プログラムとアルゴリズム〜PenFlowchart を使って

名古屋高等学校　情報科

コンピュータはプログラムを実行することによって作業をしている。それはパソコンだけでなく，iPad のようなタブレットや携帯電話やゲーム機，あるいは自動販売機やデジタル時計でも同様である。我々が普段何気なく使っている機器の多くにコンピュータが搭載されている。それらを扱うということは，プログラムを実行する（あるいは実行中のプログラムを操作する）ことにほかならない。

この単元では，自分でプログラムを作ってみる。そのことを通じて，身の回りのコンピュータやプログラムがどのように動いているのか，考えを巡らせてみてほしい。

1　アルゴリズム

アルゴリズムとは，問題を解決するための具体的な手順を記述したものである。たとえば数学の問題を解く手順，理科の実験の手順，駅で切符を買って電車に乗る手順なども一種のアルゴリズムといえる。

アルゴリズムを頭の中だけで考えるのは間違えやすいし，他人と共有することもできない。何らかの方法で記述する必要があるが，日常使っている言葉ではあいまいになってしまうことが多い。そこでアルゴリズムを記述する方法として，この授業では**フローチャート**を用いる。

2　PEN, PenFlowchart

アルゴリズムはプログラムではないから，そのままではコンピュータで実行できない。そこで**プログラミング言語**を用いて，アルゴリズムを元にプログラムを作らなくてはいけない。この授業では xDNCL(*1) というプログラミング言語を用いる。

xDNCL の開発・実行環境として開発された PEN (*2) というプログラムがある。以前の授業ではこれを用いていたが，マウスでフローチャートを作ることによって xDNCL のプログラムを生成する PenFlowchart (*3) というプログラムを本校で開発したので，この授業ではこれを用いる。メニューから「開発」→「PenFlowchart」で起動しよう。

(*1) 大学入試センター試験「情報関係基礎」で用いられている DNCL という言語が元になっている。

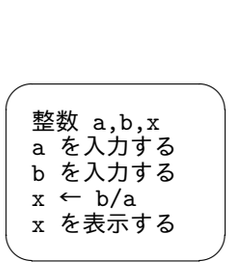
(*2) `http://www.media.osaka-cu.ac.jp/PEN/`で配布されている。Java の実行環境があれば Windows や Mac OS でも使用することができる。

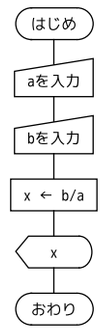
(*3) `http://watayan.net/prog/`で配布されている。Java の実行環境があれば Windows や Mac OS でも使用することができる。

3　PenFlowchart の使い方

まず手始めに，一次方程式 $ax = b$ を解くプログラムを作成する。作業を進めることで，PenFlowchart の使い方を覚えることが目的だ。

出来上がりは次のようになる。これを今から作ってみよう。



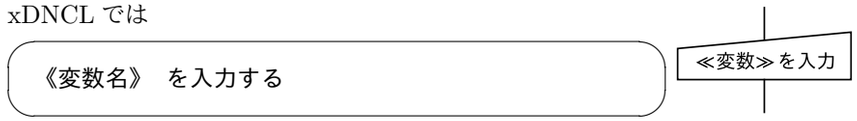


3.1　変数

xDNCL のプログラムでは，どのような名前の変数を使うかを，プログラムの冒頭で宣言しなくてはいけない。PenFlowchart では右上の窓に，変数の名前をコンマで区切って入力する。このプログラムでは `a`，`b`，`x` の 3 つが必要になる。話を簡単にするために，これらはすべて整数であるとする。「整数」のところに「`a,b,x`」と入力しよう。これで，プログラムの中で `a`，`b`，`x` の 3 つの変数が使えるようになる。

3.2　入力

`a`，`b` の値は，ユーザがキーボードから**入力**することにしよう。入力はフローチャートでは右のような記号で表され，xDNCL では



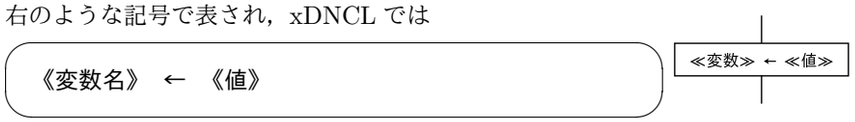
という構文になる。

PenFlowchart の上のパーツの中にある「入力」を，フローチャートの「はじめ」と「おわり」の間にドラッグ&ドロップしてみよう。パーツが配置できたら右クリックで表示されるメニューから「編集」を選択して，変数名を「`a`」にする。これができたら `b` の入力も同様に追加しよう。

PenFlowchart でフローチャートを編集すると，それで生成されるプログラムが PEN の画面に表示される。両方を見ながら作業するようにしよう。

3.3　代入

変数に値を覚えさせることを**代入**という。$x = \frac{b}{a}$ だから，この計算結果を x に代入しよう。代入はフローチャートでは右のような記号で表され，xDNCL では



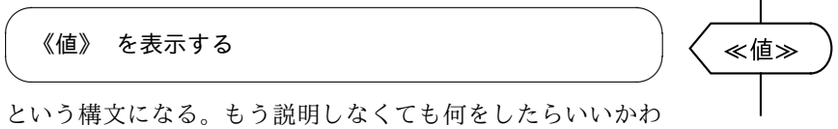
という構文になる。

これも入力と同様に，「代入」のパーツをフローチャートにドラッグ&ドロップして編集しよう。ただし，$\frac{b}{a}$ は b/a と記述する。

■入力と代入　入力と代入はどちらも変数に値を覚えさせることではあるのだが，まったく違う動作であることに注意してほしい。入力はユーザが入力した値を変数に覚えさせるものであり，代入はコンピュータが計算した値を変数に覚えさせるものである。

