知識工学と人工知能 65－1－2－2
（1989. 7. 13）

記号代数の拡張 ― 認知機能の説明のための表象仮説

古 関 政　　　群馬情報電子専門学校

1．感覚所与と表象

視覚を通して得られる情報処理のメカニズムについては生態光学説[1)]、計算理論説[2)]、神経細胞説[3)]がある。ここでは計算理論に近い立場にたち、視覚による感覚所与からそれぞれの場合において妥当（或いは適切）とされる表象が得られる過程を論ずる。とくに両眼視野融合と線画の立体感を記号操作により説明するための一手法を提案する。

2．研究の視点

感覚所与について個人差は大きいが、その論理的構造はほぼ共通である。例えば、感じ方に程度の差はあるとしても、夏には暑く、冬には寒いと感じるものである。もちろん例外はあるが、異常値は考察の対象外である。さらに、肉体の鍛練の度合いにより暑さ・寒さの感じ方は異なる。つまり内部表象には差異が生じる。同じように正常な場合、感覚所与の構造はほぼ同じでも、知的機能の個人差により内部表象の形成には広範な差異が生まれると考えている。これが能力あるいは適性の個人差を生む原因ではないか、という観点から認知のメカニズムにも取り組んでいる。

3．視知覚の個人差とアルゴリズム

Ｒ．Ｃ．Ｊａｍｅｓにより提起された雑音の多い画像の読み取りには解釈が必要であり、かかるものは計算論の対象外である、とＭａｒｒはのべる[2)]が、ここではむしろ「どういう解釈をするのか」に認知機能の差があると考えるところから出発する。なぜなら約２０名の学生を対象に上記画像の説明を求めたところ顕著な個人差がみられたからである。またＢｅｌａ　Ｊｕｌｅｓｚのランダムドット・ステレオグラムについても立体視が得られたのは２５名中３名と少なかった。若干の訓練の必要性はあると思われるが、機能差があるといえよう。とくに立体図形の心的回転については能力差の影響によって結果が異なるようである。

また絵をかく能力は筆の使い方にもあるが、見る力にあるといわれる。確かに日頃の観察力が貧弱なため、犬や猫をそれらしく描けないのである。両眼視野の融合は生活の中では不便なく行っているが、試験パターンではうまくゆかない。融合の難易のせいで立体感形成能力に差が生じたと推察される

もし以上のような認知機能に個人差があるとすれば、その原因はどこにあるのであろうか。Ｍａｒｒの視覚の計算理論で示される立体視のアルゴリズム[2)]は簡単に理解できるとはいえないが、脳はそのような難しい「計算」を日常茶飯事に無意識な動作として実行しているのだろうかという疑問が湧く。

他面、見る力が発達していなければ、Ｊａｍｅｓの画像やＪｕｌｅｓｚ流のステレオグラムから何も読みとることはできないかもしれない。これらはいずれも記号としての意味をもってはいるがそれを解釈する能力が必要とされるのだと思われる。つまり対象画像から何らかの意味を感じるとき解釈のアルゴリズムが使われているはずである。そして、これは記号的水準のアルゴリズムである。しかも論理的真理を容認するときに使われるアルゴリズムと同じ範疇に属すると考えられる。

4．視覚における解釈の反転について

視野内の映像（外部表象）に含まれる記号現象のうち、調和要素を記号Ａ、Ｂで表し、整合要素をＣ、Ｄで表す。いま外部表象を（Ａ$\bullet\!\!-\!\!\bullet$Ｂ）∧（Ｃ$\leftrightarrow$Ｄ）と記号表現できるものとする。これは解釈された内部表象に対応するものである。次にこの解釈を反転させるような視覚刺激が印加されると～$\{$（Ａ$\bullet\!\!-\!\!\bullet$Ｂ）∧（Ｃ$\leftrightarrow$Ｄ）$\}$から（Ａ$\bullet\!\!\not-\!\!\bullet$Ｂ）∨（Ｃ$\not\leftrightarrow$Ｄ）が得られる。この変形にあたり

～（A•—•B）＝A•⧸•B，～（C↔D）＝C↮Dとしているが、視覚解釈について成立する公理と考える。この結果から調和要素か整合要素かのどちらかの均衡が破れるようになるといえる。例えば遠景を眺めるとき、初めは遠近（A，B）と大小（C，D）が混然として見えているが、何らかの視覚刺激により遠近や大小がはっきりしてくることがあるのはこの場合に該当する。

