

# Modified Star Excursion Balance Test の下肢リーチ距離に 影響を及ぼす運動学的要因 —大学女子アスリートを対象として—

Kinematic factors affecting the lower limb reach distance of the modified Star Excursion Balance Test —for female collegiate athletes—

栗原 靖\*<sup>1</sup>, 烏野 大\*<sup>1</sup>, 松田雅弘\*<sup>1</sup>  
大杉紘徳\*<sup>1</sup>, 森下勝行\*<sup>1</sup>, 横井悠加\*<sup>1</sup>  
河辺信秀\*<sup>1</sup>, 桑江 豊\*<sup>1</sup>, 藤川提基\*<sup>2</sup>

キー・ワード : modified Star Excursion Balance Test (mSEBT), female collegiate athlete, three-dimensional motion analysis  
modified Star Excursion Balance Test (mSEBT), 大学女子アスリート, 3次元動作分析

〔要旨〕 下肢の動的なバランス機能を評価する1つの指標として modified Star Excursion Balance Test (以下, mSEBT) が用いられている。本研究の目的は, 大学女子アスリートを対象とし, mSEBT の下肢リーチ距離に影響を及ぼす運動学的要因を明らかにすることである。対象は A 大学の女子ソフトボール部に所属する女性 20 名とした。3次元動作分析装置を用いて mSEBT 時の体幹・下肢関節角度を算出し, 各方向へ非軸側下肢を最大限リーチした時点の各関節角度を抽出した。解析は, mSEBT の各方向のリーチ距離と, 抽出した体幹・下肢関節角度との関連を検証した。結果, mSEBT の前方方向のリーチ距離は, 軸側の膝関節屈曲角度と正の相関がみられた。mSEBT の後内側方向のリーチ距離では, 軸側の股関節屈曲角度・体幹側屈角度と正の相関があった。mSEBT の後外側方向のリーチ距離は, 軸側の股関節内旋角度と正の相関がみられた。mSEBT の下肢リーチ距離の調整には軸側の体幹・下肢関節運動が関連することが明らかとなり, このことは下肢の動的なバランス機能に対する評価および, 評価値を改善させるためのトレーニング介入の着眼点につながる可能性が考えられた。

## 緒 言

大学女子アスリートの競技中における傷害発症頻度は高く, 発症しやすい傷害として, 非接触性の下肢傷害が挙げられている<sup>1,2)</sup>。非接触性の下肢スポーツ傷害は, 競技中の動きにおいて瞬時に要求される下肢の協調運動が破綻することによって発症すると報告され<sup>3)</sup>, 特に, 下肢の動的なバラン

ス機能の低下が傷害発症の危険因子になると考えられている<sup>4,5)</sup>。そのため, 下肢の動的なバランス機能に対する評価および, 評価値を改善させるためのトレーニング介入の着眼点を示すことは臨床上重要といえる。

下肢の動的なバランス機能を評価する課題動作遂行型検査の一つに, Star Excursion Balance Test (以下, SEBT) がある<sup>6)</sup>。SEBT は, 片脚立位を維持し, 中心から特定の 8 方向(前方・後方・内側・外側・前内側・前外側・後内側・後外側)に非軸側下肢を最大限リーチする課題である。

\*1 城西国際大学福祉総合学部理学療法学科

\*2 京成小岩訪問診療所

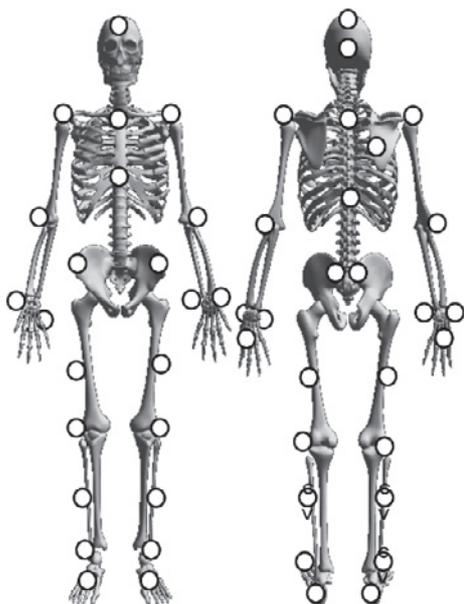


図1 反射マーカ-貼付部位 (34箇所)

