

第2章

心理機能：

認識，推考および表出



城内公園

本章では，まず心と脳の概要を示し，次いで心の機能に関し認識，推考および表出の三つを計算論に沿って述べる．機能の詳細を述べるのではなく，重要な部分を具体的例に沿って示す．

2.1 心と脳の概要

本書の意図する心と脳のシステムがどのようなものか，図 2.1 にあらましを示

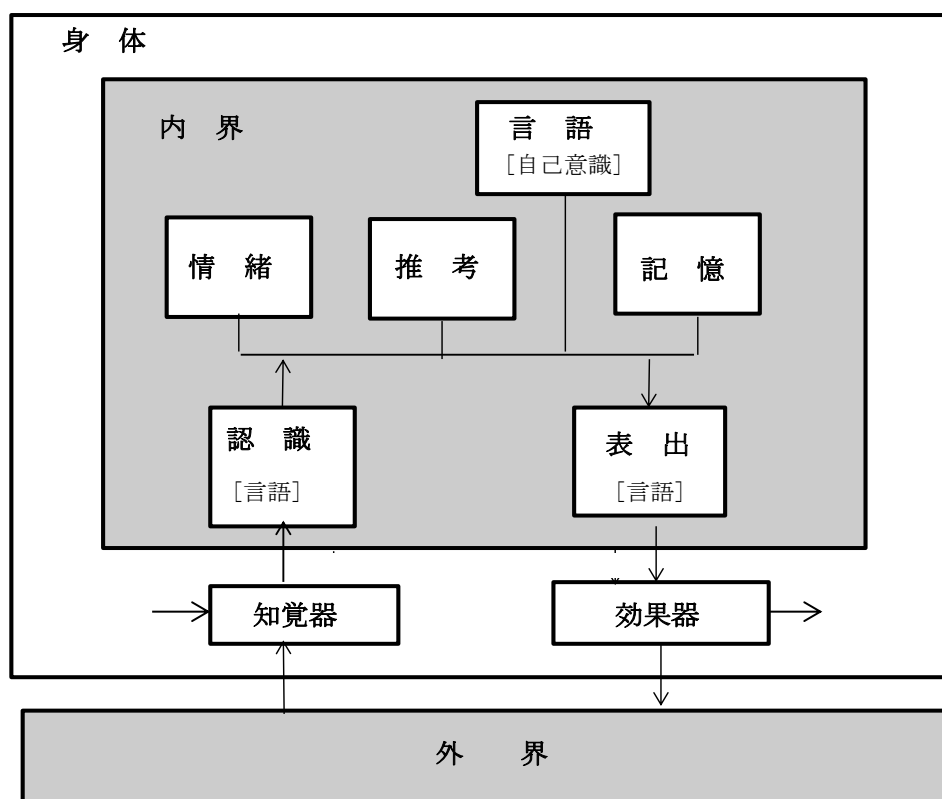


図 2.1 脳に宿る心

している。本書は、知能すなわち心の働きに軸足を置いている。しかし心は脳に宿るので、従前の計算論のように脳の生理を無視した議論では不十分である。心の側から脳を眺めると、心の働きに直接関わる生理と内臓機能や血流のように間接的にしか関わらない、換言すると心で制御できない生理とがある。本書では、前者のうち知覚と運動の生理に焦点を当てることにする。本書における“脳”は、終始この意味で用いることをお断りしたい。図 2.1 では、脳に宿る心を主要な機能に沿って八つの領域に、またデータの抽象化に沿って五つの階層に分けている。

領域

➤ 知覚器

外部世界あるいは身体内部からの刺激すなわち入力を受理する領域である。部分領域として、外部に対する五つの知覚器と体内からの生理信号を受容する（内的）知覚器がある。

➤ 認識

与えられた入力をそれが何であるか識別し、判定する。認識の対象／オブジェクトとして一般に物、事象、属性などがある。中には文字や音声など言語的なオブジェクトもあり、そのため言語の部分領域がある。認識には、データとして常識が必要となる。

➤ 推考

認識したものごとに関し推察あるいは考案する領域で、それぞれの部分領域がある。推察においては推論や連想により既知のことから未知のことを導く。また考案においては情緒的反応も含め、目標の実現に向けて種々の計画を立てる。

➤ 表出

推考領域で立案された内容を実現するため、具体的な行動や発話の手順を整える。行動、表情および言葉の、三つの部分領域がある。

➤ 効果器

顔、口、手、足などで、全身も一つの効果器である。表出領域の指令を受けて身体を動作させる。悲しいときに涙を流すなど身体内部に生理信号を出力する場合は、内的な効果器があるものとして扱う。

➤ 情緒

外部世界あるいは身体内部からの刺激に対し、心理的、生理的あるいは物理的に反応する。生存本能に直結する欲求と喜怒哀楽等一般的情緒の、二つの部分領域

がある。

➤ 記憶

日々経験するものごとを心にとどめ、それらを習得して概念化する。他の領域からデータの提供を受けるとともに、他の領域にデータを提供する。

➤ 言語

話し言葉や書き言葉を理解あるいは生成する領域である。形態、構文および意味の、三つの部分領域がある。もう一つ、自己意識の部分領域もある。

階層

データの抽象化過程に沿って、心全体を図 2.2 のように五つのレベルに分ける。

➤ レベル 1：生データ

知覚器が受理したアナログ信号をデジタル化した、生のデータである。オブジェクトをあるがままに反映している。

➤ レベル 2：知覚的/運動的特徴

外部からの入力に関しては、オブジェクトを認識するための知覚上の特徴である。アナログ的性質を残す記号化前の物理的特徴である。いわゆるパターン認識における特徴に相当する。外部への出力に関しては、効果器を制御する、動作上の特

