

閉眼時に知覚される環境照度と立位重心動揺の関係について

On Relationship between Sway of the Body's Center of Gravity and Degree of Environmental Illumination perceived with Eyes Closed in Human Upright Stance

河合 学, 稲村欣作

Manabu KAWAI, Kinsaku INAMURA

(Received Oct. 7, 1986)

I はじめに

閉眼により視覚を遮断することは、自己と外部環境との間の相対的位置関係の情報を遮断し、あわせて環境照度の情報をも除去することを意味する。従来姿勢制御の研究においては、前者の⁴⁾情報に関する解析が主たるものであった。³⁾著者らは、ゴーグルの装着により身体⁴⁾の位置関係の情報を遮断した開眼条件において、環境照度を段階的に変化させた体動揺の測定を行った。その結果、照度6 lux以上の明所においては、暗所にくらべて体動揺量が有意に減少することを認めた。

そこで本研究では、閉眼時における環境照度の高低と体動揺量との関係を身体の重心動揺により検討した。

II 方法

1. 実験方法

3個の荷重トランスジューサーを使用した重心動揺計（グラビコーダー，ANIMA；G 1804 S）により直立時における身体の重心動揺を検出し、その出力をPCMデータレコーダー（NF，RP-882）に記録した。また照度の測定にはデジタル照度計（TOPCON；IN-3）を使用し、被験者の顔の位置における照度を測定した。

重心動揺の測定時間は3分間、足位は50°¹⁾開きとし、以下に示すふたつの実験を行った。固視条件下においては、被験者眼から前方2 mの所に直径5 mmの円形固視標を設定した。また、閉眼時においては視点を前方に固定するよう被験者に注意を与えた。

実験 1

明所（100 lux）および暗所における開眼、閉眼時の体動揺量の差を知るため、視機能の正常な健康成人15名（男性，年齢19～23才）について以下に示す条件で重心動揺の測定を行った。なおその測定順は、繰り返しの効果を除くため被験者により異なるようにした。

- 1) 明所の開眼固視
- 2) 明所の閉眼
- 3) 暗所の開眼
- 4) 暗所の閉眼

実験 2

閉眼時における環境照度と体動揺量との関係を知るため、以下の通り照度を段階的に変化させ、閉眼条件で重心動揺の測定を行った。被験者は視機能の正常な健康成人15名（男性，年齢18～23才）である。

- 1) 0 lux (アイマスク装着による)
- 2) 100 lux
- 3) 500 lux
- 4) 1000 lux

2. 分析方法

グラビコーダー付属のアナライザーに、データレコーダーの再生信号を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3分間のデータを20秒ずつに分割して計測し、計9個のデータの平均を各被験者の重心動揺距離および面積とした。重心動揺面積の算出については前後径と左右径の積を求める方法を用いた。

Ⅲ 結果

実験1

明所および暗所における開眼、閉眼時の重心動揺距離の平均と標準偏差および重心動揺面積のそれを表1と図1・2に示す。

最も動揺距離が大きかったのは暗所の閉眼であり、次いで明所の閉眼、暗所の開眼、明所の開眼の順であった。また動揺面積については暗所の開眼が明所の閉眼より大きくなった以外は動揺距離と同様の結果となった。それぞれの条件間における動揺距離および動揺面積の有意差検定(T検定, 自由度14)結果を表2に示す。

明所の開眼における動揺距離、面積はともに他のいずれの条件よりも有意に小さい値を示した。また同じ閉眼条件である明所の閉眼と暗所の閉眼の間では有意差はみられなかったものの暗所の方が大きな値を示した。これは大久保らの示した明所閉眼における体動揺量の増大とは異なる結果であった。さらに暗所における開眼と閉眼は、双方ともに位置関係と環境照度の情報がほとんど視機能に入力されない状態であるにもかかわらず、動揺距離に有意差がみられた。

表1. 明所と暗所における開眼・閉眼時の重心動揺距離および面積の平均と標準偏差

Table 1 Means and standard deviations of total shifts and area of sway with eyes open and with eyes closed in bright field and in dark field.

| EGG | | BRIGHT FIELD | | DARK FIELD | |
|--------------------|-----|--------------|-------|------------|-------|
| | | E. O. | E. C. | E. O. | E. C. |
| length | M | 181.2 | 230.1 | 226.8 | 243.6 |
| (mm) | S D | 23.2 | 35.1 | 34.8 | 38.0 |
| area | M | 2.79 | 3.98 | 4.38 | 4.42 |
| (cm ²) | S D | 0.90 | 1.56 | 1.56 | 1.71 |

(EGG: Electrogravitiograph)

