

人体の直立時における環境照度と重心動揺の関係について

On Relationship between Degree of Environmental Illumination and Sway of the Body's Center of Gravity in Human Stand

河合 学, 稲村欣作, 石垣尚男*

Manabu KAWAI, Kinsaku INAMUSA, Hisao ISHIGAKI

(Received Oct. 14, 1985)

I はじめに

人間の直立姿勢は、わずかな動揺を繰り返しつつ動的平衡を保って維持されている。この揺れは体動揺と呼ばれており、身体の動揺量として平衡機能の評価に用いられている。動揺量を計測する方法には頭頂動揺などが用いられてきたが、最近では重心動揺が多く用いられている。

直立姿勢は①随意運動②迷路, 視器, 自己受容器からの立ち直り反射③抗重的筋緊張④小脳の働きによる頭部, 四肢, 軀幹の協同運動により制御されている¹²⁾といわれる。これらの姿勢調節機能が直立姿勢の保持能力に関与する働きを観察するためには、それぞれの機能に負荷を加え、重心動揺の変化を検査することによって行なわれることが多い。その中でも視覚機能に対する閉眼負荷は、被験者にそれを命ずることで調節因子を除去することができるため、Romberg testをはじめ平衡機能検査法として用いられてきた。それらの結果の多くは、閉眼における視覚機能の遮断が重心動揺を増大させるという結論を下している¹⁾⁶⁾⁷⁾¹⁰⁾¹⁶⁾。これは、視覚器から得られる環境認知の一部分、及び体動揺に関与すると考えられる環境照度の影響が、閉眼により除去されるためではないかと推測される。このうち環境照度が重心動揺に影響するであろうことは森戸ら(1979)の実験結果¹⁷⁾から示唆されているが、これまで具体的に環境照度の高低と重心動揺の量との関係について検討した研究はみあたらない。

そこで本研究ではこの点に着目し、被験者の視覚のうち明るさだけを段階的に知覚できる視覚条件において、環境照度の高低と重心動揺の量との関係を検討した。

直立能力の測定時には環境照度の条件はあまり重要視されない傾向にある。しかし環境照度と重心動揺量との関係が明らかになれば、直立能力測定における重要な基礎資料となり、姿勢制御系に対する視覚の役割を知る手がかりになり得るものと考えられる。

II 方法

1 実験方法

被験者は視力障害や平衡機能障害をもたない健康な男子学生10名である。被験者に紙のゴーグルを装着させ、重心動揺計(グラビコーダ, ANIMA; G1804S)の検出板上で約5分間の直立姿勢をとらせ、その重心動揺を測定した。そのデータは全てPCMデータレコーダ(NF;RP-882)に記録した。ゴーグルは白色不透明無視標の紙で製作し、影あるいはすきまが被験者に見えないように装着させた。ゴーグル内の照度は実験中に被験者が直立した時の眼の位置において、ゴーグルを通した値をデジタル照度計(TOPCON; IN-3)で測定した。

測定時間を決定するために15分間の予備実験を行なった。その結果、開始から5分間の重心

*愛知工業大学

動揺は安定していたが、10分以後の動揺が増大したため、重心動揺の最も安定していた最初の5分間を測定時間とした。ただし検出板上に立ってから重心動揺が安定するまでに約1分間を要したため、測定開始後2～6分間の5分間を分析時間とした。また足位についても、長時間の測定に耐えられるように50°開き足位³¹⁾を用いた(図1)。

測定は照度のコントロールが可能な室内で行ない、全て開眼による測定を行なった。またゴーグルを装着しない明所開眼固視(固視標:被験者眼から前方2m,直径5mmの円形,色は黄色)の条件も測定した。

各測定の前には測定室内において、暗順応のためにゴーグルを装着したまま10～20分間イスに座らせた。測定の順序は、繰り返しの効果と疲労の影響を除くため、5名を低照度から、残りの5名を高照度から測定した。1日の測定回数は、1人につき3条件とした。また被験者にはゴーグルを装着した測定中、視点を前方に固定するように注意を与えた。

