

重心動揺に關与する周辺視機能について

石 垣 尚 男

On the Function of Peripheral Vision Related to the Sway of the Center of Gravity

Hisao ISHIGAKI

This paper deals with the investigation of the relation between the function of peripheral vision and the sway of the center of gravity. The way to investigate the relation was to measure the distance of the sway of the center of gravity under the condition that the peripheral visual field was masked. The result of the measurement was that the increase rate of the distance per 1% of the visual field's area was largest when a 25°—18° radius of the area was masked, and that it was large when the area where the density of rod cell of retina is high, was masked. The result showed that the function of retina's rod has a relation to the sway the center of gravity.

1. 目的

身体の平衡性保持は、前庭迷路系、視覚系、体性感覚系などからの感覚入力の調節により行なわれている。これらの受容器の障害や、受容器への刺激の遮断が平衡性保持能力を低下させることは、視覚障害者の直立姿勢保持能力が正眼者より低いこと¹⁾²⁾、あるいは、閉眼により視覚を遮断すると平衡性が低下することなどから明らかである。これらの系のうち、正眼者には視覚系が深く関わっている³⁾ことが指摘されている。なかでも視覚では、中心視機能より、周辺視機能が平衡性保持に重要である¹⁾³⁾⁴⁾⁵⁾といわれる。しかし、平衡性保持と周辺視機能がどのように関わっているかは明らかにされていない。本研究は、Polyak⁶⁾の網膜の分類にもとづき周辺視野をマスクし、周辺視野からの視覚入力を遮断した場合の重心動揺から、周辺視野への視覚入力が平衡性保持にどのような働きをしているかを明らかにしようとするものである。

2. 実験方法

1) 装置

重心動揺計(Gravicorder G1800 マニマ社製)を用い、両踵をつけ、開脚30°の直立姿勢をとらせ、測定時間20secの重心動揺距離(mm)を測定した。被験者眼と同高、視距離1 mに固視標(視角30°に相当する円形黄色マーク)を設定し両眼視で注視させた。室内照度は200Luxで、固視標背景は統制していない。

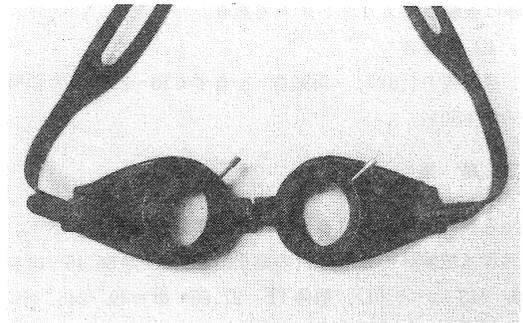


図1 周辺視野制限眼鏡

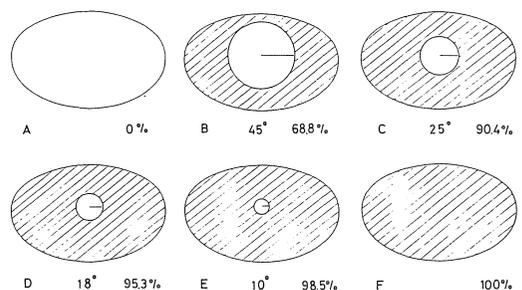


図2 視野条件

2) 周辺視野のマスクング

図1のように黒色塗装した競泳用ゴーグルに絞りをつけ、被験者の視野を円形にマスクする周辺視野制限眼鏡(自製)を用いた。Polyakの網膜の分類にもとづき被験者の視野条件を以下のようにした(図2)。図2の%は両眼注視野⁷⁾の面積を100%としたときのマスクングさ

れた面積である。

- A. 視野制限をしない自然視野
- B. 半径45°までの外周辺部 (extreme periphery) 及び遠周辺部 (far periphery) をマスキング
- C. 半径25°の中周辺部 (middle periphery) までマスキング
- D. 半径18°までマスキング
- E. 半径10°の遠中心窩(perifovea) までマスキングした中心視野条件*
- F. 閉眼

*狭義には中心視野は半径2.5°の網膜中心窩(fovea)での知覚をいうが、広義には半径約10°の遠中心窩までをいう。ここでは半径10°の範囲を中心視野とした。又、半径18°はC(中周辺部)とE(遠中心窩)の中間条件として設定した。

