

OS 概念の教育支援システムの開発と評価

3 T - 1

西野洋介、早川栄一、高橋延匡
拓殖大学大学院工学研究科

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、仮想化を行う最も重要なシステムである。ゆえに計算機科学を学ぶ学生にとって OS の理解は最重要課題の一つである。しかし、計算機科学を学ぶ学生が OS の概念、機構、動作を正しく理解することは難しいという現実がある。その大きな原因の一つとして、OS がブラックボックス化してしまい、内部の動作が実態として見えないことが考えられる。このような問題に対して、我々は可視化を中心とした OS 学習、教育を支援する環境を提案した[1]。

2. 研究の目的と対象者

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。

なお、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。また、情報工学科もしくはそれに相当する学科に在籍する、OS 学習における初期段階の学生も対象とする。

3. 問題分析

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。なぜならば OS はその性質上からユーザからは直接見えない、いわゆる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という問題点がある。

OS を学習する際にも、プログラミング言語の講義やソフトウェア開発などの演習と同様に、講義による説明とテキストを用いた学習の後に実験演習できる環境があれば、構造の理解や動作のイメージをするのに役立ち、学習した内容をより確実に習得できると考えられる。

4. 設計方針

(1) OS の概念に重点をおいた教育支援を行う

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深度の深い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できずシステム全体を見渡す力に欠けてしまうことが多い。

(2) 本教育支援環境における OS の教育項目

本教育支援環境では OS の基本概念である、資源の仮想化、管理、運用に重点をおいて教育支援を行う。ここで学習者に教育支援を行う際の、OS の概念、基本機能の定義について述べる。本教育支援環境においては表 1 に示す要素を OS の基本機能として本教育支援

環境の学習要素と定める。

表 1. OS 機能の概念の定義

学習レベル	基本概念セット	拡張概念セット
プロセス管理	プロセスの定義、多層プログラミング、プロセススケジューリング、同期、排他制御	コンテキストスイッチ、プロセス制御ブロック、セマフォ、デッドロック
メモリ管理	スワッピング、仮想記憶、ページング、ページ置き換えアルゴリズム、セグメンテーション	断片化、ワーキングセット
ファイルシステム	ファイルの概念、ディレクトリ、ファイル構造	ディスクスケジューリング、ディスク構造
入出力管理	入出力ハードウェア、割り込み	ネットワーク
OS 構成法	OS アーキテクチャ、モノリシック、マイクロカーネル、ポリシとメカニズムの分類	分散システム、リアルタイム OS

学習項目を基本概念セットと拡張概念セットに分けた理由は、学習者に対して一度に多くの学習項目を表示することで、学習の要点が隠れてしまい、学習者の混乱を招く可能性を排除することにある。これらは J97 [2] や代表的な OS 参考書などを参考に定義した。

(3) OS の可視化の方針

ここで OS の可視化を行う際の可視化方針を次に述べる。

i) OS の機能ごとに抽象化した可視化

OS の機能はまさに多種多様である。しかしそれらすべてを一度に可視化、表示したのでは、かえって学習者の混乱を招く恐れがある。よって、学習させたい要素を絞って可視化することでこれらの問題点を排除する。

ii) 動的な OS の動作に対して動的な可視化

OS の動作は動的かつ非同期である。これらに対してテキストによる解説は時間軸にそって静的にあらわしたものであり、OS の動作を追うことができない。一方、可視化環境では動的な OS の動作に対して動的に可視化を行うことで、学習者の理解を促進することができる。

iii) 学習者の理解度に応じた可視化

先述したように学習する要素を一度に表示すると学習者が混乱する可能性がある。よって、各 OS 機能に対する可視化の粒度を変える事で学習の理解度に応じた可視化を提供する。

5. 設計

5. 1 全体構成

本教育支援環境は可視化モジュールとそれらをコントロールするユーザインタフェースから構築されている。さらに、可視化モジュールはベースコンポーネントと可視化コンポーネントから構成されている。

5. 2 可視化モジュールの設計

可視化モジュールは母体となるベースコンポーネントとベースコンポーネント上に実装される基本セットの可視化コンポーネントからなる。ベースコンポーネントは可視化に共通するインタフェースと提供し、可視化コンポーネントはそのインタフェースをもとに可視化を行い、出力する。可視化コンポーネントによって状態が変更されたときは、ベースコンポーネントの共通インタフェースを修正する。

