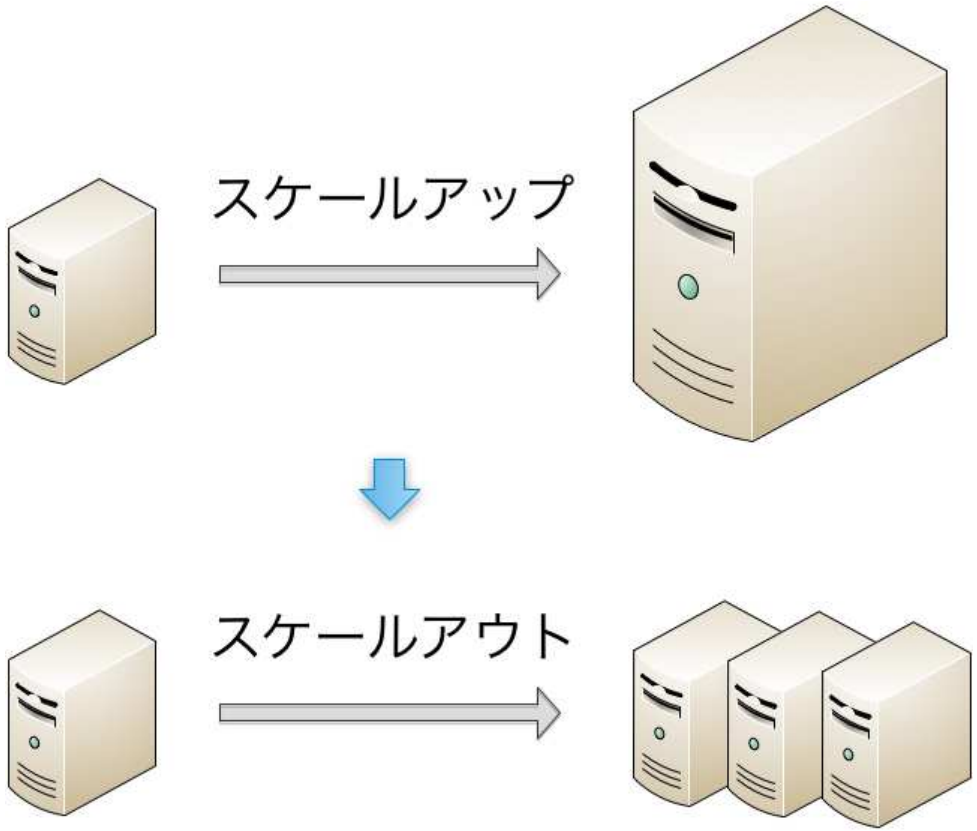
マルチコア時代の
サーバプログラミング
とHaskell

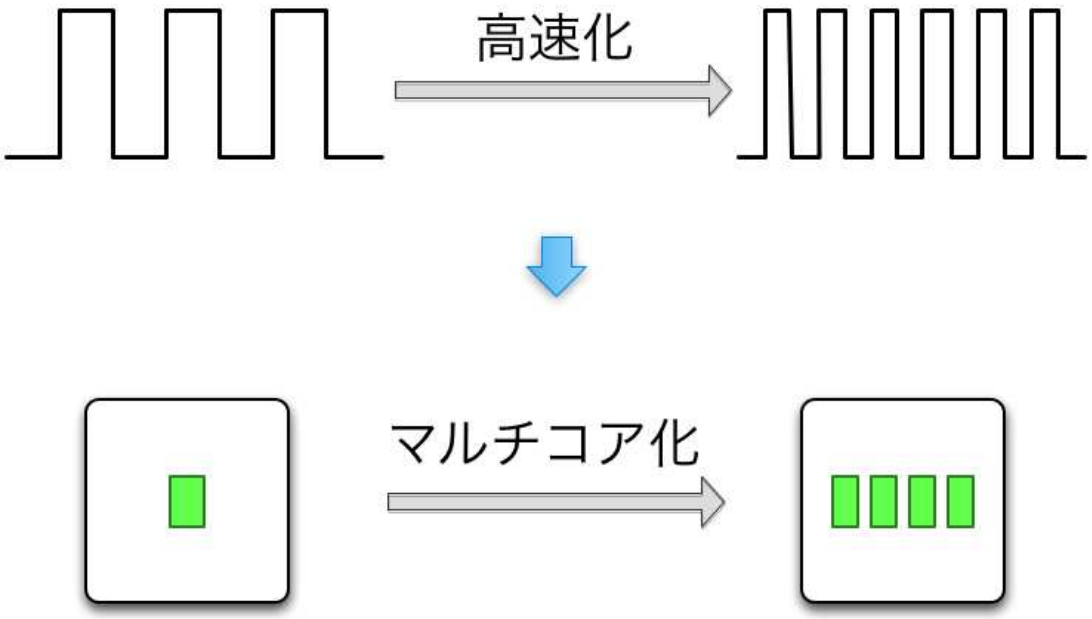
2011.11.9

IIJ-II
山本和彦

サーバのはやり



CPU のはやり



あなたのサーバは
マルチコアを活用できてますか？

お題

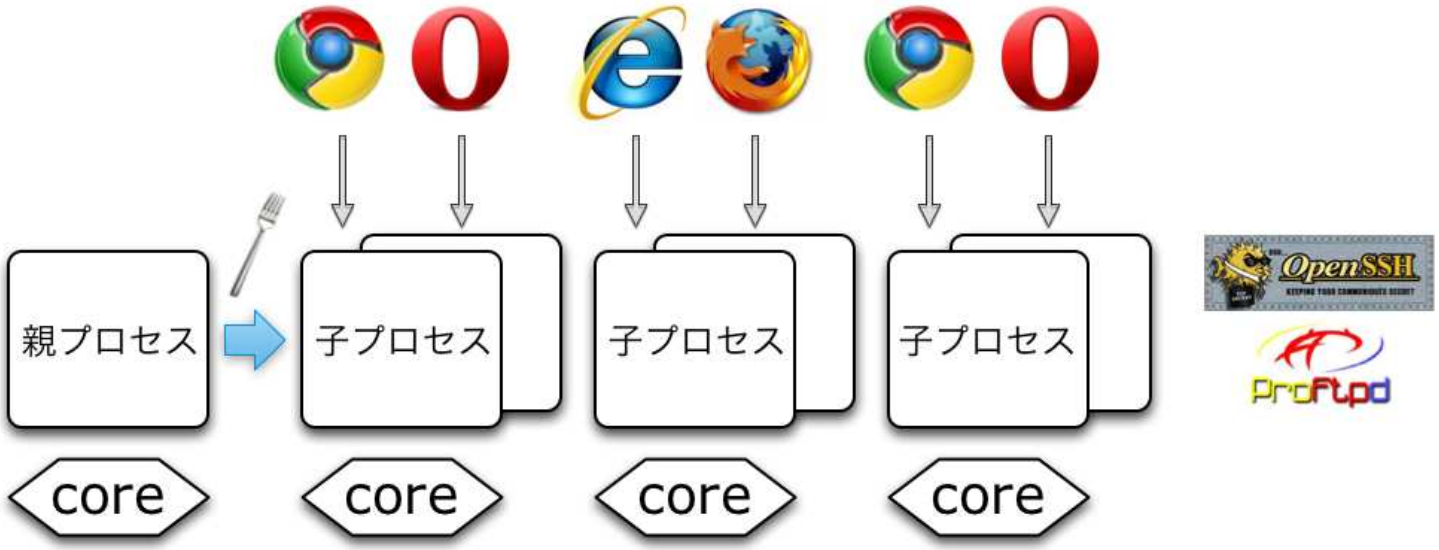
マルチコア時代に
使える技術を再検証してみる

内容

同時接続処理技術	プログラミング技術
都度プロセス生成	コールバック
