

グリッドコンピューティングを用いた問題解決能力の育成

関西学院高等部	関西学院大学	大阪大学	元前橋工科大学
丹羽 時彦 大藤 泰生	雄山 真弓 高田 茂樹	白旗 慎吾	神沼 靖子
安田 貢一 谷 三栄			
日本IBM株式会社	日立システムアンドサービス	株式会社メディアプラス	
濱田 正彦 小出 理史 石川 公基	田中 一義 猪川 徳信		金沢 勇
根岸 史季 浅沼 良治 濱崎 俊	中垣 智宏		

この報告は、2004年度から3年間にわたり実施されている文科省「IT人材育成プロジェクト」において、川合 慧先生(東京大学)、松田 稔樹先生(東京工業大学)の指導のもとに行われた取り組みである。全日制普通科1年生全員を対象とし、ミニマム・エッセンシャルな知識を習得後、それを利用し、与えられた問題をいかに解決していけばよいか、問題解決能力の育成を目的としている。また、この教育の汎用性を考慮し、このような取り組みが他校でも実現できるものとしているところが特徴である。

1. はじめに

教科「情報」で学ぶ内容の重要性は益々高くなり、ただ単に一教科の知識にとどまらず、より多くの教科と連携し、活用されるようになるであろう。そこで、習得した内容をシミュレーションによって具現化していく授業展開をとることにした。その教材にレジ問題を取り上げ、徐々にグリッドコンピューティングの概念の理解と、その考察を深めていくカリキュラムとなっている。ここでは、単に知識の習得を行なうだけではなく、その知識を応用し、自ら考え自ら判断し、実行することができる人材を育成することを根拠に据えたプロジェクトとして取り組んでいる。

そこで、このプロジェクトは、「情報B」の問題解決、シミュレーションを基盤におき、身近にある問題を教材としながら、自ら問題を解決する能力の育成を目指している。また、この教育活動は、汎用性を重視し、どの学校でも利用することができるように配慮した。

最初に、少し概念的なことになるが、この教育活動の目的を述べる。それは、第15期中央教育審議会の第一次答申(1996(平成8)年7月「21世紀を展望した我が国の教育の在り方について」)

にある「生きる力」を身につけることである。ここで、「生きる力」とは、

我々はこれからの子供たちに必要とするものは、いかに社会が変化しようと、自分で課題を見つけ、自ら学び、自ら考え、主体的に判断し、行動し、よりよく問題を解決する資源や能力であり、また、自ら律しつつ、他人とともに協調し、他人を思いやる心や感動する心など、豊かな人間性であると考えた。たくましく生きるための健康や体力が不可欠であることは言うまでもない。我々は、こうした資質や能力を、変化の激しいこれからの社会を「生きる力」と称することとし、これからバランスよく育てていくことが重要であると考えた。

と定義されているものである。この崇高な目的を実現させるため、生徒がコンピュータを社会生活に生かしていく能力のミニマム・エッセンシャルを習得後(主知主義カリキュラム)、この授業形態を探求的学習(経験主義カリキュラム)と位置づけ、デュニーの提唱する問題解決学習やブルーナーの提唱する発見学習を基調とする学習形態をとることにした。

探求的学習(問題解決学習)とは、

- ① 困難の漠然たる自覚
- ② その困難点を明確にし、何が問題であるかをはっきりさせる
- ③ その問題の解決のための仮説を思いつく
- ④ 思いついた仮説を推論によって吟味する
- ⑤ ④の吟味で生き残った仮説を、さらに進んだ観察や実験・行動によって検証してみる

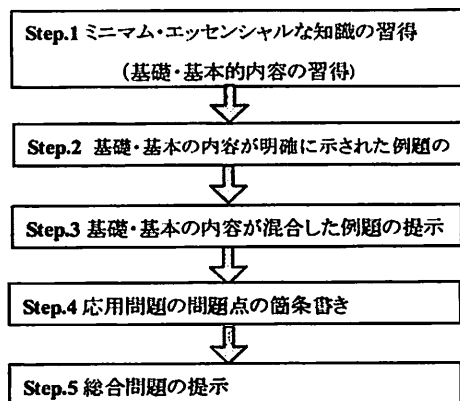
という骨格を持つ。この学習方法は、生徒の自主的な問題解決の能力を高めることにある。そして、さらにこの能力を持つことにより、身の回りに起こる経験から、さらに、それを超えた新しい経験にも対処することができる能力の習得を目指す、すなわち、学問・文化の基本構造を学習内容とすることが発見学習であるといえる。若干の相違はあるが、両者は基本的には類似している。