Realization and evaluation of OS educational support environment by visualization

Yosuke Nishino, Eiichi Hayakawa and Nobumasa Takahashi
Takushoku University

また、可視化コンポーネントにおいては実際にユーザに可視化を出力する重要な部分である。次に本教育支援環境における可視化を行う際の可視化の特徴を示す。

- i) アニメーションを用いた表示
- ii) 信号色をもちいた色表現の工夫
- iii) 動作スピードの変更

6. 実現

本教育支援環境ではすでに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, 4)

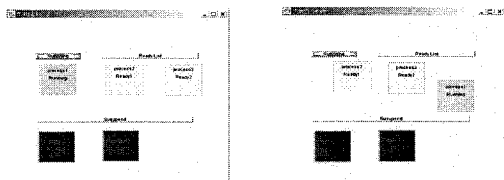


図1, 図2. スケジューリングの可視化

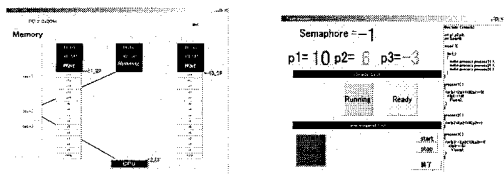


図3. ディスパッチの可視化

図4. 同期の可視化

7. 評価

7.1 アンケート結果

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についての概念を知った学生であり、各要素についての講義を行った後に復習する意味でデモンストレーションを行ったものである。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。

アンケート内容は次の通りである。

- (1) 可視化の様子はわかりやすかったか (5段階評価)
- (2) 可視化は見やすかったか (5段階評価)
- (3) 良かった点はどこか
- (4) 悪かった点、見にくかった点はどこか
- (5) わかりにくかった点について、どのように改良すればよいと思ったか

約50人の学生にこれらの質問内容への回答が得られた。次に(1)、(2)の質問の回答を表2に、(3)、(4)、(5)の回答のまとめを示す。

表2. アンケート結果

評価	← 高い → ↓ 低い				
	5	4	3	2	1
わかりやすさ	14人	20人	11人	3人	0人
見やすさ	5人	20人	15人	7人	1人

(3) 良かった点はどこか

- ・ 実際に目で見えるところ
- ・ 文章だけではなく実際に動きがあるところ
- ・ それぞれの状態によって色分けされているところ
- ・ どのように動いているのかゆっくりと実行されること
- ・ セマフォがある場合とない場合の動きの差が明確になっていたところ

(4) 悪かった点、見にくかった点はどこか

- ・ 時間の経過がわかりにくいところ
- ・ 字が多いところ

(5) わかりにくかった点について、どのように改良すればよいと思ったか

- ・ ひとつ前の状態に戻るアンドゥ機能をつければよいと思う
- ・ 同期や排他についてもっと違う例で示せばよいと思う
- ・ 説明しなくてもぼっと見ただけでわかるようにして欲しいと思った

これらの結果が得られた。

7.2 考察

前述したアンケート結果からこれらの可視化についての考察を行う。

(1) わかりやすさ、良かった点についての考察

わかりやすさ、見やすさについてはほぼ満足できる結果となった。アンケート回答を見てもわかるように、OSの可視化においてはアニメーションを用いた動的な可視化を行い、テキストや図の説明だけではなく、実際に動くものを併用することで理解の促進を得ることができると考えられる。

(2) 悪かった点、見にくかった点についての考察

アニメーションという手法は状態の遷移を明確にできるという大きな利点があるが、状態が遷移する直前までの情報は表すことができない。これらの問題については逆再生ができる、もしくは残像効果の方法で解決できるのではないかと考える。

(3) どのように改良すればよいかという回答の考察

どのように改良すればよいかという回答では様々な意見を得ることができた。特にアンドゥ機能をつければよいという回答は非常に良い提案であると考えられる。

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、考察の結果からOSにおけるブラックボックスや動的な動作に対して、可視化という手段の有効性を確認した。この可視化教育支援環境によって、OSの基本的な機能を容易に学習でき、より深く理解することが可能となった。

今後は考察における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] 西野洋介, 早川栄一, 高橋延匡: 可視化によるOS基本機能の学習支援システムの開発, 情報処理学会研究報告, 2000-OS-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 <http://www.ipsj.or.jp/katsudou/chosa/J97-v1.1.pdf>