Vol.2014-CE-127 No.6
2014/12/6

オロチの食事
– スケジューリング技法を学習するためのCSアンプラグドActivity –

福岡 久雄[1,a)]　渡部 徹[2]　廣瀬 誠[2]　小川 仁士[3]

概要：一般に，CS（Computer Science）アンプラグドにおける Activity の実践は，実践者の近隣の子供たちを対象に行われることが多い．ある地域の素材を生かした Activity は，その近隣の子供たちにとって親しみやすく，かつ興味を持って取り組むことができ，教育効果を高めることができると考える．本研究では，地域として島根県を想定し，その地域素材として出雲神話に登場するヤマタノオロチに着目する．学習する技術課題は各種スケジューリング技法である．具体的には，オロチが各種スケジューリングに従って食事をするというシナリオに沿った Actvity を提案する．本 Activity を高等専門学校の低学年生に対して実践した結果についても報告する．

Dining Eight-Headed Dragon
– CS Unplugged Activity for Learning Scheduling Methods –

Hisao Fukuoka[1,a)]　Toru Watanabe[2]　Makoto Hirose[2]　Hitoshi Ogawa[3]

Abstract: CS Unplugged is a method of teaching computer related technology to children, who are in general lacking in mathematical or some other scientific background. The feature of CS Unplugged is that it does not use actual computers in its teaching process. Instead of using computers, it teaches computer related technology through some desktop play activities. When we practice CS Unplugged activities in elementary or junior high schools, the target pupils are local children in general. Using regional materials in the activities can make them more friendly to the children. In this paper we propose a new CS Unplugged activity for learning various scheduling methods. The activity utilizes Yamata-no-Orochi(Eight-headed dragon) that appears in Izumo Myths, as the regional material of Shimane Prefecture.

1. はじめに

子供向けのコンピュータ関連技術教育法の一例として，Timothy Bell 等による Computer Science Unplugged（CS アンプラグド）が提唱されている．CS アンプラグドでは，一見してコンピュータ関連技術とは無関係の各種カードゲームなどを用いることによって，「コンピュータを使うことなく」，各種コンピュータ関連技術の考え方を教授することを目指している．

1 東京電機大学
Tokyo Denki University, Inzai, Chiba 270–1382, Japan
2 松江工業高等専門学校
National Institue of Technology, Matsue College
3 県立広島大学
Prefectural University of Hiroshima
a) fukuoka@mail.dendai.ac.jp

CS アンプラグドのホームページ [1] や日本語教則本 [2] によれば，各種コンピュータ関連技術に対応して，既に 20 種類を超える Activity（学習項目）が用意されている．また，新たな Activity の開発が各所で行われている [3], [4], [5], [6].

CS アンプラグドの実践を実践者の近隣の小学校や中学校で行うことを想定すれば，その実践対象者はある限られた地域に生まれ育った子供たちである場合が多いと考えられる．従って，実践する Activity において地域素材を活用すれば，近隣の子供たちが親しみやすく，かつ興味を持って取り組むことができ，教育効果も高まると考える．本稿では，まず CS アンプラグドにおける地域素材の活用に関する 3 つの方向性について簡単に述べる．

次に，オペレーティングシステムの主要機能であるスケジューリング [7] について学習することを目的とした CS

ⓒ 2014 Information Processing Society of Japan

アンプラグドの Activity を提案する．この Activity では，出雲神話に登場するヤマタノオロチが食事をする状況を想定する [8], [9], [10][*1]．一カ所に置かれた食糧を各オロチが一斉に食べようとすることによって競合が生じることを子供たちに認識させるとともに，競合を回避するためにスケジューリングが必要であることを理解させる．また，いくつかの具体的なスケジューリング技法を体験させることによって，その多様性とそれぞれの特徴についても学習することができる．このヤマタノオロチを用いることが地域素材の活用となっており，具体的な地域としては出雲神話発祥の地である島根県を想定している．

