

21世紀における視覚研究：実環境での知覚

北崎 充晃

豊橋技術科学大学 知識情報工学系

〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1

1. 問題設定

人間は、環境の中を常に移動する観察者である。この環境は、網膜像のような二次元の広がりだけでなく奥行きを有する三次元の世界であり、また、そこにはそれ自身移動し運動する生物や物体（以降、これを「対象」と称する）が存在している。一方、観察者も環境の中を移動しながら情報を得ている。なお、観察者の移動には、歩行等の全身移動のみならず、頭部運動や眼球運動なども含まれる。したがって、視覚入力としての網膜像には、対象の構造（形や奥行き）、対象の運動、および自己の運動に起因する成分が非選択的に流入している（順光学）。そして、環境における視知覚とは、こうして得られた網膜像（＝光流動）から、対象構造、対象運動、および自己運動を選択的に分解して知覚すること（逆光学）であると考えられる（図1；Gibson, 1950¹⁾；Nakayama, 1985²⁾）。

このように捉えることで、我々は、観察者と環境との関わり合いにおいて大局的に知覚を探求し、把握することが可能となる。それが、本稿のタイトル「実環境での知覚」の指し示すものである。一般的には、実環境下での実験・研究という場合には、コンピュータ・ディスプレイを用いずに、実際に屋外に出て砂浜に棒を立てて測定する平行アレイや大きさ知覚の研究、野原や岩肌の写真で行うテクスチャ知覚や視覚探索の研究などを意味することも多い。しかし、このような研究は

実験的統制が不十分であり、何を調べているのか、何を明らかにできるのかが曖昧になりがちである。つまり、このような研究は、研究のパラダイムを変更することなく、単に刺激を自然物にただけであり、本来よく統制された実験研究を統制不可能なものにする危険性がある。その一方で実環境と人間との本来的な関係に関する考慮に欠けている場合があるように思われる（もちろん、自然物を刺激として用いた研究のほとんどがそうであるとは考えていない。刺激として用いた自然物や実写映像に関して適切な分析を施し、考察を行っている優れた研究や、自然画像の特性・有効性を活かした実験研究も数多く見られる）。したがって、本稿では、実験を研究室の外で行ったり、刺激を実写映像にするだけというアプローチではなく、刺激としては統制可能なものを使用しつつ、対象構造、対象運動、および自己運動の間の曖昧性解決と

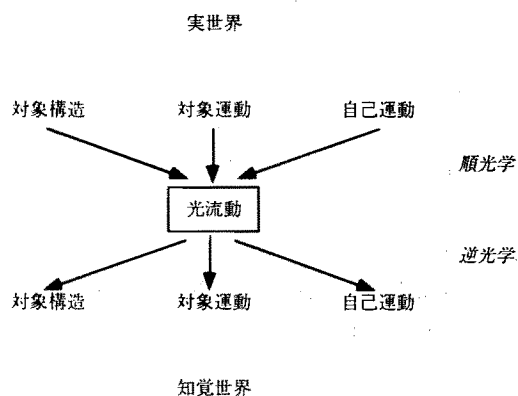


図1 環境における知覚の図式。

いう大局的観点から個々の実験の問題設定を行うというアプローチを採用している。

ただし、このような大局的問題設定は、視覚研究におけるモジュール化の流れと反しているかのように思われる。近年、視覚科学は、人間の視覚を単に「全体的ななにか」ではなく、さまざまな「独立したモジュール処理」から構成されると考えること (Marr, 1982³⁾; Folder, 1983⁴⁾) によって、飛躍的な発展を遂げてきた。それによって、研究者は問題を領域固有のものに限定して定義し、明快な理論構築、緻密なアルゴリズム作成、そして厳密な心理物理実験による実証的解明を行ってきた。しかし、本稿が主張する大局的枠組み「光流動からの対象構造、対象運動、および自己運動の分解知覚」は、決してこれらの考え方と対立・矛盾するものではない。むしろ、協調・補完しあうアプローチである。ひとつには、各視覚モジュールの問題内部で、対象構造、対象運動、および自己運動の間の曖昧性が存在している。例えば、後述する運動からの構造復元における一般的視点の効果は、運動からの奥行き知覚モジュール内部における対象構造、対象運動、自己運動の三者の相互関係から生じていると思われる。またもうひとつには、各モジュール間の相互作用によって決定された、より実際の知覚（意識にのぼった後の知覚）として、対象構造、対象運動、および自己運動の分解知覚を捉えることができる。このように各モジュール間の相互作用を研究対象とすることはモジュールに限定した研究の次のステップとして、正常な方向である。

