

情報教育と心的表象の関わり

帝京大学理工学部

武井恵雄

e-mail: takei@ics.teikyo-u.ac.jp

概要

可視的でない学習対象をあつかうことがほとんどである情報教育において、心的イメージの有用性は古くから言われてきたことであるが、その有用性を統一的に考察する意義を述べ、次いで、よく使われているイメージ図を検討した結果、有効なイメージ図には、実体との類比性を表現する適切な記号過程があり、さらに、疑似的だが身体的操作性が伴っていて、人間の学習を助けていることを指摘する。そして、図による心的イメージの形成から、一般的な心的表象の獲得を目指すことで、もっとわかりやすい情報教育を実現できる可能性があることを指摘し、そのための研究と実践を提案する。

1. はじめに

授業にたずさわっておられる方は、心的イメージ(mental imagery)といった言葉は使わなくても、たとえば、「メモリーイメージの図だよ」などと云って、四角い箱の絵を書いて授業を進めるのは日常のことではないだろうか。普段、何気なく使っているが、それがなぜ学習に有効なのかを検討するのが本論の目的である。学習対象のほとんどが可視的でない情報教育では、もっと深く、子細に検討されてもよいことではないだろうか。

イメージということから、図で表して目で見えるものを想定することが多いが、それをもっと広げて、心的表象(mental representation)として捉え、情報教育におけるその有用性を明確なものとし、“わかる情報教育の検討—事始め”としたい。

2. 情報教育で心的表象を検討する意義

授業においてイメージに訴えるものを持ちだすと、学生はうなずいてくれるし、理解していることが実際に確認できることも多い。だが、それはなぜ有効なのだろうか？

その図は、学生の理解に寄与する唯一のものではない筈である。表象の形成に寄与し得る一つの Education of Informatics and Mental Representatons. Shigeo Takei. Faculty of Science and Engineering, Teikyo University.

インスタンスであると言った方がいいだろう。別のものが有効なときもあるからである。実際、たとえばコンピュータサイエンス(以下、CSと書く)のある分野において、初等的だが重要な概念を学生に理解させることを考えると、いくつかの有効なイメージ的アプローチを思いつく。そういったインスタンスが形づくるクラス(class)はどういうものののだろうか？

前の疑問より、この形の疑問の方が追求しやすいだろう。ある分野の概念形成にはどんなイメージモデルがいいか、と言い換えると、これは教科教育学ないしその一部分に寄与することになる。他の科目と異なり、CSの教育は大学になって初めて始まる科目が多いし、次の教育課程の改善の際には高校から開始されるものも出て来るだろうから、そういった科目を履修させる教師が、手探りでいては困るのである。

もう一つ大事なことに、有効と考えられる心的イメージが、ある学生には役に立たないこともある。これは、学習に有効なクラスを探究する困難さを予感させることでもあるが、言い換えると次の疑問になる。ヒトの心はどのようなになっているのだろうか？

以上の疑問は、CS分野における学習者モデルの作成作業によって答えていかなければならない。

3. 情報教育において心的イメージは有効か

((例 1))いわゆるメモリイメージの図

図1は、今では古典といっているJack PurdumのC言語の本¹⁾で説かれている定評のある図から著者が作図した。言語CはOSやコンパイラを意識した教育で使うので、この図は歓迎されている。

