第8回　保護とセキュリティ（1）

入出力保護，アクセス制御

コンピュータシステムに対する脅威

- 災害：天災（地震・洪水）、人災（テロ・戦争）
- 故障：停電、ハードウェア故障、ソフトウェア故障（バグ等）
- 操作ミス（偶発的な人為災害）
- 故意の人為災害（特に、これが厄介）
  - 不法侵入、盗聴
  - 不法アクセス
  - 不正プログラム、不正トラフィック

- 保護（protection）：誤り（内部的な脅威）への対処
  - 信頼性、可用性などOSの機能が重要な役割
- セキュリティ（security）(注)：故意による安全性への脅威への対処
  - 運用方法やアプリケーションを含めた対応が必要

注：機密保護とも訳されるが、意味が狭いため、近年は、カタカナで呼ばれる。
用法に注意（「セキュリティ対策」とは言わない）

安全性に関する特性

p.166,167

- 信頼性（reliability）：システムが故障せずに動く
  - ハードウェア故障、ソフトウェア故障＝バグによる誤った動作
  - 信頼性向上：ハードウェア＋OSを含めたソフトウェア
- 可用性（availability）：システムが機能を維持し続ける
  - 冗長系による故障時の切り替え
  - 無停電電源装置（UPS）による停電時の動作維持
- セキュリティ（security）：システムの安全を確保する（保安）
  - 侵入、不正使用、情報の窃盗・改ざん、破壊などへの対処
- 完全性（integrity）：システムに欠陥が無く、意図どおりに機能する
  - セキュリティの問題を生じる安全性の欠陥：セキュリティホール

保護の目的と割り込み

- 多重プログラミング：複数の利用者によるコンピュータの共用
  - コンピュータの使用率が改善される反面、
  - 1つのプログラムのバグが多くのプログラムに影響
    - 他人のカード（データ）を自分のものとして入力
    - 他のプログラムのデータを変更、OSのデータさえも変更
- 不正なプログラムから、OS自身、他のプログラム、データを保護
  - 他のプログラムの誤動作を引き起こさないことを保障
- プログラムの誤りの多くは、
  - ハードウェアによって検出され、
  - OSによって処理される

割り込みが重要な役割

- 外部割込み：ハードウェアに起因する割り込み
  - ハードウェアの故障・エラー、I/O完了、時計（タイマ）
- 内部割込み：プログラムの実行が原因で発生する割り込み
  - 不正命令、メモリ保護違反、システムコール

基礎OSのスライド

オペレーティングシステム（OS）の起動

- OS（正確にはカーネル）はイベント駆動(注)プログラムである
  - 何かが起こるのを待つ
    - マウスのクリック、文字の入力、印刷の終了、メモリのエラー、・・・
- ハードウェアがイベントを検出し、割込みによりOS（カーネル）を起動
  - そのとき実行していたプログラムを中断し、OS（カーネル）の特定番地にジャンプ
  - このように、OS（カーネル）は、割込みによってのみ起動される
- 割り込みの種類
  - 外部割込み（external interrupt）
    - ハードウェア割り込み（hardware interrupt）とも呼ばれる
  - 内部割込み（internal interrupt）
    - ソフトウェア割り込み（software interrupt）とも呼ばれる
  - 外部割込みを「割込み」、内部割込みを「割り出し（trap）」と言う人もいる
- 注：イベント（event：事象）＝出来事

基礎OSのスライド

外部割り込み

- 直接的にはプログラムの実行に起因しない割り込み
  （ハードウェアに起因する割り込み）

- 外部割込みの種類
  - マシンチェック割り込み
    - ハードウェアの故障
    - メモリの読み出しエラー（パリティチェックエラー）など
  - 入出力割り込み
    - I/O装置からの動作終了通知
    - 異常通知など
  - 時計（タイマ）割り込み