3.4　出力

計算した x の値を表示すれば目的は達成される。出力はフローチャートでは右のような記号で表され，xDNCL では



という構文になる。もう説明しなくても何をしたらいいかわかるだろう。

3.5　実行

PEN の画面で「実行」ボタンを押すとプログラムが実行できる。さっそくやってみよう。$2x = 6$ や $3x = 96$ などが解けることを確認しよう。

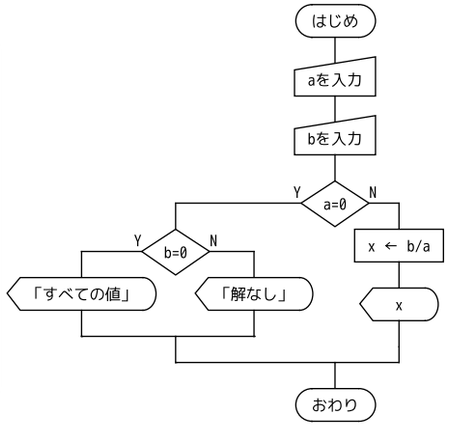
3.6　デバッグ

さて，これでプログラムが完成したわけだが，完璧だと言っていいだろうか。試しに次の方程式を解いてみてほしい。

$$0x = 2 \qquad\qquad 2x = 7$$

どちらも困ったことになってしまう。最初の例ではエラーになってしまうし(*4)，2 つめの例も $x = 3$ はこの方程式の解ではない。このようなことが起きてしまうようでは完璧なプログラムとはいえない。このようなプログラムの誤りを**バグ**といい，バグを取り除いて正しいプログラムにすることを**デバッグ**という。デバッグした結果，できあがったプログラム，フローチャートは以下のようになる。同様に作ってみよう（現時点では意味はわからなくてもいい）。

```
実数 a,b,x
a を入力する
b を入力する
もし a=0 ならば
  | もし b=0 ならば
  |   | 「すべての値」を表示する
  | を実行し，そうでなければ
  |   | 「解なし」を表示する
  | を実行する
を実行し，そうでなければ
  | x ← b/a
  | x を表示する
を実行する
```



3.7　PEN の画面でのプログラム編集

PEN の画面でもプログラムを編集することができる。画面下部にある「入力支援ボタン」を使うことで，非常に少ない手数でプログラムを入力することができる。細かい間違いを修正するときは PEN の画面でやった方が手っ取り早いこともあるので，両方を使い分けてほしい。

ただし，PenFlowchart でフローチャートを変更すると，PEN のプログラムは強制的にフローチャートの通りに変更されてしまう。そのため，PEN でプログラムを編集したら「フローチャート」ボタンを押して，変更をフローチャートに反映させると良い。

3.8　課題提出

課題を提出するときは，PEN のプログラムをコピーして貼り付ける（ペースト）。PEN の画面で Ctrl+A を押すと全文選択，これをコピーして貼り付ければいい。

4　変数

PEN で使える変数は次の 4 種類の型がある。変数の名前は，アルファベットで始まる英数文字列でなくてはいけない。日本語の文字や記号は使えない。

整数　整数が保存できる。
実数　実数が保存できる... ということだが，小数と考えればいい。
文字列　文字列が保存できる。プログラム中では文字列は「」で囲む。
真偽　条件の真偽を保存する。TRUE（真）または FALSE（偽）のどちらかの値をとる。この授業では使用しない。

値の計算でも，整数と実数は区別される。次のプログラムで確認してみよう。ただし「*」は ×，「/」は ÷ の意味である。

(*4)「おかしい問題なんだからエラーでいいじゃないか」と思うかもしれないが，実はこのエラーでプログラムが中断してしまう。何かこのあと続く処理があったら，それが行われないことになってしまうので困るのだ。

```
7/2 を表示する
7.0/2.0 を表示する
1.0/3.0*3.0 を表示する
1/3*3 を表示する
1*3/3 を表示する
```

整数どうしの割り算は，余りを切り捨てる。だから数学の式と考えたときには同じ式だとしても，プログラムでは別の式になることがある（上の 1/3*3 と 1*3/3 のように）ので，注意してほしい。

5　課題：偶数奇数の判定

ここでは課題の作成・提出に必要な手順を述べる。実際にやって提出しなさい（以後の課題も，基本的にすべてこの手順で行なう）。作るプログラムは次のものとする：

整数を一つ入力し，それが偶数なら「偶数」，奇数なら「奇数」と表示する。

プログラムの作成は次の手順で行なう。

変数　まずどのような変数が必要かを考えよう。
アルゴリズム　どのような順番で処理をしたらいいかを考えよう。
プログラム作成　考えたアルゴリズムの通りにプログラムを作ろう。
動作確認　実行して，正しい結果が得られるかどうか確認しよう。うまくいかなかったら前の手順に戻って考えて直してみる。

さて，偶数奇数の判定のために，新しい記号を一つ覚えよう。整数の割り算の「余り」を計算する記号として % が使える。次のプログラムで使い方を確認してみよう。

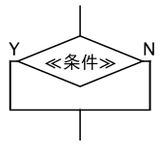
```
13%5 を表示する
7%2 を表示する
8%2 を表示する
```

また，このプログラムでは偶数のときと奇数のときで別の動作を行なうことになるので，その方法について説明する。このような処理は「選択」と呼ばれ，フローチャートでは右下のような記号で表される。xDNCL では下のような構文になる。

《条件》は a=0 や a>0 のように，等式や不等式で表す（詳細は後の授業で説明する）。

```
もし 《条件》 ならば
  |
を実行する
```

```
もし 《条件》 ならば
  |
を実行し，そうでなければ
  |
を実行する
```



完成したらプログラムをコピーして提出する。PEN の画面で Ctrl+A を押して全文選択して「編集」→「コピー」，返信メール（または moodle）の画面で「編集」→「ペースト」すれば，本文にプログラムが挿入されるので，これを送信すればいい。

6　例題：曜日の計算

2017 年の 1 月は日曜日から始まる。日付の数字を入力したら，1 月のその日が何曜日であるかを答えるプログラムを作ろう。ただし，結果を文字列で表示するのは大変なので [*5]，日曜日を 0，月曜日を 1，...，土曜日を 6 で表すことにする。

変数　まずどのような変数が必要かを考えよう。
アルゴリズム　どのような順番で処理をしたらいいかを考えよう。
プログラム作成　考えたアルゴリズムの通りにプログラムを作ろう。
動作確認　実行して，正しい結果が得られるかどうか確認しよう。

曜日は 7 日周期なので，7 で割った余りを考えればいい。しかし日付をそのまま 7 で割ったのでは，日曜日が 0 にならない。たとえば 1 日が日曜日だから，1 を入力したときには日曜日を表す 0 が出力されるようにしたいわけだが，だったら 1 に 何を足してから[*6] 7 で割ったらいい?

