

## レジ待ち時間に関する探求型問題解決学習

文科省 IT 人材育成プログラム終了後 18 年間の取り組み

丹羽 時彦<sup>†</sup> 神沼靖子<sup>††</sup> 白旗慎吾<sup>†††</sup>

Tokihiko Niwa Yasuko Kaminuma Shingo Shirahata

## 1. はじめに

2004～2006 年度文科省「IT 人材育成プロジェクト」に採用され、それに基づいた情報教育を 20 年間行い、我々が行ってきた教育活動が生徒に対し、どのような教育効果、影響をもたらしたのか述べる。採用されたテーマの骨格を、2003 年施行の学習指導要領情報 B「問題解決と情報活用能力育成」とした。それは、1996 年中央教育審議会「21 世紀を展望した我が国の教育の在り方について(第一次答申)」に掲げられた、「生きる力」の習得に全て帰着する。

このテーマは、2007 年、2009 年、2018 年の大きな変革においても根源に据えられ、提言されている手法は異なるが、未来ある生徒に身に付けさせたい力であると考え。

そして、我々は、その「生きる力」に最も大きな影響を与える能力を、情報活用能力と位置づけ、その能力を「グリッドコンピューティングの概念を用いた探求型問題解決学習」を通し、18 年間に渡り教育活動を行ってきた。その成果と解析、そして問題点を報告する。

1 年生 380 名全員を対象に、1 学期タイピング・Word および情報倫理(座学)、2 学期 Excel(簡単なマクロ)、C 言語、そして、3 学期グリッドコンピューティングの概念を根底にしたレジ問題(12～14 時間)に取り組んだ。

## 2. グリッドコンピューティングとレジ問題

## 2.1 グリッドコンピューティング

グリッドコンピューティングは、多くの特徴の中で、**大きなタスクを、複数の node の CPU の余剰資源と動的に変化する状況を見ながら分散処理する**という概念を、レジで待つ客の待ち時間の短縮する問題に置き換え、そのためのルールを見つけ出し、コード化することを目的とする。

## 2.2 レジ問題への応用

グリッドコンピューティングの概念を、スーパーのレジ処理に適用する。多くの買い物客が精算のために複数のレジに並んでいる時、

**どの客をどのレジ係へ誘導すればよいか**

と問題提示を行う。

そこで、誘導係 1 名、レジ係 5 名、客を数式、客の購入物を数式内の演算子として問題形成(モデル化)し、シミュレーションを行う。授業では、1 クラス 6 人のグループ活動で、全員誘導係(head node)と位置づけ、一人一人に 5 台の node を割り当てる(数式を job と呼ぶ)。

例えば、図 1 の数式を図 3 のような四則演算処理速度が異なる 5 台の node(レジ係)を用いて、最速で全ての計算を終了する組み合わせを考察する。言い換えると、図 2 の演算子を含む数式があるとき、どの数式をどの node で計算

	node0	node1	node2	node3	node4
+	1	3	5	4	5
-	1	4	4	5	2
x	2	5	5	1	2
÷	3	6	1	2	2

図 1 node の処理速度

- ①  $1 + 2 + 3$
- ②  $4 + (5 - 6) * 7$
- ③  $8 / (9 - 10) + 11$
- ④  $2 - 3 + 4 * 5$
- ⑤  $(3 * 8 - 6) / 9$
- ⑥  $4 / (10 - 2 * 4)$

図 2 数式(客)

	+	-	x	÷
①	2	0	0	0
②	1	1	1	0
③	1	1	0	1
④	1	1	1	0
⑤	0	1	1	1
⑥	0	1	1	1

図 3 演算子(購入物)

させると、より速く全ての job を終了する方法を考察し、やがて規則を見つけるように指導する。

③式を node0 へ配信するとき、

$$1 * 1 + 1 * 1 + 0 * 2 + 1 * 3 = 5$$

と計算する。これを、行列で表現すると

$$\begin{pmatrix} 2 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 3 & 5 & 4 & 5 \\ 1 & 4 & 4 & 5 & 2 \\ 2 & 5 & 5 & 1 & 2 \\ 3 & 6 & 1 & 2 & 2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 & 6 & 10 & 8 & 10 \\ 4 & 12 & 14 & 10 & 9 \\ 5 & 13 & 10 & 11 & 9 \\ 4 & 12 & 14 & 10 & 9 \\ 6 & 15 & 10 & 8 & 6 \\ 6 & 15 & 10 & 8 & 6 \end{pmatrix}$$