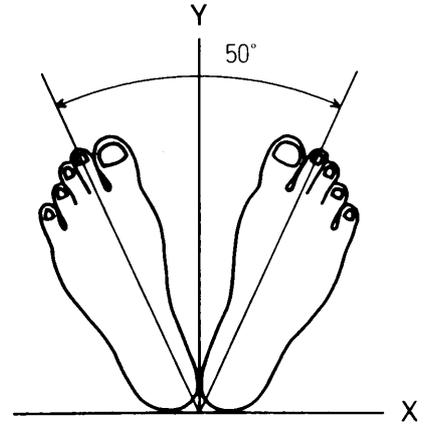


図1 50°開き足位

2 照度条件

予備実験の結果、10 lux を超えるゴーグル内照度ではそれぞれにおける重心動揺の測定値の間にあまり差がみられなかった。また0.1～0.2 lux という低照度では完全暗所(以下 Dark とする)における測定値との間にわずかながら差のみられることが明らかとなった。この結果から照度の設定は低照度に重点を置き、Dark, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 2.0, 4.0, 6.0, 8.0, 10.0, 80.0 lux の12段階を設定した。なお明所開眼固視での室内照度は80 lux とした。

3 分析方法

データレコーダの再生信号をグラビコーダ G1804S に付属したグラビアナライザー及び面積アナライザーに入力し、重心動揺距離と重心動揺面積を計測した。その計測では5分間のデータを20秒ずつに分割して分析し、計15個のデータの平均を各被験者の重心動揺距離及び面積とした。重心動揺面積の算出については、前後方向と左右方向の最大振幅の積を求める平沢の方法¹⁴⁾¹⁵⁾を用いた。

Ⅲ 結果

各照度における重心動揺距離及び面積の平均と標準偏差を表1に示す。

明所開眼固視における動揺距離は161.1mmであり、本実験とほぼ同様の条件で測定した田中¹¹⁾(1981)の結果とほぼ一致した。また動揺面積については、田中の結果よりもわずかに大で

		← ゴーグル装着 →											ゴーグルなし	
照度 (lux)		Dark	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	80.0	開眼固視
動揺距離 (mm)	M	241.2	235.8	218.5	217.7	215.2	211.6	201.9	196.3	183.7	177.9	183.4	179.9	161.1
	SD	31.0	40.6	38.8	45.1	43.8	35.0	30.9	32.9	15.8	25.5	36.1	19.8	15.1
動揺面積 (cm ²)	M	5.42	5.35	4.59	4.09	3.79	4.07	3.60	3.61	3.03	2.81	3.07	2.87	2.19
	SD	1.97	2.56	2.07	2.29	1.68	1.25	1.34	1.43	0.88	0.86	0.81	0.66	0.47

表1 各照度における重心動揺距離と重心動揺面積の平均と標準偏差

あったが、本実験の被験者は一応正常値を示しているものとみなしてよいであろう。

稲村 (1982) は、動揺距離と動揺面積は互いに独立ではないので、直立能力を定量評価する場合にはどちらか一方の指標で代表させることができるとし、この場合散布度の小さい動揺距離が解析値として優れている⁴⁾⁵⁾と述べている。本実験でも動揺距離と動揺面積の両者を計測したが、両者がほぼ同じ傾向にあり、表1の結果からも動揺距離と動揺面積では動揺距離のほうが散布度が小さかったため、動揺距離を採用することにした。

各ゴーグル内照度における動揺距離と明所開眼固視時のそれを図2に示す。表2は、それぞれの照度間における有意差検定 (T検定, 自由度9) の結果である。最も動揺距離が大きかったのはDark (241.2mm) であり、最も小さかった明所開眼固視 (161.1mm) の約1.5倍の動揺距離を示した。次に大きかったのは0.2 lux (235.8mm) であった。Dark と0.2 lux との間には有意差はみられなかったが、Dark と0.4 lux 以上の照度との間には有意差がみられた。

0.4 lux から4.0 lux までの測定値は、照度が増すにつれて動揺距離がわずかながら減少する傾向を示したが、それぞれの測定値の間に有意差はみられなかった。6.0 lux 以上の照度における動揺距離はさらに減少し、照度が6.0 lux 以上の動揺距離は0.4 lux との間に有意差がみられた。しかし6.0 lux 以上の照度においては各照度間に有意差はなく、照度が高くなるほど動揺距離が小さくなるという傾向はみられなかった。またゴーグルを装着した80.0 lux と明所開眼固視 (80 lux) の間では明所開眼固視の動揺距離が有意に小さかった。

図2に表わした照度と動揺距離の関係は指数回帰関係を示したので、これを対数変換し直線回帰に変換した。その結果、図3に示したようにゴーグル内照度と動揺距離との間には $r = -0.984$ と有意 (有意水準0.1%) な負の相関関係がみられた。