SEBTの値は、片脚立位時の軸脚となる中心点から、非軸側下肢が最大限リーチすることによって到達した足尖までのリーチ距離を測定することによって定量化され、これらの距離の値が高値であることは姿勢を制御する動的なバランス機能の高さに関連があることが示唆されている<sup>7)</sup>。また、SEBTの改訂版であるmodified Star Excursion Balance Test (以下、mSEBT)が報告され<sup>8)</sup>、その課題は特定の8方向から3方向(前方・後内側・後外側)となっている。mSEBTはSEBTと比較すると1方向ごとの評価は限定されるが、各評価法で得られたリーチ距離を統合した平均値には高い正の相関関係が示されており<sup>7)</sup>、SEBTの結果が反映された手法といえる。

我々は、下肢の動的なバランス機能に対する評価および、その評価値を改善させるためのトレーニング介入の着眼点として、SEBTおよびmSEBTの運動学的要因で判断できる特徴に着目している。Gribbleら<sup>9)</sup>は、健常者と足関節不安定症者を対象にSEBTの前方方向リーチの動作分析を行っている。結果、SEBTの前方方向のリーチ距離は、健常者と比較して足関節不安定症者で低値を示した。さらに、前方方向のリーチ動作では、健常者と比較して足関節不安定症者の軸側の股・膝関節の屈曲角度が低値であることを明らかにした。またGribbleら<sup>9)</sup>は、健常者を対象にSEBTの前方方向リーチの動作分析を行っており、前方方向のリーチ距離と軸側の膝関節屈曲角度に正の

相関関係があることを報告した。これらの結果はSEBTのリーチ距離に影響を及ぼす運動学的要因で判断できる特徴であり、下肢の動的なバランス機能を向上するために必要な着眼点になり得る。しかし、SEBTの前方方向リーチの動作分析に限られており、その他の方向に関する動作分析は渉猟する限りみられない。SEBTおよびmSEBTは各方向のリーチ距離で評価することも報告されていることから<sup>5,6)</sup>、各方向のリーチ距離の動作分析を行い、リーチ距離に影響を及ぼす運動学的要因を明らかにすることが必要と考える。

本研究では、SEBTの改訂版であるmSEBTを用いることとした。mSEBTはSEBTと比較し、臨床上簡易的なため使用頻度が高く、その結果を臨床応用につなげやすいと考えた。本研究の目的は、大学女子アスリートを対象にmSEBTの下肢リーチ距離に影響を及ぼす運動学的要因を明らかにすることとした。

## ■ 対象および方法

### 1. 対象

対象は、A大学の女子ソフトボール部に所属する20名とした。対象の年齢、身長、体重、競技歴の平均値(標準偏差)はそれぞれ19.1(0.9)歳、158.2(4.1)cm、58.6(6.2)kg、7.7(2.4)年であった。対象者には、保護・権利の優先、参加・中止の自由、研究内容、身体への影響などを口頭および文書にて説明し、同意が得られた者のみを対象者とした。本研究は城西国際大学研究倫理委員会の承認(承認番号07M180006)を得た。

### 2. 計測法

mSEBTの動作分析には、3次元動作分析装置(Coretex6, カメラ10台, 100Hz)を用いた。反射マーカ-は直径14mmを用い、貼付部位は以下の34箇所とした。前頭部・頭頂部・後頭部・第7頸椎棘突起・第10胸椎棘突起・胸骨柄・剣状突起・左右肩峰・右肩甲骨・左右肘外側上顆・左右橈骨茎状突起・左右尺骨茎状突起・左右第2中手骨頭・左右上前腸骨棘・左右上後腸骨棘・左右大腿外側・左右膝関節外側・左右下腿外側・左右外果・左右踵骨隆起・左右第2中足骨頭(図1)。

### 3. 課題動作

課題動作は、Hertelら<sup>8)</sup>が提案したmSEBTとした(図2)。床面の上に中心点を設定し、その点から前方・後内方・後外方の3方向へテープを直



