

オペレーティングシステム

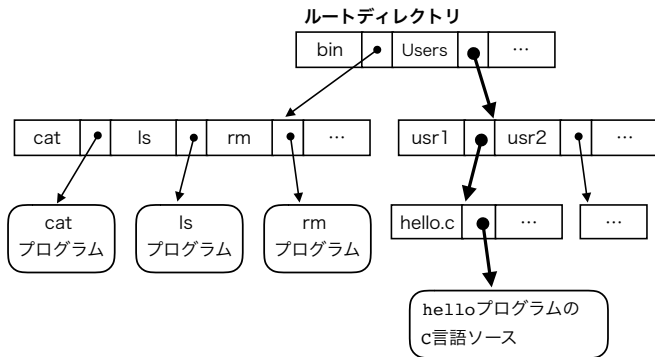
第14章 ファイルシステムの概念

<https://github.com/tctsigemura/OSTextBook>

ファイルシステム

- ファイルシステムは二次記憶装置を
 - 管理する. (どのセクタが, どのファイルの一部?)
 - 抽象化する. (ハードディスク → ファイル)
 - 仮想化する. (1 台のハードディスク → 多数のファイル)
- ファイルは一次元のバイト列 (バイトストリーム)
オペレーティングシステムはファイルの構造を決めない.
- ファイルは名前を持つ.
- 名前とバイト位置でデータが決まる.
名前 = ファイル名, バイト位置 = ファイル内オフセット

ファイルの名前付け



- ファイルは木構造のディレクトリシステムに格納する。
- ディレクトリは名前とファイル本体のポインタを格納する。
- 階層構造を持った名前 (**パス**) でファイルを特定する。
- **絶対パス**はルートディレクトリを起点にする。
- **相対パス**はワーキングディレクトリを起点にする。

ファイルの別名（１）

別名があると便利な例（最新のファイルはいつも同じ名前）

ある日

2017_06_30.log	2017 年 6 月 30 日のファイル
2017_07_01.log	2017 年 7 月 1 日のファイル
2017_07_02.log	2017 年 7 月 2 日のファイル
today.log	→ 2017_07_02.log

次の日

2017_07_01.log	2017 年 7 月 1 日のファイル
2017_07_02.log	2017 年 7 月 2 日のファイル
2017_07_03.log	2017 年 7 月 3 日のファイル
today.log	→ 2017_07_03.log

ファイルの別名（2）

● ハードリンク

- ファイルシステムの仕組みとして OS カーネルに組み込む.
- ファイル本体が複数のディレクトリ・エントリから指される.
- リンクカウントを用いる.
- ディレクトリをリンクするとループ検出が厄介 → 禁止！

● シンボリックリンク

- ファイルシステムの仕組みとして OS カーネルに組み込む.
- 他ファイルのパスを格納した特別なファイル.
- リンク切れ状態が許される. (Web ページのリンクに似ている)

● ファイルシステムの外で実装されるリンク

- Windows のショートカット, macOS のエイリアスなど
- ファイルシステム本体が持つリンク機構は一定ではない.
 - 現代の OS は同時に複数のファイルシステムを使用する.
 - アプリに近い側でどのファイルシステムでも共通の仕組みを提供

ファイルの別名（3）

HFS+ファイルシステム上の macOS のエイリアスの例

```
1 $ ls -l@ a.txt*
2 -rw-r--r--  1 sigemura  admin      5 Jun 27 10:19 a.txt
3 -rw-r--r--@ 1 sigemura  admin 1012 Jun 27 10:19 a.txt のエイリアス
4             com.apple.FinderInfo      32
```

3行 拡張属性付きの通常ファイルとしてエイリアスが存在

4行 拡張属性の名前は `com.apple.FinderInfo`

4行 拡張属性のサイズは 32 バイト

ファイルシステムのより汎用的な機構である拡張属性を利用して、**エイリアス**を実装している。

ファイルの別名（４）

FAT ファイルシステム上の macOS のエイリアスの例

```
1 $ ls -la@ ._* a.txt*
2 -rwxrwxrwx  1 sigemura  staff   4096 Jun 27 09:55  ._a.txt のエイリアス
3 -rwxrwxrwx  1 sigemura  staff     5 Jun 27 09:55  a.txt
4 -rwxrwxrwx@ 1 sigemura  staff  1040 Jun 27 09:55  a.txt のエイリアス
5             com.apple.FinderInfo          32
6 $ rm ._a.txt のエイリアス
7 $ ls -la@ a.txt*
8 -rwxrwxrwx  1 sigemura  staff     5 Jun 27 09:55  a.txt
9 -rwxrwxrwx  1 sigemura  staff  1040 Jun 27 09:55  a.txt のエイリアス
```

