

「視覚行動のサブシステム」から「行動のサブシステムとしての視覚」

本田仁視の「Optic flow」について

古賀一男

名古屋大学 環境医学研究所

〒464-8601 名古屋市千種区不老町1

1. はじめに

日本視覚学会 1999 年夏季大会では本田により「視覚行動のサブシステム：Optic flow をめぐって」¹⁾が特別講演として話題提供された。小田²⁾がまとめているように本田の講演の要旨は大きく二つに分けられる。最初のひとつは「視覚にはサブシステムがある」ということであり、他のひとつは「運動系に關与する視覚の重要な役割を忘れてはならない」ということであった。本田は特に後者の要点を強調するために前者の「視覚のサブシステム」の詳細な記述を行った。以下には筆者が本講演から得た知識と筆者自身の解釈や見解を羅列的にではあるが述べてみたい。

2. 視覚系と運動機能

我々ヒト、あるいは他の動物も含めて高等動物では、視覚系単独で目的とする行動を実現することが出来るだろうか。答えは明らかに「否」である。もし視覚系だけで一定のまとまった行動が可能だと考えたりするなら、コンビニエンス・ストアの万引き防止用テレビカメラと、ヒトの視覚系には何ら差異を認めることはできないことになる。では「知的な視覚というものはどういうものか」という<問>にはどのように答えたら良いのだろうか。例えば検瓶ラインに設置されたテレビカメラが、あらかじめ入力してある正常なテンプレートとマッチングを行い製造不良品を

はね出すシステムがあるとする。その動作は単純な作業ではあるがヒトの視覚を用いた行動と良く似ている。それは当たり前で、以前は作業員がベルトコンベアの前で行っていた作業そのものを、視覚にあたる部分をテレビカメラに、判断を行う知能をコンピュータに、不良品を取り除く手作業をアクチュエータに置換えているからである。「置換えただけである」と言っても一連の作業は結構知的なリンケージを持っていて、作業効率や速度はヒトを陵駕しているのだから、このシステムはこの系に限り、むしろヒトより勝れているとも言えなくはない。少し以前に無人火星探査機マーズ・パス・ファインダーに搭載された<賢いキャタピラー付き探査車>が話題になったが、これは上記のようなシステムの知的システムを一層向上させたものである。自分で火星の地表面を見て、その画像を自分で解析し、自分で行く手を選択し、自走することができるのである。「ちょっとヒトより劣るかな」と思われるのはその移動スピードくらいであったのではなからうか。大きな岩に乗り上げて絶命してしまったのはここでは大した問題ではない。ヒトが運転する車はもっとぶざまに失敗することが多いのだから。

このように知的に画像情報を解析して自らの動作を決定することが出来る機械を評価してゆくと<ヒト>と<ヒトでないシステム>

とはどこが異なるのか曖昧な線引きしかできないような気がしてくる。しかし高度な閉ループを導入した機械であっても、やはりヒトの視覚・運動協応系とはかなり異なるところがあることは言うまでもない。最も大きな違いは、順応や学習による閉回路系の変化である。最近では学習する機械もあるにはあるのだが、ヒトの学習や順応はかなり複雑であり、時には<系>に対してマイナスの効果しか与えないような局面（後述）もある。

3. OKN と行動

本田は<拡大、縮小>パターンの非対称性について、拡大・縮小する optic flow 刺激に被験者を晒した時の OKN（視性眼振）の非対称性について述べている。極めてエコロジカルな記述であるけれども、ウサギのように頭部の両側に眼球が位置しており両視野の重複がほとんどない動物では、拡大・縮小運動パターンへの OKN の非対称性が顕著に観察されるという事例が紹介された。このことは当該動物の日常活動が前進運動を中心におこなっている結果、網膜像の一定方向の運動パターンが優勢であることに起因しているのではないかと本田は述べている。この時注意しなければならないのは、ヒトのように眼球の位置が<かお>の前面についてないことに起因して OKN の非対称性が生じるのではないかと解釈している点である。つまり、ウサギが前進運動した時の OKN は、側面視野の水平動刺激によって励起されたと考えられるからである。ヒトの場合、水平方向の運動刺激に対する OKN の非対称性は通常観察されないから、このことはウサギの日常行動に起因すると結論しても良いかもしれない。このことは更に網膜から皮質視覚野にいたる神経回路からも説明可能で、ヒトであっても乳幼児期に同様の非対称性が観察されるのは、視覚野の未成熟な段階であることに起因すると本田は推測している。ところでヒトの行動は<前進歩行>が中心になっているのだろうか。実際には

ヒトの一日の行動は静止していることが多く、左右、あるいは上下に首を動かすことの方が多様な気がするのは私だけだろうか。つまりヒトの OKN に非対称性が見られないのは、前進行動が中心になっているのせいだけではなくて、左右、上下、あるいは斜め方向に網膜像が移動生成され、それが両眼共に同相であることが原因ではないかという妄想を私は捨てることができない。