この考え方を基盤に、私たちは、①を問題観察能力、②を問題形成能力、③と④を問題解決能力、⑤を現場における評価(他の事象にいかに対応することが可能であるか、生徒自身による評価)と捉え、この思考過程を高校教科「情報」に生かそうと考えた。すなわち、情報教育(表計算とC言語)の基礎・基本的教養(ミニマム・エッセンシャル)の学習を行った後、「問題を自らの力でいかに解決していく」までの一連の項目を習得するだけでなく、この思考の過程自体を習得することを目的としている。また、グリッドコンピューティングにおいて、身近に起こるレジ問題を例に取り上げ、その問題を通して、グリッドコンピューティングの概念にたどり着くカリキュラムを作成した。

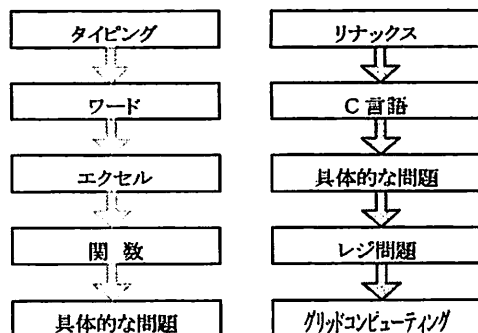
2. カリキュラムの構築

探求的学習法の手順自体を習得させるため、この流れを基本に、表計算ソフト、および、C言語やグリッドコンピューティングを利用し、具体的な事象に取り組む流れが継承できるカリキュラムを構築した。

○教授方法の流れ



を教授の流れとする。この考え方をもとに、具体的な教材を、



に精選した。エクセルでは、基礎・基本的内容を元に、身近におこる問題を取り上げる。それで学習した内容を、Linux を用いた C 言語プログラミングは、エクセルで学習した一行プログラミング(条件文、オートフィルなど)と関連付けて学習し、これも最小必要限度の内容を元にプログラムを製作する。最小必要限度の道具と材料だけを与えることにより、与えられた製作課題または自分で見つけた課題を解いていこうという手法である。次に、内容のあらずじに関し述べることにする。

3. エクセルを用いた問題解決学習

エクセルを用いた問題解決学習の具体的な授業内容を紹介する。この単元は、一学期にその基本操作「オートフィル」、「コピー・貼り付け」、「SUM 関数、AVERAGE 関数」などを学習していることを仮定している。そのような状況の下、以下の項目を新たに学習する。

○金種計算編

Step.1

【新しく登場する関数にニマ・イベントル】

IF 関数, RAND 関数, INT 関数, インクリメント

Step.2

IF 関数と RAND 関数を用いたじゃんけんゲームプログラミングを製作する。ここでは、一行プログラミングを中心とした、単純で明快な教材製作を行なう。

Step.3

利用する関数や数式は、今まで学習した内容に限

〈レシートの内容〉	
お買い上げ金額	12,150
消費税(5%)	607
お支払い金額	12,757
お預かり金額	13,000
お釣り	243

図 1

定し, Step.2 をもとに, お釣り計算プログラムを作成する。すなわち, 購入した金額と支払う金額を入力すると, 消費税と税込みの金額が表示され, 最後に, お釣りが表示されるプログラム(図 1 参照)である。

Step.4

次に, このプログラムの拡張を考察させる。もし, 入力ミスがあり, 預かり金額が支払い金額より少なかったような場合など, 生徒各自に例外を考えさせて, それにも耐えうるようなプログラムの作成を行なわせる。

Step.5

また, それもできた生徒には, 金種計算プログラムを製作させる。金種計算とは, お釣りの内訳を意味し, どの金種をどれだけ返却すればよいか, 表にすることである(図 2