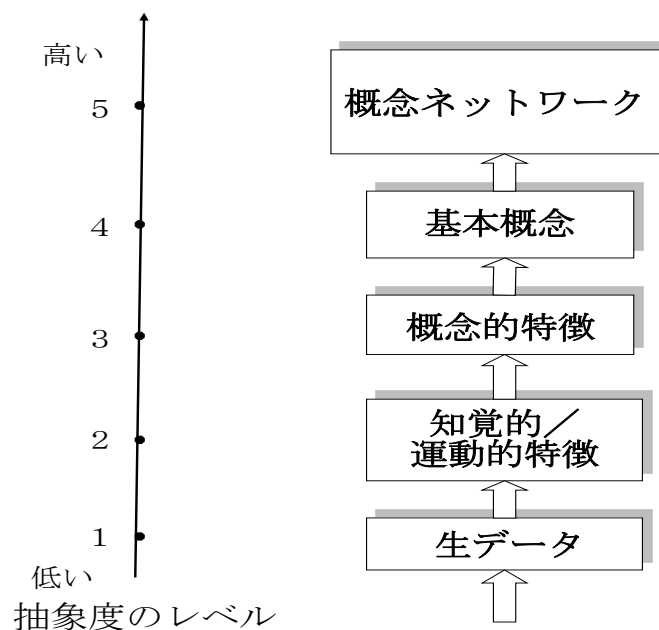


図 2.2 心の階層

徴である。

➤ レベル3：概念的特徴

概念的特徴は、知識や処理を構成するプリミティブであり、その集合は心の基底／ベースをなす。一般にいくつかの知覚的あるいは運動的特徴を束ねており、外部あるいは体内からの入力信号がこのレベルに至って初めて記号となる。レベル2と4とを結びつけるインタフェースの役を果たしている。

➤ レベル4：基本概念

一般にいくつかの概念的特徴を束ねた概念データで、単語、特に単純語としての名称が与えられる。微妙な意味合いをもつ概念を合成したり、複雑な知識を記述したりする際の要素となる概念である。

➤ レベル5：概念ネットワーク

いくつもの概念あるいは知識の塊が構成するネットワークである。常識を含め、膨大な量の知識を形成している。

2.2 認識

本章の冒頭でふれたように、計算論に基づく認識を議論する。ニューラルネット／深層学習による認識については、4章以降で議論する。

2.2.1 森羅万象と名称

現実世界には、無数の認識対象、すなわちオブジェクトが存在する。しかし人は、森羅万象のすべてに注目しているわけではない。人が関心をもつオブジェクトの中でも、とりわけ名前をつけたオブジェクトは重要と言える。例えば出ると呼ばれる事象は、現実世界に数え切れないほど存在するが、それらは一つの集合体、すなわちカテゴリーとしてとらえることができる。すると無数に存在するオブジェクトは、語彙の数に相当するカテゴリーで把握できることになる。本書は、終始この観点に立ち言語という窓から森羅万象をとらえる。

2.2.2 個々のオブジェクトの認識

現実世界のオブジェクトを心で受け止めるためには、予め心の中に対応データあるいは認識基準が記憶されていなければならない。幼い子供に難しい政治の話をして理解できない。これは世の中の仕組みや政治に関する常識がないからである。

成人が日常生活で注目するオブジェクトには、犬や水などの自然物、自動車やカップなどの人工物、波や竜巻などの自然現象、走るや曲げるなどの事象、丸いや赤いなどの属性、その他諸々がある。このように見ると、人は実に膨大なデータあるいは基準を記憶していることが実感される。

物

まず初めに、物とはなんであろう？ 物は、人が知覚機能を用いて感じ取ることのできる個体である。すなわち目で見る、耳で聞く、舌で味わう、などで感じ取れるオブジェクトである。図 2.3 に示しているのは富士山である。次のような特徴を持っている：

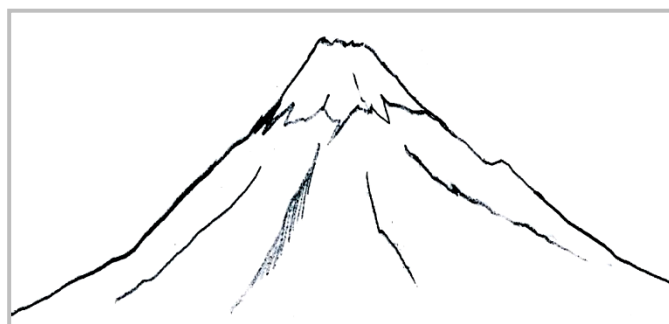


図 2.3 富士山

富士山

- ・ 大きな規模で土地が盛り上がっている。
- ・ すり鉢を伏せたような、なだらかな輪郭線で形作られている。
- ・ 裾野には木が生い茂る。
- ・ 頂上付近は木がなく、冠雪する。
- ・ 日本で一番高い。
- ・ 火山として過去には何度か噴火したが、今は平穏である。
- ・ 人々が登山を楽しむ。

.....

このような特徴のすべてあるいは特定の部分が確認できれば、富士山と認識できる。例えば、富士山の写真を与えられたとしよう。まず輪郭線によるおおまかな形状から山の可能性が高い。そこで記憶しているデータの中から山に関するいくつかの画像データを候補として拾い出す。それらの中から候補を絞り込むが、この場合の鍵

はすり鉢を伏せたような外形である。富士山は頂上付近の形状や冠雪，それに裾野の広がりの特徴がある。それらに注目しながら記憶データと詳しく照合し，最後に全体を判断する。一方，日本で一番高い山は？というなぞなぞ遊びでは，直ちに当該特徴により認識できる。ときには図 2.4(a)のように，オブジェクト(人)が他(乗用車)の陰に隠れて一部しか見えないこともある。この場合は記憶データとの照合が部分的となり，隠れた部分の推察が必要になる。