以下、光流動からの対象構造、対象運動、および自己運動の分解知覚に関して、いくつかの研究を概観する。

2. 対象構造と対象運動の曖昧性解決における一般的視点の効果

「視知覚処理系は、観察者の視点が対象に対して偶然的な位置にあるとは仮定せず、一

般的な位置にあると仮定する」というのが、一般的視点の仮定である (eg, Nakayama and Shimojo, 1992⁵⁾; 北崎, 1997⁶⁾)。視覚処理系がこの仮定を利用しているとするなら、ある見え（網膜像）を与えられたときに、それを一般的視点からの見えとして生じる三次元光景が知覚されるが、偶然的視点からの見えとして生じる三次元光景は知覚されない。これが、知覚における一般的視点の原理である。例えば、矩形の見えが与えられたときに、紙のような四角い平面が知覚され、立方体は知覚されない。なぜなら、矩形は、四角い平面にとっては一般的見え（ほとんどの視点から見た場合にも、四角い平面からは矩形の見えが得られる）であるが、立方体にとっては偶然的見え（立方体正面の6視点からしか得られない）だからである（詳細は、北崎, 1997⁶⁾)。この原理は、観察者のリアルタイムな自己運動とはほとんど関係がない。しかし、見えの一般性（ある光景におけるさまざまな視点からの見えの生起確率）の獲得のためには、観察者がいろいろな視点から対象を観察し、光景と見えとの確率的関係を学習する必要がある。つまり、ここでは、潜在的に視点の移動（自己運動）が関与している。

ゆえに、このような一般的視点の原理が対象構造と対象運動の曖昧性解決に及ぼす効果を調べることは、本稿の提案する実環境知覚に関する大局的問題設定に合致していると思われる。運動からの構造復元 (eg, Wallach and O'Connell, 1953⁷⁾; Ullman, 1979⁸⁾) は、見えとして与えられた運動（速度）成分が光景における奥行き構造に起因するのかが対象それ自身の運動速度変化に起因するのかの曖昧性解決問題であると捉えられる。したがって、対象構造と対象運動の曖昧性解決問題として運動からの構造復元を取り上げ、単一モジュール内部における対象運動、対象構造、および自己運動の関係を検討することが可能である。筆者等は、アスペクトグラフ (Koenderink and van Doorn, 1979⁹⁾) を用いた見えの一般性推定

と心理物理実験によって、単純線分の回転、並進、および伸縮の知覚 (Kitazaki and Shimojo, 1996¹⁰⁾) と回転するランダムドット球面の奥行き知覚 (Kitazaki and Shimojo, 1999¹¹⁾) における見えの一般性の効果を確認した。また、局所的な見えの一般性が空間的に相互作用して、全体的な知覚を決定することを示した (Kitazaki, 2000¹²⁾)。例えば、光景として線分が中点を固定して回転しているところを考えると、さまざまな視点からの見えはカテゴリカルに3つに分類できる (図2)。しかし、この中で二次元の回転と伸縮を同時に含む見えからしか奥行き回転は知覚されない。そして、これはこの光景における一般の見えである。つまり、運動からの構造復元と呼ばれる低次視覚モジュールにおいても、自己運動経験を仮定する一般的視点の原理の有効性が示された。さらに、見えの空間的相互作用が示されたことは、初めて遭遇する複雑な対象に関しても、対象全体に対する見えの一般性を獲得しておく必要性はなく、少ないセットの局所的な見えの一般性を獲得していればよいことを示唆している。このことは、モジュールの独立性を考える上でも重要である。

まとめると、単一の低次視覚モジュール処理内部においても、潜在的な自己運動あるいは自己運動経験が対象運動および対象構造の曖昧性解決に貢献していることが示された。

3. 自己運動時の対象構造と対象運動の曖昧性解決

次に、実際に自己運動している観察者における対象構造と対象運動の曖昧性解決を取り上げる。速度勾配のある光流動を提示すると、観察者は対象運動と対象構造を知覚する。これは、既に述べた運動からの構造復元の問題と同型である。しかし、より単純な速度場の場合、対象運動と対象構造の知覚はかなり曖昧になる。例えば、単純な正弦波状速度勾配を単眼提示した場合、観察者の状態や意図によって、奥行き構造が知覚されたり、あるいは二次元平面上の速度変化そのものが知覚されたりする (Ono and Steinbach, 1990¹³⁾)。このことから、速度勾配からの知覚には、対象構造と対象運動知覚の曖昧性があることがわかる。一方、このような刺激を観察者が移動しながら見た場合には、避けがたい奥行き知覚印象が生じる。これは、狭い意味での運動視差と呼ばれる (Rogers and Graham, 1979¹⁴⁾)。

一般的な運動視差ディスプレイ (観察者の頭部運動をモニターし、それと同期して速度勾配が提示される装置) において、観察距離と視差がともに大きい場合、剛体的な奥行き構造の知覚以外に対象それ自身の運動も知覚されることが報告されている (Ono, Rivest, and Ono, 1986¹⁵⁾)。この対象構造と対象運動のトレードオフは、運動視差からの奥行き処理に定量的な有効範囲があるために生じていると

