

## 工業高等学校における OS 教育支援環境の運用と評価

西野 洋介<sup>†</sup> 田中裕樹, 川口貴弘, 早川 栄一<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> 拓殖大学大学院工学研究科 <sup>‡</sup> 拓殖大学工学部

本発表は OS 教育支援環境の工業高等学校における評価の報告である。我々は OS の導入教育において、学習者が視覚的に理解することができる環境を実現した。我々は、OS の導入学習において、OS の動作、構造がブラックボックス化され、学習者が動作のイメージがつかず、学習者の理解促進を妨げている点に着目し、可視化によって動作を抽象化した教材を提供する。さらに、従来の OS 教育支援環境は学習者の理解度に応じた教材の設計が困難であり、教授者のコストが大きくなっている点に着目し、様々な学習教材を可視化できる設計を行った。

また、本環境を工業高等学校の情報系授業において運用、評価を行った。本報告では本学習環境の概要および、工業高等学校における運用、評価において明らかとなった可視化による OS 学習支援の有用性および、OS 学習の考察について述べる。

### Evaluation of OS education support environment in a technical high school

Yosuke NISHINO, Yuki TANAK, Takahiro KAWAGUCHI and Eiichi HAYAKAWA

Takushoku University

This paper is a report of the evaluation of OS education support environment in a technical high school. We implement the environment that a student could understand visually in introduction education of the OS. We managed and evaluated this environment in a technical high school. By this report, we show this learning environmental summary, and effectiveness and consideration of visible OS learning support environment.

#### 1. はじめに

近年、高等学校においては教科「情報」が実施され、すべての高校生が情報について必修修することになる。一方、工業高校では教科「情報」の実施以前より「情報技術基礎」として、情報教育が実施されており、教科「情報」の単位を「情報技術基礎」で代替されている。また、一部の工業高校では、情報技術科を設置しており、高度なソ

フトウェア工学を学んでいる。工業高校に通う生徒は普通高校に比べ、実習も多く、専門的な知識を持った生徒を育成している。

これらの背景の中で、情報技術を学ぶ生徒にとっては、OS の理解は必須であるといえる。この分野はコンピュータの根幹であり、その技術の育成は重要な課題である。しかし、OS の学習は困難な場合が多い。我々は、OS

の構造、動作がブラックボックスであることが多く、学習者はOSの構造をイメージできずに理解しがたい場合が多いことに着目した。我々は、これらの問題に対して、可視化を用いた学習支援環境を提案する。本学習支援環境はOSの導入教育を対象とし、OSの複雑な動作を抽象化し、アニメーションや配色の工夫によってOSの動作を可視化するものである。本稿は本環境の概要および工業高校における運用、評価について述べる。

## 2. 要求分析

OSの導入教育段階における学習環境の要求分析について述べる。

### (1) 視覚的に学習できる環境

従来のOSテキストによる教育環境では、状態遷移をグラフィカルに表示できるものはなく、動的な状態遷移を追うことが難しい。つまり学習者は少ない情報からOSの動作を推測しなければならず、直感的な理解を得るには、多くの実装的な知識が必要となる。

### (2) 動的な状態遷移を可視化できる環境

OSはその本質から動的な状態遷移を行う。これに対し、テキストなどによる静的な図を用いた解説ではその状態遷移の様子を追うことが出来ないため、学習者は動作のイメージがつかず、理解の実感が得られない。そのため、動的なOSの動作をアニメーションなどによる動的な状態遷移を行える環境が必要である。

### (3) 学習レベルに応じた演習内容を容易に構築できる環境

OSの学習においては講義と演習の繰り返しで進んでいくのが理想である。しかし実際には学習者の理解レベルに応じた演習環境の構築は、教授者のコストが非常に大きく、現実的に難しい。そこで、学習者の理解レベルに応じて

学習支援内容を容易に構築できる環境が必要である。

## 3. 設計方針

ここでOS教育における可視化の設計方針について述べる。先述したようにOS教育においてブラックボックス化が問題点となっている。これらの問題要素に対して本環境では次の可視化方針を提案する。

