

画像を用いたヒトの身体重心の算出法

— 座標計算法 —

《はじめに》

画像を用いたヒトの身体重心の算出法は、通常、ハイスピードカメラなどにより撮影された身体運動の録画画像を動作解析用ソフトウェアを使用することによって、コンピュータの画面上における複数の身体標点の二次元座標値を数値化して(“デジタイズ”と呼ばれる)求める方法である。

しかし本ワークブックでは、棒高跳選手のバークリアランス試技画像(以下、試技画像と呼ぶ)における複数の身体標点の二次元座標値は、解答者が“定規(推奨:長さ30 cm, 間隔1 mm)”を使用して計測するものとする。以下、身体重心の算出の手順について記載するので、この手順に従って、身体重心位置を求め、その位置を試技画像に黒丸で記入しなさい。なお、試技画像は所定の場所*よりダウンロードして使用しなさい。

《身体重心の算出の手順》

(1) ステップ1—身体各標点(22点)の座標値の計測

試技画像の身体各標点合計22点のX座標とY座標のピクセル値を、定規を使用して整数(5の倍数とする)で計測し、それぞれ計測したピクセル値を、表1(p.74)の該当欄に記入しなさい。なお、身体各標点の英語略記の日本語名称は、表1を参照しなさい。

(2) ステップ2—二次元座標系の原点とスケール両端の座標値の計測

二次元座標系の原点(試技画像のX軸とY軸の交

差点)のX座標とY座標のピクセル値を定規で計測し、表2(p.74)の該当欄に記入しなさい。同様に、スケールの両端(横方向)のX座標とY座標のピクセル値を定規で計測し、表2の該当欄に記入しなさい。

【注意】二次元座標系の原点は、本課題の作業を容易にするために“空中”に設定しているが、通常、地面に設定する。

(3) ステップ3—部分重心と身体重心の座標値の計算

身体を14個の部分(頭部、体幹部、左右の上腕部・前腕部・手部・大腿部・下腿部および足部)に分割して、各部分の体幹に近い点を近位端点、遠い点を遠位端点と呼ぶ。たとえば、頭部の近位端点は「あご点(GN)」であり、遠位端点は「頭頂点(VT)」である。また、体幹部の近位端点は「左右の股関節点を結んだ線分の中点(MH)」, 遠位端点は「胸骨上縁点(ST)」である。各部分の重心は各部分の近位端点と遠位端点を結線した線分上にあると考え、身体部分慣性係数(質量中心比, 質量比)から求める。ここでは、de Leva(1996)により報告された係数を用いて、以下の式により、各部分の重心位置の座標値(ピクセル値)を算出する。

$$\begin{aligned} \text{X 座標: 部分の重心の X 座標値} \\ = PP + [p \cdot (DP - PP)] \end{aligned} \quad [\text{式 1}]$$

$$\begin{aligned} \text{Y 座標: 部分の重心の Y 座標値} \\ = PP + [p \cdot (DP - PP)] \end{aligned} \quad [\text{式 2}]$$

ここで、PP, DP はそれぞれの部分の近位端点と

* 化学同人ホームページ: <https://www.kagakudojin.co.jp/book/b492795.html>

遠位端点の X 座標または Y 座標値, p は質量中心比 (近位端点からの部分の重心位置の比) である. 表 3-1 (p.75) の 4 列目と 6 列目は, それぞれ各部分の質量中心比と質量比を示したものである.

① 部分重心と身体重心の X 座標値の計算

表 3-1 の 2 列目には, 表 1 で記入された該当部分の近位端点の X 座標のピクセル値, また, 3 列目には表 1 で記入された該当部分の遠位端点の X 座標のピクセル値を再度記入しなさい. 次に, 表 3-1 の 5 列目に上記 [式 1] を用いて各部分の重心の X 座標値を求めて記入した後, 算出された X 座標値と 6 列目の質量比を乗じて, 7 列目にその値を記入しなさい. 最後に, 表 3-1 の 7 列目の値をすべて加算して身体重心の X 座標値を求め, 欄外の該当箇所 (a) に記入しなさい,

② 部分重心と身体重心の Y 座標値の計算

表 3-2 (p.76) を使用して, (3) ①と同様の計算を行い, 身体重心の Y 座標値を求め, 欄外の該当箇所 (a) に記入しなさい.

