

自動運動現象の成立機序に関する 心理物理学的研究の展望

高橋 啓介

A review of the psychophysiological studies on the mechanism of
autokinetic illusion.

TAKAHASHI Keisuke

I はじめに

自動運動現象 (autokinetic illusion; autokinetic movement; autokinetic phenomenon) は、暗室中で静止した光点を凝視していると、物理的運動は生起していないにもかかわらず、光点の運動が知覚される現象である。これまで数多くの研究報告がなされ、運動錯視現象 (motion illusion) としてもっとも広く知られた現象の1つである。この現象に関する最初のデータは、星の観察中にその星が様々な方向に動いて見えることに気づいた天文学者 von Humbolt による1799年の観察にまでさかのぼることになる。この星の自由な運動が見かけ上のものであることが明らかになったことで、この現象は実験室的研究の対象として取り上げられることになった。自動運動現象についての最初の実験室的研究を行ったのは Charpentier (1886) で、そのために自動運動現象は「Charpentier の錯視」とも呼ばれる。

自動運動現象は膨大な数の研究の対象となり、いくつもの「展望 (review)」がなされてきた (たとえば, Adams, 1912; Carr, 1910; Crone & Verduyn Lunel, 1969; Levy, 1972; Reinwald, 1952; Royce, Carran, Aftanas, Lehman, & Blumenthal, 1966)。とはいえ、この現象は個人差が大きく、信頼性が十分に保証された測度の確定が難しいため、その成立機序を中枢系のメカニズムと対応させながら明らかにすることに多くの困難がある。こうした研究上の問題と、視覚科学における研究トピックスのクローズアップのされ方とが絡み合うことによって、1990年代以降、本現象に対して心理物理学的な検討を加える研究が急激に減少している。しかし、この現象は人間の視空間の安定性保持の機序と密接に関係している現象であることは疑いの余地がなく、古典的ではあっても、依然として視覚科学において重要な研究対象であることに変わりがない。そこで、本報告では自動運動現象に対する心理物理学的なアプローチを促進するために、これまでの本現象に対する心理物理学的研究の知見を再度概観することを目的とする。特に、Levy (1972) 以降、本現象に関する研究の展望がなされてい

ないので、Levy (1972) 以降の研究を中心にその成立機序にアプローチする諸研究について展望する。

II 自動運動現象成立機序に関する理論

1 概説

自動運動現象の成立機序については、これまで、流動現象説、感覚－緊張場の理論、自己中心的位置変位説、飽和理論、および比較相殺説の諸説が提出されている。1970年代以降は、自動運動現象を実際運動の知覚の機序に生じたエラーととらえ、自動運動現象も実際運動の知覚の一側面として、統一的に説明しようとする比較相殺説による説明が基本的な説明仮説として研究者の間では一般化している。しかし、後に詳述するように、自動運動現象を成立させる比較相殺過程でのエラーが、動眼指令信号系 (efference signal system) に由来するものであるか、網膜像情報系 (afference signal system) によるものであるかについては、未だ決着がつかない。

本稿では、まず、流動現象説、感覚－緊張場の理論、自己中心的位置変位説、飽和理論の諸説について、それらに関連する主要な実験研究を引用しつつ概観する。これらの諸説は、今日、自動運動現象の説明仮説としては、ほとんど顧みられることのないものではあるが、自動運動現象の研究史においては各々重要な意味をもっていたと評価できるし、また、理論の妥当性とは別に、個々の研究の知見は今後の自動運動現象研究において多くの示唆を与えてくれるものであると考えられる。そして本節の最後で、自動運動現象の説明仮説として、現時点で説明力、妥当性、重要性のもっとも高いものと評価し得る比較相殺説について詳しく展望する。

2 流動現象説 (streaming phenomenon theory)

Ferree (1908) は、網膜流動体の流動運動に関する観察を行い、そこで流動体を作る典型的パターンを記述し、網膜流動体の流動現象が網膜から代謝物質を除去する役割を担っていることを見いだした。Guilford (1928), Guilford & Dallenback (1928) は、この網膜流動現象が自動運動現象を説明するものと考えた。Guilford らは、網膜細胞を取り囲んでいる化学的媒質の変化や流動運動によって運ばれる粒子の映像が動くことで、視対象を凝視しているときに見かけの運動が生じるとした。Guilford らは、多くの自発的流動の観察を行い、自動運動現象の運動方向は、優勢眼の流動現象によって決まるとした。

しかし、流動現象説では、自動運動現象の生起には網膜上の生化学的現象、すなわち、末梢現象が主要因であるということになるが、このことは、自動運動現象が暗示 (Ozeki, Takahashi, & Tsuji, 1991), 教示などによる構え (Gibson, 1978; Ozeki, Takahashi, & Tsuji, 1991; Wallace & Garret, 1973), 社会的統制 (Sherif, 1935), パーソナリティおよび性別 (Allen, Sipes, & Sipes, 1973; Jain, 1985; Voth, 1941), 薬物 (Moskowitz & Sharma, 1973;

Sharma & Rattok, 1972) などの中枢系で生じる諸現象に決定的に影響されるという事実を十分に説明できない。こうした点から、流動現象説による自動運動現象の説明には重大な欠陥があるといえる。

3 感覚-緊張場の理論 (sensory-tonic field theory)

Werner (1945), Werner & Wapner (1949, 1952) は、感覚的なものと運動的なものとを結びつける共通因子は身体緊張 (tonicity) であり、知覚空間は純粋な感覚領域ではなく「感覚-緊張場 (sensory-tonic field)」であるとし、その相互依存関係を明らかにしようと試みた。そうした一連の研究成果が「知覚の感覚-緊張場の理論 (sensory-tonic field theory of perception)」である。Werner らの身体傾斜とそれに伴う知覚対象の方向定位が身体傾斜と相補的方向に偏奇する E-現象との関係を筋緊張 (tonus) と知覚の変容とによるホメオスタシスの機構で説明しようとする研究が広く知られている。

Goldman (1953) は、感覚-緊張場の理論に基づいて、身体の活動性を抑制することが自動運動現象の持続時間と運動の複雑さを増加させ、運動潜時を減少させるとの仮説を定立し、腕の完全な固定から連続的な運動までの3段階の運動状態を設定することで検証し、この仮説を支持する結果を報告している。

Miller, Werner, & Wapner (1958) は、音を聞きながら自動運動現象の観察を行い、音が低音から高音に変化すると、それに伴い上方向への自動運動現象が生じ、また、高音から低音に変化すると、それに伴い下方向への自動運動現象が生じる傾向を見だし、これは感覚-緊張場の理論を裏づける現象であるとした。