都度スレッド生成	コルーチン
プロセスプール	軽量プロセス
スレッドプール	軽量スレッド
イベント駆動	
マルチプロセス＋イベント駆動	
マルチスレッド＋イベント駆動	

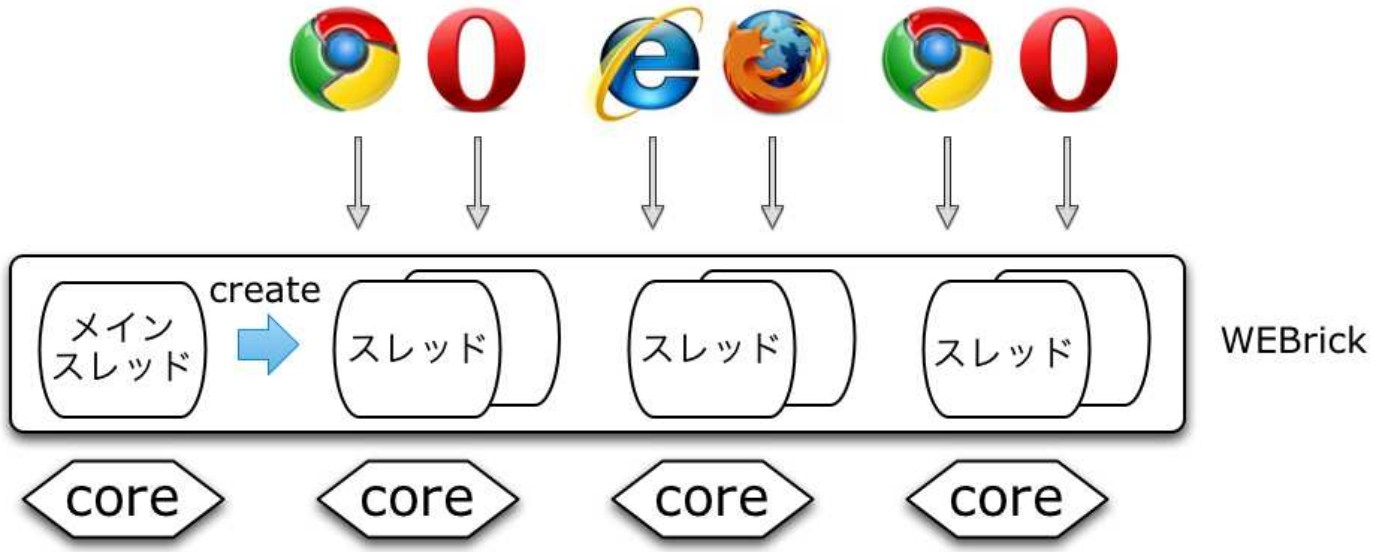
同時接続処理技術

都度プロセス生成



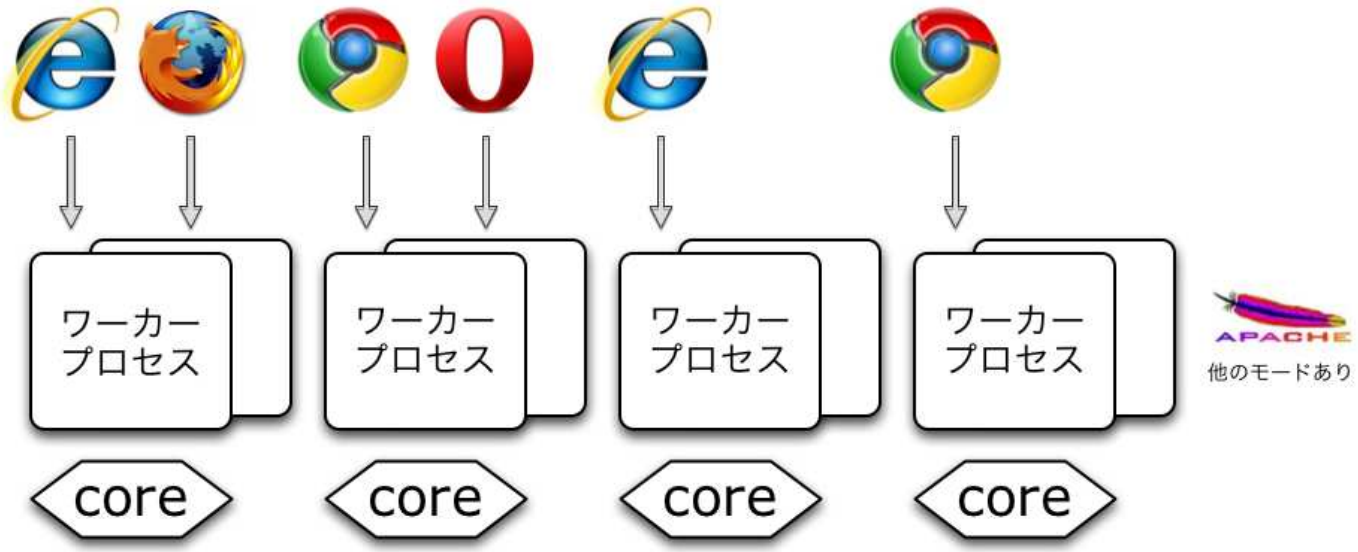
- 接続を受けるたびにプロセスを fork する
- 利点
  - コードが簡単で見通しがよい
  - セキュアである
- 欠点
  - fork は遅い
  - コンテキストスイッチは重い