4. 拡大・縮小パターン

本田は更に拡大・縮小パターンに静止刺激を継時的に重畳して呈示した時の主観的位置変位がおこる実験結果について述べている。左右両側に変位の差異は見られなかったが、上下方向にはターゲットとなる静止刺激の位置偏移到差異が観察されたが、本田はこの結果を視野の上下方向に異方性があるせいではないかと考えている。また視神経の交差、非交差による差異、交差経路の発達過程における臨界期によって様相が異なるはずであるという見解も述べている。この問題について更に突っ込んだ議論をしようとするなら、OKN をおこす動力源たる外眼筋への運動ニューロンの発達を同時に考察する必要があるのではないだろうか。視覚情報としての求心性感覚ニューロンが中枢で系を替え運動ニューロンに遠心性コマンドを与える時、十分に成熟した経路が確保されていなければ適切な供応行動は事実上不可能であることは言うまでもない。初めに述べたように、入力に対して充分に対応できる運動系の確保を確認した上で両者の協応関係を議論することが重要である。何故なら視覚性入力を実験的に操作しながら、計測する対象としては出力側の眼球運動を記録しているからである。更に両者の間には中枢という、とてつもなく広大な未知の領域が介在しているために「一体どこで何が変換され、抑制されたか」という詳細な事実関係を知ることは大変困難である。将来の研究が期待される理由はこの点にあるとも言える。

5. 重力と視覚系

他の問題点としては、拡大・縮小刺激への長時間暴露がどのような結果を及ぼすかについても検討しておかなければならないだろう。エコロジカルな環境の影響を重要視するなら、被験者が「短時間の実験室の中で示す反応は極めて微小な変化にすぎないかもしれない」という懸念は常に考慮すべき事柄であるからだ。例えば新幹線の乗務員が運転席で数時間にわたって連日長時間さらされる拡大パターンは、下車後極めて長時間にわたって後眼振を起こさせる可能性が指摘されている。実際霊長類を用いて数時間にわたる動刺激暴露実験ではそのような結果が示されている。これは果たして<順応>や<可塑性>なのかと問えば、<負の順応>であるといわざるを得ない³⁾。ここで重要なことは、日常的には統制できない環境に長時間晒されている被験者から実験室内で行なわれる比較的短時間の実験、特にヒトを用いた非侵襲的な実験条件では、実験結果の中から漏れてしまう部分があることをいつも認識しておくことが重要である。

またもうひとつの問題としては、実験条件として統制不可能な要因、例えばそれは<重力>という要因だが、これは排除できない要因であることの理由で（本当は誰もが忘れてしまっている）通常無視されているが、運動を考慮に入れるなら決して忘れてはならない要因である⁴⁾。動刺激によって励起された視性眼振は、リズムカルな眼球運動によって二次的に頭部運動を起こさせるが、この時頭部運動は前庭入力による半規管性の眼振をおこさせるはずである。視性眼振の中にはVOR成分が混入することになり、純然たるOKNの確認は眼球運動だけの記録からはいくることが出来ないことになる⁵⁾。重力環境下（地上）ではおおよそ2次元的な運動が主体だが、いったん3次元的な自由度を得た場合は、それまでの重力依存型プログラム、特に

感覚・運動協応プログラムはエラーを起こしたり不要なコマンドを発行しつづけるかもしれない⁷⁾。このような場合感覚・運動協応は破綻したと考えることもできるが、新規のコマンドやプログラムを作成するための廃棄処理を促進する過程と捉えることもできる^{8,9)}。

6. おわりに

以上のように本田の特別講演を考えてくると、視覚行動にサブシステムがあることはもちろんだが、行動のサブシステムの主要なひとつのアセンブリーが<視覚>というサブシステムであると考えられることもできる。視覚研究が受動的/能動的運動を含めた総体としての<行動>の中で組上に乗せられる時、新しい研究の局面が開かれる可能性は極めて高い。

文 献

- 1) 本田仁視：視覚行動のサブシステム：Optic flow をめぐって。 *Vision*, 11, 123-128, 1999.
- 2) 小田浩一：中心視と周辺視の機能的差異：ロービジョンの研究から。 *Vision*, 11, 183-186, 1999.
- 3) 古賀一男：眼球運動が運動視に果たす重要な役割。 *心理学評論*, 34, 93-120, 1991.
- 4) K. Koga: Day dreaming about human colonization of space should not substitute for basic research on the role of gravity on earth. *Japanese Journal of Aerospace and Environmental Medicine*, 35, 23-26, 1998.
- 5) A. Higashiyama and K. Koga: Apparent body tilt and postural aftereffect. *Perception and Psychophysics*, 60, 331-347, 1998.
- 6) 古賀一男：重力空間が我々に可能にさせていること。 *基礎心理学研究*, 16, 45-53, 1997.
- 7) 古賀一男：微小重力環境下におけるヒトの運動・知覚統合。 *宇宙航空環境医学*, 31, 40-43, 1994.
- 8) Y. Rossetti, K. Koga and T. Mano: Prismatic displacement of vision induced transient changes in the timing of eye-hand coordination. *Perception and Psychophysics*, 54, 355-364, 1993.
- 9) 古賀一男：微小重力環境下におけるヒトの運動・知覚統合。 *宇宙航空環境医学*, 31, 40-43, 1994.