図2 modified Star Excursion Balance Test (mSEBT)

図の点線は前方・後内方・後外方の3方向を示す(各直線間の角度は $120^\circ$ )。3方向の線の中心点に立ち、左右の手を両側の腰部に保持させたまま片脚立位となった状態で非軸側下肢を各直線に沿って最大限リーチする。

線に貼った(各直線間の角度は $120^\circ$ )。対象者は、3方向の線の中心点に立ち、左右の手を両側の腰部に保持させたまま片脚立位となった状態で非軸側下肢を各直線に沿って最大限リーチした。本研究では、軸側を左脚と規定して実施した。mSEBTの前方方向では軸側母趾を中心点に置いて立ち、後内側・後外側方向では軸側の踵骨隆起が中心点に重なるようにした。下肢リーチ距離の測定にはメジャーを用い、中心点から非軸側下肢が最大限リーチした時点までとした。対象者には各方向に十分な練習を実施してから各2回測定を実施し、mSEBTの下肢リーチ距離が長い施行を採用した。

#### 4. 統計

三次元動作解析装置で得られたデータは、データ解析ソフト Visual3D (C-motion 社製) を用いて解析した。mSEBT 実施時の際、体幹角度、股関節角度、膝関節角度、足関節角度を算出し、関節角度は mSEBT で各方向に沿って非軸側下肢を最大限リーチした時点の値を代表値として抽出した。mSEBT の下肢リーチ距離の値は、棘果長で正規化した。統計は、統計解析ソフト IBM SPSS Statistics25 (IBM 社製) を用いた。分析は、mSEBT の3方向の下肢リーチ距離と mSEBT の動作分析で抽出された体幹・下肢の関節角度との関連性

について、Pearson の相関係数(以下： $r$ )を用いた。有意水準は5%として検定した。

## 結果

表1-2に、mSEBTの下肢リーチ距離とmSEBTの動作分析で抽出した体幹・下肢の関節角度を示した。表3には、mSEBTの下肢リーチ距離と、体幹・下肢関節角度との相関係数を示した。mSEBTの前方方向のリーチ距離は、軸側の膝関節屈曲角度( $r=0.52, p<0.05$ )と中等度の正の相関がみられた。mSEBTの後内側方向のリーチ距離では、軸側の股関節屈曲角度( $r=0.49, p<0.05$ )・体幹側屈角度( $r=0.58, p<0.01$ )と中等度の正の相関を示した。mSEBTの後外側方向のリーチ距離は、軸側の股関節内旋角度( $r=0.45, p<0.05$ )と中等度の正の相関がみられた。その他の項目において、有意な相関は認められなかった。

## 考察

本研究では、大学女子アスリートを対象にmSEBTの下肢リーチ距離に影響を及ぼす運動学的要因について3次元動作分析装置を用いて検討した。mSEBTの前方方向のリーチ距離と軸側の膝関節屈曲角度には正の相関が認められ、この結果は先行研究と同様であった<sup>9,10</sup>。ただし、先行研究ではmSEBTの前方方向のリーチ距離と軸側の股関節屈曲角度に正の相関があることも言及されていたが<sup>6</sup>、本研究ではその関連は認められなかった。この点については性差の影響が考えられる。Grribleら<sup>11</sup>は、健常な男性・女性を対象にSEBTの前方方向のリーチ動作時の分析を行い、男性と比較して女性は膝関節屈曲角度が有意に増加する特徴があると報告している。本研究は女性アスリートを対象としたことから、mSEBTの前方方向のリーチ距離は、軸側の股関節屈曲角度を除く、軸側の膝関節屈曲角度の増加と関連する結果になったと考えられた。

mSEBTの後内側方向のリーチ距離については、軸側の股関節屈曲角度および体幹の側屈角度と正の相関が認められた。一般に、mSEBTの後内側方向のリーチ時における軸側の股関節屈曲角度の増加は、骨盤の前傾運動によって生じる。このことは、臼蓋と連結する大腿部を床面とより平行に近づけることに優位に働き、結果、下肢リーチ距離に影響することが考えられた。また、下肢リー

