# 関数型プログラミング
# 第1回　HASKELLの概要

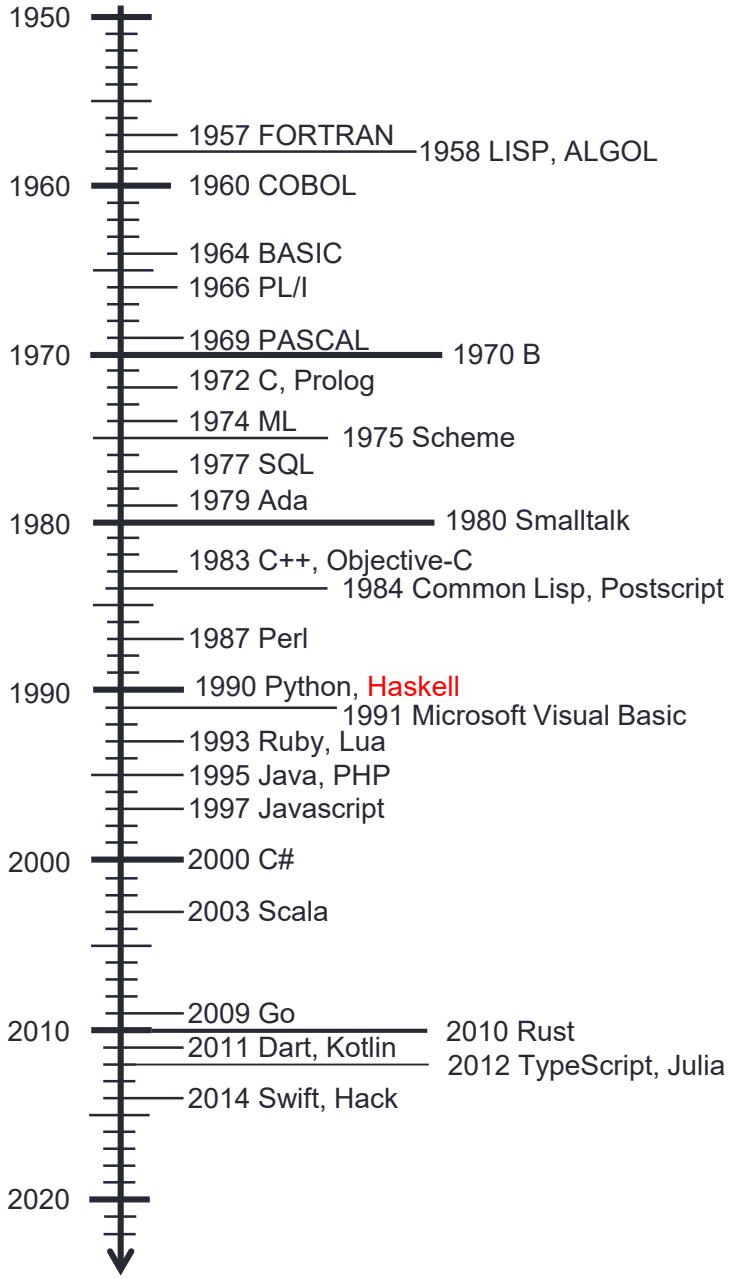
萩野　達也
hagino@sfc.keio.ac.jp

Slide URL

https://vu5.sfc.keio.ac.jp/slide/

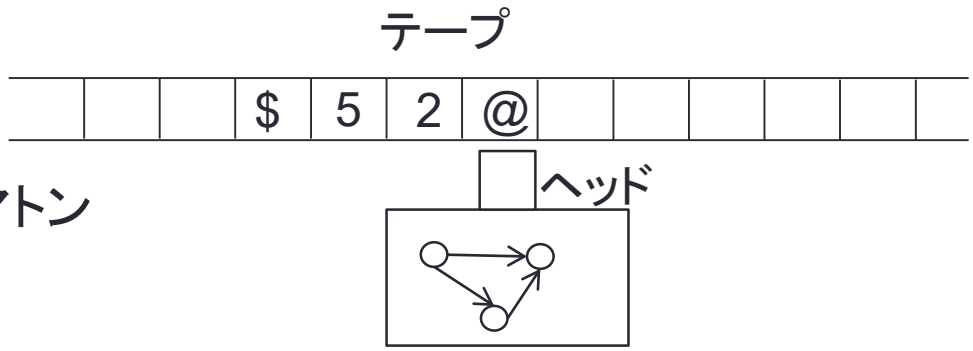
# プログラミングパラダイム

- 手続き型プログラミング
  - 問題を解くための手順を書く
  - プログラムは行ごとに順番に実行される
  - 最も一般的なプログラミング言語
  - 例：FORTRAN, C, Java, Javascript, …
- 論理型プログラミング
  - 問題を解くための論理式を書く
  - 論理式の書く順序はあまり関係ない
  - 副作用がない
  - 代入文がない
  - 例：PROLOG
- 関数型プログラミング
  - 関数を組み合わせて問題を解く
  - 実行の順番は関係ない
  - 副作用がない
  - 代入文がない
  - 例：LISP, FP, ML, Haskell

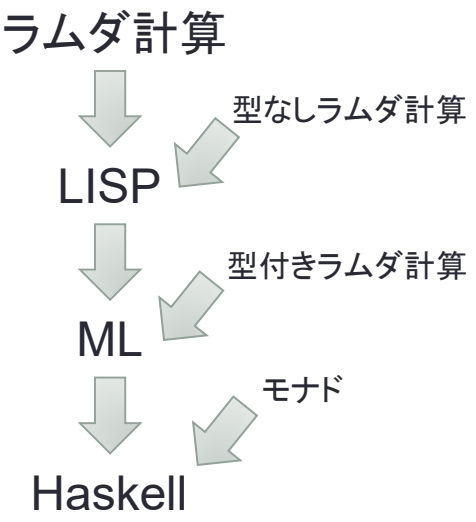


# 計算のモデル

- チューリング機械
  - 無限のテープと有限状態オートマトン
  - 万能チューリング機械




- 帰納的関数
  - 原始帰納的関数＋最小オペレータ
  - f(x+1) = (x+1)×f(x), f(0) = 1
- ラムダ計算
  - 関数抽象＋関数適用
  - (λx.(λy.xy))(λx.x) → (λy.(λx.x)y) → λy.y

