オペレーティングシステム

教授　石川　裕
理学部7号館　505
ishikawa@is.s.u-tokyo.ac.jp

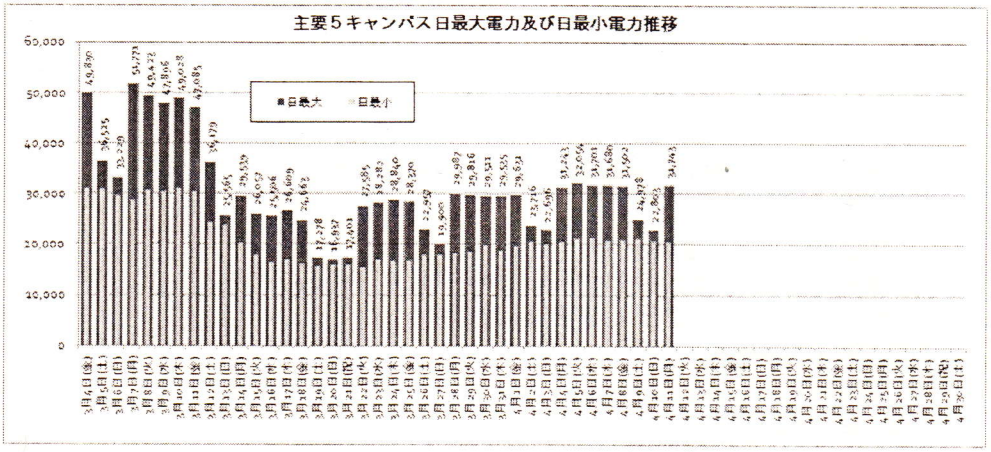
自己紹介

- 石川　裕(いしかわ　ゆたか)
- 略歴
  - 2002年1月1日
    - 東京大学情報理工学系研究科コンピュータ科学専攻
  - 1993年～ 2001年
    - 新情報処理開発機構出向
    - 通商産業省(現在の経済産業省)主導プロジェクトである「リアルワールドコンピューティングプログラム」を実施した組織
  - 1988年～1989年
    - 米国カーネギーメロン大学客員研究員
  - 1987年4月～2001年
    - 通商産業省電子技術総合研究所

自己紹介:研究テーマ(一部)

- クラスタ＆高生産・高性能計算
  - 並列アプリケーション開発コストの低減と、移植性と性能を保証するプログラミング・実行環境の実現、コモディティハードウェアによる高性能計算環境の実現
- エキサスケールを実現するシステムソフトウェア
  - 10^{18} FLOPSを実現する超並列コンピュータを実現するために必要となるシステムソフトウェア。100万プロセスが同時に動作している環境における、通信、ファイルI/O、資源管理、故障対応など
- ディペンダブルシステム
  - PCクラスタ環境においてSMP環境と同等の環境を提供すると共に耐故障性、自動運用可能なシステムの実現
  - システムソフトウェア検証

東大の電力使用量



講義概要

- 参考図書
  - Silberschatz, Galvin, and Gagne, Operating System Concepts Seventh Edition, Wiley
- 成績
  - 試験の点数で決める
  - 試験は持ち込み不可
  - 授業に出席していた人で試験の結果が悪い人は、追試験あり
    - 出席をとりますが、出席点はないです

講義スケジュール (予定)

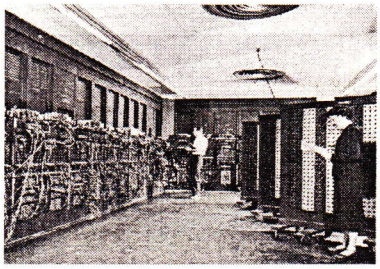
1. OSの概要(4/13)
2. プロセス管理(4/20)
3. プロセス間交信、スレッド(4/27)
4. プロセス同期、シグナル(5/11)
5. CPUスケジューリング 1 (5/18)
6. CPUスケジューリング 2 & トランザクション処理&メモリ管理1(5/25)
7. 休講 (6/1)
8. 中間試験 (6/8)
9. メモリ管理2 (6/15)
10. メモリ管理3 (6/22)
11. I/Oシステム (6/29)
12. ファイルシステム (6/30)
13. プロテクション＆セキュリティ (7/6)
14. 分散システム&まとめ (7/13)
15. 試験 (7/20)