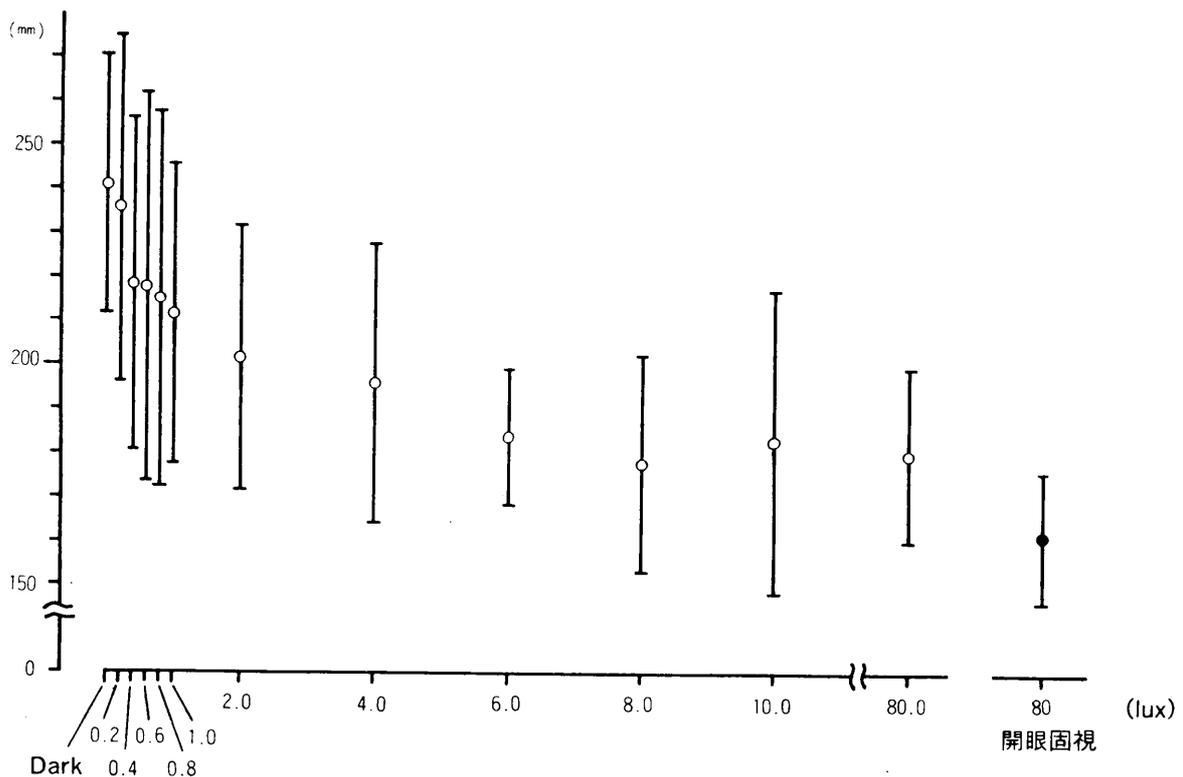


図2 各照度における重心動揺距離の平均と標準偏差

0.2	0.642																		
0.4	2.552 ※	2.113																	
0.6	2.416 ※	1.913	0.217																
0.8	2.984 ※	1.918	0.389	0.367															
1.0	4.154 ※ ※	3.742 ※ ※	0.894	0.692	0.474														
2.0	7.550 ※ ※	4.169 ※ ※	1.837	1.603	2.012	2.230													
4.0	6.371 ※ ※	4.076 ※ ※	2.161	1.573	1.980	1.814	0.863												
6.0	5.282 ※ ※	3.623 ※ ※	2.435 ※	1.995	1.881	2.147	1.622	0.713											
8.0	7.018 ※ ※	5.116 ※ ※	4.714 ※ ※	3.709 ※ ※	3.717 ※ ※	4.179 ※ ※	3.577 ※ ※	2.608 ※	0.676										
10.0	6.015 ※ ※	4.502 ※ ※	3.366 ※	2.979 ※	2.729 ※	2.404 ※	1.962 ※	1.584 ※	0.029	0.682									
80.0 視標なし	6.962 ※ ※	5.820 ※ ※	3.709 ※ ※	3.569 ※ ※	3.507 ※ ※	3.642 ※ ※	2.647 ※	2.401 ※	0.186	0.084	0.039								
80.0 視標あり	5.682 ※ ※	4.711 ※ ※	3.947 ※ ※	3.724 ※ ※	3.939 ※ ※	3.602 ※ ※	2.926 ※	3.418 ※	2.941 ※	1.547	1.357	2.375 ※							
(lux)	Dark	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	80.0							

