

## プログラミング教育とPBLの融合：ISEC-SET ～プログラミングを用いた創造活動をいかに支援するか～

京都市立西京高等学校教諭 藤岡 健史

### 1. はじめに

2013年6月に発表された政府の成長戦略<sup>[1]</sup>では「義務教育段階からのプログラミング教育等のIT教育を推進する」と明記され、高等学校においてもその有効なカリキュラムや学習環境作りが急務となっている。しかしながら、高校教科情報の「情報の科学」は「社会と情報」に比べて履修率が低く<sup>[2][3]</sup>、現状ではプログラミングを全く経験しないまま高校を卒業することも多い<sup>[4]</sup>。

筆者は、高等学校の情報科学教育を研究対象として、プログラミング教育とPBL（問題解決学習）を有機的に統合した新しいモデルカリキュラムISEC-SET（Information Science Education Curriculum based on PBL with Squeak Etoys）を開発し、2003年から実践研究を続けてきた<sup>[5][6]</sup>。本カリキュラムの最大の特徴は、前半6ヶ月でプログラミングの基礎を習得した後、後半の6ヶ月で生徒自らが課題（研究テーマ）を設定してコンピュータシミュレーション等を用いてこの解決を行うPBLを導入している点である。その過程を論文

（研究レポート）にまとめ、ポスター形式で発表することが最終目標となっている。

本稿では、本モデルカリキュラムISEC-SETについて詳説し、これまでの研究成果をまとめる。そして、これまでの実践をふまえて現在開発中である新たなプログラミング学習環境「ますめ」について紹介する。

### 2. カリキュラムISEC-SET

ISEC-SETの流れを図1に示す。

ISEC-SETの前半では、オリジナル教材を用いてSqueak EtoysとExcel VBAのプログラミングの基礎を実習形式で習得する（図2）。この教材では、プログラミング初学者でもプログラミングを用いた問題解決の体験をしながらモデル化とシ

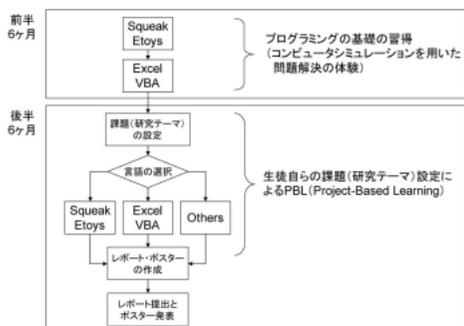


図1 ISEC-SETの流れ

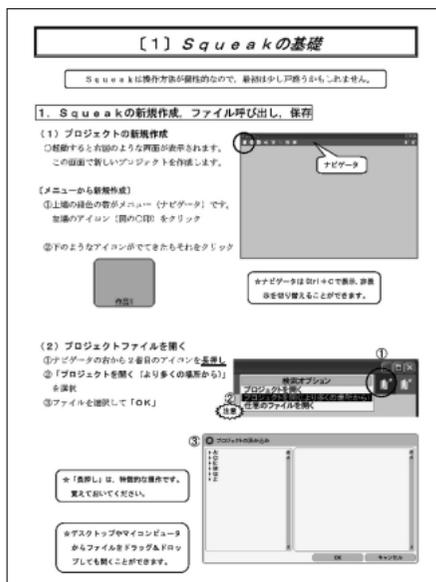


図2 テキストの一部（Squeak Etoysの基礎）

表1 ISEC-SET前半の内容

項目	学習目標	内容	コマ数
前半-1	Squeak Etoysプログラミングの基礎	(1) Squeak Etoysの基本操作の習得 (オブジェクト・ハロ・ビューワ・タイルプログラミング等)	2
前半-2		(2) モンテカルロシミュレーションによる円周率 $\pi$ の計算	2
前半-3	Excel VBAプログラミングの基礎	(3) VBAマクロの基本	4
前半-4		(4) モンテカルロシミュレーションによる円周率 $\pi$ の計算	2
前半-5		(5) クラス会幹事があらかじめ用意すべき釣り銭枚数を求めるシミュレーション	2
前半-6		(6) レポートの作成	2
前半-7	Excel VBAを用いたシミュレーションによる問題解決プロセスの体験	(7) かぜの感染シミュレーション	4
前半-8		(8) レポートの作成	2