５．両眼視野の融合について

図１に示すパターンについて（イ）を左眼像、（ロ）を右眼像であるとする。上記と同じく、このパターンの中の調和要素をA，B、整合要素をC，Dで表す。このとき左眼像の記号表現は（A•—•B）∧（C↔D）、右眼像は（A•—•B）∧（C↮D）となる。両眼の融合は$\{$（A•—•B）∧（C↔D）$\}$ ∨ $\{$（A•—•B）∧（C↮D）$\}$ と表せる。これから論理演算によってA•—•Bが得られる。ここでは～（C•—•D）＝C•⧸•Dを使う。この結果、両眼融合により調和要素のみが残ることになる。図１では（イ）と（ロ）により（ハ）が得られることで示した。この（ハ）は（イ）に似ているが、実際は同一のものではない。便宜的に同じパターンが使われただけである。

なお左右図の融合によりどんな知覚が得られるかについては図２により興味深い示唆が得られる。（イ）の左右パターンはそれぞれ弱い立体感を与えるが、両者間に関連はない。しかし（ロ）のように重ねると、複雑な立体感や奥行知覚が得られる。もちろん（ロ）は片眼視でも知覚に差は生じない。すなわちＪｕｌｅｓｚのステレオグラムは（イ）に相当し、融合により（ロ）を作りだすが多義的な奥行知覚は単なる線図の重ね合わせによってもえられるものである。したがって視差の協調アルゴリズムによって人の自然な奥行知覚が得られるとするＭａｒｒの意見には疑問があるが、ピリシンの考えも含めた計算論的アプローチを否定するものではない。

６．階段の上下反転像について

図３は階段が上向きに見えたり、下向きに見えたりするものである。この図でａ面、ｃ面の表象を記号A，C、（ロ）に示される線図の表象を記号Bで表す。Bについては両方向が考えられるのでそれぞれBと$\overline{\mathrm{B}}$で表すと、立体的に解釈する以前の（イ）の表象はB∨$\overline{\mathrm{B}}$⊃（A•—•C）となる。これに解釈の反転が起こるとすれば ～（B∨$\overline{\mathrm{B}}$）∨（A•—•C）の反転から論理演算により$\{$B∧（A•⧸•C）$\}$∨$\{\overline{\mathrm{B}}$∧（A•⧸•C）$\}$ が得られる。この式の第一項が上向きの階段に対応するとすれば、第二項は下向きの階段に対応する。ネッカーの立方体についても同じように説明できるが、（ロ）のみについても解釈の二義性が生じるように、ａ，ｃの壁面はかならずしも必要ではない。また折り紙で階段を作り（したがって本物の立体）空中像を片眼視することによっても上下の反転が得られる。このことから上下の反転は線図の多義性にのみ起因するものではないことを示唆する。あるいは面にも多義性の原因があると思われる。

７．まとめ

視覚については上述したＭａｒｒの理論[2]やＧｉｂｓｏｎの思想[1]、また神経回路網の働き[3]とする意見等があり、説明には差がみられる。筆者の記号論は、ことさらこれらの説を否定するものではなく、別の側面から補うものであることを付記しておきたい。

参考文献

1）J．J．Gibson，古崎・辻・村瀬訳：生態学的視覚論，サイエンス社（1979）
2）D．Marr，乾・安藤訳：ビジョン，産業図書（1982）
3）甘利：神経回路網の数理，同上（1978）
4）Z．W．Pylyshyn，佐伯・信原訳：認知科学の計算理論，同上（1984）

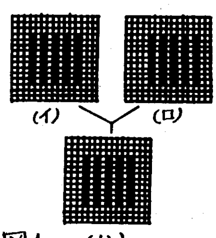

図1 (ハ)

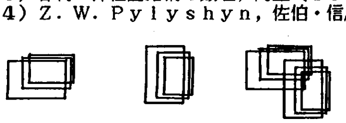
図2 (イ) (ロ)

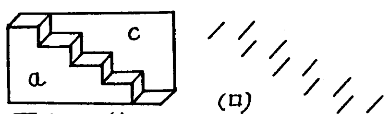

図3 (イ) (ロ)