事象

事象とは，なんであろう。事象とは，ある状態から他の状態への連続的な変化を指す。図 2.4 に示しているのは，

E1 人が乗用車から降りる

という事象である。変化をとらえるには少なくとも二つの状態，すなわち前状態と

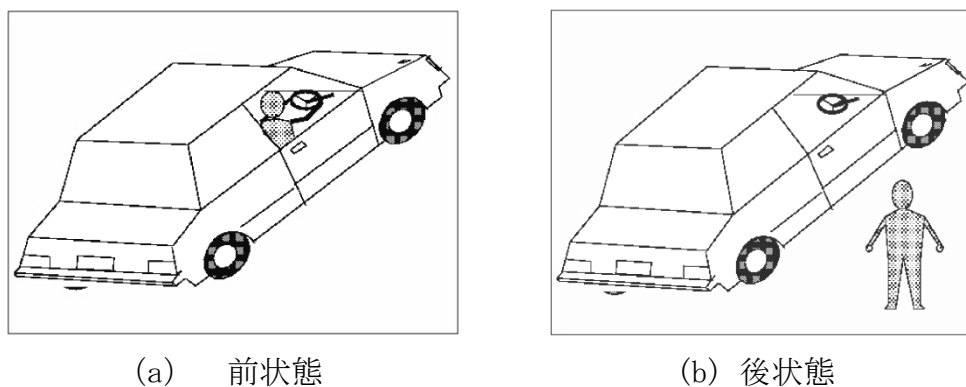


図 2.4 事象：降りる

後状態に注目し，前者から後者への変化を調べなければならない。そのため連続的に変化する画像の中から特徴的なコマを二つ抜き取って，前状態と後状態の間の相違を調べる。降りるでは次のような特徴に注目する：

降りる

構成要素の特徴

- ・ 事象の主体は人である。
- ・ 事象の起点となる物は内部をもつ乗物である。

事象の特徴

- ・ 主体は前状態で起点の内部にいる。
- ・ 主体は移動する。

- ・ 主体は後状態で起点の外部にいる。

ここで主体と起点は、この事象の構成要素である。構成要素の静的な相互関係が状態、そして状態の変化が事象である。このように構成要素が事象を引き起こしている。上に示した特徴のすべてあるいは特定の部分を確認すれば降りるが認識できる。図 2.4 のような対を本書では事象の前-後対と呼ぶ。

属性

属性とは、なんであろう？ これに答えるは準備が必要である。そこで答えは後に回し、図 2.5 に (より) 高いという例を示す。

A1 富士山が槍ヶ岳より高い。

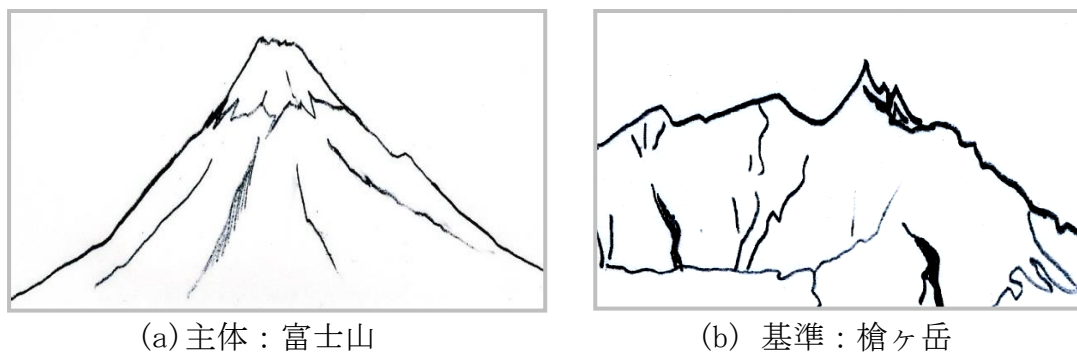


図 2.5 属性：(より)高い

図 2.5 では、富士山と槍ヶ岳という二つのオブジェクトが互いに比較され、富士山は比較の主体、槍ヶ岳は比較の基準になっている。(より) 高いでは、次のような特徴に注目する。

(より)高い

構成要素の特徴

- ・ 属性の主体は、富士山である。
- ・ 属性の主体は、高さを持つ物である。
- ・ 属性の基準は、槍ヶ岳である。
- ・ 属性の基準は、同様に高さを持つ物である。

属性の特徴

- ・ 主体の高さすなわち垂直方向の長さの値が基準のそれより大きい。
- 一般に、属性の中に比較が埋め込まれる場合、構成要素の一つが比較の主体とな

る。(より) 高いの場合、属性の主体が比較の主体でもある。それに対し、次のような属性もある。

A2 太郎はりんごよりみかんが好きだ。

この属性では、太郎が主体、みかんが客体、りんごが基準で、比較の主体は属性の客体すなわちみかんである。図 2.5 のような対を本書では属性の主体-基準対と呼ぶ。

属性に関して、いつも比較しているわけではない。単に“山は高い”のように見かけ上絶対的な属性の認識もしばしば経験する。これには実は、二通りの解釈がある。一つは山が高さという属性をもつ、もう一つは(平均あるいは特定の山よりもその)山は高い、という解釈である。

以上述べたように、相対的属性において本質的なことは、主体と基準が比較を可能にする物差しを持つことである。この物差しがそれぞれに属性を与え、その物差しで測った結果が大きいあるいは小さいという、相対評価につながる。したがって冒頭の属性とは、という問いかけに対する答えは、次の通りである：

二つのオブジェクトの差をとらえる物差しである。

2.2.3 視界の認識

前項では、個別のオブジェクトについての認識を考えた。本項では、いくつものオブジェクトで構成される視界についての認識を考えよう。

静止場面

ある日本庭園の写真を見た場合を例に取る。普通の成人ならすぐに木や竹などの見分けがつく。しかしこの見分け作業には、無意識のうちに次のような複雑な処理が行われている：

まず写真全体のある部分、例えば大きな竹の茎に注目し、その部分を核として切り出す。当然この時点では、竹の一部とはわかっていない。次に切り出した核の、丸くて細長い特徴と同じ特徴をもつ画像データを記憶の中から取り出す。例えば、旗竿、(ラグビー場の)ポール、ヤシの木、竹など、いくつかの画像データが得られよう。得られたデータを一つずつ照合する。旗竿においては枝葉がなく、代わりに四角い布が付随しているので、該当しない。ポールにおいては枝葉がない。ヤシの木においても、核に節目がなく色が異なる。それに対し竹においては、核の部分

がほぼ一致するだけでなく、付随する枝葉の部分も写真とほぼ一致する。これで竹と認識でき、枝や葉を含む竹全体を写真から取り除く。残りの画像に対し、ふたたび核部分の切り出し、候補となる画像データの選択、各画像データとの詳細な照合が繰り返される。竹、木、石、池、灯籠、庵など個々の物が認識されると、次に物と物との間の配置あるいは相互関係を調べなければならない。石や灯籠などの組合せ、池の背後にある草花や木々の配置などの特徴を解析することにより、日本庭園としての解釈がなされる。