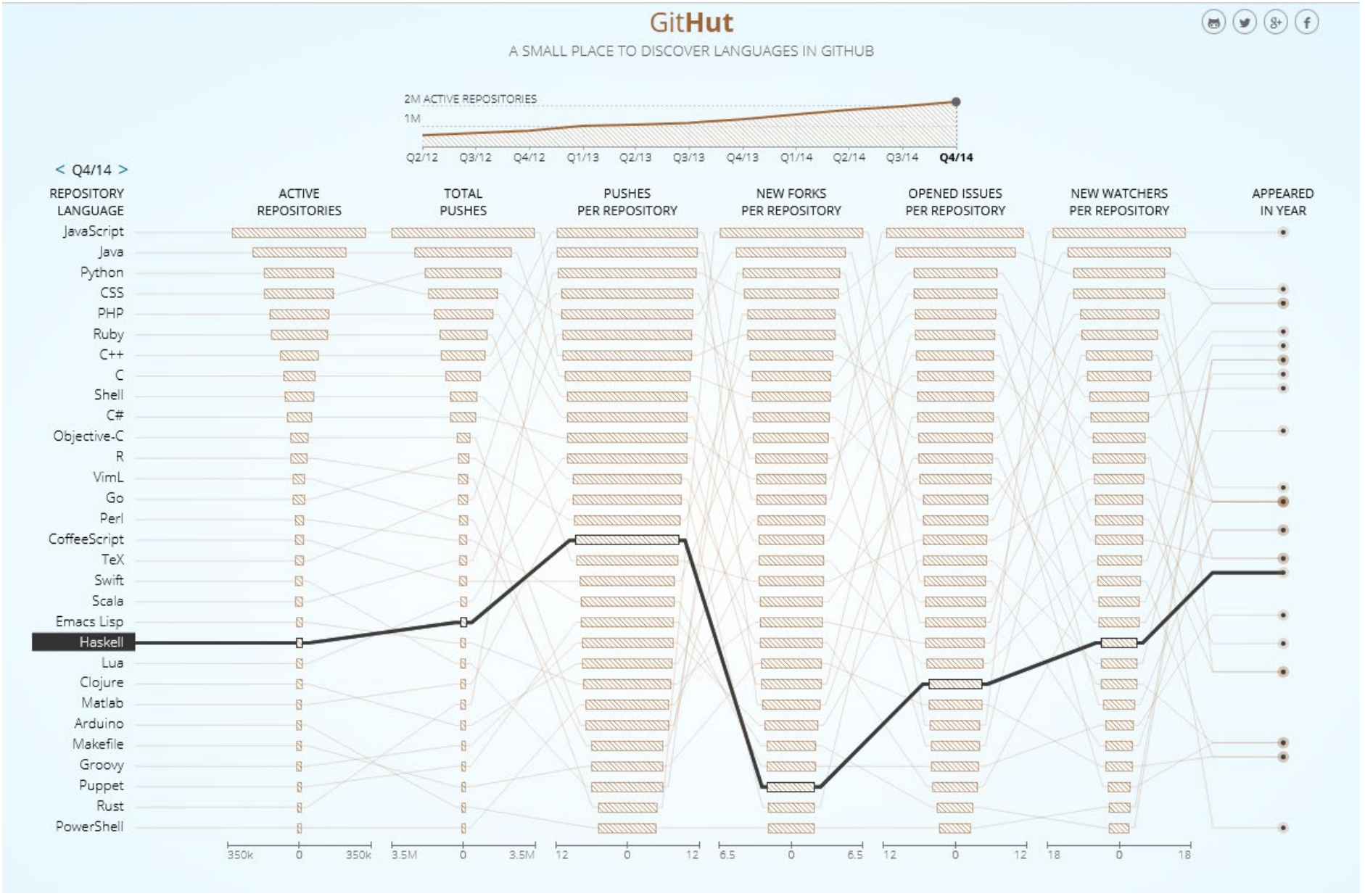


# Haskell

- 純粋は関数型プログラミング言語
  - 副作用がない
  - 参照透過性がある
- 強い型を持つ
  - コンパイル時に型チェックが行われる
- 多相型（Polymorphism）
  - 関数は複数の型に適用可能
- 正格ではない
  - 遅延評価
- モナド
  - 計算の順序を与える

# Popular Languages

https://githut.info/



# Haskell Brooks Curry

- アメリカの数学者（1900/9/12 ～ 1982/9/1）
- 組み合わせ論理
  - S, K, I
  - ラムダ計算と同値
  - 変数は不要
- Curryのパラドックス
  - 「この文が真なら，サンタクロースは実在する．」
  - 上記の文は偽ではないので真，したがって「サンタクロースは実在する．」
- Curry-Howard対応
  - 論理学 ⇔ 計算
  - 証明はプログラム
- カリー化（Currying）
  - $(A \times B \to C) \to (A \to (B \to C))$
  - 2引数の関数を1引数ごとに分けることができる

# 手続き型 v.s. 関数型

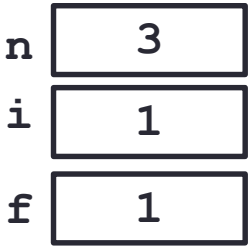
