ML 勉強会

信用できる言語

Standard ML

@fetburner

2016 年 7 月 9 日

自己紹介

- **ろんだ** (@fetburner)
- **青葉山に篭って** Coq **を書く** M1
- ML **が好き**

今日の発表内容

処理系の形式的検証についてのサーベイ

CakeML **の紹介**

動機

バグの無いプログラムが書きたい

$\Rightarrow$ テストを書こう!

テスト

”Program testing can be used to show the presence of bugs, but never to show their absence!” (E.W. Dijkstra)

テストだけでは力不足...

⇒ **形式手法の出番**

形式手法

プログラムの仕様を形式的に書き下して
証明

プログラムにバグがない事が数学的に保障

現実

プログラムの正しさは処理系の正しさに依存

証明付きのプログラムも間違ったコンパイラでコンパイルしては正しく動かない...

⇒ 処理系も検証しよう！

先行研究

CompCert[Leroy ら 2006]

- 言語処理系検証のマイルストーン
- 実用的な C コンパイラの検証
  - ANSI C の大部分をサポート
  - PowerPC、ARM、x86 のネイティブコードを出力
  - GCC に匹敵するパフォーマンス
- 大部分を Coq で検証

でも C 言語なんて書きたくないよね...

関数型言語の検証

ML 処理系を検証する試みも多数存在

- LambdaTamer[Clipala 2010]
- Pilsner[Neis ら 2015]
- CakeML[Kumar ら 2014]

今回は特に CakeML に注目

実用的な Standard ML 処理系の検証

- ブートストラップにも成功
- ARMv6、ARMv8、MIPS-64、RISC-V のネイティブコードを出力
- Poly/ML の数倍速い

HOL4 による執拗なまでの証明

対象言語の文法

フォント

こんにちは、世界。
こんにちは、世界。
こんにちは、世界。
こんにちは、世界。
こんにちは、世界。
こんにちは、世界。
こんにちは、世界。
こんにちは、世界。

こんにちは、世界。
こんにちは、世界。

箇条書き

番号なし箇条書き：

- **項目** 1
- **項目** 2
- **項目** 3

番号つき箇条書き：

1. **項目** 1
2. **項目** 2
3. **項目** 3

ブロックの使用例

ブロックのタイトル

ブロックの内容。

ブロックのタイトル

exampleblock **は例のためのブロックです。**

ブロックのタイトル

alertblock **は強調のためのブロックです。**alert **のブロック版だと思えばいいでしょう。**

定理環境の使用例

定義 1.1 (定義のタイトル)

定義の内容

補題 2.2 (補題のタイトル)

補題の内容

定理 3.4 (定理のタイトル)

定理の内容

証明のタイトル.

証明の内容 □

ブロック環境

次の環境が使えます。

- block
- exampleblock
- alertblock
- **定義** (definition)
- **公理** (axiom)
- **定理** (theorem)
- **補題** (lemma)
- **系** (corollary)
- **命題** (proposition)
- **証明** (proof) — **他の環境と少しだけ使い方が違うので注意**

※ block, exampleblock, alertblock **はただの色違い。それ以外は** block **環境と同じ色。**

オーバーレイ

オーバーレイ (overlay) **とは、**

オーバーレイ

オーバーレイ (overlay) **とは、**

- **単純なアニメーションみたいなもの**

オーバーレイ

オーバーレイ (overlay) **とは、**

- **単純なアニメーションみたいなもの**
- **最初のスライドでは隠していた文字や図形を、あとから表示させる**

オーバーレイ

オーバーレイ (overlay) **とは、**

- **単純なアニメーションみたいなもの**
- **最初のスライドでは隠していた文字や図形を、あとから表示させる**
- **よく使うのは** pause**（他にもいろいろある）**

ソースコードの書き方

ソースコードは verbatim **環境でも書けるが、あまり綺麗ではない。**

listings **を使うのがおすすめ**：

- listings.sty — LaTeX **で綺麗なソースコードを書くためのスタイルファイル**
- jlisting.sty — **ソースコード中で日本語を使いたい時に必要（**listings.sty **と併用）**

