スーパーサイエンスハイスクール

人工知能プログラミング

AI programming

http://www-wada.elcom.nitech.ac.jp/~inuzuka/SSHAIprogramming/

講師　名古屋工業大学
犬塚信博
中野智文
助手　TA　近藤真一

今日の講義と演習のねらい

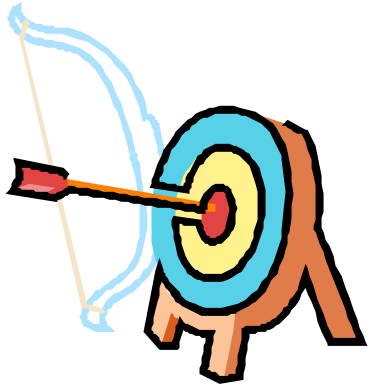
- 人工知能の基礎技術である論理と推論の働きについて理解する。
- 論理プログラムの基本を体験する。

キーワード

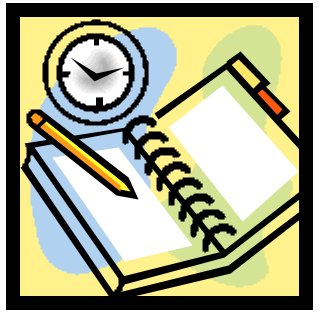
- 人工知能
- 論理、推論、知識
- 論理プログラム、Prolog

副作用

- 論理的思考を訓練する。



今日の予定



午前

- 人工知能と論理の講義・演習
  - 論理、推論、正しい推論
- Prologの入門
  - Prologをコンピュータに入れる、推論させる

午後

- 人工知能の研究
  - データからの知識発見、帰納学習
- Prologの演習
  - Prologを使って知識を書く、問題を解く

人工知能（Artificial Intelligence）

- 機械的に人の持つ知能を実現する技術（または、そうした技術の研究）

- 知能
  - ことばを話す、理解する、議論する。
  - 知識を使って考える（推論する、計画を立てる）
  - 学習する、科学する、技術をみがく。
  - 見てわかる。聞いてわかる。回りの状況を理解する。

人工知能の考え方

- 知識を中心に考える。

学習
知識を見つける、蓄える

知識

推論
知識を使う

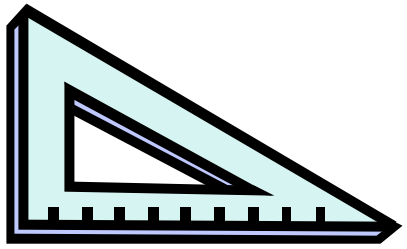
言語
知識を交換する

他にも考え方はあります。

- 脳細胞を中心に
  （コネクショニズム）
- 身体と環境を中心に
  （アフォーダンス）

命題（propositions）

- 真偽のはっきりとわかる断定された文。
  - 平行四辺形の向かい合う二辺の長さは等しい。
  - 今朝、朝食をとった。
  - 素数は無限個存在する。



- 命題でない文
  - おはよう。
  - 今日は何日ですか？
  - 毎日朝食をとりなさい。
  - 神は存在する。
    （もし、神が何であるかはっきり定義してないならば）

推論（inference, reasoning）

分かっていること（命題）から、新しい知識（命題）を導き出すこと。

- 演繹推論：確実に結論できる仕方で新しいことを導く。
- 帰納推論：個別の事実を総合して、一般法則を導く。
- 類推：分かっていることとの類似に注目して、新しい知識を導く。

