

重心動揺に関する試行間変動

朝 長 昌 三

Changes among Trials on Body Sway

Shozo TOMONAGA

ヒトの姿勢制御は、前庭器官・体性感覚器官・視覚器官等の異種感覚情報を中枢神経系が統合・処理し、運動系に伝えることにより、姿勢の維持にかかわる筋肉群を収縮または弛緩させることによって姿勢を保持・安定化させる系である。

姿勢を維持・安定化させる情報の中でも、視覚情報の果たす役割は特に重要と考えられ、これまでいろいろな研究が報告されている (Edwards, 1946 ; 河合他, 1991 ; 中田, 1983 ; Wapner and Witkin, 1950)。朝長もこれまでいろいろな視覚情報を呈示することによって姿勢、特に重心動揺がどのように変化するかを検討してきた (1993, 1994, 1995, 1997)。

重心動揺を評価する場合、ある条件下で数試行の測定を行い、その平均値を代表値として検討された研究が多い。本研究では閉眼条件、開眼条件およびフィードバック条件の3条件における試行間の変動について、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

重心動揺の測定は、Fig. 1に示したようなシステムを用いて行った。図のように、重心動揺は正三角形3点支持の平衡機能計 (1G01, 三栄測器社) を用いて測定した。検出台からの出力は座標変換増幅器によって増幅され、レクチグラフ (8U16, 日本電気三栄社)、データレコーダ (R-61, TEAC社) およびX-Yレコーダ (8U61, 日本電気三栄社) に入力された。

被験者は検出台上に、踵を接し足尖を45度に開いて直立し、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動揺が安定したことを、レクチグラフに描かれる動揺のX-方向 (左右動揺) とY-方向 (前後動揺) の軌跡によって確認した後、レクチグラフのペンの零点

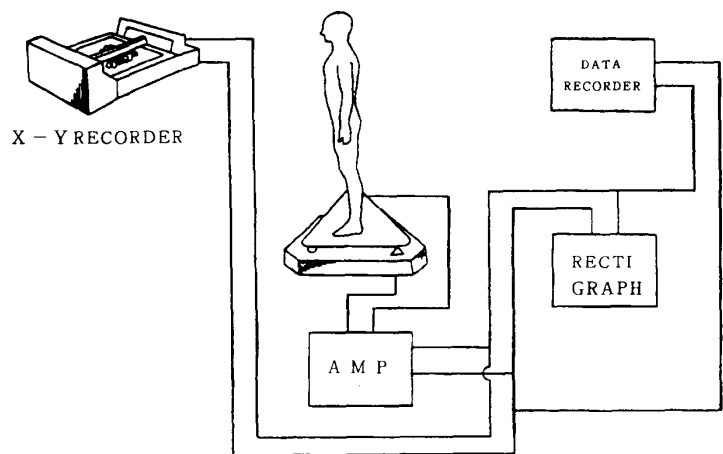


Fig. 実験装置の概要

位置を調整した。

まず閉眼で直立姿勢時の重心動揺をデータレコーダに記録した。これを閉眼条件における重心動揺とした。記録後、被験者は検出台上を下り、椅子に座って約1分間の休憩をとった。

休憩後再び検出台上に直立させ、開眼で眼前約1.5mに設置された(+)印の固視点を凝視させた状態における動揺を測定し、これを開眼条件における重心動揺とした。

次に、再び被験者を椅子に座らせて休憩させ、その時に、「X-Yレコーダのペンと、ペンによって描かれる動揺の軌跡を見ながら、できるだけペンを動かさないように姿勢をコントロールさせてください。ペンが右方に移動した場合には、重心を左方に移動させることによって、ペンがなるべく記録紙の中央にくるように調整させてください」と教示した。その説明後、被験者を検出台上に直立させ、X-Yレコーダのペンを凝視させた。そして被験者が重心を前方、後方、左方、右方に移動させると、眼前約1mに設置されたX-Yレコーダのペンもそれに従って動くことおよびペンがその動きとともに軌跡を描くことを確かめさせ、さらに動揺のコントロールの仕方を練習させた。その後、記録を始め、これをフィードバック条件における重心動揺とした。

これらの3条件における試行を1ブロックとし、1日に5ブロック、さらにこの5ブロックを14日間連続して行った。

被験者は健常な男子学生10人と、女子学生10人の計20人であった。

重心動揺の解析は、まずデータレコーダから出力した重心動揺の記録を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51.2秒の動揺を左右方向と前後方向に関する時系列記録として計測し、各方向の平均速度、平均加速度および移動距離と、動揺の範囲を示す動揺面積から重心動揺を定量化した。重心動揺計解析プログラムにおけるサンプリングタイムは50msecであった。