※ P<0.05

※ ※ P<0.01

表2 重心動揺距離における各照度間のT検定

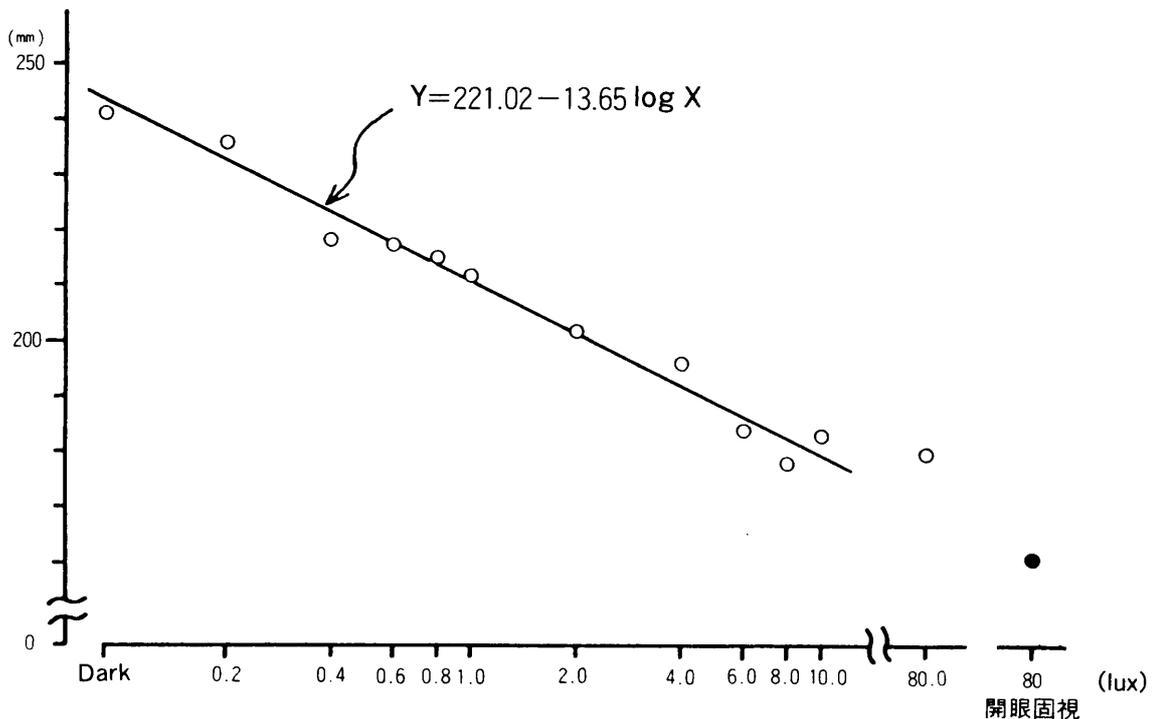


図3 対数変換した照度と重心動揺距離の関係

IV 考察

直立姿勢の保持には不随意的な姿勢反射が多く関与している。そこには迷路反射、頸反射、立ち直り反射などが関与しているが、直立時の体動揺は主として立ち直り反射機構を表現している。立ち直り反射のひとつである視性立ち直り反射の中枢は大脳皮質に存在し⁹⁾、身体の空間的位置関係を知るうえで重要な働きをしている。たとえば立ち直り反射に大きく関与している左右の迷路を破壊したネコでも、視覚さえ正常であれば空中での立ち直り反射が起こることは知られている¹³⁾。

このように視覚は直立姿勢保持に関与するひとつの重要な因子であるが、その視覚からの立ち直り反射との関係を明らかにするために、閉眼によって視覚を遮断する方法が用いられている。閉眼では、視覚から入力する自己の身体についての外環境との相対的位置関係の情報を遮断し、あわせて環境照度の影響をも除去することができると考えられる。本実験は被験者にゴーグルを装着させ、この位置関係の情報は閉眼と同じく遮断するものの、明るさだけは知覚できる条件を設定したものである。

その結果を全体的にみると、Darkの動揺距離が最も大きく、6.0 luxの照度までは照度が高くなるに従って動揺距離が減少する傾向を示したが、6.0 lux以上の照度では照度が高くなっても動揺距離が減少する傾向は示さなかった。この結果は、網膜を通して感知されるわずかな光量によって働く調節機構の存在を推測させるものである。