いつも安心して使えるのは、演繹推論のみ。

推論（演繹推論）の例１

⑴小泉首相は男性あるいは女性のどちらかである。

⑵小泉首相は女性ではない。

（仮定＝前提）

⑶小泉首相は男性である。

（結論）

推論（演繹推論）の例１

⑴ Ｐまたは Ｑ

⑵ Ｑでない

⑶ Ｐ

Ｐ＝ 小泉首相は男性である

Ｑ＝ 小泉首相は女性である

推論（演繹推論）の例２

⑷ エンジンがかかるならば、燃料は入っている。

⑸ エンジンがかからない。

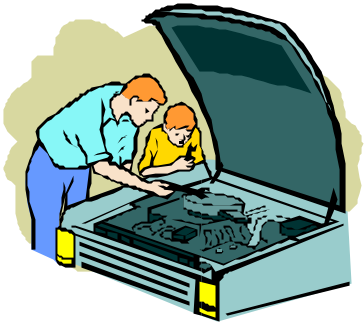
⑹ 燃料が入っていない。

推論（演繹推論）の例２

⑴ Ｐならば Ｑ

⑵ Ｑでない

⑶ Ｐでない



Ｐ＝ 燃料がはいっている

Ｑ＝ エンジンがかかる

命題論理（propositional logic）

- 命題を組合せて命題を作ることができる。
- 命題の組合せの正しさで、推論の正しさを考える論理を命題論理という。

命題の組合せ方

Pでない	PまたはQ	PかつQ	PならばQ
¬ P	P ∨ Q	P ∧ Q	P → Q
否定	論理和(連言)	論理積(宣言)	含意

組合わせた命題の真偽

- 命題を組合わせてできた命題の真偽は、
  元の命題の真偽で決まる。
- P∧Q (Pかつ Q)：PとQが両方真であるとき、真。

P	Q	P∨Q	P∧Q	P→Q
真	真	真	真	真
真	偽	真	偽	偽
偽	真	真	偽	真
偽	偽	偽	偽	真

この表を真理値表という

P	¬P
真	偽
偽	真

正しい推論

- 仮定が正しいならば、導かれた結論がいつも正しい形式の推論を正しい推論という。

A君は野球部員である。

A君は理系クラスである。

A君は野球部員で、理系クラスである。

P	Q	P∧Q
真	真	真
真	偽	偽
偽	真	偽
偽	偽	偽

$$\frac{P \quad Q}{P \wedge Q}$$

- 推論の正しさは、形式でのみ決まる。
- 話の内容には関係ない。

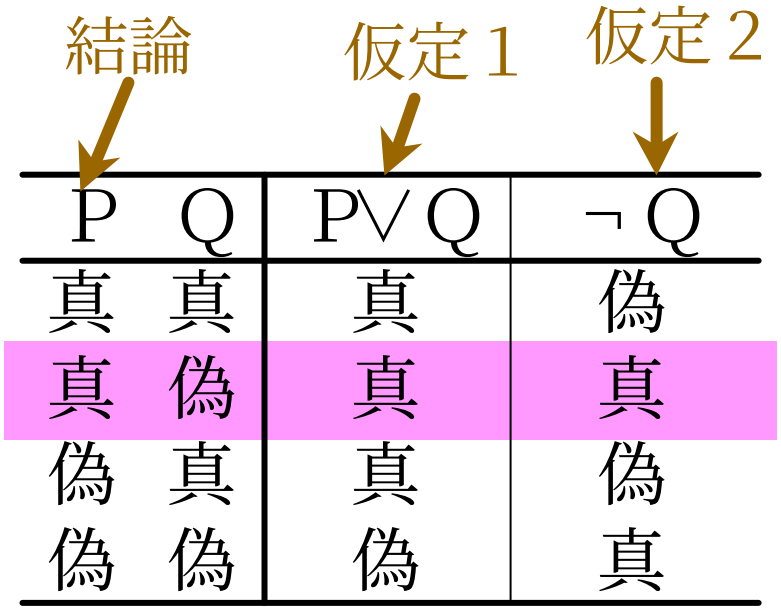
正しい推論の例

小泉首相は男性あるいは
女性のどちらかである。

小泉首相は女性ではない。

小泉首相は男性である。

$$\frac{P \vee Q \quad \neg Q}{P}$$



P	Q	P∨Q	¬Q
真	真	真	偽
真	偽	真	真
偽	真	真	偽
偽	偽	偽	真

確かに、仮定１と仮定２が正しいときには結論が常に正しい。

正しくない推論の例

エンジンがかかるならば、
燃料が入っている。

エンジンがかからない。

燃料が入っていない。

P	Q	P→Q	¬ P	¬ Q
真	真	真	偽	偽
真	偽	偽	偽	真
偽	真	真	真	偽
偽	偽	真	真	真

仮定１　仮定２　結論

$$\frac{P \rightarrow Q \qquad \neg P}{\neg Q}$$

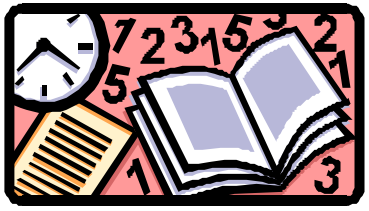
仮定１と仮定２が真でも、結論が真でない場合がある。

注意：推論の正しさは、実際に書く命題が正しいかどうかとは無関係。