場面の認識は、このように物とそれらの間の構造の認識が必要である。上で述べた手法は大きく、個々の物から全体へと解析が進む。このように下から積み上げていく解析手法は、一般に上昇型と呼ばれる。それに対し、“日本庭園なら木、庵、池などがあるだろう”というように構造や物を上から予測して解析する手法を下降型と呼んでいる。人は多くの場合、上昇型と下降型を併用して認識する。上の例でも、竹と仮定した場合枝や葉を予測して写真の側をチェックする部分は下降型解析である。

ここで認識と解釈という用語についてふれておこう。先に述べたE1は、次のようにも認識できる：

E1' 人が車の外に出る

一般に一つのオブジェクトの認識には複数の同定の仕方がある。それぞれを解釈と呼び、そのオブジェクトは曖昧性を持つと言う。解釈においては、与えられたオブジェクトをただこれこれしかじかと受け止めるに過ぎない。それに対し認識では背景に意図が働く。例えば、観光ツアーである寺院を訪ね、長い年月を経た日本庭園を実際に観賞しているばあいを考える。ガイドによる、寺院にまつわるエピソード、庭園の様式やデザインなどの説明によって、観光に訪れた目的が満たされる。このような状況が“わかった”、すなわち庭園の認識あるいは理解ができた状態と言えよう。

変化する視界

ある場面の認識でさえかなり複雑な心理過程を踏むのに、それに変化が加わると一層難しくなるように思える。確かに難しくなる部分もあるが、必ずしもそうばかりではない。

初めに、日本庭園で池の周りや木立の合間を自ら移動することを考えよう。現在目に映っているいくつかのオブジェクトやそれらの位置関係は認識済みとする。こ

ここで、少し先に移動した場合に見えるであろうオブジェクトやそれらの位置関係を予測する。実際にそこまで移動すると、わずかであるが見え方が違ってくる。予測通りかどうか検証する。その際、すでにどのようなオブジェクトがどう関係しているか概略がわかっているので、移動後の場面の認識は格段に簡素化できる。検証の結果ほぼ予測どおりなら、改めてそこを基準にして少し先を予測して移動する。大幅な予測外れのない限り検証と予測という心理操作、ならびに移動という物理作業を繰り返す。

この繰り返し作業において、もし予測とかなり異なると次の予測を慎重にし、移動もゆっくり歩くなど急な変化に備える。また繰り返しでは視界の全体でなく通路の周辺に焦点を当てるが、新規のオブジェクトが少しずつ視野に入るので、ある時点でそれについて丁寧な認識が必要になる。さらに興味のある物体や風景に出会ったときも、速度をゆるめたり立ち止まったりして、丁寧に認識する。

途中、上で議論した写真の場面までたどり着いたとする。上の場合は、白紙の状態で一から認識処理を始めたが、この場合は違う。すでに個々のオブジェクトやそれらの間の関係は認識済みである。この場面で新たに現れたオブジェクトだけが認識対象となる。毎日の生活は、このように連続した時空間の中で営まれるので、一枚の写真を白紙の状態で認識するばあいとは大きく事情が異なる。

複雑な事象

事象の中には単純に前-後対を解析しただけでは認識できないものがある。例として、次に示す一連の情景があるとする。

E2 主婦がスーパーの鮮魚店で店主から魚を買う

この事象の特徴として、以下のようなものがある：

買う

構成要素の特徴

- ・ 事象の主体は人で、家庭の主婦である。
- ・ 事象の客体は、魚である。
- ・ 事象の相手すなわち起点は人で、鮮魚店の店主である。
- ・ 事象の場所は、スーパーの鮮魚店の店先である。
- ・ 事象の時間は、不明である。

事象の特徴

- ・ 前状態で主婦はお金を所有している。

- ・ 前状態で店主は魚を所有している.
- ・ 主婦はお金を店主に手渡す.
- ・ 店主は魚を主婦に手渡す.
- ・ 後状態で主婦は魚を所有する.
- ・ 後状態で店主はお金を所有する.

事象の特徴の中に**所有する**と**手渡す**の2種類の事象が含まれている. そのため買うという大きな前-後対の中で, **所有する**と**手渡す**の小さな前後対を考えなければならない. これについては, 5.3節のエピソード概念で議論する.

2.2.4 データのフレーム表現

いままで物, 事象, 属性など種々のオブジェクトの特徴を調べてきたが, それらを統一的に表現する形式が求められる. 詳しくは3.2節の記憶で議論するが, ここで画像や音声などを含むデータの表現について述べる. ミンスキーは, オブジェクトに名前をつけていくつか項目を立て, ()でくくる, それぞれをさらに細かい項目に分け, ()でくくる, ということを繰り返して次第に具体的な情報を埋め込む, フレームと呼ばれる表現形式を提案した[12]. フレームの各項目は, 埋め込むあるいははめ込むという観点からスロットと呼ばれることもある.

次に, 人を例にしてフレーム表現してみよう:

人(構造(部分(頭, 胴, 両腕(左腕, 右腕), 両脚(左脚, 右脚)),

結合関係(胴の上に頭, 胴の両側上部に腕, 胴の両側下部に脚)),

形状(頭(**頭の部分図**),

胴(**胴の部分図**),

両腕(左腕(**左腕の部分図**),

右腕(**右腕の部分図**)),

両脚(左脚(**左脚の部分図**),

右脚(**右脚の部分図**)),

機能(心理的(考える, 感じる, ……)),

物理的(生命を持つ, 食事する, 運動する, 知覚する, ……)),

社会的(生活する, 仕事する, ……)),

……)

ここで, 構造, 形状, 機能などはそれぞれスロットで, さらに各スロットは細かいスロットを持つ. 太字の部分には画像データが埋め込まれるが, とりあえず図2.4,

