

運動視と空間表象の成立に関する精神物理学的研究

A psychophysical research on the formation of motion perception and space representation

- | | | |
|-------|---|------|
| 代表研究者 | 東京大学文学部教授
Prof., Department of Psychology, Univ. of Tokyo
Kazuo NAKATANI | 中谷和夫 |
| 共同研究者 | 北海学園北見大学心理学研究室教授
Prof., Department of Psychology, Hokkai Gakuen Kitami Univ.
Shiro IMAI | 今井四郎 |
| | 慶應義塾大学心理学研究室(日吉)教授
Prof., Department of Psychology (Hiyosi), Keio Univ.
Shigemasa SUMI | 鷺見成正 |
| | 聖心女子大学文学部教授
Prof., Department of Psychology, Seishin Univ.
Takasi HASEGAWA | 長谷川敬 |
| | 京都大学大学院人間環境学研究科教授
Prof., Graduate School of Human Sciences, Kyoto Univ.
Yoshimiti EJIMA | 江島義道 |
| | 京都大学文学部教授
Prof., Department of Psychology, Kyoto Univ.
Naoyuki OSAKA | 宇阪直行 |
| | 東京大学教養学部助教授
Assoc. Prof., Department of Psychology (Komaba), Univ. of Tokyo
Shinsuke SHIMOJYO | 下条信輔 |
| | 御茶ノ水女子大学文教育学部助教授
Assoc. Prof., Department of Psychology, Ochanomizu Univ.
Akira ISHIGUCHI | 石口彰 |
| | 日本色彩科学研究所研究員
Researcher, Japanese Institute of Color Science
Shosuke SAKATA | 坂田勝亮 |
| | 東京大学文学部助手
Res. Assist., Department of Psychology, Univ. of Tokyo
Shin-ichi KITA | 喜多伸一 |

We had summarized traditional psychological approaches to visual perception into three models; eyeshot model, camera model, and dynamic model. Through psychophysical experiments and computer simulations on motion perception, a canvas model was proposed, which assumes information integration by unconscious attention. Our 3-dimensional space representation is a result of information reduction by the visual system through local interactions between elemen-

tary neuron-like processing units.

Human visual system of motion perception has two kinds of double structure; long range *vs.* short range motion and kinetic *vs.* biological motion. Biological motion proved a hierarchical structure just as knowledge system. Inner dialog mechanism between two arrays of composing units is essential for the adaptive information processing of our visual system.

研究目的

運動視が生物にとって生存と種の保存に関わる最も基本的な心理学的過程であることはようやく広く認識されるようになってきた。人間の眼は運動を検出する優れたセンサであり、運動視の能力は人間の知能の最も重要な基礎である。運動視は人間にとって容易であるが、コンピュータで実現するのはむずかしいという知能の代表的な例でもある。

人工的システムにとって運動視の実現がむずかしいのは、一つには従来の運動視研究に欠けたところがあったためでもある。最近の人工システムは巨大化し高機能化して人間とのインタフェースを基本から見直すことを求めている。運動視はこれからのヒューマン・インタフェースの中心的概念になるであろう。

精神物理学は心理学を実験科学として方向づけ、その基本的理念は力学的でなければならぬと指摘してきた。しかし最も力学的であるべき最も基本的な感覚知覚の研究領域で力学的アプローチが遅れたのは、その中心的研究課題である運動視の実験的研究に技術的困難があったからである。最近では小さなコンピュータでも運動視の実験やシミュレーションが可能になり、急速に新しい展開を見るようになった。

初期の実験心理学的研究では運動視の刺激パターンとして幾何学的模様を用いて見かけの機械的運動を作るものが多かった。しかし運動視が最もダイナミックなのはヨハンソンの指摘に始まる生体の特徴的な複雑な運動である。人間はもとより、原始的な視覚機能しか持たない生物であってもバイオロジカル・モーションの検出は容易であり、ここにコンピュータ・ビジョンとの違いがある。

コンピュータの眼には複雑な光景の中に隠れた生物の微妙な運動を検出・分離するのが困難であるけれど、生物の眼はこれを瞬間に検出し、種を同定し個体の微妙な特徴まで知覚する。このとき自分と相手との間に3次元の空間印象を獲得し、距離を目測して次にとるべき行動を決めることができる。こうした視覚の過程について情報処理モデルを構成し、シミュレーションと実験とを行って運動視の成り立ちを検討する。

研究経過

我々はいろいろな角度から運動視の理論的実験的研究を行い、運動視研究会での討論を踏まえて心理学評論第34巻の第1号と第2号とに運動視特集を組んだ。

その後、これを感性情報処理の視点から発展させている。心理学からの感性情報処理のアプローチは多岐にわたるが、ここでは視覚研究を歴史的に展望して眼光モデル、カメラ・モデル、動態モデルの三つにまとめ、新たに第4のモデルとしてキャンバス・モデルを提案したので報告する。

