体は崩壊し、緊密な人間関係（煩わしいしがらみ）から解放されたが、形を変えて親子関係や近隣関係、あるいは職場関係において「世間」は根強く存在している。個人主義が予測した「自律的自己」の存在しない自由（人に迷惑をかけなければ何をしてもいい）と化し、青少年にとってはよりエゴイスティックに、年配者にとっては秩序（太い後ろ盾）のないすわりの悪い社会に見えるのである。

こうした社会状況の下で、単に「法教育の導入」「道德教育の教科化」そして「公共」科目の設置が、どれ程規範意識の向上あるいは自己の確立に効を奏するのか考えてみる必要がある。道德的であるとはどういうことか。正義や公正を標榜する者が何を意図して用いているのか。道德はしばしば求める人間像を押し付けるため、あるいは自らの不道德を棚に上げ言い逃れるための道具として利用されることがある。めまぐるしい競争社会の中で、自己に有利に事を運ぶために、道德や正義や権利それ自体を武器として使い、相手を説き伏せることもある。正義感の強い人や他人の非を執拗に攻め立てる道德的な人は、不公正やあやまちをゆるすことができない。他人の不正や悪行に不公正さを感じる者は、相手に対して強い怒りや憎しみを抱き、かえって自分が精神的な泥沼（不寛容な過剰反応社会）に落ち込んでしまいがちである。

現代社会は、デジタル化・ネットワーク化が進み安易な自己効力感が生じやすい。SNS 等を利用し、他人の過ちを非難することで自己の優越感を増大させている⁹⁾。権利意識の向上やそのための支援は確実に進んでいる。しかし、被害者意識や権利主張だけに注目した人権教育は本当の意味での法教育とはなりえない。情報機器の発達により、誰でもが容易に瞬時に時空を超えて発信できるパンドラの箱を手に入れ、鬱屈していた感情を「不正」や「正義」の名のもとに告発することで、今までの不利な状況を逆転させる。有利な立場は、逆に自らの立場も危くする。

ちょうど犯罪における「加害者だけが保護され被害者は置き去りに・・・」という主役イメージの逆転と似ている。このように民衆が不平不満をネット上で訴え始めた現象と同様に、関係性の中での加害・被害の「感情」の動き（共感、配慮、思いやり、ゆるし）、さらに社会的役割に応じた対人行為（加害者という役割・被害者という役割）という側面から捉え直すと、そこには、社会の根底にある「正義観」や「道德観」の意味、「刑罰や懲らしめ」の意味あるいは「贖罪」とは何かが見えてくる。この論文では、様々な素材と理論を使って、道德教育と法教育の関係性について、その共通性と相違を考察してみるものである。

1. 倫理・道德・マナー・法律の関係性

人間は1人で成長してきたわけではない。生まれてから今まで、両親、親戚との関係、近所の人など近隣関係、保育園や学校教育など福祉・教育機関の中での関係、兄弟・姉妹関係、友人関係、テレビやインターネットとい

ったメディア・情報とのかかわりなど、さまざまな生育環境や社会環境に大きく影響を受けながら、成長してきた。そうした時間の流れの中で、「人に迷惑をかけないように」「人を傷つけることや、暴力を振るうことはいけない」「人のものをだまって取ってはいけない」「人には親切にしない」「挨拶やお礼はきちんと言いなさい」「時間を守りなさい」「目上の人を敬いなさい」という言葉を繰り返し聞かされた。

しかし、六法必携とされている法学部の学生以外で、どれだけの人が実際の法律の条文に触れたことがあると言えるのだろうか。刑法第199条の条文を意識し、死刑になるかも知れないから殺人を行わない、刑法245条（窃盗罪）があるから他人の物を盗まないという人などいるのだろうか。民法の契約に関して知識があるから、新卒の詐欺（シャッター音の後、登録完了画面が出現し、解約料の請求がなされる）にはだまされないとは言えないし、ゲーム無料サイトで熱くなり課金制に手を出してしまうのは、消費者教育を受けたから防げるものではないだろう。遺産相続の問題で、兄弟姉妹間で骨肉の争いになる原因は、民法第900条（法定相続分）を前提として相続の話を進めてしまうからである。弁護士事務所の法律相談では、「被相続人の配偶者とその子どもが相続人の場合、子ども全員で2分の1となり、それぞれ平等に分ける」と書かれている。民法は「私的自治」が原則であるはずである。それにもかかわらず、兄弟姉妹間での話し合い、被相続人との人間関係性の強さや寄与度を古い家制度と批難し、公平に分配するのが正しいという理由はどこにあるのだろうか。法律の条文を盾にとった専門家の入れ知恵であり、反リーガルマインドの捉え方ではないだろうか。

また、ネット上の掲示板等で、死刑をはじめとする厳罰の正当性として以下のような記述がみられる。「犯罪者は法を遵守している市民から不公平な利益を得ており、それによって社会生活の利益と負担の公平性を乱し、正義にかなったバランスをくずしてしまっている。」だから、「刑罰は、犯罪者から不正な利益を奪うことによって、正しいバランスを回復するのである¹⁰⁾。」と。

たしかに、刑法はある種の行為を禁止して、市民それぞれが他人から邪魔されずに自分自身の目標を追求することを可能にしている。このような利益は、人々が禁止された行為を行なわないという自己制限の負担を受け入れている時のみ享受できる利益である。法を遵守する市民はこの負担を受け入れているが、犯罪者は利益だけをとっているというのである。民衆は、犯罪への欲望を自己抑制しているのに、犯罪者は欲望のままに悪事を行い利益を得ているのは不公平であるという主張である。しかし、これはおかしい捉え方である。そもそも、殺人者によってなされた不正は、主にその被害者に対するものであって、第三者に対する直接的な被害ではない。私たちが殺人者を罰するのは殺人者が他の市民から奪った不当な利益を取り戻すためでもない。重要なのは、より多くのひとが殺されることを妨げるためであり、乱され

た社会秩序の修復という象徴的な意味なのである。

そもそも、普通の市民は自己抑制の負担を受け入れているという主張は、誰も「法を破りたいという欲求を持っている」ということを仮定している。だが、殺人を願望したり、他人のものを盗みたいという欲求を持つものはきわめて希である。多くの場合、法律は自己抑制の負担などを市民に要求してなどいないのだ。ある地域や社会的環境によって、他の人々より犯罪の犠牲者になりやすいこともある⁹⁾。また、貧者や搾取されている人々は、金持ちや利権を握っている人々よりも盗みを働かないためにより大きな制限を受けなければならないこともある。社会に完全な公正さなどないのである。

このように、法律があるから社会秩序が維持されていると誤解している市民は多い。社会契約と同様に、社会の構成員が暗黙のうちに「自己抑制すること」と、これを破る「無法者には厳罰を科すこと」を約束したと仮定しても、それは実定法としての刑法や民法の具体的な規定に基づいて規範意識が形成されているわけではない。

以前よりも法律が細かく規定され、厳格化されているにもかかわらず、ネット上の掲示板や SNS では毎日のごとく誹謗中傷が書き込まれ、無法者の画像をアップし晒す者が絶えない。土下座をさせたり、非礼な対応の償いとして多額のお詫品を要求し、画像をアップすることで自らも断罪されている。学校現場では、教員の指導のやり方が保護者の価値観と齟齬するとして校長や教育委員会に申し立てをし、メディアに訴える⁹⁾。こうした社会の反応は、法律という最低限守るべきルールへの抵触が原因で起きているわけではなく、むしろ、空間の中での役割や心構え、マナーや道德の問題として、批判者自身の尺度で申し立てをしているに過ぎない。誰かの迷惑になる行為は、法律に抵触しなくても誰かにとっては迷惑なのであり、静粛・整然とした社会（と認識している人）にとっては幼稚園児の遊ぶ声さえも騒音でしかない。そこでは、法律に抵触するという以前に問題は発生している。先端の情報ツールを使い、生々しいサンクションを与える社会は、いわば法の後退した社会であるからである。

では、以前のように法の權威性（法を畏れ、近寄りがたいという認識）が絶大であった社会では、どのように法を捉えていたのであろうか。欧米の法学部やロースクールの素材によく出てくるテキスト、カフカの『錠（法）の前』を例にみてみよう。

●あらすじ：法を求めて田舎からやって来た一人の男が、閉ざされているわけではない門前で、門番に許可を得るまで待たされる物語である。法は誰にも公平に開かれている。自由に利用できるはずなのに、門番に「そんなに入りたいのなら、おれにかまわず入るがいい。だが、中に入ると部屋ごとに一人ずつ、順繰りにすごいのがいる。このおれにしても三番目の番人をみただけですくみあがってしまうほどだ・・・」といわれ、待つことにするがいつこうに許可をもらえず、生涯を閉じるエピソードである。男は、死の間際に「誰もが錠を求めているという

のに—この永い年月のあいだ、どうして私以外の誰ひとり、中に入れてくれとやって来なかったのですか」と門番に問う。門番は「他の誰ひとり、ここには入れない。この門は、おまえひとりのためのものだった。さあ、もうおれは行く。ここを閉めるぞ・・・」と門の扉を閉めるのである。

法や裁判は、堅く、強固で、權威を持った存在として人々に認識されることが必要で、そのことが人々を法に遵守させる力となる。法は全ての人に開かれてはいるが、近寄りがたいからこそ存在価値がある。人々は自主的に法を利用することを避けようとする。法は、いわば堅牢な空箱（ハード）であればよく、その内実（内容/ソフト）は、法以外の様々な知識や学問分野の知見（たとえば、工学や医学や化学、あるいは倫理学や心理学などの鑑定を利用すること）によって最終的な判断がなされる。実は、法という堅牢な空箱の中には何もなく、裁くときには、法以外の学問が総動員されるが、最終的に裁判官という法専門家が法的に判断を行ったという建て前で權威付けがなされるシステムなのである¹⁰⁾。

私たちの多くは、警察に逮捕されたり、あるいはトラブルが訴訟に発展するなどという経験をしないで生涯を終えることが出来る。これは、法律を遵守した生活を送ったからなのではない。法律は道德の最低限であり、法律にさえ従っていればトラブルの無い生活を送れるのだろうか。法律のおかげや厳罰化のおかげで社会秩序が維持されているわけではない¹¹⁾。法律を知らないのに生涯を全うできるのは、法律の効用ばかりではなく、「法的なもの」を幼少時より刷り込まれて成長して来たからである。小さい頃聞いた民間説話や昔話の中で、両親からは絵本やたとえばなしから、テレビアニメやドラマに自らを同化させ、いつの間にか「社会性」を身につけたのである。学校に上がれば、団体生活の中で、また「道德」の授業の中で、人のあるべき姿を教えられ、思春期には小説や詩といった文学作品や映画、歌謡曲・J-POPの歌詞など、恋愛体験においては恋人の何気ない言葉の中に「人として大切なこと」（道德）を刷り込まれてきたからだ。

これらの「法的なもの」（父母や祖父母の言葉、昔話、絵本、テレビ・ビデオ、映画、文学作品、J-POP、恋人の言葉など）は、言い換えれば、一つの規範として、人間社会の秩序維持に大きく寄与してきた。社会の構成員の行動をコントロールするルールという意味で「行為規範」でもあるこうした「法的なもの」は、法律よりもよりはるかにレベルの高いところで社会の人間関係を調整しているともいえる¹²⁾。法律を知らなくても、マナーや道德的に後ろ指を指されないように生きていさえすれば、問題なく生涯を終えることが出来る。環境倫理（地球温暖化防止のためにCO₂の排出を規制する）や生命倫理（臓器移植のドナー登録をする）が、良いことだとわかっていても実行が伴わないのはレベルの高いルール（すぐさまコストを伴わない）だからである。

このように考えると、社会規範と考えられる、倫理・

道徳・マナー・法律がどのような関係性を持つのかを明確にしておくことは、法教育と道徳教育のそれぞれの特徴を分かり易くする一助にもなる。たとえば、よく言われる法諺「法律は道徳の最低限である」とか「法律家は悪しき隣人」とは、まさに的確な表現である。人間の規範レベルで考えるとより高尚なものからレベルの低いものを不等号で表せば、以下のようになる。

◆ 倫理＞道徳＞マナー＞法律

高レベル←————→低レベル

したがって、法律は社会規範として最低限守ることが期待されているルールであって、そのルールに逸脱した場合に他律的な制裁が与えられるようになっているのはこのためである。また、「法律さえ守ればいい」という人間や法律を盾にとって有利に動こうとする人、法的権利を強硬に主張して相手の立場を考えない人に、どこか共感できない、冷たいイメージを持ってしまうのはこのためである。アメリカの児童法学者 J. F. ゴールトシュタインは「裁判所は人間関係を形成することができるように振舞うが、実際に裁判所ができることは、すでに人間関係が存在する場合にそれを承認し、人間関係がこれから形成される場合にその可能性を保証することにすぎない。…法は人間関係を破壊することはできるが、強制によって人間関係を形成することはできない」¹³⁾と述べている。「良き法律家は悪しき隣人」とは言い得て妙である。

「法律さえ守ればいいのだらう」という人間や「労働基準法に抵触しなければいい」という経営者は、最低な人間であり、最低な経営者であることを公言しているようなものである。「法にさえ触れなければ何をしてもよい」と嘯く経営者がいる。会社の利益のためには最低の労働条件を維持し、法以外の人間関係や雰囲気を利用して労働者自らがサービス残業を自己決定するように仕向ける企業がある。いわゆる「ブラック企業」であるが、会社が強制的に違法労働をさせているのではないとの抜け道のために、自己決定・自己責任（法の世俗化による個人崇拜社会）¹⁴⁾を標榜するからに他ならない。以前のような弱者に対する強者の側の配慮の感情から格差社会を是正しようというマインドから、個人の自由な決定に基づく行為者の自己責任でコントロールしようという社会のマインドに変わり、今では道徳的人格崇拜も空洞化したために、関係（契約）の均衡さえも破れてしまい、損害を被った側の怒りが訴訟（判決）を通じて事後的に賠償を強制するばかりでなく、ネット上で私刑的な晒しや書き込みをすることで、阻害された関係を個人的に元の正常な状態に回復しようという手段に訴えているのであろう¹⁵⁾。

教育現場で、実体的な法律や法システムを知識として学習させること（従来の暗記型憲法教育、騙されないための消費者教育、裁判員制度や模擬裁判、法専門家の実務を学習することなど）が重要なのか、法律以前の倫理・道徳・マナー（過去・現在・将来にわたっての責任、正義だけでなくやさしさや配慮や共感といった理にかな

った感情、公共性、向社会性など）を養うべきなのか大変難しい問題である。この2つをバランスよく身につけることが最善なのであろうが、そうすると法教育は道徳教育を、道徳教育は法教育を相互に補完する必要があるということだ。ただ、よりどちらに基盤を置くのかという点に関しては、日本人の国民性を考慮すれば、

◆学校教育における「道徳教育」と「法教育」の位置づけ： 道徳教育＞法教育
とならざるを得ないだろう。

道徳教育の方が高尚であるとか、法教育の方が実践的で重要であるといっているわけではない。しかしながら、どうしても「道徳教育」が感情や共感、思いやりや優しさのといった精神的なイメージにつながり、「法教育」が法知識や消費者教育、あるいは模擬裁判や裁判官・検察官・弁護士の実務に偏りがちの実態からは、道徳教育＞法教育なのである。

2. 道徳性の発達理論と日本の道徳の本質

道徳(Morality)とは、正しい行為の法則のまとまりであり、私たちの行動を規制したり修正したりするひとつのシステムだと考えられる。道徳は共有されているひとまとまりのルール・原理・義務であり、宗教からも独立しており、ひとつのグループや社会の構成員に認められているものといえる。私たちが社会の中でふるまうたびに、その社会の過去の人々によって発達させられてきたモラル・スクリプト（道徳的な文脈）に従って、私たちは行動している。道徳とは領域性かつ文化性を基礎にもつものであり、その社会の中で生活すればするほど、私たちはその社会のモラル・スクリプトにしたがって生活する義務を感じることになる。このように「人間の道徳はどのように発達するのか」という研究を行い道徳性の発達段階を示した研究者が、「道徳性発達心理学」の権威者コールバーグである。

コールバーグは、モラルジレンマの事例を使ってさまざまな年齢の被験者に質問紙法による調査を行い、人間は6段階の道徳的発達を経て成長すると説いた。人間はまず、「他律的な罰回避や得損勘定が基準となる低い道徳性の発達から始まり（幼児の段階/1～2段階に止まる）、次第に集団の中でよりよい人間関係を維持しようと気を配り、立ち振る舞うといった他者への同調やよい子志向（3段階）をへて、国家や地域社会に積極的に貢献し（公共性）、法や秩序に従って義務を果たし、社会のために自分の役割を認識（4段階）し、やがて内在化された道徳的な価値の基準を自律化（5段階）し、個人の権利が尊重され、社会的公平性が果たされる社会の中で人間としての権利や価値を平等に尊重するという人間の尊厳の尊重（6段階/正義と慈愛の原理）へと到達するのだ」と説いた。

これに対して、ギリガンという女性学者は、コールバーグ理論を批判し、善悪の判断だけが道徳ではなく、配慮や思いやりの道徳があることを主張した。女性やアジア系の人々は、道徳性の発達段階のテストを行うと、決

まって3段階までしか到達しないことがわかっていて。これは決して発達段階が低いのではなく、コールバーグが指標としたモラルジレンマの問題が白人の成人男性の正義原理をもとにしたものであって、女性の優しさや周囲への配慮によってむしろ善悪の判断を緩和することが、人間関係を保つ最良の方法だという指標もあるはずだと説いた。その後、この考え方は道徳性の指標のひとつとして確立し、コールバーグも自説を修正した。

コールバーグの道徳性は正義原理（正義と秩序が存在しなければよりよい社会とは言えない）が根底にあり、いわば法教育の求めるところと似ている、一方でギリガンやアイゼンバーグ（向社会的な道徳心理）やローゼンバーグ（自尊感情を「Very good」ではなく「Good enough」とした）は、正しさや正義だけでは釈然としない人の心や人間関係を大事にする道徳教育に似ている¹⁶⁾。

「ある社会の中で従うことが求められる行動や考え方の型」を押し付けでなく、さらりと感じさせるように作られているドラマや J・P・O・P の歌詞は法律を超えて社会に影響を与える。私たちは、生まれてから死ぬまでこうしたさまざまな「法的エピソード（基盤）」に影響されながら、自らの進む方向を無意識のうちに修正している。裁判は被害者遺族の復讐を満たすためのものではなく、感情を排除した客観的な判断に基づくものであると言いながら、無意識のうちに感情の重要性を示している判決は多い。たとえば、東京地裁のルーキーと呼ばれた山室恵裁判官のオーム裁判（林郁夫被告）や三軒茶屋事件（さだまさしの「つぐない」で説論）を例にあげて少年たちを諭した例は、まさにこのことを物語る。

2009年5月から始まった裁判員制度の裁判員による裁判は、すでに6年が経過した。制度開始前では、「法律や裁判を知らない素人は、感情的な判断をするので、裁判の結果がおかしなことになる」という意見が多かった。ランダムに選ばれた6人が1回限りの裁判でまともな判断ができるわけがないというのであった。こうした考え方の根底には「裁判は専門家に任せておけばよい」という責任回避型と「裁判や法律を十分に理解していない国民がいけない」という国民見下し型とが合致した（逃げ腰の市民と素人介入を嫌う専門家の）思惑が見え隠れしていた¹⁷⁾。

しかし、ふたを開けてみると、実際には、性犯罪や傷害致死事件（特にDVや子供への虐待事件）を除き、殺人事件、放火事件、強盗致傷事件はかえって執行猶予の割合が増え、全体として寛容傾向が見られた¹⁸⁾。

一般的に、たくさんの事件を効率的に処理しようとする、繰り返す行う業務はシステム化するのが合理的である。そしてそのプロセスにおいて、なるべく結果を予測可能なものにする方が都合がよい。裁判はその最も典型だ。したがって、判決の質の面からすれば、予測できない行動をとる素人や被害者（遺族）はなるべく排除するのが合理的な判断だ。専門家が予測不可能な裁判員や被害者（遺族）の判断を軽視したり、批判したりしなが

らも、司法の民衆化と称して被害者（遺族）や裁判員を裁判に参加させるシステムを追加したのは、カラクリ（一審のみ、多数決は最低専門裁判官1名が必要）がある。

人を裁くことは、商品のように正しい規格が事前に分かっているのとはわけが違う。いつも同じ人間が基準（相場）どおりに判断する場合であっても、ときとして思わぬ事情が含まれていたりする。たとえば、裁判員は他の事件とのバランスを考える必要がなく、裁判の結果に対する利害関係もないでしょう。継続的な人間関係や組織としての人事評価も受けない。裁判員は司法専門家の予見できない判断をするかもしれないという意外性こそが、公権力に対してより慎重な行動をとらせることになるのではないか。その場限りの一回性の判断は、いつも悪人に対峙している裁判官のルーティン（99.9%）を越えて、新鮮な眼を評議に与えたのだらう。

正義を体現化しているとされる検察官について、米国の比較犯罪学者D・T・ジョンソンは『アメリカ人の見た日本の検察制度』の中で、「日本の検察官は犯罪を作り出すこともなくしてしまうことも可能だ。」「日本の検察は犯罪者に反省を求めることが多く、国家の強大な力を持って畏怖させるばかりでなく、共同体の価値に対する敬意を内面から感じさせようと努力をする。」「反省がないことは、社会に対するある種の反乱であり、共有するはずの人間的な資質と責任を喪失していると考えからである。」という。検察官が、処罰と矯正可能性を評価する際に、「犯罪の重大性」と「犯罪の悪質性」という概念を利用するからだ¹⁹⁾。凶悪犯罪で起訴されている悪い奴は矯正不能か矯正を試みるに値しない。こうした犯罪者は矯正ではなく、当然の報いを受けさせるべきだと考える。また、検察官や裁判官は、刑事法上常識とされる「犯罪にみあう刑罰」の選択を行うのではなく、「刑罰にみあう犯罪」の選定を行っているとも指摘した。アメリカよりも日本の検察の方が正義に熱心だが、タチの悪い正義感だという²⁰⁾。

日本における正義は、罪の自覚、反省、謝罪、償いがないと認められないものなのである。

3. 日本人の国民性（法文化）と社会規範

アメリカの検察事情を早くから論じていた佐藤欣子の著書『取引の社会』（中公文庫）には、「アメリカにおける裁量は、いわば取引（bargain）型であり、日本におけるそれは酌量型である。・・・このような我が国の情状酌量主義の基礎は徳川時代においてはバターなりスティックナ配慮ないし仁政の精神に、明治以降においては寛恕の精神とよばれたものに、そして第二次大戦後の民主化以降は、いわゆる人間主義とよばれるものに求めることができる」として、イソップ童話「ライオンとねずみ」の翻訳の違いを例に、日米の精神的・社会的風土の差を論じている。とても興味深いので、簡単に翻訳の違いを要約してみると、次のようになる。

●日本で翻訳された「ライオンとねずみ」

そもそも、誤ってライオンの頭に上ってしまったねずみが、目を覚ましたライオンに捕まるところからはじまる。そして、ねずみは無礼を詫び、涙を流してゆるしを請う。それを見て、かわいそうに思ったライオンは、ねずみを放してやる。深く感謝し、ねずみは去って行く。あるときライオンは罠にかかり、吼え声をあげる。くだんのねずみは、恩返しとばかりにやって来る。網を食いちぎり、かつてライオンに受けた情に応えるのである。かくして百獣の王ライオンとちっぽけなねずみは仲直りをするのである。「情けは人のためならず」といったところであろう。

●アメリカで翻訳された「ライオンとねずみ」

アメリカの翻訳は日本のような「温情あふれる物語」ではない。対等な取引の話となっている。そもそも物語は、仲間のねずみに「ライオンなんか怖くない」と強がる主人公が、ライオンの頭に飛び乗ってみせるところからはじまる。はたして、ねずみはライオンに捕まる。しかし、ねずみは謝るところか胸を張って「私を放しなさい。そうすれば、いつの日かあなたが困ったときに私が助けてあげよう」と取引を申し出る。ライオンはまともに取り合う気にもならなかったが、ねずみ一匹食しても腹の足しにもならないので放してやる。ねずみは意気揚々と仲間のところに帰って行く。あるときライオンは人間の罠にかかり、吼え声を上げる。ねずみが聞きつけ、かの契約を果たすために網を食いちぎり救い出す。それからというもの、ライオンはねずみに対し、パートナーとして小さすぎるとは思わなくなったというのである。

