プログラミング言語論

第4回
抽象データ型

担当：犬塚

今日の講義

データ抽象に関する事柄を見る。

- データ抽象とは
- 抽象データ型とは
- 抽象データ型の諸概念、利点
- ADTのバリエーション
  - 引数つきの抽象データ型
  - モジュール単位のカプセル化
- データ不変条件

抽象 abstract, abstraction

- 抽象＝抽出＝何かを取り出すこと
  ＝捨象＝いくつかを捨て去ること
- 反対語は、具体的、具象 concrete
- ものを抽象的に表すというのは、その本質（あるいは注目点）のみを残してそれ以外を捨てること。
- 工学ではものを「作る」のに、その本質（機能、性質）のみに注目して、他を忘れる（忘れても大丈夫な仕掛けを用意する）ことで大規模な構築物を得る。

プログラミングでの2つの抽象

- 抽象はプログラミングで2つの側面から使われる
＝具体的な実現方法を捨象して、機能に注目。
- プロセスの抽象 process abstraction
- データ（型）の抽象 data abstraction

プロセスの抽象 process abstraction

- 一連の手続きを括りだして、抽象化する。
  ＝サブルーチン、手続き、関数
- そのルーチンの実現方法（＝実装）を抽象し（気にせずに）次のことのみに注目：
  - そのルーチンの機能
  - そのルーチンの呼出し方：プロトコル、インターフェース

例　sortのルーチン

機能：リストを順番に並べる

呼出し方：sort(リスト，リストの長さ)

順番に並べるための方法は気にしない。

データ抽象 data abstraction

- データの情報内容と情報内容の操作のみを気にすればよい仕掛け。
  - どのようにメモリー内で記憶されているか、
  - どのような型定義によって実現されているか、

  は気にしない。

- これを実現するための考え方：
  - 抽象データ型　Abstract data type
  - オブジェクト指向プログラミング
    Object-oriented programming

抽象データ型　ADT：abstract data type

- 抽象データ型は次の2組からなる：
  - データ型（その型の変数の取りうる値の範囲）
  - そのデータ型のデータに対する操作（手続き、関数）
- 抽象データ型を定めると、
  - クライアントはそのデータ型を宣言することができる。
  - 与えられた手続きによってデータを操作できる。
- ADTをサポートする言語は、
  - ADTの具体的な実現方法（＝その抽象データ型の実装）を記述できる。
  - ADTの実装を隠蔽することができる。

※クライアント＝ADTを利用する側のルーチン

抽象データ型の例

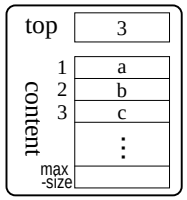
- スタックを扱うADT stack型を考える。
- クライアントは、stack型の変数を宣言できる。

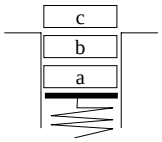
  var stk1: stack;
- stack型のデータを操作する手続きがある：

create(stk1);	stk1を新たなスタックとして用意し、初期化する。
destroy(stk1);	stk1の使用をやめる（メモリーを解放する）
empty(stk1);	stk1を空のスタックに初期化する。
push(stk1,elm);	要素elmをstk1に積む。
elm := pop(stk1)	stk1に積まれている最上位の要素を取り出す。

スタック型の実現(1)

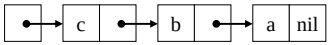
```
type stack = record
                top : integer;
                content : array[1..maxsize] of element
             end;
proc create(s : stack);
    prepare memory for s;
    s.top :=0;
proc destroy(s : stack);
    release memory for s;
proc empty(s: stack);
    s.top :=0;
proc push(s:stack; e:element);
    if top=maxsize then error
    else s.top:=s.top+1; s.content[s.top]:=e;
func top(s:stack):element;
    if s.top=0 then error
    else s.top:=s.top-1; return s.content[s.top+1];
```

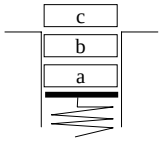




スタック型の実現(2)

```
type cell = record content : element;
                   next : pointer to cell
            end;
     stack = pointer to cell
proc create(s : stack);
    s=nil;
proc destroy(s : stack);
    var t : pointer to cell;
    while s<>nil do
        t := s.next; release(s); s:=t;
proc empty(s: stack);
    destroy(s);
proc push(s:stack; e:element);
    var t : pointer to cell;
    new(t); t.content:=e; t.next:=s;
func pop(s:stack):element;
    var t : pointer to cell; e : element;
    e:=t.content; t:=s; s:=t.next;
    release(t); return e;
```

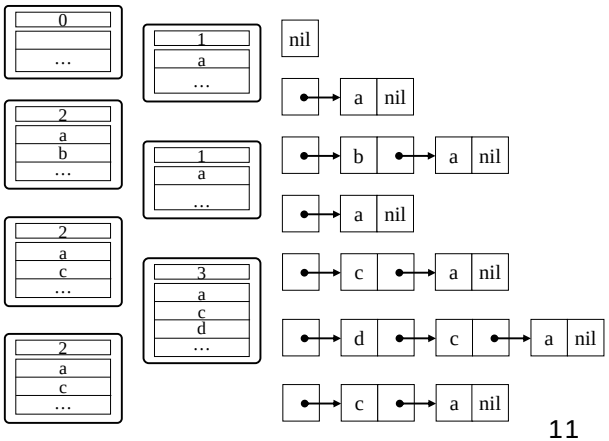




スタックの操作

- ADTとして定義されたデータは、実現法によらず操作できる必要がある。

```
var stk1 : stack
create(stk1);
push(stk1,a);
push(stk1,b);
x:=pop(stk1);
push(stk1,c);
push(stk1,d);
x:=pop(stk1);
```