基礎OSのｽﾗｲﾄﾞ

内部割り込み

- プログラムの実行が原因で発生する割り込み
- 内部割込みの種類
  - プログラムの誤り
    - 演算例外（ゼロ除算，オーバフロー）
    - 不正命令違反（定義されていない命令コードの使用）
    - メモリ保護違反（許可されていないﾒﾓﾘ領域へのｱｸｾｽ）
      - 仮想記憶におけるﾍﾟｰｼﾞﾌｫｰﾙﾄもこの一種
      - ｼｽﾃﾑによっては、ﾍﾟｰｼﾞﾌｫｰﾙﾄ専用の割込み番号を持つもの有り
  - ｼｽﾃﾑｺｰﾙ
  - その他（デバッグ用、ｴﾗｰ解析用など）

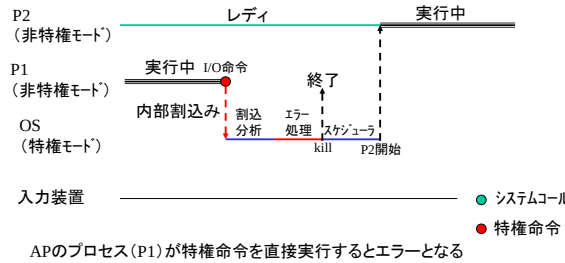
実行モードとCPU保護

- 非特権モード（ユーザモード）
  - 一般のAPを実行するモード。特権命令は実行不可
- 特権モード（カーネルモード）
  - OSのカーネルを実行するモード。特権命令も実行可能
- 特権命令
  - I/O命令　（入出力保護に関連）
  - 記憶管理レジスタ変更命令　（記憶保護に関連）
  - タイマ起動、停止、タイマ値変更命令　（CPU保護に関連）
  - プログラムの実行制御のために用意された特別な命令
    - 割込み禁止命令、割込み禁止解除命令
    - 実行モード切替命令
    - HALT命令（CPUを停止させる命令）
- CPU保護：特定のAPによるCPUの独占（無限ﾙｰﾌﾟ）に対する保護
  - APを実行中とする時にタイマを設定（タイマ値＞量子時間）。
  - CPUﾊﾞｰｽﾄが続けば、無限ループと判断。

入出力保護

- 入出力保護：入出力誤りに対する保護
  - 入出力誤りの例
    - 他人のﾃﾞｰﾀを自分のものとして入力
    - 割り当てエリアをオーバした出力
  - 保護の方法
    - 装置ﾄﾞﾗｲﾊﾞをOSが準備し、I/O要求の正当性を検査
- APのﾌﾟﾛｸﾞﾗﾏに対し，強制的に装置ﾄﾞﾗｲﾊﾞを使用させる必要がある
  - I/O命令を特権命令とする（APはI/O命令を使用不可）
    - APがI/O命令を実行すると不正命令の内部割込み
    - （APは非特権モードで実行するため）
  - I/O要求のｼｽﾃﾑｺｰﾙを提供する
    - OS（装置ﾄﾞﾗｲﾊﾞ）が起動され、特権モードでI/O命令実行