この Activity を高等専門学校の 3 年生に対して実践した．実践後のアンケートの結果，概ね前向きの評価を得たことから，提案する Activity の有効性が確認できたと判断する．

なお，筆者らが調査した範囲ではスケジューリング技法を学習するための CS アンプラグド Activity は他に見い出せなかった．

2. 地域素材活用の方向性

CS アンプラグドにおける地域素材の活用については，3 つの方向が考えられる [6], [11]．1 つは既存の Activity を精査し，Activity において使用される教材コンテンツを地域性の強いものに置き換えるという方向である（方向 1）．もう 1 つは，これまでにない学習項目に対応する Activity を考案する段階で地域素材を積極的に活用するという方向である（方向 2）．最後は，既存 Activity の学習項目（例えば，テキスト圧縮）はそのまま踏襲し，それを教授するためのゲームそのものを，地域素材を活用する新しいタイプのものに変更するものである（方向 3）．

これまで筆者らは上記の方向 2 に沿って，島根県松江市の地理的な特徴を活用して，コンピュータシステムにおけるボトルネック現象を学習できるような CS アンプラグド Activity を開発し，複数回の試行を通してその有効性を検証してきた [5]．そこでは松江市の地理的特徴自体を地域素材と解釈した．

この経験を踏まえて，以下では同じく上記方向 2 に沿った新たな Activity の開発とその試行結果について述べる．学習対象とするコンピュータ関連技術はスケジューリング技法であり，活用する地域素材はヤマタノオロチである．

3. 提案する Activity の概要

本稿で提案する Activity はスケジューリング技法を学習するためのものである．具体的には，オペレーティングシステムの重要な機能の 1 つであるプロセススケジューリング（または，CPU スケジューリング）の技法を想定している．提案する Activity の概念を図 1 に示す．