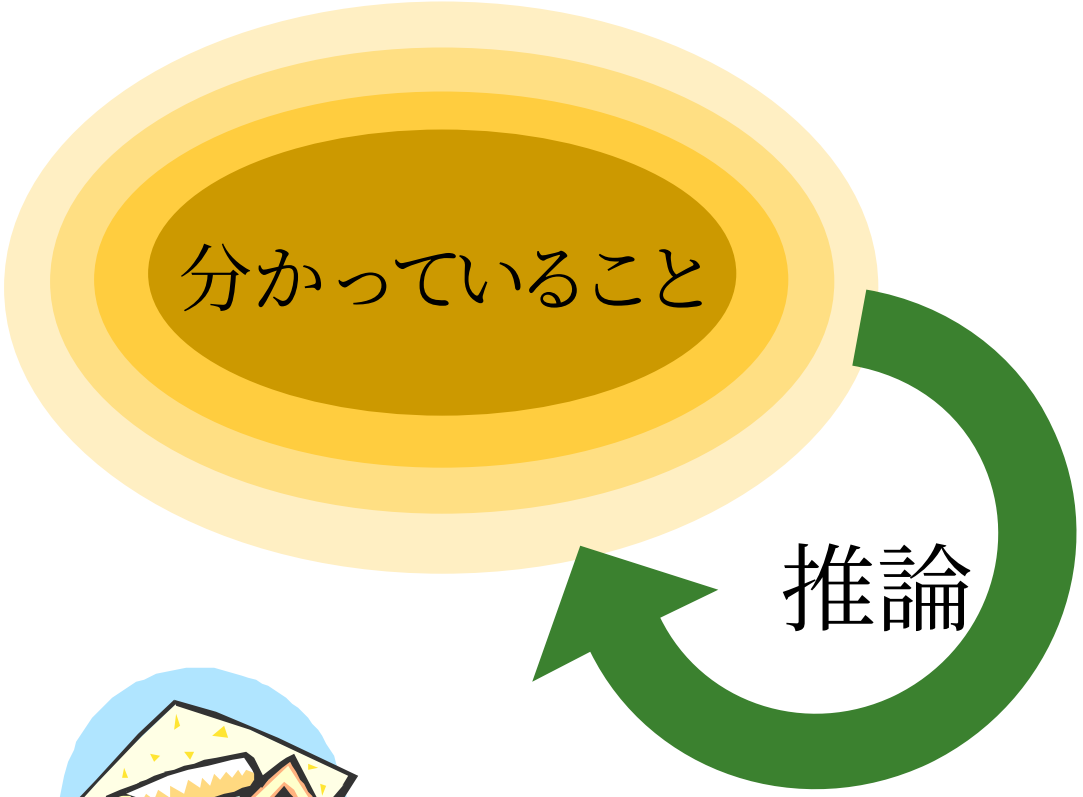
練習　次の推論は正しいかどうか、確かめなさい。

⑴　雨が降る日はA先生は青いネクタイをしてくる。
A先生は青いネクタイをしていない。
だから、今日は雨は降らないだろう。

⑵　レポートを提出するか、試験が70点以上であれば合格である。
レポートを提出した。
だから、合格である。



公理と理論



- 推論で分かることを増やす。
- 最初にあった分かっていること

＝文句なしに認められること

＝**公理**あるいは**理論**

axiom　　**theory**

例　ユークリッドの幾何の公理
　　ニュートンの力学の理論

論理と理論

論理と理論は見た目が似ていますが、全く違います。

- 論理 logic ＝ 分かっていることから、新しいことを導くための**考え方**。
- 理論 theory ＝ ものごと（たとえば、経済、物理）を**説明**するため、はじめに皆で認めることにした事実（仮説）

十分強力な論理があれば、理論からそれの帰結を知ることができる。

命題論理の限界

- 命題論理、命題の組合せでのみ結論を導き出しますが、それではつぎの推論は扱えません。

すべての人間は死ぬ。	P
ソクラテスは人間である。	Q
ソクラテスは死ぬ。	R

どの命題も基本命題の組合せでできているわけでない。

命題論理の限界

だれでも人間は死ぬ。
ソクラテスは人間である。

ソクラテスは死ぬ。

これを扱うために、命題を主語と述語に分解して扱う

＝ 述語論理（predicate logic）

ソクラテスは人間である
⇒　人間（ソクラテス）

述語論理

- 述語論理では、変数を使います。

  xは人間である　＝　人間（x）

- 人間は死ぬ

  ＝あるものは人間であるならば、そのものは死ぬ

  ＝「xが人間ならば、xは死ぬ」がどんなxにも成立つ。

これを、　∀ｘ　（人間（x）→死ぬ（x））　と書きます。

∀ xは、xに何を代入しても真であることを表します。

∀を全称記号といいます。

述語論理

- 述語論理では、変数を使った論理のために2種類の記号を使います。
- ∀ :全称記号（allのAの逆）

  ∀x. P(x)　：　どんなxに対してもP(x)は真である。
- ∃ :存在記号（existのEの逆）

  ∃x. P(x)　：　P(x)が真であるようなxが存在する。

例　どんな人間も死ぬ　　∀x. (Human(x)→Mortal(x))

　　死なない人間がいる　∃x. (Human(x)∧¬Mortal(x))

練習：述語論理で表す

次の命題の意味が分かりますか？

ただし、Human(x): xは人間、

Like(x,y): xは yを好む、とします。

- $\forall x.\ \{Human(x) \rightarrow \exists y.\ [Human(y) \wedge Like(x,y)]\}$
- $\neg\{\exists y.\ [Human(y) \wedge (\forall x.\ Human(x) \rightarrow Like(x,y))]\}$

