

# 体量配分計を用いた人体運動の研究 — 開閉と捻れについての評価手段の開発 —

國末 浩, 湯浅 泰生, 秋政 邦江

## An Evaluation System for Human Body Movement Based on Weight Variance Patterns — Open-close and Twist —

Hiroshi KUNISUE, Yasuo YUASA and Kunie AKIMASA

キーワード：人体運動, 体量配分, 重心変動, 開閉差, 捻れ

### 概 要

6点体量配分計は、体重を左右の前足部と後足部に分けて測定するの配分計で、前の部分を2分して、左右の親指の配分量が測定できるようにした装置である。これを用い、立姿態勢(随意運動)を保つために生じる不随意運動のうち、開閉と捻れを評価する手段を開発した。開閉とは、骨盤周辺の筋肉の緊張弛緩による骨盤の開閉の動きのことであり、捻れとは、左右前後の変動を調整すると考えられる動き及び骨盤の捻れ変動を調整するためにそれに連動すると考えられる肩の捻れを含む動きである。骨盤が緊張すると、足の親指の配分量が増えると推測できるので、左右の親指と左右の親指以外の配分量から、開閉差(比)、右開閉差(比)、左開閉差(比)及び捻れ変動の1つを定義した。開閉差(比)は左右の親指以外の配分量の合計と左右の親指の配分量の合計との差(比)である。また右開閉差(比)及び左開閉差(比)は、それぞれ右左の親指と親指以外の配分量との差(比)であり、左右の骨盤の動きと連動していると推測される。開閉差は左右の骨盤の捻れの度合いとも関係すると推測されるので、ベクトルで表示できるようにした。捻れ変動は左右の前足部と後足部の配分量から評価できるものを捻れA(10のパターン)、右の親指の配分量と左の親指以外の配分量、左の親指の配分量と右の親指以外の配分量から評価できるものを捻れB(2つのパターン)とした。捻れBは左右の骨盤の捻れの度合いと、それに連動すると推測される肩の捻れの度合いとを評価するために、ベクトルで表示できるようにした。個性的動作に違いのある4名の自然立姿態勢のデータを、定義した量で評価した結果、それぞれの特徴と対応すると推測される開閉差(比)及び捻れについてのパラメーターを、不随意運動の特性から特定することができた。

### 緒 言

著者らは立姿などの有為動作(随意動作)を保持したり、動作をスムーズに行おうとして現れる無為動作(不随意運動)に着目して、人体運動の構造(仕組み)を解明する研究を続けている<sup>1~4)</sup>。

立姿動作は人間の有為動作の基本であると考えられる。立姿態勢を保つために無為動作として生じる前後、左右の重さの変動などの中に、

個性と呼ばれるようなものを含んだ人体運動を特徴づける隠された情報がある。重心の変動の測定・分析や体量配分計による配分量の測定・分析などは、隠された情報を読み取って解析するための方法である。

野口<sup>5,6)</sup>は人間が他の動物と異なり立姿動作ができるのは、足の親指の第1中足骨が支点となるように働く筋肉に力が入ることによるという観点から、体重計の左右前足部に掛かる重さを親指とその他の指に分けて、左右後足部に掛かる重さと共に測定できる6点体量配分計(6点配分計)を作った。

立姿態勢で、骨盤が緊張すると、親指の配分量が増えると推測できる。第1中足骨を支点として、立姿のバランスを保つために、骨盤周辺

(平成10年9月17日受理)  
川崎医療短期大学 一般教養  
Department of General Education, Kawasaki College  
of Allied Health Professions

の筋肉の緊張弛緩による骨盤の開閉と捻れの動き及びその捻れに連動した肩周辺の筋肉の緊張弛緩による捻れの動きは、重心変動の要素に含まれていると推測される。骨盤の開閉の動きを開閉という名称で、骨盤の捻れと肩の捻れを考慮した捻れの動きを捻れという名称で分類した。6点配分計を用いれば、開閉と捻れについての分析が可能となる。

開閉に対して、左右それぞれの親指とそれ以外の配分量から、開閉差(比)、右開閉差(比)、左開閉差(比)の各変量が定義できる。捻れに対して、左右の前、後足部の配分量の違いから4点配分計で定義できるのと同じ捻れによる変量と、骨盤と肩の捻れにより現れる変量を別に定義して考えることができることからより多くの情報が得られる。