視覚機能のうち照度が低い時に働く桿体視が重心動揺と関係していることは、すでに大久保ら(1979)、石垣(1985)が明らかにしている⁸⁾²⁾。表2の平均値の差の結果をみると、0.4 luxというほとんどDarkと変わらない照度においてすでに有意に動揺距離が減少したことは、桿体視を促進する網膜桿体系からの情報が姿勢調節に関与していることが示唆される。

一方、6.0 lux以上と照度が高くなった条件では動揺距離の間に有意差がみられなかった。その結果は、これ以上の照度では網膜桿体系の影響よりも、他の調節機構が姿勢調節の主因となることを意味するのではないかと考えられる。

次に、明るさのみ知覚される80.0 luxの条件と同じ明るさでしかも固視標のある明所開眼固視との比較において、明所開眼固視の動揺距離が有意に小さかったことは、視覚からの入力が「明るさ」の知覚という網膜レベルの機能から、「眼と外環境との相対的位置関係の把握」という認知レベルまでの統合された機序が姿勢調節に関与していることを示唆するものと考えられる。

V まとめ

環境照度と重心動揺にどのような関係があるかを明らかにするため、被験者に白色不透明無視標のゴーグルを装着させ、ゴーグル内照度を12段階に設定し、直立時の重心動揺を測定した。その結果を重心動揺距離を指標にして検討したところ、次のことが明らかとなった。

1. 環境照度に対する重心動揺距離の関係は、Dark(完全暗所)の 때가最も大きな値を示し、照度が高くなるにつれて重心動揺距離が減少するという指数回帰関係を示した。
2. その関係は、Darkから6.0 luxまで照度が高くなるに従い重心動揺距離が減少する傾向を示した。
3. しかし6.0 lux以上の照度では、照度が高くなっても重心動揺距離が減少する傾向は示さなかった。
4. 明るさのみ知覚される80.0 luxの条件と、同じ明るさでしかも固視標のある明所開眼

固視との間では、明所開眼固視の重心動揺距離が有意に小さかった。

参 考 文 献

- 1) 浅井正嗣, 大橋直樹, 渡辺行雄, 小林英人, 中川 肇, 将積日出夫, 水越鉄理: ルーチン検査としての重心動揺検査の診断的意義について. *Equilibrium Res.*, vol.43, No.2, 1984
- 2) 石垣尚男: 重心動揺に関する周辺視機能について. 愛知工業大学研究報告, vol.20, 1985
- 3) Inamura, K. and Tanaka, H. : Fundamental foot position of stance for measuring human equilibrium in the case of upright standing. *The Japanese Journal of Human Posture*, vol.4, No.2, 1984
- 4) 稲村欣作, 横山義昭, 中野美恵子: One Foot Test の重心図における分析方法の検討. 静岡大学教養部研究報告, No.16, 1980
- 5) 稲村欣作: One Foot Test と重心図分析方法の再検討. *姿勢研究*, vol.2, No.1, 1982
- 6) 伊保清子, 阿部勇勝, 笹原絹代, 浅野和江, 斉藤 彰, 竹内義夫, 徳増厚二: ヒト直立時重心動揺記録図の囲繞面積と矩形面積との相関. *Equilibrium Res.*, vol.44, No.2, 1985
- 7) 大柿哲朗, 杉浦正輝, 西田 毅: 身体平衡機能の姿勢および動作の調整に及ぼす影響. *琉球大学保健学医学雑誌*, vol.2, No.1, 1979
- 8) 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. *Equilibrium Res.*, vol.38, No.1, 1979
- 9) 勝木保次編集: 生理学大系VI, 感覚の生理学. 医学書院, 1967
- 10) 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 Res.*, vol.37, No.1, 1978
- 11) 田中秀幸: 足位についての研究. 静岡大学教養部研究報告, No.17, 1981
- 12) 時田 喬: 重心動揺計検査. *日本臨牀*, vol.37, 1980
- 13) 中村 誠: 姿勢の科学. 不昧堂出版, 1979
- 14) 平沢弼一郎: スタジオロジー (2). 静岡大学教養部研究報告, No.6, 1970
- 15) 平沢弼一郎, 月村泰治: 立ち方のパターンとスポーツ. *bit*, vol.3, No11, 1971
- 16) 村松常司, 中川武夫, 小林章雄, 金田誠一, 棚橋昌子, 山中克己: 3才児の重心動揺に関する研究. *人類学雑誌*, vol.87, No.2, 1979
- 17) 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*, vol.1, No.1, 1981