

Visualization design in OS education support environment

西野洋介† 早川栄一‡ 高橋延匡‡

Yosuke Nishino Eiichi Hayakawa Nobumasa Takahashi

1. はじめに

オペレーティングシステム (以下 OS) はハードウェア、ソフトウェアを管理し、仮想化する最も重要なシステムである。しかし、計算機科学を学ぶ学生が OS の概念、動作、機構などを理解するのは難しい。その理由の一つとして OS がブラックボックス化してしまい、動作が実体として見えないことがある。

このような問題に対して、可視化を中心とした OS 学習、教育を支援する環境を提案する。この研究はブラックボックス化している OS を可視化という手段によって、OS の機能、構造を表示し、教育、学習支援を行う環境を提供することで、学習者の理解を促進させる。

2. 目的と対象者

本研究の目的は OS を学習、教育するための支援環境の開発である。具体的には可視化という手段により OS の動作を具体化することで、従来のテキストによる OS 学習に比べ、OS の動作、機構が簡単に理解を促す事ができる教育支援環境を学生に提供することである。

本教育支援システムでは 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を想定している。OS について説明を行う側にとっては、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だけの解説に比べより視覚的な講義にすることができる。

3. 問題分析

3. 1 現在の OS の教育環境についての問題点

現在、一般的な科目での教育環境では、講義による説明とそれと並行してテキストを用いて学習させている。しかしテキストをベースとした学習環境においては学習者は OS の動作が把握しにくい。なぜなら OS はその性質上からユーザからは直接見えないブラックボックスとなっているからである。このため、学習者は OS の概念や動作の様子をイメージすることができない。

3. 2 要求分析

OS 教育における支援環境の要求を次に示す。

- (1) 視覚的に学習できる環境
- (2) 動的な状態遷移が行える環境
- (3) 学生が能動的に学習できる環境

4. 教育支援の方針

4. 1 教育支援の方針

一般的に計算機科学を学ぶ学生にとって重要なことは、基本的な概念の理解と実装を対象とした実践的な学習が必要である。これらは相反することのように思えるが、概念を理解していなければ実践的な学習を行っても全体のイメージがつかずシステム全体を見渡す力に欠けてしまうことが多い。

これらの理由から本教育支援システムでは OS の機構、動作の概念に特に重点をおいて教育支援を行うものとする。

4. 2 OS 教育における可視化の設計方針

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) 構造の抽象化

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、複雑に絡み合う協調動作を色表現を統一して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。

5. 可視化の設計

各可視化を行うに際し、先に述べた可視化の方針を基に設計を行った。

本可視化環境ではタスク管理、メモリ管理、I/O 管理を教育対象としているため、これら三つの要素の抽象化を行う。

(1) タスク管理

タスク管理においては各タスクを正方形の箱で抽象化し、それぞれの実行状態を信号色を用いて表現する。さらにこれらのタスクをスケジューリングすることによって学習者はタスクが CPU

† 拓殖大学大学院 工学研究科

‡ 拓殖大学 工学部 情報工学科

を仮想化したものであると理解することができる。

(2) メモリ管理

メモリ管理においては仮想記憶、ページングを可視化する。ここでは特に MMU の仕組みを抽象化し可視化を行う。入力された仮想アドレスに対し、MMU によって変換された物理アドレスを表示し、配列によって仮想化されたメモリ空間に照らし合わせていく。ページ置換えは FIFO、LRU の可視化を行う。

(3) I/O 管理

I/O 管理では割り込みを抽象化し、可視化する。ここではハードウェア資源、ソフトウェア資源を仮想化し、割り込み処理ルーチンを仮想化することで、割り込み要求の可視化を行う。複雑な実装を排除し、割り込み要求に対する処理を抽象化した可視化を行う。

6. 実現

本教育支援環境ではプロセス管理におけるプロセススケジューリング、同期、排他制御、ディスパッチ、メモリ管理におけるページングの例が可視化されている。(図1、2、3)