基本データ型とADT

- 基本データ型は元々ADTである。

  整数型、浮動小数点型、…

  - 浮動小数点型が、どのようなビットパターンで実現されているか、普段は気にしない。
  - 浮動小数点型のデータを操作する演算がはじめからようういされている。
  - その演算を使用せず、直接ビット操作をすることは許されていない。
- 基本データ型はクライアントがその実現を気にせずに使うことができる、組み込みのADTである。

抽象データ型の利点

- カプセル化 encapsulation
- 情報隠蔽 information hiding
  クライアントに必要な情報のみにアクセスを許す。
- 実現の隠蔽 implementation hiding
- 表現独立 representation independence
  データ構造に依存しない操作方法を提供する。
  実装方法が変わってもユーザプログラムの変更が要らない。
- データ抽象は考え方であり、実際には上述の概念を提供する仕掛けを与えることが目標。

カプセル化 encapsulation

クライアント側に必要な情報のみを見せる。

- 見せるもの:
  - データ型の名称
  - データ操作する手続きのインターフェース(プロトコル)
    手続きを用いる場合の引数の指定方法、返り値。
- 隠すもの:
  - データ構造
  - 手続きのルーチン:実装(implementation)

Ada の例

```
package Stack_Pack is
-- The visible entities, or public interface
  type Stack_Type is limited private;
  Max_Size : constant := 100;
  function Empty(Stk : in Stack_Type) return Boolean;
  procedure Push(Stk : in out Stack_Type;
                 Element : in Integer);
  procedure Pop(Stk : in out Stack_Type);
  function Top(Stk : in Stack_Type) return Integer;
-- The part that is hidden from clients
  private   private はクライアントへの非公開
    type List_Type is array (1..Max_Size) of Integer;
    type Stack_Type is
      record
      List : List_Type;
      Topsub : Integer range 0..Max_Size := 0;
      end record;
  end Stack_Pack;
```

クライアントへ公開

手続きのインタフェースのみ公開

非公開

Ada の例(つづき)

```
with Ada.Text_IO; use Ada.Text_IO;
package body Stack_Pack is
  function Empty(Stk: in Stack_Type) return Boolean is
    begin
    return Stk.Topsum = 0;
    end Empty;

  procedure Push(Stk : in out Stack_Type;
      Element : in Integer) is
    begin
    if Stk.Topsum >= Max_Size then
      Put_Line("ERROR - Stack overflow");
    else
      Stk.Topsub := Stk.Topsub + 1;
      Stk.List(Topsub) := Element;
    end if;
  end Push;
```

手続きの実装(本体)

pop, topは省略

モジュール単位のカプセル化

一組の機能を実現するADTのパッケージ、モジュール

- 公開部分:
  - ADTのデータ型(名称)
  - ADTについて定数、変数
  - ADTの操作手続き、関数のインタフェース
- 非公開部分:
  - 内部で必要な他のデータ型
  - 内部で必要な変数、定数
  - 内部で必要な手続き、関数のインタフェース
  - ADTの操作手続き、関数の実装
  - 内部で必要な手続き、関数の実装

例

- stack型
- maxsize
- push, pop, ...の入出力

- cell
- top cellやbottom cellへのポインター
- 新しいcellをつくる手続き newcell
- push, popの実装
- newcellの実装

パッケージ(モジュール)単位で必要な部分のみを隠蔽する機能、公開する相手(モジュール)を指定する機能等がある。

引数つきのADT parameterized ADT

- 整数のスタック、文字列のスタックなどは別の型。maxsizeが異なれば、これも別の型。
- これを別々に定義せず、

  要素型, maxsize

  → その要素型のmaxsizeのスタック

  というADTが想定できる : 引数つきのADT

- Ada, c++などで利用できる。

  cf. c++のtemplate

データの安全性とデータ不変条件

- ADTはデータの操作を安全な操作に限定している。
- データが安全とは、予め決められた条件を満足していること。
- データの操作中以外は、この条件は常に満足しているべき。
- これをデータ不変条件(data invariant)という。

例 stack型のデータ不変条件:

- 0≦top≦maxsize。
- top=0ならば、スタックは空。
- top=maxsizeならば、スタックは満杯。
- 0<top<maxsizeなら、top個のデータが挿入順と逆に入っている。

- データ不変条件中心にADTを設計するとよい。
  - データ不変条件を決定する。
  - データの操作を決定する。ここまででADTが決まる。
  - データ構造、操作の実装を決める。
- ADTの理論的基礎づけ:公理的、代数的記述と関連

まとめ

- 抽象はプログラミング(だけでなく、工学)での重要概念。
- ADTはデータの機能面に注目し、実装を隠す。
- ADT=データ型+データに対する操作
- ADTは、
  - クライアントに実装を隠蔽、プログラム開発用容易にする。
  - 実装の置き換えを容易にする。
  - 安全な操作のみをクライアントに許し、データ不変条件を守る。