表 1 mSEBT の下肢リーチ距離

[mean ± s.d., n = 20]

	前方	後内側	後外側
下肢リーチ距離 (%)	70.7 ± 6.8	79.2 ± 10.2	87.4 ± 7.0

mSEBT : modified Star Excursion Balance Test

mSEBT の下肢リーチ距離は、左脚を軸側として実施し、棘果長の値で正規化した。

表 2 mSEBT の非軸側下肢を最大限リーチした時点における体幹・下肢関節角度

[mean ± s.d., n = 20]

		前方	後内側	後外側	
左脚 (°)	体幹				
		前屈 (+)/後屈 (-)	9.9 ± 10.9	7.4 ± 10.9	0.6 ± 11.5
		左側屈 (+)/右側屈 (-)	0.1 ± 4.7	-17.7 ± 5.4	-5.4 ± 6.3
		左回旋 (+)/右回旋 (-)	-2.9 ± 4.5	-13.0 ± 6.9	-6.6 ± 4.7
	股関節	伸展 (+)/屈曲 (-)	-15.6 ± 11.3	-68.8 ± 12.0	-76.7 ± 11.2
		外転 (+)/内転 (-)	-5.8 ± 5.2	-12.3 ± 4.8	-1.8 ± 7.6
右脚 (°)	膝関節	内旋 (+)/外旋 (-)	6.3 ± 8.7	1.0 ± 11.1	11.7 ± 10.4
		屈曲 (+)/伸展 (-)	59.6 ± 12.6	48.5 ± 7.7	73.6 ± 7.8
		外反 (+)/内反 (-)	-1.7 ± 9.9	-20.4 ± 11.8	-4.3 ± 11.4
	足関節	内旋 (+)/外旋 (-)	7.6 ± 5.6	9.0 ± 18.2	10.5 ± 8.4
		底屈 (+)/背屈 (-)	-32.8 ± 6.3	-27.6 ± 6.8	-31.3 ± 9.4
		内返し (+)/外返し (-)	14.2 ± 10.2	13.0 ± 9.2	16.8 ± 9.4
左脚 (°)	股関節	内転 (+)/外転 (-)	-29.0 ± 14.2	-30.4 ± 12.5	-42.8 ± 16.5
		伸展 (+)/屈曲 (-)	-40.4 ± 8.9	-11.2 ± 8.2	-6.6 ± 9.5
		外転 (+)/内転 (-)	0.3 ± 7.5	-3.0 ± 5.4	27.4 ± 7.2
	膝関節	内旋 (+)/外旋 (-)	-1.6 ± 9.7	-1.5 ± 8.5	-13.2 ± 12.3
		屈曲 (+)/伸展 (-)	7.6 ± 5.6	35.4 ± 11.3	10.5 ± 8.4
		外反 (+)/内反 (-)	1.6 ± 2.4	-4.2 ± 5.8	2.0 ± 2.8
	足関節	内旋 (+)/外旋 (-)	1.8 ± 10.5	10.2 ± 13.3	4.1 ± 14.5
		底屈 (+)/背屈 (-)	38.3 ± 5.4	22.3 ± 8.8	30.1 ± 8.4
		内返し (+)/外返し (-)	-7.8 ± 8.9	-14.8 ± 9.6	-8.5 ± 10.2
		内転 (+)/外転 (-)	3.4 ± 7.7	-5.9 ± 14.8	-6.3 ± 14.2

チ距離の増加にともない、重心位置は軸側の支持基底面内を逸脱していく。そのため、重心位置を軸側の支持基底面内に維持するための動作として軸側への体幹側屈が生じたと考えられた。よって、mSEBT の後内側方向のリーチ距離は、軸側の股関節屈曲角度および軸側の体幹側屈角度の増加と関連があると考えられた。

mSEBT の後外側方向のリーチ距離については、軸側の股関節内旋角度と正の相関を示した。久保田ら<sup>12)</sup>によると、軸側の股関節屈曲・内転・内旋による姿勢保持動作は、投球動作時において前脚を外側方向にリーチした際の重心移動を安定させるための重要な動きであると述べている。本研究の対象者はソフトボール部に所属している。mSEBT の後外側方向のリーチは、投球動作の前脚で生じる外側方向にリーチする動作と類似した