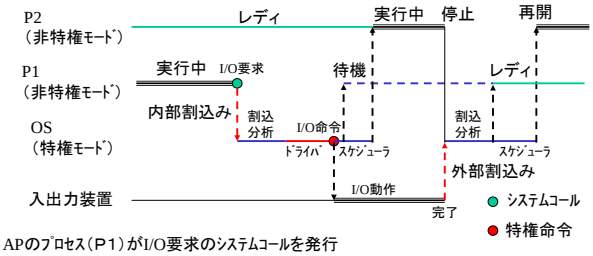
重要：入出力保護の実現（1）



APのプロセス（P1）が特権命令を直接実行するとエラーとなる

内部割込みによりOSに制御が渡る
割込み分析の結果（不正命令）、OSは利用者ﾌﾟﾛｸﾞﾗﾑを終了させ、ｴﾗｰ処理
（その後、他のﾌﾟﾛｸﾞﾗﾑを実行させる）

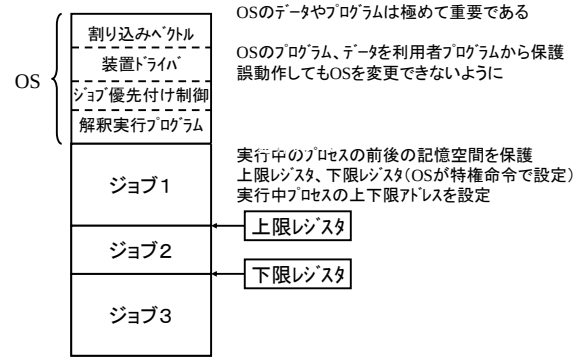
重要：入出力保護の実現（2）



APのﾌﾟﾛｾｽ（P1）がI/O要求のｼｽﾃﾑｺｰﾙを発行

内部割込みによりOSに制御が渡る
割込み分析の結果（ｼｽﾃﾑｺｰﾙ）、OSはﾌﾟﾛｾｽP1を待機状態にし、特権命令を実行
（OSの実行は特権ﾓｰﾄﾞで行われるので、ｴﾗｰとはならない）
I/O動作が終わると、外部割込み（I/O完了）によりOSに制御が渡る
割込み分析の結果、ﾌﾟﾛｾｽP1をレディ状態にする（P2が終われば P1が実行）

主記憶保護

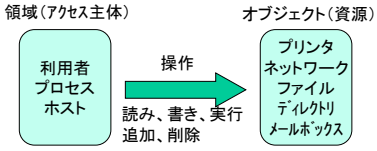


OSのﾃﾞｰﾀやﾌﾟﾛｸﾞﾗﾑは極めて重要である

OSのﾌﾟﾛｸﾞﾗﾑ、ﾃﾞｰﾀを利用者ﾌﾟﾛｸﾞﾗﾑから保護
誤動作してもOSを変更できないように

実行中のﾌﾟﾛｾｽの前後の記憶空間を保護
上限ﾚｼﾞｽﾀ、下限ﾚｼﾞｽﾀ（OSが特権命令で設定）
実行中ﾌﾟﾛｾｽの上下限ｱﾄﾞﾚｽを設定

資源へのアクセス制御機構



保護の論理的なモデル：アクセス制御行列（実現には用いない）
行列：主体×オブジェクト。各要素は、ｵﾌﾞｼﾞｪｸﾄに対し、主体が許されている操作。

実現法1：アクセス制御リスト
オブジェクト毎に、＜主体，操作＞の組からなるリストを持たせる
　Unix：主体（所有者、グループ、その他）、保護モード（rwx）の組
　Windows：主体と許される操作、許されない操作のリスト（ACL）
実現法2：資格（Capability）リスト
主体に、＜オブジェクト，操作＞の組からなるリストを持たせる
　Unix：ファイルをオープンする際にプロセスにファイル識別子を渡す

モデル（ｱｸｾｽ制御行列）と実現法

モデル：アクセス制御行列

ｵﾌﾞｼﾞｪｸﾄ / 領域	ファイル1（F1）	ファイル2（F2）	ファイル3（F3）	ｶｰﾄﾞﾘｰﾀﾞ（CR）	プリンタ（P）
一般ﾕｰｻﾞA	読み		読み		
一般ﾕｰｻﾞB				読み	書き（印刷）
ｸﾞﾙｰﾌﾟC		読み	実行		
所有者D	読み・書き		読み・書き		

疎行列（sparse matrix：中身が殆ど空）なので、効率が悪い

実現法1：アクセス制御リスト
F1：＜A，r＞、＜D，rw＞
F2：＜C，r＞
F3：＜A，r＞、＜C，x＞、＜D，rw＞
CR：＜B，r＞
P：＜B，w＞

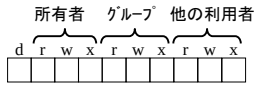
実現法2：資格リスト
A:＜F1,r＞、＜F3,r＞
B:＜CR，r＞、＜P，w＞
C:＜F1，w＞、＜F3,x＞
D:＜F1，rw＞、＜F3，rw＞