### (1) OSの構造を抽象化

OSの理解において動作、構造の抽象化は重要な要素であるとともに理解促進の有効な手段である。特にOSにおいては構造が複雑、巨大になり、協調した動作が理解の妨げになっている。そこで詳細な実装を抽象化し、概念を抽象化することが理解を促進させると考える。

### (2) 動的な状態変化

OSはその本質から動的な状態遷移を行う。これに対し、テキストなどによる静的な図を用いた解説ではその状態遷移の様子を追うことが出来ない。本環境ではアニメーションを含む動的な状態遷移を行うことで、OSの動作を可視化する。

### (3) 色表現の工夫

OSはそれぞれの場合によって各状態がある。本環境ではこれらを色表現によって状態の状態を表現する。これによって学習者は一目でその状態を把握することができる。

また、複雑な協調動作を色表現の統一で表現することによって、その対応を追うことができるようになる。

### (4) 教材の部品化

本環境では、学習項目ごとの演習環境が容易に構築できるものとする。本教育支援では予めいくつかの可視化の部品を用意しておき、教授者や学習者はそれらの可視化部品を任意に組み合

わせることで、学習項目や、理解度に  
適当な可視化を行うことが出来る。

#### 4. 対象者と利用事例

本教育支援環境では2通りの利用形  
態を想定している。一つは、OSの講義  
を行う教育者、特にOS学習における初  
期段階の講義を持つ講師を対象とし、  
教育者への講義支援ツールとしての使  
われ方である。OSについて説明を行う  
側にとっては、テキストのみの講義に  
比べて、より具体的な可視化環境をテ  
キスト、資料とともに利用することで  
テキストを主とした解説に比べ、さら  
に視覚的な講義にすることができる。

もう一方は、学習者が、OSの独習ツ  
ールとして使用する形態である。前述  
したように、本環境は学習者の理解度  
に応じた可視化を動的に構成すること  
ができる。これにより、学習者は自分  
の理解や興味を基に自ら学習ツールを  
構成し、自主学習を行うことを想定し  
ている。

次に本環境を使用した講義計画の一  
例に図2に示す。本環境は、概念の講  
義からソースコードを触る実践学習ま  
で一連した講義を支援することができる。  
概念的な学習から実装的な学習へと  
トップダウンに学習を進めていくこ  
とで、理論から実践へと理解していく。

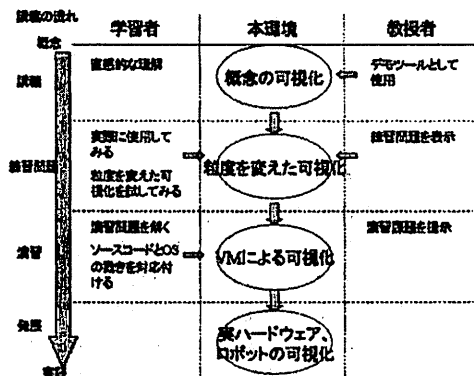


図2. コースウェア

#### (1) 概念段階

導入段階においてOSの概念を学習  
する。複雑なOSの動作、構造を抽象化  
し、OSのタスク管理、メモリ管理、入  
出力管理をアニメーションによって可  
視化することで、学習者の「OSは難し  
い」というイメージを排除するととも  
に、テキストなどでは表現できない、  
動的な状態遷移のイメージを理解する。

#### (2) 演習段階

演習段階においては仮想マシン上で  
実際に動作するカーネルのログを可視  
化する。学習者は概念学習では得られ  
なかった複雑な協調動作や排他制御の  
可視化を学習することができる。

また、カーネルのソースコードを学  
習者が改造や機能の追加を行い、その  
結果を可視化することで、ソースコー  
ドとOSの動きを連続的にイメージで  
きるようになり、ソースコードからOS  
の全体像を理解するボトムアップ学習  
を可能とする。