長塚 (1960a, 1960b) も、感覚-緊張場の理論を自動運動現象に適用する研究を報告している。長塚は、身体的条件が自動運動現象におよぼす効果を検討し、側臥時より直立時の方が自動運動現象の運動量が多くなり、運動方向は、頭部の回転方向や錘を持ち上げることによって緊張の惹起された体側とは反対側に偏るとの所見を報告している。この所見の一部は感覚-緊張場の理論に矛盾する。つまり、この理論からは直立時の方が身体の活動性が高いため、側臥時よりも運動量が抑制されるであろうと仮定されるからである。長塚の研究は、このように理論に矛盾する結果を見いだした点で重要である。

Comalli, Werner, & Wapner (1957) は、矢印や走っている馬・人間のシルエットなどの絵画的刺激も自動運動現象を生じ、その方向が各刺激のもつ direction dynamics と一致すると報告し、この知見も感覚-緊張場の理論を裏づけする現象であるとした。

図形のもつ方向性と自動運動現象の運動方向との関係を問題とした興味深い研究を Borresen (1973, 1978, 1982) が報告している。

Borresen (1982) は、視標刺激のもつ方向性に関わる情報の豊かさおよび性質が、自動運動現象におよぼす効果について検討した。視標刺激は情報量の水準 (低情報と高情報) と情報量の付加による意味変化の水準 (相違小と相違大) とによって4条件が設定された。統制条

件（無意味な円図形）を含めたこれら9種の視標刺激が、ほぼ同じ大きさ（3.8cm × 2の方形に入る大きさ）の白色の線図形として呈示された。40名の被験者が2群に分けられ、完全暗室において5分間の閉眼による暗順応後、観察距離1.8mから各視標刺激の自動運動現象を観察した。被験者には、自動運動現象の開始、停止、運動方向の4方向（上下左右）を口頭で実験者に報告することが求められた。この報告から運動方向および運動潜時が測定された。

その結果、高情報の視標刺激は、視標刺激が示す方向への自動運動現象を促進させた。しかし、情報内容の相違の大きさは自動運動現象に何らの影響もおよぼさないことが示された。

感覚－緊張場の理論の立場からの自動運動現象研究は、Levy (1972) の指摘する通り、運動方向の予測には若干の示唆を与える点は評価できる。しかし、感覚－緊張場の理論の検証研究自体にも矛盾する結果が多く報告されていること、また、この理論からの自動運動現象研究は、自動運動現象の成立機序を明らかにすることが目的とされていない点で条件分析が不十分なままとなっている。より本質的には、感覚－緊張場の理論は、知覚と筋緊張 (tonus) とがホメオスタティックな関係を成立させる背景として共形態を仮定している。しかし、知覚と筋緊張との間に成立する有機的な相互作用の機序として共形態を想定するのは、今日の中枢における機能の相互作用に関する知見に較べて素朴すぎると考えられる。この理論は前庭系機能と知覚座標系との関連性について大変興味深い示唆を与えるものではあるが、今日の中枢系の機能、機構に関する知見によって再構成される必要があると考えられる。さらにまた、この理論では自動運動現象が生じた後の運動方向、その変化、運動範囲がどのような要因によって影響されるのかという点については依然として有力な仮説の1つであるが、自動運動現象がなぜ生じるのかについては説明力をもたない。

4 自己中心的位置変位説 (apparent shift in egocentric position theory)

Brosigole (1967) は、観察者が暗黒視野環境に置かれた際に自発的に生じると仮定される自己中心的位置の変位 (apparent shift in egocentric position) によって自動運動現象が生じると仮定した。どのような理由であれ、もし観察者が静止光点を凝視している間に位置の変位を体験すれば、光点は動いて知覚される (Brosigole, 1967; Jordan, 1968)。

Brosigole (1967) は、観察者が自己の空間的位置の変化を知覚したのと反対方向への自動運動現象が生起することを報告している。また、静止光点とそれを取り囲む大きな方形の枠組みに対する相対的移動が、その枠組みを取り外したときに中央に戻ろうとする小さな眼球運動 (drifts) を生じさせ、結果として光点が左右に動いて見えることを報告している。この所見から、静止光点の変位が惹起される理由は、枠組みの移動によって生じる前額平行面の見かけの変位によるとする。また、枠組みが消失したときに光点が物理的前額平行面に戻ろうとする見かけの drifts は、見かけの自己中心的位置の相対的な変位の結果であると説明する。

Brosigole のこうした物理的前額平行面に戻ろうとする drifts に関する報告は、「もし、身体

の変位の知覚が自動運動現象の原因であるならば、自動運動現象は、自己中心的位置の変位の方向と同方向に生じるべきである。というのは、観察者が移動したときに、光点が網膜上を実際に移動しないのであれば、こうした不一致は、観察者と同方向の運動として知覚されるべきであるから (Mack, 1986)。』という指摘に対する反証ではあるが、Brosgole の報告を支持する追試はほとんど報告されていない。Mack (1986) は、この仮説では、視標刺激と同一視野内に付加図形を挿入すると自動運動現象が極度に抑制される事実を説明することが難しく、また、自動運動現象を説明するために、暗黒視野におけるわずかな観察期間の内に自己中心的位置の変位が生じることを仮定する必然性はないと述べている。Brosgole の自己中心的位置の変位が自動運動現象の生起に何らかの形で関与しているとしても、一旦、自動運動現象が生起した場合の運動方向の変化の多様さ、運動の持続、運動範囲の大きさをこの仮説で説明することはきわめて困難であると考えられる。

5 飽和理論 (satiation theory)

飽和理論 (satiation theory) は、図形残効 (figural after-effect: Gibson effect) に関して提出された Köhler & Wallach (1944) の理論である。Köhler らによると、先行図形の凝視がそれに対応する大脳皮質の部位に図形電流を生起させる。そして凝視の持続による電流の分極作用によってその付近の媒質の抵抗値を高める。これを飽和という。その結果、後続して呈示される図形の定位が変位するという考えである。

Crutchfield & Edwards (1949) は、以下の実験を行い、自動運動現象の説明に飽和理論の適用を試みている。

先行刺激として半円弧の図形を呈示し、一定時間の凝視が、後出する光点の自動運動現象におよぼす効果について検討した。手続きは、①各被験者の自動運動現象の優勢運動方向と、運動範囲とを測定し、②半円弧 (半径 4 inch, 幅 5 mm, 明るさが小光点のほぼ 2 倍の光図形) を優勢運動方向側、あるいは、反対方向側に呈示し、それを被験者に凝視させる。③先行図形除去後、再度直径 1 mm の小光点を先行図形の中心部から 1 inch 内側に呈示し、運動の方向、範囲を測定する。観察距離は、15feet。被験者は次の 4 群に分けられた。I 群: 優勢運動方向側に呈示された半円弧を 140 秒間凝視し、先行図形消失後 5 秒後に呈示される小光点の自動運動現象を観察し、運動の方向と範囲とを口頭報告する。II 群: 優勢運動方向の反対側に先行図形が呈示される。以下は I 群と同様。IV 群: 優勢運動方向側に呈示された先行図形を左眼で観察し、小光点は右眼で観察。以下は I 群と同様。IV 群: 統制群で、140 秒後の暗黒視野観察の後、小光点の自動運動現象を観察する。その結果、①先行図形の凝視は運動範囲の著しい縮減をもたらすが、それは急激で一時的である。②この運動範囲の縮減には図形残効と同様の両眼間転移が生じる。③先行図形の呈示位置による運動範囲の縮減に差はない。④運動方向への影響は認められない。の 4 点の所見が得られた。