後状態で示した各部分図がそれぞれ埋め込まれるものとしよう。ちなみに前状態における人（人2とする）の場合は、形状の部分が次のようになる：

形状(頭(頭の部分図),
 胴(胴の上部のみの図),
 両腕(-),
 両脚(-)),

もう一つ、乗用車もフレーム表現しておこう。

乗用車(構造(部分(車体(前部, 中央部, 後部), 車輪(前輪, 後輪)),
 結合関係(車体の下に車輪,
 中央部の前に前部,
 中央部の後に後部)),

形状(車体(前部(前部の図),
 中央部(中央部の図),
 後部(後部の図)),
 車輪(前輪(前輪の部分図),
 後輪(後輪の部分図)),
機能(エンジンの動力で移動する,
 人や物を運ぶ,
 ……)),
……)

以上を用いると、事象 E1 は、以下のようにフレーム表現できる。
人が乗用車から降りる(

 事象内容(前状態(内(人2, 乗用車)),
 前状態の人2が後状態の人へ移動,
 後状態(外(人, 乗用車)),
 主体(人),
 起点(乗用車),
 場所(-),
 時間(-))

述べるまでもないが、内(人2, 乗用車)あるいは外(人, 乗用車)は、それぞれ人2が乗用車の内あるいは外にいるという関係を表している。また人, 人2および乗用車には、先に示したそれぞれのフレーム表現が埋め込まれる。

2.3 推考

推察と考案を複合して推考と呼ぶ。以下それぞれについて議論しよう。

2.3.1 推察

推察に関する理論としては、論理学における推論、確率・統計に基づく推定、性質の類似性に注目する類推、概念ネットワークに基づく連想、などいくつもの種類がある。以下では、推論、類推および連想に注目しよう。

アブダクション

論理的な思考法、特に推論に関し 1.1 節の歴史で演繹法、帰納法、それにアブダクションについて述べた。邪馬台国論争^{やまたい}を素材にしてこの問題を掘り下げよう。

佐賀県の吉野ヶ里で弥生時代の大規模な遺跡が発見された。1986 年以降の本格的な調査により、およそ 40 ヘクタールの集落に、周りを取り囲む環濠、環濠の盛り土には柵、また柵に取り囲まれた内部では物見櫓^{やぐら}や竪穴住居、高床倉庫、それに王の宮室などが発掘された。中国の魏志倭人伝^{ぎしわじん}には、女王卑弥呼^{ひみこ}の住む倭の国^{ろうかん}に関する記述がある。吉野ヶ里遺跡の発掘は、九州説と畿内説に分かれた邪馬台国論争に大きな影響を与えた。

さて、次のような事柄に注目しよう：

- A 吉野ヶ里はかつて邪馬台国であった。
- B 吉野ヶ里には大規模な遺跡がある。

アブダクションの論法は次の通りである：

驚くべき事実 B が観察される、

しかしもし A が真であれば、B は当然の事柄であろう、

よって、A は真であると考えるべき理由がある。

ここで大切なのは、B に基づいてまず A を予測する、換言すると A という仮説を立てるところである。この部分が未知の真理の発見につながり、アブダクションが発見の論理学とも呼ばれるゆえんである。

仮説 A が真かどうか、種々の検証を試みる。もし A が真なら、関連するできごととして例えば吉野ヶ里では戦があったかもしれない。このような予測をたて発掘を進めると、矢尻の刺さった人骨がかめ棺の中で発見されるなど、予測が裏づけられる。この予測は、A という一般的事項から個別的な事柄を予測する演繹推論である。

一方個別的な検証を積み重ねてAが真になると、これは帰納推論ということになる。このようにアブダクションでは、演繹法や帰納法を組み合わせることで新しい事柄の発見が期待できる。現実においては、仮説が否定されることもしばしばである。その場合はAを、例えば次のように修正しなければならないこともある：

A' 吉野ヶ里は邪馬台国より少し前の時代に栄えた、邪馬台国と類似の形態をもつ国の一つである。

推論においては、このような修正も大切である。

類推

過去の類似した事例に倣ってものごとに対処することは日常的に行われる。類推はオブジェクトの間の類似性に基づく推論である。どのような類似性に焦点を当てるかはオブジェクトに依存する。しかしいずれの類似性であれ、ある程度オブジェクトを構造化することが求められる。英語学習の初級コースを例にとろう。教師が生徒に英文と日本語文を対にして逐次教え、構造化を進めていくものとする。まず次の対を与えたとしよう。

[This is a pencil: これは鉛筆です]

生徒は英文と日本語文を丸暗記する。次の対

[This is a book: これは本です]

が与えられると、先の対と比較する。英文では“This is a xx”，また日本語文では“これは yy です”が共通した構造であることを見出すであろう。同時に英文では{pencil, book}が、また日本語文では{鉛筆, 本}がそれぞれ文全体に対し同じ役割を果たしていることにも気づく。

ここまですべてを整理すると次の構造化ができたことになる。

- ・ 共通構造 [This is a Ce: これはCjです]
- ・ 個別の役割／品詞 $C_e = \{\text{pencil, book}\}$, $C_j = \{\text{鉛筆, 本}\}$
- ・ 対応関係 [pencil: 鉛筆], [book: 本], [Ce: Cj]

次に教師が“That is a desk”を示し、これはなんと訳しますかと尋ねたとする。生徒は英文の共通構造は理解できても desk の訳語を知らないのです。例えば一部不明のまま

[This is a desk: これはdeskです]

と答えるであろう。あるいは desk の訳語はなんですかと尋ね机と知ったうえで

[This is a desk: これは机です]

と適切な訳文を導くこともできよう。これは（部分的であるが）構造化に沿って類推していると言えよう。いくつもの対を学ぶにつれ構造化は進み、事例ベースには原文のままの対と、共通構造、品詞ならびに対応関係のデータが次第に蓄積される。

ちなみに上記は事例（ベース）翻訳と呼ばれ、一般に事例ベースに基づく類推は事例ベース推論と呼ばれる。

連想

連想は、例えば机という単語に対し椅子あるいは勉強するなどを思い浮かべることである。これは、心の中で一つの概念が色々な関係で他の概念と結びついているが、そのネットワークをたどることに他ならない。現実世界における典型的な関係をいくつか示そう：

➤ 論理的関係

先に述べた推論における“AならばB($A \rightarrow B$)”は、一般にIF-THENの関係と呼ばれている。その他“および(AND)”, “または”(OR), “～でない(NOT)”などが大切である。