#### (3) 発展段階

発展段階では、ロボットを用いて、  
OSおよび開発環境のサービスを用い  
たロボット制御プログラミングを実習  
し、制御プログラミングを学ぶ。具体  
的には、ライントレースや、簡単なコ  
ース走行などを題材とする。また、ロ  
ボットプログラムを支えるOSなどの  
システムプログラムがどのように動作  
しているのか、システム全体としてど  
うのように動作しているのかを学習す  
るという流れを持った学習作ることがで  
きる。リアルタイム機能の追加や、ロ  
ボット制御を行う言語処理系の設計を  
行うためのプラットフォームとして、  
ロボットを用いていく。

#### 5. 全体構成

3. 要求仕様で述べた設計方針を基に、  
全体設計を行った。次に、本教育支援  
環境の全体構成を図3に示し、各部の  
詳細な設計について次に述べる。

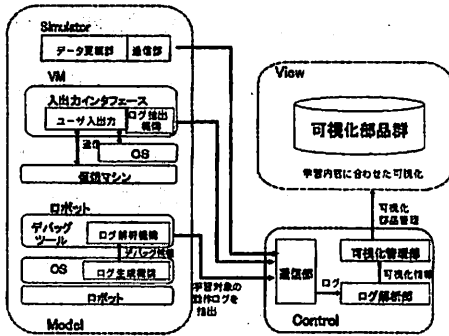


図 3. 全体構成

本教育支援環境では、要求仕様で述べた学習項目に応じた可視化環境を実現するために MVC(Model-View-Control)モデルを基とした3部分から構成されている。この全体構成においては、可視化の対象となる Model をプラグブルにしている。その際には Control および View には変更を加えずに差し替え可能となっている。

Simulator は OS の動作、機能を擬似的に再現するものである。実際に動作するカーネルではなく、OS の動作を抽象化したもので、OS 初学者の混乱要素である詳細な動作を排除し、概念学習に必要な動作のイメージの理解を促進することができる。本研究では試作として、4つのタスクスケジューリング（ラウンドロビン、優先度ラウンドロビン、RM、EDF）と3つのフィッティングアルゴリズム（ファーストフィット、ベストフィット、ワーストフィット）、2つのメモリ管理（FIFO、LRU）の Simulator を設計した。

また、本環境は、MVC パターンの設計により、教材の固定化を排除でき、複数の教材 (Model) の可視化を実現することができる。導入学習を終え、実践学習段階の Model として、平行して開発している H8 仮想マシン、SH 仮想マシン、ロボットを可視化対象として用いる。これらとの協調動作を実現し、

それぞれの教材の内部動作や状態遷移を可視化することが可能となっている。本環境では、3つの Model を学習者の理解度に応じて使い分けることにより、段階的な学習を行っていくことになる。Model の状態遷移をログとして Control で受け取り、ログ解析を通して、View に出力する。教材作成者は、View で管理している可視化部品群を組み合わせることで、新たな教材を作成する。

View は可視化を行う部分である。OS の動的な状態遷移を配色によって表現する。特に、信号色を用いることで、学習者は直感的に理解することができるようになる。

図4にタスク管理の可視化教材、図5にメモリ管理の可視化教材のスクリーンショットを示す。

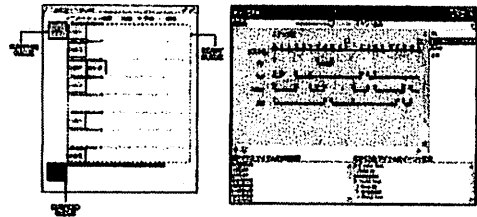


図 4. タスク管理の可視化

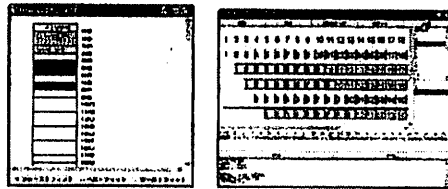


図 5. メモリ管理の可視化

## 6. 工業高校での運用

本支援環境を工業高校にて運用した。運用目的は OS の学習において、可視化によるアプローチの学習効果の評価のためである。評価対象が高校生ということもあり、本環境のコースウェアのうち Simulator Model を利用した可視化を行った。