表2 ISEC-SET後半の内容

項目	学習目標	内容	教員のサポート	コマ数
後半-1	明確な問題意識を持つ	以下の内容についてディスカッション 1. 研究の背景と目的 ・研究の動機、背景 ・何をどこまで明らかにしたいか ・どんな要求分析をもとに何を作りたいか 2. 手法 ・どのような手法で明らかにするか ・どのような手法で設計・実装するか	・議論の促進と整理 ・誤った内容の訂正	6
	分野の調査を行う			
後半-1	解決可能な課題を設定	中間報告会 以下の内容を発表し、相互評価を行う 1. 研究背景と目的 2. 手法 3. 今後の予定	・評価 ・質疑、コメント	2
	適切な手法を選択			
後半-2	研究計画の作成	モデル化 プログラムの設計・実装	・進捗管理 ・質問対応	6
	課題設定のまとめ			
後半-2	課題解決の中間まとめ	研究経過報告会 以下の内容を発表し、相互評価を行う 1. 研究背景と目的 2. 手法 3. プロトタイプのデモ(結果と考察) 4. まとめと今後の課題	・評価 ・質疑、コメント	2
	研究の実施(後半)	プログラムの改良 シミュレーション及びその結果の考察	・進捗管理 ・質問対応	6
後半-3	研究成果をまとめる	レポートの作成 ポスターの作成	・添削指導	6
	研究成果を発表する	最終成果報告会(ポスター発表) 以下の内容を発表し、レポートを提出 1. 研究背景と目的 2. 手法 3. 結果と考察 4. まとめと今後の課題	・評価 ・質疑、コメント	2

ミュレーションの基礎を習得できる内容となっている(表1)。

ISEC-SET後半では、生徒自らが課題(研究テーマ)を設定するPBLを行う。ここでは、教員はサポート役となり、適宜面談やディスカッションを通して生徒のプロジェクト管理を行い、主体的

な活動を支援する(表2)。

### 3. これまでの実践結果

2007~10年度の授業実践において、ISEC-SET後半の終了後に生徒アンケートを実施した(図3)。その結果、約7割の生徒が後半のPBLでつまずき、苦勞していることが明らかとなった<sup>[7]</sup>。

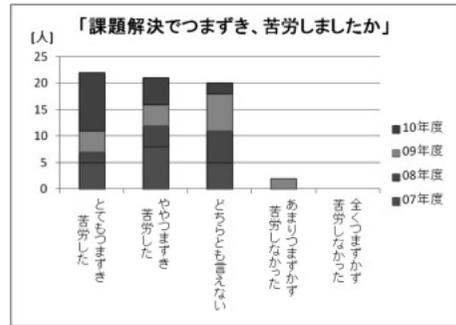


図3 後半のPBLに関する生徒アンケートの結果

#### 3-1 PBL作品集による支援

前述のアンケート結果を受け、[8]では生徒の課題設定をサポートするために過去の生徒の成果物やラーニングポートフォリオを収録した「PBL作品集」を作成した。「PBL作品集」には次のものを収録している。

##### ●過去の授業実践における生徒の成果物

- ・研究レポート(図4)
- ・Squeak Etoysの作品ファイル
- ・Excel VBAの作品ファイル
- ・発表用のポスター(図5)

##### ●研究の過程を記述したラーニングポートフォリオ(ワークシートや中間報告会のレジュメ等)(表3)

##### ●研究作品のサンプルファイル(教員作成)

これまでの授業実践では、自分が適切な課題を設定できているかどうかを生徒が判断できず、難易度の高すぎるテーマを選んでしまう傾向があった。そこで、生徒に課題設定の期間にこの「PBL作品集」を参照するように指導し、適切な課題の難易度を理解してPBLのゴールまでの具体的なイメージを持たせるようにした。