6.1 スケジューリングの可視化

ここではタスクスケジューリングの様子を可視化している。各タスクは正方形の箱で抽象化され、その保持状態は信号色を使って表現している。つまり、実行中のタスクは緑、実行待ちのタスクは黄色、条件成立待ちのタスクは赤である。各タスクはアニメーションによってスイッチされ、ラウンドロビンアルゴリズムによりスケジューリングされる。

6.2 同期、排他制御

ここではタスクの同期、排他制御をセマフォを用いて可視化している。各タスクはスケジューリング同様正方形で抽象化され、その状態は信号色で表現している。同期の例題には各タスクが数字をカウントするものである。

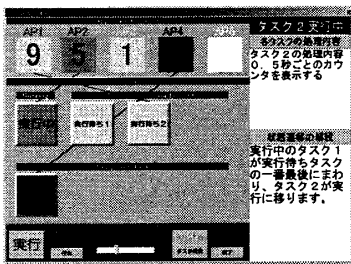


図1. スケジューリングの可視化

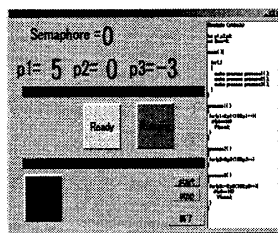


図2. 同期の可視化

6.3 ページングの可視化

ここではメモリ管理におけるページングの可視化を行っている。入力されたアドレスに対しMMUによって変換された出力アドレスを表示し、それらに対応する仮想アドレス空間と物理アドレス空間を

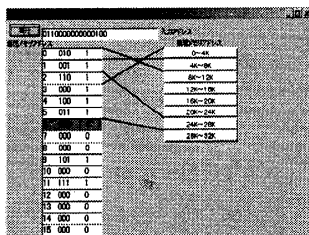


図3. ページングの可視化

可視化している。

7. 評価

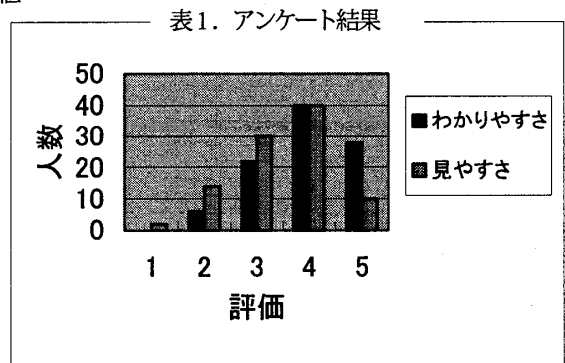
実現した可視化の例を約2年間に渡り、本学情報工学科における3年生のOSの講義においてプロセススケジューリング、同期、排他制御、ページングの例についてデモンストレーションを行い、アンケートをとった。対象となった学生は3年次にOSについて講義を行った学生である。可視化を行うことで理解がどれだけ進んだかを評価したものである。なおアンケート調査による主な注目要素は前述した可視化方針の有効性および学生の可視化環境への注目度の評価である。

また、評価の有効性を証明するために検定を行った。有効性の評価をt検定によって行った結果、帰無仮説が棄却できた。よって検定結果より本可視化環境の有効性を示すことができた。次に検定結果を示す。

差分の平均値=3.96

標準偏差=0.5

t値=40.1



8. おわりに

本報告では計算機科学、特に OS の基本機能を学ぶ学生が、OS の概念や動作、管理機構の学習時において、可視化によって学習を支援する環境の実現および評価について述べた。評価を行った結果次の結論を得た。

- ブラックボックス化している OS に対し、可視化を行うことは OS 教育支援において非常に有効な手段である。
- アニメーションによる状態遷移はその変化の様子を観察するには有効な手段である。
- 色表現を使った状態の表現は学習者に視覚的な理解を促すことができる。

今後は問題点の解決および、可視化コンポーネントの追加、充実を行っていく。

参考文献

[1]西野祥介、早川栄一、高橋延匡:可視化によるOS学習支援システムの開発、情報処理学会研究報告、2000-O S-84、pp.173-180、2000
 [2]社団法人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