初期の計算機の使われ方

- 裸の計算機の時代 (1950年代)
  - プログラム次第でどのような計算もできる
    (内蔵プログラム方式; フォン・ノイマン方式)
  - 高価なハードウェア(真空管などで構成)
  - (相対的に)安価な人的資源

⇒ 目的ごとに個別のプログラムを作成

計算機を占有して1つのプログラムを実行



- パッチボードによるプログラム
- 17,468本の真空管
- 24 m x 0.9 m x 2.4 m
- 30トン
- 150 KW

ENIAC(最初の電子計算機、1946)

OSの役目

- ハードウェア資源の有効利用 I/Oの間にCPUで別なプロセスを実行
- 仮想化&抽象化
  - ハードウエア資源をそれ以上に見せる
    - 仮想メモリ
  - 機器の細かい操作の違いを隠蔽し、統一インターフェイスを提供する
    - open, read, write, close
- ハードウェア資源管理
  - メモリ
  - ディスク
  - プロセッサ
  - ネットワーク等のI/O

プログラム実行方式

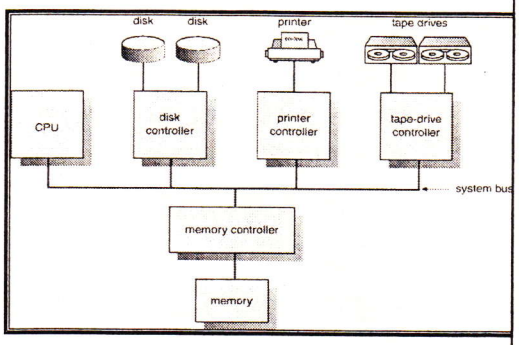
- マルチプログラミング（マルチタスク）
  - 複数のプロセスをメモリ上に置く
  - プロセスがI/O要求し、その完了まで待ち状態になったら、他のプロセスに実行を移す
  - CPUが有効利用される
- バッチシステム
  - 一連のプログラム実行の流れをファイルに格納しておき、一括実行する
  - スパコンでは今でも使われている
- タイムシェアリング
  - CPUが複数のプロセスを短い間隔で実行する
  - ユーザは複数のプロセスに対してインタラクティブに操作できる

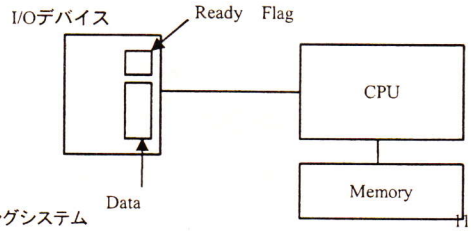
ユーザインターフェイス

- Batch
  - 一連のプログラム実行の流れをファイルに格納して起き、一括実行する
- CLI (Command Line Interface)
  - シェル
- GUI (Graphical User Interface)

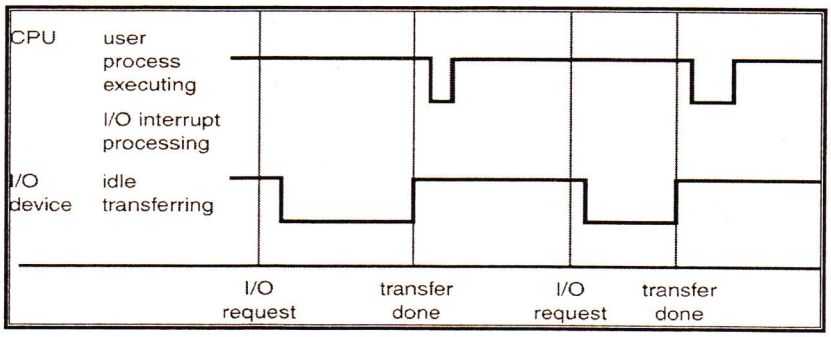
OSから見たコンピュータシステム

- I/OデバイスとCPUは同時に動く
- 各デバイスコントローラは、そのデバイスのための仕事をする
- デバイスコントローラはバッファ領域を持っている
- デバイスコントローラの状態を知る
  - ポーリング
    - CPUが状態を調べる
  - 割り込み
    - コントローラがCPUに対してI/O処理完了を通知する
- データ移動
  - CPUがデバイスコントローラのバッファ領域からデータを読み書きする方法(PIO)
  - デバイスコントローラが主記憶にデータを読み書きする方法(DMA)





