

連載



情報の授業をしよう！

本コーナー「情報の授業をしよう！」は、小学校や中学校で情報活用能力を育む内容を授業で教えている先生や、高校で情報科を教えている先生が、「自分はこの内容はこういう風に教えている」というノウハウを紹介するものです。情報のさまざまな内容について、他人にどうやって分かってもら

うか、という工夫やアイディアは、読者の皆様にもきっと役立つことと思います。そして「自分も教え方の工夫を紹介したい」と思われた場合は、こちらにご連絡ください。

(E-mail : editj@ipsj.or.jp)

データサイエンスの視点に基づく プログラミングを活用した PBL の実践



増井貴明 | 雲雀丘学園中学校・高等学校

データでプログラムを育てる授業へ

「情報Ⅰ」でプログラミングを学ぶとき、生徒の関心は、正しい構文で書けるか、期待どおりにプログラムが動くかに向きやすい。もちろん、順次処理、分岐処理、反復処理などの基本を理解し、意図した処理を記述できることは重要である。一方で、実社会で使われるプログラムは、画面の中だけで完結するとは限らない。センサで取得した値には誤差が含まれ、モーターの出力は床面や摩擦の影響を受け、環境が少し変わるだけで結果は揺らぐ。そのような条件のもとでは、「一度書いて終わり」ではなく、実行して得られたデータを読み取り、根拠をもってパラメータや制御の方法を調整することが必要になる。

「情報Ⅱ」は、「情報Ⅰ」で学んだ情報活用の知識・技能を発展させ、多様なデータの活用や情報システムの創造的な利用を通して、問題の発見・解決に取り組む科目である¹⁾。筆者の勤務校では、データサイエンスを基盤とした文理融合型探究人材の育成を

掲げ、高校2年生理系生徒が「情報Ⅱ」を履修するカリキュラムを整備している。その本格実施に先立ち、距離センサを搭載した教育用ロボット（LEGO SPIKE プライム、以下 SPIKE）を使って、「壁から 20cm の位置で停止するロボットをつくる」という課題解決型学習（PBL）を試行した。授業設計と当日の運営の一部において企業関係者の協力を得たが、本稿では特定教材の紹介ではなく、データに基づいてプログラムを改良する授業をどのように設計するかに焦点を当てる。

授業の鍵は、生徒が「うまく動いた・動かなかった」という感想で終わらず、なぜその結果になったのかをデータから考えることである。単にロボットを動かす授業ではなく、プログラムと現実世界のずれを観察し、そのずれを小さくするためにデータを集める授業にしたい。このねらいを整理するため、本実践では統計的探究プロセスである PPDAC サイクルを枠組みとして用いた（表-1）。



授業のねらい

PPDAC サイクルは、Problem (問題)、Plan (計画)、Data (データ)、Analysis (分析)、Conclusion (結論) の5段階で統計的探究を捉える枠組みである。Wild and Pfannkuch は、統計的探究において、各段階を一方向に進むだけでなく、データに基づいて考えを更新しながら往還することの重要性を指摘している³⁾。

本実践では、この枠組みをロボット制御の授業に重ねた。「壁から20cmの位置で停止する」という課題をProblemとし、どのパラメータを調整するか、どのような制御にするかを考える段階をPlanとした。実際にロボットを走らせ、停止時の壁との距離や実行時間を記録する段階がDataである。得られた値を見て、停止条件や速度を見直す段階をAnalysisとし、最終的にどのような方針でプログラムを改善したのかを説明する段階をConclusionと捉えた。

ここで大切なのは、PPDACをワークシート上の手順としてなぞらせることではない。むしろ、生徒がロボットを走らせる中で自然に経験する「予想と違った」「もう少し手前で止まった」「速度を変えるとどうなるか」という気づきを、データに基づく探究として意味づけることにある。ロボット教材を用いた計測・制御の学習は、中学校技術分野を中心に実践が蓄積されており、協働形態や環境整備の重要性も報告されている⁴⁾。また、Pythonを用いた計測・制御環境の提案も見られる⁵⁾。本実践では、これら

■表-1 PPDACの各フェーズと想定される活動²⁾

PPDACの各フェーズ	想定される活動
Problem (問題)	解決すべき問題を捉える
Plan (計画)	Problemフェーズでの議論をもとに具体的な計画を立てる
Data (データ)	問題解決のために必要なデータを取捨選択し、収集し、整理整形する
Analysis (分析)	統計指標やグラフ・表を用いてデータを適切に可視化し、分析する
Conclusion (結論)	求めた指標・グラフ・分析結果を的確に整理し、問題解決のための提案や結果の一般化に言及するなど考察を行う