野口の後を受け継いだ人達は6点配分計で測定された各種動作時のデータを体力育成目的で設立された協会で個人指導の補助手段として採用し、人体運動の構造解明の研究も続けている。

我々は6点配分計を用いて、開閉及び捻れについて新たな評価手段を開発した。この評価手段を用いて得られたデータから、緊張(吸息の最終段階を維持した状態)、弛緩(呼息の最終段階を維持した状態)、拳上(両腕の肘を伸ばして体の前方から耳の横まで上げた状態)、左右の倒し、左右の捻り、前屈、しゃがみなどの有為動作時に現れる無為動作の特徴を分類・評価することで、立姿態勢における人体運動の仕組みや個性的な動きの類推が今までよりも詳しくできるようになると考えられる。本研究の目的は、この無為動作に含まれる特徴と体癖<sup>6)</sup>との関連を解明し、個性的動作や人体運動の構造を解きあ

かすことによって、体癖に起因していると言われている感受性的特徴や動作・行動の特定を可能にすることで、人間が生き活きと生きていけるようにするための方法を見いだすことにある。

## 実験方法

### 1) 配分量の定義

全体重が100となるように標準化した配分量を図1に示したように左の配分量 X1, X2, X3, 右の配分量 Y1, Y2, Y3 とし、X1 を左親指、Y1 を右親指の配分量とすれば、つぎの各配分量が定義できる。

$$\text{左右差} = (Y1 + Y2 + Y3) - (X1 + X2 + X3)$$

$$\text{前左右差} = (Y1 + Y3) - (X1 + X3)$$

$$\text{後左右差} = Y2 - X2$$

$$\text{前後差} = (X1 + X3 + Y1 + Y3) - (X2 + Y2)$$

$$\text{右前後差} = (Y1 + Y3) - Y2$$

$$\text{左前後差} = (X1 + X3) - X2$$

の配分量、配分差を用いた重心の変動の研究<sup>7-9)</sup>は数多くなされている。本研究で、我々は後述のように前後左右の変動以外の開閉差、開閉比および捻れについての評価を主目的とした。

この研究では、まず自然立姿での配分量が全く均一で重心が中心となるものを理想の立姿と考え基本とし基本図形を描いた。一般に自然立姿の姿勢では、先に定義した種々の配分量の違いが現れ、基本図形とは図の形や位置の異なったものが描かれるので、基本図形との違いとそれに隠された開閉と捻れを評価することができる。

### 2) 開閉と捻れ

#### 2. a 開閉差および開閉比について

開閉とは立姿の状態では、骨盤が外転・内転し

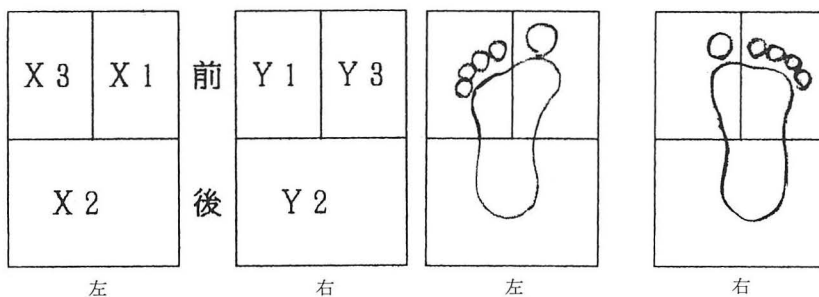


図1 6点配分計の配分量

測定時の足の位置

て開閉する動きのことであり、骨盤が内転して閉じるように動くとき親指の配分量が増加すると考えられることから、配分計での研究にも使われる用語である。

開閉差とは親指とそれ以外の部分にかかる配分量の差であり、親指の配分量を分母それ以外の配分量を分子とした比でも議論できるが、差が決まれば比も定まるので差のみについてつぎの量を定義した。

$$\text{開閉差} = (X_2 + X_3 + Y_2 + Y_3) - (X_1 + Y_1)$$

$$\text{左開閉差} = (X_2 + X_3) - X_1$$

$$\text{右開閉差} = (Y_2 + Y_3) - Y_1$$

また評価図形を描く目的でベクトル量としてつぎの量も定義した。

$$\text{開閉} V = (X_2 + X_3 - X_1) u_1 - (Y_2 + Y_3 - Y_1) u_2$$

ここで、 $u_1, u_2$  は単位ベクトルである。

これらの定義により、差も比もその値が小さい程親指への配分量が多いということを表すことになり、骨盤の開閉の動きを親指の配分量の変化で、評価することができる。また次に述べる捻れ B との関連で骨盤の捻れとも関連する。これらの量の平均値や変動幅を算出し、ベクトルを用いた評価図形を描いた。