3) 測定

A~Eは測定開始後3~23sec, Fは5~25secの各20secの重心動揺距離を測定値とした。各視野条件で1回ずつ測定し、これを3回繰返し平均値を用いた。測定順序は被験者によりランダムである。

4) 被験者

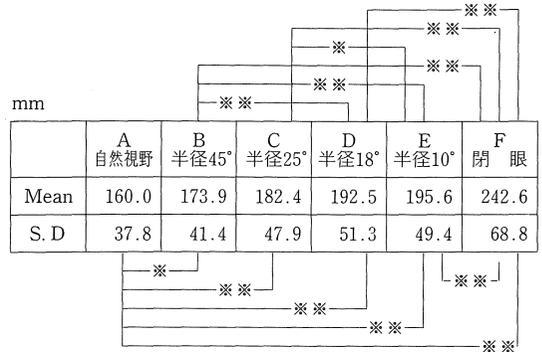
裸眼視力1.0以上(両眼視)を有する18~22才の大学男子学生50名。

3. 結果

各視野条件における平均値と標準偏差を表1に示す。処理×被験体の分散分析の結果、視野(F=86.16 df=5, 245 p<0.01), 個体(F=27.66 df=49, 245 p<0.01)とも有意であった。下位検定の結果は表中に示す。結果をみると、自然視野(A)で重心動揺距離は160mmと最も少なく、閉眼(F)で最も大きい。これをA~Eの視覚のある条件間で比較すると、周辺視野がマスキングされるに従って動揺距離が次第に大きくなっている。半径10°の中心視野(E)では、Aとの間に1%, Bとの間に1%, Cとの間に5%の有意差がある。このことは、半径10°の中心視野のみから入力する視覚情報だけでは身体の平衡性を保持することができず、周辺視野からの視覚入力が必要であることを示している。

では、周辺視野のどの部位への視覚入力がある働きをしているのであろうか。表2、図3は自然視野(両眼注視野)の面積を100%としたときのマスキングされた面積に対する動揺距離の増加をみたものである。A→Bでは自然視野の約70%がマスキングされるが、これによる動揺距離増は13.9mmで面積1%あたり0.2mmである。同様にB→Cで0.47mm, C→Dで2.06mm, D→Eで0.97mmである。半径25°-18°の範囲がマスキングさ

表1 平均値, 標準偏差



※ P < 0.05

※※ P < 0.01

表2 マスキングされた面積に対し、増加した重心動揺距離の割合

| | A→B | B→C | C→D | D→E |
|--------------|------|------|------|------|
| マスキングされた面積 % | 68.8 | 21.2 | 4.9 | 3.2 |
| 増加した重揺距離 mm | 13.9 | 8.5 | 10.1 | 3.1 |
| mm / % | 0.20 | 0.47 | 2.06 | 0.97 |

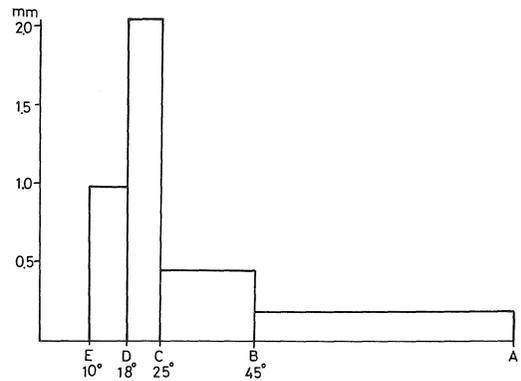


図3 マスキングされた面積1%あたりの重揺距離増

れた場合に面積1%あたりの動揺距離増が最も大きく、次に半径18°-10°, 半径45°-25°, 自然視野-45°の順である。半径25°-18°のマスキングによる動揺距離増はそれぞれ半径18°-10°の約2倍, 半径45°-25°の約5倍, 自然視野-45°の約10倍に相当している。つまり、半径25°-18°の周辺視野がマスキングされた場合に相対的な動揺距離増が最も大きくなることから、いいかえれば、半径25°-18°の周辺視野から入力する視覚情報が重要な働きをしていることを示唆している。これに対し、半径45°より周辺部のマスキングや半径25°までのマスキングの影響は少な

