情報工学実験 2
～ ソケットプログラミング ～

2018.07.23

山田 浩史
hiroshiy @ cc.tuat.ac.jp

レポートについて

- 問 1 ～ 問 9 に取り組んでレポートにまとめること.
ただし問 1 ～問 8 は必須、問 9 は自由課題である

- 締切: 7/18 0:00 （7/17 24:00）

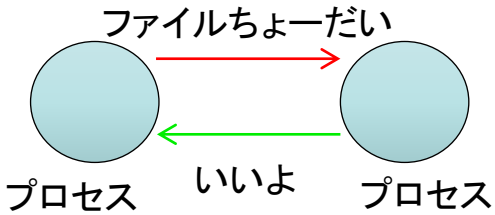
- 提出先: レポート投函システム
  - PDF 形式で提出してください
  - ファイル名は“学籍番号 8 桁数字_名字(ローマ字)”
    - 例: 10268039 の寺田くん => 10268039_terada

本日のスケジュール

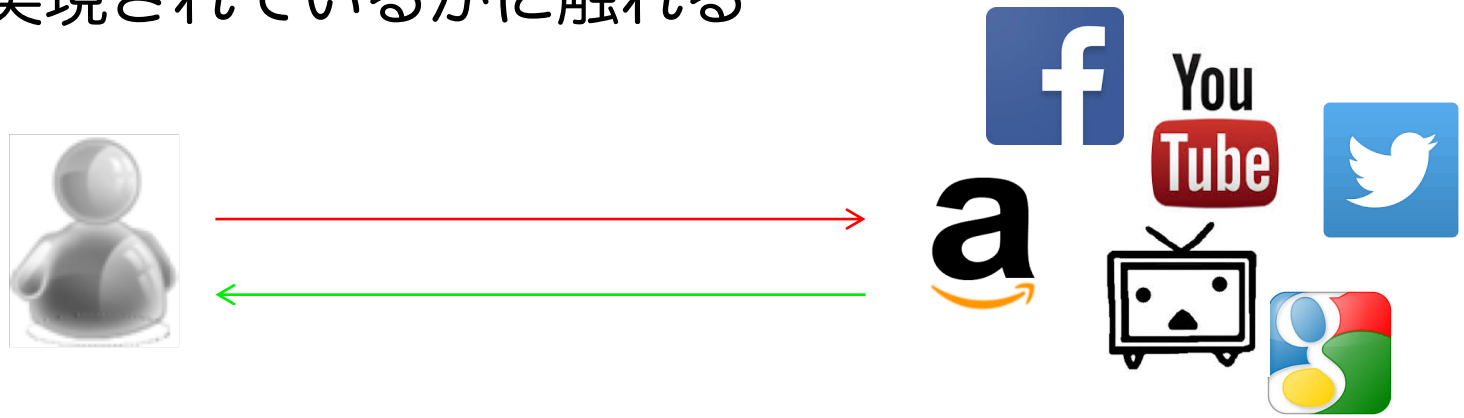
- ２限: 課題の説明
  - 説明を聞きたい学生さんは聞いて下さい
  - 説明不要の学生さんは粛々と課題に取り組んで下さい
    - 説明中は声のボリュームにお気遣いください
- 説明終了後: 課題に取り組む
  - 本日 3，４限中は私 & TA が EDEN を うろうろしています
    - 質問がありましたら遠慮なくしてください
  - 他の時間でも質問は受けつけています
    - メールでアポをとるのが確実です

内容

- ソケットプログラミングをやってみる
  - ソケットプログラミング: プログラム同士がネットワーク通信を行うプログラミング
  - プロセス間でネットワーク越しにデータ（メッセージ）をやりとりして処理を進める