((例 2))繰り返し構造をあらわす昔風の図と今風の図

図2の左は古典的な書き方であるが、教育の場では、右のJIS X0121の図よりも歓迎されている。

((例 3))Quillian風の意味ネットワークの図

図3はCSにおける知識表現の図として、また、継承を理解させる図として有用とされる。

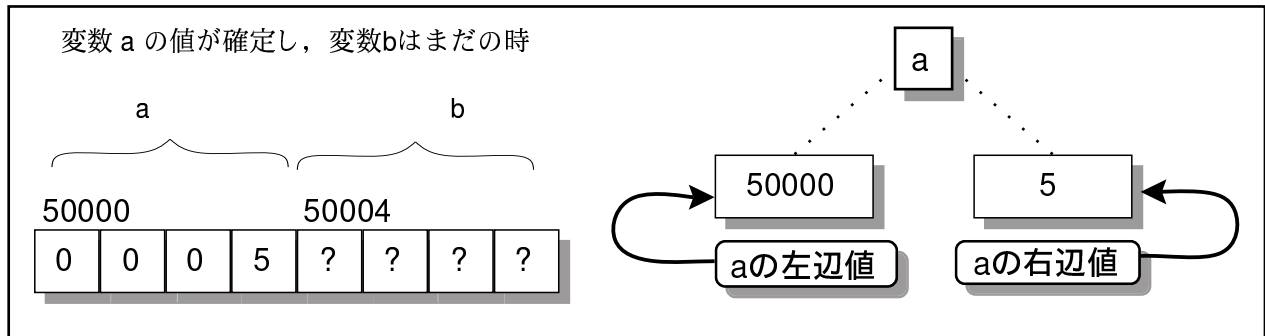


図. 1 変数を説明するJ.Purdumのメモリイメージ図。int型変数aの値が確定し、bはまだの段階を示す。

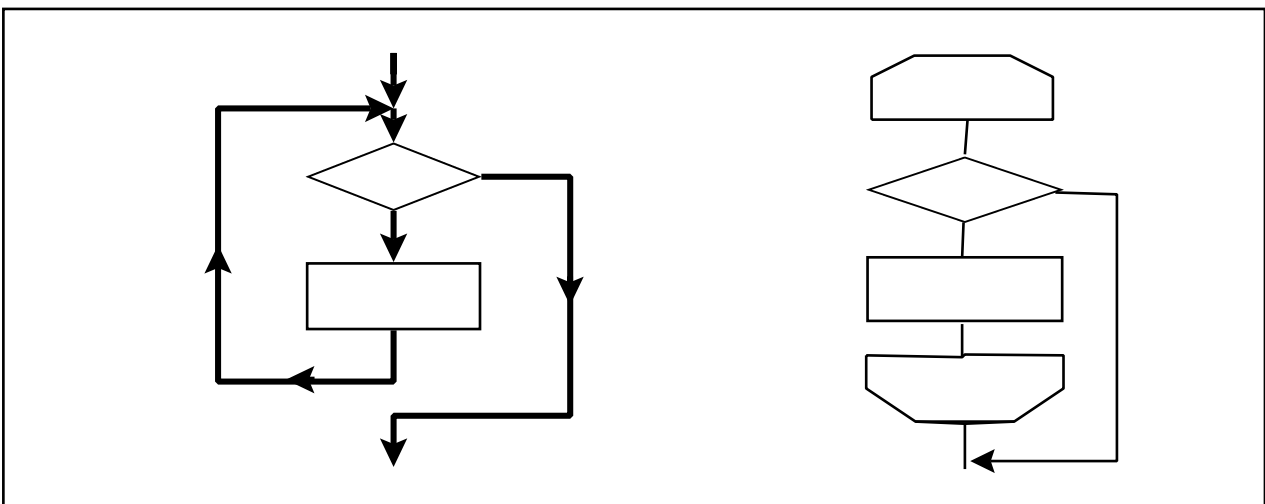


図. 2 ループを示す流れ図。(左)伝統的な矢印つき。(右) JIS X0121 の規定による図

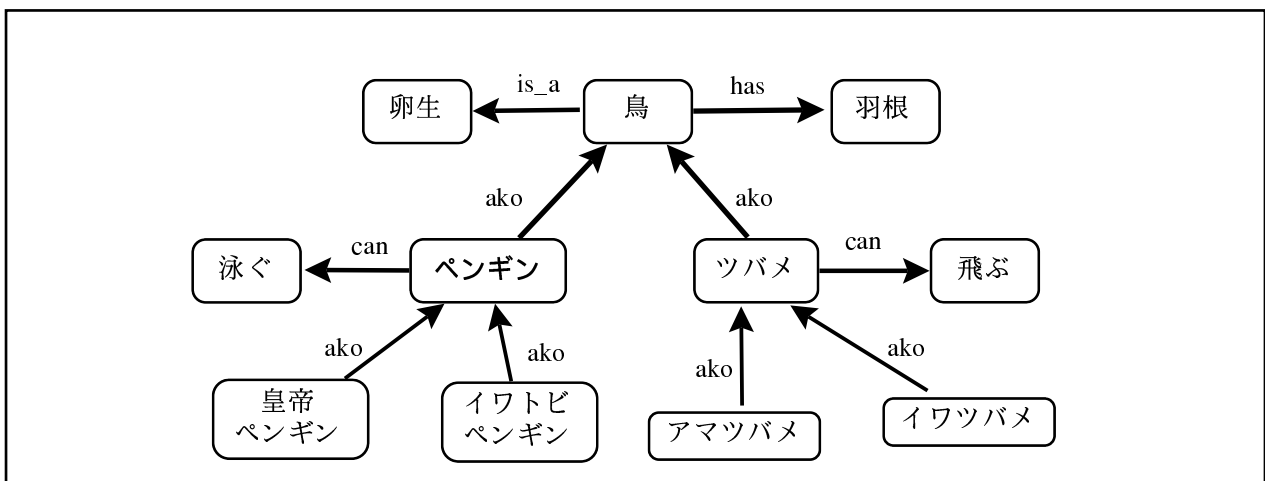


図. 3 鳥に関する知識の意味ネットワーク図。(註3)

4. 有効な理由の検討

((例1の場合))変数の理解のためのメモリーイメージとして箱が使われてきたのは、操作における近接性によるものだろうと思われる。機械命令レベルのメモリの説明において、あるいは代入系言語の変数の説明において、四角い箱を持ち出すのは、「しまう、とり出す」という操作対象としての近接性であることは誰でも同意できる。箱という記号は有契性(有縁性)があり、インデックス(index)の地位を占る。

機械語レベルでは、いうまでもなくStore/Load命令による操作対象(operand)であり、この操作は箱で正確に記述できる。代入系言語でも、メモリやスタックをオペランドとして、同種の機械命令をオペレータとして、コンパイルされて実行されるから、事実上機械語と同じである²⁾。