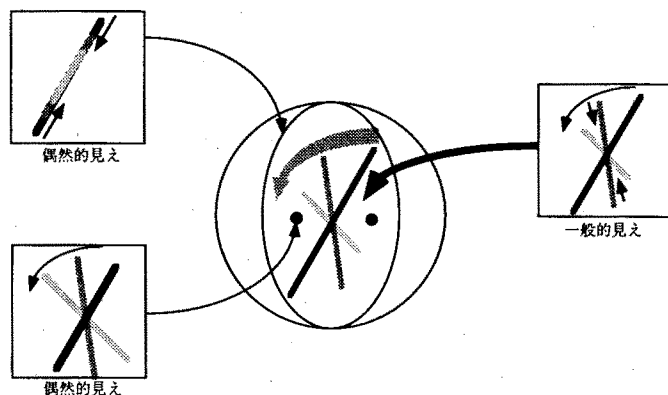


図2 回転する線分の光景と見え。三次元空間内で回転する線分のあらゆる方向からの見えは、3つの見えに分類できる。二次元の回転と伸縮を同時に含む見えが、アスペクトグラフ中のもっとも広い面積を占め、ゆえにもっとも一般的な見えである。

考えることもできるであろう。一方、動的遮蔽と運動視差ディスプレイのコンフリクト実験では、遮蔽の手がかりが強い場合には、運動視差は奥行きとして知覚されず対象運動そのものとして知覚されることが示されている(Ono, Rogers, Ohmi, and Ono, 1988¹⁶⁾)。これは、動的遮蔽からの奥行き知覚というモジュールと運動視差モジュールの相互作用として捉えることができる。そして、このようなモジュール間相互作用の場合にも、対象構造と対象運動の知覚はある程度定量的なトレード・オフ特性を示した。ただし、Ono et al (1988)¹⁶⁾は、動的遮蔽と運動視差は、それぞれ物体間の距離知覚と物体内部の三次元構造知覚とに質的に異なる役割を持つてのではないかと考察している。この考え方は、環境と観察者との関係として知覚を捉える上で重要な意味を持っていると思われる。物体間の距離の情報と物体内部の構造の情報は、単に定量的に奥行き量に差があるのみならず、観察者にとって、そのおかれた状況や文脈、意図によって異なる意味を持ちうるからである。たとえば、さまざまな障害物がある中を避けながら歩いていかなければならないとき、観察者にとって重要な情報は、物体間の距離の情報である。それによって、物体の空間的位置が把握され、また正確な自己進行方向(heading)の計算が可能になる。一方、コーヒーカップをつかもうとするときには、物体の空間的位置のみでなく、コーヒーカップの正確な形状がより重要な情報となる。このように、モジュール間の相互作用が、単に同一次元でトレード・オフとして行われているのみならず、観察者と環境との質的関係の種類に即して相互補完しているものであるなら、個々のモジュールの設計目的あるいは存在意義はより理解しやすくなるだろう。そしてそれは、知覚の大局的理解につながるものと思われる。

筆者等は、自己運動時の運動視差における対象構造(奥行き)と対象運動の曖昧性解決

を直接的に扱うために、自己運動と速度勾配を厳密には同期させない実験パラダイムを用いた。観察者は左右に頭を振りながら刺激を観察したが、速度勾配はそれとは同期していないために、頭部運動方向が反転する場合には運動視差も反転した。その際、対象構造の剛体性が保持されて知覚奥行き順序が反転するか、あるいは剛体性がくずれて対象運動そのものが知覚されるかをさまざまな構造を持つ速度勾配について調べた(Kitazaki and Shimojo, 1998¹⁷⁾)。その結果、動的遮蔽と運動透明視からは、奥行き反転は知覚されず対象運動が知覚されたが、なめらかな正弦波状速度勾配からは対象運動はほとんど知覚されず剛体表面の奥行き反転が知覚された。また、速度勾配として、矩形波、階段波、三角波、および正弦波を採用し(図3)、速度の不連続性を段階的に操作した実験を行った結果、不連続性が高い場合には、奥行き順序が固定され、対象運動が知覚されやすいことが示された。このような速度の不連続は、生態環境においてどのような意味をもつのだろうか。まず、ここでも一般的視点の原理を援用すれば、速度不連続は表面の不連続にとって一般的であり、それを知覚させると考えられる。さらに表面の不連続は物体の複数性に対応すると思われる。つまり、物体が複数あるような環境においては、運動視差からの剛体的奥行き構造は知覚されにくく、むしろ対象運動が知覚されたといえる。一方、なめらかな表面からなる単一物体の場合には、運動視差からの奥行き知覚が生じていた。これは、先に述べた Ono et al (1988)¹⁶⁾が考察した物体間距離知覚と物体内構造知覚との違いとも一致している。筆者等の結果も運動視差が物体内部の対象構造知覚により有効なことを示している。さらに、この速度不連続性を操作した実験においては、全ての条件で最大速度を等しく統制してあるために、この物体間距離知覚と物体内構造知覚の区別が、速度から計算される奥行きの定量的な違いではなく、環境の

質的な構造に依存することが示唆された。したがって、自己運動時の対象構造と対象運動の曖昧性解決には、環境における物体の複数性が重要な役割を果たしていると思われる。つまり、観察者と環境との関わり合い方（環境の文脈、観察者の意図、観察者にとっての情報の重要度など）に応じて、単一物体の内部構造に対するモードと複数物体の空間的位置関係に対応しなければならないモードとは独立に存在し、それぞれに各種モジュールがある程度割り振られているのではないかとと思われる。