自由な個人を大切に作る社会では、外的な枠組み（「こうあらねばならぬ」という普遍主義的の道徳観）が薄れてくる。人間はそれぞれが自由に行動できる反面、態度決定をどこに求めたらよいか迷うものだ。本来、この指針となるものは道徳観を背景とした人生の生き方だが、現代のように「人それぞれでいい」とか「他人に迷惑さえかけなければいい」という程度の道徳観では、他者と対立した場合それぞれが自分に都合よく「迷惑の基準」を解釈することになる。

結局、ものさしが多様化すればするほど「法的にはどうなっているのか」ということに頼ろうとする。しかしそれは、「法律にはどう書いてあるのか」「どうしたら損をしないですむのか」ということではなく、「どのように判断すれば具体的に妥当性があるといえるのか、その判断で法的安定性が保てるか」という考え方でなければならない。

しかし、残念ながら現実には、「口の達者な、押しの強い者」が功を奏し、「まじめで、内気で、はっきりものが言えない人」がいつも損をする傾向がある。常に踏み台にされる人は、いつか相手を打ちのめすための法利用を考え（あるいは法の抜け穴を探ろう）とするだろう。そして、上手く行かない口実は、「他の奴らだってやっている」「見つからなければいい」「やられたらやり返してなぜ悪い」「周りが判ってくれないから悪い」となる。

かくして法の正体、裁判の何たるかを知らない者は、常に裁かれる側に回る。法の「マインド＝心」は「公平」「公正」であり、人間関係のあるべき姿を示す「物差し」であるはずなのだが、「共通の物差し」が身についていない人には伝わらない。自分をないがしろにされないために、「あなたと同じ権利を持つ人間がここにいること」を、声を出して叫ばなければならないのである。

「私と同じ人間であるあなたに、私が悲しんでいること」を分からせなければならない。法はことばであり、力でなければならない。そのためには、自分の気持ちをきちんと伝えられることが何よりも必要となる。六法全書があなたを助けてくれるわけではない。コミュニケーションは、仲の良い人同士に必要なのではなく、知らない人との関係を良くするために必要な力なのである。分かってくれるまで待っている奥ゆかしさは、日本人としても美德とはいえなくなってきたのである。

社会的に自分自身の行動の選択が正しいとする（される）ためには、自分の利益のみならず、他人の利益をも抑える必要がある。つまり、行為者以外の利益のためになされるような行動（たとえば、公共の福祉、正義や人道的な行為）も、しばしば道徳的行為者自身の利益になっている可能性がある。たとえば、短期的な自己利益（うそをつくことで得られる利益）を我慢して、正直であるという対人的（社会的）評価を得た場合、これを長期的に見れば、そうした評判は好ましい社会的関係の相手方として有利に働くといえるからだ。

こうしたことが、成長の過程で繰り返し経験として認知され、正義感や道徳的な人が生み出される。競争社会の中で自分に有利に事を運ぶために、道徳や正義それ自体を（心理的）武器として使うことを発明した人がいてもなんら不思議ではない。好き勝手に振舞っているように見えるが、犯罪者はあれこれ知恵を絞って自分の行動の合理化を考えるのだ。加害者は、自分のしたことは大したことではない。被害を受けるのは当然だ。誰だってやっていることだ。保険会社が損害の世話をしてくれるだろう。などと信じ込むようになる。彼らは、非難の対象を自分自身から他人や周囲の状況に転嫁する技術を身につけようとする。さらに、被害者や被害を受けそうな人についての固定観念を持つ。被害者に何を言ってもどうせ理解してはくれないと思う。無意識のうちに被害者と縁を切ろうと試みる。被害者のことを考えなくてもすむように無関心をよそおう²¹⁾。

文化心理学者の東洋教授は、「日米道徳スクリプト調査」の論文の中で、アメリカと日本の学生を対象として、「道徳スクリプトの文化的差異」の調査について興味深い分析をしている。この調査は、「逐次明確化法」という独自の手法で、「ある学生が教師に故意に怪我をさせた」「数学の試験でカンニングをした」といった簡単な記述から道徳的な評価を求め、さらにその後、もっと欲しい情報は何かについて、日米の学生 240 人に行ったものである。その結果、「道徳的逸脱行為の結果に際し、日本人は気持ちや人格などの行為者の心理状態について

情報を求める傾向が強く、そうした情報が少ない場合には同情的な文脈の存在（ひょっとしたら何かわけがあったのではないか）を漠然と仮定して判断を緩和する傾向が強い」として、前述の family metaphor を明らかにしたのである。

東教授は、また一方で、日米の子育て比較もしており、母親が子どもを育てるにあたり、どのような点に重きを置いてしつけるのかを調べた。たとえば、ニンジンを食べない子どもに対し、母親はどう子どもに説得するのかを見た調査では、アメリカ人の母親は、「栄養があるのだから食べなさい」「食べないと大きくなれない」と理由を説明して強く指導し、これに従わない場合には、罰を与えたり、取引（後で絵本を読んであげる）を行うという。これに対し、日本人の母親は子どもを説得する際に、「何で食べてくれないの、ママ悲しくなっちゃう」「ニンジンさんが食べて欲しいって泣いてるよ」「つくってくれた農家の人のことを考えてね」など、感情や他人の気持ちを配慮する事を大事にする傾向がある。他人への配慮や気持ちに重きを置く傾向がある。こうして育った日本人は、道徳的逸脱行動（犯罪や非行）の評価にあたって常に詳細情報を要求し、足りない場合には同情的文脈の存在を漠然と仮定して判断を緩和するという傾向があることになる。

日本人の国民性が「法なるもの」を構成していると考えれば、前述した「配慮・共感」の道徳性が教育の中でも生かされる必要がある。

おわりに

「権利には義務がともなう」「権利ばかり主張して義務をはたそうとしない」などとよく言われる。これは、権利とは「他者との関係の中で発生する」利益だからだ。相手がこちらの主張（権利にともなう）を無視してしまえば、権利を享受できない。権利も絵に描いた餅に過ぎなくなる。たとえば、国家が安定せず、多くの人が難民状態にある地域で、明日の生存さえも覚束ない人々に向かって「君たちにも生きる権利がある」と叫んだところで意味がない。平和的生存権を訴えたとしても、対立する国家や民族が了承しない限りは空虚なスローガンに過ぎない。また、たとえ裁判所で、法的に権利があると認定されたとしても（たとえば損害賠償請求訴訟において1000万円の支払いを命じ）ても、相手に支払う能力（意思）がないならば、「ない袖は振れない」²²⁾。

このように、法は誰に対しても公平に開かれていて、同じ人間であるなら、同じく尊厳性を持ち、人間という意味では平等であり、同じ権利の主体となりうるものになっている。だから、誰しもが権利の主体として主張することができるわけなのだが、否応なしに今置かれている環境に影響を受け、権利を十分行使することが出来ない人がある²³⁾。そんな中で、権利を叫ぶことにはいかにどのような意味があるというのだろうかという疑問がわいてくる。

シモーヌ・ヴェイユは『根をもつこと』のなかで、権利

と義務関係を「義務と権利は表裏一体をなすが、まったく対等な関係ではなく、主体と客体の混同から生じる誤りである」と断じている。また、義務は自律的であり、権利は他律的であるから、人間は主体としては義務を、客体としては権利を有するというべきであるともいう。義務は単独でも成立するが、権利はあくまで他者の良識と善意が前提であって、他者の同意を得てはじめて発生するからである²⁴⁾。

ヴェイユは、より自立的で自己充足的な基礎の上に権利を再構築しようと考えた。「なぜあなたは私より優遇されるのか」「なぜあなたは私より多くを所有するのか」という恨みがましい叫びは、闘争の精神や権利の概念を呼び覚ます。自分と他者を比較するこの叫びには、どうしても自己の主観的な思いが入り込み、人と人の間の連帯や共感ではなく、分裂と警戒をかきたてることになる。「権利」という概念自体がそもそも孤立した個人を基礎に成立した概念であり、権利を享受するためには、その対岸にある義務が遂行されてはじめて得られる利益であるからだ。他者の良識と善意が前提なのである。あらゆる権利が消滅しても義務は残るが、義務が消滅すれば権利の方は存在しえない。

人間らしく扱われる権利があると声をからして叫んでも、周囲の人々がそれに同意しなければ、どれほど立派な権利を有するかを証明しても意味がない。相手を殺すことを思い止まることはできても、自分が殺されることを相手に思い止まらせる確実な手立てはない。権利要求が功を奏するのは、要求の正しさが認められたからではなく、要求する側の力が認められたからである。シモーヌ・ヴェイユが義務基底的に権利を再構成したのは、こうした理由があったからだ²⁵⁾。法的権利は相手の理解があつてこそ享受できるものである。法に切っても切り離せない感情がある。この感情は、理にかなったものである必要があるが、それは当該社会の道徳性の成熟度にかかっている。犯罪や悪行の責任は、行為者の道徳的成熟度の問題だと思われがちだが、社会（大人）の側の道徳的成熟度の問題でもあるのだということを忘れてはならない。

参考文献

- 1) 巻口一郎「抑止法の後退 (régression) と復原法の発達 (下) — 道徳と法との機能的連携関係についての一試論 —」立命館産業社会論集第36巻第1(2000年) pp. 101-102 参照。
- 2) ACジャパンのCMの意図は道徳教育に通じている。
- 3) 前掲書『倫理21』平凡社 (pp. 31~33) 参照。
- 4) ロバート・ブライ『未熟な大人と不遜な子ども』(荒木文枝訳) 柏書房 pp. 315-329
- 5) 本居宣長は、「人の真の情は未練で愚かな物であり、雄々しくきつとして勇ましいのはうわべを取り繕ったものではないか」と考えた。情と混同される欲はあくまで実生活での必要・目的を追うものであつて別ものであることにも注意を促している。「あはれ」と

はそうした情が何かに触れて喜怒哀楽の区別なく強く動かされることで、物語はこの「あはれ」を知っているか否か、即ち人の情をどれだけ理解して描けているかにより評価すべき物であり儒教・仏教による善悪の基準で計るべきではないと述べる。

- 6) 教育改革国民会議(2000年):「教育を変える17の提案」の中で、「・・・21世紀は、ITや生命科学など、科学技術がかつてない速度で進化し、世界の人々が直接つながり、情報が瞬時に共有され、経済のグローバル化が進展する時代である。世界規模で社会の構成と様相が大きく変化し、既存の組織や秩序体制では対応できない複雑さが出現している。個々の人間の持つ可能性が増大するとともに、人の弱さや利己心が増大され、人間社会の脆弱性もまた増幅されようとしている。従来の教育システムは、このような時代の流れに取り残されつつある・・・」との表現は鋭い指摘。
- 7) C. L. Ten, 'Crime and Punishment' in Peter Singer (ed.), A Companion to Ethics (Oxford: Blackwell, 1993), pp. 315-26 にも、同様の刑罰正当化の理由を誤解だとの指摘がある。
- 8) 「法務総合研究所研究部報告 50」pp. 13, 「2-1-8 図 殺人 都道府県別発生状況(認知件数・発生率)」参照。平成19年～23年の人口10万人当たりの殺人発生件数のグラフでは、大阪や高知が飛び抜けて高い。一般的に殺人発生率は「西高東低」と言われている。
- 9) 11月19日付神奈川新聞では「40代の小学校教諭が算数の足し算の授業で、ごろ合わせの数字(18782/いやなやつ+18782/いやなやつ=37564/みなごろし)を教え児童の1人が家庭で話したことで市の教育委員会に通報した」という記事が掲載された。この事件はNHKのニュースにも取り上げられた。
- 10) 拙著『法学のおもしろさ』(改訂版)北樹出版2013年, pp. 29-34 参照。
- 11) もちろん、刑罰の一般予防を全面的に否定しているわけではなく、その前提に「法的なもの」の無意識の刷り込みによって、法律を遵守することが悪事抑止の効果をもたらしていると強く信じている。
- 12) こうした道徳は、為政者にとって、自らの権威の正当性を基礎付けるために利用したりすることもあるので、逆にとらえると権力者の恣意(たくらみ、悪意)をコントロールする役割として「裁判規範」としての法律(権力者に勝手な判断をさせない)は、道徳よりも高尚なものとも考えることもできない。
- 13) ジョセフ・ゴールドシュタインほか(中村たえ子訳)『子の最善の利益①子の福祉を越えて』岩崎学術出版社, 1991。(原書名: Goldstein, J et al., Beyond the Best Interest of the Child, 1973.)
- 14) エミールデュルケームは、「個人はますます自立的になりつつあるのに、いよいよ密接に社会に依存す

るようになるのはいったいどうしてであるか。個人はなぜいよいよ個人的になると同時にますます連带的になりうるのか。というのは、この二つの動きは矛盾しているようにみえて、実は並行してあいついでいるからである。」(Durkheim, 『分業論』p. XLIII., 邦訳 pp. 37 参照)と述べている。

- 15) 労働基準法は、第1条②「この法律で定める労働条件の基準は最低のものであるから、労働関係の当事者は、この基準を理由として労働条件を低下させてはならないことはもとより、その向上を図るよう努めなければならない」と規定。労働契約法第1条は、「この法律は、労働者及び使用者の自主的な交渉の下で、労働契約が合意により成立し、又は変更されるという合意の原則その他労働契約に関する基本的事項を定めることにより、合理的な労働条件の決定又は変更が円滑に行われるようにすることを通じて、労働者の保護を図りつつ、個別の労働関係の安定に資することを目的とする」と規定。その法的目的の違いが鮮明だ。厚生労働省のHP内「法制定の主旨(厚労省)」でも、以下のように記述されている。●「・・・労働契約に関する民事的なルールの必要性が高まり・・・労働契約の内容の決定及び変更に関する民事的なルール等を一つの体系としてまとめるべく労働契約法を新たに定めることとしました。」「労働基準法は、罰則をもって担保する労働条件の基準(労働最低条件)を設定しているものですが、労働契約法は・・・合意の原則その他基本的事項を定め、労働契約に関する民事的なルールを明らかにしているものであり、その締結当事者である労働者及び使用者の合理的な行動による円滑な労働条件の決定または変更を促すものです。」「労働基準法については、労働基準監督官による監督指導及び罰則による最低労働基準の履行が確保されるものですが、労働契約法は・・・履行確保は行われず・・・」。
- 16) 京都教育大学「KYOKYO」No. 120 海外見聞録「アメリカにおける forensic psychology の展開 -学校現場における法教育のあり方をめぐって-」(花田里欧子)という小論に、「法と感情の接続」という言葉が出てくる。University of Sydney, Faculty of Law の Gail Mason 教授が「法は感情を無視してきた・・・沸き起こる感情や相手がさまざまに抱いている感情を考慮しては、弁護士としての仕事は中々捗らない。しかし、感情は無視しても、そこに必ず湧き起ってくる。そうであれば、その感情をより良い方向に持って行くこと・・・関わる人たちの感情を知り、そこに渦巻く憎しみのようなネガティブな感情を、少しでもポジティブな感情にして行けるようにできないか。まずは、自分や相手の感情を意識化することが大事。」と述べている。また、シカゴ大学の法・倫理学教授マーサ・ヌスパウムは『法と感情』という著書の中で、「法は

公平ではあるが無情でもある理性の秩序として捉えられてきた・・・しかし、殺人に関する法は理性の命令ではなく、殺人に対する私たちのまっとうな怒りを言葉として表現したものである。」と述べている。

- 17) 裁判員法の第1条では、その主旨について「国民の中から選任された裁判員が裁判官と共に刑事訴訟手続に関与することが司法に対する国民の理解の増進とその信頼の向上に資する」と述べられている。ここでも、「司法に対する国民の理解の増進とその信頼の向上に資する」という文言から、少なからず「裁判を理解していない国民の自己責任」を問うニュアンスと「裁判や法律を知れば、司法の信頼が向上する」という安易な期待（あるいは逆に、大変な判断を行うことを実感させ然らせる意図）がみられる。そこでは、司法と国民の信頼関係のあり方が、一方的に「国民の側の司法に対する信頼」の向上に偏っていて、「司法の国民に対する信頼」（国民に対する司法の不信感）は残されたままだということである。したがって、「素人の裁判は何をするかわからない」という批判は、司法の側の不信から来るものであって、市民自身が裁判員制度の批判として述べるということは、結局「裁判は専門家に任せておけばよい」という専門家のホンネを支持することになる。このことは、裁判員裁判の評決で裁判官にだけ否認権があること（評決の際の有罪判決の場合、多数派に必ず1人の裁判官がいなければならない）や裁判員裁判は一番のみ（上訴裁判は専門家だけで行う）であることから、外野（市民に限らずメディアも）にとにかく言われたくないという思いが感じ取れる。
- 18) 拙著「裁判員裁判の実施状況分析からみる市民の正義感」―法と犯罪学の視点から― NCCD JAPAN 50号 2015.1月 pp. 61-87 参照。
- 19) この夏8月10日に放送されたNHK「昔話法廷」は法教育に利用できるようになっている。3つのどの法廷も「事実認定」と「量刑」が混然一体となっているのが分かり興味深い。この2つを明確に分ける欧米の裁判（そもそもアメリカでは陪審員が判断するのは「事実認定」であり、裁判官が「量刑」を判断する。ただし、死刑にあたる重罪については、陪審員が「量刑」まで判断を行う決まりになっている。NHK「昔話法廷」のサイト：
<http://www.nhk.or.jp/sougou/houtei>
- 20) 前掲書, pp. 72-75 参照。
- 21) D・マツァ, M・サイクス『漂流する少年』日本評論社 漂流理論とは、若者が善と悪の世界を文字通り漂流しているというものである。それでいながら、彼らが自分を非行少年と認めないのは、次の5つの「合理化・正当化」策が使われるからだという。この合理化・正当化を「中和の技術」と呼ぶ。その5つは、① 責任の否定：「親が小遣いをくれないから、

万引きをするのだ」物を盗んでも、「自分のせいではない」、「もともとそんな物を盗むつもりではなかった」、② 危害の否定：「カツアゲしたのではなく、ちょっと金を借りただけだ」物を盗んでも「その店にはたくさんのものがあり、もうけている」、「万引きで盗られる分も、値段に入っている」、③ 被害者の否定：「悪いのは、殴った俺ではなく、偉そうな態度をとったアイツだ」「店が盗れるように置いているからいけない」、④ 非難者への非難：「大人だっぴずるいことをしているくせに…」、⑤ 高度の忠誠への訴え：「仲間がやられているのを黙ってみているわけにはいかない」

- 22) 巨大掲示板（2ちゃんねる）の管理者として有名な人物も、悪意のある書き込みを削除しなかったとして、多数の民事裁判に訴えられたが、一度も裁判所に出頭せず、ほとんどが敗訴となり、賠償額もあわせると数十億円にも上り、差し押さえなどの強制命令を受けたが、本人名義の銀行口座を突き止めても残高がなかったり、取締役を務める会社からは「役員報酬は払っていない」との回答があったりで、ほとんど支払われていないといわれている。これは、権利それ自体で完結する権利ではないという象徴的な例であろう。
- 23) 最首悟氏は『星子が居る一言葉なく語りかける重複障害の娘との20年』（世織書房）のなかで、障害を持った娘さんに天賦人権があるとみなすのは欺瞞であると述べています。最首氏は、人が星子さんに接しているうちに、その人に関わりたいという思う気持ちが出て来る、その気持ち、つまり「内発的義務」が生じる限りにおいて、人との関係性のうちに人権が発生するのだととらえ、「ヒトが共同へ向かったときの、その自発意思、すなわち自由を狭めながら責任観念を発生させた内発的義務とは・・・自発的に内発的にこれは義務と思うようなことが自分の中に形成されてきて、その義務がか弱い存在、愛する存在に向けて行為化されるとき、相手の感謝などには関係なく、深い充足感かはらまれるだろう。・・・行動原理の根底は内発的義務であり、その内容は「かばう」とか「共に」とか「世話をする」とか「元気づける」であって、それを果たすとき、心は無意識のうちに満たされるのかもしれない」と述べている。
- 24) 最首悟はシモーヌ・ヴェイユ『根をもつこと』（春秋社）の「義務の観念は権利の観念に優先する。・・・一つの権利はそれ自体として有効なのではなく、その権利と対応する義務によってのみ有効となる」という言葉の中に「内発的義務」という概念を見出している。
- 25) こうした権利論（義務基底の権利論）を展開する人がいる。ケンブリッジ大学ニューナムカレッジ元学長の女性倫理学者でオノラ・オニールである。オノラ・オニールは、「子どもの権利と子どもの生」とい

う論文（現代思想 1996 年 6 月号）で、「子どもの良き生を保障する際の判断基準としては、子ども自身が有する権利観念よりも、子どもに対する大人の側の義務観念の方が優れている。子どもの実定的な権利（法的・制度的・慣習的権利）自体は認められるが、その実定的な権利の基礎づけのあり方としては、さらにファンダメンタルな権利（天賦人權のような）によって基礎づけるのではなく、子どもに対する大人の側の義務の観念（細やかで暖かな配慮といった大人の側の不完全義務とオニールは呼んでいる）によって基礎づける方が少なくとも理論的に優位である」と述べている。

高等学校工業科の授業で活用する NC 工作機械の教材 ー レゴマインドストーム EV3 を使った簡単な加工装置 ー

佐藤智明

神奈川工科大学教職教育センター(satotomo@t-ce.kanagawa-it.ac.jp)

Teaching Material of NC-Machining for the Using in Class of the Technical High School
- A Simple Manufacturing Device Using LEGO Mindstorms EV3 -

Tomoaki SATO

Abstract

Specialized subjects in technical high school are required to make students learn many contents within limited class hours. In this research, we studied the educational method, which makes student learn many contents by the process of assembling only one learning material, which includes various learning elements. We focused on using NC (numerically controlled) machine tool, which includes many important machine elements such as gears and linkage parts as a learning material. As a sample model, we have produced a simple learning material of NC machine with which students can learn the mechanisms and the outline of NC (Numerical Control) machine processing equipment. Because of its ease and freedom of assembly, we adopted the LEGO-MINDSTORMS-EV3 system, which is widely used as a teaching material from children to adults to produce the NC machine model.