の流れを踏まえつつ、生徒が取得したデータを根拠にプログラムを改善する点を中心に置いた。

授業の流れ

実践は、高校2年生理系生徒を対象に、2日に分けて実施した。第1回は50分×4コマ、第2回は時間の制約から50分×2コマの短縮版とし、第1回とは異なる生徒を対象としている。生徒は4人程度のグループで活動した。対象生徒は、2学期までにPythonの順次処理、反復処理、分岐処理、配列、関数定義の基本を学習していた。ただし、画面上のプログラムを読んだり書いたりする経験と、センサやモーターを含む実環境で制御する経験とは異なる。そこで、最初から自由課題に入るのではなく、基本操作から段階的に活動を構成した(表-2)。

4コマ版の授業では、1時限目にSPIKEの組み立てとアプリとの接続を行い、サンプルプログラム⁶⁾を実行した。前進する、右または左に曲がる、壁にぶつかる前に停止する、といった基本動作を扱い、モーターの速度や進行方向を制御するパラメータの意味を確認した。2時限目には、左右に曲がるプログラムをジグザグに進むプログラムへ改良

■表-2 授業内容の全体概要(50分×4コマ)

時数	学習活動	PPDAC
1	(1) SPIKEの組み立て (2) SPIKEアプリの連携 (3) サンプルプログラムの実行 ①前へ進むプログラム ②左右に曲がるプログラム ③壁にぶつかる前に停止するプログラム	
2	(4) サンプルプログラムの改良 ④ジグザグに進むプログラム ⑤壁にぶつかる前に減速して停止するプログラム (5) 解決課題の提示 『壁から20cmの位置にぴったり停止するロボットをつくる』	Problem Plan Problem
3	(6) プログラム作成と試行・改良 (7) 中間報告	Plan Data Analysis
4	(8) プログラム作成と試行・改良 (9) 最終報告	Plan Data Analysis Conclusion

したり (図-1)、壁にぶつかる前に停止するプログラムを減速して停止するプログラムへ改良したりした。この段階で、生徒は反復処理や条件分岐を、単なる構文ではなくロボットの動きとして確かめることになる。

その後、解決課題として「壁から 20cm の位置で停止するロボットをつくる」と提示した。停止後の壁との距離をコンソールに表示するため、プログラムに print 文を追加し、停止時の距離を数値として確認できるようにした。改良の観点としては、速度パラメータの調整、停止条件の調整、距離に応じた減速制御などを例示したが、最終的な方針は各グループにゆだねた (図-2)。

第1回の実践では、評価を停止時の距離に置いた。すると、極端に速度を落とすことで停止精度が上がるという戦略が現れた。これは生徒の工夫としては自然であるが、現実的な制御課題としては、精度だけでなく速度との両立も考えたい。そこで第2回の短縮版では、停止距離に加えてプログラム実行時間も測定し、極端に遅い走行だけが有利にならないよう評価条件を調整した。この変更により、生徒は「正確に止まる」だけでなく、「どの程度の速さで、ど

の程度の精度を目指すか」というトレードオフも考えることになった。

生徒が試行錯誤を始めるまで

授業中に強く印象に残ったのは、グループによって PPDAC サイクルの回し方が大きく異なったことである。課題提示後すぐにロボットを走らせ、停止時の数値を見ながら速度や停止条件を少しずつ変更したグループは、短い周期で Data, Analysis, Plan を往還していた。このようなグループでは、「思ったより滑る」「床との摩擦で進み方が変わる」「同じ条件でも値が少し揺れる」といった実環境ならではの気づきが早い段階で生まれ、改良方針も具体化しやすかった。

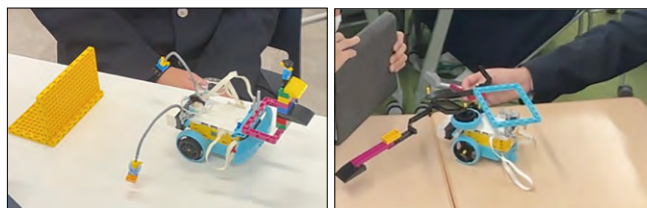


図-2 各グループのロボットと計測の様子

ジグザグ進む

```
1 from hub import port
2 import motor_pair,time
3
4 # motor_pairを初期化します
5 motor_pair.unpair(motor_pair.PAIR_1)
6 motor_pair.pair(motor_pair.PAIR_1, port.E, port.F)
7
8 # 3回繰り返します
9 for i in range(3):
10     # 1秒右に曲がります
11     motor_pair.move(motor_pair.PAIR_1, 30, velocity=300)
12     time.sleep(1)
13     # 1秒左に曲がります
14     motor_pair.move(motor_pair.PAIR_1, -30, velocity=300)
15     time.sleep(1)
16
17 #移動を止めます
18 motor_pair.stop(motor_pair.PAIR_1)
19
```