4. 対象運動と自己運動の曖昧性解決における注意体制化の効果

これまで、潜在的な自己運動（一般的視点の原理）と実際の自己運動（運動視差）に関わる問題を概観してきた。最後に視覚からの自己運動知覚（ヴェクシオン）の問題を取り上げる。本稿の冒頭でも述べたが、人間の視覚処理系は外界対象の構造や奥行きを知覚するのみでなく、自己身体の運動をも知覚する。たとえば、電車に乗っていて急に動き出

したと感じたのに、実は隣の電車が動いただけだったという現象がある。あるいは、駐車場や道路で車を停めているときに、自分の車が勝手に動き出したと感じたときに、実際は近くの別の車が動き出しただけであつたという体験がある人は少なくないだろう。これらは、ヴェクシオン（視覚誘導性自己運動知覚）と呼ばれる現象である。なお、前庭系の自己運動感覚は加速度検出に限定されるので、視覚処理系は主に等速の自己運動を検出していると考えられている（e.g., Dichgans and Brandt, 1978¹⁸⁾）。

ヴェクシオンは、光流動からの対象運動と自己運動の曖昧性解決問題である。視野に提示された視運動のどれが対象そのものの運動に起因していて、どれが自己運動に起因しているかに分解する問題である。これまで、自己運動は、小領域よりも大領域（視角 30 deg 以上；Brandt, Dichgans and Koenig, 1973¹⁹⁾、中心視野よりも周辺視（Brandt, et al., 1973¹⁹⁾；Dichgans and Brandt, 1978¹⁸⁾；Johansson, 1977²⁰⁾；しかし、Andersen and Braunstein, 1985²¹⁾；Post, 1988²²⁾）、また手前よりも奥（Brandt, Wist

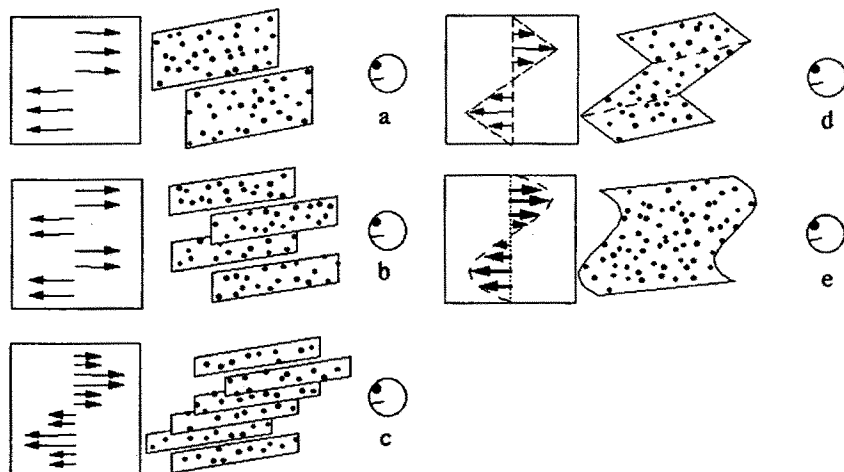


図3 速度不連続性の操作。視覚刺激として、ランダムドット運動を、a. 1周期の矩形波、b. 2周期の矩形波、c. 階段波、d. 三角波、e. 正弦波状に速度勾配をつけて提示した。上記a.~e.の左に描いたものが速度を矢印で模式的に示したものであり、右はある自己運動方向の時に知覚される奥行き構造である。このような奥行きが知覚された状態から刺激はそのまま、自己運動方向のみを反転させると、a~bでは奥行き順序が保存され、各領域がスライドするような対象運動が知覚されるが、d~eでは瞬時に奥行き順序が反転し、対象運動は知覚されなかった。cは、その中間的な結果であった。

and Dichgans, 1975²³⁾; Ohmi and Howard, 1988²⁴⁾; Ohmi, Howard and Landolt, 1987²⁵⁾)の運動成分と反対方向に生じるということが示されている。つまり、大領域、周辺視野、および奥の成分が、環境において静止した対象として仮定されており、そのなかで観察者自身が運動していると知覚される。このことは、本稿のパラダイムで捉えるなら、光流動の対象運動と自己運動の分解には、対象構造の特性(サイズ、偏心度、奥行き)が重要な役割を演じているということの意味する。特に、Ohmi, et al. (1987)²⁵⁾は、物理的に提示された奥行き順序ではなく、実際に知覚された奥行き順序がヴェクシオンの生起を決定することを示した。つまり、奥行きが実環境とは反対に知覚された場合に、実環境において奥の運動成分ではなく、知覚的に奥の運動成分が運動しているときにヴェクシオンが知覚され、それが静止しているときにヴェクシオンは抑制された。このことは、対象構造の知覚(奥行き順序)の結果が、対象運動と自己運動の曖昧性解決の結果の知覚(ヴェクシオン)に影響を与えることを意味している。したがって、ここでは対象構造、対象運動、および自己運動の三者がともに曖昧性を解決されて知覚されている。