- 簡単なファイル転送システムを作成
  - 今日のネットワークサービスがどのように実現されているかに触れる



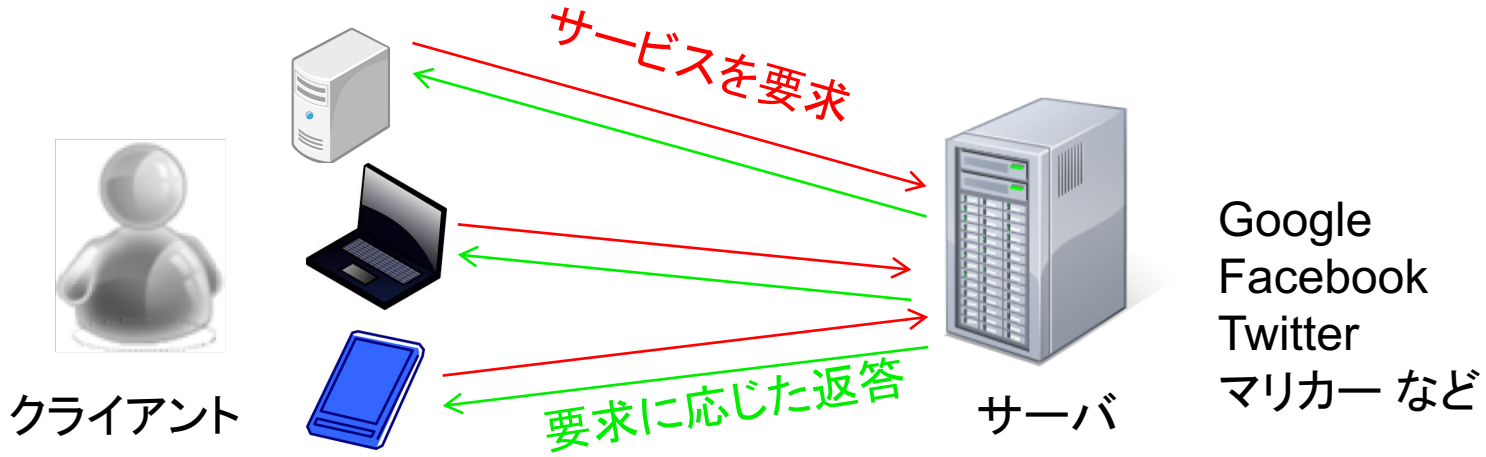
Why socket programming ?

- インターネットサービスを実現するプログラムを理解する
  - 普段使っているインターネットサービスがどのようにプログラミングされているかを知る
- ネットワークの使い方を理解する
  - OS によるネットワーク通信のための機能を知る
  - 通信の仕組みは 3 年後期:計算機ネットワークにて
- システムプログラミングとして骨のある課題
  - システムプログラミング: OS の機能を使いまくるプログラミング
  - Computer Science を学んだ者のみが許されるプログラミングの世界

サーバ/クライアントモデル

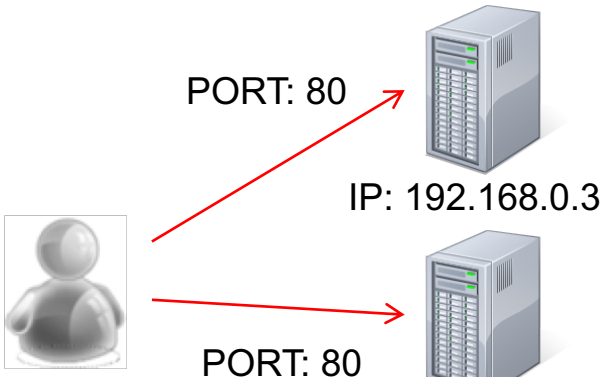
- 役割を分けたモデル（対義語: P2P モデル）
  - サーバ: サービスを提供する側（接続される側）
    E.g.）Web サーバ、メールサーバ など
  - クライアント: サービスを受ける側（接続する側）
    - E.g.）Web ブラウザ、スマフォにインストール されている SNS クライアント、など