2. b 捻れについて

○捻れ A

立姿動作時に無為動作でバランスをとる時に、左右の配分量で、前後の配分が逆になるものを捻れ A とした。これらを解説するために図 2 で示した前後左右 4 点の配分量 A1, A2, A3, A4 を用いた。これらの量を 6 点の配分量で表せば、

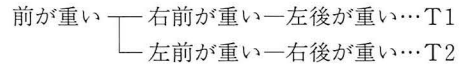
$$A1 = X_1 + X_3, A2 = Y_1 + Y_3,$$

$$A3 = X_2, A4 = Y_2$$

である。

これは前後左右の偏りを調整しようとして生じる無為運動であると考えられ、10 のパターンがありそれぞれ T1 から T10 としてその出現頻度を求めた。これらの量からは配分量での捻れは分かるが、腰と肩の捻れの関係は分からない。前が重い場合の分類とパターンの例を図 3 に示したが、その他の具体的なものは付録として末尾に示した。図中の印 \* および # 印は、それぞ

れ条件の分岐前の状態と、分岐後の状態とを示している。



○捻れ B

腰と肩が関係する捻れ

親指の配分量が大きい側の腰は逆側の腰より内転の度合いが大きく、腰と同じ側の肩は逆側の肩より外転の度合いを大きくして立姿でのバランスをとっている態勢があるので、この態勢を評価する量として捻れ B を定義した。図 4 に表したように、右の親指の配分量が左の親指の配分量より大きく、左の親指以外の配分量の和が右の親指以外の配分量の和より大きい場合を T11、それぞれが逆の場合を T12 とした。これを評価図形で表示するために

$$\text{捻れ B} = ((X_2 + X_3) v_1 + \alpha X_1 w) - ((Y_2 + Y_3) v_2 - \alpha Y_1 w)$$

とベクトル量を定義した。 $\alpha$  は肩の回転を考慮するために導入した係数であり、 $v_1, v_2, w$  は単位ベクトルである。 $Y_1 > X_1$  の場合は  $\alpha = -1$ 、 $Y_1 < X_1$  の場合は  $\alpha = 1$  の値をとる。T11,

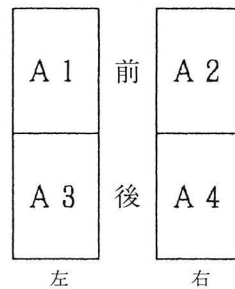


図 2 4 点の配分量

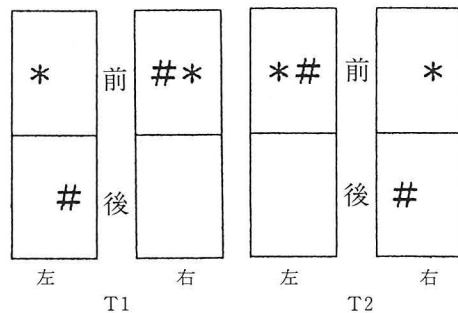


図 3 捻れ A 分類とその配分パターンの例

T12 の出現頻度を算出し、ベクトルを用いた評価図形を描いた。

3) 測定とデータの記録

測定装置は社団法人整体協会認許の 6 点配分計（小川電子工業株式会社製）を用いた。この装置はアナログ式でサンプルホールディング回路を備えており、測定者が被測定者の動作を見て回路電圧を保持・記録することができる。

配分計は左右を平行にしその外端が被測定者の肩幅とほぼ同じ幅となるように配置した場合が、被測定者の自然立姿姿勢であったので、その配置で測定した。測定は連続動作を記録するために、6 個のメーターの変動をビデオカメラで記録し、ビデオ静止画像から各データを採録した。

個性的動作に違いのある 4 名について、自然体立姿の状態で約 1 分間、連続した配分量を記録した。採録されたデータの合計（体重）には変動が認められた。しかし、その変動幅はほぼ 5 % 以内であった。