図 4 組み合わせと計算

となる。このことより、①は node2、②は node1、③は node0、④は node3、⑤⑥は node4 に配信すると node0 は 5 秒、node1 は 12 秒、node2 は 10 秒、node3 は 10 秒、node4 は 12 秒で終了する。したがって、この配信方法では、全ての node が処理を終了するために必要な時間は、それぞれの node が終了する時間の最大値 12 秒となる。

このように、job と node の組み合わせの中で、全ての job が終了するまでに必要な時間の最小値を探索する。講義期間前半、計算式は公開(静的)されているので、その経験より振り分け方のルールを見つけ出す。そして、そのルールを用いて、後半、事前に公開されていない数式(動的)の問題に取り組む。ここでも、その最速値を求めるためのルールを見つけ、やがて、それをコード化する。段階を踏んで、緩やかに拡張された問題に取り組んでいく。

## 3. 授業展開

## 3.1 レジ問題への導入

今まで述べたことを背景に、次のような授業展開を行う。最初に、簡単な巡回セールスマン問題に触れる。それを通して、現実に起こる問題を単純化・抽象化することを学

<sup>†</sup>神戸女学院高等部 Kobejogakuin senior high school

<sup>††</sup>情報処理学会 Information Processing Society of Japan

<sup>†††</sup>大阪大学名誉教授 Osaka University

び検証を行う。複数解が存在することや、解は存在することが求めることが不可能であることを学習する。

### 3.2 導入教材

奈良遠足を考え、図 5 にある名所を、午前 9 時奈良駅に出發し、奈良駅 15 時に戻るとするとき、最大何ヶ所を巡ることが可能であるかグループで話し合いを行う。

	奈良駅	東大寺	唐招提	春日大	新薬師	志賀直	大和郡	法華寺	平城宮
奈良駅		13	58	10	27	22	66	35	38
東大寺	13		74	6	17	13	87	36	45
唐招提	58	74		66	77	73	48	44	22
春日大	10	6	66		6	2	79	47	52
新薬師	27	17	77	6		6	71	64	71
志賀直	22	13	73	2	6		72	60	66
大和郡	66	87	48	79	71	72		67	56
法華寺	35	36	44	47	64	60	67		8
平城宮	38	45	22	52	71	66	56	8	

図 5 各地点間の所要時間

学習者は図 5 の表をもとに数値を組み合わせながら考察を進める。やがて、google map に、名所地点をプロットし、線分で結び、そこへ所要時間を記入し図 6 のように視覚化すればよいことに気づく。そして、なるべく一筆書きとなるよう、できるだけ円を描くように周回すれば短時間で多くの名所を巡ることができると気が付く。

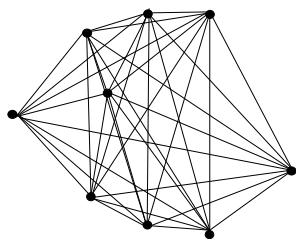


図 6 地図の抽象化

この教材は、巡回セールスマン問題により、複数解、そして、解は存在するが求めることができない解もあることを、そして、その代替案として正解に近い解(最適解)で代用することを理解する。

#### 3.2.1 レジ問題の実践環境

1 年生 1 クラス 43 名 9 クラス 387 名、1 クラス 1 班 5~6 名からなる 8 班に分かれ協同学習を行う。各自 1 台のデスクトップ PC が与えられ、IT 人材育成プロジェクトで制作したレジ問題ソフトを利用する。

#### 3.2.2 レジ問題設定

スーパーにレジが 5 台(全て空いている)と 100 人の客がいる。その時、より速く全ての精算を終了するには、どの客をどのレジへ誘導すればよいか、と仮定し次のようなモデルを用いてシミュレーションを行う。

1. 誘導係、レジ係をパソコン(headnode, node)
2. 客を数式
3. 購入物を演算子
4. レジ係の処理能力をパソコン(node)の処理速度と仮定し、振り分け方のルールを探索する。

##### 【step1】配信方法(人間グリッド)

最初に、node で行う処理を生徒(人間)で行う。班内で 1 名を誘導係(班長)、5 名をレジ係(班員)とし、1 台の head node(誘導係)から、5 台の node(レジ係)へ図 7 の数式を配信する。