さらに、Edwards & Crutchfield (1951) は、上記 4 群に、V 群: 優勢運動方向側に呈示さ

れた先行図形を60秒間凝視。VI群：優勢方向反対側に呈示された先行図形を60秒間凝視の2群を加えて実験を行った。その結果、V群で有意な運動範囲の縮減が生じたのに対し、VI群ではそのような効果が認められなかった。このことから、先行図形の呈示位置が、自動運動現象に影響を与える可能性が示唆されたが、運動方向に関しては何らの効果も認められなかった。

以上から、Edwardsらは先行図形の凝視は一時的な図形残効を惹起させるために、図形付近に呈示される小光点の運動が知覚されるのであり、また、運動の範囲の縮減が一時的であるのは、飽和が時間とともに消失するためであり、凝視時間による差は、長時間凝視が広い範囲の強く一様な飽和を惹起するためであると説明した。

Livson (1953) は、Köhlerの心理物理同型説の妥当性を自動運動現象課題において検討した。彼は、Crutchfieldらの研究結果から自動運動現象には中枢過程の関与が示唆され、したがって、自動運動現象も仮現運動も皮質過程で媒介されると仮定し、次の実験を行った。

手続きは、①自動運動現象の運動範囲を測定し、②4種の時相（最適時相・同時の時相・継時的時相・同時時相）での仮現運動を被験者に観察させ、③再度、自動運動現象の運動範囲を測定した。その結果、最適時相条件（ β 運動）での観察後には、自動運動現象の運動範囲がもっとも縮減し、その他の時相条件（ β 運動を生じない条件）では、運動範囲に何らの影響も認められなかった。このことから、現象と皮質事象との間には対応関係が認められたと結論している。

Lehman (1965) は、「飽和は凝視中に生じる眼球運動の結果として皮質上に生じ、最大変位点をもつ。眼球運動によって光点が最大変位点付近にあるときに、もっとも多く自動運動現象の報告がなされる。」と考え、眼球運動により推測される皮質上の飽和の布置の理論曲線と、自動運動現象報告の頻度曲線とは有意な相関にあることを見だした。Lehmanの飽和に関する理論的分析は、飽和を惹起させるために十分な観察時間を被験者に与えることにより、大きな眼球運動が自動運動現象の開始と結びつくことを予測させ、実験的に確認されている。

以上のように、先行図形の凝視が少なくとも自動運動現象の運動範囲を縮減する効果をおよぼすことが確認され、それは、自動運動現象の成立、あるいは自動運動現象を維持する機構に中枢過程が何らかの形で関与していることを示唆している。そして、それはKöhler & Wallach (1944) の飽和理論によって説明が可能である。

しかし以上の報告に対し、Conklin (1957) は自動運動現象における飽和理論の妥当性を検討し否定的な見解を提出している。Conklinは、Köhlerの説によると、自動運動現象も視覚投射領域における図形電流によって決定され、光点を凝視することによって生じる図形電流は、分極作用と電氣的緊張により皮質媒質の誘導性を減少させる。そして一定の潜時の後、図形電流は抵抗のより少ない、新しい回路へと流れると仮定される。これが自動運動現象の成立機序ということになる。しかしConklinは、以上の仮説が成立するためには、以下の前提が必要となるとする。すなわち、①皮質領域は半永久的で不規則な飽和状態にある。②眼

球は生理的な震盪のために一定の凝視を保つことができない。そのため、視覚皮質では非対称的で飽和的なインパルスの分布を生じる。そしてもしこれらの仮説が妥当性をもつならば、皮質飽和の生じ方を体系的に操作する実験条件は、自動運動現象の運動範囲や方向に変化をもたらすはずである。この仮説のもとに Conklin は以下の実験を行った。

視角 3° 、 6° 、 9° の円と正方形（線および面図形）を先行刺激として1分間凝視した後、16秒間自動運動現象の観察を行い、追跡法によって、運動の潜時、速度、方向を測定した。その結果、先行刺激の変化による効果は認められなかった。このことから Conklin は、自動運動現象の説明として飽和理論を導入することに対して否定的な立場を取り、より末梢的な要因の重要性を主張した。

Crutchfield らの研究は、自動運動現象の成立機序が中枢過程の機構にある可能性を示唆した点で重要である。しかし、飽和理論は基本的に図形知覚の機序の仮説として提出されたものであり、しかも Köhler らの想定した生理過程は、今日の神経生理学の知見から著しくかけ離れること、また、今日、仮現運動は実際運動を説明する理論によって不完全ではあるが、かなりの部分が説明できることが指摘されており（相場, 1982; 鷺見, 1970）、自動運動現象も実際運動を説明する仮説によって説明されるべきであると考えられる。こうした点からは、飽和理論による自動運動現象の説明には、根本的な問題があると言わざるを得ない。

6 比較相殺説

運動知覚を考える場合、流入 (inflow) と流出 (outflow) との2側面を考慮する必要がある。流入とは、空間の一点を注視したままの状態のとき、別の動く対象が目の前を横切ったときに生じる網膜像の動きのことである。この網膜像の移動が中枢への入力となって、運動知覚が生じる。一方、流出とは動く対象を追視した場合で、この場合、網膜像はほとんど静止して動かないにもかかわらず観察者は流入と同様の運動印象を知覚する。これは眼球が動くことによる自己受容器感覚か動眼指令信号かのいずれかが中枢への入力となっていると考えられるが、自己受容器感覚はその感受性から実際の運動知覚にそれほど利用されているとは考えられない。したがって、動眼指令信号が運動知覚の入力として利用されていると考えられる。

自動運動現象の成立機序を考える際に、上述の実際運動の知覚の機序との関係で論じようとする立場がある。その1つは、Helmholtz (1911, 1962) の外眼筋の運動指令と網膜からの運動情報との相殺によって視空間の安定性が保たれるとする流出説 (outflow theory) に基づく立場であり、もう1つは、流出説をさらに発展させ、流入情報を動眼指令による眼球運動によって生じる再帰性求心情報 (reafference) と、たとえば、指で眼球を直接動かすなどの他動的な眼球運動によって生じる外因性求心情報 (exafference) とに分け、再帰性求心情報は、遠心性の動眼指令のコピー (efference copy) と相殺されるが、外因性求心情報は相殺されずに中枢に送られる。こうした機序によって視空間の安定性と運動知覚とが成立する