都度スレッド生成



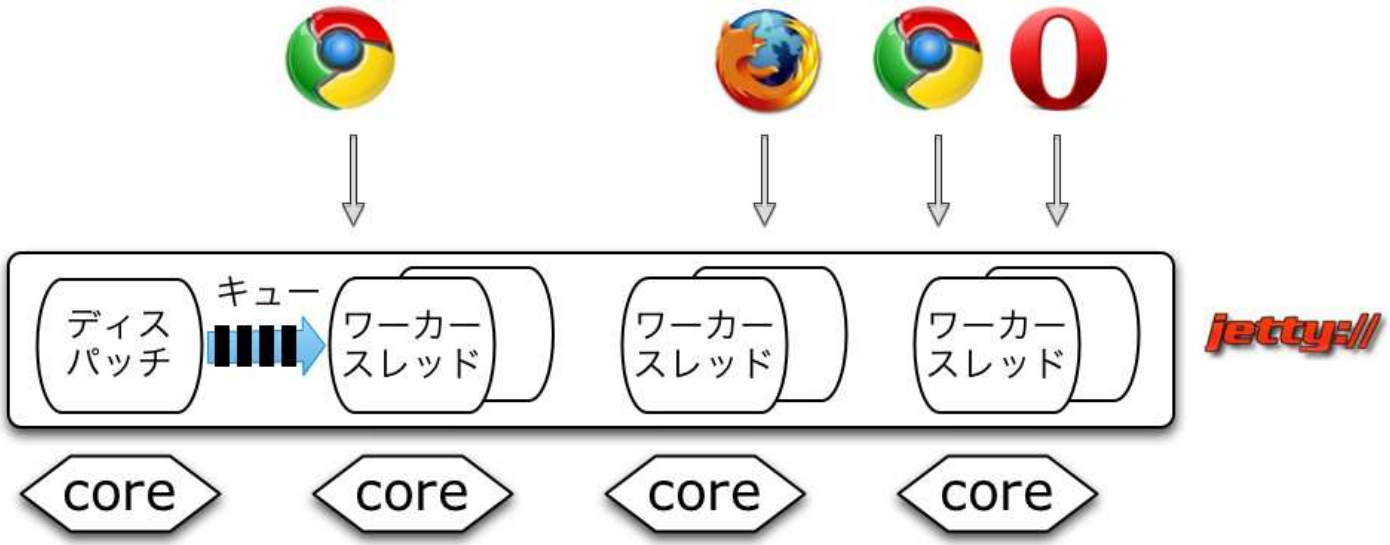
- 接続を受けるたびにスレッドを作る
- 利点
  - 共有資源が使える
- 欠点
  - ほとんど使われてない

プロセスプール (prefork)



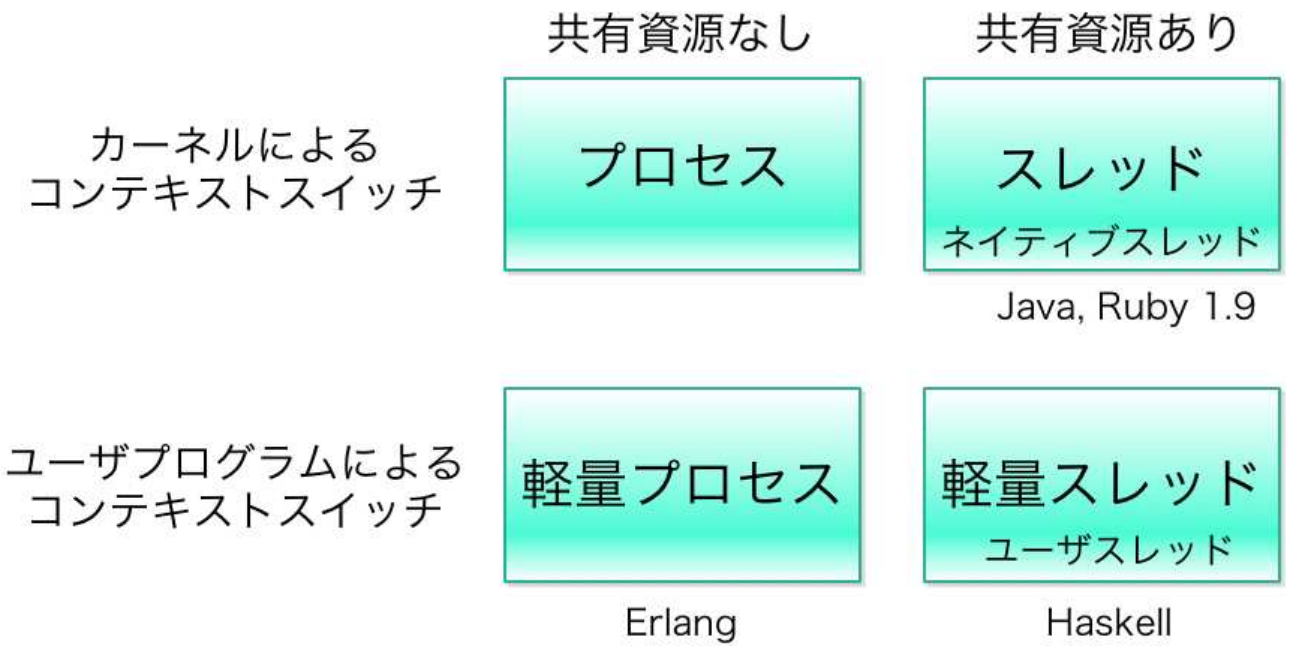
- プロセスをあらかじめ fork しておく
- 利点
  - コードの見通しがよい、セキュアである
  - fork の遅さがなくなる
- 欠点
  - ブロックしてもよいが、プロセスが足らなくなる可能性がある
  - コンテキストスイッチは重い

スレッドプール



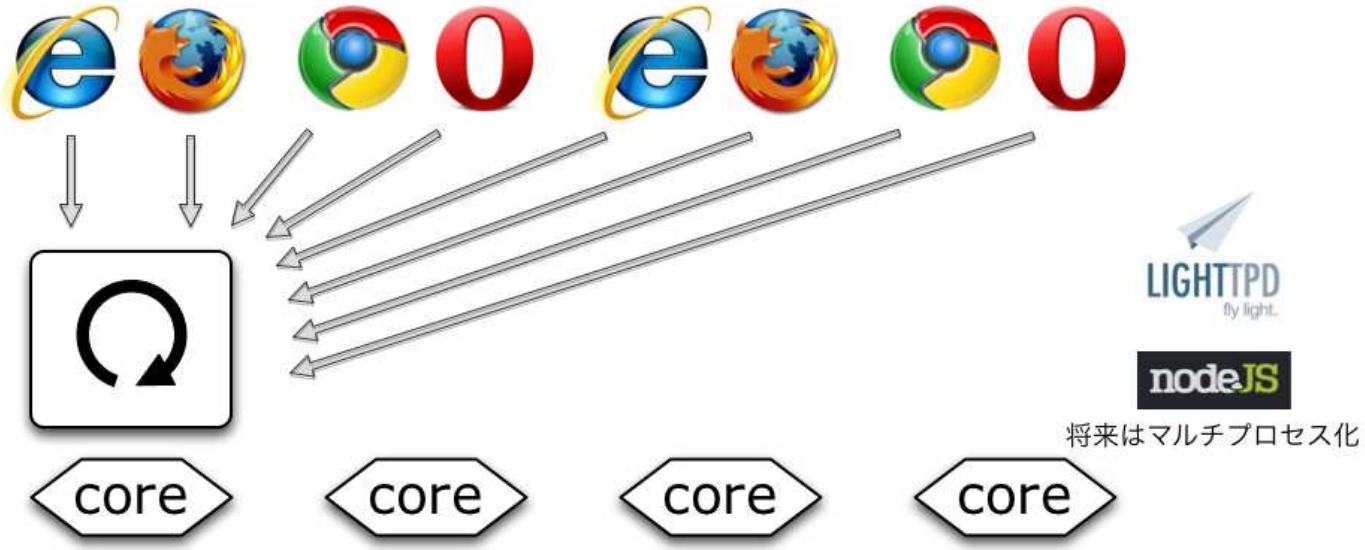
- 接続がキューを使ってワーカースレッドにディスパッチされる
- 利点
  - 都度プロセス生成/プロセスプールより資源を消費しない
- 欠点
  - ブロックしてもよいが、スレッドが足らなくなる可能性がある
  - ディスパッチがボトルネックになりうる