ソースコードの書き方

- frame 環境のオプションに fragile を指定する
  - 指定の方法はソースコードを参照
  - 指定しないと、コンパイルできない
- listings はあまり高度な自動色付けができない
  - せいぜい、予約語の強調とか、文字列・コメントの色つけ程度
  - 細かい強調は手動で行ったほうが良い（後述）

ソースコードの例

- **長いソースコードには** lstlisting **環境を使う**
- **文中のソースコードには** lstinline **マクロを使う（用法は** verb **と同じ）**

例 1) lstlisting **環境：**

```
type 'a bin_tree =
  | Leaf of 'a
  | Node of 'a bin_tree * 'a bin_tree

let rec listup_nodes = function
  | Leaf x -> [x]
  | Node (r, l) -> (listup_nodes r) @ (listup_node
```

例 2) lstinline **マクロ：**

`listup_nodes` **の型は** `'a bin_tree -> 'a list` **である。**

一時的にスタイル or 言語を変更する

ソースコードの強調表示の設定：

- **共通の定義はプリアンブルの** lstset **で行う。**
- **個別に変更するときは、**lstlisting**、**lstinline **のオプションで指定する。**

例 1) **フレームなし**

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

例 2) C **言語に変更**

```
int fact (int n) {
  if (n == 0) {
    return 1;
  } else {
    return n * fact(n - 1);
  }
}
```

ソースコードの手動強調表示

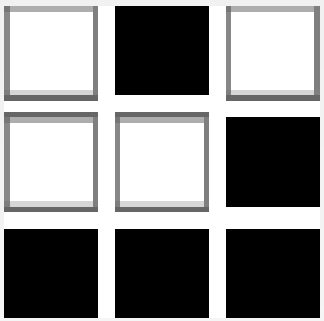
以下の書式で強調表示ができるようになっている。
（使い方はソースコードを参照）

- `@/.../@` — イタリック：*hoge*
- `@r{...}@` — 赤：hoge
- `@g{...}@` — 緑：hoge
- `@b{...}@` — 青：hoge

例）

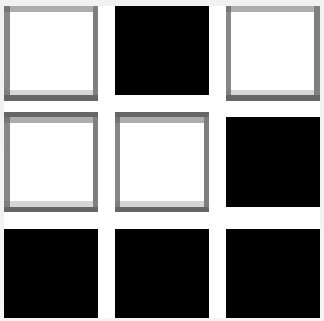
```
let fact n
  let rec fact' i acc =
    if i = 0 then acc else fact' (i - 1) (n * acc)
  in
  fact' n 1
```

columns/column 環境



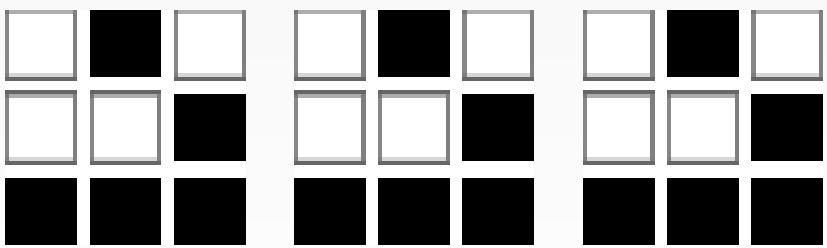
- ページを横に分割
- 図・表・文を横に並べて配置可能
- よく使うレイアウト
- minipage 環境でも同じ事ができる

columns/column 環境



- ページを横に分割
- 図・表・文を横に並べて配置可能
- よく使うレイアウト
- minipage 環境でも同じ事ができる

入れ子にしてみる



- 3 つ以上の分割も可能
- 入れ子も可能
- 柔軟に使えて便利！

結論

SML **にはこんなにも検証された処理系がある**...

結論

Standard ML **は信用できる**!

APPENDIX

予備のスライド

予備スライドは appendix **環境の中に書きましょう。**