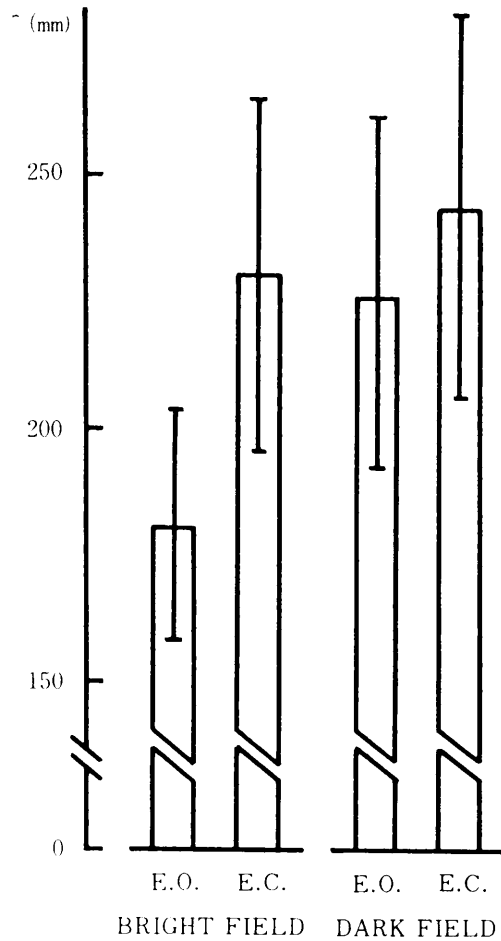


図1 明所と暗所における開眼・閉眼時の重心動揺距離の平均と標準偏差

Fig.1 Means and standard deviations of total shifts with eyes open and with eyes closed in bright field and in dark field.

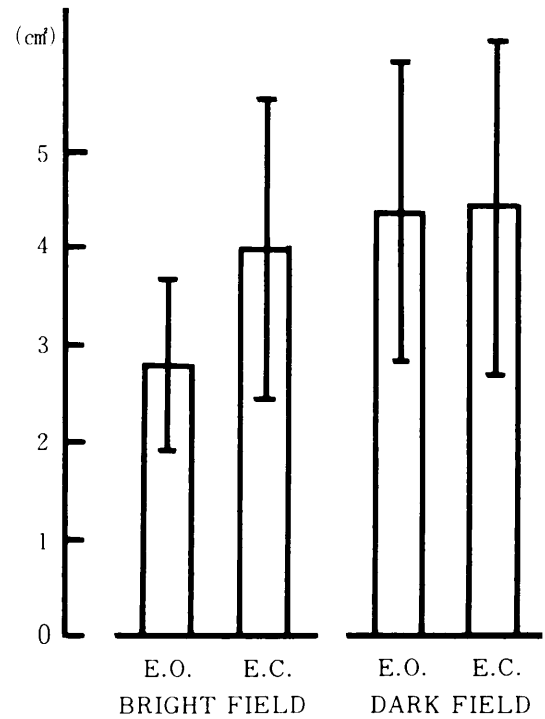


図2 明所と暗所における開眼・閉眼時の重心動揺面積の平均と標準偏差

Fig.2 Means and standard deviations of area of sway with eyes open and with eyes closed in bright field and in dark field.

表2. 各条件間のT検定

Table 2 Results of T-test among experimental conditions.

| | | | | |
|--------------|-------|---------|----------------|--------|
| BRIGHT FIELD | E. C. | 7.16 ※※ | upper : length | |
| | | 5.43 ※※ | lower : area | |
| DARK FIELD | E. O. | 5.77 ※※ | 0.74 | |
| | | 4.51 ※※ | 1.02 | |
| | E. C. | 8.82 ※※ | 2.11 | 2.34 ※ |
| | | 7.30 ※※ | 1.53 | 0.15 |
| | E. O. | E. C. | E. O. | |
| BRIGHT FIELD | | | DARK FIELD | |

※※ P < 0.01

※ P < 0.05

表 3. 各照度における重心動揺距離と面積の平均と標準偏差

Table 3 Means and standard deviations of total shifts and area of sway in experimental degree of environmental illumination.

| EGG | | 0 lux | 100 lux | 500 lux | 1000 lux |
|--------------------|----|-------|---------|---------|----------|
| length | M | 219.5 | 210.5 | 205.8 | 204.0 |
| (mm) | SD | 25.9 | 24.2 | 21.3 | 22.2 |
| area | M | 3.23 | 2.90 | 2.72 | 2.88 |
| (cm ²) | SD | 1.20 | 0.99 | 0.95 | 0.86 |

(EGG : Electrogravitiograph)