- $n$個のものを並べる並び替えの数 $n!$ を計算する.

**手続き型**

```
int fact(int n) {
  int f = 1;
  int i;
  for (i = 1; i <= n; i++) {
    f = f * i;
  }
  return f;
}
```

$$n! = 1 \times 2 \times \cdots \times (n-1) \times n$$

fact(3)




**関数型**

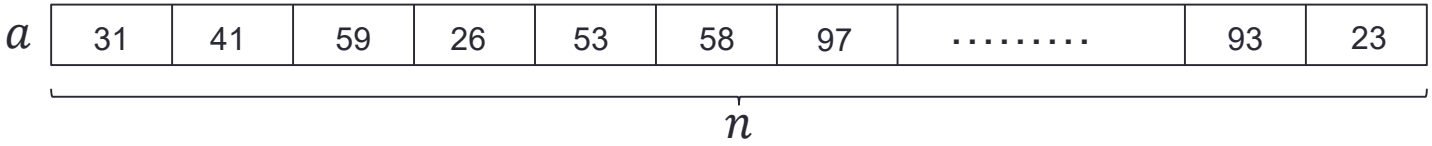
```
fact n = if n == 0 then 1
         else n * fact(n - 1)
```

$$\begin{cases} n! = n \times (n-1)! \\ 0! = 1 \end{cases}$$

```
fact 3  = 3 * fact 2
        = 3 * (2 * fact 1)
        = 3 * (2 * (1 * fact 0))
        = 3 * (2 * (1 * 1))
        = 3 * (2 * 1)
        = 3 * 2
        = 6
```