プロセスとスレッド



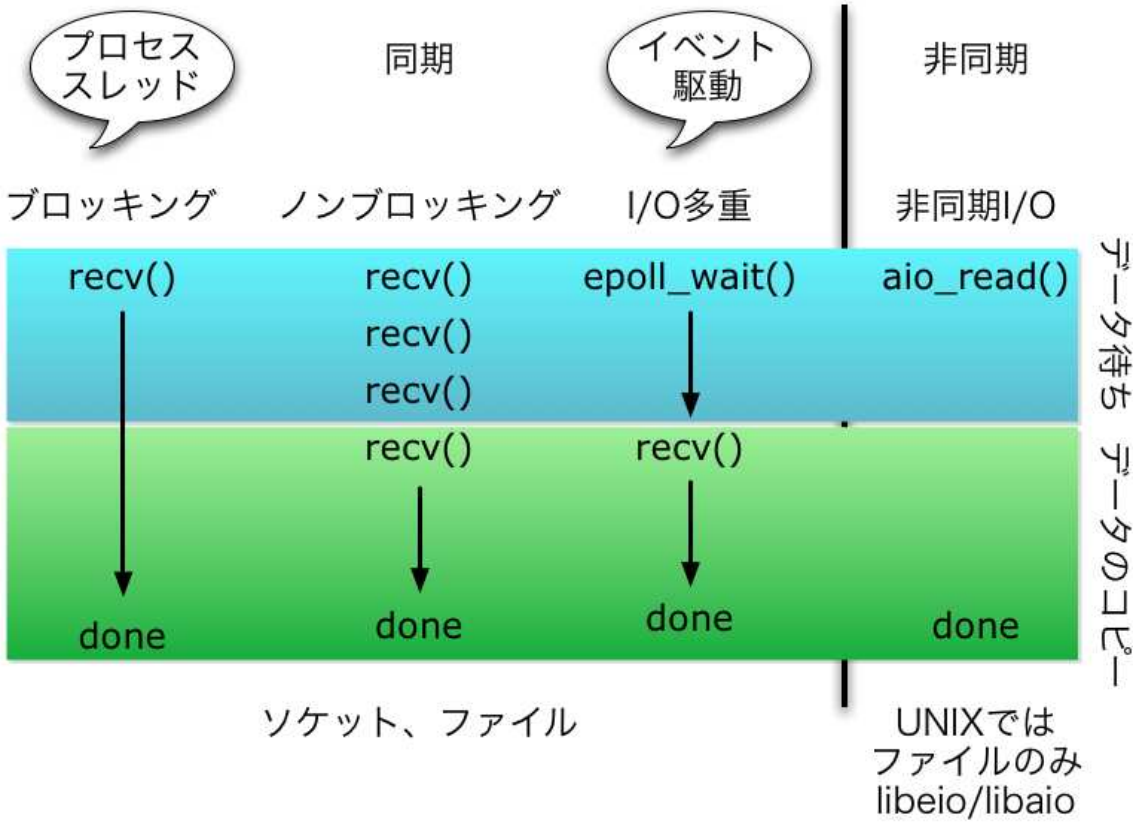
軽量 = 10万個上げても大丈夫

イベント駆動



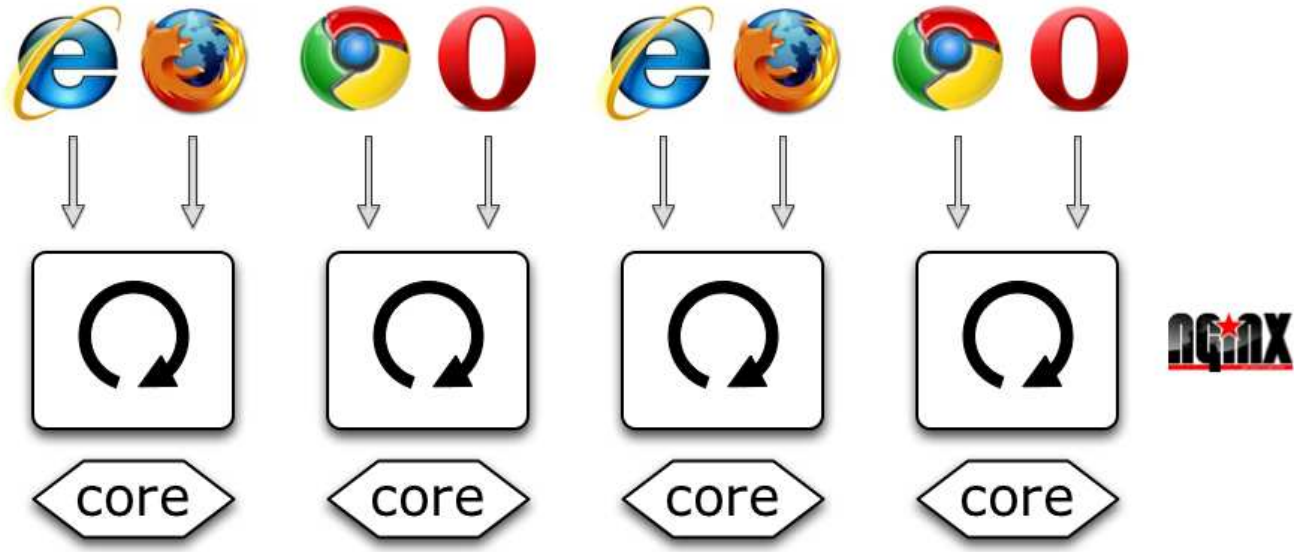
- I/O 多重を使ってハンドラ(コールバック)を駆動する
- 利点
  - 資源をあまり消費しない
- 欠点
  - ハンドラではブロックさせてはいけない
  - コードの見通しは悪い
  - 複数のコアを活用できない