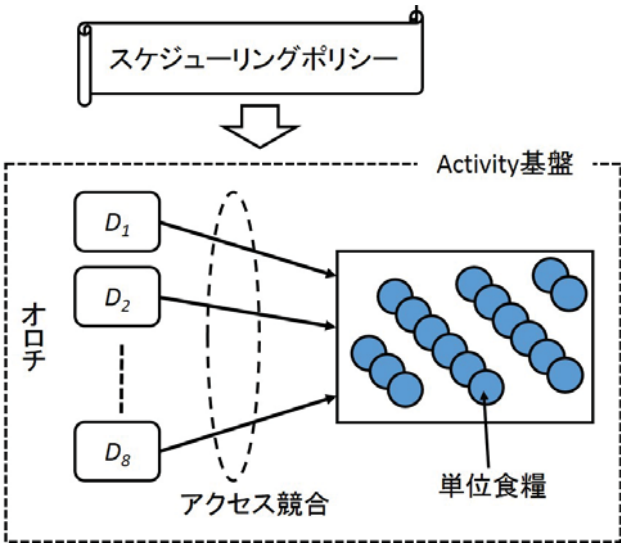


図 1: 提案する Activity の概念

3.1 設計方針

Nishida 等 [12] が提案するデザインパターンも考慮して，本 Activity の設計方針を述べる．

(1) テーマ選定
各種スケジューリング技法の学習

(2) テーマの主要な技術要素
例えば，オペレーティングシステムにおけるプロセスのスケジューリング

(3) ゲーム等における類似要素
ヤマタノオロチが食事をする状況を用いて，複数の処理主体間の競合とそれらのスケジューリングを表現

(4) チャレンジ性
あるポリシーを実現するスケジューリング技法を子供たち自らが考案する

(5) 対象年齢層
10 歳以上．平均値の計算ができることを前提とする．

3.2 Activity 基盤の概要

本 Activity において，スケジューリングポリシーに依存しない部分を Activity 基盤（図 1）と呼ぶ．状況設定は次の通りである．

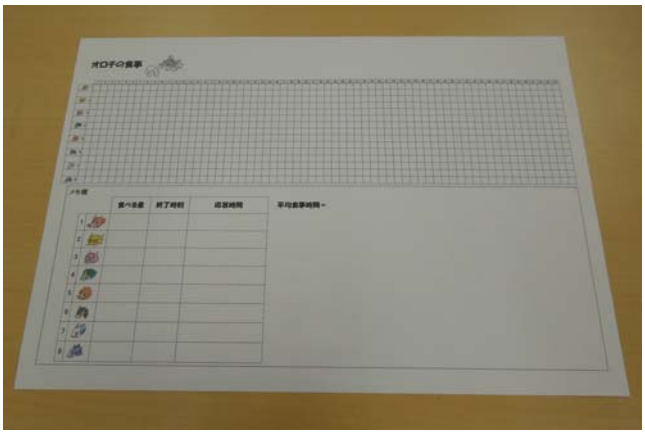
(1) 8 体のオロチが食事をする．

(2) 食事は食糧単位を基準に離散的に行う．

(3) 適当な量の食糧を箱の中に用意する．例えば，8 面ダイスを振って，各オロチ $D_1, D_2 \ldots D_8$ が食べるべき食糧の量 $L_1, L_2 \ldots L_8$ を決め，その総量 $L_1 + L_2 + \cdots + L_8$ を箱の中に用意する．

(4) 一度に箱にアクセスできるオロチは 1 体だけである

*1 本来，ヤマタノオロチは頭を 8 つ持つ 1 体の想像上の生物である．しかし，本 Activity では便宜上それぞれの頭をオロチと称している．



(a) タイムチャート

(b) 8 面ダイスと擬似食糧

図 2: 提案する Activity で用いる教材

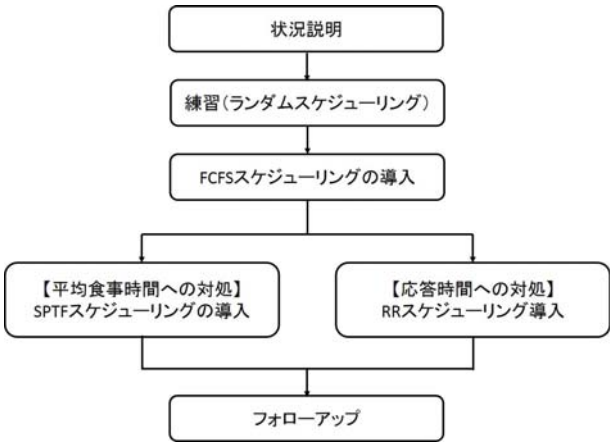


図 3: 実施の流れ

図 4: 導入に用いる 4 コマ漫画

（競合が発生する）.

(5) スケジューリング状況を表すタイムチャート（初期値は空）を用意する．1 単位時間に食べる量は 1 単位食糧とする．

また，Activity の基本的な進行パターンは以下の通りである．

(1) 何らかの方法で次に食事をするオロチを選ぶ．何らかの方法でそのオロチが食べる食糧の量を決定する．一般的に，これらの「何らかの方法」はスケジューリングポリシーに依存して決まる．

(2) 各オロチの食事状況をタイムチャートに記入していく．

(3) これら 2 つ作業を，すべてのオロチが所定の量を食べ終わるまで繰り返す．

この Activity 基盤を教材として実現したものを図 2 に示す．教材は，スケジューリングンの進捗状況を記入するタイムチャート，8 面ダイス，64 個の擬似食糧（今回はボンテンを使用）および擬似食糧を格納する箱から構成される．

4. Activity の実施手順

図 3 に示す流れに沿って本 Actvity の実施手順を順を追って説明する．

4.1 Activity への導入

本 Activity への導入として，オロチが食事をする状況とそこで発生する問題ならびにスケジューリングの必要性を子供たちに説明する．そのために，図 4 に示すような 4 コマ漫画を用意した．

4.2 練習ラウンド

練習ラウンドとして，ランダムスケジューリングを行い，タイムチャートの記入方法などを学ぶ．すなわち，8 面ダイスを 2 回振って，次に食事をするオロチと，そのオロチがその時食べる量を決める．箱からその量だけの食糧を取り出すとともに，タイムチャートにマークを記録する．これを，箱が空になるまで，すなわちすべてのオロチが食事を終えるまで繰り返す．ランダムスケジューリングを実際に行った結果を図 5 に示す．