for文で左右に曲がる動作を
3回繰り返します。

図-1 授業で示したスライドの一部



一方で、画面上でプログラムの構造を長く考えたり、理論的に最適な戦略を先に決めようとしたりするグループもあった。その姿勢自体は否定されるものではない。しかし、実行に移るまでに時間がかかると、得られるデータが少なくなり、結果として改良の根拠が乏しくなる。現実の対象を制御するプログラムでは、文法的に正しいだけでは十分ではない。環境に応じて結果がばらつくことを前提に、早い段階で Data フェーズへ入り、データをもとに計画を更新することが重要である。

この点は、教師の支援の仕方にもかかわる。たとえば、生徒が長時間画面を見続けているとき、教師がすぐに正解を示す必要はない。むしろ、「一度走らせて、止まった位置を3回分記録してみよう」「同じ条件で実行すると値はどれくらい変わるだろう」といった問いを投げかけることで、活動を Data フェーズへ促すことができる。プログラムの完成度を高めることと、データを取ることは対立しない。データを取ることで、プログラムのどこを直すべきかが見えてくるのである。

アンケートと観察から見た学習の特徴

事前アンケートでは、プログラミングの理解に関する自己評価を5件法（1：まったく当てはまらない、2：あまり当てはまらない、3：どちらともいえない、4：まあ当てはまる、5：よく当てはまる）で確認した。結果として、for 文の説明に関する平均は3.43、while 文は2.82、if 文は3.87であり、特に while 文には相対的な不安が見られた。実環境の制御では、センサ値を読み取りながら条件が満たされるまで処理を繰り返す場面が多い。したがって、while 文の理解に不安がある生徒にとって、ロボット制御は難しさを伴う一方で、反復処理の意味を動きとして理解する機会にもなり得る。

事後アンケートでは、生徒が本実践におけるプログラミングを用いた活動をどのように受け止めたのかを確認することを意図した。具体的には、課題に取り組む際の計画や目標調整、グループ内での分担・

相談、活動の記録やプログラムの保存といった学習活動、試行錯誤を通じた達成感やプログラミングへの興味といった動機づけ、さらに時間不足や操作困難などの困難性を把握するために質問項目を設定した。これらの項目について、4件法（1：まったく当てはまらない、2：あまり当てはまらない、3：少し当てはまる、4：とても当てはまる）で回答させた（表-3）。

結果として、「作ったプログラムが実際にロボットの動きとして実行されるのが面白かった」と「何度も試行錯誤して、やっと正しく動作したとき、達成感が得られた」の平均がいずれも3.62であり、動機づけの高さがうかがえた。また、「グループ内の協力と分担が重要だと思った」は3.55であり、協働の必要性も実感されていた。一方、「活動の状況を写真や動画などで記録した」は2.22、「プログラムをこまめに保存した」は2.65であり、記録や保存は十分には定着していなかった。

自由記述には、「結果が状況により変化すること

■表-3 事後アンケートにおける結果（回答数69）

番号	質問内容	Mean	SD
1	課題に取り組む前に、グループ内で計画を立てた	3.25	0.74
2	何を優先するか、どこまでを目指すかを調整した	3.51	0.68
3	活動の状況を写真や動画などで記録した	2.22	1.04
4	プログラムをこまめに保存した	2.65	1.00
5	グループ内で分担や相談がうまくできていた	3.46	0.68
6	作ったプログラムが実際にロボットの動きとして実行されるのが面白かった	3.62	0.67
7	何度も試行錯誤して、やっと正しく動作したとき、達成感が得られた	3.62	0.64
8	グループ内の協力と分担が重要だと思った	3.55	0.68
9	プログラミングへの興味が湧いた	3.17	0.80
10	時間が足りなくて、中途半端になった	2.42	0.90
11	思ったとおりに動かないことが多く、嫌になった	2.04	0.91
12	同じことの繰り返しが多く、だんだん飽きてきた	2.03	1.00
13	自分が何をしようか分からず、積極的に参加できなかった	1.72	0.84
14	ソフトウェアに操作方法が分からず、思いどおりにできなかった	2.04	0.95