ブロッキングとI/O多重



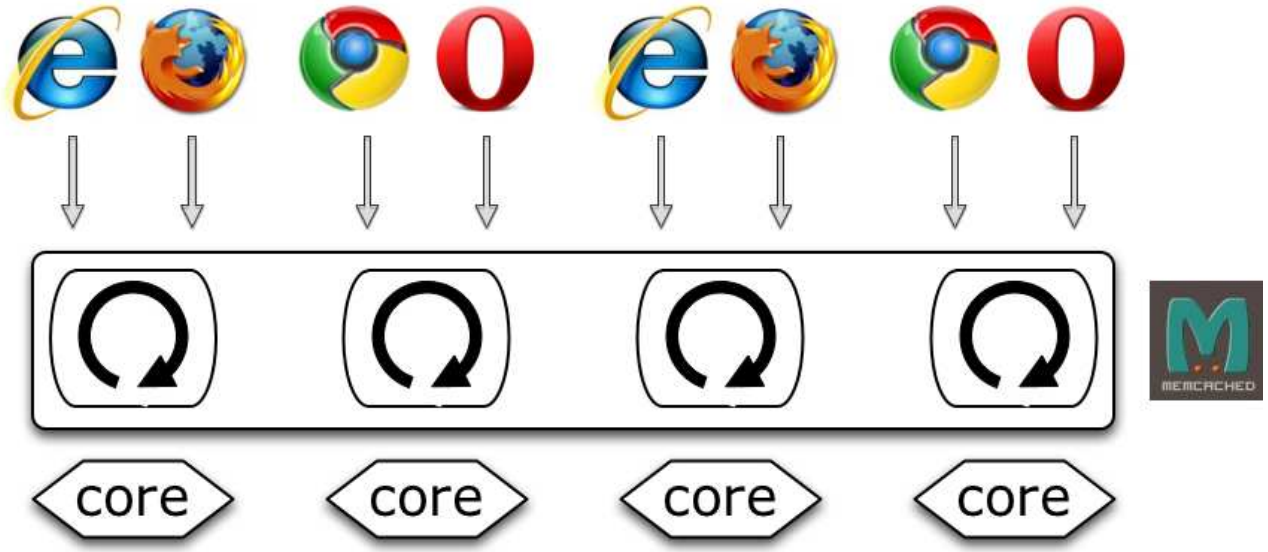
- I/O多重は同期だが、上位層からは非同期に見える

マルチプロセス+イベント駆動



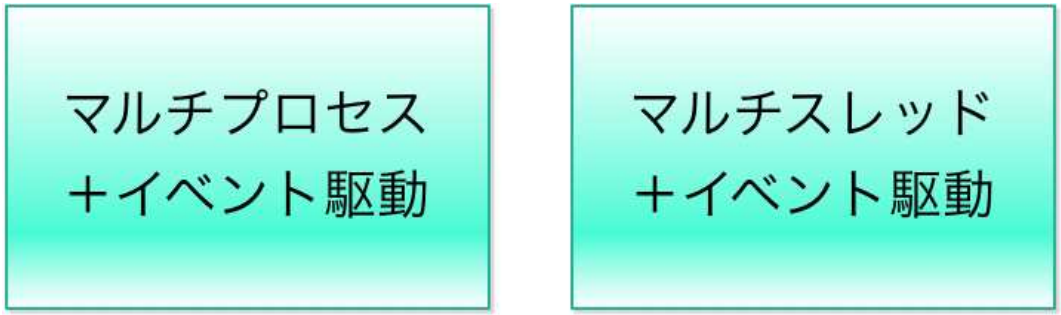
- 複数のプロセスを立ち上げたイベント駆動
- 利点
  - 資源をあまり消費せずにコアの性能を引き出せる
- 欠点
  - ハンドラではブロックさせてはいけない
  - コードの見通しは悪い

マルチスレッド+イベント駆動



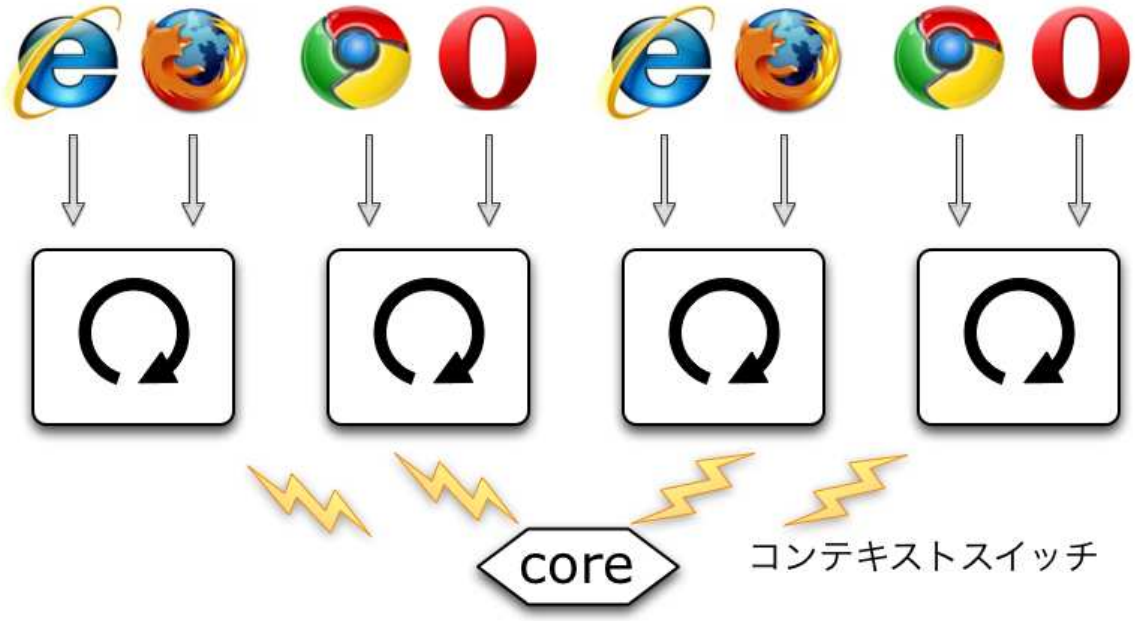
- 複数のスレッドを立ち上げたイベント駆動
- 利点
  - 資源をあまり消費せずにコアの性能を引き出せる
- 欠点
  - ハンドラではブロックさせてはいけない
  - コードの見通しは悪い