述語論理での推論

- 述語論理の推論の正しさは、真理値表では確かめられませんが、次の形式は正しい推論です。

すべての人間は死ぬ。
ソクラテスは人間である。

ソクラテスは死ぬ

すべての動物は死ぬ。
すべての人間は動物である。

すべての人間は死ぬ。

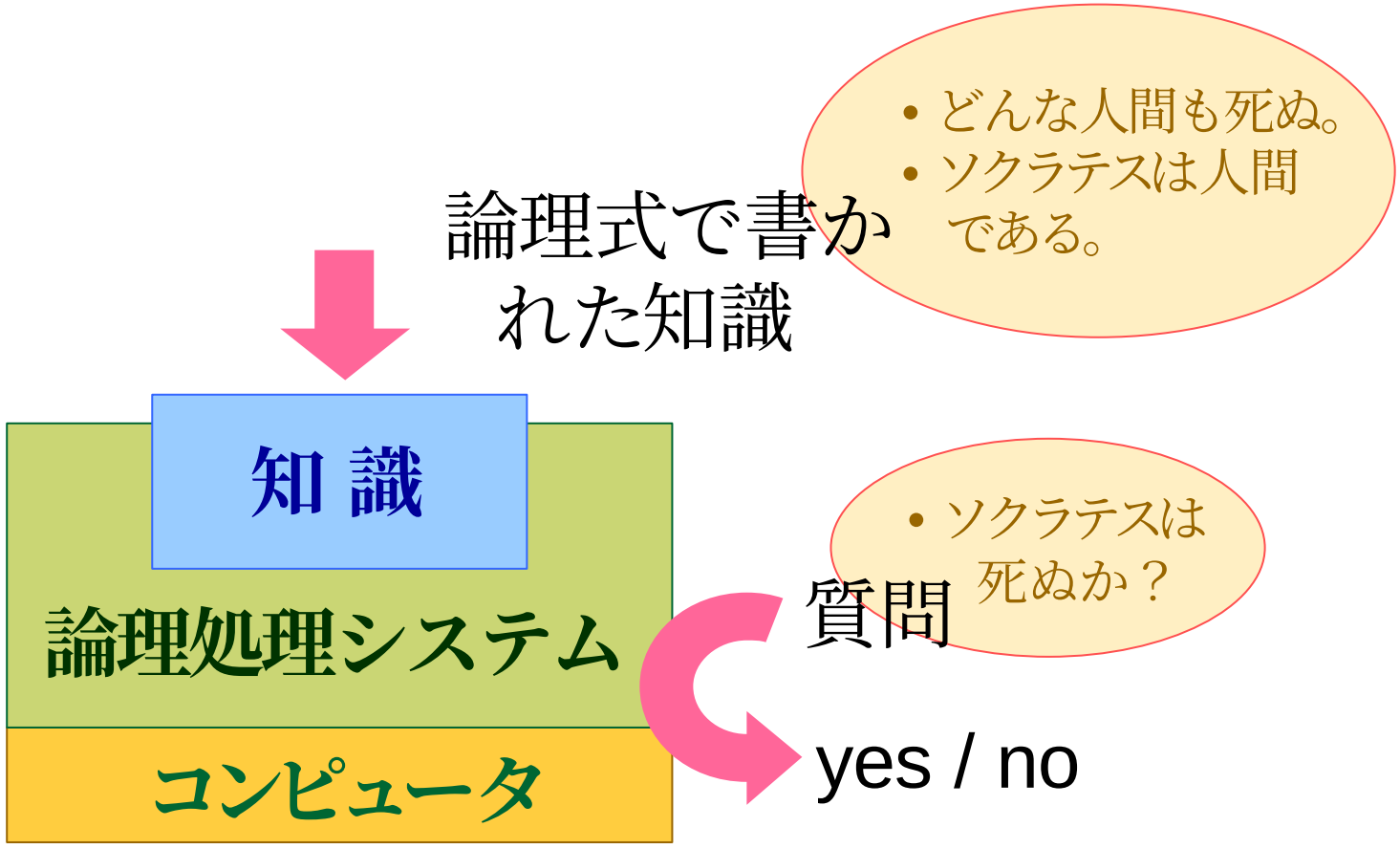
$\forall x.\ p(x) \rightarrow q(x)$
$p(S)$

$q(S)$

$\forall x.\ p(x) \rightarrow q(x)$
$\forall x.\ r(x) \rightarrow p(x)$

$\forall x.\ r(x) \rightarrow q(x)$

論理プログラム（logic programs）



- 論理処理システムとして、Prologを用います。

論理プログラムの形式

Prolog : Programming in logic

述語論理の命題をコンピュータで扱うことができる
　ようにしたシステム。

今日の演習ではSWI-Prologを使います。

SWI-Prolog :

オランダ　アムステル大学が開発した無料のシステム。

Prologの記法 (1)

$\forall x.\ (Human(x) \rightarrow Mortal(x))$

をprologで書くと、

mortal(X) :— human(X).

- 「↦」は、逆の 「↤」の意味で 「:— 」と書く。
- 全称記号は書かない。
  (変数にはすべて全称記号がついていると思う)
- 述語は小文字で始める。
- 変数は大文字で書く。
- 最後はピリオド。

Prologの記法 (2)

一般にprologは次の形式の命題を許す。
これを論理プログラムでは「節 (せつ)」と呼びます。

$p(t_1, \ldots t_n)$.

$p(t_1, \ldots t_n)$:— $q_1(\ldots), q_2(\ldots), \ldots, q_m(\ldots)$.

- t_i は定数 (定項) (ex. socrates) か、変数 (ex. X)。
- 1つ目の形式は事実、2つ目は規則 (ルール) といいます。
- 規則の右側 (条件) は、「かつ」で繋がっている。
- ¬ A は not(A) と書く。他の接続詞は基本的に使わない。

Prologの節

事　実　　～である。

human(socrates).　　ソクラテスは人間である。

parent(taro,ichiro) .　　タロウは一郎の親である。

ルール　　～ ならば～である。

～ であるには～である必要がある。

father(X,Y):－parent(X,Y), male(X).

Xが Yの親であり、Xが男性ならば、Xは Yの父親である。

Xは Yの父親であるには、Xが Yの親で、Xが男性である必要がある。

Prologで推論する例

仮定の命題

```
mortal(X) :- human(X).
human(socrates).
```

質問

```
?- mortal(socrates).
```

Prologで推論する例（つづき）

- 質問をルールや事実とマッチングしてゆきます。

質問　　?- mortal(socrates).

mortal(X) :- human(X).

- mortal(X)の条件はhuman（X）なので、これを次に質問します。
- マッチングでX=socratesになったので、新しい質問は、

新たな質問　　?- human(sccrates).

human(socrates).