筆者らは、この方向をさらに進めて、物理的には全く同一の視覚刺激を用いて、観察者の内的注意のみを操作し、対象構造に関する知覚的体制化の変化がヴェクシオンに及ぼす影響を調べた。

ヴェクシオンが生起するためには、一般的に大きな視野の光流動が必要である。特に、今回の目的は、ヴェクシオンの最小(最低)生起条件を調べるものではなく、付加的な注意の効果を調べるものであるから、元本となるヴェクシオン強度は大きい方が望ましい。そこで、東京大学インテリジェント・モデリング・ラボラトリーの大型没入型バーチャルリアリティ装置CABIN(廣瀬, 小木, 石綿, 山田, 1997²⁶⁾)を用いた。これは、2500×2500

mmの正方形スクリーン5面からなる立方体状の装置であり、視覚刺激は三管式プロジェクターからそれぞれのスクリーンに背面投影されている(図4)。両眼立体視提示も可能であり、三次元空間にトンネル状に配置したランダムドットを表示し回転させると、多くの被験者はまっすぐに立っているのさえ困難なほどの強烈なヴェクシオン印象を感じる。このような装置を使うことで、我々には自己運動の知覚を含む実環境での知覚を研究することが可能となる。

最初に、これまでヴェクシオンの規定要因と言われてきた物理特性(視野サイズ、偏心度、および奥行き)を同じに統制した相反運動方向刺激を用いて、自発的注意の向け方のみを操作した実験を行った(北崎, 佐藤, 1999²⁷⁾)。使用した左・右・正面の各スクリーンには、1000×1000ピクセルの解像度(垂直同期は60Hz)で視覚刺激が提示され、使用しない上・下面は暗黒に保たれた。観察者は、正面のスクリーンから2.5mの距離に立って刺激を観察した。各スクリーンは、垂直に20の均等領域に分割され、赤あるいは緑のランダム・ドット(各点サイズ2.5×2.5mm, 赤緑各1500ドット; 密度0.3%, 輝度: 赤5.1 cd/m², 緑7.4 cd/m²)が交互に配置された。赤ドットと緑ドットは、常にお互いに反対方向に上方向あるいは下方向に600mm/sの速度で運動した(図5)。被験者は、各試行

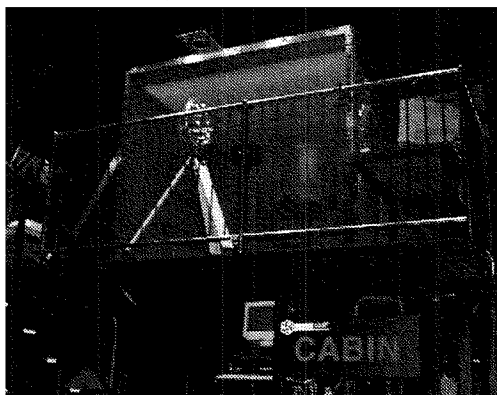


図4 CABIN. 2500×2500 mmのスクリーン5面からなる没入型バーチャル・リアリティ装置。

の始まりに、赤あるいは緑のドットの運動に注意を向けるように教示され、30 s 観察の後、知覚された自己運動の方向を報告した（上方向、下方向、わからない／動かないの3件法）。各被験者は、注意を向ける色2水準、赤緑ドットの運動方向組み合わせ2水準、色領域の配置2水準の組み合わせを3回無作為な順でくり返し、合計24試行を行った。その結果、実験の目的を知らない被験者5人全員が、注意を向けた運動成分と同じ自己運動方向を有意に多く報告した。つまり、言い換えれば、自己運動方向は、「注意を向けなかった運動成分」と反対方向であった。このことは、注意を向けていなかった運動成分が、静止した環境と解釈され、ヴェクシオンの規定要因となったことを示唆する。また、相反運動方向刺激と均一運動方向刺激を比較した実験の結果、全視野が同じ方向の運動成分で占められる均一運動刺激では、注意を向けた対象と反対方向のヴェクシオンが知覚された。なぜなら、均一運動刺激では、どの対象に注意を向けても、それと反対方向に運動する対象が存在しない（つまり注意を向けない対象というものがない）から、全体視野の運動からヴェクシオンが生じたからであろう。つまり、注意によるヴェクシオンにおいては、何かに注意を向けることよりもむしろ、

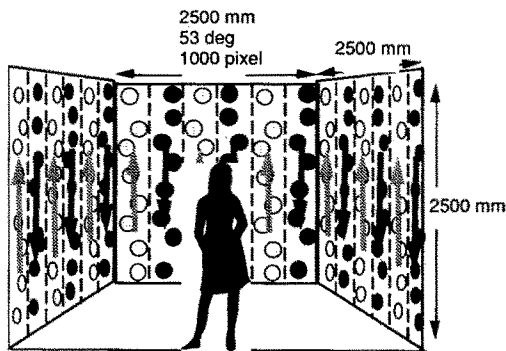


図5 自己運動知覚における注意効果の実験の刺激。赤ドットと緑ドットの間には領域サイズ、偏心度および奥行き差はなく、注意をどちらに向けるかだけが操作された。その結果、注意を向けなかった運動対象と反対方向に自己運動が知覚された。