7　課題：Zeller の公式

今月の曜日だけがわかるというだけでは大して面白くもない。どうせなら自分の生まれた日の曜日が分かるくらいのものを作りたくないか? そこで，曜日を計算する方法としてもっともよく知られている Zeller（ツェラー）の公式を紹介する [*7]。これで曜日の計算をするプログラムを作って提出するのが今回の課題だ。

西暦 y 年 m 月 d 日の曜日は次のように計算できる。ただし 1 月，2 月は前の年の 13 月，14 月として計算する（たとえば 2017 年 1 月は 2016 年 13 月として計算する—つまり y を 1 減らして m を 12 増やす）。y の上 2 桁を j，下 2 桁を k とし，

$$h = d + \lfloor \frac{13m+8}{5} \rfloor + k + \lfloor \frac{k}{4} \rfloor + \lfloor \frac{j}{4} \rfloor + 5j$$

とするとき，h を 7 で割ったときの余りが 0,1,⋯,6 であれば，その日は日曜，月曜，...，土

(*5) あとの授業で文字列での表示ができるようにバージョンアップするので，このプログラムはそれまで残しておくこと。
(*6) 余りの計算だから引いた方が簡単なのだが，負の数がでてくるといろいろ面倒なので，足し算で考える。
(*7) 昔は暦が違ったので，何百年も前については適用できない。詳しく調べれば正確な適用範囲もわかるのだが，我々は 20 世紀以降についてのみ適用することにしよう。

曜である。ただし $\lfloor x \rfloor$ は x の小数点以下を切り捨てた値である(*8)。もっとも PEN では，整数で割り算すれば余りが切り捨てられるので，単に割り算をすればいい(*9)。

なお，長い計算式は左から順番に計算されるが，*，/，% は +，−よりも優先して計算される。カッコがあればその中を先に計算する。

完成したら，いくつかの日付を入力して，正しい曜日が出力できることを確認してから提出しなさい。たとえば

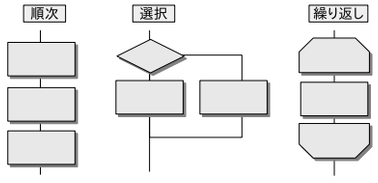
1966 年 12 月 20 日　火曜 (2)
2015 年 10 月 1 日　木曜 (4)
2017 年 1 月 1 日　日曜 (0)
2017 年 2 月 1 日　水曜 (3)
2017 年 4 月 1 日　土曜 (6)

といった日付で答え合わせをしてみるといい。これらが正しく計算できるようになっていれば，自分の生まれた日が何曜日であるかもわかるだろう。

8　構造化プログラミング

世の中にはとても複雑なプログラムがあり，そのアルゴリズムは当然複雑なものであるが，実は「順次」「選択」「繰り返し」の組み合わせで作られているものが多い。実際 PEN や PenFlowchart では，この 3 つの要素で構成されたプログラムしか作ることはできないが，アルゴリズムを表現するにはそれで十分なのである。

では，この 3 つの要素を順に見ていこう。

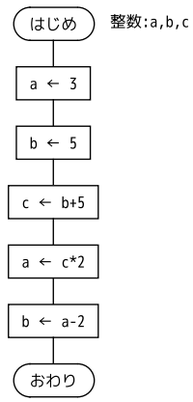


8.1　順次

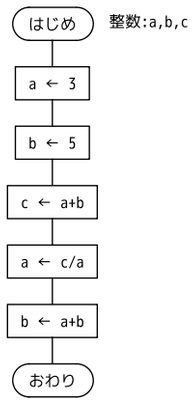
順次というのは，上から順番に処理を実行していくだけである。それは一見簡単なことのように思われる。実際，機械が実行するならこれほど簡単なものはない。しかし人間が考えるときには注意が必要だ—人間の頭には工夫するという能力があるので，つい先回りしたり，順番を入れ替えたり，おかしそうな部分を勝手に直したりしてしまいがちだ。たとえば変数に値を代入するという単純な処理でも，順番を入れ替えてしまうと望み通りの結果は得られない。

(*8) 床関数という。数学では $[x]$ という表記で習い，「ガウスの記号」と呼ぶ。
(*9) プログラミング言語によっては整数どうしの割り算の結果を小数にするものがあり，そういう言語では切り捨ての処理を行わなくてはいけない。

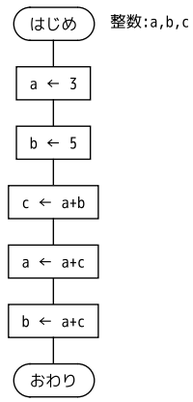
■問題　次のアルゴリズムが終了したとき，各変数の値はそれぞれいくつになっているかを考えてみなさい。