〈お釣りの内訳〉	
金種	枚数
5,000	0
1,000	0
500	0
100	2
50	0
10	4
5	0
1	3

図 2

参照)。このプログラムに関しても, 考えられる例外に対し対処するように考察させる。

○バイオリズム編

Step.1

- 生きてきた日数を表示させる:(TODAY()関数, DATEDIF()関数)
- 体の周期の紹介:身体 23 日, 感情 28 日, 知性 33 日
- MOD()関数の紹介

Step.2

それぞれの関数を利用し,

生まれた日	本日	生きてきた日数	生まれた曜日
1956/5/18	2006/7/10	18315	金曜日

図 3

を表示させる(図3参照)。

Step.3

このことを利用し, バイオリズムの表を作成させる。

Step.4

次に, 表をより分かりやすく表示するため, グラフを製作させる(図4参照)。

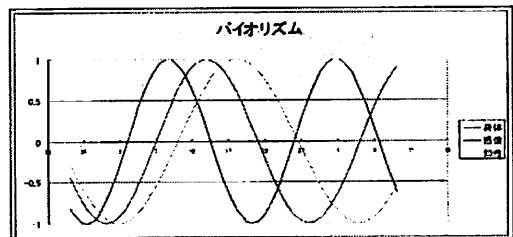


図 4

○円周率編

Step.1

割合を用いて, 確率を求める考え方の代わりに, 確率を求めることにより割合を求めることができることを, 「放課後の数学」のシミュレーションを利用することにより学習する。この考え方を利用し, 一

辺2の正方形に描かれた円に、点を発生させ、

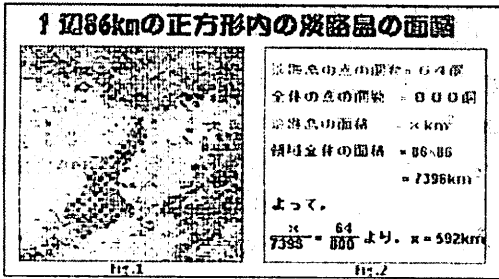


図 5

いくつの点が円内に発生したか判定させることにより、正方形に対する円の割合を求めることが可能であることを理解させる。

Step.2～Step.5 まで、詳しい指示が無い状態で円周率をシミュレーションして求めるプログラムを作成する(図6参照)。

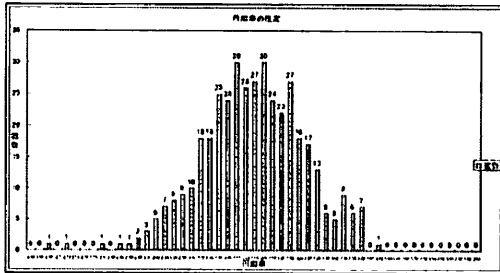


図 6

4. C 言語を用いた問題解決学習

【新しく登場する内容(ニマム・イッセンヤル)】

この単元で学習する内容は、

- ① ターミナルの起動方法
- ② gedit を用いたプログラムの記入方法と、保存方法およびコンパイル方法
- ③ 実行ファイルの起動方法
printf()関数、printf()関数の書式指定、変数の説明、演算子、if 文(else if、else)、for 文、do while 文、scanf()関数、rand()関数、srand()関数

である。これらの基礎知識を用いて、以下の例題に取り組む。

○カレンダーの製作

図7のようなカレンダーを製作する。

sriduser@rensuu3						
2005 SEPTEMBER						
Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31

図 7

Step.1

この単元に関しては、基本的な操作は、履修済みとして Step.2～始めることとする。

Step.2

最初に、1行目と2行目を入力するプログラムを作成する。

Step.3

7日周期をいかに工夫して出力すればよいのか、考察させる。

Step.4

Step.3 の拡張をどのようにすると良いかを、考察させる。

Step.5

日付と曜日を外部入力することにより、その月のカレンダーが表示されるプログラムを作成する(生徒はこのレベルまで作成したのは、想定範囲外であった)。

○和と解を表示させるプログラムの作成

図8のように、ある数値を入力すると、その数値までの式と和を表示するプログラムを作成する。

```
いくつまでの和を求めますか? 13
1+2+3+4+5+6+7+8+9+10+11+12+13 91
```