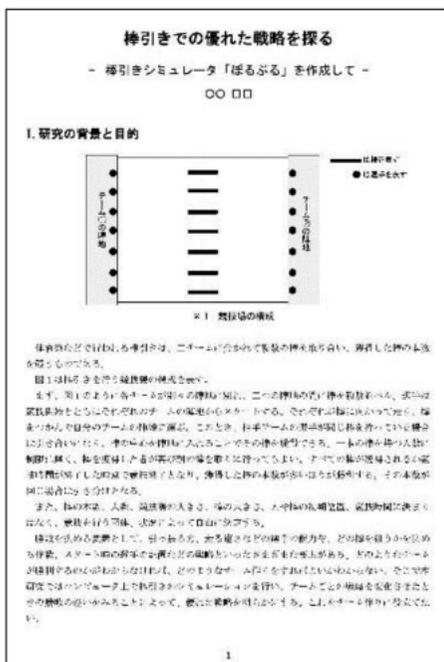


図4 研究レポートの例



図5 発表用のポスターの例（発表会時の写真）

### 3-2 新たなプログラミング実行環境による支援：「ますめ」

これまでのISEC-SETの授業実践では生徒のつまりぎに教師が個別に対応していくには限界があるなど、一斉授業における諸課題が明らかになっ

表3 ラーニングポートフォリオの例  
(生徒の記述をそのまま抜粋)

**課題設定までの過程**  
春休みにいくつか案を出すすがどれもしっくりこない。授業で一度、みんなで案を発表しあって、それでもしっくりこない。その後、突如、棒引きを思いつく。しっくりきた。考えていく上で、興味、難易度的にもかなりいいテーマだと思い、決定。

**課題決定後、研究レポートを書き上げるまでの過程**  
プログラムの作成にあたり、方法を紙上で考えていく、ある程度考えたところで、1人対1人、棒1本のかかなり簡易版を作成。紙上で方法を考えていきながら、プログラムもどんどん付け加えていく作業。人を複数にする。棒を複数にする。人と棒の動き方を設定する。どんな作戦があるかを考え、モデル化、プログラミング。出力シートを作成、棒の動きを観察可能に。観察用に人の動きも出力可能に。出力シートを基に、プログラムのあら探し。これでプログラムはかなり改善。約400行のプログラムとそれを用いたシミュレータが完成。ここで相当な達成感を得る。実際にどのような条件でシミュレーションを行うのか考える。実際にシミュレーションを行う。研究レポートを書く。一通り書いた後、ちょくちょく修正を加えていく。



図6 「ますめ」の実行画面

ていた。そこで筆者らは、初学者向けのウェブベースの教育用プログラミング実行環境「ますめ」(図6)<sup>[9]</sup>を2011年度から開発している。

#### 3-2-1 概要

「ますめ」は問題解決のプロセスの一つである「モデル化とシミュレーション」を効果的に学習できるように設計されたプログラミング学習環境である。Squeak Etoysのようなビジュアルベースのプログラミングを経験した学習者がより実践的なテキストベースのプログラミング環境にスムーズに移行できる環境を目指している。

#### 3-2-2 Action Streamsによる学習活動の記録

「ますめ」の最大の特徴は、学習者のPC上での操作ログをできるだけ詳細に記録・蓄積し、これ

らを効果的に再利用することである。この記録を Action Streams (表4) と呼ぶ。Action Streams では、マウスのクリック操作によるセルの選択やキーボード入力によるテキストエリアの内容更新、ボタンクリックによる実行やリセットなどの処理がすべて記録対象となる。学習者の操作によって発生したイベントから呼び出されるこれらのイベントハンドラの実行をAction Streamsの形で記録することで学習者の学習活動プロセスを再構成することが可能となっている(逐次再生機能)。