お勧めの同時接続処理技術



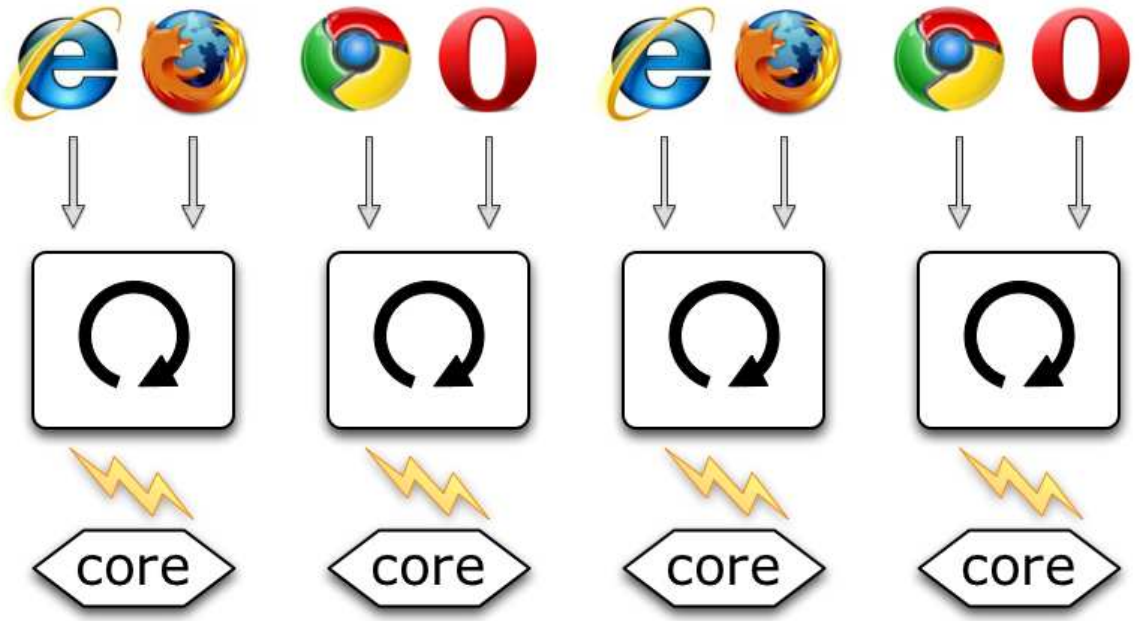
- イベント駆動をマルチプロセス＋イベント駆動に変更するのは簡単
- 共有資源が必要ならマルチスレッド＋イベント駆動
  - 例) memcached の「キャッシュ」

マルチとはいくつ？



- カーネルのコンテキストスイッチは重い
  - コンテキストスイッチが多発すると負け

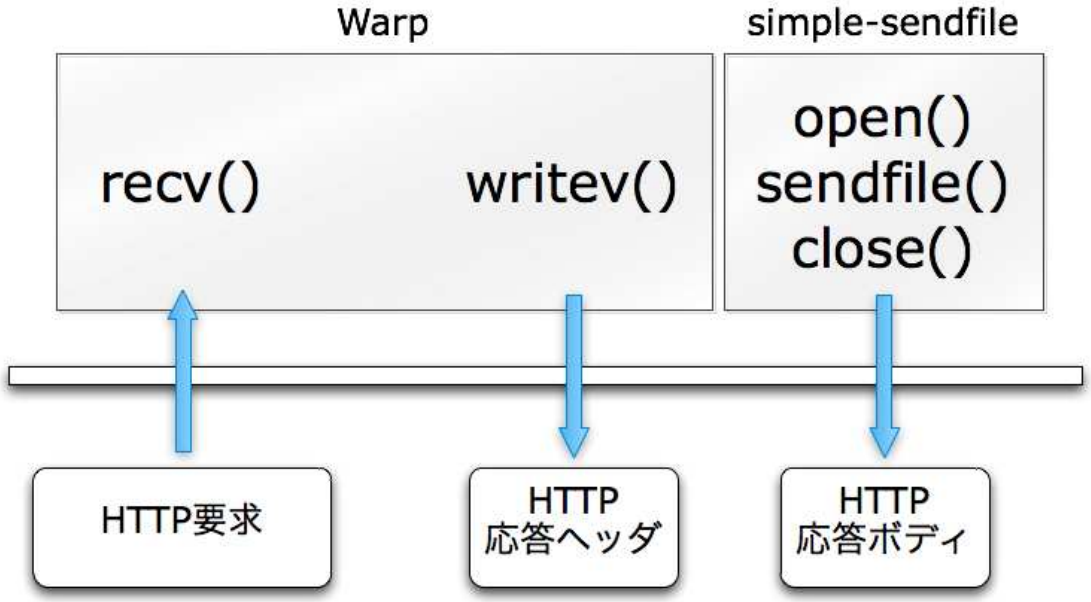
コア数だけ上げる



- しかも、できるだけコンテキストスイッチが発生しない工夫をすべき
  - システムコールをなるべく呼ばない
    - システムコールの結果をキャッシュ

Haskell の HTTP エンジン Warp

- Warp が発行するシステムコール

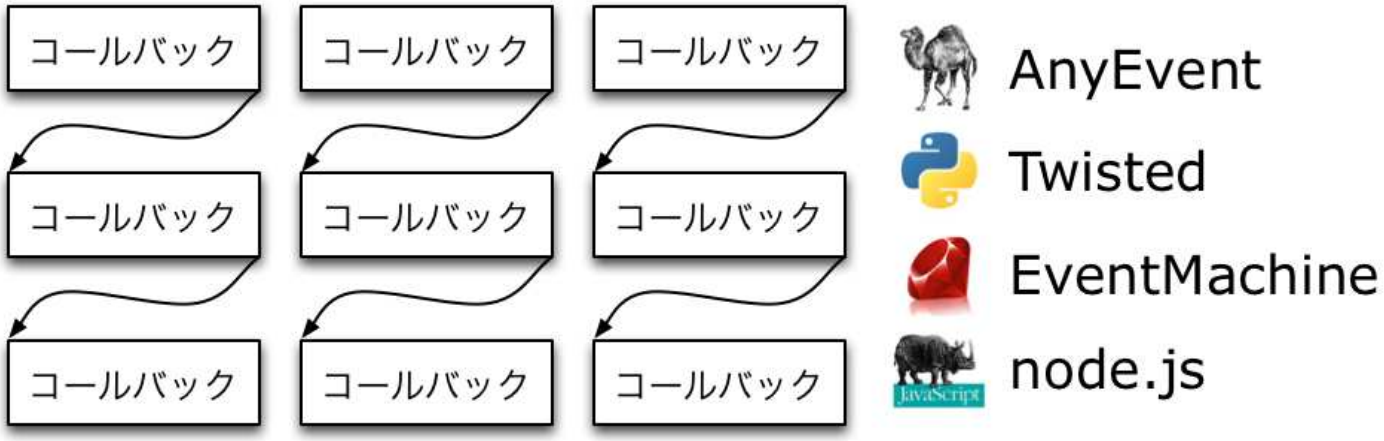


- システムコールを減らす工夫
  - lseek() は使わない
  - stat() の結果は、上位でキャッシュする

プログラミング技術

コールバック

- イベント駆動をプログラマに見せる



- 各種コールバック(ハンドラ)を登録する
  - あるいはコールバックを渡して行く (継続渡しスタイル)
- コードがぶつ切りとなり見通しが悪い
- コールバック地獄が発生する