図 8

Step.1

変数に関して簡単な例題を紹介する。そのあと、和を求める基礎的な例題を習得する。

Step.2

外部入力数値を固定し、式を表示することを考える。

Step.3

何が問題か、箇条書きにして問題点を明らかにする。外部入力すると、その数値までが表示されるまで拡張する。

Step.4

和を求めるプログラムを作成する。

Step.5

表示形式など見やすく出力するにはどうすればよいか、入力ミスに対する対応などを考察させる。

○二元一次連立方程式の解法

二元一次連立方程式、

$$\begin{cases} x + 2y = 10 \\ 3x + dy = 12 \end{cases}$$

において、未定定数 d が与えられたとき、解が表示されるプログラムを作成する。

この問題は課題とし、図9, 10 は生徒の作品で

ある。図 10 の未定定数は 4 つあり、しかも、例外処理が施されていたのには驚いた。

```

x + 2y = 10
3x + dy = 12
未定数dを入力して下さい。文字を入力するとd=0とします。
異常に大きな数字を入力しないで下さい。
4
[否] x = -8.00
      y = 9.00
[式] -8.00 + 2 * 9.00 = 10.00
      3 * -8.00 + 4.00 * 9.00 = 12.00
    
```

図 9

```

x + 2y = 10
3x + dy = 12
未定数dを入力して下さい。文字を入力するとd=0とします。
異常に大きな数字を入力しないで下さい。
4
[否] x = -8.00
      y = 9.00
[式] -8.00 + 2 * 9.00 = 10.00
      3 * -8.00 + 4.00 * 9.00 = 12.00
    
```

図 10

すなわち、解が無いような場合があるので、その場合解なしと表示されるものとなっている。

5. グリッドコンピューティングを用いた問題解決学習

スーパーで会計を済まそうとすると、どのレジに並べばよいか迷うことがある。すいているからと並んだものの、「隣の混んでいる列の方が、早く会計を済ませることができた！」と言う場合を想定し、その状況をパソコンに置き換え考察していくことがねらいである。下の表は、それを簡単に比較したものである。

レジ問題	パソコン問題
今、スーパーにレジが 3 つあり、それらは全て稼働していて、精算を待つ(それぞれの列は 0 人で、並んでいない)客が 5 人いると仮定する。このとき、下記の考察の利点と欠点を挙げ、どのようにその客を配分するか考察せよ。	今、パソコンが 3 台あり、それらは全て稼働していて、処理を行ないたいジョブが 5 つあると仮定する。このとき、下記の考察の利点と欠点を挙げ、あなたならどのようにそのジョブを配分していくか考察せよ。
[考察 1] 来た客から、1人ずつ手前のレジから順にレジへ分ける。	[考察 1] ジョブを、1つずつ順に適当なパソコンへ投げ与える。
[考察2]	[考察2]

<p>多くの銀行などで利用されている様式で、全員一列に並べ、精算が終了すれば、次の客はその終了したレジへ行って精算を行う。</p> <p>[考察3]</p> <p>レジを打つ店員の経験により処理能力が異なるため、各人の処理速度を計測し、その能力に応じて客を配分する。</p>	<p>多くの銀行などで利用されている様式で、一ずつ、ジョブが終了するのを待って、次のジョブを投げ与える。</p> <p>[考察3]</p> <p>パソコンの処理能力が異なるため、各パソコンの処理速度を計測し、その能力に応じて与えられたジョブに適したパソコンへ配分する。</p>
---	--

パソコン上でシミュレーションを行なうとき、
購入物の量に対し計算式、
レジの処理時間に四則演算の処理スピード
 を対応させる。1つのグループは6台のnodeからなるパソコンから形成され、それぞれ、四則演算に特徴を持たせたとき(加算1秒、減算3秒、除算3秒、乗算4秒など)、下記に示す10題の問題をどのように振り分けると良いかという問題に置き換えてグループで考察を行い、グループ発表する。

- (1) $23+43/3-9$
- (2) $12*8-9$
-
- (8) $25-98/75/28+65*(124*987+85/5)$
- (9) $12-98*78/120+32-(34+8)/9$
- (10) $14/75*95-65+32/52$