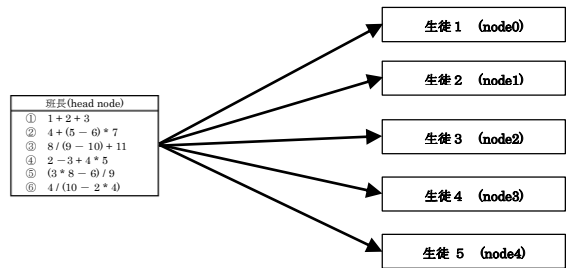


図 7 head node から送られる数式

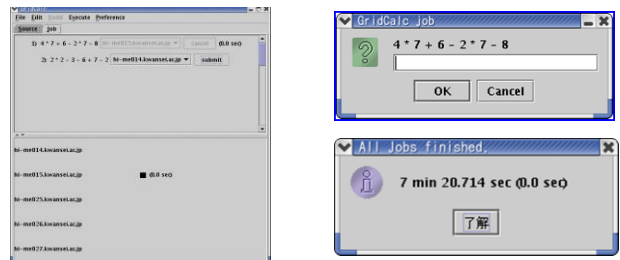


図 8 左 headnode, 右上 node, 右下 head node

班長は、図 8 左の画面を見ながら、どの数式をどの班員へ配信するか考えながら数式を配信する。すると、班員の画面には図 8 右のような、ポップアップが表示され、班員は計算し、処理が終われば班長へ終了合図(OK ボタン)を送る。全ての処理が終了した時、班長の画面には、図 8 右下のポップアップに処理時間が表示される。この作業を繰り返し、班対抗で競い合うことにより、データの流れを理解する。

##### 【step2】自動配信 1

次に全員が誘導係となり、C 言語でスケジューリングを作成し自動配信し、node で計算する。図 9 は、C 言語で書いたスケジューリングと、処理中の様子を示したものであ

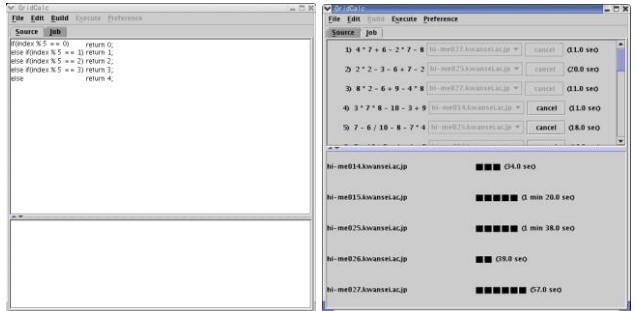


図 9 スケジューリングと自動送信画面

る。Step2 では、送信する数式と各 node の処理速度は事前に公表されているので、予めどの数式をどの node へ配信するとよいか、先に処理時間を知ることが可能である。しかし、その組み合わせはとても困難を極めるが、同じ資源を用いても組み合わせ方によって、大きな差があることに生徒は驚いていた。

同じ資源を利用しても、組み合わせ方によって結果に大きく影響することは、他の事象にも適応される。日本は資源に乏しいという現実は、組み合わせや利用の仕方によっては、想像をはるかに超える期待へと変化した。そして、やがて、いろいろな規則があることに気づいてくる。この時点になると、ほぼ全員夢中になってその組み合わせを探索していることが印象に深い。やがて、速く終了するには 5 つの node の終了時間となるべく均一に終了するように、

終了時間の最大値と最小値の差がなるべく小さくなるように割り振ればよいことに気づき始める。

【step3】自動送信 2

Step2 の経験を活かし、数式が事前に公開されていない場合について考える。このソフトには、図 10 のような変数が実装されていることを紹介し、考察した最大値と最小値の差がなるべく小さくなるようなプログラムを製作する。

データ型	変数名	内容
int	add	数式内の加法演算子(+ )数
int	sub	数式内の減法演算子(- )数
int	mul	数式内の乗法演算子(* )数.
int	div	数式内の除法演算子(/ )数.
int [ ]	jobtime	各 node へ配信された job がすべて処理するまでにかかる時間。例えば、jobtime[0] は、0 番目の班員ノードに送信されたジョブが終了するまでにかかる時間の理論値を示す。

図 10 組み込み関数(変数)

```
int node0, node1, node2, node3, node4;
int min;
int a = 0;
node0 = jobtime[0] + 1 * add + 1 * sub + 2 * mul + 3 * div;
node1 = jobtime[1] + 3 * add + 4 * sub + 5 * mul + 6 * div;
node2 = jobtime[2] + 5 * add + 4 * sub + 5 * mul + 1 * div;
node3 = jobtime[3] + 4 * add + 5 * sub + 1 * mul + 2 * div;
node4 = jobtime[4] + 5 * add + 2 * sub + 2 * mul + 2 * div;
min = node0;
if(node1 < min){min = node1; a = 1;}
if(node2 < min){min = node2; a = 2;}
if(node3 < min){min = node3; a = 3;}
if(node4 < min){min = node4; a = 4;}
return a;
```