- 大半のサービスがこのモデルで実現されている

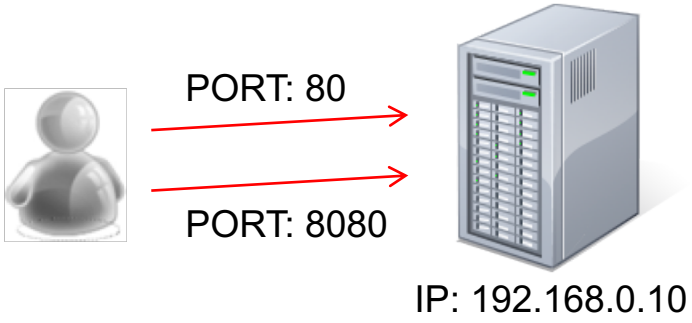


通信先を特定するには・・・

- IP アドレスとポート番号を指定してやりとりするマシン・プロセスを指定
  - IP アドレス: ネットワーク上のマシンを識別する番号
  - ポート番号: 通信するプロセスを特定する番号
    - サーバプロセスはポート番号と結び付けられている
- ってことは・・・
  - サーバ：ポート番号と自身を結びつけ、リクエストを待つ
  - クライアント: IP アドレスとポート番号を指定して、リクエストを送信



異なるマシンであれば同じポートにリクエスト送信可能



同じマシン上の異なるポートに対してリクエスト送信可能

ポート番号とプロトコル

- サービスごとにポート番号は決まっている
  - E.g.) ホームページ取得(80)，メール送信(25)，メール受信(110)など

  ⇒ ポート番号を指定すれば目的のサービスを受けられる

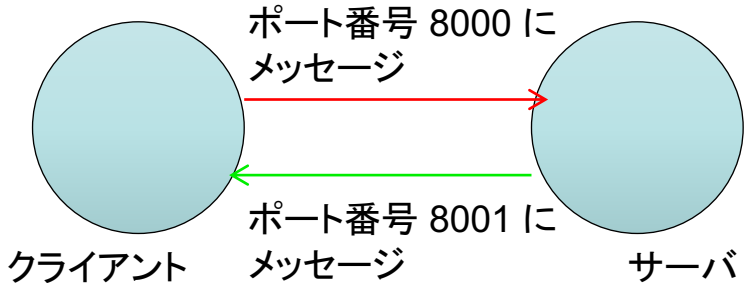
- サービスごとにメッセージのやりとりは決まっている
  - やりとりの規約をプロトコル(Protocol)と呼ぶ
    - E.g.) ホームページ取得(HTTP)，メール送信(SMTP)，メール受信(POP3)など
      - “GET /index.html HTTP/1.1¥r¥n” というメッセージが投げられたら、“HTTP/1.1 200 OK¥r¥n ・・・ index.html のファイルの中身”を返すなど

  ⇒ 誰でもサーバ/クライアントプログラムを作成できる

通信の種類

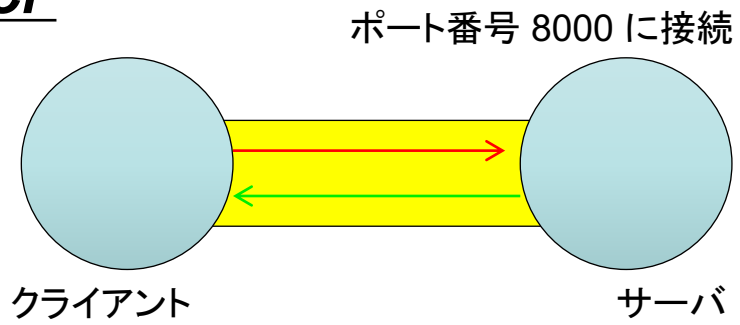
- UDP(User Datagram Protocol)
  - 接続を維持しない通信（コネクションレス型）
    - 通信路を確立しないイメージ
  - 信頼性確保の仕組みなし
- TCP(Transfer Control Protocol)
  - 接続を維持する通信（コネクション型）
    - 通信路を確立するイメージ
  - 信頼性を確保する仕組みあり
  - こちらを使うことが多数