という Holst & Mittelstaedt (1950) のリアファレンス理論 (reafference theory) に基づく立場である。

Helmholtz (1911, 1962) の outflow theory に基づく自動運動現象の説明では、自動運動現象が、動眼指令信号 (efference signal) の欠如に由来するものと考えられる。すなわち、動眼指令信号と網膜像信号 (afference signal) の比較相殺過程において、検出されない不随意の眼球運動によって生じる網膜像の運動が、眼球運動が efference signal として検出されないために、結果として、視対象の空間的運動に帰属されてしまうことによって自動運動現象が生じるとする仮説である。

自動運動現象における眼球運動の役割に関する研究は、膨大な数に登る (たとえば, Adams, 1912; Carr, 1906; Charpentier, 1886; Guilford & Dallenbach, 1928; Jordan, 1968; Lehman, 1965; Lyubimov, 1976; Matin & MacKinnon, 1964; Skolnick, 1940)。

初期の研究については Skolnick (1940) が展望している。自動運動現象は古くから凝視中に生じる不随意的 drifts によって生じると考えられてきた (Matin & MacKinnon, 1964)。自動運動現象における眼球運動の量化を最初に試みたのは、Guilford & Dallenbach (1928) であった。Guilford らは、眼球運動と自動運動現象との関係を panoramic camera で角膜反射を撮影することで検討した。この panoramic camera は、角膜から 7 mm の光屈折を伴う 1° の凝視点のズレを記録するものである。その結果、両者間に一義的な関係は見いだされず、眼球運動は自動運動現象の本質的条件ではないと結論した。この点については後述の Gregory (1959) によっても確認されている。

一方 Skolnick (1940) は、Guilford らの実験に対し、自動運動現象は垂直方向の運動が多いにもかかわらず、水平方向の眼球運動しか測定されていないこと、また測定装置の感度が低く、速い眼球震盪が記録されていないことの2つの問題点を指摘した。Skolnick はさらに感度の良い装置を用いて、Guilford らに類似する実験を行ったところ、実験的に誘発された回転性眼震盪や温度性眼震盪に伴って生じる自動運動現象とそうでない自動運動現象とは非常に類似していることから、自発的な眼震盪と自動運動現象とは密接な関係にあるとした。さらに、焦点ガラス上の角膜反射から実験者が眼震盪を直接に観察すると、偶然以上に自動運動現象の運動方向が予測できることから、outflow theory は自動運動現象の説明仮説として有力であろうとしている。

Lehman (1965) は、ophthalmograph を用いて眼球運動を記録し、次のような結果を得た。①大きな眼球運動の発生の250m 秒後に自動運動現象の報告があることから、大きな眼球運動は自動運動現象の開始と関係があると考えられる。②自動運動現象の停止回数や運動方向の変化とも一貫した関係が認められる。その一方で、自動運動現象の報告とは無関係に大きな眼球運動が記録されることがあり、また、図形観察の後は自動運動現象の運動範囲が縮減すること (Crutchfield & Edwards, 1949; Edwards & Crutchfield, 1951; Livson, 1953) などから、自動運動現象の成立は眼球運動のような末梢的な機序による説明だけでは不十分であり、

自動運動現象において眼球運動は本質的な役割を演じてはいるが、唯一の要因とみなすことはできない点を指摘している。

outflow theory に大きく貢献したのは、Matin & MacKinnon (1964) の優れた研究である。

Matin らは、レンズを用いて水平方向の drifts に伴う網膜像の水平方向の移動を抑制することが、水平方向の自動運動現象を有意に抑制する事実を報告した。これは、不随意的な眼球運動 (drifts) に伴う網膜像の移動が、自動運動現象を成立させていることを示すものである。Matin らは、この結果の神経生理学的基礎を Hubel & Wiesel (1962) の研究に求めている。

以上の諸研究から、不随意的な眼球運動が自動運動現象に重要な役割を演じている可能性が示唆されてきた。しかし、この仮説では説明できない事実も報告されている。例えば、saccades によって抑制される非常に微細な drifts が、どのように滑らかで連続的な自動運動現象を生じさせるのか。また、中心窩網膜残像が視標刺激とともに自動運動現象を生じるといふ報告 (Gregory & Zangwill, 1963; Levy, 1973) はこの仮説で簡単には説明できない。また、Mack (1986) が行った Matin らの追試では、Matin ら (1964) の結果とは逆、すなわち、網膜像の移動を抑制した方向に自動運動現象が促進されるという結果が見いだされている。

Wallace & Hoyenga (1978) は、自動運動現象の成立がモニターされない眼球運動による流入の error 信号によるのか、動眼筋に送られる遠心性信号の noise によるのかを決定するために、プリズムによって側方に偏向された視標刺激を凝視することによってもたらされる眼筋緊張が、自動運動現象の運動方向の変化回数におよぼす効果について検討した。25名の心理学専攻大学生が完全暗室において自動運動現象の観察を行った。視標刺激の大きさは視角 0.1° 以下で、黄色の光点であったが、実験条件によってその大きさが異なる。実験条件はプリズムの強度を 0, 10, 20, 30dioptr に変化させることで設定され、30dioptr のプリズム条件での視標刺激の大きさは視角 0.3° であった。被験者に与えられた課題は、25分間の赤色ゴーグルによる暗順応の後、各条件での自動運動現象の観察を60秒間行い、その間の自動運動現象の運動方向、および運動方向の変化について実験者に口頭で報告することであった。

以上の実験の結果、プリズムによる偏向が強くなるのに伴い、自動運動現象の運動方向の変化が抑制される傾向が認められた。この結果から、Wallace らは、プリズムによって惹起された眼筋の緊張が、流出モニター系における noise を増大させ、反応信号の相殺が検知される。このことが自動運動現象の運動方向の変化を抑制させるのであり、これは Helmholtz の outflow theory に基づく自動運動現象の説明を支持するものであると結論した。

Post, Leibowitz, & Shupert (1982) は、自動運動現象の視標刺激と同一の視野内に第2の刺激を呈示し、視標刺激から第2の刺激までの距離 (偏心度) の関数として自動運動現象の抑制効果を検討した。10名の被験者の優勢眼を決定し、各々の眼の休止位置を残像を用いて測定し、そこに自動運動現象の視標刺激 (red LED) が呈示された。観察はすべて単眼視で行われた。試行は27試行で、そのうち24試行は、第2刺激が、視標刺激の呈示位置より下方

