

身体動揺の安定性

——朝における身体動揺——

朝 長 昌 三

Stability of the Body Sway

——Body Sway in the Morning——

Shozo TOMONAGA

ヒトは、直立し、二足歩行する。このヒトの直立し、歩行することはヒトのすべての動作の基本であるとされている。ヒトの場合、頭が躯幹よりもわずかに前に位置するいわゆる前屈みの状態にあるため、重力によって前方に倒れようとするのを躯幹の背側にある抗重力筋で反射的に後ろに引き戻すことによって、直立姿勢が維持されている。このため、ヒトの直立姿勢は不安定で、前後方向ばかりでなく左右方向にも常に動揺している。この身体の動揺は、身体動揺または重心動揺とよばれ、平衡機能測定の指標となっている。

ヒトの直立姿勢の制御には、視覚系、前庭系、体性感覚系からの情報が関与している。そしてこれらの入力情報を中枢神経系が統合・処理し、それらの出力が四肢、躯幹の抗重力筋の筋運動調節系に送られることで身体を安定化させている。

直立姿勢の維持のための情報と身体動揺との関係について、身体動揺の周波数からの分析が試みられてきた (Kapteyn & De Wit, 1972)。そのような情報のなかでも、特に視覚情報の果たす役割は重要とされ、さまざまな視覚情報を呈示させた場合の身体動揺について検討されてきた (Edwards, 1946; 河合他, 1991; 中田, 1983; 朝長, 1998)。身体動揺を検討する場合、視覚的条件、環境照度条件、足位条件といった条件の下で身体動揺の評価が行われてきた。時間的条件を考慮した検討はこれまでほとんど行われていないようである。

ヒトに限らず、すべての生物は時間の流れのなかで生きている。われわれの身体的・精神的機能は1日のなかでアップ・ダウンをしている。体温は夕方に最も高く、睡眠中に最も低くなる。感覚機能も鋭敏なときとそうでないときがある。学習や記憶といった精神活動にも最適な時間帯がある。このようなことから、生体の一機能である身体動揺を検討する場合、上記の条件に時間的条件を加味し、そして生物リズムとの関係で身体動揺を測定する必要があると考えられた。そこで、身体動揺を測定する条件として、以下のような条件が考えられた。

1. 時間的条件

- ① 朝 (9時～9時30分)
- ② 昼 (11時～12時30分)
- ③ 夕 (17時～17時30分)

④ 夜 (20時～20時30分)

2. 足位条件

- ① 45度開足
- ② ロンベルグ足位
- ③ マン足位

3. 照度条件

- ① 視標が明らかに見える明るさ
- ② 視標がぼんやりと見える明るさ

4. 視覚的条件

- ① 開眼条件
- ② 閉眼条件

本研究は、ヒトの身体動揺の日内変動を検討するために、上記の条件の中から時間的条件として朝(9時～9時30分)、足位条件として45度開足、照度条件として視標が明らかに見える明るさ(1347 lx)とし、これらの条件の下で開眼条件における身体動揺と閉眼条件における身体動揺を、重心動揺の平均速度、平均加速度、移動距離および動揺面積から検討することを目的とした。

方 法

身体動揺の測定は、Fig. 1 に示したシステムを用いて行った。図のように、身体動揺は平衡機能計 (6 GO 1, 日本電気三栄社) を用いて測定した。検出台からの出力は、オムニ