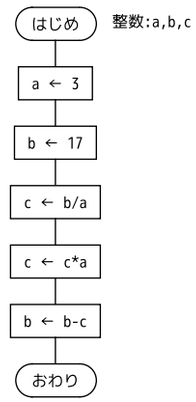
(a) 問 1



(b) 問 2



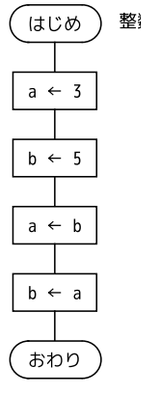
(c) 問 3

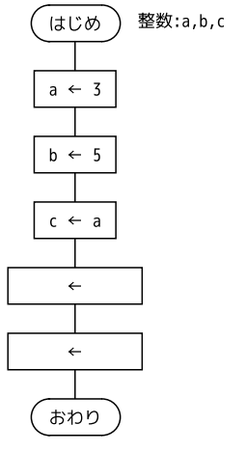


(d) 問 4

■注意　問 4 は割り算の余りを計算する方法である。つまり PEN では `a%b` は `a-a/b*b` と同じである。

■問題　左図は a と b の値を入れ替えようとして，失敗したものだ（うまくいかないことを確認せよ）。実は変数の値の入れ替えをするには，もう一つ変数を用意しなくてはいけない。a と b の値の入れ替えが成功するように，右図の空欄を埋めよ。





なお，この問題の右図は変数の値を入れ替えるときの常套手段である。そのまま丸暗記するようなものではないが「もう一つ変数を用意する」ということだけは覚えておいてほしい。

■乱数　アルゴリズムとは関係ないが，今後よく使うことになる**乱数**というものを紹介しておこう。乱数とはランダムに数を発生させる仕組みであり，ゲームや占いには欠かせない（もちろん遊びでない目的にも使われる）。PEN では `random(n)`（n は自然数）で 0 以上 n 以下の乱数が得られる。

```
random(10) を表示する
```

このプログラムを何度も実行して，0〜10 の値が表示されることを確認してほしい。

では，1 から 6 の数字が出るサイコロを作るには，どのようなプログラムにすればいいだろうか。空欄を埋めてみなさい。

```
        を表示する
```

8.2 選択

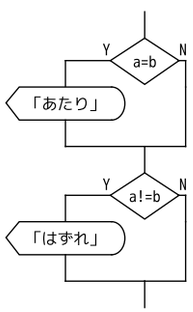
選択は，ある条件が満たされるときとそうでないときで別の処理を行なうというものである。条件は，2 つの値を比較して，等しいとか，等しくないとか，どちらが大きいとかいうように Yes/No で判断できるものである。

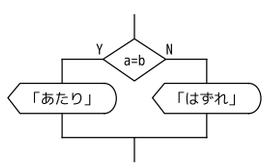
条件を表すために用いられる記号は次の通り：

=	等しい
!=	等しくない（≠ の意味）
>	大なり
<	小なり
>=	大なりイコール（≧ の意味）
<=	小なりイコール（≦ の意味）

■例題:数あてゲーム　1 桁の乱数（1〜9）を発生させ，ユーザが入力した数値がそれと一致したら「あたり」，違っていたら「はずれ」と表示するプログラムを作りなさい。

このプログラムを作る場合，左図のアルゴリズムでも正しく動作はするが，こういう作り方は良くない。判定が 2 回になってしまって効率が悪いし，もし当たりの条件を変えることになったら 2 箇所を修正しなくてはいけないからだ。うっかり片方だけ直してしまうと，見つけにくいバグを作ってしまうことになる（直すのは人間だから，こういうミスはよく起きる）。右図のようにするのが良い。





■課題:数あてゲーム（発展）　上の数あてゲームを，違っていたときにユーザが入力した数値が乱数の値よりも大きければ「大きい」，小さければ「小さい」と表示するように改造して提出しなさい。

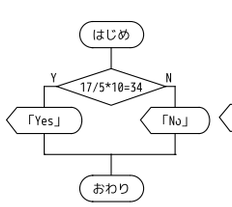
■複雑な条件　条件を複数組み合わせることもできる。その場合には，たとえば「a>3 または b>3」のように「または」や「かつ」を用いる [*10]。

数学では $1 < x < 3$ というような表し方ができるが，PEN のプログラムでは 1<x<3 という表現はできない。これは 1<x と x<3 がともに成り立つのだから「1<x かつ x<3」と表す。

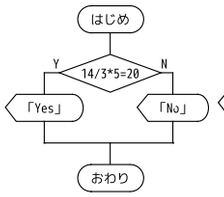
■例題:点数入力　テストの点数は 0 点以上 100 点以下である。この条件に合わない（0 より小さいか，100 より大きい）数値が入力されたときには「間違いです」と表示するプログラムを作る。どのような条件にすればよいか。

■例題:点数入力（続）　今度は正しい数値が入力されたときに「よろしい」と表示するようにしたい。どのような条件にすればよいか。

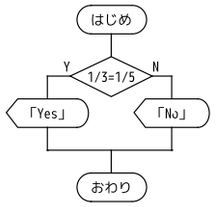
■問題　次のアルゴリズムで「Yes」「No」どちらが表示されるか考えなさい。その後で，実際にプログラムを作って確かめなさい。



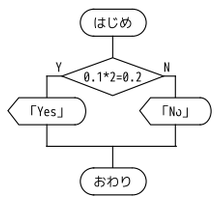
(a) 問 1



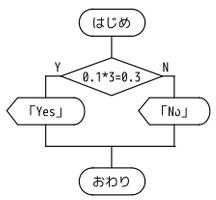
(b) 問 2



(c) 問 3



(d) 問 4



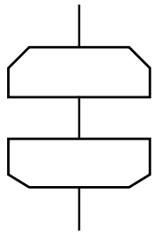
(e) 問 5

問 4，問 5 について：十進法の 0.1 は有限小数だが，二進法だと無限小数になるので，コンピュータ内部の計算では適当な桁数で打ち切ってしまう。そのため，最後の桁には誤差が含まれるので，このような結果になってしまった。問 4 と問 5 のどちらが「Yes」であったかなんてことを覚える必要はないが，次のことは覚えておいてほしい。