図 11 スケジューリングと自動送信画

図 11 は、変数を用いて製作したプログラムの一例である。

4. 教育的効果の評価

4.1 自由記述式アンケートによる授業評価

学年末考査で、『1 年間の情報の授業を受け、どのように思ったか、特に 3 学期受けた授業経験に関し、思ったことを自由に述べよ』という問いを出題した。結果、約 380 名中 318 名の有効な回答があった。

そのデータを元に、

- (1)よく似た言葉を 9 つのグループに分けて行う因子分析
- (2)アンケートから、直接解析を行うテキストマイニングという 2 つの手法で解析を試みた。

4.1.1 因子分析

独立していると思われる次に挙げる 7 つの用語

- ①思考力・深く・考える
- ②自発的・主体的・能動的
- ③発見・探求
- ④協同・協力・新しい経験
- ⑤諦めない・粘り強い・困難に打ち勝つ
- ⑥知識・情報・社会生活・活かす
- ⑦複数解・最適解・解が不明・追い求める

を設定し、利用頻度を、RStudio<sup>1</sup>、Excel 統計<sup>2</sup>を用いて因子分析を行った。因子推定法は最尤法、因子回転はバリマックス法(直交座標)、適合度の検定は、

AIC	カイ二乗値	自由度	P 値
-2101.4793	5.7460	3	0.1246

で、第 2 因子までの累積寄与率は 39%であった。よって、採用するに値する。

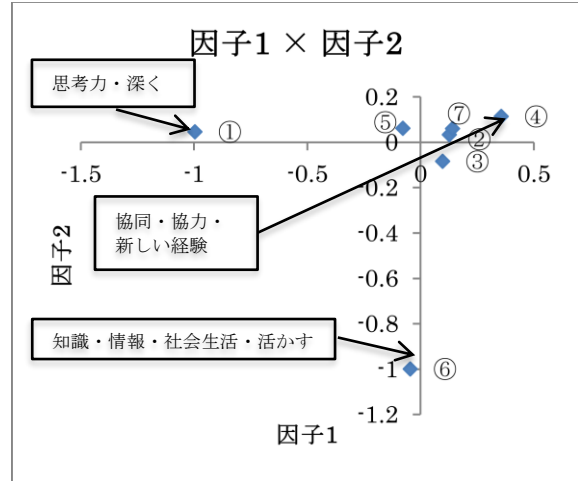


図 12 因子分析

図 12 より①『思考力』、⑥『活用する』は単一因子で、第一因子の正に④『協同・協力・新しい経験』と言う因子が上がっている。よって、今回の授業形態は、大きく 3 つの因子で構成されていることが分かる。特に興味深い点は、④『新しい経験』と言う因子である。この点の近くには、②「自発的」、③「発見・探求」、という因子も近くにあり、生徒は班活動の中で、他人に任せることなく、自分の役割を主体的、能動的に探究活動に取り組み、班員と協力する活動の中から発見をすると言う学習過程を初めて経験したように考えられる。

一方、自らの知識や情報を活用しながら、思考を行っていることも分かる。このように、生徒を主体とする授業において、この三つの要素がうまく互いに補完しあいながら行うことであることが分かる。

第 3 因子は②『自発的・主体的』と⑦『複数解』であった。このような教育活動を行うための教材に、解が複数解、または、不明の問題が、生徒たちに興味を持って、主体的に取り組むことに適していると考えられる。

4.1.2 テキストマイニング

因子分析で行った中の有効資料 318 名分を、そのままテキストに移し、KH Coder3.02<sup>3</sup>を用いてテキストマイニング共起ネットワークを作成した。この時、最小出現数 10、描画する共起関係上位 200、距離は Simpson を用いた。

図 13 において、円の大きさは、該当する言葉の frequency を表す。3 つの大きな円は、『授業』、『考える』、『問題』であった。『授業』に付随する円に着目すると、「協力、情報、数学」がある。「協力」は班活動、「情

<sup>1</sup> RStudio2024.04.1 Build 748

<sup>2</sup> BellCurve for Excel4.06 Social Survey Research Information Co., Ltd.

<sup>3</sup> KH Coder Version 3.02 official-package SCREEN