表4 Action Streams

項目	内容
time	イベントの発生時刻
func	イベントによって実行されたイベントハンドラ 〔セルなどをクリックして選択〕〔キーボード押下による入力〕〔ステップ実行ボタンをクリック〕等)
path	イベントの実行対象となるthisオブジェクト (ボタンやセル等のGUIオブジェクト)
args	イベントハンドラの引数

このように粒度を最大限にまで細かくしたローカルの操作ログ (Action Streams) を扱うことで逐次再生機能を実現できている。この機能を用いることによって、生徒自身は前回の授業内容を自ら復習しながら次の応用課題に取り組むことができる。プログラミングを用いた創造活動では生徒が自ら主体的にPBLを進めていくことが求められるため、このようにして詳細に学習プロセスを振り返ることを目的としたAction Streamsの有効性は大変大きい。

一方、授業中に教師が生徒のAction Streamsをチェックして課題達成度をリアルタイムに把握することも重要である。これは言わば教師が授業中に机間巡視をするようなものであり、生徒が今何をしているか/課題を着実に達成できているか/つまづいていないか等を的確に把握することで

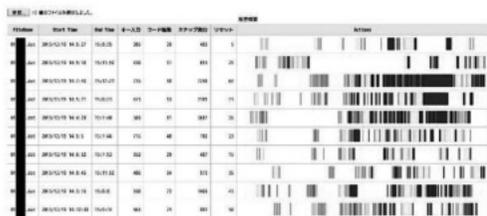


図7 Action Streamsのリアルタイム表示 (実装中)

一斉授業を効果的に支援できる。この機能は現在開発途中であり(図7), 評価は今後の課題である。

#### 4. おわりに

今後、プログラミング教育の重要性がますます増大することは容易に想像できる。これまで筆者はISEC-SETや「ますめ」の実践研究を通じてプログラミングを用いた生徒の創造活動をいかに効果的に支援するかについて考察してきた。

単にプログラミングを経験させるだけでは本質的な情報教育とは全く言えない。これからも効果的なモデルカリキュラムの構築と適切なプログラミング学習環境の実現を目指し、実践研究を重ねていく。

#### 参考文献

- [1] 成長戦略, 産業競争力会議, <http://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/skkaigi/dai11/siryou1-1.pdf>
- [2] 山本真司:『キミのミライ発見』、『みらいぶ』～民間の教育機関から高校の情報教育のために, 情報処理 Vol.54 No.8 Aug.2013
- [3] 平成26年度使用都立高等学校及び中等教育学校(後期課程)用教科書教科別採択結果: <http://www.metro.tokyo.jp/INET/OSHIRASE/2013/08/DATA/20n8m300.pdf>
- [4] 東京大学大学院総合文化研究科・教養学部情報研究棟, 高等学校普通教科「情報」の履修等状況調査アンケート結果(2014年度): <http://www.edu.c.u-tokyo.ac.jp/edu/result/result14.pdf>
- [5] 藤岡健史, 高田秀志, 岩井原瑞穂: 高等学校におけるSqueakを用いた課題解決型情報教育の実践と評価, 日本教育工学会論文誌, 28巻Suppl., 2005, pp.140-144, 2005.
- [6] Fujioka, T., Takada, H., and Kita, H.: What Does Squeak Provide Students with? -- A Comparative Study of Squeak eToys and Excel VBA as Tools for Problem-Solving Learning in High School--, The Fourth International Conference on Creating, Connecting and Collaborating through Computing, IEEE Computer Society Press, 2006.
- [7] 藤岡健史: Squeak Etoyを用いたPBLカリキュラムの経年評価—4年間の授業実践の分析から—, 日本情報科教育学会誌(第2号), 2009.
- [8] 藤岡健史: 高校情報科学教育における「PBL作品集」の可能性—カリキュラムISEC-SETへの導入とその効果—, 平成22年度情報教育研究集会講演論文集, pp.407-410, 2010.
- [9] 荻野哲男, 藤岡健史: 教育用プログラミング実行環境「ますめ」の設計と実装, 情報処理学会コンピュータと教育研究会117回研究発表会, Dec.8-9, 2012.