CPUとI/O

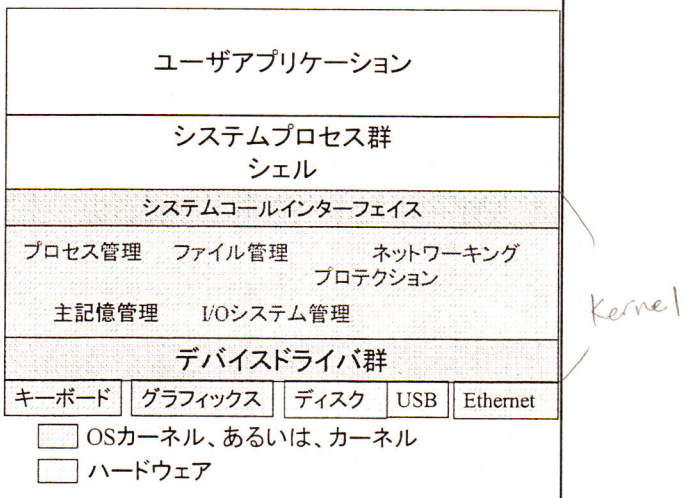


OSの構造

- システム構成要素
- OSサービス
- システムコール
- システムプログラム群

システム構成要素

- OSカーネル（あるいは単にカーネル）
  - メモリに常駐するプログラムで、CPU特権モードで実行される。
    - プロセス管理、メモリ管理、ファイルシステム、ネットワーク管理、その他I/O管理
- システムプロセス
  - システム機能を実現しているプロセス
- シェル
  - OS機能を実行するためのユーザーインターフェースを提供
- ウインドウシステム
- コマンド群

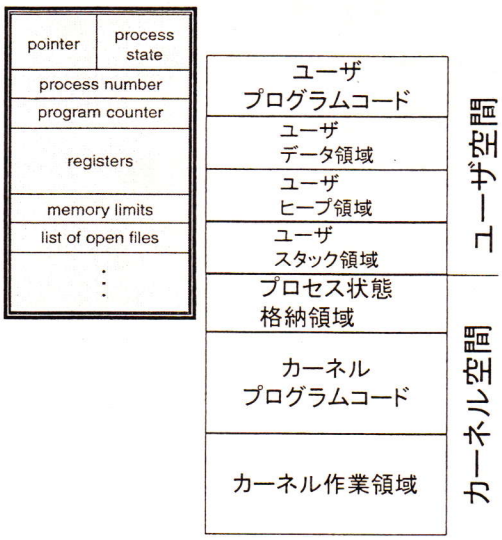


Kernel

- カーネルはCPUの特権モードで動いている（後述）
- システムプロセスはCPUのユーザモードで動いているが、特別な権限を持つ

プロセス管理

- プロセスとは？
  - プログラムの実行単位
  - プロセスが必要とする資源
    - CPU時間
    - メモリ
    - ファイル
    - I/Oデバイス
- OSのプロセス管理
  - プロセス生成・削除
  - プロセス停止・再開
  - プロセス間同期
  - プロセス間通信
  - デッドロック処理

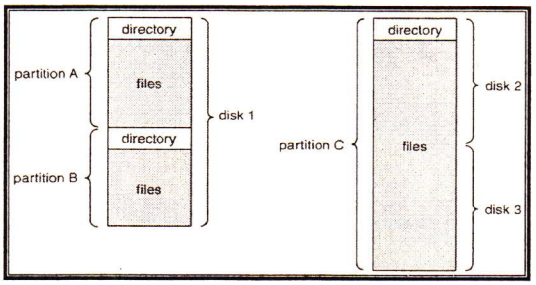


主記憶管理

- 主記憶上には
  - 複数のプロセスを主記憶に置いて実行する。
  - 各プロセスの使用するメモリ領域の大きさは動的に変わる
  - プロセスは生成・消滅する
- OSの主記憶管理
  - メモリの使用領域管理、未使用領域管理
  - メモリの空き領域ができたときに、どのプロセスをメモリにロードするか
  - 要求に応じてメモリの確保、削除