➤ 時間・空間的關係

時間と空間における位置関係も大切である。例えば前／後関係は、時間でも空間でも用いられる、二つのオブジェクトの間関係である。それに対し間は“東京と大阪の間の名古屋”のように三つのオブジェクト間関係である。

➤ 言語的關係

言語については後に3.3節で詳しく述べるが、重要な関係としてフィルモアの示した格枠[13]についてふれておこう。人は、何気なく

S1 今朝公園で桜が咲いた

などと言う。注意深く観察すると、咲くからには何かが咲くのであって、その主体は花である。また咲く場所も、主体ほど明白ではないが、野原や公園など、ある程度定まっている。このように一つの文の意味は、動詞の意味がそれを修飾する名詞（だれが、なにを、いつ、どこで、---）の意味を支配して文全体を構成している。

このような動詞と名詞の枠組みは、格枠、格構造あるいは格関係と呼ばれる。2.2節で事象とそれを構成する構成要素を考えたが、両者の関係は格関係である。

➤ 抽象的關係

これには、対立、同等、従属などの関係がある。対立は、一つの軸に沿った、相反する関係である。白－黒、プラス－マイナス、敵－味方などである。時間と空間

の関係の間にも、上一下、前―後のように対立するものがある。同等は、等しいという関係である。従属は、一部(A-PART-OF)、一種(A-KIND-OF)、一員(A-MEMBER-OF)などである。

推察過程

今、 $A \rightarrow B$, $B \rightarrow C$, -----, $H \rightarrow I$, $I \rightarrow J$, -----, $Y \rightarrow Z$ という一連の IF-THEN 関係があるとしよう。ちなみに、このような連続は因果の連鎖と呼ばれることもある。ここで A という事実を知ると、この連鎖をたどることにより（直接には知らない）結論 Z を導くことができる。これが推察の基本である。今、連鎖の途中のある J が、連鎖に含まれない他の S とも格関係で結ばれているとしよう。すると J の得られた時点で格関係により S を導くことができる。その S から類推により、さらに T を導けるかもしれない。このように推論や連想を組み合わせると多様な推察が可能になる。

余談になるが、“目から鼻へ抜ける”という^{ことわざ} 諺がある。感が鋭く、気転が利き、頭の回転の早いことを指す。このような人は因果の連鎖の始まりと終わりが与えられると、直ちにそれらを結び付けることができる。読者は本節の議論から、目から鼻へ抜けることに関し三つの要因にお気づきであろう。第1にデータとして、種々の関係で結びついた知識のネットワークが必要である。日ごろの学習の結果がここに影響する。ただしやみくもに記憶すれば良いというものではない。データやネットワークが整理、整頓されていないと、必要なときにうまくネットワークを検索できない。これが第2である。最後に知識が豊富になればなるほど検索の際曖昧性が増える。第3は、この曖昧性がうまく解消できることである。

2.3.2 考案

人は、家を建築したり、会社を設立したり、音楽を作曲したり、身近なところでは料理を作ったりする。何かをつくること、広い意味での創造活動は、目標達成に向けて大きく考案と実行の2段階に分かれる。ここでは心理過程としての考案に注目するが、その中核になるのが立案である。まずこれについて述べ、次に芸術的創作(6.2節参照)とも深く関わる試行錯誤について述べる。

立案

目標を達成するには、まずそれに向けて計画を立てなければならない。

➤ 立案木の作成

かりに、郊外にマイホームを建てる目標があるとしよう。実現のためには、家の設計、資金の確保、土地の選定、業者の選定、などいくつかの重要項目がある。さらに家の設計は、屋根瓦のある純和風かスレート葺きの洋風などの項目も検討しなければならない。このように目標（親項目）を定めると、いくつかの子項目、さらにいくつかの孫項目、というように次第に細かく枝分かれが続く。いずれの項目もそれ以上枝分かれは不要、すなわち直ちに実行可能という段階まで細分化を進める。このような構造は一般に木構造、また枝分かれの個所は節／ノードと呼ばれる。枝分かれには AND と OR の2種類がある。前者は分かれた子がすべて実現しないと親が実現しないばあい、後者はいずれかが実現すると親も実現するばあいである。OR 兄弟が含まれるということは、複数の案が作成されていることを意味する。図 2.6 は、AND と OR を含む木構造を示している。この木構造は次のようにフレーム表

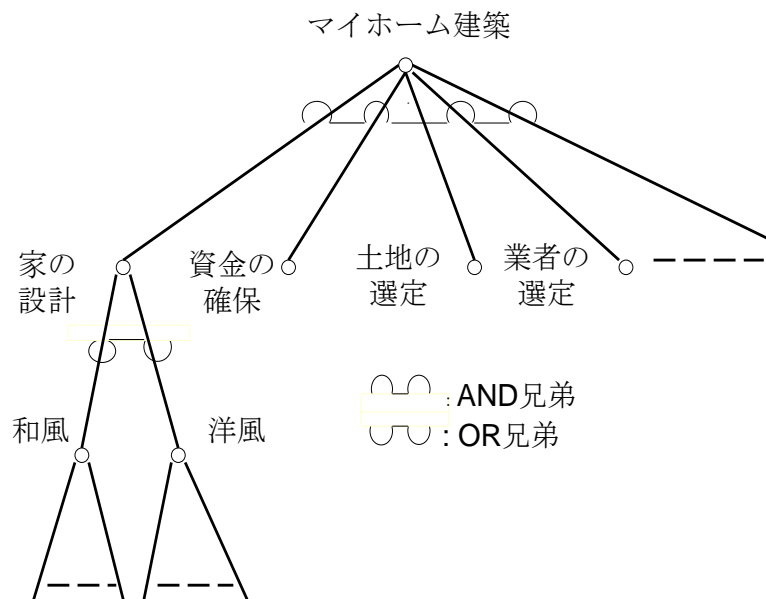


図 2.6 立案木

現もできる：

マイホーム建築(家の設計(和風(……)；洋風(……)),
資金の確保(……),
土地の選定(……),
業者の選定(……),
……)

ここで“,”はAND兄弟, それに“;”はOR兄弟を表す.

