



バーチャルリアリティを生み出す脳

苧阪直行

京都大学



臨場感のある仮想空間や人工現実感とはコンピュータの高性能化と多様な知覚および身体インターフェース・テクノロジーの進展により身近なものになった。臨場感をだすにはコンピュータで形成される仮想空間のなかに自然な視覚的アウェアネスの世界をなめらかに埋め込むことが必要となるが、与えられた仮想空間をリアルな臨場感を伴うものにするには、この空間を脳がどのように理解するかを考えることが重要である。

ヒトが奥行きを知覚できるのは網膜の両眼視差、輻輳、水晶体の調節など生理光学的要因によってもたらされる情報によるところが大きい。一方、網膜像の大きさ、テクスチャー、陰影、遠近法、重なりなどの情報も重要である。これらは単眼視においても奥行きの手がかりとなる。この場合は網膜よりも外界についての知識が大きな役割を演じることが多い。そして、外界についての知識は脳が持っている。特に視覚情報の貯蔵庫である脳の側頭葉下部、空間情報の統合にかかわる頭頂葉、さらに空間行動のプランニングにかかわる前頭葉などが連携して視覚的認識にかかわる記憶システムを形成しており、これが外界についての知識の源泉となっていると推定されている。

脳が知識を用いて外界をトップダウン的に推定する過程を絵画にあてはめて考えてみたい。2次元情報にすぎない絵画の鑑賞において、テクスチャーや陰影や重なりからわれわれがリアルな奥行きや広がりを知覚できる背景には、脳の強力な知覚的推論（ヘルムホルツはこれを無意識的推論と呼んだ）の機構がある。絵のなかに部分的な情報しか示唆されていなくても、ちょっとした陰影や重なり情報を使って「あり得べき」補完や充填（フィ

リングイン）がおこなわれる。脳の高次視覚野は外界の知識を豊かに蓄積している側頭葉、頭頂葉や前頭葉とそれらの高次統合野である連合野を介して密接に順逆双方向にネットワークをもっているため、これらの知識を用いてトップダウン的な空間補完をおこなっていると考えてもいいだろう。それでは、絵画のようにexplicitな手がかりをもたない抽象的なパターンを見せると、脳はどのような反応を見せるだろうか？

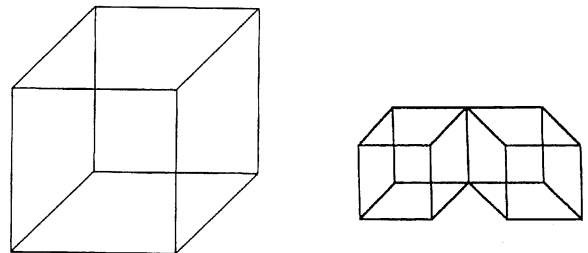


図1

図1左のネッカーの立方体と呼ばれる図形は、眺めると前の壁が後ろに後退したり、逆に後ろの壁が前に進出してきたりして見える。この奥行き方向の反転は、意図的に一つの見方を維持しようとしてもうまくゆかない。スイスの結晶学者ネッカーは顕微鏡で鉍石の結晶を観察するとき、この奥行き反転で困ったのだという。さて、ネッカーの立方体の奥行き反転錯視図形では、網膜に映る2次元画像は全く変化しないのに視覚的アウェアネスの世界で複数の安定解をめぐって揺らぐのである。外界でもなく、網膜でもなくまさに脳が外界の安定した認識をめぐって揺らぐことに注意する必要がある。この現象は、奥行きについて曖昧な図形に対する脳のトップダ

ウ的解釈が2つの安定した見えに対して循環的揺らぎをもつことを示している。つまり脳はバイステープル・マルチバイブレータのように2つの安定解の間を行き来するのである。脳は同時に2つの解を採用しないこと、それによって奥行き情報における曖昧性を回避していることを示している。外界認識における曖昧性を回避し整合性を求める強い傾向はヒトの意識においても第一原理として働いている。脳のこの機構は最終的には認識の分裂を避け自己意識の統一性と安定性の維持とかかわっているようである。