運用の詳細は次のとおりである。

### 6.1 情報技術基礎での運用

- ・ 科目名：情報技術基礎
- ・ 対象校：東京都立府中工業高等学校 1 学年
- ・ 対象人数：1 クラス 35 名×3 クラス
- ・ 期間，回数：週 2 単位（50 分×2 時間）×35 週
- ・ 授業形態：1 クラスを 2 分割（学籍番号前半，後半）し，2 週間で入れ替える．各自 PC を使用し，講義とともに演習を行う
- ・ 使用教科書：東京電機大学出版「情報技術基礎」，オーム社「新しい情報技術基礎」

情報技術基礎では情報処理技術の理解を目標とした授業である．普通教科「情報」とは違い，工業高校特有の教科であり，主にソフトウェア工学を学ぶ．

授業では，システムソフトウェアの単元において OS の概念を理解させることを目標とした．特に OS の重要な概念であるタスク管理およびメモリ管理の理解に重点を置いて，教科書による講義および本環境による演習を行った．本環境の評価は演習問題，考査およびアンケートの実施によって行った．

## 6.2 課題研究での運用

- ・ 科目名：課題研究
- ・ 対象校：東京都立府中工業高等学校 2 学年
- ・ 対象人数：1 クラス 35 名
- ・ 期間，回数：週 2 単位（50 分×2 時間）×35 週
- ・ 授業形態：1 クラスを 3 分割（学籍番号前半，中半，後半）し，各自 PC を使用し，講義とともに演習を行う
- ・ 使用教科書：オーム社「基本情報技術者標準教科書」[]

課題研究は基本情報技術者，初級システムアドミニストレータの資格取得を目標とした授業である．対象クラスが情報技術科ということもあり，他科

の生徒に比べ，コンピュータに関する興味，理解への意欲も高く，知識も多い．

授業では，資格取得に関する参考書を利用し，講義および本環境による演習を主に行った．本環境の評価は演習問題およびアンケートによって行った．授業風景を図 6 に示す．



図 6. 授業の様子

## 7. 評価

### 7.1 評価テスト

OS 教育支援における，可視化の有効性を検証するために，府中工業高校において評価実験を行った．評価実験はアンケートによる調査と，演習問題による調査を行った．

演習問題は計 4 クラス，140 名のデータを得た．調査方法は，各クラス 35 名を 2 分割し，一方は本環境を使用，もう一方は教科書による講義を行い，同じ確認問題を解くことで，理解度の差を見るものである．なお，グループ分けは学籍番号前半，後半で分けており，メンバーの偏りにより多少の学力差があるが，学力の均衡した母集団である．

講義内容は，次のとおりである．

(1) タスクスケジューリングのアルゴリズムによる違い

- ・ Round Robin
- ・ Priority Round Robin
- ・ Rate Monotonic

(2) メモリ管理のフィッティングアルゴリズムによる違い

- ・ First Fit
- ・ Best Fit
- ・ Worst Fit

(3) メモリ管理のページングアルゴ

リズムによる違い

- ・ FIFO
- ・ LRU

理解度を調べるために、確認テストを行った。テストの問題を図7に示す。

1. タスクスケジューリング  
あるスケジューラではタスクスケジューリングは1ミリ秒ごとに発生し、(1)~(3)のアルゴリズムを採用できるものとする。このとき、図1のようなパラメータを持ったタスクがあるとすると、1~3ミリ秒後における実行中のタスクをそれぞれアルゴリズムについて答えよ。  
例) タスクのパラメータ

タスク名	IDLE	LED	MOTOR
初期状態	BURNING	READY	READY
優先度(注1)	1	3	3
周期	∞	5	3
SUSPENDに依存するまでの時間(注2)	∞	3	3
次のタスク	LED	MOTOR	IDLE