- 数値が一致するかどうかの判断を実数（小数）でしてはいけない。
- 整数なら，一致するかどうかの判断は正確にできる。

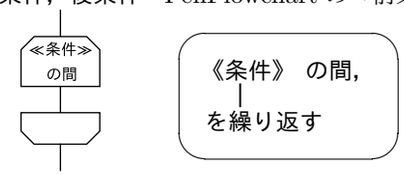
(*10) 否定を表す「でない」もあるのだが，この授業では扱わない。たとえば「a=0 でない」なら「a!=0」，「a>3 でない」なら「a<=3」のように書けるからだ。

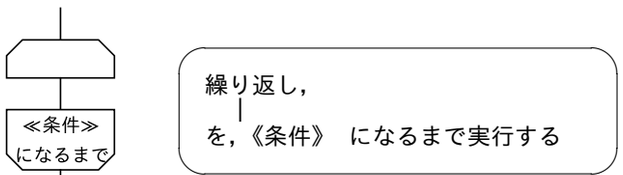
8.3　繰り返し



「繰り返し」はある条件が満たされるまで（あるいは満たしている間）同じ処理を繰り返すというものである。フローチャートでは図のような記号で表し，上端か下端に繰り返しの終了または継続に関する条件を書く。本当は JIS で決まっている正式な書き方があるのだが，ここでは（規格の上では不正確ではあるが）直観的にわかりやすいと思われる表記を用いる。

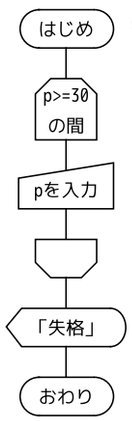
■前条件，後条件　PenFlowchart の「前条件」「後条件」は次の 2 つの構文だ。

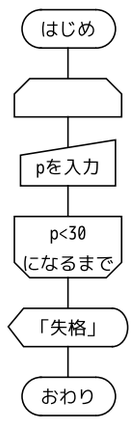




見ての通り，繰り返しの上端，あるいは下端に来たときに条件判断をして，繰り返しを続けるか終了するかを決めるというものだ。どちらを使っても構わない場合も多いが，場合によってはどちらかでなくてはいけない場合もある。

■例題　30 点未満が入力されるまで点数入力を繰り返し，30 点未満が入力されたら「失格」を表示して終わるプログラムのフローチャートは次のどちらが正しいか。





■例題：カウントダウン　整数を入力し，その整数から 0 までカウントダウンするプログラムを作りなさい。

■例題：約数　整数を入力し，その整数の約数を小さい順にすべて表示するプログラムを作りなさい。

■課題：ユークリッドの互除法　2 つの整数の最大公約数を求めるときに，ユークリッドの互除法という方法が用いられる。その手順は次の通りだ。

(1) a，b をその 2 数とする。
(2) c に a % b を代入する。
(3) a に b を代入する。
(4) b に c を代入する。
(5) c が 0 でなければ (2) に戻る。
(6) a が最大公約数である。

これを用いて，839835391 と 527215277 の最大公約数を求めるプログラムを作って提出しなさい。(5) で「戻る」となっていることから，これは繰り返しを使う。なお，最初は簡単な値で正しい答えが出ることを確認すること。

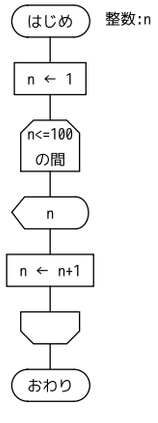
大事な余談：前に例題で作った約数をすべて求めるプログラムを使えば公約数を求めることもできるが，時間がかかる。実際，素因数分解は「時間がかかる」処理であり，それがある種の暗号技術では大事な要素となっている。もし画期的に速い素因数分解のアルゴリズムが開発されたら，世の中で使われている暗号技術の一部は役に立たなくなる。

■例題：$\sqrt{2}$ の近似値　$\sqrt{2} = 1.414\ldots$ の値をもっと詳しく求めるプログラムを作ろう。ここでは「二分法」というアルゴリズムを使う。これをプログラムにしてみよう。なお，このプログラムで使う変数はすべて 実数型 である。

(1) a $< \sqrt{2} <$ b となる a，b を適当に定める [*11]。
(2) (a+b)/2 を x に代入する。
(3) x*x が 2 より大きければ（x は $\sqrt{2}$ より大きいのだから）b に x を代入し，そうでなければ a に x を代入する。その結果やはり a $< \sqrt{2} <$ b であり，b と a の差は半分になるから，a，b ともに $\sqrt{2}$ に近づいていく。
(4) 十分な精度（あらかじめ決めておく。たとえば a と b の差が 0.00001 より小さくなるまで，とか）が得られるまで (2) に戻って繰り返す。

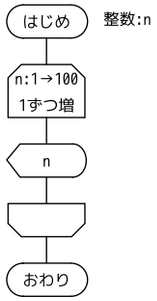
[*11] だからといって a を $-\sqrt{2}$ より小さい値にしてしまうと困ったことになる。a と b で $\sqrt{2}$ を挟む，というイメージ。

■**カウントアップ，カウントダウン**　1 から 100 までの整数を小さい順に表示するプログラムのアルゴリズムは次のようになる。




```
整数 n
n ← 1
n <= 100 の間,
  | n を表示する
  | n ← n+1
を繰り返す
```

しかし，ある範囲の数を順に扱うケースはよくあるので，xDNCL ではこれを簡単に記述する方法が与えられている。それが次のフローチャート[(*12)]とプログラムだ。PenFlowchart の繰り返し記号の「増やし」「減らし」を使えばいい。




```
整数 n
n を 1 から 100 まで 1 ずつ増やしながら,
  | n を表示する
を繰り返す
```

■**例題:2 桁の奇数**　2 桁の奇数を小さい順に表示するプログラムを作りなさい。

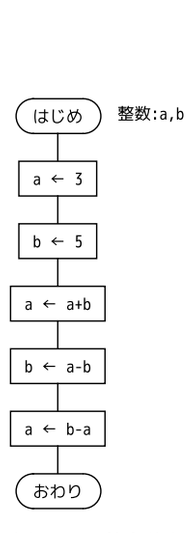
■**例題:カウントダウン**　入力した整数から 0 までカウントダウンするプログラムを「減らしながら」を使って作りなさい。なお，ここでは変数を 2 つ用意する。入力した整数（つまりカウントダウンのスタートになる値）を表すものと，カウントダウンしていく数を表すものを別に扱うためだ（次の課題でも同様）。