Key Words: Educational Method, Teaching Material, Technical High School, LEGO, Robot

1. はじめに

学校教育における工業・技術教育は戦後様々な変遷を経てきた。戦後は日本の産業発達に欠かせない技術者養成のために、工業高校において多くの若手技術者を輩出してきた。しかし、日本の経済成長が安定し、産業界においてより高度な技術を要求されるようになると、技術者の育成は中等教育から高等教育にシフトし、高等学校工業科に対する技術者養成の需要はかつてよりは少なくなった。より有名な大学、就職に有利な大学への進学を目標として、進学指導を積極的に行う普通科高校への進学率が高くなり、工業高校への進学率は低下した。また、工業高校卒業生の進路も、卒業後直ぐにメーカーなどの企業に就職するのではなく、大学へ進学する者も多くなった。それに伴い、工業高校のカリキュラムも、大学進学を考慮して、専門科目を減らし、大学受験に必要な普通科目を増やすなど、工業高校のエンジニア養成の割合は少なくなってきたといえる。工業高等学校での専門科目の減少は、必然的に、生徒の専門的知識の不足やエンジニアとしてのスキルの低下を招いていると考えられる。

また、普通教育としての中学校の技術科においても、

普通科高校への進学等を考えて、受験科目として重要な理科や数学へ授業時間を取られる形でその授業時間数は減少し、ネジ回しや金槌の使い方をみても、正確に使える生徒が少なくなり、技術に関する知識やスキルは明らかに低下したといえる。中学校技術科で学ばせる技術的項目の減少は、工業高校に進学してくる生徒に技術者として学習させなくてはならない項目の増加を意味する⁽¹⁾。したがって、工業高校においては、専門科目の減少と共に、より低い技術内容から学習させなくてはならないという要素も加わり、限られた時間に多くの専門的スキルを学ばせる能率の高い授業内容が求められている。

能率的で学習効果の高い教育方法としては、古くからプロジェクトメソッドの有効性が唱えられてきた。18世紀の教育者ジョン・デューイによって基を築かれたこの手法は、工業技術の分野ではPBL (Project Based Learning) 教育に引き継がれ、中等教育から高等教育まで工業技術分野の教育で実践されている。

1. 1 PBL 教育の有効性

PBL 教育においては、専門的スキルを効率よく学ばせるために、学習者に技術的課題を与え、その課題の解決のために学習者は試行錯誤をしながら周辺基礎知識やス

キルの獲得を行う。課題解決の課程で、学習者は自然に技術者としての能力を身につけることができる。このような課題解決型学習方式は特に技術教育分野で有効である。この手法は、課題解決の過程においていくつかの単元にわたって学ばなくてはならないので、限られた時間内に多くの内容を学ばせるのには有効である。既に、中学校技術科の教育においては、こうした複数の単元にわたった教材が提案され、その有効性が確認されている⁽²⁾。

本研究では、授業時間数が限られた工業高校における専門科目の授業で、効率よく工学的知識とスキルを学ばせることができる教育手法としてPBL教育に着目し、その効果が期待できる課題の内容と、そこで使用する教材について検討した。

1. 2 課題および教材の検討

本研究では、比較的多くの単元内容を1つの課題で網羅できる課題内容を検討した。

高等学校工業科の工業に関する科目は、61科目ある。これらが、「各学科において原則としてすべての生徒に履修させる科目（原則履修科目）」、「工業の各分野における基礎科目」、「工業の各分野に関する科目」の三つに分かれている。本研究が扱う分野は、工業の各分野における基礎科目と工業各分野に関する科目に焦点を絞った。その中で、複数の単元にわたって学習することができ、工学的にも重要な内容を含む課題および教材を検討した。その結果、機械工学分野の「NC 工作機械」に着目した。以下にその根拠を示す。

2. NC 工作機械の教材化

2. 1 NC 工作機械の教育的要素

金属加工機をはじめとする機械加工装置（工作機械）は、産業の発展の上で大変重要な役割を果たしてきたことは言うまでもない。旋盤やボール盤、フライス盤、NC 加工機から最近では3D プリンターまで、機械加工装置はその用途を広げて我々の周りの様々な工業製品を造り出してきた。日本機械学会が認定する機械遺産の中にも、機械加工装置は数点が認定されている⁽³⁾。

技術教育の上でも機械加工装置を理解することは重要である。機械加工装置には機械工学において重要な様々な機構や部品が使われているため、その使い方を習うだけでなく、構造や原理を理解することは機械工学を学習するうえで重要な学びとなる。

NC 工作機械は、機械加工装置を自動化したもので、コンピュータ制御により金属などの被加工物を自動的に正確に加工することができるため、近年の高度な製造産業においては不可欠なものとなっている（例：図 1、図 2）。NC 工作機械には、前述のように機械加工装置としての様々な機械要素が活用された総合機械としての側面と、更に、コンピュータによる制御装置としての一面を持つため、機械から電子機器にわたる広い範囲の教材として活用できると考える。



図 1 NC マシニングセンター

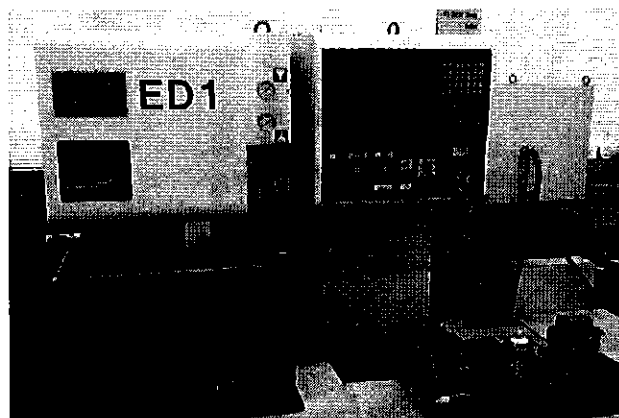


図 2 NC ワイヤカット放電加工機

表 1 工業科における NC 工作機械に関連する学習内容

編成	科目名	NC に関連する学習内容
機械工学分野における基礎科目	情報技術基礎	プログラミングの基礎
	材料技術基礎	工業材料の加工
	生産システム技術	生産技術
機械工学分野に関する科目	機械工作	機械加工と生産の自動化の基礎
	機械設計	機械要素
	電子機械	センサーとアクチュエータの基礎、コンピュータ制御の基礎
	電子機械応用	ファクトリーオートメーション

高等学校工業科の科目において、NC 工作機械を教材として使用した場合の関連単元項目を学習指導要領より検討すると、表 1 に示すような学習内容が当てはまる。

このように、NC 工作機械に関連する学習項目は 7 科目 8 単元にわたって存在するが、これほど広範囲にわたった学習内容を網羅できる教材は希有であると考えられる。このことから、本研究では、NC 工作機械を総合的に扱ったテーマを用いて、表 1 に示した科目の内容を包括的に網羅した内容を PBL によって学習させる教育手法および教材について検討した。

2. 2 NC 工作機械を使った教育手法

機械加工装置を学ばせる方法は様々あるが、近年では、歴史的に価値のある古い機械加工装置の 2 次元図面から学習者に 3DCAD によってモデリングさせて、3DCG アニメーションコンテンツを作らせることで機械の構造や仕組み、さらには設計思想を学ばせる試みも行われており、その教育効果も認められている⁽⁴⁾⁽⁵⁾。同様な試みとして、著者らも学習者に（卒業研究として）、現在は動かなくなっている技術遺産（足踏み旋盤等）について寸法計測を行い、図面を起し、3DCAD を使って CG コンテンツ化させることによる学習効果を確認している⁽⁶⁾⁽⁷⁾。一方で、バーチャルな経験だけでなく、機械の実物に触れながら、その構造や原理を理解することの重要性も確認している。しかし、機械の原理や構造を理解するために装置に直接触れるということは、実際の機械加工装置においては簡単ではない。歯車やモーターといったものは筐体に隠れてしまっている場合が多く、また、稼働時は危険なため、近づいて見たり触れたりすることはできないために、構造や原理を肌で感じることはできない。そこで、本研究では、機械加工装置の原理の確認を実際の装置で行うのではなく、代替の模型の装置を使うことを検討した。そして、その模型装置の開発のために、現在、様々な教育分野で使用されている LEGO マインドストームに着目した。

3. 工学教育における LEGO マインドストーム EV3 の活用

世界的な教材メーカーとして著名な LEGO 社の LEGO ブロックは、幼児から高等教育機関まで様々な教育分野で教材として活用されている。特に、図 3 に示したような歯車やウォームギヤおよび滑車などの機械要素を取り入れたテクニカルなパーツや、それらにサーボモーターや各種センサーを加えて電子制御が行えるマインドストーム EV3 は、工学系の大学などでも PBL の教育などに様々な導入されている。著者らも⁽⁸⁾、大学の機械工学の卒業研究で学生にマインドストーム EV3 を取り入れた課題を与えているが、多少の制約はありながらも、歯車やモーターなどを自由に組み立てられることから、機械システム全体を構築する能力の開発には非常に有効であると考えられる。そこで今回は、前述したように、機械工学の要素の多くが凝縮されている機械加工装置の一つである N

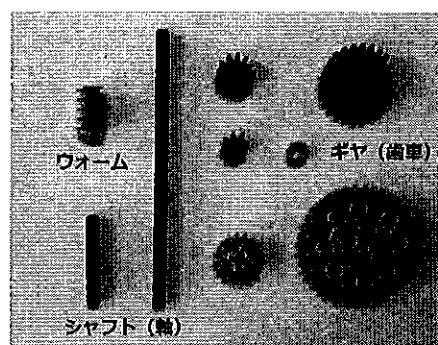


図 3 LEGO で使用される機械要素のパーツの一部

C 機械加工装置（マシニングセンター）を取り上げて、教材開発のプラットフォームとして LEGO マインドストーム EV3 を使った教材を検討した。そして、学習者に機械加工装置の機能を再現する模型を設計の段階から作成させる PBL 課題を想定し、その学習教材の試作装置を作成した。

4. EV3 を用いた NC 機械加工装置教材

NC 機械加工装置は、多くの機械要素が使われているだけではなく、制御装置を持っているので、機械システムを学ぶ上で重要な教材である。今回はマインドストーム EV3 を使って、NC 機械加工装置を構成している要素をすべて含んだ上で単純化した装置が構築できた。以下に本装置の概要を説明する。

図 4 に装置全体を示す。図中右側が NC 機械加工装置である。装置に配置されたサーボモーターは PC によって制御も制御可能であるが、図中の真ん中に配置されたマインドストーム EV3 にプログラムを読み込ませることで、装置単体で動作させることが可能である。装置本体は下部に X および Y 軸方向に移動する母材固定テーブルが配置され、門型のブリッジ中央につり下げられたエンドミルが Z 軸方向に移動し母材を切削加工するようになっている。

図 5 および図 6 から加工材料を設置するテーブルが確認でき、それを X および Y 方向に移動制御するために、下部には Y 方向の移動を可能にするラックアンドピニオン、中部にはシリンダー式アクチュエータを設置して X 方向を移動制御できるようになっている。それぞれの動作は各サーボモーターによって行われ、それぞれ EV3 から制御する。

図 4 の装置本体において、両側の支柱から橋渡しされたブリッジの中央部分に工作物を回転しながら切削するエンドミル（切削用工具）の取り付け部分がある。図 7 は、エンドミルの設置部分を上部から見た図である。図中の上部に回転用モーターが設置されており、エンドミルに回転を与える。更に、そのモーターとエンドミルのユニットはサーボモーター（図 7 の下部）によって、ウォームギヤを介して Z 軸（上下）方向に移動制御できるようになっており、側面から見た図 8 の中央部分にそのスクリーンを確認することができる。

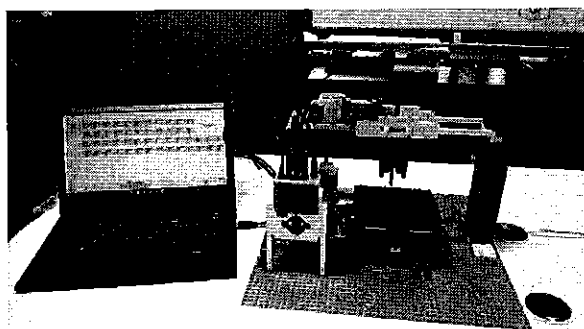


図4 機械加工装置概要

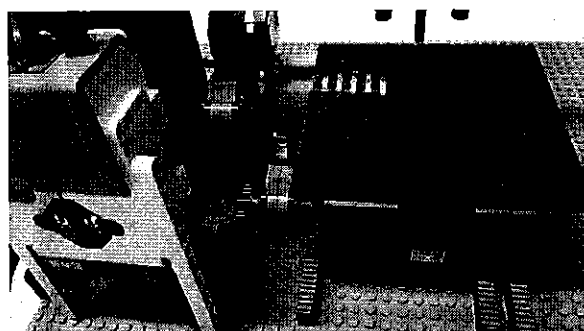


図5 機械加工テーブル部

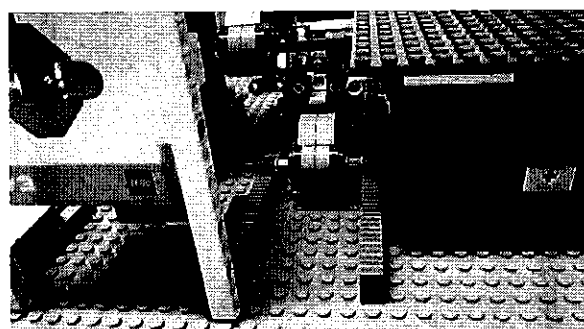


図6 ラックアンドピニオンによるY軸制御部

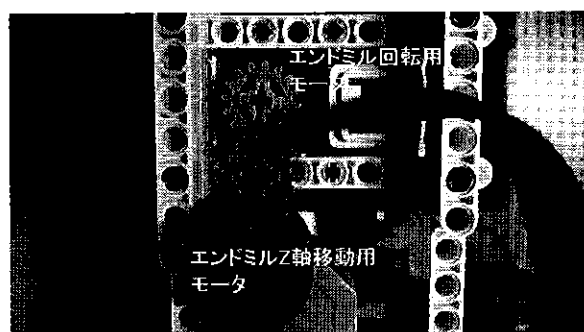


図7 機械加工装置モデル上部からの外観

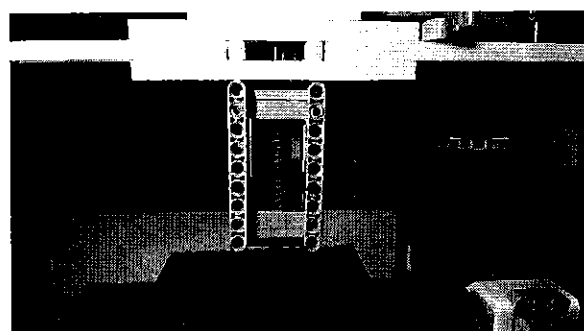


図8 ウォームギヤによる(エンドミル)Z軸制御部

5. マインドストームによる制御プログラム

本教材は LEGO マインドストームを使ってエンドミルを使った切削加工のデモンストレーションを行うことができる。そのための制御プログラムの簡単なフローチャートを図9に示す。

実際の NC 加工装置では、母材を切削するエンドミルの母材との相対位置を指示するプログラムを作成する。本教材も同様に、エンドミルの X、Y および Z の移動量を数値として与えることでエンドミルの移動を制御する。数値データは、あらかじめ加工物の寸法（簡単に直方体の形状データ）を基にエンドミルの移動量に対するサーボモータ（ステップモータ）の回転数を算出し、その数値をモータに指示するプログラムを作成することになる。数値データはあらかじめ SD カードに保存し、そのデータをマインドストームが読み込むことで行う。エンドミルの移動データは、X 軸、Y 軸および Z 軸の順番に1行ごとに与えられている。3 軸に対する3行のデータが繰り返し読み込まれることになる。切削加工の終了は、END データが書き込まれた行が読み込まれた時点で判断される。

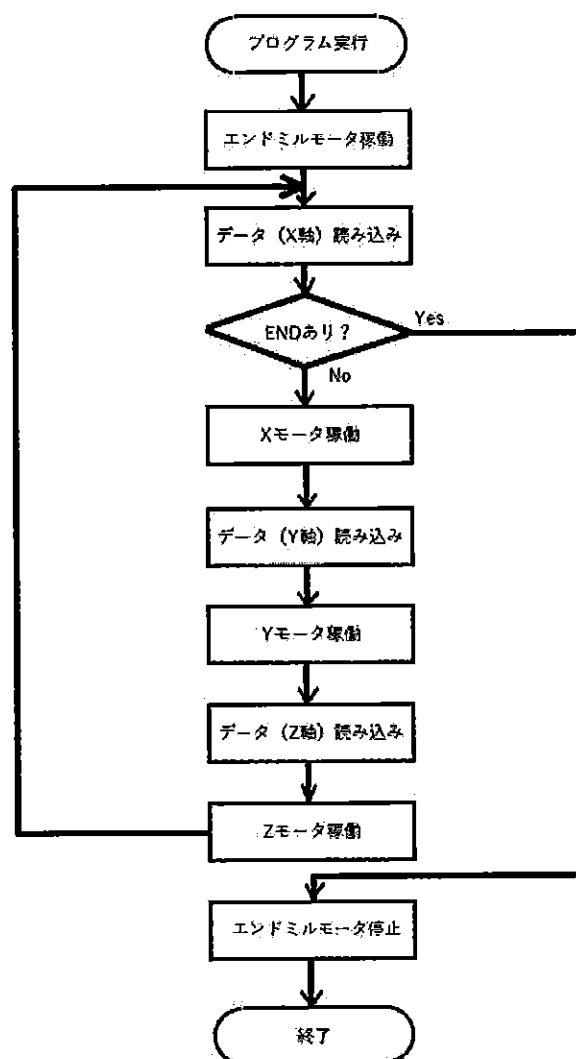


図9 NC加工プログラムフローチャート

6. NC 機械加工装置の模型教材の利用方法

現在、高等学校工業科の授業においては、複数科目にわたった内容を一つの授業の中で展開することは難しい。したがって、本教材を特定の科目の中に設置して実践することは直ぐには難しい。そこで、本教材は最初の取り組みとして、課外授業として実施していくことを検討している。

課外授業としては、夏期休暇中の期間に2~3日程度の実施日を設けることを想定している。1日目の時間中に、歯車やピニオンなどの機械要素について、更に工作機械やNC加工装置の概要について学習する時間を設ける。2日目は制御に関する基礎知識を学習させる。その後、LEGOのブロックやテクニカルなパーツを使った組み立てを実践させる。更に、マインドストームを使った簡単なプログラミングも体験させる。3日目において、1日目と2日目で得た知識を基に、LEGO マインドストームを使って学習者自身の設計によるNC加工装置の模型を組み立てさせる。本研究による今回の試作モデルは、授業実施時にサンプルとして学習者に提示し、それを基に学習者はオリジナルのNC加工装置を構築させる。学習者には制御プログラムも作成させて、NC加工装置を実際に稼働させるところまで体験させる。

7. NC 機械加工装置の模型教材の期待される学習効果

本試みでは、次のような学習効果が期待できる。LEGO パーツの各機械要素を直接手にしながら、その構造を理解させながら組み立てさせることで機械の構造を体感させることができると考える。更に、EV3のプログラミング開発も体験させることで、機械制御の基本を理解させることも可能であると考え。また、本歯車やウォームギヤのかみ合いでは、微妙な位置の調整は難しいが、ブロックのはめあいの強弱によって多少の位置調整が可能である。特に、歯車のかみ合い部はタイトに組み合わせると大きな抵抗が生まれてしまうので、ブロック同士の接着具合を調整して遊びを持たせることが重要となる。機械組み立てにおけるこうした微妙なアライメントは、エンジニアが関心を持たなくてはならないとして重要な部分であるが、本教材においてはこうしたことも体験させることができる。

8. おわりに

工業高等学校の工業科の専門科目は、限られた授業時間内に多くの内容を学習させる必要がある。本研究では、様々な学習要素を含む1つの学習教材のみを組み立てる過程で、学生に多くの学習内容を学習させる教育方法を検討した。

機械加工装置には歯車やリンク機構などの重要な機械要素が多く含まれている。そこで本研究では、機械加工装置を、教材として用いることに着目した。そして、その中でも、制御などのシステムも学ぶことができるNC機械加工装置について、その概要が学べるような簡単な模型装置の開発を検討した。教材開発のプラットフォームとしては、その組み立ての容易さや自由度のため、子供から大人まで幅広く教材として利用されているLEGOのマインドストームEV3を用いて、学習者に機械加工技術の初歩を学ばせる教材を試作した。

参考文献

- (1) 小林薫, 今後の技術教育と工業高等学校の在り方は, 実教出版工業教育資料 331 号, 2010.
- (2) 坂田謙一, 技術科教育, 一藝社, 2014.
- (3) 星朗, 緒方正則, 小野寺英輝, 大久保英敏: 日本機械学会「機械遺産」が伝えること, 東北学院大学工学部研究報告, Vol.50, No.1, pp. 1-8, 2016.
- (4) 丹治明, 松野建一: 昭和初期製工作機械の 3D モデルを活用した機械技術史の研究, 日本機械学会 2015 年度年次大会講演論文集, CDROM-S2010106, 2015.
- (5) 丹治明, 松野建一: 昭和初期製工作機械の 3D モデルを活用した鉄道車両製作技術の研究, 日本機械学会 2016 年度年次大会講演論文集, CDROM-G2000102, 2016.
- (6) 佐藤智明, 佐藤峻平, 上野達弘: 小菅曳揚げ装置のマルチメディアコンテンツの作成, 2013 年日本機械学会 技術と社会部門講演会「技術と社会の関連を巡って: 過去から未来を訪ねる」講演論文集, pp. 59-60, 2013.
- (7) 佐藤智明: 足踏み旋盤のCGコンテンツ, 日本機械学会 2014 年度年次大会講演論文集, CDROM-S2030205, 2014.
- (8) 佐藤智明, 田辺基子, 山下大樹, 福田大心: 幼児教育におけるロボット利用に関する検討, 日本機械学会 2016 年度年次大会, CDROM-G2000103, 2016.

歴史的価値のある技術遺産のCGアーカイブ化の取り組み -産業技術の啓蒙および工業・技術教育への利用を目指して-

佐藤智明

神奈川工科大学教職教育センター(satotomo@t-ce.kanagawa-it.ac.jp)

Approach to CG Archiving of Historically Valuable Technical Heritage - Aiming at Enlightenment of Industrial Technology and Use for Technical Education -

Tomoaki SATO

Abstract

Many of the historically valued technical heritage have become out of operation. In this research, we are trying to reproduce the behavior of several technical heritages with CG animation and to leave it in future generations. In this paper, some of them are introduced. The first one is the steam engines and hauling machinery at the site of the Nagasaki shipbuilding field. This device is registered as No. 1 of the machine heritage of the Japan Society of Mechanical Engineers. The second one is the Land Steam turbine, which is also in the Shipbuilding in Nagasaki City. This device is registered as No. 4 of the machine heritage. The last one is the Treadle Lathe which is in the museum of Meiji-Mura Village in Aichi prefecture. This device is registered as No. 3 of the machine heritage.