UDP



通信路が確立されないため、
互いにポートを指定してメッセージをやりとりする

TCP

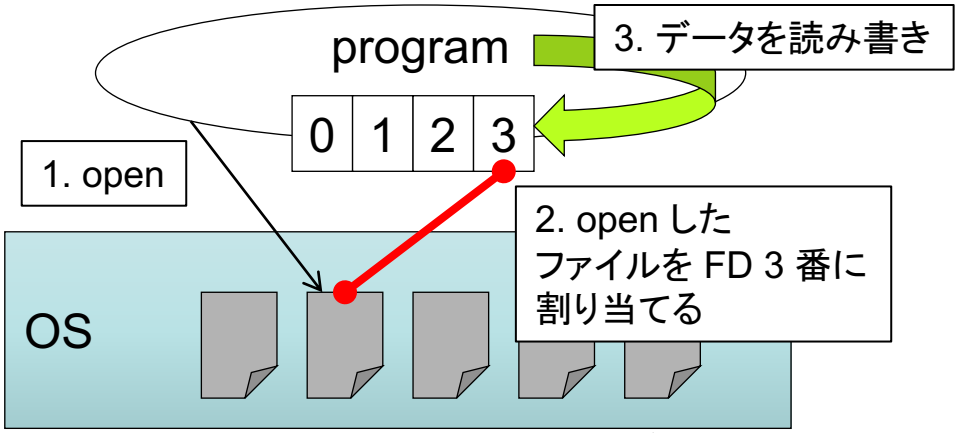


クライアントが接続すると、通信路が
確立されて、そこでメッセージをやりとりする

プログラム同士が通信するには

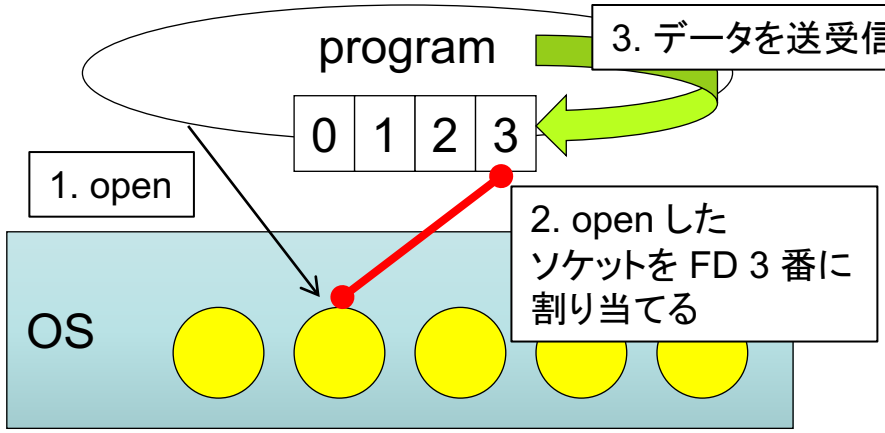
- ネットワークの抽象化である “ソケット” を使う
  - OS はネットワークをソケットとしてプログラムに見せる
    - 参考: OS はディスクをファイルとして見せる

⇒ プログラムはソケットに対して送受信する
  - ファイルディスクリプタを経由して行う



ディスクを
ファイルとして
抽象化

ディスク



NIC を
ソケットとして
抽象化

ネットワークカード

通信プログラムの処理の流れ

1. ソケットをオープンする
   - ソケット: OS が提供するネットワークの抽象化
   - 通信路するための窓口を作るイメージ
   - socket()
2. オープンしたソケットの下準備をする
   - ポート番号と結びつける，接続したい IP アドレスを指定，接続されたリクエストを受け付ける．など
   - bind(), listen(), connect(), accept()
3. メッセージを送受信する
   - 送信したいデータ、受け取るためのバッファを指定する
   - send(), recv(), recvfrom(), sendto()