次に，記録したタイムチャートに従って，各オロチの食事終了時刻，平均食事時間（待ち時間を含む）および応答時間（あるオロチが食事をする状態になってから実際に食事にありつくまでの時間）を記入させる．図 5 において，平均食事時間は 23.875，例えば D_5 の応答時間は 1 と 26 である．

ⓒ 2014 Information Processing Society of Japan

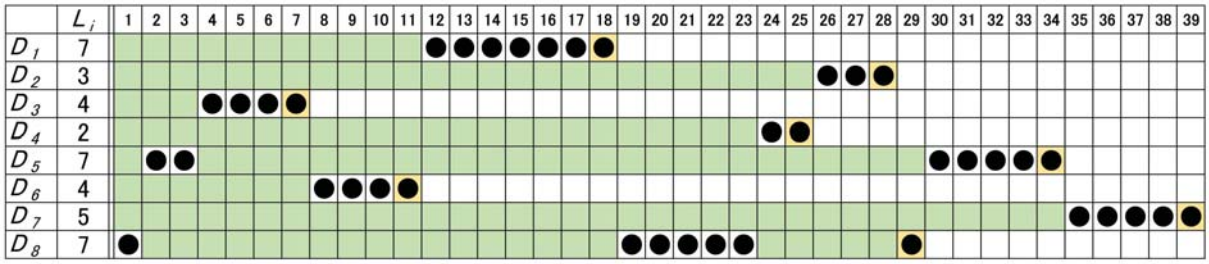


図 5: ランダムスケジューリングの結果例

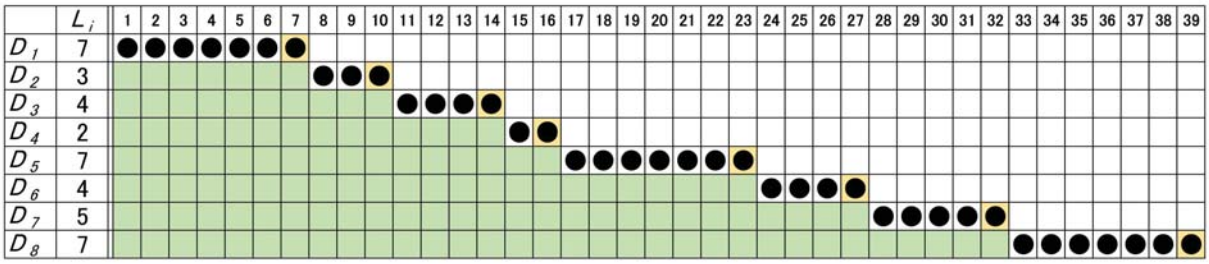


図 6: FCFS スケジューリングの結果例

4.3 FCFS スケジューリングの導入

次に，決定論的なスケジューリング技法として FCFS（First Come First Served）を導入する．これは先着順に資源を割り当てるという最も単純なスケジューリング技法である．本 Activity ではオロチ $D_1, D_2, D_3 \ldots$ の順に到着したと想定してスケジューリングを行う．また，あるオロチが食事を始めると，そのオロチが食べるべき量をすべて食べ終わるまで，他のオロチがスケジューリングされないことを注意しておくことが必要である．これは，FCFS が横取り（プリエンプション）のないスケジューリング技法であることに対応する．練習ラウンドと同様に，スケジューリングの結果をタイムチャートに記録させる（図 6）．今の場合，平均食時間は 21.000 であり，応答時間は $D_1, D_2 \ldots D_8$ の順に 0，7，10，14，16，23，27，32 である．

4.4 問題提起と誘導

ランダムスケジューリングおよび FCFS スケジューリングの結果得られたタイムチャートにおける平均食事時間と応答時間に注意を向けさせ，スケジューリング技法に依存して，これらが異なることに気付かせる．