コールバック地獄

- 通常のスタイル (同期)

```
var x = f();
var y = g(x);
var z = h(y);
```

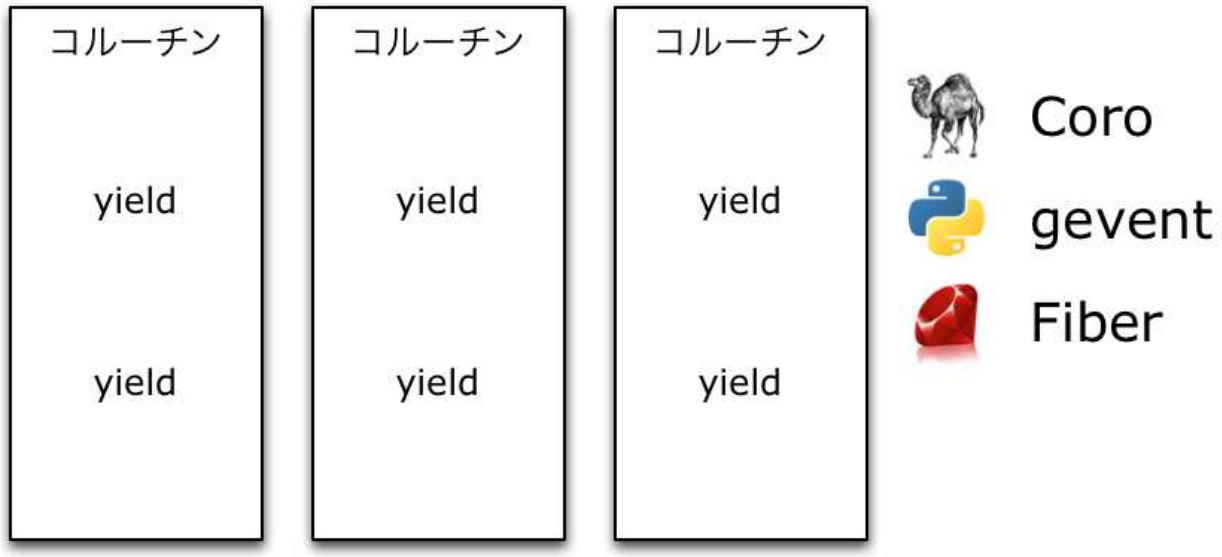
- コールバック・スタイル (非同期)

```
f(function(x) {
  g(x,function(y) {
    h(y,function(z) {
      ...
    });
  });
});
```