通信にまつわるシステムコール

- ***socket()*** : 通信の種類を指定してソケットを開く
- ***bind()*** : 呼び出したプロセスをポート番号や各種設定と結びつける
- ***listen()*** : 指定したソケット上で接続を待つ(TCP)
- ***connect()*** : 指定したソケット上で，指定したマシン・ポート番号に通信路確立を試みる(TCP)
- ***accept()*** : listen() していたソケットに connect() されたら、それを受け入れる(TCP)
- ***recv(), recvfrom()*** : メッセージを受け取る
- ***send(), sendto()*** : メッセージを送る

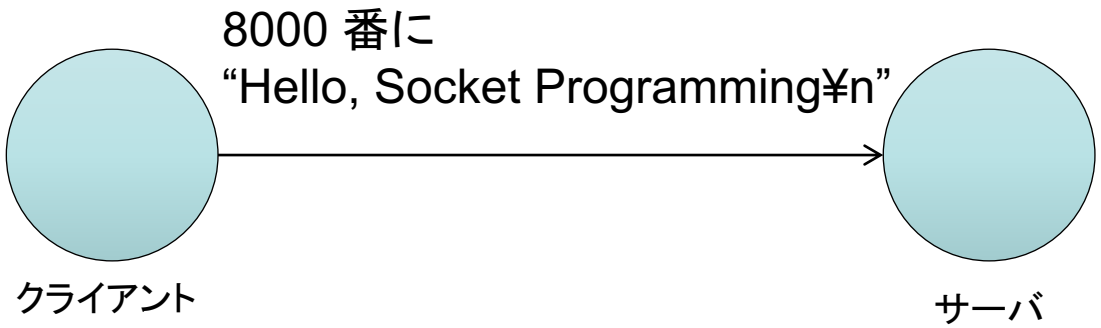
UDP を用いたネットワークプログラミング(サンプルコード)

クライアント

- UDP でソケットをオープン(socket())
- マシンの IP・ポート番号を指定してメッセージを送信(sendto())

サーバ

- UDP でソケットをオープン(socket())
- ポート番号を結びつける(bind())
- メッセージを待つ(recvfrom())
  - メッセージが来たらそれを出力



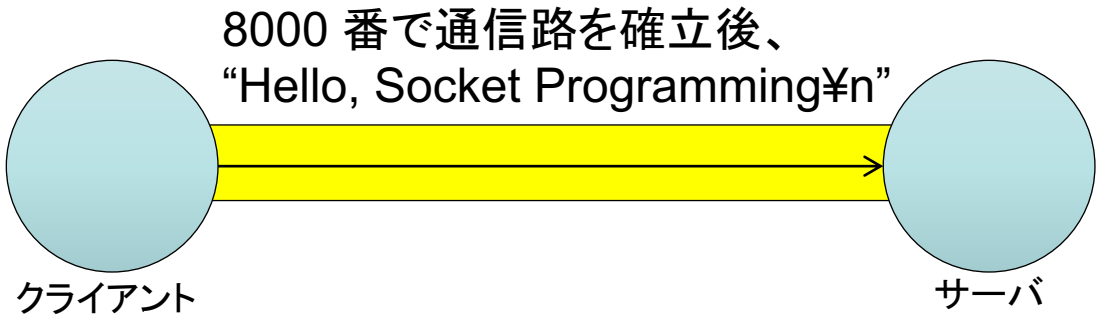
TCP を用いたネットワークプログラミング(サンプルコード)

クライアント

- TCP でソケットをオープン(socket())
- マシンの IP・ポート番号を指定して通信路確立を試みる(connect())
- メッセージを送信(send())