く、周辺視野からの視覚情報の入力には平衡性保持にとって均一的に有用な働きをしているのではなく、周辺視野の部位によって差異があることを示している。

4. 考察

直立姿勢保持や運動時の平衡調節に視覚の果たす役割は大きいが、視覚系では周辺視の重要性が指摘されている。周辺視が重要であることは、例えば、小孔を開けたボール紙で眼を遮蔽し、片足立ちや、平均台上を歩くことなどによって体験的にも知ることができる。身体の平衡性保持における視覚の役割は、身体が動揺することによる視野内の物体の相対的な運動を知覚し、得られた情報を姿勢調節にフィード・バックあるいはフィード・フォワード⁸⁾することにあると考えられる。そのため、物体の運動の知覚とか、相対的な位置感覚にその主たる働きを持つと考えられる周辺視野からの入力の方が姿勢調節にあたえる影響が大きい⁹⁾ことが指摘される。本実験でも周辺視野からの視覚入力が平衡性保持にとって重要な役割を果たしていることを示すとともに、周辺視野の部位の違いによって差異があることを示唆する結果を得た。周辺視野の平衡性への関与については、視覚入力受容器である網膜上の錐体・桿体細胞の密度分布と、その機能特性から考察する必要がある。

網膜中心部は視力分布にみられるように空間分解能に優れているのに対し、網膜周辺部は時間要素が加わった視覚情報処理に優れている¹⁰⁾。つまり、網膜中心部は積分回路的処理機構を、周辺部は微分回路的処理機構を構成していると考えられる¹¹⁾。このため周辺視野は時間とともに変化するもの、例えば、明滅する物や、動くものの存在を敏感に見つけ出す能力は中心視野より優れている。例えば、テレビ画面の隅がチラチラするのを感じることがある。そこで、その隅を中心視するとチラチラする感じは消え、逆に今まで中心視していたところがチラチラするのを感じるのはこの例である。このような時間特性に関する網膜の情報処理能力はCFF¹²⁾¹³⁾やIPI¹⁵⁾(Inter-Pulse-Interval)にみられる。CFFは網膜桿体機能優位となる scotopic vision においては網膜周辺部の感度が高くなる。これに対し、photopic vision においては中心部の感度が高くなるが、視標サイズが関係し、視標サイズが大きくなると逆に周辺部の感度が高くなる。又、IPI¹⁶⁾では、20°附近の網膜中周辺部では中心部より時間分解能に優れているという。これらの感度特性は基本的には photopic vision に優位となる錐体機能、scotopic vision に優位となる桿体機能の相互作用に関係すると考えられている。

又、網膜における動くものに対する感覚も網膜桿体機能が優位となる scotopic vision では網膜周辺部の方が鋭敏である¹⁶⁾¹⁷⁾。しかし photopic vision においても周辺部は動くものの検出に優れた能力を発揮する。網膜における動くものの知覚においては、網膜中心部の距離閾は小さく、速度閾も小さい⁹⁾ため、中心部では短距離でゆっくりした動きの知覚に優れている。これに対し、網膜周辺部は高速運動に対する閾値が低く、網膜中心部ですでに完全に融合している高速運動刺激に対しても、周辺部では依然として運動の知覚が成立する⁹⁾という。又、周辺部では空間分解能以下の距離を刺激が運動する場合においても運動の知覚が生じる⁹⁾ことから、網膜周辺部は相対的にあるいは絶対的に中心部より動くものの知覚に優れているといえる。前述したようにこれらの明滅感や動きの感覚などの視覚情報の受容は錐体・桿体機能の相互作用によるものと考えられるが、網膜周辺部においては網膜上の視細胞の分布からみて桿体機能によるところが大きいと推測される。これらの知見より考察して、平衡性保持における網膜機能の働きは、自己の身体が動揺することによって、相対的に網膜上に投射されている視対象像が視細胞上に動くことの時間情報処理にあり、その機能は網膜周辺部に多くが依存されているものと考えられる。この網膜から検出された視覚情報は脊髄レベルに達する反射系¹¹⁾¹⁸⁾に送られ動揺調節にフィード・バック、あるいはフィード・フォワードされるものと考えられる。