注1 優先度の大きいタスクが優先。  
注2 SUSPENDに依存するタスクは、タスクはIDLE状態の力持ちになる。

解答欄

	(a)ラウンドロビン	(b)優先度付きラウンドロビン	(c)Rate Monotonic
1ミリ秒後			
2ミリ秒後			
3ミリ秒後			

2. メモリ管理(フィッティングアルゴリズム)  
メモリに図1のような空き領域があると、(1)~(3)の順に適合領域を必要とするタスクが実行された。(4)~(6)のアルゴリズムにおいて、それぞれのタスクにはどの領域が割り当てられるか答えよ。

(ア) 6KB	11KB 10KB 9KB 8KB 7KB 6KB 5KB 4KB 3KB 2KB 1KB
(イ) 5KB	
(ウ) 7KB	
(エ) 8KB	
(オ) 9KB	

解答欄

	(a)ファーストフィット	(b)ラストフィット	(c)ベストフィット
CPULE			
GPULE			
DMOTOR			

3. ページ管理(ページングアルゴリズム)  
図2のような記憶メモリにページが割り当てられるとき、それぞれのアルゴリズムにおいて記憶メモリにどのページが割り当てられるかを、順序番号を付けて答えよ。ただし、次の条件に従って解答すること。  
・ページングアルゴリズムは、記憶メモリ上にページがない。  
・記憶メモリはメモリ上にページがない。

1 2 3 4 2 5 1 2 4 3 2 5

(1)RFO

(2)LRU

図7. 確認テストの問題

次に、学習者の理解度を調査するために、確認テストを行った。テストは、4クラスで行い、各クラスを2グループに分け、各クラスのグループAが本可視化環境を使用、グループBがテキストを使用したものである。学習項目は

タスクスケジューリング、メモリ管理におけるフィッティング、ページングについてである。

各学習項目におけるグループ別のテスト結果を図8, 図9, 図10に示す。なお、縦軸は正解人数である。

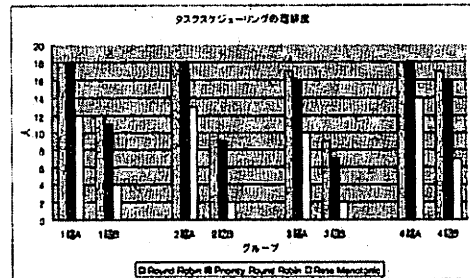


図8. タスクスケジューリングの結果

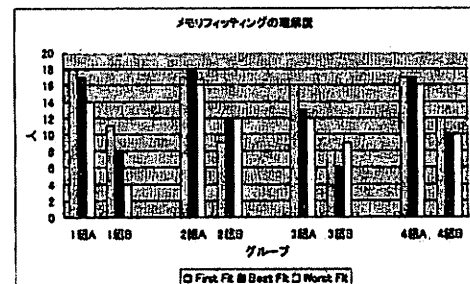


図9. メモリフィッティングの結果

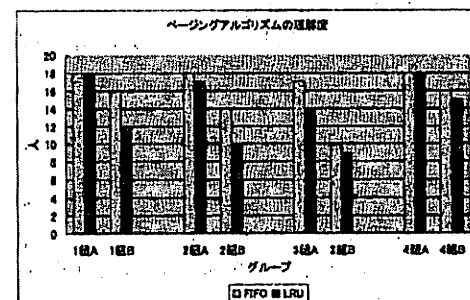


図10. ページングの結果

次に、各学習項目別の結果を図11に示す。

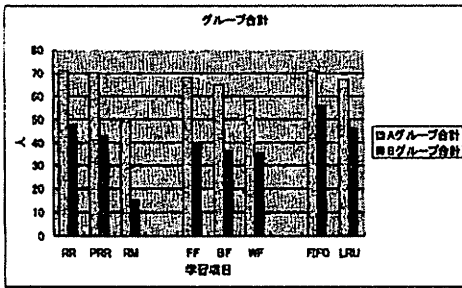


図 11. 学習項目ごとの結果

### 7.2 アンケート結果

評価テストとともに、アンケートによる調査を行った。アンケートの項目を次に示す。

\*質問番号

- A) 教科書に比べて判りやすいか
- B) アニメーションはわかりやすいか
- C) 配色による状態表現はわかりやすいか
- D) レイアウトはわかりやすいか