Prologをコンピュータにインストールする

1. SWI-Prologのサイトをインターネットで検索する。
2. SWI-Prologのファイルをダウンロードする。
3. パソコンにインストールする。

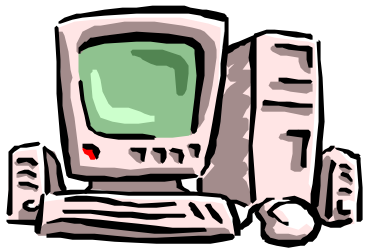
プログラミングの基本ステップ

1. 方法（アルゴリズム、理論）の設計
2. コーディング（プログラムを書く）
3. エディット（編集）　　edit
4. 実行　　run
5. デバッグ（誤り探し）　　debug

→ 1～3に戻る

Prologを使ってみる（1）

1. 理論となる節（命題）をファイルに書く。
2. ファイルを読み込む。
3. 質問の命題を入れて見る。
4. 上手くいかなければ、もう一度エディット



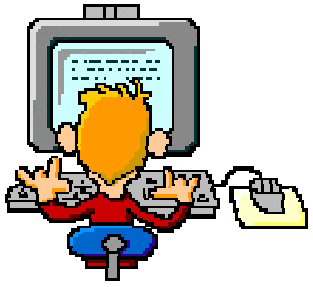
Prologを使ってみる (2)

1. 理論となる節（命題）をファイルに書く。

   i. File > New からファイルを開く。
      適当な名前を付ける。 file.pl

   ii. ファイルに節（命題）を書く。

   iii. セーブする。エディタの Save buffer



Prologを使ってみる (3)

2. ファイルを読み込む。

   iv. File > Consult

   読み込むと、節（命題）は仮定された命題となります。

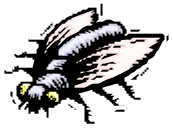
3. 質問の命題を入れて見る。

   ?- mortal(socrates).

   仮定された知識から推論された答えを出します。

Prologを使ってみる (4)

4. 上手くいかなければ、もう一度エディット
   v. File > Edit から、i で付けた名前のファイルを呼び出す。
   vi. ii から繰り返し。



練習 Prologで推論してみる

質問に答えられるよう、　事実をPrologの節として与えよ。
明示的に書かれていないことも必要なら加えよ。

事実

- タロウはヨウコにセーターを贈った。
- タカシはコーラを買った。

質問

- ヨウコは洋服を持っていますか？
- 飲み物を持っているのは誰ですか？

練習のヒント

事実

- タロウはヨウコにセーターを贈った。(gave)
- タカシはコーラを買った。(bought)

書いてないけど必要なこと

- AがBにCを贈ったら、BがCを持っている。(have)
- AがBを買ったら、AはBを持っている。
- セーターは洋服である。
- コーラは飲みものである。
- AがBであり(isa)、CがAを持っていれば、CはBを持っている。

Prologを使った数値計算

計算結果を出すには　「X is 式」で書きます。

```
?- X is 2*4+6／(1+2).
```

```
?- X is sin(pi／6).
```

不等式も書けます。

```
?- 2+3 >= 1.
```

数値を計算する関数を論理的に書く

関数を定義してみます。

$y = 2x^2+5$

f(X,Y) :－Y is 2∗X∗X+5

漸化式のような定義（再帰的定義）

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

```
fact(1,1).
fact(X,Y) :－X1 is X–1, fact(X1,Y1), Y is Y1∗X.
```

練習課題１:家族

家族に関する述語についての規則（定義）を与えてください。

① 父、母、祖父、おば

father(X,Y), mother, grandFather, aunt

② 兄弟、姉妹、いとこ、一人っ子

brother(X,Y), sister, cousin, anOnlyChild(X)

③ 祖先、子孫

ancestor(X,Y), offspring(X,Y)

家族 :与えられている事実

- 親子関係
  - parent(taro, hanako).