本実験結果を網膜桿体細胞の密度分布¹⁹⁾と比較すると興味深い。桿体細胞は中心窩には存在せず5°附近より急激に増加し、20°附近の密度が最も高く、更に周辺部になると次第に減少してゆく。20°附近では45°附近の約1.5倍、80°附近の約4倍に達している。つまり、本実験での面積1%あたりの動揺距離増とその相対比(図3)は桿体細胞の密度分布及びその密度比と基本的に一致しており、桿体細胞の密度が高い部位がマスクングされるほど動揺距離増の大きい関係にあることである。例えば、動揺距離増の大きい半径25°-18°のマスクングは桿体細胞の密度が最も高くなる部位であることから、この周辺視野がマスクングされることにより網膜一反射系への影響が最も大きくなるためではないかと考えられる。本実験では周辺視野のマスクングはPolyakの分類によったものである。特に半径25°-18°のマスクングは中周辺部と中心視野の中間条件として設定したものであり視機能上で意味を持つものではない。重心動揺と網膜桿体機能との関係については更に周辺視野のマスクングを細分化した場合、桿体細胞の密度分布により近似するようであれば両者の関係は一層明確になるのではないかと考えられる。

5. まとめ

周辺視野からの視覚入力が身体の平衡性保持にどのように関係しているかを明らかにするため、周辺視野をPolyakの網膜の分類にもとづきマスキングし、直立姿勢時の重心動揺距離を測定した。その結果、中心視野よりも、周辺視野からの視覚入力が重要であること、及び、周辺視野の部位によって重心動揺への関与に差異があることが明らかとなった。網膜桿体細胞の密度の高い部位がマスキングされるほど動揺距離増が大きい関係にあることから、明滅するものや動くものの知覚という時間要素の加わった視覚情報処理に優れている網膜桿体機能が平衡性保持に関わっていることが推測された。

引用文献

- 1) 中田英雄, 重心動揺からみた視覚障害者の直立姿勢保持能力, 姿勢研究 2(1): 41-48, 1982
- 2) 中田英雄, 視覚障害者の直立姿勢保持能力, 姿勢研究 3(1): 1-7, 1983
- 3) 森戸貞良, 羽柴基之, 林 良一, 三宅彰英, 渡辺 悟, 重心動揺よりみた Romberg 姿勢および Mann 姿勢, 姿勢研究 1(1): 13-19, 1981
- 4) J. Dickinson and J. A. Leonard: The role of peripheral vision in static balancing, *ERGONOMICS*, 10 (4): 421-429, 1967
- 5) B. Amblard and A. Carblanc: Role of foveal and peripheral visual information in maintenance of postural equilibrium in man, *Perceptual and Motor Skills*, 51: 903-912, 1980
- 6) 中尾主一: 光学技術ハンドブック, 朝倉書店, 747, 1968
- 7) 萩原 朗: 眼の生理学, 第 9 章眼球運動, 金原出版, 325-329
- 8) 塚原 進: 生体の運動機構とその制御, 第 5 章一運動の解析—人の動作におけるフィードバックとフィードフォワード, 杏林書院, 231-251, 1972
- 9) 福田忠彦, 運動知覚における中心視と周辺視の機能差, *テレビジョン学会誌*, 32(3): 210-216, 1978
- 10) 福田忠彦, 静止および運動刺激に対する視覚的識別能力, *照明学会誌*, 64(6): 11-15, 1980
- 11) 大久保 仁, 渡辺 勲, 小高修司, 小川 明, 明・暗所における開・閉眼時の視覚が重心動揺に及ぼす影響について—正常者及び先天性眼振症について—, *Equilibrium Research*, 38(1): 29-35, 1979
- 12) 福田忠彦, CFF で示される中心視と周辺視の感度差, *テレビジョン学会誌*, 32(3): 210-216, 1978
- 13) Tadahiko Fukuda: Subjective frequency in flicker perception, *Perceptual and Motor Skills* 45: 203-210, 1977
- 14) 藤堂勝己, フリッカー視野に関する研究 第 1 報, 静標視野測定法におけるフリッカーの影響, *日眼学会誌*, 73(8): 59-95, 1966
- 15) Naoyuki Osaka: Two-pulse temporal resolution threshold in the peripheral visual field, *Perceptual and Motor Skills* 44: 837-838, 1977
- 16) 鈴木昭弘, 空間における動体視知覚の動揺と視覚適性の開発, *日眼学会誌*, 75(9): 22-54, 1974
- 17) 鈴木昭弘, 空間視及び動体視における調節機能の動揺と網膜機能との相互関係について, *環境医学研究* 所年報, 22: 51-59, 1971
- 18) 川野六郎, 徳増厚二, 竹内義夫, 重心動揺に対する視覚系の抑制, *Equilibrium Research* 37: 118-122, 1978
- 19) 和田陽平他編: 感覚+知覚ハンドブック, 第 5 章視覚, 誠信書房, 209

(受理 昭和60年1月30日)