動きであり、特に、軸側の股関節内旋の動きは重心位置が軸側の支持基底面内を逸脱しないように姿勢制御する重要な運動学的要因であると考えられた。また軸側の股関節内旋角度は、軸側の大腿部に対する骨盤外旋の動きと解釈でき、臨床場面では骨盤の動きとして観察可能な指標であった。これらのことから、mSEBT の後外側方向のリーチ距離は、軸側の股関節内旋角度の増加と関連があると考えられた。

本研究では、mSEBT の下肢リーチ距離に影響を及ぼす運動学的要因として、軸側の体幹・下肢関節運動の項目が抽出できた。この項目は、下肢の動的なバランス機能に対する評価および、評価値を改善させるためのトレーニング介入の着眼点につながる可能性が考えられた。今後、抽出された軸側の体幹・下肢関節運動を高めるトレーニン

表 3 mSEBT の下肢リーチ距離と体幹・下肢関節角度との相関係数 (r)

n = 20

		前方	mSEBT 後内側	後外側	
体幹	前屈	0.34	0.25	-0.22	
	右側屈	0.39	0.58**	0.23	
	右回旋	0.02	0.21	0.15	
右脚	股関節	屈曲	-0.03	0.49*	0.27
		外転	-0.22	0.20	0.02
		内旋	-0.02	0.12	0.45*
	膝関節	屈曲	0.52*	0.10	0.31
		外反	0.22	0.34	0.28
		内旋	0.15	-0.20	-0.19
	足関節	底屈	-0.25	-0.37	-0.02
		内返し	-0.01	-0.24	-0.22
		内転	0.07	0.31	0.37
左脚	股関節	伸展	-0.15	0.08	-0.14
		外転	-0.35	-0.05	-0.35
		内旋	-0.06	0.12	-0.17
	膝関節	屈曲	0.30	-0.35	0.03
		外反	-0.06	0.03	-0.23
		内旋	-0.05	-0.28	0.00
	足関節	底屈	0.14	0.23	-0.08
		内返し	0.16	0.22	0.05
		内転	0.30	0.24	-0.07

\*\* : p<0.01, \* : p<0.05

mSEBT の下肢リーチ距離は、左脚を軸側として実施した。

グ介入により、mSEBT の下肢リーチ距離が向上するかを検証することが必要と考えられる。さらに、下肢の動的なバランス機能を向上させる各種トレーニングにより、抽出された軸側の体幹・下肢関節運動および、mSEBT の下肢リーチ距離が向上するかを検証することで、下肢の動的なバランス機能に対する評価およびトレーニング介入の着眼点を明確に示すことができると考えられた。

本研究の限界は以下に挙げられる。mSEBT における下肢のリーチは、重心位置を軸側の支持基底面内から逸脱させる動きである。この下肢リーチの動きに対して、重心位置の支持基底面内からの逸脱を防ぐために、体幹・下肢の柔軟性や筋力および運動制御方法など、個々の身体機能を利用した協調運動が行われている。これらの身体機能が相互に影響した対象者の協調運動を mSEBT は反映している。本研究では体幹・下肢の柔軟性や筋力など、個々の身体機能因子を検討していない。そのため、個々の身体機能因子を含めた検討が必要と考える。

また、本研究の対象者は全員大学女子アスリー

トであった。SEBT の前方方向のリーチ動作の運動学的特徴は、性差による違いが報告されており<sup>11)</sup>、本研究の結果が大学男子アスリートに適用できるかは検討が必要と考える。

## 結 語

本研究は、大学女子アスリートを対象に mSEBT の下肢リーチ距離に影響を及ぼす運動学的要因を検討した。mSEBT の下肢リーチ距離の調整には軸側の体幹・下肢関節運動が関連することが明らかとなった。このことは下肢の動的なバランス機能に対する評価および、評価値を改善させるためのトレーニング介入の着眼点につながる可能性が考えられた。