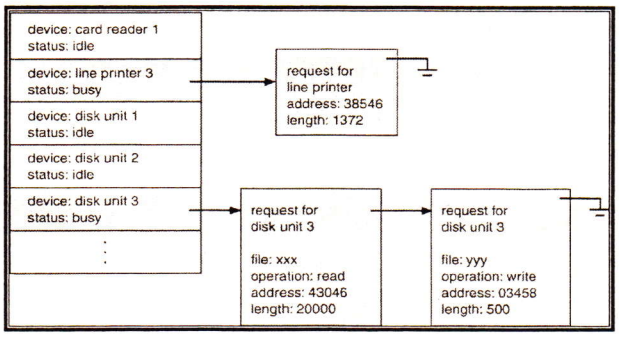
ファイル管理

- 情報を格納する様々なデバイス
  - フラッシュメモリ、磁気ディスク、光ディスク、磁気テープ
- ファイルとは
  - 記憶デバイスの差に関係なく情報を格納するもの
  - ファイルにはプログラムが格納されていたり、データが格納されている
    - Windows系では、ファイル識別子によりファイルの種類が決まる
    - Unix系では、ファイル属性として実行可能なプログラムかどうかが決まる
- OSのファイル管理
  - ファイル生成・削除
  - ディレクトリ(フォルダ)生成・削除
  - ファイル、ディレクトリ操作
  - ファイルをディスクに格納
  - バックアップ機能



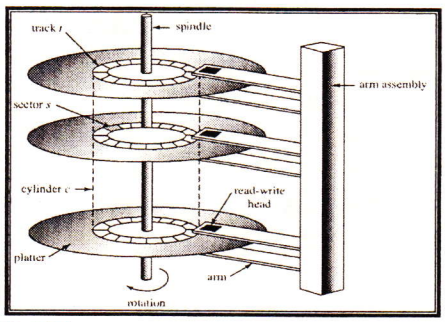
I/Oシステム管理

- バッファ、キャッシュシステム
- 汎用デバイスドライバインターフェイス
- デバイス依存ドライバ



2次記憶管理

- 主記憶は揮発性メモリかつ容量も小さい
  - 現在の主記憶の容量:パソコン　512MB～4GB
  - 現在の2次記憶の容量:パソコン　100GB～TB
- 2次記憶(ディスク)へのバックアップ機能が必要
- ディスク管理
  - ディスク内の未使用領域管理
  - 領域の配布
  - I/Oスケジューリング



ネットワーキング

- ネットワークでつながったコンピュータ同士のデータ交換を可能とする
- インターオペラビリティが重要
  - Sun Sparc系ワークステーションとIntel系PCとの間での通信
  - UnixとWindowsとの間での通信
- ネットワークプロトコル
  - 一般的には複数機器間で通信を行うために
    - フォーマット
    - 手順

    を決めた規約
- ネットワークプロトコルに基づいた通信機構を提供

プロテクションシステム

- *プログラム、プロセスが使用する資源のアクセス制御*
- 権限
  - デバイスのread/write
  - 共有メモリ領域のread/write
  - ファイルのread/write/delete
  - ディレクトリのlookup/create/delete
  - コマンド実行
- 権限を与える相手の特定
  - ユーザ
  - グループ
  - プロセス
- 権限の委譲機能

コマンドインタープリタシステム（シェル）

- ユーザインターフェイスを提供する
- 例
  - UNIX系OSではシェル
    - sh, csh, zsh, bash
  - IBM Mainframe系OSではJCL
- ユーザが入力した指示文を解釈実行する

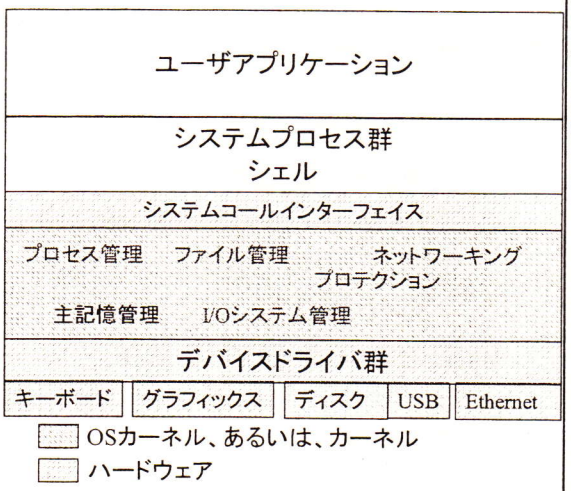
```
% cat >/tmp/foo
This is a test.

%
```