(4) ステップ 4 —二次元座標系への座標変換と実長換算

ステップ 3 で求められた身体重心の二次元座標値は, コンピュータの画面上でのピクセル値に過ぎず, また, 実際の長さを表したものではない. そこで, これらの座標値を, ①実際の二次元座標系の座標値に変換する, ②実際の長さに換算する (実長換算), 作業を行う必要がある.

① 実際の二次元座標系の座標変換

表 2 に記入した二次元座標系の原点の X, Y 座標値を使用し, ステップ 3 で求められた身体重心の二次元座標値を座標変換する. 具体的には,

X 座標:

身体重心の X 座標値—原点の X 座標値

Y 座標:

身体重心の Y 座標値—原点の Y 座標値

上式により座標変換された X, Y 座標値を, 表 3-1 と表 3-2 の欄外の該当箇所 (b) に記入しなさい.

② 実長換算

スケールの両端点のピクセル値の差が 1 メートル (試技画像の縦横比は同じである) であることを利用して, スケールファクター (下に記入) を求め, その値を (4) ①によって得られた X, Y 座標値に乘じることによって実際の長さに換算し, それぞれの座標値を表 3-1 と表 3-2 の欄外の該当箇所 (c) に記入しなさい. (※分母のピクセル = スケール右端点のピクセル値—左端点のピクセル値)

$$\text{スケールファクター} = (\underline{1}) [\text{m}] / (\underline{370 - 50}) [\text{ピクセル}] = (\underline{0.0031})$$

(5) ステップ 5 —身体重心の位置を画像に記入する

最後に, 求められた身体重心の位置を試技画像に鉛筆で黒丸を記入しなさい. このために, ステップ 3 で求められた身体重心のピクセル値 (表 3-1 と表 3-2 の欄外の (a) の値) を使用しなさい.

【文献】

de Leva, P. 'Adjustments to Zatsiorsky-Seluyanov's segment inertia parameters', Journal of Biomechanics, 29 (9), 1223(1996).

表 1 身体各標点の二次元座標値（ピクセル値）

身体各標点（英語略記）	X	Y
頭頂点（VT）	335	420
あご点（GN）	255	390
胸骨上縁点（ST）	245	415
左右股関節中点（MH）	5	485
右肩関節点（RS）	275	385
右肘関節点（RE）	320	290
右手関節点（RW）	405	185
右第 3 中手骨頭点（RN）	420	150
左肩関節点（LS）	200	490
左肘関節点（LE）	185	405
左手関節点（LW）	245	320
左第 3 中手骨頭点（LN）	280	295
右股関節点（RH）	5	460
右膝関節点（RK）	-80	275
右足関節点（RA）	-260	200
右踵骨点（RC）	-295	210
右つま先点（RT）	-260	100
左股関節点（LH）	10	510
左膝関節点（LK）	-70	265
左足関節点（LA）	-130	100
左踵骨点（LC）	-170	90
左つま先点（LT）	-95	5

表 2 原点とスケール両端点の二次元座標値（ピクセル値）

原点／スケール両端点	X	Y
原点	-425	-175
スケール 左端点	50	-135
右端点	370	-135

表 3-1 身体各部分の重心の X 座標値 (ピクセル値)