Key Words: Technical Heritage, Digital-Archives, CG Animation, Technology Education

1. はじめに

古い文化財をデジタルデータ化し、動画を作成してその姿や動作を再現し、現代の人々に見せることは、文化や技術の伝承を考える上で非常に有効な方法である。ユネスコは2011年に“World Heritage Memory Net”⁽¹⁾を公開して、オンデマンドな環境で世界遺産の資料を見られるようになっていく。このウェブサイトは、世界151カ国911件の世界遺産に関連するデジタル資料(写真・動画・オーディオクリップ・文書等)を提供している。日本の文化財についても、大石らによる大仏殿のデジタル復元など様々実施されている⁽²⁾。

著者は、これまでに、工学教育の現場で、機械の構造などの理解を促進させるためのCG作成アプリケーションや3D-CADを用いた様々な機械の動画CGモデルを開発してきた^{(3),(4)}。その中でも、戦時中に製作された動作不能の古い飛行機用空冷水平対向エンジン(ライカミング社製O-290-A型)を3DCADによって3D-CGモデルとしてアニメーションコンテンツ化したことは技術史にも価値があったと考える⁽⁵⁾。こうした古い形式の機械を採寸して、動作している状態を再現し、現代の人々に見せることは、技術の伝承を考える上で非常に有効な活動であると考えられる。これらの技術関係のコンテンツは、前述の世界遺産

のようにアーカイブ化して一般に公開すれば、社会に産業技術を広く啓蒙することができる。また、これらのコンテンツを、中学校の技術科や高等学校の工業科の授業で教材として使用することも有効であると考えられる。

そこで、著者は、歴史的および技術的に価値のある技術遺産をCGアニメーションによってデジタルコンテンツ化し、啓蒙活動や教育の現場で技術の伝承に活用してもらうことを行ってきた。著者はこれまでに、日本機械学会によって2007年に機械遺産第1号として認定された長崎県三井造船所史料館所蔵の小菅修船場跡の曳揚げ装置、同2007年に機械遺産の第3号に認定されている愛知県明治村所蔵の足踏旋盤(明治8年伊藤嘉平治作)および機械遺産第4号の陸用蒸気タービン(明治41年三菱合資会社製)のCGアニメーションコンテンツを開発した^{(6),(7),(8)}。本報では、これらの技術遺産に関する詳細と、コンテンツ開発手法および作成したコンテンツについて紹介する。

2. コンテンツ開発の手順および手法

2.1 寸法の計測

本取り組みで対象とする技術遺産は、古い物であるので、製作図面をはじめとする資料が無いことが多い。そ

ここで、コンテンツ作成を行う前に、対象の装置の寸法を計測する必要がある。寸法の計測には、ノギス、マイクロメータあるいはメジャー（巻き尺）を用いて直接計測する場合もあるが、直接触れることもできない場合もある。その場合は、スケールを被測定物の近くに置いて写真撮影し、後に写真上のスケールとの比較（比例配分）によって被測定物の寸法を決定する。図 1 に寸法計測の様子を示す。

2.2 CG の制作環境および作成

デジタルデータとしてモデリングに使用したアプリケーションは、PTC 社製 3D-CAD ソフト Creo Elements / 5.0 を使用した。本ソフトはパラメトリック・フィーチャー・ベース・モデリングを基本とする三次元ソリッドモデリングを行うことができる。ソリッドの外形形状を寸法値と他のソリッドとの合致関係情報で保持しているため、その寸法や関係の変更で容易に寸法を変更することができる。

部品ごとに採寸した寸法から本ソフトウェアを用いて、3 次元データを入力して、各 부품のモデリングデータを作成する。モデリングデータを用いて、本ソフトが備えているアニメーション作成コマンドを使ってアニメーションを作成する。

3. 作成した技術遺産コンテンツ

これまでに本取り組みで扱ってきた技術遺産およびそのコンテンツについて説明する。

3.1 小菅修船場跡の曳揚げ装置

(1) 装置の概要

最初に対象とした技術遺産は、日本機械学会によって 2007 年に機械遺産第 1 号として認定された長崎県三井造船所史料館所蔵の小菅修船場跡の曳揚げ装置を取り扱った。この曳揚げ装置は、幕末に築造された現存最初期の近代造船設備である。1867 年薩摩藩が外国から買入れた蒸気船の補修を目的に、貿易商 T.B. グラバーらと共同出資で着工し、1868 年に完成した。スリップ式と呼ばれるドッグ形式と曳揚げ装置を用いて約 1000 トンの船を上架でき、曳揚げには英国からの輸入式ボイラーと堅型 2 気筒 25 馬力の蒸気機関、歯車による曳揚げ装置を用いている。曳揚げ装置が納められている曳揚げ小屋も日本最初期の煉瓦造りとされる。1969 年に水面を含む曳揚げ小屋、船台、護岸の合計約 8,400 m²が国の史跡に指定された。また、日本機械学会によって 2007 年に機械遺産第 1 号として認定された。更に、2015 年には、国の推薦を受けて、「明治日本の産業革命遺産群」の 1 つとして、ユネスコの世界遺産に登録された。図 2 に当時のエンジン全体写真、図 3 におよび現在のピストン部の写真を示した。



図 1 寸法計測の様子

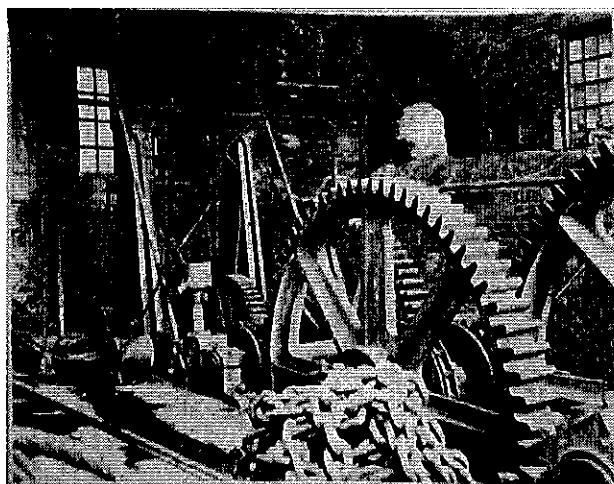


図 2 当時の曳揚げ装置

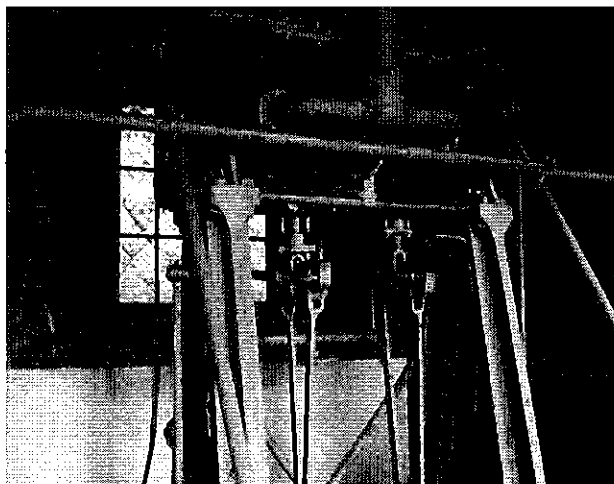


図 3 現在の蒸気エンジンピストン部

(2) CG コンテンツ

作成した CG アニメーションコンテンツの蒸気エンジン部を図 4、図 5 および図 6 に示す。図 4 は蒸気エンジンの動力を曳きあげ部へ伝える減速歯車部分である。蒸気エンジンのシリンダー・ピストンおよびバルブについては、内部が確認できないため外部の寸法から形状を推

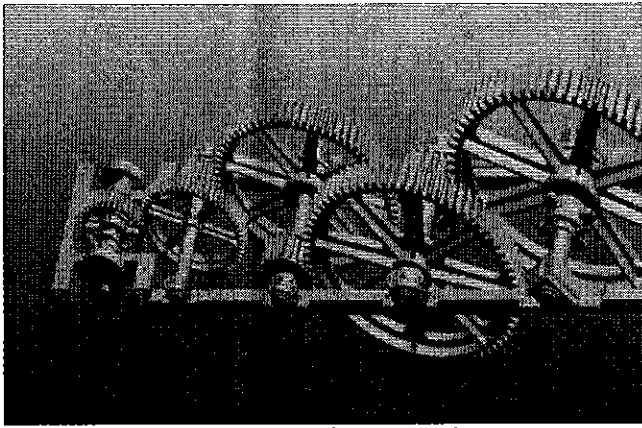


図4 歯車減速機(コンテンツ)

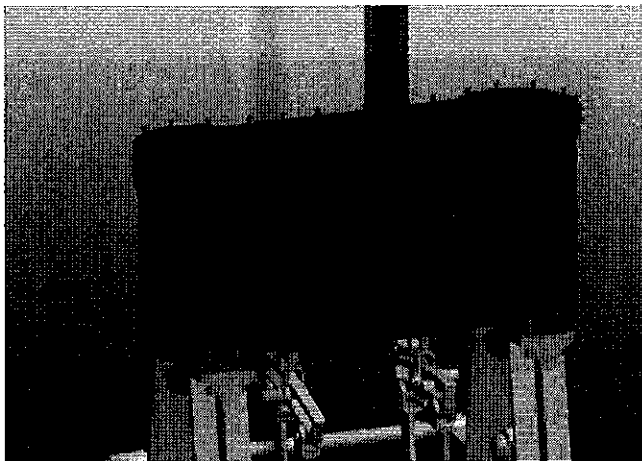


図5 シリンダー・バルブ(コンテンツ)

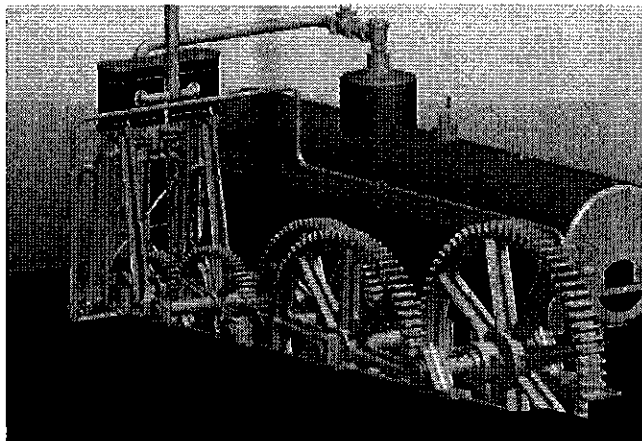


図6 蒸気エンジン外観(コンテンツ)

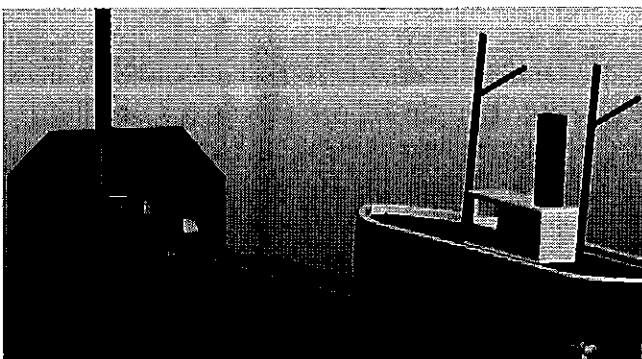


図7 曳き揚げ装置外観 (コンテンツ)

定して設計した。ボア径は 280[mm]とした。バルブ方式については、当時主流であったスティーブンソンバルブ形式を用いた。内部は蒸気室からシリンダーの上下へ蒸気を流すためのものと、蒸気を外へ排出するためのパイピングが施されている。図5は蒸気室、シリンダーをクリアモデルにし、内部構造を見やすくしたものである。また、図6は蒸気エンジン全体部分である。奥にはボイラーが設置されている。分解することができないため、内部構造を詳しく調査することはできなかったが、かまど口からの観察より、炉筒が1本のコルニッシュ・ボイラーであると推定し作成した。図7には、船の曳揚げ部も含めた全体を構成した図を示した。図4から図7までは全て同じデータを異なる位置および角度から見たもので、動作しながらズームアップ・ダウンおよびターンが可能である。

3.2 足踏旋盤 (明治8年伊藤嘉平治作)

(1) 装置の概要

本装置は、機械遺産の第3号に登録指されている(図8)。本足踏旋盤は1875年頃に日本で製作された最初期の全鍛鉄製足踏旋盤とされる。伊藤嘉平治が、わが国の民間最初の機械類製造工場「田中製造所」(現東芝)で学び、山形に帰って製作した。この伊藤嘉平治の鍛鉄製足踏旋盤は1932年に東京工業大学に寄贈され、以来工作機械研究の参考に供されてきたが、現在は愛知県犬山市

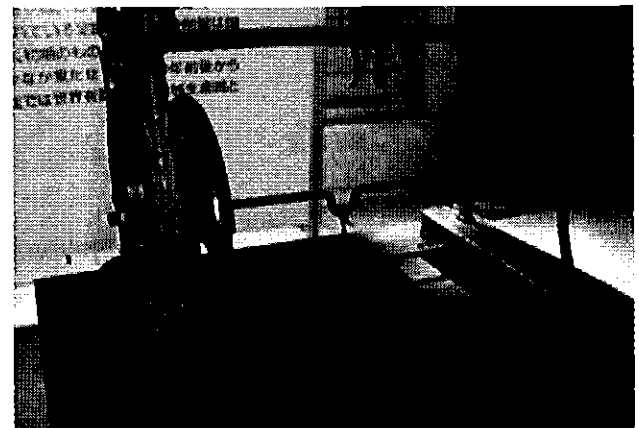


図8 足踏み旋盤

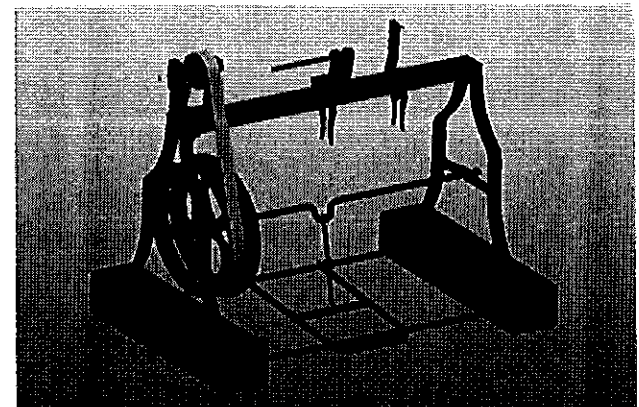


図9 足踏み旋盤のCGコンテンツ

の財団法人博物館明治村の機械館に展示されている。

(2) CG コンテンツ

本足踏み旋盤のアニメーションは回転機構を主とするが、最初に動作しない土台部分を作成して座標を決めて固定した。次に、回分部分を構成する各パーツを、軸を揃えてアセンブリし、土台部分に設置して、回転動作を加えてアニメーション化した（図9）。

3.3 国産第1号陸用蒸気タービン

(1) 装置の概要

本蒸気タービンは1908（明治41）年10月、三菱合資会社（三菱重工業の前身）長崎造船所で製造された国産第1号の陸用蒸気タービンである。三菱合資会社は英国パーソンズ社と1904（明治37）年技術提携し、パーソンズの500kWタービンと625kVA発電機を完成し、構内で自家発電を開始した。この陸用蒸気タービンは回転数2,400rpm、圧力1.03MPa、温度186℃の蒸気で運転され、現在の地熱タービン並の低い蒸気圧であるが、翼段数は全部で84段あり、高圧部23段は銅、中・低圧部61段は真鍮製の翼を使用している。1920（大正9）年役目を終えるまで工場内の発電用タービンとして活躍し、現在、タービンロータ・動翼・静翼・車室・ガバナーに至るまで三菱重工業長崎造船所史料館に保存展示されている。また、日本機械学会によって2007年に機械遺産第4号として認定された。図10にエンジン全体写真、図11にガバナー（調速機）部分を示した。

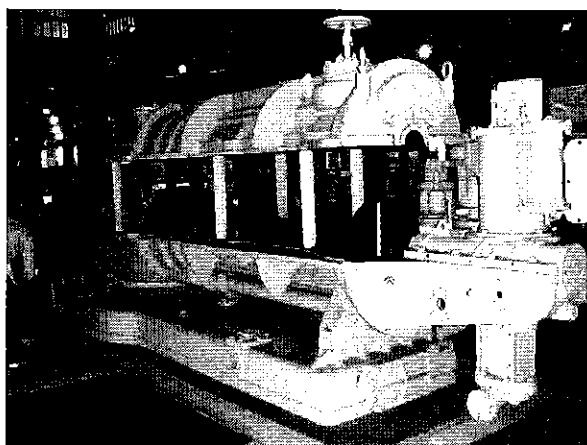


図10 蒸気エンジン外観

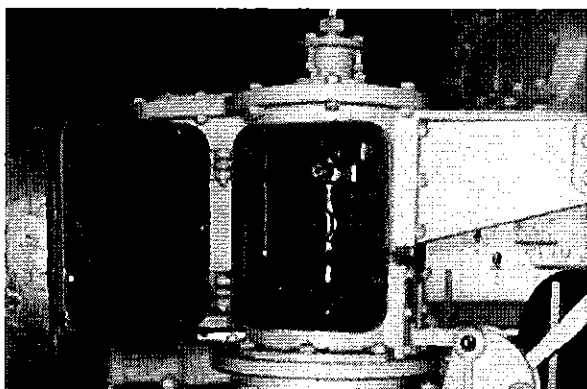


図11 調速器（ガバナー）部分

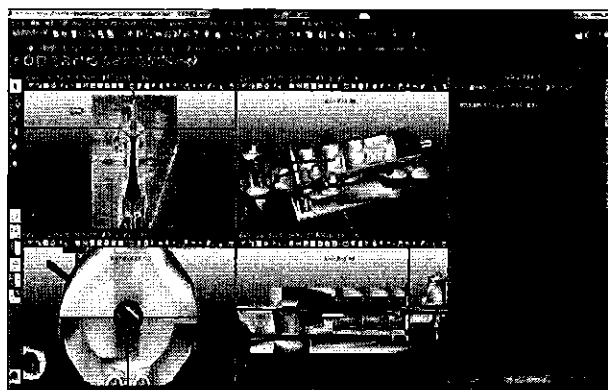


図12 Mayaの編集画面

(2) CG コンテンツ

本CGアニメーションコンテンツについては、上記2件と同様にCADソフトCreo Elementsによるモデリングの後、作成された3次元データから他のアニメーション作成専用アプリケーションを用いて作成した。

アニメーション化には、Autodesk社製Mayaを使用した（図12）。上記で作成した3DモデリングデータをMayaに読み込ませ、動画作成ツールでアニメーション化した。更に、マイクロソフト社製Windowsムービーメーカーを使用して、キャプション付けや音楽を挿入してコンテンツを仕上げた。

図13はモデリングデータをMaya上でアセンブリしたガバナー部分をスケルトン表示したものである。図14は、装置全体をアセンブリした外観を示した。この3次元データを用いて、タービンを回転させて（回転の様子を見せるために、実速度よりも遅い回転「100rpm程度」で作成）、画像世界の中を移動する仮想カメラから撮影した映像を作成した。図15は、透視（スケルトン）状態のタービン外観を見せる動画映像の一部を示した。

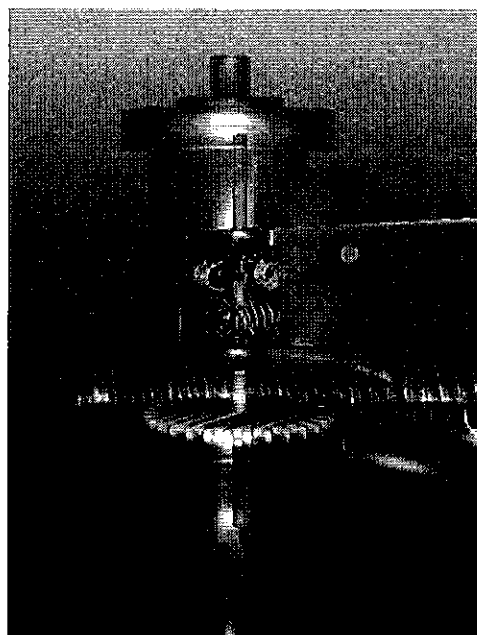


図13 ガバナー部（コンテンツ）

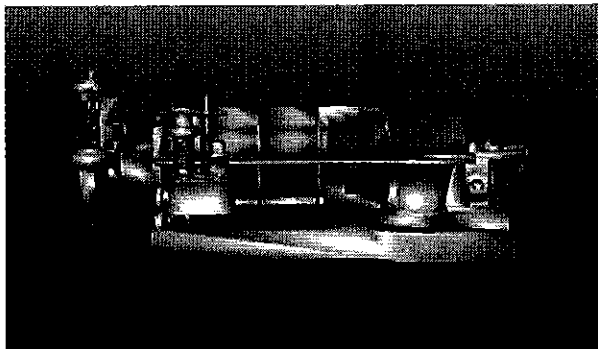


図 14 タービン全体 (コンテンツ)

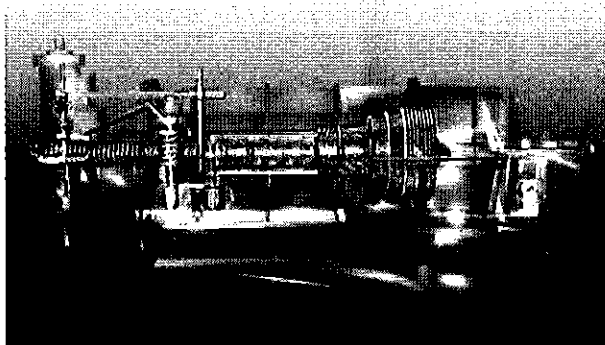


図 15 内部透視 (コンテンツ)

4. おわりに

本取り組みでは、技術遺産として価値のある機械を、その動作する様子を後世に伝えることを目的として、対象となる機械のマルチメディアコンテンツを作成することを目指した。これまでに、日本機械遺産に登録されている、3 件の装置について、3D-CAD を用いて本装置をモデリングし、CAD アセンブリ機能を用いて仮想装置を組み立て、アニメーション化を行い、CG アニメーションコンテンツを完成させた。対象とした装置は以下となる。

①日本機械学会によって機械遺産第 1 号として認定された長崎県三井造船所史料館所蔵の小菅修船場跡の曳揚げ装置、②機械遺産の第 3 号に認定されている愛知県明治村所蔵の足踏旋盤（明治 8 年伊藤嘉平治作）および③機械遺産第 4 号の陸用蒸気タービン（明治 41 年三菱合資会社製）。

これら完成したコンテンツは、全て所蔵先に寄贈し、博物館内での観覧者への説明や啓蒙のために活用されて

いる。特に、小菅修船場跡の曳揚げ装置のコンテンツについては、本装置がユネスコの世界遺産に認定審査を受ける際に、プレゼンテーション時に動画再生され、本装置の世界遺産認定に寄与した。

謝 辞

最後に、本取り組みは、著者が所属する神奈川工科大学の学生の卒業研究の一部として行われた。技術遺産の寸法計測およびコンテンツ作成に取り組んでいただいた、当時神奈川工科大学機械工学科の学生であられた、佐藤峻平氏、上野達弘氏、石川貴章氏、守屋貴彦氏、岡田将和氏および平野雅透氏に多大な感謝の意を表する。

参考文献

- (1) World Heritage Memory Net (WHMNet) Archive, http://whmnet.org/archives/whmnet/whmnet_archive.php
- (2) 大石岳史, 増田智仁, 倉爪亮, 池内克史, 創建期, 奈良大仏及び大仏殿のデジタル復元, TVRSJ, Vol.10, No.3, 2005.
- (3) 佐藤智明, 永岡慶三, 小口幸成, 内燃機関の動作原理の理解を促進する CG コンテンツの効果的活用に関する研究 —原理説明用アニメーションおよび e-learning コンテンツの学習効果—, 日本機械学会論文集 C 編, Vol.73, No. 725, pp. 35-43, 2007.
- (4) 佐藤智明, 立体視 3DCG アニメーションを利用した教材の開発, 日本工学教育協会第 56 回工学・工学教育研究講演会, 2008.
- (5) 佐藤智明, 航空機用水平対向 4 気筒エンジンの 3D-CG モデルの製作, 日本機械学会 2012 年度年次大会, 2012.
- (6) 佐藤智明, 佐藤峻平, 上野達弘, 小菅曳揚げ装置のマルチメディアコンテンツの作成, 2013 年日本機械学会技術と社会部門講演会「技術と社会の関連を巡って: 過去から未来を訪ねる」, 2013.
- (7) 佐藤智明, 足踏旋盤の CG コンテンツ, 日本機械学会 2014 年度年次大会, 2014.
- (8) 佐藤智明, 陸用蒸気タービンの CG コンテンツ, 2015 年日本機械学会技術と社会部門講演会「技術と社会の関連を巡って: 過去から未来を訪ねる」, 2015.

ロボットを使った PBL 教育の下限年齢 — 自ら組み立てたロボットに対する幼児の関心度の検討 —

佐藤智明¹・山下大樹²・福田大心²

¹ 神奈川工科大学教職教育センター(satotomo@t-ce.kanagawa-it.ac.jp)

² 神奈川工科大学工学部電気電子情報工学科

Minimam Age of the PBL Education Using Robot - Investigation of the Interest Level of Young Children to the Robot which Assembled by Themselves -

Tomoaki SATO¹⁾, Daiki YAMASHITA²⁾ and Daishin FUKUDA²⁾

Abstract

In this research, we examined which age is effective for children to start the PBL education using robots. As a first step, we examined that how much interest the young child shows and how much motivation can be maintained against the simple task of simply assembling the robot and participating in the competition with that robot. As a result of the experiment, the 3-year old did not have a long-lasting concentration on production. Also, 3 year olds could not concentrate on the competition of robots. Concerning 4 years old children and 5 years old children, concentration was continued while making them. Also, 4 year olds and 5 years old children participated with motivation until the end. As a result, it was shown that if the age is over 4 years old, the tasks that making the children participate in the competition by robots which is made by themselves may be effective.

