

## COMET-II 互換プロセッサ上における リアルタイムオペレーティングシステム演習環境の構築\*

稗田 敬士† 鈴木 遊太† 河合 一慶† 大泉 浩史† 宮内 新† 荒井 秀一†

武蔵工業大学 工学部‡

### 1. はじめに

本学ではコンピュータを基礎から系統立てて学ぶ事を目標に各科目間が有機的に連続したカリキュラムを構築している.1年次においてのプロセッサを外側から見た時の動作理解から,2年次ではプロセッサの内側から見た時の動作理解を目的としてCASL<sup>2</sup>を学習,3年次ではCOMET-II互換プロセッサ [1] を使用しプロセッサ設計演習を行っている.

近年,組込み制御用リアルタイムOS(以下RTOS)としてITRON仕様OS [2] の需要が増えてきた.この理由としてITRONの仕様が目的によって変更でき,またオープンな標準仕様であり,理解や技術者の教育が容易であることが挙げられる.

しかし,RTOSの普及とは対照的に開発環境,ツール不足,扱える技術者が少ないという問題点が出てきている.これらの問題点はRTOSの教育の方法が原因の一つであると考えられる.現在のRTOSの教育はシミュレータを使用したものや講義だけといったものが多く,実際にRTOSを動作させる機会が少ない為に,RTOSの概念や機構を理解することが難しいといえる.

本稿では,COMET-II互換プロセッサボード上で開発してきたITRON for COMET-II [3] を用いてリアルタイムOS演習環境を構築する.また,模擬演習を実施することでRTOSの演習環境としての評価を行うことを目的とする.

### 2. リアルタイムOS演習

#### 2.1 学習すべき項目の抽出

アプリケーションの複雑化による制御部のモジュール化,リアルタイム性が求められる事により,それをRTOSが必要である.それらを学生に身をもって体験してもらう為,今回演習を実施する.その為に,単なる機械語の記述だけではなく,スケジューリングやタスクといった概念や動作を実際に触れられる環境を演習者に提供する.また,アプリケーションを開発する上でデッドロックが生じてしまう,そのことについても理解できるよう項目を設定する.

#### 2.2 演習項目

1. OSの導入,必要性の理解
2. タスクスケジューリングによるタスクの状態遷移,システムコールの理解
3. デッドロック問題の理解

### 3. 模擬演習

今回の模擬演習では演習項目1,2について行った.以下に演習項目を実現する為に行った内容について記述する.

#### 3.1 OSの導入,必要性の理解

##### 3.1.1 目的

OSの必要性,概念,ITRON仕様におけるタスクスケジューリングの規則を理解する.

##### 3.1.2 サンプルプログラム

基本的なタスクスケジューリングを理解してもらうために,4つのサンプルプログラムを用意した.それぞれのサンプルプログラムは,タスクスケジューリングの重要度,またタスクスケジューリングの利点,欠点を理解しやすいよう,FCFS<sup>§</sup>によるスケジューリング,もしくは優先度によるスケジューリングに特化した形で構成されている.以下にそれぞれのサンプルプログラムについて示す.

- FCFSによるスケジューリング
- 優先度スケジューリング
- ラウンドロビンによるスケジューリング
- 優先度とラウンドロビンを合わせたスケジューリング

#### 3.2 タスクスケジューリングによるタスク状態遷移,システムコールの理解

##### 3.2.1 目的

ここでは以下2つの項目を目的として想定している.

- システムコールを発行しタスク間で同期をとり,タスク遷移状態を理解する.
- セマフォを用いた排他制御について理解する.

##### 3.2.2 サンプルプログラム

純なタスクスケジューリングを組み合わせることで,タスクの遷移が起こることを理解してもらうために,2つのサンプルプログラムを用意した.また,実際に演習者自身でシステムコールを用いることで実際に深くOSに触れる機会を提供する.以下に開発したサンプルプログラムを示す.

- システムコールを用いたタスク間の同期
- セマフォを用いた排他制御

\*The Development of The Real Time Operating System Training Environment using a COMET-II Compatible Processor

†Takashi Hieda, Yuta Suzuki, Kazuyoshi Kawai, Hirofumi Oizumi, Arata Miyauchi, Shuichi Arai

‡Faculty of Engineering, Musashi Institute of Technology

§First Come First Served(到着順)

### 3.3 模擬演習の概要

前述の模擬演習においての演習の対象者や人数などについての情報を表1に記す。

表1: 模擬演習の概要

対象者	学部3年生, 2年生
人数	学部3年生 × 3名 (1班3名) 学部2年生 × 4名 (1班2名)
時間	演習項目につき 90分 × 2 1日につき 1演習項目 × 2日間