つまり、変数-メモリ-箱は、操作として同形(isomorphic)である。別の言い方をすれば、同形なオブジェクトである。よって学習者は、箱に対して、手を使ってデータを出し入れする操作を疑似的に行うことで、変数というオブジェクトを体験できる。これが有効さの一番の原因であると考えている。

((例2の場合))古典的な流れ図が歓迎される大きな理由に矢印がある。矢印は矢の図柄をicon化したもので、ほとんど類像に近いインデックスであるが、考慮する対象に存何らかの関係を、その始端と終端の組を切り離せない形で示すものであるから、ほとんど実体それ自体の関係を扱っている

気持ちになれる。場合によると、矢とともに道筋を指でなぞったり、自分の足で辿る感じで、状況に没入することもできる。つまり、考慮する対象の中の"関係"というオブジェクトと同形であって、しかも、人間の身体性の介入を許す操作性を持っているので有用と考えられる。

これに対してJIS X0121の規定は、システム資源の表現まで含ませるために、ずっと抽象度を上げているので、その書き方を学習した後でないと読めないという性格になっており、学習を助ける役割が後退している。

((例3の場合))これもやはり、矢印が基本になった関係図である。意味ネットワークばかりでなく、オートマトンの状態遷移図もそうであるが、矢印が媒介する始端と終端の組がいろいろな関係を表現する。

図3は、元々、鳥に関する知識体系があつての表示であるが、矢印というインデックスのもつ強い表象能力のために、あたかもそれ自体が実体であるかのように扱われる。意味ネットワークにしても、オートマトンにしても、図4に示すように、テンプレートに含まれる概念は高度な抽象体であるが、学生の理解は、一般に良好である。つまり、これらの表象図と平行な心的表象が学生たちの心の中には形成されていると考えてよいだろう。ネットワークや状態遷移図の上での度重なる操作が、こういった図と、心的表象との間の心的リンクを強めていると、考えられる。