注意を向けていない対象が存在し、運動していることが自己運動知覚には重要であることを示唆した。

なお、注意を向けているものと注意を向けていないもの違いは、図地分化による視覚体制化の問題として捉えることができる。Rubinの杯の反転図形（Rubin, 1958²⁸⁾）のように物理的に図地が曖昧な刺激は、注意の向け方により、図地分化が変化する。ある部分に注意を向ければ、それが図となり形が知覚されるが、他方は地となり形は知覚されない。また注意を向ける対象を変えれば、図地が逆転し、知覚される形も変化する（杯が知覚されたり、向かい合う顔が知覚されたりする）。同様に、今回の実験の結果も注意の向け方による図地の反転から解釈できる。つまり、自発的に注意を向けることによって図として体制化された運動成分は、実際に運動する対象として知覚されるが、地として体制化されたものは、まったく活用されないのではなく、むしろ自己運動を知覚させるものとして積極的に、しかし潜在的に視知覚処理に貢献していると考えられる。

さらに、両眼立体視定義の奥行きの効果と自発的注意の効果のコンフリクト実験を行った（Kitazaki and Sato, 1999²⁹⁾）。その結果、奥行きの効果と注意の効果の間には、必ず一方が優勢ということではなく、トレードオフがみられた。ただし、相反運動刺激に両眼視差による奥行きの差がある場合には、奥の運動によってヴェクシオンが決定されることが多く、注意の効果は相対的に弱いものであった。このことから、視覚性自己運動知覚（対象運動と自己運動の間の曖昧性解決）は、基本的には奥行きや視野サイズなどの物理的特徴によって導かれる対象構造によって影響を受けるが、物理的特徴が曖昧な場合（奥行き差がない場合など）には、内的注意による対象構造の体制化の影響を受けると考えられる。

しかし、どうして刺激の物理的特徴による

対象構造解釈以外に「知覚された奥行き (Ohmi, et al., 1987²⁵)」や「注意による体制化 (北崎と佐藤, 1999²⁷)」がヴェクシオン (光流動からの対象運動と自己運動の曖昧性解決) に影響を与えるという機能を人間の視知覚処理系が有しているのか? 刺激の物理特性による自動的な処理の方が, 注意に依存する意識的な処理に比べて, 処理も速く, 間違いも少ないはずである. それにも関わらずこのような機能があるのは, 特に刺激が物理的に曖昧で解が一意に決まらないときに, それまでの被験者と環境との間の文脈 (例えば, 直前の非曖昧な状況など) や被験者の環境に対する知識を利用した知覚を行うためだと推察される. このようにして, 自動的な処理と意識的な処理が相互に補完しあって, 観察者は, 環境と自己を知覚するのであろう.

5. 光流動からの対象構造, 対象運動, および自己運動の分解知覚は統合的に説明可能か

本稿では, 実環境での知覚を, 「光流動からの対象構造, 対象運動, および自己運動の知覚」として観察者と環境との関係の大局的問題であると定義し, いくつかの研究を概観してきた. 多くの問題が, この大局的な観点から理解できることが示された. つまり, 自己身体と外部環境との関わり合いにおいて, 私たちの知覚はその大きな影響を受けており, また積極的にそれを利用して知覚しているといえる.

しかし, 知覚の問題をこのように捉えることが科学的理解のために意味があるとしても, はたして「光流動からの対象構造, 対象運動, および自己運動の知覚」に関する統合的な理論は可能だろうか. 現時点では, それを議論するほどの実証的知見はない. しかし, おそらく, 一般的視点の原理 (eg, Nakayama and Shimojo, 1992⁵) や知覚のベイズ推定理論 (eg, Knill and Richards, 1996³⁰) のような領域固有ではない理論と, 各領域や視

覚モジュールに限定された理論・モデルの組み合わせによって, 実環境での知覚は科学的に解明されていくと思われる. あるいは, アフォーダンス (Gibson, 1979³¹) に代表される全く新しい何かによって劇的に解明される可能性もある. しかし, アフォーダンスについていえば, 未だその科学的説明力や抽象記述能力など, 現状の実証的知見との親和性が高くないことから, さらなる研究が要請されるであろう.