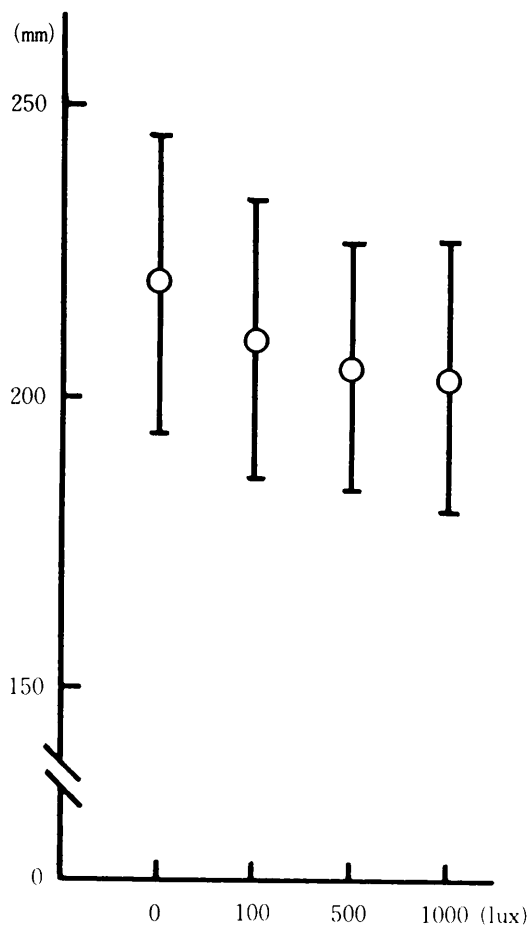


図 3 各照度における重心動揺距離の平均と標準偏差

Fig. 3 Means and standard deviations of total shifts in experimental degree of environmental illumination.

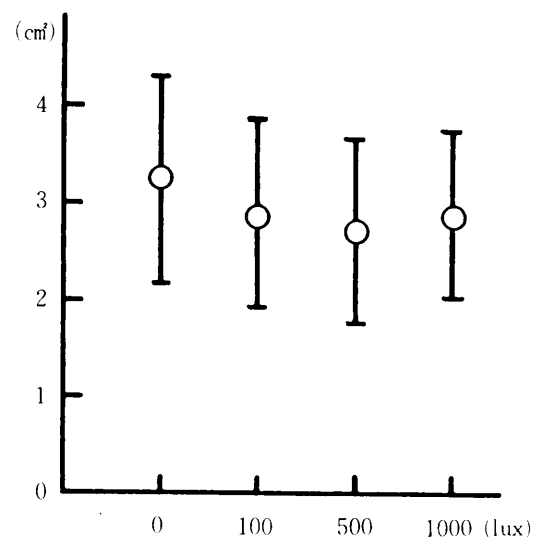


図 4 各照度における重心動揺面積の平均と標準偏差

Fig. 4 Means and standard deviations of area of sway in experimental degree of environmental illumination.

表 4. 各条件間の T 検定

Table 4 Results of T-test among experimental conditions.

| | | | |
|----------|---------|----------------|------|
| 100 lux | 2.09 | upper : length | |
| | 2.48 ※ | lower : area | |
| 500 lux | 2.54 ※ | 1.18 | |
| | 2.76 ※ | 0.37 | |
| 1000 lux | 2.31 ※ | 0.71 | 0.24 |
| | 2.34 ※ | 0.68 | 0.92 |
| 0 lux | 100 lux | 500 lux | |

※ P < 0.05

実験 2

各照度における動揺距離の平均と標準偏差および動揺面積のそれを表 3 と図 3・4 に示す。表 4 はそれぞれの条件間における動揺距離および動揺面積の有意差検定 (T 検定, 自由度 14) 結果である。

動揺距離, 面積ともに最も大きな値を示したのは 0 lux の条件であった。次に大きかったのは 100 lux の条件であったが, この時の測定値と 0 lux における測定値との間には動揺面積にだけ有意差がみられた。500 lux および 1000 lux における測定値はさらに小さくなり, 0 lux とそれぞれの間には動揺距離, 面積ともに有意差がみられた。しかし 100 lux, 500 lux そして 1000 lux の 3 条件下における測定値間には有意差がみられなかった。

IV 考察

直立姿勢における身体の動揺は主として立ち直り反射機構を表現しており, それは地球の重力に対して姿勢がくずれた場合に正常な位置に身体をもどそうとする反射として働く⁶⁾。この反射には前庭迷路系が主として関与しているが, それ以外に視覚系, 深部知覚系, 四肢などの機械受容器系などが関与するとされている。それらのフィードバック情報の中でも視覚情報が姿勢調節に果たす役割は重要と考えられている^{5), 8)}。