4,5 行 拡張属性付きの通常ファイルとしてエイリアスが存在

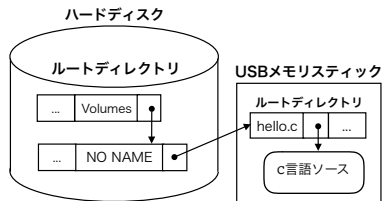
2 行 隠しファイルができています！！

6 行 隠しファイルを消してみる。

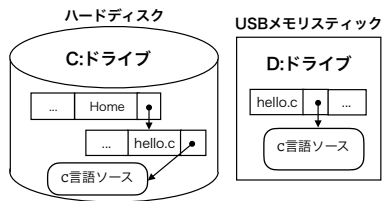
9 行 拡張属性が消えてしまった！！

FAT ファイルシステムの規約の範囲で**エイリアス**を実装している。

ボリュームのマウント



(a) マウント方式



(b) ドライブレター方式

- 二つ目以降のボリュームの接続方法
- マウント方式
 - ボリュームを既存のディレクトリに接続する.
 - /Volumes/NO NAME/hello.c が USB メモリの C プログラム
- ドライブレター方式
 - ボリュームを区別するドライブレターを用いる.
 - D:\hello.c が USB メモリの C プログラム

ファイルの属性（1）

- **名前**：ファイル名をファイルの属性と考える場合もある.
- **識別子**：ファイル本体の番号など.
- **型（タイプ）**：通常ファイル，ディレクトリ，リンクなど.
- **保護**：`rw-rw-rw-` など.（後で詳しく）
- **日時**：作成日時，最終変更日時など.
- **所有者**：所有者，グループなど.
- **位置**：ディスク上のどこにファイル本体があるか.
（データを格納したブロック（セクタ）の番号など）
- **サイズ**：ファイルのバイト数.
- **拡張属性**：名前付きの小さな追加データ.
ファイルシステムで用途を定めていない.

ファイルの属性 (2)

```
1 $ ls -l@ b.txt*
2 -rw-r--r--  2 sigemura  staff      123 Jun 25 19:38 b.txt
3 -rw-r--r--@ 1 sigemura  staff     836 Jun 25 19:39 b.txt のエイリアス
4      com.apple.FinderInfo          32
5 $ xattr -l b.txt のエイリアス
6 com.apple.FinderInfo:
7 00000000  61 6C 69 73 4D 41 43 53 80 00 00 00 00 00 00 |alisMACS.....|
8 00000010  00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 |.....|
```

1行 拡張属性付きでファイル一覧を表示。

4行 拡張属性付きのファイルがある。

5行 拡張属性の内容を表示してみる。

この例の拡張属性は、以下のようなものであった。

- 属性の名前：com.apple.FinderInfo
- 属性の大きさ：32 バイト
- 意味：ファイルがエイリアスである。
(ファイル本体がエイリアスのデータ)



アクセス制御（１）

ファイルの**保護属性**に基づき、ファイルに誰が何をできるか制御する.

● ビット表現の保護モード

- UNIX で使用される `rw-rw-rw-` のような情報.
- UNIX の場合, 「所有者, グループ, その他」のユーザについて

r : 読める (Read),
w : 書ける (Write),
x : 実行できる (eXecute)

を指定する.



アクセス制御 (2)

- ACL (Access Control List)

ファイル毎に、ユーザやグループを指定して細かな制御が可能

```
1 $ ls -le a.txt
2 -rw-r--r--  1 sigemura  staff  4 Jul  5 21:55 a.txt
3 $ chmod +a "group:admin allow write" a.txt
4 $ chmod +a "group:admin deny delete" a.txt
5 $ ls -le a.txt
6 -rw-r--r---+ 1 sigemura  staff  4 Jul  5 21:55 a.txt
7  0: group:admin deny delete
8  1: group:admin allow write
```

1行 a.txt に ACL が無いことを確認した.

3,4行 chmod コマンドで a.txt に ACL 追加した.

7,8行 二行の ACL が確認できる.

- リストの先頭から順に評価する.
- 許可・不許可が決まったら評価を完了する.
- ACL で決まらない場合は rwx を使用する.

ファイルの種類

- ファイルシステム (OS カーネル) で決まっている種類
(通常ファイル・ディレクトリ・リンクなど)
- アプリケーションなどが決めている種類
(通常ファイルの拡張子で区別する)

拡張子	意味
.c, .java, .s 等	ソース・プログラム (C 言語, Java 言語, アセンブリ言語)
.py, .pl, .php 等	スクリプト言語のプログラム (python, perl, PHP)
.txt, .html, .xml 等	プレーンテキスト, マークアップ言語
.jpg, .png, .bmp 等	画像データ
.mp3, .m4a, .wma 等	音声データ
.mpg, .mp4, .wmv 等	動画データ
.pdf, .ps, .eps 等	印刷・表示用の文書ファイル
.zip, .tar, .tbz 等	アーカイブファイル
.exe, .app, 拡張子無し	実行形式プログラム (Windows, macOS, UNIX)
.doc, .docx	MS Word 文書

.app だけはディレクトリの拡張子

ファイルシステムの操作 (1)

ディレクトリ操作

機能	対応する UNIX の API
ファイルの作成	creat, open(... O_CREAT ...) システムコール
ディレクトリの作成	mkdir システムコール
ファイルの削除	unlink システムコール
ディレクトリの削除	rmdir システムコール
リンクの作成	link, symlink システムコール
リンクの削除	unlink システムコール
名前の変更 (移動)	rename システムコール
ディレクトリエントリの読出し	opendir, readdir, closedir 関数

- ファイルの作成は creat システムコールでもできる.
- ディレクトリの読み出しはライブラリ関数で行う.
- rename システムコールはファイルの移動もできる.