# アルゴリズム

問題：$n$個の整数の配列$a$が与えられたとき，最大値を求めなさい．



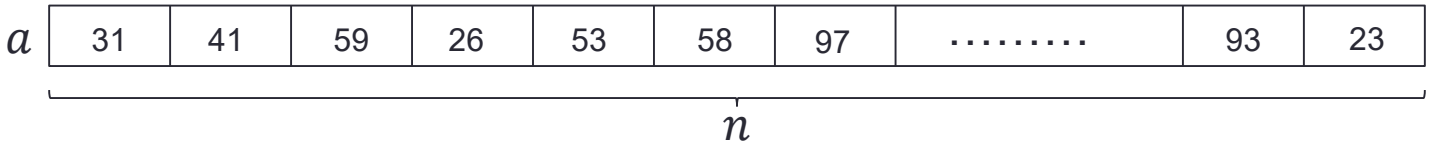

- 問題の定数を変数に置き換える．　「$i$個の整数の配列の最大値を求める」
  - $n$は配列の大きさを与えた定数
- 変数を1から定数まで変化させ，解を近づけていく．
  - 「1個の整数の配列の最大値を求める」
  - 「$i$個の整数の配列の最大値を求める」

⇒ 「$i+1$個の整数の配列の最大値を求める」

```
m = a[1];
for (i = 2; i <= n; i++) {
  if (a[i] > m) m = a[i];
}
```

# 分割統治

- 問題：$n$個の整数の配列$a$が与えられたとき，最大値を求めなさい．

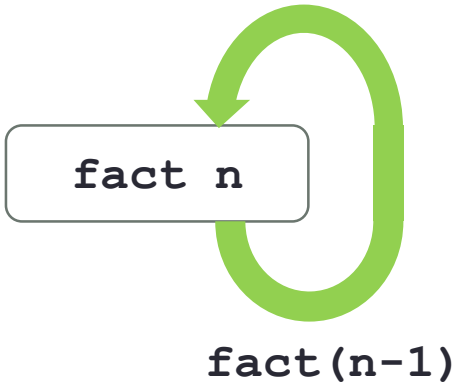



- 分割統治
  - 大きな問題を小さな問題に分割する
  - それぞれの問題を解決し，それらの答えを合わせて全体の解を作る
- 再帰呼び出し
  - 分割した問題が元の問題とサイズ違いなだけの場合がある
  - 分割を繰り返し適用する
  - 解が自明になるまで繰り返し適用する
- $n$個の整数の配列の最大値を求める
  - $(n-1)$個の整数の配列の最大値を求める

```
max [x] = x
max (x:xs) = let m = max xs
             in if x > m then x else m
```

# 繰り返し文がない

- 手続き型言語には繰り返し文がある
  - for 文
  - while 文
  - do ... while 文
- 関数型言語には繰り返し文がない
  - 文自身がない
  - すべては式
- 再帰呼び出しで行う
- 再帰関数　＝　自分自身を直接・間接的に呼び出す関数




```
fact n = if n == 0 then 1
         else n * fact(n - 1)
```