Cntrol-D

OSの構造

- システム構成要素
- OSサービス
- システムコール
- システムプログラム群
- システム構造



OS基本サービス

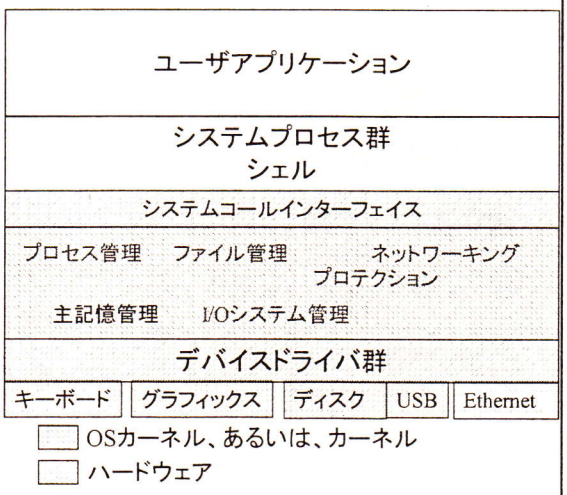
- プログラム実行
  - ディスク上のファイルを主記憶に持ってきて実行する
- I/O操作
  - ユーザが直接I/Oをアクセスせずに、OSがI/O処理を行う
- ファイルシステム操作
  - ファイルのread/write/create/delete
- 交信
  - プロセス間交信、コンピュータ間交信
- エラー検出
  - CPU、メモリエラー、I/Oデバイス
    - ハードウエア規格としてIPMIというのがある

OSサービス

- 組み込み系OSでは基本サービスだけ提供されていればそれでよい。サーバや計算センタで使用されるOSではさらに以下のサービスが必要となる
  - マルチユーザ・ジョブのための資源管理
  - アカウンティング
  - 資源保護

OSの構造

- システム構成要素
- OSサービス
- システムコール
- システムプログラム群
- システム構造

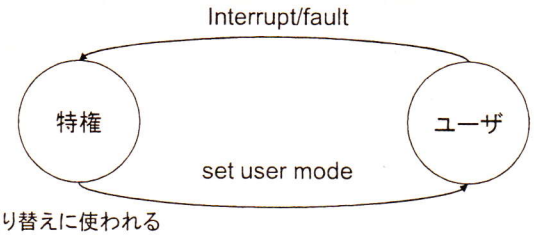


CPU実行モード

- スーパバイザモード(特権モード)
  - 危険な操作は特権モードだけで可能にする
    - 入出力デバイスの操作(入出力デバイスは、任意のメモリ領域にアクセス)
    - タイマ、MMU(Memory Management Unit)など共通システム資源の操作
  - 特権モードは、スーパバイザモードとも呼ばれる。
- ユーザモード
  - 特権モードでないモードは、ユーザモード