これを受けて以下の 2 つの問題を提起し，その解を子供たちに考えさせる．

(1) 問題 1
平均食事時間を最小にするようなスケジューリング方法を見出す．

(2) 問題 2
応答時間のばらつきを極力小さくするようなスケジューリング方法を見出す．

問題 1 のゴールは，SPTF（Shortest Processing Time First）アルゴリズムの導出である．これは処理時間の短いプロセスから順にスケジューリングするものであり，横取りのないスケジューリング技法である．本 Activity では，あるオロチが食べるべき量がプロセスの処理時間に相当する．SPTF スケジューリングの実行結果例を図 7 に示す．平均食事時間は 17.875 であり，ランダムスケジューリングや FCFS スケジューリングから改善されていることが確認できる．

問題 2 のゴールはラウンドロビン（Round-Robin）アルゴリズムの導出である．これは横取りのあるスケジューリング技法である．その実行結果例を図 8 に示す．定性的にではあるが，応答時間のばらつきが概ね小さくなっていることが読み取れる．

いずれの問題においても，子供たちだけで解答を見出すのが困難な場合には，適宜ヒントを与え，それぞれのゴールに導くこととする．例えば，問題 1 に関しては「多く食べるオロチは待つのを厭わないが，少ししか食べないオロチは待ちたくない」というヒントが考えられる．

4.5 フォローアップ

SPTF スケジューリングとラウンドロビンスケジューリングを体験したことで子供たちの作業は終了し，後は座学形式で技術的な説明も加味したフォローアップを行う．フォローアップでは以下の点を強調し，スケジューリングに関する知識の定着を図る．

- 資源アクセスが競合する場合にはスケジューリングが必要であること
- ポリシー（考え方）に応じて多様なスケジューリングが考えられること

ⓒ 2014 Information Processing Society of Japan

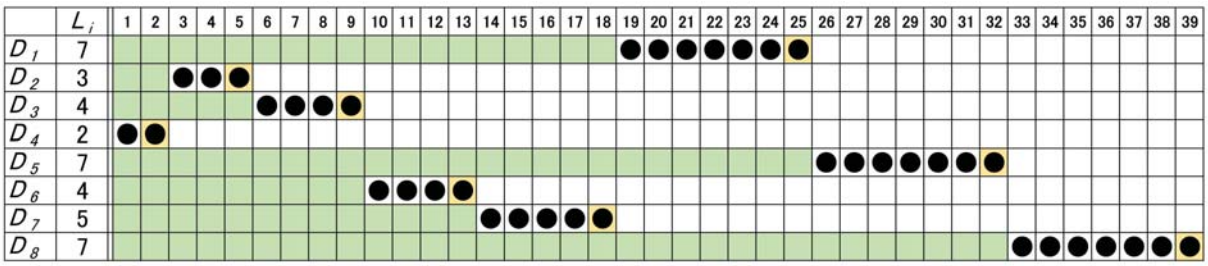


図 7: SPTF スケジューリングの結果例

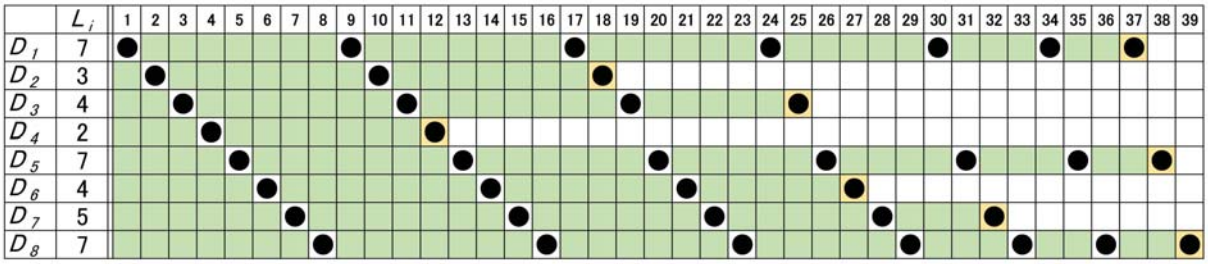


図 8: ラウンドロビンスケジューリングの結果例

表 1: 実践の各種諸元

実践日時	2014 年 8 月 4 日（月）16:30〜18:00
実践場所	松江工業高等専門学校（島根県松江市）
実践対象者	松江工業高等専門学校情報工学科 3 年生
人数	16 名（男子 12 名，女子 4 名）
年齢	17〜18 歳

