

電子工学をけん引しようとする学習グループの育成

－ Raspberry Pi を用いたロボット開発を通して －



実施担当者 岡山県立岡山操山中学校
教諭 福永 義行

1 はじめに

岡山県立岡山操山中学校は、2002年4月開校の県立の併設型中高一貫教育校である。各学年120名、全校生徒360名が在籍している。「総合的な学習の時間」を「未来航路プロジェクト」という名称で開校当初より行っている。生徒は各々の興味・関心のある社会問題の解決をテーマにして、探究学習に取り組む。各学年で専門家らに自らアポイントメントし、個人の探究テーマについて質問したり、自ら実験を行い、結果を考察したりするなどして、探究レベルの向上を図っている。

2017年、16期生（3年次）の未来航路プロジェクトにおいて、電子回路の設計やプログラミングを探究テーマに設定した生徒たちが放課後に集まり、自主的な探究活動を行う「ロボット研究会」が発足した。ある生徒は二足歩行ロボットの機構を構築することに成功し、そこに他の生徒が学習していたプログラミングの技能がコラボレーションすることで、プログラム制御による二足歩行ロボットの製作へと探究レベルが飛躍した。個人では解決することができなかった問題を、集団で協働解決することで、探究レベルの飛躍的な向上だけでなく、達成感と自己有用感を大いに味わい、生活の質（QOL）や社会貢献への意識の向上にまでつながった。

しかし、ロボット研究会は16期生のみ活動であったために、ロボット研究の知識や技能は後輩に引き継がれなかった。ロボット研究会によって飛躍的に向上した本校のロボット研究は、16期生の卒業と共に、一からの積み直しとなっている。17期生から19期生においてもロボットについて探究学習を行う生徒はいるが、ロボット研究会のような集団による探究活動には発展せず、個人による探究活動に収まっている。また、その探究レベルも16期生の内容を超えることはできていない。

ロボット研究会の活動が1学年に留まらず、多学年が共存する集団であれば、集団の中で知識や技能は共有され、探究レベルは更新されていくのではないだろうか。そうすることで、先輩と後輩の関係がメンターとメンティーの関係となり、知識・技能の獲得促進や自己有用感を高めるなどの相乗効果を発揮する学習グループとなりうるのではないか。

本研究では、途絶えてしまったロボット研究会の再発足とメンターとメンティーの関係性をグループ内に生じさせることで、継続的に探究レベルを向上させることができる学習グループの育成を目指す。

2 実践内容

2-1 ロボット研究への意欲喚起

未来航路プロジェクトの探究学習のテーマを設定する5月上旬に、令和3年度第一学年となる20期生を対象に、未来航路プロジェクトの過去の研究成果を紹介した。紹介した内容は、ロボット研究会が以前は存在していたこと、放課後や夏休みに自主的に理科室に集まって研究を行っていたこと、研究を始める前は電子工作やプログラミングの経験のない生徒が、書籍やインターネットを活用して学習を進めていたこと、ロボコンや研究発表会など全国規模の大会に参加していたことなどである。

その後、ロボット研究に興味を示した生徒に呼びかけ、Raspberry Piの開封や組み立て作業を行った。同時に、理科室に研究助成を受けて用意することができた学習用の書籍や電子工作キットを整備し、ロボット研究が自由に行える環境を生徒と一緒に整えた。

理科室の環境整備以降、放課後に生徒が自主的にプログラミングの学習を行うために集まるようになった。Raspberry PiによるPythonでのプログラム作成は、どの生徒も初めてで、「Hello World」から書籍を用いて学習を進めた。これによりロボット研究会の再発足となる。



2-2 ロボット研究会の活動

ロボット研究会には、19期生（2年生）1名、20期生（1年生）5名が所属している。始めの取り組みはPythonによるプログラミングの学習である。生徒たちは、教師が提示した課題を解決するために、書籍を利用して学習を進めた。生徒が課題解決のために作成したプログラムは、絵馬をデザインした用紙に印刷し、理科室に掲示した。この取組は「Python De 算額」と称して、算額を奉納するイメージで行った（図1）。Python De 算額は、授業で理科室を訪れた生徒たちのプログラミングの興味関心を高めること、プログラムの行数をより少なくしようと生徒が競い合うことを意図して実施した。



図1 Python De 算額を休み時間に見る生徒

プログラムの基礎学習を終えたロボット研究会は、ブレッドボードを用いた電子工作に着手した。電子工作も20期生にとっては初めてで、Raspberry PiによるPythonでのLEDの点灯制御からの学習であった。電子工作についても書籍を用いて学習を進めている。2年生の生徒Aは1年次より個人でロボット研究を行っていたが、ロボット研究会が再発足したことにより、集団での研究に参加することになった。ロボット研究会内ではAがメンターとして、1年生に助言を行っている。特に、電子工作は接続場所の間違いや接触不良、プログラムのミスなど多くのエラーが発生した。学習を始めたばかりの20期生では、個人での原因究明は困難であったため、教師はAにエラーの原因究明の手助けをするように促した。その結果、ロボット研究会が互いにディスカッションしながら研究を進めるように変容していった。

