

【特集 脳とVR】



特集にあたって

ゲストエディター

酒田英夫

聖徳栄養短期大学

佐藤誠

東京工業大学

大脳皮質の発達した高等動物では一般に「脳は外界を認識し、それに基づいて行動を意識的に制御する情報処理システムである。」と見ることができる。ヒトの場合にはさらに言語とそれに基づく抽象的思考の働きに大脳皮質の半分近くが使われているが、非言語的認知機能は動物と共通である。脳は長い進化の過程で、現実の世界をできるだけ忠実に神経活動として表象し記憶に貯える能力を発達させた。その一つの例が霊長類の視覚系である。

一方バーチャルリアリティー（VR）は初代会長の舘璋氏によれば、実際に存在する物の本質を実在する物を使わずに再現することを目標とする研究分野である。また新会長の原島博氏によれば、現実と機能面で実質的に変わらない「事実上の現実空間」を電腦空間内に構築することである。さらに付け加えるとすれば、構築された空間を感覚情報を介して脳がアクセスできるように表示し、マウスやキーボードの操作によって自由にその中を移動しその中にある物を動かすことによってその空間に働きかけることができるのがVRの特徴である。すなわちVRが目標とするのは限りなく現実の世界に近い情報だけの世界である。したがって理想的なVRを作るには脳が現実の世界をどのような神経情報で表象しているかを正確に知ることが必要である。

現実の世界を認識するのは主に知覚の働きである。大脳皮質の研究がまだ第一次感覚野に限られていた1960年代には皮膚や網膜や蝸牛などの感覚器の表面が感覚野に投射された部位的局在（体部位局在、網膜部位局在、周波数部位局在）が外界の表象として重んじられ、各部位で特徴抽出を行うニューロンが知覚の建築ブロックを

構成すると考えられた。HubelとWieselによって発見された視覚野の単純細胞と複雑細胞がその典型例である。スリットやエッジの傾きを識別するこれらの細胞の信号が集って物の輪郭が表象されるというのが基本的な考えである。1970年代に感覚周辺野の研究がはじまって、例えば視覚系で色と形（輪郭）と動きと奥行（立体視）が別々の領域で処理されることがわかり、各領域のニューロンの反応がそれぞれのカテゴリーの知覚により近い関係にあることが明らかになった。すなわち並列的な多数のサブシステムのそれぞれの中で階層的な情報処理が行われているのである。Zekiが発見したV4野の色符号化細胞はその典型でE.Landのレチネックス理論に合ったこのニューロンの性質は色の恒常性という知覚の現象によくマッチしている。ちなみに色は現実感には欠かせない重要な要素である。

1980年代に感覚系の研究が大脳皮質連合野にまで拡がると、もっとまとまった知覚に対応するニューロンが次々に発見された。顔に選択的に反応する側頭連合野の細胞がその典型である。同じ側頭連合野（TE野）では三角や円や十字型、星形などの図形に選択的に反応するニューロンも記録されている。頭頂連合野の一部に属するV5A/MST野では回転運動や奥行運動に選択的に反応するニューロンが記録され、オプティカルフローに反応して自己運動の知覚に関係するニューロンも記録されている。さらに最近、立体視の手がかりとなる両眼視差の勾配から平面の傾きを識別するニューロンも発見された。この様にまとまった知覚に直接的に対応するニューロンはほとんど部位的局在が失われる連合野にある。高次の知

覚ニューロンは第一次感覚野で抽出される断片的な特徴を統合してより高次の変数を抽出する働きを持っている。例えば回転運動に反応するニューロンはいろいろな方向に反応する方向選択性ニューロンの信号を集めて方向の変化を抽出していると考えられる。連合野ではさらにいろいろなカテゴリーの情報を組合せてより実際にある物に近いイメージを識別するニューロンもある。例えば赤い星形に反応する細胞は紅葉した楓の葉に反応するだろう。さらに異種の感覚を統合する多感覚ニューロンの集まっている領域が連合野の中には数多く散在している。例えば上側頭溝の周辺には視覚・聴覚・体性感覚の3種類の感覚に反応する多感覚ニューロンがあり頭頂間溝のVIP野には視覚と体性感覚の両方に反応するニューロンがある。これらの多感覚ニューロンは現実感と臨場感を生み出す上で重要な働きをしているに違いない。物が身体に近づくのを見たり、聴いたりするだけでまるで身体に触ったように感じるのはこの様な多感覚ニューロンの働きであり、バナナが美味しそうに見えるのも刃物が痛そうに見えるのも多感覚ニューロンの働きに違いない。逆に言えば多感覚ニューロンを刺激するようなVRが優れたVRといえるだろう。

現実の世界は知覚のとどく範囲を越えて広がる。動物は環境の中で自分の住むテリトリーを持っていてその範囲にある事物の空間的配置や道順を熟知している。このようにより広い世界を認識するには記憶が必要である。脳がどのようにして広い世界の表象を作り上げているかはまだほとんどわかっていない。心理学では動物が熟知している空間の表象を認知地図と呼んでいるが、それがどのような神経情報として脳の中に表象されているかはまだほとんど不明である。ロンドン大学のO'Keefe (1971) がラットの海馬で巣の中のある場所に行くと活動するニューロンを発見して「場所細胞」と名付けて以来海馬に認知地図が貯えられているという仮説を提唱しているが、それが本当に認知地図と呼べるようなものなのか未だ証明されていない。最近正常のヒトでさまざまな認知機能の局在を調べるブレインイメージングの発達によってヒ

トを被験者にした認知地図の研究が行われるようになった。このような研究にはVRが脳研究の新しい方法として使われている。ビデオ画面に表示されたバーチャルタウンの中で道順を覚えてジョイスティックを使って出発点から目標まで達する課題を遂行する時にPETで調べると海馬の活動が高まっていることがO'Keefeのグループによって報告されている。私達のグループではVRを利用した認知地図の脳内メカニズムの研究をサルで始めている。VRでステレオディスプレイ上に提示した2階建の建物の中で出発点からゴールの部屋に行く道順をサルに覚えさせその課題を遂行中に活動するニューロンを頭頂連合野とそれに隣接する膨大後皮質などで記録しようという試みである。まだニューロン記録は行っていないが、サルにVRの中のナビゲーションを訓練することには成功した。この様にVRを応用することによって認知機能の神経生理学的研究を知覚から記憶の機能へと広げることが出来る。そして現在最も難題とされているエピソード記憶の脳内メカニズムの研究にはVRが有力な武器になるに違いない。

(酒田英夫)

感覚提示装置や入力インタフェースの進歩により、VRがより高度になり、普及するにつれて、提示情報を現実近づけることが、必ずしも現実感に繋がるわけではないことが分り、脳の現実感認知の機構の理解の重要性が膾炙した。

また、VR技術の進歩と脳研究の高度化から、VR技術の脳研究への応用も始まりつつある。

今回は最先端の脳研究を行っていらっしゃる4人の先生方に、脳研究から見たVRと脳研究のためのVRについて論じていただいた。

近年の脳研究の著しい進歩には、驚くべきものがある。このまま研究が進むと、もしかしたら21世紀中に脳の働きが全て解明されてしまうのではないだろうか。

(佐藤誠)