6. リアリティと環境

実環境での知覚を語るときに, リアリティ, あるいはバーチャル・リアリティの問題を抜きにしては語れない. リアルな知覚, あるいは我々が世界の中に存在するという実感は, どのようにして生じるのであろうか. その根本的なもののひとつは, 自分が環境の中に存在し, かつ環境が自分の外側にあると認識することである. それは, 心理学の古い問題で言えば, 「遠隔帰属 (distal attribution)」あるいは「外在化 (externalization)」と関係する. 我々は感覚器官を介してしか外界の環境世界を知覚することが出来ないが, 知覚される環境は, 感覚器官ではなく, 「そこ」, つまり外側の世界にあるように知覚される. それが, 遠隔帰属であり, このことが, 環境世界の中に自分がいるというリアリティをもたらしていると考えられる. このことをより明示的にしてくれたのが, バーチャル・リアリティ技術である. ヘッド・マウンテッド・ディスプレイ (HMD) をかぶって映像を観察するとき, 普通我々には映像世界が目の前のディスプレイ面に知覚される. それは, ソファに座って, テレビを見ているのと何ら変わりがない. しかし, 映像が遠隔地のロボットの頭部に搭載されたカメラから送られており, 観察者の頭部運動とロボットの頭部運動が同期している場合, 頭部運動をしながら観察を続けると, 自分がそのロボットの場所 (遠隔世界やバーチャル・

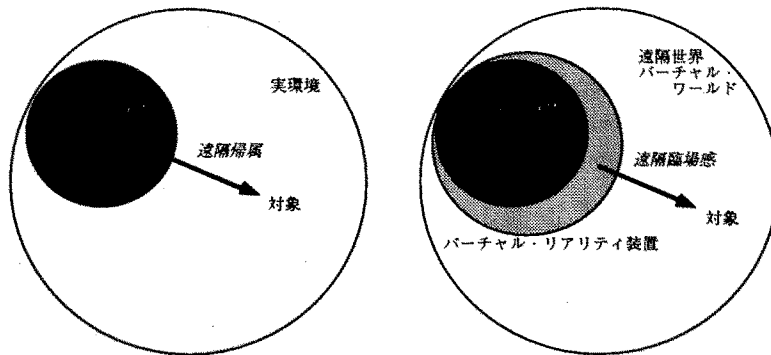


図6 遠隔帰属と遠隔臨場感。観察者は、実環境において、対象を感覚器官ではなく「そこ」に知覚する（遠隔帰属；左）。よいバーチャル・リアリティ技術において、対象はバーチャルリアリティ装置ではなく、遠隔世界・バーチャル・ワールドに知覚される。さらに、それによって観察者は「そこ」にいる感覚を得る（遠隔臨場感；右）。これが、リアリティをもたらす。したがって、実環境においてリアリティを与えてくれるもののひとつは、遠隔帰属であると考えられる。

ワールド)に居るような感覚が生じてくる。つまり、映像世界が自分を取り囲み、自分がその環境の中にいるように感じるのである。これを、遠隔臨場感 (telepresence) という。遠隔臨場感を感じる時、我々は、その環境に自分が存在しているという (バーチャルな) リアリティを感じる。このことは、普段の知覚における遠隔帰属が、仮想世界において再体験されているといえる。したがって、振り返ってみると、普段の知覚においてリアリティをもたらしているものが、遠隔帰属であると考えられるのである (図6)。

それでは、どのようなときにこの遠隔帰属あるいは遠隔臨場感は得られるのか。Loomis (1992)³²⁾ は、遠心性信号と求心性信号との連関がうまくいっているとき、かつ連関のモデルが観察者の内部に成立したときに、遠隔帰属と遠隔臨場感が生じると考察している。先に述べた HMD とロボットのカメラの例で言えば、我々は自らの頭部運動によって視点移動の遠心性信号をロボットに送り、ロボットではそれに応じてカメラが移動し、変化する画像として求心性信号が HMD を通して我々観察者に受け取られる。この頭部運動と変化する画像が規則正しく相関しているとき、我々は遠隔臨場感を体験する。しかし、頭部運動の代わりにロボットのカメラをハンドル

やレバーで動かさなければならないとしたらどうだろう。その場合には、過訓練によって、そのカメラ操作と画像の変化の連関のモデルを身につけた後にしか遠隔臨場感は生じない。同様に、普段の知覚においては、自己の運動とそれに応じて変化する光流動との連関のモデルが脳内にあることが遠隔帰属とリアリティをもたらしているだろう。この連関のモデルは、本稿が提起したパラダイムに基づけば、光流動からの自己運動の抽出に対応する。そして、それによって、同時に対象構造と対象運動の知覚が、「そこ」に感じられるのである。

実環境での知覚を研究することは、究極的にはこのような観察者 (自己) と環境との関わり合いにおいて生じてくるリアリティの機能と機序を明らかにしていくことであると思う。そして、このようなリアリティの知覚研究にとって、バーチャル・リアリティ技術は、視知覚研究における錯視のように、非常に有効な研究手段である。つまり、これからの知覚心理学においては、バーチャル・リアリティ技術そのものを研究するのではなく、それを通してリアリティの規定要因を明らかにしていくことが可能であり、望まれているのではないだろうか。