視角 22.5° の水平軸上に、側方偏奇量、1, 5, 10, 20, 30, 40, 60° の位置で、1.5～0.5秒の on-off で点滅呈示される。偏奇方向は右眼優勢者の場合は右方向に偏奇させ、逆の場合もこれに準じた。残りの3試行は、第2刺激を呈示しない統制条件であった。これらの試行は、第2刺激の呈示がランダムになるよう配置された。被験者に与えられた課題は、1Hzのメトロノームを聞きながら自動運動現象を観察し、試行終了後、自動運動現象の持続時間をメトロノームの鳴った回数によって実験者に報告することであった。その結果、第2刺激が 1° の偏奇で呈示された場合、自動運動現象は50%抑制されたが、偏奇が大きくなるのに伴い、抑制率が低下した。Postらは、自動運動現象の fixational stability model (Dichgans, et al, 1977) を引用し、この結果は、自動運動現象が凝視の不安定性によりもたらされるものであることを示唆しており、凝視の不安定性は、前庭系あるいは動眼系の自発的活動と関係しており、それが網膜像の動きあるいは凝視の保持に何らかの影響をおよぼす。こうしたことが静止対象の見かけの動きの知覚を惹起すると結論した。

reafference theory は、動眼指令信号 (efference signal) が実際には出力されていないにもかかわらず、出力されたとの error が efference copy に生じ、実際には眼球運動が生じていないため相殺されるべき網膜像の運動情報 (afference signal) が存在しないことによって、結果的に efference copy の error が視対象の運動に帰属されてしまうことによって自動運動現象が生じるとする考えである。

これは、Holst & Mittelstaedt (1950) の比較相殺説 (reafference theory)、あるいは、Sperry (1950) のコロラリー発射 (corollary discharge) に基づく仮説で、自動運動現象は求心性信号 (afference signal) の欠如により生じるとする仮説である。outflow theory が、眼の不随意的 drifts によって生じる網膜求心性信号 (網膜像運動) に基づく仮説であるのに対し、reafference theory は、凝視中の眼の安定性を保持するのに重要な役割を果たしている遠心性制御信号に基づく仮説であり、通常、実際の眼球運動とは無関係である。

自動運動現象の成立因を凝視による付帯的な緊張によるとしたのは、古くは Charpentier (1886) である。そして、この眼筋緊張説によって自動運動現象の説明を明快に行ったのは、Carr (1906) である。Carr は一方に強く偏向した眼で光点を観察すると、自動運動現象は通常その偏向と同方向に生じ、その偏向の持続時間がごく短時間であれば、自動運動現象は、初め偏向とは反対の方向に生じ、次いで同方向に生じるという結果を得た。さらに、実際の眼の偏向がなくても、意志的に惹起された眼筋緊張が自動運動現象の方向に影響することを見いだした。このことから Carr は、動眼筋のどのような疲労も、また、緊張による不均衡も眼の安定性を保持するための制御信号の変更を必要とし、網膜像の移動には随伴しないこれらの信号が眼の安定性を保たせるので、凝視した光点の運動が生じるとした。

Carr のこうした説明は、眼窩中の眼の位置が自動運動現象の運動方向を決定することを見いだした Adams (1912)、眼筋の疲労が自動運動現象を促進するとした Davis (1952)、単眼視による筋緊張の惹起が自動運動現象の方向に影響することを見出した Crovitz (1962)、そ

の後も, Craske & Crawshaw (1973), Hoyenga & Wallace (1978), Levy (1973), Lyubimov (1976), Vaegan (1976), Wallace & Hoyenga (1978) によって支持する実験結果が報告されている。

この説に関してきわめて重要な報告を行ったのが Gregory & Zangwill (1963) である。Gregory らは、一方に30秒間眼を強く偏向させた後、小光点を中心視で凝視すると、すぐに自動運動現象が生じ、その運動方向は、最初の30~40秒間は眼の偏向方向とは反対側で、その後向きを変えることを見いだした。この事実は、自動運動現象が小さな光点を凝視し続けることによって、動眼指令信号のモニタリング・ループに順応が生じ、コピー信号の持続的流れが歪められることで生起することを示唆しており、reafference theory を支持するものである。

Hoyenga & Wallace (1978) は、検出されない不随意の drifts が、静止光点の網膜上の移動を生み、これが自動運動現象として知覚されると考え、以下の手続きにおいて検証している。

116名のボランティアの学生を用い、第1実験では光点の強度(0あるいは30diopeters)と、光点の色(青緑あるいは黄色)について、第2実験では、観察角度(0° あるいは 60°)、光点の大きさ(直径視角 0.1° あるいは 1.0°)が自動運動現象の運動方向変化におよぼす効果について検討した。

被験者は、赤色ゴーグルによる暗順応後、観察距離2 mから60秒間の自動運動現象の観察を行う。被験者に与えられた課題は、自動運動現象についての運動の方向、停止、再開などを口頭で実験者に報告することであった。実験者は特に運動方向の変化について検討した。

その結果、小さくて(視角 0.1°)暗い光点、および黄色い光点は、運動方向の変化回数が多く、また、観察角度は、 0° より 60° の場合、すなわち、網膜像の動きを大きくする条件では、運動方向の変化回数が減少した。

これらの結果から、小さく暗い光点によって求心性信号の error を多くし、また観察角度の増大は、遠心性信号の noise を増加させることが、自動運動現象の運動方向の変化回数に影響を与えたと考えられる。

Craske & Crawshaw (1978) らは、自動運動現象は動眼系における eye-in-head の位置のモニターに関係した noise により生じることを示唆するために、輻輳(convergence)の減少は眼の位置に関係した信号の程度を弱めるので noise 信号がより効果を増し、その結果として自動運動現象が促進されると仮定し、以下の実験により検証を試みた。

24名の大学生に、オシロスコープによって呈示される視標刺激の自動運動現象を完全暗室において観察させ運動潜時を測定する。被験者には予め実際運動によるデモンストレーションを行い。これは実際運動の観察における反応時間の実験であると教示する。

オシロスコープ上の視標刺激は、被験者の前額平行面上で眼の高さに調整されており、明るさは被験者によるマッチングで十分明瞭であると判断される明るさに調整された。観察距

離条件は0.7m, 1.4m, 2.8m, 5.6mの4条件で、オシロスコープ上の視標刺激を投射する鏡の位置を変化させることで調整された。被験者に与えられた課題は、光点が動き出したらできるだけ早く反応ボタンを押すことであり、このボタンが押されると視標刺激が消えるようにセットされている。この実験の結果、観察距離が長くなることによって輻輳が減少されると、自動運動現象の潜時が早くなることが確認され、仮説が支持された。

Leibowitz, Shupert, Post, & Dichgans (1983) は、自動運動現象におよぼす偏向凝視の効果を以下の2つの実験において検討した。

〔実験1〕

30名の被験者の優勢眼を決定し、その眼の休止位置 (resting position) を決定する。その後被験者は、スクリーン上の光点 (LED) の自動運動現象を観察するよう求められた。光点の呈示位置は、その被験者の眼の休止位置、およびそこから上下左右へそれぞれ視角 22.5° 離れた位置の5条件であった。被験者は1 Hzで鳴らされるメトロノームを聞きながら自動運動現象を観察し、試行終了後実験者に口頭で運動方向、および持続時間を報告した。

〔実験2〕

30名のナイーブな被験者について実験1と同様に優勢眼の休止位置を測定し、自動運動現象の観察を求めた。実験条件は、自動運動現象の視標刺激の呈示位置が眼の休止位置より右、あるいは左へ視角 22.5° , 40.0° , 60.0° 離れた3条件で (優勢眼が右眼の場合は右方向に呈示され、逆の場合はこれに準じた)、自動運動現象の観察について被験者に与えられた課題は実験1と同じであった。