Key Words: Infant Education, Learning Material, HCI, HRI, PBL, Robot

1. はじめに

ロボットを用いた教育は様々な分野で行われている。特に、大学や高等専門学校等の高等教育機関における工学教育では、ロボットを用いた PBL (Project Based Learning) が盛んにおこなわれている⁽¹⁾。これらでは、ロボットに行わせる課題を与えて、その課題をクリアするまでの時間や質を競わせる競技会を設定し、学習者に、その課題を行うロボットを開発させ、そのプロセスを学ばせる形のものが多い。高等教育機関で始まった、ロボットを使った PBL は、現在は、高等学校や中学校などの中等教育にまで広がっている⁽²⁾。ロボットの開発には、プログラミングのスキルが必要となるが、近年では、アメリカではオバマ大統領が 2013 年の国民に向けたメッセージの中で、初等中等教育でのプログラミング教育の重要性を唱えた。その影響もあり、日本では、2016 年 6 月に文部科学省においてプログラミング教育に関する有識者会議で初等教育におけるプログラミング教育の重要性が議論された。そして、2017 年 3 月公示の新しい学習指導要領 (2020 年開始) において、プログラミング必修化が盛り込まれ、ロボットを制御するプログラミング学

習も検討されている。このように、ロボットを使った PBL は、年々、より低い年齢で実施されるようになってきた。そこで本研究では、今後、より低い年齢の幼児を対象にロボット教育が広まっていくであろうことを想定して、ロボットを用いた PBL がどの程度の低い年齢まで可能であるか、ということに関心を持った。

ところで、ロボットが PBL に頻繁に用いられるようになった理由はいろいろ考えられる。ロボットはキャラクター性を持つため感情移入しやすく、そのキャラクターが競い合う競技という設定が、学習者のモチベーションを持続させることに寄与するからではないかと考える。そこで、本研究では、幼児に対するロボットを取り入れた具体的な PBL の検討に入る前の第一段階として、単にロボットを組み立てて、そのロボットで競技に参加する、という設定に対して幼児がどの程度の関心を示しそのモチベーションを維持できるのかを調べることにした。今回は、あらかじめ用意されたロボットの本体部分に、ロボットのキャラクター性を持たせるための顔や胴体部分を幼児に作製させ、そのロボット使ってスピードを競わせる競技を行わせ、その様子を観察する実験を行ったので報告する。

2. 実験の概要

本検討では、どの程度の年齢の幼児までが、ロボットを作製するという課題に対して興味を持って遂行できるのか、また、その関心をどの程度維持できるのかということを検証する。そのため、幼児がこれによって直接ロボットの制御や動力伝達の仕組みを学ぶことは目的としていない。そこで、ロボットの制御および動力機構部分はあらかじめ用意し、幼児が製作にかかわる部分は、ロボットのキャラクター性の創造に関わる目をつけたり髭をつけたりする顔の部分である。また、競技の内容は、発信機から発信する赤外線信号を受信して、発信機の方へ追従して動作するように製作したロボットを、発信機を持った幼児がロボットを誘導して、だれが一番早く目的地に到達できるかを競わせる内容にした。したがって、ロボットの製作内容と競技内容は直接関係を持たせていない。

2.1 実験用ロボット概要

本実験で採用したロボットは、幼児が親しみをもって課題に取り組めるように、幼児の教材として一般的となっている LEGO ブロックの LEGO 社製ロボット教材 (LEGO Mindstorm EV3) を採用した。図 1 に幼児による作製作業前の本ロボット本体を示し、幼児による顔作製後のロボットを図 2 に示す。ロボット本体は、ビーコンと呼ばれる赤外線発信装置から発信する信号を受信して、発信機の位置を確認しながら発信機の方へ追従するように作成したプログラムによって制御される。

2.2 被験者

本来であれば、例えば、幼稚園などに協力を依頼して、多くの幼児を実験に参加させて検証すべきであると考ええる。しかし、幼児を被験者にした実験を行う場合、各幼児の家族に対して、実験に対する同意を得る必要があり、全員の同意を得るためには非常に長い準備期間が必要となる。このような手続きを経た正式な実験に関しては今後行う予定であるが、今回は、予備実践として、同意が得やすい本研究の関係の幼児を被験者として採用した。そのため、被験者は、それぞれ 3 歳、4 歳および 5 歳の各 1 名とした。

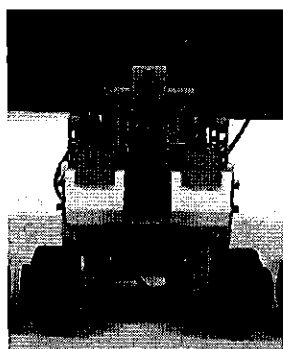


図 1 作業前ロボット本体

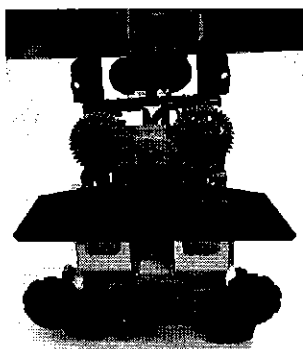


図 2 作業後ロボット本体

表 1 ロボット製作・競技実践タイムスケジュール

経過時間 (分)	内容
0	今回やることの説明とマインドストームの紹介。実際にマインドストームが IR ビーコンを追いかけるところを見せマインドストームがどんなロボットなのか理解させる。
5	お手本の黒髭ロボットを見ながら各自自作ロボットにパーツを加え、ロボットを作成させる。もし一人では作れそうになかった場合は大人が手伝う。
20	実際に自由ロボットを動かし追いかけてくる遊びをさせる。
30	マインドストームを使った簡単な競争競技を行わせ、幼児たちの反応を観察、記録する。
50	片づけ。今日の感想と一番お気に入りだったロボットは何かアンケートを取り記録用紙に記入する。
60	終了

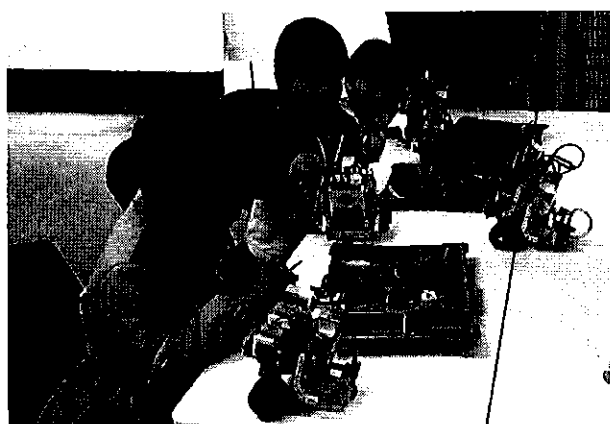


図 3 作製作業の様子

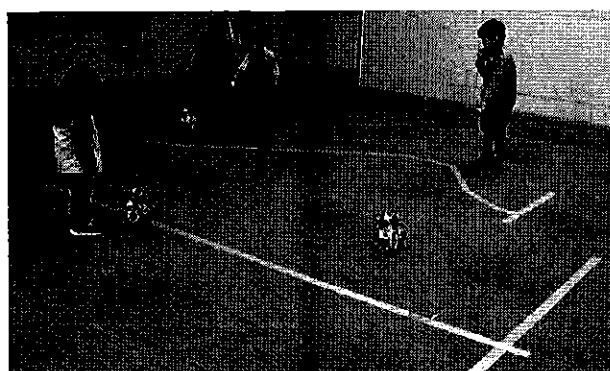


図 4 競技の様子

2.3 ロボット製作

ロボットの顔部分製作とそのロボットを使った競技の実践を行った。表 1 にそのタイムテーブルを示す。

先に説明したように、各幼児に、図 1 のロボットに対して顔のパーツとなる部品をはめ込ませ、図 2 のように完成させる課題を行わせた。作業に当たっては、初めに、説明者が全員に対してロボットとは何か、今回行う課題はロボットを作製することであることなど、課題についての簡単な説明を、幼児向きの絵を使ったパワーポイントを使いながら 5 分程度行った。次に作業をスタートさ

せ、各幼児に説明者が付き添って手順を説明し、場合によっては作業を手伝う形で進めた。ロボット完成後は、発信機を使ってロボットを自分で誘導操作できるように、練習を兼ねて自由に遊ばせた。図 3 に作業の様子を示す。この時の作業の様子をビデオカメラで撮影し、幼児が発する発話も記録した。

2.4 競技内容

各幼児に自分が作製したロボットを使って、発信機を持ってロボットを誘導して、スタート地点からゴール地点へ誰が一番早くロボットをゴールへたどり着かせられるかを競う競技を行った。図 4 に競技の様子を示す。この時の様子をビデオカメラで撮影し、幼児の発話も記録した。

3. 実践結果

3.1 ロボット製作課題の観察結果

ロボット製作における幼児の行動及び発話に関する観察結果について、年齢別の幼児ごとに以下に検討する。

(1) 発話内容の検討

本実験の観察結果については、ビデオ撮影の映像を基に「マインドストームの説明」「ロボットの作成」および「遊び時間」の時間を通しての幼児の行動および発話内容を検討した。図 5～7 に、年齢ごとに、発話した内容をそれぞれ、“大人および他の幼児に対して発した発話”、“ロボットに対して発した発話”および“自分に対する独り言”に分けて示した。以下に各年齢の幼児の行動を示す。また、図 8 には図 5～7 から数えられる各年齢の幼児の発話回数の合計をまとめた。

(3 歳児)

実験開始前から何が始まるのか楽しみな様子で少しそわそわしていた。パワーポイントでのマインドストームの説明が始まるとおとなしく聞いていた。説明中に機械的なロボットの写真が出てきてもあまり興味は持たなかったがロボットのキャラクターが出ると声を出して強く反応した。大人からの質問にもはっきりと返答し人間とのコミュニケーションには問題があるようには感じなかった。

ロボットの作成が始まるとすぐに大きな部品を手に取りロボットに付けようとした。しかし、細かいパーツと連結させて扱うパーツということを理解できず大人にやり方を聞いていた。なかなか上手くパーツが付かないと怒りを声にだして集中力は薄れていった。真似して作るというよりは自分の付けたいところにパーツを付けている印象だった。部品が床に落ちる度に集中が切れて作業を中断し辺りを見渡す回数が多く、何度か同じことを繰り返す内に途中で作業に飽きてしまい自分でロボットを押して遊び始めてしまう。また、自分のロボットで遊びだしてから 5 分ほど経つとほかの子供たちが作業中にもかかわらず 4 歳児の隣に行きモデルロボットで遊びだし

てしまった。実際に IR ビーコンを使いロボットを動かすとスタート時以外は IR ビーコンのボタンを押さないままだったので「行け！」と声を出してロボットの後ろから直進するロボットに付いて行っていた。遊び時間の約 10 分では常に同じことを繰り返し、ロボットが付いてくるということは理解できなかった。

(4 歳児)

マインドストームの説明が始まると静かに聞き、ロボットとは何か、という質問にも「動くもの」としっかり答え、ロボットのキャラクターが出てきたときも反応を見せていた。3 歳児が少し落ち着きないと注意し真面目に説明を聞いていた。

ロボット作成が始めると運ばれてきたパーツにかなり興味を持ちモデルロボットとを自分のロボットを見比べながら自分の中で作り上げる順序を決め取り組んでいた。初めて細かいパーツを付けるときは付け方を大人に教えてもらい、一度覚えたことは一人でもできる様になった。途中作成に飽きてしまった 3 歳児が隣で遊び始めたときに少し集中が切れ作業を中断し話し出してしまった。それ以降作業は続けるものの遊んでいる 3 歳児に時々気を取られることがあった。それでもロボットはほぼ完璧に仕上げることができた。

遊ぶ時間になると少し落ち着きがなくなりそわそわしている様子だった。ロボットが動き出すと嬉しさと驚きが混ざったようなトーンの声の上げながらロボットを操作していた。最初に IR ビーコンのボタンを押さないといけないことをすぐに理解し、IR ビーコンを差し出しながらロボットの前に立ち操作していたことからロボットが自分に付いてくるのではなく IR ビーコンに付いてきていることも理解していた。しかし、ロボットの操作中にボタンを押してしまいロボットの操作が効かなくなってしまうこともあった。また、遊んでいる最中はロボットに夢中になり他の子供とぶつかりそうになる場面も少々あった。

(5 歳児)

マインドストームの説明が始まると真面目に聞き、質問すると指を指したりうなずいたり体を使いながら答えていた。説明中マインドストームを動かすとかかなり興味を示し、ロボットが発信機に追従することも言葉で理解していたようだった。

作成に移ると黙々と作業を進めていきロボットの下から上に順番にパーツを付けていった。細かいパーツ同士を付けるときは自分の手元で組み立ててから本体に取り付けていた。途中細かいパーツの付け方が分からず手が止まったが、すぐに大人に付け方を聞くのではなく付いたり外したりして試行錯誤を繰り返しながら作業していた。3 歳児が遊びだした時も全く気を取られず作業を続け、時間を一杯に使い自分の納得するまで作成を止めなかった。また、ロボットがほぼ完璧に完成しても余ったパーツを使い自分のオリジナル要素を足していきパーツをすべて使い切ろうとしていた。時間の関係で 1 つだけパーツを付けられなかったがほぼ全てのパーツを使い

切り完成させた。

遊ぶ時間になると 4 歳と同様にロボットの前に立ち、
IR ビーコンを前に差し出しながらロボットをうまく操作

できていた。また 4 歳児とは違い遊んでいる最中でも周り
を見ながらぶつからない様に遊んでいた。

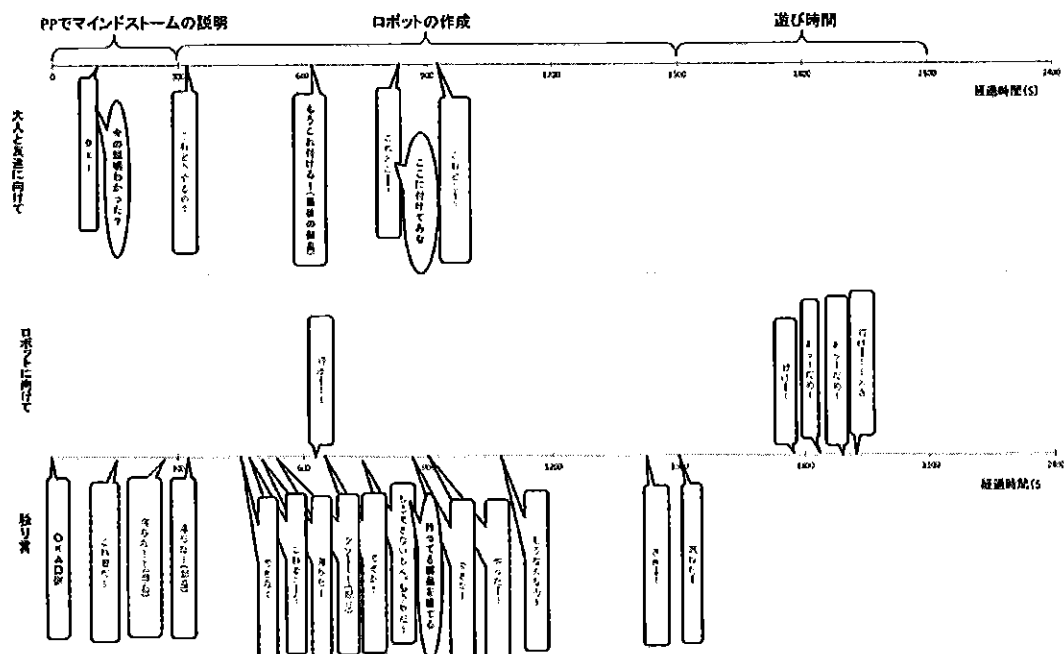


図 5 発話の時系列観測結果 (3 歳児)

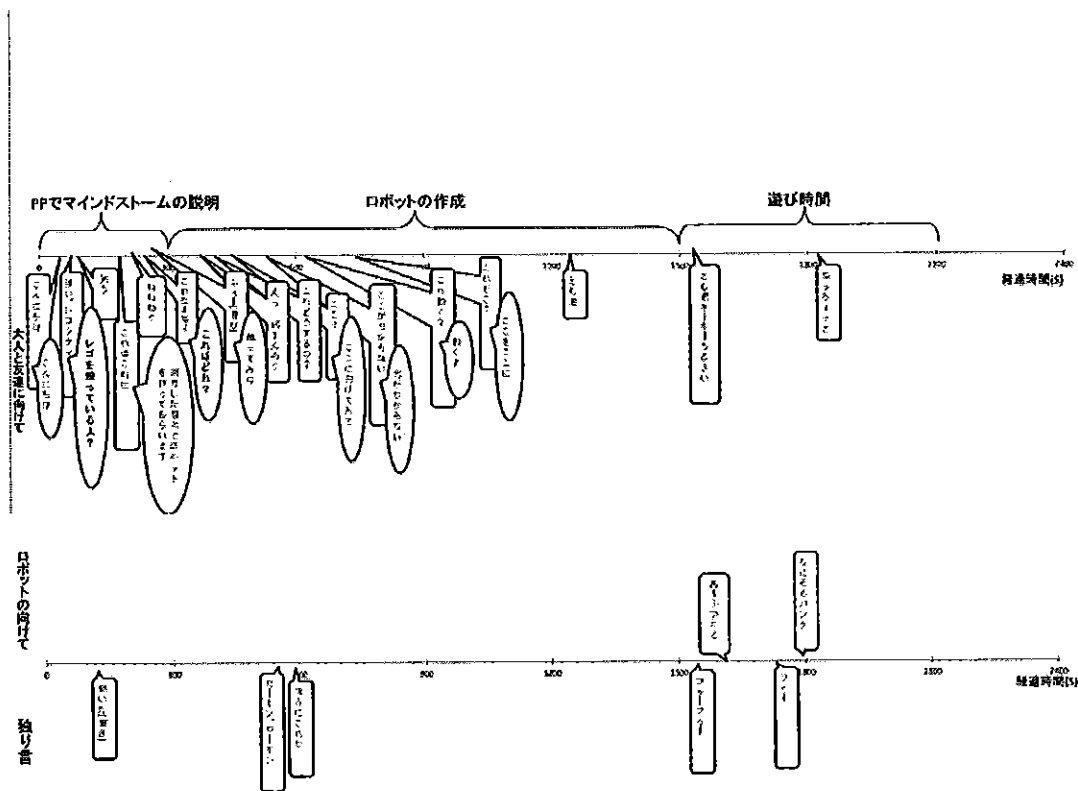


図 6 発話の時系列観測結果 (4 歳児)

3.2 競技における観察結果

次に、作製したロボットを使って横一列に並び 8m 先のゴールまで競争するという内容でレースを行った。使用するロボットについては、各自が作製したロボットに加えて、パンダのぬいぐるみを着せたロボットを用意して、そのロボットを使用しても良いことを伝えた。これによって、幼児が、自分が作製したロボットに対して愛着心を持つかどうかの確認ができると考えた。

まず 3 歳児に着目すると、競技の最初は、自分が作製したロボットを選んだ。4 歳児と 5 歳児が競争していてもロボットの後ろから付いて行ったり、ロボットに「行け！」と命令したり遊びの時間でやっていたことと変わらなかった。何度かレースを繰り返していく内に周りの状況が見えてきたのか進行方向がゴールに向かうようになり 1 度だけゴールすることができた。しかし、ゴールしても 4 歳児のように喜んだりせず自分が何位だったのかも気にしていなかった。このことから、3 歳児は、4 歳児、5 歳児に比べ競技というものの自体の認識がまだできていないと考えられる。また、操作の点で、IR ビーコンを使ってロボットを操作することは最後まで理解できないようであった。

次にレース後の 3 歳児の行動から見られたのは物への愛着心である。3 歳児は直線レースの 3 回目から使用するロボットをパンダロボットに変えていた。レース後の自由時間でもパンダロボットで遊んでいて、最初に自分で作ったロボットはレース中触れることはなかった。また、5 歳児が遊んでいるロボットを蹴ったり進行を邪魔したりしていたが、自分が選んだパンダロボットにはそういうことはしなかった。したがって、3 歳児は自分が作製したという感覚よりも、見た目で愛嬌があるものに対して愛着を持って接していたと考えることができる。このことから、3 歳児には、まだ無機的な教育用ロボットのような精密機器の玩具に対しては意識が向かないと考えることができる。

これに対して、4 歳児、5 歳児は 1 回目の直線レースから自分が 1 位になることを意識していた。4 歳児がゴールするとすぐに誰が 1 番だったか聞きレースへの強い競争意識が見えた。レース後にはもっと早いロボットがほしいという発言も確認され、競争意識が芽生えていることが分かった。

最後に、どのロボットが 1 番お気に入りだったかというアンケートに対しては、4 歳児および 5 歳児は、競技の結果に関わらず、自分が作製したロボットを選んだ。3 歳児は、特にどれでも良いという雰囲気ではいたが、5 歳児の子に諭されて自分の作製したロボットを選んだ。この結果から、最終的に、自分が手間暇かけて作製したロボットは他のロボットと比べ特別な扱いをしていることが今回の実験を通してわかった。

4. 考察

今回の実験では、3 歳、4 歳および 5 歳の各 1 名の幼児による実験であったため、個人差の要素が大きく、本結果が必ずしもその年齢の一般的な性質を示しているという結論は導き出せないが、ある程度、次のような傾向が見られたのではないかと考える。

実験結果から、3 歳児に関しては、競技形式でロボットを作製する形式の課題は難しいことが分かった。一方で、4 歳以上の年齢では、課題に対する取り組みも、大人のサポートがあれば、ある程度のモチベーションを維持しながら課題をこなすことができる。また、競技に対して、その意味を十分理解して、自分の作製したものに対しての思い入れを持ちながら競技に参加することができるので、ロボットを用いた課題解決型の PBL 教育によってある程度の教育効果が期待できると考える。

今後は、より多くの人数を対象とした実験を行い、今回検証した結果について、より正確に、詳しく検討する予定である。

5. おわりに

本研究では、ロボットを取り入れた PBL 教育がどの程度低い年齢まで有効なのか検証した。第一段階として、単にロボットを組み立てて、そのロボットで競技に参加する、という設定に対して幼児がどの程度の関心を示しそのモチベーションを維持できるのかを調べた。今回は、あらかじめ用意されたロボットの本体部分に、ロボットのキャラクター性を持たせるための顔や胴体部分を幼児に作製させ、そのロボットを使ってスピードを競わせる競技を行わせ、その様子を観察する実験を行った。

実験の結果、3 歳児に関しては、外形製作において集中力が長続きせず、競技においても、競技に集中できなかった。4 歳児および 5 歳児に関しては、外形製作においては集中力が持続し、競技においても、その趣旨を理解した上に、最後までモチベーションを保って参加した。この結果、概ね 4 歳以上からであれば、自分が製作したロボットを競わせる形の課題解決型 PBL 教育が有効である可能性が示された。

参考文献

- (1) 金田忠裕, 土井智晴, 梅本敏孝, 杉浦公彦, 吉田丈夫, 大須賀公一, 師玉康成, 和崎克巳, 工学教育としてのロボットコンテストの意義, 工学教育, Vol. 49, No. 2, 2001.
- (2) 鈴木志穂, 門田和雄, デジタルファブリケーションを活用したロボットコンテストの授業設計, 日本産業技術教育学会第 59 回全国大会講演要旨集, p. 157, 2016.

幼児音楽教育における階名唱楽器の効果 -階名唱音電子楽器の開発と実験-

佐藤智明¹・大石佳正²

¹ 神奈川工科大学教職教育センター(satotomo@t-ce.kanagawa-it.ac.jp)

² 神奈川工科大学工学部電気電子情報工学科

Effectiveness of the Solmization Musical Instrument in Early Childhood Music Education Development of the Solmization Electronic Instrument and Experiment

Tomoaki SATO¹⁾, Yoshimasa OHISHI²⁾

Abstract

In this research, we examined the effectiveness of solmization musical instrument in early childhood music education. We developed the solmization keyboard instrument for the purpose. We instructed young children to practice playing simple melodies using two types of keyboard. The one is ordinary keyboard and the other is the solmization keyboard. As a result of analyzing the keystroke data, it was found that the time to correct the mistake on the solmization keyboard was longer than that of the ordinary keyboard. For this reason, it was conceived that the solmization keyboard instrument became a confusing factor by the solmization voice. As a result, it is concerned that the practice by the solmization musical instrument is possible to weak the young children's ability to distinguish the pitch.