少し複雑なネッカー図形の応用版を見てみよう。図1右には4つの見えが存在するが(平面パターンとして見るケースを加えると5つの見えがあることになる)、今回ののはそれぞれの安定性が異なるケースである。4つの複数の見え方のうち、左右の立方体が相互に逆の奥行きを示す2つの見えが不安定なのは視覚的アウェアネスがたぶん視覚経験の統計的性質に基づいていることを示している。このような奥行き曖昧図形に対して脳が生みだす視覚的リアリティーはまさにバーチャルなものである。脳が生みだす視覚的アウェアネスの世界は高度に構成的な見えの世界なのである。

もう一つ脳が積極的構成主義者であることを示す例をあげよう。われわれの視野はかなり広いが、このなかで色や形の詳細が観察できるのは中心窩近傍の視角にして10度ほどの領域であり、その視野全体に占める面積はおおよそ5%程度にすぎない。つまり残り95%の周辺視野では対象は色も形も曖昧に(ボケで)見えにくいのである。この事実を一点を凝視して周辺視野で外界を観察してみるとよくわかるし、その生理光学的根拠(主として網膜の)もはっきりしている。しかし、われわれの視覚的アウェアネスの世界では外界は周辺視野でもなめらかに連続して続いておりそこには明瞭な形と色が感じられている。これも脳が視野の生理光学的構造を越えて整合的な見えの世界を生みだしているためである。図2はラマチャンドランの図形と呼ばれているもので、右に示された黒い点を凝視しながら紙面を前後に移動させ、左眼で左のズレをもつ線分の中央の円形部を盲点(網膜の欠損している眼底領域)に入ると直線はどう見えるだろうか?盲点に入った上下にくびれた線分が上下方向と左右方向に連続的にアラインされて知覚される。これも脳による盲点の知覚的充填の一例であるとされている。バーチャルリアリティーでも観察される視野の広さが臨場感に影響をもつといわれ、大型スクリーンなどが用いられるとい

う。一方、HMDでも周辺の解像度を落としたものがあるようだが、これは脳の補完・充填の働きを考えると合理的であるように思える。要するに補完・充填を導く手がかりさえあればいいということである。

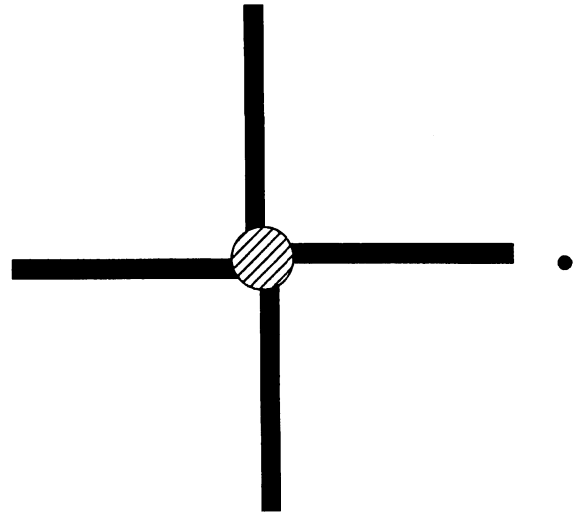


図2

以上みてきたように、脳は外界の理解について強力なトップダウン的埋め込み型の推論機構をもっているように思われる。このような事実を考えると、脳は実はわれわれが自分のなかにもっているバーチャル・マシンであることに気づくのである。