図. 4 (上)意味ネットワーク (下)有限オートマトン. 各々(左)インスタンス (右)テンプレート

5. 図とともに重要な「操作性」

本論では、CSの初等的な概念を例に、今までのところ大学の学生たちの学習を支援する心的イメージ図を検討してみた。それらの図は、元のものと同契性を保つ記号で表されており、操作において同形性が保たれている上に、手や身体による疑似的・潜在的な操作を許すという性質を見ることができた。CS分野の学習対象は、物理的実体がないか、あっても極微な電子部品であって実際に触ることができないものがほとんどであるが、それだからこそ、“身体的な操作ができる”と感じられる表象は有効であるように見える。

ヒトの知能として初期に発達したと考えられる技術的知能と博物的知能⁴⁾——直感工学と直感生物学の元となる脳の機能——は、共に手足を使う操作的知能である。このあとに社会的知能の発達と、そして革命的な言語の発達が来たと考えられるが、言語の使用においてすら、手の併用、特に操作的な身振りの重要性が知られている。不可視的な対象に関する言葉でも、多くが可視的であるかのように語り、手を掛けられる対象でなくても、手を掛けて操作するかのような言葉が多用される⁵⁾。

CS分野はもとより、情報教育の対象となる分野は、物理的存在というよりは抽象的存在であり、また物理的存在であっても実際には不可視的であるので、これを可視的なイメージにすることは、それ自体で有効であるが、それと同時に、何らかの疑似的操作性を合わせ持つものを探すと、さらに有効となると考えてよいのではないだろうか。

こう結論することが出来るとすると、可視性をもつ心的なイメージから、もっとひろく一般の心的表象の世界へと、拡張するのが次のステップである。論理、推論、ルール、概念といったものをヒトの心が受け止める際には、それぞれの心的表象と、それに伴う計算手続きがある⁶⁾。CSや情報学のある初等的な概念を初学者に学ばせる際に、どのような道筋を辿らせるのが適当か、操作的知能と共に、言語的知能までも視程にに入れて検討

し、お互いの共通認識にして行く必要があるし、それが、“わかる情報教育”の始まりとなると思う。このために、基礎的な研究と実践をすぐに開始することが重要であることを指摘して筆をおく。

註および参考文献

1) J. Purdum 著、石原孝一郎 監訳「原書3版 C-プログラミング」丸善株式会社(1992)。

2) 高級言語といわれるが、手続き型言語では、変数の値を評価する積極的な操作がない。値の評価は機械語レベルで行われてしまう。このため、学習困難はオブジェクト指向言語に出あうときに先送りされる。そこでは、明示的なメソッドが要求されるが、初学者には必要性が理解しにくいようだ。“オブジェクトの値を評価するため、オブジェクトに評価するというメッセージを送りつける”という言語表象が理解を阻むように見えるし、一方で、言語表象での思考に慣れている学生にとっては理解しやすいようだ。こういった言語表象の理解を勧めるために、役割を決めた芝居はどうか、と考えている。

3) 図3においては、is-a属性とako(=a kind of)属性を分けて書いてある。通常の意味ネットワークでは、この二つの属性は同じものとして扱われ、どちらか一方を使うのが普通である。しかし、意味ネットワークを実装する際に、フレームモデルに変換して行うときのことを考えると、継承すべき属性がまるで違うので、is-a属性とako属性は画然と区別した方がいい。よって区別した。

4) スティーヴン・ミズン著、松浦俊輔+牧野美佐緒訳「心の先史時代」青土社(1998)。著者は考古学者であり、現在のヒトの心を人類進化の結果として考える認知考古学の立場で、800編に上る文献の適切な批判に基づいて議論を展開している。

5) “見通し”、“手始めに”、“手がかり”、“片づける”等々の言葉は、転換でも暗喩でもなく、無意識のうちに現れる言語の身体性と考えられる。

6) たとえば、Paul Thagard 著、松原 仁 監訳「マインド 認知科学入門」共立出版(1999)。この本では、論理、ルール、概念、類推、イメージ、コネクションといった心理表象のそれぞれについて、表象能力、計算能力、心理学的妥当性、神経科学的妥当性、応用可能性を逐一検討している。