<キャンバス・モデル>

カメラやビデオカメラの後にコンピュータ・ビジョンやコンピュータ・グラフィックスの時代がきて、今、我々は再び原始に戻って視覚を考え直しつつある。人間が壁や布や紙そしてCRT画面の上に絵を描くのは、視覚系が心の中に絵を描いているのを無意識で真似た結果ではないだろうか。外界の物を見るということは心の中のキャンバスに描いた絵を見ることだ、と言うのが我々のキャンバス・モデルである。

視覚の過程は絵を描くことに喩えるなら、視覚像を保持する意識はキャンバスである。沢山の「神経もどき」のユニットからなり、ユニットは相互にネットワーク結合する。連想機能を持ち、容量

が大きく、時定数が比較的短い作業記憶である。

眼光はパレットの絵の具をたっぷり含ませたブラシである。ブラシがキャンパスの上をサッケードすると、いろいろな色が綾なして視覚像を塗上げる。絵の具とキャンパスがあってもブラシが無ければ絵は描けないが、心理学ではその役割を軽視する傾向にあった。

中心視の視角が小さいのに比べて、我々に見えている視野は視角ははるかに広い。主観的には我々が現に見ていると思っている視野は、本当は連想性機能によって刻々に想起し描き重ね描き変えているこのキャンパスの中の世界である。盲点に対応して見えないはずの部分に視野欠損がないのもキャンパスは隙間なく描き込んであるからである。網膜の周辺部位に投射されて湾曲しているはずの直線が真直ぐに見えているのはキャンパスに直線として描かれているからである。

ブラシは連想記憶に想起の手掛かりとなる比較的小さな像を与える。ブラシはそれ自体は非常に時定数の短い記憶装置であって、心理学者が注意と呼んでいるものの一つである。通常は注意というとき持続的で意図的な過程を意味するが、これは無意識的自律的過程であって、むしろ最近まで前注意と呼ばれていた知覚の初期段階に属する。これをあえて注意と呼ぶ意義は注意の原義とされるかつての統覚の機能を担うからである。統覚は今日の言葉で情報統合に相当するが、視覚や聴覚と並んで独立したチャンネルをなすと考えられた点で独特な概念であった。

絵を描くための道具立てとしてキャンパスを支える画枠と三脚も忘れてはならない。絵の中には水平垂直の座標軸は描かれていないが、絵の上下左右を規定し絵の中の世界の安定性を保証している。視空間の座標がどのように表現されているか、その安定性がどのように保証されているか、まだほとんど分かっていない。

視空間の安定が視線のサッケード運動によって乱されないのは視線のサッケードがそのままブラシのストロークではないからである。注意のサッケードと視線のサッケードとは関連するが区別しなければならない。眼球の運動によってシフトし

た網膜像は、シフトが小さいときはキャンパスの中のパタンとマッチングさせてシフトの大きさを評価できるので、シフトを補正した網膜像が得られると考えてよい。注意が動くときは眼球も追従しシフトを小さくする。注意が突然周辺視野に動いたときは網膜像のシフトが大きすぎて注意が向いた部分とキャンパスの上のパタンとのマッチングが失敗し、補正ができない。

研究成果

上述のキャンパス・モデルを軸として

- a) ランダム・ドット・キネマトグラム
- b) バイオロジカル・モーション
- c) ランダム・ドット・ステレオグラム
- d) 蚊柱錯視
- e) 水玉錯視
- f) 明暗反転錯視
- g) 運動残像
- h) 運動残効
- i) 眼球運動
- j) 選択的注意

の実験とシミュレーションを行った。(その一部はデモンストレーション用 VTR テープを作り 1993 年度日産研究発表会で報告した。) これらを総括して現在我々は感性コード論を展開している。ここでは紙面の都合で運動視の二重構造と視覚系における内部対話について報告したい。

<感性コード>

a) 運動視の二重構造

心理学には多くの二重構造論があるが、運動視についても二つの二重構造論がある。一つは実運動と仮現運動との二重構造である。ストロボの玩具による仮現運動の発見はゲシュタルト理論の引金となり、伝統的心理学の原子論アプローチを批判したのは周知のとおりである。以来、我々は常に全体論的視点と分析的アプローチとの間をさ迷わねばならない。分析による統合の考え方はその妥協的解決の一つである。

コンピュータ使用の実験が一般化してから、ランダム・ドットの刺激パタンを用いた新しいタイプの仮現運動の発見は運動視のメカニズムの研究を大きく前進している。実運動と仮現運動の2分

類はランダム・ドット・キネマトグラムによる近距離の仮現運動と遠距離にわたる古典的仮現運動との二重構造論にとって代わられたのである。ランダム・ドットは両眼立体視や運動視が視覚系のどの段階で行われるかをチェックする試験紙になっている。