4) 評価図形の作成

測定体重配分量の割合を考慮するので、配分量の合計（体重）が100となるように標準化した。

図 5 は理想とした配分量の図形であり、基本図形となるものである。図 6 は一般の評価図形を描いた例である。図 6 (a)に示した図形は図 5 (a)が変形されたものであり、横軸方向に左右系統の、縦軸方向に前後系統の配分量や配分差をプロットし、各点を結んで四辺形を描いたものである。配分量は右方向と前方向を正に、左方向と後方向を負とし、配分差は右方向と前方向が大きいものをそれぞれ正にした。

図中の各点の座標はそれぞれ a (右配分量, 右前後差), b (前左右差, 前配分量), c (左配分量, 左前後差), d (後配分量, 後左右差), g (左右差, 前後差) であり、g 点は重心を表す。重心の位置は配分計の可動部分の左端を -100, 右端を 100, 前端を 100, 後端 -100 として左右差と前後差から求めることができる。これは従来の重心変動の評価に対応するものである。

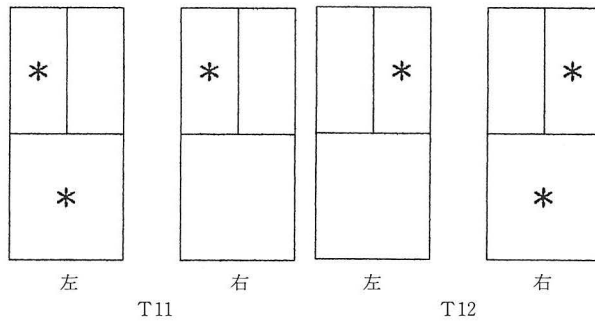


図 4 捻れ日の配分パターン

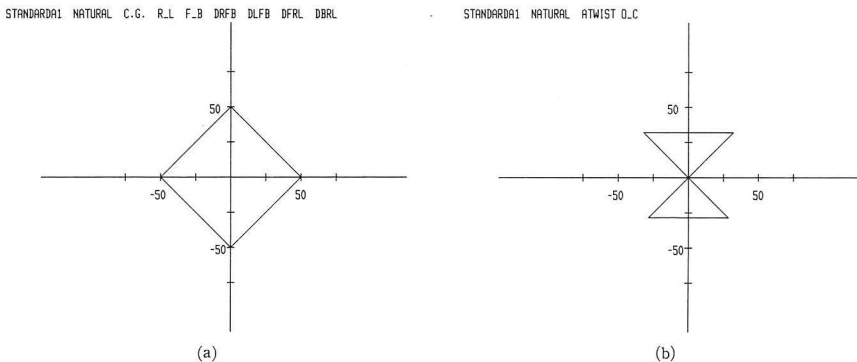


図 5 基本図形；理想とした評価図形(a), (b)

図 6 (b)に示した図形は図 5 (b)が変形されたものであり、縦軸の正方向に捻れBを、縦軸の負の方向に左右の開閉差をベクトル表示するようにした。図中の各点の座標をそれぞれ  $j(x_j, y_j)$ ,  $k(x_k, y_k)$ ,  $l(x_l, y_l)$ ,  $m(x_m, y_m)$  とすれば

$$\begin{aligned} x_j &= (Y2+Y3) \cos(45^\circ), \\ y_j &= (Y2+Y3) \sin(45^\circ) + \alpha Y1 \\ x_k &= (X2+X3) \cos(135^\circ), \\ y_k &= (X2+X3) \sin(135^\circ) - \alpha X1 \\ x_l &= (Y2+Y3-Y1) \cos(225^\circ), \\ y_l &= (Y2+Y3-Y1) \sin(225^\circ) \\ x_m &= (X2+X3-X1) \cos(315^\circ), \\ y_m &= (X2+X3-X1) \sin(315^\circ) \end{aligned}$$

で表される。図形は原点と  $j, k$  および原点と  $l, m$  の点を結んで三角形を描いたものである。

図 7 に示した図形は、基本図形から左右差がなく、重心が同じ量だけ前に移動した、親指の

配分量が異なる 8 個の図形を重ねて描いたものである。図形(a)は同じ形であっても図形(b)には隠されている開閉による変動が明確に表示される。

### 結果と考察

図 8 は、個性的動作の異なる 4 名の立姿態勢を約 1 分間維持した状態での配分量の変化を 5 秒間隔で採録したデータから描かれた図形(a)、図形(b)である。図形(c)は図形(a)の各点の変動点を連続線で結んで描いたものである。表 1 は開閉についての各量の平均値と標準偏差 (SD) を表したものであり、表 2 は捻れについての出現頻度を表したものである。