ファイルシステムの操作 (2)

ファイル操作

機能	対応する UNIX の API
ファイルを開く	open システムコール
データを読む	read システムコール
データを書く	write システムコール
読み書き位置を移動	lseek システムコール
ファイルを閉じる	close システムコール
ファイルの切り詰め	truncate, open(... O_TRUNC) システムコール
ファイルのプログラムを実行	execve システムコール
ファイルの属性変更	chmod, chown, chgrp, utimes システムコール
ファイル属性の読出し	stat システムコール

- open はファイルの保護属性をチェックする。
- 切り詰めは専用の truncate システムコールも使える。
- ファイルの属性の読み書きができるべき。

ファイルシステムの操作（3）

ファイルの共有とロック

```
#include <sys/file.h>
#define LOCK_SH 1 // 共有ロック
#define LOCK_EX 2 // 排他ロック
#define LOCK_NB 4 // ブロックしない
#define LOCK_UN 8 // ロック解除
int flock(int fd, int operation);
```

- LOCK_SH：共有ロック (*shared lock*)
- LOCK_EX：排他ロック (*exclusive lock*)
- LOCK_NB：ロックできない時，ブロックしないでエラー
- open システムコールにもロックの機能がある。

ワーキングディレクトリの変更

```
#include <unistd.h>
int chdir(const char *path);
```

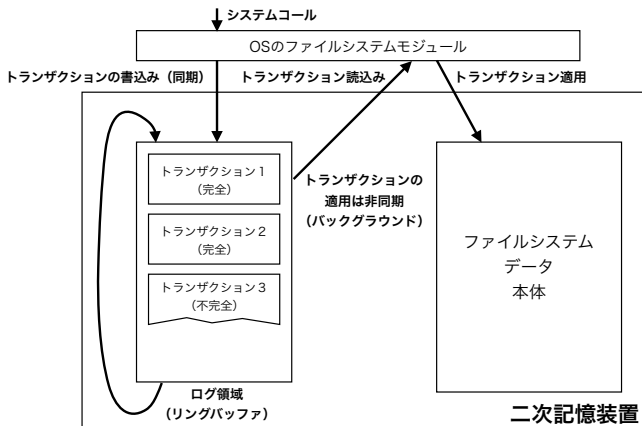

ファイルシステムの健全性（１）

一貫性チェック

- 正常終了時にはファイルシステムにアンマウントの印をする.
- OS の起動時に印がなかったら一貫性チェックをする.
- **メタデータ**の矛盾を解消するだけ.
- ファイルが消えたり, データが消えたりは修復できない.

ファイルシステムの健全性（２）

ジャーナリング・ファイルシステム



- データベースの WAL (Write Ahead Logging) のアイデア.
- NTFS, ext3, ext4, HFS+ 等が該当する.

練習問題 (1)

1. 次の言葉の意味を説明しなさい.

- ディレクトリシステム
- パス, 絶対パス, 相対パス
- ディレクトリ, ファイル
- ハードリンク, シンボリックリンク
- ショートカット, エイリアス
- マウント, ドライブレター
- 拡張属性, ACL

2. 自分のオペレーティングシステムについて調査しなさい. (GUI より CLI のコマンドを用い方がより詳しい観察ができる.)

- ショートカット (Windows), エイリアス (macOS)
- ファイルの属性 (保護, 日時, 所有者, サイズ等)
- 拡張属性が使用できるオペレーティングシステムか?
- ACL が使用できるオペレーティングシステムか?
- USB メモリにはどのようなパスで到達できるか?
- ファイルシステムの一貫性をチェックするコマンドは何か?

練習問題 (2)

3. 自分が使用しているオペレーティングシステムで試してみなさい.

- ショートカットやエイリアスを作成し試してみなさい.

```
# macOS の場合の実行例
$ echo aaa > a.txt
$ open a.txt
$ open a.txt のエイリアス      <--- エイリアスは GUI で作る
$ cat a.txt
$ cat a.txt のエイリアス
```

- UNIX や macOS で実行して結果が異なる理由を考察しなさい.

# ハードリンクの場合	# シンボリックリンクの場合
\$ echo aaa > a.txt	\$ echo aaa > a.txt
\$ echo bbb > b.txt	\$ echo bbb > b.txt
\$ ln a.txt c.txt	\$ ln -s a.txt c.txt
\$ mv a.txt d.txt	\$ mv a.txt d.txt
\$ mv b.txt a.txt	\$ mv b.txt a.txt
\$ cat c.txt	\$ cat c.txt

- ショートカットやエイリアスの振る舞いを調べる.
(リンク先ファイルを削除・移動・別ファイルに置換えした場合など)
- ACL の追加・削除とその効果を確認する.