結 果

結果の処理は、以下のように行った。

各試行の重心動揺を「重心動揺計解析プログラム」によって左右動揺(X-方向)および前後動揺(Y-方向)の平均速度、平均加速度、移動距離と動揺面積に関して分析した。次に各条件(閉眼条件、開眼条件、フィードバック条件)における各要素(平均速度、平均加速度、移動距離、動揺面積)について、各試行(第1試行から第5試行)の14日間の平均値をとった。さらにそれぞれについて被験者20人の平均値をとり、その平均値を各条件における各要素についての各試行の代表値とした。

それらの代表値によって、各条件における各要素が第1試行から第5試行までの間に練習効果があるかどうかを検討するために分散分析を行い、以下のような結果を得た。

閉眼条件においては、X-方向で平均速度($F=2.840$, $p<.05$)と移動距離($F=6.254$, $p<.01$)に、Y-方向で平均速度($F=16.796$, $p<.01$)、平均加速度($F=16.124$, $p<.01$)、移動距離($F=53.108$, $p<.01$)に有意な差があった。開眼条件では、X-方向で平均加速度($F=2.720$, $p<.05$)と移動距離($F=2.927$, $p<.05$)に、Y-方向で平均速度($F=9.849$, $p<.01$)、平均加速度($F=13.875$, $p<.01$)、移動距離($F=62.195$, $p<.01$)に有意な差があった。これら2条件に比べてフィードバック条件

では、X-方向で平均速度 ($F=16.150$, $p<.01$), 平均加速度 ($F=19.930$, $p<.01$), 移動距離 ($F=27.177$, $p<.01$), Y-方向で平均速度 ($F=11.693$, $p<.01$), 平均加速度 ($F=10.634$, $p<.01$), 移動距離 ($F=58.896$, $p<.01$), 動揺面積 ($F=13.632$, $p<.01$) のすべての要素に有意な差があった。

次に、各条件における各要素が試行間で差があるかどうかを検討するために t-検定を行い、以下のような結果を得た。

閉眼条件に関しては、X-方向の平均速度で第1試行と第4試行 ($t=2.809$, $p<.05$), 第2試行と第5試行 ($t=2.175$, $p<.05$), 平均加速度で第3試行と第4試行 ($t=2.727$, $p<.01$), 第3試行と第5試行 ($t=3.045$, $p<.01$), 移動距離で第1試行と第4試行 ($t=3.904$, $p<.01$), 第1試行と第5試行 ($t=3.227$, $p<.01$), 第2試行と第4試行 ($t=3.270$, $p<.01$), 第2試行と第5試行 ($t=3.781$, $p<.01$), 第3試行と第4試行 ($t=2.502$, $p<.05$), 第3試行と第5試行 ($t=2.490$, $p<.05$) との間に有意な差があった (以下, 1×4 (2.809) と略)。Y-方向の平均速度で 1×2 (3.827), 1×3 (5.158), 1×4 (5.766), 1×5 (8.641), 2×4 (3.218), 2×5 (4.211), 3×5 (3.382), 平均加速度で 1×2 (2.309), 1×3 (4.887), 1×4 (4.898), 1×5 (6.279), 2×4 (4.070), 2×5 (4.480), 3×4 (2.511), 3×5 (3.641), 移動距離で 1×2 (5.335), 1×3 (8.770), 1×4 (13.263), 1×5 (13.962), 2×3 (2.196), 2×4 (5.844), 2×5 (6.000), 3×4 (3.303), 3×5 (4.383) との間に5%または1%未満で有意な差があった。動揺面積に関しては試行間に有意な差はなかった。

開眼条件に関しては、X-方向の平均速度で 1×2 (2.201), 平均加速度で 2×4 (3.392), 2×5 (3.321), 移動距離で 2×4 (3.270), 2×5 (3.402) との間に5%または1%未満で有意な差があった。Y-方向の平均速度で 1×3 (2.490), 1×4 (3.341), 1×5 (5.555), 平均加速度で 1×3 (2.332), 1×4 (4.020), 1×5 (6.088), 2×4 (4.104), 2×5 (4.244), 3×4 (3.436), 3×5 (4.166), 移動距離で 1×2 (5.952), 1×3 (6.105), 1×4 (11.743), 1×5 (17.988), 2×3 (2.495), 2×4 (11.848), 2×5 (7.445), 3×4 (4.996), 3×5 (5.267) との間に5%または1%未満で有意な差があった。動揺面積に関しては試行間に有意な差はなかった。