対象者の3年生は本学でのOSの講義を受講中であり, COMET-II に関して既に本学における実験, 講義で学習を行っている。2年生は現在 CASL2 について講義で学習中であり, 実機に触れるのは今回が初めてになり, OS に関して講義も受講していない状態である。

### 3.4 演習で用いた実験装置, 配布物

- ITRON for COMET-II 実装の COMET-II ボード
- PC (アセンブラ, デバッグ, OS モニタ [4])
- 教科書
- 実験指針
- ITRON for COMET-II マニュアル
- システムコールリファレンス
- アンケート
- テスト

## 4. 演習結果

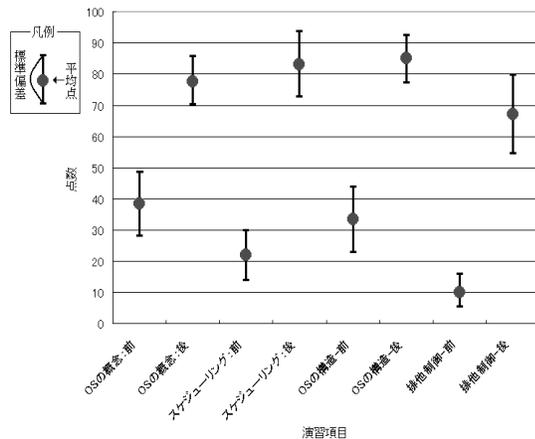


図1: テスト結果

テストは演習ごとに前と後に実施した。テストの結果を図1に示す。その図1から全体的に平均点が演習後のテストにおいて理解が向上しているのが読み取れる。ただ, スケジューリング, 排他制御の項目に関しては前と後では標準偏差が広がっているのが読み取れる。他の二つと比べて, 理解できていない人が多いということがわかった。また, 排他制御に関しては平均点が低く, 標準偏差が大きいことから理解が難しかったとわかる。

### アンケートから理解の向上が読み取れた点

OSの必要性やリアルタイム性, OSとRTOSの違いといったOSの概念やITRON仕様OSにおけるタスクスケジューリングや優先度, リアルタイム性の保証の仕方などOSの動作はほぼ全員に理解の向上が読み取れた。

### アンケートから理解の向上が読み取れなかった点

「ラウンドロビンについてどのくらい理解できたか」を問う項目を設けたが, その項目について3年生は4人全員「理解できた」と回答したが, 2年生は4人中3人が「よくわからなかった」という回答が出た。

「タスクはOSが管理していることが理解できたか」と問う項目に関しては3年生は全員「理解できた」と答えたが, 2年生は全員「よくわからなかった」と答えた。

「タスク間の同期をとる利点について」を問うテストの項目に関しては, 演習前後に関わらず1名を除いて全員が回答が出来なかった。

## 5. 考察

アンケート, テストから今回の演習環境について考察を行った。その結果以下の点が理解に及ばなかった点の原因として挙げられる。

- 今回はOSの構造を意識せずに学習できるように演習を行ったが, 実際にはOSを使用する以上OSの構造などOSを意識せず行うのが難しい為に理解が困難であった。特にタスクについての理解が難しいという点が出てきた。マニュアルで説明はしたものの, 実際に演習者がOSの構造について学習できる演習項目がなかった。今後は, マニュアル等の説明だけではなく演習項目を設けてOSの構造の理解が必要だと考えられる。
- 今回ログのみのOSモニタを使用し演習を行った。OSの概念や動作といったものは, ログのみのモニタやCOMET-IIボードに搭載されている, 3つの4桁LEDを用いることによって理解は望めた。テスト結果にもあったようにスケジューリングや排他制御の理解の更なる向上を見込んだ時はOSの構造や排他制御を可視化できるツールが必要だと考えられる。

## 6. むすび

今回, OSが不安定な動作することなく無事に模擬演習を終了させることでITRON for COMET-IIや配布物など演習環境としての評価を行うことが出来た。より充実した演習を行うにあたり, 大人数での演習評価, 必要な演習項目やツールを作成していくことが今後の課題として挙げられる。

## 参考文献

- [1] 河合 一慶 宮内 新 荒井 秀一: "COMET-II 互換プロセッサによるCPU演習環境の開発", FIT 2002, 一般講演論文集 第1分冊, P189-190
- [2] 坂村 健: "μITRON4.0 標準ガイドブック", パーソナルメディア, 2001
- [3] 相原 靖弘 宮内 新 荒井 秀一: "COMET-II 互換プロセッサ上におけるITRON仕様OSに関する研究", FIT 2002, 一般講演論文集 第1分冊, P165-166
- [4] 鈴木 遊太 稗田 敬士 河合 一慶 大泉 浩史 宮内 新 荒井 秀一: "COMET-II 互換プロセッサ上におけるリアルタイムOS演習の為のデバッグ環境の開発", 電子情報通信学会, 2004