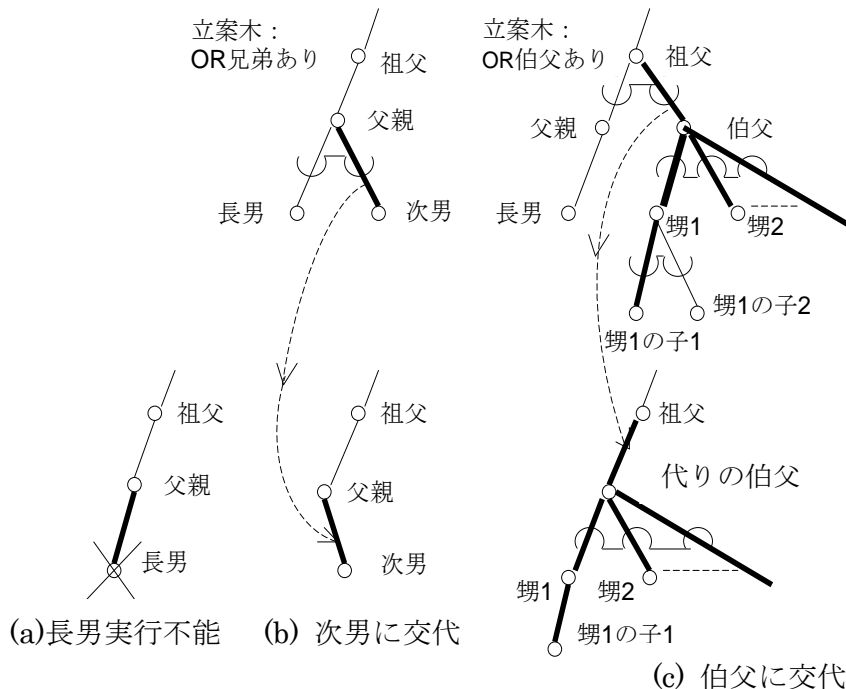
➤ 実行木の作成

まず, 複数の案を一つに絞り込む. 具体的には各 OR 兄弟において枝刈りをして一つだけを残し, 全体として AND 兄弟のみの木を作る. 次にすべての葉に関し, いずれの葉から実行するかスケジュールを組む. かりに“床板を張る”と“畳を敷く”の二つの葉がある場合, 当然前者が優先する. このようにすべての葉に順番を割り振る. 最終的に得られた木を, ここでは実行木と呼ぼう.

修正

実行木が得られると, 計画が実行に移され作業が始まる. 滞りなくことが運べば目標が達成される. しかしいずれかの葉が障害その他で実行不可能な場合も生じる.

かりに図 2.7 の (a) に示すような葉, すなわち長男が実行不可能になるとする. 枝刈りをする前の立案木に立ち戻り, 代替案となり得る OR 兄弟を探す, もし同図 (b) の上部に示す OR 兄弟 (次男) があれば, 長男の代わりに次男を採用する. OR 兄弟のいない場合は, 節を一つ遡って OR



注. 代替案の部分木は, 置換の際に OR 兄弟の枝刈りを行う.

図 2.7 実行木の修正

の伯父を探す。(c)のようにORの伯父が見つければ、(a)の実行木の父以下を立案木の伯父以下と置き換える。なお1レベル遡ってOR兄弟が見つからなければ、代替案を求めてOR兄弟が見つかるまで節を遡る。

元の立案木において下位のレベルで代替案すなわちOR兄弟が見つければよいが、上位に遡ると置換される部分が大きくなり、せっかく実行した多くの葉が無駄になる。それでもOR兄弟が見つければまだよいが、最上位まで遡って見つからない場合は、元の立案木による目標達成は不可能となる。この場合は立案木のOR兄弟を練り直すとか、最悪の事態として設定目標の変更が必要になる。

以上示した木の作成や修正は一般に立案/プランニング、また実行木における作業順序の組み立てはスケジューリングと呼ばれる。

2.4 表出

人は自分の考えや気持ちを種々の形態で表現する。本節では特に行動に注目し、最後に言葉および表情にもふれる。

2.4.1 基本動作

人の行動は、いくつもの基本的な動作に分解できる。移動したり、物を持ったり、姿勢を変えたりなどの基本動作、とりわけ名前のついた基本動作を取り上げよう。詳しく観察すると、基本動作もさらに小さな動きで構成されている。例として歩くを取り上げよう。この場合、背筋を伸ばし平衡を保ちながら左右の足を交互に前に出す。このとき手の方は足と反対側に交互に動く。片足の一步と他方の足の一步とを併せて1サイクルの動作としよう。ここで注目するのは、手足の動作そのものではなく、それを制御する心理・生理過程である。動作機構のみでは制御できず、視覚や触覚、さらには平衡感覚との協調が不可欠である。

上記半サイクル、特に右足の制御についてやや詳しく観察しよう。

- ① 前方に障害のないことを視覚器で確認する。
- ② 左足の指先に力を入れる。
- ③ 左足に身体の重心を移す。
- ④ 右足を後方に蹴る。
- ⑤ 右膝を上げながら前方に動かす。

- ⑥ 姿勢がブレていないか平衡器管で確認する.
- ⑦ 右膝を下す.
- ⑧ 右足の指先が接地したかを触覚器で確認する.
- ⑨ 右足裏を着地させる.