もう一つは機械的運動と生物の運動との2分類である。コンピュータ・ビジョンにとって機械的運動の認識は比較的容易だが、生物の運動は複雑でむずかしいとされてきた。しかし生物の視覚にとっては生物の運動の検出は生死にかかわる問題である。静止状態では複雑な刺激配列も、運動すれば我々の視覚系は容易に同定する。生物の運動の知覚は複合した振子による運動の階層的構造の知覚である。しかし思考と同じように知覚にも階層構造が認められることが直ちに思考や知覚のメカニズムに階層構造が存在することを証明しているわけではない。

b) 内的対話

視覚系を巨大システムと見るとき、巨大システムに共通した問題がある。部分と全体の関係である。人間とロボットとの関係のように、巨大システム相互の関係は既知のコード・システムを持った知的インタフェースを介した対話であるが、部分と全体の関係はシステム内部の細胞の間のコミュニケーションであって、細胞間結合には必ずしも知的インタフェースが存在しない。多数の細胞が集成し相互作用している組織の知能は基本的には、原始において単離し独立した存在だった時からの細胞の局所的情報処理の原理を継承している。しかし集成したことによって新しく獲得した機能(知能)として細胞のもつ局所性の限界を破るものも存在する。

巨大システムの機構として階層構造を想定するのは自然だと考え、国家、人格、脳、知識などをその例として挙げたり、情報伝達の効率が階層構造で最高になることをシミュレーションで証明しようという試みがあったりした。実際には国家も脳も単純に階層構造をとっているわけでない。生物の世界や心の社会について特徴や機能を分析するとき、細胞やエージェントに強いものと弱いもの

の、奪うものと奪われるもの、があって階層的序列が認められる。しかし一般には構成要素間のコミュニケーションは双方向であって、主従や上下の表現は比喻でしかない場合が少なくない。

知識や概念などについて包含関係から階層性が定義される場合にも、その知的システムを実現する情報処理機構として階層構造をとらないものが可能であることは、例えば特徴表現ユニットの層と知識記憶ユニットの層の2層のみを仮定した調和理論の神経回路モデルで示されている(Smolensky 1986)。実際の脳は2層ではなく、はるかに複雑な広くて薄い層から成っているが、階層機能を持つ「神経もどき」のネットワーク・モデルを構成するには2層の薄層モデルが出発点として適当である。

近距離の仮現運動は局所的処理のみによって説明できるが、遠距離の仮現運動は単純な局所処理で説明できない。我々は薄い地層の中を地震波が伝播するのに似たモデルによって遠距離の仮現運動をシミュレートした。一般に二重構造の一方には単純な局所処理のモデルではなく、2組のユニット群の間で相互作用が適応的に反復するモデルが必要だと思われる。知識や知覚像はそうしたユニット配列の位置でコーディングされ相互作用の反復によって常に適応的修正を行っていると思われる。

今後の課題と発展

初期の心理学にとっては機械は人間の感覚器官や運動器官の延長でしかなかった。今日我々が対話すべき機械はかつて経験したことのない新しい知能を持った巨大システムである。人間とのインタフェースとして何が適当であるかまだ明らかでない。巨大システムと取り組みその知能を研究する新しい心理学が求められている。

最近の工学は人間と巨大人工システム間のコミュニケーションのためにいろいろなアイデアのツールを開発している。グラフィカル・ユーザー・インタフェースや仮想現実の技術は実験心理学に新しい方法を提供しただけでなく、物体や空間について新しい考え方をもたらした。技術と社会の急速な変化に呼応して心理学は新しい学

際領域を展開しようとしている。

最近の人工システムを従来の機械から区別するのは直截には素子の数の多いことであるが、前者は集積度の高い情報処理モジュールでネットワーク構造をとっている。巨大システムは人間や人間社会の喩えられることが多い。その知能の向上を期待するのは人間の子供に対するのと同じく自然である。その一方で人間の心的過程を情報処理過程と見なし人工の情報処理システムになぞらえて理解しようとするアプローチがあり、心理学の発展の大きな原動力となってきた。

機械は人間の機能を延長するものである。人間に似せて機械を作ろうというのは自然な発想であるが、実現した有能な機械の多くが人間に似ていないのは工学的発展の必然といってもよい。しかし今、新しい人工の巨大システムに求められている知的機能は必ずしも人間の知能を超えることはできない。人工システムは人間より速く正確に数値計算や論理演算を行ったり見落としや間違いがなくデータや知識の検索を行うことができるであ

ろうが、それは十分条件でも必要条件でもない。普通の人々とその感性に即して対話しながら協力して問題解決に当たることが期待されている。人間と人工的システムの両方について感性情報処理の更なる学際的研究が必要である。

発表論文リスト

- 1) 石口 彰(1991): 運動による構造復元の諸問題. 心理学評論, 34, 37-57.
- 2) 江島普通・大谷芳夫(1991): ロングレンジ仮現運動における刺激依存性と過渡型持続型チャンネルの寄与. 心理学評論, 34, 152-167.
- 3) 鷺見成正(1991): 新たな段階を迎えた運動視研究. 心理学評論, 34, 1-4.
- 4) 鷺見成正(1991): 変化する刺激の知覚的分岐を事物の恒常. 心理学評論, 34, 171-189.
- 5) 中谷和夫(1991): 運動視の計観論的アプローチとその心理学的意義. 心理学評論, 34, 193-209.
- 6) 中谷和夫(1991): 視空間は虚像. 心理学評論, 34, 316.
- 7) Nakatani, K. (1993): Big Systems and Sensibility of Space Perception. Proc. 2nd IEEE International Workshop on Robot and Human Communication, pp. 21-28.