### 利益相反

本論文に関連し、開示すべき利益相反はなし。

### 文 献

- 1) 吉田 真, 長瀬左代子. 北翔大学体育系学生団体におけるスポーツ外傷・障害調査 2007-2008. 北翔大

- 学生涯スポーツ学部研究紀要. 2010; 1: 41-49.
- 2) Arendt E, Dick R. Knee injury patterns among men and women in collegiate basketball and soccer. NCAA data and review of literature. *Am J Sports Med.* 1995; 23: 694-701.
  - 3) Beck JL, Wildermuth BP. The female athlete's knee. *Clin Sports Med.* 1985; 4: 345-366.
  - 4) Fousekis K, Tsepis E, Vagenas G. Intrinsic risk factors of noncontact ankle sprains in soccer: a prospective study on 100 professional players. *Am J Sports Med.* 2012; 40: 1842-1850.
  - 5) Plisky PJ, Rauh MJ, Kaminski TW, et al. Star Excursion Balance Test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2006; 36: 911-919.
  - 6) Gribble PA, Hertel J, Denegar CR, et al. The Effects of Fatigue and Chronic Ankle Instability on Dynamic Postural Control. *J Athl Train.* 2004; 39: 321-329.
  - 7) Hertel J, Braham RA, Hale SA, et al. Simplifying the star excursion balance test: analyses of subjects with and without chronic ankle instability. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2006; 36: 131-137.
  - 8) Hertel J. Sensorimotor deficits with ankle sprains and chronic ankle instability. *Clin Sports Med.* 2008; 27: 353-370.
  - 9) Gribble PA, Hertel J, Denegar CR. Chronic ankle instability and fatigue create proximal joint alterations during performance of the Star Excursion Balance Test. *Int J Sports Med.* 2007; 28: 236-242.
  - 10) Hoch MC, Staton GS, McKeon PO. Dorsiflexion range of motion significantly influences dynamic balance. *J Sci Med Sport.* 2011; 14: 90-92.
  - 11) Gribble PA, Robinson RH, Hertel J, et al. The effects of gender and fatigue on dynamic postural control. *J Sport Rehabil.* 2009; 18: 240-257.
  - 12) 福井 勉, 山田英司, 森沢和之, 他. エキスパート理学療法1 バイオメカニクスと動作分析. In: 久保田正一(編). 野球用語を動作的に考える—「手投げ」「下半身を使って投げる」とは? 第1版. 東京: ヒューマンプレス; 158-165, 2016.

---

(受付: 2019年5月7日, 受理: 2020年1月7日)

## **Kinematic factors affecting the lower limb reach distance of the modified Star Excursion Balance Test —for female collegiate athletes—**

Kurihara, Y.\*<sup>1</sup>, Karasuno, H.\*<sup>1</sup>, Matsuda, T.\*<sup>1</sup>

Ohsugi, H.\*<sup>1</sup>, Morishita, K.\*<sup>1</sup>, Yokoi, Y.\*<sup>1</sup>

Kawabe, N.\*<sup>1</sup>, Kuwae, Y.\*<sup>1</sup>, Fujikawa, D.\*<sup>2</sup>

\*<sup>1</sup> Department of Physical Therapy, Faculty of Social Work Studies, Josai International University

\*<sup>2</sup> Keiseikoiwa Clinic, Home Medical Care

**Key words:** modified Star Excursion Balance Test (mSEBT), female collegiate athlete, three-dimensional motion analysis

**[Abstract]** Kinematic factors in modified Star Excursion Balance Test (mSEBT) reach distance of the lower limbs were investigated. Trunk and lower extremity joint angle were measured with a 3D motion analyzer in 20 female collegiate softball athletes performing mSEBT. Reach distance in the forward direction positively correlated with knee joint flexion angle on the axis side. Reach distance in the posteromedial direction positively correlated with hip joint flexion angle, trunk side flexion angle on the axis side. Reach distance in the posterolateral direction positively correlated with hip joint internal rotation angle, trunk side flexion angle on the axis side. Therefore, lower limb reach distance was related to trunk and lower limb joint angle. Trunk and lower extremity joint movement on the axis is important for adjusting mSEBT lower limb reach distance. These results may lead to the focus of evaluation on the dynamic balance function of the lower limb and focus of training intervention to improve the evaluation value.