Key Words: Music Education, Childhood Education, Educational Technology, Keyboard, HCI

1. はじめに

階名を唱えながら歌う階名唱（移動ド唱法）は、小学校の学習指導要領においても1, 2年生から取り入れることが記されており、比較的低年齢から音楽教育に用いられている。音楽教育における階名唱の有効性や問題については様々研究されている。藤田^①は、変調した音階であっても、相対的なドを使って音階を唱えさせる階名唱は、相対的な音階を身につけさせるという内容において、その教育効果を認めている。また、吉田^②は、絶対的な音の高さで唱える音名唱も階名唱も共に音楽的前提基礎力が必要であることを述べている。また、そもそも、音を言葉で表しながら音程と一体づけて学習すること自体の必要性について問う議論もある（斉藤^③）。本研究では、これらの問題について、対象を未就学児に広げて、音と言葉を結びつけた訓練が音楽的な幼児の能力にどのように影響するのかに興味を持った。

幼児は、聴覚での記憶・学習力が特に優れており、理論よりも感覚面での教育がふさわしいとされる^④。特に音楽教育においては、音楽理論や楽典を実際の音楽に結び付けるための基礎訓練であるソルフェージュでは、メ

ロディを「ドレミ」で歌う階名唱が一般的に行われている。ピアノの学習者であっても、階名唱が音楽の基礎として重要であるとされている。そこで本研究では、鍵盤をたたくことによって階名唱が発せられる楽器があれば、音楽学習に有効に働くのではないかと考えた。そこで、本研究では、実験装置として特定の鍵盤を押すとその鍵盤の音に対応した音の高さの言葉を発する「階名唱音鍵盤楽器」の開発を行った。そして、それを用いて幼児に対する実験を行い階名唱音鍵盤楽器の有効性を検討した。

2. 階名唱音鍵盤楽器の開発

本研究で開発した階名唱音鍵盤楽器は、家庭用の電子ピアノ等のMIDI鍵盤に接続することで楽器として動作する（図1および図2）。接続した鍵盤の押下によるMIDI入力をその鍵盤に応じた音高でその階名を音声としてスピーカーから出力することができる。音声は本体に備えたアンプ・スピーカーから出力される。装置には小型コンピュータであるRaspberry Pi 2を搭載させた。接続した鍵盤からのMIDI入力によって、その打鍵に応じた音高・階名の音声ファイルを再生および停止するPCM

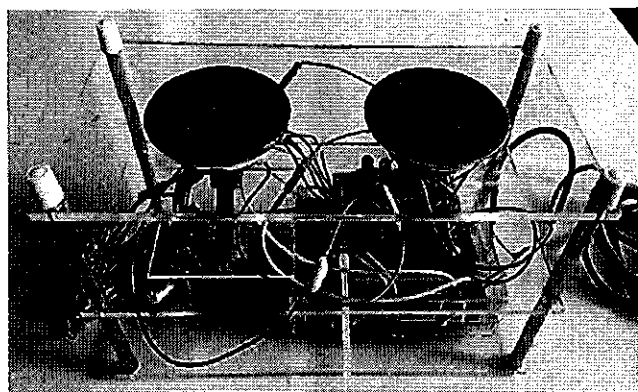


図1 階名唱音鍵盤楽器



図2 階名唱音装置と鍵盤との接続

音源方式⁽⁶⁾のプログラムを開発した。階名唱音鍵盤楽器の動作のフローチャートを図3に示す。出力用の音声データは歌声合成ソフトウェア「UTAU」にて作成したものを利用した。本プログラムは音響・映像のリアルタイム処理に特化し、GUIでの音響プログラムが可能な開発環境「Pure Data」を用いて作成した。また、MIDI入力用の鍵盤の接続とRaspberry Piへの電源供給のみでできるよう、すべてのプログラムは本体の起動後に自動的に開始されるようにセットアップした。

3. 階名唱音鍵盤楽器を用いての実験

3.1 実験内容の検討

本研究で開発した階名唱音鍵盤楽器の効果を検証する実験として、以下のような内容を検討した。

- ① 音高と音高に応じた階名が発せられることで反応に生じる差異の調査
- ② 音感育成のための教具としての検討
階名唱音鍵盤楽器をピアノ学習者の幼児に数日から数週間使用させ、使用前と使用後について音感テストを行い音感の発達に寄与するかを調べる。
- ③ 画像合成を併用した共感覚の調査
音に対して色彩を知覚するという「共感覚」をPure Dataでの画像合成、映像出力を用いて調査する。

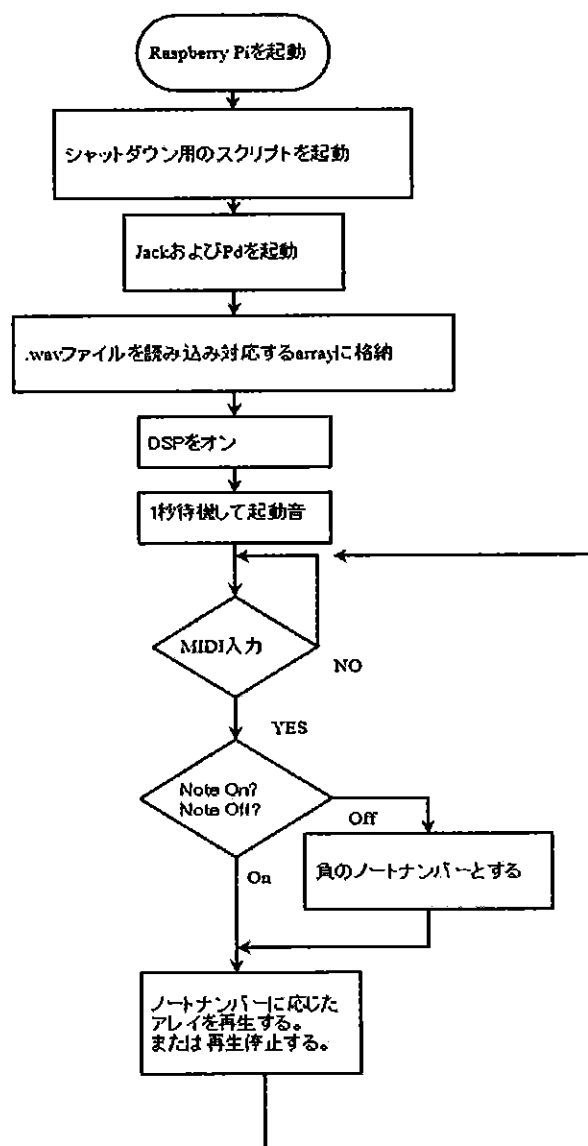


図3 階名唱音鍵盤楽器の動作のフローチャート

以上の中から、本報では、本研究で最初に行う実験として、実施が比較的容易であった、①「音高と音高に応じた階名が発せられることで反応に生じる差異の調査」を選択した。

本実験では被験者となる幼児に実際に本研究で開発した階名唱音鍵盤楽器を与え、簡単なメロディを練習させる。次に、練習中に誤った鍵盤を押下した際に誤りに気づき、反応し鍵盤を離すまでの時間を計測し、一般的なピアノ音鍵盤の場合との比較で階名唱音鍵盤楽器による幼児の反応速度への影響を調べる。このように、唱音の音声と唱音の無い音声に対する反応速度の違いをすることで、唱音によって何らかの処理が加わるかどうか判断できると考える。

3.2 実験方法

被験者として6歳1か月の音楽経験のない男児1人を設定し実験を行った。本実験は階名唱音源が幼児の反応に寄与するかどうかを、実際に幼児に試奏させて検証する。被験者となる幼児に一般的なピアノ音色のキーボード

表1 効果検証で用いる練習課題曲

ピアノ音源	階名唱音鍵盤楽器
きらきらぼし	かえるのうた
いぬのおまわりさん	サザエさん
しゃぼんだま	たなばた

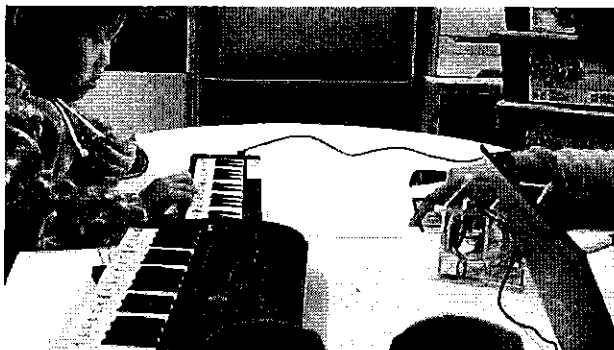


図4 実験の様子

ードと階名唱音鍵盤楽器を接続した MIDI キーボードを与え、両方の楽器で練習課題曲（表1）のメロディを練習させる。練習では、被験幼児に対して指導者が指示しながら、ピアノ音源と階名唱音源をパソコンのシーケンサソフト上でガイド演奏し、カタカナで記載した楽譜とあわせ被験幼児に練習させた。

被験者が幼児であるということと、リラックスして検証することを考慮して、本実験の意図は説明せずに効果検証を行った。

3.2 実験結果

(1) 練習中の幼児の様子

被験者となる幼児を机の前に座らせ、ピアノ音鍵盤および階名唱音鍵盤楽器の MIDI キーボードに正面させたところ、ピアノ音鍵盤をでたらめに叩いて鳴らし遊びはじめた。数秒後、もう一台の鍵盤（階名唱音鍵盤楽器）に気づき、同じようにでたらめに鳴らしはじめた。鍵盤で声が発せられたことに最初は驚いた様子であったが、すぐに慣れた様子で遊びだした。少しの間様子を観察した後、課題曲の練習に取り組ませた。課題への取り組み方はピアノ音源、階名唱音源のどちらの場合も落ち着かない様子で、練習が止まってしまうことが多かった。

(2) 実験の結果

幼児に対して、鍵盤を使って曲を弾かせる過程において、幼児が通常の鍵盤楽器を使った場合と、階名唱音鍵盤楽器を使用することで、幼児の反応に違いがみられるかを検証した。被験幼児に一般的なピアノ音色のキーボードと階名唱音鍵盤楽器の両方で課題曲数曲のメロディの練習に取り組ませた。練習中に誤った鍵盤を押下し、鍵盤から手を放すまでの時間を誤りに気づくまでの時間とした。階名唱音鍵盤楽器での平均誤押下時間と一般的な電子ピアノの平均誤押下時間を比較し、検討した。実験結果を表2に示す。

表2 曲ごとの平均誤押下時間(msec)

ピアノ音源		階名唱音鍵盤楽器	
きらきらぼし	230	かえるのうた	395
いぬのおまわりさん	196	さざえさん	376
しゃぼんだま	256	たなばた	358
平均時間	227	平均時間	376

3.2 検討

被験幼児が階名唱音鍵盤楽器を使用した場合、一般的な電子ピアノに比べ、平均誤押下時間が1.7倍と長くなり、階名唱音では誤りに気づくまでの反応が遅れることがわかった。これは、階名での演奏が単純な音色と異なることによる混乱によるものであると考えられる。音高だけでなく階名の情報が加わったことで、階名の音声が増乱因子となり、音程の認識に時間がかかるようになったのではないかと考えられる。このため、階名唱音鍵盤楽器は階名音声が増乱因子となってしまうため教育的には有効とはならない可能性があることが示唆される。

4. おわりに

本研究では、幼児に対する音楽教育において、階名唱の有効性に着目した。そして、階名を発する楽器の有効性について検討した。階名音鍵盤楽器の開発し、それを使って、幼児を対象とした実験を行った。幼児に、通常の音色のみを発する鍵盤楽器と階名唱音鍵盤楽器を使って簡単なメロディを弾く練習を行わせた。その打鍵データを分析した結果、鍵盤を押し間違ったときに修正するまでに要する時間が、通常の鍵盤楽器よりも階名唱音鍵盤楽器の方が長いことが分かった。これについては、階名唱音鍵盤楽器は階名音声が増乱因子となって、音程を聞き分ける判断が鈍ってしまったことが考えられる。

参考文献

- (1) 藤田桂子, 階名唱の指導・小4女兒を対象にして, 名古屋女子大学紀要, 61 巻 (人・社), pp. 287-295, 2015.
- (2) 吉田直子, 階名唱指導における課題, 京都教育大学教育実践研究紀要, 第13号, 2013.
- (3) 斉藤隆, 唱法再考—今, 学校教育現場ですべきことは何か—, 音楽教育学, 通巻78号, 第39-2号, pp. 53-54, 2009.
- (4) 浅香淳, ピアノ初歩指導の手引きI, 音楽之友社, 1981.
- (5) 米本実, 楽しい電子楽器—自作のススメ, オーム社, 2008.

教育実習の実態把握による事前・事後指導の改善に向けた考察 —教育実習生に対する調査から—

佐藤 史緒

教職教育センター (shios@t-ce.kanagawa-it.ac.jp)

Improvement of pre-post instruction in grasping the actual condition of teaching practice
by student-teacher

Shio SATO

Abstract

本研究は、教育実習生を対象にした実習前・実習後の調査から、教育実習前後における心理的状态と教育実習の実態を把握することを目的とした。その結果、実習前調査において、事前指導により実習が身近に感じられるようにはなったが、実習に対する不安の解消には繋がらなかったことが明らかになった。また、実習に対する期待が高く、実習後調査においても教師になりたい気持ちが高まった実習生が多くみられた。実習の内容については、特に授業参観数や授業実践回数に大きな差がみられた。今後の事前・事後指導の改善に向けて、実習生の実習意識を高める支援の必要性和実習先の視点を取り入れた事前・事後指導の内容改善について考察を行った。

Key Words: teaching practice, pre-post instruction, student-teacher,

1. はじめに

教育実習は、教育職員免許状を取得するための必修要件であり、学校現場において実際に教育実践を学べる貴重な機会である。教育実習を通して、教員への進路を再確認する学生も多いだろう。例えば、教育実習が教員志望動機を強めることが示されている⁽¹⁾。教員志望動機の強さを規定する要因としては、実習前の志望動機の強さの他に、教員生活への魅力、実習生活の元気が挙げられている。現場の教員が実習生にどのように映るか、また実習中の身体的・精神的な疲労感の大きさなどにより、教育実習に対する受け止め方や、教員志望への考え方に影響を及ぼすことが考えられる。また、教職志望度によって教職イメージの捉え方が異なることが示唆されている⁽²⁾。教職志望度が強い学生は、教師という職業について「楽しい」という方向のイメージを持ち、よりポジティブな感性的評価を行う傾向がある。実習生の教員志望の強さによって、教員や教育実習に対する捉え方が異なることが考えられる。

本学のような非教員養成系大学の教職志望学生は、学科の授業の他に教職に関する科目の履修が必要であり、卒業に必要な単位数より多くの単位修得が求められる。

時期により介護等体験への参加や、教職科目と専門科目との時間割上の重複により、配当学年外での授業履修など、教職志望学生には様々な負担がある。そのような中で教職履修ではあるが、教職志望が強いわけではない学生もいる。例えば、一般大学における教育実習生の進路決定についての研究では、教職を強く志望しているわけではない学生は、教育実習や就職活動を教職への進路を決定する一つの機会として位置づけているケースを報告している⁽³⁾⁽⁴⁾。教育実習での経験が、教職志望の強さに影響を与える可能性も考えられるのである。

では、実際に実習生は教育実習でどのような経験をしているのだろうか⁽⁵⁾⁽⁶⁾⁽⁷⁾。実習後の実習生との面談では、楽しく充実した実習としての報告と、予想していたよりもとても大変で苦勞したとの報告を受ける場合がある。教育実習は、現場で生徒と関わりながら、教員に直接指導を受けることにより教育活動全般を体験するものであるが、慣れない環境に対する緊張や不安から、実習生のストレスが大きいことが示されている⁽⁸⁾⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾。実習前の不安内容としては、「授業実践」「身だしなみ」「体調」「子どもとの関係」「逃げ腰」などがあげられており、指導案を作成した回数や模擬授業の回数と実習不安との関連が見出されている⁽⁹⁾。本学でも事前指導の中で、

指導案の作成と作成した指導案の検討、模擬授業を実施している。より実習生の実習に対する不安が低減されるように、事前指導における工夫を考えていく必要がある。また、一方で、実習に対する期待が高い者ほど、実習中のストレスを低く見積もる傾向も示されている⁹⁾。実習に対する意識を高め、授業をする楽しさを考えていくことも事前指導の役割になるのではないだろうか。

そこで、本研究では、教育実習の事前・事後指導の内容改善を踏まえ、本学の教育実習生を対象に調査を行い、教育実習前後における心理的な状態と教育実習でどのような体験をしたのか、教育実習の実態を把握することを目的とする。

2. 方法

2. 1 調査対象者

本学の教育実習生 41 名（男性 35 名、女性 6 名）を対象とした。実習先は中学校が 13 名（31.70%）、高等学校が 28 名（68.30%）であった。実習は 5 月初旬から 7 月中旬にかけて、中学校の教員免許状の取得を希望する学生の実習期間は 3 週間、高等学校の場合には 2 週間であった。実習校は、母校の場合と母校外の場合があり、校種についても中高一貫校、工業高校、女子高校、男女共学校とさまざまであった。

2. 2 分析対象者

実習前調査については、6 名が未回答であったため 35 名を分析対象とした。また、1 名は後期（10 月）の実習であるため、実習後調査は未回答である。よって、実習後調査の分析は 1 名を除外し 40 名を対象とした。

2. 3 調査時期と手続き

実習前調査は、各実習生の実習開始時期に合わせて、5 月上旬から 6 月中旬にかけて実施した。なお、実習前に行われるオリエンテーションのために帰省して実習準備をする学生もいたため、調査の回答は本学のポートフォリオを利用し、Web 上で回答を求めた。実習後調査については、実習後の振り返りとして、実習が終わった時点で回答を求めた。なお、実習後調査についても実習前調査と同じように Web 上で 6 月初旬から 7 月下旬にかけて実施した。

2. 4 調査内容

実習前調査：教育実習前の実習生の状況について確認する項目を作成した。（1）事前指導後の状況：事前指導の授業後、事前・事後指導テキストは読んだか、実習が身近に感じられるようになったか、教育実習に対する不安がなくなったかについて尋ねた（3 項目、5 件法）。

（2）実習前の心理的状态：実習に対して準備は万全か、実習に対し不安はあるか、実習が楽しみかどうかを尋ねた（3 項目、5 件法）。不安がある場合には、不安の内容について記述させた。また、教育実習に対する目標の有無（2 件法）を尋ね、内容を記述させた。

実習後調査：教育実習後の振り返りとして、実習中の状況や心理的状态についての項目を作成した。（1）自己評価：実習に対する自己評価として 100 点満点で点数をつけ、その理由を記述させた。（2）実習後の心理的状态：実習は思った通りであったか、実習を終えて不安は解消されたか、実習は楽しかったか、実習に行ってよかったか、教師になりたい気持ちは高まったかなどを尋ねた（8 項目、5 件法）。（3）実習中の状況：実習中の生活時間（睡眠や食事など）における問題や体調のすぐれないことがあったか、拘束時間の状況について（3 項目、5 件法）、日誌を毎日提出したか（2 件法）を尋ねた。また、授業参観の回数と担当した授業の回数、道徳や進路指導などの専門教科以外の授業について担当したかどうかについて回答を求めた。中学・高校の「理科」や中学の「技術」、高校の「工業」や「情報」の実習生については座学ではない実験や実習の回数についても尋ねた。

（4）指導教諭との関係：実習生と指導教諭との関係を知るために、指導教諭への相談のしやすさや接し方について 5 項目で尋ねた（5 件法）。（5）生徒との関係：生徒とのコミュニケーションや生徒との関係が良好であったかを尋ねた（5 項目、5 件法）。（6）実習全体の振り返り：実習中に困ったことはあったかどうかを尋ね、あった場合には特に困った内容について、書ける範囲で記述させた。実習によって生徒観や教員観が変わったかどうかについて尋ね（5 件法）、変わった場合には、どこが変わったのかを記述させた。また、実習に出る前にもっと準備しておけばよかったことについても自由記述で回答を求めた。（7）最後に、これから教育実習を行う学生へのアドバイスを求めた。

3. 結果と考察

3. 1 事前指導の効果

事前指導を終えた状況を確認するために、教育実習に対する準備や実習に対する不安などについて尋ねた。その結果を表 1-3 に示す。

表1 Q.事前事後指導テキストは読みましたか

	人数	%
まったく読んでいない	1	2.86
あまり読んでいない	2	5.71
どちらともいえない	1	2.86
少し読んだ	21	60.00
しっかり読んだ	10	28.57

表2 Q.教育実習は身近に感じられるようになりましたか

	人数	%
まったく身近に感じない	0	0.00
あまり身近に感じたい	0	0.00
どちらともいえない	0	0.00
少し身近に感じる	17	48.60
とても身近に感じる	18	51.40

表3 Q.教育実習に対する不安はなくなりましたか

	人数	%
まったくなくなる	2	5.71
あまりなくなる	13	37.14
どちらともいえない	11	31.43
少しなくなった	9	25.71
とてもなくなった	0	0.00

表1より、教育実習までに事前・事後指導テキストで各自学習したかどうかを尋ねた結果、テキストを読んだ学生が多かった(31名, 88.57%)。ただ、中には、あまり読まずに実習に臨んだ学生もいたようだ(3名)。テキストには、教育実習の意義と目的、実習校の実際、生徒の基本的理解、教員の地位や資質、教材研究、学級の役割など、実習生として知っておくべき内容が掲載されている。事前指導において、そのすべての内容を十分に扱うことは難しい。実習生は、教育実習に対する意識を高め、各自が積極的に実習に対する準備を行う必要がある。

では、実習生はどのように実習に対する意識を高めていくのか。事前指導では、学習指導案の作成や検討を行い、中・高の学校の教室を再現したような部屋で全員が模擬授業を行っている。教壇に立ち、実際に声を出すことで、現場に行くことの意識がより高められたのではないかと考えられる。また、今年度はシナリオを用いたロールプレイを実施し、教師役と生徒役を演じさせ、問題を抱えた生徒に、教師としてどのような声かけをするかを考えさせた。このような事前指導を通して、実習がより身近に感じられた学生が多かったようだ(表2)。

事前指導は、教育実習に対する意識を高めるとともに、実習に必要な知識や心構えを習得させ、実習への不安や心配事を少しでも解消する目的も持っている。しかし、教育実習に対する不安は、事前指導を終えても、なくなることがなかった(「まったくなくなる」「あまりなくなる」15名, 42.86%) (表3)。これはロールプレイや模擬授業によって新たな課題を見つけたことによる不安などがあるのではないかと考えられる。今後は、事前指導によって、実習生の不安内容が少しでも解消されるよう指導の工夫を考えていく必要がある。

3.2 実習前の心理的状态

教育実習に行く前の心理的状态として、まず、教育実

習に対する準備について万全かどうか尋ねたところ、「やや万全である」「とても万全である」が12名(34.29%)であった(表4)。また、教育実習に対し不安があるかどうかについては、「すこしある」「とてもある」が26名(74.30%)と多く、何かしらの不安を持っていることが示された(表5)。不安内容については、全体として授業に関する内容が多かった(表6)。実習先が中学校の場合には、道徳の授業に関する不安もあるようだ。事前指導において行う模擬授業は、専門教科が中心となってしまうため、道徳の授業を経験することなく現場に行くことになり、不安のひとつとしてあげられたことが考えられる。また、実習先が高校の場合にのみ、生徒や教員との関係性が不安内容としてあげられていた。この背景として、実習生の中学生と高校生に対するイメージなどが関係しているのかもしれない。例えば、中学生は義務教育でもあり、教員に対しても従順で対応しやすいイメージがあるのに対し、高校生の場合には、高校によって授業に対する姿勢が異なることや教員に対する反抗などをイメージしている部分があるのではないだろうか。また、中学校よりも高校のほうが教科で扱う内容が深くなることから、高校の実習生のほうが、教えることに対して自信がない様子がみられる。この自信のなさにより、教員として生徒にどのように受け入れられるかが不安なのかもしれない。実習先の違いによる不安内容にどのような要因が関連するのかについて、今後さらに検討していきたいと考えている。

表4 Q.教育実習に対し準備は万全ですか

	人数	%
まったく万全ではない	1	2.86
あまり万全ではない	7	20.00
どちらともいえない	15	42.86
やや万全である	11	31.43
とても万全である	1	2.86

表5 Q.教育実習に対し何か不安はありますか

	人数	%
まったくない	0	0.00
あまりない	4	11.40
どちらともいえない	5	14.30
すこしある	15	42.90
とてもある	11	31.40

表6 実習に対する不安の内容

実習先	件数
中学	授業の進め方や教え方
	実習校の環境
	学級活動や道徳の授業
	話し方
高校	授業の進め方や教え方
	生徒や教員との関係性
	漠然とした不安
	話し方
	母校外での実習のため

次に、教育実習を楽しみにしているかどうかを尋ねた（表 7）。その結果、「少し楽しみである」「とても楽しみである」の回答が多かった（88.60%）。実習生は不安な気持ちを持ちながら、実習に対する楽しみや期待も持っていることが示された。また、教育実習に対して目標を持っている学生は34名（97.10%）おり、授業に関することから生徒とのコミュニケーション、教員に必要なスキルの習得など、実習中の姿勢から将来の教師像に関連することまで様々な内容があげられた。

表7 Q.教育実習を楽しみにしていますか

	人数	%
まったく楽しみではない	0	0.00
あまり楽しみではない	0	0.00
どちらともいえない	4	11.40
少し楽しみである	14	40.00
とても楽しみである	17	48.60

3. 3 実習に対する自己評価

実習後調査では、まず、教育実習を終えた自己評価として、100 点満点で点数をつけさせ、その理由についても回答を求めた。その結果を表 8 に示す。

表8 教育実習に対する自己評価（100点満点）

実習先	M	SD	N	Min	Max
中学校	71.15	14.46	13	40	100
高校	69.74	16.76	27	10	100

全体では平均 70.20 点（SD=15.88）であり、実習先が中学校の場合（M=71.15, SD=14.46）と高校の場合（M=69.74, SD=16.76）で大きな違いはみられなかった。その点数をつけた理由をみると、「初めの躓きをそのまま引きずり、能力を発揮することもできず、自分の欠点を長所に転換できずの終わってしまったため」（高校・10 点）、「力を出しきれなかった」（中学・40 点）、「積極的に行動し、真剣に一生懸命に取り組めました。しかし、授業がなかなか組み立たず、指導案が前日に作り終え、授業も準備不足と感ずることが多々ありました」（高校・40 点）、「生徒とのコミュニケーションはとれたが、板書や机間支援をうまく扱えなかった」（中学・60 点）、「成長できた部分や課題として出た部分があるため、これからやることが見えたので」（高校・70 点）、「授業前の板書計画や板書練習などもっとやれたことがあったと思うから」（中学・75 点）、「全体的に想像していたものより充実し満足できるものであったから」（中学・80 点）、「試行錯誤で失敗したときもあったが、自分に出来ることを最後までやりきれたと思う」（高校・80 点）、「とても充実した 2 週間を過ごすことができ、教員という仕事について理解することができたから」（高校・90 点）など、自分自身ができたところを高く評価して点数をつけている学生と、課題やできなかったところに着目して、低く評価している学生にわかれたよう