サーバ

- TCP でソケットをオープン(socket())
- ポート番号を結びつける(bind())
- 接続を待つ(listen())
- 接続が来たら受け付ける(accept())
- メッセージを受信(recv())
  - メッセージがきたら出力



課題 1-3 (ヒント)

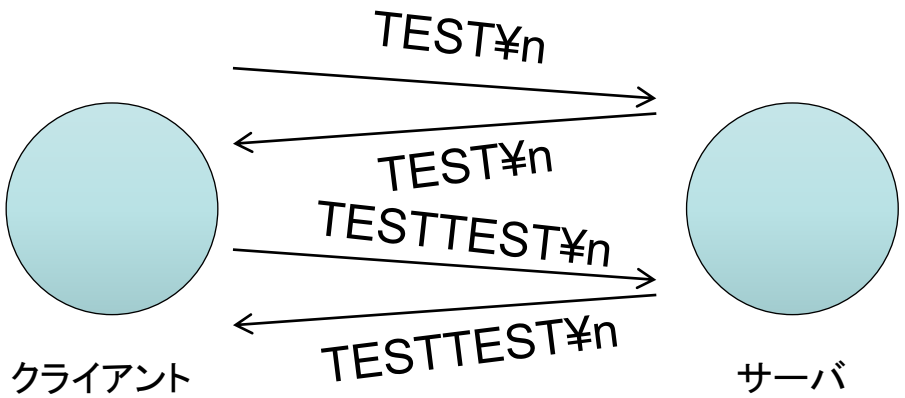
- 以下を無限に繰り返せばよい

クライアント

- 標準入力を受け取る
- 受け取ったデータをサーバに送信
- サーバからデータを受け取り、それを出力

サーバ

- クライアントからデータを受け取り、それを出力
- 受け取ったデータをそのままクライアントに送信



リクエストを並行処理するには

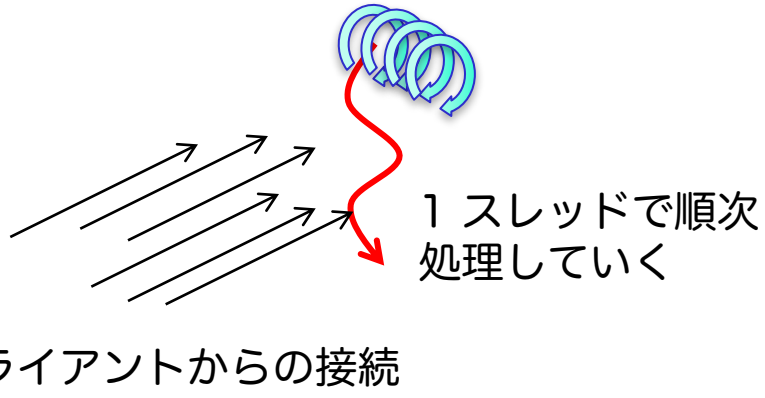
- 今までのコードは 1 クライアントを想定
  - 1 つのリクエストを受ける ⇒ 処理する ⇒ 終了
  - 実際のサービスは複数ユーザからのリクエストを裁かないと話にならない

- 並行処理の実現方法:
  - select() による I/O の多重化
    - ファイルディスクリプタに I/O があったかを監視する
      - 監視するディスクリプタ番号を受け取り，変化が生じたら返る
      - メッセージ到着などを検知し，1 つずつリクエストを処理
  - スレッドによる I/O 多重化
    - リクエストがきたらスレッドを生成し，その後の処理を任せる