図 8 の評価図形(a)から次のことが分かる。A氏は前重心で左右の偏りはあまりなく、重心の変動は前のみである。前左右差は左に、後左右差は右に、左前後差は前に偏っている。B氏は

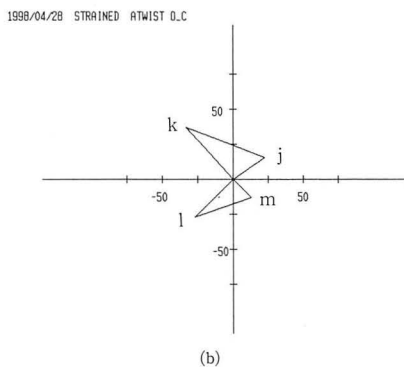
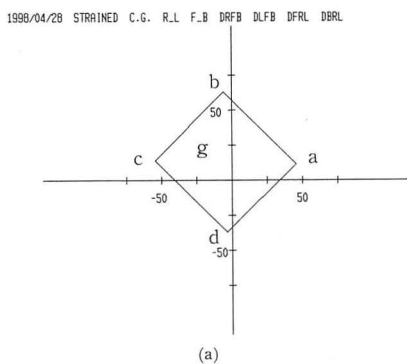


図 6 一般の図形 (図 5 (a), (b)からの変形)

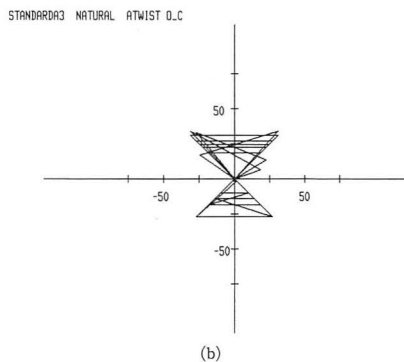
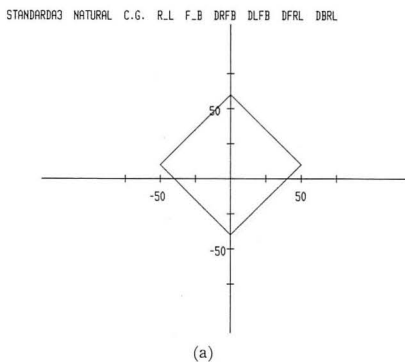


図 7 親指の介在による評価図形

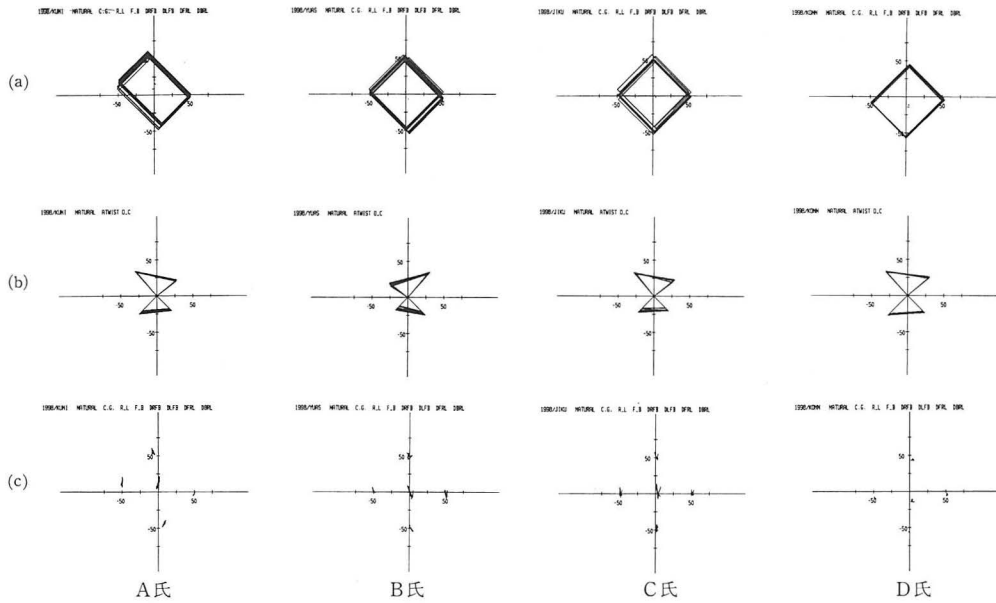


図8 4名の自然立姿時の評価図形

表1 4名の自然立姿時に現れた開閉に関する定義量の平均値と標準偏差 (SD)