以上の2実験の結果、偏向の程度が緩やかな観察条件では、自動運動現象の報告に偏向凝視の効果がまったく認められず、解剖学的限界に近い偏向の場合にのみ自動運動現象の運動方向が偏向側に偏ることが見いだされた。この結果から、Leibowitzらは自動運動現象における refference theory および outflow theory の妥当性について検討し、彼らの示したデータは、いずれの仮説によっても説明されることを認めた上で、先行研究を引用し、遠心性仮説を支持する意見を述べている。

Lackner & Zabkar (1977) は、視標刺激に関する位置情報が自動運動現象に与える効果について、各々19名の被験者を用いた以下の2つの実験によって検討した。

実験1では、視標刺激の呈示装置を手で握るH条件と、視標刺激を単に視覚的に観察するL条件との2条件が設定された。いずれの条件も2つのセッションからなり、第1セッションはフット・ペダル反応により自動運動現象の潜時と持続時間が、第2セッションではジョイスティック反応により運動方向と範囲が測定された。観察距離は、予め視標刺激呈示装置を被験者が手で握れる距離が測定され、設定された。いずれのセッションも60秒間であった。被験者は5分間の暗順応の後、それぞれのセッションに応じた課題を各3回行った。

実験2では、実験1の第1セッションとまったく同様の条件で、自動運動現象観察時の被験者のEOGが測定された。その他の手続きは実験1と同様であった。

この結果、自己受容器感覚に基づく視標刺激の位置情報は、潜時を増加させ、運動範囲、持続時間を縮減させるといった抑制効果をもたらすことが見いだされた。さらにこうした効果はL条件よりH条件の眼球運動が大きいことから、自己受容器感覚に基づく位置情報は、凝視保持の抑制に有効であり、凝視の安定性が高められることにより自動運動現象が抑制されると結論づけ、これを Gregory (1958) の結果を支持するものであるとした。

しかしこの研究に対しては、Winterson & Steinman (1979) による追試が否定的な結果を報告している。Winterson らは、自己受容器感覚による視標刺激の位置情報が自動運動現象、あるいは眼球運動を抑制するといった事実は認められず、Lackner らの眼球運動のデータは瞬目などによるアーチファクトであろうとして棄却し、この結果は Gregory (1958) の説よりはむしろ Matin & MacKinnon (1964) の説を支持するものであると述べている。

Westall & Aslin (1984) は、運動方向の知覚における網膜外信号による眼位情報の役割を検討するために、弱視者と健常者との間で自動運動現象報告の比較を行った。

弱視者は、健常者に較べ空間解像力が低く、網膜像の移動による信号が不正確であり、また、凝視時の眼球運動が健常者に較べ有意に大きくかつ頻繁であることから、眼球運動を抑制するような刺激事態での自動運動現象に弱視者と健常者との間に差が生じれば、運動方向の知覚における眼位情報の役割を検討する上で有力な知見を与える。

Westall らは、自動運動現象が流入信号の error によるものであると仮定し、弱視者の方が自動運動現象の程度が小さいであろうと予測した。彼らは、視覚的枠組みが凝視安定性を促進するのか、位置の恒常性を促進させるのかを決定するため、2種の背景視野条件（暗黒視野とランダムなパターンの視野）を設定した。

実験はすべて単眼視によって行われた。視標刺激は「C」あるいは「O」のブロック文字で、視角約4.5'～35.0'の範囲で、文字識別が被験者間で等しくなるよう設定した。

被験者の水平方向の眼球運動はinfrared limbus tracking systemによって記録され、また、自動運動現象の動きはジョイスティックを操作するという方法によって測定した。眼球運動も自動運動現象も1/40秒のオーダーで記録された。

被験者に与えられた課題は、2種類の背景視野条件でのブロック文字の自動運動現象を観察し、その動きに合わせてジョイスティックを操作することであった。背景視野にパターンのある条件では、スクリーン上にランダムに配された100のドットに視標刺激が取り囲まれている。

以上の実験の結果、① drifts には両被験者群間に差はなく、saccadic intrusion は弱視者に有意に多く生じた。また全体として corrective saccades は、弱視者によく生じることが認められた。②背景視野条件の相違による眼球運動には両被験者群間に差は認められず、パターンのある背景視野でも弱視者の眼球運動が大きかった。③暗黒視野では、弱視者の方が有意に大きい自動運動現象を生じた。④パターンのある背景視野では、弱視者で有意な自動運動現象の抑制が認められた。⑤眼球の動きと自動運動現象の運動方向、運動範囲との間には相

関が認められなかった。

以上の結果から、随意的な眼球運動は不随意的な眼球運動を修正し、自動運動現象を生起させるという仮説は棄却され、弱視者の自動運動現象が大きくなるのは流入信号の低下による外網膜的な信号の error によると結論した。

outflow theory, reafference theory はいずれも自動運動現象を実際運動の知覚と同じ機序で説明しようとする仮説である。こうした視点は、仮現運動も実際運動も、運動視現象として統一的に理解しようとするもので有益な視点であると考えられる。しかし、それらが眼位情報によるものであるか、あるいは網膜像の移動によるものであるかはさらに検討を加えなければ、結論づけることはできない。

Ⅲ 総合的討論

前節までに、1980年代までに検討されてきた自動運動現象の成立機序に関する諸理論について展望してきたが、これら従来の研究において看過されがちであった側面について、本節で考察し、今後の自動運動現象研究の展開の方向性について示しておこう。

自動運動現象の成立は、位置の恒常性を保持する機構である比較相殺過程が主に関与していると考えすることに反対する研究者はいないと思われるが、自動運動現象を現象論の立場から見ると、従来の研究においては看過されがちな側面がクローズアップされる。すなわち、自動運動現象は空間定位の安定性保持に密接に関連している「視覚的枠組み (visual framework)」(Koffka, 1935) の機能不全であるという面である。自動運動現象の観察される最も基本的な視環境は暗黒視野であり、これは視覚的枠組みの存在しない視野である。すなわち、叙述的に表せば、自動運動現象は光点を空間内に安定的に定位させる視覚的枠組みの欠如によって生じるととらえることが可能である。付加図形の効果を検討した Edwards (1954a,b, 1959), Post et al. (1982) の研究は、自動運動現象における視覚的枠組みの効果を検討したものと位置づけることができる。しかし、彼らの研究では、付加図形も光点と同様に「図」となるため、多くの場合、光点と付加図形とが一体化して自動運動現象を生じてしまう。したがって、自動運動現象における視覚的枠組みの効果を検討する場合、図としての光点に対して背景としての視覚的枠組みの効果を検討する必要がある (高橋, 2001)。このことは、既に展望した Westall & Aslin (1984) の所見や Wertheim (1982, 1987) が示すように、背景視野の特性が比較相殺過程に重要な効果をおよぼすとの知見からも支持される視座であろう。