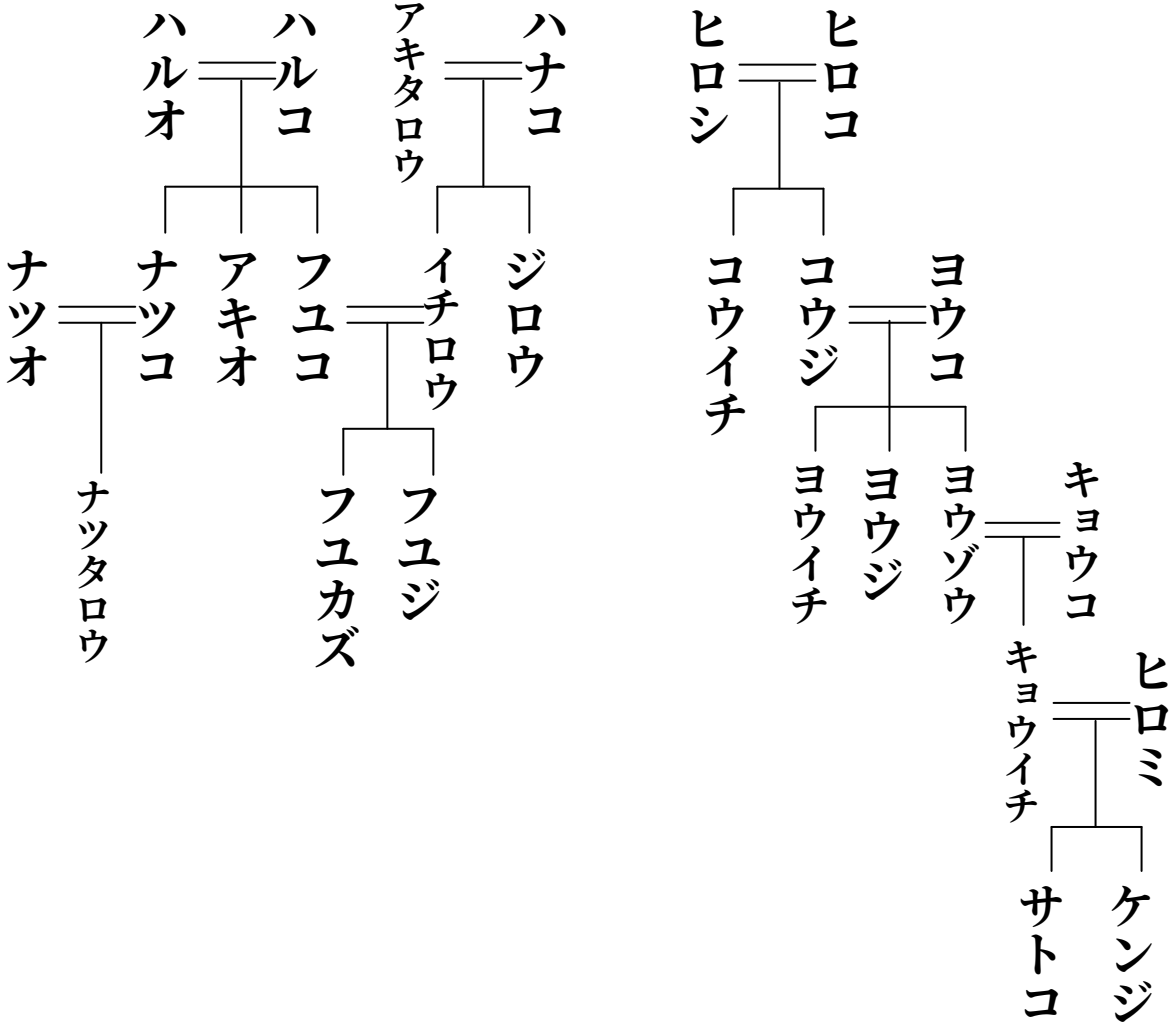
    タロウはハナコの親である。
- 性別
  - male(taro).

    タロウは男である。
  - female(hanako).

    ハナコは女である。

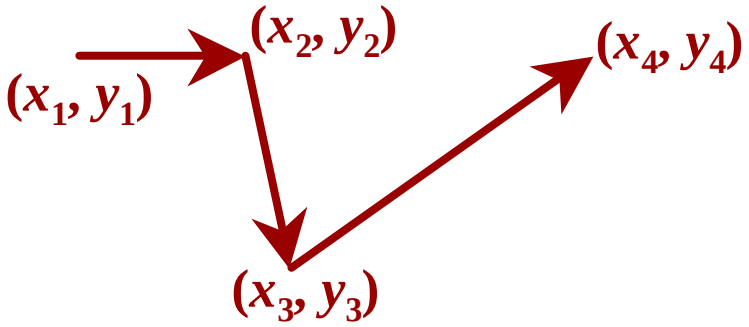
練習課題はこれらの事実で決まる関係です。

家族のデータ


ハナコ
アキタロウ
ジロウ
ハルコ
ハルオ
フユコ
アキオ
イチロウ
フユジ
フユカズ
ナツコ
ナツオ
ナツタロウ
ヒロコ
ヒロシ
コウイチ
ヨウコ
コウジ
ヨウゾウ
ヨウジ
ヨウイチ
キョウコ
キョウイチ
ヒロミ
サトコ
ケンジ