  - 工夫はできるが、やはり見通しが悪い

コルーチン

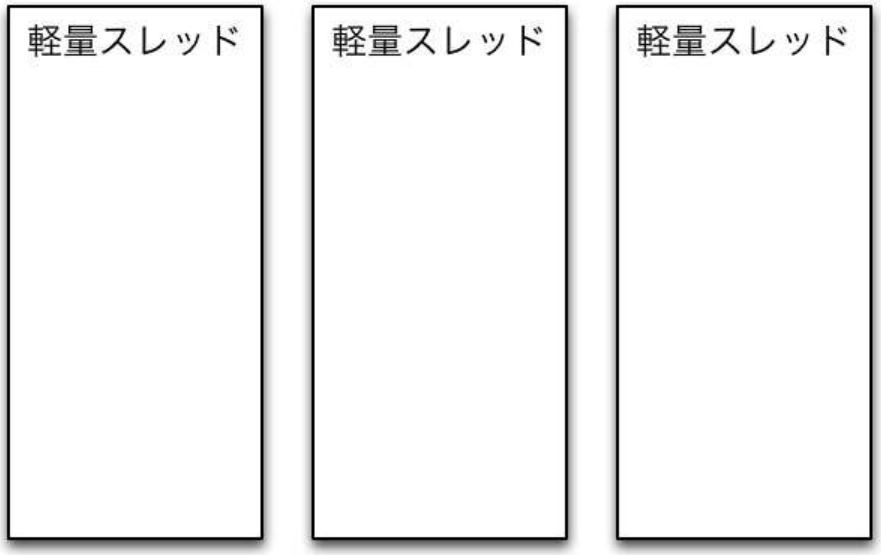
- イベント駆動の上にコルーチン層をかぶせる



- コードの見通しがよい
- 横取りできないので明示的に「譲る」必要がある

軽量プロセス、軽量スレッド

- イベント駆動の上に軽量プロセス、
  軽量スレッド層をかぶせる



Erlang
軽量プロセス

Haskell
軽量スレッド

- 通常のプログラミングと同じ
- コードの見通しがよい

本当は難しい軽量スレッド

標準ライブラリ

標準ライブラリがブロックする

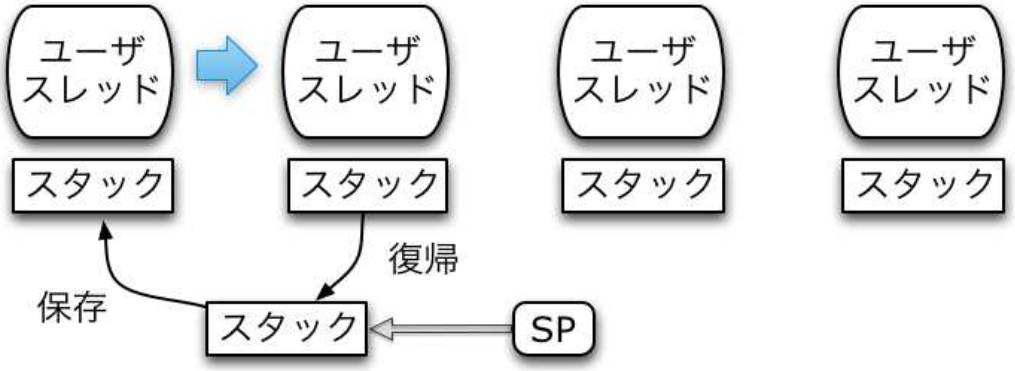
過去の資産のしがらみ

外部言語呼び出し

呼び出した外部言語がブロックする

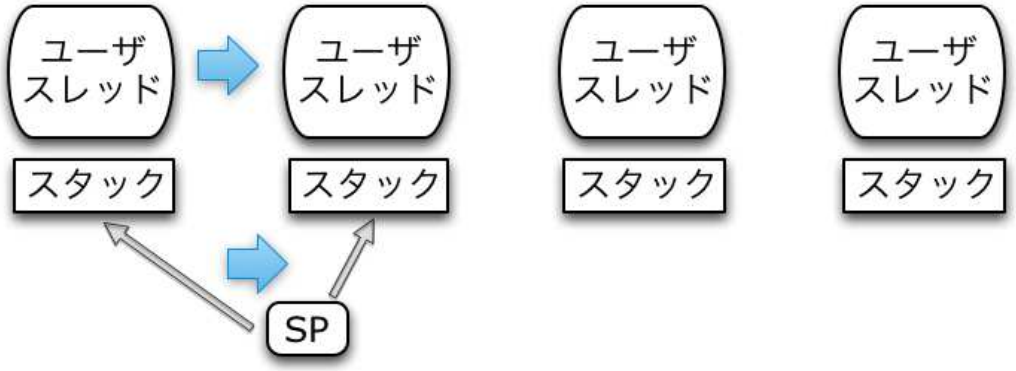
ユーザスレッドがうまくいか
なくなる最大の原因

Ruby の場合



- Ruby のユーザスレッドは重かった
  - ユーザスレッドのスタックを
    コンテキストスイッチの際にコピー
  - スタックポインタの差し替えにしないのは、
    マシン依存にしないため
- Ruby 1.9 ではネイティブスレッドへ移行した

Haskell の場合



- 軽量スレッド
  - スタックにはスタックポインタではないレジスタを使う
  - コンテキストスイッチの際は、そのレジスタの差し替えで OK
  - 小さいスタックから始めて、必要に応じて大きくできる

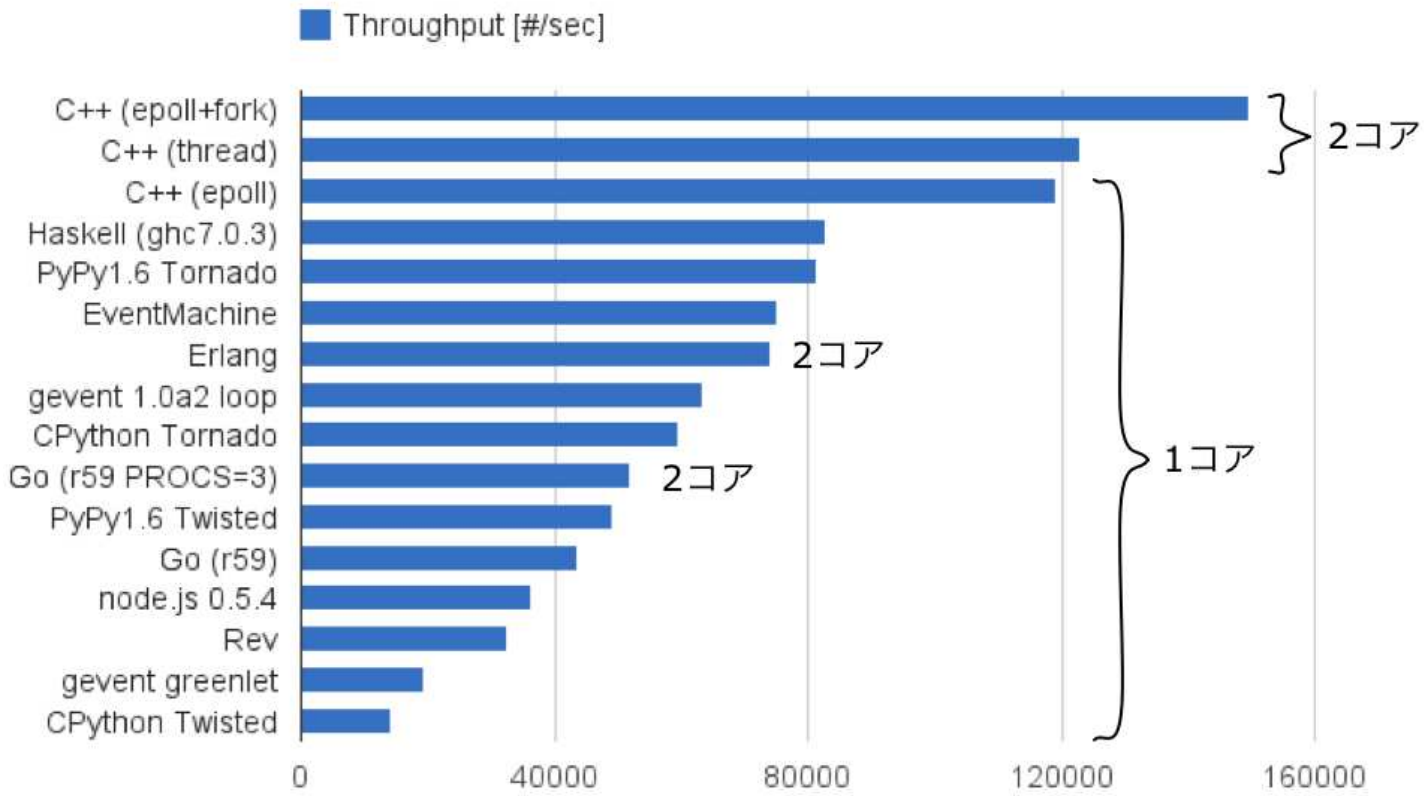
標準ライブラリは
ブロックしない

ブロックする外部言語
呼び出しはネイティブ
スレッドに任せる

お勧めのプログラミング技術

- 軽量プロセス、軽量スレッド
  - あれば
- コールバック、コルーチン
  - なければ
  - 現実的には軽量プロセス、軽量スレッドがない言語が多い

エコーサーバのスループット

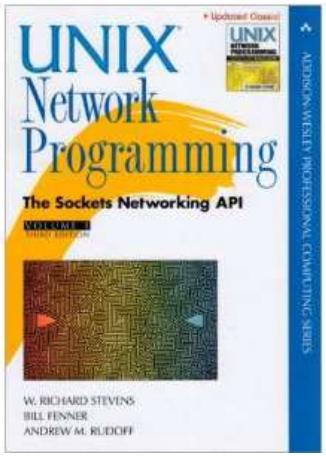


- 最速TCPサーバーの条件
  - ～逆襲の Erlang と Haskell の挑戦～

まとめ

- 同時接続処理技術
  - マルチプロセス+イベント駆動
  - マルチスレッド+イベント駆動
  - コアの数だけ起動
  - コンテキストスイッチが多発すると負け
- プログラミング技術
  - 軽量プロセス
  - 軽量スレッド
  - 見通しのよいプログラミング
  - システムコールをなるべく呼ばない

参考文献



- モダンネットワークプログラミング入門
  - 古橋貞之
  - WEB+DB PRESS Vol 55 (2010)
- Unix Network Programming Vol 1 (3rd)
  - Stevens, Fenner, Rudoff
  - Addison Wesley
- node.js とは何だったのか？
  - LL Planets

参考文献

- Mighttpd -- a High Performance Web Server in Haskell
  - Kazu Yamamoto
  - The Monad.Reader, Issue 19
    - http://themonadreader.files.wordpress.com/2011/10/issue19.pdf