# 代入文がない

- 手続き型言語には代入文がある

```
x = 3
```

  - 代入により変数の値は変化する

```
x = x + 1
```

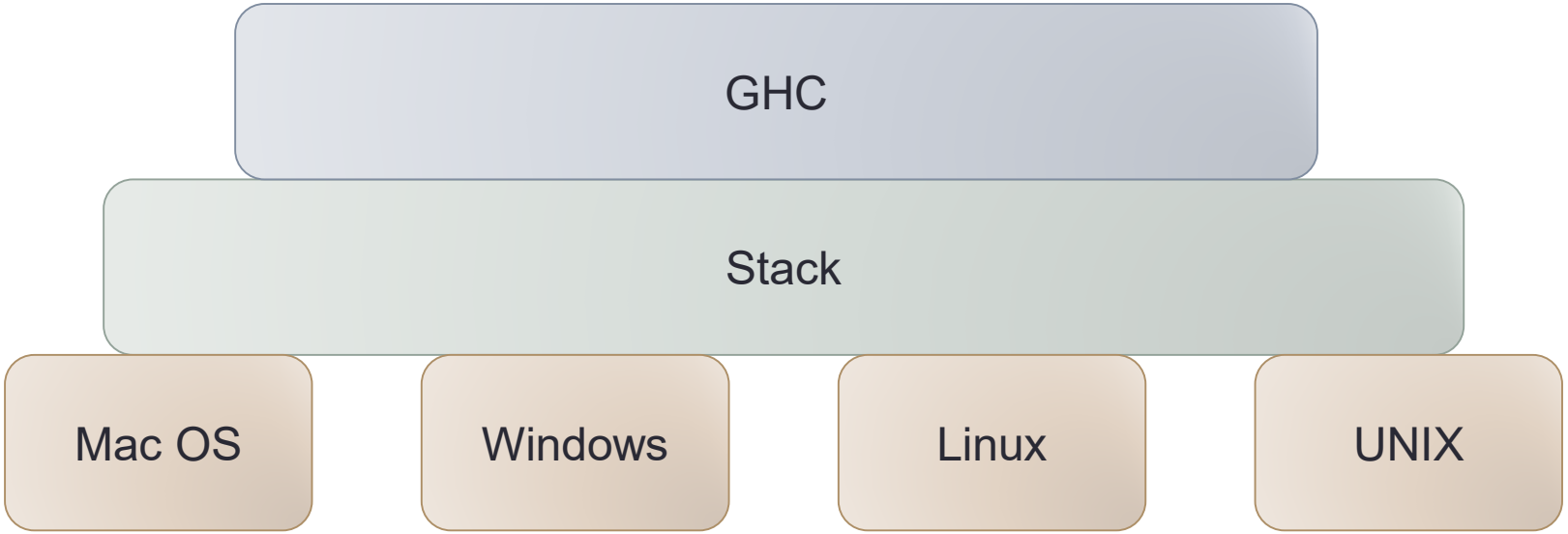
- 関数型言語には代入文がない
  - 変数に値を結びつけると，その値は変化しない

```
x = 3
```

  - 変数の値は変わらない．`x` は 3 のまま．
  - 参照透過性がある
  - 変数を右辺の値と置き換えても意味は変わらない

# Haskellのインストール

- Glasgow Haskell Compiler
  - Haskell Platform
  - 実行環境：Windows, Mac OS X, Linux, other UNIX
- Stack
  - Haskell用CLIビルドツール
  - https://www.haskellstack.org/



# Haskellのインストール（MacOS）

Mac OS

1. stackのインストール
   - Homebrewを利用する場合

```
$ brew install stack
```

   - Homebrewを利用しない場合

```
$ curl -sSL https://get.haskellstack.org/ | sh
```

2. PATHの設定

bash

```
$ echo 'export PATH=~/.local/bin:$PATH' >> ~/.bashrc
```

csh

```
% echo 'set path=(~/.local/bin $path)' >> ~/.cshrc
```

3. xcodeのインストール

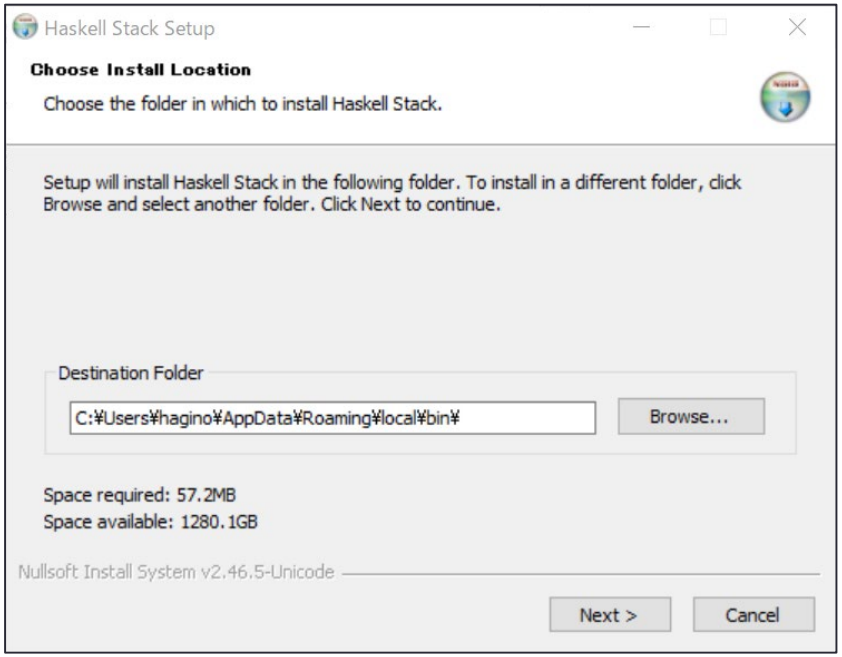
```
$ xcode-select --install
```

# Haskellのインストール（Windows）

Windows

- 全角文字の含まれないユーザで行う.
- Windows 64-bit Installer をダウンロードして実行

```
https://get.haskellstack.org/stable/windows-x86_64-installer.exe
```