1 列	2 列	3 列	4 列	5 列	6 列	7 列
記号→	PP	DP	p	G	m	G・m
部分↓	近位端点の X 座標値	遠位端点の X 座標値	質量中心比	部分重心の X 座標値	質量比	
頭部	あご点 (GN) : 255	頭頂点 (VT) : 335	0.4024	287	0.0694	19.93
体幹部	股関節中点 (MH) : 5	胸骨上縁点 (ST) : 245	0.5514	137.3	0.4346	59.69
右上腕部	右肩関節点 (RS) : 275	右肘関節点 (RE) : 320	0.5772	301	0.0271	8.16
右前腕部	右肘関節点 (RE) : 320	右手関節点 (RW) : 405	0.4574	359	0.0162	5.81
右手部	右手関節点 (RW) : 405	右第 3 中手骨頭点 (RN) : 420	0.7900	417	0.0061	2.54
左上腕部	左肩関節点 (LS) : 200	左肘関節点 (LE) : 185	0.5772	191.3	0.0271	5.19
左前腕部	左肘関節点 (LE) : 185	左手関節点 (LW) : 245	0.4574	212	0.0162	3.44
左手部	左手関節点 (LW) : 245	左第 3 中手骨頭点 (LN) : 280	0.7900	273	0.0061	1.663
右大腿部	右股関節点 (RH) : 5	右膝関節点 (RK) : -80	0.4095	-29.8	0.1416	-4.22
右下腿部	右膝関節点 (RK) : -80	右足関節点 (RA) : -260	0.4459	-160.3	0.0433	-6.94
右足部	右踵骨点 (RC) : -295	右つま先点 (RT) : -260	0.4415	-280	0.0137	-3.83
左大腿部	左股関節点 (LH) : 10	左膝関節点 (LK) : -70	0.4095	-22.8	0.1416	-3.22
左下腿部	左膝関節点 (LK) : -70	左足関節点 (LA) : -130	0.4459	-25.7	0.0433	-1.112
左足部	左踵骨点 (LC) : -170	左つま先点 (LT) : -95	0.4415	-96.5	0.0137	-1.322

身体重心の X 座標値 ($\Sigma G \cdot m$)

= (a) 85.8 [ピクセル] : 原点に対するピクセル値

= (b) 511 [ピクセル] : 二次元座標系に対するピクセル値 (座標変換)

= (c) 1.596 [m] : 二次元座標系に対するメートル値 (実長換算)

表 3 - 2 身体各部分の重心の Y 座標値（ピクセル値）

1 列	2 列	3 列	4 列	5 列	6 列	7 列
記号→	PP	DP	p	G	m	G・m
部分↓	近位端点の Y 座標値	遠位端点の Y 座標値	質量中心比	部分重心の Y 座標値	質量比	
頭部	あご点 (GN) : 390	頭頂点 (VT) : 420	0.4024	402	0.0694	27.9
体幹部	股関節中点 (MH) : 485	胸骨上縁点 (ST) : 415	0.5514	446	0.4346	194.0
右上腕部	右肩関節点 (RS) : 385	右肘関節点 (RE) : 290	0.5772	330	0.0271	8.95
右前腕部	右肘関節点 (RE) : 290	右手関節点 (RW) : 185	0.4574	242	0.0162	3.92
右手部	右手関節点 (RW) : 185	右第 3 中手骨頭点 (RN) : 150	0.7900	157.4	0.0061	0.960
左上腕部	左肩関節点 (LS) : 490	左肘関節点 (LE) : 405	0.5772	441	0.0271	11.95
左前腕部	左肘関節点 (LE) : 405	左手関節点 (LW) : 320	0.4574	366	0.0162	5.93
左手部	左手関節点 (LW) : 320	左第 3 中手骨頭点 (LN) : 295	0.7900	300	0.0061	1.832
右大腿部	右股関節点 (RH) : 460	右膝関節点 (RK) : 275	0.4095	384	0.1416	54.4
右下腿部	右膝関節点 (RK) : 275	右足関節点 (RA) : 200	0.4459	242	0.0433	10.46
右足部	右踵骨点 (RC) : 210	右つま先点 (RT) : 100	0.4415	161.4	0.0137	2.21
左大腿部	左股関節点 (LH) : 510	左膝関節点 (LK) : 265	0.4095	410	0.1416	58.0
左下腿部	左膝関節点 (LK) : 265	左足関節点 (LA) : 100	0.4459	191.4	0.0433	8.29
左足部	左踵骨点 (LC) : 90	左つま先点 (LT) : 5	0.4415	52.5	0.0137	0.719

身体重心の Y 座標値($\Sigma G \cdot m$)

= (a) 390 [ピクセル] : 原点に対するピクセル値

= (b) 565 [ピクセル] : 二次元座標系に対するピクセル値 (座標変換))

= (c) 1.764 [m] : 二次元座標系に対するメートル値 (実長換算)