練習課題２:矢印の連結

点と点を矢印で結んだ図を考える。



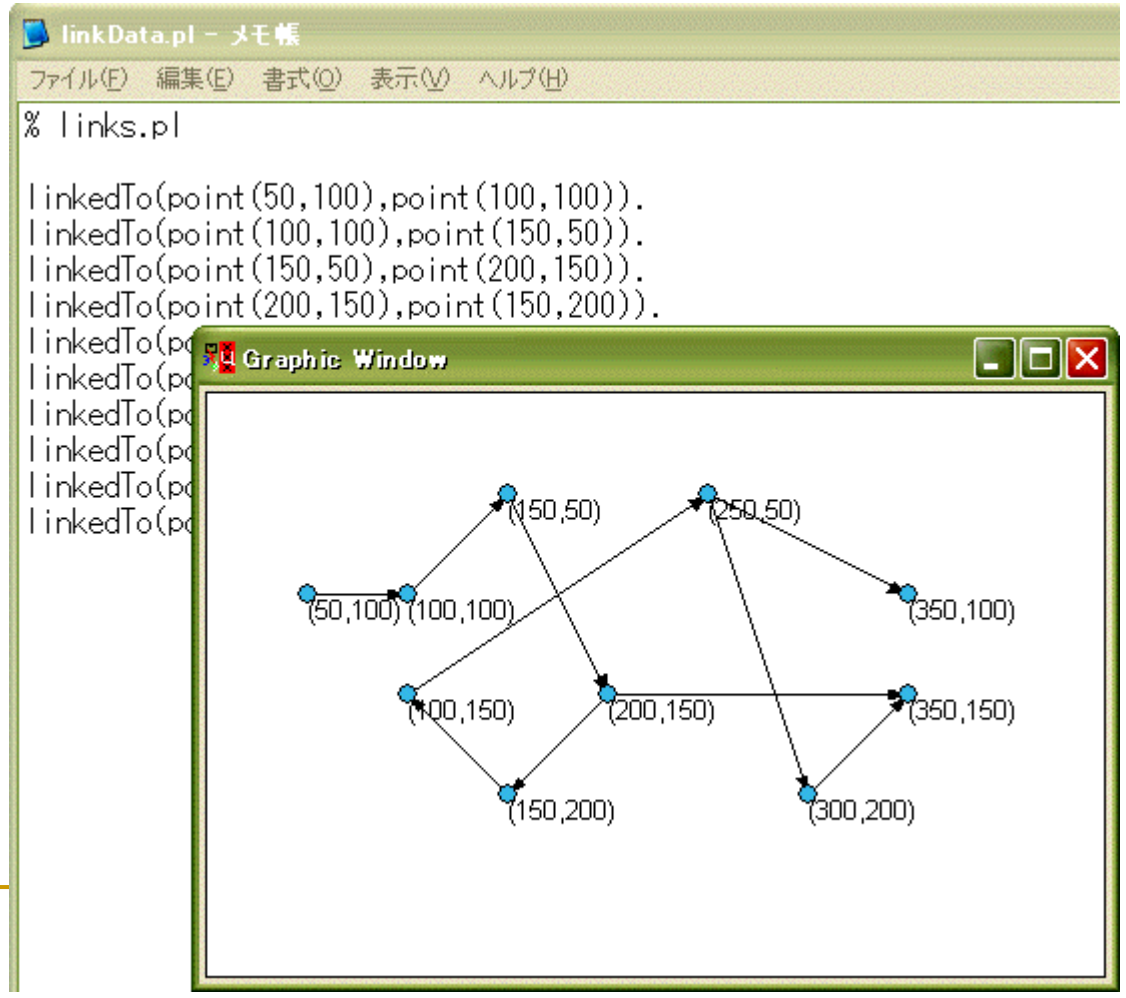
矢印で、2つの点(x, y)と(x', y')が結ばれていることを次のように書くとする。

linkedTo(point(x,y),point(x',y').

描画のシステム

矢印を画面に出すプログラムを用意しています。

- graphic.plをconsultする。
- linkedToの関係のデータをconsultする。
- ?-drawArrows.で描画する。



課題

- 次の述語を定義してください。

① 点(x, y)から矢印を通って点(x', y')へ達することができるとき真となる述語

canReach(point(x,y),point(x',y')).

② 点(x, y)から矢印を通って右の点(x', y')へ一度も左に戻らずに達することができるとき真となる述語

doesNotBack(point(x,y),point(x',y')).

練習課題３

次の述語で図形が座標上にあることを表します。

- 各辺が座標軸に平行な長方形（矩形）
  （左上の点と右下の点で表す）

  rectangle(shikaku1, point(x,y), point(x’,y’)).

- 円（中心点と半径で表す）

  circle(en1, point(x,y), r).

課題

- 次の述語を定義してください。

① 2つの長方形、2つの円が重なりがあるときに真となる述語。

intersect(shikaku1,shikaku2).

intersect(en1,en2).