- スケジューリングには横取りのあるタイプと横取りにないタイプがあること
- 実際のコンピュータでは，例えばオペレーティングシステム（Windows，Android 等々）においてスケジューリングを行う部分があること

一般に，フォローアップは CS アンプラグドの Activity において重要な位置を占めると考えられる．対象の子供たちの状況（年齢層，事前知識のレベル等）に合わせて，ふさわしいフォローアップを用意する必要がある．

5. 実践

上述の手順に従って本 Activity の実践を行い，アンケートによるフィードバックを得た．

5.1 実践の概要

実践の各種諸元を表 1 に示す．

実践対象者の 16 名はいずれも小学校時代および中学校時代を島根県内で過ごしてきた学生たちである．

実践は 16 名の学生を 4 名ずつの 4 チームに別け，全チームが同時に本 Activity に取り組んだ．取り組みの様子を図 9 に示す．実践全体を通して，学生たちは積極的に作業に取り組んでくれた．問題提起に対するチーム内での議論も活発であり，本 Activity に興味を持ってもらえたと判断する．

図 9: 実践のスナップショット

問題提起に対しては，その解決に向けて 4 名が協力して取り組むことを期待した．各チームとも活発に議論してはいたが，やや発散する傾向にあったようで，ヒントなしで正解に至ったチームはなかった．

なお，今回は正規の授業でオペレーティングシステムに関する科目を履修する直前の学生を対象としたため，フォローアップでは上述の内容に加えて少し技術的に突っ込んだ説明を行った．

5.2 アンケート結果

作業終了後，アンケートによるフィーバックを得た．アンケートは 13 個の選択型設問と 1 個の自由記述型設問からなる．選択型設問のうち 12 個は 4 択設問，1 個は 3 択設問である．

主なアンケート項目を以下に示すとともに，それらの結果を表 2 から表 5 に示す．

表 2: スケジューリングの認知度

スケジューリングの認知度	
選択肢	回答数
よく知っていた	0
少しは知っていた	2
聞いたことはあったが，詳しくは知らなかった	5
まったく知らなかった	9

表 3: スケジューリングの表現性

スケジューリングの表現性	
選択肢	回答数
表現できている	13
まあまあ表現できている	3
あまり表現できていない	0
表現できていない	0

表 4: 親しみやすさ

親しみやすさ	
選択肢	回答数
大いに感じた	4
まあまあ感じた	6
あまり感じなかった	4
まったく感じなかった	2

表 5: 多様なスケジューリングの理解

多様なスケジューリングの理解	
選択肢	回答数
よく分かった	10
まあまあ分かった	5
あまり分からなかった	0
まったく分からなかった	0

- 今回の説明を受ける以前から，スケジューリングについて知っていたか
- この Activity はスケジューリングをうまく表現できているか
- 出雲神話に登場するヤマタノオロチを使っていることに親しみを感じたか
- 考え方（ポリシー）によって多様なスケジューリング方法があり得ることが分かったか

また，自由記述型設問の回答としては以下のようなものが得られた（原文のまま）．概ね前向きな評価を得たと考える．

- 半年前からアルゴリズム（競技プログラミング）に興味があり、学んでいたため、スケジューリング（順序）への親しみをもてた
- 割と直観的。ランダムをやるのはセンスいい
- インストラクションがスムースで分かりやすかった
- 毎日の授業がこんな雰囲気だとすごくうれしい
- 新鮮な授業でした
- あまり構えず話を聞くことができました
- 分かりやすい内容でした
- イラストがかわいらしかった
- 楽しくて、分かりやすかった
- 覚えれそう