+

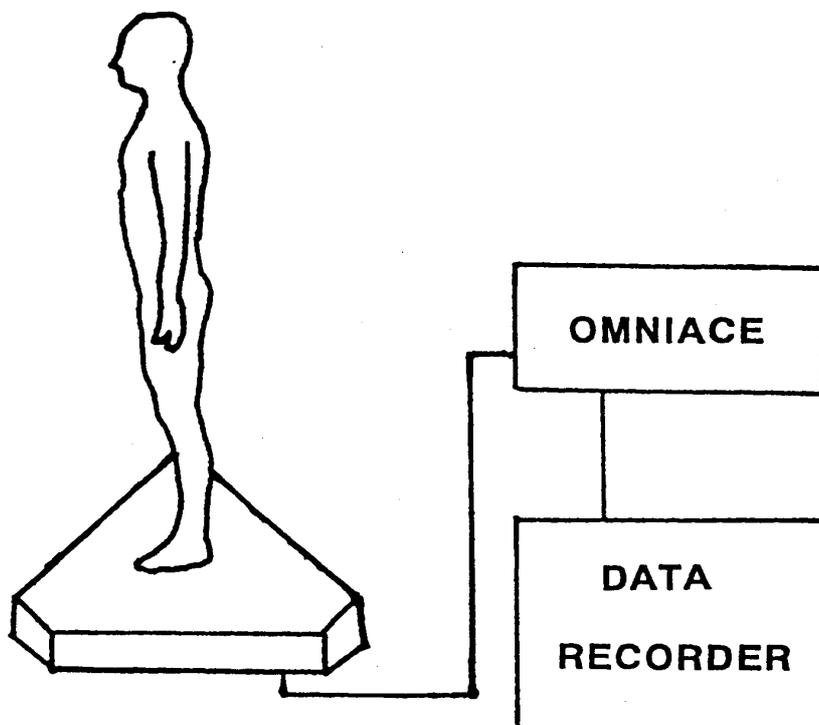


Fig. 1 実験装置の概要

エース (RT3200, 日本電気三栄社) とデータレコーダ (R-61, TEAK 社) に入力された。

被験者は、視標が明らかに見える明るさ (1347 lx) の実験室に設置された検出台上に45度開足 (踵を接し、足尖を45度に開いた足位) で直立し、両上肢を体側に接した姿勢をとった。検出台上での被験者の身体動揺が安定したことを、オムニエースが描く動揺のX一方向 (左右動揺) とY一方向 (前後動揺) の軌跡によって確認し、身体動揺の記録を始めた。

開眼で、眼前約2 mに設置された (+) 印の視標を凝視して直立した場合を開眼条件、また閉眼で直立した場合を閉眼条件とした。各被験者に対して、これら開眼条件における身体動揺の測定を5試行、また閉眼条件における身体動揺の測定を5試行の、計10試行の測定をランダムに行った。

被験者は、健常な男子学生25人と女子学生25人の計50人であった。

身体動揺の解析は、データレコーダから出力された動揺をA/D変換した後、「重心動揺計解析プログラム (日本電気三栄社)」によって動揺を左右方向と前後方向の時系列記録として計測し、各方向の平均速度、平均加速度、移動距離および動揺の範囲を示す動揺面積を求めることによって、身体動揺を分析した。重心動揺計解析プログラムのサンプリングタイムは50msで、取り込み時間は51.2sであった。

結 果

1. 50人における開眼条件と閉眼条件の比較

(1) 平均速度

X一方向: $t = 8.829$ ($P < .01$)

Y一方向: $t = 11.425$ ($P < .01$)

左右動揺も前後動揺も閉眼条件における動揺の速度の方が、開眼条件の場合よりも速かった。

(2) 平均加速度

X一方向: $t = 7.926$ ($P < .01$)

Y一方向: $t = 9.474$ ($P < .01$)

左右動揺も前後動揺も閉眼条件における動揺の加速度の方が、開眼条件の場合よりも大であった。

(3) 移動距離

X一方向: $t = 7.719$ ($P < .01$)

Y一方向: $t = 10.605$ ($P < .01$)

左右動揺も前後動揺も閉眼条件における動揺の移動距離の方が、開眼条件の場合よりも大であった。

(4) 動揺面積

$t = 6.336$ ($P < .01$)

閉眼条件における動揺面積の方が、開眼条件の場合よりも大であった。

2. 50人における左右動揺と前後動揺の比較

(1) 開眼条件

平均速度： $t = 1.526$ ($p > .05$)

平均加速度： $t = 1.606$ ($p > .05$)

移動距離： $t = 2.579$ ($p < .05$)

開眼条件においては、平均速度も平均加速度も統計的には有意な差はなかったが、どちらかといえば前後動揺の方が左右動揺よりも大であった。しかし移動距離に関しては、左右動揺の方が前後動揺よりも大であった。

(2) 閉眼条件

平均速度： $t = 4.966$ ($p < .01$)

平均加速度： $t = 3.738$ ($p < .01$)

移動距離： $t = 2.557$ ($p < .05$)

閉眼条件においては平均速度、平均加速度、移動距離ともに前後動揺の方が左右動揺よりも大であった。

3. 男性における開眼条件と閉眼条件の比較

(1) 平均速度

X一方向： $t = 6.046$ ($p < .01$)

Y一方向： $t = 7.938$ ($p < .01$)

左右動揺も前後動揺も閉眼条件における動揺の速度の方が、開眼条件の場合よりも速かった。

(2) 平均加速度

X一方向： $t = 5.571$ ($p < .01$)

Y一方向： $t = 6.871$ ($p < .01$)

左右動揺も前後動揺も閉眼条件における動揺の加速度の方が、開眼条件の場合よりも大であった。

(3) 移動距離

X一方向： $t = 5.598$ ($p < .01$)