フィードバック条件に関しては、X-方向の平均速度で 1×2 (2.325), 1×3 (2.270), 1×4 (7.476), 1×5 (5.689), 2×4 (3.656), 2×5 (4.372), 3×4 (3.765), 3×5 (8.014), 平均加速度で 1×3 (3.244), 1×4 (6.045), 1×5 (5.695), 2×4 (3.906), 2×5 (5.278), 3×4 (4.818), 3×5 (6.715), 移動距離で 1×2 (2.856), 1×3 (3.796), 1×4 (9.717), 1×5 (6.887), 2×4 (4.844), 2×5 (5.330), 3×4 (5.160), 3×5 (8.598) との間に5%または1%未満で有意な差があった。Y-方向の平均速度で 1×2 (3.469), 1×3 (3.419), 1×4 (5.947), 1×5 (3.596), 2×4 (2.741), 2×5 (2.528), 3×4 (4.904), 3×5 (2.846), 平均加速度で 1×2 (3.469), 1×3 (3.419), 1×4 (5.947), 1×5 (3.596), 2×4 (2.741), 2×5 (2.528), 3×4 (4.904), 3×5 (2.846), 移動距離で 1×2 (6.776), 1×3 (10.334), 1×4 (14.439), 1×5 (12.744), 2×4 (6.128), 2×5 (5.661), 3×4 (8.148), 3×5 (4.663) との間に5%または1%未満で有意な差があった。動揺面積に関しては、 1×2 (4.580), 1×3 (8.101), 1×4 (5.694),

1×5 (5.542) との間に1%未満で有意な差があった。

動揺の各要素が各試行において条件間でどのような大小関係にあるかを検討するためにt-検定を行った結果、第1試行から第5試行のすべての試行において以下のような傾向があった。

- (1) 平均速度 (X-方向)
開眼条件<閉眼条件<フィードバック条件
- (2) 平均速度 (Y-方向)
開眼条件<フィードバック条件<閉眼条件
- (3) 平均加速度 (X-方向)
開眼条件<閉眼条件<フィードバック条件
- (4) 平均加速度 (Y-方向)
開眼条件<閉眼条件<フィードバック条件
- (5) 移動距離 (X-方向)
開眼条件<閉眼条件<フィードバック条件
- (6) 移動距離 (Y-方向)
開眼条件<閉眼条件<フィードバック条件
- (7) 動揺面積
フィードバック条件<開眼条件<閉眼条件

以上のように、各試行における条件間の大小関係を検討した結果、X-方向およびY-方向の平均速度、平均加速度、移動距離において、開眼状態の場合が最も小で、Y-方向の平均速度を除くとフィードバック条件が最も大であった。それに対して、動揺面積はフィードバック条件の場合が最も小で閉眼状態の場合が最も大であった。

考 察

本研究は閉眼条件、開眼条件およびフィードバック条件における重心動揺が試行間でどのように変動するかを検討することが目的であった。

朝長(1993)は重心動揺に関する5日間の練習効果について検討し、閉眼条件においては左右動揺の平均速度と移動距離に、フィードバック条件においては左右動揺の平均速度と動揺面積に練習効果があったという結果を得た。本研究においても分散分析の結果、第1試行から第5試行重心動揺には練習効果がみられ、以下のことが考えられた。閉眼条件における重心動揺は、動揺の範囲はあまり狭まることなく、速度はより緩やかに、加速度も小さく、そして移動距離もより短くなる傾向にあると考えられた。開眼条件においても同様の傾向がみられた。それらに対してフィードバック条件においては、特に動揺の範囲が顕著に狭まっていくなかで、速度はより緩やかに、加速度もより小さく、移動距離もより短くなっていくという傾向を示した。

以上のように、視覚情報を呈示した開眼条件やフィードバック条件においてはもちろんのこと、視覚情報を遮断した閉眼状態であっても、練習効果がみられた。このことについて、さらに次のようなことが考えられた。すなわち閉眼条件の場合、左右動揺は第4試行から、前後動揺は第2試行から安定化傾向を示した。開眼条件の場合には、左右動揺は第