次に、これをオートマティックに配分するため、C言語で配分するプログラムを作成させる。このとき利用するソフトは、レジ問題だけに対応するソフトで、利用するコマンドは主に if 文となっている。それは、プログラムを作成することに重点を置いたのではなく、あくまで、どのような考えのもとにそれぞれの式をどの node へ配信したのかを重視しているからである。

○グリッドコンピューティングの実践的利用例

そのような考え方を、高速に振り分けていく実践例を具体的に数台のパソコンに負荷をかけ、どのパソコンで計算されて帰ってくるのか具体的なアプリケーションを用いて、生徒に体験させる。

6. 実践報告
○生徒による自己評価に関する考察

6月29日						
授業	キーワード	レベル1	レベル2	レベル3	レベル4	レベル5
授業	主に教科書と資料	全く理解できていない	少し理解できているが、分からないところがある	理解できているが、細かい部分で分からないところがある	よく理解できているが、細かい部分で分からないところがある	完全に理解できている
				○		
				◎		
					○	
					○	
					○	
			○			
			○			

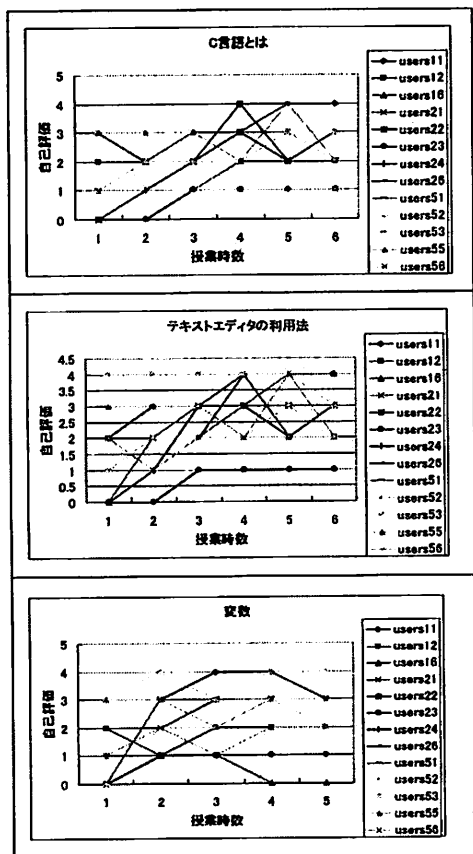
図 11

昨年より、3年生の選択生に対し先行し、このような授業を行なっている。2学期より、本体である1年生全員310名に対しグリッドの授業を行なう。今年度3年生はC言語まで終了したが、今回、授業ごとに授業目標を設定し、授業において分かりにくかった点を書かせ、また、キーワードを表記し、どの程度理解できたか自己評価を記載させた。

キーワードは、「C言語とは」、「テキストエディタの利用方法」、「実行ファイル作成の過程」、「プログラムの概略」、「書式指定」、「変数」、「IF文」、「scanf(),gets()」、「問題形成→問題解決」の9つとし、5段階の自己評価を6回の授業で行なった。

この9つのキーワードは、各授業において、授業目標となるような者を任意に選出したにもかかわらず、生徒の自己評価の結果をグラフにすると、
 (1) 授業ごとに自己評価が揺らいでいるグラフ
 (2) 授業ごとに右上がり(確実に習得)のグラフ
 (3) ある授業において、右上がり(確実に習得)と右下がり(理解が浅くなる)のグラフ

と言う 3 種類のグラフに分類された。それを、キーワードごとに対応させると、



【揺らいでいるグラフ】

C 言語とは, 問題形成→問題解決

【右上がりのグラフ】

テキストエディタの利用方法, 実行ファイル作成の過程, 書式指定

【分岐が見られるグラフ】

プログラムの概略, 変数, IF 文, scanf(), gets()

に分けられた。これを、内容から推測すると、揺らいでいるグラフは概念的項目、右上がりのグラフは訓練的項目、分岐が見られるグラフは内容的項目であるように考えられる。

概念的項目は授業ごとに生徒は理解したと感じたり、理解できないと感じたりしている。これは、概念的項目は訓練的項目と内容的項目から評価を受けるためであると考えられる。つまり、訓練的項目は理解できても内容的項目が理解できないような場合、自己評価はそれに引きずられてしまうことが原因であると言えよう。