\*回答結果

- 1:悪い 2:少し悪い 3:どちらともいえない 4:少し良い 5:良い

これらのアンケート調査の結果を図 12 に示す。

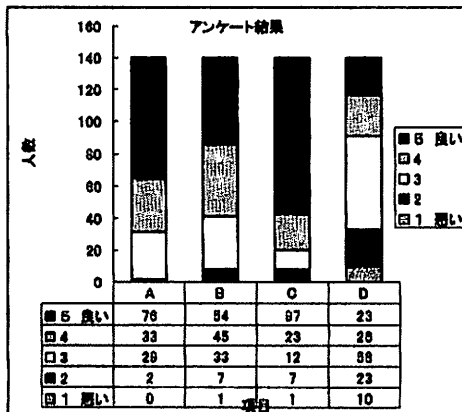


図 12. アンケート結果

### 7.3 考察

評価テスト結果、アンケート結果から、考察を行った。

評価テストの結果から、各学習項目

において本環境を使用したグループ A のほうが高得点であることが読み取れる。

タスクスケジューリングに関しては、ラウンドロビン、優先度ラウンドロビンともにグループ B の正解率 60% に対して、グループ A の正解率は 95% 以上である。また、Rate Monotonic に対してもグループ B に対して大幅に正解率を上げていることが読み取れる。これはタスクスケジューリングの動的な状態遷移の様子を、テキストは静的な表現に対し、本環境はアニメーションによる動的な表現を行っていることが理解を促進する大きな要因であると分析する。

メモリ管理に関しても同様に、動作の様子をアニメーションによって表現しているため、アルゴリズムの違いによる動作の様子を学習者が直感的に理解していると分析できる。

また、アンケート結果から質問 A), B), C) に関して 5:良い, 4:少し良い, の割合が 70% 以上占めていることがわかる。これは前述した本可視化環境の設計方針の有効性を実証していることが分析できる。しかし、質問 D) のレイアウトに関しては、3:どちらともいえないが多く、画面構成、レイアウトの再設計を検討する必要があると分析できる。

### 8. まとめ

可視化による OS 教育支援環境を工業高校において運用し、評価を行った。その結果、可視化による本教育支援環境は、従来のテキストを用いた場合よりも、直感的に理解を進めることができ、OS 学習の導入段階において効果を得ることができたと考えている。

今後は、アンケート結果によって明らかとなった、レイアウトの再設計および、演習段階、実装段階の OS 学習における本可視化環境の有効性の評価を行う予定である。

**謝辞** 本研究の実験にご協力いただいた東京都立府中工業高等学校の皆様  
に感謝いたします。

#### **参考文献**

- [1] 情報処理学会:大学の理工系学部情報系学科  
のためのコンピュータサイエンス教育カリキュ  
ラム J97(第 1.1 版) (1999).
- [2] 文部科学省:新高等学校学習指導要領 情報  
[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shuppan/sonota/990301d/990301k.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shuppan/sonota/990301d/990301k.htm) (1999)
- [3] 文部科学省:新高等学校学習指導要領 工業  
[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shuppan/sonota/990301d/990301n.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shuppan/sonota/990301d/990301n.htm) (1999)
- [4] 情報処理学会情報処理教育委員会:日本の情  
報教育・情報処理教育に関する提言  
<http://www.ipaj.or.jp/12kyoiku/proposal-20051029.html> (2005)
- [5] Nishino, Y. and Hayakawa, E.:Development of  
an OS Visualization System for Learning Systems  
Programming, HCI, pp. 1116--1120 (2003).