これに関して Takahashi (1990) は、Ganzfeld を構成する装置を用いて背景を等質に照明し、背景と光点の輝度比を操作し、自動運動現象におよぼす効果について検討している。Ganzfeld は暗黒視野とは異なり、視覚的分節をほぼ完全に欠きながら、知覚的には面性や奥行きなどの現象的变化を生じることが知られている (辻, 1988, 1997)。すなわち、Ganzfeld

では、視覚的枠組みのもっとも原初的な働きを分析することが可能である。その結果、輝度比がきわめて小さい場合に、現象が強く抑制されたときに生じる運動パターン「蠢動」の出現率が高くなることを見いだされた。このことは、背景と光点との関係によって自動運動現象の成立機序の働きが変化していることを示唆し、それは視覚的枠組みの効果を反映するものと考えられる。

そこで高橋(1994)は、自動運動現象の成立に影響する Ganzfeld の現象特性を明らかにするために、Ganzfeld の典型的現象の生じやすい赤色 Ganzfeld において自動運動現象の観察を行い、自動運動現象生起時の背景の現象的特徴について質問紙を用いて検討している。その結果、抽出された「色・明るさ」、「面性」、「面の定位」の3因子のうち、「面性」が光点の定位の不安定性と関連していることを見いだされた。背景の面性は、高輝度背景に比べ低輝度背景においてより希薄で、いずれの輝度においても時間の経過に伴って希薄化する。光点の空間定位の不安定性は「面性」の希薄化に伴って増大する。このことは、背景の面性によってとらえることのできる視覚的枠組みが自動運動現象の on-set に関与していることを示唆している。

上記の2研究が示すように、視空間の安定性の保持には、視覚的枠組みの効果を無視できないし、またそのことが自動運動現象の成立と密接な関連性をもつと考えられる。したがって、今後は、視覚的枠組みの効果が比較相殺過程においてどのような機序で機能するのか、とりわけ、背景視野の特性が比較相殺過程においてどのように実現され、その機能とどのように関連しているのかという視点からの研究が重要となるだろう。そのことを通して、自動運動現象の成立が比較相殺過程のどの部分の働きと関連しているのかがより明らかにされるものと考えられる。

References

- Adams, H. F. 1912 Autokinetic sensation. *Psychological Monographs*, 14.
- 相場覚 1982 運動の知覚 八木晃監修 鳥居修晃編 現代基礎心理学 3 知覚Ⅱ 認知過程 東京大学出版会, 129-150.
- Allen, J. L., Sipes, S. J., & Sipes, G. P. 1977 Sex of experimenter as a variable in autokinetic illusion. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 9, 6, 397-398.
- Borresen, C. R. 1973 Autokinetic movement as a function of the implied movement of target shape. *Journal of Experimental Psychology*, 97, 1, 89-92.
- Borresen, C. R. 1978 Autokinetic movement as a function of target shape in Austrian, British and American subjects. *Perceptual and Motor Skills*, 46, 1115-1120.
- Borresen, C. R. 1982 Autokinetic movement as a function of the amount of information in a target shape. *Perceptual and Motor Skills*, 54, 211-216.
- Brosigole, L. 1967 Induced autokinesis. *Perception and Psychophysics*, 2, 67-73.
- Carr, H. A. 1906 A visual illusion of motion during eye closure. *Psychological Review Monograph Supplement*, 7.
- Carr, H. A. 1910 The autokinetic sensation. *Psychological Review*, 17, 42-75.

- Charpentier, A. 1886 Sur une illusion visuelle. *Comptes rendus*, 102, 1155-1157.
- Comalli, P. E., Werner, H., & Wapner, S. 1957 Studies in physiognomic perception III : Effect of directional dynamics and meaning induced sets on autokinetic motion. *Journal of Psychology*, 43, 289-299.
- Conklin, J. E. 1957 The influence of figural inspection on the autokinetic illusion. *American Journal of Psychology*, 70, 395-402.
- Craske, B. & Crawshaw, M. 1973 Latency of autokinesis and convergence of the eyes. *British Journal of Psychology*, 64, 2, 199-204.
- Crone, R. A. & Verduyn Lunel, H. F. E. 1969 Autokinesis and the perception of movement: The physiology of eccentric fixation. *Vision Research*, 9, 89-101.
- Crovitz, H. F. 1962 Directional differences in autokinesis based on stimulation of the left versus right eye. *Perceptual and Motor Skills*, 15, 631-634.
- Crutchfield, R. S. & Edwards, W. 1949 The effect of a fixated figure on autokinetic movement. *Journal of Experimental Psychology*, 39, 561-568.
- Davis, W. A. 1952 A muscle-strain theory of autokinesis. Unpublished master's thesis, University of Washington.
- Dichgans, J., Held, R., Young, L., & Brandt, T. 1972 Moving visual scenes influence the apparent direction of gravity. *Science*, 178, 1217-1219.
- Edwards, W. & Crutchfield, R. S. 1951 Differential reduction of autokinetic movement by a fixated figure. *Journal of Experimental Psychology*, 42, 25-31.
- Edwards, W. 1954a Two- and Three-dimensional autokinetic movement as a function of size and brightness of stimuli. *Journal of Experimental Psychology*, 48, 5, 319-398.
- Edwards, W. 1954b Autokinetic movement of very large stimuli. *Journal of Experimental Psychology*, 48, 5, 493-495.
- Edwards, W. 1959 Information and autokinetic movement. *Journal of Experimental Psychology*, 57, 89-90.
- Ferree, C. E. 1908 The streaming phenomenon. *American Journal of Psychology*, 19, 484-503.
- Gibson, H. B. 1978 Autokinetic ward technique, personality and hypnotic susceptibility: A replay to Frigon. *Perceptual and Motor Skills*, 47, 3-2, 1254.
- Goldman, A. E. 1953 Studies in vacariousness: Degree of motor activity and the autokinetic phenomenon. *American Journal of Psychology*, 66, 61-617.
- Gregory, R. L. 1958 Eye movements and the stability of the visual world. *Nature*, 182, 1214-1215.
- Gregory, R. L. 1959 A blue filter technique for detecting eye movements during the autokinetic effect. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 11, 113-114.
- Gregory, R. L. & Zangwill, D. L. 1963 The origin of the autokinetic effect. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 15, 252-261.
- Guilford, J. P. & Dallenbach, K. M. 1928 A study of the autokinetic sensation. *American Journal of Psychology*, 40, 83-91.
- Guilford, J. P. 1928 Autokinesis and the streaming phenomena. *American Journal of Psychology*, 40, 401-417.
- Helmholtz, H. von 1911 *Handbuch der physiologischen Optik*. Leipzig: Voss.
- Helmholtz, H. von 1962 *Helmholtz's treatise on physiological optics*. (Translated from the Third German Edition, ed. By J. P. C. Southall) New York: Dover.
- Holst, E. von & Mittelstaedt, H. 1950 Das Refferenzprinzip, Wechselwirkungen zwischen Zentralnervensystem und Peripherie. *Naturwissenschaften*, 37, 464-476.
- Hoyenga, K. B. & Wallace, B. 1978 Effects of stimulus size, intensity, color, eye strain on autokinetic