4 試行から、前後動揺は第3 試行から安定化傾向を示した。それらに対してフィードバック条件の場合、左右動揺も前後動揺も第2 試行から動揺がより強くコントロールされ、動揺が小さくなっていると考えられた。また閉眼条件においても開眼条件においても、左右方向よりは前後方向の動揺がより強くコントロールされて動揺が安定性を示しているのに対し、フィードバック条件では、左右動揺も前後動揺と同じようにコントロールされているといえる。これらの傾向に対して瀧口(1986)は、開眼時において左右方向の平均速度が大きくて前後方向は小さく、閉眼時においては左右方向の平均速度と前後方向の平均速度との差はなかったと報告した。和久田ら(1989)は視覚の直立姿勢におよぼす影響について検討し、閉眼条件と遮眼条件の動揺軌跡長との間に有意な差を認めなかったという結果を得た。また河合ら(1989)は、身体動揺と環境照度との関係について検討し、明所開眼時の動揺面積が明所閉眼時よりも小さいという結果を得た。これらの結果と本研究で得た結果とは相違点があるものの、朝長(1993, 1994)がこれまで得た結果からすると、閉眼時においても開眼時においても前後方向の平均速度や軌跡長の方が左右方向よりも大きく、動揺面積に関しては開眼時の方が閉眼時よりも小さいと考えられる。

朝長(1993, 1994)は重心動揺の条件間の大小関係について検討し、以下のような結果を得た。左右動揺においても前後動揺においてもそれらの平均速度、平均加速度、移動距離は開眼条件の場合が最小で、動揺面積はフィードバック条件の場合が最小であった。本研究においても同様の結果が得られた。すなわち前後動揺の平均速度を除くと、左右動揺および前後動揺の平均速度、平均加速度、移動距離において、フィードバック条件における動揺が最も大きく、開眼条件における動揺が最も小であった。それに対して動揺面積に関しては、フィードバック条件の場合が最も小で、閉眼条件の場合が最も大であった。これらのことから視覚情報を遮断した閉眼状態における重心動揺は、3 条件のなかで最も大きな動揺の範囲を保ちながらも、試行数が増すごとに前後動揺の方をより強くコントロールさせることによってわずかずつ動揺を小さくさせていくという傾向があると考えられた。また固視点を凝視した状態である開眼条件における重心動揺は、閉眼状態の場合よりも小さい範囲で動揺しながらも、特に前後動揺の平均速度、平均加速度、移動距離を最も強くコントロールさせながら安定化の方向に向かっていくと考えられた。自分自身の動揺の軌跡を見ながら動揺をコントロールさせるフィードバック条件における重心動揺は他の2 条件の場合と異なり、動揺の範囲は最小であるにもかかわらず、左右動揺および前後動揺の速度や加速度、移動距離を大きくコントロールさせながらより小さな動揺へと向かっていく傾向を示した。

以上のように閉眼条件、開眼条件およびフィードバック条件における重心動揺の試行間変動について検討した結果、重心動揺の要素によっては試行間に変動がみられたことから、視覚情報が呈示された場合はもちろんのこと視覚情報が遮断された場合も練習効果があると考えられた。

要 約

本研究は閉眼条件、開眼条件およびフィードバック条件における重心動揺が試行間で

のように変動するかを検討することが目的であった。結果は以下の通りであった。

1. 閉眼条件においては、左右動揺の平均速度と移動距離に、前後動揺の平均速度と平均加速度、移動距離に練習効果があった。開眼条件においては、左右動揺の平均加速度と移動距離に、前後動揺の平均速度と平均加速度、移動距離に練習効果があった。フィードバック条件においては、すべての要素に練習効果があった。
2. 閉眼条件においては、左右動揺は第4試行から、前後動揺は第2試行から安定化傾向を示した。開眼条件においては、左右動揺は第4試行から、前後動揺は第3試行から安定化傾向を示した。フィードバック条件においては、左右動揺も前後動揺も第2試行から安定化傾向を示した。
3. 重心動揺の条件間の大小関係に関しては、前後動揺の平均速度を除いた動揺の平均速度、平均加速度および移動距離においてフィードバック条件における動揺が最も大で、開眼条件における動揺が最も小であった。動揺面積に関しては、フィードバック条件の場合が最も小で、閉眼条件の場合が最も大であった。

参 考 文 献

- Edwards, A. S. 1946 Body sway and vision. *Journal of Experimental Psychology*, 36, 526-536.
- 河合 学・稲村欣作・間野喜一郎 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.
- 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.
- 瀧口哲也 1986 重心動揺検査の総合的評価に関する研究 耳展, (補3), 217-240.
- 朝長昌三 1993 視覚情報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 25-34.
- 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 1995 重心動揺の反応時間とパーソナリティ 長崎大学教養部紀要 第35巻 第2号 139-146.
- 朝長昌三 1997 船上における姿勢制御 長崎大学教養部紀要 第38巻 第1号 217-226.
- 和久田幸之助・柏木令子・松永喬 1989 重心動揺検査における基本的研究 *Equilibrium Res.*, Vol. 48 (4), 359 - 364.
- Wapner, S. , & Witkin, H. A. 1950 The role of visual factors in the maintenance of body - balance. *Am. J. Psychology*, 63, 385 - 408.