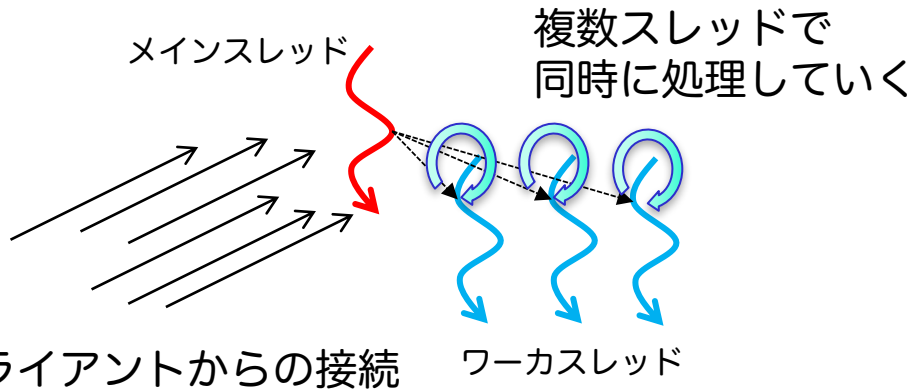
両者のイメージ

- select(): 単一スレッドが順にリクエストを捌く
  - リクエストをひとつずつ処理していく
- 複数スレッド: 文字通り複数スレッドが同時にリクエストを捌く
  - メインスレッドがリクエストを受け取ったら，ワーカスレッドを生成して処理をまかす

select() による並行処理



スレッドによる並行処理



select() を用いたサーバ (サンプルコード)

- ソケットをオープンする(socket())
- ポート番号を自身に結びつける(bind())
- ポート番号上で接続を待つ(listen())
- select() 用のデータ構造を初期化
  - FD_ZERO(&prev_fds) : prev_fds を 0 で初期化
  - FD_SET(fd1, &prev_fds) : fd1 を監視するように設定する
    - fd1: 接続を待つためのソケット．connect() されたら気づきたい
- select() を呼んで，fd1 に I/O があったかを確認
  - FD_ISSET(fd1, &fds): fd1 に I/O があれば 1 を返す
  - accept()して，その新しくできたディスクリプタを監視対象にする
- 新たに監視対象としたディスクリプタに I/O 処理があったらそれを表示，その後 close()
  - FD_CLR(fd2, &prev_fds): fd2 を監視対象からはずす

スレッドを用いたサーバ

- ソケットをオープンする(socket())
- ポート番号を自身に結びつける(bind())
- ポート番号上で接続を待つ(listen())
- 接続を受け付ける(accept())
- スレッドを生成する(pthread_create())
  - 生成されたスレッドはメッセージを受け取る(recv_and_resp())
    - 接続してきたクライアントとやりとりするディスクリプタ番号を渡す
  - 生成したスレッドは accept() で待つ

課題 2-2 (ヒント)

- サーバに以下の識別機能を加えればよさそう
  - bind()したファイルディスクリプタに I/O があった
    ⇒ 接続を受理する
  - 接続を受理したファイルディスクリプタに I/O があった
    ⇒ echo サーバとしての処理を施す

- サンプルコードは select()を使っているものの, 1 クライアントにしか対応できていない
  - FD_ISSET() が fd1, fd2 の条件しかないので、複数クライアント（= 複数ディスクリプタ）に対応できるよう工夫する必要がある

課題 3-1 について（ヒント）

- サーバに以下の機能があればできそう
  - クライアントからメッセージを受け取る
  - 文字列を解析する
    - GET という文字列があって、そのあとのファイル名を抽出
  - ファイルをオープンする
    - ファイルがなければ “NOT FOUND¥n”を返す
    - あれば、サイズを確認して、テキストの記述に従ってメッセージをクライアントに返す
  - 複数クライアントのリクエスト処理はselect()を使えばできそう

レポートについて

- 問の解答だけを書いてください
  - 問題文は書かなくてよいです
- プログラムは各解答部分に書いてください
  - 付録としてまとめないこと
  - プログラムの設計方針・拡張方針を明記した上でプログラム・実行結果を掲載ください
- 原理は不要です
- 無駄な考察は不要です
  - 考察が必要な部分は「XXXを論じよ」と明記してあります