2-3 木曜講座によるメンターとしての資質向上

本校では、会議等がない木曜日に木曜講座という課外活動が行われている。より多くの生徒にロボット研究に興味関心をもたせること、ロボット研究会のメンバーがメンターとして活躍できる機会を設けることを目的として、木曜講座を開講した。参加生徒は19期生が3名、20期生が17名、

合計 20 名（内ロボット研究会 5 名）である。いずれの生徒も Raspberry Pi を用いた Python でのプログラミングやブレッドボードを用いた電子工作は初めてであった。

木曜講座では、教師は課題の説明のみを行い、メンターとなるロボット研究会の生徒を促し交流の機会を作った（図 2）。木曜講座で取り扱った課題を以下に示す。

- Raspberry Pi の起動と “Hello World” の表示
- if 文 while 文について、任意の数の約数を出力
- LED の点滅
- モーター制御
- トランジスタを利用した三叉回路によるモーター制御

木曜講座の内容は、ロボット研究会のメンバーが学習を終えた内容を設定した。木曜講座受講者は多くのエラーを発生させたが、メンターとなるロボット研究会の生徒が、プログラムや回路の不具合を具体的に見つけ、どのように改善すればよいか適切に助言を与えたことで、課題解決することができていた。



図 2 教師のコーディネートによるメンターとメンティーの交流

2-4 生徒による成果物

20 期生の生徒 B の研究「移動システムプロトタイプ 1 号の作成」について報告する。Python で作成したプログラム（図 3）、電子回路図（図 4）、作成したポスター（図 5）、いずれも生徒 B が半年間で研究した成果である。

```

1 import RPi.GPIO as GPIO
2 import tkinter
3 import time
4
5 GPIO.setmode(GPIO.BCM)
6
7 #左前(前)
8 GPIO.setup(6,GPIO.OUT)
9 #左前(後)
10 GPIO.setup(19,GPIO.OUT)
11 #右前(前)
12 GPIO.setup(21,GPIO.OUT)
13 #右前(後)
14 GPIO.setup(16,GPIO.OUT)
15 #左後(前)
16 GPIO.setup(17,GPIO.OUT)
17 #左後(後)
18 GPIO.setup(22,GPIO.OUT)
19 #右後(前)
20 GPIO.setup(23,GPIO.OUT)
21 #右後(後)
22 GPIO.setup(25,GPIO.OUT)
23
24 a=[]
25
26 def tatata():
27     a.append(1)
28     f=tkinter.Label(text="前")
29     f.pack()
30     print(a)
31
32 def tatataata():
33     a.append(2)
34     f=tkinter.Label(text="右")
35     f.pack()
36     print(a)
37
38 def hihihih():
39     a.append(3)
40     f=tkinter.Label(text="左")
41     f.pack()
42     print(a)
43
44 def hihihihhi():
45     a.append(4)
46     f=tkinter.Label(text="後")
47     f.pack()
48     print(a)
49
50 def tatatatata():
51     for i in a:
52         print(i)
53
54
55 if i==1:
56     GPIO.output(6,GPIO.HIGH)
57     GPIO.output(21,GPIO.HIGH)
58     GPIO.output(17,GPIO.HIGH)
59     GPIO.output(23,GPIO.HIGH)
60     time.sleep(5)
61     GPIO.output(6,GPIO.LOW)
62     GPIO.output(21,GPIO.LOW)
63     GPIO.output(17,GPIO.LOW)
64     GPIO.output(23,GPIO.LOW)
65     print(a)
66     time.sleep(1)
67
68 elif i==2:
69     GPIO.output(21,GPIO.HIGH)
70     GPIO.output(17,GPIO.HIGH)
71     GPIO.output(19,GPIO.HIGH)
72     time.sleep(5)
73     GPIO.output(25,GPIO.LOW)
74     GPIO.output(17,GPIO.LOW)
75     GPIO.output(19,GPIO.LOW)
76     time.sleep(0.2)
77
78 elif i==3:
79     GPIO.output(6,GPIO.HIGH)
80     GPIO.output(22,GPIO.HIGH)
81     GPIO.output(16,GPIO.HIGH)
82     GPIO.output(23,GPIO.HIGH)
83     time.sleep(5)
84     GPIO.output(6,GPIO.LOW)
85     GPIO.output(22,GPIO.LOW)
86     GPIO.output(16,GPIO.LOW)
87     GPIO.output(23,GPIO.LOW)
88     time.sleep(1)
89
90 elif i==4:
91     GPIO.output(19,GPIO.HIGH)
92     GPIO.output(16,GPIO.HIGH)
93     GPIO.output(22,GPIO.HIGH)
94     GPIO.output(25,GPIO.HIGH)
95     time.sleep(5)
96     GPIO.output(19,GPIO.LOW)
97     GPIO.output(16,GPIO.LOW)
98     GPIO.output(22,GPIO.LOW)
99     GPIO.output(25,GPIO.LOW)
100     time.sleep(1)
101
102
103 root=tkinter.Tk()
104 roo.geometry("400x200")
105
106 b=tkinter.Label(text="モーター制御")
107 c=tkinter.Button(text="前",command=tatata)
108 d=tkinter.Button(text="右",command=tatataata)
109 e=tkinter.Button(text="左",command=hihihih)
110 f=tkinter.Button(text="後",command=hihihihhi)
111 g=tkinter.Button(text="コマンド開始",command=tatatata)
112
113 b.pack()
114 c.pack()
115 d.pack()
116 e.pack()
117 f.pack()
118 g.pack()
119
120
121 tkinter.mainloop()