が分かった」「停止位置をぴったりにできたときに嬉しかった」といった記述が見られた。また、「感覚で数値の調整をやったので、グラフや表計算ソフトを使って具体的に分析したい」「データを可視化して最頻値や回帰分析もやってみたい」という記述もあった。これは、数学Iや情報Iで学んだデータの分析に関する知識・技能を、生徒自身がこの課題に結びつけようとした例といえる。

一方で、本実践はプロトタイプであり、活動ログや試行回数を定量的に収集する設計にはなっていなかった。そのため、「試行回数が多いほど精度が高い」といった結論を統計的に示す段階にはない。しかし、観察上は、早く実行し、データを取り、分析して計画を更新したグループほど、改良の方向性が明確になりやすかった。このことは、情報IIにおける課題解決型学習を設計する際、Data フェーズへの到

達タイミングを授業設計上の重要な観点として扱う必要性を示している。

本格実施に向けた授業改善の視点

本格実施に向けて、改善すべき点は大きく3つある。第1に、PPDACサイクルの過程を可視化するワークを導入することである。ただし、記録が目的化すると活動が重くなる。そこで、課題、仮説、変更したパラメータ、停止距離、気づき、次に試すことを1行で記録できる簡潔な形式が望ましい。これにより、生徒は自分たちが今どのフェーズにいるのかを確認しやすくなる。2026年度は生徒がPCで簡単に記録が行え、教師が各グループの記録を学習ログとして観察できるよう設計した自作アプリを活用して検証する予定である(図-3)。