■**課題:約数**　入力した整数の約数を小さい順にすべて表示するプログラムを作って提出しなさい。前は「前条件」「後条件」の繰り返しを使ってこれを作ったが，今回は「増やし」を使って作ること。

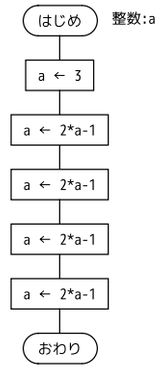
(*12) この表記も正式なものではないが，直感的にわかりやすいのでこの授業ではこれを用いる。

8.4　練習問題

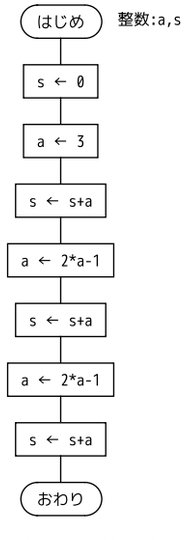
次の各アルゴリズムが完了した後，各変数の値はいくつになっているか。



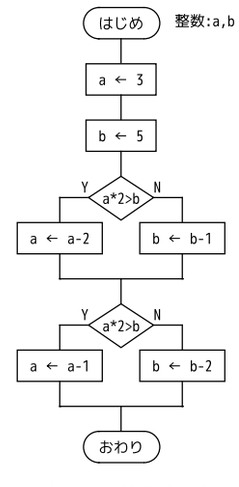
(a) a,b の値を答えよ。



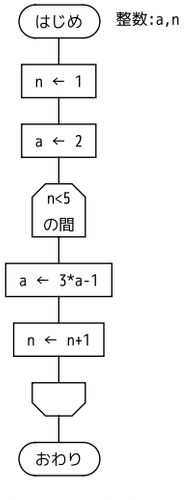
(b) a の値を答えよ。



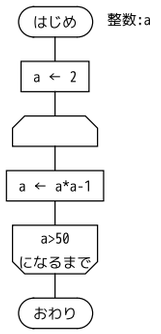
(c) a,s の値を答えよ。



(d) a,b の値を答えよ。



(e) a,n の値を答えよ。



(f) a の値を答えよ。

正解は (a) $a = -5$，$b = 3$ (b) $a = 33$ (c) $a = 9$，$s = 17$ (d) $a = 1$，$b = 3$ (e) $a = 122$，$n = 5$ (f) $a = 63$

9　文法まとめ

xDNCL の文法のうち，この授業で必要となるものをまとめておく。

■**変数の宣言**　変数はプログラムの先頭で宣言する。複数あるときはコンマで区切る。

```
整数 《変数名》
実数 《変数名》
文字列 《変数名》
```

■**計算**　+，−，*，/，% が使える。*は掛け算，/は割り算を表し，% は割り算をしたときの余りを表す。なお，整数どうしの割り算では，余りを切り捨てて計算が行なわれる。

■**条件**　=，!=，>，<，>=，<=によって二つの値を比較する。条件と条件を ‘かつ’ や ‘または’ で組み合わせることもできる。

■**入力・出力・代入**　文字列を出力する場合は「」で囲む。複数の値や文字列を一度に出力するときには ‘と’ でつなぐことができる。

入力
```
《変数》を入力する
```

出力
```
《出力する値》を表示する
```

代入
```
《変数》←《式や値》
```

■**選択**　次のいずれかを用いる。

```
もし《条件式》ならば
  | 《処理》
を実行する
```

```
もし《条件式》ならば
  | 《処理》
を実行し，そうでなければ
  | 《処理》
を実行する
```

■**繰り返し**　次のいずれかを用いる。

```
《条件式》の間，
  | 《処理》
を繰り返す
```

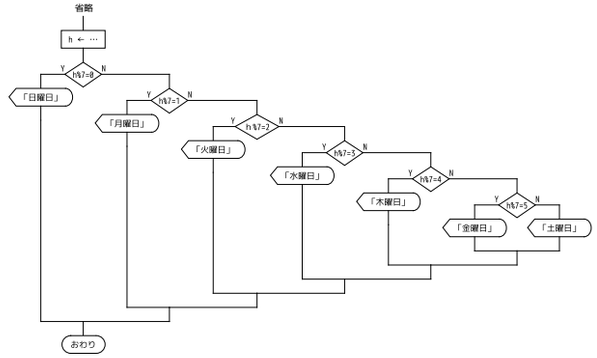
```
繰り返し，
  | 《処理》
を，《条件式》になるまで実行する
```

```
《変数》を《値》から《値》まで《値》ずつ増やしながら，
  | 《処理》
を繰り返す
```

```
《変数》を《値》から《値》まで《値》ずつ減らしながら，
  | 《処理》
を繰り返す
```

10　配列

前に，Zeller の公式を使って，日付を入力すると曜日を 0〜6 の数字で表示するプログラムを作った。これを「日曜日」「月曜日」...「土曜日」と表示したい。次のようなアルゴリズムでもできるが，決してスマートな方法とはいえない。




```
h ← …
もし h%7=0 ならば
  | 「日曜日」 を表示する
を実行し，そうでなければ
  | もし h%7=1 ならば
  |   | 「月曜日」 を表示する
  | を実行し，そうでなければ
  |   | もし h%7=2 ならば
  |   |   | 「火曜日」 を表示する
  |   | を実行し，そうでなければ
  |   |   | もし h%7=3 ならば
  |   |   |   | 「水曜日」 を表示する
  |   |   | を実行し，そうでなければ
  |   |   |   | もし h%7=4 ならば
  |   |   |   |   | 「木曜日」 を表示する
  |   |   |   | を実行し，そうでなければ
  |   |   |   |   | もし h%7=5 ならば
  |   |   |   |   |   | 「金曜日」 を表示する
  |   |   |   |   | を実行し，そうでなければ
  |   |   |   |   |   | 「土曜日」 を表示する
  |   |   |   |   | を実行する
  |   |   |   | を実行する
  |   |   | を実行する
  |   | を実行する
  | を実行する
を実行する
```