	A氏		B氏		C氏		D氏	
	平均値	SD	平均値	SD	平均値	SD	平均値	SD
開閉差	58.8	3.2	52.8	4.5	54.9	3.5	68.8	1.9
開閉比	3.9	0.4	3.3	0.4	3.5	0.3	5.4	0.4
左開閉差	32.2	2.4	21.7	2.2	27.7	2.1	36.7	1.0
左開閉比	4.7	0.7	2.6	0.3	3.8	0.5	7.5	1.4
右開閉差	26.6	1.2	31.0	2.5	27.2	1.7	32.0	1.3
右開閉比	3.3	0.3	4.3	0.5	3.2	0.2	4.3	0.4

表2 4名の自然立姿時に現れた各種捻れの出現頻度の割合

T	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
A氏	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	1.0	0.0
B氏	0.0	0.47	0.27	0.0	0.33	0.0	0.07	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
C氏	0.0	0.13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.06	0.19	0.0	0.0	0.06	0.0
D氏	0.0	0.0	0.0	0.54	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.77	0.0

中心を通る直線の左前右後の方向に中心を挟んで重心の変動をしている。前後左右の偏りは顕著ではない。C氏は中心より右重心でX軸を挟んで前後に重心の変動をしている。左右の前後差に多少の偏りがあるがあまり顕著でない。D

氏は右後重心でその変動はあまりない。前左右差は右に、左右の前後差は後に、偏っているが左の方により偏りがある。図8の評価図形(b)から次のことがわかる。A氏は右開閉差が小さくそのベクトルは左下向きで、捻れBベクトルは

水平より左上向きであり、開閉差の左側と捻れBの右側での変動が大きい。B氏は左開閉差が小さくそのベクトルは水平より左上向きで、捻れBベクトルは水平より左下向きであり、開閉差と捻れBともに左側の変動が大きい。C氏は開閉差ベクトルは水平に近い形で変動しており、捻れBベクトルは水平より左上向きで、開閉差と捻れBベクトルの右側での変動の幅は同程度である。D氏は右開閉差が小さくそのベクトルは水平より左下向きで、捻れBベクトルは水平より左上向きであり、ともにその変動幅は小さく他の3氏の三角形の面積より大きい。

表2の結果から次のことが分かる。自然立姿勢を維持する場合に親指へ重さをかける割合が最も大きいのはB氏であり、C氏、A氏、D氏の順であることを表している。B氏とC氏はその割合は同程度であるが、C氏は左側の割合が大きく、C氏は左右がほぼ同じ程度の割合である。A氏は右の親指の割合が大きい。D氏は左の親指の割合が小さい。

表3の結果から次のことが分かる。A氏は前重心で左前と右後での捻れAと右の腰の緊張による捻れBが常時あり、右重心で左前と左後の捻れAも4割り近くまざっている。B氏は左腰の緊張による捻れBが常時あり、前重心で左前と右後での捻れAが5割、後重心で右後と左前での捻れAと左重心で左前と右後での捻れAがともに3割まざっている。C氏は捻れはほとんどないといってよい。D氏は右腰の緊張による捻れBが8割、後重心で左後と右前での捻れAが5割ある。

これらを総合評価すると、A氏とB氏は重心の保ち方は異なるが、左右の親指への配分に違いがあることは共通している。しかし、その現れ方は捻れBとともに逆になっている。C氏は重心の変動が前後で左右の親指への配分に余り違いはないが、捻れBに左右の違いが現れている。D氏は右後重心でその変動も少ないが、左右の親指への配分も少ない。しかし、捻れBとともに左右の違いが現れている。

## 結 語

我々の開発した開閉と捻れの評価手段を用いれば、立姿勢を保持するという有為動作の中

に隠された開閉と捻れという無為動作を評価できることが確認された。

開閉と捻れという無為運動では両足の親指への体量配分の増減とその配分割合が多大に関与していることが確認された。また、個人に対する評価の違いからこの無為運動が個性を特徴づける変数の1つであることが確認された。

開閉は骨盤周辺の筋肉の緊張弛緩の度合いやその左右差に対応していると考えれば、下半身の捻れとも関係してくるので、いわゆる捻れと開閉を関係づけることが可能になれば、無為運動として生じる上半身と下半身のバランスを評価する手段が得られることになる。今後の課題の一つにしたい。