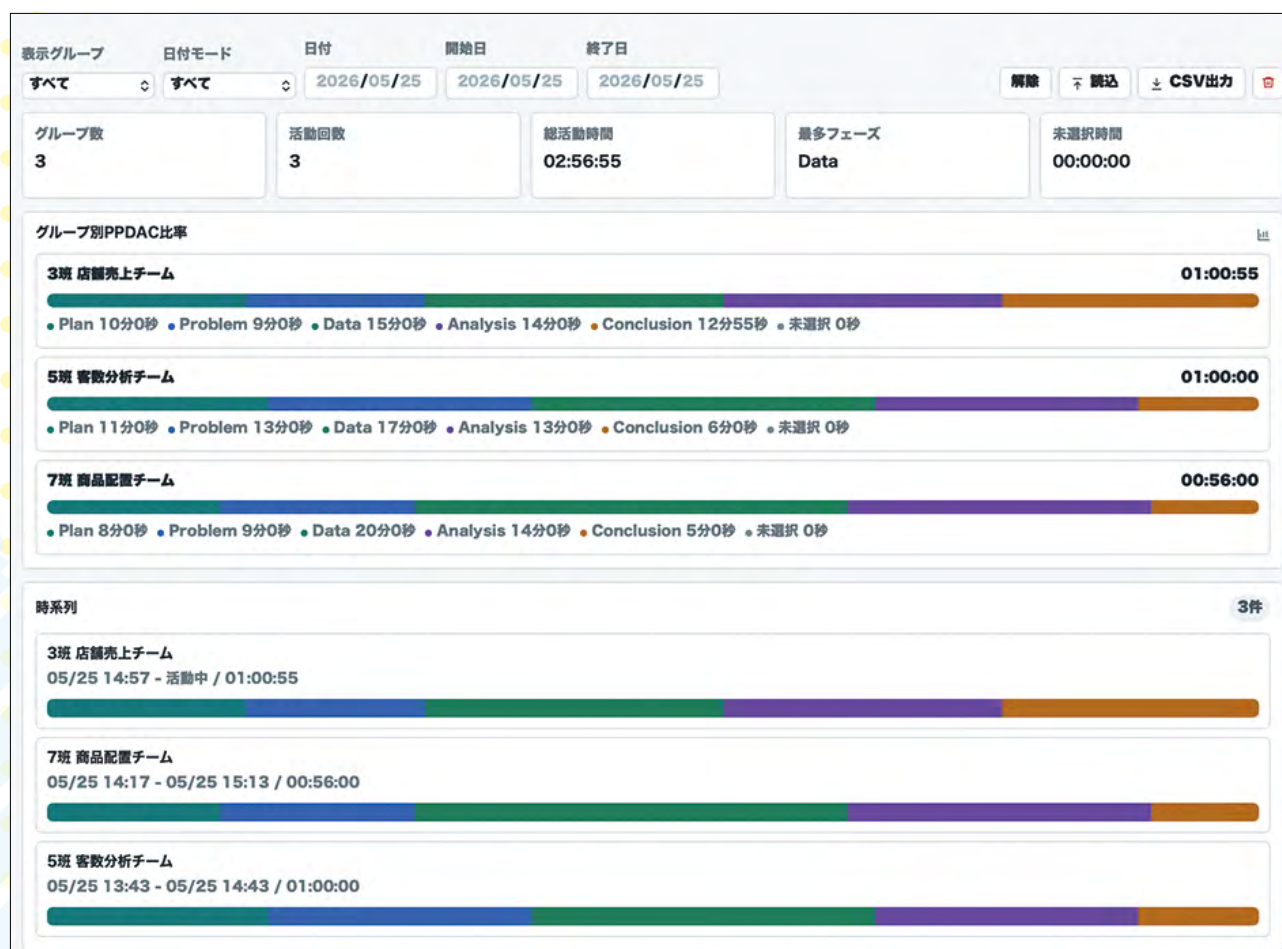


図-3 PPDACの過程を可視化するアプリ（教師画面）

第2に、試行回数とデータの扱いを授業条件に組み込むことである。たとえば、「同じ条件で3回以上測定し、そのばらつきを確認してから次の変更を行う」といったルールを設けると、偶然うまく止まった1回に依存しにくくなる。平均値、中央値、最頻値、散布図、回帰直線などを扱う余地も生まれる。これにより、数学Iや情報Iで学んだデータ分析の内容が、単元を越えて活用される。

第3に、評価指標を精度だけにしないことである。停止距離だけを競うと、極端な低速走行が有利になる場合がある。現実の課題では、精度、時間、安定性、安全性など複数の条件を同時に満たすことが求められる。授業でも、停止距離と実行時間の両方を測る、条件を変えた複数回の実行で安定性を見るなど、評価指標を少し複合化することで、より現実的な問題解決に近づけられる。

本実践を通して、ロボットを使うこと自体が目的ではなく、現実の対象から得られるデータをもとにプログラムを改善することが、情報IIの授業として重要であると感じた。生徒にとって、センサ値のばらつきや停止位置のずれは、一見すると「うまくいかない原因」である。しかし、授業設計の中では、それらは問題を深く考えるための教材になる。誤差があるからこそデータを取る必要があり、データがあるからこそ根拠をもってプログラムを改良できる。

情報の授業では、正しい答えを速く出すことだけ

でなく、条件が揺らぐ場面でどのように判断するかを扱うことができる。プログラミング、データサイエンス、探究的な学びをつなぐ実践として、このような課題解決型学習には大きな可能性がある。今後は、試行回数や活動ログを含めたデータを蓄積し、生徒がどのようにPPDACサイクルを回しているのかをより具体的に捉えながら、授業モデルとして洗練させていきたい。

参考文献

- 1) 文部科学省：高等学校学習指導要領（平成30年告示）解説情報編（2018）。
- 2) 深澤弘美，櫻井尚子，和泉志津恵：統計的探究プロセスとその評価，統計数理，Vol.66，No.1，pp.15-36（2018）。
- 3) Wild, C. J. and Pfannkuch, M. : Statistical Thinking in Empirical Enquiry, International Statistical Review, Vol.67, No.3, pp.223-265（1999）。
- 4) 川田浩登，伊藤陽介：人型ロボットを用いた中学校技術の計測・制御学習における班の人数による学習効果の違い，日本産業技術教育学会誌，第59巻，第4号，pp.281-288（2017）。
- 5) 安田慎吾，山田哲也，伊藤陽介，阪東哲也，曾根直人，藤原伸彦，長野仁志：中学校技術・家庭科（技術分野）におけるPythonを用いた計測・制御システムのプログラミング環境の構築と利用，鳴門教育大学情報教育ジャーナル，No.18，pp.31-35（2021）。
- 6) (株) アフレル：レゴエデュケーション SPIKE プライム Python プログラミングブック（2023）。

（2026年5月26日受付）



増井貴明（正会員）
t-masui@hibari.ed.jp

雲雀丘学園中学校・高等学校数学科・情報科・探究科教諭。2024年に情報科免許を取得し、中等数学教育とICTの効果的活用を研究の主軸に置きつつ、情報教育、データサイエンス教育にも取り組んでいる。修士（理学）。