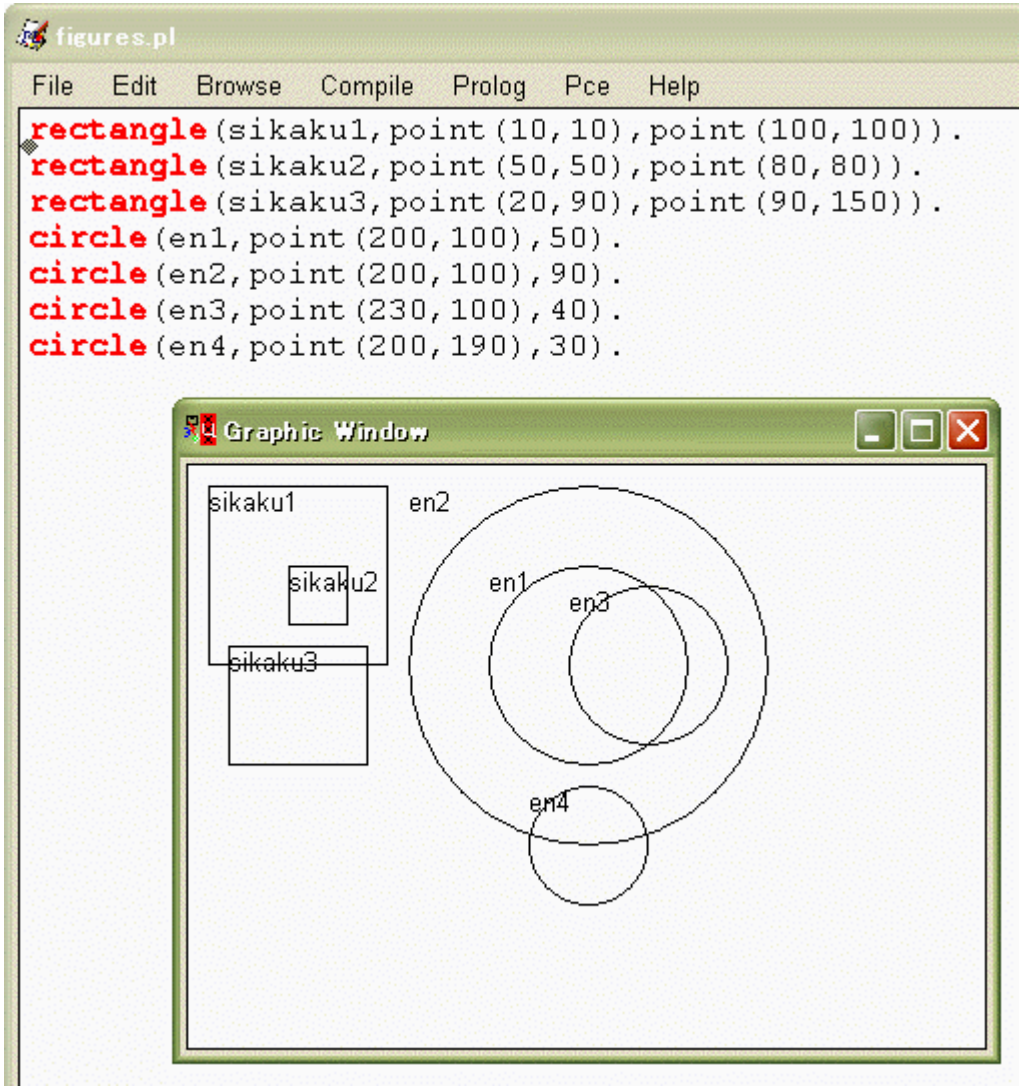
② ある長方形（円）が別の長方形（円）に含まれるとき真となる述語。

included(shikaku1, shikaku2).

included(en1,en2).

図形の描画

- graphic.plで描画できます。
- graphic.plと図形データをconsult。
- ?-draw.で描画できます。



練習課題４

- 文字を線分の集まりで表現します。
- 文字moji1を構成する線分が座標平面上にあることを次のように表す。

  line(moji1, point(x, y), point(x’,y’).

たとえばＬならば次のようになるでしょう。

  line(moji2, point(50, 50), point(50,150).

  line(moji2, point(50, 150), point(150,150).

課題

- いろいろな文字を認識する述語を作りたい。
- たとえば、?-letterA(moji1). で、moji1がAと読めるときに真となるようにしたい。
- 4種類の文字データを用意しました。

① letterData1 : L, T, X。

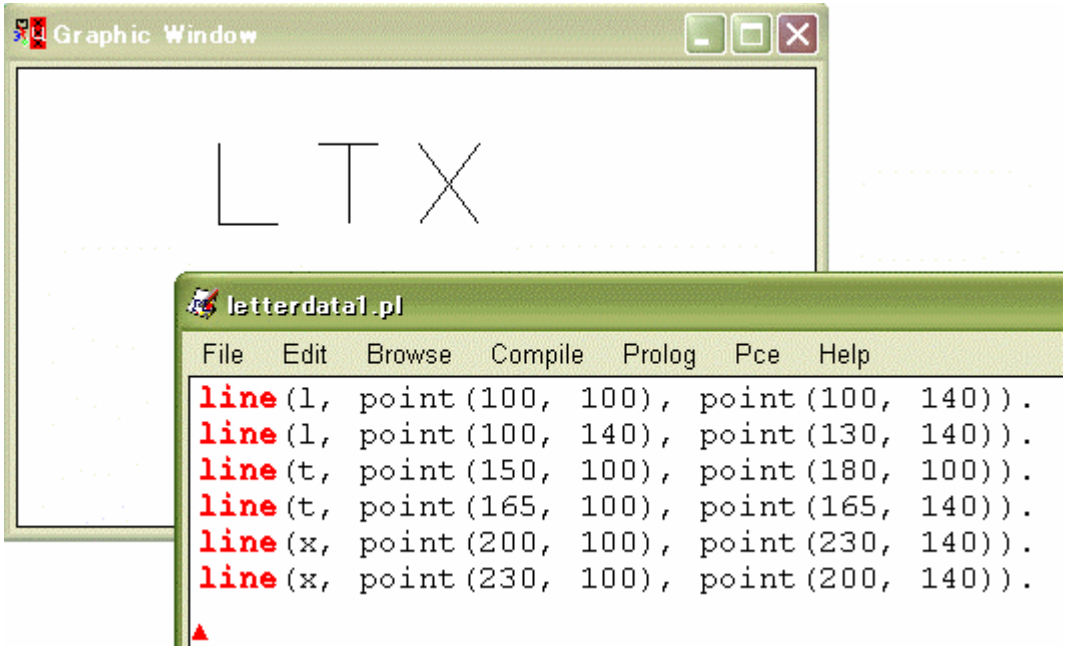
② letterData2 : A, E, W, Z。

③ letterData3 : A, B, C, D, E。

④ letterData4 : A～Zの26文字。

文字データの描画

- 文字もgraphic.plで描画できます。
- ?-draw.で描画。



課題のヒント

次のような述語を用意するとよいかもしれません。

- 線分が鉛直である、水平である。
- 線分が直角に接続している。
- 線分がなめらかに（鈍角で）あるいは鋭く（鋭角で）接続している。