Unixのファイル保護（重要）

アクセス制御リスト方式：ファイル（ｵﾌﾞｼﾞｪｸﾄ）毎に、主体に許されるｱｸｾｽ許可ﾓｰﾄﾞ（操作）を管理（所有者、ｸﾞﾙｰﾌﾟ、他者に分け、操作の可否を管理）

r：読出し（read）
w：書込み（write）
x：実行（execute）

該当ビットが
1：許可
0：不許可



d：ﾃﾞｨﾚｸﾄﾘ識別　1：ﾃﾞｨﾚｸﾄﾘ
　　0：ファイル

例

```
drwx------   ﾃﾞｨﾚｸﾄﾘ、所有者は全て可（読み書き実行可）
1111000000   ｸﾞﾙｰﾌﾟ、他者は全て不可
  7   0   0

-rw-rw-rw-   ファイル、
0110110110   誰でも、読み書き可。実行不可
  6   6   6

drwxr-x--x   ﾃﾞｨﾚｸﾄﾘ、所有者は全て可。
1111101001   ｸﾞﾙｰﾌﾟは読み実行可、他者は実行のみ可
  7   5   1
```

8進	rwx	意味
0	---	すべて不可
1	--x	実行のみ可
2	-w-	書きのみ可
3	-wx	書き・実行可
4	r--	読みのみ可
5	r-x	読み・実行可
6	rw-	読み・書き可
7	rwx	すべて許可

実現法の比較

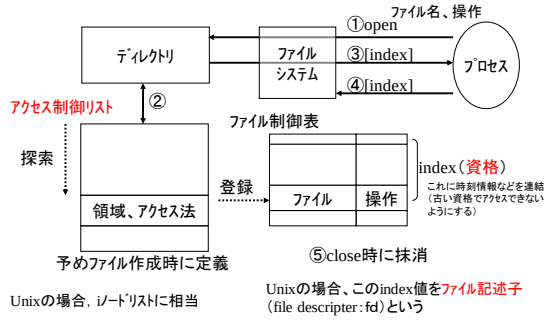
	ｱｸｾｽ制御ﾘｽﾄ	資格ﾘｽﾄ
要求条件の記述	○	×
情報の局在化	×	○
効率	×	○

UNIXでは、領域は、利用者に対応する。
大規模システムでは、領域（利用者）数が多い。

保護の方法も重要だが、ここで最重要なのは、幾つかの方式を比較し、どれを採用するかの決定方法（上の表）
知識も必要だが（ｱｸｾｽ制御ﾘｽﾄ、資格ﾘｽﾄ、情報の局在化、効率‥というのは知ってますが、どちらの方式の方が良いかは分かりませんでは困る）、知識を組み合わせて実務に適用する方法論の方が大事。
（情報卒は、ソフトを使ったシステムに従事する人も多いだろうから･･･）

実現例（ｱｸｾｽ制御ﾘｽﾄと資格の併用）

利用者名（領域）はOSが知っている



Unixの場合，iﾉｰﾄﾞﾘｽﾄに相当

Unixの場合、このindex値をﾌｧｲﾙ記述子（file descripter：fd）という

ファイル入出力ﾌﾟﾛｸﾞﾗﾑの例

ファイルへの書込み

ファイル記述子

```
int fd;
fd = open("foo", O_WRONLY|O_CREAT|O_TRUNC);
write(fd, "hello¥n", 6);
close(fd);
```

ファイルの読出し

```
int n, fd;
char buf[10];
fd = open("foo", O_RDONLY);
n = read(fd, buf, 10);
printf("n=%d, buf=|%s|¥n", n, buf);
close(fd);
```

簡単のため、エラー処理や文字列長の指定を省略