# Haskellのインストール（GHC）

- stackをすでにインストール済みの場合には最新のものにする

```
$ stack upgrade
```

- GHCをインストール

```
$ stack setup
```

- インストールの確認

```
$ stack ghci
Configuring GHCi with the following packages:
GHCi, version 8.8.4: https://www.haskell.org/ghc/  :? for help
Loaded GHCi configuration from C:¥¥cygwin¥¥tmp¥¥haskell-stack-
ghci¥¥2a3bbd58¥¥gh
ci-script
Prelude> 1+2
3
Prelude> :q
%
```

# Hello, World!

- Haskellのプログラムを実行してみる.
  1. 次のプログラムをhello.hsに準備する(テキストエディタを利用).

```
main = putStrLn "Hello, World!"
```

  2. ghcコマンドを使ってコンパイルする(コマンドプロンプト, ターミナル).

```
% stack ghc hello.hs
[1 of 1] Compiling Main ( hello.hs, hello.o )
Linking hello ...
```

  3. コンパイルされたプログラムを実行する(コマンドプロンプト, ターミナス).

```
% hello
Hello, World!
```

Windows

```
C:¥> hello.exe
Hello, World!
```

# 直接実行と対話的実行

- プログラムを開発中などは，コンパイルする時間が面倒になる時があります．
- runghcコマンドを使って直接実行することも可能です．

```
% stack runghc hello.hs
Hello, World!
```

- 対話的にghcを起動することも可能です．

```
% stack ghci
GHCi, version 8.4.3: http://www.haskell.org/ghc/  :? for help
Prelude> putStrLn "Hello, World!"
Hello, World!
Prelude> 1 + 1
2
Prelude> :quit
```

# mainアクション

```
main = putStrLn "Hello, World!"
```

- これは変数mainの定義です.
- **main**の値は関数ではなく, アクションです.
- **putStrLn**は関数です.
  - **putStrLn**の引数は文字列リテラル"Hello, World!"です.
  - **putStrLn**は文字列を出力するアクションを返します.
- Haskellのプログラムが起動されるとmainのアクションを評価します.
- 関数の適用に括弧は必要ありません.

```
main = putStrLn("Hello, World!")
main = (putStrLn "Hello, World!")
main = putStrLn "Hello, World!"
```

$f(x)$
$(f\ x)$
$f\ x$

- 上記のどれも同じです.

# 2つ以上のアクションを行う

- "Hello, World!" と "Hello, SFC!" を2行に書いてみよう！

```
main = putStrLn "Hello, World!" "Hello, SFC!"
```


```
main = ((putStrLn "Hello, World!") "Hello, SFC!")
```

- 動かない

```
main = putStrLn "Hello, World!"
       putStrLn "Hello, SFC!"
```

- 動かない

```
main = (putStrLn "Hello, World!") >> (putStrLn "Hello, SFC!")
```

- 動く

```
main = do { putStrLn "Hello, World!"; putStrLn "Hello, SFC!" }
```

- 動く

# do構文

- 複数の式を順番に評価する.

```
main = do { putStrLn "Hello, World!";
            putStrLn "Hello, SFC!" }
```

- 式を ; で区切り, 全体を { } で囲みます.
- 式を順番に評価していきます.
- 途中で式の評価に失敗すると, そこで評価を打ち切ります.
  - **putStrLn "Hello, World!"** の評価がうまくいった場合,
  - **putStrLn "Hello, SFC!"** を評価する.
- 式の後の改行や, 式の間の空白は自由です.

```
main = do {
putStrLn      "Hello, World!"
;
  putStrLn
"Hello, SFC!"
   }
```

# 練習問題1-1

- 3行以上の自己紹介を出力する intro.hs を作成しなさい.

```
% stack runghci intro.hs
My name is Tatsuya Hagino.
I am from Hyogo prefecture.
I like cooking.
```

- 文章は日本語でもかまいません.
- 文字列の中にUTF-8で書いてください.

- 宿題はSOLを使って提出してください.
- 期限は授業のあった週の土曜日までです.
- 授業で説明した内容のみで回答してください.
  - 未説明の内容を使った場合には0点となります.
  - ネットのものをコピペしたり，人のものをコピペした場合には，Dが確定します.