訓練的項目では、授業を行なう度に理解を深めていっていることが分かる。それに対し、内容的項目では、2回目または3回目で理解できる者と、理解できない者との2種類に分かれていくことが分かる。3つのカテゴリーのうち最も着目すべき項目は、内容的項目であることを考えると、授業開始後の2回目または3回目でその項目に対する評価の分岐が始まると言えるので、その時期は特に注意を要する時期であることが理解できる。

○ グリッドコンピューティングを用いたレジ問題

この問題を行なう前に、図12を用いて、グループ討論の訓練を行なう。図12は長方形のチョコレート



図 12

ートに、丸く切り取られた円が空いたものである。これを、2人の兄弟に等分に分けるとき、どこへ直線を引けばよいか、と言う討論をさせる。自分が理解できても、他者が理解できなければいけないことに気をつけさせるためである。いかに、自分の意見をうまく人に伝えることができるか、表現することができるか、グループで発表させ、クラス全体で発表させる。

その訓練の後、「レジ問題」に取り組ませる。生徒は、現実の「レジ問題」を理解することに時間は比較的にかからなかったが、その問題をパソコンの問題へ置き換えたとき、何が問題であるのか、何をすべきなのか、と言うことを理解するのに時間がかかった。

しかし、時間と共に問題を理解する深さが深まっていき、最終的に、生徒の思考は2つの考え方

A. 全体の問題の情報を得た後、全体の処理速度が最速になるように振り分ける

B. 現在の系の持つ処理時間を参考に振り分ける

に収束した。A に関しては全検索を行なって、事前に待ち時間を計算後、どの問題をどのパソコンへ振り分けるかを決定するプログラムを作成した。中には、何度も試行錯誤を繰返すことにより解を導き出しているグループもあった。B に関しては、各パソコンに配信されているジョブの待ち時間を参考に、これから送ろうとしているジョブ時間を考慮し、全体の系が最も早く終了するように配信するようにプログラムを組んでいた。どちらの考え方が優れているのか、ということに関しても討論し合い、Aはどのような式か事前に情報を得ていなければ最速となる配信が不可能であるため、Bの配信方法が優れていると言う意見が多かった。

グリッドと言う考え方は、見る側面によって異なるが、現在の CPU の負荷を見ながらジョブを振り分けていくというものである。最後に、「レジ問題」において、列の空き具合と客の荷物の量を見ながら誘導すると言う考え方は、グリッドのジョブの配信の考え方と、とてもよく似た考え方であることに気づかせた。

この問題は、グループ討論と言う形で行なった。生徒の思考の様子から、本当に理解が深まり出したのは、始まって3時間ほど経ってからである。この間、教師が急いで考え方の手法を提示してはいけない。この時期が重要で、動機付けと問題理解を十分しておくこと、生徒は自らの力で歩み出すことができる。グリッドの授業を終えた感想を、いくつか紹介しておく(別添)。

7. さいごに

報告している内容は、今年度の1年生を対象とし、Word, Excel の基本的内容を終了した段階の

データである。Excel の関数部分とグリッドコンピューティングは、昨年度の3年生選抜生、及び、今年度3年生選抜生を対象としたものを報告した。2学期からは、人数も、学力も、意識も異なる1年生全員310名を対象に行なうには、いろいろな苦難もあると思うが、私たちが「情報」という教科を通して、最初に述べた、5段階の思考過程

- ① 困難の漠然たる自覚
- ② その困難点を明確にし、何が問題であるかはっきりさせる
- ③ その問題の解決のための仮説を思いつく
- ④ 思いついた仮説を推論によって吟味する
- ⑤ ④の吟味で生き残った仮説を、さらに進んだ観察や実験・行動によって検証してみる

と言う思考過程自体を習得することを目的としている。

Linux やグリッドの新しい環境やアプリケーションを用いるため、不安もある。しかし、この考え方を習得することにより、次の日本の社会を発展させる人材の育成に大きく寄与すると考えられるので、それを胸に秘め努力していきたいと考えている。