であった。

3. 4 実習後の心理的状态

教育実習を終えて、実習前の期待や想いと実際ではどのくらい違っていたかどうかを尋ねた。その結果、「まったく思った通りではなかった」「あまり思った通りではなかった」と回答した学生（17 名、42.50%）と、「やや思った通りだった」「とても思った通りだった」学生（17 名、42.50%）が同数であった（表 9）。また、実習前の準備については、表 10 に示す通り、「まったく万全ではなかった」「あまり万全ではなかった」学生が 23 名（57.50%）おり、実習前には「準備はやや万全である」と回答していた学生（42.90%）も、実際に現場に行き、準備が足りなかったことを自覚したようであった。実習に対する自己評価の理由においても、授業や教材研究などについての準備不足をあげている学生が多かった。特に教材研究においては、現場に行ってから準備をしたのでは不十分であるため、事前指導から実習に向けて各自で学習を進める必要がある。

表9 Q.教育実習はあなたの思った通りでしたか

	人数	%
まったく思った通りではなかった	7	17.50
あまり思った通りではなかった	10	25.00
どちらともいえない	6	15.00
やや思った通りだった	15	37.50
とても思った通りだった	2	5.00

表10 Q.実習前の準備は万全だったと思いますか

	人数	%
まったく万全ではなかった	3	7.50
あまり万全ではなかった	20	50.00
どちらともいえない	7	17.50
やや万全だった	9	22.50
とても万全だった	1	2.50

また、実習前には不安を抱えていた学生が多かった（74.30%）が、実習を終えて、不安は解消されている学生が多いことが示された（「やや解消された」「とても解消された」32 名、80.00%）（表 11）。実習前の不安内容として多くあげられていた授業については、現場で実際に生徒に授業をしたことにより、解消されたこともあるのではないかと考えられる。また、実習先が高校の場合は、生徒とのコミュニケーションに不安を抱えていた実習生が多いようだったが、授業などを通して生徒とも積極的に話せたようであった。実習生にとっては、特に生徒の様子は、実際に現場に行かないとわからないことが多いため、生徒に受け入れてもらえるかという不安は大きいのだろう。

表11 Q.教育実習を終えて、不安は解消されましたか

	人数	%
まったく解消されていない	1	2.50
あまり解消されていない	4	10.00
どちらともいえない	3	7.50
やや解消された	22	55.00
とても解消された	10	25.00

表12・13には、「教育実習に行き楽しかったか」、「教育実習に行きよかったですか」についての回答結果を示す。ほとんどの学生が「やや楽しかった」「とても楽しかった」(39名, 97.50%)と回答していた。また、全員が「実習に行きよかったです」という気持ちを持って実習を終えたことが確認された(40名, 100.00%)。教師になりたい気持ちが高まったかどうかについては、「ややそう思う」「とてもそう思う」と回答した学生が35名(87.50%)おり(表14)、学生にとっては、充実した実習であったことが示された。

表12 Q.教育実習は楽しかったですか

	人数	%
まったく楽しくなかった	0	0.00
あまり楽しくなかった	0	0.00
どちらともいえない	1	2.50
やや楽しかった	8	20.00
とても楽しかった	31	77.50

表13 Q.教育実習に行きよかったですか

	人数	%
まったくそう思わない	0	0.00
あまりそう思わない	0	0.00
どちらともいえない	0	0.00
ややそう思う	6	15.00
とてもそう思う	34	85.00

表14 Q.教師になりたい気持ちは高まりましたか

	人数	%
まったくそう思わない	0	0.00
あまりそう思わない	1	2.50
どちらともいえない	4	10.00
ややそう思う	16	40.00
とてもそう思う	19	47.50

3.5 教育実習中の状況

実習中、実習生は毎日実習日誌を記入し、指導教諭に提出することになっている。実習内容は学校や指導教諭によっても異なるが、授業においては、はじめに指導教諭や他教諭の授業参観を行い、その後授業実践という場合が多いようである。授業外活動としては、SHR(ショートホームルーム)の担当や部活動への参加、中学の場合には道徳の授業を行う学生もいる。そこで、実習中にどのような業務を行っていたかを知るために、実習中の様子について尋ねた。

まず、実習中の実習生の状況を表15に示す。実習中の生活時間(睡眠や食事など)による問題については、

「ややあった」「とてもあった」と回答した学生が17名(42.50%)いた。実習後の面談で確認したところ、指導案作成や教材研究による睡眠不足が多く報告された。また、睡眠不足や過度の緊張により体調がすぐれないこともあったようだ。実習は2~3週間続くため、週末を利用しての体調管理も実習生にとっては大きな課題である。実習中の拘束時間については、ほとんどの学生が遅くまで残らずに帰るようという指導を受けていたようであった。

表15 実習中の実習生の状況

	まったく なかった	あまり なかった	どちらとも いえない	やや あった	とても あった
①実習中の生活時間 による問題	13 (32.50)	8 (20.00)	2 (5.00)	14 (35.00)	3 (7.50)
②遅くまで拘束される こと	16 (40.00)	12 (30.00)	7 (17.50)	4 (10.00)	1 (2.50)
③体調のすぐれない こと	17 (42.50)	5 (12.50)	6 (15.00)	10 (25.00)	2 (5.00)

*数値は人数(%)を示す

実習中の授業回数について、表16に示す。指導教諭以外の教員や実習生の授業参観は、中学校で平均17.85回($SD=10.12$, range: 6-40回)、高校で平均17.00回($SD=13.54$, range: 3-70回)であった。学校や指導教諭によってだいぶ異なることが示された。授業実践として担当した授業回数は、中学校で平均16.15回($SD=12.05$, range: 5-50)、高校で平均13.81回($SD=10.77$, range: 2-36回)であった。授業回数もだいぶ幅があり、研究授業の他に1回しか授業ができなかった学生もいた。実習中の学校行事や科目などによっても違いがあるようであった。また、中学・高校の「理科」や中学の「技術」、高校の「工業」や「情報」科目は、単元によって実験や実習が行われることもある。該当学生のみに、実験や実習を担当した回数を確認したところ、中学校は平均5.14回($SD=6.87$, range: 0-50回)、高校は平均1.84回($SD=3.40$, range: 2-36回)であった。実験や実習は中学のほうが多く、特に理科室を使つての授業が多かったようである。

表16 授業回数

実習先	平均回数	SD	range
中学校 授業参観 ^a	17.85	10.12	6-40
(13名) 授業実践(研究授業含む)	16.15	12.05	5-50
実験や実習 ^b	5.14	6.87	0-50
高校 授業参観 ^a	17.00	13.54	3-70
(27名) 授業実践(研究授業含む)	13.81	10.77	2-36
実験や実習 ^b	1.84	3.40	0-15

^a指導教諭以外の先生や実習生の授業参観

^b実験や実習が含まれる科目の学生のみ回答
(中学校7名, 高校19名)

また、実習前に考えていた指導案や教科指導の工夫、自作教材などを、実際に実習でそのまま使用したものがあつたかどうかを尋ねたところ、中学校の場合には、使用した学生が4名(30.80%)、高校は14名(51.90%)であった。担当授業の単元や指導教諭にもよるが、使用

できなかった実習生については、作成した教材が生徒に適したものであったのかどうかを考えてみる必要がある。事前指導の模擬授業の様子からも、特に中学生を想定した指導や教材の工夫という点は、実習生の課題のひとつとしてあげられる。生徒理解と合わせた教材研究や指導の工夫について考えていく必要があるのではないかな。

道徳や進路指導などの専門教科以外の授業を担当したかどうかについて尋ねた結果、中学校での実習生はほとんどが担当していた（11名、84.60%）（表17）。特に道徳の授業を担当したようだった。また、高校においては、担当した実習生は半数であった（12名、44.40%）。実習後の面談による報告では、進路指導に関連した内容の話をすることが多かったようだ。高校生にとっては、大学進学が進路の選択肢のひとつでもあるため、大学生（母校であれば卒業生）の話を直接聞く貴重な機会になる。また、実習生は、大学生活の様子や研究の話、大学に進学を決めた理由などについて話をすることにより、自分自身を改めて見つめ直す時間にもなったのではないかな。

表17 Q.道徳や進路指導など自分の専門教科以外の授業を担当しましたか

実習先	人数	%
中学校 はい	11	84.60
いいえ	2	15.40
高校 はい	12	44.40
いいえ	15	55.60

3. 6 指導教諭・生徒との関係

実習中の実習生と指導教諭との関係を知るために、指導教諭への接し方などについて尋ねた。その結果を表18に示す。全体的に指導教諭にはすぐに相談できる環境であったことが示された（中学校： $M=4.31$, $SD=0.48$; 高校： $M=4.48$, $SD=0.75$ ）。実習生にとっては、授業のことだけでなく、生徒との対応や実習生としての振る舞いなどわからないことが多い。そのため、指導教諭に相談しやすい環境を作ってもらったことにより、実習生の緊張や心理的不安も小さくなり、より実習が充実したものになったのではないかと考えられる。

表18 指導教諭との関係

	実習先	M	SD
①指導教諭には何かあったときにすぐに相談できましたか	中学校	4.31	0.48
	高校	4.48	0.75
②指導教諭が示した指導内容や指導方法について疑問を抱くことがありましたか	中学校	1.92	0.95
	高校	2.26	1.13
③指導教諭の指示が理解できないことはありましたか	中学校	1.85	1.14
	高校	1.85	0.95
④指導教諭に指導をしてもらえないことがありましたか	中学校	1.54	0.78
	高校	1.52	0.80
⑤指導教諭への接し方に気を遣うことはありましたか	中学校	2.23	1.24
	高校	3.04	1.40

*数値が大きいほど「とてもあった」ことを示す

†回答者：中学校13名、高校27名

次に、実習中の生徒との関係を知るために、生徒とのコミュニケーションなどについて尋ねた。その結果、生徒の関係は良好であった学生が多かったことが示された（中学校： $M=4.31$, $SD=0.75$; 高校： $M=4.22$, $SD=0.58$ ）（表19）。生徒に携帯電話の番号やLINEを教えて欲しいと言われたことがあったかどうかを確認したところ、「ややあった」「とてもあった」との回答が、中学校の場合は4名（30.80%）、高校の場合は9名（33.30%）であった。

表19 生徒との関係

	実習先	M	SD
①生徒との会話やコミュニケーションに困ったことはありませんか	中学校	2.77	1.36
	高校	2.67	1.39
②生徒に携帯電話の番号やラインを教えてほしいと言われたことはありましたか	中学校	2.23	1.69
	高校	2.30	1.56
③生徒への指導がうまくいかないことがありましたか	中学校	3.38	1.19
	高校	3.19	1.18
④生徒に自分の失敗や欠点を指摘されることがありましたか	中学校	3.00	1.08
	高校	2.81	1.24
⑤生徒との関係は良好でしたか	中学校	4.31	0.75
	高校	4.22	0.58

*数値が大きいほど「とてもあった」ことを示す

†回答者：中学校13名、高校27名

3. 7 実習中に困ったこと

実習を振り返り、実習中に困ったことはあったかどうかについて尋ねた。その結果、「ややあった」「とてもあった」と回答した学生は、中学で5名（39.50%）、高校で9名（33.33%）であった（表20）。困ったことについて内容を確認したところ、ほとんどが授業に関連することであった。授業内容や教材研究の他、授業時間が5分前後余ったときの時間の使い方や授業中の私語をどのようにやめさせるか、クラスの雰囲気によって授業の進め方をどのように変えるのかなどの具体的な内容があげられた。特に、複数クラスで授業を担当する場合は、クラスに合わせた授業の進め方を学ぶ機会になる。また、部活動や生徒指導でどこまで指導していいのか困ったという意見もあった。実習生にとって生徒との距離感は現場でしか学べないことでもある。何か疑問に思った際には、現場の先生方に報告・相談し、ひとつひとつ解決していくことが重要である。

表20 Q.実習中困ったことはありましたか

実習先	人数	%
中学校 まったくなかった	0	0.00
あまりなかった	7	53.80
どちらともいえない	1	7.70
ややあった	4	30.80
とてもあった	1	7.70
高校 まったくなかった	4	14.81
あまりなかった	10	37.04
どちらともいえない	4	14.81
ややあった	5	18.52
とてもあった	4	14.81

3. 8 実習による「生徒観」「教員観」の変化

教育実習を終えて、「生徒観」や「教員観」が変わったかどうかについて尋ねた結果を、表 21・22 に示す。

表21 Q.自分の「生徒観」は変わりましたか

実習先		人数	%
中学校	まったく変わらなかった	1	7.69
	あまり変わらなかった	0	0.00
	どちらともいえない	6	46.15
	やや変わった	3	23.08
	とても変わった	3	23.08
高校	まったく変わらなかった	0	0.00
	あまり変わらなかった	9	33.33
	どちらともいえない	6	22.22
	やや変わった	7	25.93
	とても変わった	5	18.52

表22 Q.自分の「教員観」は変わりましたか

実習先		人数	%
中学校	まったく変わらなかった	2	15.38
	あまり変わらなかった	5	38.46
	どちらともいえない	2	15.38
	やや変わった	4	30.77
	とても変わった	0	0.00
高校	まったく変わらなかった	1	3.70
	あまり変わらなかった	10	37.04
	どちらともいえない	5	18.52
	やや変わった	9	33.33
	とても変わった	2	7.41

表 21 より、「生徒観」については、「やや変わった」「とても変わった」と回答した学生は、中学校で 6 名 (46.15%)、高校で 12 名 (44.44%) であった。どのように変わったのかを自由記述で求めたところ、中学生に対しては、「とても騒がしいイメージだったが、実際にはとても静かでいい子ばかりで驚いた」「1 年生と 3 年生では心身ともに大きく成長している」「各学年によって生徒の心理発達段階が全く異なっているように感じた」「中学生は思っている以上に純粋であると思った」というように、中学生の発達や成長の程度についての内容があげられた。一方、高校生に対しては、「授業中に寝ていたり別のことをしている生徒が多いと思っていたが、実際には学習意欲の高い生徒が多く、実験などにも積極的に参加していた」「想像以上に、教師に期待している」「興味の引ける教材を持ち込めばそれだけ生徒は授業に参加してくれる」「私たちの時以上に情報の知識が多い」「生徒は思っているより先生を見ていると感じた」「生徒の主体的な姿勢は、最も学びを促進する効果がある」というような授業態度や姿勢に着目した内容が多かった。実習前の実習に対する不安内容について、高校の場合にのみ、生徒や教員との関係性があげられていた (表 6)。その背景には、やはり高校生の授業態度に対するイメージが関連していた可能性が考えられる。

中学生や高校生に対するイメージや思い込みによって、

実習前の不安が高まる可能性や実習中の生徒とのコミュニケーションに影響を与えることも考えられる。教職に関心を持っている実習生であるからこそ、実習前に学校体験活動や学校ボランティアなどで生徒の姿を知っておくことも大切ではないか。

また、表 22 より、「教員観」については大きく変化がなかったようであった (「まったく変わらなかった」「あまり変わらなかった」：中学校 7 名, 53.85%, 高校 11 名, 40.74%)。「変わった」と回答した内容は、「生徒の立場から教員を見てきたので気づかないことが多くあった。愛情にあふれた指導をみることができ、優しさを知れた」「想像よりも先生方は生徒のことを考えていた」「授業の中の教員の行動にはどんな小さいことにも意味があることを知った」「臨機応変に演じることも必要で、柔軟に振る舞うことが必要」というような、教員の生徒に対する姿勢に着目したものが多かった。また、「教えること以外の雑務が非常に多いことに驚いた」「教員の仕事は授業と生徒指導ばかりだという認識であったが、そうではないことを知った」「思っている以上に仕事があった」という、教員の仕事全般を体験して感じた内容もあげられた。

3. 9 実習を終えて、実習に出る前にもっと準備しておけばよかったこと

実習を終えて、実習に出る前にもっと準備しておけばよかったことについて自由記述で求めた (表 23)。記述式であるため、複数項目を記述している場合もあったが、多くは「教材研究」をあげていた。また、生徒と関わりを持つために幅広い知識や話題を準備しておけばよかったという回答もみられた。生徒とコミュニケーションがうまく取れると、授業も円滑に進めることができる。授業をするためにはその教科に関連する知識だけでなく、周辺知識も必要であることを感じてきたからこそその意見ではないかと考えられる。

表23 Q.実習に出る前にもっと準備しておけばよかったことは何ですか

内容	件数
教材研究	25
授業準備・板書の練習	7
幅広い知識・話題	5
社会人としてのマナー	1
体力	1

4. おわりに

本研究では、教育実習前後における心理的状态と教育実習の実態を把握することを目的として、教育実習生に調査を行った。その結果をもとに、今後の授業改善に向けた課題を考察する。

4. 1 実習生の実習意識を高める支援

実習前調査において、事前指導により実習が身近に感じられるようにはなったが、実習に対する不安の解消には繋がらなかったことが明らかになった。実習の不安内容については、授業に関する内容が多かった。実際の事前指導では、指導案作成の回数も実習生一人に割り当てられる模擬授業の時間も限られてしまう。実習に対する不安を低減させるためには、実習生自身が実習に対する意識を高め、積極的に指導案の作成や模擬授業に取り組むことが大切になる。例えば、指導案については、実習生同士で教科別グループを作り指導案検討会を行い、様々な単元について指導案を作成して試みる必要があるのではないか。具体的に検討を重ねた指導案は、実習先でも利用可能である。今後は、実習生自身が積極的に活動するように、事前指導による、実習生の実習に対する意識を高めるような支援を考えていくことが課題のひとつとしてあげられる。

4. 2 実習先の視点を取り入れた事前・事後指導の改善

教育実習の内容は、実習校の実情に合わせた内容をお願いしているため、実習先での体験は、実習生によって大きく異なる。本結果では、授業参観の回数や授業実践回数にだいぶ幅が認められた。また、実習生の持っているイメージや思い込みによる生徒観によって、実習に対する不安が高まる可能性も示唆された。将来の教員を育てるという視点に立てば、例えば、実習における授業実践回数として最低限度の回数を実習校に提示することや、実習前に何度か学校体験などで実習先に受け入れてもらうなどの実習校と大学の連携によって実習生を支援していくことが理想ではないかと考える。本研究は、教育実習を実習生の視点で評価しまとめたものである。そこで、実習校により提示される実習生に対する評価を含めた分析を行うことで、実習生と実習校との視点の違いが検討できるのではないかと考えている。さらに、実習先では実習生を受け入れるにあたりどのようなことを求めているのかを把握するために、実習校への調査などを考えていきたい。今後は、実習先の視点を取り入れ、事前・事後指導の内容改善について検討していくことも必要ではないか。

5. 参考文献

- (1)今栄 国晴・清水 秀美 (1994). 教育実習が教育志望動機に及ぼす影響 事前・事後測定法による分析 日本教育工学雑誌, 17, 185-195.
- (2)善明 宣夫 (2007). 多様化する教育実習生像の検討 関西学院大学教職教育センター紀要, 12, 25-32.
- (3)尾崎 啓子 (2007). 教育実習体験に関する基礎的研究 ―面接調査の結果から― 埼玉大学紀要教育学部, 56, 119-129.

- (4)善明 宣夫 (2008). 教育実習生の進路決定に関する研究 関西学院大学教職教育センター紀要, 13, 19-27.
- (5)姫野 完治 (2003). 教育実習の実態に関する基礎的研究―教職志望学資絵への質問紙調査を通して― 秋田大学教育文化学部教育実践研究紀要, 25, 89-99.
- (6)宮城 信夫・石井 勉 (2010). 教育実習生の実習前後の意識の差異に関する考察 琉球大学教育学部紀要, 77, 173-181.
- (7)大西 努・中尾 道子・久田 孝 (2014). 教育実習事前事後指導が及ぼす教育実習への影響から見た効果と課題―より良き教職教育の在り方を求めて― 環太平洋大学研究紀要, 8, 233-240.
- (8)神林 勲・大本 理可・塚本 未来・鍋谷 佳裕・内田 英二・武田 秀勝 (2011). 大学生における生理的および心理的指標からみた教育実習中のストレス度合 北海道教育大学紀要教育科学編, 61, 285-295.
- (9)前原 武子・平田 幹夫・小林 稔 (2007). 教育実習に対する不安と期待, そして実習のストレスと満足感 琉球大学教育学部教育実践総合センター紀要, 14, 211-224.
- (10)大野木 裕明・宮川 充司 (1996). 教育実習不安の構造と変化 教育心理学研究, 44, 454-462.
- (11)坂田 成輝・音山 若穂・古屋 健 (1999). 教育実習生のストレスに関する一研究―教育実習ストレス―尺度の開発― 教育心理学研究, 47, 335-345.

学校教員との共同研究による防災教育の教材開発 ーパネルシアターを用いた放射性セシウムの学習ー

田辺 基子⁽¹⁾, 伊東 裕子⁽²⁾, 加賀 佳子⁽³⁾, 加藤 聡一⁽⁴⁾, 佐藤 智明⁽⁵⁾, 三井 和博⁽⁶⁾

- ¹ 神奈川工科大学教職教育センター (tanabe@t-ce.kanagawa-it.ac.jp)
- ² 和光世田谷小学校 (itosenn@yahoo.co.jp)
- ³ 見晴台学園大学 (jupiter@clovernet.ne.jp)
- ⁴ 名古屋芸術大学 (katosol@kodomom.kitanagoya.org)
- ⁵ 神奈川工科大学教職教育センター (satotomo@t-ce.kanagawa-it.ac.jp)
- ⁶ 神奈川工科大学教職教育センター (mitsui@gen.kanagawa-it.ac.jp)

Development of Elementary School Student-Oriented Educational Materials about the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident and Cesium-137 ー Creating “Cesium-kun, the Invisible Boy” Panel Theater ー

Motoko TANABE ⁽¹⁾, Hiroko ITO⁽²⁾, Yoshiko Kaga⁽³⁾, Souichi KATO⁽⁴⁾,
Tomoaki SATO⁽⁵⁾ and Kazuhiro MITSUI⁽⁶⁾

Abstract

The most effective way to reduce stress on children who find their activities restricted due to radioactive contamination from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident is to educate them in the “Whys” and “Hows”, rather than simply instating authoritarian restrictions on their freedom. Panel theater, which has traditionally been used purely as an entertainment medium in Japan, allows for creativity in design and storytelling. Taking advantage of the versatility of panel theater, the authors have developed an educational presentation entitled, “Cesium-kun, the Invisible Boy” to explain the nuclear power plant accident and the nature of cesium-137. This presentation has been used in elementary school science classes, and its effectiveness has been validated by examining children’s notebooks and conducting a survey. It has been effective for teaching children about the dangers of cesium, which is a complex subject, in a way that is interesting and easy for children to understand. We anticipate that giving children the opportunity to share their concerns regarding cesium with adults will reduce their sense of stress.

Key Words: Nuclear power plant accident, cesium137, earthquake and stress, panel theater, educational methods and technology, teaching materials

1. 序論

1.1 福島第一原発事故の発生と子どもへの影響

2011年の東日本大震災と福島第一原発事故の発生により、福島県を中心に広範囲に亘って放射能汚染による深刻な被害がもたらされ、現在も長期化する廃炉作業および各地の除染作業の途上である。その中で、放射線量が比較的高い地域での生活を続ける子どもについては、被ばくによる直接的な健康被害が懸念されるとともに、目に見えない放射線による精神的ストレスへのケアが求められている。

たとえば、比較的高い放射線量といわれた福島県渡

利地域の学童保育からの報告では、原発事故直後、自由に外で遊んだり泳いだり散歩をしたりすることができず、狭い室内に多くの子どもたちが生活する状況が半年から2年という長期にわたって続いた。放射線量を測定して、慎重に遊び場や散歩のコースを拡大していく中でも、自然のものに触れることができず、虫探しも木の実や葉っぱや小石を拾うことも禁じられ、泥んこ遊びもできなかった。一人でこげていた三輪車がこげなくなった子ども、歩けるようになった頃に被災し、道路を歩いた経験がほとんどないため走ってくる車との距離感がわからない子ども、全速力で走ったことがなく、かけっこがうまくできない子どもなど、さまざまな発達上の異変が観察された

(1).