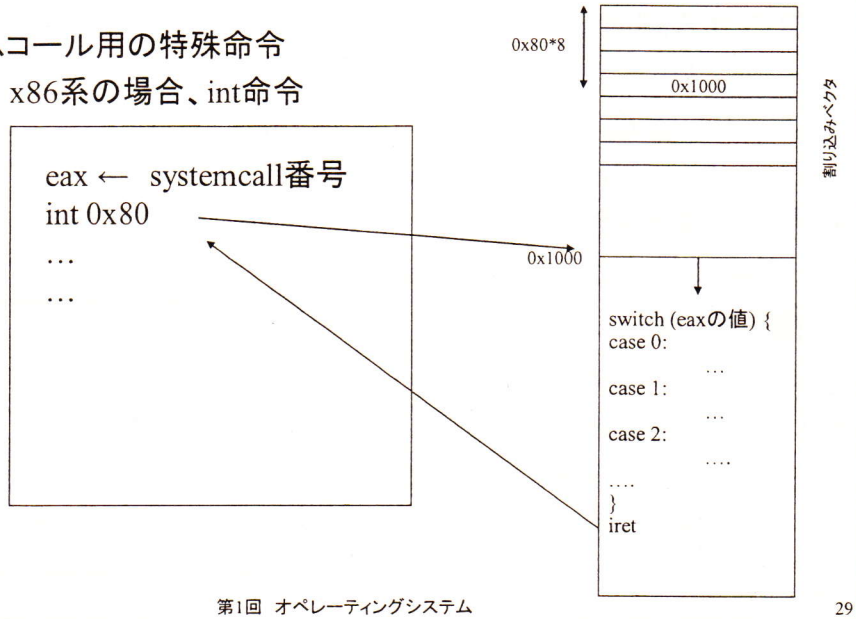
CPU実行モードと割り込み

- 割り込み
  - ある事象が発生したことにより、実行中の処理を中断し、発生した事象のための処理を行わせる。
  - 割り込み処理を行わせるために、割り込み処理用プログラムが格納されているメモリアドレスにプログラムカウントを変更
- 割り込みの種類
  - 同期割り込み
    - 例外処理
    - システムコール
  - 非同期割り込み
    - タイマー割り込み
      - 複数のユーザプログラムの切り替えに使われる
    - I/Oデバイス割り込み
    - ハードウエア障害



システムコール

- システムコール用の特殊命令
  - Intel x86系の場合、int命令

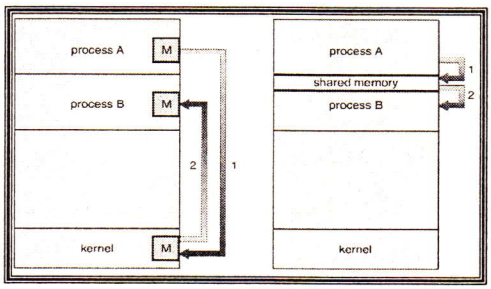


システムコール(プリミティブ)

- システムコールはユーザプログラムとOSとのインターフェイス
  - 割り込み命令によって実現される
  - C, C++などのプログラミング言語とのインターフェイスが提供されている
  - Unix系ではマニュアル2章がシステムコール、3章が言語ライブラリ:例
    - 2章open/read/write/closeはシステムコール
    - 3章fopen/fread/fwrite/fcloseはシステムコールを使用し、ライブラリレベルでバッファ処理をするライブラリ

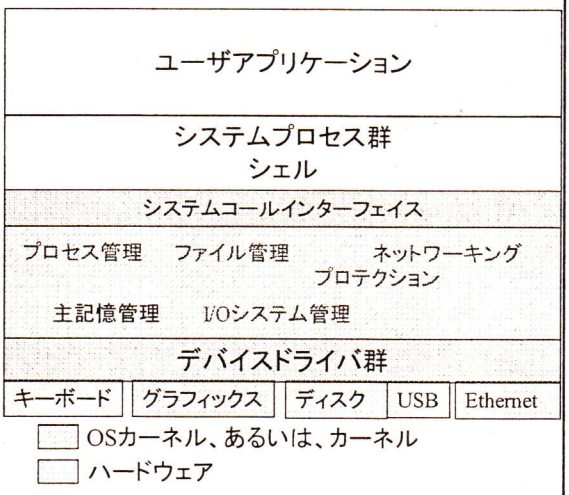
システムコールの種類

- プロセス制御
  - fork, kill
- ファイル管理
  - create, delete, open, read/write, close, link
- デバイス管理
  - Open, read/write, close, ioctl
- 情報管理
  - time, date, getpid
- Communications
  - message passing
  - Shared memory



OSの構造

- システム構成要素
- OSサービス
- システムコール
- システムプログラム群



システムプログラム群(コマンド群)

- プログラム開発、プログラム実行のための利便性のある環境を提供する
- コマンド群
  - File manipulation
  - Status information
  - File modification
  - Programming language support
  - Program loading and execution
  - Communications
  - Application programs
- ユーザにとっては、どのようシステムプログラムが提供されているかによってOSが特徴付けられる。
  - システムコールはあまり関係ない

講義スケジュール (予定)

1. OSの概要(4/13)
2. プロセス管理(4/20)
3. プロセス間交信、スレッド(4/27)
4. プロセス同期、シグナル(5/11)
5. CPUスケジューリング 1 (5/18)
6. CPUスケジューリング 2 & トランザクション処理&メモリ管理1(5/25)
7. 休講 (6/1)
8. 中間試験 (6/8)
9. メモリ管理2 (6/15)
10. メモリ管理3 (6/22)
11. I/Oシステム (6/29)
12. ファイルシステム (6/30)
13. プロテクション&セキュリティ (7/6)
14. 分散システム&まとめ (7/13)
15. 試験 (7/20)