Y一方向： $t = 7.712$ ($p < .01$)

左右動揺も前後動揺も閉眼条件における動揺の移動距離の方が、開眼条件の場合よりも大であった。

(4) 動揺面積

$t = 4.391$ ($p < .01$)

閉眼条件における動揺面積の方が開眼条件の場合よりも大であった。

4. 男性における左右動揺と前後動揺の比較

(1) 開眼条件

平均速度： $t = 2.887$ ($p < .01$)

平均加速度： $t = 3.333$ ($p < .01$)

移動距離： $t = .296$ ($p > .05$)

開眼条件においては、平均速度も平均加速度も前後動揺の方が左右動揺よりも大であった。また移動距離に関しても、統計的には有意な差はなかったが、どちらかといえば前後動揺の方が左右動揺よりも大であった。

(2) 閉眼条件

平均速度： $t = 4.299$ ($p < .01$)

平均加速度： $t = 3.845$ ($p < .01$)

移動距離： $t = 2.901$ ($p < .01$)

閉眼条件においては平均速度、平均加速度、移動距離ともに前後動揺の方が左右動揺よりも大であった。

5. 女性における開眼条件と閉眼条件の比較

(1) 平均速度

X一方向： $t = 5.646$ ($p < .01$)

Y一方向： $t = 8.056$ ($p < .01$)

左右動揺も前後動揺も閉眼条件における動揺の速度の方が、開眼条件の場合よりも速かった。

(2) 平均加速度

X一方向： $t = 5.612$ ($p < .01$)

Y一方向： $t = 6.403$ ($p < .01$)

左右動揺も前後動揺も閉眼条件における動揺の加速度の方が、開眼条件の場合よりも大であった。

(3) 移動距離

X一方向： $t = 5.256$ ($p < .01$)

Y一方向： $t = 7.156$ ($p < .01$)

左右動揺も前後動揺も閉眼条件における動揺の移動距離の方が、開眼条件の場合よりも大であった。

(4) 動揺面積

$t = 4.483$ ($p < .01$)

閉眼条件における動揺面積の方が開眼条件の場合よりも大であった。

6. 女性における左右動揺と前後動揺の比較

(1) 開眼条件

平均速度： $t = 1.102$ ($p > .05$)

平均加速度： $t = 1.134$ ($p > .05$)

移動距離： $t = 4.956$ ($p < .01$)

開眼条件においては、平均速度も平均加速度も統計的には有意な差はなかったが、どちらかといえば左右動揺の方が前後動揺よりも大であった。それに対して移動距離は、左右動揺の方が前後動揺よりも大で、統計的にも有意な差があった。

(2) 閉眼条件

平均速度： $t = 2.713$ ($p < .05$)

平均加速度： $t = 1.479$ ($p > .05$)

移動距離： $t = .753$ ($p > .05$)

閉眼条件においては、前後動揺の平均速度の方が左右動揺よりも大であった。また平均加速度と移動距離ともに統計的には有意な差はなかったが、どちらかといえば前後動揺の方が左右動揺よりも大であった。

7. 性 差

(1) 開眼条件

平均速度

X一方向： $t = .325$ ($p > .05$)

Y一方向： $t = 1.692$ ($p > .05$)

平均加速度

X一方向： $t = .292$ ($p > .05$)

Y一方向： $t = 1.928$ ($p > .05$)

移動距離

X一方向： $t = .102$ ($p > .05$)

Y一方向： $t = 1.89$ ($p > .05$)

動揺面積

$t = .056$ ($p > .05$)

左右動揺の平均速度、平均加速度および移動距離に関しては、統計的には有意な差はなかったが、どちらかといえば女性の方が男性よりも大であった。それに対して前後動揺の平均速度、平均加速度、移動距離および動揺面積に関しては、統計的には有意な差はなかったが、どちらかといえば男性の方が女性よりも大であった。

(2) 閉眼条件

平均速度

X一方向： $t = .051$ ($p > .05$)

Y一方向： $t = .876$ ($p > .05$)

平均加速度

X一方向： $t = .116$ ($p > .05$)

Y一方向： $t = 1.099$ ($p > .05$)

移動距離

X一方向： $t = .254$ ($p > .05$)

Y一方向： $t = 1.042$ ($p > .05$)

動揺面積

$t = .097$ ($p > .05$)

平均速度、平均加速度および移動距離に関しては、統計的には有意な差はなかったが、どちらかといえば男性の方が女性よりも大であった。動揺面積に関しては、どちらかといえば女性の方が大であった。