一方で、セシウム 137 は“ばい菌”であるとか、“感染する”などといった非科学的なとらえ方による避難者や被害地域に対する偏見やトラブルも起こった。事故直後に安全な地域に避難した子どもであっても、転出先の学校・地域での「フクシマ」に対する偏見や差別への恐れ、被災地に残った家族や友人と離れて生活する辛さや将来の見通しの不安などによる心身のトラブルを人知れず抱えている⁽²⁾。また被災地以外の地域でも、放射性廃棄物の処理の安全性、放射性物質の飛散や地下水・海水への流出への不安は大きく、全国に存在する原子力発電所の事故発生の危険に対する強い不安もある。放射能汚染およびその危険性は、子どもの身体および精神の安定と健康に大きな影響を及ぼしている。

1. 2 ストレス軽減のために「なぜ、どうして、を認知させる学習」を行う必要性

セシウム 137 は、原子力発電の工程で発生する自然界には存在しない物質である。また、自然界に放出することが許されない放射性物質である。福島第一原発の事故以来、大気中や水や食べ物や通学路や遊び場が汚染されているのではないかと、という保護者や子どもの不安は深刻である。しかし、外に出ては行けない、触ってはいけない、食べてはいけないという一方的な禁止や命令は、その理由を理解できない子どもにとってストレスを生じさせると考える。

認知とストレスの関係については、なぜそれをしなくてはならないのか理解して行動する場合と、理由もわからずに強要される場合とでは、後者のほうがストレスが大きいことは、とくに小児医療の分野における“プレバレーション（子どもへの医療説明）”の実践として良く知られている⁽³⁾。セシウム汚染による子どものストレスに関しても、なぜ外で遊べず、好きなものが食べられないかを知らない子どもと、放射能がどのようなものか、なぜ恐ろしいのか、どう対応すれば良いのかを知ったうえで、不自由な環境にさらされる子どもとではストレスの量が異なるのではないかと考える。

子どもたちに、いま何が起きているのか、それが私たちの生活にどのような影響を与えるのか、怖さの正体はどういうものなのかを隠さずに伝えることで、大人と子供が「放射能の恐怖」を共有することができる。子どもにはわからないだろうと知識を与えないのではなく、同じ時代を生きる仲間として一緒に問題に取り組もうとする大人の姿勢が、子どものストレスを軽減すると考える。また、問題に協同で立ち向かおうとする意識を持つことによって学習の効果もあがると考える。

一方で、子どもに必要以上の恐怖を与えることは避けなくてはならない。そのため、セシウム 137 の正体やその恐ろしさを学習したことによる恐怖感やショックを軽減する工夫も必要となる。

1. 3 原子力発電事故とセシウム 137 の学習における諸

課題

教師がセシウム 137 の学習を行う際に、学習のスタイルや教材作成において工夫すべき課題は以下の三点にまとめられる。

第一に、“セシウム 137”とは何かを、原子や核分裂のしくみを学習する前の段階の小学生の子どもたちに教えることは、非常に難しい。科学に裏づけられた学習内容を子どもにとっての適切な分量で学ぶことが必要である。第二に、原発事故とセシウム 137 の学習は、国のエネルギー政策や原子力発電所の是非をめぐる論争的なテーマに関連するため、教師が一方的に固定的な知識や考え方を与えることができない。子どもの疑問からはじまり、子ども自身による探求の余地が多く残された学習スタイルであることが必要である。第三に、子どもに必要以上の恐怖を与えることがないように、人間的な温かみの感じられる教材であることも重要である。

以上の課題に応える学習教材として、著者らは保育や特別支援教育で広く活用されているパネルシアターの有効性に注目した。パネルシアターの特性と学習教材としての活用の意義、教材開発の概要を次章で述べる。

2. パネルシアター「きみは見えないセシウムくん」の開発

2. 1 パネルシアターの特性

パネルシアターとは、キリスト教の伝道に用いられたフланネルグラフ (flannelgraph) に発想を得て、児童文化研究家・浄土宗西光寺住職の古宇田亮順が 1973 年に考案した日本独自のコミュニケーションツールである。パネルシアターは、毛羽立ちが良いネルの布を貼った「パネル板」と呼ばれる舞台と、表面がザラザラした不織布でつくった「絵人形」とで構成される。不織布の素材の特性により、絵人形は両面に絵が描け、どちらの面も舞台に貼りつけることができる⁽⁴⁾。

パネルシアターを演じる際は、演者が物語を語りながら絵人形をさまざまに操作したり、歌いながらパネル絵を動かしたりといったパフォーマンスを観客の前で行う。絵人形を動かしながら、必要なときに場面を静止したり、絵人形の位置を変えたり、裏返したりと変化させ、好きなタイミングで観客と対話することができるため、紙芝居や絵本や人形劇に比べて多様な表現活動ができることが特徴である。当初は保育・幼児教育の分野で普及していたが、現在までに特別支援教育、高齢者福祉、国際理解教育などでも実践が広まっており、日本独自の教材として海外での紹介や普及も行われている⁽⁵⁾。

2. 2 学習教材としてのパネルシアターの有用性

東日本大震災および福島第一原子力発電事故により原子力発電所から放出されたセシウム 137 について、誰でも授業で取り上げやすく、どの子どもにも理解しやすい教材を開発することが求められている。そこで著者らは、教育学研究者と小学校教員を中心とした共同研究により、

学校の授業での使用を想定したパネルシアター「きみは見えないセシウムくん」⁽⁶⁾を考案・開発し、小学校の高学年の子どもを対象とした試演を行った⁽⁷⁾。次章では、その概要と効果について述べる。

3. パネルシアター「きみは見えないセシウムくん」の内容構成

本パネルシアターの物語と場面の概略を本章で述べる。この作品の主人公であり、学習対象でもある“セシウムくん（セシウム 137）”のパネル人形の造形を、図1に示す。なお、パネルシアターは、パネルボードに演者が自由にパネル人形を貼りながら演じるため、絵本や紙芝居のように場面が固定されていない。場面の一例として、本章の2節で取り上げる、「セシウムくんはどこからきたの？」の場面の写真を、図2に示す。



図1 セシウムくん(セシウム 137)のパネル人形
切り込みから小さな赤い円（放射線）を引っ張りだしているところ



図2 「セシウムくんはどこから来たの？」の場面例
セシウムくんが雲に乗って運ばれていくシーン

3. 1 「セシウムくん登場～はじめましてセシウムくん～」の場面

演者が、川や海、田畑、山などを貼りながら、田舎に遊びにいったことを語る。山でキノコを見つけ食べようとすると、「食べてはいけない」という声が聞こえる。

子どもに「目にみえないほど小さいものが話している

んだよ」と説明し、水のつぶよりもっと小さい世界を想像するように促すと、キノコの後ろからセシウムくんが出てきて、子どもと対面する。子どもは演者とともにセシウムくんがどこから来たのかを学び始める。

セシウムくんは原子が集まった球体で表現し、金属という特性から鮮やかな色彩にしている。顔に 137 という数字が入っており、危険なことを表すために目つきが鋭い造形になっている。

3. 2 「セシウムくんはどこからきたの？」の場面

爆発事故によって福島第一原子力発電所から放出されたセシウムくんが、風や雲に乗り(図2)、雨粒に混じって、身近な田畑や森林や市街地、河川や海におちてきた様子を、演者と一緒に推測しながら再現する。

この場面で用いるセシウムくんのパネル人形は小さいサイズで、裏は雨粒の絵になっている。ひらひらと返して両面を見せながら、雨になって落ちる様子を表すことができる。

3. 3 「セシウムくんから放射線が出た！」の場面

セシウムくんが急にうなづいて震え始め、何かがセシウムくんから飛び出してくる。ゆっくり繰り返すと、赤い円形のものが飛び出したことがわかる(図1)。

この飛び出したものは放射線であること、“セシウム 137”は非常に不安定であること、安定するために“放射線”を出してしまうこと、放射線を一度に大量に浴びると病気になったり死んでしまったりする危険性があることを説明する。

3. 4 「放射線にあたるとどうなるの？」の場面

人間の身体をつくっている細胞のパネル人形を使って、放射線の人体への影響を確認する。セシウムくんから飛び出した放射線があたると、細胞の中の設計図を傷つけてしまい、傷ついた細胞が回復できず増殖した場合はがんになってしまうかもしれないことを学ぶ。細胞のパネル人形は、表面が健康な細胞、裏面が傷ついた細胞になっている。

次に、子どもの体のパネル人形を使って、もしセシウムくんが食べ物と一緒に体内に入ると、身体の中でも放射線を出してしまい、体内から傷ついてしまうことを確かめる。このパネル人形は、体の中の一部がスライドして、傷がつく様子がわかるようになっている。

セシウムくんを体内に入れないためには、食べ物を検査したり、セシウムくんが飛んできていない地域の産物を食べたりすることなどで防げることを伝える。

3. 5 「お別れ～見えないけれどいるんだよ～」の場面

最後に、セシウムの写真(キラキラしている)をパネルボードに貼り、セシウムくんは、モノ（金属）であり、眼に見えないほど小さいことを説明する。また、原子力発電所の分布図も貼り、全国にある原子力発電所の中にいるので、目には見えないけれど忘れないでほしいというこ

とを伝えて終わる。

なお、これらの写真や図のような紙類は、紙の裏にネル布を貼ることで、パネルボードにくっつけることができる。

4. パネルシアター「きみは見えないセシウムくん」の 実践と成果

本パネルシアターの教育効果を確認するために、実際の被災地とは離れているが、放射線による被ばくに関心のある家庭が多い2つの小学校の理科の授業で2014年に共同開発者が実践を試みた。実践したのは、福島第一原子力発電所から約200km離れた東京都世田谷区のW小学校6年生のクラスと、約450km離れた愛知県あま市のT小学校5年生のクラスである。それぞれ、現在放射能の影響は無いとされているが、東京都では事故発生時には、放射性物質の飛散を確認しており、W小学校では、原発事故後に転校する家庭が出て、今でも放射能の汚染に不安を抱いている家庭が多い。愛知県のT小学校では、地域の保護者の中に原発事故や放射能への不安があり、共同研究者がボランティアで保護者向けの学習会を行っていた。

2つの学校それぞれの理科の授業の中で「きみは見えないセシウムくん」の紙芝居タイプの試作版を上演したところ、子どもたちは強い興味を持って学び、なぜ、何が起こって、何に気をつけなければならないのかを理解することができた。また、原発事故とセシウム137を扱う学習そのものを、怖いけれど重要な学習として好意的に受け止めていた。以下では、本パネルシアターの実践と成果を具体的に検討する。

4.1 小学校高学年の理科の授業での活用事例

パネルシアターの共同開発者で愛知県のT小学校の理科専科教員である加賀佳子は、5年生の理科で「放射線ってなあに？」という環境学習の特別単元を10時間かけて行い、学習のまとめとして「きみは見えないセシウムくん」の紙芝居形式の試作版を上演した⁽⁸⁾。学習の振り返りのなかで、子どもから「何時間もかけて勉強したことが、セシウムくんで一瞬でわかった」という感想が出たという。

同じく共同開発者で、東京都のW小学校の理科専科教員である伊東裕子は、パネル人形の造形やストーリーを筆者と共に制作した。6年生の「植物の栄養と体」という単元の学習のまとめとして、パネルシアターの完成直前の試作版を上演した⁽⁹⁾。この単元では、食物連鎖の学習を行っており、その後にパネルシアターを見ることで、目に見えない放射性セシウムの危険性がリアルに伝わる。演じた後、食物連鎖による生物濃縮の話も付け加えている。子どもたちはセシウム137の人体への影響や、それが生物濃縮されることの深刻さに衝撃を受けていた。

4.2 活用事例の結果

本パネルシアターを学習した子どもたちがどのように

内容をとらえているのかを確認するため、4-1に示したW小学校とT小学校の事例において、子どもたちがノートや提出用ペーパーに記録した内容をまとめて以下に示す。授業への感想や情動を表す言葉には下線をひき、学習内容や知識に関連した言葉には二重下線をひいた。

- ・ すごく こわい。 食べたくない
- ・ セシウム こわー。 人体に被害がある
- ・ セシウム こわっ！ 魚食べたくなくなってきた
- ・ 食欲をなくした
- ・ やだなー
- ・ 水は実はこうなっているんだ！ 放射能が野菜についていたら大変！紙に貼ってお話するのがすごくわかりやすかった。知らぬ間に食べていたりするのがいやだなーと思いました。
- ・ とっても怖いと思った。私たち、死んじゃうの！？
- ・ 雲とか色々なもので運ばれるからこわい
- ・ どんどんセシウムが増えていって、それを食べるのはやだ。セシウムは怖いと改めて思った。なんか、ものを食べたくなくなる。
- ・ 人間の身体に どんどん毒がたまっていくのはこわいとおもった。
- ・ セシウムってどんなものかよくわかんなかったけど、こわいものだなーと思った！食べたら病気になっちゃうー！
- ・ セシウム137がどんどん広がっていたりとか、倍になっていくのがわかりやすかった。人間がそれを食べているというのは少し怖い。
- ・ とてもこわい。たった1の汚染でもこんなに拡がってしまう。
- ・ 元々なかった。自然には必要ないものを作って、食物連鎖に大きな悪影響をして、人間に帰ってくるなんて、自業自得かな？なんて思った。
- ・ 危ないことですね。なんか人ってこわい
- ・ 特に放射線がでているということがわかりやすかった。みんなにも教えてあげたい。
- ・ 放射線のことが1回見ただけでよくわかる。
- ・ 放射線のことやセシウムのことがすごくよくわかって、おもしろかった。放射線がどこからきたのか、セシウムがどうして危険なのかがすごくわかりやすかった。

- ・とてもおもしろくて、セシウムのことよく分かったのでよかったです。キノコの絵やセシウムの絵がおもしろかったです。食べ物に注意してゴハンを食べたいです。
- ・セシウムがとてもきけんなものということがわかった。絵もじょうずでとてもわかりやすかった。
- ・あてにするために ほうしゃせんを出すのは はじめてした。おもしろかった。
- ・セシウム137がなくなるのに何十年もかかるのがこわかったです。
- ・セシウムの事が分かりやすく よく知ることができました。どんな物かも想像できてよかったと思います。
- ・セシウムはいろいろな物にくっついていて、食べれないものがあるんだなと思いました。
- ・わかりやすかった。セシウム137はとてもきけんなことがわかった。セシウム137をもっと知りたい。
- ・セシウムは悪いものだからこれから気をつけようと思います。
- ・とてもきけんだということが分かりました。セシウムはどこにでもいることにこわいと思いました。
- ・分かりやすかったと思います。セシウムは目には見えないだけで、悪い物なんだなと思いました。

以上の記録内容から、下線で示した感想・情動を示す言葉と、二重下線で示したパネルシアターの内容を表した言葉を抽出し、表1として示した。

表1 2つの小学校の子どものノート記録における発言の特徴

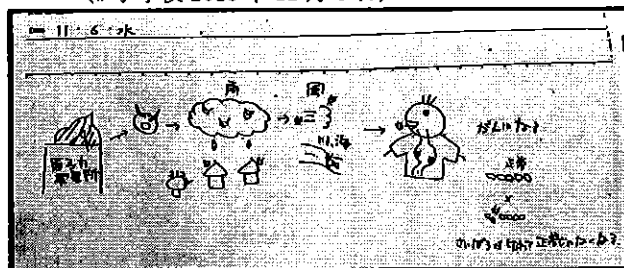
(T小学校2014年2月、W小学校2016年11月)

感想・情動を示す言葉 (下線)	数	パネルシアターの内容を示す言葉(二重下線)	数
こわい	13	セシウム・セシウム137	19
わかりやすい・ わかった	7	危ない・危険・悪い・ 被害がある	9
食べたくない・ 食欲がなくなる	5	放射線	5
おもしろかった	3	人体・人間	4
いやだな	3	食べ物・食べる・	4

		食べている	
びっくりした	2	広がる・増える・運ばれる	3
よく知ることができた・ はじめて知った	2	食べ物・野菜・キノコ	3
もっと知りたい・ 教えてあげたい	2	自然	1
死んじゃう	1	食べられない	1
病気になっちゃう	1	放射能	1
よかった	1	汚染	1
		毒	1
		水	1
		雲	1

パネルシアターは、次々に絵を動かしたり貼りつけるものを増やしたりしながら場面が変化していく。パネルシアターを見ながら、セシウム137について正確な理解ができていのかどうかを検討する参考として、W小学校の6年生の子どもが授業中に作成したノートの実物を図3で例として示した。

図3 子どものノート記録内容の例
(W小学校2016年11月6日)



4. 3 考察

2つの小学校における実践事例を分析する。子どもたちの記録内容を見ると、本パネルシアターのたった1回の上演でも、放射性セシウムの人体への影響が深刻であることの怖さ、自然界には存在しない物質であるセシウムを人間がつくってしまったことの深刻さ、体内に取り込まれた成分が人体に与える影響への驚きなどが、子どもたちに強く意識されていることがわかる。また、図3のように、ある子どもが授業を受けながら作成したノートでは、原子力発電所からセシウム137が飛散し、食べ物に付着して体内に取り込まれるというパネルシアターのストーリーが、左から右へと矢印で展開するイラストとしてまとめられており、小学生にとって難解な科学的事実の理解が容易で、興味を持っていたことがわかる。

記録内容から感想や情動を示す言葉と学習内容項目を抽出した表1のデータを見ると、感想・情動を示す言葉では、こわい、いやだな、など否定的な受け止め方が見られる。中には、ものを食べるのが怖い、食欲がなくなった、

自分たちは死んでしまうのか、といった強い恐怖を表す感想があった。一方で、よくわかった、この学習をして良かった、おもしろかった、という受け止め方も多く、子どもたちは、おおむね、とても怖い事実を学んだが、それは重要な事で、学べて良かったと振り返っているととらえられる。

以上から、セシウム137という物質についての科学的学習や原子力発電事故という事実を扱い、「なぜ、どうして」を認知させる学習を進めることの効果やパネルシアターという教材の適正を確認することができた。同時に、防災や安全についての学習、セシウム137の人体への影響を最低限におさえる工夫、未来に向けた環境施策などを同時に学ぶ必要性があるという示唆を得た。

5. 結論

本研究では、被災地における子どものストレス軽減の効果を期待できる教材として、日本の保育および幼児教育領域で独自に発展してきたパネルシアターに注目し、「きみは見えないセシウムくん」を教材として開発した。通常の学校での学習に取り入れにくかった、福島第一原子力発電所の事故、セシウム137の概念、および人体への影響といった科学的に高度な概念や現象を、パネル人形を操作し、子どもと対話しながら学ぶことで、学校での学習に取り入れることができた。

本パネルシアターを通じて、子どもたちは、セシウム137はどこからきたのか、なぜ危険なのか、どのようなことに気がつけたらよいのか、といった事柄を容易に理解することができた。また、原子力発電所事故やセシウム137に関する学習を深い興味をもって能動的に受けとめることができていた。深刻な状況下だからこそ「なぜ、どうして、を認知させる学習」が必要であり、大人とセシウムの怖さやその理由を共有する学習を行うことには、子どものストレスを軽減する意味でも重要であると考えた。

「きみは見えないセシウムくん」を使って原子力発電所事故や放射能汚染について学習した子どもたちの成長・変化の調査、他の教材を使用した場合との比較検討、ショックや恐怖感をケアする実践例の調査などをさらに進めていくことが、今後のさらなる課題である。

参考文献

- (1) 佐藤秀樹、あの日からずっと、福島・渡利で子育てしています、かもがわ出版、2013
- (2) 谷雅泰、震災・原発と向き合う～福島の未来をひらくために～、講座教育実践と教育学の再生、3、11と教育改革、2013
- (3) 込山洋美、筒井真優美、飯村直子、蝦名美智子、二宮啓子、半田浩美、片田範子、勝田仁美、鈴木敦子、檜木野裕美、村田恵子、検査・処置を受ける子どもと親のすれ、日本小児看護学会誌、2001。流郷千幸、子どもの処置におけるストレス緩和に関する文献検討、日本

小児看護学会誌、2004。蛭名美智子、林裕子、医療を受ける子どもへのかかわり方～プレパレーションの実践に向けて～、厚生労働省科学研究費補助金 子ども家庭総合研究事業 小児科産科若手医師の確保・育成に関する研究〔子どもと親へのプレパレーションの実践普及〕研究班、2005。など

- (4) 藤田佳子、古宇田亮順のパネルシアター作品の分析(1)～「シャボン玉とばせ」の鑑賞にみられる特性～、淑徳短期大学研究紀要第51号、2012。藤田佳子、〈研究ノート〉パネルシアターの歴史(1)～創始者古宇田亮順とパネルシアター～、淑徳短期大学研究紀要第52号、2013。
- (5) 田中正代、海外での広がりから「パネルシアター」を考える、『生活教育』No.171、2014。田村真宏、学びあいの扉をひらくパネルシアター『生活教育』No.171、2014。
- (6) 日本生活教育連盟パネルシアター実践研究会(原案者：田辺基子、伊東裕子、加藤聡一)、学習用パネルシアター/きみは見えないセシウムくん、ISBN978-4-88419-990-6、埼玉福祉会、2015
- (7) 田辺基子、パネルシアターを用いた実践の展開～子どもの生活と教育実践と教材研究をつなぐ～、日本教育学会第72回大会 ラウンドテーブル11「被災地とつながるパネルシアター」、2013。田辺基子、生活教育パネルシアター『きみは見えないセシウムくん(仮称)』で見えてきたもの、『生活教育』No.171、2014。
- (8) 加賀佳子、理科特設単元「放射線ってなあに」の実践報告、日本生活教育連盟第66回夏季研究集会自然と科学・技術・産業分科会、2014
- (9) 伊藤裕子、セシウム137と食物連鎖の学習、自然と科学・技術・産業分科会/世話人検討会、2014

追記

本稿は、下記の国際会議報告のプロシーディングス(英文)を加筆・修正した和文による報告である。

Proceedings of the 8th International Conference on Business and Technology Transfer(ICBTT 2016) ©2016 The Japan Society of Mechanical Engineers December 1-3, 2016, Otto von Guericke University Magdeburg, Germany

編集後記

「神奈川工科大学教職教育センター研究報告」第1巻をお届けします。巻頭にもありましたように、教員養成制度改革により、大学の教職課程には優れた教員を育てるための高い意識を求められるようになりました。見方を変えれば、これは、大学が行う教員養成に対する新しい期待の現れと捉えることもできると思います。他の工科系大学に比べて比較的多くの教員を輩出してきた本学としても、その期待に応えるために教職教育センターという新しい陣容を整え、今後、より多くの、より優れた教員の輩出を目指し、学生の教育のみならず、より優れた教育手法や教材の開発を行っていく予定です。今回創刊された本巻は、そうした教育研究の道しるべとして、新しい軌跡の第一歩となるのではないかと思います。本巻には、本学の専任教員をはじめ、非常勤講師の先生方からもご投稿いただき、全部で11報の研究報告集となりました。ご投稿いただいた皆様方には心よりお礼申し上げます。本巻以降、1年に1巻の予定で刊行する予定ですので、次巻以降も引き続き奮ってご投稿くださいますよう、よろしくお願い申し上げます。

2017年9月29日

神奈川工科大学教職教育センター研究報告編集委員長 佐藤智明

2017年度 教職教育センター研究報告編集メンバー

編集委員長

佐藤 智明 教職教育センター 副所長 (教授)

編集委員

三井 和博 教職教育センター 所長 (教授)

山本 聡 教職教育センター 副所長 (教授)

田辺 基子 教職教育センター (准教授)

佐藤 史緒 教職教育センター (准教授)

事務局担当

教職教育センター支援室

神奈川工科大学
教職教育センター研究報告
第1巻 2017年

Research Reports
Of
Center for Teacher Education
Kanagawa Institute of Technology
Vol. 1 (2017)

発行日 2017年9月29日
発行者 神奈川工科大学 教職教育センター
Center for Teacher Education
Kanagawa Institute of Technology
〒243-0292 神奈川県厚木市下荻野1030
電話 046-291-3329
<http://www.kait.jp/~kyoushoku1/>
印刷所 神奈川工科大学 印刷室

神奈川工科大学

教職教育センター

Kanagawa Institute of Technology
Center for Teacher Education