文 献

- 1) J. J. Gibson: The perception of the visual world. Houghton Mifflin, Boston, 1950.
- 2) K. Nakayama and S. Shimojo: Experiencing and perceiving visual surfaces. *Science*, 257, 1357-1363, 1992.
- 3) D. Marr: Vision. New York: Freeman, 1982.
- 4) J. A. Fodor: The modularity of mind: an essay on faculty psychology. MIT Press, Cambridge, 1983. (伊藤笈康, 信原幸弘 (訳) : 精神のモジュール形式. 産業図書, 1985)
- 5) K. Nakayama and S. Shimojo: Experiencing and perceiving visual surfaces. *Science*, 257, 1357-1363, 1992.
- 6) 北崎充晃: 視知覚研究における一般的視点の原理アプローチ. *VISION*, 9, 173-180, 1997.
- 7) H. Wallach and D. N. O'Connell: The kinetic depth effect. *Journal of Experimental Psychology*, 45, 205-217, 1953.
- 8) S. Ullman: The interpretation of structure from motion. *Proceedings of the Royal Society of London B*, 203, 405-426, 1979.
- 9) J. J. Koenderink and A. J. van Doorn: The internal representation of solid shape with respect to vision. *Biological Cybernetics*, 32, 211-216, 1979.
- 10) M. Kitazaki and S. Shimojo: The 'Generic-view Principle' for Three-dimensional-motion perception: Optics and inverse optics of a single straight bar. *Perception*, 25, 797-814, 1996.
- 11) M. Kitazaki and S. Shimojo: Three-dimensional structure perception of paired-dot and unpaired-dot spherical surfaces: the effects of the vantage point and the object's rotation axis predicted by the generic-view principle. *基礎心理学研究*, 18, 9-22, 1999.
- 12) M. Kitazaki: Depth capture by generic-view motion. *Japanese Psychological Research*, 42, 77-90, 2000.
- 13) H. Ono and M. J. Steinbach: Monocular stereopsis with and without head movement. *Perception and Psychophysics*, 48, 179-187, 1990.
- 14) B. Rogers and M. Graham: Motion parallax as an independent cue for depth perception. *Perception*, 8, 125-134, 1979.
- 15) M. E. Ono, J. Rivest and H. Ono: Depth perception as a function of motion parallax and absolute-distance information. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and performance*, 12, 331-337, 1986.
- 16) H. Ono, B. J. Rogers, M. Ohmi and M. E. Ono: Dynamic occlusion and motion parallax in depth perception. *Perception*, 17, 255-266, 1988.
- 17) M. Kitazaki and S. Shimojo: Surface discontinuity is critical in a moving observer's perception of objects' depth order and relative motion from retinal image motion. *Perception*, 27, 1153-1176, 1998.
- 18) J. Dichgans and T. Brandt: Visual-vestibular interactions: effects of self-motion perception and postural control. *R. Held, H. W. Leibowitz and H. L. Teuber (Ed): Handbook of sensory physiology, Vol. 8.* Springer, Berlin, 755-804, 1978.
- 19) T. Brandt, J. Dichgans and E. Koenig: Differential effects of central versus peripheral vision on egocentric motion perception. *Experimental Brain Research*, 16, 476-491, 1973.
- 20) G. Johansson: Studies on visual perception of locomotion. *Perception*, 6, 365-376, 1977.
- 21) G. J. Andersen and M. L. Braunstein: Induced self-motion in central vision. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 11, 122-132, 1985.
- 22) R. B. Post: Circular vection is independent of stimulus eccentricity. *Perception*, 17, 737-744, 1988.
- 23) T. Brandt, E. R. Wist and J. D. Dichgans: Foreground and background in dynamic spatial orientation. *Perception and Psychophysics*, 17, 497-503, 1975.
- 24) M. Ohmi and I. P. Howard: Effect of stationary objects on illusory forward self-motion induced by a looming display. *Perception*, 17, 5-12, 1988.
- 25) M. Ohm, I. P. Howard and J. P. Landolt: Circular vection as a function of foreground-background relationships. *Perception*, 16, 17-22, 1987.
- 26) 廣瀬通孝, 小木哲朗, 石綿昌平, 山田俊郎: 没入型多面ディスプレイ (CABIN) の開発. *日本バーチャルリアリティ学会大会論文集*, 2, 137-140, 1997.
- 27) 北崎充晃, 佐藤隆夫: 自発的注意が決定する視覚性自己運動知覚. *日本バーチャルリアリティ学会論文誌*, 4, 505-510, 1999.
- 28) E. Rubin: Figure and ground. *D. C. Beardslee and M. Wertheimer (Ed): Readings in perception.* Van Nostrand, New York, 194-203, 1958.
- 29) M. Kitazaki and T. Sato: Relationship between attentional modulation and depth-order modulation in vection perception. *Investigative Ophthalmology and Visual Sciences*, 40 (4), s805, 1999.

- 30) D. C. Knill and W. Richards: Perception as Bayesian inference. Cambridge University Press, Cambridge, 1996.
- 31) J. J. Gibson: The ecological approach to visual perception. Houghton Mifflin, Boston, 1979.
(古崎 敬, 古崎愛子, 辻敬一郎, 村瀬 旻
(訳) : 生態学的視覚論 : ヒトの知覚世界を探
る. サイエンス社, 1985)
- 32) J. M. Loomis: Distal attribution and presence. *PRESENCE*, 1, 113-119, 1992.
(北崎充晃 (訳) : 遠隔帰属と臨場感. 原島
博, 廣瀬通孝, 下條信輔 (編) : 仮想現実学への
序曲. 共立出版, 82-88, 1994.)