8. 左右動揺の移動距離が前後動揺の移動距離よりも大である場合の試行数

(1) 開眼条件

男性：64/125

女性：104/125

開眼条件においては、左右動揺の移動距離が前後動揺の移動距離よりも長い試行数は、男性の場合、125試行中64試行であった。それに対して女性の場合は104試行であった。

(2) 閉眼条件

男性：38/125

女性：61/125

閉眼条件においては、左右動揺の移動距離が前後動揺の移動距離よりも長い試行数は、男性の場合、125試行中38試行であった。それに対して女性の場合は61試行であった。

考 察

本研究は、時間的条件として朝(9時～9時30分)、足位条件として45度開足、照度条件として視標が明らかに見える明るさ(1347 lx)とし、これらの条件の下で開眼条件における身体動揺と閉眼条件における身体動揺を、重心動揺の平均速度、平均加速度、移動距離および動揺面積から検討することを目的とした。

本研究における実験条件で、特に重要視した条件は時間的条件である。すなわちヒトの概日リズムと身体動揺との関係を検討するために、本実験では、時間的条件を朝9時から9時30分までと限定し、その時間帯における身体動揺を測定した。

被験者50人の開眼条件における身体動揺と閉眼条件における身体動揺の比較に関しては、左右動揺および前後動揺の平均速度、平均加速度、移動距離ともに、また動揺面積も閉眼条件の方が大であった。すなわち閉眼条件における動揺の方がより速い速度で、より大きな加速度で、より長い距離で、そしてより広い範囲で動揺したといえる。また男性においても女性においても、同じ傾向であった。これらの結果は、朝長がこれまで得た結果と同じ傾向を示すものであった(1993, 1994)。すなわち、視覚情報を呈示させた場合の方が、視覚情報を遮断させた場合よりも身体動揺は小さいというこれまでの研究結果と同じであった(田口, 1976; 五島, 1988; 河合ら, 1989)。

性差に関しては、開眼条件においても閉眼条件においても、平均速度、平均加速度、移動距離および動揺面積には、統計的には有意な差はなかった。すなわち開眼条件においても閉眼条件においても、男女はともに同じような動揺であったといえる。田近(1979)は、移動距離において性差なしという結果を得ている。動揺面積については、小島と竹森(1980)は性差なしという結果を得ているのに対し、菅野と武谷(1971)は男性の方が女性よりも大という結果を得ている。また小林ら(1987)は閉眼条件では男性の方が女性よりも大であったが、開眼条件では有意な差はなかったという結果を得た。それに対して朝長(1994)は平均速度、平均加速度、移動距離および動揺面積において女性の方が男性よりも大という結果を得ている。このように性差に関しては定まった結果が得られていない。

被験者50人における左右動揺と前後動揺を比較した場合、閉眼条件においては平均速度、平均加速度、移動距離ともに前後動揺の方が左右動揺よりも大であった。この結果は、朝

長（1993）がこれまで得た結果と同じ傾向であった。また開眼条件においても、平均速度と平均加速度で統計的には有意な差はなかったが、どちらかといえば前後動揺が大であった。それに対して移動距離では、左右動揺の方が大であった。

一般的に、前後動揺の方が左右動揺よりも大きいとされている。そこで、男女それぞれについて開眼条件における左右動揺と前後動揺の移動距離に関する比較を行った。

男性では開眼条件において、統計的には有意な差はなかったが、どちらかといえば前後動揺の方が左右動揺よりも大であった。それに対して女性においては、左右動揺の方が前後動揺よりも大であった。

そこで次に、左右動揺の移動距離が前後動揺の移動距離よりも大であった試行数を検討した結果、閉眼条件においては男性の場合125試行中38試行、女性の場合125試行中61試行であった。それに対して、開眼条件においては男性の場合125試行中64試行、女性の場合125試行中104試行であった。このことによって開眼条件における左右動揺の移動距離が前後動揺の移動距離よりも大となったと考えられた。

以上のように、本研究で得た結果は、これまで朝長が得た結果と異なるものであった。すなわち、本研究の目的は時間的条件として朝（9時～9時30分）、足位条件として45度開足、照度条件として視標が明らかに見える明るさ（1347 lx）という条件の下で、開眼条件における身体動揺と閉眼条件における身体動揺を比較検討することであった。その結果、これまで得た結果と明らかに異なる結果は、開眼条件における動揺の移動距離に関して、左右動揺の方が前後動揺よりも大であり、しかもそれは女性によって生じているということであった。さらにはまた性差に関して、統計的には有意な差はなかったことは、朝という時間的条件が女性に特に影響した結果なのかを検討する必要がある。

以上のように、女性の身体動揺は、朝においては、左右動揺の方が前後動揺よりもより大きく動揺するといえるのかどうかについて、さらに検討を加える必要があると考えられた。