```

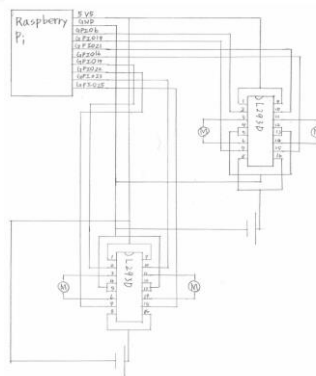


図 4 作成した電子回路図

図 5 作成したポスター

図 3 作成したプログラム



以上の成果は本校で行われた未来航路プロジェクト発表会、貴財団成果発表会を通して全校生徒に周知した。

3 まとめ

3-1 ロボット研究会が学校に与えた影響

ロボット研究に対する意欲喚起を行うことで、ロボット研究に取り組んだ生徒は増加した。5月に各生徒の探究テーマが決定し、ロボット研究、プログラミング研究に関わるテーマを選択した生徒は19名であった。ロボット研究、プログラミング研究をテーマとする生徒は例年10名前後であったことから、約2倍の生徒がロボット研究、プログラミング研究に取り組んだこととなる。

全校生徒にロボット研究会の成果を知らせることで、ロボット研究会の研究は多くの生徒から賞賛され、生徒自身も研究者として一目置かれるようになった。実際に、未来航路プロジェクトのテーマとして福祉関連の研究を進める生徒が、要支援者のQOLの向上のために、ロボット研究とコラボレーションした研究を来年度の研究テーマの候補に挙げている。また、プログラミング研究に興味関心を高めた生徒は多い。それぞれが、VBA、Google Apps Script、JavaScriptなど、他が研究していない言語のプログラミングについて競うように学習の領域を広げ、各自で主体的に研究を始めている（図7）。研究に没頭する姿が肯定的に捉えられるようになったのは、学校全体としての探究レベルの向上に追い風となっている。



図7 プログラムの学習を進める生徒集団

3-2 メンターとメンティーの関係性が生徒に与えた影響

メンターとメンティーの関係性を作り、知識・技能の向上を促進し、研究レベルの引き継ぎが生徒により行われる素地を生み出すことができた。ロボット研究会に所属する一部の生徒はコミュニケーションが比較的苦手な傾向があった。生徒A、Bもその一部である。しかし、生徒たちはロボット研究を行う中で、頻繁に発生するエラーの原因究明に自然とディスカッションを行うようになった。特に、生徒Aがメンターとして活躍した功績は大きい。また、木曜講座において、自分達が研究した内容を、他の生徒が四苦八苦しながら取り組む様子に、「自分もスペースを使ってエラーが起きることが何回もあった。スペースじゃなくてTabキーを使う方がいいよ。」などと指導助言をする姿が多く見られた（図8）。このように、ロボット研究会内、木曜講座内においてメンターとメンティーの関係性を作ることができた。メンターとメンティーの関係性は知識・技能の向上を促進するだけでなく、自己有用感を高めている。



図8 指導助言を行うロボット研究会の生徒

3-3 今後の展望

本研究では、ロボット研究会の再発足とメンターとメンティーの関係性を作り、研究レベルの引き継ぎを生徒同士で行う素地ができた。次年度には、21期生をロボット研究会に参加させる予定である。20期生がメンター、21期生がメンティーとなり、実際に研究レベルの引き継ぎを行なっていく。同様のサイクルを続けることで、学校全体の研究レベルは継続的に向上していくだろう。

謝辞

本研究を行うにあたり、生徒が自由に研究を進めるための機材及び、書籍は、公益財団法人中谷医工計測技術振興財団による研究助成を受け準備することができた。深く感謝申し上げる。

参考文献

塩飽修身 松田文春 『社会への貢献を実感する生徒を育てるための教育実践：中学生の自己有用感を刺激するロボット研究グループの育成を通して』日本教育実践方法学会教育実践方法学研究 6(1), 45-57, 2021