- movement: An error signal and noise analysis. *The Journal of General Psychology*, 98, 37-46.
- Hubel, D. H. & Wiesel, T. N. 1962 Receptive fields, binocular interaction, and functional architecture in cat's visual cortex. *Journal of Physiology*, 160, 106-154.
- Jain, S. 1985 Autokinesis and personality. *Perceptual and Motor Skills*, 60, 3, 963-970.
- Jordan, S. 1968 Autokinesis and felt eye position. *American Journal of Psychology*, 81, 497-512.
- Kölher, W. & Wallach, H. 1944 Figural after-effects: An investigation of visual process. *Proceedings of American Philosophical Society*, 88, 269-357.
- Lackner, J. R. & Zabkar, J. J. 1977 Proprioceptive information about target location suppresses autokinesis. *Vision Research*, 17, 1225-1229.
- Lehman, R. S. 1965 Eye movement and the autokinetic illusion. *American Journal of Psychology*, 78, 490-493.
- Leibowitz, H. W., Shupert, C. L., Post, R. B., & Dichgans, J. 1983 Autokinetic drifts and gaze deviation. *Perception and Psychophysics*, 33, 5, 455-459.
- Levy, J. 1972 A systematic review of theories, measures, and independent variables. *Psychological Bulletin*, 78, 6, 457-474.
- Levy, J. 1973 Autokinesis direction during and after eye turn. *Perception and Psychophysics*, 13, 2, 337-343.
- Livson, N. H. 1953 After-effects of prolonged inspection of apparent movement. *American Journal of Psychology*, 66, 365-376.
- Lyubimov, V. V. 1976 On the role of eye movement in the autokinetic illusion. *Voprosy Psikhologii* (RUSS) , 3, 97-110.
- Mack, A. 1986 Perceptual aspects of motion in the frontal plane. Boff, K. R., Kaufman, L., & Thomas, J. P. 1986ed. *Handbook of Perception and Human Performance Vol. 1, Sensory Process and Perception*. Wiley, New York. Ch. 17, 15-16.
- Matin, L. & MacKinnon, G. E. 1964 Autokinetic movement: Selective manipulation of directional components by image stabilization. *Science*, 143, 147-148.
- Miller, A., Werner, H., & Wapner, S. 1958 Studies in physiognomic perception V: Effect of ascending and descending gliding tone on autokinetic motion. *Journal of Psychology*, 46, 101-105.
- Moskowitz, H. & Sharma, S. 1973 Effect of alcohol on the visual autokinetic phenomenon. *Perceptual and Motor Skills*, 36, 3-1, 801-802.
- 長塚康弘 1960a 仮現運動, 及び自動運動に及ぼす身体緊張の効果について - H. Werner 理論に関する実験的検討 *実験心理学* (東北大学) , 2, 173-182.
- 長塚康弘 1960b 身体緊張と知覚 *東北大学電気通信研究所サイバネティックス研究会* .
- Ozeki, T., Takahashi, K., & Tsuji, K. 1991 Autokinetic illusion as affected by suggestions of experimenter and observer. *Perceptual and Motor Skills*, 72, 515-526.
- Post, R. B., Leibowitz, H. W., & Shupert, C. H. 1982 Autokinesis and peripheral stimuli: Implications for fixational stability. *Perception*, 11, 477-482.
- Reinwald, F. L. 1952 An experimental investigation of conditions effecting autokinetic sensations. Unpublished doctoral dissertation, University of Texas.
- Royce, J. R., Carran, A. B., Aftanas, M., Lehman, R. S., & Blumenthal, A. 1966 The autokinetic phenomenon: A critical review. *Psychological Bulletin*, 65, 4, 243-260.
- Sharma, S. & Moskowitz, H. 1972 Effect of marijuana on the visual autokinetic phenomenon. *Perceptual and Motor Skills*, 35, 3, 891-894.
- Sherif, M. 1935 A study of some social factors in perception. *Archives of Psychology*, 187, 1-60.
- Skolnick, A. 1940 The role of eye movements in the autokinetic phenomenon. *Journal of Experimental*

- Psychology*, 26, 373-393.
- Sperry, R. W. 1950 Neural basis of the spontaneous optokinetic response produced by visual inversion. *Journal of Comparative & Physiological Psychology*, 43, 482-489.
- 鷲見成正 1970 運動知覚と関係系 八木冕監修 大山正編 講座心理学4 知覚 東京大学出版会, 213-240.
- Takahashi, K. 1990 Effects of target-background luminance ratios upon the autokinetic illusion. *Perceptual and Motor Skills*, 71, 435-445.
- 高橋啓介 1994 自動運動現象における背景要因の効果の検討：自動運動現象観察事態における背景の見えについて 愛知淑徳短期大学研究紀要, 33, 129-140.
- 高橋啓介 2001 自動運動の記述 辻敬一郎（編著） 2001 心理学ラボの内外：課題研究のためのガイドブック ナカニシヤ出版, 31-37.
- 辻敬一郎 1988 等質視野における「外界」と「自己」：ガンツフェルト実験の再吟味 名古屋大学文学部研究論集, 102, 75-88.
- 辻敬一郎 1997 ガンツフェルトにおける「外界」と「自己」 基礎心理学研究, 16, 33-37.
- Vaegan 1976 The position of random autokinetic movement and the physiological position of rest are frequently stable and identical. *Perception and Psychophysics*, 19, 240-245.
- Voth, A. C. 1941 Individual differences in the autokinetic phenomenon. *Journal of Experimental Psychology*, 29, 306-322.
- Wallace, B. & Garrett, J. 1973 Hypnotic susceptibility and autokinetic movement frequency. *Perceptual and Motor Skills*, 37, 2, 565-566.
- Werner, H. 1945 Motion and motion perception: A study on various functioning. *Journal of Psychology*, 19, 317-327.
- Werner, H. & Wapner, S. 1949 Sensory-tonic field theory of perception. *Journal of Personality*, 18, 88-107.
- Werner, H. & Wapner, S. 1952 Towards a general theory of perception. *Psychological Review*, 59, 324-338.
- Wertheim, A. H. 1981 On the relativity of perceived motion. *Acta Psychologica*, 48, 97-110.
- Wertheim, A. H. 1987 Retinal and extraretinal information in movement perception: How to invert the Filehne illusion. *Perception*, 16, 299-308.
- Westall, C. A. & Aslin, R. N. 1984 Fixational eye movements and autokinesis in amblyops. *Ophthalmological Optics*, 4, 4, 333-337.
- Winterson, B. J. & Steinman, R. M. 1980 Proprioceptive information neither improve fixational stability nor reduce autokinesis. *Vision Research*, 69, 1289-1291.