6. 考察

今回の実践について，実践段階に関するものとアンケート結果に関するものとに区別して考察する．

6.1 実施状況に関する考察

ランダムスケジューリングの実施は，タイムチャート記入の練習以上にスケジューリングというものに興味を持たせるという意味でも効果があったと考える．但し，そこでの 8 面ダイスの使用方法に関して若干の混乱を与えてしまった．スケジューリングが進むにつれて，食事を終えてしまうオロチの数が増える．それに従って，8 面ダイスを振ったときに，既に食事済みのオロチの目が出る可能性が高くなる．これに対しては，例えば「残りのオロチが 2 体になった場合には，8 面ダイスの目の偶奇によって次に食事をするオロチを決める」などの対策を記した資料を事前に用意しておいた．しかし，その資料の内容の説明に十分な時間をかけなかったため，スケジューリングがスムースに進められない場面が散見された．

SPTF スケジューリングとラウンドロビンスケジューリングを考えさせることは，本 Activity の最も重要な段階である．しかし，今回の実践のようにチームで作業をさせると議論が沸騰（発散？）し，なかなか結論にたどり着かなかった．いずれの場合もヒントを与えることによって正解に導いたが，指導者側が干渉するタイミングが難しい．複数チームを 1 人で指導する場合には，さらに難しさが増すと思われる．ティーチングアシスタントの活用などによって，1 つのチームの進捗状況を誰かが常に見守るような実施体制が必要と考える．

6.2 アンケート結果に関する考察

アンケート結果からは概ね前向きの評価を得ることができ，本 Activity が教材として成立する見込みは得られたものと判断する．特に，ほとんどの学生がスケジューリングに関する事前知識を持っていなかったにもかかわらず，すべての学生が課題を理解し，正しく作業を遂行することができた．スケジューリングの体験的導入教育には有効と考える．

ヤマタノオロチを用いた教材そのものに関しては，スケジューリングというものがうまく表現できているという肯定的なフィードバックを得た．しかし，表 4 に見られるように，ヤマタノオロチという地域素材の活用によって，本

ⓒ 2014 Information Processing Society of Japan

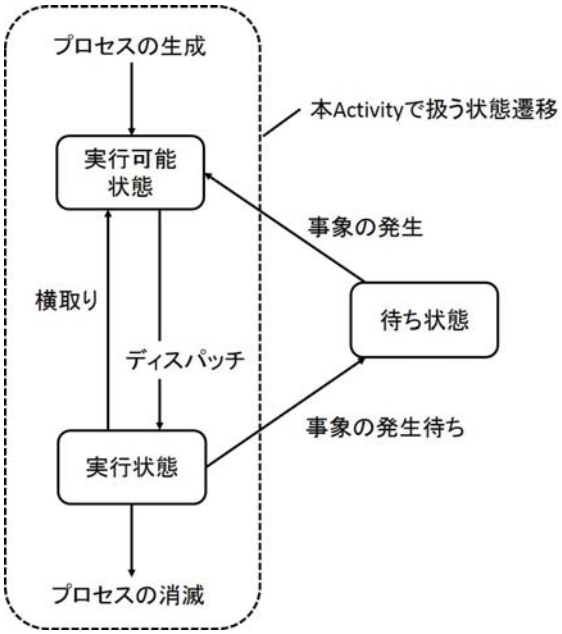


図 10: プロセスの状態遷移

Activity が親しみやすいものであったどうかについては，やや弱い結果しか得られなかった．この点に関しては，対象年齢層を変えた実践などを通して確認していくことが必要と考え，今後の課題としたい．

7. 今後の展開

本 Activity に関して，他のスケジュールリングポリシーの取り込みや，さらなる実践を通した有効性検証などの課題があることは当然のこととして，本節ではそれ以外の展開について述べる．