PEN では番号付きの変数である**配列**を使うことができる。これは変数の宣言時に変数名の後ろに [n] をつけることで（n は負でない整数），変数名の後ろに [0]，[1]，...，[n] をつけた $n+1$ 個の変数が使えるというものだ。これを使うことによって，プログラムがすっきりすることがよくある。

たとえばこの曜日のプログラムであれば，

```
文字列 a[6]
a[0] ← 「日曜日」
a[1] ← 「月曜日」
a[2] ← 「火曜日」
a[3] ← 「水曜日」
a[4] ← 「木曜日」
a[5] ← 「金曜日」
a[6] ← 「土曜日」
(中略)
a[h%7] を表示する
```

とすればよい。a[0]〜a[6] に「日曜日」〜「土曜日」を代入するのが多少面倒ではあるが，それでも最初に書いた「もし」の連続に比べれば，行数は半分以下だ。

実は次のようにまとめて代入することもできる。{ }とコンマを忘れないように。

```
a ← {「日曜日」,「月曜日」,「火曜日」,「水曜日」,「木曜日」,「金曜日」,「土曜日」}
```

それ以外にも，40 人のクラスで点数入力をするなら

```
整数 a[39], b
b を 0 から 39 まで 1 ずつ増やしながら,
  | a[b] を入力する
を繰り返す
```

とすればいい。合計点などの計算も，配列を使うととても楽だ（これは次の項で扱う）。

■例題：おみくじ　乱数を用いて「大吉」「吉」「小吉」「凶」「大凶」のどれかがでるようなおみくじのプログラムを作りなさい。余裕があれば，出るメッセージの種類を増やしてみなさい。

■モデル化とシミュレーション　サイコロはそれぞれの目が $\frac{1}{6}$ の確率で出る。だったら 60 回サイコロを振れば，それぞれの目が 10 回ずつ出るだろうか。60 回くらいなら実際に試してみてもいいのだが，後で 600 回，6000 回ならどうなるかということについても実験してみたい。そうなると手作業で数えるのは大変だ。そこで，サイコロの実物を使うのでなく，プログラムでその状況を作り出して実験してみるとしよう。このように，実物を使うことが困難であるようなときに，代用品で同じような状況を作って試してみることを**シミュレーション**[*13] という。

■課題：サイコロのシミュレーション　サイコロを 60 回振ったら各目が 10 回ずつ出るかどうかを調べるプログラムを作って提出しなさい。

ここではプログラムを簡単にするために，サイコロは 0〜5 の目が出るものとして[*14]，60 回サイコロを振ったときに各目の出た回数を数えて表示するプログラムを作る。アルゴリズムは次のようになるだろう。

(1) a[0]〜a[5] の値をすべて 0 にする。
(2) 次の (a)(b) を 60 回繰り返す。
　(a) 0〜5 の乱数を b に代入する。
　(b) a[b] の値を 1 増やす。
(3) a[0]〜a[5] の値を順に表示する[*15]。

繰り返し用の変数が 1 つ必要になることに注意しよう。

(*13)「シュミレーション」という間違いは非常に恥ずかしいのでしないように。
(*14) 普通のサイコロは 1〜6 であるが，配列の番号が 0 から始まるから 0〜5 にした方が面倒がない。
(*15) 実は「a を表示する」でまとめて表示できる。

11　集計

データの集計をするプログラムをいろいろ作ってみよう。集計というからにはたくさんの数値を扱いたいのだが，それを毎回入力するのは面倒だし，代入をたくさん繰り返すのもやはり面倒だ。そこで，ここでは毎回乱数でデータを作ることにしよう。この章では，0〜100 の値を持つ 10 個のデータを扱うことにするので[*16]，次のようにすればいいだろう。

```
整数 a[9], b
b を 0 から 9 まで 1 ずつ増やしながら,
  | a[b] ← random(100)
を繰り返す
```

11.1〜11.3 で作成するプログラムでは毎回これをプログラムの先頭に置くことにする（というか，これの続きを作ると考えればいい）。

11.1　合計の計算

a[0]〜a[9] の合計を求めるプログラムを考える。もちろん

```
a[0]+a[1]+a[2]+a[3]+a[4]+a[5]+a[6]+a[7]+a[8]+a[9] を表示する
```

とすれば可能ではあるが，これだとデータが 10 個でないときにはプログラムを書きなおさなくてはいけないから，こんなやり方では話にならない。

繰り返しを使って合計を求めるのが普通のやり方だ。ここでは合計を s で表すことにする。s の値は最初 0 にしておく。そのあと，s に順次 a[0]，a[1]，...，a[9] を加算していく。これを繰り返しを使わずに書くと

```
s ← 0
s ← s + a[0]
s ← s + a[1]
(中略)
s ← s + a[9]
```

となるが，これをそのまま入力するのは最初のプログラムより面倒だ。繰り返しを使って楽をしよう。

s ← s + a[b] を，b を 0〜9 の値にして行なえばいい。つまり b を 0 から 9 まで 1 ずつ増やしながら...。

(*16) もちろんもっと多くのデータでも同じように扱えるのだが，PEN 右下の変数表示画面で見渡せる程度にしておくと確認がしやすいので 10 個にする。

11.2　最大値，最小値

a[0]～a[9] の最大値を求める方法を考えよう。ここでは最大値を m としよう。アルゴリズムは次のようになる。

(1) m の初期値を適切に定める。
(2) 次の (a) を，b を 0～9 の値にして行なう。
　(a) m<a[b] なら m ← a[b]。
(3) m を表示する。