さて、話を脳に戻そう。脳が視覚的な補完や充填をどのように行うのかについてはまだ明らかではない。しかし、補完や充填が行われるまでのボトムアップ的な視覚情報処理についてはかなりわかってきた。そこで、この段階での視覚にかかわる脳の4W1Hについて見てみたい。4Wとはwho, where, what, whenであり、1Hとはhowである。whoは脳の自己意識の問題なのでここでは立ち入らない。whereは主に周辺視の得意な課題であり対象が空間のどこにあるのかの認知にかかわるとともに、howともかかわる。なぜ、howとかかわるのかというと、たとえば見ている対象の位置を計算しそれに手を伸ばしてつかむための運動がwhereと密接にかかわるからである。whenは事象が生じた時間の順序がかかわるが、whenは脳の不得意科目の一つで因果関係のつじつまが合えば視覚的アウェアネス短期記憶のなかでは簡単に生起の順序が入れ替わったりする。whatのシステムは物体視システムとも呼ばれ後頭葉にある第1次視覚領V1から側頭葉へ処理の流れが進むため腹側ストリームと呼ばれている。一方、先に述べたwhere(how)のシステムは空間視システムと呼ばれ、V1から頭頂葉へ処理の流れが向か

うため背側ストリームと呼ばれている(図3)。両ストリームは前頭葉、側頭葉、頭頂葉の連合野で統合され、先に述べた視覚的アウェアネスの世界が構成される。なお、情報の統合がどのように行われるかはバインディング問題と呼ばれ脳の認知神経科学の中心課題となっている。

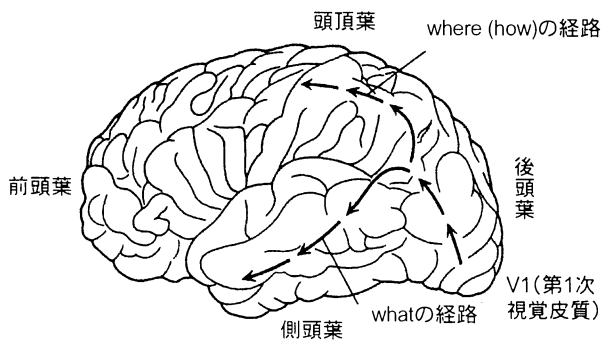


図3

脳は視覚的アウェアネスという仮想現実とテクノロジーが生みだした仮想空間を区別した上で楽しむことができる。脳がこれは自分のつくった視覚的アウェアネスであり、あれはコンピュータがつくった別の世界であることを知っているからである。前頭葉の奥にあるミステリーに満ちた領域である眼窩上皮質や前部帯状回は夢などの非現実と現実を区別する働きをもっていることが最近fMRIを用いた研究で明らかにされている。これらの領域が障害を受けると何が現実で何が仮想なのか区別できなくなるということもわかってきた。将来、脳という仮想現実マシンを超えるテクノロジーが出現するとしても、この現実と非現実を区別する脳の働きがある限り、われわれはテクノロジーが生みだした世界に埋没することはないだろう。

【略歴】

荻阪直行 (OSAKA Naoyuki)

京都大学大学院文学研究科実験心理学分野教授。文学博士。1976年京都大学大学院文学研究科博士課程終了(心理学専攻)。1977年追手門学院大学文学部専任講師、1981年同助教授、1987年京都大学文学部助教授、1994年同教授。この間、視覚の心理物理学、周辺視研究に従事。1990年以降視覚的アウェアネスやワーキングメモリにかかわる脳のニューロイメージング研究(MEGとfMRI)を京大医学研究科との共同研究を通して続けている。日本色彩学会会長。日本心理学会第64回大会会長などを務める。

専門

感覚知覚の心理物理学、意識と注意の認知脳科学。

著書論文

「周辺視の精神物理学的研究」、1978、風間書房。「感覚・行動バインディングに必要な周辺視野範囲」、館・佐藤編「バーチャルリアリティの基礎：人工現実感の設計」、p.76-86。「意識とは何か」、1996、岩波書店。「心と脳の科学」、1998、岩波書店。Cortical activity related to cue-invariant shape perception in human, 2000, Neuroscience, 98, 615-624 (共著)、Asymmetry of human visual field in magnetic response to apparent motion. 2000, Brain Research, 865, 221-226 (共著)、Localization of stimuli flashed immediately before saccade execution. 2001, Vision Research, 41, 935-942 (共著)。