一般にコンピュータにおけるプロセスは「実行状態」，「実行可能状態（レディ状態）」および「実行状態」という 3 つの状態の間を遷移している（図 10）．この状態遷移の観点からは，本 Activity におけるプロセス，すなわちオロチは実行状態と実行可能状態の間の遷移しか行っておらず，待ち状態は対象外となっている．待ち状態をうまくアンプラグド化することによって，スケジューリングのみならず，状態遷移までも含めたプロセス管理機能に対応した Activity への発展が可能と考える．そのためには，あるオロチがある時点で自ら食事を中断することによってスケジューリング対象から離脱し，その後，しかるべき事象発生を待ってスケジューリング対象に復帰するというような状況を，自然な形で実現する必要がある．現時点では，この方向でのシナリオを検討中である．

8. おわりに

地域素材を活用した CS アンプラグド Activity 開発の一環として，ヤマタノオロチが食事をする状況を想定して各種スケジューリング技法を学習できるような Activity について報告した．高等専門学校の低学年生を対象に本 Activity を実践し，アンケートによるフィードバックを得た．その結果，実践上の問題点を確認するとともに，本 Activity が教材として成立する見込みが得られたものと判断する．

今後の課題として，他のスケジューリングポリシーの導入やさらなる実践を通した有効性検証がある．それに加えて，スケジューリングのみならずプロセスの状態遷移の学習までを含んだ，プロセス管理機能に対応した CS アンプラグド Activity への発展が見込まれる．

謝辞　スケジューリングの必要性を説明するための 4 コマ漫画の作成に関して，イラストレータ山本ユウカ氏のご協力を得た．

本研究は JSPS 科研費 25350275 の助成を受けたものである．

参考文献

[1] T.Bell et al.: Computer Science Unplugged. http://csunplugged.org/ (2014.10.31 参照）.
[2] T.Bell, I.H.Witten and M.Fellows: *Computer Science Unplugged*, http://www.unplugged.canterbury.ac.nz (2007). 兼宗 進監訳：コンピュータを使わない情報教育 アンプラグドコンピュータサイエンス，イーテキスト研究所 (2007).
[3] 小川仁士，佐々木宣介，宇野　健：情報基礎教育における CS アンプラグド教材の開発–コンピュータウィルスの波及と防御を体験するゲーム制作，情報処理学会第 75 回全国大会，Vol. 4, pp. 4.465–4.466 (2013).
[4] 小川仁士，宇野　健，佐々木宣介：情報基礎教育における CS アンプラグド教材の開発–OS のメモリ管理機能を学習するゲームの制作，情報処理学会第 76 回全国大会，Vol. 4, pp. 4.369–4.370 (2014).
[5] A.Kawakami and H.Fukuoka: A New CS Unplugged Activity for a Learning Experience in Bottlenecks, *Proc. of the 1st Symposium on Technology Sustainability(ISTS2011)*, pp. 245–248 (2012).
[6] H.Fukuoka, A.Kawkami and Y.Wada: A Proposal of CS Unplugged Utilizing Regional Materials, *International Workshop on Informatics(IWIN)2014*, pp. 109–114 (2014).
[7] 清水謙多郎：オペレーティングシステム，岩波書店 (1992).
[8] 由良弥生：眠れなくなるほど面白い「古事記」，三笠書房 (2013).
[9] 瀧音 能之監修：図解とあらすじでよくわかる「古事記」入門，光文社 (2012).
[10] 出雲神話翻訳研究会：英訳 出雲神話. http://izumo-kojiki.com/izumomyths/ （2014.10.31 参照）.
[11] 福岡久雄：地域素材を活用した CS アンプラグドに関する研究，情報処理学会第 76 回全国大会，Vol. 4, pp. 4.371–4.372 (2014).
[12] T.Nishida, S.Kanemune, Y.Idosaka, M.Namiki, T.Bell and Y.Kuno: A CS Unplugged Design Pattern, *ACM SIGCSE Bulletin – SIGCSE '09*, Vol. 41, No. 1, pp. 231–235 (2009).

ⓒ 2014 Information Processing Society of Japan