歩くの基本動作は、必要の生じるたびに立案がなされ、制御されるわけではない。幼児から児童に成長する過程で訓練され、プログラム化されている。それではどのような動作がプログラム化されるのであろう？ 名称のついている動作はプログラム化の可能性が高く、次のようなものが含まれる：

(1) 移動

歩く、走る、飛び上がる、後ずさりする、など

(2) 姿勢、形の変化

座る、立つ、かがむ、伏す、そる、つまづく、転ぶ、など
つかむ、握る、つまむ、もつ、抱える、など

(3) 向きの変化

うなづく、振り返る、うつぶす、仰向く、など

(4) 力の変化

押す、引く、突く、蹴る、など

(5) その他

食べる、飲む、吸う、話す、聞く、書く、など

2.4.2 行動

一般に、いくつもの基本動作が連続して行動となる。行動には、状況に応じて次のようなタイプがある：

➤ タイプ1：反射的行動

例えば熱いものに触れてとっさに手を離すなど、途中推考過程がなく、刺激に直結した反応

➤ タイプ2：単純行動

例えばのどが渴いているときそこに水があれば飲むなど、その場の状況判断で手軽に実現できる行動

➤ タイプ3：習慣的行動

例えば会社で昼食を取るさい何事もなければ社員食堂に行く、など習慣となり概念の形成されている行動

➤ タイプ4 推考に基づく行動

時間をかけて、種々の推考に基づいて取る行動

タイプ1は、推考過程を素通りし、タイプ2はほんの少し関わりをもつ。特にタイプ1の行動は、人の生存にかかわる生理機構と深く結びついている。大脳の一部、海馬では一度しか体験したことのないような事象を記憶し、状況に応じて行動に役立てると言われている[14]。

タイプ3と4は、大脳の前頭葉における高次の推考過程が関わる。タイプ3はかなり大きくプログラム化されており、先に述べた制御プログラムをいくつも組み合わせさせた行動である。初めて経験するときは、推考過程での立案が必要であるが、習慣になると、固定的なプログラムが記憶され、必要に応じて呼び出される。それに対しタイプ4は本格的な推考を要する処理で、これについてはすでに2.3節の推考で述べた。

2.4.3 言葉と表情

言語については3.3節で述べるとして、話したり書いたりする動作に注目しよう。話すためには、まず肺から息を出して声帯を振動させる。生じた音を舌や唇、それに軟口蓋^{こうがい}などできめ細かく制御して種々の音声を発する。耳も大切に、発声が正常かどうかを常にチェックしている。これらの制御には、高度の生理、心理過程が背景にあるため学習と訓練が必要である。書く場合は、話すときの心理過程とかなり共通するが、動作部分は指や手首、腕、それに目がかかわり、話す場合と異なる。いずれも幼児期から小学校にかけて心理過程の学習と身体的訓練が同時に行われ、次第にプログラムが出来上がる。

人の顔は、対人関係において最も重要な身体部分で、意図や情緒を表す。100にも及ぶ顔の筋肉により、目、眉、鼻、口などを変化させる。特に喜怒哀楽などの情緒に、それぞれ固有の表情が対応しているのは、周知の通りである。

2.5 コンピュータシミュレーション

本章の議論の妥当性を確認するため一連のコンピュータシミュレーションを行った。

➤ 認識

- ・ 事象および属性概念の分類

シミュレーションに先だって現実世界のオブジェクトを常識レベルで認識することを目的として動詞や形容詞で表されるオブジェクトを詳細に調査した[15], [16]. それらに基づいてオブジェクト認識の立場から事象／属性そのものと構成要素に注目して事象や属性の構造を明らかにした. 提案した理論に沿って実際に動詞や形容詞が分析, 分類され, その結果は電子シソーラスとして知識ベース化された[17]. その一部は第5章で示されよう. それによると現実世界において人はおよそ1,200の事象を基本概念としている. とりわけ位置や形に関して多くの概念が形成され, それらを認識するシミュレーションが急がれた.

・ 動図形の意味理解

まず取り組んだのは物体の認識システムの構築である[18], [19]. 1970年代の認識技術はまだひ弱であったため, 入力は一画面像に限定された. しかし当時は困難とされた手書きの線画像に取り組み, システムは具象的な物体や幾何図形などおよそ50種類のオブジェクトを, 良好に認識できた. 次は, 物体認識を一部に含む, 動図形の意味理解システム SUPP の構築である[20], [21]. SUPP は, 動図形パターン, 具体的にはオブジェクトが段階的に変化する図形パターンの系列 P_1, P_2, \dots, P_n を受理し, 上述の知識ベースを用いて事象の格構造を理解する. 各 P_i における物体や属性を認識した上で, P_i と P_{i+1} を前-後対と見なして, $[P_1 : P_2], [P_2 : P_3], \dots$ というように順次前-後対における事象の格構造の理解を進める. また事象間の関係を推論し類似性のあるものを列挙する. 最後に, 一連の事象の格構造を文の格構造に変換し, 日本語文および英語文を出力する. SUPP は, 動図形の意味理解だけでなく非言語的オブジェクトを言語に変換する点で, 先駆的な役割を果たした. ちなみに, 1968年にはフィルモアが動詞の意味構造として格枠を提案し, 1975年にはミンスキーが格構造を一般化したフレーム理論を展開した.

➤ 推考

シミュレーションに先立って種々の心理活動についての調査を行った. 具体的にはイソップ物語の主人公に注目し, 動機, 立案過程, 行動あるいは情緒の生起などを詳しく調べた. それらの心理過程を基本シナリオとして, イソップワールドと称する統合的な AI システムを構築した. 長年にわたって改良, 拡張を加え, 多くの実験を積み重ねた. 推考を中心とする理論の展開については, 文献[22]を参照されたい. なお先史時代の洞窟壁画を通じてクロマニヨン人の推考様式への接近も試みた[23].

➤ 表出

筆者の研究室では、アニメーションシステムの構築にも取り組んだ[24]。入力
は自然言語の文章で、システムは文の間の空間的ならびに時間的關係を推論し、主
人公が動画面の中でどのように行動すれば良いかを立案し、実際のスケジュールも
組み立てる。立案とスケジューリングは並行的に行われる。また研究室では、音楽
生成システムも構築した[25]。情緒の生起は次章で議論されるが、主人公の心理状
態の変化に応じて生起した情緒を自動的に音楽に変換する。システムはピアノ曲を
演奏するが、楽しいときには心地よいリズムカルな調べ、悲しいときには憂鬱な重
苦しい調べが奏でられる。

シミュレーションの結果、本章で提案した理論は支持されるものと認められた。
なお研究発表の時期は必ずしも上述の順序ではないのでお断りしておく。

以上、計算論の立場で議論を進めたが、特に2.2節の庭園の認識、2.3節の立案
や修正、それに2.4節の歩く動作などにその特徴が現れている。このようにして心
や脳を解き明かすと、プログラムによる処理が可能になる。