やはり「b を 0～9 の値にして…」というのが繰り返しだ。最小値は (a) の不等号を逆向きにすればいい。ところで，(1) で定める初期値はどのようにするといいだろうか。

11.3　ソート

値を順番に並べることを**ソート**という。a[0]～a[9] を小さい順に並べるプログラムを作ってみよう。なお，小さい順を「昇順」，大きい順を「降順」という。

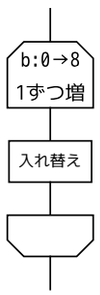
アルゴリズムの基本的な考えは次のようになる。

(1) a[0]～a[9] の最小値が a[0] になるように値を入れ替える。
(2) a[1]～a[9] の最小値が a[1] になるように値を入れ替える。
(3) a[2]～a[9] の最小値が a[2] になるように値を入れ替える。
　（以下，最後まで繰り返す）

これをもう少し詳しくいうと次のようになるだろう。

(1) a[1]～a[9] の中で a[0] よりも小さいものがあれば，それと a[0] を入れ替える。
(2) a[2]～a[9] の中で a[1] よりも小さいものがあれば，それと a[1] を入れ替える。
(3) a[3]～a[9] の中で a[2] よりも小さいものがあれば，それと a[2] を入れ替える。
　（以下，最後まで繰り返す）

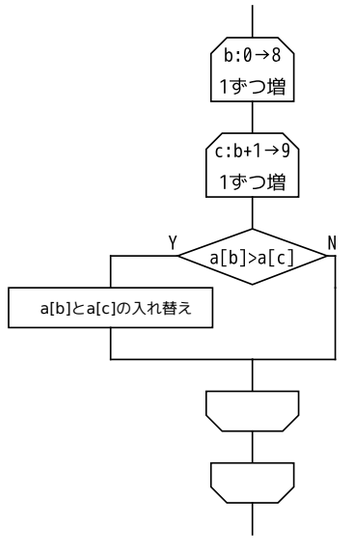
(1),(2),... をまとめて言うと次のようになる（右図の「入れ替え」と書かれている部分がこれ）。b を 0～8 にしてこれを行えばいい：



a[b+1]～a[9] の中で a[b] よりも小さいものがあれば，それと a[b] を入れ替える。

この「入れ替え」をさらに言い換えると次のようになる。

(1) c を b+1～9 にして，(a) を行なう。
　(a) もし a[b]>a[c] なら，a[b] と a[c] を入れ替える。



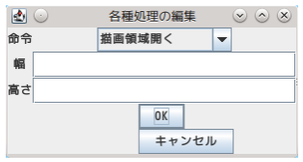
では，実際にこれをプログラムにしてみよう。なお，変数の入れ替えにはもう一つ変数を用意する必要があることを，ずっと前に学習した [*17]。

[*17] 4 ページの問題。

12　グラフィック

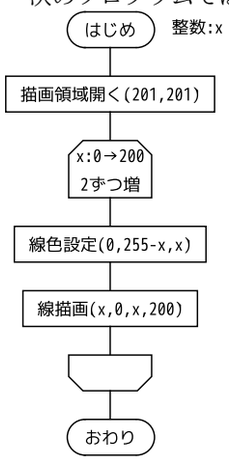
12.1　グラフィックの基本

PEN や PenFlowchart にはグラフィックの命令があるので，それを使ってみよう。パーツの「各種処理」をフローチャートに追加して，編集で「描画領域開く」を選択すると図のようなダイアログが開く。



実行したときに，ここで指定したサイズの描画用ウィンドウが開かれる。その他の描画用命令もすべて「各種処理」にあるので自由に探してみてほしい。座標は左上が $(0,0)$ で，x 軸が右，y 軸が下に伸びていると考えればいい。

次のプログラムでは縦の直線が 101 本引かれ，緑から青へのグラデーションになる。




```
整数 x
描画領域開く (201,201)
x を 0 から 200 まで 2 ずつ増やしながら,
  | 線色設定 (0,255-x,x)
  | 線描画 (x,0,x,200)
を繰り返す
```

次のプログラムでは，自由な位置に自由な大きさの円を 100 個描く。「線色設定」を使えば色を変えるなどの発展も考えられるだろう。色の赤，青，緑の数字はそれぞれ 0〜255 の範囲にすること。

```
整数 x,y,r,i
描画領域開く (800,800)
i を 1 から 100 まで 1 ずつ増やしながら,
  | x ← random(800)
  | y ← random(800)
  | r ← random(100)
  | 円描画 (x,y,r)
を繰り返す
```

これを応用して，いろいろな模様を描いてみよう。

12.2　サンプルプログラム

たとえば乱数を使わない次のプログラムを実行すると何が描かれるだろうか。

```
整数 i
描画領域開く (201,201)
i を 1 から 200 まで 1 ずつ増やしながら,
  | 線色設定 (0,i,200-i)
  | 線描画 (i,0,0,200-i)
を繰り返す
```

次のプログラムは長いが，配列 a に代入した値を棒グラフで表す。

```
整数 a[4],i,h,w,x,y,max,wb,hb
h ← 400
w ← 400
a ← {100,240,220,150,180}
i を 0 から 4 まで 1 ずつ増やしながら,
  | もし a[i]>max ならば
  |   | max ← a[i]
  | を実行する
を繰り返す
描画領域開く (w,h)
x ← w*0.1
y ← h*0.9
w ← w*0.8
h ← h*0.8
wb ← w/5
線描画 (x,y,x+w,y)
線描画 (x,y,x,y-h)
塗色設定 (0,255,0)
文字サイズ設定 (16)
i を 0 から 4 まで 1 ずつ増やしながら,
  | hb ← a[i]*h/max
  | 矩形塗描画 (x+wb*0.1,y-hb,wb*0.8,hb)
  | 文字描画 (a[i],x+wb*0.1+16,y-hb-2)
  | 文字描画 (i+1+「番目」,x+wb*0.1,y+16)
  | x ← x+wb
を繰り返す
```