従来視覚を遮断するための方法としては, 最も簡便に行うことのできる閉眼が多く使用されてきた。閉眼で直立姿勢を保持する場合には, 視覚からの情報の内, 自己の身体と外環境との相対的な位置関係の情報を遮断することになる。したがって開眼固視時と比較すると体動揺量は増大すると考えられる。実験 1 において明所の閉眼および暗所の開眼, 閉眼の方が明所の開眼よりも動揺距離, 面積ともに大きな値を示したのはその結果と思われる。

実験 1 において, 環境照度が姿勢調節に及ぼす影響をみると明所の閉眼と暗所の閉眼との間で, 明所の方が値が小さくなる傾向がみられた。暗所の閉眼時には視機能に光は全く達していないはずである。しかしながら明所の閉眼時にはこの結果から推して, まぶたを通して微弱な光が網膜に達していると思われる。開眼において明るさだけを知覚できる条件を設定し, 環境照度と体動揺量との関連性を検討した著者らは, 照度 6 lux 以上の明所において体動揺量の有意な減少を認めた。その結果と実験 1 の結果から推して, 明所閉眼条件の場合には, 微弱な光が網膜に達して体動揺量を抑制しようとする方向に働いていると推察される²⁾。大久保らは, この微弱な光は姿勢制御系に対して外乱として働くと述べているが, 本研究では逆の結果

が得られた。それは網膜を通してわずかに感知された光により姿勢制御系に働くフィードバック機構の存在を示唆しているものと思われる。

実験1において、著者らは環境照度の影響により同じ閉眼でも明所と暗所において、その動揺量に有意な差を得ることができると考えた。しかしながら実際には有意なほどの差を得ることはできなかった。その理由を開眼で得た著者らの結果からみれば、実験1における明所閉眼の照度100 lux はまだ体動揺量減少の効果を導くほどの照度ではなかったように思われる。すなわち環境照度をさらに高くすれば、閉眼でも明所と暗所の間に差が出ることは予測できる。

実験2では環境照度を段階的に高くした条件における閉眼測定を行った。その結果、環境照度の増強にともなう体動揺量の減少がみられた。閉眼した上にアイマスクを装着した0 luxは暗所の閉眼と同様の条件であり、環境照度の影響は全く受けていないと考えられる。100 luxは実験1における明所の閉眼と同じ条件である。その0 lux と100 lux における測定値間では、動揺面積には差がみられたもののまだ動揺距離には実験1同様有意差があらわれなかった。しかし500 lux および1000 lux における結果は動揺距離、面積ともに0 lux のそれよりも有意に小さかった。すなわち閉眼時においては環境照度が0 から500 lux までの間に、視覚から入力される光が体動揺量に減少効果を及ぼしはじめる照度があると思われる。また500 lux と1000 lux における測定値間に差がみられなかったことから、500 lux を超える環境照度ではその影響がほぼ一定するのではないかと思われる。

V まとめ

閉眼時において環境照度が体動揺にどのような影響を与えるかを明らかにするため、明所と暗所における開眼、閉眼時の重心動揺を測定した。さらに環境照度を4段階に設定した閉眼条件での重心動揺を測定したところ、次の事項があきらかとなった。

実験1

- 1) 重心動揺距離、面積ともに最も大きな値を示したのは暗所の閉眼であった。
- 2) 明所の開眼における動揺距離、面積はともに他のいずれの条件におけるそれよりも小さな値を示した。
- 3) 明所の閉眼と暗所の閉眼との間では明所における測定値の方が小さくなる傾向にあった。

実験2

- 1) 閉眼時において環境照度が重心動揺の増減に影響しはじめる照度は0 lux から500 lux の間にあることが予想された。
- 2) 500 lux 以上の明所における閉眼条件において、その重心動揺距離と面積は、暗所と同等の0 lux に比較して有意に小さかった。

擱筆にあたり御指導いただいた愛知工業大学石垣尚男先生、そして御協力いただいた被験者諸氏に深甚なる謝意を表します。

なお本研究におけるデータの一部は、1986年11月26日、第37回日本体育学会にて河合学が発表した。

参 考 文 献

- 1) 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

- 2) 大久保 仁, 渡辺 勉, 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
- 3) 河合 学, 稲村欣作, 石垣尚男: 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. 静岡大学教養部研究報告, Vol.21, 1985
- 4) 中田英雄: 視覚障害者の直立姿勢保持能力. *姿勢研究*, Vol.3, No.1, 1983
- 5) 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*, Vol.2, No.1, 1982
- 6) 中村 誠: *姿勢の科学*. 不昧堂出版, 1979
- 7) 平沢彌一郎: スタシオロジー(2). 静岡大学教養部研究報告, Vol.6, 1970
- 8) 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