要 約

本研究は、時間的条件として朝（9時～9時30分）、足位条件として45度開足、照度条件として視標が明らかに見える明るさ（1347 lx）とし、これらの条件の下で開眼条件における身体動揺と閉眼条件における身体動揺を、重心動揺の平均速度、平均加速度、移動距離および動揺面積から検討することを目的とした。結果は以下の通りであった。

1. 50人における開眼条件と閉眼条件の比較

(1) 平均速度

左右動揺も前後動揺も閉眼条件における動揺の速度の方が、開眼条件の場合よりも速かった。

(2) 平均加速度

左右動揺も前後動揺も閉眼条件における動揺の加速度の方が、開眼条件の場合よりも大であった。

(3) 移動距離

左右動揺も前後動揺も閉眼条件における動揺の移動距離の方が、開眼条件の場合より

も大であった。

(4) 動揺面積

閉眼条件における面積の方が、閉眼条件の場合よりも大であった。

2. 性 差

開眼条件においても閉眼条件においても、平均速度、平均加速度、移動距離および動揺面積に関して統計的に有意な差はなかった。

3. 50人における左右動揺と前後動揺の比較

(1) 開眼条件

平均速度と平均加速度に関しては、統計的に有意な差はなかったが、移動距離に関しては左右動揺の方が前後動揺よりも大であった。

(2) 閉眼条件

平均速度、平均加速度、移動距離ともに前後動揺の方が左右動揺よりも大であった。

4. 男性における左右動揺と前後動揺の比較

(1) 開眼条件

平均速度と平均加速度に関しては前後動揺の方が大であったが、移動距離に関しては統計的に有意な差はなかった。

(2) 閉眼条件

平均速度、平均加速度、移動距離ともに前後動揺の方が大であった。

5. 女性における左右動揺と前後動揺の比較

(1) 開眼条件

平均速度と平均加速度に関しては統計的に有意な差はなかったが、移動距離に関しては左右動揺の方が前後動揺よりも大であった。

(2) 閉眼条件

平均速度に関しては前後動揺の方が大であったが、平均加速度と移動距離に関しては統計的に有意な差はなかった。

以上の結果から、これまで得られた結果と異なる点は、女性に関して、開眼条件における左右動揺の移動距離の方が前後動揺の移動距離よりも大であるということであった。

引 用 文 献

- Edwards, A. S. 1946 Body sway and vision. *Journal of Experimental Psychology*, 36, 526-536.
- 五島桂子 1988 重心動揺検査の検討—検査条件について— *Equilibrium Res.*, Vol. 47(2), 174-186.
- Kaptayn, T. S. & De Wit, G. 1972 Posturography as an auxiliary in vestibular investigation. *Acta Otolaryngology*, 73, 104-111.
- 河合学・稲村欣作・野間忠明 1989 立位姿勢における身体動揺と環境照度 姿勢研究, 9 (1), 25-32.
- 河合学・野間忠明・古賀一男 1991 視標追跡刺激と身体動揺 姿勢研究, 11(1), 31-38.
- 小林祥泰・藤原茂芳・下手公一・小出巳・鈴木知子・山口修平・恒松徳五郎・桧学・高木明 1987 正常高齢者における重心動揺と脳循環, 知的精神機能との関連について 姿勢研究, 7 (1), 1-6.
- 小島幸江・竹森節子 1980 小児の身体平衡の発達について—正常小児, 起立位を中心に— *耳鼻臨床*, 73(5), 865-871.
- 宮田洋 1997 新生理心理学 1, 2, 3 巻 北大路書房

- 中田英雄 1983 視覚障害者の直立姿勢保持能力 姿勢研究, 3 (1), 1-7.
- 菅野久信・武谷力 1971 平衡計とその臨床応用 Equilibrium Res., Vol. 28., 38-39.
- 田近由美子 1979 重心動揺移動距離と重心動揺図 (X軸長, Y軸長) についての研究 金沢大学十全医学会雑誌, 88(1), 122-137.
- 田口喜一郎, 他 1976 重心動揺軌跡距離測定法 日耳鼻, 79, 835-843.
- 朝長昌三 1993 視覚情報の部分呈示による姿勢制御の練習効果 長崎大学教養部紀要, 第34巻 第1号, 45-53.
- 朝長昌三 1994 視覚情報による重心動揺の安定性 長崎大学教養部紀要, 第35巻 第1号, 1-20.
- 朝長昌三 1998 重心動揺に関する傾向分析 長崎大学教育学部教育科学研究報告, 第55号, 69-73.