本研究は開閉と捻れについての評価手段の開発を主目的としたので、特定の人の各種条件下でのデータは配分量の規格化の資料としたが、この評価法を用いた検討は次回報告する予定である。

## 参 考 文 献

- 1) 国末 浩, 高田和郎, 吉井 致: 体量配分と運動焦点の解析(その1), 川崎医会誌一般教11: 43-53, 1985.
- 2) 国末 浩, 高田和郎, 吉井 致: 体量配分と運動焦点の解析(その2), 川崎医会誌一般教12: 29-39, 1986.
- 3) 国末 浩, 高田和郎, 吉井 致: 体量配分と運動焦点の解析(その3), 川崎医会誌一般教13: 69-80, 1987.
- 4) 国末 浩, 湯浅泰生: 母音のFFT スペクトルを用いた体運動の構造解析システム, 川崎医会誌一般教20: 73-78, 1994.
- 5) 野口晴哉: 「体運動の構造1, 2」, 東京: 株式会社全生, 1974.
- 6) 野口晴哉: 「体癖上」, 東京: 株式会社全生, 1974.
- 7) 平沢彌一郎: 立ち方の定量的評価, スタシオロジー(3), 静岡大学教養部研究報告7: 31-65, 1971.
- 8) 石井喜八, 伊坂忠夫, 上野裕一: 立位姿勢における重心線の前後移動範囲, 姿勢研究8(2): 65-71, 1988.
- 9) 河合 学, 稲村欣作, 上野裕一: 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, 1989.

付 録

捻れ A の分類とパターン

1) 前後・左右による捻れ

- 前が重い
  - 右前が重い—左後が重い…T1
  - 左前が重い—右後が重い…T2
- 後が重い
  - 右後が重い—左前が重い…T3
  - 左後が重い—右前が重い…T4

2) 左右・前後による捻れ

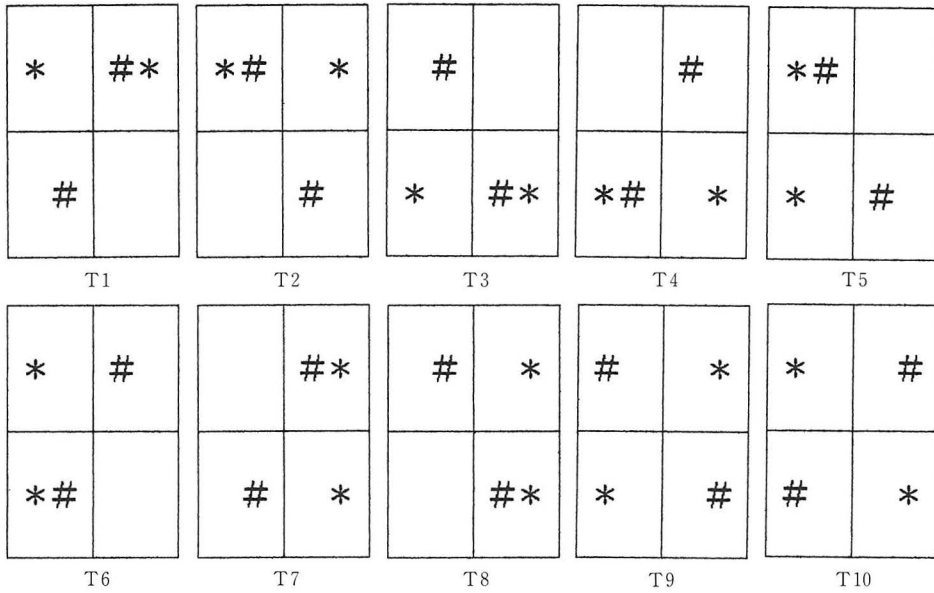
- 左が重い
  - 左前が重い—右後が重い…T5
  - 左後が重い—右前が重い…T6

- 右が重い
  - 右前が重い—左後が重い…T7
  - 右後が重い—左前が重い…T8

3) 左右, 前後共に等しい捻れ

- 右前と左後が重くその重さが等しい……T9
  - 左前と右後が重くその重さが等しい……T10
- 前後左右の配分差からは上記の10種類(T1からT10)が考えられる.

図中の印\*および#印は, それぞれ条件の分岐前の状態と, 分岐後の状態とを示している.



付図 捻れAの配分パターン